

**中国化学工程集团有限公司**

China National Chemical Engineering Co.,LTD.

# 质量管理专业培训教材

**第四分册 公路市政工程**





# 中国化学工程集团有限公司 质量管理专业培训教材

第四分册 公路市政工程

CNCEC

二〇二〇年十一月

# 编 委 会

主 任：韩 兵

副主任：张学雷 梁华金 潘新宇 田贵斌（执行）

编 委：

冯军伦 张效康 黄俊斌 刘体义 徐承俊 郑国昌 张小汇 陈建军 彭兵虎 陈敬杰  
聂述刚 黎 明 姜战士 徐宇霞 陈 燕 毕文生 马耀华

参加编制人员：（按姓氏笔画排列）

丁晓勇 丁晓峰 王 伟 王自颖 王 平 尹保文 付 磊 台德树 冯圣余 冯兆辉  
田斌斌 孙 莹 刘思静 刘 军 李 强 李志强 李卫东 李立红 刘胜峰 刘晓亮  
刘建平 刘 哲 纪 崇 许同山 陈先强 陈银川 陈桂喜 陈嘉熙 吴明傲 苏 华  
严恒静 杨定雄 杨德义 苏玉贤 张建月 张 昶 张 培 张学进 张德福 张新彪  
张 勇 张云霞 宗崇武 单春芳 贺建平 郭高魁 郭寅寅 展庆刚 唐朝全 夏明干  
崔燕春 程国华 董 军 蔡 敏 薛慧峰 燕海银

主编单位：

中国化学工程第三建设有限公司

参编单位：

中化二建集团有限公司

中国化学工程第六建设有限公司

中国化学工程第七建设有限公司

中国化学工程第十一建设有限公司

中国化学工程第十三建设有限公司

中国化学工程第十四建设有限公司

中化学交通建设集团有限公司

中国化学建设投资集团有限公司

# 前 言

为深入贯彻中共中央国务院《关于开展质量提升行动的指导意见》和国资委《关于中央企业开展质量提升行动实施意见》精神，落实集团公司质量提升行动和精细化管理工作要求，全面提升工程项目质量标准化、规范化水平，有效防范工程项目质量风险，加快建设具有国际竞争力的一流企业，为集团公司健康可持续改革发展奠定坚实的质量基础，集团公司印发《关于组织编制集团公司〈工程项目质量管理专业培训教材〉的通知》（安质发〔2020〕15号），于2020年5月启动开展《质量管理专业培训教材》编制工作。

《质量管理专业培训教材》由中国化学工程第三建设有限公司主编，中化二建集团有限公司、中国化学工程第六建设有限公司、中国化学工程第七建设有限公司、中国化学工程第十一建设有限公司、中国化学工程第十三建设有限公司、中国化学工程第十四建设有限公司、中化学交通建设集团有限公司、中国化学建设投资集团有限公司等单位参与编写，经过多次广泛征求意见，历时一年编制完成。

《质量管理专业培训教材》共分为第一分册综合质量管理基础知识、第二分册建筑工程、第三分册安装工程、第四分册公路市政工程等四个分册。是集团公司适应新时代高质量发展的要求，是企业提升企业标准化管理水平、健康可持续改革发展的现实需要，对提高企业项目管理水平和工程产品质量，传播和提升品牌形象，提高市场核心竞争力，具有重大意义。

本教材在使用过程中，各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议寄送至中国化学工程集团有限公司安全质量监督部，以供今后修订时参考。

# 总 目 录

总 则 .....	1~2
-----------	-----

第一分册 综合质量管理基础知识 .....	3~188
-----------------------	-------

第一章 国家的质量有关的法律法规条例 .....	3
第二章 集团公司质量管理文件 .....	51
第三章 质量管理体系 .....	58
第四章 质量管理体系内审员培训 .....	67
第五章 建设工程项目质量控制 .....	84
第六章 质量风险管理 .....	109
第七章 焊接工艺评定、WPS、焊工资格考试 .....	135
第八章 工程质量（问题）事故和应急预案管理 .....	143
第九章 质量监督检查管理 .....	155
第十章 工程质量服务 .....	174
第十一章 新上岗 / 转岗质量员培训 .....	179
第十二章 海外项目质量管理 .....	183

第二分册 建筑工程 .....	1~424
-----------------	-------

第十三章 地基与基础工程的质量控制和验收 .....	1
第十四章 混凝土结构工程 .....	103
第十五章 砌体工程 .....	168
第十六章 钢结构工程质量控制 .....	202
第十七章 屋面工程 .....	234
第十八章 建筑装饰装修工程 .....	242
第十九章 室内给排水、采暖、燃气工程 .....	260
第二十章 通风与空调工程 .....	274
第二十一章 建筑电气工程 .....	308
第二十二章 建筑节能工程 .....	380
第二十三章 地下（室外工程）管道安装 .....	406

第三分册 安装工程 .....	1~403
-----------------	-------

第二十四章 通用机械设备安装 .....	1
----------------------	---

第二十五章	静设备安装 .....	11
第二十六章	动设备安装 .....	31
第二十七章	球罐制作安装 .....	96
第二十八章	储罐制作安装 .....	156
第二十九章	工业金属管道安装工程 .....	225
第三十章	工业设备、管道防腐蚀和绝热工程 .....	259
第三十一章	化工电气安装工程 .....	285
第三十二章	化工仪表安装工程 .....	303
第三十三章	无损检测、理化试验 .....	324
<b>第四分册 公路市政工程 .....</b>		<b>1~331</b>
第三十四章	公路工程 .....	1
第三十五章	长输管线通用部分 .....	264
第三十六章	给排水管道 .....	285
第三十七章	热力管道 .....	308
第三十八章	天然气管道 .....	316

# 目 录

第四分册 公路市政工程.....	1~331
------------------	-------

<b>第三十四章 公路工程.....</b>	<b>1</b>
------------------------	----------

第一节 路基工程.....	1
第二节 排水工程.....	46
第三节 防护支挡工程.....	56
第四节 路面工程.....	68
第五节 桥梁工程.....	94
第六节 涵洞工程.....	183
第七节 隧道工程.....	199
第八节 交通安全设施.....	228
第九节 绿化工程.....	240
第十节 声屏障工程.....	244
第十一节 管廊工程.....	247
第十二节 照明工程.....	257

<b>第三十五章 长输管线通用部分.....</b>	<b>264</b>
----------------------------	------------

第一节 材料及设备检验.....	264
第二节 交接桩及测量放线.....	266
第三节 管沟开挖及管道组焊安装.....	267
第四节 不开槽管道施工.....	272
第五节 管道附属工程.....	283

<b>第三十六章 给排水管道.....</b>	<b>285</b>
-------------------------	------------

第一节 基本规定.....	285
第二节 沟槽开挖与支护.....	285
第三节 地基处理.....	288
第四节 管道主体结构施工.....	288
第五节 沟槽回填.....	298
第六节 管道附属构筑物.....	300
第七节 管道功能性试验.....	304
第八节 常见质量通病及分析.....	305

**第三十七章 热力管道.....308**

第一节 一般要求 ..... 308

第二节 沟槽开挖 ..... 308

第三节 热力管道安装 ..... 309

第四节 除锈防腐 ..... 311

第五节 保温施工 ..... 311

第六节 检查井施工 ..... 311

第七节 回填土施工 ..... 311

第八节 热力管道功能性试验..... 312

第九节 热力管道常见质量通病及分析 ..... 313

**第三十八章 天然气管道 .....316**

第一节 基本概念 ..... 316

第二节 施工作业带清理及施工便道修筑 ..... 317

第三节 材料、防腐管的运输和保管 ..... 318

第四节 布管及现场坡口加工..... 319

第五节 管口组队、焊接及验收..... 320

第六节 管道防腐和保温 ..... 324

第七节 管道下沟及回填 ..... 325

第八节 管道穿（跨）越工程及同沟敷设 ..... 326

第九节 管道清管、测径及试压..... 327

第十节 工程交工验收 ..... 329

第十一节 输气管道干燥及管道接头..... 330

## 第四分册 公路市政工程

## 第三十四章 公路工程

## 第一节 路基工程

## 一、一般规定

路基开工前，应在全面理解设计要求和设计交底的基础上，进行现场调查和核对。应在项目建设管理单位组织下，同设计单位、监理单位、和沿线的地方政府，对涉及沿线厂矿企业、村镇通行及农业生产的跨线桥、通道、涵洞等进行核查；并核查排水系统设计是否完善、合理，以及排水结构物的基础高程和走向，使全线的构造物满足功能要求，确保工程完工后不影响工程沿线地区的生产、生活。

应组建精干、高效的施工组织机构，配备充足的管理人员，满足正常施工生产作业的需求。

做好现场取、弃土场的位置选择。除图纸设计或项目建设管理单位书面认可，在服务区、停车区、养护工区、收费站、互通立交、分离式路基两幅之间等范围内，严禁进行挖掘取土、弃料工作。

## (一) 技术方案

1. 在开工前，应对设计文件进行审核，对设计中存在的问题应及时提请监理单位或建设单位要求设计单位进行解决，并做好设计技术交底。

2. 在做好现场调查后，应根据设计要求、合同和现场的实际情况，编制实施性施工组织设计，按规定进行报批。

3. 在开工前应建立健全项目的质量、环保、安全、廉政和检测管理体系。对各施工班组、施工人员进行岗前培训和安全技术交底。

4. 按照要求完成导线点、水准点的复测和加密测量工作，做好数据分析及核查，编制书面记录报告并报监理单位审批，并保护好各桩点。

5. 分项、分部和单位工程的划分，应结合工程实际并按照项目建设管理单位、监理单位要求执行。

6. 编制分项工程的施工方案，重大方案应编制专项方案并经专家评审通过。

7. 应在开工前将《总体开工报告》报送监理工程师审批，分部或分项工程开工前 14 天向监理工程师提交开工报告。

## (二) 测量放线

## 1. 基本要求

1.1 测量所用仪器设备均应经专门的仪器检验标定部门进行定期标定，检验校正合格后，方能



使用。仪器标定、校正报告复印件报监理工程师审核并备案。

1.2 在项目建设管理单位主持下，设计单位向施工单位、监理单位提供测设资料和测量标志，并留有各方签字的交桩记录。施工单位在 28 天内将复测结果提交监理工程师。

1.3 经过复核，对异议的导线控制点和基准点，应及时提交书面报告给监理工程师，监理工程师进行复核后，报告设计单位。

1.4 应将施工中所有控制桩以及监理工程师认为对放样和检验用的标志桩，进行加固保护，并做明显标记。

1.5 所有导线点、水准点复测和增设点、横断面复测补测等工作，测量精度、技术要求等应符合《公路勘测规范》、《公路路基施工技术规范》及招标文件要求。复测点应符合相应等级和精度要求，同一项目内相邻合同段的导线点、水准点应闭合。

1.6 施工过程中，应保护好控制桩点，并及时恢复被破坏的桩点。

1.7 每项测量成果应进行复核，原始记录应存档。

1.8 测量控制点每半年至少应复测一次水准点，雨季后和季节性冻融循环地区冻融后也要进行一次复测。

## 2. 导线复测

2.1 应根据设计提供资料计算复核导线控制点，做好检查复测工作。

2.2 对可能受施工影响的导线点，施工前应加以固定或改移，从开工至竣工验收的时间段内应保证其精度。

## 3. 水准点复测

3.1 使用监理工程师认可的水准点，应进行复核，超出容许误差范围应查明原因，并及时报监理工程师。

3.2 沿路线每 500m 宜有一个水准点。高速公路、一级公路宜加密，每 200 米有一个水准点。在结构物附近、高填深挖地段、工程量集中及地形复杂地段，宜增设水准点。

## 4. 断面复测

4.1 横断面测量应逐桩施测，断面布置数量及横向测点应与设计对应，施测宽度应满足路基及排水设施的需要。如实际施测过程中发现地形地貌与设计有较大出入，应加测横断面。对深挖高填路段，每挖填 3 ~ 5m 或者一个边坡平台（碎落台）应复测中线和横断面。

4.2 横断面复测宽度应满足路基及排水设施的需要。在横断面施测中应反映地形、地物的变化，并标出相关水位、建筑物等位置。

4.3 应对横断面进行复测，外业工作结束后，根据实测数据及设计参数绘制横断面图，计算断面方量并与设计量进行对比，书面报监理工程师确认。

## 5. 中线放样

5.1 路基开工前，应进行全段中线放样并应固定路线主要控制桩，宜采用坐标法进行测量放样；

5.2 中线放样时，应注意路线中线与结构物中心、相邻施工段的中线闭合，发现问题应及时查

明原因，进行处理；

5.3 实际放样与设计图纸不符时，应查明原因后进行处理。

### （三）试验工作

1. 路基施工前，应建立具备相应试验检测能力的工地试验室，工地试验室标定、验收，登记备案已完成。

2. 路基填前碾压前，应对路基基底原状土进行取样试验。每公里应至少取 2 个点，并根据图纸变化增加取样点数。

3. 应及时对拟作为路堤填料的材料进行取样试验。土的试验项目应包括天然含水率、液限塑限、颗粒分析、击实试验、CBR 试验等，必要时还应做相对密度、有机质含量、易溶盐含量、冻胀和膨胀量等试验，对于特殊土（如黄土、软土、盐渍土、红黏土、高液限黏土和膨胀土等），还要进行相关试验以确定其性质及处置方案。

4. 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。

### （四）机械准备

#### 1. 设备种类

路基施工机械设备主要包括推土机、装载机、挖掘机、铲运机、平地机、压路机、羊足碾、冲击碾、凿岩机、湿地挖掘机、湿地推土机，强夯设备以及石料破碎和筛分设备，根据工程的作业要求、填料类型、填筑量、运输条件等，选择不同的机械设备。

#### 2. 设备的选择

机械设备进场实行准入制，进场时相关手续齐全，并满足相关安全、环保要求。

### （五）场地清理

#### 1. 基本要求

1.1 应按设计图纸进行用地放样，确定现场工作界线。

1.2 原地面清理拆除、整平压实后，将土石方调配方案提交监理工程师审核。

1.3 清理和拆除工作完成后，应由监理工程师检查验收，验收合格后才能进行下一道工序施工。

#### 2. 清理场地

2.1 路基用地范围内的树木、灌木丛等应在清表前砍伐或移植，砍伐的树木应堆放在路基用地之外，并妥善处理。

2.2 路基用地范围内及取土场的垃圾、有机物残渣及草皮、农作物的根系和表土应予以清除，并且有序集中地堆放在指定场地内。其表层耕植土应集中封存，供土地复耕和绿化使用。场地清理完成后，应全面进行填前碾压，使其压实度达到规定要求。

2.3 路基用地范围及取土场范围内的树根应全部挖除，并将路基范围内的坑穴填平夯实。

2.4 路基过河、塘地段，应按设计图纸要求进行处理。

#### 3. 拆除与挖掘



3.1 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，对正在使用的道路设施及构造物，应在对其正常使用做出妥善安排之后，方可拆除。

3.2 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工程师要求。拆除原有结构物或障碍物需要进行爆破或其他作业有可能损伤新结构物时，应在新工程动工之前完成。

3.3 所有指定为可利用的材料，有序堆置于指定区域。对于废弃材料，应按监理工程师指示妥善处理。对于因拆除施工造成的坑穴，应回填并夯实，并达到规定的压实度。

#### （六）地表处理

1. 地基表层碾压处理压实度标准为：二级及二级以上公路一般土质不应小于 90%，三、四级公路不应小于 85%。低路堤应对地基表层土进行超挖、分层回填压实，其处理深度应不小于路床厚度，设计图纸对原地表处理碾压的压实度有特殊要求的应不小于设计值。

2. 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，压实度应符合上条规定。对可能存在空洞隐患的，应结合具体情况采取相应的处置措施。

3. 泉眼或露头地下水，应按设计要求采取有效导排措施将地下水引离后方可填筑路堤。

4. 地基为耕地、松散土质、水稻田、湖塘、软土、过湿土等时，应按设计要求进行处理，局部软弹的部分应采取有效的处理措施。

5. 陡坡地段、填挖结合部、土石混合路段、高填方地段地基等应按设计要求进行处理。

6. 地下水位较高时，应按设计要求进行处理。

7. 特殊地段路基应先核对地勘资料，确定设计资料与实际的符合性、处理方法的适用性，必要时重新补勘地质、水文资料，根据结果重新确定处理方案。

#### （七）试验路段

1. 下列情况应进行试验路段施工

1.1 二级及二级以上公路路堤；

1.2 填石路堤、土石路堤

1.3 特殊填料路堤（特殊填料是指具有与一般土质不同工程特性的材料，如煤矸石、泡沫轻质土等）；

1.4 特殊路基；

1.5 拟采用新技术、新工艺、新材料、新设备的路基。

2. 试验段应选择地质条件、路基断面型式等具有代表性的地段，长度不宜小于 200m。

3. 试验路段施工总结以包括下列内容：

3.1 填料试验、检测报告等；

3.2 压实工艺主要参数：机械组合；压实机械规格、松铺厚度、碾压遍数、碾压速度、最佳含水率及碾压时含水率范围等；

3.3 过程工艺控制方法；

3.4 质量控制标准；

3.5 施工组织方案及工艺的优化；

3.6 原始记录、过程记录；

3.7 对施工图的修改和建议等；

3.8 安全保证措施；

3.9 环保措施。

4. 试验路段施工总结报告内容根据实际需要适当增加内容，但要全面、真实地反映试验情况，为后续施工提供依据。

## 二、土方路基

根据《公路路基施工技术规范》（JTG/T3610-2019）规定，用粒径大于40mm且石料含量超过总质量70%的路基为填石路基，石料含量为总质量30%~70%的路基为土石路基，即主要采用土方填筑，路基填筑所用石料含量占总质量比例小于30%的，为土方路基。

### （一）质量控制要求

1. 土方路基施工过程中应符合下列基本要求：

1.1 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。

1.2 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。

1.3 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。

1.4 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. 土方路基外观质量方面：

2.1 路基边线与边坡不应出现单向累计长度超过50m的弯折；

2.2 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。

3. 公路路基工程质量检验的主要内容包括：

路基的宽度和标高（包括边沟）；路基的平面位置；边坡坡度及边坡加固；排水设施的尺寸及底面纵坡；填土压实度、弯沉值；取土坑、弃土堆、护坡道、截水沟、排水沟的位置和形式是否正确；隐蔽工程检查记录。

4. 土方路基实测项目：

压实度、弯沉值、纵断高程、中线偏位、宽度、平整度、横坡、边坡。土方路基压实度标准见下表。

表 34-1 公路土方路基压实标准表

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	按规范要求。密度法：每 200m 每压实层测 2 处

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	
	下路床	轻、中级重交通荷载等级	0.3~0.8m	≥ 96	≥ 95	≥ 94	
		特重、极重交通荷载等级	0.3~1.2m	≥ 96	≥ 95	—	
	上路堤	轻、中级重交通荷载等级	0.8~1.5m	≥ 94	≥ 94	≥ 93	
		特重、极重交通荷载等级	1.2~1.9m	≥ 94	≥ 94	—	
	下路堤	轻、中级重交通荷载等级	>1.5m	≥ 93	≥ 92	≥ 90	
		特重、极重交通荷载等级	>1.9m				
2	弯沉（0.01mm）			小于等于设计弯沉值			按规范求
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			米尺：每 200m 测 4 处
6	平整度（mm）			W15	W20		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 处

## (二) 过程控制方法

路基填筑施工过程质量控制主要包括测量放样、清表、基底处理及压实、试验段施工、原材料控制、路基填筑等阶段。

### 1. 施工准备

施工前进行导线点复测, 复测无误后方可进行测量放样。测量放样主要指放出中线、边线及原地表复测, 根据原地表复测结果可进行土方填筑分段及分层; 进行地质调查和土质试验, 对现场地质、水文等情况进行详细调查, 确定临时排水、防护、便道修建等方案; 结合现场调查情况做好路基防排水措施; 确定施工顺序及土方调配方案。

### 2. 清表

2.1 开工前必须对图纸所示的路基范围内各类现有障碍物和设施的位置及场地清理情况, 进行现场核对和补充调查。

2.2 在复核设计及路基放样无误后, 根据现场地面实际条件及土质情况按施工规范及设计要求进行场地清理。

2.3 场地清理根据填筑施工的需要, 分期分批进行, 原则上是全面清表、分段弃方。

2.4 场地清理包括清除路基范围内的树根、草皮等植物根系, 将路基填筑基底范围内 30cm 厚种植土及非适用性土清理挖除, 直至地基土满足要求为止。对不符合路基填料要求的土体, 挖除后外运至指定的弃土场。

### 3. 基底处理和压实

3.1 不需要特殊处理的路基, 应在洒水湿润或翻晒达到最佳含水量后, 采用重型振动压路机对基底进行压实。



路基清表

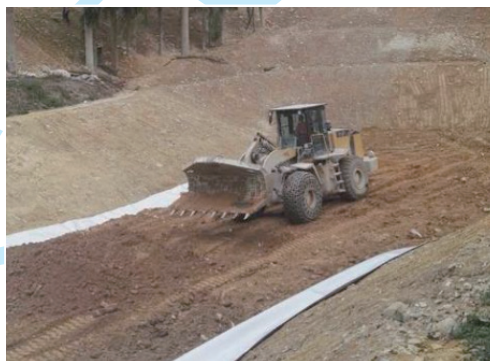
原地面坑、洞、穴等，应在清除沉积物后，用合格填料分层回填分层压实。对可能存在空洞隐患的，应结合具体情况采取相应的处置措施。

3.2 地基表层碾压处理压实度控制标准为：二级及二级以上公路一般土质应不小于 90%；三、四级公路应不小于 85%。低路堤应对地基表层土进行超挖、分层回填压实，其处理深度应不小于路床厚度。

3.3 地基为耕地、松散土质、水稻田、湖塘、软土、过湿土等时，应按设计要求进行处理，局部软弹的部分应采取有效的处理措施。



原地表冲击碾压



沟塘回填

3.4 陡坡地段、填挖结合部、土石混合地段、高填方地段地基等应按设计要求进行处理。

3.5 地下水位较高时，应按设计要求进行处理。

3.6 特殊地段路基应先核对地勘资料，确定设计资料与实际的符合性、处理方法的适用性，必要时重新补勘地质、水文资料，根据结果重新确定处理方案。

3.7 基底压实度达到规范要求后，进行取样试验，经自检合格后，报监理工程师核准通过方能进行路堤的填筑。

#### 4. 路基填筑材料要求

4.1 宜选用级配好的砾类土、砂类土等粗粒土作为填料。

4.2 含草皮、生活垃圾、树根、腐殖质的土严禁作为填料。

4.3 泥炭土、淤泥、冻土、强膨胀土、有机质土及易溶盐超过允许含量的土等，不得直接用于填筑路基；确需使用时，应采取技术措施进行处理，经检验满足要求后方可使用。



4.4 粉质土不宜直接用于填筑二级及二级以上公路的路床，不得直接用于填筑冰冻地区的路床及浸水部分的路堤。

4.5 高速公路、一级公路路床填料宜采用砂砾、碎石等水稳性好的粗粒料，也可采用级配好的碎石土、砾石土等；粗粒料缺乏时，可采用无机结合料改良细粒土。

4.6 填料最小承载比和最大粒径应符合下表的规定

表 34-2 路基填料最小承载比和最大粒径要求

填料成用部位（路面以下深度）（m）				填料最小承载比（CBR）（%）			填料最大粒径（mm）
				高速公路	二级公路	三、四级公路	
				一级公路			
填方由基	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
		特重、极重交通	0.30~1.20				
	上路堤	轻、中及重交通	0.8~1.5	4	3	3	150
		特重、极重交通	1.2~1.9				
	下路堤	轻、中及重交通	1.5 以下	3	2	2	150
		特重、极重交通	1.9 以下				
零填及挖方路基	上路线		0~0.30	8	6	5	100
	下路床	轻、中及重交通	0.30~0.80	5	4	3	100
		特重、极重交通	0.30~1.20				

#### 5. 路基填筑工艺性试验

在路基开工前，应选择地质条件、断面形式等具有代表性的路段进行试验段施工，进行施工工艺、数据及参数的验证和采集。

##### 5.1 下列情况应进行试验路段施工：

5.1.1 二级及二级以上公路路堤；

5.1.2 填石路堤；

5.1.3 土石路堤；

5.1.4 特殊填料路堤；

5.1.5 特殊路基；

5.1.6 拟采用新技术、新工艺、新材料、新设备的路基。

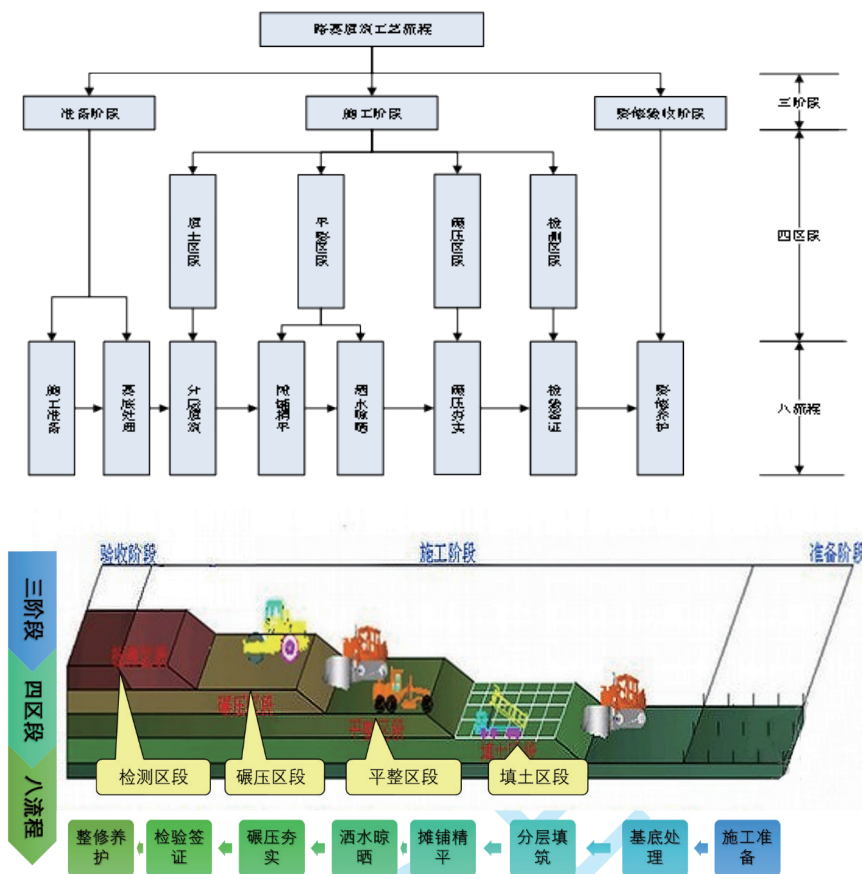
5.2 现场填筑工艺性试验，是将设计标准和室内试验数据转化为施工控制参数的必要环节，在大规模施工之前，或材料来源发生变化后，按规定进行现场工艺性试验，以确保填筑工艺，保证填筑质量。

通过对比试验，确定最合理的虚铺厚度、压实厚度、最经济的压实遍数、最佳含水率、最佳的机械组合、合理的机械走行速度、合理的分段长度以及最合理的施工控制方法。

#### 6. 路基填筑施工工艺及控制要点

6.1 路基填筑应按“三阶段、四区段、八流程”的施工工艺组织施工，填土作业区段划分原则是保证施工互不干扰，每一作业区段以 200 ~ 300m 为宜。各区段或流程内严禁几种作业交叉进行。

路基填筑工艺流程如图所示。



路基填筑施工工艺流程图

6.2 路堤填土施工顺序：下承层处理→测量放样→施划网格→布料→推土机粗平→初压→重型振动压路机复压→平地机精平→重型压路机终压→检测压实度。具体施工要点如下所示。

6.3 每一填筑层施工前均进行施工放线，放出填层中线和填筑边线。根据路基宽度、填筑厚度及边坡坡率计算填筑边线。



路基中桩及边线

6.4 现场根据工艺性试验确定的虚铺厚度确定分层填筑厚度。填料摊铺时，在已压实好的路基面上设置方格网（石灰），控制填料摊铺数量，卸料时由专人安排根据网格所需数量控制卸料数量。虚铺厚度采用设置厚度控制墩或在路基两侧设标竿和红色施工绳等措施进行控制。



路基布料网格



厚度控制标杆



按照网格布料

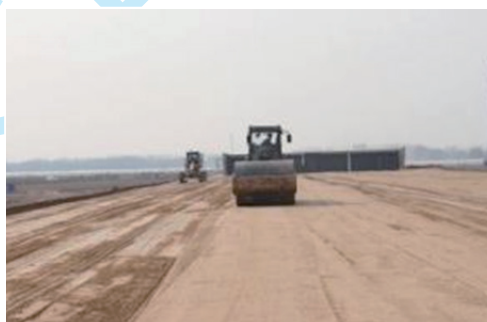


推土机推土粗平

6.5 进行碾压前对填筑层的分层厚度和大致平整程度进行检查，确认层厚和平整程度符合要求；碾压前向压路机司机进行技术交底，内容包括：碾压里程范围、压实遍数、机械走行速度、压实顺序、压实时纵横向重叠长度及有关安全注意事项。



刮平机及碾压



碾压前应检测填料含水量，对于含水量过大的土，要进行翻晒处理，含水量小的，要根据土质情况进行洒水翻拌。



含水量过大翻晒处理



含水率低洒水补水

6.6 碾压顺序：由低到高，先慢后快，先静压后振动；

6.7 压路机相邻两行碾压轮迹至少重叠 40cm，保证不漏压。

6.8 路堤各段不能同步填筑时，纵向接头处在已填筑路堤端挖出硬质台阶，台阶宽度不小于 2m，高度同填筑层厚度。



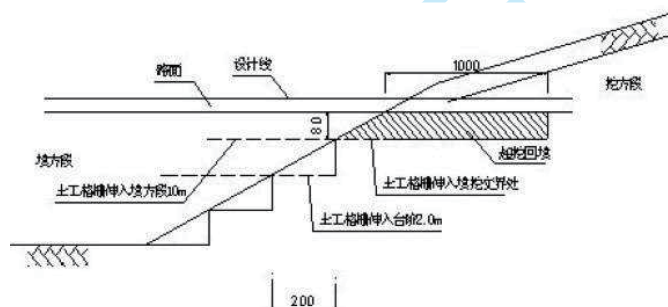
路基纵向台阶



路基碾压现场照片

6.9 填方断面边坡线按每侧超宽不小于 50cm 进行控制，为保证断面几何尺寸准确无误，直线段边桩设置间距 20m，曲线段边桩设置间距 10m。

6.10 地面自然横坡或纵坡陡于 1:2.5 ~ 1:5 时，将原地面挖成台阶，台阶宽度大于 1m。纵向搭接时，开挖宽度大于 2m 的搭接平台，进行台阶处理。



填挖交界部位搭接处理

6.11 每层填筑时，应向路基两侧做 4% 的人字横向排水坡。

6.12 在路堤本体最后几层施工时逐步进行刷坡，将刷坡土利用作填料。遇到高边坡路基，刷坡采用挖机为主人工配合上下多次挂线刷坡。



边坡刷坡

6.13 平地机整平修正时易将粗集料刮到表面，造成离析和粗细集料成“窝”或“带”，平地机来回刮平的次数越多，离析现象愈严重，平整时应设专人负责消除平地机整形后的“窝”或“带”。

#### 6.14 路基施工注意事项

6.14.1 不同性质的填料分层填筑，不得混填，每一段路基填筑段、每一水平层的全宽应用同一种填料填筑，每种填料层累计总厚度不小于 50cm。

6.14.2 填土区段按照网格化布料，网格尺寸应根据路基宽度、松铺厚度、车辆运输能力等因素进行确定。用推土机或平地机摊铺平整，使填层在纵向和横向平顺均匀，以保证压路机碾压轮表面能基本均匀接触层面进行压实，达到最佳碾压效果。

6.14.3 路基应沿横断面全宽、纵向分层填筑。当原地面高低不平时，先从最低处分层填筑，两边向中部填筑。路基边坡两侧超填宽度不小于 50cm，竣工时应刷坡整平。初压工序之后用平地机精平，局部凹坑采用人工修整。

### 7. 路床灰土施工

#### 7.1 原材料

石灰：施工所用石灰等级应符合设计及技术规范要求。施工 7 天将前石灰充分消解，并堆高焖放 2-3 天，再用于路基施工，这样既利于彻底消解，且不易扬灰，减少环境污染。

进场的生石灰块应妥善保管，加棚盖或覆土储存，应尽量缩短生石灰的存放时间。

水泥：水泥应按照设计选择型号，原则上应选择缓凝水泥，水泥进场之后按照要求进行相关检测试验。

进场水泥应妥善保管，采取下部设置平台，铺设隔水材料，上部覆盖防水卷材的方式进行存储，应结合现场施工进度分阶段进场水泥，应尽量缩短水泥的在现场的存放时间。

#### 7.2 下承层验收

下承层完成后，由路基工程师测量其标高，验证其宽度、标高和横坡度控制情况。测量标高以进行石灰土（水泥土）工程量的确认。测量组测放边桩（预留宽度 10cm，由人工修整边坡）并恢复中桩后，由各作业队收边坡。用机械粗刷边坡基本达到设计要求。

#### 7.3 素土填筑控制

与一般路段相同，路床灰土所用素土采用网格法上土，上土完成后，采用推土机初平、初压后在上部进行石灰（水泥）布料，石灰或水泥的质量按照网格尺寸、掺灰剂量等参数码方设置。



布灰码方

#### 7.4 灰剂量控制

布灰量的计算（最佳含水量状况下）：

理论计算法：

灰剂量 =  $M_{\text{灰}} / M_{\text{干土}}$

$M_{\text{灰}} = M_{\text{干土}} \times \text{灰剂量}$

$M_{\text{干料}} = M_{\text{湿料}} / (1+w)$

$M_{\text{干土}} = M_{\text{干混合料}} / (1 + \text{灰剂量})$

$M_{\text{干混合料}} = M_{\text{混合料}} / (1+w_{\text{最佳}})$

故  $M_{\text{灰}} = M_{\text{混合料}} \times \text{灰剂量} / ((1+w_{\text{最佳}}) \times (1 + \text{灰剂量}))$

M: 重量，单位：kg

W: 含水量，以 % 计。

灰土施工时按照灰土施工厚度。最大干密度、最佳含水量等数据计算单位面积所需掺灰质量。

石灰土计算掺灰质量时，要考虑消石灰含水量，水泥土计算时，按照水泥含水量为 0 计算即可。

#### 7.5 拌合

采用灰土拌和机进行路拌法施工。

当土的含水量小时，先用铧犁翻拌一遍，使灰料置于中、下层，然后洒水补充水分，再用铧犁继续翻拌，使水份分布均匀，石灰土可闷料一夜，水泥土无需闷料。考虑拌和、整平、碾压过程中的水份损失，含水量适当大些（一般可比最佳含水量大 1% 左右）。土的含水量过大，用铧犁进行翻拌晾晒。直至达到最佳量  $\pm 2\%$  左右为止。

水份合适后，用平地机粗平一遍，然后用灰土拌和机拌和一遍。拌和机应先将拌和深度调整好，由两侧向中心拌和，每次拌和应重叠 10~20cm，防止漏拌。先干拌一遍，然后视混合料的含水情况，碾压时按最佳含水量的要求，适当洒水后再进行拌合，最终达到拌和均匀，满足规范要求为准（混合料颜色一致，没有灰条、灰团和花面）。为检查底部是否留有“素土”夹层，拌和时要指派专人跟机进行挖坑检查拌和深度，每间隔 5~10 米挖验一处，检查拌和是否到底。对于拌和不到底的段落，及时提醒拌和机操作手返回重新拌和，确保改善土的压实层厚度。拌和应伸入下承层 1cm，以利于上下粘结，也应防止过多破坏土基表面，以免影响混合料的石灰剂量及底部压实。

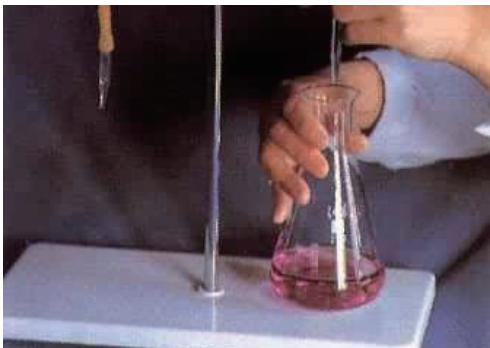


布灰



灰土拌合

对已拌和均匀的混合料，按规定的检验频率采用 EDTA 滴定法检验其石灰剂量。灰剂量低于设计的量时，则应补撒石灰或水泥，重新拌和均匀再经检验合格后方可进行下道工序。



灰剂量检测



灰土碾压

### 7.6 碾压

根据试验段总结出来的碾压遍数和机械组合进行碾压。碾压完毕做压实度检测，合格后进行下一层填筑施工。

水泥土施工过程中严格控制水泥撒布至碾压完成时间，需控制在水泥初凝前完成灰土布灰、拌合、碾压等工作。

### 7.7 养生

当一层填筑合格后，若不能立即铺筑上层的或暴露于表层的灰土必须保湿养护，如果随即在其上面进行下一填筑层的施工，可以不进行特别的养护。

养护可采用洒水或用草袋覆盖的方法，养护期一般不少于 7d。

养护期间要保持层面湿润，除洒水车外不准任何车辆通行。

### 8. 路基施工临时防排水措施

路基施工前做好场地内的防、排水工作，保证路基免受雨水浸害同时做到永临结合，以减少临时工程数量。所有临时排水设施与既有排水系统相结合，做到排水通畅，保证路基不受地表水侵害。同时避免水土流失污染农田，保护环境。



挡水埂及临时泄水槽



临时泄水槽及临时排水沟

### (三) 质量检查要点及方法

#### 1. 压实度

路基压实度是路基工程重要控制要点，路基原地表及路基填筑的的每一层均需按照检验评定要求进行检测，检验频率为每 200m 每层检测 2 个点，且每层应不少于 2 个点。

1.1 压实度检测常用方法：环刀法、灌砂法等。

1.2 环刀法试验步骤：

1.2.1 擦净环刀，称取环刀质量，准确至 0.1g；

1.2.2 在试验地点，将面积约 30cm × 30cm 的地面清扫干净，并铲去表面浮动及不平整的部分，达到一定深度，将环刀口向下，盖上压盖，用锤敲打，敲打到压盖上面的小孔有土冒出即可，用修土刀取出；

1.2.3 轻轻取下压盖，用修土刀自边至中削去环刀两端余土，用直尺检测直至修平为止；

1.2.4 擦净环刀外壁，称环刀与试样合计质量，准确至 0.1g；

1.2.5 取具有代表性的试样，测其含水量；

1.2.6 整理结果。

1.3 灌砂法试验步骤：

1.3.1 选定合适的仪器，确定各仪器材料使用状态正常，确定量砂数量够用，所使用的砂子应定期标定。

1.3.2 向灌砂桶装砂至桶顶 15mm 左右，称取桶内砂的质量  $M_1$ ，准确至 1g。

1.3.3 在实验地段选一平地清扫，将基板置上，当表面比较粗糙时，将盛有  $M_1$  量砂的灌砂桶放在基板中间的圆孔上，让砂流出至停止时，称量桶内砂  $M_2$ ， $M_1 - M_2$  质量即为砂锥质量。

1.3.4 将基板放回清扫干净的表面（原处）上，沿基板中孔凿洞（洞的直径与灌砂桶一致），在凿洞过程中将凿松的材料取出装入塑料袋中（保持水分），试洞深度等于测定层厚度，不得混入下层材料，称取每次取出的松动材料的质量，将全部取出材料质量总和  $M_3$  记下。

1.3.5 从挖出的全部材料中取出有代表性的去测其含水率  $W$ ，对于粗粒土、水泥、石灰、粉煤灰等无机结合料稳定材料宜将取出的全部材料烘干，且不少于 2000g。

1.3.6 将基板放在试坑上，将  $M_1$  砂的储砂桶下口对准基板中孔打开开关，让砂流入试坑内，停止时取走灌砂桶称取余砂质量  $M_4$ 。 $M_1 - M_4$  即为灌入试洞及砂锥的砂子质量。

1.3.7 按照计算公式计算压实度。

1.4 在路基施工过程中，为控制好路基压实质量，提高现场压实机械的工作效率，需要重点做好四方面工作：

1.4.1 通过试验准确确定不同种类填土的最大干密度和最佳含水量。

1.4.2 现场控制填土的含水量。实际施工中，填土的含水量是一个影响压实效果的关键指标，路基施工中当含水量过大时应翻松晾晒或掺灰处理，降低含水量；当含水量过低时，应翻松并洒水闷料，以达到较佳的含水量。

1.4.3 分层填筑、分层碾压。施工前，要先确定填土分层的压实厚度。最大压实厚度一般不超过 20 厘米。



1.4.4 加强现场检测控制。填筑路基时，每层碾压完成后应及时对压实度、平整度、中线高程、路基宽度等指标进行质量检测，各项指标符合要求后方可允许填筑上一层填土。

## 2. 弯沉：

路基弯沉是路基工程路床顶部质量重要控制要点，路床顶部施工完成后需按照检验评定要求进行检测，弯沉值采用落锤式弯沉仪 (FWD)、自动弯沉仪或贝克曼梁测量。每一双车道评定路段 (不超过 1km) 测量检查点数应符合下表规定，多车道公路应按车道数与双车道之比，相应增加测点。

表 34-3 弯沉测点数

检测设备	落锤式弯沉仪 (FWD)	自动弯沉仪或贝克曼梁
测点数 (点)	40	80

## 3. 其余检测要点

其余检测要点如：纵断高程、中线偏位、宽度、平整度、横坡、边坡等检测项检测方式及频率见下表。

表 34-4 土方路基检测项目检测方式及频率

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	按规范要求。密度法： 每 200m 每压实层测 2 处
	压实 度 (%)	下路床	轻、中级重交通荷载等级	0.3~0.8m	≥ 96	≥ 95	≥ 94		
			特重、极重交通荷载等级	0.3~1.2m	≥ 96	≥ 95	—		
		上路堤	轻、中级重交通荷载等级	0.8~1.5m	≥ 94	≥ 94	≥ 93		
			特重、极重交通荷载等级	1.2~1.9m	≥ 94	≥ 94	—		
		下路堤	轻、中级重交通荷载等级	>1.5m	≥ 93	≥ 92	≥ 90		
			特重、极重交通荷载等级	>1.9m					
2	弯沉（0.01mm）				小于等于设计弯沉值			按规范求	
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			米尺：每 200m 测 4 处	
6	平整度（mm）				W15	W20		3m 直尺：每 200m 测 2 处 X5 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 处	

## (四) 质量通病及防治

土方路基常见质量通病主要有：中线偏位、清表不彻底、压实度不足、出现裂缝、局部翻浆、

### 边坡冲刷等

#### 1. 路基中线偏位

产生原因：主要是导线点受到破坏，施工过程中中线复测的频率不够，没有按要求设立保护控制桩。

采取的预防措施：

1.1 进行导线测量，并加固导线点，一直保护至交工验收。

1.2 路基施工前，根据回复的路线中桩、设计图标、施工工艺和有关规定，定出路基地界桩和路堤坡脚、路堑顶、边沟、取土坑、护坡道、弃土堆等的具体位置桩。在距中心一定安全局里处设立控制桩，其间隔不大于 50m，桩上标明桩号和路中心填挖高度。

1.3 在放完边桩后，应进行边坡放样，对深挖高填地段，每挖深或填高 60-80m 复测一次中线桩，测定路基标高和宽度，以控制边坡的坡度。

1.4 机械施工中，在边桩处设立明显填挖标志，并在不大于 200m 间距段落内、距中心桩一定距离设立控制桩。

#### 2. 路基填前清表不彻底，潜伏着滑坡、差异沉降等隐患。

采取的预防措施：

2.1 应将路基范围内的树根全部挖除，并将坑穴填平夯实。

2.2 在填方和借方地段的原地面应进行表面清理，清理深度应按照设计方案，根据种植土厚度决定，清出的种植土应集中堆放。填方地段在清理完地表后，应整平压实达到规定要求，重新测量地面标高，经检查验收后，方可进行填方作业。

#### 3 在施工中，路基压实度不能满足施工要求

产生原因：压实遍数不够；压路机质量偏小；填土松铺厚度过大；碾压不均匀，局部有漏压现象；含水率偏离最佳含水率，或超过有效压实规定值；没有对紧前层表面浮土或松软层进行处治；土场土质种类多，出现不同类别土的混填；填土颗粒过大（ $> 10\text{cm}$ ），颗粒之间空隙过大，或采用不符合要求的填料，如粉质土、有机土及高塑指的粘土等。

采取的预防措施：

3.1 确保压路机的质量及压实遍数符合规范要求。

3.2 选用重型振动压路机碾压，保证碾压均匀。

3.3 压路机应进退有序，碾压轮迹重叠、铺筑段落搭接超压应符合规范要求。

3.4 填筑土应在最佳含水率  $\pm 2\%$  时进行碾压。

3.5 当下层因雨松软或干燥起尘时，应彻底处治至压实度符合要求后再进行当前层施工。

3.6 优先选择级配较好的粗粒土等作为路基填料，填料最小强度应符合要求。

#### 4. 路基边缘压实度不足。

产生原因：路基填筑宽度不足，未按超宽填筑要求施工；压实机具碾压不到边；路基边缘漏压或压实遍数不够；采用三轮压路机碾压时，边缘带碾压频率低于路基正线。

采取的防治措施：

- 4.1 路基施工应按设计的要求进行超宽填筑。
- 4.2 控制碾压工艺，保证机具碾压到边。
- 4.3 认真控制碾压顺序，确保轮迹重叠宽度和段落搭接超压长度。
- 4.4 提高路基边缘带压实遍数，确保边缘带碾压频率高于或不低于路基正线。
5. 路基出现裂缝或局部翻浆，压实度达不到要求。

产生原因：取土源在深度上不同土质交错分层，混杂运输，填筑时也未采取措施；取土源土质相同而含水率差异很大；不同土质填筑时，没有根据填料的性质（强度、透水性等）差异合理确定填筑方案，含水率控制不好。



路基翻浆



路基裂缝

采取的防治措施：

- 5.1 取土源遇有土质交错分层时，可分层挖土，分堆存放，分别使用；对于含水率大的土通常采用晾晒的办法疏干水分，工程紧迫时可采用掺加一定剂量的生石灰或水泥稳定土等。
- 5.2 填料土质不同时，填筑方案应符合下列规定：
  - 5.2.1 以透水性较差的土填筑路堤下层时，做成4%的双向坡；如用于填筑上层时，除干旱地区外，不得覆盖在透水性较好的土所填筑的路堤边坡上。
  - 5.2.2 不同性质的土应分层填筑，不得混填，尤其是不能用透水性差的土壤包裹透水性好的土壤，以免在填方区形成“水囊”。每种填料层累计总厚不小于0.5m。
  - 5.2.3 不因潮湿或冻融影响而改变其体积的优良土填在上层，强度较小的土填在下层。
  - 5.2.4 加强含水率控制，碾压前检测含水率是否在最佳含水率附近，过干或过湿需要采取洒水或翻晒的方式进行控制含水量。对于局部出现翻浆的情况采取局部翻晒、挖除换填、掺灰处理等方式治理。

#### 6. 路基边坡严重冲刷。

产生原因：过早削坡而边坡防护工程未能及时赶上；未设临时急流槽和拦水梗；每次雨水冲刷后未能及时修补路基；边坡没有植被防护；路基亏坡，整修时采用“补贴法”，致使边坡不密实，两层皮，整体性差；排水沟边缘距路基坡脚太远；路基施工没按超宽填筑、超宽压实的要求做，致使亏坡。



边坡水毁

采取的预防防治措施：

6.1 削坡后边坡防护工程应及时跟上。

6.2 设临时急流槽和拦水埂。

6.3 雨水冲刷后应及时修补路基。

6.4 路基施工应超宽填筑、超宽碾压，一般较设计宽度每侧富裕不少于 50cm，以确保边坡密实。

6.5 路基亏坡，整修时开蹬，分层填筑压实，严禁补贴，确保路基整体性和边坡密实。

6.6 排水边缘距路基坡脚不少于 2m。

6.7 种植灌木、草皮，强化边坡植被防护。

7. 碾压好的路基放置两三天后出现较大的裂纹。

可能原因：碾压时含水量过大或掺灰量不够。

防治措施：严格控制碾压时的含水量，如含水量过高应摊铺晾晒后再进行碾压；石灰可以降低含水，又可以对土起到固化作用，适当的参灰量有利于强度的形成。

8. 碾压好的灰土表面出现石灰团。



灰土表面石灰团

可能原因：路拌时石灰未充分消解。

防治措施：加强石灰的消解，可采取水消解法。如果取土场的土含水量较大可用土覆盖两三天的方法来消解，即消解石灰，又可降低土的含水量。

### 三、石方路基

#### （一）质量控制要求



## 1. 填料控制

1.1 膨胀性岩石、易容性岩石不易用于路基填筑，强风化石料、崩解性岩石和盐化岩石不得直接用于石质路基填筑。

1.2 路基填筑用石块抗压强度不小于 15Mpa，粒径不大于 32cm。

1.3 如采用现场解石获得的小石块，石块中不得掺杂针片状碎石。

1.4 填料粒径应不大于 250mm，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 40 cm 范围内，应填有适当级配的砂石料，最大粒径应不超过 15 cm，路床填料粒径应不大于 100mm。

## 2. 压实要求

2.1 上路堤（路床顶面以下 0.8 米 -1.5 米）硬质石料孔隙率不大于 23%、中硬石孔隙率不大于 22%、软质石料孔隙率不大于 20%。

2.2 下路堤（路床 1.5 米以下）硬质石料孔隙率不大于 25%、中硬石孔隙率不大于 24%、软质石料孔隙率不大于 22%。

2.3 填筑时应配备大功率推土机及重型压实机具。避免出现粗细颗粒离析，严格控制松铺厚度、压实遍数，用压实沉降差或孔隙率指标检测压实质量。

2.4 成型路基检测、压实检测或沉降差检测、纵断面高程检测、弯沉检测、宽度、平整度检测、横坡检测。

成型路基质量检测详见《公路路基施工技术规范（JTG3610-2019）》

### （二）过程控制方法

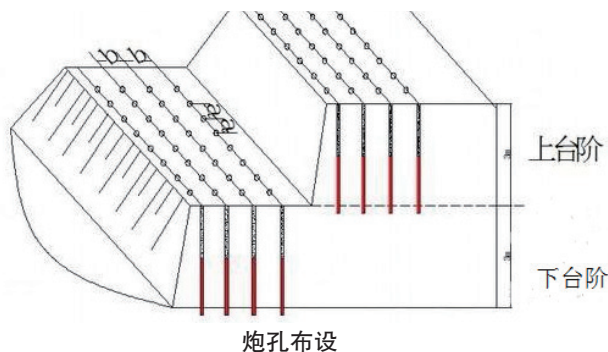
#### 1. 石质路堑爆破施工控制

##### 1.1 测量放样及定开口线

根据实际的地面高程确定开口线的位置，用白灰撒开口线。经工程师核查、审批后方可施工。

##### 1.2 布设炮孔

炮孔标定必须按照设计好的爆破参数准确地在爆破体上进行标识，不能随意变动设计位置。布孔前应先清除爆破体表面积土和破碎层，根据施工测量确定的边坡线，从边坡光面爆破孔开始标定；然后进行其他孔位的布置。布孔完成后，应认真进行校核，实际的最小抵抗线应与设计的最小抵抗线基本相符。



### 1.3 钻制炮孔

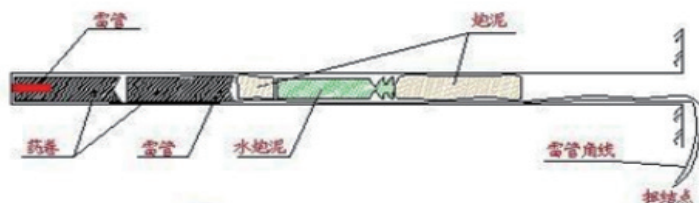
在钻孔过程中,应严格控制钻孔的方向、角度和深度,特别是边坡光面爆破孔的倾斜度应严格符合设计要求。孔眼钻进时应注意地质的变化情况,并做好。钻孔完成后,及时清理孔口的浮渣,清孔直接采用胶管向孔内吹气,吹净后,应检查炮孔有无堵孔、卡孔现象,以及炮孔的间距、眼深、倾斜度是否与设计相符。先行钻好的炮孔用编织袋将孔口塞紧,防止杂物堵塞炮孔。



钻制炮孔

### 1.4 装药

装药前,要仔细检查炮孔情况,清除孔内积水、杂物。装药过程中应严格控制药量,把炸药按每孔的设计药量分好,边装药边测量,以确保装药密度符合要求。为确保能完全起爆,起爆体应置于炮孔底部并反向装药。



反向装药结构物

### 1.5 堵塞

堵塞物用勃土和细砂拌和,其粒度不大于 30mm。含水率 15%~20。药卷安放后立即进行堵塞,首先塞入纸团或塑料泡沫,以控制堵塞段长度(光爆孔口预留 1~1.5m,主爆孔口预留 2~2.5m),然后用木炮棍分层压紧捣实,每层以 10cm 左右为宜,堵塞中应注意保护好导爆索。

### 1.6 爆破覆盖

爆破覆盖是控制飞石的重要手段,施工中采用两层草袋覆盖,先在草袋内装入砂土,覆盖后将排间的草袋用绳子连成一片,草袋覆盖时要注意保护好起爆网络。爆破石方表面是土或风化砂砾时,必须保留表土或风化砂砾 10~50cm,以减少草袋覆盖。

### 1.7 连接起爆网络

根据设计的起爆网络图进行起爆电雷管、火雷管的起爆网络连接,连接好后,进行网络的检查,检查完全无问题后进入起爆程序。

### 1.8 起爆



整个起爆过程中由专人统一指挥，起爆前对整个警戒区内进行全面的安全检查，确保无安全隐患后，由指挥人发出三次预警，在第三次预警哨声发出时，爆破员立即进行起爆工作。对于火雷管要由专人清点爆破雷管的数量，以便检查雷管是否全部起爆。

### 1.9 检查解除警戒

起爆完成 15min 后，由专业技术人员进入爆破现场进行检查，主要检查雷管和炸药是否全部爆炸，如果出现哑炮、拒爆、盲爆等情况，要采取相应措施进行处理。在完全无安全隐患后，报告指挥人员发出指令解除警戒。

### 1.10 爆破石方的清运

每次爆破完毕后，组织人员和机械进行爆破石方的清运工作，挖掘机把石方清除后，测量高程，高出设计高程的要进行铲除，无法用挖掘机挖掉的大块石方必须再进行布孔二次爆破，直到符合设计要求为止。低于高程的要进行回填碾压，碾压到施工规范的压实度，达到设计高程为止。应对边坡进行修整，边坡表面的破碎岩石要全部清除掉，按设计要求进行刷坡。



石方清运

## 2. 路堑爆破施工要点

2.1 破开挖应以光面爆破、预裂爆破技术为主，严防超爆；软弱、松散岩质路堑宜采用分层开挖、分层防护和坡脚加固技术。

2.2 爆破施工宜按以下顺序施工：测量标定炮孔位置、钻孔、炮孔检查、爆破器材准备、装药、连接爆破网络、布设安全岗哨、炮孔堵塞、爆破覆盖、起爆信号、起爆、消除瞎炮、处理危石、解除警戒、石方清运、爆破效果分析及资料记录。

2.3 挖方边坡应从开挖线往下分级清刷边坡，每下挖 2 ~ 3m，应对新开挖边坡进行刷坡。对于软质岩石边坡可用人工或机械清刷；对于坚石和次坚石，可使用炮眼法、裸露药包法爆破清刷，并清除危石、松石。清刷后的石质路堑边坡，不应陡于设计规定。

2.4 拉槽法开挖应自拉槽的两端中部首先起爆，形成数个临空面，然后采用深孔梯段爆破，向拉槽中部推进。拉槽施工必须采用竖孔爆破方式，严禁采用平孔爆破。在设计坡面线 3 ~ 5m 范围内必须采用光面爆破。对于未设防护工程的边坡可取消台阶，按第一级台阶的坡率一坡到底。光面爆破要求竖孔炮眼的间距不大于 1m。如过量超挖，应采用浆砌片石防护已超挖的坑槽。

2.5 根据设计的炮位、直径和孔深打眼，使用潜孔钻钻孔。当工程量较小、工期允许时，可采

用人工打眼。

2.6 石质路堑靠近路床顶面时宜使用密集小型排炮施工，炮眼底标高宜低于设计标高 10 ~ 15cm，装药时宜在孔底留 5 ~ 10cm 空眼，装药量按松动爆破计算。

2.7 石质路床有裂隙水时，应采用渗沟连通，渗沟宽不宜小于 30cm。渗沟应略低于坑洼底，坡度不宜小于 3%，并与边沟衔接。如渗沟低于边沟则应在路肩下设纵向渗沟，纵向渗沟由填方路段引出。渗沟应填碎石，并与路床同时碾压到规定的压实度。

2.8 每次爆破完毕后，及时组织人员、机械进行爆破石方的清运，测量标高，高出设计标高的应辅以人工凿平、铲除。低于设计标高的应采用级配碎石或砂砾填筑，碾压密实稳固。边坡表面的破碎岩石要全部清除，按设计要求进行刷坡，开挖排水沟，进行防护工程。

2.9 废弃的爆破石渣应运到指定位置并按要求堆放。

### 3. 填石路基施工控制

3.1 填石路基宜用自卸车从一头上料向前推进，大型推土机按试验段确定的松铺厚度摊铺，边上料边摊铺，剔除超粒径石料，避免出现粗细颗粒离析现象。

3.2 中硬、坚硬石料填筑的路堤应进行边坡码砌，边坡码砌石料强度不低于 30Mpa，最小边尺寸应大于 30cm，块形规则。填高小于 5m 的填石路堤，边坡码砌厚度不小于 1m；填高 5 ~ 12m 的填石路堤，边坡码砌厚度不小于 1.5m；填高大于 12m 的填石路堤，边坡码砌厚度不小于 2m。边坡码砌与路基填筑应同步进行。



石方路基边坡码砌

3.3 当石块级配较差、粒径较大、填层较厚时，要特别注意在填石的孔隙内灌入石渣、石屑、粗砂，使孔隙填满，并敲掉锐角突出部分，并保持顶面适当平整。

3.4 填石路堤的填料如其岩性相差较大，特别是岩石强度相差较大时，应将不同岩性的填料分层或分段填筑，不得混填。

3.5 路堤逐层填筑时，应安排好石料运输路线，专人指挥，按水平分层，先低后高，先两侧后中央上料，并用大功率推土机摊平。个别不平处应配合细石块、石屑找平。

3.6 人工铺筑石料时，应先铺筑大块石料，大面向下，摆平放稳，再用小石块找平，石屑塞缝，最后压实。

3.7 填石路堤碾压时，边坡部位填料摊铺层厚应高出石料填铺层厚 3~5 cm，以保证边坡部位填

筑的压实度。

3.8 填石路堤顶面与细粒土填土层之间应设置过滤层。

3.9 填石路堤应配备大功率重型压路机进行冲击补强。

3.10 填石路堤成型的外观质量标准：路堤表面无明显空洞；大粒径石料不松动，铁锹挖洞困难。

3.11 填石路堤的质量检测应采用施工参数和水袋法（灌水法）、沉降法联合控制。路堤表面不得有明显空洞，大粒径石料不松动；边坡码砌紧贴、密实，无明显孔洞、松动，砌块间承接面向内倾斜。



灌水法检测压实度



沉降法检测压实度

### （三）质量检查要点及方法

1. 上路堤（路床顶面以下 0.8 米 -1.5 米）硬质石料孔隙率不大于 23%、中硬石孔隙率不大于 22%、软质石料孔隙率不大于 20%。

2. 下路堤（路床 1.5 米以下）硬质石料孔隙率不大于 25%、中硬石孔隙率不大于 24%、软质石料孔隙率不大于 22%。

3. 纵断面高程与设计高程的误差控制在（-20 mm -10 mm），检测频率为每 200 米检测两个点，不足两百米的路基填筑段以 200 米计。

4. 中线偏位不超过 5 cm，检测频率每 200 米不低于两个点。

5. 平整度误差小于 2 cm，检测方法用 3 米直尺每 200 米检测 2 处 \*5 尺

6. 横坡度误差为  $\pm 0.3\%$ 。

### （四）质量通病及处置方法

1. 局部石方填料粒径过大



局部石方粒径过大

处置方法：

- 1.1 局部过大粒径区域填料挖除更换；
- 1.2 用小粒径石渣或石子填缝并重新拌合、摊平、碾压。
2. 边坡大粒径骨料集中、孔隙率过大



边坡粒径过大

处置方法：

- 2.1 填筑工程中，路基边坡区域超填不低于 1 米。在摊平碾压完成后，用挖机、油锤将边坡区域外大粒径石块分解并转移至下层填方区域。
- 2.2 边坡 2 米范围内用级配较细的细料填筑。
3. 填挖结合处平整度、密实度差



填挖结合处平整度差

处置方法：

- 3.1 填挖结合部必须设置填挖台阶，台阶高度不低于设计层厚的 1.5 倍，宽度不低于碾压设备有效碾压长度。
- 3.2 结合部区域内的石方填料必须网格分区、局部填筑、局部碾压、特殊处理，保证结合部区域施工质量。

#### 四、软土地基处理

表 34-5 软土鉴别指标表

名称 \ 特性指标	天然含水率 (%)		天然孔隙比	快剪内摩擦角 (°)	十字板抗剪强度 (kPa)	静力触探锥尖阻力 (MPa)	压缩系数 $\alpha_{0.1 \sim 0.2}$ (MPa <sup>-1</sup> )
黏质土、有机质土	$\geq 35$	$\geq$ 液限	$\geq 1.0$	宜小于 5	宜小于 35	宜小于 0.75	宜大于 0.5
粉质土	$\geq 30$		$\geq 0.9$	宜小于 8			宜大于 0.3



软土地基 (soft ground): 有软土层分布, 在荷载作用下易产生滑移或过大沉降变形的土质地基。  
软土地基处理方式: 换填土法、排水固结法、加固土桩法、预应力薄壁管桩法、碎石桩法、强夯法、挤淤法。

### (一) 换填土法

换填法又称换土法。所谓换土法是指将路基范围内的软土清除, 用稳定性好的土、石回填并压实或夯实。在公路施工中, 一般采用的是开挖换填天然砂砾, 即在一定范围内, 把影响路基稳定性的淤泥软土用挖掘机挖除, 用天然砂砾进行换置, 开挖换填深度在 2m 以内, 采用分层填筑、分层压实、分层检测压实度的方法施工。从而改变地基的承载力特性, 提高抗变形和稳定能力。在换填过程中, 对于换填的天然砂砾中石头的粒径、含量和级配也应充分考虑, 最好做试验检测, 避免无法压实而引起沉降。

#### 1. 质量控制要求:

1.1 施工现场应整洁、有序。

1.2 路基表面应平整, 边线应顺直, 曲线应光滑, 填筑宽度、厚度、平整度、压实度及横坡度等“五度”要求合格。

1.3 施工时做到分层填筑、分层压实, 施工质量符合设计要求。

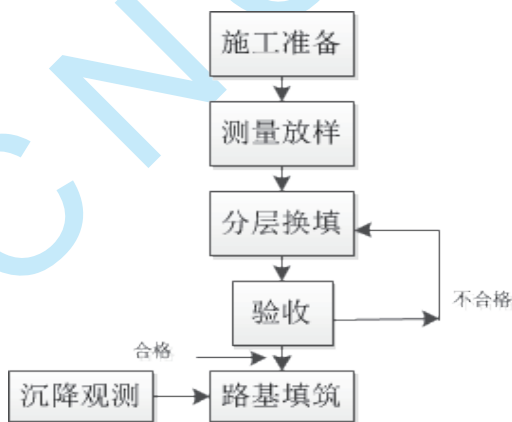
1.4 路基边坡坡面平顺、稳定, 不得亏坡, 曲线圆滑。

1.5 按设计和规范要求做好临时设施工作, 做好下道工序的准备工作。

1.6 实测项目质量应满足规范《公路路基施工技术规范》(JTG/T 3610-2019) 的要求。

#### 2. 过程控制方法:

##### 2.1 施工工序:



换填土施工流程图

##### 2.2 开挖要求

2.2.1 开挖顺序: 按设计要求, 开挖台阶分层换填。

2.2.2 开挖范围: 原地面以下处理范围内的软弱土部分或全部挖除。

##### 2.3 填筑要求

2.3.1 填材要求: 应满足规范和设计文件的要求或参数选择换填材料, 并进行相关试验检测工作;

2.3.2 填筑方法及标准：分层铺设，逐层压实。

## 2.4 换填

### 2.4.1 砂垫层施工

厚度以 50cm 为宜，宽度应宽出路基边角 50–100cm，两侧端以片石护砌或采用土工布以及其他方式防护，以免砂料流失；反滤层要求符合设计要求。

施工时，可根据作业面大小采用机械压实法、重锤夯实法、振动碾压法和人工压实法等。应根据压实机械的压实能量控制碾压时的最优含水率、并选择适当的分层厚度和碾压遍数。

机械碾压法可采用压路机、推土机等机械，在开挖到设计深度和宽度后，先在基坑底部碾压，再分层铺设材料、逐层碾压。

对于狭窄场地、边角及接触带，宜用蛙式夯实机或人工夯实。

### 2.4.2 碎石垫层施工

碎石粒径一般为 5–40mm 的自然级配碎石，含泥量不大于 5%。

施工时，可根据作业面大小采用机械碾压法、重锤夯实法、振动碾压法和人工压实法等。机械设备可采用压路机、推土机等机械。

碎石垫层的压实质量采用试验段获得的施工参数(压实功率、碾压速度、压实遍数、铺筑厚度等)与压实质量联合控制。

## 3. 质量检查要点及方法：

### 3.1 砂垫层：

表 34–6 砂垫层实测项目

项次	检查项目	规定值或允许值	检查方法和频率
1	砂垫层厚度	≥设计值	尺量：每 200m 测 2 点，且不少于 5 点
2	砂垫层宽度	≥设计值	尺量：每 200m 测 2 点，且不少于 5 点
3	反滤层设置	≥设计值	尺量：每 200m 测 2 点，且不少于 5 点
4	压实度	≥设计值	密度法：尺量：每 200m 测 2 点，且不少于 5 点

3.2 碎石垫层：参见砂垫层。

## 4. 质量通病及防治：

### 4.1 砂垫层、碎石垫层厚度不足

表现形式：压实以后采用挖坑法检查，厚度低于设计值。

形成原因：原地面整平不到位，造成局部填筑厚度不足；砂垫层、碎石垫层填筑时未充分考虑松铺系数；施工单位未按计算的方量进行填筑。

防治措施：应将原地面整平，并充分压实；填筑时应充分考虑松铺厚度，按计算的方量进行填筑，保证压实厚度；加强现场检查，压实后应随机布点挖坑检查厚度。

### 4.2 砂垫层、碎石垫层宽度不够

表现形式：用钢尺量，垫层宽度达不到设计要求。

形成原因：未填筑到设计宽度以上；边缘防护措施不当，受雨水冲刷造成宽度不够。



防治措施：在填筑前应认真放样，确保填筑时达到设计宽度；填筑好的砂垫层、碎石垫层应做好两侧的防护，并加强维护。

#### 4.3 砂垫层、碎石垫层含泥量高或含有其他杂质

4.3.1 表现形式：砂垫层、碎石垫层夹有泥块或其他杂质，原材料含泥量高。

4.3.2 形成原因：进场的砂、碎石含泥量高；施工过程中，施工机械未进行清理，施工时将泥块及其他杂质混入其中。

4.3.3 防治措施：进场的原材料应认真验收；对进场原材料应加以保护，防止二次污染；砂垫层、碎石垫层施工完成后，应及时覆盖土工布；禁止车辆在土工布上行驶。填筑上层路基时，应采用倒退法施工，防止运输车辆损坏土工布，造成泥土混入砂垫层或碎石垫层中。

#### 4.4 不透水土工布破损

4.4.1 表现形式：砂垫层或碎石垫层上面的不透水土工布破损。

4.4.2 形成原因：土工布搭接处缝制不牢，容易引起搭接处破损；土工布搭接宽度不足；填土时，施工方法不对造成土工布破损。

4.4.3 防治措施：土工布搭接处缝制时，应有足够的搭接宽度，缝制应牢固。在土工布铺设好以后，采用倒退法进行填筑，禁止施工车辆直接碾压到土工布上，以免引起破损。严禁在土工布上对第一层填土进行翻拌、粉碎。

### （二）排水固结法

排水固结法按加载方式可分为堆载预压法、真空预压法、和真空联合堆载预压法三类；排水固结法施工内容主要包括水平排水体、竖向排水体、预压荷载施工和现场监测等。水平排水体指水平砂垫层（施工见砂垫层），竖向排水体包括塑料排水带和袋装砂井。

#### 1. 质量控制要求：

1.1 施工前应检查施工检测措施，沉降、孔隙水压力等原始数据，排水措施，砂井（包括袋装砂井）、塑料排水带位置等；

1.2 施工结束后，应检查地基土的强度和其他物料力学指标是否达到设计要求，重要建筑物地基应做承载力检验。

#### 2. 过程控制方法：

##### 2.1 袋装砂井

袋装砂井是指在抗拉强度高、具有一定伸缩性的聚丙烯或聚乙烯编织袋中灌满砂子的长条形砂袋，是一种软基处理技术，它与普通砂井相比，具有直径小（一般为 70 ~ 120mm）、用砂量少、连续性好，而且可减轻施工设备重量、简化施工工艺、提高打设砂井效率等优点；与塑料排水板、粉喷桩、管桩、水泥搅拌桩等加固方式比较，具有施工简易、造价低等明显优势，因而受到学术界和工程界的普遍关注。

袋装砂井桩处理软基施工技术具有施工设备较轻、固结效果明显的特点。砂柱受袋子约束，可保持较小的变化，砂粒不易挤入孔壁，减少用砂量。可加快施工速度，降低工程造价。袋装

砂井适用于各种软土地基的排水固结加固，适用于厚度较大的饱和软土和充填土地基处理，尤其适用于深层软土地基的排水固结加固。

袋装砂井施工一般采用导管式振动打设机械，行进方式通常有轨道门架式、履带臂架式、步履臂架式、吊机导架式等。袋装砂井施工包括设备就位、整理桩尖、振动沉管、将砂袋放入导管、往管内灌水、振动拔管等工序。

#### 2.1.1 袋装砂井施工要求：

2.1.1.1 砂袋宜用干砂密实灌制；

2.1.1.2 砂井应定位准确，平面井距偏差不应大于井径，垂直度不应大于 1.5%；

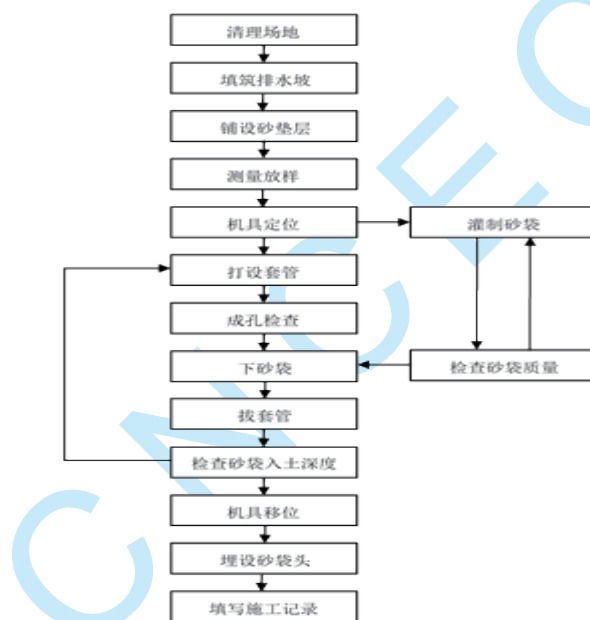
2.1.1.3 砂井深度不得小于设计要求，且埋入砂垫层的长度不应小于 0.5 m；

2.1.1.4 导管内径宜略大于砂井直径，且应在砂袋入口处的导管口装设滚轮，避免砂袋被刮破；

2.1.1.5 灌砂用聚丙烯编织袋应 避免太阳光长时间直接照射；

2.1.1.6 拔管上带砂袋的长度不宜超过 0.50m。

#### 2.1.2 袋装砂井施工工艺：



袋装砂井施工流程图

2.1.2.1 测量定位：按线路中线进行控制，准确定出每个砂井位置，钉设木桩（竹片桩）或点白灰标示。

2.1.2.2 打桩机就位：打桩机底支垫要平衡牢固，定位时要保证桩锤中心与地面定位在同一点上，以确保沉管的垂直度。

2.1.2.3 整理桩尖：检查导管与桩尖是否密合，清除导管内泥土。桩尖包含与导管相连的活瓣桩尖和分离式的混凝土预制桩尖，应在导管沉入前仔细检查，尤其是活瓣桩尖是否能正常开合，管内加压后，砂袋仍然能拔起，则可能是活门的开启失灵，需要拔出来排除故障。

2.1.2.4 沉入导管：一般采用振动法或静压法沉入导管，本文以振动法为例。开始沉入时落锤



要轻缓，防止导管突然倾斜，导管时应先松后振，过程中不得起管。导管入土深度距设计深度约 2m 时，控制锤击频率，防止超深。砂井深度可用导管压入长度直接控制，为了检查砂井深度，可在导管上部做出进尺标识。

2.1.2.5 灌制砂袋：使用风干砂将砂袋灌填饱满、密实，扎紧袋口。已灌制好的砂袋，不得有中断、拧结现象，在搬运过程中不得有破损，凡受损的砂袋应进行修补，否则不得使用。

2.1.2.6 下砂袋：吊起整根砂袋，将端部放入套管口，拉住袋尾，经导管入口滚轮，平稳迅速将砂袋送入导管内，使砂袋徐徐下放至导管底部。

2.1.2.7 灌水、拔导管：为了顺利拔管而不带出砂袋，拔管前向管内灌水。拔管时，先启动微振器，后提升导管，连续缓慢地起拔直至导管全部拔出。

2.1.2.8 处理井口和砂袋头：清除井口泥土，高出井口部分的砂袋予以割除，重新扎牢袋口，砂量不足应予补充。将露出地面的砂袋埋入砂垫层，埋入长度应大于 0.3m 或符合设计要求。

## 2.2 塑料排水带

塑料排水带（塑料排水板），有波浪型、口琴型等多种形状。中间是挤出成型的塑料芯板，是排水带的骨架和通道，其断面呈并联十字，两面以非织造土工织物包裹作滤层，芯带起支撑作用并将滤层渗进来的水向上排出，是淤泥、淤质土、冲填土等饱和粘性土运用排水固结法进行软基处理的良好垂直通道，大大缩短软土固结时间。

### 2.2.1 塑料排水带施工要求：

2.2.1.1 打设机定位时管靴与板位标记的偏差应控制在  $\pm 70\text{mm}$  范围内。

2.2.1.2 打设过程中应随时注意控制套管垂直度，其偏差应不大于  $\pm 1.5\%$ 。

2.2.1.3 必须按设计要求严格控制塑料排水板的打设标高，不得出现浅向偏差；当发现地质情况变化无法按设计要求打设时，应及时与现场监理人员联系并征得同意后方可变更打设标高。

2.2.1.4 打设塑料排水板时严禁出现扭结断裂和撕破滤膜等现象。

2.2.1.5 打设时回带长度不得超过 500mm，且回带的根数不宜超过打设总根数的 5%。

2.2.1.6 剪断塑料排水板时砂垫层以上的外露长度应大于 0.5m。

2.2.1.7 应检查每根板的施工情况当符合验收标准时方可移机打设下一根，否则须在邻近板位处补打。

2.2.1.8 打设过程中应逐板进行自检并按要求作好施工记录塑料排水板施工原始记录表。

2.2.1.9 打入地基的塑料排水板宜为整板，长度不足需要接长时必须按规定的方法与要求进行。

2.2.1.10 一个区段塑料排水板验收合格后，应及时用砂垫层砂料仔细填满打设时在板周围形成的孔洞，并将塑料排水板埋置于砂垫层中。

### 2.2.2 施工工艺：

塑料排水板施工宜在铺设砂垫层后按下列顺序进行

2.2.2.1 整平原地面；

2.2.2.2 摊铺下层砂垫层；

2.2.2.3 根据打设板位标记进行打设机定位；

2.2.2.4 安装管靴；

2.2.2.5 沉设套管；

2.2.2.6 开机打设至设计标高；

2.2.2.7 提升套管，剪断塑料排水板；

2.2.2.8 检查并记录板位等打设情况；

2.2.2.9 移动打设机至下一板位；

2.2.2.10 摊铺上层砂垫层。

### 2.3 真空预压

2.3.1 真空预压法适用于对软土性质很差、土源紧缺、工期紧的软土地基处理。

2.3.2 真空预压的抽真空设备宜采用射流真空泵。真空泵空抽时必须达到 95Kpa 以上的真空吸力。真空泵的数量应根据加固面积确定，每个加固场地至少应设两台真空泵。

2.3.3 真空管路应由主管和滤管组成，滤水管应设在排水砂垫层中，其上应有 0.1~0.2m 厚的砂覆盖层。滤水管布置宜形成回路，水平向分布的滤管可采用条形、梳齿形、羽毛形及目字状等形式，滤水管可采用带孔钢管或塑料管，外包尼龙纱、土工织物或棕皮等滤水材料。真空管路的连接应密封，管路中应设置止回阀和闸阀。

2.3.4 密封膜应采用抗老性能好、韧性好、抗穿刺能力强的不透水材料，可采用聚氯乙烯薄膜。密封膜的厚度宜为 0.12~0.14mm，根据其厚度的不同，可铺设 2~3 层。密封膜连接宜采用热合接缝搭接，搭接宽度应大于 15mm。密封膜的周边应埋入密封沟内。密封沟的宽度宜为 0.6~0.8m，深度宜为 1.2~1.5m。

2.3.5 预压过程中，应进行膜下真空度、孔隙水压力、表面沉降、深层沉降及水平位移等预压参数的检测。膜下真空度每隔 4h 测一次，表面沉降每 2d 测一次。停泵卸荷后 24h，应测量地表回弹值。

2.3.6 真空预压施工应按排水系统施工、抽真空系统施工、密封系统施工及抽气的步骤进行。当满足下列条件之一时，可停止抽气：

2.3.6.1 连续 5 昼夜实测沉降速度小于或等于 0.5mm/d。

2.3.6.2 满足工程对沉降、承载力的要求。

2.3.6.3 地基固结度达到设计要求的 80% 以上。

2.3.7 采用真空 - 堆载联合预压时，应先按真空预压的要求抽真空，当真空压力达到设计要求并稳定后，再进行堆载，并继续抽气。堆载时应在膜上铺设土工布等保护材料。

### 3. 质量检查要点及方法

表 34-7 袋装砂井、塑料排水板实测项目

项次	检查项目	规定值或允许值	检查方法和频率
1	井（板）距（mm）	±150	尺量：抽查 2% 且不少于 5 点

项次	检查项目	规定值或允许值	检查方法和频率
2	井（板）长	>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

#### 4. 质量通病及防治

##### 4.1 塑料板固定不牢，通道堵塞；

表现形式：施工中塑料排水板与钢靴未连接牢固，塑料板通道被堵塞；

产生原因：沉管插板时遇到障碍物，塑料板与钢靴未连接牢固；插板机可靠性差；排水孔道细小，水流阻力系数大，造成较大的水头损失，滤水膜透水阻力随时间迅速增长，失去滤水作用，钢靴不严密，起不到遮盖作用，泥沙进入空心套管内产生阻塞。

防治措施：遇到硬物及管道应予以清除，或移位沉管，与钢靴连接应紧密牢固后方可施工，改进塑料板锚固方式，通道被堵时应重新插板。

##### 4.2 土层剪切破坏

表现形式：预压荷载时发生剪切破坏。

产生原因：塑料排水板堆载预压后，孔隙水消散慢；加载过快，造成土层结构破坏。

防治措施：压载后应待孔隙水消散后，方可继续加载；应分级加载，不得过快、过大。

##### 4.3 堆载土方量不足

4.3.1 表现形式：堆载土方长、宽、高达不到所需土方量要求；堆载土方密实程度达不到要求。

4.3.2 形成原因：施工人员未按计算数量堆载土方或随意堆载；堆载土方时未经认真压实。

4.3.3 防治措施：

4.3.3.1 堆载前应认真计算堆载所需土方量，确保土方量符合设计要求；

4.3.3.2 堆载时应分层填筑并充分压实，堆载的区段各个部位应全部堆载到位，顶部应经过整平，确保堆载土方形成棱台状立方体；

4.3.3.3 松铺厚度不大于 50cm，压实度应达到 85%。

##### 4.4 沉降速率达不到要求

4.4.1 表现形式：堆载预压后，沉降仍不稳定，沉降速率超过设计要求。

4.4.2 形成原因：堆载时间不够；堆载土方量不足；沉降标遭受破坏或测量不准确。

4.4.3 防治措施；合理组织施工，在路基填方时应考虑堆载段落尽早填筑，确保有足够的堆载预压时间，使路基沉降稳定；应按设计计算得出的土方量堆载；沉降观测时，如发现有个别点沉降速度变化较大，则可能沉降标受到破坏或测量误差较大，因此，堆载后应采取较为完善的措施对沉降标加以保护，测量后发现某点有问题时应经过复测，确保测量准确。

#### （三）加固土桩

通过特制的深层搅拌机，将软土和水泥（固化剂）强制搅拌，并利用水泥和软土之间所产生的一系列物理、化学反应，使土体固结，形成具有整体性、水稳定性和一定强度的加固土桩。比

较常用的固化剂为水泥。

水泥土搅拌桩的施工工艺分为浆液搅拌法(以下简称湿法)和粉体搅拌法(以下简称干法)。适用于处理淤泥、淤泥质土、素填土、软—可塑粘性土、松散—中密粉细砂、稍密—中密粉土、松散—稍密中粗砂和砾砂、黄土等土层。不适用于含大孤石或障碍物较多且不易清除的杂填土,硬塑及坚硬的粘性土、密实的砂类土以及地下水渗流影响成桩质量的土层。当地基土的天然含水量小于30%(黄土含水量小于25%)、大于70%时不应采用干法。寒冷地区冬季施工时,应考虑负温对处理效果的影响。

### 1. 质量控制要求

#### 1.1 施工原始报表检查

施工原始报表应详尽、完善、如实的记录施工时间和工艺参数,完整地反应施工全过程。

#### 1.2 人工开挖验桩

一般在每个段落最后一个桩完成一周后进行,开挖时对桩头必须小心处理,不能用重锤敲击。要求柱体圆匀,无缩颈和回陷现象;拌和匀称,凝体无疏松;群桩桩顶整齐,间距匀称。

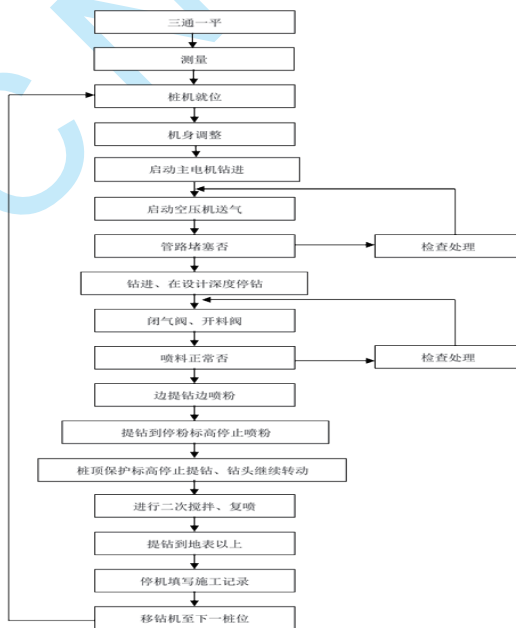
#### 1.3 钻孔取芯和标准贯入试验

钻孔取芯和标准贯入试验按照《岩土工程勘察规范》(2009年版)(GB 50021-2001)、《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011),并参考《粉体喷搅法加固软弱土层技术规范》(TB 10113-1996)、《软土地基深层搅拌技术规程》(YBJ 225-1991)有关规定执行。

#### 1.4 荷载试验

桩的荷载试验是较接近桩的实际工件条件的试验,用以检查桩的沉降及地基承载力。是否进行荷载试验根据设计文件要求或现场实际情况确定。

### 2. 过程控制方法





### 3. 质量检查要点及方法

表 34-8 加固土桩实测项目

项次	检查项目	规定值或允许值	检查方法和频率
1	桩距 (mm)	$\pm 100$	尺量: 抽查 2%, 且不少于 5 点
2	桩径 (mm)	$\geq$ 设计值	尺量: 抽查 2%, 且不少于 5 点
3	桩长 (m)	$\geq$ 设计值	查施工记录并结合取芯检查 0.2%, 且不少于 3 根
4	单桩每延米喷粉 (浆) 量	$\geq$ 设计值	查施工记录
5	强度 (MPa)	满足设计要求	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。

### 4. 质量通病及防治

#### 4.1 加固土体不均匀, 加固柱体不完整:

##### 4.1.1 形成原因:

地质报告不详细, 未能合理选择施工方案; 选择加固料种类及配方不合理; 未能在施工前, 对加固料及掺入量; 在不同的养护龄期制成的试件进行室内各种物理力学性能测试研究, 以便寻求最佳的加固效果及配方; 喷粉不正常、不均匀。喷嘴堵塞。

##### 4.1.2 防治措施:

利用机械搅拌充分混和, 使桩体质地均匀, 外形匀称; 用脉冲射流对原状土进行搅拌, 由于不需加水, 加固效果好, 可保证桩体质量; 合理的选择粉喷桩的范围, 如桩长、桩数等以满足设计要求; 详细分析地质报告, 确定可靠的施工方案; 设计宜使地基土对桩的支撑力与桩身承载力接近; 复合地基施工前, 进行工艺试桩, 必要时通过荷载试验, 最后确定施工方案与设计参数; 在下钻时喷射空气, 可使钻进顺利进行, 防止喷嘴堵塞; 粉喷桩施工应按先密桩区再疏桩区的顺序进行; 粉体采用强度等级为 42.5 级的普通硅酸盐水泥, 每批水泥各项指标达到国家标准后方可使用, 由于粉喷桩对水泥的用量大, 故应注重现场简易配合比试验, 通过试块强度对比观察来检查水泥质量。

每施工完一桩, 打开灰罐加灰一次, 保证每桩总用量与设计要求吻合, 既不能多也不能少。均匀性通过试桩调节出合适的刮灰器转速, 保证上下两次喷粉后灰量几乎正好用完。一旦发现有影响刮灰器均匀转动的故障及隐患, 及时排除, 若中途堵塞、故障, 排除后接桩, 钻头必须钻入下部桩体 1.0m 后方能后转喷粉提升。

#### 4.2 桩体偏斜过大, 钻进困难, 喷粉溢出地面:

##### 4.2.1 形成原因:

地面不平整, 场地软弱, 造成机械偏斜; 桩基钻杆偏斜过大, 搅拌桩不垂直; 钻机钻进时遇到了地下障碍物, 如石块、树根、混凝土大块等; 桩位偏斜过大; 喷射结束过晚, 停喷时间未能掌握好, 甚至达到地面才停喷。

##### 4.2.2 防治措施:

施工场地要平坦坚实, 使粉喷桩机正常移动施工, 必要时铺设垫层, 机械就位后, 要双向校正垂直度; 如机械本身偏差过大, 应调直或更换合格的施工机械; 放桩位应在允许范围内, 地下

障碍复杂的施工场地，应用钎探明桩位，并及时清除障碍物；水泥粉的喷出量、粉喷机的搅拌速度、水泥与土的比例等工艺和技术指标，应按设计要求严格控制；当钻头提升至距地面 50cm 时，应停止喷射水泥粉，防止粉溢出地面。

#### 4.3 标贯击数达不到要求，造成桩身评价不合格

##### 4.3.1 形成原因：

河塘等回填段落碾压不够充分，甚至没有碾压就直接施工湿喷桩；复搅不充分或没达到预定深度；水泥剂量低于设计值或提钻速度过快，导致水泥喷入量较少；未按设计要求添加外掺剂。

##### 4.3.2 防治措施：

施工前，加强对地面处理，碾压密实、平整；按试桩确定的工艺进行复搅，保证复搅深度和复搅遍数；按试桩确定的水泥用量进行施工，严格控制提钻速度；现场严格按试桩确定的用量添加外掺剂，必要时可预先打包。

#### 4.4 芯样不完整、取芯困难

##### 4.4.1 形成原因：

河塘等回填段落，回填碾压后，由于回填土土质不良、透水性材料漏浆、回填土有杂物等原因，造成芯样不完整；复搅不充，桩体水泥呈块状分布，局部形成硬核，但整体上呈松散状；水泥喷入量未达到设计要求，导致桩体水泥含量较低，芯样在形态上呈软塑状，未达到预期的处理要求；水泥喷入超量，造成局部桩体水泥含量过高，导致取芯困难，取出的芯样破碎、不成型。

##### 4.4.2 防治措施：

施工前，加强对地面的处理，碾压密实、平整；按试桩确定的工艺进行复搅，保证复搅深度和复搅遍数；按试桩确定的水泥用量进行施工，严格控制提钻速度；控制钻机电流，保证下钻、上提速度，保证桩身水泥分布均匀；严格控制回填土的质量。

#### 4.5 无侧限抗压强度偏低

##### 4.5.1 形成原因：

试桩土样布局没有代表性，设计水泥用量偏少；复搅速度过快或未复搅，芯样试块中的水泥呈团块状分布；水泥喷入量低于设计值或局部水泥喷入量不正常，引起桩体内水泥含量偏少，芯样呈可塑 - 软塑状态；未按要求添加外掺剂。

##### 4.5.2 防治措施：

认真选择有代表性土样进行试桩工作；保证水泥用量；控制下钻、上提速度、保证复搅深度、复搅遍数、使水泥分布均匀；严格按照要求添加外掺剂。

#### 4.6 断桩：桩体不连续，有软弱层或夹泥，标贯击数在桩体中间某段明显变小；

##### 4.6.1 形成原因：

施工过程中出现送浆、送灰管堵塞等机械故障，在未及时处理的情况下继续钻进，桩体水泥掺入不连续导致断桩。施工土层含有流沙层时，水泥浆或水泥粉意在流沙层流失；对于一些软土含水率特别高的土层，水泥的掺入量偏少，一般标贯击数低于 4 击，表现桩身质量沿深度方向不连续。



#### 4.6.2 防治措施:

施工前检查施工设备是否完好, 在施工过程中出现问题时, 应及时修理, 并对出现问题的桩进行二次复打; 准确判定软基情况, 及时发现流沙层, 采取其他工程措施; 控制钻进、上提速度, 保证软弱层的水泥用量;

#### 4.7 短桩: 施工桩长未达到设计值

##### 4.7.1 形成原因:

未按设计要求进行施工, 存在下钻、搅拌、复打深度不符合设计要求的现象; 遇到硬壳层难以打入而终止; 送浆、送灰时间控制不当, 钻至桩底时没有及时送浆或送灰, 造成底部空钻。

##### 4.7.2 防治措施:

提高责任心, 确保下钻、搅拌和复打的深度满足设计要求; 遇到硬壳层无法下钻时, 应进行桩长的设计变更; 加强现场记录, 严格管理送灰的数量和深度, 控制送灰质量。

#### 4.8 斜桩: 桩身倾斜。

##### 4.8.1 形成原因:

施工前未进行场地平整, 造成钻进过程中钻机倾斜; 桩机施工机台不平整, 施工人员粗心大意或责任心不强, 未能及时调平机台; 复搅尚未达到地面, 提前移机也会导致桩体倾斜。

##### 4.8.2 防治措施:

施工前认真进行原地面回填碾压、整平, 保证施工过程地基的强度。施工过程中, 在桩机上挂垂线, 严格控制桩机垂直度。必须完成上一根桩的所有工作才能进行桩机移位。

#### (四) 预应力薄壁管桩法

预应力混凝土管桩可分为后张法预应力管桩和先张法预应力管桩。先张法预应力管桩是采用先张法预应力工艺和离心成型法制成的一种空心筒体细长混凝土预制构件, 主要由圆筒形桩身、端头板和钢套箍等组成。

管桩沉桩方法有多种, 在我国国内施工过的方法有: 锤击法、静压法、震动法、射水法、预钻孔法及中掘法等, 而以静压法用得最多。由于柴油锤打桩时震动剧烈、噪音大, 为适应市区施工需要, 近几年来我国各地开发了大吨位的静力压桩机施压预应力管桩的工艺, 静力压桩机又可分为顶压式和抱压式, 抱压式是桩机的夹板夹紧桩身, 依靠持板的摩擦力大于入土阻力的原理工作, 静力压桩机最大压桩力可达 5000~6000kN, 可将直径 500、600 的预应力管桩压到设计要求的持力层, 从而大大推动了预应力管桩的应用和发展。

##### 1. 质量控制要求

1.1 预应力混凝土薄壁管桩宜采用工厂预制, 其质量标准应符合现行 (《先张法预应力混凝土薄壁管桩》(JC888) 的规定。

1.2 现浇混凝土大直径管桩的粗集料可采用碎石或砾石, 最大粒径不宜大于 25mm。细集料宜选用干净的中、粗砂。

1.3 施工前应进行成桩工艺试验, 预应力混凝土薄壁管桩试桩数量不得少于 2 根, 现浇混凝土

大直径管桩试桩数量应根据施工工艺要求确定。

1.4 预应力混凝土薄壁管桩宜采用静力压桩机施工,也可采用锤击沉桩机施工,施工现场应配有起吊设备,其起吊能力宜大于 5t。现浇混凝土大直径管桩宜采用振动沉管设备施工。

## 2. 过程控制方法

2.1 沉桩过程中应严格控制桩身的垂直度。宜采用经纬仪进行垂直度控制,可在距桩机 15~25m 处成 90° 方向设置经纬仪各一台,测定导杆和桩身的垂直度。

2.2 每根桩宜一次性连续沉至控制高程,沉桩过程中停歇时间不应过长。

2.3 焊接接桩时,焊缝应连续饱满,满足三级焊缝的要求;因施工误差等因素造成的上、下桩端头间隙应采用厚薄适当的楔形铁片填实焊牢。接桩时上、下节桩的中心线偏差不得大于 5mm,节点弯曲矢高不得大于桩段的 0.1%。

2.4 沉桩过程中遇到较难穿透的土层时,接桩宜在桩尖穿过该土层后进行。

## 3. 质量检查要点及方法

表 34-9 刚性桩实测项目

项次	检查项目	规定值或允许值	检查方法和频率
1	混凝土强度	在合格标准内	按公路工程质量检验评定标准附录 D 检查
2	桩距 (mm)	$\pm 100$	尺量:抽查 2%,且不少于 5 点
3	桩径 (mm)	$\geq$ 设计值	尺量:抽查 2%,且不少于 5 点
4	桩长 (m)	$\geq$ 设计值	查施工记录并结合取芯检查 0.2%,且不少于 3 根
5	单桩承载力	满足设计要求	抽查桩数的 0.1% 且不少于 3 处。

## 4. 质量通病及防治

### 4.1 桩顶位移

处理方法:管桩施压须遵循“先中间、后两侧”的原则,特别在管桩间距较小、压入数目较多时更需严格控制,否则极易引起后压入的管桩涌挤先压的管桩,或发生平面位移。

桩头开挖需在设计数量的桩基全部压注完毕,并间隔半个月左右后才能进行;行车道路必须设置于基坑外围 10m 以上;机械挖土时,挖掘机铲斗应避免碰撞桩身,防止桩头倾斜或破损;严禁将开挖的土方堆置于基坑边 3m 范围内。

### 4.2 桩身倾斜

处理方法:压桩机械进场前,必须平整原地面,探测、清理地基回填块石、地下墓穴和建筑物基础等可能影响管桩压入的杂物,防止管桩刚入土,或入土深度不大时就发生倾斜或桩端走位。

压桩机停机面必须平整、坚实,必要时可加垫组合定型钢板,并在施压过程中随时检测送桩轨道的竖直度和夹桩装置的水平度,确保桩身垂直。

### 4.3 桩尖难以压至设计标高

处理方法:若单个施工区域内有为数不少的管桩达不到设计深度,则有可能是设计勘探地质情况与实际不符,致使设计考虑持力层或选择桩尖标高有误。遇到此情况必须报告指挥部、设计院,由指挥部、设计院提出妥善处理意见。



若仅个别管桩压不到设计深度,应冷静检查、分析原因,采取相应措施后才能继续施工。无特殊情况,一般可用最大的设计静压力作用于桩顶,经过交替的短暂停止和加压步骤,使管桩缓慢下沉,即将压至设计深度时,应调整到设计静压值后,再缓慢卸压,避免过早停压。

#### 4.4 桩身断裂

定制的预应力管桩应由专业厂家生产,原材料质量、混凝土配合比和预应力施工必须符合相关要求,在强度达到设计值后,仍需在常温下再静置 7d 后方可静压施工。不同厂家、不同批次的管桩运送到场后,必须随机抽样检测,符合要求方可使用。管桩装卸起吊过程中,应采用钢丝绳两支点法或吊钩两头勾吊法,并轻吊轻放,严禁单端拖地吊装,防止桩身由于横向受力而产生损伤。

在静压过程中,地面外露部分桩身垂直度偏差突然增大,而根据地质勘探资料,桩尖处地质情况与附近段基本一致,但桩身贯入度或者静压状态下压力仪数值出现异常增大,或者送桩状态下压力仪数值明显下降等异常情况,说明桩身可能已断裂。

施工前,应清除地下障碍物。每节桩的长细比不宜过大(不超过 30);在初压桩过程中,如发现桩不垂直应及时纠正。桩打入一定深度发生严重倾斜时,不宜采用移动桩架来纠正。接桩时,要保证上下两节桩在同一轴线上;桩在堆放起吊、运输过程中,应严格按照有关规定或操作规程执行;普通预制桩经蒸压达到要求强度后,宜在自然条件下再养护一个半月,以提高桩的后期强度。

#### (五) 碎石桩法

碎石桩是以碎石为主要材料制成的复合地基加固桩。碎石桩是散体桩的一种,按其制桩工艺可分为振冲(湿法)碎石桩和干法碎石桩两大类。采用振动加水冲的制桩工艺制成的碎石桩称为振冲碎石桩或湿法碎石桩。采用各种无水冲工艺(如干振、振挤、锤击等)制成的碎石桩统称为干法碎石桩。当以砾砂、粗砂、中砂、圆砾、角砾、卵石、碎石等为填充料制成的桩称为砂石桩。

碎石桩适用于挤密松散的砂土、粉土、素填土和杂填土地基。在复合地基的各类桩体中,碎石桩与砂桩同属散体材料桩,加固机理相似。随被加固土质不同机理有所差别:对砂土、粉土和碎石土具有置换和挤密作用;对黏性土和填土,以置换作用为主,兼有不同程度的挤密和促进排水固结的作用。碎石桩在工程中主要应用于软弱地基加固、堤坝边坡加固、消除可液化砂土的液化性、消除湿陷性黄土的湿陷性等方面。

表 34-10 各类碎石桩的特性

名称	设备与工艺		制装工效	桩长(m)	桩径(m)	挤密能力	环境影响
振冲碎石桩	专用真冲器水平振动加水冲造孔,分层振密填料		较快	20-25	0.6-1.2	强	泥浆污染
干法碎石桩	干振碎石桩	专用振动孔器水平振动造孔,分层振实填料	较快	≤ 6	0.4-0.7	强	无泥浆污染
	锤击碎石桩	重锤内击沉管,分层击实填料	中等	12-15	0.4-0.7	较强	
	振挤碎石桩	振动沉管法造孔,分层振实填料	较快	19-28	0.4-0.6	中等	

#### 1. 质量控制要求

1.1 在制桩过程中,各段桩体均应符合密实电流、填料量和留振时间等方面的要求。制桩时宜将水量关小,填料方法或将振冲器提出孔口加料,或边振边填。加料不宜过猛,原则上“少吃多餐”。

1.2 施工现场应实现开设泥水排放系统，将制桩过程中产生的泥水集中引入沉淀池，沉淀池底部沉积的泥浆可定期挖出送至指定地点。

1.3 碎石桩的施工顺序从中间向外围进行，或由一边推向另一边的方式施工。

1.4 碎石桩施工结束后，路堤进行填筑前，注意设置沉降观测设备。

1.5 搅拌桩的质量控制应贯穿在施工的全过程，实施全程的施工抽查。施工过程中必须随时检查施工记录和计量记录。并对照规定的施工工艺，对每根桩都要进行质量评定。

1.6 当实际贯入量没有达到设计要求时，应在原位将桩管打入，补充灌碎石后复打一次，或在旁边补桩。

1.7 施工中选用适宜的桩尖结构。当选用活瓣桩靴时，砂性土地基宜采用尖瓣型，粘性土地基宜采用平底型。

## 2. 过程控制方法：

### 2.1 振冲碎石桩

2.1.1 振冲法以起重机吊起振动器，启动潜水电机后，带动偏心块，使振冲器产生高频振动，同时开动水泵，使高压水通过喷嘴喷射高压水流，在边振边冲的联合作用下，将振冲器沉入到设计深度，形成桩孔，再向桩孔逐段填入碎石并逐渐振密，从而在地基中形成一根大直径的密实桩体并和原地基土组成复合地基，使承载力提高，沉降减少。

2.1.2 在砂性土中，振冲起挤压密实作用，故称为振冲挤密；在粘性土中，振冲主要起置换作用，故称为振冲置换。

### 2.2 干法碎石桩

干法碎石桩在加固机理和设计计算方面与振冲碎石桩基本相同，两者区别主要在使用的机具和施工工艺等方面。

#### 2.2.1 锤击碎石桩

2.2.1.1 锤击碎石又称干冲碎石桩和内击沉管法碎石桩，其施工工艺特点是利用锤内击沉管并分层击实填料，逐段成桩。该方法可用于加固杂填土、粘性土、粉细砂、粉土、淤泥和淤泥质土。不宜用于地基中夹有大于 2m 以上的饱和软粘土、淤泥和淤泥质土。并且土体的不排水抗剪强度  $< 20\text{KPa}$  或承载力基本值小于  $70\text{KPa}$  时。不宜采用；填土下伏大于 1m 的淤泥或淤泥透镜体时，不宜采用。桩身下段淤泥超出桩身 2/5 时，也不宜采用。

##### 2.2.1.2 施工要点：

施工前应在有代表性的场地进行试打，试打组数不少于 2 组 6 根，根据试打结果对初步方案进行修改或调整。

碎石桩的桩距应根据置换率确定，但不得小于 1m。

#### 2.2.2 干振碎石桩

2.2.2.1 干振碎石桩加固技术是对振动碎石桩的一种改进，它可克服施工过程中及其后的一段时间内桩间土含水量增加，导致强度降低及施工过程中大量排泥浆，污染环境的缺点。干振碎石



桩以挤密加固为主，挤密效果与土的含水量关系密切。

干振碎石桩适用于加固松散的非饱和粘性土（含水量  $W < 25\%$ ），素填土，杂填土和二级以上非自重湿陷性黄土，加固深度 6m 左右，不适宜加固砂土和孔隙比  $e < 0.85$  的饱和粘性土。

#### 2.2.2.2 施工工艺为：

首先用振动成孔器成孔，将桩孔中的土挤入周围土体，提起振孔器，向孔内倒入大约 1m 厚的碎石，再用振孔器进行捣实，要求达到密实电流并留振 10–15s，然后提起振孔器，如此分段填料振实，直至形成碎石桩。

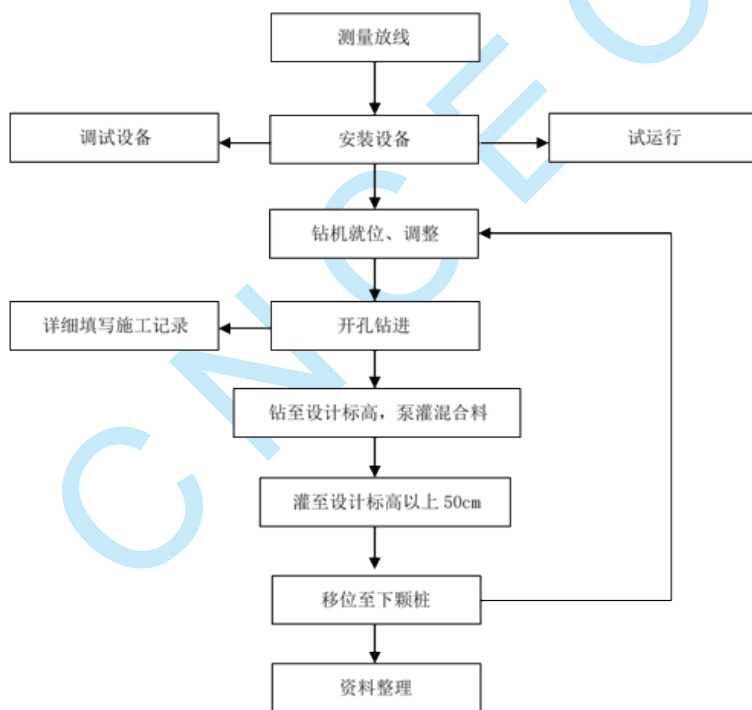
#### 2.2.3 振挤碎石桩

2.2.3.1 振挤碎石桩通常是采用定型的振动沉管打桩机，既可施工碎石桩又可施工砂桩，桩头可用活瓣头、预制混凝土桩头等，

施工工艺与振动挤密砂桩相似，包括打桩机就位、沉管成孔、分层填料振密和成桩四个步骤。

#### 2.3 CFG 桩

CFG 桩是水泥粉煤灰碎石桩，由碎石、石屑、粉煤灰掺适量水泥加水拌和，用振动沉管打桩机或其他成桩机具制成的一种具有一定粘结强度的桩。



施工工艺流程图

#### 2.3.1 测量放线

根据桩位平面布置图及设计提供的测量基准点，由专职测量人员进行桩位施放工作。桩位施放结束并自检合格后，会同建设单位、监理共同检验并签字认可。桩位定位点明显且不易破坏。施工中对地表和已打桩顶位移测量，桩顶位移超过 10mm 时，需要对桩体进行开挖查验。

#### 2.3.2 桩机就位

调整钻杆—地面垂直，保证竖直度偏差不大于 1%。

### 2.3.3 钻机钻进

2.3.3.1 用电动机带动钻杆转动，使钻头螺旋叶片旋转切削土体，土块随螺旋叶片上升，经排土器排出。开始钻进时，采用高转速低进入的工艺，输土方便，且钻进阻力小，效率高。在钻进中尽量避免钻杆晃动，以免扩大孔径，造成浪费。

