

DB34

安 徽 省 地 方 标 准

DB 34/T 2222—2014

高速公路施工标准化指南 路基工程

Province Highway Construction Standardization Guide roadbed construction

2014 - 12 - 17 发布

2015 - 01 - 17 实施

安徽省质量技术监督局 发布

目 次

前言.....	
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	2
3 术语定义和符号.....	3
3.1 术语定义.....	3
3.2 符号.....	4
4 基本原则.....	6
5 施工准备.....	7
5.1 一般规定.....	7
5.2 技术准备.....	7
5.3 现场准备.....	9
5.4 取、弃土场.....	10
5.5 首件工程.....	12
6 填方路基.....	14
6.1 一般规定.....	14
6.2 地基层施工.....	14
6.3 清淤.....	16
6.4 填土路基.....	19
6.5 填石路基.....	24
6.6 土石混填路基.....	27
6.7 天然砂砾石路基.....	29
6.8 高填方路基.....	32
7 挖方路基.....	37
7.1 一般规定.....	37
7.2 土质路堑开挖施工.....	37
7.3 石质路堑开挖施工.....	39
7.4 路堑整修.....	43
7.5 挖方路基检查与验收.....	44

8	路基衔接施工.....	45
8.1	路基与构造物衔接施工.....	45
8.2	半填半挖路基、填挖过渡段.....	47
9	特殊路基.....	50
9.1	一般规定.....	50
9.2	膨胀土路基.....	50
9.3	粉土路基.....	57
9.4	红砂岩路基.....	59
9.5	软土地基处理.....	63
9.6	改扩建工程路基施工.....	81
9.7	滑坡地段路基.....	83
9.8	采空区路基.....	85
10	冬、雨季路基施工.....	93
10.1	冬季路基施工.....	93
10.2	雨季路基施工.....	94
11	路基排水施工.....	96
11.1	一般规定.....	96
11.2	施工准备.....	96
11.3	地表排水.....	96
11.4	地下排水.....	100
11.5	临时排水.....	103
11.6	排水工程整修.....	103
附录 A	路基填筑碾压设备的选用.....	105
附录 B	膨胀土的定义、分类及使用条件.....	106
附录 C	红砂岩的矿物成分、分类及性质.....	107

前 言

为进一步提高安徽省高速公路建设质量和安全水平，规范高速公路建设管理，根据交通运输部《关于开展高速公路施工标准化活动的通知》的要求，结合我省高速公路施工技术与管理情况，特编写安徽省高速公路标准化建设系列指南。系列指南包括《安徽省高速公路驻地建设标准化指南》、《安徽省高速公路施工标准化指南》和《安徽省高速公路建设管理标准化指南》。

《安徽省高速公路施工标准化指南》（简称“施工标准化指南”）依据国家、交通运输部等工程建设主管部门发布分为七个部分：第一部分路基工程、第二部分路面工程、第三部分桥涵工程、第四部分边坡与支挡工程、第五部分隧道工程、第六部分交通安全设施、第七部分机电工程。

本部分为《安徽省高速公路施工标准化指南》第一部分。

主要内容有：范围、规范性引用文件、术语定义和符号、基本原则、施工准备、填方路基、挖方路基、路基衔接施工、特殊路基、冬、雨季路基施工、路基排水施工；主要针对安徽省地域、工程地质特征，从工艺流程、施工技术要点、检查与验收等方面进行了编写，并提出了具体要求，确保施工质量、安全、环保等目标的实现。

本指南由安徽省交通厅提出并归口。

组织编写单位：安徽公路建设行业协会

本部分起草单位：安徽省巢湖市路桥工程有限公司 安徽省交通建设工程质量监督局

安徽省路港工程有限责任公司 安徽建筑大学

本部分主要起草人：吴跟党 王良宗 马中南 朱忠明 康家鼎 吴家祥 魏文江 张 涛
张 琼 陈桂荣 唐立琴 杨 军 王仕传 朱其宇 阮冬平 裴世敏
苏维婷 张民昌 李青冬 羊俊宝 刘秀琴 王国体 谢定宇 马少岚
邓成龙 何 俊 汪 浩 俞廷保 周小木 李晓步 冯时海 何拥宁
王婉娣 崔晓东 王鑫磊

1 范围

本部分适用于安徽省新建、改建（大修）、扩建的高速公路，一级公路及其他等级的公路建设项目可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本指南的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本指南。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本指南。

JTG F10-2006 公路路基施工技术规范

JTG F80/1-2004 公路工程质量检验评定标准

JTG D30-2004 公路路基设计规范

高速公路改扩建工程路基拼接技术

高速公路改扩建工程桥涵结构物拼接技术

高速公路施工标准化技术指南

江苏省高速公路施工标准化指南（路基工程）

3 术语定义和符号

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 术语定义

3.1.1 路基

按照路线位置和一定技术要求修筑的带状构造物，是路面的基础，承受由路面传来的行车荷载。结构上有路床、路堤及地基组成。

3.1.2 路床

路面结构层底面以下 0.80m 范围内的路基部分，在结构上分为上路床（0~0.3m）和上路床（0.30~0.80m）。

3.1.3 路堤

高于原地面的填方路基。路堤在结构上分为上路堤和下路堤，上路堤是指路面底面以下 0.80~1.50m 范围内的填方部分；下路堤是指上路堤以下的填方部分。

3.1.4 路堑

低于原地面的挖方路基。

3.1.5 承载比

表征路基土、粒料、稳定土强度的一种指标，即标准试件在贯入量为 2.5mm 时所施加的试验荷载与标准碎石材料在相同贯入量时所施加的荷载之比值，以百分率表示。

3.1.6 压实度

填筑材料压实后的干密度与标准最大干密度之比，用百分率表示。

3.1.7 填石路堤

用粒径大于 37.5mm 且含量超过总质量 70% 的石料填筑的路堤。

3.1.8 土石混填路堤

石料含量占总质量 30%~70%的土石混合材料修筑的路堤。

3.1.9 特殊路基

位于特殊土（石）地段、不良地质地段或受水、气候等自然因素影响强烈的路基。

3.1.10 软弱地基处理

采用工程方法对天然地面软弱土层进行改良、加固，以适应路基的承载要求。

3.1.11 构造物

主要指路基范围内的圬工、混凝土构造物，如涵洞、通道、排截水沟、跌水、急流槽及排水设施等混凝土结构、防护结构等。

3.1.12 膨胀土

富含亲水性矿物具有明显的吸水膨胀和失水收缩的高塑性黏质土。

3.1.13 粉土

粒径大于 0.075mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%，且塑性指数等于或小于 10 的土应定名成为粉土。

3.1.14 红砂岩

泥岩、砂质泥岩、泥质砂岩、砂岩及页岩等沉积岩类的岩石，因含有丰富的氧化物呈红色、深红色或褐色，这类岩石统称为红砂岩。

3.1.15 采空区

由人为挖掘或者天然地质运动在地表下面产生的“空洞”。

3.2 符号

ω ——土的天然含水率（%）

ω_e ——土的天然稠度

ω_0 ——土的压实最佳含水率（%）

ω_L ——土的液限含水率（%）

ω_p ——土的塑限含水率（%）

I_p ——土的塑性指数

E_0 ——路基回弹模量 (MPa)

l_0 ——路基顶面实测代表弯沉值 (1 / 100 mm)

d ——土、石颗粒的粒径 (mm)

4 基本原则

4.1 路基工程施工必须严格遵守国家和行业的安全生产法律、法规，积极改善施工条件，制订切实可行的施工方案和安全生产措施，确保现场施工人员的安全和身体健康。

4.2 本指南依据国家相关法律法规，工程建设标准化协会、交通运输部、安徽省交通运输厅等工程建设主管部门颁布的与路基工程施工相关的文件、标准、规范、规程和技术指南编制。

4.3 高速公路路基施工必须严格遵守国家和行业的安全生产法律、法规，积极改善施工条件，严格执行《公路工程施工安全技术规程》（JTJ 076—95），建立健全安全生产管理体系，制定切实可行的施工方案和安全生产措施，确保施工人员的安全和作业人员的身体健康。

4.4 高速公路路基施工应树立环保理念，坚持按照“统筹规划、合理布局、保护生态、有序发展”的原则，节省对土地的占用，减少施工过程中对生态环境的破坏。

4.5 路基施工应结合施工区域的实际情况，制定合理科学的施工工序、施工工艺和施工过程管理的施工方案，提高施工管理与技术水平。

4.6 高速公路路基施工鼓励采用施工新技术、新工艺、新材料和新设备。

4.7 路基施工标准化，在执行本指南同时，还应符合国家及行业现行相关规范和标准。

5 施工准备

5.1 一般规定

5.1.1 在满足施工要求的条件下，按照《安徽省高速公路工地标准化建设指南》（DB34/T 1663-2012）的要求，进行驻地和临时设施的规划、建设；应保证路基影响范围内原有道路、结构物及农田水利等设施的使用功能。

5.1.2 路基工程开工前，应做好设计技术交底。在全面理解设计要求的基础上由建设单位组织设计、监理、施工单位和沿线的地方政府，进行现场调查和核对，使施工沿线涉及生产、生活的有关功能设施的设计更贴近实际，对存在的问题及时进行处理。

5.1.3 开工前必须建立健全质量、安全、环保管理体系和质量检测体系，并对各类施工人员进行技术、安全交底和岗前培训；特殊工种人员应进行岗前培训、考核，持证上岗。

5.1.4 依据施工沿线既有的给、排水系统，结合施工组织设计的临时排水系统，因地制宜、合理结合、补充完善给、排水总体设计，保证水系畅通。

5.1.5 现场调查后，施工单位应根据设计、合同和现场的实际情况，编制施工组织设计。施工组织设计经总监理工程师审批后方可实施。

5.1.6 分部或分项工程开工应提前 14 天上报开工报告。其内容包括：按合同工期完成的施工进度计划，GPM 网络图/条形图；详细施工方法、顺序、时间；材料、设备、人员进场计划，资源的安排；资金计划；项目管理组织设置及人员分工；施工安排和方法总说明；质量管理方法、手段；重点工程施工措施；安全体系和保证措施；廉政建设、文明施工与环境保护；施工技术、工艺方案说明及图表；其他说明事项。分部或分项工程开工报告经监理工程师审批后方可施工。

5.2 技术准备

5.2.1 测量放样

1 开工前应对设计提供的路基沿线测设资料和测量标志，进行复测核对；对异议的导线点、水准点，提交勘误、高程修正数据信息报告。

2 路基测量的水准点、三角网点和控制桩、放样检验标桩应进行保护，设立易识别标志；破坏的桩点及时恢复。

3 控制测量

各项参数参见《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）表 3.2.2-1、表 3.2.2-2、表 3.2.2-3、表 3.2.2-4、3.2.2-5、3.2.2-6。

4 导线复测

（1）导线测量精度应符合《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）表 3.2.2-3 的要求。

（2）原有导线点不能满足施工需要时，可增设满足相应精度要求的附合导线点。

（3）同一建设项目内相邻施工段的导线应闭合，并满足同等级精度要求。

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

5 水准点复测与加密

（1）水准点精度应符合《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）表 3.2.2-6 的要求。

（2）沿路线每 500m 宜有一个水准点。在结构物附近、高填深挖路段、工程量集中及地形复杂路段，宜增设水准点。临时水准点应符合相应等级的精度要求，并与相邻水准点闭合。

（3）当水准点有可能受到施工影响时，应进行处理。

6 中线放样

（1）路基开工前，应进行全段中线放样并固定路线主要控制桩，高速公路、一级公路宜采用坐标法进行测量放样。

（2）中线放样时，应注意路线中线与结构物中心、相邻施工段的中线闭合，发现问题应及时查明原因，进行处理。

（3）设计图纸和实际放样不符时，应查明原因后进行处理。

7 路基放样

（1）路基施工前，应对原地面进行复测，核对或补充横断面，发现问题时，应进行处理。

（2）路基施工前，应设置标识桩，对路基用地界、路堤坡脚、路堑坡顶、取土坑、护坡道、弃土堆等的具体位置标识清楚。

(3) 对深挖高填路段, 每挖填 3~5m 或者一个边坡平台(碎落台)应复测中线和横断面。

(4) 高速公路和一级公路施工中, 标高控制桩间距不宜大于 200m。

(5) 施工过程中, 应保护好所有控制桩点, 并及时恢复被破坏的桩点。

8 每项测量成果必须进行复核, 原始记录应存档。

5.2.2 试验

1 路基施工前, 应按照有关规定和要求, 建立工地试验室, 按《安徽省高速公路工地标准化建设指南》(DB34/T 1663-2012) 有关要求执行。

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

3 应及时对来源不同、性质不同的拟作为路堤填料的材料进行取样和标准试验。土的试验项目包括天然含水量、液限、塑限、标准击实试验、CBR 试验等, 必要时应做颗粒分析、相对密度、有机质含量、易溶盐含量、冻胀和膨胀量等试验。试验方法按《公路土工试验规程》(JTG E40—2007) 执行。对工地试验室不具备检测能力的试验项目, 应在监理工程师见证下委托具有相关资质的试验机构进行试验。

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

5 承包人应按监理程序将试验结果报送监理工程师。

5.3 现场准备

5.3.1 一般要求

1 承包人应按设计文件进行红线用地放样, 确定路基施工界线, 保护设计文件或监理工程师指定要保留的植被、地下构造物及其它设施等。

2 承包人宜按土方填筑工程量的大小划分施工段落, 组织路基施工。每个路基施工区域的段落以不超过 3km 为宜, 这样既方便工作面的展开, 又能形成一定的流水作业面。

5.3.2 场地清理

1 路基及取土坑用地范围内的树木、灌木丛等应在清表前砍伐或移植。砍伐的树木应堆放在路基用地之外妥善处理。

2 路基及取土坑用地范围内的垃圾、有机物残渣及含有草皮、农作物根系的表土应予以清除，宜将表土集中储存，以备将来进行土地复耕和绿化使用。

3 路基跨越河、塘地段时，承包人应采取措施修筑围堰，排除积水，清除不适宜材料，并按设计要求的施工工艺进行填前处理。

4 场地清理完成后，应按设计要求进行基底处理，使其压实度满足要求。原地面存在坑、洞、穴等应在清除沉积物后用设计的填料分层回填压实。

5 地基为耕地、松散土、水稻田、湖塘、软土、高液限土等时，应按图纸要求进行处理。

5.3.3 拆除与挖掘

1 路基用地范围内的旧桥梁、旧涵洞、旧路面和其他障碍物等按设计要求进行处理。

2 指定为可利用的材料，应妥善保管，避免不必要的损失。为了运输方便，承包人应将其有序堆置于监理工程师指定区域。对于废弃材料，承包人应按监理工程师的指示妥善处理。对因拆除施工造成的坑穴，应按要求分层回填夯实。

5.4 取、弃土场

5.4.1 一般要求

1 按设计图纸要求确定取、弃土场的具体位置、范围。依据实际情况变更时，应进行变更设计和程序报批，另选定的取、弃土场应设置在路线规划范围外。

2 在设计阶段，按照土石方平衡利用原则，尽量减少或避免取弃土。工程完工后依据设计文件，结合现场实测资料数据对取、弃土场的工程实用数据进行复核、复查，如有不符和偏差，应出具报告说明。

3 取、弃土场整治完成后，应与原地形及自然环境协调，施工单位应与地方政府办理交接手续。

5.4.2 取土场

1 取土场尽量利用荒地、山地、兼顾农田、水利建设和环境保护，力求少占耕地。取土场应有规则的形状和平整的底部，不积水，便于复耕和绿化，见图 1。



图 1 复耕后的取土场

2 取土场利用前应取样在工地实验室进行标准土工试验，与设计资料进行验证，土质应符合路基填筑要求，如有出入，应报设计、监理单位核准。

3 取土场利用前应现场核查，储存数量是否满足要求，对取土方案进行完善和优化。

4 取土场原地面属于耕植土，应先挖出集中堆放，工程完工后，用于恢复植被。

5 取土时应注意环境保护，取土后的裸露面应按设计采取土地整治或防护措施。在风景区或有特殊要求的施工地段，应按设计要求及时完成配套的环保工程。

5.4.3 弃土场

1 弃土场的选择应符合下列要求：

(1) 按“因地制宜”原则，视地形条件就近消化弃土。弃土场宜选在山沟、凹地内，但在上游汇水面积过大的沟谷内不宜设置弃土场。不得占用耕地、尽量少占林地、禁止占用基本农田。

(2) 严禁向江、河、湖泊、水库、沟渠内弃土、弃渣。

(3) 严禁在岩溶漏斗、暗河口、泥石流沟上游、塹顶上方、桥下设置弃土场。

2 弃土场的位置与高度应保证路堑边坡、山体和自身的稳定，不得影响附近建筑物、农田、水利设施、河道、交通和环境等。

3 弃土场应分层满面积填筑，按设计要求进行整平碾压，不得任意倾倒；并按设计进行排水、防护和绿化施工，防止次生灾害。

4 弃土场宜按耕地的要求进行整修，达到耕种条件的弃土场作为新造田地移交当地政府，见图 2；弃石场表面覆盖的土层厚度应满足设计要求，以便恢复植被。



图 2 复耕后的弃土场

5.5 首件工程

5.5.1 一般要求

- 1 路基工程中特殊路基、不同压实标准及不同填料的路基、结构物台背回填、砌筑防护工程应实行首件工程认可制。
- 2 首件工程以施工合同段为单位分别进行，施工前应按本指南第 5.1、5.2、5.3 条规定做好施工准备工作。
- 3 施工单位根据确定分项工程，按总体施工组织计划，对每类分项工程的首件工程编制开工报告，报监理工程师审查批复后方可实施。

5.5.2 首件工程的实施

- 1 施工单位应严格按批准的施工组织设计进行施工，操作过程中要详细记录操作程序和有关技术指标，并留下工程照片及声像资料，修正完善施工组织设计。
- 2 监理工程师必须对首件工程全过程旁站，做好相应记录。对实施过程中发现的问题及时提出可行的调整处理方案，以保证其顺利实施。
- 3 每道工序完成后，施工单位应先进行自检，自检合格后报监理工程师验收，验收合格后方可进行下一道工序施工。

5.5.3 首件工程的评价认可

- 1 首件工程完成后，施工单位应对已完成项目的施工工艺进行总结，并对质量进行综合评定，提出自评意见；报监理工程师进行终评，并经项目业主确认。
- 2 首件工程按照《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1-2004）、合同文件、招标文件、设计文件、有关规范、与项目有关的质量管理办法等进行评价。
- 3 首件工程质量评定等级分为优良（得分 ≥ 90 分）、合格（ $75 \leq$ 得分 < 90 ）、不合

格（得分<75）。优良工程为通过评审，可以组织推广示范，进行后续施工。后续工程必须严格按照首件工程确定的施工工艺组织施工。合格工程予以接受，在整改完善提高后进行后续工程施工。不合格工程应返工，重新进行首件施工。首件工程必须达到优良，否则应重新申报首件工程。

5.5.4 首件工程总结报告的编写

首件工程评价完成后，应对该项工程进行总结，编写首件工程总结报告，内容包括：

- 1 首件工程概况；
- 2 首件工程主要施工方法及施工工艺；
- 3 首件工程施工情况；
- 4 各工序检测试验数据及相关报告；
- 5 首件工程质量评价；
- 6 首件工程施工中存在的的质量技术问题及针对性改进措施；
- 7 推广的意见和建议。

6 填方路基

6.1 一般规定

6.1.1 路基填料应满足《公路路基施工技术规范》（JTGF10—2006）的各项要求。

6.1.2 路基填筑应控制好填筑厚度。填料的铺设宽度，每侧宜超出路堤设计宽度30cm,以保证路基修整边坡后路基边缘压实度满足规范和设计要求。

6.1.3 应做好施工期间临时排水总体规划 and 建设，临时排水设施应与永久性排水设施综合考虑，并与工程影响范围内的自然排水系统相协调。路基填筑过程中应设置拦水埂并每隔50米设置横向临时流水槽与排水沟相连。

6.1.4 标段结合部、分段作业结合部、填挖交界结合部、台背与路基结合部应作为路基施工质量控制关键点。

6.1.5 路基施工宜按“三阶段”、“四区段”、“八流程”组织施工，流程图见图3；使路基宽度、厚度、压实度、平整度、纵断高程、横坡度满足设计要求；宜按“四区段”分区并设置明显标识牌。

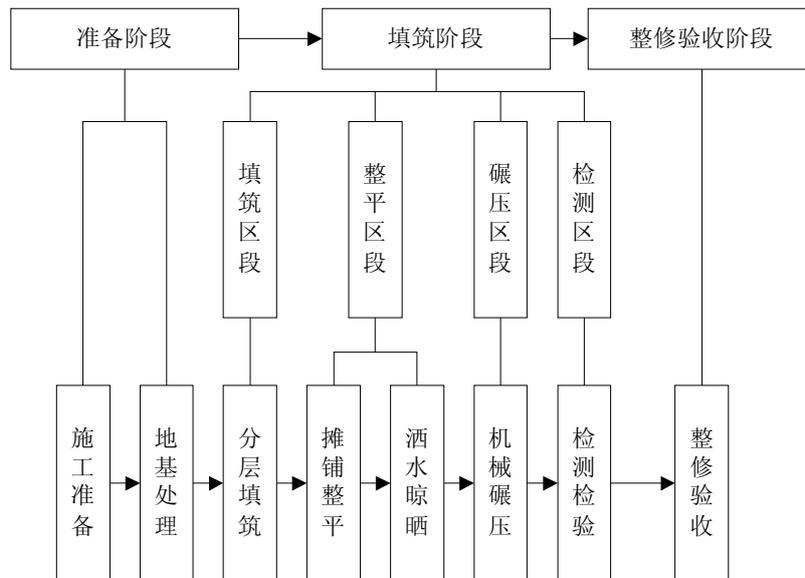


图3 “三阶段、四区段、八流程”工艺框图

6.2 地基层施工

6.2.1 一般要求

- 1 测量放样保证地基层宽度，设计断面外每边超过50cm视同地基处理，与施工

便道连接处按本指南 8.2 施工工艺处理。

2 地基处理应作为填方路基的关键工序；针对小块不同形状的地基，应制定专项处理方案，尽快成形、成段；应做好防雨、排水。

3 针对不同的地基选择合适的碾压机械，制定适宜的碾压工艺。

6.2.2 施工准备

1 施工现场人员应按批准的分项工程开工报告配置到位。

2 每个施工工区应综合施工条件，进度计划等因素，配备不小于表 1 所列设备。

3 技术准备按本指南 5.1、5.2 执行。

表 1 地基层施工建议机械设备配备表

作业内容	月计划数量 (m^2)	配备机械设备类型和数量
清理现场	50000	推土机 120KW 以上 2 台，振动压路机 2 台（激振力 270KW 以上），18-21t 光轮压路机 1 台，挖掘机($1m^3$ 以上) 2 台，根据运距配备适当数量的自卸车，平地机（180KW 以上）1 台。

6.2.3 施工技术要点

1 土质地基

(1) 地基层为耕地、水稻田、湖塘、软土、高液限土等时，应按设计要求进行处理，局部软弹的部分也应采取有效的处理措施。



图 4 耕地处理



图 5 挖台阶

(2) 原地面坑洞、穴等，应在清除沉积物后，用合格填料分层回填分层压实；泉眼、露头地下水，采取有效导排措施引出路基以外；地下水位较高，应按设计要求进行处理。

(3) 当地基层层底为自然地面坡面，且自然地面纵坡大于 12%或横坡陡于 1:5 时，应按设计要求挖台阶，见图 5。一般台阶宽度不小于 2m，而且台阶顶面应做成向

内倾斜 4%~6%的坡度，并用小型夯实机加以夯实。

(4) 对陡坡地段、填挖交界、高填方地基应按设计要求处理；对于 V 型沟槽应在清表后采用强夯作业，直至工作面能够进入大型压实机具施工作业。

(5) 零填挖路床及路堑 0~80cm 范围内如为土质，应全部翻松后再压实，并应先进行地表土试验检测，如原状土不符合路床要求时，应及时上报监理工程师，按程序进行变更处理。

