

Q

企业标准

Q/SD.341.01-2023

蜀道集团高速公路养护工程

清单计价标准（试行）

附录 D 工程量清单技术规范

第一分册 共两册

2023-05-18 发布

2023-05-30 实施

蜀道投资集团有限责任公司发布

目 录

附录 D 工程量清单技术规范

D.1 100 章 总 则	1
D.2 200 章 路基工程	19
D.3 300 章 路面工程	101
D.4 400 章 桥梁涵洞工程	223
D.5 500 章 隧道工程	291
D.6 600 章 安全设施工程	414
D.7 700 章 绿化及环境保护工程	459

D.1 100 章 总 则

第101节 通 则

101.01 范 围

1. 本标准适用于蜀道集团高速公路养护工程的施工与管理。
2. 本标准对工程在施工中使用的原材料、半成品或成品，隐蔽工程以及施工原始资料和记录，均进行一系列的控制与检查，使工程质量符合规定的质量标准。在每一章节的施工要求中，均对质量标准、质量等级、检验内容和方法等提出了要求。如有未写明之处，应按照国家 and 交通运输部现行有关规范规定且经监理人批准后执行。
3. 本标准仅为方便起见划分为若干章节，阅读时应将本标准视作一个整体。
4. 凡本标准或与本标准有关的其他规范及图纸中未规定的细节，或在涉及任何条款的细节没有明确的规定时，都应认为指的是需经监理人同意的我国公路工程的常规做法。

101.02 定 义

1. 本标准中使用的工程名词术语均采用《道路工程术语标准》（GBJ 124- 88）及《公路工程技术标准》（JTGB01-2014）、《公路工程名词术语》（JTJ 002-87）等标准文件中所列明的词语及其定义。
2. 除合同条款已规定的词语定义外，凡在本标准中使用的下列名词，其含义分别为：
工作_或作业：指根据合同条款规定，或根据合同合理地推及的，为本工程（包括永久工程和临时工程）施工与维护所需要的劳务(包括管理)、材料、施工设备和其他物品的提供。
图纸：指包含在合同中的工程图纸，以及由发包人按合同提供的任何补充和修改的图纸，包括配套的说明。
施工工艺图：要求承包人提供并提交经监理人批准的施工工艺图表、施工工艺转化图、应力图表、装配图、安装图、结构骨架图或其他补充图纸或类似资料。

3. 工 程 量 清 单

工程量清单由子目号、子目名称、单位、数量、单价、合价组成。本规范各章节的工程内容、工艺流程、检评标准构成每个子目的实施过程。

4. 计 量 规 则

计量规则由子目编码、子目名称、单位、工程量计量、工程内容组成。每个子目号与工程量清单的子目号一一对应，是承包人报价、发包人支付的依据。

101.03 标准与规范

1. 在工程实施中所采用的材料设备与工艺，应符合本标准及本标准引用的其他标准与规范的相应要求。

2. 在工程实施全过程中，所引用的标准或规范如果有修改或新颁，应由发包人决定是否用新标准或规范，承包人应在监理人的监督下按发包人的决定执行。采用新标准、规范所增加的费用由发包人承担。

3. 对于工程所采用的标准或规范的任何部分，当承包人认为改用其他标准或规范，能够保证工程达到更高质量时，承包人应提前报经监理人审批后，方可采用，否则，承包人应严格执行本规范。但这种批准，应不免除承包人根据合同条款规定的任何责任。

4. 当适用于工程的几种标准与规范出现意义不明或不一致时，应由监理人作出解释和校正，并就此向承包人发出指令。除非本规范另有规定，在引用的标准或规范发生分歧时，应按以下顺序优先考虑：

- a. 本标准。
- b. 中华人民共和国国家标准。
- c. 有关部门标准与规范。

101.04 承包人的施工机械

1. 一般要求

(1) 用于工程施工的一切施工机械，必须类型齐全、配套完整并与施工质量和进度相适应，其机械状况应满足工程要求，并能做出保证质量的作业。

(2) 施工机械的使用与操作，应不使路基、路面、结构物、邻近的公用设施、财产或其他公路受到损伤、损坏或造成污染。

(3) 承包人承诺的施工设备必须按时到达现场，不得拖延、缺短或任意更换。尽管承包人已按承诺提供了上述设备，但若承包人使用的施工设备不能满足合同进度计划和(或)质量要求时，监理人有权要求承包人增加或更换施工设备，承包人应及时增加或更换，并由承包人承担责任。

2. 规范规定的施工机械

(1) 如规范要求某项作业需由某种施工机械来完成，则必须使用该种施工机械，除非监理人批准使用其他机械。

(2) 如果承包人要求使用非规范所规定的施工机械，则应向监理人提交书面申请，对替换使用的施工机械应充分说明和解释作出这一变动的理由。

(3) 上述书面申请必须获得监理人批准后，替换施工机械方可投入使用。同时，丝毫不能免除承包人按合同所规定的任何责任或义务。

(4) 如果替换的机械经试用后，监理人判定其作业成果不能满足规范要求，承包人应中止使用该替换机械，并应按照监理人指示仍使用规范要求的施工机械进场，并由承包人承担责任。

(5) 根据工程的实施，承包人在提交施工进度计划时应附上一份详细的进场施工机械表。表中应包括各种机械的形式、能量大小、功率、产地、出厂日期、数量以及进入工地的日期，并报监理人批准。承包人应在监理人批准的将表列所有施工机械装备运至工地。没有监理人的书面同意，承包人不得将施工机械运出工地。

101.05 图纸

1. 发包人提供的图纸中的工程数量表内数值，仅供施工作业时参考，并不代表承包人实际完成的工程数量和计价的数量。

2. 承包人施工时应核对图中标注的构造物尺寸和高程。发现错误时，应立即和监理人联系，按照监理人批准的尺寸及高程实施。

3. 合同授予后，监理人(发包人)可提供进一步的详细图纸或补充图纸，供完成施工工艺图参考。但这并不免除承包人完成施工工艺图和对施工质量负责的任何义务。承包人应向监理人提出图纸使用计划，以保证施工进度不被延误。

101.06 税金和保险

1. 承包人应根据中华人民共和国税法的规定和地方政府的规定缴纳有关税费。

2. 在施工期及缺陷责任期内，承包人应按照合同条款要求办理保险，包括建筑工程一切险和第三者责任保险。

3. 承包人应按照合同条款要求为其履行合同所雇用的全部人员缴纳工伤保险费，在整个施工期间为其现场机构雇用的全部人员投保人身意外伤害险并为其施工设备办理保险。

第102节 工程管理

102.01 一般要求

施工相关的工作流程、人员管理、工艺要求、施工方法与质量(安全、环水保、

进度)控制,材料质量要求、搬运与储存、取样与试验等,均应符合相关技术规范要求。

102.02 工程记录与竣工文件

1. 承包人应保管工程进度、隐蔽工程、试验报告、障碍物拆除以及所有影响工程的记录(包括资料、设备的来源),以备需要评定工程进度和工程质量时查阅。

2. 当养护工程完成时,承包人须按竣工文件编制要求,将上述原始记录、施工记录、进度照片、录像等资料编订成册,并复印2份,提交监理人。其中发包人和监理人各保存一份,原始资料由承包人保存。

3. 承包人应按照《公路工程竣(交)工验收办法》及《公路工程竣(交)工验收实施细则》的相关规定编制竣工资料,其中竣工图应包含经批准的施工图及设计变更实施的工程图、施工工艺图与数量表,临时工程的设计与计算说明书等。全部工程完工后,在全部工程的交工验收证书签发之前,承包人须按合同条款规定向发包人提交监理人认为完整、合格的竣工文件。在缺陷责任期内,承包人应补充竣工资料,并在签发缺陷责任期终止证书之前提交。

102.03 关于工程附近建筑物和财产的保护

1. 工程施工期间,承包人应采取有效措施保护施工现场附近不需拆迁的建筑物、地上或地下的管线设施、水力设施、道路、铁路、河道、树木、光缆及通信设施等其他财产免遭损失,否则,造成损失的责任由承包人自负。

2. 若在施工期间新发现需拆迁的结构物或地下管线,承包人应及时探明具体位置和现状并查明该设施的所有者或产权管理部门,同时书面报告监理人并按监理人的指示办理。

3. 承包人在靠近上述某个公用设施处开挖、拆除作业时,应事先通知当地有关产权管理部门,取得同意后且应在产权部门的代表在场时进行作业。

4. 在挖方及拆除作业时,承包人应采取支撑或防护等措施,避免损坏附近建筑物和影响财产的安全。

5. 如果由于承包人采取的措施不力,施工造成上述建筑物或设施的损坏或影响,承包人应负责赔偿或修复。

102.04 环境保护

1. 一般要求

(1) 承包人在工程施工中,应严格遵守国家环境保护部门及本规范的有关规定。承包人有责任采取有效措施以预防和消除因施工造成的环境污染,对工程范围以外

的土地及植被应注意保护，并应保证发包人避免由于污染而承担的索赔或罚款。

(2) 承包人生产、生活设施应符合环保要求，并接受当地政府及有关部门的监督。

(3) 承包人应在施工期间加强环保意识，保持工地清洁，控制扬尘，杜绝漏撒材料。由于扬尘、排污、噪声、材料漏失等对周围居民和环境造成的损失应由承包人自负。

(4) 沥青混合料应集中场站搅拌，其设备污染物排放应符合《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中的一级标准的规定。搅拌场站必须设在离开居民区、学校等环境敏感点300m以外的下风向处，且不能采用开敞式或半封闭式沥青熬化作业。

(5) 施工中应充分利用挖方，尽量减少弃方或不弃方，以节省占地面积和减少对环境的破坏。清表土中的腐殖土应按监理人的要求进行收集加以管理，争取全部用在绿化植树或植草中。

(6) 工程施工必须做到兼顾生态保护和环境保护的原则，做到工程施工、生态保护、环境保护同步协调，避免出现施工后再治理、再补救、破坏生态环境现象。

2. 文物保护

(1) 养护工程施工时如发现文物古迹，不得移动和收藏，承包人应保护好现场，防止文物流失，并暂时停止作业，立即将有关情况报告监理人及当地文物保护单位。在主管部门未结束处理前，不得重新进行作业。

(2) 土方工程以及其他需要借土、弃土时，对现有的或规划的保护文物遗址，承包人应遵循避让的原则选择地点。

3. 防止水土流失和废料废方处理

(1) 防水排水

a. 在养护工程施工期间应始终保持工地的良好排水状态，修建必要的临时排水渠道，并与永久性排水设施相连接，且不得引起淤积和冲刷。

b. 因承包人未设置足够的排水设施致使土方工程遭受破坏时，其责任由承包人自负。

c. 雨季填筑路堤应随挖、随运、随填、随压实。每层表面应筑成适当的横坡，确保不积水。

(2) 冲刷与淤积

a. 承包人应采取有效预防措施，防止施工场所占用的土地或临时使用的土地

受到冲刷。

b. 承包人应采取有效预防措施，防止从本工程施工中开挖的土石材料，对河流、水道、灌溉渠或排水系统产生淤积或堵塞。

c. 养护工程施工中的临时排水系统，应能最大限度地减少水土流失及水文状态的变化。

d. 开挖或填筑的土质路基边坡应及时采取防护措施，防止雨季到来时水流对坡面的冲刷而影响排水系统的功能，减少对附近农田与水域的污染。

e. 承包人不管出于任何需要，未经监理人的事先书面同意，不得干扰河道、水道或现有灌溉或排水系统的自然流动，导致冲刷与淤积的发生。

(3) 废料废方的处理

a. 清理场地的废料和土石方工程的废方处理，不得影响排灌系统及农田水利设施，不得向江河、湖泊、水库和专门堆放地以外的地方倾倒；应按图纸规定或监理人的指示在适当地点设置弃土场，有条件时，力求少占土地，并对弃土进行整治利用。

b. 当设置弃土堆时，应按《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610-2019）第4.3.4条的规定执行。

c. 桥梁施工过程中的泥浆及废弃物等，应在工程完工时及时清除干净，以免堵塞河道和妨碍交通。

d. 挖方工程及隧道工程的大型弃方场地，应采取以下水土保持措施：

(a) 废方堆放点应统筹安排，堆放点应远离河道，尽量不要压盖植被，尽可能选择荒地。

(b) 及时对弃方进行压实，并在其表面进行植被覆盖，可以种植草皮，灌木或树木，达到防止水土流失、美化环境的目的。

(c) 尽可能对弃土方加以整治后用作耕地。

(d) 隧道弃渣点应选择植被稀疏的荒地。弃渣的下部和边角宜砌筑拦渣坝或墙，以防止水土流失。

e. 承包人应将施工及生活中产生的废弃物及时处理，运至监理人及当地环保部门同意的指定地点弃置，应注意避免阻塞河流或泄洪系统和污染水源，并防止汛期淹没农田或村庄。如无法及时处理或运走，则必须设法防止散失。

4. 防止和减轻水、大气受污染

(1) 保护水质

a. 施工废水、生活污水不得直接排入农田、耕地、灌溉渠和水库，严禁排入饮用水源。

b. 养护工程施工区域、砂石料场，在施工期间和完工以后，应妥善处理以减少对河道、溪流的侵蚀，防止沉渣进入河道或溪流。

c. 冲洗集料或含有沉积物的操作水，应采取过滤、沉淀池处理或其他措施，做到达标排放。

d. 施工期间，施工物料如沥青、水泥、油料、化学品等应堆放管理严格，防止在雨季或暴雨将物料随雨水径流排入地表及附近水域造成污染。

e. 施工机械应防止严重漏油，严禁机械在运转中产生的油污水未经处理就直接排放，或维修施工机械时油污水直接排放。

f. 承包人应将施工及生活中产生的污水或废水，集中处理，经检验符合环保标准后，才能排放到河流或沟溪中。承包人不得将含有污染物质或可见悬浮物质的水，排入河流、水道或灌溉系统中。承包人的排水不得增加河流或水道中的悬浮物或造成河道冲刷、水流污染。

g. 保护农田排灌系统。当路线经过农田灌溉区域时，承包人在施工时应采取必要的临时措施，以保证不影响或中断农田的排灌作业。修建的临时设施应保证施工不影响当地农田的高峰排灌作业。在软土地区施工时，应注意路堤沉降对水源和排灌系统的影响。

承包人应根据路线经过水田地区的情况，拟定需采取的措施，确定设计方案报监理人批准后执行，但监理人的批准并不意味着可以免除承包人的责任。

(2) 控制扬尘

a. 为减少养护工程施工作业产生的灰尘，在施工区域内及附近主要运输通道应随时进行洒水或采取其他抑尘措施，确保不出现明显的降尘。

b. 易于引起粉尘的细料或松散料应予遮盖或适当洒水润湿；运输时，应用帆布、盖套及类似遮盖物覆盖。

c. 运转时有粉尘发生的施工场地，如水泥混合料拌和机站(场)、大型轧石机场、沥青混合料拌和机站(场)等投料器，均应有防尘设备。在这些场所作业的工作人员，应配备必要的劳保防护用品。

d. 承包人应使施工场地砂石化或保持经常洒水，确保施工场地旁的农田作物绿叶无扬尘污染。

(3) 减少噪声、废气污染

a. 各种临时设施和场地，如堆料场、加工厂、轧石厂、沥青厂等，距居民区不宜小于300m，而且应设于居民区主要风向的下风处。

b. 使用机械设备的工艺操作，要尽量减少噪声、废气等的污染；建筑施工场地的噪声应符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的规定，并应遵守当地有关部门对夜间施工的规定。

c. 如果承包人预防措施不力，并已对邻近区域的环境、卫生造成了危害，则由此而引起的一切损失及后果，应由承包人负责。

d. 在居民集中居住区和靠近学校、医院等环境敏感区，噪声大的施工作业应按监理人规定的作业时间施工。

e. 承包人应通过有效的技术手段和管理措施，将施工噪声控制到最低程度。当施工工地距居民住宅区、学校、医院等环境敏感区距离小于150m时，承包人不得在夜间安排噪声很大(55dB以上)的机械施工，应按监理人规定的作业时间施工。

5. 保护绿色植被

(1) 承包人应尽量保护公路用地范围之外的现有绿色植被。若因修建临时工程破坏了现有的绿色植被，应负责在拆除临时工程时予以恢复。

(2) 要保护公路两旁的古树名木和法定保护的树种，即使处在公路用地范围内，有可能时也要尽量设法保护。

(3) 施工期间工程破坏植被的面积应严格控制，除了不可避免的工程占地、砍伐以外，不应再发生其他形式的人为破坏。

6. 土地资源的保护

(1) 妥善处理废方，山坡弃土应尽量避免破坏或掩埋路基下侧的林木、农田及其他工程设施。沿河弃土应避免壅塞河道、改变水流方向和抬高水位而淹没或冲毁农田、房屋。

应重视弃土堆的复垦，有条件时，宜在弃土堆顶面绿化或整平成为耕地。

(2) 取土坑应选在高地、荒地上，尽量不占耕地；当必须从耕地取土时，应将表面种植土铲除，集中成堆保存，并在工程交工前做好还地工作。对于深而宽的取土坑，可根据当地需要，用作蓄水池或鱼塘。

在多年的经济作物区或重要的绿化带，不得设置取土坑。

(3) 在河床开采砂砾材料时，必须注意防止河流状态的改变，并应遵守《中华人民共和国水法》中“在行洪、排涝河道和航道范围内开采砂石、砂金，必须经河道主管部门批准，按照批准的范围和作业方式开采，涉及航道的，由河道主管部门

会同航道主管部门批准”的规定。

(4) 采石场的位置，应结合环境保护的要求选择，其中包括噪声、爆破引起的地下震动、公共安全问题等。采石场的位置，应征得当地政府及环境管理部门的同意并办理必要的手续。

(5) 对施工人员加强保护自然资源及野生动植物的教育，在雇佣合同中规定严禁偷猎和随意砍伐树木。

7. 现有公用设施的保护

(1) 对于受本工程影响或正在受影响的一切公用设施与结构物，承包人应在本工程施工期间采取一切适当措施加以保护。

(2) 靠近公用设施的开挖作业，承包人应通知有关部门，并邀请有关部门代表在工时到场。承包人应将上述通知与邀请的副本提交监理人备查。

102.05 交通流计划和控制

本条参照《公路养护安全作业规程》（JTGH30-2015）以及《四川省运营高速公路涉路及养护施工规范化指南》相关条款执行。

102.06 安全保护与事故报告

1. 一般要求

(1) 承包人应贯彻《中华人民共和国安全生产法》，严格地遵守《建设工程安全生产管理条例》、《公路水运工程安全生产监督管理办法》和《公路工程施工安全技术规范》（JTGF90-2015）的有关规定，制定安全制度和采取安全措施，并负责检查实施情况，切实地做到施工安全。

(2) 承包人应全面负责所承包合同段的施工安全，接受当地有关安全职能部门的劳动安全卫生监督 and 发包人、监理人的监督管理。

(3) 承包人应与发包人签订《安全生产合同》，并在《安全生产合同》中制订相应的职责和措施，明确责任。

(4) 承包人应配备专职安全生产管理机构，建立安全生产保证体系，健全各种安全生产规章制度；自上而下形成安全生产管理网络，做到专人专职，明确工作职责，落实岗位责任；保证安全生产工作措施有力，反应迅速。

承包人应建立教育培训制度，从业人员必须经过培训，特殊工种人员须持证上岗。

驻地管理人员一律佩证上岗。佩证内容有姓名、职务和本人相片。安全员的佩证为红色，以示醒目。

(5) 承包人应建立并落实各种安全生产检查制度，及时发现和处理险情及紧急情况；一旦发生安全事故，应迅速采取措施，把事故损失减少到最低限度。

(6) 承包人应在工程正式开工前，编制本项目安全生产应急预案，并上报监理人批准；当发生安全事故时，应迅速启动预案，尽可能减少损失。

2. 安全员

在工程施工期间，承包人应按《公路水运工程安全生产监督管理办法》规定的数量和条件在施工现场配置专职安全生产管理人员。该专职安全员必须取得安全生产考核合格证书，且熟悉所施工的工作类型。专职安全员对安全生产进行现场监督检查，查看所有安全规则与条例的实施情况，并做好检查记录。如发现生产安全事故隐患，专职安全员应当及时向项目经理和安全生产管理机构报告；对违章指挥、违章操作和违反劳动纪律的，应当立即制止。

3. 安全标志

(1) 承包人应在本工程现场周围配备、架立并维修必要的标志牌，以为其雇员和公众提供安全和方便。

(2) 标志牌应包括：

- a. 警告与危险标志；
- b. 安全与控制标志；
- c. 指路标志与标准的道路标志。

(3) 所有标志的尺寸、颜色、文字与架设地点，均应经监理人认可；临时安全标志应设在监理人认为必须设置的一切位置上。

4. 事故报告

(1) 无论何时，一旦发生危害工程或人身、财产安全、工程进度或工程质量事故时，承包人除采取必要的抢救措施以外，必须立即暂停此项目和与之有关项目的施工。

(2) 安全事故发生后，承包人应当立即启动事故相应应急预案，或者采取有效措施，组织抢救，防止事故扩大，减少人员伤亡和财产损失，并立即上报监理人和发包人。同时，承包人应按《生产安全事故报告和调查处理条例》的规定，应当于1h内向事故发生地县级以上人民政府安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门报告。

对于工程建设安全事故会分为特别重大事故、重大事故、较大事故和一般事故这四个等级。

a.对于特别重大工程类事故，一般是指造成30人以上死亡、100人以上重伤或者是1亿元以上直接经济损失的事故；

b.重大工程类事故，通常是指造成10人以上30人以下的死亡，或者是50人以上100人以上重伤，或者5000万元以上1亿元以下直接经济损失的事故；

c.对于较大工程类事故，则是指造成3人以上10人以下死亡，或者是10人以上50人以下重伤，或者1000万元以上5000万元以下直接经济损失的事故；

d.一般工程类事故，是指造成3人以下死亡、10人以下重伤或者1000万元以下直接经济损失的事故。其中，事故造成的急性工业中毒人数也属于重伤范围。

(3) 质量事故发生后，承包人（事故发生单位）必须以最快的方式，将事故的简要情况同时向建设单位、监理单位、质量监督机构报告。在质量监督机构初步确定质量事故的类别性质后，再按下述要求进行报告。质量事故等级的划分和报告制度应按照《公路水运工程质量监督管理规定》和《公路水运建设工程质量事故等级划分和报告制度》的规定办理。

公路建设工程质量事故分为特别重大质量事故、重大质量事故、较大质量事故和一般质量事故四个等级；直接经济损失在一般质量事故以下的为质量问题。

a. 特别重大质量事故，是指造成直接经济损失1亿元以上的事故。

b. 重大质量事故，是指造成直接经济损失5000万元以上1亿元以下，或者特大桥主体结构垮塌、特长隧道结构坍塌的事故。

c. 较大质量事故，是指造成直接经济损失1000万元以上5000万元以下，或者高速公路项目中桥或大桥主体结构垮塌、中隧道或长隧道结构坍塌、路基（行车道宽度）整体滑坡的事故。

d. 一般质量事故，是指造成直接经济损失100万元以上1000万元以下，或者除高速公路以外的公路项目中桥或大桥主体结构垮塌、中隧道或长隧道结构坍塌的事故。

质量问题或质量事故发生后，承包人现场有关人员应立即向承包人负责人报告。承包人应在接到事故报告后1h内报发包人，在接到事故报告后2h内，核实、汇总并向负责项目监管的交通运输主管部门及其工程质量监督机构报告。

(4) 质量事故书面报告内容

a. 工程项目名称，事故发生的时间、地点，建设、设计、施工、监理等单位名称。

b. 事故发生的简要经过、造成工程损伤状况、伤亡人数和直接经济损失的初

步估计。

- c. 事故发生原因的初步判断。
- d. 事故发生后采取的措施及事故控制情况。
- e. 事故报告单位。

(5) 发生重大质量事故的现场保护措施

事故发生后，事故发生单位和该工程的建设、施工、监理等单位，应严格保护事故现场，采取有效措施抢救人员和财产，防止事故扩大。

因抢救人员、疏导交通等原因，需要移动现场物件时，应当做出标志，绘制现场简图并作出书面记录，妥善保存现场重要痕迹、物证，并应采取拍照或录像等直录方式反映现场原状。

(6) 监理人视察了事故现场，提出处理意见，承包人在上报事故报告、查明事故原因、消除事故产生的危害和影响之后的7d之内，可向监理人提交复工报告，请求批准复工。若事故原因迟迟未能查明，监理人认为事故隐患尚未消除时，承包人不得复工，直到事故原因查明并采取补救措施为止。

5. 炸药的使用

(1) 进行爆破作业时，承包人应使用标准的爆炸警告信号(此种信号应事先取得书面批准)，并应对人员、本工程及所有财产采取一切防护措施。承包人应对爆破引起的任何人身伤亡和造成的工程或财产的任何损害单方面负责。

(2) 炸药库的位置与设计、炸药运输方法、炸药的管理使用以及防止事故所采取的预防措施等，应符合法律法规及相关技术规程的规定。

第103节 临时工程与设施

103.01 一般要求

1. 临时工程与设施应包括为实施永久性工程所必需的各项相关的临时性工作，如：临时道路(临时道路修建、养护与拆除,原有道路的维护与恢复,临时码头修建、养护与拆除),临时占地，临时供水与排污设施,临时供电等。承包人应按不同的类型和需要，对临时工程与设施进行设计。

2. 承包人在进行临时工程与设施的设计和施工时，应遵守当地运输管理、公安、供电、电信、供水、环保等有关部门的要求和规定。

3. 除非合同另有规定，按本节提供的全部临时工程与设施的费用，应被认

为已包括了有关永久工程中所需要的所有临时工程与设施的全部费用。

4. 承包人应将临时工程的设计与说明书以及监理人认为需要的详细图纸，在开工前及时报监理人审批。没有监理人的批准，承包人不得在现场开始进行任何临时工程的施工。

5. 监理人应在收到承包人报送的临时工程和设计图纸后的7d内完成审批并通知承包人，这种批准是对于该项临时工程与设施开工的书面同意。

6. 各项临时工程开工之前，承包人应取得当地有关管理部门及其他当事人的同意，并取得书面协议。监理人将据此作为审批开工的条件。

7. 除非另有协议，当永久性工程完工后，承包人应移去、拆除和处理好全部临时工程与设施，并将临时工程所占用的区域进行清理或恢复原貌后，报监理人检查验收。

103.02 临时道路

1. 一般要求

(1) 承包人应将拟修建的临时道路的详细设计与说明，提交监理人批准。

(2) 修建的临时工程，应包含设置标志、护栏、警告装置以及其他工程安全设施。临时道路、桥涵的标准应满足施工条件的需要，且不低于现有道路、桥涵的标准。除非监理人另有准许，临时道路、桥涵的宽度应不小于现有道路、桥涵的宽度。

2. 临时道路

本工程的施工与现有的道路、桥涵发生冲突和干扰之处，承包人都要在本工程施工之前完成改道施工或修建临时道路。临时道路应满足现有交通量的要求，路面宽度应不小于现有道路的宽度，且应硬化。

(1) 如果承包人利用现有的乡村道路作为临时道路，应将该乡村道路进行修整、加宽、加固及设置必要的交通标志，并经监理人验收合格方可通行。

(2) 其他临时道路（包括进出取、弃土场的临时道路）应满足本规范的相关要求。

(3) 工程施工期间，承包人应配备人员，对临时道路进行养护，以保证临时道路和结构物的正常通行。

(4) 工程结束时，除监理人另有批准外，应将临时道路和结构物做一次全

面维修保养，恢复原有的交通标志。凡因施工需要而临时增加的设施均应拆除，并应经监理人检验合格。

103.03 临时占地

1. 临时占地由承包人向当地政府土地管理部门申请，并办理租用手续。

临时占地范围包括承包人驻地的办公室、食堂、宿舍、道路和机械设备停放场、材料堆放场地、弃土场、预制场、拌和场、仓库、进场临时道路、临时便道、便桥等。承包人应在“临时占地计划表”范围内按实际需要与先后次序，提出具体计划报监理人同意，并报发包人。临时占地的面积和使用期应满足工程需要。

2. 临时占地退还前，承包人应恢复到临时占地使用前的状况。如因承包人撤离后未按要求对临时占地进行恢复或虽进行了恢复但未达到使用标准的，将由发包人委托第三方对其恢复，所发生的费用将从应付给承包人的任何款项内扣除。

103.04 临时供水与排污设施

1. 供水

(1) 承包人在实施和维修本工程期间，应负责提供、安装和保养全部施工和生活用水（包括监理人驻地用水）设施，并保证施工用水要求和国家规定的生活饮用水标准持续不断地供水。

(2) 承包人应将拟议的供水系统的说明与图纸，报监理人批准。

(3) 本工程交工时，承包人应将临时供水设施全部拆除，但在交工前双方另有协议者除外。

2. 污水与垃圾处理

(1) 承包人应负责安装、维修和管理临时排污系统，用以排放全部施工和生活污水和废水。

(2) 排污系统的设置说明及图纸应报监理人批准，同时还应获得当地政府的水利部门和环境保护部门的认可。其设置必须符合环境保护要求，并且不妨碍当地排水和灌溉作业。

(3) 承包人应收集和处理好所有工作区域的垃圾，直到工程交工为止。

(4) 承包人应提供工地污水处理与清洁工作所需的全部设备和劳力。

(5) 工程交工时，承包人应将其排污设施全部拆除(监理人驻地除外)，但在交工前双方另有协议者除外。

103.05 临时供电

1. 承包人应对本工程的实施与维修所需全部电力(包括提供监理人驻地的用电)的供应与分配做出配置。

2. 养护工程采用自行发电应确保设备正常安全运行、做好环境保护工作。

第104节 施工场地建设费

104.01 一般要求

1. 驻地建设应满足养护工程需要，确保作业人员的工作环境与生活条件，保护生态环境，促进安全生产及文明施工的总体要求，合理规划、布置和建造驻地建设。

2. 承包人应根据养护项目的实际情况，充分发挥工厂化、集约化施工的优势，按标准化、规范化、精细化的要求组织施工。

104.02 施工驻地

施工驻地或临时驻地建设或租用施工驻地，应满足基本要求：

(1) 选址应安全，严禁设置在泥石流、滑坡体、洪水位下等危险区域，避开取土、弃土场、塌方、落石、危岩等地段，距离集中爆破区500m以外。

(2) 驻地采用院落式封闭管理，办公区、生活区、车辆停放区、活动场地等功能区设置科学合理，必须严格区分，与生产区分离，各功能区面积满足规定要求，庭院内适当绿化，环境优美整洁。

(3) 办公区内应设项目经理室、各部门办公室和档案资料室、会议室等，生活区内应设宿舍、食堂、浴室、厕所、文体活动室、图书室等。还应配置室外文体设施，如篮球场、羽毛球场、室外健身器材等。

(4) 场内主要道路应硬化处理，面层材料应为水泥混凝土路面或沥青路面。

(5) 办公用房门窗齐全，通风、照明良好。房间净空高度应控制在2.8m以上。采用板房结构必须吊顶，砖混结构墙面抹灰刷白，地面硬化，镶贴地板砖。项目经理部人均办公面积不小于6m²。

(6) 会议室必须能够容纳20人同时开会且不小于40m²，应设置2个门，门向外开启，保证发生危险能及时疏散参会人员。

(7) 档案资料室面积应不小于30m²。所有档案资料宜保存在专用金属柜内，资料柜要分门别类，做好标识，归档的档案盒样式统一。

(8) 员工宿舍人均住宿面积不低于3.5m²/人，以人为本配置宿舍设施。宿舍内夏季有消暑、防蚊虫叮咬措施，冬季有保暖和防煤气中毒措施。

(9) 食堂位置距厕所、垃圾等有害物质不小于30m。食堂布置整齐、合理，安全、卫生有保障。

(10) 厕所面积按现场平均人数设置人均0.2m²，最小不得小于20m²。应采用水冲式或移动式厕所且保持清洁。

(11) 应分设男女浴室，浴室面积按现场平均人数设置人均0.2m²，最小不得小于20 m²。

(12) 应设置活动（学习）室，房间净空高度应控制在2.8m以上，室内具备活动（学习）条件，设施良好。

(13) 在偏远地区施工的，应设置医务室，并配备必备药品及救助设施。在高海拔地区施工的，应设置医务室，并配备必备药品及医疗设备，包括急救车辆、高压氧舱、多参数心电监护仪等。

(14) 其他必备设施。应设置垃圾收集站、洗手池，安设消防设施、自来水装置及照明设施。

104.03 其他标准化场地

施工场地建设或临时场建设或租用场地建设，如工地试验室、拌和站、预制场地、仓储用房等场地，应按照交通运输部施工标准化的要求建设。

104.04 施工标准化

1. 承包人应按照规范要求，优化施工工艺，严格工艺管理，提高施工效率和实体工程质量。

2. 规范质量检验与控制，强化各类验证试验和标准试验，做到检测项

目完整齐全、检测频率符合要求、检测数据真实可靠。

3. 加强对隐蔽工程、关键工序的过程控制和验收，确保工程各项指标抽检合格率达到规范要求。

4. 施工过程中，施工原始记录应与施工工序同步，工程现场验收应与施工资料签认同步，对隐蔽工程应保留相关影像资料。

5. 严格执行试验路、试验段及首件工程验收制，未经验收总结，不得进行规模生产。

104.05 管理标准化

承包人应严格执行公路建设法律法规和强制性标准，在工程管理中查找薄弱环节，健全管理制度，优化管理流程，把技术标准、管理标准、作业标准落实到施工全过程，实现工程进度合理均衡，安全措施落实，节能环保措施到位，档案资料收集齐全、整理规范。加强从业人员管理和培训，统一从业人员持证和着装。

第105节 交通组织措施

105.01 一般要求

1. 高速公路养护工程交通组织措施施工应科学开展交通组织设计，合理安排工期、工序，规范布设作业控制区，最大限度减小施工对路网通行的影响，保障高速公路良好通行条件。

2. 高速公路养护工程交通组织措施施工应符合国家和公路行业有关技术标准、规范、规程要求。

105.02 现场管理

1. 施工安全设施（标志标牌、渠化设施、其他安全设施）应符合《道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志（GB 5768.2）》、《道路交通标志和标线 第4部分：作业区（GB 5768.4）》、《公路养护安全作业规程（JTG H30）》、《四川省运营高速公路涉路及养护施工规范化指南（试行）》等相关要求。

2. 施工前应覆盖与施工设施相冲突的既有公路设施（标志标牌等），结束后应及时恢复被覆盖的既有公路设施（标志标牌等）。

3. 施工安全设施布设顺序应从警告区开始，向终止区推进，移除顺序与布设顺序相反，但警告区施工安全设施的移除顺序与布设顺序相同。安装或拆除警告区中央分隔带内的施工安全设施时，操作人员宜在移动标志车的警示下完成操作。

4. 施工单位应每天对施工安全设施进行检查维护，确保设施完好，具备正常使用功能。

5. 行车道不应实施人工路面保洁作业，必须实施时，应布设作业控制区。

6. 夜间进行的施工作业，应在工作区布设照明设施，照明设施应从上往下照射，不得直接对准车道，避免驾驶员炫目。

7. 除临时作业施工外，其余施工现场的上游过渡区应设置车速反馈仪。

8. 施工现场人员应着反光标志服，佩戴安全帽。

9. 作业控制区限速及长度要求、标志标牌要求、交安设施要求、现场人员要求、设备管理及设施维护要求、现场应急处置要求、文明环保施工要求详见《四川省运营高速公路涉路及养护施工规范化指南（试行）》相关要求。

D.2 200 章 路基工程

第201节 通 则

201.01 范围

本章适用于蜀道集团高速公路路基养护工程，其工作内容包括场地清理、路基土石方工程、排水工程及路基防护工程施工、路基监测工程及其有关的作业。

1. 场地清理包括：清理与掘除、拆除结构物、清方及其有关的作业。
2. 路基土石方工程包括：填方路基、挖方路基和特殊路基处理及其有关的作业。
3. 排水工程包括：坡面排水施工及其有关的作业。
4. 路基防护工程包括：石砌护坡、护面墙、挡土墙、抗滑桩、河道防护及锥坡和其他防护工程的砌筑，以及其基础开挖与回填的施工作业。
5. 路基监测工程包括：边坡深部位移监测、地表位移监测、工程构筑物监测及其有关的作业。

201.02 材料

1. 在公路路基土石挖方中如用不小于112.5kW推土机单齿松动器无法松动，须用爆破或用钢楔大锤或用气钻方法开挖的，以及体积大于或等于1m³的孤石为石方，余为土方。其土石分类应以设计为依据由监理人批准确定。
2. 混凝土、水泥砂浆
混凝土、水泥砂浆应符合图纸要求和本规范第 400 章的规定。
3. 钢筋
钢筋应符合图纸要求和本规范第 400 章的规定。
4. 模板、支架
模板、支架应符合图纸要求和本规范第 400 章的规定。
5. 石料
石砌体所用材料应符合图纸要求及本规范第 413 节的规定。
6. 沥青材料
(1) 沥青涂层应按图纸要求由建筑石油沥青与汽油配制而成，其中建筑石油沥青（40 号及 30 号）应符合《建筑防腐蚀工程施工规范》(GB 50212-2014)第 7.2 节及本规范表 201-1 的规定。

表 201-1 建筑石油沥青主要技术指标

名 称	规定值	
	40号	30号
针入度(25°C, 100g, 5s)(0.1mm)	36~50	26~35
延度(25°C, 5cm/min) (cm)	≥3.5	≥2.5
软化点(环球法) (°C)	≥60	≥75

(2) 沥青油毡应符合《石油沥青纸胎油毡》(GB/T 326-2007)的要求。

(3) 沥青麻絮应符合图纸要求或经监理人批准的标准。

7. 垫层材料

(1) 砂宜采用洁净的中、粗砂，含泥量不应大于5%，有机质含量不大于1%。

(2) 砂砾碎石垫层材料粒径不大于50mm，含泥量不超过5%，含砂量不超过40%。

(3) 石灰土应符合图纸要求。

8. 反滤层

(1) 材料粒径应满足表201-2的规定。

表 201-2 反滤层材料粒径规定值

材料名称	粒径范围(mm)	平均粒径(mm)
砂砾	0.5~5	2.5
粗砾	15~20	17
卵石	75~100	—
片石	150以上	—

(2) 砾砂及粗粒反滤层的空隙率均不得小于35%。

(3) 用作反滤层的材料应清洗干净，不允许含有有机物质或其他有害物质。粗砾和卵石应质地坚硬、耐久。

9. 土工织物

用于防水的土工织物应符合图纸及本规范第 205 节有关要求。

201.03 一般要求

1. 路基土石方工程

(1) 施工测量

a. 承包人应在开工之前进行现场恢复和固定路线。其内容包括：导线、中线的复测，水准点的复测与增设，横断面的测量与绘制等。

b. 承包人应对所有的测量进行记录并整理这些资料。每段测量完成后，测量记录本及成果资料由承包人的测量员及其主管技术人员共同签字，送交监理人核查。

c. 在监理人核查全部或任何一部分工程的测量成果时，承包人应无偿提供设备及辅助人员。

d. 在监理人核准测量成果后，承包人应按图纸要求现场设置路基用地界桩和坡脚、路堑基顶、截水沟、边沟、护坡道、取土坑、弃土堆等的具体位置桩，标明其轮廓，报请监理人检查批准。

e. 公路路基施工开始前，应先进行控制性桩点的现场交桩，并保护好交桩成果。各级公路的平面控制测量、水准测量等级以及施工放样，应符合《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610-2019）第3.2节相关规定。

(2) 调查与试验

a. 路基施工前，承包人应对施工范围内的地质、水文、障碍物、文物古迹及各种管线等情况进行详细调查。

b. 承包人应对图纸所示的挖方、借土场的路堤填料取有代表性的土样，进行试验，试验方法按《公路土工试验规程》（JTG 3430-2020）执行。试验项目如下：

(a) 液限、塑限、塑性指数、天然稠度。

(b) 颗粒大小分析试验。

(c) 含水率试验。

(d) 密度试验。

(e) 相对密度试验。

(f) 土的击实试验。

(g) 土的承载比(CBR值)试验。

(h) 有机质含量及易溶盐含量试验。

(i) 冻胀和膨胀等试验。

c. 承包人应将调查与试验结果以书面形式报告监理人备案。如所调查与试验的结果与图纸资料不符时，应提出解决方案报监理人审批；否则，路基不得施工。

d. 路基施工前，应对路基基底土进行相关试验，每公里至少取2个点；土质变化大时，视具体情况增加取样点数。

e. 使用特殊材料作为填料时，应按相关标准做相应试验，必要时还应进行环境影响评估，经批准后方可使用。

f. 本规范中集料的粒径均为ISO 565的R40/3系列中的标准筛孔（方孔筛）。

(3) 施工期间防水、排水

a. 在路基工程施工期间，为防止工程或附近农田、建筑物及其他设施受冲刷、淤积，应修建临时排水设施，以保持施工场地处于良好的排水状态。

b. 临时排水设施应与永久性排水设施相结合。施工场地流水不得排入农田、

耕地或污染自然水源，也不应引起淤积、阻塞和冲刷。

c. 施工时，不论挖方或填方，均应做到各施工层表面不积水，因此，各施工层应随时保持一定的泄水横坡或设置纵向排水通道。挖方路基顶面或填方基底含水率过大时，承包人应采取措施降低其含水率。

d. 承包人的临时排水设施及排水方案应报请监理人检查验收。任何因污染、淤积和冲刷遭受的损失，均应由承包人承担。

(4) 冬季施工

在反复冻融地区，当昼夜平均气温连续 10d 以上在 -3°C 以下时，或者昼夜平均气温虽然升到 -3°C 以上，但冻土未完全融化时，承包人应按照《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610-2019）第 6.9 节有关季节性冻土地区路基施工的规定执行，将计划安排的工程项目和施工方案报监理人审批。

(5) 雨季施工

雨季施工前，承包人应根据现场具体情况确定可进行雨季施工地段，按照《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610-2019）第 7.3 节有关雨季施工的规定执行，编制雨季施工组织计划，报监理人审批。

(6) 特殊地区路基的施工

特殊地区的路基施工应根据不同的特殊土、特殊地段、季节气候等条件，按照《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610-2019）第 6 章的有关规定，组织安排施工。施工计划及施工方案应报监理人审批。

2. 排水工程

(1) 在开工之前，承包人应向监理人提供本工程有关的施工方法和施工安排书面报告，获得监理人的批准后方可开工。

(2) 承包人应按图纸确定的排水构造物的位置和标高，进行施工放样测量，并经监理人核准。

(3) 排水构造物的基槽开挖和回填，应按本规范第 200 章的有关规定进行。

(4) 排水构造物的基槽底面均应夯实到图纸规定的压实度。若基槽底面的地质状况与图纸要求不符时，承包人应根据实际情况提出处理方案和加固措施，经监理人审核批准后进行地基处理。

(5) 为防止排水构造物的基底冲刷，承包人应严格按图纸要求施工。若监理人根据实际地形指示增加基底深度，承包人应按监理人的指示执行。

(6) 所有砂浆砌体均应按《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650-2020）第 14.5 节

的有关规定进行勾缝及养护。所有混凝土的养护和表面缺陷修整弥补，应按照本规范第410节的有关规定执行。

(7) 所有地面以下的隐蔽工程，未经监理人检验合格不得掩埋。

(8) 预制构件应符合图纸要求及本规范第410节有关规定。

3. 防护工程

(1) 承包人应在防护工程开工前对工程所处位置的原地面进行复测,以核实图纸上结构物尺寸、形状和基础高程是否符合实际。复测结果应做详细记录,经监理人批准后方可施工。

(2) 所有防护工程及其有关作业,除应符合本规范的要求外,还应按照图纸所示和监理人的指示进行施工。

(3) 对于有水浸或属风化岩石的边坡,应在土石方施工同时,按图纸或监理人指示,及时进行防护工程的施工。

(4) 防护工程的清理场地,应符合图纸和本规范的第200章的要求。

(5) 防护工程的挖基和回填,应符合图纸和本规范第400章的要求。

(6) 砌体的砌筑工艺,应符合图纸和本规范第400章的要求;混凝土的浇筑,应符合图纸和本规范第400章的要求。

(7) 除有监理人的书面允许外,不得在昼夜平均气温低于+5℃或石料受冻的情况下进行浆砌砌体的施工。所有混凝土及石砌体应按《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)第6.12节及第14.5节的有关规定进行养护。

(8) 砌体应按图纸要求进行勾缝,如图纸上无规定,则应采用M7.5级水泥砂浆勾凹缝。砌体勾缝应嵌入砌缝内不小于20mm。

第202节 场地清理

202.01 范围

本节为公路永久用地范围及借土场、弃土场范围内施工场地的清理、拆除和挖掘,以及必要的平整场地等有关作业。

202.02 一般要求

1. 承包人应在施工前确定现场工作界线,并保护所有规定保留和监理人指定的要保留的植物及构造物。

2. 场地清理拆除及回填压实后,承包人应重测地面高程,并将填挖断面和土石方调配图提交监理人审核。

3. 清理及拆除工作完成后，应由监理人进行现场检查验收，在验收合格后方可进行下一道工序的施工。

202.03 施工要求

1. 清理场地

(1) 路基用地范围内的树木、灌木丛等均应在施工前砍伐或移植。砍伐的树木应堆放在路基用地之外，并妥善处理。

(2) 路基用地范围内的垃圾、有机物残渣及取土坑原地面表层（100~300mm）腐殖土、草皮、农作物的根系和表土应予以清除，并将种植表土集中储藏在监理人指定的地点，以备将来作为种植用土。场地清理完成后，应全面进行回填前碾压，使其密实度达到规定的要求。

(3) 二级及二级以上公路路堤或填方高度小于1m的公路路堤，应将路基基底范围内的树根全部挖除并将坑穴填平夯实；填方高度大于1m的二级以下公路路堤，可保留树根，但树根不能露出地面。此外，应将路基用地范围内的坑穴填平夯实。取土坑范围内的树根应全部挖除。

(4) 地基表层处理应符合下列规定

a 二级及二级以上公路路堤基底的压实度应不小于90%；三、四级公路应不小于85%。路基填土高度小于路面和路床总厚度时，基底应按图纸要求进行处理。

b 原地面坑、洞、穴等，应在清除沉积物后，用合格填料分层回填分层压实。压实度应符合上述a项的规定。

c 泉眼或露头地下水，应按图纸要求采取有效导排措施后，方可填筑路堤。

d 地基为耕地、土质松散、水稻田、湖塘、软土、高液限土等时，应按图纸要求进行处理；局部软弹的部分或地下水位较高段也应采取有效的处理措施。

2. 拆除与挖掘

(1) 路基用地范围内的旧桥梁、旧涵洞、旧路面和其他障碍物等应予以拆除。正在使用的旧桥梁、旧涵洞、旧路面及其他排水结构物，应在对其正常交通和排水做出妥善安排后，才能拆除。

(2) 原有结构物的地下部分，其挖除深度和范围应符合设计图纸或监理人指示的要求。

(3) 拆除原有结构物或障碍物需要进行爆破或其他作业，如有可能损伤新结构物时，必须在新工程动工之前完成。

(4) 所有指定为可利用的材料，都应避免不必要的损失。为了便于运输，可由

承包人分段或分片，按监理人指定的地点存放；对于废弃材料，承包人应按监理人的指示妥善处理。

(5) 承包人应将所有拆除后的坑穴回填并压实。承包人由于拆除施工造成其他建筑物、设施等损坏时，应负责赔偿。

第203节 挖方路基

203.01 范围

本节工作内容为挖方路基施工和边沟、截水沟、排水沟以及改河、改渠、改路等开挖有关作业。

203.02 一般要求

1. 在挖方路基开工前至少28d，承包人应将开挖工程断面图报监理人批准，否则不得开挖。

2. 所有挖方作业均应符合图纸和《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610-2019）的有关规定，并按监理人的要求施工。

3. 挖方作业应保持边坡的稳定，当设置有分级防护工程时，应采用开挖一级、防护一级的施工方案，不得一次开挖到位后再行防护。施工过程中不得对邻近的各种结构物及设施产生损坏或干扰，否则由此引起的后果应由承包人自负。

4. 在开挖中出现石方时，承包人应测量土石分界线，经监理人鉴定认可后，分层进行开挖。如果出现零星石方，承包人应在事前量测石方数量，报经监理人批准后，方能继续施工。

5. 路堑挖方材料应尽量予以利用，但不得重复计算利用材料的开挖数量。可作为路基填料的土方，应分类开挖分类使用。除图纸规定或被定为非适用材料外，不得任意废弃，并力争填、挖、借、弃合理。

6. 如路床面开挖超过图纸或监理人的要求时，承包人应回填并压实。

7. 在整个施工期间，承包人必须始终保证路基排水畅通。如因排水不当而造成工程损坏时，承包人应立即对其进行修补。

8. 施工前，应对图纸提供的弃土方案进行现场核对，若有疑问，应及时处理。沿线弃土堆的设置应符合图纸要求和《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610-2019）第4.3.4条的相关规定。

203.03 施工要求

1. 土方开挖

(1) 土方开挖应按图纸要求自上而下进行，不得乱挖或超挖。无论工程量多大，土层多深，均严禁用爆破法施工或掏洞取土。

(2) 开挖中如发现土层性质有变化时，应修改施工方案及挖方边坡，并及时报监理人批准。开挖过程中，应采取措施保证边坡稳定。开挖至边坡线前，应预留一定宽度。预留宽度应保证刷坡过程中设计边坡线外的土层不受到扰动。

(3) 如果指定的弃土场不能满足弃方要求时，承包人应尽早重新选择弃土位置并相应修改施工方案报监理人批准。

(4) 沿溪及沿山坡和其他按图纸规定不能横向弃置废方的开挖路段，承包人必须严格在指定的弃土场弃方；否则，承包人必须清除和移运到指定地点，并赔偿所造成的损失。

(5) 承包人必须注意对图纸未示出的地下管道、缆线、文物古迹和其他结构物的保护。开挖中一旦发现上述结构物，应立即报告监理人，且应停止作业并保护现场听候处理。

(6) 居民区附近的开挖，承包人应采取有效措施，以保护居民区房屋及保证居民和施工人员的安全，并为附近居民的生活及交通提供临时便道或便桥。

(7) 当因气候条件使挖出的材料无法按照本规范的要求用于填筑路基和压实时，承包人应停止开挖，直到气候条件转好。

(8) 挖方路基施工遇到地下水时，应按下列规定处理：

a. 应采取排导措施，将水引入路基排水系统。不得随意堵塞泉眼。

b. 路床土含水率高或为含水层时，应采取设置渗沟、换填、改良土质、土工织物等处理措施。路床填料除应符合本规范表204-1的规定外，还应具有良好的透水性能。

2. 石方开挖

(1) 承包人应根据岩石的类别、风化程度、岩层产状、岩体断裂构造、施工机械配备、施工环境等情况确定石方开挖方案。石方开挖严禁采用洞室爆破，近边坡部分宜采用光面爆破或预裂爆破。

(2) 石方爆破作业以小型及松动爆破为主，严禁过量爆破，并应在事前14d制订计划和措施报监理人批准。未经监理人批准，不得采用大爆破施工。当确需进行大爆破施工时，承包人应严格按《爆破安全规程》（GB 6722-2014）和

国家关于爆破施工相关规定编制爆破施工组织设计文件，于爆破施工前28d报监理人审批。

(3) 承包人应就爆破器材的存放地点、数量、警卫、收发、安全措施及必要的工艺图纸编制报告，并应在爆破器材进入工地前28d报监理人审批；同时将运入路线和时间报有关管理部门批准，并取得通行证后方可将爆破器材运入工地保管。

(4) 承包人应确定爆破的危险区，并采取有效措施防止人、畜、建筑物和其他公共设施受到危害和损失。在危险区的边界应设置明显的标志，建立警戒线，显示爆破时间的警戒信号；在危险区的入口或附近道路应设置标志，并派人看守，严禁人员在爆破时进入危险区。

(5) 由于爆破引起的松动岩石，必须清除。深挖石方路基施工，应逐级开挖，逐级按图纸要求进行防护。深挖路基施工应随时对边坡稳定性进行监测，并根据地形特征设置边坡控制点。

3. 非适用材料的处理

(1) 当要求承包人在填方区挖除低于原地表面的非适用材料时(除本规范第202.03小节的要求外)，其挖除深度及范围应由监理人确定。在挖除前，应测量必要的断面报监理人批准。

(2) 路基挖至完工断面后，如仍留有非适用材料，应按监理人要求的宽度和深度继续挖除，并用监理人批准的材料回填和压实到图纸规定或与其毗连路段相同规定的密实度。在回填前，应测量必要的断面报监理人批准。

(3) 除非监理人另有许可，在暴露出的挖方是适用材料和非适用材料相混杂的部分，应分别开挖、移运。适用材料供填方使用，且不应被非适用材料污染。已污染的材料应按弃方处理。

(4) 凡经监理人批准，在路基挖方或填方区内挖除的非适用材料，应按弃方要求处理。

4. 弃方的处理

(1) 承包人在有弃方的路段开工前至少28d，应提出开挖、调运施工方案，报监理人批准。该方案包括挖方及弃方的数量、调运方案、弃方位置及其堆放形式、坡脚加固处理、排水系统的布置，以及有关的计划安排等。

(2) 当弃土场的位置、堆放形式或施工方案等有更改时，必须在更改前不少于14d将更改方案报监理人批准。

(3) 弃土堆应堆置整齐、稳定，排水畅通，避免对土堆周围的建筑物、排水及其他任何设施产生干扰或损坏，避免对环境造成污染。否则，因此引起的一切后果，应由承包人承担。

(4) 沿线弃土堆设置应符合图纸要求。弃土不得占用耕地。沿河弃土不得影响排洪、通航，不得加剧河岸冲刷。不得向水库、湖泊、岩溶漏斗及暗河口处弃土。禁止在贴近桥墩台、涵洞口处弃土。

(5) 弃土应按图纸要求进行压实，且应按图纸要求及时完成弃土场的结构防护、排水工程。承包人还应按本规范的有关技术要求对弃土场进行绿化，以保障生态环境不受破坏。

5. 边沟、截水沟、排水沟的开挖

(1) 边沟、截水沟和排水沟开挖的位置、断面尺寸和沟底纵坡应符合图纸或监理人的要求。当其需要铺砌时，应按图纸或监理人的指示，增加开挖深度和宽度。

(2) 超高路段的边沟沟底纵坡，应与曲线前后沟底相衔接，不允许曲线内侧积水或外溢。

(3) 路堑与路堤连接处，边沟应缓顺引向路堤两侧的自然沟或排水沟，勿使路基附近积水，也不得冲蚀路堤。

(4) 开炸石质边沟、排水沟，应用小孔、少量炸药。超挖部分，要用小石块浆砌密实，沟底凸出部分，应予凿平。

(5) 边沟与截水沟应从下游向上游开挖。截水沟通过地面坑凹处时，应将凹处填平夯实。边沟及截水沟开挖后，应及时进行防渗处理，不得渗漏、积水或冲刷边坡及路基。

6. 改河、改渠、改路的开挖

按图纸所示的位置和断面尺寸进行施工。开挖出的土方除可利用外，应按弃方妥善处理。

203.04 质量检验

1. 基本要求

(1) 路基的路床高程、宽度、线形及边坡坡度应符合图纸要求；边沟、截水沟和排水沟沟底无积水、积水现象，具备铺砌要求；临时排水设施与现有排水沟渠连通，挖出的废方按指定的地点整齐堆放。

(2) 石方路堑的开挖宜采用光面爆破法。爆破后应及时清理险石、松石，确保边坡安全、稳定。

(3) 路床欠挖部分必须凿除。超挖部分应采用无机结合料稳定碎石或级配碎石填平碾压密实，严禁用细粒土找平。

(4) 石质边坡不宜超挖。

2. 检查项目

土方路基检查项目见表 203-1。填石路基检查项目见表 203-2。

表 203-1 土方路基检查项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差			检查方法和频率	
			高速公路 一级公路	其他公路			
				二级公路	三、四级公路		
1	上路床	0~0.3m	≥96	≥95	≥94	按JTG F80/1-2017 附录B 检查，密度法：每 200m 每压实层测2处	
		下路床	轻、中及重交通荷载等级	0.3~0.8 m	≥96		≥95
	特重、极重交通荷载等级		0.3~1.2 m	≥96	≥95		—
	上路堤	轻、中及重交通荷载等级	0.8~1.5 m	≥94	≥94		≥93
		特重、极重交通荷载等级	1.2~1.9 m	≥94	≥94		—
	下路堤	轻、中及重交通荷载等级	> 1.50 m	≥93	≥92		≥90
特重、极重交通荷载等级		> 1.90 m	≥93	≥92	≥90		
2	弯沉 (0.01mm)		不大于设计验收弯沉值			按JTG F80/1-2017附录J 检查	
3	纵断高程 (mm)		+10, -15	+10, -20		水准仪：中线位置每 200m测2点	
4	中线偏位 (mm)		50	100		全站仪：每200m测2 点，弯道加 HY、YH 两 点	
5	宽度 (mm)		满足设计要求			尺量：每200m测4点	
6	平整度 (mm)		≤15	≤20		3m 直尺：每 200m 测2 处×5 尺	
7	横坡 (%)		0.3	0.5		水准仪：每200m测2个断面	
8	边坡		满足设计要求			尺量：每200m测4点	

注：1.表列压实度系按《公路土工试验规程》（JTG 3430-2020）重型击实试验所得最大干密度求得的压实度。评定路段内的压实度平均值下置信界限不得小于规定标准，单个测定值不得小于极值(表列规定值减 5 个百分点)。按测定值不小于表列规定值减 2 个百分点的测点占总

检查点数的百分率计算合格率。

2.特殊干旱、特殊潮湿地区或过湿土路基等，可按路基设计、施工规范所规定的压实度标准进行评定。

3.三、四级公路铺筑沥青混凝土或水泥混凝土路面时路基压实度应采用二级公路标准。

表 203-2 填石路基检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差		检查方法和频率
		高速公路、一级公路	其他公路	
1	压实	孔隙率满足设计要求		密度法：每 200m 每压实层测 1 处
		沉降差≤试验路确定的沉降差		精密水准仪：每 50m 测 1 个断面每个断面测 5 点
2	弯沉	不大于设计验收弯沉值		按 JTG F80/1-2017 附录 J 检查
3	纵断高程 (mm)	+10, -20	+10, -30	水准仪：中线位置每 200m 测 2 点
4	中线偏位 (mm)	≤50	≤100	全站仪：每 200m 测 2 点，弯道加 HY、YH 两点
5	宽度 (mm)	满足设计要求		尺量：每 200m 测 4 点
6	平整度 (mm)	≤20	≤30	3m 直尺：每 200m 测 2 处×5 尺
7	横坡 (%)	0.3	0.5	水准仪：每 200m 测 2 个断面
8	边坡	坡度	满足设计要求	尺量：每 200m 测 4 点
		平顺度	满足设计要求	

3. 外观质量

(1) 土方路基

- a. 路基边线与边坡不应出现单向累计长度超过 50m 的弯折。
- b. 路基边坡、护坡道、碎落台不得有滑坡、塌方或深度超过 100mm 的冲沟。

(2) 填石路基

- a. 路基边线与边坡不应出现单向累计长度超过 50m 的弯折。
- b. 上边坡不得有危石。

第 204 节 填方路基

204.01 范围

本节工作内容为填筑路基和结构物处的台背回填以及改路填筑等有关的施工作业。

204.02 填筑材料

1. 凡具有规定强度且能被压实到规定密实度和能形成稳定填方的材料均为适用填料。通常情况下，下列材料为非适用材料：

- (1) 含草皮、生活垃圾、树根和腐殖质的土。

(2) 泥炭、淤泥、冻土、沼泽土、建筑垃圾。

(3) 有机质含量大于5%的土。

(4) 液限大于50%、塑性指数大于26的土。

2. 对于泥炭、冻土、强膨胀土、有机质土及易溶盐超过允许含量的土，以及含水率超过规定的土，不得直接作为路堤填料，在采取图纸要求的技术措施并经监理人批准后，方可使用。季节性冻土地区路床及浸水部分的路堤不应直接采用粉质土填筑。

3. 利用粉煤灰等工业废渣填筑路堤，应先进行试验，并将试验报告及其施工方案报监理人批准后，方可使用。

4. 对填挖交界、台背回填、上路床(0~300mm)等部位的填筑材料，应先报告监理人批准后，方可使用。粉质土不宜直接填筑于路床，不得直接填筑于浸水部分的路堤及冻土地区的路床。

5. 填石路堤填料中，其石块最大粒径应不大于500mm，并不宜超过层厚的2/3，不均匀系数宜为15~20；路床底面以下400mm范围内，填料粒径应小于150mm。

6. 路基填料最小强度和最大粒径应符合表204-1的规定。

表 204-1 路基填料最小强度和最大粒径要求

填料应用部位（路床顶面以下深度，m）		填料最小强度（CBR）（%）			填料最大粒径（mm）
		高速公路、一级公路	二级公路	三、四级公路	
路堤	上路床（0~0.30）	8	6	5	100
	下路床（轻、中及重交通）（0.30~0.80）	5	4	3	100
	下路床（特重、极重交通）（0.30~1.20）	5	4	-	100
	上路堤（轻、中及重交通）（0.80~1.50）	4	3	3	150
	上路堤（特重、极重交通）（1.20~1.90）	4	3		150
	下路堤（轻、中及重交通）（>1.50）	3	2	2	150
	下路堤（特重、极重交通）（>1.90）	3	2	2	150
零填及挖方路基	（0~0.30）	8	6	5	100
	（0.30~0.80）	5	4	3	100

注：1.表列强度按《公路土工试验规程》（JTG 3430-2020）规定的浸水 96h 的 CBR 试验方法测定。

2.三、四级公路铺筑沥青混凝土和水泥混凝土路面时，应采用二级公路的规定。

3.表中上、下路堤填料最大粒径 150mm 的规定不适用于填石路堤和土石路堤。

204.03 试验

1. 填方材料的试验：在路堤填筑前，填方材料应每5000m³或在土质变化时取样，按《公路土工试验规程》(JTG 3430-2020)规定的方法进行颗粒分析、含水率、密实度、液限、塑限、承载比(CBR)试验和击实试验，高速公路、一级公路还应做有机质含量和易溶盐含量试验。

2. 填方试验路段

(1) 承包人应在开工28d前，用路堤填料铺筑长度不小于100m(全幅路基)有代表性的试验路段，并将试验结果报监理人审批。

下列情况下，应进行试验路段施工：

- a. 二级及二级以上公路路堤。
- b. 填石路堤、土石路堤。
- c. 特殊地段路堤。
- d. 特殊填料路堤。
- e. 拟采用新技术、新工艺、新材料的路基。

(2) 现场试验应进行到能有效地使该种填料达到规定的压实度为止。试验时，应记录压实设备的类型、最佳组合方式，碾压遍数及碾压速度、工序，每层材料的松铺厚度、含水率等，试验结果报经监理人批准后，即可作该种填料施工时控制的依据。试验结束时，试验段若达到本规范表203-1规定的质量检验标准，可作为路基的一部分；否则，应予挖除，重新进行试验。

(3) 用于填方(包括回填)的每种类型材料，都应进行现场压实试验。试验段所用填料和机具应与施工所用材料和机具相同。

204.04 施工要求

1. 一般要求

(1) 填方路堤施工前，应按本规范第202节的有关规定对原地面进行清理及压实。所有填方作业均应严格按照图纸或监理人的要求施工。

(2) 路堤基底应在填筑前进行压实，承包人应将压实后新测绘的填方工程断面图提交监理人核准，否则不得填筑。

(3) 填方作业不得对邻近的结构物和其他设施产生损坏及干扰；否则，由此而引起的后果应由承包人自负。

(4) 整个施工期间，承包人必须保证排水畅通。如因排水不当而造成工程损坏，承包人应立即进行修补。

(5) 采用粒径大于37.5mm且含量超过总质量70%的石料填筑路基时，应按填石路堤施工；采用石料含量占总质量30%~70%的土石混合填筑路堤时，按土石混填路堤施工；石料含量小于30%时，按填土路堤施工。

(6) 特殊路基施工前，承包人应按图纸要求，提出处理方案报监理人批准。

(7) 路堤基底及路堤每层施工完成后未经监理人检验合格，不得进行上一层的填土施工。

(8) 施工机械选择，应考虑工程特点、土石种类及数量、地形、填挖高度、运距、气候条件、工期等因素，经济合理地确定。适宜各种填方路基的碾压机械可参照《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610-2019)条文说明第4.2节相关规定执行。

2. 零填挖路基

(1) 对于高速公路和一级公路零填挖及挖方路床顶面以下0~800(或1200)mm范围内的压实度，不应小于96%；对于二级公路，不应小于95%；对于三、四级公路零填挖及挖方路床顶面以下0~300mm范围内的压实度，不应小于94%，但当三、四级公路采用沥青混凝土或水泥混凝土路面时，其路床顶面以下0~800mm范围内的压实度不应小于95%。如不符合上述要求，承包人应翻松后再压实，使压实度达到规定的要求。

(2) 特殊路基土层上的零填挖路床面，承包人应按图纸或监理人的要求，进行换填、改善或翻拌晾晒。换填、改善厚度应按图纸或由监理人根据现场情况确定，并分层压实。换填填料的最小强度和最大粒径应符合本规范表204-1的要求，其压实度应达到本规范表203-1的要求。

3. 填土路堤

(1) 填方路基必须按路面平行线分层控制填土高程；填方作业应分层平行摊铺，保证路基压实度。每层填料铺设的宽度，每侧应超出路堤设计宽度300mm，以保证修整路基边坡后的路堤边缘有足够的压实度。性质不同的填料，应水平分层、分段填筑，分层压实。同一水平层路基的全宽应采用同一种填料，不得混合填筑。每种填料压实后的连续厚度不宜小于500mm。填筑路床顶最后一层时，压实后的厚度应不小于100mm。

(2) 路堤填土高度小于800mm(不包括路面厚度)时，对于原地表清理与挖除之后的土质基底，应将表面翻松深300mm后整平压实。其压实度应符合表203-1的要求。

(3) 含水率适宜或冻融敏感性小的填料应填筑在路基上层，强度较小的填料应填筑在下层。在有地下水的路段或临水路基范围内，宜填筑透水性好的填料。

(4) 路堤填筑应从最低处分层填筑，逐层压实。地面自然横坡陡于1:5时或纵坡陡于12%时，应将原地面挖成台阶，台阶宽度应满足摊铺和压实设备操作的需要，且不得小于2m。台阶顶一般做成向内并大于4%的内倾斜坡。砂类土上则不挖台阶，但应将原地面以下200~300mm的表土翻松。

(5) 加宽旧路堤时，应沿旧路堤边坡挖成向内倾斜的台阶；所用填料宜与旧路堤相同或选用透水性较好的材料。

(6) 连接结构物的路堤工程，其施工方法不应危害结构物的安全与稳定。

(7) 如在路堤范围内修筑便道或引道时，该便道或引道不得作为路堤填筑的部分，应重新填筑成符合规定要求的新路堤。

(8) 任何靠压实设备无法压碎的大块硬质材料，应予以清除或破碎。破碎后的硬质材料最大尺寸不超过压实层厚度的2/3，并应均匀分布，以便达到要求的压实度。

(9) 填土路堤分几个作业段施工时，如两个相邻段交接处不在同一时间填筑，则先填段应按1:1坡度分层留台阶；如两段同时施工，则应分层相互交叠衔接，其搭接长度不得小于2m。

(10) 采用透水性较小的土填筑路堤时，应控制含水率在最佳含水率的2%范围内；当填筑路堤下层时，其顶部应做成4%的双向横坡；当填筑上层时，不应覆盖在由透水性较好的土所填筑的路堤边坡上。

(11) 在土石混合填料中不得采用倾填法施工，应进行分层填筑。分层压实每层摊铺厚度应根据压实机械类型和规格确定，不宜超过400mm。

(12) 用土石混合料填筑路堤压实度由现场试验确定，并报经监理人检验批准。

4. 填石路堤

(1) 填石路堤填筑材料应符合图纸要求及本规范第204.02小节相关规定，其粒径应不大于500mm，并不宜超过层厚的2/3，不均匀系数宜为15~20；路床底面以下400mm范围内，填料粒径应小于150mm；路床填料粒径应小于100mm。

(2) 基底处理除满足本规范第202.03-1(4)款的规定外，承载力应满足图纸要求；在非岩石地基上，填筑填石路堤前，应按图纸要求设置过渡层。

(3) 路堤及路床施工前，承包人应先修筑试验路段，确定路堤满足表204-2中孔隙率标准的松铺厚度和路床能达到最大压实干密度的松铺厚度、压实机械型号及组合、压实速度及压实遍数、沉降差等参数。

(4) 二级及二级以上公路的填石路堤应分层填筑压实。二级以下砂石路面公路在陡峻山坡地段施工特别困难时，可采用倾填的方式将石料填筑于路堤下部，但在

路床底面以下不小于 1.0m 范围内仍应分层填筑压实。

(5) 岩性相差较大的填料应分层或分段填筑。严禁将软质石料与硬质石料混合使用。

(6) 中硬、硬质石料填筑路堤时，应按图纸要求进行边坡码砌。码砌边坡的石料强度、尺寸及码砌厚度应符合图纸要求。边坡码砌与路基填筑宜基本同步进行。

(7) 压实机械宜选用自重不小于 18t 的振动压路机。

(8) 在填石路堤顶面与细粒土填土层之间应按图纸要求设置过渡层。

5. 土石路堤

(1) 填料应符合图纸要求，天然土石混合填料中，中硬、硬质石料的最大粒径不得大于压实层厚的 $\frac{2}{3}$ ；石料为强风化石料或软质石料时，其 CBR 值应符合表 204-1 的规定，石料最大粒径不得大于压实层厚。

(2) 基底处理应满足第 202.03-1(4)款的规定。在陡、斜坡地段，土石路堤靠山一侧应按图纸要求，做好排水和防渗处理。

(3) 施工前，应根据土石混合材料的类别分别进行试验路段施工，确定能达到最大压实干密度的松铺厚度、压实机械型号及组合、压实速度及压实遍数、沉降差等参数；压实机械宜选用自重不小于 18t 的振动压路机。

(4) 土石路堤不得倾填，应分层填筑压实，碾压前应使大粒径石料均匀分散在填料中，石料间孔隙应填充小粒径石料、土或石渣。

(5) 压实后透水性差异大的土石混合材料，应分层或分段填筑，不宜纵向分幅填筑；如确需纵向分幅填筑，应将压实后渗水良好的土石混合材料填筑于路堤两侧。

(6) 土石混合材料来自不同料场，其岩性或土石比例相差较大时，宜分层或分段填筑。

(7) 填料由土石混合材料变化为其他填料时，土石混合材料最后一层的压实厚度应小于 300mm，该层填料最大粒径宜小于 150mm，压实后该层表面应无孔洞。

(8) 中硬、硬质石料的土石路堤，应进行边坡码砌。码砌边坡的石料强度、尺寸及码砌厚度应符合图纸要求。边坡码砌与路堤填筑宜基本同步进行。软质石料土石路堤的边坡按土质路堤边坡处理。

6. 高填方路堤

(1) 高填方路堤填料宜优先采用强度高、水稳性好的材料，或采用轻质材料。

(2) 基底承载力应满足图纸要求。特殊地段或承载力不足的地基应按图纸要求进行处理；覆盖层较浅的岩石地基，宜清除覆盖层。

(3) 施工中应按图纸要求预留路堤高度与宽度，并进行动态监控。

(4) 高填方路堤宜优先安排施工。

(5) 高填方路堤如果材料来源不同，其性能相差较大时，应分层填筑，不应分段或纵向分幅填筑。

(6) 半挖半填的一侧高填方路基为斜坡时，应按图纸规定挖好横向台阶，并应在填方路堤完成后，对设计边坡外的松散弃土进行清理。

(7) 高填方路堤必须进行沉降和位移观测，观测方法可按本规范第205节有关规定执行或采用经监理人批准的其他方法。观测资料应提供监理人审查，以便做出路面铺筑的有关决定。

7. 半填半挖路基、路堤与路堑过渡段

(1) 应从填方坡脚起向上设置向内侧倾斜的台阶，台阶宽度不小于2m，在挖方一侧，台阶应与每个行车道宽度一致、位置重合。

(2) 石质山坡，应清除原地面松散风化层，按图纸要求开凿台阶，孤石、石笋应予以清除。

(3) 纵向填挖结合段，应按图纸要求合理设置台阶。

(4) 有地下水或地面水汇流的路段，应按图纸要求采用合理措施导排水流。

(5) 纵（横）向半填半挖路堤与路基，应从最低高程处的台阶开始分层填筑，分层压实。

(6) 填筑时，应严格处理横向、纵向、原地面等结合界面，以确保路基的整体性。

(7) 高度小于800mm的路堤、零填及挖方路床的换填，宜选用水稳性较好的材料。

(8) 若纵（横）向半填半挖路基采用土工合成材料加筋时，则土工合成材料的设置部位、层数和材料规格、质量应符合图纸要求。

(9) 纵（横）向填、挖交界处的开挖，必须待填方处原地面处理好并经监理人检验合格后，方可开挖挖方断面。挖方中非适用材料严禁用于填筑。

8. 路基拓宽改建施工

(1) 应按图纸要求及本规范第202节相关要求拆除老路路缘石、旧路肩、边坡防护、边沟及原有构造物的翼墙或护墙等。

(2) 施工前应截断流向拓宽作业区的水源，开挖临时排水沟，保证施工期间排水通畅。

(3) 拓宽部分路堤的地基处理应按图纸要求和本规范相关条款处理。

(4) 老路堤与新路堤交界的坡面挖除清理的法向厚度不宜小于0.3m，然后从老路堤坡脚向上按图纸要求挖设台阶；当老路堤高度小于2m时，对其进行坡面处理后，可直接填筑新路堤。严禁将边坡清挖物作为新路堤填料。

(5) 拓宽部分的路堤采用非透水性填料时，应在地基表面按图纸铺设垫层。垫层材料一般为砂砾或碎石，含泥量不大于5%。

(6) 拓宽路堤的填料宜选用与老路堤相同的填料，或者选用水稳性较好的砂砾、碎石等填料。

(7) 拓宽施工中的挖方路基按本规范第203节相关规定执行；拓宽施工中的半填半挖路基按本规范第204.04-7条的相关规定执行。

(8) 边通车边拓宽时，应有交通管制和安全防护措施。

(9) 拓宽施工不得污染环境，不得破坏或污染原有水系。

204.05 质量检验

1. 土方路基

(1) 基本要求

a. 在路基用地和取土坑范围内，应清除地表植被、杂物、积水、淤泥和表土，处理坑塘，并按施工技术规范 and 设计要求对基底进行压实。表土应充分利用。

b. 填方路基应分层填筑压实，每层表面平整，路拱合适，排水良好，不得有明显碾压轮迹，不得亏坡。

c. 应设置施工临时排水系统，避免冲刷边坡，路床顶面不得积水。

d. 在设定取土区内合理取土，不得滥开滥挖。完工后应按要求对取土坑和弃土场进行修整。

(2) 检查项目

土方路基检查项目见表 203-1。

(3) 外观质量

a. 路基边线与边坡不应出现单向累计长度超过50m的弯折。

b. 路基边坡、护坡道、碎落台不得有滑坡、塌方或深度超过100mm的冲沟。

2. 填石路基

(1) 基本要求

a. 填石路基应分层填筑压实，每层表面平整，路拱合适，排水良好，上路床不得有碾压轮迹，不得亏坡。

b. 修筑填石路基时应进行地表清理，填筑层厚度应符合规范规定并满足设计要求，填石空隙用石碴、石屑嵌压稳定。

c. 填石路基应通过试验路确定沉降差控制标准。

(2) 检查项目

a. 填石路基检查项目见表 203-2。

b. 硬质石料、中硬石料、软质石料的压实质量控制标准分别见表 204-2~表 204-4。

表 204-2 硬质石料压实质量控制标准

项次	路基部位	路面底面以下深度(m)	摊铺厚度(mm)	最大粒径(mm)	压实干密度(kg/m ³)	孔隙率(%)
1	上路堤	0.8~1.50(1.20~1.90)	≤400	小于层厚2/3	由试验确定	≤23
2	下路堤	>1.50(>1.90)	≤600	小于层厚2/3	由试验确定	≤25

注：“路面底面以下深度”栏，括号中数值分别为特重、极重交通的上路堤、下路堤的深度范围。

表 204-3 中硬石料压实质量控制标准

项次	路基部位	路面底面以下深度(m)	摊铺厚度(mm)	最大粒径(mm)	压实干密度(kg/m ³)	孔隙率(%)
1	上路堤	0.8~1.50(1.20~1.90)	≤400	小于层厚2/3	由试验确定	≤22
2	下路堤	>1.50(>1.90)	≤500	小于层厚2/3	由试验确定	≤24

注：“路面底面以下深度”栏，括号中数值分别为特重、极重交通的上路堤、下路堤的深度范围。

表 204-4 软质石料压实质量控制标准

项次	路基部位	路面底面以下深度(m)	摊铺厚度(mm)	最大粒径(mm)	压实干密度(kg/m ³)	孔隙率(%)
1	上路堤	0.8~1.50(1.20~1.90)	≤300	小于层厚	由试验确定	≤20
2	下路堤	>1.50(>1.90)	≤400	小于层厚	由试验确定	≤22

注：“路面底面以下深度”栏，括号中数值分别为特重、极重交通的上路堤、下路堤的深度范围。

(3) 外观质量

a. 路基边线与边坡不应出现单向累计长度超过50m的弯折。

b. 上边坡不得有危石。

3. 粉煤灰路基

(1) 基本要求

- a. 粉煤灰的质量应符合设计规定，不得含有团块、腐殖质及其他杂质。
- b. 包边土和顶层封层的填料应符合设计规定，包边土应与粉煤灰填筑同步进行。
- c. 应及时洒水，防止干灰扬尘。

(2) 检查项目

粉煤灰路基压实度标准见表 204-5。

表 204-5 粉煤灰路堤压实度标准

填料应用部位 (路床顶面以下深度 m)		压实度 (%)	
		二级及二级以上公路	其他等级公路
上路床	0.0~0.30	≥95	≥93
下路床	0.30~0.80	≥93	≥90
上路堤	0.80~1.50	≥92	≥87
下路堤	>1.50	≥90	≥87

注：1.表列压实度以《公路土工试验规程》(JTG 3430-2020)重型击实试验法为准测定。

2.特别干旱或潮湿地区的压实度标准可降低 1%~2%。

3.包边土和顶面封层压实度应符合表 203-1 的规定。

(3) 外观质量

- a. 路基边线与边坡不应出现单向累计长度超过50m的弯折。
- b. 路基边坡、护坡道、碎落台不得有滑坡、塌方或深度超过100mm的冲沟。

第205节 特殊地区路基处理

205.01 范围

本节工作内容为软土地区路基，泥石流地段路基和季节性冻土地区路基的处理及其有关的工程作业。

205.02 一般要求

- (1) 在特殊地区路基施工时，承包人应严格执行《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610-2019)第4章和第6章的有关规定。
- (2) 承包人应在特殊路基处理施工之前28d，按图纸或监理人要求编制施工方案报监理人审批。该方案包括一切材料的说明、样品、试验报告和机械设备情况及施工工艺、技术措施等内容。
- (3) 不同类型的地基处理开始前，应先铺筑长不小于 100m（全幅路基宽）的试验

路段或进行成桩试验。试验段和成桩试验的试验结果经监理人批准后，方可进行规模施工。

(4) 在施工过程中，如发现实际地质情况与图纸不符合而需要改变设计，应报监理人审批。

(5) 在施工前，承包人应将拟用的土工织物、塑料排水板及砂袋编织布样品及水泥、石灰、粉煤灰等样品附以出厂说明、取样日期、标明组号和批号，送交试验室进行试验，并将试验结果报监理人批准后方可采用。

(6) 采用新技术、新工艺、新设备、新材料时，必须制定相应的工艺、质量标准。

(7) 用湿黏土、红黏土和中、弱膨胀土作为填料直接填筑时，应符合《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610-2019)第 6.1.4 条的相关规定。

(8) 软土地区路堤施工计划中宜考虑地基固结工期。施工时不宜破坏软土地基表层硬壳层。

205.03 软土地基处理

(1) 软弱地基处理包括挖除换填、抛石挤淤、真空预压、真空堆载预压、设置垫层、超载预压、袋装砂井、塑料排水板、粉(浆)喷桩、碎石桩、砂桩、CFG桩、铺设土工合成材料等一系列施工方法，并应进行路堤沉降观测。承包人应按图纸或经监理人批准的处理方法进行施工，每一个施工工艺都要作到切实到位。

(2) 材料

(1) 砂砾料

用作垫层的砂砾料，应具有良好的透水性，不得含有机质、黏土块或其他有害物质。若采用天然级配砂砾料，其最大粒径应小于 50mm，含泥量不得大于 5%；砾石强度为洛杉矶法磨耗率小于 60%。

(2) 砂及砂袋

袋装砂井应采用中、粗砂，中、粗砂中大于 0.6mm 颗粒含量宜占总质量的 50% 以上，含泥量应小于 3%，渗透系数大于 $5 \times 10^{-2} \text{mm/s}$ 。砂袋的渗透系数应不小于砂的渗透系数。

(3) 碎石

碎石由岩石或砾石轧制而成，应洁净、干燥，并具有足够的强度和耐磨耗性，其颗粒形状应具有棱角，不得掺有软质或其他杂质，粒径宜为 19~63mm，含泥量不应大于 10%。

(4) 土工合成材料

土工合成材料的选用应符合《公路土工合成材料应用技术规范》（JTG/T D32-2012）的规定，并应具有足够的抗拉强度；对土工织物，还应具有较高的刺破强度、顶破强度和握持强度等。土工合成材料的试验项目和方法应符合《公路工程土工合成材料试验规程》（JTGE50-2006）的规定。

(5) 塑料排水板

塑料排水板应由芯体和包围芯体的合成纤维透水膜构成的复合体，应具有良好的耐腐蚀性和足够的柔性，并符合《水运工程塑料排水板应用技术规程》（JTS 206-1-2009）的规定和《水运工程质量检验标准》（JTS 257-2008）的标准。塑料排水板的测试项目和测试方法应符合图纸要求。图纸无规定时，可参照《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610-2019）条文说明表 6-4 规定执行。

(6) 片石

抛石挤淤应采用不易风化的片石，其尺寸不应小于 300mm。

(7) 水泥

水泥各项性能指标应符合图纸要求，严禁使用过期、受潮、结块、变质的劣质水泥。所有水泥均应经过试验并符合《通用硅酸盐水泥》（GB 175-2007）的要求。

(8) 石灰

石灰应符合《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20-2015）表 3.3.1-1 及表 3.3.1-2 所规定的II级要求。

(9) 粉煤灰

a. 用于高速公路、一级公路路堤的粉煤灰应符合《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20-2015）表3.4.1的规定。各等级公路底基层、二级及二级以下公路基层使用的粉煤灰，通过率指标不满足该表要求时，应进行混合料强度试验，达到设计要求的强度指标时，方可使用。

b. 粉煤灰中不得含团块、腐殖质及其他杂质。

(10) 材料采购和保管

用于软土地基处理的塑料排水板、土工合成材料、砂袋及石灰、水泥、砂子等材料，都必须按图纸和规范要求的质量指标采购进场、堆放，严禁材料被污染或混合堆放，过期产品严禁使用。塑料排水板、土工合成材料和砂袋等材料应储存在不被日光直接照射和被雨水淋泡处，根据工程进度和日用量按日取用。

(3) 施工要求

(1) 挖除换填及抛石挤淤

a. 按图纸或监理人的要求，将原路基一定深度和范围内的淤泥挖除，换填符合规定要求的材料。换填时，应分层铺筑，逐层压实，使之达到规定的压实度。换填料应选用水稳性或透水性好的材料。

b. 抛石挤淤应按图纸或监理人的要求进行。当软土地层平坦时，应从路堤中心呈等腰三角形向前抛填，渐次向两侧对称地抛填至全宽，使泥沼或软土向两侧挤出。当软土地层横坡陡于1:10时，应自高侧向低侧抛投，并在低侧边部多抛填，使低侧边部约有2m的平台顶面，待片石抛出软土面或抛出水面后，采用较小石块填塞垫平，并用重型压路机压实。

(2) 砂垫层或砂砾垫层

a. 按图纸或监理人的要求，在清理的基底上分层铺筑符合要求的砂或砂砾垫层。分层铺筑松厚不得超过200mm，并逐层压实至规定的压实度。压实方法应根据地基情况而选择振动法(平振、插振、夯实等)、水撼法、碾压法等。若采用碾压法施工时，应控制最佳含水率。砂砾垫层应宽出路基边脚0.5~1.0m，且无明显的粗细料分离现象。两侧端以片石护砌，以免砂料流失。

b. 填筑砂砾垫层的基面和层面铺有土工布时，在砂砾垫层上下各厚100mm层次中不得使用轧制的粒料，以免含有裂口的碎砾石损伤土工布。

c. 施工中应避免砂或砂砾受到污染。如监理人认为有严重污染，承包人应换料重填，并承担责任。

(3) 灰土垫层

当软弱土层的厚度在1~3m范围内时，也可考虑用灰土垫层来提高地基承载力，通常灰土为石灰土或二灰土(石灰、粉煤灰)。

a. 石灰土垫层施工前必须对下卧地基进行检验，如发现局部软弱土坑，应挖除，用素土或石灰土填平夯实。

b. 施工时应将灰土拌和均匀，控制含水率，如土料水分过多或不足时，应晾干或洒水润湿，以使灰土达到最佳含水率。

c. 掌握分层松铺厚度，按采用的压实机具现场试验来确定，一般情况下松铺厚度应不大于300mm，分层压实厚度应不大于200mm。

d. 压实后的灰土应采取排水措施，3d内不得受水浸泡。灰土垫层铺筑完毕后，要防止日晒雨淋，应及时铺筑上层。

(4) 预压和超载预压

- a. 预压和超载预压的填土高度应符合图纸或监理人的要求。
- b. 用于预压和超载预压的土方应分层填筑并压实。
- c. 预压路堤顶面应设一定的横坡，使排水顺畅。
- d. 承包人对有要求预压的路段，尤其是桥头路段和箱涵相接路段，在施工安排上应尽可能早地堆载预压。堆载顶面要平整、密实、有横坡。在工期限制较严、预压时间较短时，也可采用超载预压的方法来加快预压期的沉降量。
- e. 预压或超预压沉降后应及时补方，一次补方厚度不应超过一层填筑厚度，并适当压实；对地基稳定性较好的路段，也可按预测沉降量随路堤填筑一次完成到位。对于在预压期间高程低于图纸规定预压高程以下的均需及时补填，严禁采取在预压期不补填，而在预压后期或在路面施工时一次补填的做法，以避免引起过大的沉降。

(5) 真空预压、真空堆载联合预压

- a. 承包人在施工前，应按图纸要求及工程水文地质情况编写真空预压或真空堆载联合预压的施工组织设计，报监理人批准。
- b. 真空预压用材料的规格、性能应符合图纸要求。
- c. 真空预压施工中的密封沟开挖、筑围堰和抽真空等以及真空堆载联合预压施工，应符合图纸要求及《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610-2019）第6.3.8条的相关规定。
- d. 施工监测
 - (a) 预压过程中，应进行孔隙水压力、真空压力、深层沉降量及水平位移等预压参数的监测。真空压力每隔4h观测一次，表面沉降每2d测一次。
 - (b) 当连续5d实测地面沉降小于0.5mm/d、地基固结度已达到设计要求的80%时，经验收，即可终止抽真空。

(c) 停泵卸荷后24h，应测量地表回弹值。

(6) 袋装砂井

- a. 袋装砂井的平面位置、长度、灌砂量均应如实做出施工记录，并报监理人审批；未获批准，不得进行下一道工序施工。
- b. 袋装砂井深度不应小于设计深度，顶部应伸入砂砾垫层至少300mm，使其与砂砾垫层贯通，以保证排水畅通。
- c. 袋装砂井套管插入地基时，应严格控制垂直度和桩位，沉入深度应能保证砂袋放至井底高程并不得使砂袋扭结、缩颈、断裂、磨损。

d. 拔钢套管时，要防止带出或损坏砂袋，如将砂袋带出或损坏，应在原孔位边缘重打；连续两次将砂袋带出时，应停止施工，查明原因并处理后方可施工。

e. 砂袋露天堆放时，应有遮盖，不得长时间曝晒。

(7) 塑料排水板

a. 塑料排水板的质量，应符合图纸和本规范规定的要求。施工之前应将塑料排水板堆放在现场，并加以覆盖，以防暴露在空气中老化。施工时应严格按照图纸指定的位置、深度和间距设置。塑料排水板留出孔口长度应保证伸入砂垫层不小于

500mm，使其与砂垫层贯通；并将其保护好，以防机械、车辆进出时受损，影响排水效果。

b. 塑料排水板在插入地基的过程中，应保证板不扭曲，透水膜无破损和不被污染。板的底部应有可靠的锚固措施，以免在抽出保护套管时将其带出。

c. 塑料排水板插好后，应及时将露在垫层的多余部分切断，并予以保护，以防因插板机移动、车辆的进出或下雨时受到损坏而降低排水效果。

d. 塑料排水板不得搭接。

e. 施工中防止泥土等杂物进入套管内，一旦发现应及时清除。

f. 打设形成的孔洞应用砂回填，不得用土块堵塞。

g. 施工质量不符合要求时，承包人应按监理人的要求采取补救措施或更换排水板，并承担责任。

(8) 加固土桩

a. 加固土桩施工前必须进行成桩试验，桩数不宜少于5根，且满足以下要求：

(a) 应取得满足设计喷入量的各种技术参数，如钻进速度、提升速度、搅拌速度、喷气压力、单位时间喷入量等。

(b) 应确定能保证胶结料与加固软土拌和均匀性的工艺。

(c) 掌握下钻和提升的阻力情况，选择合理的技术措施。

(d) 根据地层、地质情况确定复喷范围。

(e) 承包人应将试桩结果报告监理人批准后方可开工，并以此指导施工。

b. 加固土桩施工在机具设备和材料进场的同时，应进行场地清理，使之符合施工要求，并布置粉喷桩所需材料的储存棚以及机具设备安装地点、水电供应和排水沟位置。

c. 应根据固化剂喷入的形态（浆液或粉体），采用不同的施工机械组合。其钻机技术性能和指标应满足图纸和施工要求。

d. 钻机就位应满足图纸要求，垂直度偏位不得大于1%，桩孔的位置与图纸位置偏差不得大于50mm。

e. 采用浆液固化剂时，制备好的浆液不得离析，不得停置过长。超过2h的浆液应降低等级使用。浆液应拌和均匀，不得有结块。供浆应连续。

f. 采用粉体固化剂时，应符合以下规定：

(a) 严格控制喷粉高程和停粉高程，不得中断喷粉，以确保桩体长度；严格控制喷粉时间、停粉时间和喷入量。应采取措施防止桩体上下喷粉不匀、下部剂量不足、上下部强度差异大等问题，应按设计要求的深度进行复搅。

(b) 当钻头提升到地面以下小于500mm时，送灰器停止送灰，用同剂量的混合土回填。

(c) 如喷粉量不足，应整桩复打。复打的喷粉量不小于设计用量。因故喷粉中断时，必须复打，复打重叠长度应大于1m。

(d) 钻头直径的磨损量不得大于10mm。

(e) 施工设备必须配有自动记录的计量系统。施工中应做好施工记录。

(9) 碎石桩

a. 承包人应提前21d提供计划用于工程的碎石材料样品以及施工设备、施工方法，报监理人批准。

b. 承包人应于开工前在监理人批准的地点按《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610-2019)或图纸规定设置试验桩，且试验桩数不少于5根。设置试验桩时，承包人应认真地记录桩的贯入时间和深度、冲水量和水压、压入的碎石量以及电流的变化等，以确定桩体在密实状态下的各项指标，以此作为设置碎石桩的控制指标。

施工中应根据试桩成果，严格控制水压、电流和振冲器在固定深度位置的留振时间。

c. 试验桩设置完毕后，承包人应对其中的3根试验桩进行标准贯入试验，并对其中的两根进行荷载试验，以检验施工设备和方法是否符合规范及监理人的要求；若试验桩不成功应按规定重做。

d. 施工时，碎石料应分批加入，每次加料量一般为1m堆高的填料。

e. 承包人应填写施工记录，监理人可随时抽查并将这些记录作为最终质量检查验收的依据。

f. 碎石桩设置完毕后，其顶部应按设计图纸或监理人的要求铺设碎石或砂砾

垫层。在整个施工过程中，应保证碎石料不被周围土体污染。

(10) CFG桩

a. 材料要求

(a) 集料：应根据施工方法，选择合理的集料级配和最大粒径；

(b) 水泥：宜选用普通硅酸盐水泥；

(c) 粉煤灰：宜选用袋装II、III级粉煤灰。

b. 施工前应进行成桩试验，试桩数量宜为5~7根。CFG桩试桩成功，经监理人验收合格后，方可开始施工。

c. CFG桩施工应符合以下规定：

(a) 桩体施工应选择合理的施打顺序，一般应隔行隔桩跳打，相邻桩之间施工间隔时间应大于7d，避免对已成桩造成损害。

(b) 成桩过程中，应对已打桩的桩顶进行位移监测。

(c) 混合料应拌和均匀。在施工中，每台机械每天应做一组（3块）试块（试块为边长150mm的立方体），经标准养护，测定其立方体抗压强度，并应符合图纸规定。

(d) CFG桩沉管时间宜短，拔管速度控制在1.2~1.5m/min，不允许反插，以防止桩缩颈、断桩及桩身强度不均。

(e) 桩顶设500mm保护桩长，CFG桩施工完成7d后，开挖至设计高程，截去保护桩长。CFG桩施工完成28d后，方可填筑路基。

(f) 冬季施工时混合料入孔温度不得低于5℃，对桩头和桩间土应采取保温措施。

(11) 砂桩

a. 砂桩材料应采用符合本规范第205.03-2(2)款规定的中、粗砂，也可使用砂砾混合料，含泥量应小于5%。

b. 承包人应在施工前21d向监理人提交建议使用的材料样本、设备以及砂桩的施工安装方法，以便获得监理人的批准。

c. 获得监理人对拟采用方法初步批准后，承包人应在监理人指示的位置按《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610-2019）或图纸规定设置试验桩，试验桩数不应小于5根。

d. 试验桩完成后，承包人应通过标准贯入试验证明施工方法是否满足本规范及监理人的要求。

e. 如果第一次试验不能满足本规范要求，承包人应更换设备和改变施工方法，并再次进行试验，直至规定的试验桩均成功。施工方法和设备应得到监理人的批准后才能使用。工程用桩实际灌砂量未达到设计用量时，应进行处理。

f. 地面下1~2m土层应超量投砂，通过压挤提高表层砂的密实程度。

g. 成桩过程应连续，并应保证桩径和砂料不被周围土体污染。

h. 承包人应编写施工记录，以供监理人随时抽查，这些记录亦作为最终质量验收的依据。

(12) 铺设土工合成材料

a. 土工合成材料的质量应符合图纸及本规范要求。在采用土工合成材料加筋的路堤填筑正式开工前，应结合工程先修筑试验路段，以指导施工。

b. 铺设土工合成材料应按图纸施工，在平整的下承层上全断面铺设。铺设时，土工织物应拉直平顺，紧贴下承层，不得扭曲、折皱。在斜坡上摊铺时，应保持一定松紧度。可采用插钉等措施将土工合成材料固定于填土下承层表面。

c. 土工合成材料在铺设时，应将强度高的方向垂直置于路堤轴线方向。

d. 应保证土工合成材料的整体性。当采用搭接法连接时，搭接长度宜为300~600mm；采用缝接法时，缝接宽度应不小于50mm；采用粘结法时，粘结宽度不应小于50mm，粘合强度应不低于土工合成材料的抗拉强度。

e. 铺设土工合成材料的土层表面应平整，表面严禁有碎、块石等坚硬凸出物；在距土工合成材料层80mm以内的路堤填料，其最大粒径不得大于60mm。

f. 土工合成材料摊铺后应及时填筑填料，以避免其受到阳光过长时间的直接暴晒。一般情况下，间隔时间不应超过48h。填料应分层摊铺、分层碾压，所选填料及其压实度应符合本规范第204节规定的要求。与土工合成材料直接接触的填料严禁含强酸性、强碱性物质。

g. 土工合成材料上的第一层填土摊铺宜采用轻型推土机或前置式装载机。一切车辆、施工机械只容许沿路堤的轴线方向行驶。

h. 对于软土地基，应采用后卸式货车沿加筋材料两侧边缘倾卸填料，以形成运土的交通便道，并将土工合成材料张紧。填料不允许直接卸在土工合成材料上面，必须卸在已摊铺完毕的土面上；卸土高度以不大于1m为宜，以免造成局部承载能力不足。卸土后应立即摊铺，以免出现局部下陷。

i. 填成施工便道后，再由两侧向中心平行于路堤中线对称填筑，第一层填料宜采用推土机或其他轻型压实机具进行压实；只有当已填筑压实的垫层厚度大于

600mm后，才能采用重型压实机械压实。

j. 双层土工合成材料上、下层接缝应交替错开，错开长度不应小于500mm。

k. 施工过程中土工织物不应出现任何损坏，以保证工程质量；否则，承包人应予更换重铺，并承担责任。

(13) 强夯和强夯置换

a. 强夯

(a) 强夯施工前，应选择有代表性并不小于500m²的路段进行试夯，以确定最佳夯击能、间歇时间、夯间距等参数。

(b) 垫层材料应符合图纸要求，可采用透水性好的砂、砂砾、石屑、碎石土等。

(c) 强夯施工中应采取隔振、防振措施，消除强夯对邻近建筑物的有害影响。

(d) 施工前应检查锤落距，确保单击夯击能量符合图纸要求。

b. 强夯置换

(a) 强夯置换施工前，应进行试夯，并按图纸要求对夯点进行放样。

(b) 置换材料应符合图纸要求，可采用级配良好的块（片）石、碎石、矿渣等坚硬的粗颗粒材料，粒径不宜大于夯锤底面直径的0.2倍，含泥量不宜大于10%，粒径大于300mm的颗粒含量不宜大于总质量的30%。

(c) 垫层材料应符合图纸要求，可采用透水性好的砂、砂砾、石屑、碎石土等。

(d) 强夯置换施工开始前，标出第一遍夯点位置、测量地面高程和夯前锤底高程。

(e) 夯击并逐击记录夯坑深度，当夯坑达到图纸要求深度或夯坑过深而发生起锤困难时，应停夯后向坑内填料直至坑顶填平，记录填料数量，如此重复直至达到规定的夯击次数及控制标准，完成一个墩体的夯击。

(f) 采用上述工艺由内而外、隔行跳夯击打的原则完成全部夯点的施工。在施工过程中，夯完后检查夯坑位置，发现偏差或漏夯应及时纠正。

(g) 施工中应采取隔振、防振措施消除强夯对邻近建筑物的有害影响。

(h) 全部夯点施工完成后，推平地基，用低能量进行满夯，将表层松土夯实，并按图纸要求铺设垫层，分层碾压密实。

(14) 路堤施工观测

a. 在软土地基路堤填筑施工预压期内的观测项目、内容和频率应符合图纸要求。

b. 二级及二级以上公路路堤施工中，必须进行沉降和稳定的动态观测。观测

项目和内容以及观测目的见《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610-2019)表 6.3.19。

c. 观测仪表应在软土地基处理之后埋设,并在观测到稳定的初始值后,方可进行路堤填筑。

d. 地基条件差、地形变化大、实际问题多的部位和土质调查点附近应设置观测点。同一路段不同观测项目的测点宜布置在同一横断面上。

e. 施工期间,应按设计要求进行沉降和稳定的跟踪观测。观测频率应与沉降、稳定的变形速率相适应,每填筑一层应观测一次;如果两次填筑间隔时间较长,每 3d 至少观测一次。路堤填筑完成后,堆载预压期间的定期观测应视地基稳定情况而定,每半月或每月观测一次,直至预压期结束。

f. 如地基稳定出现异常,应立即停止加载并采取措施进行处理,待路堤恢复稳定后,方可继续填筑。

g. 在超载预压路段,应进行沉降和稳定观测。在桥头纵向坡脚、填挖交界的填方端、沿河等特殊路段酌情增设观测点,地基的沉降和稳定可以通过位移边桩与沉降板测定。承包人应承担由于未按要求进行沉降监测而造成沉降期延长和任何施工延误的全部责任。

h. 在预压期完成前 14d,承包人应将监测原始记录、沉降记录汇总表、沉降曲线图等资料以及完成预压期的分析报告,报监理人批准。预压期可根据沉降监测结果在监理人指示下确定是否予以延长。

i. 路堤沉降变形达到设计预期值后,经监理人批准,方可铺筑路面。有超出路床以上多余填料时,承包人应在路面即将铺筑之前,将路堤超出的多余填料卸除,并将路堤整修到路床面高程和满足压实要求。

j. 承包人应在软基地段路堤施工前,将用于沉降监测的记录表和报表格式报监理人批准。

k. 稳定性观测

(a) 一般路段沿纵向每 100~200m 设置 1 个观测断面,同时,每一路段应不少于 3 个断面;桥头路段应设置 2~3 个观测断面;桥头纵向坡脚、填挖交界的填方端、沿河等特殊路段均应增设观测点。

(b) 位移观测边桩应根据需要,埋设在路堤两侧坡脚或坡脚以外 3~5m 处,并结合稳定性分析,在预测可能的滑裂面与地面的切面位置布设测点,一般在坡脚以外 1~10m 范围内设置 3~4 个位移边桩。同一观测断面的边桩应埋在同一横轴线

上。边桩应埋置稳固。

(c) 校核基点四周必须采用保护措施，并定期与工作基点桩校核。

(d) 地面位移观测仪器要求：测距精度 $\pm 5\text{mm}$ ，测角精度 $2''$ 。

(e) 沿河、临河等临空面大而稳定性很差的路段，必要时需进行地基土体内部水平位移的观测。

1. 沉降观测

(a) 在施工路段的原地面上，一般埋设沉降板进行高程观测。沉降板埋置于路基中心、路肩及坡趾的基底。

(b) 沉降板观测仪器要求往返水准测量精度为 1mm/km 。

(c) 用于观测水平位移标点桩、校核基点桩也同时用于沉降观测，埋设于坡趾及以外的标点边桩一般检测地面沉降。

(d) 堆载预压期间观测应视地基稳定情况而定，一般情况下，第一个月每 3d 观测 1 次，第二、第三个月每 7d 观测一次，从第四个月起每 15d 观测 1 次，直至预压期结束。

m. 工作标点桩、沉降板观测标、工作基点桩、校核基点桩在观测期均必须采取有效措施加以保护，还应在标杆上设有醒目的警示标志。

(15) 湿黏土路基施工

a 采用不符合《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610-2019)第6.1.4条规定的湿黏土填筑路基时，应事先进行处理；处理后应符合本规范表204-1的规定，压实质量应符合本规范表203-1的规定。

b 基底为软土时，应按图纸要求进行处置。不同类的填料，不得填筑在同一压实层上。

c 路堤填筑时，每层宜设 $2\%\sim 3\%$ 的横坡。当天的填土，宜当天完成压实。填筑层压实后，应采取措施防止路基工作面暴晒失水。

d 水稻田地段路基施工，不得影响农田排灌。水稻田地段路基施工前，应采取排除公路用地范围内的地表水；排除地表水确有困难时，应按图纸要求进行处置。路堑段施工应按图纸及本规范相关要求设置截水沟、护墙、护坡。

e 河、塘、湖地段路堤受水浸润作用的路堤部分，宜选用水稳性好、塑性指数不大于 6 、压缩性小、不易风化的透水性填料填筑。

f 在洪水淹没地段的路堤两侧不得取土；对于三、四级公路，在特殊情况下，可按图纸要求在下流侧距路堤安全距离外取土。防洪工程应在洪水期前按图纸要求

完成，施工期间应注意防洪。

205.04 季节性冻土地区路基施工

1. 季节性冻土地区路基施工应符合《季节性冻土地区公路设计与施工技术规范》（JTG/T D31-06-2017）的规定。冻胀路基施工，应根据图纸要求和现场调查、核对情况，合理选择施工方法，采取合理有效的抗冻措施。承包人的施工方法及抗冻措施应报监理人审批。

2. 路床填料宜优先选择矿渣、炉渣、粉煤灰、砂、砂砾石及碎石等抗冻稳定性较好的材料。若路床或上路堤采用粉土、黏土填筑时，应按图纸要求对填料进行稳定处理。填料的改善或处理应根据路基抗冻胀性能要求，结合填料性质经试验确定。试验资料应报监理人批准。

3. 挖方段路基应分层开挖，一般宜从外侧向内侧挖掘，最后一层应从内向外挖掘。

4. 路床地基土的挖除和换填深度及换填材料应符合图纸要求。换填材料应分层填筑，压实度达到图纸要求。

5. 施工前，应按图纸要求完成截水沟，填筑拦水埂，填平坡顶的冲沟、水坑；施工中，应采取措施阻止边界外的水流入路基中；应保持排水沟通畅，将水迅速排出路基之外。

6. 石质挖方、零填路段不宜超挖。超挖或清除软层后的凸凹面，严禁用挖方料和未经稳定处理的混合料回填；岩面凸出部分应凿除，超挖的坑槽及岩石凹面可用贫水泥混凝土浇筑，混凝土最小厚度应大于 80mm。

7. 全冻路堤及非全冻路堤在冻深范围内的填筑施工应符合图纸要求及《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610-2019）第 6.9.7 条及第 6.9.8 条的规定。

205.05 泥石流地段路基施工

1. 泥石流地段路基应按图纸要求完成植被恢复、泥石流排导、拦截、清淤和坡面防护等综合处理措施。

2. 泥石流地区施工，应密切关注天气情况，暴雨天气不得施工；同时，应设置专职巡查人员，监测泥石流动态，确保施工安全。

3. 泥石流处治中各圪工按图纸要求及 209 节相关要求实施。

205.06 岩溶洞处理

1. 施工前，应结合图纸详细核查岩溶分布、地形、地表水、地下水活动规律及设计处置方案的可行性和完整性，严禁随意堵塞溶洞、堵塞岩溶水的出路。

2. 在路堑边坡上的干溶洞，应清除洞内沉积物并用干砌或浆砌片石堵塞。
3. 路基上方的溶泉或涌水，应按图纸先做好排水涵（管），并做好疏导、排水工作。
4. 路基基底下的或挡土墙基底的干溶洞，可结合图纸要求采取以下措施：
 - (1) 铲除溶洞石笋，整平基底，直接用砂砾石、碎石、干（浆）砌片石等回填密实。
 - (2) 当溶洞顶板太薄或者顶板较破碎，按图纸要求进行加固时，应严格控制加固质量，确保强度。
 - (3) 当溶洞顶板较完整、厚度较大时，应根据图纸要求，确定处理方案。
 - (4) 采用桥涵跨越通过时，桥涵基础必须置于有足够承载能力的稳定地基上。
5. 路基基底下有溶泉或涌水，应采取排导措施保证路基不受侵害；当修建水泥混凝土、沥青路面等路面时，应按图纸要求采取措施防止因温差作用而使水汽上升，聚集在路面基层下。
6. 流量大的暗洞及消水洞，采用桥涵跨越时，应确保基础稳定。
7. 无论何种方法处理岩溶洞，均应报监理人并经检查认可，否则应挖除重新处理，并由承包人承担责任。

205.07 膨胀土路基处理

1. 承包人应在膨胀土地区路基施工前，按图纸和监理人的要求，修筑规定长度、全幅路基宽度的试验段，以确定膨胀土路堤施工中的石灰掺量、松铺厚度、最佳含水率、碾压机具以及全部施工工艺。试验结果应报监理人批准。
2. 膨胀土具有明显的吸水膨胀和失水收缩的高塑性能。故施工工艺必须和膨胀土的性能相吻合，并符合《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）第 6.5 节的规定。
3. 膨胀土地区路基施工，应避免雨季作业，加强现场排水，基底和已填筑的路基不得被水浸泡。
4. 膨胀土地区路基应分段施工，各道工序应紧密衔接，连续完成。路基边坡按图纸要求修整，路堤或路堑两侧边坡的防护封闭工程必须及时完成，防止雨水直接侵蚀。
5. 强膨胀土不得作为路堤填料；中等膨胀土经处理后可作为填料，用于二级及二级以上公路路堤填料时，改性处理后胀缩总率应不大于 0.7%。中弱膨胀土改性掺石灰的用量应经试验确定。

6. 二级及二级以上公路路堤基底处理应符合以下规定：

(1) 高度不足 1m 的路堤，应按图纸要求采取换填或改性处理等措施处置。

(2) 表层为过湿土，应按图纸要求采取换填或进行固化处理等措施处置。

(3) 填土高度小于路面和路床的总厚度，基底为膨胀土时，宜挖除地表 0.30~0.60m 的膨胀土，并将路床换填为非膨胀土或掺灰处理。若为强膨胀土，挖除深度应达到大气影响深度。

7. 膨胀土地区路堑施工应符合下列规定：

(1) 路堑施工前，先施工截水、排水设施，将水引至路幅以外。

(2) 边坡施工过程中，必要时宜采取临时防水封闭措施保持土体原状含水率。边坡不得一次挖到设计线，应预留厚度 300~500mm，待路堑完成时，再分段削去边坡预留部分，并立即进行加固和封闭处理。

(3) 挖方路段的路床按图纸规定进行超挖，并对开挖底面进行压实处理达到规范要求后，应立即用符合要求的材料（非膨胀土或改性土）回填并按规定压实。压实标准应符合本规范的规定。

(4) 宜用支挡结构对强膨胀土边坡进行防护。支挡结构基坑应采取措施防止暴晒或浸水，基础埋深应在大气风化作用影响深度以下。

8. 膨胀土路基填筑松铺厚度不得大于 300mm，土块粒径应小于 37.5mm。

9. 填筑膨胀土路堤时，应及时对路堤边坡及顶面进行防护。

10. 路基完成后，当年不能铺筑路面时，应按设计要求做封层，其厚度应不小于 200mm，横坡不小于 2%。

11. 膨胀土路基施工中采用的中、弱膨胀土符合《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）第 6.1.4 条规定时，可采用第 6.1.4 条的压实标准。

205.08 质量检验

1. 基本要求

(1) 挖除换填、抛石挤淤、砂垫层、砂砾垫层、真空预压、真空堆载联合预压、塑料排水板、袋装砂井、加固土桩、粒料桩（碎石桩、砂桩）、CFG 桩、铺设土工织物及岩溶地区和膨胀土地区地基处理等特殊路基处理所用各种材料的质量、规格，均应符合图纸和本规范的要求。

(2) 换填路基的填筑压实，应符合土方路基施工的规定。

(3) 垫层的压实度、厚度均应符合图纸要求。

(4) 砂垫层：砂的规格和质量必须符合设计要求和规范规定；适当洒水，分层

压实；砂垫层宽度应宽出路基边脚 0.5~1.0m，两侧端采用片石护砌；砂垫层厚度及其上铺设的反滤层应符合设计要求。

(5) 反压护道：填筑材料、护道高度、宽度应符合设计要求，压实度不低于 90%。

(6) 软土地基上的路堤，应在施工过程中进行沉降观测和稳定性观测，并根据观测结果对路堤填筑速率和预压期等做出必要调整。

(7) 砂袋和塑料排水板下沉时不得出现扭结、断裂等现象；井（板）底高程应满足设计要求，塑料排水板超过孔口的长度应伸入砂垫层不小于 500mm。

(8) 土工合成材料

a. 土工合成材料应无老化，外观应无破损、污染。

b. 土工合成材料应紧贴下承层，按设计和施工要求铺设、张拉、固定。

c. 土工合成材料的接缝搭接、粘接强度和长度应满足设计要求，上、下层土工合成材料搭接缝应交替错开。

d. 土工合成材料无重叠、皱折。土工合成材料固定处不应松动。

(9) 加固土桩、粒料桩、CFG 桩的材料、工艺、设置应符合图纸和监理人的要求。

a. 加固土桩：施工前应进行成桩工艺和成桩强度试验；施工设备必须安装喷粉（浆）自动记录装置，施工工艺应符合规范规定。

b. 粒料桩：施工工艺应符合规范规定；施工前应进行成桩工艺和成桩挤密试验；桩体应连续、密实。

c. CFG 桩：施工前应进行成桩工艺和成桩强度试验；混合料应拌和均匀，桩体施工应选择合理的施打顺序，成桩过程中应对已打桩的桩顶进行位移监测。

(10) 滑坡处理符合图纸或监理人要求。

(11) 膨胀土路基处理应符合图纸和监理人的要求；石灰用量准确，拌和均匀，碾压达到规定的压实度。

(12) 强夯和强夯置换

a. 强夯施工应通过标准贯入、静力触探等原位测试，测量地基在强夯完成后（固结压密）的夯后承载能力是否达到设计要求。

b. 强夯置换。通过动力触探试验检查置换夯墩着底情况及墩间土形成复合地基的承载力。检验数量不小于夯墩点数 1%，且不少于 3 点；置换夯墩直径与深度应符合图纸要求。

(13) 季节性冻土地区路堤填筑所采用填料、挖方路基施工的地基土换填和挖掘顺序、换填土改性处理以及施工现场排水系统等均应符合图纸要求。其成型后的路床的压实度和外形应符合表203-1、表203-2要求。

2. 检查项目

(1) 砂垫层、袋装砂井、塑料排水板、加固土桩、粒料桩、水泥粉煤灰碎石桩、土工合成材料铺设的检查项目分别见表 205-1~表 205-10。

(2) 挖除换填、抛石挤淤的检查，按图纸要求及本规范有关章节规定的有关检查项目进行。

表 205-1 砂垫层检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	砂垫层厚度	不小于设计值	尺量：每200m测2点，且不少于5点
2	砂垫层宽度	不小于设计值	尺量：每200m测2点，且不少于5点
3	反滤层设置	满足设计要求	尺量：每200m测2点，且不少于5点
4	压实度(%)	≥90	密度法：每200m测2点，且不少于5点

表 205-2 袋装砂井施工检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	井距(mm)	±150	尺量：抽查2%且不少于5点
2	井长	不小于设计值	查施工记录
3	井径(mm)	+10, 0	挖验2%且不少于5点
4	灌砂率(%)	-5	查施工记录

表 205-3 塑料排水板施工检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	板距(mm)	±150	尺量：抽查2%且不少于5点
2	板长	不小于设计值	查施工记录

表 205-4 加固土桩施工检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	桩距(mm)	100	尺量：抽查2%且不少于5点
2	桩径(mm)	不小于设计值	尺量：抽查2%且不少于5点
3	桩长(m)	不小于设计值	查施工记录并结合0.2%成桩取芯检查
4	单桩每延米喷粉(浆)量	不小于设计值	查施工记录
5	强度(MPa)	不小于设计值	取芯法：抽查桩数的0.5%，且不少于3组
6	地基承载力	满足设计要求	抽查桩数的0.1%且不少于3处

表 205-5 粒料桩检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	桩距 (mm)	150	尺量: 抽查2%且不少于5点
2	桩径 (mm)	不小于设计值	尺量: 抽查2%且不少于5点
3	桩长 (m)	不小于设计值	查施工记录并结合重型动力触探
4	粒料灌入率	不小于设计值	查施工记录
5	地基承载力	满足设计要求	抽查桩数的0.1%且不少于3处

表 205-6 CFG 桩施工检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	桩距 (mm)	100	尺量: 抽查2%且不少于5点
2	桩径 (mm)	不小于设计值	尺量: 抽查2%且不少于5点
3	桩长 (m)	不小于设计值	查施工记录并结合取芯检查
4	强度 (MPa)	不小于设计值	取芯法: 抽查桩数的0.5%, 且不少于3组
5	地基承载力	满足设计要求	抽查桩数的0.1%且不少于3处

表 205-7 加筋工程土工合成材料处置层检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	下承层平整度、拱度	满足设计要求	每 200m 检查 4 处
2	搭接宽度 (mm)	+ 50, 0	尺量: 抽查 2%
3	搭接缝错开距离 (mm)	满足设计要求	尺量: 抽查 2%
4	锚固长度 (mm)	满足设计要求	尺量: 抽查 2%

表 205-8 隔离工程土工合成材料处置层检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	下承层平整度、拱度	满足设计要求	每 200m 检查 4 处
2	搭接宽度 (mm)	+ 50, -0	尺量: 抽查 2%
3	搭接缝错开距离 (mm)	满足设计要求	尺量: 抽查 2%
4	搭接处透水点	不多于 1 个点	每缝

表 205-9 过滤排水工程土工合成材料处置层检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	下承层平整度、拱度	满足设计要求	每 200m 检查 4 处
2	搭接宽度 (mm)	+ 50, -0	尺量: 抽查 2%
3	搭接缝错开距离 (mm)	满足设计要求	尺量: 抽查 2%

表 205-10 防裂工程土工合成材料处置层检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率

1	下承层平整度、拱度	满足设计要求	每200m 检查4处
2	搭接宽度 (mm)	≥50 (横向) ≥150 (纵向)	尺量: 抽查2%
3	粘结力 (N)	≥20	抽查2%

第206节 排水工程

206.01 范围

本节工作为坡面排水和路界内地表水排除,包括边沟、排水沟、截水沟、跌水与急流槽、盲沟与渗沟、仰斜式排水孔和集水井等结构物的施工及有关的作业。

206.02 材料

所需材料均应符合图纸要求和本规范第201.02小节的规定。

206.03 一般要求

1. 坡面排水施工应符合图纸要求和本规范第201.03-2条的规定。
2. 各种水沟边坡必须平整、稳定,严禁贴坡。纵坡应按图纸施工,沟底平整,排水畅通,无阻水现象,并按图纸所示将水引入排水系统。
3. 各种水沟浆砌片石工程应咬扣紧密,嵌缝饱满、密实,勾缝平顺无脱落,缝宽大体一致。
4. 各种水沟的位置、断面、尺寸、坡度、高程应符合图纸要求并经监理人验收合格。
5. 若路基范围内采用各种地下排水沟、渗沟来排除地下水,其施工方法应严格按《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610-2019)第5.3节要求执行。
6. 承包人应按《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)的要求,加强水泥混凝土、水泥砂浆的养护管理。

206.04 施工要求

1. 边沟施工要求

- (1) 挖方地段和填方地段均应按图纸规定设置边沟。路堤靠山一侧应设置不渗水的边沟。
- (2) 边沟应按图纸规定施工。边沟和涵洞接合处应与涵洞洞口建筑配合,以便水流通畅进入涵洞。
- (3) 平曲线处边沟施工时,沟底纵坡应与曲线前后沟底纵坡平顺衔接,不允许曲线内侧有积水或外溢现象发生。曲线外侧边沟应适当加深,其增加值等于超高值;但曲线在坡顶时可不加深边沟。

(4) 边沟的加固：土质地段当沟底纵坡大于3%时，应采取加固措施；采用干砌片石对边沟进行铺砌时，应选用有平整面的片石，各砌缝要用小石子嵌紧；采用浆砌片石铺砌时，砌缝砂浆应饱满，沟身不漏水；若沟底采用抹面时，抹面应平整压光。

(5) 石质路床的边沟应与路床同步进行。

2. 截水沟施工要求

(1) 截水沟的位置：在无弃土的情况下，截水沟的边缘离开挖方路基坡顶的距离视土质而定，以不影响边坡稳定为原则。如系一般土质至少应离开5m，对黄土地区不应小于10m并应进行防渗加固。截水沟挖出的土，可在路堑与截水沟之间修成土台并进行夯实，台顶应筑成2%倾向截水沟的横坡。

路基上方有弃土堆时，截水沟应离开弃土堆坡脚1-5m，弃土堆坡脚离开路基挖方坡顶不应小于10m，弃土堆顶部应设2%倾向截水沟的横坡。

(2) 山坡上路堤的截水沟离开路堤坡脚至少2m，并用挖截水沟的土壤在路堤与截水沟之间，修筑向沟倾斜坡度为2%的护坡道或土台，使路堤内侧地面水流入截水沟排出。

(3) 截水沟应先施工并与其他排水设施平顺衔接。截水沟应按图纸要求设置出水口，必要时应设置排水沟、跌水或急流槽。

(4) 为防止水流下渗和冲刷，截水沟应进行严密的防渗和加固。地质不良地段和土质松软、透水性较大或裂隙较多的岩石路段，对沟底纵坡较大的土质截水沟及截水沟的出水口，均应采用加固措施防止渗漏和冲刷沟底及沟壁。

3. 排水沟施工要求

(1) 排水沟的线形应平顺，尽可能采用直线形，转弯处宜做成弧形，其半径应符合图纸要求。

(2) 排水沟的出水口，应按图纸要求设置跌水和急流槽，将水流引出路基或引入排水系统。

(3) 排水沟沿路线布设时，应离路基尽可能远一些，距路基坡脚不宜小于3~4m。

(4) 当排水沟、截水沟、边沟因纵坡过大产生水流速度大于沟底、沟壁土的容许冲刷流速时，应采用边沟表面加固措施。

4. 跌水与急流槽施工要求

(1) 跌水与急流槽必须采用浆砌圬工结构，跌水的台阶高度可根据地形、地质

等条件决定。片石砌缝应不大于40mm，砂浆饱满，槽底表面粗糙。

(2) 急流槽的纵坡应按图纸所示进行施工，不宜超过1: 1.5，同时应与天然地面坡度相配合。

(3) 当急流槽较长时，应分段砌筑，每段长度宜为5~10m，接头用防水材料填塞，密实无空隙。混凝土预制块急流槽，分节长度宜为2.5~5.0m，接头采用榫接。

(4) 急流槽基础应嵌入地面以下，其底部应按图纸要求砌筑抗滑平台并应设置端护墙。

路堤边坡急流槽的修筑，应能为水流入排水沟提供一个顺畅通道。路缘石开口及流水进入路堤边坡急流槽的过渡段应连接圆顺。

(5) 无消力池的跌水，其台阶高度应小于600mm，每阶高度与长度之比应与原地面坡度相协调。

5. 地下排水

暗沟、渗沟、渗井及仰斜式排水孔、排水隔离层以及承压水的排除等的施工应符合图纸要求及《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610-2019)第5.3节的相关规定。

6. 拦水缘石施工要求

(1) 为避免高路堤边坡被路面水冲毁，可在路肩上设拦水缘石，将水流拦截至挖方边沟或在适当地点设急流槽引离路基。与高路堤急流槽连接处应设喇叭口。

(2) 拦水缘石必须按设计安置就位。

(3) 设拦水缘石路段的路肩宜适当加固。

7. 路基盲沟

(1) 盲沟通常为矩形或梯形，在盲沟的底部和中部用较大碎石或卵石(粒径30~50mm)填筑，在碎石或卵石的两侧和上部，按一定比例分层(层厚约150mm)，填较细颗粒的粒料(中砂、粗砂、砾石)，做成反滤层，逐层的粒径比例，大致按4: 1递减。砂石料颗粒小于0.15mm的含量不应大于5%。或用土工合成材料包裹有孔的硬塑管，管四周填以大于硬塑管孔径的等粒径碎、砾石，组成盲沟。在盲沟顶部做封闭层，用双层反铺草皮或其他材料(如土工合成的防渗材料)铺成，并在其上夯填厚度不小于0.5m的黏土防水层。

(2) 盲沟的埋置深度，应满足渗水材料的顶部(封闭层以下)不得低于原有地下水位的要求。当排除层间水时，盲沟底部应埋于最下面的不透水层上。在冰冻地区，盲沟埋深不得小于当地最小冻结深度。

(3) 当采用土工织物做反滤层时，应先在底部及两侧沟壁铺好就位，并预留顶部覆盖所需的土工织物，拉直平顺紧贴下垫层。所有纵向或横向的搭接缝应交替错开，搭接长度均不得小于 300mm。

(4) 盲沟只宜用于渗流不长的地段，且纵坡不应小于1%。出水口底面高程，应高出沟外最高水位0.2m。

(5) 除盲沟之外，其他形式的渗沟施工方法应严格按《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610-2019) 第 5.3 节的有关规定执行。

8. 水泥毯

(1) 施工时须规划，测量，保证一定的坡度，使水流能从上端畅流如下端，要将施工地清理平整后，按照设计图设置施工线，复测排水坡度。

(2) 按照设计要求设置施工线，沟渠两侧需要平整，沟内坡面不得有虚土和空洞。要求水害部位夯实处理，除尽坡内杂物碎石等，必要时使用三七灰土夯实处理，或注浆加固后进行封闭，要求处理后的部位稳定性良好。

(3) 必须将基底整理平整，否则会影响外观质量。

(4) 在相邻两块水泥毯叠压处横向挖宽10cm，深度为水泥毯一辈的凹坑，将叠压处水泥毯接头放入并压平。沿水流方向将上面的水泥毯压在下面水泥毯上，叠压处不得少于10厘米。在接缝处均匀地抹上密封胶。用 $\phi 5 \times 38$ mm 不锈钢螺丝钉将两片水泥毯固定。

(5) 用铆钉将材料边缘固定在沟沿上，叠加处也用铆钉固定，固定好后用图覆盖边缘即可。

(6) 浇水前需要对铺设的整体进行查验和验收，合格后方可浇水，每平方需浇水9kg（厚度以10mm计算），应从边沿往中间均匀洒水，最好采用喷洒的方式，流量为400ml/min，直到水泥毯颜色变深，浇完水禁止踩踏，当温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 时应采取保温措施；当昼夜平均气温高于 30°C 时表面应该覆盖塑料膜或者土工布等材料，保持湿润，浇水养护时间不得少于3天。

9. 沉砂池

(1) 施工放样：施工前，组织测量放样，复测中线、高程，准确放出基础位置，并在施工中及时复核。按照设计图纸测量沉砂池的位置、方向、长度的位置和高程。

(2) 基础开挖：开挖时严格控制平面位置、断面尺寸和标高，严禁扰动基底。土质基坑开挖采用挖掘机开挖，人工配合，预留30cm厚人工清基，弃土石、材料及机具堆放设置在距坑顶边缘1.0~2.0m外的地方，且不小于基坑深度，以减少压力振

动，保证基坑边坡稳定性。保证基础开挖符合设计图纸要求及规范有关规定。当基坑开挖至设计高程时，对基底进行地基检测，如实际基底与设计不符，及时与设计单位和监理取得联系，采取适当措施进行处理，当达到设计和规范要求后进行下道工序。

(3) 基础施工：底板钢筋加工制作集中在工作间完成，依据设计图纸放样下料，严格按照设计图纸的钢筋数量、尺寸和形状弯制，钢筋焊接采用双面焊，焊缝长度不小于 $5d$ ，焊缝饱满，其他技术要求严格执行规范。加工合格现场安装。底板钢筋安装完毕经监理工程师检验合格后及时进行基础混凝土作业。混凝土基础严格按照设计和规范的要求施工，需要立模时，采用标准化的组合钢模板，按照设计图纸尺寸安装模板，采用架管支撑加固。混凝土严格按照设计配合比现拌现用，利用滑槽将混凝土滑入模内，按照混凝土施工作业规范要求分层浇筑，插入式振动棒振捣。浇筑底板顶面时，应控制好流水面高程和大面平整度，底板顶面与墙身结合面除拉毛或凿毛外，其他按照《公路桥涵施工技术规范》要求进行处理。

(4) 池壁施工：①池壁加工制作集中在工作间完成，依据设计图纸放样下料，严格按照设计图纸的钢筋数量、尺寸和形状弯制，钢筋焊接采用双面焊，焊缝长度不小于 $5d$ ，焊缝饱满，其他技术要求严格执行规范。加工合格现场安装。②池壁立模：池壁钢筋安装完毕经监理工程师检验合格后方可立模。侧模、底模立模使用标准组合钢模板，采用满堂碗扣支架方式。支架采用 $1.2\times 0.9\times 1.2\text{m}$ (长 \times 宽 \times 高)的间距拼接，用斜拉杆将整个支架连成整体。安装支架前，对底模上的垫木详细检查，准确调整支架垫木的顶部标高，必要时按照规范要求预留一定的预拱度。支架安装完毕后，对其平面位置、顶面标高、节点连接及纵横向稳定性进行全面检查，确认无误后安装标准钢模板，模板均匀地刷好脱模剂，模板接缝密合，相邻模板高差不大于 2mm ，模板平面度控制在 5mm 以下。模板尺寸正确无误，其误差控制在规范允许范围之内。经监理工程师验收合格后安装盖板钢筋。③混凝土浇筑：及时进行基础混凝土作业。混凝土基础严格按照设计和规范的要求施工，需要立模时，采用标准化的组合钢模板，按照设计图纸尺寸安装模板，采用架管支撑加固。混凝土严格按照设计配合比现拌现用，利用吊车、料斗灌入模内，按照混凝土施工作业规范要求分层浇筑，插入式振动棒振捣。注意观察到混凝土不再下沉，表面泛浆，水平有光泽时即可缓慢抽出振捣棒，抽出速度过快可导致混凝土内部产生空洞。同时，由专人负责观察模板的变化，随时检查支撑等，以防止意外情况的发生。浇筑混凝土时，要注意预埋锚栓钢筋。当混凝土强度达到 5Mpa 以上时，经监理工程师同意后拆除模

板，拆完后及时用草袋覆盖，由专人洒水养生。④拆模：盖板砼强度达到2.5Mpa时，方可拆除侧模。底部模板在砼强度达到设计强度的85%以上，方可拆除。拆模时自上而下，左右对称进行，拆模中要注意安全，由专人负责，统一指挥。经监理工程师检查合格后，对台背进行回填养护。

206.05 质量检验

1. 各种排水沟

(1) 基本要求

- a. 各种排水沟砌体的砂浆和构件混凝土配合比准确，砌缝砂浆均匀饱满，勾缝密实，抹面平整、压光、顺直。
- b. 基础设有缩缝时，应与墙身缩缝对齐，填缝材料饱满。
- c. 纵坡顺直，曲线线形圆滑。
- d. 沟壁平整、稳定，无贴坡。沟底平整，排水畅通，无冲刷和阻水现象。
- e. 干砌片石工程，砌筑咬合紧密，无叠砌、贴砌和浮塞。
- f. 水泥混凝土砌块的强度符合设计要求，砌体平整，勾缝整齐牢固。
- g. 排水管管节预制混凝土应满足耐久性(抗冻、抗渗、抗侵蚀)等设计要求，不得出现露筋和空洞现象。

(2) 检查项目

土质边沟、截水沟、排水沟检查项目见表 207-1。浆砌排水沟、截水沟、边沟检查项目见表 207-2。混凝土排水管管节预制检查项目见表 207-3。

混凝土排水管安装检查项目见表 207-4。

表 206-1 土质边沟、截水沟、排水沟检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	沟底高程 (mm)	0, -30	水准仪：每200m测4点，且不少于5点
2	断面尺寸 (mm)	不小于设计值	尺量：每200m测2点，且不少于5点
3	边坡坡度	不陡于设计值	尺量：每200m测2点，且不少于5点
4	边棱直顺度 (mm)	50	尺量：20m拉线，每200m测2点，且不少于5点

表 206-2 浆砌排水沟、截水沟、边沟检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	砂浆强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 F 检查
2	轴线偏位 (mm)	50	全站仪或尺量：每 200m 测 5 点
3	沟底高程 (mm)	15	水准仪：每 200m 测 5 点
4	墙面直顺度 (mm)	30	20m 拉线：每 200m 测 2 点

5	坡度	满足设计要求	坡度尺, 每 200m 测 2 点
6	断面尺寸 (mm)	30	尺量, 每 200m 测 2 个断面, 且不少于 5 个断面
7	铺砌厚度 (mm)	不小于设计值	尺量: 每 200m 测 2 点
8	基础垫层宽度、厚度(mm)	不小于设计值	尺量: 每 200m 测 2 点

表 206-3 混凝土排水管管节预制检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度(MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	内径(mm)	不小于设计值	尺量: 抽查 10%管节, 每管节测 2 个断面, 且不少于 5 个断面
3	壁厚(mm)	-3	尺量: 抽查 10%管节, 每管节测 2 个断面, 且不少于 5 个断面
4	顺直度	矢度不大于 0.2%管节长	抽查 10%管节, 沿管节拉线量, 取最大矢高
5	长度(mm)	+5, 0	尺量: 抽查 10%管节, 每管节测 1 点, 且不少于 5 点

表 206-4 混凝土排水管安装检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土抗压强度或砂浆强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D.F 检查
2	管轴线偏位 (mm)	15	全站仪或尺量: 每两井间测 3 处
3	流水面高程 (mm)	10	水准仪、尺量: 每两井间进出水口各 1 处, 中间 1-2 处
4	基础厚度 (mm)	不小于设计值	尺量: 每两井间测 3 处
5	管座	肩宽 (mm)	尺量: 每两井间测 2 处
		肩高 (mm)	
6	抹带	宽度	尺量: 按 10%抽查
		厚度	

(3) 外观质量

- a. 不应出现《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1-2017) 附录P中对应结构的外观限制性缺陷。
 - b. 砌体内侧及沟底应平顺、整齐、无裂缝、空鼓现象。
 - c. 管口缝带圈不得开裂脱皮, 管口内缝砂浆不得有空鼓, 抹带接口表面不应有间断和空鼓。
 - d. 沟内不应有杂物, 无排水不畅。
2. 跌水与急流槽
跌水与急流槽检查项目按表 206-2 执行。
3. 渗沟 (盲沟)

(1) 基本要求

- a. 盲沟采用的材料规格、质量应符合图纸要求和施工规范规定。
- b. 土工布的铺设应拉直平顺，接缝搭接要求符合图纸及规范要求。
- c. 设置反滤层应用筛选过的中砂、粗砂、砾石等渗水性材料，按图分层填筑。
- d. 排水层应采用石质坚硬的较大粒料填筑，以保证排水孔隙度。
- e. 各类防渗、加固设施应坚实稳固。

(2) 检查项目

排水渗沟施工质量应符合表 206-5 的规定。

表 206-5 渗沟（盲沟）检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	沟底高程 (mm)	15	水准仪：每 20m 测 1 点
2	断面尺寸 (mm)	不小于设计值	尺量：每 20m 测 1 点

(3) 外观质量

- a. 反滤层应层次分明。
- b. 进出口应排水通畅。

4. 地下排水

(1) 基本要求

- a. 隔离工程、过滤排水工程等土工合成材料应符合图纸和本规范第205节相关规定。
- b. 检查井、雨水井基混凝土强度达到5MPa后方可砌筑井体。井壁砂浆饱满，抹面密实光洁，踏步梯安装牢固。井框、井盖平稳。进口周围无积水。
- c. 排水泵站平面位置、地基承载力应符合设计要求。井壁混凝土应密实，沉井下沉位置准确，井底不漏水。水泵及管件安装牢固，位置准确。

