

JTJ

中华人民共和国行业标准

JTJ 013—95

公路路基设计规范

Specifications for Design
of Highway Subgrades

1995—11—30 发布

1996—10—01 实施

中华人民共和国交通部发布

中华人民共和国行业标准

公路路基设计规范

**Specifications for Design of
Highway Subgrades**

JTJ 013—95

主编单位：交通部第二公路勘察设计院

批准部门：中华人民共和国交通部

施行日期：1996年10月1日

关于发布《公路路基设计规范》、 《公路路基施工技术规范》的通知

交公路发〔1995〕1141号

各省、自治区交通厅,北京市交通局,上海市市政工程项目管理局,天津市市政工程局,部属公路设计、施工、科研、监督、监理单位,公路院校:

现批准发布《公路路基设计规范》(编号 JTJ 013—95)、《公路路基施工技术规范》(编号 JTJ 033—95)作为行业标准,自 1996 年 10 月 1 日起施行。

《公路路基设计规范》及《公路路基施工技术规范》分别由交通部第二公路勘察设计院和交通部第一公路工程总公司负责解释,由人民交通出版社出版。1986 年发布的《公路路基设计规范》和《公路路基施工技术规范》同时废止。希望各单位在实践中注意积累资料,总结经验,及时将发现的问题和修改意见分别函告交通部第二公路勘察设计院和交通部第一公路工程总公司,以便修订时参考。

中华人民共和国交通部

1995 年 11 月 30 日

目 次

1	总则	1
2	术语、符号	3
2.1	术语	3
2.2	符号	4
3	一般路基	5
3.1	一般规定	5
3.2	路基横断面图	6
3.3	填方路基	9
3.4	取土坑	15
3.5	挖方路基	16
3.6	弃土堆	17
3.7	护栏	18
4	路基排水	19
4.1	一般规定	19
4.2	地表排水	19
4.3	地下排水	22
4.4	路面排水	24
5	路基防护	28
5.1	一般规定	28
5.2	边坡防护	28
5.3	冲刷防护	34
5.4	改移河道	37

6 特殊路基	39
6.1 滑坡地段路基	39
6.2 崩坍与岩堆地段路基	45
6.3 泥石流地区路基	48
6.4 岩溶地区路基	52
6.5 多年冻土地地区路基	54
6.6 黄土地区路基	56
6.7 膨胀土地区路基	62
6.8 盐渍土地区路基	65
6.9 风沙地区路基	69
6.10 雪害地段路基	72
6.11 涎流冰地段路基	76
附录 A 石料技术要求	78
附录 B 本规范用词说明	79
附加说明	79
附件 公路路基设计规范条文说明	81
1 总则	83
3 一般路基	85
4 路基排水	92
5 路基防护	100
6 特殊路基	111

1 总 则

1.0.1 为适应我国公路工程建设发展的需要,统一公路工程路基设计技术要求,提高公路路基设计质量和技术水平,特制订本规范。

1.0.2 本规范适用于新建和改建公路的路基设计。

1.0.3 公路路基是路面的基础,是公路工程的重要组成部分。路基与路面共同承受交通荷载的作用,应作为路面的支承结构物进行综合设计,它必须具有足够的强度、稳定性和耐久性。

1.0.4 路基设计应认真做好调查研究,贯彻因地制宜、就地取材的原则,执行有关环境保护的政策法规,并做好现场核对。

1.0.5 路基设计应根据公路所在地区的自然因素与地质条件,设计完善的排水设施和防护工程,采取经济有效的病害防治措施。

公路路基设计,一般宜移挖作填,当出现大量弃方或借方时,应配合农田水利建设和自然环境等进行综合设计。

1.0.6 研究路基重点工程设计方案时,应全面考虑自然因素与地质条件以及施工、养护、营运等因素。对高填、深挖路基宜与桥隧等构造物或分离式路基作方案比选,并在初步设计中通过技术经济比较,确定推荐方案。

1.0.7 新建公路的路基设计标高为路基边缘标高,在设置超高、加宽地段,则为设置超高、加宽前的路基边缘标高;改建公路的路基设计标高可与新建公路相同,也可采用路中线标高。

设有中央分隔带的高速公路、一级公路,其路基设计标高为中央分隔带的外侧边缘标高。

1.0.8 沿河及受水浸淹路段的路基边缘标高,应高出路基设计洪水频率的设计水位加壅水高、波浪侵袭高,再加安全高度 0.5m。

各级公路路基设计洪水频率见表 1.0.8。

路基设计洪水频率

表 1.0.8

公路等级	高速公路	一级公路	二级公路	三级公路	四级公路
路基设计洪水频率	1/100	1/100	1/50	1/25	按具体情况确定

1.0.9 水文及水文地质条件不良地段的路基设计最小填土高度不应小于路床处于干燥、中湿状态的临界高度；当路基设计标高受限制时，应对潮湿、过湿状态的路基进行处理，使土基回弹模量不小于路面设计规范规定的要求。

1.0.10 路基工程所用石料的技术要求，应符合附录 A 的规定。寒冷地区的各类浆砌圬工工程，采用的砂浆强度除特指外应较一般地区规定提高一个等级。

1.0.11 路基设计应充分考虑采用机械化施工方法，推广新技术、新工艺、新材料，不断总结经验，提高路基设计质量与技术水平。

1.0.12 本规范未包括的新材料、新结构、新技术等，应通过试验并报主管部门批准后采用。

1.0.13 公路路基设计除应符合本规范外，尚应符合国家及部颁有关标准、规范的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 路基

路基是公路的重要组成部分,它是按照路线位置和一定技术要求修筑的带状构造物,承受由路面传来的荷载,必须具有足够的强度、稳定性和耐久性。

2.1.2 路床

路床是路面的基础,是指路面底面以下 80cm 范围内的路基部分,承受由路面传来的荷载。在结构上分为上路床(0~30cm)及下路床(30~80cm)两层。

2.1.3 路堤

路堤是高于原地面的填方路基,其作用是支承路床和路面。路床以下的路堤分上、下两层:

上路堤:路面底面以下 80~150cm 范围内的填方部分。

下路堤:上路堤以下的填方部分。

2.1.4 填石路基

用不易风化的开山石料填筑的路堤。

2.1.5 砌石路基

用不易风化的开山石料外砌、内填而成的路堤。

2.1.6 边沟

为汇集和排除路面、路肩及边坡的流水,在路堑两侧设置的纵向水沟。

2.1.7 排水沟

将边沟、截水沟等沟槽及路基附近低洼处汇集的水引向路基

以外的水沟。

2.1.8 冻结沟

在寒冷地区为防治山坡涎流冰,将山坡局部含水地层袒露,使地下水迅速冻结而开挖的沟槽。

2.1.9 CBR(加州承载比)

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。

2.1.10 湿陷性黄土

在外荷载或自重作用下受水浸湿后产生较大的湿陷变形的黄土称为湿陷性黄土;否则为非湿陷性黄土。

2.1.11 大气影响深度

在自然气候作用下,由降水、蒸发、地温等因素引起土体的升降变形的有效深度。

2.2 符 号

B —— 路基宽度(m)

L —— 襟边宽度(m)

b —— 护坡道宽度(m)

m —— 填方路基边坡

n —— 挖方路基边坡

c —— 水泥混凝土强度等级

M —— 砌筑用砂浆强度等级

MU —— 石料强度等级

3 一般路基

3.1 一般规定

3.1.1 路基设计之前,应做好全面调查研究,充分收集沿线地质、水文、地形、地貌、气象、地震等设计资料。改建公路,还应收集历年路况资料及当地路基的翻浆、崩坍、水毁等病害的防治经验。

3.1.2 山岭、重丘区的路基设计,应根据当地自然条件,特别是工程地质条件,选择适当的路基横断面形式和边坡坡度。在地形陡峭和不良地质地段,不宜破坏天然植被和山体平衡;在狭窄的河谷地段不宜侵占河床,可视具体情况设置其它结构物和防护工程。

3.1.3 陡坡上的半填半挖路基,可根据地形、地质条件,采用护肩、砌石或挡土墙;当山坡高陡或稳定性差,不宜多挖时,可采用旱桥、悬出露台等构造物;在悬崖陡壁地段,如山体岩石整体性好,可采用半山洞。

3.1.4 沿河路基边缘标高应满足 1.0.8 条的规定,并根据冲刷情况,设置必要的防护设施。

沿河路基废方应妥善处理,以免造成河床堵塞、河流改道或冲毁沿线构造物、农田、房屋等不良后果。

3.1.5 分离式路基应处理好与整体式路基的相互衔接和边坡的防护,设置完善的排水设施,并与自然景观相协调。

3.1.6 季节性冰冻地区工程地质、水文地质不良地段,应采用水稳定性好的填料筑路堤或进行换填,对于高速公路、一级公路应结合防治冻害和翻浆的具体措施,进行路基、路面、排水等综合设计。

3.2 路基横断面

3.2.1 路基横断面形式应根据公路等级、技术标准,结合当地地形、地质、水文、填挖等情况选用。

3.2.2 一般路堤(图 3.2.2)

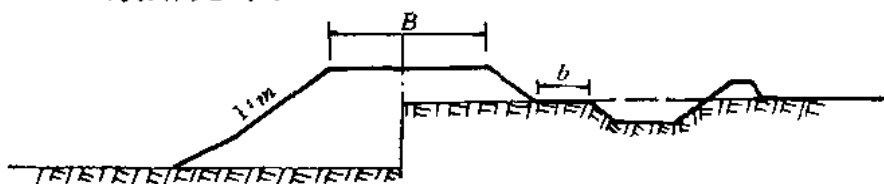


图 3.2.2

3.2.2.1 护坡道宽度依路堤高度而定,应符合 3.4.4 条的规定。

3.2.2.2 路堤边坡坡度应根据填料种类及路堤高度按表 3.3.5 确定。

3.2.3 沿河路堤(图 3.2.3)

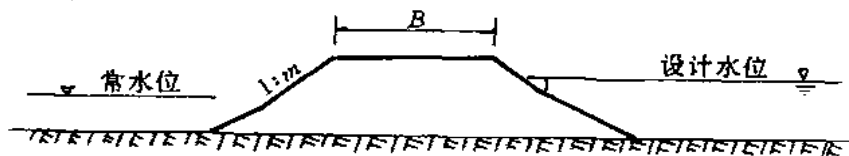


图 3.2.3

3.2.3.1 沿河及受水浸淹地段的路基,可采用图 3.2.3 的形式。确定路基高度应符合 1.0.8 条的规定。

3.2.3.2 路堤边坡的防护类型应根据水流、风浪及冲刷情况确定,并符合本规范第五章的有关规定。

3.2.4 半填半挖路基(图 3.2.4)

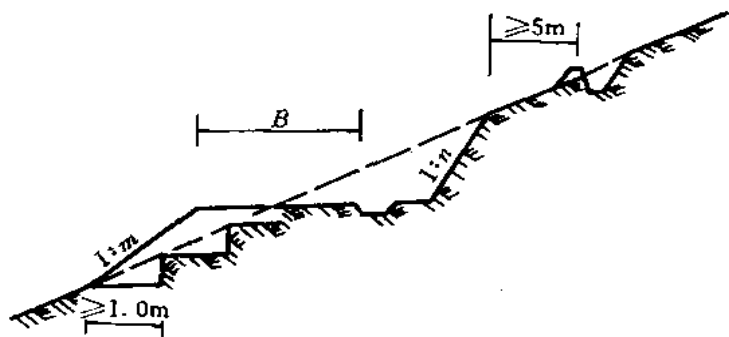


图 3.2.4

3.2.4.1 在地面自然横坡度陡于 1:5 的斜坡上(包括纵断面方向)修筑路堤时,路堤基底应挖台阶,台阶宽度不得小于 1m,台阶底应有 2%~4% 向内倾斜的坡度。挖台阶前应清除草皮及树根。

分期修建或改建公路加宽时,新、旧路基填方边坡的衔接处,应开挖台阶。高速公路、一级公路台阶宽度一般为 2m。土质路基填挖衔接处应采取超挖回填措施。

3.2.4.2 挖方上侧设置截水沟,应符合 4.2.4 条的规定。

3.2.5 矮墙路基(图 3.2.5)

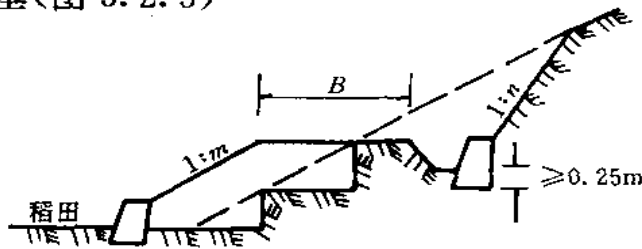


图 3.2.5

3.2.5.1 在土质比较松散,容易产生碎落或小型坍方的挖方坡脚宜修筑矮墙。矮墙可用浆砌或干砌片石,高度不宜超过 2m,顶宽 0.5~0.8m,墙内坡直立,墙外坡为 1:0.2~1:0.5。

3.2.5.2 水稻田地段的路堤,填方坡脚可依据实地情况设置矮墙或护坡,矮墙可用浆砌片石,高度不宜超过 1.5m。

软土地基或冰冻严重地段不宜设置矮墙路基。

3.2.6 护肩路基(图 3.2.6)

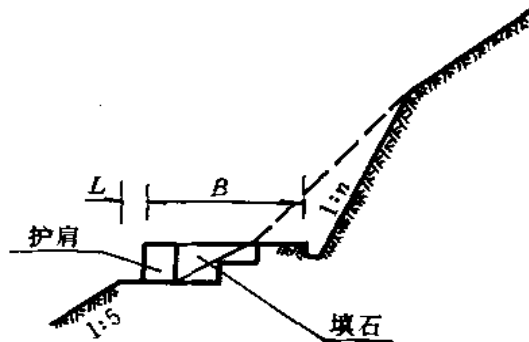


图 3.2.6

坚硬岩石地段陡山坡上的半填半挖路基,当填方不大,但边坡伸出较远不易填筑时,可修筑护肩。护肩路基应符合 3.3.10 条的规定。

3.2.7 砌石路基(图 3.2.7)

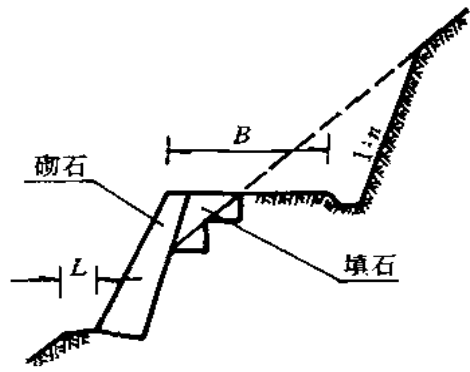


图 3.2.7

坚硬岩石(不易风化)地段的半填半挖路基,当填方较大,边坡伸出较远或落空而不易填筑时,可采用砌石路基,并应符合 3.3.11 条的规定。

3.2.8 挡土墙路基(图 3.2.8)

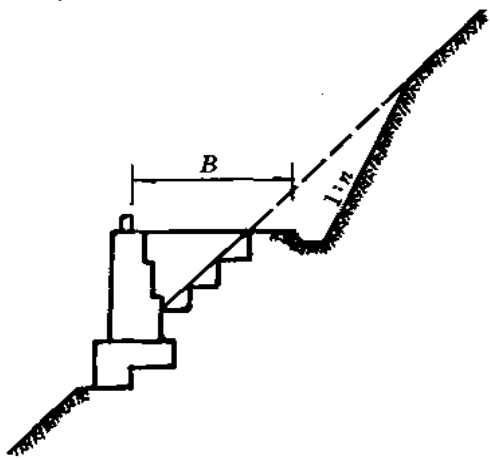


图 3.2.8

挡土墙路基设计应符合《公路挡土墙设计与施工技术规范》的规定。

3.2.9 护脚路基(图 3.2.9)

当山坡上的填方路基有沿斜坡下滑的倾向,或为加固、收回填

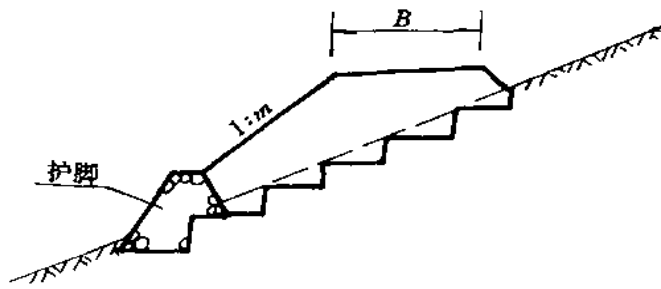


图 3.2.9

方坡脚时,可采用护脚路基。护脚应符合 3.3.12 条的规定。

3.2.10 挖方路基(图 3.2.10)

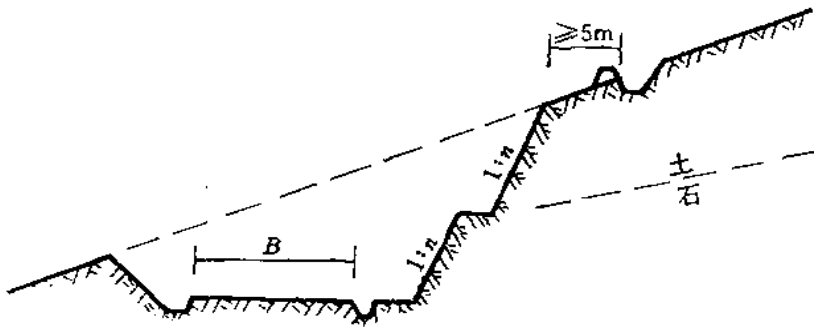


图 3.2.10

挖方路基设计应符合 3.5 节的规定。

3.2.11 吹(填)砂(粉煤灰)路基(图 3.2.11)。

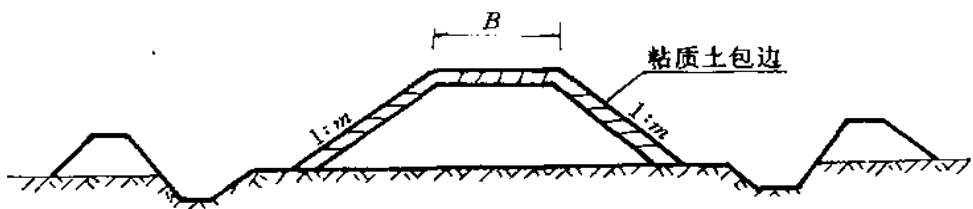


图 3.2.11

吹(填)砂及粉煤灰路基为了保护边坡的稳定和植物的生长,边坡表层 1~2m 应用粘质土填筑,路床顶面可采用 0.3~0.5m 粗粒土封闭。

3.3 填方路基

3.3.1 填料选择

3.3.1.1 填方路基宜选用级配较好的粗粒土作为填料。

砾(角砾)类土、砂类土应优先选作路床填料,土质较差的细粒土可填于路堤底部。用不同填料填筑路基时,应分层填筑,每一水平层均应采用同类填料。

3.3.1.2 泥炭、淤泥、冻土、强膨胀土及易溶盐超过允许限量的土,不得直接用于填筑路基。

冰冻地区上路床及浸水部分的路堤不应直接采用粉质土填筑。

强风化岩石及浸水后容易崩解的岩石不宜作为浸水部分路堤填料。

细粒土作填料,当土的含水量超过最佳含水量两个百分点以上时,应采取晾晒或掺入石灰、固化材料等技术措施进行处理。

3.3.1.3 桥涵台背和挡土墙背填料,应优先选用内摩擦角值较大的砾(角砾)类土、砂类土填筑。

3.3.1.4 高速公路、一级公路路基填料最小强度和填料最大粒径应符合表 3.3.1.4 的规定,其它等级公路可参照表 3.3.1.4 采用。

路基填料最小强度和最大粒径要求 表 3.3.1.4

项目分类		路面底面 以下深度 (cm)	填料最小强度(CBR)(%)		填料最大粒径 (cm)
			高速公路、 一级公路	其它等级 公路	
填 方 路 基	上路床	0~30	8	6	10
	下路床	30~80	5	4	10
	上路堤	80~150	4	3	15
	下路堤	150以下	3	2	15
零填及路堑路床		0~30	8	6	10

注:①当路床填料 CBR 值达不到表列要求时,可采取掺石灰或其它稳定材料处理。

②其它公路铺筑高级路面时,应采用高速公路、一级公路的规定值。

③粗粒土(填石)填料的粒径,不应超过压实层厚度的 2/3。

3.3.2 压实与压实度

3.3.2.1 填方路基应分层铺筑,均匀压实。路基压实度应符合表 3.3.2.1 的规定。

路基压实度(重型)

表 3.3.2.1

填挖类型		路面底面以下深度(cm)	压实度 (%)	
			高速公路、一级公路	其它等级公路
填方路基	上路床	0~30	≥95	≥93
	下路床	30~80	≥95	≥93
	上路堤	80~150	≥93	≥90
	下路堤	150以下	≥90	≥90
零填及路堑路床		0~30	≥95	≥93

注：①表列数值系按《公路土工试验规程》重型击实试验法求得的最大干密度的压实度；

②当其它等级公路修建高级路面时，其压实度应采用高速公路、一级公路的规定值；

③特殊干旱或特殊潮湿地区，压实度标准可根据试验路资料确定或较表列数值降低 2~3 个百分点。

3.3.2.2 填方路基与构造物衔接时，路基压实度应符合表 3.3.2.1 的规定。

3.3.2.3 填石路基的压实要求，应符合《公路路基施工技术规范》规定或通过试验确定。

3.3.2.4 天然稠度小于 1.1、液限大于 40、塑性指数大于 18 的粘质土，用作高速公路、一级公路和二级公路上路床的填料时，应采用各种措施使其压实度达到表 3.3.2.1 中的规定；上述土用于下路床及上、下路堤的填料时，当进行处治或采用重型压实标准

路基压实度(轻型)

表 3.3.2.4

填挖类型		路面底面以下深度(cm)	压实度 (%)	
			高速公路、一级公路	其它等级公路
填方路基	上路床	0~30	—	≥95
	下路床	30~80	≥98	≥95
	上路堤	80~150	≥95	≥90
	下路堤	>150	≥90	≥90
零填及路堑路床		0~30	—	≥95

注：表列数值系按《公路土工试验规程》轻型击实试验法求得的最大干密度的压实度。

有困难时,可采用轻型压实标准,其压实度不应低于表 3.3.2.4 的规定。

3.3.2.5 铺筑中级或低级路面的三、四级公路可采用表 3.3.2.4 规定的压实度。

3.3.3 路床要求

3.3.3.1 路床土质应均匀、密实、强度高。上路床压实度达不到表 3.3.2.1 或表 3.3.2.4 要求时,必须采取晾晒、掺石灰等技术措施。路床顶面横坡应与路拱坡度一致。

3.3.3.2 挖方地段的路床为岩石或土基良好时,可直接利用作为路床,并应平整、碾压密实。

地质条件不良或土质松散、渗水、湿软、强度低时,应采取防水、排水措施或掺石灰处理或换填渗水性土等措施,处理深度可视具体情况确定。

3.3.4 填方路基的基底,应视不同情况分别予以处理。

3.3.4.1 基底土密实、地面横坡缓于 1:5 时,路堤可直接填筑在天然地面上,地表有树根草皮或腐殖土应予清除。

3.3.4.2 路堤基底范围内由于地表水或地下水影响路基稳定时,应采取拦截、引排等措施,或在路堤底部填筑不易风化的片石、块石或砂、砾等透水性材料。

3.3.4.3 路堤基底为耕地或土质松散时,应在填筑前进行压实,高速公路、一级公路和二级公路路堤基底的压实度(重型)不应小于 85%;路基填土高度小于路床厚度(80cm)时,基底的压实度不宜小于路床的压实度标准;基底松散土层厚度大于 30cm 时,应翻挖再回填分层压实。

3.3.4.4 水稻田、湖塘等地段的路基,应视具体情况采取排水、清淤、晾晒、换填、掺灰及其它土加固措施进行处理。当为软土地基时,应按特殊路基处理。

路基土的掺灰剂量,可根据当地情况试验确定。一般粘质土采用石灰或石灰、粉煤灰处理,粗粒土可采用 325 号水泥处理。

3.3.5 路基填方边坡坡度应根据填料种类、边坡高度和基底工程

地质条件等确定。

路堤基底良好时,边坡坡度应按表 3.3.5 确定。

路堤边坡坡度

表 3.3.5

填 料 种 类	边 坡 高 度 (m)			边 坡 坡 度		
	全部高度	上部高度	下部高度	全部高度	上部高度	下部高度
粘质土、粉质土、砂类土	20	8	12	—	1 : 1.5	1 : 1.75
砂、砾	12	—	—	1 : 1.5	—	—
漂(块)石土、卵石土、砾(角砾)类土、碎石土	20	12	8	—	1 : 1.5	1 : 1.75
不易风化的石块	20	8	12	—	1 : 1.3	1 : 1.5

注:采用台阶式边坡时,下部边坡可采用与上部边坡一致的坡度。

3.3.6 对边坡高度超过表 3.3.5 所列全部高度的路堤,宜进行路基稳定性验算。对于渗水性土,可采用直线滑动面法进行验算;对于粘质土可采用圆弧滑动面法进行验算。验算时,稳定系数不得小于 1.25。

3.3.7 填方边坡高时,可在边坡中部每隔 8~10m 设边坡平台一道,平台宽度为 1~3m,用浆砌片石或水泥混凝土预制块防护。边坡平台设排水沟时,应符合 4.2.5.3 款的规定。当不设排水沟时,平台应设坡度为 2%~5%向外侧倾斜的缓坡。填石路基上的边坡平台不设排水沟。

3.3.8 受水浸淹的路基填方边坡坡度,在设计水位以下部分视填料情况可采用 1 : 1.75~1 : 2.0,在常水位以下部分可采用 1 : 2~1 : 3。如用渗水性好的土填筑或设边坡防护时,可采用较陡的边坡。

3.3.9 填石路基应采用不易风化的开山石料填筑,边坡坡度可采用 1 : 1,边坡坡面应选用大于 25cm 的石块进行台阶式码砌,码砌厚度为 1~2m。填石路堤的高度不宜超过 20m。

易风化岩石及软质岩石用作填料时,应按土质路堤边坡设计。

3.3.10 护肩路基的护肩应采用当地不易风化的片石砌筑,高度

一般不超过 2m,其内、外坡均直立,基底面以 1 : 5 坡度向内倾斜。当护肩高度小于 1m 时,顶宽宜采用 0.8m;当高度大于 1m,顶宽宜采用 1m。护肩内侧应填石,护肩的襟边宽度(l)按表 3.3.10 确定。

襟边宽度 (L)

表 3.3.10

地基地质情况	襟边宽度 $L(m)$	地基地质情况	襟边宽度 $L(m)$	地基地质情况	襟边宽度 $L(m)$
弱风化的硬质岩石	0.2~0.6	强风化岩石或软质岩石	0.6~1.5	密实的粗粒土	1.0~2.0

为提高护肩的稳定性,护肩顶部 0.5m 高度范围内,宜采用 M5 水泥砂浆砌筑。高速公路、一级公路护肩应全部高度采用 M5 水泥砂浆砌筑。

3.3.11 砌石路基的砌石应选用当地不易风化的开山片石砌筑,内侧填石。

3.3.11.1 砌石顶宽采用 0.8m,基底面以 1 : 5 向内倾斜,砌石高度为 2~15m。砌石的襟边宽度按表 3.3.10 采用,砌石内、外坡度依砌石高度按表 3.3.11 采用。

砌石边坡坡度

表 3.3.11

序号	砌石高度(m)	内坡坡度	外坡坡度
1	≤ 5	1 : 0.3	1 : 0.5
2	≤ 10	1 : 0.5	1 : 0.67
3	≤ 15	1 : 0.6	1 : 0.75

为提高路肩的稳固性,砌石顶部 0.5m 高度范围内应采用 M5 水泥砂浆砌筑。

3.3.11.2 砌石路基应每隔 15~20m 设伸缩缝一道。当基础地质条件变化时,应分段砌筑,并设沉降缝;当地基为整体岩石时,可将地基做成台阶形,但最低一台的宽度不应小于 1.5m。

3.3.11.3 高度超过 8m 的砌石路基,底部 0.5m 高度范围应用 M5 水泥砂浆砌筑;从上往下每隔 4m 用 M5 水泥砂浆砌筑一条水

平加强肋带,肋带高度为 0.5m。

3.3.11.4 受水浸淹的砌石路基,应视水流冲刷情况,选用下述方法之一砌筑。

1. 表面用 M7.5 水泥砂浆勾缝,其余部分为干砌;

2. 砌石外墙面 0.4~0.8m 厚度范围内用 M5 水泥砂浆砌筑,其余部分为干砌;

3. 全部砌石用 M7.5 水泥砂浆砌筑。

高速公路、一级公路的砌石宜全部高度采用水泥砂浆砌筑。

沿河砌石路基的基础,应设在基岩上或设在冲刷线以下的坚实基础上。

3.3.12 护脚路基的护脚由干砌片石砌筑,断面为梯形,顶宽不小于 1m,内外侧边坡坡度可采用 1:0.5~1:0.75,其高度不宜超过 5m。护脚断面面积与路堤断面面积之比应为 1:6~1:7。

护脚外侧的襟边宽度应符合表 3.3.10 的规定。

3.4 取土坑

3.4.1 路线外集中取土坑应尽量设在荒坡、高坡上,并应与当地政府联系协商,确定取土范围和深度,使能兼顾农田、水利、鱼池建设和环境保护等。

3.4.2 路侧取土坑的设置应有统一规划,使之具有规则的形状及平整的底部。平原地区的高速公路及一级公路不宜设路侧取土坑。

取土坑底应设纵、横向坡度,以利排水。坑底纵坡坡度不宜小于 0.3%,横坡坡度宜为 2%~3%,并向外侧倾斜。取土坑出水口应与路基排水系统衔接。取土坑的边坡坡度,视土质情况而定,不宜陡于 1:1.0,靠路基一侧不宜陡于 1:1.5。

3.4.3 当地面横坡陡于 1:10 时,路侧取土坑应设在路基上方一侧。

3.4.4 填方路基设置路侧取土坑时,路基边缘与取土坑底之高差大于 2m 时,对于一般公路应设置护坡道,护坡道的宽度为 1~

2m;对于高速公路、一级公路护坡道宽度不小于 3m。

3.4.5 桥头引道两侧不宜设置取土坑,特殊情况下可在下游一侧设置取土坑,但应留有宽度不小于 4m 的护坡道。

3.4.6 农业或养路需要利用取土坑做蓄水池时,取土坑的设置不得影响路基稳定。

3.5 挖方路基

3.5.1 土质挖方边坡设计应根据边坡高度、土的湿度、密实程度、地下水、地面水的情况、土的成因类型及生成时代等因素确定。

在一般情况下,土质挖方边坡坡度应根据调查路线附近已建工程的人工边坡及自然山坡稳定状况,参照表 3.5.1 确定。

当边坡高度超过表 3.5.1 的规定或水文地质情况不良时,可用直线或圆弧法验算其稳定性。

土质挖方边坡坡度 表 3.5.1

密 实 程 度	边 坡 高 度 (m)	
	<20	20~30
胶结	1:0.3~1:0.5	1:0.5~1:0.75
密实、中密	1:0.5~1:1.25	1:0.75~1:1.5
较松	1:1.0~1:1.5	1:1.5~1:1.75

注:①高速公路、一级公路挖方边坡应采用较缓的边坡坡度。

②边坡较矮或土质比较干燥密实的路段,可采用较陡的边坡坡度,边坡较高或土质比较潮湿的路段,宜采用较缓的边坡坡度。

③路基开挖后,密实程度很容易变松的砂类土、砾类土以及受雨水浸湿易于失稳的土,应采用较缓的边坡或设置必要的防护工程。

④当土方调配出现借方时,可适当放缓边坡。

⑤砂类土、细粒土的挖方边坡高度不宜超过 20m。

3.5.2 岩石挖方边坡坡度应根据岩性、地质构造、岩石的风化破碎程度、边坡高度、地下水及地面水等因素综合分析确定。

岩石挖方边坡应注意岩体结构面的情况,如受结构面控制的挖方边坡,则应按结构面的情况设计边坡。当岩层倾向路基时,应避免设计高的挖方边坡。

在一般情况下,岩石挖方边坡坡度可参照表 3.5.2 确定。

岩石挖方边坡坡度

表 3.5.2

岩石种类	风化程度	边坡高度 (m)	
		<20	20~30
各类岩浆岩、硬质灰岩、砾岩、砂岩、片麻岩、石英岩	微风化弱风化	1:0.1~1:0.3	1:0.2~1:0.5
	强风化全风化	1:0.5~1.0	1:0.5~1:1.25
各类页岩、泥岩、千枚岩、片岩等软质岩石	微风化弱风化	1:0.25~1:0.75	1:0.5~1:1.0
	强风化全风化	1:0.5~1:1.25	1:0.75~1:1.5

注：①高速公路、一级公路挖方边坡应采用较缓的边坡坡度。

②软质岩石当边坡稳定并防护时，可采用较陡边坡。

3.5.3 软质岩层倾向路基，倾角大于 25° ，走向与路线平行或交角较小时，边坡坡度宜与倾角一致。

3.5.4 当挖方边坡高度超过 20~30m 时，其边坡坡度，可根据现场情况，调查附近已建工程的人工边坡及自然山坡情况进行边坡稳定性分析，参照表 3.5.1 或 3.5.2 确定。

3.5.5 当挖方边坡较高时，可根据不同的土、石性质和稳定要求开挖成折线式或台阶式边坡（见图 3.2.10）。在台阶式边坡中部，高度每隔 6~10m 或变坡点处设边坡平台一道，边坡平台的宽度为 1~3m，平台排水沟的设置按 4.2.5.3 款的规定办理。坚硬岩石地段的边坡平台一般可不加固。

3.5.6 对高速公路、一级公路，当挖方为软质、风化岩层及土质边坡时，可根据坡面稳定状况和碎落情况设置挡土墙或矮墙或进行坡面防护，并应考虑绿化与工程措施相结合。

3.5.7 容易产生碎落的风化破碎岩石、软质岩石、砾（碎石）类土等地段的挖方路基，应在边沟外侧设置碎落台。碎落台高度与路肩齐平，宽度不宜小于 1m，高速公路、一级公路边坡高度超过 12m 时，碎落台宽度不宜小于 2m。

3.6 弃土堆

3.6.1 路基弃土应堆放规则，不得任意倾倒，并采取必要的排水、防护和绿化措施。山坡上弃土应注意避免破坏或掩埋路基下侧的

林木、农田及其它工程设施。沿河弃土应避免堵塞河道或引起水流冲毁农田、房屋等。

3.6.2 路基弃土堆设计应与当地农田建设和自然环境相结合，并宜利用弃土改地造田。

路侧弃土堆一般可设在附近低地或路堑处原地面下坡的一侧，当地面横坡缓于 1:5 时，可设在路堑两侧。弃土堆内侧坡脚到堑顶之间的距离应随土质条件和路堑边坡高度而定，一般不小于 5m；路堑边坡较高，土质条件较差时应大于 5m。

3.6.3 弃土堆一般可堆成梯形横断面，边坡不应陡于 1:1.5，并应与周围环境相协调。

3.7 护 栏

3.7.1 不封闭的各级公路，当路堤高度大于或等于 6m，以及急弯、陡峻山坡、桥头引道等危险路段应设置护栏。护栏分墙式和柱式两种。重力式挡土墙、砌石、填石路基应采用墙式护栏。