2.3.3.2 钻进过程中，经常检查钻机的平整度和钻杆的垂直度；并根据地层岩性，选择适宜的钻进速度和转速，保证切削下来的土体能及时地旋带出来，确保成孔速度及质量。

2.3.3.3 深度达到设计要求后，先自检，再报监理复检，合格后方可灌注。

### 2.3.3.4 压灌混合料

(1) 钻机钻至设计深度后，停止钻进，将水泥粉煤灰碎石混合料输送软管两端分别与钻杆顶部及砼输送泵连接，将混合料由输送泵以一定的压力经输送软管、长螺旋钻杆内腔向孔底压灌。施工第一根桩时，先泵送同比例的水泥砂浆，然后再输送混合料；输送混合料压采用 10--12Mpa，提钻速度采用 1.2-1.5m/min。

(2) 提升钻杆：边向孔内压灌混合料，边提升钻杆；按计量控制钻杆的提升速度及高度，直至砼达到设计的桩顶标高。严禁过速提钻，以防出现断桩和缩颈，过砂层时尤其要注意。

(3) 为保证桩头质量，在设计桩顶标高以上，多灌 500mm。

(4) 按规范要求，进行试块的制作、养护及送检。

### 2.3.3.5 成桩，认真做好施工记录。

### 2.3.3.6 重复上述步骤，继续下一根桩的施工。

## 3. 质量检查要点及方法：

表 34-11 水泥粉煤灰碎石桩实测项目

项次	检查项目	规定值或允许值	检查方法和频率
1	桩距 (mm)	$\pm 100$	尺量：抽查 2%，且不少于 5 点
2	桩径 (mm)	$\geq$ 设计值	尺量：抽查 2%，且不少于 5 点
3	桩长 (m)	$\geq$ 设计值	查施工记录并结合取芯检查 0.2%，且不少于 3 根
4	强度 (MPa)	满足设计要求	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 34-12 粒料桩实测项目

项次	检查项目	规定值或允许值	检查方法和频率
1	桩距 (mm)	$\pm 150$	尺量：抽查 2%，且不少于 5 点
2	桩径 (mm)	$\geq$ 设计值	尺量：抽查 2%，且不少于 5 点
3	桩长 (m)	$\geq$ 设计值	查施工记录
4	粒料灌入率	$\geq$ 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

## 4. 质量通病及防治：

### 4.1 短桩

#### 4.1.1 表现形式：施工桩长未达到设计值。



4.1.2 形成原因: 未按设计要求进行施工, 下钻深度小于设计要求; 遇到硬壳层难以钻入而终止。

4.1.3 防止措施: 提高责任心, 加强监理旁站, 确保下钻深度不小于设计要求; 遇到硬壳层无法下钻时, 应进行桩长的设计变更。

#### 4.2 斜桩

4.2.1 表现形式: 桩身倾斜。

4.1.2 形成原因: 施工前未进行场地平整, 造成打桩过程中桩机倾斜; 施工人员粗心大意或责任心不强, 未能及时调平机台; 桩机下部较松软, 在打桩过程中受振动下沉而造成桩机倾斜。

4.1.3 防治措施: 施工前认真进行原地面回填碾压、整平, 保证施工过程中地基的强度; 打桩前施工人员应认真调整桩机平台, 保持其水平, 桩杆应采用垂线法测量垂直度; 施工过程中, 在桩机上挂垂线, 严格控制桩机垂直度, 发现不垂直时应立即停机调整垂直度。

#### 4.3 桩内的密实度不够

4.3.1 表现形式: 桩内碎石密实度达不到要求, 采用重 II 型动力触探仪检测达不到设计要求。

4.3.2 形成原因: 碎石级配不好; 桩机振动频率达不到要求; 未经过数次反插。

4.3.3 防治措施: 选择级配良好的优质碎石, 所用的碎石应认真抽检, 不合要求严禁使用; 应选择良好的振动频率符合要求额桩机打桩, 使用前应检查桩机完好性, 不合要求的桩机严禁使用; 严格按规范要求数次反插; 严格按三次投料方式进行投料, 每次投料后要求经过数次反插振动直至桩身碎石密实。

### (六) 强夯法

强夯法即强力夯实法, 又称动力固结法。是利用大型履带式起重机将 8~40 吨的重锤从 6~40 米高度自由落下, 对土进行强力夯实。适用于人工填土、湿陷土、黄土。

强夯法适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与黏性土、湿陷性黄土、杂填土和素填土等地基。对高饱和度的粉土与黏性土等地基, 当采用在夯坑内回填块石、碎石或其他粗颗粒材料进行强夯置换时, 应通过现场试验确定其适用性。

当地下水位较高, 夯坑内大量积水, 应及时采取排水措施进行排水。

#### 1. 质量控制要求

1.1 检查强夯施工过程中的各项测试数据和施工记录, 不符合设计要求时应补夯和采取其它有效措施。

1.2 强夯施工结束后应间隔一定时间方能对地基质量进行检验。对于碎石土和砂土地基, 其间隔可取 1 ~ 2 周; 低饱和度的粉土和黏性土地基可取 2 ~ 4 周。

1.3 质量检验的方法, 宜根据土性选用原位测试和室内土工试验。对于一般工程应采取两种或两种以上的方法进行检验; 对于重要工程项目应增加检验项目, 也可做现场大压板载荷试验。

1.4 质量检验的数量, 应根据场地复杂程度和建筑的重要性确定。对于简单场地上的一般建筑物, 每个建筑物地基的检验点不应少于 3 处; 对于复杂场地或重要建筑物地基应增加检验点数。检验深度应不小于设计处理的深度。

## 2. 过程控制方法

### 2.1 清表

施工前,清除原地面表层耕植土和相关植被,并挖除局部的淤泥、翻浆土层,有积水的路段排除积水并将土翻松晾干。试夯施工前,清除场地上空和地下障碍物,做好强夯场地的平整工作,并测量场地高程。

### 2.2 施工放样

清表后,基底表面恢复中线,按设计桩位恢复中线及边线。按设计要求确定出点夯及满夯点位,夯点用白灰明显标记和编号。

### 2.3 强夯试夯

将施工测量控制点引至不受施工影响的稳固地点。夯点定位允许偏差应为  $\pm 5\text{cm}$ 。单点夯击分别按 4、5、6、7、8 等击数进行试夯,取得试验参数。将夯锤起吊到预定高度,待夯锤脱钩自由下落后,放下吊钩,测量锤顶高程,若发现因坑底倾斜而造成夯锤倾斜时,应及时整平坑底。

试夯施工中根据设计要求的夯击能,计算落距,确定重锤落距,取满足设计的最佳夯击能。用红绳在强夯机的臂杆处标记所确定的落距高度,便于每次夯击时确定设计所要求的夯击能。

### 2.4 点夯

夯击点间距为  $2D$  ( $D$  为夯锤直径)。强夯范围为沿路线方向台后  $20\text{m}$ 。夯击时先夯第一排,然后夯第二排,以此顺序夯击完第一遍夯点后,将夯坑填平,第二遍夯击时重复第一遍步骤,且与第一遍夯击之间的时间间歇由超静水压力消散快慢确定。

点夯两遍,第一遍夯击点按正方形布置,第二遍夯点布置在第一遍夯击点的中间。强夯夯点平面布置如图所示,第一遍强夯时夯击偶数编号的主夯点,第二遍夯击奇数编号的主夯点。

间歇时间:两遍夯击间应有一定的时间间隔,间隔时间取决于加固土层中孔隙水压力消散所需要的时间,以超孔隙水压力消散 75% 以上所需时间为两遍夯击的间隔时间。根据有关实测资料,对渗透性较小的粘性土地基,间歇时间宜取 3~4 周。本项目地基土层多为粉土、粉质粘土、粉砂、细砂,渗透性相对较大,间歇时间应不少于 7 天,施工时根据试夯参数最后确定。第二遍夯击结束后,根据孔隙水压力的检测结果确定点夯与满夯之间间隔时间。

### 2.5 满夯

强夯后的地面应整修为横坡不小于 3% 的路拱,以低能量 50% 设计满夯夯平,每点夯打二击。满夯与第二遍夯击之间的间隔时间取决于超静孔隙水压力的消散时间,夯击点按梅花状布置,夯点彼此重叠直径的  $1/4$ ,以加固前两遍夯点之间被振松的表土层。

### 2.6 测量并记录

测量并记录强夯的各项参数(如夯击能、夯击次数、每次夯击的沉降量等)和施工等情况。

### 2.7 止夯标准

以最后两击的平均沉降量不大于  $5\text{cm}$ ,夯坑周围地面不发生过大的隆起,不因夯坑过深而发生起锤困难时为止夯标准。



## 2.8 质量检测

强夯结束 2~4 周后，对地基进行检测。检测标准：压实度达到 90% 以上；地基容许承载力不小于 220Kpa，不符合要求的要及时补夯。

### 3. 质量检查要点及方法

3.1 检查强夯施工过程中的各项测试数据和施工记录，不符合设计要求时应补夯和采取其它有效措施。

3.2 强夯施工结束后应间隔一定时间方能对地基质量进行检验。对于碎石土和砂土地基，其间隔可取 1 ~ 2 周；低饱和度的粉土和黏性土地基可取 2 ~ 4 周。

3.3 质量检验的方法，宜根据土性选用原位测试和室内土工试验。对于一般工程应采取两种或两种以上的方法进行检验；对于重要工程项目应增加检验项目，也可做现场大压板载荷试验。

3.4 质量检验的数量，应根据场地复杂程度和建筑的重要性确定。对于简单场地上的一般建筑物，每个建筑物地基的检验点不应少于 3 处；对于复杂场地或重要建筑物地基应增加检验点数。检验深度应不小于设计处理的深度。

### 4. 质量通病及防治

#### 4.1 夯击能达不到要求；

4.1.1 表现形式：点夯时，夯击能达不到设计要求。

4.1.2 形成原因：夯锤质量过小，达不到设计要求；夯锤底面积过大，达不到设计要求；夯锤提升高度达不到设计要求；夯坑倾斜过大；夯坑积水严重。

4.1.3 防治措施：施工前，应认真检查夯锤质量和夯锤底面积是否达到要求，夯锤宜选用 16~20t，底面积 4~5 m<sup>2</sup> 的平底锤。

选择起重能力大于 2~2.5 倍的履带式起重机。强夯地面要平整，否则引起起重机吊臂倾斜而使提升高度达不到要求。

每次点夯时，夯坑位置应经过整平，倾斜面不应大于 30°。

夯坑位置有积水时，应及时采取措施进行排水，保证夯击位置无积水。

#### 4.2 夯锤重叠宽度不够

4.2.1 表现形式：满夯时，夯击重叠宽度达不到 1/4 夯锤底面宽度。

4.2.2 形成原因：施工人员不认真施工或不知道重叠宽度要求；场地不平整，使起重机点位不准确，造成落锤夯击位置不准确，达不到 1/4 重叠宽度要求；提升夯锤后，未等夯锤稳定仍有摆动就落锤，造成落锤夯击位置不准确，达不到 1/4 重叠宽度要求。

4.2.3 防治措施：项目部技术管理人员做好技术交底，施工过程中严格落实技术交底内容；施工人员加强自身素质，提高责任心。

### （七）挤淤法

挤淤法一般分为抛石挤淤法和爆破挤淤法。

抛石挤淤法抛填填料和换填填料的质量应满足设计要求，不能使用有机土等非适用性填料。

使用不同填料换填时，应分层进行，同一层应采用同一填料。

### 1. 质量控制要求

1.1 水下爆炸宜选用抗水性能好的乳化炸药，当采用硝铵类炸药时应做好防水处理；

1.2 水下传引爆器材宜选用导爆索或导爆管等非电器材。

1.3 采用电雷管作为起爆器材时，应采用两发同厂、同批号的并联电雷管。严禁使用压扁、破损、锈蚀、加强帽歪斜的电雷管。

### 2. 过程控制方法

#### 2.1 抛石挤淤法

##### 2.1.1 主要材料的选定

抛石用料为当地所产的块石。为使挤淤效果明显，抛石后土质均匀，且将石料的石屑清除，最短边尺寸不小于 30cm，抗压强度大于 20Mpa。在抛石施工前，先开采片石进行强度试验，达到规范及设计要求方可使用。

##### 2.1.2 测量放样

按淤泥实际范围要求须测量放线，确定其抛石范围并经业主或监理工程师现场检查界线。

淤泥处理前，测量放样出沟底施工坡脚范围，结合现场情况处理的现状，包括平面几何尺寸和相应高程点，绘制出淤泥处理范围的地形平面图，报监理工程师核查、签认后作为工程量计算的依据。

##### 2.1.3 排水

使用污水泵排水

##### 2.1.4 地表的清理

抛石之前，抛填范围内的草木残株及种植土、有机土、建筑垃圾、草皮、树根、树墩、竹根等表层土要用挖掘机清除，并用人工配合清理。应清除全部土层，并经监理工程师认可才能进行下一步施工。

##### 2.1.5 片石运输及挤淤

2.1.5.1 施工中应安排好石料运行路线，专人指挥。摊铺平整工作采用大型机械进行，个别不平处应配合人工用细块石和石屑找平。

2.1.5.2 抛石采用挖掘机进行，方法为进占法。首先由挖掘机在作业半径内均匀抛第一层毛石，完成后，挖掘机来回走动进行碾压，待块石沉入与基底齐平后，可进行第二层抛石。完成后用同样方法进行碾压，若块石无明显沉降，可向前延伸进行下一段施工，若块石沉降量仍较大，则需再抛一层块石进行碾压，直至块石沉降量较小为止。

##### 2.1.6 摊铺砂夹卵石

抛石挤淤完成后，确认挤淤段无沉降，达到设计对于截污干管基底的承载要求，经监理工程师同意后，方可安摊铺砂夹卵石安装管道。

### 2.2 爆破挤淤



爆破挤淤处理地基的基本原理是在软基一定位置的淤泥内埋置药包，药包爆炸将淤泥向四周挤出并向上抛掷形成爆坑，抛石体在爆炸空腔负压和重力作用下定向滑移落入爆坑，瞬时实现泥石置换。同时，药包爆炸产生的冲击波和振动还使爆源附近一定范围内的淤泥受到强烈扰动，物理力学性能参数急剧下降，承载能力迅速减弱至几乎完全失去，抛石体在自重作用下进一步滑移或下沉。

爆炸挤淤法是将炸药放在软土或沼泽中爆炸，利用爆炸时的张力作用，把淤泥或沼泽扬弃，然后回填强度较高的渗水性土壤，如砾石、碎石等。爆炸挤淤法适用于处理海湾滩涂等淤泥和淤泥质土地基。处理深度不宜大于 15m。

爆炸施工前应进行现场勘察及爆炸安全区的安全检查，从事爆破工作的施工单位应取得当地公安核发的爆破作业许可证，从事爆破工作的人员应持证上岗。

2.2.1 应根据设计的装药孔位置，移动布药机械就位；

2.2.2 当装药器管套沉至要求深度后，应采用通过滑轮的软绳将药包缓缓放至孔底，不得使药包在套管内坠落。药包埋深允许偏差应为  $\pm 0.3\text{m}$ 。药包就位后不得移位。

2.2.3 当工程所在地的淤泥顶面较高，露出水面时间较长，且装药深度小于 2.0m 时，可采用人工简易布药法。

2.2.4 各药包与主导爆索连接时应捆扎牢固，并将药包导爆索传爆方向指向起爆雷管，各药包导爆索与主导爆索连接处搭接长度不得小于 150mm。

2.2.5 起爆前必须在起爆点外布设警戒线，警戒距离不得小于 300m。必须在确认警戒范围内无人员、车辆及其他安全隐患时方可起爆。每炮准爆率不应低于 90%，否则应重新补爆一次。

2.2.6 应通过对爆炸挤淤前后抛填横断面的测量，确定爆炸后填石的下沉量，并视情况对布药方案进行必要的调整。测量横断面间距不应大于 20m。

3. 质量检查要点及方法：

3.1 当淤泥深度超过设计深度时，应进行生产性试验，以确定可行的施工方法和技术措施。

3.2 挤淤爆破的布药器具，应确保运行正常，保证药包能准确布入固定深度的设计位置。

3.3 布药器具上应设明显的标记，以供判定药包埋设实际深度。

## 第二节 排水工程

### 一、一般规定

路基、路面防排水工程是防治路基病害，保证路基稳定，改善环境景观，保护生态平衡的重要设施，路基防护根据不同工程地质条件、填挖情况及边坡高度分别处理。路基防护工程按工程防护与植物防护相结合的原则进行的，最大限度的恢复自然生态环境。

注重排水设施之间的联系，使全线形成完善的排水系统，特别是与当地农田水利设施、灌溉系统的协调，防止冲毁农田，防止水土流失和水资源污染。

## 二、土沟

### （一）工程质量控制要求：

1. 建立以项目经理为核心的质量保证体系。
2. 自检方法：自检工作由质检员，测量员和施工技术负责人担任。质检员测量员和施工技术负责人持证上岗。
3. 质量控制标准：

表 34-12

序号	项目项目	规定值或允许偏差	检测频率（方法）
1	沟底高程（mm）	0，-30	水准仪，每 200m 测 4 处
2	断面尺寸（mm）	不小于设计	尺量，每 200m 测 2 处
3	边坡坡度	不陡于设计	尺量，每 200m 测 2 处
4	边棱直顺度（mm）	50	尺量，20m 拉线，每 200m 测 2 处

### （二）过程控制方法：

#### 1. 测量放线：

1.1 根据设计单位提供的控制桩、水准点和施工图纸，进行测量放线工作，基槽开挖范围内所有轴线桩、水准点都要引出机械施工活动区以外，并设置保护装置。

1.2 根据控制桩放出沟槽中线桩和边桩，在直线部分桩距 10-15m，弯道部分桩距 5-10m，路口处桩距 1-5m。

1.3 根据新钉桩位，采用拉线方法，配合白灰对开挖沟槽线就行标记。

1.4 在开槽后再复核一次，并应测出沟底高程，并作出设计面的标志。

1.5 土沟开挖：根据放出的开挖线，按照土沟设计尺寸开挖，保证土沟上口宽度、下口宽度及深度满足设计要求。土沟线形要求平顺，尽可能采用直线型，转弯处宜做成弧形，但转弯半径不宜过小，保证线形美观。土沟施工采用挖掘机开挖，开挖材料可根据现场情况用于护坡道施工，多余材料采用自卸汽车运走。采用人工修底，但是，杜绝在沟底铺设薄层，杜绝沟底堆土及杂物。

#### 2. 夯实边坡：

沟槽尺寸确定以后，对沟底和边坡进行夯实处理，作到密实无浮土。

### （三）质量检查要求及方法

表 34-13

项次	检验项目	允许偏差	检验频率和方法
1	沟底高程（mm）	+0，-30	水准仪：每 200m 测 4 处，且不少于 5 个点
2	断面尺寸（mm）	不小于设计	尺量：每 200m 测 2 处，且不少于 5 个点
3	边坡坡度	不陡于设计	尺量：每 200m 测 2 处，且不少于 5 个点
4	边棱直顺度（mm）	50	尺量：20m 拉线，每 200m 测 2 处，且不少于 5 个点

## 三、浆砌片石

### （一）质量控制要求

#### 1. 浆砌排水沟实测项目



表 34-14

项次	检查项目	规定值或允许偏差
1Δ	砂浆强度 (MPa)	在合格标准内
2	轴线偏位 (mm)	50
3	沟底高程 (mm)	± 15
4	墙面直顺度 (mm)	30
5	断面尺寸 (mm)	± 30
6	铺砌厚度 (mm)	不小于设计
7	基础垫层宽、厚 (mm)	不小于设计

## 2. 砌体外观要求:

2.1 砌体表面平整, 砌缝完好, 无开裂现象, 勾缝平顺, 无脱落现象。

2.2 沉降缝整齐竖直, 上下贯通, 不符合要求时必须处理。

### (二) 过程控制方法

1. 片石采用结构密实、质地均匀、表面干净, 边长不小于 15cm 的石块, 用作镶面的片石选择表面平整, 尺寸较大的片石, 并人工修整。

2. 片石应分层砌筑, 宜以 2-3 层砌块组成一工作层, 每一工作层的水平缝应大致找平。各工作层竖缝应该相互错开, 不得贯通。

3. 砌缝宽度不宜大于 40mm。

4. 砌筑时必须两面立杆挂线, 外露侧面应逐层收坡, 顺直整齐, 回填土墙面侧应该大致平整, 以保证砌体各部尺寸符合设计要求。

5. 外露墙面必须勾凹缝, 浆缝需要留出 2cm 深的缝槽, 以便砂浆勾缝, 勾缝前, 应该先清理缝槽, 用水清洒湿润, 凹缝要溜压密实, 平整、平顺、缝宽均匀, 深浅一致, 无脱落现象。

6. 对砌体要及时养护, 以便砌体砂浆强度的形成和提高, 覆盖土工布洒水养生不小于 7 天。

7. 较大的砌块应用于下层, 安砌时应选取形状和尺寸较为合适的砌块, 尖锐凸出部分应敲除。竖缝过宽时, 应在砂浆中塞以小石块, 但不得在石块下面用高于砂浆砌缝的小石片支垫。

8. 砌筑石块应保证表明干净、湿润、饱和, 砂浆垫层砌筑前应保持清洁, 湿润。所有石块均应坐于新拌砂浆之上, 在砂浆凝固前, 所有缝应满浆, 石块固定就位。垂直缝的满浆先将已砌好的石块的侧面抹浆, 然后用侧压砌置下一相邻石块; 或石块就位后灌入砂浆。

9. 石料应按照设计要求分层分段进行砌筑。沟身及基础均应按要求设置一道沉降缝, 缝内填塞沥青木板, 砌筑过程中保证木板垂直无弯曲, 木板尺寸需根据水沟横截面确定, 确保断缝完整, 无片石咬合。沉降缝处需采用 M7.5 砂浆塞缝, 塞缝宽度为 10cm, 确保沟内流水不沿沉降缝向水沟以外浸流。混凝土垫座的沉降缝可采用木胶板隔断, 且保证垫座沉降缝和沟身沉降缝位于同一断面。

### (三) 质量检查要求及方法

表 34-15

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	砂浆强度 (MPa)	在合格标准内	《公共工程质量检验评定标准 JTGF80-1》附录 P

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
2	轴线偏位 (mm)	50	全站仪或尺量：每 200 测 5 点
3	沟底高程 (mm)	$\pm 15$	水准仪：每 200 测 5 点
4	墙面直顺度 (mm)	30	20 米拉线：每 200 测 2 点
5	断面尺寸 (mm)	$\pm 30$	尺量：每 200 测 2 点
6	坡度	满足设计要求	坡度尺：每 200 测 2 点
7	铺砌厚度 (mm)	不小于设计	尺量：每 200 测 2 点
8	基础垫层宽、厚 (mm)	不小于设计	尺量：每 200 测 2 点

#### 四、盲沟

##### (一) 质量控制要求

##### 盲沟实测项目

表 34-16

项次	检 查 项 目	规定值或允许偏差
1	沟底高程 (mm)	$\pm 15$
2	断面尺寸 (mm)	不小于设计

##### (二) 过程控制方法

##### 1. 材料要求

1.1 碎石选用 20 ~ 40mm 碎石，质地强韧，粉尘以及含泥量符合规范以及设计要求；

1.2 C10 混凝土使用 350 拌和机现场拌和，材料使用中（粗）砂、碎石。混凝土随拌随用，保持适宜和易性，并在拌和 2-4h 内使用完毕。

##### 2. 盲沟质量控制

1. 要对所有材料进行检测。水泥、土工布、PVC 管必须有出厂合格证，并严格控制其质量规格符合施工要求。对砂、石料等地材进行材质、强度试验，并严格控制砂子粒径及含泥量等指标不超过设计要求，石料强度符合设计要求。

2. 坚持施工过程中的试验制度。保证混凝土强度试验的频数、试件组数达到规定要求。

3. 及时请监理和业主进行有关项目的质量检测，如有缺陷达不到设计要求，应及时进行处理。

4. 基础施工前要精确定出基础的平面位置。地基承载力必须符合设计及规范要求。

5. 在施工过程中，做好地表的防排水工作，基坑开挖后及时施工，防止雨水浸泡。

6. 严格控制施工配合比。

7. 选派熟练的技术工人进行施工作业，严格按技术规范做好各项记录、试验并及时进行养生。

##### (三) 质量检查要求及方法

表 34-17

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)	$\pm 15$	水准仪：每 20m 测 1 处
2	断面尺寸 (mm)	不小于设计	尺量：每 20m 测 1 处

#### 五、沉淀池 / 油水分离池



## (一) 质量控制要求

## 1. 钢筋允许偏差表:

表 34-18

项目名称		规范允许偏差 (mm)
受力钢筋的间距		$\pm 10$
受力钢筋的排架		$\pm 5$
钢筋弯起点位置		20
箍筋、横向钢筋间距	绑扎骨架	$\pm 20$
	焊接骨架	$\pm 10$
焊件预埋件	中心线位置	3
	水平高差	$\pm 3$
受力钢筋的保护层	基础	$\pm 10$
	柱、梁	$\pm 5$
	板、墙	$\pm 3$

## 2. 模板允许偏差表:

表 34-19

序号	项目名称		规范允许偏差 (mm)
1	轴线位置	底板	10
2		池壁、梁、柱	5
3	高程		$\pm 5$
4	平面尺寸 (混凝土底板和池体的长、宽或直径)	$L \leq 20$	$\pm 10$
5		$20\text{m} < L \leq 50\text{m}$	$\pm L/2000$
6	混凝土结构截面尺寸	池壁、梁、顶板	$\pm 3$
7		洞槽沟净空、变形缝宽度	$\pm 5$
8	池壁垂直度	$H \leq 5\text{m}$	5
9		$5\text{m} < L \leq 20\text{m}$	$H/1000$
10	表面平整度		5
11	中心位置	预埋件、预埋管	3
12		预留洞	5
13	相邻两表面高低差		2

注: 特殊部位允许偏差以相关设计依据为准

## 3. 现浇钢筋混凝土水池允许偏差:

表 34-20

序号	项目名称		规范允许偏差 (mm)
1	轴线位置	底板	15
2		池壁、柱、梁	8
3	高程 (垫层、底板、池壁、柱、梁)		$\pm 10$
4	平面尺寸 (混凝土底板和池体的长、宽、或直径)	$L \leq 20\text{m}$	$\pm 20$
5		$20\text{m} < L \leq 50\text{m}$	$\pm L/1000$
6	混凝土结构截面尺寸	池壁、柱梁、顶板	+10 -5
7		洞、槽、沟净空	$\pm 10$
8	垂直度 (池壁、柱)	$H \leq 5\text{m}$	8
9		$5\text{m} < L \leq 20\text{m}$	$1.5H/2000$

序号	项目名称		规范允许偏差 (mm)
10	表面平整度		10
11	中心位置	预埋件、预埋管	5
12		预留洞	10
13	防水层、防腐层平整度		5

注：特殊部位允许偏差以相关设计要求为准

## (二) 过程控制方法

### 1. 工程测量质量保证措施

1.1 现场设置测量人员，负责对工程的测量，定位线控制。

1.2 根据工程交接桩点，采用全站仪、gps 等测量工具进行复核、控制。

1.3 基础垫层混凝土终凝后进行上部结构放线，放线完后，组织技术，质量进行联合检验，并报请监理、甲方验线。

1.4 放线内容为：轴线、结构边线、检查线、专业管线、洞口位置线等。

1.5 为保证圆形水池结构的位置和尺寸，水池的中心点位置应随施工进度逐步上升，尤其是池壁上口和出水渠的圆弧度，模板的位置检测应按水平位置进行。

### 2. 钢筋工程质量保证措施

2.1 钢筋焊接绑扎接头的布置必须符合设计图纸、施工规范、验评标准要求。

2.2 钢筋绑扎前，认真核对施工图纸和钢筋料表，挂牌的种类、尺寸、数量、规格大样，如有错误及时修改。

### 2.3 模板工程质量保证措施

模板安装前进行技术方案交底，模板及支撑必须有足够的强度，刚度及稳定性。接缝处进行封堵处理。周转使用过程中保证模板内面的光滑、干净。

### 2.4 混凝土工程质量保证措施

2.4.1 混凝土搅拌时要严格控制配合比，水泥定量抽检，石子预先冲洗，控制含泥量。

2.4.2 混凝土浇注 12 小时内应排专人进行浇水或覆盖养护，防止阳光暴晒。

## (三) 质量检查要求及方法

### 1. 钢筋分项工程：

表 34-21

序号	项目名称		规范允许偏差 (mm)	检查方法
1	受力钢筋的间距		$\pm 10$	尺量
2	受力钢筋的排架		$\pm 5$	尺量
3	钢筋弯起点位置		20	尺量
4	箍筋、横向钢筋间距	绑扎骨架	$\pm 20$	尺量
5		焊接骨架	$\pm 10$	尺量
6	焊件预埋件	中心线位置	3	尺量
7		水平高差	$\pm 3$	尺量
8	受力钢筋的保护层	基础	$\pm 10$	尺量



序号	项目名称	规范允许偏差 (mm)	检查方法
9	柱、梁	$\pm 5$	尺量
10		$\pm 3$	尺量

注明:

★梁板类构件上部受力钢筋保护层厚度的合格点率应达到 90% 及以上, 且不得有超过表中数值 1.5 倍的尺寸偏差。

★检查数量: 在同一检验批内, 对梁、柱和独立基础, 应抽查为构件数量的 10%, 且不应少于 3 件; 对墙和板, 应按有代表性的自然间抽查 10%, 且不应少于 3 间; 对大空间结构, 墙可按相邻轴线间高度 5m 左右划分检查面, 板可按纵、横轴线划分检查面, 抽查 10%, 且均不应少于 3 面。

★特殊部位检查数量、检查标准以设计为准。

## 2. 模板分项工程:

表 34-22

序号	项目名称	规范允许偏差 (mm)	检查方法
1	轴线位置	底板	10
2		池壁、梁、柱	5
3	高程	$\pm 5$	水准仪、尺量
4	平面尺寸 (混凝土底板和池体的长、宽或直径)	$L \leq 20$	$\pm 10$
5		$20m < L \leq 50m$	$\pm L/2000$
6	混凝土结构截面尺寸	池壁、梁、顶板	$\pm 3$
7		洞槽沟净空、变形缝宽度	$\pm 5$
8	池壁垂直度	$H \leq 5m$	5
9		$5m < L \leq 20m$	$H/1000$
10	表面平整度	5	2 米靠尺、塞尺
11	中心位置	预埋件、预埋管	3
12		预留洞	5
13	相邻两表面高低差	2	尺量

注明:

★在同一检验批内, 对梁、柱和独立基础, 应抽查构件数量的 10%、且不应少于 3 件; 对墙和板, 应按有代表性的自然间抽查 10%, 且不应少于 3 间; 对大空间结构, 墙可按相邻轴线间高度 5m 左右划分检查面, 板可按纵、横轴线划分检查面, 抽查 10%, 且均不应少于 3 面。

★特殊部位检查数量、检查标准以设计为准。

## 3. 现浇钢筋混凝土水池结构允许偏差

表 34-23

序号	项目名称	规范允许偏差 (mm)	检查方法
1	轴线位置	底板	15
2		池壁、柱、梁	8
3	高程 (垫层、底板、池壁、柱、梁)	$\pm 10$	水准仪、拉线、尺量
4	平面尺寸 (混凝土底板和池体的长、宽、或直径)	$L \leq 20m$	$\pm 20$
5		$20m < L \leq 50m$	$\pm L/1000$

序号	项目名称		规范允许偏差 (mm)	检查方法
6	混凝土结构截面尺寸	池壁、柱梁、顶板	+10 -5	尺量
7		洞、槽、沟净空	± 10	尺量
8	垂直度 (池壁、柱)	$H \leq 5m$	8	经纬仪、吊线、尺量
9		$5m < L \leq 20m$	1.5H/2000	经纬仪、吊线、尺量
10	表面平整度		10	2 米靠尺、塞尺
11	中心位置	预埋件、预埋管	5	尺量
12		预留洞	10	尺量
13	防水层、防腐层平整度		5	2 米靠尺、塞尺

注明:

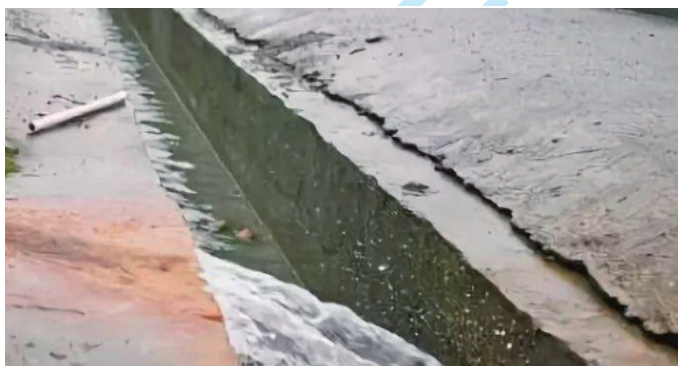
★检查数量:按结构缝或施工段划分检验批。在同一检验批内,对梁、柱和独立基础,应抽查构件数量的 10%,且不应少于 3 件;对墙和板,应按有代表性的自然间抽查 10%,且不应少于 3 间;对大空间结构,墙可按相邻轴线间高度 5m 左右划分检查面,板可按纵、横轴线划分检查面,抽查 10%,且均不应少于 3 面,对施工重点部位,应全数检查。

★特殊部位检查数量、检查标准以设计为准。

## 六、排水工程质量通病及防治

### (一) 排水工程不畅通

1. 具体现象:沟底高低不平,甚至反坡,局部断面过小、不规则,导致排水不畅,局部积水。



2. 预防与治理措施:

2.1 测量人员须严格按照设计位置进行测量放样,并将开挖线做好标识,开挖施工前进行位置复核。

2.2 现场开挖工作应严格按照设计要求和施工方案进行,须再技术人员的指挥下,按照开挖线和放坡要求进行开挖,并跟踪测量,被免超挖和开挖宽度不够。

2.3 开挖时,基底须预留一定厚度,人工开挖和修整。

### (二) 浆砌水沟砌筑质量不合格

1. 具体现象:

1.1 浆砌石通缝,砌石工程各面石砌缝连通、尤其是在转角处及沉降处。

1.2 浆砌石内部结构不牢,砌体内外两层皮、互不联接,石块间砂浆粘接不牢,石块间砂浆不满,砌体结构松散。



1.3 浆砌石大面凹凸不平，垂直度超出设计及规范标准，局部面石本身不平。



1.4 勾缝砂浆在砌体完成不久即脱落。



## 2. 预防措施：

2.1 加强石料挑选工作，注意石块左右、上下、前后的交搭，必须将砌缝错开，特别注意相邻的上下层错开。

2.2 转角处及沉降缝处把丁顺叠砌改为丁顺组砌；施工间歇必须留斜槎，留槎的槎口大小要根据所使用的材料和组砌方法而定。

2.3 采用座浆法或挤浆法砌筑，严禁采用灌浆法；每工作班砌筑高度应按规定执行，石料表面清理干净；按配合比要求拌制砂浆，采用砂浆拌和机拌料。

2.4 严格控制勾缝砂浆质量；砌体灰缝控制在规范容许范围内；砌筑完成后马上进行勾缝，停留时间过久时在勾缝前认真进行表面清理；勾缝后及时、认真进行养护。

### （三）盲沟施工材料不合格，排水不畅。

1. 具体现象：材料进场控制不严格，材料质量不合格，盲沟高程、线性设置错误导致

排水不畅。



## 2. 预防措施:

2.1 盲沟所用各类材料应洁净、无杂质，碎石含泥量符合设计要求。

2.2 各层的填料要求层次分明、填筑密实。

2.3 盲沟施工时，当日下管填料要一次完成，盲沟长时要分段施工。

2.4 填石盲沟颗粒均匀无杂物，纵坡符合设计要求。

2.5 渗水管盲沟施工完毕，要将管内砂浆残渣、杂物清除干净。

2.6 盲沟进水口要设反滤层。

## （四）平口排水管安装不合格

1. 具体表现：安装错口，接口不密实，抹带尺寸不符合设计要求，摸带开裂。



## 2. 预防措施:

2.1 严格检测进场的排水管质量，凡不符合要求的必须退场，不得使用。

2.2 安装前须在基础上弹好中线，并严格按照排水管安装的标准和技术要求进行安装，确保不错口。

2.3 接口处（除沉降缝外）缝内按设计要求用砂浆塞满，管内侧摸平；沉降缝用沥青麻絮填塞，并用灌缝材料将缝灌满烫平。

2.4 将接口处外侧管壁凿毛，冲洗干净，按设计要求安装钢丝网。

2.5 接口摸带前须将接口湿润后，再按设计宽度、厚度进行摸带，摸带用的砂浆强度须符合设计，摸带完成后，须及时复盖洒水养



### 第三节 防护支挡工程

#### 一、一般规定

防护支挡工程所使用的砂浆或混凝土必须有配合比和强度试验，并留够试件。石质强度应符合设计要求。施工所用砂浆、混凝土，应用机械拌和，禁止直接在砌体面上或路面上以人工拌和，并应随拌随用。施工所用材料必须符合相应规范及标准。

#### 二、挡土墙

挡土墙是指支承路基填土或山坡土体、防止填土或土体变形失稳的构造物。常见类型有干砌、浆砌、片石混凝土及混凝土挡土墙等。

##### (一) 质量控制要求

1. 确保挡土墙的基础严格按图施工。做好工作面清洁、排水，作好尺寸、标高等指标的把控，作好定位放线记录并签证。
2. 严格按照设计要求及规范规定，对泄水孔的数量、位置及高度、间距、孔径尺寸按图纸要求进行把控。
3. 挡土墙墙背回填之前，保证泄水孔、倒滤层畅通。
4. 严格按照施工工序，保证规范作业。

表 34-24 浆砌挡土墙

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法
1	砂浆强度 (Mpa)		在合格标准内	按《公共工程质量检验评定标准 JTGF80-1》附录 P
2	平面位置 (mm)		$\leq 50$	全站仪：测墙顶外边线，长度不小于 30m 时测 5 点，每增加 10m 增加 1 个点
3	墙面坡度 (%)		$\leq 0.5$	铅锤法：长度不小于 30m 时测 5 处，每增加 10m 增加 1 个处
4	断面尺寸 (mm)		$\geq$ 设计值	尺量：长度不小于 50m 时测 10 个断面，每增加 10m 增加 1 个断面
5	顶面高程 (mm)		$\pm 20$	水准仪：长度不小于 30m 时测 5 点，每增加 10m 增加 1 个点
6	表面平整度 (mm)	块石	$\leq 20$	2m 直尺：每 20m 测 3 处，每处测竖直、墙长两个方向
		片石	$\leq 30$	
		混凝土预制块、料石	$\leq 10$	

表 34-25 干砌挡土墙

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

表 34-26 片石混凝土挡土墙

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	混凝土强度 (Mpa)	符合设计要求	/
2	平面位置 (mm)	$\leq 50$	全站仪: 测墙顶外边线, 长度不小于 30m 时测 5 点, 每增加 10m 增加 1 个点
3	墙面坡度 (%)	$\leq 0.3$	铅锤法: 长度不小于 30m 时测 5 处, 每增加 10m 增加 1 个处
4	断面尺寸 (mm)	$\geq$ 设计值	尺量: 长度不小于 50m 时测 10 个断面, 每增加 10m 增加 1 个断面
5	顶面高程 (mm)	$\pm 20$	水准仪: 长度不小于 30m 时测 5 点, 每增加 10m 增加 1 个点
6	表面平整度 (mm)	$\leq 8$	2m 直尺: 每 20m 测 3 处, 每处测竖直、墙长两个方向

5. 砌体、片石混凝土挡土墙外观质量应符合下列规定:

5.1 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  $0.08 \text{ m}^2$ . 换算面积应按缺陷缝长度乘以 0.1m 计算。

5.2 混凝土表面不应存《公共工程质量检验评定标准 JTGF80-1》附录 P 中所列限制缺陷。

5.3 墙体不得出现外鼓变形。

5.4 泄水孔应无反坡、堵塞。

表 34-27 悬臂式和扶壁式挡土墙

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	平面位置 (mm)	$\leq 30$	全站仪: 测墙顶外边线, 长度不小于 30m 时测 5 点, 每增加 10m 增加 1 个点
2	墙面坡度 (%)	$\leq 0.3$	铅锤法: 长度不小于 30m 时测 5 处, 每增加 10m 增加 1 个处
3	断面尺寸 (mm)	$\geq$ 设计值	尺量: 长度不小于 50m 时测 10 个断面, 每增加 10m 增加 1 个断面
4	顶面高程 (mm)	$\pm 20$	水准仪: 长度不小于 30m 时测 5 点, 每增加 10m 增加 1 个点
5	表面平整度 (mm)	$\leq 8$	2m 直尺: 每 20m 测 3 处, 每处测竖直、墙长两个方向

6. 悬臂式和扶壁式挡土墙外观质量应符合下列规定:

6.1 混凝土表面不应存在《公共工程质量检验评定标准 JTGF80-1》附录所列限制缺陷。

6.2 墙体不得出现外鼓变形。

6.3 泄水孔应元反坡、堵塞。

## (二) 过程控制方法

1. 尊重和绝对服从监理工程师及其代表, 根据合同条款要求, 在工程师及其代表监督和指导施工, 并如实向监理工程师汇报进度和质量情况。

2. 建立检验和试验程序文件, 按程序规定对施工全过程进行检查, 并按程序规定的种类、格式和方法予以记录、归档。

3. 现场测量组应拟定施工测量实施方案, 负责控制网点的自检、施工全过程中的测量放样及测量验收工作, 并提交工程师进行审核。

4. 实验室随时检查原材料产品质量检验证, 做好各项原材料试验、施工中抽样试验、各种配合比试验, 运用统计技术将其数据经计算机分析后, 报质检科审批。

5. 班组技术人员或自检人员在每一分项工程完工后进行质检, 并填写质检表格交质检科。质检人员在审核试验资料, 自检资料及其它相关资料无误后, 到现场进行复检并填写报检通知单报

监理工程师验收。

6. 实施施工方案，必须经 TQC 小组审核，认为其方案可行性有质量保证措施后方可报监理工程师，施工中施工方案的改变必须经总工程师和监理批准。

7. 每一工序完工后，应及时对施工场地进行清理，以免残留物对下道工序产生质量影响。

8. 对于连续施工工序，交班质检人员应就本班施工质量情况以及需要注意事项向接办人员作详细说明，并认真填写交接班记录。

### （三）质量检查要求及方法

1. 严格按照合同要点及规范要求协同专业工程师进行实地质量把关。

2. 技术人员应有效的对检验和试验程序文件进行多次时间间隔检查，并应经专业工程师校检。

3. 由专业工程师组织现场技术人员对控制网点进行抽样检查，检查过程中做好取样记录与之前记录进行核对。

4. 及时检查现场材料产品质量检验证，严格按照质检科审批结果进行质量把控。

5. 质检员，试验人员应该严格实行跟班作业，工程关键部位以及经工程师批准“三班制”施工等工程，必须有自检工程师守候现场。

### （四）质量通病及防治



挡土墙示意图

1. 常见的质量通病有：

1.1 组砌不良；



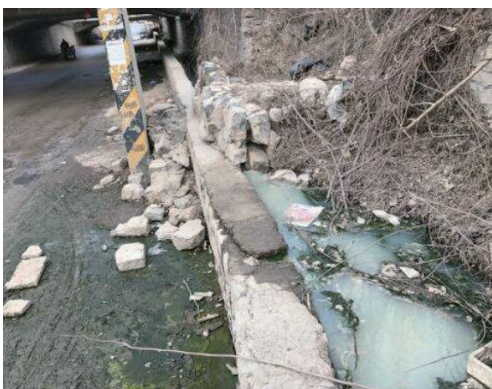
1.2 砌体砂浆不饱满；



1.3 墙面垂直度与表面平整度误差过大；



1.4 挡土墙后积水；



1.5 挡墙滑移、挡墙倾斜；



1.6 砌体断裂或坍塌等。





## 2. 防治措施:

### 2.1 组砌不良;

2.1.1 毛料石挡土墙应上下错缝搭砌。阶梯形挡土墙的上阶梯料石至少压砌下阶梯料石宽的  $1/3$ 。

2.1.2 同皮内采用丁顺组砌时, 丁砌石应交错设置, 其中心距不应大于  $2\text{m}$ 。

2.1.3 毛料石拦土墙厚度大于或等于两块石块宽度时用同皮内全部顺砌, 但每砌两皮后, 丁砌层。

2.1.4 按设计要求、石料厚度和灰缝允许厚度的范围, 预先计算出砌完各段、各皮的灰缝厚度, 如果上述三项要求不能同时满足时, 应提前办理技术核定或设计修改。

### 3. 砌体砂浆不饱满;

3.1 浆砌块、片石应采用座浆法砌筑, 不准采用层铺法或干砌灌浆法施工;

3.2 立缝和石块间的空隙须用砂浆填捣密实, 大的空隙应采用小片石填塞, 以确保石块完全被密实的砂浆包裹。

### 3.3 墙面垂直度与表面平整度误差过大;

3.3.1 砌筑时必须认真跟线。在满足墙体里外皮错缝搭接的前提下, 尽可能将石块较平整的大面朝外砌筑。球形、蛋形、粽子形或过于扁薄的石块未经修凿不得使用。

3.3.2 砌筑中认真检查墙面垂直度, 发现偏差过大时, 及时纠正。

3.3.3 砌乱毛石墙时, 应将大小不同石块搭配使用。禁止外表面全用大石块和里面用小石块填心的做法。

3.3.4 浇筑混凝土构造柱和圈梁时, 必须加好支撑。混凝土应分层浇灌、振捣不过度。

### 4. 挡土墙后积水;

4.1 砌筑挡土墙应按设计要求留设泄水孔。泄水孔宜采用袖管方法留置, 并随时检查泄水孔是否畅通, 若出现堵塞, 应及时疏通或返修。

4.2 墙后回填土中, 应在泄水孔口及附近范围作疏水层, 当设计无具体规定时, 可在泄水孔水平面上填放宽  $30\text{cm}$ 、厚  $20\text{cm}$  的碎石或卵石作疏水层, 以利土内积水顺泄水孔排出。

4.3 挡土墙顶土面应有适当坡度, 使地表水流向挡土墙外侧面。

### 5. 挡墙滑移、挡墙倾斜;

当墙身倾斜严重, 可能导致倒塌时, 应划出安全警戒区, 并及时挖除墙后填土减载, 防止事

故恶化,然后与有关方再商定处理方法。

### 三、锚固防护

#### (一) 质量控制要求

1. 锚杆、锚定板应符合下列基本要求:

1.1 锚杆、拉杆或筋带根数不得少于设计数量。

1.2 地基承载力应满足设计要求。

1.3 筋带应理顺,放平拉直,筋带与面板、筋带与筋带连接牢固。

1.4 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%。

1.5 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。

1.6 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,填充度满足设计要求。

1.7 拉杆、锚杆的防护应满足设计要求。

1.8 锚固防护实测项目应满足下列要求:

表 34-28 筋带实测要求

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)	$\geq$ 设计值	尺量: 每 20m 测 5 根
2	拉杆间距 (mm)	$\pm 100$	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 34-29 拉杆实测要求

项次	检查项目	规定值或允许偏差值	检查方法和频率
1	筋带长度	$\geq$ 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 34-30 锚杆实测要求

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	砂浆按附录 F 检查,其他按附录 M 检查
2	锚孔孔深 (mm)	$\geq$ 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)	$\pm 100$	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 $\geq$ 设计值;80% 锚杆的抗拔力 $\geq$ 设计值;最小抗拔力 $\geq 0.9$ 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

2. 锚杆、锚定板外观质量应符合下列规定:

2.1 锚头不得外露,封锚混凝土或砂浆应无裂缝、疏松。

墙体不得出现外鼓变形。

2.2 锚杆应嵌入稳固基岩内，锚固深度根据设计要求结合岩体性质确定。锚杆孔深应大于锚固长度 200mm。

2.3 钢筋保护层厚度不宜小于 20mm。

2.4 固定锚杆的砂浆应捣固密实，钢筋网应与锚杆连接牢固。

2.5 铺设钢筋网前宜在岩面喷射一层混凝土，钢筋网与岩面的间隙宜为 30mm, 然后再喷射混凝土至设计厚度。

2.6 喷射混凝土的厚度要均匀，钢筋网及锚杆不得外露。

2.7 做好泄、排水孔和伸缩缝。

2.8 锚杆挂网喷射混凝土（砂浆）防护施工质量应符合相关规定。

### （二）过程控制方法

1. 施工前作好专项工作预案及相关工作。作好原材料准备工作，严格按照设计要求规定的材质、规格备料，形成档案记录。

2. 严格按照设计及施工方案要求作好对原材料的处理及养护并作好记录。

3. 锚孔钻孔达到设计孔深，技术人员自检合格后报现场监理工程师检查验收，方可进行下道工序。

4. 灌浆前清孔，注浆孔口压力不得大于规定值；注浆过程中应由专业技术人员把控，保证钻孔注浆的饱满程度满足施工要求；锚杆安装后 3 天内不得悬挂重物。

5. 建立检验和试验程序文件，按程序规定对施工全过程进行检查，并按程序规定的种类、格式和方法予以记录、归档。

6. 根据合同条款要求，在专业工程师及其代表监督和指导下施工，并如实向监理工程师汇报进度和质量情况。

7. 对于连续施工工序，交班质检人员应就本班施工质量情况以及需要注意事项向接办人员作详细说明，并认真填写交接班记录

### （三）质量检查要求及方法

1. 锚杆进场应有质量合格检验证书，经检验合格后方可使用。

2. 锚杆使用前清除杆体上附着的泥土和油渍；施工全过程中，不得使用杆体明显变形的锚杆。

3. 孔径应比锚杆直径小 2mm~3mm。

4. 锚杆插入孔内的长度，不得小于锚杆长度的百分比。

5. 对外露长度大于百分比的锚杆，一般不得报量；对只施工素锚杆的地段，网度小于规定的，一般不得报量；

6. 网片进场应有质量合格检验证书，经检验合格后方可使用。

7. 使用前应清除网片上粘附的泥土和油渍；对个别脱焊的交叉点应进行绑扎处理后使用，多点脱焊的不得再使用。

8. 凹陷处连同锚杆注入时，不得过于用力注入锚杆致使网片多点脱焊。

9. 网片衔接应规整有序, 重叠区域不宜超过 20cm, 避免材料过于浪费。
10. 紧跟掘进工作面时, 应在喷射混凝土终凝 3h 后再进行放炮作业, 避免崩坏网片。
11. 输送距离(混合料)水平不应小于 50m, 垂直不应小于 20m。
12. 震动电机功率为 0.37KW, 电压 380V。
13. 干拌法喷射混凝土用空气压缩机的供风量不应小于  $7\text{m}^3\sim 9\text{m}^3/\text{min}$ 。
14. 输料管应能承受 0.8MPa 以上的压力, 并应有良好的耐磨性能。
15. 干拌法喷射混凝土施工供水设施应满足喷头处的水压力不小于 0.15MPa。
16. 混合料搅拌前, 应按混合料配比对各种原材料称重, 对重量允许偏差 2%~3%。
17. 安装墙板时, 应边安装墙板边进行墙背回填及墙背排水系统施工。

#### (四) 质量通病及防治



挂网锚喷防护图

#### 1. 常见的质量通病有:

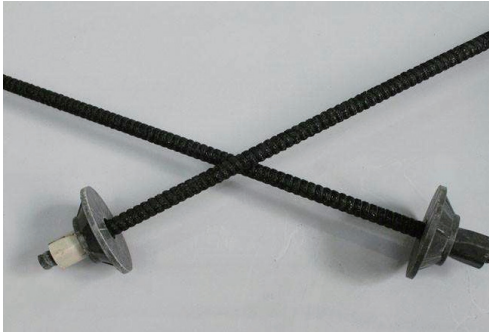
##### 1.1 锚杆钻孔角度不符合要求。



##### 1.2 锚杆注浆不密实。



### 1.3 锚杆锚固长度不够。



### 1.4 锚杆拉拔力检测达不到设计要求。



## 2. 预防措施：

### 2.1 锚杆钻孔角度不符合要求。

2.1.1 根据尺寸及支护要求制作支护作业平台，要能满足各个孔位锚杆钻孔作业要求。

2.1.2 加强施工过程质量控制，规范工人的作业行为，对作业平台与岩壁间距离较小的部位，要求先采用较短的钻杆开孔。

### 2.2 锚杆注浆不密实。

2.2.1 严格按监理批准的锚杆注浆工艺性试验施工。在注浆前，采用高压风或高压水扫孔，并逐孔检查。

2.2.2 将注浆管伸入到孔底，再退回少许，使灌浆管距孔底 10,20cm; 向下倾斜的孔注浆时，孔口安装止浆塞和厂浆管，在杆体安装后，用水泥砂浆球封堵孔口。

### 2.3 锚杆锚固长度不够。

2.3.1 锚杆锚固长度不够预防措施加强施工过程质量控制，在锚杆安装前，对钻孔深度和锚杆下料尺寸进行验收。

2.3.2 在锚杆安装过程中，由质检员严格控制注浆质量及锚杆插入长度（控制外露长度）。

### 2.4 锚杆拉拔力检测达不到设计要求。

2.4.1 在锚杆注浆前验孔、验筋，材质不符、锈蚀严重的钢筋不得使用，钢筋未清理干净、孔内有积水积渣不得进行锚杆安装。

2.4.2 注浆浆液配合比通过试验确定，在施工时测定骨料含水量，并据此调整确定生产配合比，在施工中严格按生产配合比执行，确保浆液质量。

2.4.3 对注浆过程进行检查,控制注浆压力,先插杆后注浆,注浆至孔口溢浆才结束,并做好锚杆注浆记录。

#### 四、砌体坡面防护

##### (一) 质量控制要求

砌体坡面防护应符合下列要求:

1. 勾缝砂浆强度不得小于浆砌砂浆强度。
2. 坡面下端基础埋置深度及其地基承载力应满足设计要求。
3. 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。
4. 砌块应相互错缝、咬扣紧密,嵌缝饱满密实。
5. 应按设计要求设置沉降缝、伸缩缝、泄水孔、坡面的防排水设施。

表 34-31 砌体坡面防护实测项目应符合下表要求

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	砂浆强度 (MPa)		在合格标准内	
2	顶面高程 (mm)	料、块石	$\pm 30$	水准仪:长度不大于 30m 时测 5 点,每增加 10m 增加 1 点
		片石	$\pm 50$	
3	表面平整度 (mm)	料、块石	$\leq 25$	2m 直尺:除锥坡外各 1 尺;锥坡处顺坡
		片石	$\leq 25$	
4	坡度		$\leq$ 设计值	坡度尺:长度不大于 30m 时测 5 处,每增加 10m 增加 1 处
5	厚度或断面尺寸 (mm)		$\geq$ 设计值	尺量:长度不大书 50m 时测 10 个断面,每增加 10m 增加 1 个断面
6	框格间距 (mm)		$\pm 150$	尺量:抽查 10%

##### (二) 过程控制方法

1. 砌体工程的石料应质地坚硬,不易风化,无裂纹。石料表面的污渍应予清除。
2. 普通片石的形状不受限制,但其中部厚度不应小于 15cm。用于镶面的片石宜选用表面较平整,尺寸较大者,且边缘的厚度不得小于 15cm。
3. 用作镶面的块石外露面应稍加修凿,凹入深度不应大于 2cm;砌筑过程中要求按两顺一丁方式砌筑;镶面丁石的长度不应小于顺石宽度的 1.5 倍。
4. 砌体工程所用砂浆的强度等级应符合设计要求。砂浆中所用水泥、细骨料、水等原材料的质量要求,必须送试验室检测合格后,方可使用。
5. 砂浆应随拌随用。当在运输或贮存过程中发生离析现象时,砌筑前应重新拌和。已凝结的砂浆,不得使用。砂浆拌和必须采用机械搅拌,磅秤计量。
6. 护坡处理应保证坡表面平整,无松散缺陷,铺设时尽量减少对护坡的扰动,保证垫层表面平整,最后应保证缝面线型应平、顺、直,整体美观。
7. 砌筑完成后,及时采用土工布覆盖养生,常温下养护期不得少于 7 天。
8. 现场技术管理人员应严格监督指导,保证各个工序符合施工方案要求,做好原始记录。

##### (三) 质量检查要求及方法



1. 必须严格按照图纸规定或监理工程师要求，设置垫层、反滤层和泄水孔。
2. 用于工程的砂石材料及砂浆配合比应符合相应手册有关规定。
3. 路基的浆砌片石护坡、锥坡采用的基础型式和深度、砌筑片石的厚度、碎石或砂砾垫层应按图纸规定及要求进行施工。
4. 所有基础工程开挖到设计标高后，地基承载能力必须符合设计要求，基底土质应均匀和未受到扰动，平面尺寸及高程必须满足设计要求。
5. 干砌片石必须镶嵌密实，任何一处均不应有活动石料。
6. 浆砌片石必须砂浆饱满，表面平整，各处几何尺寸均须符合设计要求。砌体外观达到直线段顺直，曲线段圆滑。

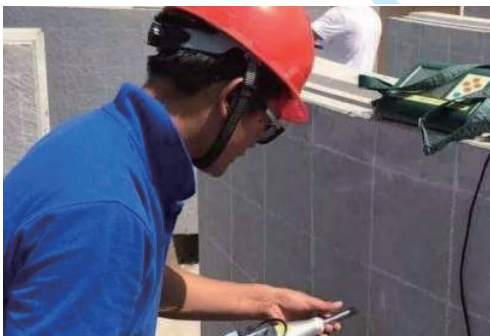
#### （四）质量通病及防治



坡面防护示意图

#### 1. 常见的质量通病有：

##### 1.1 砌体强度不达标。



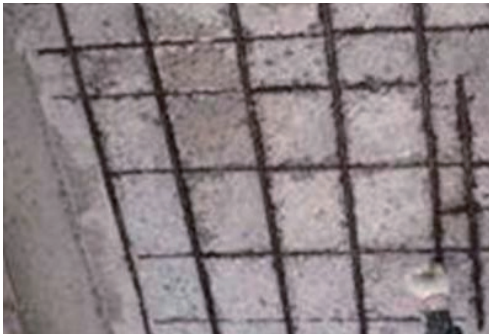
##### 1.2 砌体几何尺寸不符合设计图纸要求。



1.3 水平或竖向灰缝砂浆饱满度不合格。



1.4 配筋砌体钢筋遗漏和锈蚀。



1.5 砌块外墙透水。



2. 防治措施：

2.1 砌体强度底。

2.1.1 进场水泥、砖等要有合格证，并取样复检符合要求。

2.1.2 砂子应满足材质要求，如使用含泥量超过规定的砂，必须增加机拌时间，以除去砂子表面上的泥土。

2.1.3 砂浆的配合比应根据设计要求种类、强度等级及所用的材质情况进行试配，在满足砂浆和易性的条件下控制砂浆的强度等级；砂浆应采用机械拌合，时间不得少于 1.5min。

2.1.4 白灰应使用经过熟化的白灰膏。

2.2 砌体几何尺寸不符合设计图纸要求。

2.2.1 同一单位工程宜使用同一厂家生产的砌体。

2.2.2 正确设置皮数杆，皮数杆间距一般为 15-20m, 转角处均应设立；严格控制皮数杆上的尺寸线。



2.2.3 水平与竖向灰缝的砂浆均应饱满，其厚（宽）度应控制在 10mm 左右。

2.2.4 浇筑混凝土前，必须将模具支撑牢固；混凝土要分层浇筑，振动棒不可直接接触墙体。

2.3 水平或竖向灰缝砂浆饱满度不合格。

2.3.1 改善砂浆和易性，如果砂浆出现渗水现象，应及时调整砂浆的稠度，确保灰缝的砂浆饱满度和提高砌体的粘结强度。

2.3.2 砌筑用的烧结普通砖必须提前 1-2d 浇水湿润，含水率宜在 10%-15%，严防干砖上墙使砌筑砂浆早期脱水而降低强度。

2.3.3 砌筑时要采用“三一”砌砖法，严禁铺长灰而使底灰产生空穴和摆砖砌筑，造成灰浆不饱满。

2.3.4 砌筑过程中要求铺满口灰，然后进行刮缝。

2.4 配筋砌体钢筋遗漏和锈蚀。

2.4.1 砌体中的钢筋与混凝土中的钢筋一样，都属于隐蔽工程项目，应加强检查，并填写检查记录存档。

2.4.2 钢筋宜采用冷拔钢丝点焊网片，砌筑时，应适当增加灰缝厚度（以钢筋网片厚度上下各有 2mm 保护为宜）；如同一标高墙面有配筋和无配筋两种情况，可分划两种皮数杆。

2.4.3 为了确保砖缝中钢筋保护层质量，应先将钢筋刷水凝净浆；网片防止前，底面砖层的纵横竖缝应用砂浆填实，以增强砌体强度，同时也能防止铺灰砌筑时砂浆掉入竖缝中而出现露筋现象。

2.5 砌块外墙透水。

2.5.1 进场砌块应严格进行外观质量坚持，产品不合格不准使用。

2.5.2 砂浆应机拌，和易性和保水性要好。

2.5.3 砌筑铺灰长度控制；实体砌块为 3-5m。

2.5.4 水平垂直灰缝的厚度：中型砌块 10-20mm，小型砌块 8-12mm。

2.5.5 预埋件应在砌筑时埋入，砌后不允许在墙上开槽、凿洞。

## 第四节 路面工程

### 一、一般规定

1. 面层施工前，必须进行混凝土配合比设计。在施工过程中，不得随意变更经设计确定的标准配合比。

2. 混合料公称最大粒径应与层厚相适应。

3. 在正式施工前，必须铺筑试验段，对施工工艺进行总结，试验段的质量检查频率应是正常路段的两倍。

4. 稳定土和稳定粒料基层、底基层不应在低温天气下进行施工，同时严禁雨天、路面潮湿的情况下施工。施工期间，应注意天气变化，已摊铺的因遇雨未进行压实的应予以铲除。

5. 拌合物应满足可摊铺性、匀质性和质量的稳定性，利于施工。

6. 施工时应采用集中拌合、摊铺机摊铺、压路机碾压的施工工艺。
7. 无特殊情况,施工应连续作业粘结成为整体,尽量减少施工接缝。

## 二、水泥混凝土面层

### (一) 质量控制要求

#### 1. 实测项目

表 34-32 水泥混凝土面层实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差		检查方法和频率
			高速公路 一级公路	其他公路	
1 △	弯拉强度 (MPa)		在合格标准之内		按 JTG F80/1 附录 C 检查
2 △	板厚度 ( mm )	代表值	-5		按 JTG F80/1 附录 H 检查：每 200m 测两点
		合格值	-10		
		极值	-15		
3	平整度	σ ( mm )	≤ 1.32	≤ 2.0	平整度仪：全线每车道连续检测，每 100m 计算 σ、IRI
		IRI(m/km)	≤ 2.2	≤ 3.3	
		最大间隙 h ( mm )	3	5	3m 直尺：每半幅车道每 200m 处 × 5 处
4	抗滑构造深度 ( mm )	一般路段	0.7 ~ 1.1	0.5 ~ 1.0	铺砂法：每 200m 测 1 处
		特殊路段	0.8 ~ 1.2	0.6 ~ 1.1	
5	相邻板高差 ( mm )		≤ 2	≤ 3	抽量：每条胀缝 2 点；每 200m 抽纵、横缝各 2 条，每条 2 点
6	横向力洗漱 SFC	一般路段	≥ 50	—	按 JTG F80/1 附录检查：每 20m 测 1 点
		特殊路段	≥ 55	≥ 50	
7	纵、横缝顺直度 (mm)		≤ 10		纵缝 20m 拉线，每 200m 4 处；横缝沿板宽拉线，每 200m 4 条
8	中线平面偏位 (mm)		20		经纬仪：每 200m 测 4 点
9	路面宽度 ( mm )		± 20		抽量：每 200m 测 4 处
10	纵断高程 ( mm )		± 10	± 15	水准仪：每 200m 测 2 断面
11	横坡 ( % )		± 0.15	± 0.25	水准仪：每 200m 测 2 断面
12	短板率 ( % )		≤ 0.2	≤ 0.4	目测：全部检查，数断板面板块数占总块数比例

### (二) 过程控制方法

#### 1. 水泥混凝土配合比设计。

混凝土配合比设计应经过监理审批, 满足设计及规范要求。

#### 2. 试验路段

正式开工之前, 必须铺筑 200 ~ 400m 试验路段, 进行水泥混合料的试拌、试铺和试压试验, 并据此制订正式的施工程序, 各道工序的要求按现行《公路水泥混凝土路面施工技术规范》进行, 以确保良好的施工质量和路面施工的顺利进行。

#### 3. 混凝土施工

##### 3.1 水泥混凝土面层摊铺采用滑模摊铺机或三辊轴机组方式施工。

3.2 浇筑混凝土前, 复测模板顶面标高, 测量浇筑厚度, 均匀撒铺 5mm 厚中砂, 洒水湿润基层, 以避免底部混凝土水分的流失, 保证振捣后密实。



3.3 混凝土运输车直接开进支好模板的路面基层上,由专人按距离和混凝土的用量指挥砼运输车进行卸料,对料不均时用铲车补料。人工大致整平,工作时应用“扣锹”的方法,严禁抛掷和搂耙。

3.4 水泥混凝土路面拉毛应强制采用刻槽工艺,要求配备硬刻槽机。刻槽作业宽度不宜小于50cm。

#### 4. 养生

4.1 混凝土表面修整完毕后,进行养生,使混凝土板在开放交通前具有足够的强度。在养生初期,为减少水分蒸发,避免阳光照射,防止风吹和雨淋等。在混凝土板表面的泌水消失后,采用喷洒养生剂的方法进行养生,使之保持湿润状态。

4.2 模板在浇筑混凝土约10h左右拆除。交通车辆不能直接在混凝土板上行驶,拆模板时不应损坏混凝土板和模板。

#### 5. 接缝施工

##### 5.1 纵缝

5.1.1 纵缝的构造采用平缝加拉杆型。支立模板时,应将模板稍微倾斜,使摊铺整平机接触模板的一条线而不是一个面,以保证纵缝的顺直。填仓施工时,在已成型的板块边缘上垫2mm厚的钢带,使摊铺机不直接与已成型的板块接触,确保已成型的砼板块不被破坏。

5.1.2 平缝施工根据设计要求的间距,预先在模板上制作拉杆置放孔,并在缝壁一侧涂刷隔离剂,拉杆采用螺纹钢筋,顶面的缝槽以切缝机切成,深度为7cm,保持纵缝的顺直和美观。

5.1.3 假缝施工时,在摊铺过程中用专用的拉杆插入装置插入拉杆,假缝顶面的缝槽采用切缝机切成,深为7.0cm,使混凝土在收缩时能从此缝向下规则开裂,防止因切缝深度不足引起不规则裂缝。

##### 5.2 横向缩缝

5.2.1 混凝土结硬后适时切缝,切得过早,因混凝土的强度不足,会引起集料脱落,不能切出整齐的缝。切得过迟,混凝土板会在非预定位置出现早期裂缝。合适的切缝时间应控制在混凝土获得足够的强度,而收缩应力并未超出其强度范围时。它随混凝土的组成和性质(集料类型、水泥类型和含量、水灰比等)、施工时的气候条件(温度及其变化、风)等因素而变化。适宜的切缝时间是施工温度与施工后时间的乘积为200~300个温度小时或混凝土的抗压强度为8.0~10.0MPa时比较适合。切缝采用调深调速的切缝机锯切。为减少早期裂缝,切

5.2.2 缝可采用“跳仓法”,即每隔几块板切一缝,然后再逐块锯。切缝深度为7.0cm缝宽为7~10cm,切缝太浅会引起不规则断板。

5.2.3 切缝时,应调整刀片的进刀深度,并应随时调整刀片切割方向。停止切缝时,应先关闭旋钮开关,将刀片提升到砼板面上停止运转。

##### 5.3 胀缝

5.3.1 胀缝分浇筑混凝土终了时设置和施工中间设置两种。

5.3.2 在施工终了设置胀缝时,传力杆长度的一半穿过端部挡板,固定于外侧定位模板中。混

凝土浇筑前先检查传力杆位置。浇筑时,先摊铺下层混凝土,用插入式振捣器振实,并校正传力杆位置,再浇筑上层混凝土。浇筑邻板时应拆除顶头木模,并设置下部胀缝板、木制嵌条和传力杆套管。

5.3.3 施工过程设置胀缝时,先设置好胀缝板和传力杆支架,为保证胀缝施工的平整度以及机械化施工的连续性,胀缝板以上的混凝土硬化后用切缝机按胀缝板的宽度切两条线,待填缝时,将胀缝板以上的混凝土凿去,保证胀缝施工质量。

#### 5.4 施工缝

施工缝为施工间断时设置的横缝,常设于胀缝或缩缝处,施工缝应避免设在同一横断面上。施工缝如设于缩缝处,板中应增设传力杆,其一半锚固于混凝土中,另一半应先涂沥青,允许滑动。传力杆必须与缝壁垂直。

#### 5.5 接缝填封

混凝土板养生期满后应及时填封接缝。在灌缝前,使用压缩空气彻底清除接缝中的尘土,确保缝隙及内部清洁干燥。灌缝深度为 15 ~ 20mm,最浅不得小于 15mm,先挤压嵌入直径 9 ~ 12mm 多孔泡沫塑料背衬条,再灌缝,灌缝顶面热天应与板面齐平,冷天应填为凹液面,中心低于板面 1 ~ 2mm。填缝饱满均匀,厚度一致并连续贯通,填缝料不能出现缺失,开裂和渗水。

##### (三) 质量检查要点及方法

##### 1. 外观要求

1.1 混凝土板的断裂块数不得超过评定路段混凝土板总块数的 0.2%。

1.2 混凝土板表面的脱皮、印痕、裂纹和缺边掉角等病害现象,有上述缺陷的面积不得超过受检面积的 0.2%。

1.3 接缝填筑饱满密实,不污染路面。

1.4 胀缝不得有明显缺陷。

##### 2. 检查方法及频率

##### 2.1 水泥混凝土弯拉强度

2.1.1 试验方法应使用标准小梁法或钻心劈裂法,试件使用标准方法制作,标准养生时间 28d,路面钻芯劈裂时间宜控制在 28 ~ 56d 以内,不掺粉煤灰宜用 28d,掺粉煤灰宜用 28 ~ 56d。

2.1.2 高速公路和一级公路每工作班制作 2~4 组:日进度 <500m 取 2 组,≥ 500m 取 3 组,≥ 1000m 取 4 组。其他公路每工作班制 1~3 组:进度 <500m 取 1 组,≥ 500m 取 2 组,≥ 1000m 取 3 组。每组 3 个试件的平均值作为一个统计数据。

2.1.3 当试件组数为 11 ~ 19 组时,允许有组最小弯拉强度小于 0.85fr (设计弯拉强度标准值),但不得小于 0.80fr。当试件组数大于或等于 20 组时,高速公路和一级公路均不得小于 0.85fr,其他公路允许有一组最小弯拉强度小于 0.85fr,但不得小于 0.80fr。

2.1.4 试件组数小于或等于 10 组时,试件平均强度不得小于 1.15fr,任一组强度均不得小于 0.85fr。

##### 2.2 路面结构层厚度



2.2.1 按规定频率，采取挖验或钻取芯样检验厚度。

2.2.2 厚度代表值为厚度的算术平均值的下置信界限值，即：

$$XL = X - t_a \cdot S / \sqrt{n}$$

式中：XL—厚度代表值（算术平均值下置信界限）；

X—厚度平均值；

S—标准差（均方差）；

n—检查数量；

$t_a$ —t 分布表中随测点数和保证率（或置信度 a）而变的系数，

高速公路、一级公路：基层、底基层为 99%，面层为 95%。

其他公路：基层、底基层为 95%，面层为 90%。

2.2.3 当厚度代表值大于或等于设计厚度减去代表值允许偏差时，则按单个检查值的偏差不超过单点合格值来计算合格率；当厚度代表值小于设计厚度减去代表值允许偏差时，不合格。

### 三、沥青混凝土面层

#### （一）质量控制要求

##### 1. 实测项目

表 34-33 沥青混凝土面层实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差		检查方法和频率
			高速公路一级公路	其他公路	
1 △	压实度 (%)		≥ 试验室标准密度的 96% ( *98% ) ≥ 最大理论密度的 92% ( *94% ) ≥ 试验段密度的 98% ( *99% )		按 JTG F80/1 附录 B 检查，每 200m 测 1 点。 核子（无核）密度仪每 200m 测 1 处，每处 5 点。
2	平整度	σ (mm)	≤ 1.2	≤ 2.5	平整度仪：全线每车道连续检测，按每 100m 计算 IRI 或 σ  3m 直尺：每 200m 测 2 处 x5 尺
		IRI(m/km)	≤ 2.0	≤ 4.2	
		最大间隙 h ( mm )	—	≤ 5	
3	弯沉值 (0.01mm)		不大于设计验收弯沉值		按 JTG F80/1 附录 J 检查
4	渗水系数 mL/min	SMA 路面	≤ 120	—	渗水试验仪：每 200m 测 1 处
		其他沥青混凝土路面	≤ 200		
5	摩擦系数		符合设计要求	—	摆式仪：每 200m 测 1 处。横向力系数测定车：全线连续，按附录 L 评定
6	构造深度		符合设计要求	—	铺砂法：每 200m 测 1 处
7 △	厚度 (mm)	代表值	总厚度：设计值的 -5% 上面层：设计值的 -10%	设计值的 -8%	按 JTG F80/1 附录 H 检查每 200m 测 1 处
		合格值	总厚度：设计值的 -10% 上面层：设计值的 -20%	设计值的 -15%	
8	中线平面偏位 (mm)		20	30	全站仪：每 200m 测 2 点
9	纵断高程 (mm)		± 15	± 20	水准仪：每 200m 测 2 个断面
10	宽度 (mm)	有侧石	± 20	± 30	尺量：每 200m 测 4 断面
		无侧石	不小于设计		

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	
11	横坡 (%)	$\pm 0.3$	$\pm 0.5$	水准仪: 每 200m 测 2 个断面
12 $\Delta$	矿料级配	满足生产配合比要求		T0725, 每台班 1 次
13 $\Delta$	沥青含量	满足生产配合比要求		T0722 T0721 T0735, 每台班 1 次
14	马歇尔稳定度	满足生产配合比要求		T0709, 每台班 1 次

## (二) 过程控制方法

1. 沥青混合料配合比设计
2. 沥青混合料配合比设计应经过监理审批, 满足设计及规范要求。
3. 沥青混合料的施工
4. 沥青混合料施工时应严格控制加热温度、出场温度、运至现场温度、摊铺温度、碾压温度及终了温度。

表 34-34 普通沥青混合料的施工温度

沥青加热温度		160℃ ~ 170℃
混合料出厂温度		正常范围 150℃ ~ 165℃, 超过 190℃者废弃
混合料运输到现场温度		不低于 145℃
摊铺温度	正常施工	不低于 135℃
	低温施工	不低于 150℃
开始碾压混合料内部温度	正常施工	不低于 130℃
	低温施工	不低于 145℃
碾压终了表面温度	钢轮压路机	不低于 70℃

表 34-34 改性沥青混合料的施工温度

改性沥青加热温度		165℃ ~ 175℃
混合料出厂温度		正常范围 170℃ ~ 185℃, 超过 190℃者废弃
混合料运输到现场温度		不低于 165℃
摊铺温度		不低于 160℃
初压开始温度		不低于 150℃
复压最低温度		不低于 130℃
碾压终了表面温度		不低于 90℃

## 5. 沥青混合料的运输与摊铺

5.1 运料设备应用有金属底板的自卸汽车运送混合料, 车厢内在未装料前应保持洁净, 不得粘有杂物, 可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。运输车辆应备有覆盖设备, 车厢四角应密封坚固。

5.2 运送沥青混合料的自卸汽车, 应用双层篷布、毛毡或棉毡覆盖沥青混凝土, 以保温、防雨和防尘。覆盖保温用的篷布或毛毡 / 棉毡应扣在车厢上, 卸料过程中不需卷起。应设专人严格检测运料车上、摊铺时和碾压过程中的混合料温度, 切实消除由混合料温度不足而造成的质量问题。

5.3 从贮料仓往自卸汽车上装料时, 至少应分 3 次装料。第一次靠车厢前部, 第二次靠车厢后部, 第三次车厢中部, 以平衡装料, 减少混合料离析。

5.4 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。对运至铺筑现场的混合料的温度每车均要检测，并满足温度控制要求。

5.5 运至铺筑现场的混合料，应在当天或当班完成压实。

5.6 已经离析或结团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。

5.7 沥青混合料摊铺设备应是自动式的，安装有可调的活动熨平板或整平组件。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，摊铺机应有振动夯板或可调整振幅的振动熨平板的组合装置，夯板与振动熨平板的频率，应能各自单独的调整。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坡度和平整度。

5.8 在验收合格的基层上，方可铺筑沥青混合料。摊铺必须均匀、缓慢、连续不断的进行。

5.9 表面层可采用一台摊铺机摊铺，中、下面层应采用两台摊铺机组成梯队联合摊铺，两台摊铺机前后的距离，一般为 10m 左右。前后两台摊铺机轨道重叠 50 ~ 100mm。上、下层的搭接位置宜错开 200mm 以上。

5.10 沥青混合料的摊铺温度应符合要求并应随沥青的标号及气温的不同通过试验确定，一般不低于 135℃，但加水泥时，温度应提高 10℃。

5.11 摊铺机开工前应提前 0.5 ~ 1h 预热熨平板，使其温度不低于 100℃。

5.12 应设专人指挥运料车及时后退到摊铺机前和及时卸料，使两侧板翻起后在摊铺机受料斗中的离析料（过多粗料）未后送前，新料就开始卸到受料斗中。

5.13 摊铺作业过程中，分料室中的沥青混凝土应保持高度不变并不低于螺旋分料器的轴顶或接近螺旋顶部，不应使沥青混合料时多时少。摊铺机的螺旋布料器应相应于摊铺速度调整到保持一个稳定的速度均衡地转动，两侧应保持有不少于送料器 2/3 高度的混合料，以减少在摊铺过程中混合料的离析。同时严格控制摊铺机收斗时机和次数，减少温度和级配的离析。摊铺机收斗后应待运料车卸下新鲜的沥青混合料后，方可提料进螺旋布料器。

5.14 摊铺机应进行必要的防止离析的改进：加装反向螺旋叶片；螺旋布料器叶片距边部物料挡板的距离一般要小于 20cm，前物料挡板底部宜加装活动式的胶皮挡板；受料斗胶皮挡板应采用高强度耐高温橡胶挡板。

5.15 摊铺机应以均匀的速度行驶，其摊铺的速度根据拌和机产量、施工机械配套情况及摊铺厚度、宽度、连续摊铺的长度而定，宜控制在 2 ~ 6m/min，对改性沥青混合料宜控制在 1 ~ 3m/min。

5.16 应尽量保证上、下两层沥青面层的连续摊铺，并防止路面污染。在施工工序安排上，沥青面层铺筑宜在交通管线施工、中央分隔带填土和边坡防护等工程完成后再开始。

5.17 沥青路面施工的最低气温应符合 JTG F40-2017 总则的要求，寒冷季节遇大风降温，不能保证迅速压实时，不得铺筑沥青混合料。热拌沥青混合料的最低摊铺温度根据铺筑层厚度、气温、

风速及下卧层表面温度按 JTG F40-2017 中要求执行,且不得低于表 34-33 的要求。每天施工开始阶段宜采用较高温度的混合料。

5.18 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。

5.19 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,经批准后可以采用人工铺筑混合料。

5.20 沥青混合料的松铺系数应根据实际的混合料类型、施工机械和施工工艺等,由试验路段的试铺试压方法或根据以往经验确定。

5.21 在雨季铺筑沥青路面时,应加强气象联系,已摊铺的沥青层因遇雨未行压实的应予铲除。

## 6. 沥青路面的压实与成型

6.1 压实设备应配有钢轮式、轮胎式及振动压路机,能按合理的压实工艺进行组合压实。还应备有审查认可的小型振动压(夯)实机具,以用于压路机不便压实的地方。

6.2 压路机应配套。如双钢轮双驱动振动压路机(10t ~ 20t),重型双钢轮振动压路机(19t ~ 40t),19t ~ 25t 轮胎压路机,并应有足够数量。压路机的数量、规格、碾压次序、分阶段碾压温度应由试验路段确定。在正式施工时应严格按试验路段确定的工序进行碾压。现场应设专人指挥碾压。

6.3 混合料摊铺后应立即进行压实作业,摊铺后压路机紧接着碾压不得等候,特别注意碾压温度,碾压结束时的温度不低于 90℃。压实分初压、复压和终压(包括成型)三个阶段,每阶段的碾压速度应符合表 34-35 的要求。

表 34-35 压路机碾压速度 (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
钢筒式压路机	2 ~ 3	4	3 ~ 5	6	3 ~ 6	6
轮胎压路机	2 ~ 3	4	3 ~ 5	6	4 ~ 6	8
振动压路机	2 ~ 3 (静压或振动)	3 (静压或振动)	3 ~ 4.5 (振动)	5 (振动)	3 ~ 6 (静压)	6 (静压)

6.4 压路机的碾压路线及碾压方向不应突然改变而导致混合料推移。碾压区的长度应大体稳定,两端的折返位置应随摊铺机前进而推进,横向不得在相同的断面上。压路机不得在未碾压成型或冷却的路段上转向、制动或停留。同时,应采取有效的措施,防止油料、润滑脂、汽油或其他杂质在压路机操作或停放期间落在路面上。

6.5 在沿着缘石或压路机压不到的其他地方,应采用振动夯板、热的手夯或机夯把混合料充分压实。已经完成碾压的路面,不得修补表皮。

6.6 沥青混合料的初压应符合下列要求:

6.6.1 初压应在紧跟摊铺机后碾压,并保持较短的初压区长度,以尽快使表面压实,减少热量散失。

6.6.2 通常初压严禁使用轮胎压路机,以确保面层横向平整度,对摊铺后初始压实度较大,经实践证明采用振动压路机或轮胎压路机直接碾压无严重推移而有良好效果时,可免去初压直接进



入复压工序。

6.6.3 通常宜采用钢轮压路机静压 1 ~ 2 遍。碾压时应将压路机的驱动轮面向摊铺机，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。

6.6.4 初压后应检查平整度、路拱，有严重缺陷时进行修整乃至返工。

6.7 复压应紧跟在初压后进行，并应符合下列要求：

6.7.1 复压应紧跟在初压后开始，且不得随意停顿。压路机碾压段的总长度应尽量缩短，通常不超过 60 ~ 80m。采用不同型号的压路机组合碾压时宜安排每一台压路机作全幅碾压。防止不同部位的压实度不均匀。

6.7.2 密级配沥青混凝土的复压宜优先采用重型的轮胎压路机进行搓揉碾压，以增加密水性，其总质量不宜小于 25t，吨位不足时宜附加重物，使每一个轮胎的压力不小于 15kN，冷态时的轮胎充气压力不小于 0.55MPa，轮胎发热后不小于 0.6MPa，且各个轮胎的气压大体相同，相邻碾压带应重叠 1/3 ~ 1/2 的碾压轮宽度，碾压至要求的压实度为止。

6.7.3 对粗集料为主的较大粒径的混合料，宜优先采用振动压路机复压。振动压路机的振动频率宜为 35 ~ 50Hz，振幅宜为 0.3 ~ 0.8mm。层厚较大时选用高频率大振幅，以产生较大的激振力，厚度较薄时采用高频率低振幅，以防止集料破碎。相邻碾压带重叠宽度为 100 ~ 200mm。振动压路机折返时应先停止振动。

6.7.4 当采用三轮钢筒式压路机时，总质量不宜小于 12t，相邻碾压带宜重叠后轮的 1/2 宽度，并不应少于 200mm。

6.8 终压应紧接在复压后进行，如经复压后已无明显轮迹时可免去终压。终压可选用双轮钢筒式压路机或关闭振动的振动压路机碾压不宜少于 2 遍，至无明显轮迹为止。

6.9 对初压、复压、终压段落应设置明显标志，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，做到既不漏压也不超压。

6.10 碾压轮在碾压过程中应保持清洁，有混合料沾轮应立即清除。对钢轮可涂刷隔离剂或防粘剂，但严禁刷柴油。当采用向碾压轮喷水（可添加少量表面活性剂）的方式时，必须严格控制喷水量且成雾状，不得漫流，以防混合料降温过快。轮胎压路机开始碾压阶段，可适当烘烤、涂刷少量隔离剂或防粘剂，也可少量喷水，并先到高温区碾压使轮胎尽快升温，之后停止洒水。轮胎压路机轮胎外围宜加设围裙保温。

## 7. 接缝施工

7.1 接缝部位的施工应符合下列要求

7.1.1 摊铺时采用梯队作业的纵缝应采用热接缝。施工时应将已铺混合料部分留下 10 ~ 20cm 宽暂不碾压，作为后摊铺部分的高程基准面，在最后作跨缝碾压以消除缝迹。

7.1.2 半幅施工不能采用热接缝时，宜加设挡板或采用切刀切齐。铺另半幅前必须将缝边缘清扫干净，并涂洒少量粘层沥青。摊铺时应重叠在已铺层上 5 ~ 10cm，摊铺后用人工将摊铺在前半幅上面的混合料铲走。碾压时先在已压实的路面上行走，碾压新铺层 10 ~ 15cm，然后压实新铺部分，

再跨过已压实路面 10 ~ 15cm, 充分将接缝压实紧密。上下层的纵缝应错开 15cm 以上, 表层的纵缝应顺直, 且宜在车道标线位置上。

7.2 相邻两幅及上下层的横向接缝均应错位 1m 以上, 并采用平接缝方式。

7.3 平接缝应作到紧密粘接, 充分压实, 连接平顺。施工可采用下列方法:

7.3.1 在施工结束时, 摊铺机在接近端部前约 1m 处将熨平板稍稍抬起驶离现场, 用人工将端部混合料铲平后再予碾压。然后用 3m 直尺检查平整度, 趁尚未冷透时垂直铲除端部厚度不足的部分, 使下次施工时成直角连接。

7.3.2 在预定的摊铺段的末端先撒一薄层砂带, 摊铺混合料后趁热在摊铺层上挖出一道缝, 缝位于撒砂与未撒砂的交界处, 在缝中嵌入一块与压实层厚度等厚的木板或型钢, 待压实后铲除撒砂的部分, 扫尽砂子, 撤去木板或型钢, 在端部洒粘层沥青接着摊铺。

7.4 从接缝处起继续摊铺混合料前应用 3m 直尺检查端部平整度, 当不符合厚度要求时, 应予铲除。摊铺时应调整好预留高度, 接缝处摊铺层施工结束后再用 3m 直尺检查平整度, 当有不符合平整度要求者, 应趁混合料尚未冷却时立即处理。

7.5 横向接缝的碾压应先用双轮或三轮钢筒式压路机进行横向碾压。碾压带的外侧应放置供压路机行驶的垫木, 碾压时压路机应位于已压实的混合料上, 伸入新铺层的宽度为 15cm。然后每压一遍向新铺混合料移动 15 ~ 20cm, 直至全部在新铺层上为止, 再改为纵向碾压。当相邻摊铺层已经成型, 同时又有纵缝时, 可先用钢筒式压路机沿纵缝碾压一遍, 其碾压宽度为 15 ~ 20cm, 然后再沿横缝作横向碾压, 最后进行正常碾压。

#### 7.6 试验路段

沥青各面层施工开工前, 均需先做试验路段铺筑。要通过合格的沥青混合料组成设计, 拟定试验路段铺筑方案。试验路段宜选在正线直线段, 长度 200 ~ 400m 试验段铺筑完成后应及时进行试验检测, 并召开总结后, 确定工艺及参数。

#### (三) 质量检查要点及方法

##### 1. 外观要求

1.1 表面应平整密实, 不应有泛油、松散、裂缝和明显离析等现象。

1.2 搭接处应紧密、平顺, 烫缝不应枯焦。

1.3 面层与路缘石及其他构筑物应密贴接顺, 不得有积水或漏水现象。

##### 2. 检查方法及频率

###### 2.1 压实度

2.1.1 沥青层压实度以现行的《公路沥青路面施工技术规范》的规定为准。并应满足在实验室标准密度的 97% 以上、理论最大密度的 93% 以上。如果现场空隙率  $< 3\%$ , 则应查找原因。

2.1.2 试验方法采用核子密度仪法, 应经对比试验检验, 确认其可靠性。

2.1.3 沥青路面的压实度采取重点对碾压工艺进行过程控制, 适度钻孔抽检压实度的方法。各方应合作进行钻孔检测, 为减少钻孔数量, 应随机选点取样, 以避免重复钻孔。钻孔后应及时将

孔中灰浆掏净，吸净余水，待干燥后用相同的沥青混合料分层填充夯实。

2.1.4 压实度取芯检验以 3 个试件为一组，取芯频率分为 4 个等级（以标准 4 车道的单幅延长米计）：A 级每 3000m 取一组，B 级每 1000m 取一组，C 级每 500m 取一组，D 级每 200m 取一组。取芯的位置应在出发前抽取随机数进行确定，不得在现场临时确定。

2.2 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。

2.3 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，沥青材料及混合料的各项指标应符合设计和施工规范要求，每日应做抽提试验、马歇尔稳定度试验。矿料级配、沥青含量、马歇尔稳定度等结果的合格率应不小于 90%。

2.4 拌合后的沥青混合料应均匀一致，无白花，无粗细料分离和结团成块现象。

2.5 摊铺时应严格控制摊铺厚度和平整度，避免离析，注意控制摊铺和碾压温度，碾压至要求的密实度。

#### 四、稳定土和稳定粒料基层（底基层）

##### （一）质量控制要求

##### 1. 实测项目

表 34-36 稳定土基层和底基层实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差				检查方法和频率
			基层		底基层		
			高速公路 一级公路	其他公路	高速公路 一级公路	其他公路	
1 △	压实度	代表值	—	≥ 95	≥ 95	≥ 93	按 JTG F80/1 附录 B 检查，每 200m 测 2 点
		极值	—	≥ 91	≥ 91	≥ 89	
2	平整度（mm）		—	≤ 12	≤ 12	≤ 15	3m 直尺：每 200m 测 2 处 x5 尺
3	纵断高程（mm）		—	+5，-15	+5，-15	+5，-20	水准仪：每 200m 测 2 个断面
4	宽度（mm）		满足设计要求		满足设计要求		尺量：每 200m 测 4 个断面
5 △	厚度（mm）	代表值	—	-10	-10	-12	按 JTG F80/1 附录 B 检查，每 200m 测 2 点
		合格值	—	-20	-25	-30	
6	横坡（%）		—	± 0.5	± 0.3	± 0.5	水准仪：每 200m 测 2 个断面
7 △	强度（MPa）		满足设计要求		满足设计要求		按 JTG F80/1 附录 G 检查

表 34-37 稳定粒料基层和底基层实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差				检查方法和频率
			基层		底基层		
			高速公路 一级公路	其他公路	高速公路 一级公路	其他公路	
1 △	压实度 (%)	代表值	≥ 98	≥ 97	≥ 96	≥ 95	按 JTGF80/1 附录 5B 检查，每 200m 测 2 点
		极值	≥ 94	≥ 93	≥ 92	≥ 91	
2	平整度 (mm)		≤ 8	≤ 12	≤ 12	≤ 15	3m 直尺：每 200m 测 2 处 x5 尺
3	纵断高程 (mm)		+5,-10	+5,-15	+5,-15	+5,-20	水准仪：每 200m 测 2 个断面
4	宽度 (mm)		满足设计要求		满足设计要求		尺量：每 200m 测 4 点
5 △	厚度 (mm)	代表值 (mm)	-8	-10	-10	-12	按 JTGF80/1 附录 H 检查，每 200m 测 2 点
		合格值	-10	-20	-25	-30	

项次	检查项目	规定值或允许偏差				检查方法和频率
		基层		底基层		
		高速公路 一级公路	其他公路	高速公路 一级公路	其他公路	
6	横坡（%）	± 0.3	± 0.5	± 0.3	± 0.5	水准仪：每 200m 测 2 个断面
7 △	强度（MPa）	满足设计要求		满足设计要求		按 JTGF80/1 附录 G 检查

## (二) 过程控制方法

### 1. 配合比设计

稳定粒料基层和底基层配合比设计应经过监理审批，满足设计及规范要求。

### 2. 试验段

在正式开工之前，应在批准的地点铺筑长度为 200 ~ 300m 的试验路段，试验路段应设置在生产路段上。根据试验路段所取得的资料与数据，编写试验路总结报告，审查批准后，作为正式开工的依据。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。

### 3. 混合料集中厂拌和运输

3.1 混合料的拌和能力与混合料摊铺能力应相匹配。

3.2 拌和厂应安置在地势相对较高的位置，并做好排水设施。

3.3 拌和厂场地应平整并具有足够的承载能力。高速公路和一级公路的拌和厂，场地应采用混凝土硬化，混凝土强度等级应不低于 C15，厚度应不小于 200mm。

3.4 工程所需的原材料严禁混杂，应分档隔仓堆放，并有明显的标志。

3.5 细集料、水泥、石灰、粉煤灰等原材料应有覆盖。对高速公路和一级公路，上述材料严禁露天堆放，应放置于专门搭建的防雨棚内或库房内。

3.6 对高速公路和一级公路，应采用专用稳定材料拌和设备拌制混合料。稳定细粒材料集中拌和时，土块应粉碎，最大尺寸应不大于 15mm。

3.7 稳定中、粗粒材料的拌和生产设备应满足下列要求：

3.7.1 对高速公路和一级公路，混合料拌和设备的产量宜大于 500t/h。

3.7.2 拌和设备的料仓数目应与规定的备料档数相匹配，宜较规定的备料档数增加 1 个。

3.7.3 各个料仓之间的挡板高度应不小于 1m。

3.7.4 高速公路的基层施工时，每个料斗与料仓下面应安装称量精度达到 ± 0.5% 的电子秤。

3.8 装水泥的料仓应密闭、干燥，同时内部应装有破拱装置。对高速公路，水泥料仓应配备计量重装置，不宜通过电机转速计量水泥的添加量。

3.9 气温高于 30℃ 时，水泥进入拌缸温度宜不高于 50℃；高于 50℃ 时应采取降温措施。气温低于 15℃ 时，水泥进入拌缸温度应不低于 10℃。

3.10 加水量的计量应采用流量计的方式。对高速公路和一级公路，水的流量数值应在中央控制室的控制面板上显示。



3.11 在正式拌制混合料之前，应先调试所用的设备，使混合料的级配组成和含水率都达到配合比设计的规定要求。原材料的颗粒组成发生变化时，应重新调试设备。

3.12 在稳定中、粗粒材料生产过程中，应按配合比设计确定的材料规格及数量拌和。

3.13 高速公路和一级公路基层的混合料拌和时，宜采用两次拌和的生产工艺，也可采用间歇式拌和生产工艺，拌和时间应不少于 15s。

3.14 对高速公路和一级公路，应从拌和厂取料，每隔 2h 测定一次含水率，每隔 4h 测定一次结合料的剂量，并做好记录。

3.15 在拌和过程中，应实时监测各个料仓的生产计量，对高速公路和一级公路，应每 10min 打印各档料仓的使用量。某档材料的实际掺加量与设计要求值相差超过 10% 时，应立即停机检查原因，正常后方可继续生产。

3.16 天气炎热或运距较远时，稳定材料拌和时宜适当增加含水率。对稳定中、粗粒材料，混合料的含水率可高于最佳含水率 0.5 ~ 1 个百分点；对稳定细粒材料，含水率可高于最佳含水率 1 ~ 2 个百分点。

3.17 混合料运输车装好料后，应用篷布将厢体覆盖严密，直到摊铺机前准备卸料时方可打开。

3.18 对高速公路和一级公路，水泥稳定材料从装车到运至现场，时间不宜超过 1 小时，超过 2 小时应做废料处置。

#### 4. 摊铺机摊铺与碾压

4.1 混合料摊铺应保证足够的厚度，碾压成型后每层的摊铺厚度宜不小于 160mm，最大厚度宜不大于 200mm。

4.2 具有足够的摊铺能力和压实功率时，可增加碾压厚度，具体的摊铺厚度应根据试验结果确定。大厚度的摊铺施工时应增加相应的拌和能力。

4.3 应在下承层施工质量检测合格后，开始摊铺上面结构层。采用两层连续摊铺时，下层质量出现问题时，上层应同时处理。

4.4 下承层是稳定细粒材料时，宜先将下承层顶面拉毛或采用凸块式压路机碾压，再摊铺上层混合料；下承层是稳定中、粗粒材料时，应先将下承层清理干净，并洒铺水泥净浆，再摊铺上层混合料。

4.5 应采用摊铺功率不低于 120kW 的沥青混凝土摊铺机或稳定材料摊铺机摊铺混合料。

4.6 采用两台摊铺机并排摊铺时，两台摊铺机的型号及磨损程度宜相同。在施工期间，两台摊铺机的前后间距宜不大于 10m，且两个施工段面纵向应有 300 ~ 400mm 的重叠。

4.7 对无法使用机械摊铺的超宽路段，应采用人工同步摊铺、修整，并同时碾压成型。

4.8 摊铺机前宜增设橡胶挡板，橡胶挡板底部距下承层距离宜不大于 100mm。

4.9 在摊铺机后面应设专人消除粗细集料离析现象，及时铲除局部粗集料堆积或离析的部位，并用新拌混合料填补。

4.10 对高速公路和一级公路，在摊铺过程中宜设立纵向模板。

4.11 水泥稳定材料结构层施工,应在混合料处于或略大于最佳含水率的状态下碾压。气候炎热干燥时,碾压时的含水率可比最佳含水率增加 0.5 ~ 1.5 个百分点。

4.12 应根据施工情况配备足够的碾压设备,并应符合下列规定:

4.12.1 双向四车道高速公路或一级公路半幅摊铺时,应不少于 4 台重型压路机。

4.12.2 双向六车道的半幅摊铺时,应配备不少于 5 台重型压路机。

4.13 采用钢轮压路机初压时,宜采用双钢轮压路机稳压 2 ~ 3 遍,再用激振力大于 35t 的重型振动压路机、18 ~ 21t 三轮压路机或 25t 以上的轮胎压路机继续碾压密实,最后采用双钢轮压路机碾压,消除轮迹。

4.14 混合料摊铺时,应保持连续。对水泥稳定材料,因故中断时间大于 2h 时,应设置横向接缝,并应符合下列规定:

4.14.1 人工将末端含水率合适的混合料整齐,紧靠混合料末端放两根方木,方木的高度应与混合料的压实厚度相同,整平紧靠方木的混合料。

4.14.2 方木的另一侧用砾石或碎石回填约 3m 长,其高度应高出方木 2 ~ 3cm,并碾压密实。

4.14.3 在重新开始摊铺混合料之前,应将砾石或碎石和方木除去并将下承层顶面清扫干净。

4.14.4 摊铺机应返回到已压实层的末端,重新开始摊铺混合料。

4.14.5 摊铺中断大于 2h 且未按上述方法处理横向接缝时,应将摊铺机附近及其下面未经压实的混合料铲除,并将已压实且高程和平整度符合要求的末端挖成与路中线垂直向下的断面,再摊铺新的混合料。

4.15 摊铺机宜避免纵向接缝,分两幅摊铺时,纵向接缝处应加强碾压。存在纵向接缝时,纵缝应垂直相接,严禁斜接,并应符合下列规定:

4.15.1 在前一幅摊铺时,宜在靠中央的一侧用方木或钢模板做支撑,方木与钢模板的高度应与稳定材料的压实层厚度相同。

4.15.2 应在摊铺另一幅之前拆除支撑。

## 5. 养生方式

5.1 洒水养生宜作为水泥稳定材料的基本养生方式,并应符合下列规定:

5.1.1 每天洒水次数应视气候而定。高温期施工期间,宜上、下午各洒水 2 次。

5.1.2 养生期间,稳定材料层表面应始终保持湿润。

5.1.3 对于石灰稳定或石灰粉煤灰稳定材料层应注意表层情况,必要时,可用两轮压路机补充压实。

5.2 薄膜覆盖养生应符合下列规定:

5.2.1 混合料摊铺碾压成型后,可覆盖薄膜,薄膜厚度宜不小于 1mm。

5.2.2 薄膜之间应搭接完整,避免漏缝,薄膜覆盖后应用砂土等材料呈网格状堆填,局部薄膜破损时,应及时更换。

5.2.3 养生至上层结构层施工前 1 ~ 2 天,方可将薄膜掀开。

5.2.4 对蒸发量较大的地区或养生时间大于 15d 的工程,在养生过程中应适当补水。



5.3 土工布养生应符合下列规定：

5.3.1 宜采用透水式土工布全断面覆盖，也可铺设防水土工布。

5.3.2 铺设过程中应注意缝之间的搭接，不应留有间隙。

5.3.3 铺设土工布后，应注意洒水，每天洒水次数应视气候而定。高温施工期间，上、下午宜各洒水一次。

5.3.4 养生至上层结构层施工前 1 ~ 2d，方可将土工布掀开。

5.3.5 在养生过程中应采取有效措施防止土工布破损。

5.4 铺设湿砂养生应符合下列规定：

5.4.1 砂层厚宜为 70 ~ 100mm。

5.4.2 砂铺匀后，宜立即洒水，并在整个养生期间保持砂的潮湿状态，不得用湿黏性土覆盖。

5.4.3 养生结束后，应将覆盖物清除干净。

5.5 草帘覆盖养生应符合下列规定：

5.5.1 全断面铺设草帘。

5.5.2 草帘铺设后应注意洒水，每天洒水的次数应视气候而定。高温期施工，上、下午宜各洒水一次，每次洒水应将草帘浸湿。必要时可采用土工布与草帘双层覆盖养生。

5.5.3 必要时可采用土工布与草帘双层覆盖养生。

6. 交通管制

6.1 稳定材料养生期间，小型车辆和洒水车的行驶速度应小于 40km/h。

6.2 稳定材料养生 7d 后，施工需要通行重型货车时，应有专人指挥，按规定的车道行驶，且车速应不大于 30km/h。

6.3 无法安排施工便道而需要车辆通行时，应符合下列规定：

6.3.1 合理安排施工工序，保障 7 ~ 15d 的养生期。

6.3.2 宜在硬路肩或临时停车带的位置划出专门车道，专人指挥车辆通行。

6.3.3 稳定材料应适当提高早期强度。

6.3.4 限定载重车辆的轴载，应不大于 13t。

7. 稳定材料层之间的处理

7.1 在上层结构施工前，应将下层养生用材料清理干净。

7.2 应采用人工和小型清扫车以及洒水冲刷的方式将下层表面的浮浆清理干净。下承层局部存在松散现象时，也应彻底清理干净。

7.3 下承层清理干净后应封闭交通。在上层施工前 1 ~ 2h，宜洒铺水泥或水泥净浆。

7.4 可采用上下结构层连续摊铺的方式，每层施工应配备独立的摊铺和碾压设备，不得采用一套设备在上下结构层来回施工。

8. 稳定材料基层与沥青面层之间的处理

8.1 在沥青面层施工前 12d 内，应清理基层顶面。

8.2 应彻底清除基层顶面养生期间的覆盖物。

8.3 应采用人工清扫、小型清扫车、空压机以及洒水冲刷等方式将基层表面的浮浆清理干净，并应符合下列规定：

8.3.1 基层表面达到无浮尘、无松动状态。

8.3.2 清理出小坑槽时，不得用原有基层材料找补。

8.3.3 清理出较大范围松散时，应重新评定基层质量，必要时宜返工处理。

8.3.4 在基层表面干燥的状态下，可洒铺透层油。透层油宜采用稀释沥青、煤沥青或乳化沥青，沥青洒铺量宜为  $0.3 \sim 0.6\text{kg/m}^2$ 。

8.3.5 透层油施工后严禁一切车辆通行，直至上层施工。

8.3.6 下封层或粘层层应在透层油挥发、破乳完成后施工，并封闭交通。

#### 9. 基层收缩缝处理

9.1 基层在养生过程中出现裂缝，经过弯沉检测，结构层的承载能力满足设计要求时，可继续铺筑上面的沥青面层也可采取下列措施处理裂缝：

9.1.1 在裂缝位置灌缝。

9.1.2 在裂缝位置铺设玻璃纤维格栅。

9.1.3 洒铺热改性沥青。

#### （三）质量检查要点与方法

##### 1. 基本要求

1.1 石灰应经充分溶解，路拌深度应达到层底。

1.2 石灰类材料应处于最佳含水率状态下碾压，水泥类材料碾压终了的时间不应超过水泥的终凝时间。

1.3 碾压检查合格后立即覆盖或洒水养护，养生期应符合规范规定。

1.4 表面应无松散、无坑洼、无碾压轮迹。

##### 2. 检查要点

2.1 高速公路和一级公路应采用集中厂拌拌和工艺，基层摊铺工艺采用摊铺机铺筑，底基层可采用摊铺机铺筑或推土机推平后平地机整平进行铺筑。对于边角部位，可采用推土机推平后平地机整平的人工方式进行摊铺，并与主线同步碾压成型。

2.2 稳定材料层宽  $11 \sim 12\text{m}$  时，每一流水作业段长度以  $500\text{m}$  为宜；稳定材料层宽大于  $12\text{m}$  时，作业段宜相应缩短。宜综合考虑下列因素，合理确定每日施工作业段长度：

2.2.1 施工机械和运输车辆的生产效率和数量；

2.2.2 施工人员数量及操作熟练程度；

2.2.3 施工季节和气候条件；

2.2.4 水泥的初凝时间和延迟时间；

2.2.5 减少施工接缝的数量。

2.3 对水泥稳定材料，宜在 2 小时内完成碾压成型，应取混合料的初凝时间与容许延迟时间较



短的时间作为施工控制时间。

2.4 稳定材料在过分潮湿路段上施工时应采取措施，降低潮湿程度、消除积水。

2.5 稳定材料宜在气温较高季节组织施工，施工日期的最低温度应在 $5^{\circ}\text{C}$ 以上，不宜在雨季施工，且不应在雨天施工。

2.6 高速公路和一级公路水泥稳定材料基层压实度不小于 98%，底基层压实度不小于 97%。

2.7 施工过程中发现质量缺陷时，应加大检测频率；必要时应停工整顿，查找原因。

2.8 施工关键工序宜拍摄照片或录像，作为现场记录保存。

2.9 施工过程中质量控制的项目、内容应符合表 34-38 的规定，实际检测频率应不低于表中的要求，检测结果应满足《公路路面基层施工技术实施细则》或具体工程的技术要求。