(2) 检查项目

- a. 土工合成材料检查项目应按第205节表205-7~表205-10的规定执行。
- b. 检查井、雨水井施工质量应符合表206-6的规定。
- c. 排水泵站施工质量应符合表206-7的规定。

表 206-6 检查井、雨水井砌筑检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	砂浆强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 F 检查
2	中心点位(mm)	50	全站仪：逐井检查

3	圆井直径或方井长、宽 (mm)	20	尺量：逐井检查，每井测 2 点
4	壁厚(mm)	-10, 0	尺量：逐井检查，每井测 2 点
5	井底高程 (mm)	20	水准仪：逐井检查
6	井盖与相邻路面 高差 (mm)	雨水井	水准仪、水平尺：逐井检查
		检查井	

表 206-7 排水泵站检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	轴线平面偏位 (mm)	50	全站仪：纵、横向各 2 点
3	竖直度 (mm)	1%H	铅垂法：纵、横向各 1 点
4	几何尺寸(mm)	50	尺量：长、宽、高各 2 点
5	壁厚(mm)	-5, 0	尺量：每井测 5 点
6	井口高程 (mm)	50	水准仪：测 4 点

注：H 为井深，计算规定值和允许偏差时以 mm 计。

(3) 外观质量

- a. 井框、井盖安装不应松动，井口周围不得有积水。
- b. 不应出现《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1-2017）附录P中沉井外观限制缺陷。

第207节 路基防护工程

207.01 范围

本节工作内容为混凝土护坡、护面墙、格宾石笼、护脚墙、护肩墙及坡面柔性防护等有关的施工作业。

207.02 材料

- 1 石砌体所用材料应符合图纸和本规范第 201.02 小节的规定。
- 2 水泥、集料、钢筋应符合图纸和本规范第400章的规定。
- 3 客土应颗粒均匀，土壤团粒结构好，呈粉细壤土状，无石块和其他杂物存在；客土必须具有足够的肥力，有利于草籽生长；客土的各项指标应符合图纸规定。
- 4 土工合成材料的选用应符合《公路土工合成材料应用技术规范》（JTG/T D32-2012）和《公路工程土工合成材料等九项》（JT/T 513~521-2004）的规定。土工合成材料的试验项目和方法应符合《公路工程土工合成材料试验规程》（JTG E50-2006）的规定。

5 边坡柔性防护材料的选用应符合《边坡柔性防护网系统》JT/T1328-2020、铁路行业标准《铁路边坡柔性被动防护产品落石冲击试验方法与评价》TB/T 3449-2016及《公路被动柔性防护网技术规程》DB 51/T2432-2017中相应规定和要求。

6 锚杆、网、绿化基材等应符合图纸要求。

207.03 施工要求

1 一般要求

(1) 遵守本规范第 201.03-3 条的规定。

(2) 在需要施工的区域內，应按图纸所示整修成坡度整齐的新鲜坡面，坡面不应有树桩、有机质或废物。坡面修整后应立即进行护坡铺砌。开挖一级防护一级，并及时进行养护。

(3) 砌筑之前必须将基面或坡面夯实平整后，方可砌筑。各类防护和加固工程应置于稳定的基础或坡体上。

(4) 砌体外露面的坡顶、边口应选用较平整的石块并加以修整。

(5) 护坡及锥坡坡脚应挖槽，使基础嵌入槽內。基础埋置深度应按图纸规定或监理人指示进行。

(6) 挖方边坡有渗水之处的护面墙，应适当增加泄水孔。应采取有效措施截排地表水和导排地下水。

(7) 设置砂砾垫层应符合图纸要求。铺设砂砾垫层前，应将地表面拍打平整密实，厚度均匀，密实度应符合图纸规定，并不低于 90%。

(8) 砌体沉降缝、伸缩缝、泄水孔的设置应符合图纸要求。

(9) 承包人应按《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)的要求，加强水泥混凝土、水泥砂浆的养护管理。

2 护坡

(1) 护坡施工时宜分段施工，分段长度10~15米。

(2) 护坡应设置伸缩缝，伸缩缝间距为10~15m，缝宽2cm，缝內沿墙顶、内、外三面用沥青麻絮嵌塞，塞入深度不小于20cm。伸缩缝位置应与下部护脚伸缩缝一致。

(3) 护坡背应设置耳墙（防滑平台）。

(4) 修建时注意实体护坡各段的顺接。

3 护脚墙、护肩墙、护面墙

(1) 护面墙修筑前应先清除边坡松动岩石，清出新鲜面，边坡上的凹陷部分挖

成台阶后，应以墙体相同的圬工砌补，不可回填土石或干砌片石。

(2) 墙背与坡面应密贴结合，砌体咬口紧密，错缝，砂浆饱满，不得有通缝、叠砌、贴砌和浮塞。砌体勾缝应牢固和美观。

(3) 护面墙基础应设在可靠的地基上，埋置深度应在当地冰冻线以下 0.25m，承载力不宜小于 300kPa。在冻胀变化较大的土质边坡上，护坡底面应铺设 100~150mm 厚的碎石或砂砾垫层。

(4) 坡顶护面墙与坡面之间应按图纸要求做好防渗处理。

(5) 施工时应分段施工或自两端向中间逐段施工，分段长度 10~15 米，宜隔段开挖一段，该段砌筑并回填后再开挖相邻段。

(6) 护脚应设置伸缩缝，伸缩缝间距为 10~15m，缝宽 2~3cm，缝内沿墙顶、内、外三面用沥青麻絮嵌塞，塞入深度不小于 20cm。

4 坡面柔性防护

(1) 被动防护网

① 施工顺序：锚杆及钢柱基础定位→开挖基坑与浇筑混凝土基座（土质地基）/钻凿地脚螺栓锚杆锚孔（岩质地基）→安装基座及锚杆→安装、调试钢柱、拉锚绳、支撑绳和并行绳→张挂、连接环形网→格栅安装→检查和调试各部件之间的连接。

② 按布置安装标准图并结合现场实际地形对锚杆孔进行测量定位。

被动防护网在安装时系统宜按 40~60m 进行分段，通常按 50m 进行分段。被动防护系统布置宜沿等高线走向，以能最大程度拦截滚石为原则，系统走向应尽可能为水平直线，必须避开较大的地形起伏或在必要时进行平整处理（填平凹坑、整平凸起体或沿等高线放线）。当系统走向不是直线时，应根据其走向变化情况设计增加拉锚绳，或者增加或调整支撑绳分段甚至另起一道独立系统；当相邻基座高差超过 1.5m 时，应根据其走向变化适当设计增加柔性网的使用量或对网片几何形状提出特殊要求（标准形状为矩形）。

立柱基座放线时，各立柱基座位置尽可能设在同一等高线上，相邻立柱基座间高差宜控制在 0.5m 内。柱间距标准值为 10m，一般情况下允许偏差 $\pm 0.2m$ 。仅当为了避开沟坎或不适宜设置基座基础的局部地层条件、适应系统走向变化等特殊需要时，可以在 8m~12m 范围内进行调整。任何程度的柱间距调整或偏差，都应确保系统走向总长度和各分段长度偏差不超过 $\pm 0.2m$ 。

钢丝绳锚杆的位置由其与相邻基座间的顺坡距离确定，该距离标准值取决于系统高度，必要时允许有 $\pm 0.5m$ 的调整量，但标准位置位于下坡侧或走向线上的所有

锚杆均不得位于上坡侧。

③ 按设计钻凿孔径不小于 $\phi 42$ 和 $\phi 45$ 的锚杆孔（一般在岩石地基时采用，分别对应于 $2\phi 16$ 和 $2\phi 18$ 钢丝绳锚杆），或开挖基坑（一般在土质或强破碎地基时采用，对覆盖层不厚的地方，当开挖至基岩而尚未达到设计深度时，则可在基坑内的锚孔位置处钻凿锚杆孔，待锚杆插入基岩并灌浆后再浇筑上部基础砼）。

④ 锚杆孔内插入锚杆并灌注强度等级不低于 M30 的水泥砂浆或纯水泥浆（建议浆体配制的水灰比宜为 0.45~0.55，水泥砂浆的灰砂比宜为 1.0~2.0），或者基坑内预埋锚杆并浇筑强度等级不低于 C30 的基础砼（亦可在浇筑基础砼后钻孔安装锚杆）。在进行张拉、紧固等工序前，砼或注浆体养护不得少于三天。

⑤ 基座安装：基座采用人工垂直掏槽方式施工，宜选择在旱季、晴天施工，基座浇筑前先按要求放入地脚螺栓锚杆，砼强度达到 70%后方可安装立柱。将基座套入地脚螺栓并拧紧螺母，用一个卸扣将下支撑绳导引轮组安装到基座上（端柱处宜为下坡侧外侧连接孔，其余为下坡侧任一连接孔，剩下的一个连接孔在需要时连接防倾倒绳，支撑绳分段处将另一导引轮组连接到下坡侧另一连接孔上，且为了避免各钢丝绳穿挂该处两个导引轮时的相互干扰，该导引轮组一般需用三个卸扣串联连接。导引轮组夹座有两个 U 形夹口，一个装有导引轮，一个装有短导管，安装时导引轮应位于下部，以使将安装的下并行绳位于下支撑绳的上侧）。

⑥ 钢柱及拉锚绳安装

将钢柱顺坡向上放置并使柱脚位于基座处，立起后的下坡侧面朝上。

用一个卸扣将上支撑绳导引轮组安装到柱顶上（下坡侧连接孔，分段处柱顶无此安装。安装时导引轮应位于上部，以使钢柱立起后导引轮位于下坡侧或将安装的上并行绳位于上支撑绳的上坡侧）。

用一个卸扣将两根上拉锚绳的一端与柱顶连接（上坡侧连接孔，因朝下坡侧偏转而增加有上拉锚绳处为 3 根）。

对于端部钢柱，用一个卸扣将侧拉锚绳的一端与柱顶连接（中间连接孔），随后将边垂绳悬挂到该卸扣销轴的内侧上，引出边垂绳的环套端至钢柱中部（边垂绳安装完后接头处环套端宜位于上部）。

对于带有下拉或非分段处中间加固拉锚绳的钢柱，用一个卸扣将这些拉锚绳的一端与柱顶连接（分别为导引轮组的夹座连接孔或柱顶中间连接孔）；对于分段处钢柱，各用一个卸扣将中间加固拉锚绳与柱顶连接（中间连接孔和下坡侧连接孔上），并同时另两个卸扣（将连接 U 形消能件）的扣体各自套接到这两个卸扣上。

选择性工序：分段处柱顶 U 形消能件的安装可以在钢柱立起前或立起后进行，其方法是将两个 U 形消能件各自连接到已套接在连接分段处中间加固拉锚绳卸扣上的备用卸扣上（注意：同一卸扣连接的中间加固拉锚绳和 U 形消能件将分处于钢柱的两侧）。

规则折叠环形网，将需与支撑绳穿挂连接的网环捆束在一起，同时也宜将需穿挂横向约束绳的网环捆束在一起（该工序可在安装位现场完成，亦可在搬运到安装位前完成。当柱间距采用标准值且为网片展开长度的整倍数时，不穿挂的网环均紧邻一跨或一个分段端部网片的侧边缘，否则，每张网片上需穿挂的网环由各网片展开长度和柱间距确定，为便于正确穿挂，亦可事先对各种网环进行局部着色区分），然后用捆扎带或绳子将柔性网固定到钢柱上（注意：顶排网环应位于柱顶导引轮同高处）。

选择性工序与方法：当根据现场条件和安装技术条件而选用环形网的其他就位方法时，需相应调整各后续工序与方法来实现本系统的正确安装。通常可供选择的工序和方法包括：安装好钢柱和拉锚绳后再将折叠好的环形网起吊捆缚在钢柱上；借助辅助安装绳来实现环形网的起吊与悬挂，然后再安装支撑绳；安装好上支撑绳后再采用起吊方法来实现环形网的就位，并用环形网与上支撑绳间的卸扣连接方式来替代其间的穿挂连接方式；将预先组装好的钢柱整体起吊安装到基座上。

将各拉锚绳的另一端与对应的钢丝绳锚杆连接并用绳夹暂时固定。

柱脚插入基座中，插入连接螺栓并拧紧螺母，将钢柱另一端缓慢升起直至其倾向下坡侧 15~25°。

通过拉锚绳的收放来按设计要求调整好钢柱的方位，之后即可用绳夹将拉锚绳与钢丝绳锚杆紧固连接（本设计中绳夹紧固的钢丝绳端部紧固绳夹数量均至少为 4 个，绳夹间距宜为钢丝绳直径的 6~7 倍，其 U 形螺栓应位于尾绳段一侧）。在张紧端柱处侧拉锚绳前，应先将一个卸扣连接到基座下坡侧的空置连接孔上，并将边垂绳的尾绳端穿过该卸扣绕至钢柱中部处与环套端连接，张紧后用绳夹紧固连接。

在需要安装防倾倒绳处，用两个卸扣和 4 个紧固绳夹在钢柱下部的耳板与基座下坡侧连接孔间安装防倾倒绳。

⑦分别用一个卸扣将 U 形消能件连接到其对应的钢丝绳锚杆上。

⑧支撑绳与并行绳安装

用一个卸扣将上支撑绳、上并行绳和上横向约束绳的挂环端合并连接到已与对应钢丝绳锚杆或分段柱顶连接的 U 形消能件上，从端柱或分段柱处开始将上支撑绳

穿过柱顶导引轮槽和需与支撑绳穿挂连接的顶排网环（即留下将与并行绳或分段柱处缓冲绳穿挂的网环不穿挂），到下一钢柱处重复该过程直到另一端柱或分段柱为止，张紧上支撑绳，并再用一个卸扣将其尾绳端与已连接到钢丝绳锚杆或分段柱顶的另一对应 U 形消能件固定连接。

按类似于上支撑绳的方式完成上并行绳安装，所不同的是，它在柱顶处从导引轮夹座的上坡侧安装口（无导引轮）穿过，并穿挂除分段柱以外其他柱顶两侧（端柱处仅为内侧）紧邻钢柱且未穿挂支撑绳的一个顶排网环，并使并行绳从已穿挂上支撑绳的网环上坡侧通过。

按与上支撑绳和上并行绳安装类似的方式在对应的钢丝绳锚杆和基座间安装下支撑绳和下并行绳，所不同的是其尾绳端暂不张紧固定，同时也将下横向约束绳的挂环端连接到 U 形消能件上。

下支撑绳远距离地面不大于 5cm，应尽量与地面紧贴，防止被拦截的块石从立柱间网底漏出坠入公路范围。

⑨ 选择性工序：横向约束绳的安装可以在环形网展开前或完成连接后安装，其方法是将已与上支撑绳或下支撑绳合并连接到 U 形消能件上的横向约束绳引出，从网片上坡侧折向其将穿过的网环起始处，横向穿过沿途网环直至结束处，再从网片上坡侧折向连接到对应支撑绳的另一端 U 形消能件处，若环形网尚未展开就位，则横向约束绳暂不紧固连接，若已完成环形网连接，则张紧横向约束绳并用绳夹紧固连接。

⑩ 环形网的连接

解开环形网，并将一侧端柱处的第一张环形网外边缘列网环用卸扣逐个连接到边垂绳无绳夹固定的贯通侧绳段上。

横向拉动展开各网片，调整所有网片确保其均已完全展开，检查上支撑绳下垂量是否超过柱间距的 3%，若是，则应再次张紧上支撑绳。

网片间连接处，每个边沿列网环各用两个卸扣连接到邻近网片边沿列的两个相邻网环上（有一组对角顶底网环仅为一个），另一侧端柱处的最后一张网片外边缘列网环用工序 10.1 的同样方法连接到边垂绳上。

张紧下支撑绳、下并行绳和已穿挂的横向约束绳（参见选择性工序 9），并将其尾绳端与已连接到对应钢丝绳锚杆上的 U 形消能件固定连接。

各用一个卸扣将与已穿挂到并行绳上的网环相互套接的另一个网环（属于次边缘排）连接到并行绳上。

选择性工序：在支撑绳分段处的柱顶和柱底处用长约 7m 和 2m 缓冲绳连接环形网，其方法是用一个绳夹将缓冲绳附着连接到一侧的支撑绳上（位于缓冲绳将穿挂的网环区域稍外侧，并注意使安装完后的缓冲绳两端悬挂段大致等长；绳夹的 U 形螺栓应位于缓冲绳一侧，紧固至钢丝绳开始明显变形即可，或将拧紧力矩控制在 50Nm），缓冲绳穿过其需连接的网环至钢柱另一侧（柱顶缓冲绳穿过 10 个尚无支撑绳和并行绳连接的顶排网环，柱底缓冲绳穿过 2 个尚无支撑绳和并行绳连接的底排网环以及与它们相互套接的 2 个次排网环），手动张紧后用一个绳夹同样附着连接到另一侧的支撑绳上（两个附着连接位的支撑绳分属于两个不同的分段）。

用两个缓冲卡环将柱顶缓冲绳悬挂连接到两侧 U 形消能件与上支撑绳等连接的卸扣上（绳夹紧固至钢丝绳开始明显变形即可）。

低凹地面之间空洞最低点与下支撑绳相距大于 30cm，使用菱形网（或环形网）加双绞六边形网填补；相距小于 30cm，使用钢丝绳加双绞六边形网填补。

双绞六边形网铺挂在环形网的内侧（靠山体侧），宜叠盖环形网并向外折叠 15cm；用钢丝将双绞六边形网固定到环形网上，每平方米固定不少于 4 处；每张双绞六边形网连接处叠盖应不小于 5cm。

⑪ 格栅安装

格栅铺挂在环形网的上坡侧，应叠盖环形网上沿并折到网的下坡侧约 15cm，用扎丝固定到网上。

格栅底部应沿斜坡向上敷设 0.5m 左右，并宜用一些石块将格栅底部压住。

相邻格栅间叠盖约 10cm。

用扎丝将格栅固定到环形网上，每平方米至少固定 4 处，或者从环形网的边缘排或列网环开始，在每间隔一排或一列的全部网环上均固定一处。

⑫ 检查与调试

主要检查以下项目，若不满足要求应进行适当调整或返工。

- (a) 钢柱方位是否明显偏离铅直面，即是否明显偏向左右两侧。
- (b) 支撑绳、并行绳、横向约束绳和侧拉锚绳等是否连接到正确的锚杆上。
- (c) 柱顶和基座上的钢丝绳穿挂是否正确。
- (d) 绳夹数量和方位是否正确？紧固程度是否合适。
- (e) 柱顶和基座两侧的无支撑绳穿挂网孔数量是否正确，网片是否正确连接到支撑绳、并行绳和缓冲绳上，横向约束绳的穿挂是否正确。
- (f) 网片间连接是否正确，边界网片是否正确连接到边垂绳上。

(g) 上支撑绳的下垂度是否小于柱间距的 3%。

(2) 主动防护网

① 对坡面防护区域的浮土及浮石进行清除。

② 放线测量确定锚杆孔位（根据地形条件，孔间距可有 0.3m 的调整量），并在每一孔位处凿一定深度不小于锚杆外露环套长度的凹坑，一般口径 20cm，深 20cm。

③ 按 3m 深钻凿锚杆孔并以高压气清孔，孔径不小于 $\phi 50\text{mm}$ 。当受凿岩设备限制时，构成每根锚杆的两股钢绳可分别锚入两个孔径不小于 $\phi 35\text{mm}$ 的锚孔内，形成人字形锚杆，两股钢绳间夹角为 $15\sim 30^\circ$ ，以达到同样的锚固效果。

④ 注浆并插入锚杆（锚杆外露环套顶端不能高出地表，且环套段不能注浆，以确保支撑绳能穿过鸡心环），锚孔注浆一般环境下采用 M35 水泥砂浆；化学侵蚀环境下，根据环境作用等级选用 M35 水泥砂浆或水泥浆。孔内应确保浆液饱满，在进行下一道工序前注浆体养护不少于三天，待浆体强度达到设计强度的 70% 后进入下一道工序。

⑤ 安装纵横向支撑绳，每 2~4 个网格（张拉绳长度小于 15m 时为 2 个，大于 30m 时为 4 个，其间为 3 个）绳卡与锚杆外露环套固定连接。

⑥ 从上向下铺挂钢丝格栅，格栅间重叠宽度不小于 5cm，两张钢丝格栅间的缝合以及与张拉绳间用 $\phi 1.2\text{mm}$ 铁丝按 1m 间距进行扎结（有条件时本工序可在前一工序完成前将钢丝格栅置于张拉绳之下）。

⑦ 从上向下铺设环形网并缝合，缝合绳为 $\phi 8\text{mm}$ 钢绳，每张环形网均用一根长约 31m（或 27m）的缝合绳与四周支撑绳进行缝合并预张拉，缝合绳两端各用两个绳卡与锚杆外露环套进行固定联结。

⑧ 为了减少锚杆钻孔数量和增加钢绳锚杆的锚固能力，将钢绳锚杆与压力注浆锚杆绑扎在一起，或采用定型卡具机械连接。灌浆时，孔口段应确保灌浆充分，当浆液收缩后，应进行补灌。

⑨ 为确保主动网支撑绳张拉后尽可能紧贴地表，要求支撑绳的张拉力不得小于 20kN，且要求垫墩（或垫块）及锚索（或锚杆）封锚部分均应嵌入坡面以下。

⑩ 边坡岩层破碎、松散时，可适当延长钢绳锚杆或加密局部锚杆，锚杆长度应进入稳定地层中。

⑪ 边坡中部及中上部主动网施工属于高位施工，施工过程中一定要加强安全措施，作业人员须配备安全设备，如安全绳、安全帽、安全带等措施加强作业人员和

坡面作业机具的保护。

207.04 质量检验

1 坡面防护

(1) 基本要求

- a. 坡面下端基础埋置深度及其地基承载力应满足设计要求。
- b. 护面下填土密实度应满足设计要求，对坡面刷坡整平后方可铺砌。
- c. 应按设计要求设置沉降缝、伸缩缝、泄水孔、坡面防排水设施。

(2) 检查项目

坡面防护检查项目见表 207-1。

表 207-1 坡面防护检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	断面高程(mm)	±30	水准仪：长度不大于 30m 时测 5 点，每增加 10m 增加 1 点
2	断面尺寸(mm)	高度	尺量：长度不大于 30m 时测 5 处，每增加 10m 增加 1 处
		厚度	
3	表面平整度(mm)	≤50	2m 直尺：每 20m 测 3 处，每处测竖直、水平两个方向

(3) 外观质量

a 浆砌缝开裂、勾缝不密实和脱落的累计换算面积不得超过该面面积的 1.5%，且单个最大换算面积不应大于 0.08m²。换算面积按缺陷缝长度乘以 0.1m 计算。

- b 框格梁不得与坡面脱空。
- c 坡面不得出现塌陷、外鼓变形。

2 坡面柔性防护

(1) 被动防护网

a 防护网产品进场前，生产厂家应提供产品质量合格证书、冲击试验报告、防腐试验报告，以及钢丝、钢丝绳、钢柱型钢等原材料的合格证或检验证书。

b 冲击试验报告：按照《边坡柔性防护网系统》JT/T 1328-2020、《铁路边坡柔性被动防护产品落石冲击试验方法与评价》TB/T 3449-2016 及《公路被动柔性防护网技术规程》DB 51/T 2432-2017 中规定的方法和评价标注进行落石冲击试验和评价，确保产品能达到相关能级要求，获得中国计量认证（CMA）的检测报告，等级达到 A 级。

c 耐腐蚀检验(检验报告有效期一年)：

- ①钢丝绳：镀层厚度均应按《磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性

法》(GB/T 4956-2003)规定测量。同时按《人造气氛腐蚀试验 盐雾试验》(GB/T 10125-2021)规定,进行中性盐雾试验,试验时间300小时后能满足规定防腐要求,应提供通过中国合格评定国家认可委员会认可实验室出具的有CNAS标志的检测报告。

d 钢丝:按《磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法》(GB/T 4956-2003)规定,检测镀层重量。同时按《人造气氛腐蚀试验 盐雾试验》(GB/T 10125-2021)规定,进行中性盐雾试验,试验时间800小时后能满足规定防腐要求,应提供通过中国合格评定国家认可委员会认可实验室出具的有CNAS标志的检测报告。

e 钢柱、基座:按《磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法》(GB/T 4956-2003)检测镀层厚度,同时按GB/T 10125-2021《人造气氛腐蚀试验 盐雾试验》规定,进行中性盐雾试验,试验时间不低于300小时。

f 连接构件:按GB/T 10125-2021《人造气氛腐蚀试验 盐雾试验》规定卸扣、卡绳等原材料应满足中性盐雾试验时间不低于300小时。

g 防护网产品进场后,监理单位应检查产品质量证明材料、系统配置、外观质量和部件的几何尺寸,并抽查锚杆抗拔力。

(a) 检查质量合格证书和配套质量检验报告等质量证明材内容的规范性和完整性。

(b) 产品外观应无变形、无损伤、无锈蚀。

(c) 抽检产品系统结构组成(含配置)与冲击试验报告(含试验模型)和设计施工图是否一致。

(d) 钢柱、环形网、双绞六边形网、支撑绳、锚杆等部件的几何尺寸是否符合设计要求。

(e) 锚杆抗拔力检测,要求每个工点检测数量不少于3组,且不少于总数的5%。

(2) 主动防护网

a 原材料检验

(a) 原材料生产厂家提供的合格证和检验证书。

(b) 生产厂家应根据原材料进厂批次随机抽取试样进行检验,以同类原材料的一次采购量或上道工序生产量为一批,应包括以下内容:

a) 外观检查与尺寸测量:钢丝绳、钢丝的测量按照GB/T 20118与YB/T 5343-2015规定进行;其余构件用普通量尺测量。

b) 材质检验：GB/T 20118 一般根据原材料的合格证与检验证书确定，如有疑问按相应原材料标准规定的方法检验。

c) 防腐层检验：镀层厚度均应按 GB/T 13912 规定的磁性法测量；钢丝绳的镀锌层重量测定按 GB/T 20118 与 YB/T 5343-2015 规定；钢丝格栅的镀锌+5%铝+混合稀土合金的检测按 GB/T 20492-2019 规定。

d) 力学性能检验：钢丝绳破断拉力测试按 GB/T 20118 规定；钢丝抗拉强度试验按 YB/T 5343-2015 规定；十字卡扣抗错动拉力、抗脱落拉力测试按 TB-T3089-2004 规定。

b 产品出厂检验

(a) 出厂检验项目为系统配置、外观质量、几何尺寸和力学性能，均合格后方可出厂；

(b) 出厂检验按批进行，以同一合同中同一型号供应的同一批产品为一批次，每批不超过 200 张网；

c) 用户检验：施工单位必须对防护网进行检验，合格后方可施工。检验内容包括：

(a) 产品合格证与检验证书；

(b) 以供到现场的同一型号的一批产品为一批，需要进行以下检验：

a) 外观检查与尺寸测量：产品外观质量检查，并对钢丝绳、钢丝、钢柱、网孔等构件的几何尺寸检验；

b) 防腐层检验：钢丝绳、十字卡扣的镀锌层检验；钢丝格栅的镀锌+5%铝+混合稀土合金的检验，两者均必须送有检验资质的相关部门进行检验；

c) 十字卡扣力学性能必须进行检验。

d) 钢丝绳锚杆长度和抗拔力必须进行检验。

e) 钢绳破断拉力必须进行检验。

第208节 挡土墙

208.01 范围

本节工作内容为砌体挡土墙、干砌挡土墙及混凝土挡土墙的施工及相关作业。

208.02 材料

所用材料应符合图纸和本规范第 201.02 小节有关规定的要求。

208.03 一般要求

1. 挡土墙施工前，应做好截水、排水及防渗设施。
2. 在岩体破碎、土质松软或地下水丰富地段修建挡土墙，宜避开雨季施工。
3. 施工过程中，应对地质情况进行核对，与图纸不符时，应及时处理。
4. 基坑内积水应随时排干，基坑开挖宜分段跳槽进行；采用倾斜基底时，基底高程应按图纸控制，不得超挖填补。
5. 基底检验合格后，应及时按图纸和本规范相关要求进行下道工序施工。
6. 挡土墙端部伸入路堤或嵌入地层部分应与墙体同时砌筑。挡土墙顶应找平抹面或勾缝，其与边坡间的空隙应用黏土或其他材料夯填封闭。
7. 挡土墙与桥台、隧道洞门连接应协调施工，必要时应加临时支撑，确保与墙相接的填方或山体的稳定。
8. 承包人应按《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T-3650-2020)的要求，加强水泥混凝土、水泥砂浆的养护管理。

208.04 施工要求

1. 重力式挡土墙
 - (1) 承包人应熟悉图纸，根据工地特点、工期要求及施工条件，结合自己的设备能力，做出施工组织设计，在开始砌筑前 28d 报监理人批准后，方可开始砌筑。
 - (2) 砌筑时必须两面立杆挂线或样板挂线，外面线应顺直整齐，逐层收坡，内面线可大致适顺。在砌筑过程中应经常校正线杆，以保证砌体各部分尺寸符合图纸要求。
 - (3) 墙基础直接置于天然地基上时，应经监理人检验同意后，方可开始砌筑。当有渗透水时，应及时排除，以免基础在砂浆初凝前遭水侵害。
 - (4) 雨季在土质或易风化软质岩石基坑中砌筑基础时，应在基坑挖好后及时封闭坑底。当基底设有向内倾斜的稳定横坡时，应采取临时排水措施，辅以必要坐浆后砌筑基础。
 - (5) 墙基础为软弱土层，不能保证图纸要求的强度时，应经监理人批准，采用加宽基础或其他措施。浸水或近河路基挡土墙基础的设置深度，应符合图纸规定，且不小于冲刷线以下 0.5m。硬质岩石基坑中的基础，宜满坑砌筑。
 - (6) 当墙基础设置在岩石的横坡上时，应清除表面风化层，并做成台阶形。台阶的高宽比不得大于 2:1，台阶宽度不应小于 0.5m。
 - (7) 沿墙长度方向地面有纵坡时，应沿纵向按图纸要求做成台阶。台阶与墙体应连在一起同时砌筑，基底及墙趾台阶转折处不得砌成垂直通缝。砌体与台阶壁间

的缝隙砂浆应饱满。

(8) 砌筑基础的第一层时，如基底为基岩或混凝土基础，应先将其表面加以清洗、湿润，坐浆砌筑。砌筑工作中断后再进行砌筑时，应将砌层表面加以清扫和湿润。

(9) 基坑应随砌筑分层回填夯实，并在表面留 3%的向外斜坡。

(10) 砌体应分层坐浆砌筑，砌筑上层时，不应振动下层。砌体砌筑完成后，应进行勾缝。

(11) 墙身要分层错缝砌筑，砌出地面后基坑应及时回填夯实，并完成其顶面排水、防渗设施。

(12) 伸缩缝与沉降缝内两侧壁应竖直、平齐，无搭叠；缝中防水材料应按图纸要求施工。

(13) 工作段的分段位置宜在伸缩缝和沉降缝之处，各段水平缝应一致。防水层、泄水孔应按图纸要求设置。

(14) 当墙身的强度达到设计强度的 75%时，方可进行回填等工作。在距墙背 0.5~1.0m 以内，不宜用重型振动压路机碾压。回填材料应符合图纸规定，图纸无规定时，填料应符合本规范第 204.04-9（2）款的规定。

2. 混凝土悬臂式和扶壁式挡土墙

(1) 凸榫必须按照图纸尺寸开挖，并与墙底板一同灌注混凝土。

(2) 现场整体浇筑时，每段墙的底板、面板和肋的钢筋应一次绑扎，宜一次完成混凝土灌注。当采用现场分段浇筑时，应按图纸要求进行施工，并预埋好连接钢筋。连接处混凝土面应严格凿毛，并清洗干净。

(3) 灌注混凝土后，应按有关规定进行养护。墙体达到图纸强度的 75%后，方可进行墙背填土，并应按设计要求的填料和密实度分层填筑、压实；设计无要求时，填料应符合本规范第 204.04-9（2）款的规定；墙背排水设施应随填土及时施工。

(4) 装配法施工时，预制墙板的预制、安装质量应符合图纸和本规范第 400 章和第 210 节的相关规定；基础混凝土强度达到设计强度 75%后，方可安装；预制墙板与基础必须按图纸要求连接牢固。

208.05 质量检验

3. 砌体、片石混凝土挡土墙

(1) 基本要求

a. 勾缝砂浆强度不得小于砌筑砂浆强度。

- b. 地基承载力、基础埋置深度应满足设计要求。
- c. 砌筑应分层错缝。浆砌时应坐浆挤紧，嵌填饱满密实，不得出现空洞；干砌时不得出现松动、叠砌和浮塞。
- d. 混凝土应分层浇筑，施工缝及片石埋放应符合施工技术规范的规定。
- e. 沉降缝、伸缩缝、泄水孔的位置、尺寸和数量应满足设计要求；沉降缝及伸缩缝应竖直、贯通，采用弹性材料填充密实，填充深度应满足设计要求。

(2) 检查项目

- a 浆砌挡土墙的检查项目见表 208-1。
- b 干砌挡土墙的检查项目见表 208-2。
- c 片石混凝土挡土墙检查项目见表 208-3。

表 208-1 浆砌挡土墙检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	砂浆强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 F 检查
2	平面位置 (mm)	≤50	全站仪：测墙顶外边线，长度不大于 30m 时测 5 点，每增加 10m 增加 1 点
3	墙面坡度 (%)	≤0.5	铅锤法：长度不大于 30m 时测 5 处，每增加 10m 增加 1 处
4	断面尺寸 (mm)	不小于设计值	尺量：长度不大于 50m 时测 10 个断面，每增加 10m 增加 1 个断面
5	顶面高程 (mm)	±20	水准仪：长度不大于 30m 时测 5 点，每增加 10m 增加 1 点
6	表面平整度 (mm)	块石 ≤20	2m 直尺：每 20m 测 3 处，每处测竖、墙长两个方向
		片石 ≤30	
		混凝土预制块、料石 ≤10	

表 208-2 干砌挡土墙检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	平面位置(mm)	≤50	全站仪：测墙顶外边线，长度不大于 30m 时测 5 点，每增加 10m 增加 1 点
2	墙面坡度(%)	≤0.5	铅锤法：长度不大于 30m 时测 5 处，每增加 10m 增加 1 处
3	断面尺寸(mm)	不小于设计值	尺量：长度不大于 50m 时测 10 个断面，每增加 10m 增加 1 个断面
4	顶面高程(mm)	±50	水准仪：长度不大于 30m 时测 5 点，每增加 10m 增加 1 点
5	表面平整度(mm)	≤50	2m 直尺：每 20m 测 3 处，每处测竖、墙长两个方向

表 208-3 片石混凝土挡土墙检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
----	------	----------	---------

1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	平面位置 (mm)	≤50	全站仪: 测墙顶外边线, 长度不大于 30m 时测 5 点, 每增加 10m 增加 1 点
3	墙面坡度 (%)	≤0.3	铅锤法: 长度不大于 30m 时测 5 处, 每增加 10m 增加 1 处
4	断面尺寸 (mm)	不小于设计值	尺量: 长度不大于 50m 时测 10 个断面, 每增加 10m 增加 1 个断面
5	顶面高程 (mm)	±20	水准仪: 长度不大于 30m 时测 5 点, 每增加 10m 增加 1 点
6	表面平整度 (mm)	≤8	2m 直尺: 每 20m 测 3 处, 每处测竖、墙长两个方向

(3) 外观质量

a 浆砌缝开裂、勾缝不密实和脱落的累计换算面积不得超过该面面积的 1.5%, 且单个最大换算面积不应大于 0.08m²。换算面积按缺陷缝长度乘以 0.1m 计算。

b 混凝土表面不应存在《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1-2017) 附录 P 所列限制缺陷。

c 墙体不得出现外鼓变形。

d 泄水孔应无反坡、堵塞。

4. 悬臂式和扶壁式挡土墙

(1) 基本要求

a. 地基承载力应满足设计要求。

b. 沉降缝、伸缩缝、泄水孔的位置、尺寸和数量应满足设计要求; 沉降缝及伸缩缝应竖直、贯通, 采用弹性材料填充密实, 填充深度满足设计要求。

(2) 检查项目

悬臂式和扶壁式挡土墙检查项目见表 208-4。

表 208-4 悬臂式和扶壁式挡土墙检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度(MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	平面位置(mm)	≤30	全站仪: 长度不大于 30m 时测 5 点, 每增加 10m 增加 1 点
3	墙面坡度(%)	≤0.3	铅锤法: 长度不大于 30m 时测 5 处, 每增加 10m 增加 1 处
4	断面尺寸(mm)	不小于设计值	尺量: 长度不大于 50m 时测 10 个断面及 10 个扶壁, 每增加 10m 增加 1 个断面及 1 个扶壁
5	顶面高程(mm)	±20	水准仪: 长度不大于 30m 时测 5 点, 每增加 10m 增加 1 点
6	表面平整度(mm)	≤8	2m 直尺: 每 20m 测 3 处, 每处测竖、纵向两个方向

(3) 外观质量

a 混凝土表面不应存在《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1-2017)附录 P 所列限制缺陷。

b 墙体不得出现外鼓变形。

c 泄水孔应无反坡、堵塞。

第209节 锚杆、锚定板挡土墙

209.01 范围

本节工作内容为锚杆、锚定板挡土墙的施工及有关的工程作业。

209.02 材料

1 混凝土、水泥砂浆所用材料应符合本规范第 400 章的有关规定。

2 锚杆采用的钢筋,应符合图纸要求,其性能应符合第 400 章的规定。

209.03 施工要求

1. 锚杆挡土墙

(1) 锚杆挡土墙的施工除按图纸要求和本规范第 410 节有关规定进行挡土板、立柱的预制浇筑外,还应符合下列各条款的要求。

(2) 应做好施工场地清理,平整夯实;场内注意排水畅通;锚孔孔位正确,并经监理人检验认可,方能进行下一工序。

(3) 施工前,承包人应将锚杆挡土墙施工方法的全部细节报请监理人批准后,方可进行施工。

(4) 锚杆挡土墙的施工,应由有经验的施工人员主持,掌握锚孔处地层地质和水文情况,钻孔设备完好,施工时做好记录。

(5) 锚孔轴线应准确,锚孔位置、直径及锚孔深应不小于图纸规定。孔轴应保持直线,孔位允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$,深度允许偏差为 $-10\sim+50\text{mm}$ 。

(6) 施工前,应清除岩面松动石块,整平墙背坡面。根据设计孔径及岩土性质合理选择钻孔机具。

(7) 锚孔钻孔时,不应损伤岩体结构,以避免岩层裂隙扩大,造成坍孔和灌浆困难。

(8) 锚孔成孔后,应将孔内岩粉碎屑等杂物排除干净,保持孔内干燥及孔壁干净粗糙。

(9) 为增加锚杆的抗拔能力，在钻孔过程，可将锚固部分或锚孔底部用小药量爆破成葫芦状。有水地段安装锚杆，应将孔内的水排出或采用早强速凝药包式锚杆。

(10) 锚杆挡土墙不宜在雨天施工。锚孔钻孔、放置锚杆、锚孔灌浆各工序应连续完成，以一根桩、一个孔为工作单元。锚杆放入锚孔后，应检查灌浆孔及排气孔是否畅通、完好。锚杆未插入岩层部分，必须按图纸要求做防锈处理。

(11) 宜先插入锚杆后灌浆，灌浆应采用孔底注浆法，灌浆管应插至距孔底 50~100mm，并随水泥砂浆的注入逐渐拔出，灌浆压强宜不小于 0.2MPa。

(12) 砂浆锚杆安装后，不得敲击、摇动。普通砂浆锚杆在 3d 内，早强砂浆锚杆在 12h 内，不得在杆体上悬挂重物。必须待砂浆达到设计强度的 75%后，方可安装肋柱、墙板。

(13) 锚孔灌浆应符合图纸要求。水泥砂浆配合比应按图纸规定经试验确定，细集料粒径不宜大于 2mm。为加快进度提高砂浆强度，可适当掺加外加剂，掺加品种和数量经试验确定。砂浆应随拌随用。

(14) 为判定锚杆能否满足图纸要求，应进行锚杆抗拔力验证试验。锚杆极限抗拔力试验数量不得少于锚杆总数的 1%，且不得少于 3 根，应在水泥砂浆强度达到设计强度后进行。试验可使用 YC-60 型穿心千斤顶或其他相适应的设备。

(15) 立柱、挡土板及锚杆按图纸要求安置完毕，墙背应及时回填。填料宜选择砂类土、碎砾石土，严禁使用腐殖土和树皮、草根等杂物，并按图纸要求的压实度进行碾压和夯实。墙背回填时，应特别注意不得将锚杆钢筋压弯造成立柱、挡土板的损坏。

(16) 安装墙板时，应边安装墙板，边进行墙背回填及墙背防、排水系统施工。

2 锚定板挡土墙

(1) 锚定板挡土墙施工应按图纸要求，并参照第 210.03-1 条相关规定执行。

(2) 拉杆使用前应按规定取样试验。拉杆埋于土中部分，必须进行防锈处理。

(3) 吊装时应保证肋柱不前倾。

(4) 拉杆及锚定板埋设，应先填土后挖槽就位；挖槽时，锚定板比图纸位置宜高 30~50mm。锚定板前方超挖部分宜采用水泥混凝土或石灰土回填夯实。严禁直接碾压拉杆和锚定板。

(5) 肋柱、锚定板上的锚头及螺丝杆应做防锈处理和防水封闭。

(6) 分级平台应按设计要求进行封闭，并设 2%的外倾排水坡。

3 承包人应按《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)的要求，加强水

泥混凝土、水泥砂浆的养护管理。

209.04 质量检验

1. 基本要求

- (1) 锚杆、拉杆或筋带根数不得少于设计数量。
- (2) 地基承载力应满足设计要求。
- (3) 筋带应理顺，放平拉直，筋带与面板、筋带与筋带连接牢固。
- (4) 锚杆的长度应大于或等于设计长度，锚杆插入锚孔内的长度不得小于设计长度的 98%。
- (5) 锚杆注浆性能应符合相关施工技术规范规定，锚孔内注浆应密实，注浆压力满足设计要求。
- (6) 沉降缝、伸缩缝、泄水孔的位置、尺寸和数量应满足设计要求；沉降缝及伸缩缝应竖直，贯通，采用弹性材料填充密实，填充深度应满足设计要求。
- (7) 拉杆、锚杆的防护应满足设计要求。

2. 检查项目

锚杆挡土墙、锚定板挡土墙施工检查项目见表 209-1 至表 209-6。

表 209-1 筋带检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	筋带长度	不小于设计值	尺量：每 20m 测 5 根(束)
2	筋带与面板连接	满足设计要求	目测：全部
3	筋带与筋带连接	满足设计要求	目测：全部
4	筋带铺设	满足设计要求	目测：全部

表 209-2 拉杆检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	长度(mm)	不小于设计值	尺量：每 20m 测 5 根
2	拉杆间距(mm)	±100	尺量：每 20m 测 5 根
3	拉杆与面板、锚定板连接	满足设计要求	目测：全部

表 209-3 锚杆检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	注浆强度 (MPa)	在合格标准内	砂浆按 JTG F80/1-2017 附录 F 检查,其他按附录 M 检查
2	锚孔孔深(mm)	不小于设计值	尺量：抽查 20%

3	锚孔孔径(mm)	满足设计要求	尺量：抽查 20%
4	锚孔轴线倾斜 (%)	2	倾角仪：抽查 20%
5	锚孔间距(mm)	±100	尺量：抽查 20%
6	锚杆抗拔力(kN)	满足设计要求。设计未要求时，抗拔力平均值≥设计值；80% 锚杆的抗拔力≥设计值；最小抗拔力≥0.9 设计值	抗拔力试验：检查数量按设计要求，设计未要求时按锚杆数 5%，且不少于 3 根检查
7	锚杆与面板连接	满足设计要求	目测：全部

表 209-4 面板预制检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度(MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	边长	边长小于1m	尺量：抽查 10%，每板长宽各测 1 次
	(mm)	其他	
3	两对角线差(mm)	边长小于1m	尺量：抽查 10%，每板测 2 对角线
		其他	
4	厚度(mm)	±5, -3	尺量：抽查 10%，每板测 2 处
5	表面平整度(mm)	≤5	2m 直尺：抽查 10%，每板长方向测 1 处
6	预埋件位置(mm)	≤5	尺量：抽查 10%

表 209-5 面板安装检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	每层面板顶高程(mm)	±10	水准仪：长度不大于 30m 时测 5 组，每增加 10m 增加 1 组
2	轴线偏位(mm)	≤10	挂线、尺量：长度不大于 30m 时测 5 点，每增加 10m 增加 1 点
3	面板坡度 (%)	+0, -0.5	铅锤法：长度不大于 30m 时测 5 处，每增加 10m 增加 1 处
4	相邻面板错台 (mm)	≤5	尺量：长度不大于 30m 时测 5 条缝最大处，每增加 10m 增加 1 条
5	面板缝宽(mm)	≤10	尺量：每 30m 检查 5 条，每增加 10m 增加 1 条

注：面板安装以同层相邻两板为一组。

表 209-6 锚杆、锚碇板和加筋土挡土墙总体检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	墙顶和肋柱平面位置(mm)	路堤式	全站仪：长度不大于 30m 时测 5 点，每增加 10m 增加 1 点
		路肩式	
2	墙顶和柱顶高程(mm)	路堤式	水准仪：长度不大于 30m 时测 5 点，每增加 10m 增加 1 点
		路肩式	

3	肋柱间距 (mm)	±15	尺量，每柱间
4	墙面平整度(mm)	≤15	2m 直尺，每 20m 测 3 处，每处测竖直、墙长两个方向

3 外观质量

(1) 混凝土构件不应存在《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1-2017) 附录 P 所列限制缺陷。

(2) 锚头不得外露，封锚混凝土或砂浆应无裂缝、疏松。

(3) 墙体不得出现外鼓变形。

(4) 泄水孔应无反坡、堵塞。

第210节 喷射混凝土和喷浆边坡防护

210.01 范围

本节工作内容为挂网锚喷混凝土防护边坡（全坡面）、锚杆、预应力锚索（包括钻孔、锚索制作、锚索安装、注浆、张拉、锚固及检验等）等有关的施工作业。

210.02 材料

1 水泥：应符合本规范第 400 章的规定，其强度等级不得低于 32.5 级，且应优先选用普通硅酸盐水泥。

2 集材：应符合本规范第 400 章的规定。细集料应采用中砂或粗砂、细度模数宜大于 2.5；含水率宜控制在 5%~7%；粗集料应采用砾石或碎石，粒径不大于 15mm。

3 钢筋：钢筋网及网框用钢筋应符合本规范第 400 章的规定。

4 锚杆：锚杆用钢筋宜采用带肋钢筋。

5 锚索采用高强度、低松弛钢绞线，其性能应符合图纸要求及本规范第 400 章的有关规定。

6 混凝土及水泥浆或水泥砂浆的材料应符合图纸要求及本规范第 400 章的有关规定。

7 铁丝网：铁丝网用铁丝应符合《一般用途低碳钢丝》(YB/T 5294-2009)的规定。

8 土工格栅：坡面防护的土工格栅应符合图纸要求及《公路土工合成材料应用技术规范》(JTG/T D32-2012)及《交通工程土工合成材料 土工格栅》(JT/T

480-2002)的规定。

210.03 施工要求

1. 一般要求

- (1) 在边坡进行喷射混凝土前,应按图纸或监理人指示做好以下各项准备工作:
 - a. 破碎且不平整的边坡,必须将松散的浮石和岩渣清除,用浆砌片石填补空洞,对坡面缝隙进行封闭处理。边坡修整后应平整、密实,无溜滑体、蠕变体和松动岩体。
 - b. 用高压水冲洗坡面,并使岩面保持一定湿度。
- (2) 在岩面上确定锚杆孔位,进行钻孔,孔深及孔径应符合图纸要求。钻孔完毕,应将孔内岩粉吹干净。
- (3) 安装锚杆,同时在钻孔内灌注水泥砂浆或其他图纸规定并经监理人批准的材料。
- (4) 埋设控制喷射混凝土厚度的标志,铺设钢筋网和铁丝网或土工格栅。网眼的大小应符合图纸规定。钢筋网和土工格栅应与锚杆连接牢固,其与岩面的间隙宜为30mm或按图纸规定。
- (5) 修整边坡的弃渣应按有关规定堆放,不得污染环境。
- (6) 钢筋制作与安装应符合《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)的规定。
- (7) 浇筑混凝土时,模板应加支撑固定。
- (8) 承包人应按《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)的要求,加强水泥混凝土、水泥砂浆的养护管理。

2. 喷射混凝土

- (1) 施工前,应先确定喷射混凝土的施工工艺(干式、湿式)及混凝土的配合比,选择使用的喷射机具,报监理人批准。喷射混凝土前,应先进行试喷、调整回弹量、确定混凝土的配合比及施工操作程序,经监理人认可后方可大面积施工。
- (2) 喷砼材料采用C20小石子砼,平均厚度12cm。喷砼前应先喷水湿润坡面,以确保砼与岩面的粘结。坡面每10~15m设一条伸缩缝,缝宽2cm,缝内填塞沥青麻絮。喷砼采用湿喷工艺,喷砼的砂浆配合比、催凝剂掺量、气压、水量、喷距、层次等应经现场试验确定,为保证砼质量,要求空压机风量不小于17m³,风压不小于0.5MPa;速凝剂用量不大于水泥用量的3%~5%。
- (3) 喷射混凝土的配合设计应参照本规范第400章有关规定。

(4) 混合料宜随拌随用。不掺速凝剂时，存放时间不应超过 2h；掺速凝剂时，存放时间不应超过 20min。混合料的拌和时间参照本规范第 400 章有关规定。

(5) 混合料在运输、存放过程中，应严防雨淋、滴水及大块石等杂物混入，在装入喷射机前应过筛。

(6) 喷射混凝土应分段、分片由下而上进行。作业开始时，应先送风，后开机，再给料；结束时，应待料喷完后，再关机。向喷射机供料时应连续均匀，机器正常运转时，料斗内应保持足够的存料。喷层厚度应均匀，符合图纸要求的厚度。

(7) 喷射开始时，应减小喷头至受喷坡面的距离，并调节喷射角度，以保证铁丝网与岩面间混凝土的密实性。

(8) 喷射时，应保持混凝土表面平整，呈湿润光泽，无干斑或滑移流淌现象。

(9) 喷射后，当采用普通硅酸盐水泥时，养护应不少于 10d；当采用矿渣硅酸盐水泥或火山灰硅酸盐水泥时，养护不得少于 14d。喷层周边与未防护坡面的衔接处应做好封闭处理。

(10) 喷射混凝土应符合图纸规定的厚度，并按图纸规定或监理人指示设置伸缩缝及泄水孔。

(11) 喷射混凝土的回弹物，不能收集起来放入下批配料中，以免影响喷射混凝土质量。

(12) 下列情况应暂停喷射施工

- a. 雨天冲刷新喷面上的水泥，造成混凝土脱落。
- b. 气温低于 +5°C。
- c. 大风妨碍喷射手进行工作。

3 锚杆

(1) 施工中严格按照如下顺序进行：清理边坡、设置锚杆孔、清孔、注浆、放入锚杆、安装端头垫板、进行其他坡面施工。

(2) 锚杆孔成孔及清孔应视不同地质条件选取合适的方法，报监理人批准后实施。

(3) 锚杆杆体使用前应平直、除锈、除油。

(4) 注浆用砂浆配合比中水泥：砂宜为 1：1~1：2，水灰比宜为 0.38~0.45。

(5) 砂浆应拌和均匀，随拌随用，一次拌和的砂浆应在初凝前用完，并严防石块、杂物混入。

(6) 注浆开始或中途停止超过 30min 时，应用水或稀水泥浆润滑注浆罐及其管

路。

(7) 孔深小于 3m 时，宜采用先注浆后插锚杆的施工工艺。注浆时，浆体除孔口 200~300mm 外，应均匀充满全孔。锚杆插入后应居中固定。杆体外露部分应避免敲击、碰撞，3d 内不得悬吊重物，3d 后才可安装垫板。

(8) 当孔深大于 3m 时，应按本规范第 210.03 小节的相关要求施工。

(9) 每段工程应取代表性段落对锚杆进行抗拔试验，要求锚杆抗拔力大于图纸规定，通过试验修正施工参数，以指导大面积施工。

(10) 挂网应符合图纸规定，并经监理人同意。可用直径 2mm 的普通镀锌铁丝制成，也可采用高强度聚合物土工格栅或钢筋网。

4 预应力锚索

(1) 施工准备

a 在锚索施工前，承包人应会同监理人及设计人员对锚索施工范围地段进行实地核查，根据地质条件和图纸要求布设孔位和定向。

b 清理孔位附近松动的石块危石，平整施工场地，为钻机的安设稳妥和操作提供方便条件。

(2) 钻孔

a 根据图纸布设的孔位进行钻孔，钻孔时必须保持下倾角的稳定，并随时加以检测，发现钻进下倾角有偏差时应及时纠正。

b 在孔口应安装吸尘装置，避免钻进过程尘土飞扬。

c 钻孔倾斜度允许偏差为 3%，孔口位置允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ ，孔深允许偏差为 $+200\text{mm}$ 。

(3) 清孔

a 锚索钻孔完成后，应将孔内岩屑和岩粉等杂物清理干净，并保持孔内干燥。

b 清孔可用清水在钻孔内充分冲洗，而后用高压空气将孔内积水吹干，孔底不得保留有积水。

(4) 编制锚索

a 严禁使用有机械损伤、电弧烧伤和严重锈蚀的钢绞线。严禁将钢绞线及锚索直接堆放在地面或露天储存，避免受潮、受腐蚀。

b 编制锚索前，应将钢绞线表面的浮锈剔除，在锚索自由段涂上防锈剂。钢绞线不得有缠绞及扭麻花现象。

c 在锚索自由段套装护套，护套不得有破损，避免锚索自由段发生锚索与漏

入灰浆黏结现象，自由段锚索应能自由伸缩。

(5) 锚索安装与注浆

a) 锚索束制作宜在现场厂棚内进行。

b) 锚索安装前应检查钻孔情况，保证孔深与锚索长度一致，且保证锚索编号与孔号一致，并做好标记。同时检查附件及排气管是否完好，否则应予更换。

c) 锚索可采用人工方法推进，使锚索在钻孔顺直送到孔底，保证锚索束顺直地安放在钻孔中心，避免锚索体扭曲。

d) 锚索安装完毕，应进行锚固段注浆。注浆通过注浆管泵送灌注。灌注时，注意锚索束及锚固段的实际长度应符合图纸要求。

e) 注浆时，注浆管应随浆液的注入而徐徐上拔，保证锚索锚固段的砂浆饱满。

f) 注浆用水泥，其强度等级应为 32.5 级或 42.5 级，砂的粒径应小于或等于 2mm，水灰比应符合图纸要求，浆体强度应符合图纸规定，并不低于 30MPa。

g) 锚固端灌浆应符合下列规定

a) 放入锚索束后应及时灌浆。

b) 无黏结锚索孔灌浆宜一次注满锚固段和自由段。

c) 灌浆应饱满、密实。

(6) 浇筑锚固板

a) 锚固板可采取现浇或预制混凝土，除按本规范第 410 节有关规定施工外，还应符合图纸的要求。

b) 现浇混凝土锚固板经养护其强度达到设计强度 70% 后，方可进行锚索张拉。

(7) 张拉与二次注浆

a) 锚索张拉应按设计要求进行，并应符合下列规定：

a) 张拉设备必须按规定配套标定，标定间隔期不宜超过 6 个月。拆卸检修的张拉设备或压力表经受强烈撞击后，都必须重新标定。

b) 孔内砂浆的强度未达到设计强度的 75% 以上时，不得进行张拉。

c) 锚索张拉采用张拉力和伸长值进行控制，用伸长值校核应力，当实际伸长值大于计算伸长值的 10% 或小于 5% 时，应暂停张拉，查明原因并处理后，方可继续张拉。

d) 锚索锁定后，在 48h 内若发现有明显的预应力松弛时，应进行补偿张拉。

b) 张拉完成后，即进行第二次注浆，注浆压力宜 0.5~1.0MPa，待出浆浓度与进浆浓度一致时停止注浆。最后用混凝土封闭锚头。

c 注浆结束后的次日，应逐孔检查各锚索孔注浆是否灌满，如有未灌满的，应进行复灌，确保每个锚索孔灌浆饱满密实。

(8) 封孔

a 封孔灌浆应在锚索张拉、检测合格、锁定后进行。

b 封孔灌浆时，进浆管必须插到底，灌浆必须饱满。

c 封孔灌浆后，锚头部分应涂防腐剂，并按设计要求及时进行封闭。

(9) 抗拔力试验

在锚索正式施工之前，应做锚索抗拔力试验，通过试验结果，检验锚索锚固段的锚固效果是否满足图纸要求，确定施工工艺；否则，应报请监理人及设计单位，修改锚固段设计。

210.04 质量检验

1 喷射混凝土

①控制喷层厚度应预埋厚度控制钉、喷射线；喷射混凝土厚度应采用钻孔法检查。

②喷层厚度检查点密度应为 $400\text{m}^2/\text{个}$

③喷层厚度合格条件：用钻孔法检查的所有点中应有 80% 的喷层厚度不小于设计厚度，最小值不应小于设计平均厚度的 80%，检查孔处喷层厚度的平均值不应小于设计平均厚度。

2 锚杆、锚索

(1) 基本要求

a. 边坡坡度、坡面应满足设计要求，坡面应无风化、无浮石，喷射前应用水冲洗干净。

b. 锚杆、锚索的数量不得少于设计数量。

c. 框格梁钢筋、钢筋网与锚杆或其它锚固装置连接牢固，喷射混凝土时钢筋不得晃动。

d. 注浆性能应符合相关施工技术规范规定，锚孔内注浆应密实，注浆压力满足设计要求。

e. 坡面混凝土喷射前应对坡面的渗漏水、流水等进行处理。

f. 预应力锚杆、锚索应按设计要求的工艺进行张拉。

g. 锚杆、锚索的长度应大于或等于设计长度，插入锚孔内的长度预应力锚杆、锚索不得小于设计长度的 97%，其他不得小于 98%。非锚固段套管安装位置应满足

设计要求。

- h. 预应力锚杆、锚索应采用机械切割，锁定力应满足设计要求。
- i. 沉降缝、伸缩缝的位置、缝宽应满足设计要求，采用弹性材料填充密实，填充深度应满足设计要求。
- j. 锚杆、锚索的防护应满足设计要求。

(2) 检查项目

- a 锚杆、锚索检查项目见表 212-1。
- b 坡面结构检查项目见表 212-2。

表 212-1 锚杆、锚索检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	注浆强度 (MPa)	在合格标准内	砂浆按JTG F80/1-2017 附录F检查, 其他按附录 M 检查
2	锚孔深度(mm)	不小于设计值	尺量: 抽查 20%
3	锚孔孔径(mm)	满足设计要求	尺量: 抽查 20%
4	锚孔轴线倾斜 (%)	2	倾角仪: 抽查 20%
5	锚孔位置 (mm)	设置框格梁	尺量: 抽查 20%
		其他	
6	锚杆、锚索抗拔力(kN)	满足设计要求。设计未要求时, 抗拔力平均值≥设计值; 80%锚杆的抗拔力≥设计值; 最小抗拔力≥0.9设计值	抗拔力试验: 检查数量按设计要求, 设计未要求时按锚杆数5%, 且不少于 3 根检查
7	张拉力(kN)	满足设计要求	查油压表: 逐根(束)检查
8	张拉伸长率 (%)	满足设计要求; 设计未要求时 ±6	尺量: 逐根(束)检查
9	断丝、滑丝数	每束 1 根, 且每断面不超过钢丝总数的 1%	目测: 逐根(束)检查

注: 实际工程中未涉及的项目不检查。

表 212-2 坡面结构检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度(MPa)	在合格标准内	喷射混凝土按 JTG F80/1-2017 附录 E 检查, 其它按附录 D 检查
2	喷层厚度(mm)	平均厚度≥设计厚度; 80%测点的厚度≥设计厚度; 最小厚度≥0.6 且大于等于设计规定最小值	凿孔法或工程雷达法: 每50m ² 测1处, 总数不少于5处
3	锚墩尺寸(mm)	+10, -5	尺量: 抽查 20%, 每件测顶底面边长及高度
4	框格梁、地梁、边梁断面尺寸(mm)	不小于设计值	尺量: 抽查 20%, 每梁测 2 个断面

5	框格梁、地梁、边梁平面位置	±150	尺量：抽查 10%
---	---------------	------	-----------

注：实际工程中未涉及的项目不检查。

(3) 外观质量

a 喷射混凝土应无突变、漏喷、脱落、空鼓，开裂的累计面积不得超过喷射面积的 1.5%，且单个缺陷最大面积不大于 0.02m^2 ，开裂按裂缝长度乘以 0.1m 计算面积。

b 锚索墩、框格梁、地梁、边梁、封锚等混凝土构件表面不应存在《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1-2017）附录 P 所列限制缺陷。

c 钢筋网、土工格栅及锚杆、锚索不得外露。

d 框格梁不得与坡面脱空。

第211节 混凝土框格梁

211.01 范围

本节工作内容为混凝土框格梁有关的施工作业。

211.02 材料

1. 混凝土及水泥浆或水泥砂浆的材料应符合图纸要求及本规范第 400 章的有关规定。

2. 钢筋应符合本规范第 400 章的有关规定。

211.03 施工要求

坡面框架梁的配筋和浇注应在锚杆或锚索施工完成后进行。锚杆或锚索施工后，先施工框架竖梁，并于节点处预留横梁钢筋。竖梁形成后，再施工横梁，横竖梁尽量同时浇筑。框架节点配筋应根据锚杆作相应调整。

锚杆框架横、竖梁均要求嵌入原坡面 10cm ，锚索框架横、竖梁均要求全部嵌入坡面以下 25cm 。配筋和浇注前应在横竖梁相应位置处刻槽。

框架横竖梁浇注采用 C30 砼，浇注前应在横竖梁位置处喷水湿润墙面或坡面，竖梁与横梁节点应一次性浇筑完成。施工缝应设在竖梁之间的横梁上，竖梁不宜设施工缝，应一次性浇筑完成。浇筑完成后，横梁应是连续的，仅在伸缩缝处断开 2cm 。对于框架内挂网植草的坡面，框架梁在浇筑时，应在梁上预埋 C8 钢筋，待梁浇筑完成后，弯成弯钩，以固定双向拉伸网。

砼中宜加早强剂，以争取工期。砼浇筑后应做好养护，宜用塑料薄膜遮盖，防止水分散失。

211.04 质量检验

(1) 基本要求

①材料应符合本规范第 411 节的有关规定及设计要求。

②混凝土、水泥砂浆质量检验，每一工作班应制取不少于 2 组试件，由监理人现场抽检，其强度评定应按《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1-2017）附录 D、F 办理。

③钢筋的品种和质量、焊条型号、焊接接头必须符合设计要求和有关标准的规定并由监理人进行抽检。

④灌注混凝土量不得小于计算体积，保证混凝土灌注密实。

⑤钢筋笼孔圈中心轴线和肋梁中心轴线应重合，轴线的偏差不得大于 20mm。

⑥锚固体的直径、标高、深度和倾角、方位角必须符合设计要求。

⑦锚杆及锚索防锈漆层无损伤，如有损伤处应在入孔前补上。

⑧压力注浆锚杆和预应力锚索的加载检验

(2) 检查项目

检查项目见表 211-1。

表 211-1 混凝土框格梁检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度(MPa)	在合格标准内	喷射混凝土按 JTG F80/1-2017 附录 E 检查，其它按附录 D 检查
2	框格梁、地梁、边梁断面尺寸(mm)	不小于设计值	尺量：抽查 20%，每梁测 2 个断面
3	框格梁、地梁、边梁平面位置	±150	尺量：抽查 10%

(3) 外观质量

框格梁表面不应存在《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1-2017）附录 P 所列限制缺陷。框格梁不得与坡面脱空。

第 212 节 抗滑桩

212.01 范围

本节工作内容为设置抗滑桩及其有关的施工作业。

212.02 材料

1. 水泥应符合本规范第 400 章的有关规定。为预防滑坡有滑动迹象出现，需加速施工，采用速凝、早强混凝土，应准备一定的混凝土速凝剂和早强剂。

2. 钢筋应符合本规范第400章的有关规定。

212.03 施工要求

1. 桩基开挖过程中，应随时核对滑动面情况，及时进行岩性资料编录，当其实际情况与图纸不符时，应报监理人进行处理。

2. 抗滑桩开挖前准备工作

(1) 抗滑桩平面位置应按图纸放样，开挖中应核对滑面情况，如其实际位置与图纸出入较大时，应通过变更设计处理。实际桩底高程应报监理人会同设计单位现场检查确定。

(2) 整平孔口地面。做好桩区地表截水、排水及防渗工作。施工宜在旱季进行。在雨季施工时，孔口应搭设雨棚。孔口地面下 0.5m 内应先做好加强衬砌。孔口地面上加筑适当高度的围堰。

(3) 备好各项工序的机具器材和桩孔内排水、通风、照明设备，落实人员配备、施工组织计划。

(4) 设置好对滑坡变形、移动的观测设施。

(5) 做好作业人员的安全防护技术措施。

3. 开挖

(1) 应分节开挖，每节高度宜为 0.6~2.0m，挖一节应立即支护一节。围岩较松软、破碎或有水时，分节应较短。分节不应在土石层变化和滑床面处。

(2) 孔下工作人员不宜超过 2 人，必须戴安全帽。随时测量孔下空气污染物浓度，如超过本规范第 407 节规定的各项污染物的浓度限值三级标准时，应增设通风设施。

(3) 孔下照明必须采用安全电压。

(4) 孔内爆破应采用松动爆破，不得放大炮。

(5) 抗滑桩应隔桩开挖桩孔、施工桩身，待桩身混凝土达到设计强度的75%或桩柱顶部预应力锚索张拉锚固后，才能开挖相邻桩的桩孔。

(6) 如果地质情况较差，则不宜采用挖孔方式，应采用钻孔方式。

(7) 弃渣应堆放到指定地点，严禁在滑坡范围内、锁口、桩孔附近堆放。

(8) 旋挖抗滑桩桩孔开挖采用机械旋挖成孔方式。

4. 支护

(1) 护壁支护，宜用就地灌注混凝土。灌注前应清除岩壁上的松动石块、浮土。

(2) 护壁厚度应符合图纸规定，护壁混凝土应紧贴围岩灌注。灌注前应清除孔

壁上的松动石块、浮土。围岩较松软、破碎、有水时，护壁宜设泄水孔。

(3) 开挖应在上一节护壁混凝土终凝后进行，护壁混凝土模板支撑应在混凝土强度达到能保持护壁结构不变形后方可拆除。

(4) 在围岩松软、破碎和有滑动面的节段，应在护壁内顺滑动方向用临时横撑加强支护，并经常观察其受力情况，及时进行加固。当发现横撑受力变形、破损而失效时，孔下施工人员必须立即撤离。

(5) 开挖桩群应从两端沿滑坡主轴间隔开挖，桩身强度不低于 75% 时方可开挖邻桩。

(6) 弃渣严禁堆放在滑坡范围内。

5. 灌注桩身混凝土

(1) 灌注前，应检查桩孔断面尺寸、凿毛护壁，清洗混凝土护壁，做好安置钢筋的放样。

(2) 钢筋宜预制成笼，可在桩孔内搭接，搭接不得设在土石分界和滑动面处。钢筋笼制作、搭接应按本规范第 403 节的有关规定执行。

(3) 灌注混凝土必须连续作业，应符合本规范第 407 节有关规定。如因故中断灌注其接缝面，应做特殊处理。严禁施工缝处在滑动面上。

(4) 在施工中有滑动迹象时，应加速施工进度，可采用速凝和早强混凝土。

6. 桩组上或桩间支挡结构以及与桩相邻的挡土、排水、防渗等设施，均应与抗滑桩正确连接，配套完成。

7. 桩板式抗滑挡墙

(1) 桩身混凝土应达到设计强度后方可安装挡土板。安装挡土板时，应边安装边回填，并做好施工板后排水设施。

(2) 当桩间为土钉墙或喷锚支护时，桩间土体应分层开挖，分层加固；当锚固桩上部设有排锚索（杆）时，应待上一排锚索（杆）施工完成后，才可开挖下一层的桩前土体。

(3) 锚索（杆）桩板式路堤挡土墙，应严格控制墙背填土的压实度，压实时不得直接碾压锚索（杆）。

(4) 桩板墙背 5m 范围以内的填土，严禁使用大型机械进行压实。

8. 承包人应按《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020) 的要求，加强水泥混凝土、水泥砂浆的养护管理。

212.04 质量检验

1. 基本要求

(1) 混凝土所用的水泥、砂、石、水和外掺剂的质量和规格必须符合设计和有关规范的要求，按规定的配合比施工。

(2) 开挖断面尺寸不得小于护壁厚度加桩身断面尺寸(长、宽或直径)。

(3) 开挖深应达到图纸要求，结合滑动面实际情况确定高程。

(4) 做好桩区地面截、排水及防渗，孔口地面上应加筑适当高度的围堰。

2. 检查项目

抗滑桩检查项目见表 212-1。

表 212-1 抗滑桩检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率	
1	混凝土强度(MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查, 每台班 2 组试件	
2	桩长 (m)	不小于设计值	测绳: 每桩测量	
3	孔径或断面尺寸 (mm)	不小于设计值	探孔器: 每桩测量	
4	桩位 (mm)	100	经纬仪: 每桩测量	
5	竖直度 (mm)	钻孔桩	1%桩长, 且不大于 500	测壁仪或吊垂线: 每桩检查
		挖孔桩	0.5%桩长, 且不大于 200	吊垂线: 每桩检查
6	钢筋骨架底面高程 (mm)	±50	水准仪: 测量每桩骨架顶面高程后反算	

3. 外观质量

无破损检测桩应为没有质量缺陷的桩。

第 213 节 系梁、格梁钢管桩

213.01 范围

本节工作内容为系梁、格梁钢管桩及其有关的施工作业。

213.02 材料

1. 混凝土及水泥浆或水泥砂浆的材料应符合图纸要求及本规范第 400 章的有关规定。

2. 钢筋应符合本规范第 400 章的有关规定。

213.03 施工要求

1、钢管桩钻孔应采用无水钻进。钻孔均为铅直孔，偏差率应小于 0.3%，孔深应不小于设计要求。每根钢管桩钻孔必须进行地质编录，应注意核查取芯孔揭示地质条件，验证设计。钢管桩施工中应详细记录各层位深度、岩土体颜色、状态及强度

等地质信息，并及时反馈地质信息给设计方。

2、钢管为 $\phi 140 \times 6$ mm 无缝镀锌防腐钢管，接长钢管采用内焊 $\phi 127 \times 4.5$ mm 无缝镀锌钢管，两头搭接 60cm，总长 120cm，并与 $\phi 140 \times 6$ mm 钢管焊接，在接头处 $\phi 140$ 钢管应进行通焊，同时在 120cm 长的内套管段，每接头处应有不少于 4 个 $\phi 15$ mm 的点焊，确保连接牢靠，焊接时，焊疤不能突出管壁，以防止下管困难。焊缝采用涂富锌漆防腐。钢管下孔时应根据现场情况采取必要的措施，使其缓慢放置孔底就位，防止钢管连接处破坏和对孔周岩土体造成过大扰动。

3、钢管下管之前，先在钢管管脚布设三脚架及定位器，或将钢管桩底部 20cm 切割成宽齿状代替三脚架。

4、钢管采用 20# 号钢，屈服强度不小于 240MPa，抗拉强度 380~470MPa。

5、在钢管底部采用 C12 的定位钢筋。

6、注浆材料采用 M30 水泥砂浆，灌浆采用二次灌浆施工工艺，第一次灌浆压力为 0.2~0.4MPa，第一次灌浆时注浆管位于钢管桩内，在距孔底约 1m 的位置采用布袋法止浆，孔内灌浆至管外侧返浆至孔口后再进行孔内灌浆。钢管下孔时设置二次注浆高压管，高压管为等边三角形布置在 $\phi 140$ 钢管外壁与孔壁间，从而实现钢管桩周土体的高压注浆。二次注浆采用带套环的注浆塑料导管，导管直径 30mm，该导管每隔 1.0m 即在其侧壁开有若干小孔并用橡胶圈覆盖，注浆时把一根小直径的注浆钢管插入导管内，该钢管两端装有限定注浆区段的密封装置，当完成对密封装置限定段的注浆处理后，注浆钢管即可移向上一部段注浆（一般从底部每一米注浆一次），然后依次进行，直至完成钢管桩全长段的高压灌浆。对二次高压劈裂注浆应在一次注浆完成后 2 小时内快速进行，分段依次由锚固段底端向顶端实施，二次高压劈裂注浆的劈开压力不宜低于 5MPa，使水泥浆液向钢管桩周边的土体渗透、挤压和扩散。

8、钢管桩钻孔宜间隔两个孔施工，同时施工的两个孔的距离不小于 3m，每钻完一孔应及时进行灌浆。

9、联系梁每隔 10~15m 应设置伸缩缝，联系梁在此断开，缝宽 2cm，伸缩缝采用沥青麻絮填塞。

10、联系梁施工时应以伸缩缝分段跳槽开挖，每两处相邻伸缩缝之间应整体浇筑，严禁拉通开挖后再浇筑混凝土。

第214节 河道防护

214.01 范围

本节工作内容为河床加固铺底、拦水墙等工程及有关的施工作业。

214.02 材料

材料应符合本规范第 201.02 小节的要求。

214.03 施工要求

- 1 河床加固铺底前应先将沟底淤积的片块石等清除，并将铺底底面夯实、整平。铺底应分段浇筑，每段一次浇筑到位，两侧挡墙与铺底一并整浇。
- 2 为防止铺底受到洪水冲刷掏蚀发生整体破坏，沿纵向应设置防冲潜坎或防滑齿。
- 3 在局部陡坎处及纵坡较大段落铺底以上应增设跌水坎。
- 4 铺底每隔 10~15 米应设一道伸缩缝，缝宽 2 厘米，缝内填塞沥青麻絮，塞入深度不得小于 0.2m。

214.04 质量检验

河道防护工程检查项目见表 214-1。

表 214-1 河道防护工程检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	砂浆和混凝土强度(MPa)	在合格标准内	混凝土按 JTG F80-2017 附录 D 检查，砂浆按附录 F 检查
2	平面位置偏位(mm)	30	全站仪：按设计控制坐标测
3	长度(mm)	≥设计长度-100	丈量：测每个
4	断面尺寸(mm)	不小于设计值	丈量：测 5 个断面
5	坡度	不大于设计值	坡度尺：测 5 处
6	顶面高程(mm)	±30	水准仪：测 5 点

第215节 凹腔嵌补

215.01 范围

本节工作内容为凹腔嵌补有关的施工作业，主要用于危岩体中发育凹腔的支撑嵌补。

215.02 材料

材料应符合本规范第 201.02 小节的要求。

215.03 施工要求

凹腔支撑嵌补体的底部应开挖成倒坡，采取台阶式开挖方式，内倾 3%~5%，并清除覆土或强风化层，埋深不小于 0.2m，顶部与上部岩面紧贴。

第216节 运营期监测系统

216.01 范围

本节适用于路基及开挖边坡运营期的监测工作。

216.02 监测要求

(1) 监测设计的主要技术依据

- 1) 《建筑变形测量规范》(JGJ8-2016);
- 2) 《工程测量标准》(GB 50026-2020)。

(2) 监测设计方案的原则

1) 以合理优化的监测工程量对基坑和边坡工程进行全过程跟踪监测, 监测工程包括监测墩(桩)、监测站、监测钻孔的施工、监测仪器设备购置与安装等。

2) 监测时间根据实际情况而定, 雨季加密监测。施工期监测要求监测设施在各级边坡开挖完成后立即布置并开始监测, 以获取后续开挖诱发变形量数据, 验证设计可靠性。

(3) 监测仪器技术参数

① 深部位移监测

监测仪器技术参数

人工测斜孔采用滑动式测斜仪, 在测斜管安装完成后, 每间隔 0.5m 深度通过专用数据采集仪进行人工数据采集。滑动式测斜仪主要技术参数见表 215-1。

表 216-1 滑动式测斜仪主要技术参数

量程	分辨率	导轮间距	数据采集方式
±50°	0.01°	500mm	人工数据采集

自动监测采用阵列式深部位移计, 在完成人工监测作业后进行安装。测斜仪长度选用 100cm, 每个测孔采用一个 485 总线进行数据传输, 通过太阳能电池板及两块 100AH 蓄电池进行供电, 主要技术参数见下表。

表 216-2 阵列式深部位移计主要技术参数

量程	分辨率	测斜仪长度	数据采集方式
±30°	0.01°	100cm	自动数据采集

② 地表位移监测

地表位移及工程构筑物监测采用自动化监测方式实施。采用北斗/GNSS 定位系

统测量法监测基坑开挖边坡表面的三维位移，利用北斗/GNSS 卫星发送的导航定位信号进行空间后方交会测量，从而确定地面待测点的三维坐标，其精度目前已经达到了毫米级。由于北斗/GNSS 监测不受天气条件的限制，可以进行全天候的监测，同时，观测点之间无需通视，且操作简单，定位精度高因此，可以方便地对滑坡体表面位移实施动态监测并及时预警。GNSS 采样频率为 30 分钟一次（或更高频率），24 小时全天候实时监测坡体地表位移变化情况。

表 216-3 GNSS 主要技术参数

项目	主要技术要求
静态差分精度平面	$\pm(3\text{mm}+1\text{ppm})$
高程	$\pm(5\text{mm}+1\text{ppm})$
通讯方式	RS232、RJ45/WIFI、蓝牙、GPRS/CDMA
工作温度	-40~+75°C

③ 锚索监测

采用锚索计实时监测坡面施工完成后的锚索的应力变化情况，从而推断边坡的稳定情况，尽量避免因锚索变形失效而严重影响边坡的稳定。锚索计采样频率为 30 分钟一次（或更高频率），24 小时全天候实时监测锚索的应力变化情况。

表 216-4 锚索计主要技术参数

项目	技术要求
量程	200-6000kN
灵敏度	0.05%FS
非线性	$\leq 0.05\%FS$
过载范围	50%
温度范围	-20°C-80°C
弦数	3、6

④ 锚杆监测

采用钢筋计实时监测锚杆的应力变化情况，从而推断边坡的稳定情况。钢筋计采样频率为 30 分钟一次（或更高频率），24 小时全天候实时监测锚杆的应力变化情况。

表 216-5 钢筋计主要技术参数

项目	技术要求
量程	200-400MPa
灵敏度	0.05%FS
非线性	$\leq 0.5\%FS$
耐水压	0.5MPa
温度范围	-20°C-80°C
直径	16、22、25、28、32mm

(4) 监测工程施工注意事项

- a. 监测点的位置应准确、埋置深度应符合设计要求；
- b. 监测仪器的类型及数量应满足监测设计的目的；
- c. 所设监测点的数量、位置、仪器均应严格按照设计要求布设，并且其导线均应埋置一定深度，监测基准站应设在不受干扰的稳定区域；
- d. 采用自动监测方式时，测斜点（传感器）安装应根据地质情况，在潜在滑移面附近按 1m 等间距布置测斜点（传感器），测斜孔其他位置按 2m 至等间距布置测斜点（传感器）；
- e. 监测周期结束后，对可以利用的监测点均应继续监测，直到坡体变形趋于稳定为止。

(5) 监测周期和数据采样频率

路基边坡监测周期及采样频率根据工程实际情况确定，如有变形加剧等异常情况，应加密监测，如遇暴雨、地震等特殊情况，应另外进行应急监测。

(6) 成果整理与预测预报

监测数据要求当天及时整理，内容包括数据检查、校核、误差处理、绘制时序曲线，分析预测其动态变化趋势，应定期提交监测报告，雨季按月提交，其余时间提交季报或半年度报告，报告要求包括第三方校准报告和监测精度报告，并根据分析结果及时预测预报，真正达到预警目的。

(7) 监测预警

根据监测曲线判断基坑及开挖边坡所处的变形演化阶段，借鉴已有的位移总量、位移速率、位移加速度和降雨量特征值等预警指标，同时将位移时间演化规律、降雨过程特征和斜坡地表裂缝的空间分布特征有机结合，综合分析，逐步建立适用于所监测斜坡的综合预警指标值，并据此采取针对性的应对策略和措施。

对监测过程中如发现路基或开挖边坡变形异常，应及时通知相关业主、监理、设计、施工单位，研究确定是否需要增加进一步的工程措施进行抢险处治设计、施工。

监测工作应由专业机构进行，开展前参照设计文件要求编制监测工作方案。运营期监测数据应上传运营养护及相关主管部门。

D.3 300 章 路面工程

第301节 通则

301.01 范围

1.本章适用于蜀道高速公路路面养护工程。

2.本章对路面养护工程在施工中使用的原材料、半成品或成品，隐蔽工程以及施工原始资料和记录，均进行一系列的控制与检查，使工程质量符合规定的质量标准。在每一节的施工要求中均对质量标准、质量等级、检验内容和方法等提出了要求。如有未写明之处，应按照国家 and 交通运输部现行有关规范规定且经监理人批准后执行。

3.本章工作内容包包括级配碎石垫层（路基改善层）、水泥稳定碎石底基层、水泥稳定碎石基层、SBS 改性沥青碎石封层、沥青稳定碎石、沥青混合料面层、水泥混凝土路面的铺筑；对既有沥青混凝土路面及水泥混凝土路面进行病害修补；路面及中央分隔带排水施工；培土路肩、中央分隔带回填及路缘石设置，以及修筑路面附属设施等有关的作业。它包括提供所有的材料、设备、施工场地和与路面工程有关的一切作业。

301.02 材料

1.碎石

碎石由新鲜、坚硬、洁净的片石或卵石（满足设计要求的粒径）轧制，应洁净、干燥，并具有足够的强度和耐磨耗性。其颗粒形状应具棱角、接近立方体，不得含有软质岩石或其他杂质。其技术指标应符合现行规范的要求。

2.砾石

砾石应坚硬、耐久；有机质、粘土块和其它有害物质的含量应符合有关规范的规定。

3.天然砂

（1）砂应洁净、坚硬、干燥、无风化、无杂质，符合规定级配，其泥土杂物含量应小于 3%。

（2）按细度模数（ M_x ）将砂分组如下：

粗砂 $M_x=3.7\sim 3.1$

中砂 $M_x=3.0\sim 2.3$

细砂 $M_x=2.2\sim 1.6$

特细砂 $M_x=1.5\sim 0.7$

在混凝土配制时应同时考虑砂的细度模数和级配情况，细度模数的计算可按《公路工程集料试验规程》（JTG E42—2005）中 T0327-2005 的规定执行。

4. 机制砂

机制砂系专用制砂机轧制而成，机制砂应采用新鲜、坚硬、洁净的变石砂岩、石灰岩、花岗岩、砂岩或卵石轧制加工（不得用加工碎石产生的石屑进行加工），机制砂生产应具备吸尘或水洗设备。机制砂应坚硬、清洁、干燥、无风化、无杂质，并且有适当的级配。

5. 水泥

(1) 根据路用要求可采用普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、道路硅酸盐水泥，其中用于水泥混凝土路面面板及用于水泥稳定碎石基层、底基层的水泥要求选用大厂旋窑生产的普通硅酸盐水泥，或满足基层施工技术细则经试验验证符合要求的其他水泥。

(2) 水泥进场，应有产品合格证及化验单，必要时进行抽验。

(3) 不同标号、厂牌、品种、出厂日期的水泥不得混合堆放，严禁混合使用。

(4) 出厂期超过三个月或受潮的水泥，必须经过试验，按其试验结果决定降级使用或废弃，并得到监理人认可，否则不得使用。

(5) 严禁使用结块变质的水泥。

6. 沥青

沥青材料应为道路石油沥青、乳化沥青、液体石油沥青、煤沥青、改性沥青和改性乳化沥青等，沥青质量应符合图纸、招标文件及《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）的要求。每一批沥青材料都应有厂家的技术标准、试验分析证明书，并提交监理人审核。

7. 再生剂

厂拌热再生沥青混合料再生剂宜满足下表要求。

再生剂技术指标要求表

检测项目	指标要求	试验方法
60℃黏度 cSt	≤60000	T 0619
闪点 (°C)	≥220	T 0633
饱和分含量 (%)	≤30	T 0618
芳香分含量 (%)	实测记录	T 0618
薄膜烘箱试验前后黏度比 (163°C)	≤3	T 0619
薄膜烘箱试验前后质量变化 (%)	≤3, ≥-3	T 0609 或 T 0610

15℃密度	实测记录	T 0603
-------	------	--------

注：薄膜烘箱试验前后黏度比=试样薄膜烘箱试验后黏度/试样薄膜烘箱试验前黏度。

(1) RAP（回收沥青混合料）

应采用沥青混合料铣刨料，严禁混入非沥青混合料的其他材料，使用前必须进行破碎筛分预处理，严禁混入大块料，将RAP至少分为2档，同时满足下表要求。

RAP分两档时可以10mm为界，划分为三档时以5mm、10mm为界，采用两档或三档根据试验结果确定。

表 301-1 厂拌热再生 RAP 指标要求

检测项目		指标要求	试验方法
RAP	含水量	≤3	JTG/T 5521-2019 的附录 B
	RAP 级配	实测	
	沥青含量	实测	
	砂当量	≥60	

301.03 一般要求

1.路面施工应符合《公路路面基层施工技术规范》（JTJ034-2000）、《公路沥青路面施工技术规范》（JTGF40-2004）和《水泥混凝土路面施工技术规范》（JTGF30—2003）的要求。

2.原材料的生产

碎石加工采用联合破碎机，由给料机、破碎机、筛分机、输送机组成，总产量每小时宜不小于500T，并能满足沥青路面养护工程的工期要求。

碎石加工采用三级破碎方式，粗碎：采用颚式破碎机，出料粒径为10cm~20cm，中碎：采用反击式破碎机，出料粒径5cm~8cm。细碎：采用反击式破碎机、冲击式破碎机，出料为成品料，然后进入筛分机筛分。

对于从采石场爆破生产的岩石，应按岩石最大粒径选择初级破碎机，对于砂卵石原材料，应配置预筛分设备，若细集料含粉尘过多，增加吸尘装置或清洗工序。

三级破碎的生产率要匹配，为了保证设备运行不堵塞，后一级破碎生产容量比前一级容量增大10%~20%。

设备在启动前应检查各种破碎机、筛分机、输送机是否有物料，应清除启动，启动时，顺序应从末级工序开始逐级启动，停止工作时，应从第一级工序开始，逐级停机，严禁设备带料停机、开机。

设备应按要求进行润滑，经常注意设备的噪声及振动情况，出现异常，应迅速停机检查。

设备运行时，当质量与产率不正常时，检查破碎机、筛分机是否堵塞或筛面破损。

碎石分级和质量控制：

水泥稳定碎石分级为4级 0~2.36、2.36~4.75、4.75~9.5、9.5~26.5。

沥青面层根据不同混合料级配类型，方便破碎加工、综合利用并满足级配要求，宜将规格分成4~5种粒级。如：

SMA-13: 0~2.36mm、2.36~4.75mm、4.75~9.5mm、9.5~13.2mm；

AC-13: 0~2.36mm、2.36~4.75mm、4.75~9.5mm、9.5~13.2mm；

AC-20: 0~2.36mm、2.36~4.75mm、4.75~9.5mm、9.5~16mm、16~19 mm。

振动筛最大筛孔尺寸与所分材料应对应：

表 301-2 材料粒级与振动筛筛孔

材料粒级 (mm)	2.36	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5
振动筛分孔 (mm)	3	6	11	16	19	21	29

集料从细破到振动筛之前，从皮带机取样，应在料流的整个宽度上取样，料样取回试验室进行分析，采用四分法进行缩分，或者把取样料全部进行筛分，分析各级料组成比例，当与水泥稳定碎石配合比有较大出入，可调节各破碎机进料和出料口尺寸，尽量减少浪费，或把富余的集料回轧或制砂。

碎石机每天生产，都要进行取样分析，各级料都要取样筛分，一般在料堆取样，在离料顶，料脚一定距离的上、中、下部位取样，取样送回试验室进行筛分，检查针片状颗粒含量和查超粒径尺寸含量，各级料颗粒组成，要求每级料含其它颗粒组成不超过5%，否则应检查轧石机，振动筛设备。

当生产碎石材料发生异常时，应检查颞破的颞板是否需要更换，调整排料口尺寸，反击破板锤是否需要更换，反击板是否严重磨损，调整反击板与板锤之间的间隙大小。检查振动筛是否堵塞、磨损。各级破碎机的选择与原材料的强度，品质有关系，力求成品料形状为立方形，针片状少。

为了减少对环境的污染，加强集料质量的控制，减少集料中含粉尘量需配置吸尘装置。

对于以采石场爆破生产的片石，要求干净，不得含有风化石、泥土。否则应进行筛选和水洗。对于卵砾石原材料，应进预筛、选取粒径大于4cm的卵砾石（用于水泥稳定碎石基层、底基层及级配碎石垫层）进行轧制，为了减少成品料粉尘含量

和环保需要，联合破碎机必须配置吸尘设备或清洗设施。

粗集料堆放分层堆垛，每层设置 10~15°的倾角。汽车紧密卸料，然后推平。禁止汽车自料堆顶部往下卸料，以减少集料离析。

承包人不得随意改变材料的来源，未经批准的材料不得用于工程。由于材料不合格造成工程损失应由承包人承担一切费用。

3.场地布置

(1) 施工总体布置合理，拌和场要选在空旷、干燥、交通便利，并远离工厂、居民区、经济农作物及畜牧业集中的区域，同时不受季节性洪水影响的地方，避免对当地居民的生产、生活和居住环境带来不利影响。应充分利用地形条件，解决好用水、用电措施，减少环境污染，原材料运输进场与成品料运出不得相互干扰，整个场地要求布置合理、各功能区协调。拌和场原则上不应设在路基上。

(2) 冷拌场：可以自建和租用。用于备料及基层、底基层混合料的生产拌和，满足集料的分级堆放及有效隔离，每处占地面积不少于 15 亩。拌和能力要求不低于 300 吨/小时。冷拌场材料加工、堆放、拌和场地及场区道路要求进行硬化处理（材料加工、堆放、拌和场地以及场区道路硬化处理后，硬化结构应平整、坚实，不得有沉陷、唧泥、松散等影响材料洁净程度的情况，推荐采用垫层加不低于 15 厘米厚水泥稳定砂砾或碎石进行硬化处理）和修建隔离墙，堆料隔离墙采用浆砌片块石或砖头材料，墙高 3m~5m，并完善排水设施。为有效控制含水量，集料堆场应设置足以覆盖堆放细集料的钢架天棚，天棚高度不宜低于 6m，棚顶应具有防风、防雨、防老化功能。拌合楼采用白底蓝字喷涂。

(3) 热拌场：可以自建和租用。用于备料、沥青混合料的拌和及基本的试验、生活用地，满足集料的分级堆放及有效隔离，占地不少于 50 亩。在热拌场必须建立一个运料车的循环清洗系统，以保持路面的清洁。场地应进行硬化处理（材料加工、堆放、拌和场地以及场区道路硬化处理后，硬化结构应平整、坚实，不得有沉陷、唧泥、松散等影响材料洁净程度的情况，推荐采用垫层加不低于 15 厘米厚水泥稳定碎石进行硬化处理）和修建隔离墙，堆料隔离墙采用浆砌片块石或砖头材料，墙高 3~5 米，并完善排水设施（硬化后的场坪应中间高四周低，利于雨水向场外排出，四周设排水暗沟，并且排水不至于形成集中冲刷而损毁附近的农林经济作物和房舍构筑物等），集料堆场应设置足以覆盖所堆放集料材料的钢架天棚，天棚高度不宜低于 6m，棚顶应具有防风、防雨、防老化功能。采用间歇式热拌和楼，拌合设备的拌和能力要求不低于 200 吨/小时，拌合楼采用白底蓝字喷涂。

(4) 拌和场地内应设有安全防护措施，配备消防设备。

(5) 项目经理部要采取有效措施，按原材料质量管理程序进行检验。不合格材料不得进入料场。

4. 场外施工便道

(1) 场外施工便道要按投标文件承诺和施工组织设计的要求合理布设。施工便道宽度小于 7m 时，应保证会车通顺。

(2) 拌和场外便道要求也必须进行硬化，并由专人负责养护，以确保路面平整，防止扬尘和积水，使运输车辆的轮胎尽量保持干净，若不干净，应有专人负责冲洗干净。

5. 原材料的储备

承包人进场后，应抓紧进行集料料源情况的调查工作，集料必须符合规范及设计级配要求。经试验检测合格、拌和场建设完成后，应抓紧备料工作；在开工前，要储备足够的原材料（一般不低于合同段设计总量的 30%），以满足路面大规模连续施工的需要。

集料质量应从源头抓起，施工、监理单位派专人进驻集料加工厂，对不合格的集料不得装车、装船。

6. 施工设备

路面施工单位必须配备齐全的施工机械和配件，做好开工前的保养、调试和试机，并尽量避免在施工期间发生有碍施工进度和质量的故障。沥青面层应采用单幅全宽机械化连续摊铺作业，确保铺筑的质量。

7. 检测设备

必须配备性能良好、精度符合规定的质量检测仪器，并配备足够的易损部件。开工前要求加强对拌和楼、检测仪器等设备的校验和标定工作，监理、建设单位必须对校验和标定情况进行检查、核验，确保拌和及检测数据真实可靠。施工过程中应加强对拌和楼、检测仪器等设备的检修、维护，以便能及时发现问题。对拌和楼筛网等配件应经常检查，发现堵塞和破损现象应及时进行清理和更换，以便更好地控制配合比。

8. 承包人应根据工程的结构特点，按图纸要求及相关规范的规定，以及设备情况编制路面工程各结构层的施工组织设计，在开工前 28d 报请监理人审查批准，否则不得开工。

9. 在隧道内施工沥青面层时，承包人应加强安全环保措施，合理组织施工，制

定切实可行的消防疏散预案。在施工中应采用机械通风排烟，使洞内空气中的有毒气体和可燃气体的浓度不超过相关规定。洞内施工人员应佩戴经监理人批准的防毒面罩，确保人身安全。

301.04 材料的取样和试验

1.各种材料必须使用前 56d 选定。承包人应将具有代表性的样品，委托监理中心试验室或监理人确认的试验室按规定进行材料的标准试验或混合料配合比设计，试验结果提交监理人审批，未经批准的材料不得使用，未经批准的混合料配合比设计不能施工。监理人未批准的混合料，应由承包人在规定的时间清除出现场，并用符合要求的材料替换，所需费用承包人自负。

2.发包人为了加强对路用沥青材料的质量控制，将运用沥青红外光谱快速检测技术对拟提供的沥青材料开展质量检测，由发包人和承包人共同委托第三方检测单位进行沥青红外线光谱检测。检测频率及合格标准，应符合招标文件要求。该项检测费用在工程量清单 300 章中以专项暂估价 30 万元金额报价（否则，签订合同时将按上述金额予以修正）。最终以监理人审核的实际金额据实进行计量支付。

301.05 试验路段

1.预防性养护工程和大中修工程时，承包人在各结构层施工前均应铺筑长度均不应小于 200m 的试验路段。

2.在试验路段开始至少 14d 之前，承包人应提出铺筑试验路段的施工方案报送监理人审批。施工方案内容包括：试验人员、机械设备、施工工序和施工工艺等详细说明。

3.试验路段的目的是为了验证混合料的质量和稳定性，检验承包人采用的机械能否满足备料、运输、摊铺、拌和与压实的要求和工作效率，以及施工组织和施工工艺的合理性和适应性。因此，这些人员、机械设备、施工工序都必须是正常生产时使用的，不得流于形式，完成验证后，不得随意变更。

4.试验路段确认的压实方法、压实机械类型、工序、压实系数、碾压遍数和压实厚度、最佳含水率等均作为今后施工现场控制的依据。

5.此项试验应在监理人监督下进行，如果试验路段经监理人批准验收，可作为永久工程的一部分，按合同规定的计量和支付。否则，应移出重做试验路段，费用由承包人自负。

301.06 料场作业

1.料场应按图纸所示设置或由承包人自己选择并经监理人批准。料场应依照试

验室提供的集料组成设计指定的各种集料规格进行开采作业。承包人应经常检验材质的变化情况，随时向监理人报告。若由于材质变化，不符合要求的集料不得使用，否则，所发生的费用，由承包人承担。集料来源的初步判断并不意味着这个料源的所有集料都已批准。

2.料场在开采之前应办好所有相关的用地手续及生产许可证。料场爆破作用应取得当地公安机关的批准，特殊工种人员应持证上岗。炸药库的位置与设计、炸药运输方法、炸药的管理使用以及防止事故所采取的预防措施等，都应符合国家的法定规章。

3.料场应剥去覆盖层，清除杂草和其它杂质后始得开采。弃土应在指定的地点处理。

4.合格的集料应分等级、规格堆放在硬化、无污染场地上。

5.材料开采完毕后，应进行清理，防止水土流失，并符合环境保护部门的有关要求。

6.料场的清理、剥离覆盖层、运输道路的修建、养护和防冲刷等费用，均包括在工程量清单中路面工程有关项目的投标价格内，不单独计量与支付。

7.各类材料的搬运方式，均应保证其质量不受损坏、环境不受污染。集料的车辆运输应防止运送途中集料漏失和离析。

8.用于路面结构层的各种集料，应符合设计文件及规范要求，并分级堆放。

9.材料堆放以前，承包人应将材料堆放场地的清理、整平、硬化、围砌等规划，交监理人审查批准，集中拌和的场地规划、大宗材料（碎石、中粗砂、水泥、矿粉）的堆放还应取得发包人的同意，堆放场地须整平、硬化、分级围砌堆放，不串料，并覆盖细集料使其不受污染、不受潮结块。

10.除非监理人准许，材料不应贮存于公路用地范围内。

11.如材料堆放散乱，不规范，监理人有权要求承包人进行整改，甚至要求其停工。

301.07 拌和场地硬化及遮雨棚

1.承包人应按合同规定、设计文件及监理人要求，对垫层、底基层、基层拌和场和沥青拌和站场地进行硬化处理及搭设遮雨棚。

2.垫层、底基层、基层拌和场面积应满足施工需要，场地硬化宜采用20cm水泥稳定碎石基层+20cm贫混凝土面层处理，下承层应做适当处理和补强，并设置纵向排水沟和盲沟，以利场区排水。

3. 沥青拌和站场地应进行硬化，硬化面积应满足施工需要。场地硬化宜采用 20cm 水泥稳定碎石基层+20cm 贫混凝土面层处理，下承层应做处理和补强，并设置纵横向排水沟和盲沟，以利场区排水。

4. 承包人应在路面集料堆放地，为路面细集料设置遮雨棚，遮雨棚宜采用钢结构，净高不宜低于 6m。棚顶应具有防风、防雨、防老化功能。遮雨棚面积应满足工程需要。

301.08 试验检测费

1. 施工单位试验检测工作内容均不作计量与支付，其所涉及的费用应包括在与其相关工程细目的单价或费率之中。

2. 对因使用特殊的新材料、新工艺所导致的科研试验检测费应单列。

301.09 热拌站再生设备

1. 为确保厂拌热再生沥青混合料的质量，应采用具有独立的第二干燥筒的间歇式拌和楼拌和（第二干燥筒拌和能力宜不小于 120 吨/小时），必须配备计算机设备，能自动打印每盘的拌和记录，实现外加材料如再生剂等的专门添加口及自动化准确计量，除 RAP 料仓外，应有不少于五个的热料仓。

2. 第二烘干筒系统

由于加热的是含有沥青的 RAP 料，应有防止火焰与回收料直接接触的装置，防止高温下回收料中的沥青再次老化，因此应进行专门设计确保火焰不直接与旧回收料接触，既能形成料帘，使 RAP 受热均匀，又要防止粘料。

3. 应具有独立的 RAP 供料、储料、计量等系统

为使厂拌热再生混合料合成级配稳定，应配备独立的 RAP 料供料系统，应至少有 2 个冷料斗，及 RAP 热储料仓。热储料仓应有加热及仓底防止热回收料粘结。同时热 RAP 料的添加应配备准确的计量系统。

4. RAP 质量控制与管理

① 由于原路面各层沥青混合料设计类型、老化程度不一样，铣刨时应分层铣刨，且保持铣刨速度的均匀一致性，不得随意变化铣刨速度。铣刨过程中严禁混入非沥青混合料材料（如半刚性材料、泥土等）。

② 应对铣刨的 RAP 进行破碎和筛分处理，至少分 2 档（可按照 10mm 为界划分），每档料应搭棚覆盖，料堆高度不得高于 7 米。

③ 应对 RAP 进行含水量、级配、油石比等关键指标进行检测，1000 吨宜检测 1 次。

RAP 加热温度控制

为避免对 RAP 二次老化，RAP 加热温度不宜高于 130℃。

第302节 旧路面的挖除与铣刨

302.01 范围

本节工作内容为对原路面的病害铣刨或挖除，它包括所需的设备、劳力以及废料的运输等全部作业。

302.02 施工要求

1. 沥青路面病害处治前应对全线病害进行复核。应仔细研究设计文件要求，对不同类型病害进行分类处治。对需采用铣刨恢复的病害，应采用逐层铣刨逐层判断方式。对沥青层的开挖深度，应严格控制，须满足设计文件及图纸确定的原则和方案，对总体方案需要进行调整时，施工单位应通知业主、设计、监理等各方，确认无误，并办理相关手续后进行。

2. 承包人应做好详细的施工组织设计，每次施工前收集气象资料，防止在雨天施工。原则上开挖的路段必须在 12 小时内修补完毕，以免形成积水，破坏路面。若开挖路段不能及时施工，承包人必须做好防排水工作，确保开挖面清洁、干燥、稳定，严禁积水。

3. 对于局部块裂、龟裂，应根据发展的程度采取措施，逐层铣刨沥青面层。对于严重龟裂对应的位置，开挖前应做好标记，重点检查上面层、中面层、下面层、基层、底基层是否有损坏，基层、底基层如果有损坏，应该先行处理，再恢复沥青面层。

4. 对于沥青路面基层，当沥青面层铣刨后，应将基层顶面清扫干净，仔细检查基层顶面。一般而言，可以按照两种方式进行检查。一种是直观检查，如果发现基层顶面存在明显而密集的网裂、松散等损坏方可进行开挖。一种是辅助检查，即借助工具对肉眼不易发现的病害进行检查，如借助榔头等工具对基层顶面进行轻轻敲击，判断基层强度及是否存在松散等情况，如果基层存在松散，应将其挖除。

5. 沥青面层及基层均应采用铣刨的方式，纵横向均应按照要求形成错台，纵向错台不小于 50cm，横向错台不小于 25cm，在可能的情况下，尽可能避免各条接缝位于车辆行驶的轮迹带。

6. 基层或水泥贫凝土采用开挖的方式，挖补坑槽应成正方形或矩形。

7. 在沥青面层施工时，应采取措施彻底清除铣刨原沥青路面的松散颗粒。对

于侧面，应采用高压吹风等方式保证侧面的干净并涂刷粘层沥青，以利于新老沥青面层的结合；对零星挖补不罩面路段，挖补表面层时侧面应铺设贴封条，贴缝条应牢固贴在侧壁上，高出路面 0.5cm。必须检查铣刨刀头，使之处于均匀，良好的状态，不致造成 2cm 左右宽的凹槽，如有，必须更换铣刨刀头并人工凿除。在洒布粘层沥青前，应仔细检查铣刨面，清除其可能存在的软弱薄层。

8.混凝土面板的移除及更换

(1) 凡不符合规定要求的混凝土面板应根据监理人指示予以凿除并重新摊铺，其费用由承包人负担。

(2) 凿除范围应是横向接缝间的全部混凝土，并将基底清理干净，经监理人验收合格后，再进行混凝土摊铺

第303节 功能改善层（基层）

303.01 范围

本节工作内容是经监理人批准的路基上铺筑级配碎石垫层及水泥稳定土。它包括所需的设备、劳力和材料，以及施工、试验等全部作业。

303.02 材料

1. 级配碎石

(1) 粗集料

碎石的最大粒径不应超过 37.5mm；按《公路工程集料试验规程》（JTGE42-2005）标准方法进行试验时，压碎值不大于 30%，针片状颗粒的含量不超过 20%，CBR 值应大于 80%。碎石集料级配应满足表 303-1 的要求。

表 303-1 级配碎石的集料组成范围

通过下列方孔筛（mm）的质量百分率（%）								液限（%）	塑性指数
37.5	31.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075		
100	90~100	73~88	49~69	29~54	17~37	8~20	0~7	<28	<6

(2) 细集料

采用碎石加工过程中的石屑，有机质含量不宜超过 1%，水洗 0.075mm 通过率不得大于 15%。

2. 水泥稳定碎石

(1) 水泥稳定土单个颗粒的最大粒径不应超过 53mm，水泥稳定土的颗粒组成

应在表 303-2 所列范围内，土的均匀系数应大于 5。细粒土的液限不应超过 40，塑性指数不应超过 17。对于中粒土和粗粒土，如土中小于 0.6mm 的颗粒含量在 30% 以下，塑性指数可稍大。实际工作中，宜选用均匀系数大于 10、塑性指数小于 12 的土。

表 303-2 水泥稳定土的颗粒组成范围

通过下列方孔筛 (mm) 的质量百分率 (%)								液限 (%)	塑性指数
37.5	31.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075		
100	90~100	72~89	47~67	29~49	17~35	8~22	0~7	<28	<9

(2) 水泥稳定土的组成设计强度标准应为 1.5~2.5Mpa，通过试验选取最适宜于稳定的土，确定必需的水泥剂量和混合料的最佳含水量，在需要改善混合料的物理力学性质时，还应确定掺加料的比例。

303.03 施工要求

1. 级配碎石

(1) 承包人应在监理人验收合格的路基上铺筑垫层材料，未经监理人批准而在其上摊铺的材料，应由承包人自费清除。

(2) 在铺筑垫层前，应将路基面上的浮土、杂物全部清除，并洒水湿润。

(3) 采用中心站集中拌合，摊铺机或平地机摊铺，摊铺时尽可能减少混合料离析，并设专人及时换新混合料消除离析现象。

(4) 摊铺后的碎石应无明显离析现象。

(5) 经过整平和整型，承包人应按试验路段所确认的压实工艺，在全宽范围内均匀地压实至重型击实最大密度的 96% 以上。

(6) 一个路段碾压完成以后，应按批准的方法做密实度试验。被检验的材料没有达到所需的密实度、稳定性，则承包人应重新碾压、整型及整修，所需费用由承包人自理。

(7) 凡压路机不能作业的地方，应采用机夯进行压实，直到获得规定的压实度为止。

(8) 严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上调头和急刹车。

(9) 两段作业衔接处，第一段留下 5~8m 不进行碾压，第二段施工时，将前段留下未压部分与第二段一起碾压。

(10) 在已完成的垫层上每一作业段或不大于 2000m² 随机取样 6 次，按《公

路路基路面现场测试规程》(JTGE60-2008)规定进行压实度试验,并按规定检验其他项目。所有试验结果,均报监理人审批;所发生的一切费用,由承包人自理。

(11) 承包人应充分考虑天气因素,合理安排垫层与基层的施工时间,确保垫层施工完成后能及时施工底基层。如因承包人未能及时施工底基层,造成雨天雨水渗入垫层,浸泡路基,承包人应彻底清除已完成的垫层及被浸泡的路基,路基处理后应按路床交验要求进行复检,复检合格,经监理人认可,方可重新施工垫层。以上返工增加的费用,由承包人自行负责。

2.水泥稳定碎石

(1) 水泥稳定土应采用专用稳定土集中厂拌机械拌制混合料。集中拌和时,应符合下列要求:

(a) 土块应粉碎,最大尺寸不得大于 15mm;

(b) 配料应准确,拌和应均匀;

(c) 含水量宜略大于最佳值,使混合料运到现场摊铺后碾压时的含水量不小于最佳值;

(d) 不同粒级的碎石或砾石以及细集料(如石屑和砂)应隔离,分别堆放。

(2) 在正式拌制混合料之前,必须先调试所用的设备,使混合料的颗粒组成和含水量都达到规定的要求。原集料的颗粒组成发生变化时,应重新调试设备。

(3) 在潮湿多雨地区或其他地区的雨季施工时,应采取措施,保护集料,特别是细集料(如石屑和砂等)应有覆盖,防止雨淋。

(4) 应根据集料和混合料含水量的大小,及时调整加水量。

(5) 应尽快将拌成的混合料运送到铺筑现场。车上的混合料应覆盖,减少水分损失。

(6) 应采用沥青混凝土摊铺机或稳定土摊铺机摊铺混合料。如下承层是稳定细粒土,应先将下承层顶面拉毛,再摊铺混合料。

(7) 拌和机与摊铺机的生产能力应互相匹配。摊铺机宜连续摊铺,拌和机的产量宜大于 400t/h。如拌和机的生产能力较小,在用摊铺机摊铺混合料时,应采用最低速度摊铺,减少摊铺机停机待料的情况。

(8) 在摊铺机后面应设专人消除粗细集料离析现象,特别应该铲除局部粗集料“窝”,并用新拌混合料填补。

(9) 宜先用轻型两轮压路机跟在摊铺机后及时进行碾压,后用重型振动压路机、三轮压路机或轮胎压路机继续碾压密实。

303.04 质量检验

1.基本要求

- (1) 石料质地坚硬、无杂质，颗粒级配符合要求。
- (2) 配料必须准确，塑性指数应符合规定。
- (3) 混合料拌和均匀，无粗细颗粒离析现象。
- (4) 碾压应达到要求的压实度。

2.检查项目

见表 303-2。

表 303-2 检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	压实度（代表值） （%）	≥96	按 JTG F80/1-2004 附录 B 检查，每 200m 每车道 2 处
2	平整度（mm）	12	3m 直尺：每 200m 测 2 处×10 尺
3	纵断高程（mm）	+5, -15	水准仪：每 200m 测 4 个断面
4	宽度（mm）	不小于设计	尺量：每 200m 测 4 处
5	厚度（mm）	-10	按 JTG F80/1-2004 附录 H 检查，每 200m 每车道 1 点
6	横坡（%）	±0.3	水准仪：每 200m 测 4 个断面

3.外观鉴定

表面平整密实，边线整齐，无松散现象。

第304节 水泥稳定碎石底基层、基层

304.01 范围

本节工作内容是在完成并经监理人验收合格的路基、级配碎石基层上铺筑水泥稳定碎石底基层，以及在底基层上铺筑水泥稳定碎石基层，包括所需的设备、劳力和材料，以及施工、试验等全部作业。

304.02 材料

1.水泥

宜选用终凝时间较长的普通硅酸盐水泥、道路硅酸盐水泥，不得使用快硬水泥、早强水泥以及已受潮变质的水泥。用于基层、底基层的水泥必须采用大厂旋窑生产的水泥，如采用散装水泥，则必须存放 24 小时以上方可使用。

用于底基层、基层的水泥，要求初凝时间 4 小时以上，终凝时间 6 小时以上。

水泥剂量，系指水泥质量占集料干重的百分率。稳定土拌和机需带电子计量系统，确保水泥剂量的准确控制。采用稳定土拌和机施工时水泥的最大剂量：水泥稳定碎石底基层不得大于 4%，水泥稳定碎石基层不得大于 4.5%（在施工过程中，强度满足要求的范围，水泥剂量不得再人为调高比例）；应尽可能通过调整级配组成来达到满足强度的要求，从而减少收缩裂缝的产生。

2. 集料

(1) 碎石颗粒的最大粒径不应超过 31.5mm。碎石应先筛分成 5 级（建议分级界限：0~2.36mm、2.36~4.75mm、4.75~9.5mm、9.5~19mm、19~31.5mm），不同粒级的碎石以及细集料应隔离，分别堆放然后配合，使颗粒组成符合表 304-2 所列的级配范围。应采取措施保护集料，特别是细集料应有覆盖，防止雨淋。

细集料采用碎石加工过程中的石屑，有机质含量不宜超过 1%，水洗 0.075mm 通过率不得大于 15%。粗集料采用沿线洁净、坚硬的灰岩用大型联合碎石机（反击破或冲击破）轧制成的碎石，压碎值不得大于 30%，针片状颗粒的含量应不超过 20%。

碎石宜采用冲击式或反击式破碎机轧制的碎石，进场后按标化工地的要求分档堆放，为便于材料堆放和施工组织，底基层与基层的集料的粒径和分级一致。并满足下表的质量要求。

表 304-1 基层、底基层碎石质量要求

项目	压碎值	针片状含量	小于 0.075mm 颗粒含量		密度	砂当量	吸水率	坚固性
			2.36mm 以上	0~2.36mm				
单位	%	%	%	%	t/m ³	%	%	%
质量要求	≤30	≤20	≤2.0	≤10	>2.5	≥50	≤3	≥12

表 304-2 水泥稳定碎石底基层、基层集料的颗粒组成范围

层位	通过下列方孔筛 (mm) 的质量百分率 (%)								液限 (%)	塑性指数
	31.5	26.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075		
基层、底基层	100	90~100	72~89	47~57	29~39	17~27	8~15	0~3	<28	<9

3. 水

应符合本规范 301.02-5 条的要求。

304.03 混合料组成设计

1. 一般要求

(1) 混合料的组成设计应符合《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034-2000)的有关规定。

(2) 水泥稳定底基层与基层集料粒径与分级一致,为了减少水泥稳定碎石施工离析,集料最大粒径控制在31.5mm,水泥稳定碎石底基层和基层根据试验采用同一级配,只是水泥用量不同。

(3) 为了减少水泥稳定碎石底基层、基层的裂缝,在级配设计中通过降低4.75mm的通过率,增加粗集料含量,形成骨架密实结构,特别是减少0.075mm通过率,降低水泥用量提高半刚性材料的抗裂能力。

(4) 在混合料组成设计中,在级配范围内按粗、中、细三种级配做试验,确定三种级配的最佳含水量和水泥用量,通过试验摊铺、压实、检测确定采用哪种级配。

(5) 建议水泥稳定底基层强度要求:7天龄期无侧限抗压强度代表值大于2Mpa。

(6) 建议水泥稳定基层强度要求:7天龄期无侧限抗压强度代表值大于3Mpa,不超过4.5Mpa,要求偏差系数控制在10%以内。

(7) 混合料组成设计注意事项:

a.为减少基层裂缝,应做到三个限制:在满足设计强度的基础上限制水泥用量;在合成级配满足要求的同时限制细料、粉料用量(合成级配中小于0.075mm颗粒含量不大于3%);根据施工时气候条件限制含水量。

b.在规定的水泥剂量范围内,强度如达不到设计要求,应采取调整级配和更换料源等措施,不得单纯采用提高水泥剂量的方式。设计水泥剂量如超出规定范围,必须报发包人审批。

c.生产配合比调试时,应根据施工时的气候条件,通过试验确定混合料拌制用水量。

2. 试验

(1) 用于底基层、基层的原材料应进行标准试验,试验项目见表304-3。

(2) 混合料按设计掺配后,应采用振动成型法成型试件并进行抗压强度试验。

表 304-3 水泥稳定碎石底基层、基层原材料的试验项目

试验项目	材料名称	频率
含水率	碎石	每天使用前测2个样品
颗粒分析	碎石	每种碎石使用前测2个样品,使用过程中每2000m ³ 测2个样品

液限、塑限	集料中 0.5mm 以下的细料	每种碎石使用前测 2 个样品，使用过程中每 2000m ³ 测 2 个样品
相对密度、吸水率	碎石	使用前测 2 个样品，使用过程中每 2000m ³ 测 2 个样品，碎石种类变化重做 2 个样品
压碎值	碎石	同上
强度等级和凝结时间	水泥	做材料组成设计时测一个样品，料源或标号变化时重测
水泥剂量	混合料	使用中测 2 个样品，从拌和机出料口取样
混合料级配	混合料	使用前测 2 个样品，从拌和机出料口取样，水洗法筛分

3.水泥稳定混合料的设计应考虑气候、水文条件等因素，按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTJ057-94）规定进行试验，通过试验确定最佳的水泥剂量和最佳含水量。混合料的设计步骤如下：

- (1) 制备同一种集料，不同水泥剂量的水泥稳定碎石混合料。
- (2) 确定各种混合料的最佳含水量和最大干密度，应至少做三个不同水泥剂量（即最小剂量、中间剂量和最大剂量）混合料的击实试验。
- (3) 按工地预定达到的压实度，分别计算不同水泥剂量的试件应有的干密度。
- (4) 按最佳含水量和计算所得的干密度制备试件。进行强度试验时，作为平行试验的最少试件数量应不少于表 304-4 的规定。如试验结果的偏差系数大于表中的规定值，则应重做试验，并找出原因，加以解决。如不能降低偏差系数，则应增加试件数量。

表 304-4 最少试件数量

偏差系数	<10%	10%~15%	15%~20%
最少试件数量	6	9	13

(5) 试件在规定温度（25±2℃）下保湿养生 6d，浸水 24h 后，按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTJ057）进行无侧限抗压强度试验。

(6) 计算试验结果的平均值和偏差系数。

(7) 根据表 304-5 的强度标准，选定合适的水泥剂量，此剂量试件室内试验结果的平均抗压强度 \bar{R} 应符合下列公式的要求：

$$\bar{R} \geq \frac{R_d}{1 - Z_a C_v}$$

式中： R_d —设计抗压强度

C_v —试验结果的偏差系数（以小数计）

Z_a —标准正态分布表中的随机保证率（或置信度 a ）而变的系数，高速公路

保证率 95%，即 $Z_a=1.645$ ；

4.设计抗压强度见表 304-5。

表 304-5 水泥稳定碎石底基层和基层的强度标准

项 目	强 度 (MPa)
水泥稳定碎石底基层	2.0
水泥稳定碎石基层	3.0

注：表中抗压强度要求为设计值。为避免因混合料离散性较大，考虑 95%的保证率系数后，水泥用量增大，基层、底基层的偏差系数宜控制在 10%以内。施工过程中，抗压强度检验时以范围控制，即控制强度的上、下限，基层单个试件强度控制在 2.5~4.5 MPa 之间，底基层单个试件强度控制在 2.0~4.0 MPa 之间，超出范围应视为不符合要求。

5. 在进行混合料设计时，水泥剂量若控制不住（偏高），应从改善原材料、调整级配方面做工作。

304.04 施工要求

1. 试验路铺筑要求

(1) 技术交底与技术培训

组织技术人员、试验员、机械操作手、控制室人员、运料车驾驶员。等参与施工的人员进行培训，明确各自工作职责，讲解各工序，各工种的关键点，各司其职，各负其责，确定前场，后场负责人。

开工前要求加强对拌和楼、检测仪器等设备的标定工作，监理、建设单位必须对标定情况进行检查、核验，确保拌和及检测数据真实可靠。施工过程中应加强对拌和楼、检测仪器等设备的检修、维护，以便能及时发现问题，以便更好地控制配合比。

(2) 铺筑试验段

由于各个施工单位的施工设备不同，施工工艺也有差异，在大面积施工作业前，要铺筑 300 米长的试验段以确定相应合理，有效的施工工艺和相互人员互相协调能力。试验段应选择在经验收合格的路基（底基层）上进行，其长度为 300m~600m 左右，拌和楼拌和，两台摊铺机梯队摊铺，一次碾压密实。拌和、摊铺、碾压各道工序的要求按现行路面基层施工技术规范进行。

试验路段要明确以下主要内容：

a. 验证用于施工的混合料配合比。

(a) 调试拌和楼，分别称出拌缸中不同规格的碎石、水泥、水的重量，测量其计量的准确性；

(b) 调整拌和时间, 保证混合料均匀性;

(c) 检查混合料含水量、碎石级配、水泥(二灰)剂量、7d 无侧限抗压强度。

b. 确定铺筑的松铺厚度和松铺系数。

c. 确定标准施工方法。

(a) 混合料配比的控制方法;

(b) 混合料摊铺方法和适用机具(包括摊铺机的行进速度、摊铺厚度的控制方式、梯队作业时摊铺机的间隔距离);

(c) 含水量的控制方法;

(d) 压实机械的选择和组合、压实的顺序、速度和遍数, 至少应选择两种确保能达到压实标准的碾压方案;

(e) 拌和、运输、摊铺和碾压机械的协调和配合。

d. 确定每一碾压作业段的合适长度(一般建议 50m-80m)。

e. 严密组织拌和、运输、碾压等工艺流程, 缩短拌和到碾压完成时间。

f. 质量检验内容、检验频率及检验方法。

g. 试铺路面质量检验结果。

检验标准按规范及设计文件执行, 其中试验路段的检验频率应是标准中规定的 2~3 倍。

当使用的原材料和混合料、施工机械、施工方法及试验路段各检验项目的检测结果都符合规定, 可按以上内容编写《试验路段总结报告》(报告中应明确混合料试件 7d 无侧限抗压强度的上下限、水泥用量上下限), 经监理审批后即可作为申报正式路面施工开工的依据。《试验路段总结报告》经批准后, 混合料级配、水泥剂量不得进行改变, 因特殊原因要调整时, 应重新进行混合料组成设计和试验路段验证, 并报经监理单位审批。

2. 拌和与运输

(1) 水泥稳定碎石底基层、基层混合料的拌和须采用厂拌法, 拌和机的产量宜大于 400T/h。

(2) 厂拌的设备及布置位置应在拌和以前提交监理人并取得批准后, 方可进行设备安装、检修与调试, 使拌和的混合料颗粒组成和含水量达到规定要求。

(3) 运输混合料的车辆应根据需要配置并注意装载均匀, 为减少离析, 需要按要求的步骤装料(图 304-1), 并遮盖后及时将混合料运至现场。

(4) 混合料在运输中必须覆盖以防水分蒸发。



图 304-1 多堆法装料减少混合料离析

3. 摊铺和整型

(1) 在铺筑底基层之前，应从填好的路基或垫层上把浮土、杂物全部清除，并整形和压实。路基上的车辙、松软部分和压实度不足的地方，以及任何不符合规定要求的部分都应翻挖、填筑新填料，重新整形。

(2) 基层、底基层必须采用摊铺机摊铺。并使混合料按规定的松铺厚度，均匀地摊铺在要求的宽度上。摊铺时应尽量减少混合料的离析，摊铺过程中应采用人工对已经离析的部分，及时更换新的混合料补救。

(3) 摊铺时混合料的含水量宜高于最佳含水量 $0.5\% \sim 1.0\%$ ，以补偿摊铺及碾压过程中的水分损失。

(4) 底基层为 30cm 时，分两层进行摊铺和压实时，两层应连续施工，以保证层间结合形成整体强度。水泥稳定碎石底基层连续施工时，上底基层不宜使用振动碾压，以免损伤下底基层。

(5) 基层和底基层每层摊铺前均应对下层表面均匀洒水润湿，洒水时间应视施工气温而定。基层和底基层间还应使用专用的水泥净浆洒布车在基层摊铺前 3 个小时以内均匀洒布水泥浆，确保层间粘结。

4. 碾压

(1) 混合料的碾压程序应按试验路段确认的方法施工。

(2) 碾压过程中，水泥稳定碎石底基层、基层的表面应始终保持湿润。如表面水分蒸发过快，应及时补洒少量的水。应严格控制碾压含水量，使其不低于最佳含水量，也不宜高于最佳含水量 1% ；在夏天高温季节施工时，如施工刚结束时检

测含水量已小于最佳含水量的 80%时应停止施工。

(3) 基层和底基层严禁采用薄层贴补的方法进行找平及标高调整。严禁有意进行表面提浆。

(4) 严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上“调头”和急刹车，以保证水泥稳定碎石层表面不受破坏。

(5) 应做水泥稳定碎石混合料的延迟时间对其强度影响的试验，以确定合适的延迟时间。施工中，从加水拌和到碾压终了的延迟时间不得超过水泥终凝时间，按试验路段确定的合适的延迟时间严格控制施工。

5. 接缝和掉头的处理

施工接缝和压路机“调头”，应按《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034-2000)的规定处理。

6. 养生

底基层碾压完成后应立即覆盖节水保湿养生膜进行养生，基层碾压完成后应立即施工透层油并覆盖节水保湿养生膜进行养生，养生时间不少于 7d (养生膜覆盖时间应保持到下一结构层开展时，以避免干缩裂缝)。养生期间除洒水车外应封闭交通，洒水车的喷头要用喷雾式，不得用高压式喷管，以免破坏基层结构，每天洒水次数应视气候而定，整个养生期间应始终保持基层表面湿润。养生期结束后若不能及时进行下一道工序时，若有车辆通行时须经监理人批准，并将车速限制在 30km/h 以下，禁止重型车辆通行。养护完成的半刚性基层（底基层）上禁止一切超载车辆通行，同时应采取措施避免车辆集中快速行驶，以保护基层（底基层）骨料不受破坏。

节水保湿养生膜技术指标要求应满足表 304-6 的要求。

表 304-6 节水保湿养生膜

检验项目	要求
3d 有效保水率 (%)	≥90
一次性保水时间 (d)	≥7
单位面积吸蒸馏水量 (kg/m ²)	≥0.5
拉伸强度 (MPa)	≥10
直角撕裂强度 (kN/m)	≥50
保温性能 (°C)	≥4

混凝土抗压强度比 (%) (与标养比较)	3d	≥90
	7d	≥90
混凝土抗折强度比 (%) (与标养比较)	3d	≥90
	7d	≥90
混凝土磨耗量 (kg/m ²)		≤2.5

7.气候条件

工地气温低于 5℃时, 不应进行施工, 并应在重冰冻 (-3~-5℃) 之前一个月结束。雨季施工, 应特别注意天气变化, 勿使水泥和混合料受雨淋。降雨时应停止施工, 但已摊铺的混合料应尽快碾压密实。

8.取样和试验

水泥稳定碎石应在施工现场每天进行一次或每 2000m² 取样一次, 检查混合料的级配是否在规定的范围内; 并按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTJ057-94) 标准方法进行混合料的含水量、水泥含量、无侧限抗压强度试验; 在已完成的铺筑层上按《公路路基路面现场测试规程》(JTG E60-2008) 进行压实度试验。基层、底基层应取钻件 (路面芯样) 检验其整体性, 水泥稳定碎石基层、底基层龄期达到 7~10d 时, 应能取出完整的芯样。对于所有试验结果, 均应报监理人审批, 所发生的一切费用, 由承包人自负。

9.工序衔接

底基层养生结束后应立即进行基层的施工, 基层养生期满后应立即进行 SBS 改性沥青碎石封层的施工。

10.污染处理

基层、底基层如受到污染, 在进行下一道工序之前必须采用旋转扫地机或空压机等设备彻底清除污染物。

304.05 质量检验

1.基本要求

- (1) 集料符合图纸和本规范要求。
- (2) 水泥用量按图纸要求控制准确。
- (3) 混合料拌和均匀, 无粗细颗粒离析现象。
- (4) 碾压达到要求的压实度。
- (5) 养生符合本规范要求。

2.检查项目

水泥稳定碎石底基层、基层的检查项目及检验标准见表 304-7。

表 304-7 水泥稳定碎石底基层、基层检查项目及检验标准

项目	检查项目		规定值或允许偏差		检查方法
			底基层	基层	
1	压实度（代表值）（%）		≥97	≥98	按 JTG F80/1-2004 附录 B 检查，每 200m 每车道测 2 处
2	平整度（mm）		≤12	≤8	3m 直尺：每 200m 测 2 处×10 尺
3	纵断高程（mm）		+5, -10	+5, -10	水准仪：每 200m 测 4 个断面
4	宽度（mm）		不小于设计值		尺量：每 200m 测 4 处
5	厚度（mm）	代表值	-10	-8	按 JTG F80/1-2004 附录 H 检查，每 200 米每车道 1 处
		合格值	≤-25	≤-15	
6	横坡（%）		±0.3	±0.3	水准仪：每 200m 测 4 个断面
7	强度（Mpa）		符合设计要求		按 JTG F80/1-2004 附录 G 检查
8	整体性		龄期 7~10d 时应能取出完整的钻件		每车道 500m 或每一作业段取样 1 次
9	代表弯沉值		小于设计值		每车道 20m 测 2 点

3. 外观鉴定

(1) 表面平整密实，无坑洼、无明显离析、无软弹现象，无浮浆现象，表面露石，粗集料嵌镇紧密，边线整齐，边缘无松动现象。

(2) 施工接缝平顺，稳定。

第305节 沥青稳定碎石、混凝土底基层、基层

305.01 范围

本节工作内容是采用沥青稳定碎石、贫混凝土修补已经破损的基层和底基层，包括所需的设备、劳力和材料，以及施工、试验等全部作业。

305.02 材料

1. 贫混凝土

(1) 原路面已经破损的基层修补采用 C10 贫砼。贫砼基层的设计强度应满足表 305-1 的要求：

表 305-1 贫混凝土基层的设计强度标准值（MPa）

项目	C10	C15
----	-----	-----

7天施工质检抗压强度 f_{cu7}	7	10
28天设计抗压强度标准值 f_{cu} , k	14	15.0
28天设计弯拉强度标准值 f_c , k	2.0	2.5

(2) 水泥：要求采用符合各项物理力学性能指标要求的普通硅酸盐水泥 P.O.42.5。

(3) 碎石：采用洁净、坚硬的卵石（卵石粒径不得小于 6cm）或者片石轧制，要求采用大型联合碎石机（反击破或冲击破）轧制成的碎石，压碎值不得大于 24%，含泥量不大于 3%。

(4) 砂：含泥量不得大于 1%。

(5) 水：可饮用水。

2. 沥青稳定碎石

(1) 沥青

沥青稳定碎石采用符合“道路石油沥青技术要求”的 70 号 A 级道路石油沥青，技术要求见下表 305-2。

表 305-2 道路石油沥青 70 号 A 级技术指标要求

项目		技术指标		测试方法
针入度 25°C(0.1mm)		60~80		T0604-2011
针入度指数 PI		-1.5~+1.0		T0604-2011
延度 15°C(cm)	最小	100		T0605-2011
延度 10°C(cm)	最小	15		T0605-2011
软化点(°C)	最小	46		T0606-2011
60°C动力粘度 (Pa·s)	最小	180		T0620-2000
含蜡量(蒸馏法)(%)	最大	22		T0615-2011
闪点(°C)	最小	260		T0614-2011
溶解度(%)	最小	99.5		T0607-2011
薄膜烘箱加热后残留物	质量损失(%)	最大	±0.8	T0610-2011
	针入度比 25°C (%)	最小	61	T0604-2011
	延度 10°C(cm)	最小	6	T0605-2011
Superpave 沥青结合料性能试验				
原样沥青				
动态剪切 64°C $G^*/\sin\delta$ (KPa)	最小	1.0		T0628-2011
旋转薄膜烘箱加热后				T0610-2011
动态剪切 64°C $G^*/\sin\delta$ (KPa)	最小	2.2		T0628-2011
压力老化后				T0630-2011
动态剪切 25°C $G^*/\sin\delta$ (KPa)	最大	5000		T0628-2011
蠕变劲度 -12°C (MPa) M 值	最大	300		T0627-2011
	最小	0.3		
路用性能分级		PG64-22		AASHTO M320

注：试验依据《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTGE20-2011。

(2) 粗集料

推荐采用符合质量要求的硬质片石和卵石（粒径不小于 8cm）轧制的碎石，要求采用大型联合碎石机（不少于三级，其中反击破不少于两级）轧制，碎石形状应接近立方体。

(3) 细集料

采用加工粗集料时产生的部分石屑（加工时应加设 3mm 筛，将石屑分成 3~5mm 和 0~3mm 两部分）和经专门设备加工的机制砂（采用卵碎石轧制），细集料在加工过程中应吸尘，石屑用量不宜超过机制砂用量，细集料中不得含有杂物。细集料应耐嵌挤，颗粒饱满，且粉尘含量低，

(4) 混合料设计

沥青混合料配合比设计，应严格按照目标配合比、生产配合比设计、生产配合比验证三个设计阶段确定混合料的配合比。矿料级配组成及混合料的各项性能指标应满足下表要求。

表 307-3 混合料级配范围表

规格	通过各个筛孔的质量百分率 (%)												
	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
ATB-25	100	90~100	60~80	48~68	42~62	32~52	20~40	15~32	10~25	8~18	5~14	3~10	2~6

沥青稳定碎石混合料技术要求应符合表 307-2 的要求。

表 307-2 沥青稳定碎石（ATB）混合料马歇尔试验配合比设计技术标准

试验项目		沥青稳定碎石 ATB-25
马歇尔试件击实次数		两面击实 75 次
空隙率 VV (%)		3~6
矿料间隙率 VMA (%)	设计空隙率 3%	不小于 10.5
	设计空隙率 4%	不小于 11.5
	设计空隙率 5%	不小于 12.5
	设计空隙率 6%	不小于 13.5
沥青饱和度 VFA (%)		55~70
稳定度 (KN)		不小于 7.5
流值 (mm)		1.5~4
车辙试验动稳定度 (次/mm)		不小于 /
沥青与石料的粘附性(级)		不小于 5
残留稳定度 (48h) (%)		不小于 80
冻融劈裂强度比 (%)		不小于 /
-10°C 弯曲试验破坏应变 ($\mu\epsilon$)		不小于 /
渗水系数 (ml/min)		不大于 /
路面现场空隙率 (%)		不大于 8

第306节 沥青碎石封层

306.01 范围

本节工作内容为在已处治并经监理人验收合格的水稳基层顶面、桥梁混凝土调平层顶面、隧道混凝土面板顶面及既有沥青混凝土路面直接加铺沥青层前铺设 SBS 改性沥青碎石封层，它包括所需的设备、劳力和材料，以及施工、试验等全部作业。

306.02 材料

(1)集料

应采用石质坚硬、清洁、不含风化、近立方体颗粒的碎石（玄武岩、灰岩碎石或者卵碎石），应选用反击式破碎机轧制的碎石。碎石须以 0.4%~0.6%（按照集料重量计）的沥青（采用 70 号 A 级道路石油沥青）进行预裹附（裹附温度在 120℃ 以上），预裹覆的集料堆放时间不宜超过两周。SBS 改性沥青碎石封层集料要求同中、下面层，级配范围见下表。