3.7.1.1 设置护栏路段一侧路基应加宽 0.5m，以保持设置护栏后的路肩宽度。

3.7.1.2 墙式护栏的内侧为路肩边缘，外侧距路基边缘应为 10cm。墙式护栏应采用浆砌片(块)石或混凝土块砌筑，宽 40cm，高出路肩 50~60cm，每段长 200cm，净间距 200cm。墙式护栏应用 M7.5 水泥砂浆砌筑、抹面，外涂白色。

3.7.1.3 柱式护栏中心距内侧路肩边缘应为 20cm，距外侧路基边缘应为 30cm。柱式护栏宜采用钢筋混凝土制作，直径为 15~20cm，高出路肩 70~80cm，埋深约 70cm。柱式护栏中心距在平曲线路段为 200cm，直线路段为 300cm。

柱式护栏应用涂料标出红白相间的条纹或加反光材料标识。

3.7.2 高速公路、一级公路，当设置防撞护栏、防撞墙或护索时，其设置要求按现行部颁《高速公路交通安全设施及施工技术规范》规定办理。

4 路基排水

4.1 一般规定

4.1.1 路基应设置完善的排水设施,以排除路基、路面范围内的地表水和地下水,保证路基和路面的稳定,防止路面积水影响行车安全。

4.1.2 高速公路、一级公路路基路面排水应进行综合设计,使各种排水设施形成一个功能齐全,排水能力强的完整排水系统。

4.1.3 排水设计应根据公路等级、沿线地形、地质、气象、桥涵位置等综合考虑,合理布置,并有足够的排水能力。完善对进出水口的处理,使各项设施衔接配合,确保排水通畅和养护工作量最小。

4.1.4 路基排水设计应与农田水利建设规划相配合,防止冲毁农田或危害农田水利设施,当路基占用灌溉沟渠时,应予恢复,并采取必要的防渗措施。

4.1.5 公路穿过村镇居民区时,排水设计应与现有供、排水设施及建设规划相协调。

4.1.6 排水困难地段,可通过提高路基或采取降低地下水位、设置隔离层等措施,使路基处于干燥、中湿状态。

4.2 地表排水

4.2.1 路基地表排水可采用边沟、截水沟、排水沟、跌水与急流槽、拦水带、蒸发池等设施。高速公路、一级公路的辅道,应有自身的地表排水设施。

4.2.2 路基地表排水设施的概算流量计算,对高速公路、一级公路应采用 15 年、其它等级公路应采用 10 年的重现期内任意

30min 的最大降雨强度(mm)。各类地表排水沟沟顶应高出设计水位 0.2m 以上。

地表排水设施的容许流量可通过计算,并参考本地区的经验数据确定设计参数。

4.2.3 边沟

4.2.3.1 挖方路段及高度小于边沟深度的填方路段应设置边沟。边沟横断面一般采用梯形,梯形边沟内侧边坡为 1:1.0~1:1.5,外侧边坡坡度与挖方边坡坡度相同。石方路段的边沟宜采用矩形横断面,其内侧边坡直立,坡面应采用浆砌片石防护,外侧边坡坡度与挖方边坡坡度相同。少雨浅挖地段的土质边沟可采用三角形横断面,其内侧边坡宜采用 1:2~1:3,外侧边坡坡度与挖方边坡坡度相同。

4.2.3.2 高速公路、一级公路边沟的深度及底宽不应小于 0.6 m,其它等级公路不应小于 0.4m。当排水量大时,应根据流量大小加大边沟横断面尺寸。设置超高路段的边沟应予加深,以保持边沟排水畅通。

边沟纵坡宜与路线纵坡一致,并不宜小于 0.5%。在特殊情况下,边沟纵坡可容许采用 0.3%,此时边沟出口间距宜减短。当纵坡不能满足要求时,应调整边沟纵坡。

4.2.3.3 边沟有可能被冲刷或兼作其它排水用途时,应加大边沟横断面尺寸,并进行防护。高速公路、一级公路土质边沟应全部进行防护。

边沟可用浆砌片石、栽砌卵石、水泥混凝土预制块防护。砌筑用的砂浆强度:高速公路、一级公路采用 M7.5,其它等级公路采用 M5。

4.2.3.4 除特殊情况外,边沟长度不宜超过 500m,多雨地区不宜超过 300m,三角形边沟长度不宜超过 200m。

4.2.4 截水沟

4.2.4.1 为汇集并排除路基边坡上侧的地表径流,应设置截水沟。挖方路基的截水沟应设置在坡顶 5m 以外。填方路基上侧的

截水沟距填方坡脚的距离不应小于 2m(图 4.2.4.1)。在多雨地区,视实际情况可设一道或多道截水沟。

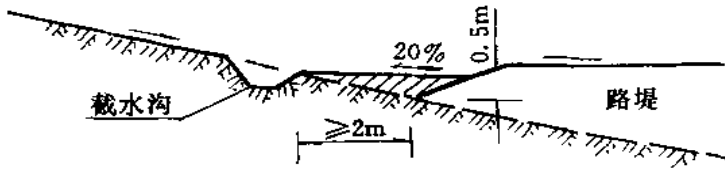


图 4.2.4.1 路堤截水沟

4.2.4.2 截水沟横断面可采用梯形,边坡视土质而定,一般采用 1:1.0~1:1.5,深度及底宽不宜小于 0.5m,沟底纵坡不应小于 0.5%。

山坡较陡时,截水沟可采用浆砌片石矩形断面形式。

4.2.4.3 截水沟水流不应引入边沟,当必须引入时,应增大边沟横断面尺寸,并进行防护。设置在松散土层中的截水沟,应采用浆砌片石或混凝土预制块防护,截水沟长度以 200~500m 为宜。

4.2.5 排水沟

4.2.5.1 将边沟、截水沟、取土坑、边坡和路基附近积水,引排至桥涵或路基以外时,应采用排水沟。排水沟横断面一般为梯形,边坡可采用 1:1.0~1:1.5,横断面尺寸根据设计流量确定,深度与底宽不宜小于 0.5m,沟底纵坡宜大于 0.5%,在特殊情况下可采用 0.3%。易受水流冲刷的排水沟应视实际情况采取防护措施。

排水沟的长度不宜超过 500m,与各种水沟的联接应顺畅。

4.2.5.2 高速公路、一级公路通过耕地、居民区的填方路基宜设坡脚排水沟。路堤边坡设急流槽地段,排水沟距路基坡脚距离不宜小于 2m。

4.2.5.3 边坡平台设排水沟时,平台应做成 2%~5% 向内侧倾斜的排水坡度。排水沟可用三角形或梯形横断面,当水量大时,宜设置 30cm×30cm 的矩形、三角形或 U 形排水沟,排水沟可用水泥混凝土预制构件拼装,沟壁厚度 5~10cm。

4.2.6 跌水与急流槽

4.2.6.1 水流通过陡坡地段时可设置跌水或急流槽。跌水和急流槽应采用浆砌片石或水泥混凝土预制块砌筑。各部位尺寸应根据水文、地形、地质及当地气候条件确定,必要时应作水力计算。边墙应高出设计水位 0.2m 以上。

4.2.6.2 跌水和急流槽的横断面形式为矩形,槽底应做成粗糙面,厚度为 0.2~0.4m,边墙顶面宽度:浆砌片石为 0.2~0.4m,混凝土为 0.1~0.3m,跌水的台阶高度可采用 0.3~0.6m;台面坡度应为 2%~3%。

跌水和急流槽的进水口应予以防护,出水口应防止冲刷,可设置消力池等消能设施。

4.2.6.3 为防止基底滑动,急流槽底面每隔 2.5~5m 可设置凸榫嵌入基底中,榫高为 0.3~0.5m,榫宽根据急流槽的坡度而定。急流槽的纵坡不宜陡于 1:1.5。急流槽过长时应分段修筑,每段长度不宜超过 10m。

4.2.7 蒸发池

4.2.7.1 气候干旱、排水困难地段,可利用沿线的集中取土坑或专门设置蒸发池排除地表水。

4.2.7.2 蒸发池与路基边沟(或排水沟)间应设排水沟连接。蒸发池边缘距路基边沟距离不应小于 5m,面积较大的蒸发池不得小于 20m。池中水位应低于排水沟的沟底。

4.2.7.3 蒸发池的容量应以一个月内路基汇流入池中的雨水能及时完成渗透与蒸发作为设计依据。每个蒸发池的容水量不宜超过 200~300m³,蓄水深度不应大于 1.5~2.0m。

4.2.7.4 蒸发池的设置不应使附近地面形成盐渍化或沼泽化。

4.3 地下排水

4.3.1 当路基范围内出露地下水或地下水位较高,影响路基、路面强度或边坡稳定时,应设置暗沟(管)、渗沟、检查井等地下排水设施。

4.3.2 采用地下排水设施的类型、位置及尺寸应根据工程地质

和水文地质条件决定。

4.3.3 暗沟(管)

4.3.3.1 为排出泉水或地下集中水流,可采用暗沟(管)。暗沟横断面一般为矩形,用浆砌片石或水泥混凝土预制块砌筑,沟顶设置盖板。各部位尺寸大小根据排出水量及地形、地质条件确定。

4.3.3.2 暗沟的纵坡不宜小于1%,出水口应高出地表排水沟常水位0.2m。寒冷地区的暗沟,应作防冻保温处理或将暗沟设在冻结深度以下。

4.3.4 渗沟

4.3.4.1 为降低地下水位或拦截地下水,可在地面以下设置渗沟。渗沟可分为填石渗沟、管式渗沟和洞式渗沟。当水量较大时,渗沟底部可增设排水管(孔)。

4.3.4.2 渗沟各部位尺寸根据埋设位置及排水需要等情况确定。渗沟的平面布置,当用作降低地下水位时,应尽量靠近路基;用作拦截地下水时,应尽量与地下水流方向垂直。沟宽不宜小于0.6m。渗沟顶部和底部应设置封闭层,可采用M5砂浆砌片石或水泥混凝土。

4.3.4.3 填石渗沟最小纵坡不宜小于1%,管式及洞式渗沟最小纵坡不宜小于0.5%。渗沟的设置长度视实际需要确定,一般间隔100~300m设横向排水管。

4.3.4.4 渗沟应设置反滤层,反滤层设置在迎水面一侧,背水面一侧设隔渗层,否则,在两侧沟壁均应设置反滤层。反滤层应选用颗粒大小均匀的砂石材料,分层填筑,相邻层颗粒直径比不宜小于1:4,层厚不宜小于15cm,砂石料粒径小于0.15mm的颗粒含量应小于5%,填料的粒径应为含水层粒料最大粒径的8~10倍。也可采用渗水土工织物做反滤层。

4.3.4.5 管式渗沟的排水管可采用预制渗水管。水泥混凝土圆管的最小直径不宜小于20cm,带孔塑料渗水管直径宜为8~15cm。管的渗水孔径为1.5~2.0cm,管壁可采用渗水土工织物形成反滤层。带有钢圈、滤布和加强合成纤维组成的加劲软式透水

管,直径为 8~30cm。设于边沟下的管式渗沟见图 4.3.4.5。

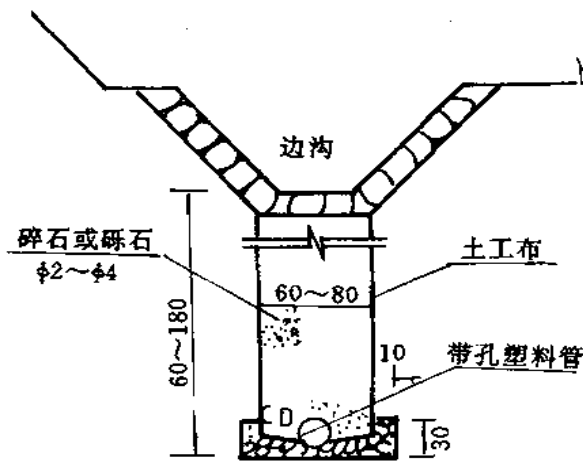


图 4.3.4.5 管式渗沟(尺寸单位:cm)

4.3.4.6 深而长的渗沟,应设检查井。在直线段每隔 30~50m 或在渗沟的转弯、变坡处设置。检查井直径不宜小于 1m,井壁应设渗水孔和反滤层。井壁处的排水管应高出井底 0.3~0.4m。检查井应设检查梯,井口顶部应高出附近地面 0.3~0.5m,并设井盖。

4.4 路面排水

4.4.1 高速公路、一级公路应设路面排水设施。路面排水设施由路肩排水和中央分隔带排水设施所组成。

4.4.2 路面排水设施的设计,按暴雨强度采用当地任意连续 30min 的最大径流厚度(mm)。路面排水设计重现期规定:高速公路 3~5 年,一级公路 2~3 年,二级公路 1~2 年。

4.4.3 路肩排水设施

4.4.3.1 路肩排水设施主要由拦水带、急流槽和路肩排水沟组成。

4.4.3.2 路肩排水设施的纵坡应与路面的纵坡一致。当路面纵坡小于 0.3% 时,可采用横向分散排水方式将路面水排出路基,但路基填方边坡应进行防护。

4.4.3.3 路堤边坡较高,采用横向分散排水不经济时,应采用纵向集中排水方式,在硬路肩边缘设置拦水带,并通过急流槽将水

排出路基。

拦水带可采用水泥混凝土预制块或沥青混凝土筑成,拦水带高出路肩 12cm, 顶宽 8~10cm, 见图 4.4.3.3。

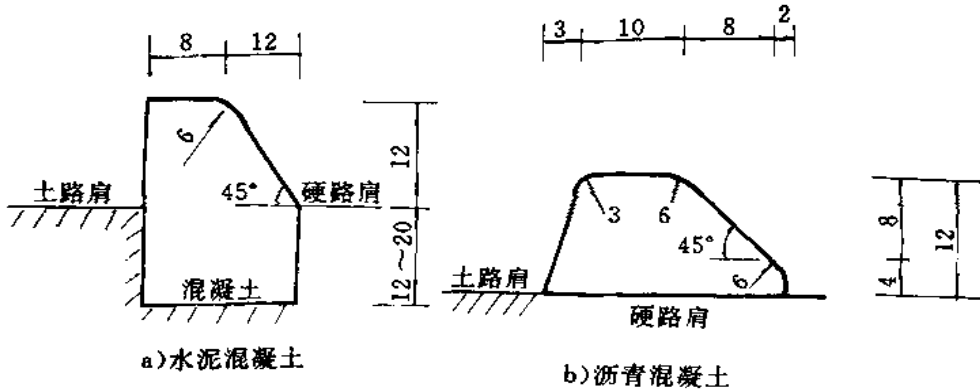


图 4.4.3.3 拦水带(尺寸单位,cm)

4.4.3.4 急流槽的设置间距按路肩排水的容许流量计算确定,以 20~50m 为宜。急流槽可设置在凹形曲线底部及构造物附近,并考虑地形、边坡状态与其它排水设施的联接,选取设置的最佳位置。

4.4.3.5 当硬路肩汇水量较大时,可在土路肩上设置路肩排水沟。路肩排水沟可采用“U”形水泥混凝土预制构件砌筑,沟底纵坡同路肩纵坡,并不小于 0.3%。

4.4.3.6 其它等级公路,当路堤较高时,为避免填方边坡被路面水冲刷,可在路肩上设置拦水带(图 4.4.3.6),通过路堤边坡上的急流槽将水排出。

拦水带可采用矩形断面,宜用水泥混凝土预制块砌筑,高出路肩 8~12cm, 埋入路肩下的深度为 12~20cm。拦水带宽度为 8~12cm。设置拦水带路段的土路肩应予加固。

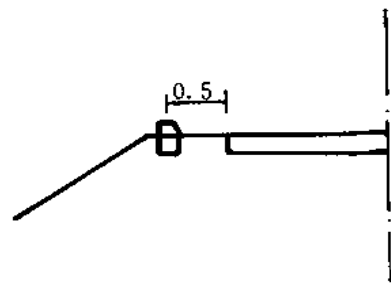


图 4.4.3.6 拦水带(尺寸单位:m)

4.4.4 中央分隔带排水

4.4.4.1 中央分隔带排水设施由纵向排水沟(明沟、暗沟)、渗

沟、雨水井，集水井、横向排水管等组成。

4.4.4.2 在设置超高路段，路面水由中央分隔带排水设施排出。在干旱少雨地区，采用凸形中央分隔带的可设开口明槽，雨水流向下半幅路面排出。开口明槽可采用封闭式，横断面尺寸为高×宽=15cm×20cm，间距宜为3~5m。

4.4.4.3 中央分隔带排水沟(管)的断面尺寸及分段长度通过流量计算确定，一般采用孔径为20~40cm，沟(管)底纵坡可与路面纵坡相同，最小纵坡不宜小于0.3%。扁平式排水沟横断面可采用碟形、三角形、U形或矩形，路拦式排水沟多用圆形或侧沟形(图4.4.4.3)。

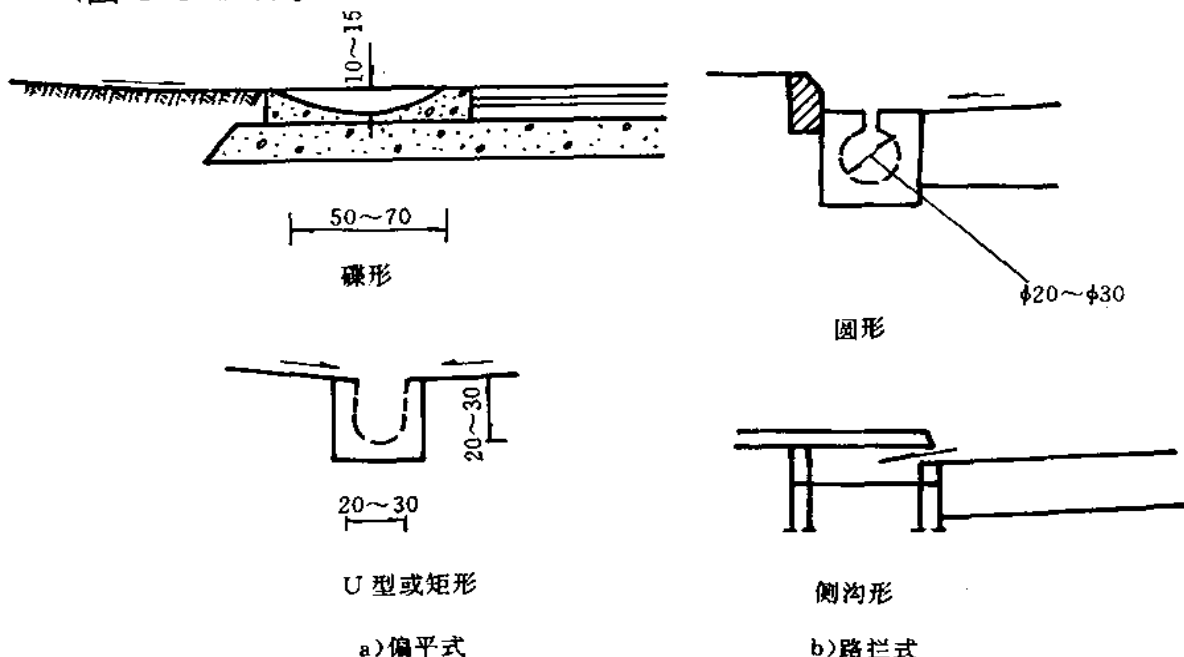


图 4.4.4.3 中央分隔带排水沟(尺寸单位:cm)

中央分隔带排水沟(管)可采用水泥混凝土预制件或浆砌片石砌筑。

4.4.4.4 中央分隔带纵向排水沟(管)与横向排水管联接时，可采用集水井的形式。横向排水管直径一般采用20~60cm水泥混凝土管或塑料排水管，管底纵坡不应小于1%，出口应采取防护措施。

4.4.4.5 设置超高路段的中央分隔带的排水沟可设雨水井。

雨水井的设置间距应根据流量计算确定,一般为 10~30m。

矩形雨水井尺寸采用长×宽×深=60cm×40cm×60cm,边墙可用浆砌片石或水泥混凝土预制块砌筑。

相邻雨水井间用直径 20~40cm 的水泥混凝土管纵向联接,管底最小纵坡不应小于 0.3%。

雨水井汇集的雨水可直接排入桥涵或通过横向排水管排出。

4.4.4.6 多雨地区的中央分隔带,表面不作封闭时,可设地下排水渗沟(图 4.4.4.6),排水渗沟两侧可用沥青砂、沥青土工布或粘土封闭。排水渗沟顶应与路床顶面齐平,渗沟内宜采用直径为 5~8cm 的硬塑料管将水引至路基边坡以外。

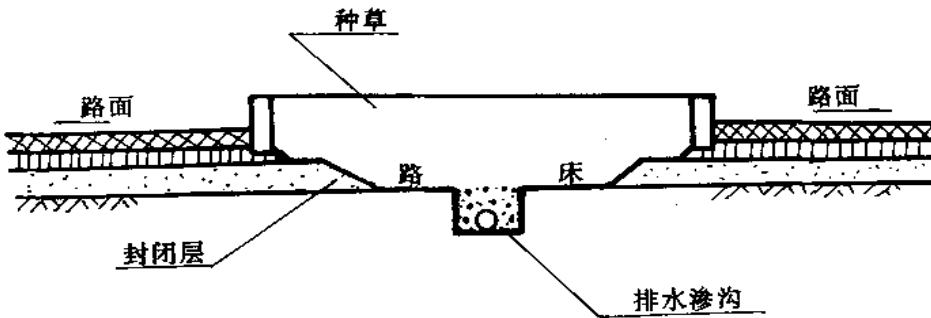


图 4.4.4.6 中央分隔带排水渗沟

5 路基防护

5.1 一般规定

5.1.1 路基防护工程是防治路基病害、保证路基稳定、改善环境景观、保护生态平衡的重要设施。选用防护类型应根据公路等级、当地气候、水文、地形、地质条件及筑路材料分布情况确定,并与周围景观协调。

5.1.2 边坡防护工程应在稳定的边坡上设置。在适宜于植物生长的土质边坡上,应优先采用种草、铺草皮、植树等植物防护措施。

5.1.3 岩体风化严重、节理发育、软质岩石、松散碎(砾)石土的挖方边坡以及受水流侵蚀、植物不易生长的填方边坡可采用护面墙、砌石(混凝土块)等工程防护措施。

5.1.4 沿河路基,在受水浸淹和冲刷的路段,可采用挡土墙、砌石护坡、石笼、抛石等直接防护措施。

为改变水流方向,减低设防部位水流流速,可设置导治构造物,如丁坝、顺坝等间接防护措施。必要时也可以改移河道。

5.1.5 对高速公路、一级公路的路基边坡,应根据不同地质情况及边坡高度,分别采取植物、框格、护坡等防护;对石质挖方边坡可采用护坡、护面墙及锚喷混凝土等防护形式。

5.1.6 各种防护措施可配合使用,并注意相互衔接。

5.2 边坡防护

5.2.1 种草

5.2.1.1 选用草种应根据防护目的、气候、土质、施工季节等确

定,宜采用易成活、生长快、根系发达、叶茎低矮或有匍匐茎的多年生草种。

5.2.1.2 种子的配合、播种量等的设计应根据选用植物的生长特点、防护地点及施工方法确定。对不利于草类生长的土质,应在坡面先铺一层厚度不小于 10cm 的种植土再栽植或播种;暴雨强度较大的地区,可在坡面上铺设植生袋,将草籽、肥料和土均匀拌和并裹于土工织物内。

5.2.1.3 经常浸水或长期浸水的路堤边坡,不宜采用种草防护。边坡上已扎根的种草防护,可容许缓慢流水(0.4~0.6m/s)的短时冲刷。

5.2.2 铺草皮

5.2.2.1 铺草皮适用于需要迅速绿化的土质边坡。草皮应选择根系发达、茎矮叶茂的耐旱草种,不宜采用喜水草种,严禁采用生长在泥沼地的草皮。

沿河路堤边坡铺草皮防护可允许流速小于 1.2~1.8m/s 的季节性水流冲刷。经常性浸水和受流冰影响的路堤边坡不宜采用铺草皮防护。

5.2.2.2 铺草皮主要有平铺、叠铺等形式。可用直径 2~3cm,长 20~30cm 的竹(木)桩或新砍伐的带皮柳梢固定草皮,露出草皮表面不超过 2cm。边坡缓于 1:1.5 时,可不钉桩。叠铺草皮可用于边坡坡度缓于或等于 1:1.0 的坡面上,每块草皮的尺寸以 20cm×40cm 为宜。

路堑边坡铺草皮时,应铺过路堑顶部 1.0m 或铺至截水沟边。

5.2.2.3 当草皮来源困难时,可将草皮平铺成与路线方向成 45°斜交的方格形,方格内种草或撒草籽。方格尺寸一般为 1m×1m 或 1.5m×1.5m。

5.2.3 植树

植树应植在 1:1.5 或更缓的边坡上,或在边坡以外的河岸及漫滩处。树种应选用能迅速生长且根深枝密的低矮灌木类。公路弯道内侧边坡严禁栽植高大树木。

用于冲刷防护的树种还应具有喜水性。

5.2.4 框格防护

5.2.4.1 框格防护可采用混凝土、浆砌片(块)石、卵(砾)石等做骨架,框格内宜采用植物防护或其它辅助防护措施。

5.2.4.2 土质或风化岩石边坡进行防护时,可采用预制混凝土砌块或栽砌卵石、干砌片石等做骨架;对较陡、深挖方边坡,宜采用现浇混凝土或浆砌片(块)石做骨架。骨架宽度宜采用 20~30cm,嵌入坡面深度应视边坡土质及当地气候条件确定,一般可为 15~20cm。

5.2.4.3 框格的大小应视边坡坡度、边坡土质确定,并应考虑与景观的协调。方形框格尺寸宜为(1m×1m)~(3m×3m),如做成拱形骨架的形式,圆拱的直径宜为 2~3m。

5.2.4.4 采用框格防护的边坡坡顶及坡脚应采用与骨架部分相同的材料加固。加固条带的宽度宜为 40~50cm。

5.2.5 封面

5.2.5.1 封面包括抹面、捶面、喷浆、喷射混凝土等防护形式。

5.2.5.2 抹面

抹面防护适用于易风化的软质岩石挖方边坡。抹面材料可采用石灰炉渣灰浆、石灰炉渣三合土或水泥石灰砂浆,表层可涂软化点稍高于当地气温的沥青保护层。抹面厚度宜为 3~7cm。

5.2.5.3 捶面

捶面防护适用于易受雨水冲刷的土质边坡和易风化的岩石边坡。捶面材料可采用水泥炉渣混合土,也可用石灰炉渣三合土或四合土。捶面厚度宜为 10~15cm。

5.2.5.4 喷浆和喷射混凝土

喷浆和喷射混凝土防护适用于边坡易风化、裂隙和节理发育、坡面不平整的岩石挖方边坡。

喷浆防护采用的砂浆强度不应低于 M10,厚度宜为 5~10cm。

喷射混凝土防护应在混凝土内设置菱形金属网或高强度聚合

物土工格栅并通过锚杆或锚固钉固定于边坡上。混凝土中骨料最大粒径不宜超过 15mm。混凝土强度不应低于 C15,喷射混凝土厚度宜为 10~15cm。

5.2.5.5 封面防护应间隔 2~3m 交错设置泄水孔,孔径为 0.1m。大面积坡面上的封面,应设置伸缩缝,伸缩缝间距:对抹面及捶面不宜超过 10m,对喷浆及喷射混凝土不宜超过 20m。

5.2.6 护面墙

5.2.6.1 护面墙适用于防护易风化或风化严重的软质岩石或较破碎岩石的挖方边坡以及坡面易受侵蚀的土质边坡。

用护面墙防护的挖方边坡不宜陡于 1:0.5,并应符合极限稳定边坡的要求。

5.2.6.2 护面墙应采用浆砌片、块石结构,缺乏石料的地区,也可以采用现浇混凝土或预制混凝土结构,混凝土强度不应低于 C15,砌筑用砂浆强度不应低于 M5,寒冷地区不应低于 M7.5。

5.2.6.3 护面墙基础应设置在稳定的地基上,埋置深度应根据地质条件确定,冰冻地区,应埋置在冰冻深度以下不小于 0.25m。护面墙前趾应低于边沟铺砌的底面。

5.2.6.4 单级护面墙的高度不宜超过 10m,墙厚视墙高而定,顶宽宜采用 40~60cm,底宽为顶宽加 0.1~0.2 倍的墙高。

5.2.6.5 护面墙每隔 10~15m 应设置 2cm 宽伸缩缝一道,并每隔 2~3m 交错设置泄水孔,孔径 0.1m。

5.2.6.6 护面墙可分为实体式、窗孔式、拱式等类型,应根据边坡地质条件合理选用。

5.2.6.7 窗孔式护面墙防护的边坡不应陡于 1:0.75。窗孔内可采用干砌片石、植草等辅助防护措施。窗孔宜采用半圆拱型,高 2.5~3.5m,宽 2~3m,圆拱半径为 1.0~1.5m。

5.2.6.8 拱式护面墙拱圈可采用强度 M10 的水泥砂浆砌块石,拱跨宜为 2~3m,拱高视边坡下面完整岩层高度确定。拱跨大于 5.0m 时,拱圈应采用混凝土结构。

5.2.7 干砌片石护坡

5.2.7.1 干砌片石护坡适用于易受水流侵蚀的土质边坡、严重剥落的软质岩石边坡、周期性浸水及受水流冲刷较轻(流速小于 $2\sim 4\text{m/s}$)的河岸或水库岸坡的坡面防护。

5.2.7.2 干砌片石护坡一般分为单层铺砌和双层铺砌两种(图5.2.7)。铺砌层厚度:单层为 $0.25\sim 0.35\text{m}$;双层的上层为 $0.25\sim 0.35\text{m}$,下层为 $0.15\sim 0.25\text{m}$ 。铺砌层下应设置碎石或砂砾垫层,厚 $0.10\sim 0.15\text{m}$,当坡面土的粒径分配曲线上通过率为85%的颗粒粒径大于或等于 0.074mm 时,可以用反滤效果等效于砂砾层的土工织物代替。

5.2.7.3 干砌片石护坡坡脚应修筑堰石铺砌式基础,埋置深度一般为1.5倍护坡厚度。用于冲刷防护时,应符合5.3.3条的规定。

5.2.8 浆砌片(卵)石护坡

5.2.8.1 浆砌片(卵)石护坡适用于防护流速较大($3\sim 6\text{m/s}$)、波浪作用较强、有流冰、漂浮物等撞击的边坡。对过分潮湿或冻害严重的土质边坡应先采取排水措施再行铺筑。

5.2.8.2 浆砌片(卵)石护坡采用的砂浆强度不应低于M5。

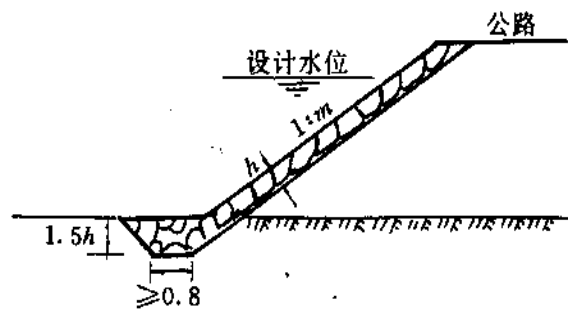
5.2.8.3 浆砌片(卵)石护坡的厚度宜为 $0.25\sim 0.50\text{m}$,用于冲刷防护时,应按流速及波浪的大小等因素确定,并不应小于 0.35m 。护坡底面应设厚度 $0.10\sim 0.15\text{m}$ 的碎石或砂砾垫层,当坡面土的粒径分配曲线上通过率为85%的颗粒粒径大于或等于 0.074mm 时,可以用反滤效果等效于砂砾层的土工织物代替。

5.2.8.4 浆砌片(卵)石护坡坡脚应修筑堰石基础,埋置深度应为护坡厚度的1.5倍。

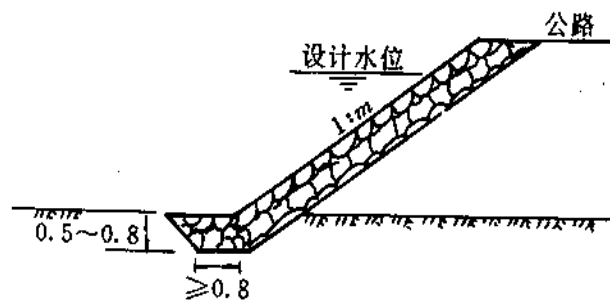
5.2.8.5 浆砌片(卵)石护坡应每隔 $10\sim 15\text{m}$ 设置 2cm 宽伸缩缝并留泄水孔。在地基土质变化处还应设置沉降缝。

5.2.9 水泥混凝土预制块护坡

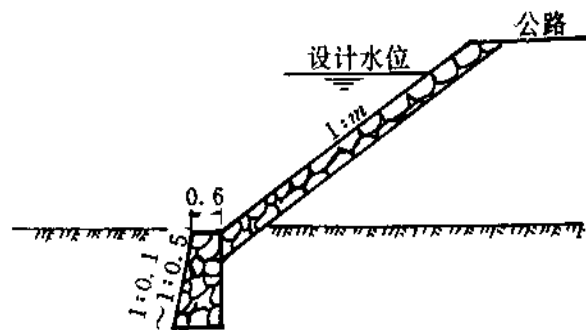
5.2.9.1 石料缺乏地区的路基边坡可采用水泥混凝土预制块防护。预制块的混凝土强度不应低于C15,在严寒地区不应低于C20。



a) 单层片石护坡



b) 双层片石护坡



c) 深基础片石护坡

图 5.2.7 干(浆)砌片石护坡(单位:m)

5.2.9.2 预制块厚度不应小于 6cm, 板块边长宜采用 0.4~0.6m, 当边长大于 0.6m 时, 应配置构造钢筋。用于防护流速(3~8m/s)或波浪较大的边坡时, 预制块尺寸应根据计算确定。

5.2.9.3 预制块砌缝宽度宜为 1~2cm, 并用沥青麻筋、沥青木板或聚合物合成材料填塞。

5.2.9.4 预制块护坡底面下应设置碎石、砂砾垫层或土工织物。垫层厚度为: 干燥边坡 10~15cm; 较湿边坡 15~25cm; 潮湿边坡 25~35cm, 当坡面土的粒径分布曲线上通过率为 85% 的颗粒粒径大于或等于 0.074mm 时, 可以用反滤效果等效于碎石或砂砾层的土工织物代替。

5.2.10 锚杆铁丝网喷浆或喷射混凝土护坡

5.2.10.1 锚杆铁丝网喷浆或喷射混凝土护坡适用于坡面为碎裂结构的硬岩或层状结构的不连续地层以及坡面岩石与基岩分开并有可能下滑的挖方边坡。

5.2.10.2 锚杆应嵌入稳固基岩内, 锚固深度应根据岩体性质确定, 锚杆间距宜为 1.0~1.5m。

5.2.10.3 锚杆直径宜为 16~32mm, 锚杆孔深应比锚固深度深 20cm。锚孔插入钢筋后即压力灌注 1:3 水泥砂浆, 使坡面与基岩连成整体。

5.2.10.4 铁丝网宜采用直径 2mm 的普通镀锌铁丝制成, 网孔尺寸为 20~25cm, 也可以用高强度聚合物土工格栅代替铁丝网。

5.3 冲刷防护

5.3.1 冲刷防护一般分为直接防护、间接防护两类。直接防护包括植物、砌石、抛石、石笼、挡土墙等; 间接防护主要包括丁坝和顺坝等导治构造物以及改移河道, 营造防护林带等。

