

# 第一章 路基

公路路基是路面的基础，与路面共同承受车辆荷载，是保证路面强度与稳定性的重要条件，是公路的重要组成部分。为了经常保持路基的良好状态，确保路基在行车作用和自然因素的影响下不发生过大的变形，保持完整无损，必须加强对路基病害的预防和治理。

## 第一节 路基的病害及防治

### 一、路基的病害

#### (一) 路肩的病害

1. 横坡不适度，边坡不顺直；
2. 路肩表面不平整、不清洁、有杂物；
3. 路肩有车辙、有隆起、有沉陷及缺口。

#### (二) 边坡的病害

1. 边坡不稳定；
2. 边坡不平顺，有冲沟；
3. 边坡坡度不符合规范要求。

#### (三) 排水设施的病害

1. 路肩有高草或边沟淤塞；
2. 纵坡不适，水流不畅，截水沟、排水沟、暗沟失效；
3. 进出口有堵塞。

#### (四) 防护构造物的病害

1. 构造物缺损；
2. 挡墙、护坡等设施砌体伸缩缝填料不良；

3. 泄水孔堵塞。

#### (五) 路基常见的病害

1. 路基沉陷；
2. 边坡过陡；
3. 路肩积水；
4. 路堤失稳；
5. 路基翻浆；
6. 路基滑塌；
7. 路基崩塌；
8. 路基缺口；
9. 路堤填土压实度达不到标准；
10. 粉煤质路堤压实度达不到标准；
11. 路基弹簧；
12. 沟槽回填土沉陷；
13. 路床积水；
14. 路肩盲沟淤塞；
15. 路肩车辙、坑槽；
16. 路肩与路面错台；
17. 边沟积水；
18. 水毁桥涵破坏；
19. 防护工程与加固工程损坏。

#### 二、路基病害的防治

##### (一) 路肩病害的防治

1. 路肩的横坡应平整顺适，硬路肩应与路面横坡相同，土或植草的路肩应比路面横坡度大  $1\% \sim 2\%$ 。若路肩横坡过缓，不利于排水 影响路基稳定 坡度过大 又易于被雨水冲刷成沟槽。

2. 路肩上严禁堆放任何杂物

养路材料应堆放在路肩以外，应根据地形条件，选择适宜地点

设置堆料坪 如图 1-1 所示。堆料坪的间距以 200 ~ 500m 为宜。堆料坪长约 5 ~ 8m 宽为 2m。机械化养路或高级路面，可以不设。

为改善工程及修补路肩坑槽所需的砂石材料，如必须堆放在路肩上时，应选择在较宽的路段顺一边堆放，但在桥头引道，弯道内侧，陡坡等处不得堆放。料堆内边离路面边缘应至少保持 30cm 以利行车。每隔 10 ~ 20m 必须留出不小于 1m 的空隙 以利排水 堆置时间应有限制，一般不宜超过 10d。

### 3. 路肩应经常保持平整 坚实

对出现坑槽、车辙、缺口的路肩，应及时修补；对路肩雨天积水或呈淤泥状的，应及时排出或清理，并填平夯实；路肩过高妨碍排水时，应铲去多余淤泥、土石。铲削路肩，宜在雨后土质湿润的状态下，结合清理边沟及修理边坡一并进行。

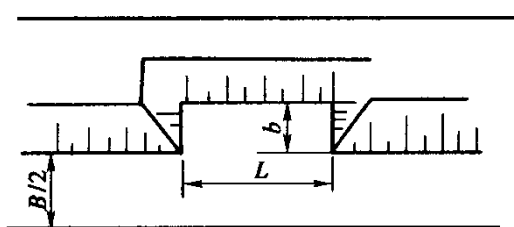


图 1-1 堆料坪

$b$ -堆料坪宽度； $L$ -堆料坪长度； $B$ -路基宽度

### 4. 路肩横坡过大时的处理

路肩横坡过大时宜用良好的砂土或与原路基相同的土或其它合适的材料填补整平压实，不得用清理边沟挖出来的淤泥或含有草根杂质的土填补。砂或粉砂土地段，应掺拌粘性土加固表面，以提高路肩的稳定性。