表 306-1 粗集料规格

方筛孔尺寸 (mm)	级配
13.2	100
9.5	90~100
4.75	0~15
2.36	0~5

(2)沥青

结合料必须具有较高的粘度，与集料有良好的粘附性，设计采用成品 SBS 改性沥青，其路用性能等级应满足 PG76-22 的技术要求，具体见下表。

表 306-2 SBS 改性沥青技术指标要求

项目	技术指标	测试方法
针入度 25℃ (0.1mm) 最小	50	T0604-2011
延度 5℃ (cm) 最小	20	T0605-2011
软化点 (℃) 最小	75	T0606-2011
运动粘度 135℃ (Pa.s) 最大	3	T0625-2011
闪点 (℃) 最小	230	T0611-2011
溶解度 (%) 最小	99	T0607-2011
离析, 软化点差 (℃) 最大	2.2	T0661-2011
弹性恢复 25℃ (%) 最小	90	T0662-2000
RTFOT 后残留物	质量损失 (%) 最大	±1.0
	针入度比 (%) 最小	65
	延度 5℃ (cm) 最小	15

项目	技术指标	测试方法
SHRP 沥青结合料性能试验		
动态剪切 76°C G*/sinδ (KPa) 最小	1.0	T0628-2011
RTFOT 试验后		T0610-2011
动态剪切 76°C G*/sinδ (KPa) 最小	2.2	T0628-2011
压力老化后		T0630-2011
动态剪切 31°C G*.sinδ (KPa) 最大	5000	T0628-2011
蠕变劲度-12°C S (Mpa) 最大	300	T0627-2011
M 值 最小	0.3	
路用性能分级	PG76-22	AASHTO M320

注：沥青试验方法依据《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTGE20-2011。

306.03 施工要求

1. 一般要求

- (1) 风速不影响 SBS 改性沥青洒布效果；
- (2) 空气温度和地面温度都不得低于 10°C，阴雨天或路面潮湿时不得施工；

2. 施工设备

应采用具备智能控制沥青与石料用量，能精确调节和控制碎石的撒布量及其均匀性的同步碎石封层车进行施工，需用的设备进入待命状态，包括沥青洒布车、碎石撒布机、胶轮压路机。

3. 表面准备

- (1) 施工前应进行基面处理，吹尘和清洗；
- (2) 确保基面粗糙、干燥、无灰尘、石屑、油污、杂物等，路缘石等防护良好；

4. 试铺

在同步碎石封层正式开工前必须进行试铺，总结沥青喷洒及集料撒布控制工艺、横纵向喷洒搭接工艺、施工组织等，全面检查试铺层的施工质量是否符合要求。

5. SBS 改性沥青及碎石的洒布施工要点

- (1) 施工前应调试同步碎石封层车，确保沥青膜厚度均匀，碎石和沥青两者撒布匹配；
- (2) SBS 改性沥青洒布量采用 $1.6\text{kg}\pm 0.2\text{kg}/\text{m}^2$ ，碎石撒铺量采用 $6\sim 8\text{kg}/\text{m}^2$ ，根据试铺情况确定基准撒布量，实际撒布误差应控制在基准撒布量 $\pm 2\text{kg}$ 以内，石料覆盖率以 60%~70%为度，不超过 80%，对于局部碎石撒布量不足的地方，应人工补足；
- (3) 起步和终止位置应铺工程纸，以准确进行横向衔接，洒布车经过后应及

时取走工程纸，纵向衔接应与已洒布部分重叠 10cm 左右；

(4) 同步碎石封层车必须按照调试好的速度平稳、匀速行驶；

(5) 沥青洒布后出现表面空白时，应及时进行人工补洒，沥青聚集时应刮除，当发现有油条时应及时检查，发现有泛油时应在泛油处补撒石料并扫均，当有过多浮动石料时，应扫出路，并不得搓动已粘着就位的石料；

(6) 同步碎石封层车、胶轮压路机在正常行驶情况下，同步碎石封层不得有破损。

6. 碾压

碎石撒铺后应立即进行碾压作业，胶轮压路机应同时进行碾压，紧跟同步碎石撒铺车，全宽碾压 2~3 遍。碾压时候每次轮迹重叠约 30cm。碾压速度开始约 2km/h，以后可稍微增大。

7. 交通管制

SBS 改性沥青碎石封层施工应与上层沥青混凝土紧凑进行，中间不开放交通，若期间必须开放交通，须待其施工完成 3 小时后方可开放交通，但车速不宜超过 5km/h，不得急刹车或调头，以免遭受破坏，同时做好防尘防污染等。

8. 铺筑上层沥青混合料的准备工作

在铺筑上层沥青混合料前，应对 SBS 改性沥青碎石封层进行清扫，彻底清除粒土、浮土以及没有粘结的松散碎石，避免影响与面层的粘结性能，清扫时严禁破坏同步碎石封层。同时在其上施工沥青混凝土前须加洒粘层油，粘层油洒布量宜控制在 0.25kg/m²（沥青重量）左右，具体根据试验段确定。

306.04 质量检验

(1) 施工阶段的检测项目包括：改性沥青性质、沥青洒布量、集料撒布量、刹车试验、外观检查等。

(2) 检验方法及检验标准见下表。

表 306-3 SBS 改性沥青碎石封层施工阶段的质量检查标准

项目	检查频率	质量要求或允许误差	试验方法
改性沥青指标	每生产批次	符合设计要求	取样室内试验
集料物理性质	石料出现变化时	符合设计要求	取样室内试验
集料几何尺寸	每预裹覆批次	符合设计要求	取样室内试验
改性沥青量	每半天 1 次	设计量±0.2 kg/m ²	称定面积收取改性沥青量
集料量	每半天 1 次	在规定范围内	用集料总量与撒布面积算得
外观检查	随时全面	外观均匀一致，用硬物刮开观察，与基层表面牢固粘结，不起	

皮, 无油包和基面外露等现象。

(3) SBS 改性沥青洒布量和碎石撒铺量控制

① 沥青洒布和洒布量控制

将要洒布沥青时, 在标准尺寸矩形容器内置沥青油毡, 称其重量并置于洒布车前 5~10m, 待洒布车经过容器后立即取出再称其重, 以此计算实际洒布量, 再结合沥青洒布车电脑调节装置直到设计洒布量为止。

② 碎石洒布和洒布量控制

将要洒布碎石时, 取一标准尺寸矩形容器称其重量并置于洒布车前已洒布沥青路面的路段最尾处, 待洒布车经过容器后立即取出再称其重, 以此计算实际洒布量, 然后通过调节装置直至调到设计洒布量为止。

同步碎石封层做完后应及时铺筑沥青混合料下面层。

第307节 稀浆封层和微表处

307.01 范围

本节工作内容为在经监理人验收合格的下承层上, 按照图纸和监理人指示铺筑稀浆封层或者微表处。它包括提供全部设备、劳力和材料, 以及施工、养护、试验等全部作业。

307.02 材料

1. 稀浆封层

(1) 沥青: 采用慢裂型阳离子乳化沥青(用与下面层相同的沥青进行乳化), 其技术指标应符合表 307-1 的要求:

表 307-1 稀浆封层乳化沥青技术指标要求

试验项目		稀浆封层乳化沥青	
沥青标准粘度 C25, 3 (s)		10~60	
恩格拉粘度 E25		2~30	
蒸发残留物含量 (%)	不小于	55	
储存稳定度 5d (%)	不大于	5	
与矿料的粘附性, 裹复面积		不小于	2/3
蒸发残留物性质	针入度 25°C (0.1mm)	60~100	
	延度 15°C (%)	不小于	40
	溶解度 (%)	不小于	97.5

(2) 采用石灰岩加工, 要求完全破碎, 集料形状应饱满接近立方体, 石质应坚硬、耐磨, 质量满足表 307-2 的要求。

集料技术指标要求 表 307-2

试验项目	技术指标	试验方法
洛杉矶磨耗率 (%) 不大于	30	T0316
集料压碎值 (%) 不大于	28	T0317
砂当量 (%) 不小于	60	T0334
坚固性 (%) 不大于	12	T0340

(3) 矿粉：普通硅酸盐水泥或石灰岩矿粉。所需矿粉类型和数量应由实验室拌和设计确定，并且作为矿料级配要求之一。

(4) 必须是不含有害的盐和其他杂质的水。

稀浆封层的矿料级配范围应满足表 307-3 的要求：

表 307-3 乳化沥青稀浆封层的矿料及沥青用量范围

类型	通过下列筛孔（方孔筛 mm）的质量百分率 (%)								油石比(%)
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
ES-2	100	95~100	65~90	45~70	30~50	18~30	10~21	5~15	5.5~9.5

注：沥青用量指乳化沥青中水分蒸发后的沥青数量，乳化沥青用量应据其浓度计算。

稀浆封层的沥青用量由试验确定，其混合料应满足表 307-4 的要求：

表 307-4 稀浆封层混合料技术要求

试验项目	技术要求	试验方法
可拌和时间	不小于 120s	*手工拌和
粘聚力试验 30min（初凝时间） 60min（开放交通时间）	不小于 1.2 N.m 不小于 2.0 N.m	T0754
稠度试验	2~3cm	T0751-1993
湿轮磨耗损失（浸水 1 小时）	不大于 800g/m ²	T0752-1993
负荷轮碾压试验（粘附砂量）	不大于 450g/m ²	T0755-2000

*参见：交通运输部公路科学研究院主编，《微表处和稀浆封层技术指南》附录 A1，人民交通出版社，2006。

2. 微表处

(1) 改性乳化沥青：微表处必须选用阳离子型聚合物改性的乳化沥青，改性剂剂量（改性剂有效成分占有纯沥青的质量百分比）不小于 3%。微表处用改性乳化沥青应符合表 307-5 的规定。

表 307-5 微表处用乳化沥青技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
筛上剩余量（1.18mm 筛）	%	≤0.1	T0652
电荷		阳离子正电（+）	T0653
恩格拉斯粘度计 E25		3~30	T0622
标准粘度计 C25, 3	s	12~60	T0621
蒸发残留物含量	%	≥60	T0651

蒸发残留物性质	针入度 (100g, 25°C)	0.1mm	40~100	T0604
	软化点		≥57	T0606
	延度 (5°C)	cm	≥20	T0605
	溶解度 (三氯乙烯)	%	≥97.5	T0607
贮存稳定性	1d	%	≤1	T0655
	5d	%	≤5	

(2) 矿料：微表处用矿料采用不同规格的粗细集料掺配而成，其中 2.36mm~9.5mm 的骨料采用优质的玄武岩经过多级破碎而成，细集料应采用耐磨性能优良的卵石或机制砂。微表处用粗集料、细集料应符合表 307-6 的要求。矿料的级配范围符合表 307-7 的规定。粗集料中的超粒径颗粒在施工前必须筛除。

表 307-6 微表处用粗细集料质量要求

材料名称	项目	技术要求	试验方法	备注
粗集料	石料压碎值不大于 (%)	26	T0316	
	洛杉矶磨耗损失不大于 (%)	28	T0317	
	石料磨光值不小于 (BPN)	42	T0321	
	坚固性不大于 (%)	12	T0314	
	针片状含量不大于 (%)	15	T0312	
细集料	坚固性不大于 (%)	12	T0340	>0.3mm 部分
矿料	砂当量不小于 (%)	65	T0334	合成矿料中<4.75mm 部分

表 307-7 微表处矿料级配

筛孔尺寸, mm	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率, %	100	70-90	45-70	28-50	19-34	12-25	7-18	5-15
波动范围	—	±5	±5	±5	±5	±4	±3	±2

(3) 填料：微表处矿料中可以掺加矿粉、水泥、消石灰等填料。填料应干燥、疏松，无结团，应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 中的相关要求。矿粉的主要作用是改善矿料级配。水泥、消石灰等具有化学活性的填料的主要作用是调整稀浆混合料的拌和时间、成浆状态和成型速度等，设计推荐采用 1~2% 的水泥，掺加量须通过混合料设计试验确定。

(4) 添加剂：添加剂的主要作用是调节稀浆混合料可拌和时间、破乳速度、开放时间等施工性能，并在一定程度上改善混合料的路用性能，但不得对混合料路用性能产生不利影响。未经试验验证的添加剂不得在施工中采用。

(5) 水：微表处用水不得含有有害的可溶性盐类，能引起化学反应的物质和其他污染物。本设计采用可饮用水。

(6) 混合料：单层微表处通常的材料用量范围可参照表 307-8。稀浆混合料的室内试验技术指标应满足表 307-9 的要求。混合料设计时，可拌和时间试验温度应考虑最高施工温度，粘聚力试验的试验温度应考虑施工中可能遇到的最低温度。除

此之外，还须结合原路面状况、气候及交通因素等的基础上综合确定混合料配方。

表 307-8 单层微表处通常的材料用量范围

项 目	要 求
养生后的厚度 (mm)，不小于	10
矿料用量 (kg/m ²)	10.0~22.0
油石比 (沥青占矿料的质量百分比) (%)	6.0~8.5
水泥、消石灰用量 (占矿料的质量百分比) (%)	0~3
外加水量 (占干矿料质量的百分比) (%)	根据混合料的稠度确定

表 307-9 微表处混合料技术指标

试验项目	技术要求	试验方法
可拌和时间 (25°C) 不小于 (s)	120	T0757
粘聚力试验 不小于 (N·m)	30min (初凝时间)	T0754
	60min (开放交通时间)	
负荷车轮粘附砂量不大于 (g/m ²)	450	T0755
湿轮磨耗损失	浸水 1h 不大于 (g/m ²)	T0752
	浸水 6d 不大于 (g/m ²)	
轮辙变形试验的宽度变化率, 不大于 (%)	5	T0756
配伍性等级值 不小于	11	T0758

参见：交通运输部公路科学研究院主编《微表处和稀浆封层技术指南》，人民交通出版社，2006

307.03 施工要求

1. 稀浆封层

1) 基层养生结束后，应及时铺筑下封层。铺筑下封层前应检查基层的完整性并清除表面松散和杂物，确保基层顶面洁净、干燥。稀浆封层采用能自动计量的稀浆封层机施工。

2) 施工时气温不应低于 10°C，雨天不宜施工；施工期较长，气温有较大差异时，应及时调整配方配合搅拌时间，以得到最佳的破乳性能。

3) 每一批乳化沥青都必须有分析报告书，以保证和拌和设计中的沥青一致。将用于施工现场的每一料堆集料取代表性样品，应进行五次筛分分析试验，如果五次试验的平均值都在级配范围内，才可以接受该料堆。如果试验显示该材料无法使用，应选择放弃该材料或在料堆内掺入其他集料使其达到标准。掺和料必须在掺和前通过质量测试，而且要保证掺和后能合成稳定的级配。

4) 拌和料的级配及乳化沥青用量必须满足下表的要求。经确认的生产配合比，每一筛的通过百分比的变化不应超过表 307-10 的范围：

表 307-10 矿料级配及生产级配控制界限

控制要求	通过下列方孔筛 (mm) 的质量百分率(%)								油石比 (%)
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
级配范围	100	95~100	65~90	45~70	30~50	18~30	10~21	5~15	5.5~9.5
控制界限 (%)		±5	±5	±5	±5	±4	±3	±2	+0.2~-0.3

5) 施工完毕后应检查稀浆封层的完整性和与基层表面的粘结性。对局部基层和下封层宽度不足部分按要求补铺；对已经成型的封层，用硬物刺破后应与基层表面相粘结，以不能整层被剥开为合格。在施工面层前应再次对封层进行检查，有损坏脱落的应按要求补铺。

2.微表处

1) 施工条件

(1) 按本设计文件对原路面病害处治合格后方可进行微表处的施工。

(2) 微表处施工前，施工单位（承包商）必须提供详实的混合料设计报告，微表处工程应由具有丰富经验的实验室进行验证性复核，并出具复核报告，符合技术要求后方可施工。

(3) 微表处必须采用专用机械施工。微表处摊铺机，拌和箱必须为大功率双轴强制搅拌式，摊铺槽必须带有两排布料器，摊铺机必须具有精确计量系统并可记录或显示矿料、乳化沥青的用量。

(4) 微表处施工、养生期内的气温应高于 10℃，不得在雨天施工，施工中遇雨或者施工后混合料尚未成型就遇雨时，应在雨后将无法正常成型的材料铲除。

(5) 严禁在过湿或积水的路面上进行微表处施工。

2) 施工准备

(1) 施工前应预先喷洒粘层油。

(2) 有监理在场的情况下，对材料进行施工前的检查：

① 施工用的乳化沥青、矿料、水、填料等应进行质量检查，符合设计要求后方可使用。

② 粗集料中的超粒径颗粒必须筛除。

③ 以 1% 的含水量间隔，参照 T0331 中细集料紧装密度的测试方法，检测矿料在含水量 0-7% 情况下的单位体积干矿料重量，得出矿料的“含水量-单位体积干矿料重量”的关系曲线，用于摊铺车设定。

④ 测定矿料含水量。

(3) 有监理在场的情况下，对施工机具进行施工前检查和标定：

① 各种施工机械和辅助工具均应备齐，并保持良好工作状态。

②摊铺车在新机器第一次使用时、每年第一次使用、工程开工前和原材料改变和配比发生较大变化时必须进行标定。

(4) 有监理在场的情况下，通过摊铺车的标定，得出摊铺车各料门开度或泵的设置等与各材料出料量的关系曲线，出具标定报告。

(5) 矿料掺配不宜采用装载机进行，而应选用具有储料、计量和掺配功能的配料设备完成。

3) 试验路段

(1) 微表处正式施工前，应选择合适路段摊铺试验段。试验段长度不小于200m。通过试验段的摊铺，确定施工工艺。

(2) 根据试验段的摊铺情况，在设计配合比的基础上做小范围调整，确定施工配合比。施工配合比的油石比不应超出设计油石比的 $\pm 5\%$ 的范围；施工配合比的矿料级配不应超出表 307-7 规定的相应级配类型的各筛孔通过率上下限，且以矿料设计级配为基准，施工配合比的矿料级配中各筛孔通过率不应超过表 307-11 规定的允许波动范围。施工配合比的油石比或者矿料级配的调整幅度超出上述规定时，必须重新进行混合料设计。

表 307-11 微表处矿料级配允许的波动范围

级配类型	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
允许波动范围	-	$\pm 5\%$	$\pm 5\%$	$\pm 5\%$	$\pm 5\%$	$\pm 4\%$	$\pm 3\%$	$\pm 2\%$

(3) 通过实验段得出的施工配合比和确定的施工工艺经监理或者业主认可后，作为正式施工依据，施工过程中不允许随意更改，必须更改时，应得到监理或者业主认可。

4) 微表处施工

(1) 应按下列程序施工

①彻底清除原路面的泥土、杂物等；在水泥路面微表处施工前，应保持表面清洁和干燥，当表面潮湿时，应选择适当的设备对表面进行烘干处理。

②施画导线，以保证摊铺车顺直行驶，有路缘石、车道线等作为参照物的，可不施画导线；

③手工修复局部施工缺陷；

④初期养护；

⑤开放交通。

(2) 根据施工路段的路幅宽度，调整摊铺槽宽度，应尽量减少纵向接缝数量，

有可能的情况下，宜使纵向接缝位于车道标线附近。

(3) 将符合要求的各种材料装入摊铺车内，将装好料的摊铺车开至施工起点，对准控制线，放下摊铺槽，调整摊铺槽使其周边与原路面贴紧。

(4) 按生产配合比和现场矿料含水量情况，依次或同时按配比输出矿料、填料、水、添加剂和乳液，进行拌和。

(5) 拌好的混合料流入摊铺槽并分布于摊铺槽适量时开动摊铺车匀速前进，需要时可打开摊铺车下边的喷水管，喷水湿润路面。

(6) 摊铺速度以保持混合料摊铺量与搅拌量基本一致为准。

(7) 当摊铺车内任何一种材料快用完时，应立即关闭所有输送材料的控制开关，让搅拌器中的混合料搅拌完，并送入摊铺槽摊铺完后，摊铺车停止前进，提起摊铺槽，将摊铺车移除摊铺点，清洗摊铺槽。施工中不得随意抛掷废弃物。

(8) 当改性乳化沥青蒸发残留物含量和矿料含水量发生变化时，必须调整摊铺车的设定，确认材料配比符合设计配比后方可继续施工。

5) 初期养护:

(1) 微表处混合料铺筑后，在开放交通前禁止一切车辆和行人通行。

(2) 混合料能够满足开放交通的要求后应尽快开放交通。

第308节 超薄磨耗层

308.01 范围

本节工作内容为在经监理人验收合格的下承层上，按照图纸和监理人指示铺筑超薄磨耗层。它包括提供全部设备、劳力和材料，以及施工、养护、试验等全部作业。

308.02 材料

1. 高粘沥青

超薄沥青磨耗层混合料所用的沥青胶结料为高粘聚合物改性沥青，沥青性能指标应符合表 308-1 要求。

表 308-1 高粘聚合物改性沥青胶结料技术指标要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
针入度 (25 °C, 5s, 100g)	0.1mm	40~70	T 0604
软化点 (环球法)	°C	≥90	T 0606
延度 (5cm/min, 10°C) 不小于	cm	40	T 0605
闪点	°C	≥230	T 0611

溶解度（三氯乙烯）	%	≥99	T 0607
弹性恢复（25℃）	%	≥95	T 0662
25℃黏韧性	N·m	≥25	T 0624
高析，软化点（℃）差最大	℃	≤2.5	T 0661
60℃复合剪切模量 G*	kPa	≥10	T 0628
60℃动力粘度	Pa·s	>400000	T 0620
TFOT（或 RTFOT）后残留物			
质量损失	%	±1.0	T 0610 或 T 0609
针入度比（25℃）	%	≥70	T 0604
延度（5cm/min，10℃）不小于	cm	25	T 0605

2.高粘改性乳化沥青

高粘超薄沥青磨耗层喷洒粘层油应采用SBS聚合物改性高粘乳化沥青，喷洒量宜按 0.8~1.0kg/m² 执行，具体沥青性能指标应符合表 308-2 要求。

表 308-2 聚合物改性乳化沥青技术指标要求

试验项目	单位	技术要求	测试方法	
破乳速度	—	快裂	T 0658	
筛上残留物（1.18mm 筛）	%	≤0.1	T 0652	
粒子电荷	—	阳离子（+）	T 0653	
粘度（赛博特粘度 C25,3）	s	20~60	T 0621	
蒸发残留物	残留分含量	%	≥65	T 0651
	针入度(25 oC)	0.1mm	60~150	T 0604
	软化点	oC	≥55	T 0606
	延度(5oC)	cm	≥20	T 0605
	溶解度	%	≥97.5	T 0607
	弹性恢复(25 oC)	%	≥92	T 0662

3.集料与级配指标要求

（1）粗集料

高粘超薄沥青磨耗层所用粗集料要求采用耐磨耗性能好、粘附性能好的优质反击破加工成型的玄武岩硬质石料。粗集料技术指标应符合表 308-3。

表 308-3 高粘超薄沥青磨耗层粗集料技术指标要求

试验项目	单位	技术要求	测试方法
磨光值 PSV	BPN	≥42	T 0321
洛杉矶磨耗损失	%	≤20	T 0317
压碎值	%	≤18	T 0316
表观相对密度	—	≥2.6	T 0304
吸水率	%	≤1.5	T 0304
细长扁平颗粒含量 3：1	%	≤8	T 0312
与沥青的粘附性	级	≥5	T 0616
坚固性	%	≤8	T 0314
小于 0.075mm 颗粒含量	%	≤1	T 0310

软石含量	%	≤1	T 0320
------	---	----	--------

(2) 细集料

高粘超薄沥青磨耗层所用细集料要求采用机制砂，须是 100%破碎加工而成，应洁净无杂质，满足 0-3mm 规格。细集料必须采用中性、碱性机制砂，细集料技术指标应符合表 308-4 技术要求。

表 308-4 高粘超薄沥青磨耗层细集料技术指标要求

试验项目	单位	技术要求	测试方法
砂当量	%	≥65	T 0334
坚固性 (>0.3mm 部分)	%	≤12	T 0340
表观相对密度	—	≥2.5	T 0304

(3) 填料

高粘超薄沥青磨耗层所用填料宜采用石灰岩或岩浆岩中强基性岩石等憎水性碱性石料磨细的矿粉。填料应干燥、洁净，能自由地从填料仓流出。填料应采取有效的防潮措施，以防止出现结团现象。其质量应符合表 310-5 的要求。

4. 高粘超薄沥青磨耗层混合料技术指标要求

高粘超薄沥青磨耗层的矿料级配采用特殊骨架密实型，其矿料级配范围见表 308-5。

表 308-5 高粘超薄沥青磨耗层混合料矿料级配范围

级配类型	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
级配范围	100	35-85	15-35	8-25	6-20	5-15	4-12	3-8

高粘超薄沥青磨耗层混合料应具有良好的施工和易性及相关路用性能。混合料技术指标要求应符合表 308-6 的相关技术要求。

表 308-6 高粘超薄沥青磨耗层混合料技术指标要求

试验项目	单位	技术要求	测试方法
沥青用量 (油石比)	%	≥7.2	T 0735
空隙率 VV	%	≥6	T 0705
沥青饱和度 VFA	%	70-90	T 0705
稳定度 MS	kN	≥6	T 0709
粗集料骨架间隙率 VCmix	—	≤VCADRC	T 0705
矿料间隙率 VMA	%	≥19.0	T 0705
车辙动稳定度 (60°C, 0.7MPa)	次/mm	≥3000	T 0719
肯塔堡飞散试验损失	%	≤8	T 0733
冻融劈裂试验残留强度比	%	≥85	T 0729
残留马歇尔稳定度	%	≥85	T 0709
渗水系数	ml/min	≤120	T 0730

四点弯曲疲劳 (15°C, 1000µε)	次	≥30 万	T 0739
拉拔试验强度 (15°C, 现场芯样)	MPa	≥0.4 (或原路面拉裂)	—

308.03 施工要求

1. 施工场地、机械设备要求

高粘超薄沥青磨耗层摊铺工艺实施前, 必须配备齐全的施工机械和配件, 做好开工前的保养、调试和试机。高粘超薄沥青磨耗层采用机械化连续摊铺作业, 须配备以下主要施工机械。

(1) 拌合场地要求

1) 拌合场应满足供料要求, 离施工现场运距应尽量小, 出料到现场的运输时间宜控制在 1.5 小时内。

2) 高粘沥青混合料所用的各档集料要求全部搭棚遮盖存放, 防雨、防污染, 并注意采取措施防止雨棚侧面漏雨。拌合楼冷料仓在停料期间应使用专用帆布完全覆盖, 同时料斗宽度应大于拌和场配备的铲车铲斗的宽度, 料斗间挡板具有足够高度防止窜料。

3) 高粘沥青混合料所用各种集料必须设立独立的堆放区域, 且应有序地隔离堆放。隔离墙应采用混凝土或浆砌片石砌筑, 高度不得低于 3m, 隔墙顶面必须高于料堆坡脚 50cm 以上。各档集料堆放位置前应设置醒目的铭牌, 标明高粘超薄沥青磨耗层专用的各档集料信息。以防施工过程中与其它集料混料。

4) 在场地布设时要考虑场地沉降影响, 在堆料场设置有效的排水系统, 不允许出现积水现象, 防止下层集料受污染。

5) 拌和站场进料口、出料口、以及集料堆放专区应安装有效的监控设备, 实施全过程监控与记录, 以备各方相关人员实时了解与记录现场具体情况。

(2) 施工机械要求

1) 间歇式沥青混合料拌和机, 产量大于 200 吨/小时, 优选计量准确的进口拌合设备。全部生产过程由计算机自动控制, 配有良好的打印装置。拌和机应配备良好的二级除尘装置。

2) 高粘沥青混合料生产过程中, 应指定专用的拌合楼, 不得随意更换指定的拌合设备。其中热料仓筛网须按 0-3mm、3-6mm 和 6-11mm 配置。拌合楼所有称重与计量系统应在拌合高粘沥青混合料之前进行专业的标定, 并由第三方机构出具标定合格证书。同时, 须安装远程计算机监控系统, 在拌合过程中分别对沥青用量、混合料级配、温度等信息进行实时监控与记录。

3) 高粘超薄沥青磨耗层摊铺过程宜采用计量准确的同步摊铺机 (乳化沥青和

混合料同步喷洒摊铺)一次成型,也可采用传统分步摊铺机实施作业。为确保项目实施进度,每个工点宜配备2台以上的沥青混合料摊铺机。

4) 压路机:各工点应配备静重10T双钢轮压路机不小于2台,小型手扶振动压路机1-2台。

5) 载重量15T以上的自卸汽车宜备10辆左右。

(3) 施工场地要求

高粘超薄沥青磨耗层实施前必须对原路面局部病害(裂缝、坑槽、破碎板)进行预处理。施工前路面要求洁净、无泥土和其它杂物。

2. 高粘超薄沥青磨耗层施工

(1) 高粘沥青混合料的拌制

1) 应严格掌握改性沥青和集料的加热温度以及高粘沥青混合料的出厂温度。高粘沥青混合料施工温度范围见表308-7。

表308-7 高粘沥青混合料施工温度(°C)

沥青加热温度	180~190
集料温度	190~220
混合料出厂温度	170~210, 超过220废弃
运到现场温度	不低于170
摊铺温度	不低于150, 低于140作为废料
碾压温度	不低于100

注:①所有检测用温度计应采用半导体数显温度计并及时送当地计量部门检定,或在监理监督下用标准温度计标定;②所有温度检测均应按正确的方法操作,避免温度计探头位置不当使测得温度不真实。③碾压温度是指碾压层内部温度。

2) 拌和楼控制室要逐盘打印改性沥青及各种矿料的用量和拌和温度,并定期对拌和楼的计量和测温进行校核;每天应用拌和总量检验各种材料的配比和高粘热拌沥青混合料的误差。

3) 拌和时间由试拌确定。高粘沥青混合料拌和时间及加料次序参照表308-8选用,必须使所有集料颗粒全部裹覆沥青结合料,并以沥青混合料拌和均匀为度。

表308-8 建议的高粘沥青混合料拌和时间及加料采用次序

加矿料 加矿粉	干拌 约10s	加沥青	湿拌 约40s	出料
总生产时间约不低于50s				

4) 通过目测检查混合料的均匀性,及时分析异常现象。如混合料有无花白、冒青烟和离析、析漏等现象。如确认是质量问题,应作废料处理并及时予以纠正。

在生产开始以前，有关人员要熟悉本项目所用各种混合料的外观特征。

5) 应严格控制油石比和矿料级配，避免油石比不当而产生泛油和松散现象。调整矿粉添加方式，避免矿质混合料中小于 0.075mm 颗粒偏低的现象出现。每台拌和机开拌后每天上午、下午各取一组混合料试样做马歇尔试验和抽提筛分试验，检验油石比、矿料级配和高粘沥青混合料的体积指标参数。

6) 混合料不得在储料仓中长时间储存，以不发生沥青析漏为度，且不得储存过夜。

7) 每天结束后，用拌和楼打印的各料数量，进行总量控制。以各仓用量及各仓筛分结果，在线检查矿料级配；计算平均施工级配和油石比，与设计结果进行校核；以每天产量计算平均厚度，与路面设计厚度进行校核。

(2) 高粘沥青混合料的运输

1) 采用数字显示插入式热电偶温度计（必须经标定）检测沥青混合料的出厂温度和运到现场温度。插入深度要大于 150mm。在运料卡车侧面中部设专用检测孔，孔口距车厢底面约 300mm。

2) 拌和机向运料车放料时，汽车应前后移动，分五堆装料，以减少粗集料的分离现象。

3) 沥青混合料运输车的运量应较拌和能力和摊铺速度有所富余，摊铺机前方应有五台运料车等候卸料。

4) 运料车应用完整无损的双层篷布覆盖，卸料过程中继续覆盖，直到卸料结束取走篷布，以资保温防雨或避免污染环境。

5) 连续摊铺过程中，运料车在摊铺机前 10-30cm 处停住，不得撞击摊铺机。卸料过程中运料车应挂空挡，靠摊铺机推动前进。

(3) 高粘沥青混合料的摊铺

1) 宜采用两台同步摊铺机梯队摊铺，以提高摊铺层均匀性并减少施工冷接缝数量。摊铺机的摊铺速度应根据拌和机的产量、施工机械配套情况及摊铺厚度，按 6-10m/min 左右予以调整，通常不超过 12m/min，容许放慢到 1-2m/min，做到缓慢、均匀、不间断地摊铺，避免停机待料。

2) 用机械摊铺的混合料未压实前，施工人员不得进入踩踏。不得采用人工方式整修，只有在特殊情况下，需在现场主管人员指导下，允许用人工找补或更换混合料，缺陷较严重时应予铲除，并调整摊铺机或改进摊铺工艺。

3) 高粘沥青混合料宜采用非接触式平衡梁装置控制摊铺厚度。由两台摊铺机

联合作业实施摊铺，前摊铺机过后，摊铺层纵向接缝上应呈斜坡，后面摊铺机应跨缝 5-10cm 摊铺。两台摊铺机距离不应超过 10m。

4) 摊铺机应调整到最佳工作状态，调试好螺旋布料器两端的自动料位器，并使料门开度、链板送料器的速度和螺旋布料器的转速相匹配。螺旋布料器的料量应高于螺旋布料器中心，使熨平板的挡料板前混合料在全宽范围内均匀分布，并在每天起步前就应将料量调整好，再实施摊铺，避免摊铺层出现离析现象；并随时分析、调整粗细料是否均匀，检测松铺厚度是否符合规定。摊铺前应将熨平板预热至规定温度（不低于 100℃），摊铺时熨平板应采用中强夯等级，使铺面的初始压实度不小于 90%。摊铺机熨平板必须拼接紧密，不许存有缝隙，防止卡入粒料将铺面拉出条痕。

5) 要注意摊铺机接料斗的操作程序，以减少粗细料离析。摊铺机集料斗应在刮板尚未露出，尚有约 10cm 厚的热料时，下一辆运料车即开始卸料，做到连续供料，并避免粗料集中。积极采取相应措施，尽量做到摊铺机不拢料，以减少面层离析。

6) 路表温度低于 5℃ 时不宜摊铺。摊铺遇雨时，立即停止施工，并清除未压实成型的混合料。遭受雨淋的混合料应废弃，不得卸入摊铺机摊铺。

(4) 高粘沥青混合料的压实

1) 高粘超薄沥青磨耗层依靠摊铺机熨平板基本可达到 90% 以上的密实度，宜采用 11-13 吨双钢轮压路机进行静压 1-2 遍和收光整平即可达到最终压实效果，碾压遍数不得超过 3 遍。

2) 碾压应遵循紧跟、慢压的原则进行。混合料摊铺后必须紧跟着在尽可能高温状态下开始碾压，不得在低温状态下反复碾压，防止磨掉石料棱角、压碎石料，破坏石料嵌挤。碾压段的长度控制在 20m-30m 为宜，严禁使用轮胎压路机。

3) 采用静载压路机时，压路机的轮迹应重叠 1/3—1/4 碾压宽度。不得向压路机轮表面喷涂油类或油水混合液，喷水系统不得处于常开状态，需要时可喷涂清水或含有隔离剂的水溶液，喷洒应呈雾状，以不粘轮为度。禁止使用柴油和机油的水混合物喷涂。

4) 压路机应以均匀速度碾压。对松铺厚度、碾压顺序、碾压遍数、碾压速度及碾压温度应设专岗检查。高粘沥青混合料应严格控制碾压遍数，如碾压过程中发现有沥青胶浆或乳化沥青上浮或石料压碎、棱角明显磨损等过碾压的现象时，应立即停止碾压并分析原因。

(5) 高粘沥青混合料施工接缝的处理

1) 纵向施工缝：对于采用两台摊铺机成梯队联合摊铺方式的纵向接缝，应在前部已摊铺混合料部分留下 10-20cm 宽暂不碾压作为后高程基准面，并有 5-10cm 左右的摊铺层重叠，以热接缝形式在最后做跨接缝碾压消除缝迹。

2) 横向施工缝：全部采用平接缝。用三米直尺沿纵向位置，在摊铺段端部的直尺呈悬臂状，以摊铺层与直尺脱离接触处定出接缝位置，用锯缝机割齐后铲除；继续摊铺时，应将接缝锯切时留下的灰浆擦洗干净，涂上少量粘层沥青，摊铺机熨平板从接缝后起步摊铺；碾压时用钢筒式压路机进行横向压实，从先铺路面上跨缝逐渐移向新铺面层。

3) 横向施工缝应远离桥梁毛勒缝 20m 以外，不许设在毛勒缝处，以确保毛勒缝两边路面表面的平顺。

(6) 养护与开放交通

高粘超薄沥青磨耗层在完成碾压作业后，当路面温度低于 50°C 以下方可开放交通。养护期间，磨耗层路面不得有车辆驶入，防止路面出现痕迹影响平整度。

308.04 质量检验

1. 施工过程中应对高粘超薄沥青磨耗层进行质量检测与控制，相关检查项目、检查方法、检查频率和质量要求如表 308-9。

表 308-9 施工阶段质量控制要求

项目	检查频度	质量要求或允许差	试验方法
外观	随时	无油斑、离析、轮迹等现象	目测
接缝	随时	紧密、平整、顺直、无跳车	目测、三米直尺
摊铺温度	逐车检测评定	符合设计要求	插入式温度计
碾压温度	随时	符合设计要求	插入式温度计
厚度	每 200m ² 一点单点评定	不小于设计值的 -5%	T 0912
宽度	有侧石	检测每个断面	±20mm
	无侧石	检测每个断面	
纵断面高程	检测每个断面	±10mm	T 0911
横坡度	检测每个断面	±0.3%	T 0911
渗水系数，不大于	每 1km 不少于 5 点 每点 3 处取平均值	120ml/min	T 0971

2. 高粘超薄沥青磨耗层摊铺完工后，外观应均匀、无离析、无划痕。不应出现泛油、松散、花白料和脱皮等现象。

完工后 1~2 个月后进行验收检测，应符合表 308-10 的相关技术指标要求。

表 308-10 高粘超薄沥青磨耗层工程质量验收要求

试验项目	单位	技术要求	检查方法和频率
平整度, IRI	m/km	≤2.0 或原值-0.3	平整度仪: 全线每车道连续检测
构造深度	mm	≥0.8	铺砂法: 每 200m 测 1 处
平均厚度	mm	不超过设计厚度-5%	钻芯法: 每 200m 测 1 处
摩擦系数	BPN	≥55	摆式仪: 每 200m 测 1 处
渗水系数	ml/min	≤120	渗水仪: 每 500m 测 1 处
15°C拉拔强度	MPa	≥0.3 (或原路面拉裂)	取芯测试混合物与黏结层整体拉拔强度: 每公里 1-3 处

第309节 透层和粘层

309.01 范围

本节工作内容为在已建成并经监理人验收合格的基层上洒布透层沥青, 在沥青面层之间以及 SBS 改性沥青碎石封层顶面、桥头搭板及 C25 砼过渡板与沥青路面连接处等洒布粘层沥青, 它包括所需的设备、劳力和材料, 以及施工、试验等全部作业。

309.02 材料

1.透层

(1) 透层的沥青材料宜采用慢裂的高渗透性的洒布型阴离子乳化沥青 (PCR), 应符合表 309-1 的要求。喷洒后通过钻孔或挖掘确认透层油渗透入基层的深度不小于 5mm, 并能与基层联结为一体。透层油使用之前应按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20-2011) 的方法进行试验, 且满足规范要求。透层油的规格和质量应符合图纸及《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004) 表 4.3.2 的要求。

(2) 乳化沥青采用与下面层所用的沥青种类、标号相同的石油沥青乳化。

2.粘层

(1) 沥青面层之间以及乳化沥青稀浆封层下封层上的粘层宜采用快裂或中裂乳化沥青, 但环境温度低于 15°C 时, 应采用快裂的洒布型阳离子乳化沥青 (PCR), 应符合表 309-1 的要求。粘层油使用之前应按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20-2011) 的方法进行试验, 且满足规范要求。喷洒量一般为 0.2~0.3kg/m² (以沥青重量计), 应试洒后确定用量, 注意洒布的均匀性, 不得过量, 不得漏洒。

(2) 粘层乳化沥青采用与下面层所用的沥青种类、标号相同的石油沥青乳化。

表 309-1 透层油及粘层油技术指标要求

试验项目		透层沥青	粘层沥青
沥青标准粘度计 CB _{25, 3B} (s)		8~20	8~25
恩格拉粘度计 EB _{25B}		1~6	1~8
蒸发残留物含量 不小于 (%)		35	50
储存稳定度 1d (5d) 不大于 (%)		1 (5)	
与矿料的粘附性, 裹覆面积不小于		2/3	
蒸发残留物	针入度 (25°C 100g 5s) (0.1mm)	80~100	80~150
	延度 (15°C) 不小于 (cm)	40	20
	溶解度 (三氯乙烯) 不小于 (%)	97.5	
	软化点, 不小于 (°C)	52	

(3) 高粘超薄沥青磨耗层喷洒粘层油应采用SBS聚合物改性高粘乳化沥青, 喷洒量宜按 0.8~1.0kg/m² 执行, 具体沥青性能指标应符合表 309-2 要求。

表 309-1 聚合物改性乳化沥青技术指标要求

试验项目	单位	技术要求	测试方法	
破乳速度	—	快裂	T 0658	
筛上残留物 (<1.18mm 筛)	%	≤0.1	T 0652	
粒子电荷	—	阳离子 (+)	T 0653	
粘度 (赛博特粘度 C _{25,3})	s	20~60	T 0621	
蒸发残留物	残留水分含量	%	≥62	T 0651
	针入度(25 oC)	0.1mm	60~150	T 0604
	软化点	°C	≥55	T 0606
	延度(5oC)	cm	≥20	T 0605
	溶解度	%	≥97.5	T 0607
	弹性恢复(25 oC)	%	≥92	T 0662

309.03 施工要求

1. 准备工作

准备浇沥青的工作面, 应整洁而无尘埃; 如雨后或用水清洗的下承层, 水分必须蒸发干净, 晒干, 监理人应对已准备好的工作面进行检查, 在未批准前不得喷洒沥青材料。

2. 气候条件

洒布沥青材料的气温不应低于 10°C, 风速适度。浓雾或下雨不应施工。

3. 喷洒温度

乳化沥青在正常温度下洒布, 如气温较低, 稠度较大的可适当加热。

4. 沥青用量

承包人应按监理人的指示, 根据基层的种类通过试洒确定透层、封层、粘层所用的沥青品种和用量, 并符合图纸及《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004) 表 9.1.4 和表 9.2.3 的要求。

5. 喷洒

a. 承包人应在喷洒工作开始前 3d 报经监理人批准。

b. 透层及粘层沥青应采用沥青洒布车均匀地洒布，并按《公路路基路面现场测试规程》（JTG E60-2008）中的有关要求和检测方法检测洒布用量，每次检测不少于 3 处。透层及粘层油的洒布方法、洒布要求及质量控制应按图纸要求及《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）第 9 章的相关要求执行。

c. 沥青洒布设备应配备有适用于不同稠度沥青喷洒用的喷嘴，在沥青洒布机喷不到的地方可采用手工洒布机。喷洒超量或漏洒或少洒的地方应予纠正。

d. 喷洒区附近的结构物和树木表面应加以保护，以免溅上沥青受到污染。当其受到污染时，承包人应自费清除。

e. 粘层沥青应在铺筑覆盖层之前 24h 内用沥青洒布车洒布，并应禁止车辆通行。

6. 养护

a. 承包人应使洒好透层、粘层沥青的基层和面层保持良好状态。当出现泛油或监理人有指示时，应按指定用量补撒吸附沥青材料。

b. 如果透层沥青被尘土或泥土完全吸收，以致使覆盖的面层无法与透层粘结，监理人可要求在摊铺沥青路面之前在透层上补洒一次粘层沥青。

c. 养生期间，一般不应在已洒好透层沥青的路面上开放交通。如果在沥青材料充分渗入之前需要开放交通，为了防止车轮粘沥青，应按监理人的指示撒铺吸附材料，以覆盖尚未完全吸收的沥青。吸附材料应洁净无石粉。

d. 除运送沥青外，任何车辆均不得在完成的粘层上通行。

第310节 AC型沥青混合料面层

310.01 范围

本节工作内容为在经监理人验收合格的基层、封层、桥面及隧道防水粘结层上，按照图纸和监理人指示铺筑中粒式沥青混凝土 AC-20C 下面层、改性沥青混凝土 AC-20C 中面层及改性沥青混凝土 AC-13C。它包括提供全部设备、劳力和材料，以及施工、养护、试验等全部作业。

310.02 材料

1. 粗集料

(1) 粗集料为灰岩碎石。它应洁净、干燥、无风化、无杂质，具有足够的强度、耐磨耗性。

(2) 热拌沥青混合料用的粗集料颗粒应接近立方体，在生产过程中必须水洗，不含泥土和粉尘，采用大型成套联合破碎机（不低于三级，其中反击破碎或冲击破碎不少于两级）轧制的碎石，应是承包人使用符合要求的机械和符合要求的片石或卵石轧制的碎石，且分级（2.36~4.75mm、4.75~9.5mm、9.5~13.2mm、16~19mm）加工堆放。用于轧制碎石的片石应不带风化层，不带泥土而且强度符合要求。

(3) 粗集料的质量应符合表 310-1 的要求。

表 310-1 沥青下面层用粗集料质量技术要求

指标	要求	试验方法
压碎值 (%)	不大于 28	T0316-2005
洛杉矶磨耗损失 (%)	不大于 30	T0317-2005
对沥青的粘附性 (级)	不小于 4	T0616-1993
表观相对密度	不小于 2.5	T0304-2005
水洗法小于 0.075mm 的颗粒含量 (%)	不大于 1	T0310-2005
坚固性 硫酸钠 (%)	不大于 12	T0314-2000
吸水率 (%)	不大于 3	T0304-2005
软石含量 (%)	不大于 5	T0320-2000
针片状含量 (混合料) (%)	不大于 18	T0312-2005
其中粒径大于 9.5mm	不大于 15	
其中粒径小于 9.5mm	不大于 20	

(4) 粗集料的粒径规格应符合图纸要求，并按表 310-2 的要求选用。

表 310-2 沥青下面层用粗集料的规格

规格	公称粒径 (mm)	通过各个筛孔的质量百分率 (%)							
		31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
S12	5~10				100	90~100	0~15	0~5	
S14	3~5					100	90~100	0~15	0~3

2. 细集料

(1) 沥青混合料所需的细集料一般包括天然中粗砂、用卵石轧制的机制砂和粗集料加工的 0~2.36 部分。中、粗砂应干净，无软弱颗粒，无杂质并满足规范的级配要求，含 0.075 以下的粉尘小于 5%。机制砂采用卵石轧制，采用专用制砂机设备，并配置水洗装置，要求颗粒方正，并有一定级配，含 0.075 以下不超过 6%。粗集料加工时的 0~2.36 细集料，要求颗粒方正，含针片状少，通过轧石机吸尘设备后，含 0.075 以下的粉尘不超过 8%。同时应加设 3mm 筛，将石屑分成 0~2.36mm 和 2.36~4.75mm 两部分使用。使用时石屑的用量不应超过机制砂的用量。

(2) 细集料应干净、坚硬、干燥、无风化、无杂质或其他有害物质，并有适

当的颗粒级配。

(3) 细集料的质量技术和规格要求，应符合表 310-3 及表 310-4 的要求规定。

表 310-3 细集料质量技术要求

技术指标	要求	试验方法
表观相对密度	≤ 2.5	JTJ T0328-2005
坚固性 (>0.3mm 部分) 硫酸钠 (%)	≥ 12	JTJ T0340-2005
砂当量	≤ 60	JTJ T0334-2005
含泥量 (水洗法<0.075mm 颗粒含量) (%)	≥ 3	JTJ T0333-2000
棱角性 (流动时间) (s)	≤ 30	JTJ T0345-2005

表 310-4 沥青混合料用细集料规格要求

类别	通过下列筛孔 (方孔筛 mm) 的质量百分率 (%)							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S16	—	100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~8

注：1. 采用水洗法筛分。

2. 关于细集料中小于 0.075mm 颗粒含量的说明：对进场的拌和设备应事先标定经过二级除尘后各级热料仓中小于 0.075mm 的颗粒含量是否符合要求（0~3mm 热料仓中小于 0.075mm 颗粒含量不得超过 3%，其余各级热料仓中小于 0.075mm 颗粒含量不得超过 1%），如果设备之最大除尘能力仍不能满足此要求，应采取措施严格控制冷料加工过程中的粉尘含量，尤其是细集料中小于 0.075mm 颗粒的含量，并据此确定细集料中小于 0.075mm 颗粒含量的控制上限（将上表中 0.075mm 筛孔通过率的上限值下调，但不得上调）。

3. 填料

(1) 填料采用石灰岩石料经磨制的矿粉，不应含泥土杂质和团粒，要求干燥、洁净，其质量应符合表 310-5 的要求。

(2) 经监理人批准，采用水泥、石灰等作为填料时，其用量不宜超过集料总量的 2%。

(3) 矿粉罐应装备有破拱装置。

(4) 拌和楼回收的粉料不能用于拌制沥青混合料。

表 310-5 沥青面层用矿粉质量技术要求

指标		规定值
表观密度	不小于 (t/m ³ P3P)	2.5
含水量	不大于 (%)	1
粒度范围	<0.6mm (%)	100
	<0.15mm (%)	90~100
	<0.075mm (%)	75~100
亲水系数		<1

塑性指数	<4
外观	无团粒结块
加热安定性	实测记录

4.抗剥落剂

为保证沥青与集料间粘结力，提高抗水损害能力，要求采用增加沥青与集料间粘结力的措施，要求掺加抗剥落剂。抗剥落剂应满足：性能优良、稳定、持久、且施工易于操作。沥青中加入抗剥落剂后，应进行一定老化（薄膜烘箱中加热 96 小时，有条件时可再在压力老化仪 PAV 中进行）然后进行粘附性试验，经过初期老化后的混合料须进行浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验，并满足相应技术要求。沥青在添加化学抗剥落剂后针入度变化不超过-4 或+10 的范围。

抗剥落剂添加设备：有专门的流体抗剥落剂加热存储保温罐，通过管道混合器在沥青进入拌和楼前与沥青同步混合，该装置能对抗剥落剂的流速测定并数显，且能进行总量累计显示，当该装置的流速设定完毕后，不能随意更改。

5.沥青

(1) 使用的沥青材料为 SBS 改性沥青。

(2) 运到现场的每批沥青都应附有制造厂的证明和出厂试验报告，并说明装运数量、装运日期、订货数量等。

(3) 沥青材料的技术要求应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）表 4.2.1-2 的规定及满足表 310-6 中的相关要求，并取得监理人的批准。

(4) 承包人应于施工开始前 28d 将拟用的沥青样品和上述证明及试验报告提交监理人检验、批准。除监理人另有指示外，承包人不得在施工中以其它沥青替代。

(5) 进场沥青每批都应重新进行取样和试验。取样和试验应符合《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20-2011）的规定。

(6) 不同生产厂家、不同标号的沥青必须分开存放，不得混杂，并应有防水措施。

表 310-6 SBS 改性沥青技术指标要求

项目	技术指标	测试方法
针入度 25°C (0.1mm) 最小	50	T0604-2011
延度 5°C (cm) 最小	20	T0605-2011
软化点 (°C) 最小	75	T0606-2011
运动粘度 135°C (Pa.s) 最大	3	T0625-2011
闪点 (°C) 最小	230	T0611-2011
溶解度 (%) 最小	99	T0607-2011
离析, 软化点差 (°C) 最大	2.2	T0661-2011
弹性恢复 25°C (%) 最小	90	T0662-2000

项目		技术指标	测试方法
RTFOT 后残留物	质量损失 (%) 最大	±1.0	T0610-2011
	针入度比 (%) 最小	65	T0604-2011
	延度 5°C (cm) 最小	15	T0605-2011
SHRP 沥青结合料性能试验			
动态剪切 76°C G*/sinδ (KPa) 最小		1.0	T0628-2011
RTFOT 试验后			T0610-2011
动态剪切 76°C G*/sinδ (KPa) 最小		2.2	T0628-2011
压力老化后			T0630-2011
动态剪切 31°C G*.sinδ (KPa) 最大		5000	T0628-2011
蠕变劲度-12°C S (Mpa) 最大		300	T0627-2011
M 值 最小		0.3	
路用性能分级		PG76-22	AASHTO M320

6.路面试验室

试验室一般配置试验室主任 1 人、试验工程师 1-2 人，试验工 5-6 人。

310.03 沥青混合料组成设计

1. 沥青混合料各层应满足所在层位的功能性要求，便于施工，不容易离析。

2. 各层沥青混合料的技术标准应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）表 5.3.3-1~表 5.3.3-4 的规定，沥青混合料的各种使用性能检验应符合第 5.3.4 条的规定。同时须符合图纸要求。

3. 承包人应按目标配合比设计、生产配合比设计和生产配合比验证三个阶段进行沥青混合料的配合比设计。沥青混合料配合比的设计与检验应按《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）附录 B、C 或 D 规定的方法进行。

(1) 目标配合比设计阶段

目标配合比目的是确定拌和楼冷料仓的供料比例，进料速度及试拌使用。

从成品料仓的各种粗细集料中对不同集料不同位置分别取有代表性样品到试验室，将样品拌和均匀，按四分法取样，洗净烘干后，进行筛分试验，确定不同规格的粗细集料的实际颗粒组成，按筛分结果分别绘出各种集料的筛分曲线。

测定不同粒径的集料的毛体积密度、视密度和吸水率。在设计级配范围内选择粗、中、细不同配合比，根据成品料的颗粒组成进行试配，确定各种规格集料的比例。

根据经验，选择沥青用量，以 0.3% 间隔的油石比分别做马歇尔试验，测定试件密度并计算空隙率，沥青饱和度、矿料间隙率物理指标进行体积分析，测定马歇尔稳定度及流值等物理力学性质。确定最佳沥青用量。

按沥青面层所选定的沥青混凝土类型，根据 JTG F40-2004 的规定，面层沥青混

凝土应符合下表规定的马歇尔试验技术标准。

表 310-7 热拌沥青混凝土马歇尔试验技术标准

试验项目			普通沥青混凝土 AC-20C	SBS 改性沥青混凝土 AC-20C	SBS 改性沥青混凝土 AC-13C
马歇尔试件击实次数			两面击实 75 次		
空隙率 VV (%)			3~5	3~5	3~5
矿料间隙率 VMA (%)	设计空隙率 3%	不小于	12	12	13
	设计空隙率 4%	不小于	13	13	14
	设计空隙率 5%	不小于	14	14	15
沥青饱和度 VFA (%)			65~75	65~80	65~80
稳定度 (KN)		不小于	8.0	9.0	9.0
流值 (mm)			2~4	2~4	2~4
车辙试验动稳定度 (次/mm)		不小于	1000	4000	3200
沥青与石料的粘附性(级)		不小于	5	5	5
残留稳定度 (48h) (%)		不小于	80	85	80
冻融劈裂强度比 (%)		不小于	75	80	85
-10°C 弯曲试验破坏应变 ($\mu\epsilon$)		不小于	2000	2500	80
水系数 (ml/min)		不大于	120	120	2500
路面现场空隙率 (%)		不大于	7	7	7

注：当设计空隙率不足整数时，用内插法确定要求的最小 VMA；

2、由最大实测密度、稳定度、目标空隙率（或中值）、沥青饱和度范围的中值确定一最佳用油量范围；

3、采用车辙试验、冻融劈裂试验（试件的成型孔隙控制在 $7\% \pm 0.5$ ）对马歇尔混合料配合比进行验证。如验证不合格，应调整结合料用量或调整级配组成。

由上得到的目标配合比确定冷料仓的供料比例，进料速度和试拌使用。根据拌和机一小时生产的混合料计算各冷料仓每小时供应量，通过调试冷料仓供料的转速来实现目标配合比。对同一拌和厂两台拌和机，如果使用相同品种的矿料，可使用同一目标配合比。目标配合比需经驻地监理人审查，报总监批准后才能进行生产配合比设计。如果某种矿料产地、品种发生变化，必须重新进行目标配合比设计。

(2) 生产配合比阶段

在目标配合比确定以后，根据实际施工的拌和机进行生产配合比设计，生产配合比设计的目的是确定每个热料仓的比例，使进入拌和缸的各种集料组成符合要求的级配，每台拌和机均应进行生产配合比设计。

按目标配合比各冷料仓送料，集料通过烘干筒并通过二次除尘后通过拌和机筛分进入各热料仓，从各个热料仓中逐一放料到装载机斗，卸在平地上，从不同部分取样到试验室，用四分法取样品进行筛分试验。

根据各热料仓集料的颗粒组成，确定生产配合比和各热料仓比例做生产配合比的马歇尔试验，取目标配合比设计最佳油石比和 $\pm 0.3\%$ 三个油石比，确定生产配合比的油石比。

(3) 生产配合比验证阶段

按生产配合比确定的级配进行试拌，铺筑试验路。分析每次拌和各热料仓的质量和沥青用量和设置质量差异。并通过试拌决定拌和机的操作方式——如上料速度、拌和数量与拌和时间、拌和温度等。

分析每盘设置温度和出料温度差异。每盘分别取有代表性样品做抽提筛分试验和马歇尔试验，检验混合料级配和油石比，马歇尔指标，水稳性和高温稳定性。

4. 承包人应在 28d 前向监理人提交拟用的沥青混合料级配、沥青结合料用量及沥青混合料稳定度、流值、空隙率、动稳定度、残留稳定度等各项技术指标的书面详细说明。在承包人提交的目标配合比未经监理人批准前，不得进入生产配合比设计。

5. 如果承包人建议改变料源时，应在材料生产之前，把新的目标配合比设计报告监理人审批。审批新的工地拌和料级配时应做试验。由于这些变化而产生的所有费用都应由承包人支付。

6. 在沥青混合料配合比未被批准之前，不得进行下一步工序。未经监理人认可，批准的沥青混合料配合比和原材料品种不得更改。

7. 生产配合比在经监理人审核后，承包人应组织相关专家对生产配合比进行评审。

310.04 施工要求

1. 施工设备

(1) 沥青混合料拌和场

a. 拌和场应在其设计、协调配合和操作方面，都能使生产的沥青混合料符合工地配合比设计要求。拌和场必须配备足够试验设备的试验室，能及时提供试验资料，并将试验人员的资质及试验设备报请监理人批准。

b. 沥青混合料拌和设备

沥青混合料拌和机产量一般不低于 200T/h，采用间歇式拌和机，必须配备计算机设备，能采集打印每盘的材料用量、温度等各种参数作为计量支付质量证明附件依据。

拌和机设备在使用前，必须请计量部门对所有计量装置进行检验和标定，包括

集料、矿粉、沥青电子秤的标定，冷料给料系统的标定，温度系统的标定。

冷料仓一般需配置 6 个以上，各冷料仓之间应用不低 1.5m 的钢板分隔，以防冷料仓发生窜料，最靠近烘干筒的冷料仓装最细集料，依粒径由小到大依次编号，冷料仓的集料用量比例由目标配合比确定，生产时，冷料仓应按一定比例和速度供料。

冷料仓流量调试，找出流量关系与集料规格，出料口开启大小，转速之间的关系，并用流量关系曲线表示，根据计算的集料用量，在曲线查得所需转速。

在 1 号冷料仓装满集料，冷料仓出料口大小根据集料粗细由经验确定大小，在水平皮带运输机、选择某一转速，启动并开始计时，直至出料总重超过 10t 为止，并记录时间，根据称量总量及出料时间，计算出该转速的流量（t/h）调整 4—5 种转速，测定每个转速下的流量，用同样方法测定其它冷料仓不同规格的集料在不同转速时的流量，绘制出各冷料仓转速的流量的关系曲线。

在实际生产中，由于集料组成的变化，含水量的不同，需根据热料仓实际筛分结果对冷料仓流量进行调整，以达到冷、热料仓供料匹配，避免溢料，等料现象。

干燥滚筒的烘干能力与其几何尺寸有关系，与集料颗粒大小及含水量也有关系，若集料含水量增加 1%，烘干能力降低 10%，为了保证产量，尽量保持集料干燥，特别是细集料。

燃料一般采用柴油和燃料油，燃料油一般由于含杂质多，要加强过滤，要选择发热值高，能很好雾化，杂质少的燃烧油。

经常检查红外线测温器的镜头是否清洁，保持良好的感应能力。

除尘装置必须采用二级除尘方式，一级除尘一般采用旋风式除尘器，二次除尘装置采用袋式除尘装置，一级除尘大于 0.075 的颗粒应回收利用，小于 0.075 的粉尘进入袋式除尘装置，并放入带水的废池中。

测出集料含 0.075 以下粉尘比例，每天生产完及时清理废池中的粉尘，并拉出拌和站。

振动筛要合理选择安装倾斜角度，振幅和振动频率。筛分能力应大于热碎拌提升机的生产能力。

振动筛筛孔尺寸可按冷料分级尺寸相同，也可根据热料仓容积比例和拌制沥青混合料配合比决定。

经常检查筛网是否破损、松动，以便及时更换振动筛。

热料仓一般配置 4~5 个。热料仓配置越多，生产出来的沥青混合料级配越稳

定。

在拌合过程中，冷料仓和热料仓供料应相匹配，否则热料仓会出现等料和溢料现象。

搅拌缸衬板和搅拌叶片之间的间隙一般为8mm~10mm，当间隙大于20mm，应更换衬板和叶片。

每次工作结束时，先用热粗骨料干拌一次，然后用细集料干拌一次，来清洗搅拌缸粘附的沥青。

拌和时间越长，拌和均匀性越好，但沥青易老化，最终由试验确定。

干燥滚筒的直径与长度应与搅和机生产能力相匹配。

在干燥滚筒的出料口处应装有测温仪，并在控制室内能显示。

选择燃料应考虑发热值高、燃烧热效率高、杂质少的燃料，如柴油。

选择重油为燃料时，在燃烧之前应过滤其杂质。不得采用烧煤为燃料，其发热值低，灰分多、温度不易控制。

计量控制系统采用自动控制方式，配置计算机监控系统对称量、搅拌、温度进行动态监控。

计量控制系统的调试由供应商的专业人员进行调试。

在计算机设定某一热料仓称重值，集料放入搅拌缸、用装载机在搅拌缸接料后称重，检查计算机打印数据与实际称重的误差。

c.拌和场地布置，应保证热料运送距离合理，进出方便，电、水供应好，且远离居民区，并应符合《公路环境保护设计规范》（JTJ/T 006~98）的有关要求。

(2) 运料设备应采用干净有金属底板的自卸槽斗车辆运送混合料，车槽内不得沾有杂物。运输车辆应有保温措施，车槽四角应密封坚固。

(3) 摊铺机械

a. 沥青混合料摊铺设备应是自动式的，安装有可调的熨平板或整平组件。熨平板在需要时可以加热，能按照规定的典型横断面和图纸所示的厚度在车道宽度内摊铺，摊铺机应有振动夯锤或可调整振幅的振动熨平板的组合装置，夯锤与振动熨平板的频率和振幅，应能各自单独的调整。

b. 摊铺沥青混合料时，摊铺机的摊铺速度应根据拌和机产量、施工机械配套情况及摊铺层厚度、宽度确定。

c. 摊铺机应配备熨平板自控装置，传感器可通过基准线自动发出信号来操纵熨平板，使摊铺机能铺筑出理想的纵横坡度和平整度。

(4) 压实机械

压实设备应配有钢筒式压路机、轮胎式及振动压路机，能按合理的压实工艺进行组合压实。还应备有监理人认可的小型振动压路机具，以用于压路机不便压实的地方。配置规格及数量应满足图纸和实际施工需要。

2. 沥青混合料拌和

(1) 拌和时，宜控制每盘沥青混合料的重量使其大致保持一致，误差不超过15%为宜，同时每种规格的集料、矿粉和沥青都必须按批准的生产配合比准确计量，其计量误差应控制在规定的范围内。粗细集料应分类堆放和供料，取自不同料源的集料应分开堆放。每个料源的材料应进行抽样试验，并经监理人批准。

(2) 严格掌握沥青和集料的加热温度以及沥青混合料的出厂温度。集料温度应比沥青温度高10~15℃，热混合料成品在贮料仓储存后，其温度下降不应超过10℃，沥青混合料的施工温度控制范围见下表。

表 310-8 沥青混合料的施工温度 (°C)

沥青加热温度		145~165
混合料出厂温度		正常范围 170~185 超过 195°C者废弃
混合料运输到现场温度		不低于 165
摊铺温度	正常施工	摊铺温度
	低温施工	不低于 150
开始碾压混合料内部温度	正常施工	开始碾压混合料内部温度
	低温施工	不低于 145
碾压终了表面温度	轮胎压路机	碾压终了表面温度

(3) 拌和楼控制室要逐盘打印沥青及各种矿料的用量和拌和温度，并定期对拌和楼的计量和测温进行校核；没有材料用量和温度自动记录装置的拌和机不得使用。

(4) 拌和时间由试拌确定。必须使所有集料颗粒全部裹覆沥青结合料，并以沥青混合料拌和均匀为度。

(5) 要注意目测检查混合的均匀性，及时分析异常现象。如混合料有无花白、冒青烟、粗细集料离析和结团等现象。如确认是质量问题，应作废料处理并及时予以纠正。在生产开始以前，有关人员要熟悉本项目所用各种混合料的外观特征，这要通过细致的观察室内试拌的混合料而取得。

(6) 每台拌和机每天上午、下午各取一组混合料试样做马歇尔试验和沥青燃烧试验或抽提筛分试验，检验油石比、矿料级配和沥青混凝土的物理力学性质。油石比与设计值的允许误差-0.1%至+0.3%。矿料级配与生产设计标准级配的允许差值

- 0.075mm ±2%
- ≤2.36mm ±5%
- ≥4.75mm ±6%

(7) 每天结束后，用拌和楼打印的各料数量，进行总量控制。以各仓用量及各仓筛分结果，在线抽查矿料级配；计算平均施工级配和油石比，与设计结果进行校核；以每天产量计算平均厚度，与路面设计厚度进行校核。同时计算沥青混合料的允许偏差。

表 310-9 热拌沥青混合料允许偏差

项目	检查频率及单点检验评价方法	允许偏差	试验方法	
矿料级配	0.075	±2%	计算机采集数据计算	
	≤2.36	±5%		
	≥4.75	±6%		
	0.075	逐盘检查，每天汇总一次取平均值评定	±1%	JTG F40-2004 附录 G 总量检查
	≤2.36	±2%		
	≥4.75	±2%		
	0.075	每台拌和机，每天 1-2 次，以 2 个点试样平均值评定	±2%	T0725 抽提筛分与标准级配比较差
	≤2.36		±5%	
	≥4.75		±6%	
沥青用量	逐盘在线检测	±0.3%	计算机采集数据计算	
	逐盘检查，每天汇总一次取平均值评定	±0.1%	JTG F40-2004 附录 F 总量检查	
	每台拌和机，每天 1-2 次，以 2 个点试样平均值评定	±0.3%	T0722 T0721	

(8) 材料的规格或配合比发生改变时，都应根据室内试验资料进行试拌。试拌时必须抽样检查混合料的沥青含量、级配组成和有关指标，并报请监理人批准。

3. 沥青混合料运输

(1) 采用数字显示插入式热电偶温度计检测沥青混合料的出厂温度和运到现场温度。插入深度要大于 150mm。在运料卡车侧面中部设专用检测孔，孔口距车厢底面约 300mm。

(2) 拌和机向运料车放料时，汽车应前后移动，分几堆装料，以减少粗集料地分离现象。

(3) 沥青混合料运输车的运量应较拌和能力和摊铺速度有所富余，摊铺机前方应有五辆运料车等候卸料。

(4) 运料车应有良好的篷布覆盖设施，卸料过程中继续覆盖直到卸料结束取走篷布，以资保温或避免污染环境。

(5) 连续摊铺过程中，运料车在摊铺机前 10~30cm 处停住，不得撞击摊铺机。

卸料过程中运料车应挂空挡，靠摊铺机推动前进。

(6) 已经离析或结成团块或在运料车辆卸料时滞留于车上的混合料，以及低于规定铺筑温度或被雨水淋湿的混合料都应废弃。

(7) 运至铺筑现场的混合料，应在当天或当班完成压实。

4. 沥青混合料摊铺

(1) 半刚性基层沥青路面的基层与沥青层宜在同一年内施工，以减少路面开裂。在清扫干净的基层上，也可先做下封层，以防止基层干缩开裂，同时保护基层免遭施工车辆破坏，宜在铺设下封层后的 10~30d 内开始铺筑沥青面层的底面层。在经监理人验收合格的基层上，方可铺筑沥青混合料。**摊铺必须均匀、缓慢、连续不断地进行，是提高路面平整度最主要措施。**摊铺机的摊铺速度应根据拌和机的产量、施工机械配套情况及摊铺厚度、摊铺宽度，按 2~4m/min 予以调整选择，做到缓慢、均匀、不间断地摊铺。严禁任意以快速摊铺几分钟，然后再停下来等下一车料。用餐应分批轮换交替进行，切忌停铺用餐。争取做到每天收工停机一次。并在摊铺面层时必须采取措施防止层面之间被污染。

(2) 用机械摊铺的混合料未压实前，施工人员不得进入踩踏。一般不用人工不断地整修，只有在特殊情况下，如局部离析，需在现场主管人员指导下，允许用人工找补或更换混合料，缺陷较严重时应予铲除，并调整摊铺机或改进摊铺工艺。

(3) 下面层摊铺厚度采用钢丝引导的高程控制方式，上面层摊铺厚度采用走雪橇方式控制高程。钢丝为扭绕式，直径不小于 6mm，钢丝拉力大于 800N，每 5 米设一钢丝支架。采用两台摊铺机实施摊铺施工，靠中央分隔带侧摊铺机在前，左侧架设钢丝，摊铺机上安装横坡仪控制摊铺层横坡；后面摊铺机右侧架设钢丝，左侧在摊铺好的层面上走“雪橇”。两台摊铺机摊铺层的纵向接缝，应采用斜接缝，避免出现缝痕。通常应采用两台或两台以上摊铺机组成梯队联合摊铺，两台摊铺机前后的距离，一般为 10~20m。前后两台摊铺机轨道重叠 30~60mm。

(4) 沥青混合料的摊铺温度应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004) 表 5.6.6 的要求并应随沥青的标号及气温的不同通过试验确定。

(5) 摊铺机应调整到最佳工作状态，调好螺旋布料器两端的自动料位器，并使料门开度、链板送料器的速度和螺旋布料器的转速相匹配。螺旋布料器内混合料表面以略高于螺旋布料器 2/3 为度，使熨平板的挡板前混合料的高度在全宽范围内保持一致，避免摊铺层出现离析现象。

(6) 要注意摊铺机接料斗的操作程序，以减少粗细料的离析，并避免运料车

卸料时撞击摊铺机。

(7) 摊铺机熨平板必须拼接紧密，不许存有缝隙，防止卡入粒料将铺面拉出条痕。摊铺时应调整好摊铺机熨平板的激振强度，使各块熨平板激振力相一致。以避免激振强度强弱不均使铺层粗、细料在表面和铺层下部分布不均，摊铺的初压实度 $\geq 85\%$ 。

(8) 对于铺面上所出现洞眼，应在碾压前用人工及时填入适量热沥青混合料，以达到平整。

(9) 沥青混合料摊铺过程中随时检查其宽度、厚度、平整度、路拱及温度，对不合格之处应及时进行调整。

(10) 对外形不规则、路面厚度不同、空间受到限制以及人工构造物接头等摊铺机无法工作的地方，经监理人批准可以采用人工铺筑混合料。

5. 沥青混合料压实

(1) 混合料摊铺后应立即进行压实作业。压实分初压、复压和终压（包括成型）三个阶段，为保证压实度和平整度，初压应在混合料不产生推移、开裂等情况下尽量在摊铺后较高温度下进行。初压严禁使用轮胎压路机，以确保面层横向平整度。每阶段的碾压速度应符合下表要求。

表 310-10 热拌沥青混合料碾压速度 (km/h)

压路机类型	初 压		复 压		终 压	
	适宜	最大	适宜	最大	适宜	最大
钢轮式压路机	1.5~2	3	2.5~3.5	5	2.5~3.5	5
轮胎压路机		—	3.5~4.5	8	4~6	8
振动压路机	1.5~2 (静压)	5 (静压)	4~5 (振动)	4~5 (振动)	2~3 (静压)	5 (静压)

(2) 为避免碾压时混合料推挤产生拥包，碾压时应将驱动轮朝向摊铺机；碾压路线及方向不应突然改变；压路机启动、停止必须减速缓行，不准刹车制动。压路机折回不应处在同一横断面上。

(3) 压路机不得在未碾压成型和未冷却的路段上转向、制动或停留，每天摊铺结束时施工机械应停放于已经冷却的路面上。同时，应采取有效措施，防止油料、润滑脂、汽油或其它杂质在压路机操作或停放期间落在路面上。

(4) 压路机的碾压温度，应按试验路确定的碾压温度进行碾压，并应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)表 5.2.2 的要求，并根据混合料种类、压路机、气温、层厚等情况经试压确定。在不产生严重推移和裂缝的前提下，初压、复压、终压都应在尽可能高的温度下进行。同时不得在低温状况下作反复碾

压，以防石料棱角磨损、压碎、破坏集料嵌挤。

(5) 碾压中应注意压路机的粘轮现象，对于钢轮压路机和轮胎压路机应分别采用各自相适应措施进行处理。

(6) 宜对初压、复压、终压段落设置明显标志，便于司机辨认。对松铺厚度、碾压顺序、压路机组合、碾压遍数、碾压速度及碾压温度应设专岗管理和检查，使面层做到既不漏压也不超压，保持全路段压实均匀。

(7) 沥青混合料施工应按试验室标准密度和最大理论密度双控指标进行控制，即 AC-20C 压实度应大于试验室标准密度的 97%，并大于最大理论密度的 93%（对应现场空隙率为 7%，实际现场空隙率应控制在 4%~7%）。

(8) 在压路机压不到的其他地方，应采用小型振动压路机或振动夯板把混合料充分压实。已经完成碾压的路面，不得修补表皮。

(9) 桥面铺装不得采用振动碾压，应使用振荡式压路机。

6. 气候条件

(1) 沥青混合料的摊铺应避免在雨季进行。当路面滞水或潮湿时，应暂停施工。

(2) 当施工气温低于 10°C 时，不宜进行沥青面层施工。

(3) 未经压实即遭雨淋的沥青混合料应全部清除，更换新料。所发生的一切费用由承包人负担。

7. 路面平整度的控制

(1) 各面层平整度的质量缺陷应及时得到弥补，否则将会影响上一级面层的平整度。应特别注意清除表面污染，保证表面清洁；应按规定做好桥头搭板前后、面层施工接缝和桥梁接缝等位置衔接。

(2) 必须严格控制面层集料最大粒径的含量和级配的准确性，以减少压实系数的波动，从而保证路面平整度。

(3) 注意机械设备的调试和日常检修，应采用具有自动调整摊铺厚度装置（接触式或非接触式平衡梁）的摊铺机进行沥青面层施工；应注意减少压路机初压产生的推挤现象，保证平整度。

(4) 合理确定拌和、运输的生产能力和摊铺能力相匹配，以保证均匀、连续不断地摊铺。

8. 施工接缝的处理

(1) 纵向施工缝。采用两台摊铺机成梯队联合摊铺方式的纵向接缝，应采用

斜接缝。在前部已摊铺混合料部分留下 10~20cm 宽暂不碾压作为后高程基准面，并有 5~10cm 左右的摊铺层重叠，以热接缝形式在最后作跨接缝碾压以消缝迹。如果两台摊铺机相隔距离较短，也可做一次碾压。上下层纵缝应错开 15cm 以上。

(2) 横向施工缝。全部采用平接缝。用三米直尺沿纵向位置，在摊铺段端部的直尺呈悬臂状，以摊铺层与直尺脱离接触处定出接缝位置，用锯缝机割齐后铲除；继续摊铺时，应将摊铺层锯切时留下的灰浆清洗干净，涂上少量粘层沥青，摊铺机熨平板从接缝处起步摊铺；碾压时用钢筒式压路机进行横向压实，从先铺路面上跨缝逐渐移向新铺面层。

9. 取样和试验

(1) 沥青混合料应按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20-2011) 规定的方法取样，以测定矿料级配、沥青含量。混合料的试样，每台拌和机应在每天进行 1~2 次取样，并按《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004) 中表 11.4.4 的规定进行检验。

(2) 压实的沥青路面应按《公路路基路面现场测试规程》(JTG E60-2008) 要求的方法钻孔取样，或用核子密度仪测定其压实度。

(3) 所有试验结果均应报监理人审批。所发生的一切费用由承包人自理。

310.05 质量检验

1. 基本要求

- (1) 沥青混合料的矿料质量及矿料级配应符合设计要求和施工规范的规定。
- (2) 严格控制各种矿料和沥青用量及各种材料和沥青混合料的加热温度。
- (3) 拌和后的沥青混合料应均匀一致，无花白，无粗细料分离和结团成块现象。
- (4) 摊铺时应严格掌握厚度和平整度，细致找平，要注意控制摊铺和碾压温度，碾压至要求的密实度。

2. 检查项目

- (1) 原材料的质量检查：包括沥青、粗集料、细集料、填料。
- (2) 混合料的质量检查：油石比、矿料级配、稳定度、流值、空隙率、残留稳定度；混合料出厂温度、运到现场温度、摊铺温度、初压温度、碾压终了温度；混合料拌和均匀性。

热料仓集料稳定性，每天取热料仓各级料做筛分试验，分析每个热料仓集料颗粒组成是否变化。

检查沥青混合料拌合时间，沥青加热温度，集料加热温度沥青混合料出厂温度，运料车是否干净及保温措施。

检查回收粉尘是否废弃，矿粉添加量。每天上午和下午在运料车上或工地上取沥青混合料，一部分做抽提和筛分试验，一部分做马歇尔试验。

对沥青洒布车，沥青摊铺机、压路机等设备配套和运行状况进行检测，不符合要求设备要清理除场。

检查施工下承面是否干净、干燥和污染，透层是否破坏，粘尘是否补洒。检查沥青混合摊铺温度，松铺厚度，压路机碾压遍数，摊铺机和压路机速度。沥青混合料均匀性。

每天完工第二天应对沥青路面的压实度、厚度、渗水系数、平整度、高程、横坡度进行检查，及时发现问题。

(3) 面层质量检查：厚度、平整度、宽度、高程、横坡度、压实度、渗水系数、横向偏位。

沥青混凝土面层检查项目及检验标准见表 310-11。

表 310-11 沥青混凝土面层实测项目

序号	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法（每幅车道）
1	压实度（%）		试验室标准密度的 97%； 最大理论密度的 93%；	按 JTG F80/1-2004 附录 B 检查，每 200m 测 1 处
2	平整度	σ (mm)	1.2	平整度仪：全线每车道连续按每 100m 计算 IRI 或 σ
		IRI (m/km)	2.0	
3	弯沉值 (0.01mm)		符合设计要求	按 JTG F80/1-2004 附录 I 检查
4	渗水系数		沥青混凝土路面 120mL/min	渗水试验仪：每 200m 测 1 处
5	抗滑	摩擦系数	符合设计要求	摆式仪：每 200m 测 1 处
		构造深度		横向力系数车：全线连续，按 JTG F80/1-2004 附录 K 评定
6	厚度 (mm)	代表值	总厚度：设计值的 -5% 上面层：设计值的 -10%	按 JTG F80/1-2004 附录 H 检查，双车道每 200m 测 1 点
		合格值	总厚度：设计值的 -10% 上面层：设计值的 -20%	
7	中线平面偏位 (mm)		20	经纬仪：每 200m 测 4 点
8	纵断面高程 (mm)		± 15	水准仪：每 200m 测 4 断面
9	宽度 (mm)	有侧石	± 20	尺量：每 200m 测 4 处
		无侧石	不小于设计值	
10	横坡 (%)		± 0.3	水准仪：每 200m 测 4 断面

注：1.表内压实度可选用其中的 1 个或 2 个标准评定，选用两个标准时，以合格率低作为评定结果。

2.表列厚度仅规定负允许偏差。其他公路的厚度代表值和合格值允许偏差按总厚度计，当总厚度 ≤ 60 mm 时，允许偏差分别为 -5mm 和 -10mm；总厚度 > 60 mm 时，允许偏差分别为 -8% 和 -15% 的总厚度，H 为总厚度

(mm)。

3.外观鉴定

- (1) 表面平整密实，无泛油、松散、裂缝和明显离析等现象。
- (2) 表面无明显碾压轮迹。
- (3) 接缝紧密、平顺、烫缝不应枯焦。
- (4) 面层与路缘石及其他构筑物衔接平顺，无积水现象。
- (5) 沥青面层内部及表面的水要排除到路面范围之外，路面无积水。

第311节 改性沥青玛蹄脂碎石面层

311.01 范围

本节工作内容为在经监理人验收合格的封层及桥面防水粘结层上，按照图纸和监理人指示铺筑 SBS 改性沥青玛蹄脂碎石 SMA-13。它包括提供全部设备、劳力和材料，以及施工、养护、试验等全部作业。

311.02 材料

1.改性沥青

SBS 改性沥青玛蹄脂碎石 SMA-13 采用成品 SBS 改性沥青，其路用性能等级应满足 SHRP 分级 PG76-22 的技术要求，符合表 311-1 中的要求。

表 311-1 SBS 改性沥青技术指标要求

项目		技术指标		测试方法
针入度 25°C (0.1mm)	最小	50		T0604-2011
延度 5°C (cm)	最小	20		T0605-2011
软化点 (°C)	最小	70		T0606-2011
运动粘度 135°C (Pa.s)	最大	3		T0625-2011
闪点 (°C)	最小	230		T0611-2011
溶解度 (%)	最小	99		T0607-2011
离析, 软化点差 (°C)	最大	2.5		T0661-2011
弹性恢复 25°C (%)	最小	90		T0662-2000
RTFOT 后残留物	质量损失 (%)	最大	±1.0	T0610-2011
	针入度比 (%)	最小	65	T0604-2011
	延度 5°C (cm)	最小	15	T0605-2011
SHRP 沥青结合料性能试验				
动态剪切 76°C G*/sinδ (KPa)	最小	1.0		T0628-2011
RTFOT 试验后				T0610-2011
动态剪切 76°C G*/sinδ (KPa)	最小	2.2		T0628-2011
压力老化后				T0630-2011
动态剪切 31°C G*.sinδ (KPa)	最大	5000		T0628-2011

蠕变劲度-12°C (Mpa) M 值	最大	300	T0627-2011
	最小	0.3	
路用性能分级		PG76-22	AASHTO M320-05

2. 集料

(1) 粗集料

a. SBS 改性沥青玛蹄脂碎石 SMA-13 采用新鲜、坚硬、耐磨、洁净的玄武岩片石或辉长岩片石用大型联合碎石机（不少于三级，其中反击破不少于两级）轧制成的碎石，形状接近立方体，其技术指标符合表 311-2 要求。

表 311-2 粗集料技术指标要求

指标	要求	试验方法	
磨光值 (PSV)	不小于 42	T0321-2005	
*压碎值 (%)	不大于 26	T0316-2005	
*洛杉矶磨耗损失 (%)	不大于 28	T0317-2005	
粗集料	不大于 10		
针片状颗粒含量 (%)	粒径大于 9.5mm 部分	不大于 8	T0312-2005
	粒径小于 9.5mm 部分	不大于 12	
对沥青的粘附性 (级)	不小于 5	T0616-1993	
表观相对密度	不小于 2.6	T0304-2005	
软弱颗粒含量 (%)	不大于 3	T0320-2000	
水洗法小于 0.075mm 的颗粒含量 (%)	不大于 1	T0310-2005	
坚固性 硫酸钠 (%)	不大于 12	T0314-2000	
吸水率 (%)	不大于 2	T0304-2005	

b. 为保证沥青与集料的粘结力，提高抗水损害能力，要求采用增加沥青与集料间粘结力的措施，要求掺加抗剥落剂。抗剥落剂应满足：性能优良、稳定、持久，且施工易于操作。沥青中加入抗剥落剂后，应进行一定老化（薄膜烘箱中加热 96 小时，有条件的可在压力老化仪 PAV 中进行）然后进行粘附性试验，经过初期老化后的混合料须进行浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验，并满足相应技术要求。

(2) 细集料

SBS 改性沥青玛蹄脂碎石 SMA-13 细集料采用经专用设备加工的机制砂（新鲜的硬质石灰岩轧制）；细集料在加工过程中应吸尘；细集料中不得含有杂物。加工时应加设 3mm 筛，将石屑分成 3~5mm 和 0~3mm 两部分使用，应在破碎机上采取措施，使分得的 3~5mm 和 0~3mm 两种材料满足相应的规格要求。石屑用量不宜超过机制砂用量。细集料应耐嵌挤，颗粒饱满，且粉尘含量低，其技术指标应满足表 311-3 的要求，其规格应满足表 311-4 的要求。

表 311-3 细集料质量技术要求

指标	要求	试验方法
表观相对密度	≥2.6	T0329-2005
坚固性 (>0.3mm 部分) 硫酸钠 (%)	≤12	T0340-2005
砂当量	≥70	T0334-2005
亚甲蓝值 (g/Kg)	≤25	T0349-2005
棱角性 (流动时间) (s)	≥30	T0345-2005

表 311-4 石屑及机制砂规格要求

规格	公称粒径 (mm)	通过各个筛孔的质量百分率 (%)							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S16	0~3	-	100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~10

注：1.采用水洗法筛分；

2.关于细集料中小于 0.075mm 颗粒含量的说明：对进场的拌和设备应事先标定经过二级除尘后各级热料仓中小于 0.075mm 的颗粒含量是否符合要求（0~3mm 热料仓中小于 0.075mm 颗粒含量不得超过 3%，其余各级热料仓中小于 0.075mm 颗粒含量不得超过 1%），如果设备之最大除尘能力仍不能满足此要求，应采取措施严格控制冷料加工过程中的粉尘含量，尤其是细集料中小于 0.075mm 颗粒的含量，并据此确定细集料中小于 0.075mm 颗粒含量的控制上限（将上表中 0.075mm 筛孔通过率的上限 10% 下调，但不得上调）。

3. 填料

(1) 必须采用石灰岩等憎水性石料经磨细的矿粉，原石料中的泥土杂质应除净，拌和机回收的粉料不得用于拌制沥青混合料。

(2) 矿粉应干燥、洁净，能自由地从矿粉仓流出，其质量应符合表 311-5 要求。

表 311-5 沥青面层用矿粉质量技术要求

指标	要求	试验方法
表观密度 (t/m ³)	≥2.5	T0352-2000
含水量 (%)	≤1	T0332-1994
颗粒范围	<0.6mm (%)	100
	<0.15mm (%)	90~100
	<0.075mm (%)	75~100
亲水系数	<1	T0353-2000
塑性指数 (%)	<4	T0354-2000
加热安定性	实测记录	T0355-2000
外观	无团粒结块	观察

4. 抗剥落剂

为保证沥青与集料间粘结力，提高抗水损害能力，要求采用增加沥青与集料间粘结力的措施，要求掺加抗剥落剂。抗剥落剂应满足：性能优良、稳定、持久、且施工易于操作。沥青中加入抗剥落剂后，应进行一定老化（薄膜烘箱中加热 96 小

时，有条件时可再在压力老化仪 PAV 中进行）然后进行粘附性试验，经过初期老化后的混合料须进行浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验，并满足相应技术要求。沥青在添加化学抗剥落剂后针入度变化不超过-4 或+10 的范围。

抗剥落剂添加设备：有专门的流体抗剥落剂加热存储保温罐，通过管道混合器在沥青进入拌和楼前与沥青同步混合，该装置能对抗剥落剂的流速测定并数显，且能进行总量累计显示，当该装置的流速设定完毕后，不能随意更改。

5.纤维稳定剂

采用木质素纤维，要求其吸附沥青的能力强，施工分散性好，单位质量的纤维根数多，木质素纤维应选用原木浆生产的纤维。掺量按沥青混合料总量的质量百分率计，絮状木质素纤维的掺量不得少于 0.3%，颗粒状木质素纤维的掺量不得少于 0.4%。质量应符合表 311-6 的要求。纤维应在 250°C 的干拌温度下不变质、不发脆。

表 311-6 木质素纤维稳定剂质量技术要求

试验项目	技术指标	试验方法
纤维长度	≥6mm	水溶液用显微镜观测
灰分含量	18%±5%，无挥发物	高温 590~650°C 燃烧后，测定残留物
pH 值	7.5±1.0	水溶液用 pH 试纸或 pH 计测定
吸油率	不小于纤维质量的 5 倍	用煤油浸泡后，放在筛上，经振敲后称量
含水率	≥5%（质量百分比）	105°C 烘箱 2h 后，冷却称样
耐热性	颜色、体积基本无变化，热失重不大于 6%	210°C，2h

6.阻燃剂

隧道内沥青表面层 SMA-13 在拌和前，应先在改性沥青中掺加 5%~8% 改性沥青重量的阻燃剂，使其在空气中不易燃烧，氧指数应大于 23。

311.03 改性沥青试验及储存

1.改性沥青的试验

成品改性沥青应附有产品的说明书，并注明产品名称、代号、标号、运输、储存条件，使用方法、生产工艺、安全须知等。承包人使用前应取样进行检验。确认无明显分离，凝聚现象，且各项必能指标均符合上述要求，报监理人批准方可使用。

2.改性沥青的储存

成品改性沥青的储存应符合规定的要求，贮存时间不得超过保质期。经检验确认已经发生离析的改性沥青不得使用。

311.04 改性沥青混合料配合比设计

(1) 用于表面层的改性沥青玛蹄脂碎石 SMA-13 混合料的矿料级配以及试验

指标应符合表 311-7、311-8 的要求。

表 311-7 SMA-13 混合料级配范围

规格	通过各个筛孔的质量百分率 (%)									
	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
SMA-13	100	90~100	50~75	20~34	15~26	14~24	12~20	10~16	9~15	8~12

表 311-8 SMA-13 马歇尔试验配合比设计的技术要求

试验项目	技术要求	SMA-13
击实次数 (次)		双面各击 75
稳定度 (KN)	不小于	6.0
流值 (0.1mm)		—
空隙率 (%)		3~4
粗集料骨架空隙率 VCA _{mix}	不大于	VCA _{DRC}
沥青饱和度 (%)		75~85
矿料空隙率 (%)	不小于	17
沥青与石料的粘附性 (级)	不低于	5
谢伦堡沥青泄漏试验结合料损失 (%)	不大于	0.1
肯塔堡沥青混合料飞散试验混合料损失 (20°C) (%)	不大于	15
残留马歇尔稳定度 (48h) (%)	不小于	85
冻融劈裂强度比 (%)	不小于	80
渗水系数* (ml/min)	不大于	80
动稳定度 (次/mm)	不小于	5000
-10°C 弯曲试验破坏应变 (με)	不小于	2500
构造深度 (mm)	不小于	0.8
路面空隙率 (%)	不大于	6

注：1、混合料配合比设计步骤：1) 初选级配应满足 VCA_{mix}、VMA 的要求；2) 在初选级配的基础上，确定满足目标空隙率要求的最佳沥青用量；3) 采用车辙试验、肯塔堡飞散试验、谢伦堡析漏、冻融劈裂试验（试件的成型孔隙控制在 6%±1%）和浸水马歇尔试验、低温弯曲试验对混合料配合比进行验证。如验证不合格，应调整结合料用量或调整级配组成。

2、渗水系数的指标值同样适用于现场质量控制。

承包人应按目标配合比设计、生产配合比设计和生产配合比验证三阶段进行沥青混合料的配合比设计。

(1) 目标配合比设计阶段

目标配合比目的是确定拌和楼冷料仓的供料比例，进料速度及试拌使用。

a. 从成品料仓的各种粗细集料不同集料不同位置分别取有代表性样品到试验室，将样品拌和均匀，按四分法取样，洗净烘干后，进行筛分试验，确定不同规格的粗细集料的实际颗粒组成，按筛分结果分别绘出各种集料的筛分曲线。

b. 在设计级配范围内选择粗、中、细不同配合比，根据成品料的颗粒组成进行

试配，确定各种规格集料的比例。

c.测定不同粒径的集料的毛体积密度和视密度，吸水率，计算初试级配矿料的合成毛体积相对密度、合成表观密度、有效相对密度。

d.用捣实法测定粗集料骨架的松方毛体积相对密度，计算粗骨料混合料的平均毛体积相对密度和粗集料松装间隙率 VCA_{DRC} 。

e.根据计算方法或经验，选择初试沥青用量进行马歇尔试验。用表干法测定毛体积相对密度，计算 SMA 混合料的最大理论相对密度，其中的纤维部分的比例不得忽略。计算 SMA 马歇尔试件的粗集料骨架间隙率 VCA_{mix} 、空隙率 VV 、集料间隙率 VMA 、沥青饱和度 VFA 等指标。

f.从粗、中、细 3 组初试级配中选择符合 $VCA_{mix} < VCA_{DRC}$ 及 $VMA > 16.5\%$ 要求的级配，根据所选初试级配和初试油石比试验的空隙率结果，以 $0.2\% \sim 0.4\%$ 为间隔，调整 3 个不同的油石比分别做马歇尔试验，测定试件密度并计算空隙率，沥青饱和度、矿料间隙率物理指标进行体积分析，测定马歇尔稳定度及流值等物理力学性质。确定最佳沥青用量。

g.进行高温稳定性，水稳定性，低温抗裂性能检验、沥青析漏试验、肯特堡飞散试验。

h.由上得到的目标配合比确定冷料仓的供料比例，进料速度和试拌使用。

i.根据拌和机一小时的生产的混合料计算各冷料仓每小时供应量，通过调试冷料仓供料的转速来实供目标配合比。

(2) 生产配合比阶段

在目标配合比确定以后，根据实际施工的拌和机进行施工配合比设计。生产配合比设计的目的是确定每个热料仓的比例，使进入拌和缸和各种集料组成符合级配要求。

a.确定各热料仓矿料和矿粉的用量。按目标配合比各冷料仓送料，集料通过烘干筒并通过二次除尘后通过拌合机筛分进入各热料仓，从各个热料仓中逐一放料到装载机斗，卸在平地上，从不同部分取样到试验室，用四分法取样品进行筛分试验。根据筛分结果，通过计算，使矿料的级配符合目标配合比设计级配和规范要求，并特别注意使 0.075mm 、 4.75mm 和 9.5mm 的筛孔通过量控制接近 SMA-13 目标配合比设计级配。

b.确定最佳油石比。根据各热料仓集料的颗粒组成，确定生产配合比和各热料仓比例做生产配合比的马歇尔试验，取目标配合比设计最佳油石比和 $\pm 0.3\%$ 三个油

石比，制备马歇尔试件，计算试件的 VMA、VCA、VV 和 VFA，确定生产配合比的最佳油石比。

c. 生产配合比的检验。用以上生产配合比，进行沥青析漏试验、肯特堡飞散试验和残留马歇尔稳定度检验。

(3) 试拌阶段

按生产配合比确定的级配进行试拌，一般试拌 5-8 盘。

a. 分析每次拌和各热料仓的质量、沥青用量、纤维稳定剂用量和设置质量差异。

b. 分析每盘设置温度和出料温度差异。

c. 每盘分别取有代表性样品做抽提筛分试验和马歇尔试验，检验混合料级配和油石比、马歇尔指标、SMA 混合料体积指标、水稳性和高温稳定性。进行沥青析漏试验、肯特堡飞散试验。

(4) 马歇尔室内试验

a. 配合比设计时拌制改性沥青玛蹄脂碎石时需采用小型沥青混合料拌和机，以模拟生产实际情况。每组试件不少于 6 个。

b. 试件成型温度应符合下表规定：

表 311-9 改性沥青玛蹄脂碎石试拌与击实温度

矿料加热温度 (°C)	170~175
沥青加热温度 (°C)	160~170
沥青混合料拌和温度 (°C)	160~170
试模预热温度 (°C)	160~170
试件开始击实温度 (°C)	155~165
试件成型终了温度 (°C)	不低于 145

c. 改性沥青玛蹄脂碎石试件毛体积相对密度用表干法测定。

d. 每天用各原材料总量比例计算混合料最大理论相对密度并与生产配合比计算值进行验证，差值不应大于 0.005，否则应分析原因，论证后取值。

e. 试件的配料、拌和均应单个进行，以确保试验结果的一致性。

f. 改性沥青玛蹄脂碎石生产检验时，从拌和机上取样后立即制备试件，不许试样冷却后再次加热成型试件。

311.05 设备

1. 承包人应配置满足工程施工需要的、功能先进的、工作状态良好的机械设备。在施工过程中，如果监理人认为不能满足工程需要，或不能保证工程质量的机械设备，承包人应将其更换。

2. 沥青拌和场、运料设备、摊铺设备、压实机械等施工设备应满足相关要求。

311.06 施工

1.1 一般规定

- (1) 应具有下承层的“中间交工证书”。
- (2) 应具有经监理人批准的该层沥青混合料配合比设计资料和“开工报告”。
- (3) 对下承层应彻底清扫（冲洗）干净，并均匀洒布粘层沥青。
- (4) 严格控制摊铺层的设计高程、厚度、平整度、横坡度和压实度。
- (5) 根据气温情况严格控制混合料的施工温度。
- (6) 严格控制各道工序的质量，上道工序的质量未经检验合格并签认，不得进行下道工序的施工。
- (7) 气温 10℃以下或雨天不得进行改性沥青混合料路面施工。未压实而被雨淋的沥青混合料应铲除废弃，不得回收利用。
- (8) 集料应有篷盖，防止被水淋湿。
- (9) 注意机械设备检修调试，保证其正常运转。储备够使用半月以上的经检验合格的各种材料。
- (10) 木质素纤维或矿物纤维必须在室内架空堆放，严格防潮，保持干燥。
- (11) 对木质素纤维或矿物纤维添加设备进行计量标定，纤维添加设备不得受潮。
- (12) 改性沥青混合料路面施工应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）第 5 章的相关规定和图纸要求。

1.2 施工温度

改性沥青混合料的施工温度，应根据所用改性沥青的粘度与温度关系曲线确定，并参照《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）的表 5.2.2-3 的规定。改性沥青混合料的最低摊铺温度应不低于《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）的表 5.6.6 的规定和图纸要求。

1.3 改性沥青混合料的拌和

- (1) 粗、细集料应严格分类堆放和供料。不同料源即使粒径相同的集料也应分开堆放，且不能混合使用。每个料源的材料应进行抽样试验，并经监理人批准。
- (2) 必须严格按批准的配合比进行配料，并应将集料充分烘干。
- (3) 回收的粉尘不得利用，应全部废弃在指定地点进行处理防止污染环境。
- (4) 应严格控制拌和温度，不得超过 195℃；超过时必须废弃。
- (5) 木质素纤维的分散拌匀非常重要，应采取有效措施保证纤维的干燥和充

分分散拌匀。对于松散的絮状纤维应能自动打散上料，在矿料投入后喷入沥青的同时一次性喷入拌和机内，拌和时间宜延长 5 秒以上；对于颗粒状纤维则与矿料同时加入并干拌 5~10 秒（应能充分分散），再投入矿粉；湿拌时间一般较沥青混合料增加不少于 5 秒，总的湿拌时间不少于 45 秒。

(6) 采用人工添加木质素纤维易产生由于人为因素而少加或多加的现象，从而影响 SMA 的使用品质；因此必须采用机械添加木质素纤维，且应预先进行计量标定，同时应防止输送管道堵塞。

(7) 由于沥青可能会离析，SMA 混合料不应在贮料仓里储备时间过长，改性沥青混合料储存时间不应超过 24h。

(8) 出厂的沥青混合料应逐车用经过标定的地磅称重，同时测量其温度，签发运料单，归档备查。

(9) 如发现其配合比偏差过大或性能指标不合格时应立即通知停机，查明原因，予以调整。

(10) 拌和场应逐盘打印各种材料用量及预热温度、拌和温度与时间、沥青混合料重量与出厂时间等数据资料，进行总量控制。以各仓用量及各仓筛分结果，在线检查矿料级配；计算平均施工级配和油石比，与设计结果进行校核，以每天产量计算平均厚度，与路面设计厚度进行校核。并定期对拌和楼的计量系统进行校核。

(11) 要严格控制油石比和矿料级配，避免油石比不当而产生泛油和松散现象。每台拌和机开拌后每天上午、下午各取一组混合料试样做马歇尔试验和抽提筛分试验，检验油石比、矿料级配和改性沥青玛蹄脂碎石的物理力学性质，每周应检验 1~2 次残留稳定度。

(12) 拌和楼应配备添加抗剥落剂、木质素纤维的自动添加设备，且计量系统准确。

1.4 改性沥青混合料的运输

(1) 拌和机向运料车放料时，汽车应前后移动，分三堆装料，以减少粗集料的分离现象。宜采用较大吨位的运料车运输，但不得超载运输，或紧急制动、急转弯掉头，使透层、封层造成损伤。运量应较拌和能力和摊铺速度有所富余，摊铺机前方应有四辆以上运料车等候卸料，以便摊铺机能按一定速度连续摊铺，不得停机待料。

(2) 运料车应用完整无损的双层篷布夹棉被方式覆盖车箱，以便保温防雨或避免污染环境。每次使用前后必须清扫干净，在车厢板上涂一薄层防止沥青粘结的

隔离剂或防粘剂，但不得有余液积聚在车厢底部。

(3) 运料车进入摊铺现场时，轮胎上不得粘有泥土等可能污染路面的脏物。连续摊铺过程中，运料车在摊铺机前 10~30cm 处停住，不得撞击摊铺机。卸料过程中运料车应挂空挡，靠摊铺机推动前进。

(4) 运料车每次卸料必须倒净，如有剩余，应及时清除，防止硬结。

1.5 改性沥青混合料的摊铺

(1) 摊铺机应根据摊铺宽度配置合理长度的螺旋布料器和熨平板，布料器外侧螺旋距挡板的距离不应超过 30cm；

(2) 摊铺机应调整到最佳工作状态，调试好螺旋布料器两端的自动料位器，并使料门开度、链板送料器的速度和螺旋布料器的转速相匹配。

(3) 摊铺时螺旋布料器的料量应控制在 2/3 螺旋高度附近，使熨平板的挡料板前混合料在全宽范围内均匀分布，并在每天起步前就应将料量调整好，再实施摊铺，避免摊铺层出现离析现象；并随时分析、调整粗细料是否均匀，检测松铺厚度是否符合规定。摊铺前应将熨平板预热至规定温度（不低于 100℃），摊铺时熨平板应采用中强夯等级，使铺面的初始压实度不小于 85%。摊铺机熨平板必须拼接紧密，不许存有缝隙，防止卡入粒料将铺面拉出条痕。

(4) 连续稳定的摊铺，是提高路面平整度最主要措施。宜采用两台摊铺机梯队摊铺，以提高摊铺层均匀性和压实度。摊铺机的摊铺速度应根据拌和机的产量、施工机械配套情况及摊铺厚度来选择，一般按 2~3m/min 予以调整，做到缓慢、均匀、不间断地摊铺。不应任意以快速摊铺几分钟，然后再停下来等下一车料。用餐应分批轮换交替进行，切忌停铺用餐，争取做到每天收工停机一次。

(5) 由两台摊铺机联合作业实施摊铺，前摊铺机过后，摊铺层纵向接缝上应呈斜坡，后面摊铺机应跨缝 5cm~10cm 摊铺。两台摊铺机距离不应超过 10m。要注意两台摊铺机的横坡一致。

(6) 上面层找平一般采用自动找平装置，可选择的有浮动式基准梁，超声波自动找平仪，激光扫描自动找平仪，摊铺机行走基面要清扫干净，以免影响自动调平精度。

(7) 随时检测摊铺厚度，以便调整，每车需检测摊铺温度，并做好记录。

(8) 用机械摊铺的混合料未压实前，施工人员不得进入踩踏。一般不用人工不断地整修，只有在特殊情况下，需在现场主管人员指导下，允许用人工找补或更换混合料，缺陷较严重时应予铲除，并调整摊铺机或改进摊铺工艺。

(9) 要注意摊铺机接料斗的操作程序，以减少粗细料离析。摊铺机集料斗应在刮板尚未露出，尚有约 10cm 厚的热料时，下一辆运料车即开卸料，做到连续供料，并避免粗料集中。

(10) 摊铺应选择在当日高温时段进行，路表温度低于 15℃ 时不宜摊铺。摊铺遇雨时，立即停止施工，并清除未压实成型的混合料。遭受雨淋的混合料应废弃，不得卸入摊铺机摊铺。

(11) 在摊铺过程中应随时观察摊铺机的工作状态和摊铺层的外观质量，出现异常且调节无效时，应立即停机查明原因，进行调整。对不合格的摊铺层经过整修仍不达标时，应铲除重铺。

(12) 在摊铺过程中应跟踪检测质量，发现缺陷应“趁热”修补；修补不好的应刨除重铺。

(13) 在没有其他负面影响的前提下，应将熨平板的振频振幅调整到摊铺层的压实度达到 85%，且以高频低幅为宜。

1.6 压实

(1) 沥青混合料的压实是保证面层质量的重要环节，混合料摊铺后无明显质量缺陷时，应随即通过试验段确定的压实设备和工艺进行碾压，防止因降温而影响压实密度。改性沥青 SMA 混合料的碾压设备一般采用大吨位的双钢轮振动压路机，遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的碾压方式。通常可采用如下的碾压组合：钢轮静压 1 遍+钢轮振压 4 遍+钢轮静压收迹 1~2 遍。改性沥青混合料一般应在温度降至 120℃ 前结束碾压作业。

(2) 初压应尽量在较高温度下进行；复压应紧跟初压。在初压和复压过程中，宜采用同型号压路机并列成梯队压实，不宜采用首尾相接的纵列方式。采用振动压路机压实改性沥青 SMA 混合料时，压路机轮迹重叠宽度不应超过 20cm，当采用静载压路机时，压路机的轮迹应重叠 1/3~1/4 碾压宽度。当出现粘轮现象时，不得向压路机涂油或油水混合液，必要时可喷涂清水或皂水。

(3) 压路机应以缓慢而均匀的速度碾压，压路机适宜的碾压速度随初压、复压、终压及压路机的类型而别，可能过试铺确定。一般情况下，初压 2~4km/h，复压 3~5km/h。

(4) 为避免碾压时混合料推挤产生拥包，碾压时应将驱动轮朝向摊铺机；碾压路线及方向不应突然改变；压路机启动、停止必须减速缓行，不准刹车制动。压路机折返时应呈梯形，不应处在同一横断面上。

(5) 要对初压、复压、终压段落设置明显标志，便于司机辨认。对松铺厚度、碾压顺序、压路机组合、碾压遍数、碾压速度及碾压温度应设专岗管理和检查，使面层做到既不漏压也不超压。改性沥青 SMA 混合料的施工温度应满足下表的要求。

表 311-10 改性沥青玛蹄脂碎石施工温度

矿料加热温度 (°C)	180~200
沥青加热温度 (°C)	165~175
沥青混合料出厂温度 (°C)	175~185, 超过 195 废弃
运到现场温度 (°C)	不低于 165
摊铺温度 (°C)	不低于 165, 低于 140 废弃
初压温度 (°C)	不低于 160
复压温度 (°C)	140~150
终压温度 (°C)	不低于 120

在压实度达到马歇尔密度的 98%以上，或者路面现场空隙率不大于 6%后，不再作过度碾压。如碾压过程中发现有沥青玛蹄脂上浮或集料压碎、棱角明显磨损等过碾现象时，应停止碾压。

改性沥青混合料碾压较困难，需要更多的压实功，应尽可能提高碾压温度和振动频率，在其不稳定温度区以上获得足够的密度。如果在指定温度内还未压实，则应改用轮胎压路机碾压，不能用钢轮碾，更不能起振，防止推移破坏。

改性沥青混合料碾压过程中，应密切注意压实度的变化情况，既要达到压实标准，又要防止过度碾压而破坏集料的棱角嵌挤，或出现弹簧现象。

碾压时，压路机不得中途停留、转向或紧急制动。当压路机来回交替碾压时，前后两次停留地点应相距 10m 以上，并应驶出压实起始线 3m 以外。

SMA 路面除试验证明采用轮胎压路机碾压有良好效果外，不宜采用轮胎压路机碾压，以防止将沥青结合料搓揉挤压上浮。

SMA 路面宜采用振动压路机或钢筒式压路机碾压，振动压路机的碾压应遵循“高温、紧跟、匀速、慢压、高频、低幅、先边、后中”的原则。

(6) 改性沥青 SMA 混合料在碾压过程中，可以发现混合料能在高温状态下用振动压路机碾压而不产生推拥，碾压成型后表面有足够的构造深度又基本上不透水。

(7) 在当天碾压的尚未冷却的沥青混凝土层面上，不得停放压路机或其他车辆，并防止矿料、油料和杂物散落在沥青层面上。

(8) 压实完成 12 小时后，方能允许施工车辆通行。

1.7 施工接缝的处理

(1) 纵向施工缝：对于采用两台摊铺机成梯队联合摊铺方式的纵向接缝，应

在前部已摊铺混合料部分留下 10~20cm 宽暂时不碾压作为后高程基准面，并有 5~10cm 左右的摊铺重叠，以热接缝形式在最后做跨缝碾压清除缝迹。上中层纵缝应错开 15cm 以上，并避开轮迹带。

(2) 横向施工缝：每天施工结束前，摊铺机在摊铺最后路面时，尽量把沥青混合料摊铺在一个断面上，并铺以人工修整齐断面，压路机碾压完毕后，用三米直尺沿沥青路面纵面放置，找出平整度变化点，一个断面测 4~5 个点，选择最后一点位置垂直于纵向用三米直尺划线，用切割机沿划线切割，并将此部分料铲除、清扫。第二次施工在横向接缝处人工均匀洒粘油，接缝要保持干燥、干净，不得有水和杂物。横向接缝碾压，先用钢轮横向碾压，压路机主机位于已施工完的沥青路面上，伸入新铺沥青混合料层 15cm~20cm，碾压一遍后，检查平整度，看是否补料或打除一部分料，处理完毕后再进行碾压，每碾压一遍，压路机向新铺路面移动 20~30cm，直到压路机全部在新铺路面上为止。

311.07 质量检验

1. 基本要求

- (1) 基质沥青及改性剂和各种集料均应符合图纸及规范要求。
- (2) 改性沥青混合料级配及各项技术指标应符合图纸和规范要求。
- (3) 拌和后的混合料均匀一致，无花白、离析和结团现象。
- (4) 改性沥青混合料碾压后达到规定的压实度要求。

2. 检查项目

(1) 原材料的质量检查：包括沥青、粗集料、细集料、填料、木质素纤维或矿物纤维、抗剥落剂等。

(2) 混合料的质量检查：油石比、矿料级配、稳定度、流值、空隙率、残留稳定度、动稳定度、冻融劈裂、析漏、分散；混合料出厂温度、运到现场温度、摊铺温度、初压温度、碾压终了温度；混合料拌和均匀性。

(3) 面层质量检查：厚度、平整度、宽度、横坡度、压实度、横向偏位；摊铺的均匀性，同时还应进行构造和摆式摩擦系数的跟踪检测。

(4) 施工压实度的检测以钻孔法为准，用核子仪检查时应通过以钻孔密度的标定关系进行换算，标定关系须经总监办批准。钻孔检测频率按设计要求规定取样。芯样可由监理组、施工单位共用，分别进行相关试验检测。

(5) 面层混合料的离析包括沥青混合料的温度离析和沥青混合料的级配离析。离析可以暂时作如下控制：

- ①施工过程中采用红外温度探测器检测的温度差不应超过 20℃；
- ②构造深度的大值与平均值之比不应超过 1.5。

第312节 改性沥青PAC-13沥青混合料

312.01 范围

本节工作内容为在已处治并经监理人验收合格的下承层上，设置防水粘结层后铺设PAC-13排水沥青路面，它包括所需的设备、劳力和材料，以及施工、试验等全部作业。

312.02 材料

1.改性剂及高粘改性沥青

用于排水路面的沥青混合料必须具有较高的粘度，与集料有良好的粘附性，采用成品SBS改性沥青与高粘度改性剂进行复合改性工艺，高粘改性剂掺量不低于8%，具体掺量可根据试验确定。排水降噪路面PA-13所用高粘度改性剂技术指标应满足表312-1、表312-2要求。

表 312-1 高粘度改性剂技术要求

指标	单位	技术要求
外观	-	颗粒状，均匀、饱满
单粒颗粒质量	g	≤0.03
密度	g/cm ³	0.9~1.0
熔融指数	g/10min	≥2.0
灰分含量	%	≤2.0

表 312-2 高粘度改性沥青技术要求

指标	技术要求	单位	试验方法
针入度 25℃, 100g, 5s	不小于	40	0.1mm T 0604-2011
软化点 TR&B	不小于	90	℃ T 0606-2011
延度 5℃, 5cm/min	不小于	30	cm T 0605-2011
溶解度	不小于	99	% T 0607-2011
布氏黏度 (170℃)	不大于	3	Pa·s T 0625-2011
动力粘度 (60℃)	不小于	200000	Pa·s T 0620-2000
黏韧性 25℃	不小于	25	N·m T 0624-2011
韧性 25℃	不小于	20	N·m T 0624-2011
弹性恢复 25℃	不小于	95	% T 0662-2000
闪点	不小于	230	℃ T 0611-2011
密度 25℃		实测	g/cm ³ T 0603-2011
TFOT 后残留物			
质量变化	不大于	±1	% T 0609-2011
针入度比 25℃	不小于	65	% T 0604-2011

指标	技术要求	单位	试验方法
延度 5°C	不小于	cm	T 0605-2011

注：试验方法依据《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20-2011）。

2. 集料与填料

(1) 粗集料

1) 采用新鲜、坚硬、耐磨、洁净的玄武岩片石用大型联合碎石机（不少于三级，其中反击破不少于两级）轧制成的碎石，形状接近立方体。其技术指标满足的要求，破碎后的粗集料规格应满足的要求，4.75mm 筛孔的通过率应控制在 10% 以下。

表 312-3 粗集料质量技术要求

指标	要求	试验方法
软弱颗粒含量 (%)	不大于 1	T0320-2000
坚固性 硫酸钠 (%)	不大于 8	T0314-2000
压碎值 (%)	不大于 18	T0316-2005
高温压碎值 (%)	不大于 23	T0316-2005
*洛杉矶磨耗损失 (%)	不大于 20	T0317-2005
磨光值 (PSV)	不小于 42	T0321-2005
对沥青的粘附性 (级)	不小于 5	T0616-1993
水洗法小于 0.075mm 的颗粒含量 (%)	不大于 1	T0310-2005
表观相对密度	不小于 2.7	T0304-2005
毛体积相对密度	不小于 2.6	T0304-2005
吸水率 (%)	不大于 2.0	T0304-2005
针片状颗粒含量 (%)	粗集料	不大于 12
	粒径大于 9.5mm 部分	不大于 10
	粒径小于 9.5mm 部分	不大于 12

注：对于带“*”各项的指标要求，原材料及经过 200°C 高温处理后都必须满足要求。试验依据《公路工程集料试验规程》JTG E42-2005。

表 312-4 粗集料规格要求

规格	公称粒径 (mm)	通过各个筛孔的质量百分率 (%)					
		19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
S10	10~15	100	90~100	0~15	0~5		
S12	5~10		100	90~100	0~15	0~5	

2) 为保证沥青与集料的粘结力，提高抗水损害能力，要求采用增加沥青与集料间粘结力的措施，要求掺加抗剥落剂。抗剥落剂应满足：性能优良、稳定、持久，且施工易于操作。沥青中加入抗剥落剂后，应进行一定老化（薄膜烘箱中加热 96 小时，有条件时可在压力老化仪 PAV 中进行）然后进行粘附性试验，经过初期老化后的混合料须进行浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验，并满足相应技术要求。

(2)细集料

采用玄武岩由专用设备加工的机制砂，应耐嵌挤，颗粒饱满、粉尘含量低，生产应具备吸尘或水洗设备，以减少粉尘含量，使0.075mm的通过率不得超过10%，热仓细集料中0.075mm通过率不得大于3%，其技术指标应满足要求。细集料规格应满足表312-6级配组成要求，有条件时宜分成2~3档备料。

表 312-5 细集料质量技术要求

指标	要求	试验方法
表观相对密度	不小于 2.6	T0328-2005
坚固性(>0.3mm 部分) 硫酸钠 (%)	不大于 3	T0340-2005
砂当量	不小于 60	T0334-2005
亚甲蓝值 (g/kg)	不大于 1.5	T0349-2005
棱角性 (流动时间) (s)	不小于 30	T0345-2005

注：试验依据《公路工程集料试验规程》JTG E42-2005。

表 312-6 机制砂规格要求

公称粒径 (mm)	通过各个筛孔的质量百分率 (%)						
	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
0~3	100	90~100	60~90	25~60	8~45	0~25	0~10

注：1.采用水洗法筛分；

2.关于细集料中小于 0.075mm 颗粒含量的说明：对进场的拌和设备应事先标定经过二级除尘后各级热料仓中小于 0.075mm 的颗粒含量是否符合要求（0~3mm 热料仓中小于 0.075mm 颗粒含量不得超过 3%，其余各级热料仓中小于 0.075mm 颗粒含量不得超过 1%），如果设备之最大除尘能力仍不能满足此要求，应采取措施严格控制冷料加工过程中的粉尘含量，尤其是细集料中小于 0.075mm 颗粒的含量，并据此确定细集料中小于 0.075mm 颗粒含量的控制上限(将上表中 0.075mm 筛孔通过率的上限 10% 下调，但不得上调)。

(3) 填料

采用石灰石等碱性岩石磨细的矿粉，矿粉必须保持干燥，能从填料仓自由流出，不得使用回收粉尘。可使用消石灰或水泥替代部分矿粉，但替代添加量不宜超过矿粉用量的50%。为减少粉尘排出量，在轧制碎石及机制砂时，应采用洁净的材料轧制，调整碎石机工艺，尽可能减少粉尘的排出量。矿粉必须贮放在室内，被雨淋湿的和已结块的矿粉不得使用，其技术指标应满足下表的要求。

表 312-7 矿粉质量技术要求

指标	要求	试验方法
----	----	------

指标	要求	试验方法
表观密度 (t/m ³)	不小于 2.6	T0352-2000
含水量 (%)	不大于 1	T0332-2005
外观	无团粒结块	观察
亲水系数	<0.8	T0353-2000
塑性指数 (%)	<4.0	T0354-2000
加热安定性	无明显变化	T0355-2000
颗粒范围	<0.6mm (%)	100
	<0.30mm (%)	95~100
	<0.15mm (%)	90~100
	<0.075mm (%)	75~100

注：试验依据《公路工程集料试验规程》JTG E42-2005。

312.03 改性沥青混合料配合比设计

排水沥青混合料 PAC-13 配合比设计，应严格按照目标配合比、生产配合比设计、生产配合比验证三个设计阶段确定混合料的配合比、矿料级配组成及混合料的各项性能指标应满足表 312-8 表 312-9 的要求。

表 312-8 PAC-13 矿料级配要求

规格	通过各个筛孔的质量百分率 (%)									
	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
PAC-13	100	90~100	40~71	10~30	9~20	7~17	6~14	5~12	4~9	3~7

表 312-9 PAC-13 推荐技术指标要求

试验项目	技术要求	试验方法
马歇尔试件尺寸 (mm)	φ101.6×63.5	T 0702-2011
马歇尔试件击实次数 (次)	双面击实 50 次	T 0702-2011
空隙率 (%)	18~25	T 0708-2011
稳定度 (kN)	不小于 5.0	T 0709-2011
浸水马歇尔试验残留马歇尔稳定度 (%)	不小于 85	T 0709-2011
冻融劈裂试验残留强度比 (%)	不小于 80	T 0729-2011
析漏损失 (%)	不大于 0.8	T 0732-2011
肯塔堡飞散损失 (%)	不大于 15	T 0733-2011
浸水肯塔堡飞散损失 (%)	不大于 20	T 0733-2011
动稳定度 (次/mm)	不小于 5000	T 0719-2011
低温弯曲试验破坏应变 (μ ϵ)	不小于 2500	T 0715-2011
渗水试验 (车辙板) (ml/min)	不小于 5000	T 0730-2011

310.04 改性沥青混合料路面施工设备

当使用高粘度沥青添加剂时，拌和锅应设投料口，宜采用自动装置添加改性剂，核查计量装置的准确性，保证投放时间；若项目实施规模小，可采用人工添加，但应安装响铃提醒装置或视频监控设备。

310.05 改性沥青混合料路面施工

1.施工温度

温拌沥青混合料在拌和、摊铺、压实过程中与不加温拌剂的沥青混合料相比降低20~30℃。正常使用状态下温拌沥青混合料性能不能低于不加温拌剂的沥青混合料，其拌和、碾压温度还应结合运距、考虑改性沥青的粘温曲线试验或试验段综合确定，温拌剂宜选用有大规模工程实践经验的产品，其性能已得到成功验证，在基础温度拌和不失效。在加工温拌沥青混合料时，集料应雨棚覆盖，确保干燥，可适当提高集料加热温度。

2.改性沥青混合料的拌和

(1) 拌和场应逐盘打印各种材料用量及预热温度、拌和温度与时间、沥青混合料重量与出厂时间等数据资料，进行总量控制。以各仓用量及各仓筛分结果，在线检查矿料级配；计算平均施工级配和油石比，与设计结果进行校核，以每天产量计算平均厚度，与路面设计厚度进行校核。并定期对拌和楼的计量系统进行校核。

(2) 要严格控制油石比和矿料级配，避免油石比不当而产生泛油和松散现象。每台拌和机开拌后每天上午、下午各取一组混合料试样做马歇尔试验和抽提筛分试验，检验油石比、矿料级配和改性沥青玛蹄脂碎石的物理力学性质，每周应检验4~2次残留稳定度。改性沥青混合料拌和的允许偏差见下表。

表 312-10 热拌沥青混合料允许偏差

项目		检查频率及单点检验评价方法	允许偏差	试验方法
矿料级配	0.075mm	逐盘在线检测	±2%	计算机采集数据计算
	≤2.36mm		±5%	
	≥4.75mm		±6%	
	0.075mm	逐盘检查，每天汇总1次取平均值评定	±1%	JTG F40-2004 附录 G 总量检验
	≤2.36mm		±2%	
	≥4.75mm		±2%	
0.075mm	每台拌和机，每天1~2次，以2个试样平均值评定	±2%)	T0725 抽提筛分与标准级配比较的差	
≤2.36mm		±5%		
≥4.75mm		±6%		
沥青用量		逐盘在线检测	±0.3%	计算机采集数据计算
		逐盘检查，每天汇总1次取平均值评定	±0.1%	JTG F40-2004 附录 F 总量检验
		每台拌和机，每天1~2次，以2个试样平均值评定	±0.3%	T0722、T0721

注：1、单点检验是指试验结果以一组试验结果的报告值为一个测点的评价依据，一组试验有多个试样时，报告值的取用按现行《公路工程沥青与沥青混合料试验规程》的规定执行。

2、油石比抽提试验应事先进行空白试验标定，提高测试数据准确度。

(3) 粗、细集料应严格分档配制拌和，确保均匀性。对于路面面层使用的集

料，分档应符合图纸要求，集料分档不得重叠叉档配置。

(4) 集料在拌和前必须有充足的烘干时间，并应加强检测。要求拌和前应每天对集料进行含水量试验，及时调整烘干温度和时间。同时，要求对已作烘干处理的材料加强抽检，确保含水量不超标。拌和时，每种规格的集料、矿粉和沥青都必须按批准的生产配合比准确计量，其计量误差应控制在规定的范围内。表面层粗集料的吸水率大于 1.5% 时，应延长烘干时间。

(5) 在集料级配或石质产生明显变化时，应及时调整配合比，以保证沥青混合料的质量和均匀性。材料的规格或配合比发生改变时，都应根据室内试验资料进行试拌。试拌必须抽样检查混合料的沥青含量、级配组成和有关指标，并报请监理人批准。

(6) 拌和楼料斗隔板应加高，避免不同规格集料发生串料现象；装载机从底部垂直装料，装料应尽量均匀，以确保生产配合比的准确性。

(7) 拌和楼控制室要逐盘打印沥青及各种矿料的用量和拌和温度，并定期对拌和楼的计量和测温进行校核（沥青计量设备的标定每月不少于两次）、没有材料用量和温度自动记录装置的拌和楼不得使用。

(8) 拌和时间由试拌确定。间歇式拌和楼每盘的生产周期改性沥青混合料的拌和时间不宜少于 60s。沥青混合料拌和应调整沥青、矿料添加的延迟时间，确保沥青先与集料接触，添加沥青中途才开始添加矿粉，使所有集料颗粒全部裹覆沥青结合料，并确保沥青混合料的拌和均匀。

排水沥青混合料 PA-13 推荐干拌 8~10s，湿拌 45s，应以混合料拌和均匀、所有矿料颗粒全部裹覆沥青结合料为度，无花白料、无结团成块或严重的粗细集料分离现象。

(9) 要注意目测检查混合的均匀性，及时分析异常现象。如混合料有无花白、冒青烟和离析等现象。如确认是质量问题，应作废料处理并及时予以纠正。在生产开始以前，有关人员要熟悉本项目所用各种混合料的外观特征，这要通过细致地观察室内试拌的混合料而取得。

3. 沥青混合料的运输

(1) 混合料在运输、等候过程中，如发现有沥青结合料沿车厢滴漏时，应采取措​​施予以避免。

(2) 采用数字显示插入式热电偶温度计检测沥青混合料的出厂温度和运到现场温度。插入深度要大于 150mm。在运料卡车侧面中部设专用检测孔，孔口距车箱

底面约 300mm。排水沥青混合料PA-13到达现场时混合料温度不应低于170℃。

(3) 拌和楼向运料车放料时，汽车应前后移动进行分层装料，移动次数尽可能多，并至少移动三次，以减少粗集料的分离现象。

(4) 应采取在摊铺机输送螺旋的前挡板下部加设柔性挡板；运料车增加尾侧挡板，并多级顶升卸料；摊铺机喂料斗翼板慢速合拢等措施，以有效减少离析，确保摊铺均匀性。

(5) 沥青混合料运输车的运量应较拌和能力和摊铺速度有所富余，摊铺机前方应有四辆运料车等候卸料。运料车尾部应加焊侧板，减少卸料时离析现象发生。

(6) 运料车应有良好的篷布覆盖设施，卸料过程中继续覆盖直到卸料结束取走篷布，以便保温或避免污染环境。

4. 改性沥青混合料的摊铺

排水沥青混合料PAC-13根据拌和机拌和能力、施工机械配套情况及摊铺层厚度、宽度，经计算确定摊铺速度，通常宜控制在2.0m/min左右，不得超过3.0m/min。同时，应保证摊铺机缓慢、均匀、连续不断地摊铺，不得出现停机待料或者随意改变摊铺速度的情况。根据拌和机拌和能力、施工机械配套情况及摊铺层厚度、宽度，经计算确定摊铺速度，通常宜控制在2.0m/min左右，不得超过3.0m/min。同时，应保证摊铺机缓慢、均匀、连续不断地摊铺，不得出现停机待料或者随意改变摊铺速度的情况。摊铺温度与松铺厚度紧跟摊铺机测量，并予以记录，摊铺后沥青混合料温度控制宜在155~170℃，松铺系数经试铺确定。

5. 混合料的压实

(1) 沥青混合料的压实是保证面层质量的重要环节，混合料摊铺后无明显质量缺陷时，应随即通过试验段确定的压实设备和工艺进行碾压，防止因降温而影响压实密度。排水沥青混合料PAC-13终压在表面温度达到80~100℃时进行。

(2) 初压应尽量在较高温度下进行；复压应紧跟初压。在初压和复压过程中，宜采用同型号压路机并列成梯队压实，不宜采用首尾相接的纵列方式。当出现粘轮现象时，不得向压路机涂油或油水混合液，必要时可喷涂清水或皂水。排水沥青混合料PAC-13初压与复压宜采用11~13t震荡钢轮压路机，终压可考虑采用胶轮压路机。

(3) 压路机应以缓慢而均匀的速度碾压，压路机适宜的碾压速度随初压、复压、终压及压路机的类型而别，可能过试铺确定。一般情况下，初压2~4km/h，复压3~5km/h。

(4) 为避免碾压时混合料推挤产生拥包，碾压时应将驱动轮朝向摊铺机；碾压路线及方向不应突然改变；压路机起动、停止必须减速缓行，不准刹车制动。压路机折返时应呈梯形，不应处在同一横断面上。

(5) 要对初压、复压、终压段落设置明显标志，便于司机辨认。对松铺厚度、碾压顺序、压路机组合、碾压遍数、碾压速度及碾压温度应设专岗管理和检查，使面层做到既不漏压也不超压。改性沥青混合料的施工温度应满足下表的要求。

表 312-11 改性沥青 PAC-13 混合料施工温度

矿料加热温度 (°C)	180~200
沥青加热温度 (°C)	165~175
沥青混合料出厂温度 (°C)	175~185, 超过 190 废弃
运到现场温度 (°C)	不低于 165
摊铺温度 (°C)	不低于 165, 低于 140 废弃
初压温度 (°C)	不低于 160
复压温度 (°C)	140~150
终压温度 (°C)	不低于 80

(6) 压实完成 12 小时后，方能允许施工车辆通行。

6. 施工接缝的处理

(1) 纵向施工缝：对于采用两台摊铺机成梯队联合摊铺方式的纵向接缝，应在前部已摊铺混合料部分留下 10~20cm 宽暂时不碾压作为后高程基准面，并有 5~10cm 左右的摊铺重叠，以热接缝形式在最后作跨缝碾压清除缝迹。上中层纵缝应错开 15cm 以上，并避开轮迹带。

(2) 横向施工缝：每天施工结束前，摊铺机在摊铺最后路面时，尽量把沥青混合料摊铺在一个断面上，并铺以人工修整齐断面，压路机碾压完毕后，用三米直尺沿沥青路面纵面放置，找出平整度变化点，一个断面测 4~5 个点，选择最后一点位置垂直于纵向用三米直尺划线，用人工沿划线刨除，并将此部分料铲除、清扫。第二次施工在横向接缝处人工均匀洒粘油，接缝要保持干燥、干净，不得有水和杂物。横向接缝碾压，先用钢轮横向碾压，压路机主机位于已施工完的沥青路面上，伸入新铺沥青混合料层 15cm~20cm，碾压一遍后，检查平整度，看是否补料或打除一部分料，处理完毕后再进行碾压，每碾压一遍，压路机向新铺路面移动 20~30cm，直到压路机全部在新铺路面上为止。

7. 试验路铺筑

(1) 铺筑前均应做试铺路段。每个施工单位，通过合格的改性沥青混合料组成设计，拟定试铺路面铺筑方案，经总监办审查报总监批准后，铺筑试验路段。试

验路铺筑长度应不小于 300 米，且宜在直线段上铺筑。

(2) 施工单位应组织参加路面施工各方面人员，包括试验、机械、运料车驾驶员、前场路面工、压路机手、摊铺机手、测量人员、后场人员等进行路面培训和技术交底。

(3) 通过试拌确定拌和机冷料上料速度、加料程序、矿粉的加料方式、纤维的添加方式和计量方式、拌和产量、干拌和湿拌的拌和时间、拌和温度等。

(4) 通过试铺确定各种施工机械数量及组合方式、运输车辆吨位和数量、压路机数量。

(5) 确定摊铺机的操作方式，摊铺方法、摊铺温度、摊铺速度、初步振捣夯实的方法和强度、自动找平方式、松铺系数。

(6) 改性沥青混合料面层的压实是一道关键工序，应在面层的碾压过程中体现“紧跟、慢压、高频、低幅”的碾压方式。因此在试铺段试铺过程中，通过试压获得所要求压实度而制订适宜压实工艺与压实程序，明确具体的碾压时间、压实顺序、碾压温度、碾压速度、静压与振动碾压最佳遍数、压路机类型组合、压路机型号与吨位、压路机振幅、频率与行走速度的组合等。

(7) 验证沥青混合料生产配合比设计，提出生产用的配合比及最佳沥青用量。

(8) 确定施工组织及管理体系，质量保证体系，人员，设备协调方式。

(9) 取样抽提，筛分检测沥青混合料的矿料级配，油石比，取样成型试件进行马歇尔试验，现场钻孔取样测定密度，检测渗水系数、构造深度等。

(10) 根据以上施工、试验、检测结果，确定施工产量及作业段的长度，修订施工组强计划，全面检查材料及施工质量是否符合要求，对施工过程中存在的问题及质量缺陷提出整改措施。经检测各项技术指标均符合规定，施工单位应立即提出试铺路面总结报告。由驻地监理人审核，经总监办审查后，报总监批准，即可作为申报正式开工的依据。

第313节 厂拌热再生沥青混合料面层

313.01 范围

本节工作内容为在经监理人验收合格的封层上，按照图纸和监理人指示铺筑厂拌热再生沥青混凝土（细粒式改性沥青混凝土AC-13C、中粒式改性沥青混凝土AC-20C）。它包括提供全部设备、劳力和材料，以及施工、养护、试验等全部作业。

313.02 材料

1. 沥青

1) 厂拌热沥青混合料的再生 SBS 沥青应符合表313-1的要求

表 313-1 再生 SBS 沥青技术指标要求

项目	技术指标	测试方法
针入度 25°C(0.1mm)	≥40	T0604-2011
延度 15°C(cm)	≥20	T0605-2011
软化点(°C)	≥60	T0606-2011

2) 新改性沥青及再生利用量确定

再生剂：根据再生沥青指标、恢复能力、与旧沥青配伍性，以及恢复沥青的粘附性等 优选再生剂。应根据回收沥青性能、再生沥青指标等初拟再生剂掺量，结合再生沥青混合料高低温性能等综合确定再生剂类型及掺加量。

表 313-2 再生剂技术指标要求表

检测项目	指标要求	试验方法
60°C黏度 cSt	≤175	T 0619
闪点 (°C)	≥220	T 0633
饱和分含量 (%)	≤30	T 0618
芳香分含量 (%)	实测记录	T 0618
薄膜烘箱试验前后黏度比 (163°C)	≤3	T 0619
薄膜烘箱试验前后质量变化 (%)	≤3, ≥-3	T 0609 或 T 0610
15°C密度	实测记录	T 0603

