重庆市工程建设标准

地质灾害防治工程设计标准

Standard for design of geological hazard prevention

DBJ50/T-029-2019

主编单位:重庆市地质环境监测总站

批准部门:重庆市住房和城乡建设委员会

重庆市规划和自然资源局

施行日期:2020 年 1 月 1 日

2019 重 庆

重庆工程建设

重庆工程建设

重庆市住房和城乡建设委员会文件

渝建标〔2019〕7 号

重庆市住房和城乡建设委员会
关于发布《地质灾害防治工程设计标准》的通知

各区县(自治县)住房城乡建委,两江新区、经开区、高新区、万盛经开区、双桥经开区建设局,有关单位:

现批准《地质灾害防治工程设计标准》为我市工程建设推荐性标准,编号为 DBJ50/T-029-2019,自 2020 年 1 月 1 日起施行。原《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029-2004 同时废止。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆市地质环境监测总站负责具体技术内容解释。

重庆市住房和城乡建设委员会

2019 年 9 月 17 日

重庆工程建设

重庆工程建设

前　言

根据重庆市城乡建设委员会《关于下达2014年度重庆市工程建设标准制订修订项目计划(第二批)的通知》(渝建[2014]371号)文件要求,规范编制组经广泛调查研究,认真总结工程实践经验,参考有关国家和行业标准,并在广泛充分征求意见的基础上,修订本标准。

本标准技术内容为:总则、术语、符号、基本规定、滑坡防治工程设计、危岩崩塌防治工程设计、泥石流防治工程设计、塌岸防治工程设计、不稳定斜坡防治工程设计、地面塌陷防治工程设计、地质灾害防治工程检测与监测。本次修订的主要技术内容为:新增泥石流防治工程设计规定、新增不稳定斜坡防治工程设计规定、新增地面塌陷防治工程设计规定,新增地质灾害防治设计原则、地质灾害防治工程等级、地质灾害防治工程设计一般要求、地质灾害防治方案设计、地质灾害应急抢险工程设计的规定,并将此作为新增的"基本规定"一章的内容,调整了滑坡稳定安全系数、调整了滑坡支挡结构岩土荷载计算公式、调整了地基水平承载力确定方法、新增危岩支挡结构岩土荷载计算方法、新增直立式护岸设计规定、对悬臂桩、预应力锚索、格构锚固、锚拉桩、重力式挡墙、削方减载、回填压脚、截排水设计进行了修改完善、对危岩崩塌防治工程设计进行了修改完善、对斜坡式护岸进行了局部修改、对地质灾害防治工程监测与检测进行了补充修改。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,由重庆市规划和自然资源局负责日常管理,由重庆市地质环境监测总站负责具体内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请与重庆市地质环境监测总站联系(地址:重庆市两江新区龙睛路2号凯比特大厦A区310,邮编:401122,邮箱:396592537@qq.com,电话:023-63057477,传真:023-63611545)。

重庆工程建设

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和审查专家：

主 编 单 位：重庆市地质环境监测总站

参 编 单 位：中国人民解放军陆军勤务学院
重庆市高新工程勘察设计院有限公司
重庆交通大学
中铁二院重庆勘察设计研究院有限责任公司
重庆大学
中煤科工集团重庆设计研究院有限公司
中冶赛迪工程技术股份有限公司
重庆路威土木工程设计有限公司
重庆地质矿产研究院

主要起草人：方玉树　陈洪凯　王　凯　刘贵应　向　强
祝正南　唐秋元　薛尚铃　谭天贵　阴　可
雷　用　任幼蓉　林义华　陈柏林　高晓军
吴曙光　方明宇　李进财　李少荣　曾国机
郭洪波　唐剑波　吴兴均　赵火焱　甘　林
李吴波　彭　亮　陈　渝

审 查 专 家：钱志雄　何　平　唐耿琛　周小亮　张天友
熊启东　孔凡林

重庆工程建设

目　次

1　总则 …… 1
2　术语、符号 …… 2
2.1　术语 …… 2
2.2　符号 …… 3
3　基本规定 …… 7
3.1　地质灾害防治设计原则 …… 7
3.2　地质灾害防治工程等级 …… 7
3.3　地质灾害防治工程设计一般要求 …… 8
3.4　地质灾害防治方案设计 …… 10
3.5　地质灾害应急抢险工程设计 …… 12
4　滑坡防治工程设计 …… 14
4.1 一般规定 …… 14
4.2　滑坡稳定性和支挡结构岩土荷载计算 …… 15
4.3　悬臂桩 …… 18
4.4　预应力锚索 …… 24
4.5　格构锚固 …… 28
4.6　锚拉桩 …… 32
4.7　重力式挡墙 …… 33
4.8　削方减载与回填反压 …… 39
4.9　截排水 …… 40
5　危岩崩塌防治工程设计 …… 46
5.1　一般规定 …… 46
5.2　危岩支挡结构岩土荷载计算 …… 47
5.3　锚固 …… 48
5.4　支撑 …… 49

南水工程建设

5.5 填充及灌浆 …… 50
5.6 截排水 …… 51
5.7 拦石墙 …… 52
5.8 拦石网 …… 53
5.9 引导防护网 …… 54
5.10 其它防护措施 …… 56
6 泥石流防治工程设计 …… 57
6.1 一般规定 …… 57
6.2 截排水 …… 58
6.3 拦渣坝 …… 59
6.4 排导槽 …… 62
6.5 渡槽 …… 66
6.6 固床与护岸 …… 68
7 塌岸防治工程设计 …… 71
7.1 一般规定 …… 71
7.2 斜坡式护岸 …… 72
7.3 直立式护岸 …… 78
8 不稳定斜坡防治工程设计 …… 85
8.1 一般规定 …… 85
8.2 剥落型斜坡 …… 85
8.3 溜滑型斜坡 …… 86
8.4 滑移型斜坡 …… 87
9 地面塌陷防治工程设计 …… 88
10 地质灾害防治工程检测与监测 …… 90
10.1 一般规定 …… 90
10.2 检测 …… 90
10.3 监测 …… 91
附录 A 滑坡稳定性计算方法 …… 97
附录 B “m 法”计算单桩内力和位移 …… 104

附录 C　“K 法”计算单桩内力及位移 …… 106
附录 D　采用拟化筒仓法计算悬臂桩间支挡的水平土压力
…… 108
附录 E　预应力锚拉桩设计 …… 110
附录 F　截排水水文计算 …… 114
附录 G　排水管、沟水力计算 …… 116
附录 H　支撑渗沟计算 …… 118
附录 J　危岩支挡结构岩土荷载计算方法 …… 120
附录 K　拦渣坝库容计算方法 …… 126
附录 L　泥石流重力坝荷载分析 …… 128
本标准用词说明 …… 131
引用标准名录 …… 132
条文说明 …… 133

重庆工程建设

重庆工程建设

Contents

1 General provisions ····· 1
2 Terms and symbols ····· 2
2.1 Terms ····· 2
2.2 Symbols ····· 3
3 Basic requirements ····· 7
3.1 Principles for design of gological disaster prevention ····· 7
3.2 Geological disaster prevention grade ····· 7
3.3 General requirements for design of geological hazard prevention ····· 8
3.4 Design of geological disaster prevention ····· 10
3.5 Design of geological disaster emergency rescue project ····· 12
4 Landslide control engineering design ····· 14
4.1 General ····· 14
4.2 Calculation of the landslide stability and the rock & earth load on its retaining structures ····· 15
4.3 Cantilever pile ····· 18
4.4 Prestressed anchor cable ····· 24
4.5 Lattice frame anchor ····· 28
4.6 Anchor pile ····· 32
4.7 Gravity retaining wall ····· 33
4.8 Excavation for load reduction and backfilling for slope to epressing ····· 39
4.9 Water interception ····· 40

贵州工程建设

5 Control engineering design for dangerous rock mass and rock fall ····· 46
5.1 General ····· 46
5.2 Calculation of the rock & earth load on the dangerous rock mass retaining structures ····· 47
5.3 Anchorage ····· 48
5.4 Inserting and bracing ····· 49
5.5 Filling and grouting ····· 50
5.6 Water interception ····· 51
5.7 Stone cut off wall ····· 52
5.8 Safe net system ····· 53
5.9 Guided protective net ····· 54
5.10 Other shelter measures ····· 56
6 Control engineering design for debris flow ····· 57
6.1 General ····· 57
6.2 Water interception ····· 58
6.3 Debris retaining dam ····· 59
6.4 Drainage canal ····· 62
6.5 Aqueduct ····· 66
6.6 Reinforcing bed and revetment ····· 68
7 Control engineering design for bank caving ····· 71
7.1 General ····· 71
7.2 Ramped revetment ····· 72
7.3 Vertical revetment ····· 78
8 Design of unstable slope control project ····· 85
8.1 General ····· 85
8.2 Stripping slope ····· 85
8.3 Slippery slope ····· 86
8.4 Slip slope ····· 87

9 Control engineering design for ground collapse ····· 88
10 Detection and monitoring for design of geological hazard control engineering ····· 90
10.1 General ····· 90
10.2 Detection ····· 90
10.3 Monitoring ····· 91
Appendix A Calculational method of landslide stability ··· 97
Appendix B "m Method" for calculating internal force and displacement of single pile ····· 104
Appendix C "K Method" for calculating internal force and displacement of single pile ····· 106
Appendix D Pseudo silo method for calculating Horizontal earth pressure of retaining plate between the cantilever pile ··· ····· 108
Appendix E Prestressed anchor pile design ····· 110
Appendix F Hydrologic calculation of interception and drainage ····· 114
Appendix G Hydrologic calculation of drainage pile and ditch ····· 116
Appendix H Calculation of supported drain ····· 118
Appendix J Calculational method of the rock & earth load on the dangerous rock retaining structures ····· 120
Appendix K Calculation method of capacity of debris retaining dam ····· 126
Appendix L Load analysis of debris flow gravity dam ··· 128
Explanation of wording in this code ····· 131
List of quoted standards ····· 132
Addition explanation of provisions ····· 133

重庆工程建设

重庆工程建设

1 总 则

1.0.1 为统一重庆地区地质灾害防治工程设计的技术标准，使防治工程设计做到安全可靠、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，达到防灾减灾的目的，特制定本标准。

1.0.2 本标准适用于重庆市滑坡、危岩崩塌、泥石流、塌岸、不稳定斜坡和地面塌陷防治工程设计。

1.0.3 地质灾害防治工程设计使用年限为50年，且不应低于同期修建的被保护建(构)筑物设计使用年限。

1.0.4 本标准应与重庆市地方标准《地质灾害防治工程勘查规范》DB50/T143配套使用。

1.0.5 地质灾害防治工程设计除应符合本标准规定外，还应符合国家和重庆市现行相关标准的规定。

1.0.6 地质灾害防治工程设计鼓励采用新技术、新方法。

重庆工程建设

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 地质灾害 geological hazard

自然因素或者人为活动引发的危害人民生命和财产安全的山体崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等与地质作用有关的灾害。

2.1.2 滑坡 landslide

斜坡上的土体和岩体沿某个面发生剪切破坏向坡下运动的现象。

2.1.3 危岩 dangerous rockmass

陡坡或悬崖上可能失稳的岩体。

2.1.4 崩塌 rock fall

岩体离开母岩崩落的现象。

2.1.5 泥石流 debris flow

在沟谷或山坡上产生的夹带大量泥砂、石块或巨砾等固体物质的特殊洪流。

2.1.6 塌岸 bank caving

河流、水库岸坡在水动力作用下变形和破坏的现象。

2.1.7 不稳定斜坡 unstable slope

具有蠕变、鼓胀或拉裂等变形特征且变形边界不明显的斜坡。

2.1.8 地面塌陷 ground collapse

土体或岩体向下塌落并在地面形成坑、洞和洼地的现象。

2.1.9 抗滑桩 anti-slidepiles

由桩或桩与桩上锚杆(索)承担岩土荷载的支挡结构,其中:

重庆工程建设

完全由桩承担岩土荷载的支挡结构称为悬臂桩(桩顶低于滑体表面时称为埋入式悬臂桩),由桩和桩上锚杆(索)共同承担岩土荷载的支挡结构称为锚拉桩。

2.1.10 重力式挡墙 gravity retaining wall

主要由砌筑体自身重力发挥支挡作用的支挡结构。

2.1.11 格构锚固 lattice anchor

由格构梁和其交叉点处设置的锚杆组成的支挡结构。

2.1.12 支撑 support structure

由柱或墙承担上方危岩所施加荷载的支挡结构。

2.1.13 拦石墙 rockfall barrier wall

用于拦截落石的半刚性挡墙。

2.1.14 拦石网 rockfall barrier net

用以阻止危岩下落或继续运动的柔性网。

2.1.15 拦渣坝 debris retaining dam

主要用于拦蓄泥石流沟道中固体物质的坝体。

2.1.16 排导槽 draining canal

开敞式槽形过流构筑物。

2.1.17 地质灾害应急抢险工程 emergency rescue project for geological disaster

突发性地质灾害灾(险)情发生后,需立即采取的防治工程措施或在短期内必须完成的防治工程。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应

P_n——第 n 计算条块每延米剩余下滑力;

P_i——第 i 计算条块每延米剩余下滑力;

T_i——第 i 计算条块每延米重力及其它外力引起的下滑力;

G_i——第 i 计算条块每延米自重;

重庆工程建设

G_{bi}——第 i 计算条块每延米附加竖向荷载；

Q_i——第 i 计算条块每延米水平荷载；

U_i——第 i 计算条块每延米水压力；

V——危岩裂隙水压力；

G——危岩体的自重；

W_b——拦渣坝坝体自重；

W_f——拦渣坝溢流重；

F_{wl}——静水压力；

F_y——扬压力；

F_g——泥石流整体冲击力；

W——石块重量；

$\sigma_{\max}$——最大地基应力；

$\sigma_{\min}$——最小地基应力。

2.2.2 材料性能和抗力性能

R_i——第 i 计算条块单位宽度重力及其它外力引起的抗滑力；

c_i——第 i 计算条块滑面粘聚力；

φ_i——第 i 计算条块滑面内摩擦角；

c——粘聚力；

φ——内摩擦角；

f_{lk}——危岩体抗拉强度标准值；

γ_c——泥石流体重度；

γ_w——水的重度；

γ_b——拦渣坝坝体重度；

φ_{gs}——泥沙内摩擦角；

E——构件弹性模量；

f——基底摩擦系数；

2.2.3 几何参数

α_i——第 i 计算条块支挡力倾角；

市政工程建设

L_i——第 i 计算条块滑面长度；

θ_i——第 i 计算条块滑面倾角；

B_p——抗滑桩的计算宽度；

D——吹程；

H——危岩体高度；

a——危岩体重心至倾覆点的水平距离；

A——墙撑圬工厚度；

B——墙撑圬工宽度；拦渣坝坝底宽度；

H_w——水深；

h_c——泥石流体泥深；

V_b——拦渣坝坝身体积；

V_{si}——第 i 层淤积土体积；

h_d——溢流深；

h_s——稀性泥石流堆积厚度；

H_1——拦渣坝坝上游水深；

H_2——拦渣坝坝下游水深；

α——建筑物受力面与泥石流冲压方向的夹角；

A——泥石流冲击角度；

e_0——偏心距。

2.2.4 计算参数

ψ——径流系数；

F_s——抗滑稳定系数；

F_{st}——抗滑稳定安全系数；

γ_0——结构重要性系数；

Q——雨水设计流量；

q——设计暴雨强度；

v_c——泥石流流速；

v——石块运动速度。

ψ_{i-1}——第 i-1 计算条块对第 i 计算条块的传递系数；

重庆工程建设

i——计算条块号；

n——条块数量。

重庆工程建设

3 基本规定

3.1 地质灾害防治设计原则

3.1.1 地质灾害防治工程设计应满足安全可靠、经济合理和保护环境的要求。

3.1.2 地质灾害防治工程设计应以人为本，因地制宜，兼顾土地利用并与环境协调。

3.1.3 地质灾害防治工程设计应将防排水与多种防治措施相结合，实行综合防治。

3.1.4 地质灾害防治工程设计应以地质灾害防治工程勘(调)查成果为依据。

3.1.5 地质灾害防治工程应实行动态设计和信息化施工。

3.2 地质灾害防治工程等级

3.2.1 地质灾害防治工程设计应划分地质灾害防治工程等级。

3.2.2 地质灾害防治工程等级应根据地质灾害直接威胁的人数、直接威胁建(构)筑物等其它保护对象的重要性和成灾后可能造成的直接经济损失大小按表 3.2.2 进行划分。