(6) 路堤基底的压实度应不小于 90%。

2 石质地基

(1) 承载力应满足设计要求。

(2) 在非岩石地基上，填筑填石路堤前，应按设计要求设过渡层。

3 土石混合地基

(1) 地基的承载力应满足路基设计不同填筑高度的要求。

(2) 当基底范围内由于地面水或地下水影响路基稳定时，应采取必要的引排、拦截等措施。

(3) 在陡、斜坡地段，土石路堤靠山一侧应按设计要求，做好排水和防渗处理。

6.3 清淤

6.3.1 一般要求

1 对施工合同段内的河塘统一编号，路基范围内的河塘淤泥应清除彻底。

2 测量工作应包括河塘起讫断面（位于原地面处河塘边口）在内的各横断面淤泥顶、淤泥底高程、几何尺寸，并绘制河塘平面图和横断面图，回填测量按路基填筑要求分层进行。河塘清淤淤顶、淤底测点应一致。

3 河塘清淤范围以施工断面图所示为准（即边沟外坡线放线）。

4 平面图应能正确反映河塘与路线的位置关系、周围地貌及清淤范围。平面图中应标明路基中心线、边线、断面桩号、河塘平面尺寸等内容。

5 横断面布置原则上应垂直于道路中心线，反映整个路基宽度范围，并注明与路线桩号的关系。横断面布设的纵向间距应不大于 10m。当纵向地形变化复杂时，应加密横断面。加密断面桩号尽量与设计断面桩号相符，单个河塘至少应布设三个横断面，且河塘中心必须布设横断面。横断面的测点间距应不大于 5m。横向地形变化较大时，应加密测点，测点应设在变化点，每个横断面的测点应不小于 3 个。

6 每个河塘（包括暗塘）必须留有清淤前后的影像资料，反映河塘的大小、位置和周边环境，以备检查。

7 承包人在清淤前后应分别上报监理工程师申请四方（施工单位、监理单位、设计单位、项目现场管理机构）联测，监理工程师应组织在 24h 内进行联测，河塘淤顶、淤底断面联测后，承包人应在 48h 内将河塘平面图及淤顶、淤底断面高程、尺寸、清淤工程量及回填总工程量等上报监理工程师，监理工程师应在 48h 内完成复核后，将复核结果返回承包人并上报项目现场管理机构。

8 河塘清淤量超过施工图设计数量时，应按变更设计程序办理。

6.3.2 施工准备

- 1 施工现场人员应按批准的分项工程开工报告配置到位。
- 2 每个施工工区应综合施工条件，进度计划等因素，配备不小于表 2 所列设备。

表 2 河塘清淤建议机械设备配备表

作业内容	月计划数量 (m^3)	配备机械设备类型和数量
泥浆泵抽排清淤	3000	150mm 水泵 4 台，高压水枪 3 套，100mm 泥浆泵 3 台。
机械挖除清淤	6000	150mm 水泵 4 台，挖掘机 2 台，根据运距配备适当数量的自卸车。

6.3.3 河塘清淤施工工艺流程见图 6。

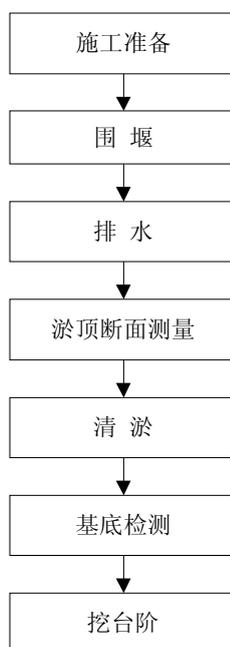


图 6 河塘清淤施工工艺流程图

6.3.4 施工要点

1 河塘围堰应确保排水、清淤、回填期间不渗水；河塘围堰应设置在路基施工范围外。

2 应根据河塘面积安排足量的水泵排除河塘积水，并采取措施阻断四周地下水的回渗。

3 清淤

(1) 浆泵抽排：采用高压水枪身流冲淤泥以便形成泥浆，由泥浆泵将其抽排至废弃区。该方法施工容易，机具简单，宜用于中、小河塘的清淤。

(2) 机械挖除：河塘围堰排水后，采用筑岛或开挖施工平台，分台阶由挖掘机机械挖去淤泥运至指定废弃场，见图 7；该方法对河塘的排水要求较高，但清淤彻底可靠，并能形成规则的堤岸台阶便于回填压实，宜用于较大河塘的清淤。

4 河塘与路堤搭接部位，应在回填前开挖高 40cm、宽度不小于 100cm 的台阶，且台阶应向路堤内倾 3%。



图 7 河塘清淤

6.3.5 检查与验收

1 河塘清淤应彻底，河塘底无淤泥、腐殖质土及其它杂物。

2 台阶高度、宽度和坡比应符合设计和施工技术规范要求。

6.4 填土路基

6.4.1 一般要求

1 路基填筑前应按本指南 5.2.1-7 放样并用白灰撒好边线；地基层应经监理工程师验收合格。

2 路基填料应按本指南 5.2.2 进行试验，结果符合规范要求方可使用。

3 首件工程按本指南 5.5 执行。

4 填土路基应优先选用级配良好的砾类土、砂类土等粗粒土作为填料；采用细粒土填筑时，CBR 值不满足要求时，宜掺加石灰、水泥、粉煤灰等无机结合料进行改良；桥涵台背和挡土墙墙背应优先选用透水性材料、轻质材料等；浸水路基应选用渗水性良好且不易被冲刷的材料填筑。使用特殊材料作为填料时，应按相关标准作相应试验，必要时还应进行环境影响评估，经批准后方可使用。

5 填料强度和粒径，应符合《公路路基施工技术规范》(JTG F10-2006) 表 4.1.2 的规定。

6.4.2 施工准备

1 施工现场人员应按开工报告配置到位。

2 每个作业工区配备不少于表 3 的机械设备并保证运转良好。

3 技术准备按本指南 5.1、5.2 执行。

表 3 填土路基建议机械设备配备表

作业内容	月计划数量 (m^3)	配备机械设备类型和数量
填土路基	40000	2 台 $1 m^3$ 以上挖掘机, 2 台铧犁, 2 台 140kW 推土机, 2 台铧犁, 4 台旋耕机, 2 台激振力 (220KW 以上) 振动压路机或 4 台 18t 以上的三轮压路机, 根据运距配备适当数量的自卸车, 1 台 140kW 平地机, 1 台 10000L 洒水车, 1 台手扶式振动碾, 8~9km 配备一台冲击压路机。

6.4.3 施工工艺流程

填土路基施工工艺流程见图 8 所示。

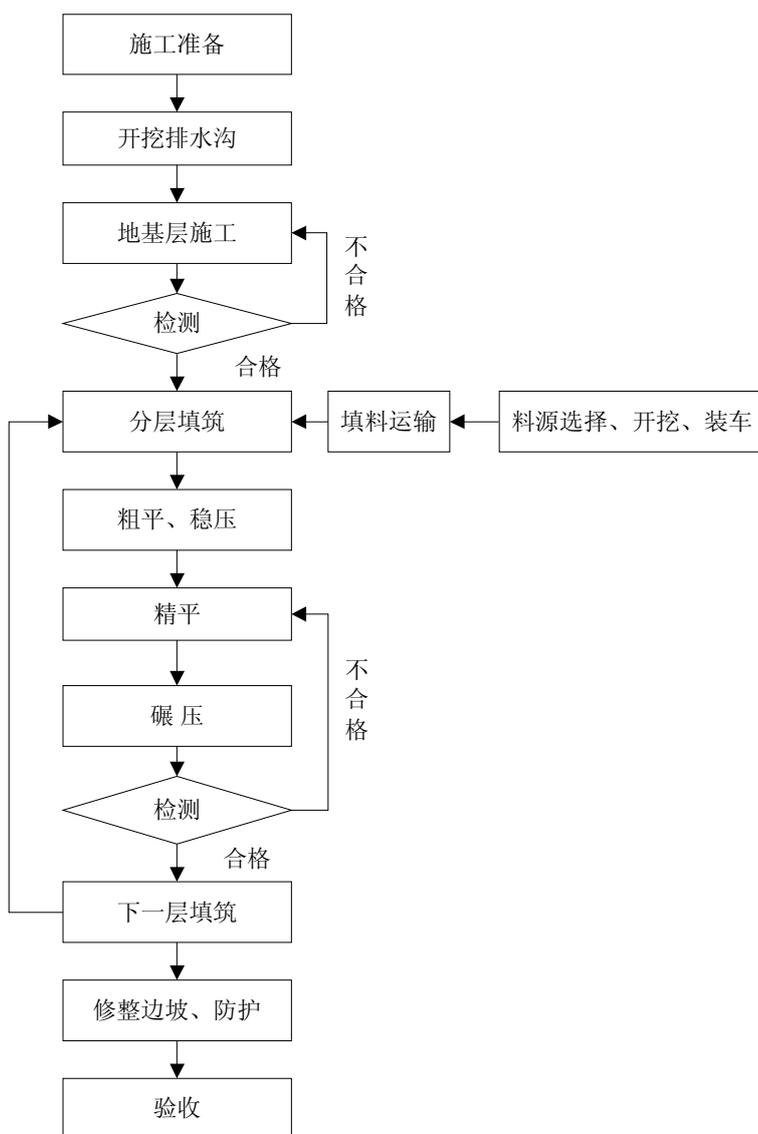


图 8 填土路基施工工艺流程图

6.4.4 施工技术要点

1 性质不同的填料，应水平分层、分段填筑，分层压实。同一水平层路基的全宽应采用同一种填料，不得混合填筑。每种填料的填筑层压实后的连续厚度不宜小于 50cm。填筑路床顶最后一层时，压实后的厚度应不小于 10cm。

2 对潮湿或冻融敏感性小的填料应填筑在路基上层，强度较小的填料应填筑在下层。在有地下水的路段或临水路基范围内，宜填筑透水性好的填料。

3 在透水性不好的压实层上填筑透水性较好的填料前，应在其表面设 2~4% 的双向横坡，并采取相应的防水措施；不得在由透水性较好的填料所填筑的路堤边坡上覆盖透水性不好的填料。

4 填筑路堤宜采用水平分层填筑法施工，即按横断面全宽水平分层次逐层向上

填筑，如原地面不平，应从最低处分层填起，逐层压实，每填一层，经过压实符合规定要求之后，再填上一层。

5 宜实行“划格上土，平地机整平”，见图 9。根据自卸车容量、土的密度、经验松铺系数计算每车土的摊铺面积，用白灰在下承层上打好网格，运输车卸土后，先用推土机粗平，含水率偏高应翻松、晾晒，含水率偏低应洒水、翻拌。宜在高于最佳含水率 2%~3%时，由平地机整平形成路拱，见图 10。



图 9 划格上土



图 10 推土机、平地机联合整平

6 碾压前，应对填土层的松铺厚度、含水率进行检查，符合要求后方可碾压；超宽碾压至少 15cm，用灰线打出碾压边线，见图 11；先静压，后振动碾压，碾压时直线段路基应从两边向中间碾压的方法施工，曲线段由内侧向外侧，纵向进退式进行；压路机的碾压行驶速度不得超过 4km/h，碾压应达到无漏压、无死角、确保碾压均匀，见图 12；路基填筑每 3~5 层应使用冲击压路机补充碾压，见图 13，碾压前应对构造物采取保护措施。



图11 超宽碾压



图12 光轮、振动压路机配合碾压



图13 冲击碾压

7 填方分几个作业段施工时，接头部位如不能交替填筑，则先填路段，应按 1:1 坡度分层留台阶；如能交替填筑，则应分层相互交替搭接，搭接长度不小于 2m。

6.4.5 路基整修

- 1 路基完成后，在中间交工验收前应对路基表面及边坡进行修整。
- 2 土质路基表面的整修，可用机械配合人工切土或补土，并配合压路机碾压。补填的土层压实厚度应不小于 10cm，压实后表面应平整，不得松散、起皮。
- 3 土质路基边坡整修前应精确测量放样，撒白灰标示出路堤两侧的超填和不足

之处。

4 整修坡面需将路基两侧超填的宽度采用机械切除，再人工配合刷坡到位。当坡面填土不足或边坡受雨水冲刷形成冲沟和坍塌缺口时，应自下而上将边坡挖成台阶，分层填补、夯实，再按设计坡面刷坡。

5 路基坡脚线至征地地线之间的边坡平台部分整修工作在路基顶面和边坡整修完成后进行；平台部分整修要求：横坡 3%，不出现平坡和反坡；纵坡和高程与路基边沟顶面吻合。

6.4.6 检查与验收

- 1 路基表面应平整，边线直顺，曲线圆滑。
- 2 路基边坡坡面平顺、稳定，不得亏坡，做到曲线圆滑。见图 14



图 14 路基整修

3 土质路基压实度标准应符合《公路路基施工技术规范》(JTG F10-2006) 表 4.2.2-1 的规定；压实度检测应符合以下规定：

(1) 碾压达到首件工程确定的碾压遍数后，宜采用灌砂（水袋）法检验压实度，经监理工程师抽检合格后，方可转入下道工序。对不合格路段，应进行补压后再做检验，直到合格为止。

(2) 灌砂法、灌水(水袋)法检测压实度时，取土样的底面位置为每一压实层底部；用核子仪试验时，应根据其类型，按说明书要求办理。

(3) 施工过程中，每一压实层均应检验压实度，检测频率为每 1000m² 至少检验 2 点，不足 1000 m² 时检验 2 点，必要时可根据需要增加检验点。

4 路堤填筑至设计标高并整修完成后，其施工质量标准应符合《公路路基施工技术规范》(JTG F10-2006) 表 4.2.2-2 的规定。

6.5 填石路基

6.5.1 一般要求

1 路堤施工前，应实行首件工程，确定松铺厚度、压实机械型号及组合、压实速度及压实遍数、沉降差等参数。

2 路床施工前，应实行首件工程，确定能达到最大压实干密度的松铺厚度、压实机械型号及组合、压实速度及压实遍数、沉降差等参数。

3 首件工程按本指南 5.5 执行。

6.5.2 施工准备

1 施工现场人员应按开工报告配置到位。

2 每个作业工区配备不少于表 4 所列设备，保证设备运转良好。

表 4 填石路基建议机械设备配备表

作业内容	月计划数量 (m^3)	配备机械设备类型和数量
填石路基	40000	2 台 $1m^3$ 挖掘机，2 台 135kW 推土机，1 台 $3 m^3$ 装载机，2 台激振力不小于 200KV 的振动压路机，每 4~5km 路段配备 1 台振动羊足碾，8~9km 配备一台冲击压路机根据运距配备适当数量的自卸车。

3 技术准备按本指南 5.1、5.2 执行。

6.5.3 施工工艺流程

施工工艺流程见图 15。

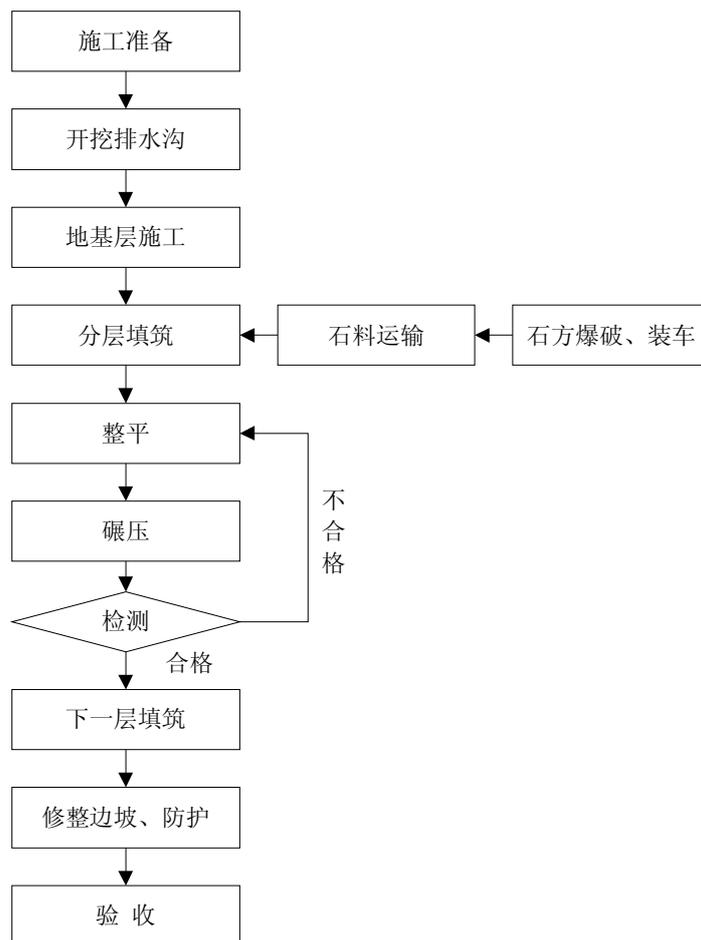


图 15 填石路基施工工艺流程图

6.5.4 施工技术要点

1 填石路基应分层填筑、压实。填筑宜从一端卸料向前推进，大型推土机或平地机按首件工程确定的松铺厚度摊铺，见图 16，使大小不同的混合料都能找到最佳位置，达到粗细颗粒分布均匀，避免出现粗细颗粒离析现象；超粒径石料宜采用机械改小或剔除，见图 17。



图 16 平地机整平



图 17 挖掘机剔除超粒径石料

2 填筑时，应安排好石料运输路线，由专人指挥；水平分层、先低后高、先两侧后中央上料，并用大功率推土机推平；个别不平处应配合细石块、石屑找平。

3 岩性相差较大的填料应分层或分段填筑。严禁将软质石料与硬质石料混合使用。

4 中硬、硬质石料填筑路堤时，应进行边坡码砌，码砌边坡的石料强度、尺寸及码砌厚度应符合设计要求，见图 18；边坡码砌与路基填筑宜基本同步进行。



图 18 石质路基边坡码砌

5 碾压应先两侧后中间，压实路线应纵向平行；压实机械应选用自重不小于 18t 的振动压路机，见图 19；路基填筑每 3~5 层应使用冲击压路机补充碾压，见图 20，碾压前应对构造物采取保护措施。



图 19 振动压路机碾压的石方路基



图 20 冲击压路机冲击碾压

6 在填石路基顶面与细粒土填土层之间应按设计要求设过渡层。

6.5.5 路基整修

1 石质路基表面整修时应用石屑嵌缝紧密、平整，不得有坑槽和松石，不得薄层贴补。

2 石质路基边坡整修按本指南 6.4.5 第 2、3、4 条执行，整修时坡面上的松石、

危石应及时清除。

6.5.6 检查与验收

1 填石路基成型后的外观质量标准：路基表面无明显孔洞。大粒径石料不松动，铁锹挖动困难。边坡码砌紧贴、密实，无明显孔洞、松动，砌块间承接面向内倾斜，坡面平顺。

2 填石路基施工过程中的每一压实层，可用首件工程确定的工艺流程和工艺参数，控制压实过程；用首件工程确定的沉降差指标检测压实质量。上下路堤的压实质量标准见《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）表 4.2.3-1 的规定。

3 填石路堤填筑至设计标高并整修完成后，其施工质量应符合《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）表 4.2.3-2 的规定。

6.6 土石混填路基

6.6.1 一般要求

1 当石块含量在 30%--70%时，应按土石混合料填筑要求施工，见图 21。



图 21 推土机摊铺土石混合料

2 施工前，应根据土石混合材料的类别分别进行首件工程施工，确定能达到最大压实干密度的松铺厚度、压实机械型号及组合、压实速度及压实遍数、沉降差等参数。

3 首件工程按 5.5 执行；路基填料按 5.2.2 进行试验，结果符合规范要求方可使用。

6.6.2 施工准备

1 施工现场人员应按开工报告配置到位。

2 每个作业工区配备不少于表 5 所列设备，保证设备运转良好。

表 5 土石混填路基建议机械设备配备表

作业内容	月计划数量 (m^3)	配备机械设备类型和数量
土石混填路基	40000	2 台 $1m^3$ 挖掘机, 1 台 135kW 推土机, 1 台 120kW 平地机, 1 台激振力不小于 200KV 的振动压路机, 每 4~5km 路段配备 1 台振动羊足碾, 8~9km 配备一台冲击压路机, 根据运距配备适当数量的自卸车。

6.6.3 施工工艺流程

土石混填施工工艺流程同填石路基施工工艺流程, 见图 15。

6.6.4 施工技术要点

1 天然土石混合填料中, 中硬、硬质石料的最大粒径不得大于压实层厚的 $2/3$ 。石料为强风化石料或软质石料时, 其 CBR 值应符合规范路基填料最小强度要求, 石料最大粒径不得大于压实层厚。

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

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

4 土石混合料经整平后, 一般先用振动压路机静压, 然后弱振, 再强振, 具体按首件工程确定的碾压工艺进行碾压; 压路机的行驶速度由慢到快, 最大时速不得超过 $4km/h$ 。碾压顺序应为先两侧, 后中间, 纵向进退式进行, 横向重叠 $40\sim 50cm$, 纵向重叠 $100\sim 150cm$, 做到无漏压、无死角; 路基填筑每 3~5 层应使用冲击压路机补充碾压, 碾压前应对构造物采取保护措施。

5 碾压前应使大粒径石料均匀分散在填料中, 石料间孔隙应填充小粒径石料、土和石渣。

6 填料由土石混合材料变化为其它填料时, 土石混合材料最后一层的压实厚度应小于 $30cm$, 该层填料最大粒径宜小于 $15cm$, 压实后, 该层表面应无孔洞。

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

6.6.5 路基整修

- 1 路基整修按本指南 6.5.5 执行。

6.6.6 检查与验收

1 中硬、硬质石料土石路基施工过程中的每一压实层，可用首件工程确定的工艺流程和工艺参数，控制压实过程；用首件工程确定的沉降差指标，检测压实质量。路基成型后质量标准见《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）表 4.2.3-2 的规定。

2 软质石料填筑的土石路基质量标准见《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）表 4.2.3-2 的规定。

3 土石路基的外观质量标准：路基表面无明显孔洞；大粒径填石无松动，铁锹挖动困难；中硬、硬质石料土石路基边坡码砌紧贴、密实，无明显孔洞、松动，砌块间承接面应向内倾斜，坡面平顺。

6.7 天然砂砾石路基

6.7.1 一般要求

- 1 砂砾石路基应采用级配良好的天然砂砾石，级配不良时应掺配。
- 2 天然砂砾石含泥量填在原地面以上 2m 范围内不大于 10%、其余部分不大于 15%，砾石含量不小于 60%，最大粒径路床不大于 100mm、路堤不大于 150 mm。应在料源处或运输车辆上设置筛网，筛除超粒径颗粒。
- 3 施工前应实行首件工程认可制，确定施工含水率的控制范围、松铺厚度、压实机械型号及组合、压实速度及压实遍数、沉降差等参数。

6.7.2 施工准备

- 1 施工现场人员应按开工报告配置到位。
- 2 每个作业工区配备不少于表 6 所列设备，保证设备运转良好。

表 6 天然砂砾石路基建议机械设备配备表

作业内容	月计划数量 (m ³)	配备机械设备类型和数量
砂砾石路基	40000	2 台 1m ³ 挖掘机, 1 台 135kW 推土机, 1 台 162kW 装载机, 1 台 120kW 平地机, 2 台激振力不小于 200KV 的振动压路机, 2 台 10000L 洒水车, 1 台手扶式振动碾, 根据运距配备适当数量的自卸车。

