

**Q/CR**

中国铁路总公司企业标准

**P**

**Q/CR 9602—2015**

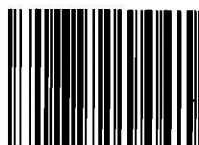
# 高速铁路路基工程施工技术规程

Technical Specification for Construction of High Speed

Railway Earth Structure Engineering

**2015-02-16 发布**

**2015-06-01 实施**



151134381

定 价：35.00 元

中国铁路总公司 发布

中国铁路总公司企业标准  
**高速铁路路基工程施工技术规程**  
Q/CR 9602—2015

\*

中国铁道出版社出版发行  
(100054,北京市西城区右安门西街8号)  
出版社网址:<http://www.tdpress.com>  
北京新魏印刷厂印

开本:850 mm×1 168 mm 1/32 印张:6.5 字数:162 千  
2015年5月第1版 2015年5月第1次印刷

书号:15113·4381 定价:35.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社发行部联系调换。

发行部电话:路(021)73174,市(010)51873174

中国铁路总公司关于印发  
**《高速铁路路基工程施工技术规程》  
等16项建设标准的通知**

铁总建设〔2015〕80号

现将《高速铁路路基工程施工技术规程》(Q/CR 9602—2015)、《铁路路基填筑工程连续压实控制技术规程》(Q/CR 9210—2015)、《铁路路基工程施工机械配置技术规程》(Q/CR 9224—2015)、《铁路混凝土拌和站机械配置技术规程》(Q/CR 9223—2015)、《铁路桥梁工程施工机械配置技术规程》(Q/CR 9225—2015)、《铁路钢桥制造规范》(Q/CR 9211—2015)、《铁路桥梁钻孔桩施工技术规程》(Q/CR 9212—2015)、《高速铁路桥涵工程施工技术规程》(Q/CR 9603—2015)、《高速铁路隧道工程施工技术规程》(Q/CR 9604—2015)、《铁路隧道超前地质预报技术规程》(Q/CR 9217—2015)、《铁路隧道监控量测技术规程》(Q/CR 9218—2015)、《铁路隧道施工抢险救援指南》(Q/CR 9219—2015)、《铁路隧道工程施工机械配置技术规程》(Q/CR 9226—2015)、《铁路建设项目现场管理规范》(Q/CR 9202—2015)、《铁路建设项目工程试验室管理标准》(Q/CR 9204—2015)、《铁路工程试验表格》(Q/CR 9205—2015)等16项建设标准印发给你们,自2015年6月1日起施行。

原铁道部印发的《高速铁路路基工程施工技术指南》(铁建设〔2010〕241号)、《铁路路基填筑工程连续压实控制技术规程》(TB 10108—2011)、《铁路路基工程施工机械配置指导意见》(铁建设

[2012]113号)、《铁路混凝土拌和站机械配置指导意见》(铁建设[2012]113号)、《铁路桥梁施工机械配置指导意见》(铁建设[2010]125号)、《铁路钢桥制造规范》(TB 10212—2009)、《铁路桥梁钻孔桩施工技术指南》(TZ 322—2010)、《高速铁路桥涵工程施工技术指南》(铁建设[2010]241号)、《高速铁路隧道工程施工技术指南》(铁建设[2010]241号)、《铁路隧道超前地质预报技术指南》(铁建设[2008]105号)、《铁路隧道监控量测技术规程》(TB 10121—2007)、《铁路隧道施工抢险救援指导意见》(铁建设[2010]88号)、《铁路隧道施工机械配置的指导意见》(铁建设函[2008]777号)、《铁路建设项目现场管理规范》(TB 10441—2008)、《铁路建设项目工程试验室管理标准》(TB 10442—2009)、《铁路工程试验表格》(铁建设函[2009]27号)等16项标准同时停止执行。

16项建设标准由中国铁路总公司建设管理部负责解释,单行本由经规院、中国铁道出版社组织出版发行。

中国铁路总公司

2015年2月16日

## 前 言

本规程是根据构建中国铁路总公司铁路工程建设标准体系要求,在原铁道部《高速铁路路基工程施工技术指南》(铁建设[2010]241号)(简称《指南》,下同)的基础上修编而成。

本规程在编制过程中,与现行国家、行业标准和铁路总公司相关标准进行了协调;调整了原《指南》中不符合中国铁路总公司铁路建设项目特点和要求的有关内容;吸纳了原《指南》发布后,在高速铁路路基工程建设和运营中的实践经验;配套修改了标准动态管理工作中对相关标准已作的局部修订内容,为铁路工程建设施工质量和安全提供技术支撑。

本规程共分为16章,主要包括:总则、基本规定、施工准备、施工测量、地基处理、路堤、路堑、过渡段、路基变形观测及评估、支挡结构、边坡防护、路基防排水、路基相关工程及设施、特殊环境施工、环境保护及竣工验收。

本规程主要修订内容如下:

1. 总则中补充了降水敏感区抽取地下水、路基工程施工机械配置、植物防护施工和养护的要求。

2. 地基处理章节补充了冲击碾压和柱锤冲扩桩相关内容,并增加振冲碎石桩、水泥砂浆桩、多向搅拌桩等相关内容;删除了重锤夯实相关内容。

3. 路堤章节补充了路堤施工前应进行填料复查试验以及寒区施工填料细颗粒含量、排水等要求。

4. 路堑章节补充了路堑开挖至基床换填底面标高时,应核对地质状况、检测地基强度等内容。

5. 过渡段章节补充了过渡段排水相关内容。

6. 路基变形观测及评估章节补充了沉降变形自动监测的原则要求内容。

7. 边坡防护章节补充了护坡骨架嵌入深度要求以及锚杆位置精度要求。

8. 路基相关工程及设施章节删除了端刺基坑的相关内容,并修改完善了防护栅栏的内容。

9. 特殊环境施工章节补充了季节性冻土地区路基施工的内容。

在执行本规程过程中,希望各单位结合工程实践,认真总结经验,积累资料。如发现需要修改和补充之处,请及时将意见和有关资料寄交中铁四局集团有限公司(安徽省合肥市望江东路 96 号,邮政编码:230023),并抄送中国铁路经济规划研究院(北京市海淀区北蜂窝路乙 29 号,邮政编码:100038),供今后修订时参考。

本规程由中国铁路总公司建设管理部负责解释。

主编单位:中铁四局集团有限公司。

参编单位:中铁二局集团有限公司、中铁十二局集团有限公司、中铁二院工程集团有限责任公司。

主要起草人:何贤军、周诗广、张宏斌、郭宏坤、胡建、吴波、魏永幸、王传越、梁超、彭宏伟、万国平、覃国俊、万伟明、李文华、黄直久、张晓波、庞应刚、厉鹏、王俊华、陈济州、赵年全、田辉。

主要审查人:苏全利、顾湘生、李海光、彭泽仁、肖金凤、唐红、阚宏明、叶阳升、史存林、朱瑞龙、李怒放、杨常所、李安洪、吴连海、宋晓东、尤昌龙、王亚宁。

## 目次

|                   |    |
|-------------------|----|
| 1 总 则 .....       | 1  |
| 2 基本规定 .....      | 4  |
| 2.1 一般规定 .....    | 4  |
| 2.2 建设单位 .....    | 5  |
| 2.3 勘察设计单位 .....  | 6  |
| 2.4 施工单位 .....    | 6  |
| 2.5 监理单位 .....    | 7  |
| 3 施工准备 .....      | 8  |
| 3.1 一般规定 .....    | 8  |
| 3.2 施工调查 .....    | 9  |
| 3.3 施工图核对 .....   | 9  |
| 3.4 施工方案 .....    | 10 |
| 3.5 施工作业指导书 ..... | 11 |
| 3.6 施工技术交底 .....  | 12 |
| 3.7 其 他 .....     | 14 |
| 4 施工测量 .....      | 16 |
| 4.1 一般规定 .....    | 16 |
| 4.2 施工复测 .....    | 16 |
| 4.3 施工放样 .....    | 17 |
| 4.4 竣工测量 .....    | 18 |
| 5 地基处理 .....      | 20 |
| 5.1 一般规定 .....    | 20 |

|      |               |    |
|------|---------------|----|
| 5.2  | 原地面处理         | 21 |
| 5.3  | 换 填           | 22 |
| 5.4  | 砂(碎石)垫层       | 22 |
| 5.5  | 冲击(振动)碾压      | 24 |
| 5.6  | 强夯及强夯置换       | 26 |
| 5.7  | 袋装砂井          | 28 |
| 5.8  | 塑料排水板         | 30 |
| 5.9  | 真空预压          | 32 |
| 5.10 | 堆载预压          | 34 |
| 5.11 | 砂(碎石)桩        | 34 |
| 5.12 | 灰土(水泥土)挤密桩    | 37 |
| 5.13 | 柱锤冲扩桩         | 40 |
| 5.14 | 搅 拌 桩         | 42 |
| 5.15 | 旋 喷 桩         | 44 |
| 5.16 | 水泥粉煤灰碎石(CFG)桩 | 47 |
| 5.17 | 混凝土预制桩        | 51 |
| 5.18 | 混凝土灌注桩        | 54 |
| 5.19 | 桩 帽           | 56 |
| 5.20 | 桩板结构          | 57 |
| 5.21 | 筏 板           | 61 |
| 5.22 | 岩溶、洞穴处理       | 62 |
| 6    | 路 堤           | 66 |
| 6.1  | 一般规定          | 66 |
| 6.2  | 填 料           | 68 |
| 6.3  | 填筑工艺试验        | 75 |
| 6.4  | 基床以下路堤填筑      | 76 |
| 6.5  | 基床底层填筑        | 78 |

|      |                   |     |
|------|-------------------|-----|
| 6.6  | 基床表层填筑            | 79  |
| 6.7  | 改良土填筑             | 81  |
| 6.8  | 加筋土填筑             | 84  |
| 6.9  | 路堤边坡整形            | 85  |
| 7    | 路 堑               | 86  |
| 7.1  | 一般规定              | 86  |
| 7.2  | 路堑开挖              | 87  |
| 7.3  | 路堑基床              | 88  |
| 7.4  | 半填半挖路基            | 88  |
| 7.5  | 爆 破               | 89  |
| 8    | 过 渡 段             | 90  |
| 8.1  | 一般规定              | 90  |
| 8.2  | 基床表层以下过渡段级配碎石填料填筑 | 91  |
| 8.3  | 基床表层以下过渡段两侧及锥体填土  | 92  |
| 8.4  | 过渡段基床表层级配碎石填料填筑   | 93  |
| 8.5  | 过渡段混凝土施工          | 93  |
| 9    | 路基变形观测及评估         | 95  |
| 9.1  | 一般规定              | 95  |
| 9.2  | 观测装置设置及保护         | 98  |
| 9.3  | 数据采集与整理           | 99  |
| 9.4  | 沉降预测及评估           | 99  |
| 10   | 支挡结构              | 101 |
| 10.1 | 一般规定              | 101 |
| 10.2 | 重力式挡土墙            | 103 |
| 10.3 | 短卸荷板式挡土墙          | 105 |
| 10.4 | 悬臂式和扶壁式挡土墙        | 107 |
| 10.5 | 锚杆挡土墙             | 109 |

|       |             |     |
|-------|-------------|-----|
| 10.6  | 锚定板挡土墙      | 112 |
| 10.7  | 加筋土挡土墙      | 113 |
| 10.8  | 土钉墙         | 117 |
| 10.9  | 抗滑桩         | 122 |
| 10.10 | 桩板式挡土墙      | 123 |
| 10.11 | 预应力锚索       | 125 |
| 11    | 边坡防护        | 130 |
| 11.1  | 一般规定        | 130 |
| 11.2  | 植物防护        | 131 |
| 11.3  | 预制件及现浇混凝土防护 | 132 |
| 11.4  | 锚杆(锚索)框架梁防护 | 133 |
| 12    | 路基防排水       | 135 |
| 12.1  | 一般规定        | 135 |
| 12.2  | 地面防排水       | 136 |
| 12.3  | 地下防排水       | 137 |
| 12.4  | 路基横向防排水     | 141 |
| 12.5  | 过渡段防排水      | 142 |
| 13    | 路基相关工程及设施   | 144 |
| 13.1  | 一般规定        | 144 |
| 13.2  | 电缆槽(井)      | 144 |
| 13.3  | 接触网支柱基础     | 146 |
| 13.4  | 声屏障基础       | 147 |
| 13.5  | 综合接地、预埋管线   | 148 |
| 13.6  | 检查设施        | 150 |
| 13.7  | 防护栅栏        | 151 |
| 13.8  | 取土场         | 152 |
| 13.9  | 弃土场         | 152 |

|      |                      |     |
|------|----------------------|-----|
| 14   | 特殊环境施工               | 154 |
| 14.1 | 一般规定                 | 154 |
| 14.2 | 雨季施工                 | 154 |
| 14.3 | 低温施工                 | 155 |
| 14.4 | 浸水路堤施工               | 156 |
| 14.5 | 风沙地区路基施工             | 156 |
| 14.6 | 季节性冻土地地区路基施工         | 157 |
| 15   | 环境保护                 | 159 |
| 15.1 | 一般规定                 | 159 |
| 15.2 | 水土保持                 | 159 |
| 15.3 | 污染防治                 | 160 |
| 16   | 竣工验收                 | 162 |
| 16.1 | 一般规定                 | 162 |
| 16.2 | 单位工程验收               | 162 |
| 16.3 | 静态验收                 | 163 |
| 16.4 | 动态验收                 | 163 |
|      | 本规程用词说明              | 165 |
|      | 《高速铁路路基工程施工技术规程》条文说明 | 166 |

## 1 总 则

**1.0.1** 为指导高速铁路路基工程施工,统一主要技术要求,加强施工管理,保证工程质量,制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于高速铁路路基工程施工。城际铁路隧道工程施工应参照执行。

**1.0.3** 高速铁路路基工程施工必须执行国家法律法规及相关技术标准,严格按照设计文件施工,满足工程结构安全、耐久性能及系统使用功能要求,保证设计使用年限内正常运营。

**1.0.4** 高速铁路路基工程施工应从管理制度、人员配备、现场管理和过程控制四个方面加强标准化管理,采用机械化、工厂化、专业化、信息化等先进的施工管理手段,实现质量、安全、工期、投资效益、环境保护、技术创新等建设目标。

**1.0.5** 高速铁路路基工程施工应重视地质核查,做好地基处理、填料生产供应及压实成型、过渡段处理、支挡结构、边坡防护及防排水、变形观测评估、接口工程等关键环节的施工。

**1.0.6** 高速铁路路基工程施工应加强现场管理,严格施工工序,根据工艺流程合理划分施工段落,提高文明施工水平。

**1.0.7** 高速铁路路基工程施工应结合现场实际情况,通过风险计划、风险辨识、风险评估、风险评价和风险控制等程序,做好风险管理工作,并制定专项施工方案和应急预案。

**1.0.8** 高速铁路路基工程施工涉及文物古迹时,应立刻停止作业上报有关部门并做好现场保护工作,严格按文物保护单位批准的保护措施进行施工。

**1.0.9** 高速铁路路基工程施工应根据国家节约资源、节约能源、减少排放等相关法规和技术标准,结合工程特点、施工环境编制并

实施工程施工节能减排技术方案。

**1.0.10** 高速铁路路基工程施工应根据批准的指导性施工组织设计编制实施性施工组织设计和作业指导书。

**1.0.11** 高速铁路软土、松软土、岩溶、湿陷性黄土、膨胀土等特殊土路基工程应作为控制工程组织施工。对沉降时间要求较长的路段,应优先安排施工,确保预压时间满足设计要求。

**1.0.12** 防排水工程是高速铁路路基工程的重要组成部分,应加强施工全过程管理,及时做好防、排水工程。

**1.0.13** 高速铁路路基工程在降水敏感区域进行抽取地下水作业时,应采取有效的防护措施,确保路基结构沉降满足设计要求。

**1.0.14** 修筑于路基上的电缆槽、接触网支柱基础、声屏障基础、预埋管线等工程项目应与路基同步协调施工,不应损坏或危及路基的稳定和安全。

**1.0.15** 高速铁路路基工程施工机械配置应符合《铁路路基工程施工机械配置技术规程》Q/CR 9224 的相关要求。

**1.0.16** 高速铁路路基工程施工采用的主要设备和器材,应符合国家、行业和中国铁路总公司现行有关标准、准入规定以及设计要求。

**1.0.17** 高速铁路路基工程应加强施工过程的安全管理和监控,对于高陡边坡、地质不良地段、邻近营业线或营业线施工等危险性较大的路基工程应编制专项施工方案,并按有关规定经审批后实施。

**1.0.18** 高速铁路路基工程在营业线施工及有可能影响营业线运行安全的施工,必须严格执行有关营业线安全管理规定的规定。

**1.0.19** 高速铁路路基植物防护施工应与主体同步施工,合理安排验收时机,其施工和养护管理应符合《铁路工程绿色通道建设指南》(铁总建设〔2013〕94号)的相关要求。

**1.0.20** 高速铁路路基工程施工中,应重视对农田水利和环境的保护,节约用地,少占耕地,临时占用的土地应及时做好复垦工作。

**1.0.21** 高速铁路路基工程施工的各类人员应经过专门培训,合格后方可上岗。

**1.0.22** 高速铁路路基工程施工资料的收集和整理工作应与工程进度同步进行,做到系统、完整、真实、准确,保证其具有有效的查考利用价值和完备的质量责任追溯功能,并按有关规定做好资料的归档管理工作。

**1.0.23** 高速铁路路基工程施工除应符合本规程外,尚应符合国家、行业及中国铁路总公司现行有关标准的规定。

## 2 基本规定

### 2.1 一般规定

- 2.1.1 建设各方应严格执行国家和中国铁路总公司现行有关高速铁路建设管理办法和本规程的管理规定。
- 2.1.2 建设各方应制定项目管理规划,重点加强填料选择、地基处理、填筑工艺、变形观测等控制;注重过渡段处理、边坡防护及防排水、接口工程等细节管理。
- 2.1.3 建设各方应健全质量保证体系,对路基工程施工质量进行全过程控制管理,落实质量责任终身追究制度。
- 2.1.4 建设各方应健全安全生产管理体系,严格执行《铁路路基工程施工安全技术规程》TB 10302 等规定,设置专门安全管理机构,配备专职安全管理人员,落实安全生产责任制,保证路基工程施工安全。
- 2.1.5 高速铁路路基工程建设各方应建立铁路建设工程风险管理制度,执行《铁路建设工程风险管理技术规范》Q/CR 9006 的规定。
- 2.1.6 路基工程施工应建立并持续改进环境管理体系,制定并实施环境管理计划,有效减少施工对环境的影响。
- 2.1.7 路基工程施工应重视职业健康和劳动卫生保护,制定管理计划并进行有效控制,防止发生职业健康安全事故。
- 2.1.8 路基工程施工应按照《铁路工程施工组织设计规范》Q/CR 9004 的规定编制施工组织设计,加强特殊岩土和不良地质地段路基工程等进度控制和管理。
- 2.1.9 路基工程施工应根据施工条件、地基处理类型、填挖高度、

填料性质、工期要求、气候条件等因素,按照技术先进、安全适用、节能环保的原则合理配置机械设备,积极推进机械化施工。

2.1.10 路基工程填料制备、沟槽和构件预制、混凝土拌制、钢筋加工等应采用工厂化生产。

2.1.11 路基工程地基处理、填筑压实、爆破开挖等关键工序应组建专业化的作业队伍进行施工,管理和作业人员应相对固定。

2.1.12 路基工程施工应建立信息管理系统并定期维护,保证工程施工管理信息传递及时、可靠有效。

2.1.13 路基工程施工现场管理应执行《铁路建设项目现场管理规范》Q/CR 9202 的相关规定。施工现场规划应遵循以人为本、因地制宜、节约用地、满足施工需要的原则,合理布置生产区、辅助生产区、办公生活区等,并考虑防止地质灾害及防洪、防火、防爆等要求。

2.1.14 路基工程施工现场应按照《铁路工程建设现场安全文明标志》(建技[2009]44号)的要求设置安全文明标志。

2.1.15 路基工程施工应结合项目规模和特点,按照《铁路建设项目工程试验室管理标准》Q/CR 9204 的规定设置工程试验室,满足工程质量控制要求。

### 2.2 建设单位

2.2.1 建设单位应重点加强地基处理、边坡防护及防排水工程等的施工图审核和设计技术交底组织工作。

2.2.2 施工前建设单位应组织做好填料来源、边坡防护及防排水系统等设计文件的现场核对工作。

2.2.3 建设单位应组织确定路基工程试验段位置及试验内容,并组织实施。

2.2.4 建设单位应组织地基处理、过渡段、边坡防护及防排水、接口工程等施工专项检查,根据现场实际进一步完善工程措施。

2.2.5 建设单位应组织开展路基沉降变形观测及评估工作。

## 2.3 勘察设计单位

2.3.1 地质勘察、水文调查等工作应满足路基工程设计要求,做好路基与其他专业的协调和配合。

2.3.2 勘察设计单位应加强特殊岩土及不良地质区段的地基处理、填料选用、边坡防护及防排水等工程的方案研究和工程设计,严禁盲目套用标准设计。

2.3.3 勘察设计单位应加强设计接口管理,路基工程设计应与隧道洞口、桥台、横向结构物、过轨设施等相关工程同步设计,并明确施工顺序、施工衔接等相关要求。

2.3.4 勘察设计单位应按规定向各参建单位做好施工图技术交底及答疑工作,应对地基处理、土石方调配、过渡段处理、边坡防护及防排水、接口工程、变形观测评估等关键设计内容作出详细说明。

2.3.5 勘察设计单位应做好现场施工配合,加强现场地质核对确认工作。

2.3.6 勘察设计单位应参加路基试桩成果分析、路基变形评估、边坡防护及防排水完整性检查等工作。

## 2.4 施工单位

2.4.1 施工单位应现场核对设计文件,参加建设单位组织的设计技术交底、检查及验收等工作。

2.4.2 施工单位应编制地基处理、填料制备、填筑压实、路堑开挖、过渡段处理、支挡结构、边坡防护及防排水、接口工程、变形观测等关键工序的作业指导书,明确施工作业标准和工艺要求。

2.4.3 地基处理、路堤及过渡段填筑、支挡工程新技术等应进行工艺性试验,编制总结报告并报相关单位审批。

2.4.4 施工单位应统筹安排接口工程的施工。“四电”等后续工程的施工方案应经建设单位批准后实施,不应影响路基工程质量。

2.4.5 施工单位应按规定进行地基处理试桩、路基变形观测,并及时向有关单位提供相关资料。

2.4.6 施工单位应做好已完工程的成品保护,制定防护措施。

## 2.5 监理单位

2.5.1 监理单位应对高边坡路堑开挖、爆破作业、营业线、预应力锚杆(索)等施工方案进行重点审查。

2.5.2 监理单位应做好填料、混凝土原材料等进场检查验收。

2.5.3 监理单位应参与建设单位组织的有关边坡防护和防排水等工程现场核对工作。

2.5.4 监理单位应加强对地基处理、填料制备、填筑压实、支挡结构施工等重要工程和关键工序的现场监理。

2.5.5 监理单位应对施工单位的地基处理试桩、路基变形观测进行全面监督,并按规定做好变形的平行观测,保证观测数据真实可靠。

### 3 施工准备

#### 3.1 一般规定

3.1.1 施工单位应根据设计文件和其他相关资料进行路基工程施工调查,为编制施工组织设计或优化设计提供依据。

3.1.2 施工单位应在熟悉设计文件的基础上,根据工程的设计标准、技术条件和相应规范,并结合施工调查核对设计文件,做好核对记录。

3.1.3 路基工程关键工序的施工应制定专项施工方案。

3.1.4 施工单位应根据分部、分项工程施工具体要求编制施工作业指导书,特殊过程、关键工序应向施工人员交待作业程序、方法及注意事项,落实各项验收规范和标准要求,指导现场施工作业、控制工程质量,确保施工安全,满足节能环保要求。

3.1.5 施工单位应依据设计文件和设计技术交底要求,将路基工程施工方案及施工工艺、施工进度计划、过程控制及质量标准、作业标准、材料设备及工装配置、安全措施及施工注意事项等向参与施工的技术管理人员和作业人员进行技术交底。

3.1.6 施工单位施工前应制定有效的环境保护措施,保护水质、控制扬尘、减少噪声和废气污染。

3.1.7 根据施工调查结果,按永临结合的原则规划、完善排水系统,减少水土流失及对水文状态的改变。

3.1.8 临时用地、取土坑、弃土场应根据当地实际情况,尽量选取荒地,力求少占农田、耕地。

#### 3.2 施工调查

3.2.1 路基工程施工调查,应根据工程特点着重调查收集下列资料:

- 1 施工范围内的地质、水文、气象等情况。
- 2 沿线土石类别及分布情况。
- 3 填料来源、弃土位置、运输条件等情况。
- 4 砂、石等当地建筑材料产地、质量、产量及运输条件情况。
- 5 工程中所需各种原材料的供应情况。
- 6 重点工程现场施工条件情况。
- 7 石方爆破地段的地形、地貌和附近居民、建筑物、交通设施等情况。
- 8 工程有关营业线设备及运营情况。
- 9 办理临时用地手续、拆迁补偿所需的资料。
- 10 修建大型临时工程和过渡工程设施所需的资料。
- 11 现有可利用水、电等资源及油料供应情况。
- 12 现有道路情况及拟修建施工便道的环境条件。
- 13 现有可利用驻地或新建驻地的环境条件情况。
- 14 当地生活供应、医疗、卫生、防疫和民族风俗等情况。

3.2.2 施工单位应根据施工调查结果及时编制施工调查报告。

#### 3.3 施工图核对

3.3.1 施工图核对包括现场核对和图纸核对。主要应核对施工图纸相互间的一致性、系统性及其与现场实际的相符性,并核对施工图纸能否满足工程施工需要。

3.3.2 现场核对应包括下列主要内容:

- 1 设计图纸中地形、地貌和周边环境等建设条件是否与现场一致。
- 2 设计方案和工程措施的合理性、可行性,是否利于现场

实施。

- 3 设计方案和工程措施是否与现场环境相协调。
- 4 取、弃土场设置是否合理,能否满足工程施工需要。
- 5 大型临时设施和过渡工程的设置位置、规模和数量是否合理,能否满足工程施工需要。

### 3.3.3 一般路基应核对以下内容:

- 1 路基土石方调配方案是否合理。
- 2 路基横断面面积和土石方工程数量计算是否准确。
- 3 路基过渡段结构图是否明细、完备。
- 4 路堤填料是否与实际相符,改良土是否有设计方案和施工要求。
- 5 路堑土质基床是否采取了换填或加固措施。
- 6 坡面是否采取了适宜的防护措施。
- 7 支挡结构图是否明细、完备。
- 8 路基排水设施相互衔接情况及末端设计要求。
- 9 横断面设计图及相关的说明有无差错漏洞等。
- 10 有可能干扰或污染环境的工程,是否采取了必要的环保措施。

3.3.4 特殊路基应重点核对设计范围是否与现场条件一致,设计工艺要求能否正确指导现场施工,设计方案是否利于现场实施。

3.3.5 相关工程应重点核对电缆槽、接触网支柱基础、声屏障基础、综合接地、过轨管线等工程的结构尺寸、布置形式、结构图是否完备、细致,施工方法及工序等技术要求是否交待清楚。

3.3.6 路基施工图核对完成后应按程序上报核对结果。

## 3.4 施工方案

3.4.1 专项施工方案编制范围包括地基处理、填料制备及填筑压实、过渡段处理、支挡结构、边坡防护及防排水、接口工程、变形观测评估等。试桩、试验段等亦应编制专项实施方案。

3.4.2 高陡边坡路基和位于危岩、落石、岩堆、滑坡等不良地质地段的高风险工程,应制定施工方案并按设计要求进行风险评估。

3.4.3 路基工程施工方案的编制应符合下列规定:

1 施工方案应根据设计要求并结合地形、地貌、地质、水文、气象条件合理确定。

2 施工方案应先进、成熟、经济、适用、可靠,保证工程质量和施工安全。

3 各道工序之间、施工接口之间应协调安排,减少交叉干扰。

4 临时工程安排应合理、经济并能满足工期和质量要求,临时工程实施宜采取永久工程和临时工程相结合的方式。

5 混凝土、级配碎石及改良土拌和站数量、生产能力和设置位置应结合工程规模、工期要求等实际情况,通过综合比选确定。

6 制定施工方案、选用设备、采集工程材料等时,应采取措施减轻对环境影响。

7 各类用地应结合工程实际统一规划,减少临时用地和取弃土场用地。

3.4.4 路基工程施工应以机械化作业为主,人工配合为辅。机械配置应按经济、高效的原则进行配套,并能满足安全、质量和工期要求。

3.4.5 施工方案应按程序评审或审批后执行。

## 3.5 施工作业指导书

3.5.1 施工作业指导书应按照标准化管理要求,采用先进成熟的工艺工法、科学合理的生产组织与建设标准、质量目标、安全要求以及现场施工条件相结合的原则进行编制,做到图文并茂,简明易懂,可操作性强。

3.5.2 路基工程施工作业指导书的编制范围应包括地基处理、填料制备、路基填筑、路堑开挖、支挡结构、边坡防护、防排水及相关工程。

### 3.5.3 施工作业指导书应包括下列主要内容:

- 1 适用范围。
- 2 作业准备。
- 3 技术要求。
- 4 施工程序与工艺流程。
- 5 施工要求。
- 6 劳动组织。
- 7 材料要求。
- 8 设备机具配置。
- 9 质量控制及检验。
- 10 安全及环保要求。

3.5.4 路基工程施工应通过组织现场作业交底和人员培训,确保施工人员全面掌握作业指导书的内容和要求。

### 3.6 施工技术交底

3.6.1 施工单位应依据设计文件和设计技术交底要求,将路基工程施工方案及施工工艺、施工进度计划、过程控制及质量标准、作业标准、材料设备及工装配置、安全措施及施工注意事项等向参与施工的技术管理人员和作业人员进行技术交底。

3.6.2 路基施工技术交底应分级进行,交到工班和作业人员,交底形式采用会议、书面与现场相结合的办法进行。

3.6.3 项目总工程师应对项目部各部室及技术人员进行技术交底,技术交底应包括以下内容:

- 1 路基设计概况及施工图。
- 2 项目施工调查情况、施工部署、大型临时设施及过渡工程方案。
- 3 路基实施性施工组织设计及施工方案,总体施工顺序及主要节点进度计划安排。
- 4 地基处理、特殊岩土和特殊环境路基的施工方法,支挡结

构新技术、边坡防护及防排水、接口工程的施工要求。

5 路基填料制备方案及要求。

6 地基处理工艺性试验、路基填筑工艺性试验等实施方案。

7 高陡边坡、邻近营业线路基工程和爆破作业等危险性较大项目的专项实施方案。

8 路基工程施工复测成果。

9 路基工程技术和质量标准,主要危险源及重大技术安全环保措施。

10 主要工程材料设备、主要施工装备、劳动力安排及资金需求计划。

11 设计变更内容、施工中应注意的问题。

3.6.4 技术主管人员应对作业队技术负责人进行技术交底,技术交底包括以下主要内容:

1 路基工程施工组织安排、施工作业指导书、分部分项工程交底。

2 路基工程施工作业方法、操作规程及施工技术要求。

3 路基工程施工采用新技术、新工艺的有关操作要求。

4 工程质量、安全环保等施工方面的具体措施及标准。

5 地基处理及地质勘察图,路基横断面图、纵断面图,支挡结构、边坡防护及防排水结构图,路基相关工程结构图等。

6 地基处理、路堤填筑、过渡段填筑等工艺性试验参数及改良土外掺料掺入比、混凝土配合比。

7 路基测量放样桩橛、测量控制网、路基变形观测方案等。

8 路堑及取土场爆破设计方案。

9 成型路基保护方法及措施。

10 路基工程施工注意事项等。

3.6.5 作业队技术负责人应对班组长及全体作业人员进行技术交底,技术交底应包括以下主要内容:

1 路基作业标准、施工规范、验收标准及工程质量要求。

- 2 路基各工序施工准备工作及相应机具设备的配套准备。
- 3 路基及相关工程放样桩。
- 4 路基填料及相关原材料的规格、数量、质量要求及使用部位。
- 5 路基各部结构尺寸大样图、支挡结构等基坑开挖图、钢筋配筋图等。
- 6 路基施工工艺流程及接口工程施工先后顺序。
- 7 路基施工工艺细则、操作要点及质量标准。
- 8 路基工程施工质量控制要点、问题预防及注意事项。
- 9 路基工程施工技术措施和安全技术措施。
- 10 路基工程施工中出现紧急情况下的应急救援措施、紧急逃生措施等。

3.6.6 各分部、分项工程、关键工序、专项方案实施前,项目总工程师或技术部门负责人应会同技术主管人员向作业队进行交底,并对交底后的实施情况进行检查验收。施工方案及施工工艺发生变化时应及时进行补充交底。

3.6.7 路基施工技术交底应细致全面,会议交底后应形成技术交底纪要并附必要的图表,参加技术交底人员应签字确认,并加盖项目技术部门公章后生效;书面交底应双方签字确认。

### 3.7 其 他

3.7.1 路基工程用混凝土拌和站、填料拌和站建设应符合下列规定:

1 路基工程用混凝土拌和站应结合其他专业综合考虑建站。混凝土拌和站、填料拌和站应根据场地、运量、运输条件和工期要求以及延迟时间等技术要求,确定设置方案、位置及规模。

2 填料拌和站宜选在地势较高、离水源较近、交通便利的地方,且应在居民区主导风向下,并配备相应的除尘设施。

3 拌和站内地面应进行硬化处理,场区内要设置 2%~4%

的横向坡度,以利排水,拌和站的四周应设置排水沟。

4 备料场应搭建料棚,防止雨淋。不同品种、规格的材料之间应修建隔墙。

3.7.2 路基工程预制构件厂应结合混凝土拌和站统筹规划,预制构件用混凝土应采用集中拌和的方式进行供应。

3.7.3 施工便道应符合下列规定:

1 修筑标准应按施工运量、施工机械的最大荷载、沿线交通和工程量分布情况综合确定,并满足施工需要。有设计要求时,应按设计标准修筑。

2 利用原有道路作为施工便道的,应对其进行实地检查,不能满足施工运输要求时,应进行加固改造。

3 利用地方有偿使用的道路,应根据运量和施工工期要求,与新建运输便道进行比较后确定。

3.7.4 临时用电应根据沿线电力资源可利用情况,确定供电方案,宜优先选用当地电源。采用当地电源时,应根据工程分布情况,计算用电量,选定临时电力线的标准;采用自发电时,应根据具体情况选定采用集中发电或分散发电方案。

3.7.5 临时给水应根据沿线水资源情况,确定施工供水方案。距水源较远的工点或工程较集中地段,可考虑修建给水干管路,根据用水量选定给水管路的标准。

3.7.6 临时通信应优先利用沿线既有通信资源,困难时可设置临时通信系统。根据沿线的地形条件,临时通信系统可选择采用有线通信或无线通信方式,其标准根据工程的具体情况确定。

3.7.7 大型临时设施的设计应采取临时工程与正式工程相结合的方案。

## 4 施工测量

### 4.1 一般规定

4.1.1 路基施工测量和成果评价应符合《高速铁路工程测量规范》TB 10601 的相关要求。

4.1.2 路基测量仪器设备及工具应做好保养、维修和定期校验工作,并经计量部门检定合格方可使用。

4.1.3 路基施工前,施工单位应按有关规定履行测量成果资料和现场桩橛交接手续,监理单位应按有关规定参加交接工作。

4.1.4 控制网交桩的成果应包括以下主要内容:

- 1 CP0、CP I、CP II 控制点成果及桩点记录。
- 2 CP I、CP II 测量平差计算资料。
- 3 线路水准基点成果及桩点记录。
- 4 水准测量平差计算资料。
- 5 测量技术报告。
- 6 CP0、CP I、CP II 控制桩和线路水准基点桩。

4.1.5 特殊路基工程的施工控制网,应在 CP I 或 CP II 的基础上加密,并采用与既有控制点相同的测量坐标系统。

### 4.2 施工复测

4.2.1 施工单位接桩后,应对 CP I、CP II 和线路水准基点进行复测,施工复测应符合下列规定:

- 1 施工复测前应编写复测工作技术方案或技术大纲。
- 2 施工复测的方法宜与原控制测量相同,测量精度等级不应低于原控制测量等级。

3 施工复测前应检查控制点标石的完好性,丢失和破坏的标石应按原测标准用同精度内插方法恢复或增补。

4.2.2 路基工程施工期间,施工单位应根据施工需要进行不定期的复测维护,复测周期不宜大于 6 个月。不定期复测维护内容包括 CP I、CP II、线路水准基点及施工加密控制点复测,检查控制点间的相对位置是否发生位移,点位的相对精度是否满足要求。

4.2.3 复测成果与原测成果较差符合规定要求时,采用原测成果。当较差超限时,应进行二次复测,查明原因,并采用同精度内插方法更新成果,提交监理和设计单位确认。

4.2.4 路基工程施工需要移设或增设平面控制点、水准点时,可采用同精度扩展的方法测量。

4.2.5 路基横断面复核的间距应根据地形情况和控制土石方数量的需要而定,填挖零点应测绘断面。

4.2.6 施工复测完成后应进行成果分析,编写复测报告。

### 4.3 施工放样

4.3.1 路基工程可根据施工要求进行施工控制网加密测量,加密测量前应制定测量技术设计书,加密测量采用同级扩展或向下一级发展的方法。

4.3.2 施工控制网加密测量可采用导线或 GPS 测量方法施测,控制网加密应就近符合到 CP II 或 CP I 控制点,采用固定数据约束平差。

4.3.3 加密高程控制测量应起闭于线路水准基点,采用同级扩展的方法按二等水准测量要求施测。

4.3.4 路基施工放样的边桩可根据地形情况采用横断面法、逐渐接近法、全站仪极坐标法或 GPS RTK 法测设,测设边桩的限差不应大于 10 cm。

4.3.5 地基加固工程施工放样应符合下列规定:

- 1 地基加固范围施工放样可在恢复中线的基础上采用横断

面法、极坐标法或 GPS RTK 法施测。

2 地基加固工程中各类基础的桩位,应根据设计要求在已测设的地基加固范围内布置,可采用横断面法测设,相邻桩位距离限差不应大于 5 cm。

#### 4.3.6 桩板结构地基施工放样应符合下列规定:

1 桩位及承载板平面控制点的线路纵、横向中误差不应大于 10 mm。

2 桩顶及承载板高程控制点的高程中误差不应大于 2.5 mm。

4.3.7 支挡结构、边坡防护、防排水结构物及相关工程的测量放样应符合设计要求,结构尺寸误差、基底及顶部高程误差均不应大于 5 cm。

### 4.4 竣工测量

4.4.1 路基工程竣工后,应进行线路中线贯通测量,查检路基工程平纵断面施工是否满足设计要求。测量内容包括线路水准基点贯通测量、线路中线和路基横断面竣工测量。

4.4.2 路基工程及相关工程竣工测量内容应满足竣工图编制和竣工验收的要求,竣工测量采用的坐标系统、高程系统、图式等应与施工测量一致,测量方法和精度与施工测量相同。

4.4.3 控制网竣工测量应包括 CP0、CP I、CP II 控制网和线路水准基点网复测。施工过程中毁坏、丢失的桩点,竣工测量时应按同精度内插要求补设。

4.4.4 线路水准基点竣工贯通测量每 2 km 布设一个水准基点,特殊路基结构等重点工程地段应根据实际情况增设水准基点。

4.4.5 线路中线贯通测量以左线为基准进行测量,线路中线上应布设公里桩和百米桩。直线上中线桩间距不宜大于 50 m,曲线上中线桩间距宜为 20 m。在曲线起终点、变坡点、竖曲线起终点、支挡工程起终点和中间变化点等处均应设置加桩。

#### 4.4.6 路基横断面竣工测量应符合下列规定:

1 路基横断面间距直线地段宜为 50 m,曲线地段宜为 20 m。

2 路基横断面应利用线路贯通测设的中线桩采用全站仪或水准仪进行测量,路基横断面测点应包括路基横断面高程变化点、线间沟、路肩等位置。

3 路基横断面竣工宽度不应小于设计宽度;侧沟、天沟的深度、宽度与设计值之差不应大于 5 cm;路基护道宽度与设计值之差不应大于 10 cm。

4.4.7 地界桩应根据地界宽度测设,直线地段每 200 m、曲线地段每 40 m、缓和曲线起终点及地界变化处的两侧均应测设地界桩。

4.4.8 路基竣工测量完成后,由竣工测量单位按照高速铁路竣工验收的要求编制竣工测量文件,竣工测量文件应包括下列主要资料:

1 CP0、CP I、CP II 控制点,线路水准基点,维护基标,铁路用地界坐标成果及桩点记录。

2 CP0、CP I、CP II 控制点,线路水准基点,维护基标桩橛,铁路用地界桩。

3 路基竣工平面、纵断面和横断面图。

4 路基表。

5 竣工测量报告。

## 5 地基处理

### 5.1 一般规定

5.1.1 地基处理施工前应熟悉施工图及有关工程地质、水文资料,收集地下管线、构造物等资料,结合工程情况了解本地区地基处理经验和类似工程的施工情况。

5.1.2 地基处理施工前应核查地质资料,并进行地基处理的各项工艺性试验。工艺性试验应对单桩承载力或复合地基承载力进行验证。核查或施工中发现地质情况与设计不符时,应及时反馈给有关单位。

5.1.3 地基处理施工场地应合理规划,并根据地质情况、工程特点等合理选择施工工艺和机械设备,同类地基处理所采用机械性能应基本一致,否则应分别进行工艺性试验。

5.1.4 地基处理施工前应做好临时排水,清除场内杂物、杂草、腐植土,并平整场地。

5.1.5 地基处理施工前应对地下管线、构造物等制定专项保护措施,并妥善保护以免损坏。

5.1.6 各类运至工地的材料应按相关规定进行验收,并分类堆放,妥善保管。

5.1.7 地基处理施工前应组织施工人员学习和掌握所承担工程地基处理的目的、原理、施工工艺、技术要求、质量标准及检测方法等。

5.1.8 地基处理施工应针对不同的处理形式制定相应监督记录表格,配备相应人员对影响质量、环境保护、工期等关键工序的作业内容进行记录、监督。

5.1.9 地基处理施工作业应执行《铁路路基工程施工安全技术规程》TB 10302 的相关规定。

5.1.10 桩类地基处理施工过程中,应记录施工设备贯入地层的反应,出现连续多根桩进入的持力层地质情况与设计不符时,应提出变更设计。

5.1.11 地基处理中模板、钢筋、混凝土施工应符合《铁路混凝土工程施工技术指南》(铁建设[2010]241号)的相关要求。

5.1.12 地基处理施工过程中产生粉尘、泥浆和噪声等对环境的污染应符合本规程的相关规定。

5.1.13 地基处理完毕应及时埋设变形观测设备,经检验合格后方可进入下道工序施工。

### 5.2 原地面处理

5.2.1 施工前应清除基底表层植被,挖除树根,做好临时排水设施,排干原地面积水。地基范围内的地下水出露处应按设计要求处理,并应做好地下水出露位置和处理前、后出水情况的记录。

5.2.2 原地面处理前,应核查地基的地质资料,地基条件与设计文件不相符时,应及时反馈。

5.2.3 原地面坡度陡于1:5时,应顺原地面挖台阶,并碾压密实,沿线路横向挖台阶的宽度、高度应符合设计要求,沿线路纵向挖台阶的宽度不应小于2m。当基岩面上的覆盖层较薄时,宜先清除覆盖层再挖台阶。

5.2.4 原地面为浅层淤泥土或腐植土时,应清除并运至指定位置。

5.2.5 原地面表层为松散土层时,应将松土翻挖并整平碾压密实,质量应符合设计要求。

5.2.6 设计要求原地面进行冲击碾压时,其工艺应通过试验确定,质量应满足设计要求。

### 5.3 换 填

5.3.1 换填所用材料应符合设计要求。

5.3.2 施工中应核实需换填土层范围、深度及地质条件,换填范围及深度应符合设计要求。

5.3.3 换填施工应做好排水设施,施工前应疏干地表积水,换填中基坑内渗水应及时排除。

5.3.4 换填施工主要工艺应符合下列规定:

1 换填土层挖除后,坑底应按设计要求整平并碾压密实。底部起伏较大时宜设置台阶或缓坡,并按先深后浅的顺序进行换填施工。

2 换填土层采用机械挖除时,应预留保护层由人工清理,其厚度宜为 30 cm~50 cm。

3 换填部位开挖完成后应及时分层填筑碾压,达到相应压实标准。

4 换填地基施工工艺流程如图 5.3.4 所示。

5.3.5 换填完成后,应尽快进行下道工序施工,并采取措施防止地基积水下渗。

5.3.6 换填弃土应运至指定地点。

### 5.4 砂(碎石)垫层

5.4.1 碎石垫层应采用级配良好且不易风化的砾石或碎石,其最大粒径不应大于 50 mm,细粒含量不应大于 10%,且不含草根、垃圾等杂质。

5.4.2 砂垫层应采用中、粗砂或砾砂,不含草根、垃圾等杂质,含泥量不应大于 5%;用作排水固结时,含泥量不应大于 3%。

5.4.3 砂(碎石)垫层施工前应进行工艺性试验,确定工艺参数。

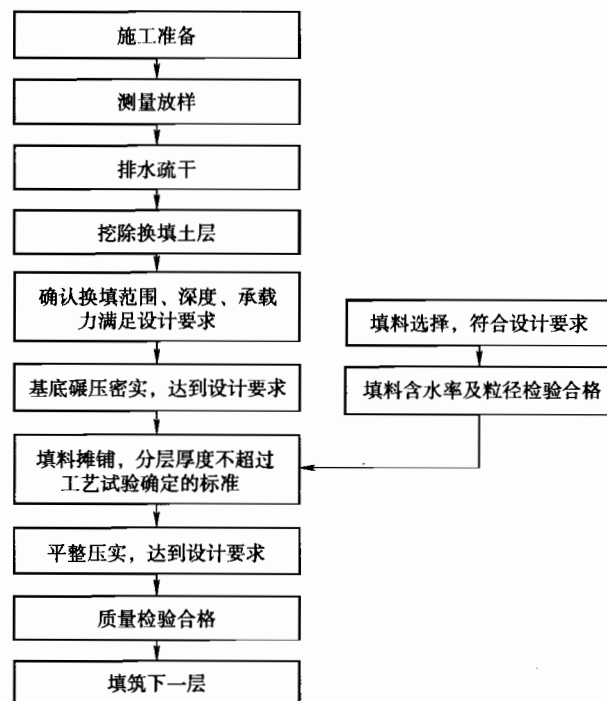


图 5.3.4 换填施工工艺流程图

5.4.4 砂(碎石)垫层施工前应将基底清理、整平并完成排水系统。

5.4.5 砂(碎石)垫层施工主要工艺应符合下列规定:

1 根据地基处理方式需要填筑土拱,土拱应设置横向排水坡,坡度不宜小于 4%。

2 砂(碎石)垫层施工应分层摊铺、分层压实,填筑质量应符合设计要求。

3 砂(碎石)垫层分段施工时接头处应做成台阶,上下层接头应错开 2.0 m,并应碾压密实。

4 砂(碎石)垫层施工工艺流程如图 5.4.5 所示。

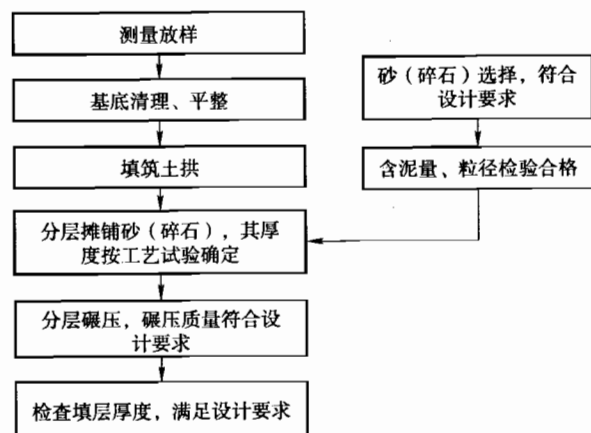


图 5.4.5 砂(碎石)垫层施工工艺流程图

5.4.6 砂(碎石)垫层填筑厚度应符合设计要求。

5.4.7 砂(碎石)垫层中采用土工合成材料加筋时,其铺设应符合本规程第 6.8.3 条的相关规定。

5.4.8 复合地基桩顶设置砂垫层、碎石垫层、土工合成材料加筋垫层时,垫层应与桩头完整密贴。

## 5.5 冲击(振动)碾压

5.5.1 冲击(振动)碾压施工前应选取代表性场地进行工艺性试验,确定碾压走行路线、走行速度和碾压遍数等工艺参数。

5.5.2 冲击(振动)碾压施工应考虑对居民、构造物等周边环境可能带来的影响,距既有建筑物较近时应预留安全距离或采取减震措施。

5.5.3 冲击(振动)碾压施工主要工艺应符合下列规定:

1 平整场地,清除表层土,修筑施工区周边排水沟,确保场地排水通畅。

2 振动碾压按静压、弱振、强振、弱振、静压顺序进行,碾压遍

数按工艺试验确定遍数控制。

3 冲击碾压 10 遍左右后,平地机大致整平,再冲击碾压。

4 冲压完成后,用平地机平整,用光轮压路机最后碾压。

5 冲击(振动)碾压施工工艺流程如图 5.5.3 所示。

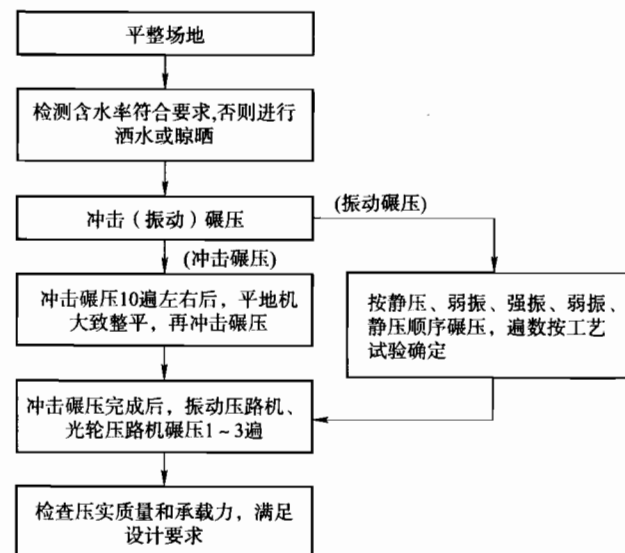


图 5.5.3 冲击(振动)碾压施工工艺流程图

5.5.4 冲击碾压施工应自边坡坡脚一侧开始,顺(逆)时针行驶,以冲压面中心线为轴转圈,而后按纵向错轮冲压,全路幅排压后,再自行向内冲压,压实机械走行速度宜控制在 10 km/h ~ 12 km/h。

5.5.5 冲击碾压应通过改变转弯半径调整冲压地点,使其均匀冲压。

5.5.6 振动碾压应控制碾压速度,施工应由地基处理两侧向中心碾压。

5.5.7 相邻两段冲击碾压搭接长度不宜小于 15 m,振动碾压搭

接长度不宜小于 5 m。

5.5.8 冲击(振动)碾压压实系数和承载力应符合设计要求。

### 5.6 强夯及强夯置换

5.6.1 强夯及强夯置换施工前,应按设计初步确定的夯实参数,在有代表性的场地上进行试夯。通过夯实前后测试数据的对比,检验夯实效果,确定强夯的单击夯击能、单点夯击次数、夯击遍数、夯击时间间隔、夯击点布置以及强夯置换的单击夯击能、单点夯击次数等工艺参数。

5.6.2 强夯置换墩体材料宜采用级配良好的块石、碎石、矿渣等坚硬粗颗粒材料,粒径大于 300 mm 的颗粒含量不宜超过总量的 30%,并应满足设计要求。

5.6.3 强夯施工主要工艺应符合下列规定:

- 1 夯实设备按测量放样位置就位,使夯锤对准夯点位置。
- 2 测量夯前锤顶高程。
- 3 夯锤起吊到预定高度,夯锤脱钩自由下落,完成一次夯击。
- 4 按试夯确定的夯击次数及控制标准,完成一个夯点的夯击。
- 5 换夯点夯击,完成第一遍全部夯点的夯击后,应平整夯坑,测量场地高程。

6 在规定的间隔时间后,按上述步骤逐次完成全部夯击遍数,最后用低能量满夯将表层松土夯实达到设计要求。

7 强夯施工工艺流程如图 5.6.3 所示。

5.6.4 强夯置换施工主要工艺应符合下列规定:

- 1 强夯设备按测量放样位置就位,使夯锤对准夯点位置。测量夯前锤顶高程。
- 2 夯击并逐击记录夯坑深度。夯坑过深而发生起锤困难时停夯,向坑内回填材料直至与坑顶平齐,记录填料数量,如此重复直至满足规定的夯击次数及控制标准,完成一个墩体的夯击。

3 平整场地,用低能量满夯,将场地表层松土夯实,并测量夯后场地高程。

4 铺设垫层,并分层碾压密实。

5 强夯置换施工工艺流程如图 5.6.4 所示。

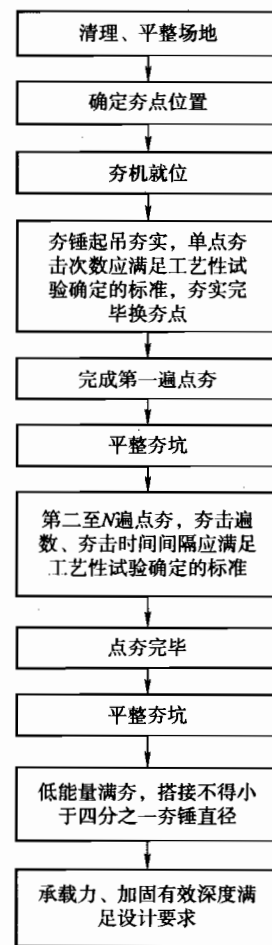


图 5.6.3 强夯施工工艺流程图

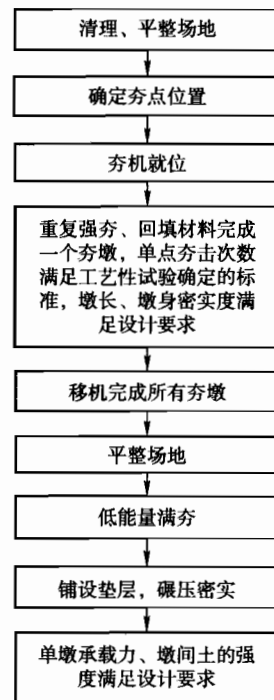


图 5.6.4 强夯置换施工工艺流程图

5.6.5 夯锤的重量应按欲加固土层深度、土的性质及夯锤落距选定,夯锤底面宜采用圆形,直径应符合设计要求。

5.6.6 开夯前应检查夯锤质量和落距,确保单击夯击能量符合设计要求。

5.6.7 夯击施工中,因坑底倾斜而造成夯锤歪斜时,应及时平整坑底。

5.6.8 强夯第一遍完成后应在规定的间隔时间后进行下一遍夯点夯击。

5.6.9 地基表面需要满夯加固时,夯点布置应满足搭接面积不小于四分之一。

5.6.10 强夯置换夯点周围软土挤出影响施工时,应随时清理并在夯点周围铺垫碎石,继续施工。

5.6.11 强夯置换施打顺序宜由内向外,隔孔分序跳打,逐一完成全部夯点的施工。

5.6.12 强夯置换时应逐击记录夯坑深度,测量夯前锤顶高程以及场地高程等。

5.6.13 强夯、强夯置换施工应针对振动、噪声制定相应安全环保措施,按照设计要求采取隔振降噪措施。

5.6.14 强夯加固地基承载力和加固有效深度应满足设计要求,强夯置换墩长、墩身密实度、单墩承载力及墩间土的强度应满足设计要求。

## 5.7 袋装砂井

5.7.1 砂袋的技术指标应符合设计要求,砂袋进场后应进行验收并妥善存放,禁止长时间在阳光下暴晒。砂料应采用天然级配并风干的中、粗砂,不应含草根、垃圾等杂质,含泥量不应大于3%。

5.7.2 袋装砂井施工前应在路基范围内填筑土拱,并按设计要求铺设砂垫层,铺设厚度应符合设计要求。

5.7.3 袋装砂井施工主要工艺应符合下列规定:

1 袋装砂井打设机具按设计桩位就位。

2 用振动贯入法、锤击打入法或静力压入法将成孔套管沉入土中,直至设计深度。

3 将砂袋下端放入套管口,徐徐下放至设计深度。

4 连续缓慢提升套管,直至拔离地面。

5 袋装砂井施工工艺流程如图 5.7.3 所示。

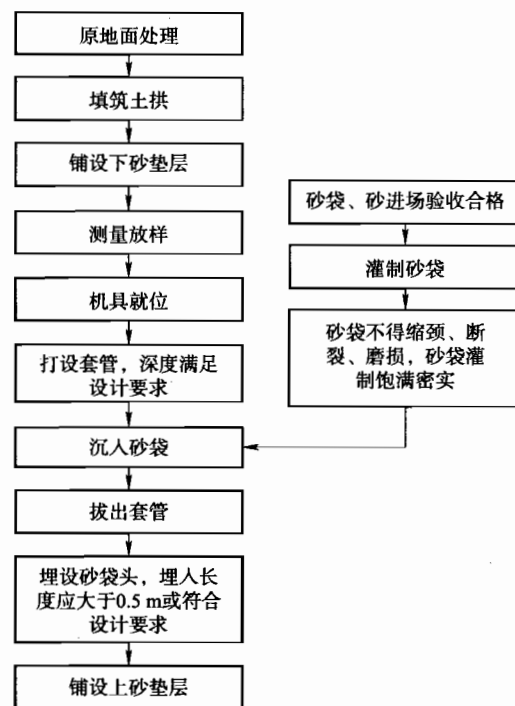


图 5.7.3 袋装砂井施工工艺流程图

5.7.4 打设机具成孔套管的内径宜略大于砂井直径,以减少施工过程中对地基土的扰动。

5.7.5 成孔套管上应划出控制标高的刻划线,控制砂井打入长度符合设计要求。

5.7.6 砂袋应防止扭结、缩颈、断裂和磨损,砂袋灌制应饱满密实。

5.7.7 施工中应检查袋装砂井袋头,若砂袋不满,应及时向袋内补砂。

5.7.8 袋装砂井孔口带出的泥土应及时清除,并用砂回填密实。

5.7.9 砂袋顶部应埋入砂垫层中,埋入长度应大于 0.5 m 或符合设计要求。

5.7.10 拔成孔套管将砂袋带出长度大于 0.5 m 时,必须重新补打。连续两次将砂袋带出时,应停止施工,查明原因。

## 5.8 塑料排水板

5.8.1 塑料排水板技术指标应符合设计要求,滤膜应紧裹芯板不松皱。塑料排水盘带进场后应进行验收并妥善存放,禁止长时间在阳光下暴晒。

5.8.2 塑料排水板施工前应在路基范围内填筑土拱,并按设计铺设砂垫层,铺设厚度应符合设计要求。

5.8.3 塑料排水板施工主要工艺应符合下列规定:

- 1 塑料排水板插设机具按设计桩位就位。
  - 2 塑料排水板经导管从管靴穿出底部,与桩尖连接、拉紧,并对准桩位。
  - 3 沉入导管将塑料排水板插入至设计深度。
  - 4 拔出导管,切断塑料排水板。
  - 5 塑料排水板施工工艺流程如图 5.8.3 所示。
- 5.8.4 塑料排水板与桩尖应连接牢固,桩尖平端与导管靴配合要适当,避免错缝。
- 5.8.5 塑料排水板在安装及打设过程中不应扭曲,透水膜不应破损,防止泥土等杂物进入排水板滤膜内。

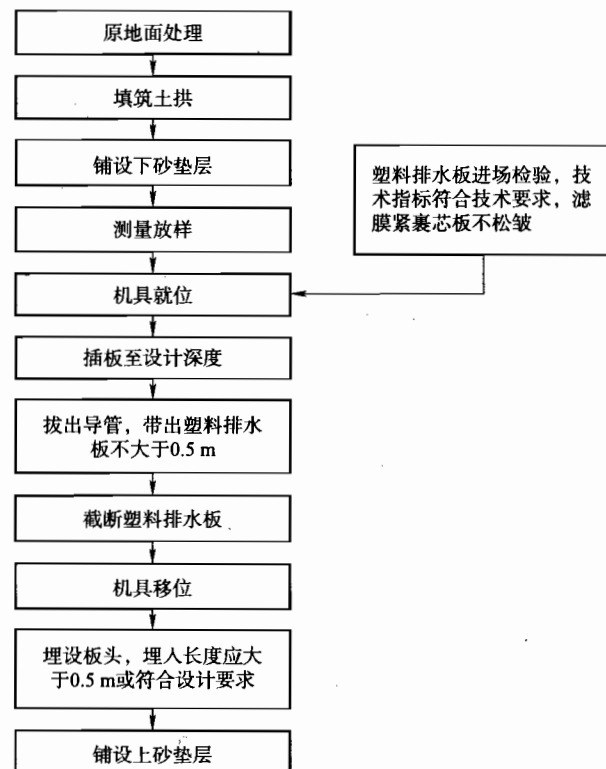


图 5.8.3 塑料排水板施工工艺流程图

5.8.6 塑料排水板不应接长使用。

5.8.7 塑料排水板打入深度应符合设计要求,拔导管时将塑料排水板带出长度大于 0.5 m 时,必须重新补打。

5.8.8 拔导管带出的淤泥应及时清除,并用砂回填密实,避免污染外露塑料排水板。

5.8.9 塑料排水板顶部应及时埋入砂垫层中,埋入长度应大于 0.5 m 或符合设计要求。

## 5.9 真空预压

5.9.1 真空预压用密封膜、排水滤管的种类、规格、性能及连接方式应符合设计要求。

5.9.2 真空预压施工场地应合理布置,加固区域应根据填土高度、施工设备配套情况进行划分。

5.9.3 真空预压施工前应核查地基处理范围内的地质条件,检查是否有透气层。

5.9.4 真空预压施工主要工艺应符合下列规定:

- 1 铺设砂垫层、打设竖向排水体。
- 2 砂垫层中布设真空管。
- 3 开挖密封沟,铺设密封膜。
- 4 安装抽真空装置,连接各系统进行抽真空试验,检查密封性。
- 5 在加固范围内按设计要求设置变形观测点,开始抽真空。
- 6 真空预压效果达到设计要求后停止抽真空。
- 7 真空预压施工工艺流程如图 5.9.4 所示。

5.9.5 真空管路连接应密封,在真空管路中应设置止回阀和阀门。

5.9.6 滤水管应选用合适滤水材料包裹严密,避免抽气后杂物进入抽真空装置。

5.9.7 密封膜铺设时要适当放松,表面不应损坏。膜与膜之间应采用热粘法粘接,热合加工的搭接长度不应小于 15 mm。

5.9.8 密封沟开挖深度应符合设计要求,密封膜顺密封沟铺设,且四周用黏土压实密封。

5.9.9 抽真空作业前应进行抽真空试验,检查真空预压装置的布设及密封程度。

5.9.10 密封膜上放置沉降板时,应在其上垫一层土工布,防止戳破密封膜。

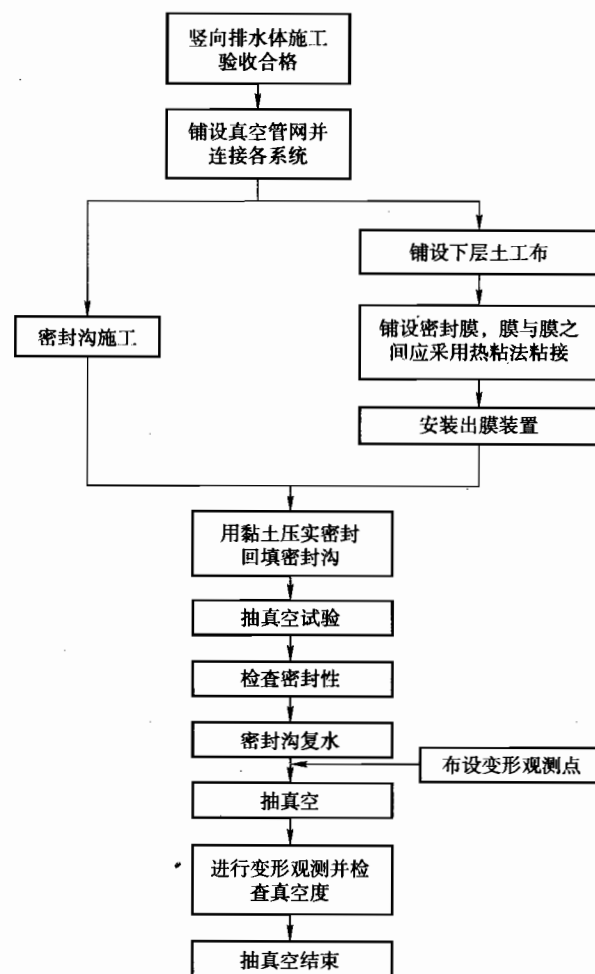


图 5.9.4 真空预压施工工艺流程图

5.9.11 抽真空过程中应观测泵、真空管、膜内的真空度及地表总沉降、侧向位移等。

5.9.12 开挖密封沟的弃土应运至指定地点,抽出来的地下水应

统一排放。

**5.9.13** 真空预压卸载时间应根据观测资料和工后沉降推算结果,由建设单位组织,设计、施工、监理单位参加,评估单位进行卸载评估,评估通过后方能卸载。

### 5.10 堆载预压

**5.10.1** 堆载预压材料应符合设计要求,不应使用淤泥土或含垃圾杂物的填料。

**5.10.2** 预压土的容重和堆载宽度、高度、坡度应符合设计要求,预压荷载不应小于设计荷载。

**5.10.3** 堆载预压施工主要工艺应符合下列规定:

1 堆载要严格控制加载速率,分层荷载应符合设计要求,保证在各级荷载下路基的稳定性。

2 堆载时应边堆土边摊平,顶面应平整。

3 堆载过程应采取有效措施防止预压土污染已填筑的路基。

**5.10.4** 堆载预压应制定变形观测设施的保护措施,堆载时应派专人指挥卸料,观测设施如有损坏应及时恢复。

**5.10.5** 堆载过程中应按规定进行变形观测并做好观测记录。

**5.10.6** 堆载预压卸载时间应根据观测资料和工后沉降推算结果,由建设单位组织,设计、施工、监理单位参加,评估单位进行卸载评估,评估通过后方可卸载。

**5.10.7** 卸载后路基堆载面应进行清理并达到验收标准,卸载后的预压材料应运至指定地点堆放。

### 5.11 砂(碎石)桩

**5.11.1** 砂(碎石)桩成桩施工宜采用振动或锤击成桩法。振动成桩法宜采用重复压拔管法,锤击成桩法宜采用双管法。成桩设备应配置电流表、电压表等仪表。

**5.11.2** 砂桩桩体用砂应选用中、粗砂或砾砂,含泥量不应大于

5%,用于排水的砂桩其砂中含泥量不得大于3%。

**5.11.3** 碎石桩桩体应选用不易风化的碎石或砾石,粒径宜为20 mm~50 mm,含泥量不应大于5%。

**5.11.4** 砂(碎石)桩施工前应根据设计、地质及机械等情况,选择有代表性地段进行成桩工艺性试验,确定拔管高度、振密电流、留振时间、锤击贯入度、分段填砂(碎石)量、充盈率等工艺参数,检验成桩效果。

**5.11.5** 振动重复压拔管法施工主要工艺应符合下列规定:

1 桩机按设计桩位就位,桩管垂直,桩尖对准桩位,桩靴闭合。

2 启动振动器,将桩管振动压入土中。

3 桩管压到设计深度后,向桩管内投入规定数量的砂(碎石)料。

4 边振动边拔管,拔至工艺试验确定的高度。

5 边振动边下压沉管至工艺试验确定的高度,将砂(碎石)料挤压密实。

6 再一次向桩管内投入规定数量的砂(碎石)料,重复循环施工至桩顶。

**5.11.6** 锤击双管法施工主要工艺应符合下列规定:

1 桩机按设计桩位就位,桩管垂直,桩尖对准桩位,桩靴闭合。

2 锤击桩管,内外桩管同时沉入至设计深度。

3 提升内管,投料至外管内。

4 放下内管至外管内的砂(碎石)料面上,提升外管与内管平齐。

5 锤击内外管,压实砂(碎石)料。

6 重复循环施工至桩顶。

**5.11.7** 振冲碎石桩施工主要工艺应符合下列规定:

1 清理平整施工现场,测设桩位。

- 2 施工机具就位,使振冲器对准桩位。
- 3 启动供水泵和振冲器,将振冲器徐徐沉入土中,直至达到设计深度。记录振冲器经各深度的水压、电流和留振时间。
- 4 造孔后边提升振冲器边冲水直至孔口,再放置孔底,重复2~3次扩大孔径并使孔内泥浆变稀,开始填料制桩。
- 5 将振冲器沉入填料中进行振冲制桩,当电流达到规定的密实电流值和规定的留振时间后,将振冲器提升30 cm~50 cm。
- 6 重复以上步骤,自下而上逐段制作桩体直至孔口,记录各段深度的填料量、最终电流值和留振时间,并均应符合设计规定。
- 7 关闭振冲器和水泵。

5.11.8 砂(碎石)桩施工工艺流程如图5.11.8—1、图5.11.8—2所示。

5.11.9 砂(碎石)桩施工应选用适宜的桩尖结构。选用活瓣桩靴时,砂性土地基宜采用尖锥型,黏性土地基宜采用平底型。

5.11.10 振动法施工应严格控制拔管高度、拔管速度、压管次数、振密电流、留振时间、填砂(碎石)量,保证桩体连续、均匀、密实。

5.11.11 锤击法施工应根据冲击锤的能量,控制拔管高度、分段填砂(碎石)量、贯入度,保证桩体质量。

5.11.12 振冲碎石桩应严格控制加密段长度、振密电流、留振时间、加密水压、填碎石量,保证桩体连续、均匀、密实。

5.11.13 砂(碎石)桩施工时,砂性土地基应从外围或两侧向中间进行,以挤密为主的桩宜隔排施工;软弱黏性土地基宜从中间向外围或隔排施工。

5.11.14 砂(碎石)桩施工结束后,应间隔一定时间后方可进行质量检验。

5.11.15 砂、碎石桩施工完成后应进行桩身质量、桩间土加固效果、复合地基承载力检验。

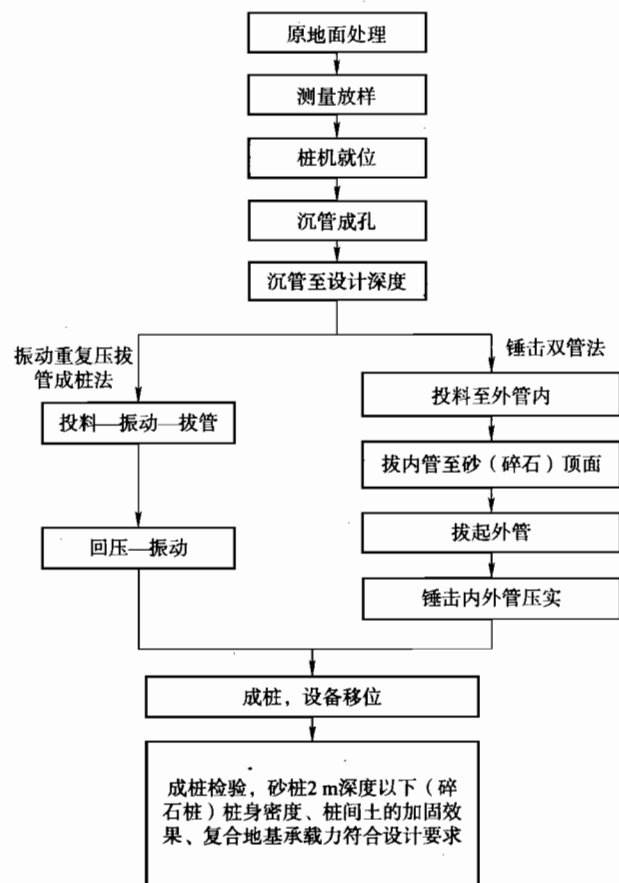


图5.11.8—1 振动重复压拔管法、锤击双管法砂(碎石)桩施工工艺流程图

## 5.12 灰土(水泥土)挤密桩

5.12.1 挤密桩成孔应根据设计要求、成孔设备、现场土质和周围环境等情况,选用沉管、冲击或夯扩等方法机械成孔。

5.12.2 挤密桩使用的材料应符合设计要求,并按相关规定进行

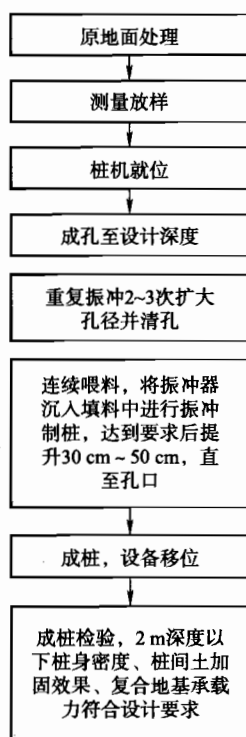


图 5.11.8—2 振冲碎石桩施工工艺流程图

进场检验。桩体使用的石灰中有效氧化钙+氧化镁( $\text{CaO}+\text{MgO}$ )含量不应低于 50%、粒径应小于 5 mm, 水泥不应受潮、结块, 粉煤灰应晾干。

**5.12.3** 挤密桩所用土的质量应符合设计要求, 且有机质含量不应大于 5%, 土块粒径不应大于 15 mm, 不应含有杂土、冻土或膨胀土及砖、瓦和石块等。

**5.12.4** 灰土(水泥土)施工前应进行室内配合比试验, 确定施工配合比。

**5.12.5** 灰土(水泥土)应采用机械拌和且随拌随用, 并拌和均匀,

色泽一致, 无灰团、灰条和花面现象。

**5.12.6** 挤密桩施工前应进行成桩工艺性试验。灰土(水泥土)桩应确定最优含水率、分层厚度、夯击遍数等参数。

**5.12.7** 挤密桩施工主要工艺应符合下列规定:

- 1 成孔机械按设计桩位就位。
- 2 成孔至设计深度。
- 3 进行孔底夯击密实。
- 4 填料分层回填, 夯击密实。
- 5 挤密桩施工工艺流程如图 5.12.7 所示。

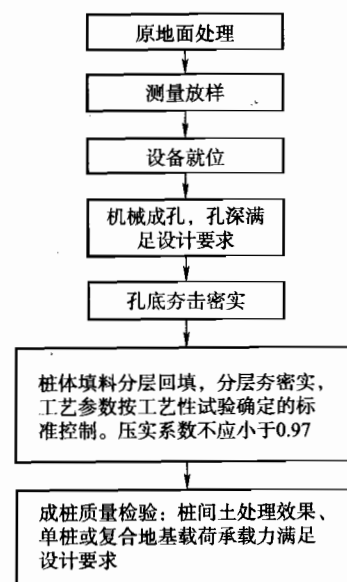


图 5.12.7 挤密桩施工工艺流程图

**5.12.8** 挤密桩整片处理施工时, 成桩施工宜从中间向外, 同排应间隔 1~2 孔进行; 局部处理时, 宜由外向内, 同排应间隔 1~2 孔进行。

5.12.9 灰土(水泥土)挤密桩成孔时,地基土的含水率宜接近最优含水率或塑限,土的含水率低于12%,特别是在整个处理深度范围内的含水量普遍很低时,宜对处理范围内的土层进行增湿。增湿处理应在地基处理前4 d~6 d完成,需增湿的水应通过一定数量和一定深度的渗水孔均匀地渗入处理范围土层中。

5.12.10 成孔后应及时回填,发生桩孔严重缩颈或回淤时,应填入干砂或粗骨料等后重新成孔。

5.12.11 回填填料应分层夯击密实,回填过程中不宜间隔停顿或隔日施工。

5.12.12 挤密桩成桩处理深度内桩间土的处理效果及单桩或复合地基承载力应符合设计要求,对于湿陷性黄土地基,其桩间土湿陷系数还应符合设计要求。

### 5.13 柱锤冲扩桩

5.13.1 柱锤冲扩桩成孔应根据土质条件选择成孔机械,宜采用机械钻孔、强力冲孔等方法。

5.13.2 柱锤冲扩桩孔内填料应符合设计要求,并按相关规定进行进场检验。采用砂石作为桩体材料时,材料质量应符合本规程第5.11.2条、第5.11.3条的相关规定。

5.13.3 柱锤冲扩桩施工前应进行成桩工艺性试验,确定锤的质量、锤长、落距、分层填料量、分层夯填度、夯击次数、总填料量等参数,检验成桩效果。

5.13.4 柱锤冲扩桩施工主要工艺应符合下列规定:

1 柱锤冲扩机就位,使柱锤对准桩位,并保持垂直稳定。

2 成孔至设计深度。将柱锤提升一定高度,自动脱勾下落冲击土层,如此反复冲击,接近设计成孔深度时,可在孔内填少量粗骨料继续冲击,直至孔底被冲击密实。

3 向孔内分层填入拌和好的填料,每填一层用柱锤夯实一

层,直至桩顶设计标高以上至少0.5 m,其上部桩孔宜用原土夯封。

4 柱锤冲扩桩施工工艺流程如图5.13.4所示。

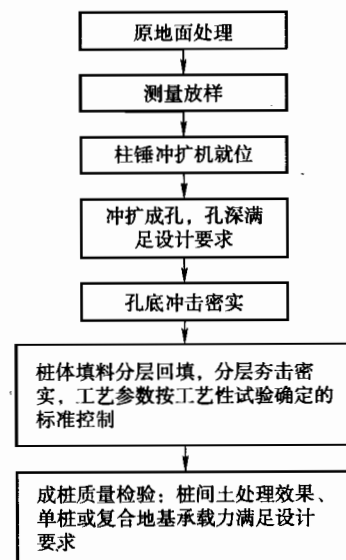


图5.13.4 柱锤冲扩桩施工工艺流程图

5.13.5 成孔和填料夯实的施工顺序宜间隔跳打。

5.13.6 柱锤冲扩桩加固较深柱锤长度不够时可先挖部分土,然后进行冲扩。

5.13.7 柱锤冲扩桩冲击难以成孔时,可采用填料冲击成孔、二次复打成孔或套管成孔、钻孔等方法。

5.13.8 成孔深度应满足设计要求,孔底应夯击密实。根据土质情况可在孔底预留一定厚度的原土层,以柱锤夯冲至地基处理设计深度为准。

5.13.9 孔内填料夯填前应检查成孔直径、孔深、垂直度和孔内的虚土、积水情况等。

5.13.10 柱锤冲扩桩挤密桩成桩处理深度内桩间土的处理效果及单桩或复合地基承载力应符合设计要求,对于湿陷性黄土地基,其桩间土湿陷系数还应符合设计要求。

## 5.14 搅 拌 桩

5.14.1 搅拌桩施工包括粉体喷射搅拌桩和浆体喷射搅拌桩(水泥浆搅拌桩、水泥砂浆搅拌桩)。施工时应配置灰(浆)量自动记录仪、桩头切除机械设备。

5.14.2 搅拌桩加固料的种类、规格及质量应符合设计要求,进场时应验证产品质量证明文件,并现场抽样检验,合格后方可使用。严禁使用受潮、结块、变质的加固材料。

5.14.3 搅拌桩加固材料运输时应封闭覆盖,存放应遮盖、防潮。

5.14.4 施工前应现场取代表性试样,按设计参数进行室内配比试验,确定试桩配合比。选择代表性地段进行成桩工艺性试验,确定加固材料掺入量、钻进速度、提升速度、喷气压力、单位桩长喷入量及喷搅次数等施工参数,检验成桩效果。

5.14.5 搅拌桩施工主要工艺应符合下列规定:

1 钻机按设计桩位就位,把钻头对准桩位,调整钻杆垂直地面。

2 启动钻机,待搅拌钻头接近地面时,启动自动记录仪,空压机送气,预搅钻进。钻至接近设计深度时,宜用低速慢钻。

3 钻进至设计深度时,关闭送气阀门,打开送料阀门,喷粉(浆)。

4 确认粉(浆)已喷至孔底时,均匀搅拌提升钻头,同时喷粉(浆)。提升到桩顶标高后,停止喷送。

5 重复搅拌至设计复搅深度后再喷送粉(浆)并搅拌提升至桩顶。

6 搅拌桩施工工艺流程如图 5.14.5 所示。

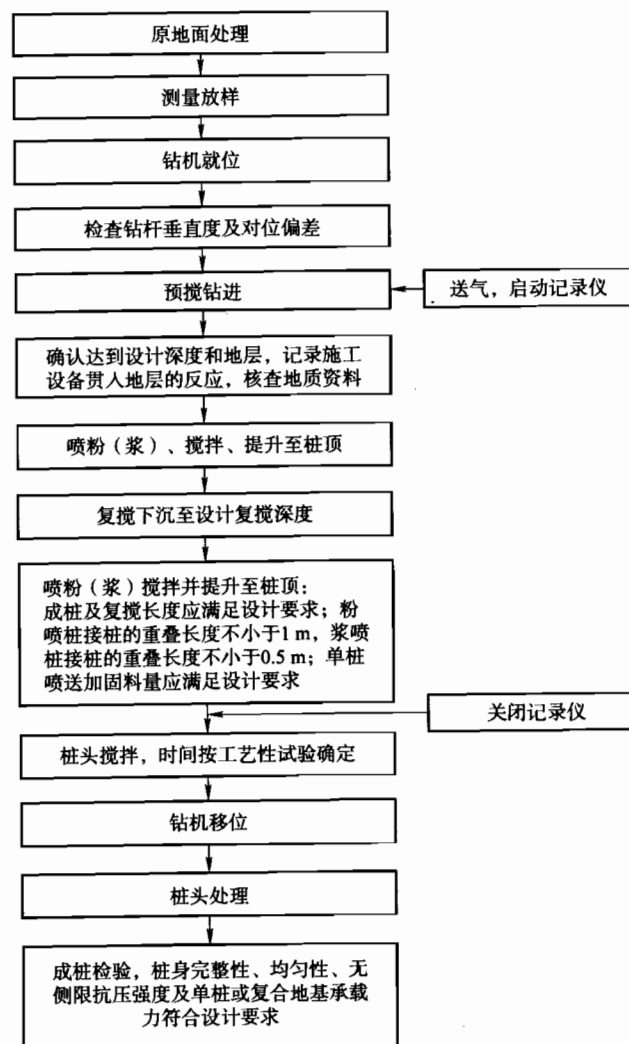


图 5.14.5 搅拌桩施工工艺流程图

5.14.6 搅拌桩施工过程中应经常检查钻头直径,搅拌钻头直径磨耗量不应大于 10 mm。

5.14.7 搅拌桩施工应根据成桩工艺试验确定的技术参数进行,操作人员随时记录空气压力、喷粉(浆)量、钻进速度、提升速度等有关参数的变化。

5.14.8 加固料浆液应按试验确定的配合比采用机械拌制,浆液应随拌随用,配置好的浆液不得离析,供浆应连续。

5.14.9 钻进过程中,应严格控制钻杆垂直度。

5.14.10 钻头钻到设计深度后应确保粉(浆)到达桩底,严禁在没有喷粉(浆)的情况下进行钻杆提升作业,桩底应原位喷搅一定时间。

5.14.11 钻头提升至桩顶以上 0.2 m~0.5 m 时方可停止喷粉(浆),保证桩头质量。

5.14.12 粉体喷射搅拌桩成桩过程中,应保证边喷粉、边提升连续作业。因故缺粉或停工时,第二次喷粉应重叠接桩,接桩重叠长度不应小于 1 m。

5.14.13 浆体喷射搅拌桩施工应确保喷浆连续均匀。因故停浆继续施工时必须重叠接桩,接桩长度不应小于 0.5 m。

5.14.14 搅拌桩因故停喷间歇时间过长,无法接续时,应在原桩位旁边进行补桩处理。

5.14.15 钻机成孔和喷粉(浆)过程中产生的废弃物应回收集中处理,防止污染环境。

5.14.16 搅拌桩完成 28 d 后,在每根检测桩桩径方向 1/4 处、桩长范围内垂直钻孔取芯,观察其完整性、均匀性,拍摄取出芯样的照片,在桩身上、中、下取不同深度的 3 个试样做抗压强度试验。钻芯后的孔洞应采用水泥砂浆灌注封闭。单桩承载力或复合地基承载力应满足设计要求。

## 5.15 旋 喷 桩

5.15.1 旋喷桩施工时应配置喷浆量自动记录仪、桩头切除机械设备。

5.15.2 加固料、外加剂应符合设计要求,材料进场应验证产品质量证明文件,并现场抽样检验,合格后方可使用。严禁使用受潮、结块、变质的加固料、外加剂。

5.15.3 施工前应现场取代表性试样在室内做配合比试验,确定浆液配比。

5.15.4 施工前应进行成桩工艺性试验,确定加固料掺入比、注浆量、压力、旋转提升速度等工艺参数,检验成桩效果。对深层长桩宜根据地质条件分层选择喷射参数,保证成桩均匀一致。

5.15.5 旋喷桩施工主要工艺应符合下列规定:

1 桩机按设计桩位就位,调整钻杆垂直度。

2 启动钻机成孔钻进至设计深度。

3 将注浆管插入至孔底。

4 注浆管浆液流出喷头后开始提升注浆管,自下而上旋转喷射注浆。

5 喷射施工至桩顶,拔出注浆管。

6 旋喷桩施工工艺流程如图 5.15.5 所示。

5.15.6 喷射注浆前应检查高压设备与管路系统,管路应畅通并密封良好。

5.15.7 旋喷桩施工应根据不同的地质条件选择合适方法成孔,插管时应防止泥砂堵塞喷嘴。

5.15.8 旋喷管分段提升作业时宜搭接处理,搭接长度不应小于 0.1 m。

5.15.9 旋喷管提升接近桩顶时,应从桩顶以下 1 m 开始,慢速提升旋喷,旋喷一定时间,再向上慢速提升 0.5 m,直至停喷面。桩顶和桩底宜复喷。

5.15.10 喷射注浆过程中,应检查注浆流量、空气压力、注浆泵压力等参数是否符合设计要求,并做好记录。

5.15.11 配置的浆液应严格过滤,防止喷射过程中堵塞喷嘴;浆液宜随制随用,旋喷过程中应有防止浆液沉淀的措施。

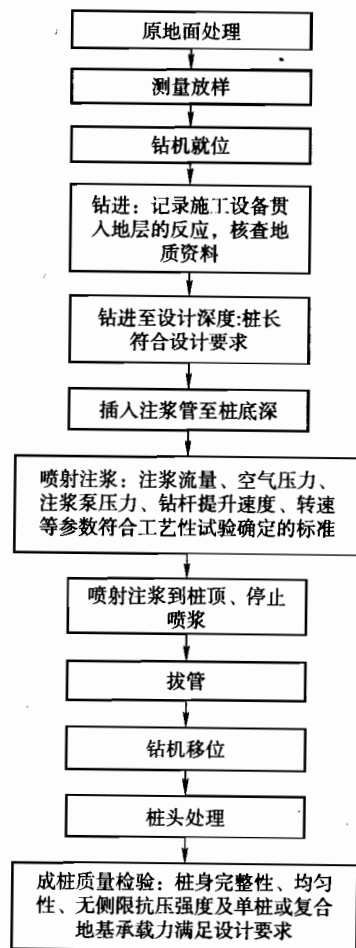


图 5.15.5 旋喷桩施工工艺流程图

5.15.12 钻机钻杆应匀速旋转、提升,确保桩体连续、均匀;因故停喷后续喷时,喷射搭接长度不应小于 0.5 m。

5.15.13 注浆量不足影响成桩质量时,应采取复喷措施。

5.15.14 桩顶凹坑应及时以浆液补灌。

5.15.15 钻机成孔和喷浆过程中,应将废弃的加固料及冒浆回收集中处理,防止污染环境。

5.15.16 旋喷桩成桩 28 d 后,在每根检测桩桩径方向 1/4 处、桩长范围内垂直钻孔取芯,观察其完整性、均匀性,拍摄取出芯样的照片,在桩身上、中、下取不同深度的 3 个试样做抗压强度试验。钻芯后的孔洞应采用水泥砂浆灌注封闭。单桩承载力或复合地基承载力应满足设计要求。

### 5.16 水泥粉煤灰碎石(CFG)桩

5.16.1 水泥粉煤灰碎石(CFG)桩施工可根据设计结合现场地质情况选用长螺旋钻机或振动沉管桩机成孔,应配置桩头切除机械设备。

5.16.2 水泥、粉煤灰、碎石及外加剂等原材料应符合设计要求,材料进场应验证产品质量证明文件,并进行抽样检验,合格后方可使用。严禁使用受潮、结块、变质的水泥和外加剂。

5.16.3 施工前应按设计参数进行室内配合比试验,选定混合料配合比。

5.16.4 施工前应选择具有代表性地段进行成桩工艺性试验,确定混合料施工配合比和坍落度、搅拌时间、拔管速度、振动沉管桩机的终孔电流等工艺参数。

5.16.5 长螺旋钻管内泵压混合料灌注施工主要工艺应符合下列规定:

1 钻机按设计桩位就位,调整钻杆垂直地面并对准桩位中心。

2 关闭钻头阀门,向下移动钻头至地面开始钻进,先慢后快,钻至设计深度并停钻。

3 向管内泵送混合料,钻杆芯管充满混合料后开始拔管。

4 边泵送混合料边匀速拔管至桩顶。

5 CFG 桩长螺旋钻管内泵压混合料灌注施工工艺流程如图 5.16.5 所示。

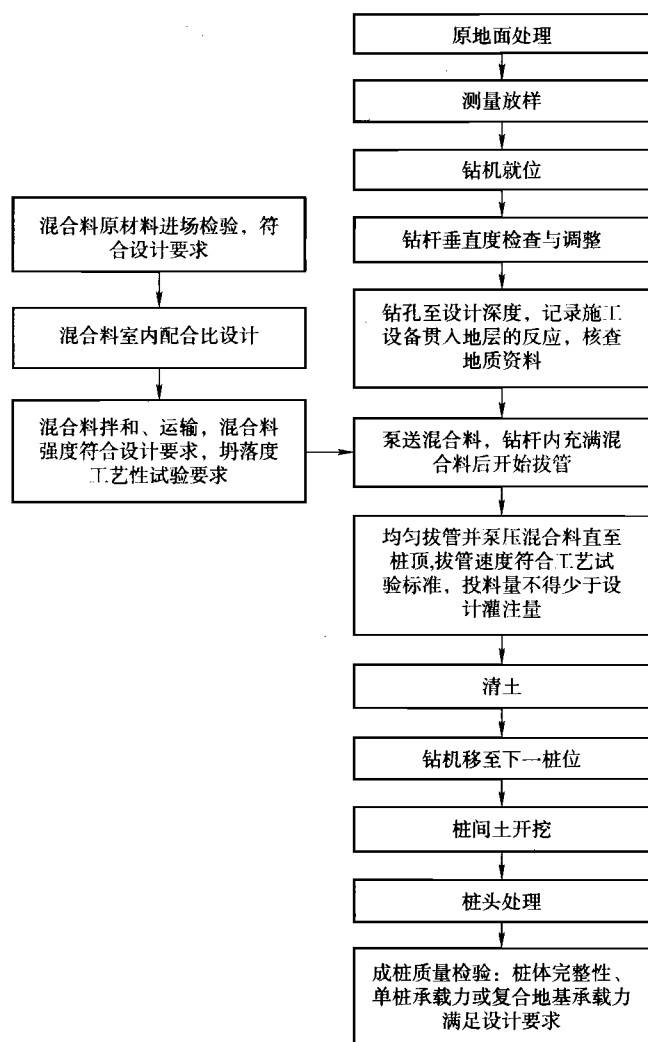


图 5.16.5 长螺旋钻 CFG 桩施工工艺流程图

#### 5.16.6 振动沉管灌注施工主要工艺应符合下列规定:

1 桩机按设计桩位就位, 调整沉管与地面垂直。

- 2 振动沉管至设计深度。
- 3 向管内一次投放混合料。
- 4 投料后留振 5 s~10 s, 开始拔管, 直至桩顶。
- 5 CFG 桩振动沉管灌注施工工艺流程如图 5.16.6 所示。

