

# 目 录

(路基部分)

## 第一节、路基工程施工方案

- 一、一般路基施工.....3
- 二、软土路基及特殊路基施工.....3

## 第二节、施工常用机械设备

- 一、施工常用机械设备.....4

## 第三节、施工工艺及施工方法

- 一、软土路基施工.....8
  - (一)、换填土(砂).....8
  - (二)、抛石挤淤.....8
  - (三)、爆炸法处理软土地基.....8
  - (四)、袋装砂井.....12
  - (五)、砂砾垫层.....14
  - (六)、塑料排水板.....15
  - (七)、石灰桩.....17
  - (八)、压浆碎石桩.....18
  - (九)、挤实砂桩.....21
  - (十)、粉喷桩.....25
  - (十一)、旋喷桩.....27
- 二、膨胀土路基.....30
  - (一)、施工安排原则.....30
  - (二)、路堑施工.....30
  - (三)、路堤填筑.....31
- 三、泥岩路基.....32
  - (一)、施工安排原则.....32
  - (二)、路堑施工.....32
  - (三)、路堤填筑.....33
- 四、黄土路基.....34
  - (一)、施工安排原则.....34
  - (二)、路堤填筑.....34

(三)、路堑施工·····	35
(四)、陷穴、暗穴的处理措施·····	35
(五)、路基排水·····	36
五、风沙路基·····	37
(一)、施工安排原则·····	37
(二)、路基施工·····	37
六、盐渍土路基·····	38
(一)、施工安排原则·····	38
(二)、路基施工·····	39
(三)、石灰沥青膏毛细水隔断层配置和铺设·····	41
七、一般路基·····	41
(一)、路堤填筑·····	41
(二)、路堑施工·····	57
八、路基防护与排水·····	66
(一)、挡土墙·····	66
(二)、坡面防护·····	69
(三)、路基排水·····	71

## 第一节、路基工程施工方案

### 一、一般路基施工

#### (一)、路堑

1、土质路堑施工以机械为主，在较平缓横坡上的单边路堑采用横向台阶开挖，双向边坡的深路堑采用纵向分层开挖。靠近基床底层表面及边坡辅以人工开挖。调运采用铲运机或大马力推土机、挖掘机（装载机）配合自卸汽车运输。

2、石质路堑凡能采用大马力推土机松动的软岩均采用大马力推土机松动。对于推土机无法松动的岩石，其开挖深度在 5 米以下，节理裂隙较发育的岩石采用梯段药壶法松动控制爆破，整体性较好的岩石采用梯段浅孔松动控制爆破。其开挖深度在 5 米以上，节理裂隙较发育的岩石采用梯段小型峒室法或药壶法松动控制爆破，整体性较好的岩石采用梯段深孔控制爆破。靠近边坡采用预裂爆破或预留光爆层法光面爆破，靠近基床表面及侧沟采用浅孔控制爆破。

#### (二)、路堤

路堤施工前，先选做一段试验段，进行压实工艺试验，确定适合的填料、碾压机械、松铺厚度、最佳含水量、碾压遍数、碾压速度等，确定一套合理的填筑施工工艺参数。

填筑路基按照“三阶段、四区段、八流程”的施工程序组织施工。填土路堤采用平地机摊平，振动压路机碾压；填石路堤采用推土机摊铺整平，拖式振动压路机振动压实。桥涵缺口采用渗水土薄层填筑，靠近构造物边缘 1m 范围内采用小型压实机械压实。

路基防护紧跟路基填筑尽早展开施工。早日起到防护作用。防护工程不能紧跟时，应采取临时防排水措施进行临时防护。

### 二、软土路基及特殊路基施工

(一)、软土路基及特殊路基施工前一般应进行施工地质补勘，核实地质情况及设计处理方案是否符合现场实际，并据此制定施工方案。

(二)、软土路基先按设计处理方法进行软基处理，然后填筑路堤。排水固结法处理的路基，填筑时要密切注意路堤的沉降量，但当天的沉降量大于 10mm 或边桩位移大于 5mm 时，应暂停填土。

(三)、膨胀土路基避开雨季分段快速施工，缩短开挖面暴露时间，防护工程紧跟。膨胀土填筑用自重 14t 以上的重型振动压路机压实，预留沉落量大于一般路堤。

(四)、泥岩路基要尽量避开雨季施工，以确保基底处理质量、填料含水量稳定和压实密度。尽早填筑路堤，使之有更多的沉落时间，并利用雨季加速其沉降完成，达到铺轨时路基基本趋于稳定的目的。

(五)、黄土路基施工前要认真进行地质勘测，分清土质类别，探明陷穴、暗穴，对症施治。并严格按设计所采取的地基处理措施、结构措施、防排水措施进行施工。施工过程中认真做好截、排、防渗水设施。填料充分扰动、破碎，严格控制含水量确保工程质量。

(六)、风沙路基宜选择少风季节集中力量快速完成施工任务。施工时采取边施工、边防护、分段施工、一次做成的方法。

(七)、盐渍土路基安排在地下水位最低的季节施工，集中力量快速连续施工，从基底清除开始直至路床表面应分段一次完成，不可间断。在设置隔离层的地段，至少一次做到隔离层的顶部，以避免路基的再盐渍化和形成新的盐壳。

## 第二节 施工常用机械设备

路基施工常用机械设备详见表 2-1。

路基施工常用施工机械表

表 2-1

序号	机械设备名称	规格型号	额定功率 (kw) 容量 (m³) 或 吨位 (t)	产地	备注
一	开挖设备				
1	推土机	D9N		美国	
2	推土机	T220	162KW	山东	
3	推土机	T140	103kw	宣化	
4	挖掘机	CAT320	166KW	美国	美国卡特彼勒
5	挖掘机	PC400-1	174KW	日本	日本小松
6	挖掘机	UH181	188KW	日本	日本日立
7	装载机	ZL50	157KW	柳州	
8	装载机	ZL40	114KW	柳州	

路基施工常用施工机械表

表 2-1 (续)

序号	机械设备名称	规格型号	额定功率 (kw) 容量 (m <sup>3</sup> ) 或 吨位 (t)	产 地	备 注
二	运输设备				
1	自卸汽车	CQ3300	17t	重庆	
2	自卸汽车	T815	15t	捷克	
3	自卸汽车	KMAZ	12t	俄罗斯	
4	自卸汽车	东风	5t	十堰	
5	自卸汽车	斯太尔			
6	自卸汽车	黄河			
7	铲运机	CL-7	9m <sup>3</sup>	郑州	
三	平整、碾压设备				
1	边坡压实机				
2	三光轮压路机	3Y15/18		徐州	
3	振动压路机	YZZ8A	8t	徐州	总压实力 161KN
4	振动压路机	YZJ12A	13t	洛阳	总压实力 327KN
4	振动压路机	BW217D	18t	西德 宝马	总压实力 481KN
5	拖式振动压路机	YZT16	16t	陕西	总压实力 498.8KN
5	拖式振动压路机	YZT18B	18t	陕西	总压实力 570KN
6	手扶式振动压路机	YZS-06B	0.7t	洛阳	
6	平地机	PY-160	118kw	天津	
7	冲击夯	TV80NK	2.6kw	日本	
四	钻爆设备				

路基施工常用施工机械表

表 2-1 (续)

序号	机械设备名称	规格型号	额定功率 (kw) 容量 (m <sup>3</sup> ) 或 吨位 (t)	产地	备 注
1	潜孔钻机	TZQ-100		湖北	
2	潜孔钻机	TLQ-100		宣化	钻孔深度 5m
3	潜孔钻机	YQ150A		天水	
4	潜孔钻机	KQ-150		宣化	钻孔深度 17.5m (电动)
5	内燃空压机	VY-12/T		徐州	
6	电动空压机	ZL-10/8	10m <sup>3</sup> /min	柳州	
7	风枪	YT24		沈阳	
五	软基处理设备				
1	塑料插板机	LMZ-II	40.7kw		用于施工塑料排水板
2	粉喷桩机	PH-SA			用于粉喷桩施工
3	喷粉机		1.3m <sup>3</sup>		
4	空压机		16m <sup>3</sup> /min		
5	翻斗车		1t		
6	发电机		35kw		用于爆破挤淤
7	汽车吊	QY-16	154KW	常德	
8	振动锤		11kw		
9	抽水泵				
10	电力起爆器	MFJ-100			
11	高压泥浆泵	ACF-700			用于单管法旋喷桩
12	振动钻机	XJ100			
13	旋喷管	42mm 地质钻杆			
14	高压胶管				

路基施工常用施工机械表

表 2-1

序号	机械设备名称	规格型号	额定功率 (kw) 容量 (m <sup>3</sup> ) 或 吨位 (t)	产 地	备 注
15	高压泵	ACG-700			用于三重管法旋喷桩
16	泥浆泵	BW250/50			用于三重管法旋喷桩
17	空压机		6~9m <sup>3</sup>		
18	钻机	XJ100			
19	三重旋喷管				用于三重管法旋喷桩
20	高压胶管				
21	袋装砂井机				用于袋装砂井施工
22	钻机	QY50			用于压浆碎石桩施工
23	泥浆泵	BW-320			
24	泥浆泵	BW-150			
25	拌浆机				
26	挤密砂桩机	门架式		17KW	用于挤密砂桩施工
六	路基防护				
1	砼拌合机	Jz350			
2	砂浆搅拌机				
3	张拉设备				用于锚索施工
4	混凝土喷射设备				
5	洒水车	东风-135	7.8t	武汉	

### 第三节 施工工艺及施工方法

#### 一、软土路基施工

首先进行基底处理，以提高基底承载力，减小路堤的沉降量。软基处理方法，基本可利用改善荷载法、改善地基法及综合法三大类。

软土路基填筑时，要常观测路基的沉降量，当每天的沉降量大于 10mm 或边桩位移大于 5mm 时，应暂停填土。路基填土终止后一个月内，每天观测一次，满载预压期间每周观测一次，沉降观测仪根据地质变化情况，一般每 200m~300m 设一个。

软基段的涵洞工程，可在路基预压期满，沉降基本完成之后再开槽施工。

##### (一)、换填土（砂）

- 1、根据设计和试验选择符合要求的换填材料。
- 2、将软土挖除干净，并将底部整平。如软土底部起伏较大，报监理工程师处理。视情况可设置台阶或缓坡。
- 3、换填前，根据设计和技术规范对基底进行验收，并通过监理工程师签认。
- 4、人工级配的砂石填料，应将砂石拌合均匀后，再填筑压实。
- 5、压实时，注意不破坏基坑底面和侧面土的强度。

##### (二)、抛石挤淤

- 1、根据设计选择符合要求的石料，注意级配质量，最大粒径以小于 20cm 为宜。
- 2、施工要点
  - (1)、施工时应先从路堤中部开始抛填，中部向前突进后再逐渐向两侧扩展，以使淤泥向两旁挤出。
  - (2)、当软土或淤泥底面有较大的横坡时，抛石应从高的一侧向低的一侧扩展，并在低的一侧多填一些。
  - (3)、抛填第一层要厚些，以便能承受住压路机，待上一层抛填物压入泥中，再抛填下一层，直至用重型压路机碾压不再下降为止（用测量沉降法确定）。

##### (三)、爆炸法处理软土地基

爆炸处理软土地基的方法主要有“爆夯法”、“堤下爆炸挤淤法”和“爆炸排淤填石法”三种，根据实际情况选用。其中爆炸排淤填石法又分为堤侧爆炸排淤填石法和堤头爆炸排淤填石法。使用时应根据水深、淤泥厚度及基底持力层的倾角和倾向等因素确定。



## 1、爆夯法

(1)、适用条件：适用于淤泥厚度小于 3.0 米，水深大于 0.5 米，且不易抽降或不许抽降水位的软基处理工程。

(2)、实施方法：用船或其它浮运设备在设计范围抛填石料，将炸药置于堆石体表面或一定高度爆炸。

(3)、原理：利用水的不可压缩性传递炸药爆能及爆轰波向下传递密实堆石体并使堆石体下沉将淤泥挤出。

(4)、施工要点：

- a、根据设计方案，定出一次循环抛石范围，并设立牢固标志。
- b、按规定级配和粒径抛填石料，厚 2.0m~0.5m，顶面基本平整。
- c、炸药必须保持相同标高并均匀分布。
- d、所有药包均采用同段雷管瞬间齐爆。

## 2、堤下爆炸挤淤法

(1)、适用条件：淤泥厚度 3.0m~0.5m，填石体底宽或初次填石底宽（采用堤侧爆炸排淤填石的第一次抛石体）小于 10.0m 的软基处理工程。

(2)、实施方法：在淤泥顶面设计堆石体中线上预埋塑料管，然后抛填石块，待抛石完成后，将条形防水药卷用导爆索连接后穿入预埋塑料管内起爆。

(3)、原理：药包在堆石体下部中线上爆炸时，爆能及爆轰气体向淤泥内作用，挤走淤泥，堆石体下沉至持力层达到加固地基的目的。

(4)、施工要点：

- a、预埋塑料管必须位置准确，管径满足装药量要求。
- b、淤泥面上有砂层时，将炸药置于淤泥面与砂层交界面上，将砂层厚度加入堆石体厚度一并计算。
- c、要获得好的挤淤效果，堆石体厚度（含淤泥顶面上砂层厚）必须大于 1.67 倍淤泥厚度。
- d、堆石体的粒径和级配应符合规定要求。

## 3、爆炸排淤填石法

(1)、适用条件：

a、堤侧爆炸排淤填石法：适用于淤泥厚度大于 5.0m，淤泥下持力层横向倾角明显的软基处理工程。

b、堤头爆炸排淤填石法：适用于淤泥厚度大于 5.0m，淤泥下持力层纵向倾角明显的软基处理工程。

(2)、实施方法：在处理范围内淤泥浅的一侧（堤侧爆炸排淤填石法）先填筑一定宽、高、长度的堆石堤，或在处理范围内淤泥浅的一闻端（堤头爆炸排淤填石法）先填筑设计宽度、适当长度和高度的堆石体，然后在堤侧或堤端坡脚软土内装入一定长度和密度的药包同时爆炸，并从一侧向另一侧或从一端向另一端不断循环进行，直至软土地基处理完成。

(3)、原理：炸药在坡脚软土内爆炸，爆轰气体使软土内产生大量空腔，并伴随强烈震动扰动淤泥体，堆石体在其自重及震动作用下沉充填空腔，将淤泥体挤向外侧，达到处理软土地基之目的。其施工工艺流程图见 3-1-1。

(4)、施工要点：

a、施工准备

包括制作装药器套管、C20 级混凝土砣、防水药包等工作。

b、测量定位

根据爆破设计方案，定出一次循环抛填石方的范围，插细竹杆作为标志。

c、抛填石方

抛填从淤泥较浅侧向较深侧进行，石方由自卸汽车运输，装载机铲推，抛石高度超出原始淤泥面 3.0~5.0m。

d、平整场地

抛石高度、范围符合设计要求后，在抛石体上铺筑碎石、土等，用装载机配合人工平整场地，以吊车能正常作业为宜。

e、吊车就位

吊车支脚用短枕木支垫平稳。

f、布设炮孔

根据爆破设计，在抛石体坡脚淤泥面布设炮孔，作好标志，用  $\phi 16$  钢筋插探淤泥深度，并看淤泥内是否有障碍物，以便调整布孔位置。为便于施工操作，可在炮孔位置淤泥上搭设木板作为操作平台。

g、装药器就位

用 16 吨吊车起吊带有震动锤、缓冲装置、套管的装药器，将其吊移至孔位上部，在导管下部孔口安装混凝土砣。

h、装药器下沉

起动震动锤，吊车调整缆绳。装药器在振动及重力作用下向淤泥体内下沉至设计深度。

i、装入药包

施工准备

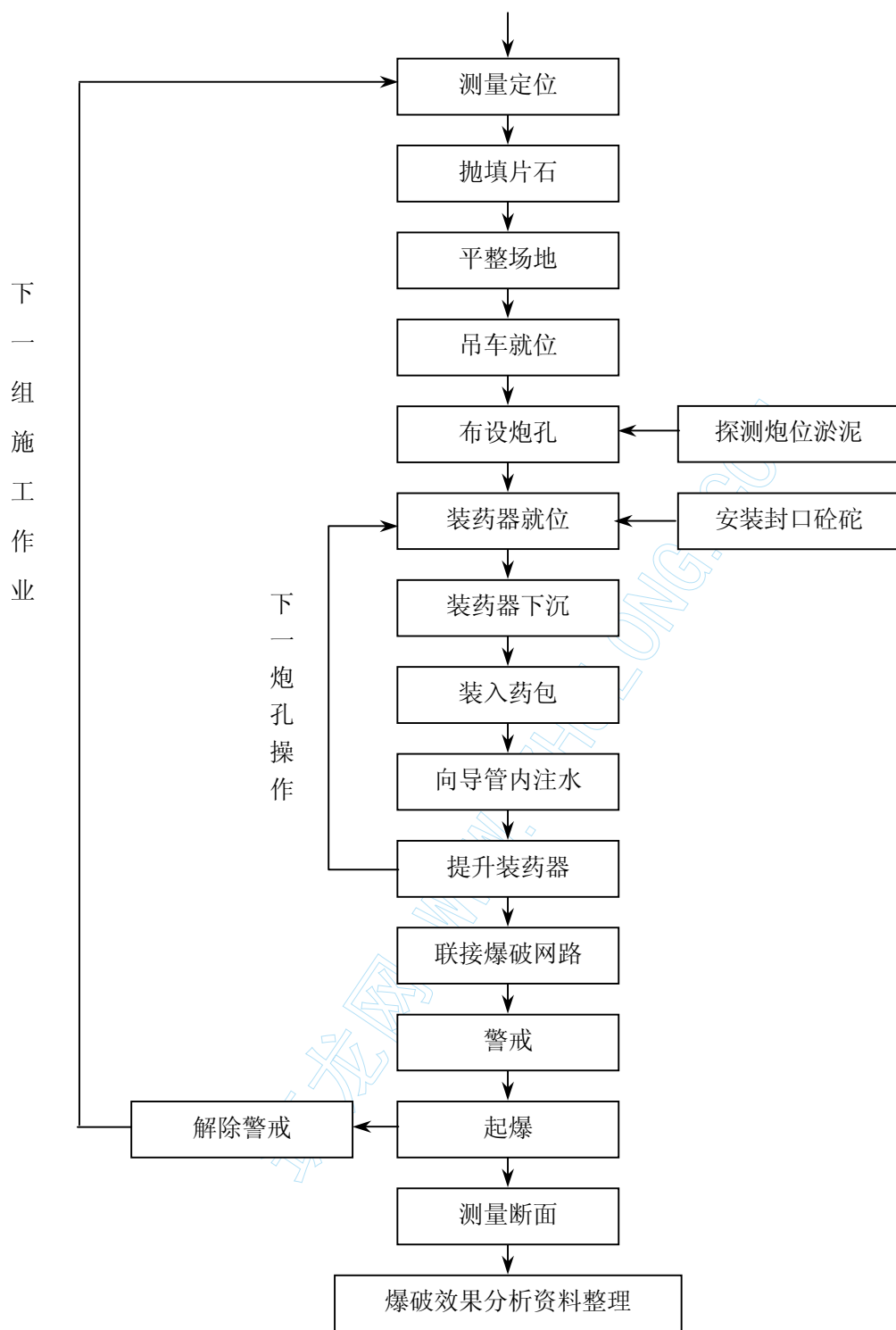


图 3-1-1 爆炸排淤施工工艺流程框图

通过装药器顶部滑轮，用细绳（细绳头设自动脱钩装置）向孔底放置。要注意防止绑在药包内的导爆索脱落。

j、向导管内注水

为防止提升装药器时带上药包及药包上漂，可用抽水泵向管内注水，至投料口溢水时停止。

k、提升装药器

吊车收起缆绳，吊起装药器移至下一孔位，进行下一个孔位作业。

l、联接起爆网路

采用导爆管单向传爆，各药包与主导爆索联接时要绑扎牢固，并要将药包导爆索传爆方向指向起爆雷管，各药包导爆索与主导爆索联接处搭接长度不小于 20cm。

m、警戒

网路连接完毕，设立岗哨，拉响警报，警戒距离为 300m。

n、起爆

布好警戒，确认警戒范围内无人员、车辆及其它安全隐患时即可起爆。

o、断面测量及资料分析

测量爆破断面，进行技术资料整理分析。

#### （四）、袋装砂井

1、施工时，先在需处理段地面上填筑好排水坡（路拱或横坡），并铺设好排水垫层，再将加工好的砂袋垂直置入地基中已成孔内，形成袋装砂井，然后对地基加载预压，使地基中水份迅速从袋装砂井中排出，从而达到加固地基沉降固结的目的。袋装砂井施工工艺流程见图 3-1-2。

2、施工要点

(1)、排水坡及砂垫层的设置

①、首先清除加固范围内地面上的草皮及杂物，并大致平整。

②、用土质相同的土填成路拱或横坡，坡度不小于 3%（注：在秦沈线横坡定为 4%，施工时根据设计确定），并碾压密实（形成排水坡），一般密实度要求不小于 90%（或按设计地基密度要求）。

③、在路拱或横坡上均匀等厚地铺设透水性好的粗砂层，砂层厚度按设计标准确定，砂垫层表面应平顺，并形成同土路拱或横坡相同的坡度，以利袋装砂井中排出的水能迅速从该砂层中流出。