如果填补厚度大于 15cm 时，应分层夯压密实。填补前应清除杂草 刨松表面 使之结合牢固。

### 5. 路肩排水的处理

纵坡大于 5% 路段的路肩，易被暴雨冲成纵横沟槽，可采取以下措施：

(1)设置截水明槽 自纵坡顶起 每隔 15 ~ 20m 两边交错设置宽 30 ~ 50cm 的斜向截水明槽 并用砾(碎)石填满 同时在路肩边



## （二）边坡病害的防治

1. 应使边坡坡面保持平顺、坚实、无裂缝，并经常注意路堑边坡上的危岩、浮石、滑塌体等的变动，发现问题，及时处理，避免堵塞路面、边沟或危及行车和行人。对边坡加固的各种设施应经常检查、维护，保证其完整良好。严禁在边坡上及路堤坡脚、护坡道上挖土取料、种植农作物或修建其它建筑物。

2. 土质路堑边坡上部分高出的土体应予铲平，当边坡出现裂缝时，可用粘性土填塞捣实，以防止表层水渗入路基体内。如出现潜流水时，可采取开沟隔断水源，将潜水引向路基外排出。

3. 填土路堤加宽或边坡修理时，应将原坡面挖成阶梯形，然后分层填筑夯实，并应与原坡面衔接平顺。

4. 边坡、碎落台、护坡道等，如常出现缺口、冲沟、沉陷、塌落、滑坡，或受洪水、河流、边沟流水冲刷及浸淹时，应根据水流、土质、边坡坡度等情况，选用种草、铺草皮、栽灌木丛、铺柴束、篱格填石、投放石笼、干砌或浆砌片石护坡等措施进行加固。

## （三）排水设施病害的防治

路基地面排水结构物，一般包括边沟、截水沟、跌水、急流槽、倒虹吸管、渡槽等，统称沟渠。

### 1. 边沟

(1) 路肩有高草影响路面排水时，应根据草的生长情况经常修剪，使其不高于 15cm，以不阻水为宜。

(2) 当边沟纵坡大于 3% ~ 4% 时，沟底应用片石铺砌加固，冰冻较轻地区也可用三合土或四合土加固；

(3) 边沟进出口应经常检查，发现有堵塞物应及时清除，使水流畅通。

### 2. 截水沟（天沟）

(1) 在春融前，特别是汛前，应全面进行检查、疏浚

(2) 雨中及时排除堵塞物，疏导水流、保持水流畅通，防止水流

集中冲坏路基。

(3)暴雨后应重点检查，如有冲刷损坏，必须及时修理加固。

### 3. 排水沟、跌水及急流槽

防治办法与边沟、截水沟相同。

### 4. 暗沟

(1)应注意进行检查 如发现堵塞、淤积 应进行及时冲洗。

(2)雨季应保证流水畅通。

### 5. 渗沟

(1)如发现沟口长草、堵塞 应及时清理和冲洗。

(2)如砾石层淤塞不通时 应翻修 并剔除颗粒较小的砂石。

(3)如位置不当 应根据情况另行修建。

### 6. 排水沟的加固

边沟、截水沟、排水沟等 应结合地形、地质、纵坡、流速等实际情况 综合考虑加固。对松软土(细砂质土或粉砂土)当流量较大或纵坡度为 1%~2%时，或粘性较大的土(粉砂质粘土或砂质粘土)当纵坡度为 3%~4%时，沟底可用片石铺砌加固，沟壁用草皮加固。边沟、截水沟、排水沟、渗井的构造图见图 1-3、图 1-4、图 1-5、图 1-6。

在疏松土上的，纵坡度大于 3%时 或粘性较大的土 纵坡度大于 4%时，沟底及沟壁，均应用片石或水泥混凝土预制块铺砌加固或设置跌水。冰冻较轻地区也可用三合土或四合土捶面方法加固 见图 1-6 所示。