表 3.2.2 地质灾害防治工程分级

地质灾害防治工程等级	一级	二级	三级
直接威胁人数(P)	$P\geqslant500$	$500>P\geqslant100$	$P<100$
建(构)筑物等其它保护对象的重要性	重要	较重要	一般
可能造成的直接经济损失(S)(万元)	$S\geqslant5000$	$5000>S\geqslant500$	$S<500$

注：1 地质灾害防治工程等级根据判定因素由一级向三级推定，直接威胁人数、直接威胁建(构)筑物等其它保护对象的重要性和成灾后可能造成的直接经济损失 3 项中有 1 项首先满足某较高等级时，地质灾害防治工程等级划为该等级。当地

质灾害只有间接威胁对象时，地质灾害防治工程等级定为三级；

2 建(构)筑物等其它保护对象的重要性根据重庆市标准《地质灾害防治工程勘查规范》DB50/T143 确定；

3 危岩带、塌岸和不稳定斜坡防治工程等级可根据各段地质灾害直接威胁对象重要性和成灾后可能造成的直接经济损失大小的差异分段划分。

3.3 地质灾害防治工程设计一般要求

3.3.1 地质灾害防治工程设计采用的暴雨和洪水重现期，除泥石流防治工程外，一级为 50 年，二、三级为 20 年。

3.3.2 位于水库区或江河岸边的地质灾害防治工程设计，应考虑水位变化对地质灾害的影响。

3.3.3 危岩治理工程和地震基本烈度为 7 度区的滑坡、滑移型岸坡和滑移型不稳定斜坡治理工程，设计应考虑地震作用。采用刚体极限平衡法或静力数值计算法计算稳定性和支挡力时，危岩体、滑体、计算条块或计算单元的地震作用可简化为一个作用于其重心处、指向坡外(滑动、倾倒方向)的水平静力，其值应按下式计算：

$$Q_e = \xi_e(G + G_b) \qquad (3.3.3\text{-}1)$$

$$Q_{ei} = \xi_e(G_i + G_{bi}) \qquad (3.3.3\text{-}2)$$

式中：Q_e——危岩体、滑体地震力(kN，kN/m)；

Q_{ei}——第 i 计算条块或计算单元地震力(kN/m)；

ξ_e——水平地震系数；6 度区危岩体取 0.05；7 度区危岩体取 0.10，滑坡、滑移型岸坡和滑移型不稳定斜坡取 0.025；

G——危岩体、滑体自重(kN，kN/m)；

G_i——第 i 计算条块或计算单元自重(kN/m)；

G_b——危岩体、滑体上附加竖向荷载(kN，kN/m)；

G_{bi}——第 i 计算条块或计算单元上附加竖向荷载(kN/m)。

3.3.4 地质灾害防治工程支挡结构设计应采用最不利的岩土荷载。在平面上支挡方向应与支挡处致灾地质体失稳或运动方向

相反。

3.3.5 地质灾害防治工程结构设计所采用的荷载组合效应与相应的抗力限值应符合下列规定：

1 锚杆承载力验算、抗滑桩地基水平承载力验算、挡墙、支撑柱(墙)和拦渣坝地基竖向承载力验算时，荷载效应采用标准组合，相应抗力采用锚杆极限承载力标准值、抗滑桩地基水平极限承载力标准值、挡墙、支撑柱(墙)和拦渣坝地基竖向极限承载力标准值与相应安全系数之比；

2 致灾地质体稳定性计算和重力式挡墙、拦渣坝稳定性验算时，荷载效应采用标准组合；

3 除确定锚杆锚筋锚固长度与锚筋截面面积执行本条第1款外，确定结构构件截面尺寸、内力及配筋时，荷载效应采用基本组合(其中，荷载分项系数对滑坡、危岩、滑移型岸坡和滑移型不稳定斜坡支挡结构岩土荷载取1.0，对其它荷载取1.35)，相应抗力采用设计值；结构重要性系数对滑坡、危岩、滑移型岸坡和滑移型不稳定斜坡支挡结构取1.0，对其它结构根据防治工程等级确定，一级取1.1，二、三级取1.0；

4 计算锚杆变形、结构水平位移与垂直位移、地基变形时，荷载效应采用正常使用极限状态下准永久组合，不计入风荷载和地震作用；

5 结构抗裂计算时，荷载效应采用正常使用极限状态下标准组合，且对永久工程考虑长期作用影响。

3.3.6 地质灾害防治工程设计应考虑后期维护的要求和施工中不利工况下地质体稳定性变化带来的影响。

3.3.7 地质灾害防治工程设计应对设计范围内新建工程提出限制性要求。

3.3.8 地质灾害防治工程形成的挖方斜坡和填方斜坡自身稳定性应满足要求，挖方斜坡坡率还不应大于坡率允许值。当挖方斜坡与填方斜坡稳定性不满足要求或挖方斜坡坡率大于坡率允许

重庆工程建设

值时，应采取支挡措施。挖方斜坡与填方斜坡稳定安全系数以及挖方斜坡坡率允许值应根据本标准和《地质灾害防治工程勘查规范》(DB50/T143)的规定确定。

3.4 地质灾害防治方案设计

3.4.1 地质灾害防治方案设计应根据相关学科基本原理和设计任务要求，结合工程经验和现场条件，构建设计框架，并对设计效果进行评价。

3.4.2 地质灾害防治方案设计应考虑地质灾害类型、规模、形成机制、稳定性、影响因素、地质条件、场地建(构)筑物、施工条件、材料来源等因素，采用有效的综合防治措施。

3.4.3 地质灾害防治方案设计应进行搬迁避让与工程治理的方案比选。

3.4.4 地质灾害防治工程方案设计应进行多种治理方案的技术经济比选。

3.4.5 滑坡防治工程设计方案可选用削方减载、回填压脚、重力式挡墙、抗滑桩、锚固、封闭裂缝、截排水、生物防护等措施，并可做下列选择：

1 对推移式滑坡，可选用削方减载、抗滑支挡工程；

2 对牵引式滑坡，可选用回填压脚、抗滑支挡工程；

3 对滑坡推力较小的滑坡，可选用重力式挡墙工程；

4 对浅层、中厚层的岩质滑坡及中厚层的土质滑坡，可选用抗滑桩工程；

5 对岩质滑坡、碎块石土质滑坡和密实土质滑坡，可选用锚固工程；

6 对滑体土较厚、滑床为岩质的滑坡，可采用锚拉桩工程。

3.4.6 危岩崩塌防治工程可选用清除、嵌补、支撑、锚固、落石槽、拦石墙、主(被)动防护网、封闭裂缝、截排水、棚洞、防护林等

重庆工程建设

措施，并可做下列选择：

1 对规模小的危岩体，可选用清除工程；

2 对滑移式危岩，根据危岩体的规模、完整性及稳定状态，可选用锚固、抗滑桩等工程；

3 对倾倒式危岩，根据受力条件不同，可选用排水、锚固工程；

4 对坠落式危岩，根据悬空条件的不同，可选用锚固、支撑工程；

5 对破碎的危岩带，可选用清除、肋锚、主动防护网工程；

6 危岩治理难度较大且具备设置落石槽、拦石墙、棚洞、被动防护网条件时，可在危岩与保护对象之间可选用落石槽、拦石墙、棚洞、被动防护网工程。

3.4.7 泥石流防治宜采用生物措施与工程治理（包括拦挡、固床、护岸、排导槽、渡槽、截排水）相结合的综合治理方案，并可做下列选择：

1 形成区可采用恢复植被、建造多树种多层次的立体防护林、设置坡面截水沟、沟谷区的谷坊群、导流堤、护岸工程等措施；

2 流通区可采用导流、护岸、护底、清障等措施，有条件的地区采用拦渣坝、停淤场、导流堤、护岸等措施；

3 堆积区视地形条件可采用停淤场、排导槽工程等措施；

4 对规模巨大、势能大的泥石流，可采取防撞墩、平面绕避改道、立面绕避（渡槽、隧道、桥梁）等避让或防冲措施。

3.4.8 塌岸防治工程可选用重力式挡墙、抗滑桩、格构、斜坡式护岸、直立式护岸、截排水、生物防护等措施，并可做下列选择：

1 岸坡下伏完整基岩埋深较浅时，可选用挡土墙、直立式护岸工程；

2 对土层较厚且坡度缓的岸坡，可选用格构、斜坡式护岸、生物防护等工程；

3 对水上易风化的岩质岸坡，可选用锚喷工程；

重庆工程建设

4　对下滑力大、有软弱夹层的顺层岩质岸坡，可选用抗滑桩工程。

3.4.9　不稳定斜坡防治工程可选用削方、重力式挡墙、抗滑桩、格构、锚固、截排水、生物防护等措施，并可做下列选择：

1　对剥落型斜坡，可选用清坡结合喷射混凝土、格构、喷锚、格构锚等坡面防护措施；

2　对溜滑型斜坡，根据当地气候环境、岩土性质、坡面变形成因等因素，可选用截排水、清除、浆砌片（块石）骨架、混凝土骨架、实体墙等措施；

3　对滑移型斜坡，根据斜坡岩土体特征、滑面性质及稳定状态，可选用抗滑桩、格构、锚固等措施。

3.4.10　地面塌陷防治工程可选用回填、灌注充填、截排水、防护栏等措施，并可做下列选择：

1　对埋藏较深的土洞、溶洞，可选用灌注充填、桩穿越、梁或板跨越等措施；

2　对埋藏较浅的土洞或较浅的塌陷坑，可采用回填处理；

3　对地表水径流引起的塌陷，可选用地表水分流、疏导、截流、防渗、堵漏等预防措施；

4　对地下水抽排引起的塌陷，可采取人工回灌恢复地下水位、停止抽排等预防措施；

5　对未有效治理的塌陷坑，可在塌陷坑周边设置安全防护栏。

3.5　地质灾害应急抢险工程设计

3.5.1　当突发性地质灾害灾（险）情发生后需实施应急抢险工程时，应在应急调（勘）查的基础上进行应急抢险工程设计；当地质灾害险情特别危急时，可通过专家现场会商确定应急抢险方案，由设计单位编制相应施工简图，施工简图可直接用于应急抢险

重庆工程建设

施工。

3.5.2 地质灾害应急抢险方案应满足下列要求并在有条件时兼顾后期地质灾害防治工程的需要：

1 能保证抢险救援人员安全；

2 能快速完成施工；

3 能有效降低险情。

3.5.3 地质灾害应急抢险施工简图应满足下列要求：

1 有明确的工程布置图；

2 有明确的施工图说明；

3 有明确的工程量；

4 对于滑坡、滑移型岸坡及滑移型不稳定斜坡，取稳定安全系数为 1.10 进行工程量估算。

3.5.4 各类地质灾害应急抢险措施可根据地质条件、工程条件、环境因素参考表 3.5.4 进行选择：

表 3.5.4 地质灾害应急抢险措施

地质灾害类型	应急抢险措施
滑坡、滑移型岸坡和滑移型不稳定斜坡	封闭裂缝、削方减载、回填压脚、截排水、设置微型桩
危岩	清除、拦挡、支撑、防护、封闭裂缝、排水
泥石流	拦渣网拦挡、石笼护岸、设置排导槽、截排水
地面塌陷	设置防护栏、回填、灌注充填

3.5.5 应急抢险措施实施完成后，设计单位应当对施工效果进行评价，必要时可进行勘查和监测。经核算工程安全度和耐久性不满足要求时，应开展下一步防治工程。

3.5.6 除专家现场会商确定的应急抢险方案外，地质灾害应急抢险设计宜符合本标准其它相关章节的规定。

重庆工程建设

4 滑坡治理工程设计

4.1 一般规定

4.1.1 滑坡治理工程设计所采用的工况应包括表 4.1.1 所列工况中各种滑坡稳定性不满足要求的工况，相应工况的荷载组合应符合表 4.1.1 的规定。

表 4.1.1 滑坡治理工程设计计算工况设置及荷载组合

滑坡涉水状态	工况		荷载组合
不涉水	一般工况	暴雨工况	自重＋地表荷载＋地下水压力
	校核工况	暴雨＋地震工况	暴雨工况的荷载组合＋地震力
涉水	一般工况	暴雨工况	自重＋地表荷载＋地下水压力＋河(库)水压力
		暴雨＋高水位工况	对库岸滑坡，自重＋地表荷载＋与坝前正常水位对应的当地洪水位状态下地下水压力＋库水压力；对河岸滑坡，自重＋地表荷载＋洪水位状态下地下水压力＋河水压力
		暴雨＋水位降工况	对库岸滑坡，自重＋地表荷载＋与坝前正常蓄水位对应的当地洪水位降至与坝前死水位对应的当地汛期最低水位状态下地下水压力＋库水压力；对河岸滑坡，自重＋地表荷载＋洪水位降至汛期最低水位状态下地下水压力＋河水压力
	校核工况	暴雨＋地震工况	暴雨工况的荷载组合＋地震力
		暴雨＋高水位＋地震工况	暴雨＋高水位工况的荷载组合＋地震力
		暴雨＋水位降＋地震工况	暴雨＋水位降工况的荷载组合＋地震力

4.1.2 滑坡稳定安全系数应根据滑坡防治工程等级按表 4.1.2

重庆工程建设

确定。

表 4.1.2　滑坡稳定安全系数 F_{st}

滑坡防治工程等级	一级	二级	三级
一般工况稳定安全系数(F_{st})	$1.30 \geqslant F_{st} \geqslant 1.20$	$1.20 > F_{st} \geqslant 1.15$	$1.15 > F_{st} \geqslant 1.10$
校核工况稳定安全系数(F_{st})	1.05	1.03	1.01