(2)、机具选择与定位

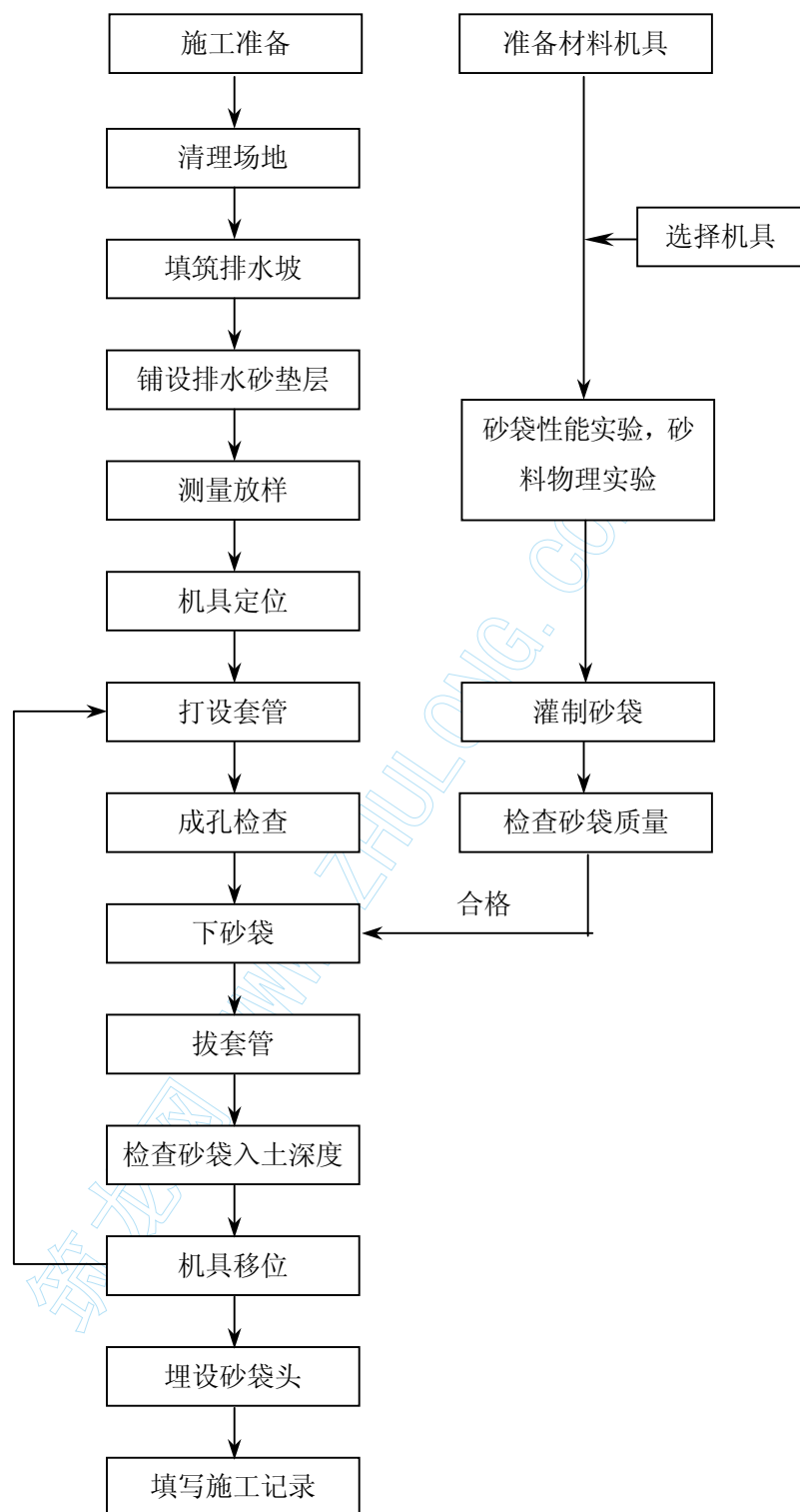


图 3-1-2 袋装砂井施工工艺流程图

①、选择导管式震动打设机械。

②、根据袋装砂井布置范围及间距，在现场采用小木桩定出每个砂井位置，在套管入土时将其拔掉。

③、机具定位时要保证锤中心与地面定位在同一点上，并用锤球或经纬仪观测控制导向架的垂直度。

(3)、安设套管与桩尖

①、根据砂井直径选择套管直径，并在套管上划出控制标高的刻度线。

②、采用活瓣式桩尖固定在套管上作为一个整体，利用桩机上的起吊设备将套管吊起，上端送入桩帽中，下端用人扶住准确安装在定位点上。

(4)、套管打入

当套管吊起定位后即可开锤施打，开始时落锤要轻、缓，防止套管突然偏斜。套管入土深度距设计深度约 2m 时，要控制锤击频率，防止超深。

(5)、灌、运、下砂袋

①、采用门架式机械振动灌制砂袋，提高砂袋密实度。

②、砂袋运输要用专门的运料工具，严禁在地上拖拉。

③、下砂袋时，在套管口设置滚轮或滑槽，将砂袋缓慢顺直地放入套管中。

(6)、拔出套管

砂袋到位后即可拔起套管，拔起时要连续缓慢进行，中途不得放松吊绳，防止因套管下坠而损坏砂袋。如拔套管时带起砂袋，则应重新施工。

(7)、袋头处理

套管拔出后，砂袋应露出井口 30cm 以上，并将其竖直埋入砂垫层中。

(8)、预压荷载

砂井施工完毕后，根据设计要求施做预压荷载。

### 3、袋装砂井质量控制及检验

①、砂料质量；

②、砂袋质量；

③、套管检查；

④、桩位垂直度检查；

⑤、砂袋入土深度；

⑥、砂袋外露长度。

### (五)、砂砾垫层

1、施工前先对砂垫层材料进行取样检验，以确保砂垫层材料为级配良好的中、粗砂或砂砾，其含泥量不超过 5%以及渗透系数符合要求，且不含有有机质、垃圾等杂物。

2、基底处理，做土路拱。

3、砂砾垫层的铺筑施工采用分层压实法，分层厚度、压实遍数通过试压确定。施工时，下层密实度经检验合格后，再填筑上层。

4、砂砾垫层的厚度应满足设计要求，为防止施工中砂砾流失，在垫层的两端用砂袋码砌护脚。

### (六)、塑料排水板

1、塑料排水板施工时，利用插板机插入软土地层中，插板时，将排水板经导管上部滚轮，穿入穿带窗，至下端出口与桩靴相连；开动插板机，导管顶住桩靴将排水板插入设计深度；拔出导管，排水板便留在土中，然后剪断，即完成一根排水板的插设。插板作业过程见图 3-1-3，塑料排水板施工工艺流程见图 3-1-4。

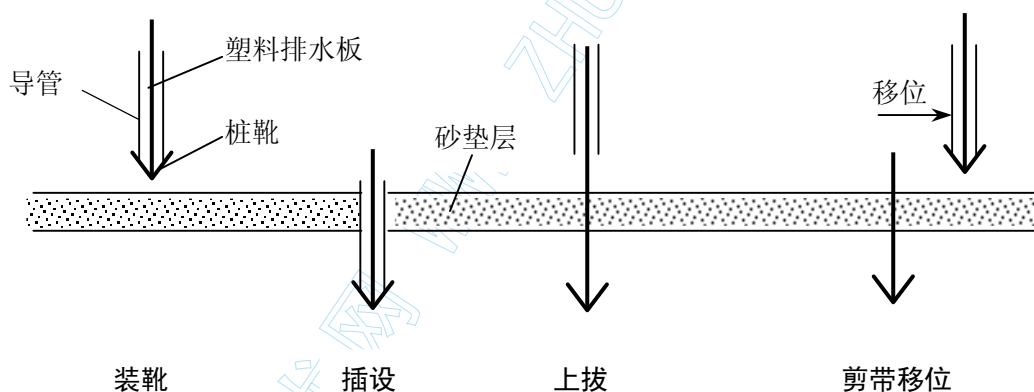


图 3-1-3 塑料排水板插板作业过程图

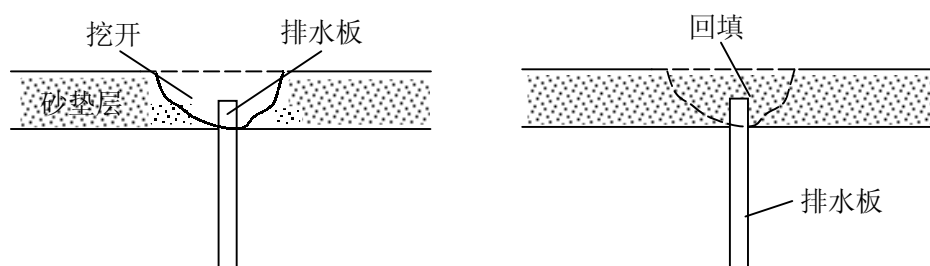


图 3-1-5 塑料排水板头部处理图

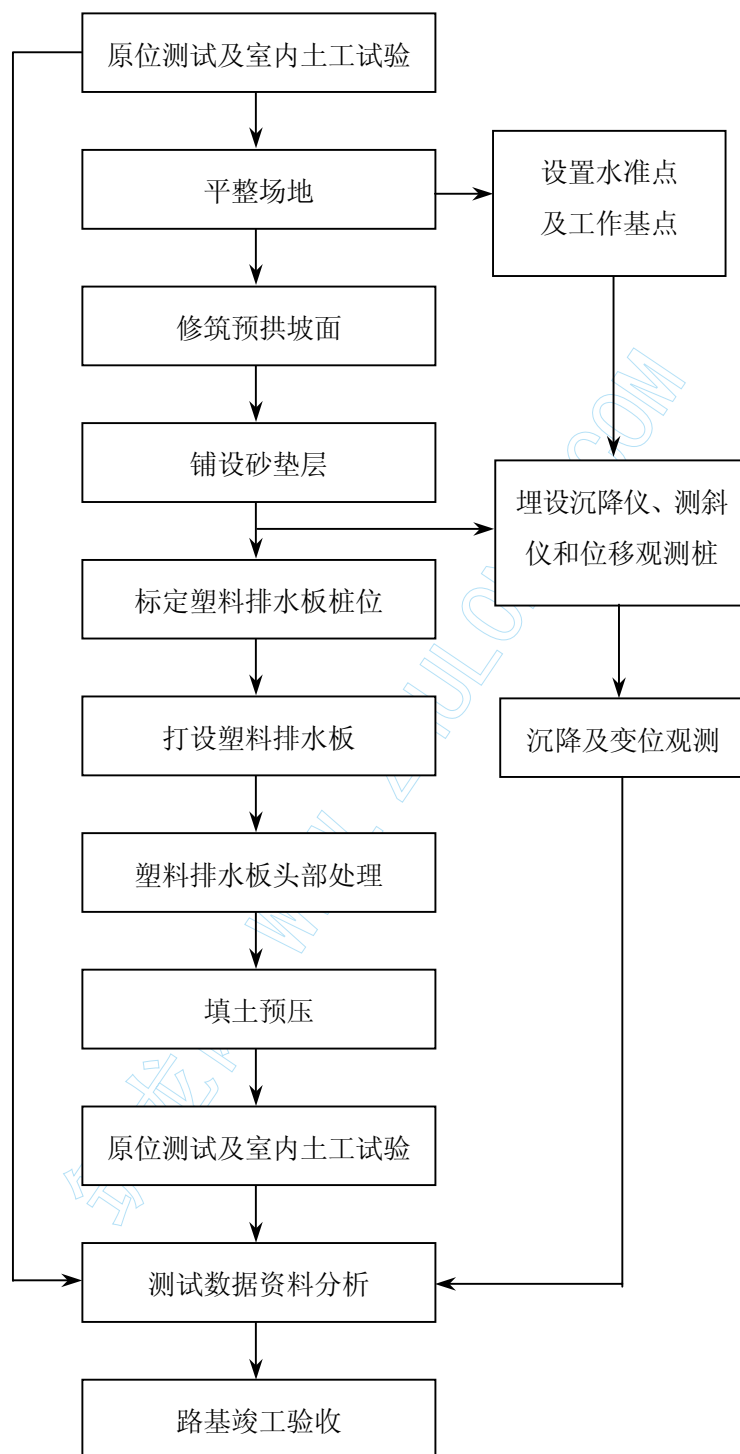


图 3-1-4 塑料排水板施工工艺流程图



## 2、施工要点

(1)、插板作业前，应先了解地下有无障碍物，然后平整场地，铲除杂草，修筑预拱。

(2)、在修筑好的路基预拱坡面上铺设砂垫层。

(3)、插板机上设有明显的进尺标志，以控制排水板的打设深度。

(4)、塑料排水板需要接长时，应剥离滤膜，使芯板顺槽搭好，搭接长度为 20cm，然后包好滤膜，用钉板机钉牢。

(5)、塑料排水板与桩靴的连接要可靠，桩靴对导管下端密封要严，以免进泥，使排水板带出。

(6)、插好的塑料排水板，伸出预拱面 15cm，顶端埋入砂垫层，插管形成的孔洞用砂填没。头部处理方法见图 3-1-5。

(7)、上拔导管时，带出的淤泥，不得弃于砂垫层上，以免堵塞排水通道。

(8)、垫层上部填土高度小于 1m 时，不得采用振动式压路机碾压。

(9)、路基填土速度一般不受限制，但当天的沉降量大于 10mm 或边桩位移大于 5mm 时，应暂停填土。

(10)、软基段的涵洞工程，一般应在路基预压期满，沉降基本完成之后再开槽施工。

## (七)、石灰桩

1、石灰桩加固软土地基主要是利用机械打桩成孔时和生石灰吸水膨胀、放热作用对周围的挤压力，将桩周土体挤密以及土体与石灰的化学反应、凝结作用改善桩周土体的物理力学性能，使桩与桩周土脱水固结，共同承受荷载，来提高地基承载力，减少基础的沉降量，形成一种性能良好的复合地基。其施工工艺流程见图 3-1-6。

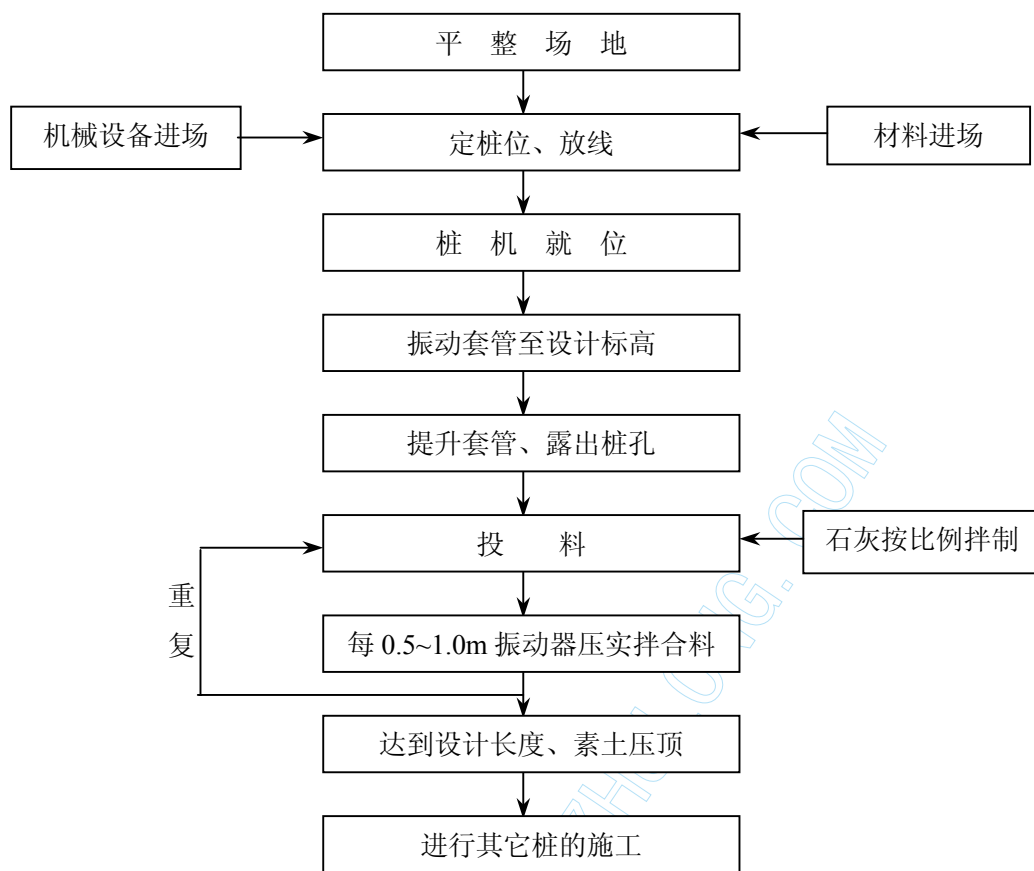


图 3-1-6 石灰桩施工工艺流程图

## 2、施工要点

(1)、平整场地，松软地段，可用钢板或垫木作为垫板。并清除地下障碍物，查明地下管线等原有设施。

(2)、试桩，确定施工参数。试桩时下管深度比设计加固深度深 20~30cm。一次成桩的长度和振动锤功率、设计压实系数有关，在满足设计压实系数的情况下，振动的功率大，一次成桩的长度可以长些。一般情况下，一次成桩的长度为 0.5m~1.0m。

(3)、技术交底：施工人员要熟悉施工图纸、施工程序及标准。

(4)、根据施工图纸做好现场定位、放样工作。

(5)、桩机就位。在地面上确定好桩孔位置，垫好垫块，支好起吊架，使起吊架平稳坚固。

(6)、启动振动锤。将套管一并打入土中至桩底标高。

(7)、拔出套管，露出桩孔。

(8)、将配制好的石灰料投入桩孔（每次投料深度在 0.5~1.0m）。

(9)、开动振动锤，将刚下的石灰料压实，完成一次投料。

(10)、按上述步骤进行以下各次投料，直至达到设计桩顶标高。

(11)、用素土压实封顶，一根桩即告完成。

### 3、质量保证措施

(1)、原材料：生石灰必须经检验合格后方可使用，其粒径为 5~7cm，含粉量不大于 10%，CaO 含量不低于 80%。施工中应经常检查生石灰的含粉量，做好防潮防雨工作。

(2)、灰料必须拌均匀，随拌随用。

(3)、每次投料量必须保证相应的成桩长度，达到成桩长度后，停止锤击，各次成桩长度之和与设计桩长相吻合。

(4)、套管（钻管）拔起前，应左右前后击套管，以防套管与土层粘连，难以拔出或造成塌孔等。

(5)、桩位允许的水平偏差为半个桩位，允许的垂直度偏差为 1.5%，施工中应严格控制。

(6)、质量检验。石灰桩加固软土路基，用下列方法进行检测：

①、土工试验，检查加固前后土的含水量、容重、孔隙比、压缩模量等，并进行比较。

②、静力触探试验，检测加固前后触探深度与贯入阻力  $P_s$  的关系。

③、侧压试验，检测加固前后挤密土体中的侧压力与非挤密土体中侧压力值，并进行对比。

④、复合地基的静力试验，检测不同荷载作用下地基的沉降情况。

### (八)、压浆碎石桩

1、压浆碎石桩用螺旋钻成孔，钻进到预定深度后提钻，在提钻的同时，由钻杆中心孔注入泥浆，到坍孔地层以上为止。然后抽出钻杆，下放钢筋笼，在吊入钢筋笼的同时，将预先固定在钢筋笼上的注浆管也置入孔内，深入桩底，钢筋笼就位后，倒入粗骨料，投碎石到桩顶，分两次、三次，注入水泥浆到桩顶。然后通过压浆泵将水泥浆压入，其施工工艺流程见图 3-1-7。施工作业示意图见图 3-1-8。

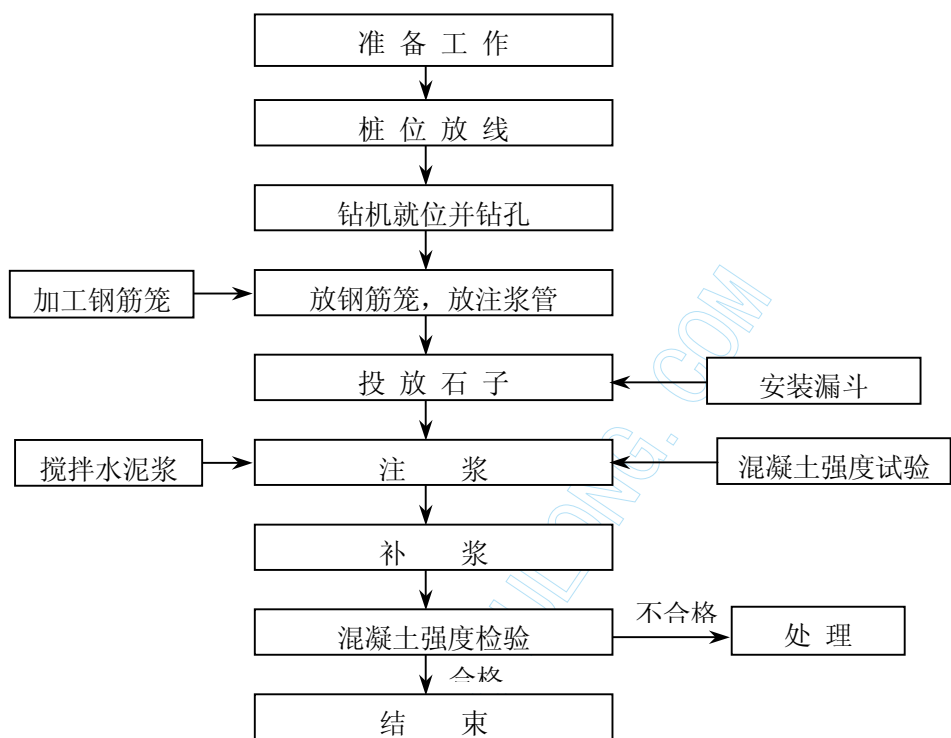


图 3-1-7 压浆碎石桩施工工艺流程图

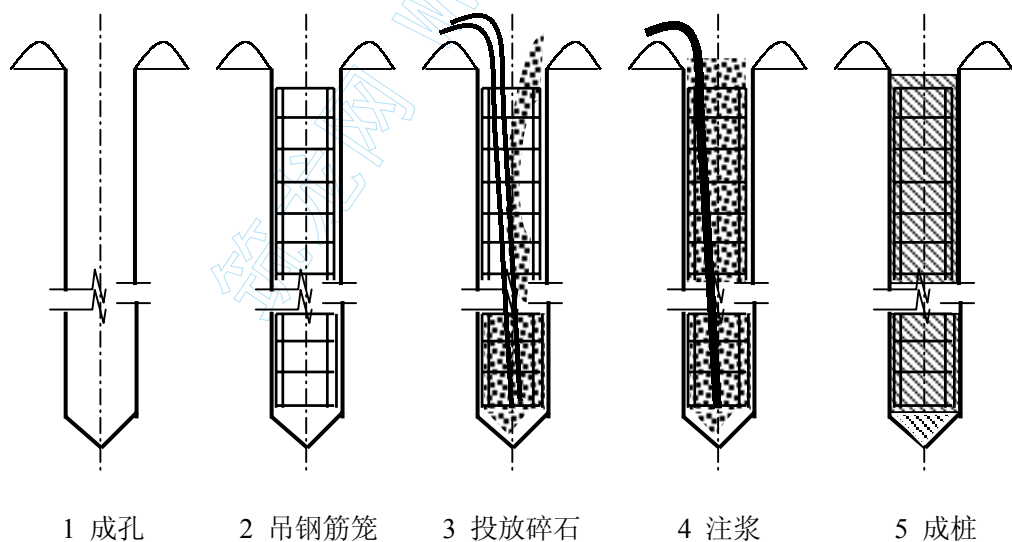


图 3-1-8 压浆碎石桩施工示意图

## 2、施工要点

### ①、施工准备

接通水源、电源，检查验收钢筋笼，备好水泥、石子，检修压浆机使其处于正常工作状态。

### ②、钻孔布置

护坡桩采用隔 2 个孔跳打的方案，每 30m 为一段。

### ③、钻机就位

平整场地，局部需夯实的地方要夯实，以保证机身稳固。测量放线后，钻机就位，调直钻杆。

### ④、钻孔

开动长螺旋钻机，并随时注意钻杆的垂直度。钻至设计深度空钻清底。

### ⑤、注浆提钻。

把高压注浆管一头接在钻杆顶部的导流器预留管口，另一头接在压浆泵上，将配制好的水泥浆液由下而上边提钻边注浆。压浆至坍孔地层以上 50cm 后提出钻杆。

### ⑥、下钢筋笼。

根据钢筋笼的长度设置加强箍筋，以免吊放时变形。将  $\phi 20$  塑料注浆管固定在钢筋笼上(管底至笼底 30cm)。使用钻机的吊装设备吊起钢筋笼对准孔位，垂直缓慢放入孔内到设计标高，固定钢筋笼。