5.3.2 用于冲刷防护的植物防护应符合 5.2 节的有关规定。在沿河路基外的河滩上植造防水林带, 其平面布置以多行带状或梅花式为宜。

5.3.3 用于冲刷防护的干(浆)砌片石(混凝土块)护坡除应符合5.2节的有关规定外,基础应埋置在冲刷线以下0.5~1.0m。

5.3.4 设置丁坝和顺坝等导治构造物应合理规划导治线和选择导治水位。导治线应适应河道演变的发展规律,使水流顺畅。弯曲河段的导治线与水流线应采用圆曲线衔接,曲线半径以稳定河宽的5~8倍为宜。导治水位应按最不利冲刷情况确定。

5.3.5 抛石

5.3.5.1 抛石适用于经常浸水且水深较大的路基边坡或坡脚以及挡土墙、护坡的基础防护。抛石一般多用于抢修工程。

5.3.5.2 抛石边坡坡度和选用石料块径应根据水深、流速和波浪情况确定,石料块径应大于0.3m,坡度不应陡于所抛石料浸水后的天然休止角。

抛石防护的顶宽不应小于所用最小石料块径的两倍。

5.3.5.3 大块石料缺乏的地区,也可用预制混凝土异型块作为抛投材料。

5.3.6 石笼

5.3.6.1 沿河路堤坡脚或河岸,当受水流冲刷和风浪侵袭,且防护工程基础不易处理或沿河挡土墙、护坡基础局部冲刷深度过大时,可采用石笼防护。

5.3.6.2 石笼可分为铁丝石笼和钢筋混凝土框架石笼。铁丝石笼一般可容许流速4~5m/s的水流冲刷;钢筋混凝土框架石笼可用于急流滚石河段。

铁丝石笼多用于抢修或临时工程,不得用于急流滚石河段。必要时可对铁丝笼灌注小石子水泥混凝土。

编笼应采用镀锌铁丝或高强度聚合物土工格栅。在盛产竹料的地区,可用竹石笼代替铁丝石笼。

5.3.6.3 石笼内所填石料,应选用容重大、浸水不崩解、坚硬且未风化石块,块径应大于石笼的网孔。

5.3.6.4 铁丝石笼的网孔尺寸宜为8cm×10cm或10cm×12cm,铁丝直径为3~4mm。

5.3.6.5 石笼的下面应用碎石、砾石、卵石垫平或铺设一层土工布,垫层厚度宜为 0.2~0.4m。必要时,应将石笼用铁钎固定于基底。相邻铁丝笼应用铁丝连结成整体。

5.3.7 护坦

5.3.7.1 当沿河路基挡土墙、护坡的局部冲刷深度过大,深基础施工不便时,宜采用护坦防护基础。

5.3.7.2 护坦的顶面应埋入计算河床面以下 0.5~1.0m,基底埋置深度和宽度应根据减冲计算确定。

5.3.7.3 护坦可用浆砌片石、干砌片石灌浆或石笼、抛石等修筑,并应符合各类防护的有关设计要求。

5.3.8 丁坝

5.3.8.1 丁坝适用于宽浅变迁性河段,用以挑流或减低流速,减轻水流对河岸或路基的冲刷。

5.3.8.2 丁坝长度应根据防护长度、丁坝与水流方向的交角、河段地形、水文条件及河床地质情况等确定,垂直于水流方向上的投影长度不宜超过稳定河床宽度的 1/4。

设置丁坝时不应过多压缩河床断面,且应避免危害对岸的农田、村庄或其它设施,对通航河道还应满足通航的有关规定。

5.3.8.3 用于路基防护的丁坝宜采用漫水坝或潜坝,丁坝与水流方向的交角以小于或等于 90°为宜。

5.3.8.4 当设置群坝时,坝间距离不应大于前坝的防护长度,一般可取坝长的 1.0~2.5 倍,水流较平顺时,可增至 3~4 倍。

丁坝间的河岸或路基边坡所能承受的容许流速小于水流靠岸回流流速时,应缩短坝距,或对河岸及路基边坡采取防护措施。

5.3.8.5 丁坝可采用铁丝石笼或相互铰接的预制混凝土块等柔性结构物,也可采用石砌或现浇混凝土等刚性结构物。采用刚性结构物时,坝头基础应埋置于局部冲刷深度以下不小于 1m,否则应进行防冲刷处理。

5.3.8.6 丁坝的横断面形式和尺寸应根据材料种类、河流的水文特性等确定。刚性结构物一般为梯形断面形式,坝顶宽度根据

稳定计算确定,浆砌结构宜为 0.5~1.0m,其余类型为 1~3m。床面以下的坝身可采用直墙式或较陡的边坡坡度;床面以上坝头及迎水面边坡应采用较缓的边坡,坡度宜为 1:2.0~1:3.0,背水面边坡可采用 1:0.5~1:2.0。

5.3.8.7 应加强坝根和岸坡的衔接,坝根和坝身的基础不应浅于冲刷线的深度。

5.3.9 顺坝

5.3.9.1 顺坝适用于河床断面较窄、基础地质条件较差的河岸或沿河路基防护,调整流水曲度和改善流态。

5.3.9.2 顺坝与上、下游河岸的衔接,应使水流顺畅,起点应选择在水流匀顺的过渡段,坝根位置宜设在主流转向点的上方。

5.3.9.3 顺坝一般采用石砌或混凝土结构。横断面为梯形,坝顶宽度应根据稳定计算确定,迎水坡采用 1:1.5~1:2.5,背水坡采用 1:1.0~1:1.5。当流速较大、土质又较松软时,迎水坡应设置护脚,或适当放缓迎水坡坡度。

5.3.9.4 顺坝坝根应嵌入稳定河岸内不小于 3~5m。漫溢式顺坝,应在坝后设置格坝。

5.4 改移河道

5.4.1 沿河路基受水流冲刷严重,或防护工程艰巨,以及路线在短距离内多次跨越弯曲河道时可改移河道。对主河槽改动频繁的变迁性河流或支流较多的河段不宜改河。

改河范围较大或利用改河造田面积较大时,其改河方案与当地政府及其有关单位共同商定。

5.4.2 改河起、终点的位置应顺应河势,设在河流较稳定的河段。在新河道进口处的原河道上应修筑拦水坝,以引水进入新河道;终点应与原河道顺接。

5.4.3 改河平面设计,应根据河性及演变规律与造床作用等特点,因势利导,保证新河道水流不重归故道,并对农田水利设施、道路、村庄等无不良影响。改河的弯曲段,应考虑稳定弯曲段的必

要长度,弯曲半径宜采用稳定河宽的 5~8 倍。

5.4.4 改移河道的纵坡设计应根据原河道平均纵坡、河床地质条件,尽早能将落差放在入口段,出口段的纵坡应以原河道纵坡一致。弯曲河段的纵坡应放缓。

5.4.5 改移河道的横断面设计应结合平面及纵断面设计综合考虑。计算设计流量的水文断面不应选择在支沟汇集的河口段。新河道的断面可参照原河床状态设计,河面宽度与原河道的稳定河宽应大致相等。

5.4.6 改河河段的防护设计应参照本章有关规定进行。

6 特殊路基

6.1 滑坡地段路基

6.1.1 一般规定

6.1.1.1 路线通过滑坡地段,应查明滑床性质及滑坡体附近的地形、地貌、地质构造、岩性、水文地质以及滑坡的成因、类型、滑坡特征和规模等工程地质条件。

6.1.1.2 路线应尽量绕避规模较大、性质复杂的滑坡地段。当路线通过较易处理的中小型滑坡时,宜采用排、挡及改善滑带土的工程性质对滑坡进行综合治理,并力求根治。

6.1.1.3 路线通过滑坡地段时,应对滑坡的稳定性进行判别。对滑坡稳定性的判断,可采用工程地质调查法,并辅以力学验算。

(1)滑坡稳定性验算,宜采用传递系数法(推力传递法)计算推力。条块作用力系如图 6.1.1.3,验算公式如下:

$$F_i = (W_i \sin \alpha_i + Q_i \cos \alpha_i) + \frac{1}{K_s} [c_i L_i + (W_i \cos \alpha_i - Q_i \sin \alpha_i) f_i] + F_{i-1} \psi_{i-1} \quad (6.1.1.3)$$

式中: ψ_{i-1} ——传递系数;

$$\psi_{i-1} = \cos(\alpha_{i-1} - \alpha_i) - \frac{1}{K_s} f_i \sin(\alpha_{i-1} - \alpha_i)$$

F_i ——条间推力(kN/m);

W_i ——单位长度竖直力(条块自重)(kN/m);

α_i ——条块滑动底面的倾角($^\circ$);

Q_i ——单位长度水平力(kN/m);

K_s ——抗滑安全系数;

- c_i —— 条块滑动底面处岩土粘聚力(kPa);
- L_i —— 条块滑动底面的长度(m);
- F_{i-1} —— 第 $i-1$ 条块的剩余下滑力(kN/m);
- f_i —— 条块滑动底面处岩土的摩擦系数;

$$f_i = \text{tg}\phi$$

- ϕ —— 岩土的内摩擦角($^\circ$);
- α_{i-1} —— 第 $i-1$ 条块所在滑面上的倾角($^\circ$).

(2) 传递系数法适用于折线滑动面情况的稳定性验算, 当最后一条剩余下滑力 $F_n \leq 0$ 时, 可判为稳定; 当 $F_n > 0$ 时, 则不稳定。此 F_n 值可作为设计支挡工程结构所承受的推力。

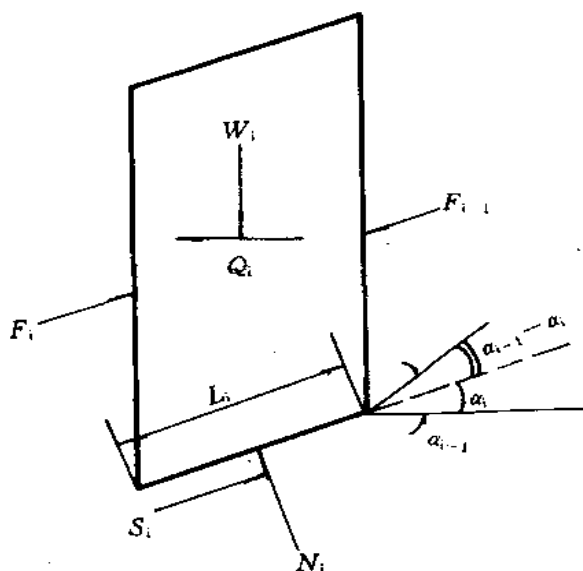


图 6.1.1.3 条块作用力系
 S_i —抗滑反力; N_i —法向反力

(3) 对滑坡体稳定性验算时, 抗滑安全系数宜采用 1.15~1.20; 对高速公路、一级公路宜采用 1.20~1.30。滑坡推力的计算指标, 宜根据试验、经验数据及反算结果, 综合分析确定。

6.1.1.4 滑坡下缘的路基宜采用路堤形式, 滑坡上缘的路基宜采用路堑形式, 滑坡地段的路基应避免大填、大挖。

6.1.1.5 整治滑坡应首先做好排水工程, 然后针对滑坡滑动的主要因素, 结合公路的重要程度、施工条件及其它要求, 采用以防为主、综合治理的原则。

6.1.2 防治措施

6.1.2.1 地面排水

(1) 环形截水沟设在滑坡顶部裂缝以外不小于 5m 的稳定地面上, 可根据地形条件、流量大小设置一条或数条, 间距一般为 50

~60m, 向一侧或两侧的自然沟谷排出滑坡范围。截水沟的深度及底宽不应小于 0.5m, 宜按 $1/20 \sim 1/25$ 的周期流量设计。截水沟应采用浆砌片石防护。

(2) 树枝状排水沟应结合地形条件, 充分利用自然沟系, 汇集并旁引坡面径流排出滑体外。主沟应与滑坡体移动方向大致平行, 支沟与主沟可斜交成 $30^\circ \sim 45^\circ$ 。如土质松软, 宜就地夯成沟形, 上铺粘质土或石灰三合土加固。排水沟通过地面裂缝处应设置搭叠式排水槽。

(3) 平整夯实滑坡体表面的土层, 防止地表水渗入。夯实裂缝时, 宜将裂缝两侧的土挖开, 每侧宽度不应小于 0.5m, 深度宜为 1~2m, 然后用粘质土分层填筑夯实。

(4) 对滑坡体上的封闭洼地或泉水露头, 应设排水沟, 以排除或疏干积水。

(5) 路线通过浅层滑坡和渗水严重的粘质土滑坡, 应在滑坡体上植树、种草。

6.1.2.2 地下排水

1. 支撑渗沟

适用于支撑不稳定的滑坡体, 兼起排除或疏干滑坡体内浅层地下水的作用。

支撑渗沟的主干沟应平行于滑坡滑动方向, 布置在地下水露头处或由土中孔隙水形成坍塌的地方, 支沟布置宜与滑坡移动方向成 $30^\circ \sim 45^\circ$ 交角, 并可伸展到滑坡范围以外。平面形状可为“111”、“YYY”、“YIY”形, 主沟的间距视土质情况可采用 6~15m。

支撑渗沟的深度宜为 2~10m, 沟宽宜为 2~4m, 沟底应砌筑在滑动面以下的稳定地层内 0.5m, 并设 2%~4% 的排水纵坡, 沟内堆砌片石, 底部用浆砌片石砌筑, 侧壁及顶部应设置反滤层。

当滑坡推力大、范围广时, 宜采用与抗滑挡土墙相结合的治理措施。

2. 边坡渗沟

当滑坡前缘的路基边坡上有地下水分布或坡面潮湿时,应修建边坡渗沟。

边坡渗沟的平面形状可做成垂直的或分支的渗沟网,主沟间距宜为 6~10m,深度宜为 1.5~2.0m。基础应置于潮湿土层以下的稳定土层内,宜筑成台阶式,并用浆砌片石砌筑。沟内填以砂砾或碎石,侧壁应设置反滤层。渗沟表面应予适当处理,防止渗沟淤塞。

3. 截水渗沟

当有较多的深层地下水进入滑坡体时,宜垂直于地下水流的方向设置截水渗沟。

截水渗沟应修筑在滑坡可能发展的范围 5m 以外的稳定土体上,平面上呈环形或折线形,横断面尺寸不受流量控制,主要取决于施工方便。基底应埋入最低一层含水层下的不透水层或基岩内,渗沟的迎水沟壁应设反滤层,背水沟壁应设隔渗层。

4. 暗沟

排除滑坡体内外的封闭积水或深层地下水可设置暗沟。

暗沟的横断面可采用矩形。设置在滑坡范围内的暗沟,其底部应低于滑动面以下 0.5m;设置在滑坡范围外的暗沟,其底部应低于含水层底面以下 0.5m。暗沟中线在平面上应尽量顺直,沟底流水坡度不应小于 0.5%,不同坡段间可用折线坡或设台阶等形式连接。

5. 平孔

高速公路、一级公路及较大规模的滑坡体内有较丰富的深层地下水时,宜设置平孔排水。

平孔的设置位置和数量应视地下水分布的情况和地质条件而定。孔径可采用 30~100mm,主要决定于施工机具和孔壁加固材料。平孔仰斜的坡度不应小于 10%。孔壁需用竹管、塑料管或镀锌钢管加固。平孔可单独使用,也可与砂井联合使用。

6. 渗水隧洞

渗水隧洞适用于引排深层地下水。对于滑面以上的其它含水

层,宜在渗水隧洞顶上设置若干渗井或渗管,将水引入洞内。对于渗水隧洞以下的承压含水层,宜在洞的底部设置渗水孔将水引入洞内。

隧洞的埋深取决于主要含水层的埋藏深度,并应埋入稳定地层内,顶部应在滑动面(带)以下不小于 0.5m。

隧洞横断面尺寸不受地下水流量控制,宜采用横断面净空高 1.6m,宽 1.0m。

隧洞平面轴线应尽量顺直,洞底纵坡不应小于 0.5%,不同坡段可用折线坡或设台阶跌水等形式连接。隧洞衬砌厚度应按隧道设计,洞门墙可按挡土墙设计。

6.1.2.3 减重与反压

1. 适用条件

推动式滑坡或由错落转化的滑坡,宜采用滑坡后缘减重,前缘反压措施。

滑床具有上陡下缓形状,滑坡后缘及两侧的地层相当稳定,不致因减重开挖而引起滑坡向后及向两侧发展时,宜采用减重措施。

滑坡前缘有较长的抗滑段,宜利用减重弃方反压抗滑或修筑路堤。在滑体或滑带土具有卸载膨胀开裂的情况下,不应采用减重措施。

2. 设计要点

经过滑坡推力计算,划分出主滑段与抗滑段。根据稳定滑坡的反复试算,选定减重和反压最适宜的部位与范围。

对减重后滑体较薄弱地段应进行验算。减重后暴露的地面应整平夯实,并做好防渗和排水处理。

反压抗滑工程,应注意防止堵塞滑坡前部的渗水和排水出路。当反压地段基底有软弱层时,应进行处理。

6.1.2.4 支挡工程

1. 抗滑片石垛

对于滑体不大、自然坡度平缓、滑动面位于路基附近或坡脚下

较浅的滑坡,宜采用抗滑片石垛支挡。

抗滑片石垛可采用干砌片石或用石笼筑成。片石垛顶宽不应小于 1m。片石垛顶面不应低于滑坡体的表面,垛的外坡宜采用 1:0.75~1:1.25,垛后应设砂砾反滤层。片石垛的基础底面应低于滑动面以下 0.5m。

2. 抗滑挡土墙

抗滑挡土墙应设置在滑坡下部或前缘抗滑段,对于大型滑坡,可与排水、减重等措施联合使用;对于中、小型滑坡,可与支撑渗沟联合使用。

抗滑挡土墙的胸墙坡度宜采用 1:0.3~1:0.5,也可适当放缓;基础埋入稳定岩层中的深度不应小于 0.5m,埋入稳定土层中深度不应小于 2m,墙背应设渗沟。

3. 抗滑桩

设置在滑坡前缘,对于浅层或中厚层滑坡,宜采用混凝土或钢筋混凝土钻孔桩;对于大型滑坡,宜采用大截面的挖孔桩,采用分排间隔设桩或与抗滑挡土墙结合的形式。

抗滑桩可依据桩的变形系数及其计算深度,采用刚性桩或弹性桩设计。作用于抗滑桩上的滑坡推力宜采用传递系数法计算。

抗滑桩的桩距应为桩径的 2~4 倍。桩的锚固深应通过计算确定。

4. 锚杆

高速公路、一级公路的顺层滑坡,可采用锚杆加固,阻止岩层沿斜坡滑动。锚杆表面应涂以聚乙烯,然后用水泥砂浆封固钻孔;锚杆设计必须考虑水渗入时,对锚固作用产生的不利影响及由于岩体抗力松弛使抗剪强度降低等因素。

锚杆设计宜根据锚杆荷载试验确定,提供极限荷载下的传力材料与灌浆材料的“极限结合力”和岩石与灌浆材料的“极限结合力”,采用 2~3 的安全系数计算锚固长度。

锚杆的锚固长度不得小于 3m,宜为 4~10m。

5. 当滑体前缘受到河水冲刷时,应采取防护措施。

6.2 崩塌与岩堆地段路基

6.2.1 一般规定

6.2.1.1 路线通过崩塌与岩堆地段,应调查该地段的地形、地貌、地质、水文、气象等资料,查明已经发生的崩塌与岩堆的类型、范围、成因及对公路的危害程度;作出建成公路后,崩塌与岩堆的发生或发展的预测与稳定评价。

6.2.1.2 路线宜避绕可能发生崩塌的地段,如必须通过时,应避免高填、深挖并远离崩塌物堆积区。

6.2.1.3 针对崩塌的现状其原因,采用封面、清除、拦截、支护等措施进行综合治理,力求根治。

6.2.1.4 路线一般不宜在岩堆中部通过。岩堆地段路基应采用低路堤或浅路堑。

6.2.1.5 对稳定的岩堆,可不作特殊处治,按一般地区路基进行设计;对趋于稳定或发展的岩堆,应采取针对性措施进行防治;当路基出现挖方时,应设挡土墙封闭边坡,减少对岩堆的破坏。

6.2.2 防治措施

6.2.2.1 封面与护面墙

边坡或自然坡面比较平整、岩石表面风化易形成小块岩石的零星坠落时,宜设置封面或护面墙以阻止风化发展,防治零星碎落。

6.2.2.2 清除

山坡或边坡坡面崩落岩块的体积及数量不大,岩石的破碎程度不严重,可全部清除并放缓边坡。

6.2.2.3 拦石墙与落石槽

在基岩破碎严重,落石经常发生的路段,宜采用拦石墙与落石槽等拦截构造物。

拦石墙与落石槽(图 6.2.2.3)宜配合使用,设置位置可根据地形在横断面上合理布置。落石槽的槽深和底宽可通过现场调查或试验确定,分别再加 0.5m 和 1.0m 安全值,使拦截的落石不因

滚动或弹跳而越出槽外。

拦石墙墙背应设缓冲层,并按公路挡土墙设计,墙背压力考虑崩坍冲击荷载的影响。拦石墙应采用水泥砂浆砌片石修筑。

在有足够的用地宽度或横坡小于 30° 的缓坡地带,可用拦石堤代替拦石墙,拦石堤顶宽为 $2\sim 3\text{m}$,迎石坡面宜采用坡度为 $1:0.75$ 的干砌片石铺砌。

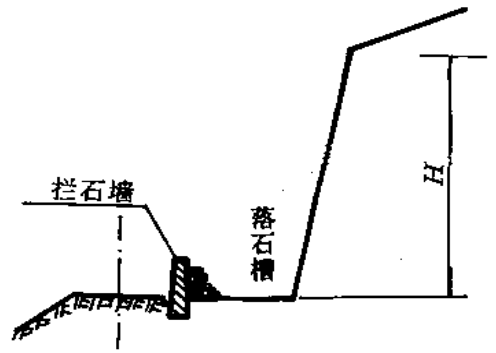


图 6.2.2.3 拦石墙与落石槽

6.2.2.4 支顶

对在边坡上局部悬空的岩石,但岩体仍较完整,有可能成为危岩时,可视地形和岩层情况采用钢筋混凝土立柱或水泥砂浆砌片石支顶。

6.2.2.5 嵌补

当边坡为软、硬岩层相间的地层,软岩部分风化严重形成凹壁时,可采用内部干砌片石,表面水泥砂浆砌片石嵌补。

6.2.2.6 锚杆喷射混凝土护坡

对有软弱结构面而易引起崩坍的高边坡,可采用锚杆喷射混凝土护坡,防止软弱结构面的张开和扩大。

6.2.2.7 明洞及棚洞

崩坍量大、发生频繁而设拦截构造物有困难时,可采用明洞、棚洞等遮挡构造物。洞顶应有足够厚度的填土作缓冲层,当落石的体积为 $0.25\sim 1.00\text{m}^3$ 时,缓冲层最小厚度不宜小于 $2.5\sim 3.5\text{m}$,用于结构设计的洞顶荷载应考虑天然休止角堆积的石块荷载和冲击荷载的影响。

6.2.3 崩坍物的冲击力及缓冲土层的计算

6.2.3.1 崩坍物体的冲击力按可能出现的单个大块落石的质量进行计算。单个落石石块的质量应根据调查确定,并了解母岩节理裂缝切割情况,考虑崩坍物体滚动时,经碰撞而变小的可能。

落石冲击力如图 6.2.3.1, P 值可按式(6.2.3.1-1)计算。

$$P = P(Z) \cdot F \quad (6.2.3.1-1)$$

$$P(Z) = 2 \cdot \gamma \cdot Z [2 \cdot \text{tg}^4(45^\circ + \varphi/2) - 1]$$

式中: Z ——碰撞的石块陷入深度(m),按(6.2.3.1-2)式计算;

$$Z = v \sqrt{\frac{Q}{2 \cdot g \cdot \gamma \cdot F [2 \cdot \text{tg}^4(45^\circ + \varphi/2) - 1]}} \quad (6.2.3.1-2)$$

Q ——石块重力(kN);

g ——重力加速度(m/s^2);

γ ——缓冲填土的容重(kN/m^3);

φ ——缓冲填土的内摩擦角($^\circ$);

F ——假定石块为球体的圆截面面积(m^2);

$$F = \pi \left(\frac{3Q}{4\pi \cdot r} \right)^{2/3}$$

v ——落石碰撞前的末段速度(m/s),宜调查或试验确定。

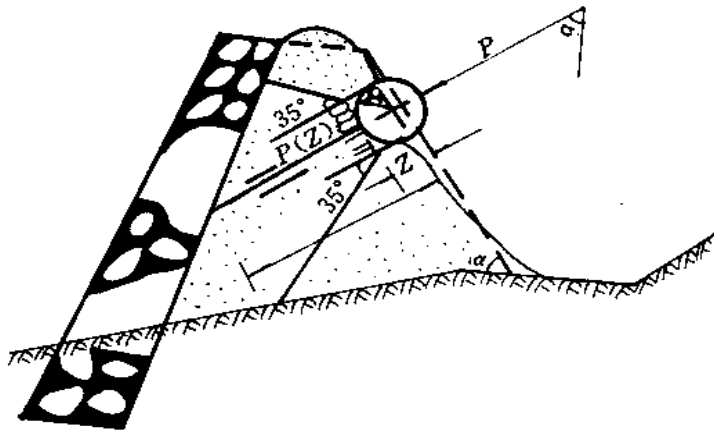


图 6.2.3.1 冲击力计算示意

6.2.3.2 冲击力 P 作用到缓冲土层的扩散角可考虑为 35° , 以扩散角达到构造物上的宽度而确定冲击力的分布。

设计构造物的荷载分两种情况考虑: ① 拦石墙背顶被落石堆满或明洞顶的土堆积到天然休止角后, 再与落石的冲击力组合。② 受墙背或明洞顶人工回填的缓冲土层作用与落石的冲击力相组

合。检算结果应符合公路挡土墙设计要求。

6.2.4 岩堆防治措施

6.2.4.1 路线通过发展的岩堆时,应尽量减少对坡面的开挖,开挖后的坡面应即时修建挡土墙,封闭坡面。当处治有困难时,可采取其它防护措施,如设拦石墙与落石槽或修建明洞(棚洞)等。

6.2.4.2 临河岩堆地段路基坡脚受河水冲刷时,应对岩堆的下部进行防护。

6.2.4.3 路线通过岩堆的不同位置,应分别采取相应的防治措施。

(1)当路线通过岩堆上部时,宜采用台口式路基,将路基上方的岩堆堆积物沿放缓的边坡设计线开挖或沿基岩面全部清除。

(2)当路线通过岩堆下部时,宜用填方路基通过岩堆。

(3)当路线通过岩堆中部时,路基挖方边坡应设置挡土墙或石笼,以稳定坡面。

6.2.4.4 在岩堆坡面修筑石墙或挡土墙时,岩堆开挖可能出现坡面不稳定,可在适当范围内注入水泥砂浆,使之局部稳定。

6.2.4.5 路基可能与岩堆整体滑动时,宜设置抗滑挡土墙或抗滑桩,并进行整体稳定性验算。

6.3 泥石流地区路基

6.3.1 一般规定

6.3.1.1 泥石流地区的路基设计,应查明泥石流的类型、特征、规模、活动规律、泛滥边界、泥痕高度、流量、发展趋势和危害程度。

6.3.1.2 泥石流地区的公路选线应采取避重就轻的原则,在无法避开时,应进行防治。

6.3.1.3 跨越泥石流沟时,应首先考虑在流通区或沟床稳定段设桥跨越,设计时应注意桥型的选择和基础的埋置深度。

涵洞易被泥石流堵塞,不宜采用。但在跨越小型稀性泥石流沟

(固体物质含量 10%~40%, 泥石流容重 $13\sim 18\text{kN/m}^3$) 时也可考虑涵洞。

6.3.1.4 泥石流地区路基设计应全面考虑排导、拦截以及水土保持等各项措施, 做好总体规划, 采取综合防治。

6.3.1.5 对构造物两端的路基, 应设置防护及排导等设施。

6.3.1.6 对小型坡面泥石流, 冲淤不大者, 在四级公路标高受限制时可采用过水路面或清淤措施。

6.3.2 防治措施

6.3.2.1 跨越措施

1. 桥梁

采用桥梁跨越泥石流沟时, 应结合地形、地质及沟床冲淤情况, 采用合理的桥梁形式。设计时应注意:

桥梁应采取高净空, 净空安全高度应高出设计水位或泥痕高度 1m 以上。

桥梁跨径不宜小于沟槽宽度, 并以单孔桥梁跨越为宜。拱桥拱脚线应高出设计水位或泥痕高度 1m 以上。

应根据泥石流的特点决定基础埋置深度。墩、台基础必须在冲刷线以下, 或对沟床进行防护。

2. 涵洞

当泥石流规模不大、固体物质含量低、不含较大石块, 并有顺直的沟槽时, 方可采用涵洞。

涵洞孔径不宜小于沟槽宽度, 应采用单孔涵, 最小孔径不宜小于 2m, 净高不宜小于 2m, 涵底纵坡应尽量与天然沟床纵坡一致。

涵洞进水口应以急流槽连接, 不得采用跌水井。出水口应设足够的排导工程和防护设施。

3. 过水路面

过水路面可用于四级公路允许临时阻车的小型坡面泥石流沟。

过水路面的路基横断面应为全封闭式, 路线纵向应设计成凹形, 也可与小桥、涵洞联合使用。路基上游边坡 1: 1.5~1: 2.0,

下游边坡 1:3~1:5,坡脚设抑水墙,以防止冲刷。

过水路面可采用 M10 水泥砂浆砌块石或弯拉强度不小于 4.5 MPa 水泥混凝土路面,边坡与抑水墙可采用 M10 水泥砂浆砌片石。

4. 隧道

为避开大型泥石流的危害,可采用隧道。隧道方案应与其它方案作技术、经济比较确定,设计时应注意:

隧道洞身应设在泥石流底部较稳定的位置,并作好洞身的排水与防水设施。

隧道进出口应避开泥石流可能危害的影响范围。

隧道也可采用明挖修建成明洞,但应做好洞顶的防护与防水设施。

5. 渡槽

渡槽适用于路线标高比较低的小型坡面泥石流。渡槽设计应注意入口的顺直、有足够的宽度和长度,出口应满足排泄泥石流的需要,不得在出口处停积淤埋路基。

渡槽的纵坡以 8%~15% 为宜。

渡槽横断面一般为矩形或梯形,采用浆砌片石或钢筋混凝土的梁式或拱式结构,设计荷载按泥石流满载计算,并考虑冲击力,冲击系数可取 1.3。

6.3.2.2 排导措施

桥涵进出口段可设排导沟。排导沟的横断面应根据流量计算确定,横断面形式可采用梯形、锅底形或复式断面。

排导沟应布置成直线,当受地形限制布置成曲线时,其转弯半径应为:稀性泥石流应大于沟宽的 8~10 倍,粘性泥石流应大于沟宽的 10~20 倍。

排导沟与桥涵相接处应与桥涵纵断面一致,并采取相应的防护措施,出口应与主河道衔接,其交角宜小于 45°,出口标高应高出主河道 20 年一遇的洪水水位。排导沟纵坡宜与地面坡一致,也可按照表 6.3.2.2 选用。

泥石流排导沟合理纵坡

表 6.3.2.2

泥石流性质	容重(kN/m ³)	类别	纵坡%
稀 性	13~15	泥 流	3
		泥 石 流	3~5
	15~16	泥 流	3~5
		泥 石 流	5~7
	16~18	泥 流	5~7
		泥 石 流	7~10
粘 性	18~20	泥 流	5~15
		泥 石 流	8~12
	20~22	泥 石 流	10~18

6.3.2.3 拦截措施

1. 拦挡坝

为防止泥石流沟床下切、山坡滑坍和携带的冲积物危害路基，可在沟内设置拦挡坝。拦挡坝根据需要可设置一道或多道，并注意坝的两端与岸坡的衔接和基础埋置深度。

拦挡坝可用片石、混凝土、石笼、土等材料砌筑，高度一般为1~3m，最大高度不宜超过5m。坝顶宜采用平顶式。当两端岸坡有冲刷可能时，宜采用凹形。拦挡坝的横断面尺寸可根据计算确定，亦可参照表6.3.2.3选用。

拦挡坝横断面尺寸

表 6.3.2.3

坝类	坝高(m)	坝顶宽度(m)	迎水面坡度	背水面坡度
土 坝	1	1.0	1:1.0	1:1.0
	2	1.5	1:1.5	1:1.0
	3	2.0	1:1.5	1:1.5
石 坝	1	0.6	1:0.5	1:0.2
	2	1.1	1:0.8	1:0.5
	3	1.6	1:1.0	1:0.7

2. 格栅坝

格栅坝可用于拦截流量较小、大石块含量少的小型泥石流沟谷中。

格栅坝可用钢轨、钢绳、粗钢筋或钢筋混凝土构件筑成。格栅间隔按拦截大石块、排除细颗粒的要求布置。坝的宽度应与沟槽同宽。坝基应设在坚实的地基上,也可采用混凝土基础。

6.3.2.4 水土保持措施

在泥石流范围内可采用水土保持或其它稳定山坡的措施。水土保持应与当地规划相结合,广泛植树造林、封山育林、平整山坡、修筑梯田、合理放牧,并视具体情况修建地表排水设施,使泥石流病害得到逐步治理。

6.4 岩溶地区路基

6.4.1 一般规定

6.4.1.1 路线通过岩溶地区,应对岩溶地貌、地质特征、岩溶发育程度,发展规律以及地面水、地下水的活动规律等进行调查。

6.4.1.2 路线通过岩溶地区,应设法绕避。对中、小型岩溶,宜选其最窄、易于处治的地段通过。

6.4.1.3 当路线附近出现溶洞、冒水洞、岩溶泉、暗河等岩溶地貌时,应查明其规模及其对路基的危害,以便采取相应的处理措施。

6.4.1.4 对岩溶及岩溶水的处理,一般应根据路基附近地面水和地下水、溶洞的位置、大小和稳定性,分别采用导流、跨越、填塞、加固等措施。

6.4.2 防治措施

6.4.2.1 对路基上方的岩溶泉或冒水洞,宜用排水沟截流至路基外,对位于路基基底的岩溶泉或冒水洞则宜设置涵洞将水排除。

6.4.2.2 对于路堑边坡上的干溶洞,洞内可用片石填塞,洞口用干砌片石铺砌、砂浆勾缝或浆砌片石封闭。对位于路基基底或挡土墙基底的干溶洞,当洞口不大,深度较浅时,宜予回填夯实;当洞

口较宽及深度较大时,应采用桥(涵)跨越;当干溶洞顶板太薄或岩层较破碎时,可炸除后回填,或设桥(涵)跨越。

6.4.2.3 为防止基底溶洞的坍塌及岩深水的渗漏,宜采用如下加固方法:

(1)洞径大、洞内施工条件好时,宜采用浆砌片石支墙、支柱及码砌片石垛等加固。如需保持洞内水流通畅,宜在支撑工程间设涵排水。

(2)深而小的溶洞不便于洞内加固时,宜采用石盖板或钢筋混凝土盖板加固。

(3)对洞径小、顶板薄或岩层破碎的溶洞,宜采用爆破顶板用片石回填加固;如溶洞较深或须保持排水者,宜采用拱涵或板涵跨越。

(4)对路基范围内的地表塌陷(土洞),如基岩未出露者,宜采用粘土回填夯实;如基岩出露并见空洞洞口时,宜先用大块石堵塞洞口,再用粘土回填土洞。

(5)对溶洞埋深较浅,洞顶板较薄而洞径又大的地段,宜采用压浆加固。

6.4.2.4 路基基底溶洞顶板安全厚度宜按固定梁受弯曲情况采用 6.4.2.4 式计算:

$$H = \sqrt{\frac{bM}{B[\sigma]} \cdot K} \quad (6.4.2.4)$$

式中: H —— 顶板安全厚度(m);

b —— 溶洞顺路线长度(m);

B —— 路堤底宽(m);

$[\sigma]$ —— 岩石的允许弯曲应力(MPa);

M —— 弯矩(kN·m),按两端固定梁计算

$$M = \frac{1}{12} \cdot Qb^2$$

Q —— 溶洞顶板总线荷载(包括自重和附加荷载)(kN/m);

K —— 安全系数,石灰岩宜取 ≥ 1.20 。

6.4.2.5 溶洞距路基的安全距离,宜按坍塌时的扩散角计算:

$$L = H \cot \beta \quad (6.4.2.5)$$

式中: H —— 溶洞顶板厚度(m);

β —— 坍塌扩散角($^{\circ}$);

$$\beta = \frac{1}{K} \left(45^{\circ} + \frac{\phi}{2} \right)$$

K —— 安全系数,取 1.10~1.25(高速公路、一级公路应取大值);

ϕ —— 岩石的内摩擦角($^{\circ}$)。

如在顶板岩层上有覆盖土层,则自土层底用 45° 角向上绘斜线,求出与地面的交点。路基边坡坡脚应在交点范围以外。

6.5 多年冻土地区路基

6.5.1 一般规定

6.5.1.1 路线通过多年冻土地区,应查明沿线多年冻土的分布、类型、冻层上限、地面水及冻结层上水等情况。

在冻土沼泽、冰丘、冰椎、热融湖(塘)地段修筑路基,应详细调查其范围、规模、发生原因及发展过程等。

6.5.1.2 应尽量采用路堤形式,在饱冰冻土和含土冰层地段,应采用保护多年冻土的原则。

在多年冻土融化后不致引起路基病害的路段或岩石路段,允许采用路堑形式,设计方法与一般路基相同。

6.5.1.3 路基最小填土高度应满足路面竣工后,原多年冻土天然上限位置的变动,不致影响路面强度和稳定。

多年冻土上限可根据实测,或利用当地多年观测资料的统计分析方法确定。

6.5.1.4 排水设施应尽量远离路基坡脚,以防止水流及其渗流影响冻土上限的变化。当不能远离时,应采取适当的防护措施。

6.5.1.5 路线应在冰椎、冰丘地段下侧通过,采用排除地下水的措施,将形成冰椎、冰丘的地下水引离,并在路基上侧一定距离

处设置冻结沟、挡冰堤等设施。

6.5.1.6 路线通过冻土沼泽地段,路基应采用路堤形式。当路堤基底生长塔头草时,应利用塔头草满铺作成隔温层,以防止冻土上限下降。路堤填料应尽量选用渗水性土,当采用细粒土填筑路堤时,路堤底部应设置毛细水隔断层,以减少地下水向路堤上部集聚。

6.5.1.7 路线通过热融湖(塘)地段时,路基应采用路堤形式。路堤应尽量选用渗水性土填筑。当基底土质较湿软时,路基两侧宜设置反压护道。

6.5.2 填方路基

6.5.2.1 填方路基应达到最小填土高度,以防止发生翻浆或引起冻层上限下降,致使路堤发生过量沉陷。

6.5.2.2 路堤基底为饱冰细粒土或含土冰层,且地下冰层不厚时,可将该层全部挖除,并用渗水性土回填压实,再填路基。

当填方基底为饱冻细粒土或含土冰层,且地下冰层较厚时,可在边坡坡脚设置保温护道及护脚,并在填方基底设置保温层。保温设施可利用当地苔藓、草皮、塔头草、泥炭或粘质土等材料筑成。

6.5.2.3 路基填料应选用保温隔温性能较好的土。通过热融湖(塘)的路堤,应高出最高水位 0.5m。水下部分须用渗水性土填筑。

6.5.2.4 填方边坡坡度可参照表 3.3.5 确定。高路堤边坡稳定性验算按 3.3.6 要求进行。

6.5.2.5 在地下冰比较发育的路段设置路侧取土坑时,当地面坡陡于 1:10 时,取土坑应设在上坡一侧,取土坑距边坡坡脚的距离不应小于 10m。在平坦路段,取土坑可设在路堤两侧,取土坑距边坡坡脚不宜小于 10m。取土坑深度均不得超过当地多年冻土上限土层厚度的 80%。

6.5.3 挖方路基

6.5.3.1 当融冻细粒土层中天然含水量较高时,挖方边坡应放缓到 1:1.5~1:2.0。用叠砌草皮或反扣塔头草铺砌坡面时,边坡可用 1:1.0~1:1.5。

土质比较干燥路段和岩石路段,挖方边坡可参照 3.5.1 和 3.5.2 确定,高边坡稳定性验算要求同一般路基设计。

6.5.3.2 在地下冰较发育的路段,路基边沟应有防渗措施,路堑坡顶不应设置截水沟或排水沟,应修筑挡水埝,挡水埝与坡顶距离不应小于 6m;当必须修建排水沟时应设在挡水埝 4m 以外。

6.5.3.3 排除地下水可采用暗沟、渗沟等设施将水排出路基范围以外;在地下水较发育路段,凡开挖部分均应铺设保温层,基底部分应根据需要予以部分或全部换填。

6.5.3.4 饱冰冻土、含土冰层路堑、零填与低填浅挖地段,应根据保护原冻土上限不变的原则,换填所需厚度的透水性土。

6.6 黄土地区路基

6.6.1 一般规定

6.6.1.1 路线通过黄土地区,应查明黄土分布范围、厚度及其变化规律;沿线黄土的成因类型和地层特征(如地质时代、地层厚度及下卧岩层);路线所处的地貌单元及地面水、地下水等情况;各种不同地层黄土(新黄土、老黄土及红色黄土)的物理、力学性质和湿陷性。

6.6.1.2 路线通过冲沟沟头时,应分析冲沟的成因及其发展趋势。当冲沟正在继续发展并危及路基稳定时,应采取排水及防护措施,防止冲沟溯源侵蚀。对于高速公路、一级公路,线位宜远离沟头。

6.6.1.3 对路线附近的黄土陷穴,除应调查其位置、形状、发展趋势和形成陷穴的水源、水量外,还应评价陷穴对路基的危害程度。

6.6.1.4 黄土地区路基设计应特别注意加强排水,并应采取拦截、分散的处理原则。设置防冲刷、防渗漏和有利于水土保持的综合排水设施及防护工程,在对水流进行早接远送迅速引离路基的同时,还须重视进出水口的工程处理措施。

6.6.2 填方路基

6.6.2.1 新黄土、老黄土均可作为路堤填料。老黄土粘粒含量较高，土料不易打碎，湿度难以调节，不宜用作路床填料；新黄土的路用性能较好，可用于填筑路床。

6.6.2.2 在黄土地区修筑填方路基时，对填料和基底的压实、处理，应符合 3.3.1 条~3.3.4 条的规定。

对于高速公路和一级公路通过湿陷性黄土和压缩性较高的黄土地段时，或高路堤的地基允许承载力低于车辆动力荷载和路堤自重的压力时，还应按承载力要求对基底进行处理。

6.6.2.3 黄土地区的填方边坡高度可略高于一般地区土质的填方路基。当边坡高度小于和等于 30m，基底情况良好或经过处理时，可采用折线形边坡(图 6.6.2.3-1)或阶梯形边坡(图 6.6.2.3-2)。

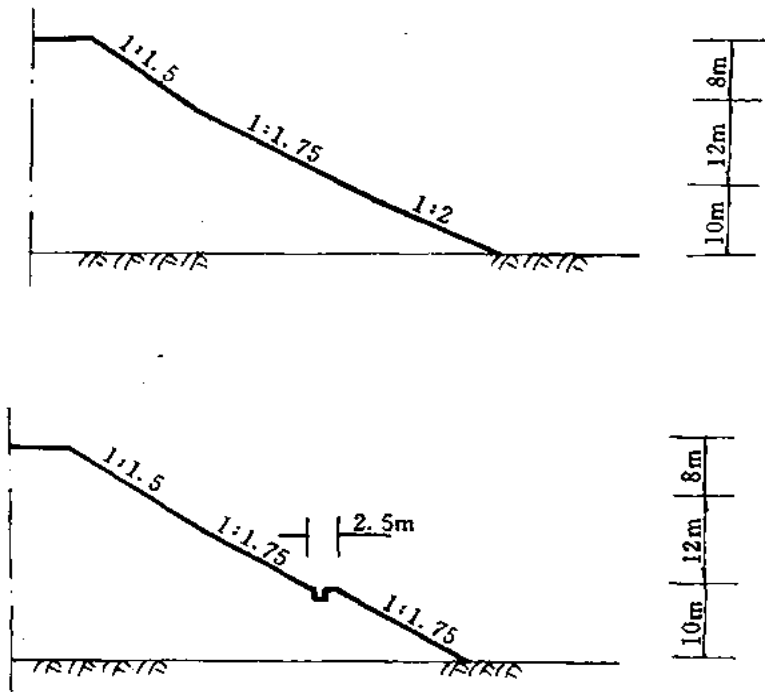


图 6.6.2.3-2 阶梯形边坡

对于填土高度大于 20m 的填方路基，应考虑竣工后填土和路面自重压密固结所产生的沉降量，且路基顶面每侧应预留加宽值。

6.6.2.4 对于边坡高度大于 30m 的填方路基，应进行特殊设计，必要时宜与挡土墙、桥梁方案相比较。路堤边坡形式及边坡坡

度,应根据压实土的抗剪强度指标,采用力学分析法经稳定性检算确定,并结合所处地形、地层及水文等不同条件论证采用。

6.6.2.5 路线通过黄土峁峁或冲沟时,二、三、四级公路上的填方路基,视实际情况可设置加筋土挡土墙。加筋土挡土墙的设计应符合部颁规范的规定。

采用坝式路堤跨越黄土冲沟应考虑坝路合一的特殊要求,可在坝端设涵洞泄水,涵洞进出口、排水沟及路肩应进行防护。

6.6.2.6 对于跨沟的高路堤(含坝式路堤)应避免滑坡、泥石流、陷穴等不良地质地段;对地表水应采取拦截、排除措施,防止渗漏、湿陷和冲蚀,减少地基土下沉;当地基土具有强湿陷性或较高的压缩性,地基承载力应满足要求,否则须采用预压、预先浸水或强夯等措施进行处理。

6.6.2.7 路基、路面排水设施必须完善,路面和路肩上的降水可采用散流或集中排除。边坡高度大于或等于4m的一般公路及边坡高度大于或等于2.5m的高速公路、一级公路路肩宜设拦水带将水流汇集,再通过填方边坡急流槽引离路基。路堤边坡可采用框格种草或其它防护措施。中央分隔带排水设计与一般地区路基相同,可按本规范第4章的规定执行。干旱少雨(雪)地区,也可不设置中央分隔带排水设施。

6.6.3 挖方路基

6.6.3.1 黄土路基边坡宜采用一坡到顶的直线形边坡,当边坡土质上下不同或边坡较高时,也可采用折线形边坡。

6.6.3.2 挖方边坡坡度可根据地面水和地下水条件、黄土分区(见图6.6.3.2)、黄土分类及边坡高度确定。边坡高度等于或小于20m的边坡坡度,可按表6.6.3.2确定。

6.6.3.3 高度超过20m的边坡设计,应进行详细的现场调查,根据土的物理力学性质、自然坡面的稳定情况及附近已建工程的边坡稳定性进行分析,一般公路可参照表6.6.3.2采用;高速公路、一级公路可取表列的较缓坡度值,且应进行稳定性验算,当采用圆弧滑动面法计算时,取稳定系数 $K \geq 1.25$ 。

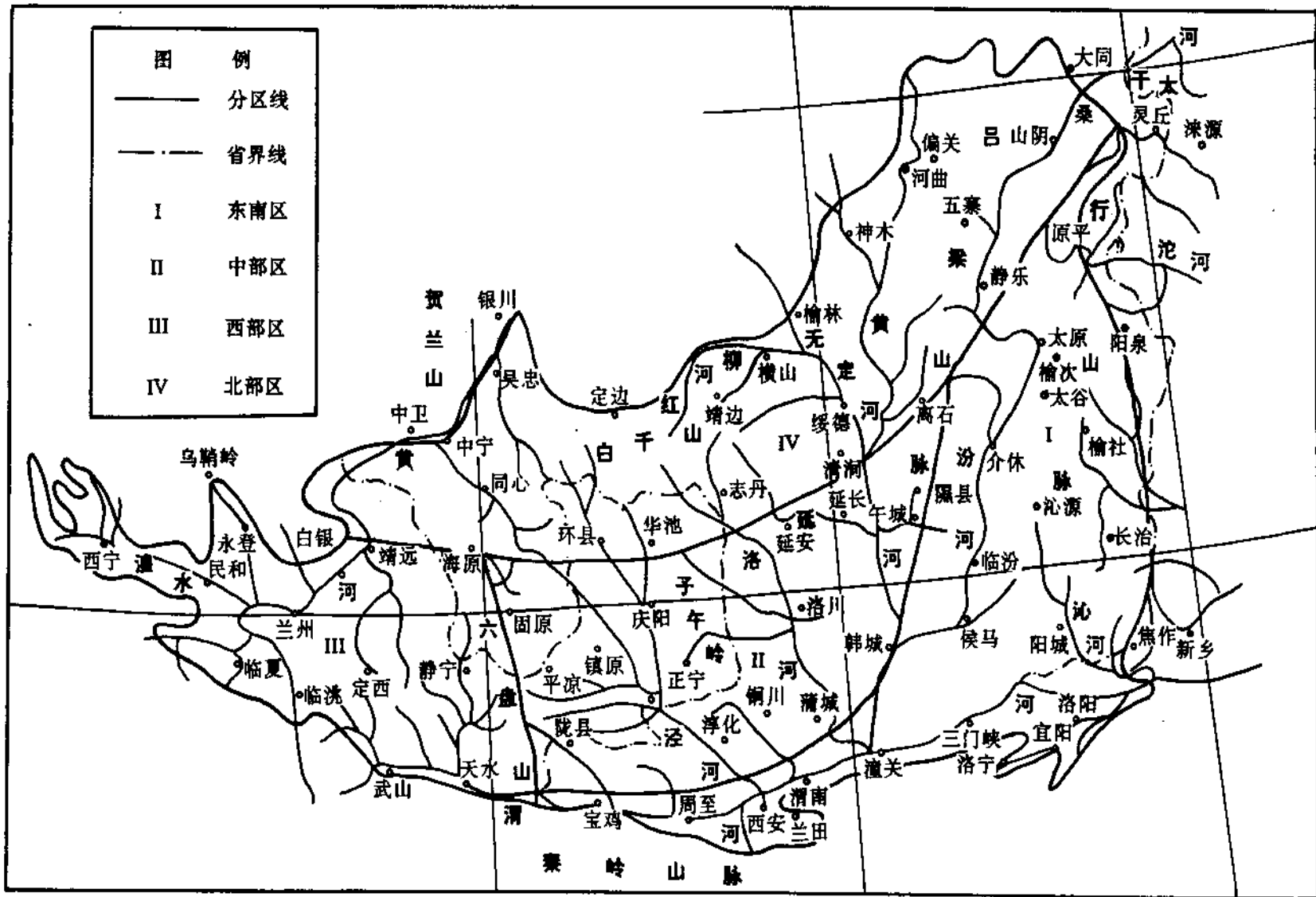


图 6.6.3.2 黄河中游黄土分区

6.6.3.4 黄土路基边坡高度不宜超过 30m。对于深路堑,当边坡高度大于 30m 时,应与隧道方案进行比较,仅局部路段大于 30m 时,应进行特殊设计,经验算后并结合该地具体条件,再参照表 6.6.3.2 论证分析采用。

6.6.3.5 当边坡高度超过 20m 时,可在边坡中部每隔 8~10m 高度设置 1.5~2.5m 宽的边坡平台一道,年平均降水量大于

黄土高原地区黄土路堑边坡坡度 表 6.6.3.2

分区	分类		边坡高度 (m)			
			≤6	6~12	12~20	20~30
I 东南区	新黄土 Q ₃ Q ₄	坡积	1:0.5	1:0.5 ~1:0.75	1:0.75 ~1:1.0	—
		洪积	1:0.2 ~1:0.3	1:0.3 ~1:0.5	1:0.5 ~1:0.75	1:0.75 ~1:1.0
	新黄土 Q ₃		1:0.3 ~1:0.5	1:0.4 ~1:0.6	1:0.6 ~1:0.75	1:0.75 ~1:1.0
	老黄土 Q ₂		1:0.1 ~1:0.3	1:0.2 ~1:0.4	1:0.3 ~1:0.5	1:0.5 ~1:0.75
II 中部区	新黄土 Q ₃ Q ₄	坡积	1:0.5	1:0.5 ~1:0.75	1:0.75 ~1:1.0	—
		洪积、冲积	1:0.2 ~1:0.3	1:0.3 ~1:0.5	1:0.5 ~1:0.75	1:0.75 ~1:1.0
	新黄土 Q ₃		1:0.3 ~1:0.4	1:0.4 ~1:0.5	1:0.5 ~1:0.75	1:0.75 ~1:1.0
	老黄土 Q ₂		1:0.1 ~1:0.3	1:0.2 ~1:0.4	1:0.3 ~1:0.5	1:0.5 ~1:0.75
	红色黄土 Q ₁		1:0.1 ~1:0.2	1:0.2 ~1:0.3	1:0.3 ~1:0.4	1:0.4 ~1:0.6
III 西部区	新黄土 Q ₃ Q ₄	坡积	1:0.5 ~1:0.75	1:0.75 ~1:1.0	1:1.0 ~1:2.5	—
		洪积、冲积	1:0.2 ~1:0.4	1:0.4 ~1:0.6	1:0.6 ~1:0.75	1:0.75 ~1:1.0
	新黄土 Q ₃		1:0.4 ~1:0.5	1:0.5 ~1:0.75	1:0.75 ~1:1.0	1:1.0 ~1:1.25
	老黄土 Q ₂		1:0.1 ~1:0.3	1:0.2 ~1:0.4	1:0.3 ~1:0.5	1:0.5 ~1:0.75

续上表

分区	分 类		边 坡 高 度 (m)			
			≤6	6~12	12~20	20~30
北 IV 部 区	新黄土 Q ₃ Q ₄	坡 积	1:0.5 ~1:0.75	1:0.75 ~1:1.0	1:1.0 ~1:1.25	—
		洪积、冲积	1:0.2 ~1:0.4	1:0.4 ~1:0.6	1:0.6 ~1:0.75	1:0.75 ~1:1.0
	新 黄 土 Q ₃		1:0.3 ~1:0.5	1:0.5 ~1:0.6	1:0.6 ~1:0.75	1:0.75 ~1:1.0
	老 黄 土 Q ₂		1:0.1 ~1:0.3	1:0.2 ~1:0.4	1:0.3 ~1:0.5	1:0.5 ~1:0.75
	红 色 黄 土 Q ₁		1:0.1 ~1:0.2	1:0.2 ~1:0.3	1:0.3 ~1:0.4	1:0.4 ~1:0.6

注：表内边坡值为设平台后的平均值。

250mm 的地区，平台上应设排水沟，并应予以防护。

6.6.3.6 边坡较高、易于风化剥落的黄土坡面，应设置防护工程，边坡坡脚处宜设置碎落台。对于高速公路、一级公路的碎落台及坡脚以上 2~3m 高度范围内的坡面应设置护面墙或护坡。

6.6.3.7 为减少地面水冲刷挖方边坡，应在挖方边坡坡顶外设置截水沟或挡水埝。路基边沟、截水沟、排水沟等沟底纵坡超过表 6.6.3.7 的规定或有冲刷可能及防渗需要时，应进行防护。

高速公路、一级公路的边沟和截(排)水沟均应进行防护。

排水沟渠防护的纵坡坡度

表 6.6.3.7

黄土类型	新 黄 土	老 黄 土	红 色 黄 土
纵坡坡度(%)	1~2	2~3	3~4
工程性质	湿陷性黄土		非湿陷性黄土

注：①二级公路宜采用表列较小值。

②表列数值应根据该地区年平均降水量、汇流水量的情况分析采用。

6.6.3.8 在有地下水活动的挖方路段，应采取截排地下水及防止地面水渗漏等措施，设必要的防护工程，以保证路基稳定。

6.6.3.9 黄土地区路基的挖方弃土，不应倾倒入冲沟中，宜与改地造田相结合，妥善处理。弃土堆的纵横坡不宜过大，表面宜平

顺,周围应采取防止水土流失的措施。

6.6.4 防治措施

6.6.4.1 路线通过湿陷性黄土地段应加强路基排水,对危害路基稳定的黄土陷穴应进行处理。

6.6.4.2 黄土陷穴的处理方法应根据陷穴埋藏深度及大小确定,可采用开挖回填夯实及灌砂、灌浆等方法处理,处理宽度视公路等级而定。

6.6.4.3 为防止产生或再生新的黄土陷穴,应整平路基附近的地面坑凹、堵塞挖方边坡坡顶上方裂缝和填平夯实积水洼地,防止渗漏。

6.6.4.4 高速公路、一级公路通过湿陷性黄土地区时,除应完善处理地下排水与地面排水外,还应以防渗漏、防湿陷病害产生为主;对已产生和可能产生湿陷的地基,采用灌水预先浸湿、石灰桩或重锤夯实等方法进行压密、加固处理。

6.7 膨胀土地区路基

6.7.1 一般规定

6.7.1.1 膨胀土地区路基设计,应查明膨胀土分布范围、成因类型、土体的结构层次、地下水分布及埋藏条件和膨胀土的矿物成分、物理、力学性质及膨胀特性等资料。

6.7.1.2 路基设计应综合考虑膨胀土类型、土体结构与工程特性、环境地质条件与风化深度等因素,确保路基的稳定,满足路用要求。

6.7.1.3 路基设计应避免大填、大挖,以浅路堑、低路堤通过为宜。当路基填挖大、工程艰巨、稳定性差时,应与桥梁、隧道方案比较。

6.7.1.4 高速公路及一、二级公路通过强膨胀土或中等膨胀土地段时,路基设计应以防水、保湿、防风化为主,结合坡面防护、降低边坡高度、连续施工、及时封闭路床和坡面。路肩、中央分隔带应设置与路面相同的不透水基层。

6.7.2 填方路基

6.7.2.1 高速公路及一、二级公路填土高度小于1m的路堤,基底为强膨胀土或中等膨胀土时,宜挖除地表30~60cm的膨胀土,将路床换填非膨胀土,或将土翻松,掺石灰处理,并随即压实。

6.7.2.2 强膨胀土不应作为路基填料。高速公路及一、二级公路采用中等膨胀土作为路床填料时应改性处理后方可填筑,作为路堤填料应视土质、气候、路基水文条件等情况采用防水、保温、封闭、坡石防护等措施。三、四级公路可采用中等膨胀土作为路基填料;当铺筑高级路面、次高级路面时,作为上路床填料应改性处理。

掺石灰或石灰、粉煤灰的最佳配比,以其掺灰后胀缩总率不超过0.7为宜。

6.7.2.3 膨胀土填筑的路基,应及时辗压密实,路基压实应按3.3.2条规定执行。

6.7.2.4 膨胀土地区路堤边坡可选用下列形式:

直线式:一坡到顶的直线形边坡,适用于用弱膨胀土填筑的低路堤。

折线式:填土较高或用不同土质分层填筑的路堤,可采用折线形边坡,一般为上陡下缓。

6.7.2.5 采用中等膨胀土及弱膨胀土填筑路堤,边坡坡度可按表6.7.2.5确定。

膨胀土路堤边坡坡度

表 6.7.2.5

边坡高度(m)	边 坡 坡 度	边坡高度(m)	边 坡 坡 度
<6	1:1.5~1:1.75	6~10	1:1.75~1:2.0

6.7.2.6 路堤边坡的防护,经改性处理或用非膨胀土外包封闭的可按一般路基防护处理。

6.7.2.7 取土坑开挖深度宜控制在当地大气影响深度之内。大气影响深度可参照国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》第3.2.4条和3.2.5条规定办理。

6.7.3 挖方路基

6.7.3.1 挖方路基应根据膨胀土类别、公路等级,对路床进行封闭处理。在强膨胀土及中等膨胀土地段,路床应超挖 30~60cm,用改性的膨胀土或非膨胀土,及时分层回填和压实。

6.7.3.2 路堑的边坡形式可采用直线式、折线式或阶梯式。边坡坡度可按表 6.7.3.2 确定。

膨胀土路堑边坡坡度

表 6.7.3.2

膨胀土类别	边坡高度(m)	边 坡 坡 度	边坡平台宽度(m)
弱 膨 胀 土	<6	1 : 1.5	—
	6~10	1 : 1.5~1 : 2.0	1
	>10	1 : 1.75~1 : 2.0	1
中等膨胀土	<6	1 : 1.5~1 : 1.75	—
	6~10	1 : 1.75~1 : 2.0	2
	>10	1 : 1.75~1 : 2.5	2
强 膨 胀 土	<6	1 : 1.75	—
	6~10	1 : 1.75~1 : 2.5	2~4
	>10	1 : 2.0~1 : 2.5	2~4

6.7.3.3 深堑边坡稳定性检算

深路堑边坡坡度可参照工程地质、水文地质和环境地质相似条件下同类型膨胀土稳定的边坡进行设计。

高速公路、一级公路除满足上述规定外,还应结合膨胀土斜坡破坏类型、路堑边坡形式及水文地质条件,考虑膨胀土变动强度与强度衰减的特性,对深路堑边坡进行稳定性验算。

土质均匀且无节理面时,可按圆弧滑动面法验算。

土质较薄,土层与岩层间存在软弱层时,取软弱层面为滑动面进行验算。

层状构造的膨胀土,如层面与坡面斜交,且交角小于 45°时,验算层面的稳定性。

验算稳定性时,应取土体沿滑动面饱和状态时的抗剪强度值,稳定安全系数可取 1.2。

6.7.3.4 排水措施

边沟应较一般路基的边沟适当加宽和加深,路堑边沟外侧须设平台。

阶梯式边坡,应在每一级平台内侧设排水沟。

挖方上侧应设截水沟,其位置距坡口不应小于 5m。

边沟、截水沟、排水沟、平台应采用浆砌片石或混凝土预制块在开挖后随即铺砌封闭,对裂缝必须进行灌浆处理,严防渗漏和冲刷。

6.7.3.5 路堑边坡防护

弱膨胀土路堑边坡防护,可根据公路等级、边坡高度结合当地具体条件按第五章规定办理。

强膨胀土及中等膨胀土路堑边坡应进行全封闭防护,可采用浆砌片石、浆砌混凝土预制块护坡或浆砌挡土墙。挡土墙可设一级、两级或多级,每级高度不宜大于 3m。挡土墙基础应埋置在风化层、软弱结构面以下的坚实土层上,一般距地面不小于 1.5m,基底应掺石灰处理,进行封闭,墙顶的平台应设混凝土防水层。挡土墙设计尚应符合现行部颁规范的规定。

6.7.3.6 沿线弃土堆应设置在路堑顶部 10m 以外。弃土堆可堆成梯形横断面,边坡不应陡于 1:1.5,高度不宜大于 3m。

6.8 盐渍土地区路基

6.8.1 一般规定

6.8.1.1 盐渍土地区的路基设计应查明沿线不同类型盐渍土的分布范围、含盐特征及地下水、地面水等情况。

6.8.1.2 在盐渍土地区筑路,应根据盐渍土类型及盐渍化程度,研究和分析可能产生的路基病害,如溶蚀、盐胀、冻胀、翻浆等,以及当地处理病害的经验,以便采取相应的处理措施。

6.8.1.3 盐渍土地区路基应保证排水畅通,不致因积水使土中盐分发生不利的变化。

6.8.1.4 在盐渍土地区修筑公路宜以路堤通过,当受条件限制采用路堑时,应进行超挖并回填渗水性土。

6.8.2 盐渍土分类

6.8.2.1 盐渍土按含盐性质的不同,可分为五类,见表 6.8.2.1。

盐渍土按含盐性质分类

表 6.8.2.1

盐渍土名称	离子含量比值		盐渍土名称	离子含量比值	
	$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{--}$	$\frac{\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-}{\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{--}}$		$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{--}$	$\frac{\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-}{\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{--}}$
氯化盐渍土	>2	—	盐酸盐渍土	<0.3	—
亚氯化盐渍土	1~2	—	碳酸盐渍土	—	<0.3
亚硫酸盐渍土	0.3~1	—			

注:离子含量以 100g 土中离子的毫克当量数计。

6.8.2.2 盐渍土按盐渍化程度不同,可分为四类,见表 6.8.2.2。

盐渍土按盐渍化程度分类

表 6.8.2.2

盐渍土名称	土层的平均含盐量 (以质量百分数计)		盐渍土名称	土层的平均含盐量 (以质量百分数计)	
	氯化盐渍土及 亚氯化盐渍土	硫酸盐渍土及 亚硫酸盐渍土		氯化盐渍土及 亚氯化盐渍土	硫酸盐渍土及 亚硫酸盐渍土
弱盐渍土	0.3~1.0	0.3~0.5	强盐渍土	5~8	2~5
中盐渍土	1~5	0.5~2.0	过盐渍土	>8	>5

注:含盐量以 100g 干土内的含盐总量计。

6.8.3 填方路基

6.8.3.1 盐渍土路基高出地下水位的最低高度应根据盐渍土类型、公路等级、路面要求,结合毛细水强烈上升高度、冻胀深度(或盐胀深度、蒸发深度)和安全高度三个因素确定。

盐渍土路基高出地下水位或地表积水位的最小高度,不应低于表 6.8.3.1 的规定。

盐渍土路基最小高度

表 6.8.3.1

土 名	最 小 高 度 (m)		土 名	最 小 高 度 (m)	
	弱、中盐渍土	强 盐 渍 土		弱、中盐渍土	强 盐 渍 土
中沙、细沙	1.0~1.2	1.1~1.3	粘质土	1.8~2.3	2.0~2.5
砂类土	1.3~1.7	1.4~1.8	粉质土	2.1~2.6	2.3~2.8

6.8.3.2 盐渍土填筑路堤的可用性,应根据当地气候、水文地质条件按表 6.8.3.2 确定。

盐渍土作为路基填料的可用性鉴定

表 6.8.3.2

盐渍土名称	硫酸盐渍土及亚硫酸盐渍土	氯盐渍土及亚氯盐渍土			
		公 路 自 然 区 划			
		IV ₂ 、VII ₂	IV ₁ 、VII ₁ 、VII ₄ 、VII ₆	II ₂ 、II ₃ 、II ₄ 、II ₅ 、III V ₄ 、VII ₂ 、VII ₄	
弱盐渍土	可用	可用	可用	可用	
中盐渍土	部分可用 ^①	可用	可用	可用	
强盐渍土	不可用	可用	条件好时 ^② 可用	采取措施 ^③ 后可用	
过盐渍土	不可用	条件好时 ^② 可用	采取措施 ^③ 后可用	不可用	

注: ①中、低级路面可用;硫酸盐含量大于 1%时,高级路面不可用,或采取化学改性处理后可用。

②水文、水文地质条件好时可用。

③采取提高路基、设置毛细隔断层等措施。

碳酸盐渍土作为路基填料时,碳酸盐含量不应超过 0.5%。

6.8.3.3 盐渍土路堤边坡坡度,可根据盐渍土的土类和盐渍化程度,按表 6.8.3.3 确定。

盐渍土路堤边坡坡度

表 6.8.3.3

土的分类	盐 渍 化 程 度	
	弱、中盐渍土	强 盐 渍 土
粘质土	1 : 1.50	1 : 1.50~1 : 1.75
砂类土	1 : 1.50	1 : 1.50~1 : 2.00

6.8.3.4 盐渍土地区路基除地下水位特别高的情况外,宜采

用设取土坑与护坡道的横断面形式。取土坑底部高出地下水位不应小于 15cm,坑底应设置 2%~3%横坡和不少于 0.2%的纵坡。排水困难的地段应在取土坑外设挡水埝。护坡道宽应大于 2m,并设置 1%~2%向外倾斜的横坡。

6.8.4 防治措施

6.8.4.1 盐渍土路基可采用排除地面水、提高路基、换填渗水性土、铲除地表过盐渍土、设置毛细水隔断层等防治措施。

6.8.4.2 当地表为过盐渍土或有盐结皮和松散土层时,应将其铲除。铲除深度应通过试验确定,铲除的过盐渍土应堆置在距路基较远的低处。如地表过盐渍土过厚亦可部分铲除,再用渗水性土填筑路堤。

6.8.4.3 为防止路基冻胀、翻浆、盐胀及再盐渍化,可在路堤下部设置毛细水隔断层,隔断层宜采用渗水性粗粒料填筑,厚 40~50cm,其顶、底面应设反滤层;也可用沥青砂、防渗型土工织物等不透水材料修筑。

6.8.4.4 硫酸盐渍土路段,为减轻盐胀,可对填筑路床的硫酸盐渍土进行化学处理,常用的化学掺加剂有 CaCl_2 , BaCl_2 等,掺加剂剂量根据试验确定。

6.8.4.5 采用盐渍土修筑的高速公路、一级公路,路肩及边坡均应采用加固措施,或加宽路基以保证路基的有效宽度,加宽值宜为 0.2~0.3m。

6.8.5 干涸盐湖地段路基

6.8.5.1 干涸盐湖地段的路基设计应查明岩盐的种类、工程性质、溶蚀情况及地下水水位、含盐特征情况。

6.8.5.2 在干涸盐湖地段填筑路堤,可利用岩盐作为填料。

6.8.5.3 干涸盐湖地段的高速公路、一级公路应分期修建。其它等级公路,可采用低路堤的路基横断面形式,路堤高度不宜小于 0.3m,路堤边坡坡度可采用 1:1.5。

6.8.5.4 当盐湖地表下有饱和盐水时,宜采用设有取土坑及护坡道的路基横断面。护坡道宽度应大于 2m。

6.8.5.5 当地表有溶蚀、溶沟、溶塘时,应用填料填补,并洒饱和盐水,分层夯实。

6.9 风沙地区路基

6.9.1 一般规定

6.9.1.1 风沙地区的路基设计应查明当地气象(特别是主导风向和风速)、地形、地貌、植被、土质、水文地质、沙源及沙丘的移动规律、筑路材料(尤其是防护材料)和水源等资料。

6.9.1.2 在风沙地区筑路,应调查当地治沙经验,结合公路工程的特点,确定有利于风沙流顺畅通过的路基横断面形式及防止路基被风沙吹蚀和积沙掩埋的防护措施。

6.9.1.3 在风沙流比较严重的地区,应按照就地取材、因地制宜、综合治理的原则,除对路基采取防护措施外,还应在路基两侧建立完善的防沙体系。修筑公路时应保护路基两侧地表原有植被和地表硬壳。