注:1　除体积为 $500\times10^4 m^3$ 以上的滑坡外,当受直接威胁人数不少于 1000 人或可能造成的直接经济损失不少于 1 亿元时,稳定安全系数取 1.30;当受直接威胁人数少于 50 人且可能造成的直接经济损失少于 250 万元时,稳定安全系数取 1.10;其它情况下,稳定安全系数根据受直接威胁人数和可能造成的直接经济损失通过线性内插确定。

2　对体积为 $500\times10^4 m^3$ 以上的滑坡,滑坡稳定安全系数取值应做专门论证。

4.1.3　按本章第 4.2 节计算的作用在滑坡支挡结构上的岩土荷载应视为荷载标准值。

4.1.4　滑面深度不同时,滑坡支挡结构设计应同时考虑作用在支挡结构上的相应岩土荷载大小、分布范围和作用点位置的不同。

4.1.5　当滑坡防治工程设计涉及地形和地表荷载的改变且这种改变可能造成新的致灾地质体时,应进行相应稳定性分析。当稳定性不满足要求时,应进行治理。

4.1.6　滑坡支挡结构位置宜选在滑面较平缓、滑床岩土体强度较高、滑体厚度较小且不会产生越顶滑动的地段。

4.1.7　滑坡支挡结构级数与位置应根据地质情况和变形控制的差异通过技术经济比较择优确定。滑坡沿滑动方向的地质情况变化大时,多级支挡结构级数与位置宜通过数值计算确定。

4.2　滑坡稳定性和支挡结构岩土荷载计算

4.2.1　滑坡治理工程设计应对设计条件下的滑坡稳定性进行校核,滑坡稳定性计算可采用附录 A 的方法。当滑坡稳定性不满足要求时应计算滑坡推力,滑坡推力可采用附录 A 中的剩余推力计

算公式进行计算，计算时应将稳定系数替换为稳定安全系数。当设计有改善滑带土性质的措施时，滑坡稳定性和推力计算应采用改善后的滑带土强度参数。

4.2.2 当支挡力方向与支挡处滑坡推力方向在剖面上平行时，作用在滑坡支挡结构上的岩土荷载应取支挡处滑坡推力；当支挡力方向与支挡处滑坡推力方向在剖面上不平行时，作用在滑坡支挡结构上的岩土荷载应取支挡处滑坡推力与荷载调整系数的乘积，荷载调整系数应按下式计算：

$$k = \frac{\cos(\varphi_m - \theta + \beta)}{\cos(\varphi_m - \theta - \alpha)} \tag{4.2.2-1}$$

$$\varphi_m = \arctan\left(\frac{\tan\varphi}{F_{st}}\right) \tag{4.2.2-2}$$

式中：k—荷载调整系数；

θ—支挡处滑面倾角(°)，滑面倾向与滑动方向相同时取正值，滑面倾向与滑动方向相反时取负值；

β—支挡处滑坡推力倾角(°)，推力方向指向斜下方时取正值，指向斜上方时取负值；

α—支挡力倾角(°)，支挡力方向指向斜下方时取正值，指向斜上方时取负值。

φ—支挡处滑面内摩擦角(°)。

4.2.3 滑坡支挡力的方向，对悬臂桩、锚拉桩和重力式挡墙以及其它挡墙式结构(包括竖向梁起挡墙作用的格构锚固)可取指向坡内且以墙背法向为基准逆时针旋转墙背摩擦角的方向，对单点锚固和格构锚固(不包括竖向梁起挡墙作用的格构锚固)可取指向坡内的锚杆轴向；支挡力的作用点，对悬臂桩、锚拉桩和重力式挡墙以及其它挡墙式结构(包括竖向梁起挡墙作用的格构锚固)可取在墙背滑体半高处，对单点锚固和格构锚固(不包括竖向梁起挡墙作用的格构锚固)可取在各锚杆的外端。

4.2.4 计算滑坡支挡结构岩土荷载时，应考虑设置支挡结构和采取排水措施引起的地下水补径排条件的变化对岩土体重度和

水压力的影响。

4.2.5 对同一滑面，当多个工况下的滑坡稳定性不满足要求时，滑坡支挡结构岩土荷载应取不同工况下滑坡支挡结构岩土荷载的最大值。

4.2.6 采用刚体极限平衡法计算滑坡支挡结构岩土荷载时，应对最下一级支挡结构前方滑体稳定性进行计算，当其未达到稳定时，不应考虑支挡结构前方滑体抗力；当其达到稳定时，可适当考虑支挡结构前方滑体抗力并将其分布视为均布，支挡结构前方滑体抗力应采用有指向坡外的水平荷载作用时支挡结构前方滑体稳定性计算方式求出，计算应符合下列要求：

1 指向坡外的水平荷载设在支挡结构与其前方滑体接触面处；

2 选择的滑面包括既有滑面和滑体内部最不利方向的潜在滑面；

3 求出支挡结构前方滑体最小抗滑稳定系数等于滑坡稳定安全系数时指向坡外的水平荷载，以其反力做支挡结构前方滑体抗力。

4.2.7 滑坡多级支挡结构岩土荷载计算宜考虑滑体与支挡结构及其地基共同作用。当相邻支挡结构间距大且滑体刚度小时，可采用各级支挡结构独立承担岩土荷载的方法。

4.2.8 滑坡支挡结构岩土荷载计算在本节中未做规定的事项应符合《地质灾害防治工程勘查规范》DB50/T143 有关滑坡稳定性计算的规定。

4.2.9 滑坡支挡结构岩土荷载计算时，除应考虑沿既有滑面滑动而产生的岩土荷载，还应考虑沿潜在滑面（包括土岩界面、层面、受岩土体强度控制的潜在滑面）滑动或部分沿既有滑面滑动部分沿潜在滑面滑动而产生的岩土荷载。计算沿潜在滑面滑动或部分沿既有滑面滑动部分沿潜在滑面滑动而产生的岩土荷载应符合本节和本标准第 8.4.1 条第 1～4 款的要求。

4.2.10 当滑坡机制复杂时，滑坡稳定性和支挡结构岩土荷载计算宜采用以强度参数调整系数定义抗滑稳定系数的数值极限分析法。

4.3 悬臂桩

I 一般要求

4.3.1 悬臂桩的设置，应避免滑体土从桩顶和桩间滑出并不产生新的深层滑动。当不能排除滑体土从桩顶滑出或产生新的深层滑动的可能性时，应进行相应稳定性验算。

4.3.2 悬臂桩设置宜符合下列要求：

1 将桩设置在滑面较平缓及嵌固段地基水平承载力较高的地段；

2 桩的排列方向，与滑坡的滑动方向垂直；桩的间距取桩宽（或桩径）的 3～6 倍，滑体强度较高时取较大值，较低时取较小值。

4.3.3 悬臂桩的长度宜小于 30m，其滑面以上悬臂长度与截面高度之比不宜大于 6，且截面高宽比不宜大于 2。桩的嵌固深度与桩总长之比，在岩质地层中不宜小于 1/3；在土质地层中不宜小于 1/2。

4.3.4 桩的最小边宽不宜小于 1.25m。

II 悬臂桩设计计算

4.3.5 滑动面以下悬臂桩桩身内力，应根据滑动面处的桩截面弯矩和剪力、地基的弹性抗力计算。桩底支承可采用自由端或铰支端。滑床为土体或破碎、极破碎岩体时，可根据附录 B 按“m 法”计算；滑床为完整、较完整或较破碎岩体时，可根据附录 C 按

重庆工程建设

“K 法”计算。

4.3.6 悬臂桩设计应进行悬臂桩嵌固段地基水平承载力验算，验算应符合下列要求：

1 当悬臂桩嵌固段地基为完整、较完整或较破碎岩体时，采用下式：

$$\sigma_{k,max} \leqslant \frac{f_{hk}}{K} \tag{4.3.6-1}$$

式中：$\sigma_{k,max}$——悬臂桩外侧最大水平压力标准值(kPa)；

K——完整、较完整或较破碎岩质地基水平承载安全系数，取 2.5；

f_{hk}——完整、较完整或较破碎岩质地基水平极限承载力标准值(kPa)；

2 当悬臂桩嵌固段地基为土体或破碎、极破碎岩体时，采用下式：

$$\sigma_k \leqslant \frac{f_{hk}}{K} \tag{4.3.6-2}$$

式中：σ_k——滑坡滑面以下深度为 1 倍嵌固长度和 1/3 倍嵌固长度处的水平压应力标准值(kPa)；

K——土质地基及破碎、极破碎岩质地基水平承载安全系数，取 1.67；

f_{hk}——土质地基及破碎、极破碎岩质地基水平极限承载力标准值(kPa)。

4.3.7 对防治工程等级为一、二级的滑坡，地基水平承载力宜由现场载荷试验确定；对防治工程等级为三级的滑坡，当基岩面平缓且水平承载力受岩体强度控制时，完整、较完整或较破碎岩质地基水平承载力可取勘查报告提供的数据；其它情况的地基水平承载力可按第 4.3.8 条确定；对圆形桩，地基水平承载力应另乘以 0.78 的折减系数。

4.3.8 对防治工程等级为三级的滑坡，土质地基、破碎或极破碎岩质地基、基岩面向滑坡滑动方向倾斜的岩质地基、水平承载力

受结构面控制的岩质或土质地基，其水平极限承载力标准值可采用有指向坡外的水平荷载作用时斜坡稳定性计算方式确定，计算应符合下列要求：

1 指向坡外的水平荷载设置在桩位处；

2 地基破坏面选择符合下列要求：

1）有从桩底通过的破坏面；

2）对土质地基、破碎或极破碎岩质地基，破坏面延伸到桩后岩土体；

3）对特定结构面可能充当滑面的地基，增加从特定结构面通过的破坏面；

3 根据地基破坏方式和破坏面形态选择稳定性计算公式；

4 通过反算求出最小稳定系数等于1时指向坡外的水平荷载，以其反力做悬臂桩外侧岩土体对悬臂桩的水平极限抗力标准值，以该水平极限抗力标准值与相应位置破坏面在桩嵌固面以下深度之商为地基水平极限承载力标准值；

5 当对应于该地基水平极限承载力标准值的破坏面在临桩处位置距嵌固面较近时，将其视为桩的新嵌固面位置，重新进行计算；

6 桩前自身未稳定的岩土体忽略不计，桩前嵌固面上方自身稳定的岩土体计入自重；桩前地基岩土体为斜坡且有支挡结构时，计入既有支挡力。

4.3.9 有下列情形之一时，悬臂桩设计尚应进行由桩前、桩后和桩下岩土体组成的斜坡稳定性验算：

1 桩前岩土体外侧临空；

2 嵌固段地层为土体；

3 桩下地层有软弱下卧层或软弱结构面。

4.3.10 悬臂桩的嵌入起点水平位移不宜大于10mm。当悬臂桩后地面存在建(构)物时，桩顶位移应满足要求。

4.3.11 在桩的受力分析中，悬臂桩的计算宽度取值应符合下列

重庆工程建设

规定：

1 对土质地层中的圆形桩，桩径小于或等于 1m 时按下式计算：

$$B_p = 0.9(1.5d + 0.5) \quad (4.3.11\text{-}1)$$

桩径大于 1m 时按下式计算：

$$B_p = 0.9(d + 1.0) \quad (4.3.11\text{-}2)$$

2 对土质地层中的矩形桩，桩宽小于或等于 1m 时按下式计算：

$$B_p = 1.5b + 0.5 \quad (4.3.11\text{-}3)$$

桩宽大于 1m 时按下式计算：

$$B_p = b + 1.0 \quad (4.3.11\text{-}4)$$

式中：B_p——桩计算宽度(m)；

d——桩径(m)；

b——桩宽(m)。

3 对岩质地层中的矩形桩，按下式计算：

$$B_P = b + \lambda h \quad (4.3.11\text{-}5)$$

式中：h——桩截面高度(m)；

λ——修正系数，坚硬岩、较硬岩取 1.0，较软岩、软岩取 0.9，极软岩取 0.8。

4.3.12 悬臂桩截面和配筋可根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 和《建筑抗震设计规范》GB50011，按受弯构件进行设计。无特殊要求时，可不进行裂缝宽度验算。

4.3.13 位于土体和破碎或极破碎岩体中的人工挖孔悬臂桩护壁所受荷载，在 5m 深度范围内可按相应深度处岩土体侧向自重应力的 0.75 倍计算并取三角形分布，在超过 5m 深度范围的各处均可取 5m 深度处岩土体侧向自重应力的 0.75 倍。土质边坡和岩体破碎或极破碎的岩质边坡有地下水时，人工挖孔支护桩护壁所受荷载计算应计入地下水形成的水压力，相应土体侧向自重应力应改用有效自重应力。

4.3.14 悬臂桩桩前悬臂段临空时，对土质滑坡和破碎、极破碎岩质滑坡，应在桩间设置挡板。设计时，除膨胀土、软土外，可考虑拱效应产生的卸荷作用。当挡板设于桩前缘临空侧时，对密实的填土和无黏性土，挡板荷载可按附录D进行计算。挡板可采用钢筋混凝土平板或拱(折)板，也可采用其它类型的支挡结构。

4.3.15 当挡板与桩采用预埋钢筋或植筋等刚性连接时，挡板应按悬臂板验算，并应在桩间挡板中间断开设置通长的沉降缝，缝宽宜为20mm～30mm，缝中应嵌入沥青麻筋、沥青木板或其它有弹性的防水材料。

III 悬臂桩构造要求

4.3.16 悬臂桩顶标高宜低于桩周地表以下0.5m。

4.3.17 悬臂桩混凝土强度等级不应小于C30，受力钢筋宜采用HRB400级、HRB500级。当地下水或环境有侵蚀性时，水泥应按有关规定选用，耐久性设计应满足现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T50476的要求。

4.3.18 悬臂桩的纵向受力钢筋直径不应小于16mm，净距不应小于50mm。当用束筋时，每束不应多于3根。配置单排钢筋有困难时，可设置2排或3排，排间距不应小于150mm。受力钢筋的混凝土保护层厚度，当采用单筋配筋且有混凝土护壁时，不应小于50mm；无混凝土护壁时，不应小于70mm。当束筋采用双筋或三筋并筋方式配筋时，混凝土保护层厚度应按《混凝土结构设计规范》GB50010的规定确定。

4.3.19 悬臂桩桩身内不应采用斜筋抗剪，当剪力较大时，可采用调整混凝土强度等级或箍筋直径、间距和桩身截面尺寸等措施，以满足斜截面抗剪强度要求。

4.3.20 悬臂桩箍筋的直径、肢数和间距由桩抗剪强度计算确定，肢数不宜多于4肢。箍筋直径不宜小于12mm并宜用封闭

箍，间距不应大于 400mm。采用多肢箍时，最外侧箍筋应按抗扭封闭箍设置。桩截面大于 2m×2.5m 时，桩身每隔 2m 应设置一道直径不小于 16mm 的封闭加劲箍。

4.3.21 悬臂桩纵向受力钢筋的连接应符合《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定，当钢筋直径小于 22mm 时，相邻钢筋接头位置应采用焊接接头；当钢筋直径大于或等于 22mm 时，相邻钢筋接头位置应采用机械连接接头，相邻钢筋接头位置应错开。在连接区段长度 35d（d 为纵向受拉钢筋的较大直径）范围内，钢筋接头面积百分率，对纵向受拉钢筋接头不应大于 50%；对纵向受压钢筋可不受限制。