### ⑦、投放碎石。

将直径 0.5~3.2cm 卵石（碎石）通过预先安装的铁皮漏斗投放孔内，并用铁棍捣实，碎石投放到桩顶标高以上 20cm。

### ⑧、第二次注浆。

碎石投放完毕，搅拌水泥浆，水泥浆由压浆泵通过预先埋置的注浆管注入。直至水泥浆升至桩顶标高 20cm 以上。压浆泵压力一般控制在 4MPa。

### ⑨、补注浆。

因注入的水泥浆向土体渗透，故需补注浆 2~3 次，每次注浆间隔时间不得超过 30min。总时间根据土质情况不超过 2h。

### ⑩、混凝土达到设计强度后，凿除超过设计标高的部分。

⑪、压浆碎石桩采用模拟试验，即在现场用水泥和石子拌制无砂混凝土，其试块规格和试模与普通混凝土试验相同。桩体达到设计强度以后，也可采用现场取芯或混凝土抗拔检验桩体强度。

## 3、质量要求

### (1)、成孔

①、成孔设备就位后，必须平整、稳固，确保施工中不发生倾斜和位移。

②、成孔深度不小于设计钻孔深度。

③、施工容许偏差：桩径为 $\pm 2\text{cm}$ ，垂直度为 $1\%$ ，水平位移为 $1/4$  桩径。

### (2)、钢筋笼加工

①、钢筋笼的直径除符合设计尺寸外，还应比成孔直径小 $6\text{cm}$ ，以确保钢筋保护层厚度。

②、钢筋笼入孔时应对准孔位，扶稳吊直，避免碰撞孔壁，下沉有困难时，绝不能用大锤或反铲打入或压入孔内，可重新起吊再对准孔位慢慢下放，钢筋笼下放到设计位置后，应立即居中稳固。

③、钢筋笼的制作容许偏差：主筋间距为 $\pm 10\text{mm}$ ，箍筋间距为 $\pm 20\text{mm}$ ，钢筋笼长度为 $+100\text{mm}$ ，钢筋笼直径为 $+10\text{mm}$ 。

④、钢筋笼制做时的焊接绑扎要求：钢筋笼的主筋必须采用焊接方式连接；螺旋筋的绑扎点或焊点数量不小于交叉点总数的 $50\%$ 并均匀分布；钢筋笼设置支撑钢筋，其间距 $1.5\text{cm}$ ，支撑箍筋的钢筋宜选择直径为 $\Phi 16$ ，钢筋笼吊点处必须设置加强附筋 $4\Phi 10$ 。

### (3)、注浆

水泥浆严格按配合比搅拌均匀。第一次注浆与第二次注浆时间不得超过混凝土初凝时间，以免下放钢筋笼、投放碎石和二次注浆困难，否则重新成桩。

(4)、对护坡桩，土方开挖后及时复核强度。

### (九)、挤实砂桩

1、采用重复压拔管法施打振动挤实砂桩加固路基，成桩工艺效果较好，对松散的粉细砂土地基挤密效果尤其显著。经砂桩处理过的饱和松散砂土地基可防止振动液化。地基承载力和相对密度均有显著提高，能够满足列车作用下，不发生液化的要求。

#### 2、施工工艺

①、桩机就位。根据门架振动挤压砂桩机走向钢轨标出的桩位标记，移动桩机，使桩机对准打桩线；启动 $0.5\text{t}$  卷扬机，按照下横梁上标出的桩位标记移动导向架，使桩管（尖）对准打桩点，并将卷扬机离合器刹紧；松动 $1\text{t}$  卷扬机离合器，使桩尖接触桩位点。

②、启动桩锤电机使桩锤振动，桩管沿桩位下沉（桩管必须下沉到设计深度）。

③、灌砂。根据桩深，按规定的灌砂量将砂子装入桩管内；如果桩管一次容纳不了应灌入的全部砂料，剩余的砂料待桩管提升后，振动挤实一段时间以后再补充装入。

④、沉桩过程中的振动挤实。第一次把桩管提升 $80\sim 100\text{cm}$ ，提升时桩尖自动打开，桩管内的砂料流出。

⑤、降落桩管，振动挤压 15~20S（注意观察料斗中砂料的变化，如砂料没有减少，说明桩尖没有打开，要继续提升桩管，直到桩尖打开为止。）

⑥、其后，每次提升桩管 50cm，挤压时间以桩管难以下沉时为宜。按上述办法经多次往复升降压拔桩管，灌砂挤密地基。

⑦、完成该桩灌砂量，桩管提升至地面。尔后将桩管移到下一根桩位。施工工艺流程见图 3-1-9；施工操作程序见图 3-1-10。

### 3、施工要点

①、砂料。以中粗混合砂为宜，含泥量不超过 3%，在饱和砂土中施工时，使用天然湿度砂或干砂均可。

②、桩管下沉过程中，应沿导向架，并始终保持同导向架平行。如发生桩管偏斜须及时扶正桩管。

③、打桩顺序。尽可能采取接近梅花型的插打法，施工推进按先打第一排的各桩，接着向前推进隔一排打第三排的各桩，然后再退回打第二排各桩，以此类推。

④、启动卷扬机电机时，卷扬机离合器必须松开，以免烧坏电动机。

⑤、导向架横向移动时，必须将 1t 卷扬机移动手把刹紧。

⑥、扶管桩对位时，一定要在停机状态下进行，并在桩管的横向和纵向有专人观察桩管对位情况，发现偏斜，要随时纠正，以保证管桩垂直下沉。

⑦、随时注意检查桩锤齿轮箱润滑油油量，要保持齿轮箱油位不低于齿轮下齿根（一般保持在 3cm 以上）。

⑧、做好交接班工作，桩机工作状态，电机运转情况，桩锤工作状态卷扬机系统有无问题，打桩深度，数量以及桩位都应记录交接清楚。

⑨、挤实砂桩机的桩尖部分对挤实砂桩施工质量和工效有很大影响，一般桩尖有三种型形式，即限位活瓣式、锥头式和加护套锥头式。在实际施工中，加护套锥头式桩尖较为理想。

### 4、质量要求

在饱和粉细砂松软地层上修筑铁路路基，为防止列车振动液化，保证路基的稳定和运营的安全，饱和粉细砂松软层的干密度应达到  $1.7\text{g/cm}^3$  以上。



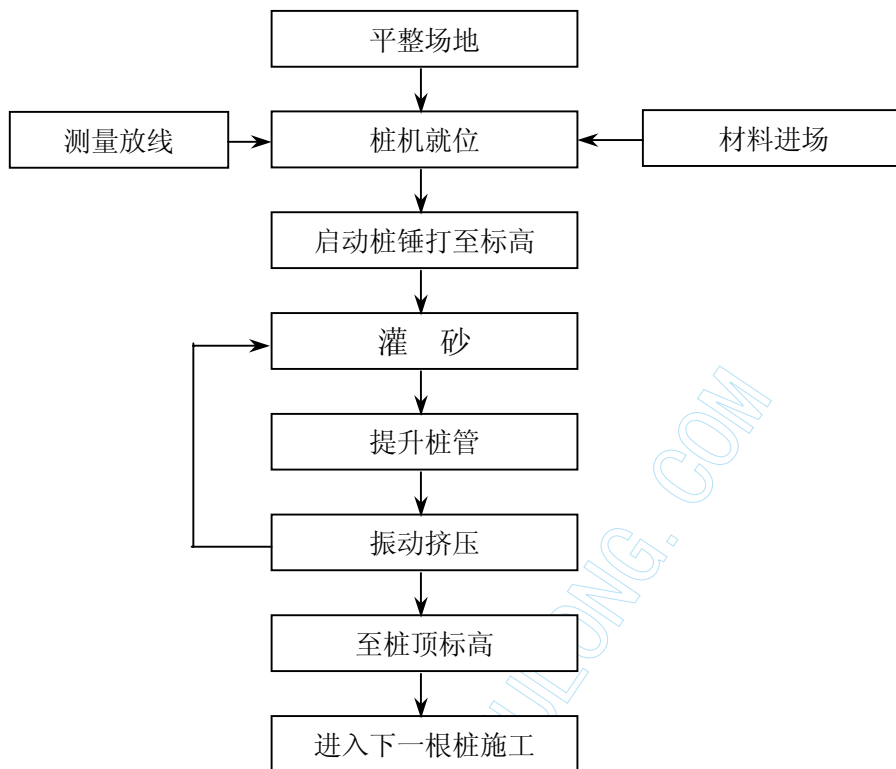


图 3-1-9、施工工艺流程框图

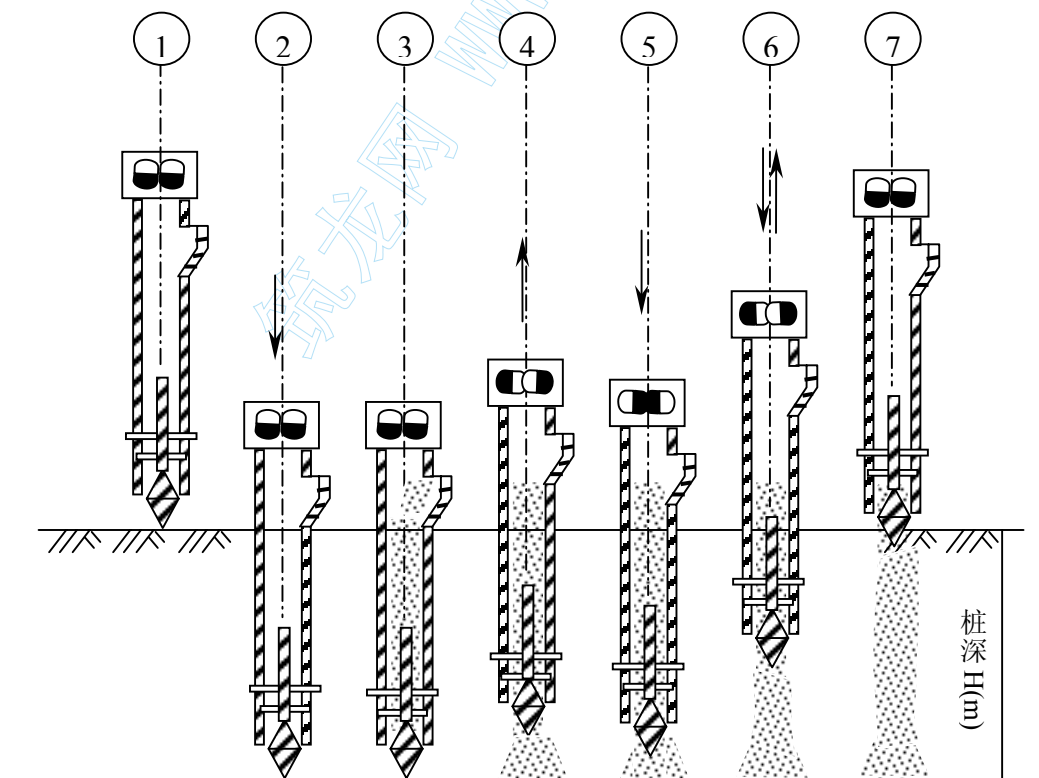


图 3-1-10 施工操作示意图



### (1)、质量控制

施工中应重点控制桩管下沉时间，挤压时间和灌砂量。当砂桩间距为 1.5m 时：

- ①、桩管下沉时间：每米桩深下沉时间不少于 110S，每根桩下沉所需时间应按桩身折算。
- ②、单桩所需的总时间（包括下沉时间和挤压时间）按下表定执行：

桩 深 m	1.0	2.0	2.5	3.0	3.5
所需总时间（min）	6.0	11.5	14.5	17.0	20.0

### (2)、质量检查

#### ①、检查设备及方法

质量检查设备采用轻型动力触探仪，这种仪器轻便灵活，操作简单，可沿深度连续测定，其测定结果与饱和砂土干密度之间的关系密切，误差小，相关性好，可根据  $N_{10}$  得出地层的干密度。触探仪探头规格：直径 40mm，园锥角  $60^\circ$ ，（截面积  $12.5\text{cm}^2$ ）。检查方法：在选定的检查位置连续锤击贯入，记录贯入 10cm 的锤击次数（落锤量 10kg，落距 50cm）。

②、检查时间：因打桩后孔隙水压力一天后基本消散，故质量检查的时间可在一天后进行。

③、检查位置：应选在三根桩组成的等边三角形中心。

④、检查数量：每台桩机打完桩的地段，按每 30m 划分一个检查地段，并将此段沿线路纵向等分成四区，在第一、三或二、四区各抽查一处，有不合格时，则须在未检查的两区各抽查一处，以便评定施工质量和确定处理方法。

### (3)、质量评定

振动挤实砂桩工程的保证项目和允许偏差项目，应符合有关质量检验评定标准规定。对铁路工程应符合《铁路路基工程质量评定验收标准》有关规定；对建筑工程应符合《建筑工程质量检验评定标准》有关规定。

检查试验记录和施工记录：

①、施工时，应以设计深度为依据，以桩管实际下沉深度和下沉时间的长短来判定桩深是否达到要求深度。

②、打桩后，要判定桩深范围内地层密度是否达到设计密度的标准为：自原地表测量，设计桩深在 1.5m 以内者，设计桩深范围内的地层密度不应小于  $1.70\text{g/cm}^3$ ，相应锥探锤击次数不少于 10 次；设计深度在 1.5m 以下时，设计桩深范围的地层密度不应小于  $1.68\text{g/cm}^3$ ，相应锥探锤击次数不应少于 9 次。对于粉细砂地层，沿深度连续有三个及以上锥探值不合要求时，即为不合格。

③、根据质量检查结果，评定施工质量的好坏，质量不合格者应分别情况，部分或成段进行补桩。

**(十)、粉喷桩**

1、粉喷桩施工的关键技术是控制好喷粉，即将粉体成桩固化剂用压缩空气输送到钻头并射到土层中去，喷粉直接关系着成桩的质量。喷粉操作要求迅速连贯，一气呵成。其施工顺序如下：

- (1)、对正桩位，调正桩机身，保证桩的垂直度，启动主电机下钻，待搅拌钻头接近地面时，启动空压机送气，继续钻进。
- (2)、钻到设计孔深时，停止钻进，钻头反转，但不提升。
- (3)、打开送料阀门，关闭送气阀门，喷送加固粉料。
- (4)、确认加固粉料已到桩底后，提升搅拌钻头。为便于控制成桩质量，一般不得使用Ⅲ档提升。
- (5)、提升到设计标高后，停止喷粉。停止喷粉深度结合搅拌提升的速度确定，见表 3-1-11。

**停止喷粉深度表**

表 3-1-11

提升档位	I	II	III
设计停喷深度/m	0.55	0.60	0.65

- (6)、打开送气阀，关闭送料阀，空压机不停机，搅拌钻头提升到桩顶，停止提升，在原位转动两分钟，以保证桩头均匀密实。
  - (7)、在桩上部 1/3 范围内复搅一次，复搅长度不足 4m 按 4m 计。
  - (8)、将搅拌机钻头提出地面，停止主电机，填写施工记录。
  - (9)、移动桩机到下一桩位。
- 粉喷桩施工工艺见图 3-1-12。

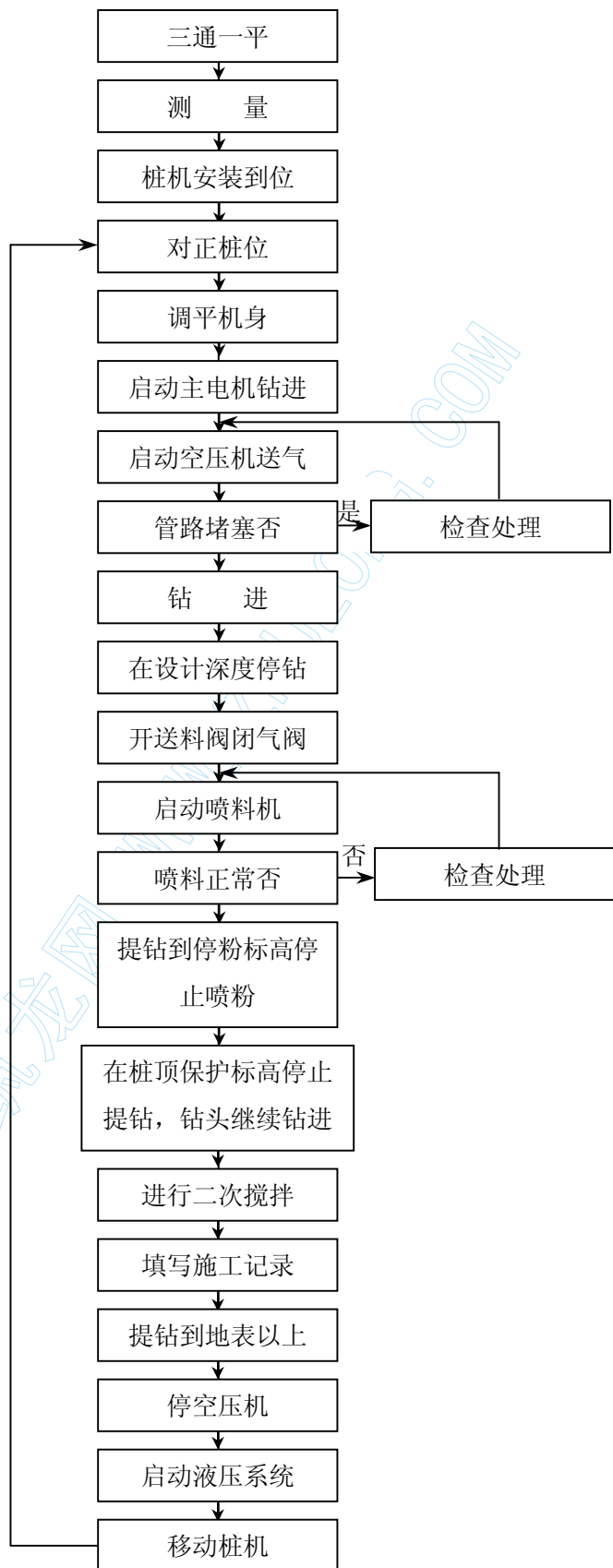


图 3-1-12 粉喷桩施工工艺流程框图

## 2、施工要点

(1)、机身调平以钻杆是否垂直为依据，用铅锤吊线进行控制。

(2)、喷粉或喷气时，当气压达到 0.45MPa 时，管路可能堵塞，此时停止喷粉，将钻头提至地面，切断空压机电源，停止送气，予以排除。

(3)、钻头钻至设计深度，滞留 2~4 分钟。

(4)、整个制桩过程确保边喷粉、边提升连续作业。出现断粉，及时补喷，补喷重叠长度不小于 0.5m。

(5)、粉喷桩搅拌下沉时不用水冲下沉，当遇较硬土层下沉太慢时，可适量冲水。

(6)、桩顶设计标高与地面标高接近时，地面以下 1m 范围内喷粉、搅拌、提升用慢速，当喷粉即将出地面时，停止提升，搅拌数秒钟，以保证桩头均匀密实。

(7)、喷粉开始时，将电子秤显示置零，使喷粉过程在电子计量显示下进行。喷粉搅拌时，记录人员随时观察电子秤的变化显示，以保证各段(以 1m 为一个单位)喷粉均匀。

(8)、粉体固化剂入罐时先过筛，以保证入罐固化剂粒径最大不超过 0.5cm，没有纸屑、石块等杂物。水泥采用矿渣水泥，标号为 425#或 525#，掺入比例严格按照设计要求，进行天然含水量和天然孔隙比试验后而确定的数值施工。

## 3、质量控制标准

桩距偏差不大于 5cm，桩长桩径不小于设计要求，桩顶标高偏差不大于±5cm，桩垂直度偏差不大于±1.5%。

### (十一)、旋喷桩

1、旋喷桩是用钻机钻到预定的深度，然后用高压泵把浆液通过钻杆端头的特殊喷嘴，以高压喷射入土层，在喷射浆液时，一面缓慢旋转，一面徐徐提升，借高压浆液的水平射流不断切削土层并与切削下来的土充分搅拌混合，最后在喷射的有效射程范围内，形成一个由圆盘状混合物连续堆积成的圆柱状凝固体，从而使地基得到加固。

旋喷法分为单独喷射浆液的单管法；浆液和压缩空气同时喷射的二重管法；浆液、压缩空气与高压水同时喷射的三重管法三种，单管法旋喷桩施工工艺流程见图 3-1-13。三重管法旋喷桩施工工艺流程见图 3-1-14。