表 34-38 施工过程中前场质量控制的关键内容

项次	项目	内容	频度
1	摊铺目测	是否离析	随时
		初估含水率状态	
2	碾压目测	压实机械是否满足	随时
		碾压组合、次数是否合理	
3	压实度检测	含水率	每一作业段检查 6 次以上
		压实度	每一作业段检查 6 次以上
4	强度检测	在前场取样成型试件	每一作业段检查 9 次以上
5	钻芯检测	——	每一作业段检查 9 次以上
6	弯沉检测	——	每一评定段（不超过 1km）每车道 40 ~ 50 个测点
7	承载比	——	每 2000m <sup>2</sup> 1 次，异常时，随时增加试验

2.10 应在现场碾压结束后及时检测压实度。压实度检测中，测定的含水率与规定含水率的绝对误差应不大于 2%；不满足要求时，应分析原因并采取必要的措施。

2.11 施工过程的压实度检测，应以每天现场取样的击实结果确定的最大干密度为标准。每天取样的击实试验应符合下列规定：

2.11.1 击实试验应不少于 3 次平行试验，且相互之间的最大干密度差值应不大于  $0.02\text{g}/\text{cm}^3$ ；否则，应重新试验，并取平均值作为当天压实度的检测标准。

2.11.2 该数值与设计阶段确定的最大干密度差值大于  $0.02\text{g}/\text{cm}^3$  时，应分析原因，及时处理。

2.12 压实度检测采用整层灌砂试验方法，灌砂深度应与现场摊铺厚度一致。

2.13 稳定材料应钻取芯样检验其整体性，并应符合下列规定：

2.13.1 无机结合料稳定细粒材料的芯样直径宜为 100mm，无机结合料稳定中、粗粒材料的芯样直径应为 150mm。

2.13.2 采用随机取样方式，不得在现场人为挑选位置；否则，评价结果无效。

2.13.3 芯样顶面、四周应均匀、致密。

2.13.4 芯样的高度应不小于实际摊铺厚度的 90%。

2.13.5 取不出完整芯样时，应找出实际路段相应的范围，返工处理。

2.14 无机结合料稳定材料在下列规定的龄期内取芯：

2.14.1 用于基层的水泥稳定中、粗粒材料，龄期 7 天。

2.14.2 用于底基层的水泥稳定材料、水泥粉煤灰稳定材料，龄期 10 ~ 14 天。

2.15 对高速公路和一级公路的基层、底基层，应在养生 7 ~ 10d 内检测弯沉；不满足要求时，应返工处理。

2.16 对高速公路和一级公路，7 ~ 10d 龄期的水泥稳定碎石基层的代表弯沉值宜为：对极重、特重交通荷载等级，应不大于 0.15mm；对重交通荷载等级，应不大于 0.20mm；对中等交通荷载等级，应不大于 0.25mm。

2.17 施工过程的混合料质量检测，应在施工现场的摊铺机位置取样，且应分别来自不同的料车。

## 五、质量通病及防治

### （一）水泥混凝土面层

#### 1. 质量通病

1.1 胀缝处破损、拱胀、错台、填缝料失落；

1.2 混凝土板块裂缝；

1.3 纵横缝不顺直；

1.4 相邻板间高差过大；

1.5 板面起砂、脱皮、露骨或有孔洞；

1.6 板面平整度差；

1.7 混凝土板面出现死坑。



胀缝处破损



混凝土板块裂缝



纵横缝不顺直



相邻板间高差过大



板面脱皮



板面平整度差



混凝土板面出现死坑

## 2. 防治措施:

### 2.1 胀缝处破损、拱胀、错台、填缝料失落防治

2.1.1 胀缝板要放正，应在两条胀缝间作一个浇筑段，将胀缝缝板外加模板，以控制缝板的位置；缝板的长度要贯通个缝长，严格控制使胀缝中的混凝土不能连接。

2.1.2 对缝内遗留的石子、灰浆、尘土、锯末等杂物，应仔细剔除刷洗干净，胀缝要求全部贯通看得见下部缝板。混凝土板的侧而不得有连浆现象。

2.1.3 将缝修成等宽、等深、直顺贯通的状况。

2.1.4 用空压机的高压气流吹净胀缝、并晾干。

2.1.5 填缝料要选择耐热耐寒性能好，粘结力好，不易脱落的材料。

2.1.6 伸缩缝填料，要作定期养护，一般在冬季伸缩缝间距最小时，将失效的填料和缝中的杂物剔除，重新填入新料，保持伸缩缝经常有效。

2.1.7 土基和基层的强度要均匀；当冰冻深度较大时。要设置足够厚度的隔温垫层，如石灰稳定炉渣、矿渣层等。当对现有路基加宽时，应使新、旧路基结合良好，压实度符合有关标准要求。基层和垫层的压实工作，必须在冻结前达到要求密实度和强度。

2.1.8 胀缝设传力杆的，传力杆必须平行于板面和中心线。传力杆要采取模板打眼或用固定支架的方法予以固定。如在浇筑混凝土过程中被撞碰移位，要注意随时调正。如果加活动端套管的，要保证伸缩有效。

### 2.2 混凝土板块裂缝防治措施

2.2.1 混凝土板成活后，按规范规定时间（终凝）及时覆盖养生，养生期间必须经常保持湿润，绝不能暴晒和风干，养生时间一般不应少于 14 天。

2.2.2 混凝土的工作缝，不应赶在板块中间，应赶在胀缝处。

2.2.3 切缝时间：当混凝土达到设计强度 25% ~ 30% 时（一般不超过 24h）可以切缝。从观感看，以切缝锯片两侧边不出现超过 5mm 毛茬为宜。

2.2.4 水泥混凝土路面对路基各种沉降是敏感的，即使很小的变形也会使板块断裂，因此对路基和基层的密实度、稳定性、均匀性应更严格要求。

2.2.5 角隅处要注意对混凝土的震捣，必要时可加设钢筋。软路基地段，可作加固设计做成钢筋混凝土路面板。

2.2.6 控制拌制混凝土所用原材料，特别是水泥的技术指标，要符合相应标准要求。

2.2.7 混凝土振捣时，注意那些易产生不密实的部位的振捣；防止发生过振产生的混凝土分层。

2.2.8 注意处理好真空吸水搭接处，半幅路施工浇注中防止混凝土振动开裂等特殊问题。

### 2.3 纵横缝不顺直防治措施

#### 2.3.1 纵缝：

2.3.1.1 模板的刚度要符合要求，板块与板块之间要联接紧密，整体性好，不变位。模板固定在基层上要牢固，要具有抵抗混凝土侧压力和施工干扰的足够强度。

2.3.1.2 应严格控制模板的直顺度，应用经纬仪控制安装，同时在浇筑过程中还要随时用经纬仪检查，如有变位要及时调正。

2.3.1.3 在成活过程中，对板缝边缘要用“L”形抹子抹直、压实，

#### 2.3.2 横缝：

（1）要保证胀缝缝板的正确位置，必须采取胀缝外加模板，以固定胀缝板不致移动。

（2）砂轮机切缝。要事先在路面上扣好直线，沿直线仔细操作，严防歪斜。

### 2.4 相邻板间高差过大防治

2.4.1 按规范要求要用模板顶高程控制路面板高程。

2.4.2 在摊铺、震捣过程中要随时检查模板高程的变化，如有变化应及时调整。

2.4.3 在摊铺、震捣、成活全过程中，应时刻注意与相邻已完板面高度相匹配。

2.4.4 对土基、基层的密实度、强度与柔性路面一样也应严格要求，对薄弱土基同样应作认真处理。

### 2.5 板面起砂、脱皮、露骨或有孔洞防治

2.5.1 要严格控制混凝土的水灰比和加水量，水灰比不能大于 0.5。

2.5.2 养护开始洒水时间，要视气温情况，气温较低时，不能过早洒水，必须当混凝土终凝后再开始覆盖洒水养护。

2.5.3 雨季施工应有防雨措施，如运混凝土车应加防雨罩。铺筑过程中遇雨应及时架好防雨罩棚。

2.5.4 防止混凝土浇筑时，混入木屑、碎纸和冰块；砂、石材料要检测泥块含量，并加以去除泥块的处理；混凝土应振捣密实。

2.5.5 对于孔洞、局部脱落产生的露骨、麻面，轻微者，可用稀水泥浆进行封层处理。如特别严重时，可先把混凝土路面凿去 2 ~ 3cm 厚一层，孔洞处凿成形状规矩的直壁坑槽，应注意防止

产生新的裂缝，然后吹扫干净，涂刷一层沥青，用沥青砂或细粒式沥青混凝土填补夯实。

## 2.6 板面平整度差防治

2.6.1 混凝土在运输、摊铺过程中，要防止离析，对离析的混凝土要重新搅拌均匀。

2.6.2 摊铺后，应用插入式震捣器沿边角按顺序先行震捣，再用平板震捣器全面纵横震捣，每次重迭 10 ~ 20cm，然后用行夯和滚杠震捣、整平板面。对低洼处要填补带细骨料的混凝土，严禁用纯砂浆填补。

2.6.3 当混凝土板成活后，未结硬前，暂不能急于复盖，应在板面成活 2h 时后（混凝土终凝后）当用手指轻压不现痕迹时，方可覆盖并洒水养生。

2.6.4 在强度达到 40%（一般 5d 以后）方可上脚踩踏，放置轻物，必须达到设计强度时，方可开放交通。

## 2.7 混凝土板面出现死坑防治

严把材料质量关，除对骨料做级配筛分和含泥量试验外，还要特别注意对外观质量的检查，如含杂质过多则严禁使用，少量杂质也应清除。

### （二）沥青混凝土面层

#### 1. 质量通病

##### 1.1 横向裂缝

##### 1.2 纵向裂缝

##### 1.3 网状裂缝

##### 1.4 翻浆

##### 1.5 车辙

##### 1.6 拥包、搓板等

##### 1.7 泛油、光面

##### 1.8 坑槽

##### 1.9 松散

##### 1.10 脱皮

##### 1.11 啃边



横向裂缝



纵向裂缝



网状裂缝



翻浆



车辙



拥包



泛油



坑槽



松散



脱皮



啃边

## 2. 防治措施

### 2.1 横向裂缝防治措施

2.1.1 合理组织施工，摊铺作业连续进行，减少冷接缝。冷接缝的处理，应先将已摊铺压实的摊铺带边缘切割整齐、清除碎料，然后用热混合料敷贴接缝处，使其预热软化；铲除敷贴料，对缝壁涂刷  $0.3 \sim 0.6\text{kg} / \text{m}^2$  粘层沥青，再铺筑新混合料。

2.1.2 充分压实横向接缝。碾压时，压路机在已压实的横幅上，钢轮伸入新铺层 15cm，每压一遍向新铺层移动 15 ~ 20cm，直到压路机全部在新铺层为止，再改为纵向碾压。

2.1.3 根据《沥青路面施工及验收规范》要求，按本地区气候条件和道路等级选取适用的沥青类型，以减少或消除沥青面层温度收缩裂缝。采用优质沥青更有效。

2.1.4 桥涵两侧填土充分压实或进行加固处理；工后沉降严重地段事前应进行软土地基处理和合理的路基施工组织。

### 2.2 纵向裂缝防治措施

2.2.1 采用全路幅一次摊铺，如分幅摊铺时，前后幅应紧跟，避免前摊铺幅混合料冷却后才摊铺后半幅，确保热接缝。

2.2.2 如无条件全路幅摊铺时，上、下层的施工纵缝应错开 15cm 以上。前后幅相接处为冷接缝时，应先将已施工压实完的边缘坍斜部分切除，切线须顺直，侧壁要垂直，清除碎料后，宜用热混合料敷贴接缝处，使之预热软化，然后铲除敷贴料，并对侧壁涂刷  $0.3 \sim 0.6\text{kg} / \text{m}^2$  粘层沥青，再摊铺相邻路幅。摊铺时控制好松铺系数，使压实后的接缝结合紧密、平整。

2.2.3 沟槽回填土应分层填筑、压实，压实度必须达到要求。如符合质量要求的回填土来源或压实有困难时，须作特殊处理，如采用黄砂、砾石砂或有自硬性的高钙粉煤灰或热焖钢渣等。

2.2.4 拓宽路段的基层厚度和材料须与老路面一致，或稍厚。土路基应密实、稳定。铺筑沥青面层前，老路面侧壁应涂刷  $0.3 \sim 0.6\text{kg} / \text{m}^2$  粘层沥青。沥青面层应充分压实。新老路面接缝宜用热烙铁烫密。

### 2.3 网状裂缝防治措施

2.3.1 沥青面层摊铺前，对下卧层应认真检查，及时清除泥灰，处理好软弱层，保证下卧层稳定，并宜喷洒  $0.3 \sim 0.6\text{kg} / \text{m}^2$  粘层沥青。

2.3.2 原材料质量和混合料质量按《沥青路面施工及验收规范》的要求进行选定、拌制和施工。

2.3.3 沥青面层各层应满足最小施工厚度的要求,保证上下层的良好连结,并从设计施工养护上采取措施有效地排除雨后结构层内积水。

2.3.4 路面结构设计应做好交通量调查和预测工作,使路面结构组合与总体强度满足设计使用期限内交通荷载要求。上基层必须选用水稳定性良好的有粗粒料的石灰、水泥稳定类材料。

#### 2.4 翻浆防治措施

2.4.1 采用含粗粒料的水泥、石灰粉煤灰稳定类材料作为高等级道路的上基层。粒料级配应符合要求,细料含量要适当。

2.4.2 在低温季节施工时,石灰稳定类材料可掺入早强剂,以提高其早期强度。

2.4.3 根据道路等级和交通量要求,选择合适的面层类型和适当厚度。沥青混凝土面层宜采用二层式或三层式,其中一层须采用密级配。当各层均为沥青碎石时,基层表面必须做下封层。

2.4.4 表面处治和贯入式面层经施工压实后,空隙率仍然较大,需要有较长时间借助行车进一步压密成型。因此,这两种类型面层宜在热天或少雨季节施工。

#### 2.5 车辙防治措施

2.5.1 粗集料应粗糙且有较多的破碎裂面。密级配沥青混凝土中的粗集料应形成良好的骨架作用,细集料充分填充空隙,沥青混合料稳定度及流值等技术指标应满足规范要求,高等级道路应进行车辙试验检验,动稳定度对高速公路和城市快速路不小于 800 次 / mm,对一级公路和城市主干路不小于 600 次 / mm。

2.5.2 根据当地气候条件按《沥青路面施工及验收规范》(GB50092-96)选用合适标号的沥青,针入度不宜过大。

2.5.3 施工时,必须按照有关规范要求进行碾压,基层和沥青混合料面层的压实度应分别达到 98% 和 95% 或 96%。

2.5.4 对于通行重车比例较大的道路,或起动、制动频繁、陡坡的路段,必要时可采用改性沥青混合料,提高抗车辙能力。但在选用时,必须兼顾高低温性能。

2.5.5 道路结构组合设计时,沥青面层每层的厚度不宜超过混合料集料最大粒径的 4 倍,否则较易引起车辙。

#### 2.6 拥包、搓板防治措施

2.6.1 在混合料配合比设计时,要控制细集料的用量,细集料不可偏多。选用针入度较低的沥青,并严格控制沥青的用量。

2.6.2 在摊铺沥青混合料面层前,下层表面应清扫干净,均匀洒布粘层沥青,确保上下层粘结。

2.6.3 人工摊铺时,由于料车卸料容易离析,应做到粗细料均匀分布,避免细料集中。

#### 2.7 泛油、光面防治措施

2.7.1 施工前,根据《沥青路面施工及验收规范》选择合适标号。

2.7.2 冬天施工时,面层成型仅,集料容易散失,应及时补撒集料,避免低温季节施工。



2.7.3 表面处治和贯入式路面集料应具有较好的颗粒形状，较多的棱角。成型期间，集料散失时应及时补撒。

2.7.4 沥青路面上面层混合料级配应符合《沥青路面施工及验收规范》（GB50092-96）规定  $< 2.36\text{mm}$ （圆孔筛  $2.5\text{mm}$ ）和  $> 4.75\text{mm}$ （圆孔筛  $5.0\text{mm}$ ）的含量必须严格控制在规范规定的容许范围内，避免细集料过多。公路及主干路、次干路的上面层应采用细粒式或中粒式沥青混凝土。砂粒式沥青混凝土的最大粒径较小，细料较多，易形成光面，一般只用于非机动车道、人行道。

2.7.5 采用具有足够强度，耐磨性好的集料修筑上面层。对于高速公路、一级公路城市和主干路，压碎值不大于 28%，洛杉矶磨耗损失不大于 30%。用于其他等级道路时，压碎值不大于 30%，洛杉矶磨耗损失不大于 40%。

## 2.8 坑槽防治措施

2.8.1 沥青面层应特别是上面层，不应小于施工压实层的最小厚度，以保证在行车荷载作用下有足够的抗力。沥青混合料配合比设计宜选用具有较高粘结力的较密实的级配。若采用空隙率较大的抗滑面层或使用酸性石料时，宜使用改性沥青或在沥青中掺加一定量的抗剥落剂以改善沥青和石料的粘附性能。

2.8.2 沥青混合料拌制过程中，应严格掌握拌和时间、沥青用量及拌和温度，保证混合料的均匀性，严防温度过高沥青焦枯现象发生。

2.8.3 在摊铺沥青混合料面层前，下层应清扫干净，并均匀喷洒粘层沥青。面层摊铺后应按有关规范要求碾压密实。如在老路面上罩面，原路面上坑槽必须先行修补之后，再进行罩面。

2.8.4 当路表面出现松散、脱皮、轻微网裂等可能使雨水下渗的病害，或路面被机械刮铲受损，应及时修补以免病害扩展。

## 2.9 松散防治措施

2.9.1 对使用酸性石料拌制沥青混合料时，须在沥青中掺入抗剥落剂或在填料中掺用适量的生石灰粉、干净消石灰、水泥，以提高沥青与酸性石料的粘附性能。

2.9.2 在沥青混合料生产过程中，应根据规范选用标号合适的沥青和干净的集料，集料的含泥量不得超过规定的要求；集料在进入拌缸前应完全烘干并达到规定的温度；除按规定加入沥青外，还应在拌制过程中随时观察沥青混合料的外观，是否有因沥青含量偏少而呈暗淡无光泽的现象，拌制新的级配的沥青混合料时尤应加强观测，集料烘干加热时的温度一般控制不超过  $180^{\circ}\text{C}$ 。

2.9.3 沥青混合料运到工地后应及时摊铺，及时碾压。摊铺温度及碾压温度偏低会降低沥青混合料面层的压实质量。摊铺后应及时按照有关施工技术规范要求碾压到规定的压实度，碾压结束时温度应不低于  $70^{\circ}\text{C}$ ；应避免在气温低于  $10^{\circ}\text{C}$  或雨天施工。

## 2.10 脱皮防治措施

2.10.1 在铺设沥青面层前，应彻底清除下层表面的泥土、杂物、浮尘等，并保持表面干燥，喷洒粘层沥青后，立即摊铺沥青混合料，使上下层粘结良好。

2.10.2 在旧路面上加罩沥青面层时，原路面应用风镐或十字镐凿毛，有条件时，采用铣削机铣

削，经清扫、喷洒粘层沥青后，再加罩面层。

2.10.3 单层式或双层式面层的上层压实厚度必须大于集料粒径的 2 倍，利于压实成型。

### 2.11 啃边防治方法

2.11.1 合理设计路面排水系统、注意日常养护，经常清除雨水口进水孔垃圾，使路面排水畅通。

2.11.2 施工时，路面边缘应充分碾压，压实后的沥青层应与缘石齐平、密贴。

2.11.3 基层宽度须超出沥青层 20 ~ 30cm，以改善路面受力条件。

## （三）稳定土和稳定粒料基层（底基层）

### 1. 质量通病

#### 1.1 混合料不均匀

#### 1.2 混合料强度不达标

#### 1.3 混合料碾压不密实

#### 1.4 裂缝



石灰稳定土混合不均匀



裂缝



碾压不密实

### 2. 防治措施

#### 2.1 混合料不均匀防治方法

2.1.1 应选用合适的机具进行路拌法施工，保证有足够的翻拌深度和打碎能力，通常宜选用专用的稳定土拌和机；

2.1.2 土块应尽可能粉碎，最大尺寸不应超过 15mm，对于超尺寸土块应予剔除。

2.1.3 对于塑性指数较大的土，应用专用机械加强粉碎，在用石灰稳定时，可采用两次拌和法，



第一次加部分石灰拌和后，闷料一夜，再加入其余石灰，进行第二次拌和。

## 2.2 混合料强度不达标防治措施

2.2.1 水泥稳定使用级配良好的碎（砾）石等，其次是砂性土。石灰稳定需选用质量合格的石灰且工地施工时实际采用的石灰剂量应比室内试验确定的剂量多 0.5% ~ 1.0%。

2.2.2 充分拌合混合料，在最佳含水率下充分压实，保证其强度和稳定性。

## 2.3 混合料碾压不密实防治措施

2.3.1 石灰稳定碾压时，压路机应按规定的碾压工艺要求进行，一般先用轻型压路机（8 ~ 12t）稳压三遍，再用重型压路机（12 ~ 16t）复压 6 ~ 8 遍，最后用轻型压路机打光，至少两遍。水泥稳定采用重型压路机进行碾压，复压时应采用 20 ~ 25t 振动压路机，碾压可得到满意的效果。

2.3.2 严格控制压实厚度，一般不大于 20cm 最大不超过 25cm。

2.3.3 严格控制好混合料的配比和混合料的均匀性，以及混合料的碾压含水量。

2.3.4 对送至工地的混合料，应抽样进行标准密度的试验，通过试验来确定或修正混合料标准密度。

2.3.5 加强现场检验，发现压实度不足，应及时分析原因，采取对策。

## 2.4 裂缝防治措施

2.4.1 混合料应在接近最佳含水量（水泥稳定粗粒料碾压时混合料的含水量宜较最佳含水量大 0.5% ~ 1.0%，对于水泥稳定细料碾压时混合料的含水量宜较最佳含水量大 1% ~ 2%）的状态下碾压，严禁随意浇水、提浆，以减少干缩；要防止碾压含水量过小，压实度和强度不足，造成强度裂缝。

2.4.2 对分段施工的基层，在碾压时，应预留 3 ~ 5m 混合料暂缓碾压，待下段混合料摊铺后一碾压，以利衔接。前后段施工时间不要间隔太长。对于分层碾压的基层，上下层的接头应错开 3 ~ 5m，以减少出现裂缝的机会。

2.4.3 合理选择混合料的配比，控制细料数量，重视结构层的养护，经常洒水，防止水分过快损失，及早铺筑上层或进行封层，以利减少干缩。

2.4.4 加强拌合摊铺质量，减少材料离析现象。

2.4.5 及时养生。干燥收缩的破坏发生在早期，及时的采用土工布、麻袋布或薄膜覆盖进行良好的养生不但可以迅速提高基层的强度，而且可以防止基层因混合料内部发生水化作用和水分的过分蒸发引起表面的干缩裂缝现象。在条件允许时，及时铺筑沥青面层是减少干缩裂缝的一个切实可行的办法。

# 第五节 桥梁工程

## 一、一般规定

### （一）基本要求

桥梁总体应符合下列基本要求：

1. 桥梁工程应按设计文件内容全部完成。
2. 桥下净空不得小于设计要求。
3. 特大跨径的桥梁、结构复杂的桥梁和承载能力需要验证的桥梁应进行荷载试验，试验结果应满足设计要求和符合相关技术规范的规定。

## (二) 实测项目

桥梁总体实测项目应满足表 34-39 的要求。

表 34-39 桥梁总体实测项目

项目	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	桥面中线偏位 (mm)	$\leq 20$	全站仪：每 50m 测 1 点，且不少于 5 点
2	桥面宽 (mm)	车行道 $\pm 10$	丈量：每 50m 测 1 个断面，且不少于 5 个断面
		人行道 $\pm 10$	
3	桥长 (mm)	+300,-100	全站仪或钢尺：检查中心线处
4	桥面高程 (mm)	L<50m +30	水准仪：桥面每侧每 50m 测 1 点，且不少于 3 点；跨中、桥墩（台）处应布置测点
		L ≥ 50m $\pm (L/5000+20)$	

注：L 为桥梁跨径，计算规定值或允许偏差时以 mm 计。

## (三) 外观质量

桥梁总体外观质量应符合下列规定：

1. 桥梁的内外轮廓线形应无异常突变。
2. 结构内外部、支座、伸缩缝处应无残渣、杂物。
3. 桥头不得出现跳车。

## 二、钢筋、预应力筋及管道压浆

### (一) 质量控制要求

#### 1. 一般规定

1.1 桥涵工程中采用的普通钢筋应符合现行《钢筋混凝土用钢第 1 部分：热轧光圆钢筋》（GB/T 1499.1）、《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》（GB/T 1499.2）、《钢筋混凝土用余热处理钢筋》（GB13014）、《冷轧带肋钢筋》（GB/T 13788）的规定；环氧涂层钢筋应符合现行《钢筋混凝土用环氧涂层钢筋》（GB/T 25826）的规定；其他特殊钢筋应符合其相应产品标准的规定。

1.2 钢筋应具有出厂质量证明书和试验报告单，进场时除应检查其外观和标志外，应按不同的钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批抽取试样进行力学性能检验，检验试验方法应符合现行国家标准的规定。钢筋经进场检验合格后方可使用。

1.3 钢筋分批检验时，可由同一牌号、同一炉罐号、同一尺寸的钢筋进行组批，每批的质量应不大于 60t，超过 60t 的部分，每增加 40t（或不足 40t 的余数）应增加一个拉伸和一个弯曲试验试样；钢筋的进场检验亦可由同一牌号、同一冶炼方法、同一浇注方法的不同炉罐号组成混合批进行，但各炉罐号的含碳量之差应不大于 0.02%，含锰量之差应不大于 0.15%。

1.4 钢筋在运输过程中应避免锈蚀、污染或被压弯；在工地存放时，应按不同品种、规格，分批分别堆置整齐，不得混杂，并应设立识别标志，存放的时间宜不超过 6 个月；存放场地应有防、



排水设施，且钢筋不得直接置于地面，应垫高或堆置在台座上，顶部应采用合适的材料予以覆盖，防止水浸和雨淋。

1.5 在工程施工过程中，应采取适当的措施，防止钢筋产生锈蚀。对设置在结构或构件中的预留钢筋的外露部分，当外露时间较长且环境湿度较大时，宜采取包裹、涂刷防锈材料或其他有效方式，进行临时性防护。

1.6 钢筋的级别、种类和直径应按设计规定采用，当需要代换时，应得到设计认可。

1.7 预制构件的吊环，必须采用未经冷拉的热轧光圆钢筋制作，且其使用时的计算拉应力应不大于 65MPa。

## 2. 加工

2.1 钢筋的表面应洁净、无损伤，使用前应将表面的油渍、漆皮、鳞锈等清除干净，带有颗粒状或片状老锈的钢筋不得使用。

2.2 钢筋应平直、无局部弯折，成盘的钢筋和弯曲的钢筋在加工前均应调直。采用冷拉方法调直钢筋时，HPB300 钢筋的冷拉率宜不大于 2%；HRB400 钢筋的冷拉率宜不大于 1%。

2.3 钢筋宜采用数控化机械设备在专用厂房中集中下料和加工，其形状、尺寸应符合设计的规定；加工后的钢筋，其表面不应有削弱钢筋截面的伤痕。

2.4 钢筋的弯制和端部的弯钩应符合设计要求，设计未要求时，应符合表 34-40 的规定。

表 34-40 受力主钢筋制作和末端弯钩形状

弯曲部位	弯曲角度	形状图	钢筋种类	弯曲直径 D	平直段长度
末端弯钩	180°		HPB300	$\geq 2.5d$	$\geq 3d$
	135°		HRB400 HRBF400 HRB500 RRB400	$\geq 5d$	$\geq 5d$
	90°		HRB400 HRBF400 HRB500 RRB400	$\geq 5d$	$\geq 10d$
中间弯折	$\leq 90^\circ$		各种钢筋	$\geq 20d$	—

注：采用环氧涂层钢筋时，除应满足表内规定外，当钢筋直径  $d \leq 20\text{mm}$  时，弯钩内直径 D 应不小于  $5d$ ；当  $d > 20\text{mm}$  时，弯钩内直径 D 应不小于  $6d$ ；平直段长度应不小于  $5d$ 。

2.5 箍筋的末端应做弯钩，弯钩的形状应符合设计规定。弯钩的弯曲直径应大于被箍受力主钢

筋的直径，且 HPB300 钢筋应不小于箍筋直径的 2.5 倍，HRB400 钢筋应不小于箍筋直径的 5 倍。弯钩平直部分的长度，一般结构应不小于箍筋直径的 5 倍；有抗震要求的结构，应不小于箍筋直径的 10 倍。设计对弯钩的形状未规定时，可按图 34-41 a、b 加工；有抗震要求的结构，应按图 34-45c 加工。

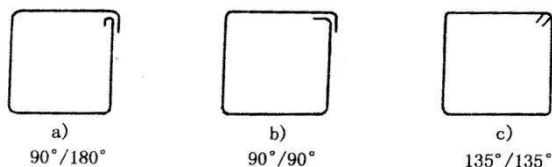


图 34-41 箍筋弯钩形式

2.6 钢筋加工的允许偏差应符合表 34-42 的规定。

表 34-42 钢筋加工的允许偏差

项目	允许偏差 (mm)
受力钢筋顺长度方向加工后的全长	± 10
弯起钢筋各部分尺寸	± 20
箍筋、螺旋筋各部分尺寸	± 5

### 3. 连接

3.1 钢筋的连接宜采用焊接接头或机械连接接头。绑扎接头仅当钢筋构造复杂施工困难时方可采用，绑扎接头的钢筋直径宜不大于 28mm，对轴心受压和偏心受压构件中的受压钢筋可不大于 32mm；轴心受拉和小偏心受拉构件不应采用绑扎接头。

3.2 受力钢筋的连接接头应设置在内力较小区段，并应错开布置。对焊接接头和机械连接接头，在接头长度区段内，同一根钢筋不得有两个接头；对绑扎接头，两接头间的距离应不小于 1.3 倍搭接长度。配置在接头长度区段内的受力钢筋，其接头的截面面积占总截面面积的百分率，应符合表 34-43 的规定。

表 34-43 接头长度区段内受力钢筋接头面积的最大百分率

接头形式	接头面积最大百分率 (%)	
	受拉区	受压区
主钢筋绑扎接头	25	50
主钢筋焊接接头	50	不限制

注：1. 焊接接头和机械连接接头长度区段内是指 35d (d 为钢筋直径) 长度范围内，但不得小于 500mm；绑扎接头长度区段内是指 1.3 倍搭接长度范围内。

在同一根钢筋上宜少设接头。

装配式构件连接处的受力钢筋焊接接头可不受此限制。

接头部分钢筋的横向净距应不小于钢筋直径且不小于 25mm。

### 3.3 钢筋的焊接接头应符合下列规定：

3.3.1 钢筋的焊接接头宜采用闪光对焊，或采用电弧焊、电渣压力焊、气压焊，但电渣压力焊仅可用于竖向钢筋的连接，不得用于水平钢筋和斜筋的连接。钢筋焊接的接头形式、焊接方法和焊接材料应符合现行《钢筋焊接及验收规程》(JGJ18) 的规定，质量验收标准应按《公路桥涵施

工技术规范》(JTGT 3650)附录 A 执行。

3.3.2 每批钢筋焊接前,应先选定焊接工艺和焊接参数,按实际条件进行试焊,并检验接头外观质量及规定的力学性能,试焊质量经检验合格后方可正式施焊。焊接时,对施焊场地应有适当的防风、雨、雪、严寒的设施。

3.3.3 电弧焊宜采用双面焊缝,仅在双面焊无法施焊时,方可采用单面焊缝。采用搭接电弧焊时,两钢筋搭接端部应预先折向一侧,两接合钢筋的轴线应保持一致;采用帮条电弧焊时,帮条应采用与主筋相同强度等级的钢筋,其总截面面积应不小于被焊接钢筋的截面积。电弧焊接头的焊缝长度,对双面焊缝应不小于  $5d$ ,单面焊缝应不小于  $10d$  ( $d$  为钢筋直径)。电弧焊接与钢筋弯曲处的距离应不小于  $10d$ ,且不宜位于构件的最大弯矩处。

### 3.4 钢筋的机械连接

宜采用墩粗直螺纹、滚轧直螺纹或套筒挤压接头,且适用于 HRB400、HRBF400、HRB500 和 RRB400 热轧带肋钢筋。各类接头的性能均应符合现行《钢筋机械连接技术规程》(JGJ 107)的规定,并应符合下列规定:

3.4.1 钢筋机械连接接头的等级应选用 I 级或 II 级。

3.4.2 钢筋机械连接接头的材料、制作、安装施工及质量检验和验收,应符合现行《钢筋机械连接用套筒》(JG/T 163)和《钢筋机械连接技术规程》(JGJ 107)的规定。

3.4.3 钢筋机械连接件的最小混凝土保护层厚度,应符合设计受力主筋混凝土保护层厚度的规定,且不得小于  $20\text{mm}$ ;连接件之间或连接件与钢筋之间的横向净距应不小于  $25\text{mm}$ 。

3.4.4 连接套筒、锁母、丝头等在运输和储存过程中应采取防护措施,防止雨淋、沾污和损伤。

3.4.5 钢筋机械连接接头在施工现场的检验与验收应符合下列规定:

应提交有效的型式检验报告,以及连接件产品合格证、接头加工安装要求等相关技术文件。

钢筋连接工程开始前及施工过程中,应对第一批进场钢筋进行接头工艺试验。进行工艺试验时,每种规格钢筋的接头试件应不少于 3 个,3 个接头试件的抗拉强度和残余变形均应满足《公路桥涵施工技术规范》(JTGT 3650)附录 B 的要求。

3.5 现场检验应进行外观质量检查和单向拉伸强度试验。

3.5.1 接头的现场检验应按验收批进行。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 500 个为一个验收批进行检验与验收,不足 500 个时亦作为一个验收批。

3.5.2 对接头的每一个验收批,应在工程结构中随机截取 3 个试件做抗拉强度试验,当 3 个接头试件的抗拉强度符合相应等级要求时,该验收批评定为合格;如有 1 个试件的抗拉强度不合格,应再取 6 个试件进行复检,复检中如仍有 1 个试件试验结果不合格,则该验收批评定为不合格。

3.5.3 在现场连续检验 10 个验收批,其全部试件抗拉强度试验一次抽样均合格时,验收批接头数量可扩大 1 倍。

3.6 钢筋直螺纹接头的连接安装应符合下列规定:

安装时可采用管钳扳手施拧紧固,被连接钢筋的端头应在套筒中心位置相互顶紧,标准型、

正反丝型、异径型接头在安装后其单侧外露螺纹宜不超过  $2p$  ( $p$  为螺纹的螺距)；对无法对顶的其他直螺纹连接接头，应附加锁紧螺母、顶紧凸台等措施紧固。

安装完成后，应采用扭力扳手校核其拧紧扭矩，最小拧紧扭矩值应符合表 34-44 的规定。

表 34-44 直螺纹接头连接安装最小拧紧扭矩值

钢筋直径 (mm)	$\leq 16$	18-20	34-25	28-32	36-40	50
拧紧扭矩 (N·m)	100	200	260	320	360	460

注：校核用扭力扳手的准确度级别可选用 10 级。

3.7 钢筋套筒挤压接头的连接安装应符合下列规定：

3.7.1 被连接钢筋的端部不得有局部弯曲、严重锈蚀和附着物。

3.7.2 钢筋端部应有挤压套筒后可检查钢筋插入深度的明显标记，钢筋端头与套筒长度中点的距离宜不超过 10mm。

3.7.3 应从套筒中心开始依次向两端挤压；挤压后，对压痕直径或套筒长度的波动范围应采用专用量规进行检验。

3.7.4 挤压连接后，压痕处的套筒外径应为原套筒外径的 0.80 ~ 0.90 倍，套筒长度应为原套筒长度的 1.10 ~ 1.15 倍，且套筒不应有可见裂纹。

3.8 钢筋的绑扎接头应符合下列规定：

3.8.1 绑扎接头的末端距钢筋弯折处的距离，应不小于钢筋直径的 10 倍，接头不宜位于构件的最大弯矩处。

3.8.2 受拉钢筋绑扎接头的搭接长度，应符合表 34-45 的规定；受压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 34-45 受拉钢筋绑扎接头的搭接长度

钢筋类型	HPB300		HRB400、HRBF400、RRB400	HRB500
混凝土强度等级	C25	$\geq C30$	$\geq C30$	$\geq C30$
搭接长度 (mm)	40d	35d	45d	50d

注：★表中  $d$  为钢筋直径。

★当带肋钢筋直径  $d$  大于 25mm 时，其受拉钢筋的搭接长度应按表中值增加 5d 采用；当带肋钢筋直径  $d$  小于或等于 25mm 时，其受拉钢筋的搭接长度可按表中值减少 5d 采用。

★当混凝土在凝固过程中受力钢筋易受扰动时，其搭接长度应增加 5d。

★在任何情况下，纵向受拉钢筋的搭接长度应不小于 300mm；受压钢筋的搭接长度应不小于 200mm。

★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。

★两根不同直径钢筋的搭接长度，以较细的钢筋直径计算。

3.8.3 受拉区内 HPB300 钢筋绑扎接头的末端应做弯钩；HRB400、HRBF400、HRB500 和 RRB400 钢筋的绑扎接头末端可不做弯钩；直径不大于 12mm 的受压 HPB300 钢筋的末端可不做弯钩，但搭接长度应不小于钢筋直径的 30 倍。钢筋搭接处，应在其中心和两端用绑丝扎牢。



3.8.4 束筋施工时，其规格、数量、位置及锚固长度应符合设计要求。束筋的搭接接头应先从单根钢筋错开搭接，接头中距应为表 34-46 规定单根钢筋搭接长度的 1.3 倍；再用一根长度为  $1.3(n+1)l_s$  的通长钢筋进行搭绑绑扎，其中  $n$  为组成束筋的单根钢筋根数， $l_s$  为单根钢筋搭接长度 图 34-46。

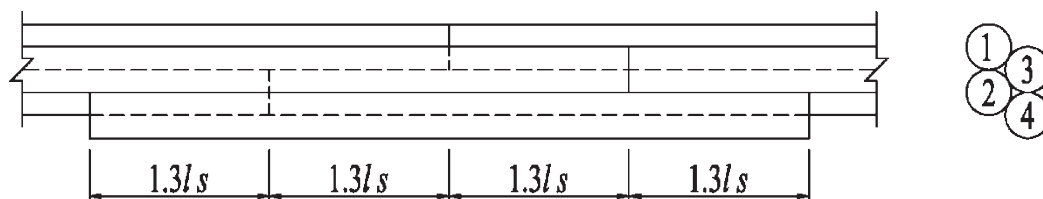


图 34-46 束筋的搭接

1、2、3—组成束筋的单根钢筋；4—通长钢筋

#### 4. 绑扎与安装

##### 4.1 钢筋的绑扎应符合下列规定：

4.1.1 钢筋的交叉点宜采用直径 0.7-2.0mm 的铁丝扎牢，必要时可采用点焊焊牢。绑扎宜采取逐点改变绕丝方向的 8 字形方式交错扎结，对直径 25mm 及以上的钢筋，宜采取双对角线的十字形方式扎结。

4.1.2 结构或构件拐角处的钢筋交叉点应全部绑扎；中间平直部分的交叉点可交错绑扎，但绑扎的交叉点宜占全部交叉点的 40% 以上。

4.1.3 钢筋绑扎时，除设计有特殊规定者外，箍筋应与主筋垂直。

4.1.4 绑扎钢筋的铁丝丝头不应进入混凝土保护层内。

4.2 对集中加工、整体安装的半成品钢筋和钢筋骨架，在运输时应采用适宜的装载工具，并采取增加刚度、防止其扭曲变形的措施。

##### 4.3 安装钢筋时应符合下列规定：

4.3.1 钢筋的级别、直径、根数、间距等应符合设计规定。

4.3.2 对多层多排钢筋，宜根据安装需要在其间隔处设立一定数量的架立钢筋或短钢筋，但架立钢筋或短钢筋的端头不得伸入混凝土保护层内。

4.3.3 半成品钢筋和钢筋骨架采用整体方式安装时，宜设置专用胎架或卡具等进行辅助定位，安装过程中应采取保证整体刚度及防止变形的措施。

4.3.4 当钢筋过密，将会影响到混凝土浇筑质量时，应及时与设计协商解决。

##### 4.4 钢筋与模板之间应设置垫块，垫块的制作、设置和固定应符合下列规定：

4.4.1 混凝土垫块应具有不低于结构本体混凝土的强度，并应有足够的密实性；采用其他材料制作垫块时，除应满足使用强度的要求外，其材料中不应含有对混凝土产生不利影响的成分。垫块的制作厚度不应出现负误差，正误差应不大于 1mm。

4.4.2 用于重要工程或有防腐蚀要求的混凝土结构或构件中的垫块，宜采用专门制作的定型产品，且该类产品的质量同样应符合本条第 1 款的规定。

4.4.3 垫块应相互错开、分散设置在钢筋与模板之间,但不应横贯混凝土保护层的全部截面进行设置。垫块在结构或构件侧面和底面所布设的数量应不少于 4 个 /  $\text{m}^2$ ,重要部位宜适当加密。

4.4.4 垫块应与钢筋绑扎牢固,且绑丝及其丝头均不应进入混凝土保护层内。

4.4.5 混凝土浇筑前,应对垫块的位置、数量和紧固程度进行检查,不符合要求时应及时处理,应保证钢筋的混凝土保护层厚度满足设计要求和本规范的规定。

4.5 钢筋骨架的焊接拼装应在坚固的工作台上进行,操作时应符合下列规定:

4.5.1 拼装前应按设计图纸放大样,放样时应考虑焊接变形的预留拱度。拼装时,在需要焊接的位置宜采用楔形卡卡紧,防止焊接时局部变形。

4.5.2 骨架焊接时,不同直径钢筋的中心线应在同一平面上,较小直径的钢筋在焊接时,下面宜垫以厚度适当的钢板。施焊顺序宜由中到边对称地向两端进行,先焊骨架下部,后焊骨架上部。相邻的焊缝应采用分区对称跳焊,不得顺方向一次焊成。

4.6 钢筋网的焊点应符合设计规定,当设计未规定时,应按下列要求进行焊接:

4.6.1 在焊接网的受力钢筋为 HPB300 或冷拉 HPB300 钢筋的情况下,当焊接网只有一个方向为受力钢筋时,网两端边缘的两根锚固横向钢筋与受力钢筋的全部交叉点必须焊接;当焊接网的两个方向均为受力钢筋时,沿网四周边缘的两根钢筋的全部交叉点均应焊接;其余的交叉点可焊接或绑扎一半,或根据运输和安装条件决定。

4.6.2 当焊接网的受力钢筋为冷拔低碳钢丝,而另一方向的钢筋间距小于 100mm 时,网两端边缘的两根钢筋的全部交叉点必须焊接,中间部分的焊点距离可增大至 250mm。

4.7 灌注桩钢筋骨架的制作、运输与安装应符合下列规定:

4.7.1 制作时应采取必要措施,保证骨架的刚度,主筋的接头应错开布置。大直径长桩的钢筋骨架宜在胎架上分段制作,且宜编号,安装时应按编号顺序连接。

4.7.2 应在骨架外侧设置控制混凝土保护层厚度的垫块,垫块的间距在竖向应不大于 2m,在横向圆周应不少于 4 处。

4.7.3 钢筋骨架在运输过程中,应采取适当的措施防止其变形。

4.7.4 钢筋骨架在安装时,其顶端应设置吊环。

## 5. 预应力筋及管道压浆

5.1 预应力工程在施工过程中应对其施工的质量进行控制和检验。控制和检验宜按照原材料进场、制作与安装、施加预应力、先张法放张或后张孔道压浆、锚具防护及封锚等阶段进行。

5.2 对预应力筋施加预应力时,宜对多台千斤顶张拉时的同步性、持荷时间、锚下的有效预应力及其均匀度等进行质量控制,并应符合下列规定:

5.3 在采用两台以上千斤顶实施对称和两端张拉时,各千斤顶之间同步张拉力的允许误差宜为  $\pm 2\%$ 。

5.4 张拉至控制应力时,应按先张法和后张法的有关规定,保证千斤顶具有足够的持荷时间。张拉控制应力的精度宜为  $\pm 1.5\%$ 。



5.5 张拉锚固后，预应力筋在锚下的有效预应力应符合设计张拉控制应力，两者的相对偏差应不超过  $\pm 5\%$ ，且同一断面中的预应力束其有效预应力的不均匀度应不超过  $\pm 2\%$ 。

5.6 先张法预应力筋放张后，预应力筋在构件端部的内缩值不宜大于 2.0mm。

5.7 后张法预应力孔道压浆所采用的水泥、外加剂、矿物掺合料、膨胀剂和水等原材料的质量，以及所配制浆液的性能应符合设计文件或技术规范的规定。孔道内的结硬浆体应饱满、密实，充盈度应满足要求。

## （二）过程控制方法

### 1. 一般规定

1.1 钢筋要有出厂质量证明书和试验报告单，进场时除应检查其外观和标志外，还要按不同的钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批抽取试样进行力学性能检验，检验试验方法应符合现行国家标准的规定。钢筋经进场检验合格后方可使用。钢筋在运输过程中应避免锈蚀、污染或被压弯；在工地存放时，应按不同品种、规格，分批分别堆置整齐，不得混杂，并应设立识别标志，存放的时间不宜超过 6 个月。

1.2 钢筋的级别、种类和直径应按设计规定采用，当需要代换时，应得到设计人员的书面认可。预制构件的吊环，必须采用未经冷拉的热轧光圆钢筋制作，且其使用时的计算拉应力应不大于 50MPa。

### 2. 普通钢筋

2.1 钢筋的表面应洁净，使用前应将表面油渍、漆皮、鳞锈等清除干净，钢筋外表有严重锈蚀、麻坑、裂纹夹砂和夹层等缺陷时应予剔除，不得使用。钢筋应平直，无局部弯折，成盘的钢筋和弯曲的钢筋均应调直才能使用。

2.2 钢筋的弯制和末端的弯钩应符合设计要求，如设计无规定时，应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTGI3650 的规定。

2.3 箍筋的末端应做弯钩，弯钩的弯曲直径应大于被箍受力主钢筋的直径，且 HPB300 级钢筋应不小于箍筋直径的 2.5 倍，HRB335 级钢筋应不小于箍筋直径的 4 倍。弯钩平直部分的长度，一般结构不宜小于箍筋直径的 5 倍，有抗震要求的结构，不应小于箍筋直径的 10 倍。

2.4 钢筋的连接宜采用焊接接头或机械连接接头。绑扎接头仅当钢筋构造复杂施工困难时方可采用，绑扎接头的钢筋直径不宜大于 28mm，对轴心受压和偏心受压构件中的受压钢筋可不大于 32mm；轴心受拉和小偏心受拉构件不应采用绑扎接头。

2.5 钢筋的纵向焊接应采用闪光对焊。当缺乏闪光对焊条件时，可采用电弧焊、电渣压力焊、气压焊。

2.6 钢筋焊接前，必须根据施工条件进行试焊，合格后方可正式施焊。焊工必须持考试合格证上岗。

2.7 钢筋接头采用搭接电弧焊时，两钢筋搭接端部应预先折向一侧，使两接合钢筋轴线一致。接头双面焊缝的长度不应小于 5d，单面焊缝的长度不应小于 10d。

2.8 钢筋接头采用帮条电弧焊时，帮条应采用与主筋同级别的钢筋，其总截面面积不应小于被焊钢筋的截面积。帮条长度，如用双面焊缝不应小于 5d，如用单面焊缝不应小于 10d。

2.9 焊条、焊剂应有合格证，各种焊接材料的性能应符合现行《钢筋焊接及验收规程》JGJ18 的规定。

2.10 受力钢筋焊接或绑扎接头应设置在内力较小处，并错开布置，对于绑扎接头，两接头间距离不小于 1.3 倍搭接长度。对于焊接接头，在接头长度区段内，同一根钢筋不得有两个接头，配置在接头长度区段内的受力钢筋，其接头的截面面积占总截面面积的百分率应符合表 34-47 的规定。对于绑扎接头，其接头的截面面积占总截面面积的百分率，亦应符合表 34-47 的规定。

表 34-47 接头长度区段内受力钢筋接头面积的最大百分率

接头形式	接头面积最大百分率（%）	
	受拉区	受压区
主钢筋绑扎接头	25	50
主钢筋焊接接头	50	不限制

2.11 电弧焊接和绑扎接头与钢筋弯曲处的距离不应小于 10 倍钢筋直径，也不宜位于构件的最大弯矩处。

2.12 焊接时，对施焊场地应有适当的防风、雨、雪、严寒设施。低于  $-20^{\circ}\text{C}$  时，不得施焊。

2.13 钢筋的机械连接，其接头性能指标应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTGF50 的规定。

2.14 带肋钢筋套筒挤压接头（以下简称挤压接头）适用直径为 16-40mm 的 HRB335、HRB400 牌号带肋钢筋的径向挤压连接。用于挤压连接的钢筋应符合现行国家标准的要求。

2.15 钢筋骨架的焊接拼装应在坚固的工作台上进行，操作时应符合下列要求：

2.15.1 拼装时应按设计图纸放大样，放样时应考虑焊接变形和预留拱度。

2.15.2 钢筋拼装前，对有焊接接头的钢筋应检查每根接头是否符合焊接要求。

2.15.3 拼装时，在需要焊接的位置用楔形卡卡住，防止电焊时局部变形。待所有焊接点卡好后，先在焊缝两端点焊定位，然后进行焊缝施焊。

2.15.4 骨架焊接时，不同直径钢筋的中心线应在同一平面上。为此，较小直径的钢筋在焊接时，下面宜垫以厚度适当的钢板。

2.15.5 施焊顺序宜由中到边对称地向两端进行，先焊骨架下部，后焊骨架上部。相邻的焊缝采用分区对称跳焊，不得顺方向一次焊成。

2.16 钢筋安设、支承及固定要求

2.16.1 所有钢筋应准确安设，当浇筑混凝土时，用支承将钢筋牢固地固定。钢筋应可靠地系紧在一起，不允许在浇筑混凝土时安设或插入钢筋。

2.16.2 桥面板钢筋的所有交叉点均应绑扎，以避免在浇混凝土时钢筋移位。但两个方向的钢筋中距均不小于 300mm 时，则可隔一个交叉点进行绑扎。

2.16.3 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工程师所接受，同时，其设计应避免混凝土垫块在浇筑混凝土时倾倒。垫块混凝土的骨料粒径不得大于 10 mm，



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。

2.16.4 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  $\pm 5\text{mm}$  的偏差。

2.16.5 任何构件内的钢筋，在浇筑混凝土以前，须经监理工程师检查认可，否则，浇筑的混凝土将不予验收。

2.16.6 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。

2.17 钢筋机械连接接头（简称机械接头）要求

2.17.1 常用钢筋机械接头（套筒挤压接头、锥螺纹接头、墩粗直螺纹接头等），应符合现行《钢筋机械连接技术规程》JGJ107 的规定。

2.17.2 接头用设备及产品应备有符合规范要求的、经监理工程师认可的、具有法人资格的质量检验单位签具的质量检验合格证。监理工程师可以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。

3. 预应力钢筋、预应力管道及压浆封锚

3.1 预应力钢筋原材

3.1.1 预应力材料必须保持清洁，在存放和搬运过程中应避免机械损伤和有害的锈蚀。如进场后需长时间存放时，必须安排定期的外观检查。

3.1.2 预应力钢筋和金属管道在仓库内保管时，仓库应干燥、防潮、通风良好、无腐蚀气体和介质；在室外存放时，时间不宜超过 6 个月，不得直接堆放在地面上，必须采取垫以枕木并用苫布覆盖等有效措施，防止雨露和各种腐蚀性气体、介质的影响。

3.1.3 锚具、夹具和连接器均应设专人保管。存放、搬运时均应妥善保管，避免锈蚀、沾污、遭受机械损伤或散失。临时性的防护措施应不影响安装操作的效果和永久性防锈措施的实施。

3.1.4 预应力筋锚具、夹具和连接器应具有可靠的锚固性能、足够的承载能力和良好的使用性，能保证充分发挥预应力筋的强度，安全地实现预应力张拉作业，并应符合现行国家标准《预应力筋锚具、夹具和连接器》GB14370 的要求。

3.1.5 预应力筋锚具应按设计要求采用。锚具应满足分级张拉、补张以及放松预应力的要求。用于后张结构时，锚具或其附件上宜设置压浆孔或排气孔，压浆孔应有足够的截面面积，以保证浆液的畅通。

3.1.6 夹具应具有良好的自锚性能、松锚性能和重复使用性能。需敲击才能松开的夹具，必须保证其对预应力筋的锚固没有影响，且对人员的安全不造成危险。

3.1.7 用于后张法的连接器，必须符合锚具的性能要求；用于先张法的连接器，必须符合夹具的性能要求。

3.1.8 锚具、夹具和连接器进场时，除应按出厂合格证和质量证明书核查锚固性能类别、型号、

规格及数量外，还应按下列规定进行验收：

3.1.8.1 外观检查应从每批中抽取 2% 的锚具且不少于 10 套，检查其外观和尺寸。如有一套表面有裂纹或超过产品标准及设计图纸规定尺寸的允许偏差，则应另取双倍数量的锚具重做检查，如仍有一套不符合要求，则应逐套检查，合格者方可使用。

3.1.8.2 硬度检验：应从每批中抽取 3% 的锚具且不少于 5 套，对其中有硬度要求的零件做硬度试验，对多孔夹片式锚具的夹片，每套至少抽取 6 片。每个零件测试 3 点，其硬度应在设计要求范围内，如有一个零件不合格，则应另取双倍数量的零件重做试验，如仍有一个零件不合格，逐个检查，合格者方可使用。

3.1.8.3 静载锚固性能试验应在外观检查和硬度检验均合格的同批产品中抽取样品，与相应规格和强度等级的预应力筋组成 3 个预应力筋—锚具组装件。进行静载锚固性能试验，如有一个试件不符合要求，则应另取双倍数量的锚具（夹具或连接器）重做试验，如仍有一个试件不符合要求，则该批锚具（夹具或连接器）为不合格品。

3.1.9 对用于其他桥梁的锚具（夹具或连接器）进场验收，其静载锚固性能可由锚具生产厂提供试验报告。

3.1.10 预应力筋锚具、夹具和连接器验收批的划分在同种材料和同一生产工艺条件下，锚具、夹具应以不超过 2000 套组为一个验收批；连接器以不超过 500 套组为一个验收批。

3.1.11 在后张有粘结预应力混凝土结构中，张拉钢筋的孔道宜由浇筑在混凝土中的刚性或半刚性管道构成，刚性管道应具有光滑的内壁并可被弯曲成适当的形状而不出现卷曲或被压扁；半刚性管道应是波纹状的金属螺旋管。金属管道宜尽量采用镀锌材料制作。对一般工程，也可采取钢管抽芯、胶管抽芯及金属伸缩套管抽芯等方法进行预留。

3.1.12 制作半刚性波纹状金属螺旋管的钢带应附有合格证书。钢带厚度应根据管道直径、设置时间（在浇筑混凝土前或后设置钢束）及是否有特殊用途而定，一般情况厚度不宜小于 0.3mm。

3.1.13 浇筑在混凝土中的管道应不允许有漏浆现象。管道应具有足够的强度，以使其在混凝土的重量作用下能保持原有的形状，且能按要求传递粘结应力。

3.1.14 一般情况下，管道的内横截面积至少应是预应力筋净截面积的 2.0~2.5 倍。如果管道预应力筋的面积比低于给定的极限，则应通过试验验证其可以进行正常的压浆作业。对于超长钢束的管道，亦应通过试验来确定其面积比。

### 3.2 预应力钢筋的加工制作

3.2.1 预应力混凝土结构所采用的钢丝、钢绞线和热处理钢筋等的质量，应符合现行国家标准的规定。

3.2.2 预应力筋进场时应分批验收。验收时，除应对其质量证明书、包装、标志和规格等进行检查外，尚须按下列规定进行检查：

钢丝：钢丝分批检验时每批质量应不大于 60t，检验时应先从每批中抽查 5 组且少于 5 盘，进行表面质量检查。如检查不合格，则应对该批钢丝逐盘检查。在每盘钢丝的两端取样进行抗拉强度、

弯曲和伸长率的试验，其力学性能应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTGF50 附录的有关规定要求。

钢绞线：钢绞线分批检验时每批质量应不大于 60t，检验时应从每批钢绞线中任取 3 盘，并从每盘所选的钢绞线端部正常部位截取一组试样进行表面质量、直径偏差和力学性能试验。

热轧带肋钢筋：热轧带肋钢筋分批检验时每批质量应不大于 100t，对表面质量应逐根目视检查，外观检查合格后在每批中任选 2 根钢筋截取试件进行拉伸试验。

3.2.3 预应力筋的实际强度不得低于现行国家标准的规定。预应力筋的试验方法应按现行国家标准的规定执行。用作拉伸试验的试件，不允许进行任何形式的加工。在对预应力筋进行拉伸试验中，应同时测定其弹性模量。

3.2.4 预应力筋的下料长度应通过计算确定，计算时应考虑结构的孔道长度或台座长度、锚夹具厚度、千斤顶长度、焊接接头或墩头预留量、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和外露长度等因素。

3.2.5 预应力筋的下料，应采用切断机或砂轮锯切断，严禁采用电弧切割。

3.2.6 高强度钢丝的墩头宜采用液压冷墩，墩头前应确认钢丝的可墩性，钢丝墩头的强度不得低于钢丝强度标准值的 98%。

3.2.7 预应力筋由多根钢丝或钢绞线组成时，同束内应采用强度相等的预应力钢材。编束时，应逐根理顺，绑扎牢固，防止互相缠绕。

### 3.3 预应力筋的安装

3.3.1 预应力筋可在浇筑混凝土之前或之后穿入孔道，穿束前应检查锚垫板和孔道，锚垫板的位置应准确；孔道内应畅通，无水和其他杂物。

3.3.2 根钢束中的全部预应力筋编束后整体穿入孔道中，整体穿束时，束的前端宜设置穿束网套或特制的牵引头，应保持预应力筋顺直，且仅应前后拖动，不得扭转。对钢绞线，可采用穿束机逐根将其穿入孔道内，但应保证其在孔道内不发生相互缠绕。

3.3.3 对在混凝土浇筑及养护之前安装在孔道中但在设计文件或技术规范规定时限内未压浆的预应力筋，应采取防止锈蚀或其他防腐的措施，直至压浆。

3.3.4 预应力筋安装在管道中后，应将管道端部开口密封防止湿气进入。采用蒸汽养护混凝土时，在养护完成之前不应安装预应力筋。

3.3.5 在任何情况下，当在安装有预应力筋的结构或构件附近进行电焊时，均应对全部预应力筋、管道和附属构件进行保护，防止溅上焊渣或造成其他损坏。

3.3.6 对在混凝土浇筑之前穿束的管道，预应力筋安装完成后，应进行全面检查，查出可能损坏的管道。在混凝土浇筑之前，应将管道上所有非有意留的孔、开口或损坏之处修复，并应在浇筑混凝土过程中随时检查预应力筋能否在管道内自由移动。

3.3.7 锚具、夹具和连接器在安装前，应擦拭干净，安装时应符合下列规定：

锚具和连接器的安装位置应准确，且应与孔道对中。锚垫板上设置有对中止口时，应防止锚

具偏出止口。安装夹片时，应使夹片的外露长度基本一致。

采用螺母锚固的支撑式锚具，安装时应逐个检查螺纹的配合情况，应保证在张拉和锚固过程中能顺利旋合拧紧。

### 3.4 预应力孔道压浆及封锚

3.4.1 预应力筋张拉锚固后，孔道应尽早压浆，且应在 48h 内完成，否则应采取避免预应力筋锈蚀的措施。压浆用水泥浆的强度应符合设计规定。

3.4.2 外加剂应与水泥具有良好的相容性，且不得含有氨盐、亚硝酸盐或其他对预应力筋有腐蚀作用的成分。减水剂应采用高效减水剂，且应满足现行国家标准《混凝土外加剂》GB 807 中高效减水剂一等品的要求，其减水率应不小于 20%。

3.4.3 矿物掺合料的品种宜为 I 级粉煤灰、磨细矿渣粉或硅灰。膨胀剂宜采用钙矾石系或复合型膨胀剂，不得采用以铝粉为膨胀源的膨胀剂或总碱量 0.75% 以上的高碱膨胀剂。

3.4.4 压浆前应在工地试验室对压浆材料加水进行试配，各种材料的称量（均以质量计）应精确到  $\pm 1\%$ 。经试配的浆液其各项性能指标均应满足设计要求或现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 的有关规定后方可用于正式压浆。

3.4.5 压浆前应对孔道进行清洁处理；应对压浆设备进行清洗，清洗后的设备内不应有残渣和积水。

3.4.6 压浆时，对曲线孔道和竖向孔道应从最低点的压浆孔压入；对结构或构件中以上下分层设置的孔道，应按先下层后上层的顺序进行压浆。同一管道的压浆应连续进行，一次完成。压浆应缓慢、均匀地进行，不得中断，并应将所有最高点的排气孔依次打开和关闭，使孔道内排气通畅。

3.4.7 浆液自拌制完成至压入孔道的延续时间不宜超过 40min，且在使用前和压注过程中应连续搅拌，对因延迟使用所致流动度降低的水泥浆，不得通过额外加水增加其流动度。

3.4.8 对水平或曲线孔道，压浆的压力宜为 0.5–0.7MPa；对超长孔道，最大压力不宜超过 1.0MPa；对竖向孔道，压浆的压力宜为 0.3–0.4MPa。压浆的充盈度应达到孔道另一端饱满且排气孔排出与规定流动度相同的水泥浆为止，关闭出浆口后，宜保持一个不小于 0.5MPa 的稳压期，该稳压期的保持时间宜为 3–5min。

3.4.9 压浆 48 小时内，每一工作班应制作留取不少于 3 组尺寸 40mm × 40mm × 160mm 的试件，标准养护 28d，进行抗压强度和抗折强度试验，作为质量评定的依据。

3.4.10 压浆过程中及压浆后 48h 内，结构或构件混凝土的温度及环境温度不得低于 5℃，否则应采取保温措施，并按冬期施工的要求处理，浆液中可适量掺用引气剂，但不得掺用防冻剂。当环境温度高于 35℃ 时，压浆宜在夜间进行。

3.4.11 压浆完成后，应及时对锚固端按设计要求进行封闭保护或防腐处理，需要封锚的锚具，应在压完浆后对梁端混凝土凿毛并将其周围冲洗干净，设置钢筋网浇筑封锚混凝土；封锚应采用与结构或构件同强度等级的混凝土，应采取防锈措施。混凝土应严格控制封锚后的梁体长度。长期外露的锚具，应采取防锈措施。



3.4.12 对后张预制构件，在孔道压浆前不得安装就位；压浆后，应在浆液强度达到规定的强度后方可移运和吊装。

### （三）质量检查要点及方法

#### 1. 钢筋加工及安装

##### 1.1 钢筋加工及安装应符合下列基本要求：

##### 1.1.1 钢筋安装应保证设计要求的钢筋根数。

1.1.2 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。

##### 1.1.3 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。

##### 1.1.4 受力钢筋表面不得有裂纹及其他损伤。

##### 1.1.5 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要求和有关技术规范的规定。

##### 1.1.6 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。

1.2 钢筋加工及安装实测项目应符合表 34-48 至表 34-51 的规定，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 34-48 钢筋安装实测项目

项次	检查项目			规定值或允许偏差	检查方法和频率
1Δ	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% 抽测
		宽、高或直径		± 5	
4	弯起钢筋位置 (mm)			± 20	尺量：每骨架抽查 30%
5Δ	保护层厚度 (mm)	梁、板、拱肋及拱上建筑		± 5	尺量：每构件各立模板而每 3m <sup>2</sup> 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 34-49 钢筋网实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	主筋间距 (mm)	± 5	尺量：测 3 个断面
2	箍筋、螺旋筋间距 (mm)	± 10	尺量：测 10 个间距
3Δ	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	桩尖纵向钢筋位置 (mm)	± 5	尺量：测垂直两个方向

表 34-50 预制桩钢筋安装实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	网的长、宽 (mm)	$\pm 10$	尺量: 逐边测
2	网眼尺寸 (mm)	$\pm 10$	尺量: 测 5 个网眼
3	网眼对角线差 (mm)	$\pm 15$	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 34-51 钻 (挖) 孔灌注桩、地下连续墙钢筋安装实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	主筋间距 (mm)	$\pm 10$	尺量: 每段测 2 个断面
2	箍筋、螺旋筋间距 (mm)	$\pm 20$	尺量: 每段测 10 个间距
3	钢筋骨架外径或厚、宽 (mm)	$\pm 10$	尺量: 每段测 2 个断面
4	钢筋骨架长度 (mm)	$\pm 100$	尺量: 每个骨架测 2 处
5	钢筋骨架底端高程 (mm)	$\pm 50$	水准仪: 测顶端高程测, 用骨架长度计算
6Δ	保护层厚度 (mm)	+20, -10	尺量: 测每段钢筋骨架外侧定位块处

## 1.3 钢筋加工及安装外观质量应符合下列规定:

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。焊接接头、连接套筒不得出现裂纹。

## 2. 预应力筋加工和张拉

## 2.1 预应力筋加工和张拉应符合下列基本要求:

2.1.1 预应力束中的钢丝、钢绞线应顺直, 不得有缠绞、扭结现象, 表面无损伤。

2.1.2 单根钢绞线不得断丝, 单根钢筋不得断筋或滑移。

2.1.3 同一截面预应力筋接头面积应不超过预应力筋总面积的 25%, 接头质量应符合施工技术规范的规定。

2.1.4 预应力筋张拉或放张时混凝土强度和龄期应满足设计要求, 应按设计要求的张拉顺序进行操作。

2.1.5 预应力钢丝采用锻头锚时, 墩头应圆整, 不得有斜歪或破裂现象。

2.1.6 管道应安装牢固, 接头密合, 接头密闭。锚垫板平面应与孔道轴线垂直。

2.1.7 张拉设备应配套标定和使用, 并不得超过标定期限使用。

2.1.8 锚固后预应力筋应采用机械切割, 外露长度符合设计要求。

## 2.2 预应力筋加工和张拉实测项目应符合表 34-52 和表 34-53 的规定。

表 34-52 钢丝、钢绞线先张法实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	镦头钢丝同束长度相对差 (mm)	$L > 20m$	尺量: 每加工批测 2 束
		$6m \leq L \leq 20m$	
		$L < 6m$	
2Δ	张拉应力值	满足设计要求	查油压表读数: 每根 (束) 检查
3Δ	张拉伸长率	满足设计要求, 设计未要求时 $\pm 6\%$	尺量: 每根 (束) 检查



项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
4	同一构件内断丝根数不超过钢丝总数的百分数	$\leq 1\%$	目测：每根（束）检查
5	预应力筋张拉后在横断面上的坐标（mm）	$\pm 5$	尺量：测 2 个断面
6	无黏结段长度（mm）	$\pm 10$	尺量：每根（束）检查

注：L 为钢束长度，计算规定值或允许偏差时以 mm 计。

表 34-53 后张法实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	管道坐标（mm）	梁长方向	尺量：每构件抽查 30% 的管道。每个曲线段测 3 点，直线段每 10m 测 1 点，锚固点及连接点全部测
		梁宽方向	
		梁高方向	
2	管道间距（mm）	同排	尺量：每构件抽查 30% 的管道。测 2 个断面
		上下层	
3Δ	张拉应力值	满足设计要求	查油压表读数：每根（束）检查
4Δ	张拉伸长率	满足设计要求，设计未要求时 $\pm 6\%$	尺量：每根（束）检查
5	断丝滑丝数	每束 1 根，且每断面总数不超过钢丝总数的 1%	目测：每根（束）检查

### 2.3 预应力筋加工和张拉外观质量应符合下列规定：

2.3.1 预应力筋应无油污、超过 20% 表面积的锈迹，锚具、连接器表面应无裂纹、油污、锈迹，外套管应无裂纹、机械损伤。

2.3.2 预应力筋及管道线形不得出现弯折。

2.3.3 预应力管道应无破损、连接松脱。

### 3. 预应力管道压浆及封锚

3.1 预应力管道压浆及封锚应符合下列基本要求：

3.1.1 浆体的各项技术性能应符合施工技术规范规定并满足设计要求。

3.1.2 预应力管道在压浆前应清除内部的杂物及积水。采用真空辅助压浆时，其气密性应达到有关技术规范的规定。

3.1.3 管道最高位置应设置排气孔，排气、排水孔应在原浆溢出后方可封闭。

3.1.4 应在设计要求的时间内进行压浆，同一管道压浆应连续一次完成，不得有漏压浆的管道。

3.1.5 压浆过程中及压浆完成后 48h 内，环境温度低于 5℃时应采取防冻或保温措施。

3.1.6 应按设计要求浇筑封锚混凝土。

3.2 预应力管道压浆及封锚实测项目应符合表 34-54 的规定。

表 34-54 预应力管道压浆及封锚实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检测方法和频率
1 Δ	浆体强度（MPa）	在合格标准内	按公路工程质量检验评定标准 (JTGF80-1) 附录 M 检查
2 Δ	压浆压力值（MPa）	满足施工技术规范规定	查油压表读数：每管道检查
3	稳压时间（s）	满足施工技术规范规定	计时器：每管道检查

3.3 预应力管道压浆及封锚外观质量应符合下列规定：

3.3.1 封锚混凝土与相连混凝土应无大于 5mm 的施工接缝错台。

3.3.2 封锚混凝土不应存裂缝、孔洞、露筋、蜂窝、夹渣等限制缺陷。

### 三、基础

#### (一) 质量控制要求

##### 1. 扩大基础

##### 1.1 混凝土扩大基础应符合下列基本要求：

##### 1.1.1 基底处理及地基承载力应满足设计要求。

##### 1.1.2 地基超挖后严禁回填虚土。

##### 1.2 混凝土扩大基础实测项目应符合下表的规定：

表 34-55 混凝土扩大基础实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检测方法和频率
1 △	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80) 附录 D 检查
2	平面尺寸 (mm)	± 50	尺量：长度、宽度各测 3 处
3	基础底面高程 (mm)	土质 ± 50 石质 +50, -200	水准仪：测 5 处
4	基础顶面高程 (mm)	± 30	水准仪：测 5 处
5	轴线偏位 (mm)	≤ 25	全站仪：纵、横向各测 2 点

##### 1.3 混凝土扩大基础外观质量应符合下列规定：

##### 1.3.1 表面应无垃圾、杂物、临时预埋件。

##### 1.3.2 混凝土表面不应存在《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80) 附录 P 所列限制缺陷。

##### 1.4 砌体基础应符合下列基本要求：

##### 1.4.1 地基承载力应满足设计要求，严禁地基超挖后回填虚土。

##### 1.4.2 砌块应错缝、坐浆挤紧，缝宽均匀，砌块间嵌缝料和砂浆应饱满。

##### 1.4.3 勾缝砂浆强度不得小于砌筑砂浆强度。

##### 1.5 砌体基础实测项目应符合下表的规定：

表 34-56 砌体基础实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检测方法和频率
1 △	砂浆强度 (MPa)	在合格标准内	按《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80) 附录 F 检查
2	轴线偏位 (mm)	≤ 25	全站仪：纵、横向各测 3 处
3	平面尺寸 (mm)	± 50	尺量：长度、宽度各测 3 处
4	顶面高程 (mm)	± 30	水准仪：测 5 处
5	基底高程 (mm)	土质 ± 50 石质 +50, -200	水准仪：测 5 处

##### 1.6 砌体基础外观质量应符合下列规定：

1.6.1 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%，单个换算面积不应大于 0.04m<sup>2</sup>，且不应存在宽度超过 0.5mm、长度大于砌块尺寸的非受力砌缝裂隙。换算面积应按缺陷缝长度乘以 0.1m 计算。

##### 1.6.2 砌缝应无空洞、宽缝、大堆砂浆填隙和假缝。

##### 2. 钻孔灌注桩



2.1 钻孔灌注桩应符合下列基本要求：

2.1.1 成孔后应清孔，并测量孔径、孔深、孔位和沉淀厚度，确认满足设计要求并符合施工技术规范规定后，方可灌注水下混凝土。

2.1.2 水下混凝土应连续灌注，灌注时钢筋笼不应上浮。

2.1.3 嵌入承台的锚固钢筋长度不得小于设计要求的锚固长度。

2.2 钻孔灌注桩实测项目应符合下表的规定：

表 34-57 钻孔灌注桩实测项目

项次	检查项目			规定值或允许偏差	检测方法和频率
1 △	混凝土强度（MPa）			在合格标准内	按《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80) 附录 D 检查
2	桩位 (mm)	群桩		≤ 100	全站仪：每桩测中心坐标
排架桩		允许	≤ 50		
		极值	≤ 100		
3 △	孔深（mm）			≥设计值	测绳：每桩测量
4	孔径（mm）			≥设计值	探孔器或超声波成孔检测仪：每桩测量
5	钻孔倾斜度（mm）			≤ 1% 桩长，且 ≤ 500	钻杆垂线法或超声波成孔检测仪：每桩测量
6	沉淀厚度（mm）			满足设计要求	沉淀盒或测渣仪：每桩测量
7 △	桩身完整性			满足设计要求；设计未要求时，每桩不低于Ⅱ类	满足设计要求；设计未要求时，采用低应变反射波法或超声波法：每桩检测

2.3 钻孔灌注桩外观质量应符合下列规定：

2.3.1 凿除桩头预留混凝土后，桩顶应无残余的松散混凝土。

2.3.2 外露混凝土表面不应存在《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80) 附录 P 所列限制缺陷。

## (二) 过程控制方法

### 1. 扩大基础

扩大基础施工过程主要控制的内容包括基础的定位放样、基坑开挖、基坑排水、基底处理、浇筑（砌筑）基础结构物等。

#### 1.1 定位放样

在开挖基坑前，应做好复核基坑中心线、方向和高程，并按地质水文资料，结合现场情况，决定开挖坡度、支护方案以及地面的防水、排水措施。放样工作先根据桥梁中心线与墩台的纵横轴线，推出基础边线的定位点，再放线画出基坑的开挖范围。基坑底部的尺寸较设计平面尺寸每边各增加 0.5-1.0m 的富余量，以便于支撑、排水与立模板（如果是坑壁垂直的无水基坑坑底，可不必加宽，直接利用坑壁作基础模板亦可）。

#### 1.2 基坑开挖

##### 1.2.1 坑壁不加支撑的基坑

对于在干涸无水河滩、河沟中，或有水经改河或筑堤能排除地表水的河沟中，在地下水位低于基底，或渗透量少，不影响坑壁稳定；以及基础埋置不深，施工期较短，挖基坑时，不影响邻近建筑物安全的施工场所，可考虑选用坑壁不加支撑的基坑。

1.2.1.1 基坑尺寸应满足施工要求。当基坑为渗水的土质基底，坑底尺寸应根据排水要求（包

括排水沟、集水井、排水管网等)和基础模板设计所需基坑大小而定。一般基底应比基础的平面尺寸增宽 0.5~1.0m。当不设模板时,可按基础底的尺寸开挖基坑。

1.2.1.2 基坑坑壁坡度应按地质条件、基坑深度、施工方法等情况确定。

1.2.1.3 如土的湿度有可能使坑壁不稳定而引起坍塌时,基坑坑壁坡度应缓于该湿度下的天然坡度。

1.2.1.4 当基坑有地下水时,地下水位以上部分可以放坡开挖;地下水位以下部分,若土质易坍塌或水位在基坑底以上较高时,应采用加固或降低地下水位等方法开挖。

#### 1.2.2 坑壁有支撑的基坑

当基坑壁坡不易稳定并有地下水,或放坡开挖场地受到限制,或基坑较深、放坡开挖工程数量较大,不符合技术经济要求时,可根据具体情况,采取加固坑壁措施,如挡板支撑、钢木结合支撑、混凝土护壁及锚杆支护等。

##### 1.2.2.1 挡板支护

基坑开挖较深,坑壁不易稳定,并有地下水影响或放坡受到限制以及放坡工程量大时,可视具体情况,采取挡板支护措施。

采取简易钢板桩支护,基坑开挖深度不宜大于 4m,在渗水量不大的情况下,可用槽钢正反扣搭,组成挡板。也可采用 H 型钢、工字钢打入地基一定深度,挖土时加插横板以挡土。钢板桩入土深度应按照设计要求,当设计无要求时,应按挡板受力情况予以验算。在木材产地亦可用木板桩代替钢板桩。

地下水位较高,基坑开挖深度为 5~10m 时,宜用锁口钢板桩或锁口钢管桩。钢板桩挡板受力过大时,应加设临时支撑。支撑形式可根据实际情况选用拉锚和支撑式中的任何一种形式,以加固挡板。

##### 1.2.2.2 喷射及锚杆加固

当基坑受条件的限制,开挖深度大,只能垂直或大坡度开挖,在地基土质较好、渗水量较小的情况下,可用喷射混凝土或锚杆(锚索)挂网喷射混凝土加固基坑坑壁,逐层开挖,逐层加固。

当基坑为不稳定的强风化岩质地基或淤泥质甜土时,可用锚杆挂网喷射混凝土护坡。

基坑开挖深度小于 10m 的较完整风化基岩,可直接喷射素混凝土。喷射前应定距离埋设钢筋,作为喷射厚度的标志。

喷射混凝土的强度、厚度应不小于设计值。混凝土的回弹率不应大于 20%,混凝土应用机械搅拌和专用机械喷射。

当用锚杆挂网喷射混凝土支护时,各层锚杆或锚索要求进入稳定层的长度和间距、钢筋的直径或钢绞线的束数,应符合设计要求。

喷射完成后,检查混凝土的平均厚度、强度,其值均不得小于设计要求,锚杆的平均抗拔力不小于设计值,最小拔力不小于设计值的 90%。混凝土喷射表面应平顺,钢筋和锚杆不外露。

#### 1.3 基坑排水



桥梁基础施工中常用的基坑排水方法有：

1.3.1 集水坑排水法。除严重流砂外，一般情况下均可适用。

1.3.2 井点降水法。井点降水法适用土质较差且有严重流砂现象、细（粉）砂、地下水位较高、有承压水、挖基较深、坑壁不易稳定的土质基坑，在无砂的黏质土中不宜使用。

1.3.3 其他排水法。对于土质渗透性较大、挖掘较深的基坑，可采用板桩法或沉井法。此外，视工程特点、工期及现场条件等，还可采用帷幕法，即将基坑周围土层用硅化法、深层搅拌桩隔水墙、压力注浆、高压喷射注浆、冻结帷幕法等处理成封闭的不透水的帷幕。

#### 1.4 基底处理

基底处理的主要方法有：换填土法、桩体挤密法、砂井法、袋装砂井法、预压法加固地基、强夯法、电渗法、振动水冲法、深层搅拌桩法、高压喷射注浆法、化学固化剂等。对于一般软弱地基土层加固处理方法可归纳为四种类型，即：

1.4.1 换填土法：将基础下软弱土层全部或部分挖除，换填力学物理性质较好的土。

1.4.2 挤密土法：用重锤夯实或砂桩、石灰桩、砂井、塑料排水板等方法，使软弱土层挤压密实或排水固结。

1.4.3 胶结土法：用化学浆液灌入或粉体喷射搅拌等方法，使土壤颗粒胶结硬化，改善土的性质。

1.4.4 土工聚合物法：用土工膜、土工织物、土工格栅与土工合成物等加筋土体，以限制土体的侧向变形，增加土的周压力，有效提高地基承载力。

#### 1.5 混凝土基础浇筑

基础的基底为非黏性土或干土时，在施工前应将其润湿，并按设计要求浇筑混凝土垫层，垫层顶面不得高于基础底面设计高程；地基为淤泥或承载力不足时，应按设计要求处理后方可进行基础的施工；基底为岩石时，应采用水冲洗干净，且在基础施工前应铺设一层不低于基础混凝土强度等级的水泥砂浆。

混凝土基础的施工宜采用钢模板。混凝土宜在全平截面范围内水平分层进行浇筑，且机械设备的的能力应满足混凝土浇筑施工的要求；当浇筑量过大设备能力难以满足施工要求，或大体积混凝土温控需要时，可分层或分块浇筑。

自高处向模板内倾卸混凝土时，应防止混凝土离析。直接倾卸时，其自由倾落高度宜不超过2m；超过2m时，应通过串筒、溜管（槽）或振动溜管（槽）等设施下落；倾落高度超过10m时，应设置减速装置。

混凝土应按一定的厚度、顺序和方向分层浇筑，且应在下层混凝土初凝或能重塑前浇筑完成上层混凝土；上下层同时浇筑时，上层与下层的前后浇筑距离应保持1.5m以上；在倾斜面上浇筑混凝土时，应从低处开始逐层扩展升高，并保持水平分层。

混凝土的浇筑工作在正常情况下需要连续进行，但遇到停电、搅拌机故障、下雨等意外情况时，有可能会中断浇筑，间歇时间如超过已浇筑前层混凝土的初凝时间或能重塑时间，则需要按工作缝处理。

混凝土浇筑完成后,应在其收浆后尽快予以覆盖并洒水保湿养护。混凝土的洒水保湿养护时间应不少于 7d,对重要工程或有特殊要求的混凝土,应根据环境湿度、温度、水泥品种以及掺用的外加剂和掺合料等情况,酌情延长养护时间,并应使混凝土表面始终保持湿润状态。当气温低于 5℃时,应采取保温养护措施,不得向混凝土表面洒水。

### 1.6 基础砌筑

1.6.1 砌块在使用前应浇水湿润,砌块的表面如有泥土、水锈,应清洗干净。

1.6.2 砌筑基础的第一层砌块时,如基底为土质,可直接坐浆砌筑;如基底为岩层或混凝土地基,应先将基底表面清洗、湿润,再坐浆砌筑。

1.6.3 砌体宜分层砌筑,砌体较长时可分段分层砌筑,但两相邻工作段的砌筑高差宜不超过 1.2m,分段位置宜设在沉降缝或伸缩缝处,各段的水平砌缝应一致。

1.6.4 各砌层应先砌外圈定位行列,再砌筑里层,其外圈砌块应与里层砌块交错连成一体。砌体外露面石料的镶面种类应符合设计规定,对有流冰或有漂浮物河流中的基础,当设计未明确要求时,其镶面宜选用强度等级不低于 MU30 且较坚硬的石料或 C30 以上较高强度等级的混凝土预制块进行镶砌。砌体里层应砌筑整齐,分层应与外圈一致,应先铺一层适当厚度的砂浆再安放砌块和填塞砌缝。砌体的外露面应进行勾缝,并应在砌筑时靠外露面预留深约 20mm 的空缝备作勾缝之用。砌体隐蔽面的砌缝可随砌随刮平,不另勾缝。

1.6.5 各砌层的砌块应安放稳固,砌块间的砂浆应饱满,黏结牢固,不得直接贴靠或脱空。砌筑时,底浆应铺满,竖缝砂浆应先在已砌石块侧面铺放一部分,然后在石块放好后用砂浆填满捣实。用小石子混凝土填竖缝时,应捣固密实。

1.6.6 砌筑上层砌块时,应避免振动下层砌块。砌筑工作中断后恢复砌筑时,对已砌筑的砌层表面应加以清扫和湿润。

1.6.7 砌体的勾缝,宜采用凸缝或平缝;浆砌较规则的块料时,可采用凹缝。勾缝应在砌体砌筑完并经检验合格后进行,并应对勾缝位置清理干净并充分湿润后,按从上至下的顺序进行。

1.6.8 浆砌砌体应在砂浆初凝后,洒水覆盖养护 7 ~ 14d。养护期间应避免碰撞、振动或承重。

## 2. 钻孔灌注桩

### 2.1 钻孔灌注桩的特点

钻孔灌注桩桩长可以根据持力土层的起伏面变化,并按使用期间可能出现的最不利内力组合配置钢筋,钢筋用量较少,便于施工,故应用较为普遍。

### 2.2 钻孔灌注桩施工工序

钻孔前应先布置施工平台。当场地为浅水时,宜采用筑岛法施工。筑岛面积应按钻孔方法、机具大小等要求决定,高度应高于最高施工水位 0.5~1.0m。当场地为深水时,可采用钢管桩施工平台、双壁钢围堰平台等固定式平台,也可采用浮式施工平台。平台须牢靠稳定,能承受工作时所有静、动荷载。

钻孔灌注桩施工的主要工序有:埋设护筒、制备泥浆、钻孔、清底、钢筋笼制作与吊装以及

灌注水下混凝土等。

### 2.2.1 埋设护筒

护筒能稳定孔壁、防止坍孔，还有隔离地表水、保护孔口地面、固定桩孔位置和起到钻头导向作用等。

护筒要求坚固耐用，不漏水，其内径宜比桩径大 20–40cm。一般常用钢护筒，在陆上与深水中均能使用。

护筒高度宜高出地面 0.3m 或水面 1.0–2.0m。当钻孔内有承压水时，应高于稳定后的承压水位 2.0m 以上；当处于潮水影响地区时，应高出最高施工水位 1.5–2.0m，并应采取稳定护筒内水头的措施。

护筒埋置深度应根据设计要求或桩位的水文地质情况确定，一般情况埋置深度宜为 2–4m，特殊情况应加深以保证钻孔和灌注混凝土的顺利进行。有冲刷影响的河床，应沉入局部冲刷线以下不小于 1.0–1.5m。护筒连接处要求筒内无突出物，应耐拉、压，不漏水。

旱地、筑岛处护筒可采用挖坑埋设法，护筒底部和四周所填黏质土必须分层夯实。水域护筒设置，应严格注意平面位置、竖向倾斜、倾斜角（指斜桩）和两节护筒的连接质量均需符合要求。沉入时可采用压重、振动、锤击并辅以筒内除土的办法。

护筒中心竖直线应与桩中心线重合，除设计另有规定外，平面允许误差为 50mm，竖直线倾斜不大于 1%，干处可实测定位，水域可依靠导向架定位。

### 2.2.2 泥浆制备

钻孔泥浆由水、黏土（或膨润土）和添加剂按适当配合比配制而成，通过泥浆搅拌机或人工调和，贮存在泥浆池内，再用泥浆泵输入钻孔内。钻孔泥浆具有悬浮钻渣、冷却钻头、润滑钻具，增大静水压力，并在孔壁形成泥皮，隔断孔内外渗流，防止塌孔的作用。

钻孔泥浆的性能指标可根据钻孔方法，地质情况具体选用。对大直径或超长钻孔灌注桩，泥浆的选择应根据钻孔的工程地质情况、孔位、钻机性能、泥浆材料条件等确定。在地质复杂，覆盖层较厚，护筒下沉不到岩层的情况下，宜使用丙烯酰胺即 PHP 泥浆。

### 2.2.3 钻孔

根据井孔中土（钻渣）的取出方法不同，常用的方法有：螺旋钻孔、正循环回转钻孔、反循环回转钻孔、潜水钻机钻孔、冲抓钻孔、冲击钻孔、旋挖钻机钻孔。

2.2.3.1 正循环回转钻孔：是利用钻具旋转切削土体钻进，泥浆泵将泥浆压进泥浆笼头，通过钻杆中心从钻头喷入钻孔内，泥浆挟带钻渣沿钻孔上升，从护筒顶部排浆孔排出至沉淀池，钻渣在此沉淀而泥浆流入泥浆池循环使用。其特点是钻进与排渣同时连续进行，在适用的土层中钻进速度较快，但需设置泥浆槽、沉淀池等，施工占地较多，且机具设备较复杂。

2.2.3.2 反循环回转钻孔：与正循环法不同的是，泥浆输入钻孔内，然后泥浆挟带钻渣从钻头的钻杆下口吸进，通过钻杆中心排出至沉淀池内。其钻进与排渣效率较高，但接长钻杆时装卸麻烦，钻渣容易堵塞管路。另外，因泥浆是从上向下流动，孔壁坍塌的可能性较正循环法的大，为此需

用较高质量的泥浆。

2.2.3.3 冲击钻孔：冲击钻成孔灌注桩适用于黄土、黏性土或粉质黏土和人工杂填土层，特别适合于在有孤石的砂砾石层、漂石层、硬土层、岩层中使用。施工中应根据现场地质状况，合理的选择冲击钻。冲击钻成孔一个最重要的关键点，就是泥浆护壁，护壁泥浆含沙量一定要小。泥浆的浓度可以根据试验测定或经验判断，泥浆太浓钻孔速度慢，泥浆太轻护壁容易坍塌。

开始钻进宜慢不宜快，因为护筒刃脚周围岩层的密实有个过程，需反复冲击挤压，因为这个位置最容易穿孔。施工中注意垂直度校正，2-3m 后立即校正，钻孔太深且偏差太大只有回填重来。岩层一般是倾斜，与钻机解除面位置垂直，此处位置通过回填卵石反复冲钻，直到岩层平整，然后再继续钻进，防止卡钻、孔位倾斜等。

施工过程中护筒及时跟进，护筒内的水头一定要保持，随时检查控制泥浆指标，不可马虎。随时检查钻机、钢丝绳等，防止掉钻；每天根据钻渣判断地质情况，做好地质柱状图标识；钻至设计位置后通知监理一起验收，共同确定孔底地质与设计是否一致；钻孔整个过程控制应严谨，防止刃脚穿孔、塌孔、偏孔、十字孔、卡钻、埋钻、吊钻事故发生。

2.2.3.4 旋挖钻机钻孔：旋挖钻机是一种高度集成的桩基施工机械，采用一体化设计、履带式 360° 回转底盘及桅杆式钻杆，一般为全液压系统。旋挖钻机采用桶式钻头，钻机就位后，调整钻杆垂直度，注入调制好的泥浆，然后进行钻孔。当钻头下降到预定深度后，旋转钻头并施加压力，将土挤入钻斗内，仪表自动显示桶满时，钻斗底部关闭，提升钻斗将土卸于堆放地点。钻进施工过程中应保证泥浆面始终不得低于护筒底部，保证孔壁稳定性。通过钻头的旋转、削土、提升、卸土和泥浆撑护孔壁，反复循环直至成孔。

旋挖钻机特殊的桶型钻头直接取土出渣，不需接长钻杆，钻孔时孔中注浆以保持孔内泥浆高度即可，因而能大大缩短成孔时间，提高施工效率。由于带有自动垂直度控制和自动回位控制，成孔垂直度和孔位等能得到保证。桶钻取土上提过程中对孔壁扰动较小，桶钻周边设有溢浆孔，溢出泥浆可起到护壁作用。

旋挖钻机一般适用黏土、粉土、砂土、淤泥质土、人工回填土及含有部分卵石、碎石的地层。对于具有大扭矩动力头和自动内锁式伸缩钻杆的钻机，可适用微风化岩层的钻孔施工。

#### 2.2.4 成孔检查与清孔

钻孔的直径、深度和孔形直接关系到成桩质量，是钻孔桩成败的关键。为此，除了钻孔过程中严谨操作、密切观测监督外，在钻孔达到设计要求深度后，应采用适当器具对孔深、孔径和孔的倾斜度进行检验，符合设计及规范要求后，方可清孔。

2.2.4.1 清孔的方法：有抽浆法、换浆法、掏渣法、喷射清孔法以及用砂浆置换钻渣清孔法等，应根据设计要求、钻孔方法、机具设备和土质条件决定。其中抽浆法清孔较为彻底，适用于各种钻孔方法的灌注桩。对孔壁易坍塌的钻孔，清孔时操作要细心，防止塌孔。

2.2.4.2 清孔的质量要求：对摩擦桩，孔底沉淀厚度应符合设计规定，设计未规定时，对于直径小于 1.5m 的桩， $\leq 200\text{mm}$ ；对桩径大于 1.5m 或桩长大于 40m 或土质较差的桩， $\leq 300\text{mm}$ ；对

支承桩，孔底沉淀厚度不大于设计规定，设计未规定时， $\leq 50\text{mm}$ 。清孔后的泥浆指标，相对密度为 1.03–1.10，黏度为  $17\text{--}20\text{Pa}\cdot\text{s}$ ，含砂率小于 2%，胶体率大于 98%。

在吊入钢筋骨架后，灌注水下混凝土之前，应再次检查孔内的泥浆指标和孔底沉淀厚度；如超过规定，应进行第二次清孔，符合要求后方可灌注水下混凝土。不得用加深钻孔深度的方式代替清孔。

### 2.2.5 钢筋笼制作与吊装

长桩骨架宜分段制作，分段长度应根据吊装条件确定，应确保不变形，接头应错开。应在骨架外侧设置控制保护层厚度的垫块，其间距竖向为 2m，横向圆周不得少于 4 处。骨架顶端应设置吊环。骨架入孔一般用吊机，无吊机时，可采用钻机钻架、灌注塔架等，起吊应接骨架长度的编号入孔。

### 2.2.6 灌注水下混凝土

灌注水下混凝土的搅拌机能力，应能满足桩孔在规定时间内灌注完毕。灌注时间不得长于首批混凝土初凝时间。若估计灌注时间长于首批混凝土初凝时间，则应掺入缓凝剂。

水下灌注混凝土的泵送机具宜采用混凝土泵，距离稍远的宜采用混凝土搅拌运输车。采用普通汽车运输时，运输容器应严密坚实，不漏浆、不吸水，便于装卸，混凝土不应离析。

水下混凝土一般用钢管灌注，钢管内径为 200–350mm，视桩径大小而定。导管使用前应进行水密承压和接头抗拉试验，严禁采用压气试压。进行水密试验的水压不应小于孔内水深 1.3 倍的压力，也不应小于导管壁和焊缝可能承受灌注混凝土时最大内压力  $P$  的 1.3 倍。

导管应自下而上顺序编号，单节导管作好标示尺度，导管吊装设备能力应充分满足施工要求。导管应定时进行水密试验，以确保桩基施工质量。

灌注水下混凝土时，混凝土拌合物运至灌注地点时，应检查其均匀性和坍落度等，混凝土拌合物应具有良好的和易性，灌注时应能保持足够的流动性，坍落度宜为 160–220mm，如不符合要求，应进行第二次拌合，二次拌合后仍不符合要求时，不得使用。首批混凝土的数量应能满足导管首次埋置深度（ $\geq 1\text{m}$ ）和填充导管底部的需要。首批混凝土拌合物下落后，混凝土应连续灌注，导管的埋置深度宜控制在 2–6m。在灌注过程中，特别是潮汐地区和有承压地下水地区，应注意保持孔内水头；应经常测探井孔内混凝土面的位置，及时地调整导管埋深。为防止钢筋骨架上浮，当灌注的混凝土顶面距钢筋骨架底部 1m 左右时，应降低混凝土的灌注速度。当混凝土拌合物上升到骨架底口 4m 以上时，提升导管，使其底口高于骨架底部 2m 以上，即可恢复正常灌注速度。灌注的桩顶标高应比设计高出一定高度，一般不小于 0.5m，以保证混凝土强度，多余部分接桩前必须凿除，桩头应无松散层。在灌注接近结束时，应核对混凝土的灌入数量，以确定所测混凝土的灌注高度是否正确。

## （三）质量检查要点及方法

### 1. 扩大基础

#### 1.1 质量检查要点

1.1.1 基底检验：检查基底平面位置、尺寸大小、基底标高；检查基底土质均匀性、地基稳定性及承载力等；检查基底处理和排水情况；检查施工日志及有关试验资料等。

1.1.2 混凝土强度：混凝土抗压强度应为标准方式成型的试件，置于标准养护条件下（温度为 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 及相对湿度不低于95%）养护28d所测得的抗压强度值（MPa）进行评定。

1.1.3 砌体质量：砌体所用各项材料类别、规格及质量符合要求；砌缝砂浆或小石子混凝土铺填饱满、强度符合要求；砌缝宽度、错缝距离符合规定，勾缝坚固、整齐，深度和形式符合要求；砌筑方法正确；砌体位置、尺寸不超过允许偏差。

## 1.2 质量检验方法

1.2.1 基底检验：小桥涵的地基，一般采用直观或触探方法，必要时进行土质试验。特殊设计的小桥涵对地基沉陷有严格要求，且土质不良时，宜进行荷载试验。对经加固处理后的特殊地基，一般采用触探或作密实度检验等。大、中桥和填土12m以上涵洞的地基，一般由检验人员用直观、触探、挖试坑或钻探（钻深至少4m）试验等方法，确定土质容许承载力是否符合设计要求。

1.2.2 混凝土强度检验：混凝土的抗压强度应以边长为150mm的立方体尺寸标准试件测定。试件以同龄期者三块为一组，并以同等条件制作和养护，每组试件的抗压强度应以三个试件测值的算术平均值为测定值，如有一个测值与中间值的差值超过中间值的15%时，则取中间值为测定值；如有两个测值与中间值的差值均超过15%时，则该组试件无效。

1.2.3 砌体质量检验：石砌用片石、块石及粗料石以水泥砂浆砌筑，石料与砂浆的规格要符合有关规定。各砌层的砌块应安放稳固，砌块间应砂浆饱满，粘结牢固，不得直接贴靠或脱空。

## 2. 钻孔灌注桩

### 2.1 质量检查要点

2.1.1 强度应不低于设计强度，每根灌注桩留取混凝土抗压强度试件应各为3~4组。

2.1.2 桩身混凝土应无断层或夹层，钻孔桩桩底不高于设计标高，桩底沉淀厚度不大于设计规定。应仔细检查分析所有各桩径的混凝土灌注记录，并用无破损方法检验桩身，认为其中某些桩的质量可疑，则应以地质钻机钻通全桩取芯样，检查该桩有无夹泥、断桩、混凝土质量松软，并做芯样的抗压强度试验。

2.1.3 桩头凿除预留部分应无残余松散层和薄弱混凝土层；需嵌入承台内的桩头及锚固钢筋长度符合规范要求。

### 2.2 质量检验方法

2.2.1 成孔、成桩检验：钻孔灌注桩在终孔后，应对桩孔的孔位、孔径、孔形、孔深和倾斜度进行检验；清孔后，应对孔底的沉淀厚度进行检验。挖孔桩终孔并对孔底处理后，应对桩孔孔位、孔径、孔深、倾斜度及孔底处理情况进行检验。孔径、孔形、倾斜度和孔底沉淀厚度宜采用专用仪器检测，孔深可采用专用测绳检测。采用钻杆测斜法量测桩的倾斜度时，量测应从钻孔平台顶面起算至孔底。

2.2.2 灌注桩的混凝土质量检验：对桩身的完整性进行检验时，检测的数量和方法应符合设计



或合同的规定。宜选择有代表性的桩采用无破损法进行检测，重要工程或重要部位的桩宜逐桩进行检测；设计有规定或对无破损法检测和桩的质量有疑问时，应采用钻取芯样法对桩进行检测；当需检验柱桩的桩底沉淀与地层的结合情况时，其芯样应钻至桩底 0.5m 以下。

#### 四、混凝土墩台

##### (一) 质量控制要求

##### 1. 混凝土墩、台应符合下列基本要求：

1.1 模板及支架的强度、刚度、稳定性应符合施工技术规范的规定。

1.2 施工缝设置及处理应符合施工技术规范规定。

##### 2. 混凝土墩、台实测项目应符合下表的规定：

表 34-58 现浇墩、台身实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检测方法和频率
1 △	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80) 附录 D 检查
2	断面尺寸 (mm)	± 20	尺量：每施工节段测 1 断面，不分段施工的测 2 个断面
3	全竖直高度 (mm)	H ≤ 5m	全站仪或铅锤法：纵、横向各测 2 处 (H 为墩、台身高度)
		5m < H ≤ 60m	全站仪：纵、横向各测 2 处 (H 为墩、台身高度)
		H > 60m	
4	顶面高程 (mm)	± 10	水准仪：测 3 处
5 △	轴线偏位 (mm)	H ≤ 60m	全站仪：每施工节段测顶面边线与两轴线交点
		H > 60m	
6	节段间错台 (mm)	≤ 5	尺量：测每节每侧面
7	平整度 (mm)	≤ 8	2m 直尺：每侧面每 20m <sup>2</sup> 测 1 处，每处竖直、水平两个方向
8	预埋件位置 (mm)	满足设计要求：设计未要求时 ≤ 5	尺量：每件测

表 34-59 现浇墩、台帽或盖梁实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检测方法和频率
1 △	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80) 附录 D 检查
2	断面尺寸 (mm)	± 20	尺量：测 3 个断面
3	轴线偏位 (mm)	≤ 10	全站仪：纵、横向各测 2 点
4	顶面高程 (mm)	± 10	水准仪：测 5 点
5	支座垫石预留位置 (mm)	≤ 10	尺量：每个检测
6	平整度 (mm)	≤ 8	2m 直尺：每侧面测 3 处，每处测长度方向

##### 3. 混凝土墩、台外观质量应符合下列规定：

3.1 混凝土表面不应存在《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80) 附录 P 所列限制缺陷。

3.2 应无建筑垃圾、杂物和临时预埋件。

##### (二) 过程控制方法

2.1 模板组装前，应在基础顶面放出墩、台中线及实样。

2.2 钢筋施工除应符合规范相关规定外，尚应符合下列规定：

2.2.1 对高度大于 30m 的桥墩，在钢筋安装时宜设置劲性骨架。

2.2.2 钢筋施工时其分节高度不宜大于 9m，以确保施工安全。

2.2.3 下一节段钢筋绑扎时，上一级混凝土强度应达到 2.5MPa 以上。

2.3 模板制作安装与脚手架施工除应符合规范相关规定外，尚应符合下列规定：

2.3.1 高墩施工宜采用翻转模板、爬升模板或滑升模板。

2.3.2 模板采用分段整体吊装时，应连接牢固，保证其整体性，可视吊装能力确定分段尺寸。

2.3.3 高墩施工时，首节模板安装平面位置和竖直度应严格控制，模板安装过程中必须采取可靠的调整措施，以保证高墩的垂直度满足规范的要求。

2.3.4 钢筋与模板之间保持间距的垫块，厚度不允许有负偏差，正偏差不得大于 5mm。

2.3.5 模板在安装过程中，必须设置防倾覆设施，对高度大于 30m 的桥墩或风力较大地区，应设置风缆。

2.3.6 墩台身施工时应搭设脚手架工作平台，上铺木板，下挂安全网，周围设扶手栏杆。

2.4 混凝土从拌合站运送到现场的水平运输宜采用混凝土罐车；垂直运输可采用各种吊机与吊斗结合的方式；对高墩或混凝土数量大以及浇筑速度快时，可采用汽车泵或混凝土输送泵输送。

2.5 混凝土浇筑施工应符合规范相关规定，墩、台身如属大体积混凝土，应按大体积混凝土施工的有关规定办理。混凝土浇筑时，串筒、溜管等布料点的布置应方便摊铺和振捣需要，并应明确划分工作区域。在每级混凝土浇筑前，应将已浇混凝土表面进行凿毛处理，并将其表面的松散层、石屑等清扫干净，再修整连接钢筋。采用滑升模板浇筑桥墩混凝土时，还应符合下列规定：

2.5.1 宜采用低流动度或半干硬性混凝土。

2.5.2 浇筑应分层分段进行，备段应浇筑到距模板上口不小于 100–150mm 的位置为止。若为排柱式墩台，备立柱应保持进度一致。

2.5.3 应采用插入式振动器振捣。

2.5.4 为加快模板提升时间，可掺入一定数量的早强剂。

2.5.5 在滑升中须防止千斤顶或油管接头在混凝土或钢筋材料上漏油。

2.5.6 每一整体结构的浇筑应连续进行，若因故中途停工，应按施工缝处理。

2.5.7 混凝土脱模时的强度宜为 0.2–0.5MPa，脱模后如表面有缺陷时，应及时予以修补。

2.6 墩、台顶表面收浆后，应及时养护，养护须采用淡水。缺乏淡水时，应涂养护剂或采用塑料薄膜覆盖进行养护。用塑料薄膜养护时，模板拆除后应先将混凝土表面用清水浇湿，再用薄膜将该节墩、台身包裹严密，养护时间不得少于 7d。

2.7 混凝土应分层、整体、连续浇筑，逐层振捣密实，轻型墩台需设置沉降缝时，缝内要填塞沥青麻絮或其他弹性防水材料，并和基础沉降缝保持顺直贯通。

2.8 混凝土浇筑时要随时检查模板、支撑是否松动变形，预留孔、预埋支座钢板是否移位，发现问题要及时采取补救措施。

2.9 浇筑轻型薄壁墩台，为防止出现混凝土裂缝，施工时应认真进行混凝土配合比设计，严格



计量投料，精心施工，重视养护。为保持其墙体的稳定，混凝土浇筑后，要抓紧安排支撑梁混凝土的施工，以及上部构件的吊装，使整个构造物早日形成受力框架。

2.10 高大的后仰桥台，为平衡偏心，应在浇筑台身混凝土之后，及时填筑台后路堤土方，防止桥台后倾或前滑。未经填土的台身露出地面的高度不得超过 4m，以防因偏心造成基底的不均匀沉陷。

### （三）质量检查要点及方法

#### 1. 质量检查要点

1.1 钢筋安装及保护层：钢筋的连接宜采用焊接接头或机械连接接头。电弧焊接头的焊缝长度，对双面焊缝应不小于 5d，单面焊缝应不小于 10d（d 为钢筋直径）。电弧焊接与钢筋弯曲处的距离应不小于 10d，且不宜位于构件的最大弯矩处。钢筋机械连接接头的等级应选用Ⅰ级或Ⅱ级，钢筋机械连接件的最小混凝土保护层厚度，应符合设计受力主筋混凝土保护层厚度的规定，且不得小于 20mm；连接件之间或连接件与钢筋之间的横向净距应不小于 25mm。采用与设计保护层等厚的砂浆垫块（强度不低于墩台身混凝土的强度），数量 4 个 / m<sup>2</sup>，呈梅花型布置。

1.2 模板及安装：钢模板应按批准的加工图进行制作，成品经检验合格后方可使用。组装前应对零部件的几何尺寸和焊缝进行全面检查，合格后方可进行组装。木模板与混凝土接触的表面应刨光且应保持平整。木模板的接缝可制作成平缝、搭接缝或企口缝，当采用平缝时，应有防止漏浆的措施；转角处应加嵌条或做成斜角。模板的板面应平整，接缝处应严密且不漏浆；模板与混凝土的接触面应涂刷隔离剂，但不得采用废机油等油料，且不得污染钢筋及混凝土的施工缝。