6.9.1.4 风沙地区路基可不设置边沟等排水设施。如有必要,应设置宽浅形边沟。

6.9.2 填方路基

6.9.2.1 风沙地区填方路基应尽量采用流线形横断面。路肩与边坡相交的棱角宜设成圆弧形。

6.9.2.2 风沙地区路基应以低路堤为主,填土高度应根据路堤上的风向、风速变化等情况确定,一般不应小于 0.3m,以 1.0m 左右为宜。沙丘起伏地带,路堤高度宜比路基两侧 50m 范围内沙丘的平均高度高出 0.3~0.5m。

6.9.2.3 风沙地区路堤边坡坡度应根据填料、填土高度、风向、路侧地形及防护情况,参照表 6.9.2.3 选用。

6.9.2.4 路侧取土坑应设在背风侧坡脚 5m 以外,设计成弧形的浅槽。必要时,对取土坑应采取防护措施。

6.9.2.5 为防止沙质路基受风沙吹蚀,应根据公路等级、材料来源、风力、风向等对路肩及边坡进行防护。各类防护的要求见表

6.9.2.5。

填方路基边坡值

表 6.9.2.3

边坡坡度 (1:m)	适用条件	草 丛 固定沙地	裸 露 平坦沙地	流动沙地 及沙垄	备 注
0.3~0.5		1:3	1:5	1:6	路侧设有综合治理措施 的路段,可按草丛固定 沙地的边坡推荐值设计 路基边坡,坡面应设防 护
0.5~1.0		1:4	1:7	1:8	
>1.0		1:2	1:3	1:3	

路基防护类型

表 6.9.2.5

分 类	防 护 类 型		材 料	防护厚度(cm)		适用范围
	形 式			路 肩	边 坡	
柴草类 防 护	层 铺		麦秸稻草、芦苇、沙 蒿等	5~10	5~10	可用于
	平铺植物束或芭块		枝条、芦苇、芨芨草 等	5~10	5~10	
	平铺或叠铺草皮		草 皮	平 铺 10~15	平 铺 10~15	
土 类 防 护	摊铺粘土		塑性指数大于 10 的粘质土	10~15	5~10	一般公路
	平铺盐盖		碎石盐盖	10~15	5~10	
砾石、卵 石、片石 类防护	平铺砾石、卵石		砾石、卵石	10~15	5~10	可用于
	栽砌格状砾石、卵石、 片石		砾石、卵石片石	10~15	5~7	
沥青类 防 护	平铺沥青砂		沥青砂	5	5	高速公路 一级公路
	喷洒沥青乳化剂		低标号沥青乳化剂	2	2	
格栅防护	平铺土工格栅		聚合物土工格栅	—		

6.9.2.6 风沙地区路基填土宜采用振动压路机和履带拖拉机分层碾压,并满足规定的压实度要求。当地基松散时可先铺设一层土工织物再行压实。

6.9.3 挖方路基

6.9.3.1 风沙地区路基应避免采用较长(长于 30m)和较深(深

于 6m)的路堑。

6.9.3.2 风沙地区路堑形式及挖方边坡应根据挖方深度、风力、风向、路侧地形及防护情况,参照表 6.9.3.2 选用。

挖方路基横断面形式及边坡值 表 6.9.3.2

挖方深度 (m)	横断面 形式	边坡值 (1:m)	积沙平台 宽度(m)	适用范围
≤1.5	敞开式	1:4~1:10	1~2	适用于流沙地段,路线与主导风向交角为 45°~90°的路段,且路侧无防护或只有少量防护措施
>1.5	一般式	1:1.5~1:4.0	2~4	路侧设有相应防护措施的流沙路段;固定沙地地段;路线与主导风向平行的流沙路段

6.9.3.3 路线与主导风向正交时,应使路堑顶宽与路堑深度的比值尽可能接近 20~30 的范围,以减少堑内的积沙。

6.9.3.4 弃土堆一般应设置于背风一侧的低洼处,距离路堑坡顶不应小于 10m,并应尽量摊平,不得随意堆放。必要时,应采取防护措施。

6.9.3.5 路堑应根据公路等级及筑路材料情况,参照表 6.9.2.5 的要求对路肩、边坡坡面和坡顶外 20~30m 范围进行防护。

6.9.4 路侧防沙工程

6.9.4.1 路侧防沙工程应有总体布置,并形成完善的系统。其设置范围和部位应根据风沙活动特征、风况、输沙量、地形、防护材料性质及公路等级和使用要求等确定。通常采取固、阻、输、导等措施综合治理。

6.9.4.2 在适宜植物生长的地区,应优先选用植物固沙。无条件栽种植物或植物固沙未起作用之前,可利用砾石、卵石、粘质土、柴草、盐盖或其他材料平铺固沙。

6.9.4.3 为降低地表风速,抑止就地起沙,并拦阻一部分外来沙,可利用柴草类材料在路基迎风侧设置立式沙障固沙。低立式沙障距离路基应大于 20m,高立式沙障应大于 50m。

6.9.4.4 在沙源极为丰富的风沙地区,应在路基迎风侧 200m 以外设置阻沙措施,以拦截风沙和限制积沙移动。一般可采用墙

式、堤式、栅式、带式的阻沙障。

6.9.4.5 在平坦的流动沙地和风沙流地区以及路线与主导风向交角为 $45^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 的流动沙丘地段,宜采取必要的输沙措施,如设置浅槽、风力堤、聚风板等,以使流沙顺利越过路基而不产生堆积。

6.9.4.6 路线与主导风向交角为 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 时,可采取改变风沙流或沙丘运动方向的导流方法,宜在路基迎风侧 $50\sim 100\text{m}$ 以外设置导沙墙、导沙板等措施。

6.9.4.7 路基两侧 $20\sim 30\text{m}$ 范围内的地面应保持平顺,地上的突起物或灌丛均应铲除,并予整平,形成平整带。

6.9.4.8 防护带的设置应与当地治沙规划相结合。设置宽度应根据沙源、风沙流活动强度和沙丘移动特征等因素确定。迎风侧不宜小于 200m ;背风侧如为单向风时,可不设,如有反向风时,则应设置宽度不小于 50m 的防护带。防护带宜采用种草、灌木和乔木相结合,先期树种与后期树种相结合,以及乡土树种与引进树种相结合的原则进行栽植。

6.9.4.9 为根治沙害和保护防护带,应在两侧防护带之外,根据风沙严重程度设置植被保护带。植被保护带宽度一般在路基的迎风侧不应小于 300m ,在路基的背风侧不应小于 100m 。

6.10 雪害地段路基

6.10.1 一般规定

6.10.1.1 路线通过积雪地段,应调查沿线气象、地形及地貌特点、冬季风力与风向及其频率和持续时间、年总降雪量、最大及平均积雪深度、冬季气温及冻融时间、风雪流的主导风向、风吹雪的类型及其危害程度等。

在修筑高路堤、开挖储雪场及整修山坡的地段,还应查明当地工程地质及水文地质情况。

6.10.1.2 路线通过雪崩地段,应查明雪崩类型、危害程度及范围、雪崩发生频率及当地地形等情况,必要时测绘汇雪面积地形图

和雪崩路线纵断面图。

6.10.1.3 在积雪地段,应根据当地风雪情况及地形条件,合理设计路基横断面形式,并宜采用填方,避免少设路堑。必要时,在工程量增加不大的情况下,可适当加宽路基。

6.10.1.4 路线通过山岭、丘陵时,应尽量利用四边通风的开阔地、台地、山梁、陇岗等地形布设路线。对于可能发生严重积雪的地段,应采取绕避措施。路线走向与风雪流的主导方向交角不宜大于 30° ;在有条件时,应尽量使其平行。

为防止风吹雪在路基上停积,一般可采用防雪栅栏、防雪堤等措施,在风吹雪严重路段可采用导风板等措施。

6.10.1.5 在可能发生雪崩的路段,路线应尽量绕避,必须通过时,可按照稳定山坡积雪,改变雪崩运动方向,减缓雪崩运动和清除积雪等原则,采用水平平台、导雪堤(墙)、土丘、防雪林带等设施;在雪崩较严重路段,高速公路、一级公路及有特殊要求的公路,也可采用防雪走廊、明洞、隧道等遮挡构造物。

6.10.1.6 植物防治是治理雪害的普遍适用措施,在有条件的路段,应首先考虑采用。

6.10.2 防治原则

6.10.2.1 雪害地段路基设计,在风吹雪地段,以导为主,根据雪害地段的地形、地物等按公路等级、使用年限及积雪类型、危害程度因地制宜综合治理。

6.10.2.2 在平坦开阔地区,宜采用较高的路堤,路堤高度应比当地最大积雪深度高出 $0.3\sim 0.5\text{m}$,在风吹雪地段应高出 $0.5\sim 1.0\text{m}$;路基两侧各 $15\sim 20\text{m}$ 的范围内宜清除障碍,以防止路堤积雪,否则,应设置防雪设施。

根据需要,填方路堤的取土坑也可用作储雪场。

6.10.2.3 路堤迎风面的边坡应尽量放缓,沿主导风向的边坡坡度等于或缓于 $1:4$ 。

6.10.2.4 风雪流路段的路线纵坡在迎风路段不应大于 7% ;弯道设超高路段合成纵坡不得大于 8% ;背风路段不应大于 5% 。

6.10.2.5 雪害严重地段的路基工程,可采用敞开式路基横断面并加宽路基。

6.10.2.6 山坡上的路堑,可根据积雪量的大小,采用整修内侧山坡或设置储雪场等措施。

6.10.2.7 高速公路、一级公路的中央分隔带宜与路面平齐相接,并要有利于风雪流顺滑通过。

6.10.3 防治措施

6.10.3.1 防雪林

为防止路基积雪,当条件适宜时,可在路基的一侧或两侧种植防雪林带,防雪林带的宽度不宜小于 20m。

选择防雪林的类型、树种,应根据当地积雪深度、土质及气候条件等确定,宜尽量采用乔、灌木混合林型,并应与当地林业部门联系,选用能早期和长期起到防护作用的树种。防雪林到路基的净距可按防护林高度的 10 倍设置,但不应小于 25m。

6.10.3.2 防雪栅

风雪量较小但持续时间较长、风向变化不大的路段,可采用固定式防雪栅。固定式防雪栅的高度应根据风力及雪量大小而定,但不宜小于 3m。从路基边缘到防雪栅的距离,应根据栅后积雪堤的长度确定,一般为 30~50m。

风向多变、风力大、雪量多的路段,可采用移动式防雪栅,移动式防雪栅的高度宜为 1~2m。防雪栅的初设位置,距离路基边缘为 20~50m。

防雪栅应布置在迎风一侧,并与冬季主导风向垂直,当地形开阔、积雪量过大时,可设置两排防雪栅,间距宜为 50~80m。

6.10.3.3 导风板

下导风板适用于路线与主导风向的交角大于 30° 及迎风山坡坡度小于 40° 的路段。否则,宜采用侧导风板。

导风板的位置应根据当地主导风向、路基横断面形式及地形等条件而定,下导风板宜设在迎风侧的路肩附近,侧导风板宜设在迎风侧路基边缘以外不小于 15m 处。

导风板可采用木材或木材、钢材与混凝土联合制成。

6.10.3.4 防雪堤(墙)

积雪较少,且不宜设置防雪栅的路段,可在迎风侧设置防雪堤(墙)。防雪堤(墙)可用土石筑成。

防雪堤(墙)的高度,可采用1.0~1.5m,防雪堤(墙)到路基边缘的距离,一般可采用20~30m,但不应小于10m。

6.10.3.5 水平台阶

地面横坡小于 45° 、土层较厚且透水性较好、不易产生滑坡或泥流的山坡上,为防止小型雪崩,可沿等高线开挖水平台阶。

水平台阶应自雪崩裂点开始,以一定的间距沿等高线开挖,台阶间距应视山坡坡度而定,一般为15m。台阶宽度则依最大积雪厚度与山坡坡度而定,一般为2m。开挖台阶的弃土可堆填在台阶的下方,以加宽台阶。

6.10.3.6 稳雪栅栏

坡度较陡、土层较薄、透水性差不宜开挖水平台阶的山坡,可沿等高线设置栅栏以稳定山坡上的积雪。稳雪栅栏宜设置多排,最高一排栅栏应尽可能在雪崩裂点附近及雪檐下方。

栅栏可用木材、钢材、钢筋混凝土或铁丝网制成。

6.10.3.7 土丘及楔

土层较厚,坡度小于 30° 的雪崩沟内,可设置土丘,以减低雪崩速度;楔还有分割雪体的作用,设置地点宜选在雪崩途径的坡折处,布设一个或多个。

土丘及楔的高度应大于最大雪崩锋面高度。

土丘可用土、石筑成,楔可用木材、圪工或铁轨等制成。

6.10.3.8 导雪堤

为减缓雪崩速度,并改变雪崩流动方向,在宽的雪崩槽中,可以设置导雪堤。导雪堤应自沟槽一侧下斜伸至沟中,与雪崩流的交角不应大于 30° 。

导雪堤的高度,应大于雪崩最大锋面高度。导雪堤可用土、石、石笼或混凝土筑成。

6.10.3.9 防雪走廊

雪崩严重的路段,可修筑防雪走廊。防雪走廊可用钢筋混凝土或浆砌圬工修筑,走廊内墙应按挡土墙设计,墙后填土应与山坡相接。为减轻雪体对防雪走廊顶部的冲击,顶上应铺土并夯实。

防雪走廊净空应满足隧道净空的技术标准的规定。

6.11 涎流冰地段路基

6.11.1 一般规定

6.11.1.1 路线通过涎流冰地段,应对当地地形、气象、涎流冰的水源、类型及规模、危害情况及当地防治经验等进行调查。

对河谷涎流冰还应调查汇水面积、水位、流量等资料。

6.11.1.2 在冰冻或高寒地区,路线应尽量设在干燥的阳坡上,并以路堤或浅挖方形式通过为宜。

6.11.1.3 涎流冰地段的路基设计,应以防为主,防治结合,路线应避让涎流冰严重地段,当必须通过时,尽量不切割含水层或采取排、挡、截等防治措施进行处理。

山坡涎流冰除设法将山坡水引离外,还可采用挡冰墙、聚冰坑或挡冰堤、聚冰沟等施設。当山坡地下水量较大时,可设置渗沟、暗沟等地下排水设施。

聚冰沟或聚冰坑应设净空较高的涵洞排除融冰水。

对河谷涎流冰,一般应提高路基,并采用跨径较大的桥涵跨越,以免涎流冰溢上路面。

6.11.2 防治措施

6.11.2.1 桥涵

当采用桥涵跨越涎流冰时,桥涵净空应满足历年最高涎流冰冰位加壅冰高度,再加 0.5m 安全高度。

跨越涎流冰的桥梁、涵洞在冬季易被积冰堵塞,净空应适当提高;在进口附近可采用清理沟床或设置聚冰坑。

6.11.2.2 聚冰沟和挡冰堤

对于冲积扇或缓山坡上的涎流冰,可在路基上边坡外设置聚

冰沟。聚冰沟可设置多道。第一道聚冰沟应从水源起顺山坡或沟谷布设,将水导入附近的河沟或桥涵。

聚冰沟横断面应根据地形、地质、水量、聚冰量确定,一般沟深为1~2m,底宽为0.8~1.0m。

挡冰堤宜用开挖聚冰沟的土石在沟的下方填筑。一般高0.8~1.2m,堤顶宽为0.6~1.0m,边坡不宜陡于1:1.5,当采用干砌片石时,边坡可陡至1:0.5。

6.11.2.3 挡冰墙和聚冰坑

挡冰墙应设在边沟外侧,并采用浆砌片、块石砌筑;当为干砌时,应采用大块石砌筑。挡浆墙高度由聚冰量确定,一般为1~2m,顶宽为0.4~0.6m,外侧边坡为1:0.2,内坡可直立。

当聚冰量大时,可在挡冰墙外侧设置聚冰坑。一般可利用天然山坳或由超挖边坡筑成(图6.11.2.3)。聚冰坑的大小,由聚冰量确定,一般底宽为1.5~3.0m。

土质地段的聚冰坑,可根据坡面渗水和土质情况,在边坡坡脚设置干砌片石矮墙。边沟应采用浆砌片石防护。

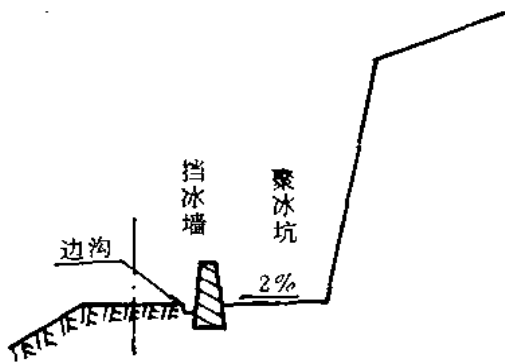


图 6.11.2.3 挡冰墙、聚冰坑

6.11.2.4 地下排水措施

当有地下水出露时,可采用渗沟、暗沟等地下排水设施,将地下水引离路基。

地下排水设施应设在冻结深度以下,并作好出水口的保温措施。

附录 A 石料技术要求

公路路基工程所用石料,应为石质均匀、不易风化、且未风化、无裂纹的硬质石料。各种石料的抗压强度不应低于下列数值:

1. 片石、块石不应低于 30MPa;用于附属工程的片石不应低于 20MPa。

2. 粗料石不应低于 40MPa。

3. 严寒地区(一月平均气温低于 -15°C)或寒冷地区(一月平均气温 $-15^{\circ}\text{C}\sim-5^{\circ}\text{C}$)使用石料的抗冻性要求:用直接冻融法试验,在严寒地区,冻融循环进行 25 次,寒冷地区,冻融循环进行 15 次,经抗冻性试验后的石料,在表面上应无明显损伤(剥落、裂缝、掉角)现象,其抗压强度不应低于试验前的 0.75 倍。当石质坚硬、未风化、无裂纹时,可根据使用经验确定。

各种石料规格:

1. 片石:形状可不受限制,但其中部厚度不应小于 15cm,质量约 30kg。

2. 块石:形状应大致呈立方体,无锋棱凸角,顶面及底面应大致平行;其厚度不宜小于 20cm,长度及宽度不小于其厚度。

3. 粗料石:砌筑镶面用,其厚度不应小于 20cm,并不宜小于长度的 $1/3$,宽度不应小于厚度,长度不得小于厚度的 1.5 倍。

附录 B 本规范用词说明

一、对规范条文执行严格程度的用词,说明如下:

1. 表示很严格,非这样做不可:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

2. 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

3. 表示允许稍有选择,在条件允许时,首先应这样做的:

正面词采用“宜”或“可”;反面词采用“不宜”。

二、本条文中应按指定的其它有关标准、规范的规定执行,其写法“应按……执行”或“应符合……要求或规定”。如非必须按所指的标准、规范或其它规定执行,其写法为“可参照”……。

附加说明

主编单位:交通部第二公路勘察设计院

参加单位:交通部第一公路勘察设计院

交通部重庆公路科学研究所

吉林省公路勘测设计院

广东省公路勘察规划设计院

江苏省交通规划设计院

主要起草人:彭扬言 张朝生 徐 跃 张祖才 丁小军

陈代著 赖家威 殷林泉 刘镇亚

附件

公路路基设计规范

JTJ 015—95

条文说明

1 总 则

1.0.2 本规范适用范围为新建、改建公路的路基设计，其它公路的路基设计亦可参照使用。

1.0.3 路基是路面的基础。路基质量的好坏，必然反映到路面上来。路面损坏往往与路基排水不畅、压实度不够、强度低等有直接关系，路基设计不好，影响公路的使用质量，修复难度大，费用高。因此，路基必须作为支承路面的线形结构物来考虑，进行综合设计。应从路基稳定性、基底处理、填料选择、路床强度、压实度、排水、防护和特殊路基要求等几个方面进行精心设计。此外，还应考虑到施工、养护、使用等方面的情况。

1.0.4 我国疆域辽阔，地形、地质条件复杂，气候、水文、土质条件多变，路基受这些自然因素的影响很大，在野外勘察期间应认真做好自然、地质情况的调查与研究，充分掌握其特点及变化规律，并做好路基的现场核对。只有查明现场条件，才能正确地理解和灵活的运用本规范各条规定，作出较好的路基设计。

现场核对是路基设计中通用的一个重要步骤，一般是指设计人员在室内完成路基横断面设计(俗称戴帽子)后，离开工地前将设计图纸(包括纵断面图)带至现场，对横断面图上的填挖高度、土石成分、边坡坡度、排水与防护工程以及与构造物的衔接等进行逐桩核对，以消除差错，完善室内进行的设计，使之更为合理。尤其是高等级公路和山岭、重丘区的公路路基，更应作好现场核对。

1.0.5 水是危害路基、路面强度和稳定性的最重要因素，应加强路基排水。合理的路基横断面和路基排水与防护设计，可使公路病害减少很多。曾有公路建设项目为了压缩初期投资费用，设计采用了较陡的路基设计边坡，削减了一些必要的防护、排水设施，结

果竣工后即出现多种路基病害,造成严重后患,这些经验都是应该引起足够重视的。

1.0.6 路基重点工程系指高填、深挖、高长路堤、深长路堑及严重不良地质和水文地质路段的路基工程。“深、长、高”还与地质、水文地质条件有关,很难规定定量指标。规范对填方边坡高度超过20m,挖方边坡高度超过30m后,均未列边坡坡度设计值,应作为路基重点工程来设计,并在初步设计阶段提出处理方案,拿出推荐意见。

有时填挖边坡高度虽在边坡坡度表列范围之内,可是岩层的产状对路基稳定十分不利或在软土、强膨胀土、大型滑坡、泥石流、雪崩和崩塌等危害严重地段,也需按路基重点工程来设计。

当路基设计难度大或出现不合理现象时,应考虑调整线位与其它工程措施进行比较。

1.0.7 中央分隔带一般有凹形、凸形二种形式。当中央分隔带采用凹形时,路基设计标高为中央分隔带外侧边缘标高,即左侧路缘带内边缘的标高;中央分隔带为凸形时,由于路缘石高出路缘带,此时的路基标高为左侧路缘带的内边缘标高。

1.0.11 高速公路及一、二级公路的路基工程设计,其前提是机械化为主的施工方法,施工企业必须具有现代筑路管理经验和配备足够数量的各种类型机械装备,保证路基施工质量达到规定要求。新工艺、新材料目前采用也较多,应积极推广。

1.0.12 使用本规范时,尚应符合国家及交通部现行标准、规范、规程:《公路工程技术标准》、《公路工程地质勘察规程》、《公路工程土工试验规程》、《公路挡土墙设计与施工技术规范》、《公路工程抗震设计规范》、《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》、《公路粉煤灰路堤设计与施工技术规范》、《公路环境保护设计规范》、《公路柔性路面设计规范》、《公路路面基层施工技术规范》、《公路路基施工技术规范》等的规定。

3 一般路基

3.1.1 公路野外调查和收集资料是公路勘测工作的重要组成部分。为了取得路基设计的基础资料和设计依据,必须在路基设计开展之前完成这项工作。

3.1.2 山岭、重丘区的路基设计,是多填还是多挖,从设计角度来讲宜做到填挖方接近平衡,减少高陡边坡的出现,这实际上是线位设计与自然、地质条件的配合问题。在测设时,土石方调配应结合,路线平纵面设计进行综合分析。路基设计时,应特别注意路基的稳定、排水和防护工程的设置、土石方的纵横向平衡与借方的处理。

山岭区的改河工程应特别慎重。山区河道狭窄、坡陡、流急,改河后河床纵坡加大,流速、流向改变,易加剧对下游河段路基边坡或河岸的冲刷,应做好改河后的防护设计,对河床中的大漂石应进行清理。

3.1.3 山岭区地形、地质条件复杂,在山坡高陡、悬崖、峭壁地段,路基横断面设计困难时,可采用旱桥、悬出露台、半山洞等形式的构造物,以避免出现过多的高填、深挖,这种设计往往是合理的。

旱桥:根据地形条件,可以是全宽式(与路幅同宽),也可以是半宽式(路幅宽度的一部分),有时仅镶补1~2m宽的旱桥。旱桥的形式可采用拱式、板式或梁式桥。

悬出露台:在陡岩地段,路基全挖断面设计困难时,可采用钢筋混凝土悬出露台,以部分拓宽路基,减小内侧挖方断面。悬出露台宽度一般为1~3m。

半山洞:在山区陡崖地段,岩石整体性好,石质坚硬,可采用半山洞,以减小边坡高度及石方工程。能否适宜开挖半山洞,主要取

决于岩石工程地质条件。有时岩质强度虽高,但节理发育、张开,亦不可设置半山洞。关于半山洞,目前尚无统一形式规定,特别是洞顶的形式变化较大,要根据现场石质情况确定,以保证洞顶岩石稳定不致坍落为准。半山洞仅限于在山岭区的一般公路上采用。半山洞的开挖断面,一般伸入山体内1~3m,并按隧道的净空要求进行设计。

3.1.7 翻浆是季节性冰冻地区公路特有的路基病害。形成公路翻浆的主要自然因素是路基土质、水分、温度,三者同时作用,才能形成翻浆。路基附近的地表积水及地下水,提供充足的水源,是形成翻浆的重要条件,因此,改善路基排水条件要放在首位。满足路基最小填土高度以减少地面长期积水及地下水毛细上升的影响,使路基土的含水量降低是通常有效的措施。采用粗粒土填筑路基(这种土的含水量一般较低,在冻结过程中水分聚流现象很轻,春季土基融化时仍能保持一定的强度),可以减轻防止翻浆的发生。粉质土是最易翻浆的土,不宜填筑在路基的上部。

冻胀是路基冻害的另一个方面,对高等级公路的路面尚须按允许冻胀值确定防冻层厚度,以及改善路面结构层厚度并进行核算,是防治翻浆的又一重要措施。

防治翻浆的措施种类很多,应根据公路等级、公路自然区划特点等的不同情况选择相应措施,进行综合治理。实践证明,在一些重要公路上,对翻浆路段治理进行必要的投入,采取合理的综合防治措施,路基的冻胀和翻浆是可以得到有效防治的。

对季节性冰冻地区的改建公路翻浆路段还应查明翻浆类型及危害程度、已采取防治措施的效果、路基高度及宽度、路基排水条件、路面结构及厚度、交通量等情况。

3.2.4 自然横坡度陡于1:5的斜坡上填筑路基时,为使填方部分与原地面紧密结合,有利于路堤稳定,避免在填挖接合部路基产生错台或裂缝,反映到路面上来,影响使用,条文规定应开挖台阶。在纵断面方向如出现1:5的自然横坡度时,亦应按同样规定开挖台阶。由于地表土质一般比较松散,多含草皮、树根等,应清除后再

挖台阶。在填挖接合部,不能将此层作为路床,必须采取超挖回填的措施并进行压实。如遇地下水或土质松软还应进行特殊处理。

3.2.5 在坡积、冲洪积的松软地层中的挖方或容易产生碎落及小型坍方的路段,每到雨季,挖方边坡坡脚经常受边沟水浸润、冲刷,一旦失稳很容易产生坡面滑坍,导致边沟堵塞,路面被水冲毁现象,既影响行车安全,也给养护工作带来很多困难。为解决这个问题,很多养护单位在挖方坡脚采用了浆(干)砌片石矮墙防护,形成矮墙路基。一般反映,矮墙路基的使用效果是好的。既减少了坍方,又方便了养护清方工作,工程不大,用料也省。有些路段甚至砌筑1~2m高的护坡,也能收到一定效果。

矮墙的高度不宜太高,超过2m的矮墙容易破坏。目前采用较多的矮墙高度多在1.5m以下。矮墙的断面形式也无统一规定,很多都是养路单位利用当地材料砌筑的。条文是参照挡土墙断面拟定的矮墙图式。

水稻田地区的路堤设计,通常有三种形式:①填方坡脚不作任何处理;②填方坡脚外设护坡道、排水沟、挡水埝(见图3.2.2),多在平原区或设防护网的公路使用;③填方坡脚设置高约1.5m的矮墙,使田路分家,保护填方坡脚不被侵蚀,少占耕地,可在石料方便的情况下采用。

3.2.11 吹(填)砂、(粉煤灰)路基的边坡受自然和人为因素的侵蚀和损害易于流失,必须采取保护措施。用粘质土包边处理边坡比较简单易行,故建议采用。路基顶面一般可设厚30~50cm粗粒土封闭层,亦可根据当地经验处理。

3.3.1.2 粗粒土的天然含水量超过最佳含水量2%~3%以上时难以压实,这在南方多雨潮湿地区分布较广,当采用作路基填料时,应尽量避免雨季施工,并采取排水、疏干、防雨、晾晒等措施,降低土的含水量,在接近最佳含水量时,进行填筑、碾压。这种施工方法简单易行,是一种比较经济合理的选择,但工期长。否则应采取远运填料或掺入石灰、固化剂等材料进行处理。

3.3.1.4 CBR 又称加州承载比,是 California Bearing Ratio 的

缩写,由美国加利福尼亚州公路局首先提出来的,用于评定路基土和路面材料的强度指标。在国外多采用 CBR 作为路面材料和路基土的设计参数。

我国现行柔性和水泥混凝土路面设计规范,对路面、路基的设计参数系采用回弹模量指标,而在援外及国际投标修建的公路工程多采用 CBR 指标。为了进一步积累经验用于实际,以促进国际学术交流,参考了国内外的情况,将 CBR 指标列入本规范,作为路基填料选择的依据。

据目前所知,细粒土中的粉质土、某些黄土、南方的部分粘土,试件经四昼夜饱水后测定的 CBR 值为 2~3,有的甚至在 1 左右,饱水强度低。如路基填土高度在 2m 以上,处于干燥状态,修建高级路面,半刚性基层时,则路基受毛细水的影响和雨水渗入路床的情况均比较小,在采用 CBR 值时应考虑这些因素。《公路工程土工试验规程》条文说明 18.4.4 条也谈到此类问题,可供参考。

3.3.2 (一)本规范采用“路床”代替原规范的“路槽”概念。路床一词更为确切,具有立体概念。路床是路面的基础,在路面底面以下 80cm 范围内,0~30cm 为上路床,30~80cm 为下路床,路面直接铺设在路床上。因此,对路床,特别是上路床的土质、粒径、压实度都有严格要求,必须均匀、密实、强度高,不得有松散、软弹现象,不符合规定时应进行处理。

挖方路基的路床,必须平整、密实,用重型压路机压实至规定的压实度要求,或达到无轮迹、无软弹现象,否则,应按规定处理后重新压实。

为了确保路面各结构层厚度均匀和排水需要,路床表面必须做成与路面一致的路拱横坡度。

(二)路基压实度采用重型击实试验法为标准提出对路基压实度的规定。对高速公路、一级公路,以及修建沥青混凝土和水泥混凝土路面的公路均要求采用表列的压实度,以保证路面有良好的支承条件。

填方路基与桥梁、明涵、通道相接处,常有跳车现象,其主要原

因是端部路堤压实度不够或未设钢筋混凝土搭板所致。为了消除这种跳车现象,凡修建高级路面的公路,与构造物衔接处的路堤填方,应有很好的压实度,必须按表 3.3.2.1 的规定分层压实。

另外,现行《公路路基施工技术规范》列出了多雨潮湿地区,年降雨量平均在 1 000mm 以上,由于采用含水量过大的粘质土填筑路堤,当土的天然稠度为 1.0~1.1,液限大于 40,塑性指数大于 18 时,宜采用轻型击实(湿法)试验法并给出了相应的压实度要求,本规范亦相应列入。由于是某些地区的试验成果,而各地具体情况又不一样,使用时应尽量采取各种有效技术措施,使之达到重型压实试验法的压实度要求。

3.3.4.4 水稻田地段的路基设计,一般有两种情况:(一)季节性浸水或不受地下水影响的稻田地段,土质湿软在表层,可采用开沟排水、疏干和晾晒,填筑前压实的措施。(二)长期积水或受地下水影响的稻田地段,土质湿软稍厚,除进行地表排水、疏干和晾晒外,有时还需采取清淤、换填或掺石灰处治。如处于低填或挖方地段,还应考虑在边沟下设置渗沟等降、排地下水的措施。当土质湿软深厚时应按软土地基处理。

3.3.5 路基填方边坡高度,系指路基设计标高与填方边坡坡度线同地面线交点标高之差。

3.3.9 填石路堤,因填料石质坚硬,粒径大小不一,压实度难以控制,一般有两种做法:(一)在现场做试验路,采取重型震动压路机碾压,将石块粒度控制在层厚的 2/3,碾压密实测其容重,根据碾压遍数,指导类似路段的施工压实。(二)用人工摊平石块,以小石块、石屑填实空隙,碾压密实,达到用锄难以挖掘时,再逐层填筑。

填石路堤一般稳定性较好,如填筑过程中,石块粒径过大,不易碾压密实,工后必有较大的路堤沉降,影响路面的平整度和使用,设计应综合考虑,提出具体要求。

填石路堤边坡表层,必须采用不易风化的开山片石进行码砌,以抵御自然风化引起边坡的破坏和失稳。因此,当易风化的岩石及软质岩石用作填料时,填方路基应按土质路堤边坡设计。

3.3.10~3.3.11 护肩路基和砌石路基是利用当地不易风化的开山石料砌筑的一种填方路基形式,是在叠石及护坡的基础上发展起来的,在山岭重丘区,开山石料的石质较好,不易风化的情况下采用,具有经济适用等特点。根据福建、河北、北京等地的使用经验,这种形式的路基使用效果较好,并得到推广、应用。砌石的各部尺寸是根据实地使用经验确定的,经检算稳定安全系数均可满足要求。

护肩、砌石路基应注意以下各点:

(一)地基要稳定,一般多用于岩石地基,土质地基必须坚实。

(二)石料应是不易风化的岩石,泥质页岩、千枚岩、泥灰岩等软质岩石不能使用。

(三)边坡表层采用砌石,内侧填石。表层砌石用料,应在开挖的石方中选取较大片石。

(四)填料应全部采用开山石料砌填,边填边砌,不得填以细粒土。

(五)要讲究工艺,保证施工质量,砌块尺寸及砂浆强度应符合规定,特别是受冲刷和较高的砌石,更应注意工程质量。

3.5.1~3.5.4 自然斜坡极其复杂,一旦路基开挖,破坏自然形态的平衡,边坡大面积暴露于空间,裸露的岩土在外部风化营力作用下,物质发生变化,导致风化加剧,坡面受到侵蚀,容易失稳。影响路基挖方边坡稳定的因素很多,一般应采用工程地质法(比拟法)进行调查分析,必要时应进行检算。影响边坡稳定的主要因素有:

(一)地质构造方面:如节理、裂隙、断层、破碎带及岩层(节理)倾角、走向与路线的交角等。

(二)岩土类别与风化破碎程度。

(三)自然因素的影响,如雨水、雪、冻融、温差等。

(四)人为因素的影响,如挖方边坡形式、边坡高度,采取的排水和防护工程的有效程度及施工方法不当等。

挖方边坡的拟定,主要取决于边坡的稳定,并综合考虑工程数量,防护及排水工程和施工难度等因素。

3.5.5 高速公路、一级公路因交通量大,要求运行质量高,建成后如发生病害,养护维修将十分困难。当挖方边坡较高时,可根据不同条件设置台阶式或折线式边坡,一般认为台阶式边坡较好。台阶式边坡有下列优点:

(一)对边坡稳定有利,防止边坡侵蚀,台阶上可设置排水设施;