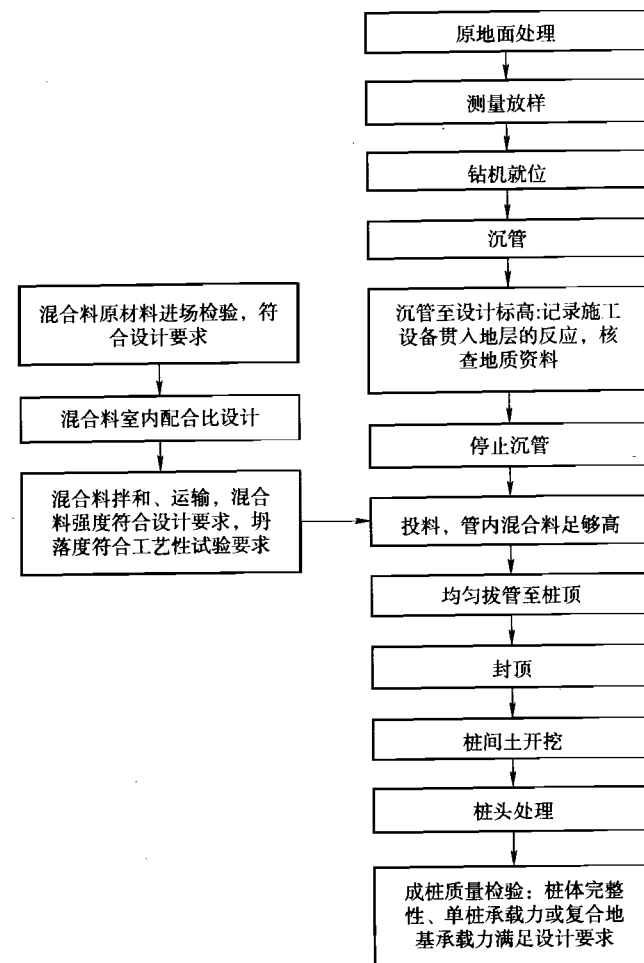


图 5.16.6 CFG 桩振动沉管灌注施工流程图

**5.16.7** CFG 桩在钻进过程中,应严格控制钻机钻杆(或沉管)的垂直度,其偏差不应大于 1%。

**5.16.8** 水泥、粉煤灰、碎石混合料应用搅拌机拌和。坍落度、拌和时间应按工艺性试验确定的参数进行控制,且拌和时间不应少于 60 s。

**5.16.9** 振动沉管灌注施工时沉管至设计深度后应向管内一次投放混合料,投料后留振 5~10 s 方可提升沉管。拔管速率应按试桩确定参数控制,拔管过程中不允许反插。如上料不足,在拔管过程中加料。

**5.16.10** 长螺旋钻管内泵压混合料灌注施工时,混合料的泵送量、拔管速率按试桩确定的参数进行控制,泵料应连续,不应停泵待料。

**5.16.11** 长螺旋钻管内泵压混合料灌注施工时,应在混合料充满泵送管路后方可提钻。施工过程中应经常检查泵送压力、弯头和钻杆状态,防止导管堵塞。

**5.16.12** CFG 桩施工过程中导管应始终埋入混凝土内 1 m 左右,以防断桩。每根桩的投料量不应少于设计灌注量。

**5.16.13** 振动沉管及长螺旋钻机钻进过程中,每沉 1 m 或电流表突变时应记录电流表一次,核对地基土层沿桩长变化情况。

**5.16.14** CFG 桩施工应合理安排打桩顺序,避免后序桩施工对已施工桩的损坏。

**5.16.15** 清理桩间土应采用小型机具配合人工进行,截除桩头应采用切割机械,不应损坏桩体,影响桩的完整性。

**5.16.16** CFG 桩施工中每工班应制作试件,进行 28d 抗压强度试验。成桩 7 d 后低应变检测成桩完整性,有疑问时采取钻芯取样观察其完整性、均匀性,拍摄取出芯样的照片。CFG 桩处理后的单桩或复合地基承载力应满足设计要求。

## 5.17 混凝土预制桩

**5.17.1** 混凝土预制桩施工应根据地质条件、桩型、桩体承载力、施工环境条件等选定沉桩方法及相应机具设备,沉桩方法可采用锤击法、振动法或静力压桩法。

**5.17.2** 混凝土预制桩进场时应进行外观质量检查,并验证质量证明资料,合格后方可使用。桩头损坏部分应截去,桩顶不平时应修切或修垫平整。

**5.17.3** 混凝土预制桩起吊、搬运和堆码时,应根据设计要求确定吊点并防止冲撞损坏。

**5.17.4** 混凝土预制桩应根据设计要求合理配桩,控制接头数量。

**5.17.5** 混凝土预制桩施工前应选择具有代表性地段进行成桩工艺性试验,核对设计地质条件,确定施工工艺和停止沉桩的控制标准。

**5.17.6** 锤击沉桩施工主要工艺应符合下列规定:

1 打桩机按设计桩位就位。

2 打桩开始时用较低落距锤击,保证桩的垂直度,入土达到一定深度,确认方向无误后,再按规定的落距锤击。

3 混凝土预制桩在即将进入软层前应改用较低落距锤击。

4 接桩锤击下沉,沉桩至设计深度。

**5.17.7** 振动沉桩施工主要工艺应符合下列规定:

1 打桩机按设计桩位就位。

2 插桩后宜先利用桩和锤的自重使桩沉入土中,待桩身入土达到一定深度并确认桩位和垂直度符合要求后再振动下沉。

3 接桩振动下沉,沉桩至设计深度。

**5.17.8** 静压沉桩施工主要工艺应符合下列规定:

1 压桩机按设计桩位就位。

2 插桩入土达到一定深度,并确认桩位和垂直度符合要求后静压下沉。

3 开动桩机油泵使之上移,抱桩固定下压预制桩,循环作业。

4 接桩连续下压,沉桩至设计深度。

5.17.9 混凝土预制桩沉桩施工流程如图 5.17.9 所示。

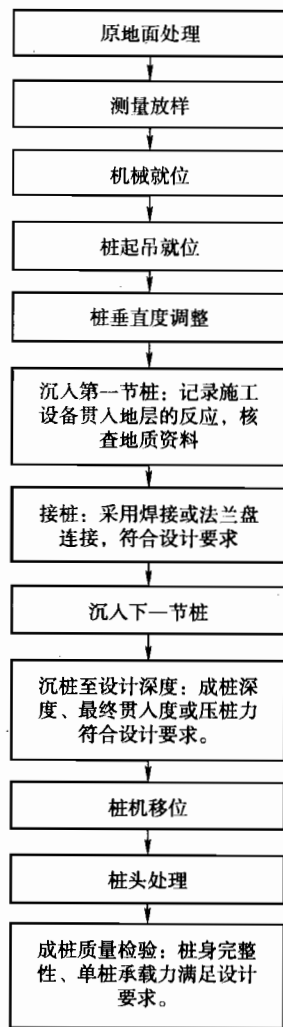


图 5.17.9 混凝土预制桩施工工艺流程图

5.17.10 锤击沉桩施工应采用与桩和锤相适应的弹性衬垫。送桩沉桩时,送桩紧接桩顶部分应有保护桩顶的装置,送桩与桩的轴线应在同一直线上。

5.17.11 锤击沉桩施工宜采用重锤低击,坠锤落距不宜大于 2 m,单打汽锤落距不宜大于 1 m,柴油锤应使锤芯冲程正常。

5.17.12 静力压桩法施工时,应按照设计要求的单桩承载力的 2 倍左右配备荷载,但最大荷载不能超出桩身所能承担的应力。

5.17.13 混凝土预制桩沉入过程中,应记录贯入地层时设备的反应,及时记录电流表或其他反映贯入阻力的仪表读数,每沉入 1 m 或仪表读数突变时记录仪表读数。

5.17.14 混凝土预制桩采用焊接接桩时,应先将四周点焊定位固定,然后对称焊接,焊缝应连续饱满。焊接完成后,应自然冷却至自然温度,并按设计要求处理后方可继续沉桩。不应用水冷却和焊完立即沉桩。

5.17.15 混凝土预制桩采用法兰盘拼接时,应连接牢固,防锈处理应符合设计要求。

5.17.16 沉桩应连续进行,不应中途停顿。遇下列情况应停止沉桩,经分析研究并采取措施后,方可继续施工。

- 1 贯入度发生急剧变化或振动打桩机的振幅异常。
- 2 静力压桩机由于配备荷载不足而被顶起。
- 3 桩身突然倾斜移位或锤击时有严重回弹。
- 4 桩头破碎或桩身开裂。
- 5 附近地面有严重隆起现象。
- 6 邻桩上浮或桩位水平移动过大。
- 7 打桩架发生偏斜或晃动。
- 8 贯入度或锤击数与工艺试验参数明显不符。

5.17.17 对发生“假极限”、“吸入”、上浮、下沉现象应进行复打。

5.17.18 混凝土预制桩打桩后应检验桩身完整性,单桩承载力应符合设计要求。

## 5.18 混凝土灌注桩

5.18.1 混凝土灌注桩钻孔施工根据不同的地质条件可选用冲击钻机、回旋钻机、旋挖钻机以及套管钻机等不同的钻孔设备。

5.18.2 钢筋、水泥、砂、碎石及外加剂等原材料应符合设计要求，材料进场应验证产品质量证明文件，并进行抽样检验，合格后方可使用。严禁使用受潮、结块、变质的水泥和外加剂。

5.18.3 混凝土灌注桩施工前应按设计参数进行室内配合比试验，选定混凝土配合比。

5.18.4 混凝土灌注桩施工前应进行成桩工艺性试验，确定各项工艺参数。

5.18.5 混凝土灌注桩应采用机械成孔，钻机根据地质条件、桩长和桩径等选定。现场应设置制浆池、沉淀池和泥浆池，泥浆指标应符合设计要求。

5.18.6 混凝土灌注桩施工主要工艺应符合下列规定：

- 1 按设计桩位埋设护筒，钻机就位。
- 2 钻进至设计深度。钻孔应一次成孔，不应中途停顿。
- 3 钻孔经检查后，应立即进行清孔。
- 4 钢筋笼吊装入孔，并牢固定位。
- 5 浇筑水下混凝土。
- 6 混凝土灌注桩施工工艺流程如图 5.18.6 所示。

5.18.7 混凝土灌注桩应针对不同地层选用不同的钻头、钻进压力、钻进速度及适当的泥浆比重。

5.18.8 钻孔时，孔内水位宜高于护筒底脚 0.5m 以上或地下水位以上 1.5 m~2.0 m，在钻进中取渣时或停钻后，应及时向孔内补水或泥浆，保持水头高度和泥浆比重及黏度。

5.18.9 钻孔过程中应经常检查并记录土层变化情况。

5.18.10 钻孔达到设计深度后，应对孔位、孔径、孔深和孔形进行检查。

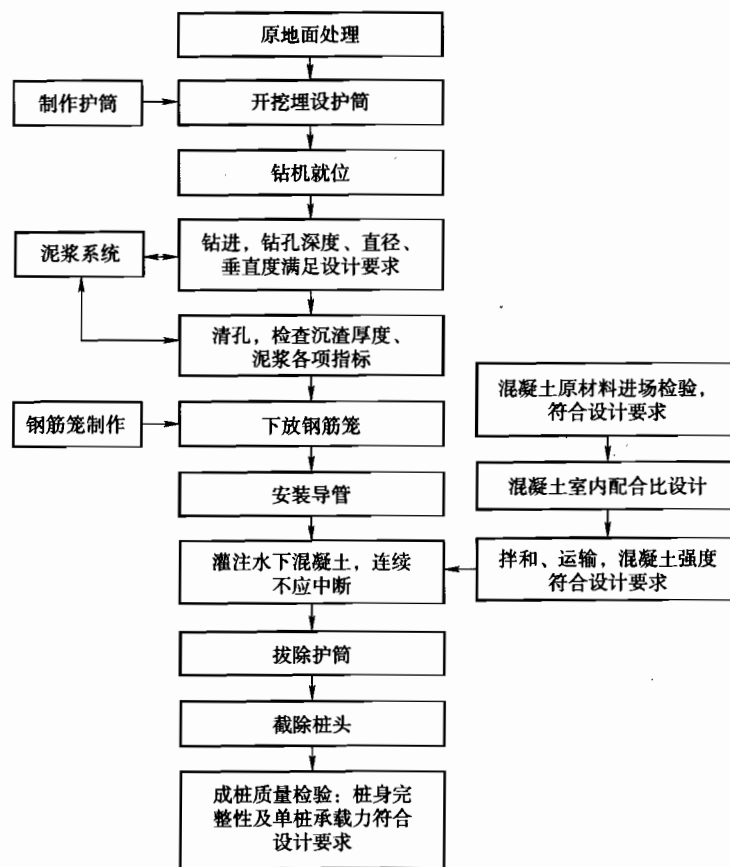


图 5.18.6 混凝土灌注桩施工工艺流程图

5.18.11 水下混凝土应连续灌注，不应中途停顿，灌注宜高出桩顶设计高程 0.5 m。

5.18.12 桩身混凝土强度等级应符合设计要求；每根桩应进行无损检验，有问题时应钻芯取样进行检测；单桩承载力应符合设计要求。

## 5.19 桩 帽

**5.19.1** 桩帽用水泥、砂、碎石、外加剂、钢筋等原材料应符合设计要求,进场时应验证产品质量证明文件,并现场抽样检验,合格后方可使用。严禁使用受潮、结块、变质的水泥。

**5.19.2** 桩帽施工前应按设计要求进行室内配合比试验,选定合适的配合比。

**5.19.3** 桩帽施工主要工艺应符合下列规定:

1 桩帽施工前应将超出桩顶标高的桩头截去,截桩头应采用专用机械切割。

2 开挖桩帽基坑,将基底压实至设计要求。

3 立模,绑扎钢筋,浇筑桩帽混凝土。预制桩帽施工时应在桩头上铺设砂浆,安装桩帽。

4 桩帽混凝土浇筑完成后应及时覆盖养护,养护期不应小于 7 d,桩帽达到拆模条件后,拆除模板。

5 桩帽四周应按设计要求回填密实。

**5.19.4** 现浇桩帽、预制桩帽施工工艺流程如图 5.19.4—1、图 5.19.4—2 所示。

**5.19.5** 桩帽基坑应在桩身混凝土达到设计强度后开挖,开挖应采用小型机械或人工开挖。

**5.19.6** 桩帽施工时应核查每根桩嵌入桩帽长度。

**5.19.7** 桩帽施工完成后,人员或机械不应在桩帽上行走或碾压。

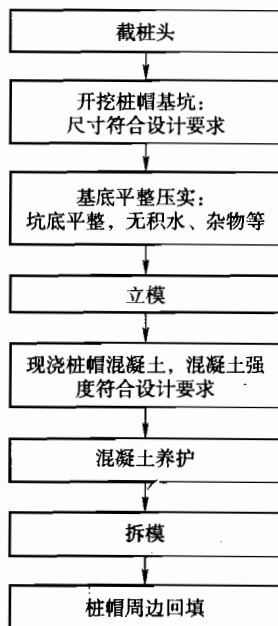


图 5.19.4—1 现浇桩帽施工工艺流程图

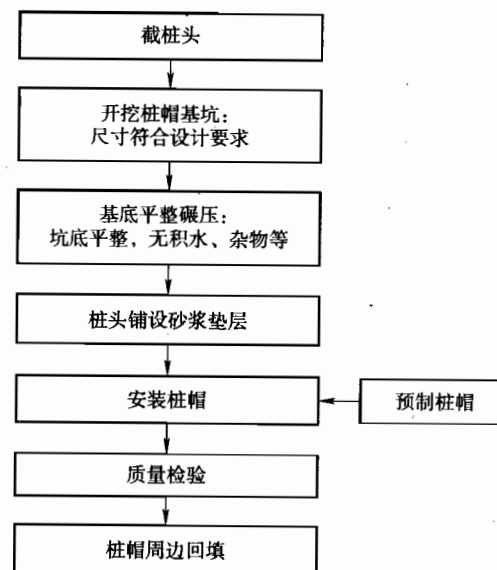


图 5.19.4—2 预制桩帽施工工艺流程图

**5.19.8** 桩帽混凝土强度应满足设计要求。

## 5.20 桩板结构

**5.20.1** 桩板结构根据连接方式、组合形式及设置位置的不同,分为非埋式、浅埋式及深埋式三种。

1 非埋式桩板结构一般三跨或多跨一联,承载板左右分幅,桩与承载板通过托梁连接,托梁与桩刚性连接,中跨承载板与托梁刚性连接,边跨承载板与托梁搭接,相邻联的承载板间设置沉降缝(伸缩缝),承载板与上部轨道结构直接连接。其结构形式如图 5.20.1—1 所示。

2 浅埋式桩板结构的桩与承载板直接刚性连接,承载板上部通过基床表层与轨道结构连接。其结构形式如图 5.20.1—2 所示。

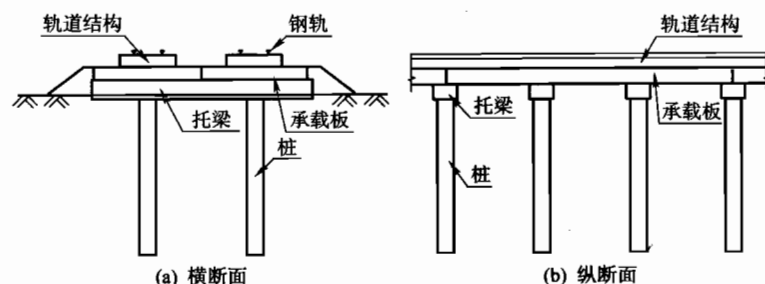


图 5.20.1—1 非埋式桩板结构形式示意图

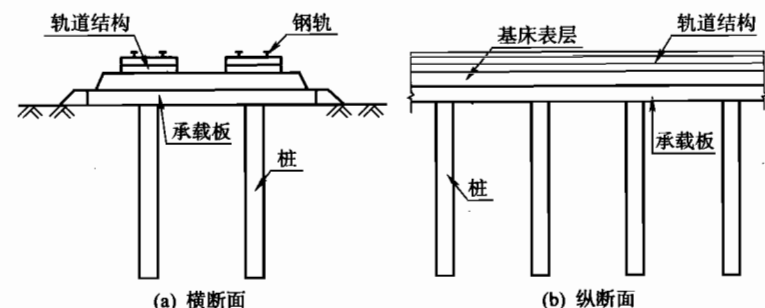


图 5.20.1—2 浅埋式桩板结构形式示意图

3 深埋式桩板结构设置在路堤基底,桩与承载板直接刚性连接,承载板上部为填方路基。其结构形式如图 5.20.1—3 所示。

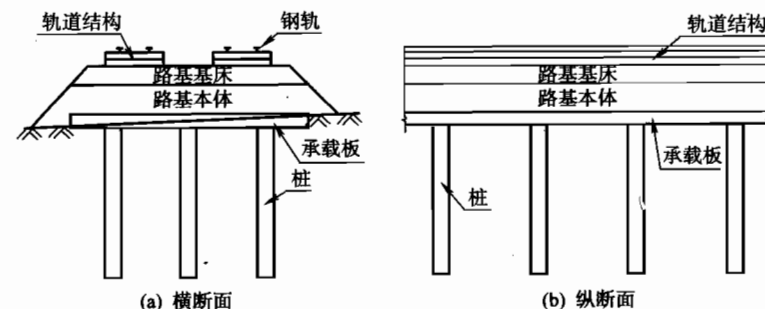


图 5.20.1—3 深埋式桩板结构形式示意图

5.20.2 桩板结构用水泥、砂、碎石、外加剂、钢筋等原材料应符合设计要求,进场时应验证产品质量证明文件,并现场抽样检验,合格后方可使用。严禁使用受潮、结块、变质的水泥。

5.20.3 桩板结构施工前应按设计混凝土强度要求进行室内配合比试验,选定合适的配合比。

5.20.4 桩板结构应按照“桩基→(托梁)→承载板”的顺序进行施工,工艺流程如图 5.20.4 所示。

5.20.5 桩板结构中混凝土灌注桩施工应符合本规程第 5.18 节的规定。

5.20.6 托梁施工主要工艺应符合以下规定:

- 1 托梁和混凝土垫层施工前进行桩头凿除处理。
- 2 开挖托梁基槽、立模。
- 3 桩顶钢筋锚入托梁,绑扎托梁钢筋,同时预埋与承载板连接的钢筋。
- 4 浇筑托梁混凝土。

5.20.7 承载板施工主要工艺应符合下列规定:

- 1 承载板施工前应按设计要求浇筑混凝土垫层,表面应平整。
- 2 承载板与托梁采用刚性连接时,应对托梁顶面进行凿毛处理;非埋式桩板结构边跨处托梁与承载板接触部分应按设计要求铺设高强度耐磨滑动层。
- 3 绑扎承载板钢筋。无托梁时,桩顶钢筋直接锚入承载板。
- 4 按设计要求预埋托梁与承载板的连接钢筋套管和传力构件及套管。
- 5 浇筑承载板混凝土。

5.20.8 灌注桩桩头处理应在混凝土强度达到 80% 以上进行,距桩顶面 20 cm 范围内的桩头应采用人工凿除,确保桩头质量。

5.20.9 绑扎托梁钢筋前应核实每根桩体伸入托梁长度,以及桩顶主筋锚入托梁的长度。

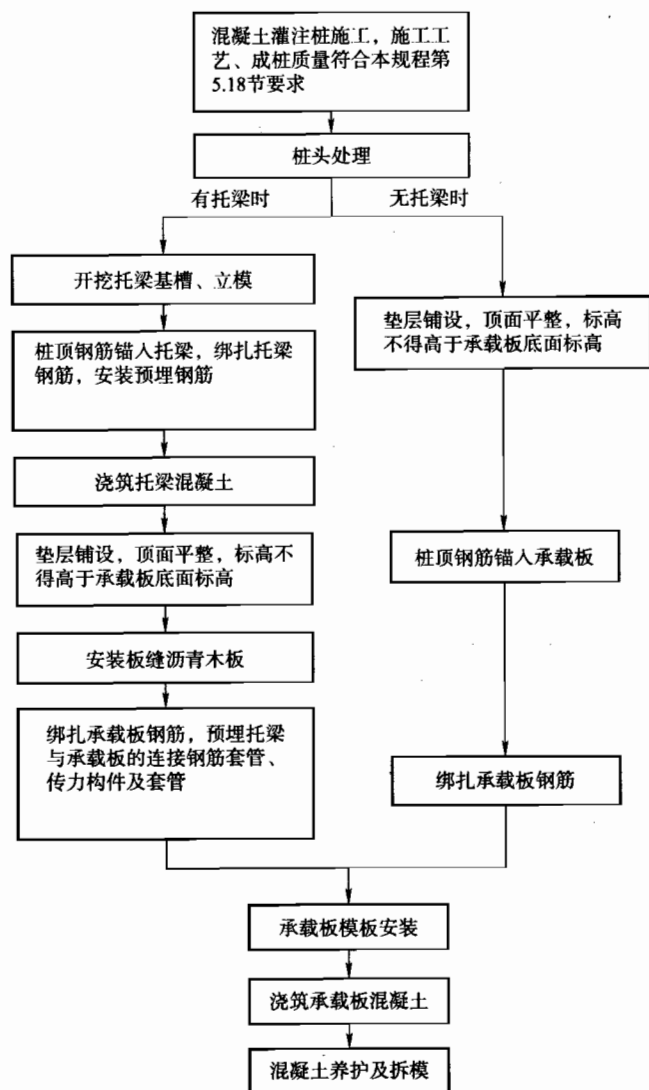


图 5.20.4 桩板结构施工工艺流程图

5.20.10 垫层施工应严格控制顶面标高,防止垫层侵入承载板内。

5.20.11 承载板与桩联结时,应检查桩体伸入承载板的长度,以及桩顶主筋锚入承载板的长度。

5.20.12 承载板与桩基刚性连接处,应按设计要求设置钢筋网、抗剪弯筋和加密箍筋等抗冲切措施。

5.20.13 每块承载板混凝土应连续灌注,一次完成。

5.20.14 承载板间应设置沉降缝(伸缩缝),其设置位置、形式应符合设计要求。

5.20.15 钢筋保护层垫块应采用与承载板同标号混凝土预制块,分布应均匀,设置应牢固,厚度应满足设计要求。

5.20.16 混凝土灌注桩质量应符合本规程 5.18.12 条的规定,托梁和承载板的混凝土强度应满足设计要求。

## 5.21 筏板

5.21.1 筏板用水泥、砂、碎石、外加剂、钢筋等原材料应符合设计要求,进场时应验证产品质量证明文件,并现场抽样检验,合格后方可使用。严禁使用受潮、结块、变质的水泥。

5.21.2 筏板施工前应按设计混凝土强度要求进行室内配合比试验,选定合适的配合比。

5.21.3 筏板施工主要工艺应符合下列规定:

- 1 筏板施工前应按设计要求铺设垫层,垫层表面应平整。
- 2 立模,绑扎筏板钢筋。
- 3 筏板应按设计要求设置沉降缝(伸缩缝)。
- 4 浇筑筏板混凝土,并及时养护。
- 5 筏板施工工艺流程如图 5.21.3 所示。

5.21.4 筏板钢筋保护层垫块应采用与筏板同标号混凝土预制块,分布应均匀,设置应牢固,保护层厚度应满足设计要求。

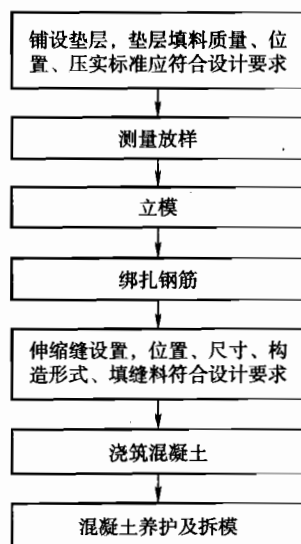


图 5.21.3 筏板施工工艺流程图

**5.21.5** 筏板应按设计要求设置沉降缝,筏板混凝土浇筑应分段进行,每一施工段混凝土浇筑应一次连续完成。

**5.21.6** 筏板混凝土强度应满足设计要求。

## 5.22 岩溶、洞穴处理

**5.22.1** 岩溶、洞穴处理应根据地质情况确定处理方法,可采用注浆或清除回填、封闭处理的方法。

**5.22.2** 岩溶、洞穴处理所用材料应满足设计要求,进场时应验证产品质量证明文件,并现场抽样检验。

**5.22.3** 注浆处理施工前应按设计要求并根据现场试验进行配合比设计,浆液固结度、结石强度和粘度应符合设计要求。

**5.22.4** 注浆处理施工前应进行钻孔、充填及注浆试验,确定钻孔机具和钻进方法、不同深度的注浆压力、注浆量、注浆速度、水灰比、扩散半径等参数。通过实施过程进一步检验施工方案的可行

性,并及时动态调整施工参数指导后续施工。

**5.22.5** 注浆施工主要工艺应符合下列规定:

- 1 钻机按设计注浆孔位就位,调整钻杆角度。
- 2 钻机钻进成孔。
- 3 终孔后,下塑料管或钢花管,浇筑护孔。
- 4 钻机转移至下一孔位施钻。
- 5 注浆设备就位,下注浆管至孔底标高。
- 6 自下而上注浆,注浆应连续进行。

7 注浆结束后用水泥浆对孔口进行补灌,直至浆液面不再下降,制作止浆盘。

8 注浆施工工艺流程如图 5.22.5 所示。

**5.22.6** 清除回填施工主要工艺应符合下列规定:

1 洞穴揭露表盖层后应清除洞内沉积物,并铲除洞穴表面溶蚀部分,将洞壁倾斜部分做成台阶。

2 土质洞穴宜采用水泥土或石灰土回填夯实;石质洞穴宜采用混凝土或片石混凝土回填。

3 洞穴回填应分层夯实、填充紧密。

**5.22.7** 路基面上的溶洞应按设计要求处理,宜采用片石混凝土或钢筋混凝土封闭,封闭厚度不小于 0.5 m,顶部与路基面齐平,搭盖洞口不宜小于 0.2 m。

**5.22.8** 边坡及坡顶上的溶洞,应清除其充填物,按设计要求封闭;对于泉水发育部位,应预留泄水孔。

**5.22.9** 岩溶、洞穴处理施工中不应任意引排地下水,严禁堵塞泉水出逸点,应按设计要求做好排水设施。

**5.22.10** 注浆施工应采取“探灌结合、分序施工”的方法。根据注浆孔揭示的岩溶发育情况,动态调整处理范围、加固深度和注浆工艺。

**5.22.11** 注浆孔宜采用地质钻探方法成孔。钻孔通过土层和岩溶发育破碎带时,为防止孔口坍塌或缩孔,可下孔口套管或采用跟管钻进。

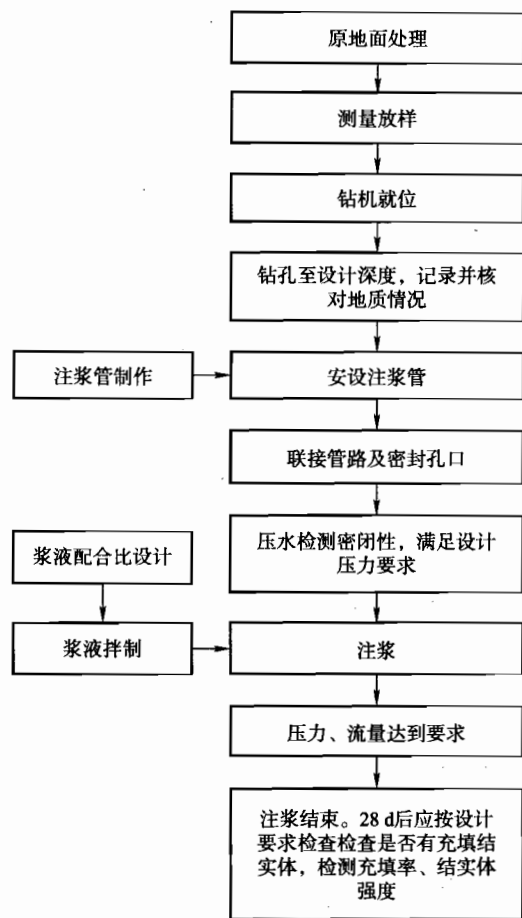


图 5.22.5 注浆施工工艺流程图

5.22.12 钻孔过程中填写钻进记录,记录应详细反映该孔在钻进过程中涌水、漏水、土层分界等情况。

5.22.13 浆液应用机械搅拌均匀,在使用前应过筛,并随拌随用。日平均温度低于  $5^{\circ}\text{C}$  或最低温度低于  $-3^{\circ}\text{C}$  的条件下注浆时,应采取保温措施,保证浆液不冻结。

5.22.14 注浆宜采取孔底循环全段加压注浆或套管跟进分段注浆,注浆压力应根据注浆情况由小到大。若需间歇反复注浆时,注浆压力应适当降低。

5.22.15 注浆管路承压能力不应小于设计值;注浆泵和孔口处均应安设压力表,压力表与管路之间应加设隔浆装置。

5.22.16 空洞、裂隙贯通、耗浆量特别大的注浆孔,可采用间歇注浆或双液注浆。对于有空洞的注浆孔宜采取间或灌砂、灌碎石注浆。

5.22.17 注浆孔应跳孔施钻,同步注浆,注浆应从路基坡脚向线路中心的顺序进行,先两侧后中间;在地下水有水头压力时,应先注下游孔,再注上游孔;单排孔应遵循逐步加密、跳孔同步注浆的原则。

5.22.18 注浆过程中应对地面水平位移、地面沉陷、冒浆点位置进行监测,并作好注浆孔深、注浆压力、注浆数量等记录。

5.22.19 注浆结束 28 d 后应按设计要求采用综合物探方法,辅以钻孔取芯、注水或灌浆试验,检查是否有充填结实体,检测充填率、结实体强度。

## 6 路 堤

### 6.1 一般规定

6.1.1 路堤施工前,应编制土石方调配方案,进行填料复查试验,合理布置填料生产场地。

6.1.2 原地面和地基应按设计要求进行处理,施工工艺应符合本规程第5章的相关规定。

6.1.3 基床表层以下路基施工应配置平地机、重型振动压路机等设备;基床表层级配碎石施工宜配置拌和站、摊铺设备、重型振动压路机等设备。

6.1.4 路堤各部分及护道应一体施工、分层填筑,并碾压至规定的压实标准。填筑前应进行工艺性试验,确定施工工艺参数。

6.1.5 填料含水率控制范围应由室内试验和现场工艺试验段综合确定。含水率过高时,应采取疏干、松土、晾晒或其他措施;含水率过低时,应加水润湿。

6.1.6 路堤施工应结合永久性排水设施做好临时排水设施,基底、坡脚、填层面不应积水。

6.1.7 路堤填筑施工应符合下列规定:

1 地基复查、核实时,发现地基范围内有局部松软、坑穴、泉眼等,应慎重处理,不应随意填塞。

2 不同类别的填料应分别填筑,每一水平层的全宽应采用同一种填料。非渗水土上填筑渗水土时,非渗水土顶层面应设向两侧4%的横向排水坡。

3 基床底层的顶部和基床以下路堤顶部应设4%的横向排水坡。

4 上下相接的填筑层使用不同种类及颗粒的填料时,其粒径应符合 $D_{15} < 4d_{85}$ 的要求。下部填料为化学改良土时,可不受此项规定限制。

5 路堤填筑不宜在雨季、低温条件下施工。

6.1.8 改良土施工拌和方法应根据设计要求确定,可采用场拌法或集中路拌法,条件具备时宜选择场拌法施工。

6.1.9 软土、松软土地基上的路堤及预压土填筑除应符合本规程第6.1.7条规定外,还应符合下列规定:

1 软土和松软土地段路基施工组织设计应注意不同地基处理措施可能产生的差异沉降,并应保证必要的预压期。

2 采用排水固结地基处理措施时,应控制填筑速率。

3 反压护道应与路基同步填筑,其填料、填筑压实方法、压实标准应符合路堤相应部位的规定。护道顶面应平整密实并设有向路基两侧的排水坡,边坡坡面应顺直无凹陷。

6.1.10 膨胀土地基上的路堤填筑除应符合本规程第6.1.7条规定外,还应符合下列规定:

1 施工前应结合永久排水设施做好地表排水设施,排水沟应随挖随砌,铺砌应及时完成。

2 膨胀土路基不应在雨季施工。

3 换填厚度应根据开挖后地基检测结果确定,且不应小于设计要求。

4 基底换填应与开挖紧密衔接。如不能及时回填,应预留厚度不小于50cm的保护层。

6.1.11 黄土地区的路堤填筑除应符合本规程第6.1.7条规定外,还应符合下列规定:

1 施工前应结合永久排水设施做好地表排水设施,排水沟应随挖随砌,铺砌应及时完成。

2 填筑路堤前应将松散的地基表层洒水压实至规定密度,路堤两侧排水沟以内的坑洼和松散地面均应平整碾压密实,不应积水。

3 施工中路基范围黄土地基上不应浸水。

6.1.12 盐渍土地基上的路堤填筑应符合本规程第 6.1.7 条规定外,还应符合下列规定:

1 设置隔断层的路堤,应清除原地面植物根茎并碾压密实,隔断层沿地基横坡全断面填筑或铺设。

2 盐渍土地基的含盐量大于规定时,应铲除表层盐渍土,挖除厚度应根据开挖后地基检测结果确定,且不应小于设计要求。盐渍土铲除宽度应包括护道范围,并应形成自路基中线向两侧不小于 2% 的横向排水坡。

3 路堤填筑自清除基底的盐渍土开始,应工序衔接,连续施工,一次做到设计规定的路堤标高。在采用隔断层的地段,应一次做到隔断层的顶部以上,以免路基再盐渍化和形成新的盐壳。

6.1.13 季节冻土地区路基施工应结合最大冻结深度、地下水位等因素,按设计要求控制路基填料细颗粒含量,加强路基防排水、防冻胀措施。

6.1.14 路堤填筑施工应积极推广应用连续压实控制等成熟的新技术、新工艺。

6.1.15 路堤填筑应按本规程的相关规定进行变形观测,工后沉降量应符合设计要求。

## 6.2 填 料

6.2.1 路基填料复查试验与填料生产场的设置应符合下列规定:

1 路堤填筑前应对设计取土场的填料进行取样复查试验,符合设计要求的普通填料不足时,应根据当地资源情况设置填料生产场。

2 设计料场的质量或数量不能完全满足要求时,应重新选择路基填料料场,按建设管理程序报相关单位确认。

3 填料生产场应根据需要配备相应的筛分、破碎、拌和等设备。

6.2.2 基床底层及以下路堤普通填料和物理改良土填料的种类、规格、性能应符合下列规定:

1 基床以下路堤填料的粒径应小于 75 mm,基床底层填料的粒径应小于 60 mm。

2 填料的粒径级配、细粒含量及定名分组应符合《铁路路基设计规范》TB 10001 的相关规定。

3 严寒、寒冷地区的冻结深度大于基床表层厚度时,其冻结深度影响范围内 A、B 组填料的细颗粒含量应小于 5%,且填筑压实后的渗透系数应大于  $5 \times 10^{-5}$  m/s。

4 浸水路堤填料细粒含量应小于 10%。

5 路基填料除应满足室内试验指标要求外,还应对填料的压实性能进行填筑工艺试验验证,压实性能不能满足要求时应应对填料进行物理改良,以达到压实质量标准。

6.2.3 基床底层及以下路堤化学改良土填料的种类、规格、性能应符合下列规定:

1 用石灰改良的原土料,有机质含量不宜大于 5%,硫酸盐含量(折算成  $\text{SO}_4^{2-}$ )不应大于 0.8%。

2 用水泥改良的原土料,有机质含量不宜大于 2%,硫酸盐含量(折算成  $\text{SO}_4^{2-}$ )不应大于 0.25%。

3 外掺料为水泥时,宜采用普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥,强度等级为 42.5 或 32.5,初凝时间不宜小于 3.0 h,终凝时间不宜小于 6.0 h,安定性和强度指标应符合现行《通用硅酸盐水泥》GB 175 的要求。不应使用快硬水泥、早强水泥。

4 外掺料为石灰时,宜采用钙质生石灰粉,石灰的氧化钙+氧化镁( $\text{CaO} + \text{MgO}$ )含量不应小于 80%,二氧化碳( $\text{CO}_2$ )含量不应大于 9%,生石灰粉 0.90 mm 筛的筛余不应大于 0.5%,建筑钙质生石灰未消化残渣含量(5 mm 圆孔筛余)不应大于 15%。

5 外掺料为粉煤灰时,矿物成分( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ )含

量不宜小于 70%，0.045 mm 方孔筛筛余不应大于 25%，三氧化硫（SO<sub>3</sub>）含量不应大于 3%，烧失量不应大于 8%。

6 化学改良土无侧限抗压强度应符合表 6.2.3 的要求。

表 6.2.3 化学改良土无侧限抗压强度要求

| 路基部位                | 基床底层      | 基床以下 |
|---------------------|-----------|------|
| 7 d 饱和无侧限抗压强度 (kPa) | ≥350(550) | ≥250 |

注：表中括号内为改良土考虑冻融循环作用所需的强度值。

6.2.4 基床表层级配碎石填料的种类、规格、性能应符合下列规定：

1 级配碎石材料由块石、天然卵石或砂砾石经破碎筛选而成。

2 无砟轨道及严寒、寒冷地区有砟轨道级配碎石填筑压实后的渗透系数应大于  $5 \times 10^{-5}$  m/s，基床表层级配碎石粒径级配应符合表 6.2.4 的规定，其不均匀系数  $C_u$  不应小于 15，0.02 mm 以下颗粒质量百分率不应大于 3%。非寒冷、非严寒地区有砟轨道级配碎石粒径级配曲线如图 6.2.4 所示。

表 6.2.4 基床表层级配碎石粒径级配要求

| 方孔筛边长 (mm)  | 0.1  | 0.5  | 1.7   | 7.1   | 22.4  | 31.5   | 45  | 适用范围               |
|-------------|------|------|-------|-------|-------|--------|-----|--------------------|
| 过筛质量百分率 (%) | 0~11 | 7~32 | 13~46 | 41~75 | 67~91 | 82~100 | 100 | 非寒冷、非严寒地区有砟轨道铁路    |
|             | 0~5  | 7~32 | 13~46 | 41~75 | 67~91 | 82~100 | 100 | 无砟轨道及严寒、寒冷地区有砟轨道铁路 |

3 基床表层级配碎石与下部填土之间应符合  $D_{15} < 4d_{85}$  的要求。粒径大于 22.4 mm 的破碎卵石粗颗粒中带有破碎面的颗粒所占质量百分率不应小于 30%。

4 级配碎石粒径大于 1.7 mm 颗粒的洛杉矶磨耗率不应大于 30%，硫酸钠溶液浸泡损失率不应大于 6%，粒径小于 0.5 mm

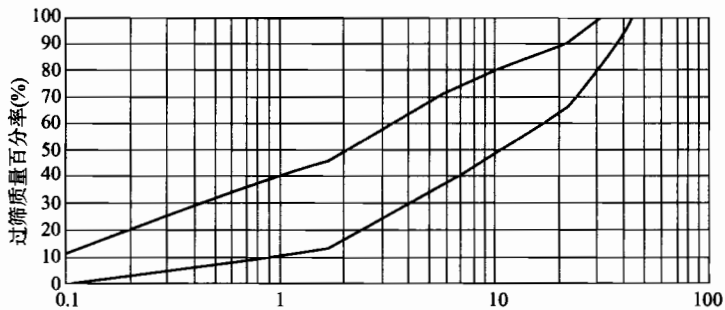


图 6.2.4 非寒冷、非严寒地区有砟轨道铁路基床表层级配碎石粒径级配曲线

细颗粒的液限不应大于 25%，塑性指数应小于 6，不应含有黏土及其他杂质。

6.2.5 过渡段级配碎石填料的种类、规格、性能应符合下列规定

1 级配碎石粒径、级配及质量应符合设计要求。碎石颗粒中针状和片状碎石含量不应大于 20%；质软和易破碎的碎石含量不应大于 10%。

2 过渡段用级配碎石粒径级配范围应符合表 6.2.5 的要求；

3 过渡段级配碎石填料也可选用符合本规程第 6.2.4 条规定的级配碎石。

表 6.2.5 过渡段级配碎石粒径级配范围

| 级配编号 | 通过筛孔 (mm) 质量百分率 (%) |        |        |        |       |       |       |       |       |       |
|------|---------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | 50                  | 40     | 30     | 25     | 20    | 10    | 5     | 2.5   | 0.5   | 0.075 |
| 1    | 100                 | 95~100 | —      | —      | 60~90 | —     | 30~65 | 20~50 | 10~30 | 2~10  |
| 2    | —                   | 100    | 95~100 | —      | 60~90 | —     | 30~65 | 20~50 | 10~30 | 2~10  |
| 3    | —                   | —      | 100    | 95~100 | —     | 50~80 | 30~65 | 20~50 | 10~30 | 2~10  |

6.2.6 路基普通填料和物理改良填料生产及使用应符合下列规定：

1 直接用于路基填筑的原状土料的组别、粒径级配及技术性

能应符合设计要求,其含水率应在工艺试验确定的施工控制含水率范围内。

2 采用硬质岩或不易风化的块石作为料源时,应设专门的填料生产加工场。填料生产时,大粒径的岩块应先进行破碎解小,再输入破碎机破碎,然后过筛孔径为 75 mm(基床以下用料)或 60 mm(基床底层用料)振动筛筛分,使填料的粒径小于 75 mm 或 60 mm。

3 填料压实性能不能满足时,应掺入粗颗粒土或细颗粒土等外掺料通过机械拌和均匀进行物理改良。填料经物理改良后,其规格、性能及压实性能需同时满足设计和《高速铁路路基工程施工质量验收标准》TB 10751 的要求。

4 填料的含水率过大或过小时,应晾晒或洒水拌匀,符合工艺性试验确定的范围后方可使用。

#### 6.2.7 场拌法化学改良土填料生产及使用应符合下列规定:

1 改良土拌和站应根据工程量及地形、地貌等规划布置,拌和站应具有自动计量装置。

2 原土料及外掺料的备料场均应搭建料棚,不同品种、规格的材料之间应修建隔墙。

3 改良土应按设计进行室内配合比试验确定初步配合比,进行填筑工艺性试验,验证室内试验配合比并确定施工工艺参数。

4 原土料粒径应小于 15 mm,否则应进行破碎处理;原土料含水率应满足拌合需要,否则应进行晾晒或洒水拌匀处理。

5 外掺料采用水泥基类时,其击实最大干密度应取延迟一定时间的试验值,延迟时间根据所选工艺经试验确定。

6 外掺料使用消石灰时,应在使用前 7 d~10 d 充分消解,并保持一定的湿度。采用生石灰时,应选用磨细生石灰粉。

7 改良土拌和前应对所有设备进行调试和计量检查,测定原料土和外掺料的含水率,并按生产配合比确定配料机料仓的输送带转速和加水量。

8 改良土拌和过程中应对混合料颗粒粒径与外掺料的含量进行检验,混合料组成发生变化时应重新调试设备。

9 改良土拌和好后应尽快运送至施工现场。运送过程中宜覆盖,减少水分损失及环境污染。

#### 6.2.8 集中路拌法化学改良土填料生产及使用应符合下列规定:

1 集中路拌法场地应合理规划,拌和区域内草皮、树根及不符合要求的土层应全部清除。拌和区域四周应开挖一定深度的排水沟,防止场内其他区域水分的渗透。

2 路拌机应进行试拌并确定拌和深度。

3 检测拌和深度内不同位置的含水率,含水率过小或过大时应采用洒水闷料或翻松晾晒的措施。翻松晾晒的深度应大于拌和深度。

4 外掺料单位面积摊铺数量应按配合比及路拌机拌合深度计算,采用撒布车或人工将外掺料均匀摊铺在原土料表面上。

5 改良土采用路拌机进行粉碎、拌和。拌和重叠宽度不宜小于 50 cm,拌和深度不应大于试拌确定的深度。施工时宜设专人跟随路拌机,随时检查拌和深度,并配合路拌机操作员调整拌和深度。