1.3 混凝土质量及成品外观：应根据待浇筑结构物的情况、环境条件及浇筑量等制订合理的浇筑工艺方案，工艺方案应对施工缝设置、浇筑顺序、浇筑工具、防裂措施、保护层等的控制等作出明确规定。混凝土浇筑前应对支架、模板、钢筋和预埋件等进行检查，模板内的杂物、积水及钢筋上的污物应清理干净。模板如有缝隙或孔洞时，应堵塞严密且不漏浆。成品混凝土表面应光洁、颜色一致、无蜂窝、麻面。

#### 2. 质量检验方法

2.1 钢筋应具有出厂质量证明书和试验报告单，进场时除应检查其外观和标志外，应按不同的钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批抽取试样进行力学性能检验，检验试验方法应符合现行国家标准的规定。

钢筋连接工程开始前及施工过程中，应对第一批进场钢筋进行接头工艺试验。进行工艺试验时，每种规格钢筋的接头试件应不少 3 个，3 个接头试件的抗拉强度和残余变形均应满足规范要求。现场检验应进行外观质量检查和单向拉伸强度试验。施工现场采用观察和尺量方法检验钢筋焊接长度、主筋间距、保护层厚度等。

2.2 模板应按设计要求准确就位，且不宜与脚手架连接。模板安装完成后，其尺寸、平面位置和顶部高程等应符合设计要求，节点联系应牢固。施工现场采用挂线、吊锤球、尺量检查至少三个断面，确保模板尺寸、平整度、竖直度符合要求。

2.3 混凝土拌合物应搅拌均匀、颜色一致，不得有离析和泌水现象，对在施工现场集中拌制的混凝土，应检测其拌合物的均匀性。浇筑前应对混凝土的均匀性和坍落度等性能进行检测。养护结束后对混凝土外观进行观察、尺量和测量。

## 五、就地现浇梁板

### （一）质量控制要求

表 34-60 就地浇筑梁、板施工质量标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差
1 △	混凝土强度 (MPa)		在合格标准内
2	轴线偏位 (mm)		≤ 10
3	梁、板顶面高程 (mm)		± 10
4 △	断面尺寸 (mm)	高度	+5, -10
		顶宽	± 30
		箱梁底宽	± 20
		顶、底、腹板或梁肋厚	+10, -0
5	长度 (mm)		+5, -10
6	与相邻梁段间错台 (mm)		≤ 5
7	横坡 (%)		± 0.15
8	平整度 (mm)		≤ 8

### （二）过程控制方法

#### 1. 支架现浇施工

支架现浇梁单个施工单元施工工艺流程主要包括：地基处理→支架搭设→模板系统安装→支架加载预压→钢筋、预应力安装→内模安装→混凝土浇筑→混凝土养护→预应力张拉→预应力孔道压浆→落架、模板支架拆除。

##### 1.1 地基处理

地基处理应根据箱梁的断面尺寸及支架的形式对地基的要求而决定，支架的跨径大，对地基的要求就高，地基的处理形式就得加强，反之就可相对减弱。地基处理形式有：地基换填压实、混凝土条形基础、桩基础加混凝土横梁等。地基处理时要做好地基的排水，防止雨水或混凝土浇筑和养护过程中滴水对地基的影响。

##### 1.2 模板与支架

###### 1.2.1 一般规定

模板宜采用钢材、胶合板或其他适宜的材料制作；支架宜采用钢材或常备式定型钢构件等材料制作。钢材的性能和质量应符合现行《碳素结构钢》(GB/T 700)的规定；胶合板的性能和质量应符合现行《混凝土模板用胶合板》(GB/T 17656)或现行《混凝土模板用竹材胶合板》(LY/T 1574)的规定；其他材料应符合其相应国家或行业标准的规定，常备式定型钢构件应符合该产品相应的技术规定。

###### 1.2.2 模板和支架应符合下列规定：

1.2.2.1 模板和支架应具有足够的强度、刚度和稳定性，应能承受施工过程中所产生的各种荷载。



1.2.2.2 模板应能与混凝土结构或构件的特征、施工条件和浇筑方法相适应，应保证结构物各部位形状尺寸和相互位置的准确。

1.2.2.3 模板的板面应平整，接缝处应严密且不漏浆；模板与混凝土的接触面应涂刷隔离剂，但不得采用废机油等油料，且不得污染钢筋及混凝土的施工缝。

1.2.2.4 支架应稳定、坚固，应能抵抗在施工过程中可能发生的振动和偶然撞击。

1.2.2.5 支架不得与应急安全通道相连接。

1.2.3 模板和支架均应进行设计计算，且经批准后方可用于施工。

1.3 钢筋制作及安装、预应力安装、内模安装、混凝土浇筑、混凝土养护、预应力张拉、预应力孔道压浆施工参照后张法预制梁板施工工艺。

## 2. 用移动支架逐孔现浇施工（移动模架法）

### 2.1 施工过程的主要工序

主要工序：支腿或牛腿托架安装、主梁安装、导梁安装、模板系统与液压电气系统及其他附属设施安装、加载试验、支座安装、预拱度设置与模板调整、绑扎底板及腹板钢筋、预应力系统安装、内模就位、顶板钢筋绑扎、混凝土浇筑、内模脱模、施加预应力和管道压浆、落模拆底模及滑模纵移。

### 2.2 模架的安装

移动模架现浇施工主要包括模架的拼装、运行、拆除三个关键环节，拼装是施工准备阶段的重点，运行是施工过程中的关键，拆除是施工收尾阶段的难点。

整套移动模架的拼装分为支承托架（牛腿）拼装、钢主梁（导梁）拼装、横梁拼装、模板系统及其他附属部件拼装四大部分，移动模架拼装完成后，应对其拼装质量进行检验，并应在首孔梁的浇筑位置就位后进行荷载加载试验，检验和试压合格后方可正式使用。

### 2.3 移动模架施工要点

2.3.1 移动模架宜采用定型产品，模架的功能、承载能力、长度、模板的尺寸及支承系统等，应与所施工的预应力混凝土连续梁的各项要求相适应，设计制造厂家应提供模架的产品出厂质量合格证书以及操作手册等相关技术文件。当采用非定型模架用于中小跨径梁、板的施工时，应对模架进行专门的设计计算，并应进行荷载试验，确认其能保证施工的安全和质量后方可投入使用。

2.3.2 模架的拼装应按产品的操作手册进行，并应保证拼装期间的施工安全；拼装完成后应对其拼装质量进行检验，并应在首孔梁的浇筑位置就位后进行荷载试压试验，检验和试压合格后方可正式使用。

2.3.3 模架的支承系统应安全可靠，并应具有足够的承载能力、刚度和稳定性。模架的后端宜设置后吊点，应使模架中的模板与已浇梁段的悬臂端梁体紧密贴合，防止该处产生错台或漏浆。模架应设置预拱度，预拱度值应经计算并参考荷载试验结果确定。

2.3.4 首孔梁浇筑混凝土前，应做好施工前的各项准备工作，制订详细的施工方案、施工工艺、各项保障措施及应急预案；浇筑施工时，应对模架进行挠度监测，监测的数据及分析结果应作为修正模架预拱度的依据。首孔梁的混凝土在顺桥向宜从桥台（或过渡墩）开始向悬臂端进行浇筑，

中间孔宜从悬臂端开始向已浇梁段推进浇筑,末孔宜从一联中最后一个墩位处向已浇梁段推进浇筑,最终与已浇梁段接合;梁体混凝土在横桥向应对称浇筑。连续梁逐跨现浇的纵向分段接缝位置应符合设计规定;设计未规定时,宜设在 1/5 跨的弯矩零点附近。

2.3.5 任一孔梁的混凝土浇筑施工完成后,内模中的侧向模板应在混凝土抗压强度达到 2.5MPa 后,顶面模板应在混凝土抗压强度达到设计强度的 75% 后,方可拆除;外模架应在梁体建立预应力后方可卸落。

2.3.6 模架横移和纵向移动过孔前,应解除作用于模架上的全部约束。纵向移动时两侧的承重钢梁应保持基本同步,不同步的最大距离偏差应符合产品设计的规定,且应有限位和紧急制动装置;移动到下一孔位置后,应立即对模架进行准确就位并固定。模架在移动过孔时的抗倾覆稳定系数应不小于 1.5。

2.3.7 在梁体混凝土的浇筑施工过程中,应随时对模架的关键受力部位和支承系统进行检查,有异常时应采取有效措施及时处理;在移动过孔时,应对模架的运行状态进行监控。

2.3.8 模架所有操作平台的边缘处均应设置防护栏杆,必要时应挂安全网,同时应在模架的适当部位配备消防器材。

2.3.9 模架中的动力和照明线路应由专业人员敷设,并应定期检查清理,消除漏电、短路等隐患。

2.3.10 每完成一孔梁的施工,均应对模架的关键部位及支承系统等进行检查,发现问题后应及时处理。

2.3.11 其他施工工艺参照后张法预制梁板施工。

### (三) 质量检查要点及方法

#### 1. 基本要求

1.1 所用的水泥、砂、石、水、外掺剂及混合材料的质量和规格必须符合有关规范要求,按规定的配合比施工。

1.2 支架和模板的强度、刚度、稳定性应满足施工技术规范的要求。

1.3 预计的支架变形及地基的下沉量应满足施工后梁板体设计标高的要求,需要消除支承不均匀沉降、非弹性变形的支架应进行预压。

1.4 梁(板)体不得出现露筋和空洞现象。

1.5 预埋件的设置和固定应满足设计和施工技术规范的规定。

#### 2. 实测项目

表 34-61 就地浇筑梁、板实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1 △	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80) 附录 D 检查
2	轴线偏位 (mm)	≤ 10	全站仪: 跨测 5 处
3	梁、板顶面高程 (mm)	± 10	水准仪: 每跨测 5 处, 跨中、桥墩(台)处应布置测点
4 △	断面尺寸	高度 +5, -10	尺量: 每跨测 3 个断面
		顶宽 ± 30	



项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
	箱梁底宽	$\pm 20$	
	顶、底、腹板或梁肋厚	$+10, -0$	
5	长度 (mm)	$+5, -10$	尺量：每梁测顶面中线处
6	与相邻梁段间错台 (mm)	$\leq 5$	尺量：测底面、侧面
7	横坡 (%)	$\pm 0.15$	水准仪：每跨测 3 处
8	平整度 (mm)	$\leq 8$	2m 直尺：沿梁长方向每侧面每 10m 梁长测 1 处 $\times 2$ 尺

3. 就地浇筑梁、板外观质量应符合下列规定：

3.1 混凝土表面平整，色泽一致，无明显施工接缝。

3.2 混凝土不得出现蜂窝麻面，如出现必须修整。

3.3 混凝土表面出现非受力裂缝，裂缝宽度超过设计规定或设计未规定时超过 0.15mm 必须处理。

3.4 应无建筑垃圾、杂物和临时预埋件。

## 六、预制安装梁板

### (一) 质量控制要求

装配式桥预制梁、板的施工质量应符合表 34-62 的规定，安装质量应符合表 34-63 的规定。

表 34-62 预制梁、板施工质量标准

项次	检查项目				规定值或允许偏差
1 △	混凝土强度（MPa）				在合格标准内
2	梁（板）长度（mm）			总长度	+5，-10
梁段长度				0，-2	
3 △	断面尺寸（mm）	宽度	箱梁	顶宽	±20
				底宽	±10
			其他梁、板	干接缝（梁翼缘、板）	±10
				湿接缝（梁翼缘、板）	±20
		高度	箱梁	0，-5	
			其他梁、板	±5	
	顶板、底板、腹板或梁肋厚				+5，-0
4	平整度（mm）				≤5
5	横系梁及预埋件位置（mm）				≤5
6	横坡（%）				±0.15
7	斜拉索锚面	锚点坐标			±5
		锚面角度			0.5

表 34-63 梁、板安装质量标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差
1	支座中心偏位 (mm)	梁	$\leq 5$
		板	$\leq 10$
2	梁、板顶面高程 (mm)		$\pm 10$
3	相邻梁、板顶面高差 (mm)	$L \leq 40m$	$\leq 10$
		$L > 40m$	$\leq 15$

### (二) 过程控制方法

## 1. 先张法预制梁板

### 1.1 先张法预制梁板施工工艺流程:

张拉台座准备→穿预应力筋、调整初应力→张拉预应力筋→钢筋骨架制作→立模→浇筑混凝土→混凝土养护→拆模→放松预应力筋→成品存放、运输。

### 1.2 张拉台座准备

#### 1.2.1 预制场的布置

构件预制场的布置应满足预制、移运、存放及架设安装的施工作业要求;场地应平整、坚实,应根据地基情况和气候条件,设置必要的防排水设施,并应采取有效措施防止场地沉陷。砂石料场的地面宜进行硬化处理。

#### 1.2.2 先张法的墩式台座结构应符合下列规定:

承力台座应进行专门设计,并应具有足够的强度、刚度和稳定性,其抗倾覆安全系数应不小于 1.5,抗滑移系数应不小于 1.3;锚固横梁应有足够的刚度,受力后挠度应不大于 2mm。

### 1.3 预应力筋制作及安装

#### 1.3.1 预应力筋一般要求

1.3.1.1 预应力混凝土结构所采用的钢丝、钢绞线、螺纹钢筋等材料的性能和质量,应符合现行国家标准的规定。钢丝应符合现行《预应力混凝土用钢丝》(GB/T5223)的规定;钢绞线应符合现行《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T5224)的规定;螺纹钢筋应符合现行《预应力混凝土用螺纹钢筋》(GB/T20065)的规定。有涂层的预应力筋应符合相应的现行国家标准的规定。进口材料的性能和质量应符合合同规定标准的要求。

1.3.1.2 预应力筋进场时应分批验收,验收时,除应按合同要求对其质量证明书、包装、标志和规格等进行检查外,尚应按下列规定进行检验:

1.3.1.3 钢丝分批检验时每批质量应不大于 60t。检验时应先从每批中抽查 5% 且不少于 5 盘,进行表面质量检查,如检查不合格,则应对该批钢丝逐盘检查。在表面质量检查合格的钢丝中抽取 5%,但不少于 3 盘,在每盘钢丝的两端取样进行抗拉强度、弯曲和伸长率的试验。试验结果如有一项不合格,则不合格盘报废,并从同批未试验过的钢丝盘中取双倍数量的试样进行该不合格项的复验;如仍有一项不合格,则该批钢丝为不合格。

1.3.1.4 钢绞线分批检验时每批质量应不大于 60t。检验时应从每批钢绞线中任取 3 盘,并从每盘所选的钢绞线端部正常部位截取一组试样进行表面质量、直径偏差和力学性能试验。如每批少于 3 盘,则应逐盘取样进行上述试验。试验结果如有一项不合格时,则不合格盘报废,并再从该批未试验过的钢绞线中取双倍数量的试样进行该不合格项的复验;如仍有一项不合格,则该批钢绞线为不合格。

1.3.1.5 螺纹钢筋分批检验时每批质量应不大于 100t。对表面质量应逐根目视检查,外观检查合格后在每批中任选 2 根钢筋截取试件进行拉伸试验。试验结果如有一项不合格时,则应另取双倍数量的试件重做全部各项试验;如仍有一根试件不合格,则该批钢筋为不合格。



1.3.1.6 预应力筋的实际强度不得低于现行国家标准的规定。预应力筋的检验试验方法应按现行国家标准的规定执行，用作拉伸试验的试件，不得进行任何形式的加工。在对预应力筋的拉伸试验中，应同时测定其弹性模量。

1.3.1.7 对特大桥、大桥或重要桥梁工程中使用的钢丝、钢绞线和螺纹钢筋，进场时应按上述规定进行检验；对预应力材料用量较少的一般桥梁工程，其预应力钢材的力学性能，可仅进行抗拉强度检验，或由生产厂提供力学性能试验报告。

1.3.1.8 预应力筋应保持清洁，在存放和搬运过程中应避免使其产生机械损伤和有害的锈蚀。进场后的存放时间宜不超过6个月，且宜存放在干燥、防潮、通风良好、无腐蚀气体和介质的仓库内；在室外存放时，不得直接堆放在地面，应支垫并遮盖，防止雨露和各种腐蚀性介质对其产生不利影响。

### 1.3.2 预应力筋制作

预应力筋制作时的下料应符合下列规定：

1.3.2.1 下料长度应通过计算确定，计算时应考虑结构的孔道长度或台座长度、锚夹具厚度、千斤顶长度、镦头预留量、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和张拉工作长度等因素。

1.3.2.2 钢丝束两端采用镦头锚具时，宜采用等长下料法对钢丝进行下料。

1.3.2.3 预应力筋的下料，应采用切断机或砂轮锯切断，严禁采用电弧切割。

### 1.3.3 预应力筋安装

预应力筋的安装宜自下而上进行，并应采取措施防止其被台座上涂刷的隔离剂污染。预应力筋与锚固横梁间的连接，宜采用张拉螺杆。

### 1.3.4 锚具、夹具和连接器安装

1.3.4.1 锚具、夹具和连接器应按设计规定采用，其性能和质量应符合现行《预应力筋用锚具、夹具和连接器》（GB/T14370）的规定。

1.3.4.2 锚具、夹具和连接器进场时，应按合同核对其型号、规格和数量，以及适用的预应力筋品种、规格和强度等级，且生产厂应提供产品质保书、产品技术手册、锚固区传力性能型式检验报告，以及夹片式锚具的锚口摩阻损失测试报告或参数。产品按合同核对无误后，应按下列规定进行进场检验：

外观检验：应从每批产品中抽取2%且不少于10套样品，检验表面裂纹及锈蚀情况。表面不得有裂纹及锈蚀。当有1个零件不符合要求时，本批全部产品应逐件检验，符合要求者判定该零件外观合格。对配套使用的锚垫板和螺旋筋可按上述方法进行外观检验，但允许表面有轻度锈蚀。

尺寸检验：应从每批产品中抽取2%且不少于10套样品，检验其外形尺寸。外形尺寸应符合产品质保书所示的尺寸范围。当有1个零件不符合规定时，应另取双倍数量的零件重新检验；如仍有1个零件不符合要求，则本批全部产品应逐件检验，符合要求者判定该零件尺寸合格。

1.3.4.3 硬度检验：应从每批产品中抽取3%且不少于5套样品（对多孔夹片式锚具的夹片，每套抽取6片），对其中有硬度要求的零件进行硬度检验，每个零件测试3点，其硬度应符合产

品质保书的规定。当有 1 个零件不合格时,应另取双倍数量的零件重做检验;如仍有 1 个零件不合格,则应对本批产品逐个检验,合格者方可使用或进入后续检验。

1.3.4.4 静载锚固性能试验:应在外观检验和硬度检验均合格的同批产品中抽取样品,预应力混凝土工程与相应规格和强度等级的预应力筋组成 3 个预应力筋—锚具组装件,进行静载锚固性能试验。如有 1 个试件不符合要求,则应另取双倍数量的样品重做试验;如仍有 1 个试件不符合要求,则该批锚具为不合格。静载锚固性能试验方法应符合现行《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T14370)的规定。

1.3.4.5 对特大桥、大桥和重要桥梁工程中使用的锚具产品,应进行上述 4 项检查和检验;对锚具用量较少的一般中、小桥梁工程,如生产厂能提供有效的静载锚固性能试验合格的证明文件,则仅可进行外观检验和硬度检验。

1.3.4.6 进场检验时,同种材料、同一生产工艺条件下、同批进场的产品可视为同一验收批。锚具的每个验收批宜不超过 2000 套;夹具、连接器的每个验收批宜不超过 500 套;获得第三方独立认证的产品,其验收批可扩大 1 倍。检验合格的产品,在现场的存放期超过 1 年,再用时应进行外观检验。

1.3.4.7 锚具应满足分级张拉、补张拉以及放松预应力的要求;锚固多根预应力筋的锚具除应具有整束张拉的性能外,尚应具有单根张拉的性能;用于承受低应力或动荷载的夹片式锚具应具有防松性能;锚具的锚口摩阻损失率宜不大于 6%。

1.3.4.8 夹具应具有良好的自锚性能、松锚性能和安全的重复使用性能,主要锚固零件应具有良好的防锈性能,可重复使用的次数应不少于 300 次。需敲击才能松开的夹具,必须保证其对预应力筋的锚固没有影响,且对操作人员的安全不造成危险。

1.3.4.9 在混凝土结构或构件中的永久性预应力筋连接器,应符合锚具的性能要求;用于先张法施工且在张拉后还需进行放张和拆卸的连接器,应符合夹具的性能要求。

1.3.4.10 锚具、夹具和连接器在存放、搬运及使用期间均应妥善防护,避免锈蚀、沾污、遭受机械损伤、混淆和散失,临时性的防护措施应不影响其安装和永久性防腐的实施。

### 1.3.5 张拉预应力筋

#### 1.3.5.1 预应力张拉用的机具设备和仪表应符合下列规定:

预应力筋的张拉宜采用穿心式双作用千斤顶,整体张拉或放张宜采用具有自锚功能的千斤顶;张拉千斤顶的额定张拉力宜为所需张拉力的 1.5 倍,且不得小于 1.2 倍。与千斤顶配套使用的压力表应选用防振型产品,其最大读数应为张拉力的 1.5 ~ 2.0 倍,标定精度应不低于 1.0 级。张拉机具设备应与锚具产品配套使用,并应在使用前进行校正、检验和标定。

1.3.5.2 张拉用的千斤顶与压力表应配套标定、配套使用,标定应在经国家授权的法定计量技术机构定期进行,标定时千斤顶活塞的运行方向应与实际张拉工作状态一致。当处于下列情况之一时,应重新进行标定:

使用时间超过 6 个月;张拉次数超过 300 次;使用过程中千斤顶或压力表出现异常情况;千



斤顶检修或更换配件后。

1.3.5.3 采用测力传感器测量张拉力时，测力传感器应按相关国家标准的规定每年送检一次。

1.3.5.4 施加预应力之前，施工现场的准备工作及结构或构件需达到的要求应符合下列规定：

施工现场已具备经批准的张拉顺序、张拉程序和施工作业指导书，经培训掌握预应力施工知识和正确操作的施工人员，以及能保证操作人员和设备安全的防护措施。

锚具安装正确，结构或构件混凝土已达到要求的强度和弹性模量（或龄期）。

1.3.6 先张法预应力筋的张拉除应符合上述一般规定外，尚应符合下列规定：

1.3.6.1 张拉前，应对台座、锚固横梁及各项张拉设备进行详细检查，符合要求后方可进行操作。

1.3.6.2 同时张拉多根预应力筋时，应预先调整其单根力筋的初应力，使相互之间的应力一致，再整体张拉。张拉过程中，应使活动横梁与固定横梁始终保持平行，并应检查预应力筋的预应力值，其偏差的绝对值不得超过按一个构件全部预应力筋预应力总值的 5%。

1.3.6.3 先张法预应力筋的张拉程序应符合设计规定；设计未规定时，其张拉程序可按表 34-72 的规定进行。

表 34-64 先张法预应力筋张拉程序

预应力筋种类		张拉程序
钢丝、钢绞线	夹片式等具有自锚性能的锚具	低松弛预应力筋：0→初应力→ $\sigma_{con}$ （持荷 5min 锚固）
	其他锚具	0→初应力→ $1.05\sigma_{con}$ （持荷 5min）→0→ $\sigma_{con}$ （锚固）
螺纹钢筋		0→初应力→ $1.05\sigma_{con}$ （持荷 5min）→ $0.9\sigma_{con}$ → $\sigma_{con}$ （锚固）

注：1. 表中  $\sigma_{con}$  为张拉时的控制应力值，包括预应力损失值。

2. 超张拉数值超过规范规定的最大超张拉应力限值时，应按该条规定的限制张拉应力进行张拉。

3. 张拉螺纹钢筋时，应在超张拉并持荷 5min 后放张至  $0.9\sigma_{con}$  时再安装模板、普通钢筋及预埋件等。

1.3.6.5 张拉时，预应力筋的断丝数量不得超过表 34-73 的规定。

表 34-65 先张法预应力筋断丝限制

预应力筋种类	检查项目	控制数
钢丝、钢绞线	同一构件内断丝数不得超过钢丝总数的百分比	1%
螺纹钢筋	断筋	不容许

1.3.6.6 预应力筋张拉完毕后，其位置与设计位置的偏差应不大于 5mm，同时应不大于构件最短边长的 4%，且宜在 4h 内浇筑混凝土。

1.3.7 钢筋骨架制作与安装

参照第二十四章第五节二、钢筋、预应力筋及管道压浆相关规定执行。

1.4 模板制作及安装

1.4.1 一般规定

1.4.1.1 模板宜采用钢材、胶合板或其他适宜的材料制作；钢材的性能和质量应符合现行《碳素结构钢》（GB/T 700）的规定；胶合板的性能和质量应符合现行《混凝土模板用胶合板》（GB/

T 17656)或现行《混凝土模板用竹材胶合板》(LY/T 1574)的规定;其他材料应符合其相应国家或行业标准的规定,常备式定型钢构件应符合该产品相应的技术规定。

1.4.1.2 模板应具有足够的强度、刚度和稳定性,应能承受施工过程中所产生的各种荷载;模板的构造应简单、合理,结构受力应明确,安装、拆除应方便;模板的板面应平整,接缝处应严密且不漏浆;模板与混凝土的接触面应涂刷隔离剂,但不得采用废机油等油料,且不得污染钢筋及混凝土的施工缝。

1.4.1.3 在模板上设置的吊环应采用 HPB300 钢筋,严禁采用冷加工钢筋制作。每个吊环应按两肢截面计算,在模板自重标准值作用下,吊环的拉应力应不大于 65MPa。

#### 1.4.2 模板的制作

钢模板应按批准的加工图进行制作,成品经检验合格后方可使用。组装前应对零部件的几何尺寸和焊缝进行全面检查,合格后方可进行组装。面板变形及整体刚度应符合相关行业规范的规定。

#### 1.4.3 模板的安装

1.4.3.1 安装侧模板时,支撑应牢固,应防止模板在浇筑混凝土时产生移位。

1.4.3.2 模板在安装过程中,必须设置防倾覆的临时固定设施。

1.4.3.3 模板安装完成后,其尺寸、平面位置和顶部高程等应符合设计要求,节点联系应牢固。

1.4.3.4 梁、板等结构的底模板宜根据需要设置预拱度。

1.4.3.5 固定在模板上的预埋件和预留孔洞均不得遗漏,安装应牢固,位置应准确。

#### 1.5 混凝土施工

##### 1.5.1 浇筑混凝土前应进行下列准备工作:

1.5.1.1 应根据待浇筑结构物的情况、环境条件及浇筑量等制订合理的浇筑工艺方案,工艺方案应对施工缝设置、浇筑顺序、浇筑工具、防裂措施、保护层等的控制等作出明确规定。

1.5.1.2 应对模板、钢筋和预埋件等进行检查,模板内的杂物、积水及钢筋上的污物应清理干净。模板如有缝隙或孔洞时,应堵塞严密且不漏浆。

1.5.1.3 应对混凝土的均匀性和坍落度等性能进行检测。

1.5.1.4 浇筑混凝土前,尚应对预埋于混凝土中的和钢筋等进行全面检查验收,符合要求后方可开始浇筑。

1.5.2 浇筑混凝土时,宜根据结构或构件的不同形式选用插入式、附着式或平板式等振动器进行振捣。对箱梁腹板与底板及顶板连接处的承托、预应力筋锚固区及其他预应力钢束与钢筋密集的部位,应采取有效措施加强振捣;对先张构件应避免振动器碰撞预应力筋。浇筑过程中应随时检查模板的稳固性,保证其位置及尺寸符合设计要求。

#### 1.5.3 混凝土养护

对新浇筑混凝土的养护,应根据施工对象、环境条件、水泥品种、外加剂或掺合料以及混凝土性能等因素,制订具体的养护方案,并严格实施。

#### 1.5.4 模板拆除



非承重侧模板应在混凝土抗压强度达到 2.5MPa，且能保证其表面及棱角不致因拆模而受损坏时方可拆除。

芯模应在混凝土强度能保证其表面不发生塌陷或裂缝现象时，方可拆除。

### 1.6 预应力筋的放张

1.6.1 预应力筋放张时构件混凝土的强度和弹性模量（或龄期）应符合设计规定；设计未规定时，混凝土的强度应不低于设计强度等级值的 80%；弹性模量应不低于混凝土 28d 弹性模量的 80%，当采用混凝土龄期代替弹性模量控制时应不少于 5d。

1.6.2 在预应力筋放张之前，应将限制位移的侧模、翼缘模板或内模拆除。

1.6.3 预应力筋的放张顺序应符合设计规定；设计未规定时，应分阶段、均匀、对称、相互交错地放张。

1.6.4 多根整批预应力筋的放张，当采用砂箱放张时，放砂速度应均匀一致；采用千斤顶放张时，放张宜分数次完成；单根钢筋采用拧松螺母的方法放张时，宜先两侧后中间，并不得一次将一根力筋松完。

1.6.5 放张后，预应力筋在构件端部的内缩值宜不大于 1.0mm。

1.6.6 预应力筋放张后，对钢丝和钢绞线，应采用机械切割的方式进行切断；对螺纹钢筋，可采用乙炔 - 氧气切割，但应采取必要措施防止高温对其产生不利影响。

1.6.7 长线台座上预应力筋的切断顺序，应由放张端开始，依次向另一端切断。

## 2. 后张法预制梁板

### 2.1 构件预制场的布置

构件预制场的布置应满足预制、移运、存放及架设安装的施工作业要求；场地应平整、坚实，应根据地基情况和气候条件，设置必要的防排水设施，并应采取有效措施防止场地沉陷。砂石料场的地面宜进行硬化处理。

### 2.2 台座施工

构件预制台座的地基应具有足够的承载能力，并应符合下列规定：

2.2.1 预制台座的地基应具有足够的承载能力和稳定性。当用于预制后张预应力混凝土梁、板时，宜对台座两端及适当范围内的地基进行特殊加固处理。

2.2.2 预制台座应采用适宜的材料和方式制作，且应保证其坚固、稳定、不沉陷。

2.2.3 预制台座的间距应能满足施工作业的要求；台座表面应光滑、平整，在 2m 长度上平整度的允许偏差应不超过 2mm，且应保证底座或底模的挠度不大于 2mm。

2.2.4 对预应力混凝土梁、板，应根据设计提供的理论拱度值，结合施工的实际情况，正确预计梁体拱度的变化情况，在预制台座上按梁、板构件跨度设置相应的预拱度。当预计后张预应力混凝土梁的上拱度值较大，将会对桥面铺装的施工产生不利影响时，宜在预制台座上设置反拱。

2.2.5 预制台座应具有对梁底的支座预埋钢板或楔形垫块进行角度调整的功能，并应在预制施工时严格按设计要求的角度进行设置。

### 2.3 钢筋加工及安装

参照（第二十四章第五节）二、钢筋、预应力筋及管道压浆相关规定执行。

### 2.4 预应力管道安装

2.4.1 采用金属或塑料管道构成后张预应力混凝土结构或构件的孔道时，应符合下列规定：

2.4.1.1 管道的规格、尺寸应符合设计规定，且其内横截面积应不小于预应力筋净截面积的2倍；对长度大于60m的管道，宜通过试验确定其面积比是否可以进行正常的压浆作业。

2.4.1.2 管道应按设计规定的坐标位置进行安装，并应采用定位钢筋固定，使其能牢固地置于模板内的设计位置，且在混凝土浇筑期间不产生位移。管道与普通钢筋重叠时，应移动普通钢筋，不得改变管道的设计坐标位置。固定各种成孔管道用的定位钢筋的间距，对钢管不宜大于1.0m；波纹管不宜大于0.8m；位于曲线上的管道和扁平波纹管应适当加密。定位后的管道应平顺，其端部的中心线应与锚垫板相垂直。

2.4.1.3 管道接头处的连接管宜采用大一级直径的同类管道，其长度宜为被连接管道内径的5~7倍。连接时不应使接头处产生角度变化及在混凝土浇筑期间发生管道的转动或移位，并应缠裹紧密防止水泥浆的渗入。塑料波纹管应采用专用焊接机进行热熔焊接或采用具有密封性能的塑料结构连接器连接。当采用真空辅助压浆工艺进行孔道压浆时，管道的所有接头应具有可靠的密封性能，并应满足真空度的要求。

2.4.1.4 所有管道均应在每个顶点设排气孔及需要时在每个低点设排水孔。压浆管、排气管和排水管应是最小内径为20mm的标准管或适宜的塑性管，与管道之间的连接应采用金属或塑料结构扣件，长度应足以从管道引出结构物以外。

2.4.1.5 管道安装完毕后，其端口应采取可靠措施临时封堵，防止水或其他杂物进入。

2.4.1.6 后张预应力管道安装的允许偏差应符合表34-66的规定。

表 34-66 后张预应力管道安装允许偏差

项目	允许偏差（mm）
管道坐标	梁长方向
	梁高方向
管道间距	同排
	上下层

2.4.2 采用胶管抽芯法制孔时，胶管内应插入芯棒或充以压力水增加刚度；采用钢管抽芯法制孔时，钢管表面应光滑，焊接接头应平顺。抽芯时间应通过试验确定，以混凝土抗压强度达到0.4~0.8MPa时为宜，抽拔时不得损伤结构混凝土。抽芯后，应采用通孔器或压气、压水等方法对孔道进行检查，如发现孔道堵塞或有残留物或与邻孔有串通，应及时处理。

### 2.5 预应力筋制作及安装

2.5.1 预应力筋制作时的下料应符合下列规定：

2.5.1.1 下料长度应通过计算确定，计算时应考虑结构的孔道长度或台座长度、锚夹具厚度、千斤顶长度、镦头预留量、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和张拉工作长度等因素。



2.5.1.2 钢丝束两端采用镦头锚具时，宜采用等长下料法对钢丝进行下料。

2.5.1.3 预应力筋的下料，应采用切断机或砂轮锯切断，严禁采用电弧切割。

2.5.2 预应力筋由多根钢丝或钢绞线组成且当采取整束穿入孔道内时应预先编束，编束时应将钢丝或钢绞线逐根理顺，防止缠绕，并应每隔 1~1.5m 捆绑一次，使其绑扎牢固、顺直。

2.5.3 预应力筋的安装应符合下列规定：

2.5.3.1 预应力筋可在浇筑混凝土之前或之后穿入孔道，穿束前应检查锚垫板和孔道，锚垫板的位置应准确；孔道内应畅通，无水和其他杂物。

2.5.3.2 宜将一根钢束中的全部预应力筋编束后整体穿入孔道中，整体穿束时，束的前端宜设置穿束网套或特制的牵引头，应保持预应力筋顺直，且仅应前后拖动，不得扭转。对钢绞线，可采用穿束机逐根将其穿入孔道内，但应保证其在孔道内不发生相互缠绕。

2.5.3.3 对在混凝土浇筑及养护之前安装在孔道中但在规定时限内未压浆的预应力筋，应采取防止锈蚀或其他防腐措施，直至压浆。

2.5.3.4 预应力筋安装在管道中后，应将管道端部开口密封防止湿气进入。采用蒸汽养护混凝土时，在养护完成之前不应安装预应力筋。

2.5.3.5 在任何情况下，当在安装有预应力筋的结构或构件附近进行电焊时，均应对全部预应力筋、管道和附属构件进行保护，防止溅上焊渣或造成其他损坏。

2.5.3.6 对在混凝土浇筑之前穿束的管道，预应力筋安装完成后，应进行全面检查，查出可能被损坏的管道。在混凝土浇筑之前，应将管道上所有非有意留的孔、开口或损坏之处修复，并应在浇筑混凝土过程中随时检查预应力筋能否在管道内自由移动。

## 2.6 锚具、夹具和连接器安装

锚具、夹具和连接器在安装前，应擦拭干净，安装时应符合下列规定：

2.6.1 锚具和连接器的安装位置应准确，且应与孔道对中。锚垫板上设置有对中止口时，应防止锚具偏出止口。安装夹片时，应使夹片的外露长度基本一致。

2.6.2 采用螺母锚固的支撑式锚具，安装时应逐个检查螺纹的配合情况，应保证在张拉和锚固过程中能顺利旋合拧紧。

## 2.7 模板的制作与安装

参照先张法预制梁板施工相关规定。

## 2.8 混凝土浇筑

### 2.8.1 混凝土的拌制与运输

现场浇筑砼采用搅拌站集中拌和，严格按规定的配合比配料，混凝土坍落度控制理论配合比之内，每盘混凝土搅拌时间大于 180 秒。通过砼罐车运放至浇筑地点旁，经龙门吊提升料斗至混凝土入模。混凝土在运输过程中不得发生离析、严重泌水及坍落度损失过多等现象。离析现象严重时废弃，不得用于梁体混凝土浇筑。

### 2.8.2 混凝土浇筑

浇筑混凝土前,应对预埋于混凝土中的锚具、管道和钢筋等进行全面检查验收,符合要求后方可开始浇筑。

浇筑混凝土时,宜根据结构或构件的不同形式选用插入式、附着式或平板式等振动器进行振捣。对箱梁腹板与底板及顶板连接处的承托、预应力筋锚固区及其他预应力钢束与钢筋密集的部位,应采取有效措施加强振捣;对先张构件应避免振动器碰撞预应力筋;对后张结构应避免振动器碰撞预应力筋的管道、预埋件等。浇筑过程中应随时检查模板、管道、锚固端垫板等的稳固性,保证其位置及尺寸符合设计要求。

用于判断现场预应力混凝土结构或构件强度的混凝土试件,应置于现场与结构或构件同环境、同条件养护。

浇筑顺序为:底板浇筑→安装芯模→绑扎顶板钢筋→腹板、顶板浇筑,从梁板一端向另一端水平分层浇筑,水平分层进行浇筑的厚度控制在 30cm。先浇筑底板混凝土,在最初混凝土初凝之前浇筑腹板及顶板混凝土。

### 2.8.3 混凝土振捣

混凝土振捣采用  $\phi 30$  插入式振捣器,分层振捣,振捣器快进慢出,以减少气体残留物。振捣器使用时,与侧模保持 5~10cm,每一处振捣完毕后边振捣边徐徐提出振动棒,避免振动棒碰撞模板、钢筋及其他预埋件。一般每点振捣时间为 20~30s,以混凝土表面呈水平不再显著下沉,不再出现气泡,表面泛出灰浆为准。振动器的移位间距不超过振动器作用半径的 1.5 倍,在振捣上一层时,插入下层中 5~10cm,以消除两层之间的接缝,同时在振捣上层混凝土时,要在下层混凝土初凝前进行。混凝土振捣工作有专人全过程负责振捣,避免漏振、过振和内模偏位、上浮现象的发生。

顶板混凝土振捣浇筑完成后,梁顶用木抹子抹光,收浆抹面时收浆工人需站在压杠上进行,不得踏入混凝土中,在初凝之前再进行二次收浆并拉毛处理。拉毛,采用钢丝刷或竹扫把横向拉毛,深度控制在 5~10mm,拉毛顺横桥方向进行,一次进行中不得停留。收浆后及时用土工布覆盖养生,每天采用自动喷淋洒水,防止出现裂纹。

### 2.9 拆模养生

对同条件养护试件进行立方体抗压试验确定混凝土强度,侧模板在混凝土抗压强度达到 2.5MPa 时方可拆除,保证其表面及棱角不致因拆模而受损坏;芯模混凝土强度能保证其表面不发生塌陷和裂缝现象,混凝土强度达到 0.4~0.8MPa 时,方可拔除,抽拔时不应损伤结构混凝土。拆模时,首先人工进入梁体内拆除内模,分节拖出;其次采用龙门吊配合人工拆除外模板。模板拆完后,吊移至相应位置,及时清除模板表面和接缝处的残余水泥并均匀涂刷脱模剂或模板油,清点、维修和保养模板零部件,若有缺损及时补齐,以备再用。

为保证已浇筑的混凝土在规定龄期内达到设计强度,并防止产生收缩裂缝,必须做好养护工作。正常施工时混凝土收浆后及时用土工布覆盖养生,养生时间不低于 7 天,每天采用自动喷淋洒水,防止出现裂纹。

### 2.10 后张法预应力筋的张拉和锚固应符合下列规定:



2.10.1 预应力张拉之前，宜对不同类型的孔道进行至少一个孔道的摩阻测试，通过测试所确定的  $\mu$  值和  $k$  值宜用于对设计张拉控制应力的修正。

2.10.2 张拉时，结构或构件混凝土的强度、弹性模量（或龄期）应符合设计规定；设计未规定时，混凝土的强度应不低于设计强度等级值的 80%，弹性模量应不低于混凝土 28d 弹性模量的 80%。

2.10.3 预应力筋的张拉顺序应符合设计规定；设计未规定时，可采取分批、分阶段的方式对称张拉。

2.10.4 预应力筋应整束张拉锚固。对扁平管道中平行排放的预应力钢绞线束，在保证各根钢绞线不会叠压时，可采用小型千斤顶逐根张拉，但应考虑逐根张拉时预应力损失对控制应力的影响。

2.10.5 预应力筋张拉端的设置应符合设计规定；设计未规定时，应符合下列规定：

直线筋和螺纹钢筋可在一端张拉。对曲线预应力筋，应根据施工计算的要求采取两端张拉或一端张拉的方式进行，当锚固损失的影响长度小于或等于  $L/1$ （ $L$  为结构或构件长度）时，应采取两端张拉；当锚固损失的影响长度大于  $L/2$  时，可采取一端张拉。

当同一截面中有多束一端张拉的预应力筋时，张拉端宜分别交错设置在结构或构件的两端。

预应力筋采用两端张拉时，宜两端同时张拉，或先在一端张拉锚固后，再在另一端补足预应力值进行锚固。

2.10.6 后张预应力筋的张拉程序应符合设计规定；设计未规定时，可按《公路桥涵施工技术规范》的规定进行。

2.10.7 后张预应力筋断丝及滑移的数量不得超过《公路桥涵施工技术规范》规定的控制数。

2.10.8 预应力筋在张拉控制应力达到稳定后方可锚固。对夹片式锚具，锚固后夹片顶面应平齐，其相互间的错位不宜大于 2mm，且露出锚具外的高度不应大于 4mm。锚固完毕并经检验确认合格后方可切割端头多余的预应力筋，切割时应采用砂轮锯，严禁采用电弧进行切割，同时不得损伤锚具。

2.10.9 切割后预应力筋的外露长度不应小于 30mm，且不应小于 1.5 倍预应力筋直径。锚具应采用封端混凝土保护，当需长期外露时，应采取防止锈蚀的措施。

2.11 孔道压浆及封锚

2.11.1 预应力筋张拉锚固后，孔道应尽早压浆，且应在 48h 内完成，否则应采取避免预应力筋锈蚀的措施。

2.11.2 后张预应力孔道宜采用专用压浆料或专用压浆剂配制的浆液进行压浆。所用原材料应符合下列规定：

水泥应采用性能稳定、强度等级不低于 42.5 的低碱硅酸盐或低碱普通硅酸盐水泥，水泥的性能要求应符合《公路桥涵施工技术规范》的规定。

外加剂应与水泥具有良好的相容性，且不得含有氯盐、亚硝酸盐或其他对预应力筋有腐蚀作用的成分。减水剂应采用高效减水剂，且应满足现行国家标准《混凝土外加剂》(GB 8076) 中高效减水剂一等品的要求，其减水率应不小于 20%。

矿物掺合料的品种宜为 I 级粉煤灰、磨细矿渣粉或硅灰，并应符合《公路桥涵施工技术规范》的规定。

水不应含有对预应力筋或水泥有害的成分，每升水中不得含有 350mg 以上的氯化物离子或任何一种其他有机物，宜采用符合国家卫生标准的清洁饮用水。

膨胀剂宜采用钙矾石系或复合型膨胀剂，不得采用以铝粉为膨胀源的膨胀剂或总碱量 0.75% 以上的高碱膨胀剂。

压浆材料中的氯离子含量不应超过胶凝材料总量的 0.06%，比表面积应大于 350 m<sup>2</sup>/kg，三氧化硫含量不应超过 6.0%。

2.11.3 采用压浆材料配置的浆液，其性能应符合《公路桥涵施工技术规范》的规定。

2.11.4 用于后张孔道压浆的设备性能应符合下列规定：

搅拌机的转速应不低于 1000r/min，搅拌叶的形状应与转速相匹配，其叶片的线速度不宜小于 10m/s，最高线速度宜限制在 20m/s 以内，且应能满足在规定的时间内搅拌均匀的要求。用于临时储存浆液的储料罐亦应具有搅拌功能，且应设置网格尺寸不大于 3mm 的过滤网。

压浆机应采用活塞式可连续作业的压浆泵，其压力表的最小分度值应不大于 0.1MPa，最大量程应使实际工作压力在其 25%~75% 的量程范围内。不得采用风压式压浆泵进行孔道压浆。真空辅助压浆工艺中采用的真空泵应能达到 0.1MPa 的负压力。

2.11.5 孔道压浆前的准备工作应符合下列规定：

应在工地试验室对压浆材料加水进行试配，各种材料的称量（均以质量计）应精确到 ±1%。经试配的浆液其各项性能指标均应满足要求后方可用于正式压浆。

应对孔道进行清洁处理。对抽芯成型的孔道应冲洗干净并使孔壁完全湿润；金属和塑料管道在必要时亦应冲洗清除附着于孔道内壁的有害材料。对孔道内可能存在的油污等，可采用已知对预应力筋和管道无腐蚀作用的中性洗涤剂或皂液，用水稀释后进行冲洗；冲洗后，应使用不含油的压缩空气将孔道内的所有积水吹出。应对压浆设备进行清洗，清洗后的设备内不应有残渣和积水。

2.11.6 压浆时，对曲线孔道和竖向孔道应从最低点的压浆孔压入；对结构或构件中以上下分层设置的孔道，应按先下层后上层的顺序进行压浆。同一管道的压浆应连续进行，一次完成。压浆应缓慢、均匀地进行，不得中断，并应将所有最高点的排气孔依次一一打开和关闭，使孔道内排气通畅。

2.11.7 浆液自拌制完成至压入孔道的延续时间不宜超过 40min，且在使用前和压注过程中应连续搅拌，对因延迟使用所致流动度降低的水泥浆，不得通过额外加水增加其流动度。

2.11.8 对水平或曲线孔道，压浆的压力宜为 0.5~0.7MPa；对超长孔道，最大压力不宜超过 1.0MPa；对竖向孔道，压浆的压力宜为 0.3~0.4MPa。压浆的充盈度应达到孔道另一端饱满且排气孔排出与规定流动度相同的水泥浆为止，关闭出浆口后，宜保持一个不小于 0.5MPa 的稳压期，该稳压期的保持时间宜为 3~5min。

2.11.9 采用真空辅助压浆工艺时，在压浆前应对孔道进行抽真空，真空度宜稳定在 -0.06 ~ -0.



10MPa 范围内。真空度稳定后，应立即开启孔道压浆端的阀门，同时启动压浆泵进行连续压浆。

2.11.10 压浆时，每一工作班应制作留取不少于 3 组尺寸为 40mmx40mmx160mm 的试件，标准养护 28d，进行抗压强度和抗折强度试验，作为质量评定的依据。试验方法应按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》（GB/T 17671）的规定执行；质量评定方法可参照《公路桥涵施工技术规范》的规定执行。

2.11.11 压浆过程中及压浆后 48h 内，结构或构件混凝土的温度及环境温度不得低于 5℃，否则应采取保温措施，并按冬期施工的要求处理，浆液中可适量掺用引气剂，但不得掺用防冻剂。当环境温度高于 35℃时，压浆宜在夜间进行。

2.11.12 压浆浆后应通过检查孔抽查压浆的密实情况，如有不实，应及时进行补浆处理。

2.11.13 压浆完成后，应及时对锚固端按设计要求进行封闭保护或防腐处理，需要封锚的锚具，应在压浆完成后对梁端混凝土凿毛并将其周围冲洗干净，设置钢筋网浇筑封锚混凝土；封锚应采用与结构或构件同强度的混凝土并应严格控制封锚后的梁体长度。长期外露的锚具，应采取防锈措施。

2.11.14 对后张预制构件，在孔道压浆前不得安装就位；压浆后，应在浆液强度达到规定的强度后方可移运和吊装。

2.11.15 孔道压浆应填写施工记录。记录项目应包括：压浆材料、配合比、压浆日期、搅拌时间、出机初始流动度、浆液温度、环境温度、稳压压力及时间，采用真空辅助压浆工艺时尚应包括真空度。

## 2.12 移梁和存梁

2.12.1 构件的场内移运应符合下列规定：

2.12.1.1 对后张预应力混凝土梁、板，在施加预应力后可将其从预制台座吊移至场内的存放台座再进行孔道压浆，但必须满足下列要求：

从预制台座上移出梁、板仅限一次，不得在孔道压浆前多次倒运；

吊移的范闹必须限制在预制场内的存放区域，不得移往他处。

吊移过程中不得对梁、板产生任何冲击和碰撞。

2.12.1.2 后张预应力混凝土梁、板在孔道压浆后进行移运的，其压浆浆体强度应不低于设计强度的 80%。

2.12.1.3 梁、板构件移运时的吊点位置应符合设计规定；设计未规定时，应根据计算决定。构件的吊环必须采用未经冷拉的 HPB235 钢筋制作，且吊环应顺直。吊绳与起吊构件的交角小于 60° 时，应设置吊架或起吊扁担，使吊环垂直受力。吊移板式构件时，不得吊错上、下面。

2.12.2 构件的存放应符合下列规定：

2.12.2.1 存放台座应坚间稳足，且宜高出地面 200mm 以上。存放场地应有相应的防排水设施，并应保证梁、板等构件在存放期间不致因支点沉陷而受到损坏。

2.12.2.2 梁、板构件存放时，其支点应符合设计规定的位置，支点处应采用垫木和其他适宜的材料进行支承，不得将构件直接支承在坚硬的存放台座上；存放时混凝土养护期未满足的，应继续

养护。

### 3. 预制梁（板）的吊装

#### 3.1 一般规定

3.1.1 安装前应对墩台的施工质量进行检验，并应对支座或临时支座的平平面位置和高程进行复测，合格后方可进行梁、板等构件的安装。装配式梁、板等构件在脱底模、移运、存放和安装时，混凝土的强度应不低于设计规定的吊装强度；设计未规定时，应不低于设计强度的 80%。

3.1.2 安装的方法安装设备宜根据构件的结构特点、重及施工环境条件等综合确定，并应制定专项施工技术方案、安装工艺及安全技术方案，对安装设备的强度、刚度和稳定性应进行必要的验算。

3.1.2.1 采用架桥机进行安装作业时，其抗倾覆稳定系数应不小于 1.3；架桥机过孔时，成将起重小车置于对稳定最有利的位臵，且抗倾覆稳定系数应不小于 1.5。

3.1.2.2 采用吊机吊装构件时，如采用 1 台吊机起吊，应在吊点位置的上方设置吊架或起吊扁担；如采用两台吊机抬吊，应统一指挥，协调一致，使构件的两端同时起吊、同时就位。

3.1.2.3 梁、板安装施工期间及架桥机移动过孔时，严禁行人、车辆和船舶在作业区域的桥下通行。

3.1.2.4 梁、板就位应及时设置保险垛或支撑将构件临时固定，对横向自稳性较差的 T 形梁和 I 形梁等，应与先安装的构件进行可靠的横向连接，防止倾倒。

3.1.2.5 安装在同一孔跨的梁、板，其预制施工的龄期差不宜超过 10d。梁、板上有预留孔道的，其中心应在同一轴线上，偏差应不大于 4mm。梁、板之间的横向湿接缝，应在一孔梁、板全部安装完成后方可进行施工。

3.1.2.6 对弯、坡、斜桥的梁、板，其安装的平面位置、高程及几何线形应符合设计要求。

#### 3.2 构件的运输应符合下列规定：

板式构件运输时，宜采用特制的同定架稳定构件。对小型构件，宜顺宽度方向侧立放置，并应采取措施防止倾倒；如平放，在两端吊点处必须设置支搁方木。

梁的运输应按高度方向竖立放置，并应有防止倾倒的固定措施；装卸梁时，必须在支撑稳妥后，方可卸除吊钩。

采用平板拖车或超长拖车运输大型构件时，车长应能满足支点间的距离要求，支点处应设活动转盘防止搓伤构件混凝土；运输道路应平整，如有坑洼而高低不平时，应事先处理平整。

#### 3.3 吊装方法

根据施工现场具体情况，选用不同的安装方法。

3.3.1 自行式吊机架设法：即直接用吊车将运来桥孔的梁板吊放到安装位置上。

适用条件：平坦无水桥孔的中小跨径预制梁板安装。

3.3.1.1 一台吊机架设法：吊装时，一般将吊机置于待吊装的桥孔中间，如果起吊能力足够，也可以将吊机置于台后或者已经吊装完成的桥孔上。吊装应注意起吊绳与梁面的夹角不能太小，



一般以  $45^{\circ}$  –  $60^{\circ}$  为宜，否则应使用扁担梁。

3.3.1.2 两台吊机架设法：用两台吊机备吊住梁的一端，同步提升将梁吊起架设安装。

吊装时，根据情况，可以将两台吊机置于一孔或分别置于两孔。吊装应注意两台吊机相互配合，有专职起吊工统一指挥。

3.3.1.3 简易型钢导梁架设法：将用型钢组拼成的导梁移运到架设桥孔，在简易钢导梁上铺设轻轨，将混凝土梁用轨道平车运到桥孔。再用墩顶龙门吊机将梁横移就位，之后随着架梁的需要，移动导梁和龙门架。

适用条件：地面有水，孔数较多的中小跨径预制梁板安装。

3.3.1.4 联合架桥机架设法：采用钢导梁配合墩顶龙门、托架等完成预制梁的安装。在导梁上铺设钢轨，托架通过钢轨托运龙门吊机在墩顶就位，系好缆风绳，将预制梁装上平车运到桥孔导梁上，利用两个龙门吊装就位或完成横移，接着导梁前伸，用龙门将未吊装好的梁吊装就位，托架托运龙门吊机前移，用同样程序吊装下孔。

适用条件：孔数较多的中型梁板吊装。

3.3.1.5 双导梁架桥机架设法，将轨道上拼装的架桥机推移到安装孔，固定好架桥机后，将预制梁由平车运至架桥机后跨，两端同时起吊，横移小桁车置于梁跨正中并固定，用纵移桁车纵移桁车将梁纵移到安装跨，固定纵移桁车，用横移小平车将梁横移到设计位置下落就位，待一跨梁全部吊完，横移小桁车置于梁跨正中并固定，将纵移桁车退到后端，拆除前支架与墩顶联结螺栓，把前支架挂在鼻架上，前移架桥机。重复上述程序进行下一跨梁的安装。

适用条件：孔数较多的重型梁吊装。

3.3.1.6 跨墩龙门架架设法：预制梁由轨道平车或者平板拖车运至桥孔一侧，用两台同步运行的跨墩龙门吊将梁吊起再横移到设计位置落梁就位。

适用条件：无水或浅水河滩，地形相对平坦，孔数较多的中型梁板安装。

### （三）质量检查要点及方法

#### 1. 基本要求

1.1 所用的水泥、砂、石、水、外掺剂及混合材料的质量和规格必须符合有关规范的要求，按规定的配合比施工。

1.2 梁（板）不得出现露筋和空洞现象。

1.3 空心板内模不应使用已被交通部淘汰的胶囊内模，可采用一次性泡沫内模。

1.4 梁（板）在吊移出预制底座时，混凝土的强度不得低于设计所要求的吊装强度，预制件不得受到损伤；梁（板）在安装时，支承结构（墩台、盖梁、垫石）的强度应符合设计要求。

1.5 梁（板）安装前，梁、板应检验合格，墩、台支座垫板必须稳固；就位后，梁、板两端支座应对位，梁（板）底与支座以及支座底与垫石顶须密贴，临时支撑应稳固。

1.6 梁段之间接缝填充材料的种类、规格和性能应满足设计要求，接缝填充密实。

#### 2. 实测项目

表 34-67 梁、板或梁段预制实测项目

项次	检 查 项 目			规定值或允许偏差	检查方法和频率	
1 △	混凝土强度 (MPa)			在合格标准内	构件长 16m 以下应制取 1 组, 16-30m 制取 2 组, 31-50m 制取 3 组, 50m 以上者不少于 5 组	
2	梁 (板) 长度 (mm)	总长度		+5, -10	尺量: 每梁顶面中线、地面两侧	
		梁段长度		0, -2		
3 △	断面尺寸 (mm)	宽度	箱梁	顶宽	± 20	尺量: 每梁测 3 个断面, 板和梁段测 2 个断面
				底宽	± 10	
			其他梁、板	干接缝 (梁翼缘、板)	± 10	
				湿接缝 (梁翼缘、板)	± 20	
		高度	箱梁		0, -5	
			其他梁、板		± 5	
			顶板、底板、腹板或梁肋厚		+5, -0	
4	平整度 (mm)			≤ 5	2m 直尺: 沿梁长方向每侧面每 10m 梁长测 1 处 × 2 尺	
5	横系梁及预埋件位置 (mm)			≤ 5	尺量: 每件	
6	横坡 ( % )			± 0.15	水准仪: 每梁测 3 个断面, 板和梁段测 2 个断面	
7	斜拉索锚面	锚点坐标		± 5	角度仪: 检查每锚垫板与水平面、立面的夹角, 各测 3 处	
		锚面角度		0.5		

表 34-68 梁、板安装实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	支座中心偏位 (mm)	梁	≤ 5	尺量: 每跨测 6 个支承处, 不足 6 个时全测
		板	≤ 10	
2	梁、板顶面高程 (mm)		± 10	水准仪: 每跨测 5 处, 跨中、桥墩 (台) 处应布置测点
3	相邻梁、板顶面高差 (mm)	L ≤ 40m	≤ 10	尺量: 测每相邻梁、板高差最大处
		L > 40m	≤ 15	

3. 预制安装梁、板外观质量应符合下列规定:

3.1 混凝土表面平整, 色泽一致, 无明显施工接缝。

3.2 混凝土表面不得出现蜂窝麻面, 如出现必须修整。

3.3 混凝土表面出现非受力裂缝。裂缝宽度超过设计规定或设计未规定时超过 0.15mm 必须处理。

3.4 封锚混凝土应密实、平整。

3.5 梁段的填缝应平整密实; 接缝胶结材料不得存在脱落和开裂。

3.6 应无建筑垃圾、杂物和临时预埋件。

## 七、顶推施工梁

### (一) 质量控制要求

1. 台座和滑道的中心线应在桥轴线或其延长线上。

2. 导梁应在地面试装后, 再在台座上安装, 导梁与梁身应连接牢固。

3. 千斤顶及其他顶推设备, 在施工前应检查校正, 采用多点顶推时, 各点顶推应同步。

4. 顶推过程中应对墩台沉降、墩台位移及梁的偏位、导梁和梁挠度等进行观测。
5. 顶推及落梁的程序应满足设计要求，发生异常情况时，应查明原因，在采取措施后，方可继续顶推。
6. 顶推施工梁施工质量应符合表 34-69 的规定。

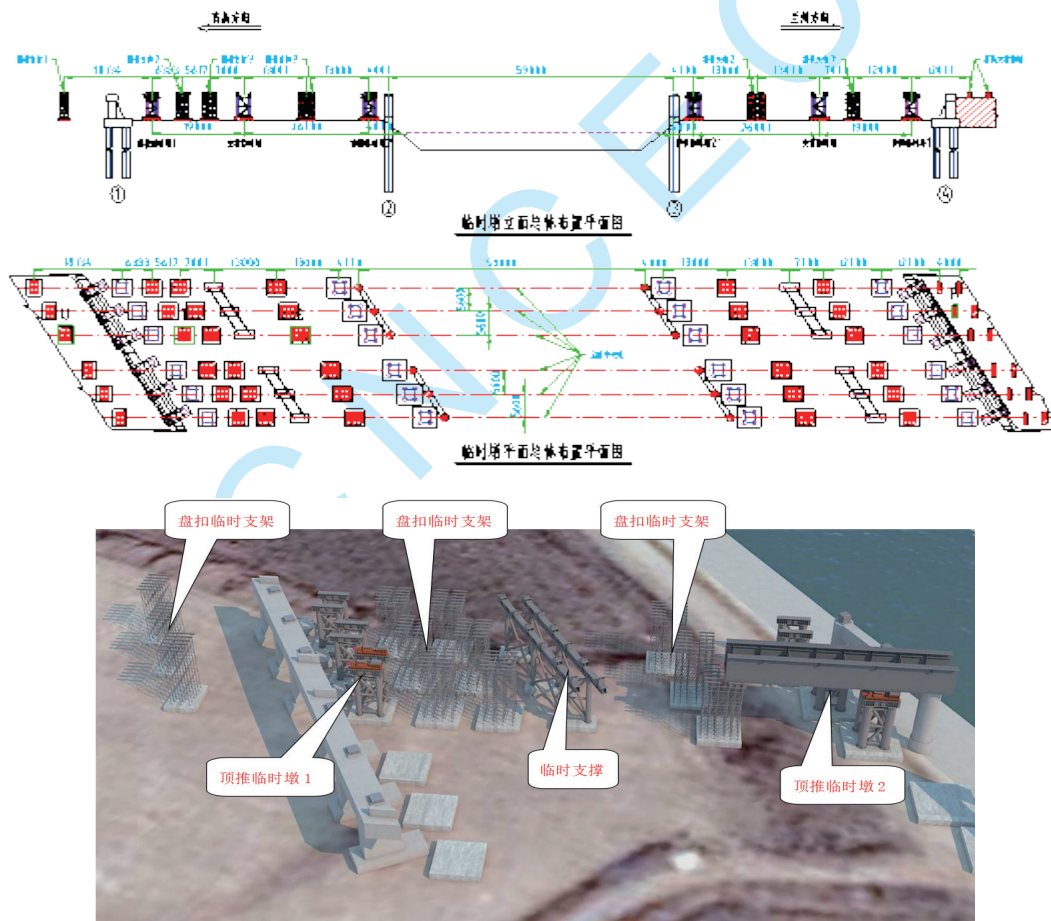
表 34-69 顶推施工梁施工质量标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	轴线偏位 (mm)		$\leq 10$	全站仪：每段测 2 处
2Δ	落梁反力 (kN)		满足设计要求；设计未要求时， $\leq 1.1$ 倍的设计反力	查油压表读数：检查全部
3Δ	支点高差 (mm)	相邻纵向支点	满足设计要求；设计未要求时， $\leq 5$	水准仪：检查全部
		同墩两侧支点	满足设计要求；设计未要求时， $\leq 2$	

## (二) 过程控制方法

### 1. 边跨顶推临时墩、临时拼装支架、临时支撑墩总体布置

全桥顺桥向共设置顶推临时墩、支撑墩和拼装支架（拼装支撑垫梁）。在边跨中间设置一个临时支撑墩，为后续桥面边跨混凝土桥面施工提供临时支撑。根据钢箱梁节段划分，在梁的接缝处在设置临时拼装支架。示意图如下：



顶推临时墩、临时支撑、临时支架总体布置三维示意图

### 2. 顶推临时墩、临时支撑墩

根据上部结构荷载受力计算进行临时墩设计，严格按照设计方案进行施工，不得随意变动结构、

杆件尺寸规格等，如确需更换，需重新进行受力检算。

基础施工具体工艺及质量控制参照桥梁工程基础 24.5.3 章节。基础施工时，注意预埋地脚螺栓或锚固钢筋，以保证钢管柱脚与钢筋混凝土基础连接牢靠。预埋地脚螺栓或锚固钢筋需与基础钢筋网片进行焊接，焊接质量满足规范要求，预埋深度应符合设计要求。

临时墩立柱施工顺序按照先立柱吊装，再单墩平联，最后安装横纵向平联的顺序进行施工。

立柱按照设计方案规格及连接方式进行施工，钢管柱脚与钢筋混凝土基础锚固连接，钢管立柱纵横向用 I25a 型钢桁架进行整体连接，。

在顶推临时墩墩顶设置纵向 H 型钢垫梁，垫梁上设置顶推设备。垫梁直接放于钢管柱顶垫板上，采用段焊连接。

在临时支撑墩墩顶设置横向 H 型钢垫梁，垫梁上设置竖向垫块和横向顶撑反力梁，便于钢箱梁拼装时钢梁高程和轴线调节。垫梁直接放于钢管柱顶垫板上，采用段焊连接。

### 3. 临时拼装支架

为了能够满足每片钢梁纵向接缝位置都有拼装支架和施工平台，在顶推临时墩和临时支撑墩之间的钢梁节段接缝位置设置临时拼装支架。由于该拼装支架仅仅为钢梁拼装使用，施工时应进行受力计算，承载荷载一般较小，因此采用安拆便捷的盘扣支架。

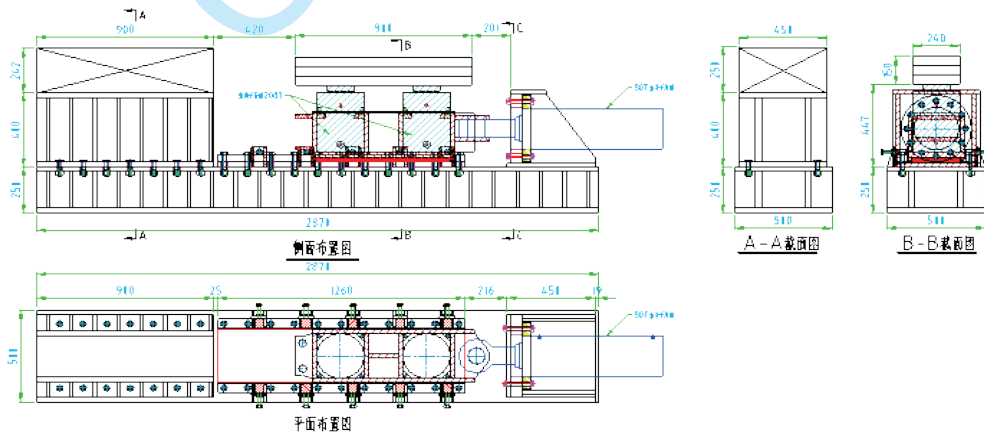
每个钢梁节段接缝处的盘扣支架横距为 60cm，纵距分为 60cm 和 90cm 两种，竖向横杆步距为 1.5m 为主，顶层步距为 50cm。

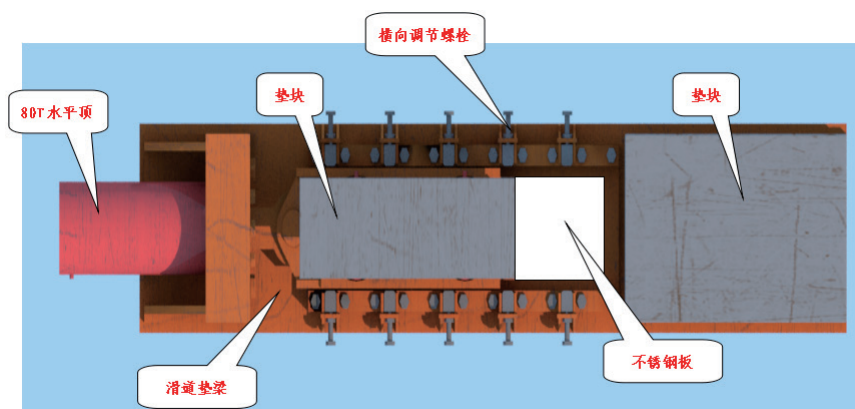
盘扣支架基础进行回填压实后，浇注厚度 15cm 混凝土基础，横向每片梁接缝处的盘扣支架基础分离布置。为了方便支架顶施工，可以在横杆上铺设脚手板作为施工平台。盘扣支架顶部根据设计方案设置 I20a 工字钢纵、横梁。

### 4. 步履式顶推系统配置

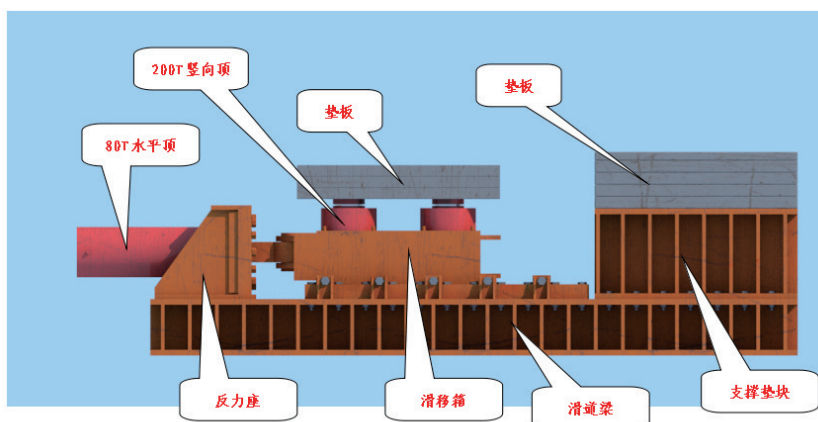
钢箱梁安装采用步履式多点顶推方式，由一套电气控制系统控制，使顶推系统在计算机控制下确保推力均衡保持同步。

顶推系统安装示意图如下：

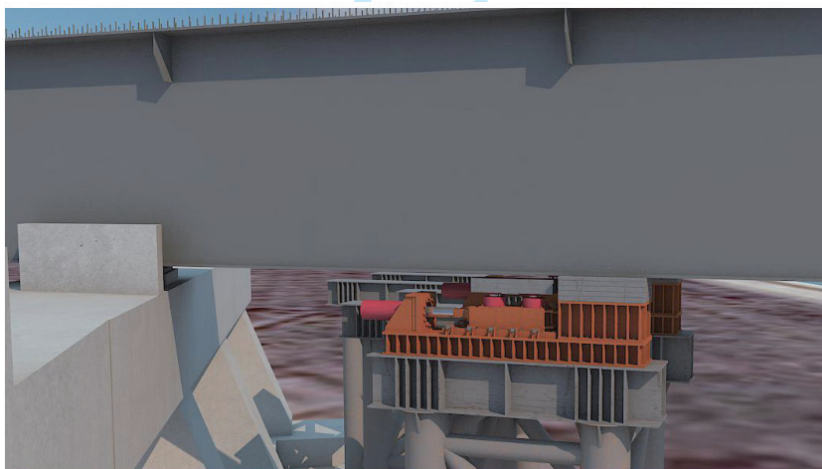




顶推设备平面示意图



顶推设备侧面示意图



顶推设备使用示意图

螺母锁紧油缸可以调整箱梁的标高，并使作用在油缸上的钢箱梁受到均衡的支撑力，系统自动监控支反力的大小并以此调整顶推油缸的顶推力，顶推钢箱梁前进到位。顶推力的大小通过临时墩单侧上的一个比例阀来调节；由位移传感器检测顶推油缸的位移，顶推力和位移（速度）均作为控制参数，在保证顶推力与支墩摩阻力相匹配的前提下，实现力和位移（速度）的综合同步控制。

本控制系统在每个临时墩上均设有一个分控制器，通过网络总线与主控制器连接，主控制器

实现对整个系统的集中控制,包括:顶升、顶推装置的控制,压力数据、位移数据的采集以及各种故障的报警。

#### 5. 顶推施工

顶推施工时,在墩台上设置导向装置,防止梁体在顶推过程中产生偏移。顶推过程中,对梁体的轴线位置、墩台的变形、梁挠度和应力变化等进行施工监测,发生异常情况时,应停止顶推,查明原因并进行处理后方可继续施工。

顶推时,至少应在两个墩上设置保险千斤顶。如遇顶推故障需采用竖向千斤顶将梁顶高时,最大顶升高度不得超过设计规定或不得大于 10mm,起顶的反力值不得大于计算反力的 1.1 倍。

平曲线连续梁顶推施工时,预制台座的平面及梁体均应按设计线形设置成圆弧形;导梁宜设置成直线形,但与主梁连接处应偏转一定角度,使导梁前端的中心落在设计线形的中线上。顶推应使梁体沿圆弧曲线前进。

竖曲线连续梁顶推施工时,预制台座高程应符合设计竖曲线的曲率;所需水平顶推力的大小,应考虑正负纵坡的影响。

千斤顶及其他顶推设备,在施工前应检查校正,采用多点顶推时,各点顶推应同步。如在每一个临时墩顶处各设置一组顶推设备,所有的顶推设备通过计算机控制系统进行统一控制。

施工步骤如下:

##### 步骤一:

- (1) 钢梁在厂内分节段加工制造;
- (2) 桥位施工临时墩、临时支撑墩和钢梁拼装支架;
- (3) 安装顶推设备和操作系统,并进行调试,做好钢箱梁安装的准备工作。

##### 步骤二:

- (1) 将钢梁节段运输至桥位;
- (2) 在边跨支架及桥台后侧支架上拼装钢梁,调整高程,焊接为一体。

##### 步骤三:

- (1) 拆除边跨内拼装盘扣支架,下落临时支撑墩,为下一步顶推做好准备;
- (2) 从桥台往主墩方向进行第一次顶推,将已拼装钢梁后侧端部顶推至桥台顶部,为后续接梁预留出空间。

##### 步骤四:

- (1) 顶起临时支撑墩,调整线形,拼装接长后续单片剩余所有钢梁;
- (2) 下落临时支撑,进行钢梁第二次顶推至合龙口;
- (3) 进行线形调整,主跨跨中完成合龙。

##### 步骤五:

- (1) 按照上述步骤流程,将单幅其他钢梁顶推到位并完成合龙。
- (2) 安装钢梁之间的横向联系。



步骤六：

- (1) 拆除顶推临时墩；
- (2) 顶起边跨跨中临时支撑墩，按要求调整钢梁高程；
- (3) 施工完成边跨桥面板钢筋混凝土并养护至龄期。

步骤七：

- (1) 拆除边跨跨中临时支撑；
- (2) 施工完成主墩墩顶钢筋混凝土并养护至龄期；
- (3) 按照设计图纸要求进行落梁施工；
- (4) 安装主墩和桥台支座；
- (5) 按照上述步骤流程完成左幅钢梁安装。

## 6. 钢箱梁落梁施工

桥面钢筋混凝土桥面板施工完成并养护至强度要求时，照设计图纸要求进行落梁施工。拆除墩、台上的滑动装置时，梁体的各支点应均匀顶起，其顶力应按设计支点反力的大小进行控制；顶起时相邻墩各顶点的高差不得大于 5mm，同墩两侧梁底顶起时高差不得大于 1mm。

落梁时，应按设计规定的顺序和每次的下落量分步进行，同一墩、台的千斤顶应同步运行；落梁反力的允许偏差应为  $\pm 10\%$  设计反力。永久支座应在落梁前进行安装。

## 7. 钢梁连接高强螺栓施工

### 7.1 高强度螺栓施拧准备

全桥高强度螺栓采用扭矩法施拧，施工前应作好施拧工艺试验和板面抗滑移系数试验。

栓接板面的清理：拼装前应清除所有降低栓接板摩擦面抗滑移系数的油迹、污垢，以及孔边、板边的飞边、毛刺和其它附着物。摩擦面必须无任何油漆。如果摩擦面在大气中暴露时间超过6个月，必须检查摩擦面有无影响或降低抗滑移系数数据的状况，有疑点时必须进行试验。对已经变质的摩擦面必须根据设计要求重新处理。

在拼装部位用醒目的颜色标示出不同规格的高强度螺栓使用区域线，并分别注明规格、数量。但标示线不得侵入高强度螺栓垫圈的范围。

全桥所有主桁立面的高强度螺栓，其螺母一律安装在节点板外侧。全桥平面及斜面的高强度螺栓，螺母一律朝上。横梁连接的高强度螺栓，其螺母一律安装在小桩号侧方向。个别部位的高强度螺栓，其螺母位置无法满足上述几点要求时，可由项目总工程师与相关单位沟通确定，但力求全桥一致。如设计另有规定，按设计规定执行。

### 7.2 高强度螺栓施拧

施工前必须仔细检查电源的情况，高强度螺栓施拧应该准备专用电源系统，电动扳手与电源稳压器连接，要求电源系统的电压波动范围在  $\pm 5\%$  以内，从而保证因电压的波动对施拧产生的不利影响。

高强度螺栓施拧前，应由脚手架工班将施工平台搭设好，螺栓施拧班在使用前要仔细检查脚

手架的安全性，并办好交接手续，同时注意确保所有的螺栓都有足够的作业面进行施拧作业。

穿放螺栓前，需将栓孔的尘土、浮锈清除干净。严禁强行穿入螺栓。对于螺栓不能自由穿入的栓孔，应用与栓孔直径相同的绞刀或钻头进行修整或扩钻。严禁气割扩孔。为防止钢屑落入板层缝中，绞孔或扩钻前应将该孔四周的螺栓全部拧紧。对于经绞孔或扩钻的构件及孔眼位置，应有施工记录备案。

组装时，螺栓头一侧及螺母一侧应各置一个垫圈，垫圈有内倒角的一面应朝向螺栓头、螺母支承面。

不得使用生锈、螺纹损坏、表面潮湿或有灰尘、砂土和表面状况发生变化的高强度螺栓。凡表面状况发生变化的高强度螺栓，应送回生产厂家重新进行表面处理。重新处理后，按原供货要求进行复验，合格后方可使用。

高强度螺栓施拧分两部分进行：初拧、终拧，拧紧应在螺母上施拧。初拧前应检查拼接部位的冲钉和高强度螺栓是否符合规定。在悬臂拼装时，拼装工班只要求一般拧紧，当悬挂好紧螺栓的脚手架后，螺栓施拧工班才进行初拧和终拧。初拧扭矩值为终拧扭矩值的 50%，终拧扭矩值由试验数据确定。

初拧完毕的高强度螺栓逐个用敲击法检查。初拧检查合格后，用白色油漆在螺栓、螺母、垫圈及构件上作划线标记，以便于终拧后检查有无漏拧以及垫圈或螺栓是否随螺母转动。检查方法是：螺栓、螺母、垫圈之划线均未错动者为漏拧；螺栓、螺母的划线未错动者为螺栓随螺母转动；螺母、垫圈的划线未错动者为垫圈随螺母转动。

一般使用电动扳手（常用扳手型号为：NLY-12T、NHY-17T 型、NVY-25T 型），不能使用电动扳手的部位，可用定扭矩带响扳手施拧。使用定扭矩带响扳手施拧时，要注意施力均匀，不得冲击施拧。

无论使用何种扳手施拧，对于插入式拼接的节点，应从节点刚度大的部位向不受约束的边缘方向施拧，其余均应以从螺栓群中间向外拧紧的顺序进行。为防止螺栓在施拧时出现卡游现象，施拧时必须用套筒扳手卡住螺栓头。

终拧时，施加扭矩必须连续、平稳，螺栓、垫圈不得与螺母一起转动，如果垫圈发生转动，应更换高强度螺栓连接副，按操作程序重新施拧。施拧完毕后用红色油漆在螺母上作出标记。

温度与湿度对扭矩系数影响很大，当温度与湿度变化较大时，可根据利用当天上桥的高强度螺栓，在扭矩、轴力测试系统（以下简称扭、轴仪）上标定电动扳手时所得的扭矩系数平均值，调整终拧扭矩。或根据计算公式推算各种温度  $T$ （℃）和各种相对湿度  $V$ （%）组合时的扭矩系数，调整终拧扭矩，确保结构安全。

高强度螺栓的初拧和终拧须在同一工作日内完成。终拧扭矩检查应在终拧 4h 以后、24h 以内完成。雨天不得进行高强度螺栓施拧。

高强度螺栓经终拧检查合格后，其螺栓头、螺母、垫圈的外露部分应立即涂装（雨天和严寒天气除外），板层尤其是朝上的缝隙应用腻子腻缝。摩擦板面涂环氧云铁中间漆二道及一道面漆后，

才允许拆除紧螺栓的脚手架。

## 8. 钢箱梁安装线形控制

### 8.1 轴线控制

由于钢箱梁设计平面线形为直线，因此在施工拼装时首先保证钢箱梁节段之间的平面匹配焊接为一条理论直线，在保证钢箱梁加工精度的同时，现场依靠匹配件和测量控制把钢箱梁连接成一条直线体。纵向节段拼装时，依靠测量轴线控制往后延续并定位钢箱梁，钢箱梁节段纵向之间连接成一条理论直线。临时墩上设置限位系统，保证钢箱梁在顶推过程中按照滑道的设置路线前进。在顶推过程中用全站仪全程进行轴线测量控制，根据测量结果随时进行调整，调整的措施可以利用临时墩顶的限位，在顶进的过程中进行横向左右顶撑滑移箱，改变钢箱梁行进的方向，以此达到纠偏的目的。另外可以利用两侧滑道钢箱梁顶推进速度不同，改变钢箱梁行进方向，达到纠偏目的。保证在顶推过程中轴线偏位控制在 5mm 之内。

### 8.2 竖向线形控制

钢箱梁标高控制主要是依靠拼装支架顶的千斤顶竖向调节装置，增设调节垫板，让钢箱梁在正确高程的状态下在总拼胎架上完成无应力焊接。

钢箱梁的曲率主要是依靠钢箱梁节段之间的转角来实现，而转角是依靠控制点的标高调整来实现，在钢箱梁的每个节段的前后端头均设置标高控制点，根据每次钢箱梁的曲率模拟结果来推算钢箱梁的标高变化，来调整前后端的标高，在标高调整的同时也就实现了钢箱梁相对之间的转角，最终实现钢箱梁的正确曲率，在顶推拼装支架上实现钢箱梁无应力状态线形。

在钢箱梁顶推过程中，各个临时墩顶设置有千斤顶顶升降落系统，可以随时调节钢箱梁的标高，每次顶推完成后，精确调整钢箱梁的标高，然后进行后续梁段的拼装。

### （三）质量检查要点及方法

#### 1. 多点顶推时，各点同步顶推

各点顶推设备接入一套控制系统统一控制，设备安装完成后试机调试，顶推前进行试顶推；设备移动或维修后同样进行试顶推；施工过程中各点安排专人监控设备并与控制中心保持联系，确保设备同步。

#### 2. 落梁反力控制

落梁采用千斤顶同步控制系统，实时监控落梁位移和千斤顶支点反力。

#### 3. 线形控制

首先保证梁体加工制作精度，拼装时进行测量定位及高程调整。墩顶设置限位系统，保证梁体在顶推过程中按照设置路线前进。在顶推过程中用全站仪全程进行轴线测量控制，根据测量结果随时进行调整。

各个临时墩顶设置有千斤顶顶升降落系统，可以随时调节钢箱梁的标高，每次顶推完成后，精确调整钢箱梁的标高，然后进行后续梁段的拼装。

#### 4. 高强度螺栓施拧质量

高强度螺栓施拧分初拧、终拧两部分进行，一般使用电动扳手，不能使用电动扳手的部位，可用定扭矩带响扳手施拧。初拧扭矩值为终拧扭矩值的 50%，终拧扭矩值由试验数据确定。

初拧完毕的高强度螺栓逐个用敲击法检查。初拧检查合格后，用白色油漆在螺栓、螺母、垫圈及构件上作划线标记，以便于终拧后检查有无漏拧以及垫圈或螺栓是否随螺母转动。

#### （四）质量通病及防治

##### 1. 合龙精度偏低。



防治措施：

1.1 采取措施控制钢箱梁拼装阶段的轴线偏差，预拼完毕后用红外线全站仪进行箱梁轴线放样，使钢箱梁节段纵向之间始终成一条理论直线。

1.2 临时墩上设置限位装置，进行钢箱梁拼装时高程和轴线调节，减小钢箱梁在拼装和顶推过程中的轴线偏差。

1.3 采用钢箱梁连接对孔辅助工具尺及施工方法，增加临时固定马凳、调整连接顺序和焊接方向，完善临时连接施工工艺。

1.4 临时拼装支架设计时，充分考虑施工过程中各工况荷载进行受力检算，减小支架变形。

##### 2. 高强度螺栓连接质量。

防止措施：

2.1 高强度螺栓、螺母、垫圈必须按生产批号配套使用。

2.2 严禁强行穿入螺栓，不得碰伤螺纹和沾染赃物。

2.3 使用前，检查扭矩扳手必须标定，其扭矩误差不得大于使用扭矩值的  $\pm 3\%$ 。

2.4 初拧完毕的高强度螺栓逐个用敲击法检查，用重约 0.3kg 的小锤敲击螺母对边的一侧，用手指紧按住螺母对边的另一侧进行检查，以防漏拧。

2.5 观察全部终拧后的高强度螺栓，检查初拧后用油漆标记的螺栓与螺母相对位置是否发生转动，以检查终拧有否漏拧。

#### 八、悬臂施工梁

##### （一）质量控制要求

##### 1. 实测项目

表 34-70 悬臂施工梁实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1 △	混凝土强 (MPa)		在合格标准内	按 JTGF80/1 附录 D 检查
2	轴线偏位 (mm)	$L \leq 100m$	$\leq 10$	全站仪：每个节段测 2 处
		$L > 100m$	$\leq L/10000$	
3	顶面高程 (mm)	$L \leq 100m$	$\pm 20$	水准仪：每个节段测 2 处
		$L > 100m$	$\pm L/5000$	
4 △	纵断高程 (mm)	高度	$+5, -10$	尺量：每个节段测一个断面
		顶宽	$\pm 30$	
		底宽	$\pm 20$	
		顶、底、腹板厚	$+10, 0$	
5	合龙后同跨对称点高程差 (mm)	$L \leq 100m$	$\leq 20$	水准仪：每跨梁底对称点测 6 处
		$L > 100m$	$\leq L/5000$	
6	顶面横坡 ( )		$\pm 0.15$	水准仪：每节段测 2 处
7	平整度 (mm)		$\leq 8$	2m 直尺：每节段每侧面测 1 处，测竖直、水平两个方向
8	相邻梁段间错台 (mm)		$\leq 5$	尺量：测底面、侧面

## (二) 过程控制方法

### 1. 挂篮要求

1.1 挂篮应由施工单位根据实际情况设计，并经第三方复核算，委托专业钢结构厂家生产。

1.2 一般挂篮设计根据使用习惯单独设计，几项重要设计指标应满足以下要求：

1.2.1 最大载重能力应满足设计要求，设计无要求时，应为实际施工荷载的 1.2 ~ 1.5 倍之间；

1.2.2 最大荷载工况下，在浇筑混凝土前后，前吊点最大挠度差值不应超过 20mm，抗倾覆安全系数等不应小于 2；

1.2.3 挂篮与悬浇段砣的质量比宜控制在 0.3 ~ 0.5；

1.2.4 主要由主纵桁梁、行走系统、底篮及后锚系统组成；

1.2.5 挂篮行走系统应采用自锚机构，不宜使用配重走行方式，自锚行走机构及轨道必须满足局部应力集中的极端工况验算；

1.2.6 挂篮主桁架不得影响竖向预应力张拉作业；

1.2.7 挂篮上应设计牢固的通向各个工作面的安全通道、临边防护护栏、照明接入点、喷淋养生水管接入点、张拉吊具吊点、小型机具及材料存放柜等配套设施；

1.2.8 采用标准化设计，保证大多数构件的通用性，避免因使用中构件材料损坏影响施工，外模板应采用大块整体钢模、内模可用钢木组合模板，对变横坡桥梁，模板应设计相应调节顶杆随动调整；

1.2.9 对特种钢材的使用应慎重，尽量采用普通材料构件；挂篮吊带宜采用 Q345 钢吊带，钢

吊带间应采用夹板方式连接，且连接件应具有防松脱措施。

1.2.10 构件尺寸不宜过大，避免运输、吊装、拼装不便；

1.2.11 构件联接宜用销接或栓接模式，尽量减少焊联方式；

1.2.12 挂篮设计检算书，应包含以下几部分：设计依据、使用软件、原材强度取值及依据，原始数据及说明、计算结果及说明、细部结构验算结果及说明、工况分解使用说明书、拼装拆除作业指导书、预留孔位置示意图；

1.2.13 挂篮设计应考虑合龙段施工之需要，以及梁体各断面尺寸之要求。

## 2. 挂篮加工基本要求

2.1 进行加工图交底，明确特殊要求；宜选用正规钢结构加工厂商进行加工制作；

2.2 加工图纸中应对焊缝厚度、焊接部位、焊接方式、焊剂材料做出明确要求，加工过程中应严格遵守对不同材料、构件的焊接要求；

2.3 所有构件的预留孔均应有台钻式磁力钻钻孔，禁止用气割烧孔；

2.4 模板尺寸应通过放样严格控制，对变截面桥梁结构应采用应调机构来满足不同尺寸的要求；

2.5 构件加工精度应严格按图纸要求执行，避免拼装时构件不匹配；

2.6 所有构件外露面应涂刷一道防锈漆及一到橘红色亮光漆，所有螺栓孔及旋转机构均应用黄油涂抹防护；

## 3. 挂篮验收要求

3.1 试拼合格（主桁架部分）；

3.2 特种材料要有满足要求的合格证书或材质报告；

3.3 构件按清单查收。

## 4. 挂篮静载试验要求

挂篮预压方案必须经审批合格后方可实施，挂篮预压荷载应为设计荷载的 120%。若挂篮在制作厂家做静载试验，现场必须先堆载 40% 消除非弹性变形。挂篮静载试验目的在于取得挂篮结构刚度与挠度值之间的线性关系，同时检验结构自身的安全性。静载试验方法必须满足以下要求：

4.1 荷载值取用应选取对挂篮施工的最不利工况进行验算（并不一定是最大重量的节段）；

4.2 试验中荷载等级应按以下几级分别计算：

4.2.1 模板安装完毕为初始状态；

4.2.2 加载到钢筋绑扎完毕

4.2.3 加载到底板砼浇筑完毕

4.2.4 加载到腹板砼浇筑完毕

4.2.5 加载到顶板砼浇筑完毕

4.2.6 超载 20% 荷载状态，如此反复加载减载 3 次，每阶段均做记录。

4.3 数据处理及静载试验报告的编制要求

静载试验报告应包含以下几方面内容：



#### 4.3.1 编制依据（图纸、计算书）

#### 4.3.2 方案执行程序

#### 4.3.3 加载等级计算结果列表及图示

#### 4.3.4 加载设备及各项荷载换算的配重量或油表读数；

#### 4.3.5 各级读数下的挠度测量结果（监理签认）；

#### 4.3.6 数据分析表及结论。

### 5. 0# 段施工技术要求

5.1 方案设计包含托架或支架设计（托架、支架应由厂家生产），地基处理方案、临时墩设计，预埋件位置交底等；

5.2 地基承载力应满足设计要求并做好地面排水沟及集水井；

5.3 严格按设计方案要求及规范要求加设剪刀撑、扫地杆等构件，并进行超载预压；

5.4 0# 段模板、托架式支架应考虑到悬灌施工挂篮安装及推进的技术要求；

5.5 0# 段临时墩设计应满足拉压双重荷载工况之要求，建议使用易于拆装的钢结构或带有隔离夹板的高标号混凝土结构；

5.6 0# 段宜一次浇筑成型；

5.7 0# 段隔墙厚度 $\geq 1.5\text{m}$ 的应设冷却水管，防止水化热导致内外温差过大；

5.8 混凝土浇筑应按由外向内分层对称浇筑，分层厚度不大于 $30\text{cm}$ ；

5.9 模板应采用整体式钢模，垫块应采用高强砼垫块。

### 6. 悬臂浇筑施工要求

6.1 挂篮拼装应由加工厂家派专人现场指导，由持有起重工、架子工职业资格证书的从事过类似挂篮安装的熟练工人进行安装作业；

6.2 拼装完毕后应由施工单位、监理工程师组成验收小组，对挂篮的构件、联接高强螺栓、销子、吊杆、螺母进行联合验收；

6.3 正式施工前应由专项安全、技术交底，并签认交底记录；

6.4 纵坡 $\geq 2\%$ 时，挂篮应设置限位装置，防止其纵向滑移；

6.5 悬浇过程混凝土供应应保持对称，宜采用可控方向的三通泵管来控制，最大容许不平衡重应以临时墩设计数据控制，但实际施工中宜控制混凝土偏差方量为 $1 \sim 2\text{m}^3$ ；

6.6 每个节段都应组织箱内裂缝检查。出现裂缝时，必须画出裂缝图，对裂缝进行定期观测，并建立技术档案；

6.7 悬臂浇筑梁段养护应采取固定喷淋与人工辅助洒水养护相结合的方法，确保梁体表面在养护期内保护湿润；

6.8 悬臂浇筑混凝土配比试验除强度指标外，还应做弹模指标，确定 $85\%$ 及 $100\%$ 弹模的龄期时间，以做为节段张拉时间的依据；

6.9 所有顺桥向预应力管道应在混凝土浇筑时使用衬管防止漏浆；

6.10 根据设计图纸设置安全且便于使用的施工通道及工作平台；

6.11 当墩高超过 30m 宜选用塔吊作为材料垂直提升设备，当墩高超过 40m 时宜选用施工电梯作为人员上下提升设备。

#### 7. 边跨现浇段施工

7.1 支架基础处理要保证除承载直线段荷载外还需要承载合龙段施工荷载，合龙段一侧地基应做适当加强处理，确保承载力满足设计要求；

7.2 现浇段托架式支架，设计除应满足最基本的承载力及稳定性要求外，还应满足合龙段偏压承载的要求；

7.3 现浇段施工应根据合龙段方案预留合龙段施工相关的预埋件及预留孔道；

7.4 现浇段支架应进行超载预压。

7.5 现浇段的支架应设置预应力施加及温度作用下保证水平位移的装置。

#### 8. 合龙段施工

8.1 现浇梁合龙方案必须提前报业主、监理及桥梁施工监控单位，经审批通过后方能施工。连续梁或连续刚构中跨合龙（指合龙段型钢骨架焊接）应在一天中的低温时间进行。如因两端位置误差波纹管不平顺，则应增设防崩钢筋。

8.2 合龙段配重方案是合龙施工的关键，应按工序逐一计算每一工况配重量，并根据容许不平衡重最大值逐一确定配重操作作业交底；合龙前应在两端悬臂预加重，并于混凝土浇筑过程中逐步撤除，即浇筑混凝土的重量与压重减少量相等，使两端悬臂挠度始终保持稳定。

8.3 配合材料的准备及运输，加载过程应有专人指挥，根据浇筑混凝土进展，统一调度。

#### （三）质量检查要点及方法

1. 悬臂浇筑或合龙段浇筑所用的砂、石、水泥、水及添加剂的质量和规格，必须符合规范和设计要求。

2. 悬浇块件前，必须对 0 号块的高程、桥轴线作详细复核，符合设计要求后，方可进行悬浇。

3. 悬臂施工必须对称进行，并确保轴线和挠度达到设计要求和在允许误差范围内。

4. 在施工过程中，梁体不得出现受力裂缝。出现裂缝时，必须查明原因，经过处理后方可继续施工。

5. 悬浇施工过程控制宜遵循变形和内力双控的原则，且宜以变形控制为主。

6. 必须确保接头质量，拆模后立即进行人工凿毛，相邻块段的接缝平整密实，色泽一致，棱角分明，无明显错台。

7. 线形平顺，梁顶面平整，每孔无明显折变。

#### （四）质量通病及防治

##### 1. 质量通病

1.1 墩顶梁段（0# 段）临时固结不牢；

1.2 中跨合拢段施工线形偏差过大；

### 1.3 0# 段两侧安装挂篮的起始节段（起步段）线形偏差过大；



墩顶梁段（0# 段）临时固结不牢



中跨合拢段施工线形偏差过大



0# 段两侧安装挂篮的起始节段（起步段）线形偏差过大

## 2. 中跨合拢段施工线形偏差过大防治方法

### 2.1 墩顶梁段（0# 段）临时固结不牢防治方法

2.1.1 正确选用临时固结方式和采用可靠的支承措施。

2.1.2 临时固结或支承措施的要求是固结和支承可靠，确保施工中的稳定与安全，同时又能在体系转换时，方便快捷地解除约束。

2.1.3 正确设置临时支座。

2.1.4 按照设计要求，正确制定合拢段施工顺序。

### 2.2 0# 段两侧安装挂篮的起始节段（起步段）线形偏差过大防治方法

2.2.1 为拼装挂篮，需在桥墩中心两侧先用支架浇筑一定长度的梁段，称为起步段。其施工支架可视实际情况，分别支承在墩身、承台或经过加固的地基上。该起步段可在 0# 段完成后利用支架对称浇筑，亦可将起步段与零号段同时浇筑。

2.2.2 起步段应有足够的长度能满足两侧拼装挂篮的作业长度。同时确定其长度时应与全桥节段施工相协调，混凝土工艺与机械设备应与工程量相配套。

2.2.3 施工支架的长度视所选用的挂篮拼装的需要而定。支架顶面应与箱梁底面纵向线形的变化一致。支架有扇形、门形等。

2.2.4 为了减少支架变形，除了考虑支架的强度和刚度外，还应尽可能增大支架的整体性，并采用等荷载预压，设置抛高及调整措施，以减少支架变形对混凝土箱梁质量的影响。

2.2.5 支架上模板安装及混凝土浇筑,应符合模板施工和混凝土施工的要求。

## 九、桥面系和附属工程

### (一) 质量控制要求

#### 1. 混凝土桥面板防水层

1.1 混凝土桥面板桥面防水层应符合下列基本要求:

1.1.1 防水层材料之间应具有相容性,并应至少有不低于桥面沥青混凝土铺装层使用年限的寿命,具有适应动荷载及混凝土桥面开裂时不损坏的性能。

1.1.2 混凝土与防水层的结结面应坚实、平整、清洁、干燥,无垃圾、尘土、油污与浮浆,表面处理应满足设计要求。

1.1.3 应按设计要求的工艺施工,施工环境条件应满足防水材料的要求。预计涂料表面在干燥前会下雨,则不应施工。施工过程中,严禁踩踏未干的防水层。防水层养护结束后、桥面铺装完成前,行驶车辆不得在其上急转弯或紧急制动。

1.1.4 防水层与泄水孔、护栏、路缘石等衔接处的防水构造应满足设计要求。

1.1.5 卷材、胎体长度及宽度方向的搭接应满足设计要求,不得出现横向通缝。

1.2 混凝土桥面板桥面防水层实测项目应符合表 34-71 的规定。

表 34-71 防水层施工质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1Δ	防水涂膜厚度 (mm)	符合设计规定,设计未规定时, $\pm 0.1$	测厚仪:每 200m <sup>2</sup> 测 4 点或按材料用量推算
2Δ	粘结强度 (Mpa)	不小于设计要求,且 $\geq 0.3$ (常温)	拉拔仪:每 200m <sup>2</sup> 测 4 点 (拉拔速度: 10mm/min)
3Δ	抗剪强度 (Mpa)	不小于设计要求,且 $\geq 0.4$ (常温)	剪切仪:1 组 3 个 (剪切速度: 10mm/min)
4Δ	剥离强度 (N/mm)	不小于设计要求,且 $\geq 0.3$ (常温)	90° 剥离仪:1 组 3 个 (剥离速度: 100mm/min)

#### 2. 混凝土桥面铺装

2.1 混凝土桥面铺装应符合下列基本要求:

2.1.1 沥青混凝土、水泥混凝土桥面应符合本教材第二十四章第四节的规定。

2.1.2 桥面泄水孔进水口附近的铺装应有利于桥面积水和渗入水的排除,泄水孔数量不得少于设计要求。

2.2 混凝土桥面铺装实测项目应符合表 34-72 的规定。

表 34-72 桥面铺装施工质量标准

项次	检查项目			规定值或允许偏差		检查方法和频率
1Δ	强度或压实度			在合格标准内		按《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80) 附录 B 或 D 检查
2Δ	厚度 (mm)			+10, -5		以同梁体产生相同下挠度形的点为基准点,测量桥面浇筑前后相对高差:每 100m 测 5 处
	平整度	高速、一级公路		沥青混凝土	水泥混凝土	平整度仪:全桥每车道连续检测,每 100m 计算 IBI 或 $\sigma$
				IRI(m/km)	2.5	3
				$\sigma$ (mm)	1.5	1.8



项次	检查项目			规定值或允许偏差	检查方法和频率
		其他公路	IRI(m/km )	4.2	
			$\sigma$ （ mm ）	2.5	
			最大间隙 $\lambda$ (mm)	5	3m 直尺：每 100m 测 3 处 ×3 尺
4	横坡（ % ）	水泥混凝土		± 0.15	水准仪：每 100m 检查 3 个断面
		沥青路面		± 0.3	
5	抗滑构造深度			符合设计要求	砂铺法：每 200m 查 3 处

注：1. 表中  $\sigma$  为平整度仪测定的标准差；IRI 为国际平整度指数；h 为 3m 直尺与面层的最大间隙。

### 3. 支座安装

#### 3.1 支座安装应符合下列基本要求：

3.1.1 支座的类型、规格和技术性能应满足设计要求和有关规范的规定，具有产品合格证，经验收合格后方可安装。

3.1.2 对先安装后灌浆的支座，灌浆材料性能应满足设计要求，灌注密实，不得出现空洞、缝隙。

3.1.3 支座上下各部件纵轴线应对正。当安装时温度与设计要求不同时，应通过计算设置支座顺桥向预偏量。

3.1.4 支座不得发生偏歪、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，安装前应涂上硅脂油。

3.1.5 支座与桥梁上、下部的连接应满足设计要求并符合施工技术规范的规定。

3.1.6 支座钢构件及连接件表面应按设计要求进行防护处理。

#### 3.2 支座安装实测项目应符合表 34-73 的规定。

表 34-73 支座施工质量标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1Δ	支座中心横桥向偏位 (mm)		$\leq 2$	尺量：测每支座
2	支座中心顺桥向偏位 (mm)		$\leq 5$	尺量：测每支座
3Δ	支座高程 (mm)		$\pm 10$	水准仪：测每支座中心线
4	支座四角高差 (mm)	承压力 $\leq 5000\text{KN}$	$\leq 1$	水准仪：测每支座
		承力 $>5000\text{KN}$	$\leq 2$	

注：对直接安放于垫石上的支座，表中项次 4 不检查。

### 4. 伸缩装置安装

#### 4.1 伸缩装置安装应符合下列基本要求：

4.1.1 伸缩装置种类、规格及技术性能应满足设计要求并符合有关规范的规定，具有产品合格证，并经验收合格后方可安装。

4.1.2 伸缩装置两侧混凝土的类型和强度应满足设计要求，预埋锚固钢筋定位准确、无缺失。

4.1.3 伸缩装置处不得积水。

#### 4.2 伸缩装置安装实测项目应符合表 34-74 的规定。

表 34-74 伸缩装置施工质量标准

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
2Δ	缝宽（mm）		满足设计要求	尺量：每道 2 处
3Δ	与桥面高差（mm）		2	尺量：每道 3-7 处
4	纵坡（%）	一般	± 0.5	水准仪：测量纵向锚固砼端部 3 处
		大型	± 0.2	水准仪：测量沿纵向伸缩缝端两侧 3 处
5	横向平整度 (mm)		3	用 3m 直尺测量：每道
6	焊缝尺寸		满足设计要求；设计未要求时，按焊缝质量二级	量规：检查全部，每条焊缝检查 2 处
7Δ	焊缝探伤			超声法：检查全部

注: ★项次 2 应按安装时气温折算。

★项次 6、7 应为工地焊缝。

### 5. 人行道铺设

5.1 人行道铺设应符合下列基本要求:

5.1.1 人行道各构件应连接牢固。

5.1.2 人行道板应在人行道梁锚固后方可铺设, 并应坐浆密实。

5.1.3 地砖应粘贴牢固, 无空鼓、裂缝。

5.2 人行道铺设实测项目应符合表 34-75 的规定

表 34-75 人行道铺装施工质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	人行道边缘平面偏位 (mm)	≤ 5	全站仪、钢尺: 每 200m 测 5 处
2	纵向高程 (mm)	+10, 0	水准仪: 每 200m 测 5 处
3	接缝两侧高差 (mm)	≤ 2	尺量: 抽查 10% 接缝, 测接缝高差最大处
4	横坡 (%)	± 0.2	水准仪: 每 200m 测 5 处
5	平整度 (mm)	≤ 5	3m 直尺: 每 200m 测 5 处

注: 桥长不满 200m 者, 按 200m 处理。

### 6. 混凝土防撞护栏施工

6.1 混凝土护栏应符合下列基本要求:

6.1.1 护栏上的钢构件应焊接牢固, 并按设计要求进行防护。

6.1.2 护栏的断缝、假缝的设置应满足设计要求。

6.1.3 应按设计要求的施工阶段安装护栏。

6.2 混凝土护栏实测项目应符合表 34-76 的规定。

表 34-76 混凝土防撞护栏施工质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1Δ	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80) 附录 D 检查
2	平面偏位 (mm)	4	经纬仪、钢尺拉线检查: 每 100m 检查 3 处
3Δ	断面尺寸 (mm)	± 5	尺量: 每 100m 每侧检查 3 处
4	竖直度 (mm)	4	吊垂线: 每 100m 每侧检查 3 处
5	预埋件位置 (mm)	5	尺量: 每件



## （二）过程控制方法

### 1. 混凝土桥面板防水层施工控制方法

1.1 桥面防水层的层数和采用的材料应符合设计要求，材料的性能和质量应符合产品相应标准的规定。

1.2 铺设桥面防水层时应按照下列方法进行质量过程控制：

1.2.1 防水层材料应在进场时进行检测，在符合产品的相应标准后方可使用。

1.2.2 铺设防水材料前应清除桥面的浮浆和各类杂物。

1.2.3 防水层在横桥向应闭合铺设，底层表面应平顺、干燥、干净。防水层不宜在雨天或低温下铺设。

1.2.4 防水层通过伸缩缝或沉降缝时，应按设计规定铺设。

1.2.5 水泥混凝土桥面铺装层当采用织物与沥青黏合的防水层时，应设置隔断缝。

1.2.6 防水层施工完成后，在未达到规定的时间内，不得开放交通。

### 2. 混凝土桥面板桥面铺装施工控制方法

2.1 沥青混凝土桥面铺装的施工应按照下列方法进行质量过程控制：

2.1.1 铺装的层数和厚度应符合设计规定，铺装前应对桥面进行检查，桥面应平整、粗糙、干燥、整洁。铺筑前洒布黏层沥青。

2.1.2 当采用刻槽方式增加沥青混凝土铺装层与混凝土桥面的啮合，提高其抗滑能力时，刻槽的宽度宜为 20mm，槽间距宜为 20mm，槽深宜为 3~5mm。

2.1.3 沥青混凝土的配合比设计、铺筑及碾压等施工，应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）及本教材第 24.4.3.2 条的有关规定。

2.2 水泥混凝土桥面铺装的施工应按照下列方法进行质量过程控制：

2.2.1 铺装的厚度、材料、铺装层结构、混凝土强度、防水层设置等均应符合设计规定。

2.2.2 桥面铺装工作应在梁体的横向联结钢板焊接工作或湿接缝浇筑完成后，方可进行。

2.2.3 铺装施工前应使梁、板顶面粗糙，清洗干净，并应按设计要求铺设纵向接缝钢筋和桥面钢筋网。

2.2.4 水泥混凝土桥面铺装，其做面应采取防滑措施，并宜分两次进行，第二次抹平后，应沿横坡方向拉毛或采用机具压槽，拉毛或压槽的深度应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG F30）的有关规定。