3 技术准备按本指南 5.1、5.2 执行。

6.7.3 施工工艺流程

施工工艺流程，见图 22。

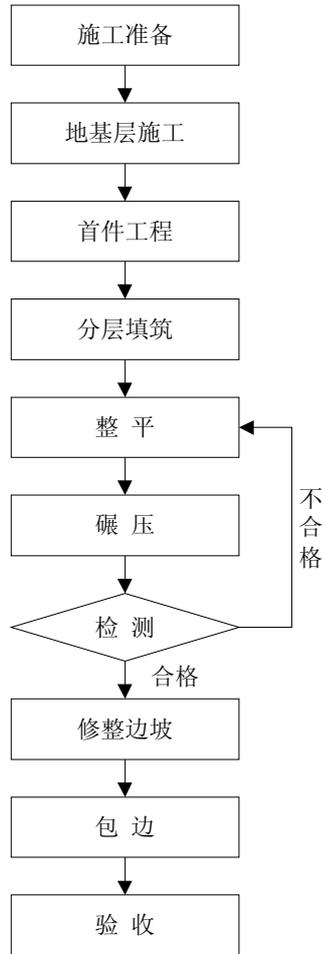


图 22 天然砂砾石路基施工工艺流程图

6.7.4 施工技术要点

1 基底经检验合格后，根据自卸车容量计算堆土间距，在施工路段打上网格，均匀卸料，用推土机按设计松铺厚度在整个路基宽度内进行摊铺并进行粗平，见图 23。每层松铺厚度不宜超过 30cm。摊铺宽度每侧应超出设计宽度 50cm。在摊铺过程中应由人工配合装载机将砂砾石中的超粒径颗粒进行清除并及时消除粗细集料离析现象，见图 24。



图 23 推土机摊铺天然砂砾石路基



图 24 人工配合装载机清除超粒径颗粒

2 摊铺后应用振动压路机快速静压一遍，暴露的潜在不平整，再用平地机进行精平，见图 25。测定厚度后，在最佳含水率时进行碾压。如表面水份蒸发较多、明显干燥，应在其表面喷洒适量水，再进行碾压。

3 碾压时，应采用先静压、后弱振、再强振的方式，最后静压收光。碾压的宽度不小于设计宽度。局部表面不平整应及时补平并补压。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路肩进行碾压。沿线路纵向行与行之间重叠压实不应小于 40cm，各区段交接处，纵向搭接压实长度不应小于 2m，上下两层填筑接头应错开不小于 3.0m，见图 26。



图 25 天然砂砾石路基平地机精平



图 26 天然砂砾石路基碾压

4 横向接缝处填料应翻挖并与新铺的填料混合均匀后再进行碾压，并注意调整其含水率，纵向应避免工作缝。

5 已完成的路基表层应禁止或限制车辆通行，并适量洒水润湿养护，防止表层干燥松散。严禁在已完成的或正在碾压的路段上调头或急刹车。

6 天然砂砾石路基碾压完成，经检测合格后，应削坡至设计宽度，再用素土包边并拍实。一般应保证包边土厚 30~50cm。如果有绿化平台，包边土可达到 150cm。

6.7.5 路基整修

- 1 路基整修按本指南 6.4.5 执行。

6.7.6 检查与验收

- 1 表面应平整密实、无坑洼，施工接茬应平整、稳定。
- 2 路基边坡坡面平顺、稳定，曲线圆滑。
- 3 天然砂砾石路基施工质量标准应符合《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）表 4.2.3-2 的规定。

6.8 高填方路基

6.8.1 一般要求

- 1 高填方路基应优先安排施工，利于工后沉降。
- 2 施工前应仔细对填方区进行现场勘查，掌握填方区地质情况。对于特殊地基，根据设计和施工规范的要求，按特殊地基处理方法进行基底处理。覆盖层较浅的岩石地基，应清除覆盖层。
- 3 高填方路基填料宜优先选用强度高、水稳性好的材料和轻质材料。受水淹、浸的部分，应采用水稳性和透水性均好的材料。
- 4 规模化施工前必须按不同填料要求进行高填方路基首件工程的施工，首件工程认可后，方可开展后续规模化施工。首件工程按本指南 5.5 执行。

6.8.2 施工工艺流程

施工工艺流程见图 27。

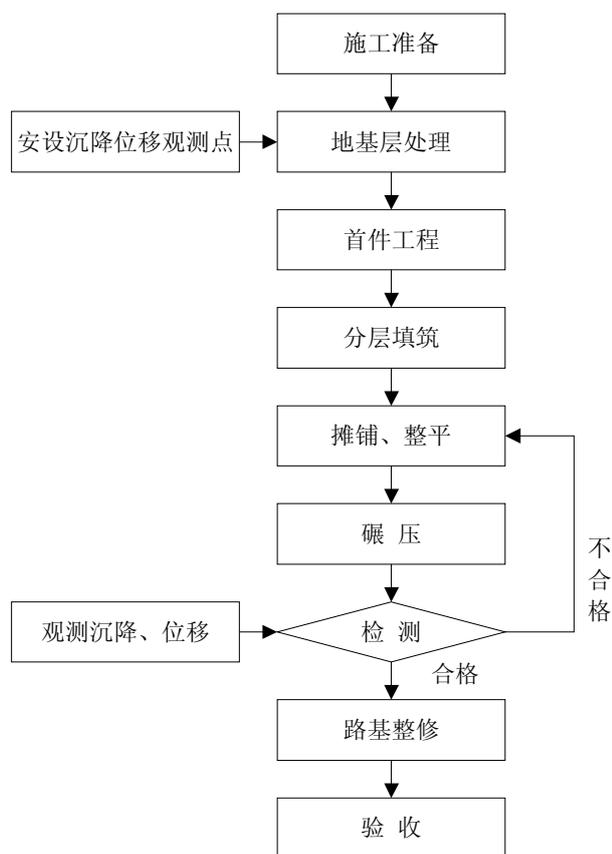


图 27 高填方路基施工工艺流程图

6.8.3 施工技术要点

1 高填方路基施工的工序，填土路基按本指南 6.4 执行，填石路基按本指南 6.5 执行，土石混填路基按本指南 6.6 执行。

2 施工中应按设计要求预留路基高度与宽度，填筑至设计标高后要按要求进行超载预压。

3 在施工过程中，每填筑 2~3 层时，须重新测量放样，定出中桩，测量高程，放样定出填筑边线，以确保路基填筑宽度及成型的路基线型。

4 当路基填筑高度超过 1.5m 时，路基顶面边缘应设置不低于 30cm、开口间隔不大于 30m 的挡水堰，开口处设置临时泄水槽至坡脚排水沟。

5 高填方路基除按正常工序施工外，应采用冲击式压路机进行补充碾压；碾压前应对构造物采取保护措施；碾压时以路中线为分界线，从路基的一侧向另一侧转圈冲碾，冲碾顺序符合“由边向中”错轮进行，轮迹覆盖整个路基表面为冲碾一遍。冲击碾压运行路线示意图见图 28。

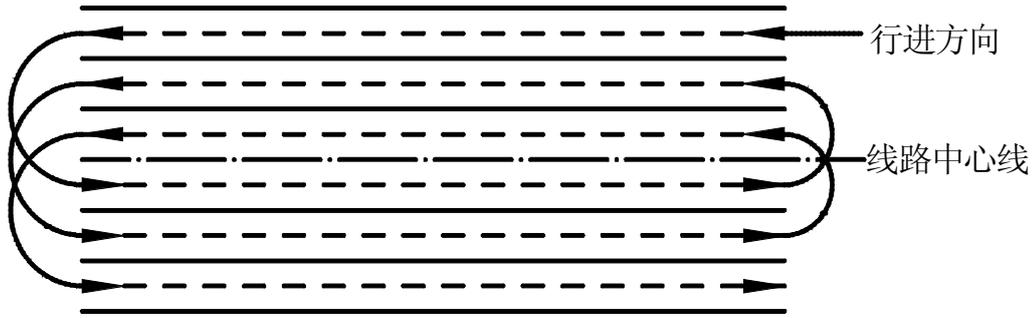


图 28 冲击碾压运行路线示意图

(1) 填筑长度大于等于 80m，且冲击碾压深度 2m 内无涵洞或其它构造物时，填土路基每填高 2m 应冲碾补强一次，填石路基每填高 3m 冲碾补强一次；路基 96 区（挖方段为石方的路段除外）顶面倒数第二层宜全线冲击碾压一次；路基冲击碾压一次不宜少于 20 遍，并通过试验确定。对砂性土、含水量高的粘性土不宜采用。

(2) 冲击碾压不得代替常规压实，冲击碾压前常规压实应完成且压实度合格；拟冲碾路段的高程、填筑层数、厚度应记录清晰。

(3) 冲碾设备无法进入的施工地段，可采用 80T 的强振动压路机进行碾压补强。

(4) 冲碾补强路基质量以冲碾后沉降量控制。

6 高填方路基开始填筑时应埋设沉降板、测斜管，见图 29，在施工过程中和预压期内做好沉降观测和位移观测，进行动态监控，控制填筑速度，并根据实测资料推算评估工后沉降，指导后续工程施工。



图 29 高填方路基观测板埋设

(1) 沉降和位移观测要遵循“五固定”原则：依据的基准点、工作基点和被观测点点位要固定；仪器、设备要固定；观测人员要固定；观测时的环境条件基本固定；

观测路线、镜位、程序和方法要固定。

(2) 沉降与稳定监测与观测的适用方法和范围见表 7。

表 7 高填方路基监测方法

观测项目	器具名称	观测目的
地表水平位移量及隆起量	地表水平位移桩（边桩）	用于稳定监控，确保路基施工安全和稳定
地下土体分层水平位移量	地下水平位移计（测斜管）	用于稳定监控和研究，掌握分层位移量，推定土体剪切破坏位置，必要时采用
路基顶沉降量	地表型沉降计（沉降板或桩）	用于工后沉降监控，预测工后沉降趋势，确定路面施工时间

(3) 观测点的位置如图 30，数量及埋设按设计或合同文件要求布设。

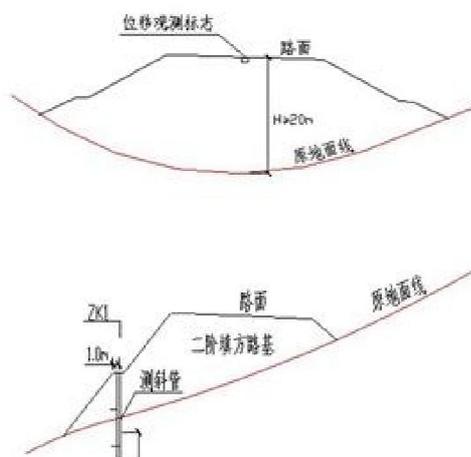


图 30 高填方路基观测点埋设位置

(4) 在施工期间应严格按设计或合同文件要求同步进行沉降和稳定的跟踪观测；在观测过程中如出现异常情况应立即进行检查，处理完毕后，方能继续观测；观测成果应及时整理和汇总分析，及时指导施工和作为评估依据，并作为工程验收的资料归档。

6.8.4 路基整修

- 1 高填方路基表面整修根据填料不同按本指南 6.4.5 第 1 条或 6.5.5 第 1 条执行。
- 2 高填方路基 $H \leq 8\text{m}$ 时采用一级边坡，当 $8\text{m} < H \leq 16\text{m}$ 时采用二级，两级坡之间设置 2m 宽的平台。每填 1.2m 左右高度进行一次修整边坡。边坡整修按本指南 6.4.5 第 2、3、4 条执行。石质路基边坡整修时坡面上的松石、危石应及时清除。

6.8.5 检查验收

- 1 路基表面平整，边线直顺；边坡坡面平顺、稳定，曲线圆滑。
- 2 土质路基压实度标准应符合《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）表 4.2.2-1 的规定，其施工质量标准应符合《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）表 4.2.2-2 的规定。填石路基、土石混填路基压实质量标准应符合《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）表 4.2.3-1 的规定，其施工质量标准应符合《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）表 4.2.3-2 的规定。

7 挖方路基

7.1 一般规定

7.1.1 承包人应在挖方路基开工前 14 天上报开挖工程断面图，经监理工程师批准后方可开挖。

7.1.2 挖方作业应保持边坡稳定，不得对邻近的结构物及设施产生损坏或干扰；对地下管线、缆线、文物和其他构造物应做好妥善保护；居民区附近的开挖，承包人应采取有效措施，以保护居民区房屋及保证居民和施工人员的安全，并为附近居民的生活及交通提供临时便道或便桥。

7.1.3 路堑挖方材料宜尽量予以利用；对于可用作路基填料的挖方，应分类开挖，分类使用；除图纸规定或被监理工程师认定为非适用材料外，不得随意废弃，施工中应做到填、挖、借、弃合理。开挖中出现石方，承包人应测量土石分界线，经监理工程师鉴定认可后，分层开挖；如出现零星石方，承包人应在事前量测石方数量，报监理工程师批准后方可继续施工。

7.1.4 整个施工期间，承包人应保证路基施工区域排水通畅，避免因排水不当而造成工程损坏。

7.1.5 深挖路基施工应在设计的边坡防护方案获批准后实施，施工过程中应根据开挖情况随时进行地质核查，并对边坡稳定性进行监测；如实际情况与设计不符，应会同设计单位等进行处理；应根据地形特征设置边坡控制点。

7.1.6 填挖结合部应在路堑端挖台阶与填方路堤相衔接，台阶宽度不宜小于压路机碾压宽度，路床顶面衔接长度不宜小于 5m。

7.2 土质路堑开挖施工

7.2.1 施工准备

- 1 施工现场人员应按开工报告配置到位。
- 2 每个作业工区配备不少于表 8 所列设备，保证设备运转良好。

表 8 土质路堑施工建议设备配备表

作业内容	月计划数量 (m^3)	配备机械设备类型和数量
土质路堑开挖	40000	挖掘机 ($1m^3$ 以上) 2 台, 推土机 (120KW 以上) 2 台, 自卸车 (15t 以上) 10 台。 根据运距配备适当数量的自卸车。

7.2.2 施工工艺流程

土质路堑开挖施工工艺流程见图 31。

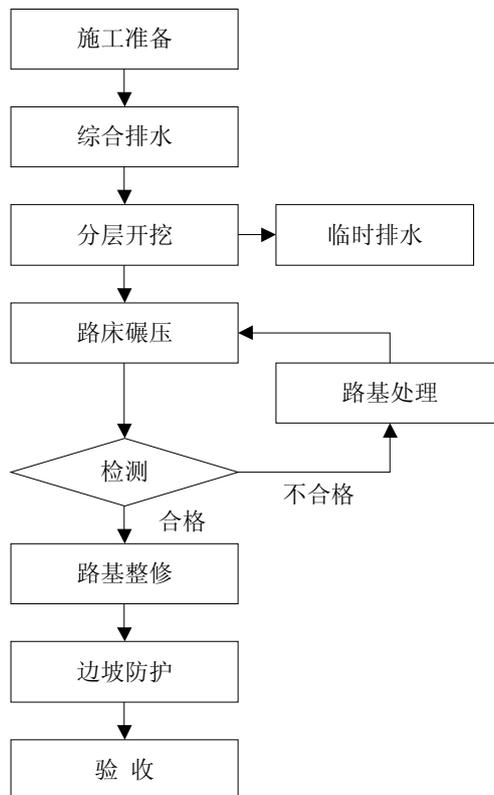


图 31 土质路堑开挖施工工艺流程图

7.2.3 施工技术要点

1 土质路堑开挖应根据地面坡度、开挖断面、纵向长度及出土方向等因素，结合土方调配，选用安全、经济的开挖方案。宜采用挖掘机配自卸车联合运输，推土机推平弃土。

2 路堑开挖应根据实际地形、地貌在适当位置先行设置截水沟，路床施工前应先开挖两侧边沟（纵向坡度不小于 1%），在渗水量大的部位有针对性地设置仰斜排水孔，并在边沟底设置渗沟；边沟及渗水沟开挖后，应与排水系统顺接并及时进行防渗处理；施工过程中排水系统要及时维护保排水通畅，保证施工作业面不积水。

3 路堑开挖应按设计断面测量放样；按自上而下的顺序进行，随挖随修整边坡，并及时对坡面进行复测，不得乱挖、超挖，严禁掏底开挖；在开挖至边坡线时，应预留 30cm 厚度以便刷坡，并确保刷坡过程中设计边坡线外的土层不受到扰动；开挖一级、防护一级、绿化一级，需保证边坡平台和坡面排水顺畅。

4 开挖至路床部位后，应尽快进行路床施工；如不能及时进行，应在设计路床顶标高以上预留至少 30cm 厚的保护层，待路床施工前挖除；挖方路基路床顶面终止标高，应考虑因压实而产生的下沉量，其值通过试验确定。



图 32 土方开挖



图 33 挖方边坡修整

5 当路床土含水率过大或为含水层时，应采取设置盲沟、换填、改良土质、铺设土工织物等处理措施，处理所需填料除应满足规范要求外，还应具有良好的水稳性和透水性能；路床表层以下为非适用土、不满足 CBR 值要求，整理完成的路槽测试弯沉不合格时，应换填符合路基强度的土，换填深度应满足设计要求，一般为 80cm~100cm，并应分层回填压实。

6 边坡开挖揭露土质、地下水等因素与设计地质不符时，应及时汇报会监理工程师，并综合其防护形式分析坡体稳定性考虑是否需要设计变更；路基开挖中，基于实际情况，如需修改设计边坡坡度、截水沟和边沟的位置及尺寸等时，应及时按规定报批。

7.3 石质路堑开挖施工

7.3.1 一般要求

1 石方开挖应根据岩石的类别、风化程度、岩层产状、岩体断裂构造、施工环境等因素确定开挖方案，石方开挖严禁采用峒式爆破，宜采用松动、深孔爆破，近边

坡部分宜采用光面爆破或预裂爆破，见图 34，图 35。

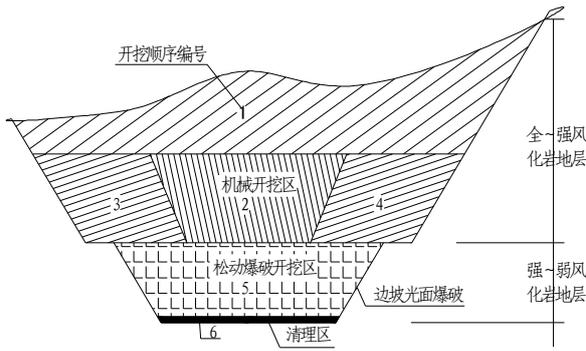


图 34 顺层路堑-弱风化层开挖示意图

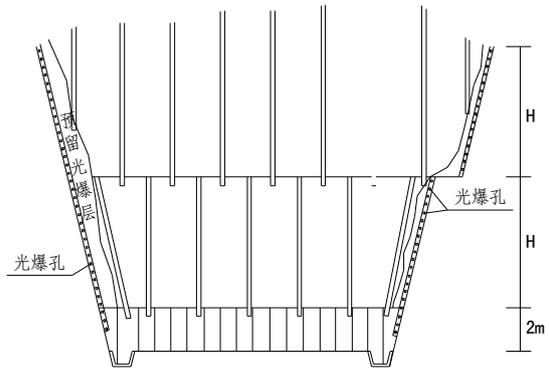


图 35 深路堑爆破开挖示意图

2 石方需用爆破法开挖的路段，如空中有缆线，应查明其平面位置和高度；还应调查地下有无管线，应查明其平面位置和埋设深度；同时应调查开挖边界线外的建筑物结构类型，完好程度、距开挖界距离，然后制定详细的爆破技术安全方案，必须确保空中缆线、地下管线和施工区边界处建筑物的安全。

7.3.2 现场准备

1 爆破施工组织设计应按相关规定报批；爆破的技术人员、现场操作人员应经过岗前培训，并取得资格证书。

2 爆破器材的存放地点、数量、警卫、收发、安全措施等，报监理工程师审核并经相关部门批准；爆破器材应进行严格的检查，应有出厂合格证书；电雷管和导爆索使用之前应进行检测。

3 每个作业工区配备不少于表 9 所列设备，保证设备运转正常。

表 9 石质路堑施工建议设备配备表

作业内容	月计划数量 (m^3)	配备机械设备类型和数量
路堑开挖	40000	风动凿岩机 2 套, 挖掘机 (1m^3 以上) 2 台, 装载机 (3m^3 以上) 1 台, 根据运距配备适当数量的自卸车。

7.3.3 施工工艺流程

石质路堑开挖施工流程见图 36 所示。

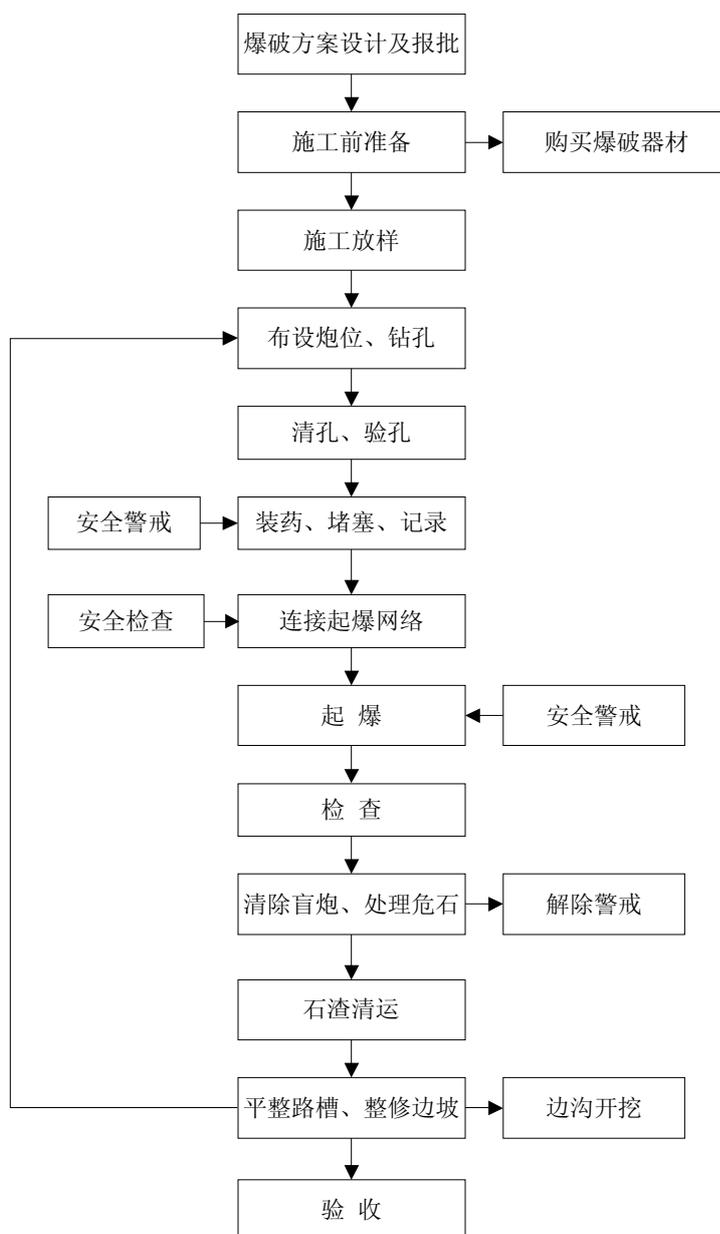


图 36 石质路堑开挖施工工艺流程图

7.3.4 施工技术要点

1 石方爆破宜采用拉槽法：拉槽法开挖应自拉槽的两端中部首先起爆，形成数个临空面，然后采用深孔梯段爆破，向拉槽中部推进，见图 37；拉槽施工应采用竖孔爆破方式，严禁采用平孔爆破；在距设计坡面线 3~5m 范围应采用光面爆破；光面爆破要求竖孔炮眼的间距不大于 1m，见图 38 和图 39。爆破作业应符合《爆破安全规程》（GB 6722-2003）的规定。