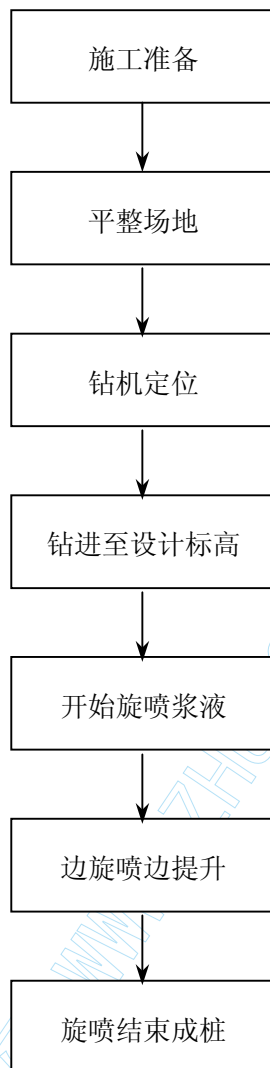


图 3-1-13 单管法旋喷桩施工工艺框图

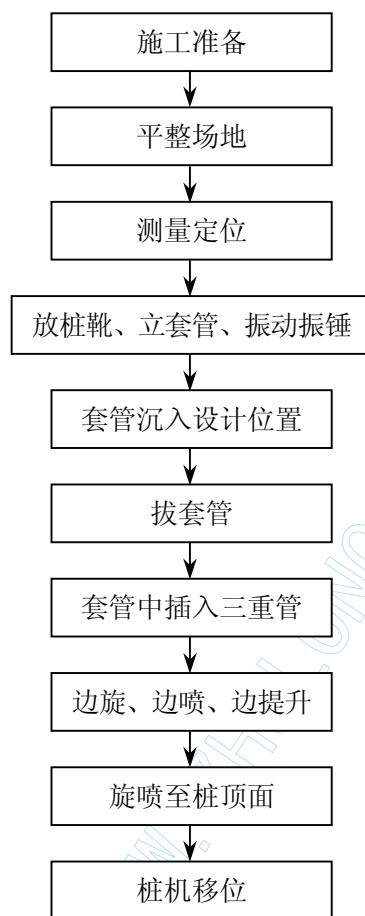


图 3-1-14 三管法旋喷桩施工工艺框图

## 2、施工要点

(1)、施工前先进行场地平整，挖好排浆沟，做好钻机定位，要求钻机安放平稳保持水平，钻机必须保持垂直，其倾斜度不大于 1.5%。

同时在插入旋喷管前，先检查高压水与空气喷射情况，各部位密封圈是否封闭及各管路安装是否正常，喷嘴是否畅通等。

(2)、施工前，应根据所需加固地基的强度、深度、加固面积等，选定旋喷方法和相应的机具，或根据土质条件及设计要求，由现场试验确定。

(3)、单管法和二重法可直接用旋喷管射水面孔或用锤击、振动等法使旋喷管达到设计深度，然后再进行旋喷；三重管法施工，须预先用钻机或振动打桩机钻成直径 100~200mm 的孔，然后将三重管插入至孔底，由下而上进行旋喷。

(4)、旋喷开始时，先送高压水，再送浆液和压缩空气。在一般情况下，压缩空气应晚送 30s 左右。再桩底部边旋转边喷射 1min 后，当达到预定的喷射压力及喷浆后，再逐渐提升喷射管。

(5)、中间发生故障时，应停止提升和喷射以防桩体中断，同时立即进行检查排除故障。如发现浆液喷射不足，影响桩体的设计直径时，应进行复喷。

(6)、相邻两桩旋喷间隔时间应不小于 48 小时，间距应不小于 1~2m。

(7)、旋喷完毕后，泥浆泵和高压泵应用清水冲洗，各管路内不得有残余浆液和其它杂物。二重管和三重管拆下后要用清水冲洗，泥浆泵停止运转后，拆洗缸室和三通阀。损坏的部件要及时修理和更换，运转部分要涂抹黄油以利润滑和防锈。

(8)、对浆液的要求为：

- ①、硬化时间要短，并且最好能根据土质和要求调整硬化时间；
- ②、与地基土混合硬化后应具有一定的强度；
- ③、浆液与地基土混合比即使不同，强度差别应要小；
- ④、旋喷桩体有一定耐久性，尤其对于砂质土。

### 3、质量检验

质量检验可将旋喷桩挖出直接检验质量，或用钻机在旋喷桩上垂直钻孔取芯样检查内部桩体均匀程度，或用标准贯入、平板载荷试验测定单桩承载能力。

## 二、膨胀土路基

膨胀土路基施工在一般路基施工方法、施工工艺的基础上，根据膨胀土的特性，强调如下要点。

### (一)、施工安排原则

1、集中力量，连续快速施工，分段完成。尽可能采取机械化快速施工。开挖、填筑、防护加固、支挡、防排水各项设施和工作依序一气呵成，尽量缩短开挖面暴露时间。

2、避免雨季施工。在施工中排水畅通，不出现积水浸泡工地的情况。

### (二)、路堑施工

膨胀土路堑开挖方法见图 3-2-1。

1、在较长、较高（深）的设有边坡坡面防护或基底、基床换填地段，可采取分段施工，以控制土体开挖面暴露时间，当有困难时，应留有不小于 0.5m 的保护层。

2、开挖膨胀土路堑须自上而下进行。对粘性较大且含水量较高的膨胀土，为防止由于其强度过低而造成坍塌，应适当凉干后再进行开挖。

3、挡土构筑物应随开挖随砌筑。设有防护的膨胀土边坡，如防护不能紧跟开挖完成时，应暂留厚度不小于 0.5m 的保护层。

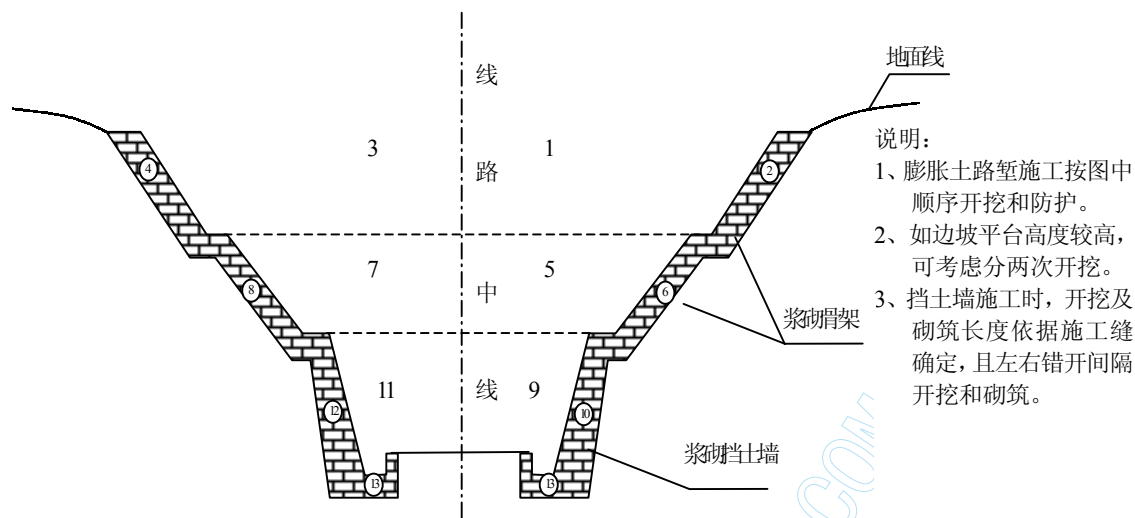


图 3-2-1 膨胀土路堑开挖图

### （三）、路堤填筑

1、膨胀土填层应用自重 14t 以上的重型振动压路机压实；碾压时应严格控制土的含水量在施工允许范围之内；压实铺土厚度一般为 30~40cm；用旋耕犁将土块击碎至块径 15cm 以下，以便尽最大可能破坏土块的原生结构。边坡一般采用超填 30~50cm 宽度，保证压实效果。

2、对膨胀土路堤实施比一般路堤要求更高、更严格的施工控制和质量检验。基床以下填土压实系数  $K_h \geq 0.90$ ，抽检点数较一般路堤增加一倍。

#### 3、土工格栅施工

(1)、放好中线、边桩，填筑底层土层，摊铺压实达到标准后，恢复中线，准确定出土工格栅铺设位置。

(2)、按设计位置平顺铺设土工格栅，需搭接时，搭接长度不小于 30cm，并用铁丝或塑料绳绑好。

(3)、格栅上的填土应横向卸土，用推土机横向摊平，同一填层的格栅应保持同一标高。

(4)、注意事项：在土工格栅铺好后，不准车辆在其上行走，填土并碾压合格后方准车辆在填土面上通行；填土时一定要将土块击碎后方准上路基；严格控制填料的含水量，当含水量超过最佳值的 3% 时应停止施工，进行晾晒或改良，达到标准后再填筑；每班收工前必须做好路基的排水，确保路基上不积水，雨天禁止施工。



#### 4、基床复合土工膜的施工

(1)、检测复合土工膜下层的基床密实度、标高及路拱成型，达到设计要求。

(2)、按设计要求由中线向两侧铺设位于复合土工膜下的中粗砂，铺砂时整平、压实(或夯实)。

(3)、在底砂层满铺复合土工膜时要平整，纵向搭接长度不小于 30cm，且顺坡搭接，以防雨水流入膜下。

(4)、铺设膜上中粗砂面层时，同样要求平整，洒水、压实(或夯实)，且禁止车辆通行。

(5)、复测线路中线、高程、宽度及厚度，并做好记录。

5、膨胀土路堤沉落量除受填土密实度的影响外，还受膨胀土的胀缩残余变形、侧向挤出变形等因素的影响，其下沉量远大于一般路堤。膨胀土路堤的预留沉落量须大于一般路堤。施工时选择有代表性的路基断面，进行沉降观测，根据路基稳定时沉降曲线求出沉降量与路基高度的关系，并以此为依据确定预留沉落量和对路基进行加宽，交付铺轨时，可留有按规定受顺坡、纵坡坡度限制的最大加高量。确保路堤沉降稳定后结构尺寸符合设计要求。

#### 6、施工防排水

(1)、采取临时防排水与永久排水设施相结合的办法。

(2)、浆砌天沟、侧沟、堑顶和堤侧截排水沟随挖随砌，并随时检查防止积水渗漏，影响路基稳定。路堤地段和路堑两端的涵洞须于路基施工前完成。

(3)、严格管理施工用水与生活用水，以免冲刷和浸泡路基各部与取土处、堑顶弃土堆。

### 三、泥岩路基施工

泥岩的特性是未风化时强度高，经风吹雨淋日晒后岩块极易崩解，使其强度显著降低，稳定性变差，用于填筑路堤会造成较大的沉降，且沉落时间较大，泥质岩段路基施工在一般路基施工方法施工工艺的基础上强调如下要点：

#### (一)、施工安排原则

1、尽量避开雨季施工，以确保基底处理质量、填料含水量稳定和压实密度。

2、尽早填筑路堤，使之有更多的沉落时间，并利用雨季加速其沉降完成，达到铺轨时路基沉降基本趋于稳定的目的。

#### (二)、路堑施工

1、放路堑边桩前应先抄平，根据标高以逐步接近法定出边桩的准确位置。开挖时边坡要随挖随刷，开挖过程中要基本保持底面纵坡与线路纵坡一致，作好临时排水，严禁路堑内积水，以防止浸泡过久造成边坡坍滑。

2、填挖交界处的天沟、侧沟的出水口应朝向路基外侧，并与路基成  $25^{\circ} \sim 45^{\circ}$  角，以防

流水冲刷边坡和坡脚。路堑土石方完成后立即作侧沟，并按要求进行铺砌。

3、深路堑挡墙的基坑必须跳槽开挖并及时砌筑，做法是：根据泥岩特性、岩层方向和挡墙高度，从墙顶开始向下按 1:0.75 的坡度刷下，然后从挡墙的两端开始分段跳槽开挖基坑（分段长 5~10m）和砌筑挡墙，严禁大范围开挖且长时间暴露，以防止边坡坍塌。

4、路堑防护工程必须严格按照施工规范和设计要求施工，路堑成型一段，防护一段。在防护设施的施工中，必须确保圬工尺寸、泄水孔位置和反滤层的质量。

5、顺层路堑地段抗滑桩槽形挡板墙施工前应先做好防水系统，桩顶以上部分路堑的土石方应先挖除，将边坡刷好后，再跳槽开挖抗滑桩基础。施工时应注意：开挖时应尽量减小对山体的扰动；第一批基坑挖好灌完基础及桩身混凝土，待其强度达到设计值的 70%以上后，才能开挖第二批桩的基坑，依此类推，直至将全部桩完成。

6、对于极易风化的泥质岩地段的路堑，除加快施工进度外，还应在堑顶和坡面布置测点，通过对测点的测量掌握边坡的变形情况，出现异常立即采取措施。

7、对于渗水的路堑边坡，除对原山体用粘土夯填密实外，严重者还应采取降水措施或设盲沟将水引出。

8、在路堑开挖过程中，应经常用仪器检查边坡坡度，及时纠正偏差，高边坡更应注意做到这一点。需设防护的边坡，如果防护不能及时施作，则需留厚 15cm 的保护层，到作防护时再挖掉。

### （三）、路堤填筑

1、泥岩路堤填筑时摊铺厚度要减薄，振动压路机压实功率要增大。根据我部以往施工经验，振动压路机用自重 15t 以上激振力 34t 以上的拖式压路机，摊铺厚度基床为 30cm，基床以下为 50cm，压实遍数为基床 6-8 遍，基床以下 4-6 遍，上述工艺参数及填料含水量待工艺试验验证后确定，泥岩的块径应按有关规定和摊铺厚度决定。鉴于泥岩松动爆破后大块率较高，为减少填筑后填料之间的孔隙，避免产生过大沉降，泥岩岩块用于基床时最大块径小于 15cm，用于基床以下路堤填筑时，不能大于分层厚度的 2/3，为保证填筑质量，应配以人工摆放（大面朝下，以碎碴填充块间空隙），每层整平后用振动压路机压实。

2、路基每一压实层均应做成不小于 4%的横向排水坡，每填一层都要用挖掘机改装的专用边坡夯实机将边坡及时拍平拍实，每班最后一层填土必须整平压实后才能收工。

3、密实度检测用核子密度仪和荷载板相结合的方法，在边坡处测点数量比验收标准增加一倍的数量布点；站场内的填方需先将其宽度换算成区间正线宽度后再加密布测点。基床以下部分路堤的密实度要比一般路堤增加 3-5 个百分点。

4、预留沉落量比一般路基大。在施工中除要加强对填料的压实和及时检测严格控制填料

的含水量外，还需对有代表性的路基工点进行下沉定期观测，根据沉降曲线求出它与填土高度的关系，以此为依据，确定预留沉落量。

#### 四、黄土路基

黄土是一种特殊的粘土，在工程上分为湿陷性黄土和非湿陷性黄土。由于黄土具有的特殊工程性质——湿陷性，对其自身结构强度有很大影响，故在施工中应慎重对待。

##### (一)、施工安排原则

- 1、认真进行地质勘测，分清土质类别，探明陷穴、暗穴，对症施治。
- 2、严格按设计所采取的地基处理措施、结构措施、防排水措施进行施工。
- 3、施工过程中认真做好截、排、防渗水措施，填料充分扰动、破碎，严格控制含水量确保工程质量。

##### (二)、路堤填筑

###### 1、基底处理

- (1)、路基基底为非湿陷性黄土，且无地下水活动时，可按一般粘性土要求进行基底处理，同时做好两侧的防水、排水措施。
- (2)、路基基底为湿陷性黄土，应采取拦截、排除地表水的措施，防止地表水下渗，减少地基层湿陷性下沉，所有地下排水构造物与地面排水沟渠必须采取防渗措施。
- (3)、黄土路基基底处理，应按土的湿陷类型和设计要求进行施工，对具有强湿陷性或较高压缩量的地基可考虑重锤夯实、石灰桩挤密加固、换填土等措施。

- (4)、对墓穴、坑井等路基隐患，要作彻底处理。

###### 2、填料的选择：

- (1)、填料应不含砂、石、树根、草根等杂质，其天然含水量以接近最佳含水量为宜。
- (2)、黄土中的粘粒含量一般不应超过 25%，砂粒含量不超过 20%，塑性指数应在 10~14 之间。

- (3)、不得用黄土填筑浸水路堤；不得用老黄土作道床填料。

- (4)、填筑用土要求使用充分扰动的土，大于 10cm 的土块必须打碎。

###### 3、压实要求与含水量控制：

- (1)、黄土用作路基填料时，其压实要求与一般粘性土相同。当含水量过小时，均匀加水再行碾压；含水量过大，可翻松晾晒至需要含水量再行碾压，也可掺入适量石灰处理。掺灰后应将土、灰拌匀，其最大干密度应通过击实试验确定。

- (2)、老黄土含水量在 15%—20%，新黄土含水量在 10—15%时，最适于压实。

### **(三)、路堑施工**

黄土地区路堑的施工应注意以下几点：

#### **1、道床**

路堑施工，当挖到接近设计标高时，应对基床部分的土基整体强度和压实度进行检测。如路堑道床土质不符合要求，则应将其全部挖除，另取合格填料，分层摊铺、碾压至规定的压实度。如道床土质符合要求仅密实度不足，则视其含水量，采用翻松、晾晒、碾压等处理措施，使其达到设计要求。

#### **2、边坡**

黄土路堑边坡，应严格按设计坡比开挖，设计为陡坡，在施工中严禁放缓，以免引起边坡冲刷。

黄土路堑边坡易受各种因素的影响产生变形，施工中宜采取措施对边坡进行防护加固。

### **(四)、陷穴、暗穴的处理措施**

1、对通过路基道床的陷穴，要追踪至发源地点，把陷穴进口封填好，并引排进口附近地表水，使其不再流入陷穴进口。

2、对已有的陷穴、暗穴，可采用灌砂、灌浆、开挖、回填等措施处置；开挖的方法可采用导洞、竖井和明挖等。具体处理措施见表 3-4-1。

#### **3、陷穴处理后土层表面的处理**

处理后的陷穴，其土层表面均应用 3:7 灰土填筑密实或铺填老黄土等不透水材料加以改善，其厚度不宜小于 30cm 或按原设计要求进行，并将流向陷穴的附近地面水引离，防止形成地表积水及水流集中产生冲刷。

#### **4、陷穴处理范围**

黄土陷穴的处理范围，视具体情况而定，一般在路基填方或挖方边坡外：上侧 50m、下侧 10—20m，若陷穴倾向路基，虽在 50m 以外，仍应作适当处理。对串珠状陷穴应彻底进行处理。

黄土暗穴、陷穴处理措施见表 3-4-1

### **(五)、路基排水**

由于黄土地区易水土流失及黄土的渗透、湿陷等特性，使得黄土地区的排水尤为关键，是保证路基稳定的一项重要措施。

黄土地区的路基排水应特别强调防冲、防渗、水土保持。

## 黄土暗穴、陷穴处理措施表

表 3-4-1

序号	措施名称	适用范围	处理方法、要求
1	灌砂法	小而直的陷穴	干砂灌入整个洞穴捣插密实
2	灌浆法	洞身不大,但洞壁起伏曲折较大,并离路基中线较远的小陷穴	先将陷穴出口用土袋堵塞,再在陷穴顶部每隔 4—5m 钻孔。待灌好土浆收缩后,再在各孔补浆 2—3 次。为有利于封闭水道,有时可灌水泥砂浆。
3	开挖、回填、夯实法	适用于各种形状的陷穴	填料一般用就地黄土分层夯实
4	导洞和竖井法	适用于较大较深的洞穴	由洞内向外逐步回填夯实,在回填前应将洞内虚土和杂物彻底清除,当接近地面 0.5m 时,应用老黄土加 10% 的石灰拌匀回填夯实。对深大的陷穴也可钻孔,用水冲法将砂、砾石灌进洞内。如洞内有水,灌注困难,可用压力灌注细石混凝土。大型陷穴,当灌填有困难时,可用衬砌加固洞壁。

### 1、一般路段排水

(1)、路基排水沟渠应采取适当加固措施以防冲、防渗。

(2)、截水沟应按设计位置和断面施工,一般设在离堑顶边缘以外不少于 10m 的地方,断面不宜过大,沟底纵坡宜在 0.5%—2.0% 之间。

### 2、特殊路段的排水

在垭口、深路堑、高路堤、滑坡、陷穴等地段,应结合水土保持进行综合治理。如用挖鱼鳞坑、水平沟、种草、植树等方法对坡面径流进行调治与防护等。

## 五、风砂路基

由于在风力作用下,风砂的堆积、吹蚀(掏蚀)作用对铁路线路产生沙害破坏,因此施工中应始终将防治砂害放在重要位置。



## (一)、施工安排原则

### 1、选择适宜的季节集中力量快速完成施工任务。

一般夏秋两季为少风季节适宜施工，应尽量避免多风季节施工。

2、采取边施工、边防护、分段施工、一次作成的办法。对施工过程中的未完部分，要做好临时防护，以免风蚀和砂埋。

3、施工时注意保护路基两侧原有植被，不得随意破坏，如必须破坏，要及时加以防护，以免砂害蔓延。

4、认真、仔细、全面地进行施工区域内气象、水文、地质、风砂运动规律等技术项目的调查观测，及时收集、修正、研究相关技术资料、正确确定砂害防治措施。

## (二)、路基施工

### 1、取土坑的设置：

填方取土根据风向情况选择取土坑位置：在单一风向地区，取土坑应设置在路堤下风一侧，距路堤坡脚至少 5m；在有反风向作用的地区，取土坑可设置在路堤两侧，施工完后即将其边坡修成缓坡，使其断面形成浅槽形。

### 2、路基压实：

风砂地区用粉砂或细砂填筑路堤时，应分层压实，且根据现场自然条件、砂的特性及水源分布等情况确定压实机械和压实方法。一般采取以机械振动压实为主，结合水坠沉实、快成形、快防护的施工方法。对缺土、无水源，压实确有困难的风积砂路基，可采用土工织物(土工布，编织砂袋)对路基进行加固。