2. 粗集料

(1) 采用沿线符合质量要求灰岩轧制的碎石，但使用时不能混用。要求采用大型联合碎石机（不少于三级，其中反击破不少于两级）轧制，碎石形状应接近立方体。

(2) 粗集料的质量应符合表313-4的要求。

表 313-4 粗集料质量技术要求

指标	要求	试验方法
压碎值 (%)	不大于 28	T0316-2005
洛杉矶磨耗损失 (%)	不大于 30	T0312-2005
对沥青的粘附性 (级)	不小于 5	T0616-1993
表观相对密度	不小于 2.5	T0304-2005
水洗法小于 0.075mm 的颗粒含量 (%)	不大于 1	T0310-2005
坚固性 硫酸钠 (%)	不大于 12	T0314-2000
吸水率 (%)	不大于 3	T0304-2005

指标	要求	试验方法
软石含量 (%)	不大于 5	T0320-2000
针片状含量 (混合料) (%) 其中粒径大于 9.5mm 其中粒径小于 9.5mm	不大于 15	T0312-2005
	不大于 12	
具有一定数量破碎面颗粒的含量 (%)	1 个破碎面	不小于 90
	2 个破碎面	不小于 80

(3) 当按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ E20-2011) 规定的方法试验时, 沥青与集料的黏附性不低于 5 级。否则, 应掺加外掺剂。外掺剂的精确比例由试验室确定。

3. 细集料

采用加工粗集料时产生的部分石屑 (加工时应加设 3mm 筛, 将石屑分成 3~5mm 和 0~3mm 两部分) 和经专用设备加工的机制砂 (采用硬质石灰岩轧制), 细集料在加工过程中应吸尘, 石屑用量不宜超过机制砂用量; 细集料中不得含有杂物。细集料应具有耐嵌挤, 颗粒饱满, 且粉尘含量低, 其技术指标及规格应满足表 313-3 及表 313-4 的要求

表 313-5 细集料质量技术要求

指标	要求	试验方法
表观相对密度	不小于 2.6	T0329-2005
坚固性(>0.3mm 部分) 硫酸钠 (%)	不大于 12	T0340-2005
砂当量	不小于 65	T0334-2005
亚甲蓝值 (g/kg)	不大于 2.5	T0349-2005
棱角性 (流动时间) (s)	不小于 30	T0345-2005

表 313-6 机制砂规格要求

规格	公称粒径 (mm)	通过各个筛孔的质量百分率 (%)							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S16	0~3	—	100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~10

注: 1. 采用水洗法筛分;

2. 关于细集料中小于 0.075mm 颗粒含量的说明: 对进场的拌和设备应事先标定经过二级除尘后各级热料仓中小于 0.075mm 的颗粒含量是否符合要求 (0~3mm 热料仓中小于 0.075mm 颗粒含量不得超过 3%, 其余各级热料仓中小于 0.075mm 颗粒含量不得超过 1%), 如果设备之最大除尘能力仍不能满足此要求, 应采取措施严格控制冷料加工过程中的粉尘含量, 尤其是细集料中小于 0.075mm 颗粒的含量, 并据此确定细集料中小于 0.075mm 颗粒含量的控制上限 (将上表中 0.075mm 筛孔通过率的上限 10% 下调, 但不得上调)。

4. 抗剥落剂

为保证沥青与集料间粘结力，提高抗水损害能力，要求采用增加沥青与集料间粘结力的措施，要求掺加抗剥落剂。抗剥落剂应满足：性能优良、稳定、持久、且施工易于操作。沥青中加入抗剥落剂后，应进行一定老化（薄膜烘箱中加热 96 小时，有条件时可再在压力老化仪 PAV 中进行）然后进行粘附性试验，经过初期老化后的混合料须进行浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验，并满足相应技术要求。

5. RAP（回收沥青混合料）

应采用高速公路项目铣刨料，严禁混入非沥青混合料的其他材料，使用前必须进行破碎筛分预处理，严禁混入大块料，将 RAP 至少分为 2 档，同时满足下表要求。RAP 分两档时可以 10mm 为界，划分为三档时以 5mm、10mm 为界，采用两档或三档，根据试验结果确定。

表 313-7 厂拌热再生 RAP 指标要求

材料	检测项目	技术要求	试验方法
RAP	含水率 (%)	≤2	《公路沥青路面再生技术规范》 (JTG/T 5521) 附录 B
	RAP 配	实测	
	最大颗粒粒径 (mm)	≤26.5	
	沥青含量	实测	
	4.75mm 以下 RAP 的砂当量	≥60	

313.03 沥青混合料组成设计

厂拌热再生改性沥青混合料 AC-13C 以及 AC-20C 混合料的马歇尔试验配合比设计的技术要求见下表，厂拌热再生铣刨混合料的添加比例应根据铣刨料级配并结合室内配合比试验验证确定沥青混合料的技术标准应符合表 313-8。

表 313-8 厂拌热再生沥青混合料马歇尔配合比设计技术要求

试验项目		厂拌热再生 改性 AC-13C	厂拌热再生 改性 AC-20C
马歇尔试件击实次数		两面击实 75 次	两面击实 75 次
空隙率 VV (%)		3~5	3~5
矿料间隙率 VMA (%)	设计空隙率 3%	12	12
	设计空隙率 4%	13	13
	设计空隙率 5%	14	14
沥青饱和度 VFA (%)		65~80	65~80
稳定度 (KN)		不小于 8.0	8.0
流值 (mm)		1.5~4	2~4
车辙试验动稳定度 (次/mm)		不小于 3200	3200
-10℃弯曲试验破坏应变 (με)		不小于 2000	2000
残留稳定度 (48h) (%)		不小于 80	80
冻融劈裂强度比 (%)		不小于 80	80
渗水系数 (ml/min)		不大于 100	100

试验项目		厂拌热再生 改性 AC-13C	厂拌热再生 改性 AC-20C
路面现场空隙率 (%)	不大于	7	7

注：渗水系数的指标值同样适用于现场质量控制。

313.04 施工要求

1. 沥青拌和站设备

a. 拌和厂应在其设计、协调配合和操作方面，都能使生产的沥青混合料符合工地配合比设计要求。拌和厂必须配备足够试验设备的试验室，能及时提供试验资料，并将试验人员的资质及试验设备报请监理人批准。

b. 沥青混合料拌和机采用间歇式拌和机，必须配备计算机设备，能采集打印每盘的材料用量、温度等各种参数作为计量支付质量证明附件依据。

拌和机设备在使用前，必须请计量部门对所有计量装置进行检验和标定，包括集料、矿粉、沥青电子秤的标定，冷料给料系统的标定，温度系统的标定。

冷料仓一般需配置 6 个以上，各冷料仓之间应用不低 1.5m 的钢板分隔，以防冷料仓发生窜料，最靠近烘干筒的冷料仓装最细集料，依粒径由小到大依次编号，冷料仓的集料用量比例由目标配合比确定，生产时，冷料仓应按一定比例和速度供料。

冷料仓流量调试，找出流量关系与集料规格，出料口开启大小，转速之间的关系，并用流量关系曲线表示，根据计算的集料用量，在曲线查得所需转速。

在 1 号冷料仓装满集料，冷料仓出料口大小根据集料粗细由经验确定大小，在水平皮带运输机，选择某一转速，启动并开始计时，直至出料总重超过 10t 为止，并记录时间，根据称量总量及出料时间，计算出该转速的流量 (t/h) 调整 4—5 种转速，测定每个转速下的流量，用同样方法测定其它冷料仓不同规格的集料在不同转速时的流量，绘制出各冷料仓转速的流量的关系曲线。

在实际生产中，由于集料组成的变化，含水量的不同，需根据热料仓实际筛分结果对冷料仓流量进行调整，以达到冷、热料仓供料匹配，避免溢料，等料现象。

干燥滚筒的烘干能力与其几何尺寸有关系，与集料颗粒大小及含水量也有关系，若集料含水量增加 1%，烘干能力降低 10%，为了保证产量，尽量保持集料干燥，特别是细集料。

燃料一般采用柴油和燃料油，燃料油一般由于含杂质多，要加强过滤，要选择发热值高，能很好雾化，杂质少的燃烧油。

经常检查红外线测温器的镜头是否清洁，保持良好的感应能力。

除尘装置必须采用二级除尘方式，一级除尘一般采用旋风式除尘器，二次除尘装置采用袋式除尘装置，一级除尘大于 0.075 的颗粒应回收利用，小于 0.075 的粉尘进入袋式除尘装置，并放入带水的废池中。

测出集料含 0.075 以下粉尘比例，每天生产完及时清理废池中的粉尘，并拉出拌和站。

振动筛要合理选择安装倾斜角度，振幅和振动频率。筛分能力应大于热碎拌提升机的生产能力。

振动筛筛孔尺寸可按冷料分级尺寸相同，也可根据热料仓容积比例和拌制沥青混合料配合比决定。

经常检查筛网是否破损、松动，以便及时更换振动筛。

热料仓一般配置 5 个以上。热料仓配置越多，生产出来的沥青混合料级配越稳定。

在拌合过程中，冷料仓和热料仓供料应相匹配，否则热料仓会出现等料和溢料现象。

搅拌缸衬板和搅拌叶片之间的间隙一般为 8mm~10mm，当间隙大于 20mm，应更换衬板和叶片。

每次工作结束时，先用热粗骨料干拌一次，然后用细集料干拌一次，来清洗搅拌缸粘附的沥青。

拌和时间越长，拌和均匀性越好，但沥青易老化，最终由试验确定。

干燥滚筒的直径与长度应与搅和机生产能力相匹配。

在干燥滚筒的出料口处应装有测温仪，并在控制室内能显示。

选择燃料应考虑发热值高、燃烧热效率高、杂质少的燃料，如柴油。

选择重油为燃料时，在燃烧之前应过滤其杂质。不得采用烧煤为燃料，其发热值低，灰分多、温度不易控制。

计量控制系统采用自动控制方式，配置计算机监控系统对称量、搅拌、温度进行动态监控。

计量控制系统的调试由供应商的专业人员进行调试。

在计算机设定某一热料仓称重值，集料放入搅拌缸、用装载机在搅拌缸接料后称重，检查计算机打印数据与实际称重的误差。

c. 拌和场地布置应保证热料运送距离合理，进出方便，电、水供应好，且远离居民区，并应符合《公路环境保护设计规范》(JTG B04-2010)的有关要求。

2. 沥青混合料的运输

(1) 采用数字显示插入式热电偶温度计检测沥青混合料的出厂温度和运到现场温度。插入深度要大于 150mm。在运料卡车侧面中部设专用检测孔，孔口距车箱底面约 300mm。

(2) 拌和机向运料车放料时，汽车应前后移动，分几堆装料，以减少粗集料的分离现象。

(3) 沥青混合料运输车的运量应较拌和能力和摊铺速度有所富余，摊铺机前方应有五辆运料车等候卸料。

(4) 运料车应有良好的篷布覆盖设施，卸料过程中继续覆盖直到卸料结束取走篷布，以资保温或避免污染环境。

(5) 连续摊铺过程中，运料车在摊铺机前 10~30cm 处停住，不得撞击摊铺机。卸料过程中运料车应挂空挡，靠摊铺机推动前进。

3. 沥青混合料的摊铺

(1) 用机械摊铺的混合料未压实前，施工人员不得进入踩踏（摊铺机前未摊铺路面也不得随意踩踏），一般不用人工不断地整修，只有在特殊情况下，如局部离析，需在现场主管人员指导下，允许用人工找补或更换混合料，缺陷较严重时应予铲除，并调整摊铺机或改进摊铺工艺。

(2) 下面层摊铺厚度采用钢丝引导的高程控制方式。钢丝为扭绕式，钢丝拉力大于 800kN，每 5m~10m 设一钢丝支架。采用两台摊铺机实施摊铺施工，靠中央分隔带侧摊铺机在前，内侧架设钢丝，摊铺机上安装横坡仪控制摊铺层横坡；后面摊铺机外侧架设钢丝，内侧在摊铺好的层面上走“雪撬”。两台摊铺机摊铺层的纵向接缝，应采用斜接缝，避免出现缝痕。两台摊铺机前后错开距离不应超过 10m。

(3) 摊铺机应调整到最佳工作状态，调好螺旋布料器两端的自动料位器，并使料门开度、链板送料器的速度和螺旋布料器的转速相匹配。螺旋布料器内混合料表面以略高于螺旋布料器 2/3 为度，使熨平板的挡板前混合料的高度在全宽范围内保持一致，避免摊铺层出现离析现象。

(4) 检测松铺厚度是否符合规定，以便随时进行调整。铺筑过程中两台摊铺机应调整好熨平板的振捣或夯锤压实装置，具有同样适宜的振动频率和振幅，以提高路面的初始压实度（初始压实度应大于 85%）两台摊铺机应有尽可能一致的初始压实度；两台摊铺机的熨平板初始仰角要仔细进行调整，以保证路面平整度；推前熨平板应提前 0.5~1h 预热至不低于 100℃。摊铺机熨平板必须拼接紧密，不许存

有缝隙，防止卡入粒料将铺面拉出条痕。

(5) 要注意摊铺机接料斗的操作程序，以减少粗细料离析。摊铺机集料斗应在刮板尚未露出，尚有约 10cm 厚的热拌料时，下一辆运料车即开始卸料，做到连续供料，并避免粗料集中。积极采取相应措施，尽量做到摊铺机不拢料，以减小面层离析。

(6) 摊铺遇雨时，立即停止施工，并清除未压成型的混合料。遭受雨淋的混合料应废弃，不得卸入摊铺机摊铺。

5. 沥青混合料的压实

(1) 沥青混合料的压实是保证沥青面层质量的重要环节，应选择合理的压路机组合方式及碾压步骤。高速公路铺筑双车道沥青路面的压路机数量应满足现场施工要求；为保证压实度和平整度，初压应在混合料不产生推移、开裂等情况下尽量在摊铺后较高温度下进行。混合料摊铺后必须紧跟着在尽可能高温状态下开始碾压，不得等候；不得在低温状态下反复碾压，防止磨掉石料棱角、压碎石料，破坏石料嵌挤；碾压温度应符合规范要求；必须有足够数量的压路机，初压和复压均不宜少于两台；碾压段的长度初压控制在 20~30m，复压及终压为 50~80 m 为宜。

(2) 压路机应以缓慢而均匀的速度碾压，压路机的适宜碾压速度随初压、复压、终压及压路机的类型而定，按规范要求选用。

(3) 为避免碾压时混合料推挤产生拥包，碾压时应将驱动轮朝向摊铺机，从外侧向中心碾压，在超高路段则由低向高碾压，在坡道上应将驱动轮从低处向高处碾压。碾压路线及方向不应突然改变；压路机启动、停止必须减速缓行，不准刹车制动。压路机折回不应处在同一横断面上。

(4) 在当天碾压的尚未冷却的沥青混凝土层面上，不得停放压路机或其他车辆，并防止矿料、油料和杂物散落在沥青层面上。

(5) 要对初压、复压、终压段落设置明显标志，便于司机辨认。对松铺厚度、碾压顺序、压路机组合、碾压遍数、碾压速度及碾压温度，承包人和监护人都须设专岗管理和检查，使面层做到既不漏压也不超压。

(6) 应向压路机轮上喷洒或涂刷含有隔离剂的水溶液，推荐采用非石油基质的隔离剂或水，喷洒应呈雾状，数量以不粘轮为度。

6. 施工接缝处理

(1) 纵向施工缝。采用两台摊铺机成梯队联合摊铺方式的纵向接缝，应采用斜接缝。在前部已摊铺混合料部分留下 10~20cm 宽暂不碾压作为后高程基准面，并

有 5-10cm 左右的摊铺层重叠，以热接缝形式在最后做跨接缝碾压以消缝迹。如果两台摊铺机相隔距离较短，也可做一次碾压。上下层纵缝应错开 15cm 以上。

(2) 横向施工缝。全部采用平接缝。用三米直尺沿纵向位置，在摊铺段端部的直尺呈悬臂状，以摊铺层与直尺脱离接触处定出接缝位置，用锯缝机割齐后铲除；继续摊铺时，应将摊铺层锯切时留下的灰浆擦洗干净，涂上少量粘层沥青，摊铺机熨平板从接缝处起步摊铺；碾压时用钢筒式压路机进行横向压实，从先铺路面上跨缝逐渐移向新铺面层。

7.路面取芯管理

(1) 路面取芯时，应在钻头周围垫一海绵，减少取芯时产生的浆液对沥青路面的污染；取芯结束后，应对取芯部位周围的沥青路面进行冲洗。

(2) 及时组织人员对取芯孔进行回填处理，建议回填材料采用同一面层级配沥青混合料；当采用沥青混合料回填时，要求提前对取芯孔的孔壁涂刷改性乳化沥青，并采用手动击实仪对回填材料进行分层夯实。

8.养护及交通管制

(1) 路面面层施工完成，应等路面温度下降到 50℃后方可开放交通。

(2) 对已完成的沥青路面，承包人应经常进行巡查，雨后要求各参建单位上高速公路的施工车辆，必须进行轮胎干净程度的检查，发现问题应进行清洗后才允许上路。

(3) 发包人和监理人要督促其他承包人合理安排工序，尽可能避免与路面，特别是面层交叉施工，并采取积极有效措施，避免在施工过程中对沥青路面产生柴油污染、水泥浆污染、黄泥污染等。路面层间污染是沥青路面施工的大忌，各参建单位对此都要引起高度重视，加强协调，严格管理，杜绝污染。

(4) 已施作的沥青面层上禁止一切超载车辆通行，以保护面层不出现早期破损。

第314节 沥青路面坑洞修补

314.01 范围

本节内容为在完成并经监理人验收合格的沥青路面坑洞修补的工作，它包括提供所需的设备、人工和材料，以及施工、养护、试验、检测等全部作业。

314.02 材料

本节所使用的材料和技术要求应满足第 309~第 313 节的相关要求。

314.03 施工要求

因沥青路面坑洞修补的面积相对较小，只能采用小型摊铺机，甚至局部区域只能人工摊铺沥青混合料时，应精心施工，避免材料离析。摊铺时应严格掌握厚度、平整度和路拱，严格控制沥青混凝土标高，保证路面排水顺畅。

为了保证沥青混合料能够在有效压实时间内达到规定的密实度，应配备足够的压实机具，一般采用平板振动及其它小型设备压实。

在施工过程中要随时检测沥青混合料的温度，当其温度低于施工技术规范要求的最低温度时，应予以废弃或回收沥青热拌站。

接缝处理：沥青路面上、下层纵缝应错开 15cm（热接缝）或 30~40cm（冷接缝）以上，上、下层的横向接缝均应错位 100cm。沥青表面层铺筑完毕后，待温度降到可开放交通的温度，检测新老沥青面层接缝高差，要求不大于 3mm，且应保持接缝紧密、平顺。然后在新老沥青面层接缝处涂刷沥青路面还原类材料，并在其上铺贴热帖式封缝带，最后在封缝带上洒少许砂子。

第315节 水泥混凝土面板

315.01 范围

本节内容为在完成并经监理人验收合格的水泥稳定碎石基层顶面铺筑水泥混凝土面层的工作，它包括提供所需的设备、人工和材料，以及施工、养护、试验、检测等全部作业。

315.02 材料

1. 水泥

(1) 水泥的物理性能和化学成分应符合图纸要求和《通用硅酸盐水泥》（GB 175—2007）和《道路硅酸盐水泥》（GB 13693-2005）的规定，并符合《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG F30—2003）中表 3.1.2 的规定。

(2) 采用旋窑生产的道路或普通硅酸盐水泥。

(3) 采用机械化铺筑时，宜选用散装水泥。散装水泥的夏季出厂温度应符合《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG F30—2003）第 3.1.4 小节的规定。

(4) 水泥进场时，应附有产品合格证及化验单。承包人应对品种、强度等级、包装、数量、出厂日期等进行检查验收，并报监理人审批。

2. 粗集料

(1) 粗集料的级配范围应符合表 315-1 的要求。

表 315-1 碎石级配范围

粒径(mm)	通过下列方孔筛 (mm) 的质量百分率 (%)						
	31.5	26.5	19.0	16.0	9.50	4.75	2.36
4.75~26.5	100	95~100	60~75	30~50	10~30	0~10	0~5

(2) 粗集料：采用坚硬、耐磨、洁净的石灰岩或卵石轧制成的碎石，形状接近立方体，针片状颗粒含量不大于 15%，水洗法 $<0.075\text{mm}$ 的颗粒含量不大于 1%，其压碎值不得大于 24%，软弱颗粒含量不大于 3%。

(3) 当怀疑有碱活性集料或夹杂有碱活性集料时，应进行碱集料反应检验，确认无碱集料反应后，方可使用。

(4) 当粗集料中含有活性二氧化硅或其它活性成分时，水泥中碱的含量不应大于 0.6%，并应按照《公路工程集料试验规程》(JTG E42—2005)的规定进行试验，确认对混凝土质量无有害影响方可施工。

(5) 在含碱环境中(如盐碱地、含碱工业废水侵蚀)的混凝土，不得使用含有活性成分的集料。

3. 细集料

(1) 细集料采用粗集料加工过程中形成的石屑以及由专用设备加工的机制砂或天然砂，细集料的技术指标应符合图纸要求

(2) 砂按细度模数分为粗砂、中砂、细砂。路面用天然砂宜为中砂，细度模数宜在 2.5 以上。同一配合比用砂的细度模数变化范围不应超过 0.3，否则，应分别堆放，并调整配合比中的砂率后使用。

(3) 当怀疑有碱活性集料或夹杂有碱活性集料时，应进行碱集料反应检验，确认无碱集料反应后，方可使用。

4. 水

混凝土搅拌和养护用水应清洁，宜采用饮用水。对水质有疑问或使用非饮用水时，应进行检验，并符合下列规定：

- (1) 硫酸盐含水量(按 SO_4^{2-} 计)不得超过 2700mg/L 。
- (2) 含盐量不得超过 5000mg/L 。
- (3) PH 值不得小于 4。
- (4) 不得含有油污、泥和其他有害杂质。
- (5) 海水不得作为混凝土拌和用水。

5. 钢筋

(1) 钢筋应符合图纸及《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》(GB

1499.2—2007)和《钢筋混凝土用钢 第1部分:热轧光圆钢筋》(GB 1499.1—2008)的要求。

(2) 钢筋应顺直,不得有裂缝、断伤、刻痕、表面油污和颗粒状或片状锈蚀应清除。

6.接缝材料

(1) 胀缝板宜选用沥青纤维板、泡沫橡胶板或泡沫树脂板等材料。其技术要求应符合图纸及《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTGF30—2003)中表3.9.1的要求和图纸要求。

(2) 填缝料可选用聚氨酯,其技术要求应符合《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTGF30—2003)中表3.9.2-1及表3.9.2-2的规定和图纸要求。

7.其他材料

用于混凝土路面养护的养生剂、用于防裂缝修补材料和传力杆套(管)帽、沥青及塑料薄膜等材料的技术性能及物理力学性能应符合《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTGF30—2003)第3.10节的规定。

315.03 配合比设计

1.普通混凝土配合比设计适用于滑模摊铺机、轨道摊铺机、三辊轴机组和小型机具四种施工方式。

2.普通混凝土路面的配合比设计在兼顾经济性的同时应满足弯拉强度、工作性、耐久性等三项技术要求。三项技术要求应符合图纸要求及《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTGF30—2003)中第4.1节的有关规定。

3.路面混凝土满足耐久性要求的最大水灰比和最小水泥用量应符合表315-2的规定。

表 315-2 混凝土满足耐久性要求的最大水(胶)灰比和最小单位水泥用量

公路等级		高速公路 (收费站)
最大水(胶)灰比		0.44
抗冰冻要求最大水(胶)灰比		0.42
抗盐冻要求最大水(胶)灰比		0.40
最小单位水泥用量(kg/m ³)	42.5级	300
	32.5级	310
抗冰(盐)冻时最小单位水泥用量(kg/m ³)	42.5级	320
	32.5级	330
掺粉煤灰时最小单位水泥用量(kg/m ³)	42.5级	260
	32.5级	280
抗冰(盐)冻掺粉煤灰最小单位水泥用量(42.5级水泥)(kg/m ³)		280

注:1.掺粉煤灰,并有抗冰(盐)冻性要求时,不得使用 32.5 级水泥;

2.水灰(胶)比计算以砂石料的自然风干状态计(砂含水量 $\leq 1.0\%$;石子含水量 $\leq 0.5\%$;

3.处在除冰盐、海风、酸雨或硫酸盐等腐蚀性环境中,或在大纵坡等加减速车道上,最大水灰(胶)比可比表中数值降低 0.01~0.02。

4.外加剂的掺量应由混凝土试配试验确定。在夏季高温下施工时,混凝土拌和物的初凝时间不得小于 3h,小于 3h 时应采取缓凝或保塑措施;低温和负温施工时的终凝时间不行大于 10h,大于 10h 时,应采取必要的促凝或早强措施。

5.水泥混凝土路面普通混凝土配合比参数的计算和配合比计算及配合比调整等均按《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003)中第 4.1 节及第 4.5 节的有关规定进行。

6.承包人应将计划用于铺筑水泥混凝土面层的各层材料,至少在用于工程之前 28d,通过试验进行混合料组成配合比设计,这些设计应包括材料标准试验、混凝土弯拉强度、集料级配、水灰比、坍落度、水泥用量、质量控制等,承包人应及时提供所有设计、试验报告单和详细说明,报监理人批准。混凝土的试配强度按设计强度提高 10%~15%。

7.承包人应按上述混合料的设计通过混凝土的试拌,检验混凝土混合料的配合比,报监理人审批。

8.在整个施工过程中,混凝土的质量和混合料配合比,承包人应按照质量管理要求进行自检。

9.已批准了的混凝土混合料的生产方法和材料,未经监理人的同意不得改变。如需改变时,承包人应重新做试拌试验报批。

315.04 混合料拌和、运输

1.承包人应根据图纸、机械设备、施工条件及摊铺方式拟定混凝土路面施工方案及施工工艺流程,编制详细的施工组织计划,在开工前 28d 报请监理人批准。

2.水泥混凝土路面板的拌和、运输,应按照《水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003)第 5 章及第 6 章的有关规定办理。

3.在浇筑水泥混凝土面层前,应将监理人认可的基层表面上的浮土及杂物予以清除干净,并进行必要的修整。

4.水泥混凝土路面施工开始前应对进场的材料进行检验,其检验项目及检验频率应按表 315-7 的规定进行。

5.施工前必须对机械设备、测量仪器、基准线或模板、机具工具及各种试验仪

器等全面的检查、调试、标定、维修和保养。对主要施工机械的易损零部件应有适量储备。

6.不同摊铺方式所要求的搅拌楼最小生产容量应满足《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003)中表 6.1.1 的规定。一般可配备 2~3 台搅拌楼,最多不宜超过 4 台。搅拌楼的规格和品牌尽可能统一。

7.搅拌楼的配备应符合《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003)中表 5.5.1 的规定。应优先选配间歇式搅拌楼,也可使用连续式搅拌楼。连续式搅拌楼应配备两个或一个长度足够的搅拌锅,并应在搅拌锅上配备电视监控设备。

8.每台搅拌楼在投入生产前,必须进行标定,并试拌正常。在标定有效期满或搅拌楼搬迁安装后,均应重新标定。施工中应每 15d 校验一次搅拌楼计量精确度。

9.搅拌过程中,拌和物质量检验与控制应符合表 315-4 的规定。低温或高温天气时施工,拌和物出料温度宜控制在 10~35℃。并应测定原材料温度、拌和物的温度、坍落度损失率和凝结时间等。

表 315-3 混凝土原材料的检测项目和频率

材料	检查项目	检查频度
水泥	抗折强度、抗压强度、安定性	机铺 1500t 一批
	凝结时间,标稠需水量,细度	机铺 2000t 一批
	f-GaO、MgO、SO ₃ 含量、铝酸三钙、铁铝酸四钙、干缩率、耐磨性、碱度、混合材料种类及数量	每标段不少于 3 次,进场前必测
	温度、水化热	冬、夏季施工随时检测
粉煤灰	活性指数、细度、烧失量	机铺 1500t 一批,
	需水量比、SO ₃ 含量	每标段不少于 3 次,进场前必测
粗集料	针片状、超径颗粒含量、级配、表观密度,堆积密度,空隙率	机铺 2500m ³ 一批
	含泥量、泥块含量	机铺 1000 m ³ 一批
	坚固性、岩石抗压强度、压碎指标	每种粗集料每标段不少于 2 次
	碱集料反应	怀疑有碱活性集料进场前测
	含水量	降雨或温度变化随时测
砂	细度模数,表观密度,堆积密度,空隙率,级配	机铺 2000 m ³ , 一批
	含泥量、泥块、石粉含量	机铺 1000 m ³ 一批
	坚固性	每种砂每标段不少于 3 次
	云母含量、轻物质与有机物含量	目测有云母或杂质时测
	含盐量(硫酸盐,氯盐)	必要时测,淡化海砂每标段 3 次
	含水量	降雨或湿度变化随时测
外加剂	减水剂减水率、液体外加剂含固量和相对密度粉状外加剂的不溶物含量	机铺 5t 一批
	引气剂引气量、气泡细密程度和稳定性	机铺 2t 一批
钢纤维	抗拉强度、弯折性能、长度、长径比、形状	开工前或有变化时,每标段 3 次
	杂质、质量及其偏差	机铺 50t 一批
养生剂	有效保水率、抗压强度比、耐磨性、耐热性、膜水溶性	开工前或有变化时,每标段 3 次

	含固量、成膜时间	试验路段测，施工每 5t 测 1 次
水	pH 值、含盐量、硫酸根及杂质含量	开工前和水源有变化时

注:1.开工前,所有原材料项目均应检验;当原材料规格、品种、生产厂、来源变化时,必
检;

2.机铺指滑模、轨道、三辊轴机组和碾压混凝土摊铺,数量不足一批时,按一批检验。

表 315-4 混凝土拌和物的质量检验项目和频率

检查项目	检查频度	
	高速、一级公路	
水灰比及稳定性	每 500m ³ 抽检 1 次,有变化随时测	
坍落度及其均匀性	每工班测 3 次,有变化随时测	
坍落度损失率	开工、气温较高和有变化随时测	
振动粘度系数	试拌、原材料和配合比有变化时测	
钢纤维体积率	每工班测 2 次,有变化随时测	
含气量	每工班测 2 次,有抗冻要求不少于 3 次	
泌水率	必要时测	
视密度	每工班测 1 次	
温度、凝结时间水化发热量	冬、夏季施工,气温最高最低时,每工班最少测 1~2 次	
离析	随时观察	
VC 值及稳定性、压实度、松铺系数	碾压混凝土作复合式路面底层时,检查频率与其他公路相同	

注:1.混凝土拌和物振动粘度系数试验方法见《公路水泥混凝土路面滑模施工技术规程》
(JTJ 0.37.1-2000)附录 A。

2.钢纤维混凝土拌和物钢纤维体积率试验方法见《公路水泥混凝土路面施工技术规范》
(JTG F30—2003)附录 D.2。

10.应根据施工进度、运量、运距及路况,选配车型和车辆总数。总运力应比总
拌和能力略有富余。确保新拌混凝土在规定时间内运到摊铺现场。

11.运输到现场的拌和物必须具有适宜摊铺的工作性。不同摊铺工艺的混凝土拌
和物从搅拌机出料到运输、铺筑完毕的允许最长时间应符合表 315-5 的规定。不满
足时应通过试验、加大缓凝剂或保塑剂的剂量。

表 315-5 混凝土拌和物运输、铺筑完毕允许最长时间

施工气温*(°C)	运输允许最长时间(h)		铺筑完毕允许最长时间(h)	
	滑模、轨道	三轴、小机具	滑模、轨道	三轴、小机具
5~9	2.0	1.5	2.5	2.0
10~19	1.5	1.0	2.0	1.5
20~29	1.0	0.75	1.5	1.25
30~35	0.75	0.50	1.25	1.0

注:*指施工时间的日间平均气温,使用缓凝剂延长凝结时间后,本表数值可增加 0.25~

0.5h。

315.05 滑模机械铺筑

1.滑模摊铺的机械设备

(1) 高速公路、一级公路施工，宜选配能一次摊铺 2~3 个车道宽度（7.5~12.5m）的滑模摊铺机；二级及以下公路路面的最小摊铺宽度不得小于单车道设计宽度。硬路肩的摊铺宜选配中、小型多功能滑模摊铺机，并宜连体一次摊铺路缘石。可按《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG F30—2003）表 7.1.1-1 的基本技术参数选择滑模摊铺机。

(2) 滑模摊铺路面时，承包人应根据路面结构、工期要求、公路等级及监理要求配齐摊铺机、搅拌机、搅拌站、运输车辆、布料设备、抗滑构造施工设备、切缝设备等。机械配套可参照《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG F30—2003）表 7.1.1-2 的要求进行。

(3) 滑模摊铺混凝土路面的施工应设置基准线。基准线形式、基准线器具、基准线设置及基准线的施工要求应符合《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG F30—2003）第 7.1.2 小节有关规定。

2.滑模摊铺准备

(1) 滑模摊铺混凝土路面开始前，承包人的所有施工设备和机具应全部就位，且处于良好状态。基层、封层表面及履带行走部位应清扫干净。摊铺面板位置应洒水湿润，并不得积水。

(2) 横向连接摊铺时，前次摊铺路面纵缝的溜肩胀宽部位应切割顺直。侧边拉杆应校正扳直，缺少的拉杆应钻孔锚固置入。纵向施工缝的上半部缝部应满涂沥青。

3.混凝土布料

(1) 滑模摊铺机前的正常料位高度应在螺旋布料器叶片最高点以下，亦不得缺料。卸料、布料应与摊铺速度相协调。

(2) 当坍落度在 10~50mm 时，布料松铺系数宜控制在 1.08~1.15 之间。布料机与滑模摊铺之间施工距离宜控制在 5~10mm。

(3) 摊铺钢筋混凝土路面、桥面或搭板时，严禁任何机械开上钢筋网。

4.滑模摊铺机的施工参数设定、校准和摊铺操作技术要领及摊铺中问题的处置等参照《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG F30—2003）中第 7.1.5 条、7.1.6 条及 7.1.7 条的规定执行。

5.滑模摊铺过程中应采用自动抹平板装置进行抹面。对少量局部麻面和明显缺料部位，应在挤压板后或搓平梁前补充适量拌和物，由搓平梁或抹平板机械修整。滑模摊铺的混凝土面板在下列情况下，可用人工进行局部修整。

(1) 用人工操作抹面抄平器，精整摊铺机后表面的小缺陷，但不得在整个表面加薄层修补路面标高。

(2) 对纵缝边缘出现的倒边、塌边、溜肩现象，应顶侧模或在上部支方铝管理行边缘补料修整。

(3) 对起步和纵向施工接头处，应采用水准仪抄平并采用大于3m的靠尺边测边修整。

6.滑模摊铺结束后，必须及时做下述工作：

(1) 清洗滑模摊铺机，并进行当日保养，加油加水，打润滑油等。

(2) 宜在第二天硬切横向施工缝，也可当天软作施工横缝。应丢弃端部的混凝土和摊铺机振动仓内遗留下的纯砂浆，两侧模板应向内各收进20~40mm，收口长度宜比滑模摊铺机侧模板略长。施工缝部位应设置传力杆，并应满足图纸要求的路面平整度、高程、横坡和板长要求。

315.06 模板及其架设与拆除

1.模板技术要求

(1) 公路混凝土路面板、桥面板和加铺层的施工模板应采用刚度足够的槽钢、轨模或钢制边侧模板，不应使用木模板、塑料模板等其他易变形的模板。模板的精确度及尺寸要求应符合《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG F30—2003）第7.2.1小节的规定。

(2) 横向施工缝端模板应按图纸规定的传力杆直径和间距设置传力杆插入孔和定位套管。

(3) 模板或轨模数量应根据施工进度和施工气温确定，并应满足拆模周期内周转需要。

2.模板架设和安装及拆除的技术要求及允许偏差应符合《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG F30—2003）第7.2节的规定。

315.07 三辊轴机组铺筑

1.三辊轴机组的设备应符合下列规定：

(1) 三辊轴整平机的主要技术参数应满足施工需要。当板厚200mm以上宜采用直径168mm的辊轴；桥面铺装或厚度较小的路面可采用直径为219mm的辊轴。

轴长宜比路面宽度长出 600~1200mm。

(2) 三辊轴机组铺筑混凝土面板时，必须同时配备一台安装插入式振捣棒组的排式振捣机。当铺装桥面厚度小于 150mm 时，可采用振捣梁。当面板厚度较大和坍落度较低时，宜使用 100Hz 以上的高频振捣棒。

(3) 当一次摊铺双车道路面时应配纵缝拉杆插入机，并配有插入深度控制和拉杆间距调整装置。

(4) 其他施工辅助配套设备承包人可根据施工需要选配。

2.三辊轴机组铺筑

(1) 三辊轴机组铺筑面层工艺流程宜按《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003) 第 7.3.2 小节规定顺序施工。

(2) 应有专人指挥车辆均匀卸料。布料应与摊铺速度相适应，不适应时应配备适当的布料机械。坍落度为 10~40mm 的拌和物，松铺系数为 1.12~1.25。

(3) 混凝土拌和物布料长度大于 10m 时，可开始振捣作业。密排振捣棒组间歇插入振实时，每次移动距离不宜超过振捣棒有效作用半径的 1.5 倍，并不得大于 500mm，振捣时间宜为 15~30s。排式振捣机连续拖行振实时，作业速度宜控制在 4m/min 以内。

(4) 面板振实后，应随即安装纵缝拉杆。单车道摊铺的混凝土路面，在侧模预留孔中应按设计要求插入拉杆；一次摊铺双车道路面时，除应在侧模孔中插入拉杆外，还应在中间纵缝部位，使用拉杆插入机在 1/2 板厚处插入拉杆，插入机每次移动的距离应与拉杆间距相同。

(5) 三辊轴整平机作业

a. 三辊轴整平机按作业单元分段整平，作业单元长度宜为 20~30m，振捣机振实与三辊轴整平两道工序之间的时间间隔不宜超过 15min。

b. 三辊轴滚压振实料位高差宜高于模板顶面 5~20mm，过高时应铲除，过低应及时补料。

c. 三辊轴整平机在一个作业单元长度内，应采用前进振动、后退静滚方式作业，宜分别滚压 2~3 遍。最佳滚压遍数应经过试铺确定。

d. 在三辊轴整平机作业时，应有专人处理轴前料位的高低情况，过高时，应辅以人工铲除，轴下有间隙时，应使用混凝土找补。

e. 滚压完成后，将振动辊轴抬离模板，用整平轴前后静滚整平，直到平整度符合要求，表面砂浆厚度均匀为止。

f.表面砂浆厚度宜控制在 (4 ± 1) mm，三辊轴整平机前方表面过厚、过稀的砂浆必须刮除丢弃。

(6) 应采用3~5m刮尺，在纵、横两个方向进行精平饰面，每个方向不少于两遍。也可采用旋转抹面机密实精平饰面两遍。刮尺、刮板、抹面机、抹刀饰面的最迟时间不得迟于表315-9规定的铺筑完毕允许最长时间。

315.08 轨道摊铺机铺筑

1.轨道摊铺设备

(1) 轨道摊铺机的选型应根据路面车道数或设计宽度按轨道摊铺机的技术参数选择。最小摊铺宽度不得小于单车道3.75m。

(2) 其他设备根据施工需要配套采用。

2.轨道摊铺机铺筑、振实及整平

(1) 使用轨道摊铺机前部配备的螺旋布料器或上下左右移动的刮板布料，这两种布料方式均要求料堆不得过高过大，亦不得缺料，可使有挖掘机、装载机或人工辅助布料。螺旋布料器前应保持面板以上100mm左右的拌和物，布料器后宜配备松铺高度控制刮板。

(2) 轨道摊铺时的适宜坍落度按振捣密实情况宜控制在20~40mm之间。不同坍落度时的松铺系数K可参考《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003)表7.4.2的确定，并按此计算出松铺高度。

(3) 当施工钢筋混凝土路面时，宜先用(两台)箱型轨道摊铺机分两层两次布料，可在第一层布料完成后，将钢筋网片安装好，再进行表面第二层布料，然后一次振实；也可两次布料两次振实，中间安装钢筋网。

(4) 轨道摊铺机应配备振捣棒组，振捣方式及混凝土表面振捣和修整等应按《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003)第7.4.2小节有关规定执行。

(5) 面板整平及饰面应符合下列要求：

a.往复式整平滚筒前的混凝土堆积物应涌向横坡高的一侧，保证路面横坡高端有足够的料找平。

b.及时清理因整平推挤到路面边缘的余料，以保证整平精度和整平机械在轨道上的作业行驶。

c.轨道摊铺机上宜配备纵向或斜向抹平板。纵向抹平板随轨道摊铺机作业行进可左右贴表面滑动并完成表面修整；斜向修整抹平板作业时，抹平板沿斜向左右滑

动，同时随机身行进，完成表面修整。

(6) 整平饰面操作要求与本规范第 315.07—2 (5) 款的要求相同。

315.09 小型机具铺筑

1. 承包人的小型机具性能应稳定可靠，操作简易，维修方便，机具套应与工程规模、施工进度相适应。选配的成套机械、机具应符合《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003) 表 7.5.1 的要求。

2. 摊铺、振实与整平

(1) 摊铺

a. 承包人在混凝土拌和物摊铺前，应对模板的位置和支撑稳固情况及传力杆、拉杆的安设等进行全面检查。修复破损基层，并洒水润湿。用厚度标尺板全面检测板厚，与设计值相符，方可开始摊铺。

b. 专人指挥自卸车尽量准确卸料。人工布料应用铁锹反扣，严禁抛郑和耨耙。人工摊铺混凝土拌和物的坍落度应控制在 5~20mm 之间，拌和物松铺系数宜控制在 $K=1.10\sim 1.25$ 之间，料偏干，取较高值；反之，取较低值。

c. 因故造成 1h 以上停工或达到 2/3 初凝时间，致使拌和物无法振实时，应在已铺筑好的面板端设置施工缝，废弃不能被振实的拌和物。

(2) 插入式振捣棒振实

a. 在待振横断面上，每车道路面应使用 2 根振捣棒，组成横向振捣棒组，沿横断面连续振捣密实，并应注意路面板底、内部和边角处不得欠振和漏振。

b. 振捣棒的振捣方法及注意事项宜按《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003) 中第 7.5.2-2 条的有关规定执行。

(3) 振动板振实

a. 在振捣棒已完成振实的部位，可开始振动板纵横交错两遍全面提浆振实，每车道路面应配备 1 块振动板。

b. 振动板移位时，应重叠 100~200mm，移位控制以振动板底部和边缘泛浆厚度 $3\pm 1\text{mm}$ 为限。

c. 缺料的部位，应辅以人工补料找平。

(4) 振动梁振实

a. 每车道路面宜使用 1 根振动梁。振动梁应具有足够刚度和质量，底部应焊或安装深度 4mm 左右的粗集料压实齿，保证 $(4\pm 1)\text{mm}$ 的表面砂浆厚度。

b. 振动梁应垂直路面中线，沿纵向拖行，往返 2~3 遍，使表面泛浆均匀平整。

在振动梁拖振整平过程中，缺料处应使用混凝土拌和物填补，不得用纯砂浆填补；料多的部位应铲除。

(5) 整平饰面

a.每车道路面应配备 1 根滚杠（双车道两根）。振动梁振实后，应拖动滚杠往返 2~3 遍提浆整平。多余水泥浆应铲除。

b.托滚后的表面宜采用 3m 刮尺，纵横各 1 遍整平饰面，或采用叶片式或圆盘式抹面机往返 2~3 遍压实整平饰面。抹面机配备每车道路面不宜少于 1 台。

c.在抹面机完成作业后，应进行清边整缝，清除粘浆，修补缺边、掉角。应使用抹刀将抹面机留下的痕迹抹平，当烈日曝晒或风大时，应加快表面的修整速度，或在防雨篷遮阴下进行。精平饰面后的面板表面应无抹面印痕，致密均匀，无露骨，平整度应达到规定要求。

3.小型机具施工三、四级公路混凝土路面、应优先采用在拌和物掺外加剂，无条件时，应使用真空脱水工艺，该工艺适用于面板厚度不大于 240mm 混凝土面板施工。采用真空脱水工艺的机具及施工工艺要求应按《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG F30—2003）第 7.5.3 条的有关规定进行。

315.10 接缝施工

1.纵缝施工

(1) 当一次铺筑宽度小于路面和硬路肩总宽度时，应设纵向施工缝，位置应避开轮迹，并重合或靠近车道线，构造可采用平缝加拉杆型。

(2) 当所摊铺的面板厚度 $\geq 260\text{mm}$ 时，也可采用插拉杆的企口形纵向施工缝。采用滑模施工时，纵向施工缝的拉杆可采用摊铺机的侧向拉杆装置插入。采用固定模板施工方式时，应在振实过程中，从侧模预留孔中手工插入拉杆。

(3) 当一次铺筑宽度大于 4.5m 时，应采用假缝拉杆型纵缝，即锯切纵向缩缝，纵缝位置应按车道宽度设置，并在摊铺过程中用专用的拉杆插入装置插入拉杆。

(4) 桥面与搭板纵缝拉杆可由横向钢筋延伸穿过接缝代替。

(5) 插入或置入的侧向拉杆应牢固，不得松动、碰撞或拔出。若发现拉杆松动、拔出或未插入，应在横向相邻路面摊铺前，钻孔重新置入拉杆。当发现拉杆可能被拔出时，宜进行拉杆拔出力（握裹力）检验，混凝土与拉杆握裹力试验方法可参照《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG F30—2003）附录 C。

2.每天摊铺结束或摊铺中断时间超过 30min 时，应设置横向施工缝。其位置宜与胀缝或缩缝重合，确有困难不能重合时，施工缝应采用设螺纹传力杆的企口缝形

式。横向施工缝应与路中心线垂直。横向施工缝在缩缝处采用平缝加传力杆型。

3.横向缩缝施工

(1) 普通混凝土路面横向缩缝宜等间距布置。不宜采用斜缩缝和不等间距缩缝。不得不调整板长时，最大板长宜不大于 6.0m，最小板长不宜小于板宽。

(2) 在中、轻交通的公路混凝土路面上，横向缩缝可采用不设传力杆假缝型。

(3) 在特重和重交通公路、收费广场、邻近胀缝或路面自由端的 3 条缩缝应采用假缝加传力杆型。钢筋支架应具有足够的刚度，传力杆应准确定位，摊铺之前应在基层表面放样，并用钢钎锚固，宜使用手持振捣棒振实传力杆高度以下的混凝土，然后机械摊铺。

4.胀缝设置与施工

普通混凝土路面的胀缝应按图纸要求和《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003) 第 9.1.4 条的规定设置。

5.拉杆、胀缝板、传力杆及其套帽、滑移端设置精确度应符合《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003) 第 9.1.5 条的要求。

6.贫混凝土基层、各种混凝土面层、加铺层、格面和搭板的纵、横向缩缝均应采用切缝法施工。切缝作业应按《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003) 第 9.1.6 条规定执行。

7.填缝

(1) 混凝土面板所有接缝凹槽都应按图纸规定，用填缝料填缝。填缝材料和填缝方法应经监理人批准。

(2) 缝槽应在混凝土养生期满后及进填缝，填缝前必须保持缝内干燥清洁，防止砂石等杂物掉入缝内。填缝前应经监理人检查。

(3) 填缝料应与混凝土缝壁粘附紧密，其灌注深度宜为缝宽的 2 倍，当深度大于 30~40mm 时，可填入多孔柔性衬底材料。在夏季应使填缝料灌至与板面齐平；在冬季则应稍低于板面。

(4) 在开放交通前，填缝料应有充分的时间硬结。

315.11 混凝土路面养生

1.混凝土路面铺筑完成或软作抗滑构造完成后应立即开始养生。机械摊铺的各种混凝土路面、桥面及搭板宜采用喷洒养生剂同时保湿覆盖的方式养生。在雨天或养生用水充足的情况下，也可采用覆盖保湿膜、土工毡、土工布、麻袋、草袋、草帘等洒水湿养生方式。不宜使用围水养生方式。

2.混凝土路面采用喷洒养生剂养生和覆盖物保温养生应按《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003)第9.3节有关规定执行。

315.12 特殊气候条件下的施工

1. 一般规定

(1) 承包人应根据图纸提供的当地气象资料及承包人收集的月、旬、日天气预报资料,遇有影响混凝土路面施工质量的天气时,应暂停施工或采取必要的防范措施,制订特殊气候的施工方案。

(2) 混凝土路面施工如遇下述条件之一者,必须停工:

a.现场降雨;

b.风力大于6级,风速在10.8m/s以上的强风天气;

c.现场气温高于40°C或拌和物摊铺的温度高于35°C;

d.摊铺现场连续5昼夜平均气温低于5°C,夜间最低气温低于-3°C。

2.雨天施工:当降雨影响路表面质量时应停止施工。雨季施工时应准备足够的防雨篷或塑料薄膜,对被暴雨冲刷后,路面平整度严重劣化的部位,应尽早铲除重铺。

3.刮风天施工:在日照较强,空气干燥的多风季节或经常刮风的地区,为防止路面发生塑性收缩而产生开裂,应采取《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003)中表10.3.1的相应措施。

4.高温季节施工:当现场气温高于30°C,应避开中午高温时段施工,若不能避开应采取相应的降温技术措施。无论在什么情况和条件下,混凝土拌和物的出料温度不宜超过35°C。夏季高温气候施工时,应随时加测气温和水泥、拌和水、拌和物及路面温度。必要时加测混凝土水化热。

5.低温季节施工:冬季负温施工,当最低温度为-3°C以下,应采用路面保温覆盖措施施工。最低气温-10°C以下,应同时采用保温覆盖和加防冻剂的冬季负温施工方法。搅拌机出料温度不得低于10°C,摊铺混凝土温度不得低于5°C。否则应采用热水拌和混凝土。冬季负温施工覆盖保温养生的最少天数不得少于21d。养生方式为先洒养生剂,加塑料薄膜保湿,再盖保温材料保温。

315.13 取样和试验

1.施工单位应随时对施工质量进行自检。自检项目和频率:原材料应按表315-7规定进行;拌和物应按表315-8规定进行;混凝土路面应按本规范表315-10规定进行。当施工、监理、监督人员发现异常情况,应加大检测频率,找出原因,及时处

理。高速公路、一级公路应利用计算机实行动态质量管理。其方法见《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTGF30—2003）附录A.2的规定。

表 315-10 混凝土路面的检验项目、方法和频率

项次	检查项目	检查方法和频率	
		高速公路、一级公路	其他公路
1	弯拉强度	每班留 2~4 组试件，日进度 < 500m 取 2 组，≥500m 取 3 组，≥1000m 取 4 组，测 f_{cs} 、 f_{min} 、 C_v	每班留 1~3 组试件，日进度 < 500m 取 1 组；≥500m 取 2 组，≥1000m 取 3 组，测 f_{cs} 、 f_{min} 、 C_v
	钻芯劈裂强度	每车道每 3km 钻取 1 个芯样，硬路肩为 1 个车道，测平均 f_{cs} 、 f_{min} 、 C_v 、板厚 h	每车道每 3km 钻取 1 个芯样，硬路肩为 1 个车道，测平均 f_{cs} 、 f_{min} 、 C_v 、板厚 h
2	板厚度	路面摊铺宽度内每 100m 左右各 2 处，连接摊铺每 100m 单边 1 处，参考芯样	路面摊铺宽度内每 100m 左右各 1 处，连接摊铺 100m 单边 1 处，参考芯样
3	3m 直尺平整度	每半幅车道 100m 2 处 10 尺	每半幅车道 200m 2 处 10 尺
	动态平整度	所有车道连续检测	所有车道连续检测
4	抗滑构造深度	铺砂法：每幅 200m 2 处	铺砂法：每幅 200m 1 处
5	相邻板高差	尺测：每 200m 纵横缝 2 条，每条 3 处	尺测：每 200m 纵横缝 2 条，每条 2 处
6	连接摊铺纵缝高差	尺测：每 200m 纵向工作缝，每条 3 处，每处间隔 2m 3 尺，共 9 尺	尺测：每 200m 纵向工作缝，每条 2 处，每处间隔 2m 3 尺，共 6 尺
7	接缝顺直度	20m 拉线测：每 200m 6 条	20m 拉线测：每 200m 4 条
8	中线平面偏位	经纬仪：每 200m 6 点	经纬仪：每 200m 4 点
9	路面宽度	尺测：每 200m 6 处	尺测：每 200m 4 处
10	纵断高程	水准仪：每 200m 6 点	水准仪：每 200m 4 点
11	横坡度	水准仪：每 200m 6 个断面	水准仪：每 200m 4 个断面
12	断板率	数断板面板块占总块数比例	数断板面板块占总块数比例
13	脱皮裂纹露石缺边掉角	量实际面积，并计算与总面积比	量实际面积，并计算与总面积比
14	路缘石顺直度和高度	20m 拉线测：每 200m 4 处	20m 拉线测：每 200m 2 处
15	灌缝饱满度	尺测：每 200m 接缝 6 处	尺测：每 200m 接缝 4 处
16	切缝深度	尺测：每 200m 6 处	尺测：每 200m 测 4 处
17	胀缝表面缺陷	每条观察填缝及啃边断角	每条观察填缝及啃边断角
18	胀缝板连浆	每条胀缝板安装时测量	每条胀缝板安装时测量
	胀缝板倾斜	尺测：每块胀缝板每条两侧	尺测：每块胀缝板每条两侧
	胀缝板弯曲和移位	尺测：每块胀缝板每条 3 处	尺测：每块胀缝板每条 3 处
19	传力杆偏斜	钢筋保护层仪：每车道 4 根	钢筋保护层仪：每车道 3 根

注：路面钻芯劈裂强度应换算为实际面板弯拉强度进行质量评定。

2. 浇注完成的混凝土板，应检查实际强度，可现场钻取圆柱试件，进行圆柱劈裂强度的试验，以圆柱劈裂强度推算小梁弯拉强度。

3. 如果试件表明混凝土的 28d 强度不能达到规定的强度，则承包人可以从相应龄期地点的混凝土构件中切体样品，对照其强度。切取样品的尺寸和切取试件的部门均由监理人决定，取件后同承包人负责修复孔穴，其费用由承包人承担。

315.14 质量检验

1.基本要求

- (1) 混凝土的摊铺、捣实、整平与混凝土面板养护符合规范要求。
- (2) 接缝的位置、规格、尺寸和传力杆，拉力杆的设置以及面板补强钢筋的布设等符合图纸和规范要求。
- (3) 路面的平整度和构造深度符合规范要求。
- (4) 路线符合图纸要求。

2.检查项目

见表 315-11。

表 315-11 各级公路混凝土路面铺筑质量要求

项次	检查项目	允许值
1	弯拉强度* (MPa)	100%符合 (JTG F30—2003) 中附录 A.1 的规定
2	板厚度 (mm)	代表值 ≥ 5 ; 极值 ≥ 10 , Cv 值符合设计要求
3	平整度	
	σ (mm)	≤ 1.2
	IRI (m/km)	≤ 2.0
	3m 直尺最大间隙 Δh (mm)	3.0 (合格率 $\geq 90\%$)
4	抗滑构造深度 (mm)	0.70~1.10
5	相邻板高差 (mm)	≤ 2
6	连接摊铺纵缝高差 (mm)	平均值 ≤ 3 ; 极值 ≤ 5
7	接缝顺直度 (mm)	≤ 10
8	中线平面偏位 (mm)	≤ 20
9	路面宽度 (mm)	± 20
10	纵断高程 (mm)	± 10
11	横坡率 (%)	± 0.15
12	断板率 (‰)	≤ 2
13	脱皮印痕裂纹露石缺边掉角 (‰)	≤ 2
14	路缘石顺直度和高度 (mm)	≤ 20
15	灌缝饱满度 (mm)	≤ 2
16	切缝深度 (mm)	≥ 50
17	胀缝表面缺陷	不应有
18	胀缝板连浆 (mm)	≤ 20
	胀缝板倾斜 (mm)	≤ 20
	胀缝板弯曲和移位 (mm)	≤ 10
19	传力杆偏斜 (mm)	≤ 10

注：1.路面钻芯劈裂强度应换算为实际面板弯拉强度进行质量评定。

2.质量检查方法见表 313-10 的规定。

3.外观鉴定

- (1) 混凝土板表面脱皮、印痕、裂纹、露石、蜂窝、麻面、缺边、掉角等有缺陷的面积不得超过受检面积的 2% (高速公路和一级公路) 和 3% (其他公路)。

(2) 混凝土的断裂块数不得超过评定路段混凝土板总块数的 2% (高速公路和一级公路) 和 4% (其他公路)。

(3) 路面边线直顺、曲线圆滑。

(4) 接缝填缝料饱满密实、粘结牢固、缝缘清结整齐。

第316节 路肩培土、中央分隔带回填土、土路肩加固及路缘石

316.01 范围

本节工作内容包括路肩培土、中央分隔带的回填土以及土路肩加固工程等施工作业。

316.02 材料

1. 路肩培土及中央分隔带回填土所用材料应符合图纸及下述的要求。

(1) 凡具有规定强度且能被压实到规定密实度和能形成稳定填方的材料均为适用填料。通常情况下, 下列材料为非适用材料:

(a) 含草皮、生活垃圾、树根和腐殖质的土。

(b) 泥炭、淤泥、冻土、沼泽土、建筑垃圾。

(c) 有机质含量大于 5% 的土。

(d) 液限大于 50%、塑性指数大于 26 的土。

(2) 对于泥炭、冻土、强膨胀土、有机质土及易溶盐超过允许含量的土, 以及含水率超过规定的土, 不得直接作为路堤填料, 在采取图纸要求的技术措施并经监理人批准后, 方可使用。季节性冻土地区路床及浸水部分的路堤不应直接采用粉质土填筑。

(3) 利用粉煤灰等工业废渣填筑路堤, 应先进行试验, 并将试验报告及其施工方案报监理人批准后, 方可使用。

(4) 对填挖交界、台背回填、上路床 (0~300mm) 等部位的填筑材料, 应先报告监理人批准后, 方可使用。粉质土不宜直接填筑于路床, 不得直接填筑于浸水部分的路堤及冻土地区的路床。

(5) 填石路堤填料中, 其石块最大粒径应不大于 500mm, 并不宜超过层厚的 2/3, 不均匀系数宜为 15~20; 路床底面以下 400mm 范围内, 填料粒径应小于 150mm。

(6) 路基填料最小强度和最大粒径应符合表 316-1 的规定。

表 316-1 路基填料最小强度和最大粒径要求

填料应用部位 路床顶面以下深度, m)	填料最小强度 (CBR) (%)		填料最大粒径 (mm)
	高速公路	一级公路	
路堤	上路床 (0~0.30)	8	100
	下路床(轻、中及重交通) (0.30~0.80)	5	100
	下路床(特重、极重交通) (0.30~1.20)	5	100
	上路堤(轻、中及重交通) (0.80~1.50)	4	150
	上路堤(特重、极重交通) (1.20~1.90)	4	150
	下路堤(轻、中及重交通) (>1.50)	3	150
	下路堤(特重、极重交通) (>1.90)	3	150
零填及挖方 路基	(0~0.30)	8	100
	(0.30~0.80)	5	100

注：1.表列强度按《公路土工试验规程》（JTG E40-2007）规定的浸水 96h 的 CBR 试验方法测定。

2.表中上、下路堤填料最大粒径 150mm 的规定不适用于填石路堤和土石路堤。

2. 水泥混凝土应符合图纸和本规范第 313 节的要求。

3. 水泥砂浆应符合图纸和下列要求。

(1) 砂浆强度等级应符合图纸规定或监理人要求。砂浆强度等级系指 70.7mm×70.7mm×70.7mm 标准立方体试件，在温度（20±3）℃、相对湿度不小于 90% 中养护 28d，经抗压试验所得的极限抗压强度值，以 MPa 表示。

(2) 砂浆所用水泥、砂及水应符合第 410 节的规定。砂浆中宜用中砂或粗砂，砂的最大粒径，当用于砌筑片石时，不宜大于 5mm；当用于砌筑块石、粗料石时，不宜大于 2.5mm。

(3) 监理人许可时，可以将粗集料最大尺寸不超过 20mm 的混凝土（小石子混凝土）用作片石和块石砌体的砂浆。

(4) 除非图纸上另有标明或监理人指示，勾缝砂浆强度等级对于主体工程不低于 M10，附属工程不低于 M7.5，且均不低于砌筑砂浆的强度等级。水泥砂浆的配合比按《砌筑砂浆配合比设计规程》（JGJ/T 98-2010）的规定执行。

(5) 除非监理人同意，不得人工拌和砂浆。

316.03 施工要求

1. 当路肩用料与稳定土层用料不同时，应采取培肩措施，先将两侧路肩培好。路肩料层的压实厚度应与稳定土层的压实厚度相同。在路肩上，每隔 5~10m 应交错

开挖临时泄水沟。路面铺筑完成后，可进行路肩培土及中央分隔带回填土的施工作业，并应符合图纸和监理人指示。

2. 路肩培土和中央分隔带回填土的施工工艺及要求参照《公路工程标准施工招标文件技术规范》204.04节的有关规定，同时符合图纸要求。

3. 中央分隔带内根据图纸或监理人指示，表层应回填种植土。

4. 土路肩加固前准备

(1) 施工前应按图纸逐桩测量其施工高程及应有宽度，当不符合图纸规定时，应进行修整；高速公路土路肩的压实度应不小于95%，同时路基边坡整修应符合图纸要求。

(2) 经监理人检查同意后，方可分段进行预制块的铺砌或现浇水泥混凝土加固作业。

5. 混凝土预制块加固土路肩

(1) 混凝土预制块按图纸要求的尺寸应在预制场集中预制，并经检验合格后方可使用，预制块在运输时应轻拿轻放，不得野蛮装卸，避免损坏。

(2) 铺砌预制块时，首先应按图纸要求设置垫层或整平，然后将块件接缝处用水湿润，并在侧面涂抹水泥砂浆。砌块落座时应位置正确、灰缝挤紧，但不得碰撞相邻砌块。灰缝宽度不大于10mm。

(3) 铺砌段完成后，即进行养护，在砂浆强度达到图纸规定要求前，严禁在其上行走或碰撞。

6. 现浇混凝土加固土路肩

(1) 模板应采用钢板材料制成，所有模板均不应翘曲，并应有足够强度来承受混凝土压力，而不发生变形。所有模板应处理干净，并涂上经批准的脱模剂，并按图纸尺寸对混凝土全深立模，然后浇筑混凝土。

(2) 混凝土应按试验确定的配合比进行拌和及浇筑。按图纸要求的厚度，浇筑在模板内的混凝土宜用捣动器振捣或监理人认可的其他方法捣固。模板应留待混凝土固结后才可拆除，拆模时应保证棱角不受损坏，混凝土应按规刮平成行，然后用木抹子将其抹饰平整。经监理人允许可采用其他抹面方法，但不允许粉饰。

(3) 抹饰平整后即进入养护。养护方法及细节参照本规范第410节的有关规定。

7. 路缘石（混凝土预制）

(1) 混凝土应按试验确定的配合比进行拌制及预制，路缘石的质量符合图纸规定要求。

- (2) 路缘石埋设的槽底基础和后背填料应夯击密实，压实度符合图纸要求。
- (3) 安砌缘石时应钉桩拉线，务必使顶面平整，线条直顺，曲线圆滑美观，埋砌稳固。

316.04 质量检验

1. 路肩

(1) 基本要求

- a. 路肩表面应平整密实，无积水。
- b. 肩线应直顺，曲线圆滑。

(2) 检查项目

路肩检查项目见表 316-2。

表 316-2 路肩检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	压实度 (%)	不小于设计值，设计未规定时不小于 90%	按 JTG F80/1-2017 附录 B 检查，每 200m 测 1 点
2	平整度 (mm)	土路肩	3m 直尺：每 200m 测 2 处×5 尺
		硬路肩	
3	横坡 (%)	±0.5	水准仪：每 200m 测 2 个断面
4	宽度 (mm)	满足设计要求	尺量：每 200m 测 2 点

(3) 外观质量

路肩应无阻水、无杂物。

2. 路缘石铺设

(1) 基本要求

- a. 水泥混凝土强度应满足设计要求。
- b. 安装应砌筑稳固，顶面平整，缝宽均匀，勾缝密实，线条直顺。
- c. 槽底基础和后背填料应夯打密实。

(2) 检查项目 路缘石铺设检查项目见表 316-3。

表 316-3 路缘石铺设检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	直顺度 (mm)	15	20m 拉线尺量：每 200m 测 4 处
2	预制 铺设	相邻两块高差 (mm)	3
		相邻两块缝宽 (mm)	3
	现浇	宽度 (mm)	±5
3	顶面高程 (mm)	10	水准仪：每 200m 测 4 点

(3) 外观质量

- a. 路缘石不应破损。
- b. 平缘石不应阻水。

第317节 路面及中央分隔带排水

317.01 范围

本节工作内容为路面和中央分隔带排水工程，包括纵、横、竖向排水管，盲沟、渗沟，纵向雨水沟（管），集水井，路肩排水沟和拦水带等结构物的施工及有关的作业。

317.02 材料

- 1. 所需材料均应符合图纸要求。
- 2. 混凝土应符合本规范第 313 节的规定。
- 3. 石料及水泥砂浆应符合本规范第 314 节的规定。
- 4. 沥青材料应符合本规范第 308 节的规定。
- 5. 排水管要求如下。

PVC-U 管的质量应符合图纸要求及《排水用芯层发泡硬聚氯乙烯（PVC-U）管材》（GB/T 16800-2008）的规定。

317.03 施工要求

1. 排水管（PVC-U 排水管）

(1) 纵向 PVC-U 透水管的打孔冲击试验及孔径、孔距等应符合图纸规定，纵向 PVC-U 透水管的铺设纵坡不应小于 0.3%。

(2) 中央分隔带开口部的纵向 PVC-U 管不打孔，其接头均应防渗漏处理。

(3) 位于涵洞、通道处的中央分隔带排水系统，应按图纸及监理人的要求在涵洞、通道顶钻孔，设竖向 PVC-U 排水管，将水排入涵洞内或通道内的排水沟。

(4) 纵向排水管与横向排水管及竖向排水管接头部位，均应按图纸规定设胶泥隔水层。

(5) 中央分隔带横向排水管应按图纸规定设砂砾垫层及出水口混凝土预制块。

(6) 超高路段横向排水管进水口应埋设于集水井，并用水泥砂浆灌注接缝。横向排水管应设置于图纸规定的基础上，管节间应严格按图纸或监理人的指示做好防水措施。

2. 纵向雨水沟(管)

(1) 在超高路段中央分隔带上侧边缘设置的纵向雨水沟，其起讫桩号及高程、尺寸均应符合图纸规定或监理人的指示。

(2) 纵向雨水沟沟底纵坡除图纸另有规定外应与路线纵坡相同，但应不小于 0.3%，否则应调整纵坡。

(3) 纵向雨水沟除端部预制件集中预制外，其余段均在现场就地浇筑。纵向雨水沟预制块应在基础混凝土未凝结前放置于基础上。

(4) 纵向雨水沟顶面高程不得高出相邻路面高程。

(5) 纵向雨水沟的栅形盖板材料、尺寸应符合图纸要求。

3. 集水井

(1) 中央分隔带超高路段应按图纸规定位置准确定位后，在开挖路槽的同时，开挖集水井及横向排水管基坑。

(2) 位于涵洞、通道处的小型集水井按图纸规定尺寸、配筋集中预制，并按图纸所示安装。

(3) 衔接于横向排水管的集水井按图纸规定高程、尺寸立模现浇、横向排水管管节嵌入集水井壁内，并严格按图纸或监理人批准的方法做好防水处理。

(4) 集水井铸铁梳形盖板尺寸、规格应按图纸规定加工，并按图纸所示安装。

4. 路肩排水沟

(1) 在经监理人验收合格的路肩基础上按图纸铺设天然砂砾层，并用小型压实机具予以压实，其密实度应符合图纸规定。

(2) 若铺设土工布，按图纸规定或监理人的指示，在压实平整的砂砾层上全断面铺设土工布，土工布应拉直平顺，紧贴砂砾层上。施工中，土工布不应出现任何损坏，否则，承包人应予更换重铺，并承担相应责任。

(3) 混凝土路肩排水沟块件按图纸规定尺寸、材料及本规范第 313 节有关施工要求，在工厂集中预制。

(4) 按图纸规定安装排水沟预制块，对接砌缝及与边坡急流槽衔接处，应用水泥砂浆灌注，防止漏水。

9. 路基盲沟

(1) 盲沟通常为矩形或梯形，在盲沟的底部和中部用较大碎石或卵石（粒径 30~50mm）填筑，在碎石或卵石的两侧和上部，按一定比例分层（层厚约 150mm），填较细颗粒的粒料（中砂、粗砂、砾石），做成反滤层，逐层的粒径比例，大致按 4:1 递减。砂石料颗粒小于 0.15mm 的含量不应大于 5%。或用土工合成材

料包裹有孔的硬塑管，管四周填以大于硬塑管孔径的等粒径碎、砾石，组成盲沟。在盲沟顶部做封闭层，用双层反铺草皮或其他材料(如土工合成的防渗材料)铺成，并在其上夯填厚度不小于 0.5m 的黏土防水层。

(2) 盲沟的埋置深度，应满足渗水材料的顶部(封闭层以下)不得低于原有地下水位的要求。当排除层间水时，盲沟底部应埋于最下面的不透水层上。在冰冻地区，盲沟埋深不得小于当地最小冻结深度。

(3) 当采用土工织物做反滤层时，应先在底部及两侧沟壁铺好就位，并预留顶部覆盖所需的土工织物，拉直平顺紧贴下垫层。所有纵向或横向的搭接缝应交替错开，搭接长度均不得小于 300mm。

(4) 盲沟只宜用于渗流不长的地段，且纵坡不应小于 1%。出水口底面高程，应高出沟外最高水位 0.2m。

(5) 除盲沟之外，其他形式的渗沟施工方法应严格按《公路路基施工技术规范》(JTGF10-2006)第 5.3 节的有关规定执行。

317.03 质量检验

排水沟、集水井应按《公路工程标准施工招标技术规范》207.05 小节的规定进行质量检验。

第318节 裂缝处治

318.01 范围

本节工作内容为对原有沥青路面裂缝病害进行处治，包括所需的设备、劳力和材料，以及施工、试验等全部作业。

318.02 材料

1. 灌封料

沥青路面灌缝应采用专用的灌封料。灌缝料采用热熔型高分子聚合物密封胶，要求具有很强的粘结和附着力，气候变化能保持较好的延展性和高弹性。灌缝材料的技术指标要求应满足表 318-1 的要求。

表 318-1 灌缝胶技术指标要求

试验项目	要求
锥入度 (0.1mm)	<50
软化点 (°C)	≥80
弹性恢复率 (%)	30~70
流动值 (mm)	≤3

试验项目	要求
低温拉伸(-10°C)	通过
建议倾倒温度	188°C
建议安全加热温度不超过	199°C

2. SBS 改性沥青抗裂贴

改性沥青抗裂贴用于基层裂缝、沥青路面单一裂缝处，改性沥青抗裂贴的技术要求见表 318-2。

表 318-2 改性沥青抗裂贴的技术要求

技术指标		要求
公称厚度 (mm)		≥3
公称宽度 (cm)		48
拉力(N/50mm)		≥1400
最大拉力时延伸率 %		1.0~10.0
低温柔性 -10°C		无裂纹
低温柔性 -20°C (必要时)		无裂纹
低温柔性 -30°C (必要时)		无裂纹
热老化	最大拉力保持率 / %	≥70
	最大拉力时延伸保持率 %	≥75
	尺寸变化率 / %	±2
	质量损失 / %	±2
不透水性 0.3 MPa, 30min		不透水

3. 防裂卷材

防裂卷材以聚酯毡为胎基，以苯乙烯-丁二烯-苯乙烯 (SBS) 热塑性弹性体作石油沥青改性剂，两面覆以隔离材料所制成的热熔防裂卷材。主要应用于如下情况。

原路面病害修补过程中裂缝的封闭，包括如下情况：

单一裂缝，裂缝边缘清晰，无明显支缝，缝宽小于 5mm 的；

针对沥青路面铣刨后，沥青下面层存在单一纵、横向裂缝的；

开挖后原基层有裂缝，但基层整体板结强度较好，不对基层进一步开挖，在基层裂缝表面；

局部更换基层后，新旧基层的接缝位置以及在贫混凝土基层构造缝位置；

中面层与下面层的纵向错台、横向错台间。

水泥稳定碎石基层及底基层在养生过程中出现裂缝，当结构层的承载能力满足设计要求，灌缝后对缝条铺防裂卷材；

隧道混凝土顶面对缝条铺防裂卷材；

桥隧结构与路基段衔接时过渡板顶面铺设防裂卷材。

表 14.50 防裂卷材几何及性能指标要求

规格（公称厚度）/mm		3
上表面材料		S
下表面材料		PE
面积（m ² /卷）	公称面积	10、15
	偏差	±0.10
单位面积质量（kg/m ² ） ≥		3.5
厚度（mm）	平均值 ≥	3.0
	最小单值	2.7

表 14.51 PY 型防裂卷材材料性能

技术指标		要求
可溶物含量（g/m ² ） ≥	3mm	2100
	4mm	2900
耐热性 110（℃）		无流淌、滴落
低温柔性 -25℃		无裂缝
不透水性 30min		0.3MPa
拉力	最大峰拉力（N/50mm）	≥800
	次高峰拉力（N/50mm）	/
	试验现象	拉伸过程中，试件中部无沥青涂盖层开裂或与胎基分离现象
延伸率	最大峰时延伸率（%）	40
	第二峰时延伸率（%）	/
浸水后质量增加%	PE、S	≤1
热老化	拉力保持率（%）	≥90
	延伸率保持率（%）	≥80
	低温柔性（℃）	-20
		无裂缝
	尺寸变化率（%）	≤0.7
质量损失（%）	1	
渗油性	张数	≤2
接缝剥离强度（N/mm）		≥1.5

技术指标		要求
钉杆撕裂强度 (N)		/
矿物料粘附性 (g)		≤2.0
卷材下表面沥青涂盖厚度 (mm)		≥1.0
人工气候加速老化	外观	无滑动、流淌、滴落
	拉力保持率 (%)	≥80
	低温柔性 (°C)	-20
50°C剪切强度 / MPa		≥0.12
50°C粘结强度 / MPa		≥0.050
接缝变形能力		10000 次循环无破坏

318.03 施工要求

1. 灌缝料更换

对原有已经破损的灌缝料进行更换，具体操作如下第 2 条，裂缝清缝灌缝。

2. 裂缝清缝灌缝

(a) 裂缝封闭施工机具

(1) 清扫设备：

气喷：采用电动吹风机（森林灭火器）或高压空气压缩机。

热气喷：采用热压缩气喷枪或热喷枪。钢丝刷清扫，配备喷气设备。

(2) 开槽机：开槽机应采用具有自动跟踪裂缝功能的金刚石刀片开槽机，开槽速度适中，1.0~2.5 米/分钟。

(b) 裂缝封闭施工工艺

(1) 裂缝封闭施工温度应严格要求，必须在气温 5°C 以上时施工，否则应对路面或材料进行预热。并注意雨雪天气不得施工。

(2) 采用具有自动追踪裂缝功能的开缝机对路面进行开槽，裂缝的两侧新鲜面，对松散沥青混合料进行清理，再采用压缩空气进行吹扫、清洁，然后采用专门的灌封机进行灌缝。

(3) 裂缝开槽，裂缝大多在温差作用下具有水平位移，必须进行开槽填封修补，以适应因水平位移而使填封材料受到的应力。对于较宽的成熟裂缝，需将破损裂缝开槽后修补，开槽施工沿裂缝提供一条规则均匀的矩形槽，裂缝开槽应按要求

深度开槽，注意开槽机速度均匀，不得疾走急停，以免冲击力损坏缝边沥青混凝土。

(4) 裂缝清洁干燥

裂缝中或多或少都有一些水分、灰尘、碎屑和杂物。未清洁和干燥的裂缝壁面会导致其与填封材料的粘附性能下降，易造成填封材料脱出而使填封裂缝失效。因此，为保证填封裂缝的有效性和耐久性，需对裂缝进行彻底清洁和干燥。清缝先采用压缩空气吹、再采用钢丝刷扫，最后再采用压缩空气吹的方式进行。为了有效的吹掉缝中的灰尘、碎屑、杂物和少量的水分，可采用压力为 0.6MPa 左右、风量为 4~5m³/min 的压缩空气吹扫裂缝。同时，还可将裂缝附近（距裂缝左右 15cm 范围）的路表面吹扫干净，并用带导向的防护罩防止被吹散的材料飞溅到旁边车道上。裂缝处于潮湿状态、气温较低等较恶劣的施工条件下裂缝的清理和干燥必须采用高压热空气进行清扫，必须保证裂缝灌缝时处于干燥、洁净的状态。

(5) 灌缝材料的准备

在对裂缝进行填封修补前，必须事先将所选用的填封材料，根据其使用方法和填装的要求准备好。一般对填封材料的加热、升温都是用丙烷或柴油再通过导热油循环间接对填封材料加热，直至加热升温到填封材料推荐的使用温度，使填封材料具有一定的流动性，并确保不能过热。

(6) 裂缝灌缝施工

为了确保裂缝开槽处在最清洁和干燥状态，这一步应紧紧跟着上一步工艺（即裂缝的清理和干燥）进行，尽可能缩短清缝期与填料期的时间间隔，减少裂缝再被污染的可能。

1) 填装填封材料时，首先将储料罐中存放的填封材料，通过泵吸或气压的方式，将其卸出储料罐，然后通过专用的填封料喷洒杆，将料适量填入裂缝中或裂缝上，形成所预期的填封结构型式。

2) 要求填封材料填装结构型式一致、均匀，并应从底部向上填装，避免有气泡出现影响填封修补质量。裂缝填装时应连续不断，确保填封材料充满裂缝凹槽，若填封材料凹陷进裂缝中或用量不够时，应重新再填些料进去。但应填缝材料不得溢出。

(7) 开放交通

填封材料填装和成型完成后，为了保护未凝固的裂缝填封材料，防止其出现轮印或溜滑问题，应安排专人值守避免车辆进入碾压，待封缝材料冷却凝固后开放交通。

3. SBS 改性沥青抗裂贴

改性沥青抗裂贴用于沥青路面纵、横缝处治。由于裂缝一般是弯曲的，抗裂贴的实际宽度应根据每一条裂缝的走向，抗裂贴边缘距裂缝边缘的距离不得小于 24cm，且尽可能地保证居中的位置。

抗裂贴铺贴前，先在铺贴所在层位裂缝对应位置涂洒粘层油，然后再开始铺贴。先将抗裂贴展开，按照要求的尺寸或预留部位裁剪后，将抗裂贴从端头回卷到中间，然后从中间割开隔离层，边撕边向前铺贴，压实后恢复以上各层沥青混凝土。

4. 防裂卷材

防裂卷材施工时，先将卷材展开，排放在纵、横接缝部位，按要求尺寸或预留部位裁剪后，将卷材从端头回卷到中间，然后从中间割开隔离层，边撕边向前铺贴，并用压辊压实。对纵横向接缝，防裂卷材铺贴时应先在纵向接缝位置纵向对中铺贴，然后横向接缝对中铺贴。搭接：纵缝搭接长度不小于 8cm，横缝搭接长度不小于 10cm，横缝搭接应交错排列，避免在同一断面上。防裂卷材碾压：对搭接部位要重点碾压，局部无法碾压的部位用橡皮榔头敲密实或用热风枪烘烤软化黏贴，保证防裂卷材粘贴稳定，防止摊铺沥青混合料出现脱落及移动。处理完后再铺筑沥青混凝土。

318.04 质量检验

1. 基本要求

应满足设计图纸和《公路养护工程质量检验评定标准》（JTG 5220-2020）中对沥青路面开槽灌缝的要求。

2. 检测项目

应满足设计图纸和《公路养护工程质量检验评定标准》（JTG 5220-2020）中对沥青路面开槽灌缝的要求。

3. 外观质量

应满足设计图纸和《公路养护工程质量检验评定标准》（JTG 5220-2020）中对沥青路面开槽灌缝的要求。

第319节 水泥混凝土板板底脱空压浆

319.01 范围

本节工作内容为对脱空水泥板进行注浆处治，包括所需的设备、劳力和材料，以及施工、试验等全部作业。

319.02 材料

材料选择流动性好、早期强度高、具有一定膨胀性能的水泥浆。初凝时间不小于 30min，和易性好，具有良好的可泵性和保水性，浆液凝胶体 72h 内具有大于 4.0MPa 的抗压强度，收缩性小。

1. 原材料

(1) 水泥：选择大厂旋窑生产的标号不小于 R32.5 普通硅酸盐水泥，水泥的性能指标应符合《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB175—1999) 及表 318-1 的规定。

表 319-1 压浆用水泥各项指标

检查项目	标准
标准稠度需水量 %	不大于 28
烧失量 %	≤3.0
细度(80μm 筛余量) %	不大于 10
初凝时间 h	不早于 1.5
终凝时间 h	不迟于 10
耐磨性 kg/m ²	不大于 2.5
掺合料种类	不得掺窑灰、煤矸石、火山灰和粘土,有抗盐冻要求时不得掺石灰、石粉

(2) 粉煤灰。选用 II 级粉煤灰，其技术指标见表 319-2。原状粉煤灰在使用前应过筛，筛除大于 5mm 的颗粒和石子及其它杂物，以防堵塞管路。

表 319-2 II 级粉煤灰技术性能

细度(0.08mm 方孔筛的筛余)%	≤8
烧失量 (%)	≤8
需水量比 (%)	≤105
三氧化硫 (%)	≤3
含水率 (%)	≤1

(3) 外掺剂选用具有早强、微膨胀等功能的混凝土快速修补剂，也可根据情况加入减水剂。

(4) 水：可饮用水。

(5) 膨胀剂。使用膨胀剂的灰浆，要求具有明显的填充性膨胀作用。膨胀剂各项指标应满足表 319-3 要求。

表 319-3 压浆用膨胀剂各项指标表

检查项目	限制膨胀率(%)	干缩率(180 d)	1 d 膨胀率(%)	28 d 膨胀率(%)
标准	$>2.0 \times 10^{-4}$	$>2.0 \times 10^{-4}$	>0.15	<1

(6) 水泥、粉煤灰、膨胀剂、水等施工前都应以批为单位进行质量检查，符

合质量要求后方可使用，进场材料应按规范要求存放。

11.9.3 浆体的配合比设计。

(1) 浆体应具有自流淌性密实性能，初凝时间不早于 2h，终凝时间不超过 3.5h，12h 的抗压强度应达到 3.5Mpa，7d 抗压强度不小于 5 Mpa。

(2) 浆体应具有良好的可泵性、和易性、保水性，浆体不能过稠也不能过稀，浆体材料的比例应通过配合比试验确定。

(3) 配合比设计首先根据水泥与外加剂的相容性、压浆材料的流动性，初步确定压浆材料的配方，然后在保证压浆材料的流动性、强度达到要求的条件下，根据压浆材料的膨胀性能来确定压浆材料的最终配合比。配合比的比例参考范围见表 319-4。

表 319-4 浆体配合比参考比例

材料	水泥	粉煤灰	膨胀剂	早强剂	水
比例	1	2~3	0.08	0.06~0.12	1.2~1.65

11.9.4 浆体的制备

(1) 水泥混凝土面板压浆的设备要求体积小、移动灵活、操作简便、安全，主要设备包括灰浆搅拌机、钻孔设备、压浆设备、运浆设备、交通安全设备等。灰浆搅拌机用于制备浆液，并不停地搅拌储浆罐中已制备好的液；钻孔机采用钻孔直径为 50mm 的钻机；灌浆泵压力控制 1.5~2.0Mpa，出浆量 6m³/h。

(2) 事先清洁压浆机并排净水分，根据所需灌注的体积、浆体配合比及施工进度称取材料，在水中加入减水剂、早强剂并将水泥、粉煤灰、膨胀剂倒入压浆机的搅拌筒中先进行干拌，然后加入溶有早强剂的水，不断搅拌形成均匀的浆体。搅拌时间宜在 5min~10min 之间，应确保浆体材料在配制后的规定时间内用完。施工过程中，应不停地搅拌。

319.03 施工要求

1. 脱空板的检测

水泥混凝土路面修补施工过程中，应逐板检测板底脱空情况。脱空板检测采用弯沉法，弯沉检测应采用落锤式弯沉仪（FWD），检测每块板的板角，主测点位于板角的 25~40cm 范围内，可采用弯沉差法、截距法和经验法判别板底是否有脱空。当存在以下几种情况之一时，可认为该板块脱空：根据多级加载弯沉曲线的截距小于 30um、单点弯沉小于 14mm、相邻板块的弯沉差小于 0.06mm 时，可判断板底是脱空。

弯沉检测应逐板检测，原则上每块面板 4 个板角均应检测，可先检测位于纵缝处的两个板角，若此两个板角存在脱空现象，该板的其余两个板角可不检测；若此 2 个板角未有脱空现象，则应补测该板其它两个板角。对于严重破碎、沉陷的板块，可不进行脱空检测。

2. 注浆施工

(1) 钻孔。根据板面弯沉调查时确定孔位，压浆孔的孔位应根据面板的尺寸、下沉量的大小及注浆设备而定。

(2) 注浆孔与面板边的距离不应小于 0.5m，孔的位置既要考虑浆液的有效扩散半径，还要结合板的脱空量，根据实际情况确定，布置时每块板至少布置 5 个点。

(3) 在混凝土板面上用钻孔机钻直径 50 mm 的孔，孔深以穿透过混凝土面板并进入上基层 5~10 mm 为宜。

(4) 注浆孔应在注浆之前提前施工，钻好以后，应采用压缩空气将孔内的杂物清除干净，并保持干燥，在注浆孔未注浆前须用木塞或胶塞封住，以防落入异物。

(5) 压浆必须按照一定顺序进行，压浆作业应从沉陷量大的地方开始，逐步由大至小。

压浆时对每个孔位的压力和时间应严格把握，应缓慢均匀加压，一般当压力达到 0.3~1.5MPa 之间的某一值时，应保持稳压状态 2min 以上，当如果稳压状态下持续 2~3min 以上没有注入浆液，则该孔视为压满。

(6) 当混凝土板纵、横缝隙有浆液冒出时，如果纵、横缝可以用麻绳封堵应用麻绳封堵，封堵之后继续压浆压到不走浆为止，否则继续灌浆 5~10s 即应停止；压浆时若发现灰浆已从压孔的相邻孔溢出时，应用木塞塞紧邻孔继续压浆，压到不走浆为止，木塞要塞 10~20min，拔出木塞，不再进行压浆；注意控制注浆的时间和压力，防止土路肩的破坏，若浆液从硬路肩缝隙冒出时，立即停止灌浆；当压力表指针异常跳动或发电机声音突然增大应立即停止灌浆。

(7) 板的顶升量可根据试验段或经验确定，一般当混凝土板块顶升至高出正常板 1~2 mm 时，可停止注浆，此时随着灌浆压力的撤离，板块会由于重力作用产生定量的下沉。

(8) 注浆须连续进行，避免中途停机，以免堵塞管道。中途停机或收工时，必须对制浆机、压浆机、输送管道连续清洗直至冲洗干净。

(9) 如需暂时中断作业，应将喷嘴浸在水中，并以点动的形式使压力泵反转，使喷管及压力泵吸入一定量的水，防止浆体沉淀硬化，阻塞喷管。但应控制吸入水

量，不能使水进入到搅拌桶中；再进行注浆时，应先将吸人的水排掉，再注浆。

(10) 若发现钻孔灌不进浆液，可先用泵向孔内压射少量水或喷射空气，使之形成小空腔并与脱空区连通以便浆液的灌入。如仍灌不进，则将孔穿透基层。

(11) 压浆结束应立即拔出灌浆栓塞，立即插土木塞，以便有足够的时间使灰浆充分凝固。

(12) 养生。压浆工作完成后需封闭交通，以利于浆液凝固后其强度的增强，提高封堵效果，养生时间一般 3d，期间在浆体材料强度达到 3.5Mpa 时，应封闭交通，待浆体材料强度未到 3.5Mpa 后，取下木塞后用水泥砂浆封孔，然后才可开放交通。

(13) 灌注浆配合比例及强度每天均要检测，查看灌注浆配合比例是否符合室内试验室的试配，如发现不合格材料，应及时更改灌注浆配合比。

319.04 质量检验

1. 灌注浆液应在一个台班或完成一定数量的施工工作量抽取一组灰浆浆体制成 7.07×7.07×7.07cm 立方体试件，试件在标准养护条件下 7d 龄期进行养护。7d 抗压强度要求达到 5.0Mpa。

2. 施工过程中详细记录每块板的具体位置，错台或下沉高度，钻孔位置，认真填写压浆记录，由项目部、监理派专门技术人员对每台压浆机进行全程监控，压浆材料的配合比必须准确，并对每个孔的孔号、孔深、稳定压力、最大压力、始压时间、终压时间、稳压时间、压浆量进行详细记录。

3. 压浆板块养护 28 天后以落锤式弯沉仪 (FWD) 进行弯沉检测，实测板角弯沉应不大于 14(0.01mm)，对不合格的应重新钻孔压浆，直至合格为止，检测块数根据脱空板的数量确定。

D.4 400 章 桥梁涵洞工程

第401节 通则

401.01 范围

1. 本章适用于蜀道集团高速公路桥涵养护工程。
2. 本章对桥涵养护工程在施工中使用的原材料、半成品或成品，隐蔽工程以及施工原始资料和记录，均进行一系列的控制与检查，使工程质量符合规定的质量标准。在每一节的施工要求中均对质量标准、质量等级、检验内容和方法等提出了要求。如有未写明之处，应按照国家 and 交通运输部现行有关规范规定且经监理人批准后执行。
3. 本章工作内容包括桥梁的常规加固处治、梁桥加固、拱桥加固、缆索承重桥梁加固、钢桥及钢-混组合结构桥梁加固、桥梁基础及下部结构加固、桥面系及附属的修复与加固、涵洞加固、桥梁抗震及防碰撞加固和桥梁排水设施维修等。

401.02 施工总体要求

1. 在施工前，应对病害处治桥梁技术状况进行复查，并将复查结果通知有关单位。在桥梁病害处治施工过程中，应加强观测与检查，及时反馈信息指导施工；
2. 参建单位技术人员使用设计图时，应通读全册，熟悉各构件、各施工环节、施工过程的关系；施工承包单位施工前应进行读图、放大样、校正设计尺寸等工作并确认无误后才能施工；避免前后脱节或遗漏施工环节造成的经济损失。
3. 施工图设计所涉及的结构尺寸均参照原设计图纸取用，因此施工时必须对原结构尺寸进行核查，无误后方可动工。
4. 施工单位应根据设计文件要求和相关施工规范，编制详细施工组织设计方案和安全保障措施。施工过程中必须加强对大桥的观测和检查，根据实际情况对处治措施进行适时地调整。
5. 处治所用材料必须经过严格检测，满足《公路桥梁加固设计规范》JTG/TJ22-2008，《公路桥梁加固施工技术规范》JTG/TJ23-2008 要求后方可使用。
6. 桥梁病害处治施工过程需进行严格控制，必须按《公路桥梁加固施工技术规范》JTG/TJ23-2008 要求进行。
7. 安全施工非常重要，希望管养单位、施工单位加强安全方面的管理，严防各类安全事故的发生。
8. 工程验收参照《公路桥梁加固施工技术规范》JTG/TJ23-2008 和《工程结构

加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728-2011。

9. 其它未尽事宜，应严格按照《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020。

10. 加固处治竣工后应按照《公路桥涵养护规范》JTG5120-2021 的相关规定做好桥梁的日常养护工作，加强对该桥的观察、检查，并定期进行检测。

11. 重新开放交通后，限制其超过车辆荷载等级车辆通行。

第402节 钢筋

402.01 范围

本节工作内容为桥梁及结构物工程中钢筋的供应、试验、储存、加工及安装。

402.02 材料

1. 一般要求

(1)HPB300 钢筋应符合《钢筋混凝土用钢第 1 部分：热轧光圆钢筋》（GB/T1499.1-2017）的规定，HRB400 钢筋应符合《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》（GB/T1499.2-2018）的规定。钢筋的主要力学性能、工艺性能见表 402-1。

表 402-1 钢筋的主要力学、工艺性能

钢筋种类	HPB335	HPB300	HRB335			HRB400		
钢筋直径(mm)	6~22		6~25	28~ 40	>40~ 50	6~25	28~ 40	>40~ 50
最小屈服强度(MPa)	235	300	335			400		
最小抗拉强度(MPa)	370	420	455			510		
延伸率(%)	25		17			16		
180°冷弯弯芯内径	d		3d	4d	5d	4d	5d	6d

注：“d”为钢筋公称直径。

(2)符合标准的其他国际上采用的钢筋，如经监理人批准，也可采用。

(3)钢筋笼或钢筋骨架中的钢板及其他项目所用的结构钢材，应符合图纸要求及《碳素结构钢》（GB/T700-2006）中 Q235 钢的性能，结构钢材应和钢筋一样进行检验。

2. 检验证明

除监理人另有许可外，承包人应向监理人提供拟用于工程的每批钢筋的一式三份工厂试验报告。工厂试验报告必须由具有法律资格的保证人（如政府质量监督部门）签字，且提供以下资料：

(1)轧制钢筋的生产方法。

(2)每炉或每批钢筋的鉴定（包括拉力试验，弯曲试验结果）。

(3)每炉或每批钢筋的物理化学性能。

3.识别标志

在检验以前，每批钢筋应具有易识别的标签。标签上标明制造商试验号及批号，或者其他可以识别该批钢筋的证明。

402.03 试样及试验

1.一般要求

(1)钢筋应按《金属材料拉伸试验第1部分：室温试验方法》（GB/T228.1-2021）、《钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备》（GB/T2975-2018）、《金属材料弯曲试验方法》（GB/T232-2010）及《焊接接头冲击试验方法》（GB/T2650-2008）、《焊接接头拉伸试验方法》（GB/T2651-2008）的规定进行屈服点、抗拉强度、延伸量和冷弯试验及焊接性能试验，或经监理人批准，采用相应的国际上采用的标准。

(2)钢筋必须按不同钢种、等级、牌号、规格及生产厂分批验收，分别堆存，且应立牌以便于识别。

(3)所有钢筋的试验必须在监理人同意的试验室进行。

2.钢筋试验

(1)提供钢筋时应有工厂质量保证书（或检验合格证），否则，不得用于工程中。当钢筋直径超过12mm时，应进行机械性能及可焊性能试验。

(2)进场后的钢筋每批（同品种、同等级、同一截面尺寸、同炉号、同厂家生产的每60t为一批）内任选3根钢筋，各截取一组试样，每组3个试件，一个试件用于拉力试验（屈服强度、抗拉强度及延伸率）；一个试件用于冷弯试验；一个试件用于可焊性试验。

(3)如果有一个试件试验失败或不符合表402-1要求，应另取两个试件再做试验。如果两个试件中有一个试验结果仍不符合要求，则该批钢筋将不得接收，或根据试验结果由监理人审查决定降低级别，用于非承重的结构。

402.04 钢筋的储存、加工与安装

1.钢筋的保护及储存

(1)钢筋应储存于地面以上0.5m的平台、垫木或其他支承上，并应保护它不受机械损伤及避免暴露在可使钢筋生锈的环境中，以免引起钢筋表面锈蚀和破损。

(2)当安装于工程时,钢筋应无灰尘、有害的锈蚀、松散锈皮、油漆、油脂、油或其他杂质。

(3)钢筋应无有害地缺陷,例如裂纹及剥离层。只要用钢丝刷刷过的试样的最小尺寸、截面拉力性能符合规定的钢筋尺寸及钢筋级别的力学性能要求,则该钢筋的铁锈、表面不平整或轧制鳞皮不能作为拒收的理由。

2.钢筋整直

盘筋和弯曲的钢筋,采用冷拉方法调直钢筋时,HPB300钢筋的冷拉率不宜大于2%;HRB400钢筋的冷拉率不宜大于1%。

3.钢筋的截断及弯曲

(1)除监理人书面指示外,所有钢筋的截断及弯曲工作均应在工地现场内进行。

(2)钢筋应按图纸所示的形状进行弯曲。除监理人另有许可外,所有钢筋均应冷弯。部分埋置于混凝土内的钢筋,不得就地弯曲。

(3)主钢筋的弯曲及标准弯钩应按图纸及《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T3650-2020)的规定执行。

(4)箍筋的端部应按图纸规定设弯钩,并符合《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T3650-2020)规定。弯钩直线段长度,一般结构不宜小于5d,抗震结构不应小于10d(d为钢筋直径)。

4.钢筋安设、支承及固定

(1)所有钢筋应准确安设,当浇混凝土时,用支承将钢筋牢固地固定。钢筋应可靠地系紧在一起,不允许在浇混凝土时安设或插入钢筋。

(2)桥面板钢筋的所有交叉点均应绑扎或焊接,以避免在浇混凝土时钢筋移位。但两个方向的钢筋中距均小于300mm时,则可隔一个交叉点进行绑扎或焊接。

(3)用于保证钢筋固定于正确位置的预制混凝土垫块,其形状大小应为监理人所接受,同时,其设计应保证混凝土垫块在浇筑混凝土时不倾倒。垫块混凝土的骨料粒径不得大于10mm,其配合比应按照相关章节办理,其强度应与相邻的混凝土强度一致。用1.3mm直径的退火软铁丝预埋于垫块内,以便与钢筋绑扎。不得用卵石、碎石或碎砖、金属管及木块作为钢筋的垫块。

(4)钢筋的垫块间距在纵横向均不得大于1.2m。桥面板混凝土的钢筋安设按照图纸要求,在竖向不应有大于±5mm的偏差。

(5)任何构件内的钢筋,在浇筑混凝土以前,须经监理人检查认可。否则,浇筑的混凝土将不予验收。

(6)钢筋网片间或钢筋网格间，应相互搭接使能保持强度均匀，且应在端部及边缘牢固地连接。其边缘搭接长度应不小于一个网眼。

(7)安装在预制构件上的吊环钢筋，只允许采用未经冷拉的 HPB300 热轧钢筋。

5.钢筋的代用

(1)经监理人同意，屈服强度高的钢筋可以代替屈服强度低的钢筋，但代用钢筋总面积和总周长均不得小于原图所用钢筋的总面积和总周长。

(2)除非经监理人同意，不得以多种直径的钢筋代替原有同一直径的钢筋。

(3)代用钢筋的净距应遵守《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG3362-2018 有关规定。

(4)光圆钢筋不得代替带肋钢筋。

(5)承包人应承担钢筋代用责任。

(6)代用的钢筋层数不得多于原图纸规定钢筋层数。

402.05 钢筋接头

1.一般要求

(1)受力主筋的连接仅允许按图纸或按批准的加工图规定设置。

(2)承包人如不在图纸或加工图所示位置连接钢筋，应在安设钢筋以前，提交表明每个接点位置的专用图纸，请监理人批准。

(3)钢筋连接点不应设于最大应力处，并使接头交错排列。

2.焊接接头

(1)热轧钢筋应如图示或经监理人批准，采用闪光对焊或电弧焊。所有焊工应在开始工作之前经考核和试焊，合格后持证上岗。焊接工艺、参数应经监理人同意。每个焊点应经合格的检查人员彻底检查。

(2)凡施焊的各种钢筋、钢板均应有质量证明书；焊材应有产品合格证。

(3)钢筋的纵向焊接，宜采用闪光对焊；当缺乏闪光对焊条件时，可采用电弧焊（帮条焊、搭接焊）。钢筋焊接接头的施工方法及焊接工艺应符合《钢筋焊接及验收规程》（JGJ18-2012）的规定。

(4)在不利于焊接的气候条件下，施焊场地应采取适当的措施。在环境温度低于-5℃的条件下，当闪光对焊时，宜采用预热闪光焊或闪光—预热闪光焊，可增加调伸长度，采用较低变压器级数，增加预热次数和间歇时间；当采用电弧焊时，宜增大焊接电流，减低焊接速度。当环境温度低于-20℃时，不宜进行各种焊接。

(5)钢筋与钢板连接，应按电弧焊的规定焊接。

(6)当采用闪光对焊焊接热轧钢筋时:

a.为了保证对焊质量,钢筋的焊接端应在垂直于钢筋的轴线方向切平,两焊接端面彼此平行。焊渣必须清除。

b.在构件任一有钢筋焊接接头的区段内,闪光对接头的钢筋面积,在受拉区不应超过钢筋总面积的50%。上述区段长度不小于 $35d$ (d 为钢筋直径)且不小于500mm。同一根钢筋在上述区段内不得有两个接头。

c.如钢筋种类和直径有变动,或焊工有变换,应对建立的焊接参数进行校核,其方法是取两根钢筋试样进行 90° 冷弯试验。 90° 冷弯围绕一固定的梢进行,HPB300钢筋冷弯直径为2倍钢筋直径,HRB400钢筋为5倍钢筋直径。当钢筋直径大于25mm时,冷弯直径增加一个钢筋直径。对焊接头弯曲试验时,应将受压面的金属毛刺和因焊接而增厚部分削除,且与母材的外表齐平,焊缝应处于弯曲中心。

(7)当采用电弧焊焊接热轧钢筋时:

a.焊缝长度、宽度、厚度应符合图纸规定。如图纸无规定,按表402-2及图402-1规定执行。构件的电弧焊接头应符合规定。对于两预制构件的连接,如采取保证质量措施,且经监理人同意,可以不受上述规定的限制。电弧焊接头与钢筋弯曲处的距离不应小于10倍钢筋直径。

表 402-2 电弧焊的焊缝规格

项 目		HPB235、HPB300 钢 筋	HRB335、HRB400 钢 筋
帮条焊或搭接焊, 每条焊缝长度(L)	帮条焊接, 4 缝 (双面焊)	$\geq 4d$	$\geq 5d$
	帮条焊接, 2 缝 (单面焊)	$\geq 8d$	$\geq 10d$
	搭接焊接, 2 缝 (双面焊)	$\geq 4d$	$\geq 5d$
	搭接焊接, 1 缝 (单面焊)	$\geq 8d$	$\geq 10d$
帮条钢筋总面积		$\geq A$	
3. 焊缝总长度	帮条焊接	$\geq 16d$	$\geq 20d$
	搭接焊接	$\geq 8d$	$\geq 10d$
4. 焊缝宽度		$\geq 0.8d$	
5. 焊缝深度		$\geq 0.3d$	

注: 1.“A”为被焊接的钢筋面积。

2.“d”为被焊接的钢筋直径。

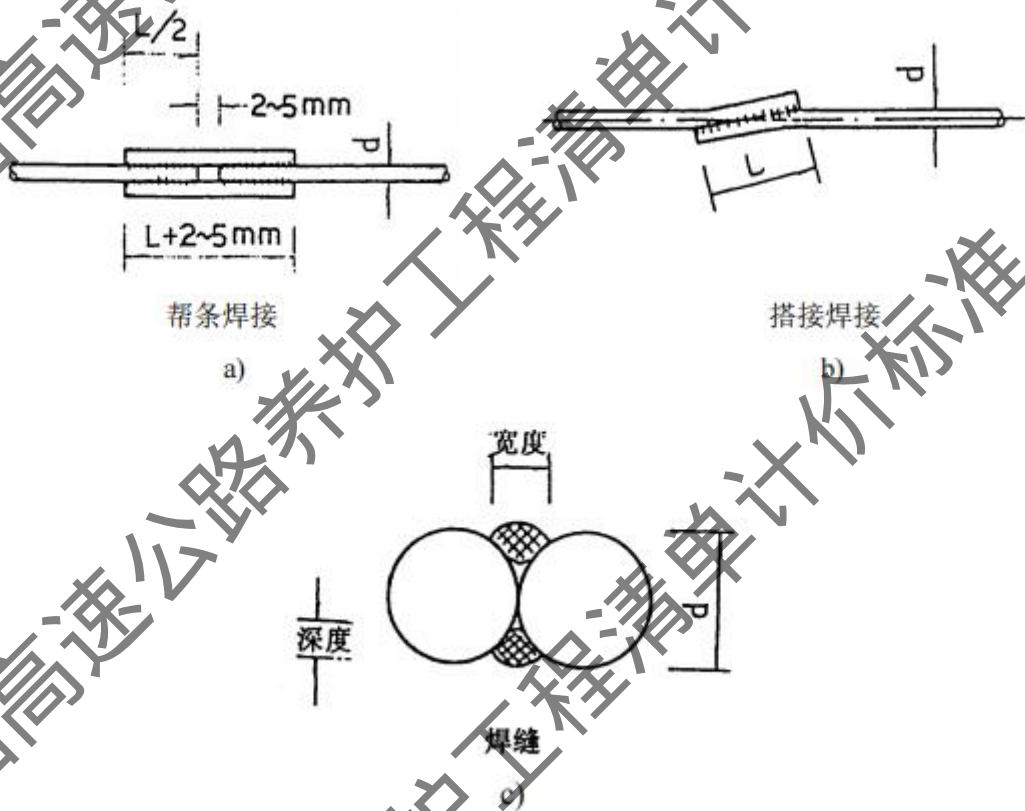


图 402-1 电弧焊接

a)帮条焊接；b)搭接焊接；c)焊缝

b.用于电弧焊的焊条应符合《非合金钢及细晶粒钢焊条》（GB/T5117-2012）及《热强钢焊条》（GB/T5118-2012）的规定。

c.如钢筋、级别、牌号、直径和焊条型号有变动，或焊工有变换，应对建立的焊接参数进行校核，其方法是取两根受拉钢筋试样进行抗拉试验。当试验的焊接抗拉强度大于或等于被焊接钢筋的抗拉强度时，焊接才允许进行。

3.绑扎搭接接头

(1)绑扎搭接，除图纸所示或监理人同意（当无焊接及机械接头条件时，且钢筋直径 $\leq 25\text{mm}$ ）外，一般不宜采用。绑扎搭接长度不应小于相关规定。在受拉区，光圆钢筋绑扎接头末端应设 180° 弯钩，带肋钢筋的绑扎接头末端可不做弯钩。受压带肋钢筋绑扎接头的搭接长度，应取受拉钢筋绑扎接头搭接长度的0.7倍。

表 402-3 受拉钢筋绑扎接头的搭接长度

钢筋种类	混凝土强度等级			
	C20	C25	高于 C25	
光圆钢筋	HPB235、HPB300	35d	30d	25d
带肋钢筋	HRB335	45d	40d	35d
	HRB400		50d	45d

- 注：1. 当带肋钢筋直径 $d \leq 25\text{mm}$ 时，其受拉钢筋的搭接长度应按表中值减少 $5d$ 采用；当带肋钢筋直径 $d > 25\text{mm}$ 时，其受拉钢筋的搭接长度应按表中值增加 $5d$ 采用。
2. 在任何情况下，受拉钢筋的搭接长度不应小于 300mm ；受压钢筋的搭接长度不应小于 200mm 。
3. 当混凝土强度等级低于 C20 时，HPB235、HPB300、HRB335 钢筋的搭接长度应按表中 C20 的数值相应增加 $10d$ 。
4. 当混凝土在浇筑过程中受力钢筋易受扰动时，其搭接长度宜适当增加。
5. 两根不同直径的钢筋搭接长度，按较细的钢筋直径计算。
6. 环氧树脂涂层钢筋的绑扎接头搭接长度，受拉钢筋按表值的 1.5 倍采用。
7. 受拉区段内，HPB235、HPB300 钢筋绑扎接头的末端应做成弯钩。HRB335、HRB400 钢筋的末端可不做成弯钩。
8. 对有抗震要求的受力钢筋的搭接长度，当抗震烈度为七度（及以上）时应增加 $5d$ 。

(2) 在受压区，对于直径为 12mm 及以下的光圆钢筋，以及轴心受压构件内的任何直径的纵向钢筋，均不需设弯钩，但接头的搭接长度均不得小于 30 倍钢筋直径。

(3) 搭接部分应在三处绑扎，即中点及两端，采用直径为 $0.7 \sim 1.6\text{mm}$ （视钢筋直径而定）的软退火铁丝。

(4) 除图纸所示或监理人另有指示外，在构件任一有钢筋绑扎搭接接头的区段内，搭接接头的钢筋面积，在受拉区不得超过其总面积的 25% ，受压区不得超过其总面积的 50% 。上述区段长度不小于 $35d$ （ d 为钢筋直径），且不小于 500mm 。在同一根钢筋上应尽量少设接头。受力钢筋绑扎接头应设置在内力较小处，并错开布置，两接头间距离不小于 1.3 倍搭接长度。如因空间限制，不能按上述要求办理时，承包人可另拟钢筋搭接方案，报请监理人批准。

(5) 钢筋搭接点至钢筋弯曲起始点的距离应不小于 10 倍钢筋直径，亦不宜于构件的最大弯矩处。

4. 钢筋机械连接接头（简称机械接头）

(1) 一般规定

a. 常用钢筋机械接头（套筒挤压接头、锥螺纹接头、镦粗直螺纹接头等），应符合《钢筋机械连接技术规程》（JGJ107-2016）的规定。

b.接头应根据抗拉强度以及高应力和大变形条件下反复拉压性能的差异，将接头分为下列三个等级。

I级：接头抗拉强度不小于被连接钢筋实际抗拉强度或 1.10 倍钢筋抗拉强度标准值，并具有高延性及反复拉压性能。

II级：接头抗拉强度不小于被连接钢筋抗拉强度标准值，并具有高延性及反复拉压性能。

III级：接头抗拉强度不小于被连接钢筋屈服强度标准值的 1.35 倍，并具有一定的延性及反复拉压性能。

c.钢筋机械接头的抗拉强度及变形性能应分别符合《钢筋机械连接技术规程》(JGJ107-2016)表 3.0.5 及表 3.0.7 的规定。

d.混凝土结构中要求充分发挥钢筋强度或对接头延性要求较高的部位，应采用 I 级或 II 级接头；混凝土结构中钢筋应力较高但对接头延性要求不高的部位，可采用 III 级接头。

e.在结构构件中纵向受力钢筋的接头宜相互错开，钢筋机械连接的连接区段长度应按 $35d$ 计算 (d 为被连接钢筋中的较大直径)。在同一连接区段内有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积的百分率，应符合下列规定：

(a)当需要在高应力部位设置接头时，在同一连接区内 III 级接头的接头百分率不应大于 25%；II 级接头的接头百分率不应大于 50%；I 级接头的接头百分率可不受限制。

(b)设在有抗震设防要求的框架的梁端、柱端箍筋加密区，应采用 I 级接头或 II 级接头，且接头百分率不应大于 50%。

(c)受拉钢筋应力较小部位或纵向受压钢筋，接头百分率可不受限制。

(d)对直接承受动力荷载的结构构件，接头百分率不应大于 50%。

f.钢筋连接件的混凝土保护层厚度应满足本规范规定的最小厚度的要求，且不得小于 15mm。连接件之间的横向净距不宜小于 25mm。

g.接头用套筒、连接套及锁母在运输、储存过程中，应按不同规格分别堆放整齐，避免雨淋、沾污、遭受机械损伤或散失。

h.接头用设备及产品应具备有符合本规范要求的、经监理人认可的、具有法人资格的质量检验单位签具的质量检验合格证。监理人应要求承包人提供采用钢筋机械接头形式检验报告和必要的工地试验报告和相关设备检验报告。

i.凡参与接头施工的操作工人、技术管理和质量管理人员，均应参加技术规程培训；操作工人应经考核合格后持证上岗。

(2)套筒挤压接头

a.套筒

(a)带肋钢筋挤压接头所用套筒材料的力学性能应符合《钢筋机械连接用套筒》(JG/T163-2013)及表 402-4 的规定。

(b)套筒截面屈服承载力和截面抗拉承载力应分别大于等于 1.10 倍的所连接钢筋的截面屈服承载力和截面抗拉承载力。

(c)套筒的尺寸偏差宜符合表 402-5 的要求。

表 402-4 套筒材料的力学性能

项目	力学性能指标
屈服强度 (Mpa)	205~350
抗拉强度 (Mpa)	335~500
延伸率 δ_5 (%)	≥ 20
硬度 (HRB)	50~80

表 402-5 套筒尺寸的允许偏差

套筒外径D(mm)	外径允许偏差(mm)	壁厚(t)允许偏差(mm)	长度允许偏差(mm)
≤ 50	± 0.5	+0.12t -0.10t	± 2
> 50	$\pm 0.01D$	+0.12t -0.10t	± 2

(d)套筒宜在工厂加工，且应有出厂合格证。承包人应向监理人提供套筒产品工厂检验合格证及工地试验报告。

(e)套筒在运输和储存中，应按不同规格分别堆放整齐，不得露天堆放，防止锈蚀和污染。

b.套筒挤压接头的施工

(a)挤压机在下列情况之一时，应进行校验：

- i.新挤压设备使用前；
- ii.旧挤压设备大修后；
- iii.油压表受损或受强烈振动后；
- iv.套筒压痕异常，且查不出原因时；
- v.挤压设备使用期超过一年；

vi. 挤压的接头数超过 5000 个。

(b) 挤压操作时采用的挤压力、压模宽度、压痕直径或挤压后套筒长度的波动范围以及挤压道数，均应符合经形式检验确定的技术参数要求。

(c) 挤压机中的压模与套筒应相互配套，不同规格的套筒与压模，不得相互串用。

(d) 挤压工作进行前，应进行以下工作：

i. 钢筋端头锈皮、泥沙、油污等杂物应清理干净；

ii. 应对钢筋与套筒进行试套，如钢筋有马蹄、弯折或纵肋尺寸过大者，应预先矫正或用砂轮打磨；

iii. 在钢筋端画出定位标记，确保在挤压时和挤压后按定位标记检查钢筋伸入套筒内的长度；

iv. 检查挤压设备，并进行试压，符合要求后方可正式作业。

(e) 挤压操作应符合以下要求：

i. 应按定位标记检查钢筋插入套筒内的深度，钢筋端头离套筒长度中点不宜超过 10mm；

ii. 挤压时挤压力与钢筋轴线要保持垂直；

iii. 径向挤压宜从套筒中央开始，并依次向端部挤压；

iv. 宜先挤压一端套筒，在施工作业区插入待接钢筋后再挤压另一端套筒。

(3) 锥螺纹接头

a. 连接套

(a) 锥螺纹连接套的材料宜用 45 号优质碳素结构钢或其他经试验确认符合要求的钢材。连接套的受拉承载力不应小于被连接钢筋的受拉承载力标准值的 1.10 倍。

(b) 连接套宜在工厂内加工，且应有产品合格证；两端锥孔应有密封盖，套筒表面应有规格标记。进场时承包人应进行复检。

b. 钢筋锥螺纹加工

(a) 钢筋锥螺纹丝头的锥度、牙形、螺距等的加工必须与连接套的相一致，且经配套的量规检测合格。

(b) 加工钢筋锥螺纹时，应采用水溶性切削润滑油；当气温低于 0℃ 时，应掺入 15%~20% 亚硝酸钠。不得用机油作润滑液或不加润滑液套丝。

(c) 操作工人应按《钢筋机械连接技术规程》（JGJ107-2016）附录 A 的要求逐个检查钢筋锥螺纹丝头的外观质量。

(d)已检验合格的锥螺纹丝头应加以保护。钢筋一端锥螺纹丝头应戴上保护帽，另一端可按表 402-6 规定的力矩值拧紧连接套，并按规格分类堆放整齐。

表 402-6 接头拧紧扭矩值

钢筋直径(mm)	≤16	18~20	22~25	28~32	36~40	50
拧紧力矩(N·m)	100	180	240	320	300	460

c.钢筋连接

(a)连接钢筋时，钢筋规格和连接套的规格应配套，并确保钢筋和连接套的丝扣干净完好无损。

(b)采用预埋接头时，连接套的位置、规格和数量应符合图纸要求。带连接套的钢筋应固定牢，连接套的外露端应有密封盖。

(c)连接钢筋时，应对正轴线将钢筋拧入连接套，然后必须用力矩扳手拧紧接头。接头拧紧值应符合表 402-6 规定的力矩值，不得超拧。

(d)力矩扳手的精度为 5%，要求每半年用扭力仪检测一次。

(4)微粗直螺纹钢筋接头

a.套筒

(a)套筒宜在工厂加工，且应有产品合格证；套筒两端应用塑料密封塞扣紧；包装箱外应标明产品名称、型号、规格和数量、制造日期和生产批号、生产厂名。

(b)套筒内螺纹的公差带应符合《普通螺纹公差》（GB/T197-2018），螺纹精度可選用 6H。

(c)套筒表面无裂纹和其他缺陷，并应进行防锈处理。

(d)套筒材料、尺寸、螺纹规格，公差带及精度等级应符合产品规格及《钢筋机械连接用套筒》（JG/T163-2013）的要求。

b.丝头

(a)加工钢筋丝头时，应采用溶性切削液。当气温低于 0℃时应有防冻措施，不得在不加切削液的情况下套丝。

(b)钢筋丝头的螺纹应与连接套筒的螺纹相匹配，公差带应符合《普通螺纹公差》（GB/T197-2018）的规定，螺纹精度可選用 6F 级。

(c)完整螺纹部分牙形饱满，牙顶宽度超过 0.25P 的秃牙部分，其累计长度不宜超过一个螺纹周长（P 为螺距）。

(d)外形尺寸，包括螺纹中径及丝头长度应满足产品设计要求。

(e)钢筋丝头检验合格后，应尽快套上连接套筒或塑料保护帽保护，并按规格分类堆放整齐。

c. 接头

(a)接头拼接时用管钳扳手拧紧，宜使两个丝头在套筒中央位置相互顶紧。

(b)各种直径钢筋连接组装后，应用扭力扳手校核，扭紧力矩值应符合表 402-7 的规定。

(c)组装完成后，套筒每端不宜有一扣以上的完整丝扣外露，加长丝头型接头、扩口型及加锁母型接头的外露丝扣数不受限制，但应另有明显标记，以便检查进入套筒的丝头长度是否满足要求。

表 402-7 接头组装时的最小扭矩值

钢筋直径(mm)	≤16	18~20	22~25	28~32	36~40	50
最小扭矩(N·m)	100	200	260	320	360	460

(5) 滚轧直螺纹钢筋连接接头

a. 连接套筒及锁母

(a)连接套筒及锁母宜选用 45 号优质碳素结构钢或其他经形式检验合格的产品。

(b)连接套筒的尺寸、螺纹规格应符合产品设计要求及《钢筋机械连接用套筒》(JG/T163-2013)、《普通螺纹基本尺寸》(GB/T196-2003)的相关规定；螺纹中径公差应符合《普通螺纹公差》(GB/T197-2018)中 6H 级精度规定的要求。

(c)连接套筒宜在工厂加工，出厂产品必须附有产品合格证，产品合格证应符合《钢筋机械连接用套筒》(JG/T163-2013)中的相关规定。

(d)连接套筒装箱前套筒应有保护端盖，套筒内不得混入杂物。

(e)套筒表面无裂纹和其他缺陷，并应进行防锈处理。

b. 丝头加工

(a)钢筋下料不宜采用热加工方法切断，钢筋端面应平整并与钢筋轴线垂直，不得有马蹄形或扭曲，钢筋端部不得有弯曲，若有弯曲应调直。

(b)丝头有效螺纹长度和丝头中径、牙型角应符合设计要求，并与连接套筒相匹配。

(c)钢筋丝头加工应采用水性润滑液，不得使用油性润滑液。

(d)丝头螺纹尺寸应按设计和《普通螺纹基本尺寸》(GB/T196-2003)规定确定，有效螺纹中径尺寸公差应符合《普通螺纹公差》(GB/T197-2018)中 6f 级精度要求。

- (e)丝头有效螺纹中径的圆柱度（每个螺纹的中径）误差不得超过 0.2mm。
- (f)丝头有效螺纹长度应不小于 1/2 连接套筒长度（设计另有规定者除外）。
- (g)丝头加工并经验收后，应立即带上丝头保护帽或拧上连接套筒，防止损坏丝头。

c.钢筋连接施工

- (a)连接钢筋规格应与连接套筒一致，相互匹配，并保证丝头和套筒内螺纹干净、完好无损。
- (b)钢筋连接应用工作扳手将丝头在套筒中央位置顶紧。如采用锁母时，应用锁母锁紧。
- (c)钢筋接头拧紧后应用力矩扳手按不小于表 402-8 中拧紧扭矩值检查，并加以标记。

表 402-8 滚轧直螺纹钢筋接头最小拧紧扭矩值

钢筋直径(mm)	≤16	18~20	22~25	28~32	36~40	50
拧紧力矩值(N·m)	100	200	260	320	360	460

402.06 钢筋骨架和钢筋网

- 1.适宜于预制的钢筋骨架或钢筋网的构件，宜先预制成钢筋骨架片或钢筋网片，运至工地后就位进行焊接或绑扎，以保证安装质量和加快施工进度。
- 2.预制成的钢筋骨架，必须具有足够的刚度和稳定性，以便在运送、吊装和浇筑混凝土时不致松散、移位、变形，必要时可在钢筋骨架的某些连接点处加以焊接或增设加强钢筋。
- 3.钢筋骨架的焊接拼装应在坚固的工作台上进行，操作应按《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T3650-2020）第 4.4.4 条的规定执行。
- 4.钢筋网的焊接应按《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T3650-2020）第 10 章 4.4.5 条规定执行。若采用定型钢筋焊接网时，其技术要求、试验方法、检验规则及质量证明书等应符合《钢筋混凝土用钢第 3 部分：钢筋焊接网》（GB/T1499.3-2010）的规定。

402.07 质量检验

1.钢筋加工及安装

(1)基本要求

- a.钢筋安装应保证设计要求的钢筋根数。

b.钢筋的连接方式、同一连接区段内的接头面积应满足设计要求；接头位置应设在受力较小处，任何连接区段内同一根钢筋不得有两个接头。

c.钢筋的搭接长度、焊接和机械接头质量应满足施工技术规范的规定。

d.受力钢筋表面不得有裂纹及其它损伤。

e.钢筋的保护层垫块应分布均匀，数量及材料性能应满足设计要求和有关技术规范的规定。

f.钢筋应安装牢固，钢筋网应有足够的钢筋支撑，在混凝土浇筑过程中钢筋不应出现移位。

(2)检查项目

钢筋加工及安装检查项目见表 402-9~表 402-12，且任一点的保护层厚度不得有超过表中数值 1.5 倍的允许偏差，在海水或受侵蚀性物质影响的环境中保护层厚度的偏差不应出现负值。保护层厚度应在模板安装完成后混凝土浇筑前检查。

表 402-9 钢筋安装检查项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率	
1	受力钢筋间距 (mm)	两排以上排距	±5	尺量：长度≤20m 时，每构件检查 2 个断面；长度>20m 时，每构件检查 3 个断面	
		同排	梁、板、拱肋及拱上建筑		±10 (±5)
			基础、锚碇、墩台身、墩柱		±20
2	箍筋、构造钢筋、螺旋筋间距 (mm)		±10	尺量：每构件测 10 个间距	
3	钢筋骨架尺寸 (mm)	长	±10	尺量：按骨架总数 30% 抽查	
		宽、高或直径	±5		
4	弯起钢筋位置 (mm)		±20	尺量：每骨架抽查 30%	
5	保护层厚度 (mm)	梁、板、拱肋及拱上建筑	±5	尺量：每构件各立模板面每 3m ² 检查 1 处，且每侧面不少于 5 处	
		基础、锚碇、墩台身、墩柱	±10		

注：1. 小型构件的钢筋安装按总数抽查 30%。

2. 表中基础不包括混凝土桩基及地下连续墙。

3. 项次 1 括号中的数字适用于钢混组合梁桥面板的预制。

表 402-10 钢筋网检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	网的长、宽 (mm)	±10	尺量: 逐边测
2	网眼尺寸 (mm)	±10	尺量: 测 5 个网眼
3	网眼对角线差 (mm)	±15	尺量: 测 5 个网眼
4	网的安装位置 (mm)	平面内	尺量: 测每网片边线中点
		平面外	

表 402-11 预制桩钢筋安装检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	主筋间距 (mm)	±5	尺量: 测 5 个断面
2	箍筋、螺旋筋间距 (mm)	±10	尺量: 测 10 个间距
3	保护层厚度 (mm)	±5	尺量: 测 5 个断面, 每个断面 4 处
4	桩顶钢筋网片位置 (mm)	±5	尺量: 测网片每边线中点
5	桩身纵向钢筋位置 (mm)	±5	尺量: 测垂直两个方向

表 402-12 钻 (挖) 孔灌注桩、地下连续墙钢筋安装检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	主筋间距 (mm)	±10	尺量: 每段测 2 个断面
2	箍筋或螺旋筋间距 (mm)	±20	尺量: 每段测 10 个间距
3	钢筋骨架外径或厚度 (mm)	±10	尺量: 每段测 2 个断面
4	钢筋骨架长度 (mm)	±100	尺量: 每个骨架测 2 处
5	钢筋骨架底端高程 (mm)	±50	水准仪: 测顶端高程测, 用骨架长度计算
6	保护层厚度 (mm)	+20, -10	尺量: 测每段钢筋骨架外侧定位块处

(3) 外观检查

a. 钢筋表面应无裂皮、油污、颗粒状或片状锈蚀及焊渣、烧伤, 绑扎或焊接的钢筋网和钢筋骨架不得松脱和开焊。

b. 焊接接头、连接套筒不得出现裂纹。

2. 钢筋焊接接头的质量和允许偏差

钢筋焊接接头或焊接制品 (焊接骨架、焊接网) 质量检验应按《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204-2015) 及《钢筋焊接及验收规程》(JGJ18-2012) 的规定执行。

(1) 闪光对焊焊接接头

a. 取样

在同一台班内，由同一焊工完成的 300 个同牌号、同直径钢筋焊接接头应作为一批。当同一台班内焊接的接头数量较少，可在一周之内累计计算；累计仍不足 300 个接头时，应按一批计算。

b. 外观检查

(a) 每一检验批中随机抽取 10% 的焊接接头，进行外观检查。

(b) 接头处不得有横向裂纹。

(c) 与电极接触处的钢筋表面不得有明显烧伤。

(d) 接头处的弯折角不得大于 3° 。

(e) 接头处的轴线偏差不得大于钢筋直径的 0.1 倍，且不得大于 2mm。

(f) 检查结果，当外观质量各小项不合格数均小于或等于抽检数的 10%，则该批焊接接头外观质量评为合格；当某小项不合格数超过抽检数的 10% 时，应对该批焊接接头该小项逐个进行检查，并剔除不合格接头。不合格接头采取修整或焊补措施后，可提交二次验收。

c. 拉伸试验

(a) 应从每批接头中随机切取 6 个接头，其中 3 个做拉伸试验，3 个留做弯曲试验，

每根钢筋接头抗拉强度均不得小于本规范表 402-1 规定的相应种类钢筋抗拉强度。

(b) 至少有 2 个试件断于焊缝之外，并应呈延性断裂。

(c) 当达到上述两项要求时，应评定该批接头为抗拉强度合格。当试验结果有 2 个试件抗拉强度小于钢筋规定的抗拉强度，或 3 个试件均在焊缝或热影响区发生脆性断裂时，则依次判定该批接头为不合格品。

(d) 当有 1 个试件的抗拉强度小于规定值，或 2 个试件在焊缝或热影响区发生脆性断裂，其抗拉强度均小于钢筋规定抗拉强度的 1.10 倍时，应进行复验。

(e) 复验时，应再切取 6 个试件进行复验，其结果，当仍有 1 个试件的抗拉强度小于规定值，或有 3 个试件断于焊缝或热影响区，呈脆性断裂，其抗拉强度小于钢筋规定抗拉强度的 1.10 倍时，应判定该批接头为不合格品。当其抗拉强度大于或等于钢筋规定抗拉强度的 1.10 倍时，可按断于焊缝或热影响区之外，呈延性断裂同等对待。

d. 弯曲试验

(a)闪光对焊接头进行弯曲试验时，应将试件（3个）受压面的金属毛刺和镦粗凸起部分消除，且应与钢筋的外表齐平。

(b)弯曲试验可在经监理人批准的万能试验机、手动或电动液压弯曲试验器上进行，试件焊缝应处于弯曲中心点，弯心直径和弯曲角应符合表 402-13 的规定。

表 402-13 闪光对焊接头弯曲试验指标

钢筋种类	弯心直径	弯曲角(°)
HPB235	2d	90
HRB335	4d	90
HRB400	5d	90

注：1. d 为钢筋直径。

2. 直径大于 25mm 的钢筋对焊接头，弯心直径应增加 1 倍钢筋直径。

(c)当试验结果，试件弯至 90°，有 2 个或 3 个试件外侧（含焊缝和热影响区）未发生破裂，应评定该批接头弯曲试验合格。

(d)当试验结果 3 个试均发生破裂，则一次判定该批接头不合格品；有 2 个试件发生破裂，应进行复验。

(e)复验时，应再切取 6 个试件。复验结果，当有 3 个试件发生破裂时，应判定该批接头为不合格品。

(f)在弯曲试验的试件外侧横向裂纹宽度达到 0.5mm 时，应认为已经破裂。

(2)电弧焊接头

a. 取样

在现浇混凝土结构中，应以 300 个同种类钢筋、同形式接头作为一批，每批随机切取 3 个接头，做拉伸试验；在装配式结构中，可按生产条件制作模拟试件，每批 3 个，做拉伸试验。

b. 外观检查

(a)在每一检验批中应随机抽取 10% 的焊接接头，进行外观检查。

(b)焊缝表面应平整，不得有凹陷或焊瘤。

(c)焊接接头区域不得有肉眼可见的裂纹。

(d)咬边深度、气孔、夹渣等缺陷允许值及接头尺寸的允许偏差应符合表 402-14 的规定。

(e)坡口焊、熔槽帮条焊和窄间隙焊接头的焊缝余高不得大于 3mm。

(f)外观检查结构的质量评定，同本规范 403.07-2(1)b(f)目规定。

c. 拉伸试验

(a) 电弧焊接头拉伸试验要求及结果的质量评定，同本规范 403.07-2(1)c 项。

(b) 当模拟试件试验结果不符合要求时，应进行复验。复验应从现场焊接接头中切取，其数量和要求与初始试验相同。

表 402-14 钢筋电弧焊接头尺寸偏差及缺陷允许值

编号	项 目	接头形式		
		帮条焊	搭接焊 钢筋与钢板搭接 焊	坡口焊 窄间隙焊熔槽帮条焊
1	帮条沿焊接中心线的纵向偏移(mm)	0.3d	—	—
2	接头处弯折角(°)	3	3	3
3	接头处钢筋轴线偏移(mm)	0.1d	0.1d	0.1d
4	焊缝厚度(mm)	+0.05d, 0	+0.05d, 0	—
5	焊缝宽度(mm)	+0.1d, 0	+0.1d, 0	—
6	焊缝长度(mm)	-0.3d	-0.3d	—
7	横向咬边深度(mm)	0.5	0.5	0.5
8	在长2d焊缝表面上 的气孔及夹渣	数量(个)	2	2
		面积(mm ²)	6	6
9	在全部焊缝表面上 的气孔及夹渣	数量(个)	—	—
		面积(mm ²)	—	—

注：“d”为钢筋直径(mm)。

(3) 钢筋焊接骨架和焊接网

a. 取样

钢筋种类、直径及尺寸相同的焊接骨架和焊接网视为同一类型制品，且每 300 件作为一批，一周内不足 300 件的亦应按一批计算。

b. 外观检查

(a) 同一类型制品按上述规定分批检查，每批抽查 5%，且不得少于 5 件。

(b) 焊接骨架每件制品的焊点脱落、漏焊数量不得超过焊点总数的 4%，且相邻两焊点不得有漏焊及脱落。

(c) 应量测焊接骨架的长度和宽度，并应抽查纵、横方向 3~5 个网格的尺寸，其允许偏差应符合表 402-9 的相关规定。当外观检查结果不符合上述要求时，应逐件检查，并剔出不合格品。对不合格品经整修后，可提交二次验收。

(d)钢筋焊接网的长度、宽度及网格尺寸的允许偏差和网片两对角线之差均应符合表 402-10 的规定。

(e)焊接网交叉点开焊数量不得大于整个网片交叉点总数的 1%，并且任一根横筋上的开焊点数不得大于该根横筋交叉点总数的 1/2；焊接网最外边钢筋上的交叉点不得开焊。

(f)焊接网组成的钢筋表面不得有裂纹、折叠、结疤、凹坑、油污及其他影响使用的缺陷；但焊点处可有不大的毛刺和表面浮锈。

c.力学性能检验

(a)力学性能检验的试件，应从每批成品中切取；切取过试件的制品，应补焊同牌号、同直径的钢筋，其每边的搭接长度不应少于 2 个孔格的长度。

(b)由几种直径钢筋组合的焊接骨架或焊接网，应对每种组合的焊点做力学性能检验。

(c)热轧钢筋的焊点应做剪切试验，试件应为 3 件；冷轧带肋钢筋焊点除做剪切试验外，尚应对纵向和横向冷轧带肋钢筋做拉伸试验，试件应各为 1 件。

(d)钢筋焊接骨架、焊接网焊点剪切试验结果，3 个试件抗剪力平均值应符合下式要求：

$$F \geq 0.3 A_0 \sigma_s$$

式中：F——抗剪力（N）；

A_0 ——纵向钢筋的横截面面积（ mm^2 ）；

σ_s ——纵向钢筋规定的屈服强度（Mpa）。

冷轧带肋钢筋的试件拉伸试验结果，其抗拉强度不得小于 550MPa（冷轧带肋钢筋的屈服强度按 440MPa 计）

e.当拉伸试验结果不合格时，应再切取双倍数量试件进行复验。复验结果均合格时，应评定该批焊接制品焊点拉伸试验合格。

f.当剪切试验结果不合格时，应从该批制品中再切取 6 个试件进行复验；当全部试件平均值达到要求时，应评定该批焊接制品焊点剪切试验合格。

3.钢筋机械接头的检查和允许偏差

(1)承包人应将机械连接技术提供单位按《钢筋机械连接技术规程》（JGJ107-2016）附录 B 规定进行的接头型式检验报告，送交监理人备查。

(2)钢筋连接工程开始前及施工过程中，应对每批进场钢筋进行接头工艺检验，工艺检验应符合如下要求：

- a. 每种规格钢筋的接头试件不应小于 3 根；
- b. 钢筋母材抗拉强度试件不应少于 3 根，且应取自接头试件的同一根钢筋；
- c. 3 根接头试件的抗拉强度均应符合《钢筋机械连接技术规程》（JGJ107-2016）规程表 3.0.5 的规定；对于 I 级接头，试件抗拉强度尚应大于等于钢筋抗拉强度实测值的 0.95 倍；对于 II 级接头，应大于 0.90 倍。