2.2.5 水泥混凝土桥面铺装如设计为防水混凝土，施工时应按照防水混凝土的相关规定执行；纤维水泥混凝土桥面铺装的施工，可参照现行行业标准《纤维混凝土结构技术规程》（CECS 38）的规定执行。

### 3. 支座安装施工控制方法

3.1 支座的规格、性能应符合设计要求，并应符合相应产品标准的规定。支座在使用前，应对其规格和技术性能进行核对检查，不符合设计要求的不得用于工程中。对有包装箱保护的支座，

在安装前方可拆箱，并不得随意拆卸支座上的固定件。

3.2 支座在安装前，应对支座垫石的混凝土强度、平面位置、顶面高程、预留地脚螺栓孔和预埋钢垫板等进行复核检查，确认符合设计要求后方可进行安装。支座垫石的顶面高程应准确，表面应平整、清洁；对先安装后填灌浆料的支座，其垫石的顶面应预留出足够的灌浆料层的厚度。

3.3 支座安装时，应分别在垫石和支座上标出纵横向的中心十字线。安装完成的支座应与梁在顺桥方向的中心线相平行或重合，且支座应保持水平，不得有偏斜、不均匀受力和脱空等现象。

3.4 板式橡胶支座应符合现行行业标准《公路桥梁板式橡胶支座》（JT/T 4）的规定，其安装施工应按照下列方法进行质量过程控制：

3.4.1 支座在顺桥向和横桥向的方向、位置应准确，安装时应进行检查核对，避免反置。

3.4.2 当顺桥向有纵坡导致两相邻墩（台）的高程不同时，支座安装对高程的控制应符合设计规定，且同一片梁（板）在考虑坡度后其相邻墩垫石顶面高程的相对误差不得超过 3mm。梁、板吊装时，就位应准确且其底面应与支座密贴，否则应将梁、板吊起，重新调整就位安装；安装时不得采用撬棍移动梁、板的方式进行就位。

3.5 盆式支座应符合现行行业标准《公路桥梁盆式支座》（JT/T 391）的规定，其安装施工应按照下列方法进行质量过程控制：

3.5.1 梁、板底面和垫石顶面的钢垫板应埋置稳固。垫板与支座间应平整密贴，支座四周不得有 0.3mm 以上的缝隙，并应保持清洁。

3.5.2 活动支座的聚四氟乙烯板和不锈钢板不得有刮伤、撞伤。氯丁橡胶板块应密封在钢盆内，应排除空气，保持紧密。

3.5.3 活动支座安装前应采用适宜的清洁剂擦洗各相对滑移面，擦净后应在四氟滑板的储油槽内注满硅脂类润滑剂。

3.5.4 盆式支座的顶板和底板可采用焊接或锚固螺栓栓接在梁体底面和垫石顶面的预埋钢板上。采用焊接时，应对称、间断焊接，并应防止温度过高对橡胶板、聚四氟乙烯板以及对周边混凝土产生影响；焊接完成后，应在焊接部位作防锈处理。安装锚固螺栓时，其外露螺杆的高度不得大于螺母的厚度。

3.5.5 对跨数较多的连续梁，支座顶板纵桥向的尺寸，应考虑温度、预应力、混凝土收缩与徐变等影响因素引起的梁长变化，保证支座能正常工作。

3.6 球型支座应符合现行国家标准《桥梁球型支座》（GB/T 17955）的规定，其安装施工应按照下列方法进行质量过程控制：

3.6.1 支座的安装高度应符合设计要求，安装时应保证支座平面的水平，支座支承面的四角高差不得大于 2mm。

3.6.2 安装支座板及地脚螺栓时，在下支座板四周宜采用钢楔块进行调整，使支座水平。支座在安装过程中不得松开上顶板与下底盘的连接固定板。

3.6.3 灌浆料应采用质量可靠的专用产品，灌浆应饱满、密实。灌浆料硬化并达到规定的强度后，



应及时拆除支座四角的临时钢楔块，楔块抽出的位置应采用相同的灌浆料填塞密实。

3.6.4 在梁体安装完毕或现浇混凝土梁体形成整体并达到设计强度后，张拉梁体预应力之前，应拆除支座上顶板与下底盘的连接固定板，解除约束使梁体能正常转动和位移。

3.6.5 拆除连接固定板后，应对支座进行清洁，检查无误后灌注硅脂，并应及时安装支座外防尘罩。

3.6.6 当支座采用焊接连接时，应在支座准确定位后，采用对称、间断的方式焊接。焊接时应采取适当措施防止损伤支座的钢构件、聚四氟乙烯板、硅脂以及周边的混凝土等；焊接后应对焊接部位作防锈处理。

#### 4. 伸缩装置施工控制方法

4.1 施工前对伸缩装置的规格、性能进行检查，确保符合设计要求，并符合现行行业标准《公路桥梁伸缩装置》（JT/T 327）的规定。

4.2 施工前对伸缩装置安装预留槽口的尺寸进行检查，确保槽口尺寸符合设计规定，锚固钢筋位置准确。伸缩装置安装前应将预留槽口清理干净。

4.3 伸缩装置宜在桥面铺装完成后，采取反开槽的方式进行安装；当采取先安装再铺装桥面的方式时，应采取有效措施对安装好的伸缩装置进行妥善保护。

4.4 伸缩装置安装前，应按照现场的实际气温调整其定位值。安装固定后，两侧过渡段的混凝土宜在接缝伸缩开放状态下进行浇筑，浇筑时应采取措施防止已定位固定的构件移位，并应在浇筑后及时养护，养护时间应不少于 7 天。

4.5 梳齿板式伸缩装置安装时，应采取措施防止产生梳齿不平、扭曲和变形等现象，并应对梳齿间隙的偏差进行控制，在气温最高时，梳齿的横向间隙应不小于 5mm，齿板的间隙应不小于 15mm。

4.6 橡胶伸缩装置的安装施工应按照下列方法进行质量过程控制：

4.6.1 安装前应检查桥面端部预留槽口的尺寸及钢筋，确认无误后方可进行安装。采用后嵌式橡胶伸缩体时，应在桥面混凝土干燥收缩完成且徐变亦大部完成后再进行安装。

4.6.2 安装前应将预留槽口的混凝土表面清理干净，并涂防水胶黏材料。应根据气温和缝宽，进行必要的调整后，再将伸缩装置安装就位，且安装后应使其处于受压状态。

4.6.3 应根据安装时的环境温度计算并设置伸缩装置的模板宽度与螺栓间距，将加强钢筋与螺栓焊接就位后，再浇筑过渡段的混凝土并洒水养护。

4.6.4 向伸缩装置螺栓孔内灌注防腐剂后，应及时盖好盖帽。

4.7 模数式伸缩装置所用的异形钢梁沿长度方向的直线度应满足 1.5mm/m、全长应满足 10mm/10m 的要求；钢构件外观应光洁、平整，不得扭曲变形，且应进行有效的防腐处理。伸缩装置应在工厂进行组装，出厂时应附有效的产品质量合格证明文件；吊装位置应采用明显颜色标明；在运输和存放过程中应避免阳光直接暴晒或雨淋雪浸，并应保持清洁，防止变形。其安装施工应按照下列方法进行质量过程控制：

4.7.1 安装前应检查核对预留槽口尺寸和预埋锚固筋,不符合设计要求时应进行处理,满足设计要求后方可进行安装,并应根据安装时的气温确定安装的定位值。

4.7.2 安装时宜采用专用卡具将其固定,伸缩装置的中心线应与桥梁中心线重合,顶面高程应与设计高程相吻合;绑扎其他钢筋和铺设防裂钢筋网等工作,应在按桥面横坡定位、焊接固定后进行。

4.7.3 浇筑过渡段混凝土前应将间隙填塞;浇筑时应防止混凝土渗入伸缩装置的位移控制箱内,或撒落在密封橡胶带缝中及表面,如发生此现象,应立即清除;浇筑后应将填塞物及时取出。

4.7.4 伸缩装置两侧的过渡段混凝土应覆盖洒水养护不少于7天,其强度满足设计要求后,方可开放交通。

## 5. 人行道铺装施工控制方法

### 5.1 路缘石施工按照下列方法进行质量过程控制:

5.1.1 路缘石施工在路缘石靠行车道一侧,按照设计每10m定一平面控制点,标记在安置路缘石的位置。

5.1.2 安装路缘石时,在相邻间隔10m的路缘石顶面挂线以控制上口标高,保证上口平齐;路缘石内侧以C15混凝土砌筑。

5.1.3 采用M7.5砂浆勾缝,勾缝宽 $<1\text{cm}$ ,缝宽均匀,勾缝密实。

### 5.2 人行道板铺装施工按照下列方法进行质量过程控制:

5.2.1 铺砌前应对石板、透水砖等步道板进行挑选,有明显外观缺陷(如:严重翘角、破损、色差过大等)的步道板不得使用。

5.2.2 铺砌前,先铺一层30mm厚的M10水泥干拌砂层,所用水泥、砂子必须拌和均匀;3铺砌前用纵横线控制纵横缝,并用水准仪控制其高程。铺砌步道板时应轻轻平放,板块铺上时略高于路缘石顶面水平线,然后用橡胶锤轻轻敲实。摊铺面积不宜过大,步道板随铺垫层随砌;水泥干拌砂层不平时,应拿起彩砖重新找平,严禁向砖底填塞砂浆或支垫碎石等。

5.2.3 铺砌步道板的过程中除采用挂线控制纵、横缝外,还必须配备3米直尺、钢尺等控制平整度;铺砌过程中,步道板人行道平整度允许偏差不超过3mm,相邻块错台允许偏差不得大于2mm,相邻砖间隙不得大于4mm。

5.2.4 每工作面铺砌5m并检验合格后,应及时筛细纱灌缝。灌缝的砂子中可按体积比1:10加入适量水泥,拌和均匀。将板缝灌注饱满,并在砖面上泼水使混合料下沉,再灌料补足。

5.2.5 人行道养生及防护期间禁止行人踩踏、车辆碾压和碰撞。人行道必须经过充分养生,砂垫层具备一定强度后方可放行。

## 6. 混凝土防撞护栏施工控制方法

### 6.1 混凝土防撞护栏的施工应按照下列方法进行质量过程控制:

6.1.1 对结构重心位于梁体以外的悬臂式防撞护栏,应在主梁横向联结或拱上结构完成后方可施工。



6.1.2 对就地现浇的防撞护栏，宜在顺桥向每间隔 5~8m 设 1 道断缝或假缝。

6.1.3 防撞护栏的钢筋应与梁体的预留钢筋可靠连接。

6.1.4 模板宜采用钢模，支模时宜在其顶部和底部各设 1 道对拉螺杆，或采用其他固定模板的装置。

6.1.5 宜采用坍落度较小的干硬性混凝土，浇筑时应分层进行，分层厚度不宜超过 200mm；振捣时应采取适当的措施使模板表面的气泡逸出。

6.1.6 对预制安装的防撞护栏，在搬运和安装时，应采取适当的保护措施，防止损伤棱角处的混凝土。连接钢板的焊接质量应符合设计要求和本规范的相关规定。

### （三）质量检查要点及方法

#### 1. 混凝土桥面板防水层

##### 1.1 质量检查要点

1.1.1 防水材料：防水材料的品种、规格、性能、质量应符合设计和规范要求。

1.1.2 粘结性：防水层、粘结层与基层之间应密贴，结合牢固。

1.1.3 外观质量：卷材防水层表面平整，不得有空鼓、脱层、裂缝、翘边、油包、气泡和皱褶等现象；涂料防水层的厚度应均匀一致，不得有漏涂处；防水层与泄水口、汇水槽接合部位应密封，不得有漏封处。

##### 1.2 检查方法：

1.2.1 防水材料检查：全数检查合格证、进场验收记录和质量检验报告。

1.2.2 粘结检查：通过观察、检查施工记录。

1.2.3 外观质量检查：目测法。

#### 2. 混凝土桥面铺装

##### 2.1 质量检查要点

2.1.1 外观质量：与路缘石、护栏等结构构件衔接处，水泥混凝土铺装应无宽度超过 0.3mm 的裂缝，沥青混凝土铺装应无开裂、松散。

2.1.2 施工质量：沥青混凝土、水泥混凝土铺装厚度、压实度等其他质量检查要点应符合设计要求。

##### 2.2 检查方法

2.2.1 外观质量检查：对水泥混凝土铺装裂缝采用观察、尺量检查方法，对沥青混凝土铺装采用目测法。

2.2.2 沥青混凝土、水泥混凝土铺装厚度、压实度等其他质量检查方法参照本教材第二十四章第四节的规定执行。

#### 3. 支座

##### 3.1 质量检查要点

3.1.1 外观质量：支座表面应无污损及灰尘，支座附近无建筑垃圾和其他杂物；支座防护层应

无划伤、剥落；防尘罩应无缺失、无损坏。

3.1.2 施工质量：支座的平面位置符合设计要求及规范要求；支座与梁底贴合紧密、不脱空。

### 3.2 检查方法

3.2.1 外观质量检查：采用目测法。

3.2.2 施工质量检查：采用全站仪钢尺测量检查支座平面位置；目测法检查支座与梁底贴合情况。

## 4. 伸缩装置

### 4.1 质量检查要点

4.1.1 外观质量：伸缩装置无渗漏、变形、开裂；伸缩缝及伸缩装置中无阻塞活动的杂物；焊缝无裂纹、焊瘤、夹渣、未焊透、电弧擦伤。

4.1.2 施工质量：橡胶条嵌入位置准确，无异常凸起，无损坏；伸缩缝无阻塞、渗漏、变形、开裂及缺边掉角现象，且两外侧边缘整齐；桥梁伸缩缝顶面及两侧混凝土面应与相邻路面平齐。

### 4.2 检查方法

4.2.1 外观质量检查：采用目测法，对伸缩装置全数检查合格证、进场验收记录和质量检验报告。

4.2.2 施工质量检查：采用目测法对橡胶条位置、伸缩缝阻塞、渗漏等情况进行检查；采用 3m 直尺检查平整度，一般应控制在低于路面标高 2mm。

## 5. 人行道铺装

### 5.1 质量检查要点

5.1.1 材料外观质量：不得出现断裂构件；应无长度超过 20mm 或深度超过 10mm 的缺棱掉角；地砖应无开裂，嵌缝无空洞、间断。

5.1.2 施工质量：人行道板下整平层采用水泥净浆，厚度为 20mm-30mm；道板间缝隙宽度为 10mm，缝隙宜采用 1:1 水泥砂浆嵌缝，勾缝下凹 3mm-5mm。

### 5.2 检查方法

5.2.1 材料外观质量检查：采用目测法。

5.2.2 施工质量检查：采用尺量法测量缝宽；采用 3 米直尺检查平整度，每 200 米测 5 处，偏差不得大于 5mm。

## 6. 混凝土防撞护栏

### 6.1 质量检查要点

6.1.1 外观质量：护栏线形应无异常弯折、突变；混凝土表面无明显蜂窝、麻面，无露筋现象；预埋件焊缝表面不得有裂纹、焊瘤、夹渣。

6.1.2 施工质量：钢筋、模板安装、保护层厚度、混凝土浇筑等质量应符合设计及规范要求。

### 6.2 检查方法

6.2.1 外观质量检查：采用目测法。

6.2.2 钢筋、模板安装、保护层厚度、混凝土浇筑等质量检查方法参照本教材第二十四章第五节五、混凝土墩台规定执行。



## 十、桥梁质量通病及防治

### （一）钢筋工程

#### 1. 表面锈蚀

##### 1.1 现象

钢筋表面出现黄色浮锈，严重的转为红色，日久后变成暗褐色，甚至发生鱼鳞片剥落现象。



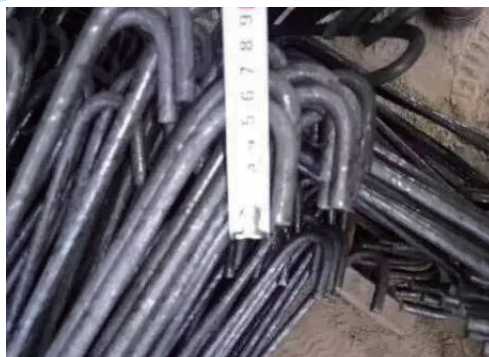
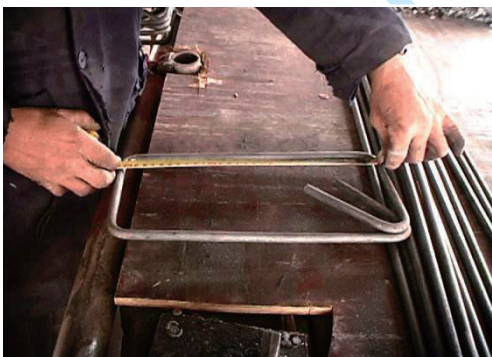
##### 1.2 预防与治理措施

钢筋原材料应存放在仓库或料棚内，保持地面干燥；钢筋不得直接堆置在地，必须用混凝土墩、砖或垫木垫起，钢筋库存期不宜过长，工地临时使用的料场应选择地势高、地面干燥的露天场地；根据天气情况，必要时加盖雨布；场地四周要有排水措施。

#### 2. 钢筋加工不规范

##### 2.1 现象

钢筋弯钩长度不够，角度不足。



##### 2.2 预防与治理措施

注意操作，使成型尺寸准确，当一次弯曲多个箍筋时，应在弯折处逐根对齐。

对于超过质量标准的箍筋，I级钢筋可以重新将弯折处直开，再行弯曲调整，注意只可返工一次，对于其他钢筋，不得重新弯曲。

#### 3. 钢筋现场施工中的工艺质量问题

##### 3.1 现象

钢筋在现场施工时工艺质量差，不能满足规范要求。



### 3.2 预防与治理措施

3.2.1 在钢筋绑扎前应根据图纸设计要求提前制作保护层垫块，施工前认真按要求放置。

3.2.2 钢筋施工前应查阅图纸并根据钢筋进场情况，规范接头的位置，使其满足规范要求，绑扎施工时施工人员应严格按照要求进行。

3.2.3 操作人员进行箍筋施工时，应有良好的施工习惯，摆施工筋时严格按图纸设计间距进行施工，箍筋必须是垂直受力钢筋，箍筋接头需错开放置。

### 4. 钢筋闪光对焊的质量问题

#### 4.1 现象

在钢筋焊接过程中，不同的焊接方式由于操作等原因造成工艺等方面的质量问题，导致施工不能达到质量要求。



### 4.2 预防与治理措施

4.2.1 对断面较大的钢筋应采取预热闪光焊工艺，但却采用了连续闪光焊工艺；在焊接或热



处理时，应夹紧钢筋；焊前应仔细清除锈斑、污物，电极表面应经常保持干净，确保导电良好。

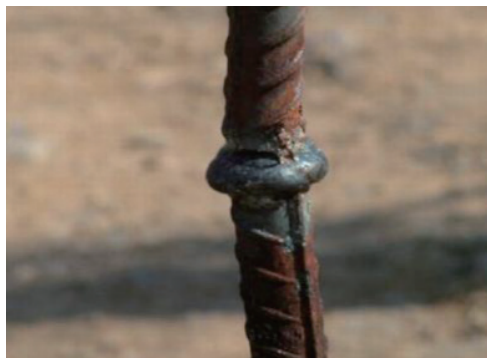
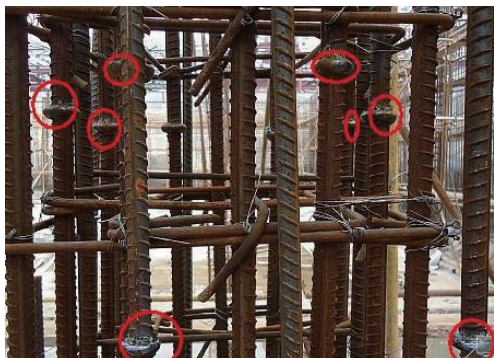
4.2.2 在钢筋端头弯曲时，焊前应予以矫直或切除；经常保持电极的正常外形，变形较大时应及时修理或更新，安装时应力求位置准确。

4.2.3 夹具如因磨损晃动较大，应及时维修，接头焊接完毕，稍冷却后再小心地移动钢筋。

## 5. 钢筋电渣压力焊的质量问题

### 5.1 现象

在钢筋电渣压力焊施工中，常出现接头的轴线偏移  $0.1d$  ( $d$  为钢筋直径) 或超过  $2\text{mm}$  及接头弯折角度大于  $4^\circ$ ，以及咬边和焊包不均匀的现象。



### 5.2 预防与治理措施

5.2.1 钢筋端部歪扭和不直部分在焊前应采用气割切除或矫正，端部歪扭的钢筋不得焊接。

5.2.2 两夹具夹持于夹具内，上下应同心，焊接过程中钢筋应保持垂直和稳定。

5.2.3 钢筋下送加压时，顶压力应适当，不得过大；焊接完成后，不能立即卸下夹具，应在停焊后约  $2\text{min}$  再卸夹具，以免钢筋倾斜。

5.2.4 适当选择焊接电流的大小及焊接通电时间的长短，可根据有关的焊接规范进行选择，然后按要求严格执行。

5.2.5 焊接时，应适当加大熔化量，保证钢筋端部均匀熔化。

## 6. 预埋件钢筋埋弧压力焊

### 6.1 现象

在预埋件钢筋埋弧压力焊施工中，常出现未焊合、咬边、夹渣、气孔等质量问题。



## 6.2 预防与治理措施

6.2.1 根据钢筋直径的大小，选择合适的焊接电流及相应的焊接时间。

6.2.2 选择合适的引弧提升高度，采取合适的下送速度，确保焊接过程顺利进行。

6.2.3 选择合适的压入留量，保证顶压过程中有足够的压入深度；焊剂重复利用时应认真清除夹杂物。

6.2.4 焊前应将焊剂按要求烘干，并保持清洁，钢筋和钢板的焊接处需清除锈污。

6.2.5 焊剂粒径要适中，特别是使用回收焊剂时，应认真清除熔渣；焊剂的覆盖厚度，至少应能保证焊接过程的顺利进行而不泄露火光。

## 7. 钢筋未按设计位置安装

### 7.1 现象：钢筋偏位



## 7.2 预防与治理措施

7.2.1 在外伸部分加一道临时箍筋，按图样位置安好，然后用样板固定好，浇捣混凝土前再重复一遍。如发生移位则应校正后再浇捣混凝土。

7.2.2 注意浇捣操作，尽量不碰撞钢筋，浇捣过程中由专人随时检查及时校正。

7.2.3 浇筑砼前在板面或梁上用油漆标出柱、墙的插筋位置，然后电焊定位箍或水平引筋（针对板墙插筋）固定。

7.2.4 若遇钢筋间距调整需弯曲钢筋时，应采用小于 1: 6 角度缓慢弯曲到位。

## （二）桩基工程

### 1. 坍孔

#### 1.1 现象





各种钻孔方法都可能发生坍孔事故，坍孔的特征是孔内水位突然下降，孔口冒细密的水泡，出渣量显著增加而不见进尺，钻机负荷显著增加等。

### 1.2 预防与治理措施

1.2.1 在松散粉砂土或流砂中钻进时，应控制进尺速度，选用较大相对密度、粘度、胶体率的泥浆或高质量泥浆。

1.2.2 发生孔口坍塌时，可立即拆除护筒并回填钻孔，重新埋设护筒再钻。

1.2.3 如发生孔内坍塌，可在泥浆中加入干锯末，为水质量的百分之一到百分之二，稻草末或水泥，添加量为每立方米泥浆 17 公斤，同时增大泥浆比重（控制在 1.15 ~ 1.4 之间），改善其孔壁结构。钻头每次进入液面时，速度要非常缓慢，等钻头完全进入浆液后，再匀速下到孔底，每次提钻速度控制在 0.3 ~ 0.5m/s。

1.2.4 如坍孔严重时，判明坍塌位置，回填砂和粘质土（或砂砾和黄土）混合物到坍孔处以上 1m~2m，如坍孔严重时应全部回填，待回填物沉积密实后再行钻进。

1.2.5 清孔时应指定专人补浆（或水），保证孔内必要的水头高度。供水管最好不要直接插入钻孔中，应通过水槽或水池使水减速后流入钻中，可免冲刷孔壁。应扶正吸泥机，防止触动孔壁。不宜使用过大的风压，不宜超过 1.5~1.6 倍钻孔中水柱压力。

1.2.6 吊入钢筋骨架时应对准钻孔中心竖直插入，严防触及孔壁。

## 2. 缩孔

### 2.1 现象

缩孔即孔径的超常缩小，一般表现为钻机钻进时发生卡钻、提不出钻头或者提外鸣叫的迹象。

### 2.2 预防与治理措施

为防止缩孔，前者要及时修补磨损的钻头，后者要使用失水率小的优质泥浆护壁并须快转慢进，并复钻二三次；或者使用卷扬机吊住钻锥上下、左右反复扫孔以扩大孔径，直至使发生缩孔部位达到设计要求为止。对于有缩孔现象的孔位，钢筋笼就位后须立即灌注，以免桩身缩径或露筋。

## 3. 埋钻和卡钻处理

### 3.1 现象：钻头被埋或无法上提

### 3.2 预防与治理措施

3.2.1 开钻前要充分研究地质报告，掌握地层情况，同时在钻进过程中密切注意地层变化，防止大面积塌孔现象发生。

3.2.2 操作工在深层钻进时要控制进尺，不要一次进尺太多，如在 15m 以深钻进时，一次钻进深度一般不要超过 40cm，如在粘泥层钻进，要充分考虑缩径因素，如遇砂卵石等地层向粘泥层转换，需注意地层变化规律，不要盲目加压，控制一次进尺量。

3.2.3 钻孔作业应分班连续进行，在土层变化处捞取渣样判明土层，并与地质资料核对，根据土层情况采取相应措施，保证施工质量；

3.2.4 升降钻锥须平稳，钻锥提出井口应防止碰撞护筒或孔壁，防止钩挂护筒底部，钻杆的拆

装应迅速。

3.2.5 制作、修复钻头时应注意钻筒尺寸，钻筒直径一般应小于成孔直径 6cm 以上，同时应保证钻头挂勾有效，避免意外脱勾。

3.2.6 要注意钻机本身的及时保养和维修，避免因钻机出现故障而造成长时间停钻。

3.2.7 调整好泥浆的密度和粘度，使孔底能在一定时间内无沉渣以保证设备偶然出现故障后有充分的时间排除。

3.2.8 埋钻或卡钻发生后，在钻头周围肯定沉淀了大量的泥浆，形成很大的侧阻力。因此处理方案应首先消除阻力，严禁强行处理，否则有可能造成钻杆扭断、动力头受损等更严重的事故。事故发生后，应保证孔内有足够的泥浆，保持孔内压力，稳定孔壁防止坍塌，为事故处理奠定基础。

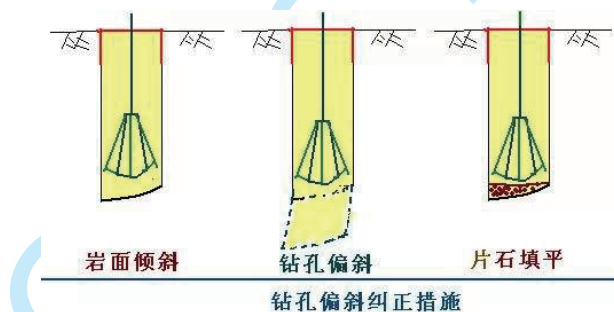
3.2.9 对于卡钻，不宜强提，只宜轻提钻头。如轻提不动时，可用小冲击钻冲击，或用冲、吸的方法将钻头周围的钻渣松动后再提出。

3.2.10 对于埋钻，较轻的是糊钻，此时应对泥浆稠度，钻渣，进出口，钻杆内径大小，排渣设备进行检查、计算，并控制适当的进尺。若已严重糊钻，应停钻提出钻头，清除钻渣，冲击钻糊钻时，应减小冲程，降低泥浆稠度，并在粘土层上回填部分砂、砾石。如是坍孔或其他原因造成的埋钻，应使用空气吸泥机吸走埋钻的泥砂。提出钻头。

#### 4. 钻孔偏斜

##### 4.1 现象

钻孔偏斜，垂直度不满足要求。



##### 4.2 预防与治理措施

4.2.1 安装钻机时要使转盘、底座水平，起重滑轮缘、固定钻杆的卡孔和护筒中心三者应在一条竖直线上，并经常检查校正。

4.2.2 由于主动钻杆较长，转动时上部摆动过大。必须在钻架上增设导向架，控制杆上的提引水龙头，使其沿导向架对中钻进。

4.2.3 钻杆接头应逐个检查，及时调正，当主动钻杆弯曲时，要用千斤顶及时调直。

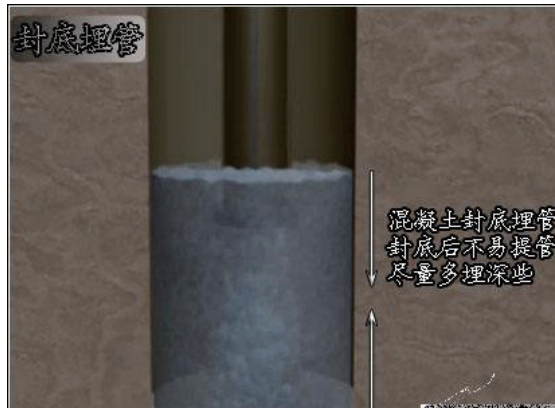
4.2.4 钻孔偏斜时，可提起钻头，上下反复扫钻几次，以便削去硬土，如纠正无效，应于孔中局部回填粘土至偏斜处 0.5m 以上，待沉积密实后重新钻进。

#### 5. 首批混凝土封底失败

##### 5.1 现象



导管未埋入混凝土中，导管与泥浆连通。



## 5.2 预防与治理措施

封底失败后，应立即暂停灌注，及时对孔内已灌注的混凝土进行清理。

5.2.1 地层稳定性较好的，应采取导管内安装高压风管进行二次清孔的方法将已灌注的混凝土清理干净，重新请示监理检查，符合规范要求后可以重新开始水下混凝土灌注。

5.2.2 地层稳定性差或高压清孔的方法不能奏效则应及时拆除导管、拔除钢筋笼，将钻机安装到位，将未灌注混凝土部分钻孔回填，待地层沉积稳定后用冲击钻清除已灌注的混凝土，达到孔底设计标高后，请示监理单位检查合格后进行水下混凝土灌注。

## 6. 灌注过程中坍孔

### 6.1 现象

沉渣忽然增厚，护筒周边松动并下沉。

### 6.2 预防与治理措施

6.2.1 如坍孔并不严重，可继续灌注，并适当加快进度。

6.2.2 如无法继续灌注，应及时回填重新成孔。

## 7. 卡管

### 7.1 现象

水下混凝土灌注过程中混凝土停止下行，无法继续进行。

### 7.2 预防与治理措施

7.2.1 由于混凝土质量造成的导管堵塞，可以少量（根据堵管前测量及计算的导管理深结果在保证导管最小安全埋深确定）提起灌注导管，然后再迅速插入，如此反复的方法或加大一次性灌注混凝土数量而后快速提升再迅速下放，以冲击疏通导管的方法进行处理。

7.2.2 由于混凝土冲击力不足造成的，应及时加长上部导管的长度，而后，以一次性较大量混凝土冲击灌注达到疏通导管的目的。

7.2.3 用钢筋棍捅导管内混凝土，使混凝土下落。

以上几种方法处理不能奏效应立即停止，认为已断桩。

## 8. 钢筋笼上浮

### 8.1 现象

灌注混凝土时，钢筋笼上浮。



### 8.2 预防与治理措施

灌注混凝土前对钢筋笼进行固定，过程中注意观察，发现钢筋笼上浮，应立即停止灌注，对钢筋笼采取一定措施，施加外力下压，经处理钢筋笼位置满足要求进行下一步施工，否则拔出钢筋笼，并立即通过吸渣等方式清理已灌注的混凝土，按照断桩进行处理。

#### （三）混凝土工程

##### 1. 蜂窝

###### 1.1 现象

混凝土结构局部出现酥松、砂浆少、石子多、石子之间形成类似蜂窝的空隙。



###### 1.2 预防与治理措施

认真设计、严格控制混凝土配合比，经常检查，计量准确混凝土拌合均匀，坍落度合适；混凝土下料高度超过 2m 应设串筒或溜槽；浇灌应分层下料，分层捣固，防止漏振；模板缝应堵塞严密，浇灌中，应随时检查模板支撑情况防止漏浆，基础、柱、墙根部应在下部浇完间歇 1 ~ 5h，沉实后再浇上部混凝土，避免出现“烂脖子”。小蜂窝：洗刷干净后，用 1：2 或 1：2.5 水泥砂浆抹平压实；较大蜂窝，凿去蜂窝薄弱松散颗粒，刷洗净后，支模用高级细石混凝土仔细填塞捣实；较深蜂窝，如清除困难，可埋压浆管、排气管、表面抹砂浆或灌筑混凝土封闭后，进行水泥压浆处理。

##### 2. 麻面



### 1.1 现象

混凝土局部表面出现缺浆和许多小凹坑、麻点，形成粗糙面，但无钢筋外露现象。



### 1.2 预防与治理措施

模板表面清理干净，不得粘有水泥砂浆等杂物。浇灌混凝土前，模板应浇水充分湿润，模板缝隙应用油毡纸、腻子等堵严；模板隔离剂应选用长效的，涂刷均匀，不得漏刷；混凝土应分层均匀振捣密实，至排除气泡为止。表面作粉刷的可不处理，表面无粉刷的，应在麻面部位浇水充分湿润后，用原混凝土配合比石子砂浆，将麻面抹平压光。

## 3. 孔洞

### 3.1 现象

混凝土结构内部有尺寸较大的空隙，局部没有混凝土或蜂窝特别大，钢筋局部或全部裸露。



### 3.2 预防与治理措施

在钢筋密集处及复杂部位，采用细石子混凝土浇灌，在模板内充满，认真分层振捣密实或配人工捣固；预留孔洞，应两侧同时下料，侧面加开浇灌口，严防漏振，砂石中混有黏土块，工具等杂物掉入混凝土内，应及时清理干净。将孔洞周围的松散混凝土和软弱浆膜凿除，用压力水冲洗，支设带托盒的模板，洒水充分湿润后用高强度等级细石混凝土仔细浇灌、捣实。

## 4. 露筋

### 4.1 现象

混凝土内部主筋、副筋或箍筋局部裸露在结构构件表面。



#### 4.2 预防与治理措施

浇灌混凝土，应保证钢筋位置和保护层厚度正确，并加强检查；钢筋密集时，应选用适当粒径的石子，保证混凝土配合比准确和良好的和易性；浇筑高度超过 2m，应用串筒或溜槽进行下料，以防止离析；模板应充分湿润并认真堵好缝隙，混凝土振捣严禁撞击钢筋，在钢筋密集处，可采用刀片或振捣棒进行振捣；操作时，避免踩踏钢筋，如有踩弯或脱扣等应及时调直修正；保护层混凝土要振捣密实；正确掌握脱模时间，防止过早拆模，碰坏棱角。表面露筋，刷洗干净后，在表面抹 1:2 或 1:2.5 水泥砂浆，将充满露筋部位抹平。露筋较深，凿去薄弱混凝土和突出颗粒，洗刷干净后，用比原来高一级的细石混凝土填塞压实。

#### 5. 缝隙、夹层

##### 5.1 现象

混凝土内成层存在水平或垂直的松散混凝土。



##### 5.2 预防与治理措施

认真按施工验收规范要求处理施工缝及变形缝表面；接缝处锯屑、泥土砖块等杂物应清理干净并洗净；混凝土浇灌高度大于 2m 应设串筒或溜槽；接缝处浇灌前应先浇 5 ~ 10cm 厚原配合比无石子砂浆，或 10 ~ 15cm 厚减半石子混凝土，以利结合良好，并加强接缝处混凝土的振捣密实。缝隙夹层不深时，可将松散混凝土凿去，洗刷干净后，用 1:2 或 1:2.5 水泥砂浆强力填嵌密实；缝隙夹层较深时，应清除松散部分和内部夹杂物，用压力水冲洗干净后支模，强力灌细石混凝土或将表面封闭后进行压浆处理。



## 6. 缺棱掉角

### 6.1 现象

结构或构件边角处混凝土局部掉落，不规则，棱角有缺陷。



### 6.2 预防与治理措施

模板在浇筑混凝土前清理，保证模板表面平整清洁无杂物，然后涂刷脱模剂，混凝土浇筑后应认真浇水养护；拆除侧面非承重模板时，混凝土应具有 2.5MPa 以上强度。拆模时注意保护棱角，避免用力过猛过急；吊运模板，防止撞击棱角，运输时，将成品阳角用草袋等保护好，以免碰损。缺棱掉角，可将该处松散颗粒凿除，冲洗充分湿润后，视破损程度用 1:2 或 1:2.5 水泥砂浆抹补齐整，或支模用比原来高一级混凝土捣实补好，认真养护。

## 7. 强度不够，均质性差

### 7.1 现象

同批混凝土试块的抗压强度平均值低于设计要求强度等级。

### 7.2 预防与治理措施

水泥应有出厂合格证，砂、石子粒径，级配、含泥量等应符合要求；严格控制混凝土配合比，保证计量准确，混凝土应按顺序拌制，保证搅拌时间和拌匀；防止混凝土早期受冻，冬期施工用普通水泥配制混凝土，强度达到 30% 以上，矿渣水泥配制的混凝土，强度达到 40% 以上，不可遭受冻结；按施工规范要求认真制作混凝土试块，并加强对试块的管理和养护。

当混凝土强度偏低，可用非破损方法（如回弹仪法、超声波法）来测定结构混凝土实际强度，如不能满足要求，可按实际强度校核结构的安全度，研究处理方案，采取相应加固或补强措施。

## 8. 裂缝

### 8.1 现象

裂缝在表面出现，宽度较细，其走向纵横交错，无规律性，裂缝不均，梁、板类构件多沿短方向分布，整体结构多发生在结构截面处；地下大体积混凝土在平面较为多见，但侧面也常出现，预制构件多产生在箍筋位置。

### 8.2 预防与治理措施

控制混凝土水泥用量、水灰比和砂率不要过大；严格控制砂石含量，避免使用过量粉砂；混凝土应振捣密实，并注意对板面进行二次抹压，以提高抗拉强度、减少收缩量；加强混凝土早期养护，

并适当延长养护时间；长期露天堆放的预制构件，可覆盖草帘、草袋，避免爆晒，并定期适当洒水，保持湿润；薄壁构件应在阴凉地方堆放并覆盖，避免发生过大湿度变化，其余参见“塑性裂缝”的预防措施。



表面干缩裂缝，可将裂缝加以清洗，干燥后涂刷两遍环氧胶泥或加贴环氧玻璃布进行表面封闭；深进的或贯穿的，就用环氧灌缝或在表面加刷环氧胶泥封闭。

#### （四）模板工程

##### 1. 基础模板缺陷

###### 1.1 现象

桥台的基础及桥墩的承台（水中墩除外）一般采用开挖基坑后浇筑垫层混凝土，然后在垫层上安装侧模。常发生沿基础的通长方向不顺直，顶面不平整，模板不垂直，模板底部走动，模板拼缝过大，接头不平整，模板表面不光洁等现象。

###### 1.2 原因分析

- 1.2.1 长度方向未拉直线进行校正。
- 1.2.2 模板安装时，挂线垂直度有偏差。
- 1.2.3 模板上口内侧未采取定尺支撑。
- 1.2.4 模板直接支撑在基坑土壁上，无坚固的后靠力。
- 1.2.5 模板平整度偏差较大，模板表面残渣未清理干净。
- 1.2.6 模板设计不合理，刚度不够。
- 1.2.7 未设置对拉螺栓。
- 1.2.8 模板未涂脱模剂或者脱模剂选用不好等。

###### 1.3 防治措施

- 1.3.1 垫层混凝土的标高及平整度必须符合要求。
- 1.3.2 模板应予设计，并有足够的强度和刚度。
- 1.3.3 支撑应该满足强度和刚度的要求，不得直接支撑在土壁上，避免虚撑现象。
- 1.3.4 模板在组装前应清理干净，并涂刷脱模剂，模板拼缝应该符合质量要求。

##### 2. 立柱模板缺陷



## 2.1 现象

2.1.1 模板走动造成立柱面变形、鼓出、尺寸不准、漏浆、混凝土不密实或出现蜂窝麻面。

2.1.2 柱模纵、横拼缝不密贴，造成漏浆，棱角不挺直，错缝明显，柱面不平。

2.1.3 柱身偏斜，上下不垂直，一排立柱不在同一条轴线上。

2.1.4 矩形立柱柱身扭曲，圆柱柱身失圆。

2.1.5 柱根部漏浆严重。

## 2.2 原因分析

2.2.1 模板设计对混凝土的侧压力考虑不足，对立柱模的柱箍间距设置太大，采用的柱箍材料本身刚度不够，拼接螺栓偏小。

2.2.2 配置模板的精度不够，板缝不严密。

2.2.3 成排的立柱未按基准轴线定位，柱身上下未按轴线进行垂直校正或由于柱身支撑设置不够，造成柱身偏斜；或由于立柱钢筋本身偏移未经校正，就进行立柱套模。

2.2.4 柱模使用中，防护不当，造成柱模变形，使用后对模板表面的残渣未清理干净，拆模过早，拆模时任意敲拆，造成柱身棱角破损确角。

2.2.5 柱模安装时，基底不平，未采取嵌缝找平措施。

## 2.3 防治措施

2.3.1 成排立柱在模板安装前，应事先定出立柱的纵横轴线，在立柱模板上同时定出模板的纵横中线，安装时模板纵横中线对正定出的纵横轴线，并用垂线校正柱模的垂直度。

2.3.2 柱模安装前必须先找平基座，纠正立柱钢筋位置，当钢筋位置正确后方可安装模板。

2.3.3 根据立柱断面的大小及高度，计算按混凝土的侧压力，配置适当的柱箍及连接螺栓，防止跑模、鼓模。

2.3.4 立柱模板定位无误后，底部应支撑牢固，不得松动，可在基础浇筑时设置支撑用的预埋件（钢筋或者角钢等）以作支撑。在四角设置牢固的斜撑，以保证立柱位置的正确和稳固。

2.3.5 立柱模板不论是采用木模还是定型模板，拼缝都应平直、严密，板面应光滑平整，在拼缝处应采取嵌缝措施，确保不漏浆。

2.3.6 柱模在使用过程中，应保养，维修。拆模时应按顺序进行，严禁敲打拆模，防止损坏柱身棱角。拆模后应随时清除模板表面的残渣，并涂防护剂。如发现有变形、损坏应随即整修。

## 3. 盖梁模板缺陷

### 3.1 现象

盖梁梁身不平直，梁底不平，梁底下挠，梁侧模走动，形成下口漏浆、上口偏斜。盖梁与立柱接口处漏浆及烂根。梁面不平，影响支座安装。

### 3.2 原因分析

3.2.1 模板未按基准线校正，支撑不牢。

3.2.2 模板支架地基未做处理，支架设置在软硬不均匀地基上，混凝土浇筑过程中，底模受荷

载后，造成支架及底模的不均匀下沉，梁底模未抛高或者抛高不足，使梁底下挠。

3.2.3 盖梁侧模刚度差，未设置足够的对拉螺栓。

3.2.4 侧模下口围檩未撑紧，在混凝土侧压力作用下，侧模板下口向外位移，底模不平未采取嵌缝措施。

3.2.5 模板上口未设置限位卡具，对拉螺栓紧固不均，斜撑角度过大（大于 60 度），支撑不牢造成局部偏位。

3.2.6 盖梁底模与立柱四周接口处缝隙未嵌实或盖梁底模板高出立柱顶面，造成漏浆及烂根现象。

### 3.3 防治措施

3.3.1 盖梁侧模在安装前应事先定出盖梁两侧的基准线，侧模按基准线安装定位，并设斜撑校正模板的线形和垂直度。

3.3.2 盖梁支架应设置在经过加固处理的地基上，加固措施应根据地基状况及盖梁荷载确定，当同一个盖梁部分支架设在基础上，部分支架设在地基上时，对基础以外的地基应做加固处理，并应设置刚度足够的地梁，防止不均匀沉降。盖梁底模要垫平、填实，防止底模虚空，造成梁底不平。盖梁支架搭设宜做等荷载试验，以取得盖梁底模的正确抛高值。

3.3.3 盖梁侧模无论采用什么材料的，均应根据混凝土的侧压力，设计具有足够强度和刚度的模板结构，并应根据盖梁的结构状况设置必要的对拉螺栓，以确保侧模不变形。

3.3.4 在侧模下口，应在底模上设置牢固的侧模底夹条，以确保侧模不向外移动，并对侧模与底模的接缝处进行嵌缝密实，防止漏浆。

3.3.5 侧模上口应设置限位卡具或对拉螺栓，对拉螺栓在紧固时，应保持紧固一致，同时对所设置的斜撑角度不得大于 60 度，并应牢固，这样才能确保盖梁模板上口线条顺直，不偏斜。

3.3.6 盖梁底模与立柱四周的接缝缝隙，应嵌缝密实，防止漏浆。立柱的顶标高宜比盖梁底标高高出 1~2cm。

## 4. 支架现浇梁模板缺陷

### 4.1 现象

支架变形，梁底不平，梁底下挠，梁侧模走动，拼缝漏浆，接缝错位，梁的线形不顺直，混凝土表面粗糙，封头板不垂直，箱梁内倒角陷入混凝土内。箱梁腹板与翼缘板接缝不整齐。

### 4.2 原因分析

4.2.1 支架设置在不稳定的地基上。

4.2.2 除由于支架的不均匀沉降外，梁底模铺设不平整、不密实、底模与方木铺设不密贴，梁底模板抛高值控制不当。

4.2.3 梁侧模的纵横围檩刚度不够，未按侧模的受力状况布置合理的对拉螺栓。

4.2.4 模板配置不当，模板接缝不严密，缝隙嵌缝处理不当。

### 4.3 防治措施



4.3.1 支架应设置在经过处理的具有足够强度的地基上，地基表面应平整，支架材料应有足够的刚度和强度，支架立杆下宜加垫槽钢或钢板，以增加立柱与地基的接触面。支架的布置应根据荷载状况进行设计，以保证混凝土浇注后支架不下沉。

4.3.2 支架搭设应按荷载情况，根据支架搭设的技术规程进行合理布置。

4.3.3 在支架上铺设梁底模要与支架上的梁或者方木密贴，底模要与方木垫实，在底模铺设时要考虑抛高值，抛高值宜通过等荷载试验取得。

4.3.4 梁侧模的纵横围檩要根据混凝土的侧压力进行合理的布置，并根据结构状况布置对拉螺栓。

## 5. 梁外模板缺陷

### 5.1 现象

梁身沿纵向不平直，梁底不平整有露筋，梁两侧模板拆除以后发现侧面有水平裂缝，掉角，表面气泡粗糙。

### 5.2 原因分析

5.2.1 模板纵向不顺直。

5.2.2 梁底板垃圾没有清除。

5.2.3 模板自身质量较差，混凝土浇筑后变形较大。

5.2.4 底模未设置拱度。

### 5.3 防治措施

5.3.1 梁的侧模板与底模板之间宜采用帮包底形式。

5.3.2 侧模刚度要进行验算，尽量采用刚度较大的截面形式。

5.3.3 梁的外模宜采用钢模板。

5.3.4 模板使用完毕，应进行养护和维修，确保使用时模板光洁完好。

5.3.5 在支架上现浇的梁，支架必须安装在坚实的地基上，并应有足够的支撑面积，以保证不下沉。并应有排水设施。

5.3.6 后张法预应力混凝土梁的底模应设置在台座上，同时考虑到张拉时的两端的集中反力，两端的地基必须做加固处理，满足需要。

## （五）预应力施工

### 1. 预应力筋的滑丝和断丝问题

#### 1.1 现象

后张法预应力筋张拉时，预应力钢丝和钢绞线发生断丝和滑丝，使得构件的预应力筋受力不均匀或是构件不能达到所要求的预应力值。

#### 1.2 预防与治理措施

1.2.1 预应力钢材与锚具应该具有良好的匹配是保证锚固性能的关键。预应力筋—锚具组装件锚固性能试验用的材料一致。如现场更换预应力筋与锚具之一，应重做组装件锚固性能试验。

1.2.2 预应力筋编束时，应逐根理顺，捆扎成束，不得紊乱。

1.2.3 预应力筋穿入孔道后，应将其锚固夹持段及外端的浮锈和污物擦拭干净，以免钢绞线张拉锚固时夹片齿槽堵塞而引起钢绞线滑脱。

1.2.4 千斤顶安装时，工具锚应与前端工作锚对正，使工具锚与工作锚之间的各根预应力钢筋相互平行，不得扭绞错位。如工具夹片开裂或牙面缺损较多，工具锚板出现明显变形或工作表面损伤显著时，均不得继续使用。

1.2.5 焊接时，严禁利用预应力筋作为接地线。在预应力筋旁进行烧割或焊接操作时，应非常小心，使预应力筋不受过高温度、焊接火花或接地电流的影响。

## 2. 金属波纹管孔道漏浆问题

### 2.1 现象

先交预应力砼结构浇注砼时，金属波纹管孔道漏进水泥浆。轻则减小孔道截面积增加摩阻力；重则堵孔，使穿筋困难，甚至无法穿入。当采用先穿筋工艺时，一旦漏入浆液将预应力筋铸固，造成无法张拉。



### 2.2 预防与治理措施

2.2.1 金属波纹管出厂时应有合格证并附质量检验单，其各项指标应符合行业标准《预应力混凝土用金属波纹管》(JGT3013)的要求。同时应检查金属波纹管有无开裂和脱扣现象，同时做灌水试验，检查管壁有无漏水现象，合格后方可使用。

2.2.2 金属波纹管搬运时应轻拿轻放，不得抛甩和在地上拖拉；吊装时不得以一根绳索在当中拦腰捆扎起吊。波纹管在室外保管的时间不宜过长，应架空堆放并用毡布等有效措施防止各种腐蚀性气体或介质的影响。

2.2.3 波纹管在安装过程中，应尽量避免反复弯曲；如遇到折线孔道，应采取圆弧线过渡，不得折死角，以防管壁开裂。

2.2.4 加强对波纹管的防护：防止电焊火花烧伤管壁；防止普通钢筋进戳穿或压伤管壁；防止先穿钢筋使管壁受损；浇筑混凝土时应有专人值班保护张拉端埋件、管道、排气孔等。如发现有破损应及时修复。

## 3. 曲线孔道竖向位置偏差问题

### 3.1 现象

在多跨连续预应力混凝土桥梁中,曲线预应力筋的竖向坐标是以埋设的波纹管中心线为准。多跨曲线孔道竖向坐标的控制点:跨中点、反弯点及支座点。

在实际施工中,检查曲线孔道竖向坐标时经常遇到跨中处坐标偏高与支座处坐标偏低的现象,降低了预应力筋的有效高度,影响梁的承载能力和抗裂要求。



### 3.2 预防与治理措施

3.2.1 在标志施工组织设计期间,应复核曲线预应力筋的坐标高度是否会引起波纹管与梁的钢筋碰撞。如在支座处遇到这种情况,应与设计人员商讨,能否调整钢筋的规格和排列方式,不得已时考虑降低波纹管的坐标高度。

3.2.2 施工单位应分解绘制预应力筋曲线图、支座(跨中)处钢筋与预应力筋孔道排列详图,并交代给有关操作人员。施工中加强督促检查,严格按图施工。

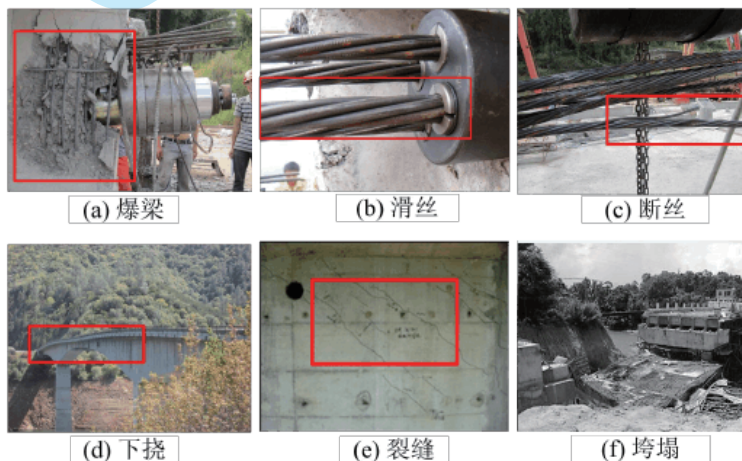
3.2.3 金属波纹管可采用钢筋支托定位,钢筋支托可点焊在箍筋上,间距为 0.5~1m,防止混凝土浇筑后波纹管上浮。

## 4. 张拉作业管理混乱问题

### 4.1 现象

4.1.1 张拉设备使用混乱,表现为未经标定、检验或超期使用,随意配套组合使用。造成张拉不准确。影响结构的抗裂性能。

4.1.2 操作人员没有遵照原定的张拉顺序进行张拉,使结构受力不均衡,造成构件变形(侧弯、扭转、起拱不均等),出现不正常裂缝,严重时会使构件失稳。



## 4.2 预防与治理措施

4.2.1 张拉千斤顶、油泵及压力表要经编号配套后进行标定。每套设备标定后应及时绘出张拉力与压力表读数的关系曲线。

4.2.2 标定张拉设备的试验机或测力计精度不得低于  $\pm 2\%$ ，压力表直径不得小于 150mm，精度不应低于  $\pm 1.5\%$ 。

4.2.3 经配套标定的张拉设备，必须配套使用。使用中一旦其中某项设备发生故障，需要更换时，仍需再行配套标定。不得随意更换，随意搭配组合使用。

4.2.4 张拉设备的标定期限不宜超过半年。

### (六) 桥梁附属

#### 1. 支座安装不到位

##### 1.1 现象

橡胶支座脱空，受力不均匀。



##### 1.2 预防与治理措施

1.2.1 支座安装时，需复测墩台顶面标高；

1.2.2 检查各支座是否与墩顶、梁底全部密贴，不能存在压偏严重局部受压，侧面鼓出异常等现象。

#### 2. 伸缩装置不平整

##### 2.1 现象

2.1.1 伸缩缝安装标高控制不精确；



2.1.2 混凝土施工不密实或强度不够。

##### 2.2 预防与治理措施

2.2.1 伸缩缝角铁安装前应校正，使其线形与桥面一致，二根角铁高差符合设计要求。

2.2.2 橡胶板安装要根据温度控制温差预留量，使其温度变化后不会拱起或凹下，保持平整状态。

2.2.3 伸缩缝桥面保持平整，若为沥青混凝土桥面，宜采用后开槽工艺安装伸缩缝提高与桥面的顺坡度。

2.2.4 固定螺栓应紧固可靠，要有防震止松措施。

2.2.5 施工前清理杂物，保持施工面的干净。

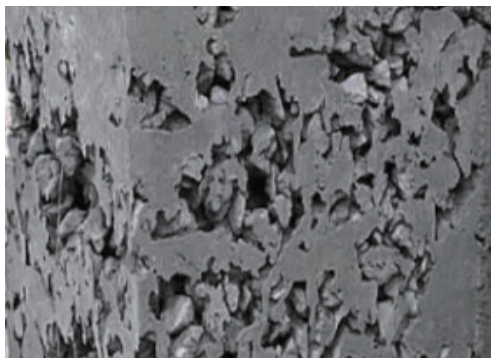
2.2.6 试验室人员要调整配合比，并在拌合站指导监管混凝土拌合，保证混凝土的强度要达标，施工过程中振捣到位。

### 3. 混凝土护栏外观质量问题

#### 3.1 现象

3.1.1 出现漏浆、蜂窝、麻面、气泡和孔洞现象；

3.1.2 混凝土护栏板出现棱角磕碰、分层和颜色不一致。



#### 3.2 预防与治理措施

3.2.1 搭设模板时，模板之间、模板与桥面之前接触要严密牢固。

3.2.2 模板应清洗干净，不留积水。

3.2.3 混凝土浇注时采用分三层的浇注方法，第一层浇注到护栏底部斜边下角变点，第二层浇注到斜边上角变点，第三层浇注到顶，由振捣人员控制三层混凝土的入模时间及方量；混凝土布料要均匀，振捣混凝土时，振动器不得接触模板（距离模板至少 5cm），且只能竖直使用，防止被卡在钢筋中间，振捣时间以混凝土不再下沉、不再有气泡冒出、混凝土表面出浆液且呈水平状态、混凝土将模板边角部分填满充实为宜，振捣时间以 1 到 1.5 分钟为宜；防撞护栏内模顶部倒角部位，以往最容易出现气泡现象，由于气体不易带出，所以要求振捣人员在振捣时严格遵守振捣规范；为了尽量减少防撞护栏表面气泡，在用振动器振捣时，要紧插慢拔，并用一个木锤敲打模板的外壁，以减少防撞护栏表面的气泡。

3.2.4 按规定做好混凝土养护工作，按规定时间拆模并做好成品保护工作。

3.2.5 配置脱模剂有色成分浓度一致。

3.2.6 浇注过程中，混凝土要连续供应，不能中断，要使用同一批号水泥或使用同一厂家生产的水泥。

## 第六节 涵洞工程

### 一、一般规定

涵洞在开工前，应根据设计文件进行现场核对，当设计文件与现场的实际情况差别较大，确需变更时，应及时办理设计变更手续。对地形复杂处、斜交、平曲线和纵坡上的涵洞，应先绘出定位详图，再依图放样施工。涵洞构件均应检验，另有规定的除外。

除设置在岩石地基上的涵洞外，涵洞的洞身及基础应根据地基土的情况，按设计要求设置沉降缝，且沉降缝处的两端面应竖直、平整，上下不得交错。填缝料应具有弹性和不透水性，并应填塞紧密。预制圆管涵的沉降缝应设在管节接缝处，预制盖板涵的沉降缝应设在盖板的接缝处，沉降缝应贯穿整个洞身断面。

涵洞施工完成后，砌体砂浆或混凝土强度达到设计强度的 85% 时，方可进行涵洞洞身两侧的回填。涵洞两侧紧靠涵台部分的回填土不宜采用大型机械进行压实施工，宜采用人工配合小型机械的方法夯填密实。填土的每侧长度应符合设计规定；设计未规定时，应不小于洞身填土高度的 1 倍。填筑应在两侧同时对称、均衡地分层进行，填筑的压实度应不小于 96%。涵洞顶部的填土厚度必须大于 0.5m 后方可通行车辆和筑路机械。

涵洞进出水口的沟床应整理顺直，与上下游导流、排水设施的连接应圆顺、稳固，并应保证流水顺畅。

### 二、混凝土涵管

#### （一）质量控制要求



管节预制品质量应符合表 34-77 的规定。

表 34-77 混凝土管节预制品质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1Δ	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按《公路工程质量检验评定标准第一册土建工程》(JTGF80/1) 附录 D 检查
2	内径 (mm)	≥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

管涵施工质量应符合表 34-78 的规定。

表 34-78 管涵施工质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	轴线偏位 (mm)	≤ 50	全站仪: 测中心线 5 处
2	流水面高程 (mm)	± 20	水准仪: 测洞口、中点和其他四分点附近 5 处
3	涵管长度 (mm)	+100, -50	尺量: 测中心线处
4Δ	管座或垫层混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按《公路工程质量检验评定标准第一册土建工程》(JTGF80/1) 附录 D 检查
5	管座或垫层宽度、厚度 (mm)	≥设计值	尺量: 测 5 个断面
6	相邻管节底面错台 (mm)	管径 ≤ 1m 管径 > 1m	尺量: 测 5 个接头最大值

## (二) 过程控制方法

### 1. 测量放样

根据设计图纸和圆管涵的中心及纵、横轴线, 用全站仪和钢尺进行基坑放样, 水准仪控制高程。基坑开挖前, 应在纵横轴线上、基坑边桩外设控制桩, 以便施工中随时校核。

### 2. 基坑开挖

基坑开挖采用机械开挖为主, 人工配合修整。基底避免超挖, 机械开挖至距基础底面 20cm 时, 采用人工清理至基础底面。基坑尺寸满足涵洞基础施工需要。基坑底面按基础平面尺寸每边放宽 80cm, 以便安装管底基础模板。

根据基坑土质类别及《公路桥涵施工技术规范》(JTGT 3650-2020), 考虑涵洞坡顶有无荷载, 则按照对应坑壁坡度进行放坡开挖。开挖弃土不妨碍基坑稳定和施工便道通行, 弃土堆坡脚距基坑顶缘的距离不小于基坑开挖深度, 基坑顶动载距坑顶缘间距不小于 2.0m。

基坑开挖前作好排水工作, 防止地面水或雨水影响基坑边坡稳定。在基坑底部四周设置排水沟和集水井, 当有积水时, 在集水井内放置水泵及时把水排出基坑, 保持基坑内无水。

地基承载力采用动力触探仪检测, 检测频率每 10m 布置一个断面, 且不少于三个断面, 每个断面不少于三个检测点。地基承载力不得小于设计值, 检测达到设计要求后, 方可进行下步施工。如若检测未达到设计要求时, 采用夯实机械进行补充压实或设计规定的措施, 以确保地基承载力达到设计要求。

### 3. 垫层施工

根据设计要求,为提高基础均匀性,基础施工前进行砂砾垫层施工。

填筑开始前及时检测填料的含水率,填料的摊铺采用装载机配合人工进行,保证摊铺厚度一致及平整度,摊铺过程中不断检查摊铺厚度,保证摊铺厚度达到要求。摊铺厚度、平整度、含水率均满足要求即可开始进行碾压,压实度应满足设计要求。

### 4. 基础施工

垫层检测合格后,进行圆管涵基础砼施工,基础分两次浇筑,管下基础厚度在约 20 ~ 30 厘米,管节安装后再浇筑管底以上部分的管座基础。

根据沉降缝构造要求,基础砼分节进行浇筑。混凝土用溜槽送入模内,在振捣时严禁过振和漏振,二者都会影响混凝土的质量。插入式振动器的移位间距不超过振动器作用半径的 1.5 倍,与侧模保持 5 ~ 10cm 的距离。

使用水准仪严格控制首次浇筑混凝土的顶面高程,即管底高程。待安放管节后再浇筑管底以上部分,并保证新旧混凝土的结合,以及管基混凝土与管壁的结合。两层砼的施工接缝在第一层砼强度达到 2.5Mpa 时用人工凿毛,并用水冲洗干净。凿毛深度控制在 10mm,同时把混凝土表面浮浆及松软层全部去除,露出粗骨料,骨料外露达 75% 以上面积。基础根据设计要求设置沉降缝。沉降缝采用泡沫板隔开,待拆模板后剔除泡沫板并按设计要求填塞沥青麻絮。

施工后及时使用土工布及塑料薄膜等进行覆盖,洒水予以保湿。洒水养护时保证混凝土表面湿润,养护时间不少于七天。

### 5. 管节安装

在基础上标示出涵管中心线,并先安装进、出水口处的端部管节以控制涵管全长,然后逐节安装中部管节。

每节涵管应紧贴于基础上,使管涵受力均匀,所有管节应按正确的轴线和图纸所示坡度敷设。如局部相邻管壁厚度不同,应使内壁齐平。在安装过程中,应保持管内清洁无脏物,无多余的砂浆及其他杂物。

管节安装涵管线形顺直,节缝无错位,管轴线及流水面高程符合设计及规范要求。

### 6. 接缝处理

为防止接头漏水,应对接缝处进行防水处理。

管涵接缝宽度不应大于 10mm,禁止加大接缝宽度来满足涵长的要求,缝隙用沥青麻絮填塞,在接缝处 15cm (填土高  $\leq 10\text{m}$ ) 或 20cm (填土高  $> 10\text{m}$ ) 范围内采用 1:3 水泥砂浆涂带,呈弓状,最厚处为 3cm,并在外侧涂两层热沥青。

管节沉降缝缝隙采用热沥青浸制麻絮填塞,并用麻绳绕沉降缝一周,外面裹两道满涂热沥青的油毛毡或四层沥青浸制麻布,粗铅丝绑扎固定。

#### (三) 质量检查要点及方法

##### 1. 流水面高程控制



根据设计圆管涵敷设坡度，在底层砼基础浇筑时设置标高带，用水准仪复测，严格控制管底高程，以保证流水面高程。

### 2. 管节错台检查

各相邻管节应保持底面错台不宜过大，安装时应用直尺进行逐一检查量测。对于管径 $\leq 1\text{m}$ 的管涵，相邻管节底面错台不大于 $3\text{mm}$ ；对于管径 $> 1\text{m}$ 的管涵，相邻管节底面错台不大于 $5\text{mm}$ 。

### 3. 管节轴线偏位检查

管节安装前，在基础上标示出涵管中心线，边安装边校正。

涵管固定前使用全站仪进行轴线偏位校核，满足设计及规范要求后，方可浇筑管底以上部分管座基础。

## 三、盖板涵

### （一）质量控制要求

盖板涵施工质量应符合表 34-79 的规定。

表 34-79 盖板涵施工质量标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	轴线偏位 (mm)	明涵	$\leq 20$	全站仪：测中心线 5 处
		暗涵	$\leq 50$	
2	流水面高程 (mm)		$\pm 20$	水准仪：测洞口、中点和其他四分点附近 5 处
3	涵底铺砌厚度 (mm)		$+40, -10$	尺量：测 5 处
4	涵长 (mm)		$+100, -50$	尺量：测中心线处
5	孔径 (mm)		$\pm 20$	尺量：测 5 处
6	净高 (mm)	明涵	$\pm 20$	尺量：测洞口及中心共 3 处
		暗涵	$\pm 50$	
7A	混凝土或砂浆强度 (MPa)		在合格标准内	按《公路工程质量检验评定标准第一册土建工程》(JTG F80/1) 附录 D 或附录 F 检查
8	涵台断面尺寸 (mm)	片石砌体	$\pm 20$	尺量：测 3 个断面
		混凝土	$\pm 15$	
9	竖直度 (mm)		$\leq 0.3\%H$ 台高	铅锤法：测 3 个断面
10	涵台顶面高程 (mm)		$\pm 10$	水准仪：测 5 处
11	盖板高度 (mm)	明涵	$+10, 0$	尺量：抽查 30% 的板，且不少于 3 块板，每板检查 2 个断面
		暗涵	$\geq$ 设计值	
12	盖板宽度 (mm)	明涵	$\pm 20$	
		暗涵	$\pm 10$	
13	盖板长度 (mm)		$+10, -10$	尺量：抽查 30% 的板，且不少于 3 块板，每板检查两侧
14	支承面中心偏位 (mm)		$\leq 10$	尺量：每孔抽查 3 块板
15	相邻板最大高差 (mm)		$\leq 10$	尺量：抽查 20%，且不少于 6 块板，测相邻板高差最大处

### （二）过程控制方法

#### 1. 测量放样

根据设计图纸和盖板涵的中心及纵、横轴线，用全站仪和钢尺进行基坑放样，水准仪控制高程。基坑开挖前，应在纵横轴线上、基坑边桩外设控制桩，以便施工中随时校核。

放样所采用控制点均按要求完成复测,施工时严格控制盖板涵主要特征点的标高、坐标。放样完成后,及时安装固定模板。模板安装完成后,在浇筑混凝土前再次复核,以确保盖板涵中心位置、方向和高程不出现偏差。

## 2. 基坑开挖

基坑开挖采用机械开挖为主,人工配合修整。基底避免超挖,机械开挖至距基础底面 20cm 时,采用人工清理至基础底面。基坑尺寸满足涵洞基础施工需要。基坑底面按基础平面尺寸每边放宽 80cm,以便安装管底基础模板。

根据基坑土质类别及《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020),考虑涵洞坡顶有无荷载,则按照对应坑壁坡度进行放坡开挖。开挖弃土不妨碍基坑稳定和施工便道通行,弃土堆坡脚距基坑顶缘的距离不小于基坑开挖深度,基坑顶动载距坑顶缘间距不小于 2.0m。

基坑开挖前作好排水工作,防止地面水或雨水影响基坑边坡稳定。在基坑底部四周设置排水沟和集水井,当有积水时,在集水井内放置水泵及时把水排出基坑,保持基坑内无水。

地基承载力采用动力触探仪检测,检测频率每 10m 布置一个断面,且不少于三个断面,每个断面不少于三个检测点。地基承载力不得小于设计值,检测达到设计要求后,方可进行下步施工。如若检测未达到设计要求时,采用夯实机械进行补充压实或设计规定的措施,以确保地基承载力达到设计要求。

## 3. 垫层施工

根据设计要求,基础施工前进行级配碎石或其他设计材料垫层施工。填料的摊铺采用装载机配合人工进行,分层摊铺碾压。摊铺厚度、平整度均满足要求即可开始进行碾压,压实度应满足设计要求。

## 4. 钢筋加工及安装

钢筋进场后,严格按照规范要求,抽样进行试验检测,检测合格后方可使用。

钢筋在加工场地集中制作,现场人工绑扎,下料制作钢筋时,使同一截面连接区段内搭接数量不大于 50%。

钢筋采用电弧焊连接,双面焊缝长度不小于 5d,单面焊缝长度不小于 10d。焊缝表面平顺、饱满、无缺口、裂纹和较大的金属焊瘤,焊缝断面满足规范要求。钢筋的交叉点处,用绑扎丝梅花形交错绑扎。

为保证保护层厚度,在钢筋与模板之间按 4 个 /  $\text{m}^2$  设置不低于混凝土强度的垫块,垫块应与钢筋绑扎,并互相错开,保护层厚度要符合设计规定。

## 5. 混凝土工程

混凝土均由拌合站集中生产供应,由混凝土搅拌运输车运到施工现场后,采用吊车料斗入模,分层浇筑,每层厚 30cm。

插入式振捣棒振捣,插入点按梅花形布置,移动间距不超过振捣器作用半径的 1.5 倍,与侧模保持 5 ~ 10cm 的距离,应插入下层砼 5 ~ 10cm,保证上下层的整体性,振捣过程中应使砼密实



表面泛浆，不再有气泡冒出时，停止振捣，振捣棒应垂直提落。

混凝土浇筑完成厚，待表面收浆后尽快对混凝土进行覆盖洒水养生，洒水养护时保证混凝土表面湿润，养护时间不少于七天。

## 6. 底板施工

在垫层平面上，进行精确放样，确定好底板边线及沉降缝位置，将场外加工好的钢筋倒运至现场进行绑扎，然后立模加固，确保沉降缝板不变形。

模板采用组合钢模板，底板及边墙之间倒角处模板内设  $\phi 10$  圆钢对拉，并在四周设置  $\phi 16$  的螺纹钢筋固定防止上浮。

底板浇筑前将侧墙上部竖向主筋提前帮扎预埋好，以便下一步侧墙施工。底板浇筑时注意沉降缝位置预埋相关防水设施。

模板安装完毕后，用水准仪测量基础混凝土顶面标高并且在模板上作标记，基础顶面高程的允许误差应符合验标和设计要求。

底板混凝土浇筑至下梗肋以上 20cm，左右两侧边墙高差 30cm 以上。底板混凝土灌注要分层、连续作业，

## 7. 涵身施工

墙身与台帽一次性立模完成施工，根据施工缝布置，分节段进行浇筑。施工前，对施工缝处进行凿毛处理，将松动石子或松散混凝土层凿除，并用水冲净、湿润，但不得存有积水，并在施工缝处先铺一层厚约 15mm 并与混凝土灰砂比相同而水灰比略小的水泥砂浆，然后再浇筑混凝土。

在底板上定点挂线安装涵身内外侧模板，模板设立对拉杆固定加固，两侧设置斜撑。每段墙身一次浇筑完毕，浇筑时分层自两端向中间浇筑。

## 8. 盖板预制

盖板预制场地应坚实、利于排水、无明显沉降，为保证盖板底平滑及严格控制其结构尺寸，盖板预制场地应使用水准仪进行测量抄平。

钢筋加工严格按照设计尺寸，绑扎时注意保护层控制，避免发生露筋现象。模板应支撑牢固、连接紧密无缝隙，避免漏浆。

## 9. 盖板安装

盖板强度达到设计强度的 85% 后，方可搬运安装。

对台帽标高、轴线进行复测，确保无误后进行吊装。盖板应水平搬运，使板体受力均匀。根据轴线放样及沉降缝位置确定板的具体位置进行吊装。

盖板就位后，板与支承面须密合。板与板之间接缝平整，密实填充符合设计要求的材料。盖板之间接缝应与沉降缝在一平面内。

## 10. 附属工程

### 10.1 沉降缝施工

涵身沉降缝全断面设置 2cm 厚涂沥青膏木板，主体混凝土浇筑完成后，施工沉降缝，在涵洞

顶面、侧墙外面及底板顶面，设置 4\*6cm 槽口，剔除槽口内的沥青膏木板，填塞沥青麻絮，沥青麻絮应密实，沉降缝两侧 25cm 范围内施工三层沥青两层油毡。

10.2 端翼墙和帽石施工

涵身施工完后，进行八字墙施工，施工操作过程与涵身基本一致。

帽石与墙体一起浇注，帽石表面要平整、抹光、外形方正。

10.3 涵洞附属工程

涵洞进出水口沟床铺砌采用 M7.5 浆砌片石，出入口采用 M7.5 浆砌片石锥坡，铺砌末端设截水墙。

涵洞出入口的沟床应顺直，与上下游导流、排水设施、道路的连接应圆顺、稳固，避免损害路堤、村舍、农田、道路等。

(三) 质量检查要点及方法

1. 钢筋保护层控制

严格按照设计图纸计算钢筋下料尺寸，使用下料卡具、模具和定位器，确保下料钢筋尺寸，消除人为误差。

钢筋绑扎成型后，安放符合要求的砼垫块，与钢筋绑扎牢固。

2. 控制预制板的长度与现场的沉降缝位置严格对应

基础及涵身严格按照设计图纸精确放样，现浇法的模板支架必须有足够的强度和刚度，保证沉降缝顺直平齐。浇筑时可跳节施工，沉降缝可采用泡沫板隔开。盖板严格按照设计尺寸预制，安装时，使基础、墙身、盖板沉降缝在同一位置、上下顺直、贯通。

四、箱涵

(一) 质量控制要求

箱涵施工质量应符合表 34-80 的规定。

表 34-80 箱涵施工质量标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	轴线偏位 (mm)	明涵	≤ 20	全站仪：测中心线 5 处
		暗涵	≤ 50	
2	流水面高程 (mm)		± 20	水准仪：测洞口、中点和其他四分点附近 5 处
3	涵长 (mm)		+100, -50	尺量：测中心线处
4Δ	混凝土强度 (MPa)		在合格标准内	按《公路工程质量检验评定标准第一册土建工程》(JTGF80/1) 附录 D 检查
5	净高、宽 (mm)	高度	+5, -10	尺量：测 3 个断面
		宽度	± 30	
6Δ	顶板厚 (mm)	明涵	+10, 0	尺量：测 5 处
		暗涵	≥ 设计值	
7	侧墙和底板厚度 (mm)		≥ 设计值	尺量：各墙、板测 5 处
8	平整度 (mm)		≤ 5	2m 直尺：每侧面每 10m 测 2 处，每处测竖直及水平 2 个方向

(二) 过程控制方法



### 1. 测量放样

根据设计图纸和箱涵的中心及纵、横轴线，用全站仪和钢尺进行基坑放样，水准仪控制高程。基坑开挖前，应在纵横轴线上、基坑边桩外设控制桩，以便施工中随时校核。

放样所采用控制点均按要求完成复测，施工时严格控制箱涵主要特征点的标高、坐标。放样完成后，及时安装固定模板。模板安装完成后，在浇筑混凝土前再次复核，以确保箱涵中心位置、方向和高程不出现偏差。

### 2. 基坑开挖

基坑开挖采用机械开挖为主，人工配合修整。基底避免超挖，机械开挖至距基础底面 20cm 时，采用人工清理至基础底面。基坑尺寸满足涵洞基础施工需要。基坑底面按基础平面尺寸每边放宽 80cm，以便安装管底基础模板。

根据基坑土质类别及《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)，考虑涵洞坡顶有无荷载，则按照对应坑壁坡度进行放坡开挖。开挖弃土不妨碍基坑稳定和施工便道通行，弃土堆坡脚距基坑顶缘的距离不小于基坑开挖深度，基坑顶动载距坑顶缘间距不小于 2.0m。

基坑开挖前作好排水工作，防止地面水或雨水影响基坑边坡稳定。在基坑底部四周设置排水沟和集水井，当有积水时，在集水井内放置水泵及时把水排出基坑，保持基坑内无水。

地基承载力采用动力触探仪检测，检测频率每 10m 布置一个断面，且不少于三个断面，每个断面不少于三个检测点。地基承载力不得小于设计值，检测达到设计要求后，方可进行下步施工。如若检测未达到设计要求时，采用夯实机械进行补充压实或设计规定的措施，以确保地基承载力达到设计要求。

### 3. 垫层施工

根据设计要求，基础施工前进行级配碎石或其他设计材料垫层施工。填料的摊铺采用装载机配合人工进行，分层摊铺碾压。摊铺厚度、平整度均满足要求即可开始进行碾压，压实度应满足设计要求。

### 4. 钢筋加工及安装

钢筋进场后，严格按照规范要求，抽样进行试验检测，检测合格后方可使用。

钢筋在加工场地集中制作，现场人工绑扎，下料制作钢筋时，使同一截面连接区段内搭接数量不大于 50%。

钢筋采用电弧焊连接，双面焊缝长度不小于 5d，单面焊缝长度不小于 10d。焊缝表面平顺、饱满、无缺口、裂纹和较大的金属焊瘤，焊缝断面满足规范要求。钢筋的交叉点处，用绑扎丝梅花形交错绑扎。

为保证保护层厚度，在钢筋与模板之间按 4 个 / m<sup>2</sup> 设置不低于混凝土强度的垫块，垫块应与钢筋绑扎，并互相错开，保护层厚度要符合设计规定。

### 5. 混凝土工程

混凝土均由拌合站集中生产供应，由混凝土搅拌运输车运到施工现场后，采用吊车料斗入模，

分层浇筑，每层厚 30cm。

插入式振捣棒振捣，插入点按梅花形布置，移动间距不超过振捣器作用半径的 1.5 倍，与侧模保持 5 ~ 10cm 的距离，应插入下层砼 5 ~ 10cm，保证上下层的整体性，振捣过程中应使砼密实表面泛浆，不再有气泡冒出时，停止振捣，振捣棒应垂直提落。

混凝土浇筑完成厚，待表面收浆后尽快对混凝土进行覆盖洒水养生，洒水养护时保证混凝土表面湿润，养护时间不少于七天。

#### 6. 底板施工

在垫层平面上，进行精确放样，确定好底板边线及沉降缝位置，将场外加工好的钢筋倒运至现场进行绑扎，然后立模加固，确保沉降缝板不变形。

模板采用组合钢模板，底板及边墙之间倒角处模板内设  $\phi 10$  圆钢对拉，并在四周设置  $\phi 16$  的螺纹钢筋固定防止上浮。

底板浇筑前将侧墙上部竖向主筋提前帮扎预埋好，以便下一步侧墙施工。底板浇筑时注意沉降缝位置预埋相关防水设施。

模板安装完毕后，用水准仪测量基础混凝土顶面标高并且在模板上作标记，基础顶面高程的允许误差应符合验标和设计要求。

底板混凝土浇筑至下梗肋以上 20cm，左右两侧边墙高差 30cm 以上。底板混凝土灌注要分层、连续作业，

#### 7. 边墙、顶板施工

底板砼强度满足后续施工要求后，方可搭设支架、立模、绑扎钢筋，一次性浇筑边墙及顶板砼。根据施工缝布置，分节段进行浇筑。

满堂支架一般采用盘扣式满堂支架，杆件的横距、纵距及步距等应严格按照满堂支架设计方案进行布置。

施工前，对施工缝处进行凿毛处理，将松动石子或松散混凝土层凿除，并用水冲净、湿润，但不得存有积水，并在施工缝处先铺一层厚约 15mm 并与混凝土灰砂比相同而水灰比略小的水泥砂浆，然后再浇筑混凝土。

#### 8. 支架、模板拆除

顶板砼强度达到设计强度的 85% 后，方可拆除模板及支架。达到设计强度的 100% 后，方可进行涵顶回填土。设计有具体要求的应按设计要求执行。

按照“后装先拆、先装后拆”的原则拆除，拆模时不得用撬棒重锤硬撬硬击，按规定及施工顺序清理，运送至指定位置堆放。严禁抛掷、撞击、脚踩等损坏模板的行为。

#### 9. 附属工程

##### 9.1 沉降缝施工

涵身沉降缝全断面设置 2cm 厚涂沥青膏木板，主体混凝土浇筑完成后，施工沉降缝，在涵洞顶面、侧墙外面及底板顶面，设置 4\*6cm 槽口，剔除槽口内的沥青膏木板，填塞沥青麻絮，沥青



麻絮应密实，沉降缝两侧 25cm 范围内施工三层沥青两层油毡。

### 9.2 端翼墙和帽石施工

涵身施工完后，进行八字墙施工，施工操作过程与涵身基本一致。

帽石与墙体一起浇注，帽石表面要平整、抹光、外形方正。

### 9.3 涵洞附属工程

涵洞进出水口沟床铺砌采用 M7.5 浆砌片石，出入口采用 M7.5 浆砌片石锥坡，铺砌末端设截水墙。

涵洞出入口的沟床应顺直，与上下游导流、排水设施、道路的连接应圆顺、稳固，避免损害路堤、村舍、农田、道路等。

### （三）质量检查要点及方法

#### 1. 钢筋保护层控制

严格按照设计图纸计算钢筋下料尺寸，使用下料卡具、模具和定位器，确保下料钢筋尺寸，消除人为误差。

钢筋绑扎成型后，安放符合要求的砼垫块，与钢筋绑扎牢固。

#### 2. 箱涵高度、宽度控制

底板施工时绑扎边墙预埋钢筋，边墙底节模板安装完成后，由测量人员使用全站仪进行复核，确认无误后方可浇筑混凝土，混凝土浇筑过程中注意底板顶面高程控制。顶板施工注意支架搭设高度，以保证箱涵高度满足要求。

## 五、拱涵

### （一）质量控制要求

拱涵施工质量应符合表 34-81 的规定。

表 34-81 拱涵施工质量标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	轴线偏位 (mm)		$\leq 50$	全站仪：测中心线 5 处
2	流水面高程 (mm)		$\pm 20$	水准仪：测洞口、中点和其他四分点附近 5 处
3	涵底铺砌厚度 (mm)		+40, -10	尺量：测 5 处
4	涵长 (mm)		+100, -50	尺量：测中心线处
5	孔径 (mm)		$\pm 20$	尺量：测 5 处
6	净高 (mm)		$\pm 50$	尺量：测洞口及中心共 3 处
7Δ	混凝土或砂浆强度 (MPa)		在合格标准内	按《公路工程质量检验评定标准第一册土建工程》(JTGF80/1) 附录 D 或附录 F 检查
8	涵台断面尺寸 (mm)	片石砌体	$\pm 20$	尺量：测 3 个断面
		混凝土	$\pm 15$	
9	竖直度 (mm)		$\leq 0.3\%H$ 台高	铅锤法：测 3 个断面
10	涵台顶面高程 (mm)		$\pm 10$	水准仪：测 5 处
11Δ	拱圈厚度 (mm)	砌体	$\pm 20$	尺量：测拱脚、1/4 跨、3/4 跨、拱顶 5 处两侧
		混凝土	$\pm 15$	
12	内弧线偏离设计弧线 (mm)		$\pm 20$	样板：测拱圈 1/4 跨、3/4 跨、拱顶 3 处两侧

## （二）过程控制方法

### 1. 测量放样

根据设计图纸和拱涵的中心及纵、横轴线，用全站仪和钢尺进行基坑放样，水准仪控制高程。基坑开挖前，应在纵横轴线上、基坑边桩外设控制桩，以便施工中随时校核。

放样所采用控制点均按要求完成复测，施工时严格控制拱涵主要特征点的标高、坐标。模板安装完成后，在浇筑混凝土前再次复核，以确保拱涵位置、方向和高程不出现偏差。

### 2. 基坑开挖

基坑开挖采用机械开挖为主，人工配合修整。基底避免超挖，机械开挖至距基础底面 20cm 时，采用人工清理至基础底面。基坑尺寸满足涵洞基础施工需要。基坑底面按基础平面尺寸每边放宽 80cm，以便安装管底基础模板。

根据基坑土质类别及《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650-2020），考虑涵洞坡顶有无荷载，则按照对应坑壁坡度进行放坡开挖。开挖弃土不妨碍基坑稳定和施工便道通行，弃土堆坡脚距基坑顶缘的距离不小于基坑开挖深度，基坑顶动载距坑顶缘间距不小于 2.0m。

基坑开挖前作好排水工作，防止地面水或雨水影响基坑边坡稳定。在基坑底部四周设置排水沟和集水井，当有积水时，在集水井内放置水泵及时把水排出基坑，保持基坑内无水。

地基承载力采用动力触探仪检测，检测频率每 10m 布置一个断面，且不少于三个断面，每个断面不少于三个检测点。地基承载力不得小于设计值，检测达到设计要求后，方可进行下步施工。如若检测未达到设计要求时，采用夯实机械进行补充压实或设计规定的措施，以确保地基承载力达到设计要求。

### 3. 垫层施工

根据设计要求，基础施工前进行级配碎石垫层施工。填料的摊铺采用装载机配合人工进行，分层摊铺碾压。摊铺厚度、平整度均满足要求即可开始进行碾压，压实度应满足设计要求。

### 4. 钢筋加工及安装

钢筋进场后，严格按照规范要求，抽样进行试验检测，检测合格后方可使用。

钢筋在加工场地集中制作，现场人工绑扎，下料制作钢筋时，使同一截面连接区段内搭接数量不大于 50%。

钢筋采用电弧焊连接，双面焊缝长度不小于 5d，单面焊缝长度不小于 10d。焊缝表面平顺、饱满、无缺口、裂纹和较大的金属焊瘤，焊缝断面满足规范要求。钢筋的交叉点处，用绑扎丝梅花形交错绑扎。

为保证保护层厚度，在钢筋与模板之间按 4 个 /  $\text{m}^2$  设置不低于混凝土强度的垫块，垫块应与钢筋绑扎，并互相错开，保护层厚度要符合设计规定。

### 5. 混凝土工程

混凝土均由拌合站集中生产供应，由混凝土搅拌运输车运到施工现场后，采用吊车料斗入模，分层浇筑，每层厚 30cm。



插入式振捣棒振捣，插入点按梅花形布置，移动间距不超过振捣器作用半径的 1.5 倍，与侧模保持 5 ~ 10cm 的距离，应插入下层砼 5 ~ 10cm，保证上下层的整体性，振捣过程中应使砼密实表面泛浆，不再有气泡冒出时，停止振捣，振捣棒应垂直提落。

混凝土浇筑完成厚，待表面收浆后尽快对混凝土进行覆盖洒水养生，洒水养护时保证混凝土表面湿润，养护时间不少于七天。

## 6. 基础施工

基础施工时，应先校核基底标高和中线，按设计位置及长度精确定出沉降缝位置，沉降缝的位置、尺寸、构造形式等都必需符合设计要求。立好基础模板，绑扎基础钢筋并预埋墙身钢筋，浇注基础混凝土。

基础模板采用大块平面钢模板，一次成形，两侧模板采用对拉螺栓对拉，并用顶托支撑。模板内涂刷脱模剂并安装严密。涵洞按设计位置设置沉降缝，做到两端竖直、平整，上下贯通，沉降缝的填塞符合设计及规范要求。

当混凝土达到 2.5Pa 时，则进行涵洞基础模板的拆除与墙身模板的安装。

## 7. 墙身施工

墙身施工首先要做好测量工作，应使墙身中心线、基础中心线在同一直线上，在基础上进行墙身放样弹线，并确定墙身沉降缝位置。

施工墙身混凝土时，采用大块平面模板，模板内涂刷脱模剂并安装严密。在模板外设立支撑固定，内外模采用钢筋拉杆及支撑方木加固，伸出混凝土外露表面的拉杆加焊止水环，拆模时将拉杆拆除，表面用高强防水砂浆填塞密实。

浇筑过程中，应设专人检查模板、支架等支撑情况，移位、变形等应立即校正并加固。

## 8. 拱圈施工

拱架采用钢木结合的结构，施工前，做好拱架设计，主要承力结构进行承载力检算，保证结构承载力满足施工安全要求，拱架模板的结构尺寸、形状应满足设计要求，且便于拆除。拱圈两侧用定制的弧形侧模封端，并加三角撑与拱架支撑牢固。

拱圈按照图纸预留沉降缝，注意沉降缝与基础施工时的沉降缝顺接，无错缝。

根据拱圈跨径、矢高、厚度及拱架的情况，采用分环分段法浇筑，从两端拱脚向拱顶方向对称、均衡的浇筑。浇筑时，随时观测拱架的变形，必要时对浇筑顺序进行适当调整，以控制拱圈的变形。浇筑过程中随时检查拱架，保证结构、尺寸正确，浇筑好的涵洞，保证拱圈圆滑，表面平整。

先拆除拱架再进行拱顶填土时，拱圈和护拱的砌筑砂浆或混凝土的强度应符合设计规定，设计未规定时，应达到设计强度的 85% 后，方可拆除拱架，且在拱架拆除时应先完成拱脚以下部分回填土的填筑；达到设计强度的 100% 后，方可进行拱顶填土。

在拱架未拆除的情况下进行拱顶填土时，拱圈和护拱的砌筑砂浆或混凝土的强度应符合设计规定，设计未规定时，应达到设计强度的 85% 后，方可进行拱顶填土；拱架应在拱圈强度达到设计强度的 100% 后，方可拆除。

拆除时先拆除跨中段，再拆除拱脚段，然后拆除剩余部分，拆除过程中做好拱圈变形监测，若有过大变形，应立即停止拆架，查明原因后再做后续处理。

### （三）质量检查要点及方法

#### 1. 钢筋保护层控制

严格按照设计图纸计算钢筋下料尺寸，使用下料卡具、模具和定位器，确保下料钢筋尺寸，消除人为误差。

钢筋绑扎成型后，安放符合要求的砼垫块，与钢筋绑扎牢固。

#### 2. 拱架搭设

严格按照拱架设计方案进行搭设，拱架安装高度与拱圈结构形式相适应，

#### 3. 拱圈线形控制

拱架设计时进行承力结构承载力检算，确保满足施工承载力要求。浇筑过程中，随时检查拱架变形，做好拱架监控量测，以控制拱圈的变形，保证拱圈的结构、尺寸正确。

## 六、一字墙、八字墙

### （一）质量控制要求

一字墙和八字墙施工质量应符合表 34-82 的规定。

表 34-82 一字墙和八字墙施工质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1Δ	混凝土或砂浆强度（MPa）	在合格标准内	按《公路工程质量检验评定标准第一册土建工程》（JTG F80/1）附录 D 或附录 F 检查
2	平面位置（mm）	≤ 50	全站仪：测墙顶内边线 3 点
3	顶面高程（mm）	± 20	水准仪：测 3 处
4	坡度（%）	≤ 0.5	铅锤法：长度方向测 3 处
5Δ	断面尺寸（mm）	≥ 设计值	尺量：测 2 个断面

### （二）过程控制方法

#### 1. 测量放样

根据设计图纸和涵身的中心及纵、横轴线，用全站仪和钢尺进行一字墙、八字墙放样，水准仪控制高程。

#### 2. 基底处理

基坑开挖与涵身同步开挖，开挖完成后进行基底承载力检测，检测合格后施工垫层。垫层施工与涵身位置同步施工碾压，保证一字墙、八字墙与涵身基底承载力一致。

#### 3. 钢筋加工及安装

钢筋进场后，严格按照规范要求，抽样进行试验检测，检测合格后方可使用。

钢筋在加工场地集中制作，现场人工绑扎，下料制作钢筋时，使同一截面连接区段内搭接数量不大于 50%。

钢筋采用电弧焊连接，双面焊缝长度不小于 5d，单面焊缝长度不小于 10d。焊缝表面平顺、饱满、无缺口、裂纹和较大的金属焊瘤，焊缝断面满足规范要求。钢筋的交叉点处，用绑扎丝梅花形交

错绑扎。

为保证保护层厚度，在钢筋与模板之间按 4 个 /  $\text{m}^2$  设置不低于混凝土强度的垫块，垫块应与钢筋绑扎，并互相错开，保护层厚度要符合设计规定。

#### 4. 混凝土工程

混凝土均由拌合站集中生产供应，由混凝土搅拌运输车运到施工现场后，采用吊车料斗入模，分层浇筑，每层厚 30cm。

插入式振捣棒振捣，插入点按梅花形布置，移动间距不超过振捣器作用半径的 1.5 倍，与侧模保持 5 ~ 10cm 的距离，应插入下层砼 5 ~ 10cm，保证上下层的整体性，振捣过程中应使砼密实表面泛浆，不再有气泡冒出时，停止振捣，振捣棒应垂直提落。

混凝土浇筑完成厚，待表面收浆后尽快对混凝土进行覆盖洒水养生，洒水养护时保证混凝土表面湿润，养护时间不少于七天。

#### 5. 一字墙和八字墙施工

模板采用组合钢模板，模板内涂刷脱模剂并安装严密。在模板外设立支撑固定，底部设置防上浮钢筋加固，内外模采用钢筋拉杆及支撑方木加固，伸出混凝土外露表面的拉杆加焊止水环，拆模时将拉杆拆除，表面用高强防水砂浆填塞密实。

#### （三）质量检查要点及方法

##### 1. 钢筋保护层控制

严格按照设计图纸计算钢筋下料尺寸，使用下料卡具、模具和定位器，确保下料钢筋尺寸，消除人为误差。

钢筋绑扎成型后，安放符合要求的砼垫块，与钢筋绑扎牢固。

##### 2. 模板防上浮控制

模板安装时，底部设置防上浮钢筋进行加固。浇筑过程中，适当减缓浇筑速度，并设专人检查模板，如有上浮趋势，立即停止浇筑，加固后方可继续施工。

### 七、质量通病及防治

1. 基底处理不当。基底产生不均匀沉降；结构物沉降、开裂，产生错位现象，外侧侧墙产生开裂、裂缝等；结构物顶部路面产生横向裂缝。

防治措施：

1.1 结构物位置严格按照设计要求进行软基处理。

1.2 结构物基底开挖严格按设计要求进行，防止产生超挖、欠挖现象。

1.3 基底如需超挖回填，要严格控制回填材料各项指标。

1.4 对于有地下水的区域，基础开挖时在基坑四周挖集水沟，以保持良好的排水，确保整个施工期间不遭受水的危害。基地开挖后不易长期暴露，避免基底受水浸泡，承载力下降。

1.5 基底开挖至设计标高后，按照设计要求进行基底承载力试验，如承载力不满足设计要求，要采取进一步处理措施。

1.6 进行基础施工前,基底要进行必要的压实、夯实处理。

1.7 施工完成后,及时施作出入口铺砌等附属工程,与上下游导流、排水设施、道路的连接应圆顺、稳固,避免出入口积水造成一字墙、八字墙不均匀沉降。

2. 混凝土表面平整度差、漏浆、跑模。砼表面不平整,边、线、面不平整;大面积砼或分层、块浇筑砼表面有错台现象;混凝土浇筑时漏浆、模板发生移动。

防治措施:

2.1 模板安装及模后支撑要牢固,保证有足够的强度和刚度,减少变形,防止移位。

2.2 混凝土浇筑前及浇筑过程中,仔细检查模板支撑是否牢固,必要时进行加固处理。

2.3 模板面板需选择有足够刚度的钢板,钢板不宜太薄。

2.4 模板连接紧密合理,分块模板连接部位有足够刚度,接缝处垫设止漏双面胶条。

2.5 分层、分次浇筑的要合理设置接缝,接缝需平顺整齐。

2.6 做好结构物中心、轴线和尺寸的测量监控。

3. 混凝土露筋、蜂窝、麻面。砼外露面有大量密集性气泡;局部地方有漏筋或者渗水、泛碱发白现象。

防治措施:

3.1 模板使用前,表面打磨干净,在涂刷脱模剂前保持表面洁净,使用优质脱模剂,并涂刷均匀。

3.2 安装模板前认真检查钢筋,将间距调整均匀,并垫设好垫块,防止钢筋紧挨模板,致使砼无法顺畅流淌并填充密实。

3.3 严格按照设计砼配合比使用材料拌合,搅拌时间达到规范要求,采用专业砼搅拌车运送,防止运送过程中离析。

3.4 控制好混凝土坍落度,切实保证混凝土的和易性。底板与边墙底部折角部位的混凝土流动性不宜过大,否则将造成折角部位下口大量翻浆。

3.5 采用合适的浇筑顺序和方法,尤其是当浇满底板混凝土、将要浇筑折角部位时,应特别注意折角部位下口齐平。当混凝土第一次下料完毕,经振捣后,由于料浆下沉密实会低于折角部位下口,此时必须再加料直到底板混凝土与折角部位下口齐平为止,以阻挡折角部位的混凝土从底板流失。其经验作法是:只要保证靠近折角部位下口底板处的混凝土振捣时不低于折角部位下口,即使在振捣折角部位混凝土时部分混凝土从下口底板翻出,也不致于出现折角部位有空穴露筋现象。

3.6 控制自由下落高度不超过 2m。浇筑分层进行,分层厚度不超过 30cm。

3.7 采用正确的振捣方法,合理选择振捣设备,防止漏振和过振,振捣时要快插满拔,并深入到下层砼面,振捣间距及振捣时间满足规范要求。

3.8 随时检查模板及支架的变形情况,尤其防止漏浆。

4. 砼结构缺棱掉角。

防治措施:



- 4.1 根据结构物规格尺寸和周围情况，合理设计模板，便于运输、安装和拆除。
- 4.2 模板安装前认真进行除锈处理，均匀涂刷优质脱模剂，使脱模方便。
- 4.3 浇筑完成后，要按要求进行覆盖养生，待达到足够强度后方可，不宜过早拆模。
- 4.4 加强成品保护，防止碰撞早龄期的砼。
- 4.5 模板拆除时，要轻拆轻卸，不要用硬物直接锤击、撬砸。

5. 砼表面裂缝。

防治措施：

- 5.1 检查水泥出厂合格证，进场抽检报告单。
- 5.2 砂、石质量符合有关标准规定，石子含泥量高时冲洗，不采用细砂。
- 5.3 对温度影响的裂缝采用低热水泥，合理选用骨料和配合比，以降低水泥用量，并加强养生。
- 6. 箱涵顶板和墙体出现微小裂缝。

防治措施：

6.1 箱体内外同时养护，不能因内部浇水困难就忽略，避免内侧得不到充分的养护水分，而造成墙体和顶板内外侧不均匀收缩导致裂缝的出现。

6.2 控制好拆模时间，以同等条件养护试块的抗压强度值作为拆模的依据，避免拆模过早导致顶板裂缝。

- 6.3 回填时，应保证混凝土强度达到设计强度，且应两侧对称回填。

7. 砼颜色不一。

防治措施：

- 7.1 采用同一厂家生产，同规格、同批次的水泥和集料。
- 7.2 采用同一配合比拌制砼。
- 7.3 采用同一厂家、同一品种的脱模剂。

8. 钢筋严重锈蚀。

防治措施：

- 8.1 对颗粒状或片状老锈必须清除。
- 8.2 钢筋除锈后仍留有麻点者，严禁按原规格使用。

9. 钢筋弯曲不直。

防治措施：

- 9.1 采用调直机冷拉或人工方法调直。
- 9.2 对严重曲折钢筋，曲折处圆弧半径较小的硬弯，调直后检查有无裂纹。
- 9.3 对矫正后仍不直的钢筋，不准用作受力筋。

10. 咬边焊缝与钢筋交接处有缺口。

防治措施：

- 10.1 选用合适电流，防止电流过大。

10.2 焊弧不可拉得过大。

10.3 控制焊条角度和运弧方法。

11. 管节错台偏大。

防治措施：

11.1 控制底层管座基础浇筑高程，浇筑时设置标高带并用水准仪进行复测。

11.2 严格进行管节进场验收，确保管节壁厚在符合规范要求的前提下，不同管节壁厚基本一致。

## 第七节 隧道工程

### 一、一般规定

目前我国公路隧道建设以山岭隧道为主，且大都采用钻爆法施工，因此本次主要制定以钻爆法施工的隧道工程施工控制办法。

#### （一）洞口、明洞与浅埋段工程

1. 隧道洞口开挖前，施工单位应编制隧道进洞专项施工方案，严禁大开大挖，监理工程师应组织设计、施工单位进行专项审查。

2. 洞口开挖和进洞施工宜避开雨季、融雪期及严寒冬季。

3. 在不良地质地段，应在进洞前按设计要求对地表及仰坡进行加固防护。

4. 洞口边坡及仰坡应自上而下开挖，不得掏底开挖或上下重叠开挖。洞口有临近建筑物时，应采取微震动控制爆破。当地质条件不良时，应采取稳定边坡和仰坡的措施。

5. 应随时检查边坡和仰坡的变形状态，发现不稳定现象时，及时采取措施，保证施工安全。

6. 洞口边、仰坡排水系统应在雨季之前完成。

7. 隧道排水应与洞外排水系统合理连接，不得侵蚀软化隧道和明洞基础，不得冲刷路基边坡及桥涵锥坡等措施。

8. 应对地表沉降和拱顶下沉进行监控测量，并适当增加测量频率。

9. 洞口永久性挡护工程应紧随土石方开挖及早完成。地基承载力应满足设计要求。

10. 明洞边坡开挖应根据设计要求采取岩土体加固措施。明洞衬砌施工应仰拱先行，拱墙整体浇筑。

11. 明洞边墙地基承载力应满足设计要求。边墙基础混凝土灌注前应排除坑内积水，完成后应及时回填。

12. 明洞石质开挖应防止爆破影响边仰坡的稳定。

13. 明洞拱圈混凝土达到设计强度后由人工夯实回填至拱顶以上 1 米，方可采用机械回填。

14. 浅埋段施工不应采取全断面法开挖，开挖后应尽快进行初期支护施工，应增加对地表沉降、拱顶下沉的量测及反馈。量测频率不宜小于深埋段的 2 倍。

#### （二）开挖及钻爆



1. 应根据隧道长度、断面大小、结构形式、工期要求、机械设备、地质条件, 选择适宜的开挖方案。
2. 开挖断面尺寸符合设计要求。
3. 爆破后, 应及时对开挖面和未衬砌地段进行检查; 对可能出现的险情, 应采取措施及时处理。
4. 开挖作业不得危及初期支护、衬砌和设备的安全, 并应保护好量测用的测点。
5. 开挖后, 应做好地质构造的核对和监控量测工作。
6. 开挖作业必须保证安全。
7. 施工前应进行钻爆设计, 并根据实际爆破效果及时对爆破设计参数进行调整。
8. 爆破器材必须具备相关的检验合格证、技术指标及说明书。
9. 钻爆作业应按照钻爆设计进行。

### (三) 支护与衬砌

1. 隧道施工支护应配合开挖作业及时进行, 确保施工安全。
2. 隧道衬砌不得侵入隧道建筑界限。
3. 支护与衬砌材料的标准、规格及要求等应满足设计要求。
4. 隧道支护与衬砌施工过程中应做好施工记录。

### (四) 防水和排水

1. 隧道施工防排水设施应与运营防排水工程相结合。
2. 应按设计做好防排水混凝土、防排水隔离层、施工缝、变形缝、诱导缝防水, 盲沟排水管排水应通畅。
3. 防排水材料应符合国家、行业标准, 满足设计要求, 并有出厂合格证明。不得使用有毒的、污染环境材料。
4. 隧道防排水不得污染环境。

### (五) 不良土质和特殊岩土地段

不良地质和特殊岩土地段隧道施工前, 必须根据设计提供的工程及水文地质资料, 结合现场实际情况, 制定专项施工技术方案, 并进行评审。施工技术方案应包括应急预案。

#### 1. 膨胀岩土

- 1.1 膨胀岩土隧道施工防排水应采用“以防为主, 防、截、堵、排相结合”的原则。
- 1.2 应采取措施预防因分部开挖而引起围岩压力及偏压压力增大。
- 1.3 初期支护应紧跟开挖尽快对围岩施加约束, 仰拱应尽早完成。
- 1.4 二次衬砌、拱、墙应一次施工。衬砌应与围岩密贴。当衬砌混凝土强度达到设计要求, 方可拆模。

#### 2. 黄土

- 2.1 按设计做好洞顶、洞门及洞口的防排水系统, 排水沟应进行铺砌, 防止地表水下渗, 应在雨季前做好隧道洞门。地层含水量大时, 应及时排水, 拱脚严禁被水浸泡。
- 2.2 施工中严格遵循“管超前、短进尺、强支护、早封闭、勤测量”的施工原则。

2.3 根据隧道开挖断面大小选择合理的开挖方法。墙脚、拱脚处必须严格控制超欠挖。

2.4 基底承载力不足时,应按设计采取措施加固隧道基地。

2.5 施工中应加强测量和观察,发现不安全因素时,应暂停开挖,加强临时支护,调整施工方案。

2.6 施工中应注意观察垂直节理,必要时采取措施,防止塌方事故发生。

2.7 开挖后应立即对隧道周边及掌子面进行喷射混凝土封闭,并及时施工其他初期支护。

2.8 锚杆施工应采用干钻成孔,并采用早强材料锚固。

2.9 钢支护锁脚锚杆(锚管)施工应满足设计要求。

2.10 不得在喷射混凝土前用水冲洗开挖面。

2.11 仰拱应超前拱墙二次衬砌施工。

2.12 拱墙二次衬砌应整体灌注。

### 3. 岩溶

3.1 应采取综合超前地质预报措施查明施工面前方溶洞和水的情况。

3.2 岩溶段爆破开挖时,严格控制单段起爆药量和总装药量,控制爆破震动。

3.3 溶洞内不得任意抛填开挖弃渣。

3.4 应准备足够数量的排水设备。

3.5 岩溶地区隧道施工前,应依据设计文件结合现场情况核查溶洞的分布范围、类型、规模、充填物和地下水流情况等,选择“疏导、堵填、注浆加固、跨越、绕避、宣泄”等措施进行处理。