图 37 拉槽法石方爆破路段

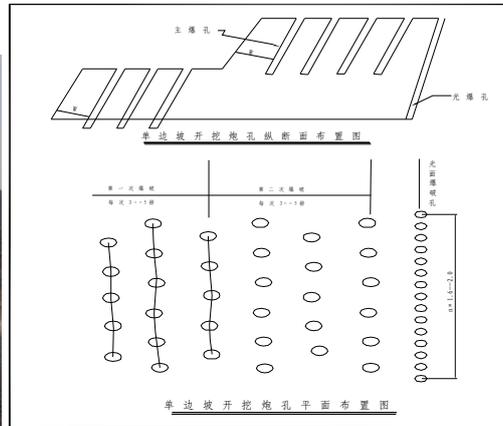


图 38 爆破炮孔布置示意图

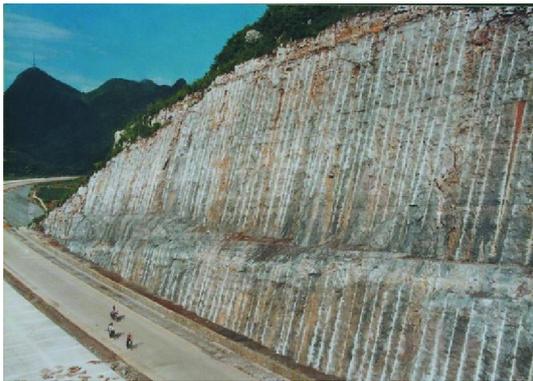


图 39 石质路堑光面爆破效果



图 40 深孔钻钻孔

2 应根据爆破施工组织设计规定的炮位、直径和孔深打眼，宜使用深孔钻钻孔，见图 40。当工程量小、工期允许时，可采用人工打眼。

3 应按设计药量控制装药量；装药后应用木杆捣实、黏土封堵，封堵的长度应符合规定要求，见图 41；封堵时应保护好起爆线路。

4 起爆网络应按规范进行连接，爆破前应检查起爆网络。

5 安全警戒设置应从装药前开始，防止非作业人员进入现场；网络连接后，工

作人员逐渐撤离，警戒、防护人员在指定地点就位，实行区段封闭，防止人、车进入爆区；起爆前，防护工程、安全警戒，确认满足要求后才能下达起爆指令。

6 爆破前应根据安全要求对爆体进行覆盖，以减少飞石；根据安全、环保要求设置隔离墙、防震沟。

7 起爆后，应在爆破手、专职安全员确定没有哑炮后，施工机械方可进入现场开挖作业；开挖前应对已开挖边坡上的浮石进行清理。

8 宜采用挖掘机开挖，大型推土机或平地机整平。对于未能破碎的孤石或超大石头宜采用破碎锤改小，也可采用爆破改小。

9 石质高路堑应纵向拉槽，横向分层爆破、分层开挖，见图 42。



图 41 人工装药



图 42 分层爆破、分层开挖

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

11 石质路床应开挖边沟，并与排水系统顺接；有裂隙水时，应采用渗沟连通。

7.4 路堑整修

7.4.1 土质路床顶面超出设计部分应用平地机刮除，石质路床顶面标高超出设计部分应用微爆破清理，超挖部分应按照与原路床相同的材料回填并碾压密实。

7.4.2 路堑边坡整修应精确放样，应按设计要求的坡度，自上而下进行刷坡，不得覆土贴补；对于土质或软石边坡可用人工、机械清刷，应清除边坡上的危石、松石；对于坚石和次坚石，宜采用局部微爆破清刷。

7.4.3 在整修需加固的坡面时，应预留加固位置。对于石质路堑，如出现过量超挖，应用浆砌片石填补超挖坑槽。当边坡受雨水冲刷形成小冲沟时，应将原边坡挖成

台阶，分层填补、夯实。如填料的厚度很小时可用种草植土填补，但应顺适、美观、牢靠。

7.4.4 水沟应采用人工进行整修，不得随意用土填补沟面缺损部位；路堑边沟施工完成后，应对碎落台进行整平。

7.4.5 路基修整完毕后，堆弃路基范围内的建筑垃圾应予清除。

7.5 挖方路基检查与验收

7.5.1 过程检查标准：光面爆破坡面上应均匀留下 50%以上的炮孔痕迹，不应有明显的爆震裂纹预裂；爆破的预裂缝宽不宜小于 5~20mm，缝深不得小于孔深。

7.5.2 路堑坡面应平顺、稳定，不得有亏坡，曲线应圆滑，石质路堑边坡不得有松石。对于中硬质岩石，边坡平整度小于±15cm/2m；对于软质岩石，边坡平整度小于±10cm/2m。检测频率：沿路线纵向每 100m 抽样检验 5 处，单侧边坡抽样检验 8 点（上、下部各 4 点）；路基表面应平整，边线直顺，曲线应圆滑。

7.5.3 护坡道、碎落台应按设计要求设置，外形应整齐、美观。

7.5.4 土质路堑施工质量标准应符合《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）表 4.2.2-2 的规定；石质路堑施工质量标准应符合《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）表 4.2.3-2 的规定。

7.5.5 边坡的防护与绿化施工，应执行《边坡与绿化工程施工标准化指南》的相应条款。

8 路基衔接施工

8.1 路基与构造物衔接施工

8.1.1 一般要求

- 1 台背回填应按 5.5 实行首件制。
- 2 台背回填应在结构物达到设计或规范规定的强度，隐蔽工程验收合格后进行。
- 3 台背回填的范围：
 - (1) 通道、涵洞工程：顶部长度不小于 2 倍台高+2m，底部为基础外沿 3~5m。
 - (2) 桥梁工程：顶部长度不小于 2 倍台高+3m；拱桥台背回填长度不应小于台高的 3~4 倍；底部为基础外沿 3~5 m。
- 4 填料宜采用透水性材料、轻质材料、无机结合料等，非透水性材料不得直接用于回填。
- 5 严格按设计文件施工过渡段。过渡段压实度应不小于 96%，同时纵向和横向防排水系统应连接通畅。

8.1.2 施工准备

- 1 施工现场人员、机械应按开工报告配置到位。

8.1.3 施工工艺流程见图 43。

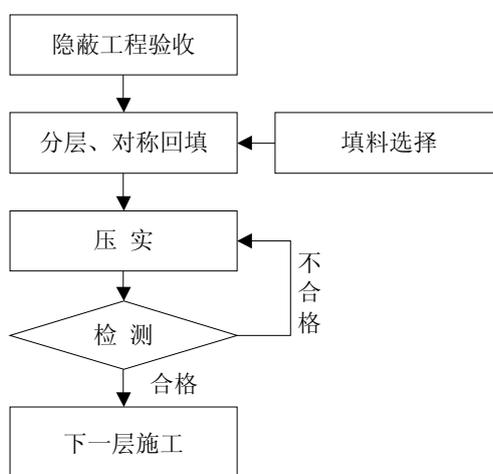


图 43 台背回填施工工艺流程图

8.1.4 施工技术要点

1 台背回填应与路基同步施工，不能同步施工时应严格要求开挖台阶。台阶宽度不小于 2m，台高不大于 1m、内倾 2%~4%，见图 44。桥台背和锥坡的回填施工宜同步进行，一次填满，并保证压实整修后能达到设计宽度；台背回填部分的路床宜与路堤路床同步填筑。

2 回填施工应采用大型压路机为主，在边、角处及靠近结构物墙体 50cm 的位置应采用小型压实机具进行压实。采用小型夯实机具夯实铺筑厚度不得大于 10 cm，压实度应不小于 96%，见图 45。



图 44 台背回填压实施工



图 45 台背回填局部夯实

3 回填严格分层填筑，严禁向坑内倾倒，每层最大压实厚度不大于 15cm，应在结构物墙身左中右位置，用油漆划出每层压实厚度控制标线，并标注层位编号，见图 46。



图 46 台背回填压实控制标线



图 47 肋板式桥台台背回填

4 台背回填必须在结构物浇筑完成后并达到设计强度后进行。台背填土的顺序应符合设计要求。梁式桥的轻型桥台台背填土，宜在梁体安装完成后进行；梁板架设前最多对称回填至 1/3 墙高。柱、肋式桥台台背填土，宜在台帽施工前，柱、肋侧对称、

平衡地进行，见图 47。涵洞应在盖板安装或浇筑后，在洞身两侧对称分层回填压实，顶面填土压实厚度大于 50 cm 时，方可通过重型机械；回填前，八字墙、一字墙以及支撑梁必须完成。

5 使用石灰改善土回填，填料宜采用集中拌和。

6 在回填过程中，应做好纵、横向防排水系统以防止水的侵害，回填结束后顶部应及时封闭。回填过程中宜在台背与路基的结合处采用土工格室等补强，见图 48。



图 48 台背土工格室铺设



图 49 台背回填压实度检测

8.1.5 检查与验收

1 台背回填压实度检测频率为 50m^2 检验 1 点，不足 50m^2 至少检验 1 点，见图 49。压实度要求从基底至结构物顶部或路床顶面均为 96%。

2 衔接路基地段与路基线型、高程、断面一致，坡面平顺、密实，符合设计要求。

3 施工文件、技术文件、检测项目文件归档完备。

8.2 半填半挖路基、填挖过渡段

8.2.1 施工准备、工艺流程与普通地段填挖路基相同。

8.2.2 施工技术要点

1 半填半挖路基应从填方坡脚起向上设置向内侧倾斜 4% 的台阶，台阶宽度不小于 2m；在挖方一侧，台阶应与每个行车道宽度一致，位置重合。见图 50。



图 50 填挖结合处纵向台阶



图 51 填挖结合处横向台阶

2 若挖方区为石质，应清除原地面松散风化层，按设计开凿台阶，孤石、石笋应清除；填方区宜采用填石路基，见图 51。

3 若挖方区为土质，除按设计设置台阶外，应加强填挖结合部位质量控制，结合部两侧两个台阶压实度标准可提高 1% 控制；宜在结合部两侧各 10 m 或两侧两个台阶部位采用土工格栅补强。

4 纵向填挖结合段、应从填方低点设置台阶，台阶宽度宜满足压实机械横向碾压。

5 填筑前应严格处理横向、纵向、原地面等结合界面，确保路基整体性，见图 52。

6 地面水及地下水应采用渗沟、盲沟等措施引出路基以外，进入排水沟。

7 高度小于 80cm 的路堤、零填及挖方路床的加固换填宜选用水稳性较好的材料；宜采用土工格栅等补强，见图 53。



图 52 填挖过渡段处理



图 53 填挖结合部格栅补强

8.2.3 检查与验收

1 加强对衔接段施工控制，应提高施工控制参数的检测频率。

- 2 接缝两侧各不小于 500c m 范围内压实度标准宜适当提高。
- 3 完备挖填交界区域的施工记录和检测文件。
- 4 土质路基施工质量标准应符合《公路路基施工技术规范》(JTG F10-2006) 表 4.2.2-2 的规定。填石路基、土石混填路基施工质量标准应符合《公路路基施工技术规范》(JTG F10-2006) 表 4.2.3-2 的规定。

9 特殊路基

9.1 一般规定

9.1.1 特殊路基施工，应实行首件工程，编制专项施工方案。

9.2 膨胀土路基

9.2.1 一般要求

1 强膨胀土不得作为路堤填料；弱膨胀土及中膨胀土可用于路堤填筑，应采用换土、湿度控制、改性等方法处治。

2 胀缩总率不超过 0.7%的弱膨胀土，可作为路堤填料直接填筑，应采取防水、保温、封闭、坡面防护等措施；路堤两边边坡部分及路堤顶面要用非膨胀土作封层，必要时须铺一层土工布，从而形成包心填方；路基完成后，不能及时进行上层施工时，应对顶层做封闭层处理，其厚度不小于 20cm，横坡不小于 2%。

3 中等膨胀土作为路堤填料应采用掺加石灰、水泥或 NCS 固化材料加以改性；掺加材料的最佳配比，以其改性后胀缩总率不超过 0.7%为宜。

4 膨胀土路基可采用“三素一灰”这类“夹心饼干”式填筑方式，以提高路基强度、增强隔水效果。

5 膨胀土地基层处理应重视隔水、排水方案的论证。

6 膨胀土路基边坡坡率应根据路堤的高度、填料重塑后的性质、区域气候特点综合确定。

7 膨胀土路基施工时应重视临时排水：挡水捻的宽度和高度应符合要求，增加临时急流槽，及时检查与清理挡水捻与急流槽交口的堵塞。膨胀土路基应及时进行边坡修整与防护。

9.2.2 石灰改性膨胀土施工

1 一般要求

(1) 石灰应符合 III 级以上标准，宜采用磨细生石灰粉，块灰在使用前 7~10d 充分消解，消石灰存放时间宜控制在 2 个月以内，存放期间应采取切实可行的防雨措施。

(2) 施工前，填料应进行相关试验，并报监理工程师审批。进行混合料的击实试验时，使用的石灰应与工地所用的石灰相同。

(3) 石灰和土的用量应按设计要求控制准确，拌和均匀，路拌深度应达到层底。未消解的生石灰块应剔除。

(4) 首件工程按本指南 5.5 执行。

2 施工准备

(1) 施工现场人员应按开工报告要求配置到位。

(2) 机械设备每个工区应综合施工条件、进度计划等因素，配备不少于表 10 所列设备。

表 10 石灰改性膨胀土路基建议机械设备配备表

作业内容	月计划数量 (m^3)	配备机械设备类型和数量
石灰改性膨胀土路基	20000	2 台 $1 m^3$ 以上挖掘机，2 台 103KW 以上推土机，1 台 162kW 装载机，2 台铧犁，6 台旋耕机，2 台 323kW 稳定土拌和机，2 台激振力不小于 200KW 以上的振动压路机，2 台 21t 以上三轮压路机，根据运距配备适当数量的自卸车，1 台 170kW 平地机，1 台 10000L 洒水车，2 台手扶式振动碾。

3 石灰改性膨胀土施工工艺

石灰改性膨胀土施工工艺如图 54。

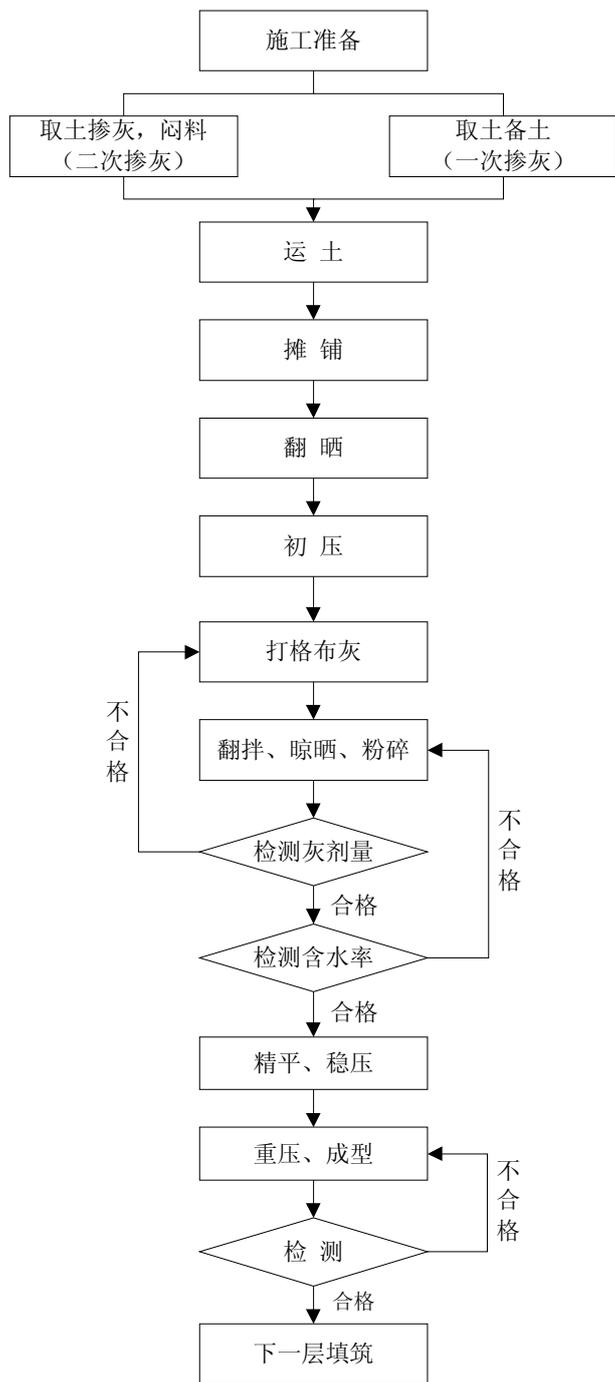


图 54 石灰改性膨胀土施工工艺流程图

4 施工技术要点

(1) 当原状土的含水率在最佳含水率+3%~+5%的范围时，宜采用路拌一次掺灰的施工工艺。原状土含水率过大或黏性土时，应采用二次掺灰工艺：第一次在取土坑掺 2%左右的生石灰，焖料 3 天左右，焖料过程中应每天对焖料进行翻拌，着重拌和均匀，见图 55；熟料上路后根据测定含灰量添加消石灰路拌，以满足含灰量、粒径要

求。也可采用厂拌设备进行集中拌和，分段摊铺，见图 56。



图 55 经过“焖料”处理的改性土



图 56 厂拌改性土

(2) 根据自卸车容量计算上土间距，并在下承层上打网格，将素土或“砂化土”卸下，按首件工程总结的松铺厚度用推土机将土粗平。

(3) 用铧犁连续翻拌，以降低土含水率；当土含水率降至最佳含水率+3%~5%范围时，宜用压路机稳压；稳压后根据含灰量要求布灰或添灰，用推土机、平地机或人工把石灰摊平；为了含灰量准确，宜采用网格控制布灰，见图 57。

(4) 采用稳定土拌和机对灰土进行拌和、粉碎，至少进行两遍；拌和应深入下承层面 5~10mm，不得出现素土夹层，应设专人跟机检查、监督、控制，见图 58；现场过筛检测土颗粒大小，符合要求方可进入下道工序。



图 57 网格布灰



图 58 灰土拌和机拌和

(5) 灰土粉碎后，应及时进行灰剂量和含水率测试。若灰剂量偏低，应尽快补灰并用稳定土拌和机拌和；含水率不满足要求，应翻拌或洒水处理。

(6) 当土的含水率处于最佳含水率-1%~2%时，用压路机或履带式推土机稳压一遍，再用平地机进行整平、整型后碾压。

(7) 采用激振力不小于 18 吨的振动压路机和不小于 21 吨静压光轮压路机按首件工程确定的工艺从两边向中间进行碾压，弯道由内侧向外侧进行碾压；一般先用振

动压路机压 2 遍，然后用光轮压路机连续碾压到压实度符合要求，中途不得停顿；压路机数量应满足压实需要，以减少碾压成型时间，每层碾压时间不应超过 1 天，见图 59；碾压过程中应行走顺直，低速行驶；桥头处 10m 范围内横向碾压。

（8）改性土施工宜采用“群机作业、小段成活”，保证改性土混合料施工的时效。

（9）改性土宜采用土工布覆盖养生，应保持一定的湿度，不应过湿或忽干忽湿，见图 60。



图 59 振动与光轮压路机联合碾压



图 60 改性土覆盖土工布养生

5 检查与验收

（1）表面平整密实、无坑洼；接头平顺。

（2）过程检查粒径控制标准为：大于 5cm 的颗粒含量应低于 5%，大于 2cm 的颗粒含量应低于 20%，对于含有较多结核的土料，大于 2cm 的颗粒含量要求低于 30%；灰剂量应符合设计要求。

（3）石灰改性膨胀土施工质量标准应符合《公路路基施工技术规范》（JTG F10-2006）表 4.2.2-2 的规定。

9.2.3 水泥改性膨胀土施工

1 一般要求

（1）宜采用终凝时间较长的缓凝水泥，水泥应有出厂合格证和质量证明文件，进场后应取样试验，合格后方可使用。袋装水泥存放期间应采取切实可行的防雨措施。

（2）一般 $I_p < 12$ 的土质，如低液限砂土和粉性土，也宜采用水泥改善。

（3）施工前，填料应进行相关试验，并报监理工程师审批。

（4）下承层应经验收合格，测量放样后用白灰撒好边线。

2 施工准备

每个施工工区应综合施工条件、进度计划等因素，配备不少于表 11 所列设备。

表 11 水泥改性膨胀土设备建议配备表

作业内容	月计划数量 (m^3)	配备机械设备类型和数量
水泥改性膨胀土路基	20000	2 台 $1 m^3$ 以上挖掘机, 2 台 103KW 以上推土机, 1 台 162kW 装载机, 2 台铧犁, 6 台旋耕机, 2 台 323kW 稳定土拌和机, 2 台激振力不小于 200KW 以上的振动压路机, 2 台 21t 以上三轮压路机, 根据运距配备适当数量的自卸车, 1 台 170kW 平地机, 1 台 10000L 洒水车, 2 台手扶式振动碾

3 水泥改性膨胀土施工工艺

水泥改性膨胀土施工工艺见图 61。

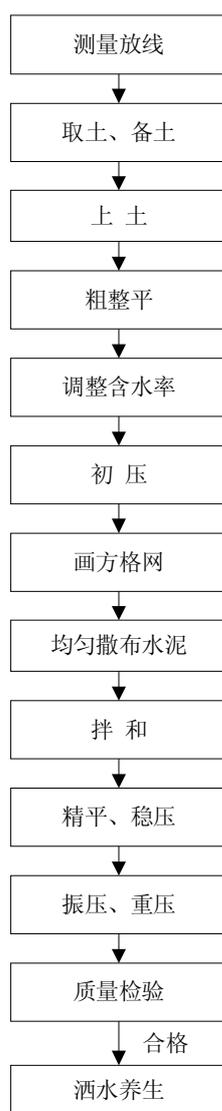


图 61 水泥改性膨胀土施工工艺流程图

4 施工技术要点

(1) 水泥改性膨胀土与一次掺石灰改性膨胀土施工技术要点基本相同，可参照 9.2.2-4 执行。

(2) 水泥改性膨胀土施工时还应注意以下几点：

① 水泥改性膨胀土关键在于控制从加水拌和到成型的时间，应合理组织、配备足够的机械设备，把施工成型时间控制在 2~3h。

② 对于填料原状土的含水率超过最佳含水率 5% 时宜进行翻晒。当原状土的含水率在最佳含水率+3% 到最佳含水率+5% 的范围时，采用路拌法掺水泥施工工艺的，应一次掺足设计剂量的水泥；当原状土的含水率低于最佳含水率+3% 时，宜适量补水。

③ 根据配合比设计的水泥用量，计算出便于控制水泥用量的方格长度，宜用白灰线标示；袋装水泥宜采用人工撒布，散装水泥应采用撒布车；施工控制水泥剂量应比设计提高 0.5%~1%。

④ 混合料拌和应以色泽均匀，没灰条、灰团和花面，没粗细粒料“窝”，作为合格标准。

5 检查与验收

按本指南 9.2.2 -5 执行。

9.2.4 膨胀土挖方路基

1 一般要求

(1) 开挖的强膨胀土不应作为路堤填料。

(2) 开挖的弱膨胀土及中等膨胀土作为路堤填料时应经改性处理后方可填筑。弱膨胀土作为路堤填料时，若胀缩总率不超过 0.7%，可直接填筑，并采取防水、保温、封闭、坡面防护等措施；膨胀土改性处理的掺灰最佳配比，以其掺灰后胀缩总率不超过 0.7% 为宜。

2 施工准备

施工准备与施工工艺流程与普通挖方相同，无特殊要求。参照本指南 9.2.2 相关条款实施。

3 施工技术要点

(1) 路床 80cm 范围内膨胀土应换填为符合《公路路基设计规范》(JTG D30-2004) 规定的填料或者进行膨胀土改性。对强膨胀土路床的换填深度应加深至 1.0~1.5m, 并采取地下水排水措施。