## (四)防护构造物病害的防治

一般来说，把用作防止路基被冲刷和风化，主要起隔离作用的设施称为防护工程；把防止路基或山体因重力作用而滑坍，主要起支撑作用的支挡结构物称为加固工程。

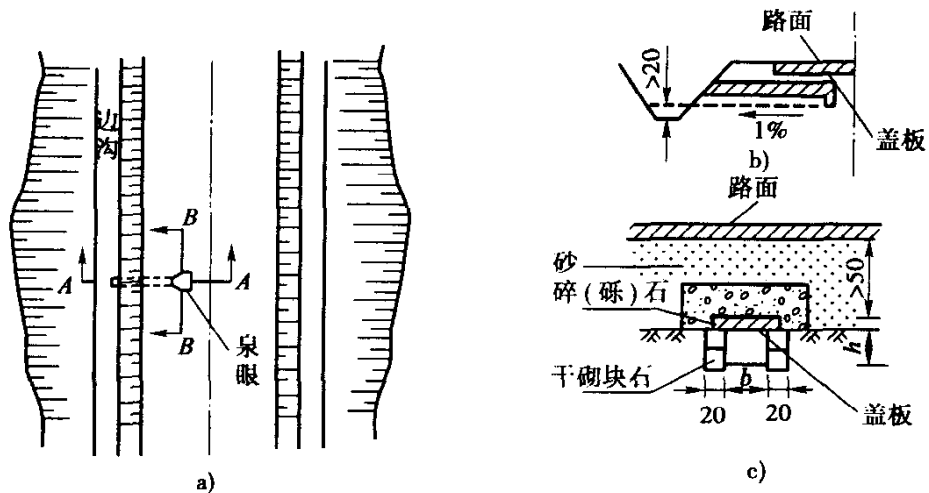


图 1-3 暗沟布置及构造 (尺寸单位:cm)

a)平面图 b)A-A剖面图 ;c)B-B剖面图

$b = 1.0 \sim 1.5\text{m}; h = 0.3 \sim 0.5\text{m}$

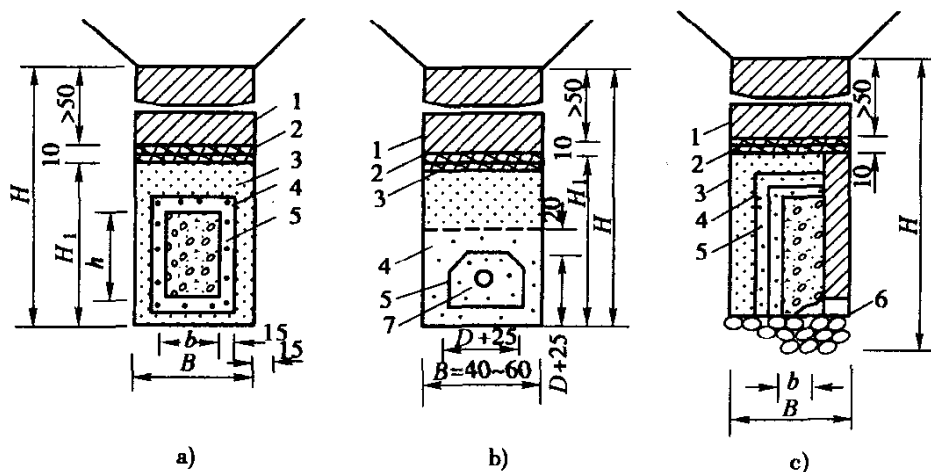


图 1-4 渗沟构造图 (尺寸单位:cm)

a)填厂渗沟 b)有管渗洞 ;c)洞式渗洞

1粘土夯实 ;2双层反铺草皮 ;3粗砂 ;4石屑 ;5碎石 ;6浆砌片石沟洞 ;7-混凝土预制管

## 1. 坡面防护及处治

### 1)植物防护

植物防护的方法有种草、铺草皮和植树。采用植物对坡面进行防护，工序简单，效果较好。它可以减缓地面水流速度，调节表层水温状况，植物根系深入土层，在一定程度上对表层土起到固结作用。植物防护适用于具有适宜植物生长的土质边坡。