(3) 除图纸另行注明者外，钢筋机械接头现场检验应进行外观质量检查和单向拉伸试验。机械接头的现场检验按验收批进行。同一施工条件下采用同一批材料的同等级、同形式、同规格接头，以 300 个为一个验收批进行检验与验收，不足 300 个亦作为一个验收批。

a. 对接的每一验收批，必须在工程结构中随机截取 3 个接头试件作抗拉强度试验，按图纸要求的接头等级进行评定。

b. 当 3 个接头试件的抗拉强度均符合《钢筋机械连接技术规程》（JGJ107-2016）表 3.0.5 中相应等级的要求时，该验收批评为合格。

c. 如有 1 个试件的强度不符合要求，应再取 6 个试件进行复检，复检中如仍有 1 个试件结果不符合要求，则该验收批评为不合格。

d. 现场检验连续 10 个验收批抽样试件抗拉强度试验 1 次合格率为 100% 时，验收批接头数量可扩大一倍。

e. 外观质量检验的质量要求、抽样数量、检验方法、合格标准以及其他指标，均按各类型接头的技术规程要求执行。

(4) 套筒挤压接头外观质量检验应符合以下要求：

a. 外形尺寸

(a) 挤压后套筒长度应为原套筒长度的 1.10~1.15 倍；或压痕处套筒的外径波动范围为原套筒外径的 0.8~0.90 倍；

(b) 挤压接头的压痕道数应符合形式检验确定的道数；

(c) 接头处弯折不得大于 4°；

(d) 挤压后的套筒不得有肉眼可见裂缝。

b. 外观质量检验

(a) 每一验收批中随机抽取 10% 的挤压接头作外观质量检验，如外观质量不合格数少于抽检数的 10%，则该批挤压接头外观质量评为合格；

(b) 当不合格数超过抽检数据的 10% 时，应对该批挤压接头逐个进行复检，对外观不符合的挤压接头采取补救措施，不能补救的接头应作标记；

(c)在外观不合格的接头中抽取 6 个试件作抗拉强度试验，若有 1 个试件的抗拉强度低于规定值，则该批外观不合格的挤压接头，应报监理人会同设计单位商定处理，并记录存档。

(5)锥螺纹接头外观质量检验应符合以下要求：

a.经自检合格的钢筋丝头，按《钢筋机械连接技术规程》（JGJ107-2016）的要求对每种规格加工批量随机抽检 10%，且不少于 10 个。如有一个丝头不合格，即应对该加工批全数检查，不合格丝头应重新加工经再次检验合格方可使用。

b.接头施工后随机抽取同规格接头数的 10%进行外观检查。应满足钢筋与连接套的规格一致，接头丝扣无完整丝扣外露。

c.用质检的力矩扳手按表 402-6 规定的接头拧紧力矩值抽检接头的连接质量。
抽验数量：

(a)梁、柱构件按接头数的 15%，且每个构件的接头抽验数不得少于一个接头；

(b)基础、墙、板构件按各自接头数，每 100 个接头作为一个验收批，不足 100 个也作为一个验收批，每批抽检 3 个接头。抽检的接头应全部合格，如有一个接头不合格，则该验收批接头应逐个检查，对查出的不合格接头应进行补强。

(6)墩粗直螺纹接头外观质量检验应符合以下要求：

a.套筒外观检验

(a)表面无裂纹和其他缺陷。

(b)外形尺寸包括套筒内螺纹直径及套筒长度应满足图纸要求。

(c)套筒两端应加塑料保护塞。

b.丝头加工现场检验

(a)丝头加工现场检验项目、方法及要求见表 402-15。

(b)加工工人应逐个目测检查丝头的加工质量，每加工 10 个丝头应用环规检查一次，并剔除不合格丝头。

(c)自检合格的丝头，应由质检员随机抽样进行检验，以一个工作班内生产的钢筋丝头为一个验收批，随机抽检 10%，按表 402-15 的方法进行钢筋丝头质量检验；当合格率小于 95%时，应加倍抽检，复检中合格率仍小于 95%时，应对全部钢筋丝头逐个进行检验，并切去不合格丝头，重新墩粗和加工螺纹。

(d)丝头检验合格后，应用塑料帽或连接套筒保护。

表 402-15 丝头质量检验要求

序号	检验项目	量具名称	检 验 要 求
1	外观质量	目测	牙形饱满、牙顶宽超过0.6mm秃牙部分累计长度不超过一个螺纹周长
2	外形尺寸	卡尺或专用量具	丝头长度应满足图纸要求，标准型接头的丝头长度公差为 $\pm 1P$
3	螺纹大径	光面轴用量规	通端量规应能通过螺纹的大径，而止端量规则不应通过螺纹大径
4	螺纹中径及小径	通端螺纹环规	能顺利旋入螺纹并达到旋合长度
		止端螺纹环规	允许环规与端部螺纹部分旋合，旋入量不应超过 $3P$

注：P为螺距。

(7)滚轧直螺纹钢筋接头外观检验应符合以下要求：

a.连接套筒及锁母外观检验

(a)螺纹牙形应饱满，连接套筒表面不得有裂纹，表面及内螺纹不得有严重的锈蚀及其他肉眼可见的缺陷。

(b)用专用的螺纹塞规检验，其塞通规应能顺利旋入，塞止规旋入长度不得超过 $3P$ 。

b.丝头

(a)丝头表面不得有影响接头性能的损坏及锈蚀。

(b)丝头有效螺纹数量不得少于设计规定；牙顶宽度大于 $0.3P$ 的不完整螺纹累计长度不得超过两个螺纹周长；标准型接头的丝头有效长度应不小于 $1/2$ 连接套筒长度，且允许误差为 $\pm 2P$ ；其他连接形式应符合产品设计要求。

(c)丝头尺寸的检验：用专用的螺纹环规检验，其环通规应能顺利旋入，环止规旋入长度不得超过 $3P$ 。

(d)自检合格的丝头，应由现场随机抽样进行检验。以一个工作班加工的丝头为一个检验批，随机抽检 10% ，且不少于 10 个。现场丝头的抽检合格率不应小于 95% 。当抽检合格率小于 95% 时，应另抽取同样数量的丝头重新检验。当两次检验的总合格率不小于 95% 时，该批产品合格。若合格率仍小于 95% 时，则应对全部丝头进行逐个检验，合格者方可使用。

c.钢筋连接接头

(a)钢筋连接完毕后，标准型接头连接套筒外应有外露有效螺纹，且连接套简单边外露有效螺纹不得超过 $2P$ ，其他形式应符合产品设计要求。

(b)钢筋连接完毕后，拧紧力矩值应符合表 402-8 的要求。

(c)钢筋连接接头外观质量及拧紧力矩检验以及力学性能检验应按《钢筋机械连接用套筒》（JG/T163-2013）的相关规定执行。

第403节 桥梁常规加固处治

403.01 范围

本节工作内容为对桥梁的病害做常规加固处治，如混凝土表层缺陷处治、裂缝处治、植筋和锚栓、更换支座、伸缩缝维修、桥面板补强、增大截面、粘贴钢板和粘贴碳纤维布等全部作业。

403.02 材料

材料的选用原则：

1. 桥梁加固用材料的品种、规格及使用性能，应符合国家、行业相关标准的规定，并满足设计要求。
2. 采用纤维复合材料加固桥梁结构时，应采用与此纤维材料相配套的树脂类找平、黏结和表面防护材料。
3. 桥梁加固用新材料必须通过相关管理部门组织的技术鉴定。

锚固件

1. 桥梁加固需要植筋时，宜采用 HRB400 级热轧带肋钢筋，也可采用 RRB400 级热轧带肋钢筋。
2. 锚固件使用钢螺杆时，应采用全螺纹非焊接螺杆，钢材等级应为 Q355 级或 Q235 级。
3. 锚固件为锚栓时，其钢材的性能指标必须符合加固用锚栓主要性能指标表中的有关规定。

表 403-1 加固用锚栓主要性能指标

性能项目 性能等级	抗拉强度标准值 (MPa)	屈服强度标准值 (MPa)	伸长率 (%)	
碳素钢及合金钢 锚栓	4.8 级	400	320	14
	5.8 级	500	400	10
	6.8 级	600	480	8
	8.8 级	800	640	12
不锈钢锚栓	50(d≤39mm)	500	210	0.6d
	70(d≤24mm)	700	450	0.4d
	80(d≤24mm)	800	600	0.3d

注：表中的 a 表示锚栓的公称直径。

纤维复合材料

纤维复合材料用的纤维应为连续纤维，通常采用碳纤维、玻璃纤维及芳纶纤维，其品种和性能应满足下列要求：

1. 碳纤维应选用不大于 $12k$ ($1k=1000$) 的小丝束聚丙烯腈基 (PAN 基纤维)，不得使用大丝束纤维。
2. 玻璃纤维，应选用 S 型玻璃纤维或 E 型玻璃纤维，不得使用 A 型玻璃纤维或 C 型玻璃纤维。
3. 碳纤维与玻璃纤维复合材料的主要力学性能，应符合桥梁加固用纤维复合材料主要力学性能指标表的规定。

表 403-2 桥梁加固用纤维复合材料主要力学性能指标

检验项目	性能指标
抗拉强度标准值 (MPa)	≥ 3400
弹性模量 (MPa)	$\geq 2.4 \times 10^5$
伸长率 (%)	≥ 1.7
弯曲强度 (MPa)	≥ 700
纤维复合材料与混凝土正拉黏结强度 (MPa)	≥ 2.5 ，且为混凝土内聚破坏
层间剪切强度 (MPa)	≥ 45
单位面积质量 (g/m^2)	≤ 300

4. 芳纶纤维复合材料的力学指标参照《桥梁结构用芳纶纤维复合材料 HJT/T531—2004》执行。

加固用纤维复合材料与胶黏剂应进行以下适配性检验，且检验结果必须符合桥梁加固用纤维复合材料主要力学性能指标表规定。

1. 抗拉强度标准值；
2. 纤维复合材料与混凝土正拉黏结强度；
3. 层间剪切强度。

在材料性能检验和桥梁加固设计中，纤维复合材料截面面积的计算应符合以下规定：

1. 对纤维布材，应按纤维的净截面积计算，即取纤维布材的计算厚度乘以宽度，纤维布材的计算厚度应按其单位面积质量除以纤维密度确定。

2. 对单向纤维板材，应按不扣除树脂体积的板截面面积计算，即应按实测的板厚乘以宽度计算。

纤维复合材料的单位面积纤维质量和纤维体积应符合下列规定：

1 单层碳纤维布材的单位面积纤维质量，不应低于 $200\text{g}/\text{m}^2$ ，不宜高于 $300\text{g}/\text{m}^2$ 。单向碳纤维板材的厚度不应小于 1.0mm ，不宜大于 2.0mm ；板的宽度不宜大于 150mm ；碳纤维体积含量不应低于 60% 。

2 单层芳纶纤维布材的单位面积纤维质量，不应低于 $280\text{g}/\text{m}^2$ ，不宜高于 $830\text{g}/\text{m}^2$ 。

3 玻璃纤维布材的单位面积纤维质量，不应低于 $300\text{g}/\text{m}^2$ ，不宜高于 $600\text{g}/\text{m}^2$ 。

胶黏剂

1. 桥梁加固用胶黏剂，根据所加固结构的重要程度分为 A 级胶与 B 级胶；其中 A 级胶用于重要结构或构件的加固，B 级胶用于一般结构或构件的加固。

2. 桥梁承重结构(构件)加固用浸渍、粘贴纤维复合材料的胶黏剂的安全性能指标必须符合碳纤维浸渍、粘贴用胶黏剂安全性能指标表的规定。不得使用不饱和聚酯树脂、醇酸树脂等作为浸渍、粘贴胶黏剂。

3. 浸渍、粘贴芳纶纤维复合材料用的胶黏剂，其安全性能指标不应低于 A 级胶的要求，采用的底胶与修补胶也应与之相适配。

4. 粘贴纤维复合材料用的底胶与修补胶应与浸渍、粘贴胶黏剂相适配，其安全性能指标必须符合底胶及修补胶性能指标表的规定。

5. 粘贴钢板或型钢用的胶黏剂，其安全性能指标必须符合碳纤维浸渍、粘贴用胶黏剂安全性能指标表的规定。

混凝土桥梁结构锚固用的胶黏剂，必须采用专用改性环氧胶黏剂、改性乙烯基酯胶黏剂或改性氨基甲酸酯胶黏剂，其安全性能指标必须符合锚固用胶黏剂的安全性能指标表的规定；其填料必须在工厂制胶时添加，严禁在施工现场掺入。不得使用以水泥和微膨胀剂为主要成分配制的锚固剂作为黏结材料。

表 403-3 碳纤维浸渍、粘贴用胶黏剂安全性能指标

检验项目	性能指标	
胶体性能	抗拉强度 (MPa)	≥ 40
	抗拉弹性模量 (MPa)	≥ 2500
	伸长率 (%)	≥ 1.5
	抗弯强度 (MPa)	≥ 50 ，且不得呈脆性破坏

检验项目		性能指标
	抗压强度 (MPa)	≥70
粘结能力	钢-钢拉伸强度抗剪值 (MPa)	≥14
	钢-钢不均匀扯离强度 (KN/m)	≥20
	与混凝土正拉粘结强度	≥2.5, 且为混凝土内聚破坏
不挥发物含量 (固体含量) (%)		≥99

表 403-4 底胶及修补胶性能指标

检验项目		性能指标
底胶	钢-钢拉伸强度标准值 (MPa)	≥14
	与混凝土的正拉黏结强度 (MPa)	≥2.5, 且为混凝土内聚破坏
	不挥发物含量 (固体含量) (%)	≥99
	混合后初黏度 (23°C时) (mPa.s)	≤6000
修补胶	胶体抗拉强度 (MPa)	≥30
	胶体抗弯强度 (MPa)	≥40, 且不得呈脆性破坏
	与混凝土的正拉黏结强度 (MPa)	≥2.5, 且为混凝土内聚破坏

表 403-5 钢板粘接胶性能指标

性能项目		性能要求
		A 级胶
胶体性能	抗拉强度(MPa)	≥30
	受拉弹性模量(MPa)	≥3500
	伸长率(%)	≥1.3
	抗弯强度(MPa)	≥45, 且不得呈脆性破坏
	抗压强度(MPa)	≥65
粘结能力	钢-钢拉伸抗剪强度标准值(MPa)	≥15
	钢-钢不均匀扯离强度(MPa)	≥16
	钢-钢粘结抗拉强度(MPa)	≥33
	与混凝土的正拉黏结强度(MPa)	≥2.5, 且为混凝土内聚破坏
不挥发物含量(固体含量)(%)		≥99

裂缝修补用材料

1. 混凝土桥梁裂缝注射或压力灌注用修补胶的安全性能指标必须符合裂缝修补用胶(注射剂)的安全性能指标表的规定。

表 403-6 裂缝修补用胶(注射剂)的安全性能指标

性能项目		性能指标
胶体性能	抗拉强度(MPa)	≥20
	抗拉弹性模量(MPa)	≥1500
	抗压强度(MPa)	≥50
	抗弯强度(MPa)	N30,且不得呈脆性破坏
钢—钢拉伸抗剪强度标准值(MPa)		≥10
不挥发物含量(固体含量)(%)		≥99
可灌注性		在产品说明书规定的压力下,能注入宽度为 0.1mm

2. 桥梁混凝土裂缝修补用聚合物水泥注浆料的安全性能指标必须符合裂缝修补用聚合物水泥注浆料的安全性能指标表的规定。

表 403-7 裂缝修补用聚合物水泥注浆料的安全性能指标

性能项目		性能指标
浆体性能	劈裂抗拉强度(MPa)	≥5
	抗压强度(MPa)	≥40
	抗折强度(MPa)	≥10
注浆料与混凝土的正拉黏结强度(MPa)		≥2.5, 且为混凝土破坏

混凝土表层缺陷修复及防护用材料

1. 混凝土表层缺陷修复材料可采用混凝土(砂浆)、聚合物水泥混凝土(砂浆)、改性环氧混凝土(砂浆)等材料。其质量及性能应符合现行相关标准、规范的规定或满足设计要求。

2. 处于侵蚀性环境桥梁的钢筋防锈宜采用渗透型阻锈剂,其质量及性能指标应符合现行国家、行业标准的相关规定;不得采用以亚硝酸盐类为主成分的阳极型阻锈剂。

3. 受侵蚀性环境影响的混凝土桥梁,其表面防护用涂装材料可采用丙烯酸类、聚氨酯类、硅烷类或环氧类涂料,各层涂料间应具有良好的相容性。

403.03 混凝土桥梁表层缺陷处理的施工要求

采用小型设备仔细凿除保护层缺陷处,露出一半钢筋,并对钢筋进行除锈和防锈处理,通过浇筑环氧混凝土或环氧砂浆对离析及空洞进行处治。

1. 原砼结构表面的处理:在对原砼结构进行补强前,必须将原砼结构表面凿毛露出石子,并将被包的砼棱角打掉,同时应除去浮渣、尘土,并用高压水冲洗干净;

新浇筑前，采用界面剂涂刷结合面。

2. 原砼结构缺陷的处理：施工时应应对全桥各个部位进行仔细检查，凡有砼缺损、蜂窝、麻面、不密实、离析、空洞和钢筋外露、锈蚀等现象均应进行处理，处理原则为：凿除缺陷砼（保护层）如浮浆、杂质、蜂窝、麻面、不密实至露出一半钢筋，并对钢筋进行除锈和防锈，然后浇筑环氧混凝土和环氧砂浆。

403.04 裂缝处治的施工要求

施工前对裂缝进行全面的检查，现场核实裂缝长度、宽度、数量等，并对裂缝进行编号，做好记录，绘制裂缝分布图；

裂缝修补前，需对裂缝表面进行细致打磨及做好足够的清洁，确保裂缝胶黏结有效；且裂缝胶及拌及用，不得长时间放置，影响效果；裂缝表面涂刷封闭的施工方法是：用小铲刀将封缝胶刮抹到裂缝上，厚度 1mm 左右，宽度 20~30mm。抹胶时应防止产生小孔和气泡，要刮平整，保证封闭可靠。

裂缝压胶时，需保证压胶注满裂缝。

裂缝表面处理：

1. 用钢丝刷沿裂缝走向清理 30~50mm 范围的表面混凝土，尤其是注浆底座粘贴面周围的油污清除干净；
2. 用锤子和钢纤凿除裂缝两侧的浮浆、灰尘，将构件表面平整，采用吹风机吹洗干净裂缝，避免灰渣阻塞缝隙；
3. 用略潮湿的抹布清除表面灰尘，并彻底晾干，用丙酮去除表面的油污，如缝内潮湿，要等其充分干燥，必要时可用风机烘干，清洗时应注意不要将裂缝堵塞。

粘结注浆嘴，密封裂缝：

1. 调制好封口胶，搅拌均匀，用抹刀将少许胶刮在注浆嘴注入座底面的四边，并适当用力下压底座，使底部粘浆胶部分溢出，包住注浆底座边缘，以便将注入座固定、密实在混凝土上；
2. 注浆嘴沿缝走向布置，间距 200~400mm，裂缝分岔处的交叉点、裂缝较宽处、端部均应设注浆嘴。每条裂缝应至少布置一个注浆嘴、出浆嘴、排气嘴；
3. 采用环氧胶泥封闭裂缝，并在注浆前逐一加压检查注浆嘴的连通和裂缝封闭效果，即试漏。试漏需待封缝胶有一定强度时进行。试漏前沿裂缝涂一层肥皂水，通过注浆嘴压入压缩空气，凡漏气处，修补密封至不漏为止；为防止灌缝浆体泄漏，封缝胶的涂抹宽度应以 2~3cm、厚度 2mm 为宜；
4. 密封完成后，让封口胶自然固化，在固化过程中禁止其接触水。固化时

间：约 12 小时（20℃）、6 小时（30℃）。

压力注浆：

1. 注浆施工在产品规定施工操作温度下进行，同时各种材料按要求储存，不得日晒雨淋；
2. 裂缝灌胶顺序：竖缝必须自下而上，平缝可自一端向另一端逐一进行；
3. 注浆压力在 0.3MPa 左右即可，当进胶速度小于 0.1L/min 时，再继续灌注 5min 后停止注浆；
4. 缝隙全部注满后按材料要求进行养护，待灌缝胶液固化后，拆除注浆嘴及配套材料，并对混凝土表面进行修整；
5. 待灌注胶达到强度后，将注入器安装在注入座上，用适度压力注胶。如注入器膨胀后很快收缩，说明缝内空间大，还需补灌；当橡胶管膨胀充满限制时停止注入；
6. 用丙酮清洗注入工具；
7. 注入材料的固化用手直接接触模检查材料硬化程度，硬化后敲掉注浆嘴；
8. 灌缝的效果可在修补胶达到 7d 固化期时采用钻芯取样及超声波探测的方法进行检验。

403.05 植筋和锚栓的施工要求

1. 对照原桥施工图和竣工图，掌握该部分的受力主钢筋和结构钢筋的分布情况，精确放出锚栓的具体位置，并尽量与受力主钢筋、结构钢筋错开布置，采用钢筋定位仪测量原有钢筋位置，确保钻孔不会损伤原桥主筋。
2. 钻孔前用相应的标尺表示出钻孔的深度来控制钻孔深度，尽量采用专用电锤或振动小的施工工艺，以保证不损伤结构，钻孔施工垂直于锚栓部位的结构混凝土，避开原结构受力主筋和结构钢筋，植入深度满足设计图；
3. 成孔后，首先检查钻孔深度和直径，并用需要植入的锚栓试插，当满足要求再用压缩空气吹出孔内积灰，用毛刷擦刷孔壁，然后用压缩空气吹灰，如此反复 3 次，确保孔中清洁、干爽。禁止用水清洗孔洞，必要时可采用丙酮擦洗孔洞；
4. 将黏结胶安装在专用注射胶枪中，扣动扳机，使胶剂在通过前端混合器后自动混合，前端的胶剂舍去不用。在确保混凝土孔洞干燥清洁的情况下，将混合嘴伸入孔的底部，扳动注射器扳机，当孔内压入一定量黏结胶时，注胶枪有 3~5cm 埋在已注胶中间后，慢慢抽出混合嘴，在向外退出的时候注胶枪沿孔壁旋转退出，以防孔内塞有空气，药剂不密实将影响钢筋与混凝土的黏接强度。当黏结胶注入孔

内达孔深的 2/3 时，停止注射黏结胶；

5. 将已制作好的锚栓运至现场，逐个检查锚栓有无油污、锈蚀，同时保证锚栓的预留长度；

6. 植入锚栓时，应对准孔洞插入，在插入锚栓时应旋转，尽量排除注胶时堵塞在孔内的空气，以确保锚栓表面与黏结胶充分结合。锚栓与孔壁之间的空隙完全由黏结胶填满才能保证质量，最好的效果是锚栓插入时黏结胶刚好溢出；

7. 严格遵守黏结胶的化学凝固时间，锚栓植入后，在黏合胶固化前，不得使植入的锚栓有任何移位，否则将降低黏结强度，待黏合胶完全固化后方可进行其他施工操作；

8. 根据国家相关规范、设计图纸和监理细则要求，按其规定的取样频率对植入的锚栓进行拉拔试验，待试验结果达到规范和设计要求时再进行下一步工作。

403.06 常规更换支座的施工要求

梁底至盖梁顶面的高度适当时，可采用扁形分离式油压千斤顶，直接放置在盖梁上操作；当高度不足时，可在桥墩盖梁或者桥台台帽处设置钢支撑牛腿，通过搁置与牛腿上千斤顶对板梁进行顶升，所需配套设备需直接从厂家加工购置。

流程：搭设施工平台→复核支座高度→千斤顶及油泵校验→设观测标志→顶升准备工作→顶升→更换支座→卸载、拆除千斤顶。

工艺及要点：

1. 复核支座高度

施工单位进场后，应复核支座总高度，无误后方可下料加工。支座更换前后应维持支座的总支承高度不变。

2. 更换支座施工工艺

改造支座时根据实际情况可单跨单侧支座进行更换，也可单跨两侧同时进行更换，但必须保证同侧同跨同时顶升。施工时应查找桥梁原始记录，保证千斤顶顶升吨位需大于 2 倍的梁体重量。具体施工步骤如下：

1. 工作脚手架搭设和设置顶升临时支撑脚手架采用钢管架搭设。地基夯实平整，碗扣架上下铺方木，上平铺脚手架板。为了增强脚手架的稳定性，在脚手架外侧安装抛杆，内侧安装顶杆（顶在墩台上）。主桥挂梁更换支座平台可考虑搭设桥面扣架或直接采用桥检车作为施工平台，但应保证临时作业平台的安全性。

2. 千斤顶及油泵校验。为了满足顶升同步的要求，千斤顶宜采用统一型号。为了保证顶升时梁体受力均匀，在千斤顶底下垫 300×300×20mm（应根据千斤顶尺

寸调整)钢板,顶面垫 250×250×20mm(应根据千斤顶尺寸调整)钢板,千斤顶安放必须平稳。所有千斤顶及油泵进场前均应进行标定。

千斤顶使用方法与注意事项如下:

- ① 使用前计算起重量,选择合适吨位的千斤顶。
- ② 在额定工作压力范围内,若要判定了解千斤顶的实际负荷,核定手动油泵出油处接上压力表座,由压力表指示工作压力,根据工作压力、油缸面积,可知重物的重量。
- ③ 确定起重物的重心,合理选择千斤顶的着力点,同时必须考虑到地面软硬程度,是否要衬垫坚韧的木料,避免起重时有倾倒之危险。
- ④ 千斤顶将重物顶升后,应及时用支撑物将重物支撑牢固,禁止将千斤顶作为支撑物使用。若要将数台千斤顶同时使用,应使用多项分配阀,并考虑负载的均衡性,以免产生倾。
- ⑤ 因扁千斤顶起重行程较小,梁体顶升时应严格控制行程,不得超过额定行程,以免损坏千斤顶。
- ⑥ 使用过程中应避免千斤顶剧烈振动,并根据使用情况定期检查。
- ⑦ 千斤顶使用过程中应临时中断交通。

3. 设观测标志顶升前在桥面上设观测用千分表,顶升时,由专业技术人员对梁顶面进行测量,以便准确反映梁体顶升时竖向变位。设置观测标志的原则是均匀对称。

4. 准备工作梁体在顶升前应详细测量墩台处梁底及墩台帽顶面标高,以便精确确定顶升高度。不能轻率行事,以免改变梁体线形,对梁体受力产生不利影响。梁体顶升前在墩台顶设限位装置,以防梁体在顶升过程中横向平移。另外,顶升前应对各方面进行检查。检查设备是否完好,检查人员是否到位,检查通信器材是否良好,检查计算数据是否正确,必须对所有操作人员进行技术交底,确保施工安全。对每片梁体在固定位置做一个标记,在顶升时用钢尺测量并填写好施工记录,以便控制顶升高度。

在正式顶升前,应进行试顶:

千斤顶安装完毕,待临时承重层稳定后,即可开始试顶;试顶主要是为了消除支撑本身的非弹性变形或沉降,在主梁还没有正式顶起时即可停止,并停放约一小时进行观察无任何变化后才能开始整体顶升。

5. 顶升

千斤顶放置在支点位置，由专人指挥，统一发令，每次顶升高度为2mm。顶升过程中要设置临时支点。千斤顶由油泵控制，采用数控系统，对支座进行同步顶升，最大误差不能超过0.5mm。

试顶完成后，在专业人员的统一指挥下所有千斤顶慢慢用力整体顶起梁体使其离开原支座，顶升高度以能顺利取出原桥支座为宜，相邻两墩的顶升高差不得大于5mm。停止顶升后应立即在上、下横梁间增设若干个钢筋混凝土预制块形成临时固定点，以增加接触点和面积，提高顶升系统的稳定性，确保桥梁整体安全。

顶升时以竖向位移和千斤顶油压表读数进行双控。竖向位移用桥面上设置的观测标志确定，要求竖向位移差基本保持一致。竖向位移观测人员要随时与油泵操作人员保持密切联系，指导操作人员进行操作。同时，各油泵操作人员通过油压表读数随时进行调整。顶升时各油压表读数与理论计算误差值不超过±1Mpa。在顶升过程中如发现异常情况，要立即停止顶升，查明原因处理后方可继续顶升。顶升时一定要缓慢同步，且一边顶升一边支垫，以防发生突发事件。

6. 支座更换

灌注支座胶处理支座脱空的施工顺序如下：

- a.用扁千斤顶将梁体轻微顶起（同一盖梁同步顶升），单次顶升高度2mm以内，总行程控制在5mm以内；
- b.对支座位置进行清理，去除浮浆、杂质，若遇渗水、积水、潮湿等环境状况，应用进行烘干处理；
- c.采用在脱空支座底面填塞钢片，使其顶面紧贴空心板底面，并固定，同时施工单位应按照设计要求的支座胶灌注范围并结合现场实际情况，采用各种切实可行的方法在支座底面位置形成模板；
- d.在围成的模板内进行支座胶灌注，直到出气孔溢胶为止；
- e.重复以上工序完成所有支座脱空的处理，待胶体达到强度后，将千斤顶放松并取出；
- f.施工完成后，要达到支座顶面与空心板底面紧密接触，并且支座底面灌胶密实的效果，以确保支座能充分发挥支垫作用，保证支反力的传递。

另由于调平钢板存在锈蚀现象，支座处治的同时应对外露的调平钢板进行除锈防腐处理，处理步骤如下：

表面清理：清除表面焊渣、浮锈及其它污染物，使需防腐蚀涂装的工件表面全部裸露出来。

除锈：在涂刷防腐漆之前，应对支座调平钢板外露部分进行除锈，采用手工除锈；用铁砂纸、刮刀、铲刀、钢丝刷等手工工具除锈。

施工注意事项

1) 施工前，施工单位应做好施工组织设计，整体更换支座时不得通行车辆；一是确保施工中整个桥梁结构完整、不受损伤；二是施工中要保证人身和设备的绝对安全。施工前要做好全面检查，根据具体情况确定维修加固范围，按次序依次实施。整体更换支座施工方案，要通过准确的分析和计算，配备足够的机械设备和劳动力；同时，在顶起和落梁时间内，要有专业人员统一指挥，确保所有被顶的梁体同步上升，同步下降；并临时封闭交通。

2) 要认真做好测量、观察记录工作。要准确计算出原支座和现支座的高度差，以指导施工，确保梁体、桥面系支座更换前后的标高不变。

3) 支座的质量检验及安装是保证支座正常使用的关键。支座安装前应进行检验，施工时应根据不同的支座类型按照相关要求安装。

支座钢板防腐

主要是采用环氧类防锈漆进行防腐处理，涂刷料分2层，分别是：

第1层—环氧富锌底漆 50 μ m

第2层—氯化橡胶面漆 80 μ m

403.07 变刚度支座的施工要求

1. 梁体顶升

(1) 盖梁表面对局部有凹坑位置用砂浆找平，铺橡胶垫并垫上边长为40cm的钢板作为整体顶升千斤顶的下支撑点。

(2) 顶升前应对同步系统的液压系统、控制系统、检测系统以及初值的设定读取进行调试。

(3) 正式顶升前应对系统进行预顶升。

(4) 顶升前应对梁体进行详细的检查，作好施工记录。

(5) 正式顶升时应严格控制顶升压力及顶升位移的同步控制，相互千斤顶的位移差不能超过2mm，同时在顶升过程中注意系统各部位的检查。

(6) 落梁至支座承载以前应注意各墩减速是否一致，位移变化是否一致。

(7) 当支座完全受力后，检查支座受力情况，检查标高，如有偏压脱空或与标高有误差等病害，需再次顶升调整支座，直至落梁完成。

2. 支座更换

(1) 在顶升系统保持恒定压力满足要求后,采集百分表位移传感器的位移数据,如果下移量在 2mm 以内,且不影响支座的拆取与安装,将原支座沿梁顺桥向纵向取出,并清理支座放置位置及周围杂物。

(2) 当顶升上部结构离开原接触面时,便可取下原支座,对支座上下界面进行处理后,将新定制的变刚度支座安放于梁底部,变刚度支座安装后应使其正常充分受力。

(3) 放置前应根据原设计文件定位支座中心点,以保证新支座放置位置准确,保证桥梁受力点正确无误。

(4) 对支座脱空、受力不均匀、支座与垫石贴合不紧密等情况,应采用压注 C50 环氧砂浆,以填充空隙,使垫石与支座下钢板均匀受力,确保支座能充分起到支垫作用,保证支反力的传递。

403.08 伸缩缝维修的施工要求

1. 一般规定对于出现破损的伸缩缝,要安装新伸缩缝装置,为了不间断交通,确保施工过程中车辆顺利通行,施工中应该采用分段施工模式,并加强交通管制,在施工前应对交通进行限制,对施工现场进行调查。

2. 明确破损伸缩缝的位置和严重程度,结合现场具体情况,合理确定伸缩缝断开位置,并预留好焊接接头,为施工顺利进行奠定基础。

3. 公路桥梁伸缩缝更换的过程中,大部分是在通车状态下进行的,需要安全布置周围的交通,先安排一边施工,另外一边通车,待一边施工完成后,再交换位置。控制交通的过程中,需在最明显的位置,放置警告牌,统一施工人员的着装,安排专业的操作人员进行技术操作。

4. 当伸缩缝施工完成后,在养生阶段,同样需要控制接通,尽量缩短伸缩缝更换的施工工期,既要保障伸缩缝的正常施工,又要确保交通安全。车行道伸缩缝槽口新浇混凝土强度等级应比原结构混凝土提高一级,采用 C55 钢纤维混凝土,宜采用早强混凝土或新的灌浆料等新型材料。

5. 伸缩缝出现以下问题应及时更换:

- a. U 形锌铁皮伸缩装置的锌铁皮老化、开裂、断裂。
- b. 钢板伸缩装置或锯齿钢板伸缩装置的钢板变形,螺栓脱落,伸缩不能正常进行。
- c. 橡胶条伸缩装置的橡胶条老化、脱落,固定角钢变形、松动。
- d. 板式橡胶伸缩装置的橡胶板老化开裂,预埋螺栓松脱,伸缩失效。

403.09 桥面板补强加固的施工要求

1. 采用桥面补强层加固时，应尽可能卸除作用在结构上的活荷载。
2. 桥面板（主梁）结合面处理：要求施工时不能损坏原结构混凝土强度，不应有局部光滑结合面。对存在缺陷的部位，应进行修补，如空洞，在凿除疏松部分混凝土后，用强度高一级的细石子混凝土填筑密实；出现钢筋锈蚀引起混凝土胀裂时，先剔除松动开裂的混凝土，再进行钢筋表面除锈和防护等。
3. 植埋结合钢筋：结合钢筋植埋应严格按照设计和所采用的结构胶黏剂的要求进行。
4. 浇筑补强层混凝土：补强层浇筑混凝土应按设计规定的程序进行，在浇筑前，应对结合面进行彻底清理，检查结合钢筋及其他构造钢筋数量及布置是否正确。加入外掺剂或纤维的混凝土制备时，应严格按照有关说明书及设计要求进行操作，掌握掺入量和掺入方法。必要时应作工艺试验，选用最佳方法。
5. 补强层宜选用高强度等级混凝土，其强度等级不应低于 C30 及主梁混凝土强度等级，厚度不宜小于 10cm。

403.10 增大截面法的施工要求

1. 采用增大截面和配筋法加固时，按现场检测结果确定的原构件混凝土强度等级不应低于 C20。
2. 采用增大截面加固法对混凝土结构进行加固时，应采取措施卸除或大部分卸除作用在结果上的活荷载。
3. 采用增大截面和配筋法加固时，原构件混凝土表面应经处理，设计文件应对所采用的界面处理方法和处理质量提出要求。一般情况下，除混凝土表面应予打毛外，尚应采取涂刷结构界面胶、种植剪切销钉或增设剪力键等措施，以保证新旧混凝土共同工作。
4. 当新增截面中的钢筋需要焊接在原构件主筋上时，在施焊前，应根据实际情况，逐根分区分段分层进行焊接，以减少原受力钢筋的热变形，使原结构的承载力不致受到较大影响。
5. 新增混凝土层的最小厚度，板不应小于 40mm；梁、柱，采用现浇混凝土、自密实混凝土或灌浆料施工时，不应小于 60mm，采用喷射混凝土施工时，不应小于 50mm。
6. 新增受力钢筋与原受力钢筋的净间距不应小于 25mm，并应采用短筋或箍筋与原钢筋焊接。当新增受力钢筋与原受力钢筋的连接采用短筋焊接时，短筋的直径

不应小于 25mm，长度不应小于其直径的 5 倍，各短筋的中距不应大于 500mm。当截面受拉区一侧加固时，应设置 U 形箍筋，U 形箍筋应焊在原有箍筋上，单面焊的焊缝长度应为箍筋直径的 10 倍，双面焊的焊缝长度应为箍筋直径的 5 倍。当用混凝土围套加固时，应设置环形箍筋或加锚式箍筋。

7. 梁的新增纵向受力钢筋，其两端应可靠锚固；柱的新增纵向受力钢筋的下端应伸入基础并应满足锚固要求。

403.11 粘贴钢板的施工要求

粘贴钢板采用灌注粘贴法，工艺流程如下：制作钢板→基底处理→混凝土表面钻孔→注胶→固定及加压→固化→检验→防腐处理。

1. 制作钢板

钢板按所需尺寸切割而成。钢板表面的粘贴面可采用刨床加工成菱形，格状刻痕，以增加黏附性能。钢板除锈采用手工操作钢丝刷除锈，有条件时采用喷砂除锈，对于大面积锈蚀的钢板，须先用适度盐酸浸泡 20min，使锈层脱落，再用石灰水冲洗，最后用平砂轮打磨出纹道。

喷砂除锈要求达到 SA2.5 级，钢板表面粗糙度要求为 40~80 μ m。

用冲击电钻在钢板表面按设计要求的位置钻孔，钻孔直径较锚栓直径大 1~2mm，并在上、中、下各个部位预留少量直径 1cm 左右的浆液观察孔。

2. 基底处理

对表面有浮油污物的混凝土构件的黏合面，应先用硬毛刷沾丙酮刷除表面浮油污物，后用冷水冲洗，再对黏合面进行打磨，除去 2~3mm 厚表层，直至完全露出新面，并用压缩空气吹除粉粒。

对表面已碳化的旧混凝土构件的黏合面，直接对黏合面进行打磨，去掉 1~2mm 厚表层，用压缩空气除去粉尘或用清水冲洗干净，待完全干燥后用脱脂棉沾丙酮擦拭表面即可。

3. 砼表面钻孔

按设计位置在混凝土表面钻孔，采用冲击钻一次成孔，钻孔直径和深度严格按照设计要求进行。成孔后对孔内进行清理，可采用空压机或高压水枪进行清洗。

4. 钢板的安装与锚固

钢板粘贴应选择干燥环境下进行，将制作好的钢板平稳对准螺栓孔并迅速拧紧螺帽，使钢板与混凝土紧密黏合。

5. 注胶

为保证黏结质量，建议采用工厂生产的成品黏结胶，不宜现场配制。通过空压机或其它压力灌注机设备将胶液灌注至钢板与混凝土之间空隙，通过由下至上的孔洞观察胶液是否灌注充实，灌注时应从下方的孔洞开始流出浆液，此时堵住下方孔洞，直至浆液从最上方孔洞全部流出，表示胶液灌注基本灌注满间隙。灌注时应防止浆液四处流淌。

6. 固化

结构胶黏剂的固化时间随不同产品的性能而定，固化期中不得对钢板有任何扰动。

7. 表面防锈处理

主要是采用环氧类防锈漆进行防腐处理，涂刷料分3层，分别是：

第1层—环氧富锌底漆 50 μm ；

第2层—环氧云铁中间漆 100 μm ；

第3层—氯化橡胶面漆 80 μm 。

也可其它经过实践检验效果较好的防锈处理方法，但必须满足相关规范的要求。

403.12 粘贴纤维复合材料加固的施工要求

1. 在粘贴纤维复合材料时应严格控制外部荷载，应避免将施工设备放置于桥面。

2. 黏结材料的性能是保证碳纤维材料与混凝土共同工作的关键，也是两者之间传递途径中的薄弱环节，因此黏结材料应有足够的刚度与强度以保证碳纤维与混凝土间剪力的传递，同时应有足够的韧性，以免因混凝土开裂导致脆性粘结破坏。

3. 黏结材料应能在一般气候条件下固化，且固化时间合适（一般保证有3小时左右），同时应对水分含量不敏感，具有适宜的流动性和粘度，固化收缩率小。

4. 碳纤维黏结材料一般分底层树脂、找平材料、浸渍树脂或黏结树脂。

5. 应采用与碳纤维相配套的黏结材料。

6. 应由熟悉该技术施工工艺的专业施工队伍承担。

7. 认真阅读设计图纸，根据施工现场和处治构件混凝土的实际状况，拟订施工方案和施工计划。

8. 施工前应对粘贴部位混凝土的表面含水率及所处环境温度进行测量，若混凝土表层含水率 $>4\%$ （采用吹风机，保证粘贴面干燥即可）或环境温度 $<5^{\circ}\text{C}$ ，则应采取相应措施，在达到要求后方可进行施工。

9. 清除被处治构件表面的剥落、疏松、蜂窝、腐蚀等劣化混凝土，露出混凝土结构层，并按照混凝土修补的相应技术要求进行修补，平整度应达到 5mm/m，并对处治区域裂缝按相应技术要求进行封闭处理。

10. 被粘贴混凝土表面应打磨平整，除去表面浮尘、油污等杂质，直至完全露出混凝土结构基面，转角粘贴处应进行倒角处理并打磨成圆弧状，圆弧半径不应小于 20mm。

11. 混凝土表面应清理干净并保持干燥。

12. 底层涂料（涂底胶）

在处理好的混凝土表面上涂一层很薄的底层胶，既可以浸入混凝土表面，增强混凝土表面强度，又可以改进胶结性能，从而使得混凝土与纤维复合材料之间黏结性得以提高。因此要求底胶必须具有很低的黏度，和混凝土良好的黏结性能，以便于涂刷在混凝土表面后，黏结剂渗入混凝土结构中。

13. 整平材料（找平层）

纤维复合材料只有与所补强的混凝土表面紧密接触，才能产生良好的补强效果。但是混凝土表面的锐利突起物、错位和转角部位等都可能使纤维复合材料产生损伤，并引起强度降低，混凝土表面小的模板错位及混凝土气孔很难通过基底处理一道工序彻底清理，因此在涂敷的底层涂料指触干燥后，必须用找平胶进行找平，同时将矩形断面直角打磨后补成圆弧状。

14. 浸渍树脂（黏结主胶）粘贴纤维复合材料

浸渍树脂在粘贴材料中起着至关重要的作用，它连接底胶与纤维复合材料，它的黏度应控制在一定范围，有利于浸渍树脂顺利的将纤维复合材料粘附于混凝土表面，经过碾压，使浸渍树脂很容易浸透纤维复合材料，形成一个复合整体，共同抵抗外力作用。

403.13 质量检验与验收：

桥梁表层缺陷处治的质量检验与验收：

桥梁混凝土缺陷修补完成后表面应平整，无裂缝、脱层、起鼓、脱落等，修补处表面与原结构表面色泽应基本一致。

对浇筑面积较大的混凝土或砂浆，应预留强度试块，新旧混凝土的结果情况可通过敲击法和钻芯取样检测，钻芯检测法满足相关规范要求。

裂缝处治的质量检验与验收：

表面封缝材料固化后应均匀、平整，不出现裂缝，无脱落。

当注入裂缝的修补胶达到 7d 固化期时，应采用取芯法对注浆效果进行检验。芯样检验应采用劈裂抗拉强度测定方法。当检验结果符合下列条件之一时为符合设计要求：

1. 沿裂缝方向施加的劈力，其破坏应发生在混凝土部分（即内聚破坏）；
2. 破坏虽有部分发生在界面上，但其破坏面积不大于破坏面总面积的 15%。

植筋和锚栓的质量检验与验收：

钻孔直径应满足下表的要求，直径允许偏差为+2mm、-1mm；钻孔深度、垂直度和位置的允许偏差应满足下表的要求。

表 A.2.1-1 植筋钻孔直径 (mm)

钢筋公称直径	钻孔直径	钢筋公称直径	钻孔直径
6	10	18	22
8	12	22	28
10	14	22	28
12	16	25	30
14	18	28	35
16	20	32	38

表 A.2.1-2 植筋钻孔深度、垂直度和位置允许偏差

植筋位置	钻孔深度允许偏差 (mm)	钻孔垂直度允许偏差	位置允许偏差 (mm)
上、下部结构	+10,0	3°	5
承台与基础	+20,0	5°	10
连接节点	+5,0	2°	5

植筋要求

1. 锚孔内胶黏剂应饱满，不得有未固结现象。
2. 植入钢筋不得有松动，表面不应有损伤，钢筋不得弯曲 90° 以上。

施工应注意的问题

1. 严禁采用将胶黏剂直接涂抹在钢筋上植入孔中的植筋方式。
2. 废孔处理：施工中钻出的废孔，应采用高于构件混凝土一个强度等级的水泥砂浆、聚合物水泥砂浆或锚固胶黏剂进行填实，必要时插入钢筋。

更换常规支座的质量检验与验收：

1 基本要求

支座的材料、质量和规格必须满足设计和有关规范的要求，经验收合格后方可安装。

支座底板调平砂浆性能应符合设计要求，灌注密实，不得留有空洞。

支座上下各部件纵轴线必须对正。当安装时温度与设计不同，应通过计算设置支座顺桥向预偏量。

支座不得发生偏斜、不均匀受力和脱空现象。滑动面上的四氟滑板和不锈钢板不得有划痕、碰伤等，位置正确，安装前必须涂上硅脂油。

2. 外观鉴定

支座表面应保持清洁，支座附近的杂物及灰尘应清除。

更换变刚度支座的质量检验与验收：

1. 基本要求

(1) 支座加工用原材料及外协加工件进厂时，应进行进厂原材料检验，检验项目应全部合格后方可使用，不合格的原材不应用于支座生产；

(2) 支座生产厂在每批支座交货前必须进行出厂检验；

(3) 成品支座的验收，应在工厂生产组装的成品支座中，随机抽取每种型号产品 50% 比例进行试验，全部项目合格，则判定该批次产品合格。出现不合格的情况，则对该批次产品 100% 进行试验；

(4) 顶升高度应该设计要求执行，不应加大顶升高度；

(5) 更换的支座定位应满足原设计和相关技术规范的要求；

(6) 支座上下表面应按设计要求保持水平。

(7) 支座更换前后应保持梁底高程不变。

2. 检查项目

表 403-8 变刚度支座原材料进厂检验

检验项目	检验内容	检验依据	检验频次
滑板	物理机械性能		每批原料（不大于 200kg）一次
不锈钢板	机械性能、厚度、光洁度、硬度	GB/T3280-2015	每批钢板
钢板	机械性能	GB/T700-2006	每批钢板
铸钢件	裂纹、蜂窝状孔洞、缺陷	GB/T7233.1-2009	每件产品
	机械性能	GB/T11352-2009	每炉
粘接剂	滑板与钢板粘接剥离强度		每批
镀铬层	表面粗糙度、镀层厚度、外观		每件产品
橡胶	物理机械性能		每批原料（不大于 500kg）一次
硅脂	物理性能、外观质量	HG/T2502-1993	每批（不大于 100kg）

表 403-9 变刚度支座出厂检验

检验项目	检验内容	检验依据	检验频次
------	------	------	------

橡胶体	尺寸偏差.缺陷	表 1.表 2	每个支座
上支座板与下支座板	尺寸偏差	表 3	
圆弧板	尺寸偏差	表 4	
螺栓.套筒	尺寸偏差	表 5	
组装后高度	尺寸偏差	表 6	
竖向承载力	压缩性能	表 7	
水平刚度	剪切性能	表 7	

表 403-10 橡胶体外形尺寸偏差 (mm)

长度 (l_a)	偏差	厚度 (t_a)	偏差
$l_a \leq 300$	0~2	$t_a \leq 49$	0~1
$300 < l_a \leq 500$	0~4	$49 < t_a \leq 150$	0~2
$l_a > 500$	0~5	$t_a > 150$	0~3

表 403-11 橡胶体外观标准

项目	检验标准
气泡.杂质	不允许
凹凸不平缺陷	当支座平面面积小于 0.15m ² 时, 不应多于 2 处。大于 0.15m ² 时, 不应多于 4 处, 且每处凹凸高度不应大于 0.5mm, 面积不应大于 6mm ² 。
侧面裂纹.加劲钢板外露	不允许
掉块.崩裂.机械损伤	不允许
钢板与橡胶黏结处开裂或剥离	不允许

表 403-12 支座顶.底板尺寸偏差 (mm)

长度 (l_b)	偏差	厚度 (t_b)	偏差
$l_b \leq 300$	±0.5	$t_b \leq 30$	±0.2
$300 < l_b \leq 800$	±1.0	$30 < t_b \leq 60$	±0.5
$l_b > 800$	±2.0	$t_b > 60$	±0.8

表 403-13 支座圆弧板尺寸偏差 (mm)

长度 (l_c)	偏差	厚度 (t_c)	偏差	圆弧半径 (r_c)	偏差
$l_c \leq 100$	±0.2	$t_c \leq 30$	±0.2	$r_c \leq 300$	±0.5
$100 < l_c \leq 300$	±0.3	$30 < t_c \leq 60$	±0.5	$300 < r_c \leq 600$	±1.0
$l_c > 300$	±0.4	$t_c > 60$	±0.8	$r_c > 600$	±2.0

表 403-14 支座套筒尺寸偏差 (mm)

直径 (d)	偏差
$d \leq 30$	±0.1

$30 < d \leq 60$	± 0.2
$d > 60$	± 0.3

表 403-15 组装后支座高度偏差 (mm)

承载力 (KN)	偏差 (mm)
1000~9000	± 2
10000~25000	± 3
27500~60000	± 4

表 403-16 变刚度支座力学性能试验项目和指标要求

序号	力学性能	试验项目	出厂检验	型式检验	指标要求
1	压缩性能	竖向承载力试验	√	√	压缩量不超过支座高度的 1%
2	剪切性能	水平刚度	√	√	允许偏差 $\pm 10\%$
3	剪切性能相关性	剪应变相关性	×	√	允许偏差 $\pm 10\%$
		加载频率相关性	×	√	允许偏差 $\pm 10\%$
		反复加载次数相关性	×	√	允许偏差 $\pm 10\%$
		温度相关性	×	√	允许偏差 $\pm 10\%$
4	极限剪切性能	剪切应变	×	√	达到设计极限位移时支座无异常变形, 且剪力和位移的关系曲线单调增加
5	转动性能	转角	×	√	试验过程无异常; 产品拆卸无异常
6	拉伸性能	破坏拉力	×	√	$\geq 1.5\text{MPa}$
7	耐久性能	老化性能	√	√	水平刚度允许变化率为 $\pm 20\%$
		疲劳性能	√	√	试件外观无裂缝, 刚度变化率 $\leq 15\%$

注: 表格中“√”表示必须进行检验, “×”表示不进行检验。

更换伸缩缝的质量检验与验收:

1.基本要求

(1) 伸缩缝必须满足设计和有关技术规范的要求, 须有合格证, 并经验收合格后方可安装。

(2) 伸缩缝必须锚固牢靠, 伸缩性能必须有效。

(3) 伸缩缝两侧混凝土的类型和强度, 必须满足设计要求。

(4) 大型伸缩缝与钢梁连接处的焊缝应做超声检测, 检测结果须合格。

(5) 伸缩缝处不得积水。

2.更换伸缩缝的位置偏差应满足下表要求

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	长度(mm)	满足设计要求	尺量;每道
2	缝宽(mm)	满足设计要求	尺量;每道2处
3	与桥面高差(mm)	±2	尺量;每侧3~7处
4	纵坡(%)	一般	±0.5
		大型	±0.2
5	横向平整度(mm)	3	水准仪;测量纵向锚固混凝土端部3处 水准仪;沿纵向测伸缩缝,每侧3处 3m直尺;每道

3.外观鉴定

伸缩缝无阻塞、渗漏、变形、开裂等现象。

桥面板补强的质量检验与验收:

1. 桥面补强层加固所用材料的种类、型号、规格、数量和质量应符合有关规范及设计要求。

2. 按规定的程序施工,重点检查缺陷修补、结合面处理、结合钢筋植埋、补强层混凝土浇筑等工序。要求缺陷修补后结构尺寸、强度基本恢复,外观接近原样;处理完的结合面应干净、粗糙,粗糙度符合构造要求;结合钢筋植埋应使孔径、孔位、孔深合适,钢筋与结合面垂直,外露端高度与埋入段长度符合设计要求;在结合面充分润湿,或界面剂涂刷好后,方可浇筑补强层混凝土,严格控制混凝土的质量,振捣合理,并及时养护。

3. 补强层不得出现露筋和空洞现象。

4. 按设计要求对缺陷进行修补。

增大截面法加固的质量检验与验收:

1. 加固所用材料的种类、型号、规格、数量和质量应符合有关规范及设计要求。

2. 按设计要求的程序施工,严格按照施工工序及构造措施要求来保证施工质量,结合《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020点检查和控制结合面处理、钢筋焊接、混凝土浇筑及养生,确保新旧混凝土能够共同受力。

3. 按设计要求对缺陷进行修补。

粘贴钢板加固的质量检验与验收:

1. 粘贴钢板加固所用材料类别、规格及质量应符合相关规范及设计要求。

2. 按规定的程序施工,加压及固化时间应符合设计要求。

3. 锚固螺栓数量、规格、钢板的搭接长度不得少于设计值。

4. 按设计要求进行防腐处理。

粘贴碳纤维复合材料加固的质量检验与验收:

1. 粘贴纤维复合材料加固所用材料，应符合质量标准，并具有出厂合格证，其各种性能指标及技术参数均应符合设计和相关规范的要求，适合现场温度、湿度条件。
2. 应严格按有关规范进行各种工序隐蔽工程检验与验收，如施工质量不能满足相关条款要求时，应立即采取补救措施或返工。
3. 纤维复合材料实际粘贴面积、搭接长度等符合设计要求。
4. 必要时可对施工质量进行现场抽样检验。
5. 必要时可对纤维复合材料和胶黏剂进行现场取样检验。

第404节 梁桥加固

404.01 范围

本节工作内容为对梁桥的维修加固，如体外预应力、改变结构体系和抗倾覆等全部作业。

404.02 材料

1. 桥梁加固用材料的品种、规格及使用性能，应符合国家、行业相关标准的规定，并满足设计要求。
2. 其余材料基本同 403.02 材料。

404.03 体外预应力加固的施工要求

1. 采用体外预应力加固法对钢筋混凝土结构.构件进行加固时，其原构件的混凝土强度等级不宜低于 C30。
2. 采用体外预应力加固混凝土结构时，其新增的体外预应力拉杆、锚具、垫板、撑杆以及各种紧固件均应进行可靠的防锈蚀处理，且其长期使用的环境温度不应高于 60°C。
3. 采用体外预应力加固法对钢筋混凝土结构进行加固时，可不采取卸载措施。
4. 体外预应力加固施工时需对上锚固点.滑块垫板及跨中预应力筋固定支座的位置进行准确放样定位。由于梁的顶板和腹板中均有钢筋存在，特别是受力钢筋，一般要适当调整锚固点，以避免这些钢筋。位置调整后应对体系重新进行检算。
5. 预应力锚固件必须传力可靠，在张拉时不能发生任何移动和变形。在预应力筋张拉完成后，应对每个锚固件进行检查，若不能满足要求，应替换后重新张拉。
6. 通过预拉建立张拉量的起点，张拉量应控制在设计规定的范围内。同一根构件的每根预应力筋的张拉量应相同。

7. 中间支承点应保证预应力筋定位牢固.过渡圆滑。

8. 预应力水平拉杆或预应力下撑式拉杆中部的水平段与被加固梁下缘之间的净空，一般不应大于 80mm，以 30~50mm 为宜。预应力下撑式拉杆其斜段宜紧贴在被加固梁的两侧。

404.04 改变结构体系加固的施工要求

1. 采用该加固方法，需全过程采取措施卸除作用在结构上的活荷载。

2. 施工包括凿去桥面铺装及桥端混凝土，加强桥端部配筋，伸缩缝桥面铺装的更新等。

3. 为保证桥面铺装与原梁体共同参与结构作用，梁顶要凿毛，有条件还要设置抗剪栓钉，桥面铺装采用收缩较少的混凝土。

4. 梁端间隙截面也要凿毛，有利于膨胀混凝土的填充密实。

5. 对于焊缝连接钢筋，焊缝满足规范要求。

6. 新增负弯矩钢筋可绑扎或焊接在外露的钢筋上，若无箍筋可用栓钉固定。

404.05 独柱墩抗倾覆加固的施工要求

钢结构运输

1. 运输前应制定详细完善的运输方案。

2. 构件的运输包括场内运输及场外运输，所有运输过程起吊时只能利用临时吊点。

3. 钢构件应标明编号、分类以免混淆。出厂前应进行称重，并标明重量、重心位置和定位标记。

4. 钢构件在运输过程中应防止倾倒、碰撞。支点要平稳、多点、可靠。要采取可靠措施防止意外和碰撞。

5. 钢构件在运输过程中应充分支撑.加固和系紧以防损坏和疲劳。

钢结构盖梁现场安装

1. 安装部位混凝土凿毛清理采用人工对钢结构盖梁安装范围内的混凝土表面进行凿毛，确保混凝土粘接表面粗燥、坚硬密实、无松动，粗骨料及钢筋部分外露并形成 1cm 左右的凹凸面，再用钢丝轮清除表面浮浆，剔除表面疏松物，最后用无油压缩空气吹除表面粉尘或清水冲洗干净，待完全干燥后用脱脂棉沾丙酮擦拭表面。

2. 测量定位.打孔

①测量放线：根据原设计图纸对 M27 高强锚栓位置进行精确定位（采用钢筋探测仪检查拟种植锚栓部位的原结构钢筋位置，可根据探测情况适当调整锚栓孔位置，

以不损伤原结构主要受力筋为原则)。同时应将锚栓孔现场放样位置提供给钢结构盖梁加工工厂,以便于对钢结构盖梁锚栓孔对应位置进行钻孔。在钢盖梁安装就位后,再按照钢盖梁既有孔位对墩柱进行钻孔,并植入锚栓。

②钻孔:根据设计 M27 高强锚栓的种植要求,钢板上高强锚栓开孔孔径为 30mm,墩柱混凝土种植孔孔径为 32mm,有效埋深大于 20cm,根据孔径.孔深和施工设备的功率大小选择合适的钻头。钻孔前把结构物表面的水.油等液体清理干净,以防止污染孔洞。

③常规清孔:成孔后首先用压缩空气把孔内粉尘清除一遍,同时把结构物表面的粉尘也清除掉,然后用专用电动毛刷把孔壁上的浮尘刷掉;最后再用压缩空气清除一遍。

④孔壁干燥:水.油等液体会破坏锚栓结构胶的强度,因此必须对孔壁进行干燥处理。根据不同情况,可采用两种孔壁干燥的办法:一是电热干燥,如果孔内入水造成孔壁潮湿则采用电热干燥;二是化学干燥,如果孔壁被油污染,则采用能溶解油且挥发性强的化学试剂进行干燥。

3. 安装钢结构盖梁。

4. 钢结构盖梁的安装及灌注应在干燥环境下进行。钢结构盖梁两半环利用 M20 普通螺栓临时对拉紧固。普通螺栓采用扭矩扳手进行扭矩控制,扭紧的力矩值不应小于 220N·m。钢盖梁安装之前,先预先种植半结构中间位置的竖向一列 M27 高强锚栓,并将半结构固定于既定位置,再植入安装剩余位置的锚栓,再用封边胶将钢盖梁抱箍钢板周围封闭,留出排气孔,在钢板低端黏贴注浆嘴并通气试漏后,以不小于 0.1MPa 的压力压入改性环氧灌浆料,当排气孔出现浆液后停止加压,并用封边胶封堵,再以较低压力维持 10min 以上。

404.06 质量检验与验收:

体外预应力加固的质量检验与验收:

1. 加固所用材料的种类、型号、规格、数量和质量应符合有关规范及设计要求;
2. 按设计要求的程序施工,严格按照施工工序及构造措施要求来保证施工质量,结合《公路路面基层施工技术细则》(JTG/TF20-2015)重点检查和控制锚固点处理.转向块设置.预应力张拉,确保预应力体系的有效性。
3. 预应力钢丝束应梳理平直,不得有缠绞.扭麻花现象。单根钢绞线不允许断丝。

4. 制孔管道应按照牢固，接头密合，弯曲圆顺，锚垫板平面应与孔道轴线垂直。锚固设备经检验合格后方可使用。

5. 体外预应力系统的防腐施工要根据设计要求，严格控制施工质量，防止预应力钢材和锚具等发生锈蚀。

改变结构体系的质量检验与验收：

1. 所用材料种类、型号、规格、数量和质量应符合有关规范及设计要求；
2. 按设计要求的程序施工，严格按照施工工序及构造措施来保证施工质量，凿除桥面铺装、梁顶凿毛、混凝土浇筑和养生，应符合设计要求；
3. 加固施工的质量控制按《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 要求进行，重点控制端头连接构造处理。

独柱墩抗倾覆的质量检验与验收：

1. 所用材料种类、型号、规格、数量和质量应符合有关规范及设计要求；
2. 按设计要求的程序施工，严格按照施工工序及构造措施来保证施工质量，钢结构的加工、运输和安装需满足钢结构设计规范，应符合设计要求；
3. 加固施工的质量控制按《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 要求进行，重点控制焊缝、胶体和连接位置的处理。

第405节 拱桥加固

404.01 范围

本节工作内容为对拱桥的维修加固，如圯工拱桥、钢筋混凝土拱桥和钢管混凝土拱桥的加固等全部作业。

404.02 材料

1. 桥梁加固用材料的品种、规格及使用性能，应符合国家、行业相关标准的规定，并满足设计要求。
2. 其余材料基本同 403.02 材料。

405.03 圯工拱桥加固的施工要求

1. 拱背加强层钢筋加工、绑扎、安装及混凝土浇筑应严格按照《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 要求进行。浇筑混凝土之前应对加强层与条石拱圈结合面进行清理，保证结合面清洁，无杂质，达到结合效果。

2. 拱圈加强层施工完成后进行 C25 砼填料施工，填料应全桥范围对称浇筑，填料浇筑完成后进行振捣密实。混凝土浇注完成，应在初凝或收浆后及时用土工布

或塑料布覆盖并适时洒水养护，根据天气情况决定洒水次数，养护期内铺装层混凝土表面应始终保持湿润，防止混凝土出现裂纹，养护期不少于7天。

3. 桥面板施工前对填料表面进行凿毛，后钢筋加工、绑扎、安装及混凝土浇筑应严格按照《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 求执行。

405.04 钢筋混凝土拱桥加固的施工要求

1. 采用该加固方法，需与其他方法一起共同来加固桥梁，以此来确定是否采取措施卸除作用在结构上的活荷载。
2. 在拱肋上需要新增加的拱肋的部位钻孔。
3. 设置贯通全桥的纵向钢筋，并将钢筋的两端用植筋方式锚固在拱座上。
4. 将拱桥与新增拱肋结合处的混凝土表面保护凿，在悬挂模板上现浇混凝土横向连接，当混凝土强度达到一定强度时，拆除模板。

405.05 钢管混凝土拱桥加固的施工要求

钢管砼脱空病害处治工艺

1. 正常情况下，稠浆和稀浆配合使用。
2. 施工工艺

开始先灌渗透性较好的稀浆以检查封堵效果，确认不漏浆后可改用固结较快的稠浆灌注。具体采用下列施工工艺，尚可根据现场情况进一步调整。

1) 钻孔，初步拟定为两竖杆之间布置2个钻孔断面，每个断面上下弦杆灌浆孔错位（见相关设计图纸），具体数量可根据实际进浆情况增减，但应保证灌浆孔间距不小于5米。

2) 通过空压机从所钻的孔压入空气，以检验预留灌浆孔的可使用效果及砼内缝隙大小、贯穿程度，以指导下续施工。

根据压气检查结果，定出可使用的灌浆孔，对不通的灌浆孔先进行原孔位清理，如仍不能使用，再在原孔位两侧选择适当部位钻设新的灌浆孔。

在处理或重新钻设完灌浆孔位，安装好灌浆管后，进行压力灌浆，其步骤如下：

- a. 试压空气后，对较大缝隙部位灌注稠浆。
- b. 缝隙很少的部位或要求渗透路径较远的部位，以稀浆进行灌注。
- c. 视工程需要，有些部位可采用先灌稠浆后灌稀浆或两者穿插配合使用的方法交替进行。
- d. 灌浆压力、灌浆量视现场工程情况调整，灌浆压力原则上先小后大，逐步加压，灌浆量以起压情况控制。

e.根据灌浆压力、进浆量等情况,在灌浆过程中适当调整有关灌浆参数,改变浆液稀稠程度及类型。

f.为保证浆材的渗透性及灌浆效果,注意做好稳压工作,在封孔前使每个灌浆孔压力达到 $8\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

3) 灌浆数量估计

由于灌浆部位形状异常,混凝土灌注难度较大,缝隙存在形式的可能性较多,因此,其灌浆数量难以准确估计。实际数量以现场发生数量为准,并经监理和业主确认。

4) 灌浆后缝隙检测

灌浆后应进行钢管内混凝土的密实性抽样检验,对不够密实、饱满的区域立即采取二次灌浆措施,确保灌浆效果饱满密实。根据化学浆体的凝固时间,灌浆后检测时间安排在灌浆完毕后的 24~48 小时后进行。

检测验收方法采用人工敲击方式,对灌浆后的主拱逐点敲击,在有脱空位置钻孔使其饱满,处理掉全部脱空。

灌浆完成后,钻孔处应处理平顺,采用粘钢胶黏贴 $50\text{X}50\text{X}4\text{mm}$ 钢板,防止后期雨水进入,之后涂刷防腐涂装。

钢梁梁段组拼、堆放及运输

1. 钢梁加工单位应学习和吸收类似桥梁加工的经验,针对本项目提出切实可行的钢梁组拼方案。节段组拼方案可由施工单位编制,经设计同意后方可实施。

2. 组装胎架刚度应满足固定制造节段形状要求,组装胎架长度不少于 4 个制造梁段,按施工控制确定的预拼线形组装,梁段间预留焊接间隙(还需计入焊接收缩量),相邻梁段断面匹配应满足公差要求。整体组焊完成后,按精度要求检测梁段几何尺寸,将匹配成套的临时匹配件施焊于梁段缝口两侧,然后进行涂装等后续作业。

3. 吊装梁段拼装及吊装梁段之间的预拼宜在合拢温度 $\pm 5^\circ\text{C}$ 的温度条件下进行,否则应予调整。

4. 吊装梁段拼装及预拼时要充分考虑钢梁自重、焊接收缩和胎架马板的影响,保证横坡的精度。

5. 每个梁段均应精确测量梁体长度,每跨钢梁总长度的累积误差要求小于 5mm 。

6. 每个梁段上均应设置长度、标高、轴线测量控制点,标记明显、耐久。

7. 梁段应单层堆放，支点必须位于横隔板下，并靠近腹板，应尽量使各点受力均匀，不允许出现支点脱空的情况。堆放场地应坚固可靠，不允许堆放地基出现不均匀沉降；梁体与支撑间应设置厚度不小于 150mm 的木块。

8. 梁段的运输包括场内运输及装车运输，所有运输过程起吊时只能利用临时吊点。

9. 在堆放与运输过程中，梁端部采用有效措施，以防雨水侵入等影响。

梁段安装

1. 主梁梁吊装采用起重机钢绳兜吊或四点平衡起吊。吊点设在临时吊点耳板上。

2. 梁段吊装前，应对横梁顶面凹凸不平处采取打磨、涂刷环氧砂浆找平或者适当微调支座橡胶的厚度等措施，防止梁段支点脱空。梁段应进行试安装，发现有脱空应将梁体吊离处理后重新就位，梁段无脱空后，再实施顶板、腹板及底板焊接，现场焊缝要求全熔透焊。吊装过程中一定要注意梁段方向，注意临时吊点位置的设置。

钢筋绑扎及混凝土浇筑

钢筋加工、绑扎、安装及混凝土浇筑应严格按照《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T3650-2020) 要求执行。

405.06 质量检验与验收:

1. 所用材料种类、型号、规格、数量和质量应符合有关规范及设计要求；
2. 加固混凝土、钢筋、模板、焊接等的质量要求应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 相关规定。钢管拱内脱空灌浆的工艺要求应符合本《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 要求相关规定。

第406节 缆索承重桥梁加固

406.01 范围

本节工作内容为对缆索承重桥的维修加固，如斜拉桥、系杆拱桥和悬索桥加固等全部作业。

406.02 材料

1. 桥梁加固用材料的品种、规格及使用性能，应符合国家、行业相关标准的规定，并满足设计要求。
2. 其余材料基本同 403.02 材料。

406.03 斜拉桥加固的施工要求

1. 斜拉索更换前，应根据检测评定结果对主要构件进行缺陷复查，应做好施工组织设计和安全专项方案，还应进行风险评估并制定必要的应急预案；
2. 斜拉索更换施工的主要步骤包括旧索拆除和新索安装，旧索拆除前应先拆除阻尼器、防水罩、减震器等相关附属装置，新索安装应按设计及监控要求进行并做好新索施工防护工作；
3. 斜拉索更换施工关键工序应安排在结构相对稳定、对交通影响小的时间段进行；
4. 斜拉索更换施工时，应委托专业单位负责施工监控工作。斜拉索更换施工监控的主要工作内容包括：监控方案编制、施工过程仿真分析、结构状态测量、监控指令发布、目标状态调整及监控报告提交等；
5. 换后结构复检的主要项目包括：几何线形测量、斜拉索索力测定、动静载试验等；结构复检后，应提交复检报告，提出有针对性的养护措施或其他技术建议。

406.04 系杆拱桥加固的施工要求

搭设边拱段的临时支撑，然后将原系杆逐步切断，同时将原系杆受力转换至拱座设置的临时系杆和边拱临时支撑上；待原系杆力全部转换至临时系杆后，将系杆锚固段拆除，然后重新浇注该段处的边拱和桥面为一体箱梁，埋植与系杆对应的转向块和锚具；逐步将本次新增成品系杆通过张拉替换临时系杆，达到最终成桥状态。

1. 施工顺序
 - (1) 增设钢桁架的分丝转向器架设。
 - (2) 安装体外预应力束：张拉顺序为严格按设计给出的顺序进行施工；
 - (3) 安装体外束锚具、定位装置、防振装置和压力检测装置。
 - (4) 当采用无粘结体外预应力时，体外预应力锚具灌注油脂，外露钢件进行防腐处理。
2. 体外索施工
 - (1) 在体外预应力钢束安装过程中注意 PE 套管的保护。
 - (2) 锚固处的每根钢绞线 PE 剥掉。
 - (3) 将锚具与 PE 管紧密的连接起来，最终形成一个有效连续的封闭装置。索体外的热挤 HPDE 护套必须伸入锚具密封筒中，并且卡牢。
 - (4) 张拉体外预应力钢束。
 - (5) 锚具钢帽区注入环氧砂浆，起到抗腐蚀保护性作用。将预埋管出齿板端

扩张成喇叭口，不得切割索体。并在扩口端填充聚氨酯发泡填实，胶圈密封。在锚具端面敷设保护罩，其内填充油脂进行防腐处理。为便于将来更换索体，可以不浇筑混凝土封锚端，但必须进行锚板外露防腐处理。

3. 预应力施工

(1) 应检查每捆钢绞线有无不均匀初应力：截取 2 至 3m 长的钢绞线，在室内放置 24 小时后，检查各钢丝是否仍为一个平面，如发生变化，说明钢绞线各钢丝存在不均匀初应力，此类钢绞线禁止使用，应予退货；

(2) 应按有关规定对钢绞线抽检强度，弹性模量，截面积，延伸量和硬度，质量不合格不准使用；

(3) 钢绞线应妥善放置。钢绞线下料应用圆盘锯切割，切割面应为一平面，以便张拉时检查断丝；

(4) 预应力张拉应在有经验技术人员指导下由固定工班进行操作，不允许临时工承担此项工作。每次张拉均应有完整记录，且应在监理在场的情况下进行；

(5) 预应力钢束张拉应分批，先长束，后短束，对称一对一对张拉；采用两端张拉；

(6) 张拉操作步骤：初张拉（张拉力 P_0 等于为 0.2 倍设计张拉力 P ）→持荷 5 分钟→量测延伸量 δ_0 →张拉并维持设计吨位 P →持荷 5 分钟→量测延伸量 δ_1 →回油→量测延伸量 δ_2 ；

(7) 预应力束张拉采用张拉力和引伸量双控；

(8) 检查千斤顶和锚具有无滑丝：查看 $\delta_2 - \delta_1$ 是否大于 7mm，如大于 7mm，则表明出现了整体滑丝，应查明原因并采取措施解决后方可继续张拉。再检查钢绞线尾端标定平面是否仍为一个平面，如平面出现了变化，说明有个别钢绞线出现了滑丝现象，必须采取措施进行及时处理；

(9) 应根据每批钢绞线的实际直径随时调整千斤顶限位板尺寸，最标准的限位板尺寸应使钢绞线只有夹片的牙痕而无刮伤，如钢绞线出现严重刮伤则限位板限位尺寸过小，如出现滑丝或无明显夹片牙痕则有可能是限位板限位尺寸大；

(10) 千斤顶在下列情况下应重新标定：

- ①.已使用三个月；
- ②.严重漏油；
- ③.主要部件损伤；
- ④.延伸量出现系统性的偏大或偏小；

⑤.张拉次数超过施工规范规定的次数。

(11) 千斤顶和油泵必须配套标定和配套使用；

(12) 张拉前应检查千斤顶内摩阻是否符合有关规定要求，否则应停止使用；

(13) 严禁钢绞线作电焊机导线用，且钢绞线的放置应远离电焊地区；

(14) 锚具和垫板

①.应抽样检查夹片硬度。

②.应逐个检查垫板喇叭管内有无毛刺，对有毛刺者应予退货，不准使用。

406.05 悬索桥加固的施工要求

1. 对于主缆防护损坏的维修，要根据损坏程度和维修目标进行方案制定，一般按照损坏几层修复几层，对于损坏较深的，并且经检查发现主缆索股钢丝锈蚀断丝较为显著的，应采用新型的防护体系；

2. 主缆传统防护采用圆形缠丝缠包由于主缆在负载下的伸缩，有可能对在缠丝外的涂料造成破坏，水就会通过缠丝间隙进入主缆，尤其是采用非柔性涂料系统时更加严重。在对主缆圆形缠丝进行更换时，应采用新型的 S 形缠丝缠包。S 形缠丝为互锁结构，缠丝间不留空隙形成一个光滑的表面，有利于提高涂层的耐久性。

3. 主缆缠丝外可采用新型缠包材料进行补充缠包，如氯丁橡胶缠带系统。通过在缠丝或者主缆表面，涂刷一种常温的液体氯丁橡胶材料，然后用 150mm 宽的未固化橡胶，以 50% 叠压的方式，螺旋缠绕在外表面，形成一个“瓦”的效果，并防止水从螺旋接缝进入。

4. 吊索是连接悬索桥主缆与加劲梁的构件，一般包括索体及其两端的锚具，新换索体可采用钢丝束.钢丝绳.钢绞线或钢拉杆，新换锚具构造须由旧索既有锚固构造确定；新吊索索体与锚具的选用应满足现行国家.行业标准的要求，新吊索应考虑采取可靠的防护措施，避免发生与旧吊索相同的病害；

5. 吊索更换前，应按现行行业标准进行检测评定；换前检测内容应结合桥梁既有资料及现场实施可行性综合确定，检测项目包括：悬索桥主要结构几何参数与变位.结构材质调查.主要构件缺陷损伤.结构荷载调查.吊索专项检测等，

6. 测试时机宜选择结构相对稳定的状态并对外界环境参数进行测试；换索评定内容包括桥梁技术状况评定.结构检算和换索判定，换索评定旨在为吊索更换设计提供依据；

7. 吊索更换设计应考虑的因素包括：旧索检测评定结果.原桥设计标准.原吊索构造.换后结构目标状态.更换施工的可行性.交通影响.费用投入.社会评价等；

8. 吊索更换设计的主要内容包括：被换吊索的数量与位置、新吊索结构构造、新索索力、更换设计计算、施工方案设计、交通组织设计、工程监控与验收等；

9. 吊索更换设计计算时，应对原桥结构设计、现结构状态进行验算，还应计算确定更换设计的目标状态和合理的更换施工状态，此外还应对受力复杂的部位进行局部分析验算；

10. 吊索更换前，应根据检测评定结果对主要构件进行缺陷复查，并按设计文件要求进行维修加固；吊索更换施工的主要步骤包括旧索拆除和新索安装，旧索拆除前应先拆除阻尼器、防水罩、减震器等相关附属装置，新索安装应按设计及监控要求进行并做好新索施工防护工作；

11. 吊索更换施工关键工序应安排在结构相对稳定、对交通影响小的时间段进行；

12. 吊索更换施工时，应委托专业单位负责施工监控工作；吊索更换施工监控的主要工作内容包括：监控方案编制、施工过程仿真分析、结构状态测量、监控指令发布、目标状态调整及监控报告提交等；吊索更换施工监控技术指标应满足现行国家、行业相关标准、规范的规定，并得到设计单位的认可；

13. 换后结构复检的主要项目包括：几何线形测量、吊索索力测定、动静载试验等；结构复检后，应提交复检报告，提出有针对性的养护措施或其他技术建议。

406.06 质量检验与验收：

1. 所用材料种类、型号、规格、数量和质量应符合有关规范及设计要求；

2. 斜拉索更换质量检验实测项目应满足下表的要求：

项次	检查项目	规定值和允许偏差		检查方法和频率
1	允许值	满足设计要求		测力仪；测每对索索力
	极值	符合设计规定，设计未规定时与设计值相差小于10%		
2	梁锚固点或梁顶高程(mm)	$L \leq 200\text{m}$	± 20	水准仪或全站仪；测量每个锚固点或每梁段中点
		$L > 200\text{m}$	$\pm L/10000$	
3	锚具轴线与孔道轴线偏位(mm)	5		尺量；抽查25%

3. 斜拉索外观鉴定

(1) 斜拉索表面应密实光滑，无畸形，颜色一致。

(2) 斜拉索表面无碰伤或擦伤。

(3) 锚头无伤痕、锈蚀。

4. 吊杆、系杆更换质量检验

(1) 吊杆更换质量检验实测项目应满足下表的要求。

表 8.7.3-1 吊杆更换质量检验实测项目

项次	检查项目	规定值和允许偏差	检查方法和频率
1	吊杆长度(mm)	$\pm 0.001L$ 及 ± 10	用钢尺量
2	吊杆拉力(kN)	符合设计要求	测力仪;每吊杆检查
3	吊点位置(mm)	10	全站仪;每吊点检查
4	吊点高程(mm)	高程	水准仪;每吊点检查
		两侧高差	

注:表中 L 为吊杆长度。

(2) 柔性系杆更换质量检验实测项目应满足下表的要求。

表 8.7.3-2 柔性系杆更换质量检验实测项目表

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	张拉应力(MPa)	符合设计规定	查油压表读数;每根检查
2	张拉伸长率(%)	符合设计规定	丈量;每根检查

(3) 外观鉴定

吊杆、系杆顺直,无扭转现象。

防护层完好,无破损、污物。

5. 主缆防护质量检验,主缆防护质量检验项目应满足下表要求:

表 8.7.4 主缆防护质量检验实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	缠丝间距(mm)	1	插板;每两索夹间随机量测 1m 长
2	缠丝张力(kN)	± 0.3	标定检测;每盘抽查 1 处
3	防护涂层厚度(mm)	符合设计要求	测厚仪;每 200m 测 1 点

第407节 钢桥及钢-混组合结构桥梁加固

407.01 范围

本节工作内容为对钢桥及钢混组合桥梁的维修加固,如焊接加固、栓接加固和改变结构体系加固等全部作业。

407.02 材料

1. 桥梁加固用材料的品种、规格及使用性能,应符合国家、行业相关标准的规定,并满足设计要求。

2. 焊接材料

①焊接材料采用与母材相匹配的焊丝、焊剂和手工焊条(应采用低氢型),均应符合现行国家标准。

②CO₂气体纯度不小于 99.5%。

③焊接材料的烘焙遵照产品说明书的要求进行,焊接材料存放在干燥、通风的

场所。

④焊接材料的领用与发放遵照 JB/T3223-2017《焊接材料质量管理规程》的要求进行。

手工焊接采用的焊条，应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T5117-2012 的规定，并宜采用低氢型焊条。选择的焊条型号应与主体金属力学性能相适应。

自动焊或半自动焊接采用的焊丝和相应的焊剂应与主体金属力学性能相适应，并应符合现行国家标准的规定。

力学性能要求如下：

- (1) 焊接强度：焊缝屈服强度、极限强度应与基材相匹配。
- (2) 对接接头焊接时效冲击功不低于基材标准。
- (3) 冷弯：对接焊缝要求180度不裂。
- (4) 伸长率： $\geq 19\%$ 。

3. 其余材料基本同 403.02 材料。

407.03 焊接加固的施工要求

钢桥焊接加固除应遵守现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020，尚应符合下列规定：

1. 焊接加固前，应先进行焊接工艺评定，编制焊接工艺指导书。
2. 恒载下用焊接加固钢桥，应尽量避免采用长度垂直于受力方向的焊缝，否则应采取专门措施和施焊工艺，确保桥梁安全。
3. 恒载下用增加非横向焊缝长度连接时，原有焊缝中的应力不得超过焊缝的强度设计值。
4. 焊接环境温度不应低于 $^{\circ}\text{C}$ ，如确需要在低于 $^{\circ}\text{C}$ 的环境下施焊，应采用预热措施，预热温度 80-100 $^{\circ}\text{C}$ ，预热范围为焊缝两侧宽 500-800mm。
5. 施焊前，零件.部件应经检查合格；连接接触面和焊缝边缘每边 3050mm 范围内的铁锈.毛刺.污垢.冰雪等应清理干净，露出金属光泽。施焊可采用埋弧自动焊或子工焊两种方法。手工焊采用的焊条直径不应大于 4mm，焊接电流不应超过 220A；每焊道的焊脚尺寸不应大于 4mm，前一焊道温度冷却至 100 $^{\circ}\text{C}$ 以下后，方可施焊下一道。长度小于 200mm 的焊缝增加长度时，首焊道应从原焊缝端点以外至少 20mm 处施焊。多层焊接宜连续施焊，应注意控制层间温度，每一层焊缝焊。
6. 完后应及时清理检查，清除药皮.熔渣.溢流等缺陷后，再焊下一层。

407.04 栓接加固的施工要求

钢桥栓接加固除应满足现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 外，尚应符合下列规定：

1. 高强螺栓的更换，对于大型节点，更换数量不宜超过 10%；对于螺栓数量较少的节点，则要逐个更换，以防止节点滑动，如板面（摩擦面）不满足要求，应进行处理。
2. 恒载下采用栓接加大截面加固构件，加固件与被加固件相互压紧后，应从加固件中间向端部逐次钻孔、安装，并拧紧螺栓，尽可能减少加固过程中截面的过大削弱。

407.05 改变结构加固的施工要求

1. 杆件损伤严重时应予以更换，当拆卸杆件进行更换时，应先消除杆件的恒载内力。可采取下列方法：
 - a 在梁下设临时支架，支撑节点进行卸载。
 - b 用临时杆件（工具杆件）或装置代替原杆件受力的方法卸载。如用带有调整螺栓的拉杆或高强度钢丝束，拉紧受压杆件，用千斤顶顶开受压杆件等。
2. 纵梁与横梁联结角钢出现裂纹，当修补条件受限时，可采用更换厚角钢、增大螺栓直径等方法。
3. 钢梁连接系杆交叉处，连接杆件与主梁或纵梁翼缘连接处铆钉不足，应增大节点板、增加螺栓进行加固。

407.06 质量检验与验收

焊接、栓接的质量检验及更换（增加）构件的尺寸允许偏差应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 相关规定。涂装的质量检验应符合现行有关标准、规范的规定。

第408节 桥梁基础及下部结构加固

408.01 范围

本节工作内容为对桥梁基础及下部结构的维修加固，如盖梁及墩柱加固、墩台身套箍加固、桥台加固、承台加固、桩基加固和基础冲刷加固等全部作业。

408.02 材料

1. 桥梁加固用材料的品种、规格及使用性能，应符合国家、行业相关标准的规定，并满足设计要求。

2. 其余材料基本同 403.02 材料。

408.03 盖梁及墩柱加固的施工要求

1. 盖梁加固按规范相关规定执行。用钢筋混凝土接长或加宽盖梁除应满足本规范章节的相关规定外，还应满足下列要求：

a. 接长盖梁时应凿除连接部位的混凝土保护层，露出钢筋，新接长的钢筋应与原主筋焊接。

b. 新旧混凝土连接表面应粗糙，宜做剪力槽。加宽盖梁应植筋。

2. 外包钢加固墩柱应符合下列规定：

a. 采用注浆法外包钢加固时构件表面应打磨粗糙，无油污。注浆压力不应低于 0.1MPa。灌浆后严禁再对型钢进行锤击、焊接。

b. 采用干式外包型钢加固时，型钢与构件之间应用水泥砂浆填实。施焊钢板（缀条）时，应用夹具夹紧型钢。用螺栓套箍时，拧紧螺帽后可将螺母与垫板点焊。

c. 钢板应进行防锈涂装。

408.04 墩台身套箍加固的施工要求

1. 墩台身裂缝应压浆封闭处理，其缺陷部分应先凿除并清理干净。

2. 应将墩台身表面凿毛，凹凸差不宜小于 6mm，清除松散颗粒，浇注混凝土前，用水洗净凿毛的连接表面，并使其充分湿润。

408.05 桥台加固的施工要求

1. 侧墙及台身前缘采用现浇钢筋混凝土补强，在原石砌台身内植入连接钢筋。施工技术要求应符合本规范第章相关规定。

2. 基础因不均匀沉降产生裂缝，应先加固地基基础，再封闭裂缝，必要时根据设计要求加固上、下部结构。

3. 台后填土不密实时，可采用换填、注浆等方法进行处理。换填施工应重做台后防排水系统。其施工技术要求应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 相关规定。

4. 桥台加固时应观测台身的稳定性，必要时增加临时支撑防止滑移或倾覆。

408.06 承台加固的施工要求

1. 水中承台的加固方案应综合考虑河宽、桥下净空、原桥永久性结构物、航道等因素，确保技术的可行性及施工的安全性。宜采用围堰施工。

2. 地面承台加固开挖时应严格控制开挖范围，确保周围土体的稳定。

3. 结构水下部分加固施工应符合下列规定：

- a.加固材料宜采用水下环氧砂浆.水下不离析混凝土以及其他水下混凝土。
- b.加固前应对原结构结合面进行清理。
- c.加固宜采用立模灌浆法。
4. 承台增大截面施工应符合下列规定:
 - a.应先处理原承台存在的缺陷。
 - b.混凝土表面凿毛处理后,应冲洗干净,浇注混凝土前应保持湿润清洁。
 - c.对原有钢筋应进行除锈处理,并应逐根分区分层进行焊接。

408.07 桩基加固的施工要求

1. 增补灌注桩施工应符合下列规定:
 - a.灌注桩成孔方法的选择应综合考虑原桩基深度.地基类型.原桥结构高度等因素,减少施工对原结构的破坏。
 - b.在清孔排渣时,必须保持孔内水头高度,防止明孔。
 - c.施工过程中应对原桥的沉降.位移进行观测。
 - d.灌注桩施工应按现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 关规定执行。
2. 增补静压桩施工应符合下列规定:
 - a.压桩架应保持竖直,锚固螺栓得紧回应均衡,并应一直保持紧固状态。
 - b.就位的桩节应保持竖直,使千斤顶.桩节及压桩孔轴线重合,不得偏心加压。
 - c.整根桩应一次连续压到设计高程,当中途必须停止时,桩端应停留在软弱土层中,且停压的时间间隔不宜超过 24h。
 - d.同一基础压桩施工应对称进行,不应数台压桩机在一个独立基础上同时加压。压桩应以压力控制为主,桩长控制为辅。压桩达到设计荷载后应持压稳 30min。

408.08 基础冲刷加固的施工要求

1. 抛石防护。一般用于深水墩台,施工前时应测量水流流速.流向,以确定抛石的位置。石笼用铅丝.型钢或钢筋相互连接。抛石结束后,应按设计要求进行理坡。
2. 板桩防护。板桩顶面高程不应高于河床。
3. 采用双层或单层块(片)石做平面防护时,当河床面有淤泥杂物时,应清除淤泥回填砂砾,夯实后再砌石。
4. 护坦加固。排干冲坑积水,清理坑内杂物,用污工砌体或混凝土充填,其表面铺钢筋网.浇注混凝土护坦,其施工技术要求应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 关规定。

408.09 质量检验与验收

1. 外包钢加固质量检验：以目测和锤击检查为主，重点检查结合面处理、预埋件、锚固等。要求对外包钢材的粘贴性能进行试验，检测方法应符合的相关规定。
2. 承台加固质量检验：水下修补工程可由潜水员或水下电视检验。修补质量可采用钻芯取样、超声波检测等方法进行检验。
3. 桩基加固质量检验：钻孔灌注桩的质量检验，按现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 关规定执行。静压桩的质量检验，应符合以下规定：最终压桩力或压入深度应满足设计要求。桩身试块强度和封桩混凝土强度应满足设计要求，性能应符合现行《建筑地基基础工程施工质量验收标准》（GB50202-2018）的相关规定。桩位平面偏差不得超过 $\pm 20\text{mm}$ ，桩节垂直度偏差不得大于 1%的桩节长。
4. 套箍加固质量检验：结构尺寸应满足设计要求。宽度和厚度应均匀，混凝土表面平整、密实。加固质量检验实测项目应满足表 10.9.4 的要求。

表 10.9.4 套箍加固质量检验实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	套箍位置(mm)	± 20	水准仪测，一周 8~10 点
2	套箍宽度(mm)	\geq 设计值	尺量，一周至少 10 点
3	套箍厚度(mm)	\geq 设计值	尺量，一周至少 10 点
4	预埋锚筋位置(mm)	± 20	尺量，抽检 20%

第409节 桥面系及附属修复与加固

409.01 范围

本节工作内容为对桥面系及附属结构的维修加固，如桥面铺装的修补等全部作业。

409.02 材料

1. 桥梁加固用材料的品种、规格及使用性能，应符合国家、行业相关标准的规定，并满足设计要求。
2. 钢纤维等级需达到 600 级(抗拉强度不小于 600MPa)以上，并应选用具有良好增强、增韧性能的碳钢或低合金钢异型钢纤维，不得采用圆直钢丝切断型和碳钢熔抽型等黏结性能差以及和易性得不到保证的钢纤维。应采用施工和易性较好、不易打团的钢锭铣削型纤维。单根纤维的长度宜在 20~60mm 之间，等效直径在 0.4~0.8mm 之间，长径比约 5.5。成品钢纤维表面不得粘有油污和其他妨碍钢纤维与水泥基粘结的有害物质，钢纤维内不得混有妨碍水泥硬化的化学成分；同时，钢纤维

内含有的因加工造成的粘接连片.表面严重锈蚀的纤维.铁锈粉等杂质的总量,不得超过钢纤维重量的 1%。由于市场中该产品品种较多,材料性能各异,设计时的砼铺装中掺量暂定为 40kg/m³,实际掺量可根据选用产品的材料性能及厂家指导意见做适当调整,并参照《纤维混凝土结构技术规程》(CECS38:2004)执行。

3. 其余材料基本同 403.02 材料。

409.03 桥面铺装修补及更换的施工要求

桥面基层经验收合格后方可进入清理阶段,本阶段是防水粘结层施工最关键的环节,清理不好,再好的材料其作用也发挥不出来。清理工作严格按以下规程进行操作:

1) 拆除工作面上设备及设施,并处理由于施工工艺需要而设置的预埋件.工艺孔等问题(如果有);

2) 清扫垃圾及其他杂物.废弃物;

3) 用风机吹扫桥面细微颗粒及粉尘;

4) 根据桥面验收结果,处理局部被油污染或不结实的基层表面等问题;

5) 用人工或清理机地毯式的检查清除基层表面浮浆;

6) 再用高压风机吹扫清理出来的粉尘;

7) 用高压水车冲洗桥面,经验收合格后封桥,禁止车辆通行。

喷涂施工:

1) 基层清理经验收合格并表干之后即可涂刷防水层;

2) 第一层涂料薄而稀,利于渗透,用量约为 0.5kg/m²,前面机械喷洒,后面紧跟着有人用拖滚搓揉并用高压风机吹风,确保涂层均匀(既有一定撒布量利于渗透,又不在底洼处汇聚沉积),涂层厚度不超过 0.1mm,。

3) 如需要进行第二遍涂刷须等第一遍涂料干透之后(约 8 小时)才可进行,厚度不宜超过 0.2mm,依此类推,可涂 2~3 遍,总厚度控制在 0.3~0.6mm;

4) 边角由人工用专用工具涂刷不少于 1 遍;

5) 涂刷过程避免人员和车辆通行;

6) 每一层涂料喷涂后,后面均须有人检查收光;

7) 进行下道工序作业时,尽量避免损坏防水层,如有损坏,应及时补刷;

409.04 质量检验与验收

质量检验及构件的尺寸允许偏差应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 相关规定。涂装的质量检验应符合现行有关标准、规范的规定。

第410节 涵洞加固

410.01 范围

本节工作内容为对涵洞的维修加固，如涵洞的修补和接长等全部作业。

410.02 材料

1. 桥梁加固用材料的品种、规格及使用性能，应符合国家、行业相关标准的规定，并满足设计要求。
2. 其余材料基本同 403.02 材料。

410.03 增加涵洞设施的施工要求

1. 涵洞入水口处的维修加固。
 - ①位于陡坡上的涵洞或直接受水流冲击的涵洞，其入口处应采取适当的防护措施，如浆砌挡墙、跌水、沉砂井等。
 - ②浆砌块石铺底，并加水泥砂浆勾缝。铺砌长度视土质和流速而定，铺砌的末端应设置混凝土或浆砌块石抑水墙。
 - ③流速特别大的涵洞，应在出水口加做消力槛、消力池等缓流设施。消力槛的末端应设置混凝土或浆砌块石抑水墙，或设置三级挑槛。
2. 浆砌砖石涵洞的砌体表面风化、开裂、灰缝剥落及局部石块松动脱落，或砌体渗漏水，可根据情况分别按下列方法处理：
 - ①用水泥砂浆重新勾缝，或局部拆除重砌。
 - ②表面抹浆，或喷浆处治。
 - ③砌体后压注水泥或化学砂浆。
 - ④涵内衬砌，加压水泥浆。
 - ⑤挖开填土，对砌体进行维修处治，并加设防水层。
3. (3) 混凝土管涵的接头处和有铰点接缝处发生填料脱落、引起路基渗水时，应及时封堵处理。处理时，可用干燥麻絮浸透沥青后填实，或用其他粘弹性材料封堵，不宜用灰浆抹缝以免再次脱落。

管涵的管节，如因基础被压沉陷而发生严重错裂，应挖开填土处理地基后再重建。对基础处也可直接采用衬砌压浆方法处理。

有铰涵管如变形大于直径的 $1/20$ 时，应查明原因进行处理。
4. 压力式涵洞进水口周围路堤如发现渗流、空洞、缺口或冲刷现象时，应及时进行修补处理。洞口周围路基可用不透水性粘土封堵，洞前铺砌或修筑挡水墙。

5. 压力式涵洞或倒虹吸管的涵顶路面出现湿斑，应及时处理。可采用涵内顶部表面抹浆、喷浆或衬砌的方法处理。

6. 波纹管涵发生涵管沉陷变形，必须拆除修理。管底应按土质情况做好垫层，管上加铺一层防水层，并注意回填土分层夯实。

7. 涵洞的侧墙和翼墙如有离开路基向外倾斜等变形现象，应查明原因，加以处理。如属填土未夯实而沉落挤压，或填土中水分过多土压力增大而引起的变形，应更换透水性好的填土，并认真夯实。如属基础引起的倾斜，则需要修理或加固基础。

8. 当加宽或加高路基，原有涵洞长度不足时，应接长处理。一般可将原有涵洞洞身接长，两端新建洞口端墙和路基护坡；当路基加高加宽不多时，也可采用两端洞口端墙加高和加高加长洞口翼墙的方法。

9. 承载力不足的涵洞，应予以加固或更换改造。加固处理应视交通情况、路基填土高度及涵洞排水情况，分别采用下列方法：

①挖开填土，用混凝土或钢筋混凝土加厚原涵外断面。

②挖开填土，分段更换改造。

③涵内用混凝土或钢筋混凝土预制件或现浇衬砌加固。

410.04 质量检验与验收

质量检验及构件的尺寸允许偏差应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 相关规定。涂装的质量检验应符合现行有关标准、规范的规定。

第411节 桥梁抗震及防碰撞加固

411.01 范围

本节工作内容为对桥梁抗震及防碰撞加固，如增设防落梁的支架和防撞挡块等全部作业。

411.02 材料

1. 桥梁加固用材料的品种、规格及使用性能，应符合国家、行业相关标准的规定，并满足设计要求。

2. 其余材料基本同 403.02 材料。

411.03 桥梁防落梁实施加固的施工要求

1. 防止落梁装置的主要类型。增设钢筋混凝土挡块，采用拉杆连接相邻孔主梁，主梁与墩、台帽；增设钢挡板支架（限位器、挡块），加大桥梁墩台帽宽度。

2. 增设钢筋混凝土挡块。挡块放样一般采用直接丈量的方法，应以支座、梁（板）的实际位置为基准，保证挡块与支座、梁（板）之间的间隙及几何尺寸均满足设计要求，并使各挡块外缘排列基本整齐。清除混凝土表面并植锚筋，其施工技术要求应符合规范规定。浇筑钢筋混凝土挡块，有关要求应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 关规定。将钢筋混凝土挡块与缓冲材料的接触面整平、清洁，加装缓冲材料并固定。如设计为胶结，应按设计的胶结工艺操作。

411.04 桥梁防碰撞加固的施工要求

1. 在通航或漂浮物较大的河道，预防对桥墩碰撞的加固措施有：在实体桥墩的迎水面外包钢筋混凝土或钢板。在桥墩的迎水面增建防撞棱体。在桥墩周围增设防撞围栏或筑岛。在桥墩周围放置铅丝石笼等柔性防护体。

2. 进行防撞加固施工时，对于立交桥应组织好原桥及桥孔通道的车辆交通；对于通航桥梁除组织好车辆通行外，还应保证船只或漂浮物顺利通过，应与河道管理部门协商，增加航道管制的航标、航道灯，做好航运管理。

3. 对碰撞事故原因进行分析，若是交通标志不齐或设置不当，应有针对性地采取增设或调整限高标志或航道灯等交通工程措施；若是桥下净空不足，应采取降低被交道路面高程或升高桥梁的工程措施，补足桥下净空。一时无法解决时，应安排分流线路，并在进入立交桥前方设置强制性限高门架及指路标志。

411.05 质量检验与验收

1. 用钢筋混凝土、混凝土、体外预应力加固时，按其所用材料及工程项目，分别按现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 关规定执行。

2. 粘贴钢板、纤维复合材料加固的质量标准应符合前面相关章节规定。

3. 钢筋混凝土挡块、钢挡板支架允许偏差应满足下表要求。

表 11.8.2-1 钢筋混凝土挡块、钢挡板支架的实测项目

检查项目	合格标准	检查方法与频率
与梁边缘间距(mm)	±10	钢尺丈量,每边两点
挡块支架的尺寸(mm)	±5	钢尺丈量,角点

4. 用拉杆连接相邻孔主梁及主梁与墩、台帽的质量验收实测项目应满足下表要求

表 11.8.2-2 防落梁装置的实测项目

检查项目	合格标准	检查方法与频率
锚栓	长度和埋深(mm)	满足设计要求,埋深误差<5
	抗拔力	满足设计要求
	中心位置(mm)	±2.0
	垂直度	2°
连接器	材料及尺寸	满足设计要求及产品检验
	安装位置(mm)	±10
钢索	材料及裁切长度(mm)	满足产品检验及设计要求 裁切长度误差 0 ~ +50
	安装位置	索和连接器穿孔轴线偏位 <5°
	钢索预张力	满足设计要求
钢板	材料及裁切长度(mm)	满足设计要求,裁切长度误差 <5
	滑槽尺寸位置(mm)	±5
	安装位置(mm)	±10

注:当构件数小于 20 件时,检测频率可适当加大,每一个伸缩缝处设置的防落梁装置至少测两套。

第412节 排水设施维修

412.01 范围

本节工作内容为对桥梁径流系统的维修加固,如增设桥梁的径流系统等全部作业。

412.02 材料

1. 桥梁加固用材料的品种、规格及使用性能,应符合国家、行业相关标准的规定,并满足设计要求。
2. 管材为 PVC-O 硬聚氯乙烯管,材料性能:公称压力 1.0MPa,公称外径 200,壁厚不小于 3.9mm,公称外径 315,壁厚不小于 6.2mm,公称外径 355,壁厚不小于 7mm,公称外径 400,壁厚不小于 7.8mm。纵向排水管三通接头,竖向排水管非标注接头:管材 UPVC,壁厚需为被连接 PVC-O 管材等强连接。对于桥墩附近的接头建议设置一个清淤检查孔,便于后期检查和清淤使用。
3. 其余材料基本同 403.02 材料。

412.03 桥面径流系统的加固的施工要求

设计在桥梁伸缩缝位置设置橡胶密封圈承插式 PVC-O 管材接头以减轻由于桥梁伸缩导致的纵管拉断破坏情况。

对于三通和两通管与管材的相交的连接长度不小于 10cm,连接位置粘接必须牢固。

1. 化学锚栓施工

(1) 本次施工过程中化学锚栓及预埋锚筋布设位置除满足要求间距外，应灵活避让既有螺栓孔位置，确保本次施工牢固可靠。

(2) 钻孔前应检查混凝土面是否完好，用钢筋探测仪检查钻孔处混凝土内的钢筋位置，标明钻孔部位，尽量与受力主钢筋、结构钢筋错开布置，确保钻孔损伤预应力钢筋。

(3) 钻孔前用相应的标尺表示出钻孔的深度来控制钻孔深度，尽量采用专用电锤或振动小的施工工艺，以保证不损伤结构，钻孔施工垂直于螺栓部位的结构混凝土，避开原结构受力主筋和结构钢筋，植入深度见施工图。

(4) 对于植筋的钢筋直径打孔，利用压缩空气清孔，用毛刷刷三遍，吹三遍，确保孔壁无尘。

(5) 注胶：首先将植筋胶直接放入胶枪中，将搅拌头旋到胶的头部，扣动胶枪直到胶流出为止，前两次打的胶不能使用。注胶时，将孔一端封闭，将搅拌头插入孔的底部开始注胶，逐渐向外移动，直至注满孔体积的 2/3，注射下一个孔时，按下胶枪后面的头，拉出拉杆，将胶取出。

2. 竖向排水管和横排水管

对于竖排水管转弯接沉淀池位置需设置必要的砖砌体支撑，保证在此处的牢固性，砌体尺寸采用 240mmx240mm 的截面，基础埋入地面线 50cm 以上并保证有 150KPa 的承载力要求。平管的支撑间距控制在 250cm 以内保证有支撑，保证其稳定性。对沉淀池后的排水需砌筑 500mmx500mm 的边沟排入边沟位置。

3. 其他

(1) 施工过程中要遵循“最大程度保护、最小程度破坏、最大限度恢复”的原则，能不占用就避开、能不破坏就保持，确保新增工程处于项目红线范围内。此外，还要提高项目的施工质量，通过提高其性能来延长使用寿命。

(2) 施工防排水构造时，注意边界处理，如伸缩缝周边、排水管的进出水口、排水管接头、防水层边界等部位，防止渗漏。

(3) 合理引导桥梁表面的水流。避免水对梁体翼缘下缘、腹板、伸缩缝处的盖梁和台帽等部位的污染。施工完成后应清理盖梁和台帽顶面的建筑垃圾，并合理设置排水坡度。

(4) 排水管道应能够检测、疏通或容易更换。管道还需要能够承受检测、疏通等维护活动的荷载。

(5) 在确保交通组织安全得当的情况下，首先拆除出现病害段落的排水系统。拆除的管材应运送至业主指定的渣弃场堆放，不得随意堆放污染环境。再对需替换段落的管材进行施工。

412.04 质量检验与验收

质量检验及构件的尺寸允许偏差应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T3650-2020 相关规定。涂装的质量检验应符合现行有关标准、规范的规定。

D.5 500 章 隧道工程

第501节 通则

501.01 范围

- 1.本章适用于蜀道高速公路隧道养护工程。
- 2.本章工作内容包括隧道的施工准备、洞口工程、洞身开挖、空洞注浆、基底注浆加固、套衬加固、钢带加固、钢管桩加固、树根桩加固、钢波纹板加固、洞身衬砌、衬砌及仰拱拆换加固、裂缝及渗漏水处治、防水与排水、洞内防火涂料和装饰工程、风水电作业及通风防尘、监控量测、及其他有关工程的施工作业。
- 3.隧道养护工程包含洞口保养维修、洞内保养维修、地表病害处治、洞身衬砌病害处治、仰拱病害处治、渗漏水病害处治、装饰病害处治。

501.02 材料

隧道工程结构加固材料必须满足《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》（GB 50728-2011）及其他相关规范规程。

- 1.混凝土工程的钢筋、水泥、集料等应符合本规范的规定。
- 2.砌石工程的石料、水泥砂浆应符合本规范的规定。
- 3.喷射混凝土所用材料的性能、要求应符合本章的规定；锚杆一般采用带肋钢筋，应符合本规范的规定。
- 4.支护用钢材及其他建筑材料应符合图纸规定，其技术指标应符合相应的国家标准。
- 5.拱架、模板及支架的材料应符合图纸规定和相应的国家标准。
- 6.防水材料应符合图纸要求和相应的国家标准。

501.03 一般规定

- 1.施工前承包方应对设计文件中病害情况与现场实际病害情况进行核对，不一致时应及时提出。
- 2.核对图纸和补充调查
 - 1) 施工前承包人要要对图纸、资料等进行现场核对，并作补充调查，调查核对隧道所处的位置、地形、地貌、工程地质和水文地质、钻探图表，以及隧道进出口位置和其他相关工程的情况。
 - 2) 调查核实水、电、交通运输及通信设施可利用的情况，当地生产、生活、劳力可以供应

3) 调查收集当地气象、水文资料。

4) 承包人将调查结果复制一份提交监理人，如有建议或改进意见应一并提交监理人审批。

3. 确定施工方案编制实施性施工组织设计

1) 承包人根据总体施工组织设计，结合本项目的具体情况、工期要求、施工队伍、机械设备、施工中的现场监控量测等因素，正确选定施工方案，制订施工顺序，编制实施性施工组织设计。

2) 实施性施工组织设计应根据图纸，对施工方法、施工工艺、工序安排、劳

3) 力组织、机械设备、材料供应、场地布置、监控量测、进度安排、供水、排水、供电、通风、通信和装渣运输方案，以及采用有关安全、质量、技术措施等的规章制度，作出合理计划并提出组织措施和充分预计可能出现的问题和对策。

4) 承包人将上述选定的施工方案、实施性施工组织设计和必要的图表资料报送监理人审批。

5) 承包人根据批准的施工方案和实施性施工组织设计，合理安排工序进度，循环作业，并做好机具选型配套工作和材料的供应保障工作，使施工按预定的计划进行。

6) 施工时，若既有道路不能断道，施工前应制定详细的施工方案及保通方案，经审批通过后方可实施。

7) 承包方应作好前期施工准备，包括人员、机械、建筑材料等应准备充足，并作好施工组织和统筹安排，尽量缩短工期。施工期应尽量避免节假日高峰。

4. 施工安全

1) 承包人对隧道施工安全应贯彻《中华人民共和国安全生产法》“安全第一，预防为主”的方针，严格地遵守《建设工程安全生产管理条例》（国务院第393号令）和《公路工程施工安全技术规范》（JTG F90-2015）的有关规定，制订安全制度和采取安全措施，并负责检查实施情况，切实做到施工安全。

2) 在施工作业中应采取各种有效的防护措施，做好通风、照明、防尘、防水、降温和防治有害气体等的措施，保护环境卫生，保障施工人员的健康和生产安全。否则，由于承包人未采取有效防护措施，或采取的措施不力，从而导致施工人员发生人身安全事故或身体健康受到损害，承包人均应对此承担全部责任。

3) 承包人应按批准的施工方案、实施性施工组织设计和《公路工程施工安全技术规范》（JTG F90-2015）进行施工；在施工过程中，如发生工伤事故或工程事

故，均不因施工方案曾获批准而减轻承包人应负的责任。

4) 承包人应根据批准的爆破计划、方案和按施工安全技术规程的要求进行爆破作业，并对所有人身、工程本身及所有财产采取保护措施，并对由于爆破造成的任何事故或财产损失承担责任。

5) 施工过程中，应对围岩进行监控量测，根据量测结果及反馈信息，合理修正支护参数和开挖方法，指导施工并确保施工安全。承包人应根据图纸要求和《公路隧道施工技术规范》（JTG/T 3660-2020）、《公路隧道施工技术规范》（JTG/T 3660-2020）的规定，进行地质及支护状态观察、周边位移量测、拱顶下沉量测、锚杆内力及抗拔力量测、地表下沉量测，必要时可作超前地质预报。另外，根据监理人指示和围岩具体情况，进行围岩体内位移量测、围岩压力量测等。所有量测结果都应报送监理人备查。超前地质预报可采用声波探测或超前水平岩芯钻探或其他有效方法，查明地质情况，完善施工方案。

6) 炸药的管理和使用应严格遵守公安部门的有关规定，并获得公安部门的许可。爆破器材应设专人严格保管，严格领用手续。对器材应定期进行检查，失效及不符技术条件要求的，不得使用。

7) 在安全风险大的地质条件下施工或风险大的工程项目施工中，如围岩复杂、塌方、岩爆、涌水、瓦斯、围岩破碎、地下水渗漏以及仰拱基础开挖等，承包人应对此制订专项施工技术方案，并经专家评审后实施。要制定专项应急预案及预控措施，并进行演练，以便出现险情时能及时防止和排除。

8) 承包人或其派出的施工人员应具有在紧急情况下，提出应急措施和组织抢险的能力，以备施工过程中，遇有特殊情况时能得到及时正确的处理。

9) 承包人对安全与工程防护，有责任和义务贯彻始终，一直到工程完工经监理人确认交验为止。

10) 施工人员驻地、机具、设备安装存放地点务必要选择场地稳定，不受滑坡，崩塌等地质灾害，尤其是洪水与泥石流威胁地方。如难以完全避开，一定要有必要防护和安全措施，并按规定进行安全性评估。

5.施工过程中，当围岩地质条件发生变化，应报请监理人审定。若施工技术需作相应变更时，应报请监理人批准。对于I~VI级围岩级别的划分，应符合《公路隧道设计规范第一册土建工程》（JTG 3370.1-2018）的规定。

6.监理人对围岩变化认可后，承包人应根据实际情况调整施工组织，以保证工程进度与质量。

7.监控设施（如烟雾浓度检测仪、CO检测仪、交通量检测仪、车高仪、电视监控设施、信息板及信号标志等）、供配电设施、照明设施、通风设施、消防与救援设施、通信设施等的设置和安装所需的预留、预埋构件必须按图纸要求和监理人的指示正确设置，预留、预埋构件不得遗漏，并切实加以保护，不得受到毁损。

8.承包人应建立自检体系，工程的每道工序都必须进行自检后，方可通知监理人检查。前道工序未经监理人检查批准，不得进行下一道工序的施工。

9.施工中除应符合图纸及本规范的要求外，还应遵守《公路隧道施工技术规范》（JTJ/T 3660-2020）、《公路隧道设计规范第一册土建工程》（JTJ 3370.1-2018）及《公路工程施工安全技术规范》（JTJ F90-2015）的有关规定。

10.病害整治原则

- 1) 按照隧道原设计技术标准进行处治设计。
- 2) 技术上可行、经济上合理，确保安全、方便施工，并尽可能减少封洞施工的时间。
- 3) 对于已经出现的较为严重的结构性病害，一次整治，不留后患，避免后期反复整治。
- 4) 处治措施应避虚就实，易于检测和监督，质量易于控制。
- 5) 尽量避免整治施工带来新的病害，最大程度地保护现有隧道结构、防排水系统的完整性。

501.04 隧道养护安全措施

1.处治安全设施包括临时标志、临时标线和其他安全设施，各类安全设施应组合使用，典型安全设施示例见《公路养护安全作业规程》（JTJ H30-2015）附录A。各类安全设施及交通引导人员示例符号，见《公路养护安全作业规程》（JTJ H30-2015）附录B。

2.临时标志应包括施工标志、限速标志等，其使用应符合下列规定：

- 1) 施工标志宜布设在警告区起点。
- 2) 限速标志宜布设在警告区的不同断面处。
- 3) 解除限速标志宜布设在终止区末端。

3.临时标线应包括渠化交通标线和导向交通标线，应用于长期处治作业的渠化交通或导向交通标线，宜为易清除的临时反光标线。渠化交通标线应为橙色虚、实线；导向交通标线应为醒目的橙色实线。

4.其他安全设施可包括车道渠化设施、夜间照明设施、语音提示设施、闪光设

施、临时交通控制信号设施、移动式标志车、移动式护栏和车载式防撞垫等。

5.车道渠化设施可包括交通锥、防撞桶、水马、防撞墙、隔离墩、附设警示灯的路栏等，其使用应符合下列规定：

1) 交通锥形状、颜色和尺寸应符合现行《道路交通标志和标线》(GB 5768)的有关规定，布设在上游过渡区、缓冲区、工作区和下游过渡区。布设间距不应大于4m。

2) 防撞桶颜色应为黄、黑相间，顶部可附设警示灯，应布设在工作区或上游过渡区与缓冲区之间。使用前应灌水，灌水量不应小于其内部容积的90%。在冰冻季节，可采用灌砂的方法，灌砂量不应小于其内部容积的90%。

3) 水马颜色应为橙色或红色，高度不得小于40cm，应布设在工作区或上游过渡区与缓冲区之间。使用前应灌水，灌水量不应小于其内部容积的90%。在冰冻季节，可采用灌砂的方法，灌砂量不应小于其内部容积的90%。

6.防撞墙和施工隔离墩颜色应为黄、黑相间，应布设在工作区或上游过渡区与缓冲区之间，并宜组合使用。

7.附设警示灯的路栏颜色应为黄、黑相间，应布设在工作区或上游过渡区与缓冲区之间。

8.照明设施和语音提示设施可用于夜间养护作业，其使用应符合下列规定：

1) 照明设施应布设在工作区侧面，照明方向应背对非封闭车道。

2) 语音提示设施宜根据需要布设在远离居民生活区的养护作业控制区。

9.闪光设施可包括闪光箭头、警示频闪灯和车辆闪光灯。闪光箭头宜布设在上游过渡区；警示频闪灯宜布设在需加强警示的区域，宜为黄蓝相间的警示频闪灯；车辆闪光灯应为360°旋转黄闪灯，可用于养护作业车辆或移动式标志车。

10.移动式标志车颜色应为黄色，顶部应安装黄色警示灯，后部应安装标志灯牌，可用于临时养护作业或移动养护作业。

11.移动式护栏应符合现行《公路交通安全设施设计规范》(JTG D81)中的有关防护等级规定。

12.车载式防撞垫颜色应为黄、黑相间，可安装在养护作业车辆或移动式标志车尾部。

13.临时交通控制信号设施灯光颜色应为红、绿两种，可交替发光，可用于双向交替通行的养护作业，宜布设在上游过渡区和下游过渡区。

501.05 隧道病害处治基本规定

1) 处治作业应在保障作业人员、设备和车辆运行安全的前提下,充分考虑处治作业对交通安全保通状况的影响,保障交通通行。

2) 处治作业应利用可变信息标志、交通广播、网络媒体、临时性交通标志等沿线设施、信息服务平台,及时发布前方公路或区域路网内的处治作业信息。告知具体施工路段和时间,并根据沿线路网情况,合理分流,减缓交通压力。

3) 处治作业应组织制订隧道病害处治安全作业应急预案。当发生突发事件时,应及时启动应急预案。

4) 处治作业前应了解埋设或架设在隧道内的各种设施,并与有关设施管理部门取得联系,采取必要的迁改或保护措施。

5) 处治作业未完成前,不得擅自改变作业控制区的范围和安全设施的布设位置。

6) 处治作业人员应按有关规定穿着反光服,佩戴安全帽。交通引导人员尚应符合下列规定:

(1) 交通引导人员应面向来车方向,站在可视性良好的非行车区域内。

(2) 高速公路及一级公路养护作业时,交通引导人员应站在警告区非行车区域内。

7) 处治作业人员必须在作业控制区内进行养护作业。人员上下作业车辆或装卸物资必须在工作区内进行。

8) 过渡区内不得堆放材料、设备或停放车辆。摆放的作业机械、车辆和堆放的施工材料不得侵占作业控制区外的空间,也不得危及桥梁、隧道等结构物的安全。

9) 处治安全设施在使用期间应定期检查维护,保持设施完好并能正常使用。用于夜间处治作业的安全设施必须具有反光性或发光性。

10) 夜间进行处治作业应布设照明设施和警示频闪灯,并应加强处治作业的现场管理。

11) 处治作业控制区安全设施的布设与移除,应按移动养护作业要求进行。安全设施布设顺序应从警告区开始,向终止区推进,确保已摆放的安全设施清晰可见;移除顺序应与布设顺序相反,但警告区标志的移除顺序应与布设顺序相同。

12) 施工前务必做好交通组织,报请相关部门批准后方可进场施工。

13) 在进行处治作业前,应做好以下工作:

(1) 检测隧道内CO、烟雾、瓦斯等有害气体的浓度及能见度是否会影响施工

安全。

(2) 检测隧道结构状况是否会影响作业安全，如有危险，应先处理后作业。

(3) 检查施工道信号灯是否准确、明显，施工标志设置是否规范。

(4) 对施工机械、台架应进行全面的安全检查，并应在机械上设置明显的反光标志，在台架周围设置防眩灯，以反映作业现场的轮廓。

(5) 夜晚施工时必须设置相应的安全警示与防护措施。

501.06 准备工作

1. 施工测量

1) 承包人应配备能胜任此项工作的人员和测量器材，在监理人监督下完成隧道施工前的各项测量工作以及今后工程进行中的测量校对和监控量测工作。

2) 承包人应按《公路勘测细则》(JTG/T C10-2007)关于洞外控制测量的有关规定进行一切必要的测量和计算工作，并应将施测采用的方法和精度报监理人批准。

3) 承包人应根据合同图纸和有关勘测资料，对交付使用的隧道轴线桩、平面控制三角网基点桩、高程控制的水准基桩等，进行详细的测量检查和核对，不得有误，并将测量成果报送监理人。任何由于测量原因造成的误差、错误而产生的后果，应由承包人负责。

4) 承包人在放线中除公里桩、平曲线基本桩外，应设置必要的加桩，在工程实施中隧道中桩最大间距直线上不得大于10m，曲线上不得大于5m，并明确标出用地界桩、路面和排水沟中心桩、辅助基准点，以及其他为控制正确放线的水平和垂直标桩。

5) 承包人应保护好一切基准点和测桩，并予以固定；如遇损坏、遗失、位移等情况，应立即报告监理人，同时承包人应及时予以恢复。

6) 隧道洞口应设立中线桩及两个以上的后视点桩和两个水准点，并进行联测，核对其是否达到精度的要求。

2. 施工场地的准备和布置

1) 承包人应按隧道图纸，对拟建洞口构造物的施工场地进行清理，凡在施工区域内有碍施工的电杆、建筑物、道路等均应拆迁或移改。

2) 承包人应根据图纸要求，合理地布置施工场地，为隧道施工创造方便条件，应绘制施工场地布置图，主要内容有：

(1) 弃渣场地位置和范围；

(2) 轨道运输的卸渣线、编组线、牵出线和各种作业线的布置；

(3) 运输道路、场内道路和其他运输设施的位置；

(4) 大型机械设备的组装场地；

(5) 各种材料的存放场地及回收材料的堆放位置；

(6) 各种机械设备停放场地、加工场、仓库、工棚、宿舍、办公用房以及医疗等房屋的位置；

(7) 通风、供水、供电、通信等设施的布置；

(8) 场内临时排水系统的位置。

3.交验前的准备

1) 为观察建成后隧道的稳定情况，隧道路面中心及两侧路缘带每隔50m（曲线）或100m（直线）应设置永久的水准观测点，在可能有采空区出现的地段、不良地质地段，观测点的距离应适当减小，并按监理人指示办理。交验时还应同时向监理人提交设有观测点位置与高程的平面图。

2) 隧道完工后，应按监理人指示及时准备全部竣工资料，与工程一并交验。提交的隧道竣工资料复制份数按监理人指示办理。竣工资料计有：

(1) 机电设备装置的测试记录；

(2) 竣工图纸及原始资料(包括监控量测记录)；

(3) 工程检查合格证；

(4) 主要机械设备的技术合格证；

(5) 竣工文件清单及竣工交验报告。

4.环境保护

1) 隧道施工中，应尽量减少对原有自然环境的破坏，对因工程行为而造成的破坏，要有处理措施，如坡面防护、加固、排水、植被等。

2) 隧道凿岩应采用湿法钻孔。通风除尘和排除有害气体时，必须考虑洞口的环境污染和注意洞外常年主导风向与居民区位置的关系，必要时应改变排风口的位置或提高排风口的高度。

3) 隧道弃渣中硬质岩石应充分利用，多余废渣应在规定地点弃置、并做好妥善防护。必须避免因弃渣而引起排水不畅、污染水源及过高堆积引起坍塌、崩溃等的不良后果。

4) 隧道施工中排放的污水、废气或产生的噪声等，承包人应提出排放、处理方案，报请监理人批准。

5) 隧道施工中，由于可能造成地下水径流的改变或形成洞顶地表塌陷等而影

响当地居民的生活，生产时，承包人应于施工前采取必要的预防措施，制订施工方案报请监理人批准。

501.07 交通管制

1.本节内容为施工过程中保通附属设施。范围包括病害整治工程施工过程中，为保证安全作业而需设置的交通工程附属设施。

2.处治作业应布置警告、上游过渡、缓冲、工作、下游过渡、终止等区域。各种工况处治作业的具体布置方法应按《公路养护安全作业规程》（JTG H30-2015）的有关规定执行。

3.施工作业应在保障作业人员、设备和车辆运行安全的前提下，充分考虑施工作业对交通安全保通状况的影响，保障交通安全通行。

4.施工作业未完成前，不得擅自改变作业控制区的范围和安全设施的布设位置。

5.施工作业人员着装应规范标准，按规定穿反光衣、佩戴安全帽及购买保险。作业区内根据实际情况，配备2名以上交通引导及标志牌维护人员，并配备荧光棒、袖标等，手持小红旗，进行交通引导和标志牌维护。交通引导人员应面向来车方向，站在警告区非行车区域内。

6.施工作业人员必须在作业控制区内进行施工作业，人员上下作业车辆或装卸物资必须在作业区内进行。

7.过渡区内不得堆放材料、设备或停放车辆。摆放的作业机械、车辆和堆放的施工材料不得侵占作业控制区外的空间，也不得危及桥梁、隧道等结构物的安全。

8.公路施工作业安全设施在使用期间应定期检查维护，保持设施完好并能正常使用。用于夜间施工作业的安全设施必须具有反光性或发光性。

9.当隧道处治作业影响原建筑限界时，应设置限高及限宽标志。

10.夜间进行施工作业应布设照明设施和警示频闪灯，并应加强施工作业的现场管理。

11.进入施工作业现场的有关设备、车辆，必须有相应业主公司标识。施工车辆还必须持有业主公司核发的“施工车辆准入证”。

12.公路施工作业控制区安全设施的布设和移除，应按移动养护作业要求进行。安全设施布设顺序应从警告区开始，向终止区推进，确保已摆放的安全设施清晰可见；移除顺序应与布设顺序相反，但警告区标志的移除顺序应与布设顺序相同。

501.08 质量检验

1.隧道总体基本要求

- 1) 隧道衬砌内轮廓及所有运营设施均不得侵入建筑限界。
- 2) 洞口设置应满足设计要求。
- 3) 洞内外的排水系统设置应满足设计要求。
- 4) 高速公路、一级公路和二级公路隧道拱部、边墙、路面、设备箱洞应不渗水，有冻害地段的隧道衬砌背后不积水、排水沟不冻结，车行横通道、人行横通道等服务通道拱部不滴水，边墙不滴水。
- 5) 三级、四级公路隧道拱部、边墙应不滴水，设备箱洞不渗水，路面不积水，有冻害地段的隧道衬砌背后不积水、排水沟不冻结。
- 6) 隧道处治所用材料，规格必须满足规范和图纸要求；
- 7) 处治后，隧道拱部边墙不滴水，路面不冒水、不积水；
- 8) 处治后，洞内排水系统不淤积、不堵塞，排水通畅；
- 9) 内装喷涂均匀，无漏涂，无流坠、无色差，无针孔龟裂。

2.隧道总体检查项目

隧道总体检查项目见表501-1。

表 501-1 隧道总体检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	行车道宽度 (mm)	±10	尺量或按 JTGF80/1-2017 附录 Q 检查：曲线每 20m、直线每 40m 检查 1 个断面
2	内轮廓宽度 (mm)	不小于设计值	
3	内轮廓高度 (mm)	不小于设计值	激光测距仪或按 JTGF80/1-2017 附录 Q 检查：曲线每 20m、直线每 40m 检查 1 个断面，每个断面测拱顶和两侧拱腰共 3 点
4	隧道偏位 (mm)	20	全站仪：曲线每 20m、直线每 40m 测 1 处
5	边坡或仰坡坡度	不大于设计值	尺量：每洞口检查 10 处

3.隧道总体外观质量

- 1) 洞口边、仰坡应无落石。
- 2) 排水系统应不淤积、不堵塞。

第502节 洞口工程

502.01 范围

本节工作内容包括洞口土石方开挖、排水系统、洞门、明洞、坡面防护、挡墙以及洞口的辅助工程等的施工及其他有关作业。

502.02 一般规定

- 1.洞口与明洞工程应按照隧道施工组织设计的顺序安排，按图纸要求先施工完

成，以减少干扰，并保证安全，为加速隧道施工创造条件。

2.隧道洞口附近其他构造物的施工安排，应考虑到隧道施工场地布置及适应弃渣、运输的需要，相邻工程的部署，亦应妥善安排。

3.洞口工程特别是排水、坡面防护等工程在隧道施工过程中直至完工交验之前，应经常进行养护维修，费用由承包人自理。

4.洞口施工时，如地质情况有变化或其他原因须变更设计或施工方案时，承包人应报请监理人批准或按监理人指示办理。

5.洞口施工宜避开降雨期和融雪期，在寒冷地区施工，应按冬期施工的有关规定办理。

6.隧道洞口可能出现地层滑坡时，承包人应根据地层的具体情况，采取相应的预防措施。因施工方法不当造成坍塌，一切增加的工程费用由承包人负责。

7.洞口仰坡上方洞身范围严禁修建施工用水池。

8.施工前承包方应对设计文件中病害情况与现场实际病害情况进行核对，不一致时应及时提出。

9.项目所有隐蔽工程的工程量（主要包括注浆、锚固、中央水沟开挖等），应保存施工记录、照片或音像资料备查。经监理工程师现场验收确认后再计量。

10.承包方应作好前期施工准备，包括人员、机械、建筑材料等应准备充足，并作好施工组织和统筹安排，尽量缩短工期。施工期应尽量避免节假日高峰。

11.施工时，若既有道路不能断道，故施工前应制定详细的施工方案及保通方案，经审批通过后方可实施。

502.03. 施工要求

1.洞口土石方

1) 按照图纸的要求，在洞口施工放样的线位上进行边坡、仰坡自上而下的开挖；不得采用大爆破，尽量减少对原地层的扰动。所有土石方的开挖除本节规定外，应按本规范第200章有关规定办理。

2) 边坡、仰坡上浮石、危石要清除，坡面凹凸不平应予整修平顺。

3) 洞门端墙处的土石方，应结合地层稳定程度、洞门施工季节和隧道施工方法等进行开挖。

4) 松软地层开挖边坡、仰坡时，宜随挖随支护，加强防护，随时监测、检查山坡稳定情况。

5) 进洞前必须完成应开挖的土石方。废弃的土石方，应堆放在指定地点，边

坡、仰坡上方不得堆置废弃的土石方。

6) 工程需要的填方, 应按图纸或监理人的指示施工; 超挖部分应按监理人批准的材料回填并压实或振捣密实, 其费用由承包人自负。

2. 排水工程

1) 洞外排水工程包括边坡和仰坡外的截水沟、排水沟和洞口排水沟、涵管组成的排水系统, 所有开挖与铺砌除按图纸施工外, 还应符合本规范的规定。

2) 边坡、仰坡外的截水沟或排水沟应于洞口土石方开挖前完成, 截水沟及排水沟的上游进水口应与原地面衔接紧密或略低于原地面, 下游出水口应妥善地引入排水系统。

3) 边坡、仰坡以外的上方, 如有坑洼积水时, 应按图纸或监理人的指示予以处理; 但不得用土石方填筑, 以免流失堵塞排水沟渠, 影响洞口安全。

4) 路堑两侧边沟应与排水设施妥善连接, 使排水畅通。土路肩及碎落台, 应按图纸要求予以加固。

3. 坡面防护

1) 边坡、仰坡开挖面的防护措施, 应按图纸进行, 并主动制订工程措施报请监理人批准后及时实施。如情况有变化或图纸未作规定时, 应按监理人的指示办理。

2) 坡面防护, 一般采用浆砌片石、喷射混凝土、铺种草皮等措施, 应按图纸及本规范有关要求施工。坡面喷射混凝土防护时, 应将岩面浮渣及危岩清除干净。

4. 洞门

洞门应及早修筑, 并尽可能安排在冬季或雨季前施工; 所有建筑材料和施工要求, 均应按照图纸及本规范的有关规定进行, 并符合以下要求:

1) 洞门施工放样位置准确。

2) 洞门基础开挖及支护方案应报监理人审批, 基础必须置于稳固的地基上, 地基承载力应满足图纸要求, 做好防水排水工作, 不得被水浸泡。基坑废渣、杂物等必须清除干净, 报请监理人验收合格后, 方可进行下一道工序。

3) 洞门拱墙应与洞内相邻的拱墙衬砌同时施工, 连成整体。洞门端墙应与隧道衬砌紧密相连。

4) 洞门端墙的砌筑(或浇筑)与墙背回填, 应两侧同时进行, 防止对衬砌产生偏压。

5) 洞口装饰的隧道名牌, 字样要求美观醒目。

6) 洞门建筑完成后, 洞门以上仰坡坡脚如有损坏, 应及时修补, 并应检查与确保坡顶以上的截水沟和墙顶排水沟与路堑排水系统的完好与连通。

7) 端墙顶排水沟砌筑在填土上时, 应将填土夯实紧密。

5. 明洞

1) 明洞地段土石方的开挖

(1) 承包人应根据地形、地质条件、边坡及仰坡的稳定程度和图纸要求, 提出施工方法、施工步骤、作业时间以及防护措施, 报监理人审查批准。

(2) 明洞的开挖可采用全部明挖法或拱上明挖拱下暗挖法。若采用后一种方法开挖时, 起拱线以上的土石方为洞外明挖, 按本规范第200章石方开挖的要求施工; 起拱线以下的开挖为拱下暗挖; 按本章洞内开挖的施工方法, 以确保施工安全。

(3) 土石方开挖, 应按顺序进行, 边坡开挖要严格控制爆破药量, 爆破作业应符合本章第503.03小节的规定。明洞开挖后应立即进行边坡防护。

(4) 在松软地层开挖边坡、仰坡时, 宜随挖随支护。

(5) 明洞开挖前, 应先做好洞顶的防水、排水设施, 防止地面水冲刷而导致边坡、仰坡落石、塌方。在施工过程中, 承包人应对因自身原因造成的落石、塌方所造成的危害、破坏和损失, 负全部责任。

(6) 明洞开挖的弃方, 应堆置于经监理人批准的指定地点。

(7) 明洞不宜在雨季施工, 如确需在雨季施工时, 应制定严密的施工方案和防护措施, 同时应加强对山坡稳定情况的监测、检查。

2) 边墙基础

(1) 明洞边墙基础应设置在符合图纸要求且稳固的地基上, 基坑的渣体杂物、风化软层和积水应清除干净, 经监理人检验合格后, 方可进行下一道工序。

(2) 偏压和单压明洞的外边墙基底, 垂直路线方向宜挖成有向内的斜坡, 以提高基底的抗滑力, 如基底松软, 应采取措施增加基底承载力。

(3) 深基础开挖, 应注意核查地质条件, 如挖至设计高程, 不符合图纸要求时, 应提出变更设计报监理人审批。

3) 衬砌

明洞的衬砌, 除应按本章第504节规定与要求办理外, 还应遵守下列规定:

(1) 拱圈按图纸要求制作挡头板、外模、支架、支柱, 并应设有防止渗漏跑浆和走模的施工措施;

(2) 钢筋的加工及绑扎按本规范第400章的有关规定办理;

(3) 浇筑拱圈混凝土时，应连续进行，不得中断，并应采取防雨措施。混凝土养护按本规范第400章的有关规定办理；

(4) 起拱线以下暗挖时，应在拱圈混凝土达到设计强度后进行，并有保证拱圈安全和稳定的措施；

(5) 沉降缝及施工缝的设置与施工，按图纸要求或监理人的指示办理。

4) 明洞与暗洞衔接

明洞施工一般采用先墙后拱法。当边坡松软易坍塌及明洞与暗洞衔接时，施工宜采用先拱后墙法。在仰坡暂能稳定的情况下，宜由内向外进行施工；在仰坡易坍塌的情况下，宜先将明洞拱圈浇筑到仰坡脚，再由内向外作洞内拱圈，并确保仰坡稳定。明洞与暗洞拱圈应连接良好。

5) 防水

(1) 拱圈混凝土达到设计强度的50%后，拱圈背部以砂浆涂抹平整。设置防水层时应在拱背涂上一层热沥青后，立即从下向上敷设卷材防水层，敷设时应粘贴紧密，相互搭接错缝，搭接长度不小于100mm，并向隧道内拱背延伸不少于0.5m。先三油二毡后，再涂抹厚20mm的水泥砂浆。