4.3.22 悬臂桩受拉一侧的纵向受拉钢筋，其最小配筋率不应小于 0.2%和 0.45 f_t/f_y 中的较大值（f_t 为混凝土轴心抗拉强度设计值；f_y 为钢筋抗拉强度设计值）。

4.3.23 悬臂桩两侧及受压边配筋为构造配筋时，其直径不应小于 14mm，间距宜为 200mm。

4.3.24 当采用竖向预应力混凝土悬臂桩时，其计算及构造要求应符合国家标准有关规定。

4.3.25 位于土层或破碎、极破碎岩层中的人工挖孔悬臂桩桩孔应设护壁，孔口应设置锁口。护壁混凝土强度等级应与桩身一致。

Ⅳ 埋入式悬臂桩

4.3.26 埋入式悬臂桩适用于支挡位置处地形平缓、滑体强度较高、桩前岩土体稳定的地段。

4.3.27 对土质滑坡，埋入式悬臂桩的悬臂长度不宜小于 0.6 倍滑体厚度。

4.3.28 埋入式悬臂桩护壁在桩顶处应断开，桩顶与地面之间的空段应进行回填。

4.3.29 埋入式悬臂桩设计的其它事项应符合本标准第4.3.1条至第4.3.25条的相关规定。

4.4 预应力锚索

Ⅰ 一般要求

4.4.1 岩石强度高且完整性较好的岩质滑坡可采用单点预应力锚索，其它情况下预应力锚索宜与混凝土梁、格构、抗滑桩联合使用。下列情况不宜采用预应力锚索：

1 水位面以下及水位变动区；

2 滑体土为欠固结土或对锚索可能产生较大横向荷载的地区；

3 对锚索具有腐蚀性的环境。

4.4.2 预应力锚索的锚固段应设置在满足锚固要求的稳定地层内，宜设置于中风化岩层或坚硬、硬塑和密实的土层内。预应力锚索的锚固段不应设置在下列土层中：

1 有机质土；

2 液限 w_L 大于50%的土层；

3 相对密度小于0.3的砂土或碎石土等松散土层。

4.4.3 预应力锚索的注浆水泥应采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，需要时可采用抗磷酸盐水泥。

Ⅱ 预应力锚索设计计算

4.4.4 预应力锚索应根据滑坡情况、推力大小和作用点进行布置，其间距宜为3.0m～6.0m，最小间距不应小于1.5m。顶部第一排锚索锚固体的上覆岩土层厚度，对岩层不宜小于2.0m，对土层不宜小于4.0m。

重庆市建设

4.4.5 预应力锚索钢绞线宜采用由7根钢丝捻制的标准型钢绞线，其材料性能指标应根据《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224选用。

4.4.6 单个钻孔锚索钢绞线根数、设计荷载及钻孔直径应根据锚索刚度、锚索进孔方式与施工能力、钻孔机械设备能力、现场施工条件、锚固段地层性状、锚固类型和预应力张拉锁定等因素确定，宜符合下列规定：

1 单孔锚索根数为5～21根；

2 单孔锚索拉力设计值为500kN～3000kN；

3 钻孔直径为130mm～250mm。

4.4.7 每孔锚索钢绞线的根数应满足下式要求：

$$n \geqslant \frac{1000K_b N_{ak}}{A_p f_{pyk}} \tag{4.4.7}$$

式中：n——每孔锚索钢绞线的根数；

N_{ak}——锚索轴向拉力标准值(kN)；

A_p——钢绞线的公称截面面积(mm^2)；

f_{pyk}——预应力钢绞线抗拉强度标准值(N/mm^2)；

K_b——锚索钢绞线抗拉安全系数，取1.67。

4.4.8 根据受力特点，锚索锚固段可分为拉力型、压力型、拉力分散型和压力分散型。采用拉力型以外的锚固段类型时，锚固段设计应符合《岩土锚杆技术规程》CECS 22等相关标准的规定。

4.4.9 当锚固段为拉力型时，锚索的锚固段长度应同时满足下列公式要求：

$$l_a \geqslant \frac{KN_{ak}}{\pi D f_{rbk}} \tag{4.4.9-1}$$

式中：l_a——锚索锚固段长度(m)；

D——锚固段钻孔直径(m)；

N_{ak}——单个锚固点锚索轴向拉力标准值(kN)；

f_{rbk}——锚固体与岩土层极限粘结强度标准值(kPa)；由地质灾害防治工程勘查报告提供；

重庆市地方标准

K——锚索抗拔安全系数，取 2.0。

$$l_a \geqslant \frac{KN_{ak}}{\pi n d_s f_{bk}} \tag{4.4.9-2}$$

式中：d_s——钢绞线的等效直径(m)；

n——钢绞线的根数；

f_{bk}——钢绞线与水泥砂浆间的粘结强度标准值(kPa)，由试验确定，当缺乏试验资料时按表 4.4.9 取值。

表 4.4.9　钢筋、钢绞线与水泥砂浆间的粘结强度标准值(kPa)

材料类型	水泥砂浆强度等级		
	M25	M30	M35
螺纹钢筋	2620	3000	3370
预应力钢绞线	3430	3680	4250

注：1　当采用二根钢筋点焊成束的作法时，粘结强度应乘以 0.85 的折减系数；

2　当采用三根钢筋点焊成束的作法时，粘结强度应乘以 0.7 的折减系数。

4.4.10　锚索最大预应力锁定值不宜超过锚索杆体承载力标准值的 0.9 倍，锚索预应力锁定值应根据承压坡体的承载力、刚度及变形允许值、锚索钢绞线材料强度以及支挡结构强度及刚度综合确定，对坚硬或较硬且完整或较完整岩体可取锚索轴向拉力设计值的 80%～85%，对其它岩体和土体可取锚索轴向拉力设计值的 60%～80%。锚索的预应力张拉值不宜小于 500kN。

III　预应力锚索构造要求

4.4.11　锚索总长度不宜大于 50m。锚索拉力型锚固段长度不应小于 6m，且不宜大于 55 倍锚固体直径和 10m。锚索自由段长度不应小于 5.0m，其中进入滑动面或潜在滑动面以下的长度不应小于 1.5m。锚索外露部分长度应根据锚具长度和张拉机具确定，宜为 1.2m～1.8m。

4.4.12　锚孔注浆材料宜采用水泥浆或水泥砂浆，采用水泥砂浆时强度等级宜为 M25～M35。注浆应饱满密实，注浆压力不应小

重庆市建设

于 0.3MPa。

4.4.13 锚索防腐材料应符合下列规定：

1 在锚索设计使用年限内，保持其防腐性能和耐久性；

2 在规定的工作温度内或张拉过程中不开裂、变脆或成为流体；

3 具有化学稳定性和防水性，不与相邻材料发生不良反应；不对锚索自由段的变形产生限制和不良影响。

4.4.14 永久性锚索的防腐蚀处理应符合下列规定：

1 对无粘结钢绞线制作的预应力锚索，其自由段先采用除锈、刷沥青船底漆和沥青玻纤布缠裹二层进行防腐蚀处理后再装入套管中，并在自由段套管两端 100mm～200mm 长度范围内用黄油充填，外绕扎工程胶布固定；

2 对位于无腐蚀性岩土层内的锚固段，水泥浆或水泥砂浆保护层厚度不小于 25mm；对位于腐蚀性岩土层内的锚固段，采取特殊防腐蚀处理，且水泥浆或水泥砂浆保护层厚度不小于 50mm；

3 锚索锚头的锚具经除锈、涂防腐漆三度后采用钢筋网罩、现浇混凝土封闭，且混凝土强度等级不低于 C30，厚度不小于 100mm，混凝土保护层厚度不小于 50mm。

4.4.15 预应力锚索的锚具应根据锚点设计荷载、钢绞线规格和根数选用。

4.4.16 垫墩宜采用混凝土结构，也可采用钢结构。垫墩的混凝土强度等级不应低于 C30。垫墩的尺寸应根据锚具型号确定，并应进行局部受压承载力验算，垫墩面应与锚索垂直，垫墩下部斜面与格构梁、桩表面间的夹角宜为 45°～60°。

4.4.17 锚索预应力损失计算应按现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《预应力混凝土结构设计规范》JGJ369 等有关标准执行。

4.4.18 锚索宜内倾，倾角宜取 11°～30°，在锚索与滑面相交处二者交角不宜大于 45°。

Ⅳ　预应力锚索材料要求

4.4.19　预应力锚索应采用低松弛高强钢绞线，并符合《预应力混凝土用钢绞线》GB/T5224 的要求。预应力锚索所用锚具，应符合《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ85 的规定。

4.4.20　预应力锚索套管材料应满足下列要求：

1　具有足够的强度，保证在加工和安装过程中不致损坏；

2　具有抗水性和化学稳定性；

3　与水泥浆、水泥砂浆和防腐剂接触，无不良反应。

4.4.21　锚索施工配置的注浆浆液应符合下列规定：

1　固化后有一定的粘结性，能牢固地与岩石、混凝土及砂子粘结；

2　浆液固化时收缩性小；

3　稳定性好，在常温常压下能较长时间存放；不易改变其基本性质，不发生强烈的化学反应；

4　对注浆设备、管路、橡胶制品无腐蚀性，易清洗。

4.5　格构锚固

Ⅰ　一般要求

4.5.1　格构锚固适用于岩质滑坡、坚硬或硬塑的中浅层土质滑坡。对软弱土、未固结土及岩土体有腐蚀性地段的滑坡不应采用格构锚固。

4.5.2　格构锚固应根据滑坡推力大小和倾角以及坡面情况进行设置，宜设于坡度较大的滑坡前缘或中前部。

4.5.3　根据锚杆是否施加预应力，格构锚固可分为预应力格构锚固和非预应力格构锚固。对中浅层的土质滑坡，可采用非预应

重庆市建设工程造价

力格构锚固。预应力锚杆的预应力锁定值可根据第 4.4.10 条的规定确定。

4.5.4 根据施工方式,混凝土格构梁可分为预制混凝土格构梁和现浇混凝土格构梁。受力较大或采用预应力锚索时宜采用现浇混凝土格构梁。

4.5.5 当格构锚固中的格构起挡墙作用时,格构中的竖向梁(立柱)基础应嵌入坡脚稳定地层,地基承载力及变形应满足要求。

4.5.6 非预应力锚杆间距不应小于 2m 且不宜大于 6m;预应力锚索(杆)间距不应小于 1.5m。对整体性较好的岩质滑坡,锚杆间距宜为 4m～6m。当滑体土质较差时,可增设土钉补强,土钉间距宜为 1m ～2m。

II 设计计算

4.5.7 格构锚固中的格构梁截面尺寸应满足强度、刚度和抗裂要求,格构梁设计计算应符合下列规定:

1 预应力格构锚固中的格构梁满足作为预应力传力结构的强度要求,其与滑体土的接触压应力满足地基承载要求;当预应力锚索(杆)不与格构梁垂直时,锚索(杆)的预应力在格构梁底面的分力应小于格构梁与滑体土之间的摩擦力;

2 全粘结锚杆在滑体中的粘结力满足锚固要求时,格构梁按构造要求设计;全粘结锚杆在滑体中的粘结力不满足锚固要求时,根据剩余轴向拉力标准值和相应格构梁与滑体土接触面积计算的格构梁与滑体土接触压应力应满足地基承载要求,格构梁的配筋及构造按《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定进行设计;

3 除按构造要求设计的格构梁外,锚点变形较小时,格构梁按以锚杆为刚性支座的连续梁计算;在其它情况下,格构梁按以锚杆为弹性支座的弹性地基梁计算或按倒梁法计算。

4.5.8 格构锚固中的锚杆轴向拉力标准值应按下式计算：

$$N_{ak} = \frac{aT_k}{n_0} \tag{4.5.8}$$

式中：a ——锚杆水平间距(m)；

n_0 ——一列锚杆中的锚杆数量；

T_k ——支挡力方向为锚杆轴向时沿滑坡走向每延米所受荷载标准值(kN/m)。

4.5.9 格构锚固可采用预应力锚索、预应力螺纹钢筋的锚杆或普通钢筋的锚杆。预应力螺纹钢筋的直径及强度应按表 4.5.9 取值。

表 4.5.9 预应力螺纹钢筋的直径及强度

钢筋符号	预应力螺纹钢筋公称直径 d (mm)	极限强度标准值 f_{ptk} (N/mm²)	屈服强度标准值 f_{pyk} (N/mm²)	抗拉强度设计值 f_{py} (N/mm²)	抗压强度设计值 f'_{py} (N/mm²)
Φ^T	18、25、32、40、50	980	785	650	410
		1080	930	770	
		1230	1080	900	

4.5.10 锚杆杆体截面面积及锚固长度应符合下列规定：

1 锚杆的钢筋截面面积满足下列公式要求：

$$A_s \geqslant \frac{1000K_bN_{ak}}{f_{yk}} \quad \text{（对普通钢筋锚杆）} \tag{4.5.10-1}$$

$$A_s \geqslant \frac{1000K_bN_{ak}}{f_{pyk}} \quad \text{（对预应力锚索）} \tag{4.5.10-2}$$

式中：A_s ——锚杆钢筋或预应力锚索截面面积(mm²)；

N_{ak} ——单个锚固点锚杆轴向拉力标准值(kN)；

f_{yk}，f_{pyk} ——钢筋或预应力钢绞线抗拉强度标准值(N/mm²)；

K_b ——锚杆杆体抗拉安全系数，取 1.67。

2 不作防腐处理的锚杆钢筋直径满足下式要求：

$$d_s \geqslant 2\sqrt{1000\frac{K_bN_{ak}}{\pi n f_{yk}}} + \delta \cdot T \tag{4.5.10-3}$$

式中：d_s——锚杆钢筋的直径(mm)；

n——单个锚点的锚杆钢筋根数；

δ——锚杆钢材锈蚀速度，取 0.04mm/a；

T——工程设计使用年限(a)；其它符号同前。

3 锚杆的锚固段长度计算按本标准第 4.4.9 条的规定执行。

III 构造设计

4.5.11 格构梁的混凝土强度等级不应低于 C30。钢筋保护层厚度应根据其环境类别按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 等有关规范确定，且不应小于 30mm。

4.5.12 锚杆锚固体的砂浆强度等级，对受力锚杆不应低于 M30，对构造锚杆不宜低于 M25。锚杆杆体在钻孔内的保护层厚度不应小于 25mm。

4.5.13 格构锚固的锚杆间距，对土质滑坡宜为 2m～4m，对岩质滑坡宜为 3m～6m。

4.5.14 非预应力锚杆的锚固长度不宜大于 45 倍锚杆钻孔直径，当锚固段为土层时不应小于 3m 且不宜大于 10m，锚固段为岩层时不应小于 3m 且不宜大于 6.5m。

4.5.15 锚杆钢筋伸入格构梁内的长度应满足《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定。

4.5.16 格构梁截面尺寸应满足锚索钻孔和锚固的要求。格构梁的截面宽度不宜小于 250mm，截面高度不宜小于 300mm。格构梁受拉钢筋的最小配筋率应符合下列规定：