6 改良土基本拌和均匀后应检测含水率,含水率过大时应晾晒,含水率过小时应洒水。

7 改良土拌和好后应检测粒径、外掺料掺量、含水率,检测合格后方可装车并尽快运至施工现场。运输过程中宜覆盖,以减少水分损失及环境污染。

#### 6.2.9 级配碎石填料生产及使用应符合下列规定:

1 基床表层和过渡段用级配碎石宜采用三级或四级级配进行配制。

2 配制基床表层和过渡段用级配碎石的各种分级集料,进场应验收并分类堆放。

3 级配碎石配合比应根据各种不同规格集料采用相应标准

的筛分结果,按本规程第 6.2.4 条或第 6.2.4 条的粒径级配要求进行设计。

4 级配碎石应按设计配合比进行室内击实试验和现场填筑工艺试验,确定生产用配合比。

5 级配碎石正式拌和之前,应对所有设备进行调试和计量检查,并测定各种集料的含水率,按生产配合比确定配料机料仓的输送带转速和加水量。

6 掺水泥级配碎石的重型击实最大干密度应取延迟一定时间的试验值,延迟时间根据所选工艺经试验确定,但不应大于 4 h。

7 拌和过程中应对级配碎石的级配、水泥剂量和含水率进行检测,混合料组成发生变化时应及时重新调试设备。

8 检测合格的级配碎石应尽快运送到施工现场。级配碎石在运送过程中宜覆盖,减少水分损失及环境污染。

#### 6.2.10 路基填料质量检验应符合下列规定:

1 直接开采或用岩块经破碎、筛分加工生产的普通填料,应根据现场填筑需要提前进行最大干密度试验,填筑过程中应进行粒径、粒径级配及细粒含量检验。

2 采用物理改良方法生产的普通填料,应根据现场填筑需要提前进行配合比和最大干密度试验,填筑过程中应进行粒径、粒径级配及细粒含量检验。

3 化学改良土的原土料应提前检验有机质和硫酸盐含量;化学改良土用水泥或同类胶材应检验凝结时间、安定性和胶砂强度,石灰应检验细度、未消化残渣含量、二氧化碳( $\text{CO}_2$ )含量和氧化钙+氧化镁( $\text{CaO}+\text{MgO}$ )含量,粉煤灰或同类外掺料质量应检验细度、烧失量、矿物成分( $\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$ )含量和三氧化硫( $\text{SO}_3$ )含量。

4 化学改良土使用前应进行改良土配合比试验、最大干密度试验和无侧限抗压强度验证试验,并根据现场填筑需要,提前再次复查最大干密度。

5 基床表层级配碎石使用前应进行洛杉矶磨耗率、硫酸钠溶液浸泡损失率、液限和塑性指数试验。级配碎石生产期间,每工班应抽样检验粒径级配、黏土及其他杂质含量、大于 22.4 mm 的粗颗粒中带有破碎面的颗粒含量,并根据现场填筑需要,提前进行最大干密度试验。

6 过渡段用级配碎石生产期间,每工班应抽样检验粒径级配、针状和片状碎石含量、质软和易破碎的碎石含量,并根据现场填筑需要,提前进行最大干密度试验。

### 6.3 填筑工艺试验

6.3.1 路基填筑前各种填料均应进行现场填筑工艺试验,试验路段位置应选择断面及结构型式均具有代表性的地段或部位,以确定不同压实机械、不同填料的施工方法及工艺参数。

6.3.2 路基填筑工艺性试验应符合下列规定:

1 试验段长度不宜小于 100 m,各种型式的过渡段应分别进行填筑工艺试验。

2 普通填料的碎石类、砾石类土每层的最大压实厚度不宜大于 40 cm(基床以下)或 35 cm(基床底层),砂类土和改良细粒土填料每层的最大压实厚度不宜大于 30 cm,分层填筑的最小分层厚度不应小于 10 cm;级配碎石每层的最大填筑压实厚度不宜大于 30 cm,最小填筑压实厚度不应小于 15 cm;过渡段采用小型机械压实部位的填料和级配碎石每层的最大压实厚度不宜大于 15 cm。

3 普通填料填筑工艺试验宜选用重型压路机,通过试验确定不同功能压实机械条件下不同填料施工含水率的控制范围、松铺厚度和相应碾压遍数、机械配套方案和施工组织方式。

4 改良土填筑工艺试验宜选用重型振动压路机,改良土的含水率应控制在最优含水率 $\pm 2\%$ 范围内,通过试验得出不同功能压实机械条件下不同改良土填料的松铺厚度、相应的碾压遍数及填筑施工的延迟时间、机械配套方案和施工组织方式。

5 级配碎石填筑工艺试验宜选用重型振动压路机,过渡段距离结构物 2 m 以内的部位应采用小型压实机械压实,通过试验确定生产配合比、松铺厚度和相应碾压遍数、机械配套方案和施工组织方式,过渡段掺水泥级配碎石应得出合理的填筑施工延迟时间。

### 6.3.3 路基填筑工艺性试验成果整理应符合下列规定:

1 绘制不同虚铺厚度的压实系数  $K$ 、地基系数  $K_{30}$  或变形模量  $E_{v2}$  ( $E_{v2}/E_{v1}$  比值)、动态变形模量  $E_{vd}$  随碾压遍数变化的关系曲线,并根据相应的试验结果,确定适宜的碾压遍数和松铺厚度。

2 绘制某一适宜填筑厚度条件下压实系数  $K$ 、地基系数  $K_{30}$  或变形模量  $E_{v2}$  ( $E_{v2}/E_{v1}$  比值)、动态变形模量  $E_{vd}$  随含水率变化的关系曲线,并根据相应的试验结果,确定施工控制含水率范围。

3 绘制掺水泥的化学改良土、掺水泥级配碎石在某一适宜填筑厚度条件下压实系数随延迟时间变化的关系曲线,并根据相应的试验结果,确定适宜的延迟时间范围。

4 整理分析化学改良土无侧限抗压强度试验验证数据,确定化学改良土适宜的外掺料掺入比。

5 软土地基地段,应根据变形观测,确定合适的填筑速率和填层厚度。

### 6.3.4 路基填筑工艺性试验段完成后,应及时编制试验段总结报告并报监理单位确认,试验成果应包括下列主要内容:

- 1 机械设备组合。
- 2 压路机碾压行走速度、碾压方式、碾压遍数。
- 3 填料的施工含水率控制范围。
- 4 适宜的松铺厚度。
- 5 改良土外掺料掺入比。

## 6.4 基床以下路堤填筑

### 6.4.1 基床以下路堤填料应按本规程第 6.2.2 条、第 6.2.3 条要

求选用,并符合设计要求。施工中应核对填料的试验和实际使用情况,当实际使用填料发生变化时,应另取样做土工试验进行鉴定。填料质量检验应符合本规程第 6.2.10 条的相关规定。

### 6.4.2 路堤填筑前应对地基和原地面处理进行验收,其质量应达到设计要求。

6.4.3 基床以下路堤填筑应按“三阶段、四区段、八流程”的施工工艺组织施工,每个区段的长度应根据使用机械的能力、数量确定,宜取 200 m 以上或以构造物为界。各区段内严禁几种作业交叉进行,并设置明显标识。基床以下路堤填筑施工工艺流程如图 6.4.3 所示。

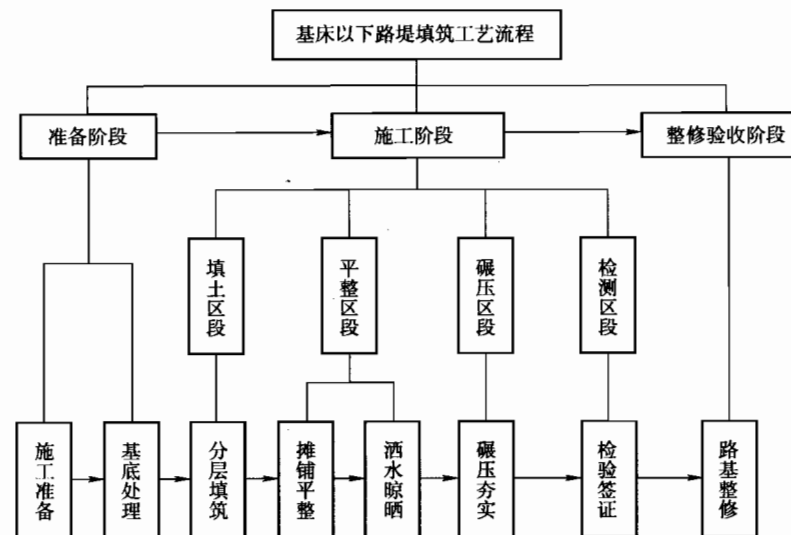


图 6.4.3 基床以下路堤填筑施工工艺流程图

### 6.4.4 基床以下路堤填筑应符合下列规定:

1 路堤应沿横断面全宽、纵向分层填筑。原地面高低不平时,应先从最低处开始分层填筑并由两边向中部填筑。路基横断面宽度每侧宜超填 50 cm。

2 分层填筑厚度应根据压实机械压实能力、填料种类和要求的压实质量,通过工艺性试验段确定。

3 不同性质的填料应分层填筑,每一水平层的全宽应用同一种填料填筑。

4 填料摊铺应使用推土机进行初平,再用平地机进行平整,填层面应无显著的局部凹凸。

5 每一层填筑过程中,应确认填料含水率、松铺厚度符合工艺试验确定的标准后,再进行碾压。碾压顺序应按先两侧后中间,先静压后弱振、再强振的操作程序进行碾压。各种压路机的最大碾压行驶速度不宜超过 4 km/h。各区段交接处,应互相重叠压实,纵向搭接长度不应小于 2.0 m,沿线路纵向行与行之间压实重叠不应小于 40 cm,上下两层填筑接头应错开不小于 3.0 m。

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

6.4.6 基床以下路堤的压实标准应符合表 6.4.6 的规定。用化学改良土填筑时,采用 7 d 饱和和无侧限抗压强度  $q_u$  和压实系数  $K$  作为控制指标;用砂类及细砾土或碎石类及粗砾土填筑时,采用压实系数  $K$  和地基系数  $K_{30}$  或变形模量  $E_{v2}$  作为控制指标。

表 6.4.6 基床以下路堤压实标准

| 指 标                        | 压实标准        |             |             |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                            | 化学改良土       | 砂类土及细砾土     | 碎石类及粗砾土     |
| 压实系数 $K$                   | $\geq 0.92$ | $\geq 0.92$ | $\geq 0.92$ |
| 地基系数 $K_{30}$ (MPa/m)      | —           | $\geq 110$  | $\geq 130$  |
| 7 d 饱和和无侧限抗压强度 $q_u$ (kPa) | $\geq 250$  | —           | —           |

注:无砟轨道可采用  $K_{30}$  或  $E_{v2}$ 。当采用  $E_{v2}$  时,其控制标准为  $E_{v2} \geq 45$  MPa 且  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2.6$ 。

6.5 基床底层填筑

6.5.1 基床底层填料应按本规程第 6.2.2 条、第 6.2.3 条的规定

选用,并符合设计要求。施工中应核对填料的试验和实际使用情况,当实际使用填料发生变化时,应另取样做土工试验进行鉴定。填料的质量检验应符合本规程第 6.2.10 条的相关规定。

6.5.2 基床底层应分层填筑,并符合本规程第 6.4 节的相关规定。

6.5.3 基床底层填筑压实标准应符合表 6.5.3 要求。用化学改良土填筑时,采用压实系数  $K$  和 7 d 饱和和无侧限抗压强度  $q_u$  作为控制指标;用砂类土及细砾土或碎石类及粗砾土填筑时,采用压实系数  $K$ 、地基系数  $K_{30}$  或变形模量  $E_{v2}$ 、动态变形模量  $E_{vd}$  作为控制指标。

表 6.5.3 基床底层填筑压实标准

| 指 标                        | 压实标准            |             |             |
|----------------------------|-----------------|-------------|-------------|
|                            | 化学改良土           | 砂类土及细砾土     | 碎石类及粗砾土     |
| 压实系数 $K$                   | $\geq 0.95$     | $\geq 0.95$ | $\geq 0.95$ |
| 地基系数 $K_{30}$ (MPa/m)      | —               | $\geq 130$  | $\geq 150$  |
| 动态变形模量 $E_{vd}$ (MPa)      | —               | $\geq 40$   | $\geq 40$   |
| 7 d 饱和和无侧限抗压强度 $q_u$ (kPa) | $\geq 350(550)$ | —           | —           |

注:1 无砟轨道可采用  $K_{30}$  或  $E_{v2}$ 。采用  $E_{v2}$  时,其控制标准为  $E_{v2} \geq 80$  MPa,且  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2.5$ 。

2 括号内数字为寒冷地区化学改良土考虑冻融循环作用所需强度值。

6.6 基床表层填筑

6.6.1 基床表层级配碎石填料应按本规程第 6.2.4 条的规定选用,并符合设计要求。级配碎石的质量检验应符合本规程第 6.2.10 条的相关规定。

6.6.2 基床表层级配碎石与下部填土之间应符合  $D_{15} < 4d_{85}$  的要求。不符合要求时,基床表层应采用粒径级配不同的双层结构,或在基床底层表面铺设土工合成材料。下部路堤填料为化学改良土时,可不受此条规定限制。

6.6.3 基床表层填筑前应对基床底层进行验收,其质量应达到设计要求。

6.6.4 基床表层施工按“三阶段、四区段、六流程”组织作业,各区段内严禁几种作业交叉进行,并设置明显标识。基床表层施工工艺流程如图 6.6.4 所示。

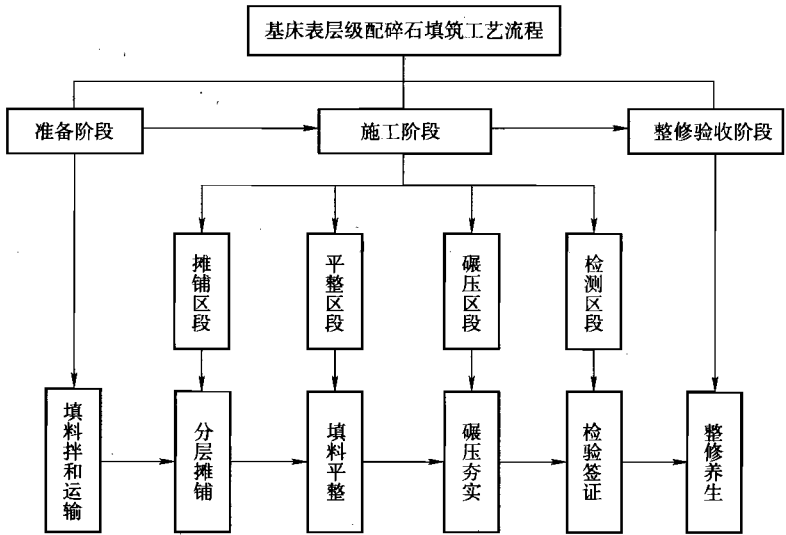


图 6.6.4 基床表层施工工艺流程图

6.6.5 基床表层级配碎石填筑施工应符合下列规定:

- 1 基床表层级配碎石应分层填筑、分层压实。
- 2 基床表层摊铺碾压区段的长度应根据施工机械能力、数量确定。区段的长度不宜小于 100 m。
- 3 级配碎石摊铺可采用摊铺机或平地机进行,摊铺厚度应按工艺试验确定的参数控制。用平地机摊铺时,布料采用方格网控制填料数量。级配碎石摊铺严禁采用薄层贴补法找平。
- 4 级配碎石摊铺完成后应由人工及时消除粗细集料离析现象。

5 碾压前应检查级配碎石的含水率。必要时应补充洒水,使其含水率达到或略大于施工最优含水率。

6 碾压时应采用先静压、后弱振、再强振的方式,最后静压收光。直线地段,应由两侧路肩开始向线路中心碾压;曲线地段,应由内侧路肩向外侧路肩进行碾压。沿线路纵向行与行之间重叠压实宽度不应小于 40 cm,各区段交接处,纵向搭接压实长度不应小于 2.0 m,上下两层填筑接头应错开不小于 3.0 m。碾压后的基床表层表面,不应出现局部表面不平整、粗细集料窝和集料带现象。

7 横向结构物顶部填土厚度小于 1 m 范围内应用小型压实机械压实。

8 横向接缝处填料应翻挖并与新铺填料拌和均匀后再进行碾压,纵向应避免施工缝。

6.6.6 基床表层级配碎石填筑完成后,应采取措施控制车辆通行,保护基床表层不受破坏。严禁机械设备在已完成的或正在碾压的路段上调头或急刹车。

6.6.7 基床表层级配碎石填筑压实标准应符合表 6.6.7 的规定。级配碎石采用压实系数  $K$ 、地基系数  $K_{30}$  或变形模量  $E_{v2}$ 、动态变形模量  $E_{vd}$  作为控制指标。

表 6.6.7 基床表层级配碎石填筑压实标准

| 填 料  | 压实标准        |                       |                       |
|------|-------------|-----------------------|-----------------------|
|      | 压实系数 $K$    | 地基系数 $K_{30}$ (MPa/m) | 动态变形模量 $E_{vd}$ (MPa) |
| 级配碎石 | $\geq 0.97$ | $\geq 190$            | $\geq 55$             |

注:无砟轨道可采用  $K_{30}$  或  $E_{v2}$ 。采用  $E_{v2}$  时,其控制标准为  $E_{v2} \geq 120$  MPa,且  $E_{v2}/E_{vd} \leq 2.3$ 。

6.7 改良土壤筑

6.7.1 改良土原材料复查试验、改良土生产和质量检验应符合本规程第 6.2 节的相关规定。

6.7.2 改良土填筑施工前,应对下承层进行检查验收,下承层应平整、密实,具有规定的路拱。

6.7.3 化学改良土施工应考虑延时效应,其最大干密度取延迟一定时间的试验值,延迟时间根据所选施工工艺经试验确定,其中水泥改良土施工延迟时间不应超过 4 h。

6.7.4 化学改良土应保证良好的养生。当改良土分层施工时,下层填筑压实质量合格后,立即填筑上一层改良土,可不需要专门的养生期。

6.7.5 改良土冬季、雨季施工和环境保护要求应分别符合本规程的相关规定。

6.7.6 改良土施工区段应根据填筑阶段的不同进行划分,避免交叉作业。化学改良土场拌法和集中路拌法填料生产应分别符合本规程第 6.2.7 条和第 6.2.8 条的相关规定,填筑施工工艺流程如图 6.7.6 所示。

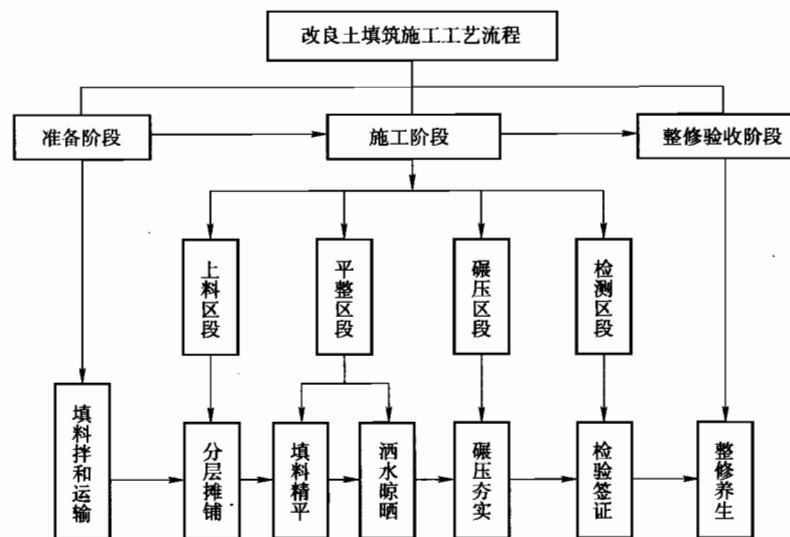


图 6.7.6 化学改良土填筑施工工艺流程图

6.7.7 物理改良土施工应符合本规程第 6.4 节、第 6.5 节的相关规定,化学改良土施工应符合下列规定:

1 改良土填筑下承层为细粒土时,应对表面进行拉毛、润湿处理。

2 改良土应全断面均匀摊铺,不应出现纵向接缝。横向中断超过一定时间后,应设置横向施工缝,两工作段的横向接缝应搭接施工。

3 路幅较宽采用两台摊铺机同时施工时,宜前后保持 5 m~10 m 间距同步作业,以免形成纵向施工接缝。

4 采用平地机摊铺施工时,应符合下列规定:

1) 改良土卸车数量和间距应采用方格网控制。

2) 卸在路基上的改良土应及时进行摊铺平整,先初平,后精平。

3) 初平后改良土的厚度不应超过工艺试验确定的松铺厚度,表面应平整,并具有 2%~4% 的横向排水坡。

4) 初平后改良土应用压路机快速碾压 1~2 遍,然后再整平并碾压一遍。局部坑洼处,应将其表面厚度不小于 5 cm 范围内耙松,并用新拌和混合料进行找平。

5) 整形应注意接缝处的平整,保证接缝平顺。

6.7.8 化学改良土碾压过程中,表面应始终保持湿润,防止发生松散、起皮等现象。

6.7.9 改良土碾压应按照工艺试验确定的工艺参数进行。碾压时沿线路纵向行与行之间横向重叠宽度不宜小于 40 cm,各区段交接处纵向搭接长度不宜小于 2.0 m,上下两层填筑接头应错开不小于 3.0 m。

6.7.10 改良土碾压后压实层面应平整,不应有明显轮迹。

6.7.11 严禁压路机在已完成或正在碾压的路段上调头和急刹车。

6.7.12 改良土压实质量应符合本规程表 6.4.6 或表 6.5.3 的相关要求。

## 6.8 加筋土填筑

6.8.1 用于加筋的土工合成材料应符合设计要求,进场时按规定的批次进行抽样检验。

6.8.2 土工合成材料运至工地后,应分批堆放在料棚(库)内,防止日晒雨淋,并保持料棚通风干燥。

6.8.3 土工合成材料铺设应符合下列规定:

1 铺设土工合成材料的下承层表面应整平、密实,并清除表面坚硬凸出物。

2 铺设土工合成材料时,应将强度高的方向置于路基主要受力方向。

3 土工合成材料的连接应牢固,受力方向连接强度不应低于设计允许抗拉强度。

4 土工合成材料铺设时,应拉紧展平插钉固定,不应褶皱扭曲,并应与路基面密贴。

5 多层铺设时,上下层接缝应交替错开。

6.8.4 加筋土路堤填筑应分层摊铺、分层碾压,除应符合本规程第 6.4 节、第 6.5 节和第 6.7 节的相关规定外,还应符合下列规定:

1 土工合成材料铺设后应及时填筑填料,避免长时间受阳光暴晒。

2 填料摊铺宜从中间向两侧进行。

3 碾压应以静压为主,不宜高频振动,压路机行走速度宜为中低速。

4 严禁施工机械直接在土工合成材料上行走作业。

5 加筋土路堤与两端路堤应同步施工,并处理好衔接部位。

6 加筋土路堤的边坡防护应及时完成。

6.8.5 加筋土路堤压实质量应符合本规程表 6.4.6 或表 6.5.3 的相关规定。

## 6.9 路堤边坡整形

6.9.1 路堤边坡应采用加宽超填或专用边坡压实机械施工。采用加宽超填方法时,应按设计坡率刷除坡面松土。

6.9.2 路基施工时应根据现场情况设置挡水埝、引水槽等截、排水设施,防止雨水冲刷边坡。

6.9.3 路基刷坡宜用机械进行刷坡。机械刷坡时应用坡度尺控制坡度。人工刷坡时应采取挂方格网控制边坡平整度和坡度,方格网桩距不宜大于 10 m。

6.9.4 路堤边坡应密实、稳固、平顺,坡率应符合设计要求。

## 7 路 堑

### 7.1 一般规定

7.1.1 路堑施工应根据地形地质、气象、水文实际情况合理安排施工,膨胀土、黄土路堑不宜在雨季施工。

7.1.2 路堑开挖施工前、开挖过程中均应核对地质资料,开挖后如发现与地质资料不符时应及时反馈相关单位。

7.1.3 路堑开挖应根据地形情况、岩层产状、断面形状、路堑长度、施工季节和环境保护要求,结合土石方调配选择开挖方式,并符合下列规定:

1 平缓地面上短而浅的路堑宜采用全断面开挖。

2 平缓横坡上的一般路堑宜采用横向台阶开挖;较深路堑应分层开挖。

3 土质路堑宜逐层顺坡开挖。

4 傍山路堑宜采用纵向台阶开挖,边坡较高时宜分级开挖;路堑较长时,可适当开设马口。

5 边坡较高的软弱、松散岩质路堑,应分级开挖、分级支挡、分级防护。设计有预加固措施的应先加固后开挖。

7.1.4 路堑排水系统施工应符合下列规定:

1 路堑施工前应先做好堑顶截、排水,堑顶为土质或有软弱夹层的岩石时,天沟应及时铺砌或采取其他防渗措施。

2 开挖区应保持排水系统通畅,临时排水设施宜与永久性排水设施相结合,并与原有排水系统相适应。

3 排水不应损害路基及附近建筑物地基、道路和农田,并不应引起淤积和冲刷。

4 开挖的路基面不应积水。地下水发育路堑施工过程中,开挖表面应设排水坡,支撑渗沟、盲沟等应根据地下水出露情况及时施工。

7.1.5 石质路堑开挖严禁使用峒室药包爆破。石质路堑边坡开挖应采用光面爆破、预裂爆破。

### 7.2 路 堑 开 挖

7.2.1 路堑开挖前应先检查坡顶、坡面,并对危石、裂缝或其他不稳定体妥善处理。

7.2.2 路堑开挖施工应自上而下进行,边开挖边整形,严禁掏底开挖。

7.2.3 位于岩石的走向、倾斜不利于边坡稳定及施工安全的地段,开挖应采取减弱施工振动的措施;在设有支挡结构的地段,应采取短开挖或马口开挖,并设临时支护措施。

7.2.4 路堑开挖爆破应按岩性、产状、边坡高度选择适当方法。爆破后边坡和堑顶山体应稳定,基床及边坡应平顺、不破碎、不松动。

7.2.5 路堑开挖除不易风化硬质岩石基床外,开挖至基床设计标高以上不小于0.5 m时,应进行地基条件核查。对地质不符或有疑问地段,根据不同地质情况采用相应检测方法进行地质复核。必要时进行地质补钻,重新评价地基条件、确定路堑换填厚度和地基处理措施。

7.2.6 路堑开挖应根据施工能力分段进行,不良地质地段应跳槽开挖,及时完成支挡工程。

7.2.7 膨胀土路堑施工应符合下列规定:

1 膨胀土路堑不宜在雨季施工。

2 膨胀土路堑边坡宜采用跳槽开挖方法,支挡和防护结构应随挖随护。支挡和防护施工不能紧跟时,边坡应预留不小于0.5 m的保护层,待支挡或防护施工时开挖。

3 施工过程中发现边坡有渗水时应及时反馈相关单位,并采取引排等处理措施。

7.2.8 黄土路堑宜在旱季施工。当在雨季施工时,应集中力量快速施工,工作面随时保持大于4%的排水坡度。路堑边坡不应受水浸泡或冲刷。

7.2.9 路堑开挖后应及时完成排水设施和边坡防护。

### 7.3 路堑基床

7.3.1 不易风化硬质岩石基床,应将表面做成向两侧4%的排水坡,做到表面平顺,肩棱整齐,对开挖不平处宜用强度等级不低于C25的混凝土补齐。

7.3.2 强风化硬质岩石、软质岩石及土质路堑基床换填处理应符合下列规定:

1 基床换填应根据施工能力分段开挖,并紧随开挖完成换填。

2 开挖至基床换填底面标高时,开挖表面应平顺整齐,并按设计要求做成向两侧的横向排水坡。开挖施工不应扰动换填底面以下的土层。开挖至基床换填底面标高时,应核对地质状况、检测地基强度。

3 填筑施工应符合本规程第6.4~第6.6节的相关要求。

4 基床填筑完后,侧沟及时跟进,并保持排水系统畅通。

### 7.4 半填半挖路基

7.4.1 开挖应符合本规程第7.2节和第7.3节的相关规定。

7.4.2 填筑应符合本规程第6章的相关规定。

7.4.3 填挖面铺设土工合成材料时,其铺设应符合设计要求及本规程第6.8.3条的规定。

7.4.4 填挖结合部基底地质为土质或风化岩,应按设计要求开挖台阶,台阶宽度不小于2m;基底为岩石,先将覆盖层表土清除,将

基岩表面爆破开挖成不小于2m宽的台阶,再进行填筑。

7.4.5 挖方部位应先按设计要求进行侧沟施工并做防渗处理,填筑部位按设计要求及时进行坡脚防护。

### 7.5 爆 破

7.5.1 爆破施工必须遵守《爆破安全规程》GB 6722 和国家其他相关规定。

7.5.2 石质路堑宜采用光面爆破、预裂爆破与深孔爆破相结合的施工方法。爆破施工应符合下列规定:

1 路堑石质完好,宜采用台阶法爆破开挖。土夹石路堑,宜分层先挖土,再采用浅孔或孤石爆破法爆破开挖。

2 光面爆破和预裂爆破应选用低威力、低爆速、低密度的炸药,并应采用导爆索导爆。

3 光面爆破和预裂爆破主要参数应符合《铁路路堑边坡光面(预裂)爆破技术规程》TB 10122 的相关要求。

4 预裂炮孔和光面炮孔的倾斜度应与设计边坡坡度一致,每层炮孔底应设在同一平面上。

5 预裂炮孔和主炮孔在同一网路中起爆时,预裂炮孔超前主炮孔起爆时间宜为:坚硬岩石(50~80)ms;中等坚硬岩石(80~120)ms;软岩(150~200)ms。

6 光面爆破可采用预留光爆层的办法实施。光面炮孔与主炮孔在同一网路中起爆时,主炮孔应先于光面炮孔起爆。

7.5.3 路堑爆破应确保基床、边坡和堑顶山体稳定,不应因路堑各部和相邻建筑物造成损伤和产生隐患。爆出的坡面应平顺、底板平整、无根坎。

## 8 过渡段

### 8.1 一般规定

8.1.1 过渡段路基填筑宜与相邻路基工程同步施工,相邻路基预留台阶高度应小于工艺性试验确定的分层厚度,并在衔接处采取留振等加强碾压措施。

8.1.2 过渡段地基加固工程宜在桥涵基础施工前完成,基底处理与桥台、相邻路基同时进行。过渡段路堤高度小于 3.0 m 时,原地面处理后的质量应符合本规程表 6.5.3 的规定;过渡段基底原地面平整后,用振动碾压机碾压密实,地基系数  $K_{30} \geq 60$  MPa/m。过渡段路堤高度  $\geq 3.0$  m 时,过渡段基底原地面平整后,用振动压实设备碾压密实,并满足  $E_{vd} \geq 30$  MPa。

8.1.3 过渡段的桥台、涵洞等结构物基坑应以混凝土回填或以碎石、灰土分层填筑并用小型振动压实设备压实,混凝土强度应符合设计要求,碎石、灰土填筑应满足  $E_{vd} \geq 30$  MPa。

8.1.4 过渡段与混凝土构筑物连接时,应在构筑物防水层与保护层完工、圬工强度达到设计要求后方可进行施工。填筑压实过程中,应保证桥台、横向结构物稳定,无损伤。

8.1.5 路堤与路堑连接处应按设计要求顺原地面纵向开挖台阶。

8.1.6 过渡段掺水泥级配碎石混合料应在 4 h 内碾压完毕。若上部不能连续填筑时,应及时对已施工完成的掺水泥级配碎石进行养生。

8.1.7 掺水泥级配碎石不宜在雨天和气温 5℃ 以下时填筑,降雨前对已经摊铺的水泥级配碎石应尽快碾压密实并覆盖。

8.1.8 沉降位移观测除应符合本规程第 9 章的规定外,尚应符合

下列规定:

1 过渡段的沉降观测应按设计要求进行,过渡段范围内的路肩上均应按设计要求布置沉降观测桩。

2 软土地基地段的过渡段还应按设计要求进行软土地基表面沉降、位移观测。测点布置宜与相邻路堤软土地基表面的沉降位移观测位置相协调。

8.1.9 过渡段路堤两侧的工程防护的施工应在地基和路堤变形稳定后进行。宜与相邻路堤的防护施工相互协调。

### 8.2 基床表层以下过渡段级配碎石填料填筑

8.2.1 过渡段级配碎石填料应按本规程第 6.2.5 条规定选用,并符合设计要求。级配碎石的质量检验应符合本规程第 6.2.10 条的相关规定。

8.2.2 过渡段填筑前应对地基和原地面处理进行验收,其质量应达到设计要求。

8.2.3 过渡段级配碎石施工应符合下列规定:

1 级配碎石应分层摊铺、分层压实。

2 级配碎石采用平地机摊铺,机械不能到达部位人工配合布料,级配碎石含水率宜略大于最优含水率,布料采用方格网控制,运输车辆应由远到近卸料。

3 级配碎石应与桥台锥体和相邻路堤同步填筑,分层填筑厚度按试验段确定的厚度控制。

4 路堤与横向结构物过渡段应对称分层填筑。

5 平地机摊铺后应由人工及时消除粗细集料离析现象。

6 距结构物 2 m 范围内及横向结构物顶部填筑厚度小于 1 m 范围内应用小型压实机械压实。靠近横向结构物的部位,宜平行于横向结构物背壁面进行横向碾压。

7 碾压时,应采用先静压、后弱振、再强振的方式,最后静压收光。直线地段,应由两侧路肩开始向路中心碾压;曲线地段,应

由内侧路肩向外侧碾压。行与行之间重叠压实宽度不应小于 40 cm。

8 施工完毕养生期内应采取措施控制车辆通行。

8.2.4 基床表层以下过渡段级配碎石填筑压实标准应符合表 8.2.4 的要求,采用压实系数  $K$ 、地基系数  $K_{30}$  和动态变形模量  $E_{vd}$  三项指标控制。

表 8.2.4 基床表层以下过渡段级配碎石填筑压实标准

| 项 目  | 压实系数 $K$    | 地基系数 $K_{30}$<br>(MPa/m) | 动态变形模量 $E_{vd}$<br>(MPa) |
|------|-------------|--------------------------|--------------------------|
| 压实标准 | $\geq 0.95$ | $\geq 150$               | $\geq 50$                |

### 8.3 基床表层以下过渡段两侧及锥体填土

8.3.1 过渡段两侧及锥体填土应与过渡段级配碎石及相邻路基填筑施工相协调,避免交叉作业时互相干扰。

8.3.2 过渡段两侧及锥体填筑除应符合本规程第 6.4 节的规定外,还符合下列规定:

1 过渡段两侧及锥体应分层填筑碾压,大型压路机碾压不到的部位或距结构物 2 m 范围以内的部位应用小型振动压实设备分层进行压实,压实遍数应通过试验确定。

2 填料分层填筑厚度应按试验段确定的厚度控制,使用小型压实机械时压实厚度不宜超过 15 cm,使用重型压实机械压实时压实厚度不宜超过 30 cm。

3 过渡段两侧及锥体填筑宜与过渡段级配碎石、相邻路基同步分层填筑,不能同步填筑时,应在填筑交界设置台阶,台阶坡度宜为 1:2。

8.3.3 基床表层以下过渡段两侧及锥体填筑压实标准应符合表 8.3.3 的规定,采用压实系数  $K$ 、动态变形模量  $E_{vd}$  或 7 d 饱和无侧限抗压强度  $q_u$  二项指标控制。

表 8.3.3 基床表层以下过渡段两侧及锥体填筑压实标准

| 指 标                          | 压 实 标 准         |             |             |
|------------------------------|-----------------|-------------|-------------|
|                              | 化学改良土           | 砂类土及细砾土     | 碎石类及粗砾土     |
| 压实系数 $K$                     | $\geq 0.95$     | $\geq 0.95$ | $\geq 0.95$ |
| 地基系数 $K_{30}$ (MPa/m)        | —               | $\geq 130$  | $\geq 150$  |
| 动态变形模量 $E_{vd}$ (MPa)        | —               | $\geq 40$   | $\geq 40$   |
| 7 d 饱和无侧限抗压强度 $q_u$<br>(kPa) | $\geq 350(550)$ | —           | —           |

注:括号内数字为寒冷地区化学改良土考虑冻融循环作用所需强度值。

### 8.4 过渡段基床表层级配碎石填料填筑

8.4.1 过渡段基床表层级配碎石填料应按本规程第 6.2.4 条的规定选用,并符合设计要求。级配碎石的质量检验应符合本规程第 6.2.10 条的相关规定。

8.4.2 过渡段基床表层填筑前应对基床底层进行验收,其质量应达到设计要求。

8.4.3 过渡段基床表层级配碎石施工除应符合本规程第 6.6 节相关规定外,还应满足本规程第 8.1.6 条和第 8.1.7 条的规定。

8.4.4 过渡段基床表层级配碎石填筑压实标准应符合本规程表 6.6.7 的规定。

### 8.5 过渡段混凝土施工

8.5.1 混凝土工程的原材料进场应进行复检,并及时完成混凝土配合比的设计工作。

8.5.2 混凝土原材料的质量标准、质量检验方法和检验要求应符合设计和《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的要求。

8.5.3 混凝土施工除应符合《铁路混凝土工程施工技术指南》(铁建设[2010]241 号)的要求外,还应符合下列规定:

1 制定浇筑工艺,明确过渡段分段分块的浇筑顺序、沉降缝(伸缩缝)的设置位置。

2 过渡段混凝土施工前应对下承层进行验收,其质量应符合设计要求。

3 下承层为干燥的非粘性土和混凝土垫层基面时,应采用洒水湿润;下承层为未风化的岩石时应进行清洗,其表面不应积水。

4 大体积混凝土应进行热工计算分析,制定温度控制措施。

5 混凝土应分层连续浇筑,不应随意留置施工缝。因故间歇时,应按浇筑中断处理,同时留置施工缝。施工缝的平面应与结构的轴线相垂直,施工缝处应做好接茬处理。

8.5.4 过渡段混凝土强度等级应符合设计要求。

## 9 路基变形观测及评估

### 9.1 一般规定

9.1.1 路基工程施工应按设计要求进行地基沉降、侧向位移等动态观测。路基上铺设轨道前,应对路基变形进行系统评估,确保路基变形符合设计要求。

9.1.2 路基工程变形采用自动化监测系统时,应符合下列规定:

- 1 自动化监测仪器精度应满足评估要求。
- 2 选用的采集软件应通过主管部门评估,并具有自动记录功能。
- 3 监控量测预埋件材质和加工精度应符合设计要求。
- 4 测点布设应符合设计要求。
- 5 自动监测频率应满足评估要求。
- 6 自动采集的数据应及时备份。

7 管理人员应定期审核自动监测数据,发现异常时,应及时到现场查看测点现状,并采取人工观测复核。

9.1.3 路堤开始填筑后,应对路基沉降进行系统观测,沉降观测资料应及时整理、汇总分析。路基填筑完成或施加预压荷载后应有不少于6个月的观测和调整期。观测数据不足以评估或工后沉降评估不能满足设计要求时,应延长观测期或采取必要的加速或控制沉降的措施。

9.1.4 路基工后沉降应符合下列规定:

1 有砟轨道:设计行车速度300 km/h及以上路基工后沉降一般地段不应大于5 cm,桥台台尾过渡段不应大于3 cm,沉降速率不应大于2 cm/年;设计行车速度250 km/h路基工后沉降一般地段不应大于10 cm,桥台台尾过渡段不应大于5 cm,沉降速率不

应大于 3 cm/年。

2 无砟轨道:路基工后沉降应符合扣件调整能力和线路竖曲线圆顺的要求。工后沉降不宜超过 15 mm;沉降比较均匀并且调整轨面高程后的竖曲线半径满足  $R_{sh} \geq 0.4V_s^2$  的要求时,允许的工后沉降为 30 mm。路基与桥梁、隧道或横向结构物交界处的工后沉降不应大于 5 mm,不均匀沉降造成的折角不应大于 1/1 000。

9.1.5 为了保证路基填筑过程中的安全,在采用排水固结加固的软土地基上填筑路堤时,应控制填筑速率。其控制标准为:路堤中心地面沉降速率不应大于 10 mm/昼夜,坡脚水平位移速率不应大于 5 mm/昼夜。

9.1.6 路基变形观测仪器应符合下列规定:

1 水准仪型号和标尺类型除应符合表 9.1.6—1 的规定外,还应符合《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 的相关要求。

2 GPS 接收机除应符合表 9.1.6—1 和表 9.1.6—2 的规定外,还应符合《全球定位系统(GPS)测量规范》GB/T 18314 的相关要求。

3 全站仪除应符合表 9.1.6—1 和表 9.1.6—2 的规定外,还应符合《精密工程测量规范》GB/T 15314 的相关要求。

表 9.1.6—1 变形测量等级及精度要求

| 测量等级 | 垂直位移测量(mm) |             | 水平位移观测(mm) |
|------|------------|-------------|------------|
|      | 变形点的高程中误差  | 相邻变形点的高程中误差 | 变形点点位中误差   |
| 二等   | ±0.5       | ±0.3        | ±3.0       |

表 9.1.6—2 水平位移监测网的主要技术要求

| 测量等级 | 相邻基准点的点位中误差(mm) | 平均边长(m) | 测角中误差(″) | 最弱边相对中误差   | 作业要求       |
|------|-----------------|---------|----------|------------|------------|
| 二等   | ±3.0            | <300    | ±1.0     | ≤1/120 000 | 国家二等平面控制测量 |
|      |                 | <150    | ±1.8     | ≤1/70 000  | 国家三等平面控制测量 |

9.1.7 观测基桩应按设计要求设于不受施工影响的稳定地基内,

并定期进行复核校正;观测装置及观测桩应埋设稳定、牢固,施工中应保护好观测基桩、观测装置和观测桩。

9.1.8 沉降变形观测应符合下列规定:

1 水准基点使用时应作稳定性检验,以稳定或相对稳定的点作为沉降变形参考点,并应有一定数量稳固可靠的点校核。

2 每次观测前应对所使用的仪器和设备进行检验校正,并保留检验记录。

3 参与观测的人员应经过培训合格方可上岗。

4 沉降变形观测应固定水准点和工作基点、固定人员、固定测量仪器、固定监测环境条件、固定测量路线和方法。

9.1.9 沉降水准测量的重复精度不低于±1 mm,读数取位至 0.1 mm;剖面沉降观测的重复精度不低于±4 mm/30 m。路基沉降观测频次应符合表 9.1.9 的规定,环境条件发生变化或数据异常时应及时加密观测频次。

表 9.1.9 路基沉降观测频次

| 观测阶段        | 观测期限       | 观测频次      |
|-------------|------------|-----------|
| 填筑或堆载       | 一般         | 1 次/d     |
|             | 沉降量突变      | 2~3 次/d   |
|             | 两次填筑间隔时间较长 | 1 次/(3 d) |
| 堆载预压或路基填筑完成 | 第 1~3 个月   | 1 次/周     |
|             | 第 4~6 个月   | 1 次/(2 周) |
|             | 6 个月以后     | 1 次/月     |
| 轨道铺设后       | 第 1 个月     | 1 次/(2 周) |
|             | 第 2~3 个月   | 1 次/月     |
|             | 3 个月以后     | 1 次/(3 月) |

9.1.10 竣工验收时,沉降观测设施和观测资料应与工程同时移交给工程接收单位。

## 9.2 观测装置设置及保护

9.2.1 变形观测应严格按照设计要求布置测点,每个观测段落至少有2个工作基点,形成附合或闭合水准线路。

9.2.2 观测装置的设置应符合下列规定:

1 边桩的埋置深度一般地区不宜小于1.4 m,冻胀土地区应埋入冻结深度以下不少于0.5 m,桩顶露出地面的高度不应大于10 cm。埋设桩的周围应回填密实,桩周上部50 cm用混凝土浇筑固定,确保边桩埋置稳固。边桩应按二等水准标准测量边桩坐标及桩顶高程作为初始读数。

2 沉降观测桩应待基床表层级配碎石施工完成后埋设,桩周用水泥砂浆浇筑固定。沉降观测桩应按二等水准标准测量桩顶高程作为初始读数。

3 沉降板埋设位置采用全站仪定位,埋设处宜垫砂找平,埋设时确保测杆与水平面垂直。沉降板应按二等水准标准测量沉降板高程变化。

4 剖面沉降管宜采用开槽埋设,在槽内敷设沉降管,其上夯填中粗砂至与碾压面平齐。沉降管埋设位置在挡土墙或其他结构物时应预留孔洞,并做好管口保护和排水工作。剖面沉降管应待上部一层填料压实稳定后,连续监测数日,取稳定读数作为初始读数。

9.2.3 沉降变形观测应加强观测标志、观测元器件、平面基点和水准基点的保护工作,保证沉降观测数据可靠有效。

9.2.4 观测装置的恢复应符合下列规定:

1 平面基点、水准基点、观测标识和观测元器件受各种自然和人为因素的影响发生破坏或扰动时,应及时恢复并进行补充测量,做好记录。

2 平面基点、水准基点的恢复测量等级不应低于初测的等级,恢复平面基点、水准基点的点位精度不应低于初测的点位精度。

3 观测标或观测元器件扰动引起观测数据异常时,应分析原因后处理。

## 9.3 数据采集与整理

9.3.1 沉降变形观测单位应按变形观测技术要求及时组织观测作业。观测数据按统一格式填写,按月份进行整理,及时以书面及电子文件两种形式将观测数据、沉降变形曲线同时报送变形评估单位和设计单位。

9.3.2 沉降变形观测数据记录可以采用手工记录和电子记录两种方式,并应符合下列规定:

1 手工记录采用观测手簿,其原始观测值和记事项目一律采用铅笔记录,任何原始记录不应涂擦修改。

2 电子数据记录成果应进行分析整理,核对无误后形成硬拷贝作为检查核备资料。

3 观测数据应真实准确,数据格式符合评估要求。

9.3.3 建立沉降变形数据库,统一归档管理沉降变形观测数据。沉降变形观测单位的观测数据应经监理签认后纳入数据库。

## 9.4 沉降预测及评估

9.4.1 路基评估工作应收集下列资料:

1 路基沉降变形观测资料;路基地段的线路设计纵断面图、工程地质纵横断面图、设计图纸和说明书、沉降计算报告等相关设计资料。

2 施工过程、施工核查以及填料、级配、地基和压实检验情况等施工资料;施工质量控制过程和抽检情况等监理资料。

3 过渡段不同结构物的基础沉降观测资料;过渡段区域的工程地质纵横断面图、设计图纸和说明书、沉降计算报告等相关设计资料。

4 沉降变形观测单位的自检、自评报告。

9.4.2 路基地段采用预压措施时,应进行卸载评估;无预压措施时,直接进行铺轨评估。

9.4.3 过渡段工后沉降分析评估应沿线路方向考虑各观测断面、各种结构物之间的关系综合进行。

9.4.4 不同下部基础结构物之间、不同地基条件或不同地基处理方法之间形成的各种过渡段,应重点分析评估其差异沉降。

9.4.5 路基沉降预测应采用曲线回归法,并符合下列规定:

1 根据路基填筑完成或堆载预压后不少于6个月的实际观测数据做多种曲线的回归分析,确定沉降变形趋势,曲线回归的相关系数不应低于0.92。

2 沉降预测的可靠性应经过验证,间隔3~6个月的两次预测的偏差不应大于8mm。

3 路基填筑完成或堆载预压以后总沉降和预测时的沉降应满足下式规定:

$$S(t)/S(t=\infty) \geq 75\% \quad (9.4.5)$$

式中  $S(t)$ ——预测时实际发生的沉降;

$S(t=\infty)$ ——预测总沉降。

9.4.6 路基沉降评估应结合路基各观测断面以及相邻桥(涵)、隧的沉降预测情况进行,预测的路基工后沉降值应符合本规程第9.1.3条的规定。

## 10 支挡结构

### 10.1 一般规定

10.1.1 支挡结构所使用的钢筋、混凝土、砂浆、石料等原材料质量应符合《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的有关要求,并按规定进行进场检验。

10.1.2 在岩体破碎或土质松软、地下丰富水地段修建支挡结构,宜选择在旱季施工,并按结构要求进行分段或跳槽实施。

10.1.3 支挡结构施工前,应做好截、排水及防渗设施。

10.1.4 挡土墙应随开挖、随下基、随砌筑或安装墙身(板),并作好墙后排水设施,及时回填或填筑路堤。设计无特殊要求时,基础及墙身应一次浇筑。

10.1.5 支挡结构明挖基坑应符合下列规定:

1 基坑开挖尺寸应满足基础施工的要求,基坑底面风化、松软土石及浮渣应清理干净。地基承载力应符合设计要求。

2 有地面水淹没的基坑,应采取修筑围堰、改河、改沟、筑坝等措施,排干地面水后开挖。

3 基坑开挖较深且边坡稳定性较差时,应采取临时支护措施。

4 基坑开挖过程中应避免对墙趾处基底持力层的扰动,坑内积水应随时排干。

5 基础位于稳定斜坡地面时,墙趾埋入深度和距地面水平距离均应符合设计要求。

6 基础位于倾斜基底时,应按设计要求的坡率准确开挖,不应用贴补方法筑成基础支承面。

7 基底纵坡大于5%时,应开挖台阶,台阶的尺寸应符合设计要求,台面与阶壁应平顺。

10.1.6 支挡结构基础基坑开挖至设计高程后,应核对地质资料,及时进行基底承载力检测,经验收合格后方可进行基础施工。地质情况与设计不符或基底承载力不足时,应按规定变更设计。

10.1.7 支挡结构基础需进行地基处理时,其施工应符合本规程第5章的相关规定。

10.1.8 支挡结构的基坑应及时回填封闭,避免雨水浸泡基坑。

10.1.9 支挡结构端部伸入路基或嵌入地层部分应结合墙体一起施工。路堑支挡结构顶面应设置4%的排水坡与坡面相接,其间隙应填实并封闭。

10.1.10 路肩挡土墙帽石分段应与墙身一致,墙面板应嵌入帽石内构成整体。

10.1.11 锚索、锚杆安装后应及时进行注浆。

10.1.12 桩前岩体爆破开挖时,应采取措施减弱爆破震动和爆破飞石,避免损坏桩体。

10.1.13 墙背反滤层和排水层的材料、隔水层的混凝土强度等级应符合设计要求。墙背反滤层厚度不应小于设计厚度,采用渗水袋装砂夹砾石时应装填饱满密实。反滤层最低处隔水层应与围岩和墙背密贴。浇筑混凝土时应采取有效措施,防止污染、堵塞反滤层。

10.1.14 泄水孔设置应符合设计要求,按上下左右每隔2m~3m交错布置,墙背易积水处应设置泄水孔,最低一排泄水孔应设于反滤层底部。泄水孔应在浇筑墙身时预留,泄水孔可用PVC管材预埋,其向外排水坡不应小于4%,进水口应用透水土工布包裹。支挡结构混凝土施工时应采取有效措施,防止堵塞泄水孔。

10.1.15 沉降缝(伸缩缝)设置位置应符合设计要求,并在地基条件变化处、结构物相接处设置沉降缝。沉降缝缝宽2cm~3cm,缝内沿墙的内、外、顶三边应填塞沥青麻筋或沥青木板,塞入深度不应小于0.2m。

10.1.16 混凝土预制构件应工厂化生产,水泥砂浆、混凝土应采用搅拌机进行生产。

10.1.17 支挡结构钢筋保护层厚度应符合设计要求。

10.1.18 支挡结构钢筋、模板、混凝土及砂浆施工应符合《铁路混凝土工程施工技术指南》(铁建设[2010]241号)的相关要求。

10.1.19 挡墙墙背填料的种类、质量应符合设计要求,挡墙完成后,墙背应及时分层填筑,分层厚度应按本规程第6.3节的相关规定,压实质量应符合路基相应部位的设计要求。

## 10.2 重力式挡土墙

10.2.1 挡土墙基础形式应按设计要求施工。采用沉井、桩基础时,施工应符合《高速铁路桥涵施工技术规程》(铁建设[2010]241号)的相关要求。采用明挖基础时,除应符合本规程第10.1.5条的规定外,尚应符合下列规定:

1 坚硬岩石基坑中的基础,宜满坑施筑。

2 雨季在土质或易风化软石基坑中施工基础时,应在基坑挖好后及时封闭坑底。

3 基坑应随基础施工分层回填夯实,顶面做成向外不小于4%的排水坡。

4 两沉降缝(伸缩缝)间的桩基础承台(托梁)混凝土应连续浇筑一次成型。

10.2.2 墙身施工应符合下列规定:

1 墙身混凝土宜一次立模浇筑。浇筑时模板临时支撑应牢固,保证模板不跑模、变形。

2 墙面应平顺,防渗设施及墙顶排水应及时施工。

3 沉降缝(伸缩缝)内两侧壁应竖直、平齐无搭接,缝中防水材料应按设计要求深度填塞紧密。

4 路堤衡重式挡土墙的下墙与上墙结合部应预留接茬钢筋连接。

5 路堤衡重式挡土墙衡重台顶面应按设计要求预留泄水孔。泄水孔及反滤层应符合设计要求和本规程第10.1.13条和第10.1.14条的规定。

6 墙背填筑应符合本规程第10.1.19条的规定。

7 施工期间宜在墙背侧设置临时支撑,防止倾覆。

10.2.3 挡土墙栏杆、检查梯或台阶应连接牢固,外观整齐;钢铁构件应及时进行防锈处理。

10.2.4 重力式挡土墙施工工艺流程如图 10.2.4 所示。

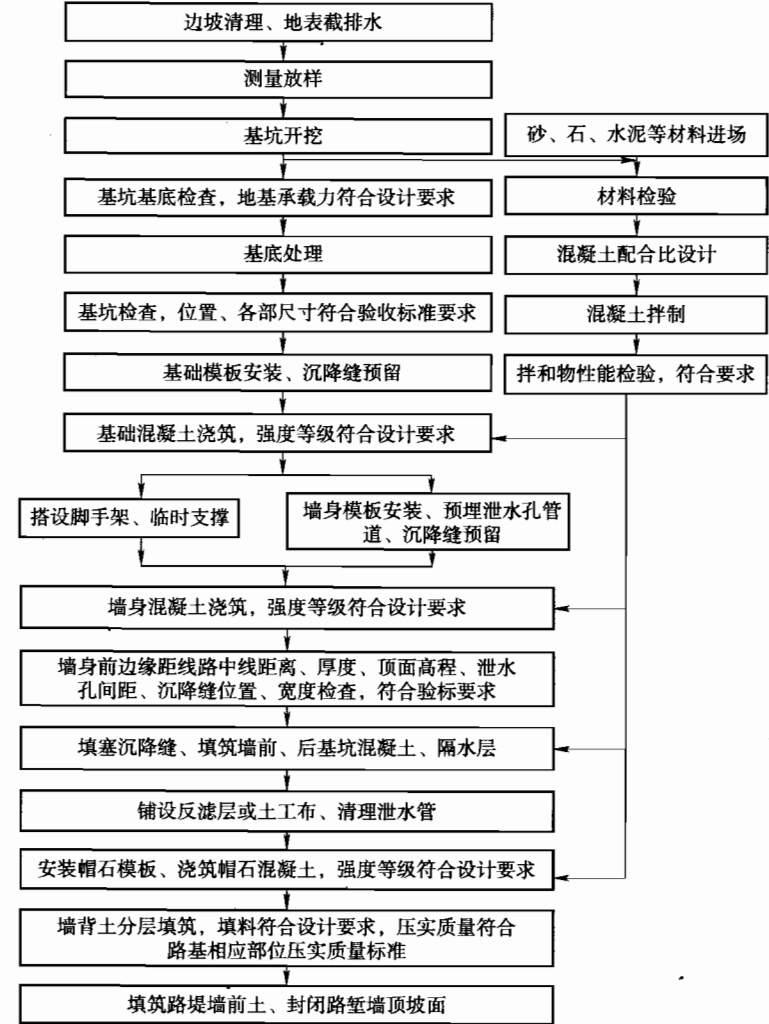


图 10.2.4 重力式挡土墙施工工艺流程图

10.3 短卸荷板式挡土墙

10.3.1 短卸荷板式挡土墙基础施工应符合本规程第 10.1.5 条和第 10.2.1 条的相关规定,墙身施工应符合本规程第 10.2.2 条的相关规定。其结构形式如图 10.3.1 所示。

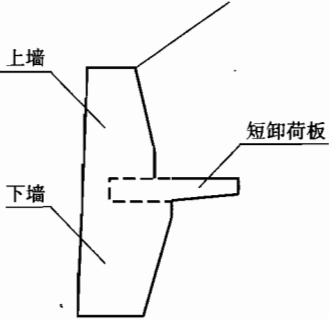


图 10.3.1 短卸荷板式挡土墙结构示意图

10.3.2 短卸荷板式挡土墙墙身施工应按上墙和下墙两个部分进行施工,下墙与上墙结合部应有接茬钢筋,严禁形成水平通缝。卸荷板顶面处墙体应设置泄水孔。

10.3.3 卸荷板与上墙墙体的接触面间应按设计要求插入短钢筋,并应按设计要求垫以混凝土垫板。

10.3.4 短卸荷板宜采用现浇法施工。采用预制吊装施工时,卸荷板及垫板表面应有粗糙度,并在板上设置竖直短钢筋插入孔。预制板应达到设计强度的 75% 后方可吊运安装,铺设时应铺垫水泥砂浆,使其与墙体连接牢固。

10.3.5 墙背填筑应符合本规程第 10.1.19 条的规定。

10.3.6 墙背填土至卸荷板底面后,应整平至与下墙顶面齐平。安装卸荷板时,应在板底先铺垫一层水泥砂浆,整平后方可安装卸荷板。短卸荷板与上墙体接触面间应按设计要求插入短钢筋。

10.3.7 短卸荷板挡土墙施工工艺流程如图 10.3.7 所示。

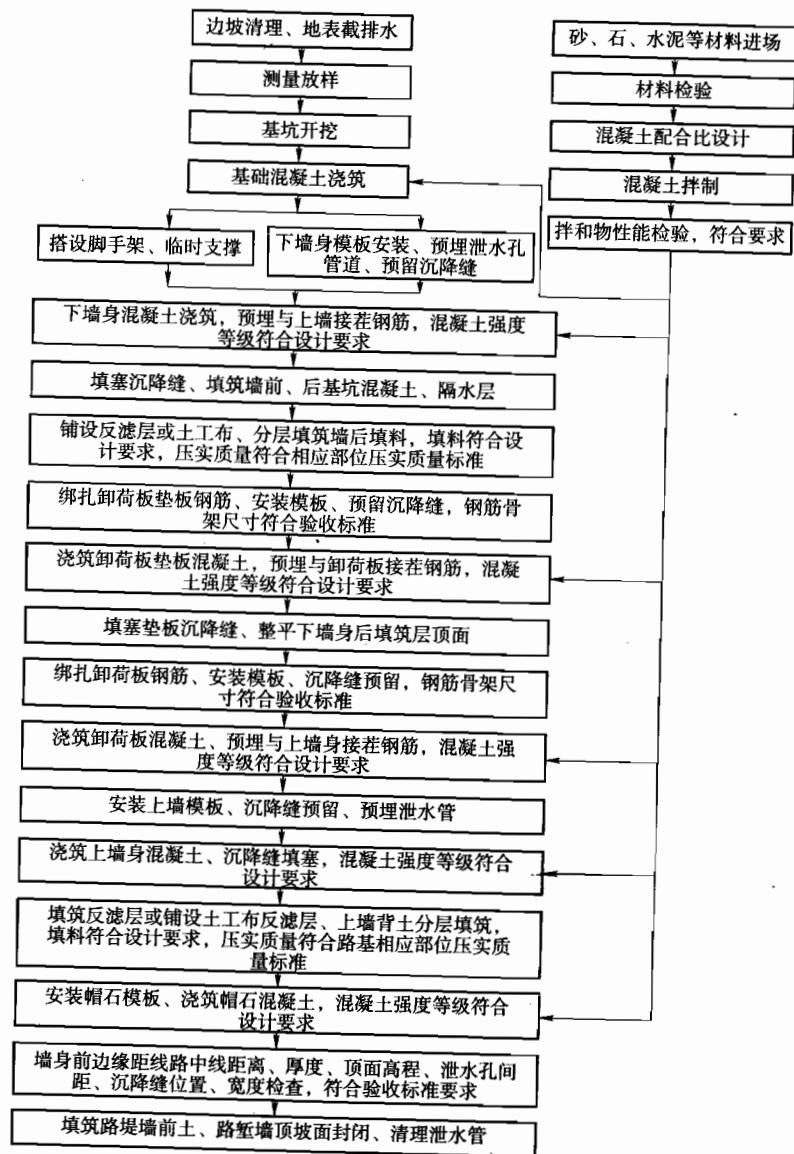
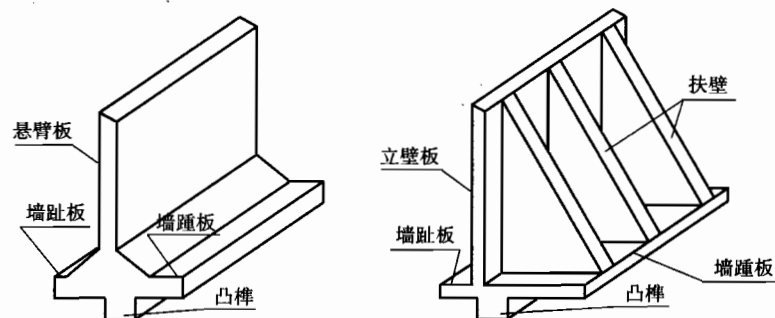


图 10.3.7 短卸荷板挡土墙施工工艺流程图

## 10.4 悬臂式和扶壁式挡土墙

10.4.1 悬臂式和扶壁式挡土墙基础施工应符合本规程第 10.1.5 条和第 10.2.1 条的有关规定,墙身施工应符合本规程第 10.2.2 条的有关规定。其结构形式如图 10.4.1 所示。



(a) 悬臂式

(b) 扶壁式

图 10.4.1 悬臂式和扶壁式挡土墙结构示意图

10.4.2 挡土墙凸樁应按照设计尺寸开挖,其混凝土应与墙底板(墙趾板、墙踵板)同时浇筑,并在底板宽度方向上一次浇筑完成。

10.4.3 每段挡土墙的墙趾板、墙踵板、悬臂板或立壁板和扶壁的钢筋应一次绑扎、安装成型。

10.4.4 每段挡土墙的墙趾板、墙踵板、悬臂板或立壁板和扶壁的混凝土宜一次浇筑完成。悬臂式挡土墙悬臂板在高度方向上不宜间断,否则接缝处应按施工缝处理,新浇筑混凝土与已浇筑混凝土应黏结牢固。

10.4.5 悬臂板或立壁板混凝土强度达到设计强度的 70% 后,方可进行墙背填筑,并应符合本规程第 10.1.19 条的规定。墙背反滤层应跟随填土同步施工。

10.4.6 墙趾板和墙踵板钢筋混凝土保护层厚度不应小于设计要求。

10.4.7 悬臂式和扶壁式挡土墙施工工艺流程如图 10.4.7 所示。

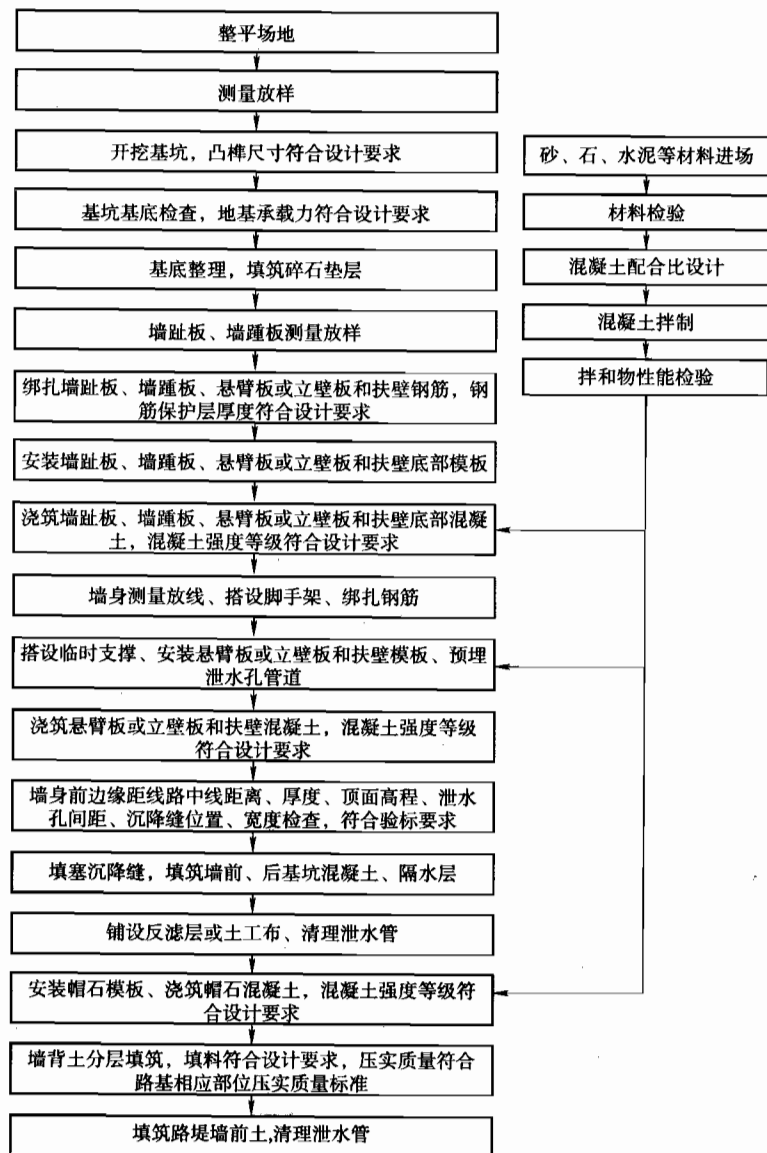


图 10.4.7 悬臂式和扶壁式挡土墙施工工艺流程图

## 10.5 锚杆挡土墙

10.5.1 锚杆挡土墙基础施工应符合本规程 10.1.5 条和第 10.2.1 条的相关规定。

10.5.2 锚杆类型、规格及性能应符合设计要求,并按设计尺寸下料、调直、除污、制造。

10.5.3 锚杆挡土墙应自上而下进行施工,施工前应清除岩面松动石块,整平墙背坡面。

10.5.4 锚杆施工前应选择相同的地层进行拉拔工艺性试验,试验根数为工作锚杆数量的 3%,且不少于 3 根,以验证锚固段的抗拔力设计指标,确定钻孔、注浆施工工艺参数。

10.5.5 钻孔施工应符合下列规定:

1 根据设计孔径及岩土性质合理选择钻孔机具,并应采用干钻。

2 孔径、孔位、深度和钻孔倾角应符合设计要求,孔轴应保持与墙面垂直,钻孔完整。

3 钻孔后应用高压风、水清孔,清除孔内粉尘、石渣。用水清孔影响锚杆的抗拔力时,应用高压风清孔。

4 在岩层破碎或松软饱水等地层中应采用套管跟进钻孔。钻进到设计孔深后应用高压风清孔,及时在套管内放入保护钢管。

5 钻进过程中对每个孔的地层变化,钻进状态(钻压、钻速)、地下水及一些特殊情况应做好现场施工记录,并核对地质。位于破碎带或渗水量较大的岩层时,应对锚孔进行固结灌浆处理,然后进行扫孔。

6 钻孔孔径、孔深不应小于设计值,钻孔深度宜大于设计深度 0.5 m。

10.5.6 锚杆安装应符合下列规定:

1 安装锚杆前应检查杆体质量,杆体组装应满足设计要求。

2 锚杆应安装在钻孔中心,安装前应在锚杆上设置定位

支架。

3 锚杆未插入岩层部分应按设计要求进行防锈处理。在腐蚀环境下,钢筋表面宜采用环氧涂层等进行处理。

4 有水地段安装锚杆,应排净孔内积水或采用早强速凝药包式锚杆。

5 砂浆应按设计配合比拌制,随拌随用。

6 锚孔注浆应采用孔底注浆法,注浆管宜随锚杆一同放入钻孔内,注浆管应插至距孔底 5 cm~10 cm 处,并随浆液的注入逐渐拔出。注浆应自孔底一次性有压注浆,中途不应停浆,注浆压力应达到设计或试验时确定的压力,不宜小于 0.2 MPa。孔内注浆时应一直到孔口流出新鲜浆液后方可停止注浆,确保注浆饱满密实,并在浆液初凝前进行二次补浆。

7 砂浆锚杆安装后,普通砂浆锚杆在 3 d 内,早强砂浆锚杆在 12 h 内,不应敲击、摇动和在杆体上悬挂重物;肋柱或墙面板应在砂浆达到设计强度 70% 以上方可进行安装。

10.5.7 肋柱的施工应符合本规程第 10.6.3 条和 10.6.4 条的规定。

10.5.8 墙面板进场应进行检验,其结构尺寸和混凝土强度等级应符合设计要求,且外观光洁、无裂纹、露筋、掉角等缺陷。挡土板为工厂预制产品时,应查验挡土板的出厂合格证。预制挡土板应待其混凝土强度达到设计强度的 75% 以上方可进行吊装和运输。

10.5.9 安装墙面板时,应随装板随进行墙背回填。墙背回填应符合本规程第 10.1.19 条规定。

10.5.10 锚杆头应按设计要求进行防锈处理和防水封闭。

10.5.11 分级平台应按设计采用混凝土进行封闭,并设 2% 的向外横向排水坡。

10.5.12 锚杆式挡土墙施工工艺流程如图 10.5.12 所示。

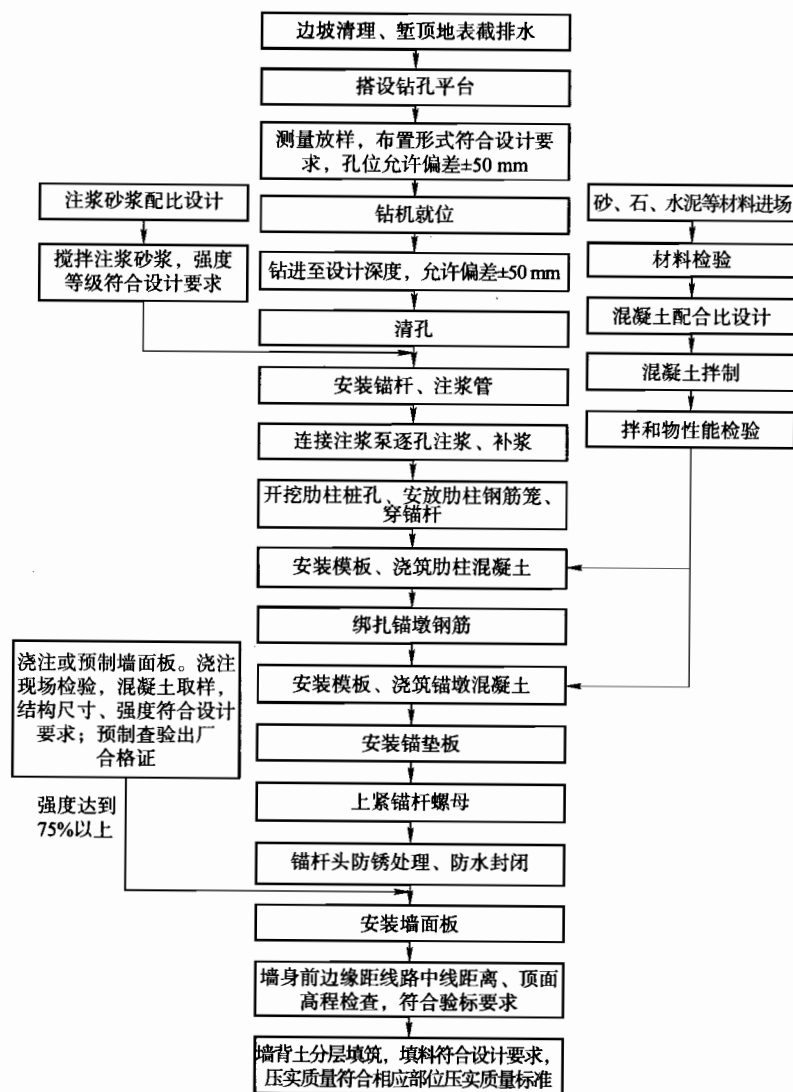


图 10.5.12 锚杆式挡土墙施工工艺流程图

## 10.6 锚定板挡土墙

**10.6.1** 锚定板挡土墙基础施工应符合本规程第 10.1.5 条和第 10.2.1 条的相关规定,墙身施工应符合本规程第 10.10 节的相关规定。其结构形式如图 10.6.1 所示。

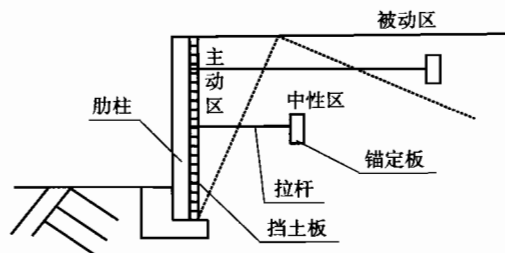


图 10.6.1 锚定板式挡土墙结构示意图

**10.6.2** 拉杆钢材及锚固件的品种、规格和性能应符合设计要求,进场应按有关规定抽样检验。拉杆埋入土中部分,应按设计要求进行防锈处理。

**10.6.3** 肋柱严禁前倾,而应适当向填土一侧倾斜,其倾斜度应符合设计要求。肋柱吊装时,应在肋柱基础杯槽内铺垫 2 cm 厚度的沥青砂浆。

**10.6.4** 肋柱与锚定板均应预留拉杆孔洞。锚定板、肋柱与螺丝端杆连接处,在填土前宜用沥青砂浆充填,并用沥青麻筋塞缝,外露的端杆和部件应在填土下沉基本稳定后,再用水泥砂浆封填。

**10.6.5** 墙后回填应符合本规程第 10.1.19 条规定。

**10.6.6** 墙背宜采用袋装砂砾石或土工织物作为反滤层并应符合设计要求,应随填土随施工反滤层。土工织物反滤层应按设计要求铺设,幅与幅之间搭接方法和搭接宽度应符合设计要求。墙后填料为细粒土时,顶面应采取防、排水措施,设置柔性封闭层。

**10.6.7** 拉杆及锚定板埋设时,应在填土碾压至拉杆高度以上

20 cm 后再挖槽就位,槽位宜比锚定板设计位置高 3 cm~5 cm。锚定板前方超挖部分应用混凝土或灰土回填夯实。

**10.6.8** 埋于土中部分的锚定板拉杆以及锚定板、肋柱与螺丝端杆连接处、肋柱外露锚头,应按设计做好除锈、防锈处理。

**10.6.9** 预制挡土板进场应进行检验,其结构尺寸和混凝土强度等级应符合设计要求,且外观光洁、无裂纹、露筋、掉角等缺陷。预制挡土板应待其混凝土强度达到设计强度的 75% 以上方可进行吊装和运输。

**10.6.10** 锚定板挡土墙应随安装挡土板随填土,墙后填土时严禁直接碾压拉杆和锚定板,且碾压方向应垂直于拉杆,距挡土板 2 m 范围内应采用小型压实机具施工。

**10.6.11** 分级平台应按设计采用混凝土进行封闭,并应设 2% 的向外横向排水坡。

**10.6.12** 锚定板、挡土板、肋柱的钢筋混凝土保护层厚度不应小于设计要求。

**10.6.13** 锚定板挡土墙施工工艺流程如图 10.6.13 所示。

## 10.7 加筋土挡土墙

**10.7.1** 加筋土挡土墙基础应符合本规程第 10.1.5 条和第 10.2.1 条的相关规定。加筋土挡土墙结构形式如图 10.7.1 所示。

**10.7.2** 加筋土挡土墙拉筋的品种、规格、尺寸、性能应符合设计要求和《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424、《铁路路基土工合成材料应用技术规范》TB 10118 的要求,并进行进场检验。土工合成材料拉筋应妥善保管,严禁暴晒。

**10.7.3** 墙面板的尺寸和预埋件、预留孔位置应符合设计要求。外表光洁、无裂纹、企口分明,线条顺直,不应露筋、掉角。预制墙面板、整体式墙板应待其混凝土强度达到设计强度的 75% 以上方可进行吊装和运输。

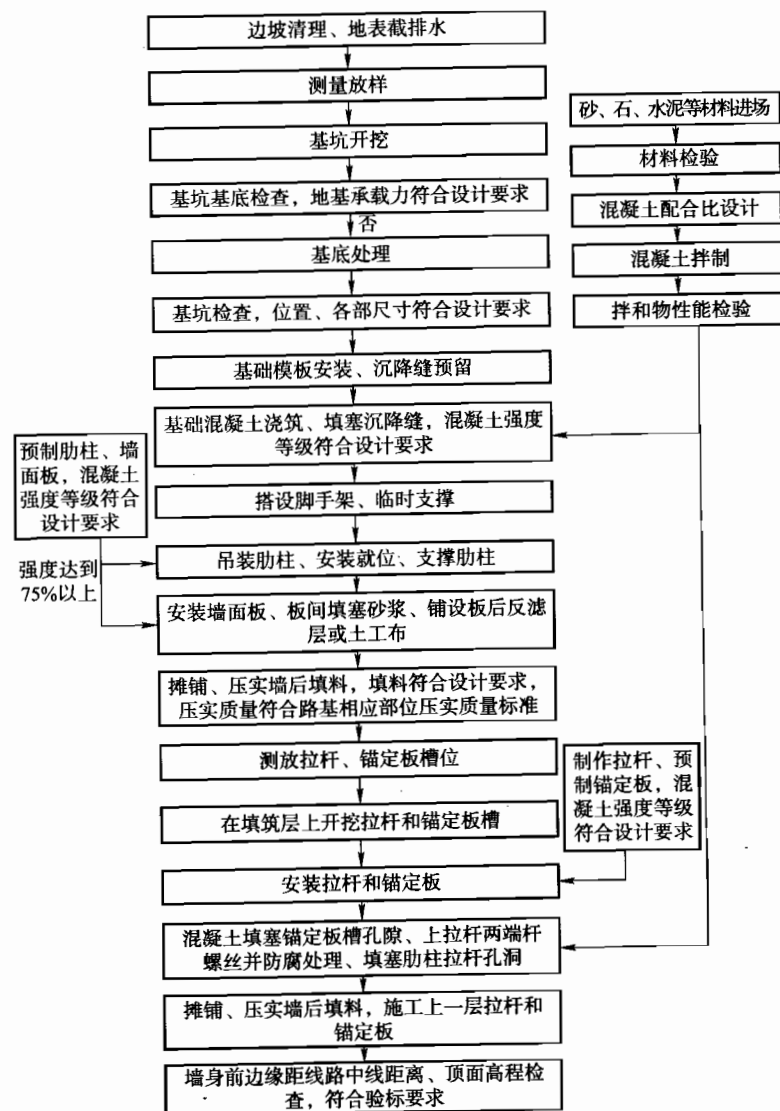


图 10.6.13 锚定板挡土墙施工工艺流程图

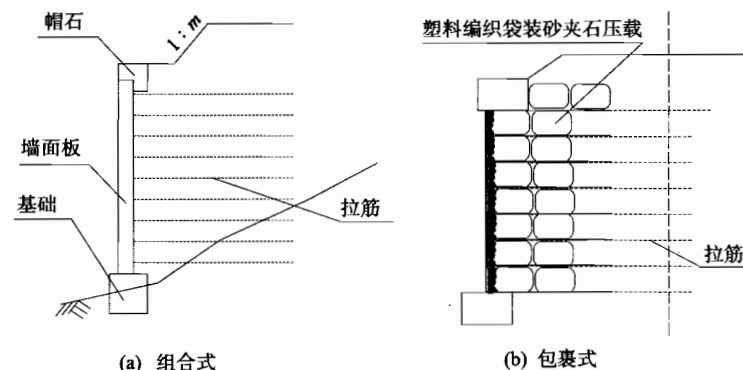


图 10.7.1 加筋土挡土墙结构示意图

10.7.4 挡墙混凝土条形基础埋置深度应符合设计要求，墙前应设4%的横向排水坡。

10.7.5 安装组合式墙面板或现浇整体式护墙应按不同填料和拉筋预设仰斜坡，墙面板或墙面适当后仰，不应前倾，倾斜度应符合设计要求。

10.7.6 整体式护墙施工宜在包裹式加筋土体完工后，现场立模浇筑。

10.7.7 筋材之间的连接或筋材与墙面板之间连接强度不应低于设计强度，连接施工应符合下列规定：

1 墙面板的预埋连接件与钢筋混凝土板条拉筋之间应采用焊接。

2 墙面板与土工格栅或复合土工带拉筋之间应采用金属连接件连接。

3 钢塑复合带与墙面板连接，应穿过穿筋孔后应进行绑扎。

4 钢筋与钢筋、钢筋与锚杆之间连接，应采用双面焊接，焊接长度不小于4倍主筋直径。

10.7.8 包裹式加筋土挡土墙加筋土体内锚杆的预埋位置和长度应符合设计要求。锚杆埋设应符合本规程第10.6.7条的规定，锚

杆应按设计要求进行防腐处理。

**10.7.9** 墙面板上的金属连接件及金属拉筋应按设计要求进行防锈处理,钢筋混凝土板条拉筋所有连接部分应采用沥青砂浆封闭。

**10.7.10** 拉筋的长度、位置、间距、层数、铺设形式及包裹式挡土墙压载体后拉筋回折宽度应符合设计要求。拉筋的铺设应符合下列规定:

1 拉筋在平面上的布置,应垂直于墙面板,土工格栅拉筋筋材强度大的方向应垂直于墙面。

2 拉筋应水平铺设在有 $1\%\sim 3\%$ 仰坡的填层上,底部应与填土密贴。

3 连续铺设的拉筋接头应置于其尾部。土工合成材料拉筋应完整连续,无破损和接头。

4 条带式拉筋尾部宜用拉紧器拉紧,各拉筋的拉力应大体均匀。

5 铺设满铺拉筋时,应绷紧、铺平,中间每隔 $1\text{ m}\sim 2\text{ m}$ 梅花形布置U形卡或卡钉固定,不应褶皱或损坏,可以在中部重叠但不能连接,应用厚度不小于 $5\text{ cm}$ 的填料隔开;上、下层拉筋应错缝铺设。

**10.7.11** 未覆盖填料的筋材上严禁施工机械直接行走。

**10.7.12** 墙背填料应符合本规程第6.2节的相关规定,且应采用砂类土(粉砂、黏砂除外)、砾石类土、碎石类土,筋带与填料接触部分不应有尖锐棱角的块体。

**10.7.13** 填料应分层填筑、碾压,压实质量应符合设计要求。填料的碾压顺序应从拉筋中部开始并垂直于拉筋碾压,先由拉筋中部逐步碾压至拉筋尾部,再由拉筋中部逐步碾压至面板,严禁平行于拉筋方向碾压。先静压后再振动碾压。填料未压实前碾压机械不应作小半径转向操作。距面板小于 $1\text{ m}$ 范围内应采用小型夯实机械或人工夯实。严禁使用羊足碾碾压。

**10.7.14** 反滤层及排水层施工应随安装墙面板进行,并随后施工墙后填土。反滤层及排水层设置位置、构造尺寸及厚度应符合设

计要求。

**10.7.15** 加筋土体内的泄水管孔径、埋设位置、管身钻孔型式应符合设计要求,其向外排水坡不应小于 $4\%$ ,管身和进水口应用透水土工布包裹,并应与护墙身泄水孔连通,确保排水通畅。

**10.7.16** 加筋土挡土墙宜每 $20\text{ m}$ 或基底地层变化处设置沉降缝(伸缩缝),并在面板内侧沿全墙高铺设透水土工布以防止填料渗漏。土工布铺设应随填筑反滤层进行。

**10.7.17** 台阶式加筋土挡土墙上墙墙面板基础不应直接放在下墙拉筋上,中间应用厚不小于 $0.5\text{ m}$ 的垫层隔开。

**10.7.18** 分级平台应按设计采用混凝土进行封闭,并应设 $2\%$ 的向外横向排水坡。

**10.7.19** 墙体、墙面分期施工时宜待墙体变形及地基沉降稳定后再开始墙面结构的施工。

**10.7.20** 帽石应采用混凝土现场浇筑,分段不应大于 $4.0\text{ m}$ 。设计有栏杆时,应在帽石内预埋U形螺栓。

**10.7.21** 组合式墙面板、整体式护墙的钢筋混凝土保护层厚度不应小于设计要求。

**10.7.22** 加筋土挡土墙施工工艺流程如图10.7.22—1、图10.7.22—2所示。

## 10.8 土钉墙

**10.8.1** 土钉钢筋的品种、规格、性能应符合设计要求,下料后应进行调直、除污处理。

**10.8.2** 土钉墙所用土工合成材料的品种、规格、质量应符合设计要求。进场时应抽样检验。挂网材料为土工合成材料时,应采取妥善的防晒措施。

**10.8.3** 注浆采用的水泥浆或水泥砂浆应按工艺试验确定的参数配制,砂应采用级配合理的中、粗砂,含泥量不应大于 $3\%$ 。水泥浆或水泥砂浆的强度应符合设计要求。

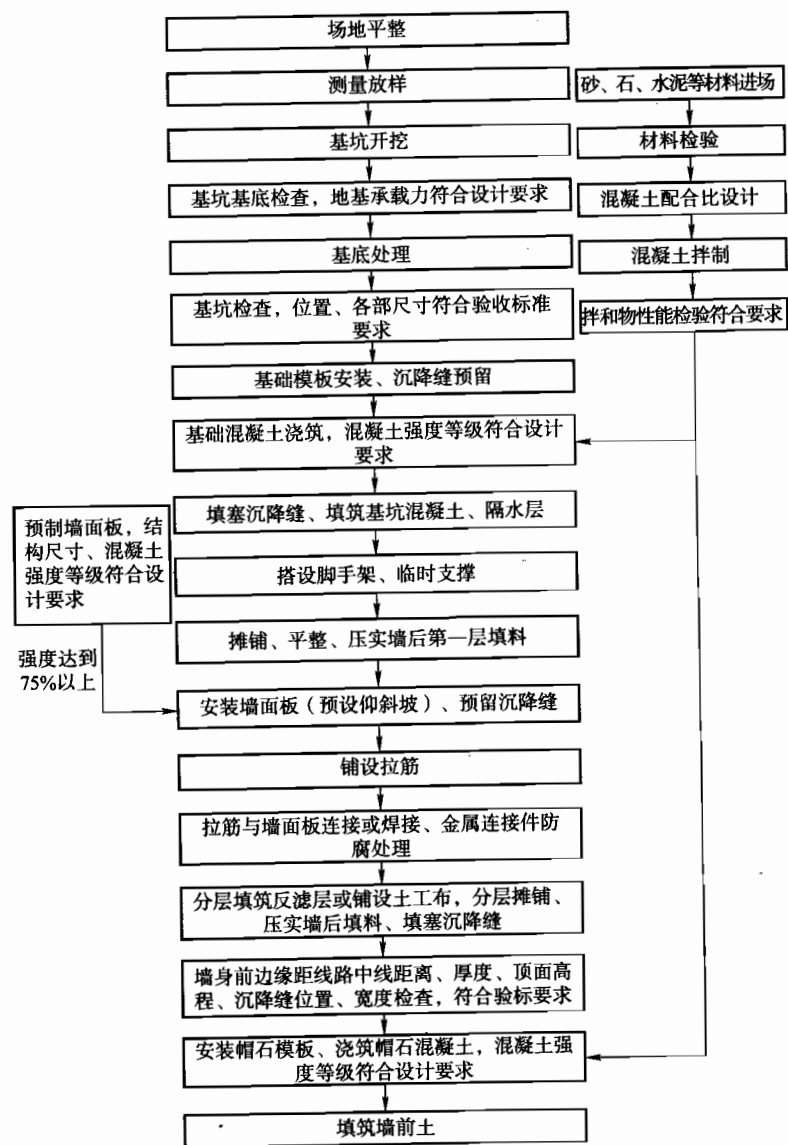


图 10.7.22—1 组合式加筋土挡土墙施工工艺流程图

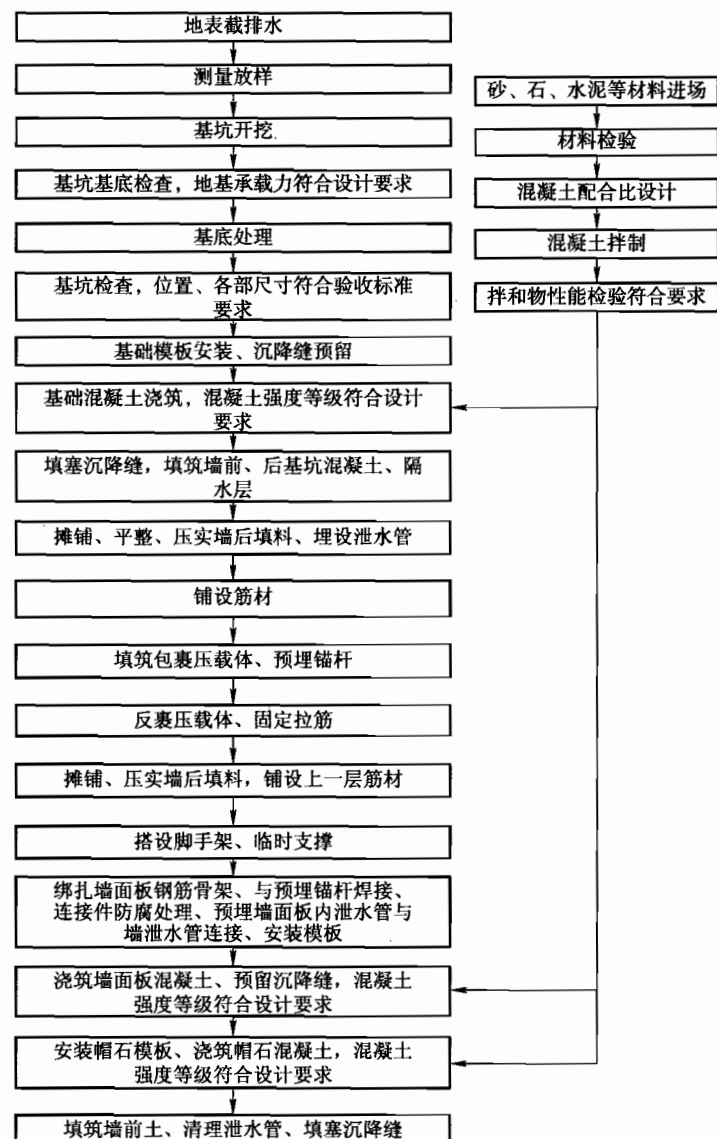


图 10.7.22—2 包裹式加筋土挡土墙施工工艺流程图

**10.8.4** 土钉墙施工前应按设计要求进行注浆工艺试验、土钉抗拉拔试验,验证设计参数,确定施工工艺参数。

**10.8.5** 土钉墙应按“自上而下,分层开挖,分层锚固,分层喷护”的原则组织施工,并及时挂网喷护,不应使坡面长期暴露风化失稳。分层开挖高度应按坡面土质允许暴露的时间结合土钉排距确定,土层宜为 0.5 m~2 m,岩层宜为 1.0 m~4.0 m。