(2) 墙背竖向铺设无纺土工织物作滤层时，防水板与无纺土工织物应叠合一起，整体铺挂。

(3) 拱背铺设黏土隔水层应按图纸要求选用黏性好、无杂质、无石块的黏土分层夯实，并与边坡、仰坡搭接良好，封闭严密。

(4) 止水带的施工见本章第505.04-2条的规定。

6) 回填及拱架拆除

(1) 拱圈混凝土达到设计强度、拱墙背防水设施完成后，方可回填拱背土方。

(2) 明洞段顶部回填土方应对称分层夯实，每层厚度不得大于0.3m，两侧回填的土面高差不得大于0.5m；回填至拱顶后应分层满铺填筑，顶层回填材料宜采用黏土以利于隔水。回填土夯实度应符合图纸要求并经监理人认可。

(3) 使用机械回填时，拱圈混凝土强度应达到设计强度，且需先用人工填筑夯实至拱顶以上1.0m后，方可使用机械施工。

(4) 在人工填筑时，拱顶中心回填高度达到0.7m以上方可拆除拱架。若使用机械施工回填时，则应在回填土石全部完成后方可拆除拱架。

7) 仰拱

当设置仰拱时，应按本章进行施工。

8) 遮光棚

遮光棚或遮光板应采用钢筋混凝土构件，可以就地浇筑，也可以预制安装。其所用材料及施工要求，均应符合图纸要求和本规范有关规定。

502.04 质量检验

1. 明洞浇筑

1) 基本要求

(1) 基础的地基承载力应满足设计要求并符合施工技术规范规定，严禁超挖后回填虚土。

(2) 钢筋的加工及安装应满足设计要求。

(3) 明洞与暗洞连接应满足设计要求。

(4) 明洞与暗洞之间的沉降缝应满足设计要求。

2) 检查项目

明洞浇筑检查项目见表502-1明洞浇筑检查项目。

表 502-1 明洞浇筑检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	混凝土厚度 (mm)	不小于设计值	尺量或按 JTG F80/1-2017 附录 R 检查：每 10m 检查 1 个断面，每个断面测拱顶、两侧拱腰和两侧边墙共 5 点
3	墙面平整度 (mm)	施工缝、变形缝处 20； 其他部位 5	2m 直尺：每 10m 每侧连续检查 2 尺， 测最大间隙

3) 外观质量

(1) 蜂窝麻面面积不得超过该面总面积的0.5%，深度不得超过10mm。

(2) 隧道衬砌钢筋混凝土结构裂缝宽度不得超过0.2mm。

2. 明洞防水层

1) 基本要求

防水层施工前，明洞混凝土外部应平整圆顺，不得有钢筋露出和其他尖锐物。

2) 检查项目

明洞防水层检查项目见表502-2明洞浇筑检查项目。

表 3 明洞浇筑检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	搭接长度 (mm)	≥100	尺量：每环搭接测 3 点
2	卷材向隧道暗洞延伸长度 (mm)	≥500	尺量：测 3 点

3	卷材向基底的横向延伸长度 (mm)	≥500	尺量: 测 3 点
4	缝宽 (mm)	焊接	焊缝宽≥10
		粘接	粘缝宽≥50
5	焊缝密实性	满足设计要求	按 JTGF80/1-2017 附录 S 检查: 每 10m 检查 1 处焊缝

3) 外观质量

- (1) 防水材料应无破损、无折皱。
- (2) 焊接应无脱焊、漏焊、假焊、焊焦、焊穿, 粘接应无脱粘、漏粘。

3. 明洞回填

1) 基本要求

(1) 人工回填时拱圈混凝土强度应不低于设计强度的75%。机械回填应在拱圈混凝土强度达到设计强度且拱圈外人工夯填厚度不小于1.0m后进行。

(2) 墙背回填应两侧同时进行。

(3) 明洞粘土隔水层应与边坡、仰坡搭接良好, 封闭紧密。

2) 检查项目

明洞回填检查项目见表502-3。

表 502-3 明洞回填检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	回填压实	符合设计要求	尺量: 厚度及碾压遍数
2	每层回填层厚 (mm)	≤300	尺量: 每层每侧测 5 点
3	两侧回填高差 (mm)	≤500	水准仪: 每层每侧测 3 处
4	坡度	满足设计要求	尺量: 检查 3 处
5	回填厚度 (mm)	不小于设计值	水准仪: 拱顶测 5 处

3) 外观质量

回填坡面应不积水。

第503节 洞身开挖

503.01 范围

本节工作内容包括洞身及行车、行人横洞以及辅助坑道的开挖、钻孔爆破、施工支护、装渣运输等有关作业。

503.02 一般规定

1. 承包人应在开挖前28d根据地质、机械设备等条件向监理人提出符合隧道具体情况的施工方案(包括开挖顺序、爆破、施工照明、通风、排水、支护、出渣等), 并经监理人审查批准。施工方法宜采用新奥法, 并根据施工中具体情况的变化, 也

可及时改变施工方法，但都必须报经监理人批准。

2. 承包人应根据批准的施工方案，以现代化施工技术，合理地安排工序，科学地组织隧道施工，以保证合格的施工质量和合理的计划进度。

3. 承包人应安排好施工过程的测量，以保证隧道按设计方向和坡度施工，使开挖断面符合图纸所示尺寸，尽量做到不欠挖和少超挖。洞内还应每隔50m设置一个水准点。

4. 监理人批准的施工方法，如有导致工程的缺陷或失败的情况，都不应减轻承包人在施工中的责任。

5. 在施工过程中，承包人应根据对开挖面的直接观察、围岩变形的量测结果，辅以超前地质预报，结合岩层构造、岩性及地下水情况，提出围岩分类的修改意见，并判定坑道围岩的稳定性，提出相应的处理措施，报请监理人批准。

6. 在洞身开挖过程中，为保证洞内工作人员施工安全，承包人应配备安置足够长度的逃生管。施工中一旦发生事故，洞内工作人员能得以通过逃生管安全撤出。逃生管的管径不宜小于600mm，管壁厚不宜小于10mm。

7. 施工前承包方应对设计文件中病害情况与现场实际病害情况进行核对，不一致时应及时提出。

8. 项目所有隐蔽工程的工程量（主要包括注浆、锚固、中央水沟开挖等），应保存施工记录、照片或音像资料备查。经监理工程师现场验收确认后再计量。

9. 承包方应作好前期施工准备，包括人员、机械、建筑材料等应准备充足，并作好施工组织和统筹安排，尽量缩短工期。施工期应尽量避免节假日高峰。

10. 施工时，若既有道路不能断道，故施工前应制定详细的施工方案及保通方案，经审批通过后方可实施。

503.03 开挖作业

1. 开挖要求

1) 承包人应根据监理人批准的施工方案或其后批准的修改方案完成开挖作业。洞口处边坡防护工程未完成，不得进行洞身开挖。

2) 为了最大限度地利用围岩自承能力，承包人必须采用减少围岩扰动的方法进行洞身开挖。各级围岩的开挖方法参见《公路隧道施工技术规范》（JTG/T3660-2020）、《公路隧道施工技术规范》（JTG/T3660-2020）有关规定。

3) 在确定开挖断面时，除应满足隧道净空和结构尺寸外，并应考虑围岩及初期支护影响变形。当采用复合式衬砌时，还应考虑适当预留变形量，预留变形量的

大小可根据围岩级别、断面大小、埋置深度、施工方法及支护情况等，采用工程类比法测定；如无预测值时，可参照《公路隧道设计细则》（JTG/TD70-2010）表8.4.1确定。施工过程中，应根据现场监控量测结果进行调整。

4) 洞身开挖断面尺寸应符合图纸要求，边沟、电缆沟及边墙基础也同时开挖，所有开挖应按图纸标明的开挖线进行施工，并一次挖够。在开挖过程中，承包人应随时测定隧道轴线位置和高程。预留洞室在施工前应与设计进行核对，确保洞室的数量与位置正确。

5) 在开挖的进程中应考虑按有利于减少超挖、有利于围岩稳定的施工方法进行。除指定、责任未定的或非承包人的错误造成的超挖外，无论承包人出于任何原因所造成的超过允许范围的超挖以及这部分超挖的回填，所有材料和施工费用均由承包人负责。

6) 严格控制开挖断面，不应欠挖，仅在岩层完整、抗压强度大于30MPa，经监理人确认不影响衬砌结构的稳定和强度时，岩石个别突出部分(每平方米内不大于0.1m²)可侵入衬砌，侵入值不得大于50mm。拱脚、墙脚以上1m内断面严禁欠挖。应尽量减少超挖，不同围岩地质条件下的允许超挖值应按《公路隧道施工技术规范》（JTG/T3660-2020）、《公路隧道施工技术规范》（JTG/T3660-2020）中的相关规定。采用复合式衬砌时，开挖轮廓应按图纸规定预留变形量，图纸无规定时，可按《公路隧道施工技术规范》（JTG/T3660-2020）第5.3.5条的规定。

7) 采用台阶法施工时，台阶不宜分层过多，上下台阶之间的距离尽可能满足机具正常作业，并减少翻渣工作量；当顶部围岩破碎，需支护紧跟时，可适当延长台阶长度。

8) 当两相对掘进工作面接近打通时，两端施工应加强联系，统一指挥。当两工作面的距离剩下15m时，应从一面掘进贯通。

9) 浅埋隧道开挖时应严格控制地表沉陷，减小循环开挖进尺和防止塌方。为此，应根据具体情况，采取适当措施，如：

(1) 施工中为减少对围岩扰动，宜采用单臂掘进机或风镐开挖，爆破开挖时应遵循短进尺、强支护、弱爆破、勤观测的原则；

(2) 应加强对拱脚的处理，安设拱脚锚杆；

(3) 及时施作仰拱或临时仰拱；

(4) 若初期支护变形过大，又不宜加固时，可对洞周2~3m范围内的围岩进行系统深孔岩石注浆；

(5) 在II级以下软弱破碎围岩或有涌水时，应采用预注浆，或从地表安设地层锚杆，或洞内环形固结注浆或采用管棚法加固地层；

(6) 应加强地表下沉、拱顶下沉的观测及反馈以指导施工。

10) 隧道内两相向施工中线在贯通面上的极限误差应符合表503-1的规定。

表 503-1 隧道中线极限贯通误差

类别	两相向开挖洞口间长度(m)	两端施工中线在贯通面上的极限误差(mm)
横向	<3000	±150
	3000~6000	±200
	>6000	±300
高程	不限	±70

11) 由洞外设置洞口投点桩时，测量误差和洞内支导线放样测量误差引起的贯通面产生的中误差应不大于表503-2的规定。

表 503-2 贯通中误差

测量部位	两开挖洞口间长度(m)			高程中误差(mm)
	<3000	3000~6000	>6000	
	贯通中误差(mm)			
洞外	45	60	90	25
洞内	60	80	120	25
全部隧道	75	100	150	25

12) 既有隧道仰拱回填的拆除，仰拱石方开挖应采用机械或人工开挖。

2. 钻爆设计

1) 在岩石隧道爆破作业的掘进中，对爆破技术诸要素如钻眼大小、孔深、间距、药量、钻眼分布与起爆顺序等应慎重研究与严格控制。在进行钻爆施工前至少14d，承包人应完成钻爆设计并报请监理人批准。

2) 钻爆设计应在综合研究地质条件、开挖断面、开挖方法、掘进循环进尺、钻眼机具、爆破器材等的基础上进行。其主要内容有：炮孔布置图(包括掏槽方式、钻孔深度及斜度)；装药结构图(包括装药量及炮孔堵塞方式)；钻爆参数表；起爆方法和顺序，必要时应绘制爆破图；主要技术经济指标及必要的说明。

3) 钻爆设计应使用光面爆破或预裂爆破技术，爆破参数的选择，均应通过试验确定。无试验条件时，可参照《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660-2020)、《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660-2020)有关参数。

(1) 光面爆破的要求：

A. 残留炮孔痕迹，应在开挖轮廓面上均匀分布。炮孔痕迹保留率：硬岩不少于80%，中硬岩不少于70%，软岩不少于50%。

B.相邻两孔之间的岩面平整，孔壁不应有明显的爆破裂隙。

C.相邻两孔之间出现的台阶形误差不得大于150mm。

(2) 预裂爆破的要求：

A.在主要爆破眼引爆前，瞬时爆破单排密距孔眼，可获得沿开挖线的预裂面，减少对主要爆破眼的爆破影响，从而减少外层岩石的破损。

B.最理想的情况是单一的断裂应连接到邻近的爆破眼，并在每个预裂孔眼内还保留一半的孔深。

C.预裂爆破孔的预裂缝宽度一般不宜小于5mm。

3.钻爆作业

1) 钻爆作业必须按照钻爆设计进行。当开挖条件出现变化时，爆破技术应随围岩条件的变化而作相应改变。

2) 钻炮眼前应绘出开挖断面的中线、水平和断面轮廓，并根据爆破设计标出炮眼的位置，经检查符合设计要求后，方可钻眼。

3) 炮眼的深度、角度、间距应按设计要求确定，并应符合设计精度要求。

4) 钻眼完毕，应按炮眼布置图进行检查，并做好记录，经检查合格后，方可装药。

5) 装药前应将炮眼内泥浆、积水及石粉吹洗干净，所有装药的炮眼均应及时堵塞炮泥，周边眼的堵塞长度不宜小于200mm。

6) 采用预裂爆破法时，应从药包顶端起堵塞，不得只在眼口堵塞。采用电力起爆时，应按《防洪标准》（GB 50201-2014）中的爆破工程部分规定及《公路隧道施工技术规范》（JTG/T 3660-2020）、《公路隧道施工技术规范》（JTG/T 3660-2020）有关规定执行。

7) 周边眼以一次同时起爆为宜。当在软岩地段必须对爆破震动加以控制时，周边眼可根据地质条件分组起爆。

8) 爆破后应设专人负责清帮清顶，同时要对开挖面和未衬砌地段立即进行检查，如察觉可能产生险情时，承包人应采取措施，及时处理。

9) 双连拱衬砌断面的开挖爆破属分部开挖作业，应严格遵守“短进尺、弱爆破”的原则，遵守有关“爆破与震动”的作业要求，核心围岩的开挖爆破，不得对已衬砌结构的安全产生影响甚至破坏。

4.雷电期间作业

1) 雷电将临时，应立即停止所有地面或地下的炸药运输和短程搬运，所有人

员应立即撤至安全地点，并将雷电来临或雷电已过的信号通知洞内工作人员。

2) 爆破作业已完成的地段，承包人应提供、安装并使用经批准的雷电监控器和自动报警灯。

5. 爆破与震动

1) 爆破或其他作业所引起地面震动，不得损坏地面现有建筑物和公共设施。

2) 承包人应提供合格的仪器、量测人员和资料分析人员。监测并记录每次爆破的震动情况及空气增压情况，调整爆破作业，使震速不超过允许值，并防止开挖失稳。

3) 所有的爆破和施工操作，对地面现有建筑物震动的最大震速应小于25mm/s。对于新浇筑混凝土的震速要求，不得超过表503-3规定值。

表 503-3 新浇筑混凝土的震速要求

混凝土龄期(h)	震速限值(mm/s)
12~24	6.25
24~48	12.5
48~120	25

4) 在最邻近爆破地点的现有建筑物所量测的爆破冲击噪声，不得超过130dB。使用有线频反应的最大冲击记录仪记录的爆破时空气超压不得超过0.005MPa。

5) 合同图纸中规定禁止爆破的地方严禁爆破。有关震动记录资料应随时提供监理人检查，必要时应提供复印件。

6. 爆破安全措施

1) 爆破材料的运输、储存、加工、现场装药、连线、起爆及瞎炮处理，必须遵守《爆破安全规程》（GB 6722-2014）的有关规定。

2) 进行爆破时，人员应撤至受爆破影响范围之外，一般距爆破工作面的距离应不少于200m。爆破期间，除引爆电路外，所有动力及照明电路均应断开或改移到距爆破点不小于50m的地点。

3) 当开挖面与衬砌面平行作业时，应根据混凝土强度、围岩特性以及爆破规模等因素确定其距离，一般不宜小于30m。

4) 爆破后必须立即进行安全检查，查出有未起爆的瞎炮，应按《爆破安全规程》（GB 6722-2014）的有关规定进行处理，确认无误后才能出渣。

7. 有害气体安全措施

1) 坑道中如遇有害气体，所有人员应立即停止工作，并撤至洞外。承包人应采取的措施，在确认无危险后，方可继续进洞施工。

2) 承包人应对有害气体定时检测、记录,并报监理人检查,隧道中有害气体不得超过第507.03-1(2)款的标准。

3) 凡在含有害气体隧道施工,应安装连续监测可燃气体和有害气体的分析仪和报警器,报警器应能视觉报警,又能听觉报警。

4) 承包人应为工作人员提供各种必要的安全工具和安全灯,在可能出现有害气体地区还应提供防毒面具。

8.放射性物质安全措施

1) 施工过程或图纸示出隧道将通过有放射性物质区域时,除按本节规定施工外,应严格遵守行业安全规程的有关规定。

2) 图纸示出围岩含有放射性物质的区域,施工时应严格按照图纸要求进行检测、开挖、运输和弃渣的处置。

3) 在含有放射性物质的区域施工现场,承包人应配备有检测有害物质的仪器设备,必须有专职的检测人员负责检测。对施工人员应采取安全保护措施,同时还应制订安全应急预案。

4) 隧道开挖过程,如发现有放射性危害的异常情况,在一般情况下,施工人员应停止施工作业,撤至洞外,并报告监理人和有关单位,待有关方面作出评估和采取相应措施后,方可继续施工。

503.04 装渣运输

1.运输方案的选择

1) 在隧道施工组织设计中提出的装渣运输方案,应根据断面大小、施工方法、机具设备、运量要求确定方案,并不断地改进装、运、卸和调车作业,减少干扰,提高运输效率,保证作业安全。

2) 在长隧道施工中,应建立工程运输调度,根据施工安排编制运输计划,统一指挥,提高运输效率。

3) 装渣应选用在隧道断面内能发挥高效率的机具,装渣能力应与运输车辆的容积相适应。运输方式根据隧道长度、机具设备和施工条件,选用有轨或无轨的运输方式;报请监理人批准后,在施工过程中承包人必须严格执行批准的运输方案。切忌二次倒运。

2.有轨运输与无轨运输的作业要求应符合《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660-2020)、《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660-2020)的规定。

3.弃渣装运

1) 弃渣装运应按监理人批准的方案进行，不得干扰任何施工作业或其他设施，并应符合本规范的要求。

2) 所有弃渣堆顶面及坡脚处，或与原地面衔接处均应修筑永久排水设施和其他必要的防护工程，以确保地表径流不致冲蚀弃渣堆。

3) 弃渣区整修后，应经监理人验收合格。

4) 弃渣场一定要选择不受洪水威胁的适当位置，并要有拦挡，排水措施，防止发生泥石流等次生地质灾害。

503.05 施工支护

1. 一般规定

1) 施工支护措施，应紧随开挖面及时施作，确保施工安全，并控制围岩变形和减少围岩暴露时间。它可作为开挖面临时支护，亦可作为永久衬砌的一部分。临时支护包括喷射混凝土、锚杆、锚杆与喷射混凝土并用，锚杆、挂钢筋网与喷射混凝土并用。

2) 不同类别的围岩，应采用不同结构形式的施工支护。

(1) I、II级围岩支护时，宜采用局部喷混凝土或局部锚杆，为防止岩爆和局部落石，可局部加栓钢筋网。

(2) III、IV级围岩可采用锚杆、锚杆挂网、喷混凝土或锚喷联合支护，IV级围岩必要时可加设钢架。

(3) V、VI级围岩宜采用锚喷挂网的联合支护形式，并可结合辅助施工方法进行施工支护。

(4) 当地质条件差，围岩不稳定时，可采用构件支护。

3) 施作锚杆、喷射混凝土和构件支护时，均应作好记录备查。

2. 喷射混凝土

1) 一般要求

(1) 在喷射混凝土施工前28d，承包人应提交喷射混凝土的施工方案，包括喷射方式、机具设备、操作方法、混合料配合比及外加剂等，并附简要说明，报请监理人批准。

(2) 在每一开挖面施工现场，承包人应始终最少拥有一台可正常操作的喷浆机组，在使用前应经检查并批准。承包人还应有备用设备，当出现故障时，能立即投入使用。

(3) 喷射混凝土前，应埋设标志或利用锚杆外露长度以控制喷射混凝土的厚

度。

(4) 喷射作业区的气温不应低于+5℃；混合料进入喷射机的温度不应低于+5℃。

2) 材料、设备

(1) 喷射混凝土采用的原材料及细集料与粗集料的级配应符合《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB50086-2015)的规定。

(2) 承包人应定期检查料堆中集料的含水率。

(3) 早强剂和速凝剂：凡喷射混凝土拟用于堵塞漏水灌浆，或要求支撑加固尽快达到强度值，可掺加早强剂于混合料中。为使喷射混凝土在喷射后达到速凝，可掺加速凝剂于混合料中。速凝效果要求初凝时间不大于5min，终凝时间不大于10min。该外加剂对所用水泥的适应性和其他因素均应在施工前通过试验室试验，并经监理人的认可。

(4) 喷射混凝土加筋，非镀锌焊接钢筋网应符合《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB50086-2015)规范的规定。

(5) 喷射钢纤维混凝土所用钢纤维其质量及技术要求应符合图纸要求，并应符合《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB50086-2015)及《纤维混凝土结构技术规程》(CECS38:2004)的有关规定。

(6) 喷射混凝土的用水应采用清洁的饮用水，pH值不小于4、硫酸盐含量(以SO₄²⁻计)不超过1%的清水(按质量计)。在喷射混凝土的用水中，含有的有机物和无机物应以不损害混凝土的质量为准。

(7) 喷射设备应能连续均匀混料并喷射。混料设备应严格密封，以防外来物质侵入。在混合料中添加钢纤维时，宜采用钢纤维播料机。

(8) 空压机应适用于所选用的喷射设备，并具有足够的气压和流率，且应保持连续优质作业。喷嘴水压必须高于压缩空气的压力。施工中必须保持连续供水。

(9) 喷射混凝土的物理力学性能见表503-4。

表 503-4 喷射混凝土的物理力学性能

混凝土强度等级	C20(20MPa)	抗拉强度 (MPa)	1.1	
密度 (kg/m ³)	2200	弹性模量 (MPa)	2.1×10 ⁴	
1d龄期抗压强度 (MPa)	≥5	与围岩黏结强度 (MPa)	I、II级围岩	≥0.8
弯曲抗压强度 (MPa)	11		III级围岩	≥0.5

(10) 喷射混凝土施工宜采用湿喷工艺。

(11) 对原衬砌表面进行凿毛处理，粗糙面凹凸差不应小于6mm。

(12) 喷射混凝土与原衬砌采用植筋连接时，植筋位置应避开裂损处。

3) 配合料设计与施工前的试验

施工前试验应按《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB 50086-2015)的规定进行。标准试块按《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB 50086-2015)附录F及《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660-2020)、《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660-2020)制作并进行各种龄期的抗压强度试验。喷射混凝土与围岩的黏结强度试验宜在现场按《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB50086-2015)及《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660-2020)的规定进行。

承包人应于施工前至少28d,在监理人在场的情况下,为每种不同材料和配合比的喷射混凝土最少制作3块试验板,并进行养护。经各种龄期养护后的试验板按规定加工成立方体试块,送交监理人检查认可后,即进行各龄期的抗压强度试验。

4) 技术报表

试验室要对下列各项内容提出书面证明和说明,并提交监理人认可。

- (1) 试验人员的资格经历证明。
- (2) 对材料的储存、运输,用料的混合与拌和及设备的放置提出建议意见的说明。
- (3) 使用水泥和集料的来源。
- (4) 提供试验室认可并获批准的试验成果的复制件,说明建议使用的材料满足规范规定要求的情况。
- (5) 建议的设计混合料和强度测试的成果。
- (6) 建议的外加剂与水泥的适应性试验成果。
- (7) 由于现场温度、湿度、养护条件及强度要求的原因,需要提出现场调整的建议意见。

5) 混凝土喷射基面的清理

- (1) 按监理人的要求全面清理待喷射的基面,用喷水或喷气法清除所有松动岩石,并使岩面保持一定湿度。
- (2) 对破损岩面,应清除所有暴露的破损岩石。在破损岩面范围内提供并安装附加的岩石加固钢筋或钢支撑
- (3) 在已有混凝土面上进行喷射时,应清除剥离部分,以保证新老混凝土之间具有良好的黏结强度。

6) 作业要求

(1) 隧道开挖后应立即对岩面喷射混凝土，以防岩体发生松弛。

(2) 按施工前试验所取得的方法与条件进行喷射混凝土作业，在喷射混凝土达到初凝后方可喷射下一层。首次喷射混凝土厚度应不少于50mm，另有批准或按图纸所示者除外。

(3) 喷射作业应分段、分片依次进行，喷射顺序应自下而上进行，每段长度不宜超过6m。

(4) 喷射混凝土作业需紧跟开挖面时，下次爆破距喷射混凝土作业完成时间的间隔不得小于4h。

(5) 图纸上所示喷射混凝土的厚度应分层喷射，喷射混凝土厚度应用批准的方式测定。在隧道全长内每隔10~20m至少要取一处试件，从拱中心向两侧边墙每2m取样用以确定强度是否符合要求，取样时要注意不要在有水的部位取样。

(6) 喷射混凝土的回弹物不得重复利用，所有的回弹混凝土应从工作面清除。

(7) 喷嘴应与受喷面保持垂直，同时与受喷面保持一定的距离，一般为0.6~1.0m。

(8) 当受喷面有水时，先清除岩层表面之水，混凝土中可根据试验结果增添外加剂。

(9) 开挖断面周边有金属杆件和钢支撑时，应保证将其背面喷射填满，粘结良好。

(10) 新喷射的混凝土应按规定洒水养护。

(11) 工程验收前，喷射混凝土如有气孔、缺陷或损伤等均应修复完好，该项费用由承包人自负。

(12) 应按照本章第507.03小节的防尘要求，确保洞内清新的工作环境，减轻喷射混凝土作业中造成的粉尘影响；加强通风设施；采用集尘机捕捉粉尘。

(13) 喷射钢纤维混凝土的施工作业，尚应符合下述规定：

A. 水泥的强度等级不应低于32.5，混凝土强度等级不低于C20，粗集料最大粒径不得大于15mm。

B. 添加速凝剂时，其掺量应通过试验确定。

C. 钢纤维的抗拉强度不得低于380MPa；直径0.3~0.5mm；长度20~25mm，且不得大于25mm；掺入量为混凝土混合料质量的3%~6%。

D. 混合料搅拌时，应采用钢纤维播料机均匀撒入混合料中，搅拌好的混合料中

钢纤维应分布均匀，不得结团，搅拌时间不宜小于3min。

E.干混合料宜随拌随用，无速凝剂掺入的混合料，存放时间不应超过2h;干混合料掺速凝剂后，存放时间不得超过20min。

F.在受喷围岩明显凹凸不平处，应先用喷射混凝土填平补齐，而后再喷射钢纤维混凝土。填补混凝土的强度等级不应低于钢纤维混凝土的等级。

G.在喷射钢纤维混凝土表面，应再喷敷厚度为10mm的水泥砂浆。水泥砂浆的强度等级不应低于钢纤维混凝土的等级。

7) 施工质量管理

(1) 材料质量检验工作应连续进行，以保证产品满足规范要求，非规定的和非批准的材料不得使用。

(2) 对已喷射的混凝土，应按《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660-2020)中第7.4节及《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB 50086-2015)的规定取样，做抗压强度试验。若混凝土试件的试验结果未能达到设计强度、未满足规范要求时，应研究未能达到要求的原因，并向监理人提出报告，同时采取补救措施。

(3) 在已喷射的混凝土表面上，不允许混凝土开裂、漏水，也不允许钢筋、锚杆外露和混凝土侵占隧道净空，如有上述情况发生，应按监理人指示采取补救措施。

(4) 承包人应配备质量管理工程师，负责喷射混凝土的测试、制作、操作及验收证明，在喷射混凝土作业过程中应与监理人取得密切联系，要自始至终强调遵守操作的工艺要求，执行规范的规定，确保喷射混凝土的制作和良好的喷射质量。

8) 施工安全

(1) 施工前，应认真检查和处理喷射混凝土支护作业区的危石，施工机具应布置在安全地带。

(2) 锚喷支护必须紧跟开挖工作面，应先喷后锚，喷射作业应有人随时观察围岩变化情况。

(3) 喷射机、水箱、风包、注浆机应经密封性能和耐压试验，合格后方可使用。

(4) 施工中，应定期检查电源线路和设备的电器部件，确保用电安全；应经常检查输料管和管路接头有无磨薄、击穿或松脱现象，发现问题应及时处理。

(5) 喷射作业中发生堵管时，应将输料管顺直，必须紧按喷头，疏通管路的工作风压不得超过0.4MPa。

(6) 处理机械故障时，必须使设备断电、停风。向施工设备送电、送风前，应通知有关人员。

(7) 喷射作业中，非操作人员不得进入正进行施工的作业区，喷头前方严禁站人。

(8) 喷射混凝土的操作人员必须穿戴安全防护用品。

3. 构件支护

1) 一般规定

(1) 承包人应根据图纸的要求，进行构件支护的设计，报监理人批准，并可按有关规定和现场调查资料进行必要的修改。

(2) 根据围岩类别及现场的实际情况，确定支护形式。支护的结构形式及其接头应简单牢固，易于装卸、倒用，并尽量定型化。

(3) 每排支护应根据中线、水平、坑道断面和预留沉降量，架设在隧道中线方向的垂直面上。支护的间距，视围岩稳定情况而定，一般为0.8~1.2m，松软破碎地段可再加密。

(4) 各排支护间应用纵撑连接牢固，构成整体。支护与围岩间应以板、楔等填塞紧密。柱脚虚渣必须清除，地层松软时应加设垫板或垫梁。

(5) 支护应经常检查，发现杆件破裂、倾斜、弯扭、变形以及接头松脱填塞漏空等异状，必须立即加固。

(6) 支护的抽换、拆除，应本着“先顶后拆”的原则进行，防止围岩松动坍塌。

2) 钢架支护

(1) 钢架支护的设计与制造应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205-2020 (GB 50205-2020) 的要求。钢架支护的钢材，应按施工图中标明的采用。在隧道开挖中，各部分安装支护的方法(包括支护的间距)，应取得监理人的批准。

(2) 钢架支护应准确就位，并经常维护。当监理人发现钢架支护安装不当，并提请承包人注意后的48h内，应由承包人进行调整。由于钢架支护超过规定的容许偏差或其他任何原因造成损坏，其费用由承包人自理。

3) 木支护

(1) 木支护应着重用于临时性应急支护，承包人应在施工前将这类支护类型和相应的施工规范报监理人批准。隧道开挖的系统支护不宜采用木支护，以节省木材。

(2) 木支护的梁、柱等主要圆木杆件，其梢径不应小于200mm，跨度大于4m

时，梢径不应小于250mm，其他连接杆件梢径可用120~150mm，木板厚度不宜小于50mm。

(3) 支护的木料质地应坚固、有弹性；脆硬的木料不宜使用，腐朽破裂多节的木料严禁使用。

4.锚杆

1) 承包人必须按照图纸或监理人指示，在图纸标明处或批准部位提供和安装注浆或不注浆的锚杆。

2) 注浆锚杆使用在所有需永久支护的部位，注浆使用的浆液应是水泥浆、水泥砂浆或其他批准的材料。不注浆锚杆使用在所有临时支护的部位。

3) 锚杆的钻孔及其安装方法应经监理人批准。锚杆钻孔应圆而直，孔口岩面应整平，钻孔应与岩面垂直。预应力锚杆则应在孔中锚定锚杆后，将锚杆拉伸至规定的轴向荷载。

4) 每根锚杆的抗拔力不得低于图纸规定，并不应低于50kN，每300根锚杆必须抽样一组进行抗拔力试验，每组不少于3根；并应符合《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》（GB50086-2015）及《公路隧道施工技术规范》（JTG/T 3660-2020）的规定。

5) 承包人在工地应备有充足的锚杆和附件的备用件，准备随时使用，以免待料贻误工作。

6) 需注浆的钻孔应按监理人批准的方法和材料，全部用浆液充填。浆液配合所使用的外加剂、拌和方法、注浆压力、设备和注浆方法，都应经监理人批准。一般注浆压力为0.5~1.0MPa，终压2.0~2.5MPa。

5.钢筋网

1) 承包人在图纸规定和监理人指示的部位，提供与安装钢筋网。钢筋网应随受喷面的起伏铺设，钢筋网的混凝土保护层应不小于20mm，且应与锚杆或钎钉联结牢固，在喷射作业时不发生颤动。

2) 在需将喷射混凝土作为永久支护的部位，钢筋网是唯一批准的配筋形式，钢筋直径和钢筋网的网格间距按图纸要求或监理人指示执行。

503.06 开挖辅助作业

1.超前锚杆或超前小钢管支护

1) 宜与钢架支护配合使用并从钢架腹部穿过。

2) 与隧道纵向开挖轮廓线间的外插角宜为5°~10°，长度应大于循环进尺，以

3~5m为宜。

3) 超前锚杆宜用早强水泥砂浆锚杆。

4) 超前小钢管在安设前应检查其尺寸，钢管顶入钻孔长度不应小于管长的90%。

2.管棚钢架超前支护

1) 检查开挖的断面中线及高程，开挖轮廓线应符合图纸要求。

2) 钢架安装垂直度允许偏差为 $\pm 2^\circ$ ，中线及高程允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ 。

3) 在钢架上沿隧道开挖轮廓线纵向钻设管棚孔，其外插角以不侵入隧道开挖轮廓线越小越好。孔深不宜小于10m。孔径比管棚钢管直径大20~30mm。钻孔顺序由高孔位向低孔位进行。

4) 管棚钢管外径宜为70~180mm，长度宜为4~6m。接长管棚钢管时，接头应采用厚壁管箍，上满丝扣，丝扣长度不应小于150mm。接头应在隧道横断面上错开。

5) 当需增加管棚钢架支护的刚度时，可在钢管内注入水泥砂浆。

3.超前小导管预注浆

1) 沿隧道纵向开挖轮廓线向外以 $10^\circ\sim 30^\circ$ 的外插角钻孔，将小导管打入地层。亦可在开挖面上钻孔将小导管打入地层，小导管环向间距宜为200~500mm。

2) 小导管注浆前，应对开挖面及5m范围内的坑道喷射厚为50~100mm混凝土或用模筑混凝土封闭。

3) 注浆压力应为0.5~1.0MPa。必要时可在孔口处设置能承受规定的最大注浆压力和水压的止浆塞。

4) 注浆后至开挖前的时间间隔，视浆液种类宜为4~8h。开挖时应保留1.5~2.0m的止浆墙，防止下一次注浆时孔口跑浆。

503.07 质量检验

1.洞身开挖

1) 基本要求

(1) 当围岩自稳能力差时，开挖前应做好预加固、预支护。

(2) 当隧道地质出现变化或接近围岩分界线时，应采用地质雷达、超前小导坑、超前探孔等方法探明工程地质和水文地质状况，方可进行开挖。

(3) 开挖轮廓应预留支撑沉落量及变形量，并根据量测反馈信息及时调整。

(4) 应采用控制爆破技术减少开挖对围岩的扰动。

(5) 应严格控制欠挖，拱脚、墙脚以上1m范围内严禁欠挖；当石质坚硬完整且岩石抗压强度大于30MPa并确认不影响衬砌结构稳定和强度时，岩石个别凸出部

分（每平方米不大于0.1m²）可突入衬砌断面，锚喷支护时凸入不得大于30mm，衬砌时欠挖值不得大于50mm。

(6) 洞身开挖在清除浮石后应及时进行初期支护。

2) 检查项目

洞身开挖检查项目见表503-5。

表 503-5 洞身开挖检查项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	拱部超挖 (mm)	I级围岩(硬岩)	平均 100, 最大 200	全站仪或按 JTGF80/1-2017 附录 O 检查: 每 20m 检查 1 个断面, 每个断面自拱顶起每 2m 测 1 点
		II、III、IV级围岩 (中硬岩、软岩)	平均 150, 最大 250	
		V、VI级围岩 (破碎岩、土)	平均 100, 最大 150	
2	边墙超挖 (mm)	每侧	+100, 0	
		全宽	+200, 0	
3	仰拱、隧底超挖 (mm)		平均 100, 最大 250	水准仪: 每 20m 检查 3 处

3) 外观质量洞顶无浮石。

2. 喷射混凝土

1) 基本要求

(1) 开挖断面质量、超欠挖处理、围岩表面渗漏水处理应符合施工技术规范规定，受喷岩面应清洁。

(2) 喷射混凝土支护应与围岩紧密黏接，结合牢固，不得有空洞。喷层内不应存在片石和木板等杂物。严禁挂模喷射混凝土。

(3) 钢架与围岩之间的间隙应采用喷射混凝土充填密实。

(4) 喷射混凝土表面平整度应符合施工技术规范规定。

2) 检查项目

喷射混凝土检查项目见表503-6。

表 503-6 喷射混凝土检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	喷射混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTGF80/1-2017 附录 E 检查
2	喷层厚度 (mm)	平均厚度≥设计厚度; 60%的检查点的厚度≥设计厚度; 最小厚度≥0.6 设计厚度	凿孔法: 每 10m 检查 1 个断面, 每个断面从拱顶中线起每 3m 测 1 点或按 JTGF80/1-2017 附录 R 检查: 沿隧道纵向分别在拱顶、两侧拱腰、两侧边墙连续测试共 5 条测线, 每 10m 检查 1 个断面, 每个断面测 5 点

3) 外观质量

喷射混凝土表面应无漏喷、离鼓、钢筋网和钢架外露。

3.锚杆

1) 基本要求

(1) 锚杆长度应不小于设计长度，锚杆插入孔内的长度不得短于设计长度的95%。

(2) 砂浆锚杆和注浆锚杆的灌浆强度应不小于设计值和规范要求，锚杆孔内灌浆密实饱满。

(3) 锁脚锚杆（管）的数量、长度、打入角度应满足设计要求。

2) 检查项目

锚杆检查项目见表503-7。

表 503-7 锚杆检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	数量（根）	不少于设计值	目测：现场逐根清点
2	锚杆拔力（kN）	28d 拔力平均值≥设计值， 最小拔力≥0.9 设计值	拉拔仪：抽查 1%，且不少于 3 根
3	孔位（mm）	±150	尺量：抽查 10%
4	孔深（mm）	±50	尺量：抽查 10%
5	孔径（mm）	≥锚杆杆体直径+15	尺量：抽查 10%

3) 外观质量

锚杆垫板与岩面间应无间隙。

4.钢筋网

1) 基本要求

钢筋网铺设应在初喷混凝土后进行。

2) 检查项目

钢筋网检查项目见表503-8。

表 503-8 钢筋网检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	钢筋网喷射混凝土保护层厚度（mm）	≥20	凿孔法：每 10m 测 5 点
2	网格尺寸（mm）	±10	尺量：每 100m ² 检查 3 个网眼
3	搭接长度（mm）	≥50	尺量：每 20m 测 3 点

3) 外观质量

钢筋网与锚杆或其他固定构件连接不得松脱。

5.钢架

1) 基本要求

(1) 钢架之间应采用纵向钢筋连接，安装基础应牢固。

(2) 钢架安装基底标高不足时，不得用石块、碎石砌垫，应设置钢板或采用强度等级不小于C20混凝土垫块。

(3) 钢架应紧靠初喷面。

(4) 连接钢板与钢架应焊接牢固，焊缝饱满密实；钢架节段之间通过钢板应用螺栓连接或焊接牢固。

2) 检查项目

钢架检查项目见表503-9。

表 503-9 钢架检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	樁数 (樁)	不少于设计值	目测或按 JTGF80/1-2017 附录 R 检查: 逐樁检查
2	间距 (mm)	±50	尺量或按 JTGF80/1-2017 附录 R 检查: 逐樁检查
3	喷射混凝土保护层厚度 (mm)	外侧保护层≥40 内侧保护层≥20	凿孔法: 每 20m 测 5 点
4	倾斜度 (°)	±2	铅锤法: 逐樁检查
5	拼装偏差 (mm)	±3	尺量: 逐樁检查
6	安装偏差 (mm)	横向	±50
		竖向	不低于设计高程
7	连接钢筋	数量 (根)	不少于设计值
		间距 (mm)	±50

注: 钢架临空一侧为内侧。

3) 外观质量

焊接应无假焊、漏焊，基底应无虚渣及杂物。

6.超前锚杆

1) 基本要求

(1) 超前锚杆的打入角度应满足设计要求并符合施工技术规范规定。

(2) 超前锚杆纵向两排之间水平搭接长度应不小于1m。

(3) 锚杆孔内灌注砂浆应饱满密实。

2) 检查项目

超前锚杆检查项目见表503-10。

表 503-10 超前锚杆检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	长度 (mm)	不小于设计值	尺量: 逐根检查
2	数量 (根)	不少于设计值	目测: 逐根清点
3	孔位 (mm)	±50	尺量: 每 5 环抽查 5 根

4	孔深 (mm)	±50	尺量：每 5 环抽查 5 根
5	孔径 (mm)	≥40	尺量：每 5 环抽查 5 根

3) 外观质量

锚杆尾端与钢架焊接应无假焊、漏焊。

7.超前小导管

1) 基本要求

(1) 超前小导管注浆浆液强度、配合比、注浆压力和注浆量应满足设计要求，且浆液应充满钢管及周围的空隙。

(2) 超前小导管的打入角度应满足设计要求并符合施工技术规范规定。

(3) 两组小导管之间纵向水平搭接长度不小于1m。

2) 检查项目

超前小导管检查项目见表503-11。

表 503-11 超前小导管检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	长度 (mm)	不小于设计值	尺量：逐根检查
2	数量 (根)	不小于设计值	目测：现场逐根清点
3	孔位 (mm)	±50	尺量：每 5 环抽查 5 根
4	孔深 (mm)	大于钢管长度设计值	尺量：每 5 环抽查 5 根

3) 外观质量

钢管尾端与钢架焊接应无假焊、漏焊。

8.管棚

1) 基本要求

(1) 管棚注浆浆液强度、配合比、注浆压力和注浆量应满足设计要求。

(2) 管棚套拱基底承载力应满足设计要求并符合施工技术规范规定。

(3) 超前钢管的打入角度应满足设计要求并符合施工技术规范规定。

(4) 两组管棚之间纵向水平搭接长度应不小于3m。

2) 检查项目

管棚检查项目见表503-12。

表 503-12 管棚检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	长度 (mm)	不小于设计值	尺量：逐根检查
2	数量 (根)	不小于设计值	目测：现场逐根清点
3	孔位 (mm)	±50	尺量：每环抽查 10 根
4	孔深 (mm)	大于钢管长度设计值	尺量：每环抽查 10 根

3) 外观质量

钢管尾端与钢架焊接应无假焊、漏焊。

9. 钢带加固

1) 外粘钢板的施工质量检验,应在检查其钢板安装合格的基础上,对注胶质量进行下列检验和探测:

胶粘强度检验:应在注胶开始前,由检验机构派员到现场在被加固构件上预贴正拉粘结强度检验用的标准块;粘贴后,应在接触压条件下,静置养护7d。到期时,应立即进行现场检验与合格评定。

钢板与原构件混凝土间的正拉粘结强度应符合《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367-2013)和《建筑结构加固工程施工质量验收规范》(GB 50550-2010)规定的合格指标的要求。若不合格,应揭去重贴,并重新检查验收。其检查数量及检验方法应按《建筑结构加固工程施工质量验收规范》(GB 50550-2010)附录U确定。

检查数量:全数检查。

检验方法:检查独立检测机构出具的检测报告。

注胶饱满度探测:应由检验机构派员到现场用仪器或敲击法进行探测,探测结果以空鼓率不大于5%为合格。

检查时,应将粘贴的钢板分区,逐区测定空鼓面积(即无效粘贴面积);若单个空鼓面积不大于10000mm²,可采用钻孔注射法充胶修复;若单个空鼓面积大于10000mm²,应揭去重贴,并重新检查验收。

检查数量:全数检查。

检验方法:检查独立检测机构出具的检测报告。

2) 胶层应均匀,无局部过厚、过薄现象;胶层厚度应按(2.5±0.5)mm控制。

检查数量:每一构件检测最厚和最薄各一处。

检验方法:观察、测量。

3) 被加固构件注胶后的外观应无污渍、无胶液挤出的残留物;注胶孔和排气孔的封闭应平整;注胶嘴底座及其残片应全部铲除干净。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

10. 套衬加固

施工单位应随时对施工质量进行自检。应严格遵循《公路隧道设计规范第一册

土建工程》(JTJ 3370.1-2018)、《公路隧道施工技术规范》(JTJ/T 3660-2020)、《公路隧道加固技术规范》(JTJ/T 5400-2018)及其他相关规范规程进行质检,当施工、监理、监督人员发现异常情况,应加大检测频率,找出原因,及时处理。

11. 钢管桩加固

1) 一般规定

- (1) 桩基工程应进行桩位、桩长、桩径、桩身质量和单桩承载力的检验。
- (2) 桩基工程的检验按时间顺序可分为三个阶段:施工前检验、施工检验和施工后检验。

(3) 对砂、石子、水泥、钢材等桩体原材料质量的检验项目和方法应符合国家现行有关标准的规定。

2) 施工前检验

- (1) 施工前应严格对桩位进行检验。
- (2) 施工前应对水泥、砂、钢材等原材料质量与计量、配合比、坍落度、水泥砂浆强度等级等进行检查。
- (3) 施工前应对施工组织设计中制定的施工顺序、监测手段(包括仪器、方法)也应检查。

3) 施工中检验

- (1) 施工中应对成孔、清渣、放置钢管、注浆等进行全过程检查。
- (2) 钻、挖孔在终孔和清孔后,应进行孔位、孔深检验。
- (3) 注浆前应对已成孔的中心位置、孔深、孔径、倾斜度、孔底沉渣厚度进行检验。
- (4) 应对钢管安放的实际位置等进行检查,并填写相应质量检测、检查记录。

4) 施工后检验

- (1) 施工结束后应检查成桩桩位偏差。
- (2) 施工结束后应检查水泥砂浆强度,并应做桩体质量及承载力的检验。

5) 钢管桩的质量检验标准应符合表503-13的规定。

表 503-13 钢管桩质量检验标准表

项目	检查项目	允许偏差或允许值	
		单位	数值
主控项目	孔的中心位置	mm	50
	孔深	mm	300
	桩体质量检验	按基桩检测技术规范	
	水泥砂浆强度	设计要求	

	承载力	按基桩检测技术规范	
	倾斜度	%	<1
	桩径	mm	≥设计桩径
一般项目	沉渣厚度	mm	≤50
	坍落度	mm	70~100
	钢管安装深度	mm	±100
	水泥砂浆充盈系数	>1	
	桩顶标高	mm	+30、-50

6) 检测方法和数量应符合《建筑地基基础工程施工质量验收标准》(GB 50202-2018)、《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106-2014)和《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-2008)中相关要求。一般选有代表性的桩用无破损法进行检测,重要部位的桩应逐根进行检测,设计有规定时或对桩的质量有疑问时,应采用钻取芯样法对桩进行检测,对柱桩并应钻到桩底0.5m以下。

7) 当检测后,桩身质量不符合要求时,应研究处理方案,报监理单位处理。

第504节 衬砌注浆加固

504.01 范围

本节工作内容包括洞身衬砌结构后方空洞的处治,包含钻孔、注浆等相关作业。

504.02 材料

1.根据注浆目的、地质条件和环境水的侵蚀作用等因素确定。可采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐或复合硅酸盐水泥等。当有抗侵蚀或其他要求时,应使用特种水泥。使用矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥灌浆时浆液水灰比不宜大于1,水泥强度等级不低于42.5。

2.在特殊地质条件下或有特殊要求时,根据需要通过现场灌浆试验论证,可使用下列类型浆液:

- 1) 细水泥浆液,包括干磨细水泥浆液、湿磨细水泥浆液,超细水泥浆液。
- 2) 水泥基混合浆液,即加入掺合料的水泥浆液,包括黏土水泥浆、粉煤灰水泥浆、水泥砂浆等。
- 3) 稳定浆液,即掺有稳定剂,2h析水率不大于5%的水泥浆液。
- 4) 膏状浆液,即以水泥、黏土(膨润土)为主要材料的初始塑性屈服强度大于50Pa的混合浆液。
- 5) 其他浆液。

3.覆盖层灌浆材料应根据地层的组成、透水性、地下水流速、灌浆材料来源和

灌浆目的等条件，通过室内浆材试验和现场灌浆试验确定，可使用下列类型浆液：

1) 水泥基浆液，包括普通水泥浆、细水泥浆、黏土（膨润土）水泥浆、粉煤灰水泥浆、矿渣粉水泥浆、水泥砂浆，水玻璃水泥浆等。

2) 黏土浆、膨润土浆，或掺入了胶凝材料的黏土浆、膨润土浆。

3) 其他浆液。

4.根据注浆工程需要，掺入浆液的材料应满足以下要求。

1) 黏土或黏性土的塑性指数不宜小于14，黏粒（粒径小于0.005mm）含量不宜少于25%，含砂量不宜大于5%，有机物含量不宜大于3%。

2) 膨润土，品质指标应符合GB/T5005钻井液材料规范的规定。

3) 粉煤灰，根据工程需要可使用F类和C类的I级或级粉煤灰，其品质指标应符合GB/T1596用于水泥和混凝土中的粉煤灰的规定。

4) 砂，质地坚硬的天然砂或人工砂，以细砂、中砂为宜。

5) 在浆液中加入的其他掺和料，应通过室内试验或现场试验确定。

5.根据注浆工程需要，可在水泥浆液中加入下列外加剂，外加剂的品质应符合GB50119对掺入水工混凝土或砂浆中的外加剂的有关规定：

1) 速凝剂，水玻璃、氯化钙、硫酸钠等，或使用硫铝酸盐水泥。

2) 减水剂，木质素磺酸盐类普通减水剂、萘系高效减水剂、聚羧酸系高性能减水剂等。

3) 稳定剂，膨润土及其他高塑性黏土等。

4) 其他外加剂。

504.03. 一般规定

1.项目所有隐蔽工程的工程量（主要包括注浆、锚固、中央水沟开挖等），应保存施工记录、照片或音像资料备查。经监理工程师现场验收确认后再计量。

2.承包方应作好前期施工准备，包括人员、机械、建筑材料等应准备充足，并作好施工组织和统筹安排，尽量缩短工期。施工期应尽量避免节假日高峰。

3.施工时，若既有道路不能断道，故施工前应制定详细的施工方案及保通方案，经审批通过后方可实施。

4.承包人应在衬砌施工之前至少14d，提出空洞注浆的施工方案，报请监理人批准。

5.在注浆之前，应将浇筑处的地基表面的积水、泥浆、岩屑、油污、有害的附着物和松散物、半松散的或风化的岩块等清除掉。

6.不论什么原因造成对已有混凝土结构损坏、裂缝或其他缺陷，均应按规范要求清除或修补。

7.施工前承包方应对设计文件中病害情况与现场实际病害情况进行核对，不一致时应及时提出。

8.灌浆孔在素混凝土衬砌中宜采用直接钻设的方法；在钢筋混凝土衬砌中应采用从预埋导向管中钻孔的方法。钻孔孔径不宜小于38mm，孔深应钻透混凝土背后的空腔或进入围岩10cm，并应测记混凝土厚度和混凝土与围岩之间的空腔尺寸。

9.灌浆施工开始前，应在现场进行灌浆试验以确定施工技术参数。

10.注浆过程中应严密观察衬砌状况，若发现衬砌有异常变形，则应立即停止注浆，并加强临时支护，以确保衬砌安全。

11.灌浆施工的劳动安全保护和环境保护，应遵循国家及行业相关标准的规定。

12.水泥灌浆施工应在通风条件良好的环境下进行。在隧道内灌浆作业时，应布置鼓风、排风设备，作业人员应在上风处进行操作。

13.水泥灌浆过程中产生的弃浆、废浆及废水不得随意排放，应集中储存。待灌浆结束后，对弃浆、废浆进行处理，对废弃的包装袋、罐（桶）、废水按照相关规定进行处理。

504.04 施工要求

1.施工工序：钻孔→埋设注浆管→注浆施工→施工质量检验。

2.当注浆压力达到设计终压并稳定5min以上，相邻孔出现串浆时，即可结束本孔注浆。

3.施工前应先进行注浆实验，并根据实验结果调整注浆参数；

4.注浆顺序宜沿线路上坡方向由低到高、由周边到中间进行，注浆过刻观察注浆压力和流量的变化；

5.施工前应先对钻孔进行编号，钻孔及注浆过程中应对钻孔、注浆压力、注浆量等进行详细记录，根据钻孔情况确定注浆钢管长度；

6.注浆过程中应严密观察衬砌状况，若发现衬砌有异常变形，则应立即停止注浆，并加强临时支护，以确保衬砌安全；

7.施工过程中应做到随钻随注以免跑浆。

8.根据记录分析判断注浆效果，必要时，待注浆达到设计强度后，钻检查孔进行注浆效果检查，注浆不密实或仍有空洞者应补钻注浆孔，以确保衬砌背后空洞充填密实。

9.注浆管的端头部位采用丝扣连接 $\phi 42$ 钢管，待注浆结束后，拧掉该段注浆管，用M30早强自膨胀防水水泥砂浆封闭该注浆端头空洞，以保证注浆孔与周边衬砌混凝土表面平整。

10.注浆工程量的实际发生量应根据现场拱背空洞情况，经监理同意后确定。

504.05 质量检验

1.对于需要进场检验的材料，应按《地下工程渗漏治理技术规程》（JGJ/T 212-2010）附录C的规定进行现场抽样复验，材料的性能应符合地下工程渗漏治理技术规程》（JGJ/T 212-2010）附录D的规定，并应提交检验合格报告。

2.隐蔽工程在隐蔽前应由施工方会同有关各方进行验收。

3.工程施工质量的验收，应在施工单位自行检查评定合格的基础上进行。

4.渗漏治理部位应全数检查。

5.工程质量验收应提供下列资料：

1) 调查报告、设计方案、图纸会审记录、设计变更、洽商记录单。

2) 施工方案及技术、安全交底。

3) 材料的产品合格证、质量检验报告。

4) 隐蔽工程验收记录。

5) 工程检验批质量验收记录。

6) 施工队伍的资质证书及主要操作人员的上岗证书。

7) 事故处理、技术总结报告等其他必需提供的资料。

6.材料性能应符合设计要求。

检验方法：检查出厂合格证、质量检测报告等。进场抽检复验的材料还应提交进场抽样复检合格报告。

7.浆液配合比应符合设计要求。

检验方法：检查计量措施或试验报告及隐蔽工程验收记录。

8.注浆孔的数量、钻孔间距、钻孔深度及角度应符合设计要求。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录。

9.注浆过程的压力控制和进浆量应符合设计要求。

检验方法：检查施工记录及隐蔽工程验收记录。

10.注浆效果应符合设计要求。

检验方法：观察检查或采用钻孔取芯等方法检查。

11.压力灌注法胶（浆）液固化时间达到7d时，应立即采用下列方法之一进行灌

注质量检验：

1) 超声波法

当采用超声波探测时，其测定的浆体饱满度不应小于90%。

检查数量：见证抽测裂缝总数的10%，且不少于5条裂缝。

检验方法：按有关超声法检测混凝土缺陷的规定执行。

2) 取芯法

随机钻取直径D不小于50mm的芯样进行检测。钻芯前应先通过探测避开钢筋；取芯点应位于裂缝中部。检查芯样裂缝是否被胶体填充密实、饱满，粘结完整。如有补强要求，还应对芯样做劈拉强度试验；试验结果应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的要求，钻芯后留下的孔洞应采用掺有石英砂的结构胶填塞密实。

检查数量：每一检验批同类构件见证抽查10%，且不少于3条裂缝；每条取芯样1个。

检验方法：观察、检查修补胶固化7d的抗劈拉试验记录。

3) 承水法：

以承水24h不渗漏为合格。

检查数量：按合同要求确定。

检验方法：观察，并检查承水试验报告。

12.水泥砂浆防水层的平均厚度应符合设计要求，最小厚度不得小于设计值的85%。

检验方法：观察和尺量检查。

13.渗漏治理效果应符合设计要求。

检验方法：观察检查。

14.治理部位不得有渗漏或积水现象，排水系统应畅通。

检验方法：观察检查。

第505节 基底注浆加固

505.01 范围

本节工作内容包括洞身路面结构下侧的处治，包含钻孔、注浆、封孔、检验等相关作业。

505.02 材料

1.注浆钢管

执行规范：《结构用无缝钢管》（GB/T 8162）、《低合金高强度结构钢》（GB/T 1591）。

φ42×4热轧无缝钢管，管身周围带φ8的溢浆小孔。

注浆材料：早强单液水泥浆，注浆压力0.5~1.0MPa。

2.注浆材料

1) 根据注浆目的、地质条件和环境水的侵蚀作用等因素确定。可采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐或复合硅酸盐水泥等。当有抗侵蚀或其他要求时，应使用特种水泥。使用矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥灌浆时浆液水灰比不宜大于1，水泥强度等级不低于42.5。

2) 在特殊地质条件下或有特殊要求时，根据需要现场通过现场灌浆试验论证，可使用下列类型浆液：

(1) 细水泥浆液，包括干磨细水泥浆液、湿磨细水泥浆液，超细水泥浆液。

(2) 水泥基混合浆液，即加入掺合料的水泥浆液，包括黏土水泥浆、粉煤灰水泥浆、水泥砂浆等。

(3) 稳定浆液，即掺有稳定剂，2h析水率不大于5%的水泥浆液。

(4) 膏状浆液，即以水泥、黏土（膨润土）为主要材料的初始塑性屈服强度大于50Pa的混合浆液。

(5) 其他浆液。

3) 覆盖层灌浆材料应根据地层的组成、透水性、地下水流速、灌浆材料来源和灌浆目的等条件，通过室内浆材试验和现场灌浆试验确定，可使用下列类型浆液：

(1) 水泥基浆液，包括普通水泥浆、细水泥浆、黏土（膨润土）水泥浆、粉煤灰水泥浆、矿渣粉水泥浆、水泥砂浆，水玻璃水泥浆等。

(2) 黏土浆、膨润土浆，或掺入了胶凝材料的黏土浆、膨润土浆。

(3) 其他浆液。

4) 根据注浆工程需要，掺入浆液的材料应满足以下要求。

(1) 黏土或黏性土的塑性指数不宜小于14，黏粒（粒径小于0.005mm）含量不宜少于25%，含砂量不宜大于5%，有机物含量不宜大于3%。

(2) 膨润土，品质指标应符合GB/T5005钻井液材料规范的规定。

(3) 粉煤灰，根据工程需要可使用F类和C类的I级或级粉煤灰，其品质指标应

符合GB/T1596用于水泥和混凝土中的粉煤灰的规定。

(4) 砂，质地坚硬的天然砂或人工砂，以细砂、中砂为宜。

(5) 在浆液中加入的其他掺和料，应通过室内试验或现场试验确定。

5) 根据注浆工程需要，可在水泥浆液中加入下列外加剂，外加剂的品质应符合GB50119对掺入水工混凝土或砂浆中的外加剂的有关规定：

(1) 速凝剂，水玻璃、氯化钙、硫酸钠等，或使用硫铝酸盐水泥。

(2) 减水剂，木质素磺酸盐类普通减水剂、萘系高效减水剂、聚羧酸系高性能减水剂等。

(3) 稳定剂，膨润土及其他高塑性黏土等。

(4) 其他外加剂。

505.03 一般规定

1.项目所有隐蔽工程的工程量（主要包括注浆、锚固、中央水沟开挖等），应保存施工记录、照片或音像资料备查。经监理工程师现场验收确认后再计量。

2.承包方应作好前期施工准备，包括人员、机械、建筑材料等应准备充足，并作好施工组织和统筹安排，尽量缩短工期。施工期应尽量避免节假日高峰。

3.施工时，若既有道路不能断道，故施工前应制定详细的施工方案及保通方案，经审批通过后方可实施。

4.承包人应在衬砌施工之前至少14d，提出基底注浆的施工方案，报请监理人批准。

5.在注浆之前，应将浇筑处的地基表面的积水、泥浆、岩屑、油污、有害的附着物和松散物、半松散的或风化的岩块等清除掉。

6.不论什么原因造成对已有混凝土结构损坏、裂缝或其他缺陷，均应按规范要求清除或修补。

7.施工前承包方应对设计文件中病害情况与现场实际病害情况进行核对，不一致时应及时提出。

8.易变形（抬动部位）应安设变形监测装置，在灌浆施工全过程中进行实时监控、连续观测并记录，变形值不得超过设计规定。

9.灌浆施工开始前，应在现场进行灌浆试验以确定施工技术参数。

10.注浆过程中应严密观察衬砌状况，若发现衬砌有异常变形，则应立即停止注浆，并加强临时支护，以确保衬砌安全。

11.灌浆施工的劳动安全保护和环境保护，应遵循国家及行业相关标准的规定。

12.水泥灌浆施工应在通风条件良好的环境下进行。在隧道内灌浆作业时，应布置鼓风、排风设备，作业人员应在上风处进行操作。

13.水泥灌浆过程中产生的弃浆、废浆及废水不得随意排放，应集中储存。待灌浆结束后，对弃浆、废浆进行处理，对废弃的包装袋、罐（桶）、废水按照相关规定进行处理。

505.04 施工工序

- 1.钻孔。
- 2.裂隙冲洗和压水试验。
- 3.灌浆。
- 4.封孔。
- 5.施工质量检验。

505.05 施工工艺

1.灌浆孔可采用风钻或其他类型的钻机钻进，孔位、孔向、孔径和孔深应满足设计要求。

2.灌浆孔在钻孔结束后，应使用水或压缩空气冲净孔内的岩粉、泥渣。

3.灌浆孔在灌浆前应使用压力水进行裂隙冲洗。冲洗时间不大于15min或至回水清净时止；冲洗水压力可为灌浆压力的80%，并不大于1MPa。地质条件复杂或有特殊要求时，是否需要冲洗以及如何冲洗，应通过现场试验确定。

4.可在各序孔中选取约5%的灌浆孔进行灌前简易压水试验。简易压水试验可结合裂隙冲洗进行。

5.灌浆应采用纯压式灌浆法，按环间分序、环内加密的原则进行。IV、V级围岩环间宜分为二序或三序，II、III级围岩环间可不分序。

6.固结灌浆宜采用单孔灌浆的方法，但在注入量较小地段，同一环同一序上的灌浆孔可并联灌浆。并联灌浆的孔数不宜多于3个，孔位宜保持对称。

7.灌浆方法可选用全孔一次灌浆法；当地质条件不良或有特殊要求时，可分段灌浆。

8.固结灌浆的压力，一般隧洞可为0.5M~2.0MPa；高水头压力隧洞的灌浆压力应根据工程要求和围岩地质条件，经灌浆试验确定。

9.水泥灌浆结束条件：当灌浆段在最大设计压力下，注入率不大于1L/min后，继续灌注30min，即可结束灌浆。

10.灌浆孔灌浆结束后，应排除钻孔内的积水和污物，采用全孔灌浆法或导管注

浆法封孔。

11.应安设隧道结构变形监测装置，进行衬砌和路面监测和记录。

505.06 质量检验

1.对于需要进场检验的材料，应按《地下工程渗漏治理技术规程》（JGJ/T 212-2010）附录C的规定进行现场抽样复验，材料的性能应符合地下工程渗漏治理技术规程》（JGJ/T 212-2010）附录D的规定，并应提交检验合格报告。

2.隐蔽工程在隐蔽前应由施工方会同有关各方进行验收。

3.工程施工质量的验收，应在施工单位自行检查评定合格的基础上进行。

4.渗漏治理部位应全数检查。

5.工程质量验收应提供下列资料：

- 1) 调查报告、设计方案、图纸会审记录、设计变更、洽商记录单。
- 2) 施工方案及技术、安全交底。
- 3) 材料的产品合格证、质量检验报告。
- 4) 隐蔽工程验收记录。
- 5) 工程检验批质量验收记录。
- 6) 施工队伍的资质证书及主要操作人员的上岗证书。
- 7) 事故处理、技术总结报告等其他必需提供的资料。

6.材料性能应符合设计要求。

检验方法：检查出厂合格证、质量检测报告等。进场抽检复验的材料还应提交进场抽样复检合格报告。

7.浆液配合比应符合设计要求。

检验方法：检查计量措施或试验报告及隐蔽工程验收记录。

8.注浆孔的数量、钻孔间距、钻孔深度及角度应符合设计要求。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录。

9.注浆过程的压力控制和进浆量应符合设计要求。

检验方法：检查施工记录及隐蔽工程验收记录。

10.注浆效果应符合设计要求。

检验方法：观察检查或采用钻孔取芯等方法检查。

11.压力灌注法胶（浆）液固化时间达到7d时，应立即采用下列方法之一进行灌注质量检验：

- 1) 超声波法

当采用超声波探测时，其测定的浆体饱满度不应小于90%。

检查数量：见证抽测裂缝总数的10%，且不少于5条裂缝。

检验方法：按有关超声法检测混凝土缺陷的规定执行。

2) 取芯法

随机钻取直径D不小于50mm的芯样进行检测。钻芯前应先通过探测避开钢筋；取芯点应位于裂缝中部。检查芯样裂缝是否被胶体填充密实、饱满，粘结完整。如有补强要求，还应对芯样做劈拉强度试验；试验结果应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的要求，钻芯后留下的孔洞应采用掺有石英砂的结构胶填塞密实。

检查数量：每一检验批同类构件见证抽查10%，且不少于3条裂缝；每条取芯样1个。

检验方法：观察、检查修补胶固化7d的抗劈拉试验记录。

3) 承水法:

以承水24h不渗漏为合格。

检查数量：按合同要求确定。

检验方法：观察，并检查承水试验报告。

12.水泥砂浆防水层的平均厚度应符合设计要求，最小厚度不得小于设计值的85%。

检验方法：观察和尺量检查。

13.渗漏治理效果应符合设计要求。

检验方法：观察检查。

14.治理部位不得有渗漏或积水现象，排水系统应畅通。

检验方法：观察检查。

第506节 套衬加固

506.01 范围

本节工作内容包括原隧道支护体系内部设置的套衬，包含与套衬相关的现浇混凝土、喷射混凝土、钢架、格栅、锁脚等相关工程。

506.02 一般规定

1.项目所有隐蔽工程的工程量（主要包括注浆、锚固、中央水沟开挖等），应保存施工记录、照片或音像资料备查。经监理工程师现场验收确认后再计量。

2.承包方应作好前期施工准备，包括人员、机械、建筑材料等应准备充足，并作好施工组织和统筹安排，尽量缩短工期。施工期应尽量避免节假日高峰。

3.施工时，若既有道路不能断道，故施工前应制定详细的施工方案及保通方案，经审批通过后方可实施。

4.地下水具有侵蚀性的地段，根据工地水样化验结果，必须针对侵蚀类型，采用不同类型的抗侵蚀性混凝土。

5.在施作套衬混凝土之前，应将浇筑处表面的积水、泥浆、岩屑、油污、有害的附着物和松散物、半松散的或风化的岩块等清除掉。

6.不论什么原因造成对已有混凝土结构损坏、裂缝或其他缺陷，均应按规范要求清除或修补。

7.施工前承包方应对设计文件中病害情况与现场实际病害情况进行核对，不一致时应及时提出。

506.03 套衬构件

1.喷射混凝土套衬

1) 一般要求

(1) 在喷射混凝土施工前28d，承包人应提交喷射混凝土的施工方案，包括喷射方式、机具设备、操作方法、混合料配合比及外加剂等，并附简要说明，报请监理人批准。

(2) 在每一开挖面施工现场，承包人应始终最少拥有一台可正常操作的喷浆机组，在使用前应经检查并批准。承包人还应有备用设备，当出现故障时，能立即投入使用。

(3) 喷射混凝土前，应埋设标志或利用锚杆外露长度以控制喷射混凝土的厚度。

(4) 喷射作业区的气温不应低于+5℃；混合料进入喷射机的温度不应低于+5℃。

2) 材料、设备

(1) 喷射混凝土采用的原材料及细集料与粗集料的级配应符合《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》（GB50086-2015）的规定。

(2) 承包人应定期检查料堆中集料的含水率。

(3) 早强剂和速凝剂：凡喷射混凝土拟用于堵塞漏水灌浆，或要求支撑加固尽快达到强度值，可掺加早强剂于混合料中。为使喷射混凝土在喷射后达到速凝，

可掺加速凝剂于混合料中。速凝效果要求初凝时间不大于5min，终凝时间不大于10min。该外加剂对所用水泥的适应性和其他因素均应在施工前通过试验室试验，并经监理人的认可。

(4) 喷射混凝土加筋，非镀锌焊接钢筋网应符合《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB50086-2015) 规范的规定。

(5) 喷射钢纤维混凝土所用钢纤维其质量及技术要求应符合图纸要求，并应符合《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB50086-2015) 及《纤维混凝土结构技术规程》(CECS38:2004) 的有关规定。

(6) 喷射混凝土的用水应采用清洁的饮用水，pH值不小于4，硫酸盐含量(以SO₄²⁻计)不超过1%的清水(按质量计)。在喷射混凝土的用水中，含有的有机物和无机物应以不损害混凝土的质量为准。

(7) 喷射设备应能连续均匀混料并喷射。混料设备应严格密封，以防外来物质侵入。在混合料中添加钢纤维时，宜采用钢纤维播料机。

(8) 空压机应适用于所选用的喷射设备，并具有足够的气压和流率，且应保持连续优质作业。喷嘴水压必须高于压缩空气的压力。施工中必须保持连续供水。

(9) 喷射混凝土的物理力学性能见表506-1。

表 506-1 喷射混凝土的物理力学性能

混凝土强度等级	C20(20MPa)	抗拉强度 (MPa)	1.1	
密度 (kg/m ³)	2200	弹性模量 (MPa)	2.1×10 ⁴	
1d龄期抗压强度 (MPa)	≥5	与围岩黏结强度 (MPa)	I、II级围岩	≥0.8
弯曲抗压强度 (MPa)	11		III级围岩	≥0.5

3) 配合料设计与施工前的试验

施工前试验应按《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB50086-2015) 的规定进行。标准试块按《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB50086-2015) 附录F及《公路隧道施工技术规范》(JTG/T3660-2020)、《公路隧道施工技术规范》(JTG/T3660-2020) 制作并进行各种龄期的抗压强度试验。喷射混凝土与围岩的黏结强度试验宜在现场按《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB50086-2015) 及《公路隧道施工技术规范》(JTG/T3660-2020) 的规定进行。

承包人应于施工前至少28d，在监理人在场的情况下，为每种不同材料和配合比的喷射混凝土最少制作3块试验板，并进行养护。经各种龄期养护后的试验板按规定加工成立方体试块，送交监理人检查认可后，即进行各龄期的抗压强度试验。

4) 技术报表

试验室要对下列各项内容提出书面证明和说明，并提交监理人认可。

- (1) 试验人员的资格经历证明。
- (2) 对材料的储存、运输，用料的混合与拌和及设备的放置提出建议意见的说明。
- (3) 使用水泥和集料的来源。
- (4) 提供试验室认可并获批准的试验成果的复制件，说明建议使用的材料满足规范规定要求的情况。
- (5) 建议的设计混合料和强度测试的成果。
- (6) 建议的外加剂与水泥的适应性试验成果。
- (7) 由于现场温度、湿度、养护条件及强度要求的原因，需要提出现场调整的建议意见。

5) 混凝土喷射基面的清理

- (1) 按监理人的要求全面清理待喷射的基面，用喷水或喷气法清除所有松动岩石，并使岩面保持一定湿度。
- (2) 对破损岩面，应清除所有暴露的破损岩石。在破损岩面范围内提供并安装附加的岩石加固钢筋或钢支撑
- (3) 在已有混凝土面上进行喷射时，应清除剥离部分，以保证新老混凝土之间具有良好的黏结强度。

6) 作业要求

- (1) 隧道开挖后应立即对岩面喷射混凝土，以防岩体发生松弛。
- (2) 按施工前试验所取得的方法与条件进行喷射混凝土作业，在喷射混凝土达到初凝后方可喷射下一层。首次喷射混凝土厚度应不少于50mm，另有批准或按图纸所示者除外。
- (3) 喷射作业应分段、分片依次进行，喷射顺序应自下而上进行，每段长度不宜超过6m。
- (4) 喷射混凝土作业需紧跟开挖面时，下次爆破距喷射混凝土作业完成时间的间隔不得小于4h。
- (5) 图纸上所示喷射混凝土的厚度应分层喷射，喷射混凝土厚度应用批准的方式测定。在隧道全长内每隔10~20m至少要取一处试件，从拱中心向两侧边墙每2m取样用以确定强度是否符合要求，取样时要注意不要在有水的部位取样。
- (6) 喷射混凝土的回弹物不得重复利用，所有的回弹混凝土应从工作面清除。

(7) 喷嘴应与受喷面保持垂直，同时与受喷面保持一定的距离，一般为0.6~1.0m。

(8) 当受喷面有水时，先清除岩层表面之水，混凝土中可根据试验结果增添外加剂。

(9) 开挖断面周边有金属杆件和钢支撑时，应保证将其背面喷射填满，粘结良好。

(10) 新喷射的混凝土应按规定洒水养护。

(11) 工程验收前，喷射混凝土如有气孔、缺陷或损伤等均应修复完好，该项费用由承包人自负。

(12) 应按照本章第507.03小节的防尘要求，确保洞内清新的工作环境，减轻喷射混凝土作业中造成的粉尘影响；加强通风设施；采用集尘机捕捉粉尘。

(13) 喷射钢纤维混凝土的施工作业，尚应符合下述规定：

A. 水泥的强度等级不应低于32.5，混凝土强度等级不低于C20，粗集料最大粒径不得大于15mm。

B. 添加速凝剂时，其掺量应通过试验确定。

C. 钢纤维的抗拉强度不得低于380MPa；直径0.3~0.5mm；长度20~25mm，且不得大于25mm；掺入量为混凝土混合料质量的3%~6%。

D. 混合料搅拌时，应采用钢纤维播料机均匀撒入混合料中，搅拌好的混合料中钢纤维应分布均匀，不得结团，搅拌时间不宜小于3min。

E. 干混合料宜随拌随用，无速凝剂掺入的混合料，存放时间不应超过2h；干混合料掺速凝剂后，存放时间不得超过20min。

F. 在受喷围岩明显凹凸不平处，应先用喷射混凝土填平补齐，而后再喷射钢纤维混凝土。填补混凝土的强度等级不应低于钢纤维混凝土的等级。

G. 在喷射钢纤维混凝土表面，应再喷敷厚度为10mm的水泥砂浆。水泥砂浆的强度等级不应低于钢纤维混凝土的等级。

7) 施工质量管理

(1) 材料质量检验工作应连续进行，以保证产品满足规范要求，非规定的和非批准的材料不得使用。

(2) 对已喷射的混凝土，应按《公路隧道施工技术规范》(JTG/T3660-2020)中第7.4节及《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB50086-2015)的规定取样，做抗压强度试验。若混凝土试件的试验结果未能达到设计强度、未满足规

范要求时，应研究未能达到要求的原因，并向监理人提出报告，同时采取补救措施。

(3) 在已喷射的混凝土表面上，不允许混凝土开裂、漏水，也不允许钢筋、锚杆外露和混凝土侵占隧道净空，如有上述情况发生，应按监理人指示采取补救措施。

(4) 承包人应配备质量管理工程师，负责喷射混凝土的测试、制作、操作及验收证明，在喷射混凝土作业过程中应与监理人取得密切联系，要自始至终强调遵守操作的工艺要求，执行规范的规定，确保喷射混凝土的制作和良好的喷射质量。

8) 施工安全

(1) 施工前，应认真检查和处理喷射混凝土支护作业区的危石，施工机具应布置在安全地带。

(2) 锚喷支护必须紧跟开挖工作面，应先喷后锚，喷射作业应有人随时观察围岩变化情况。

(3) 喷射机、水箱、风包、注浆机应经密封性能和耐压试验，合格后方可使用。

(4) 施工中，应定期检查电源线路和设备的电器部件，确保用电安全；应经常检查输料管和管路接头有无磨薄、击穿或松脱现象，发现问题应及时处理。

(5) 喷射作业中发生堵管时，应将输料管顺直，必须紧按喷头，疏通管路的工作风压不得超过0.4MPa。

(6) 处理机械故障时，必须使设备断电、停风。向施工设备送电、送风前，应通知有关人员。

(7) 喷射作业中，非操作人员不得进入正进行施工的作业区，喷头前方严禁站人。

(8) 喷射混凝土的操作人员必须穿戴安全防护用品。

2. 现浇混凝土套衬

1) 拱圈施工应符合下列要求：

(1) 拱圈环长度应根据围岩情况和施工方法及机具设备能力等确定。

(2) 浇筑顺序应从两侧拱脚向拱顶对称进行，间歇及封顶的层面应成辐射状。

(3) 分段施工的拱圈合拢，宜选在围岩较好处。

(4) 先拱后墙施工的拱圈，浇筑前应将拱脚支承面找平。石质隧道支承面可以碎石垫平，上铺20~30mm砂子，用水洒湿。土质隧道宜横铺一层50mm厚木板。拱脚以下超挖较多时，应用浆砌片石砌筑至起拱线高程，不得用石渣回填。

2) 浇筑防水混凝土时，应根据图纸规定的级别和抗渗要求，通过试验配制报监理人批准。

3) 浇筑混凝土前，应检查原结构断面尺寸。套衬混凝土的浇筑方法和程序，应经监理人批准。

4) 采用移动式混凝土泵或其他获准的机具连续浇筑时，一次浇筑段长度不应超过30m，并应防止混凝土离析。当混凝土面超过拱顶时，泵管出口应埋设在混凝土面以下，保证拱顶所有空间能填满、填实。

5) 套衬内不允许存在水平接缝和倾斜接缝。倘浇筑混凝土因故中断，则在继续浇筑新混凝土前，应先凿除已硬化的前层混凝土表面上的松软层和水泥砂浆薄膜，并将表面凿毛，用压力水冲洗干净。

6) 边墙施工应符合下列要求：

(1) 基底虚渣、污物和基坑内积水必须排除干净，严禁向有积水的基坑内倾倒混凝土干拌和物。

(2) 边墙基础的埋置深度应符合图纸规定，扩大基础的扩大部分及仰拱的拱座应结合边墙施工一次完成。

7) 拱圈封顶应随拱圈的浇筑及时进行。墙顶封口应留70~100mm在完成边墙24h后进行。封口前必须将拱脚的浮渣清除干净。封顶、封口的混凝土应适当降低水灰比，并认真捣固密实。

8) 洞内出露的地下水，经化验确认具有侵蚀性时，应针对不同侵蚀类型采取相应的抗侵蚀性混凝土，同时在施工中应提高混凝土的密实性。判定环境水对混凝土侵蚀类型和侵蚀程度，通过试验后确定。

9) 衬砌浇筑10~20h后应进行养护，一般连续养护7~14d。寒冷和严寒地区，应做好衬砌的防寒保温措施。

10) 隧道拱、墙背后空隙必须回填密实，并按下列要求与衬砌同时施工：

(1) 先拱后墙法施工时，拱脚以上1m范围内的超挖，应用与拱圈相同材料一次灌注。

(2) 边墙基底以上1m范围内的超挖，应用与边墙相同材料一次灌注。

(3) 其余部位，超挖在允许范围内，应采用与衬砌相同材料灌注；超挖大于规定时，可用片石混凝土或浆砌片石回填密实（但初期支护必须与围岩密贴）。当围岩稳定、干燥无水时，可先用干砌片石回填，再在衬砌背后压浆。

3. 钢架支护

1) 钢架支护的设计与制造应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205-2020 (GB 50205-2020) 的要求。钢架支护的钢材, 应按施工图中标明的采用。在隧道开挖中, 各部分安装支护的方法(包括支护的间距), 应取得监理人的批准。

2) 钢架支护应准确就位, 并经常维护。当监理人发现钢架支护安装不当, 并提请承包人注意后的48h内, 应由承包人进行调整。由于钢架支护超过规定的容许偏差或其他任何原因造成损坏, 其费用由承包人自理。

4.锁脚锚杆

1) 承包人必须按照图纸或监理人指示, 在图纸标明处或批准部位提供和安装注浆或不注浆的锚杆。

2) 注浆锚杆使用在所有需永久支护的部位, 注浆使用的浆液应是水泥浆、水泥砂浆或其他批准的材料。不注浆锚杆使用在所有临时支护的部位。

3) 锚杆的钻孔及其安装方法应经监理人批准。锚杆钻孔应圆而直, 孔口岩面应整平, 钻孔应与岩面垂直。预应力锚杆则应在孔中锚定锚杆后, 将锚杆拉伸至规定的轴向荷载。

4) 每根锚杆的抗拔力不得低于图纸规定, 并不应低于50kN, 每300根锚杆必须抽样一组进行抗拔力试验, 每组不少于3根; 并应符合《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB50086-2015) 及《公路隧道施工技术规范》(JTG/T3660-2020) 的规定。

5) 承包人在工地应备有充足的锚杆和附件的备用件, 准备随时使用, 以免待料贻误工作。

6) 需注浆的钻孔应按监理人批准的方法和材料, 全部用浆液充填。浆液配合所使用的外加剂、拌和方法、注浆压力、设备和注浆方法, 都应经监理人批准。一般注浆压力为0.5~1.0MPa, 终压2.0~2.5MPa。

506.04 施工要求

1.施工工序:

- 1) 测量定位;
- 2) 原混凝土表面装饰灯凿除并进行表面凿毛;
- 3) 原混凝土表面施作铆钉等锚固结构;
- 4) 架设钢架及施作锁脚锚杆;
- 5) 浇筑或喷射混凝土形成套拱。

2.主要施工工艺及要求:

- 1) 套衬锁脚锚杆应与套衬钢筋焊接牢固。
- 2) 主筋、辅助钢筋、角钢、连接钢板间的连接均采用焊接，焊缝等级为二级。
- 3) 钢架或格栅单元间的连接采用螺栓连接。
- 4) 钢架或格栅间设纵向连接钢筋，其环向间距为1.0m（内外侧交错布置），钢架与纵向连接钢筋间的连接采用焊接，焊缝等级为二级。
- 5) 套衬采用喷射混凝土

喷射混凝土采用湿喷法施工，以降低粉尘和保证喷射混凝土质量。喷射混凝土前，水泥、微硅粉应先拌和均匀，然后再加入其它拌料拌和，此外拌和机具必须采用强制式搅拌机。喷射混凝土施工工艺应严格按照隧道相关施工规范执行；砼在喷射完成后，必须立即开始潮湿养护，并且时间不得低于7天。喷射混凝土形成加固套衬。喷射混凝土必须严格按相关施工规范操作，同时应加强喷射混凝土的洒水养护。

- 6) 套衬采用现浇混凝土

浇筑混凝土应尽可能直接入仓，自由跌落(垂直地或倾斜地)距离不应大于1.2m，严禁采用导致集料分离的方式浇筑混凝土。若混凝土浇筑中断时，承包人应在初凝以前将接缝处的混凝土振实，并使缝面具有合理、均匀稳定的坡度。凡是未振实又超过该水泥初凝时间的混凝土，应由承包人加以清除。

506.05 质量检验

1.喷射混凝土套拱

1) 基本要求

(1) 开挖断面质量、超欠挖处理、围岩表面渗漏水处理应符合施工技术规范规定，受喷岩面应清洁。

(2) 喷射混凝土支护应与围岩紧密黏接，结合牢固，不得有空洞。喷层内不应存在片石和木板等杂物。严禁挂模喷射混凝土。

(3) 钢架与围岩之间的间隙应采用喷射混凝土充填密实。

(4) 喷射混凝土表面平整度应符合施工技术规范规定。

2) 检查项目

喷射混凝土检查项目见表506-2。

表 506-2 喷射混凝土检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	喷射混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTGF80/1-2017 附录 E 检查
2	喷层厚度 (mm)	平均厚度≥设计厚度；60%的	凿孔法：每 10m 检查 1 个断面，每

		检查点的厚度≥设计厚度；最小厚度≥0.6 设计厚度	一个断面从拱顶中线起每 3m 测 1 点或按 JTGF80/1-2017 附录 R 检查；沿隧道纵向分别在拱顶、两侧拱腰、两侧边墙连续测试共 5 条测线，每 10m 检查 1 个断面，每个断面测 5 点
3	喷层与围岩接触状况	无空洞，无杂物	

3) 外观质量

喷射混凝土表面应无漏喷、离鼓、钢筋网和钢架外露。

2. 现浇混凝土套拱

1) 基本要求

- (1) 衬砌施工前初期支护背部存在空洞、断面严重侵限时应及时处理。
- (2) 衬砌背后的空隙应回填注浆。

2) 检查项目

混凝土衬砌检查项目见表 506-3。

表 506-3 混凝土衬砌检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTGF80/1-2017 附录 D 检查
2	衬砌厚度 (mm)	90% 的检查点的厚度≥设计厚度，且最小厚度≥0.5 设计厚度	尺量：每 20m 检查 1 个断面，每个断面测 5 点按 JTGF80/1-2017 附录 R 检查；沿隧道纵向分别在拱顶、两侧拱腰、两侧边墙连续测试共 5 条测线，每 20m 检查 1 个断面，每个断面测 5 点
3	墙面平整度 (mm)	施工缝、变形缝处≤20 其他部位≤5	2m 直尺：每 20m 每侧连续检查 5 尺，每尺测最大间隙
4	衬砌背部密实状况	无空洞，无杂物	按 JTGF80/1-2017 附录 R 检查：沿隧道纵向分别在拱顶、两侧拱腰、两侧边墙连续测试共 5 条测线

3) 外观质量

- (1) 蜂窝麻面面积不得超过该面总面积的 0.5%，深度不得超过 10mm。
- (2) 隧道衬砌钢筋混凝土结构裂缝宽度不得超过 0.2mm，混凝土结构裂缝宽度不得超过 0.4mm。

3. 钢架

1) 基本要求

- (1) 钢架之间应采用纵向钢筋连接，安装基础应牢固。
- (2) 钢架安装基底标高不足时，不得用石块、碎石砌垫，应设置钢板或采用强度等级不小于 C20 混凝土垫块。
- (3) 钢架应紧靠初喷面。
- (4) 连接钢板与钢架应焊接牢固，焊缝饱满密实；钢架节段之间通过钢板应

用螺栓连接或焊接牢固。

2) 检查项目

钢架检查项目见表506-4。

表 506-4 钢架检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	榑数 (榑)	不少于设计值	目测或按 JTGF80/1-2017 附录 R 检查: 逐榑检查
2	间距 (mm)	±50	尺量或按 JTGF80/1-2017 附录 R 检查: 逐榑检查
3	喷射混凝土保护层厚度 (mm)	外侧保护层≥40 内侧保护层≥20	凿孔法: 每 20m 测 5 点
4	倾斜度 (°)	±2	铅锤法: 逐榑检查
5	拼装偏差 (mm)	±3	尺量: 逐榑检查
6	安装偏差 (mm)	横向	尺和水准仪: 逐榑检查
		竖向	
7	连接钢筋	数量 (根)	目测: 逐榑检查
		间距 (mm)	尺量: 逐榑检查, 每榑 3 处

注: 钢架临空一侧为内侧。

3) 外观质量

焊接应无假焊、漏焊, 基底应无虚渣及杂物。

4. 锚杆

1) 基本要求

(1) 锚杆长度应不小于设计长度, 锚杆插入孔内的长度不得短于设计长度的 95%。

(2) 砂浆锚杆和注浆锚杆的灌浆强度应不小于设计值和规范要求, 锚杆孔内灌浆密实饱满。

(3) 锁脚锚杆 (管) 的数量、长度、打入角度应满足设计要求。

2) 检查项目

锚杆检查项目见表506-5。

表 506-5 锚杆检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	数量 (根)	不少于设计值	目测: 现场逐根清点
2	锚杆拔力 (kN)	28d 拔力平均值≥设计值, 最小拔力≥0.9 设计值	拉拔仪: 抽查 1%, 且不少于 3 根
3	孔位 (mm)	±150	尺量: 抽查 10%
4	孔深 (mm)	±50	尺量: 抽查 10%
5	孔径 (mm)	≥锚杆杆体直径+15	尺量: 抽查 10%

3) 外观质量

锚杆垫板与岩面间应无间隙。

第507节 钢带加固

507.01 范围

本节工作内容包括原隧道二次衬砌结构内侧设置的钢带，包含钢带相关的二次衬砌界面清理、钢板加工、钻孔、安装、注胶等相关工作。

507.02 材料

1.钢带

- 1) 应采用Q345热轧钢材。
- 2) 钢材质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T700的规定。
- 3) 钢材的性能应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017的规定。
- 4) 不得使用无出厂合格证、无标志或未经进场检验的钢材。

5) 耐腐蚀性能

所有钢构件外露部分均采用热浸镀锌防锈处理，镀覆量和镀层厚度最小值应满足表507-1要求。

表 507-1 镀覆量和镀层厚度最小值

制件及其厚度/mm	局部值(min)		平均值(min)	
	镀覆量(g/m ²)	厚度/μm	镀覆量/(g/m ²)	厚度/μm
钢厚度≥6	505	70	610	85
螺纹件，直径≥20	325	45	395	55

热浸镀锌所用的锌为《锌锭》(GB/T471-2008)中规定的Zn99.995或Zn99.99牌号。

施工中应严格按照《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB50046-2008)、《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》(GB8923)、《金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》(GB/T13912-2002)及《钢结构工程施工质量验收规范》(GB50205-2001)的规定对钢材进行除锈处理和热镀锌防锈处理，保证结构的耐久性。

所有钢构件均应先加工制作，后热浸镀锌，严禁镀锌后再加工钢构件。

2.胶粘剂

- 1) 胶粘剂必须采用A级胶。
- 2) 粘贴钢板的胶粘剂必须采用专门配制的改性环氧树脂胶粘剂，其安全性检验指标必须符合和的规定。
- 3) 胶粘剂的钢-钢粘接抗剪性能必须经湿热老化检验合格，湿热老化检验应在

50℃温度和98%相对湿度的环境条件下按GB 50367规定的方法进行:老化时间不得少于90d。经湿热老化后的试件,应在常温条件下进行钢-钢拉伸抗剪试验,其强度降低的百分率(%)不得大于10%。

4) 胶粘剂必须通过毒性检验。对完全固化的胶粘剂,其检验结果应符合实际无毒卫生等级的要求。

5) 严禁使用乙二胺作改性环氧树脂固化剂;严禁掺加挥发性有害溶剂和非反应性稀释剂。

表 507-2 粘钢用胶粘剂安全性检验合格指标

性能项目		性能要求	试验方法标准
胶体性能	抗拉强度(MPa)	≥30	GB/T2568
	受拉弹性模量(MPa)	≥4.0×10 ³	
	伸长率(%)	≥1.3	
	抗弯强度(MPa)	≥45 且不得呈脆性(碎裂状)破坏	GB/T2570
	抗压强度(MPa)	≥65	GB/T2569
粘结能力	钢-钢拉伸抗剪强度标准值(MPa)	≥15	GB/T7124
	钢-钢不均匀扯离强度(kN/m)	≥16	GJB94
	钢-钢粘结抗拉强度(MPa)	≥33	GB/T5329
	与混凝土的正拉粘结强度(MPa)	≥max{2.5, f _{tk} }, 且为混凝土内聚破坏	GB50367
	不挥发物含量(固体含量)(%)	≥99	GB/T2793

表 507-3 粘钢用胶粘剂工艺性能要求

类别及其用途		混合后初黏度	在各季节试验温度下测定的适用期(min)		
		(mPa·s)	春秋用	夏用	冬用
			(23℃)	(30℃)	(10℃)
压注型粘钢结构胶	A 级	≤1000	≥40	≥30	40~210

507.03 一般规定

1.项目所有隐蔽工程的工程量(主要包括锚固、注胶等),应保存施工记录、照片或音像资料备查。经监理工程师现场验收确认后再计量。

2.承包方应作好前期施工准备,包括人员、机械、建筑材料等应准备充足,并作好施工组织和统筹安排,尽量缩短工期。施工期应尽量避免节假日高峰。

3.施工时,若既有道路不能断道,故施工前应制定详细的施工方案及保通方案,经审批通过后方可实施。

4.施工前承包方应对设计文件中病害情况与现场实际病害情况进行核对,不一致时应及时提出。

507.04 施工工序

- 1.清理、修整二次衬砌表面。
- 2.加工钢板及预钻孔。
- 3.界面处理。
- 4.钢带安装。
- 5.注胶施工。
- 6.施工质量检验。

507.05 施工工艺

1.清理、修整二次衬砌表面

1) 二次衬砌表面的清理、修整和支护主要包括下列内容:

- (1) 拆迁原结构上影响施工的管道和线路以及其他障碍。
- (2) 修整原结构、构件加固部位。
- (3) 搭设安全支撑及工作平台。

2) 修整原结构、构件加固部位时,应符合下列要求:

(1) 应清除原构件表面的尘土、浮浆、污垢、油渍、原有涂装、抹灰层或其他饰面层;对混凝土构件尚应剔除其风化、剥落、疏松、起砂、蜂窝、麻面、腐蚀等缺陷至露出骨料新面。当工程量不大时,可采用人工清理;当工程量很大或对界面处理的均匀性要求很高时,宜采用高压水射流进行清理。高压水射流的作业应按《建筑结构加固工程施工质量验收规范》(GB 50550-2010)附录C的规定执行。

(2) 应采用相容性良好的裂缝修补材料对原构件的裂缝进行修补;若原构件表面处于潮湿或渗水状态,修补前应先进行疏水、止水和干燥处理。

2.加工钢板及预钻孔

1) 加固用钢板的加工(包括切割、展平、矫正、制孔和边缘加工等),其施工过程控制和施工质量检验,应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的规定。

2) 按设计要求在施工面划出钻孔的位置,采用冲击钻钻孔(严禁使用气锤,防止混凝土出现局部疏散、开裂)。

3) 钻孔直径为12mm,钻孔深度为125mm,施工时可根据锚栓厂商提供的配套资料进行调整。

3.界面处理

1) 钢带与混凝土的粘合面经修整除去锈皮及氧化膜后,尚应进行糙化处理。

糙化可采用砂轮打磨、喷砂或高压水射流等技术，但糙化程度应以喷砂效果为准。钢带表面处理用的喷砂机，其工作压力应为0.45MPa；其所配的喷砂料应为通过80R筛孔，但通不过60R筛孔的筛余料。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。必要时，可采用按喷砂效果制成的样片进行粗糙度手感的比较。

2) 外粘钢板的构件，其原混凝土界面（粘合面）应打毛；打毛的质量应符合《建筑结构加固工程施工质量验收规范》（GB 50550-2010）第5.2.1条的要求，但在任何情况下均不应凿成沟槽。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。必要时，可采用按喷砂效果制成的样片进行粗糙度手感的比较。

3) 原构件混凝土界面（粘合面）经修整露出骨料新面后，尚应采用花锤、砂轮机或高压水射流进行打毛。其做法应符合下列要求：

(1) 花锤打毛：宜用1.5kg~2.5kg的尖头凿石花锤，在混凝土粘合面上凿出麻点，形成点深约3mm、点数为600点/m²~800点/m²的均匀分布；也可凿成点深4mm~5mm、间距约30mm的梅花形分布。

(2) 砂轮机或高压水射流打毛：应采用输出功率不小于340W的粗砂轮机或压力符合《建筑结构加固工程施工质量验收规范》（GB 50550-2010）附录C高压水射流技术应用规定要求的水射流，在混凝土粘合面上打出方向垂直于构件轴线、纹深为3mm~4mm、间距约50mm的横向纹路。

在完成上述加工后，应用钢丝刷等工具清除原构件混凝土表面松动的骨料、砂砾、浮渣和粉尘，并用清洁的压力水冲洗干净。

4) 外粘钢板部位的混凝土，其表层含水率不宜大于4%，且不应大于6%。

检查数量：每根构件不少于一处。

检验方法：含水率测定仪测定。

5) 在处理混凝土粘合面的同时，尚应由检测机构派员到现场做粘贴质量检验的预布点工作。布点前应按《建筑结构加固工程施工质量验收规范》（GB 50550-2010）附录U的取样规则随机抽取受检构件，然后在邻近受检构件加固部位处选择一个100mm×100mm见方的混凝土表面进行同条件的界面处理，以备在粘钢施工的同时，粘贴检验用的钢标准块。

检查数量：全数检查。

检验方法：由独立检测机构派员粘贴，并作好记录。

6) 钻孔前应先探明混凝土中原钢筋位置，并在画线定位时予以避让。若探测有困难，且已在钻孔过程中遇到钢筋的障碍，允许移位 $2d$ (d 为钻孔直径)重钻，但应用植筋胶将废孔填实。钻好的孔洞，应采用压缩空气吹净孔内及周边的粉尘、碎渣；若孔壁的混凝土含水率超限，宜采用电热棒吊入烘烤孔壁。

检查数量：全数检查。

检验方法：探测、观察、触摸、测量孔壁混凝土含水率。

7) 钢板粘贴前，应用工业丙酮擦拭钢板和混凝土的粘合面各一道。若结构胶粘剂产品使用说明书要求涂刷底胶，应按规定进行涂刷。

4.钢带安装

1) 外粘钢板的施工环境应符合下列要求：

(1) 现场的环境温度应符合胶粘剂产品使用说明书的规定。若未作具体规定，应按不低于 15°C 进行控制。

(2) 作业场地应无粉尘，且不受日晒、雨淋和化学介质污染。

2) 外粘钢板中心位置与设计中心线位置的线偏差不应大于 5mm ；长度负偏差不应大于 10mm 。

检查数量：全数检查。

检验方法：钢尺量测。

3) 固定钢板的锚栓，应采用胶粘型锚栓，不得采用膨胀锚栓。

4) 采用压力注胶法粘钢板前，应采用锚栓固定钢板。固定时，应加设钢垫片，使钢板与原构件表面之间留有 $(2.5\pm 0.5)\text{mm}$ 的畅通缝隙，以备压注胶液。

5) 外粘钢板的缝隙边缘，应在注胶前用密封胶封缝。封缝时，应保持钢板与原构件混凝土之间注胶通道的畅通。同时，尚应在设计规定的注胶位置(环距 $0.5\sim 1\text{m}$)钻孔，粘贴注胶嘴底座，并在适当部位布置排气孔。待封缝胶固化后，进行通气试压。若发现有漏气处，应重新封堵。

6) 钢板上的注胶孔、排气孔的位置与间距应符合施工技术方案或产品使用说明书的规定。当两者的规定值不一致时，应取较小间距。

5.注胶施工

1) 注胶(或注浆)设备及其配套装置在注胶施工前应按该产品标准规定的技术指标进行适用性检查和试运作安全检查，其检验结果应合格。

检查数量：每检验批一次。

检验方法：按产品标准出厂检验的规定执行。

2) 灌注用结构胶粘剂应经试配，并测定其初黏度；对结构构造复杂工程和夏期施工工程还应测定其适用期(可操作时间)。若初黏度超出《建筑结构加固工程施工质量验收规范》(GB 50550-2010)及产品使用说明书规定的上限，应查明其原因；若属胶粘剂的质量问题，应予以更换，不得勉强使用。对气温异常的夏期工程，若适用期达不到《建筑结构加固工程施工质量验收规范》(GB 50550-2010)表4.4.6的要求，应采取措施降低施工环境气温；对结构构造复杂工程，宜改用其他优质结构胶粘剂。

检查数量：同一批号胶粘剂不少于一次。

检验方法：按《建筑结构加固工程施工质量验收规范》(GB 50550-2010)表4.4.6规定的试验方法进行试配和检验。

3) 粘贴钢板专用的结构胶粘剂，其配制和使用应按产品使用说明书的规定进行。拌合胶粘剂时，应采用低速搅拌机充分搅拌。拌好的胶液色泽应均匀，无气泡，并应采取措施防止水、油、灰尘等杂质混入。严禁在室外和尘土飞扬的室内拌合胶液。胶液应在规定的时间内使用完毕。严禁使用超过规定适用期(可操作时间)的胶液。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，并对照产品使用说明书检查配制记录及施工记录。

4) 对加压注胶全过程应进行实时控制。压力应保持稳定，且应始终处于产品使用说明书规定的区间内。当排气孔冒出浆液时，应停止加压，并以环氧胶泥堵孔。然后再以较低压力维持10min，方可停止注胶。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查监控记录。

6.注胶施工结束后，应静置72h进行固化过程的养护。养护期间，被加固部位不得受到任何撞击和振动的影响。养护环境的气温应符合灌注材料产品使用说明书的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查养护记录。

7.注意事项

1) 施工及运营过程中应对本隧道采用钢带加固的区域进行应力应变的长期自

动监测，发现异常时应及时上报处理。

2) 钢带加固施工注意事项

(1) 钢带分段不宜过短，拱部钢带应在施工条件允许下尽可能整体施作。

(2) 由于隧道中有灯具和灯架的影响，钢带纵向间距可作适当调整，在衬砌厚度小于15cm的地段，钢带间距不得大于设计值，施工前应先作好测量和调查。调整间距仍不能避开灯座的，可在钢带边开一槽口（槽深不得大于10cm，槽宽能通过照明灯底座即可）通过照明灯底座。

3) 锚栓施工注意事项

(1) 施工时须佩戴手套、口罩、护目镜、安全帽等防护用品。若不慎将锚固剂弄到皮肤或衣物上，可用丙酮清洗并用大量清水冲洗，若不慎溅入眼睛，应立即就医。

(2) 本次钢带加固段衬砌最薄处仅厚3cm,打螺栓孔时，混凝土极易破损或开裂，因此施工要特别小心，尽可能保证原混凝土的完整性。

(3) 未固化前严禁触动杆体。

507.06 质量检验

1) 外粘钢板的施工质量检验，应在检查其钢板安装合格的基础上，对注胶质量进行下列检验和探测：

(1) 胶粘强度检验：应在注胶开始前，由检验机构派员到现场在被加固构件上预贴正拉粘结强度检验用的标准块；粘贴后，应在接触压条件下，静置养护7d。到期时，应立即进行现场检验与合格评定。

钢板与原构件混凝土间的正拉粘结强度应符合《混凝土结构加固设计规范》（GB 50367-2013）和《建筑结构加固工程施工质量验收规范》（GB 50550-2010）规定的合格指标的要求。若不合格，应揭去重贴，并重新检查验收。其检查数量及检验方法应按《建筑结构加固工程施工质量验收规范》（GB 50550-2010）附录U确定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查独立检测机构出具的检测报告。

(2) 注胶饱满度探测：应由检验机构派员到现场用仪器或敲击法进行探测，探测结果以空鼓率不大于5%为合格。

检查时，应将粘贴的钢板分区，逐区测定空鼓面积（即无效粘贴面积）；若单个空鼓面积不大于10000mm²，可采用钻孔注射法充胶修复；若单个空鼓面积大于

10000mm²，应揭去重贴，并重新检查验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查独立检测机构出具的检测报告。

2) 胶层应均匀，无局部过厚、过薄现象，胶层厚度应按 (2.5 ± 0.5) mm控制。

检查数量：每一构件检测最厚和最薄各一处。

检验方法：观察、测量。

3) 被加固构件注胶后的外观应无污渍、无胶液挤出的残留物；注胶孔和排气孔的封闭应平整；注胶嘴底座及其残片应全部铲除干净。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

第508节 钢管桩加固

508.01 范围

本节工作内容包括隧道内的钢管桩结构，包含钢管桩相关的加工、钻孔、安装、注浆、检验等相关工作。

508.02 材料

执行规范：《结构用无缝钢管》（GB/T8162-2018）。

规格尺寸：热轧无缝钢管，管身四周带 $\phi 16$ 的溢浆小孔，钢管直径、厚度由涉及文件确定。

508.03 一般规定

1.项目所有隐蔽工程的工程量（主要包括注浆、锚固、中央水沟开挖等），应保存施工记录、照片或音像资料备查。经监理工程师现场验收确认后再计量。

2.承包方应作好前期施工准备，包括人员、机械、建筑材料等应准备充足，并作好施工组织和统筹安排，尽量缩短工期。施工期应尽量避免节假日高峰。

3.施工时，若既有道路不能断道，故施工前应制定详细的施工方案及保通方案，经审批通过后方可实施。

4.不论什么原因造成对已有混凝土结构损坏，裂缝或其他缺陷，均应按规范要求清除或修补。

5.施工前承包方应对设计文件中病害情况与现场实际病害情况进行核对，不一致时应及时提出。

508.04 施工工序

- 1.迁改电缆沟内管线（若有）。
- 2.加工钢管桩。
- 3.钻孔。
- 4.清孔。
- 5.吊放钢管桩。
- 6.注浆。
- 7.施工质量检验。
- 8.移回电缆沟内管线（若有）。

508.05 施工工艺

1.灌注桩施工应具备工程地质资料和水文地质资料，水、水泥、砂、石、钢筋等原材料及制品的质量检验报告。

2.灌注桩施工时，应按有关规定制定安全生产、保护环境等措施。

3.灌注桩施工应有完善的施工记录。

4.钻孔施工的一般要求

1) 钻机就位前，应对钻孔各项准备工作进行检查。

2) 钻孔时，应按设计资料中的地质剖面图，选用适当的钻机。

3) 钻机安装后的底座和顶端应平稳，在钻进中不应产生位移或沉陷，否则应及时处理。

4) 钻孔作业应分班连续进行，填写钻孔施工记录，交接班时应交待钻进情况及下一班应注意事项。应经常注意地层变化，在地层变化处均应捞取渣样，判明后记入记录表中并与地质剖面图核对。

5) 不论采用何种方法钻孔，开孔的孔位必须准确。开钻时均应慢速钻进，待导向部位或钻头全部进入地层后，方可加速钻进。

5.清孔的一般要求

1) 钻孔深度达到设计标高后，应对孔深、孔径进行检查，符合要求后方可清孔。

2) 清孔方法应根据设计要求、钻孔方法、机具设备条件和地层情况决定。

3) 在吊入钢管桩和钢筋笼后，注浆之前，应再次检查孔底沉淀厚度，如超过规定，应进

4) 不得用加深钻孔深度的方式代替清孔。

- 6.钢管下孔前，应先在管壁上开孔，以便灌浆时砂浆能进入管壁与孔壁的间隙。
- 7.为确保钢管在钻孔中居中，应在钢管上下各设置1排定位钢筋。

508.06 质量检验

1. 一般规定

- 1) 桩基工程应进行桩位、桩长、桩径、桩身质量和单桩承载力的检验。
- 2) 桩基工程的检验按时间顺序可分为三个阶段：施工前检验、施工检验和施工后检验。
- 3) 对砂、石子、水泥、钢材等桩体原材料质量的检验项目和方法应符合国家现行有关标准的规定。

2. 施工前检验

- 1) 施工前应严格对桩位进行检验。
- 2) 施工前应对水泥、砂、钢材等原材料质量与计量、配合比、坍落度、水泥砂浆强度等级等进行检查。
- 3) 施工前应对施工组织设计中制定的施工顺序、监测手段（包括仪器、方法）也应检查。

3. 施工中检验

- 1) 施工中应对成孔、清渣、放置钢管、注浆等进行全过程检查。
- 2) 钻、挖孔在终孔和清孔后，应进行孔位、孔深检验。
- 3) 注浆前应对已成孔的中心位置、孔深、孔径、倾斜度、孔底沉渣厚度进行检验。
- 4) 应对钢管安放的实际位置等进行检查，并填写相应质量检测、检查记录。

4. 施工后检验

- 1) 施工结束后应检查成桩桩位偏差。
 - 2) 施工结束后应检查水泥砂浆强度，并应做桩体质量及承载力的检验。
- 5.钢管桩的质量检验标准应符合的规定。

表 508-1 钢管桩质量检验标准

项目	检查项目	允许偏差或允许值	
		单位	数值
主控项目	孔的中心位置	mm	50
	孔深	mm	300
	桩体质量检验	按基桩检测技术规范	
	水泥砂浆强度	设计要求	
	承载力	按基桩检测技术规范	

一般项目	倾斜度	%	<1
	桩径	mm	≥设计桩径
	沉渣厚度	mm	≤50
	坍落度	mm	70~100
	钢管安装深度	mm	±100
	水泥砂浆充盈系数		>1
	桩顶标高	mm	30 -50

6.检测方法和数量应符合《建筑地基基础工程施工质量验收规范》（GB 50202-2002）、《建筑基桩检测技术规范》（JGJ 106-2014）和《建筑桩基技术规范》（JGJ 94-2008）中相关要求。一般选有代表性的桩用无破损法进行检测，重要部位的桩应逐根进行检测，设计有规定时或对桩的质量有疑问时，应采用钻取芯样法对桩进行检测，对柱桩并应钻到桩底0.5m以下。

7.当检测后，桩身质量不符合要求时，应研究处理方案，报监理单位处理。

第509节 树根桩加固

509.01 范围

本节工作内容包括隧道内的树根桩结构，包含树根桩相关的钻孔、清孔、浇筑、检验等相关工作。

509.02 材料

- 1.树根桩的直径宜为150mm~300mm。
- 2.桩身材料混凝土强度不应小于C25，灌注材料可用水泥浆、水泥砂浆、细石混凝土或其他灌浆料，也可用碎石或细石充填再灌注水泥浆或水泥砂浆。
- 3.树根桩主筋不应少于3根，钢筋直径不应小于12mm，且宜通长配筋。

509.03 一般规定

- 1.项目所有隐蔽工程的工程量（主要包括注浆、锚固、中央水沟开挖等），应保存施工记录、照片或音像资料备查。经监理工程师现场验收确认后再计量。
- 2.承包方应作好前期施工准备，包括人员、机械、建筑材料等应准备充足，并作好施工组织和统筹安排，尽量缩短工期。施工期应尽量避开节假日高峰。
- 3.施工时，若既有道路不能断道，故施工前应制定详细的施工方案及保通方案，经审批通过后方可实施。
- 4.不论什么原因造成对已有混凝土结构损坏、裂缝或其他缺陷，均应按规范要求清除或修补。

5.施工前承包方应对设计文件中病害情况与现场实际病害情况进行核对，不一致时应及时提出。

6.当采用管送或泵送混凝土时，应选用圆形骨料，骨料的粒径不应大于15mm。

7.对水下浇注混凝土配合比，水泥含量不应小于 $375\text{kg}/\text{m}^3$ ，水灰比应小于0.6。

509.04 施工工序

- 1.钻孔。
- 2.清孔。
- 3.吊放钢筋笼。
- 4.浇筑桩身混凝土。
- 5.施工质量检验。

509.05 施工工艺

1.施工应具备工程地质资料和水文地质资料，水、水泥、砂、石、钢筋等原材料及制品的质量检验报告。

2.施工时，应按有关规定制定安全生产、保护环境等措施。

3.施工应有完善的施工记录。

4.钻孔施工的一般要求

- 1) 钻机就位前，应对钻孔各项准备工作进行检查。
- 2) 钻孔时，应按设计资料中的地质剖面图，选用适当的钻机。
- 3) 钻机安装后的底座和顶端应平稳，在钻进中不应产生位移或沉陷，否则应及时处理。
- 4) 钻孔作业应分班连续进行，填写钻孔施工记录，交接班时应交待钻进情况及下一班应注意事项。应经常注意地层变化，在地层变化处均应捞取渣样，判明后记入记录表中并与地质剖面图核对。
- 5) 不论采用何种方法钻孔，开孔的孔位必须准确。开钻时均应慢速钻进，待导向部位或钻头全部进入地层后，方可加速钻进。

5.清孔的一般要求

- 1) 钻孔深度达到设计标高后，应对孔深、孔径进行检查，符合要求后方可清孔。
- 2) 清孔方法应根据设计要求、钻孔方法、机具设备条件和地层情况决定。
- 3) 在吊入钢筋笼后，灌注之前，应再次检查孔底沉淀厚度，如超过规定，应

进行第二次清孔，符合要求后方可灌注。

4) 不得用加深钻孔深度的方式代替清孔。

509.06 质量检验

1. 一般规定

1) 桩基工程应进行桩位、桩长、桩径、桩身质量和单桩承载力的检验。

2) 桩基工程的检验按时间顺序可分为三个阶段：施工前检验、施工检验和施工后检验。

3) 对砂、石子、水泥、钢材等桩体原材料质量的检验项目和方法应符合国家现行有关标准的规定。

2. 施工前检验

1) 施工前应严格对桩位进行检验。

2) 施工前应对水泥、砂、钢材等原材料质量与计量、配合比、坍落度、水泥砂浆强度等级等进行检查。

3) 施工前应对施工组织设计中制定的施工顺序、监测手段（包括仪器、方法）也应检查。

3. 施工中检验

1) 施工中应对成孔、清渣、放置钢管、注浆等进行全过程检查。

2) 钻、挖孔在终孔和清孔后，应进行孔位、孔深检验。

3) 注浆前应对已成孔的中心位置、孔深、孔径、倾斜度、孔底沉渣厚度进行检验。

4. 施工后检验

1) 施工结束后应检查成桩桩位偏差。

2) 施工结束后应检查水泥砂浆强度，并应做桩体质量及承载力的检验。

5. 钢管桩的质量检验标准应符合桩基相关规范的规定。

6. 检测方法和数量应符合《建筑地基基础工程施工质量验收规范》（GB 50202-2002）、《建筑基桩检测技术规范》（JGJ 106-2014）和《建筑桩基技术规范》（JGJ 94-2008）中相关要求。一般选有代表性的桩用无损法进行检测，重要部位的桩应逐根进行检测，设计有规定时或对桩的质量有疑问时，应采用钻取芯样法对桩进行检测，对柱桩并应钻到桩底0.5m以下。

7. 当检测后，桩身质量不合要求时，应研究处理方案，报监理单位处理。

第510节 钢波纹板加固

510.01 范围

本节工作内容包括原隧道二次衬砌结构内侧设置的钢波纹板，包含钢波纹板相关的等相关工作。

510.02 材料

1.钢波纹板

- 1) 热轧Q345钢板加工成型。
- 2) 厚度、波距、波高、波纹半径详见设计文件。
- 3) 表面热浸镀锌，镀锌量不小于600g/m²，镀锌平均厚度不小于84um。
- 4) 钢波纹板间采用高强化学锚栓及复合粘钢胶与衬砌联结，连接锚栓安装于波纹钢板的波峰位置，并在板内以螺母拧紧。

2.高强化学螺栓

- 1) 螺杆型号：详见设计文件
- 2) 钻孔直径：根据型号确定
- 3) 最小锚固深度：160mm
- 4) 抗拔力：≤100KN
- 5) 抗剪力：≤70KN

3.粘贴钢板的胶粘剂

- 1) 胶粘剂必须采用A级胶。
- 2) 粘贴钢板的胶粘剂必须采用专门配制的改性环氧树脂胶粘剂，其安全性检验指标必须符合表510-1和表510-2的规定。

3) 胶粘剂的钢-钢粘接抗剪性能必须经湿热老化检验合格，湿热老化检验应在50℃温度和98%相对湿度的环境条件下按GB 50367规定的方法进行；老化时间不得少于90d。经湿热老化后的试件，应在常温条件下进行钢-钢拉伸抗剪试验，其强度降低的百分率(%)不得大于10%。

4) 胶粘剂必须通过毒性检验。对完全固化的胶粘剂，其检验结果应符合实际无毒卫生等级的要求。

5) 严禁使用乙二胺作改性环氧树脂固化剂；严禁掺加挥发性有害溶剂和非反应性稀释剂。

表 510-1 粘钢用胶粘剂安全性检验合格指标

性能项目	性能要求	试验方法标准
------	------	--------

胶体性能	抗拉强度(MPa)	≥30	GB/T2568
	受拉弹性模量(MPa)	≥4.0×10 ³	
	伸长率(%)	≥1.3	
胶体性能	抗弯强度(MPa)	≥45 且不得呈脆性(碎裂状)破坏	GB/T2570
	抗压强度(MPa)	≥65	GB/T2569
粘结能力	钢-钢拉伸抗剪强度 标准值(MPa)	≥45	GB/T7124
	钢-钢不均匀 扯离强度(kN/m)	≥16	GJB94
	钢-钢粘结 抗拉强度(MPa)	≥33	GB/T5329
	与混凝土的正拉 粘结强度(MPa)	≥max{2.5, f _{tk} }, 且为混凝土内聚破坏	GB50367
	不挥发物含量 (固体含量)(%)	≥99	GB/T2793

表 510-2 粘钢用胶粘剂工艺性能要求

类别及其用途		混合后初黏度 (mPa·s)	在各季节试验温度下测定的适用期(min)		
			春秋用 (23℃)	夏用 (30℃)	冬用 (10℃)
压注型粘钢结构胶	A 级	≤1000	≥40	≥30	40~210

510.03 一般规定

1.项目所有隐蔽工程的工程量(主要包括锚固、注胶等),应保存施工记录、照片或音像资料备查。经监理工程师现场验收确认后再计量。

2.承包方应作好前期施工准备,包括人员、机械、建筑材料等应准备充足,并作好施工组织和统筹安排,尽量缩短工期。施工期应尽量避免节假日高峰。

3.施工时,若既有道路不能断道,故施工前应制定详细的施工方案及保通方案,经审批通过后方可实施。

4.施工前承包方应对设计文件中病害情况与现场实际病害情况进行核对,不一致时应及时提出。

510.04 施工工艺

1.波纹钢板加工

波纹钢板采用冷轧镀锌波纹板,板材材质不低于Q345(钢材性能、尺寸、外形、重量及允许偏差应符合国标、行标要求),波纹板表面采用热浸锌防腐工艺,涂层厚度不小于84μm。镀锌波纹板由专业加工厂按设计图加工预制,板片半径、弧长按实际测量提供数据为准,加工完成后厂内试拼装,尺寸、精度满足施工要求后方可出厂。专人、专车押送至施工现场,运输和装卸过程中避免碰撞、损坏锌层。

板片到达现场后,由专人指挥工人卸车、堆码,再通过板车运输至作业现场,过程中避免碰触和摩擦,确保镀锌层完好。

2.测量定位

施工前测量组熟悉板片的结构尺寸、安装位置、里程标高等基础数据，使用全站仪放出波纹板安装位置的相关标高，做好现场标记，并现场核对。

3.波纹板拼装

每环安装顺序可按两侧向拱顶中间拼装。第一环波纹板拼装前确定波纹板环向起始断面（测量组提前整环标记），人工将底部第一块波纹板送至安装位置，板片穿过化学锚栓、锁脚锚杆（第一环需钻设化学锚栓和锚杆，后续可先安装板片后施做化学锚栓和锚杆），板底与测量线重合，定位准确后将波纹板推至与衬砌面贴紧，紧锢化学锚栓和锁脚锚杆螺母。第二块波纹板提升至安装部位，待孔位对接准确后穿高强螺栓（防松型），梅花扳手初拧固定。为防止运营期间连接螺栓松动脱落，螺栓设锁紧螺母和防倒扣螺母。第一环后续板片拼接成环后，检查纵向、环向接头部位，符合要求后，再使用定扭扳手对所有连接螺栓进行紧锢，确保扭力满足要求，螺母扭矩需达到 $220\text{N}\cdot\text{m}$ 。

4.植筋安装化学锚栓

为保证板片与衬砌混凝土固定稳定，利用预先在板片上预留化学锚栓孔，采用手持钻在衬砌面上钻深孔（不打穿衬砌砼，不破坏防水板），使用植筋胶安装定位化学锚栓，待植筋胶达到设计强度后，采用扳手将化学锚栓螺帽拧紧。化学锚栓抗拔力需达到 100KN ，化学锚栓只在隧道两侧的板片上安装用于灌浆前期定位板片的作用。为保证化学螺栓不会脱落，故安装完成后采用拉拔仪抽检，确保百分百合格。

5.锁脚锚杆施工

为保证钢波纹板稳定，按设计图拱脚部位采用锁脚锚杆进行固定，锚杆与水平面夹角 15° 斜向下，外露 20cm 。待锚杆注浆强度达到设计后，采用扳手拧紧锚杆螺帽，且设双螺帽。

波纹板在厂内加工时提前在板片底部预留锁脚锚杆孔。

6.注浆施工

为保证波纹板与既有衬砌形成整体结构，达到共同受力的要求，波纹板与衬砌背后空隙采用M30微膨胀自密实水泥砂浆进行回填密实。

注浆顺序按照边墙、拱腰、拱顶的顺序，即先下后上的次序进行。注浆过程中要随时观察压力表的变化，及时封堵跑、漏部位。采用小功率挤压式注浆机。

为确保波纹板与衬砌背后空隙充填密实，故在每片波纹板上波峰位置设置 7mm 厚钢垫片，注浆开 1.5cm 圆孔，开孔纵、环间距 50cm 。

510.05 质量检验

钢波纹板加固施工质量控制要求详见表510-3。

表 510-3 钢波纹板加固施工质量控制

控制项目		规定值或允许偏差	控制措施
钢波纹板	平面尺寸 (mm)	+3	尺量
	厚度 (mm)	+0.5, -0	尺量
	拼装位置 (mm)	±5	尺量
锚栓	钻孔直径 (mm)	+2, 0	尺量
	锚固深度 (mm)	+20, 0	尺量
钢板防腐涂装厚度		符合设计要求	漆膜测厚仪检查； 每块钢板检查两处
注浆浆液	配合比	符合设计要求	试验
	强度 (MPa)	符合设计要求	试验
	填充率 (%)	≥90	压力控制、稳压时间、 完成时进浆量满足要求

第511节 洞身衬砌

511.01 范围

本节工作内容包括隧道洞身衬砌、模板与支架、防水层和洞内附属工程等以及有关工程的施工作业。

511.02 一般规定

1. 承包人应在衬砌施工之前至少14d，提出衬砌工程的施工方案，报请监理人批准。
2. 隧道衬砌的施工，其中线、高程、断面尺寸、净空以及衬砌材料的标准、规格，必须符合图纸的要求。
3. 为了保证衬砌工程质量，混凝土的浇筑应采用泵送作业。
4. 在浇筑混凝土之前，应将浇筑处的地基表面的积水、泥浆、岩屑、油污、有害的附着物和松散物、半松散的或风化的岩块等清除掉。
5. 浇筑混凝土应尽可能直接入仓，自由跌落(垂直地或倾斜地)距离不应大于1.2m，严禁采用导致集料分离的方式浇筑混凝土。若混凝土浇筑中断时，承包人应在初凝以前将接缝处的混凝土振实，并使缝面具有合理、均匀稳定的坡度。凡是未振实又超过该水泥初凝时间的混凝土，应由承包人加以清除。
6. 不论什么原因造成的混凝土损坏和混凝土内有蜂窝、裂缝或其他缺陷，以及因有表面凹陷而不合格的混凝土，均应按规范要求清除或修补。
7. 地下水具有侵蚀性的地段，根据工地水样化验结果，必须针对侵蚀类型，采

用不同类型的抗侵蚀性混凝土。

8.当围岩类别有变化时，衬砌断面的类别亦应相应变化，但需获得监理人批准。围岩较差地段的衬砌，应向围岩较好地段伸延，一般伸延长度为5m。

9.整体式衬砌施工中，发现围岩存在对衬砌有不良影响的硬、软岩层分界处，应设置沉降缝；V~VI级围岩洞口约50m范围内必要时可每隔10m左右设置沉降缝。在严寒地区，整体式衬砌、锚喷衬砌或复合式衬砌，均应在洞口和易受冻害地段设置伸缩缝。

衬砌的工作缝应与设计的沉降缝、伸缩缝结合布置。在有地下水的隧道中，所有工作缝、沉降缝和伸缩缝均应进行防水处理。

10.为确保衬砌不侵入隧道建筑限界，承包人在放样时可将设计的轮廓线适当予以扩大（一般为50mm），但由此而增大隧道的开挖量和衬砌量，其费用由承包人自负。

11.衬砌采用防水混凝土时，施工中应遵守《公路隧道施工技术规范》（JTGF60-2009）、《公路隧道施工技术规范》（JTG/T3660-2020）的相关规定。

12.施工前承包方应对设计文件中病害情况与现场实际病害情况进行核对，不一致时应及时提出。

13.项目所有隐蔽工程的工程量（主要包括注浆、锚固、中央水沟开挖等），应保存施工记录、照片或音像资料备查。经监理工程师现场验收确认后再计量。

14.承包方应作好前期施工准备，包括人员、机械、建筑材料等应准备充足，并作好施工组织和统筹安排，尽量缩短工期。施工期应尽量避免节假日高峰。

15.施工时，若既有道路不能断道，故施工前应制定详细的施工方案及保通方案，经审批通过后方可实施。

511.03 模板与支架

1.衬砌所用的拱架、墙架和模板，宜采用定型的金属结构。模板应表面光滑，接缝严密，不漏浆。模板表面应在浇筑混凝土前涂刷经过批准的脱模剂。

2.模板与支架应有足够的强度、刚度和稳定性，能安全地承受所浇筑混凝土的重力、侧压力及在施工中可能产生的各项荷载。

3.长隧道施工，应使用全断面衬砌模板台车或移动式整体模架，并配备混凝土泵或混凝土输送器浇筑衬砌。

4.拱、墙架的间距，应根据衬砌地段的围岩情况、隧道宽度、衬砌厚度及模板长度而定，一般可用1.0m，最大不超过1.5m。

5.架设拱架、墙架及模板，应位置准确，连接牢固，严防走动，并遵守以下规定：

1) 拱架、曲墙架在使用前要先在样台上试拼装，重复使用时应注意检查，如有变形，及时纠正。

2) 架立前应按隧道中线和高程，结合允许施工偏差和拱架预留沉降量，对开挖断面进行复核和整修。

3) 模板接头应整齐平顺，挡头板与岩壁间缝隙应嵌堵紧密。

6.立拱架应以隧道中线为准，按路线方向垂直架设。拱架的夹板、螺栓、拉杆等应安装齐全。拱架(包括模板)高程应预留沉降量，其数值可按表511-1采用。施工中应随时量测、调整，使其符合要求。

表 511-1 拱架(包括模板)预留沉降量

围岩级别	Ⅲ级及以上	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ
预留沉降量(mm)	≤50	50-100	100-150	150-200

注：

①上述预留量值适用于先拱后墙法；如采用先墙后拱法或全断面衬砌浇筑时均不大于50mm。

②上表不包括施工偏差。

7.立跨度较大的拱架时，在拱架外缘沿幅射线方向，应用支撑与围岩顶紧，防止浇筑中拱架变形。

8.立墙架时应遵守以下规定：

1) 先墙后拱法施工，应按隧道中线确定墙架位置。

2) 先拱后墙法施工，经复核检查中线及拱部净空无误后，可由拱脚挂线定位。

3) 对墙基高程进行检查。立曲墙架时，应标出路面水平控制位置。

4) 严禁利用墙架兼作脚手架，防止模板走动变形。

9.拱架、墙架和模板的拆除，应符合下列要求：

1) 不承受外荷载的拱墙混凝土强度达到5.0MPa以上。

2) 受有较大围岩压力的拱墙，在封顶和封口的混凝土达到设计强度100%。

3) 受围岩压力较小的拱墙，封顶和封口的混凝土达到设计强度70%以上。

511.04 整体式衬砌

1.拱圈施工应符合下列要求：

1) 拱圈环节长度应根据围岩情况和施工方法及机具设备能力等确定。

2) 浇筑顺序应从两侧拱脚向拱顶对称进行，间歇及封顶的层面应成辐射状。

3) 分段施工的拱圈合拢,宜选在围岩较好处。

4) 先拱后墙施工的拱圈,浇筑前应将拱脚支承面找平。石质隧道支承面可以碎石垫平,上铺20~30mm砂子,用水洒湿。土质隧道宜横铺一层50mm厚木板。拱脚以下超挖较多时,应用浆砌片石砌筑至起拱线高程,不得用石渣回填。

2.浇筑防水混凝土时,应根据图纸规定的级别和抗渗要求,通过试验配制报监理人批准。

3.浇筑混凝土前,应检查开挖断面尺寸。隧道衬砌混凝土的浇筑方法和程序,应经监理人批准。衬砌模筑混凝土的施作时间,应根据围岩稳定情况和支护情况确定,一般应紧跟开挖浇筑,但开挖爆破不得危害已成衬砌。

4.采用移动式混凝土泵或其他获准的机具连续浇筑时,一次浇筑段长度不应超过30m,并应防止混凝土离析。当混凝土面超过拱顶时,泵管出口应埋设在混凝土面以下,保证拱顶所有空间能填满、填实。

5.隧道整体式衬砌内不允许存在水平接缝和倾斜接缝。倘浇筑混凝土因故中断,则在继续浇筑新混凝土前,应先凿除已硬化的前层混凝土表面上的松软层和水泥砂浆薄膜,并将表面凿毛,用压力水冲洗干净。

6.边墙施工应符合下列要求:

1) 基底虚渣、污物和基坑内积水必须排除干净,严禁向有积水的基坑内倾倒混凝土干拌和物。

2) 边墙基础的埋置深度应符合图纸规定,扩大基础的扩大部分及仰拱的拱座应结合边墙施工一次完成。

7.拱圈封顶应随拱圈的浇筑及时进行。墙顶封口应留70~100mm在完成边墙24h后进行。封口前必须将拱脚的浮渣清除干净。封顶、封口的混凝土应适当降低水灰比,并认真捣固密实。

8.仰拱、铺底、边沟及电缆沟的施工要求:

1) 仰拱

(1) 应根据批准的施工程序浇筑仰拱混凝土,仰拱应先于衬砌浇筑完成,在施工安排中,应尽快修筑仰拱,以利衬砌结构的整体受力。

(2) 仰拱开挖不允许欠挖,仰拱断面开挖后应立即检查并浇筑混凝土。浇筑前应清除虚渣、杂物,排除积水,超挖部分应按设计规定予以回填。后于边墙施工的仰拱,浇筑前已成仰拱拱座应凿毛,冲洗干净,保持湿润,再浇筑混凝土。

(3) 浇筑仰拱应采用大样板,并由仰拱中心向两侧对称进行,仰拱与边墙衔

接处应捣固密实。

(4) 仰拱混凝土达到设计强度70%以上后, 清除仰拱上面的碎渣尘土, 并冲洗干净且无积水。

2) 铺底

隧道内清除虚渣、杂物及排除积水后进行铺底, 即为路面结构的基层(平整层), 其表面高程不得大于图纸规定的基层顶面高程, 横坡应与路面横坡一致。

3) 边沟及电缆沟

边沟及电缆沟应与边墙施工一次挖好, 将预制好的边沟及电缆沟按图纸所示高程坐浆砌好, 边沟纵坡符合图纸要求, 底面平顺; 所有盖板铺设平稳, 无晃动或吊空, 边缘整齐, 两端与沟壁的缝隙应用砂浆填平。

9. 洞内出露的地下水, 经化验确认具有侵蚀性时, 应针对不同侵蚀类型采取相应的抗侵蚀性混凝土, 同时在施工中应提高混凝土的密实性。判定环境水对混凝土侵蚀类型和侵蚀程度, 以及耐腐蚀混凝土的配制和防护措施可参照本节附录表504-7及表504-8, 通过试验后确定。

10. 衬砌浇筑10~20h后应进行养护, 一般连续养护7~14d。寒冷和严寒地区, 应做好衬砌的防寒保温措施。

11. 隧道拱、墙背后空隙必须回填密实, 并按下列要求与衬砌同时施工:

1) 先拱后墙法施工时, 拱脚以上1m范围内的超挖, 应用与拱圈相同材料一次灌注。

2) 边墙基底以上1m范围内的超挖, 应用与边墙相同材料一次灌注。

3) 其余部位, 超挖在允许范围内, 应采用与衬砌相同材料灌注; 超挖大于规定时, 可用片石混凝土或浆砌片石回填密实(但初期支护必须与围岩密贴)。当围岩稳定、干燥无水时, 可先用干砌片石回填, 再在衬砌背后压浆。

511.05 复合式衬砌

1. 复合式衬砌除按本节规定外, 还应按照“整体式衬砌”的要求办理。

2. 复合式衬砌的施工, 应根据围岩和支护量测的变化规律, 确定二次衬砌和仰拱的施作时间。

3. 二次衬砌的施作时间, 应满足下列条件:

1) 各测试项目所显示的位移率明显减缓并已基本稳定。

2) 已产生的各项位移已达预计位移量的80%~90%。

3) 周边位移速率小于0.1~0.2mm/d, 或拱项下沉速率小于0.07~0.15mm/d。在

满足上述条件后，应尽快进行二次衬砌的施作。

自稳性很差的围岩，可能长时间达不到基本稳定条件，当初期支护的混凝土发生大量明显裂缝，而支护能力又难以加强，变形无收敛趋势时，承包人在报经监理人批准后，应提前施作仰拱及二次衬砌。在二次衬砌中，可采取增设钢筋和提高混凝土强度等级的措施。

4.二次衬砌施作前，应铺设防水层。应在初期支护变形基本稳定后进行。防水板应与喷层面平顺密贴，无钢筋或锚杆外露，凸凹较大时应先行补平。

5.二次衬砌施作前，应将喷层或防水层表面的粉尘清除干净，并洒水润湿。浇筑混凝土应振捣密实，防止收缩开裂；振捣时不得损坏防水层。

6.如衬砌背后需压浆，应预留压浆孔。

7.二次衬砌的内轮廓、中线及高程应符合图纸要求。

8.二次衬砌拆模时间：

- 1) 不承重结构当混凝土强度达到2.5MPa以上。
- 2) 承重结构在混凝土强度达到设计强度70%以上。

511.06 洞内附属工程

洞内附属工程包括洞内路面、紧急停车带、车行及人行横洞、电力设备与消防设备洞室、洞室门、沉降缝和施工缝等的施工。

1.洞内路面

1) 路面施工应符合本规范第300章路面的有关规定，并按《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/TF30-2014）及《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）有关规定办理。