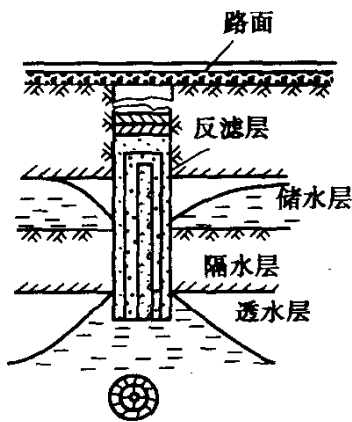


图 1-5 渗井结构与布置图

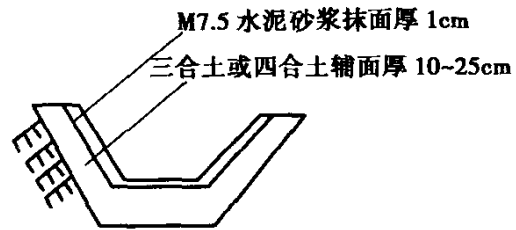


图 1-6 三合土或四合土加固水沟

### (1) 种草

土质路堤、路堑有利于草类生长的边坡，或河面较宽、主流固定、流速小、路线与水流方向接近平行、路堤边坡受季节性浸水或冲刷轻微、土质适于草类生长的，均可种草，用于防止雨水冲刷坡面。坡面上的土质不宜于种草时，可铺一层 5~10cm 厚的种植土，然后再种草。经常浸水或长期浸水的路堤边坡，不宜采用种草防护的方法。边坡上的防护种草已扎根时，可以允许暂时性的缓慢流水（0.4~0.6m/s 的流速）的作用。

草籽应根据当地的土壤和气候条件选用。一般选用易于生长、根部发达、叶茎低矮或有匍匐茎的多年生的草种为宜。最好采用几种草籽混合播种，以利用植物中的优胜劣汰的办法促使草的生长。种草还应注意选择合适的季节，并要经常注意检查补种和适当施肥。种草防护如图 1-7 所示。

### (2) 铺草皮

坡度不陡于 1:1.5 且浸水时水流速度在 0.6m/s 以下 用平铺草皮护坡，见图 1-8 所示。

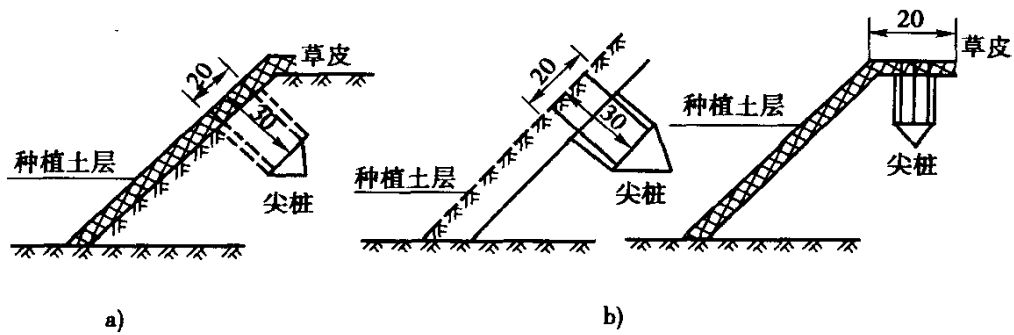


图 1-7 种草防护 (尺寸单位 :cm)

a) 种植土层厚度等于草皮厚度 ; b) 种植土厚度大于草皮厚度

坡度陡于 1:1.5，且浸水时水流速度在 1.5m/s 以下，可用叠铺草皮防护 见图 1-9 所示。

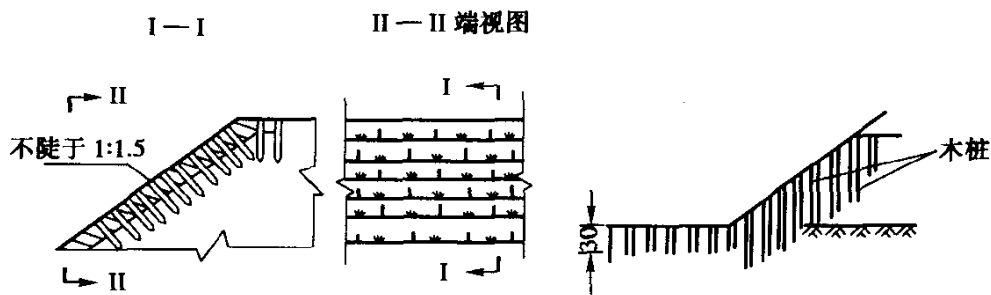


图 1-8 平铺草皮

图 1-9 叠铺草皮

草皮用木桩钉在坡面上，以免松动下滑，有关不同土质边坡用草皮加固及草皮尺寸和对木桩的要求见表 1-1、表 1-2。

铺草皮前，应将边坡表层土挖松整平。在不适于草类生长的土质边坡上 应铺一层 6~10cm 厚的种植土，然后再铺设。铺草皮工作宜在春、秋季或雨季进行，不宜在冬季施工。如在气候干燥季节铺草皮，草皮铺后，应及时浇水至草皮扎根为止。当边坡上有地下水出露时，应注意使铺设的草皮，不阻塞地下水的出口，以免影响边地坡稳定。