1 对承担滑坡推力的竖向格构梁，按《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定取值，且不小于 0.20%和 0.45 f_t/f_y 的较大值；

2 对构造防护的竖向格构梁和用作连系梁的水平格构梁，

重庆工程建设

取 0.15%。

4.5.17 格构梁嵌入坡面以下稳定地层的深度宜为 1/3～1/2 格构梁高度，且不宜小于 150mm。梁底坡度宜顺直。

4.5.18 格构结构的基础应置于稳定地层内，可采用独立基础、条形基础或桩基础等形式。地基基础不应有使锚杆失效的不利变形。

4.5.19 格构锚固应设伸缩缝，其伸缩缝间距不宜大于 30m。

4.5.20 锚杆定位支架沿锚杆轴线每隔 1m～3m 应设置一个，土层应取小值，岩层可取大值。

4.5.21 非预应力锚杆的自由段应采用除锈、刷沥青船底漆和沥青玻纤布缠裹二层进行防腐蚀处理，自由端外端应埋入钢筋混凝土构件内 50mm 以上。

4.5.22 成束钢筋的根数不应超过 3 根，钢筋截面总面积不应超过锚孔面积的 20%。

4.6 锚拉桩

I 一般要求

4.6.2 锚拉桩分为单点锚拉桩和多点锚拉桩。当推力较大且桩前临空面具备条件时，可采用多点锚拉桩；其它情况下宜采用单点锚的结构型式。

4.6.3 锚拉桩混凝土及钢筋的有关参数，应参照《混凝土结构设计规范》GB50010 取值。

II 设计计算

4.6.4 单点锚的锚拉桩，将桩视为下端弹性嵌固于岩质滑床，上端锚索(杆)视为一弹性支座。桩在外荷载作用下，采用“K 法”或

重庆工程建设

“m 法”对桩锚和地基按弹性协调变形计算，求出各部分内力和位移。多点锚拉桩计算时可考虑桩、锚固段岩土体及锚杆的相互作用，桩可简化为受横向约束的弹性地基梁，根据位移变形协调原理，按“K 法”或“m 法”计算锚杆拉力及桩身内力和位移。

4.6.5 预应力锚拉桩可按附录 E 进行设计。

4.6.6 锚拉桩外锚头的结构设计应符合下列要求：

1 外锚头及其各部分的承载能力，同锚索（杆）最大拉力和张拉工艺相匹配；

2 混凝土垫墩传力均匀，与锚垫板结构协调，垫墩与桩结合良好，混凝土局部受压承载力满足《混凝土结构设计规范》GB50010 的要求。

4.6.7 锚拉桩锚固段的设计应符合本标准第 4.4.9 和 4.4.10 条的有关要求。

4.6.8 锚拉桩桩身设计应满足本标准第 4.3 节的相关要求。

III 构造设计

4.6.9 每个锚拉桩上应预留锚孔，锚孔距桩顶距离不应小于 1.0m。

4.6.10 锚拉桩中锚索（杆）构造应满足本标准第 4.4 节和第 4.5 节的要求。

4.6.11 锚拉桩桩身的配筋应满足本标准第 4.3.22 条和第 4.3.23 条的要求。

4.7 重力式挡墙

I 一般要求

4.7.1 重力式挡墙宜设置在滑坡剪出口附近，并宜与回填压脚

重庆工程建设

结合。

4.7.2 重力式挡墙墙后填料应优先选择透水性较强、干密度较大的砂土或碎石土；当采用粘性土作填料时，宜掺入适量石块并压实，压实系数不应小于 0.85。

II 设计计算

4.7.3 重力式挡墙抗滑移稳定性应按下式验算（图 4.7.3）：

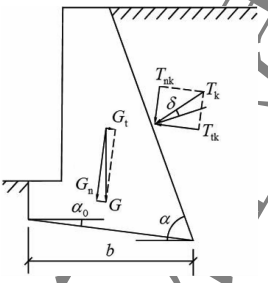


图 4.7.3 重力式挡墙抗滑移稳定性验算

$$F_s = \frac{(G_n + T_{nk})\mu}{T_{tk} - G_t} \geqslant F_{st} \tag{4.7.3-1}$$

$$G_n = G\sin\alpha_0 \tag{4.7.3-2}$$

$$G_t = G\cos\alpha_0 \tag{4.7.3-3}$$

$$T_{tk} = T_k\sin(\alpha - \alpha_0 - \delta) \tag{4.7.3-4}$$

$$T_{nk} = T_k\cos(\alpha - \alpha_0 - \delta) \tag{4.7.3-5}$$

式中：F_s——抗滑移稳定系数；

G——挡墙每延米自重(kN/m)；

α_0——挡墙底面倾角(°)；

α——墙背与墙底水平投影的夹角(°)；

δ——墙背摩擦角(°)；

μ——岩土与挡墙底面的摩擦系数；

T_K——挡墙每延米所受岩土荷载标准值(kN/m)；

F_{st}——挡墙抗滑移稳定安全系数，取 1.1。

注：地震基本烈度非 7 度的填方区重力式挡墙按主动土压力设计且主动土压力作用点取在挡墙高度的下三分点处时，挡墙抗滑移稳定安全系数取 1.3。

埋深大于 1m 时，对超出 1m 的部分可按第 4.2.6 条考虑墙前抗力，将由其引起的负值滑动力和负值摩擦力分别计入滑动力项和摩擦力项。

4.7.4 重力式挡墙抗倾覆稳定性应按下式验算（图 4.7.4）：

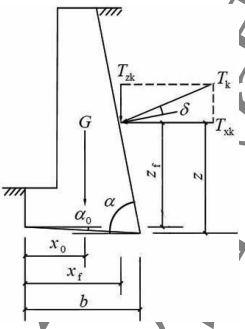


图 4.7.4 重力式挡墙抗倾覆稳定性验算

$$F_t = \frac{Gx_0}{T_{xk}z_f - T_{zk}x_f} \geqslant F_{tt} \qquad (4.7.4\text{-}1)$$

$$T_{xk} = T_k \sin(\alpha - \delta) \qquad (4.7.4\text{-}2)$$

$$T_{zk} = T_k \cos(\alpha - \delta) \qquad (4.7.4\text{-}3)$$

$$x_f = b - z\cot\alpha \qquad (4.7.4\text{-}4)$$

$$z_f = z - b\tan\alpha_0 \qquad (4.7.4\text{-}5)$$

式中：F_t——重力式挡墙抗倾覆稳定系数；

x_0——重力式挡墙中心到墙趾的水平距离（m）；

b——重力式挡墙底面水平投影宽度（m）；

z——重力式挡墙所受岩土荷载作用点到墙踵的竖直距离（m）；

F_{tt}——重力式挡墙抗倾覆稳定安全系数，取 1.1。

注：地震基本烈度非 7 度的填方区重力式挡墙按主动土压力设计且主动土压力作用点取在挡墙高度的下三分点处时，挡墙抗

倾覆稳定安全系数取 1.6。

埋深大于 1m 时，对超出 1m 的部分可按第 4.2.6 条考虑墙前抗力，将由其引起的负值倾覆力矩计入倾覆力矩项。

4.7.5 重力式挡墙基底压力应满足下列要求：

1 荷载偏心距小于或等于基底宽度的 1/30 时，满足下式：

$$\overline{P}_k \leq \frac{f_k}{K} \tag{4.7.5-1}$$

2 荷载偏心距大于基底宽度的 1/30 时，满足下式：

$$\overline{P}_{k,\max} \leq 1.2\frac{f_k}{K} \tag{4.7.5-2}$$

式中：$P_{k,max}$——基底边缘最大压力标准值(kPa)；

f_k——地基竖向极限承载力标准值(kPa)；

K——地基竖向承载安全系数，对完整、较完整或较破碎岩质地基取 3，对土质地基和破碎、极破碎岩质地基取 2。

3 重力式挡墙传递给地基的合力偏心距不大于基底宽度的 1/6。

当地基受力层范围内有软弱下卧层时，尚应对软弱下卧层承载力进行验算。

4.7.6 重力式挡墙墙体强度的验算应符合《砌体结构设计规范》GB50003 和《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定。

4.7.7 重力式挡墙基底压力应按下列公式计算：

$$p_{k,\max} = (F_k + G_k)/A + (M_k/W) \tag{4.7.7-1}$$

$$p_{k,\min} = (F_k + G_k)/A - (M_k/W) \tag{4.7.7-2}$$

式中：$p_{k,max}$——基础底面边缘最大压力标准值(kPa)；

$p_{k,min}$——基础底面边缘最小压力标准值(kPa)；

F_k——上部结构传至基础顶面的竖向力标准值(kN)；

G_k——基础自重和基础上的土重标准值(kN)；

A——基础底面积(m^2)；

M_k——作用于基础底面的力矩标准值(kN·m)；

W——基础底面的抵抗矩(m^3)。

4.7.8 当挡墙位于河(库)水位变动区时,设计应符合岸坡防护的要求。

4.7.9 当挡墙地基有软弱下卧层或有软弱结构面时,应进行由挡墙和墙后、墙前、墙下岩土体组成的斜坡稳定性验算。当挡墙地基本身为具有下列条件之一的斜坡时,还应进行由挡墙和墙后、墙前、墙下岩土体组成的斜坡地基竖向承载力验算:

1 土质斜坡;

2 极软岩质斜坡;

3 破碎或极破碎岩质斜坡;

4 受外倾结构面控制的斜坡。

4.7.10 进行由重力式挡墙和墙后、墙前、墙下岩土体组成的斜坡地基竖向承载力验算时,斜坡地基竖向极限承载力标准值可采用有基础底面压力作用时斜坡稳定性计算方式确定,计算应符合下列要求:

1 除特定结构面充当滑面外,滑面从挡墙底面内边缘通过;

2 当充当地基的斜坡有支挡结构时,计入既有支挡力;

3 通过反算求出最小抗滑稳定系数等于1时的基础底面压力,以其反力作为斜坡地基竖向极限承载力标准值。

III 构造设计

4.7.11 重力式挡墙的墙顶,必要时可设置压顶石或混凝土梁。采用毛石混凝土或素混凝土现浇时,墙顶宽度不宜小于0.3m,毛石含量宜为15%~30%。

4.7.12 重力式挡墙墙面坡度宜采用1∶0.5~1∶0.3,但墙高小于4.0m时,可采用直立墙面。地面较陡时,墙面坡度可采用1∶0.2~1∶0.3。挡墙墙背可设计为倾斜形或台阶形,整体倾斜度不宜小于1∶0.25。

4.7.13 重力式挡墙基础在滑动面以下的最小埋置深度应符合

重庆工程建设

表 4.7.13 的要求。当挡墙前方附近为斜坡时，挡墙基础到斜坡坡面的最小水平距离应符合表 4.7.13 的要求。

表 4.7.13　基础最小埋置深度和到前方斜坡坡面的最小水平距离

地基岩土体类别	埋入深度（m）	距斜坡地面的水平距离（m）
完整、较完整、较破碎的坚硬岩、较硬岩	0.20	0.60
完整、较完整、较破碎的较软岩、软岩、极软岩	0.60	1.50
土层、破碎或极破碎岩	1.00	3.00

注：受水流冲刷时，在冲刷线下不应小于 1.0m。

4.7.14　重力式挡墙基底宽度与墙高比宜为 0.5～0.7，基底宜设计成反坡，反坡坡度，对土质地基宜取为 0.1∶1，对岩质地基宜取为 0.2∶1。墙基沿纵向有斜坡时，基底纵坡坡度不宜大于 5%。当纵坡坡度大于 5%时，应将基底做成台阶式，其最下一级台阶底宽，不宜小于 1.0m。

4.7.15　当重力式挡墙基底砌筑在稳定基岩斜坡上时，可将下部墙身切割成台阶形式，切割后应进行全墙稳定性验算。

4.7.16　重力式挡墙，墙长每间隔 10m～20m，应设置一道伸缩缝。在地基可能产生不均匀沉降处，应设置沉降缝并兼作伸缩缝。伸缩缝或沉降缝宽度宜为 30mm～50mm，缝中应塞填沥青麻布、沥青木板或其它有弹性的防水材料，塞填范围应包括墙体前、后、顶部，塞填深度不小于 200mm。在墙背设缝处应先贴宽为 1m 的土纤维布，再设反滤层，其厚度不应小于 300mm。

4.7.17　重力式挡墙除设置墙后排水盲沟外，还应设置泄水孔，孔径宜取 50mm～100mm，按上下左右间隔 2m～3m 交错布置。在地下水较多的地段或有大股水流处，应减小泄水孔间距或增大泄水孔直径。泄水孔的外倾坡度，宜采用 3%～5%，最下排泄水孔应高出地面不小于 200mm。

4.7.18　重力式挡墙在泄水孔所在位置的背面，应设置反滤层，反滤层厚度不应少于 300mm。回填土为无粘性土时，挡墙背侧最

下排泄水孔下部应设置厚度不小于 300mm 并向墙外倾斜的防水层。

4.7.19 在重力式挡墙墙后地面山坡坡脚处，宜设置截水沟；在重力式挡墙墙脚处，宜设置排水沟。重力式挡墙背后填土地面应设置为向坡外倾斜的缓坡，坡度宜取 1∶20～1∶30；也可在墙顶内侧设置排水沟，通过墙顶引出，但应注意墙前坡体冲刷的不利影响。

4.7.21 重力式挡墙有下列情况时应设置安全防护栏杆或安全防护网：

1 墙顶高出地面 6m，且连续长度大于 20m；

2 墙顶高出地面 4m 且位于码头、道路附近或靠近居民集中区；

3 位于悬崖、陡坎或地面横坡陡于 1∶0.75，且连续长度大于 20m。

4.8 削方减载与回填反压

4.8.1 削方减载应在滑坡下滑段进行，回填反压应在滑坡抗滑段进行。

4.8.2 对滑坡实施削方减载后形成的高度超过 10m 的土坡或高度超过 20m 的岩坡，应设置马道，马道宽度对土坡宜取 2.0m～3.0m，对岩坡宜取 1.5m～3.0m。沿马道应设置横向排水沟；纵向排水沟宜与城市或公路排水系统衔接。

4.8.3 滑坡实施削方减载后形成的斜坡高度小于 4.0m 时，宜采用抛撒草籽的形式进行护坡；高度大于 4.0m 时，宜采用方格骨架植草护坡、生态植草护坡及其它绿化方式进行护坡。

4.8.4 对滑坡实施回填反压时，回填料宜采用碎石土，粒径不宜大于 8cm，碎石含量应控制在 30%～80%。碎石土含水率应控制在最优含水率±3%范围，最优含水率应由现场碾压试验确定。