(2) 膨胀土路堑边坡设计应遵循：“缓坡率、宽平台、固坡脚”的原则。边坡坡

率根据土质的性质、软弱层和裂隙的组合关系、气候特点、水文地质条件，以及自然山坡、人工边坡的稳定坡度等综合确定。

(3) 膨胀土路堑施工时应避开雨季作业，加强现场排水；路堑开挖后各紧后工序应紧密衔接，连续施工。

(4) 膨胀土路堑边坡应设置完善排水系统，及时引排地面水（包括坡面积水）和地下水；可采用仰斜式排水孔、支撑渗沟和纵向渗沟排水。边坡不应一次挖到设计线，宜沿边坡预留 30~50cm，待路堑挖完后，再削去预留部分；边坡修整后，应立即进行防护，防止雨水侵蚀。

(5) 强膨胀土路堑边坡应采用支挡结构进行防护，基础埋深应在大气风化作用影响度以下。支挡结构基坑应采取措施防止暴晒或浸水。

4 检查与验收

(1) 换填后验收标准见本指南第 6 章路基填方各种填料路基标准。

(2) 掺灰处理验收标准见本指南 9.2.2-5。

9.3 粉土路基

9.3.1 一般要求

- 1 粉土不得直接填筑于浸水部分的路堤，粉土不宜直接填筑于路床。
- 2 施工便道应修筑在路基以外，严禁使用路堤作为施工便道。
- 3 取土场附近应设置水源，当取土场内粉土含水率不能满足施工要求时，可采用加水焖土的方法提高含水率。
- 4 粉土施工过程中要完善临时排水与路基永久排水设施相结合，减少水对粉土路基的影响、破坏。
- 5 及时对成型粉土路基的防护工程进行施工，确保路基的稳定性。

9.3.2 施工准备

- 1 施工现场人员应按开工报告配置到位。
- 2 每个作业工区配备不少于表 12 所列设备，保证设备运转良好。

表 12 粉土路基建议机械设备配备表

作业内容	月计划数量 (m^3)	配备机械设备类型和数量
粉土路基	40000	2 台 $1 m^3$ 挖掘机, 2 台 103kW 推土机, 1 台 162kW 装载机, 2 台铧

		犁，2台激振器不小于200KW的振动压路机，4台21t三轮压路机，2台20t以下的轮胎压路机，根据运距配备适当数量的自卸车，1台120kW平地机，1台10000L洒水车，8~9km配备一台冲击压路机。
--	--	--

3 首件工程按本指南 5.5 执行。

9.3.3 施工工艺流程

施工工艺流程，见图 62。

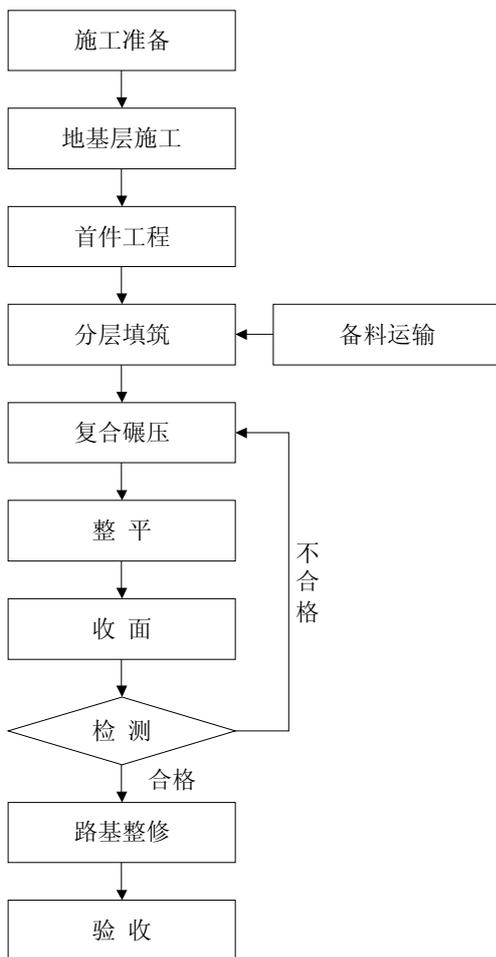


图 62 粉土路基施工工艺流程图

9.3.4 施工技术要点

1 取土前应再次对土质作分析试验，验证粉土的标准击实成果，并确认含水率是否符合施工要求，如达不到施工要求时，应采用土场焖土等方法提高含水率，以满足施工要求。

2 粉土路基施工段宜为 100m。摊铺时应划格上土，控制填料堆积间距，严格控制每层的松铺厚度，尽量缩短摊铺时间。

3 摊铺时先用推土机初平，再用平地机精平；因粉土的保水性差，初平与精平要同时穿插进行，以节约时间，减少水分损失。

4 粉土施工关键是含水率的控制问题，施工中应设专职试验检测人员进行含水率的测定工作，宜在最佳含水量+3%以内进行碾压。

5 粉土施工宜采用振动压路机和冲击压路机复合碾压，静载压路机配合压实，见图 63、64；先振动后静压，先强振后弱振，先低速后高速的组合压实方式；冲击碾压应不少于 6 遍；碾压结束后宜用轮胎压路机“收面”。



图 63 振动碾压后的粉土路基



图 64 冲击碾压后的粉土路基

6 粉土路基每一层施工碾压成型后，应立即封闭交通，洒水养护；下一层施工上土时，严格控制施工机械的行驶速度，不得在下层土上高速行驶、紧急制动、调头。

7 粉土路基施工必须保持连续性，在不得已停歇 2 天以上时，必须洒水闷浸 2h 后补压，补压遍数为 1~2 遍。补压宜采用轮胎压路机补压，消除表面“脱皮”现象。

8 粉土的直立性差，为加强填挖界面结合和防止填挖边界存在压实盲点，平台宽度应 $\geq 2\text{m}$ ，再用平地机或推土机将填挖边界削成直线，立面应成 $\geq 70^\circ$ 的仰角。

9 粉土用作路床填料时，宜采用水泥、石灰、粉煤灰等进行改良后方可进行施工。粉土改良土的施工参照本指南 9.2.2、9.2.3 执行。

9.3.5 检查与验收

按本指南 6.4.6 执行。

9.4 红砂岩路基

9.4.1 一般要求

1 红砂岩具有遇水崩解和膨胀，高吸水性、透水性与难蒸发性、低粘结性、易风化性和不均匀沉降等不良特性，其爆破施工、填筑等环节质量控制较难，但大量废

弃影响环境、浪费资源，宜分类使用：一类和二类红砂岩可作为高速公路的 90、94 区填料，但路基两侧宜做不小于 150cm 宽的适宜填料的“包边”；三类红砂岩强度高、不崩解，按填石处理。

9.4.2 红砂岩填方路基施工工艺流程

红砂岩填方路基施工工艺流程见图 65。

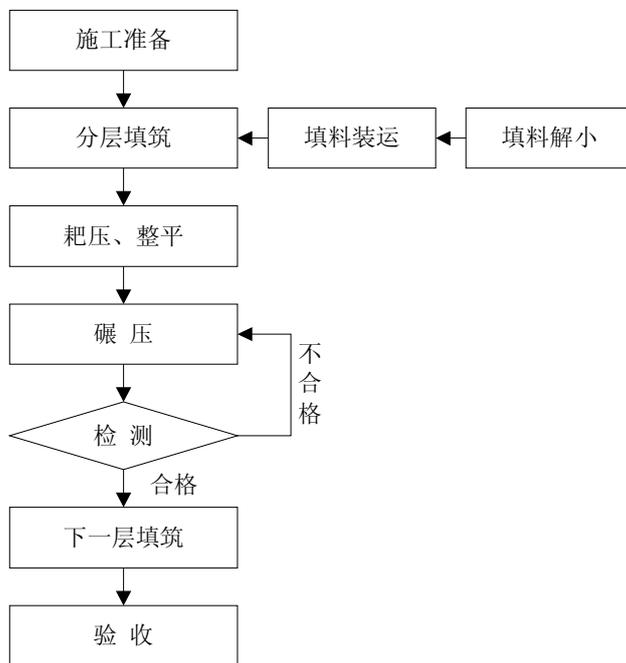


图 65 红砂岩路基施工工艺流程图

1 做好测量放样、场地清理等准备工作。

2 进行首件工程的施工，确定施工压实工艺主要参数如：压实机械型号及组合、松铺厚度、碾压速度、碾压遍数、最佳含水量、碾压时含水量允许偏差、以及过程质量控制方法、指标等根据。

3 填料准备、装运：对于不崩解性红砂岩按照填石路基处理；对于崩解性红砂岩根据施工现场情况对粒径超过 20cm 的红砂岩进行崩解处理。

自然处理：将红砂岩填料运至崩解场地放置一定时间，任其自然崩解破碎；气温较高时，应每天洒水；一般 8~15 天即可达到崩解目的。

机械处理：采用破碎锤对大块红砂岩进行解小处理，见图 66。

4 分层填筑：松铺厚度由试验确定，一般按 40cm 控制，填料量用方格网控制，用不小于 D85 的推土机粗平。施工中应避免不同类型的红砂岩同层填筑。

5 耙压、整平：利用推土机将红砂岩填料推平、压碎，再利用推土机后挂的松土齿耙松，并将较大的颗粒耙出，再推、压较大颗粒，如此反复多次，直至大颗粒基本压碎，见图 67；耙压施工遍数宜不少于三遍，经耙压后的填料最大粒径不大于 20cm；对于不符合粒径要求的红砂岩应采用机械破碎、剔除，见图 68；采用平地机由两侧向路中间整平。



图 66 破碎超粒径红砂岩



图 67 推土机带松土器耙压红砂



图 68 剔除超粒径红砂岩



图 69 羊足碾碾压红砂岩路基

6 碾压

(1) 耙压后的红砂岩当其粒径和松铺厚度以及含水量均符合要求后应尽快碾压。

(2) 碾压时首先静压，再使用激振力不小于 50 吨的羊足碾振压，碾压 3-5 遍，行驶速度控制在 2~3km/h，见图 69，然后用大功率振动压路机振压；碾压时遵循先慢后快、先轻后重、先两侧后中间、轮迹重叠 1/3 的原则，碾压时应均匀，无漏压、无死角。

(3) 对于 96 区顶、94 区顶、以及 93 区以下路基部分每填高 2m 一次，应采用冲击压路机补充碾压，见图 70。



图 70 冲击压路机补充碾压红砂岩路基

9.4.3 红砂岩填方路基施工技术要点

- 1 红砂岩路基施工前应对红砂岩进行膨胀性试验，可采用掺加水泥、石灰等材料进行改性，宜掺加水泥。
- 2 不能使用大型压路机碾压的部位不宜采用红砂岩填料。
- 3 红砂岩填料在碾压前的含水量，应控制在最佳含水量 $\pm 1\%$ 的范围内；雨中及雨后，路基施工表面未干时，不宜开放交通。
- 4 红砂岩填方路基的路拱横向坡宜采用 4%。
- 5 对于采用红砂岩填筑的高填方路段，应根据红砂岩击实试件的饱和抗剪强度验算路堤的稳定性。

9.4.4 红砂岩挖方路基施工技术要点

- 1 红砂岩为软岩路基材料，开挖以小型松动爆破为主；对风化严重节理发育的岩层宜采用微差爆破。
- 2 根据断面高度和超深确定钻孔深度，一次钻好竖、斜向孔，分两次引爆，综合利用路堑爆破和光面爆破能量。
- 3 路床顶面 30cm 厚度范围内不得用红砂岩填筑，应改用 CBR 值不小于 8.0%、密实性较好的材料换填。
- 4 红砂岩挖方边坡宜采用植生袋，土工格栅，见图 71，锚杆加固和客土喷播等进行防护。



图 71 红砂岩边坡防护

9.4.5 检查与验收

1 红砂岩路基压实度可采用灌砂法作为参考，用压实沉降差和外观检查为主要检查方法。沉降差控制在 3mm，单点值不大于 5mm。

2 压实沉降差法：在路基上用随机取样的方法布设观测点，测其高程，然后用激振力不小于 50 吨振动压路机振动碾压一边，再测量高程，计算出沉降差。压路机速度 2.0~4.0km/h，频率 30hz；检测频率：12 点/2000m²，不足 200m²时，至少测 4 点。

3 外观检查：要求表面平整密实，无空隙、松石、坑洼及大石块，激振力 50 吨以上振动压路机振压后无明显轮迹。

9.5 软土地基处理

9.5.1 一般要求

1 软土路基的类型较多，各地处理的方式和经验不同，应做好充分的技术准备工作，调研当地类似工程处理经验，选择合适的处理方案。

2 实施过程中，如实际地质情况与设计不符或设计方案不能实施，应按有关规定进行优化、报批。

9.5.2 挖除换填

1 施工准备

(1) 适用于厚度小于 300cm 的不良软土。

(2) 材料要求

碎石：粒径宜为 19~63mm，含泥量不大于 10%。

砂砾：天然级配砂砾，最大粒径小于 100mm，含泥量不大于 5%，砾石强度为洛杉矶法磨耗率小于 60%。

石渣：最大粒径不大于 100mm，石料单轴饱水抗压强度不小于 30Mpa。

2 施工技术要点

(1) 挖除原地面以下一定范围内的不良土体。

(2) 在基底上铺筑一层粒径较大的片石或卵石，碾压稳定后再分层填筑符合要求的透水性材料，每层铺筑压实厚度不得超过 200mm，压实度必须达到设计或规范要求。

(3) 换填应宽出路基边脚不少于 0.5m。

9.5.3 碎石桩施工

1 施工准备

(1) 材料准备：应采用碎石粒径为 19~63mm，含泥量≤10%。

(2) 机械准备：施工设备应按照软土地基处理面积进行配置。对四车道高速公路，宜按 100m 配备 1 台振动沉桩机作为成孔设备，每台沉桩机配小型装载机 1 辆，发电机 1 台。

2 施工工艺流程

碎石桩施工工艺流程见图 72。

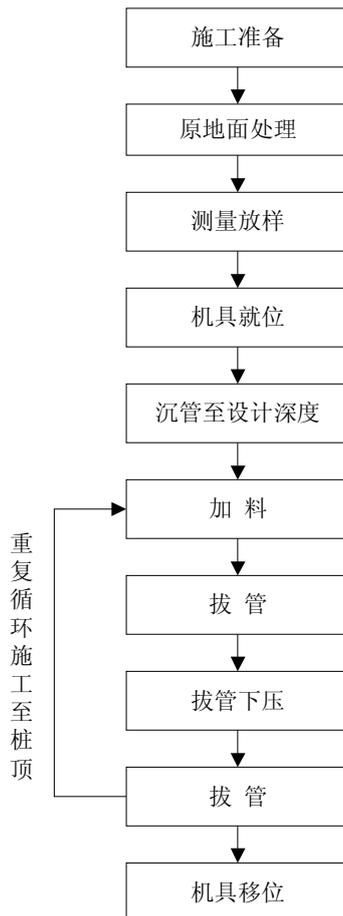


图 72 碎石桩施工工艺流程图

(1) 场地平整及桩位放样。清理平整场地后按照设计的桩位、桩间距、数量现场放样并编号，绘制桩位施工布点图并经监理工程师验收。

(2) 沉桩机就位。原地表过湿软路段应先铺设碎石垫层，确保振动沉桩机就位后稳定牢固，移动振动沉桩机及导向架，使桩管及桩间对准桩位，用线锤吊线检查桩管垂直度。

(3) 启动振动锤，将桩管边振动边沉入土层，每下沉 0.5m 留振 30s，沉入速度控制在 2~3m/min，直到设计深度后稍上提桩管，桩管下端的活瓣桩尖打开，以减少桩管起拔摩阻力。

(4) 停止振动，向桩管内装入规定数量的碎石（砂）。

(5) 开始振动拔管，将桩管提升到一定高度(不超过 2m)，提升时桩尖自动打开，桩管内的碎石（砂）料流入孔内。

(6) 振动下沉桩管，利用振动及桩尖的挤压作用使碎石（砂）密实。

(7) 重复(5)、(6)两道工序，桩管上下运动，碎石不断补充挤密，直至桩顶完成单桩施工。

3 施工技术要点

(1) 碎石桩施工前必须做试桩，以确定桩长、成桩时间、砾（碎）石投入量、施工顺序、单桩及复合地基承载力等参数。

(2) 碎石桩宜采用振动沉管法施工，施工顺序为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。

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

(4) 施工中应选用适宜的桩尖结构。当选用活瓣式桩靴时，砂性土地基宜采用尖锥型，黏性土地基宜采用平底型。

(5) 施工过程中，桩体材料应分批加入，每次加料量一般为 1 m 桩长的填料，碎石灌入总量按设计桩径理论值的 1.35 倍控制。当实际灌碎石量没有达到设计要求时，应在原位将桩打入，补充填灌砂(或碎石)后复打一次，或在旁边补桩。

(6) 施工过程中应严格控制沉管深度、拔管高度、拔管速度、压管次数和时间、制桩时间、每次碎石灌入量、反插次数、电流值等指标。监理工程师实行全过程旁站，并做好详细的施工记录。

(7) 施工过程中应及时调整桩长，确保每根桩的桩底标高均伸入软弱土层下的持力层 1.0~1.5m。

(8) 碎石桩施工过程中随时检查施工记录，对每根桩的质量进行评定，不合格桩要采取加桩处理。

(9) 碎石桩施工完成后，其顶部应按照设计要求铺设垫层。由于排水固结作用，原地面将产生下沉，应根据下沉情况调整垫层厚度，保证在原地面以上有 300mm 厚垫层。

(10) 在整个施工过程中，应保证碎石料不被周围土体污染。

4 检查与验收

(1) 质量检测应在施工结束后间隔一定时间进行。饱和黏性土宜为 2 周，其它土为 3~5d。

(2) 按设计要求进行放样，桩体定位、编号，并绘制施工桩位布置图，桩体应连续密实，不得有断桩、缩径、夹砂等缺陷。

(3) 砂桩 200cm 深度以下桩身密实度必须大于中密状态，碎石桩桩身密实度应符合设计要求。

(4) 碎石桩密实度检测要求用重 II 型动力触探测试，贯入量 10cm 时，击数应大于 5 次。

(5) 碎石桩处理软弱土地基应检验成桩及复合地基质量，其复合地基的承载力应符合设计要求。碎石桩处理后的可液化土地基，桩间土的加固效果应符合设计要求。

9.5.4 水泥搅拌桩

1 施工准备

(1) 现场准备：施工前应清除地下、空间障碍物，如块石、场内原有管线等，保证施工不受影响。施工场地周围开挖排水沟，保持排水畅通。

(2) 设备准备：进场后对施工机械设备配套情况、完好率情况等进行检查，认真核查桩机的主要技术性能，确保所用机型能满足施工要求。每台桩机必须配备电脑数据记录仪。

(3) 材料准备：采用强度等级为 32.5 的复合硅酸盐、粉煤灰硅酸盐、矿渣水泥及以上普通硅酸盐水泥。

(4) 技术准备：施工人员必须熟悉设计图纸、技术规范、施工方案、工艺要求等按要求在室内进行配比试验，确定满足设计要求的最佳水灰比、水泥掺入量。

2 施工工艺流程

水泥搅拌桩施工工艺流程见图 73。

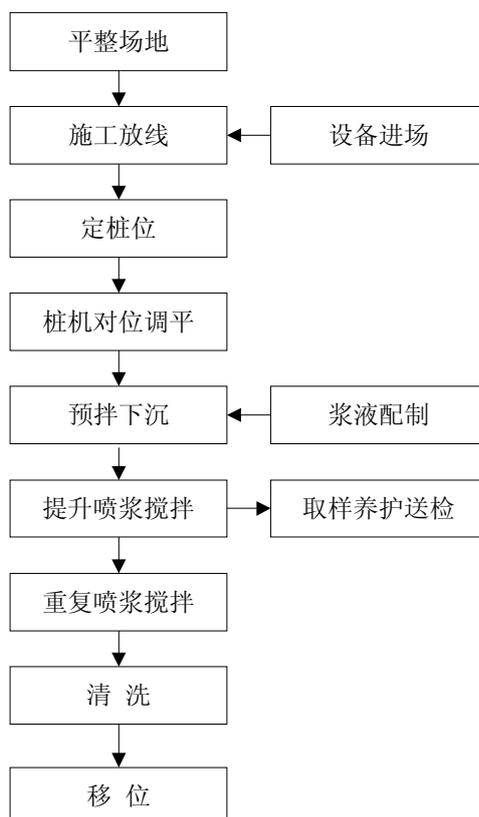


图 73 水泥搅拌桩施工工艺流程图

- (1) 施工段落在清表后将场地整平，当地基表层有淤泥或软弱层清淤后回填，场地做好排水坡，挖设排水沟，保证场内不积水。
- (2) 做好测量放样工作，按设计要求布置桩位，绘出布桩平面布置图，标出打桩顺序和注明桩位编号，见图 74。
- (3) 钻机定位：钻机安装调试，检查转速、空压设备、钻杆长度、钻头直径等，并连接好输浆管路，将钻机移到指定位置，进行桩位对中，见图 75。



图 74 水泥搅拌桩场地准备



图 75 钻机就位

(4) 预搅钻进：待搅拌机及相关设备运行正常后，启动搅拌电机，使搅拌机旋转切土下沉。钻进速度 $\leq 1.0\text{m}/\text{min}$ ，应控制在 $0.4\sim 0.7\text{m}/\text{min}$ 。

(5) 制备水泥浆：水泥浆液应按设计配合比拌制，水泥浆拌和时间不应少于 5min ，不得离析、沉淀，停置时间不得超过 2 小时，灌入浆液时应加筛过滤。

(6) 复搅：当钻头提升至距离原地面 50cm 左右时，再重新边喷浆边搅拌至桩底，连续喷浆 1min ，最后搅拌提升至地面，并做好施工记录，见图 76。



图 76 水泥搅拌桩钻进

(7) 机具移位：钻机移位，重复以上步骤，进行下根桩的施工。

(8) 机具清洗：当施工告一段落后，清洗全部管路中的残存水泥浆，并将粘附在搅拌头上的软土清洗干净。

(9) 桩头处理：桩体强度达到设计强度 70% 后，人工对搅拌桩桩头超灌部分进行凿除，并清除现场多余土层，待满足各项检测设计要求后，填筑卵、砾石垫层。

3 施工技术要点

(1) 施工前，根据现场情况，选择具有代表性的段落进行试桩，试桩不少于 5 根，以掌握成桩工艺，取得满足设计喷入量的钻进速度、提升速度、搅拌速度、喷浆压力、单位时间喷浆量等技术参数和浆液配合比。

(2) 为保证搅拌桩桩位的准确度和垂直度，需使用定位卡，并注意起吊设备的平整度和导向架对地面的垂直度。

(3) 浆喷桩机应配备电脑记录仪及打印设备，以便了解和控制水泥浆用量及喷浆均匀程度；开钻后泵送浆液必须连续，不得中断喷浆，防止断桩；严禁在未喷浆的情况下进行钻杆提升作业。

(4) 质量控制应贯穿施工的全过程，应随时检查施工记录和计量记录。重点检查水泥用量、钻头下沉和提升速度、供浆与停浆时间、喷浆高程及停浆面、复搅次数和喷浆深度、停浆处理方法等。

(5) 成桩过程发生意外事故（如提升过快、送浆道路堵塞、断电等），影响桩身质量时，应在 6 小时内采取补救措施，否则应重打；补桩喷浆重叠长度不得小于 1m，新桩距旧桩的距离不得大于桩距的 15%，并填报在施工记录表内备查。

(6) 地质发生变化、桩长须进行调整时，应采用工作密实电流加以控制，进入硬层深度 $\geq 50\text{cm}$ 。

4 检查与验收

(1) 施工允许偏差：桩位 50mm，桩身垂直度 1%，桩体有效直径不小于设计值。

(2) 成桩 3 天内，用轻型动力触探(N10)检查每米桩身的均匀性，见图 77，检查频率为每段落内总桩数的 2%，且不少于 3 根。



图 77 轻型动力触探检测

(3) 成桩 7 天后，采用浅层开挖、目测检查桩体搅拌均匀性、整体性及外观质量，并测量成桩直径。开挖深度为停浆面以下 1.5m 处，检查频率为每段落总桩数的 3%。