### 3、废弃挖方处置

挖方材料尽量利用，如需废弃，应弃于背风坡一侧的低地或距路堑坡顶不小于 10m 处摊平，以免集中引起积砂。

### 4、路基两侧清除阻碍

地形开阔的风砂流地段，应将路基两侧 30m—50m 范围内的小沙滩、弃土堆、小土丘等凡可引起积砂的障碍物清除、摊平。

### 5、路基防护

#### (1)、施工中临时防护：

若当地风力较强或需在风季施工时，应采取临时防护措施。对设计的永久防护工程，如材料运输困难，需等通车后才可施工的，应采取临时过渡防护。当日不能完工的地段，可对其坡面或坡肩加以覆盖，并用小木桩将覆盖的草席、芦苇等绊牢，或用大石块、预制混凝土块压住。

#### (2)、路基主体防护：

砂质路基主体应 按设计要求进行全面防护，在路基顶面、边坡坡面及坡脚处 50—100cm 地面范围内，用粘性土、砾(卵)石、乳化沥青等材料进行平铺覆盖或处理。粘性土封闭防护为常用而经济有效措施之一，采用的粘性土应测定塑性指数，如设计未规定，最低不得小于 11(76g 平衡锥测定)。

### (3)、植物固砂

采用植物固砂是防治砂害的重要措施，应严格按照设计要求的树苗或灌木种类及设计规定的种植间距和布置形式进行栽种。在无条件采用植物固砂的地区及采用植物固砂的初期，为防止砂害并为植物创造条件需要采用工程防砂措施。在林带前缘，为防止积砂，也应适当设置工程防砂设施。

### (4)、工程防砂措施：

①、固砂措施：将线路两侧往复移动的积沙用砾石覆盖压埋，用以稳定砂地表面抑制流砂活动。

②、阻砂措施：用墙式、堤式、棚式、带式等阻砂设施拦截风砂，限制风砂移动。

③、输砂措施：通过增加风力或改变下垫面性质，使流砂直接吹过路基而不产生堆积。

④、导砂措施：采用导流的方法，借助风力作用，改变风砂流或砂丘运动的方向，使砂堆积在对路基无害之处，导砂设施应设置在路基上风侧，距路基 50—100m。有(土、石、柴、草)导砂墙和(木板、笆板等)导砂板两种类型。

(5)、对于浅路堑可设置宽积砂平台，或修筑展开式路堑(使两侧边坡展开为 1:8 的坡度，有利于大风将砂输出堑外)。

## 六、盐渍土路基

盐渍土在铁路中是指：地表土层 1 米厚度内，易溶盐含量大于 0.5%的含盐土层。由于盐渍土所具有的“吸湿性、松胀性、膨胀性、侵蚀性和腐蚀性”，对路基的结构和稳定破坏很大，因此根据盐渍土的特性，在施工中强调以下要点：

### (一)、施工安排原则

1、在适宜的施工季节内，集中力量连续快速施工，从基底清除开始直至路床表面应分段一次完成，不可间断，在设置隔离层的地段，至少也应一次做到隔离层顶部，以避免路基的再盐渍化和形成新的盐壳。

(1)、施工季节宜安排在地下水位最低的季节，西北地区在六月以后，八至九月水位最低，十月水位开始上涨。

(2)、砂性盐渍土宜在春季和夏初施工，强盐渍土地区应在表层含盐量较低的春季施工。

2、加强排水、降低地下水位，施工过程中及时合理地布置好排水系统，不应使路基及其附

近有积水现象。

3、加强路基防护，减少自然侵蚀。

## (二)、路基施工

盐渍土路基宜采用路堤形式。

1、基底处理：盐渍土路基基底的处理应视含盐量、含水量及地下水位而定。

(1)、盐渍土地区路堤基底和天然护道的表层土大于填料的容许含盐量时(含盐量大于 8%)或表土松软有盐壳时，宜于铲除。铲除表层盐渍土时，应作成自路基中线向两侧 2%的横向坡面。

(2)、路堤基底为松散的石膏土时应予夯实。

(3)、当基底土层的含水量大于液限时，如其厚度小于 1 米，宜全部清除并换填渗水土壤；大于 1 米，应按软土路基有关规定予以处理。

(4)、软弱土基底已清除至地下水位以下时，应换填透水性材料，其高度至少超过地下水位以上 30cm，方可填土。

2、填料选择：填料选择的主要依据为土的含盐量。

(1)、当附近无其他适用的填料，必需用盐渍土时，土中易溶盐容许：总含盐量不得大于 5%，其中氯盐含量不得大于 5%；硫酸盐含量不得大于 2%；碳酸盐含量不得大于 0.5%。且应根据当地气候、水文、地质等情况，通过试验确定采用的技术措施。

(2)、在施工中必须注意含盐量的均匀性。

(3)、当用石膏作填料时，应先破坏其蜂窝状结构，且要严格控制压实度，禁止雨天施工。

3、隔离层的设置：

(1)、盐渍土路基路床顶面至地下水位最小高度若达不到表 3-6-1 中的规定时，应设置隔离层。防止含盐的毛细水上升。在内陆盆地干旱地区，应在路堤下部设置封闭性防水隔离层。隔离层可采用不透水材料如沥青砂、防渗薄膜、聚丙烯膜编织布等，以断气态水、毛细水上升。

(2)、隔离层铺设前应清除植物根茎，将基底做成 2%的横坡，整平压实。沿横坡均匀铺平。

(3)、在强盐渍化细粒料粘性土或粉性土地区。为截断路堤下部的含盐毛细水、汽态水而设置的封闭性防水隔离层，宜在路床顶以下 80cm 深处。如有盐胀问题存在，则隔离层应设在产生盐胀的深度以下。在采用塑料薄膜作隔离层显示，为防止薄膜被压挤破，宜在隔离层上下分别各铺一层 10—15cm 厚的砂或粘土保护层。

4、路基压实及含水量的控制：

(1)、盐渍土路基的压实应尽可能地，达到重型压实标准。

(2)、碾压时严格控制含水量。



盐渍土路基高出长期地下水位最小高度表

表 3-6-1

路基土名称	最 小 高 度 (米)	
	弱盐渍土和中盐渍土	强盐渍土
中砂、细砂	1.0—1.2	1.1—1.3
砂性土	1.3—1.7	1.4—1.8
粘性土	1.8—2.3	2.0—2.5
粉性土	2.1—2.6	2.3—2.8

#### 5、路基排水：

(1)、盐渍土地区路基排水是一项关键性的工作。当路基两侧有取土坑时，可利用排水坑布置横纵向排水。无取土坑时应根据地形地势，在路基两侧设置纵、横向排水沟渠。

(2)、当地下水位较高时，既要在地表水进行有效阻挡、疏导，还要适当加深两侧边沟、排水沟或采取其他措施降低地下水位。

(3)、盐渍土地区的地下排水管与地面排水设施必须做好防渗措施，禁止设置盲沟。

#### 6、路基边坡与路肩的处理：

(1)、对强盐渍土，无论其路基结构如何边坡与路肩都必须进行加固。

(2)、对强盐渍土及过盐渍土应较标准路基宽度增加 0.5—1.0 米。

(3)、盐渍土路基的坡面防护，应配合挖、填施工及时进行，防止边坡表面松胀、剥蚀。

#### 7、检测控制：

(1)、及时测量填料含水量，填料含水量应不大于最佳含水量的 1%，否则应采取相应措施对填料进行处理。

(2)、各取土坑、场，应加强含盐量均匀性的测试。填筑基床表层每取土 500 立方米、基床表层以下每取土 1000 立方米应至少做一组测试，每组取三个土样，取土不足上列数量时，亦应做一组。

(3)、用各类盐渍土填筑的路堤。基床以下填土的压实系数应达到 0.9。当填料的氯盐含量大于 5%时。填层压实应按设计要求加大压实系数。

### 三、石灰沥青膏毛细水隔断层配制和铺设

#### 1、石灰沥青膏配方：

按重量配和比为：沥青：40%、石灰膏：18%、水：42%。要求石灰在淋制过程应经 1—2mm 孔径的筛子过滤，不应含有未融化的粗颗粒，石灰含量不低于 80%，并储存于灰坑中 14 天以上；水中不应含碱和皂类物质。

#### 2、石灰沥青膏配制程序

(1)、按配方比例测定石灰乳液中的石灰含量。

(2)、将沥青加热至融化。

(3)、先将石灰乳液倒入搅拌机内搅拌，保持转速 30—50 r/min 再将融化的沥青按比例徐徐倒入搅拌机中，并立即加快搅拌速度 60—80 r/min。10—15 分钟后，降低转速为 30—50 r/min，搅拌 2—3 分钟就可稀释出料。出料时宜保持搅拌机转速为 10—20r/min。

#### 3、石灰沥青膏毛细水隔断层的铺设

(1)、铺设前严格检查石灰沥青膏的质量。

(2)、石灰沥青膏由拌合机出料时应加适量的水稀释以便于铺设。铺设厚度应保证在水硬化后的厚度符合设计要求。

(3)、铺设地段的外侧用板条围挡，然后将稀释的石灰沥青膏倒入。铺设时，路基中部应略高，并向两侧保持不大于 2% 的横坡，以便铺设料流淌均匀，保证铺设面平整。

(4)、堤身须待石灰沥青膏隔断层完全硬化后才可填筑(约 2-3 天)。

(5)、冬天和雨天不宜施工。

## 七、一般路基

### (一)、路堤填筑

#### 1、路堤施工前准备工作。

(1)、熟悉设计文件和规范、规则，复核设计图纸。

(2)、勘察现场，复测导线点和水准控制点，恢复中桩，完成征地拆迁工作。

(3)、确定填料压实控制标准。根据设计选择的取土场，对不同填料分别进行重型击实试验，得出各类填料最大干密度，确定填料压实控制标准。

(4)、编写实施性施工组织设计。

(5)、修建临时便道和临时排水设施，组织人员机械上场。

(6)、选择有代表性的一段路基作为试验段，进行压实工艺试验。通过土工试验和现场工艺试验，确定适于路基填筑的材料，选择合适的碾压机械，确定不同填料松铺厚度、最佳含水量、静压及振动碾压遍数、碾压速度等，从而确定一套合理的路堤填筑施工工艺参数。

## 2、压实工艺试验

### (1)、试验目的

- ①、确定基床及其以下部分路堤大面积施工的施工工艺和有关工艺参数。
- ②、考核评价拌合、摊铺和碾压等关键机械设备配置的合理性。
- ③、考核  $K_{30}$  平板载荷仪、灌砂法、环刀法、灌水法及核子密度湿度仪等仪器设备的可靠程度，为大面积施工确立有效的检测手段。
- ④、通过试验求得灌砂法和核子密度湿度仪法之间的相互关系，为大面积施工提供一种快速有效的检测手段，以便更加有效地做好质量控制。

### (2)、试验准备

#### ①、填筑材料室内试验

a、细粒土：(a)颗粒分析试验(b)天然含水量、天然密度和颗粒比重试验(c)液、塑限试验(d)击实试验。

b、粗粒土：(a)天然含水量、天然密度(b)颗粒分析试验(c)最大密度和最小密度试验。

c、岩块（填石）：(a)颗粒分析试验(b)单轴抗压强度试验。

#### ②、科学选择运输、摊铺和碾压等关键机械设备

#### ③、场地的选择和平整

在大面积路堤分层压实施工前，选择一块基床底层及基床下部已严格按有关工艺规则碾压，并已达到了设计要求的宽度为路基宽度与超填宽度之和，长 250m 的试验场地。在试验填料铺筑之前，对场地表面进行平整和清理，使其达到压实工艺规则规定的标准。

### (3)、工艺试验

土工试验的方法按《铁路工程土工试验方法》(TBJ102-96) 执行。

#### ①、细粒土填筑工艺试验

##### a、填料的铺筑

将试验选用的填料，运到已准备好的试验场地，材料堆卸后，按照压实工艺规则要求，用推土机推平，对不同的压实机械，采用不同的虚铺厚度：对于重型压实机械，虚铺厚度为 30～35cm；超重型压实机械，虚铺厚度为 40～45cm。并使表面平整。用这种方法，在试验场内铺成 5 块长度均为 50m 的依次连续的填料试验段，各个试验段以铺填晾晒的时间来控制其天然含水量的数值，必要时采用人工处理方法，使五条试验段具有自低到高五种不同的含水量数值。路堤宽度要加宽，以避免填料横向挤出。

##### b、填料的压实和检测

在填料按照要求铺填完毕后，用选定的碾压机械进行碾压，机械走行速度控制在 2km/h。

在前四遍中，各试验段每压完一遍，进行一次密实度和含水量检测，并作好记录；在第五遍至第八遍时，每两遍进行一次测试。经密实度检测后，如果测试的密实度不再提高及地基系数  $K_{30}$  达到设计要求时，则停止该层的碾压试验，每个试验段每次的测点数量为核子密度仪六点，灌砂法二点，环刀法二点， $K_{30}$  荷载仪二点。

c、第二层填料的铺填要求和第一层一样，要分出不同的含水量试验段，按照第一层的做法进行碾压和密实度、含水量的测试，并作好记录。

d、对前两层测试资料进行整理分析，确定合理的施工控制含水量范围。

根据前两层的测试资料，求得填料干密度和含水量的关系，并结合填料的击实特性，确定后面压实试验填料含水量的允许范围，即施工控制含水量的上下限的数值。

e、试验资料的分析和整理

试验结束后，对试验资料进行认真地分析整理得出用于大面积填筑碾压施工工艺参数，提出试验报告。

## ②、粗粒土填筑工艺试验

a、填料的铺筑

将试验选用的填料，运到已准备好的试验场地，材料堆卸后，按照压实工艺规则要求，用推土机推平，对不同的压实机械，采用不同的虚铺厚度：对于重型压实机械（自重加激振力 40~50t 以内），虚铺厚度为 40~45cm；超重型压实机械（自重加激振力 50t 以上），虚铺厚度为 55~60cm。并使表面平整。用这种方法，在试验场内铺成 5 块长度均为 50m 的依次连续的填料试验段，各个试验段以铺填晾晒的时间来控制其天然含水量的数值，必要时采用人工处理方法，使五条试验段具有自低到高五种不同的含水量数值。路堤宽度要加宽，以避免填料横向挤出。

b、填料的压实和检测

在填料按照要求铺填完毕后，用选定的碾压机械进行碾压，机械走行速度控制在 2.0~3km/h。在前四遍中，各试验段每压完一遍，进行一次相对密度和含水量检测，并作好记录；在第五遍至第八遍时，每两遍进行一次测试。经检测后，如果相对密度不再增大和地基系数  $K_{30}$  达到设计要求，则停止该层的碾压试验，每个试验段每次的测点数量为核子密度湿度仪六点，灌水法二点， $K_{30}$  荷载仪二点。

c、第二层填料的铺填要求和第一层一样，要分出不同的含水量试验段，按照第一层的做法进行碾压和相对密度、含水量和地基系数  $K_{30}$  的测试，并做好记录。

d、对前两层测试资料进行整理分析，绘制不同碾压遍数下含水量和相对密度关系曲线，确定合理的施工控制含水量范围。

根据前两层的测试资料，求得填料相对密度和地基系数  $K_{30}$  与含水量的关系，并结合填料的

击实特性，确定后面压实试验填料含水量的允许范围，即施工控制含水量的上下限的数值。

#### e、试验资料的分析和整理

试验结束后，对试验资料进行认真地分析整理得出用于大面积填筑碾压施工工艺参数，提出试验报告。

### ③、岩块（填石）填筑工艺试验

#### a、填料的铺筑

将开挖合格的岩块，运到已准备的试验场地，按计算的布料间距堆卸，用大功率推土机平整，个别不平地段配合人工用细颗粒料找平，第一层虚铺厚度为 75~80cm（泥岩或其他易风化软石为 50~55cm），较大石块予以解小，水平分层填筑，先低后高，先两侧后中央，边坡使用较大岩块砌面，大面朝下，摆放稳固。泥岩或其他易风化的软石填料，岩块间空隙用碎石碴充填塞满。

#### b、填料的压实与检测

在填料按要求铺填完毕后，用选定的重型或超重型振动碾压机械进行碾压，机械走行速度控制在 2.5~3km/h，当压至无明显轮迹时，用  $K_{30}$  载荷仪进行检测，以后每二遍检测一次，每次检测 6 点，直至检测合格为止。

c、第二层填料的铺筑，将虚铺层厚度加至 95~100cm（泥岩或其他易风化软石为 65~70cm），碾压与检测方法与第一层相同。

#### d、试验资料的分析和整理

试验结束后，对试验资料进行认真地分析和整理，得出用于大面积填筑碾压施工的技术参数，提出试验报告。

### 3、基底处理

路堤施工中的基底处理，应按基底的土壤性质，基底地面所处的自然环境状态，同时结合设计对基底的稳定性要求等，采取相应的方法与措施予以处理。

(1)、首先进行地质调查，测定天然地基密实度和承载力。

(2)、基底土密实，且地面横坡不陡于 1:10 时，路堤可直接填筑在天然地面上。在路堤高度小于 1.2m 的地段，应清除地表草皮。

(3)、在稳定的斜坡上，路堤基底应按下列要求处理：

①、横向坡度为 1:10~1:5 时，应清除草皮。

②、横向坡度为 1:5~1:2.5 时，原地面应挖成台阶，台阶宽度不小于 1m。对基岩面土的覆盖层，宜先清除覆盖层再挖台阶。当覆盖层较厚且稳定时，可予保留，即在原地面挖台阶。

③、横向坡度大于 1:2.5 或基底下有松软地层时，设计时应进行滑动检算。施工中按照设



计文件规定办理。

④、半填半挖和陡坡地段路堤，或基底有地下水影响路堤稳定时，应做特殊设计，施工中按照设计文件要求，采取拦截引排措施，将地表水引排至基底范围以外，并根据情况采取防渗加固措施。

⑤、路堤基底如耕地或松土时，如松土厚度不大于 0.3m，应将原地面夯压密实；当松土厚度大于 0.3m，应将松土翻挖，分层回填压实或采取其他土质加固措施。经过水田、池塘、饱和粉细砂等松软地基时，应根据设计文件规定采取排水疏干，挖除淤泥，抛填片石，或填砂砾石及其他土等加固措施，保证基底坚固。

#### 4、基床以下路基施工

##### (1)、细粒土、粗粒土、碎石类土施工方法及施工工艺

###### ①、施工方法

基床以下路堤填筑采用机械分层填筑、整平、压实。填料采用挖掘机和装载机装车，重型自卸汽车运输，推土机配合平地机摊铺平整，振动压路机压实。

###### ②、施工工艺

基床以下填土路基施工按照三个阶段、四区段、八流程的施工工艺组织施工。填筑压实工艺流程见图 3-7-1。

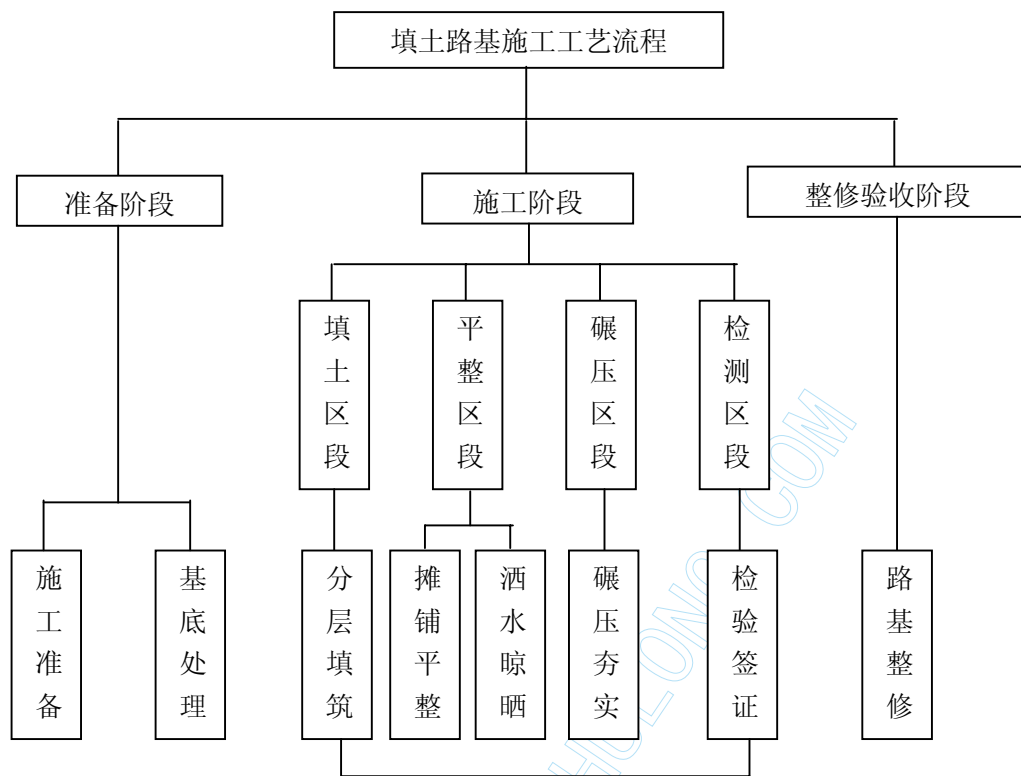


图 3-7-1 基床以下填土路基施工工艺流程图

a、填料选择。基床以下路堤填料按表 3-7-2 规定选用，如需利用不适合填料，应按设计要求采取改良土质，加强压实等措施。

b、分层填筑。采用按横断面全宽纵向水平分层填筑压实方法。每 200m 或两结构物之间划为一个施工区。为便于击实参数取得及控制压实度，并保证每一水平层全宽采用同一种填料。填料取用按不同类型土层分层开挖，如同一类型土层厚度大于 2.5m，为便于挖掘机作业并保证作业安全，按每层 2~2.5m 厚度分层开挖。路堤每 20m 设一组标高点，画在两侧放样的竹杆上。填筑虚铺厚度按照试验段确定的参数进行控制。自卸车卸土，应根据车容量计算堆土间距，以便平整时控制层厚度均匀。为了保证边坡压实质量，填筑时路基两侧应各加宽 50cm 左右。

c、摊铺平整。填料摊铺平整使用推土机进行初平，再用平地机进行终平。每一压实层面做成向两侧 4% 的横向排水坡以利排水。为有效控制每层虚摊厚度，初平时用水平仪控制每层的虚铺厚度。

d、洒水晾晒。细粒土和粉砂、粘砂土填料碾压前应控制在施工允许含水量范围内。当填料含水量较低时，应及时采用洒水措施，加水量可按一般规定中加水量公式计算，洒水可采取取土场内提前洒水闷湿和路基内洒水搅拌两种方法，当填料含水量过大，