**10.8.6** 开挖应选用对坡面扰动较小的施工机具和施工方法。在开挖中,应防止上部和上下两层连接处局部失稳。发生局部超挖时,应采用混凝土或浆砌片石回填。

**10.8.7** 钻孔施工应符合本规程第 10.5.5 条的规定,在土层中钻孔时严禁向孔内灌水,防止坍孔、缩孔。

**10.8.8** 土钉的安装和注浆应符合本规程第 10.5.6 条的相关规定。

**10.8.9** 土钉孔注浆后应及时养护,养护期间严禁敲击、摇动钢筋。

**10.8.10** 喷射混凝土护面前,应按设计要求挂网,并预留伸缩缝和泄水孔。挂网采用钢筋网时,网片间搭接宜采用焊接。土钉外端与钢垫板或加强钢筋应采用螺丝端杆锚具或焊接进行连接。

**10.8.11** 喷射混凝土施工应符合下列规定:

1 施工前应清除坡面较大松动土石、浮土,并用混凝土将裂缝、凹坑嵌补牢实、平整。岩体表面应冲洗干净,土体表面应平整、密实、湿润,并应埋设喷射混凝土厚度标识。

2 喷射混凝土前应进行现场喷射试验,确定配合比、风压、喷射距离和角度,控制喷层质量,减少回弹量。喷射混凝土的强度应符合设计要求。

3 喷射作业应自下而上进行,并逐排作圆周绕动。喷层厚度大于 7 cm 时,应分两层喷射。

4 喷层厚度应均匀,厚度不应小于设计值。网与土钉头不应外露。

5 喷层周边与未防护坡面的衔接处应作好封闭处理,防止水从缝隙渗入。

6 喷射过程中应采取有效措施防止泄水孔堵塞。

7 喷射混凝土的拌和料应在规定时间内喷射完毕,喷射后 2 h 内应开始养护。

**10.8.12** 泄水孔后应按设计要求设置反滤层,保证排水畅通。

**10.8.13** 土钉墙的坡脚墙混凝土应与土钉钢筋网和喷射混凝土面层结合紧密。坡脚墙基坑施工应尽快完成,同时应采取措施防止基坑被水浸泡。

**10.8.14** 土钉墙施工工艺流程如图 10.8.14 所示。

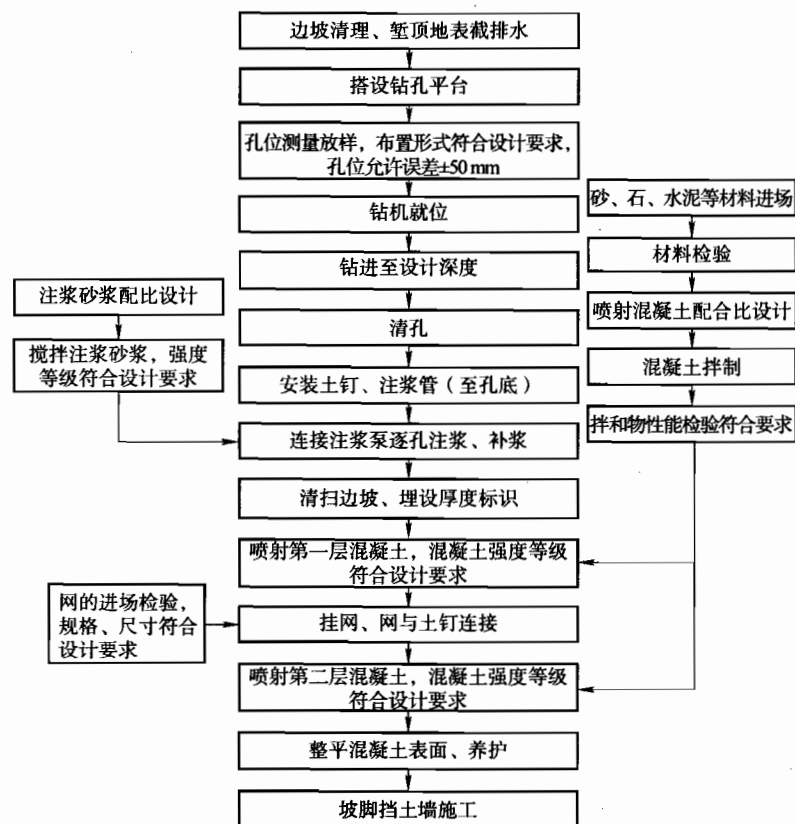


图 10.8.14 土钉墙施工工艺流程图

## 10.9 抗滑桩

**10.9.1** 抗滑桩的位置、结构尺寸应符合设计要求。开挖施工中应核对桩孔地质情况,滑动面实际位置与设计出入较大时,应及时向设计单位反馈。

**10.9.2** 抗滑桩施工前应整平孔口地面,设置地表截、排水及防渗设施。孔口应做好锁口,孔口地面以上加筑适当高度的围堰。雨季施工时,孔口应搭设雨棚。

**10.9.3** 孔口附近不应堆放重物,不应有重型设备、载重汽车等重活载走行。

**10.9.4** 抗滑桩施工应制定挖孔作业和撤离人员的专项安全技术措施,设置对滑坡变形、移动的观测标桩并制定观测方案。

**10.9.5** 桩孔开挖施工中应及时记录地质剖面、滑动面位置,填绘地质柱状图。开挖及支护应符合下列规定:

1 开挖及支护应尽量避免在雨季施工,严禁在桩顶以上边坡设置施工便道。

2 开挖应分节,每节高度宜为 0.6 m~2.0 m,并及时浇筑混凝土护壁。护壁混凝土应紧贴围岩,浇筑前应清除孔壁上的松动石块、浮土。地层较松软、破碎或有水时,分节不宜过长。严禁在土石层变化处或滑动面处分节。

3 滑动面处的护壁应加强,承受较大推力的护壁和锁口混凝土应增加钢筋。

4 下一节桩孔开挖应在上一节护壁混凝土拆模后进行。

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

6 开挖孔径应符合设计要求,装渣不得超出盛渣器皿上边沿,孔内垂直提升运输吊具应采用有自锁功能的绞架。孔下爆破应采取减振措施。弃渣不应堆放在滑坡范围内。

7 开挖桩群应从两端向滑坡主轴方向隔桩开挖。桩体混凝土浇筑 1 d 后,方可开挖邻桩。

8 开挖时应做好有害气体检测及孔内排水和通风,确保挖孔作业安全。

**10.9.6** 浇筑桩身混凝土应符合下列规定:

1 浇筑前,应检查桩孔基底及断面尺寸,凿毛混凝土护壁,清理孔底的松动石块、浮土,抽干积水,并应检查净空断面尺寸,符合要求后安装钢筋笼。

2 钢筋笼宜预先绑扎成型,可在桩孔内搭接,搭接接头不应设在土石分界或滑动面处。抗滑桩钢筋骨架安装就位后,应采取固定措施避免上浮。钢筋笼绑扎时应按设计要求同时绑扎声测管,浇筑混凝土时应采取措施避免声测管堵塞。

3 混凝土浇筑应连续进行,并应符合《铁路混凝土工程施工技术指南》(铁建设[2010]241 号)的要求。地下水发育时,应按水下混凝土灌注法施工。

4 滑坡体有滑动迹象或需要加快施工进度时,宜采用速凝、早强混凝土。

**10.9.7** 桩间支挡结构及桩相邻的挡土、排水设施、排水纵坡应符合设计要求,并与抗滑桩配套完成。抗滑桩顶面及周围应按设计要求用混凝土或砂浆抹面封闭,封闭面应保持一定的排水坡度,避免积水。

**10.9.8** 抗滑桩桩身质量应按设计要求进行无损检测。

**10.9.9** 抗滑桩施工工艺流程如图 10.9.9 所示。

## 10.10 桩板式挡土墙

**10.10.1** 桩板式挡土墙的锚固桩施工应符合本规程第 10.9 节的相关规定。锚固桩加设锚索或锚杆的施工应符合本规程第 10.11 节或第 10.5 节的相关规定。桩板式挡土墙结构形式如图 10.10.1 所示。

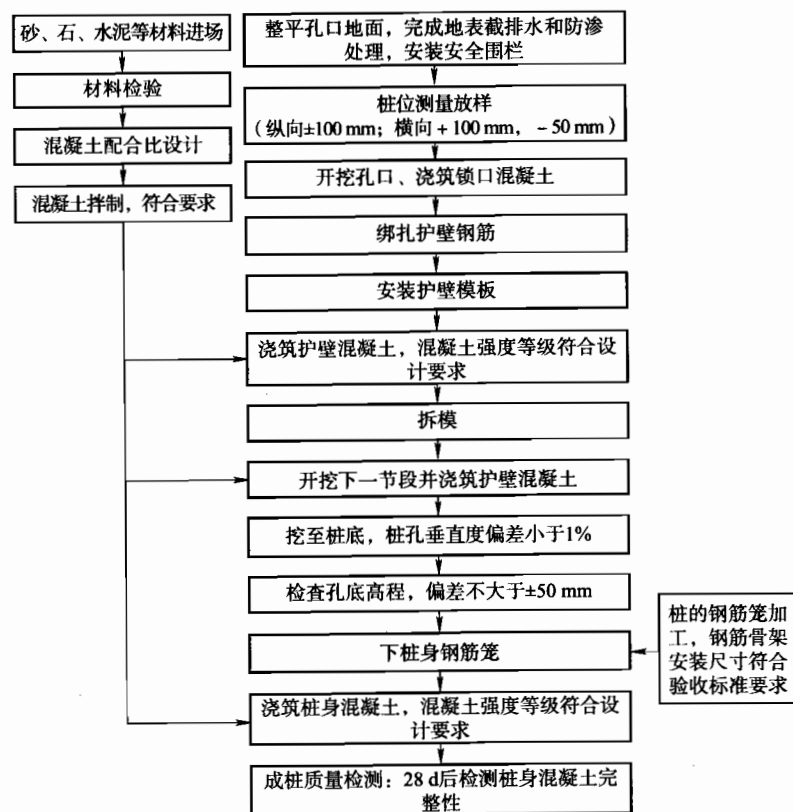


图 10.9.9 抗滑桩施工工艺流程图

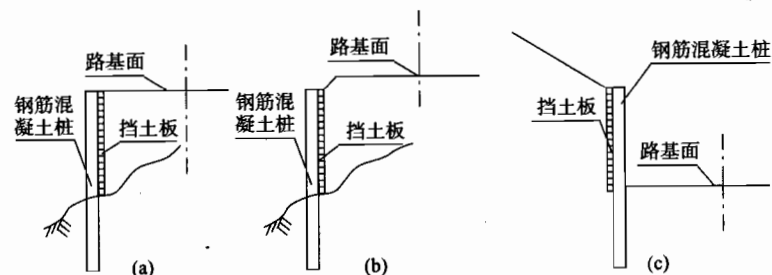


图 10.10.1 桩板式挡土墙结构示意图

10.10.2 桩身预埋铁件或翼缘的规格、尺寸、数量应符合设计要求。

10.10.3 挡土板进场应进行检验,其结构尺寸和混凝土强度等级应符合设计要求,且外观光洁、无裂纹、露筋、掉角等缺陷。预制挡土板应待其混凝土强度达到设计强度的 75% 以上方可进行吊装和运输。

10.10.4 桩身混凝土强度达到设计强度后方可开挖和安装挡土板,并进行墙背填土或开挖桩前土体。滑坡地段桩间土体应间隔开挖,并从上至下逐层开挖,随挖随安装挡土板。

10.10.5 桩间为土钉墙或喷锚支护时,桩间土体应分层开挖、分层加固。锚固桩上部设有多排锚索(杆)时,应等上一排锚索(杆)施工完成后,方可开挖下一层的桩间土体。

10.10.6 安装挡土板时,应按设计要求同时施作防排水设施及反滤层。

10.10.7 挡土板安装缝应均匀,平顺美观。挡土板后填土应随挡土板安装随即分层填筑、压实,填料应符合设计要求。

10.10.8 桩板式挡土墙加锚索(杆)时,墙后填土压实时不应直接碾压锚索(杆)。

10.10.9 挡土板、桩身的钢筋混凝土保护层厚度应符合设计要求。

10.10.10 桩板式挡土墙施工工艺流程如图 10.10.10 所示。

## 10.11 预应力锚索

10.11.1 预应力锚索、锚具、锚塞(夹片)和垫板的品种、规格、质量应符合设计要求及现行《预应力混凝土用钢绞线》GB5224、《预应力筋专用锚具、夹具和连接器应用技术规程》TB/T3193 的相关要求。

10.11.2 预应力锚索使用的材料进场应进行抽样检验,严禁使用

有机械损伤、电弧烧伤和严重锈蚀的钢绞线。钢绞线及锚索束、锚具严禁直接堆放在地面和露天存储,防止受潮、受腐蚀。

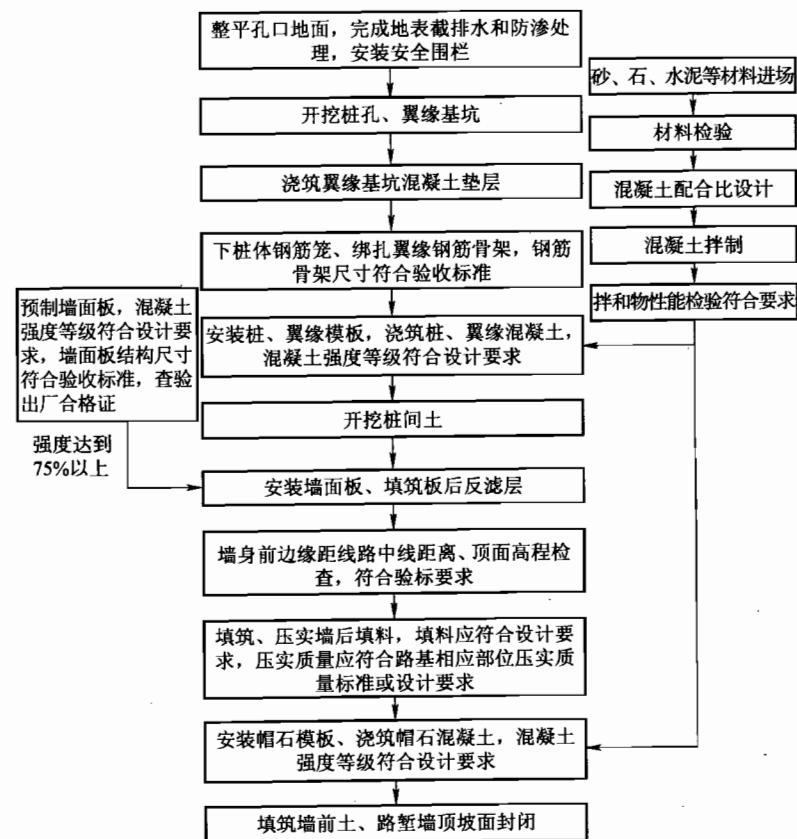


图 10.10.10 桩板式挡土墙施工工艺流程图

**10.11.3** 预应力锚索施工前应选择相同的地层进行拉拔锚固试验, 试验根数为工作锚索数量的 3%, 且不少于 3 根, 以验证锚固段的设计指标, 确定施工工艺参数。

**10.11.4** 预应力锚索钻孔可采用水钻或干钻, 水钻可能影响边

坡或山体稳定时, 应采用干钻。钻孔时应记录地层变化情况, 核实地层分界面、滑动面高程及锚索设计长度, 置于稳定岩层中锚固段长度应符合设计要求。钻孔施工应符合本规程第 10.5.5 条的规定。

**10.11.5** 锚索束的制作应符合设计及下列规定:

1 锚索束制作宜在现场加工车间或有遮盖的场地上进行。

2 钢绞线的下料长度应满足锚索束结构设计及张拉的需要。下料应采用机械切割, 严禁使用电弧烧割。

3 锚固段锚索束必须进行清污、除锈处理; 自由段锚索束应涂防腐剂, 外套塑料管; 张拉段锚索束应涂防腐剂。

4 锚索束的紧箍环、扩张环、定位支架等配件安装位置和数量应符合设计要求。

5 锚具、垫板应与锚索体应同轴安装。

**10.11.6** 锚索束安装和锚索孔注浆除应符合本规程第 10.5.6 条的规定外, 并应符合下列规定:

1 锚索束应顺直安放在钻孔中心并保证锚固段长度。

2 锚索孔注浆应采用孔底注浆法, 一次注满锚固段和自由段, 要求以浆排水, 不搅动浆液。

3 注浆材料应符合设计要求。注浆压力宜为 0.6 MPa~0.8 MPa。注浆应饱满密实, 宜在初凝前进行二次补浆。

4 地层具有腐蚀性或地下水具有侵蚀性时, 注浆材料应采用抗侵蚀性水泥。

**10.11.7** 制作承压板(桩、柱)时, 垫墩顶面必须平整、坚固, 且垂直于钻孔轴线, 墩孔轴线应与钻孔轴线相重合。垫墩旁应预留补浆孔和排气孔。

**10.11.8** 锚索张拉应按设计要求进行, 并应符合下列规定:

1 张拉设备及仪表必须配套标定, 配套使用, 并按规定周期进行检校。使用过程中张拉设备出现异常现象或设备检修后, 均

应重新进行检定。

2 锚固段砂浆强度达到设计强度 70%后方可张拉锚索。

3 锚具、锚塞(夹片)、垫板安装位置应符合设计要求。锚具底座顶面与锚孔轴线应互相垂直。

4 锚索张拉前应按照设计要求埋设应力计并做好保护,应力计观测应按设计要求进行。锚索张拉应分两次逐级进行,对加力值及锚索伸长值应做好记录。第一次张拉值应为总张拉力的 70%,两次张拉间隔时间不宜少于 3 d~5 d,其总拉力应符合设计要求。

5 锚索张拉应采用伸长值校核应力,实际伸长值与计算伸长值之差不应大于 $\pm 6\%$ 。

6 锚索张拉时,滑(断)丝总数不应超过钢丝总数的 5%,且一束内滑(断)丝不超过 1 根。

10.11.9 锚索张拉完成 7 d 后,应对其张拉力和外观进行复查,复查合格后方可切除多余的锚索,并锚固锁定。

10.11.10 封孔注浆应符合下列规定:

1 封孔注浆浆液配比应符合设计要求。采用纯水泥浆时,水灰比宜为 0.3~0.4;采用水泥砂浆时,宜为 0.5。

2 张拉段注浆应在补偿张拉完成后立即进行,注浆应饱满密实,锚垫板及锚头各部分空隙应采用水泥浆灌注满。

3 封孔注浆时,注浆管应插到底,并应符合本规程第 10.5.6 条的相关规定。

4 封孔注浆后,锚头部分应涂防腐剂,并按设计要求进行封闭。

10.11.11 垫墩钢筋混凝土的保护层厚度应符合设计要求。

10.11.12 预应力锚固性能试验和观测应按设计要求进行。

10.11.13 预应力锚索施工工艺流程如图 10.11.13 所示。

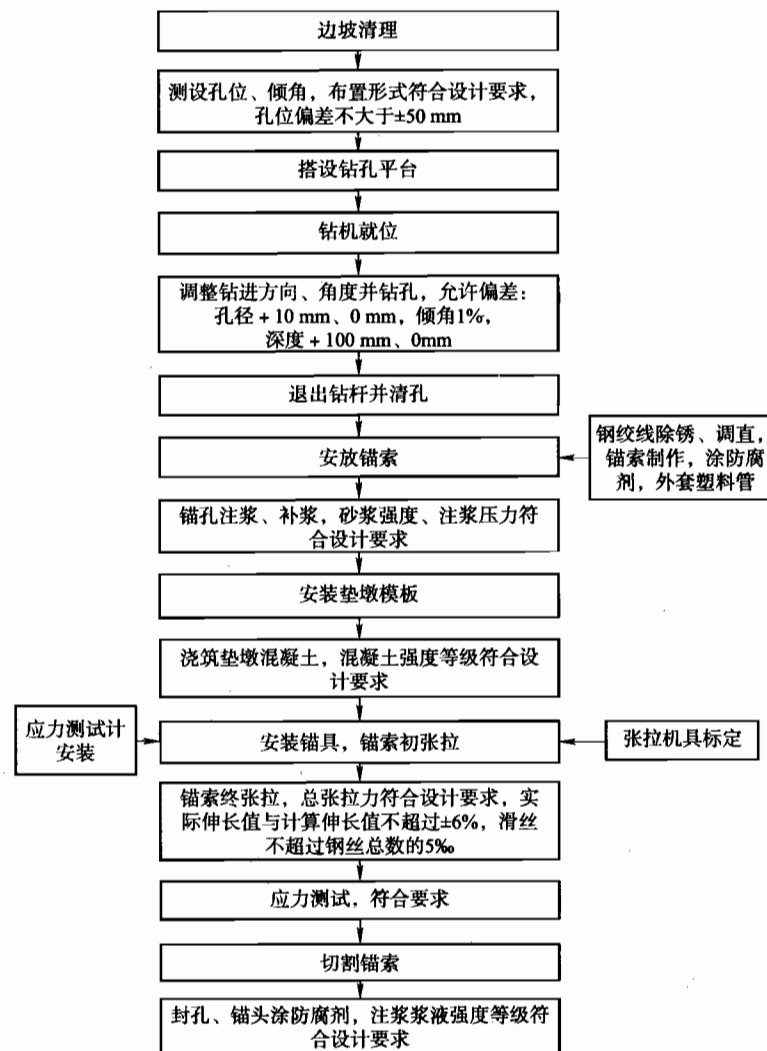


图 10.11.13 预应力锚索施工工艺流程图

## 11 边坡防护

### 11.1 一般规定

11.1.1 路堤边坡防护工程应安排在适宜时间施工, 堑坡防护应随路堑开挖施工同时进行。软土地基地段的路基防护工程应在沉降稳定后进行施工。

11.1.2 防护设施应在稳定的基脚和坡体上施工, 在设有支挡结构物及排除地下水设施地段, 应先作好支挡结构物和排水设施, 再施工防护工程。防护的坡体表面应修整平顺, 防护设施应与坡面密贴结合。

11.1.3 路基施工期内, 不应破坏地表植被或堵塞水的通路, 临时防排水措施应保持排水畅通、有效。

11.1.4 边坡防护工程所用砂浆、混凝土应采用机械拌合。

11.1.5 边坡防护工程所用石料和混凝土、水泥砂浆的强度等级均应符合设计要求, 并应符合《铁路混凝土工程施工技术指南》(铁建设[2010]241号)的相关要求。

11.1.6 边坡防护局部砌石施工时应符合《铁路混凝土工程施工技术指南》(铁建设[2010]241号)的相关要求。

11.1.7 边坡防护工程基础埋置深度除应符合设计要求外, 还应按现场情况采取必要措施保护基脚。

11.1.8 防护工程的基坑应按设计要求及时回填, 夯填密实, 回填土顶面应向外设不小于4%的排水坡。

11.1.9 泄水孔的位置、布置形式、孔径尺寸及泄水孔背后反滤层的材料、设置应符合设计要求, 并做到排水畅通。

11.1.10 路基防护工程采用土工合成材料时, 其施工应符合《铁

路路基土工合成材料应用设计规范》的相关要求。

11.1.11 路基植物防护施工和养护管理应符合铁路工程绿色通道相关技术规程的要求。

11.1.12 路堑边坡施工应开挖一级, 防护一级, 其坡率应符合设计要求。

11.1.13 严禁在堑顶附近及边坡平台上堆放弃土及其他影响边坡稳定的荷载。

### 11.2 植物防护

11.2.1 植物防护的种类应符合设计要求, 并适合当地生长条件, 选用根系发达、枝叶茂盛、并可迅速生长的低矮灌木。

11.2.2 植物种植前应对边坡坡面进行清理整平, 清除有碍植物生长和坡面稳定的杂物、危石。坡面土质不适宜于植物生长时, 应在坡面上铺设一定厚度的客土, 再播种植物。

11.2.3 坡面施用底肥时应以有机肥为主, 均匀撒布或条施、穴施。

11.2.4 植物防护工程施工应根据植物的特性, 适时种植, 避免在暴雨季节、大风和高温条件下施工。

11.2.5 植物播种前应进行种子发芽率试验或植株移植试验, 根据试验结果确定种植密度和种植时间, 确保在雨季来临之前形成一定的防护能力。在防护未形成一定能力时, 宜采取覆盖等临时保护措施。

11.2.6 种草防护时草籽应均匀撒布在已经清理好的坡面上, 同时做好保护措施。

11.2.7 喷播植草应先将生长液与草籽按设计要求混合并搅拌均匀, 采用喷播设备将其喷洒在已经清理好的坡面上。喷洒应自下而上进行, 草籽喷洒均匀, 不应流淌。

11.2.8 铺设固土网垫植草防护施工应符合下列规定:

1 铺设前应整平坡面并适量洒水湿润边坡, 土工网垫铺设应

与坡面密贴,其下边按 L 形埋入土中,埋入深度不应小于 0.4 m,回转长度不应小于 0.3 m。

2 土工网垫铺设搭接宽度不应小于 5 cm,并采用长度不小于 15 cm 的固定钉与坡面连接,固定钉间距不宜大于 1.5 m。

3 网垫铺设后应及时在网穴内撒播草籽,网穴用松散种植土填满。草籽种类及数量应符合设计要求。

11.2.9 边坡喷混植生防护施工应符合下列规定:

1 边坡防护前应清除边坡上松散岩石和不稳定的石块,并按设计要求进行加固处理。岩石边坡超、欠挖处应修凿顺接或用混凝土、浆砌片石等嵌补。

2 锚杆(锚钉)施工应符合本规程第 10.5 节的相关规定。

3 坡面上铺设金属网或高强塑料加强网,并应拉紧固定在锚杆上,网间用铁丝连接,网与岩石之间的距离宜采用混凝土垫块进行控制。

4 种植基材配置应计量准确、拌和均匀,采用机械化施工。喷射种植基材应从正面进行,凹凸部位及死角处要补喷,喷射应均匀,施工中应随时检查喷射厚度。

5 坡面喷播草种选用适宜于当地气候条件,特别是抗旱性强的品种,宜采用混合草种。间植的灌木应选用根系发达、枝叶茂盛、生长迅速的低矮灌木。

11.2.10 坡面播种植物后应及时做好养护,直至植物成活生长覆盖坡面,养护中发现缺苗应及时补栽。

### 11.3 预制件及现浇混凝土防护

11.3.1 混凝土用砂、碎石、水泥及外加剂等原材料应符合《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的相关要求。

11.3.2 混凝土应按设计强度等级进行配合比设计,确定施工配合比。

11.3.3 混凝土预制件应采取工厂(场)化生产,预制应满足设计

要求并符合《铁路混凝土工程施工技术指南》(铁建设[2010]241 号)的相关要求。

11.3.4 混凝土预制件拼装排列应整齐、平顺、紧密、美观,并与坡面及相邻砌体衔接密贴、稳固。

11.3.5 拼装混凝土预制件间砂浆应饱满、密实。

11.3.6 反滤垫层应随垫随砌,其材料及厚度应满足设计要求。

11.3.7 预制件勾缝应在路堤趋于稳定后进行。

11.3.8 采用空心预制件中间植灌木或植草护坡时,填土应采用种植土回填,草种应按设计要求选用适宜于当地气候条件且抗逆性强的混合草种,灌木宜选栽有 1 年树龄的灌木苗。

11.3.9 现浇混凝土或采用预制件拼装骨架护坡应嵌入坡面内并与边坡密贴,嵌入坡面深度应符合设计要求,骨架流水面应平顺,表面应与坡面顺接。

11.3.10 现浇混凝土骨架护坡挡水堰、护脚等应与骨架一次性浇筑。

11.3.11 现浇混凝土和预制件混凝土厚度及强度等级应满足设计要求。

### 11.4 锚杆(锚索)框架梁防护

11.4.1 锚杆(锚索)框架梁防护工程应先施工锚杆(锚索),再施工框架梁。

11.4.2 锚杆施工应符合本规程第 10.5 节的相关规定,锚杆位置应满足精度要求,确保锚杆位于框架梁节点位置上。

11.4.3 锚索施工应符合本规程第 10.11 节的相关规定。

11.4.4 框架梁混凝土用砂、碎石、水泥及外加剂等原材料应符合《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的相关要求,混凝土应按设计强度等级进行配合比设计。

11.4.5 框架梁制作除应符合《铁路混凝土工程施工技术指南》(铁建设[2010]241 号)的相关要求外,还应符合下列规定:

1 框架梁必须在锚杆(锚索)孔内砂浆强度达到设计强度的70%以上方可施工。

2 框架梁施工前应平整坡面,框架梁应按设计要求嵌入坡面,嵌入深度满足设计要求,并与坡面顺接。框架梁施工时,如坡面局部松软,应挖除并采用混凝土或浆砌片石嵌补。

3 框架梁应采用混凝土整体浇筑。

4 框架梁截水缘的镶边应与框架梁混凝土一体浇筑。

5 锚孔周围等钢筋较密集处混凝土浇筑应仔细振捣,保证质量。

6 沉降缝、伸缩缝的设置、缝宽与缝的塞封应符合设计要求。

11.4.6 框架间植物防护施工应符合本规程第 11.2 节的相关规定。

## 12 路基排水

### 12.1 一般规定

12.1.1 路基施工前,应核对管段内全线路基排水系统的设计文件,全线的沟、渠、管、桥、涵、隧等应构成完整的排水体系,排水系统径路区域地基应处于长期稳定区,其末端结构应与自然水系相互衔接,保持畅通。站场范围的各种排水设施应协调一致,并应与自然水系、城镇规划排水、场坪排水、站内建筑排水形成完整的排水系统。发现设计与现场地形不符时,应及时按规定程序提出变更设计。

12.1.2 路基施工前,施工单位应将路基排水系统施工纳入施工质量管理体系,并应编制路基排水工程专项作业指导书,明确施工技术标准 and 施工操作程序,对影响路基稳定的地表水、地下水,按照设计要求予以截断、疏干、降低水位,并引排到路基范围以外的自然排水系统中,不应形成漫流、聚集和下渗。

12.1.3 路基施工中,应按照永临结合的原则,具备条件的地段应按设计做好永久性排水工程以及施工场地附近的临时排水设施,然后再施作主体工程。不具备条件的地段应先做好临时排水设施,永久性排水工程应与路基同步施工,并随路基施工逐步成型。

12.1.4 路基施工中,不应任意破坏地表植被、堵塞水流通道。各类排水设施均应及时维修和清理,保持排水通畅。

12.1.5 路基排水设施应置于稳定的地基上,基底应密实、平整,且无草皮、树根等杂物,无积水。沟底基础位于人工填土时,应按照规定要求夯实。

12.1.6 排水设施的施工顺序应从下游到上游,沟底应平整、排水

畅通、无冲刷和阻水现象。

**12.1.7** 排水设施施工所用材料应符合设计要求,进场材料应抽样进行质量检验。

**12.1.8** 侧沟、天沟、排水沟应采用混凝土现场浇筑或预制件拼装。

**12.1.9** 排水设施混凝土预制件应采用工厂(场)化生产,砌筑用水泥砂浆或浇筑用混凝土应采用砂浆或混凝土搅拌机拌和,严禁人工拌和。

**12.1.10** 防(隔)水层、隔水板所用土工合成材料的品种、规格及技术质量指标应符合设计要求,进场应进行检验。土工合成材料铺设应符合本规程第 6.8.3 条的规定。

**12.1.11** 路基面纤维混凝土、沥青混凝土防排水层施工应符合设计和相关技术条件的要求。

## 12.2 地面防排水

**12.2.1** 各类排水设施的位置、断面尺寸、排水坡度、高程应符合设计要求。沟渠边坡应平整、稳定。

**12.2.2** 天沟、排水沟靠山侧沟壁不应高出地面,沟顶与地面必须顺接,沟底纵坡不应小于设计坡度,严禁出现反坡。天沟不应向路堑侧沟排水,受地形限制需排入侧沟时,应与急流槽衔接。路基与桥台衔接处的排水沟应与天然沟渠衔接,不应冲刷桥台锥坡。排水沟与涵洞衔接处的沟底高程不应低于涵洞流水面高程。排入自然沟渠的天沟、排水沟其末端应设置消能、沉淀设施,避免集中水流对地表冲刷。

**12.2.3** 各类排水沟、槽混凝土预制构件的混凝土和砌缝水泥砂浆强度应符合设计要求。砌筑用砂浆配合比应通过试验确定。

**12.2.4** 预制构件砌筑时,应先用水泥砂浆找平沟底,再将预制构件砌筑平稳,砌缝应嵌缝饱满、密实,勾缝平顺无脱落,缝宽大体一致,线型美观,直线顺直,曲线圆顺。沟背应夯填密实,沟顶面与路

基坡脚或其他结构物之间地面应整平,并形成不小于 2% 排水坡面。

**12.2.5** 防渗加固设施施工应符合设计要求,坚固稳定,表面平整美观。

**12.2.6** 截水沟应防止水流下渗和冲刷。地质不良地段和土质松软、透水性较大或裂隙较多的岩石路段及土质截水沟、截水沟的出水口,均应按设计要求采取加固措施,防止渗漏和冲刷沟底及沟壁。

**12.2.7** 边坡平台截水沟排水应引入相邻排水设施中,边坡骨架或框架梁护坡的排水槽应设置连接排水槽,与路堤坡脚排水沟衔接,不应形成边坡集中水流冲刷路堤坡脚。急流槽、边坡平台截水沟应随路基防护圬工同步砌筑,排水坡度、沟槽断面不应小于设计要求,流水面宜采用水泥砂浆抹面压光。

**12.2.8** 混凝土排水设施沉降缝(伸缩缝)的填塞材料、填塞方式、纵向间距应符合设计要求,具体位置宜结合现场地质及实际情况设置。

## 12.3 地下防排水

**12.3.1** 地下排水沟的排水孔应在冻结深度以下不小于 0.25 m 处。沟底宜埋入隔水层内不小于 0.5 m,其设置位置、沟底高程、结构尺寸、沟底排水纵坡应符合设计要求,沟底基础应按照设计要求处理,沟底砌体平整、排水畅通。

**12.3.2** 地下排水沟采用混凝土浇筑时,排水沟应在沟壁与含水地层接触面的高度处,设置一排或多排向沟中倾斜的渗水孔,沟壁最下一排渗水孔的底部宜高出沟底不小于 0.2 m。

**12.3.3** 地下排水沟、渗水盲沟内用作排水和渗水的填充料在使用前必须筛选和清洗,级配合理。

**12.3.4** 渗水盲沟采用渗水管时施工应符合下列规定:

1 沟槽采用人工配合机械开挖,硬质岩石地段应采用预裂爆

破或光面爆破,软质岩石或土质宜采用机械挖槽。

2 开挖自下游向上游进行。土质地段机械开挖至沟槽底时,预留 10 cm~20 cm 采用人工开挖。石质地段开挖时,先爆破或机械松动后再人工整形。沟槽开挖两侧壁应平顺,基础表面应平整,严禁出现反坡现象。

3 浇筑铺底混凝土收面时,应挂线控制铺底混凝土的排水坡度。铺底混凝土强度达到设计强度的 70%后方可铺设透水性土工布,铺设应绷紧、抻平,不应褶皱、损坏。

4 渗水管采用承插式钢筋混凝土花管或 PVC 花管。铺设钢筋混凝土花管时,连接接头应用水泥砂浆填抹接缝;铺设 PVC 花管采用专用胶水、专用接头进行连接。

5 渗水管固定后,沟槽内按设计回填渗水料,管周及管顶以上 30 cm 范围内松填,30 cm 以上应分层轻震夯实。

6 渗水料填夯完成后应用已铺设的透水性土工布将花管与渗水料包裹完好。

7 沟顶应按设计及时回填,防止土工布长时间暴晒。

8 渗水盲沟的出水口应设置端墙,出水口管底距排水沟沟底的高度不宜小于 20 cm。

9 渗水盲沟施工工艺流程如图 12.3.4 所示。

12.3.5 渗水盲沟沿沟槽每隔 10 m~15 m 或当沟槽通过软硬岩层分界处应设置沉降缝(伸缩缝),其填塞材料、填塞方式应符合设计要求。

12.3.6 盲沟检查井施工应符合下列规定:

- 1 开挖基坑,铺设混凝土垫层。
- 2 浇筑清淤池底板混凝土。
- 3 浇筑清淤池井壁混凝土。
- 4 浇筑井筒、井圈混凝土,达到一定强度后安装井盖。
- 5 检查井施工工艺流程如图 12.3.6 所示。

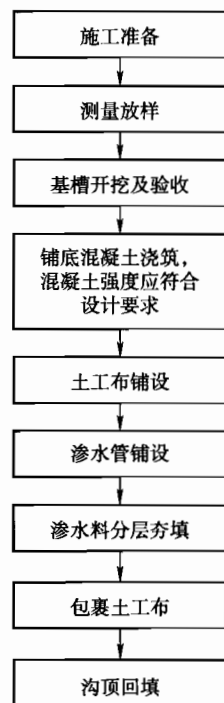


图 12.3.4 渗水盲沟施工工艺流程图

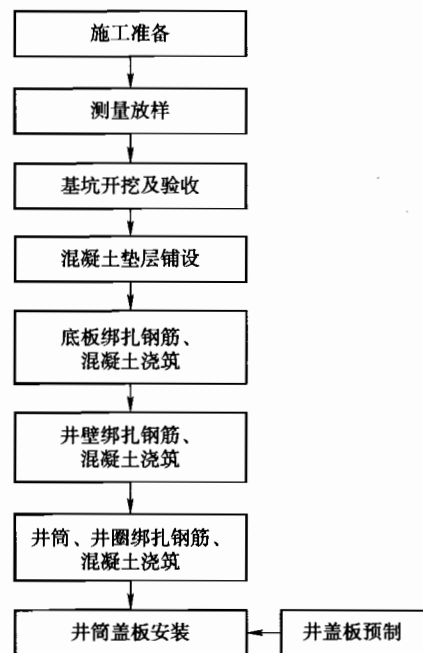


图 12.3.6 盲沟检查井施工工艺流程图

12.3.7 盲沟检查井清淤池底板顶面标高不应高于盲沟底。

12.3.8 清淤池井壁混凝土浇筑应与渗水管、沟同时施工,管、沟与检查井连接应密封,防止渗漏。

12.3.9 路堑边坡地下水位较高或无固定含水层时,应按设计要求设置支撑渗沟,支撑渗沟施工应符合下列规定:

1 沟槽采用人工配合机械开挖。土质地段机械开挖至沟槽底时,预留 10 cm~20 cm 采用人工开挖。石质地段开挖时,先爆破或机械松动后再人工整形。

2 不透水层采用不透水土工布和浆砌片石或现浇混凝土时,

不透水土工布铺设应铺入沟槽,紧贴底面,略有松弛;其上按设计砌筑浆砌片石或浇筑混凝土。

3 返滤层采用人工填筑,随排水层分层同步施工。采用两种不同粒径的集料时不得混填。

4 排水层采用干砌片石或充填较粗碎石时,每层施工厚度不宜超过 30 cm。

5 渗沟顶面封闭层采用干砌片石时,石块应交错咬搭,用碎石填实空隙。

6 支撑渗沟施工工艺流程如图 12.3.9 所示。

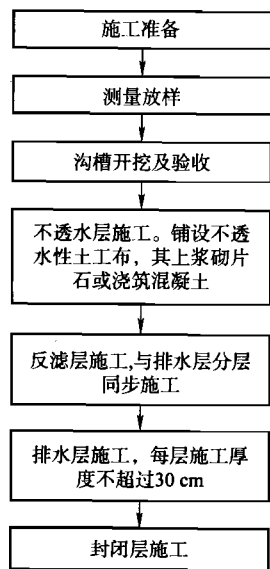


图 12.3.9 支撑渗沟施工工艺流程图

12.3.10 地下排水沟应与路基排水沟、自然水系沟渠协调连接, 应形成完整的排水系统。

## 12.4 路基横向防排水

12.4.1 路基横向排水宜采用预埋管道方案, 严禁横向排水渗漏导致路基软化。预制或现浇混凝土横向排水沟施工应符合本规程第 12.2 节的相关规定。

12.4.2 路基横向排水管道预埋施工应符合下列规定:

1 横向排水管道预埋位置应符合设计要求, 排水坡度不小于设计值。横向排水管应设置连接排水槽与路基纵向排水系统相衔接。

2 预埋管道应采用开槽方式, 在路堤填筑到路基基床底层顶面后, 开槽至设计深度, 开挖后整平槽底面。

3 横向排水管品种、规格、质量应符合设计要求, 每处排水管应采用整根通长的管材, 避免中间接缝引起渗漏。

4 安放横向排水管前, 管底应先浇筑混凝土垫层找平, 排水管周边应浇筑混凝土, 并捣固密实, 混凝土浇筑与路基基床底层顶面平齐, 待混凝土终凝后, 再继续填筑基床表层。

12.4.3 管道入水口集水井施工应在路堤基床表层施工完成后进行, 集水井施工应符合下列规定:

1 集水井可用机械或人工开挖成孔, 并与横向排水管连通, 开挖时不应损坏横向排水管。

2 集水井井底、井壁钢筋混凝土应采用现浇施工。集水井与横向排水管连接应严密不渗漏。

3 集水井井底高程应低于横向排水管道管底高程 0.2 m, 浇筑集水井井底混凝土时与横向排水管道管底平齐。

4 集水井井底混凝土浇筑完成并终凝后, 应将井底与井壁结合部位的混凝土凿毛清理干净后, 再浇筑井壁混凝土。

5 集水井井壁混凝土浇筑完成并初凝后, 应按设计位置将井座安装并嵌入井身混凝土中, 整平集水井顶面。井身混凝土达到设计强度后, 安装井口排水篦子。

6 集水井井底、井壁钢筋骨架和混凝土施工应符合《铁路混凝土工程施工技术指南》(铁建设〔2010〕241号)的相关要求。集水井的混凝土强度等级、结构尺寸以及与横向排水管的连接应符合设计要求。

12.4.4 路基横向排水管出口应安插在路堤边坡防护骨架排水槽的中部或路堑侧沟内,并与路基排水同步施工,使路基横向排水与路堤边坡排水、路基排水沟、侧沟形成完整的排水系统。

## 12.5 过渡段防排水

12.5.1 过渡段两侧排水沟宜与其邻接的路基、桥、涵、隧结构物的排水设施同步施工,形成完整的排水系统。

12.5.2 过渡段地下水位较高时,应按照本规程第12.3节的相关规定做好地下排水。

12.5.3 路桥过渡段排水施工应符合下列规定:

1 桥台背软式透水管及无砂混凝土板的品种、规格、质量应符合设计要求。软式透水管C20混凝土基础、无砂混凝土渗水板基础采用预制,其材料应符合设计要求,平均渗透系数应大于 $2\,000\text{ m/d}$ 。

2 软式透水管采用开槽埋设,在过渡段填筑面高于无砂混凝土渗水板基础最高处 $0.2\text{ m}$ 后,从压实的过渡段填筑层开槽至桥台基坑顶面,并整平、夯实槽底,槽底的排水纵坡不应小于设计坡度。

3 软式透水管C20混凝土基础安装前应在槽底用混凝土垫层找平、调整排水坡,再安装软式透水管C20混凝土基础、软式透水管、无砂混凝土渗水板基础,软式透水管在基础中应安装平顺,无损坏,保证排水畅通。

4 无砂混凝土渗水板基础安装完成后,在其上随过渡段填筑随砌筑无砂混凝土板,并应紧贴桥台背。过渡段填筑时,靠近软式透水管座和渗水墙处应用小型压实机具压实,不应损坏软式透水

管和渗水板。

12.5.4 路堤与路堑过渡段横向排水设置应符合设计要求,施工应符合本规程第12.3节的相关规定,其横向排水应设置连接排水槽与路堤坡脚排水沟衔接。施工过程中,若发现有潜水、渗水出露,应按规定程序提出变更设计。

## 13 路基相关工程及设施

### 13.1 一般规定

13.1.1 修筑于路基上的电缆槽、接触网支柱基础、声屏障基础、综合接地、预埋管线等应与路基同步施工,不应因其施工而损坏、危及路基的稳固与安全。

13.1.2 基坑施工时不应破坏路基及防护工程结构,按设计要求、地质情况可选择挖孔或钻孔工艺。

13.1.3 路基相关工程及设施所使用的钢筋、水泥、砂及碎石等原材料应符合《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的相关要求,并按规定进行进场检验。

### 13.2 电缆槽(井)

13.2.1 路基上的电缆槽工程包括通信、信号、电力电缆槽和电缆井。

13.2.2 路基电缆槽施工工艺流程如图 13.2.2 所示。

13.2.3 通信、信号、电力电缆槽和电缆井施工应符合下列规定:

1 电缆槽应采用现场集中预制,电缆槽泄水孔应预制成孔,其他预留孔可现场集中机械钻孔,泄水孔孔位应对准排水槽。电缆井应采用现场浇筑。

2 电缆槽安装时应采用机械在无水条件下切除基床表层级配碎石。切除后的槽底铺设透水砾石或碎石,其上部铺设 M10 水泥砂浆找平层后安装电缆槽。

3 盖板式电缆槽安装时,节间采用水泥砂浆勾缝,整体式电缆槽槽节对接应在接口处涂抹沥青。

4 电缆槽安装完成后应采用 C25 混凝土回填基坑,并及时施

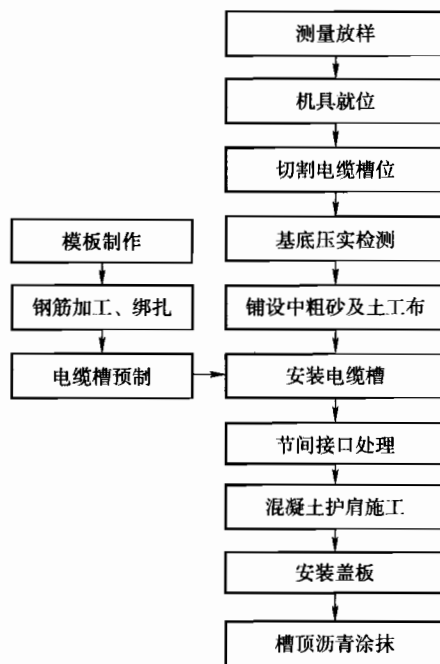


图 13.2.2 电缆槽施工工艺流程图

工槽外混凝土护肩。

5 电缆槽与接触网支柱、声屏障基础间缝隙采用 M10 水泥砂浆或 C25 混凝土灌注密实。

6 电缆井采用人工或机械挖槽,其周边超挖部分应采用 C25 混凝土浇筑,底部设 C25 混凝土垫层,电缆井开口与电缆槽连接处内侧采用 M10 水泥砂浆抹平,连接错开处应采用 M10 水泥砂浆封堵。

7 电缆槽(井)盖板安装前,应在电缆槽(井)顶面涂抹沥青后再安装盖板。

13.2.4 电缆槽(井)盖板的安装应考虑站后四电专业的施工时间,应在线缆全部敷设完毕后进行,以减少盖板反复开启而破损。

13.2.5 桥头路基电缆槽盖板应采用 M10 水泥砂浆封闭或采用

T形钢扣板加钢绞线每 10 m 一组串联固定防护。

**13.2.6** 路桥、路隧连接处采用顺接电缆槽过渡,过渡电缆槽应连接平顺,弯曲角度应符合设计要求,过渡电缆槽盖板应采用路基或桥梁电缆槽盖板切割成合适尺寸后进行安装。所有线缆敷设完毕后应采用 M10 水泥砂浆将盖板固定在顺接电缆槽上。

**13.2.7** 电缆槽(井)施工期间,应做好泄水孔的防护,避免堵塞,且与路基边坡网格骨架或边沟顺接。电缆槽(井)泄水孔内应埋设镀锌铁丝网。

**13.2.8** 出水孔处应按设计要求设置过滤层,过滤层采用干净的粗颗粒碎石。

**13.2.9** 电缆槽综合接地孔的堵塞和外露量应按设计要求施工。

### 13.3 接触网支柱基础

**13.3.1** 路基上的接触网支柱基础施工应符合《高速铁路电力牵引供电施工技术规范》Q/CR 9609 和设计要求。

**13.3.2** 路基上的接触网支柱基础施工工艺流程如图 13.3.2 所示。

**13.3.3** 接触网支柱基础施工应符合下列规定:

1 接触网支柱基础宜在基床表层完成后施工。

2 接触网支柱基础基坑施工时不应破坏路基及防护工程结构,不应侵占电缆槽、排水沟位置。

3 接触网支柱基础基坑应全部用混凝土浇筑,基础表面应与路基表面衔接平顺。

4 有渗水暗沟地段,应在接触网支柱基础混凝土浇筑完成并达到一定强度后再开挖

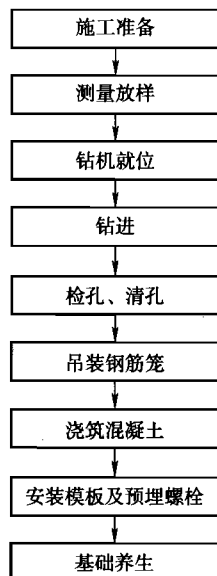


图 13.3.2 接触网支柱基础施工流程图

渗水暗沟。接触网支柱基础和渗水暗沟施工后,要保证基床表层底面 4% 的排水坡。

5 接触网拉线基础与下锚支柱基础平面位置应符合设计要求,下锚拉线的下锚环方向应在支柱基础中心与拉线基础中心连线上。

### 13.4 声屏障基础

**13.4.1** 路基声屏障分为整体式和插板式两类,其基础均宜在路基整体成型后、轨道铺设和电缆槽施工前施工。

**13.4.2** 路基上的声屏障基础施工工艺流程如图 13.4.2 所示。

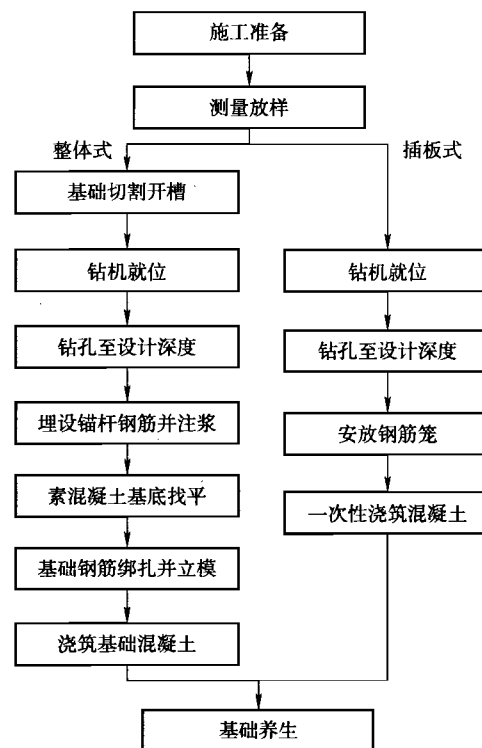


图 13.4.2 声屏障基础施工流程图

### 13.4.3 整体式声屏障基础施工应符合下列规定:

- 1 声屏障基础开挖应采取有效防护措施,不应破坏基床。
- 2 声屏障基础宜采用切割开槽。切割开槽应在路基本体碾压完成之后电缆槽施工之前进行。切割开槽严禁损坏各类管线。
- 3 埋设锚杆钢筋时,基底钻孔采用机械成孔,放置锚杆钢筋后孔内应采用水泥砂浆注浆。砂浆强度达到设计强度的 80% 后应用 C15 素混凝土找平基底。
- 4 声屏障基础应采用混凝土浇筑。
- 5 声屏障基础宜每 20 m~30 m 设置一道沉降缝(伸缩缝)。
- 6 声屏障基础应按设计要求预埋排水管,排水出口不应冲刷路基。
- 7 基础施工应做好防排水,严禁浸泡路基。

### 13.4.4 插板式声屏障基础采用钢筋混凝土钻孔桩,其施工应符合下列规定:

- 1 基础孔位测量应由桥梁、涵洞向两侧依次进行。
- 2 桩基础施工时应先作静载试验,试桩根数不小于总桩数的 1%,试桩合格后方可进行后续施工。
- 3 钻孔深度应符合设计要求,混凝土灌注应均匀、捣实,严禁出断桩、缩颈现象,混凝土应一次浇筑成型。

### 13.4.5 声屏障基础与电缆槽、接触网支柱之间及与路肩面的缝隙间等均应按设计要求施做防水层。

## 13.5 综合接地、预埋管线

### 13.5.1 综合接地、预埋管线设置位置及原材料应符合设计和相关专业技术要求,并按规定进行进场检验。

### 13.5.2 路基上的综合接地、预埋过轨管线施工工艺流程分别如图 13.5.2—1、图 13.5.2—2 所示。



图 13.5.2—1 综合接地施工工艺流程图

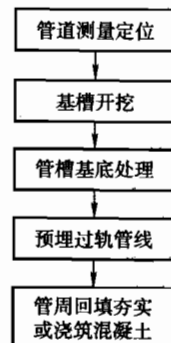


图 13.5.2—2 预埋过轨管线施工工艺流程图

### 13.5.3 综合接地施工应符合下列规定:

1 综合接地系统由贯通地线、接地装置及引接线等构成,实施过程中涉及站前、站后各个专业,应统筹安排施工。

2 路堤、土质及软质岩路堑地段的贯通地线应埋设在距基床底层顶面下 30 cm~40 cm 处;硬质岩路堑地段,贯通地线应埋设在通信、信号电缆槽下约 20 cm 处,沟中回填细粒填料。

3 贯通地线在路基填筑期间宜整段埋设,路基填筑时应预留深宽略大于贯通线直径的沟槽,敷设的贯通线周围应回填夯实。

4 路堤段贯通线上方应覆盖不少于 10 cm 厚填料后,方可进行正常的路基填筑和机械压实作业。

5 贯通地线的接续、接地端子板设置、引接端子设置和引接应符合设计要求。

### 13.5.4 预埋过轨管线施工应符合下列规定:

1 预埋过轨管线宜采用挖槽埋设,槽底铺设 C25 混凝土

基础。

2 路堤地段过轨管线应在填筑至基床底层顶面并经沉降观测满足设计要求后埋设,有预压地段应在卸载后进行。

3 基床换填地段的路堑应在基床底层处理完毕并填筑至底层顶面后埋设。埋设前应进行沉降观测并确认满足设计要求,有预压地段应在卸载后进行。基床表层不换填的硬质岩石路堑应在路堑施工至路基面高程后埋设。

4 采用钢管的过轨管时,应进行镀锌等防护处理。施工前应对钢管口进行打磨,以免敷设电缆时划伤电缆。

5 过轨管埋设时两端应用泡沫填充剂或软布等封堵,并在每根管中预设两根铁丝,以便穿缆。

6 过轨管接续采用管节、扩口钢管或专用连接管件连接并不应渗漏水,不宜采用焊接。

7 过轨管铺设应整齐,高低一致。

8 管道铺设后基坑应采用 C25 混凝土回填。

### 13.6 检查设施

13.6.1 施工前应核对涵洞进出口、边坡上检查踏步数量和位置是否满足使用要求。

13.6.2 检查井施工应符合下列规定:

1 检查井基础应与盲沟混凝土基础同时施工。

2 井身混凝土强度等级及井盖尺寸、强度、拉手安设应符合设计要求,井身混凝土表面平顺光洁,井盖应安装平稳、密贴,拉手牢固。

3 检查井基坑回填应按路基相同部位的材料和压实要求采用人工分层回填,夯击密实。施工时应避免机械损伤检查井井壁。

13.6.3 检查台阶、检查梯、栏杆等设施施工应符合下列规定:

1 检查设备应按设计设置,连接应牢固,外观应顺直整齐。

2 检查梯等检查设施杆件的涂料品种、涂刷遍数应符合设计

要求,并不应漏涂、露底、脱皮。涂刷应均匀,色泽一致。

3 检查梯、检查台阶宽度应符合设计要求。

### 13.7 防护栅栏

13.7.1 防护栅栏支柱、栅栏材料、金属网、刺丝滚笼及纵向拉筋等材料应符合设计要求。

13.7.2 防护栅栏每单元长度,应根据地面纵坡度选取。防护栅栏设置前,应对栅栏底面及两侧地面进行平整、压实。栅栏设置位置为坡地或栅栏两侧地面存在高差时,应将栅栏两侧各 2 m 范围内的高出部分进行清理平整,两侧地面应平齐等高且不低于栅栏下槛底部。

13.7.3 防护栅栏安装前,应按设计尺寸开挖立柱基础基坑,基坑宜垂直开挖,不得扰动原状土,对扰动土体应挖除回填,回填土压实系数不小于 0.93。基础基坑验收合格后,将立柱定位并用混凝土浇筑固定,待立柱混凝土基础强度达到设计的 70% 以上后,方可拆除立柱支撑。

13.7.4 立柱混凝土基础强度达到设计的 80% 以上后,方可安装下槛、栏片、上槛及柱帽。上、下槛与栏片的间隙应采用细石混凝土或 M30 水泥砂浆灌满形成牢固整体,固定后的栏片不得晃动。

13.7.5 金属网片与立柱采用矩管及螺栓连接,连接应牢固,矩管和螺栓应镀锌处理。

13.7.6 刺丝滚笼应采用刺丝连接卡与固定在支架上的纵向拉筋相连接,对于已安装金属网片的防护栅栏,刺丝滚笼应采用冷拔镀锌钢丝或刺丝连接卡固定于金属网横片和金属丝上。刺丝卡连接位置、角度及刺丝滚笼张拉后圈径、下缘至钢筋混凝土防护栅栏上缘垂直距离应符合设计要求。

13.7.7 防护栅栏下槛下部地面应平整、夯实,保证两侧排水不受影响,栅栏底部距地面高差不大于 5 cm。

13.7.8 防护栅栏在区间线路贯通封闭,应按设计位置、形状尺寸

设置相关警示标志。

### 13.8 取 土 场

13.8.1 取土场应根据设计要求和施工区段土石方调配方案,并结合路基排水和当地土地利用、环保规划进行布置,不应任意挖取。

13.8.2 取土场面积应根据需要取土数量,结合取土深度、施工方法和用地要求合理确定。

13.8.3 取土场边坡应稳定,底面应平顺并有向外的排水坡。

13.8.4 取土场条件适宜时,可采用深井降水、深坑取土和坡地取土等节约用地的措施。

13.8.5 取土时应保护环境,取土后的裸露面应进行土地整治或采取防护措施。风景区或有特殊要求的施工地段,应按设计及时配套完成环保工程。

13.8.6 多雨地区或雨季施工时,应有防止地表水流入取土场内措施,并应随时排除取土场内积水。

### 13.9 弃 土 场

13.9.1 弃土场应按设计要求设置,并应保证山体和自身的稳定,不应影响附近建筑物、农田、水利、河道、交通、环境的安全和使用。

13.9.2 弃土应按弃土场设计弃土容量弃土。设有挡渣墙时,应在挡渣墙施工完成后方可弃土。

13.9.3 弃土在不影响路堤稳定时,可紧贴路堤坡脚填成护道,并按填筑路堤的要求分层压实。

13.9.4 弃土应远离堑顶,不应在土质松软的路堑和岩层倾向线路且倾角对边坡不利地段的堑顶上方弃土,严禁在膨胀土、黄土等特殊岩土堑顶上方弃土。

13.9.5 陡坡路基和深路堑地段的弃土应置于山坡下侧并间断堆填,保证弃土内侧地面水可顺利排出。

13.9.6 严禁在不良地质体、不稳定斜坡、软土上及岩溶漏斗、暗河口弃土。

13.9.7 严禁贴近桥墩台及其它构筑物附近弃土。

13.9.8 沿河岸或傍山路堑的弃土,不应弃入河道、挤压桥孔或涵洞口,不应改变水流方向和加剧对河岸的冲刷。

13.9.9 不宜沿江、河、海的岸滩堆置弃土,不应向江、河、湖泊、水库、沟渠弃土。

13.9.10 弃土场应按照设计及时完成防护工程。

## 14 特殊环境施工

### 14.1 一般规定

14.1.1 施工前应根据施工所在地的环境特点做好施工准备工作,区分路段,编制专项施工组织设计或施工方案。

14.1.2 特殊环境施工应按照施工组织设计或施工方案要求,配足物资、设备,并做好人员培训和安全教育工作。

### 14.2 雨季施工

14.2.1 雨季施工路段,在雨季前应优先安排好施工区段内构筑物及排水设施的施工。

14.2.2 雨季施工应做好防水、防洪和排水工作。

14.2.3 雨季施工应根据机械设备的性能和数量,合理安排工作面进行轮流作业,快速施工,不宜全面铺开。

14.2.4 路基土石方雨季施工应随挖、随运、随填。

14.2.5 雨季路基填筑施工应符合下列规定:

1 路基填筑宜选用透水性好的填料,严禁雨天进行非渗水土填筑施工。

2 路堤填筑的每一压实层面均须做成2%~4%的横向排水坡,路堤边坡应随时保持平整,每次作业收工前应将松铺填料碾压完毕。必要时采取覆盖措施。

3 雨后的路基面应晾晒、刮除表面浮土,进行复压处理并经抽检合格后方可继续施工。

14.2.6 雨季路堑开挖施工应符合下列规定:

1 路堑开挖前应先施工天沟,并保持排水系统排水通畅。

2 路堑开挖宜分层开挖,层面均应设置排水坡。

3 挖方边坡不宜一次挖至设计断面,预留部分应与防护工程同步施工。

4 路堑开挖不宜一次挖至设计标高,预留部分应与基床表层同步施工。路堑侧沟应及时施工。

14.2.7 雨季改良土施工时应做好场地的临时排水和防雨措施,严禁雨天作业。

### 14.3 低温施工

14.3.1 昼夜平均气温在0℃以下且连续15d时,路基填筑应按低温施工办理;昼夜平均气温连续3d在5℃以下或最低气温在-3℃以下时,混凝土、砌体工程施工应按低温施工办理。

14.3.2 低温施工前应编制低温施工方案及技术措施,进行工艺试验验证和必要的论证,并对有关人员进行技术交底和培训。

14.3.3 低温施工前准备工作应符合下列规定:

1 低温施工项目应根据施工组织设计并结合现场实际确定。

2 收集当地历年气象资料,设置工地气象观测点,建立观测制度,及时掌握气象变化情况。

3 配置低温施工有关工程材料、防寒物资、能源和机具设备。

14.3.4 地基处理应清除冰雪、疏干积水,坑洼处采用与地基同类未冻土填平压实,并应在冻结前完成,处理后应随即掩盖以防冻结。

14.3.5 路基填筑低温施工时应进行工艺性试验,确定各项施工工艺参数。

14.3.6 路基填筑严禁使用冻土或掺有冻土的填料。

14.3.7 低温路堤施工应符合下列规定:

1 施工地段的积雪应在临开工前清除。

2 路堤施工应随挖、随运、随填、随压实。已铺填料层未压实前,不应中断施工,应保证开挖、运填周转时间小于填料的冻结时间。

3 取土场、路堑和路堤的外露土层应用松土或草袋等覆盖。

4 路堤填筑应按横断面全宽分层填筑,填料松铺厚度应较常温填筑减薄 20%~25%。

5 路堤填筑停工后继续施工前,应清除表面冰雪及冻结的土层。

14.3.8 混凝土、砌体低温施工应符合《铁路混凝土工程施工技术指南》(铁建设〔2010〕241 号)的相关要求。

#### 14.4 浸水路堤施工

14.4.1 河滩、滨河路堤宜在枯水季节施工,并应在洪汛前完成水下防护工程;滨海路堤可利用潮汐间歇期或采用围堰拦潮施工。有条件时宜采用围堰疏干施工。

14.4.2 浸水路堤基底回填及水位下路堤施工应分层填筑碾压,每层松铺厚度不应大于 30 cm,填料的含水率应严格控制在规定含水率的上限范围内。水下路堤(含护道)超出设计水位线 0.5 m 后按一般路基施工。

14.4.3 浸水路堤的填料种类及使用条件应符合设计要求。浸水部分应采用渗水填料填筑,并按设计要求控制好边坡坡度,其坡度不应陡于设计坡度。

14.4.4 填筑桥头河滩路堤,不应在河滩上取土;有困难时,可在路堤下游一侧设计许可的范围内间隔取土。填筑滨海路堤,不应在临海一侧取土。

14.4.5 浸水路堤防护施工应符合本规程第 11 章的相关规定。

#### 14.5 风沙地区路基施工

14.5.1 风沙地区路基宜在风速较小或有雨季节分段集中施工,

并在大风来临前完成配套工程。

14.5.2 施工中应采取措施保护线路两侧防护范围内原有的地表植被和硬壳,受施工影响时,应进行覆盖防护。

14.5.3 路堤填筑应随摊铺、随压实;每次施工的未完部分,应结合气象、风沙流情况进行必要的临时防护。

14.5.4 沿线不应随意挖沙弃沙,弃土堆、取土坑应符合设计要求,并设在路基的背风一侧,距路堑、路堤的距离应符合设计要求;弃土堆、取土坑防护应及时施工。

14.5.5 路肩和边坡的防护工程应随路基填筑一次完成。

14.5.6 固沙、阻沙设施应随路基主体工程及时配套完成。

14.5.7 路堑开挖完毕后应立即紧跟完成侧沟施工,坡面防护必须随挖随防护。

14.5.8 风沙路堑支挡和防护基础以及路堑边坡的护脚应分段跳槽开挖,及时施工。

#### 14.6 季节性冻土地区路基施工

14.6.1 季节性冻土地区路基工程施工应根据设计和实际情况合理选择施工季节,各项工程应在暖季施工。

14.6.2 路基工程施工前应对当地冰冻条件及既有路基的抗冻情况进行调查、核对。

14.6.3 路基施工中应认真进行地质核查,重视水文地质核对,发现水文地质条件明显变化应尽快反馈设计进行确认。

14.6.4 季节性冻土地区路基所使用原材料进场应进行验收,其保温、防渗等指标应满足设计要求。

14.6.5 施工过程中应重视填料细粒含量和级配的质量控制,从填料的选材、制备、试验、检验等环节质量控制。

14.6.6 临时排水沟、侧沟、渗管、渗水暗沟等排水设施应优先施工,排水系统应完善。

14.6.7 基床表层级配碎石和最大冻结深度范围基床底层填筑材

料应符合设计要求。

**14.6.8** 现浇纤维混凝土防水层强度等级、纤维掺量、防渗性能等应满足设计要求。

**14.6.9** 路基主体工程基本完成后,应适时开展路基冻胀监测,根据冻胀观测结果,必要时对冻胀重点段落进行工程处理。

## 15 环境保护

### 15.1 一般规定

**15.1.1** 路基工程施工应遵守国家有关建设项目环境保护管理的规定,认真贯彻“预防为主,防治结合,综合治理”的原则,合理利用资源、能源,采用先进工艺、节能环保机械设备,降低资源、能源消耗。

**15.1.2** 路基工程施工应统一规划,合理布局,综合利用,控制污染源,保护生态环境。

**15.1.3** 路基施工组织设计应按环境保护设计的各项要求,结合工程实际,对施工中可能造成的环境破坏和不利影响制定具体防治措施和方案,并实施。

**15.1.4** 施工便道、施工场地等临时工程的规划应尽量利用既有道路、荒地等,减少对环境的影响,并符合当地环境保护要求。

**15.1.5** 路基周边环境变化危及路基质量、安全时,应及时上报相关单位采取处理措施。

### 15.2 水土保持

**15.2.1** 路基土石方调配宜移挖作填,取、弃土场应按设计要求结合当地土地利用规划统筹考虑,其裸露面应按设计及时进行整治或防护。

**15.2.2** 取土场的位置、深度、边坡应符合设计要求,并结合当地土地利用、环保规划进行布置,不应随意取土。

**15.2.3** 路基填筑施工应做到随挖、随填、随碾压,并合理安排好施工场地的临时排水。边坡防护工程应及时施工,以减少水土流

失对环境影响。

15.2.4 临时用地应及时做好复垦工作。

15.2.5 工程完工后,应进行施工场地清理。

### 15.3 污 染 防 治

15.3.1 噪声、振动污染防治应符合下列规定:

1 施工车辆不应带故障进入施工现场,做到少鸣笛。

2 填料生产场、混凝土拌和站等各项临时设施,均宜远离居民区设置。无法满足时,应采取防尘、防噪声等措施。

3 路基施工严禁使用对环境噪声污染严重的设备。在城镇居民地区施工时,噪声应符合《铁路工程环境保护设计规范》TB 10501的相关要求,并符合当地政府的有关规定,否则应采取降低噪声措施。

4 强振机械设备应采取消声、隔音、安装减振衬垫等减振降噪技术措施。

15.3.2 大气污染防治应符合下列规定:

1 各种机械设备及运输车辆的废气排放量应符合《铁路工程环境保护设计规范》TB 10501 和地方政府的相关规定。

2 各种运输车辆,不应超量装载运输,防止土石散落污染路面,施工便道要采用洒水降尘措施,同时在便道与既有道路交口处,派专人负责防护和清扫。

3 工程用的粉状材料,应采用密封或袋装运输,不应散装散卸。在露天堆存时,应采取防尘和防雨水冲刷流失措施。

4 改良土施工时应采取有效措施防止粉尘污染。

15.3.3 水污染防治应符合下列规定:

1 地基处理施工中溢出的浆液应回收集中处理,不应任意排放。

2 工业废渣等填料中有害物质超标时,应采取措施处理后方可用于路基填筑。

3 清洗施工机械和设备的废水、废油以及生活生产污水、废弃材料、垃圾等均应集中处理,严禁随意排放、丢弃。

15.3.4 固体废物污染防治应符合下列规定:

1 固体废弃物应分类收集、分别处理。

2 严禁在路基两侧设置垃圾堆放场和垃圾处理场。

3 生产废物宜设置相应的堆放场地并定期处置。

4 污水处理产生的污泥,应运至指定堆放场地。

## 16 竣工验收

### 16.1 一般规定

16.1.1 路基工程按设计文件要求施工完毕后,施工单位应进行自验,不符合设计、标准和规范的,应进行整修或处理。

16.1.2 施工单位应按照《铁路建设项目竣工验收交接办法》(铁建设[2008]23号)及工程接收单位或地方档案管理部门要求,做好竣工文件资料的积累和形成工作,做到竣工文件积累与工程进度同步、竣工文件与工程验交交接同步。

16.1.3 建设各方应按照《高速铁路工程静态验收技术规范》TB 10760 和《高速铁路工程动态验收技术规范》TB 10761 等标准规定成立验收配合组织机构并配备相关人员及设备,进行工程竣工验收的准备和验收工作。

### 16.2 单位工程验收

16.2.1 路基单位工程综合质量验收包括质量控制资料核查、实体质量和主要功能核查、观感质量评定,综合质量验收应符合《高速铁路路基工程施工质量验收标准》TB 10751 的相关要求。

16.2.2 单位工程质量验收合格应符合下列规定:

- 1 单位工程所含分部工程的质量均验收合格。
- 2 质量控制资料完整。
- 3 实体质量和主要功能符合相关标准规定和设计要求。
- 4 观感质量验收符合要求。

16.2.3 施工单位应对完工的单位工程组织自验,对自验中发现的问题应进行整改完善,达到验收标准,并做好验收的准备工作。

16.2.4 监理单位应组织施工单位进行单位工程质量控制资料核查,质量控制资料应齐全完整,全面反映工程施工质量状况。

16.2.5 建设单位应组织勘察设计、监理、施工单位对单位工程实体质量和主要功能进行核查,结构实体质量和主要使用功能应达到设计要求,否则严禁验收。

16.2.6 建设单位应组织设计、监理、施工单位共同进行观感质量现场评定,观感质量检查项目评定达不到合格标准,应进行返修。

### 16.3 静态验收

16.3.1 高速铁路路基工程静态验收前应完成合同约定和设计文件要求的全部路基工程内容。

16.3.2 路基工程竣工文件应按规定的内容和标准基本完成。

16.3.3 参建各方应准备好路基设计、变更设计、施工及监理相关资料,工程承包合同及静态验收所需的其他相关资料。

16.3.4 路基工程静态验收应提前做好内、外业资料的准备工作,内业资料应编制资料清单并提供相应资料。

16.3.5 施工单位应成立路基工程静态验收配合工作组,对参与验收的人员进行针对性的相关知识培训,积极配合做好静态验收工作,验收现场应配备相关人员、机具、测试仪器和交通通信工具。

16.3.6 参建各方对静态验收过程中发现的问题应认真研究,按期完成整改,达到静态验收复验要求并签认完善相关手续。

### 16.4 动态验收

16.4.1 动态验收前应完成静态验收复验工作,静态验收中影响行车安全的问题应整改完成。

16.4.2 施工单位应积极配合动态验收工作,对动态验收发现的问题按要求及时整改。

16.4.3 施工单位在整改期间应加强与有关单位联系,严格做到试车不施工,施工不试车,确保施工和行车安全。

**16.4.4** 路基动态检测用的动态压力传感器、位移传感器、光电传感器、伺服加速度传感器、速度和加速度传感器等应提前在施工期间按要求埋设完毕。

**16.4.5** 施工单位应将特殊基床结构设计或施工、特殊填料填筑或加固处理、新型轨道结构或行车运营等提出特殊要求的路基相关资料提交动态检测单位。

**16.4.6** 动态验收中发现的问题应及时整改,达到动态验收复验要求并签认完善相关手续。

## 本规程用词说明

使用本技术规程条文时,对于要求严格程度的用词说明如下,以便在执行中区别对待。

(1)表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

(2)表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

(3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”;

反面词采用“不宜”。

(4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

## 《高速铁路路基工程施工技术规程》

### 条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据、存在的问题以及在执行中应注意的事项等予以说明,不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。为了减少篇幅,只列条文号,未抄录原条文。

**1.0.1** 本规程是针对高速铁路路基工程施工编写的,施工单位宜依据行业的技术进步和本企业的实际施工技术水平制定相应的企业标准,不断提高路基工程施工技术水平和施工质量。

**1.0.5** 本条列出的关键环节包含了几个大的方面,在施工中为了更好地控制施工质量,对大的方面按工序进行细分,并根据工程实际情况列出项目实施的关键工序。

**1.0.7** 高速铁路路基工程施工地质灾害包含两个方面,一个方面是自然地质灾害对工程施工和大临工程的危害,另一个方面是工程施工或大临建设诱发地质灾害。两个方面都要进行识别评估、规划预防。

**1.0.11** 为保证高速铁路轨道的平顺性要控制路基变形,特别是不均匀沉降变形控制更为关键。软土、松软土路基由于地基地质情况复杂,采取地基处理措施后仍需较长的沉降观测和评估分析时间,借鉴国内、外高速铁路路基施工经验,结合我国施工组织安排的特点,高速铁路软土、松软土路基工程要作为控制工程组织施工。

**1.0.13** 在高速铁路路基工程附近抽取地下水时,会造成土层孔

隙水压力降低、土层颗粒间有效应力增加等影响,从而引起高速铁路路基发生不均匀沉降,危及高速铁路运营安全,故作本条规定。在高速铁路路基工程降水敏感区域不宜抽取地下水,如确需抽取地下水作业时,可采取止水帷幕、回灌等防护措施。

**1.0.14** 修筑于路基上的电缆槽、接触网支柱基础、声屏障基础、预埋管线等工程项目施工要合理安排工序和施工时间,避免与路基工程施工交叉作业,损坏、危及路基的稳固与安全。

**1.0.17** 高陡边坡、地质不良地段、邻近营业线或营业线施工等路基工程危险性较大,是事故易发地,需作为施工中监控的重点。除编制专项施工方案并按有关规定报批外,重点是要抓好现场的实施和落实。

**2.1.4** 路基工程施工除要严格执行《铁路路基工程施工安全技术规程》TB 10302 的规定外,施工中安全卫生、临时用电、现场防火、材料储运、危险物品、施工机械、混凝土和砌体、高处作业、临时工程和过渡工程等管理或作业要执行《铁路工程基本作业施工安全技术规程》TB 10301 的相关规定。

**2.2.3** 建设单位组织的路基工程试验段一般是在工程开工前进行,主要对项目的重大设计方案、主要设计参数进行研究和验证,试验段位置及试验具体内容需根据要解决的问题并结合现场工程实际确定。

**2.2~2.5** 是为保证工程质量、安全、工期等建设目标实现而制定建设各方应该抓主要工作,而不是全部工作,针对具体工程项目而言重点工作也不同,所以各方要自行制定详细的工作要求。

**3.1.2** 本条规定了路基工程施工调查的一般内容,施工单位需根据具体工程项目的特点制定调查提纲,做到突出重点、详尽全面。

**3.1.3** 施工单位要根据施工调查编制施工调查报告,并提出施工任务划分、施工队伍部署、大临工程规划、人员和施工机械配置等的初步方案,供编制施工组织设计时参考。

**3.3.2** 路基施工中的高风险工程,要按设计要求制定施工方案并

报建设单位组织风险评估,风险评估通过后方可组织施工。

**3.4.3** 本条规定了路基工程中地基处理、填料制备、路基填筑、路堑开挖、支挡结构、边坡防护、防排水及相关工程需编制施工作业指导书,其他项目要根据工程施工需要选择编制。

**3.4.4** 本条规定了施工作业指导书的主要内容,针对具体工程项目根据其作业特点编制,不宜硬凑条款内容。

**3.5.2** 路基施工技术交底要分级进行,即分管理层、技术层和作业层进行技术交底,可做到有针对性交底。

**3.5.3~3.5.5** 交底内容参照原铁道部《铁路建设项目技术交底管理暂行办法》(铁建设〔2009〕155号)的相关要求制定。

**4.1.3** 本条参考《高速铁路工程测量规范》TB 10601—2009 的相关要求对交接桩的程序提出了要求。

**4.3.4** 路基施工放样的边桩可根据地形情况采用横断面法、逐渐接近法、全站仪极坐标法或 GPS RTK 法测设,而采用全站仪极坐标法或 GPS RTK 法测设作业精度可满足要求、效率更高,已普遍应用于施工复测和放样,且放线误差不会累计。GPS RTK 技术是实时载波相位测量的简称,是以载波相位观测量为依据的实时差分 GPS 测量。

**4.4.8** 本条参考《高速铁路工程测量规范》TB 10601—2009 的相关要求制定。

**5.1.2** 本条规定地基处理施工前需核查地质资料,这是由于可能会出现施工时和勘察设计时的地形地貌发生较大变化、地质情况存在较大出入(例如存在岩溶、暗沟暗管、水井等)或者在勘测设计时无法完全查明具体地质条件等情况,对地基进行原位测试等快速方便的地质核查手段,检查地基土层是否与勘察资料相符。核查的地质条件与设计资料不符时,需提交设计单位重新评价地质条件,以便优化、调整地基处理措施。土质地基和软质岩及强风化硬质岩地基可采用静力触探、动力触探等原位测试方法,岩溶路基可采用地质雷达等手段,具体采用何种地质核查方法要根据现场

实际情况确定。

**5.1.3** 同类地基处理施工中所用设备不同时,其施工工艺参数也会不同,所以要求尽量采用性能基本一致的机械。机械设备性能差别较大时,需分别进行工艺性试验确定相应的工艺参数。

**5.2.1** 地基范围内的地下水将直接影响路基基底质量,所以在处理时不能随意堵塞,需按设计要求处理,并做好地下水出露位置和处理前、后出水情况的记录,便于质量跟踪。

**5.3.4** 本条规定采用机械挖除换填土时要求预留 30 cm~50 cm 由人工清理,是为了减少对基底土层的扰动,避免降低基底承载力。

**5.4.2** 参照《地基处理手册》和《铁路工程土工试验规程》TB 10102 的填料检测要求,规定了排水固结地基砂垫层用砂含泥量不大于 3%。

**5.6.1** 强夯施工时,夯点的夯击次数要按现场试夯得到的夯击次数和夯沉量关系曲线确定,可参考下列条件:

(1)最后两击的平均夯沉量不要大于下列数值:单击夯击能小于 4 000 kN·m 时为 50 mm;单击夯击能为 4 000 kN·m~6 000 kN·m 时为 100 mm;单击夯击能大于 6 000 kN·m 时为 200 mm。

(2)夯坑周围地面不能发生过大的隆起。

(3)不因夯坑过深而发生提锤困难。

强夯施工夯击遍数要根据地基土的性质确定,一般采用点夯 2~3 遍,对于渗透性较差的细颗粒土,必要时夯击遍数适当增加。最后再以低能量满夯 2 遍,满夯采用轻锤或低落距锤多次夯击,锤印搭接。两遍夯击之间要有一定的时间间隔,间隔时间取决于土中超静孔隙水压力的消散速度。

强夯置换施工时,夯点的夯击次数需通过现场试夯确定,参考下列条件:

(1)墩底穿透软弱土层,且达到设计墩长。

(2)累计夯沉量为设计墩长的 1.5~2.0 倍。

(3)最后两击的平均夯沉量符合本条文说明中强夯施工夯点最后两击平均夯沉量的要求。

**5.6.3 强夯施工** 每一遍夯实的间隔时间,参考相关地基处理技术规程规定,缺少实测资料时,可根据地基土的渗透性确定。对于渗透性差的黏性土地基,间隔时间不小于 3~4 周,对于渗透性好的地基可以连续夯击。

**5.6.6** 开夯前需检查夯锤质量,夯击过程中要检查夯锤落距。因为若夯锤使用过久,因底面磨损而使质量减少;落距达不到设计要求的情况,将减少单击夯击能。

**5.6.13** 根据《铁路工程环境保护设计规范》TB 10501 第 2.0.3 条规定:铁路工程施工组织设计要提示环境保护指导性原则;第 4.0.1 条规定:铁路噪声、振动污染防治设计,要遵循《中华人民共和国环境噪声污染防治法》、《建筑施工场界噪声限值》GB 12523 等相关要求。

**5.6.14** 经强夯处理的地基,其强度是随着时间增长而逐步恢复和提高的,因此,在强夯施工结束后,间隔一定时间再对地基质量进行检验。采用强夯处理地基时,对于碎石土和砂土地基施工结束后 7 d~14 d 进行检验,粉土地基施工结束后 14 d~28 d 进行检验;采用强夯置换处理地基施工结束后 28 d 进行检验。

**5.7.1 砂袋的材料技术指标** 在无设计要求时,可参考下列指标:质量不小于 95 g/m<sup>2</sup>,条带抗拉强度大于 750N/5 cm,条带延伸率不大于 25%,渗透系数大于 5×10<sup>-3</sup> cm/s,等效孔径 O<sub>95</sub> 采用 0.05 mm~0.2 mm。砂子需保持干燥,不能采用潮湿填料,以免袋内填料干燥后,体积减少,造成缩井。

**5.7.3** 袋装砂井长度超过桩架高度,下砂袋时无法将整个砂袋吊起,可以人工装入,套管口装设滚轮。

**5.8.1 塑料排水板的技术指标** 在设计无要求时,参考说明表 5.8.1 中指标。

说明表 5.8.1 塑料排水板技术指标

|    |        |                        |    |       |                              |
|----|--------|------------------------|----|-------|------------------------------|
| 芯板 | 芯板材料   | 高压聚乙烯                  | 滤膜 | 滤膜材料  | 涤纶、丙纶无纺布物                    |
|    | 断面形式   | 槽型、铆钉型                 |    | 单位面积重 | >85 g/m <sup>2</sup>         |
|    | 单位长度重量 | 100 g/m~130 g/m        |    | 抗拉强度  | ≥2.5 kN/m(干)<br>≥2.0 kN/m(湿) |
|    | 厚度     | 4.5 mm~6.0 mm          |    |       |                              |
|    | 宽度     | 100 mm                 |    | 渗透系数  | > 5×10 <sup>-3</sup> cm/s    |
|    | 抗拉强度   | ≥1.3 kN/(10 cm)        |    |       |                              |
|    | 延伸率    | <10%                   |    | 等效孔径  | O <sub>95</sub> <0.08 mm     |
|    | 纵向通水率  | ≥30 cm <sup>3</sup> /s |    |       |                              |

**5.8.3 塑料排水板滤膜** 在转盘和打设过程中应避免损坏,防止淤泥进入芯板堵塞排水孔道,影响排水效果;排水板与桩尖连接要牢固,避免提管时脱开,将排水板拔出。

**5.9.1 真空预压** 所用的滤水层及密封膜材料在无设计要求时,参考说明表 5.9.1—1 和说明表 5.9.1—2 的规定。

说明表 5.9.1—1 滤水层技术指标

|                                          |           |       |         |
|------------------------------------------|-----------|-------|---------|
| 渗透系数(cm/s)                               | 抗拉强度(MPa) |       | 隔土层(mm) |
|                                          | 干态        | 湿态    |         |
| 0.4×10 <sup>-3</sup> ~2×10 <sup>-3</sup> | 20~44     | 15~30 | <0.075  |

说明表 5.9.1—2 密封膜技术指标

|           |       |        |       |           |           |       |
|-----------|-------|--------|-------|-----------|-----------|-------|
| 抗拉强度(MPa) |       | 伸长率(%) |       | 直角断强度(kN) | 厚度(mm)    | 微孔(个) |
| 纵向        | 横向    | 断裂     | 低温    |           |           |       |
| ≥18.5     | ≥16.5 | ≥220   | 20~45 | ≥4.0      | 0.12±0.02 | ≤10   |

**5.9.2 真空预压施工加固区域** 要根据填土高度、施工设备的能力来划分,如划分范围过大或设备能力不足达不到预压的效果。抽真空设备及密封系统的技术指标在设计无要求时,可参考下列指标:单机空载真空度不小于 99 kPa;单机加载真空度不小于

96 kPa;现场膜下真空度不宜小于 80 kPa。排水管:主管采用  $\phi 89$  mm 镀锌钢管;支管采用  $\phi 50$  mm 镀锌钢管,间距 4~5 m,管上设  $\phi 8$  mm 滤水孔,孔距 30 mm 或按设计要求;密封膜采用两布一膜防渗土工布;吸水管采用橡胶软管。

**5.9.8** 膜在埋入密封沟时,注意不要被坚硬物戳破,开挖时若发现土层中有孔洞或透气性的夹层等,则增加沟深或将夹层挖除换填软黏土。

**5.10.3** 堆载预压要分级堆载,并边堆土边摊平,避免集中荷载作用造成路基塌坍或滑移事故。

**5.11.12** 砂(碎石)桩施工时,饱和土地基在桩周围一定范围内土的孔隙水压力上升,如果此压力尚未消散,检测结果偏低,将不能代表实际处理效果。因此,原则上待孔隙水压力消散后进行检测。碎石桩:粉质黏土地基间隔时间取 21 d~28 d,粉土取 14 d~21 d,其他土在施工完 7 d~14 d 后进行。砂桩:饱和粉黏性土地基待孔隙水压力消散后进行,间隔时间不少于 28 d,粉土、砂土和杂填土地基,不少于 5 d。

**5.12.1** 挤密桩包括石灰土挤密桩、水泥土挤密桩和柱锤冲扩桩等施工内容。

**5.12.9** 灰土(水泥土)挤密桩处理湿陷性黄土地基施工前,进行地下水位、地基土的含水量、饱和度的复核。处理深度范围地基土的含水量 $<12\%$ 时,成孔挤密困难,地基土的含水量 $\geq 24\%$ 、饱和度 $>65\%$ 时,桩孔可能缩颈,桩孔周围土体容易隆起,挤密效果差,因此需要增湿或晾晒措施。成孔质量有疑问时反馈设计单位确定变更设计。

**5.12.12** 挤密桩桩间土处理效果要在施工结束 7 d~14 d 后进行检验。

#### 5.14.5

1 机身调平以钻杆是否垂直为依据,实际操作时可用铅球吊线,必要时在机身设置激光对中控制钻杆垂直度。

3. 喷粉开始时,将电子记录仪置零,记录喷粉过程。喷粉搅拌时,记录人员随时观察记录仪显示变化,随时调整阀门、风压,保证送灰量的准确性和各段喷粉均匀。如土的密实程度、黏粒含量等对喷灰量影响较大时,需及时调整送灰器的转速。送灰时如果发现压力表显示的压力连续上升,发送器负载过大,要检查是否管道是否堵塞,检查喷粉材料中是否含有杂物或材料潮湿、管道弯折多、阻力大、管道堵塞受阻等。管道堵塞是造成喷搅不均的主要因素之一,施工中要采取措施,尽量避免。

4 加固料到达孔底时要滞留为 2 min~4 min,保证桩端质量。

**5.14.16** 成桩 28 d 的搅拌桩需根据随机原则,按规定频率和要求检测或对有怀疑的桩进行钻心取样检测。主要检测两个方面:一是检测桩体是否均匀,桩体有没有断桩现象,桩长是否达到设计要求。二是对搅拌桩的芯样进行加工,磨制成等高试件做抗压强度试验,一组 3 个试件,用 3 个试件的代表值对搅拌桩的强度指标进行评价。

**5.15.4** 本条规定对深层长桩根据地质条件分层选择喷射参数,是指地层变化较大时要选择不同参数,以保证成桩均匀一致。

**5.15.6** 插入注浆管前需在地面进行试喷,用以检查喷嘴是否畅通,压力、流量等参数是否正常。

**5.15.8** 旋喷桩施工过程中,分段提升并分段拆除旋喷管后继续进行旋喷作业时,由于拆除旋喷管作业需要短暂停顿,为保证桩身的连续性,规定续喷时要采取搭接处理。

**5.15.9** 桩底及桩顶各 5 m 范围内需进行复喷,特别是接近桩头部位,土体松散,容易出现半径增大现象,桩头质量不易保证。

**5.16.2** 设计对 CFG 桩原材料质量未提出具体要求时,参考说明表 5.16.2 进行检验。

说明表 5.16.2 CFG 桩原材料质量要求

| 项目                | 原材料要求                                                                                                                                                                |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 水泥                | 符合《通用硅酸盐水泥》GB175 技术要求。不应使用快硬水泥、早强水泥                                                                                                                                  |
| 粉煤灰               | 用振动沉管灌注成桩和长螺旋钻孔成桩施工时,桩体配比中采用的粉煤灰可选用电厂收集的粗灰;采用长螺旋钻孔、管内泵压混合料灌注成桩时,为增加混合料和易性和可泵性,宜选用细度(0.045 mm 方孔筛筛余百分比)不大于 45%的Ⅲ级或Ⅳ级以上等级的粉煤灰。——引自《建筑地基处理规范》JGJ 79—2002 第 9.3.2 条的条文说明 |
| 细骨料(天然砂、人工砂或二者混合) | 粒径 $\leq 10$ mm,松散密度 $\geq 1390$ kg/m <sup>3</sup> 。天然砂含泥量 $\leq 5\%$ ;人工砂石粉含量:MB $< 1.40$ 时, $\leq 15\%$ ,MB $\geq 1.40$ 时, $\leq 7\%$                              |
| 粗骨料(碎石、卵碎石或卵石)    | 粒径 20~50 mm(采用长螺旋法施工时,粒径宜为 5 mm~40 mm 或 5 mm~31.5 mm),松散密度 $\geq 1470$ kg/m <sup>3</sup> ,含泥量 $\leq 2\%$                                                             |
| 减水剂               | 减水率 $\geq 8\%$ ,泌水率比 $\leq 95\%$ ,凝结时间之差根据施工工艺需要确定,3 d 抗压强度比 $\geq 115\%$ ,28 d 抗压强度比 $\geq 110\%$                                                                   |
| 水                 | pH $> 6.5$ ,凝结时间差 $\leq 30$ min,抗压强度比 $\geq 90\%$                                                                                                                    |