草皮和木桩尺寸

表 1

草皮种类	尺寸 (cm)	厚度 (cm)	夹桩尺寸 (cm)	钉桩办法	每 1000 根木尖桩木料数量 (m <sup>3</sup> )
方块状	20×25 或 25×40 或 30×50	6~10	2×2× (20~30)	四角钉桩	每 1000 根 20cm 长的 木尖桩约需木料 0.15m <sup>3</sup>
带状	宽 25 长 200~300	6~10	2×2× (20~30)	梅花状间 距 40cm	每 1000 根 30cm 长的 木尖桩约需木料 0.25m <sup>3</sup>

注：用作冲刷防护时，最好使用新伐的柳木桩。柳木桩直径 4~6cm 排成梅花状，间距为 50~100cm。

不同土质边坡用草皮加固方法表 1-2

土类	边坡自路基边缘起的长度(m)		
	2 以下	2~8	8 以上
低液限粘土及粉质液限砂土	密铺草皮		
粉质低液限粘土粉土粉质 中液限粘土	种草	铺格式草皮 及种草	密铺草皮
中液限粘土	种草	铺格式草皮 及种草	铺格式草 皮及种草

注：路堑可不加固。

### (3) 植树

在路基斜坡上和沿路堤之外河漫滩下植树，能加固路基和河岸，并使水流速度降低，防止和减少水流对路基或河岸的冲刷。林带又可以防风、防砂和防雪 还可以美化路容 调节气候 增加木材产量。

植树的形式，可以是带状或条形的，也可是连续的，即将植树满整个防护区域。植树间距与树的种类及种植方法有关，可参考表 1-3。

植物间距参考值

表 1-3

种植方法	树的种类	行距(m)	株距(m)
单株种植	柳树类	1.5~2.0	1.0~2.0
	杨树类	1.0~2.0	1.0~1.5
	灌木类	0.8~1.5	0.5~1.0
一窝一窝的种植	乔木类	1.0~1.2	1.0~2.0
	灌木类	0.8~1.5	0.5~1.0

树种的选择 宜采取选用适合当地土质、气候 生长迅速、根系发达、枝叶茂盛、成活率高的乔木或不怕水淹的灌木类。

植树的时间 宜在春、秋季或雨季进行 如在干燥季节植树，要经常浇水，直到树长活为止。并应检查植树成活的情况，如有缺株需及时补种。

## 2)坡面处治

对易风化的软质岩石或破碎岩石路堑边坡，常受自然条件的影响剥落而破坏，用植树防护有困难时，可选用抹面、喷浆、勾缝、灌浆和嵌补等方法进行处治，以保证路基的稳定。

### (1)抹面

抹面防护适用于易风化而表面较完整，尚未剥落的岩石边坡，选用混合材料涂抹坡面，防止表面岩石风化的进一步发展。但必须注意，抹面仅起到防护层作用，不能承担荷载，故边坡必须是稳定的。

抹面前，对被处治坡面进行清理，并应将坡面上的坑洼用小石块嵌补填平，然后用水洒湿坡面，使灰浆与坡面结合良好。

②根据经验，抹面砂浆宜采用石灰炉渣混合灰浆、石灰炉渣三合土、四合土等混合料 其配合比见表 1-4 所示。

抹面应均匀涂抹，然后待灰浆稍干即进行夯拍，直到表面出浆为止，并应进行洒水养护。

### (2)喷浆

抹面混合材料配合比

表 1-4

抹面 类型  材料	石灰炉渣混合灰浆 (两层共厚 3~4cm)			石灰炉渣三合土 (厚 6~7cm)		四合土 (厚 8~10cm)		水泥石灰砂浆 (厚 8cm)	
	体积比		每平方米 用料	质量 比	每平方米 用料	质量 比	每平方米 用料	体 积 比	每平方 米 用料
	表层 1.5~2cm	底层 1.5~2cm							
水泥								1	3.5kg
石灰	1	1	7.5kg	1	7kg	1	12kg	2	3.6kg
炉渣	2~2.5	3~4	0.03m <sup>3</sup>	5	0.05m <sup>3</sup>	9	18kg		
粘土				1	0.01m <sup>3</sup>	3	36kg		
砂						6	72kg	9(7)	0.03m <sup>3</sup>
纸(竹) 筋			0.5kg						
卤水			0.14kg						