2) 浇筑路面混凝土前，应将铺底或隧底填充表面上的浮渣、杂物清除干净，并用水冲洗。

3) 水泥混凝土路面应根据施工组织设计连续浇筑，在浇筑过程中，应使已铺设路面地段的修整、防护、养护等作业得以正常进行。养护期间，严禁车辆和人员在其上行走。

2.紧急停车带

1) 紧急停车带的开挖与衬砌，及与洞身衬砌相连接的一段，应有专门的施工方法和程序，提交监理人批准。

2) 紧急停车带应布置在同一级别的围岩地层中。开挖过程中，若发现不在同一级别的围岩时，应按监理人指示办理。

3) 紧急停车带衬砌两端与洞身衬砌以喇叭口形式连接, 应圆顺平整。

3. 车行、人行横洞

1) 按图纸所示位置与正洞同时进行开挖与衬砌。

2) 交叉段衬砌结构构造, 应有专门的施工方法和程序, 应与洞身衬砌的施工方法由承包人一并提交监理人批准。

3) 交叉段衬砌混凝土应连续浇筑, 不得中断。交叉段的钢筋应相互连接良好, 绑扎牢固使之成为整体。

4. 洞室

1) 各种洞室根据图纸布置位置应与洞身同时开挖。

2) 隧道边墙内的洞室, 应在浇筑边墙混凝土前, 布设钢筋及预埋件后, 一次浇筑完成; 洞室不得设在衬砌断面变化及各种衬砌接缝处, 如有上述情况, 按监理人的指示办理。

3) 各种洞室装修, 按图纸要求施工, 均设有洞门, 洞门应向外开, 启闭自如、严密、防火、隔热。

5. 洞室门

1) 各洞室的洞室门及横通道门采用钢材制作, 采用的材料规格、制作、安装、防蚀除按图纸要求外, 还应符合《钢结构工程施工质量验收标准》(GB 50205-2020) 有关规定办理。

2) 承包人在进行施工前14d, 应提交每种洞室门的施工图, 供监理人审批。图内包括材料、切割、加工、焊接、安装、喷涂等全部施工细节。

3) 在未获批准前洞室门的任何制作, 如有不符图纸要求处, 应由承包人自行负责; 经过批准的图纸, 也不能推卸承包人根据合同规定应承担的有关责任。

6. 沉降缝、施工缝和伸缩缝

1) 洞口约50m范围若为V~VI级围岩, 拱墙衬砌环节每10~15m设置一道沉降缝, 洞内衬砌结构变化处或围岩有明显的软硬变化处, 以及图纸要求设置处, 均应设置沉降缝。沉降缝的设置位置, 应使拱圈、边墙和仰拱在同一里程上贯通。

2) 承包人应在施工前14d内, 提出施工缝的位置、混凝土的浇筑程序和浇筑分块图, 报请监理人批准。分块图应包括该部位施工缝位置和混凝土的浇筑程序。

3) 根据拱圈、边墙和仰拱等各自不同长度的施工环节, 设置施工缝, 允许各部位的施工缝互相错开, 不必贯通, 施工缝应近于水平或垂直, 并采用模板或其他经批准的措施, 形成预定的形状, 以保证与后续工程紧密地连接, 除非另有规定,

施工缝不设键槽。

- 4) 在严寒地区，应在洞口和易受冻害地段设置伸缩缝。
- 5) 衬砌的施工缝应与设计的沉降缝结合布置。
- 6) 在有地下水的隧道中，所有沉降缝、施工缝和伸缩缝均应进行防水处理。

511.06 质量检验

1. 衬砌钢筋

1) 基本要求

(1) 钢筋的连接方式、同一连接区段内的接头面积应满足设计要求；接头位置应设在受力较小处。

(2) 钢筋的搭接长度、焊接和机械接头质量应满足施工技术规范规定。

(3) 钢筋安装时，应保证设计要求的钢筋根数。

(4) 受力钢筋应平直，表面不得有裂纹及其他损伤。

(5) 钢筋的保护层垫块应分布均匀，数量及材料性能应满足设计和有关技术规范规定。

(6) 多层钢筋网应有足够的钢筋支撑，并应保证钢筋骨架的施工刚度，使其在混凝土浇筑过程中不出现移位。

2) 检查项目

衬砌钢筋检查项目见表511-2。

表 511-2 衬砌钢筋检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	主筋间距 (mm)	±10	尺量或按 JTG F80/1-2017 附录 R 检查：每模板测 3 点
2	两层钢筋间距 (mm)	±5	尺量：每模板测 3 点
3	箍筋间距 (mm)	±20	尺量：每模板测 3 点
4	钢筋长度 (mm)	满足设计要求	尺量：每模板检查 2 根
5	钢筋保护层厚度 (mm)	+10, -5	尺量：每模板检查 3 点

3) 外观质量

(1) 钢筋表面无颗粒状或片状老锈及焊渣、烧伤。绑扎或焊接的钢筋网和钢筋骨架不得松脱和开焊。

(2) 焊接接头、连接套筒不得出现裂纹。

2. 混凝土衬砌

1) 基本要求

(1) 衬砌施工前初期支护背部存在空洞、断面严重侵限时应及时处理。

(2) 衬砌背后的空隙应回填注浆。

2) 检查项目

混凝土衬砌检查项目见表511-3。

表 511-3 混凝土衬砌检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTGF80/1-2017 附录 D 检查
2	衬砌厚度 (mm)	90%的检查点的厚度≥设计厚度, 且最小厚度≥0.5 设计厚度	尺量: 每 20m 检查 1 个断面, 每个断面测 5 点按 JTGF80/1-2017 附录 R 检查: 沿隧道纵向分别在拱顶、两侧拱腰、两侧边墙连续测试共 5 条测线, 每 20m 检查 1 个断面, 每个断面测 5 点
3	墙面平整度 (mm)	施工缝、变形缝处≤20 其他部位≤5	2m 直尺: 每 20m 每侧连续检查 5 尺, 每尺测最大间隙
4	衬砌背部密实状况	无空洞, 无杂物	按 JTGF80/1-2017 附录 R 检查: 沿隧道纵向分别在拱顶、两侧拱腰、两侧边墙连续测试共 5 条测线

3) 外观质量

(1) 蜂窝麻面面积不得超过该面总面积的0.5%, 深度不得超过10mm。

(2) 隧道衬砌钢筋混凝土结构裂缝宽度不得超过0.2mm, 混凝土结构裂缝宽度不得超过0.4mm。

3. 仰拱

1) 基本要求

(1) 仰拱基底承载力应满足设计要求。仰拱超挖后严禁回填虚土、虚渣。

(2) 仰拱浇筑前应无积水、杂物、虚渣。

(3) 仰拱曲率、仰拱与边墙连接应满足设计要求并符合施工技术规范规定。

2) 检查项目

仰拱检查项目见表511-4。

表 511-4 仰拱检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTGF80/1-2017 附录 D 检查
2	厚度 (mm)	不小于设计值	尺量: 每 20m 检查 1 个断面, 每个断面测 5 点
3	钢筋保护层厚度 (mm)	+10, -5	尺量: 每 20m 测 5 点
4	底面高程 (mm)	±15	水准仪: 每 20m 测 5 点

3) 外观质量

混凝土表面应无露筋。

4. 仰拱回填

1) 基本要求

(1) 仰拱回填混凝土浇筑前表面应无积水和杂物。

(2) 仰拱回填混凝土应在仰拱混凝土强度达到设计强度的70%后进行。

2) 检查项目

仰拱回填检查项目见表511-5。

表 511.5 仰拱回填检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	顶面高程 (mm)	±10	水准仪: 每 20m 测 5 点

3) 外观质量

仰拱回填表面应无开裂。

5. 排水沟 (管)

1) 基本要求

(1) 隧道纵向排水管、横向排水管、环向排水管的材质和规格应满足设计要求。横向排水管、环向排水管的间距应满足设计要求。

(2) 纵向排水管、中心排水沟 (管) 基座的坡度应满足设计要求。

(3) 排水管整体线形应平顺, 排水管接头应不得出现松动。

(4) 防排水工程施工完成后, 应清理排水系统中的建筑垃圾, 及时疏通排水管道, 并进行灌水排水试验。

2) 检查项目

排水沟 (管) 检查项目见表511-6。

表 511-6 排水沟 (管) 检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	轴线偏位 (mm)	15	全站仪: 每 10m 测 1 处
3	断面尺寸或管径 (mm)	±10	尺量: 每 10m 测 1 处
4	壁厚 (mm)	不小于设计值	尺量: 每 10m 测 1 处
5	沟底高程 (mm)	±20	水准仪: 每 10m 测 1 处
6	纵坡	满足设计要求	水准仪: 每 10m 测 1 处
7	基础厚度 (mm)	不小于设计值	尺量: 每 10m 测 1 处

3) 外观质量

沟槽盖板应无松动、破损。

表 511-7 环境水对混凝土侵蚀类型及侵蚀程度的判定

序号	侵蚀类型	环境条件特征		判定项目	侵蚀程度		
		地质条件	水质 pH 值		弱侵蚀	中等侵蚀	强侵蚀
1	硫酸盐侵蚀	石膏地层	7.0~8.0	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	500~1000	1001~2000	>2000
		含盐地层	7.5~9.0		1000~2000	2001~4000	>4000
2	镁盐侵蚀	含镁盐渍土、盐湖盐田、海水	8.0~10.0	Mg ²⁺ (mg/L)	1000~3000	3001~7500	>7500
3	盐类结晶侵蚀	干旱地区盐渍土、碱土、滨海平原盐渍土	10.0~12.0	溶解盐类(g/L)	10~15	16~30	>30
4	硫酸型酸性侵蚀	煤系地层、黑色岩层、有色金属矿田矿脉	1.5~6.5	pH 值	6.5~6.1	6.0~5.0	<4.5
				SO ₄ ²⁻ (mg/L)	≤250	251~1000	>1000
5	溶出型侵蚀(含碳酸型侵蚀)	富含有机质的淤泥和土壤、低矿化度河水和地下水	5.0~6.5	pH 值	6.5~6.1	6.0~5.0	-
				HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	1.5~0.7	<0.7	-

表 511-8 混凝土受硫酸盐、盐类结晶或溶出型侵蚀的防护措施

侵蚀程度	宜用的水泥品种及掺合料	最大水灰比	最小水泥用量(kg/m ³)	抗渗等级
弱侵蚀	火山灰质硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥 普通硅酸盐水泥(C ₃ A<8%)掺 20%粒化高炉矿渣或粉煤灰、或掺 5%硅灰	0.55	300	≥S6
	普通抗硫酸盐水泥(C ₃ A<5%)	0.6	300	
中等侵蚀	火山灰质硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥 普通硅酸盐水泥(C ₃ A<8%)掺 30%粒化高炉矿渣或粉煤灰、或掺 10%硅灰	0.5	330	≥S8
	普通抗硫酸盐水泥(C ₃ A<5%)	0.55	300	
	高级抗硫酸盐水泥(C ₃ A<2.5%)	0.6	300	
强侵蚀	普通抗硫酸盐水泥(C ₃ A<5%)	0.45	360	≥S10
	高级抗硫酸盐水泥(C ₃ A<2.5%)	0.5	330	

注：1.C₃A为铝酸三钙（3CaO Al₂O₃）。

溶出型侵蚀类型不宜使用抗硫酸盐水泥。

当最大水灰比小于或等于0.5时，均应掺用减水剂。如不掺用，则水泥用量应比表列数量增加10%；当水灰比大于0.5，且无抗冻性要求而掺外加剂（减水剂或引气剂）时，水泥用量可减少10%。

当具有高水头压力又有耐腐蚀要求时，不宜选用矿渣硅酸盐水泥。

第512节 衬砌及仰拱拆换加固

512.01 范围

本节工作内容包含隧道衬砌开裂、错台、变形、劣化严重，对原衬砌进行加固仍不能满足使用要求的状况，包括围岩加固及扩挖、施工临时防护、拆除方法及工艺、监控量测等内容。

512.02 一般规定

- 1.衬砌拆除作业时，应加强施工监控量测，并采取临时支撑等防护措施。
- 2.衬砌拆除前应核查拆除段落、部位和衬砌形式，确定拆除顺序、工艺。
- 3.拆除衬砌宜采用机械切割、静态爆破、凿除等工艺，减少对周边围岩与衬砌的影响。
- 4.衬砌拆除前，应按设计要求对相关段落围岩进行预加固。
- 5.隧道换拱段存在塌方、富水情况时，应进行核查，先对塌方体、富水段分别进行加固、堵水处治，再进行换拱施工，并加强监控量测。
- 6.弃渣装运必须在拆除作业停止并确认无落石、掉块后进行。

512.03 二次衬砌模板

边墙基底高程、基坑断面尺寸、基底承载力应符合设计。模板台车及拼装式模板支架应进行设计，应满足混凝土浇筑过程中的强度、刚度和稳定性要求。

- 1.拼装式模板台车
 - 1) 混凝土浇筑过程中，模板拱架不偏移、不扭曲，模板光滑、不变形，模板接缝平整不漏浆。
 - 2) 模板拱架形状应与衬砌断面形状相适应，模板表面各点应不侵入衬砌内轮廓，放样时，可将设计衬砌轮廓线外扩50~80mm,但不得影响衬砌厚度，并应预留拱架高程沉落量，施工中应随时测量、调整。
 - 3) 每一施工循环的前后两端拱架外形尺寸最大误差宜不大于5mm。
 - 4) 单块活动模板长度宜为1000mm，最大不应超过1500mm，宽度不宜大于500mm。
 - 5) 挡头模板应与衬砌断面相适应，方便止水带安装。
 - 6) 挡头模板安装应固定牢固、封堵严密，不得损坏防水板。
 - 7) 模板重复使用时，循环使用前应进行检查，出现异常应予以修整。
 - 8) 模板、拱架架设位置应准确，高程应满足设计要求。

9) 一次浇筑长度宜为3.0~8.0m。

2.全断面衬砌模板台车

1) 模板台车支架、模板应满足混凝土浇筑过程中的强度、刚度和稳定性要求。

2) 台车支撑门架结构净空应满足施工车辆和人员安全通行要求。

3) 台车支撑门架间距不宜大于2.0m,且门架位置宜与模板拼缝重合。

4) 台车应配置自动行走装置和固定装置。

5) 应设置可整体调节升降的液压装置,边墙模板应设置可伸缩的液压调节或螺杆调节的支撑装置,并应满足边墙与边墙脚一次浇筑要求。

6) 台车模板应表面光滑、接缝严密,台车钢模板厚度不宜小于10mm。

7) 模板应留振捣窗,振捣窗纵向间距不应大于2.5m,与端头模板距离不应大于1.8m,横向间距不应大于2.0m,振捣窗不宜小于450mm×450mm,振捣窗周边模板应加强刚度,窗门应平整、严密、不漏浆。

8) 台车挡头模板应采用可重复使用并能同时固定止水带的定型模板,应便于固定。

9) 台车挡头模板安装应固定牢固,封堵严密,不得损坏防水板。

10) 台车应与洞室中线垂直方向架设,位置准确,高程满足设计要求。

11) 台车应根据施工通风风管设计参数预留风管穿越的空间。

12) 台车电缆线应穿入PVC管中。

13) 采用模板台车浇筑的混凝土,一次浇筑长度宜为6.0~12.0m。

512.04 仰拱施工要求

1.开挖前应按设计要求施作锁脚、临时支撑等措施

2.路面及基层宜采用机械开挖;爆破开挖时,应采用小药量预裂爆破或静态爆破。

3.开挖作业不得影响隧道结构安全,每次开挖长度不宜超过3~5m。

4.应清除隧底虚渣、杂物、淤泥,并抽干积水。

5.隧底超挖可采用强度等级不低于C15的混凝土或C20的喷射混凝土回填,回填后应再次检查断面形状、尺寸。

6.仰拱衬砌混凝土应整幅一次浇筑成形,不得左右半幅分次浇筑,一次浇筑长度不宜大于5.0m,并做好与原结构的衔接及接缝处理。

7.仰拱混凝土,应使用模板浇筑,模板应留振捣窗,振捣窗纵横向间距不宜大于2.0m,振捣窗不宜小于450mm×450mm,振捣窗周边模板应加强刚度,窗门应平

整、严密、不漏浆。

8.挡头模板应采用可重复使用并能同时固定止水带的定型模板。

9.仰拱混凝土衬砌与拱墙混凝土衬砌连接面应规整、密实。

10.仰拱混凝土衬砌和拱墙混凝土均为素混凝土时，仰拱与拱墙连接面应插连接钢筋，钢筋级别应不低于HRB400、钢筋直径不应小于20mm、长度不应小于500mm，插入深度和外露长度均不应小于250mm，连接钢筋沿衬砌内外缘两侧布置，纵向间距不应大于300mm。当拱墙衬砌为钢筋混凝土、仰拱为素混凝土时，插入钢筋直径和布置间距应与拱墙受力主筋相同，并与拱墙受力主筋焊接。

11.仰拱混凝土应在其强度达到2.5MPa后方可拆模。

12.拆除过程中，应加强监测，发现异常及时采取措施。

13.仰拱加深施工时，隧底开挖深度应满足设计曲率要求。

512.05 仰拱回填要求

1.仰拱填充混凝土不得与仰拱衬砌混凝土一次浇筑。

2.仰拱填充混凝土施工前应清除仰拱表面积水、杂物等。

3.仰拱衬砌横向施工缝与填充混凝土横向施工缝宜错开设置，错开距离不宜小于0.5m。

4.在设有变形缝的位置，仰拱衬砌变形缝与填充混凝土变形缝应在同一断面位置。

5.仰拱填充混凝土顶面应平顺，坡度应符合设计规定。

6.仰拱填充采用片石混凝土时，片石距挡头模板的距离应大于50mm，片石间距应大于混凝土粗集料的最大粒径，并应分层掺放。

7.仰拱填充混凝土应在其强度达到2.5MPa后方可拆模。

512.06 衬砌背后空洞回填

1.衬砌背后空洞回填作业应在衬砌混凝土厚度达到设计厚度的条件下进行，并应在下一环衬砌浇筑混凝土前完成。

2.边墙背后空洞深度小于或等于1.0m、拱部背后空洞深度大于0.5m时，应采用与衬砌相同强度等级的混凝土回填密实，应与衬砌混凝土同时浇筑。

3.边墙背后空洞深度大于1.0m、拱部背后空洞深度大于0.5m时，应按设计要求处理。

4.当采用浆砌片石或片石混凝土回填时，片石不得侵入二次衬砌内。

5.当衬砌混凝土厚度不足时，不得采用注浆回填，应采用其他方式处理。

512.07 施工工序

1. 预加固

根据隧道病害情况标记二次衬砌拆除长度。为保证施工安全，在拆除二次衬砌前采用钢支撑、锚固等措施，临时加固二次衬砌，钢支撑可采用工字钢、型钢等，钢架相关参数参照设计文件。二次衬砌拆除前，应按小段对工字钢临时支撑进行拆除，应遵循“施工哪一段，仅解除该段的临时支撑”的方式，严禁大范围同时拆除临时支撑。

钢支撑、锚固、注浆等措施详见其它章节。

2. 拆除

二次衬砌应按从拱顶到边墙、从上到下的顺序拆除，即先拱顶、再拱腰、最后边墙，每次拆除长度不应超过6米。为了减小对周围初期支护、围岩及二次衬砌的扰动，施工过程中应采用机械切割、静态爆破、凿除等工艺。

3. 重建

当拆除节段长度达到二次衬砌混凝土施工条件时，及时跟进混凝土浇筑，使二次衬砌结构体系及时封闭成环。尽可能缩短二次衬砌与拆换工作面之间的距离，必要时停止拆换面的施工，待拆换后的二次衬砌混凝土紧跟时再开始进行拆换作业。

512.08 质量检验

1. 衬砌钢筋

1) 基本要求

(1) 钢筋的连接方式、同一连接区段内的接头面积应满足设计要求；接头位置应设在受力较小处。

(2) 钢筋的搭接长度、焊接和机械接头质量应满足施工技术规范规定。

(3) 钢筋安装时，应保证设计要求的钢筋根数。

(4) 受力钢筋应平直，表面不得有裂纹及其他损伤。

(5) 钢筋的保护层垫块应分布均匀，数量及材料性能应满足设计和有关技术规范规定。

(6) 多层钢筋网应有足够的钢筋支撑，并应保证钢筋骨架的施工刚度，使其在混凝土浇筑过程中不出现移位。

2) 检查项目

衬砌钢筋检查项目见表512-1。

表 512-1 衬砌钢筋检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	主筋间距 (mm)	±10	尺量或按 JTGF80/1-2017 附录 R 检查: 每模板测 3 点
2	两层钢筋间距 (mm)	±5	尺量: 每模板测 3 点
3	箍筋间距 (mm)	±20	尺量: 每模板测 3 点
4	钢筋长度 (mm)	满足设计要求	尺量: 每模板检查 2 根
5	钢筋保护层厚度 (mm)	+T0, -5	尺量: 每模板检查 3 点

3) 外观质量

(1) 钢筋表面无颗粒状或片状老锈及焊渣、烧伤, 绑扎或焊接的钢筋网和钢筋骨架不得松脱和开焊。

(2) 焊接接头、连接套筒不得出现裂纹。

2. 混凝土衬砌

1) 基本要求

(1) 衬砌施工前初期支护背部存在空洞、断面严重侵限时应及时处理。

(2) 衬砌背后的空隙应回填注浆。

2) 检查项目

混凝土衬砌检查项目见表 512-2。

表 512-2 混凝土衬砌检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTGF80/1-2017 附录 D 检查
2	衬砌厚度 (mm)	90% 的检查点的厚度 ≥ 设计厚度, 且最小厚度 ≥ 0.5 设计厚度	尺量: 每 20m 检查 1 个断面, 每个断面测 5 点按 JTGF80/1-2017 附录 R 检查: 沿隧道纵向分别在拱顶、两侧拱腰、两侧边墙连续测试共 5 条测线, 每 20m 检查 1 个断面, 每个断面测 5 点
3	墙面平整度 (mm)	施工缝、变形缝处 ≤ 20 其他部位 ≤ 5	2m 直尺: 每 20m 每侧连续检查 5 尺, 每尺测最大间隙
4	衬砌背部密实状况	无空洞, 无杂物	按 JTGF80/1-2017 附录 R 检查: 沿隧道纵向分别在拱顶、两侧拱腰、两侧边墙连续测试共 5 条测线

3) 外观质量

(1) 蜂窝麻面面积不得超过该面总面积的 0.5%, 深度不得超过 10mm。

(2) 隧道衬砌钢筋混凝土结构裂缝宽度不得超过 0.2mm, 混凝土结构裂缝宽度不得超过 0.4mm。

3. 仰拱

1) 基本要求

(1) 仰拱基底承载力应满足设计要求。仰拱超挖后严禁回填虚土、虚渣。

(2) 仰拱浇筑前应无积水、杂物、虚渣。

(3) 仰拱曲率。仰拱与边墙连接应满足设计要求并符合施工技术规范规定。

2) 检查项目

仰拱检查项目见表512-3。

表 512-3 仰拱检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	厚度 (mm)	不小于设计值	尺量: 每 20m 检查 1 个断面, 每个断面测 5 点
3	钢筋保护层厚度 (mm)	+10, -5	尺量: 每 20m 测 5 点
4	底面高程 (mm)	±15	水准仪: 每 20m 测 5 点

3) 外观质量

混凝土表面应无露筋。

4. 仰拱回填

1) 基本要求

(1) 仰拱回填混凝土浇筑前表面应无积水和杂物。

(2) 仰拱回填混凝土应在仰拱混凝土强度达到设计强度的70%后进行。

2) 检查项目

仰拱回填检查项目见表512-4。

表 512-4 仰拱回填检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	顶面高程 (mm)	±10	水准仪: 每 20m 测 5 点

3) 外观质量

仰拱回填表面应无开裂。

5. 排水沟 (管)

1) 基本要求

(1) 隧道纵向排水管、横向排水管、环向排水管的材质和规格应满足设计要求。横向排水管、环向排水管的间距应满足设计要求。

(2) 纵向排水管、中心排水沟 (管) 基座的坡度应满足设计要求。

(3) 排水管整体线形应平顺, 排水管接头应不得出现松动。

(4) 防排水工程施工完成后, 应清理排水系统中的建筑垃圾, 及时疏通排水管道, 并进行灌水排水试验。

2) 检查项目

排水沟（管）检查项目见表512-5。

表 512-5 排水沟（管）检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度（MPa）	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	轴线偏位（mm）	±15	全站仪：每 10m 测 1 处
3	断面尺寸或管径（mm）	±10	尺量：每 10m 测 1 处
4	壁厚（mm）	不小于设计值	尺量：每 10m 测 1 处
5	沟底高程（mm）	±20	水准仪：每 10m 测 1 处
6	纵坡	满足设计要求	水准仪：每 10m 测 1 处
7	基础厚度（mm）	不小于设计值	尺量：每 10m 测 1 处

3) 外观质量

沟槽盖板应无松动、破损。

表 512-6 环境水对混凝土侵蚀类型及侵蚀程度的判定

序号	侵蚀类型	环境条件特征		判定项目	侵蚀程度		
		地质条件	水质 pH 值		弱侵蚀	中等侵蚀	强侵蚀
1	硫酸盐侵蚀	石膏地层	7.0~8.0	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	500~1000	1001~2000	>2000
		含盐地层	7.5~9.0		1000~2000	2001~4000	>4000
2	镁盐侵蚀	含镁盐渍土、盐湖盐田、海水	8.0~10.0	Mg ²⁺ (mg/L)	1000~3000	3001~7500	>7500
3	盐类结晶侵蚀	干旱地区盐渍土、碱土、滨海平原盐渍土	10.0~12.0	溶解盐类(g/L)	10~15	16~30	>30
4	硫酸型酸性侵蚀	煤系地层、黑色岩层、有色金属矿田矿脉	1.5~6.5	pH 值	6.5~6.1	6.0~5.0	<4.5
				SO ₄ ²⁻ (mg/L)	≤250	251~1000	>1000
5	溶出型侵蚀(含碳酸型侵蚀)	富含有机质的淤泥和土壤、低矿化度河水和地下水	5.0~6.5	pH 值	6.5~6.1	6.0~5.0	-
				HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	1.5~0.7	<0.7	-

表 512-7 混凝土受硫酸盐、盐类结晶或溶出型侵蚀的防护措施

侵蚀程度	宜用的水泥品种及掺合料	最大水灰比	最小水泥用量 (kg/m ³)	抗渗等级
弱侵蚀	火山灰质硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥 普通硅酸盐水泥(C ₃ A<8%)掺 20%粒化高炉矿渣或粉煤灰、或掺 5%硅灰	0.55	300	≥S6
	普通抗硫酸盐水泥(C ₃ A<5%)	0.6	300	
中等侵蚀	火山灰质硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥 普通硅酸盐水泥(C ₃ A<8%)掺 30%	0.5	330	≥S8

	粒化高炉矿渣或粉煤灰、或掺10%硅灰			
	普通抗硫酸盐水泥(C ₃ A<5%)	0.55	300	
	高级抗硫酸盐水泥(C ₃ A<2.5%)	0.6	300	
强侵蚀	普通抗硫酸盐水泥(C ₃ A<5%)	0.45	360	≥S10
	高级抗硫酸盐水泥(C ₃ A<2.5%)	0.5	330	

注：1.C₃A为铝酸三钙（3CaO Al₂O₃）。

溶出型侵蚀类型不宜使用抗硫酸盐水泥。

当最大水灰比小于或等于0.5时，均应掺用减水剂。如不掺用，则水泥用量应比表列数量增加10%；当水灰比大于0.5，且无抗冻性要求而掺外加剂（减水剂或引气剂）时，水泥用量可减少10%。当具有高水头压力又有耐腐蚀要求时，不宜选用矿渣硅酸盐水泥。

第513节 裂缝及渗漏水处治

513.01 范围

遵循“以堵为主，堵排结合，因地制宜，多道设防，综合治理”的原则，根据裂缝尺寸和渗漏部位、渗漏现象等采取不同的措施进行针对性的处治。

513.02 材料

1.水泥基渗透结晶型防水涂料

执行规范：《水泥基渗透结晶型防水材料》（GB 18445-2012）。

水泥基渗透结晶型防水涂料的性能指标必须符合表513-1的要求。

表 513-1 水泥基渗透结晶型防水涂料的性能指标

序号	试验项目		性能指标
1	外观		均匀、无结块
2	含水率/%		≤1.5
3	细度，0.63mm 筛余/%		≤5
4	氮离子含量/%		≤0.10
5	施工性	加水搅拌后	刮涂无障碍
		20min	刮涂无障碍
6	抗折强度/MPa，28d		≥2.8
7	抗压强度/MPa，28d		≥15.0
8	湿基面粘结强度/MPa，28d		≥1.0
9	砂浆抗渗性能	带涂层砂浆的抗渗压力 ^a /MPa，28d	报告实测值
		抗渗压力比（带涂层）/%，28d	≥250
		去除涂层砂浆的抗渗压力 ^a /MPa，28d	报告实测值
		抗渗压力比（去除涂层）/%，28d	≥175
10	混凝土抗渗性能	带涂层混凝土的抗渗压力 ^a /MPa，28d	报告实测值
		抗渗压力比（带涂层）/%，28d	≥250
		去除涂层混凝土的抗渗压力 ^a /MPa，28d	报告实测值

	抗渗压力比（去除涂层）/%，28d	≥175
	带涂层混凝土的第二次抗渗压力/MPa，56d	≥0.8

基准砂浆和基准混凝土 28d 抗渗压力应为 0.4(+0.0,-0.1)MPa，并在产品质量检验报告中列出。

2. 聚合物水泥防水砂浆

执行规范：《聚合物水泥防水砂浆》（JC/T984-2011）。

产品型号：JF防水砂浆DIIJC/T984-2011。

聚合物水泥防水砂浆的性能指标必须符合表513-2的要求。

表 513-2 聚合物水泥防水砂浆的性能指标

序号	项目	技术指标		
1	凝结时间*	初凝/min	≥45	
		终凝/h	≤24	
2	终凝压力 ^a /MPa	涂层试件	7d ≥0.5	
		砂浆试件	7d	≥1.0
			28d	≥1.6
3	抗压强度/MPa	≥24.0		
4	抗折强度/MPa	≥8.0		
5	柔韧性（横向变形能力）/mm	≥1.0		
6	粘结强度/MPa	7d	≥1.0	
		28d	≥1.2	
7	耐碱性	无开裂、剥落		
8	耐热性	无开裂、剥落		
9	抗冻性	无开裂、剥落		
10	收缩率/%	≤0.15		
11	吸水率/%	≤4.0		

*凝结时间可根据用户需要及季节变化进行调整。

^a当产品使用的厚度不大于 5mm 时测定涂层试件的抗渗压力；当产品使用的厚度大于 5mm 时测定砂浆试件的抗渗压力。亦可根据产品用途，选择测定涂层或砂浆试件的抗渗压力。

3. 混凝土裂缝修复胶

执行规范：《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》（GB 50728-2011）。

混凝土裂缝修复胶必须符合表513-3的要求。

表 513-3 混凝土裂缝修复胶安全性鉴定标准

检验项目	检验条件	鉴定合格指标	
胶体性能	浇注毕养护 7d，到期立即在 (23±2) °C、(50±5) %RH 条件下测试	抗拉强度(MPa)	≥25
		受拉弹性模量(MPa)	≥1.5×10 ³
		伸长率(%)	≥1.7
		抗弯强度(MPa)	≥30 且不得呈碎裂状破坏
		抗压强度(MPa)	≥50
	无约束线性收缩率(%)	浇注毕养护 7d，到期立即在 (23±2) °C 条件下测试	≤0.3
粘结能力	粘合毕养护 7d，到期立即在 (23±2) °C、(50±5) %RH 条件下测试	钢对钢拉伸抗剪强度(MPa)	≥15
		钢对钢对接抗拉强度(MPa)	≥20
		钢对干态混凝土正拉粘结强度(MPa)	≥2.5，且为 混凝土内聚破坏
		钢对湿态混凝土正拉粘结强度(MPa)	≥1.8，且为 混凝土内聚破坏
耐湿热老化能力	在 50°C、(95±3) %RH 环境中老化 90d，冷却至室温进行钢对钢拉伸抗	与室温下、短期试验结果相比，其抗剪强度降低率不大于 18%	

检验项目	检验条件	鉴定合格指标
	剪强度试验	

注：

1.表中各项性能指标均为标准值。

2.干态混凝土指含水率不大于6%的硬化混凝土；湿态混凝土指饱和含水率状态下的硬化混凝土。

4.油溶性聚氨酯灌浆材料

执行规范：《聚氨酯灌浆材料》（JC/T2041-2010）。

产品型号：OPU JC/T2041-2010。

油溶性聚氨酯灌浆材料必须符合表513-4的要求。

表 513-4 油溶性聚氨酯灌浆材料的物理性能

序号	试验项目	指标
1	密度/(g/cm ³)	≥1.05
2	粘度/MPa·s	≤1.0×10 ³
3	凝固时间/s	≤800
4	不挥发物含量/%	≥78
5	发泡率/%	≥1000
6	抗压强度/Mpa	≥6

5.建筑接缝用密封胶

执行规范：《建筑接缝用密封胶》（JC/T881-2001）。

产品型号：建筑接缝用密封胶IN 25 HM JC/T881-2001。

建筑接缝用密封胶必须符合表513-5的要求。

表 513-5 建筑接缝用密封胶物理力学性能

序号	项目		技术指标
1	流动性	下垂度(N型)mm	垂直 ≤3
			水平 ≤3
2	挤出型, ml/min		≥80
3	弹性回复率, %		≥80
4	拉伸模量, MPa	23°C-20°C	>0.4 和 >0.6
5	定伸粘结性		无破坏
6	浸水后定伸粘结性		无破坏
7	冷拉-热压后粘结性		无破坏
8	质量损失率/%		≤10

6.阻锈剂

执行规范：《混凝土结构加固设计规范》（GB 50367-2013）。

产品型号：烷氧基类或氨基类喷涂型阻锈剂。

阻锈剂的质量和性能必须符合表513-6和表513-7的要求。

表 513-6 喷涂型阻锈剂的质量

烷氧基类阻锈剂		氨基类阻锈剂	
检验项目	合格指标	检验项目	合格指标
外观	透明、琥珀色液体	外观	透明、微黄色液体
浓度	0.88g/mL	密度 (20°C时)	1.13g/mL
PH 值	10~11	PH 值	10~12
黏度 (20°C时)	0.95mPa·s	黏度 (20°C时)	25mPa·s
烷氧基复合物含量	≥98.9%	氨基复合物含量	≥15%
硅氧烷含量	≤0.3%	氯离子 Cl ⁻	无
挥发性有机物含量	<400g/L	挥发性有机物含量	<200g/L

表 513-7 喷涂型阻锈剂的性能指标

检验项目	合格指标
氯离子含量降低率	≥90%
盐水侵蚀试验	无锈蚀, 且电位为 0~-250mV
干湿冷热循环试验	60 次, 无锈蚀
电化学试验	电流应小于 150μA, 且破样检查无锈蚀
现场锈蚀电流检测	喷涂 150d 后现场测定的电流降低率≥80%

7. 粘贴钢板或接水盒的胶粘剂

执行规范: 《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》(GB 50728-2011)。

胶粘剂必须符合以下要求:

- 1) 胶粘剂必须采用A级胶。
- 2) 胶粘剂必须进行粘结抗剪强度检验。检验时, 其粘结抗剪强度标准值, 应根据置信水平为0.90、保证率为95%的要求确定。
- 3) 粘贴钢板的胶粘剂必须采用专门配制的改性环氧树脂胶粘剂。严禁使用不饱和聚酯树脂和醇酸树脂作为胶粘剂。
- 4) 建筑接缝用密封胶必须符合表513-8~表513-11的要求。

表 513-8 以混凝土为基材, 粘贴钢材用结构胶基本性能鉴定指标

检验项目		检验条件	鉴定合格指标	
胶体性能	抗拉强度(MPa)	在 (23±2) °C、(50±5) %RH 条件下、以 2mm/min 加荷速度进行测试	≥30	
	受拉弹性模量(MPa)		≥2.5×10 ³	
	伸长率(%)		≥1.2	
	抗弯强度(MPa)		≥45 且不得呈碎裂状破坏	
	抗压强度(MPa)		≥65	
粘结能力	钢对钢拉伸抗剪强度(MPa)	标准值	(23±2) °C、(50±5) %RH	≥15
		平均值	(60±2) °C、10min	≥17
			(-45±2) °C、30min	≥17
	钢对钢对接粘结抗拉强度(MPa)	在 (23±2) °C、(50±5) %RH 条件下、按所执行试验方法标准规定的加荷速度进行测试	≥33	
钢对钢 T 冲击剥离长度(mm)		≤25		
钢对 C45 混凝土正拉		≥2.5, 且为混凝土内		

	粘结强度(MPa)		聚破坏
热变形温度(°C)		固化、养护 21d, 到期使用 0.45MPa 弯曲应力的 B 法测定	≥65
不挥发物含量(%)		(105±2)°C、(180±5) min	≥99

注:表中各项性能,除标有标准值外,均为平均值。

表 513-9 以混凝土为基材,结构胶长期使用性能鉴定指标

检验项目		检验条件	鉴定合格指标
耐环境作用	耐湿热老化能力	在 50°C、95%RH 环境中老化 90d 后,冷却至室温进行钢对钢拉伸抗剪试验	与室温下短期试验结果相比,其抗剪强度降低率≤12%
	耐热老化能力	在 (80±2)°C 环境中老化 30d 后,以同温度进行钢对钢拉伸抗剪试验	与同温度 10min 短期试验结果相比,其抗剪强度降低率≤5%
	耐冻融能力	在 -25°C~35°C 冻融循环温度下,每次循环 8h,经 50 次循环后,在室温下进行钢对钢拉伸抗剪试验	与室温下短期试验结果相比,其抗剪强度降低率≤5%
耐应力作用能力	耐长期应力作用能力	在 (23±2)°C、(50±5)%RH 环境中承受 4.0MPa 剪应力持续作用 210d	钢对钢拉伸抗剪试件不破坏,且蠕变的变形值小于 0.4mm
	耐疲劳应力作用能力	在室温下,以频率为 5Hz、应力比为 5:1.5、最大应力为 4.0MPa 的疲劳荷载下进行钢对钢拉伸抗剪试验	经 2×10 ⁶ 次等幅正弦波疲劳荷载作用后,试件不破坏

表 513-10 以混凝土为基材,结构胶耐介质侵蚀性能鉴定指标

检验项目	介质环境及处理要求	鉴定合格指标	
		与对照组相比	处理后的外观
		强度下降率(%)	质量要求
耐盐雾作用	5%NaCl 溶液;喷雾压力 0.08MPa;试验温度 (35±2)°C;每 0.5h 喷雾一次,每次 0.5h;盐雾应自由沉降在试件上;作用持续时间 90d;到期进行钢对钢拉伸抗剪强度试验	≤5	不得有裂纹或脱胶
耐碱性介质作用	Ca(OH) ₂ 饱和溶液;试验温度 (35±2)°C;浸泡时间 60d;到期进行钢对混凝土正拉粘结强度试验	不下降, 且为混凝土破坏	不得有裂纹、剥离或起泡
耐酸性介质作用	5%H ₂ SO ₄ 溶液;试验温度 (35±2)°C;浸泡时间 30d;到期进行钢对混凝土正拉粘结强度试验	混凝土破坏	不得有裂纹或脱胶

表 513-11 结构胶粘剂工艺性能要求

结构胶粘剂类别及其用途		工艺性能指标					
		混合后初黏度 (mPa·s)	触变指数	25°C 下垂流度 (mm)	在各季节试验温度下测定的适用期 (min)		
春秋用 (23°C)	夏用 (30°C)				冬用 (10°C)		
压注型粘钢结构胶	A 级	≤1000	/	/	≥40	≥30	40~210
裂缝补强修复用胶	A 级	0.05≤w<0.2	/	/	≥50	≥40	50~210
		0.2≤w<0.5	/	/	≥40	≥30	40~180
		0.5≤w<1.5	/	/	≥30	≥20	30~180
锚固用快固型结构性	A 级		≥4.0	≤2.0	10~25	5~15	25~60

8.种植锚固件的胶粘剂

执行规范：《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》（GB 50728-2011）。

适用范围：胶粘型锚栓和植筋。

胶粘剂必须符合以下要求：

- 1) 胶粘剂必须采用A级胶。
- 2) 种植锚固件的胶粘剂，必须采用改性环氧类结构胶粘剂，其安全性检验指标必须符合表43的要求。种植锚固件的胶粘剂，其填料必须在工厂制胶时添加，严禁在施工现场掺入。

9.锚栓

执行规范：《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》（GB 50728-2011）。

锚栓必须符合以下要求：

- 1) 锚栓应采用胶粘-模扩底锚栓。
- 2) 锚栓性能应符合表513-12的要求。
- 3) 耐腐蚀性能要求详见钢材耐腐蚀性能部分。

表 513-12 碳素钢及合金钢锚栓的安全性能鉴定指标

性能等级	8.8
抗拉强度标准值 f_{stk} (MPa)	≥ 800
屈服强度标准值 f_{yk} 或 $f_{0.2}$ (MPa)	≥ 640
伸长率 δ_s (%)	≥ 12
受拉弹性模量(MPa)	$\geq 2.0 \times 10^5$

513.03 一般规定

- 1.工程结构存在变形和未稳定的裂缝时，应待变形和裂缝稳定后再进行治理。接缝渗漏的治理宜在开度较大时进行。
- 2.当渗漏部位有结构安全隐患时，应先进行结构修复后再进行渗漏治理。渗漏治理应在结构安全的前提下进行。
- 3.渗漏治理宜先止水或引水再采取其他治理措施。
- 4.严禁采用有损结构安全的渗漏治理措施及材料。
- 5.渗漏治理所选用的材料应符合下列规定：
 - 1) 材料的施工应适应现场环境条件。
 - 2) 材料应与原防水材料相容，并应避免对环境造成污染。
 - 3) 材料应满足工程的特定使用功能要求。
- 6.渗漏治理施工前，施工方应根据渗漏治理方案设计编制施工方案，并进行

技术和安全交底。

7.渗漏治理所用材料应符合相关标准及设计要求，并应由相关各方协商决定是否进行现场抽样复验。渗漏治理不得使用不合格的材料。

8.渗漏治理应由具有防水工程施工资质的专业施工队伍施工，主要操作人员应持证上岗。

9.渗漏部位的基层处理应满足材料及施工工艺的要求。

10.渗漏治理施工应建立各道工序的自检、交接检和专职人员检查的制度。上道工序未经检验确认合格前，不得进行下道工序的施工。

11.施工过程中应随时检查治理效果，并应做好隐蔽工程验收记录。

12.当工程现场条件与设计方案有差异时，应暂停施工。当需要变更设计方案时，应做好工程洽商及记录。

13.对已完成渗漏治理的部位应采取保护措施。

14.施工时的气候及环境条件应符合材料施工工艺的要求。

513.04 施工工序

1.裂缝和渗漏水复查。

2.制订修补技术方案。

3.清理、修整原结构、构件。

4.界面处理及原构件含水率控制。

5.裂缝和渗漏水处治施工。

6.施工质量检验。

513.05 施工工艺

1.水泥基渗透结晶型防水涂料的涂膜厚度不应小于1mm，用量不得小于1.5kg/m²。

2.水泥基渗透结晶型防水涂料的施工应符合下列规定：

1) 混凝土基层表面应干净并充分润湿，但不得有明水；光滑的混凝土表面应打毛处理。

2) 应按产品说明书或设计规定的配合比严格控制用水量，配料时应采用机械搅拌。

3) 配置好的涂料从加水开始应在20min内用完。在施工过程中，应不断搅拌混合料；不得向配好的涂料中加水加料。

4) 多遍涂刷时，应交替改变涂刷方向。

5) 涂层终凝后应及时进行喷雾干湿交替养护，养护时间不得小于72h，不得采

取浇水或蓄水养护。

3.聚合物水泥防水砂浆的施工应符合下列规定：

- 1) 基层表面应坚实、清洁，并应充分湿润、无明水。
- 2) 防水层应分层铺抹，铺抹时应压实、抹平，最后一层表面应提浆压光。
- 3) 聚合物水泥防水砂浆拌和后应在规定时间内用完，施工中不得随意加水。
- 4) 砂浆层未达到硬化状态时，不得浇水养护，硬化后应采取干湿交替的方法进行养护，养护温度不应低于5℃，并保持砂浆表面湿润，养护时间不应少于14d。潮湿环境中，可在自然条件下养护。

4.注浆止水施工应符合下列规定：

- 1) 注浆止水施工所配置的风、水、电应可靠，必要时可设置专用管路和线路。
- 2) 从事注浆止水的施工人员应接受专业技术、安全、环境保护和应急救援等方面的培训。
- 3) 单液注浆浆液的配制宜遵循“少量多次”和“控制浆温”的原则，双液注浆时浆液配比应准确。
- 4) 基层温度不宜低于5℃，浆液温度不宜低于15℃。
- 5) 注浆设备应在保证正常作业的前提下，采用较小的注浆孔孔径和小内径的注浆管路，且注浆泵宜靠近孔口（注浆嘴），注浆管路长度宜短。
- 6) 注浆止水施工可按清理渗漏部位、设置注浆嘴、清孔（缝）、封缝、配制浆液、注浆、封孔和基层清理的工序进行。
- 7) 注浆过程中发生漏浆时，宜根据具体情况采用降低注浆压力、减小流量和调整配比等措施进行处理，必要时可停止注浆。
- 8) 注浆宜连续进行，因故中断时应尽快恢复注浆。

5.钻孔注浆止水施工尚应符合下列规定：

- 1) 钻孔注浆前，应使用钢筋检测仪确定设计钻孔位置的钢筋分布情况；钻孔时，应避免钢筋。
- 2) 注浆孔应采用适宜的钻机钻进，钻进全过程中应采取保护措施，确保钻孔按设计角度成孔，并宜采取高压空气吹孔，防止或减少粉末、碎屑堵塞裂缝。
- 3) 封缝前应打磨及清理混凝土基层，并应使用速凝型无机堵漏材料封缝；当采用聚氨酯灌浆材料注浆时，可不预先封缝。
- 4) 宜采用压环式注浆嘴，并应根据基层强度、钻孔深度及孔径选择注浆嘴的长度和外径，注浆嘴应埋置牢固。

5) 注浆过程中,当观察到浆液完全替代裂缝中的渗漏水并外溢时,可停止从该注浆嘴注浆。

6) 注浆全部结束且灌浆材料固化后,应按工程要求处理注浆嘴、封孔,并清除外溢的灌浆材料。

6.注浆止水施工安全及环境保护应符合下列规定:

- 1) 注浆施工时,操作人员应穿防护服,戴口罩、手套和防护眼镜。
- 2) 挥发性材料应密封贮存,妥善保管和处理,不得随意倾倒。
- 3) 使用易燃材料时,施工现场禁止出现明火。
- 4) 施工现场应通风良好。

7.钻孔注浆时应严格控制注浆压力等参数,并应沿裂缝走向自下而上依次进行。

8.潮湿而无明水裂缝的贴嘴注浆应符合下列规定:

1) 粘贴注浆嘴和封缝前,应先将裂缝两侧待封闭区域内的基层打磨平整并清理干净,再用配套的材料粘贴注浆嘴并封缝。

2) 粘贴注浆嘴时,应先用定位针穿过注浆嘴、对准裂缝插入,将注浆嘴骑缝粘贴在基层表面,应以拔出定位针时不粘附胶粘剂为合格。不合格时,应清理缝口,重新贴嘴,直至合格。粘贴注浆嘴后不拔出定位针。

3) 立面上应沿裂缝走向自下而上依次进行注浆。当观察到临近注浆嘴出浆时,可停止从该注浆嘴注浆,并从下一注浆嘴重新开始注浆。

4) 注浆全部结束且孔内灌浆材料固化,并经检查无湿渍、无明水后,应按工程要求拆除注浆嘴、封孔、清理基层。

9.采用压力灌注法时,应根据裂缝宽度、深度和内部情况,选用定压注射器自动注胶法或机控压力注浆法。其选择应符合下列原则:

1) 当二次衬砌混凝土中,有宽度为0.05mm~1.5mm,深度不超过300mm的贯穿或不贯穿裂缝时,宜采用定压注射器注胶法施工。注射器安装的方法和间距应符合产品使用说明书的规定。这种方法所产生的压力应不小于0.2MPa。若压力过低,应改用其他产品。

2) 裂缝宽度大于0.5mm且走向蜿蜒曲折或为混凝土深裂缝,宜采用机控压力注胶;注入压力应根据产品使用说明书确定。

10.压力灌注装置的安装和试压检验应符合下列要求:

1) 注胶(浆)嘴及其基座应按裂缝走向设置。注胶(浆)嘴间距为300mm;同时尚应设在裂缝交叉点、裂缝较宽处和端部。注胶(浆)嘴基座之间的裂缝表面

应采用封缝胶封闭。每条裂缝上还必须设置排气嘴。

2) 封缝胶固化后, 应进行压气试验, 检查密封效果; 观察注胶(浆)嘴之间的连通情况。当注胶(浆)嘴中气压达到0.5MPa时, 若仍有不通气的注胶(浆)嘴, 则应重新埋设注胶(浆)嘴, 并缩短其间距。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 封缝胶泥固化后立即进行压气试验。沿封缝胶泥处涂刷皂液, 从注胶(浆)嘴压入压缩空气, 压力取等于注胶(浆)压力, 观察是否有漏气的气泡出现。若有漏气, 应用胶泥修补, 直至无气泡出现。

11. 施工前应复查裂缝修补胶(浆)液的品种、型号及进场复验报告, 以及所配制胶(浆)液的初始黏度。若拌合胶(浆)液时, 发现有突然发热变稠的现象, 应弃用该批胶(浆)液。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 观察。

12. 注胶(浆)压力控制与注胶(浆)作业应符合下列规定:

1) 注胶(浆)压力应按产品使用说明书进行控制。

2) 压力注胶(浆)作业按从下到上的顺序进行。

3) 注浆过程中出现下列标志之一时, 即可确认裂缝腔内已注满胶(浆)液, 可以转入下一个注胶(浆)嘴进行注胶(浆), 直至注完整条裂缝:

(1) 在注胶(浆)压力下, 上部注胶(浆)嘴有胶(浆)液流出

(2) 在胶(浆)液适用期内, 吸胶(浆)率小于0.05L/min。

13. 当上部注胶(浆)嘴或排气嘴有胶(浆)液流出时, 应及时关闭上部注胶(浆)嘴, 并维持压力1min~2min。待缝内的胶(浆)液初凝时, 应立即拆除注胶(浆)嘴和排气嘴, 并用环氧胶泥将嘴口部位抹平、封闭。

513.06 施工要求

1. 表面封闭法主要施工要求:

1) 施工工序: 裂缝调查→界面处理→涂布防水涂料→抹压防水砂浆→恢复内装。

2) 水泥基渗透结晶型防水涂料的涂膜厚度不应小于1mm, 用量不得小于1.5kg/m²。水泥基渗透结晶型防水涂料施工应符合以下规定:

(1) 混凝土基层表面应干净并充分润湿, 但不得有明水; 光滑的混凝土表面应打毛处理。

- (2) 应按产品说明书规定的配合比严格控制用水量，配料时应采用机械搅拌。
- (3) 配置好的涂料从加水开始应在20min内用完。在施工过程中，应不断搅拌混合物料，不得向配好的涂料中加水加料。
- (4) 多遍涂刷时，应交替改变涂刷方向。
- (5) 涂层终凝后应及时进行喷雾干湿交替养护，养护时间不得小于72h，不得采取浇水或蓄水养护。

3) 聚合物水泥防水砂浆的施工应符合下列规定：

- (1) 基层表面应坚实、清洁，并应充分湿润、无明水。
- (2) 防水层应分层铺抹，铺抹时应压实、抹平，最后一层表面应提浆压光。
- (3) 聚合物水泥防水砂浆拌和后应在规定时间内用完，施工中不得随意加水。
- (4) 砂浆层未达到硬化状态时，不得浇水养护，硬化后应采取干湿交替的方法进行养护，养护温度不应低于5℃，并保持砂浆表面湿润，养护时间不应少于14d。潮湿环境中，可在自然条件下养护。

2. 压力灌注法主要施工要求：

1) 施工工序：裂缝及渗漏水复查→钻孔→清孔及裂缝表面处理→安装注浆头及裂缝表面封闭→试压检验→注胶（浆）→灌注质量检查→裂缝表面处理→涂布防水涂料→抹压防水砂浆。

2) 注浆孔宜交叉布置在裂缝两侧，钻孔应斜穿裂缝，垂直深度宜为混凝土结构厚度 h 的1/2，但不得小于15cm。钻杆应有限深装置，不得穿透衬砌。

3) 注浆头及其基座应按裂缝走向设置。注浆头除按表中间距布设外，同时还应设在裂缝交叉点、裂缝较宽处和端部。注浆头基座之间的裂缝表面应采用封缝胶封闭。每条裂缝上还必须设置排气嘴。

4) 封缝胶固化后，应进行压气试验，检查密封效果，观察注浆嘴之间的连通情况。当注浆嘴中气压达到0.5MPa时，若仍有不通气的注浆嘴，则应重新埋设注浆嘴，并缩短其间距。

5) 注浆压力控制与注浆作业应按产品使用说明书进行控制。机控注浆时压力应逐渐升高，不得骤然加压。压力注浆作业按从下到上的顺序进行。

6) 注浆完毕后，应在基层表面设置刚性防水层：沿裂缝走向在两侧各20cm范围内的基层表面先涂布水泥基渗透结晶型防水涂料，再单层抹压聚合物水泥防水砂浆。对于裂缝分布较密的基层，应大面积抹压聚合物水泥防水砂浆。裂缝表面封护材料施工注意事项详见表面封闭法。

3.接水盒排法主要施工要求:

1) 施工工序: 裂缝调查→打设泄水孔→界面处理→施作接水盒→涂布防水涂料→抹压防水砂浆→填充密封膏。

2) 衬砌背后围岩较好, 含水量丰富, 洞内渗漏水呈涌水、流淌现象较普遍时, 应对围岩采用钻孔集水, 将汇集的地下水经竖间接水盒引入排水系统。

3) 衬砌环向施工缝、变形缝等处漏水, 应在出水处适当部位设置泄水孔或导水管引排。

4) 接水盒应与排水系统相连, 排水应畅通, 排水流量应大于最大渗漏量。

5) 不锈钢接水盒与隧道二次衬砌之间采用改性环氧树脂胶粘剂进行粘接, 并用M12×160胶粘-模扩底锚栓锚固。胶粘剂必须采用A级胶, 通过手工涂胶粘贴形成饱满而高强的胶层。

6) 接水盒安装顺序为先上后下、先拱顶后两侧。接茬部位采用下节压上节搭连接, 接茬长度10~15cm。拱顶90度圆心角范围内应尽量避免出现接茬, 无法避免时尽量设在较低的位置, 并将接茬长度增加至30cm。

7) 当在槽侧填充密封材料时, 应先在衬砌和接水盒表面上涂刷一层胶液, 方可填充密封材料。

8) 裂缝表面封护材料施工注意事项详见表面封闭法。

4.裂缝宽 $w \leq 0.2\text{mm}$ 的干裂缝处治主要施工要求:

1) 施工工序: 裂缝调查核实→凿除内装饰→裂缝缝口表面处理→涂布裂缝封闭胶(A级胶)。

2) 裂缝缝口表面处理: 采用喷砂机或砂轮清理混凝土表面, 露出坚实平整的混凝土, 清除表面浮尘, 清理范围以裂缝中心位置向两侧拓宽不小于50mm为原则。然后清除裂缝内的灰尘及杂物。

3) 涂布裂缝封闭胶(A级胶): 裂缝封闭胶涂刮后应完全覆盖缝口处理范围, 封闭宽度范围不小于50mm, 涂胶次数不少于3次, 直至封闭裂缝通道。

5.裂缝宽 $w > 0.2\text{mm}$ 干裂缝处治主要施工要求:

1) 施工工序:

(1) 针对宽 $0.2\text{mm} < w < 0.5\text{mm}$ 的干裂缝: 裂缝调查核实→清除内装饰→钻孔→清孔及清缝处理→安装止水针头→裂缝表面封闭→试压检验→注胶→质量检查。

(2) 针对宽 $w \geq 0.5\text{mm}$ 的干裂缝: 裂缝调查→清除内装饰→倒梯形开槽填充聚合物改性水泥砂浆封闭→钻孔→清孔及清缝处理→安装止水针头→试压检验→注胶

→质量检查。

2) 清缝处理：采用喷砂机或砂轮清理混凝土表面，露出坚实平整的混凝土，清除表面浮尘，清理范围以裂缝中心位置向两侧拓宽不小于50mm为原则。采用高压风清除裂缝内的灰尘及杂物。

3) 埋设止水针头：宜骑缝进行注胶孔钻孔，根据注胶效果适当调节钻孔深度，埋设止水针头。应沿裂缝走向布置止水针头，在裂缝交叉点、裂缝较宽处和端部应预设止水针头，止水针头间距为300mm左右。每一条裂缝至少有一个止水针头、排气嘴、出浆嘴。

4) 封闭裂缝：针对宽 $0.2\text{mm} < w < 0.5\text{mm}$ 的裂缝，采用环氧胶泥压抹平整，缝口表面应封闭均匀、黏结牢固，不漏气，封缝宽度为5cm；针对宽 $w \geq 0.5\text{mm}$ 的裂缝，倒梯形开槽后采用聚合物改性水泥砂浆填平，应按设计尺寸骑缝开槽，填充封闭时，槽内应清理干净，填充密实。

5) 裂缝封闭效果检查：裂缝封闭后进行压气试漏，检查密闭效果。压气试漏需待封缝胶泥或砂浆有一定强度时进行。试漏前沿裂缝涂一层肥皂水，从止水针头通入压缩空气，观察止水针头之间的连通情况。当止水针头中气压达到0.3MPa时，若仍有不通气的止水针头，则应重新埋设止水针头，并缩短其间距，对于其他漏气位置修补密封至不漏气为止。

6) 压力注胶：应在填充材料强度达到要求后进行注胶。宜采取低压慢注方式，压力宜为0.1~0.3MPa，施工中可根据工程实际情况适当调整注胶压力。对于贯通性裂缝出现漏胶情况，应停止施工，调整注胶参数。环向、斜向裂缝注胶应自下而上进行，当进胶速度小于0.05L/min时，再继续灌注5min后停止压胶。

513.07 质量检验

1.对于需要进场检验的材料，应按《地下工程渗漏治理技术规程》（JGJ/T212-2010）附录C的规定进行现场抽样复验，材料的性能应符合《地下工程渗漏治理技术规程》（JGJ/T212-2010）附录D的规定，并应提交检验合格报告。

2.隐蔽工程在隐蔽前应由施工方会同有关各方进行验收。

3.工程施工质量的验收，应在施工单位自行检查评定合格的基础上进行。

4.渗漏治理部位应全数检查。

5.工程质量验收应提供下列资料：

1) 调查报告、设计方案、图纸会审记录、设计变更、洽商记录单。

2) 施工方案及技术、安全交底。

- 3) 材料的产品合格证、质量检验报告。
- 4) 隐蔽工程验收记录。
- 5) 工程检验批质量验收记录。
- 6) 施工队伍的资质证书及主要操作人员上岗证书。
- 7) 事故处理、技术总结报告等其他必需提供的资料。

6.材料性能应符合设计要求。

检验方法：检查出厂合格证、质量检测报告等。进场抽检复验的材料还应提交进场抽样复检合格报告。

7.浆液配合比应符合设计要求。

检验方法：检查计量措施或试验报告及隐蔽工程验收记录。

8.注浆孔的数量、钻孔间距、钻孔深度及角度应符合设计要求。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录。

9.注浆过程的压力控制和进浆量应符合设计要求。

检验方法：检查施工记录及隐蔽工程验收记录。

10.注浆效果应符合设计要求。

检验方法：观察检查或采用钻孔取芯等方法检查。

11.压力灌注法胶（浆）液固化时间达到7d时，应立即采用下列方法之一进行灌注质量检验：

1) 超声波法

当采用超声波探测时，其测定的浆体饱满度不应小于90%。

检查数量：见证抽测裂缝总数的10%，且不少于5条裂缝。

检验方法：按有关超声法检测混凝土缺陷的规定执行。

2) 取芯法

随机钻取直径D不小于50mm的芯样进行检测。钻芯前应先通过探测避开钢筋；取芯点应位于裂缝中部。检查芯样裂缝是否被胶体填充密实、饱满，粘结完整。如有补强要求，还应对芯样做劈拉强度试验；试验结果应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367的要求，钻芯后留下的孔洞应采用掺有石英砂的结构胶填塞密实。

检查数量：每一检验批同类构件见证抽查10%，且不少于3条裂缝；每条取芯样1个。

检验方法：观察、检查修补胶固化7d的抗劈拉试验记录。

3) 承水法:

以承水24h不渗漏为合格。

检查数量: 按合同要求确定。

检验方法: 观察, 并检查承水试验报告。

12.涂料的用量或防水层平均厚度应符合设计要求, 最小厚度不得小于设计厚度的90%。

检验方法: 检查隐蔽工程验收记录或用涂层测厚仪量测。

13.涂料防水层应与基层粘结牢固, 涂刷均匀, 不得有皱折、鼓泡、气孔、露胎体和翘边等缺陷。

检验方法: 观察检查。

14.水泥砂浆防水层的平均厚度应符合设计要求, 最小厚度不得小于设计值的85%。

检验方法: 观察和尺量检查。

15.聚合物水泥砂浆防水层与基层及各层之间应粘结牢固, 无脱层、空鼓和裂缝。

检验方法: 观察和用小锤轻击检查。

16.渗漏治理效果应符合设计要求。

检验方法: 观察检查。

17.治理部位不得有渗漏或积水现象, 排水系统应畅通。

检验方法: 观察检查。

第514节 防水与排水

514.01 范围

本节工作内容包括隧道施工中的洞内外临时防水与排水和洞内永久防水、排水工程以及防水层施工等的有关作业。

514.02 一般规定

1.隧道施工的临时防、排水应与永久防、排水设施相结合; 以防、截、排、堵相结合, 因地制宜、综合治理的原则进行。选择既经济合理又切实可行的治水措施, 确保围岩稳定, 便于初期支护的施工, 并保证在二次衬砌施工前, 现场具有防水层的施工条件。

2.施工前, 根据图纸和调查资料, 预计可能出现的地下水情况并估计水量, 参

照《地下工程防水技术规范》（GB 50108-2008）的有关规定，制订防、排水施工方案，报请监理人批准。施工中，应对隧道的出水部位、水质、水量及变化规律等做好观测试验记录，并不断改进和完善防、排水措施。

3.洞顶上方地面有坑洼、探坑等容易积水时，应按图纸要求或监理人指示予以处理；原有天然沟谷应予以整治，确保水流畅通，必要时沟床需加铺砌。

4.在地下水发育的易溶性岩层中施工，为防止水囊、暗河及高压涌水的突然出现，开挖工作面上应布设超前钻孔，并提出防止涌水的安全措施，报请监理人批准。

5.洞内出现的地下水，经化验确认对衬砌结构有侵蚀性时，应按图纸要求或监理人指示，针对不同侵蚀类型采取相应的抗侵蚀措施。

6.洞顶设有水池时，池底应有防渗措施，同时还应有疏导溢水的设施，不得任溢水漫流。

7.开挖中洞内出现大面积渗漏水时，宜采用钻孔将水集中汇流引入排水沟，并将钻孔部位、数量、孔径、深度、方向和渗水量等，作成详细记录，据以确定在衬砌时设置拱墙背后的排水设施。

8.如图纸无特殊要求，衬砌背后之流水均应排入隧道内侧排水沟。施工中应做好衬砌背后的疏排水设施，若有压浆时，不得将排水设施堵塞。

9.施工前承包方应对设计文件中病害情况与现场实际病害情况进行核对，不一致时应及时提出。

10.项目所有隐蔽工程的工程量（主要包括注浆、锚固、中央水沟开挖等），应保存施工记录、照片或音像资料备查。经监理工程师现场验收确认后再计量。

11.承包方应作好前期施工准备，包括人员、机械、建筑材料等应准备充足，并作好施工组织和统筹安排，尽量缩短工期。施工期应尽量避免节假日高峰。

12.施工时，若既有道路不能断道，故施工前应制定详细的施工方案及保通方案，经审批通过后方可实施。

514.03 防、排水处理

1.地表防、排水

1) 隧道覆盖层地表积水应先处理。按图纸要求修筑截水沟、排水沟及其他排水建筑物，洞口附近不得积水。

2) 地表的坑洼、钻孔、探坑等应以不透水材料或土壤填塞，并分层夯实。

3) 边坡、仰坡坡顶的截水沟、排水沟应于路堑土石方开挖前施工，以确保截、引地表水，防止出水口顺坡漫流。

4) 洞口排水应与路基边沟组成系统。

5) 洞外路堑向隧道内为下坡时, 可将路基边沟挖成反坡, 以利向路堑外排水。必要时还应在洞口外适当位置设横向截水沟。

2. 洞内排水

1) 设置施工临时排水沟

(1) 洞内施工时应设置临时顺坡排水沟, 水沟断面应满足洞内渗水和排出施工废水的需要, 水沟位置应远离边墙, 宜距边墙基脚不小于1.5m。围岩松软或裂隙发育地段的水沟应铺砌, 或用管槽代替。施工中排水沟应经常清理。

(2) 当洞内需设置反坡排水沟时, 应使用机械设备。可根据距离、坡度、水量和设备等因素布置排水管道, 或一次或分段接力将水排出洞外。配备抽水机的功率, 应大于排水量的20%以上, 并应有备用抽水机。

2) 渗漏水的处理

开挖中洞内渗水的面积较大时, 宜采用钻孔将水集中汇流入排水沟内。应将钻孔位置、数量、孔径、深度、方向和渗水量等做详细记录, 用以确定衬砌施工时拱墙背后所需要的排水措施。

3) 承压水的排放

(1) 当预计开挖工作面前方有承压水, 而且排放不会影响围岩稳定, 或进行注浆前排水降压, 可采用超前钻孔或辅助坑道排水。

(2) 超前钻孔及辅助坑道应保持10~20m的超前距离, 最短亦应超前1~2倍掘进循环长度。

4) 地下水的处理

(1) 地下水不大时, 可引入临时排水沟内排出。

(2) 地下水较丰富, 无法排出或排水费用昂贵, 以及不允许排水的情况下, 经技术、经济比选, 可采用注浆堵水措施。根据隧道埋深, 或采用地面预注浆, 或开挖工作面预注浆。

5) 高压涌水的处理

(1) 隧道施工中遇有高压涌水危及施工安全时, 宜先采用排水方法降低地下水的压力, 然后用注浆法进行封堵。

(2) 封堵涌水注浆应先在周围注浆, 切断水源, 然后顶水注浆, 将涌水堵住。

3. 隧道边沟和排水管

1) 隧道边沟, 应按图纸的要求进行施工。边沟应与隧道衬砌同时完成。

2) 洞内为排除围岩裂隙水和路面水流而设置的排水孔,应按图纸要求采用排水管将水引入边沟。排水孔间距和排水管的坡度按图纸要求设置。当裂隙水较大需要加密时,经监理人同意后可适当加密。排水管宜在初期支护之后施工,以免造成塌方掉块。

4.防、排水系统

1) 施工中的防、排水工程应与隧道竣工使用的排水工程相结合,并各成系统。

2) 隧道外地表应使雨水通畅地导入公路两侧边沟、涵洞或其他安全地带,不使其渗漏到隧道内。

3) 隧道开挖施工中的水流应畅通而安全地导入临时排水沟,不得使洞内积水,更不允许漫流。

4) 竣工后洞内排水沟断面和坡度应符合图纸要求,排除裂隙水的排水管应保证排水通畅,排除路面水流的排水管进口底端不得高于路面表面,设置盖板的边沟沟底面更不得高于路面表面。

5.压浆堵水

1) 采用强度等级为32.5级的普通硅酸盐水泥浆或水泥-水玻璃浆作为堵水材料。施工前应根据工程地质和水文地质条件,通过试验作出设计,并经监理人批准后再进行压浆;在施工过程中修正各项参数,改进工艺操作,提高堵水效果。

2) 衬砌背后采用压注水泥砂浆防水时,应按下列要求进行:

(1) 压浆地段混凝土衬砌达到设计强度70%时,方可进行压浆。

(2) 洞内气温不低于+5℃,灰浆温度应保持在+5℃以上。

(3) 如遇流砂或含水土质地层,不宜采用水泥砂浆作防水层。

(4) 需要压浆地段衬砌背后宜用干砌片石回填紧密,并每20m左右用1m厚浆砌片石或混凝土浇筑阻浆隔墙,分段进行压浆。

(5) 压浆孔的排列宜作梅花形,孔距不宜大于2m,径向孔深应穿过衬砌进入岩层0.5m。

(6) 压浆顺序应从下而上,从无水、少水地段向有水或多水处,从下坡方向往上坡方向,从两端洞口向洞身中间压浆。每段压浆长度不宜小于20m。

(7) 必要时可进行检查压浆,使水流全部集中,检查压浆可在第一次压浆后5~7d进行。

(8) 第一次压浆压力为0.3~0.5MPa;检查压浆可适当加大压力,但不超过1.2MPa。

3) 如衬砌背后注水泥砂浆后, 仍有渗漏, 可采用向衬砌圬工内压注化学浆液或水泥-水玻璃浆液。施工时应符合下列要求:

(1) 拱部水应以堵为主, 起拱线附近和墙部水可集中引至边沟排出。

(2) 压浆孔的间距可采用1~2m。孔深宜为衬砌厚度的1/2~2/3, 但不得少于150mm, 并不得穿透衬砌, 以防漏浆。

(3) 拱部如有缝隙成股漏水, 应先用蘸有饱和化学浆液的棉纱或碎布筋等予以堵塞, 再进行压浆。压力为1.2~2.0MPa, 不得低于1.2MPa。

(4) 压注化学浆液时必须穿戴防护用品, 并遵守国家有关安全技术方面的规定, 以保护施工人员不受伤害。

(5) 压注化学浆液时, 应随时注意对隧道附近水源的影响, 一旦发现污染, 应立即停止使用。

4) 经压浆防水后, 拱部仍有轻微渗水或成片潮湿不能满足电化要求时, 可采用喷涂防水层方法整治。施工时应注意下列事项:

(1) 敷设防水层前, 衬砌表面应凿去污垢清洗干净, 并根据所采用浆液特性进行处理。

(2) 化学浆液喷涂防水层可采用氯丁乳胶、防水硅化砂浆、环氧树脂、阳离子乳化沥青等。对于不宜在潮湿环境下施工、喷涂困难和有较大毒性的涂料不宜选用。

(3) 防水层须多层涂抹时, 每层应反复压抹密实, 黏结紧密、厚度均匀, 各层涂抹时间有合理间歇。

(4) 如衬砌已呈现发裂, 且有扩大可能时, 防水层间宜加玻璃纤维布1~2层, 防止喷层破坏。

(5) 采用硅化砂浆等防水层时, 其表面应用10~20mm厚的1:1水泥砂浆作保护层。

514.04 防水层与止水带的施工

1. 防水层

1) 防水层所用材料应符合图纸的要求。采用的无纺布及防水板, 应具有耐老化、耐细菌腐蚀、有足够强度及延伸率、易操作、易焊接且焊接时无毒气的特点。承包人应提供样品及出厂检验证件送监理人审查批准。

2) 防水层应在二次衬砌灌注前进行, 施作地段应在爆破的安全距离以外, 铺设表面应保证圆顺。显著凹凸的初期支护表面应分层喷射找平, 截除外露的锚杆头

和钢筋网头，注意防水板搭接良好，以保证防水层与喷层基本密贴。

3) 防水层铺设应符合下列要求：

(1) 防水层施作前，需割除初期支护表面尖利棱角物，如凸出的钢筋头、锚杆等，清除后用砂浆抹平。对表面不平整处，应补喷混凝土使其表面平整圆顺。对初期支护表面有渗水、漏水处应进行详细调查，并将调查结果及处理方案报监理人批准后处理。

(2) 防水层一般情况下应使用无钉铺设技术，铺挂时应留出足够的空余量，保证足够的松弛度。铺挂防水层的固定点，其间距拱部 $0.5\sim 0.7\text{m}$ ，边墙 $1\sim 1.2\text{m}$ ，在凹凸处应适当增加固定点。

(3) 防水板的接头可采用焊接。焊接前待焊接头板面应擦净，焊接时焊接温度和速度应根据材质由试验确定。应避免漏焊、虚焊或烤焦。

(4) 沿隧道纵向一次铺挂长度宜比本次二次衬砌施工长度多 1.0m 左右，以便与下一循环的防水层相接；同时可使防水层接缝与衬砌混凝土接缝错开 1.0m 左右，有利于防止混凝土施工缝渗漏水。

(5) 修补防水层的补丁不得过小，补丁形状要剪成圆角，不应有长方形、三角形等的尖角。防水层修补后一般用真空检查法检查。

(6) 防水层施工完成后，必须注意严加保护。在浇筑二次衬砌混凝土前，应检查防水层的铺设质量和焊接质量，如发现有破损情况，必须进行处理。

4) 铺设防水层安全保护和做好记录。

(1) 铺设防水层地段距开挖工作面不应小于爆破安全距离。二次衬砌时，不得损坏防水

(2) 防水层应按隐蔽工程办理，二次衬砌前应检查质量，并认真填写质量检查记录。

2. 止水带

1) 衬砌的施工缝和沉降缝采用的止水带所用材料应符合图纸要求，使用前承包人应事先提供样品及出厂检验证件送监理人批准。

2) 设置止水带后，若仍有渗漏水，应进行堵漏或设置排水暗槽进行处理。

3) 采用塑料止水带或橡胶止水带防水时，施工中应符合下列要求：

(1) 止水带在安装时以及在混凝土浇捣作业过程中，应注意止水带的保护，不得被钢筋、石子和钉子刺破，如发现有被刺破、割裂现象，必须及时修补。

(2) 在固定止水带和浇筑混凝土过程中，应防止止水带偏移。

(3) 加强混凝土振捣，排除止水带底部气泡和空隙，使止水带和混凝土紧密结合。

(4) 止水带的接头根据其材质和止水部位可采用不同的接头方法。对于橡胶止水带，其接头形式应采用搭接或复合接；对于塑料止水带，其接头形式应采用搭接或对接。止水带的搭接宽度可取100mm，冷黏或焊接的缝宽不小于50mm。

514.05 质量检验

1. 防水层

1) 基本要求

- (1) 防水材料铺设前喷射混凝土基面不得有钢筋、凸出的管件等尖锐突出物。
- (2) 隧道断面变化处或转弯处的阴角应抹成半径不小于50mm的圆弧。
- (3) 防水层施工时，基面不得有明水。

2) 检查项目

防水层检查项目见表514-1。

表 514-1 防水层检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	搭接长度 (mm)	≥100	尺量：每5环搭接抽查3处
2	缝宽 (mm)	焊接	尺量：每5环搭接抽查3处
		粘接	
3	固定点间距 (m)	满足设计	尺量：每20m检查3处
4	焊缝密实性	满足设计要求	按 JTGF80/1-2017 附录 S 检查：每20m检查1处焊缝

3) 外观质量

- (1) 防水层表面应无折皱、气泡、破损，无紧绷。
- (2) 焊接应无脱焊、漏焊、假焊、焊焦、焊穿，粘接应无脱粘、漏粘。

2. 止水带

1) 基本要求

止水带应与衬砌端头模板正交。

2) 检查项目

止水带检查项目见表514-2。

表 514-2 止水带检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	纵向偏离 (mm)	±50	尺量：每衬砌台车检查1环，每环测3点
2	偏离衬砌中线 (mm)	≤30	尺量：每衬砌台车检查1环，每环测3点

3	固定点间距 (mm)	±50	尺量：每衬砌台车每环止水带 检查3点
---	------------	-----	-----------------------

3) 外观质量

- (1) 止水带应无松脱、扭曲。
- (2) 止水带连接接缝应无裂口、脱胶。

第515节 洞内防火涂料和装饰工程

515.01 范围

本节工作内容包括隧道的洞内防火涂料及装饰工程（镶贴瓷砖）施工，以及喷涂混凝土专用漆等有关工程的施工作业。

515.02 一般规定

1. 承包人应在施工之前至少14d，制订施工方案报监理人批准。其内容应包括施工方法、施工工艺、施工工序及采用的脚手架、支架设计图纸资料，防火涂料、砂浆配合比设计及其拌和、运输方式、养护方法等。

2. 在正式施工前，承包人应进行喷涂和安装试验，试验结果经监理人检验合格后方可正式施工。

3. 隧道内防火涂料及装饰工程正式施工前，应将喷涂及装饰的表面进行清理。

4. 承包人应将拟采用的喷涂、装饰材料的样品及其特性简介送交监理人审查批准。

5. 无论什么原因造成防火涂料、砂浆及镶面、瓷砖损坏，以及蜂窝麻面、裂缝或其他缺陷等，承包人应予以清除、修补，直至监理人认可。

6. 施工前承包方应对设计文件中病害情况与现场实际病害情况进行核对，不一致时应及时提出。

7. 项目所有隐蔽工程的工程量（主要包括注浆、锚固、中央水沟开挖等），应保存施工记录、照片或音像资料备查。经监理工程师现场验收确认后再计量。

8. 承包方应作好前期施工准备，包括人员、机械、建筑材料等应准备充足，并作好施工组织和统筹安排，尽量缩短工期。施工期应尽量避免节假日高峰。

9. 施工时，若既有道路不能断道，故施工前应制定详细的施工方案及保通方案，经审批通过后方可实施。

515.03 施工要求

1. 喷涂防火涂料

- 1) 洞内防火涂料喷涂应严格按图纸要求施工。

- 2) 防火涂料施作应采用专用设备,喷涂与涂抹相结合。
- 3) 喷涂设备应能连续将均匀涂料喷涂到基层上。
- 4) 空气压缩机应与喷涂设备相匹配,应具有足够的气压和流率,且能保持连续优质作业。
- 5) 在喷涂防火涂料前应对洞身混凝土表面除尘、去污,并对错台进行修补处理,以保证防火涂料喷涂厚度均匀。喷涂前,为加强附着力,宜采用强度等级为32.5级的水泥调制纯水泥浆涂刷洞身一次。
- 6) 防火涂料用搅拌器搅拌均匀,搅拌时间应经试验确定。防火涂料每次搅拌后应在4h内施涂完成,超过4h后不得再用。
- 7) 防火涂料总涂层厚度应符合图纸规定,图纸无规定时,一般可为20mm,并应多次喷涂(一般为三次),直到符合图纸要求厚度。在室温下每次喷涂间隔时间不小于24h,施涂完成后,应按常规养护28d。
- 8) 施涂期间,环境温度不应低于4°C。施涂后其养护条件与普遍混凝土相同。
- 9) 防火涂料涂层硬化后,方可按图纸要求涂刷各类装饰色料。
- 10) 防火涂料可按一般物料储存、运输,应防潮、防散包,轻装轻卸,其有效期为3个月。受潮结块或过期的涂料不得使用,包装袋一经打开即须使用。

2.镶贴瓷砖

- 1) 洞内镶贴瓷砖应严格按图纸要求施工,并应符合《建筑装饰装修工程质量验收标准》(GB50210-2018)的要求。
- 2) 瓷砖必须表面平整、边缘整齐;棱角不得损坏,并具有产品合格证。经监理人对其规格和色差认可后方可使用。
- 3) 瓷砖镶贴用砂浆比例应按图纸规定,图纸无规定时,可按水泥:砂=1:1。镶贴时,应保证砂浆饱满,面层与基层黏结牢固,无空鼓现象。
- 4) 边墙表面必须进行附着物清除、凿毛、清洗凿平符合图纸要求,经监理人认可后方可镶贴瓷砖。
- 5) 镶贴瓷砖前,应对边墙以砂浆找平,砂浆比例应按图纸规定,图纸无规定时,可按水泥:砂=1:3。施工时,应严格按图纸要求执行。找平层的平整度应符合图纸规定。

3.喷涂混凝土专用漆

- 1) 洞内喷涂混凝土专用漆应严格按图纸要求施工。
- 2) 专用漆喷涂厚度应符合图纸规定,图纸无规定时,一般可用300 μ m(喷涂三

遍：一底、二面）。

3) 为保证面层美观，应采用高压无空气喷涂机施工，第一次喷涂无色封闭底漆，然后喷涂两次带色面漆，每次喷涂间隔时间8h。

4) 喷涂混凝土专用漆施工工艺流程可参照“基层→处理→质检→喷底漆→喷两次面漆→质检→补喷→质检、验收”施行。

4.反光环

1) 洞内反光环安装应严格按图纸要求施工。

2) 反光环为白色，反光膜采用V类钻石级。

3) 反光环基板应采用斜角搭接安装，搭接宽度不小于2cm，反光板底板材料为铝合金，铝板弧度应与洞内轮廓一致。

4) 反光环托架夹角设为85°（提高反光效果、降低尘埃附着），托架由3mm厚镀锌钢板切割、冲孔、冷弯、焊接、镀锌等工序完成。

515.04 质量检验

1.基本要求

1) 防火涂料、砂浆拌和及喷涂混凝土专用漆采用的原材料必须与批准的配合比设计所用材料相一致，配料应准确。

2) 各种配合比、原材料的计量、拌和、运输、养护等均应符合图纸规定。

3) 瓷砖必须符合产品质量检验标准要求方可使用。瓷砖镶贴应遵守《建筑装饰装修工程质量验收标准》（GB 50210-2018）的规定。镶贴瓷砖其黏结强度应符合《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》（JGJ/T110-2017）的要求。

4) 喷涂及装饰前，基层应经检查、清理，表面应干净、无尘土。隧道专用漆的质量及涂装施工质量应符合图纸及《建筑装饰装修工程质量验收标准》（GB 50210-2018）的规定。

2.外观质量

1) 瓷砖镶贴表面应平整、洁净；镶贴牢固，无缺棱掉角和裂缝等缺陷；接缝平直、宽窄均匀，缝线平、竖对齐。

2) 防火涂料喷涂无裂缝、不起层、不脱落，整体平整，厚度符合图纸要求。

3) 隧道专用漆喷涂均匀一致，无漏涂、无流坠、无色差、无针孔龟裂。

第516节 风水电作业及通风防尘

516.01 范围

本节工作内容包括隧道施工中的供风、供水、供电、照明以及施工中的通风、防尘等作业。

516.02 供风、供水、供电和照明

1. 供风

1) 空压机站设备能力, 应能满足同时工作的各种风动机具的最大耗风量和足够的风压。

2) 空压机站应设在洞口附近, 并宜靠近变电站。

3) 空压机站应有防水、降温、保温和防雷击设施。

4) 隧道工作面风压应不小于0.5MPa。

2. 供水

1) 供水方案及设备的配置应能满足工程及生活用水的需要; 使用前必须经过水质鉴定, 符合国家工程用水及生活用水的水质标准。

2) 供水的蓄水池高度应能保证洞内最高用水点的水压。水池的容量应有一定的储备量, 以保证洞内外集中用水的需要。

3) 采用机械抽水站供水时, 应有备用的抽水机。

4) 隧道工作面的水压不小于0.3MPa。

3. 供电和照明

1) 瓦斯隧道供电照明应符合《煤矿安全规程》相关要求。非瓦斯隧道供电电压应符合下列要求:

(1) 供电线路应采用400/230V三相五线系统两端供电。

(2) 动力设备应采用三相380V。

(3) 照明电压, 成洞段和不作业地段可用220V, 瓦斯地段不得超过110V, 一般作业地段不宜大于36V, 手提作业灯为12~24V。

(4) 低压线路末端电压降不应大于10%。

(5) 高压分线部位应设明显危险警告标志。

2) 变压器容量按电气设备总用电量确定。当单台电动设备超过变压器容量1/3时, 应适当考虑增加起动附加容量。

3) 洞内照明和动力线路安装在同一侧时, 必须分层架设, 电线悬挂高度距人行地面的距离: 110V以下时不应小于2m, 400V时应大于2.5m, 6~10kV时不应小于3.5m。瓦斯地段的电缆应沿侧壁铺设, 不得悬空架设。

4) 洞外变电站宜设在洞口附近, 并应靠近负荷集中地点和设在电源来线一侧, 变电站电源来线如须跨越施工地区, 电线最低点距人行道和运输线最小高度: 35kV 为7.5m, 6~10kV为6.5m, 400V为6m。

5) 长、特长隧道成洞地段应用6~10kV高压电缆送电; 洞内设置6~10/0.4kV 变电站供电时, 应有保证安全的措施。

6) 隧道作业地段必须有足够的照明。瓦斯地段的照明器材应采用防爆型。在主要通道、洞内抽水机站等重要处所, 应有安全照明。漏水地段照明, 应用防水灯头和灯罩。

7) 各种电气设备和输电线路应有专人经常进行检查、维修、调整等工作, 作业时应按照《电力建设安全工作规程第2部分: 电力线路》(DL5009.2-2013) 的有关规定办理。

4. 供风、供水管路宜敷设在电缆电线相对的一侧, 并不得妨碍运输, 不影响边沟施工。

516.03 隧道通风与防尘

1. 作业环境卫生标准

施工中作业环境应符合下列卫生标准:

1) 坑道内氧气含量按体积不应小于20%。

2) 有害气体浓度容许值:

(1) 一氧化碳(CO)最高容许浓度为30mg/m³。在特殊情况下, 施工人员必须进入工作面时, 可为100mg/m³, 但工作时间不得超过30min。

(2) 二氧化碳(CO₂)按体积计不得大于0.5%。

(3) 氮氧化物(NO₂)为5mg/m³以下。

(4) 甲烷(CH₄)(瓦斯)按体积计不得大于0.5%, 否则必须按煤矿工业部门现行的《煤矿安全规程》有关规定办理。

(5) 二氧化硫浓度不得超过15mg/m³。

(6) 硫化氢浓度不得超过10mg/m³。

(7) 氨的浓度不得超过30mg/m³。

3) 坑道内气温不宜高于28℃。

4) 噪声不宜大于90dB(分贝)。

2. 通风方式及要求

1) 承包人应将施工期间通风设计提交监理人批准, 并须为每座隧道的掘进提

供已批准的通风设施。风速和风量要求：全断面开挖(包括竖井)时应不小于0.15m/s, 坑道内应不小于0.25m/s, 但均不得大于6m/s。供风量应保证每人供应新鲜空气不小于3m³/min。

2) 压入式进风管口或吸出式出风管口应设在洞外适当位置, 并做成烟囱式, 防止污染空气再回流进入洞内。

3) 通风管靠近工作面的距离: 压入式通风管的出风口距工作面不宜大于15m, 吸出式通风管吸风口不宜大于5m。

4) 采用混合式通风时, 当一组风机向前移动, 另一组风机的管路即相应接长, 始终保持两组管道相邻端交错不小于20~30m。局部通风时, 吸出式风管的出风口应引入主风流循环的回风流中。

5) 通风机应装有保险装置, 当发生故障时能自动停机。

6) 通风设备应有适当的备用数量, 一般为计算能力的50%。通风系统应定期测试通风的风量、风速、风压, 检查通风设备的供风能力和动力消耗。

7) 如通风设备出现事故或洞内通风受阻, 所有人员应撤离现场, 在通风系统恢复正常工作和经全面检查确认洞内已无有害气体以前, 任何人均不得进入洞内。

8) 如风机假日停止运转, 在假日过后进入隧道工作以前, 风机应至少提前2h启动, 并应进行上述同样检查工作。

3.风流及其质量的量测

1) 掘进工作中安全监理人或领班应连续监测瓦斯, 在其他时间内也需经常监测, 以确保洞内工作安全。同时记录测试数据, 随时提交监理人核查。

2) 在每班工作期间, 应用手持式风速仪或皮托管风速量测计, 对风道内的风量至少量测一次。如有通风不足, 应予记录并立即报告监理人。

3) 承包人应提供瓦斯浓度、缺氧及游离二氧化硅(SiO₂)等检测试验所需的设备, 还应为检测试验人员提供经批准的防毒面罩。

4.通风设备

1) 隧道施工必须采用机械通风。在进口和出口处设置消声器, 施工场所的噪音不得超过90dB。

2) 无论采用何种通风方式, 宜采用钢制可拆装的刚性管道, 也可用不可燃性材料制作, 刚性管道节长宜不超过6m。

5.有毒气体和可燃气体的防护

施工期间洞内任何部位和工作面处, 空气中的有毒气体和可燃气体的浓度, 都

不得超过第507.03-1(2)款所列的容许浓度和下述规定：

- 1) 任何汽油动力设备都不允许放在隧道内或在隧道内使用。
- 2) 任何情况下都不允许汽油运到洞内。以上规定承包人必须严格执行。

6.防尘的卫生标准

1) 施工过程中，作业环境每立方米空气中的粉尘允许含量：

- (1) 含10%以上游离二氧化硅(SiO_2)的粉尘不得超过 $2mg/m^3$ ；
- (2) 含10%以下游离二氧化硅的粉尘不得超过 $4mg/m^3$ 。

2) 粉尘测定

在隧道掘进或出渣期间，用沉积板或粉粒计数器在隧道开挖面附近测定粉尘含量，以制订相应的降低粉尘含量的措施。

3) 防尘措施

(1) 控制粉尘的产生，钻眼作业必须采用湿式凿岩，仅在水源缺乏、容易冻结或岩石性质不适于湿式凿岩的地段可采用带有捕尘设备的干式凿岩，但所采用的防尘措施不能达到规定的粉尘浓度标准时，严禁采用干式凿岩。

(2) 在凿岩和装渣时，应做好以下事项：

- A. 凿岩机在钻眼时，必须先送水后送风。
- B. 放炮后必须进行喷雾、洒水。
- C. 出渣前应用水淋湿全部石渣和附近岩壁。
- D. 新鲜风流连续经过几个工作面时，在两个工作面间和混合式通风系统中两组风管交错的距离间，根据防尘效果，应适当增设喷雾器净化风流中的粉尘。
- E. 施工人员应佩戴防尘面罩。

(3) 通过调整隧道供风的风速以排除粉尘。试验观测资料提供：最低的排尘风速不应小于 $0.15m/s$ ，在此风速下，呼吸性粉尘能够悬浮并与空气均匀混合而随风流运动；提高排尘风速，粒径稍大的尘粒也能悬浮并被排走；当风速达到 $1.5\sim 3.0m/s$ 时，作业地点的粉尘浓度可降到最小，一般认为是最佳排尘风速；风速再大则将使沉降的粉尘产生二次飞扬。最佳的排尘风速宜通过现场试验认定。

516.04 隧道瓦斯工区施工通风

1.一般规定

1) 瓦斯隧道的施工组织设计中，应根据里程段落长度、隧道断面大小等设计参数，并结合拟投入机械设备及施工人员数量、施工工序、施工进度安排等因素，考虑一定安全系数，提前做好通风设计计算，确定施工通风风量、风速，科学选配

隧道施工通风所需风机、风管的性能和规格，编制全隧道和各工区的施工通风设计，并考虑各工区贯通后的风流调整和防爆要求。

2) 瓦斯隧道施工期间，应建立瓦斯通风监控、检测的组织系统，结合施工工序、施工进度以及现场施工通风情况，测定气象参数、瓦斯浓度、风速、风量等参数，并对原施工组织设计的施工通风进行修正。确保隧道空气中的瓦斯浓度稀释到允许浓度以下。

2.通风设备

1) 压入式通风机必须装设在洞外或洞内新鲜风流中，避免污风循环。瓦斯工区的通风机应设两路电源，并应装设风电闭锁装置。当一路电源停止供电时，另一路应在15min内接通，保证风机正常运转。

2) 瓦斯工区，必须有一套同等性能的备用通风机，并经常保持良好的使用状态，备用风机应能在15min内启动。

3) 使用的局部通风机、射流风机均应采用防爆型，应实行“三专供电”（专用变压器、专用开关、专用线路）和“两闭锁”（风电闭锁、瓦斯电闭锁）。

4) 瓦斯工区应采用抗静电、阻燃的风管，风管直径不宜小于1.2m。风管出风口到开挖工作面的距离应小于10m，风管百米漏风率不大于2%。

516.05 隧道瓦斯工区电气设备及作业机械

1.电气设备

电气设备要求，如下表：

表 516-1 瓦斯工区洞内电气设备选用

设备	瓦斯工区		
	非瓦斯工区、微瓦斯工区	低瓦斯工区	高瓦斯工区、煤（岩）与瓦斯突出工区
高低压电机和电气设备	普通型	矿用一般型	矿用防爆型
照明灯具			
通信、自动化装置和仪表、仪器			
电缆、电缆连接及敷设等	不采取防爆措施	采取防爆措施	采取防爆措施

2.作业机械

1) 瓦斯工区内作业机械应使用蓄电池机车或柴油机车，严禁使用汽油机车。

2) 微瓦斯工区、低瓦斯工区的作业机械可使用非防爆型，当瓦斯浓度超过0.5%时，应停止作业机械运行。

3) 高瓦斯工区和煤（岩）与瓦斯突出工区的挖掘机、装载机、运渣车、运输车、混凝土罐车、混凝土泵车等作业机械应采用防爆型，高瓦斯工区可采用安装车

载瓦斯自动监控报警与断电系统的防爆装置，控制机车熄火，作业环境瓦斯浓度降至0.5%以下时方可解除锁定，煤（岩）与瓦斯突出工区作业机械应采用矿用整车防爆改装。

第517节 监控量测

517.01 监控量测

1.一般要求

1) 承包人应在初期支护前56d提出监控量测计划，其内容包括量测项目及方法、量测仪器、测点布置、量测频率、数据处理及量测人员组织等，并经监理人批准。

2) 量测计划应根据隧道的围岩条件、支护类型和参数、施工方法以及所确定的量测目的进行编制。

3) 采用复合式衬砌的隧道，施工单位与设计单位必须紧密配合，共同研究，分析各项量测信息，确认或修正设计参数。

2.目的

1) 为了掌握施工中围岩和支护的力学动态信息及稳定程度并及时反馈，以指导施工作业，保证施工安全。监控量测在施工中应认真实施。

2) 通过对围岩和支护的变位、应力量测，及时修改支护系统设计。

3.监控量测作业

隧道施工中的监控量测，按《公路隧道施工技术规范》（JTG/T3660-2020）、《公路隧道施工技术规范》（JTG/T3660-2020）的规定和图纸要求，确定必测项目和选测项目。通常情况的必测项目为：洞内外观察、周边位移量测、拱顶下沉量测等。选测项目为：地表下沉量测、围岩内部变形量测、锚杆轴力量测、围岩压力量测、支护及衬砌应力量测、钢架内力及所承受的荷载量测、围岩弹性波速度测试等。应根据图纸要求和各隧道的具体情况以及监理人的指示选定量测项目和布设测点。测点应埋设牢固可靠，并加以妥善保护。

1) 洞内外观察

观察工作面状态、围岩变形、围岩风化变质情况、节理裂隙、断层分布和形态、地下水情况以及喷射混凝土的效果。观察后应绘制开挖工作面略图（地质素描），填写工作面状态记录表及围岩类别判定卡。对已施工区段的观察也应每天至少进行一次，观察内容包括喷射混凝土、锚杆、钢架的状况。洞外观察包括对洞口地表情况、地表沉陷、边坡及仰坡的稳定以及地表水渗透等的观察。

2) 周边位移量测

量测坑道断面的收敛情况，包括量测拱顶下沉、净空水平收敛，以及底板鼓起(必要时)。

拱顶下沉和水平收敛量测断面的间距为：III级及以上围岩不大于40m，IV级围岩不大于25m，V级围岩应小于20m。围岩变化处应适当加密，在各级围岩的起始地段增设拱顶下沉测点1~2个，水平收敛1~2对。当发生较大涌水时，IV、V级围岩量测断面的间距应缩小至5~10m。

各测点应在避免爆破作业破坏测点的前提下，尽可能靠近工作面埋设，一般为0.5~2m，并在下一次爆破循环前获得初始读数。初读数应在开挖后12h内读取，最迟不得超过24h，而且在下一循环开挖前，必须完成初期变形值的读数。

净空水平收敛测线的布置应根据施工方法、地质条件、量测断面所在位置、隧道埋置深度等条件确定。在地质条件良好，采用全断面开挖方式时，可设一条水平测线。当采用台阶开挖方式时，可在拱腰和边墙部位各设一条水平测线。

拱顶下沉量测应与净空位移量测在同一量测断面内进行，可采用水准仪测定下沉量。当地质条件复杂，下沉量大或偏压明显时，除应量测拱顶下沉外，尚应量测拱腰下沉及基底隆起量。

拱顶下沉量测与净空位移量测宜用相同的量测频率，应按表517-1检查拱顶下沉与净空位移的量测频率，并与按表517-3确定的量测频率比较取大值。施工状况发生变化时（开挖台阶、仰拱或撤除临时支护等），应增加监测频率。

表 517-1 拱顶下沉与净空位移的量测频率

位移速度 (mm/d)	量测频率	量测断面距开挖工作面的距离	量测频率
>5	2~3次/d	(0~1)B	2次/d
1~5	1次/d	(1~2)B	1次/d
0.5~1	1次/2~3d	(2~5)B	1次/2~3d
0.2~0.5	1次/3d	>5B	1次/3~7d
<0.2	1次/3~7d		

注：B为隧道开挖宽度。

3) 地表下沉量测

(1) 位于IV~VI级围岩中且覆盖层厚度小于40m的隧道，应进行地表沉降量测。根据图纸要求或监理人指示，施工过程中应在可能产生地表塌陷之处设置观测点，地表下沉观测点按普通水准基点埋设，并在预计破裂面以外3~4倍洞径处埋设水准基点，作为各观测点高程测量的基准，从而计算出各观测点的下沉量。地表下

沉桩的布置宽度应根据围岩级别、隧道埋置深度和隧道开挖宽度而定，地表下沉量测断面的间距按表517-2地表下沉量测断面的间距采用。

表 517-2 地表下沉量测断面的间距

埋置深度 H	地表下沉量测断面的间距 (m)
H>2B	20~50
B<H<2B	10~20
H<B	5~10

注：1.无地表建筑物时取表内上限值。

2.B为隧道开挖宽度。

(2) 量测频率

地表下沉量测频率和拱顶下沉及净空水平收敛的量测频率相同。

(3) 地表下沉量测应在开挖工作面前方H+h（隧道埋置深度+隧道高度）处开始，直到衬砌结构封闭、下沉基本停止时为止。

4) 围岩松弛范围量测：可采用弹性波法或位移法。

5) 当围岩条件差、变形过大或初期支护破损变形较大时，应进行支护结构内的应力及接触应力量测。

6) 各项量测作业均应持续到变形基本稳定后1~3周，停止量测作业须经监理人批准。

7) 各项量测项目，其监控量测的要求应按图纸规定，监控量测必测项目及频率按表517-3执行，监控量测选测项目及频率应符合《公路隧道施工技术规范》

(JTG/T3660-2020)第10.2.2的规定。

表 517-3 监控量测必测项目及频率

序号	项目名称	测量间隔时间			
		1~15d	16d~1个月	1~3个月	大于3个月
1	洞内外观察	开挖及初期支护后进行			
2	周边位移	1~2次/d	1次/2d	1~2次/周	1~3次/月
3	拱顶下沉	1~2次/d	1次/2d	1~2次/周	1~3次/月
4	地表下沉	开挖面距量测断面前后<2B时，1~2次/d 开挖面距量测断面前后<5B时，1次/2~3d 开挖面距量测断面前后>5B时，1次/3~7d			

注：B为隧道开挖宽度。

4.数据处理和应用

1) 每次量测后应及时进行数据整理和数据分析，并绘制量测数据时态曲线和距开挖面距离图；应绘制地表下沉值沿隧道纵向、横向变化量和变化速率曲线。

2) 当位移-时间曲线趋于平缓时，应进行数据处理或回归分析，以推算最终位

移和掌握位移变化规律。

3) 当位移-时间曲线出现反弯点时, 则表明围岩和支护已呈不稳定状态, 此时应密切监视围岩动态, 并加强支护, 必要时暂停开挖。承包人应及时分析异常数据的原因, 提出对策和建议, 并及时报监理人。

4) 埋设量测元件情况和量测资料, 均应整理清楚报监理人核查, 并作为交(竣)工交验资料的一部分。

5) 根据量测结果进行综合判断, 确定位移管理等级, 据以指导施工。位移管理等级见表517-4。

表 517-4 位移管理等级

管理等级	管理位移	施工状态
III	$U < U_0/3$	可正常施工
II	$(U_0/3) < U < (2U_0/3)$	应加强支护
I	$U > (2U_0/3)$	应采取特殊措施

注:U为实测位移值; U_0 为允许极限位移值。

5.量测管理

1) 隧道量测应成立专门量测小组, 由承包人或委托有相应资质的其他单位承担。

2) 承包人在提交实施性施工组织设计的同时, 应专门提交详细的监控量测计划。计划中应包括量测内容、方法、量测仪器、测点布置、量测频率、数据处理、量测人员及其负责人, 并报监理人批准后执行。

3) 量测组负责测点埋设、日常量测、数据处理和仪器保养维修工作并及时将量测信息反馈于施工和设计。当量测任务委托给其他单位承担时, 承包人应为量测单位的量测工作提供方便和积极的配合, 包括以下内容: 打眼、埋点、测点保护、高空作业等以及其他一切与此相关的监理人指定的工作。

4) 监控量测资料应列入竣工文件。

D.6 600 章 安全设施工程

第601节 通则

601.01 范围

本章工作内容为护栏、隔离栅、道路交通标志、道路交通标线、防眩设施等的施工及有关作业。

601.02 一般要求

1. 护栏、护柱、隔离栅

应按《公路交通安全设施施工技术规范》（JTG/T 3671-2021）和图纸的要求，并按监理人的指示进行施工。立柱应采用新的、整根的钢管或槽钢。

2. 道路交通标志

(1) 道路交通标志按《道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志》（GB 5768.2-2022）和《道路交通标志板及支撑件》（GB/T 23827-2021）的规定进行施工。

(2) 道路交通标志的反光方法及反光膜级别，应符合图纸规定，如无规定时，应根据不同道路等级和标志类型，按《道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志》（GB 5768.2-2022）及《道路交通标志板及支撑件》（GB/T 23827-2021）的规定办理。

(3) 为保证视认性，同一地点需要设置两个以上标志时，宜安装在一个支撑结构上，但最多不应超过4个。一个支撑结构上并设的标志应按禁令标志、指示标志和警告标志的顺序从上往下、从左往右设置。道路交通标志宜设置在车辆行进方向道路右侧，也可根据具体情况在车辆行进方向道路左侧、两侧同时设置或设置在路上方。原则上应避免不同种类的主标志并设，如禁令标志与指路标志。

3. 道路交通标线

道路交通标线包括各种路面标线、箭头、文字、立面标记、突起路标，应按照图纸及《道路交通标志和标线 第3部分：道路交通标线》（GB 5768.3-2009）的规定设置。

第602节 护栏

602.01 范围

本节工作内容为路基护栏和活动护栏的设置及其有关的施工作业。

602.02 材料

1. 混凝土护栏采用的材料和制作要求应符合本规范第 410 节和第 403 节的要求。
2. 路基护栏、活动护栏采用的材料及防腐处理应符合《公路交通安全设施施工技术规范》(JTG/T 3671-2021) 中第 5 章的相关要求。桥梁护栏的相关要求见本规范 400 章。

3. 波形梁钢护栏产品质量要求

(1) 波形梁板、立柱、防阻块、横隔梁、端头、螺栓、螺母等构件应符合《波形梁钢护栏 第 1 部分: 两波形梁钢护栏》(GB/T 31439.1-2015) 及《波形梁钢护栏 第 2 部分: 三波形梁钢护栏》(GB/T 31439.2-2015) 产品标准的规定。生产厂方在提供产品时, 应同时提交产品质量合格证书。

(2) 波形梁板、立柱、端头、防阻块、托架等部件应符合《碳素结构钢》(GB/T 700-2006) 的 Q235 牌号钢的要求。

(3) 连接螺栓、螺母、垫圈、横梁垫片等部件应符合《碳素结构钢》(GB/T 700-2006) 的要求, 其抗拉强度不得小于 375MPa 和 400MPa。

(4) 高强度拼接螺栓连接副应符合《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591-2008)、《优质碳素结构钢》(GB/T 699-2015) 或《合金结构钢》(GB/T 3077-2015) 的要求。公称直径 16mm、8.8S 级抗拉荷载不得小于 133kN。

(5) 为保证产品质量要求, 应对护栏各部件的外观、尺寸、防腐处理进行抽样检查。不相同的部件各以 200 件一批为取样单位, 分别取出一片护栏板、一个端头、一根立柱、一块托架进行检查, 如果受检的构件不符合要求, 另取两件检验, 如果这两件中仍有一件不符合要求, 则以此为样品的整批产品应被拒收, 一切费用由承包人自付。

(6) 护栏板、端头梁、立柱的长度和宽度方向不允许焊接, 构件不应出现裂缝。

(7) 高强度螺栓应抽样进行楔负载拉力试验, 断裂应发生在螺纹部分或螺纹与杆部交接处; 如不能做楔负载拉力试验则应做芯部硬度试验, 芯部硬度值为洛氏 HRC34~40。螺母应抽样进行保证荷载和硬度试验。

(8) 每批高强螺栓都应有出厂合格证, 螺栓连接副扭矩应附有扭矩系数的平均值、标准偏差的试验数据和扭矩系数测试时的环境温度等技术资料。

(9) 波形梁护栏、活动式钢护栏及螺栓、螺母、垫圈、垫片等所有部件均应按

《公路交通工程钢构件防腐技术条件》（GB/T 18226-2015）的规定采用热浸镀锌（铝）进行金属表面处理。热浸镀锌应采用《锌锭》（GB/T470-2008）中所规定的牌号为 Zn99.99 以上的锌锭。镀锌构件锌层质量应符合表 602-1 的规定。热浸镀铝应采用《重熔用铝锭》（GB/T 1196-2008）中所规定的牌号为 Al 99.5 以上的铝锭，镀铝构件铝层质量应符合表 602-2 的规定。

表 602-1 镀锌构件锌层质量

构件名称	平均锌层质量(g/m ²)	锌层近似厚度(μm)
护栏板、立柱、H型钢防阻块、垫板、过渡板、端头、	600	85
紧固件、托架	350	50

表 602-2 镀铝构件铝层质量

构件名称	平均铝层质量 (g/m ²)	铝层近似厚度 (μm)
护栏板、立柱、H型钢防阻块、垫板、过渡板、端头	120	50
紧固件、托架	110	45

高强度螺栓进行热浸镀锌处理后，对高强度螺栓连接件表面要涂黄油，以及进行磷化润滑处理，在出厂时应密封包装，以防运输、保存期间生锈或弄脏。

(10) 镀锌构件的锌层应与基底金属结合牢固，经附着性试验后，锌层不剥离、不凸起，不得开裂或起层到用裸手指能够擦掉的程度。

(11) 镀铝构件的铝层应均匀，不允许有针孔，按《公路交通工程钢构件防腐技术条件》（GB/T 18226-2015）进行铝层有孔度试验后，无红褐色的氢氧化铁沉积物，镀铝构件的铝层应与基底金属结合牢固，按《公路交通工程钢构件防腐技术条件》（GB/T 18226-2015）进行铝层弯曲试验后，铝层不剥离、不凸起，不得开裂或起层到用裸手指能够擦掉的程度。

(12) 对于圆管立柱产品，其内壁防腐质量要求应不低于外壁防腐质量要求。

(13) 采用热浸镀锌、热浸镀锌铝合金、热浸镀铝锌合金方法进行防腐处理时，镀层的均匀度应满足：平均厚度与最小厚度之差应不低于平均厚度的 25%，最大厚度与平均厚度之差应不低于平均厚度的 40%；其他要求应符合 GB/T 18226 的规定。

4. 缆索护栏产品质量要求

(1) 缆索护栏应符合《缆索护栏》（JT/T 895-2014）的规定。其性能和构造应符合表 602-3 的规定。为保证缆索的质量要求，应对进场的缆索进行表面检查，包括：缆索内不应有断裂、交错和折弯的钢丝。钢丝表面不应有凹陷、锈蚀、压扁、碰伤或切伤等缺陷。股中钢丝的接头应尽量减少，接头之间的距离不得小于 5m。

表 602-3 缆索的性能和构造

钢丝绳直径 (mm)	单丝直径 (mm)	构造	钢丝绳公称抗 拉强度(MPa)	断面积 (mm ²)	捻制 方法	单位 质量 (kg/m)
18	3.86	3 股 7 蕊	≥1270	134	右同 向捻	1.09

(2) 端部立柱、中间端部立柱、中间立柱、间隔保持件、螺栓、螺母、垫圈等构件应符合《碳素结构钢》(GB/T 700-2006)中 Q235 钢的要求。

(3) 缆索护栏用的托架材料应符合《碳素结构钢和低合金结构钢 热轧钢板和钢带》(GB/T 3274-2017)的规定。

(4) 索端锚具的拉杆螺栓和锚具以及固定缆索用别针应符合《优质碳素结构钢》(GB/T 699-2015)中 45 号优质碳素结构钢的规定。

(5) 缆索用钢丝绳采用热浸镀锌防腐处理时,应符合《缆索护栏》(JT/T 895-2014)的规定。经热浸镀锌处理的钢丝不应出现裂纹、斑疤和露铁现象。为保证缆索护栏经久耐用与增加视线诱导的效果,图纸有特殊规定时可在缆索外按图纸要求再加涂层。

(6) 缆索护栏的各种立柱、托架、索端锚具和螺栓、螺母、垫圈等所有部件均应按图纸要求及《公路交通工程钢构件防腐技术条件》(GB/T 18226-2015)的相关规定进行防腐处理。

5. 对于聚酯外涂层护栏,其聚酯外涂层的技术要求及质量要求,应满足《公路用防腐蚀粉末涂料及涂层 第 4 部分:热固性聚酯粉末涂料及涂层》(JT/T 600.4-2004)的有关规定。

6. 活动护栏所用的钢构件均应进行防腐处理。防腐处理应符合图纸要求及《公路交通工程钢构件防腐技术条件》(GB/T 18226-2015)的相关规定。

7. 油漆采用材料及技术条件和要求,同本规范第 414 节有关规定。

8. 混凝土构件,应按本规范第 410 节有关要求对预制构件进行检查批准。

602.03 路基护栏施工要求

1. 一般规定

(1) 缆索护栏、波形梁护栏的路基土压实度和混凝土护栏的地基承载力应符合图纸的规定。

(2) 所有钢构件均应进行防腐处理。防腐处理应符合图纸要求及本规范第 602.02 小节的相关规定,螺栓、螺母等紧固件和连接件在防腐处理后,必须清理螺纹或进行离心分离处理。

(3)拆除护栏立柱应于底部进行切割，并用砂浆进行密封回填。

2. 混凝土护栏

混凝土护栏的施工应符合本规范第 400 章的规定外，还应满足下列要求：

(1) 应根据现场条件确定并核对混凝土护栏的设置位置，确定控制点，检测基础承载力是否达到本规范或图纸的要求。

(2) 现场浇筑混凝土护栏

a. 采用固定模板法施工时，模板宜采用钢模板，钢模板的厚度不应小于 4mm。

b. 混凝土浇筑前的温度应维持在 10℃~32℃之间。

c. 采用滑动模板法施工时，滑模机的施工速度应根据旋转搅拌机、混凝土卸载速度以及成型断面的大小决定。混凝土振捣由设置在滑模机上的液压振动器完成，振动器应根据混凝土的坍落度无级调速，一边振动一边前进。

d. 两处伸缩缝之间的混凝土护栏必须一次浇筑完成，伸缩缝应与水平面垂直，宽度应符合图纸的规定，伸缩缝内不得连浆。

e. 混凝土初凝后，严禁振动模板，预埋钢筋不得承受外力。

f. 应根据气温和混凝土强度确定拆模时间，一般可在混凝土终凝后 3~5d 拆除混凝土护栏侧模。拆模时不应损坏混凝土护栏的边角，并保持模板的完好状况。

g. 假缝可在混凝土护栏拆除模板后，按图纸要求的间距和规格采用切割机切开，并应保证断面光滑、平整。

(3) 预制混凝土护栏

a. 预制混凝土护栏的施工场地应平整、坚实、排水良好、交通方便。

b. 应采用钢模板，模板长度应根据吊装和运输条件确定，宜采用固定的规格。

c. 每块预制混凝土护栏必须一次浇筑完成。

d. 拆模时混凝土强度不应低于设计强度的 70%。拆模时不得损坏混凝土护栏的边角，并保持模板完好。

e. 在起吊、运输和堆放过程中，不得损坏混凝土护栏构件的边角，否则在安装就位后，应采用高于混凝土护栏强度的材料及时修补。

f. 混凝土护栏的安装应从一端逐步向前推进，护栏的线形应与公路的平、纵线形相协调。

g. 中央分隔带混凝土护栏在超高路段，应按图纸要求处理好排水问题。

3. 波形梁护栏

(1) 立柱放样

a. 应根据图纸进行立柱放样，并以桥梁、通道、涵洞、隧道、中央分隔带开口、紧急电话开口、互通式立体交叉等控制立柱的位置，进行测距定位。

b. 立柱放样时可利用调节板调节间距，并利用分配方法处理间距零头数。

c. 应调查立柱所在处是否存在地下管线、排水管等设施，或构造物顶部埋土深度不足的情况。

(2) 立柱安装

a. 立柱纵向和横向位置应符合设计文件的规定，并与公路线形相协调。

b. 位于土基中的立柱，宜采用打入法施工。立柱高程应符合图纸要求，并不得损坏立柱端部。

(a) 采用打入法施工时，立柱表面可标注表示打入深度的刻度尺。打入过深时，不得将立柱部分拔出加以矫正，应将其全部拔出，将基础压实到设计规定的要求后再重新打入。立柱无法打入到要求深度时，不得将立柱的地面以上部分焊割、钻孔，不得使用锯短的立柱，宜采用钻孔法安装立柱，也可采用挖埋法安装立柱，或依据设计变更的要求改成混凝土基础。

(b) 用挖埋法施工时，回填土应分层夯实，每层回填土厚度不应超过 15cm，回填土的压实度不应小于设计规定值。填石路基中的柱坑，应用粒料回填并夯实。挖埋法施工时，也可直接回填混凝土并振捣。

(c) 采用钻孔法施工时，可根据土质条件确定钻孔深度，立柱固定后缝隙应灌注砂浆或混凝土并夯实。

c. 在铺有路面的路段设置立柱时，柱坑从路基至面层以下 5cm 处应采用与路基相同的材料回填并分层夯实，余下部分应采用与路面相同的材料回填并压实。

d. 位于石方区或填石区的立柱，宜采用钻孔法施工，也可采用挖埋法施工，或根据设计文件的要求设置混凝土基础。

e. 位于小桥、通道、明涵等混凝土基础中的立柱，设置在预埋的套筒内时，可通过灌注砂浆或混凝土固定；通过地脚螺栓与混凝土基础相连时，应控制立柱的安装方向和高程。

f. 立柱安装就位后，其水平方向和竖直方向应形成平顺的线形，立柱端部不得有明显的变形、破损。

g. 护栏渐变段、过渡段及端部的立柱，应按设计文件规定的位置进行安装。

(3) 防阻块、托架、横隔梁安装

a. 防阻块、托架应通过连接螺栓固定于护栏板和立柱之间，在拧紧连接螺栓前

应调整防阻块、托架使其准确就位。防撞等级为 SA、SAm 和 SS 的波形梁护栏，在安装防阻块时，应同时安装上层立柱，线形应与下层立柱相同。

b. 设有横隔梁的中央分隔带护栏，应在立柱准确定位后安装横隔梁。在护栏板安装前，横隔梁与立柱间的连接螺栓不应过早拧紧。

(4) 横梁安装

a. 护栏板应通过拼接螺栓相互连接成纵向横梁，并由连接螺栓固定于防阻块、托架或横隔梁上。护栏板拼接方向应与行车方向一致。拼接螺栓必须采用高强螺栓。

b. 防撞等级为 SA、SAm 和 SS 的波形梁护栏通过螺栓将上层横梁与上层立柱加以连接。

c. 立柱间距不规则时，可利用调节板、梁进行调节，不得采用现场切割护栏板的方法。

d. 所有的连接螺栓及拼接螺栓应在护栏的线形达到规定要求时才能拧紧。终拧扭矩应符合表 602-4 的规定。

表 602-4 波形梁护栏板连接螺栓及拼接螺栓的终拧扭矩规定值

螺栓类型	螺栓直径 (mm)	扭矩值 (N.m)
普通螺栓	M16	60~68
	M20	95~102
	M22	163~170
高强螺栓		315~430

(5) 端头安装

各类护栏端头应通过拼接螺栓与护栏板牢固连接，拼接螺栓必须采用高强螺栓。防撞等级为 SA、SAm 和 SS 的波形梁护栏上，横梁必须按图纸的规定进行端部处理。

4. 缆索护栏

(1) 承包人应在缆索护栏运往工地之前，向监理人提供所采用的护栏部件的样品及出厂检验合格证书供其审查批准，必要时应根据监理人的要求进行荷载试验。所有运往工地的护栏构件的质量均应符合图纸和本规范的要求。

(2) 护栏在施工之前承包人应编制详细的缆索护栏施工组织设计，上报监理人审查批准，并应详细了解地下管线，构造物的位置以便进行合理地处理。无论采用何种方法安装护栏，承包人应避免损坏路面下埋设的管线设施，若造成损坏，承包人应负责修好，修理费用由承包人承担。

(3) 放样

a. 应根据现场桥梁、涵洞、通道、路线交叉、隧道等的分布确定控制立柱的位

置，并测定控制立柱之间的间距，据此调整端部立柱、中间端部立柱、中间立柱的设置位置。

b. 应调查立柱下是否存在地下管线、构造物等设施，并进行适当处理。

(4) 端部立柱和中间端部立柱的设置

a. 应根据图纸的要求，将立柱、斜撑及底板焊接成牢固的三角形支架。

b. 应根据最终确定的立柱位置开挖基坑、浇筑混凝土基础，到达规定高程时，应对三角形支架进行定位。基坑开挖、地基检验、地基处理及混凝土的浇筑应符合图纸及本规范第 400 章的相关规定。

c. 位于桥梁、涵洞、通道、挡土墙等构造物处的端部立柱和中间端部立柱，应根据图纸的要求进行基础预埋。

(5) 中间立柱的设置

a. 中间立柱应定位准确，纵向和横向位置与公路线形一致。

b. 位于土基中的立柱，宜采用打入法施工；位于石方区或填石区的立柱，宜采用钻孔法施工，也可采用挖埋法施工，或根据设计文件的要求设置混凝土基础。立柱高程应符合图纸要求，并不得损坏立柱端部。

c. 位于小桥、通道、明涵等混凝土基础中的立柱，设置在预埋的套筒内时，可通过灌注砂浆或混凝土固定；通过地脚螺栓与混凝土基础相连时，应控制立柱的安装方向和高程。

(6) 托架安装

中间立柱或中间端部立柱上的托架，应按图纸规定的托架编号和组合正确安装。

(7) 架设缆索

a. 缆索应在端部立柱和中间端部立柱的混凝土基础达到设计强度的 80% 以上时方可架设。

b. 缆索应支放在立柱的内侧，通过中间支架向另一端滚放。严禁在路面上长距离拖拽缆索。

c. 可用楔子固定或注入合金的方法将一端的缆索锚固在索端锚具上。

d. 应在另一端部立柱或中间端部立柱上设置倒链滑车或杠杆式倒链张紧器将缆索临时拉紧。C 级、B 级和 A 级缆索护栏的初拉力应为 20kN，其他等级的缆索护栏初拉力应符合图纸的规定。

e. 应根据索端锚具的规格，切断多余的缆索。缆索切断面应垂直整齐，不得松散，可按本款第 c 项规定的方法锚固在索端锚头上。

- f. 索端锚具安装到端部立柱或中间端部立柱后，可卸除临时张拉力。
- g. 缆索应按从上向下的顺序架设。
- h. 缆索调整完毕后，应拧紧各中间立柱、中间端部立柱托架上的索夹螺栓。

602.04 活动护栏施工要求

1. 一般规定

- (1) 活动护栏的预埋基础（若有）应在面层施工前完成，其余部分应在路面施工后安装。
- (2) 作为成品采购的活动护栏，应按厂家图纸的规定放样定位和拼装，应由厂家做好与上下游护栏的搭接过渡。
- (3) 对有防眩和视线诱导要求的路段，应按图纸要求安装防眩设施和轮廓标。
- (4) 中央分隔带开口护栏在临时开放时要方便开启与关闭、具有可移动性，建议在 10min 内开启至少 10m。

602.05 质量检验

1. 混凝土护栏

(1) 基本要求

- a. 混凝土护栏的地基承载力应满足设计要求。
- b. 混凝土护栏块件标准段、混凝土护栏起终点的几何尺寸应满足设计要求。
- c. 混凝土护栏预制块件在吊装、运输、安装过程中，不得断裂。
- d. 各混凝土护栏块件之间、护栏与基础之间的连接应满足设计要求。
- e. 混凝土护栏的埋入深度、配筋方式及数量应满足设计要求。
- f. 混凝土护栏的端头处理及护栏过渡段的处理应满足设计要求。

(2) 检查项目

混凝土护栏检查项目见表 602-5。

表 602-5 混凝土护栏检查项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	护栏混凝土强度 (MPa)		符合设计要求	按 JTG 5220-2020《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》附录 D 检查
2	护栏断面尺寸 (mm)	高度	±10	钢卷尺:每 200m 每侧检查1处
		顶宽及底宽	±5	
3	钢筋骨架尺寸 (mm)		符合设计要求	钢卷尺:每 200m 每侧检查1处
4	横向偏位 (mm)		±20 或符合设计要求	钢卷尺:每 200m 每侧检查1处
5	拼接处高度及横向错位 (mm)		5	钢直尺:每 200m 每侧检查1处

6	直线段护栏顺直度 (mm)	≤30	20m 拉线、钢直尺:每 200m 每侧检查 1 处
7	基础厚度 (mm)	±10%H	钢卷尺、过程检查:每 200m 每侧检查 1 处

注:项次 3 钢筋骨架尺寸仅适用于现场浇筑;项次 6 中的 H 为基础的设计厚度。

(3) 外观质量

a. 混凝土护栏表面的蜂窝、麻面、裂缝、脱皮等缺陷面积不得超过该面面积的 0.5%; 深度不超过 10mm。

b. 混凝土护栏块件的损边、掉角长度每处不得超过 20mm。

c. 护栏线形应无凹凸、起伏现象。

2. 波形梁钢护栏

(1) 基本要求

a. 波形梁钢护栏产品应符合《波形梁钢护栏 第 1 部分: 两波形梁钢护栏》(GB/T 31439.1-2015) 及《波形梁钢护栏 第 2 部分: 三波形梁钢护栏》(GB/T 31439.2-2015) 的规定。

b. 路肩和中央分隔带的土基压实度应不小于设计值。

c. 石方路段和挡土墙上护栏立柱的埋深及基础处理应满足设计要求。

d. 波形梁钢护栏各构件的安装应满足设计要求并符合施工技术规范的规定, 波形梁板、立柱和防阻块不得现场焊割和钻孔, 波形梁板搭接方向应正确。

e. 护栏的端头处理及护栏过渡段的处理应满足设计要求。

(2) 检查项目

波形梁钢护栏检查项目见表 602-6。

表 602-6 波形梁钢护栏检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	波形梁板基板厚 (mm)	符合 GB/T 31439.1、GB/T31439.2 的规定	板厚千分尺:抽检 5%
2	镀(涂)层厚度 (um)	符合设计要求	涂层测厚仪:抽检 5%
3	立柱埋入深度 (mm)	不小于设计值	钢卷尺、过程检查:抽检 5%
4	立柱间距 (mm)	±40	钢卷尺:每 200m 每侧检查 1 处
5	立柱垂直度 (mm/m)	±10	靠尺、垂线:每 200m 每侧检查 1 处
6	立柱外边缘距路肩边缘线距离 (mm)	≥250	钢卷尺:每 200m 每侧检查 1 处
7	横梁中线高度 (mm)	±20	钢卷尺:每 200m 每侧检查 1 处
8	螺栓终拧扭矩 (N·m)	±10%	扭力扳手:每 200m 每侧检查 1 处

(3) 外观质量

a. 护栏各构件表面应无漏镀、露铁、擦痕。

b. 护栏线形应无凹凸、起伏现象。

3. 缆索护栏

(1) 基本要求

- a. 缆索护栏产品应符合《缆索护栏》（JT/T 895-2014）的规定。
- b. 端部立柱应安装牢固。基础混凝土强度应满足设计要求。
- c. 护栏的端头处理及护栏过渡段的处理应满足设计要求。

(2) 检查项目

缆索护栏检查项目见表 602-7。

表 602-7 缆索护栏检查项目

项次	检查的项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	初张力 (kN)	±5%	张拉计、过程检查:逐根检查
2	最下一根缆索的高度 (mm)	±20	钢卷尺:每 200m 每侧检查1处
3	立柱间距 (mm)	±40	钢卷尺:每 200m 每侧检查1处
4	立柱竖直度 (mm/m)	≤10	靠尺、垂线:每 200m 每侧检查 1 处
5	立柱埋置深度 (mm)	不小于设计值	钢卷尺:每 200m 每侧检查 1 处
6	混凝土基础尺寸 (mm)	符合设计要求	钢卷尺、过程检查:每 200m 每侧检查1处
	基础混凝土强度 (MPa)	符合设计要求	按 JTG 5220-2020《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》附录 D 检查

(3) 外观质量

- a. 护栏各构件表面应无漏镀、露铁、擦痕。
- b. 护栏线形应无凹凸、起伏现象。

4. 活动护栏

- (1) 活动护栏的形式、规格、钢构件的防腐处理应符合图纸要求。
- (2) 活动护栏的预埋套管（若有）应定位精确，偏差不得大于图纸要求。
- (3) 活动护栏宜与两端护栏齐平，线形与公路保持一致。

第603节 隔离栅

603.01 范围

本节工作内容为隔离栅的设置及其有关的施工作业。

603.02 材料

1. 隔离栅应符合《隔离栅》（GB/T 26941.1~6-2011）及《公路交通安全设施施工技术规范》（JTG/T 3671-2021）的规定。

- (1) 钢板网片的材料应采用低碳薄钢板，并符合《碳素结构钢和低合金结构钢

热轧钢板和钢带》（GB/T 3274-2017）的要求。

(2) 电焊网片、编织网片、刺铁丝网片等材料应采用低碳钢丝，并符合《一般用途低碳钢丝》（YB/T 5294-2009）的要求。

2. 立柱可采用钢管、型钢、钢筋混凝土柱或复合材料立柱，如图纸所示。钢管以钢带焊接或焊后冷加工制造，应符合《直缝电焊钢管》（GB/T 13793-2016）的要求；型钢应符合《碳素结构钢》（GB/T 700-2006）的要求；钢筋混凝土柱应符合本规范第 410 节及第 403 节的有关规定；复合材料立柱应符合《公路用复合隔离栅立柱》（JT/T 848-2013）的要求。

3. 螺栓、螺母可采用常用的普通紧固件，并符合《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》（GB/T 3098.1-2010）及《紧固件机械性能 螺母》（GB/T 3098.2-2015）的要求。

4. 镀锌

隔离栅的所有金属件均应采用镀锌处理，应按《公路交通工程钢构件防腐技术条件》（GB/T 18226-2015）及《隔离栅》（GB/T 26941.1~6-2011）对金属防腐处理的有关规定办理。

5. 对于聚乙烯、聚氯乙烯涂层隔离栅，其聚乙烯涂层的技术要求及质量要求，应满足《公路用防腐蚀粉末涂料及涂层 第 2 部分：热塑性聚乙烯粉末涂料及涂层》（JT/T 600.2-2004）有关规定；聚氯乙烯涂层的技术要求及质量要求，应满足《公路用防腐蚀粉末涂料及涂层 第 3 部分：热塑性聚氯乙烯粉末涂料及涂层》（JT/T 600.3-2004）有关规定。

6. 承包人在施工前应向监理人提供拟采用的隔离栅样品并获得批准，施工时所有运到工地的隔离栅其质量均应与获批准的样品相符。

603.03 施工要求

1. 一般规定

(1) 隔离栅所在位置应进行场地清理，且基础严禁坐落在虚土上和易于坍塌的土壤上，软基应进行处理。

(2) 任何立柱在运到工地之前，首先承包人应向监理人提交每一种柱子的试样。监理人将检查其外观质量，并进行检验（钢筋混凝土柱参照本规范第 410 节要求进行）；监理人将通知每种立柱是否适用，所交的立柱都应符合批准的标准。

(3) 监理人可以按交货的每种立柱从每 500 个立柱（或每种中的一部分）中任意挑选一个进行复验。如果一个立柱未能通过试验，应加倍抽验，如不合格，则由该

试件代表的所有立柱均应被拒收。

2. 隔离栅

(1) 隔离栅宜在路基工程完成后尽早实施；承包人应在施工前制定详细的施工组织设计送监理人审批。承包人应根据批准的施工组织设计，按图纸要求及实际地形地物的情况进行施工放样，定出立柱中心线进行必要的清场和挖除树根，以便按规定的坡度和线形修建隔离栅。

(2) 每个柱位均应按图纸的要求确定高程，并按实际地形进行调整。

(3) 应根据图纸的规定开挖基坑。

(4) 立柱应根据图纸的规定设置在现浇混凝土基础或预制混凝土基础内。立柱的埋设应分段进行。可先埋设两端的立柱，然后拉线埋设中间立柱，控制立柱与中间立柱的平面投影在一条直线上，柱顶应平顺。预制混凝土立柱和基础在运输及装卸时应避免折断或损坏边角。

(5) 混凝土基础强度达到设计强度的 70% 以上时，可按下列规定安装隔离栅网片。

a. 安装无框架卷网时，应从端头立柱开始，沿纵向展开，边铺设边拉紧，挂钩时网片不得变形。

b. 安装有框架的片网时，网面应平整，框架应整体平顺、美观，框架与立柱应连接牢固。

c. 安装刺钢丝网时，应从端头立柱开始。刺钢丝之间应平行、平直，绷紧后应与立柱上的铁钩牢固绑扎，横向与斜向刺钢丝相交处也应绑扎牢固。

(6) 隔离栅网片安装完毕后，应对基础周围进行夯实处理。

603.04 质量检验

1. 基本要求

(1) 隔离栅产品应符合《隔离栅》（GB/T 26941.1~6-2011）的规定，绿篱隔离栅应满足设计要求。

(2) 立柱混凝土基础应满足设计要求。

(3) 各构件的安装应满足设计要求并符合施工技术规范的规定。

(4) 隔离栅起终点端头围封应满足设计要求。

2. 检查项目

隔离栅检查项目见表 603-1。

表 603-1 隔离栅和防落物网检查项目

项次	检查项目	检查方法和频率	检查方法和频率
1	柱顶高度(mm)	±15	钢卷尺:每 200m 测 1 处
2	立柱 间距 (mm)	±30	钢卷尺:每 200m 测 1 处
		±60	
3	立柱垂直度(mm/m)	≤10	靠尺、垂线:每 200m 测 1 处
4	立柱埋深(mm)	不小于设计值	钢卷尺、过程检查:每 200m 测 1 处
5	基础尺寸(mm)	+50, -15	钢卷尺:每 200m 测 1 处
6	网面上沿高度(mm)	±15	钢卷尺:每 200m 测 1 处
7	刺钢丝的中心垂度(mm)	≤15	拉线、钢直尺:每 200m 测 1 处

3. 外观质量

(1) 电焊网不得脱焊、虚焊。

(2) 镀锌层表面应具有均匀完整的锌层，颜色一致，表面具有实用性光滑，不允许有流挂、滴瘤或多余结块。镀件表面应无漏镀、露铁等缺陷。涂塑层应均匀光滑、连续，无肉眼可分辨的小孔、空间、孔隙、裂缝、脱皮及其他有害缺陷。

(3) 混凝土立柱应密实平整，无裂缝、翘曲、蜂窝、麻面等缺陷。

(4) 有框架的隔离栅，网片应与框架焊牢，网片拉紧。整网铺设的隔离栅，端柱与网连接牢固，网面平整绷紧。刺铁丝间距符合图纸要求，刺线平直，绷紧。

(5) 隔离栅安装位置应符合图纸规定。安装线形整体顺畅并与地形相协调。围封严实，安装牢固。

第604节 道路交通标志

604.01 范围

本节内容为各式道路交通标志提供和设置有关施工作业。

604.02 材料

1. 材料应符合下列要求

(1) 立柱

a. 立柱所用的钢板、角钢及槽钢应符合本规范第 414 节所列标准。凡钢管外径在 152mm 以下（含 152mm）的立柱，采用普通碳素结构钢焊接钢管，并应符合《碳素结构钢》（GB/T 700-2006）的要求；凡钢管外径在 152mm 以上的立柱，采用一般常用热轧无缝钢管，并应符合《结构用无缝钢管》（GB/T 8162-2008）的规定。

b. 所有标志柱应配有柱帽，柱帽可采用板厚为 3mm 的钢板焊接或其他方法紧

固在立柱上，或采用监理人批准的其他形式的柱帽。

(2) 标志板（未粘贴反光膜）

a. 标志板应符合《道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志》（GB 5768.2-2022）、《道路交通标志板及支撑件》（GB/T 23827-2021）的规定。

b. 标志板采用铝合金板制造时，应符合《一般工业用铝及铝合金板、带材第1部分：一般要求》（GB/T 3880.1-2012）和《一般工业用铝及铝合金板、带材第3部分：尺寸偏差》（GB/T 3880.3-2012）的规定。采用薄钢板制造时，应符合《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》（GB/T 708-2006）和《连续热镀锌薄钢板及钢带》（GB/T 2518-2008）的规定。标志板背面的滑动槽钢和三角钢可采用铝合金挤压型材制成，并符合《一般工业用铝及铝合金热挤压型材》（GB/T 6892-2015）的规定。标志板所用铝合金板其最小厚度应不小于2mm。

c. 标志板面应无裂缝或其他表面缺陷，标志板边缘应整齐、光滑，标志板的外形尺寸偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ，若外形尺寸大于 1.2m^2 时，其偏差为其外形尺寸的0.5%。标志板应平整，表面无明显皱纹、凹痕或变形，每平方米范围内的平整度公差不应大于1.0mm。

d. 除尺寸大的指路标志外，所有标志板应由单块铝合金板或薄钢板加工制成，不允许拼接。

e. 考虑到大型指路标志在制造、运输、安装过程中的困难，厂家在制造过程中，应在监理人指示下，根据标志板面设计的具体情况采取适当分割的办法来制造，在安装时可按标志板拼接设计中规定的方法拼接。

f. 大型指路标志最多只能分割成四块，并应尽可能减少分块数量，标志板的拼接应采用对接，接缝的最大间隙为1mm。所有接缝应用背衬加强，背衬与标志板用铆钉连接，铆钉的最大间距应小于200mm，背衬的最小宽度为50mm，背衬的材料与板面板材相同。

g. 标志底板面应进行化学清洗和浸蚀或磨面处理，清除表面杂质。当标志图案、字符是喷漆制作时，应先在标志底板面均匀涂一层磷化底漆。

h. 标志板背面不应涂漆。但应采用适当的化学或物理方法，使其表面变成暗灰色和不反光。标志板背面应无刻痕或其他缺陷。

(3) 标志面

标志面的逆反射材料有反光标志膜（反光膜）、反光涂料及反射器三类。反光膜应符合《道路交通标志反光膜》（GB/T 18833-2012）的规定。同一版面要使用同

一级别反光膜，同一路段要使用统一品牌的反光膜；新设置的交通标志应采用同一品牌同一批次的反光膜。

(4) 立柱、横梁扣件、结合件和连接件等配件应采用符合图纸要求的材料，并应采用热浸镀锌进行金属表面处理，镀锌量参照本规范表 602-1 的规定。当接触的金属材料不同时，应铺设绝缘材料，以防止电解腐蚀。