**5.16.4** CFG 桩需通过成桩工艺性试验确定工艺参数。长螺旋钻管内泵压混合料灌注施工主要确定提拔钻杆(或套管)的速度与泵入混合料的量相匹配的参数,否则容易产生缩颈或断桩,而且不同土层中提拔的速度不一样,一般提拔的速度 2 m/min~3 m/min,在淤泥质土中就需要适当放慢。沉管方法成孔时,要注意新施工桩对已成桩的影响,避免挤桩、断桩。

**5.16.15** 为了保证桩在截取桩头后的有效桩长,施工时需根据地质情况和工艺水平等因素确定保护桩长。根据对施工现场桩头截除情况的调查,采用长螺旋钻管内泵压混合料灌注成桩工艺,保护桩长预留在 35 cm 以上时,桩体质量一般能得到保证,截取桩头后在桩顶附近的桩体强度可靠。施工过程中存在置换土和保护土层的清

运,如采用机械、人工联合清运,应避免机械设备超挖,避免造成桩头断裂和扰动桩间土。若桩顶标高下发生断桩,需按照设计要求接桩至桩顶高程,确保桩体充分、有效地发挥作用。

**5.17.4** 施工中要合理配桩和送桩,避免桩顶超出设计标高过多而截桩,造成浪费。

**5.17.6** 桩刚入土时要用低能量、低冲程或空锤锤击 3~5 击,在确认桩身贯入方向无异常时,方可连续锤击。打桩初期,如桩发生偏斜,将桩拉起修正或者拔起再重打。施打过程中,需监控管桩垂直度,使桩锤、桩帽和桩身的中心线重合。

**5.17.14** 采用焊接接桩时,用钢丝刷将坡口处泥土、油污、铁锈等清刷干净,在下节桩头上安装导向箍,以便快速对中定位。焊接时宜先对称定位点焊,待上下节桩固定后再分层施焊,每层焊接厚度应均匀。焊接时将内层焊渣清理干净后再焊外一层,坡口槽的电焊应满焊。电焊后立即进行锤击容易损伤接头,故要求电焊后要有一定的停歇时间,即自然降温冷却时间。

**5.17.17** “假极限”是桩在饱和的细、中、粗砂中连续锤击下沉时,使流动的砂紧密夹实于桩的周围,妨碍土中水分沿桩上升,在桩尖下形成很大的“水垫”,使桩产生暂时的极大贯入阻力。“吸入”是桩在黏性土中连续锤击时,由于土的渗透系数小,桩周围水不能渗透扩散,而沿桩身向上挤出,形成桩周围的润滑套,使桩周围的摩擦力大为减少。桩的上浮、下沉均会影响土对桩的阻力。因此出现以上情况时,在休止一定时间后均须进行复打,以确定桩的实际承载力。

**5.17.18** 黏性土地质,待桩身与土体的结合基本趋于稳定后,方可进行试验,一般不少于 15 d。

**5.19.3** 施工时需根据地质情况和工艺水平等因素确定保护桩长。破除桩头时不能使用挖掘机等大型机械设备直接挖除,防止桩身上部断裂。截桩采用截桩机切割桩头,清土、开挖基槽、截桩和浇注桩帽时,不应造成桩顶标高以下的桩身断裂或者扰动桩

间土。

5.20.11 设计无托梁时,承载板与桩直接刚性连接。

5.22.4 岩溶充填注浆施工过程是进一步验证地质情况的过程,在实施过程中,不断根据实际情况对施工工艺参数做出进一步的修正。

5.22.5 止浆盘制作要待浆面稳定且经补浆至孔口后进行。止浆盘初凝后在其表面标明该孔的里程、桩号和设计深度。

5.22.10 由于地下岩溶地基非常复杂,设计阶段也不能完全钻探清楚,所以本条规定“探灌结合”,要求把施工钻孔作为设计的补充,施工中根据注浆孔揭示的岩溶发育情况,动态调整处理范围、加固深度和注浆工艺。

5.22.14 基岩裸露路堑地段和深度小于10 m的钻孔一般采用孔底循环式全孔压浆;大于10 m的深孔或倾角较大的斜孔采用分段压浆,自下而上逐段拔管注浆。采用孔底循环式全孔注浆要求射浆管伸入孔内离孔底约0.5 m~1.0 m;采用套管跟进分段注浆要避免浆液沿套管外壁向上流动,造成套管胶结起拔困难。

5.22.15 注浆压力表要有一定的量程,使用压力在压力表最大标值的1/4~1/3范围。

5.22.16 注浆施工过程中出现下列情况时:自流注浆较大量后,孔底仍没有明显抬升;浆液漏失严重,一次连续大量注浆后,注浆速率不减或压力不升高;注浆压力突然降低或速度突然升高;注浆环境突然发生异常等等,一般采取间歇反复注浆、加速凝剂注浆或间或灌砂灌碎石注浆。

6.1.5 填料含水率过小或过大时,即使其他压实条件相同,其干密度将小于最大值,甚至达不到要求值,故施工时填层的含水率应接近其填料的最优含水率,一般在最优值的+2%~-3%之间。

6.1.8 改良土是为改善和提高填料的稳定性、防水性或排水性、压实性及强度而采取的措施,其所含成分的均匀性是改良土质能否达到预期效果的关键,采用场拌法施工填料的均匀性较好,且易

控制,所以应优先选择场拌法。

6.2.1 高速铁路对路基填料的材质、级配、水稳性和密实度有着较高的要求。根据秦沈客运专线、武广客运专线、哈大客运专线、京沪高速铁路等施工中的经验,我国铁路对填料的划分较粗,尤其是粗颗粒填料在实际施工填筑中存在填料组别合格,但由于级配不良,直接碾压不能达到所规定的压实控制指标等问题。因此要结合土源具体情况设置填料生产场,对不符合要求的填料进行加工、改良。

6.2.2 填料中的细粒含量是指小于0.075 mm的粉粒和黏粒含量,这些细粒成分具有较大的比表面积,冻胀性也比较敏感,是最易形成冻胀的颗粒,也是不易渗水的颗粒。因此,要控制细粒含量。

6.2.3 化学改良土原土料需控制硫酸盐(按 $\text{SO}_4^{2-}$ 计)含量。土中掺入石灰后并在水的作用下产生 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的结晶反应,而 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与空气中的 $\text{CO}_2$ 起化学反应生成 $\text{CaCO}_3$ ,碳酸钙具有较高的强度和水稳性,它对土的胶结作用使土得到了强化加固,是石灰土后期强度增长的主要原因。而土中硫酸盐与碳酸钙发生作用,严重影响到后期强度的增长。硫酸盐与水泥发生反应时,对水泥改良土具有结晶性侵蚀,会出现开裂、崩解而丧失强度。因此,参考公路路面基层施工标准的相关规定,原土料中硫酸盐(按 $\text{SO}_4^{2-}$ 计)含量不允许超过0.8%,当硫酸盐含量大于0.25%时不能用水泥进行改良。

水泥改良土中土的有机物含量直接影响改良效果,土中的有机物和水泥的水化作用而产生的游离状钙离子相黏合,抑制了水泥的水化反应,显著地阻碍水泥土的硬化(固化),降低水泥土的强度。有机物含量越高,其阻碍水泥水化作用越大,水泥土强度降低越多。试验表明,当有机物含量接近2%时慎用水泥土。如其他条件好,有机物可允许达2%,但宜先用1%~2%的氯化钙或石灰进行处理,闷料一夜后再用水泥改良。

原土料的塑性指数也是选择改良土外掺料的依据之一。铁三院《京沪高速铁路填料改良优化研究》的大量室内试验表明:在低掺量条件下,塑性指数  $I_p < 12$  的粉土、粉质黏土,用水泥或水泥粉煤灰改良其物理、力学性质比用石灰或石灰粉煤灰为好,对  $I_p > 12$  的粉质黏土则宜采用石灰、石灰粉煤灰、固化剂改良。根据国内外的经验,对水泥改良土而言,稳定效果最好的是砂性土,其次是粉状土、黏性土。

水泥的矿物成分是决定水泥改良土强度的主导因素。工程实践表明,硅酸盐水泥的改良效果较好,而铝酸盐的水泥则较差。水泥改良土的强度还随水泥比表面积和活性的增大而变化。改良土选用强度等级较低的(强度等级 32.5 或 42.5)的水泥。严禁使用受潮、变质水泥,要使用满足规定要求的合格水泥。水泥的初凝时间,对水泥改良土的强度和所能达到的干密度有明显影响。初凝时间越长,混合料强度和干密度损失越大。初凝时间对混合料强度的影响取决于两个因素,即水泥品种和土质。借鉴公路部门经验,规定初凝时间不小于 3 h,终凝时间不小于 6.0 h。

#### 6.2.4

2 《高速铁路设计规范》TB 10621 对于基床表层级配碎石的粒径级配基本沿用了《铁路碎石道床底砟》TB/T 2897 标准,只是将《铁路碎石道床底砟》TB/T 2897 标准中 16 mm、25 mm 方孔筛孔边长(颗粒粒径)改为 22.4 mm、31.5 mm,以协调基床表层与上部道砟粒径级配的匹配关系。

3 大于 22.4 mm 的粗颗粒中带有破碎面的颗粒所占的质量百分率不小于 30% 的级配碎石,铺设碾压后稳定性较好,不易被雨水冲刷流失。

4 级配碎石中细集料含量过高,将使塑性指数增大,降低集料的强度和刚度,水稳性也差。故应控制 0.5 mm 以下细集料的含量及其液限和塑性指数。

6.2.5 过渡段级配碎石选用的筛孔形状及尺寸均不同于基床表

层级配碎石用筛,其他技术指标也不相同,基床表层级配碎石所处部位的承受荷载要大于过渡段,其级配和技术指标的要求也更高一些。故基床表层级配碎石能够满足过渡段的质量要求。由于过渡段级配碎石用量一般比基床表层级配碎石用量要少得多,通常是与基床表层级配碎石共用生产原料和生产线,所以,规定过渡段用级配碎石也可选用符合基床表层要求的级配碎石,并采用其相应的技术标准,以方便施工现场进行质量控制。

6.2.7 化学改良土从加水拌和到碾压终了存在延时效应,延迟时间根据外掺料和掺入比不同而不同,特别对水泥基类改良土的强度和干密度有明显的影响,延迟时间愈长水泥改良土强度和干密度的损失愈大。目前常用水泥基类外掺料多为水泥。按照《铁路工程土工试验规程》TB 10102—2010 第 31.3.3 条要求:“化学改良土应根据设计要求和施工工艺确定的延迟时间  $H$ 。在浸润后的试料中加入所需外掺料,在拌和过程中将预留的 3% 水(细粒土)加入试料中,使混合料的含水率达到最优含水率。拌和料应用湿布覆盖,在延时( $H-1$ )h 内,每 0.5 h 用小铲或其他拌和工具充分搅拌,并在 1 h 内完成试件制备全过程。”化学改良土填料在室内试验的延迟时间要与现场相协调,考虑到施工中的实际情况,一般的延迟时间为 3 h~4 h。为了能合理确定延迟时间,施工前需做延迟时间对混合料强度影响的试验,所确定延迟时间内混合料强度满足要求。

6.3.1 填筑试验段针对同一种类的填料、同一种压实机械进行工艺试验,不同填料、不同压实机械的工艺试验应分别进行。在采用相同工艺参数施工、不少于 3 个检验批验收合格后,方可确定大面积施工的工艺参数。

#### 6.3.2

3 不同功能压实机械指吨位不同的压路机,重型振动压路机一般指自重 18 t 以上的振动压路机,不同填料指不同种类及粒径规格的填料,施工含水率控制范围的一般指含细粒大于 5% 的

填料。

**6.4.1** 基床以下路堤选用 A、B 组填料和 C 组碎石、砾石类填料,其粒径级配要符合压实性能要求;选用 C 组细粒土填料时,需根据填料性质进行改良。

**6.4.4** 根据客运专线路基工程质量控制实践,碎石类土和砾石类土每层填筑压实厚度不超过 40 cm,砂类土每层填筑压实厚度不超过 30 cm,每层最小填筑压实厚度均不小于 10 cm。先用尺量填土松铺厚度,再根据工艺试验确定的松铺系数计算每层填筑压实厚度是否符合要求。

路堤填筑时填料较大粒径不应集中,均匀地分布于填筑层中,颗粒间的空隙应用较小碎石、石屑等材料填充密实,并使层厚均匀、层面平整。

**6.4.6**  $E_{v2}/E_{v1}$  为二次加载测得的变形模量  $E_{v2}$  与一次加载测得的变形模量  $E_{v1}$  之比,如果  $E_{v2}/E_{v1}$  值太高,说明一次加载测得的变形模量  $E_{v1}$  值偏低,路基的塑性变形较大,土体碾压不密实。所以,采用变形模量  $E_{v2}$  时,其控制标准对  $E_{v2}$  及  $E_{v2}/E_{v1}$  均有要求。根据德国资料介绍, $E_{v1}$  值大于  $E_{v2}$  要求值的 60% 时, $E_{v2}/E_{v1}$  值可以适当放宽。客运专线路基填筑经验及相关科研成果表明,在  $E_{v2}$  达到要求值,且  $E_{v1}$  值大于  $E_{v2}$  要求值的 60% 情况下, $E_{v2}/E_{v1}$  值可放宽到 3.5。

压实系数  $K$  是干密度与最大干密度之比;填料类型及级配不同,其最大干密度也不同;为了使压实系数  $K$  准确、客观、真实反映路基压实质量,路基填筑的填料类型及级配应与室内试验确定最大干密度的填料类型及级配相同。对于均匀性较差的路基填料,应根据实际情况增补最大干密度试验,求得相应的最大干密度值,以控制和检验路基填筑质量。

**6.5.1** 基床底层采用 A、B 组填料或改良土,A、B 组填料粒径级配应满足压实性能要求,寒冷地区冻结影响范围填料应满足防冻胀要求,细颗粒含量应小于 5%,且填筑压实后的渗透系数大于

$5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ 。对于不满足要求的粗粒土,可采用物理改良措施,以改善其粒径级配;改良后的粗粒土其级配曲线应接近圆顺,不均匀系数  $C_u > 15$ 。细粒土可采用物理改良或化学改良措施。

**6.5.2** 根据客运专线路基工程质量控制实践,基床底层普通填料应分层填筑;碎石类土和砾石类土每层最大填筑压实厚度不大于 35 cm,砂类土和化学改良土每层最大填筑压实厚度不大于 30 cm,每层最小填筑压实厚度均不小于 10 cm。现场可以采用尺量填土松铺厚度,根据工艺试验确定的松铺系数计算每层填筑压实厚度。

**6.6.2** 为了防止基床底层颗粒进入基床表层,不同材料之间的级配需满足太沙基反滤准则,即  $D_{15} < 4d_{85}$ 。基床表层填料与下部填土之间不满足  $D_{15} \leq 4d_{85}$  的要求时,需在基床底层表面铺设无纺土工布。尽管其使用目的和所用材料有别于地基加固处理中的土工合成材料,但施工质量要求是基本一致。

#### 6.6.5

1 基床表层填料应分层填筑,每层的压实厚度不超过 30 cm,最小压实厚度不小于 15 cm。现场可以采用尺量填土松铺厚度,再根据工艺试验确定的松铺系数计算每层填筑压实厚度。

3 基床表层级配碎石用摊铺机摊铺时,根据摊铺机的摊铺能力配置运输车辆,减少停机待料时间,双机或多机联铺时前后摊铺机相隔约 5 m~8 m 同步摊铺,单机分次摊铺在满幅摊铺完成后一起碾压。用平地机摊铺时,布料采用方格网控制填料量,方格网纵向间距不大于 10 m,横向分别在路基两侧及路基中心设方格网桩,混合料含水率宜较最优含水率提高 1%,运输车辆要由远到近卸料。

**6.7.3** 化学改良土施工需考虑延时效应,其最大干密度取延迟一定时间的试验值,并按《铁路工程土工试验规程》TB 10102 相关要求来进行试验。

#### 6.8.4

1 土工合成材料受阳光照射易老化,所以强调铺设土工合成

材料后及时填筑覆盖。

4 为了避免土工合成材料受损伤,禁止施工机械直接在土工合成材料上行走作业。

6.9.1 路基边坡主要是对路基起防护作用,其施工质量对路基的耐久性和稳定性有着重要的作用。虽然路基边坡不直接承受线路上部结构静荷载和列车行驶的动荷载,但如果压实程度不足,则影响路基边坡的防护效果,可能使路基产生路肩下沉、边坡坍塌等隐患,故本条要求将坡面上路基边线以外的松土全部刷除。

7.1.2 地质核对的主要内容包含岩性变化、风化程度、地下水等。

7.2.5 路堑基床开挖至设计标高后,对地质不符且有疑问地段,宜根据不同地质情况采用 N10 轻型动力触探、N62.5 重型动力触探、标准贯入、静力触探及电阻率法测定仪、探地雷达等进行地质复核。《高速铁路设计规范》TB 10621 第 6.5.2 条规定:基床范围内的地基应无  $P_s < 1.5 \text{ MPa}$  或  $\sigma_0 < 0.18 \text{ MPa}$  的土层,不能满足时,要进行加固处理。

7.3.1 《高速铁路设计规范》TB 10621 第 6.5.1 条规定:对于不易风化的硬质岩基床表层,铺设无砟轨道时,路堑开挖至路基面,直接在开挖面上施做支承层或底座;铺设有砟轨道时,路堑开挖至路基面以下 0.2 m 处,开挖面由路基中心向两侧设 4% 的横向排水坡,其上填筑级配碎石。开挖面上的松动岩石予以清除,不平整处采用强度等级不低于 C25 的混凝土嵌补。

7.5.2 在路堑开挖施工中,常规爆破主要参数参照下列要求选定:

(1)炮孔爆破直径一般为 38 mm~150 mm,炮孔深度不大于 15 m;(2)对浅孔或深孔爆破,均采用有一定倾角的倾斜炮孔;(3)台阶法开挖的台阶高度根据钻孔机械、工程规模、开挖深度、装载设备能力、边坡稳定和技术经济效益等因素综合考虑,一般为 7 m~10 m,路堑深度大于 10 m 时,梯段需分层;(4)炮孔的实际抵抗线  $W$  值应结合装药直径(或药卷直径)、炮孔孔距、炸药爆力

和装药密度等因素通过计算或试验确定;(5)台阶爆破主炮孔应有一定的超深,超深值一般为  $(0.1 \sim 0.3)W$ ;(6)在深孔爆破中,炮孔装药宜实行底部和柱部分装药,柱部的装药密度宜为底部的 50%;(7)炮孔的堵塞长度不小于  $1W$  或 20 倍炮孔直径;(8)多个或多排炮孔起爆一般采用微差爆破。

光面爆破和预裂爆破主要参数参照下列指标选定:

(1)炮孔间距根据工程特点、岩性特征、炮孔直径等决定。预裂爆破的炮孔间距可以选用炮孔直径的 8~12 倍;光面爆破的炮孔间距  $a$  可以选用炮孔直径的 10~16 倍,并满足  $a=W/m$  ( $m$  为炮孔密集系数,  $m>1$ );(2)光面爆破或预裂爆破的装药结构采用不耦合连续装药或空隙间隔装药。装药不耦合系数(炮孔直径与药卷直径的比值)深孔可以采用 2~4,浅孔可以采用 1.5~2.0,间隔装药的间隔不大于 20 cm,药卷固定在炮孔中央或靠近开挖一侧,孔口堵塞严实,堵塞长度采用 12 倍炮孔直径;(3)靠近预裂孔的主炮孔距预裂面不小于 1.5~2.0 倍预裂孔间距,并较其他主炮孔适当减少装药量;(4)光面爆破和预裂爆破,均要适当增加炮孔底部装药量并减少上部装药量;(5)预裂缝的超深和超长,分别大于主炮孔的垂直破坏半径和水平破坏半径。

8.1.2 本条中原地面压实标准是根据铁路工程建设通用参考图《高速铁路过渡段》(通图[2010]1301)制定。

8.1.3 本条根据《高速铁路设计规范》TB 10621 第 6.6.1 条制定。基坑采用灰土回填时,每层的松铺厚度要控制在 20 cm~25 cm;灰土土料的最大粒径不大于 15 mm。

8.1.5 路堤与路堑连接处为软质岩石或土质路堑时,按设计要求顺原地面纵向开挖台阶,台阶高度一般为 60 cm 左右,其开挖部分填筑要求与路堤相同。路堤与路堑连接处为硬质岩石路堑时,按设计要求在路堑一侧顺原地面纵向开挖台阶,台阶高度一般为 60 cm 左右;并在路堤一侧设置过渡段。

8.2.3 为保证路桥间线路的平顺、稳定,过渡段路堤与相邻的一

般填土路堤要同时施工,并使用同等压实能量的压实机械,将过渡段与一般路堤的碾压面按大致相同的高度进行填筑碾压。

填料分层压实,采用大型压路机械碾压时,每层的最大压实厚度不超过 30 cm,最小压实厚度不小于 15 cm;采用小型振动压实设备碾压时,填料的压实厚度不大于 15 cm。现场应尺量填土松铺厚度,再根据工艺试验确定的松铺系数计算每层填筑压实厚度。

**8.3.3 基床底层过渡段两侧及锥体的填筑部位较狭窄,如果因场地原因地基系数  $K_{30}$  试验的反力车无法加载,该部位的压实质量可以采用压实系数  $K$  和动态变形模量  $E_{vd}$  (化学改良土采用 7 d 饱和和无侧限抗压强度  $q_u$ ) 指标控制。**

**8.4.1 普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥都能用过渡段基床表层级配碎石,但要选用初凝时间 3 h 以上和终凝时间 6 h 以上的水泥。**

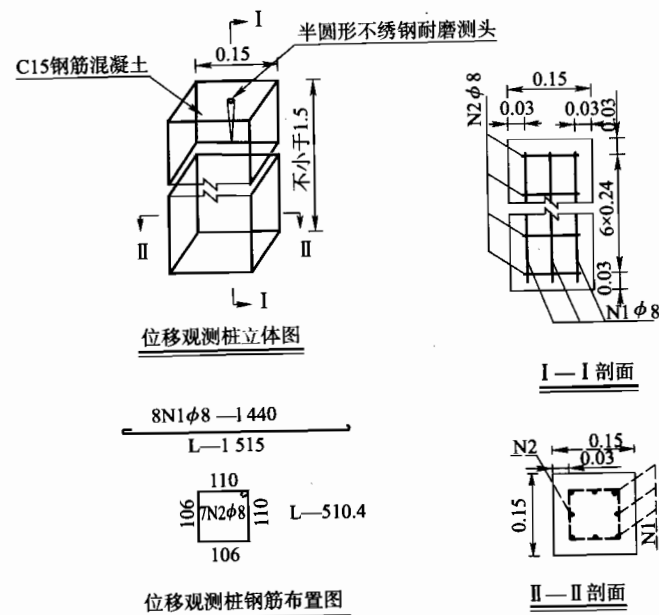
### 8.5.3

5 混凝土浇筑分层厚度要根据搅拌机的搅拌能力、运输条件、浇筑速度、振捣能力和结构要求等条件确定。在已浇筑完成的下层混凝土上再浇筑新混凝土时,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,上层与下层前后浇筑距离需保持 1.5 m 以上。在倾斜面上浇筑混凝土时,要从低处开始逐层浇筑,保持水平分层。混凝土浇筑要连续进行,其间歇时间要小于前层混凝土的初凝时间或能重塑的时间。

**9.1.3 工后沉降的控制是路基上铺设无砟轨道的关键,在铺设无砟轨道铺之前,为保证路基的工后沉降和变形符合设计要求,需对路基变形作系统的评估。路基工后沉降的理论仅供参考,施工中要通过观测来预测今后的沉降,但建立预测需要一定的观测时间,根据经验,一般不少于 6 个月。观测数据不足以评估或工后沉降评估不能满足设计要求时,需继续观测或者采取必要的加速或控制沉降的措施,如超载预压等。**

### 9.2.2

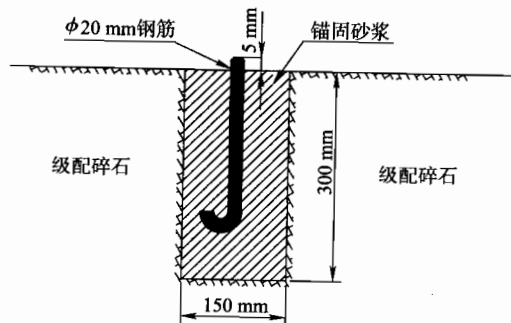
1 边桩采用 C15 钢筋混凝土预制,断面采用 15 cm×15 cm 正方形,长度不小于 1.5 m,冻胀区长度满足埋入冻结深度不小于 0.5 m,如说明图 9.2.2—1 所示。桩顶预埋半圆形不锈钢耐磨测头,桩顶露出地面不大于 10 cm。埋置方法采用洛阳铲等机具打入设计深度,将预制边桩放入孔内,桩周以 C15 混凝土浇筑固定,确保边桩埋置稳定。



说明图 9.2.2—1 位移观测桩结构示意图(单位:m)

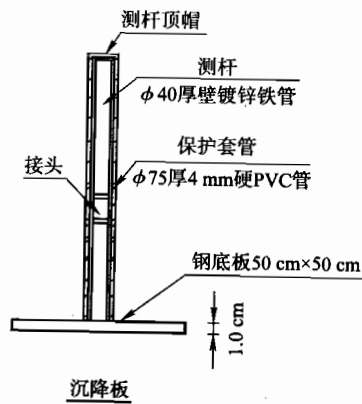
2 沉降观测桩采用埋设钢筋制作,钢筋直径不小于 20 cm,顶面磨圆,钢筋周边采用砂浆锚固。如说明图 9.2.2—2 所示。

3 普通沉降板一般由钢底板、金属测杆和保护套管组成。钢底板尺寸为 50 cm×50 cm×1 cm,测杆采用 φ40 mm、壁厚不小于 3 mm 的镀锌铁管,与底板固定在垂直位置上,保护套管采用直径



说明图 9.2.2—2 沉降观测桩结构示意图

不小于  $\phi 75$  mm、壁厚不小于 4 mm 的硬 PVC 管。在地基加固完成后路堤填筑施工前埋设沉降板，沉降板埋入垫层顶部以下 10 cm，采用中粗砂回填密实，再套上保护套管，测杆顶面略高于套管上口，测杆顶用顶帽封住管口，避免填料落入管内而影响测杆下沉自由度，顶帽高出碾压面高度不大于 50 cm。随着填土的增高，测杆和套管亦相应加高，每次接长以 1 m 为宜。沉降板结构示意图如说明图 9.2.2—3 所示。



说明图 9.2.2—3 沉降板结构示意图

4 剖面管一般由探测器(沉降仪探头)、手提式数字指示器、连接电缆、剖面沉降管、观测桩和保护墩等部分组成。剖面沉降管采用专用的高强 PVC 塑料硬管，沉降管两头设置混凝土保护墩，并于一侧管口处设置观测桩，在观测桩顶预埋不锈钢观测标。沉降管采用在地基加固或路基面施工填土至一定高度、碾压密实后开槽埋设，开槽宽度 20 cm~30 cm，深度至地基加固表层顶面，槽底回填一定厚度的中粗砂，在槽内敷设沉降管，其上夯填中粗砂至碾压面平齐，并做好管口保护、排水工作。

9.2.4 观测标或观测元器件扰动引起观测数据异常且观测数据无法连续时，一般采用下列方法处理：(1)当两次观测之间的时间间隔较短时，采取本期变形值归零的方式；(2)两次观测之间的时间间隔较长时，采取按上期变形值线性变化的方式确定本期变形值。

9.3.2 填写观测记录中原始记录数字或文字有错误时，要仔细核对后以单线划去，在其上方写出正确的数字或文字，并在备考栏内注明原因，不能连环更改；对作废的测站记录，应以单线划去，并注明重测原因及重测结果记录于何处，重测记录加注“重测”二字。

10.1.6 近年来路基支挡结构出现的倒塌事故原因分析，主要为地质与设计不符而又未核对办理设计变更，故作此规定。对于首段基坑地基承载力还应经设计、施工、监理三方共同检验合格后方可进入下道工序。

10.1.8、10.1.9 支挡结构基坑四周及墙体顶、侧面与边坡相接处的间隙需填实并封闭，避免雨水浸入缝隙造成基础软化引发事故。

10.1.11 为了避免锚索、锚杆安装后放置时间过长造成塌孔，引起注浆量不足、影响抗拔力，故本条要求根据现场地质情况及时完成已安装锚索或锚杆孔道的注浆。

10.1.13 墙背反滤层最低处需按设计要求设置隔水层，并与围岩和墙背密贴，方可防止墙背反滤层中水下渗到地基里，以免降低地基承载力，引发事故。浇筑混凝土时易造成反滤层污染、堵塞，故作

此规定,以引起施工时注意。渗水袋的渗透系数大于 $5 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ 。

**10.1.14** 为了保证墙背渗水及时排出,墙背易积水处应设置泄水孔,最低一排泄水孔应置于反滤层底部。浇筑支挡结构混凝土时易堵塞泄水孔,施工时应采取保护措施。

**10.1.15** 除设计要求外,挡土墙与其他建筑物相接处或基底地层变化处应设置沉降缝(伸缩缝)。

**10.1.19** 挡墙墙背填筑,均要在混凝土、砌体砂浆强度达到设计强度的70%以后方可进行施工,否则会造成结构物损坏或破坏。

**10.2.2** 路堤衡重式挡土墙混凝土施工时,为保证上下墙的连接刚度,下墙与上墙结合部需设有接茬。

**10.3.3、10.3.4** 卸荷板采用预制时,要注重处理好与上、下墙墙体的连接问题,板上设置竖直短钢筋插入孔,安装时要插入短钢筋与上墙连接。

**10.4.2~10.4.4** 悬臂式和扶壁式挡土墙结构相对复杂,不能为了方便施工,造成分块接缝过多。故强调在结构施工中要注重凸榫与墙趾板、墙踵板,墙趾板、墙踵板与悬臂板或立壁板和扶壁间的整体性,故提出了钢筋一次绑扎、安装成型,混凝土宜一次浇筑完成的要求。

#### 10.5.5

2 为保证钻孔倾角和方向符合设计要求,要搭设满足相应承载能力和稳固条件的脚手架,能够做到准确安装固定钻机并调整机位。

4 在岩层破碎或松软饱水等地层中易于塌、缩孔和卡钻、埋钻,应采用跟管钻进。除坚硬完整岩体内的锚孔外,不能采用高压水清孔。软质岩及土层内锚孔应使用高压空气清孔。

5 破碎带或渗水量较大围岩固结灌浆后经1d~3d方可扫孔,堆积体和崩积体不宜进行固结灌浆处理。

6 为保证锚孔直径,要求实际使用钻头直径不能小于设计孔径。安装锚索前孔口应用木塞临时堵塞,以免杂物进入。

**10.5.7、10.5.8** 肋柱和墙面板在安装前要标注正、反面的标识,以免安装错误。

**10.6.5** 墙后填料不能使用膨胀土、盐渍土,严禁使用有腐蚀作用的酸性土和有机质土。

**10.7.9** 墙面板上的金属连接件及金属拉筋的防锈处理,在设计无要求时,可以先刷二遍防锈漆,一遍热融的沥青汁,再用沥青麻筋缠裹。

**10.7.14** 墙后反滤层一般采用砂卵石层、袋装砂卵石、透水土工布等;包裹式加筋土挡土墙的包裹压载体一般采用塑料编织袋装砂夹砾石,位于地面以下的包裹压载体应装填黏土用作防渗层,包裹压载体袋内砂夹砾石应装填密实。

**10.8.8** 土钉注浆一般采用孔底注浆法,注浆压力为0.2 MPa。

**10.8.11** 喷射混凝土施工时要做好泄水孔防护,避免堵塞。混凝土喷射完毕一般养护7d~10d。

**10.9.4** 抗滑桩施工前要根据专项方案备好孔内排水、通风、照明及施工人员孔内上下等关系孔内作业安全的设备,并应运转良好。

**10.10.3** 挡土板运输、吊装时要布置好合理的支点与吊点,避免强烈震动与摔打,防止挡土板破损。

**10.11.5** 钢绞线一般在锚索加工厂内放盘下料,单根卷盘运至施工现场,在施工平台上进行锚索编制及穿索工作。下料长度按照锚索孔深+锚墩厚度+测力计厚度(监测锚索)+0.8m截取。每束锚索其锚固段按设计要求用一系列紧箍环和扩张环制成波浪状,其自由段应有防护外套。

#### 10.11.6

1 锚索安装前用高压风吹孔,人工缓缓将锚索体放入孔内,用钢尺量出孔外露出的钢绞线长度,计算孔内锚索长度,确保锚固长度。

3 注浆时为保证所有空隙都被浆液回填密实,实际注浆量一般要大于理论的注浆量,或以锚具排气孔不再排气且孔口浆液溢

出浓浆作为注浆结束的标准。如一次注不满或注浆后产生沉降,要补充注浆,直至注满为止,同时做好注浆记录。

#### 10.11.8

1 张拉系统和量测仪器一般每 6 个月标定一次。使用期间如有跌落或强烈碰撞,必须重新标定后才能使用。

2 根据《铁路路基支挡结构设计规范》TB 10025 的要求制定。

4 根据《铁路路基支挡结构设计规范》TB 10025 的要求,自由段为土层时,超张拉值为 15%~25%;自由段为岩层时,超张拉值为 10%~15%;

5 实际伸长值与计算伸长值之差大于±6%时,应暂停张拉,查明原因并处理后,方可继续张拉。

11.2.1 路堤、路堑坡面防护优先选用紫穗槐,条件适宜地区也可选用夹竹桃等灌木,植物防护应与工程防护相结合。路堤坡脚外侧应根据路堤高度选择适宜的乔木或灌木。路堑坡面(含边坡平台)不能栽植乔木。栽植的灌木要从侧沟外 1.5 m 处向上栽植。边坡平台处根据土壤、苗木情况栽植 1~2 排灌木。

11.2.2 采用客土(加入土壤改良剂、肥料等改良的土壤)提高苗木的保水力,促进苗木生根及根系的生长,提高成活率。

11.2.10 成活率指成活的植物数量与原种植数量的百分比,覆盖率指地面上全部植物茎叶的垂直投影面积与样方面积的百分比。

藤本植物指株体不能自立,依靠吸盘、卷须钩刺或本身的缠绕性,缠绕或攀附于其他物体而向上生长,或者匍地生长的木本植物。藤本植物有常绿和落叶之分。

灌木指体型较矮小,主干低矮或者茎干自地面呈多数生出而无明显主干的多年生木本植物。按高度分为大灌木(2 m~3 m)、中灌木(1 m~2 m)、小灌木(约 1 m)。

乔木指体型高大,分枝和叶组成庞大的树冠,主干和分枝有明显区别的多年生木本植物。按高度分为伟乔木(31 m 以上)、大乔

木(21 m~30 m)、中乔木(11 m~20 m)和小乔木(6 m~10 m)。

植物防护覆盖率、成活率要符合表 11.2.10 的规定。

说明表 11.2.10 植物防护覆盖率、成活率

| 序号 | 项 目  |                |        | 覆盖率 (%) | 成活率 (%) |
|----|------|----------------|--------|---------|---------|
| 1  | 一般地区 | 植草护坡           | 土质路基边坡 | 85      | —       |
| 2  |      |                | 石质路基边坡 | 70      | —       |
| 3  |      | 种植藤本植物、灌木、乔木防护 | 土质路基边坡 | —       | 80      |
| 4  |      |                | 石质路基边坡 | —       | 70      |
| 5  | 干旱地区 | 植草护坡           | 土质路基边坡 | 65      | —       |
| 6  |      | 种植藤本植物、灌木、乔木防护 |        | —       | 70      |
| 7  | 寒冷地区 | 植草护坡           | 土质路基边坡 | 80      | —       |
| 8  |      |                | 石质路基边坡 | 70      | —       |
| 9  |      | 种植藤本植物、灌木、乔木防护 | 土质路基边坡 | —       | 75      |
| 10 |      |                | 石质路基边坡 | —       | 70      |

注:年平均降水量 600 mm 及以上,最冷月月平均气温高于或等于-5℃的温暖、湿润区可定为一般地区;年平均降水量小于 600 mm 的地区可定为干旱地区,最冷月月平均气温低于-5℃的地区可定为寒冷地区。

12.1.1 水是危害铁路路基结构的主要自然因素,修建完善的排水系统来最大限度地堵截、疏散各种来源的水是确保路基结构强度和稳定所必须的。根据《铁路边坡防护及防排水工程设计施工补充规定》(铁建设[2009]172 号)的要求,防排水工程是铁路工程的重要组成部分,建设、设计、施工、监理单位必须高度重视,运营单位应提前介入,加强防排水工程设计、施工的全过程管理。防排水系统应该从设计到施工,每个环节都应该充分考虑排水系统的完整性和排水能力。因此,针对防排水系统施工前核对这一重要环节各方均应高度重视、落实到位。

12.1.2 施工前,施工单位应该详细调查、收集沿线各段的气候环境、水文地质条件、农田水利规划以及自然水系、植被等,进行系统

分析,分清排水系统的主次,遵循先主后次、先重点后辅助、先地下后地面、先排水后防护等原则,因地制宜,充分利用地形和自然水系,及时疏散、就近分流。

**12.1.3** 路基排水工程要永临结合,根据工程特点和实际需要及时实施,及时完善系统,形成封闭、通畅的排水系统。主要是防止在施工期间因地表水及地下水的侵入而造成路基松软和坡面坍塌。

**12.1.11** 路基面沥青混凝土防排水层施工参照原铁道部《客运专线铁路无砟轨道路基面防水层沥青混合料暂行技术条件》(科技基[2008]74号)和设计要

**12.2.2** 天沟、排水沟具有截流坡面向线路方向的地表水的功能,确保天沟、排水沟外侧的水能够顺利进入沟内才能实现截流功能,如果高出外侧地面,坡面流水不能进入水沟,就会对水沟外侧壁后土体进行冲刷、浸泡,会造成水沟破坏,甚至导致山体因渗水而引发自然灾害,因此,天沟、排水沟不能高出外侧地面。同时,做好表面封闭层可以防止地表水沿沟边的下渗。

**12.4.1** 高速铁路路堤横向排水设施主要应用于车站和无砟轨道排水。车站内股道多、路基面“锯齿形”、道岔区轨道长度及连接多样性的特点,导致纵向排水沟的水很难直接排出路基外,通常需要设置横向排水沟来排除纵向水沟内的集水。无砟轨道由于结构特殊,线间集水需要通过横向排水管排出至路基坡面排水系统内。

**12.4.2** 排水管出口要做好衔接,对于路堑地段宜接入侧沟内;对于采用骨架护坡的路堤地段宜通过调整主骨架的位置将排水管出口位置置于主骨架中间,确保排水管排出的水由骨架排水通道排出;有挡土墙地段,排水管伸出路基边坡后,需连接弯头将水排到挡墙上的落水斗里,再沿挡墙上的排水管引入线路两侧的排水沟;其他地段于边坡上宜设高0.2 m、宽0.5 m的混凝土排水槽将水引至坡脚排水沟内。

**12.5.3** 根据铁路工程建设通用参考图《高速铁路过渡段》(通图

[2010]1301),桥台后与过渡段级配碎石填筑体之间设置排水设施。设置方法为:在桥台后填筑0.1 m厚无砂混凝土(或空心砖)隔离层,并在基床部位设置混凝土块。混凝土块与过渡段级配碎石之间由无砂混凝土渗水板、无砂混凝土渗水板基础、软式透水管、C20混凝土基础四部分组成排水系统,软式透水管直径 $\phi 100$  mm,横坡与路基横坡相同,一般为4%,并由软式透水管将水引出路基外。

**12.5.4** 根据铁路工程建设通用参考图《高速铁路过渡段》(通图[2010]1301),在路堤与路堑结合部设置排水设施。设置方法为:(1)路堤与岩石路堑(不易风化的硬质岩石)连接时,在路堑一侧顺原地面纵向开挖台阶,台阶高度0.6 m左右,在堑堤分界处路堑侧基床表层以下设置横向排水砂沟,内置软式排水管。(2)路堤与土质或软质岩层路堑连接时,过渡段顺原地面坡面纵向挖成1:2的坡面,坡面上开挖高度0.6 m左右的台阶,在堑堤过渡分界处路堑侧基床表层以下设置横向排水砂沟,内置软式排水管。

**13.2.3** 本条根据铁路工程建设通用参考图《铁路路基电缆槽》(通路[2010]8401)制定。

**13.2.5** 根据铁路工程建设通用参考图《铁路路基电缆槽》(通路[2010]8401)要求,为了桥头路基盖板式电缆槽防盗而采取的措施。

**13.2.6** 根据铁路工程建设通用参考图《铁路路基电缆槽》(通路[2010]8401)要求,规定路桥、路隧连接处的铺设要求。

**13.2.7** 根据铁路工程建设通用参考图《铁路路基电缆槽》(通路[2010]8401)要求:电缆槽(井)施工完成后要保证泄水孔排水顺畅;电缆槽(井)泄水孔内埋设镀锌铁丝网以防鼠类等小动物进入,铁丝网安装位置要准确。

#### 13.4.3

**2** 根据铁路工程建设通用参考图《客运专线铁路路基整体式路基混凝土声屏障》(通环[2008]8322)要求:声屏障的基础施工宜

在路基本体成型后、轨道铺设及电缆槽施工前进行;施工前应该查清路基上各类管线的位置;依据声屏障基础尺寸及其在路肩的位置切割开槽,切割开槽时严禁破坏各类管线。

5 根据铁路工程建设通用参考图《客运专线铁路路基整体式路基混凝土声屏障》(通环〔2008〕8322)要求:声屏障基础每 20 m~30 m 长设置一道沉降缝(伸缩缝)。施工中结合现场地形确定具体伸缩缝位置。

6 根据铁路工程建设通用参考图《客运专线铁路路基整体式路基混凝土声屏障》(通环〔2008〕8322)要求:基础顶端每 2 m 预埋  $\phi 100$  mm L 形 PVC 管,以排放声屏障内侧路肩面的雨水;基础中部变截面处每 4 m 按 2% 坡度预埋  $\phi 75$  mm 直形 PVC 管,以排出路基本体渗水和电缆槽泄水;无砟轨道线路路基线间集水井的连接排水管可浇筑在基础中。《高速铁路设计规范》TB 10621 第 22.2.9 条规定:路基声屏障需设排水设施,外侧排水出口避免对路基边坡产生冲刷,并防止渗漏。

13.4.5 根据铁路工程建设通用参考图《客运专线铁路路基整体式路基混凝土声屏障》(通环〔2008〕8322)要求:基础与电缆槽、接触网支柱之间、与路肩面的缝隙等均用沥青混凝土做防水层。

13.5.3 为保证路基工程质量,综合接地线埋设不采用在路基上开槽埋设的方法。

13.5.4 本条根据铁路工程建设通用参考图《铁路路基电缆槽》(通路〔2010〕8401)要求:过轨管施工采用人工或机械挖槽,槽底设 C25 混凝土基础,厚不小于 0.1 m。各类过轨管的埋设应该置于基床底层底面以下,对于路堤地段,在路堤填筑至基床表层顶面后埋设,对于基床表层换填地段的路堑在基床表层范围内原状岩(土)挖除后埋设;基床表层以下的基坑采用 C25 素混凝土回填,待混凝土强度达到设计强度的 70% 以后再施工基床表层级配碎石。对于基床表层不换填地段的硬质岩石路堑,在路堑施工至路基面高程后埋设,基坑内全部采用 C25 素混凝土回填。

13.6.1 为便于边坡防护及涵洞检修,当边坡检查踏步无设计要求时,要提出变更设计要求。边坡检查踏步间距不大于 50 m,涵洞进出口处应设置检查踏步。

13.7.2 本条根据铁路工程建设通用参考图《铁路线路防护栅栏》(通线〔2012〕8001 号)制定,目的是为了保证栅栏相对于两侧地面均达到设计高度。

13.7.3~13.7.5 根据铁路工程建设通用参考图《铁路线路防护栅栏》(通线〔2012〕8001 号)制定。

13.7.6 本条根据铁路工程建设通用参考图《铁路线路防护栅栏》(通线〔2012〕8001 号)制定,目的是为了保证栅栏不易翻越和钻入。

14.2.1 黏土、膨胀土及盐渍土地段不能在雨季施工。平原地区排水困难,不能安排雨季施工。

14.2.2 雨季施工开工前进行场地准备工作时,要特别注意排除地面水,低洼地带宜沿用地界两边开挖的纵向排水沟并引向出水口。在纵向排水沟之间一般开挖横向排水沟互相贯通疏干地表,并避免地面积水。机具停放地、库房、生活区域,都必须选在地势较高不易被水淹的地点,并有可靠的排水、防洪设施,预防洪水造成危害。

14.5.2 施工过程中植被遭到破坏的地面,可以采用稻草、玉米秸秆等铺设方格沙障或其他固沙措施,为恢复植被创造条件。

14.5.7 风沙路基施工要求做到边施工,边防护,分段施工,一次完成。对来不及做好正式防护的工程,在停工前要做好临时防护,以免在停工期间因为风沙作用损害已完工程。

14.6.1 季节性冻土指的是冬季冻结春季融化的土层。

14.6.2~14.6.9 根据哈大客运专线铁路相关成果编写。接缝主要指纤维混凝土与轨道板底座、电缆槽及路基面的其他预埋设备(如接触网基础)的接缝。

**15.1.1** 施工机械设备选型要符合环保规定,首选低噪声、低振动、低排放的节能环保型机械设备。在使用中要定期保养、维护,减少油料的跑、冒、滴、漏对环境的影响。

**15.3.3** 利用工业废渣作为填料或改良外掺料时,在使用前要进行有害物质的含量测试,避免有害物质超标,污染环境。