喷浆防护适用于易于风化而仍较完整的岩石路堑边坡，是将灰浆均匀地喷射在岩层表面上，使之形成一个保护层，是防治坡面风化破坏的一种措施。这种方法施工简便，效果较好，但水泥用量较大。

通常采用的方法为重力喷浆法，即将浆桶置于高处，接近桶底处开一小洞接胶皮管，借助重力的作用喷出，所用的机具设备较简单。施工要点是：

喷浆前应对坡面进行清理，并用水冲洗干净；

喷浆材料，可用纯水泥浆或水泥砂浆，也可采用水泥石灰砂浆，其配合比按质量比为水泥：石灰：砂：水 = 1:1:6:3；

喷浆厚度视坡面岩石风化程度而定，一般为 2cm 左右，需较厚者可以分层喷射，喷浆后应洒水养生。

### (3) 勾缝

勾缝适用于较坚硬的、不易风化的、节理裂缝多而细的岩石路堑边坡，用以防止雨水沿裂缝浸入岩层内部造成病害。

勾缝使用的砂浆，可用按质量比为 1:2 的水泥砂浆 也可用按体积比为 1:0.5 或 1:2:9 的水泥石灰砂浆。

### (4) 灌浆

灌浆适用于较坚硬的、裂缝较大且较深的岩石路堑边坡，借砂浆的粘结力把裂开的岩石粘结为一体，维护边坡的稳定。

灌浆可用按质量比为 1:4 或 1:5 的水泥砂浆，有条件时宜尽量采用压浆机灌注，裂缝较宽时可用混凝土灌注。

### (5) 嵌补

嵌补防护适用于补平岩石坡面中有较深的局部凹坑，以防岩面继续破损碎落，维护边坡的稳定。可用砌浆石块或水泥混凝土嵌补齐平。

### (6) 锚固

锚固防护适用于岩石边坡的层理或构造面倾向于路基，并有可能顺层面下滑的情况。这种方法是垂直岩面坡面钻洞，将钢筋直穿至稳定基岩内，然后向洞内灌入水泥砂浆，使钢筋串连岩层，阻止岩层下滑。

## 3) 护面墙

护面墙适用于边坡较陡（边坡坡度在 1:0.3 ~ 1:1 的情况）的，节理裂缝较易发展的，易风化的软质岩层路堑边坡上设置。

护面墙一般不承受墙后土体的侧压力，所防护的岩面边坡，应无滑动或滑坍现象，路堑边坡坡度应符合于边坡稳定的要求。

### (1) 坡面清理

在铺砌前应对坡面进行清理，将松动的石块予以清除。

### (2) 基础

护面墙的基础应置于坚固地基之上，并埋入冰冻线以下至少

0.25m 如果地基承载力不足，应进行加固，或采用拱形结构跨过。

### (3) 墙身

为了增加护面墙稳定性，根据坡面岩石的状况，每 6 ~ 10cm 高为一级，设宽度不小于 1m 的平台；墙背每 4 ~ 6m 高设置一宽度为 0.5 ~ 1.0m 的错台 如图 1-10 所示。