3.6 溶洞规模大,内部充填物有大量泥沙,且含有丰富的地下水时,应预留安全止水岩墙。

3.7 采用回填方法处理溶洞时,不得阻断过水通道。

3.8 岩溶地区隧道支护和衬砌应按设计要求根据溶洞情况进行加强。二次衬砌施工前,应检查隧道周围围岩情况。

### 4. 含水砂层

4.1 隧道通过含水砂层时,应调查其特性、规模,并制定处置方案。

4.2 含水砂层隧道开挖应自上而下支护后开挖。

4.3 严格控制开挖长度,防止上部两侧不均匀下沉。

4.4 支护应及时,边开挖边封闭,遇缝比堵,严防沙粒从支护缝隙中漏出。

4.5 应观测支护的实际沉落量,如预留量过大或不足,应在下一环节施工中及时调整。

### 5. 瓦斯

5.1 瓦斯隧道应成立负责通风、瓦斯检测、防止处理瓦斯爆炸和煤与瓦斯突出、救护等的专门机构。

5.2 设置灭火器、消防水池、消防用沙等消防设施。

5.3 对施工作业人员、管理人员进行安全培训。

5.4 制定防治瓦斯的专项施工方案并严格遵照执行。

### 6. 岩爆



6.1 隧道施工有可能发生岩爆时，应遵循“以防为主、防治结合”的原则。事前应进行岩爆的预测预报，针对开挖面前方可能发生的岩爆，及时采取施工对策；事后应仔细研究岩爆规律，制定出后续施工的对策并逐步改进。

6.2 岩爆隧道施工应采取防范岩爆发生措施，开挖宜短进尺循环，每循环进尺宜控制在 1.0–2.0 米以内。

6.3 采用光面爆破技术，隧道开挖面周壁宜圆顺。

6.4 对岩爆强烈的开挖面，按设计施工超前锚杆锁定前方围岩。

6.5 拱部及边墙按设计布置预防岩爆锚杆。

#### 7. 富水软弱破碎围岩

7.1 应提前了解开挖面前方的地质、地下水情况。

7.2 可排水施工的隧道段，采取超前钻孔排水

7.3 不宜排水施工的隧道地段，应按设计采取堵水措施。

7.4 开挖每一循环进尺宜为 0.5–1.0m。

7.5 富水软弱破碎围岩隧道防排水系统施工应根据支护位移量测结果，及时调整支护参数。

#### （六）超前地质预报

1. 跟踪地质调查与超前地质预报，应达到下列主要目的：

1.1 在施工前期地质勘察成果的基础上，进一步查明掌子面前方一定范围内围岩的地质条件，进而预测前方不良地质以及隐伏的重大地质问题。

1.2 为信息化设计和施工提供依据。

1.3 为降低地质灾害发生风险提供预警。

1.4 为编制交竣工文件提供地质资料。

2. 隧道超前地质预报应以地质分析为基础，运用地质调查与物探相结合、长短探测相结合、洞内与洞外相结合、物探与钻探相结合、超前导洞与主洞探测相结合、地质构造探测与水文探测相结合的综合预报方法，并相互验证。

3. 隧道施工前应根据区域地质资料和设计文件的地勘资料，编制超前地质预报方案和实施细则，报批后实施。

4. 隧道超前地质预报应包括下列主要内容：

4.1 地层岩性预报，特别是对软弱夹夹层、破碎地层、煤层及特殊性岩土岩性的预报。

4.2 地质构造预报，特别是对断层节理裂隙密集带、褶皱等影响岩体完整性的构造发育情况的预报。

5. 超前地质预报相关各方应协调一致、相互配合，信息传递顺畅、反馈及时、决策处理迅速。

6. 地质预报结论应有书面报告，并及时报送相关单位，所有预报资料应存档备查。

7. 超前地质预报结果有异常情况时应及时通知相关单位，并采取多种超前探测手段，详细查明。

8. 超前地质预报应进行实际地质状况与设计的对比分析，总结经验教训，不断提高隧道工程

地质勘察质量。

## 二、洞口工程

### (一) 质量控制要求

#### 1. 洞门端墙和挡土墙基坑施工检查及控制标准应符合表 34-83

表 34-83 洞门端墙和挡土墙基坑开挖质量控制标准

序号	项目	允许偏差 (mm)	检验频率和方法
1	基坑中心线距路线中心线	+50, 0	全站仪、尺量: 每边不少于 5 处
2	基坑长度、宽度	+100, 0	全站仪、尺量: 每边不少于 5 处
3	基坑底高程	不小于基底设计高程	水准仪: 每边不少于 5 处

#### 2. 洞门端墙和挡土墙模板安装施工质量检查及控制标准应符合表 34-84

表 34-84 洞门端墙和挡土墙模板安装施工质量检查及控制标准

序号	项目	规定值或允许偏差 (mm)	检验频率和方法
1	基础边缘位置	+15, 0	水准仪、全站仪: 每边不少于 4 处
2	基础顶面高程	± 10	
3	边墙边缘位置	+10, 0	
4	边墙拱脚、端翼墙面顶面高程	± 10	
5	模板表面平整度	5	2m 靠尺: 每 10m 每侧连续检查 2 处
6	模板表面错台	2	尺量: 不少于 4 处
7	预留孔洞位置	+10, 0	尺量: 不少于 4 处

#### 3. 混凝土施工质量检查及控制标准应符合表 34-85

表 34-85 混凝土施工质量检查及控制标准

序号	项目	规定值或允许偏差 (mm)	检验频率和方法
1	强度	在合格标准内	按隧道规范附录 B.1 要求
2	平面位置	50	全站仪: 每边不少于 4 处
3	断面尺寸	不小于设计	
4	顶面高程	± 20	
5	表面平整度	5	2m 靠尺: 拱部不小于 2 处, 墙身不小于 4 处
6	竖直度坡度	0.5	吊锤线: 每边不小于 4 处

#### 4. 洞门砌体端墙挡土墙质量控制标准应符合表 34-86

表 34-86 洞门砌体端墙挡土墙质量控制标准

序号	项目	规定值或允许偏差 (mm)	检验频率和方法
1	砂浆强度	在合格标准内	按隧道规范附录 B.2 要求
2	平面位置	50	仪器测量: 每边不少于 4 处 2m 靠尺测量, 拱部不少于 2 处, 墙身不少于 4 处
3	断面尺寸	不小于设计	
4	顶面高程	± 20	
5	表面平整度	块石	仪器测量: 每边不少于 4 处 2m 靠尺测量, 拱部不少于 2 处, 墙身不少于 4 处
		片石	
		混凝土块、料石	
6	竖直度或坡度 (%)	0.5	吊垂线: 每边不少于 4 处

#### 5. 明洞回填及防水层施工质量控制标准应符合表 34-87



表 34-87 明洞回填及防水层施工质量控制标准

序号	项目		规定值或允许偏差 (mm)	检验频率和方法
1	卷材搭接宽度		$\geq 100$	尺量：每环测 3 处
2	卷材向暗洞延伸长度		$\geq 500$	尺量：检查 3 处
3	卷材在基底的横向长度		$\geq 500$	尺量：检查 3 处
4	沥青防水层每层厚度		2	尺量：检查 10 点
5	缝宽	焊接	$\geq 10$	尺量：每环检查 3 处
		粘接	$\geq 50$	
6	回填层厚		$\leq 300$	尺量：每层检查至少每侧 5 点
7	两侧回填高差		$\leq 500$	水准仪：检查 5 处
8	坡度		符合设计规定	尺量：检查 3 处
9	回填厚度		符合设计规定	全站仪、水准仪：检查 5 处
10	回填压实		压实质量符合设计规定	厚度及碾压遍数符合要求

6. 应根据地质条件、隧道开挖断面围岩稳定情况选择开挖方法。不同围岩条件和开挖断面适宜的开挖法见表 34-88

表 34-88 不同围岩条件和不同开挖断面适宜的开挖方法

序号	开挖方法		围岩级别	
			双车道隧道	三车道隧道
1	全断面法		I - III	I - II
2	台阶法	长台阶法	III - IV	II - III
		短台阶法	IV - V	III - IV
		超短台阶法	V	IV
3	分部开挖法	环形开挖留核心土法	V - VI	III - VI
		中隔壁法	V - VI	IV - V
		交叉中隔壁法	V - VI	IV - VI
		双侧壁导坑法		V - VI

注：通常，长台阶的台阶长度 50m 以上；短短台阶的台阶长度 5-50m；超短台阶的台阶长度 3-5m。超短台阶也称微台阶。

## (二) 过程控制方法

### 1. 明洞浇筑应符合下列基本要求：

1.1 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。

1.2 钢筋的加工及安装应满足设计要求。

1.3 明洞与暗洞连接应满足设计要求。

1.4 明洞与暗洞之间的沉降缝应满足设计要求。

### 2. 明洞浇筑外观质量应符合下列规定：

2.1 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。

2.2 隧道衬砌钢筋混凝土结构裂缝宽度不得超过 0.2mm。

### 3. 明洞防水层应符合下列基本要求：

3.1 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。

4. 明洞防水层外观质量应符合下列规定:

4.1 防水材料应无破损、无折皱。

4.2 焊接应无脱焊、漏焊、假焊、焊焦、粘接应无脱粘、漏粘。

5. 明洞回填应符合下列基本要求:

5.1 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回填厚度不小于 1.0m 后进行。

5.2 墙背回填应两侧同时进行。

5.3 明洞黏土隔水层应与边坡、仰坡搭接良好, 封闭紧密。

6. 开挖方法选择:

6.1 全断面法施工应符合下列规定:

6.1.1 宜采用机械化作业, 各种机械设备应合理配套。

6.1.2 应控制一次同时起爆的单段最大爆破药量。

6.1.3 应根据掌子面围岩稳定情况、爆破振动、钻孔和出渣效率、超挖控制等确定循环进尺: III 级围岩宜控制在 3m 左右; I、II 级围岩, 使用气腿式凿岩机时可控制在 4m 左右, 使用凿岩台车时可根据围岩稳定情况适当调整。采用特殊设计的其他情况每循环进尺应符合设计规定。

6.2 台阶法施工应符合下列规定:

6.2.1 台阶数量和台阶高度应综合考虑隧道断面高度、机械设备及围岩稳定性等因素确定。台阶开挖高度宜为 2.5~3.5m。台阶数量可采用二台阶或者三台阶, 不宜大于三个台阶。

6.2.2 上台阶开挖每循环进尺, III 级围岩宜不大于 3m; IV 级围岩宜不大于 2 榀钢架间距; V 级围岩宜不大于 1 榀钢架间距。IV、V 级围岩下台阶每循环进尺宜不大于 2 榀钢架间距。下台阶单侧拉槽长度宜不超过 15m。

6.2.3 下台阶左、右侧开挖宜前后错开 3~5m, 同一钢架两侧不得同时悬空。

6.2.4 下部施工应减少对上部围岩、支护的干扰和破坏。

6.2.5 下台阶应在上台阶喷射混凝土强度达到设计强度的 70% 以后开挖。

6.3 环形开挖留核心土法施工应符合下列规定:

6.3.1 台阶开挖高度宜为 2.5~3.5m。

6.3.2 环形开挖每循环进尺, V 级围岩宜不大于 1 榀钢架间距, IV 级围岩宜不大于 2 榀钢架间距。中下台阶每循环进尺, 不得大于 2 榀钢架间距。核心土面积宜不小于断面面积的 50%。

6.3.3 上台阶钢架施工时, 应采取有效措施控制其下沉和变形。

6.3.4 拱部超前支护完成后, 方可开挖上台阶环形导坑; 留核心土长度宜为 3~5m, 宽度宜为隧道开挖宽度的 1/3~1/2。

6.3.5 各台阶留核心土开挖每循环进尺宜与其他分部循环进尺相一致。

6.3.6 核心土与下台阶开挖应在上台阶支护完成且喷射混凝土强度达到设计强度的 70% 后进行。下台阶左、右侧开挖应错开 35m, 同一品钢架两侧不得同时悬空。



6.3.7 仰拱施作应紧跟下台阶，以及时闭合成稳固的支护体系。

6.4 中隔壁法施工应符合下列规定：

6.4.1 各分部开挖时，周边轮廓应圆顺。开挖进尺不得大于1钢架间距。

6.4.2 初期支护完成、强度达到设计规定后方可进行下一分部开挖。

6.4.3 当开挖形成全断面时，应及时完成全断面初期支护闭合。

6.4.4 临时支护拆除宜在仰拱施工前进行，一次拆除长度应与仰拱浇筑长度相适用。临时支护拆除后，应及时浇筑仰拱和仰拱填充、施作拱墙二次衬砌。

6.4.5 临时支护拆除前后，应进行变形量测。

6.5 双侧壁导坑法施工应符合下列规定：

6.5.1 侧壁导坑开挖时，周边轮廓应圆顺。导坑跨度宜为整个隧道开挖宽度的三分之一。

6.5.2 导坑与中间土体同时施工时，导坑应超前30~50m。

6.5.3 侧壁导坑开挖后，应及时施工初期支护并尽早形成封闭环。

6.5.4 临时支护拆除宜在仰拱施工前进行，一次拆除长度宜与仰拱浇筑长度相适用。临时支护拆除后，应及时浇筑仰拱和仰拱填充、施作拱墙二次衬砌。

6.5.5 临时支护拆除前后，应进行变形量测。

### （三）质量检查要点及方法

1. 边、仰坡应自上往下分层开挖，不得采用洞室爆破，开挖后要及时进行防护。

2. 边、仰坡地质条件不良时开挖前要采取稳定加固措施。

3. 边、仰坡周围的排水沟、截水沟应在边、仰坡开挖前修建完成。

4. 洞口施工前，应先检查边、仰坡以后的山坡稳定情况，清除悬石、处理危石。施工期间实施不间断监测和防护。

5. 隧道洞门及洞口段衬砌应尽早施工以保证洞口边、仰坡稳定。

6. 隧道洞门和缓冲结构的基础必须置于稳固的地基上。

7. 隧道洞门两侧的混凝土浇筑与背后回填应对称进行，不得对拱、墙衬砌产生偏压。

8. 钻爆要求：

8.1 合理确定炮眼（掏槽眼、辅助眼、周边眼）的间距、深度、斜率和数目，钻爆器材、装药量和装药结构，起爆方法和爆破顺序，钻眼机具和钻眼要求。

8.2 有效的控制超、欠挖，应从钻孔精度、爆破参数的选择及对地质变化的适应性、爆破器材和装药结构的选择等方面不断改进，采取一炮一分析制度，根据爆破效果，不断优化钻爆设计，把钻爆设计与地址变化有机结合在一起。

9. 钻爆作业控制：

9.1 钻爆作业必须按照钻爆设计进行钻眼、装药、网路接线和起爆。

9.2 炮眼的深度和斜率应符合钻爆设计：

9.2.1 掏槽眼眼口间距误差不大于3cm，眼底深度误差不大于5cm；辅助眼眼口排距、行距

误差均不得大于 5cm；周边眼眼口误差不得大于 3cm，眼底不得超出开挖断面轮廓线 3~5cm。

9.2.2 当采用凿岩机钻眼时，掏槽眼眼口间距误差和眼底深度误差不得大于 5cm；辅助眼眼口排距、行距误差均不得大于 10cm；周边眼眼口位置误差不得大于 5cm，眼底不得超出开挖断面轮廓线 15cm。

9.2.3 周边炮眼与辅助炮眼的眼底应在同一垂直面上，掏槽炮眼应加深 10~20cm，以保证掏槽效果和掌子面的平整。

9.2.4 每次开挖后均要用激光限界检测仪对开挖面尺寸进行检测，及时检查出欠挖面并进行处理，保证隧道开挖断面不侵限。

### 10. 光爆效果控制：

10.1 要合理确定周边眼间距与抵抗线的相对距离，通过减小周边眼间距和抵抗线，提高光面爆破效果。

10.2 控制周边眼装药集中度和装药结构，集中度太大易造成超挖，太小会造成欠挖；炮孔装药应均匀分布，眼底适当加强。

10.3 严格控制开挖轮廓线和炮眼布设精度。

## 三、衬砌工程

### （一）质量控制要求

表 34-89 混凝土衬砌施工质量控制标准

序号	检查项目		规定值或允许偏差	检验频率和方法
1	混凝土强度 (MPa)		在合格标准内	试件检测：按隧道规范附录 B.1 检查
2	坍落度 (mm)	<100mm	± 20mm	坍落度桶：按隧道附录 B.1 每组试件一次
		≥ 100mm	± 30mm	
3	衬砌厚度 (mm)		90% 的检查点厚度 ≥ 设计厚度；最小厚度 ≥ 0.5 倍设计厚度	<p>丈量立模后，每模端头沿模板弧线不大于 2m 间距检查一个点，台车每振捣窗检查一个点，两侧拱脚必须检测。</p> <p>地质雷达：混凝土浇筑后，双车道分别在隧道拱部、边墙设不少于 3 条测线，三车道、四车道隧道在拱部、边墙设不少于 5 条测线，连续测试。厚度判定测点沿测线间距不大于 2m</p>
4	衬砌背部密实状况		衬砌背后无杂物、无空洞	目测，地质雷达探测：拱顶、两拱腰、边墙脚
5	墙面平整度 (mm)		拱、墙部位 ≤ 5	2m 靠尺：顺隧道轴线方向靠紧衬砌表面，每模边墙、拱腰、拱顶不少于 5 处
6	施工缝表面错台 (mm)		施工缝、变形缝 ± 20	靠尺、直尺：每条施工缝边墙、拱腰、拱顶不少于 5 处
7	隧道净高 (mm)		不小于设计	水准仪：每模检查 2 个断面
8	总宽度		≥ 设计值	卷尺、经纬仪、全站仪：每模检查 2 个断面，每个断面最大跨度位置和拱脚位置
9	中线偏差 (m)		≤ 20mm	

表 34-90 仰拱施工质量控制标准

序号	检查项目		规定值或允许偏差	检验频率和方法
1	混凝土强度 (MPa)		在合格标准内	按隧道规范附录 B.1 检查
2	坍落度 (mm)	<100mm	± 20mm	坍落度桶：按隧道规范附录 B.1 每组试件一次
		≥ 100mm	± 30mm	

序号	检查项目	规定值或允许偏差	检验频率和方法
3	仰拱厚度 (mm)	不小于设计值	尺量：立模后，每模端头作为一个检查断面沿模板弧线检测每一浇筑段不少于两个断面，每个断面不少于 5 点，模板每振捣窗检查一个点。
4	仰拱底面高程 (mm)	$\pm 15$	水准仪：每一浇筑段不少于两个断面，每断面检查不少于 5 点

表 34-91 衬砌钢筋施工质量控制标准

序号	检查项目			规定值或允许偏差	检验频率和方法
1	主筋纵向间距 (mm)			± 10	尺量：分别在两侧边墙、拱腰、拱顶位置逐根检测
2	主筋数量 ( 根 )			符合设计	混凝土浇筑前，逐根清点
3	两层主筋间距 (mm)			± 5	尺量：不小于 3m 一个检查断面、且每模衬砌不少于 2 个断面、每检查断面分别在拱脚边墙、拱腰和拱顶 7 处以上
4	箍筋数量 ( 根 )			符合设计	混凝土浇筑前，逐根清点
5	箍筋间距 (mm)			± 20	尺量：分别在两侧拱脚、边墙、拱腰、拱顶位置逐根检测
6	限 ( 定 ) 位钢筋数量 ( 根 )			符合设计	混凝土浇筑前，逐根清点
7	限 ( 定 ) 位钢筋间距 (mm)			± 100	尺量：分别在两侧拱脚、边墙、拱腰、拱顶位置逐根检测
8	纵筋间距			符合设计	混凝土浇筑前，逐根清点
9	绑扎搭接长度	受拉	HPB 级钢	30d	尺量：每搭接处
			HRB 级钢	35d	
		受压	HPB 级钢	20d	
			HRB 级钢	25d	
10	钢筋焊接、连接			符合规范	目测、尺量：每处
11	钢筋保护层厚度 (mm)	混凝土垫块厚度		不小于设计值	目测、尺量：不小于 3m 一个检查断面、且每模衬砌不少于 2 个断面、每检查断面分别在拱脚边墙、拱腰和拱顶 7 处以上
		钢筋与模板间隙、钢筋与防水层间隙			
		混凝土保护层		+10, -5	钻孔法或钢筋保护层测定仪：每模衬砌不少于两个断面，每个断面不少于 5 点

## (二) 过程控制方法

### 1. 衬砌过程控制方法

#### 1.1 拼装式模板应符合下列规定：

1.1.1 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。

1.1.2 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。

1.1.3 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。

1.1.4 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。

1.1.5 挡头模板应与衬砌断面相适应，方便止水带安装。

1.1.6 挡头模板安装应固定牢固、封堵严密，不得损坏防水板。

1.1.7 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。

1.1.8 模板、拱架架设位置应准确，高程应满足设计要求。

- 1.1.9 一次浇筑长度宜为 3.0~8.0m。
2. 全断面衬砌模板台车应符合下列规定：
- 2.1 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。
- 2.2 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。
- 2.3 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。
- 2.4 台车应配置自动行走装置和固定装置。
- 2.5 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。
- 2.6 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。
- 2.7 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。
- 2.8 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。
- 2.9 台车挡头模板安装应固定牢固、封堵严密，不得损坏防水板。
- 2.10 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。
- 2.11 台车应根据施工通风风管设计参数预留风管穿越的空间，台车电缆线应穿入 PVC 管中。
- 2.12 采用模板台车浇筑的混凝土，一次浇筑长度宜为 6.0~12.0 米。
3. 衬砌施工缝应结合沉降缝、伸缩缝调整设置，拱墙衬砌沉降缝、伸缩缝应与拱墙混凝土衬砌施工缝、伸缩缝竖向对齐。
4. 拱墙模板就位后、混凝土浇筑前应进行下列工作：
- 4.1 检查模板背后混凝土浇筑净空尺寸。
- 4.2 清除钢筋上的油污。
- 4.3 钢模板涂脱模剂，木模板用水湿润。
- 4.4 涂刷模板脱模剂时，不得污染钢筋。
- 4.5 混凝土直接接触的喷射混凝土应洒水润湿。
- 4.6 检查防水板、排水盲管、衬砌钢筋、预埋件等隐蔽工程，做好记录。
- 4.7 清除底部杂物、积水；有仰拱地段，仰拱交接面用高压水冲洗干净、并涂刷界面剂。
5. 衬砌混凝土振捣应符合下列规定：
- 5.1 宜采用附着式和插入式振捣相结合的方式振捣。
- 5.2 采用高频机械振捣时，振捣时间宜为 10~30s。
- 5.3 振捣不应使模板、钢筋和预埋件移位。
6. 衬砌混凝土施工应符合下列规定：
- 6.1 混凝土出料口距浇筑面的垂直距离不应大于 2.2m。
- 6.2 混凝土应从两侧边墙向拱顶、由下向上依次分层对称浇筑，两侧混凝土浇筑面高差不应大



于 1.0m，同一侧混凝土浇筑面高差不应大于 0.5m。

6.3 混凝土浇筑至振捣窗下 0.2m 时，应关闭振捣窗。

6.4 混凝土衬砌应连续浇筑，当出现间歇浇筑时，其间歇浇筑时间不应大于表 34-92 规定。

表 34-92 浇筑混凝土允许间歇时间

浇筑气温 $T(^{\circ}\text{C})$	材料	
	普通硅酸盐水泥	矿渣水泥
20-30	90	120
10-20	135	180
5-10	195	

7. 衬砌背后空洞回填应符合下列规定：

7.1 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。

7.2 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，应采用衬砌同级混凝土回填密实，应与衬砌混凝土同时浇筑。

7.3 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。

7.4 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。

7.5 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。

8. 拱架、支架和模板拆除应符合下列规定：

8.1 不承受外荷载的拱、墙混凝土强度应达到 5.0MPa。

8.2 承受围岩压力的拱、墙以及封顶和封口的混凝土强度应达到设计要求。

8.3 围岩和初期支护变形未稳定、或在塌方地段浇筑的衬砌混凝土应达到设计强度的 100%。

9. 衬砌拆模后应及时养护，并应符合下列规定：

9.1 混凝土养护时间不得少于 7d。

9.2 掺加引气剂或引气型减水剂时，混凝土养护时间不得少于 14d。

9.3 隧道内空气湿度不小于 90% 时，可不进行洒水养护。

10. 施工缝、变形缝应避开预留洞室，预留洞室边缘距施工缝、变形缝的距离不应小于 1.5m。

11. 仰拱、仰拱回填和垫层控制方法

11.1 仰拱初期支护施工应符合下列规定：

11.1.1 仰拱初期支护应随开挖及时施作。

11.1.2 仰拱初期支护喷射混凝土不得与仰拱混凝土衬砌一次浇筑。

11.1.3 仰拱初期支护钢架应与拱墙钢架对齐，误差不应大于 20mm。

11.1.4 仰拱钢架节段之间的连接及相邻钢架之间的横向连接方式应与拱墙钢架连接要求相同。

11.2 仰拱混凝土施工应符合下列规定：

11.2.1 仰拱混凝土衬砌应先于拱墙混凝土衬砌施工，超前距离应根据围岩级别、施工机械作业环境要求确定，一般不宜大于拱墙衬砌浇筑循环长度的 2 倍。

11.2.2 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。

11.2.3 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。

11.2.4 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。

11.2.5 仰拱混凝土衬砌与拱墙混凝土衬砌连接面应规整、密实。

11.2.6 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。

12. 仰拱填充施工应符合下列规定:

12.1 仰拱填充混凝土不得与仰拱衬砌混凝土次浇筑。

12.2 仰拱填充混凝土施工前应清除仰拱表面积水、杂物等。

12.3 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。

12.4 在设有变形缝位置,仰拱衬砌变形缝与填充混凝土变形缝应在同一断面位置。

12.5 仰拱填充混凝土顶面应平顺,坡度应符合设计规定。

12.6 仰拱填充采用片石混凝土时,片石距挡头模板的离应大于 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。

13. 仰拱和仰拱填充混凝土应在其强度达到 2.5MPa 后方可拆模。

14. 无仰拱地段隧道底部垫层混凝土施工应符合下列规定:

14.1 隧底开挖高程应满足设计要求。

14.2 清除隧道底部洞渣、杂物、淤泥、积水。

14.3 隧道底部超挖采用垫层同级混凝土回填时应与垫层混凝土同时浇筑,超挖较大时,可采用浆砌片石回填,承载力和稳定性应满足设计要求,不得采用洞渣回填。

14.4 垫层顶面应平顺、坡度应符合设计规定。

14.5 垫层混凝土可半幅浇筑,接缝应平顺。

14.6 垫层混凝土底部应做好排水处理,隧道底部围岩有地下水冒出时,应设盲沟引排。

15. 钢筋过程控制方法

15.1 钢筋应符合下列规定:

15.2 钢筋表面的油渍、水泥浆和浮皮铁锈等均应清除干净。

15.3 钢筋在加工弯制前应调直。

15.4 当利用冷拉方法矫直钢筋时,钢筋的矫直伸长率:热轧光圆钢筋 (HPB 级) 不得超过 2%,热轧带肋钢筋 (HRB 级) 不得超过 1%。



- 15.5 加工后的钢筋表面不应有削弱钢筋截面的伤痕。
- 15.6 钢筋应集中加工后运至现场安装。
- 16. 钢筋弯钩、弯折、弯曲应采用冷加工。
- 17. 衬砌钢筋连接应符合下列规定：
  - 17.1 环向受力筋与纵向分布筋每个节点应进行绑扎或焊接。
  - 17.2 环向受力筋的搭接应采用焊接或机械连接。
  - 17.3 相邻环向受力筋搭接位置应错开，错开距离应不小于 1000mm。
  - 17.4 同一受力钢筋的两个搭接距离应不小于 1500mm。
  - 17.5 箍筋连接点应在环向受力筋与纵向分布筋的交叉连接处，并应进行绑扎或焊接。
  - 17.6 内外层受力钢筋之间的限位钢筋应与环向受力筋进行焊接。
  - 17.7 仰拱衬砌钢筋或预埋连接钢筋应与拱墙环向受力筋焊接或机械连接。
- 18. 钢筋长度、间距、位置、保护层厚度应满足设计要求。
- 19. 受力筋与模板之间、受力筋与防水层之间应安装满足设计厚度要求的混凝土垫块。垫块应按梅花形布置，垫块纵向、环向间距不宜大于 1.5m。
- 20. 同一根环向受力筋应置于同一竖直面，并垂直于隧道轴线。
- 21. 环向受力筋应与纵向筋垂直。
- 22. 衬砌箍筋必须是整根钢筋，不允许连接。

### （三）质量检查要点及方法

- 1. 仰拱及填充施工控制要点：
  - 1.1 严格控制仰拱基底标高，确保仰拱断面尺寸，施工前与隧道边墙每隔 5m 施放测量控制点，作为仰拱开挖及混凝土施工控制点。开挖完成后，先复核仰拱断面尺寸，不允许出现欠挖，仰拱的顶面高程和曲率满足设计要求。混凝土浇筑前，应将隧底虚渣、杂物、泥浆等清理干净，并用高压风将隧底吹洗干净，超挖部分采用同等级混凝土回填。
  - 1.2 仰拱、底板应整体浇筑，一次成型，严禁分幅施工。填充混凝土应在仰拱混凝土终凝后浇筑，不得同时浇筑。
  - 1.3 仰拱和底板混凝土强度达到 5MPa 后允许行人通行，达到设计强度等级的 100% 后允许车辆通行。
- 2. 二次衬砌施工控制要点
  - 2.1 施工前必须对衬砌断面进行检查和复核，隧道衬砌中线、水平、断面尺寸和净空大小均须符合设计要求，以确保衬砌不侵入隧道建筑限界。
  - 2.2 衬砌台车应采用刚度足够大的型钢为行走钢轨。衬砌台车的门架结构、支撑系统及模板的强度和刚度满足各种荷载的组合。
  - 2.3 衬砌台车应设置足够的承重螺杆支撑和径向模板螺杆支撑。
  - 2.4 衬砌台车行走轨道的中线和轨面标高应准确，台车就位后启动微调装置，用仪器校正模板

外轮廓与设计净空相吻合后，锁定台车。

2.5 浇筑前，应清除防水层表面灰粉并洒水湿润，模板内的积水和杂物应清理干净，每次台车就位前模板表面必须清理干净并均匀涂刷脱模剂。

2.6 混凝土应对称、分层浇筑，分层振捣，振捣采用插入式振动器和附着式振动器联合振捣。合理掌握振捣力度，不过振和欠振。

2.7 施工现场应配备必要的备用机械设备，确保混凝土浇筑连续进行。当因故间歇时间超过允许间歇时间时，按施工缝处理。

2.8 按规定合理确定拆模时间，拆模后及时洒水养护，在规定的养护期内始终保持混凝土处于湿润状态。

### 3. 钢筋质量检查要点及方法

3.1 确保冷拉冷拔钢筋的机械性能符合设计要求和施工规范。

3.2 确保钢筋表面清洁无锈蚀、无污。

3.3 钢筋弯曲成形后检查表面是否有裂纹或断裂现象，将加工好的钢筋按规格、型号挂牌，分类存放，并作好防锈工作。

3.4 特殊部位钢筋须放大样。

3.5 弯起钢筋须弯成平滑曲线，曲率半径不小于 10 倍光圆钢筋直径或 12 倍螺纹钢筋直径。

3.6 焊接接头单面焊缝长 10d，双面焊缝长 5d，焊缝宽度不小于 0.7d，焊缝高度不小于 0.25d。

3.7 确保水泥砂浆防水层必须抹压密实，并与基面粘接牢固。

3.8 水泥砂浆防水层在阴阳角处须做成圆弧形或钝角状，以免磕碰导致破损。

3.9 确保防水卷材与基面顺贴，锚固节点处无焊透损伤。完毕后须进行充气检查，稳压一定时间后检查压力下降是否超过规定。

## 四、支护工程

### (一) 质量控制要求

表 34-93 喷射混凝土施工质量控制标准

序号	检查项目	施工控制值	检验方法和频率
1	喷射混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按隧道规范附录 B.1 检查
2	喷射混凝土厚度 (mm)	初喷厚度：20~50mm；最小厚度 $\geq 20\text{mm}$	钻孔法：初喷混凝土厚度每作业循环检查一次，每次不少于 3 个点。
		成品厚度：平均厚度 $\geq$ 设计厚度；60% 的检查点厚度 $\geq$ 设计厚度；最小厚度 $\geq 0.6$ 倍设计厚度，且 $\geq 50\text{mm}$	钻孔法、全站仪、激光断面仪：成品厚度每 10m 抽查 2 个断面，每个断面从拱顶中线起每 3m 检查 1 点 地质雷达：双车道隧道拱部、边墙共 3 条测线，三车道、四车道隧道拱部、边墙不少于 5 条测线，连续检测，厚度判定测点，沿每条测线每 3m 取一个点。
3	空洞检测	无空洞，无杂物	钻孔法：每 5m 检查一个断面，每个断面检查不少于 3 点。
			地质雷达：双车道隧道拱部、边墙共 3 条测线，三车道、四车道隧道拱部、边墙不少于 5 条测线
4	喷射混凝土支护净空	不小于设计	全站仪、激光断面仪：每 10m 抽查 3 个断面

表 34-94 锚杆施工质量标准

序号	检查项目	施工控制值	检验方法和频率
1	锚杆数量 (根)	满足设计要求	现场逐根清点
2	锚杆拔力 (kN)	28d 拔力平均值 $\geq$ 设计值, 最小拔力 $\geq 0.9$ 倍设计值	拔力试验: 按锚杆数 1% 做拔力试验, 且不小于 3 根
3	锚杆孔位 (mm)	$\pm 150$	尺量: 随机抽查不少于锚杆数的 10%
4	钻孔深度 (mm)	$\pm 50$	尺量: 随机抽查不少于锚杆数的 10%
5	孔径 (mm)	锚杆钻孔直径应大于锚杆杆体直径 +15mm	尺量: 随机抽查不少于锚杆数的 10%
6	锚杆长度 (m)	$\pm 100$	尺量、物探法: 随机抽查不少于锚杆数的 10%
7	锚固剂强度	满足设计要求	按产品标准检验: 每进货批次
8	锚杆杆体外观	钢筋无锈蚀、管体无凹痕	目测: 随机抽查不少于锚杆数的 10%
9	锚杆砂浆饱满度	饱满、密室、无空洞	物探法: 随机抽查不少于锚杆数的 10%
10	锚头	锚杆外露长度 $\leq 100$ mm 垫板与岩层密贴	目测、尺量: 随机抽查不少于锚杆数的 10%

表 34-95 钢筋网施工控制标准

序号	检查项目	施工控制值	检验方法和频率
1	钢筋网格尺寸 (mm)	$\pm 10$	尺量: 每次铺挂分别在拱顶、边墙、仰拱抽查 2 个网格, 分部施工每分部不小于 2 个点
2	钢筋网与受喷面的距离 (mm)	$\leq 50$	尺量: 每次铺挂分别在拱顶、边墙、仰拱抽查 2 个网格, 分部施工每分部不小于 2 个点
3	搭接长度 (mm)	$\geq 30d$ (d 为钢筋直径), 且不小于一个网格长边尺寸	尺量: 每次铺挂分别在拱顶、边墙、仰拱抽查 2 个网格, 分部施工每分部不小于 2 个点
4	钢筋保护层厚 (mm)	$\geq 20$ mm	尺量、钻孔法: 纵向每 5m 分别在拱顶、边墙、仰拱检查 3 点
5	铺挂面积	满足设计要求	尺量: 实测铺设面积, 全部检查
6	钢筋网钢筋数量 (根)	满足设计要求	地质雷达: 全部
7	钢筋网钢筋外观	钢筋无锈蚀、杆体无凹痕、无弯曲	目测: 随机抽查, 不少于钢筋数的 10%

表 34-96 钢架支护施工质量控制标准

序号	检查项目	施工控制值	检验方法和频率
1	钢筋网格尺寸 (mm)	$\pm 10$	尺量: 每次铺挂分别在拱顶、边墙、仰拱抽查 2 个网格, 分部施工每分部不小于 2 个点,
2	钢筋网与受喷面的距离 (mm)	$\leq 50$	尺量: 每次铺挂分别在拱顶、边墙、仰拱抽查 2 个网格, 分部施工每分部不小于 2 个点,
3	搭接长度 (mm)	$\geq 30d$ (d 为钢筋直径), 且不小于一个网格长边尺寸	尺量: 每次铺挂分别在拱顶、边墙、仰拱抽查 2 个网格, 分部施工每分部不小于 2 个点,
4	钢筋保护层厚 (mm)	$\geq 20$ mm	尺量、钻孔法: 纵向每 5m 分别在拱顶、边墙、仰拱检查 3 点
5	铺挂面积	满足设计要求	尺量: 实测铺设面积, 全部检查
6	钢筋网钢筋数量 (根)	满足设计要求	全部
7	钢筋网钢筋外观	钢筋无锈蚀、杆体无凹痕、无弯曲	目测: 随机抽查, 不少于钢筋数的 10%
8	安装偏差	横向	向洞内偏差不大于 10mm
		竖向	$\geq$ 设计高程
		钢架平面翘曲	$\leq 50$
9	钢架连接件	数量 (个)	不少于设计值
		间距 (mm)	$\pm 50$

表 34-97 超前锚杆施工质量控制及控制标准

序号	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	超前锚杆长度 (mm)	不小于设计	尺量: 逐根检查
2	锚杆数量 (根)	不小于设计	目测: 逐根检查
3	锚杆环向间距 (mm)	$\pm 50\text{mm}$	尺量: 每环检查不少于 5 根
4	孔深 (mm)	$\pm 50\text{mm}$	尺量: 每环检查不少于 5 根
5	锚杆尾端支承	支承在钢架上并与钢架焊接	目测、敲击: 逐根检查

表 34-98 超前小导管注浆施工质量控制及标准

序号	检查项目	施工控制值	检验方法和频率
1	小导管长度 (mm)	不小于设计	尺量: 逐根检查
2	小导管数量 (根)	不少于设计值	目测: 逐环检查
3	小导管环向间距 (mm)	$\pm 50$	尺量: 每环检查不少于 5 根
4	钻孔深度 (mm)	大于钢管长度设计值	尺量: 每环检查不少于 5 根
5	小导管尾端支承	支承在钢架上并与钢架焊接	目测、敲击: 逐根检查
6	小导钢管内砂浆	密实饱满	目测、电测: 每环检查不少于 5 根

表 34-99 超前管棚施工质量控制及控制标准

序号	检查项目	施工控制值	检验频率和方法
1	管棚钢管长度 (mm)	不小于设计	尺量: 逐根检查
2	管棚钢管数量 (根)	不少于设计值	目测: 逐环清点
3	管棚钢管环向间距 (mm)	$\pm 50$	尺量: 每环检查不少于 5 根
4	钻孔深度 (mm)	大于钢管长度设计值	尺量: 逐根检查
5	管棚钢管管内钢筋笼	符合设计	目测、电测: 每环检测不少于 5 根
6	管棚钢管管内砂浆	密实、饱满	目测、电测: 每环检测不少于 5 根
7	套拱中线位置 (mm)	$\pm 50$	全站仪: 每处检查
8	套拱拱顶高程 (mm)	$\pm 50$	水准仪: 每处拱顶检查
9	套拱厚度 (mm)	$\pm 50$	尺量: 每处检查
10	套拱跨度 (mm)	$\pm 100$	尺量: 每处检查

## (二) 过程控制方法

### 1. 喷射混凝土过程控制方法

#### 1.1 喷射混凝土施工应做好下列准备工作:

1.1.1 清理受喷岩面的浮石、岩屑、杂物和粉尘等。

1.1.2 检查开挖断面净空尺寸, 凿除欠挖凸出部分。

1.1.3 岩面渗水处采取引排措施。

1.1.4 设置控制喷射混凝土厚度的标识。

1.1.5 检查作业机具、设备、风水管路、电缆线路, 并试运转正常。

1.1.6 检查作业场地的通风和照明条件。

#### 2. 喷射混凝土的材料应符合下列规定:

2.1 应选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。有特殊要求时, 可采用特种水泥。采用特种水泥时应进行现场试验, 强度指标应满足设计要求。

2.2 粗集料应采用坚硬耐久的碎石或卵石, 粒径不宜大于 12mm。细集料应采用坚硬耐久的中



砂或粗砂，细度模数宜大于 2.5，集料级配宜采用连续级配。

2.3 外加剂应符合现行《混凝土外加剂应用技术规范》(GB50119) 的相关规定。

2.4 应选择速凝效果好，对喷射混凝土强度和收缩影响小的速凝剂，其初凝时间应不大于 3min，终凝时间应不大于 12min，并应符合国家现行标准《混凝土外加剂应用技术规范》(GB50119) 的相关规定。

2.5 应根据水泥品种、水灰比等通过试验确定速凝剂掺量。

3. 喷射混凝土配合比应满足设计强度和喷射工艺的要求。喷射混凝土 1d 龄期的抗压强度不应低于 8MPa。

4. 喷射混凝土施工采用湿喷工艺。

4.1 喷射混凝土混合料应采用机械搅拌，应拌和均匀，搅拌时间不应少于 2min。

4.2 喷射混凝土作业应符合下列规定：

4.2.1 喷射混凝土应直接喷在围岩面上，与围岩密贴，受喷面不得填塞杂物。

4.2.2 喷射混凝土作业应按初喷混凝土和复喷混凝土分别进行，复喷混凝土可分层多次施作。

4.2.3 喷射混凝土应分段、分片、分层由下而上顺序进行，拱部喷射混凝土应对称作业。

4.2.4 初喷混凝土厚度宜控制在 20~50mm，岩面有较大凹洼时，可结合初喷找平。

4.2.5 根据喷射混凝土设计厚度、喷射部位和钢架、钢筋网设置情况，复喷可采用次作业或分层作业。拱顶每次复喷厚度不宜大于 100mm。边墙每次复喷厚度不宜大于 150mm。复喷最小厚度不宜小于 50mm。

4.2.6 后一层喷射混凝土应在前一层喷射混凝土终凝后进行，若终凝后初喷射混凝土表面已蒙上粉尘时，后一层喷射混凝土作业前，受喷面应吹洗干净。

4.2.7 未掺入速凝剂的混合料存放时间不宜大于 2h。

4.2.8 喷射混凝土作业时喷嘴宜垂直岩面，喷枪头到受喷面的距离宜为 0.6~1.5m。喷射机工作压力宜根据混凝土坍落度、喷射距离、喷射机械、喷射部位确定，可先在 0.2~0.7MPa 之间选择，并根据现场试喷效果调整。

4.2.9 喷射混凝土不得挂模喷射。

4.2.10 喷射混凝土回弹物不得重新用作喷射混凝土材料。

5. 喷射混凝土养护应符合下列规定：

5.1 喷射混凝土终凝 2h 后，应进行养护，养护时间不应少于 7d。

5.2 隧道内环境日均温度低于 +5℃ 时不得洒水养护。

6. 冬期施工应符合下列规定：

6.1 喷射混凝土作业区的气温不宜低于 +5℃。

6.2 在结冰的层面上不得进行喷射混凝土作业。

6.3 喷射混凝土强度未达到 6MPa 前不得受冻。

6.4 喷射混凝土拌和条件应符合冬期施工方案要求。喷射混凝土在洞内拌和时，喷射混凝土材

料应提前运进洞内。

7. 钢纤维喷射混凝土应符合下列规定：

7.1 水泥强度等级不宜低于 42.5。

7.2 钢纤维喷射混凝土粗集料粒径不宜大于 10mm。

7.3 钢纤维喷射混凝土的水泥、砂石料、钢纤维应先干拌，搅拌时间不得少于 1.5min，加水后湿拌时间不应少于 3min。

7.4 钢纤维抗拉强度不得低于 380MPa。

7.5 钢纤维不得有油渍及明显的锈蚀。

8. 合成纤维喷射混凝土施工应符合下列规定：

8.1 合成纤维抗拉强度不应低于 380MPa。

8.2 合成纤维长度宜为 200~250mm。

8.3 合成纤维喷射混凝土施工与喷射混凝土的施工过程基本相同。

9. 有钢架的地段，喷射混凝土作业应符合下列规定：

9.1 钢架安装就位后应及时进行复喷射混凝土，由下至上进行，钢架背后与围岩之间的空隙不得填塞杂物，应喷密实。

9.2 喷射混凝土应将钢架包裹、覆盖。

9.3 为确保钢架的支护效果，需要使钢架和喷射混凝土形成一体，钢架需被混凝土包裹。型钢架斜向喷射是为了消除钢架背后“死角”，保证钢架背后密实。

10. 喷射混凝土作业前，应清除被钢筋网网住的松动岩块或混凝土块。

11. 锚杆过程控制方法

11.1 隧道的锚杆种类有：砂浆锚杆、药卷锚杆、中空注浆锚杆、自进式锚杆、组合中空锚杆、树脂锚杆、楔缝式端头锚固型锚杆等。砂浆锚杆、药卷锚杆、中空注浆锚杆、自进式锚杆、组合中空锚杆、树脂锚杆为全长黏结式锚杆。

11.2 采用的锚杆种类应满足设计要求，锚杆杆体规格、性能应符合国家现行技术标准。

11.3 在设有系统锚杆的地段，系统锚杆宜在下一循环开挖前完成。锚杆施作时序应符合下列规定：

11.3.1 无钢架地段，锚杆在初喷混凝土、挂钢筋网后施作，或在初喷混凝土、挂网钢筋网、复喷后施作；

11.3.2 有钢架地段，锚杆在初喷混凝土、挂网钢筋网、立钢拱架、复喷混凝土后施作。系统锚杆在初期支护中的施工顺序见图 9-1。

12. 锚杆孔钻孔施工应符合下列规定：

12.1 锚杆孔宜采用锚杆钻孔机或（多臂）钻孔台车钻孔。

12.2 钻孔前应按设计布置要求，标出钻孔位置，钻孔数量不得少于设计数量。

12.3 系统锚杆钻孔方向应为设计开挖轮廓法线方向，垂直偏差不宜大于 20°



- 12.4 局部锚杆应与岩层面或主要结构面成大角度相交。
- 12.5 杆钻孔直径应大于锚杆杆体直径 15mm。
- 12.6 钻孔深度应满足设计要求，与设计锚杆长度允许偏差为  $\pm 50\text{mm}$ 。
- 13. 锚杆安装前应进行下列检查工作，并做好原始记录：
  - 13.1 锚杆原材料型号、规格以及锚杆各部件质量和技术性能应满足设计要求。
  - 13.2 锚杆孔位、孔径、孔深及布置形式应满足设计要求。
  - 13.3 孔内积水、岩粉应吹洗干净。
  - 13.4 锚杆杆体应调直、除锈、清除油污。
  - 13.5 锚杆外露端应有螺纹，应逐根检查并与螺母试装配。
- 14. 锚杆孔有水流出时，锚杆安装可采取下列措施：
  - 14.1 应将孔内水引出或在附近另行钻孔引排水后，再安装锚杆。
  - 14.2 可采用早强速凝药包式锚杆或树脂锚杆等。
- 15. 用于支护和加固围岩的系统喷锚、局部锚杆不应与钢架连接。
- 16. 钢筋网过程控制方法
  - 16.1 钢筋网铺设应符合下列规定：
    - 16.1.1 应在初喷混凝土后再进行钢筋网铺设。
    - 16.1.2 钢筋网应随受喷岩面起伏铺设，与初喷混凝土面的最大间隙不宜大于 50mm，不宜将钢筋预焊成片后铺挂。
    - 16.1.3 采用双层钢筋网时，两层钢筋网间距应满足设计要求，第二层钢筋网应在第一层钢筋网被喷射混凝土全部覆盖后铺挂。
    - 16.1.4 钢筋网钢筋每节长度不宜小于 2.0m，钢筋搭接长度不应小于 30 倍钢筋直径。
    - 16.1.5 钢筋网每个交点和搭接段均应绑扎或焊接。
  - 16.2 钢筋网应与锚杆或其他固定装置联结牢固，在喷射混凝土时不晃动。
- 17. 钢架控制方法
  - 17.1 钢架制作应符合下列规定：
    - 17.1.1 钢架型号、规格、几何尺寸应满足设计要求，其形状应与开挖断面相适应。
    - 17.1.2 钢架支护断面内轮廓尺寸可根据隧道实际开挖轮廓进行加工，加工的内轮廓曲线半径不应小于设计钢架的内轮廓曲线半径。
    - 17.1.3 钢架可分节段制作，每节段长度应根据设计尺寸和开挖方法确定，每节段长度不宜大于 4m，每节段应编号，注明安装位置。
    - 17.1.4 钢架节段两端应焊接连接钢板，连接钢板平面应与钢架轴线垂直。
    - 17.1.5 连接钢板规格尺寸应满足设计要求，连接钢板上螺栓孔应不少于 4 个，应采用冲压或铣切成孔，并应清除毛刺，不得采用氧焊烧孔。
    - 17.1.6 不同规格的首榀钢架加工完成后应在平整地面上试拼，当各部尺寸满足设计要求时，方

可进行批量生产。

17.2 型钢架加工应符合下列规定：

17.2.1 型钢架应采用冷弯法制造成形，宜在工厂加工。

17.2.2 型钢架每节段宜为连续整体，当节段中出现两段型钢对接焊接时，应在焊缝两侧增加钢板骑缝帮焊，并应进行抗弯和抗扭矩试验，每节段对接焊缝数不得大于 1。对接焊应在场外完成。

17.2.3 型钢架与连接钢板焊接应采用双面焊。

17.3 格栅钢架加工应符合下列规定：

17.3.1 格栅钢架应在工厂生产制造。

17.3.2 所有钢筋连接结点必须采用双面对称焊接。

17.3.3 格栅钢架主筋端头与连接板焊接时，除主筋端头与钢板焊接外，应采用 U 形钢筋帮焊。每块连接钢板的 U 形钢筋数量应不少于 2 个。U 形钢筋直径应不小于主筋直径。U 形钢筋应同时与主筋和连接钢板焊接。U 形钢筋与主筋的焊接长度不应小于 150mm。

17.4 钢架安装应符合下列规定：

17.4.1 钢架应在初喷混凝土后安装。

17.4.2 应清除钢架拱脚虚渣使之支承在稳固的地基上。锁脚锚杆应及时施作并应符合设计规定。

17.4.3 钢架节段与节段之间应通过连接钢板用螺栓连接。

17.4.4 相邻两榀钢架之间应采用钢筋或型钢连接。

17.4.5 钢架应垂直于隧道中线在竖直方向安装，竖向不倾斜、平面不错位、扭曲；上、下、左、右允许偏差为  $\pm 50\text{mm}$ ，钢架倾斜度允许偏差为  $\pm 2^\circ$ 。

17.4.6 钢架应贴近初喷射混凝土面安装，当钢架和围岩初喷射混凝土面之间有间隙时应采用钢楔块或木楔块楔紧，并用喷射混凝土充填密实。有多个楔块时，楔块和楔块的间距不宜大于 2.0m。

17.4.7 钢架安装宜采用机械设备配合进行。

## 18. 超前锚杆过程控制方法

18.1 超前锚杆的长度、环向间距、外插角等参数，应视围岩地质条件、施工断面大小、开挖循环进尺和施工条件而定。一般超前长度为循环进尺的 3—5 倍，环向间距采用 0.3—1.0m；外插角宜用  $10^\circ$ — $30^\circ$ ；搭接长度宜为超前长度的 40%—60% 左右，即大致形成双层或双排锚杆。

18.2 超前锚杆宜用早强砂浆全粘结式锚杆，锚杆材料可用不小于  $\phi 22\text{mm}$  的螺纹钢筋。

18.3 超前锚杆的安装误差，一般要求孔位偏差不超过 10 cm，外插角不超过  $1^\circ$ — $2^\circ$ ，锚入长度不小于设计长度的 96%。

18.4 开挖时应注意保留前方有一定长度的锚固区，以使超前锚杆的前端有一个稳定的支点。其尾端应尽可能多的与系统锚杆及钢筋网焊连。若掌子面出现滑坍现象，则应及时喷射混凝土封闭开挖面，并尽快打入下一排超前锚杆，然后才能继续开挖。下一循环的开挖应考虑适当缩短掘进循环进尺。

18.5 开挖后应及时喷射混凝土，并尽快封闭环形初期支护。



18.6 开挖过程中应密切注意观察锚杆变形及喷射混凝土层的开裂、起鼓等情况，以掌握围岩动态，及时调整开挖及支护参数，如遇地下水时，则可钻孔引排。

### 19. 超前管棚

19.1 超前管棚支护结构一般按松弛荷载理论进行设计。在设计中，要充分考虑地质、周边环境、隧道开挖断面、埋深以及开挖方法等，决定管棚的配置、形状、施工范围、管棚间隔及断面等。

19.2 管棚的各项技术参数要视围岩地质条件和施工条件而定。长管棚长度不宜小于 10 m，一般为 10—45m；管径 70—180mm，孔径比管径大 20—30 mm，环向间距 0.2—0.8 m；外插角  $1^{\circ}$ — $2^{\circ}$ 。

19.3 两组管棚间的纵向搭接长度不小于 1.5 m；钢拱架常采用工字钢拱架或格栅钢架。

19.4 钢拱架应安装稳固，其垂直度允许误差为  $\pm 2^{\circ}$ ，中线及高程允许误差为  $\pm 5$  cm。

19.5 钢管应从工字钢腹板圆孔穿过，或穿过花钢拱架的腹筋；钻孔方向应用测斜仪检查控制，钻孔平面误差不大于 15 cm，角度误差不大于  $0.5^{\circ}$ ，钢管不得侵入开挖轮廓线。

19.6 第一节钢管前端要加工成尖锥状，以利导向插入。要打一眼，装一管，由上而下顺序安装。

19.7 长钢管应用 4—6m 的管节逐段接长，打入一节，再连接后一节，连接头应采用厚壁管箍，上满丝扣，丝扣长度不应小于 15 cm；为保证受力的均匀性，钢管接头应纵向错开。

19.8 当需增加管棚刚度时，可在安装好的钢管内注入水泥砂浆，一般在第一节管的前段管壁交错钻 10—15 mm 孔若干，以利排气和出浆，或在管内安装出气导管，浆注满后方可停止压注。水泥砂浆应用牛角泵或其他能满足要求的设备灌注。砂浆标号可用 C20—C30，并适当加大灰砂比

19.9 钻孔时如出现卡钻或坍孔，应注浆后再钻，有些土质地层则可直接将钢管顶入。

### （三）质量检查要点及方法

#### 1. 喷射混凝土施工质量控制要点：

1.1 喷射混凝土的强度、厚度、内部密实度、表面平整度。

1.2 喷射混凝土采用湿喷工艺，不许采用干喷工艺。

1.3 喷射混凝土的原材料进场必须进行检验，除应符合国家、铁道部现行的有关标准外，还要满足耐久性要求。

1.4 施工时严格控制配合比，确保喷射混凝土强度。

1.5 喷射混凝土前应检查待喷射面的开挖断面，用高压风或水清理岩面，对松动小块石人工敲除，确保受喷面洁净平整，保证混凝土与岩面的附着力。

1.6 施工前设置控制喷射混凝土厚度的标志，控制厚度。

1.7 喷射作业应分段、分片、分层依次进行，喷射顺序应自上而下。

1.8 分层喷射时，后一层喷射应在前一层混凝土终凝后进行，分层厚度符合规范及细则要求。

1.9 对有涌水、渗水或潮湿的岩面喷射前应采用注浆堵水或引管引排后再喷射混凝土。

1.10 喷射混凝土终凝 2h 后，应及时养护，一般的养护段时间不少于 14d。

1.11 喷头应保持与受喷面垂直，若受喷面被格栅、钢筋网覆盖时，灵活调整喷射角度，先从每榀前后两侧喷射钢架背后，然后是两侧，确保钢架背后及格栅钢架内填充密实。

1.12 台阶法施工下部断面施工时,要将上断面喷射时的回弹料清除干净,新老喷射混凝土面接触牢固,保证整体受力结构。

## 2. 锚杆质量检查要点及方法

2.1 对进场的原材料及成品锚杆按要求进行质量检测。

2.2 锚杆在使用前要进行质量检查,外观、长度、端部车丝质量等。

2.3 锚杆施工前应先进行喷混凝土施工,初喷后进行锚杆孔孔位的测量定位,孔位测量做到位置准确。

2.4 钻孔应保持直线,并与设计开挖轮廓线法线方向一致,便于形成整体支护系统。

2.5 节理发育地段,钻孔方向尽量与节理面垂直,但要增加锚杆长度,保证沿法线方向的有效长度。

2.6 锚杆安装前,应先用杆体测孔深,检查钻孔深度。

2.7 自钻式锚杆安装前,应检查锚杆体中孔和钻头的水孔是否通畅,若有异物堵塞,应及时清理。

2.8 注浆时注浆管要插至距孔底 5~10cm,随砂浆的注入缓慢匀速拔出,保证注浆饱满。杆体插入后若孔口无砂浆溢出,应及时补注。

2.9 锚杆必须设置垫板及锚头。安装垫板和紧固螺帽必须在水泥浆体的强度达到 10MPa 后进行。

2.10 锚杆安装完成后,对已安装锚杆的数量进行检查,保证每一段面的数量符合设计要求,数量不够要补打。

## 3. 钢筋质量检查要点及方法

3.1 加强原材料进场检验,质量必须符合设计及规范要求。

3.2 钢筋应冷拉调制后使用,表面不得有裂纹、油污或锈蚀。

3.3 严格控制网格尺寸,网片加工时,应制作专用的台架集中制作,以保证网格尺寸,加工完成的网片要分类码放整齐,并加以覆盖以防锈蚀。

3.4 钢筋网应在初喷混凝土后(厚度不小于 4cm)随受喷面的起伏铺设,钢筋网要与锚杆连接牢固。

3.5 当初期支护设置钢架时,钢筋网应设在岩面与钢架之间,不应直接焊接在钢架上。

3.6 保证网片的搭接宽度(搭接 1~2 个网眼),禁止无搭接铺设。

3.7 开始喷射时,应减小喷头至受喷面的距离,并调整喷射角度,保证钢筋保护层厚度必须满足设计要求。

## 4. 钢架质量检查要点及方法

4.1 格栅及钢架加工所用的原材料必须进行各项指标检测,满足设计及规范要求后方可使用。

4.2 钢格栅、钢架应按设计分段、分节集中制作加工,在加工场地按 1:1 放样制作胎膜,保证拼装精度。

4.3 首榀格栅、钢架加工完成后应放在平整的水泥地面上进行试拼,经检查各部尺寸均符合设计要求时才可进行批量生产。



4.4 钢架加工的焊接不得有假焊，焊缝要饱满，表面不得有裂纹、焊瘤等缺陷。

4.5 架设前由测量人员将待架钢架的位置（里程、中线和水平）测放在岩面或喷射混凝土面上，控制钢架安装位置。

4.6 安装前应清除脚底下的虚渣及杂物，钢架脚底应置于牢固的基础上，若基底超挖则要加钢垫板或用混凝土填充。

4.7 钢架应尽量密贴围岩，若有空隙则沿钢架外缘每隔 2m 应用钢楔或混凝土预制块楔紧。

4.8 钢架节段间应采用螺栓连接，连接钢板应密贴。

4.9 分部开挖法施工时，钢拱架拱脚应打设锁脚锚杆或锚管。下半部开挖后钢架应及时落底接长，封闭成环。

5. 管棚、小导管施工质量控制要点：

5.1 原材料应满足设计及规范要求。

5.2 钻孔前精确测定出钻孔的位置和倾角，安设导向管，施做导向墙。钻孔时严格控制钻孔方向，并应钻成直线。

5.3 钻孔后应及时用高压风水清除残留在孔中的余渣，防止装管时卡管。

5.4 在施工前进行注浆参数的设计，并进行注浆实验，确定合理的注浆参数，保证注浆质量。

5.5 装入钢管时应严格控制接管时的连接质量，宜采用丝扣连接。

## 五、防排水工程

### （一）质量控制要求

表 34-100 顶排水沟、截水沟施工质量控制及控制标准

序号	项目	施工控制值	检验频率和方法
1	排水沟纵坡 (%)	$\pm 0.5\%$ 、不积水	坡度尺、水准仪：每 100m 随机检查 5 处
2	断面净空尺寸 (mm)	+100、-50	钻孔，尺量：每 100m 随机检查 5 处
3	沟壁厚度 (mm)	-10	

表 34-101 洞内边沟、洞外路堑边沟断面尺寸质量标准

序号	项目	施工控制值	检验频率和方法
1	断面净空尺寸 (mm)	± 10	尺量：每 10m 随机检查 1 处
	断面净空尺寸 (mm)	+100、-50	钻孔，尺量：每 100m 随机检查 5 处
2	沟壁厚度 (mm)	不小于设计值	
3	沟底厚度 (mm)		
4	沟顶高程 (mm)	0，-10	水准仪：每 20m 测高程
5	沟底高程 (mm)	± 20	

表 34-102 泄水洞质量标准

序号	项目	施工控制值	检验频率和方法
1	断面净空尺寸 (mm)	+100、-50	尺量、断面仪：每 10m 检测 1 次
2	洞底高程 (mm)	$\pm 50$	全站仪、水准仪、经纬仪：每 10m 检测 1 次
3	轴线偏位 (mm)	$\pm 100$	
4	排水沟纵坡 (%)	$\pm 0.5\%$ 、不积水	水准仪、全站仪、经纬仪：每 10m 随机检查 1 处

表 34-103 检查井质量标准

序号	项目	规定值或允许偏差 (mm)	检验频率和方法
1	轴线偏位	$\pm 50$	全站仪、水准仪、经纬仪：每个检查
2	断面尺寸	$\pm 20$	尺量：每个检查
3	井底高程	$\pm 15$	水准仪：每个检查
4	井盖与相邻路面高差	0, +4	水准仪、水平尺、靠尺：每个检查

表 34-104 防水层铺挂质量标准

序号	检查项目	规定值或允许偏差	检验方法和频率
1	搭接宽度 (mm)	$\geq 100$	尺量：每条环向搭接缝检查不少于 5 处，纵向搭接缝每 2m 检测 1 处
2	缝宽 (mm)	焊接 焊缝宽 $\geq 10$	尺量：每条环向搭接缝抽查不少于 5 处，纵向搭接缝每 5m 检测 1 处
		粘接 粘缝宽 $\geq 50$	
3	固定点间距 (mm)	拱部 按设计或 0.5-0.7m	尺量：每 10 米拱部、边墙各检查 5 处
		侧墙 按设计或 0.7-1.0m	
4	焊缝充气检查	压力达到 0.25MPa 时停止充气，保持 15min，压力下降在 10% 以内	充气检查：每 2 处搭接抽检 1 处
5	铺挂松紧度	防水层任一点能接触岩面	两固定点之间同时两点触摸：每 10 米拱部、边墙各检查 5 处

## (二) 过程控制方法

### 1. 隧道防排水工程质量应符合下列规定：

1.1 高速公路、一级公路、二级公路隧道拱部、边墙、设备箱洞不渗水，路面无湿渍，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。

1.2 三级公路、四级公路隧道拱部不滴水，边墙不滴水，设备箱洞不渗水，路面不积水、不滴水，有冻害地段的隧道衬砌背后不积水、排水沟不冻结。

## (三) 质量检查要点及方法

### 1. 防水板质量检验：

1.1 防水板材料类型、性能指标必须符合设计文件要求，采用合格厂家生产的定型产品，所有产品必须有出厂合格证和质量验证明。

1.2 防水板在使用前应按规定频次进行抽检试验，委托有相应资质的机构对防水材料进行检测，并出具合法有效的检测报告。

### 2. 防水板铺挂：

#### 2.1 初期支护表面的检查及处理：

2.1.1 初期支护表面应平整，无空鼓、裂缝，并用喷混凝土或涂抹砂浆对基面进行找平处理，平整度用 2m 靠尺检查，表面平整度允许偏差：边墙 5cm、拱部 7cm，表面平整度应符合下列要求： $D/L \leq 1/6$ ，式中 L 为初期支护表面相邻两凸面间的距离；D 为初期支护表面相邻凹凸进去的深度。

2.1.2 外露锚杆做切除处理，并用砂浆抹平。

2.1.3 局部漏水采用注浆堵水或埋设排水管直接排水到边墙底纵向透水管。

2.2 防水板铺设采用无钉铺设工艺，松紧应适度并留有余量，长度与弧长比值为 10: 8，检查

时要保证防水板全部面积均能抵到围岩，但又不宜过松。

2.3 防水板铺贴平整顺直，搭接宽度不小于 150mm。防水板搭接缝与施工缝错开距离不应小于 50cm。环向搭接时，下部防水板应压住上部防水板。

2.4 防水卷材纵向搭接与环向搭接处，除按正常施工外，再覆盖一层同类材料的防水卷材，用热焊焊接。

2.5 三层以上塑料防水板的搭接形式必须是 T 型接头。

3. 防水板的焊接：

3.1 防水板的拼接应采用双焊缝工艺，焊接接缝处必须擦洗干净，用双焊缝焊机焊接。

3.2 单条焊缝的焊接宽度不应小于 15mm，焊缝严密，不得焊焦焊穿。

3.3 在焊缝搭接的部位焊缝必须错开，不允许有三层以上的接缝重叠。

3.4 绑扎或焊接钢筋时，采取遮挡措施避免对卷材造成破坏。混凝土振捣时，振捣棒避免接触防水板，以防震动棒破坏防水板。

3.5 防水板的搭接焊缝质量检查采用充气法检查，方法是 5 号注射针与压力表相接，用打气筒充气，当压力表达到 0.25MPa 时停止充气，保持 15min，压力下降在 10% 以内，说明焊缝合格；如压力下降过快，说明有未焊好之处，用肥皂水涂在焊接缝上，有气泡的地方重新补焊，直到不漏气为止。

## 六、质量通病及防治

### （一）洞口工程

#### 1. 施工通病

##### 1.1 洞门坍塌。

##### 1.2 洞门外观质量差：

###### 1.2.1 混凝土表面蜂窝麻面；

###### 1.2.2 混凝土错台；

###### 1.2.3 混凝土颜色不一；

###### 1.2.4 混凝土浇筑时模板漏浆。

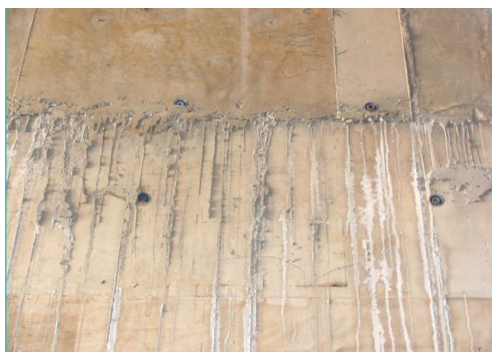
##### 1.3 开挖时光面爆破效果差，断层带开挖局部坍塌。



洞口塌方



隧道洞口外观质量差，错台明显



混凝土浇筑时模板漏浆



混凝土蜂窝麻面，颜色不一

## 2. 防治措施

### 2.1 洞门坍塌防治措施

2.1.1 洞口工程施工前，首先做好洞口范围内地表防排水工作，填平洼地和积水坑，防止地面水渗透。

2.1.2 及时施做洞口工程系统截水沟、排水沟，尽可能与洞口路基排水系统形成整体。宜在雨季前及边、仰坡开挖前完成。

2.1.3 隧道边、仰坡土石方开挖作业尽可能采用非爆破或弱爆破方法自上而下分进行，减少对洞口围岩的扰动；开挖后对边、仰坡及时进行防护。

2.1.4 隧道门端墙处土石方开挖施工完成后及时施作洞门端墙及挡护工程。

2.1.5 洞门施作尽量避开雨季进行，尽早施作洞门和洞口段衬砌，保证洞门边坡稳定。

2.1.6 施工期间，保持对边仰坡及洞顶山坡体进行监测和观察，及时掌握洞口的安全状况，一边迅速采取安全有效的对策。

### 2.1.7 混凝土外观防治措施

- (1) 加强洞门立模的精度和稳定性，对模板进行打磨，并涂抹拆模剂，模板拼接处整平无错台；
- (2) 灌注时应严格控制灌注速度，尽量一次成型，采用同一家商混，原材采用相同原材；
- (3) 尽量不要修补，必要修补时勾兑好比例对外观修饰。

### 2.2 开挖光爆效果差防止措施

据实际围岩情况调整爆破参数，周围眼定位要准确，炮眼应平直、平行，炮眼间距应严格按照设计方案执行。弱围岩边墙宜采用预裂爆破，拱顶采用光面爆破，并预留沉落量。

## (二) 衬砌工程

### 1. 施工通病

1.1 喷射混凝土厚度不足，局部中空，强度达不到设计要求，喷射回弹量大。

1.2 衬砌背后存在空洞，衬砌错台明显、漏浆、流沙严重，外观质量差，衬砌混凝土开裂。

### 2. 防治措施

2.1 试验室应对进场的原材料设计及规范要求进行检测，各项指标满足要求后方可使用。

2.2 拌合站严格按照试验室下发的施工配合比施工，并做好冬季施工措施。



喷射混凝土厚度不足，局部中空，强度达不到设计要求，喷射回弹量大



衬砌开裂



有明显的错台，外观质量差

2.3 认真做好喷射混凝土的养护工作。

2.4 隧道环向每 2 米布设一个厚度标尺。加强对喷射工的培训和指导。喷射混凝土时喷嘴宜与喷射面垂直，其间距宜为 0.7~1.5m，喷嘴应连续、缓慢作横向环形移动。

2.5 衬砌灌注混凝土施工时，拱顶设置溢浆管，检查拱顶混凝土灌注的饱满度，在拱顶设补浆孔进行注浆，充填空洞。检查台车、模板的加工制作质量，保证其有足够的精度、强度、刚度和稳定性。分节对模板安装质量进行检查表面平整度和接头缝隙。对称浇注混凝土，控制浇注速度，避免偏压造成衬砌台车移位，台车拆模后应彻底清理模板上的浮浆，均匀涂刷脱模剂。

### （三）支护工程

#### 1. 施工通病

1.1 锚杆数量、长度不够，类型不符合设计要求，锚杆垫板未施作，拉拔力不足。

1.2 拱架加工几何尺寸不规范，钢架连接板连接不牢，架立间距过大，钢架未与围岩密贴，空隙部分未楔紧，减弱了钢架对围岩的支撑受力作用。

1.3 洞口超前大管棚施工时，常出现管棚底部侵入开挖轮廓线、管棚装入长度不够、钢管连接质量差。

1.4 岩面未进行初喷就铺设网片，致使钢筋网外侧保护层不能保证，网片搭接宽度不够，甚至无搭接。



锚杆数量、长度不够，类型不符合设计要求，锚杆垫板未施作，拉拔力不足



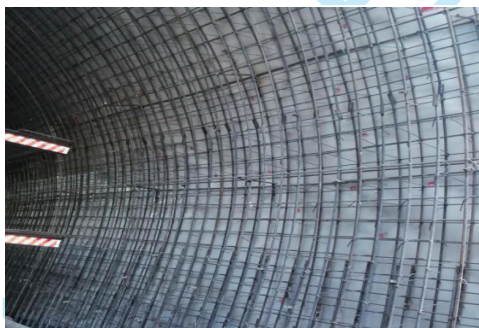
拱架加工几何尺寸不规范，钢架连接板连接不牢，架立间距过大



管棚底部侵入开挖轮廓线、管棚装入长度不够、钢管连接质量差



岩面未进行初喷就铺设网片



钢筋网片搭接不规范

## 2. 防治措施

2.1 加强施工过程监督，熟悉设计图纸，隧道每个部位锚杆类型和数量要掌握，确保锚杆数量、长度和类型满足设计要求。严格控制检查钻孔深度和孔径，锚杆长度符合设计要求，锚杆施工一定要施作锚垫板，调整注浆（锚固）工艺，保证排气畅通，适当加大注浆压力。

2.2 拱架架立间距偏差控制在  $\pm 50\text{mm}$ ，型钢拱架的每节弯曲时，两端  $60\text{cm}$  范围内的弧度要严格控制，确保整个拱架几何尺寸。提高电焊工的业务水平和，增强责任心，确保连接板和拱架之间的焊接质量。

2.3 管棚及超前小导管施工时首先精准测量，对施工人员进行交底，对角度偏差及时调整，保证管棚及超前小导管平稳顺直到达设计位置。

2.4 应在初喷混凝土后再进行钢筋网铺设，钢筋网应随受喷岩面起伏铺设，与初喷混凝土面的

最大间隙不宜大于 50mm，不宜将钢筋预焊成片后铺挂。钢筋网钢筋每节长度不宜小于 2.0m，钢筋搭接长度不应小于 30 倍钢筋直径。钢筋网每个交点和搭接段均应绑扎或焊接，钢筋网应与锚杆或其他固定装置联结牢固，在喷射混凝土时不晃动。

#### （四）防排水工程

##### 1. 施工通病

###### 1.1 二衬渗漏水。

###### 1.2 水沟电缆沟外观质量差；

###### 1.3 线型不顺直；

###### 1.4 排水沟排水不畅。



二衬漏水



水沟电缆沟外观质量差，线型不顺直，排水沟排水不畅

##### 2. 防止措施

2.1 铺设防水板前应对基面钢筋头、尖锐突出物进行清理，并用沙浆把基面基本找平；防水板紧贴基面，对有较大坑凹处，应增加固定铆钉数量，确保防水板与基面之间紧贴不留空洞。根据基面实际情况适当留有松弛度，防止浇注混凝土时挤裂。防水板与暗钉圈焊接要牢固，两幅防水板搭接宽度满足设计要求，双焊缝搭接，焊接时温度适合，焊机行走速度均匀，不得焊穿。铺设及搭接顺序应遵循先拱部后边墙，下部防水板压住上部防水板。加强防水材料质量控制，确保各项指标符合要求。严格按施工规范处理施工缝，加强衬砌浇注过程控制。加强施工缝、变形缝的防水工程质量控制，确保止水条安装位置在施工缝的中间。必要时对洞身地层、衬砌背后实施防水注浆处理。

2.2 加强现场检查监督，增强施工人员责任心，严格控制中线和标高。按照设计和规范的要求设置沟底纵坡，合理控制分段长度。及时清理边沟的杂物，保持边沟排水通畅。沟底要砌筑平顺，避免出现局部凹陷。

## 第八节 交通安全设施

### 一、一般规定

交通安全设施主要包括交通标志、交通标线、防撞设施、隔离栅、轮廓标、防眩设施、桥梁护网、里程碑、百米标、公路界碑等。

安全设施是公路工程建设重点与关键。加强该部分的施工质量控制,不仅可以规范和引导车辆,对预防交通事故发生,保证车辆安全通行也具有积极作用。因此施工单位必须注重落实质量控制措施,严格按照要求开展工程建设,促进安全防护设施作用充分发挥。

### 1. 严格控制原材料的质量

交通安全设施的原材料直接影响着交通安全设施的质量,安全护栏、隔离带、交通标志等设施的安全质量隐患大多出现在原材料质量上,而不是安装过程中的问题。很多设施在购买安装前没有及时的发现原材料上的缺陷,直接投入使用,在设施使用中才慢慢发现问题,所以对原材料的质量控制非常重要。建设单位应当对原材料厂家进行充分的调查和筛选,选择信誉好、质量高的厂家,并在建设过程中对原材料严格检查和筛选,不合格的坚决不用。

要控制原材料的质量,既要检查合格证书,又要对材料进行实地检验。首先应当检查合格证书,再次检查各项指标是否在说明书中标明,最后还应当对产品进行抽样检查,从外观、尺寸、厚度、材料性能、防锈处理等方面对材料进行系统的分析。

### 2. 加强对工序流程的控制

对工序流程应当严格控制,对每一道工序都进行严格的把关,不能出现工序流程颠倒的情况,坚决杜绝不合格工序的出现。在施工前,施工单位应当对施工人员做好技术交底,确保施工人员真实理解施工过程的每一个步骤,并向施工人员强调交通安全设施部分的每一项技术要求,并让施工人员严格按照要求进行施工,不得消极怠工、省略工序,全面加强工序流程的监督控制工作,提高交通设施工程的质量。

### 3. 建立合理的质量管理体系

确定完整的责任制度,总工程师在交通安全设施工程建设中对整体工程应当做好完整的控制计划,逐层分工完成计划任务,并及时解决施工过程中出现的问题,直到交通安全设施达到质量要求,从而保证交通安全设施的质量安全。

## 二、标志

### (一) 质量控制要求

1. 交通标志的加工、制作应符合现行《道路交通标志和标线》(GB 5768)和《道路交通标志板及支撑件》(GB/T 23827)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。

5. 交通标志外观质量应符合下列规定:交通标志在安装后标志面及金属构件涂层应无损伤。

6. 还应符合表 34-105 中的规定。

表 34-105 标志施工质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差
1	标志面反光膜逆反射系数( $\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ )	满足设计要求



项次	检查项目	规定值或允许偏差
2	标志板下缘至路面净空高度 (mm)	+100,0
3	柱式标志板、悬臂式和门架式标志立柱的内边缘距土路肩边缘线距离 (mm)	$\geq 250$
4	立柱竖直度 (mm/m)	3
5	基础顶面平整度	4
6	标志基础尺寸 (mm)	+100, -50

## (二) 过程控制方法

### 1. 基础定位放样

进行基础定位放样, 应该根据有关的施工设计图纸, 考虑现场的交底情况以及施工周边的地物情况、实际地形来进行施工位置的放样工作, 使用全站仪、钢尺、经纬仪这类的测量仪器, 对于交通标志基础平面的位置进行准确定位。如果碰到了沿线道路的高压线、设施构造物等, 形成了遮挡, 阻碍了标志的认读, 就应该对标志的位置进行调整, 并且注意对基础标高进行控制。

### 2. 基坑开挖

进行基坑开挖工作, 基坑深度、几何尺寸以及基坑位置应该符合设计图纸的要求, 等到基坑挖进至图纸规定的大小与深度, 倘若遇到了扰动开挖面, 就应该增加开挖的量, 符合设计的规定以及要求。基坑底部应该整平并且夯实, 同时, 还需要控制标高。不能同时双柱基础进行施工。

### 3. 基础混凝土浇注

进行基础混凝土施工, 应该严格地按照施工的配合比来对混凝土进行拌和。在每一个底座的顶部, 对于地面外露的部分需要按照图纸的要求进行立模, 并且需求满足施工的规范要求。还有, 基础钢筋的排列形状以及各个部件的尺寸都应该满足图纸的要求, 进行混凝土浇注时, 应该紧靠着没有松动的坚固的开挖面进行浇注, 混凝土强度组织满足设计的要求, 混凝土的浇注工作需要在基坑开挖之后的 24 小时内完成。

### 4. 立柱安装

标志立柱应该安装施工图纸以及按技术规范的要求来进行制作与安装。进行立柱安装的时候, 应该配备有吊车, 并且在进行立柱标志时, 需要尽可能地确保其垂直, 并且不允许其往车行道那一侧变得倾斜。所以, 在安装立柱的同时, 还需要对立柱竖直度进行检查, 使用直尺与垂线进行测量工作, 使用垂线, 将其对照于立柱竖直的方向, 然后固定好垂线, 测量立柱偏离于垂线的程度以及之间的距离, 对于立柱长, 每个地方都测量三次, 并且计算出竖直度, 然后得出平均值, 竖直度应该满足规范的要求。进行竖直度检验可以使用经纬测量仪器。如果竖直度不能够符合要求, 就需要不断地对标志杆竖的直度进行调整。

### 5. 标志板安装

在安装标志板的时候, 应该严格控制标志板内缘至土路肩的距离, 还有门架悬臂标志板的下缘到路面的净空的高度。安装标志板时, 使用的紧固方法应该满足设计以及规范的要求。等到标志板工作安装完毕后, 应该对于标志板做清扫工作, 并且不能够对标志版面造成损坏。在标志板安装工作完毕后, 应该检查其镜面炫光、颜色、视认性、外观是否满足施工图纸的设计要求。在

施工时,还需要严格地控制相应的距离。

### (三) 质量检查要点及方法

表 34-106 标志施工质量检查方法

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( $\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ )	满足设计要求	逆反射系数测试仪:每块板每种颜色测 3 点
2	标志板下缘至路面净空高度(mm)	+100,0	经纬仪、全站仪或尺量:每块板测 2 点
3	柱式标志板、悬臂式和门架式标志立柱的内边缘距土路肩边缘线距离(mm)	$\geq 250$	尺量:每处测 1 点
4	立柱竖直度(mm/m)	3	垂线法:每根柱测 2 点
5	基础顶面平整度	4	尺量:对角拉线测最大间隙,每个基础测 2 点
6	标志基础尺寸(mm)	+100, -50	尺量:每个基础长度、宽度各测 2 点

## 三、标线

### (一) 质量控制要求

1. 交通标线施划前路面应清洁、干燥、无起灰。
2. 交通标线用涂料产品应符合现行《路面标线涂料》(JT/T 280)及《路面标线用玻璃珠》(GB/T 24722)的规定,防滑涂料产品应符合现行《路面防滑涂料》(JT/T 712)的规定。
3. 交通标线的颜色、形状和位置应符合现行《道路交通标志和标线》(GB 5768)的规定并满足设计要求。
4. 反光标线玻璃珠应撒布均匀,施划后标线无起泡、剥落现象。
5. 标线应具有良好的视认性,宽度应一致、边缘整齐、线型规则、线条流畅。
6. 新划制的标线涂层厚度应均匀,无起泡、皱纹、斑点、开裂、发黏、脱落、泛花等现象。标线内的有缺陷面积应小于 3%。
7. 交通标线外观质量应符合下列规定:交通标线不得出现设计要求以外的弯折。
8. 交通标线还应符合表 34-114 中的规定。

表 34-107 标线施工质量标准

项次	检查项目			规定值或允许偏差
1	标线线段长度（mm）	6000		± 30
		4000		± 20
		3000		± 15
		2000		± 10
		1000		± 10
2	标线宽度（mm）			+5,0
3	标线厚度（干膜，mm）	溶剂型		不小于设计值
		热熔型		+0.50， -0.10
		水性		不小于设计值
		双组分		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	
4	标线纵向间距（mm）			≤ 30

项次	检查项目		规定值或允许偏差		
5	标线纵向间距（mm）	9000		± 45	
		6000		± 30	
		4000		± 20	
		3000		± 15	
6	逆反射亮度系数 R <sub>l</sub> (mcd · m <sup>-2</sup> · lx <sup>-1</sup> )	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		
7 <sup>①</sup>	抗滑值（BPN）	抗滑标线		≥ 45	
		彩色防滑路面		满足设计要求	

## (二) 过程控制方法

交通标线施工过程中，对于整个交通安全设施工程施工有着重要影响，一定要做好施工速度和施工温度的控制。施工操作人员进行标线施工过程中，必须要充分地掌握各类标线建造的施工知识，对于标线的常规知识必须要准确认识，尤其是在开始施工之前，必须要对整个过程中的温度控制、湿度控制、施工设备等进行详细的检测，当其达到既定的施工要求后才可以进行实际的交通标线施工，从而使得交通标线施工能够达到一个理想的施工状态，确保整个交通系统的顺利运行。例如雨夜反光雨线就是道路交通标线的一种。在夜间，路面标线在干燥、潮湿、水膜覆盖情况下，给定一个外光源均能以一定角度把光反射回来的标线。

施划标线时的过程：

1. 在正式划标线前，应首先清理路面，保证路面表面清洁干燥无杂物。
2. 根据设计图纸进行放样，并使用划线车进行划线。标线放样因道路的构造及交通状况不同而异。一般情况下，应先测出道路中心点，然后按 10 ~ 20 m 间隔确定中心线。在曲线路段，沿曲率半径每 5 ~ 15m 设定中心点。在道路的纵断方向以 50m 长度作为校正单位。当确认设定的中

心点连接线与曲率半径相符时，则连接各中心点划出道路中心样线。这样按顺序向前校核，在向前不断延伸中心线的同时，也需不断的与已设定的中心线位置进行校核。根据道路中心线位置，标出标线一半的宽度（例如当标线宽为 15cm，中心线一半的宽度为 7.5cm）。并划出轮廓线，以便进行涂敷作业。关于曲线路段，其标线位置沿半径方向量出。当曲率半径小的曲线路段，必须确认道路线形设计与施工的情况，求得与道路线形的协调一致。车道分界线，边缘线，可据中心线量出，一般情况也需标出标线宽度。人行横道线，导流标线，文字记号等的放样，以施工图设计为原则。但是，考虑到道路的特殊条件和进出口等的位置需总体协调时，有必要根据道路实际情况重新设计，并放样定位。

3. 喷涂下涂剂（底油），根据监理工程师试验同意的下涂剂种类及方法，喷涂下涂剂。

4. 下涂剂干后进行划线时，应通过划线机的行驶速度控制好标线厚度。施工加热温度宜控制在 170℃~220℃之间，加热时间不宜超过 40 分钟，并根据涂料量和沾度的要求调节火候和转速，涂敷量少时用小火。每锅材料尽可能只用一次。喷涂施工应在白天进行，雨天、风天时应暂时停止施工，环境温度宜在 10℃以上施工为好，初冬季节施工应考虑在上午 10 点至下午 3 点期间进行。通常最适当的撒布量是宽 15cm 标线，每画 10cm 长度时，玻璃珠撒布 20 ~ 30g。

5. 喷涂标线时，应用交通安全设施，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。

### （三）质量检查要点及方法

表 34-108 标线施工质量检查方法和要点

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		
		双组分		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					
4	标线纵向间距( mm )			≤ 30		
5	标线纵向间距( mm )	9000		± 45		尺量：每 1Km 测 3 处，每处测 3 个线段
		6000		± 30		
		4000		± 20		
		3000		± 15		
6	逆反射亮度系数 R1(mcd·m-2·lx-1)	非雨夜反光标线	I 级	白色	≥ 150	标线逆反射测试仪：每 1Km 测 3 处，每处测 9 点
				黄色	≥ 100	

项次	检查项目			规定值或允许偏差		检查方法和频率
			Ⅱ级	白色	≥ 250	干湿表面逆反射标线测试仪：每 1Km 测 3 处， 每处测 9 点
				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	
7 <sup>①</sup>	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。

#### 1. 面撒玻璃珠分布情况：

用 5 倍放大镜观察反光标线面撒玻璃珠是否分布均匀，有无结团、成块现象，与标线涂层的粘接情况是否良好。

#### 2. 逆反射系数

在干燥状态下，将观察角为  $1.05^\circ$ ，入射角为  $88.76^\circ$  的标线逆反射系数测量仪按行车方向平放在抽样检测点的标线上，测取每个点上的逆反射系数，求算术平均值。符合上表中的规定。

### 四、护栏

#### (一) 质量控制要求

1. 波形梁钢护栏产品应符合现行《波形梁钢护栏》(GB/T 31439) 的规定。
2. 路肩和中央分隔带的土基压实度应不小于设计值。
3. 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。
4. 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接和钻孔，波形梁板搭接方向应正确。
5. 护栏的端头处理及护栏过渡段的处理应满足设计要求。
6. 波形梁钢护栏外观质量应符合下列规定：
  - 6.1 护栏各构件表面应无漏镀、漏铁、擦痕。
  - 6.2 护栏线应无凹凸、起伏现象。

7. 波形梁钢护栏还应符合表 34-109 中的规定。

表 34-109 护栏施工质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差
1	波形梁板基底金属厚度 (mm)	符合现行 GB/T 31439 标准规定
2	立柱基底金属壁厚 (mm)	符合现行 GB/T 31439 标准规定
3	横梁中心高度 (mm)	$\pm 20$
4	立柱中距 (mm)	$\pm 20$
5	立柱竖直度 (mm/m)	$\pm 10$
6	立柱外边缘距土路肩边线距离 (mm)	$\geq 250$ 或不少于设计要求
7	立柱埋置深度 (mm)	不小于设计要求
8	螺栓终拧扭矩	$\pm 10\%$

### (二) 过程控制方法

1. 施工前应认真检查波形梁板的外观、尺寸、厚度等, 确保其合格规范, 施工时要小心安装, 避免对其造成损伤, 并从垂直度、平顺度、搭接方向等方面控制好波形梁板。波形梁护栏的耐久性取决于镀锌厚度, 防撞性能取决于钢板的厚度和均一度, 因此在检验过程中还应该重点关注钢板的厚度和均一度以及镀锌的厚度。

2. 在进行波形梁护栏施工之前, 需要结合具体道路的实际情况, 提前绘制出防撞护栏布设图, 并对桥梁、涵洞、通道等部分进行准确的定位。并以桥梁、涵洞、通道、立体交叉、分隔带开口及人孔处等为控制点, 进行立柱定位放样。

3. 埋设立柱的时候可以选择打入法、钻孔法进行施工, 立柱之间的距离以及路缘石距离需要通过定位标尺进行双向定位, 严格控制每个立柱之间的距离, 并使每一个立柱的竖直水平方向都处于标准状态。面对特殊情况, 例如在涵洞、通道等结构上进行固定时, 需要对现场混凝土进行处理, 给立柱预留位置, 等到混凝土完全凝固之后再立柱固定在混凝土中。对立柱位置, 打桩深度进行严格的控制, 能够有效的确保防撞护栏的质量, 当埋设立柱时, 涉及到地下管线等问题时需要对立柱埋设的部位做出调整

4. 波形梁护栏的起、终点应根据设计要求进行端头处理。波形梁通过拼接螺栓相互拼接, 并由连接螺栓固定于立柱或横梁上。护栏板的搭接方向应与行车方向相同。波形梁顶面应与道路竖曲线相协调。在铺设过程中, 根据实际的具体情况, 对间距进行实时调整。

### (三) 质量检查要点及方法

表 34-110 护栏施工质量检查方法和要点

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	波形梁板基底金属厚度 (mm)	符合现行 GB/T31439 标准规定	板厚千分尺、涂层测厚仪: 抽查板块数的 5%, 且不少于 10 块
2	立柱基底金属壁厚 (mm)	符合现行 GB/T31439 标准规定	千分尺或超声波测厚仪、涂层测厚仪: 抽查 2%, 且不少于 10 根
3	横梁中心高度 (mm)	$\pm 20$	尺量: 每 1Km 每侧测 5 处
4	立柱中距 (mm)	$\pm 20$	尺量: 每 1Km 每侧测 5 处
5	立柱竖直度 (mm/m)	$\pm 10$	垂线法: 每 1Km 每侧测 5 处
6	立柱外边缘距土路肩边线距离 (mm)	$\geq 250$ 或不少于设计要求	尺量: 每 1Km 每侧测 5 处



项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
7	立柱埋置深度 (mm)	不小于设计要求	尺量或埋深测量仪测量立柱打入后定尺长度: 每 1Km 每侧测 5 处
8	螺栓终拧扭矩	$\pm 10\%$	扭力扳手: 每 1Km 每侧测 5 处

## 五、其它

### (一) 质量控制要求

#### 1. 防眩设施

1.1 防眩板产品应符合现行《防眩板》(GB/T 24718)的规定,其他防眩设施应满足设计要求并符合施工技术规范的规定。

1.2 防眩设施的几何尺寸及遮光角度满足设计要求。

1.3 防眩设施应安装牢固。

1.4 防眩设施还应符合表 34-111 中的规定。

表 34-111 防眩设施施工质量标准

项次	检查项目	规定值或允许值
1	安装高度 (mm)	$\pm 10$
2	防眩板设置间距 (mm)	$\pm 10$
3	竖直度 (mm/m)	$\pm 5$
4	防眩网网孔尺寸	满足设计要求

#### 2. 隔离栅

2.1 隔离栅产品应符合现行《隔离栅》(GB/T 26941)的规定,绿篱隔离栅应满足设计要求。

2.2 立柱混凝土基础应满足设计要求。

2.3 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。

2.4 隔离栅起终点端头围封应满足设计要求。

2.5 隔离栅外观质量应符合下列规定:混凝土立柱表面无裂缝、无蜂窝。

2.6 重点检查隔离栅的防腐处理和外观尺寸是否符合设计图纸的要求。

2.7 隔离栅还应符合表 34-112 中的规定。

表 34-112 隔离栅施工质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差
1	高度 (mm)	$\pm 15$
2	刺钢丝的中心垂度 (mm)	$\leq 15$
3	立柱中距 (mm)	焊接网
		钢板网
		刺钢丝网
		编织网
4	立柱竖直度 (mm/m)	$\pm 10$
5	立柱埋置深度	不小于设计要求

### (二) 过程控制方法

#### 1. 防眩板

1.1 防眩板在施工前,应确定控制点(如桥梁),在控制点之间测距定位、放样。

1.2 在进行防眩设施施工时,首先要保证遮光角和防眩高度的要求,防眩板的间距必须符合图纸的规定。同时,防眩板不得出现扭曲、固定不牢固的现象,整体上还应达到高低一致、线形顺畅的要求。另外,在施工过程中,不得损坏中央分隔带上通信管道及护栏等其他设施。

1.3 当防眩设施需附着在其他设施上时,应注意与其他设施的施工进行协调,并保证不对其他设施造成损坏。

## 2. 隔离栅

2.1 隔离栅宜在路基工程完成后尽早实施。在施工开始之前就由土建单位利用全站仪进行地界测量,测量以后再进行施工定位;施工时应先按图纸要求及实际地形、地物的情况进行施工放样,先从路两侧的边沟向外定出中心线,保证公路用地范围的准确性,然后再在中心线上定出立柱位置,并在每个桩位做出标志;在放样和定位工作完成的基础上,根据设计图的要求开始挖坑,平面尺寸和深度不能小于设计要求,坑底要清理干净。

2.2 埋设立柱前,要对所处位置的地势进行处理,对于其附近地面要求做到平整处理,将周围的杂物清理干净,并且尽量地压实整平,对于地势比较险峻的地段,需要通过施工形成一定的坡度,从而确保隔离栅能够顺着坡向位置进行施工。

2.3 隔离栅立柱的埋设应分段进行,先埋设两端的立柱,然后拉线埋设中间立柱。立柱纵向应在一条直线上,不得出现参差不齐的现象。柱顶应平顺,不得出现高低不平的情况。

2.4 安装隔离栅网片时,应从立柱端部开始安装。连接螺栓不能拧紧,方便根据设计图和现场地形进行调整,确保线形的平顺美观。

2.5 在安装桥梁护网前,应对设置在桥梁上的有关预埋件进行检查。桥梁护网应按图纸所示安装,牢固地安装在立柱或支撑上。金属网应伸展拉紧,整个结构不得扭曲。在高压输电线穿越安装桥梁护网的地方,桥梁护网应按电力部门的规定做防雷接地,接地电阻值 $< 10\Omega$ 。

### (三) 质量检查要点及方法

#### 1. 防眩设施

表 34-113 防眩设施施工质量检查方法和要点

项次	检查项目	规定值或允许值	检查方法和频率
1	安装高度 (mm)	$\pm 10$	尺量: 每 1Km 测 10 处
2	防眩板设置间距 (mm)	$\pm 10$	尺量: 每 1Km 测 10 处
3	竖直度 (mm/m)	$\pm 5$	垂线法: 每 1Km 测 5 处
4	防眩网网孔尺寸	满足设计要求	尺量: 每 1Km 测 5 处, 每处测 3 孔

#### 2. 隔离栅

表 34-114 隔离栅施工质量检查方法和要点

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	高度 (mm)	$\pm 15$	尺量: 每 1Km 测 5 处
2	刺钢丝的中心垂度 (mm)	$\leq 15$	尺量: 每 1Km 测 5 处
3	立柱中距 (mm)	焊接网	尺量: 每 1Km 测 5 处
		钢板网	
		刺钢丝网	



项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
		编织网	$\pm 60$	
4	立柱竖直度 (mm/m)		$\pm 10$	尺量: 每 1Km 测 5 处
5	立柱埋置深度		不小于设计要求	过程检查, 尺量: 抽查 2%

## 六、质量通病及防治

1. 交安设施的螺栓经过一段时间后就可能会发生锈蚀现象。



图 8.6.1-1 交安设施螺栓锈蚀

防治方法: 对此一定要做好螺栓的防锈处理, 宜使用热镀锌螺栓, 对于锈蚀严重的要及时更换。

2. 标志立柱竖直度不符合要求。

防治方法: 加强人员技术培训, 配备必要的测量仪器; 基础浇筑时, 要加强振捣, 特别是大型悬臂标志钢板下方务必振实, 安放预埋件时应用水平仪测量保证顶板水平并采取临时固定措施; 门架式标志在制作前应现场复测基础高差、横梁跨度, 制作及镀锌防腐时应对门架立柱进行必要固定, 避免过大变形。

3. 标志反光膜逆反射系数不够

防治方法: 应选择正规品牌供应商; 购置必要的检查设备, 施工中定期抽查。

4. 通车后标志版面被车辆刮蹭



图 8.6.4-1 标志版面被车辆刮蹭

防治方法: 门架、悬臂标志基础施工时, 应控制好基础顶面标高, 若发生与实际不符的情况, 应在钢立柱制作前现场测量后, 适当调整立柱下料长度, 安装时应现场放样划样确定版面安装位置, 适当预拱 4-5cm, 安装后用塔尺复制净空高度; 柱式标志基础施工开挖前, 应根据图纸预先计算出基础中心至路肩外侧边缘线的距离, 要保证版面安装后, 标志板外缘距路肩边线大于 25cm; 需

要特别注意的是互通匝道出口处标志，标志一侧是主线、一侧是匝道两边都在通车，因此在基础放样定位时要保证两个方向都满足必要的安全距离，以避免刮蹭。

#### 5. 标线逆反射系数不够



图 8.6.5-1 标线逆反射系数不够

防治方法：高度重视涂料出料温度，确保在正常范围内，不能过低或过高；检查涂料用量，涂膜不能太薄，太薄导致玻璃珠附着力差；调整玻璃珠撒布器，有风时安装防风罩。

#### 6. 标线表面出现气泡

防治方法：桥梁大纵坡段一般选在长时间连续晴好干燥天气进行施工，拟施工路段一般选择 7 天左右未有降水情况下施工；底油未干不施工。

#### 7. 标线裂纹或裂缝



图 8.6.7-1 标线裂纹

防治方法：路面未干透不施工，加强涂料熔融情况监控，搅拌均匀；对于标线热胀冷缩问题展开研究，深化认识。

#### 8. 护栏线形不顺，螺栓缺失



图 8.6.8-1 护栏线形不顺



防治方法：放样时不能完全拘泥于路缘石等参照物，要有总体控制概念，根据实际道路走向进行局部微调，主要是道路横断面方向；立柱施工质量很关键，立柱线形较好，也为后续的栏板安装打下了好的基础；栏板安装前，应先调整立柱线形，栏板安装后总体调整至少 2-3 遍切记线形调顺前护栏螺栓不得上紧。

#### 9. 桥头过渡段衔接不畅、固定螺栓锈蚀

防治方法：施工单位要加强对过渡段的关注力度，在技术交底阶段要提前现场勘查、必要时提出优化设计方案，施工放样时统筹考虑；创新改进螺栓固定形式或尽量采购热镀锌膨胀螺栓。

#### 10. 隔离栅线形不顺滑、立柱高度有起伏

防治方法：施工放样，先定中心线，然后定立柱，确定柱位时应与公路界地形相协调，坡度小的做成斜坡形，地形分段性起伏的可以做成阶梯型，在低洼地带，当地面起伏发生突变，无法保持规定的离地净高时，可使用较长的立柱或进行适当土方挖填作业；起伏过大时，应对地形进行一定的整平，尽可能使隔离设施起伏自然，避免局部地段的突然变化；立柱埋设分段进行，先埋两端立柱，然后拉线埋设中间立柱，立柱纵向应在一条直线上，不得出现参差不齐的现象，柱顶应平顺，不得出现高低不平的情况。

## 第九节 绿化工程



图 9.1 生态绿化

### 一、一般规定

（一）植物种子应有由国家法定种子质量检验机构出具的种子质量检验报告，外省市调入的苗木和种子应有植物检疫书。

（二）植物成活率、覆盖率、植被盖度的检验应在满一个年生长周期后进行。

### 二、绿地整理

（一）绿地整理应符合下列基本要求

1. 绿地内不得有废弃构筑物、工程渣土与废料及其他有害污染物，互通式立体交叉区与环岛、管理养护设施区及服务设施区等要求的绿地内不得有宿根性杂草、树根。

2. 回填土及地形造型的范围、厚度、高程、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。

(二) 绿地整理实测项目应符合表 34-115 的规定。

表 34-115 绿地整理测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	有效土层厚度 (mm)		满足设计要求	环刀或挖样润，尺量：带状绿地①每 1km 测 5 点；点状绿地②每个连续种植单元每 100m <sup>2</sup> 测 2 点，且不少于 3 点
2	地形相对高程 <sup>③</sup> (mm)	$H \leq 1000$	$\pm 50$	水准仪测量或尺量：分隔带绿地每 1km 测 5 点；互通式立体交叉区与环岛、管理养护设越区及服务设施区绿地每个连续种植单元每 1000m <sup>2</sup> 测 2 点，且不少于 3 点
		$1000 < H \leq 2000$	$\pm 100$	
		$2000 < H \leq 3000$	$\pm 150$	
		$3000 < H \leq 5000$	$\pm 200$	

注：①指分隔带边坡、护坡道、碎落台及边坡平台等沿公路路线纵向分布的可绿化场地。

②指互通式立体交叉区与环岛、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。

③ H 为设计高程与原地面的高差，边坡、护坡道、碎落台、边坡平台及取、弃土场等绿地不作要求。

### 三、树木栽植



图 9.3.1 树木栽植

(一) 树木栽植应符合下列基本要求：

1. 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%。
2. 种植穴（槽）的定点放线应满足设计要求，位置准确，标记明显。
3. 带土树苗栽植前应去除不易降解的包装物。
4. 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。

5. 孤植树，珍贵树种以及大树（胸径在 200mm 以上的落叶乔木或常绿阔叶乔木，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。

(二) 树木栽植实测项目应符合表 34-116 的规定。

表 34-116 树木栽植实测项目

项次	检查项目				规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	种植穴（槽）直径（mm）				d+400 ~ d+600	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。
2	种植穴（槽）深度（mm）				3/4 ~ 4/5 穴径	
3 △	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1km检查100m内花卉数量；点状绿地按每个连续种植单元按花卉数量抽查10%，且不少于10株，少于10株的花卉应全部检查。
4	苗木成活率（%）				≥ 95	
	乔木	胸径（mm）	≤ 50	-2	尺量：带状绿地每1km检查100m内的苗木；点状绿地按每个连续种植单元按花卉数量抽查10%，且不少于10株，少于10株的苗木应全部检查。	
			50 ~ 190	-5		
			90 ~ 1150	-8		
			150 ~ 1200	-0		
			≥ 200	-20		
		高度（mm）		-200		
		胸径（mm）		-200		
	灌木	高度（mm）	≥ 1000	-100		
			<1000	-50		
		冠径（mm）	≥ 1000	-100		
			<1000	-50		
	球类	冠径（mm）	<500	0		
			500 ~ 1000	-50		
			1000 ~ 2000	-100		
			>2000	-200		
		高度（mm）	<500	0		
			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（mm）	≤ 100	-10		
			100 ~ 400	-20		
			>400	-30		

注：① d 为土球苗直径或裸根苗根系展幅，以 mm 计。

（三）树木栽植外观质量应符合下列规定：

1. 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。
2. 树木应无损伤的断枝、枯枝、严重病虫害枝。

#### 四、草坪、草本地被及花卉种植



图 9.4.1 草坪及花卉种植

(一) 草坪、草本地被及花卉种植应符合下列基本要求：

1. 铺栽草坪用的草卷、草块应厚度均匀，杂草不应超过 5%。
2. 草坪、草本地被及花卉种植的施工工艺、品种及配合比或栽植株行距应满足设计要求；采用喷播绿化施工工艺时，其质量检验应按本标准第 9.5 节的有关规定执行。
3. 花苗的栽植放样、密度及图案均应满足设计要求。

(二) 草坪、草本地被及花卉种植实测项目应符合表 34-117 的规定。

表 34-117 草坪、草本地被及花卉种植实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	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 1km 检查 10m；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	$\geq 90$	目测或无人机航拍测量：带状绿地每 1km 检查 100m；点状绿地按每个连续种植单元全部检查。
		其他绿地	$\geq 95$	
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 1km 检查 100m 内花卉数量；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 (%)		$\geq 95$	

(三) 草坪、草本地被及花卉种植外观质量应符合下列规定：

互通式立交交叉区与环岛、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连续空秃。

## 五、喷播绿化



图 9.5.1 喷播绿化施工



(一) 喷播绿化应符合下列基本要求:

1. 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)中所规定的二级标准,木本植物种子的质量不应低于《木本种子质量分级》(GB 7908)中所规定的二级标准;GB 6142和GB 7908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。

2. 喷播绿化采用的植物品种及种子配比应满足设计要求。

(二) 喷播绿化实测项目应符合表 5.1 的规定

表 5.1 喷播绿化实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	基材混合物喷射混凝土 (mm)	设计厚度 $\pm 10$	环刀取样或挖样洞, 尺量; 带状绿地每 1km 测 10 点; 点状绿地每个连续种植单元每 1000m <sup>2</sup> 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	尺量或无人机航拍测量: 带状绿地每 1km 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 (%)	$\geq 95$	目测或无人机航拍测量: 带状绿地每 1km 检查 100m; 点状绿地按每个连续种植单元全部检查。

(三) 喷播绿化外观质量应符合下列规定:

绿地不得有连续空秃、冲沟侵蚀。

## 第十节 声屏障工程

### 一、一般规定

(一) 声屏障工程的插入损失应满足设计要求。

(二) 声屏障排水应满足设计要求。

### 二、砌块体声屏障



图 10.2.1 砌块体声屏障

(一) 砌块体声屏障应符合下列基本要求:

1. 砂浆所用的水泥、砂、水、外加剂的品种, 规格和质量应满足设计要求。

- 2. 地基承载力应满足设计要求。
- 3. 砌筑基础前，基坑尺寸应满足设计要求。
- 4. 砌筑应分层错缝，浆砌时坐浆挤紧，嵌填饱满密实，不得有空洞。
- 5. 砌体中的钢筋防腐应满足设计要求。

(二) 砌块体声屏障实测项目应符合表 34-118 的要求。

表 34-118 砌块体声屏障实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1 △	砂浆强度（MPa）	在合格标准内	检查试验强度报告
2 △	顶面高程（mm）	± 20	水准仪：抽查标准段数的 30%，每段测 1 点
3 △	墙体厚度（mm）	满足设计要求	直尺：抽查标准段数的 30%，每段测 1 点
4	基础外漏宽度（mm）	± 20	尺量：抽查标准段数的 30%，每段测 1 点
5	墙体竖直度（mm/m）	≤ 3	直尺、经纬仪：抽查标准段数的 30%，每段测 1 点
6	顺直度（mm/10m）	≤ 10	10m 拉线：每 100m 测 2 处，且不少于 5 处
7	表面平整度（mm）	≤ 8	2m 直尺：每 100m 测 10 尺