### 基床以下部位填料使用范围

表 3-7-2

填料类别名称		条件说明	不浸水路堤	浸水路堤
岩块	硬块石	——	宜	宜
	软块石	不易风化	宜	宜
		易风化, 非泥质岩石	可	可
		易风化, 泥质岩石	可	不宜
		严重风化	不得	不得
粗粒土	漂石土、卵石土、碎石土、圆砾土	非渗水土	宜	不宜
		渗水土	宜	宜
	角砾土、砾土、粗砂、中砂	——	宜	宜
	细砂	采取防止振动液压措施	可	可
		无防止振动液压措施	不宜	不得
	粉砂	采取防止振动液压措施	可	不宜
		无防止振动液压措施	不宜	不得
	粘砂	——	宜	宜
细粒土	砂粉土、粉土、砂粘土、粉粘土	——	宜	不宜
	粘粉土、粘土	——	不得	不得
	有机土	——	严禁	严禁

可采用取土场挖沟拉槽降低水位和用推土机松土器拉松晾晒相结合的方法, 或将填料运至路堤摊铺晾晒。

#### e、碾压夯实

碾压前应向压路机司机进行技术交底, 其内容包括碾压起讫范围、压实遍数、压实的速度等。

根据填料的不同和路堤的不同部位, 尽量采用大吨位重型振动压路机进行压实, 压实顺序应按先两侧后中间, 曲线地段先内侧后外侧, 先慢后快, 先静压后振动压的操作程序进行碾压。各区段交接处应互相重叠压实, 纵向搭接长度 2m, 沿线路纵向行与行之间压实重叠 0.4m。



非绿化区边坡压实采用挖掘机改装的夯实设备进行边坡夯实，对于设计有绿化要求的坡面采用人工夯实与种植植被相结合的方法进行。

#### f、质量检测

试验人员在取样或测试前必须检查填料是否符合要求，碾压区段是否压实均匀，填筑层厚是否超过规定厚度。填料复查按表 3-7-3 规定的试验项目及频次执行。

填料复查分类试验项目、频次

表 3-7-3

填料类别	试验项目、频次				
	颗粒 级配	液塑限	相对密度 试验	击实试验	大于 5mm 颗粒的单 位体积重
细粒土及粉 砂、粘砂	—	<u>1000</u> 5000~10000	—	1000 5000~10000	<u>1000</u> 5000
粗粒土（除粉 砂、粘砂外）	<u>500</u> 10000	—	<u>1000</u> 10000	—	<u>500</u> 10000

注：表列数字表示应做一次试验的填筑体积(m³)，横线以上表示用于基床表层，横线以下表示用于基床底层以下路堤。

路基填土压实的质量检验应随分层填筑碾压施工同时分层检测，其中细粒土压实系数检测采用核子密度仪，核子密度仪使用前与灌砂法做对比试验，以灌砂法为基准确定其密实度和含水量修正值，并定期标定。粗粒土、碎石土的压实质量采用灌水法进行相对密度和 K<sub>30</sub> 承载板试验方法进行检验，设备选用配备计算机自动处理系统的 K<sub>30</sub> 试验车达到快速、准确检测目的。对于细粒土填土压实质量除进行压实度检测外，应同时进行 K<sub>30</sub> 试验。填料的压实标准及检验频次见表 3-7-4。

施工控制中，按照工艺试验确定的有关参数（例如虚铺厚度、含水量、碾压遍数、机械组合、振动碾压能量等）达到要求后，由项目部试验组进行跟踪检测，指挥部中心试验室进行复检，待复检达到规定标准后，再报请监理进行抽检，抽检合格后，再进行下一层填筑施工。

路基每层填筑压实质量经按规定检验达到设计及《验标》《规范》要求后，方可进

基床以下部位填料的压实质量标准、检测频次

表 3-7-4

填筑部位	填料种类	细粒土和粘砂, 粉砂	细砂, 中砂, 粗砂, 砾砂	砾石类	碎石类	频 次
	压实指标					
不浸水部分	压实系数 $K_h \geq$	0.86				每填高 0.5m, 100m 范围内抽查不少于 6 点
	地基系数 (MPa/m) $K_{30} \geq$	0.7	0.7	0.8		按设计要求进行检测, 无规定时按 0.5m 厚 500m 测 1 点
	相对密度 $D_r \geq$	—	0.65	0.65	—	每填高 0.5m, 100m 范围抽查不少于 6 点
浸水部分	压实系数 $K_h \geq$	0.89				每填高 0.5m, 100m 范围抽查不少于 6 点
	地基系数 (MPa/cm) $K_{30} \geq$	0.8	0.8	1.0		按设计要求进行检测, 无规定时按 0.5m 厚 500m 测 1 点
	相对密度 $D_r \geq$	—	0.7	0.7	—	每填高 0.5m, 100m 范围抽查不少于 6 点

行下一层填筑施工, 否则应下达质量不合格通知单, 要求重新压实, 对重新压实的土的检测点数量应增加一倍, 直到合格为止。

每填筑一层, 应将边桩翻到施工高度。每填筑 3m 高度或到基床底部时, 必须恢复中线, 重放边桩, 以保证路堤结构尺寸, 避免超填或欠填。

#### g、路基整修

包括路基面的排水横坡、平整度、边坡等整修内容, 路基整修应严格按照设计结构尺寸进行, 对于加宽部分应在整修阶段人工挂线清刷夯拍, 路基整修达到表 3-7-5 检验标准要求:

#### (2)、填石路堤施工方法及施工工艺

##### ①、施工方法

石方采用挖掘机装车、自卸汽车运输, 推土机摊铺整平, 拖式振动压路机振动压实。

基床以下路基外形尺寸检验标准

表 3-7-5

检查项目	允许偏差范围	频    次
路肩高程(mm)	±50	每 100m 用水准仪检查 5 点
平面中线(mm)	±50	每 100m 用经纬仪检查 5 点
宽度(mm)	≦设计值	每 100m 检查 3 处
横坡	±0.5%	每 100m 检查 2 个断面
边坡	≦5%的设计值	每 100m 检查 2 处
平整度(mm)	±15mm	每 100m 用 2.5m 直尺检查 10 点

②、施工工艺

填石路基填料选择符合规范要求、级配较好的硬质岩块，严重风化软岩不得用于路基填筑，易风化者不得用于路堤浸水部分，最大粒径不超过 2/3 层厚。填石路堤按四区段、八流程水平分层填筑，严禁倾填施工。填石路基施工工艺流程见图 3-7-6。

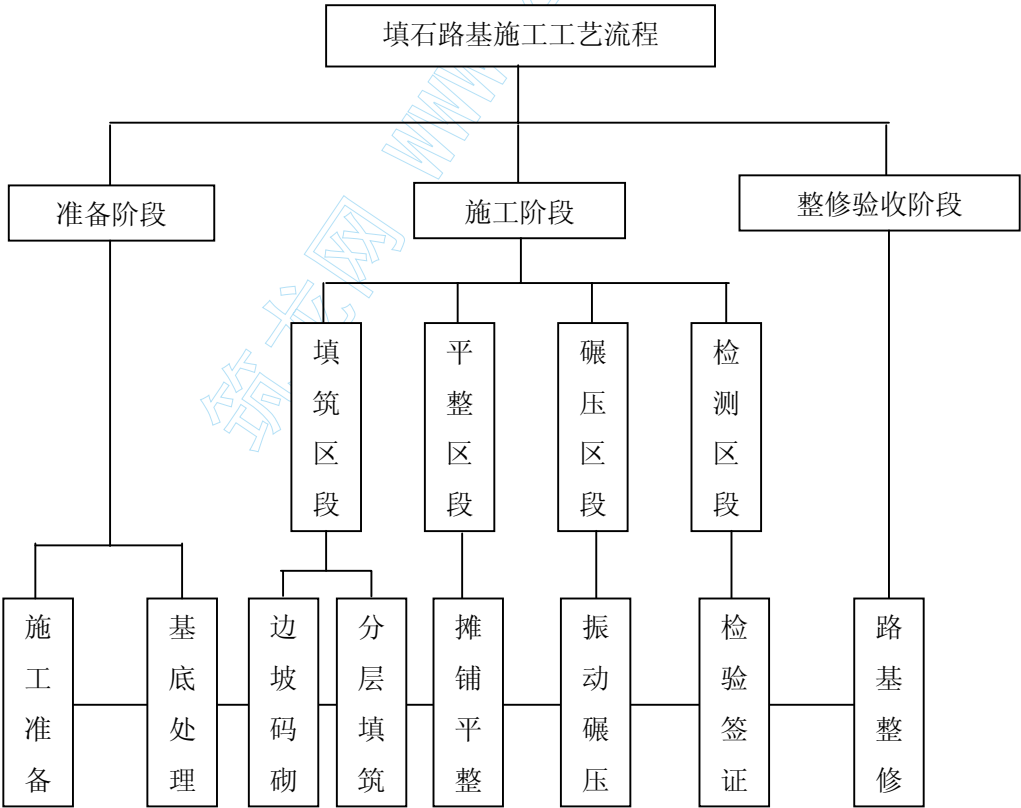


图 3-7-6 填石路基施工工艺流程

a、划分区段。在验收合格的地基上划分作业区段，各区段依次循环作业，达到要求标准方可进行下一步作业。

b、边坡码砌。边坡两侧用干砌片石按直角梯形分层码砌，并与中间石方填筑同时进行。边坡使用较大石块砌面，大面朝下摆放稳固。

c、分层填筑。每一层厚度一般为 80~100cm 左右，具体层厚由工艺试验确定，较大石块予以解小，填筑时应安排好运行线路，专人指挥卸碴，水平分层填筑，先低后高，先两侧后中央。

d、摊铺平整。卸下的石质填料用推土机整平，使石块间无明显的高差，个别不平的地段配合人工用细颗粒料找平，个别尖角用 8 磅大锤人工砸掉。

e、布测点。沿线路纵向每隔 20m 设一断面，在每一个断面上由路基中心开始向两侧每隔 5m 设一个测点。测点要设在一整齐而且坚硬的块石上，防止破坏。本次填层的测点位置与上一填层的测点位置相同。

f、检查松铺厚度。用水准仪测出点的高程，此数值与上次该位置处的高程之差，即为本层的松铺厚度。

g、压实。采用 50t 拖式振动压路机振动碾压，碾压速度 2.5km/h，碾压遍数按工艺试验数确定。碾压时应先两侧后中央平行操作，行与行之间要重叠 0.4m 左右，前后相邻区段也要重叠 2m，以保证各区段碾压密实。

h、质量检测。包括：①填料、填筑层厚度是否符合要求；②路基填筑断面是否符合设计要求，③填筑层在纵向和横向是否均匀平整；④ $K_{30}$  值是否达到标准。

地基系数采用  $K_{30}$  试验车检测每层填筑区段的  $K_{30}$  值。施工中采用跟踪检测、复检、抽检方法进行压实质量控制。其压实质量标准及检测频次应符合表 3-7-7。

填石路基压实质量标准、检测频次

表 3-7-7

填筑部位	填料种类	块石类混合料	频 次
	压实指标		
不浸水部分	地基系数 $K_{30} \geq (\text{MPa/cm})$	1.0	按设计要求检测, 设计无要求时按 0.5m 厚 500m 检测 1 点
浸水部分	地基系数 $K_{30} \geq (\text{MPa/cm})$	1.2	

(3)、土石混填路堤施工

①、施工方法

路堤填筑采用机械分层填筑、整平、压实。当填料运距小于 50m 时，可直接采用推土机推运；当填料运距大于 50m 时，采用挖掘机和装载机装车，自卸车运输。当土石混合料中石料含量超过 70%时，采用人工配合机械铺填；当土石混合料中石料含量小于 70%时，采用推土机或平地机铺填，最后用振动压路机压实。

②、施工工艺

土石混填路基施工按照三阶段、四区段、八流程的施工工艺组织施工。填筑压实工艺流程见图 3-7-8

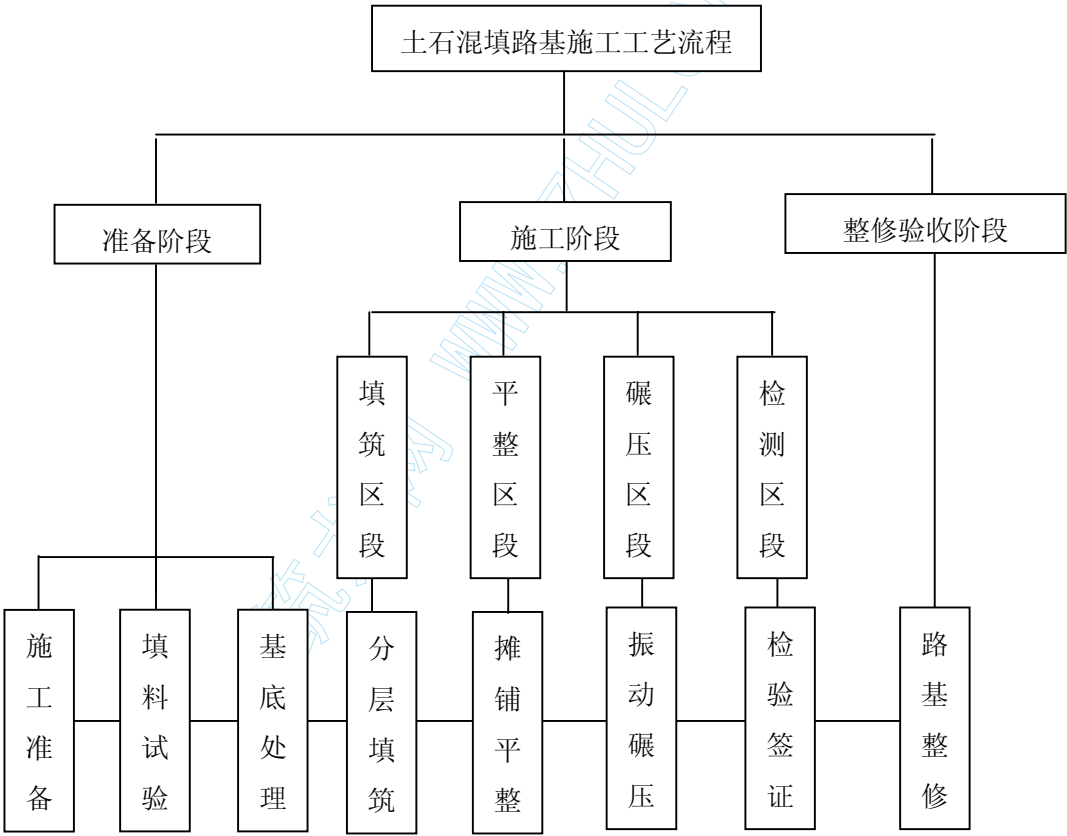


图 3-7-8 土石混填路基施工工艺流程

#### a、填料要求

当土石混填料中石块强度大于 20MPa 时，其粒径不得超过压实层厚度的 2/3，超过时予以清除。当土石混合料中所含石块为软质岩或极软岩（强度小于 15MPa）时，易为压路机压碎，不存在大石块问题，故其粒径可与压实层厚度相同，但不宜超过层厚，超过的应打碎。

#### b、分层填筑

路堤填筑在全宽范围内进行。

当土石混填料中石料超过 70%时，采用人工配合机械铺填，既先铺大石块，且大面朝下，摆放平稳，再铺小块石料，用石碴或石屑嵌缝找平。当土石混合料中石料含量小于 70%时，采用推土机或平地机铺填，每层铺填厚度应根据压实机械类型和规格确定，不宜超过 40cm。填筑时，先低后高，先两侧后中央。

#### c、摊铺平整

卸下的土石混填料用推土机整平，避免硬质石块堆积在一起。

#### d、振动碾压

土石混填路堤的压实方法与技术要求根据混填料中巨粒土的含量多少确定。当混合料中巨粒土含量多于 70%时，其压实作业接近于填石路堤，按填石路堤的方法与要求进行。当混合料中巨粒土的含量低于 50%时，其压实作业接近于填土路堤，按填土路堤的方法和要求进行。

#### e、质量检测

土石路堤的压实度采用灌砂法或灌水法检测。当采用上述两种方法有困难时，可根据填石路堤的方法进行检验。

### 5、基床施工

基床填料使用范围应满足表 3-7-9 规定，基床表层填料中不得含有粒径大于 15cm 的石块，如需利用表列不宜用的填料，应按设计规定采取封闭，改良土质，加强压实等措施。

基床施工方法和施工工艺与基床以下路堤施工方法和施工工艺基本相同，不同之处是基床压实度标准更高，基床填土的压实质量及检测频次见表 3-7-10。

基床表面质量检测及修整养护：局部表面不平整要洒水加细料补平并补压，使其外型质量达到设计要求。已完工的基床表面禁止任何车辆通行。基床整修标准及检测频率见表 3-7-11。

### 6、过渡段路基填筑

(1)、必须待桥涵圬工达到设计强度要求并完成防水层施工验收合格后方可进行填筑。

(2)、桥涵缺口用渗水土按桥梁设计要求填筑，当不得不用非渗水土时，采取加强压实措施。

(3)、涵管缺口的填料粒径应小于 15cm，填筑必须两侧分层对称进行；当顶部填土厚度大于 1m 时，方可通行机械。

(4)、桥涵缺口、桥台及挡土墙背后填土采用人工摊铺平整, 1t 小型振动压路机和平板冲击夯碾压, 其压实厚度为一般不超过 20cm, 填料的含水量和各种机型碾压遍数通过工艺试验确定。基床以下桥涵缺口填土压实质量标准及检测频次见表 3-7-12。大型机械作业时, 应与桥台、涵洞及挡墙边缘保持不小于 1m 的间距。

筑龙网 WWW.ZHULONG.COM

# 基床填料使用范围

表 3-7-9

填料类别名称		条件说明		地区年平均降水量 (mm)	
				大于 500	
				表层	底层
岩块	硬块石	——		不得	可
	软块石	不易风化		不得	可
		易风化		不得	可
		严重风化		严禁	不得
	漂石土	——		不得	可
粗粒土	卵石土、碎石土、圆砾土	细粒土含量<30%	级配良好	应	可
			级配不良	宜	可
		细粒土含量>30%	$I_p \leq 12, \omega_L \leq 32$	不宜	可
			$I_p > 12, \omega_L > 32$	不得	可
	角砾土、砾砂土、粗砂、中砂	级配良好		应	可
		级配不良		可	可
	细砂、粘砂	——		宜	可
	粉砂	——		不宜	可
细粒土	砂粉土	——		宜	可
	砂粘土、	$I_p \leq 12$		宜	可
		$I_p > 12$		不得	可
	粉土、粉粘土	$I_p \leq 12, \omega_L \leq 32\%$		不宜	可
		$I_p > 12, \omega_L > 32\%$		不得	可
	粉粘土、粘土	——		严禁	不得
	有机土	——		严禁	严禁

注： $I_p$ —塑性指数， $\omega_L$ —液限



# 基床土的压实质量标准、检测频次

表 3-7-10

填筑 部位	填料种类 压实指标	细粒土和 粘砂, 粉砂	细砂, 中 砂, 粗砂, 砾砂	砾石类	碎石类	块石类 混合料	频 次
表层	压实系数 $K_n \geq$	0.91					
	地基系数 $K_{30} \geq$ (Mpa/cm)	0.9	1.0	1.2			按设计要求进行检测, 无规定时按 0.5m 厚 500m 测 2 点
	相对密度 $D_r \geq$		0.75	0.75	—		每填高 0.3m, 100m 范围 内, 抽查不少于 6 点
底层	压实系数 $K_n \geq$	0.89					每填高 0.3m, 100m 范围 内, 抽查不少于 6 点
	地基系数 $K_{30} \geq$ (MPa/cm)	0.8	0.8	1.0		1.2	按设计要求进行检测, 无规定时按 0.5m 厚 500m 测 2 点
	相对密度 $D_r \geq$		0.7	0.7			每填高 0.3m, 100m 范围 内, 抽查不少于 6 点

## 基床外型尺寸标准

表 3-7-11

检查项目	允许偏差范围	频 次
纵断面高程 (mm)	$\pm 50$	每 100m 用水准仪检查 3 点
平面中线 (mm)	$\pm 50$	每 100m 用经纬仪检查 3 点
宽 度 (mm)	$\leq$ 设计值	每 100m 检查 3 处
平整度 (mm)	$\geq 15$	每 100m 用 2.5m 直尺检查 10 点

## 桥涵缺口基床以下填料压实质量标准、检测频次

表 3-7-12

填筑部位	压实指标	填料种类	细砂, 中砂, 粗砂, 砾砂	砾石类	碎石类	块石类混合料	频次
		细粒土和粘砂, 粉砂					
桥涵缺口有护坡填土地段	压实系数 $K_h \geq$	0.89					每填高 0.3m 每侧检测 3 点
	地基系数 $K_{30} \geq$ (MPa/cm)	0.8	0.8	1.0		1.2	每填高 0.5m 每侧检测 1 点
	相对密度 $D_r \geq$		0.7	0.7			每填高 0.3m 每侧检测 3 点

### 7、预留沉落量

(1)、填筑路堤考虑施工时和竣工后路堤本体的压缩与固结, 根据堤高、填料种类及压实条件, 并结合施工季节及延续时间, 适当预留沉落量。

路堤交付铺轨时, 考虑线路纵坡及相邻路基或桥台的顺坡连接, 适当调整预留沉落高度。

(2)、路堤预留沉落量的取值:

①路堤高度小于 20m 时, 按平均提高的 0~2.5%预留沉落加高量; 路堤高度大于 20m 时, 除按设计加宽外, 按平均提高的 0~1.5%预留沉落加高量。

②、路堤高度变化在 4.0m 以内的地段按该地段提高的平均值预留沉落加高量。

③、预留沉落加高量的路堤坡脚位置仍按设计路肩高程测定；其路堤施工坡度按加沉落土后的路基面宽度仍符合设计宽度的原则进行检算，控制施工（较设计坡度稍陡）。

(3)、对中心高度大于 12m 的路堤，在施工期间选定代表性断面进行沉落量观测。观测点分别埋设在路基基床以下部分堤高的 1/3、2/3 处和基床底面。根据观测结果，适当调整预留沉落量。如填筑至基床底面时，观测点的时间-填高-沉落曲线已表明沉落趋于稳定，预留沉落加高量可减少或按基床高度加高。