2. 承包人应在施工前 30d，根据本规范向监理人提供所有拟用材料的样品，同时附有生产厂商的使用说明和规定。对大型标志，承包人应制作小样品报送监理人审批。

604.03 施工要求

1. 标志定位与设置

所有交通标志都应按图纸的要求定位和设置，悬臂式标志安装的标志面版应与道路中线垂直。路侧标志安装时，标志面版应与道路中线垂直或成一定角度。其中，禁令和指示标志为 $0^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 或 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ ，其它标志为 $0^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 。路上方标志的版面宜面向来车俯仰 $0^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 。对于路侧标志，标志板内缘距土路肩边缘不得小于 250mm，或根据监理人的指示确定。

2. 基础

a. 标志基础可根据本规范第 410 节就地浇筑或预制后再埋置。基础位置的确定、开挖以及浇筑混凝土立模和锚固螺栓的设置等，都应经监理人批准后方可施工。

b. 基坑开挖。基坑应放样定点后开挖，基坑的位置和几何尺寸均应满足设计文件的要求，基坑开挖时应保护施工现场周围。双柱或多柱基础不宜同时施工。开挖的基坑四周应进行围封，设立明显的警示标志。

c. 基底处理。基坑开挖后应平整基底、清理坑壁、检测基底的地基承载力。地基承载力应不小于 150kpa。

4. 模板安装。基坑验收合格后，在基础混凝土外露部分和基坑上沿以下 10~20cm 位置安装模板，然后按设计文件要求安装钢筋和绑扎。模板的制作、安装以及钢筋绑扎、安装应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T3650) 的规定。

d. 法兰盘安装。模板和钢筋验收合格后，在浇筑混凝土之前应按设计图纸准确安装底座法兰盘，可在与公路中心线平行和垂直的方向各拉一条线作为定位线，然后在侧模板上中分画线，放置法兰盘时应确保基础纵横轴线与法兰盘纵横轴线两两重合。预埋地脚螺栓应与法兰盘垂直固定，底座法兰盘应安置水平。

e. 混凝土浇筑。法兰盘安放合格后，应固定底座法兰盘和地脚螺栓，然后开始浇筑混凝土。混凝土的强度应符合设计要求，混凝土的浇筑应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的规定。混凝土的浇筑不应影响地脚螺栓和法兰盘的位置。

f. 调整养护。混凝土浇筑完成后，应再次对法兰盘水平情况进行检查、调整。法兰盘表面应擦拭干净，不得留有混凝土或其他异物，预埋螺栓的外露部分应清理干净并采取保护措施。对基础外露部分进行抹平后，应按现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T3650）的规定进行混凝土养护。拆模时间应根据气温和混凝土强度确定，夏季宜在混凝土终凝后 24h，冬季混凝土强度不宜低于 5MPa。拆模不得破坏混凝土表面和棱角。

g. 基础回填。基础的回填土应分层夯实，与相邻地面齐平。

3. 标志支承结构

(1) 路侧式标志的装设，应符合《道路交通标志和标线 第 2 部分：道路交通标志》（GB 5768.2-2022）的规定。

(2) 钢支承结构应根据《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50-2020）第 9.3 节和《道路交通标志和标线 第 2 部分：道路交通标志》（GB 5768.2-2022）、《道路交通标志板及支撑件》（GB/T 23827-2021）的规定制作和安装。

(3) 管状或空心截面的支承结构，应设有经监理人同意的防雨帽。

(4) 钻孔、冲孔和车削焊接，应在钢材电镀之前完成。提供的连接件和附件应适合标志安装系统并符合《道路交通标志板及支撑件》（GB/T 23827-2021）的要求。

(5) 承包人应将其推荐的安装系统，包括多标志组合装置的详情报送监理人审批。安装期间，标志板应适当支撑和加固，其表面应采取防止损坏的保护措施。

(6) 标志支撑结构的架设应在基础混凝土强度达到要求，并得到监理人的批准后才能进行。门架标志结构整个安装过程应以高空吊车为工具，不允许施工人员在门架的横梁上作业。在横梁安装之前，应先预拱，横梁中间处的预拱度一般为 50mm。悬臂标志的预拱度为 40mm。门架和悬臂式标志支撑结构安装完毕后，应按图纸要求，用高强级反光膜贴在立柱的迎交通流面，做为立面标记。

(7) 标志中与铝合金或其他金属接触的所有钢材都应加以保护，以避免发生钢材或铝合金的锈蚀，保护措施应经监理人认可。

4. 标志板制作安装

(1) 标志面的制作

a. 交通标志的形状、图案和颜色应严格按照《道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志》（GB 5768.2-2022）及图纸的规定执行。所有标志上的汉字、汉语拼音字母、英文字、阿拉伯数字应符合《道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志》（GB 5768.2-2022）的规定，不得采用其他字体。

b. 交通标志板面上的图案、字符的平面布设，应在施工前三个月做出样品，提交给监理人审批。标志采用全反光、部分反光及反光膜的级别，应符合图纸要求。

c. 反光膜制作和粘贴工艺可根据标志特点和实际条件进行选择，所选工艺不得影响反光膜颜色、反光性和耐候性等指标。除特殊情况外，宜采用机器贴膜。

d. 反光膜拼接应符合下列规定：

1) 标志底板的长度或宽度小于反光膜产品的最大宽度时，不得拼接。

2) 当不能避免拼接时，应使用反光膜产品的最大宽度进行拼接，距标志板边缘50mm之内，不得有贯通的拼接缝。

3) 搭接时，宜竖向拼接，压接宽度不应小于5mm。在反光膜搭接粘贴后，反光膜自行开裂前，应沿着搭接缝将反光膜切割断开，并刮压。

4) 棱镜型反光膜应平接。平接接缝间隙不应超过1mm，平接缝应垂直于地面，不得平行于地面。

e. 标志反光膜应在干净、无尘土、温度不低于18℃、相对湿度在20%~50%的车间内，按反光膜产品的要求进行粘贴。

f. 版面的形状、颜色、文字、箭头、编号、图形及边框等应按《道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志》（GB 5768.2-2022）和设计文件的规定制作。

(2) 标志板应在车间剪裁或切割，以产生整齐、方正的边缘，不应有毛刺，应符合《道路交通标志板及支撑件》（GB/T 23827-2021）的规定。所有标志板的槽钢应在粘贴定向反光膜之前焊接好。

(3) 承包人应先提供一种所有各类标志板面各种图案的配置图，在取得监理人同意之后，再进行图案制作。

(4) 定向反光膜应用不剥落的热活性胶黏剂粘贴，将反光膜牢固粘贴到标志板上，其表面不得产生任何气泡和污损等缺陷。

(5) 标志板的运输、储存和搬运方式应按制造厂商的要求进行，两块标志邻接面之间应使用适合的衬垫材料分隔，以免在运输、搬运过程中磨损标志板面。标志板应储存在干净、干燥的室内。

(6) 标志板安装前，承包人应对标志板板面外观逐一进行检查，以满足设计要

求，监理人应按一定比例进行抽检。安装标志板时，应事先获得监理人的批准，标志的紧固方法应符合图纸的要求。

(7) 标志安装完毕后，承包人应根据标志制造厂商建议的方法，清扫所有标志板。在清扫过程中，不应损坏标志面或产生其他缺陷。

(8) 标志安装完毕后，监理人检查所有标志，以确认在白天和夜间条件下标志的外观、视认性、颜色、镜面眩光等是否符合图纸要求。在标志检查中发现的任何缺陷，承包人应按监理人指示予以修正或更换。

604.04 质量检验

1. 基本要求

(1) 交通标志的加工、制作应符合《道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志》（GB 5768.2-2022）和《道路交通标志板及支撑件》（GB/T 23827-2021）的规定。

(2) 交通标志在运输过程中不得损伤标志面及金属构件涂层。

(3) 交通标志的设置及安装应满足设计要求并符合施工技术规范的规定。

(4) 交通标志及支撑件应安装牢固，基础混凝土强度应满足设计要求。

2. 检查项目

交通标志检查项目见表 604-1。

604-1 交通标志检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	标志面反光膜逆反射系数 ($cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$)	符合设计要求	逆反射系数测试仪:每标志面板测 3 点
2	标志面色度性能	符合设计要求	测色计:每标志面板测 3 点
3	标志板外形尺寸 (mm)	边长 < 1200	钢卷尺:每标志板长、宽各测 2 点
		边长 ≥ 1200	
4	标志板下缘至路面净空高度 (mm)	+200, 0	全站仪或钢卷尺:检查 100%
5	立柱内边缘距路肩边缘距离 (mm)	≥ 250	钢卷尺:检查 100%
6	立柱竖直度 (mm/m)	5	全站仪或靠尺、垂线:检查 100%
7	基础尺寸 (mm)	+100, -50	钢卷尺:每基础长、宽各测 2 点
8	基础混凝土强度 (MPa)	符合设计要求	按 JTG 5220-2020《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》附录 D 检查

注:项次 4 中，单悬臂式支撑结构不得向悬臂一侧倾斜。

3. 外观质量

交通标志在安装后标志面及金属构件涂层应无损伤。

第605节 道路交通标线

605.01 范围

本节工作内容为在已完成的沥青混凝土和水泥混凝土路面上喷涂路面标线、涂敷振荡标线、安装突起路标、安装立面标记或实体标记及喷涂立面反光标记涂料等有关施工作业。

605.02 材料

1. 路面标线所用材料应符合《路面标线涂料》(JT/T 280-2022)、《路面防滑涂料》(JT/T 712-2008)的规定。无论采用哪一种标线材料,应能满足在沥青混凝土、水泥混凝土路面上耐久使用的要求,且均应有合适的施工机械与之配套。路面标线涂料的分类如表 605-1。

表 605-1 路面标线涂料分类

种类	施工时的条件	玻璃珠含量和使用方法	状态	形成标线后是否具有振动功能
热熔型	反光型	涂料中含 $\geq 30\%$ 的玻璃珠,施工时涂布涂层后立即将玻璃珠撒布在其表面	固态	否
	突起型	涂料中含 $\geq 30\%$ 的玻璃珠,施工时涂布涂层后立即将玻璃珠撒布在其表面		是
溶剂型	普通型	涂料中不含玻璃珠,施工时也不撒玻璃珠	液态	否
	反光型	涂料中 $\geq 30\%$ 玻璃珠		否
双组分	普通型	涂料中不含玻璃珠	液态	否
	反光型	涂料中不含(或含 $\geq 30\%$)的玻璃珠		否
	突起型	涂料中含 $\geq 30\%$ 的玻璃珠		是
水性	普通型	涂料中不含玻璃珠,施工时也不撒玻璃珠	液态	否
	反光型	涂料中不含(或含 $\geq 30\%$)的玻璃珠		否

2. 溶剂型涂料的性能应符合表 605-2 的规定。

表 605-2 溶剂型涂料的性能

项目	溶剂型	
	普通型	反光型
容器中状态	应无结块、结皮现象,易于搅匀	
黏度	100(涂4杯, s)	80~120(KU值)
密度(g/cm ³)	1.2	1.3
施工性能	空气或无空气喷涂(或刮涂)施工性能良好	
加热稳定性	—	应无结块、结皮现象,易于搅匀, KU值小于140

涂膜外观	干燥后, 应无发皱、泛花、起泡、开裂、发粘等现象, 涂膜颜色和外观应与标准板差异不大	
不黏胎干燥时间(min)	15	10
遮盖率(%)	白色	95
	黄色	80
色度性能(45/0)	白色	涂料的色品坐标和亮度因数应符合 JT/T 280-2022 中表 6 和图 1 规定的范围
	黄色	
耐磨性 (mg) (200 转/1000g 后减重)	40 (JM-100 橡胶砂轮)	
耐水性	在水中浸 24h 应无异常现象	
耐碱性	在氢氧化钙饱和溶液中浸 24h 应无异常现象	
附着性 (划圈法)	4 级	
柔韧性(mm)	5	
固体含量(%)	60	65

3. 热熔型涂料的性能应符合表 605-3 的规定。

表 605-3 热熔型涂料的性能

项目	热熔型		
	普通型	反光型	突起型
密度(g/cm ³)	1.8~2.3		
软化点(°C)	90~125		100
涂膜外观	干燥后, 应无皱纹、斑点、起泡、裂纹、脱落、粘胎现象, 涂膜的颜色和外观应与标准板差异不大		
不粘胎干燥时间(min)	3		
色度性能(45/0)	白色	涂料的色品坐标和亮度因数应符合 JT/T 280-2022 中表 6 和图 1 规定的范围	
	黄色		
抗压强度(MPa)	12		23°C±1°C时, 12 50°C±2°C时,
耐磨性 (mg) (200 转/1000g 后减重)	80 (JM-100 橡胶砂轮)		
耐水性	在水中浸 24h 应无异常现象		
耐碱性	在氢氧化钙饱和溶液中浸 24h 应无异常现象		
玻璃珠含量(%)	—	≥30%	
流动度(s)	35±10		—
涂层低温抗裂性	-10°C保持 4h, 室温放置 4h 为 1 个循环, 连续做 3 个循环后应无裂纹		
加热稳定性	200°C~220°C在搅拌状态下保持 4h, 应无明显泛黄、焦化、结块等现象		
人工加速耐候性	经人工加速耐候性试验后, 试板涂层不产生龟裂、剥落; 允许轻微粉化和变色, 但色品坐标应符合 JT/T 280-2022 中表 6 和图 1 规定的范围, 亮度因数变化范围应不大于原样板亮度因数的 20%。		

4. 双组分涂料的性能应符合表 605-4 的规定。

表 605-4 双组分涂料的性能

项目	热熔型
----	-----

		普通型	反光型	突起型
容器中状态		应无结块、结皮现象，易于搅匀		
密度(g/cm ³)		1.5~2.0		
施工性能		按生产厂的要求，将A、B组份按一定比例混合搅拌均匀后，喷涂、刮涂施工性能良好		
涂膜外观		涂膜固化后应无皱纹、斑点、起泡、裂纹、脱落、粘胎等现象，涂膜的颜色和外观应与标准板差异不大		
不粘胎干燥时间(min)		35		
色度性能(45/0)	白色	涂膜的色品坐标和亮度因数应符合 JT/T 280-2022 中表 6 和图 1 规定的范围		
	黄色			
耐磨性 (mg) (200 转/1000g 后减重)		40 (JM-100 橡胶砂轮)		
耐水性		在水中浸 24h 应无异常现象		
耐碱性		在氢氧化钙饱和溶液中浸 24h 应无异常		
附着性 (划圈法)		4 级 (不含玻璃珠)	—	—
柔韧性(mm)		5 (不含玻璃珠)	—	—
玻璃珠含量(%)		≥30%		
人工加速耐候性		经人工加速耐候性试验后，试板涂层不产生龟裂、剥落；允许轻微粉化和变色，但色品坐标应符合 JT/T 280-2022 中表 6 和图 1 规定的范围，亮度因数变化范围应不大于原样板亮度因数的 20%。		

5. 水性涂料的性能应符合表 605-5 的规定。

表 605-5 水性涂料的性能

项目		溶剂型	
		普通型	反光型
容器中状态		应无结块、结皮现象，易于搅匀	
粘度		70 (KU 值)	80~120 (KU 值)
密度(g/cm ³)		1.4	1.6
施工性能		空气或无空气喷涂 (或刮涂) 施工性能良好	
漆膜外观		应无发皱、泛花、起泡、开裂、发粘等现象，涂膜颜色和外观应与样板差异不大	
不粘胎干燥时间(min)		15	10
遮盖率 (%)	白色	95	
	黄色	80	
色度性能 (45/0)	白色 黄色	涂料的色品坐标和亮度因数应符合 JT/T 280-2022 中表 6 和图 1 规定的范围	
耐磨性 (mg) (200 转/1000g 后减重)		40 (JM-100 橡胶砂轮)	
耐水性		在水中浸 24h 应无异常现象	
耐碱性		在氢氧化钙饱和溶液中浸 24h 应无异常	
冻融稳定性		在-5°C±2°C条件下放置 18h 后，立即置于 23°C±2°C 条件下放置 6h 为 1 个周期，3 个周期后，应无结块、结皮现象，易于搅匀在温度为 23°C±2°C、湿度为	

早期耐水性	90%±3%的条件下, 实干时间≤120min	
附着性(划圈法)	5级	—
固体含量(%)	70	75

6. 玻璃珠的性能应符合《路面标线用玻璃珠》(GB/T 24722-2020)的有关规定。

7. 路面标线涂料的色度性能应符合《安全色》(GB 2893-2008)的要求, 其色品坐标和亮度因数应符合表 605-6 和《路面标线涂料》(JT/T 280-2022)图 1 中规定的范围。

表 605-6 普通材料和逆反射材料的各角点色品坐标和亮度因数

颜色		用角点的色品坐标来决定可使用的颜色范围(光源: 标准光源 D65, 照明和观测几何条件 45/0)				亮度因数
		1	2	3	4	
普通材料色	白	x	0.35	0.3	0.29	≤0.75
		y	0.36	0.31	0.32	
	黄	x	0.519	0.468	0.427	≤0.45
		y	0.48	0.442	0.483	
逆反材料色	白	x	0.35	0.3	0.29	≤0.35
		y	0.36	0.31	0.32	
	黄	x	0.545	0.487	0.427	≤0.27
		y	0.454	0.423	0.483	

8. 材料的检验、包装、运输和储存

(1) 材料由生产厂的检验部门按《路面标线涂料》(JT/T 280-2022)、《路面防滑涂料》(JT/T 712-2008)标准规定进行检验, 并保证所有出厂产品都应符合规定的技术指标。产品应有合格证, 另附有使用说明及注意事项。

(2) 承包人应向监理人提供拟使用来自供应厂商合格的每种材料的样品和使用说明, 产品按《色漆、青漆和色漆与青漆用原材料取样》(GB/T 3186-2006)进行取样, 样品应分两份, 一份密封储存备查, 另一份作为检验试验之用, 样品经试验同意后, 将作为以后来料比较的依据。

(3) 材料同意使用后, 在交货前应对每批预定材料取样, 并进行试验, 在生产中, 必要时监理人可以在生产过程中取样并进行检验, 以保证其符合规定的产品标准。所有试样应明确标出生产厂商的批量编号和生产日期。每次产品装运时, 应附上与最初提供的样品一致的证明书。

(4) 产品的包装除玻璃珠应符合本规范第 605.02-8(8)款外, 涂料可用内衬密封塑料袋外加编织袋的双层包装袋包装, 袋口应严密封闭。

(5) 产品在存放时应保持通风、干燥, 防止日光直接照射, 并应隔绝火源, 夏季气温过高时应设法降温。

(6) 产品在运输时，应防止雨淋、日晒，应采用集装箱运输，并符合运输部门有关规定。

(7) 产品应标明储存期，超过储存期应按《路面标线涂料》（JT/T 280-2022）、《路面防滑涂料》（JT/T 712-2008）规定的项目进行检验，不合格者，不得使用。

(8) 玻璃珠的包装应符合下列要求：

a. 宜采用柔软耐磨的黄麻袋或其他纺织袋包装，里面衬以衬垫，以保证在运输过程中不被污染或包装破损。每包应含有不少于 25kg 净重玻璃珠。所有包装应明显标出玻璃珠的种类、质量（以千克计）、批数及制造商名称。

b. 存储在封闭包内一年的玻璃珠不应结块。

9. 涂料试验

(1) 监理人可提前指示承包人按《路面标线涂料》（JT/T 280-2022）、《路面防滑涂料》（JT/T 712-2008）规定的试验方法，并参见表 605-2~表 605-5 的质量要求进行试验，以确定材料是否合格；并在监理人指定的地段进行实地试验以便吸取经验。

(2) 热熔涂料涂敷于路面上使用 12 个月（缺陷责任期）后应无明显退色和剥落。

(3) 为了使施工中质量有所控制，应用湿膜厚度梳子校核道路路面的湿膜厚度，或采用经监理人同意的其他方法进行校核。

a. 在湿膜涂层或放在金属试件上后，立即将梳子仔细并垂直放入湿膜内。

b. 将梳子量规在湿膜内稳固地保持 5~10s，然后垂直地将其取出。

c. 定出湿膜厚度梳子量规尖头覆盖着的材料。为了准确地测量湿膜厚度，湿漆必须触及量规中刻有规定厚度的尖头，而不触及刻有下一较高厚度的尖头。

10. 突起路标

(1) 反光突起路标

a. 反光突起路标应符合图纸要求，一般为矩形或圆形或椭圆形，其面向行车方向的边长及平行于行车方向的边长或直径应符合《突起路标》（GB/T 24725-2009）、《太阳能突起路标》（GB/T 19813-2005）的规定。反光路标可由工程塑料、金属或强化玻璃及陶瓷等材料组成，其底面应粗糙以保证黏结剂将其与路面牢固黏结。

b. 突起路标反射体应反射性能均匀，完整无缺角、缺口，突起路标壳体成型应完整，外表面不得有明显的划伤，颜色应均匀一致，无飞边。

c. 突起路标应经抗压强度试验，抗压荷载应大于 160kN。突起路标的色度性能、逆反射特性、机械性能、耐候性能、耐盐雾及腐蚀性能均应符合《突起路标》

(GB/T 24725-2009)、《太阳能突起路标》(GB/T 19813-2005)的规定。

d. 承包人应将符合尺寸要求的反光路标样品提前提交给工程师,以便有足够的时间进行试验和批准使用。

(5) 上述加工产品,须按《突起路标》(GB/T 24725-2009)的规定,随机抽样检验,合格后方可进行安装和设置。

11. 立面反光标记涂料的技术指标需符合《立面反光标记涂料》(JT/T 1327-2020)。

605.03 施工要求

1. 路面标线

(1) 设置标线的路面表面应清洁干燥,无松散颗粒、灰尘、沥青、油污或其他有害物质。

(2) 在水泥路面或旧的沥青路面施加标线需要预涂底油时,应先喷涂热熔底油下涂剂,按试验决定的间隔时间喷涂热熔涂料,以提高其黏结力。

(3) 为了确保标线涂料和路面材料完全相适应,底油的类型和用量应经监理人批准。

(4) 标线的颜色为白色和黄色,应符合《路面标线涂料》(JT/T 280-2022)、《路面防滑涂料》(JT/T 712-2008)的要求。并按监理人同意的方法施工。喷涂机具应使用自行式机械。

(5) 标线宽度、虚线长及间隔、点线长及间隔、双标线的间隔,应按《道路交通标志和标线 第3部分:道路交通标线》(GB 5768.3-2009)的规定办理。标线喷涂厚度应符合图纸要求。

(6) 特殊标线的图案、标记如箭头及字母等的尺寸应按图纸要求和《道路交通标志和标线 第3部分:道路交通标线》(GB 5768.3-2009)的规定办理。

(7) 所有标线应具有顺直、平顺、光洁、均匀及精美外观,湿膜厚度符合图纸要求,否则,应按监理人指示进行返工处理。

(8) 有缺陷的、施工不当、尺寸不正确或位置错误的标线均应清除,路面应修补,材料应更换,并由承包人承担相关责任。

(9) 涂料在容器内加热时,温度应控制在涂料生产商的使用说明规定值内,不得超过最高限制温度,烃树脂类材料,保持在熔融状态的时间不大于6h,树脂类材料,保持在熔融状态的时间不大于4h。

(10) 涂料喷涂于路面时的温度,应符合涂料生产商使用说明的要求,否则会影

响喷涂使用寿命。

(11) 喷涂施工应在白天进行，雨天，尘埃大，风大，气温低于 10℃时应暂时停止施工。

(12) 玻璃珠的撒布应经试验并获监理人批准后方可实施。撒布玻璃珠应在涂料喷涂后立即进行，撒布数量以设计文件规定或标线涂料使用说明书要求为准。

(13) 喷涂标线时，应有交通安全措施，设置适当警告标志，阻止车辆及行人在作业区内通行，防止将涂料带出或形成车辙，直至标线充分干燥。

(14) 振荡标线是在平滑的基础标线上，一次成型长方形排骨式突起的高亮度道路标线涂料，即使在雨天也能取得超群的高视认性，在汽车压线的瞬间引起轻快的振动，以提醒驾驶员注意安全，防止越线的新型产品。具体施工工艺为：

a. 路面处理。先清除路面泥土、尘埃等杂物；如含有水分，则应先用喷枪进行干燥处理。

b. 底漆涂刷。使用专用设备按热熔型标线涂料的规定用量均匀涂刷。

c. 振荡标线的涂敷。往热熔釜中投入专门材料，在充分搅拌的条件下使之完全溶解。在确认底漆完全干燥后，使用专用划线机在 170~210℃之间进行涂敷施工。

d. 玻璃微珠的撒布。使用与划线机一体的撒布器在涂敷之后，随即撒布玻璃微珠。

e. 确认涂料充分冷却、固化后，方可开放车辆通行。

f. 振荡标线规格及质量应符合图纸要求。

2. 突起路标

(1) 突起路标应按图纸要求或监理人的指示地点设置，设置时路面面层应干燥清洁，无杂质，此时将环氧树脂均匀涂覆于突起路标的底部，涂覆厚度约为 8mm，将突起路标压在路面的正确位置上，轻微转动，直到四周出现挤浆并及时清除其溢出部分，在凝固前突起路标不得扰动。

(2) 在水泥混凝土路面设置突起路标时，先用硬刷和 10% 盐酸溶液洗刷混凝土表面，然后用清水冲洗干净，待路面清洁干燥后安装突起路标。

(3) 突起路标设置高度，顶部不得高出路面 25mm。

(4) 突起路标的反光玻璃球有白色、红色或黄色，其中红色设在避险车道，其余情况与标线颜色相同。

(5) 设置间距及其他规定应按图纸要求和监理人的指示进行。

(6) 在降雨、风速过大或气温过高过低时，不进行设置。

(7) 突起路标设置后，经检查不合格时，应拆除重新安装，费用由承包人承担。

3. 立面标记（实体标记）

(1) 立面标记设置的位置应符合图纸规定。

(2) 立面标记的颜色为黄黑相间的倾斜线条，斜线倾角为 45°，线宽及其间距均为 150mm，设置时应把向下倾斜的一边朝向行车道。

(3) 实体标记技术要求同立面标记一致。

605.04 质量检验

1. 路面标线

(1) 基本要求

a. 交通标线施划前路面应清洁、干燥、无起灰。

b. 交通标线用涂料产品应符合《路面标线涂料》（JT/T 280-2022）及《路面标线用玻璃珠》（GB/T 24722-2020）的规定；防滑涂料产品应符合《路面防滑涂料》（JT/T 712-2008）的规定。

c. 交通标线的颜色、形状和位置应符合《道路交通标志和标线 第 3 部分：道路交通标线》（GB 5768.3-2009）的规定并满足设计要求。

d. 反光标线玻璃珠应撒布均匀，施划后标线无起泡、剥落现象。

(2) 检查项目

交通标线检查项目见表 605-7。

表 605-7 交通标线检查项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	标线线段长度 (mm)	6000	±30	尺量：每 1km 测 3 处，每处测 3 个线段
		4000	±20	
		3000	±15	
		2000	±10	
		1000	±10	
2	标线宽度 (mm)		+5, 0	尺量：每 1km 测 3 处，每处测 3 点
3	标线厚度 (干膜, mm)	溶剂型	不小于设计值	标线厚度测量仪或卡尺：每 1km 测 3 处，每处测 6 点
		热熔型	+0.50, -0.10	
		水性	不小于设计值	
		双组份	不小于设计值	
		预成型标线带	不小于设计值	
	突起型	突起高度	不小于设计值	
		基线厚度	不小于设计值	

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率		
4	标线横向偏位 (mm)	≤30	尺量：每 1km 测 3 处，每处测 3 点		
5	标线纵向间距 (mm)	9000	±45		
		6000	±30		
		4000	±20		
		3000	±15		
6	非雨夜反光标线	I级	白色	≥150	
			黄色	≥100	
		II级	白色	≥250	
			黄色	≥125	
		III级	白色	≥350	
			黄色	≥150	
		IV级	白色	≥450	
			黄色	≥175	
	雨夜反光标线	干燥	白色	≥350	
			黄色	≥200	
		潮湿	白色	≥175	
			黄色	≥100	
		连续降雨	白色	≥75	
			黄色	≥75	
		立面反光标记	干燥	白色	≥400
				黄色	≥350
潮湿	白色		≥200		
	黄色		≥175		
连续降雨	白色	≥100			
	黄色	≥100			
7①	抗滑值 (BPN)	抗滑标线	≥45	摆式摩擦系数测试仪：每 1km 测 3 处	
		彩色防滑路面	满足设计要求		

注：①抗滑标线、彩色防滑路面测量抗滑值。

(3) 外观质量

交通标线线形不得出现设计要求以外的弯折。

2. 突起路标

(1) 基本要求

a. 突起路标

(a) 突起路标产品应符合《突起路标》(GB/T 24725-2009)、《太阳能突起路标》(GB/T 19813-2005) 的规定。

(b) 突起路标的布设及其颜色应符合《道路交通标志和标线 第 3 部分：道路交通标线》(GB 5768.3-2009) 的规定并满足设计要求。

(c) 突起路标施工前路面应清洁、干燥，定位准确。

(d) 突起路标与路面的黏结应牢固。

(2) 检查项目

a. 突起路标检查项目见表 605-8。

表 605-8 突起路标检查项目

项次	检查的项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	安装角度 (°)	±5	量角尺:抽检 10%
2	纵向间距 (mm)	±100	钢卷尺:抽检 10%
3	横向偏位 (mm)	±50	钢卷尺:抽检 10%

(3) 外观质量

a. 突起路标

突起路标表面无污损。

第606节 防眩设施

606.01 范围

本节内容为设置防眩板、防眩网、防眩格栅的有关施工作业。

606.02 材料

1. 独立设置的混凝土基础所用的钢筋、水泥、细集料、粗集料、拌和用水、外加剂等材料，应符合本规范第 400 章的规定。

2. 除图纸另行规定外，防眩板所用材料应符合《防眩板》(GB/T24718-2009)的规定，防眩网所用材料应符合《防眩网》(JT/T 1449-2022)的规定，防眩格栅所用材料应符合《铝合金防眩格栅》(T/CCTAS 21-2021)的规定。

3. 所有钢构件均应进行防腐处理。除图纸另行规定外，防腐处理均应满足《公路交通工程钢构件防腐技术条件》(GB/T 18226-2015)的规定。螺栓、螺母等紧固件和连接件在防腐处理后，必须清理螺纹或进行离心分离处理。

4. 防眩板构件、防眩网、防眩格栅应具有产品合格证明并经监理人认可后方可使用。

606.03 施工要求

1. 设置于混凝土护栏上的防眩板或防眩网或防眩格栅的安装

(1) 防眩板、防眩网、防眩格栅可通过混凝土护栏顶部的预埋件及连接件安装在混凝土护栏上。未设置预埋件时，可采用后固定的施工工艺安装。

(2) 混凝土护栏强度低于设计强度的 70%时，不得安装防眩板、防眩网、防眩格栅。

(3) 防眩板、防眩网、防眩格栅下缘与混凝土护栏顶部的间距应符合图纸的规定。

(4) 防眩板、防眩网、防眩格栅安装后，不得削弱混凝土护栏的原有功能。

2. 设置于波形梁护栏上的防眩板或防眩网或防眩格栅的安装

(1) 防眩板、防眩网、防眩格栅可通过连接件安装在波形梁护栏上。

(2) 防眩板、防眩网、防眩格栅安装在波形梁护栏上时，不得削弱波形梁护栏的原有功能。

(3) 防眩板、防眩网、防眩格栅下缘与波形梁护栏顶面的间距应符合图纸的规定。

(4) 施工过程中不应损伤波形梁护栏的防腐层，否则应在 24h 之内予以修补。

3. 独立设置立柱的防眩板、防眩网、防眩格栅的安装

(1) 施工前，应清理场地、协调与其他设施的关系。

(2) 防眩板、防眩网、防眩格栅单独设置立柱时，可根据所在位置将立柱埋入土中、设置混凝土基础或固定于桥梁、通道、明涵等构造物上。设置混凝土基础，其强度达到设计强度的 70% 以上时，才能在立柱上安装防眩板或防眩网。

(3) 立柱施工时，不得破坏地下管线和排水设施。

606.04 质量检验

1. 基本要求

(1) 防眩板产品应符合《防眩板》（GB/T 24718-2009）的规定，防眩网产品应符合《防眩网》（JT/T 1449-2022）的规定，防眩格栅产品应满足《铝合金防眩格栅》（T/CCTAS 21-2021）的要求。

(2) 防眩设施的几何尺寸及遮光角应满足设计要求。

(3) 防眩设施应安装牢固。

2. 检查项目

防眩设施检查见表 606-1。

表 606-1 防眩设施检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	防眩板安装高度（mm）	±10	钢卷尺:抽检 5%
2	防眩板设置间距（mm）	±15	钢卷尺:抽检 5%
3	防眩板竖直度（mm/m）	≤8	靠尺、垂线:抽检 5%
4	防眩网网孔尺寸（mm）	符合设计要求	钢直尺:每 200m 测 1 处，每处测 3 孔

第607节 防落物网

607.01 范围

本节工作内容为防落物网的设置及其有关的施工作业。

607.02 材料

1.防落物网应符合设计文件及《公路交通安全设施施工技术规范》（JTG/T 3671-2021）的规定。

(1) 钢板网片的材料应采用低碳薄钢板，并符合《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带》（GB/T 3274-2017）的要求。

(2) 电焊网片、编织网片的材料应采用低碳钢丝，并符合《一般用途低碳钢丝》（YB/T 5294-2009）的要求。

2. 立柱可采用钢管、型钢，如图纸所示。钢管以钢带焊接或焊后冷加工制造，应符合《直缝电焊钢管》（GB/T 13793-2016）的要求；型钢应符合《碳素结构钢》（GB/T 700-2006）的要求。

3. 螺栓、螺母可采用常用的普通紧固件，并符合《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》（GB/T 3098.1-2010）及《紧固件机械性能 螺母》（GB/T 3098.2-2015）的要求。

4. 镀锌

防落物网的所有金属件均应采用镀锌处理，应按《公路工程钢构件防腐技术条件》（GB/T 18226-2015）对金属防腐处理的有关规定办理。

承包人在施工前应向监理人提供拟采用的防落物网样品并获得批准，施工时所有运到工地的防落物网其质量均应与获批准的样品相符。

607.03 施工要求

1. 一般规定

(1) 任何立柱在运到工地之前，首先承包人应向监理人提交每一种柱子的试样。监理人将检查其外观质量，并进行检验；监理人将通知每种立柱是否适用，所交的立柱都应符合批准的标准。

(2) 监理人可以按交货的每种立柱从每 500 个立柱（或每种中的一部分）中任意挑选一个进行复验。如果一个立柱未能通过试验，应加倍抽验，如不合格，则由该试件代表的所有立柱均应被拒收。

(4) 防落物网施工前应对所有预埋件的设置位置、强度、腐蚀程度进行检查，不符合要求的应整改。

2. 防落物网

(1) 应以上跨桥梁与公路、铁路等设施的交叉点为控制点，向两侧对称进行防落物网的施工。防落物网的设置长度应符合图纸的规定。

(2) 应根据防落物网立柱预埋基础的位置安装立柱。未设置预埋件时，应采取后固定的施工工艺固定立柱。

(3) 桥梁防护网网片应牢固地安装在立柱上，网片应平整、绷紧。

(4) 应根据图纸的规定对防落物网做防雷接地处理。

607.04 质量检验

1. 基本要求

(1) 防落物网应满足设计要求。

(2) 各构件的安装应满足设计要求并符合施工技术规范的规定。

(3) 防落物网网孔应均匀，结构牢固，围封严实。

2. 检查项目

防落物网检查项目见表 603-1。

3. 外观质量

(1) 电焊网不得脱焊、虚焊。

(2) 镀锌层表面应具有均匀完整的锌层，颜色一致，表面具有实用性光滑，不允许有流挂、滴瘤或多余结块。镀件表面应无漏镀、露铁等缺陷。涂塑层应均匀光滑、连续，无肉眼可分辨的小孔、空间、孔隙、裂缝、脱皮及其他有害缺陷。

(3) 有框架的防落物网，网片应与框架焊牢，网片拉紧。

第608节 轮廓标

608.01 范围

本节内容为轮廓标的设置及其有关的施工作业。

608.02 材料

1. 附着式轮廓标（附着于护栏、侧墙等的轮廓标）

a. 附着式轮廓标的后底板、支架，应按图纸要求采用铝合金板或钢板制造，连接件应采用钢材制造，并应符合《轮廓标》（GB/T 24970-2020）的规定。

b. 铝合金板的性能应符合《一般工业用铝合金板、带材 第1部分：一般要求》（GB/T 3880.1-2012）的要求。用作支架及底板时，其最小实测厚度不应小于 2.0mm。钢板的性能应符合《连续热镀锌薄钢板和钢带》（GB/T 2518-2004）的要求。用作支架及底板时，其最小实测厚度不应小于 1.5mm。连接件亦应经镀锌处理。

c. 镀锌钢板或铝合金板的尺寸、形状和螺栓孔应按图纸所示的要求进行加工制作，板表面不得有砂眼、毛刺、飞边或其他缺陷。

d. 逆反射材料通过支架固定在护栏与连接螺栓中，或按图纸所示固定在其他构造物上。

2. 柱式轮廓标（路边线轮廓标）

a. 柱式轮廓标柱体应由聚乙烯树脂、玻璃纤维增强塑料、聚碳酸酯树脂、氯乙烯树脂等加工成型方便的材料制成。其机械性能、耐候性能、耐盐雾腐蚀性能应符合《轮廓标》（GB/T 24970-2020）的规定。上述合成树脂类板材的实测厚度不应小于 3.0mm。

b. 柱式轮廓标柱体表面应平整光滑，无毛刺、裂缝或气泡等缺陷，无明显凹痕或变形。柱体表面平面度公差不应大于 1.0mm。

c. 柱式轮廓标柱体白色和黑色的色品坐标和亮度因素及其对应的颜色的色品图应符合《轮廓标》（GB/T 24970-2020）的规定。

d. 180mm×40mm 的逆反射材料应镶嵌在轮廓标柱体的表面，使不易脱落。

3. 逆反射材料

a. 逆反射材料应采用反射器或反光膜。反射器有微棱镜型和玻璃珠型两种形式。微棱镜型反射器应颜色均匀一致，整个反光面逆反射性能均匀。玻璃珠型反射器的玻璃珠应颜色一致，不应有漏珠、破损或其他缺陷。反光膜在柱体上应粘贴平整，无皱纹、气泡、拼接缝或其他缺陷。

b. 轮廓标的逆反射材料，其色度性能、光度性能、耐候性能、耐盐雾腐蚀性能、耐高低温性能、密封性能等均应符合《轮廓标》（GB/T 24970-2020）的有关规定。

4. 上述加工产品，须按《轮廓标》（GB/T 24970-2020）的规定，随机抽样检验，合格后方可进行安装和设置。

608.03 施工要求

1. 柱式轮廓标

a. 柱式轮廓标应按图纸的规定量距定位。

b. 混凝土基础可采用现浇或预制的的方法施工，并应符合本规范第 400 章的规定，预制时应按图纸的规定预埋连接件。

c. 柱式轮廓标安装时，柱体应垂直于水平面，三角形柱体的顶角平分线应垂直于公路中心线，柱体与混凝土基础之间可用螺栓连接。

2. 附着式轮廓标

a. 附着于梁柱式护栏上的轮廓标可按立柱间距定位，附着于混凝土护栏和隧道侧墙上的轮廓标应量距定位。

b. 附着式轮廓标应按照放样确定的位置进行安装。反射器的安装角度应符合图纸的规定。安装高度宜尽量统一，并应连接牢固。

c. 施工完成后应清除包装膜。

3. 轮廓标所用钢构件均应进行防腐处理。除设计文件另行规定外，防腐处理均应满足现行《公路交通工程钢构件防腐技术条件》(GB/T 18226)的规定。螺

栓、螺母等紧固件和连接件在防腐处理后，应清理螺纹或进行离心分离处理。

608.04 质量检验

1. 基本要求

a. 轮廓标安装完成后应与公路线形保持一致，安装高度宜保持一致。夜间应具有良好的反光性能，逆反射性能应符合《轮廓标》(GB/T 24970-2020)的规定。

b. 柱式轮廓标应安装牢固，柱体表面不应有明显的划痕、气泡、裂纹及颜色不均等缺陷。

c. 柱式轮廓标的基础混凝土强度、基础尺寸应满足设计要求

d. 附着式轮廓标应安装牢固、角度准确、高度一致。

e. 施工过程中应加强质量检查，各检查项目应符合表 608-1 的规定

2. 检查项目

轮廓标检查项目见表 608-1。

表 608-1 轮廓标检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	反射器安装角度(°)	±5	量角尺:抽检 5%
2	反射器中心高度(mm)	±25	钢卷尺:抽检 5%
3	柱式轮廓标竖直度(mm/m)	≤10	靠尺、垂线:抽检 5%

3. 外观质量

轮廓标表面应无污损。

第609节 隧道轮廓带

609.01 范围

本节内容为隧道轮廓带的设置及其有关的施工作业。

609.02 材料

1. 隧道轮廓带底板可采用铝合金板或钢板制造，如图纸所示；连接件应采用钢材制造。底板采用铝合金板制造时，应符合《一般工业用铝及铝合金板、带材第1部分：一般要求》（GB/T 3880.1-2012）和《一般工业用铝及铝合金板、带材第3部分：尺寸偏差》（GB/T 3880.3-2012）的规定。采用薄钢板制造时，应符合《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》（GB/T 708-2006）和《连续热镀锌薄钢板及钢带》（GB/T 2518-2008）的规定。

2. 隧道轮廓带上附着逆反射材料一般为反光膜，应符合《道路交通标志反光膜》（GB/T 18833-2012）的规定。

3. 隧道轮廓带所用的钢构件均应进行防腐处理，防腐处理应符合图纸要求及《公路交通工程钢构件防腐技术条件》（GB/T 18226-2015）的相关规定。

4. 隧道轮廓带应避免产生眩光。

609.03 施工要求

1. 隧道轮廓带应量距定位。
2. 隧道轮廓带应按放样确定的位置进行安装，并应与隧道连接牢固。
3. 隧道轮廓带在安装时不得侵入公路建筑限界以内。

609.04 质量检验

1. 基本要求
 - a. 隧道轮廓带安装完成后，其表面法线应与公路中心线垂直。
 - b. 隧道轮廓带应安装牢固，整体线形流畅，表面无划痕等缺陷。
 - c. 施工过程中应加强质量检查，各检查项目应符合表 609-1 的规定。

2. 检查项目

隧道轮廓带检查项目见表 609-1。

表 609-1 隧道轮廓带检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	面向来车方向前倾角度(°)	+5, 0 或满足设计要求	花杆、十字架、卷尺、万能角尺
2	逆反射系数(反射型)或亮度要求(自发光型)	满足设计要求	逆反射系数测试仪等

3. 外观质量

隧道轮廓带表面应无污损。

第610节 防撞垫

610.01 范围

本节内容为防撞垫的设置及其有关的施工作业。

610.02 材料

1. 除设计文件另行规定外，防撞垫所用的材料应符合下列规定：
 - a. 防撞垫所用的钢构件应符合现行《碳素结构钢》(GB/T 700)、《优质碳素结构钢》(GB/T 699)等的规定，
 - b. 防撞垫所用螺栓紧固件应符合现行《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》(GB/T 1231)的规定。
 - c. 防撞垫所用钢构件应进行金属防腐处理，防腐处理的方法及技术要求应符合现行《公路波形梁钢护栏》(JT/T 281)的规定
 - d. 防撞垫所用材料为橡胶或塑料时，其耐高温性能、耐低温性能、耐候性能应符合现行《公路防撞桶》(GB/T 28650)的规定。
2. 防撞垫应设置视线诱导设施，包括轮廓标或反光膜。其中反光膜的逆反射要求应符合图纸要求及《道路交通标志反光膜》(GB/T 18833-2012)的规定

610.03 施工要求

1. 防撞垫的放样应以其后部的被防护结构为主要控制点。
2. 防撞垫施工时，不得对地下设施造成损坏。
3. 防撞垫施工时，应按设计文件的规定与后部的护栏结构连接牢固。
4. 防撞垫的安装线形应与三角端护栏（或其他被防护构造物）线形相协调。
5. 防撞垫支撑结构埋深、支撑结构立柱的间距等应符合设计要求，预埋基础的施工应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T3650)的规定。
6. 防撞垫应组装正确，构件齐全，紧固件应安装牢固。
7. 防撞垫应在路面施工后安装。

610.04 质量检验

1. 基本要求
 - a. 防撞垫所有构件不得有凹凸、起伏等缺陷，没有因运输、施工造成防腐层损伤的缺陷。
 - b. 防撞垫所有构件不得有现场焊割和钻孔情况。
 - c. 施工过程中应加强质量检查，各检查项目应符合表 610-1 的规定。

2. 检查项目

防撞垫检查项目见表 610-1。

表 610-1 防撞垫检查项目

项次	检查项目	规定值或允许误差	检查方法
1	几何尺寸(mm)	长	±50 直尺
		宽	±20 直尺
		高	±10 直尺
2	混凝土强度	满足设计要求	根据现行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1-2017)中规定的“水泥混凝土抗压强度评定方法”检测
3	基础几何尺寸(mm)	±20	直尺
4	立柱埋入深度	满足设计要求	直尺
5	壁(板)厚	满足设计要求	千分尺
6	锌层平均厚度	满足设计要求	测厚仪

第611节 防撞桶

611.01 范围

本节内容为防撞桶的设置及其有关的施工作业。

611.02 材料

1. 防撞桶桶盖、桶身、横隔板所用材料为塑料或橡胶；配载物所用砂为普通中砂，细度模数在 3.0~2.3 之间；外贴反光膜等级为 III 类及以上，反光膜的技术参数应符合《道路交通标志反光膜》(GB/T 18833-2012)的规定。

2. 防撞桶材料要求：

- a. 拉伸强度应不小于 15MPa；
- b. 断裂伸长率（扯断伸长率）应不小于 200%；
- c. 塑料的冲击脆化温度低于-40℃；
- d. 反光膜的色度性能、光度性能、耐候性能、耐盐雾腐蚀性能、耐溶剂性能、抗冲击性能、耐弯曲性能抗高低温性能应符合 GB/T 18833 的要求。

2. 防撞桶各技术参数应符合《公路防撞桶》(GB/T 28650-2012)的规定。

611.03 施工要求

防撞桶的设置位置根据设计文件确定。

611.04 质量检验

1. 基本要求

防撞桶的材料由生产厂的检验部门按《公路防撞桶》(GB/T 28650-2012)标准

规定进行检验，并保证所有出厂产品都应符合规定的技术指标。产品应有合格证，另附有使用说明及注意事项。

第612节 限高架

612.01 范围

本节内容为限高架的设置及其有关的施工作业。

612.02 材料

1. 限高架所用的材料应符合下列规定：

- a. 限高架所用的钢构件应符合现行《碳素结构钢》(GB/T 700)、《优质碳素结构钢》(GB/T 699)等的规定。
- b. 限高架所用螺栓紧固件应符合现行《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》(GB/T 1231)的规定。
- c. 限高架所用钢构件应进行金属防腐处理，防腐处理的方法及技术要求应符合《公路交通工程钢构件防腐技术条件》(GB/T 18226-2015)的规定。

2. 限高架应设置黄黑相间的立面标记，立面标记宜采用反光膜，反光膜技术参数应符合《道路交通标志反光膜》(GB/T 18833-2012)的规定。

3. 除设计文件另行规定外，限高架的材料要求应符合《公路交通安全设施施工技术规范》(JTG/T 3671-2021)第3章中的相关规定。

612.03 施工要求

除设计文件另行规定外，限高架的施工要求应符合《公路交通安全设施施工技术规范》(JTG/T 3671-2021)第3章中的相关规定。

612.04 质量检验

1. 基本要求

- a. 限高架在运输过程中不得损伤金属构件涂层。
- b. 限高架的设置及安装应满足设计要求的规定。
- c. 限高架应安装牢固，基础混凝土强度应满足设计要求。
- d. 除设计文件另行规定外，限高架的质量过程控制要求应符合《公路交通安全设施施工技术规范》(JTG/T 3671-2021)第3章中的相关规定。

2. 外观质量

限高架在安装后金属构件涂层应无损伤。

第613节 公路界碑

613.01 范围

本节内容为公路界碑的设置及其有关的施工作业。

613.02 材料

公路界碑以及其他各路标等所用的水泥、钢筋等材料，应符合本规范第 403 节、第 410 节的要求。

613.03 施工要求

1. 公路界碑应根据《道路交通标志和标线 第 2 部分：道路交通标志》（GB 5768.2-2022）和图纸制作和设置，并按图纸所示或监理人指示准确定位。
2. 公路界碑的混凝土构件预制及强度要求应符合图纸要求及本规范第 410 节、第 403 节的规定。
3. 除图纸另有示出或监理人另有指示外，金属构件应按《公路工程钢构件防腐技术条件》（GB/T18226-2015）的要求进行防腐处理。

613.04 质量检验

1. 基本要求
 - a. 公路界碑的几何尺寸、埋入深度、配筋方式及数量应满足设计要求。
 - b. 公路界碑应安装牢固。

第614节 凸面镜

614.01 范围

本节内容为凸面镜的设置及其有关的施工作业。

614.02 材料

1. 凸面镜的材料、规格应符合设计文件的规定,各技术参数应符合《公路用凸面反光镜》（JT/T 801-2011）的规定。
2. 除设计文件要求外，凸面镜所用的材料应符合下列规定：
 - a. 凸面镜所用的钢构件应符合现行《碳素结构钢》（GB/T 700）、《优质碳素结构钢》（GB/T 699）等的规定。
 - b. 凸面镜所用螺栓紧固件应符合现行《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》（GB/T 1231）的规定。
 - c. 凸面镜所用钢构件应进行金属防腐处理，防腐处理的方法及技术要求应符合

《公路交通工程钢构件防腐技术条件》(GB/T 18226-2015)的规定。

614.03 施工要求

1. 凸面镜的安装角度应符合设计文件的规定。
2. 除设计文件要求外,凸面镜的立柱和基础应符合《公路交通安全设施施工技术规范》(JTG/T 3671-2021)第3章中的相关规定。

614.04 质量检验

1. 基本要求
 - a. 凸面镜应安装牢固,基础混凝土强度应满足设计要求。
 - b. 除设计文件另行规定外,凸面镜的质量过程控制要求应符合《公路交通安全设施施工技术规范》(JTG/T 3671-2021)第3章中的相关规定。
 - c. 凸面镜的材料由生产厂的检验部门按《公路用凸面反光镜》(JT/T 801-2011)标准规定进行检验,并保证所有出厂产品都应符合规定的技术指标。产品应有合格证,另附有使用说明及注意事项。
2. 外观质量
 - 1) 凸面镜表面应无污损。

第615节 减速丘

615.01 范围

本节内容为减速丘的设置及其有关的施工作业。

615.02 材料

1. 减速丘的材料、规格应符合设计文件的规定。
2. 采用橡胶材质的减速丘,其各项技术参数应符合《橡胶减速丘》(GA/T 487-2020)的规定。

615.03 施工要求

1. 除设计文件另行规定外,减速丘施工宜在路面施工完毕后进行。
2. 除设计文件另行规定外,减速丘的施工应符合下列规定:
 - a. 应根据设计文件进行减速丘的定位及放样。
 - b. 水泥混凝土路面应根据放样对路面进行切割挖除,然后按设计文件进行施工。
 - c. 沥青路面减速丘施工宜符合下列规定:
 - 1) 减速丘宜先施工丘体中间水平部分。首先确定减速丘中间丘体的位置,进行切割挖除,再填充混凝土至减速丘设计要求的高度。如减速丘上部需要加铺沥青混

凝土宜加铺至减速丘设计高度的 1/2。

2) 减速丘中间丘体施工完毕后，再在丘体两侧位置进行切割挖除，施工两侧丘体斜坡，丘体斜坡与中间水平部分连接应平顺。

3) 如减速丘采用沥青混凝土材料施工，中间丘体和丘体两侧施工完毕后，应再进行整体摊铺。先碾压两侧坡度，再由坡脚向坡顶碾压，直至斜坡成型，最后碾压顶部平面。

615.04 质量检验

1. 基本要求

- a. 减速丘的位置、结构尺寸、配套的标志标线应符合设计文件的要求。
- b. 减速丘的丘体宽度和高度应符合设计文件的规定。
- c. 减速丘四周与路面衔接的部位不应有高低错位。
- d. 施工过程中应加强质量检查，规定值或允许偏差应满足表 615-01 的要求。

2. 检查项目

减速丘检查项目见表 615-1。

表 615-1 减速丘检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	减速丘宽度 (mm)	±10	尺量
2	减速丘高度 (mm)	±6	尺量

第616节 道口标柱

616.01 范围

本节内容为道口标柱的设置及其有关的施工作业。

616.02 材料

1. 道口标柱的材料、规格应符合《道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志》（GB 5768.2-2022）及设计文件的规定。

616.03 施工要求

1. 应根据设计文件的要求和现场条件，进行量距定位。
2. 道口标柱可采用现浇或预制施工，并应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的规定。

616.04 质量检验

1. 基本要求

a. 施工过程中应加强质量检查，各检查项目应符合表 616-01 的规定。

2. 检查项目

道口标柱检查项目见表 616-1。

表 616-1 示警桩、示警墩、道口标柱检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	断面尺寸(mm)	高度	±10
		顶宽	±5
		底宽	±5
2	竖直度(mm/m)	≤10	垂线法

第617节 示警墩

617.01 范围

本节内容为示警墩的设置及其有关的施工作业。

617.02 材料

示警墩的材料、规格应符合《公路交通安全设施设计细则》(JTG/T D81-2017)及设计文件的规定。

617.03 施工要求

1. 应根据设计文件的要求和现场条件，进行量距定位。
2. 示警墩可采用现浇或预制施工，并应符合现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的规定。

617.04 质量检验

1. 基本要求

- a. 示警墩的位置应与公路线形相协调。
- b. 施工过程中应加强质量检查，各检查项目应符合表 616-01 的规定。

2. 检查项目

示警墩检查项目见表 616-1。

第618节 示警柱

618.01 范围

本节内容为示警柱的设置及其有关的施工作业。

618.02 材料

示警柱的材料、规格应符合《公路交通安全设施设计细则》（JTG/T D81-2017）及设计文件的规定。

618.03 施工要求

1. 应根据设计文件的要求和现场条件，进行量距定位。
2. 示警柱可采用现浇或预制施工，并应符合现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的规定。

618.04 质量检验

1. 基本要求
 - a. 示警柱的位置应与公路线形相协调。
 - b. 施工过程中应加强质量检查，各检查项目应符合表 616-01 的规定。
2. 检查项目
示警柱检查项目见表 616-1。

第619节 交通锥

619.01 范围

本节内容为交通锥的设置及其有关的施工作业。

619.02 材料

1. 交通锥的材料、规格应符合《交通锥》（GB/T 24720-2009）及设计文件的规定。

619.03 施工要求

交通锥的设置位置及设置间距要求根据设计文件确定。

619.04 质量检验

1. 基本要求

交通锥的材料由生产厂的检验部门按《公路用凸面反光镜》（JT/T 801-2011）标准规定进行检验，并保证所有出厂产品都应符合规定的技术指标。产品应有合格证，另附有使用说明及注意事项。

第620节 里程碑

620.01 范围

本节内容为里程碑的设置及其有关的施工作业。

620.02 材料

里程碑以及其他各路标等所用的水泥、钢筋等材料，应符合本规范第 403 节、第 410 节的要求。

620.03 施工要求

1. 里程碑应根据《道路交通标志和标线 第 2 部分：道路交通标志》（GB 5768.2-2022）和图纸制作和设置，并按图纸所示或监理人指示准确定位。
2. 里程碑的混凝土构件预制及强度要求等应符合图纸要求及本规范第 410 节、第 403 节的规定。
3. 除图纸另有示出或监理人另有指示外，金属结构件应按《公路工程钢构件防腐技术条件》（GB/T18226-2015）的要求进行防腐处理。

620.04 质量检验

1. 基本要求

- a. 里程碑的几何尺寸、埋入深度、配筋方式及数量应满足设计要求。
- b. 里程碑应安装牢固。

第621节 百米桩

621.01 范围

本节内容为百米桩的设置及其有关的施工作业。

621.02 材料

百米桩以及其他各路标等所用的水泥、钢筋等材料，应符合本规范第 403 节、第 410 节的要求。

621.03 施工要求

1. 百米桩应根据《道路交通标志和标线 第 2 部分：道路交通标志》（GB 5768.2-2022）和图纸制作和设置，并按图纸所示或监理人指示准确定位。
2. 百米桩的混凝土构件预制及强度要求等应符合图纸要求及本规范第 410 节、第 403 节的规定。
3. 除图纸另有示出或监理人另有指示外，金属结构件应按《公路工程钢构件防腐技术条件》（GB/T18226-2015）的要求进行防腐处理。

621.04 质量检验

1. 基本要求

- a. 百米桩的几何尺寸、埋入深度、配筋方式及数量应满足设计要求。
- b. 百米桩应安装牢固。

D.7 700 章 绿化及环境保护工程

第701节 通则

701.01 范围

本章工作内容为公路沿线及附属结构地域内，为净化空气，减少噪声、防止水土流失、美化环境等所增设的必要设施的施工及其管理等的有关作业。具体包括了铺设表土、撒播植草和铺植草皮、种植乔木、灌木和攀援植物、植物养护和管理、声屏障、径流处理等的绿化景观工程作业。

701.02 一般规定

1.绿化工程

(1) 绿化工程应按图纸规定，在不同的地段、区域，选择适宜栽种的树种、草种，并在当地适宜的种植季节进行施工作业。施工单位必须认真做好施工组织设计，对于各个施工项目进度的确定、每道工序的衔接、物质材料的供应、施工人员的各项工作力量的调配做出精心安排，以保证绿化施工任务能够高质量地如期完成。

(2) 种植前应对种植区内土壤进行处理。

(3) 在施工及缺陷责任期间，绿化工作的管理与养护以及任何缺陷的修正和弥补，均属承包人的责任。

(4) 承包人应按招标文件要求配备（聘请）足够的专业园林工程师作为绿化技术指导或代理人，在技术上指导或领导全部绿化工程。

(5) 承包人的绿化设备必须满足绿化工程的需要，绿化用车辆必须是证、照和保险等各种上路手续齐全，以保证绿化养护工作正常进行。

(6) 缺陷责任期满时，植物种植成活率应达到 95%以上，如果承包人在缺陷责任期满时，植物种植成活率未能达到 95%，则监理人有权暂停退还保留金并要求承包人重新补种，同时相应责任期延长一年。

(7) 工程开工前应编制开工报告，应包括下列内容：

- a.施工程序和进度计划；
- b.苗木调运安排；
- c.各工序的用工数量及总用工日；
- d.工程所需材料进度表；
- e.机械与运输车辆和工具的使用计划；
- f.施工技术和安全措施。

2.种植材料和播种材料

(1)所有种植物必须符合现行关于植物病害及昆虫传染检疫的法规，承包人提供的种植物具有必要的全部检疫证明。选定的种植材料应符合其产品标准的规定。

(2)种植材料应根系发达，生长茁壮，无病虫害，规格及形态符合产品设计要求。

(3)木本苗木的品种与规格、树形及整形修剪质量和草种选择、配比、播种量以及修剪质量等，均应符合设计要求及《城市绿地设计规范》(GB50420-2007)的相关规定。苗木挖掘、包装应符合《城市绿化和园林绿地用植物木本苗》(CJ/T 24-1999)和《城市绿化和园林绿地用植物材料 球根花卉种球》(CJ/T 135-2001)的规定。外地调入的苗木与种子应有植物检疫报告，种子应提供由国家法定种子检验机构出具的种子检验报告。所使用的绿化辅助材料均应有产品合格证、检验报告或现场试验报告。

(4)露地栽培花卉应符合下列规定：

a.一、二年生花卉，株高应为100~400mm，冠径应为150~350mm。分枝不应少于3~4个，叶簇健壮，色泽明亮。

b.宿根花卉，根系必须完整，无腐烂变质。

c.球根花卉，根茎应茁壮、无损伤，幼芽饱满。

d.观叶植物，叶色应鲜艳，叶簇丰满。

(5)植生带，厚度不宜超过1mm，种子分布均匀，种子饱满，发芽率应大于95%。

(6)播种用的草坪、草花、地被植物种子均应注明品种、品系、产地、生产单位、采收年份、纯净度及发芽率，不得有病虫害。

(7)根据设计要求的所有栽植苗木应优先采用本地区的苗木。如果本地区缺少或必须到外地采购时，事先应提交采购报告并必须经严格检疫，批准后方可采购。

(8)根据设计要求的栽植苗木，如果无法采购到时，可以申请变更，但应取得监理人的批准。

(9)用于本项目的各类苗木运至施工现场后，应及时通知监理人对苗木的规定、品种进行检查，并提供检疫、产地等证明文件。

3.绿化工程检验评定的时间应符合下列规定：

(1)植物材料与绿化辅助材料的质量与规格应在施工前分批进行检验与控制。

(2)植物材料的成活率、发芽率、覆盖率检验评定应在一个年生长周期满后

进行。

第702节 铺设表土

702.01 范围

本节内容为在公路绿化工作之前，在公路绿化区域内按照图纸布置和要求，回填土方至设计要求厚度、保持地表面的平整、翻松、铺设表土，或按设计标高回填土方、挖土方以营造自然起伏的微地形等施工作业。

702.02 材料

1. 表土应为松散的、具有透水作用并含有有机物质的土壤，能助长植物生长，不应含有盐、碱土，且无有害物质、以及大于 25mm 的石块、混凝土块、棍棒、垃圾等；采集时，表土上生长有茂盛农作物、草或其它植物时，则证明该土质是良好的。

(1) 利用的表土，是指主体工程中清理场地或道路挖方开挖存放的I类土（适用材料）。剥离表层种植土，并将其单独堆放，不得随意填埋，以备地表绿化、恢复植被。

(2) 开挖的表土，是指承包人可以在公路用地界内取得，并混入一定量腐殖土的适用材料，其开挖的部位、深度，应在监理人同意并指导下进行；如当地无表土可取，承包人应负责自他处取得。

2. 腐殖土，是指在周边自然林地内取得的富含腐殖质的表层土壤，这种土壤质地松软，偏酸性，因含有大量未分解或半分解树木枝叶，运用前需对这些腐败枝叶进行粉碎处理；根据运用目的不同，腐殖土混入其它表土中的比例一般为 10%~30%；承包人需自行负责对腐殖土的取得，在征得监理人同意并在地方政府办理相应手续，根据不同绿化目的确定腐殖土混合比例；采集腐殖土时需严格控制其对环境的影响，不得连续大面积采集，避免造成新的水土流失。

3. 回填土方，是指因景观设计需要改造地表地貌，营造微地形，因而在指定之处通过回填土方达到改造地形的效果，并提供植物生长良好的立地条件。回填土也可在主体工程合同段耕植土保护区内取用。

4. 种植前应对绿化场地的土壤理化性质进行化验分析，根据分析结果采取相应土壤改良措施，并提供土质检验报告及土壤改良措施报告。

702.03 施工要求

1. 表土的提供

(1) 承包人应在绿化区表土铺设前至少 7d 通知监理人。

(2) 承包人应作出采集表土和腐殖土的计划安排，支付所有费用，并应给监理人提供有关良好土壤的样品，并附上一份副本，说明挖取的表土以及恢复该地区的安排，公路用地界范围外的取土需经有关机构批准，并办理相关手续。

(3) 种植地的土壤含有建筑废土及其他有害成分，以及强酸性土、强碱土、盐土、重黏土、沙土等不能直接采用，均应根据设计规定，采用客土或采取改良土壤的技术措施。

2. 绿化区域地表面的准备

(1) 覆盖表土范围的地表面，覆土前需对地表面进行清理，清除影响景观效果的乱石、树根、树桩和其它影响绿化效果的垃圾，对不满足设计意图的土堆或石堆进行清理，废弃的垃圾应运至监理人同意的地点废弃。

(2) 通过翻松、加填或挖除以保持地表面的平整。

3. 铺设

(1) 准备工作经监理人认可后，应立即铺设表土，铺设厚度应符合表 702-1 的要求或设计文件要求。当表土过分潮湿或不利于铺设时，不应进行铺设。除非另有规定，表土铺设完成后，其表面高程应比路缘石、集水井、人行道、车行道或其他类似结构低 25mm。

表 702-1 植物生长的最小土层厚度

植物种类	植物生长的最小厚度 (m)	植物种类	植物生长的最小厚度 (m)
草本花卉、草本植被	0.30	浅根乔木	0.90
小灌木	0.45	深根乔木	1.50
大灌木	0.60		

(2) 表土铺设达到要求厚度后，其完成的工程应符合图纸要求的线形、坡度、边坡等。

(3) 铺设后，承包人应用机具将表土滚压，并形成至少深 50mm 的纵向沟槽。全部铺设面积应具有均匀间隔的沟槽，其方向宜垂直于天然水流，以利于排水，但图纸或监理人另有要求者除外。

(4) 回填土方后营造的微地形，应可能避免出现生硬的地形转折，要求地形起伏平顺自然，地形填筑时应充分重视场地排水问题，不得形成低洼积水坑沟。

702.04 质量检验

1. 铺设表土基本要求

(1) 绿地内不得有废弃构筑物、工程渣土与废料及其它有害污染物，互通立交区、管理养护设施区及服务设施区等有景观要求的绿地内不得有宿根型杂草、树根。

(2) 回填土及地形造型的范围、厚度、标高、造型及坡度应满足设计要求；回填的种植土已达到自然沉降的状态，表层不得有明显低洼和积水处。

2. 铺设表土检查项目

铺设表土检查项目见表 702-2。

表 702-2 铺设表土检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	有效土层厚度 (mm)	满足设计要求	环刀或挖样洞，丈量，带状绿地 ^① 每 1km 测 5 点；点状绿地 ^② 每个连续种植单元每 1000 m ² 测 2 点，且不少于 3 点
2	地形相对标高 ^③ (mm)	H≤1000	±50
		1000<H≤2000	±100
		2000<H≤3000	±150
		3000<H≤5000	±200
			水准仪测量或丈量：分隔带绿地每 1km 测 5 点；互通立交区与环岛、管理养护设施区及服务设施区绿地每个连续种植单元每 1000 m ² 测 2 点，且不少于 3 点

注：①指分隔带、边坡及边坡平台等沿公路路线纵向分布的可绿化场地。

②指互通立交区与环岛、管理养护设施区、服务设施区及取、弃土场等分布于公路沿线局部路段集中成块的可绿化场地。

③H 为设计标高与原地面的高差，边坡、护坡道、碎落台、边坡平台及取、弃土场等绿地不作要求。

表 702-3 开挖土方检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	标高 (mm)	符合设计要求	水准仪，中线位置每 200m 测 2 点
2	长度、宽度	符合设计要求	经纬仪、拉线和丈量，每 200m 测 4 点
3	边坡偏差	符合设计要求	观察或坡度尺，每 200m 测 4 点

第 703 节 撒播植草和铺植草皮

703.01 范围

本节为按照图纸所示或监理工程师指示，在公路特定绿化区域内撒播植草（含草花），并施肥、浇水等绿化工程作业。

703.02 材料

1. 草（花）种

应选用适合当地气候条件、易于生长的草（花）种，或经监理人同意或指示的其它混合草（花）种。混合草（花）种应试验其萌芽情况，其纯度和发芽率均应达到90%以上或满足其相关验收规范要求。

2. 草皮

(1)种植草皮应具有耐旱、耐涝、容易生长、蔓面大、根部发达、茎低矮强壮和多年生长的特性。

(2)铺栽草坪用的草块及草卷应规格一致，边缘平直，基本无杂草。草块土层厚度为30~50mm，草卷土层厚度宜为10~30mm。

(3)播种用的草坪、草花、地被植物种子均应注明品种、品系、产地、生产单位、采收年份、纯净度及发芽率，不得有病虫害。自外地引进种子应有检疫合格证。发芽率达90%以上的方可使用。

3. 草本植物

草本植物应具有根系发达、植株健壮、生长旺盛、无病虫害的特点，或经监理工程师同意或指示采用适合项目区气候条件的其它草本植物。

4. 肥料

(1)应优先使用经过沤制的农家肥。

(2)如使用化肥时，应为标准农用化肥或生态肥料，并按袋装提供。肥料中的氮、磷、钾的含量应根据施工季节和土壤肥力状况选定。

(3)混合肥料由10%的有机肥、20%化肥、70%的表土，均匀拌和而成。有效营养成分符合要求的液体化肥也可使用。

5. 水

种植或养护植物用水应无油、酸、碱、盐或其它对植物生长有害的物质，并应符合《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）的要求。

703.03 施工要求

1. 撒播草种

(1)准备好地表面

a. 同本规范第702.03-2条。

b. 地表无天然表土或天然表土厚度小于图纸规定的厚度时，承包人应按照本

规范第 702.03-3 条规定或图纸要求，加铺表土，以形成厚度符合要求的表土层。

(2) 播种方法及用量

a. 承包人应事先将采用的机具和播种方法通知监理人，必要时承包人应在工程开始之前做施工工艺的野外试验。

b. 灌木种子点播前需根据不同种子生态习性提前 1~2 天催芽处理。

c. 播种时应先浇水浸湿地表和表土，保持土壤湿润，稍干后将表层土耙细耙平，进行撒播草籽和点播灌木籽，均匀覆土 3~5mm 后轻压，然后喷水。

d. 播种后应及时喷水，水点宜细密均匀，浸透土层 80~100mm，除降雨天气，喷水不得间断。亦可用草帘或无纺布覆盖保持湿度，至发芽时撤除。

e. 坡地和大面积草坪铺设可采用喷播法。

f. 除图纸另有规定或监理工程师指定外，草籽、灌木籽播种量一般情况下根据不同种子的千粒重，每 1000m² 平地草籽用量 15~20kg、灌木用量 20kg。

g. 将采用的草籽和混合肥料拌和，均匀地撒播到已准备好的表土区内。也可在播种前不多于 48h 施肥，使肥料深入到表土层内，化肥的施肥量应根据土壤理化性质确定。

(3) 播种季节

a. 应在图纸规定的季节正常播种、施肥和覆盖。如图纸未规定具体日期时，应在当地生长季节进行撒播，施肥和覆盖。

b. 在刮风天不应撒播，暴雨来临之前不宜撒播，也不应在过湿、或未经耕作的土地撒播。

(4) 干播

干播法应采用经监理人同意的机动播种机、条播机或其他机械设备。对于机械设备不能进入的地区可以用人工播种。播种后的地面应用监理人认可的机具在 24h 内轻轻压实，随即浇水。

(5) 喷播

喷播一般用于坡度较大的地段，喷播应采用经监理人同意的技术方案和机具。喷必须按喷播技术要求进行坡面处理，打桩挂网，并保证喷播种子的均匀程度和萌发质量。

2. 铺植草皮

(1) 铺植季节

a. 除非图纸上另有标明或监理人指示，铺植草皮应根据不同草皮在当地最适宜

的季节进行铺植；种植的适宜季节和草种类型选择应符合《城市绿化工程施工及验收规范》(CJJ 82-2012)的要求。

b.土壤条件不适合种植时不应铺植。

(2) 提供草皮、检查及运送

a.承包人应在铺植工作前 14d，向监理人提供有关草皮供应来源的全部资料，监理人可随时前来检查。所有草皮应符合现行关于植物病害及昆虫传染检疫的法规，承包人应送交监理人必要的全部检疫证明。

b.从采集场地运出前不少于 7d，承包人应以书面形式通知监理人，在采集场地挖移以前检查草皮。监理人同意挖移的草皮，并不意味着最后验收。

c.草皮运输时宜采用木板置放 2~3 层，保护好根系。移植发育充分、并有足够根系的草皮时，装卸中应防止破碎。

(3) 铺植草皮

在铺植地表的准备工作完成以后，即可铺植草皮，可密铺或间铺成条状方格。铺植的形式，按图纸要求。铺草皮时，除平铺外，在边坡较高较陡之处也可铺植，即自坡脚处向上钉铺，用小尖木桩或竹签将草皮钉固于边坡上。密铺应互相衔接不留缝，间铺间隙应均匀，并填以种植土。铺植后应进行（滚筒）碾压、喷灌浇水，使草坪平整并与土壤足够粘结，迅速生根。

3. 草坪混播

(1) 选择两个以上草种应具有互为利用、生长良好、增加美观的功能。

(2) 混播应根据生态组合、气候条件和设计确定草坪植物的种类和草坪比例。

(3) 同一行混播应按确定比例混播在一行内，隔行混播应将主要草种播在一行内，另一草种播在另一行内。混合撒播应筑播种床育苗。

4. 种植草本植物

(1) 整地除杂草、整理地形流畅饱满、自然起伏，场地排水良好顺畅不积水，保持种植土疏松透气，可在场地内先施少量基肥。

(2) 按图纸要求定点放线，明确栽植区域。栽植前，沿栽植区域外轮廓线挖梯形草坪沟，上口 10 公分宽，10 公分深。按图纸所示栽植满足设计规格要求的草本植物，按设计要求密度进行栽植。

(3) 挖好种植穴后将草本植物根系放入土穴中，栽植深度要使根茎处与地面齐平，栽植后压平并浇透水。容器苗可轻减或不减。定根水浇透，骨架苗可用水管插入种植穴中灌水，下层植物需要均匀喷洒，防止水压过大冲倒植株。

(4) 及时清除杂草、施肥，每年修剪（摘心、除芽、修枝）并进行病虫害防治。对生长不良、枯死、损坏、缺株的草本植物应及时更换或补栽，用于更换或补栽的植物材料应与原植株的种类、规格一致。

703.04 质量检验

1. 喷播绿化

(1) 基本要求

a. 草本植物种子的质量不应低于《禾本科草种子质量分级》(GB 6142-2008)中所规定的二级标准，木本植物种子的质量不应低于《林木种子质量分级》(GB7908-1999)中所规定的二级标准；《禾本科草种子质量分级》(GB 6142-2008)和《林木种子质量分级》(GB 7908-1999)中均未提及的植物种子应在使用前进行发芽率试验和种子配合比试验，确定合适的种子用量后方可进行大规模的施工。

b. 喷播绿化采用的植物品种及种子配比应满足设计要求。

(2) 检查项目

喷播绿化检查项目见表 703-1。

表 703-1 喷播绿化检查项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	基材混合物 喷射厚度 (mm)	设计厚度	±10	环刀取样或挖样洞，丈量:带状绿地每 1km 测 10 点；点状绿地每个连续种植单元每 1000 m ² 测 2 点，且不少于 5 点
2	植物群落物种组成		满足设计要求（植物种类数量与设计要求一致，且优势种与设计要求相同）	植物样方法调查：带状绿地每 km 设置 3 个样方(长 2m，宽 2m 或等同于绿地宽度)，且不少于 3 个；点状绿地每个连续种植单元设置 3 个样方(长 2m，宽 2m)，且不少于 3 个
3	绿化面积		满足设计要求	丈量或无人机航拍测量：带状绿地每 km 检查 100m；点状绿地按每个连续种植单元全部检查
4	植被盖度		≥95%	目测或无人机航拍测量：带状绿地每 km 检查 100m；点状绿地按每个连续种植单元全部检查

(3) 外观质量

a. 撒播、场地散播、喷播绿化绿地不得有连续空秃、冲沟侵蚀。

b. 撒播植草绿化、场地散播植草绿化、喷播植草绿化以及其它挂网绿化等均以其绿化覆盖率为检验标准，绿化覆盖率是指一定面积内播种成活，且长势正常的绿地占所播种面积的百分比。路基路侧、隧道进出口中间带、互通式立交区、房建区等要求绿化覆盖不低于 95%。图纸中有特殊要求的，根据其具体要求确定相应的绿化覆盖率，最终达到的绿化覆盖率应以满足设计要求为宜，对达不到要求的段落应进行补植。

2. 铺植草皮

(1) 铺植草皮应符合《城市绿化工程施工及验收规范》(CJJ 82-2012)的要求。

(2) 铺栽草坪用的草卷、草块应厚度均匀,杂草不应超过5%。

(3) 路基路侧、隧道进出口、互通立交区、管理养护设施区、服务设施区等绿地内的草坪不得有连续空秃。

(4) 绿化喷播设施应能正常运转,按《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300-2013)的相关条款进行验收。

3. 种植草本植物

(1) 地栽草本植物生长良好,无黄叶,无残花。

(2) 无杂草,无空秃,边界分明。

(3) 无明显病虫害,大叶草花叶面无虫口。

(4) 无缺水干旱和水涝现象。

(5) 外观检查:每1000 m²检查3处,1000 m²以下检查不少于2处,每处面积不小于50 m²。

第704节 种植乔木、灌木和攀援植物

704.01 范围

本节为按照图纸所示或监理工程师指示,在公路特定绿化区域内种植乔木、灌木和攀援植物,并施肥、浇水等绿化工程作业。

704.02 材料

1. 表土、肥料、水等应符合本规范第702节及第703节的规定。

2. 植物品种

(1) 所有植物应考虑公路沿线地区特点,选择适合当地气候条件易于生长的、并有丰满干枝体系和茁壮的根系,并具备相应的检验检疫证书。植物应无缺损树节、擦破树皮、受风冻伤害或其它损伤,植物外观应显示出正常健康状态,能承受上部及根部适当的修剪。无特殊规定或图纸标明,所有植物应尽量在苗圃采集。如因绿化效果需要在野外采集的,应在监理人指导下进行,并经有关机构批准,办理相关手续。承包人需自行负责对绿化苗木的取得,并确保其来源的合法性。

(2) 乔木大苗应具有挺直的树干,发育良好的树杈,根据其自然习性对称生长。不应有直径大于20mm未愈合的伤痕。

主干：主干不得过于弯曲，无蛀虫害，有明显主轴树种应有主干枝。

树冠：树冠茂密、圆满，各方向枝条分布均匀，无病虫害。

根系：有良好的须根，主根部无严重损伤，根际无肿瘤及其他病虫害，带土球的苗木，捆绑的草绳不松脱。

(3) 乔木小苗应生长正常，无营养不良或徒长现象，总状分枝的苗木应具有明显的顶端优势，顶梢不得出现枯萎或破损现象。

(4) 灌木有短主干或丛灌，有主茎3~6个，分布均匀。根际有分枝，无病虫害，须根良好，土球结实（带土球的）草绳不松脱。

(5) 竹类植物生长健壮，根系饱满，无病虫害，规格及形态应符合设计要求。

(6) 运到现场的乔灌木、竹类应符合图纸要求，乔木、灌木和竹类植物经修剪后不得小于设计规格，对于成活较为困难的灌木经监理人同意后可采取重修剪措施，但应在修剪前经监理人验收达到设计规格要求。

(7) 不允许采用代替品种，除非证实在承包期内的正常种植季节采集不到规定的植物。只有经监理人同意，并报请业主批准后，才允许种植替代品种。

704.03 施工要求

1. 种植季节

各类植物应在公路所经当地的最适宜的季节进行种植，除非图纸上另有标明或监理人指示；土壤条件不适合种植时不应种植。

2. 提供植物、检查及运送

(1) 承包人应在种植工作前14d向监理人提供有关苗木供应来源的全部资料，监理人可随时前来检查。所有种植物应符合现行关于植物病害及昆虫传染检疫的法规，承包人应送交监理人必要的检疫证明。

(2) 从苗圃运出前或其它来源起挖前不少于7d，承包人应以书面形式通知监理人，在苗木挖移前检查所有种植物。监理人同意挖移的植物，并不意味着最后的验收。

(3) 在运出植物前，应由园艺人员按起苗、调运等技术要求负责将植物挖出、包扎、打捆，以备运输；任何时候，植物根系应保持潮湿、防冻、防止过热。落叶树在裸根情况下运输时，必须将根部包涂黏土浆，使根的全部带有泥土，然后包装在稻草袋内。所有常青树及灌木的根部，均应连同掘出的土球用草袋包装。运到工地及种植前，这些土球应结实，草包应完好树冠应仔细捆扎以防止枝杈折断。

(4) 植物以单株、成捆、大包或容器内装有一株或多株植物运到工地时，均

应分别系有清楚的标签，标明植物名称、尺寸、树龄或其它详细资料。这对鉴别植物是否符合规定是必要的。当不能对各单株植物分别标明时，标签内应说明成捆、成包以及容器内的各种规格植物的数量。

(5) 苗木根据常绿树种与落叶树种的不同，采用不同的起苗、包装、栽植前的保护措施及运输的要求。对于本项目所采用的一切苗木，应尽量带土球移植。

(6) 土球的大小可按树木的胸径 7~10 倍或灌木高度的 1/3 确定。掘土球苗应做到土球光滑，包扎紧严，不松不裂，封底不漏土，保证土球完好。

掘取常绿树或灌木前，先用草绳围冠，不得伤害枝条，以便于操作为宜；以树干为圆心，以规定尺寸稍大划一圆圈，先铲除表土，但不伤根为限。掘时从圈外垂直挖掘，土球呈苹果形，沟宽以便于操作为准，沟上下宽度一致，随挖随修，挖够深度再向中心掏底，留底座以便于支撑，但不得踩踏，撞击土球。

包扎可用软材，如草席、草绳等，土球直径 40cm 以下，土质坚硬的可抬至坑外包扎，土质松软或土球直径在 40cm 以上的放在坑内包扎。包扎时先用浸湿草绳围树干基部紧绕几圈固定后沿土球垂直方向稍呈 30 度角捆草绳，随捆随用木锤或石头轻砸草绳捆牢土球。每道草绳间隔 8cm 左右直至把整个土球捆定。直径超过 50cm 的土球应在土球中腰系几道腰绳，并用草绳横、纵向穿连捆紧再推到苗木，用软材草绳封底，将土球包严捆好，出坑待运，填平苗坑。

(7) 带土球苗木的装车，高度在 1.5 米以下的土球苗木可以立装；高 2 米以上的应斜装，土球朝前树干向后，土球码放层次不得过高，直径在 40cm 以下的土球不得超过三层；40cm 以上的不得超过二层。土球之间排码紧密，防止摇摆。

押车人员不得站、坐在土球上，行车时与驾驶员密切配合，防止风吹日晒，遇坑、洼时行车要缓，以免颠坏土球。

(8) 苗木的装车、运输、卸车都要保护树木的树冠、根系，土球的完整。不得折断树枝、擦伤树皮或损坏根系。要轻装、轻卸，不得砸散土球。

苗木装车、运输应有专人负责，装车前要进行苗木检查，仔细核对树种规格、质量和数量。凡不符合要求的苗木应要求供苗方予以更换。

3. 储运和保护

(1) 运到工地后一天内种不完的植物，应存放在阴凉潮湿处，以防日晒风吹，或暂进行假植。假植时间较长应经常喷水，保持土球湿润。

(2) 应随取运随栽，如不能及时栽植，应尽量集中将树直立、垫稳、码严，周围用土培好。裸根树种应将包打开，放在沟内，根部暂盖壅土，并保持湿润。

(3) 带土球及草袋包装的植物，应用土、稻草或其它适当材料加以保护，并保持土、稻草等湿润，以防根系干燥。

4. 种植准备

(1) 定点放线。承包人应按照图纸标出的种植地段、种植位置及苗木品种和规格要求，进行种植放样，利用平板仪或网格法，根据图纸的比例要求，定出植物群落和单株种植的位置，利用标桩作出标记，写明树种及树坑规格，树群要用白灰撒出范围线，范围内钉上木桩，写明树种、数量坑的规格，然后用目测的办法量出单株植点。在种植之前这些布置应得到监理人的检查认可。尚应做到：

- a. 种植穴、槽定点放线应符合设计图纸要求，位置必须准确，标记明显。
- b. 种植穴定点时应表明中心点位置。种植槽应标明边线。
- c. 定点标志应标明树种名称（或代号）、规格。
- d. 当列植苗木定点遇有障碍物影响株距时，应与设计单位取得联系，进行适当调整。

(2) 种植地段应修整到符合监理人指示的线形和坡度，并具有舒顺的外形。在种植中所有大土块、石块、硬土及其它不适于种植的材料，均应由承包人自工地移走。处理好的表土和底土应分开，并得到监理人认可。

(3) 在种植时，先在坑底松填约 150mm 厚的表土，如栽植穴周边土壤条件不满足栽植要求时，承包人应自行负责对栽植穴内种植土的换填。

(4) 散苗：轻拿轻放，不得损伤树根、树枝、树干和土球。边散边植，散毕栽完，减少树根暴露时间。

(5) 树种、数量、位置要与设计图纸相符合；树丛配置要自然，要按照树丛的组织配合原则定点，切忌呆板，避免成行排队或等距离栽植。

5. 刨坑

(1) 刨坑、刨槽的规格要求

- a. 刨坑、刨槽位置要准确，坑径应根据根系、土球大小及土质情况而定，刨坑、刨槽要直上直下成桶形，不得上大下小或上小下大，以免造成窝根或填土不实。
- b. 坑径一般比植物的根系或土球直径大 0.2~0.3m，具体规定如表 704-1、表 704-2、表 704-3 所示。
- c. 如遇土质过黏、过硬或含有有害物质如石灰、沥青等，则应适当加大坑径。

表 704-1 乔、灌木干径或树高相对应的树坑规格

乔木干径	mm			30~50	50~70	70~100
灌木高度	m	1.2~1.5	1.5~1.8	1.8~2.0	2.0~2.5	

乔木高度	m	1.0~1.2	1.2~1.5	1.5~2.0	2.0~2.5	2.5~3.0	3.0~3.5
坑径	m	0.5×0.3	0.6×0.4	0.7×0.5	0.8×0.6	1.0×0.7	1.2×0.8

表 704-2 绿篱高度与相对应的坑槽规格

绿篱高度	m	1.0~1.2	1.2~1.5	1.5~2.0
单行（槽：宽×深）	m	0.5×0.3	0.6×0.4	0.7×0.4
双行（槽：宽×深）	m	0.3×0.4	1.0×0.4	1.2×0.5

表 704-3 花灌木类种植穴规格（m）

冠径	种植穴深度	种植穴直径
2.0	0.7~0.9	0.9~1.1
1.0	0.6~0.7	0.7~0.9

(2) 刨坑的操作

- 刨坑时应以所定位置为中心，按规定坑径划一圆圈作为刨坑的范围。
- 挖坑时应把表土与底土分别置放，不同的土质亦应分开堆放。堆放位置以不影响栽植为宜。刨坑到规定深度后在坑底垫底土。
- 挖坑的坑壁要随挖随修使其成直上真下形状，不要成锅底形。
- 刨坑时如发现地下管道、电缆等地下设施应停止操作，并及时向监理人报告，请示处理办法。
- 在斜坡处挖坑应先做成一平台，平台大小应以坑径最低规格为依据，做成后在平台上再挖坑。

f. 在土层干燥地区应于种植前浸穴。

g. 挖穴、槽后，应施入腐熟的有机肥作为基肥。

6. 栽植

(1) 修剪工作对高大乔木应在散苗前后进行，即在栽植前进行，高度3m以下无明显主尖的乔木和灌木为了保证栽后高矮一致、整齐美观，可在栽植后修剪，疏剪的剪口应与树干平齐不留枯槎以免影响愈合；短截时注意留外芽，剪口距芽位置要合适，一般离芽10mm左右，剪口应稍斜成马蹄形；修剪20mm以上的大枝剪口应涂防腐剂，可促进愈合和防止病虫害雨水侵害。

(2) 散苗、散露根苗应掌握随掘、随运、随散苗、随栽植的原则，尽量缩短根部暴露时间以利成活。散苗时要轻拿，轻放，散带土球树木时，要注意保护土球完整，搬运土球时不得只搬树干，尽量少滚动土球。

(3) 栽植前对露根苗的根系要进行修剪，将断根，劈裂根，感染病虫害根，过长的根剪去，剪口要平滑，带土球苗和灌木应将围拢树冠的草绳剪断。

(4) 栽植前应检查坑的大小、深度是否与根系、土球规格标准要求的坑径一致，不符时应进行修整。

(5) 栽树时不得歪斜，要保持树木上下垂直，有树弯时应掌握树尖与根部在一垂直线上。

(6) 应由有经验的工人，按照正常做法，进行种植和回填土，植物应垂直地栽好，比在苗圃的种植深度加深 20~30mm，栽植地段若风大可较原土痕深栽 5cm。种植前的乔木和灌木应经监理人检查认可。

(7) 对裸根植物，先将表土放在坑底，其松散厚度约 150mm，随即撒布适量（视表土性质而定）有机肥，在肥料上覆盖 50~100mm 回填土层，使根系不接触肥料。随后将裸根植物放在树坑中央，以自然形态散开根系，所有折断或损坏的根系应予截去，促使根部生长良好。

在树坑四周及其上部回填土后捣固并适当压紧，当回填到根系一半深度时，将植物稍提起，随即再按每层厚 150mm 回填土压实。植物四周应由土围成与树坑大小相同的浅盆形凹穴（浅土盆）的蓄水池，深约 150mm。

(8) 栽植行列树必须横平竖直，栽植时可每隔 10 或 20 株按规定位置准确栽上一株作为前后植树对齐的依据，然后再分别栽植。

(9) 栽植带土球的苗木时，先将表土放在坑底，其松散厚度约 150mm，随即撒布适量（视表土性质而定）有机肥，在肥料上覆 50~100mm 回填土层，使根系不接触肥料。

回填土随即填在植物土球周围并捣实。土球上部的麻（草）袋应割开并移去，将土球上部的土松开并摊平，然后将其余回填土填下，还应做好浅土盆的蓄水池。

(10) 新栽乔木因种植土疏松容易倒伏，栽植后应及时采用护树桩、支架予以保护。支撑杆可采用杉木杆或镀锌钢管。在进行支撑杆搭接前应对树干采用垫衬物（草包、麻袋片、棕皮或破草席等柔软材料）包裹，不得磨损主干；支撑杆不得伤害植物根系；三角、四角支撑的支撑点宜在树高的 1/3~2/3 处，支撑顶角高度宜一致。树高不大于 7m，且胸径小于 25cm 乔木的护树桩、支架宜采用三角支撑法；树高大于 7m，且胸径大于 25cm 的乔木宜采用四角支撑或“井”字支撑法，必要时拉线辅助、加锚桩辅助。

(11) 在种植后应按图纸要求，对乔木或灌木浇水，并要浇透，半月之后，再浇透水 2~3 次。其后每周一般浇水一次，视气候情况而定，直到植物成活为止。

(12) 树木入坑就位后方可打开土球包扎物，并将其取出，因包扎物易腐烂根系。如实在有部分取不出可留在坑底。所取出包扎物应清运，不能丢弃现场。

(13) 对于具备攀缘能力的藤本植物，应创造良好的攀缘条件；对于不具备攀

缘能力的藤本植物，需搭建支架或牵引绳，以利于藤本植物的正常生长。

(14) 对于成片密植灌木（灌木模纹栽植），应选用枝叶饱满、冠形完整的植株，经栽植修剪后，模纹整体高度一致（设计另有要求除外）、填充饱满、色泽均匀，效果良好。

(15) 竹类栽植，应先将表土填于穴底，深浅适宜，拆除竹苗包装物，将竹篾入穴，根鞭应舒展，竹鞭在土中深度宜 20cm~25cm；覆土深度宜比母竹原土痕高 3cm~5cm，进行踏实及时浇水，渗水后覆土。

栽植后应立柱或横杆互连支撑，严禁晃动。发现露鞭时应进行覆土并及时除草松土，严禁踩踏根、鞭、芽。

(16) 特殊情况下的栽植规定

a. 非栽植季节的栽植

因特殊工程需要不能在正常季节植树而必须突破季节限制，在指定时间内完成的绿化工作任务时，应在栽植季节时将苗木带土球或装筐种在较大容器内进行假植，囤放在地势高燥、排水良好、灌水便利、交通方便之地。囤苗期间应加强浇水、防涝、施肥、防治病虫害、修剪等苗木管理工作，保证土球完好，若包扎材料或装筐大部腐朽，装运前一星期应停止浇水，带土球苗应重新包扎，连同原有包扎材料一并包在土球内。装筐苗木应用草绳加固，栽植时装筐苗木可连筐一起种植在坑内。

（指自然的植物筐）

b. 生长期内移栽

在树木生长期因特殊情况需移栽的树木应特别加强保水、保根、减少蒸腾的技术措施，严格起、运、栽、养四个重要环节。落叶乔木应实行带土球移栽。根据树冠、枝叶疏密应加大根系保留范围，并对树冠进行强度修剪，疏叶 4/5。栽后除正常养护管理外，如气温高、气候干燥应用稻草、草席包扎干枝，次日向树冠喷水 3~4 次或采用输液等特殊水分供应手段。

c. 抗旱栽植技术

绿化种植时需充分重视抗旱种植技术，借鉴北方地区的一些成功抗旱种植经验，采用滴灌、施用保水剂、施用抗蒸腾剂等多种技术，以确保绿化成活率。

7. 边坡植被修剪清理

a. 施工前准备，搭建相关人员操作的辅助设施，布置安全设施，对原有网格护坡、边沟、路面等圬工构筑物实施保护措施，避免修剪器械对其造成破坏。

b. 从上至下修剪、清理坡面植被，先进行枝条修剪，然后利用器械或药物清除

植物根系。若因清除根系过程中对原有坡面平整度造成破坏，应及时进行嵌补，便于下一步植被恢复工作。

c. 清理实施过程中应有专人对施工安全负责，避免引发火灾等灾害。

d. 清理后的枝条、根系及现场垃圾杂物应及时清运离场，完成植被清理操作后应及时拆除辅助设施。

704.04 质量检验

1. 树木栽植

(1) 基本要求

a. 严禁使用带有严重病虫害的苗木，非检疫对象的病虫害危害痕迹不得超过树体的 5%~10%。

b. 种植穴（槽）的定点放线应满足设计要求，位置准确、标记明显。

c. 带土球苗木栽植前应去除土球不易降解的包装物。

d. 树木栽植不得影响行车安全视距；规则式种植、绿篱、球类的植物修剪应整齐，绿篱不得有空缺。

e. 孤植树、珍贵树种以及大树（胸径在 200mm 以上的落叶乔木和常绿阔叶乔木，株高在 6m 以上或地径在 180mm 以上的常绿针叶乔木）应全部成活。

(2) 检查项目

树木栽植检查项目见表 704-4。

表 704-4 树木栽植检查项目

项次	检查项目			规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	种植穴(槽)直径(mm)			d ± 400~ d+600 ^①	尺量:抽查全部种植穴(槽)5%,且不少于10个,少于10个时应全部检查
	种植穴(槽)深度(mm)			3/4~4/5 穴径	
2	苗木数量			满足设计要求	目测或无人机航拍测量:带状绿地每 km 检查 100m 内的苗木;点状绿地每个连续种植单元按苗木数量抽查 10%,且不少于 10 株,少于 10 株的苗木应全检
3	苗木成活率 (%)			≥95%	
4	苗木规格	乔木	胸径 (mm)	≤50	
			50~90	-5	
			90~150	-8	
			150~200	-10	
			>200	-20	
		高度 (mm)		-200	
	冠径 (mm)		-200		
灌	高度 (mm)	≥1000	-100		

木	冠径 (mm)	<1000	-50	
		≥1000	-100	
		<1000	-50	
	球类	冠径 (mm)	<500	0
			500~1000	-50
			1000~2000	-100
			>2000	-200
			<500	0
			>2000	-200
	高度 (mm)	500~1000	-50	
		1000~2000	-100	
		>2000	-200	
	藤本	主蔓长 (mm)	≥1500	-100
		主蔓径 (mm)	≥10	0
	棕榈类植物	株高 (mm)	≤1000	0
1000~2500			-100	
2500~4000			-200	
>4000			-300	
地径		≤100	-10	
		100~400	-20	
	>400	-30		

注：d 为土球苗直径或裸根苗根系展幅。

(3) 外观质量

- a. 乔木、灌木以及球类苗木不得有木烧膛，不得有影响行车安全的偏冠苗木。
- b. 树木应无损伤的断枝、枯枝、严重病虫害枝。

2. 草坪、草本地被及花卉种植

(1) 基本要求

- a. 铺栽草坪用的草卷、草块应厚度均匀，杂草不应超过 5%。
- b. 草坪、草本地被及花卉种植的施工工艺、品种及配比或栽植株行距应满足设计要求。
- c. 花苗的栽植放样、密度及图案均应满足设计要求。

(2) 检查项目

表 704-5 草坪、草本地被及花卉种植检查项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	草坪、草本地被面积		满足设计要求	尺量或无人机航拍测量：带状绿地每 km 检查 100m；点状绿地按每个连续种植单元全部检查
2	草坪、草本地被覆盖率 (%)	取弃土场绿地	≥90%	目测或无人机航拍测量：带状绿地每 km 检查 100m；点状绿地按每个连续种植单元全部检查
		其他绿地	≥95%	

3	花卉数量	满足设计要求	目测或无人机航拍测量：带状绿地每 km 检查 100m 内的花卉数量；点状绿地按每个连续种植单元按花卉数量抽查 5%，且不少于 10 株，少于 10 株的花卉应全部检查
4	花卉成活率	≥95%	

(3) 外观质量

互通立交区、管理养护设施区、服务设施区等绿地内的草坪、草本地被及花卉不得有连续空秃。

各类人工栽植的乔木、灌木及竹类植物均应保证成活率≥95%，如遇枯萎死亡，应及时补植。

第705节 植物养护和管理

705.01 范围

1. 本节工作内容为公路绿化从开始种植到工程缺陷责任期结束，所有按本规范 703 及 704 节施工的种植物进行管理和养护。

2. 通过整个绿化工程的实施应能营造出高速公路绿色走廊、固土、美化景观的效果，使道路和周围环境相协调，通过植物搭配，减少污染和噪声。

705.02 材料

1. 一般要求

应符合本规范第 703 节及第 704 节对播种草种和种植的植物品种以及肥料、水等规定。

化学物品

(1) 农药，除草剂及其他农用化学物品由承包人按园艺要求的方法、季节及当地气候和所用物品的有关性质来选用。

(2) 在工作开始至少 7d 前，承包人应将各化学物品的样品以及有关资料送交监理人批准。

705.03 施工要求

1. 种植完工后 3d 内，承包人应向监理人提供管理和养护种植物的详细计划及日程，这个计划是种植计划的延续，将种植物养护到工程缺陷责任期结束为止。对于更换枯树或草的再种植。应从再种植时起至少养护一年的生长期，随时进行检查及时补植。

2.植物栽植的成活率在规定的时间内应符合下述标准，公路处于平原区时应达95%以上；处于山区时应达85%以上；处于寒冷草原区及沙、碱、干旱区时应达75%以上。

3.植物管理及养护计划应包括以下内容：

- (1) 清除除草、施加除草剂；
- (2) 按园艺方法进行修剪、栽培；
- (3) 需要时经常浇水灌溉；
- (4) 每年施肥应不少2次；
- (5) 经常施加农药及防治病虫害；
- (6) 采取措施防范人为的破坏和牲畜的践踏、啃咬；
- (7) 枯死、损坏或丢失的树木花草应适时补植；
- (8) 保持种植区的清洁，经常清扫及清除垃圾、保护表土；
- (9) 夏季防曝晒及冬季抗寒防冻。

4.施肥

(1) 根据植物的生长需要，定期施肥，但对树木施肥每年不得少于2次，草坪、地被等应采用薄肥勤施的方法，经常性施肥。

(2) 施肥量应根据树种、树龄、生长期和肥源以及土壤理化性状等条件而定。树木青壮年期欲扩大树冠及观花、观果植物，应适当增加施肥量。

5.施肥

(1) 根据植物的生长需要，定期施肥，但对树木施肥每年不得少于2次，草坪、地被等应采用薄肥勤施的方法，经常性施肥。

(2) 施肥量应根据树种、树龄、生长期和肥源以及土壤理化性状等条件而定。树木青壮年期欲扩大树冠及观花、观果植物，应适当增加施肥量。

(3) 待根系生长完好之后，施工N、P、K复合肥，一般每年施用三次，施用时间宜在2、5、8月中旬左右。草坪每年需用2%的磷酸二氢钾进行10次左右的叶面施肥。

6. 整形修剪

(1) 乔木类：主要修除徒长枝、病虫害枝、交叉枝、并生枝、下垂枝、扭伤枝以及枯枝和烂头。

(2) 灌木类：灌木修剪应使枝叶茂繁，分布匀称；花灌木修剪，要有利于促进短枝和花芽形成，修剪应遵循“先上后下，先内后外，去弱留强，去老留新”的原

则进行。对于中央隔离带的树木修剪，应保证树木防眩所需的高度和形状。

(3) 绿篱类：绿篱修剪，应促其分枝，保持全株枝叶丰满；也可作整形修剪，特殊造型绿篱应逐步修剪成形。

(4) 地被、攀缘类：地被、攀缘植物修剪应促进枝分，加速覆盖和攀缠的功能；对多年生的攀缘植物要定期翻蔓，清除枯枝，疏删老弱的藤蔓。

(5) 一般二个月左右要进行一次修剪整理，修剪植物的枯枝、病虫枝以及疏枝疏叶、整形，以保持植物的形态优美。

(6) 修剪时，切口都必须靠节，剪口应化剪口芽的反侧呈 45 度倾斜；剪口要平整，应涂抹园林用的防腐剂。对过于粗壮的大枝应采取分段截枝法，防扯裂，操作时必须保证安全。

(7) 休眠期修剪以整形为主，可稍重剪；生长期修剪以调整树势为主，宜轻剪。有伤流的树种应在夏、秋两季修剪。

7. 病虫害防治

(1) 贯彻“预防为主，综合治理”的防治方针。充分利用植物的多样化来保护和增殖天敌，抑制病虫害。

(2) 采用的种苗，必须严格遵守国家和本市有关植物检疫法规和有关规章制度。

(3) 严禁使用剧毒化学药剂和有机氯、有机汞化学农药。化学农药应按有关安全操作规定执行。

8. 在适宜的季节，对枯树、坏灌木以及其他不发芽或死去的植物和草均应予以更换，并在监理人指示的期限内完成。

9. 承包人应提供并设置临时栅栏，以保护种植物不受损害，不需要时可拆除。

10. 承包人应提供、修建并维护植物必要的拉牵或桩木。

11. 承包人在种植工作结束，经监理工程检验后到缺陷责任期终止前，应进行有效的管理，使植物保持良好的生长条件，达到植物全部成活。

12. 绿化栽植工程验收的质量依据

(1) 绿化栽植工程的验收应参照技术规范的各项规定办理。

栽植材料应由建设单位在栽植材料运抵栽植工地时，按设计要求或本规范规定和要求检验验收。

(2) 对隐蔽工程检查的内容和时间

a. 定点放线：在挖掘植物前，应请设计人员到现场验点、验线，检查是否符

合设计要求和本规范有关条款的规定。

b. 挖坑槽：栽植乔、灌木、绿篱的坑槽，在树木栽植前检查，应符合设计要求和本规范有关条款的规定。

c. 换土：乔、灌木、换土，在树木栽植时检查所换土壤是否肥沃、良好。草地的换土在整地时检查，并符合本规范有关条款的规定。

7. 验收的时间规定：所有植物均按照管理养护期计算。

705.04 技术档案

各承包人必须建立完整的种植与养护技术档案。档案内容应包括：

绿化地段气候、物候、水文、土质、地形、地下构筑物等自然条件的变化资料及调查报告；

植物种类：按植物分类记载，地区名称、规格、来源、栽植年月、生长势和日常养护措施及其成效等；

应用新技术、新工艺和新成果的单项技术资料；

各类统计报表和调查总结报告等。

技术档案应按照发包人要求，按期分类整理，装订成册，编好目录，分类归档。

第706节 声屏障

706.01 范围

本节内容为按图纸所示经现场进一步确认或监理工程师指示，对公路中心线两侧指定的居民点、学校、医院、卫生院等特殊敏感建筑采取设置声屏障的噪声污染防治工程。

702.02 材料

1. 桥梁 2m 轻型声屏障

在桥梁混凝土防撞护栏上设置该型声屏障，基础采用锚栓植筋方式固定在混凝土护栏内。以 2m 的间距设立 H 型钢立柱，立柱之间安插透明隔声屏+吸声板复合式屏体。声屏障单元长度 2m，立面高度为 2m，结合护栏有效高度达到 3m，采用直立型断面结构。吸声板采用 100mm 厚开百叶孔金属吸声板，内填 60mm 厚聚酯纤维吸声棉，透明隔声屏采用 12mm 厚加筋亚克力板。亚克力板采用防脱落装置与 H 型钢连接，防止声屏障受冲击后亚克力板碎落伤人。金属吸声屏和透明屏窗框采用钢丝绳防坠索串联后与 H 型钢连接，防止声屏障受冲击后屏体脱落坠物伤人。

2. 路基 3m 高轻型声屏障

该型声屏障适用于公路填方路基路段，在路肩外侧路基边坡上旋挖钻孔设置灌注桩基础，并在桩顶现浇混凝土连系梁，桩长 5m，桩径 0.8m，桩距 6m，连系梁截面尺寸 0.5m×0.5m。在连系梁内以 2m 的间距预埋 U 型螺栓和钢底板并在其上设立 H 型钢立柱，立柱之间安插透明隔声屏+吸声板复合式屏体。声屏障上部单元长度 2m，立面高度为 3m，采用直立型结构。吸声板采用 100mm 厚开百叶孔金属吸声板，内填 60mm 厚聚酯纤维吸声棉，透明隔声屏采用 12mm 厚亚克力板。

3.声屏障关键材料技术性能

a.金属吸声屏

声屏障金属吸声屏采用开百叶孔铝合金面板，内填聚酯纤维吸声棉，使用厂家生产的成品板。表面静电喷塑（灰色哑光漆）。要求表面光洁，无划痕、皱皮、流坠、气泡、变色、和色泽不均等缺陷。金属吸声屏应具有防腐蚀，抗冻融、防老化、防冲击、防潮、防虫和防紫外线等功能。

表 706-1 金属吸声屏性能指标

序号	项目	性能指标
1	降噪系数	>0.6
2	计权隔声量	>26dB
3	面密度	≤30kg/m ²
4	挠度	标准荷载下最大弹性挠度≤L/300（L为吸声板长度），残余形变≤L/600
5	防火性能	满足《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB8624-2012 规定的 B ₁ 级及以上
6	耐候性	参考《膨胀聚苯板薄抹灰外墙外保温系统》JG149-2003，经过 80 次高温（70℃）、淋水（15℃）循环和 20 次加热（50℃），冷冻（-20℃）循环后，表面无裂纹、粉化和剥落现象
7	使用年限	15 年
8	开孔率	≥25%

2.亚克力透明板

声屏障透明隔音板采用 12mm 厚加筋亚克力透明板。板材需满足《声屏障结构技术标准》（GB/T51335-2018）和《公路声屏障 第 4 部分：声学材料技术要求及检测方法》（JT/T646.4-2016）中对于板材物理化学性能和声学指标的要求。为避免泛黄雾化，确保长期良好的透光性，不得使用由回料、混合料为原材料的回料板，要求提供材料老化试验检测报告。主要性能指标要求如下：

表 706-2 亚克力透明板性能指标

序号	项目	性能指标
1	隔声量	≥26dB
2	密度	≤1200kg/m ³
3	透光率	≥92%，氙灯老化 5000h 后透光率降低比例不大于 5%
4	断裂伸长率	≥4%
5	拉伸强度	≥70MPa
6	弯曲强度	≥95MPa
7	拉伸弹性模量	≥3100MPa

8	弯曲弹性模量	≥3620MPa
9	冲击强度	≥17kJ/m ²
10	维卡软化温度	≥110°C
11	线性热膨胀系数	≤6.7(10 ⁻⁵ /°C)
12	防火性能	应满足 GB8624 中 B ₁ 级及以上要求
13	使用年限	≥15 年

3.弹簧卡件：在 1kN 作用条件下，不会失去弹性性能。

4.橡胶垫：声屏障用橡胶垫其性能应满足《声屏障用橡胶件》（GB/T30649-2014）中的相关要求，具体性能指标可参考下表：

表 706-3 橡胶性能指标

序号	项目	指标	
1	硬度（邵尔 A）度	55±5	
2	拉伸强度（MPa）	≥10	
3	扯断伸长率（%）	≥300	
4	撕裂强度/(kN/m)	≥25	
5	压缩永久变形（100°C×24h,25%）/%	≤45	
6	热空气老化 (100°C×96h)	拉伸强度/MPa	≥8
		扯断伸长率（%）	≥250
		硬度变化（邵尔 A）度	0~10
7	加热失重（100°C×168h）/%	≤3.0	
8	低温回缩温度/°C（试样长度 100mm，伸长率 100%）	TR10	≤-40°C
		TR30	≤-30°C
		TR50	≤-20°C
		TR70	≤-10°C
9	臭氧老化[200×10 ⁻⁸ ，拉伸 20%，(40±2)°C×96h]	无裂纹	
10	拉伸疲劳永久变形/%（拉伸 50%，频率 0.1Hz，1000 次，哑铃状试样型）	≤8	

5.植筋材料

桥梁声屏障基础采用化学锚栓植筋，植筋胶性能不应低于《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》（GB50728-2011）中对 A 级胶的相关要求，推荐主要技术指标要求如下。

表 706-4 植筋材料性能指标

性能项目		性能要求
		A 级胶
胶体性能	劈裂抗拉强度（MPa）	≥16
	抗弯强度（MPa）	≥80
	抗压强度（MPa）	≥100
粘接能力	约束拉拔条件下带肋钢筋与混凝土的粘接强度（MPa） C30 25 L=150mm	≥13
	C60 25 L=125mm	≥19
耐应力作用能力	耐长期应力作用 在（23±2）°C、（50±5）%RH 环境中承受 4.0MPa 剪应力持续作用 210d	钢对钢拉伸抗剪试件无破坏，蠕变变形值小于 0.4mm
	耐疲劳应力作用 在室温下，以频率为 20Hz、应力比为 5:1.5、最大应力为 4.0MPa 的疲劳荷载下进行钢对钢拉伸抗剪试验	经 2×10 ⁸ 次疲劳荷载作用后，试件无破坏

性能项目			性能要求
			A 级胶
耐环境作用	耐湿热老化能力	50℃、95%RH 中老化 90d 后钢对钢拉伸抗剪强度降低率, %	≤5
	耐热老化能力	(80±2)℃老化 30d 后钢对钢拉伸抗剪强度降低率, %	≤3
	耐冻融能力	在-25℃35℃冻融循环温度下循环 8h, 经 50 次后钢对钢拉伸抗剪试验	与室温下短期试验结果相比, 其抗剪强度降低率≤2%
耐介质侵蚀性能	耐海水浸泡作用 (仅用于水下结构胶)	海水或人造海水; 试验温度 (35±2)℃; 浸泡时间: A 级胶 90d; B 级胶 60d; 到期进行钢对钢拉伸抗剪强度试验	下降 4.8%, 且混凝土破坏, 外观无裂纹或脱胶
	耐碱性介质作用	Ca(OH) ₂ 饱和溶液; 试验温度 (35±2)℃; 浸泡时间: A 级胶 60d; B 级胶 45d; 到期进行钢对混凝土正拉粘结强度试验	强度未下降, 混凝土破坏; 不得有裂纹、剥离或起泡
	耐酸性介质作用	H ₂ SO ₄ 的 5%溶液; 试验温度 (35±2)℃; 浸泡时间: A 级胶 30d; B 级胶 20d; 到期进行钢对混凝土正拉粘结强度试验	混凝土破坏; 不得有裂纹或脱胶

4. 声屏障材料总体要求

(1) 钢材及连接件:

a. H 型钢应符合《热轧 H 型钢和部分 T 型钢》(GB/T1263—2005)的要求, 钢底板应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T700 中关于 Q235 钢的规定。H 型钢和底板表面需按设计要求在工厂内进行热浸锌处理, 锌层应附着稳定, 表面平整。

b. 螺栓、螺母: 声屏障柱脚基础采用 5.8 级全螺纹螺杆, 其机械性能应符合《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》(GB/T3098.1-2010)中相关要求。配套螺母采用 I 型 5 级标准螺母(外六角), 其机械性能应符合《紧固件机械性能 螺母》(GB/T3098.2-2010)中相关要求。垫圈应符合《平垫圈 C 级》(GB/T95-2002)的要求。

c. 焊接采用手工焊, 焊条应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》(GB/T5117-2012)或《热强钢焊条》(GB/T5118-2012)的规定。

d. 钢立柱与底板的焊接, 焊缝高度必须≥8mm。

e. 声屏障的钢结构应作防锈处理, 采用热浸锌工艺, 锌层厚度≥80μm。普通声屏障 H 型钢立柱需进行喷塑处理, 全封闭声屏障所有外露钢构件均需进行喷塑处理。喷塑颜色与金属吸声屏保持一致。塑层厚度≥70μm, 塑粉必须使用纯聚脂材料。所有焊缝、外露螺栓(锚栓)均需进行防锈处理。

f. 镀锌层和喷涂层质量应符合《高速公路交通工程钢构件防腐技术条件》(GB/T18226-2015)有关规定。

(2) 金属吸声屏:

a.金属吸声屏的尺寸规格、物理性能、吸声系数、隔声量均应符合设计要求，施工单位应提供相关检测报告。

b.金属吸声屏的加工要严格按照《板金属通用技术标准》（Q/JBEC）。

c.金属吸声屏色彩采用静电喷塑工艺处理，喷塑颜色应满足设计要求，开工前施工方应将金属吸声屏色样提供业主、设计、监理，经确认后方可进行采购和后续施工。

(3) 吸声材料：

屏内吸声材料采用聚酯纤维吸声棉，容重为 $\geq 30\text{kg/m}^3$ ，允许容量误差不超过 $\pm 5\%$ ，含杂质量不大于3%，防潮，耐腐蚀、抗霉菌，憎水率 $\geq 80\%$ ，成品含水率 $\leq 1\%$ ，燃烧性能A级。

(4) 透明屏：

a.透明屏的强度、刚度、稳定性应符合设计要求。

b.透明屏的材料、规格以及防腐蚀，防浸，防老化，防尘、防火、防眩等性能应符合现行国家标准和设计要求。要求供应商应提供老化试验检测报告。

(5) 植筋材料：

化学植筋锚栓通过锚栓孔填充化学胶体，粘接于混凝土护栏上。化学植筋胶采用A级胶，其力学性能直接影响声屏障基础的牢固，因此在植筋前对其钢筋锚固胶的锚固强度应进行现场检测试验，要求其单根锚栓抗拔力达到50kN。

706.03 施工要求

(1) 基本要求

a. 声屏障施工前施工方应按照图纸进行点位核实和初步放线，由监理按照施工图设计现场确认声屏障的布局、工程量和方案方可开始施工。

b. 各处声屏障施工应以桥梁、路基转接、跨涵洞两端为控制性节点，保证转接过渡平顺，尽量减少异型单元的出现。为避免应桥梁结构伸缩造成吸声板脱落，桥梁段声屏障在跨越桥梁伸缩缝时需将伸缩缝两侧的H型钢立柱的前后翼缘板采用焊接的方式加宽至175mm。

c. 路基段声屏障跨越涵洞时不得影响涵洞安全和通过能力，以涵洞顶板底面和路肩的高差 h 为控制性条件，分三种方案进行处置：

① $h < 0.5\text{m}$ 时，涵洞顶部以上净空不满足连系梁通过条件，采用在涵洞顶部植筋的方式固定。同时增加H钢立柱高度、抬升屏体高度保证与路基段声屏障标高齐

平。

② $0.5\text{m} < h < 6\text{m}$ 时，于涵洞两侧最近位置设立桩基础，跨中部分采用连系梁一跨而过。

③ $h \geq 6\text{m}$ 时，按标准段设计正常通过。

d. 声屏障基础开挖时若破坏公路边沟，需在施工结束后予以恢复。具体恢复工程量根据监理单位现场计量确认。若遇行道树，需进行移栽，具体移栽方案由业主现场确认。移栽工程量根据监理单位现场计量确认。

e. 在施工中遇到有关动力设备，高压线路，各类管线设施，以及其它在建项目应先向建设方以及主管部门提交施工方法，安全措施，在获得批准后方可施工。

f. 声屏障原则上不得影响沿线标志牌布设，对确有位干扰的采用从标志牌背后绕避的措施，若无法实现绕避可采用加高标志牌的方案。具体处置措施需结合现场实际情况确定。

(2) 施工放线

a. 声屏障放线需按照施工图设计严格控制声屏障起止点位置和整体走向，保证声屏障纵向长度能满足降噪要求。声屏障纵向布线应与道路走向一致，声屏障纵向高程也应与道路纵坡变化一致，保证声屏障有效高度达到设计要求。以桥梁、路基的转接处为控制性节点，确保转接处过渡平顺。

b. 声屏障屏体位置应尽量靠近路肩，但尽量不要破坏既有公路构筑物，如确实无法避让应采取最小破坏程度的方式通过，声屏障建成后及时恢复原有功能。

c. 声屏障施工方应尽量避让公路构筑物。若实在不能避让时应与声屏障设计方和构筑物设计方及时沟通协调，通过调整构筑物或声屏障设计方案解决问题。

d. 路基段放线时在边坡土壤中用木楔标示桩基中心点，在边坡衬砌骨架上用“红色叉子”标示桩基中心点。桥梁段声屏障放线时应进行螺栓初步定位，并编制螺栓定位表。使用墨斗和线绳定位出螺栓中心线位。

(3) 混凝土基础施工

a. 应按照《混凝土结构工程施工规范》（GB50666-2011）严格施工。基础工程实施前，应探明填方路基的地质情况，确认场地地基承载能力能够满足 $\geq 150\text{Kpa}$ 的要求，且没有不稳定边坡等不良地质现象，才能施工基础工程。

b. 按图开挖并做好基坑护壁，用测量仪器控制各基坑的中心位置和坑底标高，保证基础埋深和标高达到设计要求，并保证所有基坑中心位置连线与道路平曲线变化一致。桩基开挖采用旋挖机成孔，严格控制开挖断面尺寸和开挖深度，保证桩基

础入土深度达到 5m。

c. 桩孔成型后应对桩底浮土进行清理，做到孔壁孔底无松散土。清坑后铺设混凝土垫层，坑底和垫层必须水平。

d. 桩基础和连系梁模板应采用组合钢模板，钢筋在加工场地加工成型后运往现场验收、安装就位。桩基保护层厚度采用 C30 预制混凝土滚轮垫块控制，垫块焊接在主筋上，每个断面对称设置 4 个。桩基的主筋应通长布置，不得搭接。桩基螺旋箍筋在桩顶以下 2.5m 范围内加密箍。

e. 桩基础、连系梁均需一次性整体浇筑，入模采用溜槽加串桶的方式，采用插入式振捣棒均匀振捣，随浇随振捣，每根桩的浇注时间不得大于混凝土初凝数据，严禁出现断桩、缩颈、混凝土离析、夹泥现象。混凝土浇注应适当大于桩顶的设计标高，凿除浮浆后的桩顶混凝土标号必须满足设计要求。基础浇筑时需注意对桩基主筋的保护，保证桩基主筋位置不发生偏移、扭转。基础和连续梁浇筑需严格控制顶面标高，与路肩纵坡变化一致。

f. 连系梁每 32m 应设置一道沉降缝。沉降缝处连系梁钢筋应按照规定保证锚固长度，浇筑前用泡沫板隔断，混凝土凝固后掏空泡沫板用沥青油麻丝填充。混凝土初凝 24h 后方可拆卸模板，并进行养护，养护采用棉毡覆盖，洒水养护，养护期不少于 7d。

g. 预埋件采用工厂加工，成型后运往现场安装。安装时先用预埋件钢板上的薄螺母将预埋螺栓和预埋钢板组装成整体，然后依据放好的桩轴线进行安装。安装时需由专人进行调平、校正，保证预埋件钢板水平放置，预埋螺栓垂直安装，同时保证预埋体在同一水平轴线上。测量人员根据路线走势定位预埋件位置和顶面高程。校正后将预埋件与连续梁钢筋焊接牢固。

h. 浇筑前将预埋螺栓顶部套纹部分包裹油布，并于预埋钢板顶面覆盖一层防污棉毡。浇筑完成后将连续梁顶面搓平、压实、抹光，并将预埋钢板面上的混凝土擦拭干净。混凝土初凝后方可拆卸模板，拆模后应采用 M10 水泥砂浆进行表面修补并进行养护，养护采用棉毡覆盖，洒水养护，养护期不少于 7d。

i. 基础浇筑前需在连系梁内按设计要求预埋 $\Phi 100$ 排水管。

表 706-5 声屏障混凝土结构基础施工误差控制

序号	检验项目	允许偏差
1	距路中心线位置	0, +20mm
2	预埋件间距	± 2 mm
3	桩截面尺寸	± 20 mm

4	桩基有效埋置深度	不小于设计埋深
5	水平	±5mm
6	高程	±5mm

(4) 桥梁化学锚栓植筋基础

a. 以桥梁混凝土护栏的控制点进行植筋锚栓初步定位，并编制植筋锚栓定位表。使用墨斗和线绳在顶部定位出植筋锚栓中心线位，用角尺定位锚栓间距垂线位置，交点为锚栓空位的形心点。

b. 根据植筋锚栓间距及形心，制作 2 块模具钢板，钢板的孔径比锚栓直径大但不得超过 1mm，并用钢钎标记出模具钢板的水平和垂直中心线。

c. 锚栓间距定位。将模具钢板形心与墨线标注的形心重合，并复核两个模具形心间的距离，误差允许值不超过±2mm。然后通过模具将锚栓（锚栓孔眼）位置用记号笔标记在护栏顶部。

d. 钻孔。使用水钻沿锚栓孔标记进行钻孔，钻孔时控制好钻头的摆动幅度，以防止跑偏或倾斜。钻孔深度严格控制设计埋深，误差不大于 2mm；孔径误差控制在±2mm 内。钻孔后使用钢尺进行复核并进行现场记录。

e. 植筋。植筋前用钢刷清孔至少 3 次，吹出灰尘和积水至少 3 次，孔内必须无水和油脂。清孔后将植筋胶料（要求采用 A 级植筋胶）沿孔壁缓慢打入孔洞，确保孔内无气泡或孔隙，注胶至填满孔深的 2/3。以连续旋转方式将锚栓植入至胶体流出。凝胶时间前可调整螺栓位置，凝胶开始后不可扰动锚栓，至固化完成后即可开始后续施工。

f. 现场拉拔试验。在锚栓植入孔洞，养护 24h（或 72h）后，任意抽取 10 根进行拉拔力试验，要求其单根锚栓抗拔力达到 50kN，并填写相应检验记录。建议委托具有相关检测资质的单位进行现场拉拔试验，并出具相关检测报告。

表 706-6 声屏障化学锚栓植筋基础施工误差控制

序号	检验项目	允许偏差
1	锚栓轴线偏移	0, +20mm
2	锚栓形心间距	0, ±5mm
3	锚栓孔位	0, ±2mm

(5) 钢结构立柱施工

a. 钢结构施工必须遵守《钢结构工程施工规范》（GB 50755-2012）和《钢结构工程施工质量验收规范》（GB50205—2001）的要求。

b. 施工单位应具有相应的钢结构工程施工资质，施工现场质量管理应有相应的施工技术标准、质量管理体系、质量控制及检验制度，施工现场应有经项目技术

负责人审批的施工组织设计、施工方案等技术文件。

- c. 钢结构工程施工质量的验收，必须采用经计量检定、校准合格的计量器。
- d. 各道工序应按照施工技术标准进行质量控制，每道工序完成后，应进行检查并由监理工程师（建设单位技术负责人）检查认可。
- e. 钢材的品种、规格、性能应符合现行国家标准以及设计要求。
- f. 钢材喷塑色彩应符合设计要求，按不同色彩分别进行统计后下料，在工厂内完成浸锌、热弯等工序后运至现场直接安装，安装时色彩组合应符合设计要求。
- g. 焊接材料：钢材焊接材料的品种、规格、性能应符合现行国家标准和设计要求。
- h. 钢结构连接用紧固标准件以及螺母、垫圈等标准配件的品种、规格、性能应符合现行国家标准以及设计要求。
- i. 焊条、焊丝、焊剂、电渣焊熔嘴等焊接材料与母材的匹配应符合设计要求及国家现行行业标准《建筑钢结构焊接技术规程》的规定。焊接材料在使用前，应按照产品说明书及焊接工艺文件的规定进行烘培和存放。
- j. 安装立柱前必须清除预埋件表面的混凝土等杂物，立柱焊接完毕以后清除焊渣、飞溅物。

表 706-7 声屏障钢立柱安装施工误差控制

序号	检验项目	允许偏差
1	金属立柱间距	±10mm
2	金属立柱垂直度	±3mm/m
3	金属立柱镀锌层厚度	不小于规定值
4	立柱底板焊缝高度	不小于规定值

(6) 屏体施工

- a. 全线实地测量预埋件的位置误差，测量后的数据归类分析，确定屏体的实际制作长度。
- b. 金属吸声屏应根据设计要求在工厂内完成喷塑等工序后运至现场直接安装。金属吸声屏色彩方案应符合设计要求。
- c. 屏体在运输、现场安装时应该注意对构件表面的保护，不允许有明显压痕、划痕。屏体结构到现场后按图纸上的要求检查各部分尺寸（特别是外形尺寸），外形严重变形的不允许安装。
- d. 检查屏体结构外形尺寸与两立柱尺寸是否吻合。施工时屏体结构正反方向不能错误。
- e. 声屏障的全部成品都应进行外观检查，不应有脱膜、伤痕、皱皮、流坠、

气泡、变色及色泽不均等缺陷。

f. 检查连接件的坚固情况以及构件安装的位置是否符合设计要求。

g. 检查声屏障整体是否与道路线一致，不应有明显的扭曲、变形，应保证安装的整体效果。

h. 屏体现场安装时用织带吊装，严禁用钢丝绳。

i. 屏体底部与基础顶部之间的缝隙应在屏体安装完成后采用水泥砂浆或橡胶垫（见设计图纸标示）进行密封，防止漏声。

表 706-8 声屏障屏体安装误差控制

序号	检验项目	允许偏差
1	屏体整体平整度	8mm
2	屏体高度	±5mm
3	板材厚度	±2mm
4	板材宽度、高度、对角线	±10mm
5	金属屏体背板厚度	±0.1mm

(7) 排水

路基段声屏障需严格按照设计文件要求预埋排水管，确保排水管进出口通畅。按图纸要求构筑排水槽，确保路面径流经道路横坡进入排水槽后能够顺利排泄，不得产生积水影响行车安全。

706.04 质量检验

(1) 基本要求

a. 基础的埋深应满足设计要求。

b. 屏体声学性能应满足设计要求并应有声学性能检测报告。

c. 安装紧固件应满足设计要求和符合现行标准的规定。

d. 立柱、连接件和屏体在安装前，应无构件变形或防腐处理层损坏。

e. 固定螺栓紧固，位置正确，数量满足设计要求。

f. 屏体与立及屏体与基础的接缝密实。

(2) 检测项目

按照声屏障结构技术标准（GB/T51335-2018）相关规定执行。

复合结构声屏障检查项目见表 9。

表 706-9 复合结构声屏障检查项目

项次	检测项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	顶面高程 (mm)	±20	水准仪：抽查标准段数的 30%，每段测 1 点
3	屏体厚度 (mm)	≤3mm/m	钢卷尺：抽查标准段数的 30%，每段测 1 点

4	透明屏体厚度 (mm)	±2mm	游标卡尺: 抽查标准段数的 30%, 每段测 1 点
5	基础外露宽度 (mm)	±10mm	尺量: 抽查标准段数的 30%, 每段测 1 点
6	与路肩边线位置偏移 (mm)	0~10mm	尺量: 抽查标准段数的 30%, 每段测 1 点
7	立柱间距 (mm)	±3mm	钢卷尺: 抽查标准段数的 30%, 每段测 1 点
8	立柱竖直度 (mm/n)	0, +5mm	垂线法: 抽查标准段数的 30%, 每段测 1 点
9	金属立柱镀 (涂) 层厚度 (μm)	不小于规定值	测厚仪: 抽查标准段数的 20%, 每段测 1 点
10	表面平整度 (mm)	≤8	2m 直尺: 每 100m 测 10 尺

(3) 外观质量

- a. 立柱镀 (涂) 层不得有剥落、气泡、漏镀 (涂)、刻痕、划伤。
- b. 屏体应无裂纹、划伤。

第707节 径流处理

707.01 范围

本节内容为按图纸所示经现场进一步确认或监理工程师指示, 对全路段进行径流收集和处理。

707.02 材料

1. UPVC 排水管: 排水管应选用符合《建筑排水用硬聚氯乙烯 PVC-U 管材》(GB/T 5836.1-2006) 相关要求的管材。
2. 螺栓: 采用 C 级螺栓, 螺母采用 C 级 I 型六角螺母, 垫圈为 C 级平垫圈。螺栓应符合《六角头螺栓 C 级》GB/T5780-2000 的要求, 螺母应符合《六角螺母 C 级》GB/T41-2000 的要求, 垫圈应符合《平垫圈》GB/T95-2002 的要求。安装完成后表面刷防锈漆。
3. 所有外露钢结构应作防锈处理, 采用热浸锌工艺, 锌层厚度≥80μm。
4. 砼、砌体: 水池池体混凝土强度等级为 C25, 基础垫层采用 C10 混凝土, MU10 粘土砖, M7.5 号水泥砂浆, 混凝土抗渗标号为 P6; 为保证结构的水密性应在水池砼中掺加膨胀型防水剂, 防水剂的采用应做配合比试验确定其掺量和适应性。构筑物的混凝土水灰比不大于 0.5。
5. 钢筋: HPB300 级钢筋、HRB400 级钢筋。
6. 型钢及钢板: Q235-B。
7. 焊条: HRB400 级钢筋之间用 E50, HPB300 级钢筋及 Q235B 之间用 E43。
8. 抹面: 水池底板面当无找坡层时均为 20 厚 1:2 防水砂浆抹面, 其余混凝土墙体迎水面要求混凝土面平整为清水墙。

707.03 施工要求

1. 沉淀池基础工程

a. 本工程采用天然地基，填土不得作为地基。地基承载力应 $\geq 150\text{kPa}$ ，基坑开挖到标高后，应现场验槽，如实际情况与设计不符应另作处理。

b. 基础施工完毕后应及时回填，两侧填土应均匀对称进行，基坑填土压实系数应不小于 0.94。

c. 施工期间注意基坑排水，防止基坑集水造成水池上浮。

2. 钢筋混凝土工程

a. 受力钢筋保护层厚度：池壁内侧和外侧均为 35mm。底板上下层均为 40mm。

b. 施工时，预留洞和预埋件位置必须严格按照工艺图留设，并且在浇注混凝土时进行复查，以免错漏，造成返工。

c. 当孔边尺寸不大于 300mm 时，钢筋应绕过孔口，不得切断，当孔边尺寸大于 300 时，应配置相应的斜筋、环筋进行加固。切断钢筋应伸至孔边锚固。

d. 钢板及其预埋件见建筑图和有关标准图，外露钢结构均采用热镀锌工艺进行防腐处理，要求镀锌层厚度 $\geq 80\mu\text{m}$ 。

e. 钢筋的搭接接头，受拉钢筋搭接长度除图中注明外，一级钢为 30d，二级钢为 45d，钢筋搭接的接头应错开，同一截面处的钢筋接头数量应不大于总数的 25%。

f. 施工中若必需留置施工缝时，其构造及施工要求应按《地下工程防水技术规范》GBJ50108-2001 第 4.1.21 和 4.1.22 条执行。

g. 在施工期间，施工单位应验算施工阶段的抗浮稳定，当不能满足抗浮要求时，必须采取施工抗浮措施。

h. 池体施工完毕后应按《给水排水构筑物施工及验收规范》（GBJ141-90）做满水试验，试验合格后方可做回填及饰面，并沿水池四周分层均匀夯填直至设计高程。

3. 其他

a. 必须严格按图纸施工，修改或变更设计，必须经结构设计人员同意。若施工过程中发现问题，应及时通知设计单位解决。土建施工前必须与各工种图纸校对，如有矛盾应及时通知相关设计人员解决。

b. 各构筑物相对标高， ± 0.00 可根据实际情况进行调整，需由业主、监理和设计人员现场确定后方可开展施工。

c. 处理设施与出水口之间管段连接应确保需收集的排水全部进入处理系统；

经净化处理后的雨污水排放应根据实际情况就近排放至农灌沟渠或既有排水沟道；进出水管段长度及位置经业主、监理、设计代表、施工单位确定后，按实计量。

d. 简易隔油沉淀池施工完毕后设置覆盖式防护网并悬挂警示标志牌，预防人畜跌落溺水。

e. 各污水构筑物应定期对油污及污泥进行清理，保证进出水通畅，设计未设置梯步，必要时维护期间应自备简易梯。

f. 因沉淀池为半埋式，桥梁竖向排水管接至沉淀池水平进水口段可能出于悬空状态，需根据实际情况设置砖柱进行支撑，具体发生量以监理计量为准。

g. 应充分重视安全措施，按照有关法律法规、行业技术标准等设置安全设施。排水管道施工为高空作业，必须严格执行《建筑施工高处作业安全技术规范》（JGJ80-91）及相关规范规程。

h. 施工单位在施工过程中应充分重视施工安全，加强施工人员的安全教育工作，做好安全保障措施，以确保施工安全，做到“文明施工、安全第一”。

i. 施工前必须与各工种图纸校对，如有矛盾应及时通知相关设计人员解决。

707.04 质量检验

径流收集和处理工程应满足各有关施工验收要求进行施工。