(二)可作为稳雪措施和零星坍方、碎落物质的临时停积位置;

(三)可起到开阔视野、改善景观的作用;

(四)为养护人员提供通路。

对于易风化的泥质页岩、泥灰岩、千枚岩等软质岩石和砾类土等地段,如边坡过缓,则暴露面增大,边坡风化、冲刷加剧,因此,应在陡坡重力失稳、缓坡风化加剧或采取相应的防护措施三者之间选择最佳挖方边坡值。

3.5.7 目前在公路上的碎落台,一般都是设置在碎落比较严重的路段,在这些地方设置的碎落台 0.5m 宽显然是不够的。一种意见认为碎落台宽度至少要 1.0m,另一种意见认为采用宽度过大将会增加挖方工程反而限制了碎落台的使用,条文规定了碎落台宽度不宜小于 1m,边坡高度超过 12m 时不宜小于 2m,各地可按公路等级、碎落物质的种类和堆积程度等具体情况采用。

3.7 护栏主要用于二、三、四级公路的危险地段,作为指示、诱导交通的安全设施,应与路基设计相互配合,故本规范增列了这部分内容和有关规定,作为设计依据。

4 路基排水

4.1.1 公路路基排水设计包括地表排水和地下排水两大部分。路面排水也是高速公路、一级公路路基排水的重要组成部分。

地表排水主要是排出路基范围内的地表径流、地表积水、边坡雨水及公路邻近地带影响路基稳定的地表水。

地下排水主要是排出路基范围内的地下水及中央分隔带的地下排水。

路面排水主要是排出路面范围内的降水即路面径流,使之不冲刷填方边坡,保持路基稳定,提高路面的使用寿命,保证行车安全。致于雨水渗入路面结构层中的排水问题,则属于路面结构排水设计考虑的范围。

路基、路面排水设施通常是不可分开的,一种排水设施,往往兼有两种排水防水功能,因此,应综合考虑。

4.1.2 高速公路、一级公路路幅宽,降到路基、路面上的雨水量较大,从保持公路的畅通与行车安全出发,路面上积水是有害的,因此,要求以最短捷的途径迅速排除。路面排水不畅将形成水膜,高速行驶会使水膜雾化,迷雾遮挡司机视线,增加行车事故。水膜大大降低路面的抗滑性能,增加行车的危险性。

高速公路、一级公路必须确保长年通车,以及路基、路面和各种结构物经久耐用,不允许遭受暴雨而致冲蚀、渗透、变形和强度的降低。此外,还要求保持完好的路容和养护工作量最小。因此,做好路基、路面排水是非常重要的环节,应进行综合设计。各种排水设施应互相衔接,并与桥涵排水构造物密切配合,形成完整的排水系统。

4.1.3 路基排水设施的设计,尤其是高等级公路,应充分考虑沿

线自然条件和现场状况,为保证公路交通的安全,在进行公路设计时,必须将排水设计列为重要的内容,并和路面、构造物的设计等同对待,慎重考虑。采用何种形式的排水构造物,应充分考虑到将来公路营运后的清理、维修、检查和养护的方便。

4.1.4 农业灌溉沟渠应自成系统,与道路排水互不干扰,一方面为了防止冲毁农田或危害其他水利设施,另一方面从环境和水资源保护和目的出发,防止由于交通事故或其他原因造成的路面污水污染水源及环境,并方便公路的维护。某些发达国家的一些高速公路,在设计时除考虑公路自身的综合排水系统外,还要在路面水排至自然沟渠之前,设置相应的汇水、排水、拦水,拦油等污水处理设施(如渗水池、储水池、拦油池等)。鉴于国内目前的条件,这些相应的排水设计暂未规定。

排水构造物尺寸主要是依据在汇水区域内暴雨或其它水源汇集形成的流量大小来确定的。流量计算中采用的暴雨强度的大小,关系到排水结构物尺寸的大小及交通安全程度。采用较大的暴雨强度,设计的排水系统及设施尺寸比较大,虽使用安全,但长年不满流、造价大、不经济;反之,则会出现经常满流及雨水不能及时排出现象,有碍交通安全。因此,对不同等级的公路,由于重要程度不一样,应采取不同的安全需要来区别对待。

4.2.1 挖方边坡外自然坡面的地表径流往往是造成边坡冲刷坍塌破坏的重要原因,因此,必须在边坡坡顶以外设置截水沟等排水设施。

坡顶截水沟容易被砂、土、树叶等堵塞,截水沟的堵塞和溢流会直接导致边坡坍塌,因此,截水沟过水断面应有适当的富裕。

边坡截水沟的水沿纵向排出时,应注意坡度不宜太陡,否则应设置急流槽和跌水构造物。

挖方段的坡脚排水设施往往与路肩排水设施兼用,因此,应注意排水构造物的断面尺寸大小,同时满足两方面的排水要求。

4.2.2 原《公路路基设计规范》对路基排水计算方法未作说明,原公路设计手册《路基》中列出了路基沟渠设计流量计算公式,修

订出版的《路基》中编入了交通部公路科学研究所提出的路基排水设计推理公式及经验公式。

对照国外的一些排水设计方法,实际上路基、路面排水是可以用一个统一的公式来进行水文计算的,只是计算的汇水面积、设计参数和设计重现期不同,如日本道路公团的排水设计方法等。路基、路面排水水文计算,有待制订一套适合的方法,目前可以参考公路设计手册《路基》的计算方法,或上述路面排水计算公式(重现期不同)进行计算。当使用这些公式计算结果与实际情况出入较大时,可根据实地情况作必要调整,使之合理。

路基排水结构物的水力计算可采用曼宁公式,计算方法各国也是比较一致的。

综合国内外的资料,本规范提出:路基排水设计应采用的设计重现期对高速公路、一级公路为15年,其它等级公路为10年。对路基排水结构物作水文计算时,应根据排水结构物所在位置、作用、汇水范围等因素灵活选用水文计算公式。

4.2.3 《公路工程名词术语》中对边沟的解释为:“边沟为汇集和排除路面、路肩及边坡的流水,在路基的两侧设置的纵向水沟”。以往把填方路基两侧的水沟称为排水沟,因此,才有本条中的“高度小于边沟深度的填方路段均应设置边沟”实际上,边沟和排水沟往往是不能截然划分清楚的,同一水沟往往兼具两种作用。

边沟一般可以不进行流量计算,但当边沟兼作排水沟,且排水量大时,应作流量计算,以确定适合的横断面形式和尺寸。

边沟应根据不同的情况选用不同的防护加固措施。一般来说,对于土质边沟,容易生长杂草,养护除草的工作量较大,也不易做到边沟外容齐整。近年来,多采用片石或混凝土预制块铺砌,以起到标准化和美化作用。

4.2.4 设置截水沟以保护边坡不受来自边坡上方的地面水冲刷,当汇入面积较大时,截水沟的横断面尺寸需经流量计算确定。

为防止边坡的破坏,截水沟设置的位置和道数是十分重要的,应经过详细水文、地质、地形等调查后确定截水沟的位置。截水沟

应采取有效的防渗措施,出水口应引伸到路基范围以外,确保边坡和路基的稳定性。

4.2.5 排水沟有联接各种排水设施并将路基范围内的水排出路基范围以外的自然沟谷中,从而形成完善的公路排水系统。

排水沟的横断面形式常用的是梯形,也可根据需与实际情况采用其它横断面形式,如混凝土预制 U 形排水沟、圆形排水管以及其它材料制作的排水管等。

4.2.6 跌水和急流槽主要用于陡坡地段的排水,达到水流的消能和减缓流速,是山区公路普遍采用的排水结构物。对于高速公路、一级公路如采用路肩拦水带形式排出路面水,就需要在路基边坡上设置急流槽,排出路肩积水,以防止集中水流冲刷。

公路工程中常用的急流槽坡度一般不陡于 1:1.5,但当流量小,地质条件良好,也可采用较陡的坡度。

路基跌水和简易的急流槽,一般可不进行水力计算,按常用的构造形式设置。本规范所列高速公路、一级公路的拦水带的高度和形状主要供参考。

4.3.1 与 **4.3.2** 路基地下排水设计是比较复杂的,即使事前进行详细的调查,地下水位也会随季节而变化,很难准确的断定地基土层内的渗流情况。因此,必须根据施工中的实际情况视需要进行调整。

地下排水的设计计算可参考公路设计手册《路基》以及其它有关参考资料进行。

4.3.3 暗沟是设在地面以下引导水流的沟道,无渗水和汇水的功能,当路基范围内遇有泉水或集中水流时,采用暗沟将水流排出路基范围以外是合适的。

设计暗沟时应注意防止淤塞,在可设明沟排水时,应尽可能采用明沟或进行比较,择优选用。

4.3.4 渗沟为路基或地基内设置的充填碎、砾石等粗粒料(或埋有渗水管洞)的排水沟。渗沟有多种形式,填石的渗沟也称为盲沟,填石渗沟较易淤塞。排水量较大时,宜设管式渗沟或洞式(石砌

方洞)渗沟,目前多采用管式代替洞式渗沟。由于建筑材料工业的发展,渗沟排水管和反滤层材料也有多种选择,各部位尺寸的确定,可以参考公路设计手册《路基》。

4.4.2 《公路沥青路面设计规范》规定:路面排水设计重现期,高速公路为3~5年,一级公路为2~3年,二级公路1~2年。本规范采用的规定与其一致。

流量计算公式,由交通部重庆公路科学研究所主持的国家“七五”重点科技项目,关于《高等级公路路面排水设计方法》一文中列出了路面排水设计流量计算公式,即:

$$Q = \frac{1}{1.8 \times 10^6} \beta \cdot H_{30} \cdot L \cdot B$$

式中: Q —— 暴雨径流量(m^3/s);

H_{30} —— 设计重现期任意连续30min径流厚度(mm);

L —— 出水口间的路段长度(m);

B —— 路面集水幅面宽度(m);

β —— 暴雨强度折减系数。

此公式的形式与国外的一些排水设计计算公式相同,如日本道路公团高等级公路设计方法中排水设计的公式:

$$Q = \frac{1}{3.6 \times 10^6} C \cdot \gamma \cdot \alpha$$

式中: Q —— 径流量(m^3/s);

C —— 径流系数;

γ —— 设计降雨强度(mm/h);

α —— 汇水面积(m^2)。

德国的排水设计计算公式为:

$$Q = q\psi F$$

式中: Q —— 雨水设计流量(l/s);

q —— 设计暴雨强度($\text{l}/\text{s} \cdot \text{m}^2$);

ψ —— 径流系数;

F —— 汇水面积(m^2)。

以上三个公式实际上也是相同的,只是在某些参数的确定上根据各国实际情况有些差别,因此,对于路面排水设计来讲,目前可以参考上述计算公式和方法进行路面排水设计。在参数的确定上可根据本地区的经验和实际情况选用。

4.4.3 路肩排水设施中的路肩排水沟,通常在路基宽度受到限制对过水断面不足时才使用,并且最好是做成路肩暗沟形式。为满足沟底最小纵坡的要求,路肩排水沟横断面可做成沿纵向变截面形式。

在纵坡缓和、汇水流量不大、填方边坡不高、不会发生边坡冲刷时,可不设路肩排水设施,让雨水通过路肩、边坡横向漫流排除。

排出路肩集水所用的急流槽,其坡度应与路基边坡坡度一致,进水口做成簸箕形,出水口应设置消能设施。

急流槽的设置间距可参考如下公式计算:

$$L \leq \frac{1.8 \times 10^6 \times Q}{C \cdot \gamma \cdot W}$$

式中: Q —— 计算径流量(m^3/s);

L —— 急流槽设置间距或汇水长度(m);

C —— 径流系数;

γ —— 设计重现期内的降雨强度($\text{mm}/30\text{min}$);

W —— 汇水宽度(m)。

4.4.3.3 拦水带一般采用水泥混凝土预制块设置在硬路肩边缘,也可使用路缘石成型机现场铺筑沥青混凝土拦水带。

4.4.3.4 国外的一些排水设计规范及近年来在高等级公路上所设计的拦水带形式而确定的经验数值,实际上拦水带高出路肩部分的尺寸主要应由汇水、集水量的需要决定,原则是不使路肩集水面积过宽以及从行车安全角度来考虑的,即车速 $85\text{km}/\text{h}$,车辆冲击不弹跳来确定合理高度。

4.4.4 中央分隔带允许排水宽度一般与路缘带同宽,当路缘带为 0.25m 时,排水宽度可适当加宽。

4.4.4.2 在干旱少雨地区,中央分隔带开口明槽是对凸形中央

分隔带而言的，如图 1。

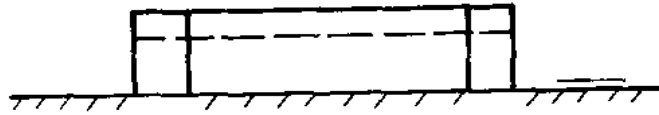


图 1 中央分隔带开口明槽

对于凹形中央分隔带，无需设置开口明槽。

当中央分隔带设置渗沟(暗沟)时，可与路面基层下设置的路面结构排水砂砾垫层相接，这样，当有雨水渗入路面结构层时，可通过砂砾垫层将渗入水汇集于中央分隔带渗沟内而排出路基范围以外。

4.4.4.3 中央分隔带排水设施是由于高等级公路的修建才出现的，其沟、管的形式可以是多种多样的，可视公路等级及排水条件设计，适合于本地区的中央分隔带排水沟管形式。

中央分隔带每隔一定距离应设置横向排水管，在纵横水管(沟)集合点应设集水井，亦可兼作检查井，以便清理和养护，检查井底部应设 15cm 以上的沉砂槽。横向排水管设置的间距通过流量计算确定，可参考路肩排水用的急流槽设置间距计算方法。

由于中央分隔带的形式不同(凹形、凸形)，则采用的排水沟(管)形式就不一样。应结合地形、气象、工程造价、维护等多种因素综合考虑，同时满足沟底最小纵坡的要求。排水的横断面随过水量

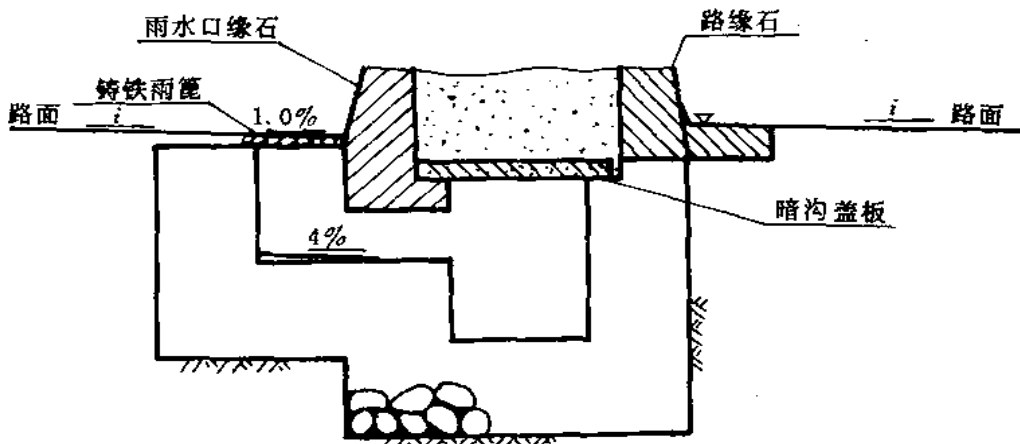


图 2 雨水口及雨水井

的变化可以做成变截面形式以节省工程造价。

4.4.4.5 雨水井是城市道路常用的排水构造物，公路上可引入用于中央分隔带和挖方地段的排水结构物。雨水井的结构形式和计算可以参照本地城市道路排水设计有关通用图或标准图集。

交通部重庆公路科学研究所在《高等级公路路面排水设计方法》的报告中，列出了雨水口及雨水井形式，如图 2 可供参考。

5 路基防护

5.1.1 合理的路基设计,应在路基位置、横断面尺寸、岩土组成等方面综合考虑。但路基多由岩土所筑成,大面积地暴露于空间,长期受自然因素的侵蚀,岩土在不利水温条件作用下,物理力学性质不断发生变化。因此,为确保路基的强度和稳定性,路基防护与加固是不可缺少的工程技术措施。

5.1.2 为了使边坡的状况尽可能与周围的自然景观协调,条件许可时,应优先采用植物防护的措施。

5.1.3 坡面防护,主要是保护路基边坡坡面免受雨水冲刷,减缓温差及湿度变化的影响,防止和延缓软弱岩土表面的风化、破碎、剥蚀演变过程,从而保护路基边坡的整体稳定性,在一定程度上还可以改善路容,美化公路。

坡面防护工程设计不考虑承受斜坡地层的侧压力,因此,要求防护的边坡应具有足够的稳定性。

5.1.4 沿河路基在水流冲击、淘刷和侵蚀作用下,易造成路基水毁、坡脚淘空,或水位骤降时产生管涌现象,使路基内细粒填料流失,而导致路基失稳、边坡坍塌。沿河路基的防护,主要针对水流的破坏作用而设。

沿河路基防护加固设施有直接和间接两类。当公路因线形标准所限,路基不得已占用河槽或受河水冲刷严重时,也可采取改河措施以改善路线线形,缩短路线长度或减少路基防护工程数量。

5.2.1 种草

种草防护的目的,主要是防止边坡侵蚀和与周围环境协调。草种选择非常重要,仅以防止侵蚀为目的时,有必要迅速全面绿化,应选定发芽率好、生长快的植物。以与周围环境协调为目的时,则

需要引进乡土草种或引进木本类植物,不一定要求发芽生长快的草种。

作为土质方面选定植物的标准,土质疏松时,适于种草;土质坚硬时,可以木本类植物为主体。

边坡土质大多缺乏肥料。因此,坡面上应采用适宜植物生长的种植土,并应在施工初期使用复合肥料。

经常或长期浸水的路堤边坡,不利于草种的发芽与生长,不宜采用种草防护。

5.2.2 铺草皮

路基坡面上铺草皮,其作用与种草防护相同,适合于当地有足够可供使用的草皮作为路基坡面防护。在边坡较高、陡和坡面冲刷较重的地方,铺草皮较种草防护收效快。

铺草皮有平铺、叠铺等形式,应根据边坡坡度和流速等具体条件选用。平铺是将草皮平行于坡面铺置;叠铺有水平叠置、垂直叠置或倾斜叠置等方式,由于施工方便,多采用水平叠置方式。

5.2.3 植树

植树防护主要用于堤岸边缘的河滩处,以降低水流流速,促使泥沙淤积,防止水流直接冲刷路堤。路基边坡上栽植低矮灌木,还可以美化公路,增加行车的舒适感。树种选择及种植部位应根据防护要求、视距、流水速度等因素结合当地绿化经验而定。

5.2.4 框格防护

框格防护应根据防护目的,防护地点的坡面状况及工程地质条件选择框格类型。框格材料除混凝土、浆砌片(块)石外,还有钢制框格、高强度聚合物土工框格等,但目前应用很少。

混凝土框格护坡可分为混凝土砌块框格护坡、现浇混凝土框格护坡和喷射混凝土框格护坡。

混凝土砌块框格护坡适用于防止边坡受雨水侵蚀,避免在土质坡面上产生沟槽,一般适合缓于1:1.0的边坡。混凝土砌块框格厚度,挖方边坡为15cm,填方边坡为10~12cm。积雪寒冷地区,在土质易冻胀变形的路段,应尽量避免使用,仍须采用时,边坡坡

度应缓于 1 : 1.25,并在框格的交点处,打入 0.5~1.0m 长的固定桩或钢筋。

现浇混凝土框格护坡适用于风化比较严重的岩石边坡和坡面稳定的较高、较陡边坡。设置框格的方法有在坡面上开槽设置及坡面上直接设置两种。框格交点处,应根据边坡状况设置固定桩或锚固钢筋。

喷射混凝土框格护坡,适用于地面凹凸不平且裂隙多的岩石边坡以及需早期防护的边坡。

浆砌片、块石、卵(碎)石框格护坡适用于防止边坡受雨水侵蚀在土质坡面上产生沟槽,保护框格内的植物在生长初期不受雨水侵蚀,一般适用于较缓的稳定边坡。

5.2.5 封面

抹面防护适用于石质挖方坡面,岩石表面易风化,但比较完整,尚未剥落,如页岩、泥岩、千枚岩的新开挖坡面。在推荐的抹面材料中,石灰胶结料应精选,炉渣颗粒宜细。在混合料中加纸筋或竹筋,可提高强度,防止开裂;如掺加制盐产品卤水,因含有氯化钙和氯化镁,可加速抹面硬化和预防开裂。抹面使用年限一般为 6~8 年。

捶面防护适用于易受雨水冲刷的土质边坡和易风化岩石边坡。捶面厚度为 10~15cm,一般采用等厚截面,当边坡较高时,可采用上薄下厚截面。捶面的使用年限一般为 10~15 年。

抹面及捶面防护,以往在公路部门很少采用,材料的配合比设计,可参考公路设计手册《路基》。

喷浆防护适用于易风化且坡面不平整的岩石挖方边坡,重点工程或高速公路、一级公路,宜选用喷射混凝土防护。

喷射混凝土厚度宜为 10cm,当岩石表面凹凸明显时,可增至 15cm。冻胀严重地区,不宜采用。

喷浆防护在国外多用于风化严重的岩石挖方边坡施工后临时保护,我国则多用于一般等级公路上。

为防止混凝土硬化收缩产生裂缝或剥落,喷射混凝土或喷浆

防护原则上应设置金属网,亦可采用高强度聚合物土工格栅替代金属网。金属网通过锚杆和锚固钉固定于边坡上。锚杆直径宜为13mm,长度40cm,每平方米设一根,满面喷射混凝土或砂浆护坡,应设置泄水孔。

5.2.6 护面墙

护面墙用于封闭各种软质岩层和较破碎岩石的挖方边坡以及土质较差的边坡坡面。除墙身自重外,护面墙不承受其他荷重,亦不考虑承受墙背土压力。

护面墙有实体护面墙、窗孔式护面墙、拱式护面墙等。实体护面墙常用于一般土质及破碎岩石边坡;窗孔式护面墙适用缓于1:0.75的边坡;拱式护面墙用于边坡下部岩层较完整而需要防护上部边坡或跨过个别软弱地段的边坡。

护面墙原则上尽量避免多级设置,但当墙较高时,为增加其稳定性可分级修筑。每级高度以6~10m为宜,各级台阶基础均应设置于坚实地基上并保证足够的强度,上下台阶间应设置1.0~2.0m的平台并进行封闭。

窗孔式护面墙的基础、墙厚、伸缩缝、墙身坡度及耳墙等要求与实体护面墙相同。

5.2.7 干砌片石护坡

干砌片石护坡一般宜用于水流流速较小(容许流速2~4m/s)、波浪作用较弱、没有流冰及漂浮物撞击的边坡。为了防止流水将边坡内的细颗粒土带出,增加整个砌石防护的弹性,要求在铺砌层的底面设置垫层。传统砂砾垫层(滤层)的粒径分布与被防护土层的粒径应符合下列要求:

防止管涌 $D_{15f} < 5D_{85b}$

保证渗透 $D_{15f} > 5D_{15b}$

保证均匀 $D_{50f} < 25D_{50b}$ (级配不良滤层) 或 $D_{50f} < 7D_{50b}$ (级配良好滤层)

式中: D_{15f} 、 D_{50f} 表示滤层相应于粒径分配曲线上通过率 $P=15\%$ 、 50% 时颗粒粒径(mm);

D_{15b} 、 D_{50b} 、 D_{85b} 表示被保护土相应于粒径分配曲线上通过率 $P=15\%$ 、 50% 和 85% 时的颗粒粒径。

当采用土工织物代替时,土工织物孔隙尺寸应符合下列要求:

对非粘土:防止管涌 $O_e < D_{85b}$

渗透畅通 $O_e > D_{15b}$

保证均匀 $O_e < 2.3D_{50b}$ (非编织物)或 $O_e > 1.4D_{50b}$

(编织物)

对粘性土: $O_e < 0.074\text{mm}$

式中 O_e 表示土工织物的等效孔径(mm)。

对 $D_{85b} < 0.074\text{mm}$ 的土不宜采用土工织物作滤层。

干砌片石所用石料应是未经风化的坚硬岩石。

5.2.8 浆砌片(卵)石护坡

浆砌片(卵)石护坡多应用在石料丰富、人工费用低廉地区的公路工程。

边坡潮湿或有严重冻害,会使浆砌片(卵)石护坡产生变形而失去应有的功能。因此,应先进行排水、疏干或在护坡背后采用砾石、砂砾等作为填料。

浆砌片(卵)石护坡的中、下部应设泄水孔,以排泄护坡背面的积水及减小渗透压力。泄水孔的孔径,可用 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 的矩形或直径为 10cm 的圆形孔,其间距为 $2 \sim 3\text{m}$ 。泄水孔后 0.5m 范围内应设置反滤层。

5.2.9 水泥混凝土预制块护坡

混凝土预制块护坡能抵抗较大流速的冲刷和波浪的冲击。其容许流速在 $3 \sim 8\text{m/s}$ 以上,容许波浪高可达 2.0m 以上,还可以抵抗较强的流冰压力。

由于混凝土预制块护坡造价较高,因此,应用不广泛。但预制混凝土块护坡具有施工方便(混凝土块可标准化、工厂化预制)的特点,施工所需人工较少,而且可以根据美化的要求,拼成各种图案。在石料缺乏、人工费用昂贵的地区或市郊及互通式立交等需要公路美化的路段,采用水泥混凝土预制块护坡具有一定的优越性。

在寒冷冰冻地区,为了提高混凝土的耐冻性,预制混凝土块时,可按不同的水泥成分加入适量的增塑剂。

5.2.10 锚杆铁丝网喷浆或喷射混凝土

岩石锚杆的作用效果,不仅通过锚杆的抗剪强度及锚固区抗拔力直接加固坡面岩石,而且有间接强化岩体的效果。

因岩石锚杆易腐蚀,应尽量避免在强酸性岩土地基及变电站附近等容易产生漏电场所使用。

这种方法加固边坡,能将锚固的岩石和喷射的混凝土与基岩形成一个整体。在地形陡峭的高陡边坡,其他类型防护不理想时,采用这种防护较适宜。喷射混凝土厚宜为4~10cm,可根据边坡岩石性质及裂隙密度确定。锚杆可选用3号钢直径16~32mm的钢筋,铁丝网钢筋选用直径6mm,粗钢筋直径10mm,锚杆有效锚固深度一般不宜小于4m。

5.3.1 沿河路基常受洪水冲刷而发生坍塌或遭水毁,影响行车安全甚至中断交通。因此,路基冲刷防护已成为山区公路水毁病害防治的重要措施。

冲刷防护有直接和间接两类。直接防护是为了防止水流直接危害路基或堤岸,防护重点在边坡和坡脚。间接防护则是通过改变水流方向,消除和减缓水流对路基或堤岸直接破坏,同时促使堤岸附近水流减速和泥沙淤积起安全保护作用。

设计时,应根据河段特性,因地制宜,选择合理的防护形式。各类防护可单独使用,也可联合使用。

5.3.2 直接防护中采用的植物防护和砌石防护同边坡防护所述基本相同,但冲刷防护的要求更高。一般情况下适用于水流方向较平顺的河滩边缘,在遭受主流冲刷,水流速度较大时,植物防护与干砌片石防护则难以满足防冲刷的要求。

营造防护林是为了固滩护岸,减轻路基遭受冲刷,在宽浅游荡和易变迁的河段上,植树造林能起到稳定河段的作用。

5.3.3 砌石护坡坡顶标高应符合本规范1.0.8条规定。冲刷深度可参考公路设计手册《路基》进行计算。

5.3.4 导治构造物成败的关键在于合理设计导治线。导治线的设计应符合预定的河轴线和河岸线的要求,亦取决于选择导治水位不致出现不利的冲刷情况。

在设计导治线时,应对水流和河岸、河床的地形、地质情况以及水流对上下游对岸的影响等因素,综合分析,慎重考虑。导治线的起点宜选择在较易转向的过渡地段,如在弯曲段开始过渡到直线处,或在直线段开始过渡到弯曲段之处,不宜选择在河岸、河床地层比较坚硬而不利于改善流态之处;导治线的终点应与下游天然河床的河床线平顺衔接,尽量不扰乱下游的水流性质。

根据天然河道的特性,导治线的中心线宜设计成一系列的连续曲线。一般按圆曲线设计比较简单,圆曲线的半径参照稳定河段的曲率半径决定,稳定河段的曲率半径一般为稳定河宽的 3.5~7.0 倍,导治线圆曲线半径常采用稳定河宽的 5~8 倍。

导治水位随水流冲刷情况及需要防护地段的外形而定,选择导治水位亦即选择导治构造物的建筑标高。自然河道由于水位不同,直线段与曲线段的冲淤关系也不相同。直线段是洪水淤积,低水位冲刷;曲线段是洪水冲刷,低水位淤积。导治水位应按最不利冲刷情况来选择,同时应结合当地水流的容许压缩程度、不同标高的导治构造物的作用、以及不同标高的防护方案的技术经济比较等综合考虑。

5.3.5 抛石

抛石是最常用的边坡防护措施。当使用的石块大小适当、级配合适并细心抛置时,可取得较好的效果。

抛石边坡坡度可参考表 1 选用。

抛石边坡坡度

表 1

水文条件	采用边坡
水浅,流速较小	1:1.25~1:2
水深 2~6m,流速较大,波浪汹涌	1:2~1:3
水深大于 6m,在急流中施工	缓于 1:2

在易冲刷的砂质土和淤泥质土坡面上进行抛石防护时,如水

流通过缝隙使支承面发生冲蚀,则抛石防护将可能导致失败。因此,应在抛石背后设置反滤层,一般可采用粗砂、砾碎石反滤层,当地基条件较差时,也可以先铺设一层土工织物再设反滤层。

5.3.6 石笼

石笼可防护沿河路堤及河岸免受水流和风浪的破坏,同时也是加固河床、防止冲刷的常用措施,但在急流滚石的河段,因滚石易击毁石笼铁丝而遭破坏,不应采用石笼防护。

石笼形式和尺寸可参考公路设计手册《路基》进行设计。各个铁丝石笼单元间应彼此很好地连结,以形成一个完整的柔性构造物。

铁丝石笼可用于一般公路,在非急流滚石的河段,普通铁丝石笼使用期为3~5年,镀锌铁丝石笼使用期限为8~12年。

铁丝石笼防护由于使用年限较短,为临时性防护构造物。但在其沉落稳定后,可在其上灌注小石子混凝土,以取得长期使用的效果。

为节省钢材,在盛产竹、木材的地区,也可采用竹、木石笼代替铁丝石笼,其防护加固作用相同。竹、木石笼的强度、柔韧性及耐久性不如铁丝石笼,但造价低廉,可用于临时工程。

5.3.7 护坦

护坦是一种辅助性防护措施,主要用于沿河路基挡土墙和护坡的基脚防护。设置护坦的主要目的是为了减少局部冲刷深度。另外,当已建挡土墙护坡的基础埋深不够,需要进行加固时,采用护坦式基脚,施工上也较方便和有利。

关于护坦的减冲计算,可参考《公路水毁防治》(蒋焕章著,人民交通出版社)进行设计。

5.3.8 丁坝

丁坝是一种较为剧烈地改变水流结构的河道整治构造物,多用于防护宽浅变迁、宽浅游荡等不稳定的河段。

丁坝的设计长度,应根据导治线来考虑,以防护为主时,宜采用较短的丁坝,只扰乱其附近的局部水流,不致引起对岸水流的显

著变化。以挑流为主,用以改变主流方向,使其远离被防护的河岸或路段时,多采用较长的丁坝。

用于路基冲刷防护的丁坝,有时可用单坝,有时采用群坝。群坝的水流边界条件很复杂,前后坝的坝长不同、坝距不同都将产生不同的水流边界条件,形成不同的回流区范围。关于丁坝长度和群坝坝距等,可参考《公路水毁防治》进行计算。

丁坝在路基防护中多用于防护挡土墙和护坡的浅基础冲刷,所以宜采用漫水坝或潜坝。

丁坝轴线与水流方向间的交角大小不同,对水流结构的影响和形成的坝后回流区大小以及坝后淤积情况均不一样。对漫水丁坝、上挑式丁坝,水流漫越过坝后与坝轴线垂直方向流向河心,沿坝身形成的平轴环流,流向指向河岸,将泥沙带向河岸,在近岸处产生淤积。而且上挑和正挑的回流区长度较下挑长。所以,在规范中推荐采用上挑或正挑式漫水坝或潜坝。

丁坝的横断面形式,尤其是坝身上游侧边坡坡度和坝头边坡坡度对坝头局部冲刷深度影响较大,实际上反映了丁坝的有效长度。丁坝所受的外力较小,其断面尺寸主要依据构造要求、施工条件等决定,可参考公路设计手册《路基》,通过稳定性计算确定。

丁坝可以采用堆石、干砌块石、石笼,以及内填渗水性土外用干砌片石等材料砌筑,也可以用相互铰接的预制混凝土块码砌。

坝根是与河岸岸坡(或边滩)相连接的地方,主要受漩流作用,易被水流冲开,使丁坝失去作用,所以坝根与岸坡的衔接应牢固地埋入老河岸之内。

5.3.9 顺坝

顺坝亦称导流坝,一般用于河床断面窄小,不允许过多侵占,或修建丁坝后河岸或边坡的防护工程量大,以及地质条件不宜于修筑丁坝等情况下的导流防护。

顺坝起导流作用,基本上不改变原有水流结构,故坝头水流较丁坝平顺,受力较丁坝小,通常坝头不需要加宽,可将坝头的边坡适当放缓。

顺坝的构造与丁坝相似,横断面形状一般为梯形,其要求大体与丁坝相同。

格坝在平面上成网格状,设置于顺坝与堤岸之间,与顺坝配合使用,可以促进泥砂淤积,防止边坡或河岸受冲刷。格坝间距以使两格坝间流速减小为原则确定。

5.4.1 公路工程中的改河,主要目的是:将直接冲刷路基的水流引向它处;路基占用河槽后,需要拓宽河道;挖滩改河,清除孤石,改移河道以保护路基;裁弯取直,有利于布置路线或桥涵。改河方案,应慎重对待,要经过技术、经济论证比较,确有必要且效果较好时,方可通过设计付诸实施。

5.4.2 天然河流是曲直相间的,如果改河段的上、下游河槽基本处在直线河段,则这种改河易于收效。如果连接弯曲河段改直下游,则比较困难,特别是受冲刷的凹弯进行改河,尤为困难。改河起、终点应设在河流较稳定的地段,附近最好没有急弯。起点的位置,必须适应河势,使水流顺利地流向新河道,以免造成新河道的不稳定,并能减少冲淘和漂浮物对新河道的撞击;改河起点应尽可能选在不易冲刷的地段,以便将多余落差放在入口处,减少防护加固的工程数量。改河终点应与原河道顺接,以免影响下游河道的稳定性。流速、流量较大的山区河流,应注意改河后水流对下游河岸或路基的冲刷。

5.4.3 两曲线之间所夹的直线河段不宜过长,一般可采用直线河段水面宽度的4倍,改河的弯曲段,应考虑稳定弯曲段的必要长度。稳定弯曲段的全长,应符合直线河段的稳定河宽12~14倍。