(4)、在站场及其它不适于预留沉落高度地段，考虑加强压实以提高填层密度。

(5)、交付铺轨时，预留沉落加高的路基面应保持平顺，必要时，预留沉落高度应作适当调整。

路基面的抬高，应向邻接的填挖交界或桥台以及预留沉落量较小的地段顺坡递减；递减的纵坡应不大于线路的最大限制坡度加 2‰。

## **(二)、路堑施工**

### **1、技术准备**

(1)、施工前首先对设计文件进行现场调查与核对，恢复中线，复核横断面；

(2)、永临结合设计排水系统。设计原则：水不对路基产生危害，不排入农田、耕地，不污染自然水源，不引起冲刷和淤积。

临时排水系统包括：堑顶截排水沟及引至永久排水系统的沟渠，地下水路堑施工时的临时排水系统。

### **2、现场准备**

(1)、调查自然状态下山体稳定状况，分析施工期间边坡稳定性，发现问题及时加固处理。

(2)、清理现场，做好堑顶截排水设施。

(3)、在开工前需及时清理场地，配套潜孔钻机、空压机、挖掘机、自卸汽车等机械设备。

### **3、土质路堑**

#### **(1)、施工方法**

在平缓横坡上，采用横向台阶开挖方式，深路堑采用分层开挖方式。路堑开挖以机械施工为主，靠近基床底层表面及边坡部分辅以人工开挖。土石方调运采用大马力推土机、挖掘机配合自卸汽车运输。

#### **(2)、施工工艺**

路堑施工工艺流程见图 3-7-13。

#### **(3)、施工控制**

##### **①、路堑边坡**

根据测设的边桩位置，当机械开挖至靠近边坡 0.1~0.2m 时，改为人工修坡。不设圬工防护的边坡，每 10m 边坡范围插杆挂线人工刷坡，有防护地段并及时做好防护。

边坡上由于孤石等造成的坑穴、凹槽，采用挖台阶浆砌片石嵌补。

## ②、基床

当开挖接近路基面标高时，鉴别核对土石状况，土质路堑要调查核对基床范围内土质是否满足技术要求，必要时进行补充勘探。检验基床范围地基允许承载力是否满足设计要求，如满足设计要求，测设基床表层断面和标高，按每 10m 间距挂线，人工

筑龙网 WWW.ZHULONG.COM

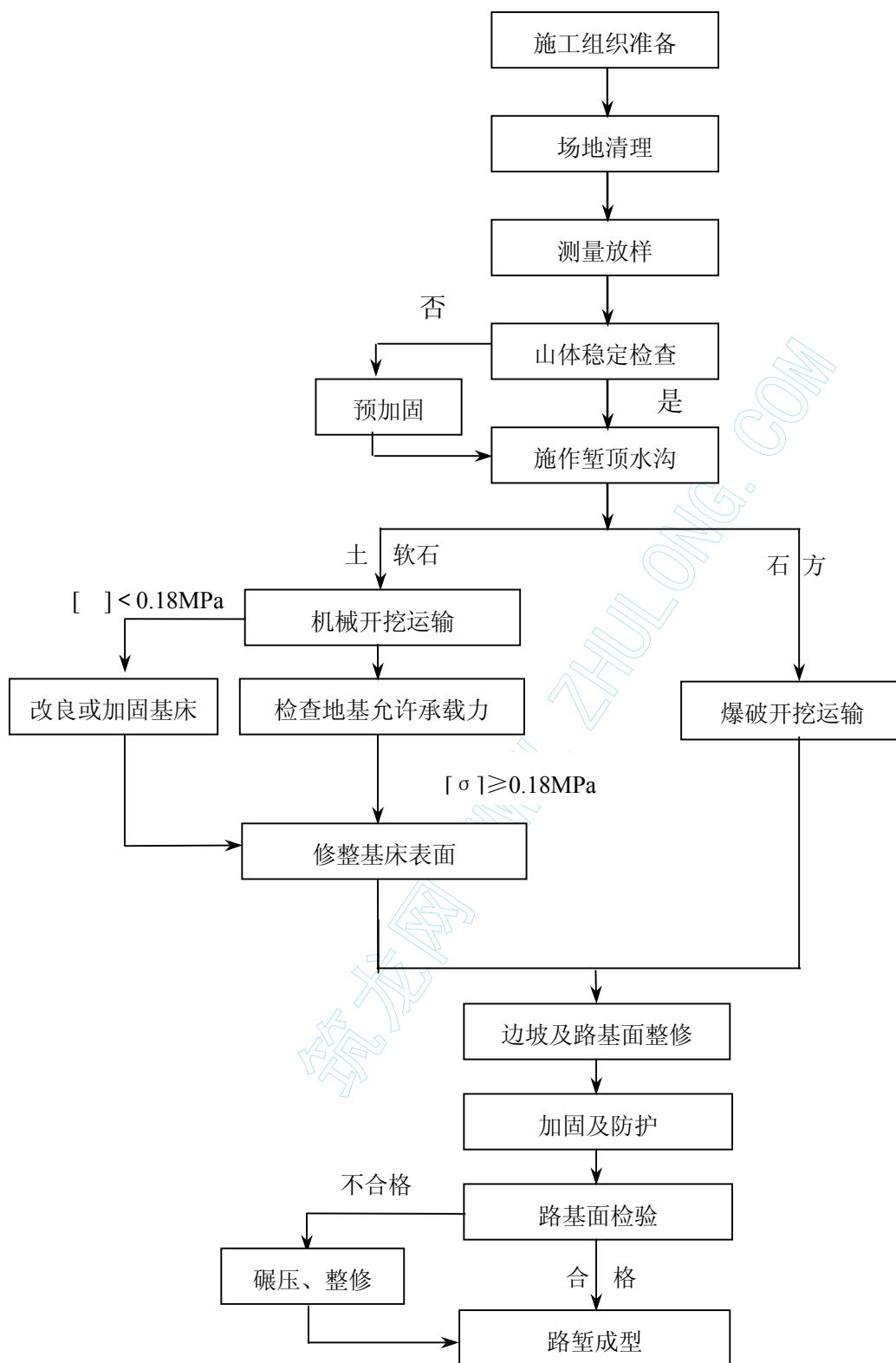


图 3-7-13 路堑施工工艺流程图

开挖基床表层，并按规范要求进行整修；如不满足设计要求，需对基床底层进行改良或加固处理后，再分层填筑到设计标高。

#### 4、石质路堑

##### (1)、施工方法

对无法采用挖掘机和大马力推土机开挖的石质路堑，采用梯段松动控制爆破方法施工，靠近边坡采用预裂爆破或采用预留光爆层法，实施光面爆破。路基面和侧沟采用浅孔控制爆破。

##### (2)、施工工艺标准

①、硬质岩石基床，将路基面做成平面，施工时采用控制爆破，做到路基面平顺，肩棱整齐，发现凹凸不平处用渗水土补平，并加强碾压。

②、硬质岩石路堑边坡采用预裂爆破或预留光爆层法，光面爆破施工，使边坡平顺美观。

③、在侧沟平台上开挖信号、电力电缆槽，不得破坏堑坡坡脚。必须保证侧沟和侧沟平台完整，如有破坏，采用原加固材料补齐。

##### (3)、爆破方案

对于无法采用挖掘机或大马力推土机开挖的石质路堑，采用梯段松动控制爆破方法施工。

5、采用光面或预裂爆破时，应按设计线装药，将炸药和导爆索用细绳捆绑在竹片上装入孔中，并将竹片未绑炸药一侧置于保护岩层一侧。

①、对于开挖深度大于 6.0m，且石方数量较大的工点，采用小型潜孔钻机钻孔，实施梯段松动控制爆破。

②、对于开挖深度小于 6.0m，且石方数量较小的工点，采用风枪钻孔，实施梯段松动控制爆破。

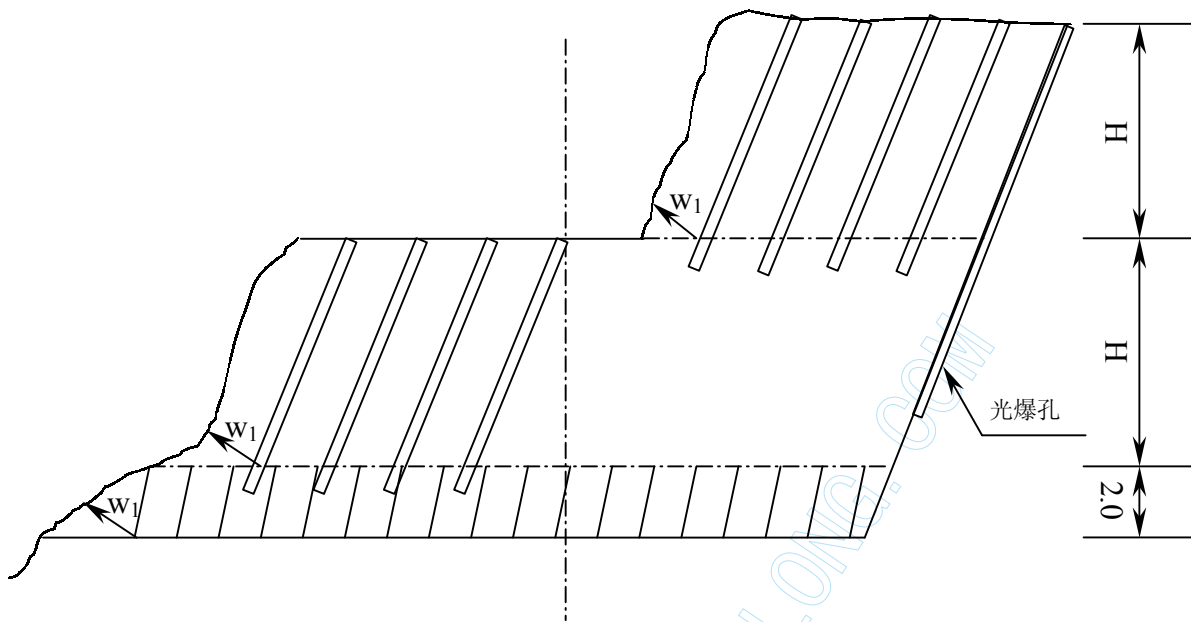
③、为提高破碎效果，降低大块率，并降低爆破震动效应，采用宽孔距、小排距梅花形布孔，并采用导爆管毫秒雷管实施逐排微差挤压爆破。

④、为确保边坡稳定、美观，路堑边坡可采用预留光爆层法进行光面爆破或进行预裂爆破。采用潜孔钻机钻孔进行爆破的工点，采用潜孔钻机沿边坡钻孔进行光面爆破或预裂爆破，如边坡设计有平台，可分平台进行光爆。如设计坡面无平台时，可从堑顶沿坡面钻孔，一次钻到坡脚进行光爆或预裂。采用风枪钻孔进行光面爆破，因受钻孔深度限制，可采用小台阶式光面爆破。无论采用何种光爆方法，确保眼痕率达到 80%以上。

⑤、为确保基底平整坚实，不论采用潜孔钻机还是风枪钻孔进行爆破，到底层 2.0m 时，均用风枪钻孔进行爆破，并严格控制钻孔深度和孔底标高，适当缩小孔距和排距，采用逐排微差起爆方法。

⑥、采用深孔梯段爆破的炮眼布置、装药结构、起爆网路布置情况详见图 3-7-14、3-7-15、3-7-16、3-7-17。

筑龙网 WWW.ZHULONG.COM



半路堑横向爆破炮孔横断面布置

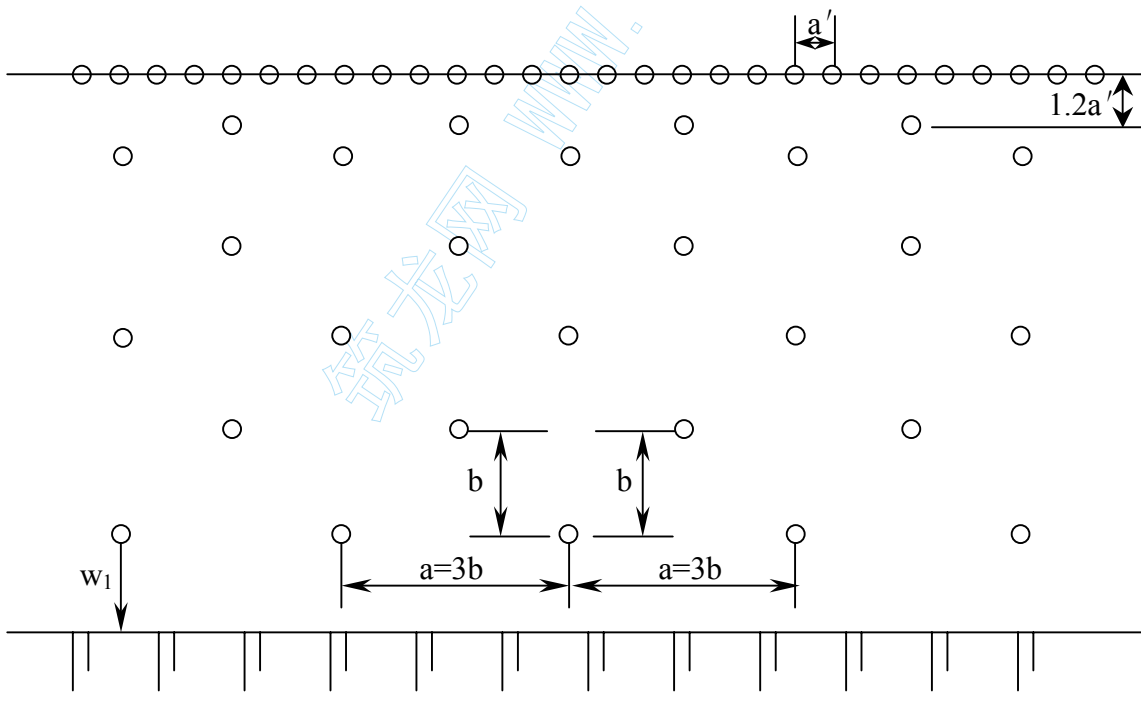
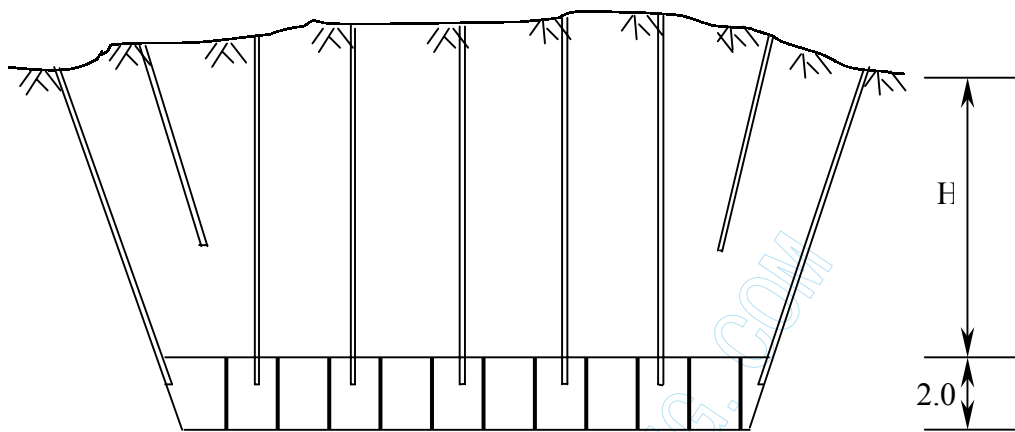
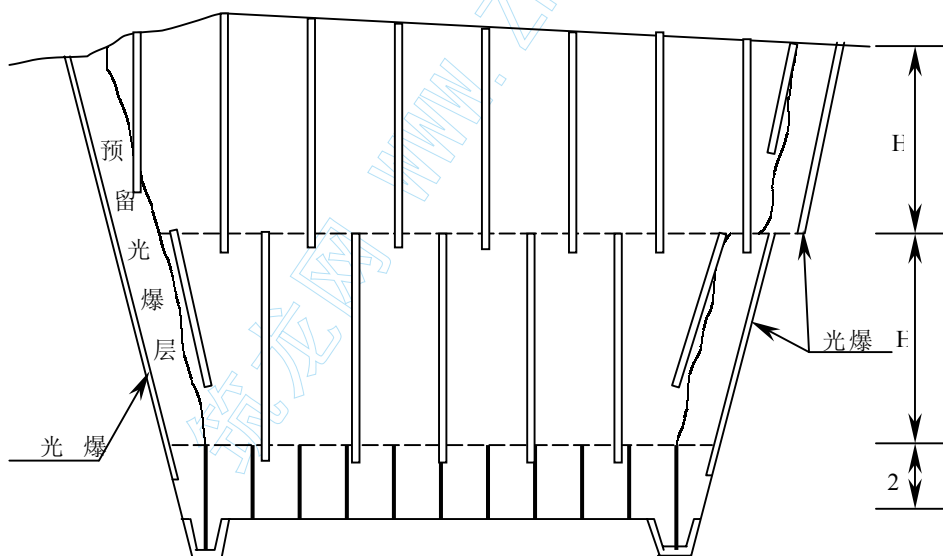


图 3-7-14 宽孔距小排距梅花形半路堑横向爆破炮孔平面布置



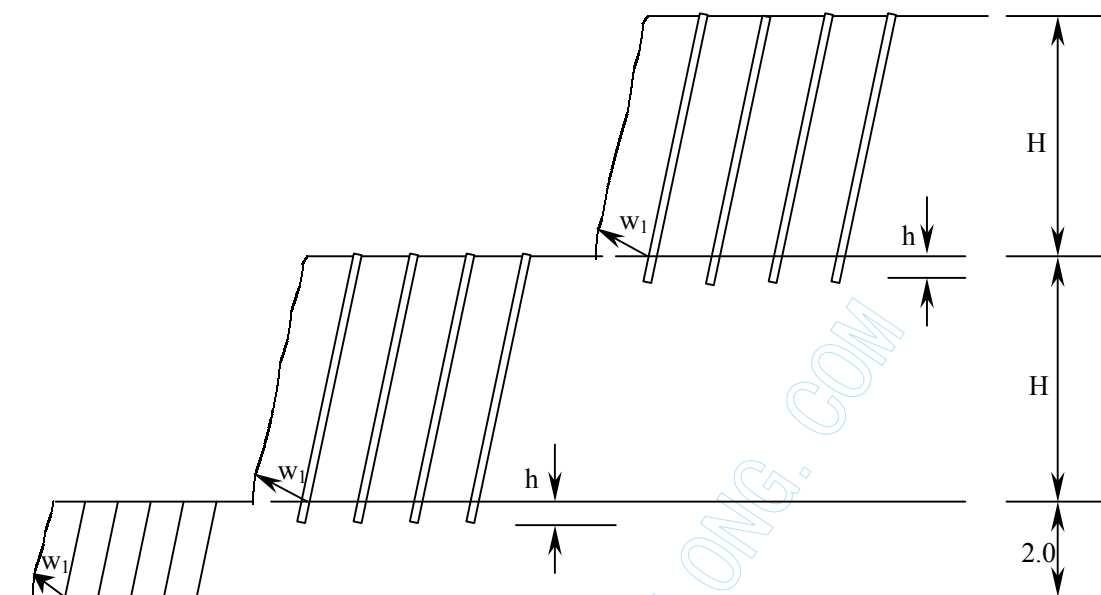


低挖深地段（一般为 6~8m）



高挖深地段（一般挖深超过 10m）

图 3-7-15 全路堑开挖横断



宽孔距小排距梅花形全路堑开挖纵断面布孔

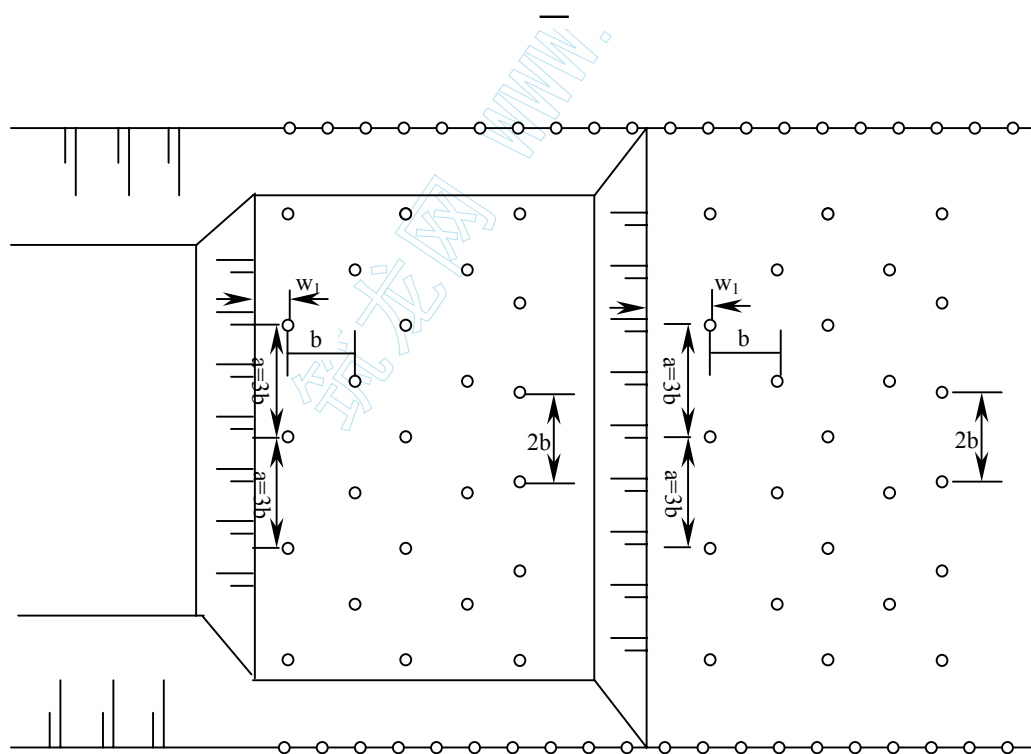


图 3-7-16 宽孔距小排距梅花形全路堑开挖平面布

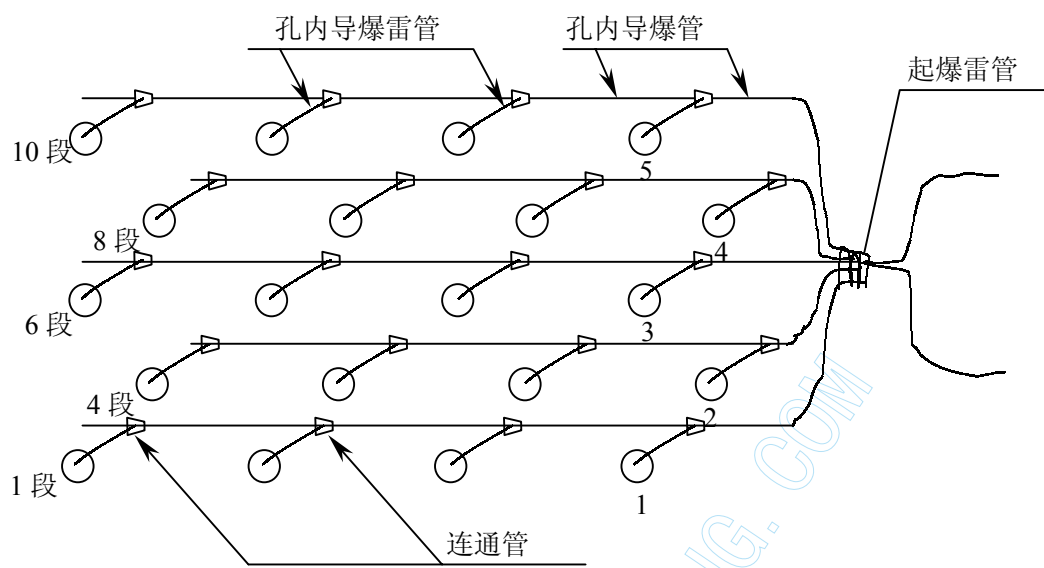
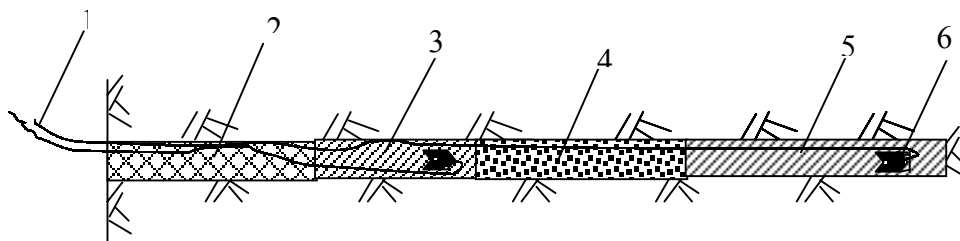