4.8.5 对滑坡实施回填反压时，回填料应分层碾压，因条件受限而无法碾压时可分层夯实，每层厚宜为 1000mm，压实度不应小于 85%。

4.8.6 在滑坡的库（江）水位变动带实施回填反压时，应设置反滤层，并采取防冲刷和地下水渗流措施。

4.9 截排水

Ⅰ 一般要求

4.9.1 截排水工程各截排水设施之间应相互衔接、协调，同时应注意坡体变形对截排水结构的影响，保证截排水系统的有效性和耐久性。

4.9.2 截排水设计应包含截排水系统总体设计、水文计算，截排水设施水力计算、结构设计和材料选择。

Ⅱ 地表截排水设计

4.9.3 水文计算应符合附录 F 的规定。

4.9.4 排水管、沟水力计算应符合附录 G 的规定。

4.9.5 排水管道设计应符合下列要求：

1 各种不同直径的管道在检查井内的连接采用水面或管顶平接；

2 当管径大于 300mm 或跌水水头不大于 0.3m 时，管道转弯和交接处水流转角不小于 90°；

3 采用柔性接口。

4.9.6 排水管道宜采用柔性材料；管顶最小覆土深度在人行道下宜为 0.6m，在车行道下宜为 0.7m。

4.9.7 采用管道排水时，检查井、跌水井、雨水口、截流井、出水

市政工程建设

口等附属设施的设计可参照《室外排水设计规范》GB50014 执行。

4.9.8 截排水沟平面布置应符合下列要求：

1 外围截水沟根据地形和地质条件，设置在滑坡周界 5m 以外的稳定地层上；

2 坡面汇流面积较大时，在中部平台设置截水沟；

3 当排水明沟断面变化时，应采用渐变段衔接。

4.9.9 截排水沟平面布置宜符合下列要求：

1 水沟转弯处中心线的弯曲半径，对铺砌明渠不小于设计水面宽度的 2.5 倍，对其它水沟不小于设计水面宽度的 5 倍；

2 排水沟进出口采用喇叭口或八字形导流翼墙，导流翼墙扩散度为 1∶5～1∶6；

3 排水明沟断面变化段采用渐变段衔接时，扩散度为 1∶4；

4 排水沟之间的交角为钝角。

4.9.10 截排水沟纵断面设计应符合下列要求：

1 干、支、斗沟按分段流量设计断面；

2 沟底纵坡坡度根据沿线地形、地质条件，上、下级沟道的水位衔接条件，按不冲、不淤要求确定，最小纵坡坡度不小于 1‰；

3 截水沟靠山侧设置泄水孔，截水沟墙背泄水孔处设置反滤层或滤水包；

4 自然纵坡坡度大于或等于临界坡度而小于或等于 1∶4 时，设置急流槽；水流速度超过水沟允许冲刷流速时，采用人工糙面或消能设施；

5 自然纵坡坡度大于或等于 1∶4 而小于或等于 1∶1.5 时，纵坡突然变化的陡坎处或在支沟接入干沟的入口处，设置带消能的跌水；因自然纵坡坡度大于 1∶1.5 而采用钢管时，管径大于 200mm 并设置底座；

6 跌水和陡坎段下游，采用消能和防冲措施，设计符合《灌溉与排水工程设计标准》GB50288 的相关规定。

4.9.11 截排水沟纵断面设计宜符合下列要求：

1　设计水位低于沟顶不少于 0.2m；

2　最小纵坡不小于 3‰；

3　自然纵坡坡度大于 1∶1.0 时，沟基底设置防滑键措施，防滑键水平宽度不小于 1.0m，间距不大于 5.0m；自然纵坡坡度大于 1∶1.5 时，应设置急流槽或其它设施；

4　跌水高差小于或等于 5m 时宜采用单级跌水；跌水高差大于 5m 时应采用多级跌水。

4.9.12　地表截排水设施设计应符合下列构造要求：

1　当截排水沟通过裂缝或不稳定地段时，用粘土或水泥浆填实裂缝，整平积水坑、洼地；有开裂变形的坡体，设置用土工合成材料或钢筋混凝土预制板制成的上下搭接的叠瓦式沟槽；

2　截排水沟每隔 10m～15m 设置一道伸缩缝，缝内设止水或反滤盲沟或同时设止水和反滤盲沟；在不同结构衔接处、地质软硬变化处、陡坡与缓坡交界等位置，设置沉降缝。

4.9.13　急流槽宜采用浆砌片(块)石或混凝土的矩形断面，槽底厚度宜为 0.4m，槽壁厚度宜为 0.3m～0.4m，底宽与水深之比宜为 5～10。槽底每隔 2.5m～5.0m 宜设置一道凸榫或平台式防滑键，凸榫或平台式防滑键宜嵌入坡体 0.3m～0.5m。

4.9.14　地面截排水设施的材料强度应符合表 4.9.14 的规定。

表 4.9.14　截排水设施材料强度要求

材料类型	最低强度要求	使用场合
砖	MU10	检查井
片石	MU30	沟底和沟壁铺砌
水泥砂浆	M7.5	浆砌、抹面
水泥混凝土	C25	混凝土构件
	C20	混凝土基础

III　地下截排水设计

4.9.15　地下截排水设计应遵循下列原则：

1 在地下水危及滑体稳定时，根据地下水的具体情况采取拦截、引流等方式排除地下水。地下排水与农田水利系统、当地工业与居民生活用水及其周边建筑协调配合，必要时采取措施，防止地下排水对其产生不利影响；

2 采用有效反滤措施，防止堵塞、失效；

3 不将地表水排入地下排水设施内；

4 地下截排水出口接入地表排水系统中，避免漫流或冲刷坡面；

5 地下截排水设施的进水面设置反滤层。

4.9.16 地下截排水设施水力计算应符合现行《公路排水设计规范》JTG/T D33 的规定。

4.9.17 地下截排水设施类型选择应符合下列要求：

1 含水层或上层滞水埋深在 2.0m 以内时，采用矩形截水明沟兼截排地下水（图 4.9.17-1）。沟边墙设密集泄水孔，孔距 0.5m，底排泄水孔高于沟底 20cm 且高于设计水位 50mm；沟底置于不透水层以下；沟边墙厚度按重力式挡墙根据本标准第 4.7 节计算确定，材料采用浆砌片（块）石或混凝土；伸缩缝做法符合第 4.9.12 条的规定。

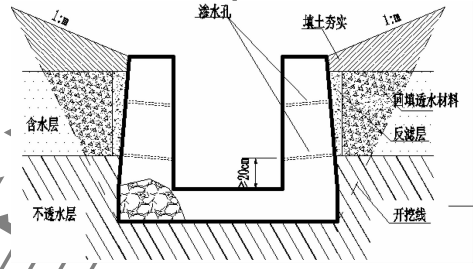


图 4.9.17-1 明沟截排地下水构造

2 含水层或上层滞水埋深为 2m～6m 时，采用管式渗水沟。上覆土体稳定性差、埋深为 6m～10m 时，管式渗水沟采用支撑开挖施工。

3 含水层或上层滞水埋深不小于 10m 或有固定含水层或多

层含水层时，采用渗水隧道或渗井。

4 排除滑坡体内局部富集地下水或配合渗井截排水时，采用仰斜式排水管(图 4.9.17-2)。排水管的钻孔孔径为 75mm～150mm，倾角为 10°～15°，穿过滑动带不少于 500mm；与渗水井配合时应伸入渗水井内；钻孔内采用软式透水管或带孔的 PVC、PE、PP 等塑料管，管径为 50mm～100mm，管外包土工布作为反滤层。采用带孔的 PVC、PE、PP 等塑料管时，距管底 1/3 高度范围无孔。

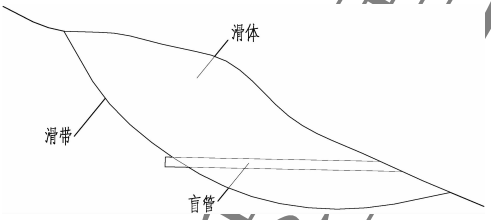
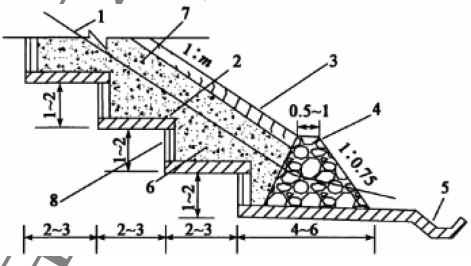


图 4.9.17-2 **仰斜式截排水**

5 对表层土体易受降雨影响发生溜坍、表层有过湿带或有泉眼出露的滑坡，采用边坡渗沟(图 4.9.17-3)。边坡坡率不大于 1∶1，沟底嵌入稳定土体干燥地层内；平面布置根据截排水需要采用 I 字形、Y 字形或拱形，主沟间距为 6.0m～10.0m；沟底宽为 1.2m～1.5m。



1-干湿土层分界线 2-浆砌块(片)石铺底 3-干砌块(片)石盖顶

4-干砌块石垛 5-边沟 6-粗粒料 7-反滤层

图 4.9.17-3 **边坡渗沟(单位：m)**

6 滑动面埋藏较浅、滑带附近有地下水、上层滞水或多层地

下水时，采用支撑渗沟(图 4.9.17-4)。支撑渗沟成群设置于滑坡前部，滑体表层有积水湿地和地下水露头处，以支撑作用为主，兼起排除滑带水和疏干其附近滑体水的作用。平面布置根据稳定性和截排水的需要采用 I 字形、Y 字形或拱形。主沟间距为 6m～8m，具体根据计算和沟间土体形成有效应力拱的条件确定；底宽为 2m～4m；沿着滑面纵向设计成 2%的斜坡台阶形，每个台阶长度不小于 2m。沟底嵌入稳定地层不小于 1m。支撑渗沟按附录 H 进行计算。

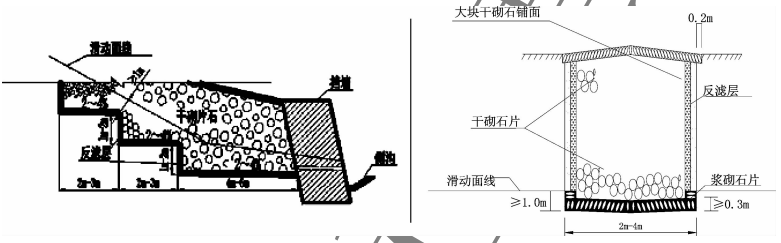


图 4.9.17-4　支撑渗沟纵横剖面

7　地下水埋深不小于 10.0m 且经论证需要拦截和引排时，采用渗水隧洞。隧洞置于稳定地层内，顶部在滑面以下不小于 0.5m，并穿过主要含水层；滑动面以上的含水层用渗井或渗管等引入隧洞；洞底以下存在含水层时，在洞底设置渗水孔引入；隧洞采用拱形断面，净高不小于 1.8m，净宽不小于 1.0m，纵坡坡度不小于 0.5%；洞身和洞顶每间隔 0.5m 设置泄水孔，洞外周边有反滤层；隧洞结构设计符合《灌溉与排水工程设计标准》GB50288 的有关规定。

8　在地下截排水设施转角处或纵坡陡缓变化处，设置检查井，其间距，对渗沟为 30m，对渗水隧洞为 100m。

5　危岩崩塌防治工程设计

5.1　一般规定

5.1.1　清除危岩应预先设置有效的安全防护临时措施。

5.1.2　具有支撑条件时，危岩治理应优先采用支撑技术或具有支撑性能的综合防治技术。

5.1.3　对差异性风化凹腔形成的危岩宜采用嵌补封闭；对存在临空外倾结构面的危岩体，锚杆锚固段必须置于临空外倾结构面以下的稳定地层内，当采用预应力锚索时，不应使其处于受剪状态。

5.1.4　对岩体坡面破碎且危岩单体特征不明确的陡崖，当具备设置被动防护的条件时，应优先采取拦石墙、拦石网、拦石栅栏等被动防护措施。

5.1.5　滑移式危岩的治理宜采取清除、抗滑桩、锚固等措施，并应对危岩基座进行防护加固。

5.1.6　倾倒式危岩的治理宜采取清除、支撑、嵌补、上部锚杆(索)加固、封闭顶部裂隙等措施，并应对危岩基座进行防护加固。

5.1.7　坠落式危岩的治理宜采用支撑或支撑＋锚固、清除等措施。

5.1.8　按本章第5.2节计算的作用在危岩支挡结构上的岩土荷载应视为荷载标准值。

5.1.9　危岩治理中的抗滑桩设计应符合本标准按第4章的有关要求。

5.1.10　危岩崩塌防治工程设计应对未稳定的崩塌堆积体及危石分别按不稳定斜坡和危岩进行处理。

5.2 危岩支挡结构岩土荷载计算

5.2.1 危岩治理工程设计计算所采用的工况应包括暴雨工况和地震工况中各种危岩稳定性不满足要求的工况，相应工况的荷载组合应符合表5.2.1的规定。

表5.2.1 危岩治理工程设计计算工况设置及荷载组合

工况	荷载组合
暴雨工况	自重 ＋ 地表荷载 ＋裂隙水压力
地震工况	自重 ＋ 地表荷载 ＋裂隙水压力＋地震力

5.2.2 危岩稳定安全系数取值应根据防治工程等级和破坏模式按表5.2.2确定。

表5.2.2 危岩稳定安全系数

破坏模式	防治工程等级					
	一级		二级		三级	
	一般工况	校核工况	一般工况	校核工况	一般工况	校核工况
滑移式	1.40	1.15	1.30	1.10	1.20	1.05
倾倒式	1.50	1.20	1.40	1.15	1.30	1.10
坠落式	1.60	1.25	1.50	1.20	1.40	1.15

注：一般工况指暴雨工况，校核工况指地震工况。

5.2.3 计算作用在危岩支挡结构上的岩土荷载时，应考虑设置支挡结构和采取排水措施引起的地下水补给径流排泄条件的变化对水压力的影响。当危岩治理工程设计涉及地形和地表荷载的改变时，计算危岩支挡结构岩土荷载应采用新的地形和地表荷载。

5.2.4 危岩支挡结构岩土荷载可按附录J进行计算。

5.2.5 当稳定性不满足要求的破坏模式不止一种或以某种破坏模式支挡后可能出现另一种破坏模式时，可先取可能性较大的某种破坏模式下危岩支挡结构岩土荷载进行设计，然后在有支挡的

条件下对危岩另一种破坏模式进行稳定性验算；当另一种破坏模式下的稳定性不满足要求时，应选择增大支挡力、调整支挡力作用点或施加不同方向支挡力的措施使稳定性满足要求。

5.3 锚 固

5.3.1 对危岩体进行锚固时，对规模较大、主控结构面张开度较大的危岩，宜采用预应力锚索；对其它危岩，可采用非预应力锚杆。

5.3.2 对完整性较差的危岩体进行锚固时，宜设置连接锚杆的竖梁，竖梁宜采用C30混凝土，沿岩面现场浇筑，其宽度不宜小于300mm，高度不宜小于400mm(图5.3.2-1)。对完整性较好的危岩体进行锚固时，可采用点锚(图5.3.2-2)。