护面墙的厚度是随边坡轮廓而变化 底厚度要稍大于顶宽 砌筑护面墙的尺寸见表 1-5 并应设伸缩缝与泄水孔。顶部需用厚土夯实或砂浆抹平 以防水浸入。

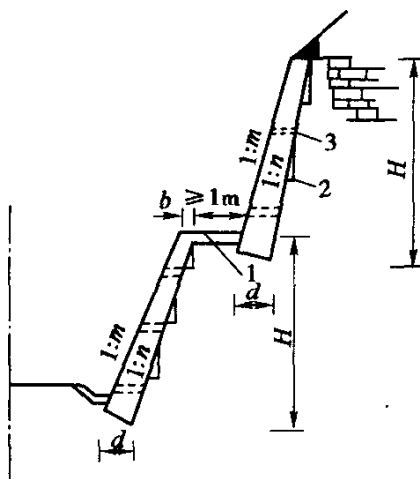


图 1-10 护面墙的平台与错台  
1-平台 2-错台 3-泄水孔

护面墙尺寸

表 1-5

护墙高度 $H$ (m)	路堑边坡	护面墙厚度(m)	
		顶宽( $b$ )	底宽( $d$ )
$H \leq 2$	1:0.5	0.4	0.4
$H \leq 6$	1:0.5	0.4	$0.4 + H/10$
$6 + H \leq 10$	1:0.5 ~ 1:0.75	0.4	$0.4 + H/20$
$10 + H \leq 15$	1:0.75 ~ 1:1	0.6	$0.6 + H/20$

## 2. 坡面冲刷防护及处治

沿河路基和桥头引道，直接受到水流的冲刷和淘空，为了维护路基的坚固，必须采取措施予以防护。冲刷防护有两种类型：一种是直接防护，以加固岸坡为主要措施；另一种为间接防护，以改变水流方向，降低流速为主要措施。

直接防护 除植物防护、坡面防护外 还有砌石、抛石、石笼、浸水挡土墙等防护方法。间接防护 包括各种导流与调治构造物 如丁坝、顺坝及拦河坝等 也可以将河沟改道 引导水流排至路基以外。

## 1) 石砌护坡

石砌护坡用于因水流冲刷的河岸和路基，可分干砌和浆砌两种。

### (1) 干砌片石

干砌片石用以保护边坡免受地表水的侵害及河水的冲刷，可用于土质边坡，边坡坡度一般为  $1:1.5 \sim 1:2$  水流速度在  $1.5\text{m/s}$  以下，所防护的边坡本身是稳定的。

干砌片石护坡一般有单层铺砌和双层铺砌两种，如图 1-11 及图 1-12 所示。单层厚为  $0.25 \sim 0.35\text{m}$  双层的上层为  $0.25 \sim 0.35\text{m}$  下层为  $0.15 \sim 0.25\text{m}$ 。

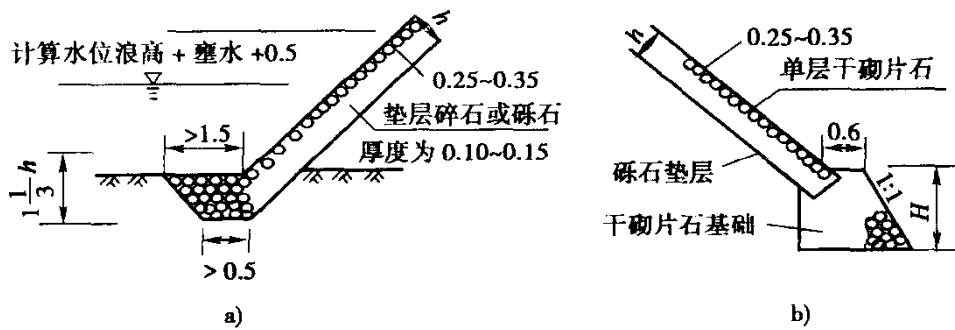


图 1-11 单层铺砌片石护坡 (尺寸单位 :m)

a) 浆砌片石铺砌基础 ; b) 干砌石垛基础

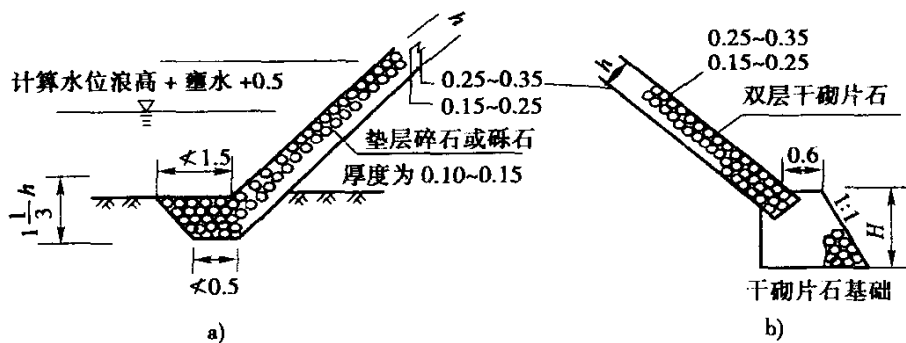


图 1-12 双层铺砌片石护坡 (尺寸单位 :m)