河曲半径与稳定河宽有一定的关系,每条河流的各个河段均不同,具体数值可通过实地调查求得。根据经验,弯曲半径宜为稳定河宽的5~8倍。若半径过小,水流易成扭绞形状,凸岸处将造成淤积;半径过大,水流摆动,则易形成分岔。

5.4.4 取直后的河道,一般都比原河道缩短,因而河底的纵坡变陡。如纵坡过陡,可能冲刷河流两岸,或造成河流上冲下淤等不利情况。合理的纵坡应是既不冲刷又不淤积的稳定纵坡。

根据河床地质条件,一般可将多余落差放在进口地段,使水流能顺利地进入新河道。但若多余落差较大,而且进口纵坡不宜用得过陡时,可在该处作一些加固工程,或设置低矮的跌水调整。对于同样地质条件的地段,应尽可能设计成一个坡,坡长不宜过短。两纵坡的变坡点,可不设竖曲线,但坡差不宜过大。

5.4.5 改移河道的横断面设计,一般可参照上、下游相同地质条件的稳定河床的最小横断面而定,但不得小于极限断面,若断面过小则可能造成河床的冲刷和不稳定。新河道要能容纳公路路基的设计洪水频率的流量,同时应使造床流量水位时的河面宽度与原河道的稳定河宽大致相符。河槽横断面的形状,一般采用简单的梯形。在凹弯河段,为了减轻洪水对路基的威胁,可设计成复式河槽,将平台置于靠路基的一侧,这样可使主流离开路基较远。

公路改河工程的横断面,可参考公路设计手册《路基》进行设计。

5.4.6 改河段的防护工程,主要用于改河起点处,一般宜布置导流构造物。其它各处应根据改移河道的地形、水文和地质条件,确定防护与否。

6 特殊路基

6.1 滑坡地段路基

6.1.1.1、6.1.1.2 滑坡是指在一定的地形地质条件下,由于各种自然的和人为的因素影响,山坡的不稳定土(岩)体在重力作用下,沿着一定的软弱面或带作整体的、缓慢的、间歇性的滑动变形现象,滑坡有时也具急剧下滑现象。

滑坡是山区公路的主要病害之一,对山区公路建设和交通设施危害很大。所以应重视滑坡的调查工作,通过滑坡工程地质综合勘察,查明滑坡的形成原因及其性质,判断滑坡的稳定程度及其对工程建设的危害性,提供防治滑坡措施与计算参数。

滑坡对公路威胁较大,勘察工作繁重,防治工作艰巨,对大型滑坡应尽量绕避。当路线绕避困难,或经济上显著地不合理而必须通过滑坡时,应根据滑坡规模的大小,进行具体方案选择,采取综合治理,并力求根治。

6.1.1.3 判断滑坡稳定性采用的力学平衡检算方法很多,条文中列出的传递系数法,是假设分条间推力(水平推力和竖直剪力的合力) F_i 的作用方向取为上侧条块滑动的方向,引入了条间竖向剪力,故传递系数法所得的安全系数值是偏安全的,当稳定安全系数给定后,则传递系数法计算的下滑力 F_n ,便可作为采取支挡结构所承受的推力。验算比较简捷、可靠。系数 K 值的选用,主要应从滑坡滑动可能造成的后果,防治工程措施的目的,建筑物的重要性及其容许变形值,以及对滑坡性质、滑动因素、滑体和滑带岩土的结构与强度指标的调查了解的可靠程度等方面来综合考虑。

对于规模较小、变形较快、易于查清性质的滑坡,以及对活动周期较长的深层滑坡可取较小的 K_s 值;对危害性较大可能产生严重后果的滑坡,以及对活动较频繁的浅层滑坡,宜用较大的 K_s 值。在同一复杂滑坡中,对其前缘和上层经常易滑动的局部滑体的滑动,宜采用较大的 K_s 值,而对于整个滑坡的深层滑动则可取较小的 K_s 值。

6.1.1.5 地表水或地下水渗入滑体并湿润滑面,会促进滑坡的进一步发展。因此应对地表水、地下水的情况做好充分调查,并据此提出处理措施。整治滑坡工程,最宜在干季施工。

对于性质较简单,规模较小的中小型滑坡,应及早治理,一次根治,不留后患。

对于性质较复杂,规模较大,但尚不致于发生急剧变形的滑坡,可进行分期治理。

对于施工和营运中发生的滑坡,在作出局部移线与防治措施相结合的设计方案时,要注意利用既有工程建筑物。

6.1.2.1.1 截水沟的作用是排除滑坡体外的地表水,应设在滑坡可能发展的边界 5m 以外,根据需要可以设置一条或数条,分段拦截地表水,向一侧或两侧排出。在坡度陡于 1:1 的山坡上,常采用陡坡排水槽来拦截山坡上的坡面径流。沟槽断面以满足渲泄坡面径流为准,一般可按 $1/20 \sim 1/25$ 周期流量设计。如土质渗水性强,应采用粘质土、石灰三合土或浆砌片石铺砌防渗。

6.1.2.1.2 树枝状排水沟的作用是排除滑体内的地表水,应结合地形条件,充分利用自然沟系,作为排水渠道,汇集并旁引坡面径流排出滑坡外。排水沟的布置应尽量避免横切滑体,主沟宜与滑动方向一致,支沟与主沟斜交 $30^\circ \sim 45^\circ$ 。如土质松散,可就地夯成沟形,上铺粘性土或石灰三合土加固。通过裂缝处,可采用搭叠式水槽(混凝土槽、钢筋混凝土槽),以防山坡变形拉断水沟使雨水集中下渗。

6.1.2.2.1 支撑渗沟的横向间距可视土质情况,采用表 2 所列数值:

渗沟横向间距

表 2

土 类	渗沟横向 间距(m)	土 类	渗沟横向 间距(m)	土 类	渗沟横向 间距(m)
高液限粘土	6~10	低液限粘土	8~15	破碎岩层	15

支撑渗沟的基底,应埋入滑动面以下稳定地层内 0.5m,并设置 2%~4%的排水纵坡。当滑动面较陡时,可修筑成台阶,台阶宽度不应小于 2m,为加强支撑作用,可在台阶底设置浆砌片石的石牙,形状约成 30°的直角三角形。渗沟进水侧壁及顶端应设置反滤层。在寒冷地区,渗沟出口应采取防冻措施。

6.1.2.2.2 边坡渗沟是用于疏干潮湿的边坡和引排边坡上局部出露的上层滞水或泉水,适用于坡度不陡于 1:1 的土质路堑边坡。修筑边坡渗沟,可以疏干和支撑边坡,同时也能起截阻坡面径流和减轻坡面冲刷的作用。

边坡渗沟的主沟主要起支撑作用,分支渗沟则起疏干作用,可以互相连接作网状布置。拱形渗沟由于拱部易变形而失去作用,故不宜推广使用。

6.1.2.2.3 截水渗沟可用于截流流向滑坡的浅层或深层地下水并将其排出滑坡范围以外。

截水渗沟在不致冲刷四周孔壁圯工的前提下,尽量采用较陡的流水纵坡。设排水洞(管)的渗沟,洞(管)的高度不应小于 1m,以便养护人员进入检查、疏通。

截水渗沟一般深而长,为便于维修和疏通孔道,在直线段每隔 30~50m 或渗沟的转弯、变坡处应设置检查井。检查井井壁应设泄水孔,以排除附近的地下水。

6.1.2.4.2 在滑坡下部修筑抗滑挡土墙是整治滑坡的有效措施之一。对于大型滑坡常作为排水、减重等综合措施的一部分;对于中、小型滑坡,常与支撑渗沟联合使用。其优点是山坡破坏小,稳定滑坡收效快。在应用时必须弄清滑坡的性质、滑体结构、滑面层位、层数、滑体的推力及基础的地质情况,使挡土墙设计趋于合理。

抗滑挡土墙,一般采用重力式挡土墙。

抗滑挡土墙与一般挡土墙的主要区别在于所承受的土压力大小、方向、分布和作用点不同,抗滑挡土墙所承受的土压力,是按滑坡推力计算确定的。

6.1.2.4.3 抗滑桩是一种用桩的支撑作用稳定滑坡的有效抗滑措施,一般适用于非塑性体浅层和中厚层滑坡前缘,由于设桩位置灵活,可以分散使用,省时省料,破坏滑体很小,便于施工,并能立即产生抗滑作用,国内外整治滑坡工程中,使用较普遍。

近十余年来,随着新技术、新工艺的发展,抗滑工程的结构形式及其施工方法都有了改进和提高,抗滑桩由排桩发展为刚架桩、门型桩、h型桩、椅式桩墙和锚杆或预应力锚索桩……等,从结构上改善了桩的受力状态,减小了桩所受的弯矩,桩的截面和锚固深度相应减小,节约了圬工和钢材,在条件具备时可以应用。

抗滑桩的设计及计算分为刚性桩和弹性桩,其中刚性桩又分为桩身置于均质岩土中和桩身置于两种不同地层中等6种不同边界条件下的计算方法;弹性桩亦按不同的边界条件为普通法和简单法(无量纲解法)的m法、K法计算。具体的计算方法可参阅《公路设计手册《路基》》及铁路工程设计技术手册《路基》等有关资料。

6.1.2.4.4 锚杆技术在国内外土建工程中均有广泛的应用,近年来公路工程中亦在推广锚杆整治滑坡。它是通过锚杆把斜坡软弱结构面切割的板状岩体组成一稳定的结合体,并利用锚杆与岩体密贴所产生的摩阻力来阻止岩块向下滑移的一种拦挡措施。对于一些顺层滑坡,由于坡脚开挖路堑或半路堑,可能牵引斜坡上部产生多级滑坍,难于清理,如事先采用锚杆加固,可以阻止斜坡岩层产生滑动,稳定路基边坡。

在高速公路、一级公路的路基工程中,许多边坡稳定处治和支挡工程是可以使用锚杆技术的。如对有顺层滑动可能的边坡进行预应力锚杆支护;对岩石边坡存在楔形滑体的预应力锚杆锚固等,锚杆锚固段长度的计算公式可采用四川省公路规划勘察设计院编的《公路路基岩土工程技术》选用。

$$L = P/\pi\alpha \cdot \delta$$

式中： L ——锚固长度(即锚杆锚段全长)；

P ——锚杆设计工作荷载；

α ——锚杆传力材料直径；

δ ——设计(工作)结合力,参考数据见表 3 和表 4。

实际应用的钢筋锚杆采用或推荐结合力

(摘引自 Littlejohn 和 Bruce 1975)

表 3

钢筋锚索	工作荷载 (N/mm ²)	资料来源	钢筋锚索	工作荷载 (N/mm ²)	资料来源
光面筋	1.2~1.9	英国—	方螺纹筋	5.25	英国—
变形筋	1.7~2.6	C·P110(1972)	竹节筋	7.0	Roberts(1970)

设计推荐的岩石与灌浆的结合力

(摘引自 Littlejohn 和 Bruce 1976)

表 4

岩石类型	工作结合力 (N/mm ²)	资料来源
一般岩石		
易碎岩石	0.35~0.70	澳大利亚—koch (1972)
中等岩石	0.70~1.05	
强岩石	1.05~1.40	
火成岩		
玄武岩	1.01~0.38	英 国
花岗岩	1.08~1.55	
蛇纹岩	0.45~0.59	
沉积岩		
石灰岩	0.83~1.00	英 国
砂 岩	0.76~0.95	英国 Cementation 公司
硬质细砂岩	0.69~0.83	英 国
软质砂岩与页岩	0.10~0.24	英 国
变质岩		
石英岩	0.93~1.20	英国 Gosschalk 等(1970)
花岗片麻岩	0.36~0.69	瑞典 Brome (1968)
板 岩	0.43	英国 Cementation 公司(1962)

6.2 崩塌与岩堆地段路基

6.2.1 一般规定

崩坍一般是岩崩与坍塌的统称,本节所指的崩坍则包含错落、坍塌、落石、危岩的总称。此外,规模巨大岩体的崩坍可称山崩,山坡上经常发生的小块岩石的坠落称为碎落等等。

在陡峻山岭地区修筑公路,斜坡上常遇到程度不同的崩坍现象,由于地质历史和地质背景的不同,以及当地地形、气候、岩性、地层构造的特点、地震作用和人为因素的影响,崩坍对路基稳定的危害是不容忽视的。因此,在公路勘察中要充分调查,并作出崩坍发生的预测与稳定评价,以及采取有效的防治措施,尽量避开可能发生崩坍的地段。

岩堆则是陡峻山坡上岩体崩塌物质经重力搬运在山坡坡脚或平缓山坡上堆积的松散堆积体。在岩堆地段修筑路基,稳定是至关重要的。路线应在有利于路基稳定的位置通过和采取必要的防治措施以求稳定。

6.2.2.1 设置封面及护面墙的边坡自身应是稳定的。封面及护面墙不考虑承受岩土的压力,其具体材料及材料要求,按本规范第五章办理。封面的边坡不但要求自身稳定、平整而且要求比较干燥,当坡面渗水及坡面岩石风化较严重、节理发育时,必须采取相应措施,如挂网再喷射水泥砂浆,也可采用混凝土块或片(块)石浆砌铺筑封面处理。

清除坡面破碎风化层时,尽可能与放缓坡度相结合,放缓后的坡度宜与潜在滑裂面一致。

6.2.3 支挡和拦截崩坍下落岩块的人工构造物的设计荷载必须考虑撞击产生的弹跳冲击力。为计算冲击力须首先调查下落岩块的质量、运动速度、运动轨迹、弹跳高度、方向等。因为落石速度、测试调查都要解决测试手段问题,有条件时,其速度以调查试验为佳;无条件时,可按下述方法计算:

1. 单一山坡(图3)为台阶式时,台附高度在5m以内;山坡为折线时,其各段长度小于10m或相邻段坡度角

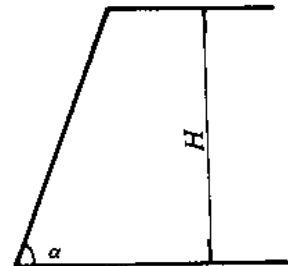


图3 单一山坡

相差小于 5°。

落石的计算速度,按任意形状物体沿斜面滚动或滑动的理论计算公式,为:

$$V_j = \mu \sqrt{2gH} = \epsilon \sqrt{H} \quad (1)$$

$$\mu = \sqrt{1 - K \cdot \text{ctg}\alpha};$$

$$\epsilon = \mu \sqrt{2g} \quad (2)$$

式中: H —— 石块坠落高度(m)

g —— 重力加速度(m/s²);

K —— 石块沿山坡运动所受阻力特性系数,按下列条件选用:

山坡坡度角 $\alpha=0^\circ\sim 30^\circ$ 时, $K=0.41\sim 0.54$;

$\alpha=30^\circ\sim 60^\circ$ 时, $K=0.54\sim 0.84$;

$\alpha=60^\circ\sim 90^\circ$ 时, $K=0.84\sim 1.74$

山坡坡度 $\alpha < 40^\circ$ 的单一山坡,生长有稠密的灌木或树林时,石块运动的计算速度为:

$$V_j = \eta \cdot \mu \sqrt{2gH} = \eta \cdot \epsilon \sqrt{H} \quad (3)$$

式中: η —— 系数,视植被厚度情况采用 0.6~0.8,裸露山坡,有突出岩石露头及 $\alpha \geq 35^\circ$ 时, η 可采用 1.1~1.2。

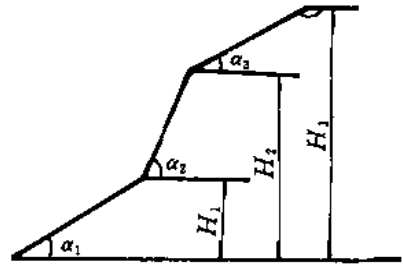


图 4 折线形山坡

2. 折线形山坡(图 4)各段坡角度 $30^\circ\sim 60^\circ$,且各段长度大于 10m 或相邻段坡度角相差 5°以上。石块沿山坡计算速度在 j 点时为:

$$V_j = \sum_1^j \epsilon (\sqrt{H_j} - \sqrt{H_{j-1}}) \quad (4)$$

式中: ϵ —— 坡段的计算速度系数按(2)式计算;

H_j —— 从计算点 j 到第 i 坡段的山坡高度(m);

H_{j-1} —— 坡段相邻的下一段山坡高度(m);

n ——不同坡度的山坡段数(如图, $n=3$)。

落石的运动轨迹和弹跳高度的计算影响因素较多,也难计算准确,故尽可能试验测定,测定困难时,可根据实际已崩塌下落的石块分布位置,调查可能弹跳、滚动的最大距离及石块的大小,特别要注意靠近路线附近的有关数据的调查。

6.2.3.3 当在岩堆上修建挡土墙而对岩堆开挖时,可以考虑开挖前在适当的范围内灌注强度较低的水泥砂浆,使之局部稳定。

6.3 泥石流地区路基

6.3.1 泥石流多发生在山区,有的每年发生,有的多年发生一次,危害程度亦不一样,因此对泥石流的调查与正确认识很重要。路线通过泥石流沟时,应尽可能对地貌特征,泥石流的规模、危害程度、流体性质、物质组成、发展趋势等沿沟进行实地调查。并访问附近居民,掌握泥石流沟的具体情况,再结合必要的分析计算,以确定适合的防治措施。

目前还没有统一的泥石流分类方法,分类时可参考有关资料。现仅列出粘性和稀性泥石流的分类:

	粘性泥石流	稀性泥石流
容 重(kN/m^3)	15~22	13~18
固体物含量(%)	40~80	18~40

有时是先粘性后稀性的混合型泥石流出现。

目前泥石流的计算公式繁多,但都有地区性和局限性,因此在进行泥石流计算时,可参考各地的经验公式和当地的实地调查情况,选择适合的计算公式。

6.3.2.1 当泥石流沟雨季水量较大或有长流水时,不宜设置过水路面,以免增大清淤工作量和步行的困难。

1. 采用桥梁构造物跨越泥石流沟,桥梁跨径宜大勿小,净空宜高勿低,基础宜深勿浅。由于泥石流的发生、发展受到气候、地形等条件的影响,冲淤变化幅度较大,不易作出准确的估算。因

此，对确定桥梁跨径、净空高度和基础深度的安全系数宜偏大一些。

《公路桥涵设计通用规范》对跨越泥石流沟的桥梁净空安全高度未作具体规定，因此本规范所规定的安全高度不小于 1m 是最低值，设计桥梁时，净空高度应尽可能增高，往往以提高线位增大纵坡或增设竖曲线来解决净空问题。

桥下净空一般不应采用开挖沟槽来满足净空要求的办法。

桥梁跨径一般与沟槽同宽，不应压缩，压缩后易造成泥石流堵塞桥孔。

跨径小于 20m 的小桥，当泥石流沟较深时，可采用拱桥；一般情况以采用板桥为宜，钢筋混凝土板桥建筑高度小，可以争取桥下净空高度，其整体强度也比梁桥优越。钢筋混凝土 T 型梁桥抵抗泥石流冲击能力较差，板桥与重力式桥台配合使用，效果较好。轻型桥台易遭冲毁，不适用于泥石流沟。

2. 根据甘肃、西藏和某些干线的调查结果，跨越泥石流沟的涵洞淤埋比较严重，其主要原因是涵洞孔径、净空偏小，进出口联接不好，洞口形式不当，涵底纵坡过小，因此本规范明确规定，仅在特殊情况下方可采用涵洞，并做好防护处理。

3. 隧道洞口被泥石流掩埋是最常见的严重病害，故选择洞口位置时必须注意两点。

(1) 洞口标高、位置应使洞外跨越泥石流的桥梁有足够的净空，以防止洞外泥石流淤塞桥孔，灌入隧道。

(2) 隧道应早进，晚出，防止泥石流漫流淤埋洞口，隧道长度不应短于洞顶泥石流的最大泛滥宽度。

4. 渡槽可用于经常爆发的小型泥石流地区，一般在特定的地形条件下采用，纵坡以 8%~15% 为宜。选用渡槽时尚应与其它方案作技术经济比较。

6.3.2.2 对于排导沟的设计，要求通过洪峰流量时不发生淤积，也不出现冲刷，然而历次泥石流的流量物质组成变化很大，在一次泥石流的全过程中，其流态也是变化的，要求排导沟在任何情

况下都不产生淤积是不可能的。因此,对排导沟的要求是在多年使用中,不出现危害建筑安全的累计性淤积和冲刷破坏。

6.3.2.3

(1)拦挡坝的作用主要是拦截泥石流中的固体物质和护床固坡,防止沟床继续下切、沟岸侧蚀而产生山坡滑坍。拦挡坝可设多道以形成梯级拦挡坝(也称为谷坊坝群)。

拦挡坝最宜与其它措施联合使用。拦挡坝属于半永久性工程,一旦固体物质堆满溢出坝顶时,尚有其它的整治工程发挥作用。

(2)格栅坝属临时或半永久性工程,主要适用于防治稀性泥石流,可用钢轨、粗钢筋、钢索等材料修筑,这种结构物应固定在浆砌片石或混凝土坝座上,或坚固的基岩上。格栅的间隔大小应根据泥石流的情况决定。

6.4 岩溶地区路基

6.4.1.1~6.4.1.4 石灰岩等可溶性岩层,在流水的长期溶解和剥蚀作用下,产生特殊的地貌形态和水文地质现象,统称为岩溶。岩溶对路基的危害,一般为溶洞顶板坍塌引起的路基下沉和破坏;岩溶地面坍塌对路基稳定性的破坏;反复泉与间歇泉浸泡路基基底,引起路基沉陷、坍塌或冒浆;突然性的地下涌水冲毁路基等。因此,在岩溶地区选线,必须认真勘察,全面比较,避重就轻,防害兴利。首先要从地质条件上弄清岩溶的发展规律和分布规律,慎重确定路线的布局 and 位置。在一般情况下,对局部严重的、大型的、不易搞清的岩溶地段,应尽量设法绕避;对不太严重的中、小型岩溶地段,选择其最窄的、最易于采取措施的地段通过。

岩溶地区路基设计,主要是对影响路基稳定的岩溶和岩溶水进行预防和处理。实践证明,如果不加处理或处理不当,不仅会影响工程计划方案发生变更,延长施工期限,造成浪费,而且会产生各种病害,影响行车安全。

6.4.2.1 对岩溶水宜以疏导为主,采取因地制宜,因势利导的方法,不宜堵塞。一般可采用排水沟、泄水洞等疏导岩溶水。

6.4.2.2 路堑边坡上的干溶洞,既影响边坡的稳定,又影响路容,对洞内可用片石填塞,洞口用干砌片石铺砌、砂浆勾缝或浆砌片石封闭。如溶洞靠近边沟时,浅的溶洞可按上法堵塞封闭,深的溶洞填砌不易,可用钢筋混凝土板封闭,同时应防止边沟水的渗漏。

路线通过溶洞或岩溶水时,如跨越和施工条件较好,可采用跨越方法。桥跨适用于流量较大的暗河、冒水洞或消水洞等。涵跨适用于一般岩溶泉。在跨越季节性或经常性积水而不深的溶蚀洼地时,可采用片石透水路堤。

6.4.2.4 在加固溶洞时,经常遇到有关溶洞顶板的安全厚度问题。一般认为:

(1)当溶洞或暗河的顶板厚度大于10m,其下洞道的直径小于5m时,在顶板岩层完整的情况下,可以不进行处理。如顶板岩层破碎并有塌坠现象,则均应考虑加固。

(2)当顶板厚度大于10m而洞身直径小于2m时,即使顶板岩层有塌坠现象,如为坚硬岩层,也可不作处理。

溶洞顶板的安全厚度,由于涉及的因素较多,还没有一个满意的计算方法,尚需继续积累资料,总结经验,作进一步研究。条文列出的算式可供使用。在实践中还可参考既有工程实例。

6.4.2.5 路线附近的溶洞,距离路基坡脚应有一定的距离,若洞穴坍塌呈漏斗形,不致危及路基,该距离称为溶洞距路基的安全距离。条文中所列的计算公式,是以往工程中按坍塌时的扩散角进行估算的,由于影响因素较多,在实践中还可调查参考既有工程的实例。

6.5 多年冻土地区路基

6.5.1.1 凡是土温等于或低于 0°C ,且含有冰的土(石)称为冻土,这种状态保持二年及三年以上者,称为多年冻土。

多年冻土按总含水量(冻土中各种状态的水的总质量与冻土骨架质量之比)和融化后的潮湿程度分类,可参考公路设计手册

《路基》。

多年冻土按其状态分：

坚硬冻土——土粒被冰牢固冻结，在荷载作用下，具有一定的脆弱性和不可压缩性。

塑性冻土——土粒被冰冻结，在荷载作用下可以压缩。

松散冻土——土中含冰量很少，当冻土融化时，其力学性质基本不发生变化。

6.5.1.2 多年冻土地地区的路基最小填土高度应满足防止翻浆和冻胀的要求。在采取保护多年冻土和限制多年冻土融化深度地段，还应满足防止热融沉陷及控制热融沉陷的要求。

在富冰冻土地段，当土的含冰量较大，且为高速公路、一级公路时，路基设计宜采取保护多年冻土的原则；当土的含冰量较小，融化后不致发生过量沉陷时，也可按破坏多年冻土设计。

在少冰冻土和多冰冻土地段，允许破坏多年冻土，可按一般路基进行设计。

多年冻土的分类和路堤高度可参考公路设计手册《路基》。

6.5.1.5 多年冻土的层上水，由于季节冻结层的封闭，形成承压水，将冻结层顶起成隆丘，并在其内部不断聚积冻结，即称冰丘。当承压水突破地表，冻结堆积，即称冰椎。

6.5.1.6 冻土沼泽地段路基应在路侧设置排水沟或挡水埝，将水源截断，并疏通排水系统，排除地表积水，防止沼泽化加剧。

6.5.1.7 热融湖(塘)地段路堤基底下有地下冰或松软层时，路堤两侧应设护道加固。

6.5.2.2 兴安岭地区保温护道、护脚的经验尺寸可参照表5。

护道或护脚尺寸

表5

路堤高度(m)	采用护道或护脚	高度(m)	宽度(m)
≤3	护脚	0.8	2.0
>3	护道	1.0	2.0

近年来我国化工产品用于多年冻土地地区作为保温材料方面的

研究取得了进展,如青藏公路多年冻土地区用无规聚丙烯混合料代替沥青混合料铺筑路面面层,冻土上限下降减少了约40cm。

6.5.2.4 为保证多年冻土路堤的稳定,路基坡脚与排水系统间应保持一定的距离。

6.5.2.5 路基两侧取土坑坑底应设置纵坡,以利排水。

6.5.3.1 按保温设计的边坡、边坡加固,铺砌厚度应满足保温层要求。

6.5.3.2 排水沟、截水沟的深度以不小于0.6m,底宽0.4~0.6m为宜,边坡一般为1:1.0~1:1.5,厚层地下冰地段的排、截水沟不宜过深,必要时可加设挡水埝。挡水埝高度不宜小于0.6m,顶宽一般为0.5~1.0m,边坡为1:1.0~1:1.5。

6.5.3.4 零填与低填浅挖地段,清除地表草皮和泥炭层后,由于冻土上限的降低,需填筑足够厚度的透水性土,以保证路基的强度和稳定。

6.6 黄土地区路基

6.6.1.1 黄土是一种以粉粒为主、多孔隙、天然含水量小、呈黄红色、含钙质的粘质土。我国黄土的总面积占国土面积的6%以上,主要分布在北纬34°~41°的大陆内部干旱和半干旱地区。其中以秦岭以北、长城以南、太行山以西、日月山以东的黄河中游地区的关中、陕北、宁夏、豫西、陇东及陇中的黄土高原的黄土最为典型,具有分布连续、土层厚度大等特点,且主要为风成黄土。

黄土的湿陷性是在外荷载或自重的作用下受水浸湿后产生的湿陷变形。湿陷性随深度、含水量、干容重的增大或孔隙比的减小而减小。一般当深度大于10m、干容重大于 15kN/m^3 、孔隙比小于0.8时,湿陷性趋于消失。老黄土无湿陷性,而新黄土具有湿陷性或强湿陷性。一般坡积、洪积和新近堆积的黄土都具有湿陷性,且坡积、风积黄土的大于冲积、洪积黄土的。黄土的湿陷性通过压缩试验,可判定其为非湿陷性黄土或湿陷性黄土,以及是自重湿陷性黄土还是非自重湿陷性黄土及其湿陷性程度。

6.6.1.4 黄土地区路基的排水与防护工程的设计要领:防冲、防渗和有利于水土保持是目的,早接远送是措施,而处理好进出水口则是关键。否则会引起土体滑坍、坡面产生冲沟。

6.6.2.1 老黄土粘粒含量较高,透水性能差,土体遇水软化,强度迅速降低,路基易变形,路肩及边坡易产生滑塌。对于高速公路、一级公路更应予以重视。

6.6.2.2 填方路基下沉除因填土碾压质量影响外,主要是地基土在天然状态下具有多孔性和湿陷性。因此,应根据公路等级的不同要求在必要时对地基采用灌水预先浸湿以及对基底重型压实强夯、挤密灰土桩等方法进行处理。

6.6.2.3 对高度大于 20m 的填方路基,其竣工后沉降量的计算,目前尚无合理的理论计算方法,据铁科院西北所和铁道部一勘院进行的高路堤沉降观测资料,当填土压实系数 $K \geq 0.85$ 时,其设计沉降量可采用填土高度的 1%;对于 Q_2 、 Q_3 黄土的地基,因动荷载和填土自重荷载所产生的压缩沉降量,施工期间已完成 80%~90%,竣工后的地基剩余沉降量为填方高度 1‰~2‰,因此,可略而不计。

对于公路要求填土压实系数 $K = 0.90 \sim 0.95$,因此,路堤沉降量在设计时按 1%取用,足以满足要求;竣工后的地基剩余沉降量除湿陷性黄土和具有较高压缩性黄土外,更可略而不计。

路基顶面预留加宽值视填土压缩沉降量和公路等级而定。

6.6.2.4 填方边坡高度大于 30m,有可能不合理或者给施工、养护带来困难,因此,应与挡土墙、半边桥或跨沟桥等形式,从工程造价、施工难易、养护维修及沉降处理等进行综合比较选定。对确实需要采取填方路基通过的地段,应进行边坡设计,结合该处的地形、地层及水文等情况论证采用。同时,做好防护、排水工程设计。

6.6.2.5 由于黄土地区的地形特点及黄土的特殊工程性质,土桥和坝式路堤多少年来在我国的一般公路上局部采用,大都效果较好。加筋土挡土墙近几年来在二、三级公路工程中也有许多成

功经验,应不断推广应用。

坝式路堤的形式和水工土坝基本相同,应按蓄水时最不利的情况进行稳定性验算,但迎水坡不受动水压力作用。坝式路堤一般适用于流量较小的冲沟。

6.6.2.7 高速公路、一级公路路幅较宽,路面路肩汇集水量相对较大,同时对坡面稳定性要求又高于一般公路,因此,当填方边坡高度大于或等于 2.5m 时,路面排水不宜采用散流方式通过边坡坡面排出路基。

6.6.3.1 挖方边坡形式设计,要考虑边坡的稳定性、耐久性和挖方断面的经济性,并兼顾施工和养护方便。边坡形式应根据黄土的时代成因、所处地貌单元、构造节理、边坡高度、地面水和地下水条件以及自然稳定边坡的形状等综合确定。

6.6.3.2 天然黄土一般具有垂直节理,黄土陡壁多呈直立的特性,因此,黄土挖方边坡常设计成陡坡,其有利条件是:①路基土方工程量小;②黄土的透水性强,抗冲刷能力较低,陡坡可以减少受雨水冲刷的面积,有利于边坡稳定。另一方面,如果边坡设计太陡则坡面易剥落,亦不稳定。

表 6.6.3.2 所列数值,系公路科研、生产等单位的成果,并参考铁路、水利等有关部门的资料,经分析、汇总整理而成。且为均质土,无不良地质及工程地质现象,因此,取值时应根据边坡所在位置的具体情况分析选用。

6.6.3.4 黄土隧道易成洞,且衬砌简单、施工方便,营运期间养护工作量及后遗病害也较少。对于深路堑路基,当挖深超过 30m 时,对于高速公路、一级公路有时以隧道穿过可能还是经济合理的。

6.6.3.6 一般情况下深挖方边坡坡脚处的土体都比较潮湿,容易引起风化剥落,导致边坡坍塌,特别是在阴坡面的路基。另外,高速公路、一级公路行车量大、车速快,降水时雨雪水极易飞溅于挖方下坡脚。因此,碎落台及坡脚处 2~3m 高度范围内的坡面予以防护是必要的,同时也有利于路容美化。

6.6.3.7 根据不同地区的调研资料分析及有关单位的建议,黄土路基排水沟渠防护的纵向坡度宜列出数值范围,故使用表 6.6.3.7 时需要根据地区特点、黄土类别及公路等级的不同而区别对待。

6.6.4.1 黄土地区的路基病害主要是黄土陷穴和湿陷。黄土陷穴是黄土(具有垂直节理、多孔性、大孔性、含可溶盐等特性)经水冲蚀与溶蚀所形成的一种特殊物理地质现象。它对路基的危害甚大,其处理宽度和深度应随公路等级、陷穴位置及发展趋势而定。

6.6.4.2 黄土陷穴的处理方法和适用条件如下:回填夯实用于明穴;明挖回填夯实用于埋藏浅的暗穴;支撑回填夯实用于埋藏较深的暗穴;灌砂用于小而直的暗穴;灌泥浆用于大而深的暗穴。

6.6.4.3 为防止产生新的黄土陷穴,对流向陷穴的地面水应采取拦截引排措施;对挖方坡顶上方的裂缝和积水洼地,应填平夯实,防止雨水下渗;对填方路基应做好靠山侧的排水工程,并填平夯实积水洼地;将路基附近的土层夯实或铺筑粘质土等不透水材料或植树种草。

6.6.4.4 湿陷性黄土一般是大面积分布的,处理费用较高。黄土湿陷性对于一般等级道路可局部处理,但对于高速公路、一级公路则影响较广。因此,应完善排水系统,并对路基附近现有的灌溉、排水设施进行处理,防止渗漏。

6.7 膨胀土地区路基

6.7.1.1 膨胀土系指土中含有较多的粘粒及其亲水性较强的蒙脱石或伊利石等粘土矿物成分,它具有遇水膨胀,失水收缩,是一种特殊膨胀结构的粘质土。

关于膨胀土的判别,国内外尚不统一。根据多年来工程实践中的经验总结和工程地质特征,自由膨胀率大于 40%和液限大于 40%的粘质土,可初判为膨胀土,但这不是唯一的,最终决定的因

素是胀缩总率及胀缩的循环变形特性,以及再与其它指标相结合的综合判别方法。

膨胀土的工程地质分类及风化类型可参考表 6 及表 8。

膨胀土工程地质分类

表 6

分 类	野外地质特征	主要粘土矿物成分	>0.002mm 粘粒含量 (%)	自由膨胀率 (%)	胀缩总率 (%)
强 膨 胀 土	灰白色、灰绿色,粘土细腻,滑感特强,网状裂隙极发育,有蜡面,易风化呈细粒状、鳞片状。	蒙脱石 伊利石	>50	>90	>4
中 等 膨 胀 土	以棕、红、灰色为主,粘土中含少量粉砂,滑感较强,裂隙较发育,易风化呈碎粒状,含钙质结核。	蒙脱石 伊利石	35~50	65~90	2~4
弱 膨 胀 土	黄褐色为主,粘土中含较多粉砂,有滑感,裂隙发育,易风化呈碎粒状,含较多钙质或铁锰结核	蒙脱石 伊利石 高岭石	<35	40~65	0.7~2.0