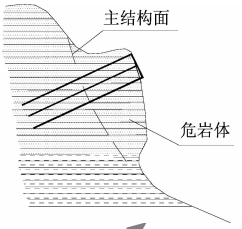


图5.3.2-1 带竖梁的锚固

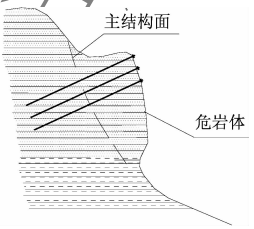


图5.3.2-2 危岩点锚

5.3.3 锚杆间距不宜大于3.5m；锚杆竖向间距不宜小于2.5m，水平间距不宜小于2.0m。边缘处锚杆到岩体边缘的距离不宜小于0.6m；锚杆的倾角宜为10°～35°。

5.3.4 锚杆总长不宜大于50m，其中，锚杆锚固段长度不应小于3.0m，锚索自由段长度不得小于3.0m，且伸入主控结构面的长度不应小于0.5m。

5.3.5 锚固体的砂浆强度等级不应低于M30。

5.3.6 危岩锚固设计中本节未作规定的部分应符合本标准第4.4节和第4.5节的规定。

5.4 支 撑

5.4.1 危岩支撑体可采用浆砌条(片)石(图 5.4.1-1)、现浇混凝土或条(毛)石混凝土(图 5.4.1-2),柱支撑应采用钢筋混凝土。支撑体的砂浆强度等级不应低于 M7.5,混凝土强度等级不应低于 C20,条石或片石强度等级不应低于 MU30。

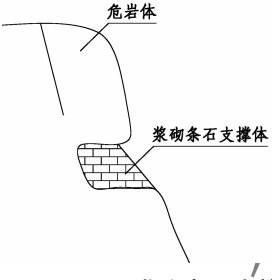


图 5.4.1-1 浆砌条石支撑

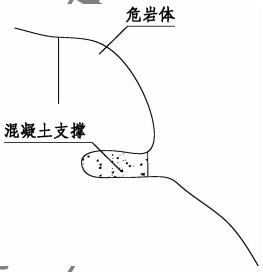


图 5.4.1-2 混凝土支撑

5.4.2 危岩支撑设计时,应进行支撑体地基的承载力及稳定性验算并将地基清理成内倾平台或台阶,支撑体地基承载力验算和墙体强度验算应符合本标准第 4.7 节的相关规定。

5.4.3 与支撑体接触的危岩体应凿平,支撑体顶部距离危岩体底部 10cm～20cm 的范围应采用膨胀混凝土。

5.4.4 危岩嵌补支撑体结构可采用柱撑(图 5.4.4-1)、墙撑(图 5.4.4-2)、拱撑(图 5.4.4-3)。柱撑应采用钢筋混凝土。

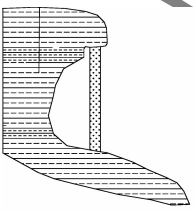


图 5.4.4-1 柱撑

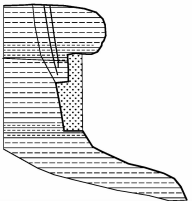


图 5.4.4-2 墙撑

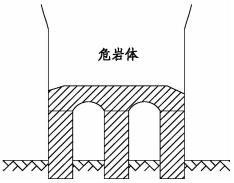


图 5.4.4-3 拱撑

5.4.5 危岩支撑柱高度不宜大于 10m;支撑柱高度大于 10m 时,应做压杆失稳验算。

5.4.6 浆砌条石支撑的截面宽度不得小于0.8m，混凝土支撑的截面宽度不得小于0.6m。

5.4.7 墙撑体高度超过3m时，宜在墙体中部布设用于稳定墙撑体的非预应力锚杆。

5.4.8 柱撑宜用C30钢筋混凝土现场浇筑。柱长超过3m时，应每隔3m设置一道横向联系梁，联系梁宜用C30钢筋混凝土。

5.4.9 拱撑拱顶最小厚度不宜小于500mm、矢拱度宜取0.25～0.30，拱边墙宽不宜小于1.5m。

5.4.10 墙撑的拱、柱基础嵌入岩石深度不宜小于0.5m；墙、柱基础外边缘距坡面距离不宜小于1.5m；当小于1.5m时，应采用锚杆加固。

5.4.11 支撑体底部应分台阶清除至中风化岩层。

5.5 填充及灌浆

5.5.1 当危岩体顶部有显著且无充填的裂隙时，宜采取无压灌浆措施；当危岩体底部有明显的岩腔时，宜采用嵌补措施（图5.5.1）。

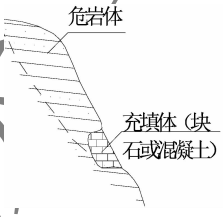


图5.5.1 危岩嵌补

5.5.2 裂隙张开度较小时，灌浆可采用砂浆；裂隙张开度较大时，灌浆宜采用细石混凝土。

5.5.3 灌浆孔宜在裂缝前后3.0m～5.0m范围内按照梅花型布设，并应穿越主控结构面（图5.5.3），灌浆孔倾角宜为30°～90°，孔径宜为60mm～110mm。

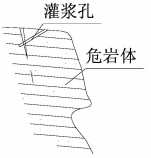


图 5.5.3　危岩灌浆封闭

5.5.4　对危岩体中结构面进行无压灌浆处理时，灌浆材料应具有流动性，砂浆强度等级不宜低于 M20，灌浆材料中应加入适量的缓凝剂。

5.5.5　岩腔的嵌补可采用浆砌块石或混凝土，其砂浆强度等级不应低于 M7.5，混凝土强度等级不宜低于 C20，块石强度等级不应低于 MU30。

5.6　截排水

5.6.1　危岩治理应采取坡面排水和减小坡面水下渗的截排水措施。危岩体内地下水较丰富时，宜采取地下排水措施。

5.6.2　地表排水设置应根据危岩体地表周围汇水情况确定，可采用梯形、矩形明沟，受地形地质条件限制时也可采用复合结构。落石槽、拦石墙内宜采用盲沟排水。

5.6.3　排水沟进出口平面布置，宜采用喇叭口或八字形导流翼墙。导流翼墙长度可取设计水深的 3～4 倍。排水沟纵坡坡率不宜小于 3‰。

5.6.4　排水沟宜用浆砌片石或块石，地质条件较差地段可用毛石混凝土或素混凝土。排水沟砌筑砂浆强度等级宜为 M7.5～M10，对用坚硬块石、片石砌筑的排水沟应用比砌筑砂浆高一个强度等级的砂浆进行勾缝并应以勾阴缝为主。毛石混凝土或素混凝土强度等级不宜低于 C20。

5.6.5　排水沟沟底及边墙应设伸缩缝，缝间距 10m～15m，伸缩缝处沟底应设齿前墙，伸缩缝内应设止水或反滤盲沟或同时设置

止水或反滤盲沟。

5.6.6 采取地下排水措施时，可在危岩体中、下部或支撑体内钻设排水孔(图 5.6.6)，排水孔应穿越渗透结构面，孔径宜为 60mm～110mm，坡度宜大于 5‰。

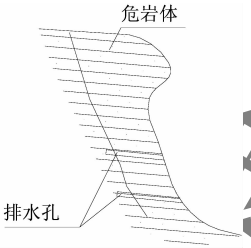


图 5.6.6 危岩排水孔

5.6.7 排水沟设计纵坡应根据沟型、地形、地质以及与山洪沟连接条件等因素确定；当自然纵坡大于 1∶20 或局部高差较大时，应设置消能措施。

5.7 拦石墙

5.7.1 拦石墙可采用普通式(图 5.7.1-1)或桩板式(图 5.7.1-2)，桩板拦石墙应由桩、板、加筋土体及防护栏组成。桩间板可为预制槽型板，加筋土体应设置在桩、板后部。加筋土体设计应符合相关标准的规定。

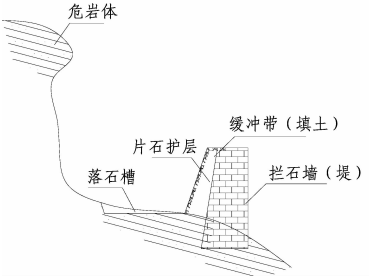


图 5.7.1-1 普通拦石墙

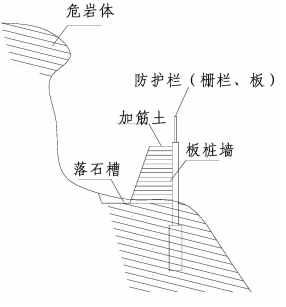


图 5.7.1-2 桩板拦石墙

未工程建设

5.7.2 拦石墙墙高不宜大于 8m。拦石墙受冲击侧应分层填筑缓冲层，其压实度不应小于 85%，并应保证自身稳定；必要时可用加筋土，表面可用片石护坡；填筑墙背缓冲层时，应保证排水畅通且墙背不积水。

5.7.3 拦石墙的布置应根据地形、地质条件、落石运动路径和施工条件综合考虑。

5.7.4 拦石墙结构尺寸大小应根据落石冲击力计算结果确定。拦石墙设计应进行抗滑移、抗倾覆、墙身自身强度和地基承载力的验算，验算应符合本标准第 4.7 节的相关规定。

5.7.5 拦石墙内侧的落石槽断面应为倒梯形；槽底应铺设厚度不小于 60cm 的缓冲土层；迎石面坡比应为 1∶0.5～1∶0.8 并应用块石护坡；山体面坡比宜为 1∶1，在不具备放坡的地段可将坡比增大为 1∶0.5 并用锚钉或块石护坡；槽底应设置排水盲沟，并在拦石墙适当部位让水穿越拦石墙向山体下部排泄。

5.8 拦石网

5.8.1 拦石网的设置应根据地形、地质条件、落石冲击能量、落石弹跳高度和施工条件综合考虑。

5.8.2 拦石网应由钢丝绳网或环形网、固定系统、减压环和钢柱构成(图 5.8.2)。

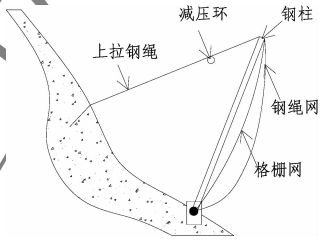


图 5.8.2 拦石网

5.8.3 拦石网的高度不宜大于 8m。当危岩存在于多级陡崖上时，拦石网应分级设置。

5.8.4 危岩位于上陡下缓斜坡处或者坡脚有宽平台时可采用拦石网，危岩位于直立或倒悬陡崖上时宜与主动加固结合。

5.8.5 防护区位于坡脚狭窄地带时，宜设置向坡外倾斜的柔性棚洞结构。

5.8.6 拦石网的质量应符合《公路边坡柔性防护系统构件》JT/T 528 的相关结构要求。

5.8.7 拦石网在危岩影响区域或需防护区域两端应分别延长10m～15m。当不便拉通布置时，可分段布置，此时两段重叠长度不应小于 5m 且不应小于两段间距离，但不应大于 10m。

5.8.8 拦石网能级应根据落石动能计算后选用，拦石网能级超过 1000kJ 时，应与其它治理措施比较后选用。拦石网高度应取计算落石最大弹跳高度与 1m 之和。

5.8.9 拦石网柱间距宜为 8m～12m，不应小于 6m，且不应大于 15m。

5.8.10 拦石网系统锚固时，当坡面基岩裸露或覆盖层较薄且完整性较好时，可采用钻孔注浆固定钢柱基础和拉锚锚杆的方式；当覆盖层较厚或裸露基岩破碎时，可采用带注浆花管（除起护壁作用外，其分布花孔允许高压浆液渗入孔外软弱层）钻孔高压注浆锚杆锚固或整基础锚固方式。

5.9 引导防护网

5.9.1 引导防护网应分为覆盖式引导防护网（图 5.9.1-1）和张口式引导防护网（图 5.9.1-2），宜设置在整体稳定但坡面岩体破碎程度高、不宜过多扰动、清理困难的高陡斜坡中上部。

重庆工程建设

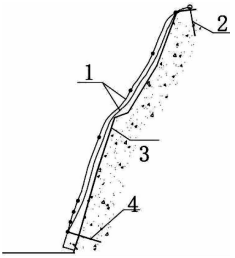


图 5.9.1-1　覆盖式引导防护网

1—柔性金属网；2—锚杆；3—坡面；4—锚杆

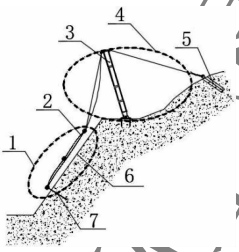


图 5.9.1-2　张口式引导防护网

1—引导部分；2—柔性金属网；3—钢柱；4—拦截部分；5—锚杆；6—坡面；7—锚杆

5.9.2　引导防护网左右两端应超出危岩分布区域至少 5m，覆盖式引导防护网上部锚杆应设置在稳定区域，张口式引导防护网拦截部分的有效防护高度应大于危岩落石弹跳高度 1m，能级不应低于该处危岩落石冲击能量的 1.2 倍。

5.9.3　引导防护网所采用的柔性金属网应进行抗顶破力和抗拉强度试验，试验应符合 ISO 17745-2016(E) Steel wire ring net panels — Definitions and specifications 的要求。

5.9.4　张口式引导防护网拦截部分应进行防护性能试验，试验应符合《铁路边坡柔性被动防护产品落石冲击试验方法与评价》TB/T 3449 的要求。

5.9.5　引导防护网应进行中性盐雾试验，试验应符合《人造气氛腐蚀试验：盐雾试验》GB/T10125 的要求。

5.9.6　引导防护网的试验工作应由通过 CMA 认证的第三方检

测单位进行，并提供试验报告。

5.10 其它防护措施

5.10.1 当陡崖或山坡脚部无平台或危岩威胁不严重时，可采用生态防护（坡面植物护坡、复合型生态防护、防护林等）。采用生态防护时应考虑由于植物根系与水的作用恶化危岩稳定性的可能性。

5.10.2 危岩和陡崖整体性较差且表面无大量植被时，可采用坡面防护（砌体护坡、护面墙、骨架护坡、挂防护网等）。

5.10.3 危岩下方有交通路线和其它建筑物时，可采用明洞、框架式棚洞或悬臂式棚洞等遮盖建筑。此时应确保遮盖建筑能直接承受崩塌冲击荷载，并有一定刚度和耗能结构，耗能结构应便于吸收撞击能后的修复更换。

重庆工程建设

6　泥石流防治工程设计

6.1　一般规定

6.1.1　泥石流拦渣坝的抗滑移和抗倾覆稳定安全系数，应根据表 6.1.1 确定。

表 6.1.1　　泥石流拦渣坝稳定安全系数

防治工程等级	降雨强度	抗滑移稳定安全系数		抗倾覆稳定安全系数	
		基本荷载组合	特殊荷载组合	基本荷载组合	特殊荷载组合
一级	50 年一遇	1.25	1.08	1.60	1.15
二级	20 年一遇	1.20	1.07	1.50	1.14
三级	20 年一遇	1.15	1.06	1.40	1.12

注：基本荷载组合指坝体自重＋坝迎冲面泥石流冲击力＋溢流泥石流体重＋处于运动状态的泥石流静压力＋坝迎冲斜面上泥石流沉积物及泥石流体重；特殊荷载组合指基本荷载组合＋水平地震力。