(4) 成桩 28 天后，钻芯取样做无侧限抗压强度试验，每根桩取 3 处，即距桩顶

及桩底 1.0 m 处，桩中间，每处取 2 个试件，见图 78。检验频率为每段落总桩数 3%，且不少于 3 根。同时检查搅拌均匀性、桩长及桩底是否穿过软土层。

(5) 成桩 28 天后，对单桩承载力及复合地基承载力进行检测，见图 79。检测频率为每施工段总桩数的 2%且不少于 3 根。



图 78 水泥搅拌桩芯样



图 79 单桩承载力检测

9.5.5 塑料排水板

1 施工准备

(1) 施工机械及材料准备

施工机械：可选用捋拔桩机或插板机进行施工。

材料准备：对采用的塑料插板进行验收，其品种、规格和质量要符合设计要求。

(2) 施工场地准备：清除原地面后，测量、放样并排水疏干，填筑路拱排水垫层，形成同路拱或横坡相同的坡度，碾压密实。

(3) 开工前应选择具有代表性的路段进行试验，总结施工工艺、质量控制措施，检测实施效果，试验总结报告审批后全面开工。

2 施工工艺流程

(1) 机具定位：根据布板的范围和间距，放出每个板的准确点位，插板机械依据从低处往高处打的原则安设，定位时要保证桩锤中心与地面定位在同一点上，并用经纬仪或其他观测办法控制桩锤与塔架的垂直。

(2) 塑料板与桩尖连接：在塔架插板卷筒上安装塑料板，将塑料板通过套管从管靴穿出，固定在桩尖上，并一起贴紧管靴对准板位。

(3) 沉管插板：开始时沉管要缓慢，套管入土深度距设计深度约 2m 时，要减慢沉管速度，防止超深或碰上基岩时能及时采取措施。

(4) 拔管剪塑料板：沉管到设计深度后即可拔管，套管拔出后剪断塑料板，在砂砾石垫层上留出 20~30cm，拔管时要连续缓慢进行。

(5) 铺高第二层砂砾石垫层：整段软土地基插板结束后，均匀等厚铺设第二层砂砾石垫层，厚度一般为 20~30 cm，要求覆盖塑料插板。压路机静压 6~8 遍，检查其压实度，一般要达到 90%以上。

(6) 预压荷载：荷载应均匀地堆加在砂砾石垫层上。一般预压荷载为上部土方填料，预压荷载采用变形控制，分层加载结束 24 小时观察位移速率和水平位移速率是否符合规定值要求。

3 施工技术要点

(1) 预制靴头可采用铁质或混凝土，将靴头套在空心套管端部，固定塑料排水板，并使其在下沉过程中能阻止泥砂进入套管。

(2) 不得使用长度不够的塑料排水板，塑料排水板不得接长使用。

(3) 插好的排水板伸入砂垫层不得小于 0.3m，插管形成的孔洞用砂填设，上拔导管带出的淤泥，予以清除，不得弃于砂垫层上，以免堵塞排水通道。

(4) 现场施工中严格控制好板距、板长、垂直度，打设过程中派专人监控，作好施工原始记录并及时收集整理。

(5) 塑料排水板的顶部伸入砂垫层长度应大于 0.3 m 或符合设计要求。排水板与锚销连接应可靠，锚销与导管下端口密封严密，以免进泥。

(6) 拔管时应防止带出排水板，当带出长度大于 0.5 m 时，必须重新补打。

(7) 应及时清除排水板周围带出的泥土并用砂子回填密实，不得污染外露的排水板。

9.5.6 水泥粉煤灰碎石（CFG）桩施工

1 一般要求

(1) 根据现场条件可选用下列施工方法：

① 长螺旋钻孔管内泵压混合料灌注成桩，适用于粘性土、粉土、砂土及噪声或泥浆污染要求严格的场地。

② 振动沉管灌注成桩，适用于粉土、粘性土及素填土地基。

(2) 按设计要求进行室内配合比试验，选定合适的配合比并经监理工程师批准；粉煤灰掺加量对施工和易性影响较大，应通过试验选定。

(3) 为检验 CFG 桩施工工艺、机械性能及质量控制，核对地质资料，在工程桩施工前，同一工点，相同地质条件应先做不少于 3 根试验桩，并在竖向全长钻去芯样，

检查桩身混凝土密实度、强度和桩身垂直度，根据发现的问题修订施工工艺。

(4) 桩体选用水泥为普通硅酸盐水泥，砂应选用级配良好的中粗砂，含泥量不得大于 5%，碎石选用级配良好且未风化的碎石或砾石；粉煤灰采用 II、III 级粉煤灰。

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

2 长螺旋钻孔管内泵压混合料灌注成桩施工工艺流程

施工工艺流程图见图 80。

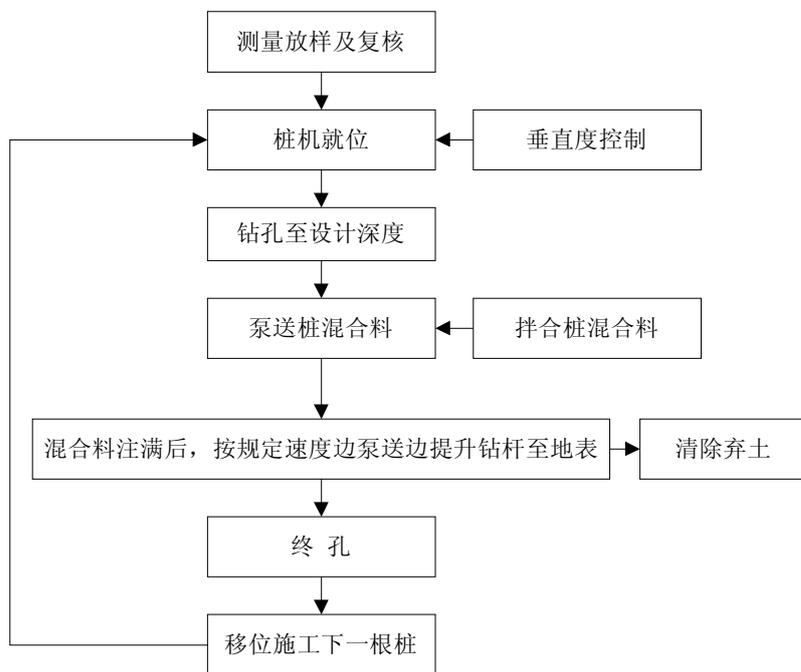


图 80 长螺旋钻孔管内泵压混合料灌注成桩施工工艺流程图

3 长螺旋钻孔管内泵压混合料灌注成桩施工技术要点

(1) 施工前应进行场地平整，将原地面整至设计桩顶标高以上 30~50cm，碾压密实。表面做成适当的排水横坡，两侧人工开挖排水沟等临时排水系统，确保地面无积水。

(2) 拔管速率应按试桩确定参数进行控制（一般拔管速度宜控制在 2~3.5m/min），施工桩定标高宜高于设计标高 50cm。

(3) 桩顶以下 2.5m 内应进行振捣，以提高桩顶混凝土密实度、强度；为保证成桩质量，CFG 桩应超灌，超灌量由现场工艺试验确定，宜高于设计标高 50cm，浮浆厚度不得超过 20cm。

(4) 混合料应采用强制式搅拌机拌和；拌合时间不应小于 60s；应按配合比进行配料，计量要准确；混合料坍落度宜控制在 160~200mm。

(5) 施工过程应安排质检人员旁站监督，并作好施工原始记录，记录钻压电流

值、孔深、单孔混合料灌入量、堵管及处理措施等，见图 81。



图 81 长螺旋钻孔管内泵压灌注

(6) 合理安排施工顺序，避免后续桩的施工对成桩的破坏。桩顶以上宜预留 30~50cm 厚的保护土层；宜采用湿黏土对桩顶封固保护；雨后钻机下应铺设碎石垫层；重锤或重物不应击打桩头。

(7) 桩间土清理应在桩区段施工完成达 14 天后；应在路基两侧放出桩顶标高控制线，不宜扰动设计标高以下桩间土，宜采用人工清理基底虚土，见图 82、83；宜采用自重小于 3t 的小型挖掘机作业，挖斗宽度应小于桩间净距；作业时应采用倒退开挖法，保证挖机始终在弃土上，不压坏桩头；严禁机械撞击桩头。



图 82 人工清理基底



图 83 清理基底后的 CFG 桩群

(8) 应在每个桩身上用油漆标出桩顶标高准确位置；宜用可移动立式切割机沿标高线截断桩头，人工修凿桩面，见图 84；在桩顶面用打磨机对称磨平 3 个 $\phi 10\text{cm}$ 的低应变测点，见图 85；严禁使用挖机直接截断桩头或采用风镐或钢钎凿桩，不得用锤头大力敲击桩头。



图 84 机械截桩头



图 85 截断后的桩头

4 振动沉管灌注成桩施工工艺流程

施工工艺流程见图 86。

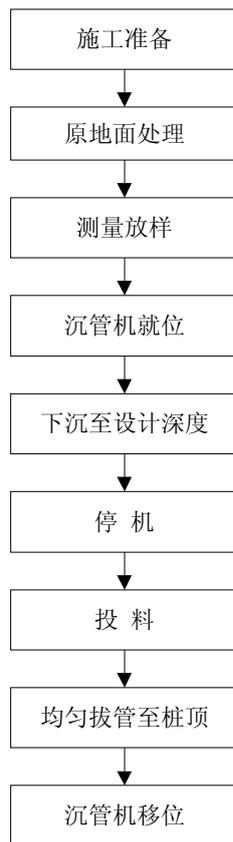


图 86 振动沉管灌注成桩施工工艺流程图

5 振动沉管灌注成桩施工技术要点

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

(2) 钻机操作手和输送泵操作手必须熟练配合，在灌注至桩顶标高时控制提升

速度，投料后留振 5~10s，使混凝土灌注密实，见图 87、88。



图 87 振动沉管灌注桩加料



图 88 振动沉管灌注桩成桩

6 检查与验收

(1) CFG 桩的数量、桩长、直径、间距、桩顶标高及布置形式应符合设计要求。

(2) 成桩 7 天内，采用低应变检测检测桩的完整性，见图 89，检查频率为每段落内总桩数的 2%，且不少于 3 根。成桩 28 天后钻孔取芯，检测桩体强度，见图 90，检查频率为总桩数的 5%。



图 89 CFG 桩低应变检测



图 90 CFG 桩芯样

(3) CFG 桩施工中，每台班均须制作试件，进行 28d 强度检验；成桩 28d 后应及时进行单桩承载力或复合地基承载力试验，其承载力、变形模量应符合设计要求，见图 91。



图 91 CFG 桩复合地基承载力试验

(3) 褥垫层厚度和密实度应符合设计要求。

(4) CFG 桩施工允许偏差应按表 13 的要求控制。

表 13 CFG 桩施工允许偏差

序号	项目	允许偏差	方法和频率
1	桩距	±100 mm	抽查桩数 3%
2	桩身垂直度	1.0%	抽查桩数 3%
3	桩径	不小于设计值	抽查桩数 3%
4	桩长	不小于设计值	查施工记录
5	桩体强度	不小于设计值	取芯法，总桩数 5%
6	单桩和复合地基承载力	不小于设计值	成桩数的 0.2%，并不小于 3 根

9.5.7 静压管桩

1 现场准备

在工程准备阶段，完成临时道路的修筑，接通临时水、电、平整桩基础施工场地，保证现场排水畅通。根据工程的规模及质量、进度要求等，确定工程管理人员、施工作业人员。

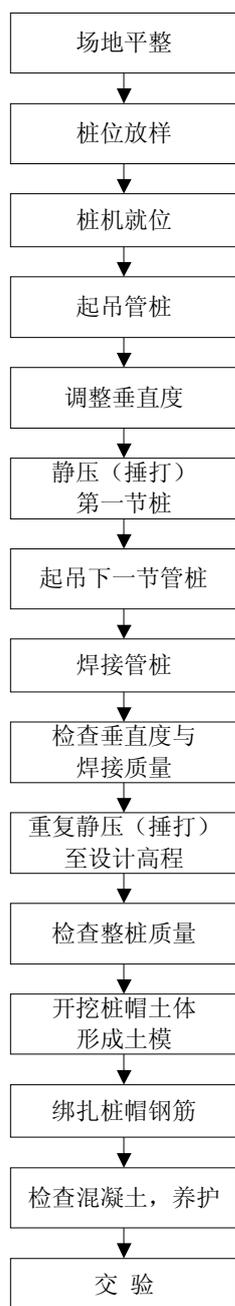
设备准备：静压桩机，起重机、挖掘机、电焊机等。

材料准备：向建设单位和监理工程师提供预制管桩生产厂家的资质证明和管桩的质保资料，确定优质管桩供应商。

技术准备：按照施工规范和设计文件要求编制试桩技术交底，对管桩进行编号，设计打桩路线图，并根据《岩土工程勘察报告》进行桩长试配。

2 施工工艺流程

施工工艺流程见图 92。



92 静压管桩施工工艺流程图

3 施工技术要点

(1) 管桩运输中，应保持平稳，避免剧烈振动和冲撞。汽车运输时应用长挂车，桩的悬臂不超过 1.0m，绑固、分层叠放并错位而置，不超过 4 层。到工地堆放，堆放场地应平整、坚实，堆放层数不宜超过 4 层。当两点支撑时，垫木位置须在距桩端 0.21 倍桩长位置处；当三点支撑时，垫木位置应设在距桩端 0.15 倍桩长及中点处。每层垫木必须保持在同一平面上，各层间垫木应在同一垂直线上。应用垫木支撑，堆高不超过 5 层。

(2) 起吊应采用两支点法或两头勾吊法，并轻吊轻放；禁止采用拖吊方法。

(3) 定位：将压桩机就位至压桩桩位上，将管桩吊入压桩机内，然后将桩尖定位于桩位中心，起门架，校正水平和桩中，桩位检查人员确认就位准确，由监理人员核准。

(4) 校正桩的垂直度，调整桩机支腿油缸油塞杆的伸出长度，使桩机平台保证水平，第一节桩入土 30~50cm 后检查和校正垂直度，垂直度控制在 0.5%以内。

(5) 压桩在进入砂质土层时适当加快压桩速度，以保证桩尖有一定的穿透能力，到达持力层或油压突然加大时，应放缓压入速度，防止断桩。最大压桩力不得大于单桩强度的竖向承载力设计值，施工现场见图 93。

(6) 接桩采用电弧焊接，焊接前先要复查上下桩的垂直度和中心线是否符合要求，焊接层数不得少于二层；焊缝应达到二级焊缝要求；焊接应自然冷却，严禁用水冷却，见图 94。



图 93 静压管桩施工



图 94 静压管桩接桩焊接

(7) 按设计压桩力送桩，达到设计高程后持荷 10min 且每分钟沉降量不超过 2mm 后方可结束送桩。

(8) 按设计高程将桩身端部用钢箍包紧，沿钢箍凿槽，将钢筋露出后用气割切断，严禁用大锤硬砸，见图 95。

(9) 管桩桩顶高程检查合格后，应浇筑混凝土对管桩进行保护，见图 96。



图 95 静压管桩桩帽施工



图 96 静压管桩成桩保护

4 检查与验收

(1) 管桩外观质量和管桩尺寸允许偏差、抗弯试验及检验标准必须符合《先张法预应力混凝土管桩》(GB 13476) 标准和设计要求。管桩内外表面无露筋、空洞、蜂窝、混凝土脱落和断筋、脱头的现象, 不得出现环向和纵向裂缝; 管桩外形尺寸允许偏差符合下列的规定: 直径 $\pm 5\text{mm}$, 壁厚 -5mm , 抽芯圆孔平面位置对桩中轴线的位移 5mm , 桩尖对桩纵轴线的位移 10mm , 桩身弯曲矢高 20mm , 桩身矢高与桩长比 1% , 法兰盘对桩纵轴线垂直度 3mm 。

(2) 管桩施工允许偏差: $d/4$, 直桩垂直度 1% 。

(3) 管桩检验要进行单桩载荷试验、大应变动力、地变动力监测三项检测, 单桩载荷应不少于 3 根, 大应变动力检测数量不少于总桩数 0.5% , 低应变检测数量不少于总桩数的 5% 。

9.5.8 土工合成材料处治

1 一般要求

(1) 土工布

① 土工布铺设于路堤底部, 在路基自重作用下受拉产生抗滑力矩, 提高路基稳定性。

② 土工布在软土地基加固中的作用包括排水、隔离、应力分散和加筋补强。

③ 土工布连接一般采用搭接法或缝接法。目前缝接法有一般缝法、丁缝法和蝶形法, 见图 97。



图 97 路基底土工布铺设

(2) 土工格栅

① 土工格栅加固一般为格栅表面与土的摩擦作用; 格栅孔眼对土的锁定作用和格栅肋的被动抗阻作用, 从而大大地增加了土体的自身稳定性。

② 迅速提高地基承载力, 加快施工进度; 控制软基地段沉降量发展, 缩短工期。

2 施工技术要点

(1) 下承层应平整，摊铺时应拉直、平顺，紧贴下承层，不得扭曲、折皱，见图 98；在斜坡上铺设应保持一定的松紧度。



图 98 土工格栅铺设

(2) 铺设土工格栅，应在路堤每边各留一定长度，回折覆裹在已压实的填筑层面上，折回外露部分应用土覆盖。

(3) 采用搭接时，搭接长度宜为 300~600mm；采用缝接时，缝接宽度应不小于 50mm，缝接强度应不低于土工合成材料的抗拉强度；采用黏结时，黏合宽度应不小于 50mm，黏合强度应不低于土工合成材料的抗拉强度。

(4) 施工中应采取措施防止土工合成材料受损，出现破损时应及时修补或更换。

(5) 双层土工合成材料上、下层接缝应错开，错开长度应大于 500mm。

3 检查与验收

表 14 加筋工程土工合成材料实测项目

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

表 15 隔离工程土工合成材料实测项目

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

表 16 过滤排水工程土工合成材料实测项目

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

1	下承层平整度、拱度	符合设计、施工要求	每 200m 检查 4 处
2	搭接宽度(mm)	+50, 0	抽查 2%
3	搭接缝错开距离(mm)	符合设计、施工要求	抽查 2%

表 17 防裂工程工合成材料实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	下承层平整度、拱度	符合设计、施工要求	每 200m 检查 4 处
2	搭接宽度(mm)	≥ 50 (横向)	抽查 2%
3	粘结力 (N)	≥ 20	抽查 2%

9.6 改扩建工程路基施工

9.6.1 一般要求

- 1 改扩建工程应实行动态设计，不断地优化、完善设计。
- 2 结合施工现场安全文明施工、交通保畅应优先考虑；地基处理、路基拼接、防水排水等应作为质量控制的重点，应严格执行既有的工艺流程并结合试验段对流程进行改进。
- 3 针对改扩建特点制定专项安全生产管理办法，加强安全生产的宣传、培训、检查、奖惩；加强与交警、路政、高速运营等部门的协调，创造安全施工环境。
- 4 应重视交通组织与管理工作，制定交通保畅方案。在通车路段施工，要设立专职的交通管理人员，应按照养护规范关于交通标志设置的要求，摆放有效的交通引导标志、限速标志和必要的警示灯、照明设施等，保障道路的安全畅通。
- 5 制定相关应急预案。对交通事故的处理应反映快速、处置灵活、抢险稳妥、救援及时。
- 6 建设必要的临时设施，保障跨线桥、通道等构造物的正常使用，不得影响周围群众正常生产、生活。
- 7 对收费站、服务区、停车区改造时，应保障基本的服务功能。
- 8 积极推广和应用新技术、新设备，坚持环保、节约的理念，要重视再生技术的应用，尽可能地利用原有公路的设施、材料。

9.6.2 施工准备

- 1 改扩建路基的施工准备按本指南第 5 章执行。
- 2 应按设计拆除老路路缘石、旧路肩、边坡防护、边沟、及原有构造物的翼墙

或护墙等。

3 应先开挖截水沟、排水沟等排水设施并保证施工期间排水通畅，排水沟的出口应通至桥涵进出口处，临时排水沟和灌溉渠不能共用和互通；对旧路面的表面排水，集中后设置排水通道，防止对开挖台阶的冲刷；对中央分隔带排水、超高段横向排水管要临时引至新路基外的排水沟中。

9.6.3 路基拼接施工

1 地基层处理

(1) 原路堤边坡清理的法向厚度不宜小于 0.3m，清除表土后出现的松散、过湿、翻浆、沉陷、冲沟等病害应结合台阶开挖进行挖除、换填处理。

(2) 原路基边坡的削坡宜采用等坡度削坡法；当地形受限或原路基填土较高，削坡可采用多次渐进削坡法，每削坡一次进行部分地基处理，然后再进行更陡坡度的削坡，以保证老路边坡的稳定性。

(3) 对于施工便道与老路基间清表后形成的洼地应尽快回填、压实合格；施工期间做好纵、横向排水。

(4) 对于软弱地基等特殊路基应按本指南第七章有关施工流程处理。

2 台阶开挖

(1) 台阶应分段落按自下而上顺序随填土进度逐层开挖；高填方路段，应对老路基进行稳定性验算后再开挖；开挖后应对台阶处的原老路填土进行天然含水量和力学性能检测；含水量过大，需晾晒或加灰处理。

(2) 台阶的开挖采用挖掘机结合人工的方式进行，台阶机械开挖时预留 10cm 人工清理。

(3) 台阶开挖时若老路堤出现渗水，须及时上报，采取盲沟或渗沟将渗水引出路基外。

(4) 土路基段的开挖施工应尽量避开雨季施工；降雨时及时对已开挖的老路基台阶采用防雨布进行覆盖；缩短施工周期，避免老路基开挖断面长时间的暴露。

3 回填压实

(1) 新填路基的填料宜选用与老路基相同的填料，或者选用水稳定性好的砂砾、碎石等填料；若采用非透水性填料，应在地基表面按设计铺设垫层，垫层材料一般为砂砾或碎石，含泥量不大于 5%。

(2) 碾压时人工清理台阶结合处的虚土，自路基外缘向内缘碾压；先使用大吨

位压路机碾压，每 2 米再使用冲击压路机补充碾压；大型压实机械无法碾压的死角，可用小型机械减薄厚度分层碾压；特殊地段可采用强夯处理。

(3) 新老路基的结合部的碾压是控制质量的关键点。结合部路基压实度的控制应作为平时检测工作的重点；结合部内侧 1m 的压实度检测宜加大频率，且点点合格，压实度宜按设计标准提高一个等级控制。

9.6.4 石方挖方路基拓宽

1 路堑开挖以尽量不爆破的原则，如石方开挖必须采用爆破施工，则爆破规模必须采取小型爆破，并采用预裂控制爆破和光面爆破方式，同时每次爆破必须有计划、有审批、有组织、定时、定点、定规模进行。