a) 浆砌片石铺砌基础 ; b) 干砌石垛基础

②在片石下面应设置垫层，主要起到整平并增强其抵抗冲刷的作用，防止水流将干砌片石层下面边坡上的细粒土壤挟带出来冲走。常用的材料有碎石、砂砾，厚 0.15m。

砌石防护坡脚基础应予以加固，采用堰石基础，埋置深度一般为护坡厚度的 1.5 倍。沿河受水流冲刷较轻时，基础应设置在冲刷线以下，冲刷严重时，应埋置在冲刷线以下 0.5 ~ 1.0m 处或石砌深基础的形式。

砌石应在路堤夯实或沉实后进行，砌时自下而上铺砌，随时用垫层找平，石块之间的空隙用小石块或碎石塞紧。为防水浸入及提高整体强度，可用水泥砂浆勾缝。

护坡设施应在洪水期前后，观察、检查其作用和效果是否完整稳固，出现损坏，应及时修理。

### (2)浆砌片石

浆砌片石护坡用于水流流速较大（在 1.5m/s 以上）波浪作用较强，以及可能有流水、流木等冲击作用时的防护加固工程。

浆砌片石护坡厚度一般为 0.2 ~ 0.5m，铺砌层下设垫层，垫层厚度一般为 0.15m。

为防止基础冻胀和冲刷，基础埋深应在冰冻线和冲刷线以下 0.25 ~ 1.0m。

护坡的中、下部应设置泄水孔，以排泄护坡背面的积水及减少渗透压力。排泄孔后 0.5m 的范围内应设置反滤层，以防淤塞失效。

施工宜分段进行，每隔 10 ~ 15m 留一道伸缩缝，在基底土壤变化处应设置沉降缝，缝宽 2cm，缝内用沥青麻筋或沥青木板等材料填塞。

当护岸受到洪水冲刷或波浪漂浮物等冲击损坏时，应采取抛石加固。

### (3)钢筋混凝土预制挂板护坡

钢筋混凝土预制挂板护坡适用于严重冲刷地段。预制板尺寸为0.5~1.0m见方，厚0.2~0.4m。安放后，用钢筋套勾将板与板相互勾连，以加强整体性。见图1-13所示。

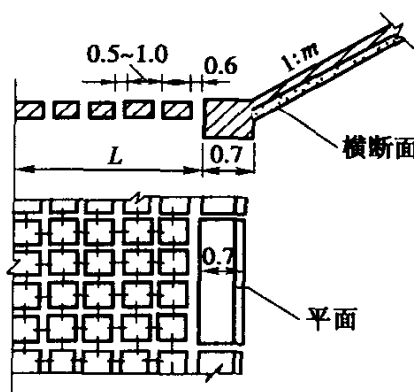


图1-13 钢筋混凝土预制挂板护坡  
(尺寸单位:m)

## 2) 抛石防护

抛石防护主要用于防护水下部分的边坡和坡脚，避免或减小水流对护坡的冲刷及淘刷，也可用于防止河床冲刷。

(1) 抛石垛的边坡坡度不应陡于所抛石料浸水后的天然休止角。可参考表1-6。

抛石边坡坡度参考值

表 1-6

水文条件	采用边坡
水浅, 流速小	1:1.25 ~ 1:1.5
水深 2~6m, 流速较大, 波浪汹涌	1:2.0 ~ 1:3.0
水深 6m 以上, 在急流中施工	缓于 1:2.0

注 如果选择巨大石块铺在抛石垛表面时一般采用水上施工(用船或竹木排)边坡坡度可做成 1:1

(2) 抛石的粒径大小与水深、流速等有关，见表1-7。

抛石粒径大小与水深、流速关系

表 1-7

水深(cm) 流速(m/s)	水深(cm)				
	0.4	1.0	2.0	3.0	5.0
抛石粒径(cm)					
15	2.70	3.00	3.40	3.70	4.00
20	3.15	3.45	3.90	4.20	4.50
30	3.50	3.95	4.25	4.45	5.00
40	—	4.30	4.45	4.80	5.05
50	—	—	4.85	5.00	5.40