(三) 砌块体声屏障外观质量应符合下列规定：

墙体表面应无破损。

三、金属结构声屏障



图 10.3.1 金属结构声屏障

(一) 金属结构声屏障应符合下列基本要求：

- 1. 基础的埋置深度应满足设计要求。
- 2. 金属屏体声学性能应满足设计要求并应有声学性能检测报告。
- 3. 金属立柱、连接件和金属屏体在安装前，应无构件变形或防腐处理层损坏。
- 4. 固定螺栓应紧固，位置正确，数量满足设计要求。
- 5. 屏体间及屏体与基础的接缝应密实。

(二) 金属结构声屏障实测项目应符合 34-119 的要求。

表 34.119 金属结构声屏障实测项目表

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1 △	混凝土强度（MPa）	在合格标准内	检查试验强度报告
2 △	顶面高程（mm）	± 20	水准仪：抽查标准段数的 30%，每段测 1 点



项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
3	基础外露宽度 (mm)	$\pm 20$	尺量: 抽查标准段数的 30%, 每段测 1 点
4	与路肩边线位置偏移 (mm)	$\pm 20$	尺量: 抽查标准段数的 30%, 每段测 1 点
5	立柱间距 (mm)	$\leq 10$	尺量: 抽查标准段数的 30%, 每段测 1 点
6	立柱垂直度 (mm/m)	$\leq 3$	垂线法: 抽查标准段数的 30%, 每段测 1 点
7	立柱镀(涂)层厚度 ( $\mu\text{m}$ )	不小于规定值	测厚仪: 抽查标准段数的 20%, 每段测 1 点
8	屏体表面镀(涂)层厚度 ( $\mu\text{m}$ )	不小于规定值	测厚仪: 抽查标准段数的 20%, 每段测 1 点
9 $\Delta$	屏体背板厚度 (mm)	$\pm 0.1$	游标卡尺: 检查屏体总块数的 5%
10	表面平整度 (mm)	$\leq 8$	2m 直尺: 每 100m 测 10 尺

(三) 金属结构声屏障外观质量应符合下列规定:

1. 立柱镀(涂)层不得有剥落、气泡、漏镀(涂)、刻痕、划伤。
2. 屏体应无裂纹、划伤。

#### 四、复合结构声屏障



图 10.4.1 复合结构声屏障

(一) 复合结构声屏障应符合下列基本要求:

1. 基础的埋置深度应满足设计要求。
2. 非金属屏体声学性能应满足设计要求并应有声学性能检测报告。
3. 安装紧固件应满足设计要求和符合现行标准的规定。
4. 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。
5. 固定螺栓紧固, 位置正确, 数量满足设计要求。
6. 屏体与立柱及屏体与基础的接缝密实。

(二) 复合结构声屏障实测项目应符合表 34-120 的要求。

表 34-120 声屏障实测项目表

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1 $\Delta$	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	检查试验强度报告
2 $\Delta$	顶面高程 (mm)	$\pm 20$	水准仪: 抽查标准段数的 30%, 每段测 1 点
3 $\Delta$	屏体厚度 (mm)	$\pm 3$	钢卷尺: 抽查标准段数的 30%, 每段测 1 点
4 $\Delta$	透明屏体厚度 (mm)	$\pm 0.2$	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)	$\pm 20$	尺量: 抽查标准段数的 30%, 每段测 1 点

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
6	与路肩边线位置偏移 (mm)	$\pm 20$	抽查标准段数的 30%, 每段测 1 点
7	立柱间距 (mm)	$\leq 10$	钢卷尺: 抽查标准段数的 30%, 每段测 1 点
8	立柱垂直度 (mm/m)	$\leq 3$	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 ( $\mu\text{m}$ )	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)	$\leq 8$	2m 直尺: 每 100m 测 10 尺

(三) 复合结构声屏障外观质量应符合下列规定:

1. 立柱镀 (涂) 层不得有剥落、气泡、漏镀 (涂)、刻痕、划伤。
2. 屏体应无裂纹、划伤。

## 第十一节 管廊工程

城市管廊是建于城市地下用于容纳两类及两类以上城市工程管线的构筑物及附属设施, 一般采用明挖法、盾构法、浅埋暗挖法等施工方法。明挖法包括现浇钢筋混凝土结构、预制拼装钢筋混凝土结构等。

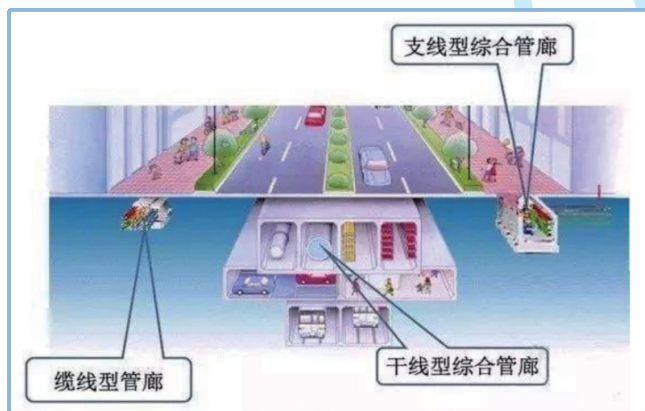


图 11.1 综合管廊工程

### 一、一般规定

(一) 综合管廊施工质量验收应在施工单位自检合格基础上, 按检验批、分项工程、分部 (子分部) 工程、单位 (子单位) 工程的顺序进行。

(二) 工程所用的主要原材料、半成品、构配件、设备等产品, 进入施工现场时必须进行验收, 验收时应检查每批产品的订购合同、质量合格证书、性能检验报告、使用说明书、进口产品的商检报告及证件等, 并按国家有关标准规定进行复验, 验收合格后方可使用。混凝土、砂浆、防水涂料等材料应经检测合格后方可使用。

(三) 临时水准点、轴线控制桩及综合管廊施工的定位桩、高程桩, 必须经过复核方可使用, 并应经常校核。施工测量的允许偏差应满足国家现行标准的有关规定, 有特定要求的综合管廊施工测量还应遵守其特殊规定。

(四) 管道附属设备安装前应对有关设备基础、预埋件、预留孔的位置、高程、尺寸进行复核。

(五) 综合管廊防水工程的施工及验收应按现行国家标准《地下防水工程质量验收规范》GB 50208-2011 的相关规定执行。

## 二、基础工程

### (一) 降水排水

#### 1. 沟槽(基坑)的降水排水应符合下列规定

1.1 降水前应根据工程地质、水文地质资料制定施工降水方案,必要时应抽水试验,验证渗透系数及水力坡降曲线,以保证沟槽(基坑)地下水位降至坑底 0.5m 以下。

1.2 通过水位观测井观测,降水深度满足沟槽(基坑)开挖条件后进行土方开挖。

1.3 沟槽(基坑)受承压水影响时,应进行承压水降压计算,对承压水降压的影响进行评估,并在开挖前检查承压水的降压情况。

1.4 综合管库不具备抗浮条件时,施工期间严禁停止降水排水。

2. 冬期施工应对降水排水系统采取防冻措施,停止抽水时应及时将气体及进水管内的存水放空。

3. 降水排水施工终止抽水后,排水井及按出井点管所的孔洞、应及时用砂、石等填实;地下静水位以上部分,可用黏土填实。

### (二) 基坑开挖及支护



图 11.2.1 管廊基坑开挖及支护

1. 综合管廊工程沟槽(基坑)开挖前,应根据围护结构的类型、工程水文地质条件、施工工艺和地面荷载等因素制定安全专项施工方案,经审批后方可施工。

2. 土石爆破必须按照国家有关部门规定,由具有相应资质的单位进行施工。

3. 沟槽(基坑)支护应符合下列规定:

3.1 支护结构应具有足够的强度、刚度和稳定性。

3.2 支护部件的型号、尺寸、支撑点的布设位置,各类桩的入土深度及锚杆的长度和直径等应经计算确定。

3.3 围护墙体、支撑围檩、支撑端头处设置传力构造,围檩及支撑不应偏心受力,围檩集中受力部位应经计算确定。

4. 沟槽 ( 基坑 ) 开挖应符合下到规定:

4.1 沟槽 ( 基坑 ) 开挖应按支护结构设计规定的施工顺序和开挖深度分层开挖, 并应遵守 “对称平衡、分层分段 ( 块 )、限时挖土、限时支撑” 的原则。

4.2 沟槽 ( 基坑 ) 的支撑应遵循 “开槽支撑、先撑后挖、分层开挖、严禁超挖” 的原则。

4.3 采用明排降水的沟槽 ( 基坑 ), 当边坡土体出现裂缝、沉降失稳等征兆时, 必须立即停止开挖, 进行加固、削坡等处理。

5. 综合管廊垫层、基础、底板施工前应对基底轴线位置、沟槽 ( 基坑 ) 几何尺寸及标高进行复验。基底不应浸泡或受冻, 不得扰动、超挖, 地基承载力应符合设计要求。综合管廊的地基处理施工及质量验收应满足现行国家标准《建筑地基工程施工质量验收规范》GB 50202-2018 的规定。

6. 沟槽 ( 基坑 ) 回填应符合下列规定:

6.1 基坑回填应在综合管廊结构及防水工程验收合格后及时进行, 回填材料及密实度应符合设计要求和有关规范规定。

6.2 综合管廊两侧回填应对称、分层、均匀。管廊顶板上部 1000mm 范围内回填材料应采用人工分层夯实, 禁止大型压路机直接在管廊顶板上部施工。

综合管廊回填土压实度应符合设计以及表 34-121 要求。

表 34-121 综合管廊回填土压实度

检查项目	压实度 ( % )	检查频率		检查方法
		范围	组数	
1 绿化带下	$\geq 90$	管廊两侧回填土按 50m/层	1 ( 三点 )	环刀法
2 人行道、机动车道下	$\geq 95$		1 ( 三点 )	环刀法

7. 沟槽 ( 基坑 ) 工程监测对象应包括支护结构、地下水状况、沟槽 ( 基坑 ) 底部及周边土体、周边建筑及管线、重要道路及其他重要对象, 监测项目、监测点的布置、监测方法及精度等要求应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497-2009 的规定。

### 三、现浇钢筋混凝土结构



图 11.3.1 管廊混凝土浇筑

#### (一) 模板工程

1. 综合管廊模板施工前。应根据结构形式、施工工艺、设备和材料供应条件进行模板及其支

架设计。

2. 模板及其支撑设计应满足浇筑混凝土时的承载力、刚度和稳定性要求，且安装牢固。各部位模板安装位置正确，拼缝紧密不漏浆；对拉螺栓、间隔件等安装稳固；模板上的预埋件、预留孔洞不得遗漏。

3. 浇筑混凝土前，模板内杂物应进行清理并涂刷隔离剂，模板和支架应进行稳定性、安全性验收，合格后方可进行下一道工序。

### （二）钢筋工程

1. 钢筋进场时，应按国家现行相关标准规定抽取试件作力学性能和重量偏差检验，检验结果应符合有关标准规定。

2. 受力钢筋的连接方式应符合设计要求，当设计无要求时，应优先选择机械连接、焊接。不具备机械连接、焊接连接条件时，可采用绑扎搭接连接，但受拉构件中的主钢筋不得采用绑扎连接。

3. 钢筋工程施工及验收应按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204-2015 中规定执行，当钢筋采用机械连接、焊接连接时，还应按现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107-2016、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18-2012 的规定抽取钢筋机械连接接头、焊接接头的外观进行检查，其质量应符合相关标准的规定。

### （三）混凝土工程

1. 混凝土浇筑入模时应防止离析，连浇筑时每层浇筑高度应满足振捣密实的要求。浇筑预留孔、预埋管、预埋件及止水带等周边混凝土时，应辅助人工插捣。

2. 混凝土底板和顶板，应连续浇筑不得留置施工缝；设计有变形缝时，应按变形缝分仓浇筑。

3. 现浇混凝土拆模后应由建设（监理）单位、施工单位对外观质量和尺寸偏差进行检查。混凝土施工质量验收标准应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204-2015 中的规定执行。

4. 现浇结构不应有影响管廊结构性能、使用功能和设备安装的尺寸偏差，对超出尺寸偏差且影响结构性能和安装、使用功能的部位，应由施工单位提出技术处理方案，经建设（监理）单位认可后及时进行处理。

## 四、预制拼装钢筋混凝土结构



图 11.4.1 预制拼装结构

(一) 预制构件应符合下列规定:

1. 预制构件制作单位应具备相应的生产工艺设施, 并应有完整的质量管理体系和试验检测设备。

2. 预制构件堆放的场地应平整、坚实, 并具有良好的排水措施;

3. 预制构件的标识应朝向外侧。预制构件应在明显部位标明生产单位、构件型号、生产日期、质量标准 and 检验结果。构件的预埋件、插筋和预留孔洞的规格、位置和数量应符合设计要求。

4. 预制构件不应有影响管廊结构性能、使用功能和设备安装的尺寸偏差, 对超出尺寸偏差且影响结构性能、安装及使用功能的部位, 应由施工单位提出技术处理方案, 经建设(监理)单位认可后及时进行处理。

5. 预制构件安装前应对其外观、裂缝等情况进行复验, 并应按设计要求及现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204-2015 的有关规定进行结构性能检验。当构件上有裂缝且宽度超过 0.2mm 时, 应进行鉴定。

(二) 预制装配式钢筋混凝土构件的模板, 应采用精加工的钢模板。

(三) 构件运输及吊装时的混凝土强度应符合设计要求。当设计无要求时, 不应低于设计强度的 75%。

(四) 预制构件和现浇结构之间、预制构件之间的连接应按设计要求进行施工。连接处钢筋或预埋件采用焊接或机械连接时, 接头质量应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107-2016、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18-2012 的规定。

(五) 预制构件承受内力的接头和拼缝, 当其混凝土强度未达到设计要求时, 不得吊装上一层结构构件; 当设计无具体要求时, 应在混凝土强度不小于 10MPa 或具有足够的支撑时方可吊装上一层结构构件。已完成的装配式管廊结构应在混凝土强度达到设计要求后方可承受全部设计荷载。

(六) 预制构件采用螺栓连接时, 螺栓的材质、规格、拧紧力矩应符合设计要求及现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017-2017 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205-2001 的有关规定。

## 五、预应力工程

(一) 应力的张拉放张时, 混凝土强度应符合设计要求。当设计无要求时, 不应低于设计的混凝土立方体抗压强度标准值的 75%。

(二) 预应力筋张拉锚固后, 实际建立的预应力值与设计规定检验值的相对允许差应为  $\pm 5\%$ 。

(三) 后张法有粘结预应力筋张拉后应尽早进行孔道灌浆, 孔道内水泥应饱满、密实。

(四) 锚具的封闭保护应符合设计要求。当设计无要求时, 应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204-2015 的有关规定。

## 六、砌体结构

(一) 砌体结构所用的材料应符合下列规定:

1. 石材强度等级不应低于 MU40，并应质地坚实，无风化削层和裂纹。
  2. 砌筑砂浆应采用水泥砂浆，强度等级应符合设计要求，且不应低于 M10。
- (二) 砌体结构中的预埋管、顶留洞口结构应采取加强措施，并应采取防渗措施。
- (三) 砌体结构的砌筑施工及验收应符合现行国家标准《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203-2011 的相关规定和设计要求。

## 七、盾构法

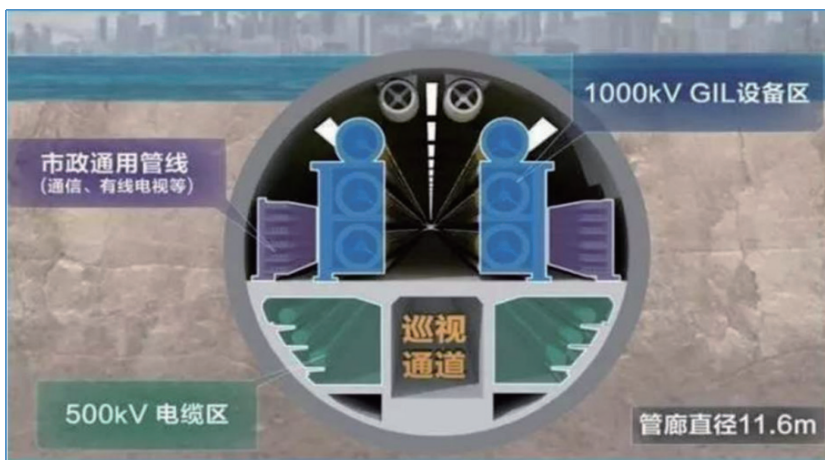


图 11.7.1 盾构法施工

(一) 综合管廊采用盾构法施工,应根据管廊的断面设计、工程地质和水文地质条件、沿线地形、建(构)筑物、地下管线等环境条件以及地层变形的控制要求,结合开挖、衬砌、施工安全、经济 and 工期等因素进行盾构选型和确定配套设备。

(二) 综合管廊盾构法施工及验收应按照现行国家标准《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446-2017 的规定执行。

(三) 综合管廊二次结构施工应符合设计及国家现行相关标准的要求。

## 八、浅埋暗挖法



图 11.8.1 暗挖法施工

### （一）一般规定

1. 工程施工应根据水文地质、工程地质条件、对周边建筑物影响等因素选择开挖方式和支护方式，并应符合下列要求：

1.1 根据围岩及周边环境条件，优先选用单侧壁导洞法、双侧壁导洞法或预留核心土开挖法；围岩的完整性较好时，可采用多台阶开挖，不宜采用全断面法开挖。

1.2 开挖后应尽快施做锚杆、喷射混凝土、敷设钢筋网及支撑；当采用复合衬砌时，应加强初期锚喷支护。

1.3 锚喷支护或构件支撑，应尽量靠近开挖面，其距离应小于1倍洞径。

2. 浅埋段地质条件较差时，宜采用地表锚杆、管棚、超前小导管、注浆加固围岩等辅助工艺施工。

3. 洞内、洞外排水系统必须联通，排水通畅。

### （二）洞身开挖

1. 管廊洞身开挖断面的中线、高程必须符合设计要求。开挖轮廓线力求圆顺，应预留围岩变形量，以防止出现净空不够的情况。

2. 管廊洞身开挖应合理确定开挖步骤和循环进尺，保持各工序相互衔接。

3. 应尽量减少超挖，超挖部分必须按要求回填密实。

4. 采用分部开挖时，应在初期支护喷射混凝土强度达到设计强度70%以上时，方可进行下一分部开挖。

### （三）初期支护

1. 选择支护方式时，优先选用锚杆、喷射混凝土或联合等方式。当地质条件差，围岩不稳定时，可采用构件支撑。

2. 喷射混凝土施工时应分段、分片，由上而下，依次进行，混合料应随拌随喷。

3. 一次喷射混凝土厚度要适当，符合要求。喷射混凝土应与固岩紧密粘结、结合牢固，不能有空洞，必要时进行粘结力测试。

4. 喷射混凝土应进行初期养护，喷射后4h内不得进行爆破作业。

5. 钢架(格栅)安装的位置、接头连接应符合设计要求，钢架(格栅)安装不得侵入二次衬砌断面。

6. 对锚杆的抗拔力、灌浆强度、孔径应经检查验收合格，浆应密实饱满。锚杆插入孔内的长度不得小于设计长度的95%，锚杆长度不得小于设计值。

### （四）二次衬砌

1. 管廊衬砌施工时，其中线、标高、断面尺寸和净空大小均应符合设计要求。

2. 管廊衬砌施工缝应与设计沉降缝、变形缝结合布置，在有地下水的隧道中，所有施工缝、沉降缝、变形缝应进行防水处理。

## 九、附属结构



图 11.9.1 附属结构

(一) 一般规定:

1. 综合管廊的附属构筑物主要有: 各类检查井、投料口、出线口、通风口、排风口、接地体(线)、支墩和栏杆等。

2. 综合管廊附属工程验收时应检查下列文件

2.1 施工图设计说明及其他设计文件。

2.2 材料的产品合格证书、性能检测报告、进场验收记录和复验报告。

2.3 隐蔽工程验收记录

2.4 施工记录

(二) 综合管廊的检查井、投料口、出线口、通风口、排风口等工程采用现浇混凝土结构的井室施工应符合下列规定:

1. 浇筑前, 钢筋、模板工程检验合格。

2. 振捣密实, 无漏振、走模、漏浆等现象。

3. 浇筑后及时养护, 强度等级未达到设计要求不得受力。

4. 浇筑时应同时安装踏步, 踏步安装后在混凝土强度未达到规定抗压强度前不得踩踏。

(三) 有支线、连接管线接入井室, 应在井室施工过程中安装预留支管、连接管, 预留管的管径、方向、高程应符合设计要求, 管与井壁衔接处应严密, 符合防水要求。

(四) 综合管廊预埋过路排管的管口无毛刺和尖锐棱角。排管弯制后不应有裂缝和显著的凹瘪现象, 其弯程度不宜大于排管外径的 10%。

(五) 电缆排管的连接应符合下列规定:

1. 金属电缆排管不得直接对焊, 应采用套管焊接的方式, 连接时应管口对准、连接牢固, 密封良好。套接的短套管或带螺纹的管接头的长度, 不应小于排管外径的 2.2 倍。

2. 硬质塑料管在套接或插接时, 其插入深度宜为排管内径的 1.1~1.8 倍。插接面上应涂以胶合剂粘牢密封。

3. 水泥管宜采用管箍或套接方式连接, 管孔应对准, 接缝应严密, 管箍应设置防水垫密封。



图 11.9.2 支墩、支架

(六) 电缆支架的加工应符合下列要求:

1. 钢材应平直, 无明显扭曲。加工尺寸符合设计要求, 切口应无卷边、毛刺。
2. 支架焊接应牢固, 无显著变形。各横撑间的垂直净距与设计偏差不应大于 5mm, 水平净距与设计左右偏差不应大于 10mm。
3. 金属电缆支架应进行防腐处理。

(七) 电缆支架应安装牢固, 横平竖直。各支架的同层横挡应在同一水平面上, 其高低偏差不应大于 5mm。

(八) 仪表工程的安装应符合现行国家标准《自动化仪表工程施工及质量验收规范》GB 50093-2013 的有关规定。

(九) 电气设备、照明、接地施工安装及验收应符合现行国家标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收标准》GB 50168-2018、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303-2015、《建筑电气照明装置施工与验收规范》GB 50617-2010 和《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169-2016 的有关规定。

(十) 火灾自动报警系统施工及验收应符合现行国家标准《火灾自动报警系统施工及验收规范》GB 50166-2007 的有关规定。

(十一) 通风系统施工及验收应符合现行国家标准《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB 50075-2010 和《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243-2016 的有关规定。

(十二) 井盖选用的型号、材质应符合设计要求。设计未有要求时, 宜采用标志明显的球墨铸铁井盖; 道路上的井室必须采用重型井盖, 装配牢固。

## 十、管线安装工程

### (一) 一般规定

1. 过人综合管廊的金属管道应进行防腐处理。
2. 管线配套检测设备、控制执行机构或监控系统应设置与综合管廊监控与报警系统联通的信号传输接口。

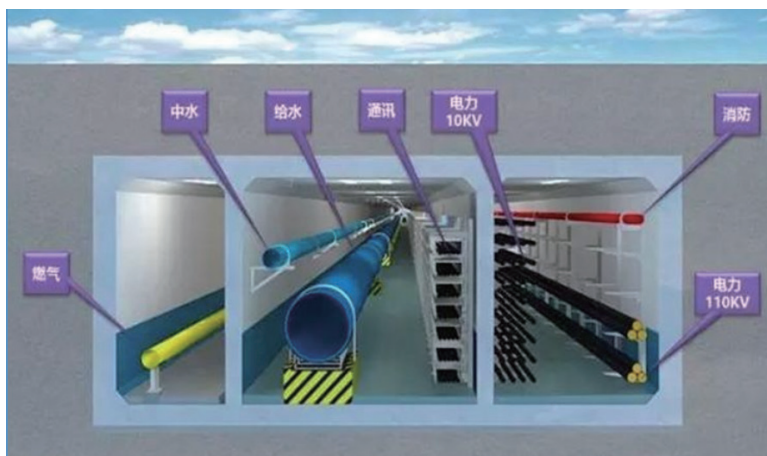


图 11.10.1 管线安装

### (二) 给水、再生水管道

1. 给水、再生水管道可选用钢管、球墨铸铁管、塑料管等。接口宜采用刚性连接，钢管可采用沟槽式连接。

2. 管道的施工及验收应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268-2008 的有关规定。

### (三) 排水灌渠

1. 排水管渠进入综合管廊前，应设置检修门或闸槽。

2. 雨水、污水管道可选用钢管、球铸铁管、塑料管等。压力管道宜采用刚性连接，钢管可采用沟槽式连接。

3. 雨水、污水管道施工完毕后应进行功能性试验。

4. 排水管道施工及验收应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268-2008 的有关规定。

### (四) 天然气管道

1. 天然气管道应采用无缝钢管，连接宜采用焊接，焊缝检测要求应符合表 34-122 规定。

表 34-122 焊缝检测要求

压力级别 (MPa)	环焊缝无损检测比例	
$0.8 < P \leq 1.6$	100% 射线检验	100% 超声波检验
$0.4 < P \leq 0.8$	100% 射线检验	100% 超声波检验
$0.01 < P \leq 0.4$	100% 射线检验或 100% 超声波检验	—
$P \leq 0.01$	100% 射线检验或 100% 超声波检验	—

2. 燃气调压装置不应设置在综合管廊内。

3. 天然气管道施工及验收应符合现行国家标准《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ 33-2005 的有关规定，焊缝的射线探伤检测应符合现行行业标准《承压设备无损检测第 2 部分：射线检测》NB/T 47013.2-2015 的有关规定。

### (五) 热力管道

1. 热力管道应采用无缝钢管、保温层及外护管紧密结合成一体的预制管。
2. 热力管道附件必须进行保温。
3. 热力管道及配件保温材料应采用难燃材料或不燃材料。
4. 热力管道施工及验收应符合国家现行标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243-2016 和《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28-2014 的有关规定。

#### (六) 电力电缆

1. 电力电缆应采用阻燃电缆或不燃电缆。
2. 在电缆接头处应设置自动灭火装置。
3. 电力电缆施工及验收应符合现行国家标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168-2018 和《电气装置安装工程接地装置施工及验收标准》GB 50169-2016 的有关规定

#### (七) 通信电缆

1. 通信电缆采用阻燃线缆。
2. 通信管线施工及验收应符合国家现行标准《综合布线系统工程验收规范》GB/T 50312-2016、《通信线路工程验收规范》GB 51171-2016 和《光缆进线室验收规定》YD/T 5152-2007 的有关规定。

## 第十二节 照明工程



图 12.1 照明工程

### 一、电缆线路

#### (一) 一般规定

1. 电缆敷设的最小弯曲半径应符合表 34-123 的规定。

表 34-123 电缆最小弯曲半径

电缆类型		多芯	单芯
塑料电缆	有铠装	12D	15D
	无铠装	15D	20D



注：表中的 D 为电缆外径。

2. 电缆直埋或在保护管中不得有接头。

3. 电缆敷设时，电缆应从盘的上端引出，不应使电缆在支架上及地面摩擦拖拉。电缆外观应无损伤，绝缘良好、不得有铠装压扁、电缆绞拧、护层折裂等机械损伤。电缆在敷设前应进行绝缘电阻测量，阻值应符合现行国家标准《电气装置安装工程 电气设备交接试验标准》GB 50150 的要求。

4. 电缆敷设和电缆接头预留量宜符合下列规定：

4.1 电缆的敷设长度宜为电缆路径长度的 110%；

4.2 当电缆在灯杆内对接时，每基灯杆两侧的电缆预留量宜各不小于 2m；当路灯引上线与电缆 T 接时，每基灯杆电缆的预留量宜不小于 1.5m。

5. 三相四线制应采用四芯电力电缆，不应采用三芯电缆另加一根单芯电缆或以金属护套作中性线。三相五线制应采用五芯电力电缆线，PE 线截面应符合表 34-124 的规定。

表 34-124 PE 线截面 (mm<sup>2</sup>)

相线截面 S	PE 线截面
$S \leq 10$	S
$16 \leq S \leq 35$	16
$S \geq 50$	S/2

6. 直埋电缆在直线段每隔 50m ~ 100m 处、电缆接头处、转弯处、进入建筑物等处，应设置明显的方位标志或标桩。

7. 电缆埋设深度应符合下列规定：

7.1 绿地、车行道下不应小于 0.7m；

7.2 人行道下不应小于 0.5m；

7.3 在冻土地区，应敷设在冻土层以下；

7.4 在不能满足上述要求的地段应按设计要求敷设。

8. 电缆接头和终端头整个制作过程应保持清洁和干燥；制作前应将线芯及绝缘表面擦拭干净，塑料电缆宜采用自粘带、粘胶带、胶粘剂、收缩管等材料密封，塑料护套表面应打毛，粘接表面应用溶剂除去油污，粘接应良好。

9. 电缆芯线的连接宜采用压接方式，压接面应满足电气和机械强度要求。

10. 电缆标志牌的装设应符合下列规定：

10.1 在电缆终端、分支处，工作井内有两条及以上的电缆，应设标志牌；

10.2 标志牌上应注明电缆编号、型号规格、起止地点。标志牌字迹清晰，不易脱落；

10.3 标志牌规格宜统一，材质防腐经久耐用，挂装应牢固。

11. 电缆从地下或电缆沟引出地面时应加保护管，保护管的长度不得小于 2.5m，沿墙敷设时采用抱箍固定，固定点不得少于 2 处；电缆上杆应加固定支架，支架间距不得大于 2m。所有支架和金属部件应热镀锌处理。

12. 电缆金属保护管和桥架、架空电缆钢绞线等金属管线应有良好的接地保护，系统接地电阻不得大于  $4\Omega$ 。

### (二) 电缆敷设

1. 电缆直埋敷设时，沿电缆全长上下应铺厚度不小于 100mm 的软土或细沙层，并加盖保护，其覆盖宽度应超过电缆两侧各 50mm，保护可采用混凝土盖板或砖块。电缆沟回填土应分层夯实。

2. 直埋电缆应采用铠装电力电缆。

3. 直埋敷设的电缆穿越铁路、道路、道口等机动车通行的地段时应敷设在能满足承压强度的保护管中，应留有备用管道。

4. 在含有酸、碱强腐蚀或有振动、热影响、虫鼠等危害性地段，应采取防护措施。

5. 电缆之间、电缆与管道、道路、建筑物之间平行和交叉时的最小净距应符合表 34-125 的规定，如不能满足规程要求，应采取隔离保护措施。

表 34-125 电缆之间、电缆与管道、道路、建筑物之间平行和交叉的最小净距项

项目		最小净距	
		平行	交叉
电力电缆间及控制电缆间	10kv 及以下	0.1	0.5
	10kv 以上	0.25	0.5
控制电缆间		—	0.5
不同使用部门间的电缆间		0.5	0.5
热管道（管沟）及电力设备		2.0	0.5
油管道（管沟）		1.0	0.5
可燃气体及易燃液体管道（沟）		1.0	0.5
其他管道（管沟）		0.5	0.5
铁路轨道		3.0	1.0
电气化铁路轨道	交流	3.0	1.0
	直流	10.0	1.0
公路		1.5	1.0
城市街道路面		1.0	0.7
杆基础（边线）		1.0	—
建筑物基础（边线）		0.6	—
排水沟		1.0	0.5

6. 电缆保护管不应有孔洞、裂缝和明显的凹凸不平，内壁应光滑无毛刺，金属电缆管应采用热镀锌管、铸铁管或热浸塑钢管，直线段保护管内径不应小于电缆外径的 1.5 倍，有弯曲时不应小于 2 倍；混凝土管、陶土管、石棉水泥管其内径不宜小于 100mm。

7. 电缆保护管的弯曲半径不应小于所穿入电缆的最小允许弯曲半径，弯制后不应有裂缝和显著的凹瘪现象，其弯扁程度不宜大于管子外径的 10%。管口应无毛刺和尖锐棱角，管口宜做成喇叭形。

8. 硬质塑料管连接采用套接或插接时，其插入深度宜为管子内径的 1.1 倍 ~ 1.8 倍，在插接面上应涂以胶粘剂粘牢密封；采用套接时套接两端应采用密封措施。



9. 金属电缆保护管连接应牢固，密封良好；当采用套接时，套接的短套管或带螺纹的管接头长度不应小于外径的 2.2 倍，金属电缆保护管不宜直接对焊，宜采用套管焊接的方式。

10. 敷设混凝土、陶土、石棉等电缆管时，地基应坚实、平整，不应有沉降。电缆管连接时，管孔应对准，接缝应严密，不得有地下水和泥浆渗入。

11. 交流单芯电缆不得单独穿入钢管内。

12. 在经常受到振动的高架路、桥梁上敷设的电缆，应采取防振措施。桥墩两端和伸缩缝处的电缆，应留有松弛部分。

13. 电缆保护管在桥梁上明敷时应安装牢固，支持点间距不宜大于 3m。当电缆保护管的直线长度超过 30m 时，宜加装伸缩节。

14. 当直线段钢制的电缆桥架超过 30m、铝合金的超过 15m 或跨越桥墩伸缩缝处宜采用伸缩连接板连接。

15. 电缆桥架转弯处的转弯半径，不应小于该桥架上的电缆最小允许弯曲半径。

16. 采用电缆架空敷设时应符合下列规定：

16.1 架空电缆承力钢绞线截面不宜小于  $35\text{mm}^2$ ，钢绞线两端应有良好接地和重复接地；

16.2 电缆在承力钢绞线上固定应自然松弛，在每一电杆处应留一定的余量，长度不应小于 0.5m；

16.3 承力钢绞线上电缆固定点的间距应小于 0.75m，电缆固定件应进行热镀锌处理，并应加软垫保护。

17. 过街管道两端、直线段超过 50m 时应设工作井，灯杆处宜设置工作井，工作井应符合下列规定：

17.1 工作井不宜设置在交叉路口、建筑物门口、与其他管线交叉处；

17.2 工作井宜采用 M5 砂浆砖砌体，内壁粉刷应用 1：2.5 防水水泥砂浆抹面，井壁光滑、平整；

17.3 井盖应有防盗措施，并应满足车行道和人行道相应的承重要求；

17.4 井深不宜小于 1m，并应有渗水孔；

17.5 井内壁净宽不宜小于 0.7m；

17.6 电缆保护管何出工作井壁 30mm-50mm，有多根电缆管时，管口应排列整齐，不应有上翘下坠现象。

18. 路灯高压电缆的施工及验收应符合现行国家标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168 及有关国家现行标准的规定。

### （三）工程交接验收

1. 电缆线路工程交接检查验收应符合下列规定：

1.1 电缆型号应符合设计要求，排列整齐，无机械损伤，标志牌齐全、正确、清晰；

1.2 电缆的固定间距、弯曲半径应符合规定；

1.3 电缆接头、绕包绝缘应符合规定；

1.4 电缆沟应符合要求，沟内无杂物；

- 1.5 保护管的连接防腐应符合规定；
- 1.6 工作井设置应符合规定。
- 2. 隐蔽工程应在施工过程中进行中间验收，并应做好记录。
- 3. 电缆线路工程交接验收应提交下列资料 and 文件：

- 3.1 设计图及设计变更文件；
- 3.2 工程竣工图等资料；
- 3.3 各种试验和检查记录。

## 二、路灯安装

### （一）一般规定

1. 灯杆位置应合理选择，与架空线路、地下设施以及影响路灯维护的建筑物的安全距离应符合规定。

2. 同一街道、广场、桥梁等的路灯，从光源中心到地面的安装高度、仰角、装灯方向宜保持一致。灯具安装纵向中心线和灯臂纵向中心线应一致，灯具横向水平线应与地面平行。

3. 基础顶面标高应根据标桩确定。基础开挖后应将坑底夯实。若土质等条件无法满足上部结构承载力要求时，应采取相应的防沉降措施。

4. 浇制基础前，应排除坑内积水，并应保证基础坑内无碎土、石、砖以及其他杂物。

5. 钢筋混凝土基础宜采用 C20 等级及以上的商品混凝土，电缆保护管应从基础中心穿出，并应超过混凝土基础平面 30mm ~ 50mm，保护管穿电缆之前应将管口封堵。

6. 灯杆基础螺栓高于地面时，灯杆紧固校正后，应将根部法兰、螺栓现浇厚度不小于 100mm 的混凝土保护或采取其他防腐措施，表面平整光滑且不积水。

7. 灯杆基础螺栓低于地面时，基础螺栓顶部宜低于地面 150mm，灯杆紧固校正后，将法兰、螺栓用混凝土包封或其他防腐措施。

8. 道路照明灯具的效率不应低于 70%，泛光灯灯具效率不应低于 65%，灯具光源腔的防护等级不应低于 IP54，灯具电器腔的防护等级不应低于 IP43，且应符合下列规定：

8.1 灯具配件应齐全，无机械损伤、变形、油漆剥落、灯罩破裂等现象；

8.2 反光器应干净整洁、表面应无明显划痕；

8.3 透明罩外观应无气泡、明显的划痕和裂纹；

8.4 封闭灯具的灯头引线应采用耐热绝缘导线，灯具外壳与尾座连接紧密；

8.5 灯具的温升和光学性能应符合现行国家标准《灯具第 1 部分：一般要求与试验》GB 7000.1 的规定，并应具备省级及以上灯具检测资质的机构出具的合格报告。

9. LED 道路照明灯具除应符合上述第 8 条的有关规定外，还应符合下列规定：

9.1 灯的额定功率分类应符合现行国家标准《道路照明用 LED 灯性能要求》GB/T 24907 的规定；

9.2 灯在额定电压和额定频率下工作时，其实际消耗的功率与额定功率之差不应大于 10%，功率因数实测值不应低于制造商标准值的 0.05；



9.3 灯的安全性能应符合现行国家标准《普通照明用 LED 模块安全要求》GB 24819 的要求，防护等级应达到 IP65；

9.4 灯的无线电骚扰特性、输入电流谐波和电磁兼容要求属国家强制性标准，应符合现行国家标准《电气照明和类似设备的无线电骚扰特性的限值和测量方法》GB 17743、《电磁兼容限值谐波电流发射限值（设备每相输入电流 16A）》GB 17625.1、《一般照明用设备电磁兼容抗扰度要求》GB/T 18595 的规定；

9.5 光通维持率在燃点 3000h 时不应低于 95%，在燃点 6000h 时不应低于 90%，同一批次的光源色温应一致；

9.6 灯的光度分布应符合现行行业标准《城市道路照明设计标准》CJJ 45 规定的道路照明标准值的要求，供应商应完整提供灯的光学数据等计算资料；

9.7 宜采用分体式道路照明用 LED 灯具，对于分体式 LED 灯中可替换的 LED 部件或模块光源，应符合现行国家标准《普通照明用 LED 模块性能要求》GB/T 24823 和《普通照明用 LED 模块安全要求》GB 24819 的规定。

10. 灯泡座应固定牢靠，可调灯泡座应调整至正确位置。绝缘外壳应无损伤、开裂；相线应接在灯泡座中心触点端子上，零线应接螺口端子。

11. 灯具引至主线路的导线应使用额定电压不低于 500V 的铜芯绝缘线，最小允许线芯截面不应小于 1.5mm<sup>2</sup>，功率 400W 及以上的最小允许线芯截面不宜小于 2.5mm<sup>2</sup>。

12. 在灯臂、灯杆内穿线不得有接头，穿线孔口或管口应光滑、无毛刺，并应采用绝缘套管或包带包扎（电缆、护套线除外），包扎长度不得小于 200mm。

13. 每盏灯的相线应装设熔断器，熔断器应固定牢靠，熔断器及其他电器电源进线应上进下出或左进右出。

14. 气体放电灯应将熔断器安装在镇流器的进电侧，熔丝应符合下列规定

14.1 150W 及以下应为 4A

14.2 250W 应为 6A；

14.3 400W 应为 10A；

14.4 1000W 应为 15A。

15. 气体放电灯应设无功补偿，宜采用单灯无功补偿。气体放电灯的灯泡、镇流器、触发器等应配套使用。镇流器、触发器等接线端子瓷柱不得破裂，外壳密封良好，无锈蚀现象。

16. 灯具内各种接线端子不得超过两个线头，线头弯曲方向，应按顺时针方向并压在两垫圈之间。当采用多股导线接线时，多股导线不能散股。

17. 各种螺栓紧固，宜加垫片和防松装置。紧固后螺丝露出螺圈不得少于两个螺距，最多不宜超过 5 个螺距。

18. 路灯安装使用的灯杆、灯臂、抱箍、螺栓、压板等金属构件应进行热镀锌处理，防腐质量应符合国家现行标准的相关规定。

19. 灯杆、灯臂等热镀锌后，外表涂层处理时，覆盖层外观应无鼓包、针孔、粗糙、裂纹或漏喷区等缺陷，覆盖层与基体应有牢固的结合强度。

20. 玻璃钢灯杆应符合下列规定：

20.1 灯杆外表面应平滑美观，无裂纹、气泡、缺损、纤维露出；并有抗紫外线保护层，具有良好的耐气候特性；

20.2 灯杆内部应无分层、阻塞及未浸渍树脂的纤维白斑；

20.3 检修门框尺寸允许偏差宜为  $\pm 5\text{mm}$ ，并应具备防水功能，内部固定用金属配件应采用热镀锌或不锈钢；

20.4 灯杆壁厚根据设计要求允许偏差  $0 \sim +3\text{mm}$ ，并应满足本地区最大风速的抗风强度要求。

21. 路灯单独编号时应符合下列规定：

21.1 半高杆灯、高杆灯、单挑灯、双挑灯、庭院灯、杆上路灯等道路照明灯都应统一编号；

21.2 杆号牌可采用粘贴或直接喷涂的方式，号牌高度、规格宜统一，材质防腐、牢固耐用；

21.3 杆号牌宜标注“路灯”二字和编号、报修电话等内容，字迹清晰，不易脱落。

## （二）工程交接验收

1. 路灯安装工程交接检查验收时应符合下列规定：

1.1 试运行前应检查灯杆、灯具、光源、镇流器、触发器熔断器等电器的型号、规格符合设计要求；

1.2 杆位合理，杆高、灯臂悬挑长度、仰角一致；各部位螺栓紧固牢靠，电源接线准确无误

1.3 灯杆、灯臂、灯具、电器等安装固定牢靠。杆上安装路灯的引下线松紧一致；

1.4 灯具纵向中心线和灯臂中心线应一致，灯具横向中心线和地面应平行，投光灯具投射角度应调整适当；

1.5 灯杆、灯臂的热镀锌和涂层不应有损坏；

1.6 基础尺寸、标高与混凝土强度等级应符合设计要求，基础无视觉可辨识的沉降；

1.7 金属灯杆、灯座均应接地（接零）保护，接地线端子固定牢固。

2. 路灯安装工程交接验收时应提交下列资料 and 文件：

2.1 设计图及设计变更文件；

2.2 工程竣工图等资料；

2.3 灯杆、灯具、光源、镇流器等生产厂家提供的产品说明书、试验记录、合格证及安装图纸等技术文件；

2.4 各种试验记录。

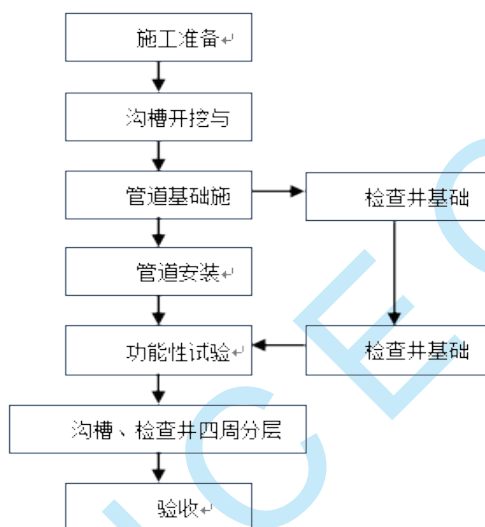


## 第三十五章 长输管线通用部分

### 第一节 材料及设备检验

#### 一、一般规定

(一) 地下管线工程施工主要包括施工准备、沟槽开挖与支护、管道基础、管道安装、沟槽回填、顶管施工、定向钻施工、检查井和雨水口。开槽施工管道总体施工工艺流程如下：



(二) 工程所用材料及设备的性质、规格和型号应符合设计要求，其质量应符合国家现行有关标准的规定，且应具有出厂合格证、质量证明书以及材质证明书。

(三) 管道线路的热煨弯管、冷弯管应符合表 35-1 的规定。

表 35-1 管道线路的热煨弯管、冷弯管的规定

种类		曲率变径	外管和主要尺寸	其他规定
热煨弯管		$\geq 4D$	无褶皱、裂纹、重皮、机械损伤；两端椭圆度小于或等于 1.0%，其他部位的椭圆度不应大于 2.5%	应满足清管器和探测仪器顺利通过。端部直管段保留长度：DN $\leq 500\text{mm}$ 时，不小于 250mm；DN $> 500\text{mm}$ 时，不小于 500mm
冷弯管 DN (mm)	$\leq 300$	$\geq 18D$	无褶皱、裂纹、机械损伤；弯管椭圆度弯管部分小于或等于 2.5%，直管部分小于或等于 1.0%	端部直管段长度不小于 2mm
	350	$\geq 21D$		
	400	$\geq 24D$		
	450	$\geq 27D$		
	500	$\geq 30D$		
	$\geq 600$	$\geq 40D$		

注：D 为管道外径，DN 为公称直径。

#### 二、检验及处理

(一)施工前,应对工程所用材料及设备的出厂合格证、质量证明书以及材质证明书进行检查,当对其质量有疑问时应进行复验。

(二)钢管应按制造标准检查其外径、壁厚、椭圆度等尺寸偏差,且表面不得有裂纹、结疤、褶皱以及其他深度超过工程壁厚偏差的缺陷。

(三)钢管如有划痕、凹坑、电弧烧痕、椭圆度超标、变形或压扁等缺陷时,应进行检查、分类及处理,并应符合下列要求:

1. 钢管表面的划痕的检查、分类及处理应符合下列要求:

1.1 钢管表面划痕深度小于或等于工程壁厚的 5%, 且不影响最小工程壁厚的缺陷, 可进行修磨处理;

1.2 钢管表面划痕深度大于公称壁厚的 5%, 且不影响到最小公称壁厚的缺陷, 应进行修磨处理, 修磨后进行壁厚确认。对于修磨后钢管表面划痕深度影响到最小公称壁厚的缺陷, 输油管道可选用焊接方式补焊修复, 输气管道应将带有缺陷的管段切除。

2. 钢管表面凹坑的检查、分类及处理应符合下列要求:

2.1 凹坑处有尖点或凹坑位于焊缝处应将该处管段切除;

2.2 凹坑深度超过管道工程直径 2% 的管段应切除。

3. 输油管道的电弧烧痕可用砂轮修磨或焊接方式修复, 修复后的厚度不得小于材料标准允许的最小厚度。

4. 管端椭圆度超标时, 应用适宜的方法及机具进行矫正。当环境气温为零度以下矫正时, 宜对钢管进行局部加热至 50℃ ~100℃。

5. 钢管出现变形或压扁时不应使用。

(四)绝缘接头(法兰)安装前,应进行水压试验。试验压力应为设计压力的 1.5 倍, 稳压时间应为 5min, 无泄漏为合格。试压后应清除残余水, 应使用 500V 兆欧表进行电绝缘检测, 绝缘电阻应大于 2MΩ。

(五)线路阀门安装前, 应进行外管检查、阀门启闭检查及水压试验, 其检验要求应符合表 35-2 的规定。

表 35-2 线路阀门安装前的检查、试验规定

项目		检查、试验内容	检查标准
外观检查	外表		不应有裂纹、砂眼、机械损伤、锈蚀等缺陷和缺件、铭牌脱落及色标不符等现象
	阀体边		应无积水、锈蚀、脏污和损伤等缺陷
	法兰密封面		不应有径向沟槽及其他影响密封性能的损伤
启闭检查	启闭		灵活
	启闭指示器		准确
水压试验	壳体试验	1.5 倍管道设计压力, 持续时间 5min	壳体表面、阀体与阀盖连接处无泄漏或潮湿现象为合格。带袖管阀门的现场试验压力应为袖管的试验压力
	密封试验	1.0 倍管道设计压力, 持续时间 15min	密封面无泄漏为合格

## 第二节 交接桩及测量放线

### 一、一般规定

设计单位与施工单位在现场进行控制(转角)桩、沿线路设置的临时性、永久性水准点的交接后,施工单位应进行测量放线,将桩移到施工作业带的边缘。

### 二、交桩、移桩

(一)设计代表在现场向施工单位交接设计控制(转角)桩时,应核对桩号、里程、高程、转角角度。交桩后,施工单位应采取措施,保护控制(转角)桩,对已经丢失的桩应复测补桩。

(二)平原地区宜采用与管道轴线等距平行移动的方法移桩(图 35-1),移桩位置应在管道组装焊接一侧,且宜在施工带边界线内 1m 的位置,转角桩应按转角的角平分线方向移动,平移后的桩可称为原桩的副桩。山区移桩困难时可采用引导法定位,即在控制(转角)桩四周植上 4 个引导桩,4 个引导桩构成的四边形对角线的交点为原控制(转角)桩的位置。

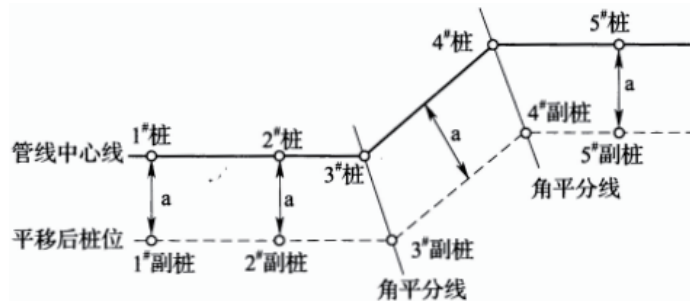


图 35.1 平行移桩法

### 三、测量放线

(一)测量放线应根据设计控制(转角)桩或其副桩进行。需要更改线路位置时,应经设计代表的书面同意后,方可更改。

(二)管道测量放线应放出线路轴线(或管沟开挖边线)和施工作业带边界线。在线路轴线(或管沟开挖边线)和施工作业带边界线上应加设百米桩,桩间应做标记,且施工期间桩记应保持完好状态。

(三)管道水平转角较大时,应增设加密桩。弹性敷设管段或冷弯管管段,其水平转角应更具切线长度、外矢距等参数在地面上放出曲线。采用预制弯管的管段,应根据曲率半径和角度放出曲线。弹性敷设可通过“工兵法”、“坐标法”或“总偏角法”等方法进行测量放样。

(四)地形起伏较大地段的纵向转角变坡点应根据施工图或管道施工测量成果表所表明的变坡点位置、角度、曲率半径等参数放线。

(五)弹性敷设曲率半径不得小于钢管外直径的 1000 倍。垂直面弹性敷设管道的曲率半径应大于管子在自重作用下产生的挠度曲线的曲率半径,其曲率半径应按下式计算:

$$R \geq 3600((1 - \cos(a/2))D^2/a^4)^{1/3}$$

式中: R- 管道弹性弯曲曲率半径 (m);

- D— 钢管的外径（cm）；  
— 管道的转角（°）。

（六）在河流、沟渠、公路、铁路穿跨越段的两端，地下管道、电缆、光缆穿越段的两端，线路阀室两端及管线直径、壁厚、材质、防腐层变化分界处应设置临时标志桩，其设置位置应在管道组装焊接一侧，施工作业带边界线以内 1m 处。

### 第三节 管沟开挖及管道组焊安装

#### 一、管沟的几何尺寸

（一）管沟的开挖深度应符合设计要求。侧向斜坡地段的管沟深度，应按管沟横断面的低侧深度计算。

（二）管沟边坡坡度应根据土壤类别、力学性能和管沟开挖深度确定，深度在 5m 以内管沟的最陡边坡坡度应按表 35-3 确定。

表 35-3 深度在 5m 以内管沟的最陡边坡坡度

土壤类别	最陡边坡坡比 i		
	坡顶无载荷	坡顶有静载荷	坡顶有动载荷
中密的沙土	1:1.00	1:1.25	1:1.50
中密的碎石类土（填充物为砂土）	1:0.75	1:1.00	1:1.25
硬塑的粉土	1:0.67	1:0.75	1:1.00
中密的碎石类土（填充物为黏性土）	1:0.50	1:0.67	1:0.75
硬塑的粉质黏土、黏土	1:0.33	1:0.50	1:0.67
老黄土	1:0.10	1:0.25	1:0.33
软土（经井点降水）	1:1.00	—	—
硬质岩	1:0	1:0	1:0
冻土	1:0	1:0	1:0

注：当冻土发生融化时，应进行现场试验确定其边坡。

（三）深度超过 5m 的管沟边坡开挖时，应根据实际情况，采取放缓边坡、支撑或阶梯式开挖措施。

（四）管沟沟底宽度应根据管道外径、开挖方式、组装焊接工艺及工程地质等因素确定。深度在 5m 以内管沟沟底宽度应按式确定：

$$B=D_m+K$$

式中：B——沟底宽度（m）；

$D_m$ ——钢管的结构外径（包括防腐、保温层的厚度）（m）；

K——沟底加宽余量（m），应按表 35-4 取值。

表 35-4 沟底加宽余量 K 值 (m)

条件因素		沟上焊接				沟下焊条电弧焊接			沟下半自动焊接处	沟下焊接弯头、弯管机连头处管沟
		土质管沟		岩石爆破管沟	弯头、冷弯管处管沟	土质管沟		岩石爆破管沟		
						沟中有水	沟中无水			
K 值	沟深 3m 以内	0.7	0.5	0.9	1.5	1.0	0.8	0.9	1.6	2.0
	沟深 3m~5m	0.9	0.7	1.1	1.5	1.2	1.0	1.1	1.6	2.0

注：当采用机械开挖管沟时，计算的沟底宽度小于挖斗宽度时，沟底宽度按挖斗宽度计算。

（五）深度超过 5m 的管沟，沟底宽度应根据工程地质情况进行处理。

## 二、管沟开挖

（一）开挖管沟前，应向施工人员说明地下设施的分布情况。在地下设施两侧 5m 范围内，应采用人工开挖，并应对挖出的地下设施采取保护措施。对于重要地下设施，开挖前应征得其管理部门同意，必要时应在其监督下开挖。

（二）一般地段管沟开挖时，宜将挖出的土石方堆放到焊接施工对面一侧，堆土距沟边不应小于 1m。

（三）在耕作区开挖管沟时，应将表层耕作土与下层土分别堆放，下层土应放置在靠近管沟一侧。

（四）爆破开挖管沟宜在布管前完成。爆破作业应由爆破资质的单位承担。爆破作业应制定安全措施，规定爆破安全距离，不应威胁到附近居民、行人，以及地上、地下设施的安全。对于可能受到影响的重要设施，应事前通知有关部门和人员，采取安全保护措施后方可爆破。

（五）开挖管沟时，应保护地下文物，当发现文物时应保护现场，并向当地主管部门报告。

（六）在穿越道路、河流、居民密集区等地段进行管沟开挖时，应采取适当的安全措施，设置警告牌、信号灯、警示物等。



通透围挡隔离



水码隔离

临时围挡防护

## 三、管沟验收

（一）直线段管沟应顺直，曲线段管沟应圆滑过渡，曲率半径应满足设计要求。

（二）管沟中心线、沟底标高、沟底宽度、变坡点位移的允许偏差应符合表 35-5 的规定。

表 35-5 管沟中心线、沟底标高、沟底宽度、变坡点位移的允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)
管沟中心线偏移	<150
沟底标高	+50
-100	
沟底宽度	-100
变坡点位移	<1000

(三) 石方段管沟沟壁不得有欲坠的石头，沟底不应有石块。

(四) 开挖后应及时检查验收，不复也要求应及时修整。

#### 四、管道管口组对与焊接

(一) 管道焊接设备的性能应满足焊接工艺要求，并应具有良好的工作状态和安全性能。

(二) 焊接施工前，应制定焊接工艺预规程，进行焊接工艺评定。焊接工艺评定应符合《钢质管道焊接及验收》GB/T31032 及行业标准《钢质管道焊接机验收》SY/T4103 的有关规定，并应根据合格的焊接工艺评定报告编制焊接工艺规程。

(三) 焊工应具有国家有关部门颁发的相应资格证书。

(四) 在下列任何一种环境中，如未采取有效保护措施不得进行焊接：

1. 雨雪天气。
2. 大气相对湿度大于 90%。
3. 低氢型焊条电弧焊，风速大于 5m/s。
4. 自保护药芯焊丝半自动焊，风速大于 8m/s。
5. 气体保护焊，风速大于 2m/s。
6. 环境温度低于焊接工艺规程规定的温度。

(五) 管口组对的坡口类型应符合焊接工艺规程的规定。

(六) 不等壁厚对焊管端宜采用加过渡管或坡口过渡处理措施。壁厚差小于或等于 2mm 时可直接焊接，大于 2mm 时，应采用内削边处理，内坡角度宜为 14° ~30° 。

(七) 使用对口器应符合下列要求：

1. 应优先选用内对口器，不具备使用内对口器条件时可选用外对口器；
2. 使用内对口器时，应在根焊完成后拆卸和移动对口器，移动对口器时，管子应保持平衡；
3. 使用外对口器时，应在根焊完成不少于管周长 50% 后方可拆卸，所完成的根焊应分为多段，且应均匀分布。

(八) 管道组对应符合表 35-6 的规定。

表 35-6 管道组对规定

序号	检查项目	规定要求
1	管内清扫	无污物
2	管口清理 (10mm 范围内) 和修口	管口完好无损，无铁锈、油污、油漆、毛刺
3	管端螺旋焊缝或直缝余高打磨	端部 10mm 范围内余高打磨，并平缓过渡；采用自动超声波检测时，端部不少于 150mm 范围内余高应打磨掉



序号	检查项目	规定要求
4	两管口螺旋焊缝或直缝间距	错开间距大于或等于 100mm
5	错边和错边校正要求	小于等于壁厚的八分之一，且连续 50mm 范围内局部最大不应大于 3 密码，错边沿周长应均匀分布
6	钢管短节长度	不应小于管子外径值且不应小于 0.5m
7	钢管对接角度偏差	不得大于 3°

（九）焊接材料应符合下列要求：

1. 焊条应无破损、发霉、油污、锈蚀，焊丝应无锈蚀和折弯，焊剂应无变质现象，保护气体的纯度和干燥度应满足焊接工艺规程的要求。

2. 低氢型焊条焊前应按产品说明书要求进行烘干、保存及使用；当天未使用完的焊条应回收存放，重新烘干后首先使用，重新烘干的次数不得超过 2 次。

3. 自保护药芯焊丝不应烘干，纤维素焊条不宜烘干。

4. 焊丝应在焊接前打开包装；当日未用完的焊丝应妥善保管，防止污染。

5. 应采用有效手段去报焊接气体的纯度、配比和含水量等指标符合要求。

6. 在焊接过程中，如出现焊条药皮发红、燃烧或严重偏弧时，应立即更换焊条。

（十）焊接过程中，对于管材和防腐层保护应符合下列要求：

1. 施焊时不应再坡口以外的管道上引弧。

2. 焊机地线与管子连接应采用专用卡具，防止地线与管壁产生电弧而烧伤管材。

3. 对于防腐管，焊前应在焊缝两端的管口缠绕一周宽度为 0.5m 的保护层。

（十一）焊前预热应符合下列规定：

1. 预热应符合焊接工艺规程的规定。

2. 当焊接两种具有不同预热要求的材料时，应以预热温度要求较高的材料为准。

3. 预热宽度不应小于坡口两侧各 50mm，应使用测温蜡笔、红外线测温仪等测温工具测量。

4. 管口应均匀加热。

5. 当环境温度低于 -5℃ 时，宜采用电加热进行预热。

（十二）管道焊接应符合下列规定：

1. 管道焊接应符合焊接工艺规程的要求。

2. 根焊完成后，应立即进行热焊。

3. 焊道接头应进行打磨，相邻两层的接头不得重叠，应错开 30mm 以上。

4. 各焊道宜连续焊接，焊接过程中，应控制道间温度。

5. 焊道上的焊渣，在下一道焊接前应清除干净。

6. 焊口宜当日焊完，当日不能完成的应至少完成管壁厚的 50%，且不少于 3 层。

7. 在焊接作业中，焊工应对自己所焊的焊道进行自检和修补工作，每处修补长度不应小于 50mm。

（十三）焊口焊完后应清除表面焊渣和飞溅。

(十四) 对需要后热或热处理的焊缝, 应按焊接工艺规程的规定进行处理。

(十五) 每日作业结束后应将管线端部管口临时封堵。遇水及沟下焊管线应采取防水措施。

(十六) 焊口应有标志, 焊口标志应包括工程名称缩写、标段号、桩位号、流水号, 标志可用记号笔写在距焊口(油、气流动方向下游) 1m 处防腐层表面, 并应同时做好焊接记录。

(十七) 焊缝返修机处理应符合下列规定:

1. 所有带裂纹的焊缝应从管线上切除, 管道出现的非裂纹性缺陷, 可直接返修。
2. 焊缝返修应使用评定合格的返修焊接工艺规程。焊缝在同一部位的返修不应超过 2 次, 根部只应返修 1 次。返修后, 宜按原标准检测。

### 五、焊缝的检验与验收

(一) 焊缝经外观检查合格后方可进行无损检测。焊缝外观检查应符合下列规定:

1. 焊缝外观成型应均匀一致, 焊缝及其热影响区表面上不得有裂纹、未熔合、气孔、夹渣、飞溅、弧坑等缺陷。
2. 焊缝表面不应低于母材表面, 焊缝余高应在 0~3mm 范围内, 向母材的过渡应平滑;
3. 焊缝表面每侧宽度宜比坡口表面款 1mm~2mm。
4. 咬边的最大尺寸应符合表 35-7 中的规定。

表 35-7 咬边的最大尺寸

深度	长度
小于或等于 0.4mm, 小于或等于管壁厚的 6%, 取二者中的较小值	任何长度均为合格
大于 0.4mm 小于或等于 0.8mm, 大于管壁厚的 6% 小于或等于 12.5%, 取二者中的较小值	在焊缝任何 300mm 连续长度上不超过 50mm, 或焊缝长度的 1/6, 取二者中的较小值
大于 0.8mm, 岛屿管壁厚的 12.5%, 取二者中的较小值	任何长度均不合格

(二) 无损检测应符合国家现行标准《石油天然气管道工程全自动超声检测技术规范》GB/T50818 和《石油天然气钢质管道无损检测》SY/T4109 的规定, 射线检测及超声检测的合格等级均应为 II 级。

(三) 输油管道的无损检测方法的比例应符合下列规定:

1. 采用射线检测检验时, 应对焊工当日所焊不少于 30% 的焊缝全周长进行射线检测。
2. 采用超声检测时, 应对焊工当日所焊焊缝的全部进行检查, 并对其中 10% 环焊缝的全周长用射线检测复验。
3. 对通过居民区、工矿企业和穿越、跨越大中型水域、一二级公路、铁路、隧道的管道环焊缝, 以及所有碰死口焊缝, 应进行 100% 超声检测和射线检测。

(四) 输气管道的检测方法的比例应符合下列规定:

1. 所有焊接接头应进行全周长 100% 无损检测, 无损检测方法应选用射线检测和超声检测。焊缝表面缺陷应选用磁粉或液体渗透检测。
2. 当采用超声检测对焊缝进行无损检测时, 应按下列比例采用射线检测对每个焊工或流水作业焊工组当天完成的全部焊缝进行复验: 一级地区中焊缝的 5%, 二级地区中焊缝的 10%, 三级地



区中焊缝的 15%，四级地区中焊缝的 20%。

3. 穿越、跨越水域、公路、铁路的管道焊缝，弯头与直管段焊缝及未经试压的管道碰死口焊缝，均应进行 100% 超声检测和射线检测。

（五）射线检测复验、抽查中，有一个焊口不合格，应对该焊工或流水作业焊工组在该日或该检查段中焊接的焊口加倍检查，如仍有不合格的焊口，应对其余的焊口逐个进行射线检测。

（六）管道采用全自动焊时，宜采用全自动超声检测，检测比例应为 100%，并应进行射线检测复验。

## 第四节 不开槽管道施工

### 一、一般规定

（一）适用于采用顶管、盾构、浅埋暗挖、地表式水平定向钻及夯管等方法进行不开槽施工的室外给排水管道工程。

（二）施工前应进行现场调查研究，并对建设单位提供的工程沿线的有关工程地质、水文地质和周围环境情况，以及沿线地下与地上管线、周边建（构）筑物、障碍物及其他设施的详细资料进行核实确认；必要时应进行坑探。

（三）施工前应编制施工方案，顶管法施工方案包括下列主要内容：

1. 顶进方法比选和顶管段单元长度的确定；
2. 顶管机选型及各类设备的规格、型号及数量；
3. 工作井位置选择、结构类型及其洞口封门设计；
4. 管节、接口选型及检验，内外防腐处理；
5. 顶管进、出洞口技术措施，地基改良措施；
6. 顶力计算、后背设计和中继间设置；
7. 减阻剂选择及相应技术措施；
8. 施工测量、纠偏的方法；
9. 曲线顶进及垂直顶升的技术控制及措施；
10. 地表及构筑物变形与形变监测和控制措施；
11. 安全技术措施、应急预案。

（四）不开槽施工方法的选择，应根据工程设计要求、工程水文地质条件、周围环境和现场条件，经技术经济比较后确定，并应符合下列规定：

1. 采用敞口式（手掘式）顶管机时，应将地下水位降至管底以下不小于 0.5m 处，并应采取措施，防止其他水源进入顶管的管道；

2. 周围环境要求控制地层变形、或无降水条件时，宜采用封闭式的土压平衡或泥水平衡顶管机施工；

3. 穿越建(构)筑物、铁路、公路、重要管线和防汛墙等时,应制订相应的保护措施;

4. 小口径的金属管道,无地层变形控制要求且顶力满足施工要求时,可采用一次顶进的挤密土层顶管法。

5. 工作井宜设置在检查井等附属构筑物的位置。

(五)施工前应根据工程水文地质条件、现场施工条件、周围环境等因素,进行安全风险评估;并制定防止发生事故以及事故处理的应急预案,备足应急抢险设备、器材等物资。

(六)根据工程设计、施工方法、工程水文地质条件,对邻近建(构)筑物、管线,应采用土体加固或其他有效的保护措施。

(七)根据设计要求、工程特点及有关规定,对管(隧)道沿线影响范围地表或地下管线等建(构)筑物设置观测点,进行监控测量。监控测量的信息应及时反馈,以指导施工,发现问题及时处理。

(八)监控测量的控制点(桩)设置应符合本规范的规定,每次测量前应对控制点(桩)进行复核,如有扰动,应进行校正或重新补设。

(九)施工设备、装置应满足施工要求,并应符合下列规定:

1. 施工设备、主要配套设备和辅助系统安装完成后,应经试运行及安全性检验,合格后方可掘进作业;

2. 操作人员应经过培训,掌握设备操作要领,熟悉施工方法、各项技术参数,考试合格方可上岗;

3. 管(隧)道内涉及的水平运输设备、注浆系统、喷浆系统以及其他辅助系统应满足施工技术要求和安全、文明施工要求;

4. 施工供电应设置双路电源,并能自动切换;动力、照明应分路供电,作业面移动照明应采用低压供电;

5. 采用顶管、盾构、浅埋暗挖法施工的管道工程,应根据管(隧)道长度、施工方法和设备条件等确定管(隧)道内通风系统模式;设备供排风能力、管(隧)道内人员作业环境等还应满足国家有关标准规定;

6. 采用起重设备或垂直运输系统时,应符合下列规定;

(1) 起重设备必须经过起重荷载计算;

(2) 使用前应按有关规定进行检查验收,合格后方可使用;

(3) 起重作业前应试吊,吊离地面 100mm 左右时,应检查重物捆扎情况和制动性能,确认安全后方可起吊;起吊时工作井内严禁站人,当吊运重物下井距作业面底部小于 500mm 时,操作人员方可近前工作;

(4) 严禁超负荷使用;

(5) 工作井上、下作业时必须有联络信号;

7. 所有设备、装置在使用中应按规定定期检查、维修和保养。

(十)顶管施工的管节应符合下列规定:

1. 管节的规格及其接口连接形式应符合设计要求;



2. 钢筋混凝土成品管质量应符合国家现行标准《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB / T11836、《顶进施工法用钢筋混凝土排水管》JC / T640 的规定，管节及接口的抗渗性能应符合设计要求；

3. 钢管制作质量应符合本章第三节的相关规定和设计要求，且焊缝等级应不低于Ⅱ级；外防腐结构层满足设计要求，顶进时不得被土体磨损；

4. 双插口、钢承口钢筋混凝土管钢材部分制作与防腐应按钢管要求执行；

5. 玻璃钢管质量应符合国家有关标准的规定；

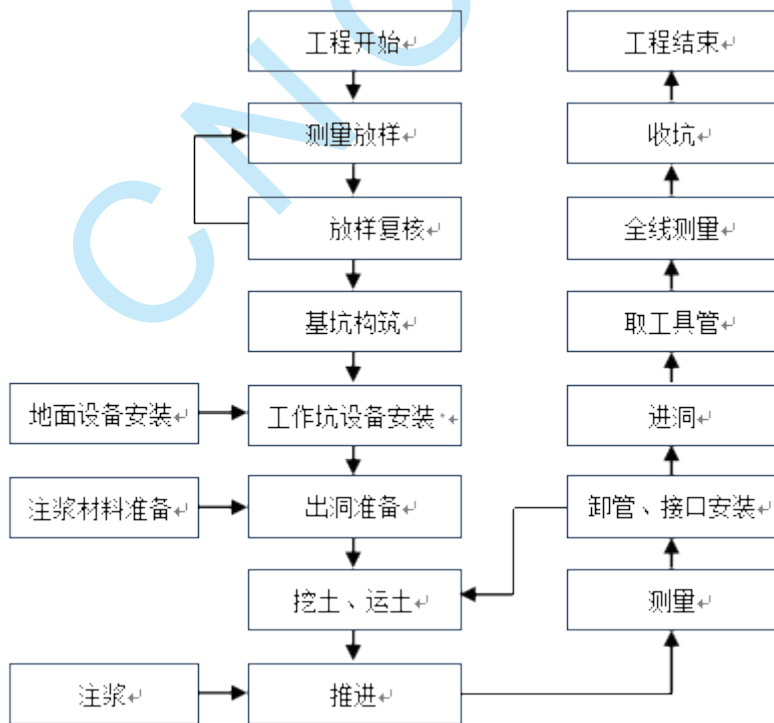
6. 橡胶圈应符合本规范及设计要求，与管节粘附牢固、表面平顺；

7. 衬垫的厚度应根据管径大小和顶进情况选定。

(十一) 顶管施工工艺示意图及流程。



顶管施工示意图



顶管施工流程

## 二、工作井

(一) 工作井的结构必须满足井壁支护以及顶管(顶进工作井)、盾构(始发工作井)推进后座力作用等施工要求,其位置选择应符合下列规定:

1. 宜选择在管道井室位置;
2. 便于排水、排泥、出土和运输;
3. 尽量避开现有构(建)筑物,减小施工扰动对周围环境的影响;
4. 顶管单向顶进时宜设在下游一侧。

(二) 工作井围护结构应根据工程水文地质条件、邻近建(构)筑物、地下与地上管线情况,以及结构受力、施工安全等要求,经技术经济比较后确定。

(三) 工作井施工应遵守下列规定:

1. 编制专项施工方案;
2. 应根据工作井的尺寸、结构形式、环境条件等因素确定支护(撑)形式;
3. 土方开挖过程中,应遵循“开槽支撑、先撑后挖、分层开挖,严禁超挖”的原则进行开挖与支撑;
4. 井底应保证稳定和干燥,并应及时封底;
5. 井底封底前,应设置集水坑,坑上应设有盖;封闭集水坑时应进行抗浮验算;
6. 在地面井口周围应设置安全护栏、防汛墙和防雨设施;
7. 井内应设置便于上、下的安全通道。

(四) 顶管的顶进工作井、盾构的始发工作井的后背墙施工应符合下列规定:

1. 后背墙结构强度与刚度必须满足顶管、盾构最大允许顶力和设计要求;
2. 后背墙平面与掘进轴线应保持垂直,表面应坚实平整,能有效地传递作用力;
3. 施工前必须对后背土体进行允许抗力的验算,验算通不过时应应对后背土体加固,以满足施工安全、周围环境保护要求;

4. 顶管的顶进工作井后背墙还应符合下列规定:

(1) 上、下游两段管道有折角时,还应对后背墙结构及布置进行设计;

(2) 装配式后背墙宜采用方木、型钢或钢板等组装,底端宜在工作坑底以下且不小于500mm;组装构件应规格一致、紧贴固定;后背土体壁面应与后背墙贴紧,有孔隙时应采用砂石料填塞密实;

(3) 无原土作后背墙时,宜就地取材设计结构简单、稳定可靠、拆除方便的人工后背墙;

(4) 利用已顶进完毕的管道作后背时,待顶管道的最大允许顶力应小于已顶管道的外壁摩擦阻力;后背钢板与管口端面之间应衬垫缓冲材料,并应采取措施保护已顶入管道的接口不受损伤。

(五) 工作井尺寸应结合施工场地、施工管理、洞门拆除、测量及垂直运输等要求确定,且应符合下列规定:

1. 应根据顶管机安装和拆卸、管节长度和外径尺寸、千斤顶工作长度、后背墙设置、垂直运土工作面、人员作业空间和顶进作业管理等要求确定平面尺寸;



2. 深度应满足顶管机导轨安装、导轨基础厚度、洞口防水处理、管接口连接等要求；顶混凝土管时，洞圈最低处距底板顶面距离不宜小于 600mm；顶钢管时，还应留有底部人工焊接的作业高度。

（六）工作井洞口施工应符合下列规定：

1. 顶留进、出洞口的位置应符合设计和施工方案的要求；
2. 洞口土层不稳定时，应对土体进行改良，进出洞施工前应检查改良后的土强度和渗漏水情况；
3. 设置临时封门时，应考虑周围土层变形控制和施工安全等要求。封门应拆除方便，拆除时应减小对洞门土层的扰动；

4. 顶管或盾构施工的洞口应符合下列规定：

（1）洞口应设置止水装置，止水装置联结环板应与工作井壁内的预埋件焊接牢固，且用胶凝材料封堵；

（2）采用钢管做预埋顶管洞口时，钢管外宜加焊止水环；

（3）在软弱地层，洞口外缘宜设支撑点；

（七）顶管的顶进工作井内布置及设备安装、运行应符合下列规定：

1. 导轨应采用钢质材料，其强度和刚度应满足施工要求；导轨安装的坡度应与设计坡度一致。
2. 顶铁应符合下列规定：

（1）顶铁的强度、刚度应满足最大允许顶力要求；安装轴线应与管道轴线平行、对称，顶铁在导轨上滑动平稳、且无阻滞现象，以使传力均匀和受力稳定；

（2）顶铁与管端面之间应采用缓冲材料衬垫，并宜采用与管端面吻合的 U 形或环形顶铁；

（3）顶进作业时，作业人员不得在顶铁上方及侧面停留，并应随时观察顶铁有无异常现象。

3. 千斤顶、油泵等主顶进装置应符合下列规定：

（1）千斤顶宜固定在支架上，并与管道中心的垂线对称，其合力的作用点应在管道中心的垂线上；千斤顶对称布置且规格应相同；

（2）千斤顶的油路应并联，每台千斤顶应有进油、回油的控制系统；油泵应与千斤顶相匹配，并应有备用油泵；高压油管应顺直、转角少；

（3）千斤顶、油泵、换向阀及连接高压油管等安装完毕，应进行试运转；整个系统应满足耐压、无泄漏要求，千斤顶推进速度、行程和各千斤顶同步性应符合施工要求；

（4）初始顶进应缓慢进行，待各接触部位密合后，再按正常顶进速度顶进；顶进中若发现油压突然增高，应立即停止顶进，检查原因并经处理后方可继续顶进；

（5）千斤顶活塞退回时，油压不得过大，速度不得过快。

（八）顶管施工工作井布置图。

### 三、顶管施工

（一）顶管施工应根据工程具体情况采用下列技术措施：

1. 一次顶进距离大于 100m 时，应采用中继间技术；



2. 在砂砾层或卵石层顶管时，应采取管节外表面熔蜡措施、触变泥浆技术等减少顶进阻力和稳定周围土体；

3. 长距离顶管应采用激光定向等测量控制技术。

（二）计算施工顶力时，应综合考虑管节材质、顶进工作井后背墙结构的允许最大荷载、顶进设备能力、施工技术措施等因素。施工最大顶力应大于顶进阻力，但不得超过管材或工作井后背墙的允许顶力。

（三）施工最大顶力有可能超过允许顶力时，应采取减少顶进阻力、增设中继间等施工技术措施。

（四）顶进阻力应通过计算确定；

（五）开始顶进前应检查下列内容，确认条件具备时方可开始顶进。

1. 全部设备经过检查、试运转；
2. 顶管机在导轨上的中心线、坡度和高程应符合要求；
3. 防止流动性土或地下水由洞口进入工作井的技术措施；
4. 拆除洞口封门的准备措施。

（六）顶管进、出工作井时应根据工程地质和水文地质条件、埋设深度、周围环境和顶进方法，选择技术经济合理的技术措施，并应符合下列规定：

1. 应保证顶管进、出工作井和顶进过程中洞圈周围的土体稳定；
2. 应考虑顶管机的切削能力；
3. 洞口周围土体含地下水时，若条件允许可采取降水措施，或采取注浆等措施加固土体以封堵地下水；在拆除封门时，顶管机外壁与工作井洞圈之间应设置洞口止水装置，防止顶进施工时

泥水渗入工作井；

4. 工作井洞口封门拆除应符合下列规定：

4.1 钢板桩工作井，可拔起或切割钢板桩露出洞口，并采取措施防止洞口上方的钢板桩下落；

4.2 工作井的围护结构为沉井工作井时，应先拆除洞圈内侧的临时封门，再拆除井壁外侧的封板或其他封填物；

4.3 在不稳定土层中顶管时，封门拆除后应将顶管机立即顶入土层；

5. 拆除封门后，顶管机应连续顶进，直至洞口及止水装置发挥作用为止；

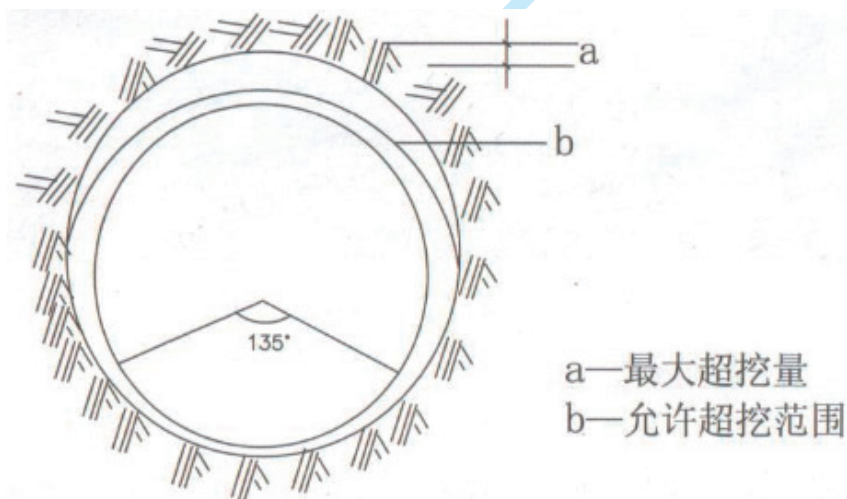
6. 在工作井洞口范围可预埋注浆管，管道进入土体之前可预先注浆。

（七）顶进作业应符合下列规定：

1. 应根据土质条件、周围环境控制要求、顶进方法、各项顶进参数和监控数据、顶管机工作性能等，确定顶进、开挖、出土的作业顺序和调整顶进参数；

2. 掘进过程中应严格量测监控，实施信息化施工，确保开挖掘进工作面的土体稳定和土（泥水）压力平衡；并控制顶进速度、挖土和出土量，减少土体扰动和地层变形；

3. 采用敞口式（手工掘进）顶管机，在允许超挖的稳定土层中正常顶进时，管下部  $135^\circ$  范围内不得超挖；管顶以上超挖量不得大于 15mm；



超挖示意图

4. 管道顶进过程中，应遵循“勤测量、勤纠偏、微纠偏”的原则，控制顶管机前进方向和姿态，并应根据测量结果分析偏差产生的原因和发展趋势，确定纠偏的措施；

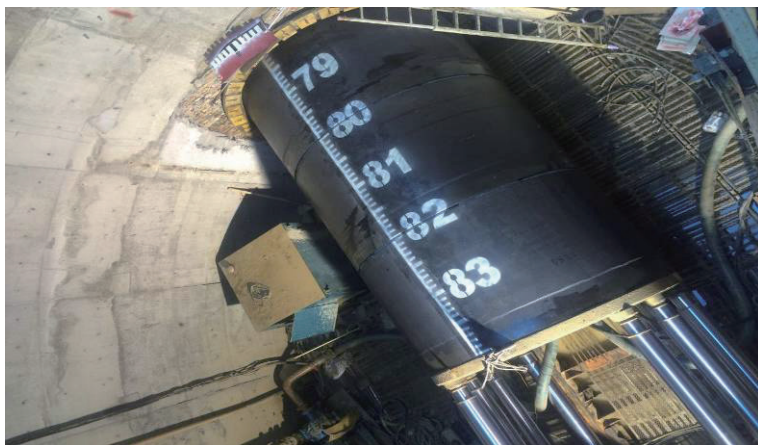
5. 开始顶进阶段，应严格控制顶进的速度和方向；

6. 进入接收工作井前应提前进行顶管机位置和姿态测量，并根据进口位置提前进行调整；

7. 在软土层中顶进混凝土管时，为防止管节飘移，宜将前 3 ~ 5 节管体与顶管机联成一体；

8. 钢筋混凝土管接口应保证橡胶圈正确就位；钢管接口焊接完成后，应进行防腐层补口施工，焊接及防腐层检验合格后方可顶进；

9. 应严格控制管道线形，对于柔性接口管道，其相邻管间转角不得大于该管材的允许转角。



顶管顶进过程

(八) 施工的测量与纠偏应符合下列规定：

1. 施工过程中应对管道水平轴线和高程、顶管机姿态等进行测量，并及时对测量控制基准点进行复核；发生偏差时应及时纠正；

2. 顶进施工测量前应对井内的测量控制基准点进行复核；发生工作井位移、沉降、变形时应及时对基准点进行复核；

3. 管道水平轴线和高程测量应符合下列规定：

3.1 出顶进工作井进入土层，每顶进 300mm，测量不应少于一次；正常顶进时，每顶进 1000mm，测量不应少于一次；

3.2 进入接收工作井前 30m 应增加测量，每顶进 300mm，测量不应少于一次；

3.3 全段顶完后，应在每个管节接口处测量其水平轴线和高程；有错口时，应测出相对高差；

3.4 纠偏量较大、或频繁纠偏时应增加测量次数；

3.5 测量记录应完整、清晰；

4. 距离较长的顶管，宜采用计算机辅助的导线法（自动测量导向系统）进行测量；在管道内增设中间测站进行常规人工测量时，宜采用少设测站的长导线法，每次测量均应对中间测站进行复核；

5. 纠偏应符合下列规定：

5.1 顶管过程中应绘制顶管机水平与高程轨迹图、顶力变化曲线图、管节编号图，随时掌握顶进方向和趋势；

5.2 在顶进中及时纠偏；

5.3 采用小角度纠偏方式；

5.4 纠偏时开挖面土体应保持稳定；采用挖土纠偏方式，超挖量应符合地层变形控制和施工设计要求；

5.5 刀盘式顶管机应有纠正顶管机旋转措施。

(九) 采用中继间顶进时，其设计顶力、设置数量和位置应符合施工方案，并应符合下列规定：

1. 设计顶力严禁超过管材允许顶力；

2. 第一个中继间的设计顶力，应保证其允许最大顶力能克服前方管道的外壁摩擦阻力及顶管机的迎面阻力之和；而后续中继间设计顶力应克服两个中继间之间的管道外壁摩擦阻力；

3. 确定中继间位置时，应留有足够的顶力安全系数，第一个中继间位置应根据经验确定并提前安装。同时考虑汇面阻力反弹，防止地面沉降；

4. 中继间密封装置宜采用径向可调形式，密封配合面的加工精度和密封材料的质量应满足要求；

5. 超深、超长距离顶管工程，中继间应具有可更换密封止水圈的功能。

（十）中继间的安装、运行、拆除应符合下列规定：

1. 中继间壳体应有足够的刚度；其千斤顶的数量应根据该段施工长度的顶力计算确定，并沿周长均匀分布安装；其伸缩行程应满足施工和中继间结构受力的要求；

2. 中继间外壳在伸缩时，滑动部分应具有止水性能和耐磨性，且滑动时无阻滞；

3. 中继间安装前应检查各部件，确认正常后方可安装；安装完毕应通过试运转检验后方可使用；

4. 中继间的启动和拆除应由前向后依次进行；

5. 拆除中继间时，应具有对接接头的措施；中继间的外壳若不拆除，应在安装前进行防腐处理。

（十一）顶管管道贯通后应做好下列工作：

1. 工作井中的管端应按下列规定处理：

1.1 进入接收工作井的顶管机和管端下部应设枕垫；

1.2 管道两端露在工作井中的长度不小于 0.5m，且不得有接口；

1.3 工作井中露出的混凝土管道端部应及时浇筑混凝土基础；

2. 顶管结束后进行触变泥浆置换时，应采取下列措施：

2.1 采用水泥砂浆、粉煤灰水泥砂浆等易于固结或稳定性较好的浆液置换泥浆填充管外侧超挖、塌落等原因造成的空隙；

2.2 拆除注浆管路后，将管道上的注浆孔封闭严密；

2.3 将全部注浆设备清洗干净；

3. 钢筋混凝土管顶进结束后，管道内的管节接口间隙应按设计要求处理；设计无要求时，可采用弹性密封膏密封，其表面应抹平、不得凸入管内。



顶管进入工作井

(十二) 钢筋混凝土管曲线顶管应符合下列规定:

1. 顶进阻力计算宜采用当地的经验公式确定: 无经验公式时, 可按相同条件下直线顶管的顶进阻力进行估算, 并考虑曲线段管外壁增加的侧向摩阻力以及顶进作用力轴向传递中的损失影响。

2. 最小曲率半径计算应符合下列规定:

2.1 应考虑管道周围土体承载力、施工顶力传递、管节接口形式、管径、管节长度、管口端面木衬垫厚度等因素;

2.2 通过计算获得; 不能满足公式计算结果时, 可采取减小预制管管节长度的方法使之满足:

$$\tan\alpha = l/R_{\min} = \Delta S/D_o$$

式中  $\alpha$ ——曲线顶管时, 相邻管节之间接口的控制允许转角  
(°) 一般取管节接口最大允许转角的 1/2, F 型钢承口的管节宜小于 0.3°;

$R_{\min}$ ——最小曲率半径 (m);

$l$ ——预制管管节长度 (m);

$D_o$ ——管外径 (m);

$\Delta S$ ——相邻管节之间接口允许的最大间隙与最小间隙之差 (m); 其值与不同管节接口形式的控制允许转角和衬垫弹性模量有关。

3. 所用的管节接口在一定角变位时应保持良好的密封性能要求, 对于 F 型钢承口可增加钢套环承插长度; 衬垫可选用无硬节松木板, 其厚度应保证管节接口端面受力均匀。

4. 曲线顶进应符合下列规定:

4.1 采用触变泥浆技术措施, 并检查验证泥浆套形成情况;

4.2 根据顶进阻力计算中继间的数量和位置; 并考虑轴向顶力、轴线调整的需要, 缩短第一个中继间与顶管机以及后续中继间之间的间距;

4.3 顶进初始时, 应保持一定长度的直线段, 然后逐渐过渡到曲线段;

4.4 曲线段前几节管接口处可预埋钢板、预设拉杆, 以备控制和保持接口张开量; 对于软土层或曲率半径较小的顶管, 可在顶管机后续管节的每个接口间隙位置, 预设间隙调整器, 形成整体弯曲弧度导向管段;

4.5 采用敞口式 (手掘进) 顶管机时, 在弯曲轴线内侧可进行超挖; 超挖量的大小应考虑弯曲段的曲率半径、管径、管长度等因素, 满足地层变形控制和设计要求, 并应经现场试验确定。

5. 施工测量应符合下列规定:

5.1 宜采用计算机辅助的导线法 (自动测量导向系统) 进行跟踪、快速测量;

5.2 顶进时, 顶管机位置及姿态测量每米不应少于 1 次;

5.3 每顶入一节管, 其水平轴线及高程测量不应少于 3 次。

(十三) 管道的垂直顶升施工应符合下列规定:

1. 垂直顶升范围内的特殊管段, 其结构形式应符合设计要求, 结构强度、刚度和管段变形情况应满足承载顶升反力的要求; 特殊管段土基应进行强度、稳定性验算, 并根据验算结果采取相



应的土体加固措施；

2. 顶进的特殊管段位置应准确，开孔管节在水平顶进时应采取防旋转的措施，保证顶升口的垂直度、中心位置满足设计和垂直顶升要求；开孔管节与相邻管节应连结牢固；

3. 垂直顶升设备的安装应符合下列规定：

3.1 顶升架应有足够的刚度、强度，其高度和平面尺寸应满足人员作业和垂直管节安装要求，并操作简便；

3.2 传力底梁座安装时，应保证其底面与水平管道有足够的均匀接触面积，使顶升反力均匀传递到相邻的数节水平管节上；底梁座上的支架应对称布置；

3.3 顶升架安装定位时，顶升架千斤顶合力中心与水平开孔管顶升口中心宜同轴心和垂直；顶升液压系统应进行安装调试；

4. 顶升前应检查下列施工事项，合格后方可顶升：

4.1 垂直立管的管节制作完成后应进行试拼装，并对合格管节进行组对编号；

4.2 垂直立管顶升前应进行防水、防腐蚀处理；

4.3 水平开孔管节的顶升口设置止水框装置且安装位置准确，并与相邻管节连接成整体；止水框装置与立管之间应安装止水嵌条，止水嵌条压紧程度可采用设置螺栓及方钢调节；

4.4 垂直立管的顶头管节应设置转换装置（转向法兰），确保顶头管节就位后顶升前，进行顶升口帽盖与水平管脱离并与顶头管相连的转换过程中不发生泥、水渗漏；

4.5 垂直顶升设备安装经检查、调试合格；

5. 垂直顶升应符合下列规定：

5.1 应按垂直立管的管节组对编号顺序依次进行；

5.2 立管管节就位时应位置正确，并保证管节与止水框装置内圈的周围间隙均匀一致，止水嵌条止水可靠；

5.3 立管管节应平稳、垂直向上顶升；顶升各千斤顶行程应同步、匀速，并避免顶块偏心受力；

5.4 垂直立管的管节间接口连接正确、牢固，止水可靠；

5.5 应有防止垂直立管后退和管节下滑的措施；

6. 垂直顶升完成后，应完成下列工作：

6.1 做好与水平开口管节顶升口的接口处理，确保底座管节与水平管连接强度可靠；

6.2 立管进行防腐和阴极保护施工；

6. 管道内应清洁干净，无杂物；

7. 垂直顶升管在水下揭去帽盖时，必须在水平管道内灌满水并按设计要求采取立管稳管保护及揭帽盖安全措施后进行；

8. 外露的钢制构件防腐应符合设计要求。

## 第五节 管道附属工程

### 一、截断阀室及阀门安装

- (一) 截断阀室的土建工程应符合国家现行相关标准的规定。
- (二) 阀室工艺管道安装应符合现行国家标准《石油天然气站内工艺管道工程施工规范》GB50540的有关规定。
- (三) 阀门安装前应熟悉阀门安装说明书,应按相关标准及制造厂家的说明书检查、安装阀门。
- (四) 阀室内埋地管道和阀门应在回填前进行电火花检漏,防腐绝缘合格后方可回填。
- (五) 管道穿越阀室墙体或基础的缝隙应按设计要求封堵严密。
- (六) 埋地管道和阀门周围应用细土回填,并分层夯实。
- (七) 施工结束前应恢复地貌和清理现场。
- (八) 阀室安装后应单独进行吹扫、试压。

### 二、阴极保护工程

- (一) 线路阴极保护工程施工及验收应符合现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T21448的有关规定。
- (二) 牺牲阳极的安装应符合下列要求:
  - 1. 袋装牺牲阳极使用时应确保回填材料密实。当阳极和填包料分开供应时,阳极埋设应置于填包料的中心位置,导线应留有充分的余量、操作中不应损伤导线和接头。
  - 2. 带状牺牲阳极埋设应符合设计要求。
  - 3. 临时保护用的带状牺牲阳极应通过测试桩与管道连接,投产前应 与管道断开。
- (三) 强制电流系统的安装应符合下列要求:
  - 1. 整流器外壳应接地可靠。
  - 2. 辅助阳极应按设计要求埋设,回填料应保证阳极周围均匀且没有空隙,回填是应避免损伤阳极和电缆。
  - 3. 电缆与整流器的连接应牢固并导电良好。
  - 4. 主电缆与阳极引线之间的连接应牢固且导电良好,连接点应进行防水密封。
  - 5. 直埋式阳极电缆应防止电缆外皮的绝缘损伤;所有电缆应留有足够的松弛余量,并应按设计要求回填。
- (四) 阴极保护测试桩的连接和跨接应符合下列要求:
  - 1. 管道和测试导线的连接处应干燥、清洁,测试导线与管道的连接应牢固且导电良好。
  - 2. 与其他构筑股跨接或跨接绝缘接头的电缆连接应牢固,导电良好,并应按设计要求进行防腐绝缘。跨接连接应便于进行测试。
  - 3. 绝缘接头安装前应进行绝缘电阻测试,安装后应检测器电绝缘的有效性。
- (五) 阴极保护投入运行前,应做好自然电位测试;运行后应做好保护电位和保护电流测试。

测试记录应完整。

### 三、里程桩、转角桩、标志桩、锚固墩、警示牌安装及警示带敷设

(一) 里程桩、转角桩、标志桩应进行检查验收, 表面应光滑平整, 无缺棱掉角, 尺寸允许偏差应为  $\pm 10\text{mm}$ , 混凝土强度应达到设计要求。油漆涂刷应均匀一致。埋设位置和深度应符合设计要求。

(二) 里程桩、转角桩、标志桩的设置以及标记内容与格式应符合设计要求和现行行业标准《管道干线标记设置技术规定》SY/T6064 的有关规定。

(三) 锚固墩预制件的尺寸、规格、材质应符合设计要求。焊接时不得损伤管道母材, 焊后应打磨棱角、毛刺, 清除焊渣和表面锈蚀, 除锈等级应符合现行行业标准《涂装前钢材表面处理规范》SY/T0407 中规定的 Sa1 级, 并按设计要求防腐绝缘。锚固墩及其以外 2m 范围的管道防腐层经电火花检漏合格后方可浇筑混凝土, 混凝土应加强养护。

(四) 警示牌应采取反光涂料涂刷。

(五) 警示带敷设应符合下列规定:

1. 敷设警示带使用的材料、规格、颜色、用语、字体等应符合设计要求。
2. 警示带应平整的敷设在管道的正上方, 距管顶的距离宜为 0.5m, 敷设时字面应向上。
3. 警示带的敷设应连续, 不应出现漏接。

### 四、线路保护构筑物

(一) 线路保护构筑物应在管道下沟后及时进行施工, 并宜在雨季(洪水)到来前完成。对于影响施工安全的地方应预先施工。

(二) 线路保护构筑物施工应符合现行行业标准《油气输送管道线路工程水工保护施工规范》ST/T4126 的有关规定。

## 第三十六章 给排水管道

### 第一节 基本规定

一、施工单位应按照合同文件、设计文件和有关规范、标准要求,根据建设单位提供的施工界域内地下管线等构(建)筑物资料、工程水文地质资料,组织有关施工技术管理人员深入沿线调查,掌握现场实际情况,做好施工准备工作。

二、施工单位应熟悉和审查施工图纸,掌握设计意图与要求,实行自审、会审(交底)和签证制度;发现施工图有疑问、差错时,应及时提出意见和建议;如需变更设计,应按照相应程序报审,经相关单位签证认定后实施。

三、施工单位在开工前应编制施工组织设计,对关键的分项、分部工程应分别编制专项施工方案。施工组织设计、专项施工方案必须按规定程序审批后执行,有变更时要办理变更审批。

四、施工测量应实行施工单位复核制、监理单位复测制,填写相关记录。

五、工程所用的管材、管道附件、构(配)件和主要原材料等产品进入施工现场时必须进行进场验收并妥善保管。进场验收时应检查每批产品的订购合同、质量合格证书、性能检验报告、使用说明书、进口产品的商检报告及证件等,并按国家有关标准规定进行复验,验收合格后方可使用。

六、对不开槽施工、过江河管道或深基槽等特殊作业,应制定专项施工方案。

七、给排水管道工程施工质量控制应符合下列规定:各分项工程应按照施工技术标准进行质量控制,每分项工程完成后,必须进行检验;相关各分项工程之间,必须进行交接检验,所有隐蔽分项工程必须进行隐蔽验收,未经检验或验收不合格不得进行下道分项工程。

### 第二节 沟槽开挖与支护

#### 一、沟槽开挖与支护

##### (一) 一般规定

1. 沟槽的开挖、支护方式应根据工程地质条件、施工方法、周围环境等要求进行技术经济比较,确保施工安全和环境保护要求。

2. 沟槽断面的选择与确定应符合下列规定:

(1) 槽底宽、槽深、分层开挖高度、各层边坡及层间留台宽度等,应方便管道结构施工,确保施工质量和安全,并尽可能减少挖方和占地;

(2) 做好土(石)方平衡调配,尽可能避免重复挖运;大断面深沟槽开挖时,应编制专项施



工方案；

(3) 沟槽外侧应设置截水沟及排水沟，防止雨水浸泡沟槽。

3. 设计降水深度在基坑(槽)范围内不应小于基坑(槽)底面以下 0.5m。排降地下水应采取有效措施控制施工降排水对周边环境的影响。

(二) 沟槽底部的开挖宽度，应符合设计要求；设计无要求时，可按下式计算确定：

$$B=D0+2(b1+b2+b3)$$

式中：B——管道沟槽底部的开挖宽度(mm)；

D0——管外径(mm)；

b1——管道一侧的工作面宽度(mm)，可按表 36-1 选取；

b2——有支撑要求时，管道一侧的支撑厚度，可取 150 ~ 200mm；

b3——现场浇筑混凝土或钢筋混凝土管渠一侧模板的厚度(mm)。

表 36-1 管道一侧的工作面宽度

管道的外径 D0 (mm)	管道一侧的工作面宽度 b1	
	混凝土类管道	金属类管道、化学建材管道
D0 ≤ 500	刚性接口	400
	柔性接口	300
500 < D0 ≤ 1000	刚性接口	500
	柔性接口	400
1000 < D0 ≤ 1500	刚性接口	600
	柔性接口	500
1500 < D0 ≤ 3000	刚性接口	800 ~ 1000
	柔性接口	600

(三) 地质条件良好、土质均匀、地下水位低于沟槽底面高程，且开挖深度在 5m 以内、沟槽不设支撑时，沟槽边坡最陡坡度应符合设计规范要求。

(四) 沟槽每侧临时堆土或施加其他荷载时，应符合下列规定：

1. 不得影响建(构)筑物、各种管线和其他设施的安全。
2. 不得掩埋消火栓、管道闸阀、雨水口、测量标志以及各种地下管道的井盖，且不得妨碍其正常使用。

3. 堆土距沟槽边缘不小于 0.8m，且高度不应超过 1.5m；沟槽边堆置土方不得超过设计堆置高度。

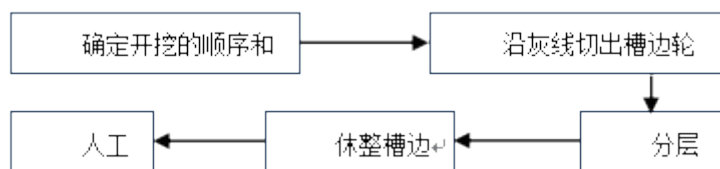
(五) 沟槽挖深较大时，应确定分层开挖的深度，并符合下列规定：

1. 人工开挖沟槽的槽深超过 3m 时应分层开挖，每层的深度不超过 2m。
2. 人工开挖多层沟槽的层间留台宽度：放坡开槽时不应小于 0.8m，直槽时不应小于 0.5m，安装井点设备时不应小于 1.5m。
3. 采用机械挖槽时，沟槽分层的深度按机械性能确定。

(六) 沟槽的开挖应符合下列规定：

1. 沟槽的开挖断面应符合施工组织设计(方案)的要求。槽底原状地基土不得扰动，机械开挖时槽底预留 200~300mm 土层由人工开挖至设计高程，整平；

2. 槽底不得受水浸泡或受冻，槽底局部扰动或受水浸泡时，宜采用天然级配砂砾石或石灰土回填；槽底扰动土层为湿陷性黄土时，应按设计要求进行地基处理；
3. 槽底土层为杂填土、腐蚀性土时，应全部挖除并按设计要求进行地基处理；
4. 槽壁平顺，边坡坡度符合施工方案的规定；
5. 在沟槽边坡稳固后设置供施工人员上下沟槽的安全梯。
6. 工艺流程如下图。



自然放坡开挖



挖台阶式开挖

(七) 采用撑板支撑应经计算确定撑板构件的规格尺寸，且应符合下列规定：

1. 木撑板构件规格应符合下列规定：
  - (1) 撑板厚度不宜小于 50mm，长度不宜小于 4m；
  - (2) 横梁或纵梁宜为方木，其断面不宜小于 150mm × 150mm；
  - (3) 横撑宜为圆木，其梢径不宜小于 100mm；
2. 撑板支撑的横梁、纵梁和横撑布置应符合下列规定：
  - (1) 每根横梁或纵梁不得少于 2 根横撑；
  - (2) 横撑的水平间距宜为 1.5~2.0m；
  - (3) 横撑的垂直间距不宜大于 1.5m；
  - (4) 横撑影响下管时，应有相应的替撑措施或采用其他有效的支撑结构；
3. 撑板支撑应随挖土及时安装；
4. 在软土或其他不稳定土层中采用横排撑板支撑时，开始支撑的沟槽开挖深度不得超过 1.0m；开挖与支撑交替进行，每次交替的深度宜为 0.4~0.8m；

(八) 采用钢板桩支撑，应符合下列规定：

1. 构件的规格尺寸经计算确定；
2. 通过计算确定钢板桩的入土深度和横撑的位置与断面；



3. 采用型钢作横梁时，横梁与钢板桩之间的缝应采用木板垫实，横梁、横撑与钢板桩连接牢固。

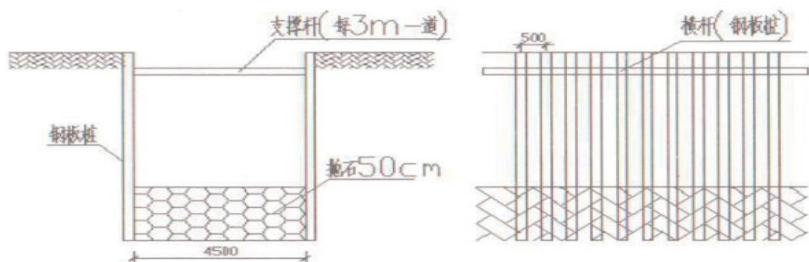


图 36.1 钢板桩支撑示意图

(九) 沟槽支撑应符合以下规定：

1. 支撑应经常检查，发现支撑构件有弯曲、松动、移位或劈裂等迹象时，应及时处理；雨期及春季解冻时期应加强检查；
2. 拆除支撑前，应对沟槽两侧的建筑物、构筑物和槽壁进行安全检查，并应制定拆除支撑的作业要求和安全措施；
3. 施工人员应由安全梯上下沟槽，不得攀登支撑。

### 第三节 地基处理

(一) 管道地基应符合设计要求，管道天然地基的强度不能满足设计要求时应按设计要求加固。

(二) 底局部超挖或发生扰动时，处理应符合下列规定：

1. 超挖深度不超过 150mm 时，可用挖槽原土回填夯实，其压实度不应低于原地基土的密实度；
2. 槽底地基土壤含水量较大，不适于压实时，应采取换填等有效措施。

(三) 排水不良造成地基土扰动时，可按以下方法处理：

1. 扰动深度在 100mm 以内，宜填天然级配砂石或砂砾处理。
2. 扰动深度在 300mm 以内，但下部坚硬时，宜填卵石或块石，再用砾石填充空隙并找平表面。

(四) 设计要求换填时，应按要求清槽，并经检查合格；回填材料应符合设计要求或有关规定。

(五) 灰土地基、砂石地基和粉煤灰地基施工前必须按规范规定验槽并处理。

(六) 采用其他方法进行管道地基处理时，应满足国家有关规范规定和设计要求。

(七) 柔性管道处理宜采用砂桩、搅拌桩等复合地基。

### 第四节 管道主体结构施工

#### 一、一般规定

(一) 管节和管件装卸时应轻装轻放，运输时应垫稳、绑牢、不得相互撞击，接口及钢管的内外防腐层应采取保护措施。

金属管、化学建材管及管件吊装时，应采用柔韧的绳索、兜身吊带或专用工具；采用钢丝绳

或铁链时不得直接接触管节。

(二) 管节堆放宜选用平整、坚实的场地；堆放时必须垫稳，防止滚动，堆放层高可按照产品技术标准或生产厂家的要求；使用管节时必须自上而下依次搬运。

(三) 化学建材管节、管件贮存、运输过程中应采取防止变形措施，并符合下列规定：

1. 长途运输时，可采用套装方式装运，套装的管节间应设有衬垫材料，并应相对固定，严禁在运输过程中发生管与管之间、管与其他物体之间的碰撞；

2. 管节、管件运输时，全部直管宜设有支架，散装件运输应采用带挡板的平台和车辆均匀堆放，承插口管节及管件应分插口、承口两端交替堆放整齐，两侧加支垫，保持平稳；

3. 管节、管件搬运时，应小心轻放，不得抛、摔、拖管以及受剧烈撞击和被锐物划伤；

4. 管节、管件应堆放在温度一般不超过 40℃，并远离热源及带有腐蚀性试剂或溶剂的地方；室外堆放不应长期露天曝晒。堆放高度不应超过 2.0m，堆放附近应有消防设施（备）。