2 沿路线纵向在需爆破的路堑上靠行车道侧先预留爆破防护墙，并加设双排脚手架和 safety 网进行防护，防止飞石滚入高速公路。

3 在运营的高速公路边坡上爆破时，应临时封闭交通。

4 爆破方案设计原则

(1) 采用中浅孔和深孔相结合多段微差松动爆破和微分装药，爆破作用控制在松动爆破范围内，根据不同爆破环境控制适当的耗量。

(2) 采取密孔分散药量和松动爆破措施，控制飞石，减少冲击波超压和噪音。

(3) 采取适当覆盖和必要的防护、加固措施，以防止个别飞石的危害；采取监护、撤离、疏散措施。

(4) 充分考虑爆破震动对周围建（构）筑物的影响，采取限制单段药量，控制爆破规模，增加起爆次数，分区多工作面施工等方法；对震动进行测试监测。

9.7 滑坡地段路基

9.7.1 一般要求

1 先应急工程，后永久工程。

2 尽量选择旱季施工。

3 截、疏结合，减少水对滑坡体的影响。

4 选择合适的支挡方案。

5 加强施工过程中滑坡的动态监测，保证施工安全，见图 99。

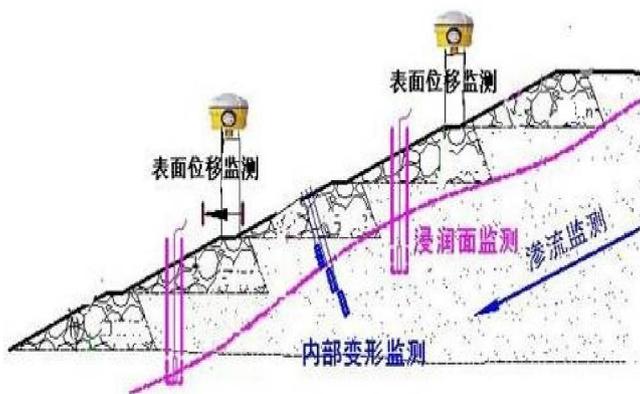


图 99 滑坡动态检测

6 施工中出现异常地质情况时应会同有关单位研究。

9.7.2 施工工艺流程

施工工艺流程见图 100。

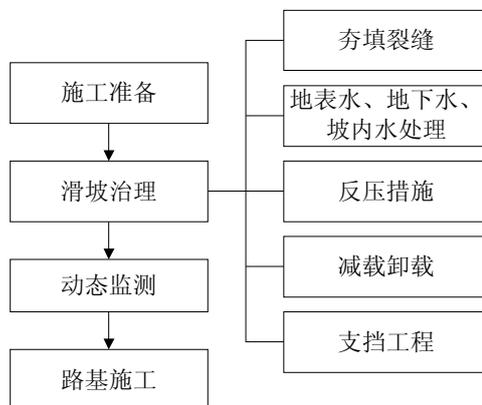


图 100 滑坡地段路基施工工艺流程图

9.7.3 施工技术要点

- 1 对已出现的裂缝及时进行夯填封堵以避免雨水及地面水渗入。
- 2 采取拦截、旁引等措施截断流向滑坡体的地表水；利用截水盲沟等疏导地下水；通过滑坡体上的地表排水沟，仰斜排水孔群等措施将滑坡体内的水疏通到自然沟或桥涵处排出。
- 3 采用加填压脚方案治理，只在抗滑段加重反压，并做好地下排水，严禁堵塞原有地下水出口。
- 4 滑坡处理前，禁止在滑坡体上增加荷载；采用削坡减载方案治理，减载应自上而下进行，严禁超挖或乱挖，严禁爆破减载；滑坡体的卸载应在滑坡体的后缘，严禁在滑坡前缘大拉槽，大放坡，加剧滑坡的滑动。

5 做好抗滑桩、锚索框架梁、锚杆等抗滑支挡工程，见图 101。支挡工程的施工应从滑坡两侧向主轴靠近，并应跳槽开挖，随挖随支挡，使工程尽快发挥作用；支挡工程施工应有合理的施工方法和施工顺序，上一道工序未达到设计要求前，不得进行下一道工序。

6 滑坡地段进行高路堑边坡开挖，应自上而下进行，每开挖一级就应对边坡工程地质和稳定性进行分析；上级边坡采取加固措施时，下级边坡应停止开挖；加固工程起到稳定边坡作用后，下级边坡才可进行开挖；后续施工应减少对滑坡体的稳定产生影响。

7 滑坡整治完成后应及时恢复植被，见图 102。



图 101 滑坡治理锚索框架梁



图 102 滑坡治理后的形象

8 降雨前后及降雨过程中，应加强对施工现场的检查巡视。

9.8 采空区路基

9.8.1 一般要求

1 认真研究勘察、设计文件，理解采空区处置方案的关键；施工前应深入调查、补充勘测，摸清采空区的状况。

2 针对采空区状况，选择合适处理方案：

(1) 松土坑洞已坍塌成陷坑时，可仅做地表夯实；坑洞埋深较深，可用试坑和分段拉槽的方法，用普通土或卵石土灌注回填夯实。

(2) 埋深很小的采空区，可采用从地表开挖，挖至采空区，然后用碎石、砂砾分层回填、夯实；用浆切片（或干切片）分层砌筑、填塞，上面加盖钢筋混凝土盖板；用碎石充填后灌注水泥砂浆。

(3) 埋深较浅的采空区且上方为厚度较大松散地基，可采用高能量强夯处理松

散破碎岩体，提高地基承载力。

(4) 埋深较大的采空区宜采用的方法有：充填注浆法；覆岩结构加固补强法；灌注桩法；高架桥跨越采空区法；综合治理法。

3 目前国内公路采空区的治理，主要以注浆全充填法为主；注浆材料以水泥粉煤灰为主，也有水泥粘土或水泥黄土浆材；国内已建高速采空区处置方案见表 9.8.1-1。

4 本指南推荐选择强夯、注浆全充填法。

9.8.2 强夯

1 一般要求

(1) 强夯区域应做好施工警戒，配备专职安全员巡视。

(2) 强夯法的强夯机型号、夯击能、夯击遍数、夯点的夯击次数、夯击点位置、处理范围等必须满足设计要求。

(3) 施工前根据设计的夯击能，提出强夯试验方案，进行现场试夯，并检验强夯效果，确定工程采用的各项强夯参数。

2 施工工艺流程

强夯施工工艺流程见图 103。

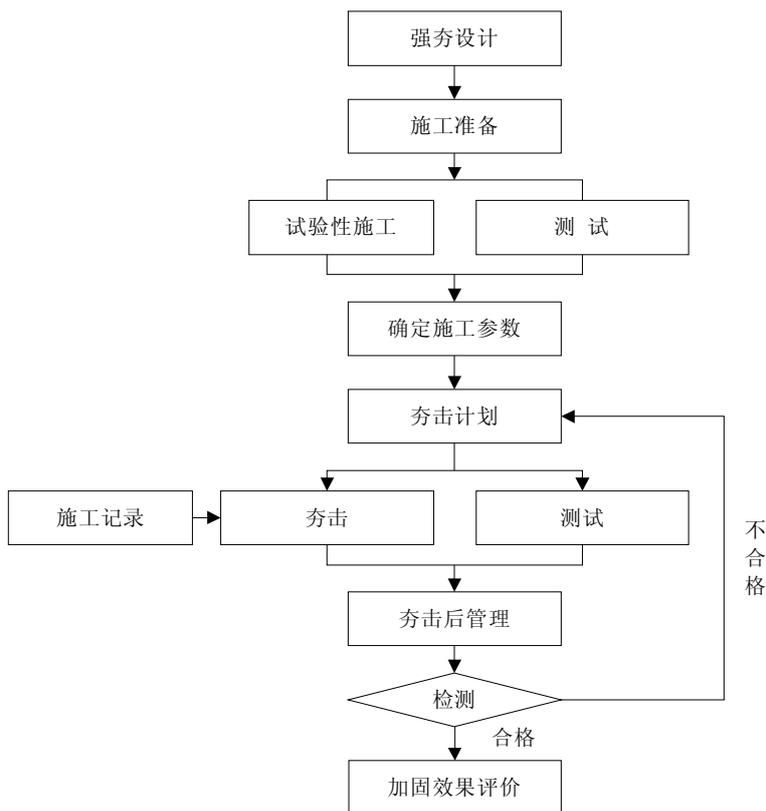


图 103 强夯施工工艺流程图

3 施工技术要点

(1) 各夯点应放线定位，夯完后检查夯坑位置，发现偏差及漏夯应及时纠正。

(2) 按设计要求确定夯击路线，无规定时应使相邻轴线的夯击间隔时间尽量拉长，特别是当土的含水量较高时。

(3) 夯击时夯锤的气孔要畅通，夯锤落地时应基本水平，单节夯击能量满足3000~4000KN.m；施工中应对每一夯击点的单夯夯击能量、夯击次数和每次夯沉量进行详细记录。

4 检查与验收

(1) 强夯的过程检查应记录及整理的数据：

① 每个夯点的夯坑深度、夯坑体积、夯坑四周隆起高度都须记录、整理。

② 场地隆起和下沉记录，特别是邻近有建筑物时。

③ 每遍夯击后场地的夯沉量、外部补充填料量的记录。

④ 附近建筑物的变形监测。

⑤ 满夯前应根据设计基底标高，考虑夯沉预留量并整平场地，使满夯后接近设计标高。

⑥ 记录最后两击的贯入度，看是否满足设计实际或试夯要求值（一般不得大于5cm）。

(2) 强夯处理后地基的承载力检验应采用原位测试和室内土工试验。

9.8.3 注浆全充填法

1 一般要求

(1) 孔位布置按采空区的倾斜方向，先采空区底板标高较低位置及构造物工点处，再沿倾斜方向由低向高、由边部向中心展开，实际位置不应偏离设计位置1.0m，应用全站仪、钢尺进行实地放样。确因地形影响钻孔不能放在设计位置，应先施工其周围可以就位的钻孔，再根据钻探揭露的采空区情况，经监理工程师同意予以调整。鉴于采空区的复杂性，通过有限的勘探钻孔难以精确查明地下的全部情况，如出现与设计不符的情况，应及时与监理工程师联系，以便设计单位对原设计进行适当的修正。



图 104 强夯施工中



图 105 强夯后的路基

(2) 采用大孔径钻头开孔，钻至完整基岩 5m 后，下入套管护壁，然后变径为小直径钻头；钻至采空区中的塌陷冒落带底板以下 3~5m 终孔。

(3) 稀浆灌注量宜为单孔注浆量的 30%。

(4) 串浆或冒浆，即甲孔注浆时，乙孔出现浆液。应采取两孔同时注浆或两孔轮流注浆，使受注孔及冒浆孔达到设计方量和结束标准。

(5) 对注不进浆的个别钻孔（如煤柱、无空洞或无裂隙的钻孔），应由浆站技术负责人与钻探地质技术负责人共同查阅钻孔终孔资料和实地核查的孔深、水位及钻孔的循环液状况，进行分析认定以后，报项目技术负责人和监理工程师处理。

(6) 注浆过程中，不准随地排放废弃的浆液，以免造成周围环境污染；注浆结束后，应清理完现场方可移至下一个注浆孔场地。

2 施工准备

(1) 材料准备：水样，按照《公路工程水质分析操作规程》(JTJ 056) 要求进行试验；水泥宜采用 32.5 级矿渣硅酸盐水泥，应符合《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 的规定；粉煤灰除细度不作要求外，其它指标应符合国家 III 级标准；水玻璃质量符合设计要求。

(2) 机械配备

① 灌浆系统由料场、一级搅拌池、二级搅拌池、供水系统、注浆泵、注浆管道、封孔装置等组成。

② 至少应设置 2 个一级搅拌池，1 个二级搅拌池，形态均匀圆柱体，一级搅拌池直径 1.5m、高 1.5m，二级搅拌池直径 2.0m、高 2.0m，中间设置搅拌系统；应建立不小于 1000 立方蓄水池。

③ 注浆泵：宜采用变量泵，其额定排浆量不小于 200L/min，注浆泵压力应大于最大设计压力的 1.5 倍。

④ 压力表：注浆用压力表最大指数应不大于 10MPa。

⑤ 封孔装置：采用 50mm 钢管，在管子前端 20~30cm 处焊接一圆形法兰装置（托盘直径 120~130mm 之间），下入孔内变径处。

3 施工工艺流程

注浆施工工艺流程见图 106，制浆施工工艺流程见图 107。

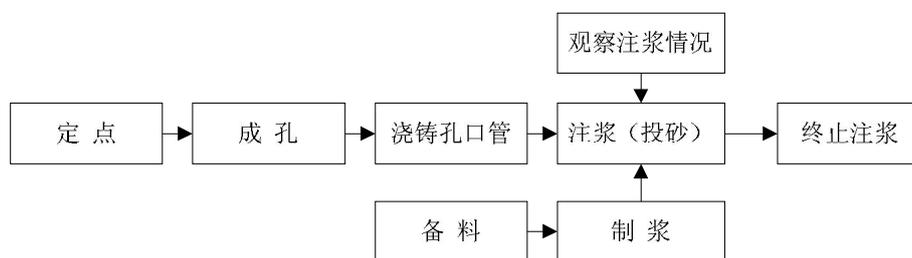


图 106 注浆施工工艺流程图

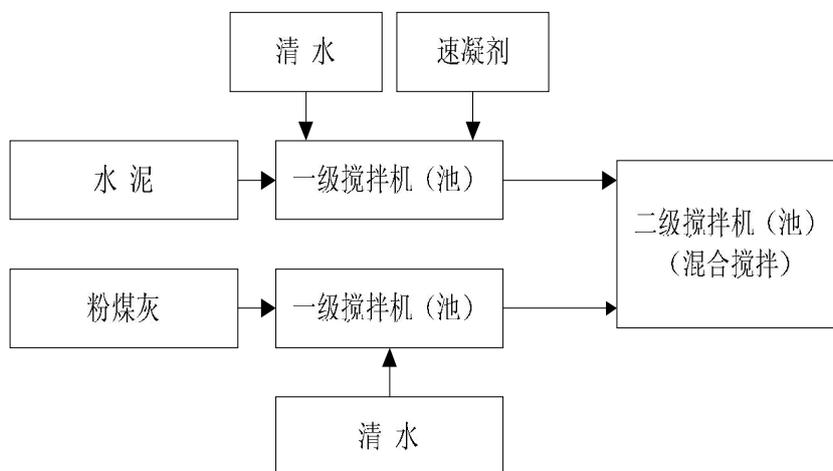


图 107 制浆施工工艺流程图

4 施工技术要点

(1) 钻机进入场地，应在指定的位置安装，要求天车、立轴、孔口三点一线，防止孔斜；安装完毕申请开孔，未接到开孔通知书前不得开钻。

(2) 钻孔应采用回旋方式钻进，不得采用冲击式钻进，以防采空区突然发生塌落；钻探至采空区的塌陷冒落带底板以下 3~5m 时，可带钻孔开孔通知书、钻探班次报表、岩芯编录（对要求采取岩芯的钻孔）向监理工程师申请终孔，经验收合格方可进行下一道工序。施工过程中，如发现漏水、掉钻、埋钻、机上见软、见硬等现象，要详细记录其深度、层位和耗水量，并应立即报监理工程师采取相应措施。

(3) 每个钻孔在下注浆管前应将钻具下至孔底，压水冲洗孔内残留岩粉及其它沉淀物，保持孔内裂隙畅通。

(4) 清孔后下入带法兰托盘的注浆管，注浆管到位后宜将护壁管提起约 50cm；应先填入 20cm 的砾石以堵塞大的缝隙，然后填入 30cm 的细粘土防止浆液大量渗漏，再灌入 4-6m 水泥浆；应等水泥浆强度达到要求后方可注浆。

(5) 查阅受注孔、临近孔的钻探资料（岩石破碎程度、耗水量、采空区特征及冒落带高度），测定孔深、水位并作好记录；连接孔口管，持续约 20min 进行简易压水试验，检查泵与管路系统的完好状态，观测并记录孔口压力变化值、临近孔水位变化，判断孔内地层裂隙、空隙的发育程度及可灌程度，根据结果进行单孔注浆量设计，选择初始浆液浓度、确定注浆方法；应填写简易压水试验成果表。

(6) 注浆施工顺序应先路线两侧帷幕孔，再中间注浆孔；注浆孔中先施工巷道两侧的注浆孔；注浆孔分二序间隔进行施工。注浆采用浆液浓度先稀后稠的方法，应定时（间隔时间为 20 分钟，临近结束时应为 5 分钟）观测泵的吸浆量和泵压并根据实际情况及时调整注浆量和浆液浓度。监理工程师验收合格签字后，方可终止注浆。应填写注浆记录表。

(7) 帷幕孔注浆是施工的关键点，应采用定量定压分段注浆方法施工，应先于一般注浆孔。浆液的配合比应提高到 1:1.3~1:1.5，施工采用间歇式，以控制浆液的扩散半径。当孔内空洞体积较大时，可在孔口加一漏斗状的投砂器，用浆液将砂或矿渣带入孔内，配合比现场试验确定，砂浆强度等级应设定为 M15，孔口管压力应达到 3.0MPa 以上。注浆段在采空区范围内宜以 1~2m 为一个注浆段，冒落带范围内宜以 5~10m 为一个注浆段。结束冒落段灌浆后，按注浆孔的要求封孔，将裂隙带到基岩 5m 以下的范围内一次注浆。

(8) 注浆孔注浆应避免在短时间内注入大量的水泥粉煤灰浆，水灰比宜采用 1:1.5。当注浆量大时，应采用间歇式注浆法施工、在浆液中加入 1~2%水玻璃或在孔口加一漏斗状的投砂器，用浆液将砂或矿渣带入孔内。

(9) 注浆孔注浆时，注浆量超出设计注浆量，孔口仍不起压，应采取间歇式注浆。间歇时间应控制在 12~24 小时，宜 12 小时。间歇后再次注浆，浆液浓度必须从最稀一级开始，视压力和单位吸浆量变化情况，决定浆液浓度的变换。二次注浆量应控制在设计量的 20~30%的范围内，若孔口仍不起压，应再次间歇，或采用小流量灌注，直至达到注浆结束标准。在停注和复注时间宜进行 20 分钟压水。

(10) 注浆进行中，无论孔口有无压力显示，注浆量未达到需要间歇时的量时，一律不准停注；交接班时不准停止注浆，以防止堵孔。

5 检查与验收

(1) 要求全取芯的注浆孔（总注浆孔的 5%），采空区上部覆岩部位岩芯采取率应大于 60%，采空区塌陷区部位岩芯采取率应大于 30%。对不要求取芯的钻孔，严格按照预想钻孔柱状图施工，最后编制成孔钻孔柱状图。

(2) 严格执行岩芯钻探操作规程，取芯孔严禁超管钻进。

(3) 做好钻探原始记录（钻探班次报表）和岩芯编录工作。要求岩芯摆放整齐（红漆标注岩石回次及块数），并压放回次标签，以便验收检查。

(4) 对要求岩芯装箱保存的钻孔，待钻孔验收合格并拍照后，及时将岩芯装入岩芯箱，并运送到指定的岩芯库，予以保存。

(5) 每个注浆孔钻孔中测斜至少一次，终孔孔斜不得超过 $2^{\circ}/100\text{m}$ 。

(6) 单孔注浆结束标准

① 在注浆孔的注浆末期，泵压逐渐升高，泵单位吸浆量逐渐减少，当泵吸浆量 $<70\text{L}/\text{min}$ ，孔口压力在 $1.0\sim 1.5\text{MPa}$ 之间，稳定 10~15 分钟可结束该孔的注浆施工。

② 当注入一定浆量，孔口压力 $>0.3\text{MPa}$ ，若出现地表裂隙大量跑浆时，即可结束该孔的注浆施工。

(7) 钻孔吸浆量过大而采用间歇注浆停注压水的控制标准：

① 孔口无压，其压水量应是注浆管路（含带托盘的注浆管长度）内的容量加变径以下至孔底容量之和的三倍；

② 孔口有压，压力小于或等于 0.3MPa ，压水达到设计注水量时，孔口压力降至零，压水可以停止，否则应以最小泵量（ $52\text{L}/\text{min}$ ）继续压水 20 分钟；如孔口压力有所下降，压水可结束；如孔口压力反而上升，停止压水，继续小流量注浆直至结束。

表 18 国内已建高速采空区处置方案一览表

工程名称	采空区规模/m		分层情况	治理方法	材料选择
	采深	采厚			
晋一焦高速公路山西段	20~100	2.0~6.0	1层, 局部2层	注浆充填	水泥粉煤灰浆液
乌-奎高速公路 乌市西四道岔道	30~50	0.7~3.0	1层	注浆充填	水泥黄土浆液
包-西线神木北 至延安段	20~30	0.7~1.5	1层	注浆充填	水泥黄土浆液
石-太公路柏 井、冶西采空区	60~140	4~8	1层	洞内干砌或浆 砌片石, 注浆充 填	水泥粘土浆液, 水泥粉煤灰浆液
河北保阜公路	25~48	3.8	2层	注浆充填	水泥粉煤灰浆液
京-福高速公路 徐州东段	33~89	1.0~2.0	多层	注浆充填	水泥粉煤灰浆液

10 冬、雨季路基施工

10.1 冬季路基施工

10.1.1 一般要求

1 昼夜平均气温在 -3°C 以下且连续 10 天以上，或气温虽未达到上述程度，但路堤中冻土没有完全融化时，均应按冬季施工办理。

2 根据施工调查资料，详细了解施工地区的冬季情况。如历年冬季起讫时间，当时气候、水文变化情况。

3 施工前根据季节特点和施工段地质地形条件，应编制实施性施工组织设计。

4 冬季施工的路基，其基底应在冻结前处理。

5 对运输机械和施工道路均要采取防滑措施，保证运输安全。

6 对施工人员应进行冬季施工技术交底和安全教育，确保质量和安全。

7 填料选择。应选用不易冻结的砂类土、碎石、卵石土、石渣等透水性良好的材料，不得使用含水量过大的粘性土。如确有困难不得使用非渗水土时，其含水量应低于塑限，并采取加大压实功能措施。

10.1.2 施工技术要点

1 土质路堤不宜进行冬季施工；被水淹没的填土路堤不宜进行冬季施工；土质路堤路床以下 1m 范围内，不得进行冬季施工；半填半挖段、填挖交界处不得进行冬季施工。

2 及时排放雨雪水及路堑开挖出现的地下水。

3 冻结前处理好路基基底表层，并采取保温措施防止冻结。

4 填筑路堤，应按横断面全宽平填，松铺厚度应比正常施工减少 20%~30%，且松铺厚度不得超过 30cm。及时完成碾压。

5 当填筑标高距路床底面 1m 时，碾压密实后应停止填筑，并覆盖防冻保温层，待解冻后整理复压，分层填至设计标高。

6 冬季过后必须对填方路堤进行补充压实。

7 冬季施工的路基面及边坡修整工作，宜在解冻后进行。

8 路堑挖至路床顶面以上 1m 时，完成临时排水沟后停止开挖，待冬季过后再施工。

9 挖方边坡不得一次挖到设计线，应预留一定厚度的覆盖层，待到正常施工季节后再修整到设计坡面。

10.2 雨季路基施工

10.2.1 一般要求

- 1 雨季施工主要是排水和防水的妥善处理问题。
- 2 根据施工调查资料，详细了解施工地区的雨季情况。如历年雨季起讫时间，降雨天数，日降雨量的最大、最小和平均数，上游水库、水坝有无漫水或决口的可能；沿线地质、水文方面有无坍塌、落石及水害等情况。
- 3 雨季施工地段，应先完成涵洞，并做好防水、防洪、排水顺畅工作。
- 4 施工前根据季节特点和施工段地质地形条件，应编好实施性施工组织设计。
- 5 雨季路基施工地段一般应选择丘陵和山岭地区的砂类土、碎砾石和岩石地段和路堑的弃方地段。
- 6 重粘土、膨胀土及盐渍土地段不宜在雨季施工，平原地区排水困难，不宜安排雨季施工。
- 7 制定安全预案，加强气象信息的收集工作，避免灾害和事故发生。

10.2.2 路基填筑

- 1 雨季路堤施工地段除施工车辆外，应严格控制其他车辆在施工场地通行。
- 2 在填筑路堤前，应在填方坡脚以外挖掘排水沟，保持场地不积水。雨季前应将填筑作业面填到最高积水位 0.5m 以上。
- 3 应选用透水性好的碎、卵石土、砂砾、石方碎渣和砂类土作为填料，严禁填筑非渗水填料。利用挖方土作填方时应随挖随填及时压实。含水量过大无法晾干的土不得用作雨季施工填料。
- 4 雨季施工路堤。每一压实层面均应作成 2%~4%的横坡排水。路堤边坡应随时保持平整，不留凹坑。收工前，必须将铺填的松土压实完毕。
- 5 在已填路堤路肩处，应设置纵向临时挡水土埂、每隔一定距离设出水口和排水槽措施，引排雨水至排水系统。