注:胀缩总率为土在 50kPa 压力下的膨胀率与收缩率之和。

胀缩总率 e_{ps} 按下式计算:

$$e_{ps} = e_p 50 + C_{s1}(w - w_m)$$

式中: w_m —— 地基土在收缩过程中可能产生的含水量的下限值 (%) ;

w —— 土的天然含水量 (%) ;

C_{s1} —— 收缩系数,通过收缩试验确定;

e_{p50} —— 50kPa 压力下的膨胀率 (%) 。

如式中 e_{p50} 为负值时,按负值考虑,如 $(w - w_m)$ 大于 8% 时,按 8% 考虑,小于零时,按零考虑。

地表下 1~3m 深度内土的含水量下限值 w_m 可按下列二种情况分别确定:

①当地基土的收缩变形主要受大气降雨和蒸发影响时, w_m 可按式计算:

$$w_m = Kw_p$$

式中: K —— 工作条件系数,可按表 7 选用;

6.7.1.3 膨胀土路基,若填挖太大,很难保证其稳定性,一旦病害发生,治理困难,耗资巨大,因此,设计时应与桥梁、隧道方案进行技术经济比较,择优选用。

6.7.2.2 利用膨胀土作为路堤填料,其压实后的膨胀土与天然原状结构膨胀土的工程特性有很大不同,主要是压实土的膨胀潜势较原状土要大5~8倍,甚至达二、三十倍之多。填土的密实度愈大,含水量愈低,则土浸水后,其膨胀量和膨胀力愈大;如在相同压实含水量下,密实度愈高,其膨胀量和膨胀力也愈大;膨胀土在原状结构时,有较高的初始结构强度,很难压实,浸水膨胀后,强度大幅度下降,因此,强膨胀性土,不得用作填料用土。如限于条件,高速公路及一、二级公路只能选用强膨胀性土作填料,则应做专题试验论证分析。如选用中等膨胀土作为填料应按公路等级、土的胀缩特性、填土层位、路面类型等具体情况,并结合实践经验采用不同的处治方法。《公路路基施工技术规范》对膨胀土路基施工作了明确的规定。

关于掺石灰或石灰粉煤灰的最佳配比,从江苏省宁连公路膨胀土的试验资料看;对塑性指数为24的灰色粘土,掺石灰4%、6%、8%时的胀缩总率分别为-0.3、-0.4、-0.2,掺石灰6%时膨胀力即下降到接近天然稳定状态时的指标。对塑性指数为31的灰黄色粘土,掺石灰4%、6%、8%时胀缩总率分别为2.2、0.14、0.25,掺灰6%和8%,膨胀力可下降到天然稳定状态时的指标。其它的资料如:安徽“312”国道对使用合肥膨胀土作路堤填料,膨胀土产生明显的石灰效应的最佳剂量为6%;河南省平汝公路用石灰改良膨胀土,认为石灰加入量10%较接近最佳量;国外还有资料报导,稳定膨胀土需要石灰掺量以重量计在2%~8%范围,在美国佛罗里达州的公路建设中,用石灰稳定膨胀土的石灰用量约3%。本条文对石灰剂量规定可控制在4%~10%。

掺石灰的最佳配比,以处理后胀缩率不超过0.7为宜,是控制到弱膨胀土的低限指标之下,可作为非膨胀土对待。

6.7.2.7 膨胀土的大气影响深度,在参照《膨胀土地区建筑技

术规范》的规定办理时,可先求膨胀土湿度系数,应根据当地 10 年以上的土的含水量变化及有关气象资料统计求出。无此资料时,可按下式计算:

$$\phi_w = 1.152 - 0.726\alpha - 0.00107c$$

式中: ϕ_w ——膨胀土湿度系数,在自然气候影响下,地表下 1m 处土层含水量可能达到的最小值与其塑限值之比;

α ——当年 9 月至次年 2 月的蒸发力之和与全年蒸发力之比;

c ——全年中干燥度大于 1.00 的月份的蒸发力与降水量差值之总和(mm)。

大气影响深度,应由各气候区土的深层变形观测或含水量观测及地温观测资料确定,无此资料时,可按表 9 采用。

大气影响深度(m)

表 9

土的湿度系数 ϕ_w	大气影响深度 d_a	土的湿度系数 ϕ_w	大气影响深度 d_a
0.6	5.0	0.8	3.5
0.7	4.0	0.9	3.0

6.7.3.1 在国外,对膨胀土地区的挖方路段,很早就采用超挖的处理措施,一般超挖 60cm,我国有的膨胀土路段,采用了超挖 40cm,本条规定对路床应超挖 30~60cm。在强膨胀土及中等膨胀土地段的高速公路及一、二级公路应换填路床顶面以下 30~60cm 膨胀土,三、四级公路应换填上路床 30cm 膨胀土。换填可以采用石灰土或非膨胀性土,并分层压实。武汉岱黄一级公路,强膨胀土路堑路床,采用翻挖厚度 30cm,掺石灰处理后随即压实,并迅速铺设路面半刚性基层封闭。弱膨胀土按一般道路设计。现已通车观察 7 年,情况尚好。

6.7.3.3 膨胀土深路堑边坡的设计是一个复杂的工程地质问题。从现有工程路堑坡度的调查结果看,坡比从 1:2~1:3 的边坡,出现不稳定,特别是在有软弱夹层时,边坡缓至 1:5~1:8 也不一定完全稳定。因此,沿用常规土力学分析方法,还不能妥善解决膨胀土路堑边坡稳定的问题。

膨胀土路堑的工程设计应做好防水、排水、保湿、防风化,结合支挡、防护,缩小坡面等治理措施。施工中,要求对开挖出来的坡面,要及时封闭和防护,这样既能防止路堑边坡的病害,又能增加路堑坡的稳定性。目前,对于膨胀土路堑边坡设计主要采用二种方法:①工程地质比拟法;②力学分析检算法。

采用力学分析检算应考虑以下几个重要问题:

①膨胀土路堑边坡变形破坏主要是边坡坍塌和滑坡。

②边坡稳定性分析中,应充分重视各种界面效应的作用(土的风化界面、不同性质土层界面,胀缩效应层界面,软弱夹层界面等)。

③要充分考虑膨胀土的变动强度与强度衰减的特性。例如:若是边坡土体沿裂隙面剪切破坏时,可采取裂隙面试样,利用直剪仪做剪切试验求 c 、 ϕ 值;若是非裂面剪切破坏时,可采取直剪试验求 c 、 ϕ 值(如在浸水条件下破坏,则应做浸水剪切试验);若是既有裂面,又不全是裂面(非裂面)的综合剪切破坏时,在正常条件下按常规直剪仪试验求 c 、 ϕ 值;在浸水条件下应做原状土浸水条件下直剪仪试验;若是风化层湿胀干缩效应剪切破坏,则应取原状土样进行干湿循环剪切试验,以求稳定强度的 c 、 ϕ 值。

稳定性验算的安全系数取值 1.20,是根据国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》第 3.2.1.1 条的规定。

6.7.3.5 膨胀土路堑边坡防护,一是为了预防含水量的变化可能产生的边坡变形破坏,二是对已产生变形破坏的边坡进行治理。因此,边坡防护措施的选择,应针对膨胀土的工程特性,结合路堑边坡稳定必要条件,满足如下防护原则:

(1)保持边坡土体天然含水量状态的相对稳定,应防止地面水与地下水渗入路堑边坡。

(2)保持边坡土体结构的相对完整性,应防止土体的风化作用。

(3)保持边坡土体足够的抗剪强度,应防止土体强度衰减。

(4)边坡土体分布有强膨胀土夹层,或土层中风化界面清晰完整时,应进行防护以防止滑动产生。

(5)防护工程应能适应边坡膨胀土体可能产生的膨胀变形与膨胀力而不遭破坏。

6.8 盐渍土地区路基

6.8.1.1 盐渍土在我国分布面积较广,按地理区域划分,可分为沿海盐渍土和内陆盐渍土两个大区。沿海盐渍土区盐渍化发生的主要原因是由于受海水浸渍或海岸退移,盐渍化类型主要是氯化盐渍土,一般含盐量在5%以下,该区气候比较湿润,地下水位较高,水对盐渍土路基的稳定性影响较大。内陆盐渍土区又可分成半干旱与干旱盐渍土亚区和过干盐渍土亚区。半干旱与干旱盐渍土亚区的盐渍土常常出现在某些河道附近与平原低洼地带以及一些灌区附近,盐渍化的主要原因是水中矿化度高,地下水或地面水经过蒸发后,盐分留积于土中,水对盐渍土路基的稳定性有不同程度的影响。过干盐渍土亚区主要包括最干旱的一些荒漠地区,这一亚区有最大程度的盐渍化和最丰富的盐类,盐类以氯化物为主,其他各种盐类也都存在,由于气候非常干燥,水对盐渍土路基的稳定性影响很小。

6.8.1.2 盐渍土路基的主要病害有溶蚀、盐胀、冻胀、翻浆等。氯化盐渍土硫酸盐渍土受水浸时土中盐分易溶解,可形成雨沟、洞穴,湿陷等路基病害。硫酸盐渍土盐胀强烈,在冬季,土基内的盐胀可使路面不平、鼓包、开裂,是盐渍土地区公路最突出的病害。冻胀与盐渍土中含盐量有很大关系,氯化盐渍土,当含盐量在一定范围内时,由于冰点降低,水分聚流时间加长,可加重冻胀;当含盐量增多时,由于冰点降低到路基土不发生冻结或减少冻结,从而不产生冻胀或只产生轻冻胀。硫酸盐渍土的冻胀作用与氯化盐渍土类似,但影响程度不如氯化盐渍土显著。碳酸盐渍土由于透水性差,可减轻冻胀。各种盐渍土对翻浆的影响和其冻胀的程度相类似。

6.8.1.3 水对盐渍土路基的稳定性影响最大。为保证路基稳定,应设计完善的排水系统,避免路基附近积水。

6.8.1.4 盐渍土地区应修筑路堤,路基要有一定的高度,应避

免修筑路堑以防止可能产生的路基病害。但受条件限制仍需采用浅路堑时,其横断面设计可参考图 5。

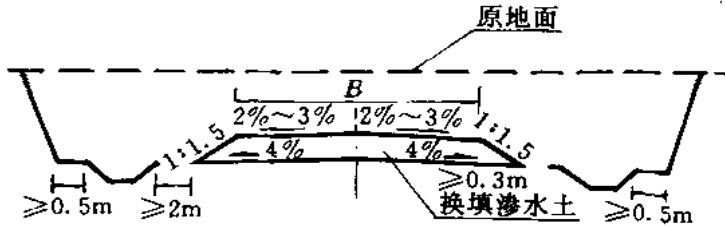


图 5 换填渗水土的路堑横断面

6.8.2 盐渍土分类

盐渍土分类方法很多,本“规范”所列的两种分类是按含盐性质和盐渍化程度分的,具体地说前者是按离子含量比值划分,后者是按含盐量数划分,这种建立单一化学元素作为划分指标,并不能充分反映盐渍土的路用性质。实践证明即使是含盐种类和含盐量相同的盐渍土,由于含盐的特性、地貌形态、水文地质、气候等条件不同,对路基的影响程度也存在着显著的差别。因此,设计时尚须结合地区特点和当地的筑路经验,参照“规范”所列的分类辨证应用。

6.8.3.1 盐渍土地区路基填土高度不足时,往往会出现多种路基病害,尤其是地下水位较高的地段。路基高出地下水位的最低高度,除应满足毛细水强烈上升高度需要外,还需要考虑其它方面的问题,如考虑冻胀与翻浆,则取临界冻胀深度;如考虑盐胀,则取盐胀深度;如考虑再盐渍化,则取最大蒸发深度,此外,再加 0.15~0.30m 安全高度。在缺乏实际资料时,可参照表 6.8.3.1 采用。

6.8.3.2 盐渍土作为路基填料的可用性,首先与土中所含易溶盐的性质和数量有关,其次与所在自然区划的气候、水文和水文地质条件有关,和土质、路面等级等也有一定关系。表 6.8.3.2 是汇总和分析了我国各盐渍土地区筑路经验而提出的,各地区可结合本区盐渍土的特点,加以选用。

6.8.3.3 为防止路基受雨水冲刷、浸蚀、淋溶作用和松胀病害的影响,导致路基边坡的滑塌和沉陷,盐渍土地区的路基边坡应尽可能缓一些。

6.8.3.4 当地下水位特别高时,设置路侧取土坑可能会导致积水和排水不良,所以推荐采用无边沟、无取土坑的路基横断面形式;在需要排除的地面水数量不大时,可采用设有边沟的路基横断面形式;在表层有盐壳的盐土地段,尤其是在湿盐土上,为排水畅通,应采用设取土坑和护坡道的路基横断面形式;一般情况下,当用地不十分困难时,可采用设取土坑与护坡道的路基横断面形式。

6.8.4.1 在盐渍土地区筑路,应根据盐渍土的成因、类型、工程性质及可能对路基产生的病害类型和程度,结合公路等级和要求、水文地质条件、筑路材料分布情况等,确定相应的防治措施。各种处治措施可单独使用,也可以相互配合使用。

6.8.4.2 盐渍土地区,土的含盐量往往是表层最大,当路堤底部表层盐渍土含有过量盐分,或表土松软有盐壳时,应将路堤基底和取土坑范围内的表层过盐渍土铲除。铲除后的地表应做成由路基中心向两侧约2%~4%的横坡,以利排水。为防止铲除的表层过盐渍土受水浸渍后,又流回路基范围内,应将其堆置于离路基较远的低处。

6.8.4.3 为防止水分和盐分进入路基上部,在路基内设置隔断层亦是防止路基盐胀和冻胀最有效、简便的措施,在新建公路时可考虑采用。

如果只是隔断毛细水,可用粗粒渗水材料修筑;如果要求同时隔断毛细水和汽态水,则宜采用沥青、土工织物等不透水材料修筑。

6.8.4.4 化学处理硫酸盐盐渍土,可使土中易溶盐成份和性质发生变化,减轻盐胀,但由于施工较复杂,费用也较高,目前在公路上尚处于试验阶段。为了使化学处理过的盐渍土不受下层水分和盐分的影响,其底部应设置隔离层。

6.8.4.5 盐渍土路基的路肩和边坡,易遭风蚀及人畜踩踏的破坏,为防止路肩松软、泥泞、吹蚀与渗水,可根据不同要求采取下列方法加固路肩:①用沥青材料封闭路肩;②用砾石、卵石或粘土覆盖路肩;③用盐壳覆盖路肩。否则,为保证路肩的有效宽度,应

采用当地容许含盐量的土,将每侧路基加宽 0.2~0.3m。

对硫酸盐渍土路基,必要时可采用砾石、卵石、粘土或盐壳加固路堤边坡,以防边坡因疏松、风蚀和人畜踩踏而破坏。

6.8.5.1 干旱地区封闭盆地内的干涸盐湖表面一般无水,仅有很厚的盐盖和岩盐。低矿化度的承压水和潜水向上溢出与渗透,可使盐盖、岩盐被长期溶蚀而形成溶洞、溶沟和溶塘等。盐湖地表下的不同深度处,一般都有饱和的晶间卤水和地下水。

由于干涸盐湖地段的地下水都是饱和盐水(又称卤水),对岩盐不再发生溶解作用,加之现代的气候有利于盐湖的盐水继续浓缩,因此,可在干涸盐湖表面直接修筑公路。

6.8.5.2 岩盐的含盐量很高,一般在 20%以上,最高可达 95%。路基填料可以用当地的岩盐,容许含盐量可不加限制,如为氯化物盐类,含盐量越大越好。

岩盐类材料的好坏取决于生成条件、含盐类及性质、含盐量多少和土的颗粒组成及其结构密实、坚硬程度等条件。

用作填料的岩盐应打成碎块,并分层浇洒盐水填实。

6.8.5.3 在干涸盐湖上修筑一般等级公路,可以低路堤甚至零填横断面形式通过,往往不需另铺筑路面,仅洒泼盐水,逐次结晶,再经行车碾压而形成坚硬、密实、平整的硬壳。

对高速公路、一级公路,应采用分期修建的原则。第一期工程可采用土路堤和岩盐路堤,通过使用、养护期间用稳定土的加固办法,提高其使用性能,然后再进行第二期工程,提高路基并在上面铺筑路面。

6.8.5.4 当干涸盐湖地表下有饱和盐水时,为了加速地下水蒸发和盐分聚集、结晶、降低地下水位,宜采用设取土坑及护坡道的路基横断面。

6.8.5.5 对于不再发展的溶洞、溶沟、溶塘,如为外露者,可用岩盐或卵石、砂砾材料填补夯实;如系暗洞,洞顶距地表厚度小于 0.3~0.5m 时,则应将洞挖开,进行填实;如溶蚀范围较大,尚在发展,则应考虑绕避或采取其它措施,如用砂石材料填筑。

6.9 风沙地区路基

6.9.1.1 风沙地区是沙漠和沙地的统称,在我国分布范围较广,主要集中在内陆干旱、过干旱地区;在半干旱地区以及局部润干地区也有零星分布,但多以固定、半固定沙丘为主。

风沙地区的主要特征为:①气候干燥,降雨量小;②温差大,冷热变化剧烈;③风大、沙多;④土中含易溶盐多;⑤植被稀疏、低矮。

风沙地区路基勘测应充分收集区域气象资料,进行工程地质、筑路材料及水源调查。气象资料应包括气温、降水、蒸发、湿度、风况等内容。

风沙地区的工程地质调查主要包括风沙沙源的分布情况、风沙地貌的形成条件、沙丘移动特征(移动方向、方式和速度)、沙的物理化学性质、植物覆盖度、当地沙生植物种类及其生态特征、下伏地层和地下水埋藏深度等。

在风沙地区的筑路需要大量的防护材料,路基防护形式往往根据当地材料情况确定,因此,应充分进行对路基防护材料的调查。

6.9.1.2 风沙地区人民在与风沙危害的长期斗争中积累了丰富的经验。在调查过程中,应认真总结、学习当地的治沙经验,结合公路的特点加以引用。

风沙地区的公路病害主要是沙埋与风蚀,两者之中又以沙埋为主。沙埋主要有两种情况,其一是风沙流通过路基时,由于风速减弱,导致沙粒沉落、堆积、掩埋路基;其二是由于沙丘移动而掩埋路基。风蚀是路基在风沙的直接吹蚀下,路基上的沙粒或土粒被风吹走,出现路基削低、掏空和坍塌等现象,从而引起路基的宽度和高度减小。风蚀的程度与风力、风向、路基形式、填料组成及防护措施等有关。因此,为防治沙埋,应根据风沙地貌的特点、风沙运动特征、风向、风力、路线与风向的交角等选择合理的路基横断面形式。流沙地区,无论路堤或路堑多由松散沙筑成,应采取措施对路肩、边坡坡面和平台进行全面防护以防止风蚀。

6.9.1.3 在风沙流比较严重的地区,为根治沙害,除对路基本身进行防护外,还应在路侧建立完善的防沙体系,包括整平带、防护带和植被保护带等。

6.9.1.4 在干旱及过干旱的风沙地区,因降水稀少且沙的渗水性较好,一般可不设路基边沟和其它排水设施。但在润干及半干旱的风沙地区,应根据降雨情况需要设置边沟及其它排水设施时,其形式宜设计成流线形以增加运动气流上升力,有利于风沙流顺利通过,减轻边沟等排水设施内积沙程度。

6.9.2.1 风沙地区填方路基设计成流线形是为了有利于使风沙流顺利通过路基,减轻积沙的危害,尤其是较低的路堤。

6.9.2.2 路堤上的风向、风速变化与路堤高度、边坡坡度以及风向和路线的交角大小有关。当路线与风向正交时,随着路堤高度的增加,增速作用十分明显。因此,较高的路堤一般不至于遭受风沙流的沙埋危害。当路堤与风向平行时,由于路堤具有一定的高度和光滑的表面,路基顶面风速较两侧沙地表面风速大,所以一般不会积沙。零填挖或近于零填挖的路基,不论路基与风向的关系如何,均易于积沙。但过高的路堤,风蚀程度又会增加,所以路堤既需有一定的高度,又不易过高,一般以 1m 左右为宜。

6.9.2.3 低路堤的边坡可视路侧地形、地势情况,采用缓坡和流线形的路基横断面,以利于风沙流平顺通过公路,路侧采取防护措施时,边坡可适当陡一些。对较高的路堤,沙埋危害较小,边坡坡度可采用 1:2~1:3,这样可以减少边坡防护工程数量。

6.9.2.4 取土坑设置应避免其遭受风蚀,因此宜设在背风侧路基坡脚 5m 以外;当必须两侧取土时,迎风侧的取土坑应予封闭或摊平;当采用机械施工时,取土坑应挖成弧形的浅槽(宽深比为 10~25)并与路基顺滑衔接,以利于风沙流通过。

6.9.2.5 路基防护应采取因地制宜、就地取材的原则,选用经济合理的防护材料。

柴草类材料使用年限短,消耗量大,且当地的植物资源对风沙地区来说也是非常宝贵的,并非是最适宜的防护材料,但其采

运经济、施工方便的特点。

粘土在风沙地区亦很奇缺,目前铁路和石油部门试用聚合物土工格栅代替柴草类材料对风沙地区路基进行防护,效果良好。公路部门有条件时,可应用这类新材料,但选用的格栅应具有良好的抗风化和抗老化性能。

6.9.2.6 为避免沙质路基的沉陷,路基应分层压实,压实效果以震动压路机和履带拖拉机为好。地基土过于疏松时,可铺设一层土工织物为压实机械创造一个良好的工作台。

6.9.3.1 路堑内的风向、风速变化与路堑边坡坡度、路堑深度以及风向与路线交角的大小有关。路线与风向正交时,堑内风速降低且边坡坡度越陡,路堑深度越深,风速降低越多,由于背风侧的降低程度更大,故堑内积沙一般从背风侧坡脚开始,逐渐向迎风坡脚延伸,严重时,路堑下部可被积沙堆满;路线与风向平行时,由于路堑有聚风作用,故堑内一般无积沙。

路堑边坡陡于 1:4 时,将在路堑内出现顺路堑方向的风流(俗称拉沟风)。路堑短时,沙粒在顺沟风力的作用下,被带至堑外堆积,路堑长时则堆积于堑内。

路堑过深时,积沙虽然可以通过养护清理,但如果采用很缓的挖方边坡,在工程上不够经济。因此,应避免采用较长和较深的路堑。

6.9.3.2 浅路堑内顺路线方向的风力较小,在边坡坡度陡于 1:4 时堑内积沙严重;当边坡缓于 1:4 时,气流平顺通过路堑,可将大部分挟沙输送至路堑以外,因此,浅路堑宜采用敞开式横断面。深路堑若采用敞开式横断面,工程上不经济,而且由于顺沟风力较大,堑内积沙并不严重,因此,对深路堑推荐采用一般路基横断面形式,但坡脚应设置积沙平台,以便于养护。

6.9.3.3 如条文说明 6.9.3.1 所述,路线与风向正交时,堑内会有不同程度的积沙,路堑越深积沙越严重。对浅路堑,采用敞开式路基横断面可减少积沙,对深路堑采用敞开式路基横断面虽不够经济,但当路堑顶宽与深度之比介于 20~30 时,同样具有缓坡

路堑的优点。

6.9.3.4 路基设计土方调运时应尽量利用挖方,减少废方。如果利用挖方运距较远而不够经济时,应将废方堆于路基背风侧并摊平,以免被风吹回路堑内。

6.9.3.5 对路堑防护,不仅要对其边坡进行防护,对坡顶 20~30m 的范围内以及积沙平台均应进行防护。

6.9.4.1 路侧防沙工程可概括地分为固、阻、输、导四种类型。各种措施可以单独采用,也可以几种措施配合使用。为了使各种措施经济有效,必须有总体的布置,使路侧各种防沙措施形成一个完善的系统。

6.9.4.2 植物固沙是防治沙害的根本措施,不仅可以减低风速,削弱和抑制风沙流活动,而且由于沙生植物具有发达的根系,还能固结其周围的沙粒,加之枯枝落叶的堆积,有利于有机质的聚积,促进沙的成土作用,改变沙地性质,使流沙趋向固定。植物起到全面固沙作用后,比任何工程防护措施都更为优越、有效。

6.9.4.3 立式沙障是一种有效的固沙措施,具有较好的阻沙作用。立式沙障距路基应有一定距离,不宜太靠近路基,靠近路基的地带一般采用砾石、粘质土或其他材料平铺于砂面上,以防风蚀。两种措施结合在一起使用效果较好。

6.9.4.4 阻沙措施在于拦截风沙和限制积沙移动。阻沙沙障一般可分为墙式、堤式、栅式、带式四类,适用于沙源极为丰富的流沙地区,须布置在距路基迎风侧 200m 以外。沙障越高,间距越大,与主导风向正交时,阻沙效果越好。

6.9.4.5 输沙措施的作用在于通过增强风力或改变地表面性质,使过境流沙顺利通过路基而不产生堆积。输沙设计主要包括浅槽和风力堤输沙、浅槽输沙、聚风板输沙等。各种输沙措施的设计可参考公路设计手册《路基》。

6.9.4.6 当路线与主导风向为 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 斜交时,风沙容易在路基附近堆积,为了让沙堆积到对路基无危害的地方,可在路基迎风侧采用导沙的措施借助风力作用,改变风沙流或沙丘的移动方

向。

6.9.4.7 整平带是路侧防沙体系的一个重要组成部分。尤其是在路线与主导风向成 $45^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 相交的大面积流动沙丘地段,以及路线与主导风向成 $30^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 斜交的半固定沙丘地带,在路基两侧20~30m范围内设置整平带可有利于流沙顺利通过路基,避免积沙危害。

6.9.4.8 防护带的形成,需要一定的条件,管理也比较困难,又需要较长的时间。因此,宜与当地治沙规划相结合,要依靠当地群众积极性和农林部门密切协作。防护林带的结构与防风固沙作用密切相关,对公路防沙,最好将紧密林带布置在靠近路基的两侧,在其外缘布置稀疏林带。

6.9.4.9 流动沙丘和半固定沙丘地段,为保护防护带植物自然繁殖、生长,应在防护带之外设置植被保护带并可作为禁界。植被保护带的宽度:流动沙丘地段,迎风侧宜为400~600m,背风侧宜为200~300m;半固定沙丘地段,迎风侧宜为300~400m,背风侧宜为100~200m。

在固定沙丘地段,可直接在路基两侧设置植被保护带,其迎风侧宽度宜为300~500m。背风侧宜为100~200m。

植被保护带内植物应严加保护,禁止伐垦和放牧,以通过自然繁殖逐步改善原有植被状况。

6.10 雪害地段路基

6.10.1.1 我国对雪害防治的研究已取得了丰富的经验,通过长期野外观测及风洞模拟和现场大型防雪工程试验,系统地收集了当地风雪流形成因素和射空分布,逐个路段风向与移雪量,多种型式路基横断面及各种防雪工程风雪流场与堆雪位置,数量等较完整的资料,同时提出了针对性的防治措施。因此,在雪害地区筑路,应进行调查研究,提出因地制宜的路基横断面形式及有效的防雪措施。

6.10.1.3 公路雪害有积雪和雪崩两种主要形式。积雪包括自

然积雪和风吹雪,自然积雪是在风力较弱或无风的情况下,雪降在公路上形成均匀的雪层;降雪时或降雪后,风力达到一定强度(4~5m/s)时,吹扬雪粒,随风运动,形成风雪流,从风雪流到吹集雪的全过程称为风吹雪;雪崩是指在重力影响下,山坡积雪的崩坍。

公路防治雪害主要为风吹雪和雪崩,自然积雪一般不采取工程措施,当路面积雪厚度较大,造成行车困难时,多在养护中采用机械除雪,也可用除雪剂除雪,即在积雪的路段撒氯化钙(CaCl_2),氯化钠(NaCl)和氯化镁(MgCl_2)等,在严重积雪的险要路段,可适当加宽路基。

6.10.2.2 路堤高度应高出当地最大积雪深度,可根据附近地形、风力、风向及降雪量等情况确定,雪害较轻的取下限值,反之则取上限值。

6.10.2.3 放缓路堤边坡,是平坦开阔地区预防风雪流危害的有效方法,山区有条件的地方也应采用。

6.10.2.4 雪害地段对路线纵坡的要求,是以利于风雪流在公路上顺利通过,减少或避免路面上积雪。

6.10.2.5 在工程量增加不大的情况下,也可外移或抬高山坡路线,以达到敞开路基和增加储雪场地。

6.10.2.7 雪害地段的高速公路、一级公路,中央分隔带内不宜设置有碍于风雪流通过的障碍物。

6.10.3.1 防雪林的防护效果与林带结构(横断面形式、高度、透风度)有密切关系,防护林应选用上下紧密,使风雪流不易通过的乔、灌木混合林。

6.10.3.2 防雪栅在国内外应用较普通,影响其防护效果的因素主要有防雪栅的透风度、板条结构、栅高、地形等,防雪栅宜设置在地形平缓的路段迎风一侧。防雪栅的栅栏空隙度计算可参考公路设计手册《路基》。

6.10.3.3 密闭式和透风式下导风板都是防治风雪流的有效措施,两者相比,后者具有前方积雪高度较低和导板板面用材较少的优点。

路线与主导风向交角较大的迎风半路堑、交角 30° 以下的路堤、交角 40° 以下的背风半路堑，宜用封闭式侧导风板(图 6)；交角较大的迎风半路堑、其背风面坡陡或储雪场狭窄、难以设置其他防护措施时，可采用开放式侧导风板(图 7)。

在转弯绕流等路段也可采用下导风板和侧导风板相结合的治理办法。

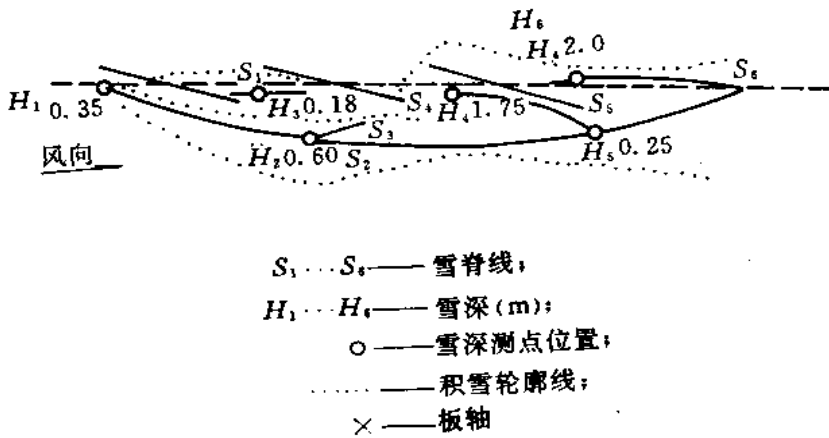


图 6 封闭式侧导风板积雪形态

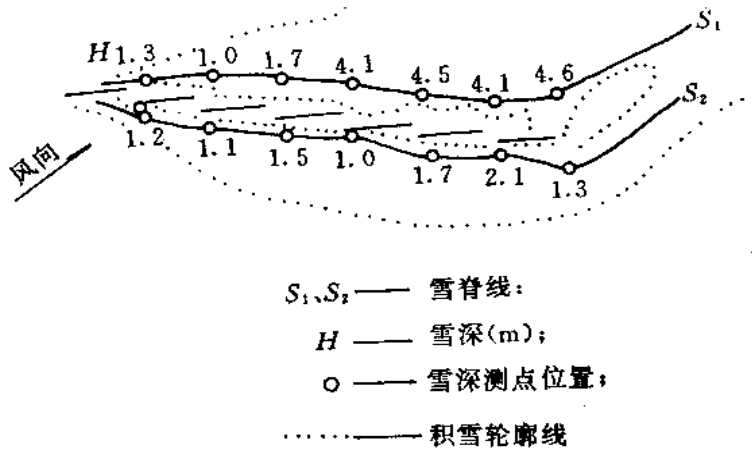


图 7 开放式侧导风板积雪形态

6.10.3.5 水平台阶主要用于防治小型雪崩，在山坡上沿等高线修筑水平台阶，可以改变山坡微地形，稳定山坡积雪。条文中所述的雪崩裂点是指风吹雪集雪区范围最高点的位置。

6.10.3.6 在有条件的地方，稳雪栅栏可与水平台阶交替使用。条文所述的雪檐是指风吹雪在背风的分水岭处形成很厚的悬挂雪

体。当自重增加到一定程度便断裂崩落形成雪崩。

6.10.3.7 土丘及楔适用于坡度较缓、规模较大的沟槽雪崩，一般多设置在雪崩运动区及堆积区的上部。

6.10.3.8 雪崩的最大锋面高度，可按下式计算：

$$h = \frac{F \cdot H}{b \cdot L}$$

式中： h ——雪崩最大锋面高度(m)；

F ——集雪区面积(m²)；

H ——集雪区最大积雪深度(m)；

b ——沟槽宽度(m)；

L ——集雪区长度(m)。

导雪堤适用于防治山坡坡度较陡的沟槽雪崩。

6.10.3.9 防雪走廊，隧道等遮蔽建筑物是防治雪崩的最有效手段之一，由于其工程量较大，造价高，只有在公路等级较高，雪崩频繁，采用其他措施较困难时再采用。

6.11 涎流冰地段路基

6.11.1.1 涎流冰分山坡涎流冰和河谷涎流冰，主要分布在寒冷地区和高寒山区。山坡涎流冰由山坡或路基挖方边坡出露的地下水冻结形成。河谷涎流冰则是沿沟谷漫流的泉水和冰雪融水冻结形成。涎流冰应重点调查各种水源在寒冷季节形成的冰流量和流动范围。调查中还应吸取当地防治经验，有助于选择合理的线位和采取有效的防治措施，避免涎流冰的危害。

6.11.1.2 路线经过冰冻或高寒山区的山坡或沟槽洼地，当有地下水出露时，应查明冬季气温降至零度以下时，水沿地表流动冻结形成涎流冰的可能和冰融交替的特点。测设中应首先考虑：

(1)采取路堤形式通过，使涎流冰不溢上路面，以减少防治工程。

(2)提高桥涵净空或加深沟槽，防止涎流冰堵塞桥、涵。

(3)采取排除地下水或防冰措施，并与桥涵构造物配合使用。

设计采用的防治措施,在施工过程中应进一步调整、完善。

6.11.1.3 水是涎流冰的冰源,涎流冰地段路基的防治,关键在于治水与防冰。

6.11.2.1 为保证水流畅通和防治河谷涎流冰,在桥涵设计中还可采用加深和清理河道等辅助措施。

6.11.2.2 挡冰堤修筑在路基外、山坡地下水露头的下侧或沟谷内桥涵的上游,以阻挡涎流冰,减少其蔓延的范围。

6.11.2.3 挡冰墙适用于渗水量不大的山坡涎流冰,一般与聚冰坑配合使用。挡冰墙应设在边沟外侧,保持边沟连续通畅,以利冰雪融水经涵洞排除。

6.11.2.4 暗沟的出水口应尽量设在较陡的坡地上,高出地面不宜小于 0.5m。在涎流冰危害严重地段,地下排水设施的出水口应采取保温措施,或开挖纵坡大于 10%的排水沟,以防水流冻结。

保温材料可采用炉渣、泥炭、青苔等保温性能好的材料。