(四) 橡胶圈贮存、运输应符合下列规定：

1. 贮存的温度宜为 -5~30℃，存放位置不宜长期受紫外线光源照射，离热源距离应不小于 1m；

2. 不得将橡胶圈与溶剂、易挥发物、油脂或对橡胶产生不良影响的物品放在一起；

3. 在贮存、运输中不得长期受挤压。

(五) 管道应在沟槽地基、管基质量检验合格后安装；安装时宜自下游开始，承口应朝向施工前进的方向。

(六) 接口工作坑应配合管道铺设及时开挖，开挖尺寸应符合施工方案的要求，并满足下列规定：

1. 对于预应力、自应力混凝土管以及滑入式柔性接口球墨铸铁管，应符合表 36-2 的规定；

表 36-2 接口工作坑开挖尺寸

管材种类	管外径 D0 (mm)	宽度 (mm)		长度 (mm)		深度 (mm)
				承口后	承口前	
预应力、自应力混凝土管、滑入式柔性接口球墨铸铁管	≤ 500	承口外径加	800	200	承口长度加 200	200
	600~1000		1000			400
	1100~1500		1600			450
	>1600		1800			500

2. 对于钢管焊接接口、球墨铸铁管机械式柔性接口及法兰接口，接口处开挖尺寸应满足操作人员和连接工具的安装作业空间要求，并便于检验人员的检查。

(七) 管节下入沟槽时，不得与槽壁支撑及槽下的管道相互碰撞；沟内运管不得扰动原状地基。

(八) 合槽施工时，应先安装埋设较深的管道，当回填土高程与邻近管道基础高程相同时，再安装相邻的管道。

(九) 管道安装时，应将管节的中心及高程逐节调整正确，安装后的管节应进行复测，合格后方可进行下一工序的施工。



(十) 管道安装时, 应随时清除管道内的杂物, 暂时停止安装时, 两端应临时封堵。

(十一) 雨期施工应采取以下措施:

1. 合理缩短开槽长度, 及时砌筑检查井, 暂时中断安装的管道及与河道相连通的管口应临时封堵; 已安装的管道验收后应及时回填;

2. 制定槽边雨水径流疏导、槽内排水及防止漂管事故的应急措施;

3. 刚性接口作业宜避开雨天。

(十二) 冬期施工不得使用冻硬的橡胶圈。

(十三) 安装柔性接口的管道, 其纵坡大于 18% 时; 或安装刚性接口的管道, 其纵坡大于 36% 时, 应采取防止管道下滑的措施。

(十四) 压力管道上的阀门, 安装前应逐个进行启闭检验。

(十五) 钢管内、外防腐层遭受损伤或局部未做防腐层的部位, 下管前应修补。

(十六) 露天或埋设在对橡胶圈有腐蚀作用的土质及地下水中的柔性接口, 应采用对橡胶圈无不良影响的柔性密封材料, 封堵外露橡胶圈的接口缝隙。

(十七) 管道保温层的施工应符合下列规定:

1. 在管道焊接、水压试验合格后进行;

2. 法兰两侧应留有间隙, 每侧间隙的宽度为螺栓长加 20~30mm;

3. 保温层与滑动支座、吊架、支架处应留出空隙;

4. 硬质保温结构, 应留伸缩缝;

5. 施工期间, 不得使保温材料受潮;

6. 保温层伸缩缝宽度的允许偏差应为  $\pm 5\text{mm}$ ;

7. 保温层厚度允许偏差应符合规定。

(十八) 污水和雨、污水合流的金属管道内表面, 应按国家有关规范的规定和设计要求进行防腐层施工。

(十九) 管道与法兰接口两侧相邻的第一至第二个刚性接口或焊接接口, 待法兰螺栓紧固后方可施工。

## 二、管道基础

(一) 管道基础采用原状地基时, 施工应符合下列规定:

1. 原状土地基局部超挖或扰动时应按本规范规定进行处理: 岩石地基层部超挖时, 应将基底碎渣全部清理, 回填低强度等级混凝土或粒径 10 ~ 15mm 的砂石回填夯实;

2. 原状地基为岩石或坚硬土层时, 管道下方应铺设砂垫层;

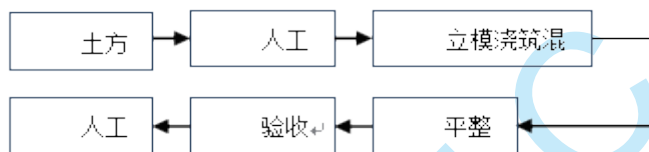
3. 非永冻土地区, 管道不得铺设在冻结的地基上; 管道安装过程中, 应防止地基冻胀。

4. 原状土基础施工工艺流程。



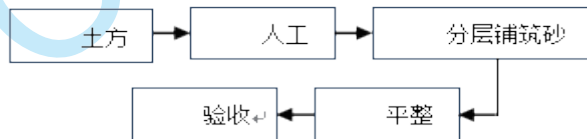
(二) 混凝土基础施工应符合下列规定:

1. 平基与管座的模板, 可一次或两次支设, 每次支设高度宜略高于混凝土的浇筑高度;
2. 平基、管座的混凝土设计无要求时, 宜采用强度等级不低于 C15 的低坍落度混凝土;
3. 管座与平基分层浇筑时, 应先将平基凿毛冲洗干净, 并将平基与管体相接触的腋角部位, 用同强度等级的水泥砂浆填满、捣实后, 再浇筑混凝土, 使管体与管座混凝土结合严密;
4. 管座与平基采用垫块法一次浇筑时, 必须先从一侧灌注混凝土, 对侧的混凝土高过管底与灌注侧混凝土高度相同时, 两侧再同时浇筑, 并保持两侧混凝土高度一致;
5. 管道基础应按设计要求留变形缝, 变形缝的位置应与柔性接口相一致;
6. 管道平基与井室基础宜同时浇筑; 跌落水井上游接近井基础的一段应砌砖加固, 并将平基混凝土浇至井基础边缘;
7. 混凝土浇筑中应防止离析; 浇筑后应进行养护, 强度低于 1.2MPa 时不得承受荷载。
8. 混凝土基础施工工艺流程。



(三) 砂石基础施工应符合下列规定:

1. 铺设前应先对槽底进行检查, 槽底高程及槽宽须符合设计要求, 且不应有积水和软泥;
2. 柔性管道的基础结构设计无要求时, 宜铺设厚度不小于 100mm 的中粗砂垫层; 软土地基宜铺垫一层厚度不小于 150mm 的砂砾或 5 ~ 40mm 粒径碎石, 其表面再铺厚度不小于 50mm 的中、粗砂垫层;
3. 柔性接口的刚性管道的基础结构, 设计无要求时一般土质地段可铺设砂垫层, 亦可铺设 25mm 以下粒径碎石, 表面再铺 20mm 厚的砂垫层 (中、粗砂);
4. 管道有效支承角范围必须用中、粗砂填充插捣密实, 与管底紧密接触, 不得用其他材料填充。
5. 砂石基础施工工艺流程。



原状土基础



混凝土基础



### 三、钢管安装

(一) 管道安装应符合现行国家标准《工业金属管道工程施工及验收规范》GB 50235、《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB 50236 等规范的规定，并应符合下列规定：

1. 对首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法或焊接工艺，施工单位必须在施焊前按设计要求和有关规定进行焊接试验，并应根据试验结果编制焊接工艺指导书；
2. 焊工必须按规定经相关部门考试合格后持证上岗，并应根据经过评定的焊接工艺指导书进行施焊；
3. 沟槽内焊接时，应采取有效技术措施保证管道底部的焊缝质量。

(二) 管节的材料、规格、压力等级应符合设计要求，管节宜工厂预制。现场加工应符合下列规定：

1. 管节表面应无斑疤、裂纹、严重锈蚀等缺陷；
2. 焊缝外观质量应无损检验合格；
3. 同一管节允许有两条纵缝，管径大于或等于 600mm 时，纵向焊缝的间距应大于 300mm；管径小于 600mm 时，其间距应大于 100mm。

(三) 管道安装前，管节应逐根测量、编号。宜选用管径相差最小的管节组对对接。

(四) 下管前应先检查管节的内外防腐层，合格后方可下管。

(五) 管节组成管段下管时，管段的长度、吊距，应根据管径、壁厚、外防腐层材料的种类及下管方法确定。

(六) 弯管起弯点至接口的距离不得小于管径，且不得小于 100mm。

(七) 管节组对焊接时应先修口、清根，管端端面的坡口角度、钝边、间隙，应符合设计要求；不得在对口间隙夹焊帮条或用加热法缩小间隙施焊。

(八) 对口时应使内壁齐平，错口的允许偏差应为壁厚的 20%，且不得大于 2mm。

(九) 对口时纵、环向焊缝的位置应符合下列规定：

1. 纵向焊缝应放在管道中心垂线上半圆的 45° 左右处；
2. 纵向焊缝应错开，管径小于 600mm 时，错开的间距不得小于 100mm；管径大于或等于 600mm 时，错开的间距不得小于 300mm；
3. 有加固环的钢管，加固环的对焊焊缝应与管节纵向焊缝错开，其间距不应小于 100mm；加固环距管节的环向焊缝不应小于 50mm；
4. 环向焊缝距支架净距离不应小于 100mm；
5. 直管管段两相邻环向焊缝的间距不应小于 200mm，并不应小于管节的外径；
6. 管道任何位置不得有十字形焊缝。

(十) 不同壁厚的管节对口时，管壁厚度相差不宜大于 3mm。不同管径的管节相连时，两管径相差大于小管管径的 15% 时，可用渐缩管连接。渐缩管的长度不应小于两管径差值的 2 倍，且不应小于 200mm。

(十一) 管道上开孔应符合下列规定:

1. 不得在干管的纵向、环向焊缝处开孔;
2. 管道上任何位置不得开方孔;
3. 不得在短节上或管件上开孔;
4. 开孔处的加固补强应符合设计要求。

(十二) 直线管段不宜采用长度小于 800mm 的短节拼接。

(十三) 组合钢管固定口焊接及两管段间的闭合焊接, 应在无阳光直照和气温较低时施焊; 采用柔性接口代替闭合焊接时, 应与设计协商确定。

#### 四、钢管内外防腐

(一) 管体的内外防腐层宜在工厂内完成, 现场连接的补口按设计要求处理。

(二) 水泥砂浆内防腐层应符合下列规定:

1. 施工前应具备的条件应符合下列要求:

1.1 管道内壁的浮锈、氧化皮、焊渣、油污等, 应彻底清除干净; 焊缝突起高度不得大于防腐层设计厚度的  $1/3$ ;

1.2 现场施做内防腐的管道, 应在管道试验、土方回填验收合格, 且管道变形基本稳定后进行;

1.3 内防腐层的材料质量应符合设计要求;

2. 内防腐层施工应符合下列规定:

2.1 水泥砂浆内防腐层可采用机械喷涂、人工抹压、拖筒或离心预制法施工; 工厂预制时, 在运输、安装、回填土过程中, 不得损坏水泥砂浆内防腐层;

2.2 管道端点或施工中断时, 应预留搭茬;

2.3 水泥砂浆抗压强度符合设计要求, 且不应低于 30MPa;

2.4 采用人工抹压法施工时, 应分层抹压;

2.5 水泥砂浆内防腐层成形后, 应立即将管道封堵, 终凝后进行潮湿养护, 普通硅酸盐水泥砂浆养护时间不应少于 7d, 矿渣硅酸盐水泥砂浆不应少于 14d; 通水前应继续封堵, 保持湿润;

(三) 液体环氧涂料内防腐层应符合下列规定:

1. 施工前应具备的条件应符合下列规定:

1.1 宜采用喷(抛)射除锈, 除锈等级应不低于《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB / T 8923 中规定的 Sa2 级; 内表面经喷(抛)射处理后, 应用清洁、干燥、无油的压缩空气将管道内部的砂粒、尘埃、锈粉等微尘清除干净;

1.2 管道内表面处理后, 应在钢管两端 60 ~ 100mm 范围内涂刷硅酸锌或其他可焊性防锈涂料, 干膜厚度为 20 ~ 40 $\mu\text{m}$ ;

2. 内防腐层的材料质量应符合设计要求;

3. 内防腐层施工应符合下列规定:

3.1 应按涂料生产厂家产品说明书的规定配制涂料, 不宜加稀释剂;



3.2 涂料使用前应搅拌均匀；

3.3 宜采用高压无气喷涂工艺，在工艺条件受限时，可采用空气喷涂或挤涂工艺；

3.4 应调整好工艺参数且稳定后，方可正式涂敷；防腐层应平整、光滑，无流挂、无划痕等；涂敷过程中应随时监测湿膜厚度；

3.5 环境相对湿度大于 85% 时，应对钢管除湿后方可作业；严禁在雨、雪、雾及风沙等气候条件下露天作业。

## 五、球墨铸铁管安装

（一）管节及管件的规格、尺寸公差、性能应符合国家有关标准规定和设计要求，进入施工现场时其外观质量应符合下列规定：

1. 管节及管件表面不得有裂纹，不得有妨碍使用的凹凸不平的缺陷；

2. 采用橡胶圈柔性接口的球墨铸铁管，承口的内工作面和插口的外工作面应光滑、轮廓清晰，不得有影响接口密封性的缺陷。

（三）管节及管件下沟槽前，应清除承口内部的油污、飞刺、铸砂及凹凸不平的铸瘤；柔性接口铸铁管及管件承口的内工作面、插口的外工作面应修整光滑，不得有沟槽、凸脊缺陷；有裂纹的管节及管件不得使用。

（四）沿直线安装管道时，宜选用管径公差组合最小的管节组 对连接，确保接口的环向间隙应均匀。

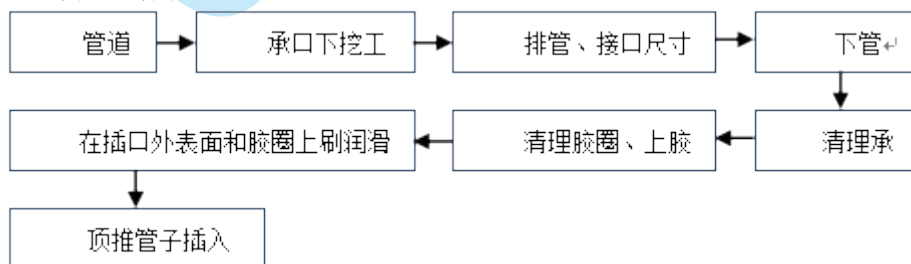
（五）采用滑入式或机械式柔性接口时，橡胶圈的质量、性能、细部尺寸，应符合国家有关球墨铸铁管及管件标准的规定。

（六）橡胶圈安装经检验合格后，方可进行管道安装。

（七）安装滑入式橡胶圈接口时，推入深度应达到标记环，并复查与其相邻已安好的第一至第二个接口推入深度。

（八）安装机械式柔性接口时，应使插口与承口法兰压盖的轴线相重合；螺栓安装方向应一致，用扭矩扳手均匀、对称地紧固。

（九）球墨铸铁管给水管道安装工艺流程。



## 六、钢筋混凝土管及预（自）应力混凝土管安装

（一）管节安装前应进行外观检查，发现裂缝、保护层脱落、空鼓、接口掉角等缺陷，应修补并经鉴定合格后方可使用。

（二）管节安装前应将管内外清扫干净，安装时应使管道中心及内底高程符合设计要求，稳

管时必须采取措施防止管道发生滚动。

(三) 采用混凝土基础时, 管道中心、高程复验合格后, 及时浇筑管座混凝土。

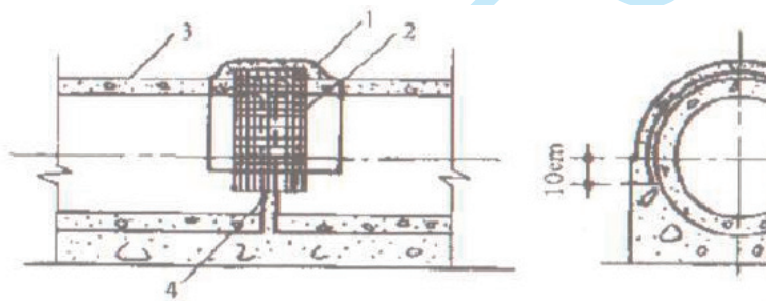
(四) 柔性接口形式应符合设计要求, 橡胶圈应符合下列规定:

1. 材质应符合相关规范的规定;
2. 应由管材厂配套供应;
3. 外观应光滑平整, 不得有裂缝、破损、气孔、重皮等缺陷;
4. 每个橡胶圈的接头不得超过 2 个。

(五) 柔性接口的钢筋混凝土管、预(自)应力混凝土管安装前, 承口内工作面、插口外工作面应清洗干净; 套在插口上的橡胶圈应平直、无扭曲, 应正确就位; 橡胶圈表面和承口工作面应涂刷无腐蚀性的润滑剂; 安装后放松外力: 管节回弹不得大于 10mm, 且橡胶圈应在承、插口工作面上。

(六) 刚性接口的钢筋混凝土管道, 钢丝网水泥砂浆抹带接口材料应符合下列规定:

1. 选用粒径 0.5 ~ 1.5mm, 含泥量不大于 3% 的洁净砂;
2. 选用网格 10mm × 10mm、丝径为 20 号的钢丝网;
3. 水泥砂浆配比满足设计要求。



36.2 抹带示意图

平口管钢丝网抹带接口做法

1—水泥砂浆抹带; 2—10mmX10mm 钢丝网; 3—管道; 4—水泥砂浆灌缝; 5—混凝土基础

(七) 刚性接口的钢筋混凝土管道施工应符合下列规定:

1. 抹带前应将管口的外壁凿毛、洗净;
2. 钢丝网端头应在浇筑混凝土管座时插入混凝土内, 在混凝土初凝前, 分层抹压钢丝网水泥砂浆抹带;
3. 抹带完成后应立即用吸水性强的材料覆盖, 3~4h 后洒水养护;
4. 水泥砂浆填缝及抹带接口作业时落入管道内的接口材料应清除; 管径大于或等于 700mm 时, 应采用水泥砂浆将管道内接口部位抹平、压光; 管径小于 700mm 时, 填缝后应立即拖平。

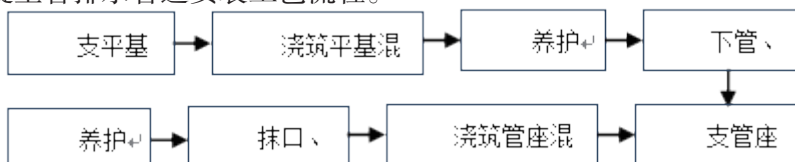
(八) 预(自)应力混凝土管不得截断使用。

(九) 井室内暂时不接支线的预留管(孔)应封堵。

(十) 预(自)应力混凝土管道采用金属管件连接时, 管件应进行防腐处理。



(十一) 混凝土管排水管道安装工艺流程。



## 七、预应力钢筒混凝土管安装

(一) 管节及管件的规格、性能应符合国家有关标准的规定和设计要求，进入施工现场时其外观质量应符合下列规定：

1. 内壁混凝土表面平整光洁；承插口钢环工作面光洁干净；内衬式管（简称衬简管）内表面不应出现浮渣、露石和严重的浮浆；埋置式管（简称埋简管）内表面不应出现气泡、孔洞、凹坑以及蜂窝、麻面等不密实的现象；

2. 管内表面出现的环向裂缝或者螺旋状裂缝宽度不应大于 0.5mm（浮浆裂缝除外）；距离管的插口端 300mm 范围内出现的环向裂缝宽度不应大于 1.5mm；管内表面不得出现长度大于 150mm 的纵向可见裂缝；

3. 管端面混凝土不应有缺料、掉角、孔洞等缺陷。端面应齐平、光滑、并与轴线垂直。

4. 外保护层不得出现空鼓、裂缝及剥落；

(二) 承插式橡胶圈柔性接口施工时应符合下列规定：

1. 清理管道承口内侧、插口外部凹槽等连接部位和橡胶圈；

2. 将橡胶圈套入插口上的凹槽内，保证橡胶圈在凹槽内受力均匀、没有扭曲翻转现象；

3. 用配套的润滑剂涂擦在承口内侧和橡胶圈上，检查涂覆是否完好；

4. 在插口上按要求做好安装标记，以便检查插入是否到位；

5. 接口安装时，将插口一次插入承口内，达到安装标记为止；

6. 安装时接头和管端应保持清洁；

7. 安装就位，放松紧管器具后进行下列检查：

(1) 复核管节的高程和中心线；

(2) 用特定钢尺插入承插口之间检查橡胶圈各部的环向位置，确认橡胶圈在同一深度；

(3) 接口处承口周围不应被胀裂；

(4) 橡胶圈应无脱槽、挤出等现象；

(5) 沿直线安装时，插口端面与承口底部的轴向间隙应大于 5mm。

(四) 现场合拢应符合以下规定：

1. 安装过程中，应严格控制合拢处上、下游管道接装长度、中心位移偏差；

2. 合拢位置宜选择在设有人孔或设备安装孔的配件附近；

3. 不允许在管道转折处合拢；

4. 现场合拢施工焊接不宜在当日高温时段进行。

(五) 管道需曲线铺设时，接口的最大允许偏转角度应符合设计要求。

### 八、硬聚氯乙烯管、聚乙烯管及其复合管安装

(一) 管节及管件的规格、性能应符合国家有关标准的规定和设计要求,进入施工现场时其外观质量应符合下列规定:

1. 不得有影响结构安全、使用功能及接口连接的质量缺陷;
2. 内、外壁光滑、平整,无气泡、无裂纹、无脱皮和严重的冷斑及明显的痕纹、凹陷;
3. 管节不得有异向弯曲,端口应平整;

(二) 管道铺设应符合下列规定:

1. 采用承插式(或套筒式)接口时,宜人工布管且在沟槽内连接;槽深大于3m或管外径大于400mm的管道,宜用非金属绳索兜住管节下管;严禁将管节翻滚抛入槽中;

2. 采用电熔、热熔接口时,宜在沟槽边上将管道分段连接后以弹性铺管法移入沟槽;移入沟槽时,管道表面不得有明显的划痕。

(三) 管道连接应符合下列规定:

1. 承插式柔性连接、套筒(带或套)连接、法兰连接、卡箍连接等方法采用的密封件、套筒件、法兰、紧固件等配套管件,必须由管节生产厂家配套供应;电熔连接、热熔连接应采用专用电器设备、挤出焊接设备和工具进行施工;

2. 管道连接时必须对连接部位、密封件、套筒等配件清理干净,套筒(带或套)连接、法兰连接、卡箍连接用的钢制套筒、法兰、卡箍、螺栓等金属制品应根据现场土质并参照相关标准采取防腐措施;

3. 承插式柔性接口连接宜在当日温度较高时进行,插口端不宜插到承口底部,应留出不小于10mm的伸缩空隙,插入前应在插口端外壁做出插入深度标记;插入完毕后,承插口周围空隙均匀,连接的管道平直;

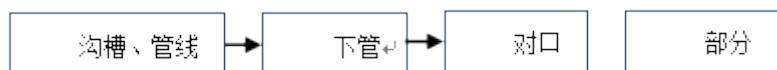
4. 电熔连接、热熔连接、套筒(带或套)连接、法兰连接、卡箍连接应在当日温度较低或接近最低时进行;电熔连接、热熔连接时电热设备的温度控制、时间控制,挤出焊接时对焊接设备的操作等,必须严格按接头的技术指标和设备的操作程序进行;接头处应有沿管节圆周平滑对称的外翻边,内翻边应铲平;

5. 管道与井室宜采用柔性连接,连接方式符合设计要求;设计无要求时,可采用承插管件连接或中介层做法;

6. 管道系统设置的弯头、三通、变径处应采用混凝土支墩或金属卡箍拉杆等技术措施;在消火栓及闸阀的底部应加垫混凝土支墩;非锁紧型承插连接管道,每根管节应有3点以上的固定措施;

7. 安装完的管道中心线及高程调整合格后,即将管底有效支撑角范围用中粗砂回填密实,不得用土或其他材料回填。

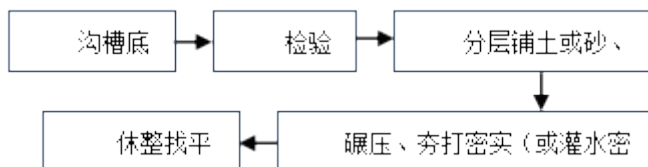
(四) 硬聚氯乙烯管(PVC-U)排水管道安装工艺流程。



## 第五节 沟槽回填

(一) 沟槽回填管道应符合以下规定:

1. 压力管道水压试验前, 除接口外, 管道两侧及管顶以上回填高度不应小于 0.5m; 水压试验合格后, 应及时回填沟槽的其余部分;
2. 无压管道在闭水或闭气试验合格后应及时回填。
3. 沟槽回填施工工艺流程。



(二) 管道沟槽回填应符合下列规定:

1. 沟槽内砖、石、木块等杂物清除干净。
2. 沟槽内不得有积水。
3. 保持降排水系统正常运行, 不得带水回填。

(三) 井室、雨水口及其他附属构筑物周围回填应符合下列规定:

1. 井室周围的回填, 应与管道沟槽回填同时进行; 不便同时进行时, 应留台阶形接茬。
2. 井室周围回填压实时应沿井室中心对称进行, 且不得漏夯。
3. 回填材料压实后应与井壁紧贴。
4. 路面范围内的井室周围, 应采用石灰土、砂、砂砾等材料回填, 其回填宽度不宜小于 400mm。

(四) 严禁在槽壁取土回填。

(五) 除设计有要求外, 回填材料应符合下列规定:

1. 槽底至管顶以上 500mm 范围内, 土中不得含有机物、冻土以及大于 50mm 的砖、石等硬块; 在抹带接口处、防腐绝缘层或电缆周围, 应采用细粒土回填。
2. 冬期回填时管顶以上 500mm 范围以外可均匀掺入冻土, 其数量不得超过填工总体积的 15%, 且冻块尺寸不得超过 100mm。
3. 回填土的含水量, 宜按土类和采用的压实工具控制在最佳含水率  $\pm 2\%$  范围内。

(六) 每层回填土的虚铺厚度, 应根据所采用的压实机具按表 36-3 的规定选取。

表 36-3 每层回填土的虚铺厚度

序号	压实机具	虚铺厚度 (mm)
1	木夯、铁夯	$\leq 200$
2	轻型压实设备	200~250
3	压路机	200~300
4	振动压路机	$\leq 400$

(七) 回填土或其他回填材料运入槽内时不得损伤管道及其接口, 并应符合下列规定:

1. 根据每层虚铺厚度的用量将回填材料运至槽内，且不得在影响压实的范围内堆料。
2. 管道两侧和管顶以上 500mm 范围内的回填材料，应由沟槽两侧对称运入槽内，不得直接回填在管道上；回填其他部位时，应均匀运入槽内，不得集中推入。

3. 需要拌合的回填材料，应在运入槽内前拌合均匀，不得在槽内拌合。

（八）回填作业每层土的压实遍数，按压实度要求、压实工具、虚铺厚度和含水量，应经现场试验确定。

（九）采用重型压实机械压实或较重车辆在回填土上行驶时，管道顶部以上应有一定厚度的压实回填土，其最小厚度应按压实机械的规格和管道的设计承载力，通过计算确定。

（十）软土、湿陷性黄土、膨胀土、冻土等地区的沟槽回填，应符合设计要求和当地工程标准规定。

（十一）刚性管道沟槽回填的压实作业应符合下列规定：

1. 回填压实应逐层进行，且不得损伤管道；
2. 管道两侧和管顶以上 500mm 范围内胸腔夯实，应采用轻型压实机具，管道两侧压实面的高差不应超过 300mm；
3. 管道基础为土弧基础时，应填实管道支撑角范围内腋角部位；压实时，管道两侧应对称进行，且不得使管道位移或损伤；
4. 同一沟槽中有双排或多排管道的基础底面位于同一高程时，管道之间的回填压实应与管道与槽壁之间的回填压实对称进行；
5. 同一沟槽中有双排或多排管道但基础底面的高程不同时，应先回填基础较低的沟槽；回填至较高基础底面高程后，再按上一款规定回填；
6. 分段回填压实时，相邻段的接茬应呈台阶形，且不得漏夯；



沟槽回填土

7. 采用轻型压实设备时，应夯夯相连；采用压路机时，碾压的重叠宽度不得小于 200mm；
8. 采用压路机、振动压路机等压实机械压实时，其行驶速度不得超过 2km / h；



9. 接口工作坑回填时底部凹坑应先回填压实至管底，然后与沟槽同步回填。

(十二) 柔性管道的沟槽回填作业应符合下列规定：

1. 回填前，检查管道有无损伤或变形，有损伤的管道应修复或更换；
2. 管内径大于 800mm 的柔性管道，回填施工时应在管内设有竖向支撑；
3. 管基有效支承角范围应采用中粗砂填充密实，与管壁紧密接触，不得用土或其他材料填充；
4. 管道半径以下回填时应采取防止管道上浮、位移的措施；
5. 管道回填时间宜在一昼夜中气温最低时段，从管道两侧同时回填，同时夯实；
6. 沟槽回填从管底基础部位开始到管顶以上 500mm 范围内，必须采用人工回填；管顶 500mm 以上部位，可用机械从管道轴线两侧同时夯实；每层回填高度应不大于 200mm；
7. 管道位于车行道下，铺设后即修筑路面或管道位于软土地层以及低洼、沼泽、地下水位高地段时，沟槽回填宜先用中、粗砂将管底腋角部位填充密实后，再用中、粗砂分层回填到管顶以上 500mm；
8. 回填作业的现场试验段长度应为一个井段或不少于 50m，因工程因素变化改变回填方式时，应重新进行现场试验。

## 第六节 管道附属构筑物

### 一、一般规定

(一) 给排水管道工程中的各类井室、支墩、雨水口工程。管道工程中涉及的小型抽升泵房及其取水口、排放口构筑物应符合现行国家标准《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141 的有关规定。

(二) 管道附属构筑物的位置、结构类型和构造尺寸等应按设计要求施工。

(三) 管道附属构筑物的基础(包括支墩侧基)应建在原状土上，当原状土地基松软或被扰动时，应按设计要求进行地基处理。

(四) 施工中应采取相应的技术措施，避免管道主体结构与附属构筑物之间产生过大差异沉降，而致使结构开裂、变形、破坏。

(五) 管道接口不得包覆在附属构筑物的结构内部。

### 二、井室

(一) 井室的混凝土基础应与管道基础同时浇筑。

(二) 管道穿过井壁的施工应符合设计要求；设计无要求时应符合下列规定：

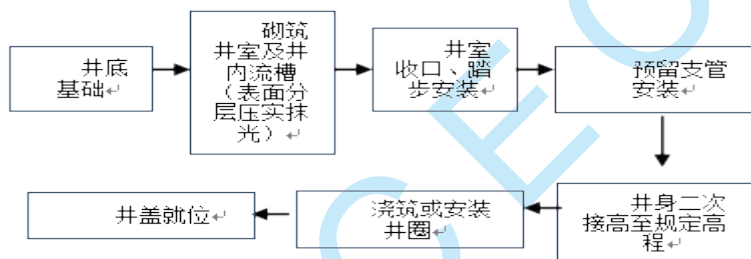
1. 混凝土类管道、金属类无压管道，其管外壁与砌筑井壁洞圈之间为刚性连接时水泥砂浆应坐浆饱满、密实；

2. 金属类压力管道，井壁洞圈应预设套管，管道外壁与套管的间隙应四周均匀一致，其间隙宜采用柔性或半柔性材料填嵌密实；

3. 化学建材管道宜采用中介层法与井壁洞圈连接；
4. 对于现浇混凝土结构井室，井壁洞圈应振捣密实；
5. 排水管道接入检查井时，管口外缘与井内壁平齐；接入管径大于 300mm 时，对于砌筑结构井室应砌砖圈加固。

（三）砌筑结构的井室施工应符合下列规定；

1. 砌筑前砌块应充分湿润；砌筑砂浆配合比符合设计要求，现场拌制应拌合均匀、随用随拌；
2. 排水管道检查井内的流槽，宜与井壁同时进行砌筑；
3. 砌块应垂直砌筑，需收口砌筑时，应按设计要求的位置设置钢筋混凝土梁进行收口；圆形井采用砌块逐层砌筑收口，四面收口时每层收进不应大于 30mm，偏心收口时每层收进不应大于 50mm；
4. 砌块砌筑时，铺浆应饱满，灰浆与砌块四周粘结紧密、不得漏浆，上下砌块应错缝砌筑；
5. 砌筑时应同时安装踏步，踏步安装后在砌筑砂浆未达到规定抗压强度前不得踩踏；
6. 内外井壁应采用水泥砂浆勾缝；有抹面要求时，抹面应分层压实。
7. 砌筑式检查井

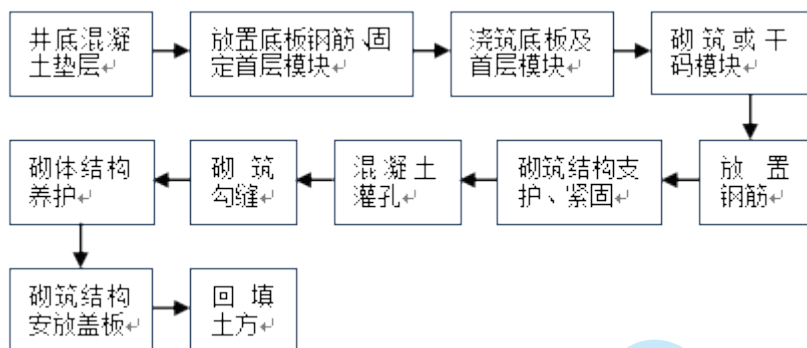


砖砌式检查井

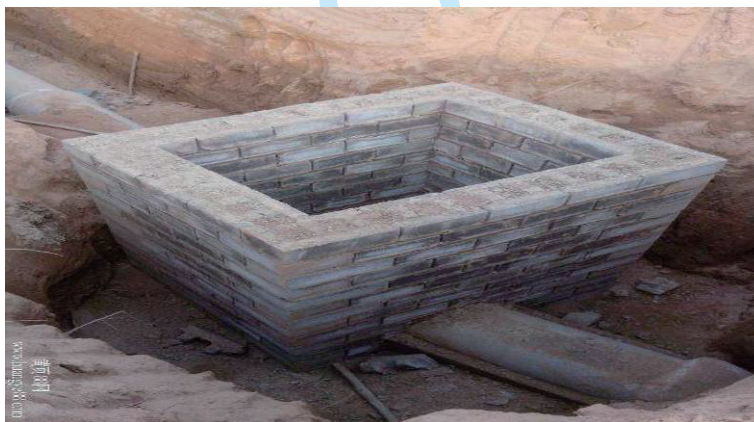
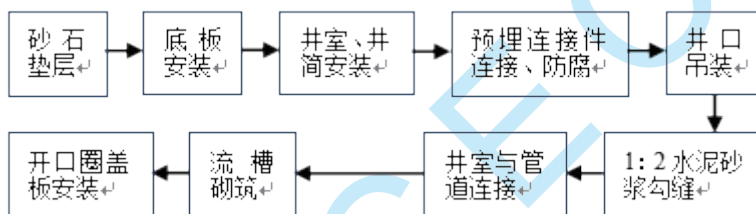
（四）预制装配式结构的井室施工应符合下列规定：

1. 预制构件及其配件经检验符合设计和安装要求；

2. 预制构件装配位置和尺寸正确，安装牢固；
3. 采用水泥砂浆接缝时，企口坐浆与竖缝灌浆应饱满，装配后的接缝砂浆凝结硬化期间应加强养护，并不得受外力碰撞或震动；
4. 设有橡胶密封圈时，胶圈应安装稳固，止水严密可靠；
5. 底板与井室、井室与盖板之间的拼缝，水泥砂浆应填塞严密，抹角光滑平整。
6. 预制混凝土模块式检查井



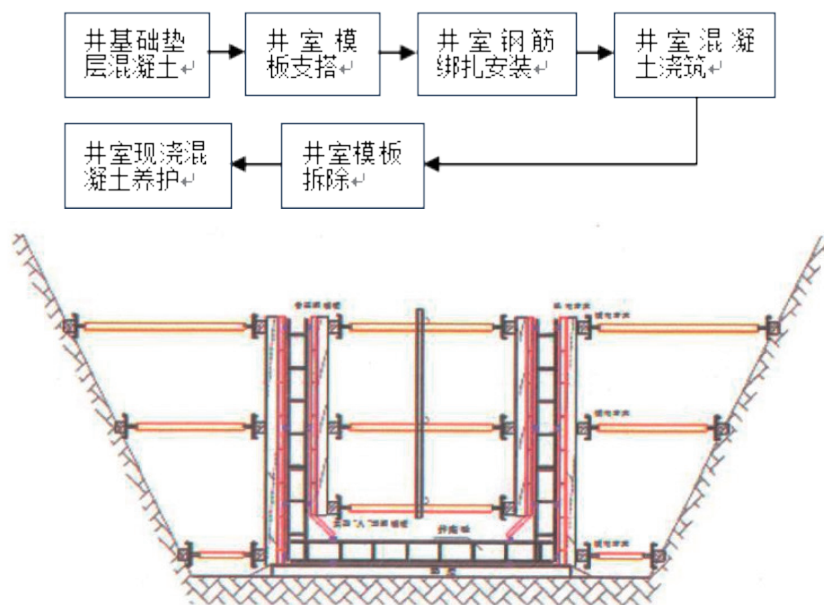
#### 7. 装配式预制钢筋混凝土检查井



预制混凝土模块式检查井施工

（五）现浇钢筋混凝土结构的井室施工应符合下列规定：

1. 浇筑前，钢筋、模板工程经检验合格，混凝土配合比满足设计要求；
2. 振捣密实，无漏振、走模、漏浆等现象；
3. 及时进行养护，强度等级未达设计要求不得受力；
4. 浇筑时应同时安装踏步。踏步安装后在混凝土未达到规定抗压强度前不得踩踏。
5. 现浇混凝土检查井



井身模板支立示意图

(六) 有支、连管接入的井室，应在井室施工的同时安装预留支、连管，预留管的管径、方向、高程应符合设计要求，管与井壁衔接处应严密；排水检查井的预留管管口宜采用低强度砂浆砌筑封口抹平。

(七) 井室施工达到设计高程后，应及时浇筑或安装井圈，井圈应以水泥砂浆坐浆并安放平稳。

(八) 井室内部处理应符合下列规定：

1. 预留孔、预埋件应符合设计和管道施工工艺要求；
2. 排水检查井的流槽表面应平顺、圆滑、光洁，并与上下游管道底部接顺；
3. 透气井及排水落水井、跌水井的工艺尺寸应按设计要求进行施工；
4. 阀门井的井底距承口或法兰盘下缘以及井壁与承口或法兰盘外缘应留有安装作业空间，其尺寸应符合设计要求；
5. 不开槽法施工的管道，工作井作为管道井室使用时，其洞口处理及井内布置应符合设计要求。

(九) 给排水井盖选用的型号、材质应符合设计要求，设计未要求时，宜采用复合材料井盖，行业标志明显；道路上的井室必须使用重型井盖，装配稳固。

### 三、支墩

(一) 管节及管件的支墩和锚定结构位置准确，锚定牢固。钢制锚固件必须采取相应的防腐处理。

(二) 支墩应在坚固的地基上修筑。无原状土作后背墙时，应采取措施保证支墩在受力情况下，不致破坏管道接口。采用砌筑支墩时，原状土与支墩之间应采用砂浆填塞。

(三) 支墩应在管节接口做完、管节位置固定后修筑。

(四) 支墩施工前，应将支墩部位的管节、管件表面清理干净。

(五) 支墩宜采用混凝土浇筑，其强度等级不应低于 C15。采用砌筑结构时，水泥砂浆强度

不应低于 M7.5。

(六) 管节安装过程中的临时固定支架, 应在支墩的砌筑砂浆或混凝土达到规定强度后方可拆除。

(七) 管道及管件支墩施工完毕, 并达到强度要求后方可进行水压试验。

#### 四、雨水口

(一) 雨水口的位置及深度应符合设计要求。

(二) 基础施工应符合下列规定:

1. 开挖雨水口槽及雨水管支管槽, 每侧宜留出 300~500mm 的施工宽度;
2. 槽底应夯实并及时浇筑混凝土基础;
3. 采用预制雨水口时, 基础顶面宜铺设 20~30mm 厚的砂垫层。

(三) 雨水口砌筑应符合下列规定:

1. 管端面在雨水口内的露出长度, 不得大于 20mm, 管端面应完整无破损;
2. 砌筑时, 灰浆应饱满, 随砌、随勾缝、抹面应压实;
3. 雨水口底部应用水泥砂浆抹出雨水口泛水坡;
4. 砌筑完成后雨水口内应保持清洁, 及时加盖, 保证安全。



安全网防护

(四) 预制雨水口安装应牢固, 位置平正。

(五) 雨水口与检查井的连接管的坡度应符合设计要求。

(六) 位于道路下的雨水口、雨水支、连管应根据设计要求浇筑混凝土基础。坐落于道路基层内的雨水支连管应作 C25 级混凝土全包封, 且包封混凝土达到 75% 设计强度前, 不得放行交通。

(七) 井框、井箅应完整无损、安装平稳、牢固。

## 第七节 管道功能性试验

(一) 压力管道应按本规范规定进行压力管道水压试验, 试验分为预试验和主试验阶段; 试验合格的判定依据分为允许压力降值和允许渗水量值, 按设计要求确定: 设计无要求时, 应根据工程实际情况, 选用其中一项值或同时采用两项值作为试验合格的最终判定依据;

(二)无压管道应按本规范规定进行管道的严密性试验,严密性试验分为闭水试验和闭气试验,按设计要求确定;设计无要求时,应根据实际情况选择闭水试验或闭气试验进行管道功能性试验;

(三)压力管道水压试验进行实际渗水量测定时,宜采用注水法。

## 第八节 常见质量通病及分析

### 一、管道位置偏移或积水

测量差错,施工走样和意外的避让原有构筑物,在平面上产生位置偏移,立面上产生积水甚至倒坡现象。预防措施:

(一)施工前要认真按照施工测量规范和规程进行交接桩复测与保护。

(二)施工放样要结合水文地质条件,按照埋置深度和设计要求以及有关规定放样,且必须进行复测检验其误差符合要求后才能交付施工;

(三)施工时要严格按照样桩进行,沟槽和平基要做好轴线和纵坡测量验收。

(四)施工过程中如意外遇到构筑物须避让时,应在适当的位置增设连接井,其间以直线连通,连接井转角应大于 $135^{\circ}$ 。

### 二、管道渗漏水,闭水试验不合格

基础不均匀下沉,管材及其接口施工质量差、闭水段端头封堵不严密、井体施工质量差等原因均可产生漏水现象。

### 二、管道基础条件不良

导致管道和基础出现不均匀沉陷,一般造成局部积水,严重时会出现管道断裂或接口开裂。

(一)认真按设计要求施工,确保管道基础的强度和稳定性。当地基地质水文条件不良时,应进行换土改良处治,以提高基槽底部的承载力。

(二)如果槽底土壤被扰动或受水浸泡,应先挖除松软土层后和超挖部分用杂砂石或碎石等稳定性好的材料回填密实。

(三)地下水位以下开挖土方时,应采取有效措施做好抗槽底部排水降水工作,确保干槽开挖,必要时可在槽坑底预留20cm厚土层,待后续工序施工时随挖随清除。

### 四、管材质量差

存在裂缝或局部砼松散,抗渗能力差,容量产生漏水。

(一)所用管材要有质量部门提供合格证和力学试验报告等资料;

(二)管材外观质量要求表面平整无松散露骨和蜂窝麻面形象;

(三)安装前再次逐节检查,对已发现或有质量疑问的应责令退场或经有效处理后方可使用。

### 五、管接口填料及施工质量差

管道在外力作用下产生破损或接口开裂。

(一)选用质量良好的接口填料并按试验配合比和合理的施工工艺组织施工;



(二) 抹带施工时, 接口缝内要洁净, 必要时应凿毛处理, 再按照施工操作规程认真施工。

## 六、检查井施工质量差

井壁和与其连接管的结合处渗漏。

(一) 检查井砌筑砂浆要饱满, 勾缝全面不遗漏; 抹面前清洁和湿润表面, 抹面时及时压光收浆并养护; 遇有地下水时, 抹面和勾缝应随砌筑及时完成, 不可在回填以后再进行内抹面或内勾缝;

(二) 与检查井连接的管外表面应先湿润且均匀刷一层水泥原浆, 并座浆就位后再做好内外抹面, 以防渗漏。

## 七、规划预留支管封口不密实

(一) 砌堵前应把管口 0.5m 左右范围内的管内壁清洗干净, 涂刷水泥原浆, 同时把所用的砖块润湿备用。

(二) 砌堵砂浆标号应不低于 M7.5, 且具有良好的稠度。

(三) 勾缝和抹面用的水泥砂浆标号不低于 M15. 管径较大时应内外双面较小时只做外单面勾缝或抹面。抹面应按防水的 5 层施工法施工。

(四) 一般情况下, 在检查井砌筑之前进行封砌, 以利保证质量。

## 八、检查井变形、下沉, 构配件质量差

检查井变形和下沉, 井盖质量和安装质量差, 井内爬梯安装随意性太大, 影响外观及其使用质量。

(一) 认真做好检查井的基层和垫层, 破管做流槽的做法, 防止井体下沉。

(二) 检查井砌筑质量应控制好井室和井口中心位置及其高度, 防止井体变形。

(三) 检查井井盖与座要配套; 安装时座浆要饱满; 轻重型号和面底不错用, 铁爬安装要控制好上、下第一步的位置, 偏差不要太大, 平面位置准确。

## 九、回填土沉陷

检查井周边回填不密实, 不按要求分层夯实, 填料质量欠佳、含水量控制不好等原因影响压实效果, 给工后造成过大的沉降。

(一) 预防措施

1. 管槽回填时必须根据回填的部位和施工条件选择合适的填料和压(夯)实机械。如南宁市主干道下的排水等设施的坑槽回填用杂砂石。管槽从胸腔部位填至管顶 30cm, 再灌水振捣至相对密度  $\geq 0.7$ , 实践证明效果很好。

2. 沟槽较窄时可采用人工或蛙式打夯机夯填。不同的填料, 不同的填筑厚度应选用不同的夯压器具, 以取得最经济的压实效果。

3. 填料中的淤泥、树根、草皮及其腐植物既影响压实效果, 又会在土中干缩、腐烂形成孔洞, 这些材料均不可做为填料, 以免引起沉陷。

4. 控制填料含水量大于最佳含水量 2% 左右; 遇地下水或雨后施工必须先排干水再分层随填

随压密实。

(二) 处治措施

1. 不影响其它构筑物的少量沉降可不做处理或只做表面处理，如沥青路面上可采取局部填补以免积水；
2. 如造成其它构筑物基础脱空破坏的，可采用泵压水泥浆填充；
3. 如造成结构破坏的应挖除不良填料，换填稳定性能好的材料，经压实后再恢复损坏的构筑物。

CNCEC



## 第三十七章 热力管道

### 第一节 一般要求

一、工程开工前施工单位应编制施工组织设计、并应经有关单位审批后方可组织施工。对危险性较大的分部分项工程应编制专项施工方案，并经专家论证。

二、物资准备应编制材料、设备 采购供应计划，并应组织进场验收，办理验收手续。工程施工所需的材料及设备应符合设计要求，且应有产品质量合格证明文件。

三、施工前应编制安全技术措施方案和应急预案，并应经有关单位审批通过后方可进行施工。

四、施工现场应根据作业对象及其特点和环境状况，设置安全防护设置。安全防护设施应可靠、完整，警示标志应醒目。施工现场夜场必须设置照明、警示灯和具有反光功能的警示标志。

五、开挖土方前应根据需要设置临时道路和便桥，沟槽周围和临时便桥应设置护栏。在重要路口应分别设置车行便桥和人行便桥，在沟槽两端和交通道口应设置明显的安全标志。

六、现场放线测量应根据城镇平面控制网点和城市水准网点的位置、编号、精度等级及其坐标和高程资料，确定管网施工线位和高程。

七、管线工程施工定线测量应符合下列规定：

- （一）测量应按主线、支线的次序进行；
- （二）管线的起点、终点、各转角点及其他特征点应在地面上定位；
- （三）地上建筑、检查室、支架、补偿器、阀门等的定位可在管线定位后实施。

八、管线定线完成后，应对点位进行顺序编号，起点、终点和中间各转角点的中线桩应进行加固或埋设标石，并应绘点标记。

九、管线转角点应在附近永久性建（构）筑物上标志点位，控制点坐标应做记录。当附近没有永久性工程时，应埋设标石。

十、管线中线定位完成后，应对施工范围的地上障碍物进行核查。对施工图中标出的地下障碍物的位置，应在地面上做标识。

### 第二节 沟槽开挖

一、挖槽以前技术人员认真熟悉施工图纸及有关规范、工艺标准、勘探现场，充分了解挖槽段的土质、地下水、地下构筑物、沟槽附近地上建筑物及施工环境等情况，按设计要求及施工规范确定挖槽断面。合理地选用施工机械，并制定必要的安全措施，以确保施工质量及安全。

二、施工前,与现况地下管线所属相关管理单位联系,采取措施,防止损坏管道。

三、开挖出的渣土如施工现场有条件允许存土,可将好土存放在沟槽边,并堆放整齐,以便回填之用。如土方堆放于槽边,其距槽边净距不得小于 0.5m,堆土高度不得大于 1.5m。如槽边无存土条件,与建设方协商另地暂存,回填时再运回。

四、沟槽开挖中要求沟底内无塌方、积水,如发生超挖或槽底基底扰动,应按以下方法处理:

(一)干槽超挖 150mm 以内,可用原土回填整实,其密度不得低于原地基天然土的密实底。

(二)干槽超挖 150mm 以上,可用石灰土处理,密实底不得低于 95%。

(三)槽底有地下水或地基土壤含水量较大,不适于夯实的,可用天然级配沙石和细砂回填,填沙深度不小于 200mm,由于排水不良导致地基土壤扰动时,可用下列办法处理:

1. 扰动深底 100mm 以内时,可铺河砂处理。

2. 扰动深度在 100 ~ 300mm 时,可铺级配砂石或河砂。填沙深度不小于 100mm。

五、当沟底有不易清除的石块等坚硬物体及凡可能引起不均匀深降的地段,其地基应深挖至设计标高以下 200mm,铺垫沙土或素土并夯实平整。

六、检查井处挖至设计高程后进行钎探,做好钎探记录,验槽合格后进行下道工序的施工。

### 第三节 热力管道安装

一、预制直埋管道及管件在运输、现场存放施工过程中的安全保护应符合下列规定:

(一)不得直接拖拽,不得损坏外护层、端口和端口封闭的端帽;

(二)保温层不得进水,进水后的直埋管和管件应修复后方可使用;

(三)当堆放不得大于 3 层,且高度不得大于 2m。

二、预制直埋管道及管件外护管的划痕深度应符合下列规定,不合格应进行修补:

(一)高密度聚乙烯外护管划痕深度不应大于外护管壁厚的 10%,且不应大于 1mm;

(二)钢制外护管防腐层的划痕深度不应大于防腐层厚度的 20%。

三、预制直埋管道在施工过程中应采取防火措施。远离油脂物,远离火源

四、预制直埋管道安装坡度应与设计一致。当管道安装过程中出现折角或管道折角大于设计值时,应与设计单位确认后再进行安装。

五、当管道中需加装圆筒形收缩端帽或穿墙套袖时,应在管道焊接前将收缩端帽或穿墙套袖套装在管道上。

六、预制直埋管道现场切割后的焊接预留段长度应与原成品管道一致,且应清除表面无污垢。

七、接头保温施工应符合下列规定:

(一)现场保温接头使用的原材料在存放过程中应根据材料特性采取保护措施;

(二)接头保温的结构、保温材料的材质及厚度应与直埋管相同;

(三)接头保温施工应在焊口强度试验合格,且在沟内无积水、非雨天的条件下进行,当雨、



雪天施工应采取防护措施；

（四）接头的保温层应与相接的直埋管保温层衔接紧密，不得有缝隙。

八、当管段被水浸泡时，应清除被浸湿的保温材料后方可进行接头保温。

九、预制直埋管道现场安装完成后，必须对保温材料裸露处进行密封处理。

十、焊接应符合下列规定：

（一）应有负责焊接工艺的焊接技术人员、检查人员和检验人员；

（二）应有符合焊接工艺要求的焊接设备且性能应稳定可靠；

（三）应有保证焊接工程质量达到标准的措施。

十一、当首次使用钢材品种、焊接材料、焊接方法和焊接工艺时，在实施焊接前应进行焊接工艺评定。

十二、实施焊接前应编写焊接工艺方案，并包含以下内容：

（一）管材性能和焊接材料；

（二）焊接方法；

（三）坡口形式及制作方法；

（四）焊接结构形式及外形尺寸；

（五）焊接接头的组对要求及允许偏差；

（六）焊接电流的选择；

（七）焊接质量保证措施；

（八）检验方法及合格标准。

十三、管道两相邻环形焊缝中心之间的距离应大于钢管外径，且不得小于 150mm。

十四、焊接质量检验应按下列次序进行：

（一）对口质量检验；

（二）外观质量检验；

（三）无损探伤检验；

（四）强度和严密性试验。

十五、焊缝应进行 100% 外观质量检验，并应符合下列规定：

（一）焊缝表面应清理干净，焊缝应完整并圆滑过渡，不得有裂纹、气孔、夹渣及融合性飞溅物等缺陷；

（二）焊缝高度不应小于母材表面，并应与母材圆滑过渡；

（三）加强高度不得大于被焊件壁厚的 30%，且应小于或等于 5mm。焊缝宽度应焊出坡口边缘 1.5mm~2.0mm；

（四）咬边深度应小于 0.5mm，且每道焊缝的咬边长度不得大于该焊缝总长的 10%；

（五）表面凹陷深度不得大于 0.5mm，且每道焊缝表面凹陷长度不得大于该焊缝总长的 10%；

(六) 焊缝表面检查完毕后应填写检验报告。

十六、当无损探伤抽样检出不合格焊缝时，对不合格焊缝返修后，并对焊缝重新检测。同一焊缝的返修次数不应大于 2 次。

#### 第四节 除锈防腐

- 一、管道安装完毕，经水压实验合格后，可进行防腐保温工作。
- 二、防腐前对管壁灰尘、油垢、铁锈等杂物除干净。
- 三、防腐油漆按施工规范要求采用无机富锌聚氨酯漆，刷漆时厚度均匀，不得有漏刷欠刷现象。
- 四、管材的除锈防腐按照有关规定进行，已完成的管道不得作为人行道或当作支架使用，损坏的漆膜在下道工序施工时提前进行修补，管道的焊口部位加强防腐并仔细检查。

#### 第五节 保温施工

- 一、直埋管部分，热力管道保温材料采用能耐 150℃ 的改性聚氨酯，保护层采用高密度聚乙烯外皮《高密度聚乙烯外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管》CJ/T114。
- 二、需要保温的管道在固定支架处保温材料接口处各管段保温材料横断面用环氧树脂刷四遍，做隔断保护以防接口处漏水使保温失效。
- 三、施工时在强度水压试验合格后进行，预做保温时将接口焊缝留出，待试压合格后补齐。
- 四、材料及制品的种类、规格、性能符合设计规定，并有产品合格证或性能检测数据。

#### 第六节 检查井施工

- 一、严格控制井室几何尺寸，井室内踏步，安装前刷防锈漆，在砌砖时用砂浆埋固，随砌随安，不许事后凿洞补装，并及时检查踏步上下左右，间距及外露尺寸，确保位置准确无误。
- 二、井室砌筑完成后，及时安装井盖。
- 三、各种附件位于设计道路下，井口高度与路面平。

#### 第七节 回填土施工

- 一、回填工作应在管线结构验收后进行。
- 二、回填密实度标准：回填土密实度应逐层进行测定，符合设计要求，当设计对回填土密实度规定时，应按下列规定执行（图 37.1）。
  1. 胸腔部位：Ⅰ区不应小于 95%；



2. 结构顶上 500mm 范围内，Ⅱ区不应小于 87%；
3. Ⅲ区不应小于 87%，或符合道路、绿地等回填要求。

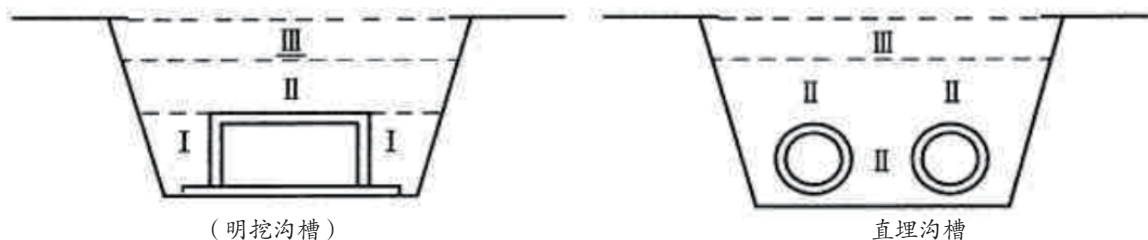


图 37.1 回填土部位划分示意图

三、回填必须符合施工技术规范要求，按规定频率进行回填土的轻、重型击实试验，求得该填料的最佳含水量和最大干密度。回填范围内不得有积水、淤泥。所用填料严禁有垃圾、腐殖物等各杂物。回填必须分层夯实，虚铺厚度 $\geq 30\text{cm}$ ，每层回填完毕，检测合格，方可进行下层回填。

四、直埋保温管管沟回填要求：

- (一) 回填前、直埋管外护层及接头应验收合格，不得破损
- (二) 管道接头工作坑回填可采用水撼沙的方法分层撼实
- (三) 管顶应铺设警示带，警示带距离管道顶不小于 300，且不得铺设在道路基础中
- (四) 回填压实不得影响管道安全，管顶以上 500 范围应采用人工夯实，不得采用动力夯实机或压路机压实，防止破坏管道
- (五) 回填土密实度应分层进行测定，设计无要求时，管道胸腔部位不小于 95%，其他部位不小于 87%。

## 第八节 热力管道功能性试验

一、供热管网工程施工完成后应按设计要求进行强度试验和严密性试验，当设计无要求时应符合下列规定：

(一) 强度试验压力应为 1.5 倍设计压力，且不得小于 0.6MPa；严密性试验压力应为 1.25 倍设计压力，且不得小于 0.6MPa。

(二) 当设备有特殊要求时，试验压力应按产品说明书或根据设备性质确定。

二、试验过程中发现渗漏时，不得带压处理。消除缺陷后，应重新进行试验。

三、清洗前应完成下列工作：

(一) 减压器、疏水器、流量计、滤网、调节阀门、止回阀芯及温度计的插入管等应已拆下并妥善存放，待清洗结束后方可复装。

(二) 不与管道同时清洗的设备、容器及仪表等应隔开或拆除。

(三) 支架的承载力应能承受清洗时的冲击力，必要时经设计核算。

(四) 水力冲洗进水管的截面积不得小于被冲洗管截面积的 50%，排水管截面积不得小于进

水管截面积。

(五) 蒸汽吹洗排气管的管径应按设计计算确定。吹洗口及冲洗箱应已按设计要求加固。

(六) 设备和容器应有单独的排水口。

(七) 清洗使用的其他装置已经安装完成, 并应经检查合格。

四、试运行应在单位工程验收合格、热源具备供热条件后进行。

五、热力站试运行前应符合下列规定:

(一) 供热管网与热用户系统应已具备试运行条件。

(二) 热力站内所有系统和设备应已验收合格。

(三) 热力站内的管道和设备的水压试验及冲洗应已合格。

(四) 软化水系统经调试应已合格后, 并向补给水箱中注入软化水。

六、热水管网和热力站试运行应符合下列规定:

(一) 试运行前应确认关闭全部泄水阀门。

(二) 排水充气, 水满后应关闭放气阀门。

(三) 全线水满后应再次逐个进行放气并确认管内无气体后, 关闭放气阀门。

(四) 试运行开始后, 每隔 1h 应对补偿器及其设备和管路附件等进行检查。

## 第九节 热力管道常见质量通病及分析

### 一、管道基座不牢固

(一) 现象: 混凝土管道支架、支座或地沟底板塌陷, 造成管道拉裂。

(二) 原因: 设计未按实际地质情况提出地基处理要求; 施工中未核对地质情况而盲目施工; 土建未按施工图和施工规范施工。

(三) 防治: 工程放线后应请设计人员踏勘现场; 施工中发现地质情况与设计资料不一致时, 应及时向设计人反映; 施工中加强工序检查, 严格执行施工规范。

### 二、直埋管道的回填土不合格

(一) 现象: 管基过软; 管底局部过硬; 破坏保温层以至伤及管道, 管道接口渗漏; 不均匀沉降改变管道坡度。

(二) 原因: 回填的土源不合格, 有过多的杂物、砖石或冻土块; 对不合格的土源不加处理就回填; 未按设计要求先填砂子后填素土, 未进行分层夯实。

(三) 防治: 选好回填土源, 有杂物、石头和冻块的砂、土应过筛使用; 回填土的施工程序必须符合施工规范的规定, 加强工序检查进行回填土测试。

### 三、卷材防水接头搭接不良

(一) 现象: 接头搭接不良地下水沿着接头缝隙渗入。

(二) 原因: 搭接长度不符合要求; 接头处粘结不牢。



(三) 防治: 对第一种情况应在铺贴前, 事先进行丈量, 并按规范要求留出搭接长度, 划好线, 铺贴时按所划线铺贴。对第二种情况要注意使卷材接头处保持清洁干燥, 不要受到污染, 搭接时要注意满铺胶料, 收头时用力压铺, 将胶挤出, 挤出的胶用刮板刮平。

#### 四、防水层空鼓

(一) 原因: 基层潮湿、不平整、不清洁, 操作时刷油不均、铺贴时用力不均。

(二) 防治: 施工前一定要将基层处理干净, 铺贴时要顺一个方向滚压, 以排除残存空气; 对已经出现的空鼓要将空鼓部分剪掉, 加铺卷材或玻璃丝布, 使其补贴密实。

#### 五、刚性防水局部表面渗水

(一) 原因: 不按规定操作, 基面不平整, 分层不均、摸压不实等。

(二) 防治: 操作时尤其要注意第一遍素水泥浆, 要分两次抹压, 第一层要反复刮抹使之填充基层的空隙, 并与基层结合牢固。在第一遍素浆初凝时, 抹第一层水泥砂浆, 用铁抹子反复揉压, 在不破坏素灰层的情况下使两层牢固结合; 第一遍收压砂浆层表面要粗毛, 第二遍收压表面要细毛砂浆层密实强度高不起砂, 要严格控制水灰比。

#### 六、错边

(一) 现象: 外表面不在同一平面, 焊缝高度不一致。

(二) 原因: 焊前准备工作没有做好, 操作马虎, 对口不直, 下料端面倾斜, 管料扁圆。

(三) 防治: 要求工人在操作时对口要仔细找正, 下料切割细心, 时时检查管材质量, 焊接过程中应精心操作, 管口四周先点焊固定, 再进行下步操作。

#### 七、焊缝外观不良

(一) 现象: 焊缝表面凹凸不平, 宽窄不匀。

(二) 原因: 焊工操作不当, 运条速度掌握不一致, 收弧过快或过慢, 焊接参数选择不合适等都可以造成以上现象。

(三) 防治: 操作时要选择合适的焊接参数, 要求焊工精心操作, 仔细清渣后精心补焊一层。

#### 八、咬边

(一) 现象: 焊缝与钢管交界处烧成缺口没有得到熔化金属的补充。

(二) 原因: 如果焊接电流过大, 电弧太长或操作不熟练, 坡口打磨不均匀, 就可以造成以上现象。

(三) 防治: 作时要注意首先要选用合适的电流, 避免电流过大; 电焊工操作时电弧不能拉得过长, 控制好焊条的角度和运弧方法, 焊接区域应打磨干净, 坡口打磨均匀。

#### 九、支架安装质量问题

(一) 支架间距过大或过近

1. 原因: 安装前未按设计给定的固定支架位置排定支架位置, 安装中随意设置。

2. 防治: 安装单位的技术部门必须作出支架布置方案, 安装中依此加强检查。

(二) 活动支架安装未预留偏移量

1. 现象: 支座式管道支架滑动量过大, 容易滑出支座钢板或卡在支座钢板上, 限制管道热伸缩, 甚至造成拉动支座或拉弯管道。支架式管道吊架长期在大角度下承力, 易拉扭支架梁, 破坏支架根部。

2. 原因: 主要是没意识到预留偏移量的重要性。

3. 防治: 认真研究管道热膨胀情况, 分析各个支架处的热膨胀量, 设计中不要遗漏对此问题的考虑, 在图纸会审和编制施工方案中要分析由热膨胀引起的位移情况, 必要时作出预留偏移量的指令, 并认真落实。

### (三) 支架构造或材料规格不符合要求

1. 现象: 支架构造不利于管道伸缩; 支梁压在地沟墙上的做法不当而压裂墙体; 支架规格偏小, 缩短工作年限等。

2. 原因: 设计未给定或指定支架图纸; 安装单位的技术部门未在施工方案中对管道支架作出具体规定; 安装人员只拿现场有的材料做支架, 又无检查把关等。

3. 防治: 设计一定要指定所选用的支架图纸或提供支架标准图; 施工单位的技术部门必须要在施工方案中编入选用的支架构造和支架规格表, 并注明使用部位, 要经技术主管审批同意方可遵照安装; 质量检查部门应严格检查把关。

## 十、管道不直、阀门设备歪斜

(一) 原因: 沟槽不平整, 坡度不符合要求, 管道对接错边, 管道断面加工不垂直; 兰安装倾斜, 不垂直, 法兰螺孔位置不对; 补偿器预先安装。

(二) 防治: 沟底垫层施工时按要求铺垫, 管道对口找正, 管道端口加工平整; 法兰安装时用拐尺找正, 分上下左右几点焊, 防止焊接时热应力拉偏, 螺孔位置按压力等情况找正; 补偿器必须待管道安装完成固定后, 再截取同长段管段进行补偿器安装。

## 十一、保温管道外护、阀门设备损伤

(一) 原因: 由于对原材料保管不善, 造成进场保温管、设备、阀门等表面破损、划伤。

(二) 防治: 根据其产品质量特性, 要求分类保管, 保温管堆放地点, 地面要清扫干净, 管道下面铺设枕木或沙袋, 支撑物要使用专门木墩, 不得使用石块、砖块等尖锐硬物品。



## 第三十八章 天然气管道

### 第一节 基本概念

#### 一、天然气长输管道

将天然气(包括气田气、油田气、页岩气等)从开采地或处理厂输送到城市配气中心或工业企业用户的管道,又称输气管道。

利用管道输送天然气是陆地上大量输送天然气的唯一方式。

#### 二、长输管道的构成

天然气长输管道由线路管线、线路阀室(阀门)和场站构成。

##### (一) 线路管线

##### 1. 线路管线分类

分为集气管道和输气管道,均由钢管经电焊连接而成,目前所使用的钢管有无缝钢管、螺旋钢管、直缝钢管等。

##### 2. 集输管道的横断面结构

复杂的为内涂层-钢管-外绝缘层-保温层;简单的则只有钢管和外绝缘层,内壁涂层及保温层视不同的输气工艺而定。

##### 3. 管道特点

3.1 输气管道系统是个连续封闭输送系统;

3.2 从输送、储存到用户使用,天然气均处于带压状态;

3.3 用于输送的天然气比重小,静压远小于液体,因此在高差小于200m时,静压可忽略不计,线路几乎不受高差影响;

3.4 不存在液体管道的水击伤害;

3.5 发生事故的危害性大,波及范围广,管道一旦破裂,释放能量大,撕裂长度较长,排出的天然气如遇明火,易酿成火灾。

##### 4. 钢管的连接

钢管的连接方式有卡扣连接、丝扣连接、法兰连接和电焊连接等。天然气长输管道一般采用电焊连接方式。

电焊是焊条电弧的俗称。利用焊条通过电弧高温融化金属部件需要连接的地方而实现的一种焊接操作。

具体焊接方式待焊接工艺评定合格后确定,一般有电弧焊(手弧焊、埋弧焊、钨极气体保护电

弧焊、等离子弧焊、熔化极气体保护电弧焊、管状焊丝电弧焊), 电阻焊, 高能束焊等。

### 5. 管道防腐

钢管在地下埋设会受到电化学腐蚀, 因此在管线上必须采取防腐措施 ( 外壁防腐材料及阴极保护 ) 外壁防腐材料在过去使用沥青 + 玻纤布裹缠 (4 油 3 布 ) 的方式进行, 随着现代工业技术的提高, 现在天然气输送钢管一般都采用 PE 防腐, 根据埋设的地段不同, 防腐等级有所不同。焊口防腐常见的有冷缠带、沥青玻纤布和热缩套几种方式。

阴极保护有两种方式: 牺牲阳极和外加电流阴极保护。

### (二) 线路阀室 ( 阀门 )

1. 线路阀室主要有截断阀室及分输阀室。截断阀室主要起到线路截断的作用。在发生险情或有特殊需要时, 截断险情点两端的气流, 使之中间管段的气体排空以后进行修补。

2. 阀门根据不同的需要有闸阀、截止阀、节流阀、旋塞阀、球阀、电动阀、隔膜阀、止回阀、安全阀、减压阀、蒸汽疏水阀和紧急切断阀等 12 类。天然气长输管道截断阀一般使用球阀达到截流目的。

### (三) 线路场站

线路场站分为首站、压气站、中间气体接收站、中间气体分输站、末站、清管站。

## 第二节 施工作业带清理及施工便道修筑

### 一、施工作业带清理

(一) 施工作业带占地宽度应执行设计规定穿越或跨越河流、沟渠、公路、铁路, 地下水丰富和管沟挖深超过 5m 的地段及拖管车调头处, 可根据实际需要, 适当增加占地宽度。山区非机械化施工及人工凿岩地段可根据地形、地貌条件酌情减少占地宽度。

施工作业带占地宽度如设计无规定时, 一般地段可按下列公式 ( 图 38.1 ) 计算:

$$A=B+2h/i$$

$$B=D_m+K$$

$$C=(1.5\sim 2)A \cdot h$$

$$L=C+1.0+A+y+D_m+14$$

$$=C+A+y+D_m+15$$

式中: A——管沟上口宽 (m);

B——管沟底宽 (m);

H——管沟深度 (m);

I——坡度;

Y——安全距离 (m) ( 按表 9.1.6 取值 );

D<sub>m</sub>——钢管的结构外径 ( 包括防腐、保温层的厚度 ) (m);

- K——沟底加宽余量 (m);  
 C——土堆宽度 (m);  
 L——作业带宽度 (m);  
 1.5~2——系数, 根据现场土质确定。

(二) 在施工作业范围内, 对于影响施工机具通行或施工作业的石块、杂草、树木应清理干净, 沟、坎应予以平整, 有积水的地势低洼地段应排水。施工作业带清理时, 应注意对土地的保护, 减少或防止产生水土流失, 应尽量减少破坏地表植被。

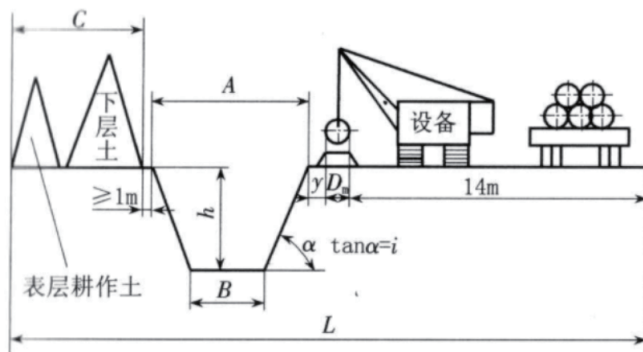


图 38.1 施工作业带横断面布置图

(三) 清理和平整施工作业带时, 应注意保护标志桩, 如果损坏应立即恢复。

(四) 施工作业带通过不允许堵截的沟渠, 应采取铺设足够流量的过水管、搭设便桥等措施。

## 二、施工便道修筑

(一) 施工便道应平坦, 并具有足够的承载力, 应保证施工车辆和设备的行驶安全, 施工便道的宽度应大于 4m, 并与公路平缓接通, 每 2km 宜设置一个会车处, 弯道和会车处的路面宽度宜大于 10m, 弯道的转弯半径宜大于 18m。

(二) 施工便道经过小河沟渠时, 应根据现场情况决定是否修筑临时性桥涵和加固桥涵, 桥涵的承载能力应满足运管及设备搬迁的要求。

(三) 在沼泽、水田、沙黄等地区修筑施工便道时, 应采取加强路基的措墙。

(四) 施工便道经过埋设较浅的地下管道、线缆、沟渠等地下构筑物或设施时, 应采取保护措施。

(五) 陡坡地带施工便道修筑宜进行降坡处理或宜采取修“Z”字路学措期。

## 第三节 材料、防腐管的运输和保管

### 一、装卸

(一) 管子装卸应使用不损伤管口的专用吊具, 双联管吊装时应使用扁担式吊具。弯管应采取吊管带装卸, 不得损伤防腐层。

(二) 所有施工机具和设备在行车、吊装、装卸过程中, 其任何部位与架空电力线路的安全距离应符合表 38-2 的规定。

表 38-2 施工机具和设备与架空电力线路安全距离

电力线路电压 (V)	1~35	60	110	220	330	n
安全距离 (m)	>3	>5.1	>5.6	>6.7	>7.8	>0.01 (n-50) +5

## 二、运输

(一) 管子的运输应符合交通部门的有关规定。拖车与驾驶室之间应设置止推挡板, 立柱应牢固。

(二) 装车前, 应核对管子的防腐等级、材质、壁厚, 不宜将不同防腐等级、材质、壁厚的管子混装。

(三) 运输防腐管时, 应捆扎牢固, 应对防腐层采取保护措施。防腐管与车架或立柱之间、防腐管之间、防腐管与捆扎绳之间应设置橡皮板或其他软质材料衬垫。捆扎绳外应套橡胶管或其他软质管套。弯管运输应采取特殊的措施。

(四) 阀门宜原包装运输, 并固定牢固。

(五) 运至现场的防腐管, 应由施工单位逐根检查验收, 办理交接手续。

## 三、保管

(一) 管子、管件、阀门、涂料及其他设备材料应按产品说明书的要求妥善保管, 存放过程中应注意检查, 以防锈蚀、变形、老化或性能下降。

(二) 玻璃布、塑料布、聚乙烯、环氧粉末、焊材、热收缩套等材料应存放在库房中, 其中环氧粉末、焊材应存放在通风干燥的库房, 焊条长期存放时的相对湿度不宜超过 60%。

(三) 管子、管件、阀门、沥青等材料或设备可以分类露天存放, 存放场地应平整、无石块, 地面不得积水。存放场地应保持 1% ~2% 的坡度, 并设有排水沟。应在存放场地内修筑汽车与吊车进出场的道路, 场地上方应无架空电力线。易燃、易爆物品的库房应按有关标准配备消防灭火器材。

(四) 防腐管应同向分层码垛堆放, 堆放高度应保证管子不失稳变形、不损坏防腐层。不同规格、材质的防腐钢管应分开堆放。每层防腐管之间应垫放软垫, 最下层的管子下宜铺垫两排枕木或砂袋, 管子距地面的距离应大于 50mm。为保证管垛的稳定, 最下一层的防腐管应用楔子固定。

(五) 阀门宜原包装存放, 存放时应采取防水措施。

(六) 沥青宜存放在铺有水泥砂浆地面的场地上, 场地周围宜设置围墙 (栏), 天气炎热时宜搭凉棚。

## 第四节 布管及现场坡口加工

### 一、布管

(一) 应按设计图纸规定的钢管材质、规格和防腐层等级布管。布管前宜测量管口周长、直径, 以便匹配对口。



(二) 堆管场地应平坦, 无石块、积水和坚硬根茎等损伤防腐层的物体。宜在防腐管下面垫上两条条形土埂及砂袋等袋状物。

(三) 堆管的位置应远离架空电力线, 并尽量靠近管线。管堆之间的距离不宜超过 500m。

(四) 沟上布管前应铺(筑)管墩, 每根管子下面应设置 1 个管墩。平原地区管墩的高度宜为 0.4~0.5m, 山区应根据地形变化设置。宜用袋装软体物质作为管墩。

(五) 沟上布管时, 管与管首尾相接处宜错开一个管径, 以方便管内清扫、坡口清理及起吊。吊管机布管吊运时, 宜单根管吊运。进行双根或多根管吊运时, 应采取有效的防护措施, 以防损伤防腐层。

(六) 沟上布管及组装焊接时, 管道的边缘至管沟边缘应保持一定的安全距离, 其值应符合表 38-3 的规定。

表 38-3 管道边缘与管沟边缘的安全距离 y

土囊类别	干燥硬实土	潮湿软土
y (m)	≥ 1.0	≥ 1.5

管墩中心(组装管道中心)至管沟中心(线路中心)的距离应按下式计算:

$$S \geq D_m + K/2 + a + y$$

$$a = h/i$$

式中: S——管墩(组装管线)中心至管沟(线路)中心的距离(m);

$D_m$ ——钢管的结构外径(m);

K——沟底加宽余量(m)(按表 35-4 取值);

a——管沟边坡的水平投影距离(m);

H——沟深(m);

I——边坡坡度(按表 35-3 取值);

y——安全距离(m)(按表 38-3 取值)。

(七) 沟下布管, 管子首尾应留有 100mm 左右的距离, 并将管子首尾错开摆放。

(八) 坡地布管时, 应采取措施, 防止滚管和滑管。

## 二、现场坡口加工

(一) 当采用复合型坡口时, 坡口加工宜在施工现场进行, 坡口加工应采用坡口机。连头处可采用机械或火焰切割。

(二) 坡口加工前应根据《焊接工艺规程》编制《坡口加工作业指导书》。严格按照《焊接工艺规程》规定的坡口型式加工并检查坡口。

(三) 管端坡口如有机械加工形成的内卷边, 应用锉刀或电动砂轮机清除整平。

## 第五节 管口组队、焊接及验收

### 一、管口组队与焊接

(一) 管口组对的坡口型式应符合设计文件和焊接工艺规程的规定。当无规定时, 对接接头的坡口型式应符合下列规定:

1. 等壁厚对焊管端标准坡口  $T < 12\text{mm}$  时, 坡口型式见图 38.2(a)。
2. 等壁厚对焊管端标准坡口  $12\text{mm} \leq T < 21\text{mm}$  时, 坡口型式见图 38.2(b)。
3. 等壁厚对焊管端标准坡口  $T > 21\text{mm}$  时, 坡口型式见图 38.2(c)。

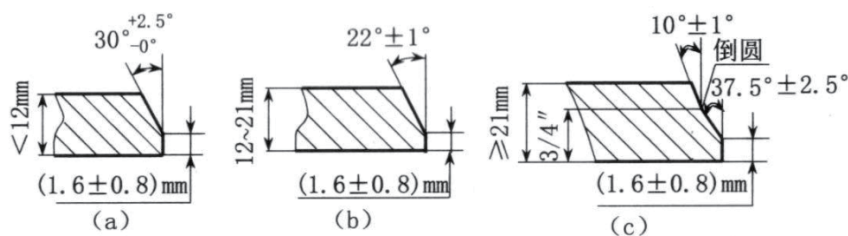


图 38.2 对接接头的坡口形式

4. 不等壁厚对焊管端宜增加过渡段并应平滑过渡。

(二) 管道组队应符合表 38-4 的规定

表 38-4 管道组队规定

序号	检查项目	规定要求
1	管内清扫	无污物
2	管口清理 (10mm 以内) 和修口	管口完好无损, 无铁锈、油污、油漆、毛刺
3	管端螺旋焊缝或直缝余高打磨	端部 10mm 范围内余高打磨掉, 并平缓过渡
4	两管口螺旋焊缝或直缝间距	错开间距 $\geq 100\text{mm}$
5	错口和错口矫正要求	当壁厚 $\leq 14\text{mm}$ 时, 不大于 1.6mm 当壁厚 $14\text{mm} \leq t \leq 17\text{mm}$ 时, 不大于 2mm 当壁厚 $17\text{mm} < t \leq 21\text{mm}$ 时, 不大于 2.2mm 当壁厚 $21\text{mm} < t \leq 26\text{mm}$ 时, 不大于 2.5mm 当壁厚 $t > 26\text{mm}$ 时, 不大于 3mm, 局部错边均不大于 3mm, 错边沿四周均匀分布
6	钢管短节长度	不应小于管子外径值, 且不应小于 0.5m
7	管子对接偏差	不得大于 $3^\circ$

(三) 焊接材料要求

1. 焊条应无破损、发霉、油污、锈蚀; 焊丝应无锈蚀和折弯; 焊剂应无变质现象; 保护气体的纯度和干燥度应满足焊接工艺规程的要求。

2. 低氢型焊条焊前应烘干, 烘干温度为  $350 \sim 400^\circ\text{C}$ , 恒温时间为 1~2h, 烘干后应在  $100 \sim 150^\circ\text{C}$  条件下保存。焊接时应随用随取, 并放入焊条保温筒内, 但时间不宜超过 4h。当天未用完的焊条应回收存放, 重新烘干后首先使用。重新烘干的次数不得超过两次。

3. 未受潮情况下, 纤维素焊条不需烘干。受潮后, 纤维素焊条烘干温度应为  $80 \sim 100^\circ\text{C}$ , 烘干时间为 0.5~1h。

4. 在焊接过程中, 如出现焊条药皮发红、燃烧或严重偏弧时, 应立即更换焊条。

(四) 焊接过程中, 对于管材和防腐层保护应符合下列要求:

1. 施焊时不应在坡口以外的管壁上引弧。
2. 焊机地线与管子连接应采用专用卡具, 应防止地线与管壁产生电弧而烧伤管材。



3. 对于环氧粉末防腐管, 焊前应在焊缝两端的管口缠绕一周宽度为 0.8m 的保护层, 以防焊接飞溅灼伤。

(五) 使用对口器应符合下列要求:

1. 按照焊接工艺规程的要求选用对口器, 应优先选用内对口器。
2. 使用内对口器时, 应在根焊完成后拆卸和移动对口器, 移动对口器时, 管子应保持平衡。
3. 使用外对口器时, 在根焊完成不少于管周长 50% 后方可拆卸, 所完成的根焊应分为多段, 且均匀分布。

(六) 焊前预热应符合下列要求:

1. 有预热要求时, 应根据焊接工艺规程规定的温度进行焊前预热。
2. 当焊接两种具有不同预热要求的材料时, 应以预热温度要求较高的材料为准。
3. 预热宽度应为坡口两侧各 50mm, 应使用测温蜡笔、热电偶温度计、红外线测温仪等测温工具测量。

4. 管口应均匀加热。

(七) 管道焊接应符合下列规定:

1. 管道焊条电弧焊时, 宜采用下向焊。
2. 根焊完成后, 应修磨清理根焊道。
3. 焊道接头点, 应进行打磨, 相邻两层的接头点不得重叠, 应错开 30mm 以上。
4. 各焊道宜连续焊接, 焊接过程中, 应控制层间温度。
5. 填充焊应有足够的焊层, 盖面焊后, 完成焊缝的横断面应在整个焊口上均匀一致。
6. 层间焊道上的焊渣, 在下一步焊接前应清除干净。
7. 在焊接作业中, 焊工应对自己所焊的焊道进行自检和修补工作。每处修补长度不小于 30mm。
8. 在焊接作业时, 根据气候条件, 可使用防风棚。
9. 使用的焊条(丝)直径、焊接极性、电流、电压、焊接速度等应符合焊接工艺规程的要求。

(八) 焊口焊完后应清除表面焊渣和飞溅。

(九) 对需要后热或热处理的焊缠, 应按焊接工艺规程的规定进行后热和热处理。

(十) 每日下班前应将管线端部管口临时封堵好, 防止异物进入。沟下焊管线还应注意防水。

(十一) 焊口应有标志, 焊口标志可由焊工或流水作业焊工组的代号及他们所完成焊口的数量等组成, 标志可用记号笔写在距焊口(油、气流动方向下游)1m 处防腐层表面, 并同时做好焊接记录。

## 二、焊缝的检验与验收

(一) 焊缝应先进行外观检查, 外观检查合格后方可进行无损检测。焊缝外观检查应符合下列规定:

1. 焊缝外观成型均匀一致, 焊维及其热影响区表面上不得有裂纹、未熔合、气孔、夹渣、飞溅、

夹具焊点等缺陷。

2. 焊缝表面不应低于母材表面, 焊缠余高一般不应超过 2m, 局部不得超过 3m 余高超过 3m 时, 应进行打磨, 打磨后应与母材圆滑过渡, 但不得伤及母材。

3. 焊缝表面宽度每侧应比坡口表面宽 0.5~2m。

4. 咬边的最大尺寸应符合表 38-5 中的规定。

表 38-5 咬边的最大尺寸

深度	长度
大于 0.8 或大于 12.5% 管壁厚, 取二者中较小值	任何长度均不合格
在 0.6~12.5% 的管壁厚间, 或大于 0.4mm 取二者中较小值	在焊缝任何 300mm。连续长度上不超过 50mm 或焊缝长度的 1/6, 取二者中较小值
小于等于 0.4mm 或小于等于 6% 的管壁厚, 取二者中的较小值	任何长度均合格

5. 电弧烧痕应打磨掉, 打磨后应不使剩下的管壁厚度减少到小于材料标准允许的最小厚度。否则, 应将含有电弧烧痕的这部分管子整段切除。

(二) 无损检测应符合国家现行标准《石油天然气钢质管道无损检测》SY/T 4109 的规定, 射线检测及超声波检测的合格等级应符合下列规定:

1. 输油管道设计压力小于或等于 6.4MPa 时合格级别为 II 级; 设计压力大于 6.4MPa 时合格级别为 I 级。

2. 输气管道设计压力小于或等于 4MPa 时, 一、二级地区管道合格级别为 II 级; 三、四级地区管道合格级别为 II 级; 设计压力大于 4MPa 时合格级别为 II 级。

(三) 输油管道的检测比例应符合下列规定:

1. 无损检测首选射线检测和超声波检测。

2. 采用射线检测检验时, 应对焊工当天所焊不少于 15% 的焊缝全周长进行射线检测。

3. 采用超声波检测时, 应对焊工当天所焊焊缝的全部进行检查, 并对其 5% 环焊缝的全周长用射线检测复查。

4. 对通过居民区、工矿企业和穿(跨)越大中型水域、一、二级公路、铁路、隧道的管道环焊缝, 以及所有碰死口焊缝, 应进行 100% 超声波检测和射线检测。

(四) 输气管道的检测比例应符合下列规定:

1. 所有焊接接头应进行全周长 100% 无损检测。射线检测和超声波检测是首选无损检测方法。焊缝表面缺陷可进行磁粉或液体渗透检测。

2. 当采用超声波对焊缝进行无损检测时, 应采用射线检测对所选取的焊缝全周长进行复验, 其复验数量为每个焊工或流水作业焊工组当天完成的全部焊缝中任意选取不小于下列数目的焊缝进行:

一级地区中焊缝的 5%;

二级地区中焊缝的 10%;

三级地区中焊缝的 15%;



四级地区中焊缝的 20%。

3. 穿(跨)越水域、公路、铁路的管道焊缝,弯头与直管段焊缝以及未经试压的管道碰死口焊缝,均应进行 100% 超声波检测和射线检测。

(五)射线检测复验、抽查中,有一个焊口不合格,应对该焊工或流水作业焊工组在该日或该检查段中焊接的焊口加倍检查,如再有不合格的焊口,则对其余的焊口逐个进行射线检测。

(六)管道采用全自动焊时,宜采用全自动超声波检测,检测比例应为 100%,可不进行射线探伤复查。全自动超声波检测的合格标准应符合国家现行标准《石油天然气钢质管道对接环焊缝全自动超声波检测》SY/T0327 的规定。

(七)焊缝返修,应符合下列规定:

1. 焊道中出现的非裂纹性缺陷,可直接返修。若返修工艺不同于原始焊道的焊接工艺,或返修是在原来的返修位置进行时,必须使用评定合格的返修焊接工艺规程。

2. 当裂纹长度小于焊缝长度的 8% 时,应使用评定合格的返修焊接规程进行返修。当裂纹长度大于 8% 时所有带裂纹的焊缝必须从管线上切除。

3. 焊缝在同一部位的返修,不得超过 2 次。根部只允许返修 1 次,否则应将该焊缝切除。返修后,按原标准检测。

## 第六节 管道防腐和保温

一、钢管、弯管、弯头的防腐和保温,现场防腐补口、补伤施工应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。管道常用的内外壁防腐层、内涂层及保温应符合下列有关规定:

(一)石油沥青防腐层应符合国家现行标准《埋地钢质管道石油沥青防腐层技术标准》SY/T 0420 的规定;

(二)硬质聚氨酯泡沫塑料防腐保温层应符合国家现行标准《埋地钢质管道硬质聚氨酯泡沫塑料防腐保温层技术标准》SY/T 0415 的规定;

(三)环氧煤沥青防腐层应符合国家现行标准《埋地钢质管道环氧煤沥青防腐层技术标准》SY/T0447 的规定;

(四)聚乙烯防腐层应符合国家现行标准《埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准》SY/T 0413 的规定;

(五)聚乙烯胶粘带防腐层应符合国家现行标准《钢质管道聚乙烯胶粘带防腐层技术标准》SY/T0414 的规定;

(六)熔结环氧粉末外涂层应符合国家现行标准《钢质管道单层熔结环氧粉末外涂层技术规范》SY/T 0315 的规定;

(七)熔结环氧粉末内防腐层应符合国家现行标准《钢质管道熔结环氧粉末内涂层技术标准》SY/T 0442 的规定;

(八) 液体环氧涂料内涂层应符合国家现行标准《钢质管道液体环氧徐料内防腐层技术标准》SY/T 0457 的规定；

(九) 管口预处理应符合国家现行标准《涂装前钢材表面预处理规范》SY/T0407 的规定。

(十) 高温直埋应符合国家现行标准《直埋式钢质高温管道保温预制施工验收规范》S7/T 0324 的规定。

二、防腐层的外表面应平整，无漏涂、褶皱、流淌、气泡和针孔等缺陷；防腐层应能有效地附着在金属表面；聚乙烯热收缩套（带）、聚乙烯冷缠粘胶带，以及双组分环氧粉末补伤液、补伤热熔棒等补口、补伤材料应按其生产厂家使用说明的要求施工。

三、管道锚固墩、穿越段管道、阴极保护测试线焊接处的防腐，应在检查合格后方可进行下一道工序。阴极保护测试线焊接处的防腐材料应与管道防腐层相匹配并与测试线外皮粘接良好。

四、管道出、入土的防腐层应高出地面 100mm 以上，应在地面交界处的管外采取包覆热收缩套或其他防护性措施。热收缩套搭接处应平缓，无破损和漏点。

## 第七节 管道下沟及回填

### 一、管道下沟

(一) 管线的焊接、无损检测、补口完成后，应尽快下沟。一个作业（机组）施工段，沟上放置管道的连续长度不宜超过 10km。

(二) 下沟前，应复查管沟深度，清除沟内塌方、石块、积水、冰雪等有损防腐层的异物。石方或戈壁段管沟，应预先在沟底垫 200mm 厚细土，石方段细土的最大粒径不得超过 10mm，戈壁段细土的最大粒径小得超过 20mm，对于山区石方段管沟宜用袋装土做垫层。

(三) 管道下沟宜使用吊管机，严禁使用推土机或撬杠等非起重机具。吊具宜使用尼龙吊带或橡胶辊轮吊篮，严禁直接使用钢丝绳。起吊点距管道环焊缝距离不应小于 2m。起吊高度以 1m 为宜。吊管机使用数量不宜少于 3 台。吊点间距应符合表 38-6 的规定：

表 38-6 管道下沟吊点间距

钢管公称直径（mm）	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000
允许最大间距（m）	6	9	12	13	15	16	17	18	19	21	23	24	25	26

(四) 管道下沟前，应使用电火花检漏仪检查管道防腐层，如有破损或针孔应及时修补，检测电压应符合设计或现行有关标准的规定。

(五) 管道下沟时，应注意避免与沟壁挂碰，必要时应在沟壁突出位置垫上木板或草袋，以防止擦伤防腐层。管道应放置到管沟中心位置，距沟中心线的偏差应小于 250mm。管子应与沟底妥帖结合，局部悬空应用细土填塞。

(六) 管道下沟时，应由专人统一指挥作业。下沟作业段的沟内不得有人，应采取切实有效的措施防止管道滚沟。



(七) 管道下沟后应对管顶标高进行复测, 在竖向曲线段应对曲线的始点、中点和终点进行测量。

## 二、管沟回填

(一) 一般地段管道下沟后应在 10d 内回填。回填前, 如沟内积水无法完全排除, 在完成回填时, 应使管子不致浮离沟底。山区易冲刷地段、高水位地段、人口稠密区及雨期施工等应立即回填。

(二) 耕作土地段的管沟应分层回填, 应将表面耕作土置于最上层。

(三) 管沟回填前宜将阴极保护测试引线焊好并引出地面, 或预留出位置暂不回填。

(四) 管道下沟后, 石方段管沟细土应回填至管顶上方 300mm。细土的最大粒径不应超过 10mm。然后回填原土石方, 但石头的最大粒径不得超过 250mm; 戈壁段管沟, 细土可回填至管顶上方 100mm。细土的最大粒径不应超过 20mm; 黄土地段管沟回填应按设计要求做好垫层及夯实; 陡坡地段管沟回填宜采取袋装土分段回填。回填土应平整密实。

(五) 下沟管道的端部, 应留出 30m 管段暂不回填。

(六) 管沟回填土宜高出地面 0.3m 以上, 覆土应与管沟中心线一致, 其宽度为管沟上开口宽度, 并应做成有规则的外形。管道最小覆土层厚度应符合设计要求。

(七) 沿线施工时破坏的挡水墙、田埂、排水沟、便道等地面设施应按原貌恢复。

(八) 设计上有特殊要求的地貌恢复, 应根据设计要求恢复。

(九) 浅挖深埋土堤敷设时, 应根据设计要求施工。

(十) 回填后可能遭受洪水冲刷或浸泡的管沟, 应采取压实管沟、引流或压砂袋等防冲刷、防管道漂浮的措施。

(十一) 管沟回填土自然沉降密实后 (一般地段自然沉降宜 30d 后, 沼泽地段及地下水位高的地段自然沉降宜 7d 后), 应对管道防腐层进行地面检漏, 符合设计规定为合格。

## 第八节 管道穿(跨)越工程及同沟敷设

### 一、管道穿(跨)越工程

(一) 管道穿(跨)越工程的施工及验收应分别符合国家现行标准《石油天然气管道穿越工程施工及验收规范》SY/T4079 和《石油天然气管道跨越工程施工及验收规范》SY 0470 的规定。

(二) 采用套管穿越的管道, 应在输送管穿入套管前, 按设计要求安装牺牲阳极。安装后, 测量管道电位是否达到保护电位要求。输送管的绝缘支撑架应安装牢固, 绝缘垫位置正确。绝缘支撑架不得与阳极相连。

(三) 输送管穿入套管前, 应进行隐蔽工程检查, 套管内的污物应清扫干净。输送管防腐层检漏合格后方可穿入套管内, 穿入后用检测仪器检测套管与输送管之间的绝缘电阻, 其值应大于 2MΩ。检测合格后应按设计要求封堵套管的两端口。

### 二、穿越地下管、缆

(一) 管道穿越其他埋地管道、线缆时, 应按国家有关规定和相关要求及设计要求对其进行保护, 不得损坏被穿越的这些设施。

(二) 管道穿越其他地下管道时, 其净距不宜小于 0.3m。如果受到条件限制, 净距达不到 0.3m 时, 两管间应设置坚固的绝缘隔离物。

(三) 管道与线缆交叉时, 其净距不宜小于 0.5m。

(四) 管道与其他构筑物端点之间, 净距应不小于 0.3m。

(五) 管道与非金属管的最小净距应为 50mm。

### 三、管道同沟敷设

(一) 埋地输油管道同其他用途的管道同沟敷设时, 采用联合阴极保护的管道之间的距离, 应根据施工和维修的需要确定, 其最小净距不应小于 0.5m。

(二) 管道与光缆同沟敷设时, 其最小净距 (指两断面垂直投影的净距) 不应小于 0.3m。

## 第九节 管道清管、测径及试压

### 一、一般规定

(一) 油、气长输管道在下沟回填后应清管和试压, 清管和试压应分段进行。

(二) 穿 (跨) 越大中型河流、铁路、二级及以上公路、高速公路的管段应单独进行试压。

(三) 分段试压合格后, 连接各管段的连头焊缝应进行 100% 超声波检测和射线检测, 不再进行试压。经单独试压的线路截断阀及其他设备可不与管线一同试压。

(四) 试压中如有泄漏, 应泄压后修补。修补合格后应重新试压。

(五) 管道清管、测径、试压施工前, 应编制施工方案, 制定安全措施, 并充分考虑施工人员及附近公众与设施安全。清管、测径、试压作业应统一指挥, 并配备必要的交通工具、通信及医疗救护设备。

(六) 试压介质的选用应符合下列规定:

1. 输油管道试压介质应采用水, 在人烟稀少、寒冷、严重缺水地区, 可酌情采用气体作为试压介质, 但管材必须满足止裂要求。试压时必须采取防爆安全措施。

2. 输气管道位于一、二级地区的管段可采用气体或水作试压介质。

3. 输气管道位于三、四级地区的管段应采用水作试压介质。

4. 管道水压试验水质应符合设计要求。

(七) 穿 (跨) 越大中型河流、铁路、二级以上公路、高速公路的管段应单独进行试压

### 二、清管、测径

(一) 分段试压前, 应采用清管球 (器) 进行清管, 清管次数不应少于两次, 以开口端不再排出杂物为合格。

(二) 分段清管应设临时清管器收发装置, 清管器接收装置应选择在地势较高且 50m 内没有



建筑物和人口的区域内，并应设置警示装置。

(三) 清管球充水后直径过盈量应为管内径的 5%~8%。

(四) 清管前，应确认清管段内的线路截断阀处于全开状态。

(五) 清管时的最大压力不得超过管线设计压力。

(六) 清管器应适用于管线弯管的曲率半径。

(七) 如清管合格后需进行测径，测径宜采用铝质测径板，直径为试压段中最大壁厚钢管或者弯头内径的 90%，当测径板通过管段后，无变形、褶皱为合格。

### 三、水压试验

(一) 水压试验应符合现行国家标准《液体石油管道压力试验》GB/T 16805 的有关规定。

(二) 分段水压试验的管段长度不宜超过 35km，试压管段的高差不宜超过 30m；当管段高差超过 30m 时，应根据该段的纵断面图，计算管道低点的静水压力，核算管道低点试压时所承受的环向应力，其值一般不应大于管材最低屈服强度的 0.9 倍，对特殊地段经设计允许，其值最大不得大于 0.95 倍。试验压力值的测量应以管道最高点测出的压力值为准，管道最低点的压力值应为试验压力与管道液位高差静压之和。

(三) 试压充水宜加入隔离球，以防止空气存于管内，隔离球可在试压后取出。应避免在管线高点开孔排气。

(四) 输油管道分段水压试验时的压力值、稳压时间及合格标准应符合表 38-6 的规定。

表 38-6 输油管道水压试验压力值、稳压时间及合格标准

分类		强度试验	严密性试验
输油管道一般地段	压力值 (MPa)	1.25 倍设计压力	设计压力
	稳压时间 (h)	4	24
输油管道大中型穿(跨)越及管道通过人口稠密区	压力值 (MPa)	1.5 倍设计压力	设计压力
	稳压时间 (h)	4	24
合格标准		无泄漏	压降不大于 1% 试验压力值，且不大于 0.1MPa

(五) 输气管道分段水压试验时的压力值、稳压时间及合格标准应符合表 38-7 的规定。

表 38-7 输气管道水压试验压力值、稳压时间及合格标准

分类		强度试验	严密性试验
一级地区输气管道	压力值 (MPa)	1.1 倍设计压力	设计压力
	稳压时间 (h)	4	24
二级地区输气管道	压力值 (MPa)	1.25 倍设计压力	设计压力
	稳压时间 (h)	4	24
三级地区输气管道	压力值 (MPa)	1.4 倍设计压力	设计压力
	稳压时间 (h)	4	24
四级地区输气管道	压力值 (MPa)	1.5 倍设计压力	设计压力
	稳压时间 (h)	4	24
合格标准		无泄漏	压降不大于 1% 试验压力值，且不大于 0.1MPa

(六) 架空输气官道 采用水压试验前，应核鼻官道及其支撑结构的强度，必要时应临时加固，防止官道及支撑结构受力变形。

(七) 试压宜在环境温度 5℃ 以上进行, 否则应采取防冻措施。

(八) 试压合格后, 应将管段内积水清扫干净。清扫出的污物应排放到规定区域。清扫以不再排出游离水为合格。如合同约定输气管道需深度清管, 合格标准为连续两个泡沫清管器含水量不大于 1.5DN/1000kg。

#### 四、气压试验

(一) 压分段试压长度不宜超过 18km。

(二) 试压用的压力表应经过校验, 并应在有效期内。压力表精度应不低于 1.5 级, 量程为被测最大压力的 1.5~2 倍, 表盘直径不应小于 150mm, 最小刻度应能显示 0.05MPa。试压时的压力表应不少于 2 块, 分别安装在试压管段的两端。稳压时间应在管段两端压力平衡后开始计算。试压管段的两端应各安装 1 支温度计, 且避免阳光直射, 温度计的最小刻度应小于或等于 1℃。

(三) 试压装置, 包括阀门和管道应经过试压检验后方能使用。现场开孔和焊接应符合压力容器制造、安装有关标准的规定。

(四) 压时的升压速度不宜过快, 压力应缓慢上升, 每小时升压不得超过 1MPa。当压力升至 0.3 倍和 0.6 倍强度试验压力时, 应分别停止升压, 稳压 30min, 并检查系统有无异常情况, 如无异常情况, 继续升压。

(五) 检漏人员在现场查漏时, 管道的环向应力不应超过钢材规定的最低屈服强度的 20%; 在管道的环向应力首次开始从钢材规定的最低屈服强度的 50% 提升到最高试验压力, 直到又降至设计压力为止的时间内, 试压区域内严禁有非试压人员, 试压巡检人员亦应与管线保持 6m 以上的距离。距试压设备和试压段管线 50m 以内为试压区域。

(六) 油、气管道分段气压试验的压力值、稳压时间及合格标准应符合表 38-8 的规定。

表 38-8 气压试验压力值、稳压时间及合格标准

分类		强度试验	严密性试验
输油管道	压力值 (MPa)	1.1 倍设计压力	设计压力
	稳压时间 (h)	4	24
一级地区输气管道	压力值 (MPa)	1.1 倍设计压力	设计压力
	稳压时间 (h)	4	24
二级地区输气管道	压力值 (MPa)	1.25 倍设计压力	设计压力
	稳压时间 (h)	4	24
合格标准		无泄漏	压降不大于 1% 试验压力值, 且不大于 0.1MPa

(七) 气体排放口, 不得设置在人口稠密区、公共设施集中区域。

### 第十节 工程交工验收

一、施工单位按合同规定的范围完成全部工程项目后, 应及时与建设单位办理交工手续。

二、工程交工验收前, 建设单位应对油气长输管道工程进行检查, 确认下列内容:

(一) 施工范围和内容符合合同规定。



(二) 工程质量符合设计文件及本规范的规定。

三、工程交工验收前，施工单位应向建设单位提交下列主要技术文件：

- (一) 管道敷设竣工图，单独的穿(跨)越工程竣工图；
- (二) 设计修改及材料代用文件；
- (三) 施工联络单；
- (四) 材料、管件、设备出厂质量证明书、合格证，以及设备(图纸)说明书；
- (五) 后热及热处理报告；
- (六) 管沟开挖检查验收记录；
- (七) 冷弯管制作记录；
- (八) 管道埋深抽查记录；
- (九) 管道焊接记录；
- (十) 防腐保温工程检验报告；
- (十一) 无损检测报告；
- (十二) 管道隐蔽工程记录；
- (十三) 管道清管测径报告；
- (十四) 管道试压报告；
- (十五) 输气管道干燥报告；
- (十六) 阴极保护装置验收报告；
- (十七) 穿(跨)越河流、铁路、公路工程验收报告；
- (十八) 阀门试压报告；
- (十九) 三桩埋设统计表；
- (二十) 线路保护构筑物竣工报告；
- (二十一) 埋地管道防腐层地面检漏报告；
- (二十二) 管道竣工测量成果表；
- (二十三) 工程质量评定报告。

四、工程交接验收时确因客观条件限制未能全部完成的工程，在不影响安全试运的条件下，经建设单位同意，可办理工程交接验收手续，但遗留工程必须限期完成。

## 第十一节 输气管道干燥及管道接头

### 一、输气管道干燥

(一) 输气管道试压、清管结束后应进行干燥。

(二) 干燥方法可采用吸水性泡沫清管塞反复吸附，注入甲醇、甘醇类吸湿剂清洗，干燥气体(压缩空气或氮气等)吹扫，真空蒸发等上述一种或几种方法的组合。应因地制宜、技术可行、经济合

理、方便操作、对环境的影响最小。

(三) 干燥验收应符合下列规定：

1. 当采用吸湿剂时，干燥后管道末端排出的混合液中，甲醇、甘醇类吸湿剂含量的质量百分比大于 80% 为合格。

2. 当采用干燥气体吹扫时，可在管道末端配置水露点分析仪，干燥后排出气体水露点值宜连续 4h 比管道输送条件下最低环境温度至少低 5℃、变化幅度不大于 3℃ 为合格。

3. 当采用真空法时，选用的真空表精度不小于 1 级，干燥后管道内气体水露点宜连续 4h 低于 -15℃ 为合格。

(四) 管道干燥结束后，如果没有立即投入运行，宜充入干燥氮气，保持管内为微正压密封，防止外界湿气重新进入管道，否则应重新进行干燥。

## 二、管道接头

(一) 管道连头所用钢管、弯管等材料材质、壁厚、防腐层、内涂层应符合设计要求。

(二) 连头处沟壁应坚实，地质不良时应加设防护装置。应避免连头处设在曲线段，连头处应设人行安全通道。作业面应平整、清洁、无积水，沟底比设计深度加深 500~800mm。

(三) 现场切割防腐管采用复合型坡口时，坡口加工宜在施工现场进行，坡口加工应采用坡口机。连头处可采用机械或火焰切割。

(四) 吊装时，吊具必须固定牢靠，应设专人指挥、监护以确保施工安全。

(五) 管道转角连头时，应根据管沟开挖测量成果表中该处的实际转角角度，计算出切线长和弧长，并进行实地复测，选择弯管。

(六) 下料时应考虑热胀冷缩量，连头时应采用外对口器对口，不得强行组对。连头组装焊接应尽快完成。

(七) 连头焊接完毕，应进行焊缝外观检查并进行 100% 超声波检测和射线检测。