10.2.3 路堑开挖

- 1 在土质路堑开挖前，在路堑边坡坡顶 2m 以外开挖截水沟并接通出水口。
- 2 开挖路堑应加强排水工作，同时挖好边沟和截水沟。宜分层开挖，每挖一层

均应设置排水纵横坡，使水排放畅通。

3 挖方边坡不宜一次挖到设计标高，应沿坡面留 30cm 厚，待雨季过后整修到设计坡度。以挖作填的挖方应随挖随运随填。

4 土质路堑挖至设计标高以上 30~50cm 时应停止开挖，并在两侧挖排水沟。待雨季过后再挖到路床设计标高后再压实。

5 雨季开挖岩石路堑，炮眼应尽量水平设置。边坡应按设计坡度自上而下层层刷坡，坡度应符合设计要求。

11 路基排水施工

11.1 一般规定

11.1.1 结合施工季节特征和施工进度，满足设计要求，应遵循截、排、疏的原则，进行各类排水设施的完整配套。

11.1.2 施工前，宜先完成临时排水设施，临时排水设施应尽量与永久排水设施相结合，排水方案应因地制宜、经济实用。

11.1.3 对原地面位置排水沟、边沟，施工开挖后，应整平、夯实，表层 30cm 的压实度不小于 90%。

11.1.4 边沟、排水沟和急流槽等具有结构要求的设施，应具有防漏、防渗措施；宜采用集中预制、大标段施工，集中预制标准参见《安徽省高速公路工地标准化建设指南》（DB34/T 1663-2012）第十一章。图 108、109。



图 108 工厂化生产现场



图 109 边沟盖板存放区

11.1.5 施工期间，应对地下水情况进行观测、记录、反馈并及时调整排水设施。

11.2 施工准备

11.2.1 材料进场并检测合格，相关配合比确定并审批；机械设备、人员准备就绪。

11.3 地表排水

11.3.1 截水沟、边沟、排水沟

1 施工工艺流程

施工工艺流程见图 110。

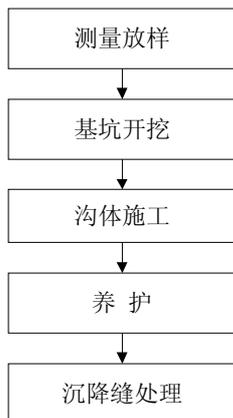


图 110 截水沟、边沟、排水沟施工工艺流程图

2 施工技术要点

(1) 截水沟、边沟、排水沟的测量、放样点位应加密，保证沟体线形顺适、圆滑、美观，见图 111；边沟纵坡应与曲线前后沟底纵坡平顺衔接，不允许曲线内侧有积水或外溢现象；曲线外侧边沟深度应适当加深；边沟、排水沟放样宜以两个结构物之间的长度为一个单元，使边沟、排水沟与结构物的进出水口顺利连接；排水沟距路基坡脚不宜小于 3m。

(2) 基坑开挖至设计标高时宜预留 5~10cm 由人工修整成型不应贴坡；基坑开挖后，应进行沟底高程复测。

(3) 截水沟应在路基施工前施工；截水沟应采取沟底、沟壁加固、防渗，以防止顺山坡下来的水渗入山体而影响山坡稳定；地质不良、土质松软、透水性大、岩石裂隙较多地段山坡上方一侧的砌体与山坡连接处容易渗漏，应进行夯实和防渗处理；截水沟顶面应略低于自然坡面，若遇冲沟应设缺口将水导入截水沟，见图 112。



图 111 顺适、美观的截水沟



图 112 浆砌截水沟

(4) 截水沟的长度超过 500m 时应设置出水口；出水口应设深度不小于 1 米的截

水墙或急流槽、跌水等消能设施与其他排水设施平顺衔接，以免出水口在水流作用下冲毁。

(5) 三角形边沟每段长度不宜超过 200m，多雨地区梯形边沟每段长度不宜超过 300m；排水沟长度不宜超过 500m；应按设计要求分段设置沉降缝。

(6) 采用集中预制的构件宜采用高强复合塑料定型模具，见图 113；应不断优化设计，以提高构件质量；应工厂化生产、精细化安装，以达到“内实、外美”，见图 114；开挖合格的水沟宜用小型电夯夯实；预制板安装应用橡皮锤敲振；勾缝宜采用“凹缝”，缝宽 2cm、缝深 0.8cm，“凹缝”内用黑色油漆涂刷均匀，见图 115。采用浆砌片石铺筑时，砌缝砂浆强度应符合设计要求，砌缝砂浆应饱满，沟身应不漏水。

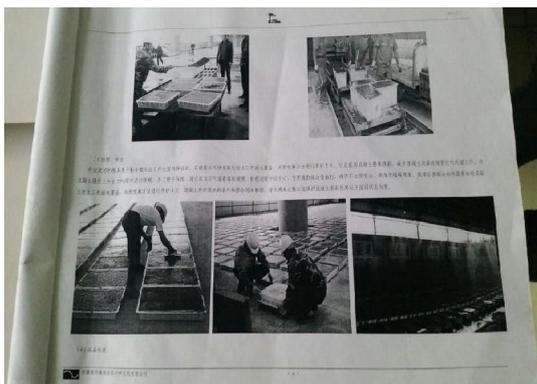


图 113 各种复合定型模具



图 114 精细化安装的预制边沟

(7) 路基排水应依照实际地形选择合适的位置将地面水和地下水排导出路基外，并与自然水系相衔接，不得随意排放或直接冲刷边坡。

3 检查与验收

(1) 排水设施要求纵坡顺适、沟底平整、排水畅通，见图 116。

(2) 外观要求线型顺适、圆滑、美观。



图 115 “内实、外美”的预制边沟



图 116 精细化施工的排水沟

(3) 砌体应平整、直顺，不得有裂缝，空鼓现象。

(4) 实测项目质量应满足表 19 规定的要求。

表 19 浆砌排水沟实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	砂浆强度 (Mpa)	在合格标准内	按附录 F 检查
2	轴线偏位 (mm)	50	经纬仪或尺量: 每 200m 测 5 处
3	沟底高程 (mm)	±15	水准仪: 每 200m 测 5 处
4	坡面直顺度 (mm) 或坡	30 或符合设计要求	20m 拉线、坡度尺: 每 200m 测 2 处
5	断面尺寸 (mm)	±30	尺量: 每 200m 测 2 处
6	铺砌厚度 (mm)	不小于设计	尺量: 每 200m 测 2 处
7	基础垫层宽、厚 (mm)	不小于设计	尺量: 每 200m 测 2 处

11.3.2 跌水、急流槽

1 施工工艺流程

施工工艺流程见图 117

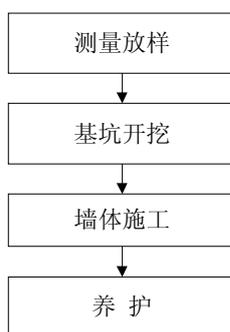


图 117 跌水、急流槽施工工艺流程图

2 施工技术要点

(1) 跌水应按设计要求设置消力槛，出口设置隔水墙；跌水的台阶高度应按设计或根据地形、地质等条件决定，多级台阶的各级高度可以不同，其高度与长度之比应与原地面坡度相适应，台阶高度应不大于 0.6m，见图 118。



图 118 截水沟、边沟汇入矩形跌水井



图 119 矩形预制急流槽

(2) 跌水槽宜做成矩型，但跌水高度不大，槽底纵坡较缓，亦可采用梯形断面，梯形跌水槽身，应在台阶前 0.5~1.0m 和台阶后 1.0~1.5m 范围内加固。

(3) 跌水、急流槽可用浆砌片（块）石砌筑或混凝土浇筑，见图 119。

(4) 急流槽的纵坡，一般不宜超过 1: 1.5；基础应嵌入地面以下；宜砌成粗糙面，或嵌入约 10cm×10cm 坚石块，用以消能减小流速；底部应按设计要求砌筑抗滑平台并设置端护墙。

(5) 进水槽和出水槽底部应用片石铺砌，水泥浆勾缝，长度一般不小于 10m，个别情况，应在下游铺设厚 0.2~0.5m 长 2.5m 的防冲铺砌，见图 121。



图 120 浆砌片石急流槽

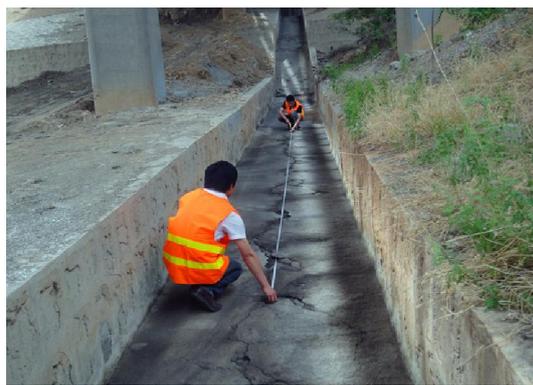


图 121 急流槽的出水槽

(6) 急流槽很长时，应分段砌筑，每段长宜控制在 5~10m，接头处以防水材料填缝，应密实无空隙。

(7) 对于汇水面积较大的路堑边坡急流槽，应考虑加大、加深急流槽尺寸，并在底部设消能设施后，导入路基排水系统。

3 检查与验收

(1) 急流槽所用的混凝土及砌筑砂浆强度应满足设计要求、配合比准确，砌缝隙砂浆饱满，槽内抹面平整、直顺、无裂纹。

(2) 进口汇集水流设施，出口设施、消力槛等应砌（浇）筑牢固，不得有裂缝、空鼓现象。

(3) 坡度顺直，无折坡现象。

11.4 地下排水

11.4.1 渗沟、盲沟

1 施工工艺流程

施工工艺流程见图 122。

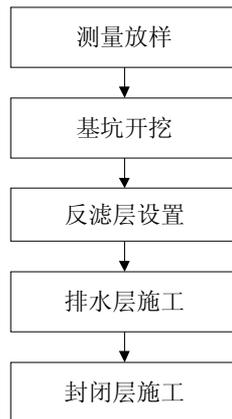


图 122 渗沟、盲沟施工工艺流程图

2 施工技术要点

(1) 地下水位高、流量不大、引水不长地段可设盲沟，深度不宜超过 3m，宽度宜为 0.7~1.0m，见图 123；地下水埋藏较深和引水较长地段，可设置有管渗沟，其深度可达 5~6m，见图 124。



图 123 塑料渗沟



图 124 有管渗沟

(2) 各类渗沟均应设置排水层、反滤层和封闭层，见图 125。

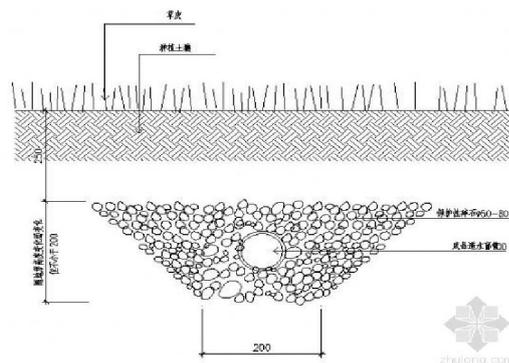


图 125 渗沟设计图

(3) 渗沟、盲沟的基坑开挖宜自下游向上游进行，应随挖、随支撑或回填，暴露时间原则上不超过 7 天，以免造成坍塌；支撑渗沟应间隔开挖。

(4) 当渗沟开挖深度超过 6m 时，须选用框架式支撑，在开挖时自上而下随挖随加支撑，施工回填时应自下而上逐步拆除支撑。

(5) 渗沟的出水口宜设置端墙，端墙下部留出渗沟排水通道大小一致的排水孔，排水孔底面高程低于排水沟沟底高程，宜大于 20cm，端墙出口的排水沟应进行加固，防止冲刷。

(6) 盲沟的埋置深度，应满足渗水材料的顶部（封闭层以下）不得低于原有地下水位的要求。当排除层间水时，盲沟底部应埋于最下面的不透水层上。

(7) 当采用无纺土工布作反滤层时，应先在底部及两侧沟壁铺好，并预留顶部覆盖所需的土工布，拉直平顺紧贴下垫层，所有纵向或横向的搭缝应交替错开，搭接长度均不得小于 30cm，见图 126。



图 126 碎石盲沟施工过程中

(8) 盲沟的底部和中部用较大碎石或卵石（粒径 30~50mm）填筑；在碎石或卵石的两侧和上部，按一定比例分层（层厚约 15cm）用较细颗粒的粒料（中砂、粗砂、砾石），做成反滤层；逐层的粒径比例：按 4:1 递减；颗料小于 0.15mm 的含量不应大于 5%。

(9) 在盲沟顶部做封闭层，应用防渗材料铺成，夯实粘土防水层厚度不小于 50 cm。

(10) 填石盲沟只宜用于渗流不长的地段，且纵坡不能小于 1%，宜采用 5%，出水口底面标高应高出沟外最高水位 0.2m。

3 检查与验收

(1) 反滤层应层次分明，出水口应排水通畅。

(2) 实测项目质量应满足下表 20 规定的要求。

表 20 盲沟实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	沟底高程	±15	水准仪：每 10~20m 测 1 处
2	断面尺寸	不小于设计	尺量：每 20m 测 1 处

11.5 临时排水

11.5.1 路基施工期间，应保证施工范围内以及取土场排水的畅通，采取临时性排水和永久性排水设施相结合的方式，具备条件时应优先采取永久性排水设施排水。

11.5.2 应重视地表水和地下水的处理：对于雨水径流应预先做好排水沟及出水口；不能在填筑前做好的小桥涵，应做临时管涵排水，对于局部的地下水应采用盲沟、渗沟等形式引出路基以外。

11.5.3 挖方路基开挖前应按设计要求施工截水沟。

11.5.4 路基填筑过程中设置拦水埂，路堤上设置砖砌或其他适合排水的临时排水设施，见图 127，图 128；路堑边沟每隔 50m 应预留排水孔道，以免路基受到冲刷；应预先做好排水沟，引导水流从急流槽流入排水沟。



图 127 拦水埂与砖砌临时排水设施



图 128 拦水埂与砂浆抹面临时排水

11.5.5 高路堑地段应在渗水量大的部位有针对性地设置仰斜式排水孔，在边沟底设置复式渗沟；路堑两侧均应设置纵向盲沟，含水路段加大盲沟深度至路床下 2~3m。

11.5.6 膨胀土路段挖方的坡面宜采用窗口式骨架护坡、并设置支撑渗沟。

11.6 排水工程整修

1 路基边沟的整修应挂线进行，对各种水沟的纵坡（包括取土坑纵坡）应仔细检查，应使沟底平整，排水畅通，并与原有的排水系统连接顺畅。凡不符合设计及规定要求的，应按规定整修。

2 截水沟、排水沟及边沟的断面、边坡坡度，应按设计要求办理，沟的表面应整齐、光滑。填补的凹坑应拍捶密实。

附录 A 路基填筑碾压设备的选用

A.1 碾压机械通常有静碾型、振碾型和夯实型。

各种土质适宜的碾压机械配套可参考下表：

表 A.1 各种土质适宜的碾压机械表

	细粒土	砂类土	砾类土	巨粒土	备注
6~18T 两轮光轮压路机	A	A	A	A	用于预压整平
12~18T 三轮光轮压路机	A	A	A	B	最常使用
25~50T 轮胎压路机	A	A	A	A	最常使用
羊足碾	A	C 或 B	C	C	粉、黏土质砂可用
振动压路机	B	A	A	A	最常使用
凸块式振动压路机	A	A	A	A	最宜使用于含水量较高的细粒土
手扶式振动压路机	B	A	A	C	用于狭窄地点
振动平板夯	B	A	A	B 或 C	用于狭窄地点，机械质量 800kg 的可用于巨粒土
手扶式振动夯	A	A	A	B	用于狭窄地点
夯锤	A	A	A	A	夯击影响深度最大
推土机、铲动机	A	A	A	A	仅用于摊平土层和预压

A.2 碾压机具适应松铺厚度如下：

羊足碾 (6~8T)	≤0.50M
振动压路机 (10~12T)	≤0.40M
压路机 (12~15T)	0.25~0.30M
动力打夯机	0.20~0.25M
人工打夯	≤0.20M

附录 B 膨胀土的定义、分类及使用条件

B.1 膨胀土是指土中粘粒成分主要由亲水性矿物组成，同时具有吸水膨胀、失水收缩两种变形的高液限粘土。凡是同时具备下列两个条件的粘土即可判断为膨胀土：液限大于或等于 40%，自由膨胀率大于或等于 40%。

膨胀土根据其膨胀率大致可分为强、中、弱三级，一般在设计文件中规定，也可取样通过土工试验确定。按照土的自由膨胀率 F_s ，可分为：

弱膨胀土： $40\% \leq F_s < 65\%$

中等膨胀土： $65\% \leq F_s < 90\%$

强膨胀土： $F_s \geq 90\%$

B.2 强膨胀土难于捣碎压实，不应作为路堤填料。中、弱性膨胀土，CBR 强度符合《公路路基施工技术规范》（JTG F10—2006）表 4.1.2 的规定，处治后塑性指数满足施工要求；既可作为高速公路路床填料，也可作为高速公路路面底基层填料。

B.3 中、弱膨胀土直接作为填料的条件：

1、CBR 满足设计要求

取天然土样，测定液限、塑性指数，判定其属性。

测定天然土样的天然含水量、天然稠度。

取天然土样，采用湿土法制作不同含水量的试样，按照《公路土工试验规程》（JTG E40-2007）中承载比（CBR）试验（T0134-1993）中表 T0134-2 中的规定制作试件，并测试其 CBR 值。满足设计要求的 CBR 值所对应的含水量范围一般可从稠度 0.9~1.4 内找到。

如果该种天然土的天然含水量处于步骤 C 所确定的含水量范围内，那么该种天然土可作为填料。

绘制 CBR-含水量关系图，根据表 4.1.2 的规定分析出路基不同部位填料可直接填筑的含水量范围。

2、控制好碾压时的含水量。

碾压前土稠度应在 1.1-1.3 之间，含水量处于步骤 C 所确定的含水量范围内。

附录 C 红砂岩的矿物成分、分类及性质

C.1 红砂岩的天然结构特征及其矿物成分和化学成分

红砂岩的天然结构主要有粒状碎屑结构和泥状结构两种，按岩石学划分，可将红砂岩分为两大类：一类为碎屑岩类，包括泥质砂岩、泥质粉砂岩、泥质细砂岩、粉砂岩、砂岩和砾岩等；另一类为粘土岩类，包括泥岩、页岩、砂质泥岩及砂质页岩等。红砂岩中，含铁氧化物大多浸染物形式出现，碎屑颗粒间主要有孔隙式胶结、基底式胶结以及铁质碳酸盐胶结等形式。由于铁质在多数岩石中不是以胶结物的形式存在，故主要影响岩石的外观状态，对岩石的工程性质没有明显的影响。

粒状碎屑岩类中粘土矿物的含量一般约 5%~10%，这种红砂岩虽然因胶结形式和粘土矿物含量的差异，其工程性质有一定的变化，但多数与普通风化岩类相差不大，其工程性质与风化程度有关。泥状结构粘土岩类中，粘土矿物的含量一般约 15%~50%，其中伊利石含量为 5%~30%，蒙脱石含量为 3%~10%，这种类型岩石的水稳定性差，极易崩解软化，其工程性质主要由粘土矿物的含量，尤其是亲水性强的蒙脱石和伊利石的含量决定。当粘土矿物中蒙脱石和伊利石的含量较高时，该类岩土的工程性质极差，非常容易产生路基病害。

红砂岩的主要化学成分为 9 种，其中 SiO₂ 的含量占主要部分，其次有 Al₂O₃、CaO、Fe₂O₃ 等，其余 5 种化学成分均不超过 4%，两种典型红砂岩的主要化学成分比例如下表：两种典型红砂岩的主要化学成分比例（%）

结构特征	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃
粒状碎屑结构	46.53~75.12	11.43~16.44	0.11~16.7	2.86~6.88
泥状结构	23.24~64.28	8.0~20.78	0.09~31.89	2.2~10.65

C.2 红砂岩的崩解特性及颗粒级配

泥状结构的粘土岩类红砂岩一般易崩解软化，随干湿循环软化时间增加，颗粒不断碎化，最后呈渣状或泥状，其颗粒级配也在变化。试验表明，随着暴露时间和干湿循环次数增加，岩块不断崩解碎化，经过 50~60 天（干湿循环为 8 次）变化即可达到稳定状态，红砂岩经过一定时间后不再崩解变化。

粒状碎屑结构的红砂岩一般呈块状崩解，崩解后的块状颗粒基本稳定或碎化速度非常缓慢，粒径小 0.5mm 的颗粒极少。

C.3 红砂岩的物理性质和状态指标

各类红砂岩物理性质指标的试验（平均）数据

岩类	一类岩	二类岩	三类岩
天然含水量（%）	7.87	5.1	0.8

土粒密度 (g/cm ³)	2.75	2.72	2.76
天然干密度 (g/cm ³)	2.2.8	2.26	2.48
孔隙比	0.204	0.200	0.113
最大干密度 (g/cm ³)	2.2.00~2.09	2.06~2.15	
最佳含水量 (%)	8.35~11.6	8.69~9.60	
孔隙率	0.169	0.166	0.101
饱和度 (%)	98.45	72.85	19.6

各类红砂岩塑限和液限含水量的试验平均值

测试项目: 塑限含水量 (%)	液限含水量 (%)	塑性指数
一类岩	21.0	33.0
二类岩	19.0	30.55

各类红砂岩胀缩性和吸水性指标的试验平均值

测试项目: 自由膨胀率 (%)	击实样体缩率 (%)	干燥饱和吸水率 (%)
一类岩	41.3	7.45
二类岩	17.75	4.84
三类岩	2.85	

根据试验结果,按照《公路路基设计规范》(JTG D30-2004) 评判指标,一类岩属于弱膨胀岩。

C.4 红砂岩的力学性质

各类红砂岩击实试件的抗剪强度指标和渗透性指标

测试项目: 内摩擦角(度)	凝聚力(KPa)	渗透系数(cm/s)	天然岩块抗压强度(MPa)
一类岩	27° 12'	105.4	4.17×10 ⁻⁷
二类岩	26° 50'	75.37	4.17×10 ⁻⁷
三类岩	23° 16'	92.8	4.17×10 ⁻⁷

通过现场试验表明,红砂岩压实后透水性很差,对于压实度达到重型击实标准 90% 以上的红砂岩,表面积水一般难以下渗,仅对表层土体的含水量产生影响,二类红砂岩压实体的防渗性能不低于粘土。对于水稳定性差的一类红砂岩,在路基表面及两侧采取一定的隔水措施很有必要,可以防止表层一定厚度的红砂岩浸水后软化,强度降低,以及产生膨胀变形。

对红砂岩进行了室内 CBR 试验,其中一、二红砂岩各类岩取 16 组数据的平均值。按标准重型击实(98 击)、50 击和 30 击分别浸水试验,可以看出 98 击一类岩和 30 击二类岩随浸水时间的增加,CBR 有所降低;而 50 击和 98 击二类岩的 CBR 随浸水时

间的增加无明显的变化。根据测试结果可知，呈块状崩解的二类岩水稳定性较好，而一类岩的水稳定性很差，若受水的长期浸泡，其强度变得很低。

各类红砂岩试件室内 CBR 值随浸水时间变化的试验结果试件

浸水时间（天）	1	2	3	4	7	28
一类岩（98 击）	9.0	9.85	8.2	7.74	8.8	6.95
二类岩（98 击）	56.4	53.4	60.3	53.8	50.0	72.0
二类岩（30 击）	21.81	7.3 1	6.9	19.1	13.3	14.5
二类岩（50 击）	34.4	28.3	29.5	30.5	26.8	32.3