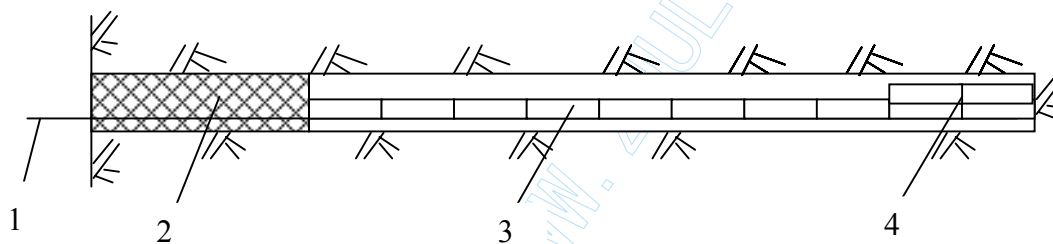
图 3-7-17 宽孔距小排距孔内延期微差挤压爆破



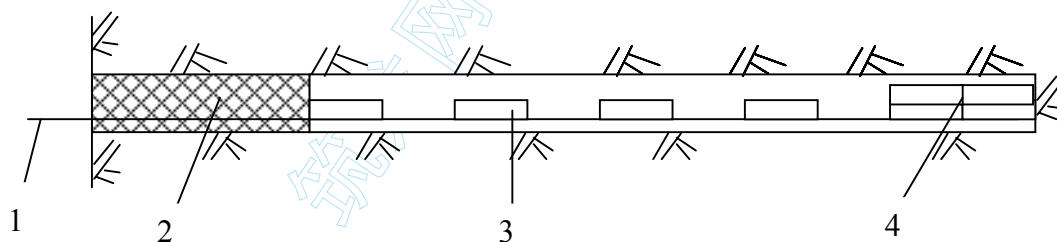
- 1——雷管脚线                      2——堵塞段，一般不小于  $0.75W_1$
- 3——上部装药，一般为总装药量的  $1/3 \sim 1/4$
- 4——间隔段，可采用钻碴      5——底部装药
- 6——雷管

注：只有在大直径炮孔  $\Phi > 150\text{mm}$  和高梯段  $H > 10\text{m}$  时，才有可能需要间隔装药。

主爆孔间隔装药结构示意图



光面爆破或预裂爆破连续装药结构示意图



光面爆破或预裂爆破间隔装药结构示意图

- 1——导爆索                      2——堵塞段
- 3——正常装药段                  4——底部增强装药段

注：只有药卷直径太粗，单位长度装药量大于设计线装药密度太多时，才间隔装药。

图 3-7-18 装药结构示意图

说明:

1、上述起爆网路示意图中 1、2、3、4、5……为起爆序号, 内装塑料导爆管毫秒延期雷管, 为确保每排间隔时间大于 50ms, 一般按起爆序号采用: 即 1、4、6、8 段等或 2、5、7、9 段等, 每次起爆约 3~5 排。

2、图中 a 代表炮孔间距; b 代表炮孔排距; a' 代表预裂孔或光爆孔间距;  $W_1$  代表底盘抵抗线; H 代表梯段高度。

3、计算爆破孔单孔装药量:

梯段高度 H 一般取 6~12m;

底盘抵抗线  $W_1=b$ ,  $\phi=80$  时,  $w_1\approx 1.5$ ,  $\phi=100$  时,  $w_1\approx 2.0$ ,  $\phi=120$  时,  $w_1\approx 2.8$ ,  $\phi=150$  时,  $w_1\approx 3.0$ 。

炮孔间距  $a=mW_1$ , 式中 m 为密集系数, 一般取 3;

第一排孔单孔装药量  $Q=q\times a\times W_1\times H$

式中 q 根据开挖岩石的地质情况, 通过爆破试验来选定。没有条件的地方可通过下表选定:

单位炸药消耗量 q 值表

岩石坚固性系数	0.8-2	3-4	5	6	8	10	$\geq 12$
q 值 ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )	0.40	0.43	0.46	0.50	0.53	0.56	0.60

多排爆破时, 从第二排起, 以后各排孔的每孔装药量按下式计算:

$$Q=K\times q\times a\times b\times H$$

式中: K 值表示受前面各排孔的岩石阻力作用的系数, 一般取 1.1~1.2 其余符号同前。

4、开挖时为确保边坡成型质量, 拟采用预裂爆破或光面爆破。

在光面爆破和预裂爆破中, 间距  $a'$  与线装药密度  $Q_{\text{线}}$  根据孔径、孔深以及岩石的性质确定。用  $\Phi 80\sim\Phi 100$  钻机钻孔, 一般取  $a'$  为 1.0~1.2m。线装药密度  $Q_{\text{线}}$  根据下列计算式得出:

$$Q_{\text{线}}=0.127 (\sigma)^{0.5} (a')^{0.84} (d/2)^{0.24}$$

在施工中,  $a'$ 、 $Q_{\text{线}}$  一般根据试验确定。

## 八、路基防护与排水

### (一)、挡土墙

#### 1、浆砌片石挡土墙

##### (1)、石料选择

色泽均匀, 结构密实, 不易风化, 无裂缝、开裂和结构无缺陷的硬质石料, 抗压强度不小于 30MPa, 其抗冻性指标符合 (TB10210-97) 第 7.2.6 规定。片石最小厚度不小于 15cm。砌筑前, 其表面泥土、水锈应洗刷干净。

##### (2)、浆砌片石

①、砂浆配合比通过试验确定，采用磅称计量，采用砂浆搅拌机拌合砂浆，并按规定制作砂浆检查试件。

②、砌筑前，将基底表面风化、松软土石清除，测试基底允许承载力达到设计要求后方可进行砌筑。

③、基础内有水时，先将水排走或挖集水坑抽水。

④、沿坡面砌筑前，先清除边坡松动岩石，清出新鲜面，边坡上的开挖凹陷部分挖成台阶后，以与防护相同的圬工砌补。

⑤、浆砌均采用挤浆法，勾缝采用平缝压槽法（凹缝）。防护与坡面密贴结合，砌体咬口紧密，无干缝、通缝和瞎缝，砂浆饱满。

⑥、间隔施工时，应清除原砌体表面污浆杂物，并用水浸润后方可砌筑。

⑦、挡墙、护墙根据伸缩缝与沉降缝设置位置分段砌筑，泄水孔、耳墙、砂砾反滤层与墙体同步进行。泄水孔可预埋铁管、PVC 管等，反滤层在砌高一层后即行填筑一层。

⑧、砌体结构尺寸采用预制框架模型或立杆挂线控制，施工过程中经常复核，以保证线型，砌体平整。

⑨、浆砌告一段落时，及时用草袋、麻袋覆盖砌体，进行洒水养护，养护时间一般不少于 7 天，所砌筑圬工的砂浆，在初期硬化期间不应使其受雨水冲刷或水淹没。

## 2、锚杆挡土墙

### (1)、路堑锚杆挡土墙

①、边坡开挖。根据图纸要求，对挡墙边坡进行跳槽开挖；如要全面开挖时，除尽量缩短工期外，还要根据情况设置临时支撑。

②、施工放线及钻机定位。首先用仪器测量放样和施作钻机平台，固定钻机进行施钻，钻至设计孔深。

③、洗孔。在岩石地段钻孔完成压浆之前，必须先行洗孔。冲洗完毕后用风管吹出孔内积水。

④、锚杆安装及防锈处理。锚杆放入孔内时，沿锚杆长度方向每隔 2~3m 焊一支架。在洗孔完毕后及时安装锚杆。锚杆作为永久建筑物的一部分，必须进行防锈处理。在锚固段部分一般用水泥砂浆防护。在锚固段以外采用设计要求的方法进行防锈。

⑤、灌浆。在锚杆安装完以后，即可进行压浆。压浆用砂以粗砂为宜，配合比一般为 1 : 1（重量比），水灰比不大于 0.55，并尽可能采用膨胀水泥。灌浆时将压浆管插入离近孔底向外充满，边压边抽出压浆管，确保砂浆密实。

⑥、安装立柱及挡板。立柱和挡板采用定型模板在预制厂内先行预制。待锚杆孔内砂浆达

到设计强度后，方可进行立柱、挡板安装，吊装可采用卷扬机及吊车等方法，与此同时适当配合回填工作及锚杆端部与立柱的联结工作。

## (2)、路堤锚杆挡土墙

①、按设计要求采用定型模板加工立柱、挡板等。

②、在路堤填筑至锚固高程时，放出锚杆的具体位置。在铺设锚杆时，考虑路堤下沉，在锚杆中部预先作成向上弯曲的拱度，并在铺好的锚杆下部不得有坑洼现象。

③、填筑路堤与上下层锚杆铺设顺序相配合，待填至锚杆标高时，方可铺设锚杆。

④、在陡坡地段修建路堤锚杆挡土墙时，先将陡坡挖成台阶，然后再按要求填至锚杆标高时铺设锚杆。

## 3、悬臂式挡土墙

(1)、刷坡。根据图纸要求，对挡墙边坡进行跳槽开挖；根据地质揭露情况，必要时采用临时支撑。

(2)、施工放线。当基底开挖至设计高程，地质情况满足设计要求后，进行测量放线，定出挡土墙的位置。

(3)、绑扎钢筋。在基底验收合格后立即绑扎钢筋。根据挡墙的高度，钢筋可分次绑扎完成。

(4)、立模，浇筑。采用组合钢模板进行砼浇筑，不足部分以木模镶嵌。砼浇筑要连续进行，不得形成水平施工缝。

(5)、回填。待混凝土强度达到设计要求后可进行台后回填，回填按设计要求进行。

## 4、锚索及桩板式挡土墙

### (1)、桩的施工

①、桩施工时隔桩开挖，及时作好井口防排水工作，设置好锁口护壁，并注意井下通风，确保施工安全。

②、每开挖 2m 深及时施作护壁，开挖至桩底标高后，核对断面尺寸及地质情况。

③、在桩井内绑扎钢筋，钢筋笼与护壁间采用钢筋耳环支撑牢固。

④、桩身砼必须连续灌注，不得形成水平施工缝，待砼强度达到设计要求的强度后再进行下道工序施工。

### (2)、板的施工

板利用定做模型板，设预制厂预制，达到设计强度后安装就位。

①、绑扎钢筋骨架，制作模型板，要求做到骨架牢固不变形，模型板尺寸准确，有足够刚度及强度，且光滑平整。

②、砼灌注时加强振捣，板外露面采用刮刀抹面，确保预制板表面光滑平整，无缺棱掉角



现象。

③、板预制好后按规范要求及时覆盖及洒水养护（一般不少于 7 天），并严格控制拆模时间。

④、待桩及板的砼强度达到设计要求后即进行板的安装就位。

### (3)、锚索施工

#### ①、造孔

钻孔采用潜孔钻机成孔，用聚乙烯管复核孔深，用高压风将孔内吹净并用水泥纸袋将孔塞好，桩身孔采用钢管预埋。

#### ②、锚索组装

采用 7 $\Phi$ 5mm 钢绞线经调直去污除锈后，按设计并考虑截长误差截取钢绞线。

#### ③、安装锚索

将组装好的锚索抬至与之对应的孔位处，将注浆管与锚索一起装入，缓缓插入孔底。

#### ④、灌筑砂浆

锚索需 350 号水泥砂浆，注浆采用孔底返浆法。砂浆从孔底向外依次充满并将孔内空气排出。

#### ⑤、张拉锚索

待锚索锚固段砂浆及桩身砼达到设计强度后，安装好锚具及张拉设备，进行逐级张拉。

#### ⑥、补偿张拉

对于钢绞线的松弛、地层徐变等因素造成的预应力损失，在初次张拉 6~10d 内进行补偿张拉，然后锁定。

### (二)、坡面防护

#### 1、边坡植物防护

(1)、在适宜植物生长的季节施工，铺、种植物的坡面应平整、湿润。

(2)、播撒草籽后，及时覆盖表土并适当拍压，每日进行洒水养护管理，直至植物成长覆盖坡面。成活率要达到 90%以上。

(3)、铺草坪之前，将坡面冲沟及裂缝填平捣实，坡面整修平顺，湿润。有地下水露头处，须将地下水引出。

(4)、在采用砌片石方格的边坡段，砌石不小于 0.2m，并立砌拍实，嵌入坡内。

(5)、铺草皮方格时，先在边坡上挖出安置草皮的浅沟，将草皮安置在沟内，并用木夯拍平拍紧，并在接头处钉以尖桩；如方格内边坡土质不适宜生长青草，需要填种植土层时，可不挖浅沟直接种草皮，填种植土层的顶面不超出草皮面。

(6)、每块草皮的宽度、长度、厚度根据自然条件、边坡土质、草皮的土质决定，一般为 5~10cm。铺设时，应从坡脚向上错接铺置，并用木锤将草皮的斜边拍紧拍平，使其接缝密贴。告一段落时，再用木锤全面拍紧。每块草皮四角各钉竹钉或柳条尖桩一个。

(7)、根据边坡坡度与风化、冲刷情况，在路肩及路堑顶面加铺适当宽度的草皮。

(8)、在铺草皮之后要保证其湿度。如出现干旱现象时，及时洒水养护。

## 2、边坡喷锚防护

(1)、在岩石破碎开挖过程中应及早喷射砼，以防岩石风化卸荷。一般开挖一段防护一段。

(2)、防护前，挖除松动石块及杂物，清除坡面；并对坡面的裂缝或溶洞进行填补。

(3)、搭设支架，根据设计要求定锚杆孔位，钻设锚杆孔。钻孔完毕后及时冲洗干净，并布设锚杆。

(4)、锚杆必须用水泥砂浆牢固嵌于锚孔内，若挂钢筋网时，网与锚杆联结要牢固可靠，砼喷射作业完毕后，坡面不得露有钢筋和锚杆头。

(5)、喷射混凝土自下而上进行。当混凝土的厚度大于 7cm 时，宜分两层喷射。

(6)、边坡在喷射砼后，要做好养生工作，养生时间为 5~7 天。

## 3、干砌片石护坡

(1)、开挖护坡基础至设计要求，并置于一定强度的地基之上。遇到地基土体与设计不符时，可适当加深或扩大基础。

(2)、护坡厚度均匀。砌层片石纵横向搭叠压缝，间隙塞满，外露面整齐。

(3)、设有垫层的护坡，随垫随砌。

(4)、护坡勾缝在路堤沉落稳定后进行；勾缝前，先将松动和变形处修整平齐完好。

## 4、浆砌片石护坡

(1)、浆砌所用片石应是色泽均匀，结构密实，不易风化，无裂缝、开裂和结构缺陷的硬质石料，抗压强度不小于 30MPa。片石最小厚度不小于 15cm。

(2)、砂浆配合比通过试验确定，施工时采用搅拌机拌合砂浆，用磅称计量，并按规定制作砂浆检查试件。

(3)、施作护坡前应清除基底和坡面上松动岩块及浮碴；墙基应置于可靠的岩层上，遇软弱基底应加深或扩大基础，或采取其它设计要求的加强措施。

(4)、浆砌均采用挤浆法并挂线施工，勾缝采用平缝压槽法（凹缝）。防护与坡面密切结合，砌体咬口紧密，无干缝、通缝和瞎缝，砂浆饱满。

(5)、护坡和护墙应挂线砌筑，墙背要紧贴基岩，不得干填或乱填干碎石等。

(6)、间隔施工时，应清除原砌体表面污浆污物，并用水浸润后方可砌筑。

(7)、护墙根据伸缩缝设置分段砌筑，泄水孔砂砾反滤层与墙体同步进行。泄水孔可预埋铁管、PVC管、竹管等，反滤层在砌高一层后即填筑一层。

(8)、护坡应错缝，石块之间彼此镶紧咬合，墙身每隔 10~20m 须设伸缩缝一道，缝中按设计填充沥青麻筋。

(9)、在新填土质路基坡面上砌筑护坡，待路基沉落稳定后进行；在石质坡面上可不设垫层，如系土质或有冻胀变形的坡面，则应设置垫层。

(10)、浆砌告一段落时，及时用草袋、麻袋覆盖砌体，进行洒水养护，养护时间一般不少于 7 天，所砌筑圬工的砂浆，在初期硬化期间不应使其受雨水冲刷或水淹没。

#### 5、浆砌片石骨架护坡

(1)、施工前清除坡面浮土、碎石，填补坑洼。

(2)、骨架内草皮或捶面均应与坡面和骨架密贴，以防表水沿裂隙渗入。

(3)、骨架内捶面时，骨架节点中心位置留泄水孔，孔径 10cm。骨架外露部分和捶面厚度相等，使其表面平顺。

(4)、骨架内捶面拟在浆砌片石骨架的砌筑强度达到 75%后进行。

(5)、为方便养护，在适当位置设浆砌片石阶梯形肋柱。

(6)、浆砌告一段落时，及时用草袋、麻袋覆盖砌体，进行洒水养护，养护时间一般不少于 7 天。

(7)、所用材料及其它施工要求应遵守砌石圬工有关施工技术规则。

### 三、路基排水

路基地面排水主要有以下几种类型

#### 1、夯拍表层（适用于一般粘性土层内的各种水沟）

(1)、采用人工配合挖掘机开挖沟槽。在沟底、沟壁部分少挖 5cm。

(2)、及时对水沟范围内的洞穴填平夯实。

(3)、开挖完成，在水份未散失前及时夯拍，夯拍断面至规定大小，并使表层 5cm 内的干密度不小于  $1.66\text{t/m}^3$

## 2、三合土或四合土捶面（适用于无冻害和地下水渗出的各种水沟）

(1)、可采用挖掘机配合人工开挖沟槽。

(2)、三合土或四合土所用材料和配合比必须满足要求。

(3)、大基坑开挖后及时清除表层浮土及杂物。

(4)、在基底达到适当的湿度时，及时进行施工，施工时先底后壁。并按设计要求设置伸缩缝和沉降缝。

(5)、在捶面完成后，清除表层浮土，杂物，洒水，进行 M7.5 水泥砂浆抹面。

## 3、单层裁砌卵石护面（适用于无防渗要求的各种水沟）

(1)、卵石为硬度未风化的椭圆形或扁平形，其长边应大于砌面的厚度。

(2)、垫层用干净的粗中砂和砾石，含土量在 5%以下。

(3)、先砌沟底后砌壁，其底和壁的坡脚与坡顶均须选用大卵石。

(4)、裁砌卵石要互相靠紧，空隙处用小卵石嵌塞，表面要平整。

## 4、单层干砌片石护面（适用于无防渗要求的各种水沟）

(1)、片石必须具有一定的强度，其极限抗压强度不低于  $200\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

(2)、垫层采用干净的砂砾卵石，含土量在 5%以下。

(3)、基础开挖采用挖掘机配合人工开挖至设计断面要求。

(4)、垫层铺垫与砌石同步进行，边铺边砌，但对粘性土质基底要先夯实再铺设垫层和护面。

(5)、干砌片石要嵌合紧密，其间隙用碎石填塞，表面要平整。

## 5、浆砌片石护面（用于防渗要求或流速较大的各种水沟）

(1)、片石的极限抗压强度不低于 20MPa。砌筑之前应对片石洗刷干净。

(2)、基础开挖采用挖掘机配合人工。

(3)、砌筑之前，沟底和沟壁先夯实整平。

(4)、浆砌片石采用挤浆法分段砌筑，镶面采用表面平整及尺寸较大的片石。外露面平整，无明显凸凹处；砌体砂浆应挤压密实饱满，外部砌缝符合规范要求。

(5)、按设计要求设置伸缩缝和沉降缝。