6.1.2　泥石流排导槽侧墙的抗滑移和抗倾覆稳定安全系数，应根据表 6.1.2 确定。

表 6.1.2　　泥石流排导槽侧墙稳定安全系数

防治工程等级	降雨强度	抗滑移稳定安全系数		抗倾覆稳定安全系数	
		基本荷载组合	特殊荷载组合	基本荷载组合	特殊荷载组合
一级	100 年一遇	1.35	1.20	1.60	1.50
二级	50 年一遇	1.30	1.15	1.55	1.45
三级	20 年一遇	1.25	1.10	1.50	1.40

注：基本荷载组合和特殊荷载组合含义同第 6.1.1 条。

6.1.3　坡面泥石流和泥石流物源区为控制物源而实施的滑坡、危岩、不稳定斜坡治理工程设计应符合本标准相关章节的规定。

6.2 截排水

6.2.1 截排水工程设计所需的地表水汇流量、设计暴雨强度、降雨历时、地面积水时间、管渠内雨水流行时间、水力半径等参数的计算应符合本标准第4.9节的规定。

6.2.2 环形截水沟应设置于可能发生泥石流的沟谷边界以外不小于5m处。

6.2.3 环形截水设计数条时，其间距一般以50m～60m为宜，每条截水沟的断面尺寸应按山坡沟间汇水面积和汇流量计算确定。其断面型式应根据当地的地质作用及土质等因素确定。

6.2.4 截水沟迎水面沟壁应设尺寸为10cm×20cm的泄水孔，沟壁应嵌入坡体内。

6.2.5 排水沟宜在沟谷上游形成主、支沟排水网。主沟布置应沿沟谷两侧与沟谷走向一致，排水沟应防渗、防冲刷。

6.2.6 排水工程沟槽坡降应控制在0.5%左右，不超过1%。沟槽流速应控制在2m/s以内。沟槽陡缓交界处应作消能、水跃处理。

6.2.7 设计排水沟的纵坡，应根据沟线、地形、地质以及与山洪沟连接条件等因素确定，当自然纵坡大于1∶20或局部高差较大时，可设置陡坡或跌水。

6.2.8 跌水和陡坡进出口段，应设导流翼墙，与上、下游沟渠护壁连接。梯形断面沟道，可做成渐变收缩扭曲面；矩形断面沟道，可做成"八"字墙形式。

6.2.9 排水沟宜用浆砌片石或块石砌成；坡体松软地段，可用毛石混凝土或素混凝土修建。砌筑排水沟砂浆强度等级宜为M7.5。对坚硬块片石砌筑的排水沟，可用比砌筑砂浆高一个强度等级的砂浆进行勾缝，且以勾阴缝为主，毛石混凝土或素混凝土的强度等级不宜低于C20。

6.2.10 陡坡和缓坡段沟底及边墙，应设伸缩缝，缝间距为 10m～15m。伸缩缝处的沟底，应设趾前墙，伸缩缝内应设止水或反滤盲沟或同时采用。

6.2.11 截、排水沟组合模式可按图 6.2.11-1 与图 6.2.11-2 进行布置。

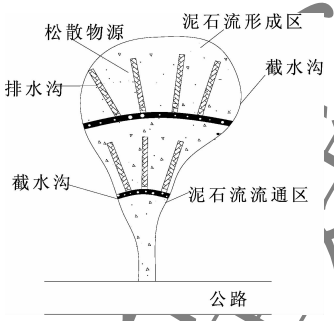


图 6.2.11-1 截、排水沟组合模式平面布置图

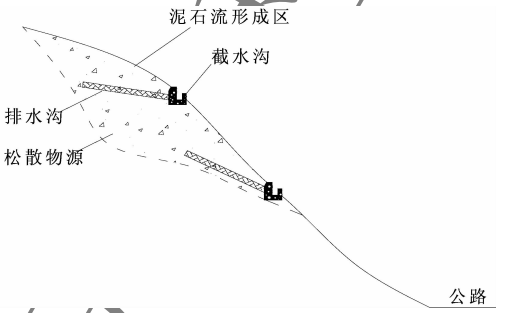


图 6.2.11-2 截、排水沟组合模式断面图

6.3 拦渣坝

Ⅰ 一般要求

6.3.1 拦渣坝可分为实体重力坝和格栅坝。

6.3.2 拦渣坝宜布置于流通区地形颈口，上游窄下游宽的喇叭形入口处，支沟汇口下方，跌坎上游且无冲沟和集水槽危害处。

6.3.3 对含有大量粗颗粒的稀性泥石流、水石流可使用格栅坝。

6.3.4 拦渣坝坝高宜按有效使用期累积拦砂库容和地形地质条件确定，单坝高度宜为 5m～20m；同一流域宜修建成梯级坝系。

6.3.5 拦渣坝库容可按附录 K 进行计算。

II 重力坝设计

6.3.6 作用在重力坝上的基本荷载应包括坝体自重、坝迎冲面斜面上的泥石流沉积物及泥石流体重、溢流泥石流体重、坝迎冲面前期泥石流沉积物土压力、坝迎冲面泥石流冲击力、处于运动状态的泥石流静压力(如图 6.3.6 所示)，各荷载计算应符合附录 L 的规定。

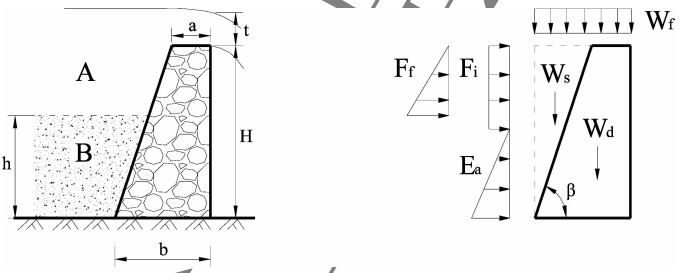


图 6.3.6 重力坝基本荷载

A——处于运动状态的泥石流体，B——沟内前期泥石流沉积物；W_d——坝体自重；W_s——坝迎冲面斜面上的泥石流沉积物及泥石流体重；W_f——溢流泥石流体重；E_a——坝迎冲面前期泥石流沉积物土压力；F_i——坝迎冲面泥石流冲击力；F_f——处于运动状态的泥石流静压力

6.3.7 重力坝设计应进行抗滑移稳定性、抗倾覆稳定性、地基承载力、坝体强度验算，验算应符合本标准第 4.7 节的规定。

6.3.8 重力坝坝体横断面宜为梯形，上游面坡率宜为 1∶0.50～1∶0.80，下游面坡率宜为 1∶0.05～1∶0.20。

6.3.9 重力坝坝顶宽度宜为 1.5m～4.0m，具体取值应考虑运营管理、交通及应急抢险的需要。中高坝的坝顶应设置扶手栏杆和上、下梯步。

6.3.10 岸坡为松散堆积层时，重力坝坝肩嵌入深度不应小于1.5m；岸坡为基岩时，岸坡嵌入深度不应小于0.5m。

6.3.11 重力坝坝基底板宜适当加长并作成整体式；底板下游一侧可加齿墙，齿墙宽宜为0.10～0.15倍基础宽度，齿墙断面宜采用下窄上宽的梯形或折线形。

6.3.12 溢流坝段的溢流口宽度应根据设计流量和限制单宽流量计算。坝高小于15m时，单宽流量应小于$25m^2/s$；坝高为15～20m时，单宽流量应小于$15m^2/s$；坝高大于20m时，单宽流量应小于$10m^2/s$。

6.3.13 溢流坝段的溢流口过流能力应按照宽顶堰计算，溢流口深度应取最大泥深加设计安全超高。设计安全超高应取0.5m～1.0m。

6.3.14 溢流坝段的溢流口过流部分宜用内埋坚石、钢轨的钢筋混凝土整体浇筑，或用料石或钢板衬砌，并做表面耐磨处理。

6.3.15 非溢流坝段顶部在横向上宜设坡度，自溢流口向坝肩逐渐加高，高差宜取0.8m～1.5m。

6.3.16 坝身排水孔应布置在溢流坝段，按“品”字形交错排列，断面宜为宽高比为0.6～0.8的矩形，纵比降宜为0.05～0.10。

6.3.17 重力坝垂直荷载差别大、地形高差悬殊、基岩软硬突变处应设置沉降缝，缝间距不应超过20m～25m（溢流坝段应作为一个独立单元），缝宽宜为20mm～30mm，缝内填入沥青浸渍的木板条、沥青砂浆板条或油毛毡。

6.3.18 副坝的高度应取坝高、冲刷坑深度、溢流口泥深之和的1/3～1/4，且应大于1.5m。主、副坝间的距离应取坝高、冲刷坑深度、溢流口泥深之和的1.5～2.0倍。

6.3.19 护坦的长度应取坝高的1.0～2.0倍，护坦厚度应按弹性地基梁或板计算，且宜在1.0m～3.0m范围内。

III 格栅坝设计

6.3.20 格栅坝可采用缝隙坝和梁式坝等型式。

6.3.21 采用缝隙坝时，宜将开口布置在坝顶，并采用窄深的矩形、梯形、三角形断面。

6.3.22 缝隙坝开口宽度应根据设计拦截粒径与闭塞条件选定，宜取设计拦截粒径的1.5～2.0倍；开口高度宜取开口宽度的1～2倍；开口密度宜为0.2～0.6。

6.3.23 梁式坝横梁间距应根据设计拦截粒径(0.30m～0.50m)设定，可取0.50m～0.80m；横梁长可取4.0m～8.0m。

6.3.24 泥石流流域内从上游至下游缝隙坝的开口宽度和梁式坝的横梁间距应依次减小。

6.3.25 缝隙坝的荷载计算、荷载组合及稳定性验算可按重力坝的相关规定执行。

6.3.26 采用梁式坝时，墩台应进行稳定性分析，横梁应作强度、变形验算。支墩为钢构支墩时，横梁可按连续梁进行受力验算；支墩为圬工结构时，横梁可按固端梁进行受力验算。

6.4 排导槽

I 一般要求

6.4.1 排导槽宜建在泥石流流通区末端、堆积区，应能使泥石流沿规定路线排泄并与邻近的主要排泄通道衔接。

6.4.2 排导槽槽体应具有较好的抗冲和耐磨蚀能力，不得因冲刷、冲击作用而危及自身安全。

6.4.3 排导槽可单独使用，也可与拦蓄工程结合使用。

II 设计计算

6.4.4 排导槽平面布置宜符合下列要求(图6.4.4-1和图6.4.4-

重庆工程建设

2)：

1 排导槽由自上而下进口段、急流段和出口段三部分组成；

2 排导槽路线顺直，同时与沟道主流中心线一致。

3 布置排导槽进口段时利用上游的拦渣坝、溢流堰、低槛等控流设施；

4 进口段两侧的导流堤布设成上游宽、下游窄并成收缩渐变的喇叭口外形；

5 全长范围内采用宽度一致的直线形平面布置或以缓弧相接的大钝角相交的折线形布置；需变化宽度时，宽度采用渐宽或渐窄的联接方式，渐变段的长度不小于5倍槽宽，扩散角不小于10°；

6 沿程支沟汇入处，顺流向小锐角相交，夹角不大于30°，汇口下方扩宽过流断面或增加过流深度；

7 出口段尾部选在主河即输移能力较强处，出口主流轴线走向与下游大河主流方向以小锐角斜交，交角不超过45°。

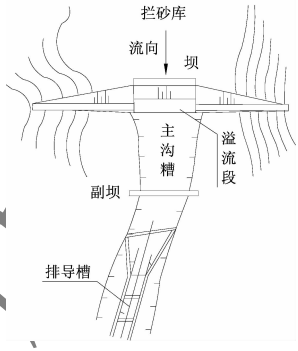


图6.4.4-1 进口段形式及其平面布置

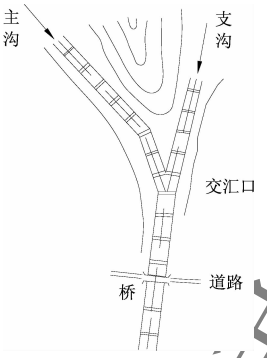


图 6.4.4-2　急流弯道及汇口布置

6.4.5　排导槽纵断面设计宜符合下列要求：

1　以顺直、狭窄、形状尺寸稳定的泥石流沟流通段作为泥石流排导槽设计类比，排导槽纵坡略大于泥石流流通段的纵坡；

2　排导槽纵坡和宽度不变或仅有小幅变化；

3　纵坡按表 6.4.5 取值。

表 6.4.5　排导槽纵坡取值

泥石流性质	稀性						黏性		
重度（kN/m^3）	1.3-1.5		1.5-1.6		1.6-1.8		1.8-2.0		2.0-2.2
类型	泥流	泥石流	泥流	泥石流	泥流	泥石流	泥流	泥石流	泥石流
纵坡（%）	3	3-5	3-5	5-7	5-7	7-10	5-15	8-12	10-18

6.4.6　排导槽横断面设计宜符合下列要求：

1　排导槽的过流能力大于设计流量。

2　排导槽的设计流速小于允许流速，对天然沟床，允许流速取 3m/s～5m/s；对浆砌石结构，允许流速取 6m/s～8m/s，对混凝土结构，允许流速取 10m/s～12m/s。

3　排导槽横断面形状取梯形、矩形、三角形、复式断面。取梯形或矩形断面时，宽深比取 2～6；取三角形断面时，宽深比取 1.5～4.0；取复式断面时，宽深比取 3～10。

4　排导槽宽度的上限按下式计算：

$$B_{max} \leqslant \left(\frac{I_b}{I_f}\right)^2 B_b \qquad (6.4.6\text{-}1)$$

式中：B_{max}——排导槽的上限宽度(m)；

I_f——排导槽设计纵坡(‰)；

B_b——流通段沟道宽度(m)；

I_b——流通段沟床纵坡(‰)。

5 排导槽宽度的下限按下式计算：

$$B_{min} \geqslant (2.0 \sim 2.5) D_m \qquad (6.4.6\text{-}2)$$

式中：B_{min}——排导槽的下限宽度(m)；

D_m——沟床物质最大粒径(m)。

6 排导槽的高度取设计泥深、常年淤积厚度、安全超高三者之和。安全超高取 0.5m～1.0m。有弯道时，还应加上弯道超高。

Ⅲ 构造设计

6.4.7 排导槽细部构造宜符合下列要求：

1 采用侧墙加防冲肋板或全衬砌两种结构；

2 防冲肋板与墙基砌成整体，肋板顶部与沟底平齐。边墙按挡墙进行设计，基础深度取 1.0m～1.5m，底用混凝土或浆砌块石铺砌。肋板用钢筋混凝土，厚取 1.0m，其间距可按下式进行计算：

$$L = \frac{H - \Delta H}{I_0 - I'} \qquad (6.4.7)$$

式中：L——防冲肋板间距(m)；

H——防冲肋板埋深(m)，取 H=1.5m～2.0m；

ΔH——防冲肋板安全超高(m)，取 ΔH=0.5m；

I_0——排导槽设计纵坡(‰)；

I'——肋板冲刷后的排导槽内沟槽纵坡(‰)，取 I'=(0.25～0.5)I_0。

3 全衬砌排导槽的侧墙及槽底均用浆砌石护砌，槽宽不大

重庆工程建设

于 5.0m，比降较大的小型槽，横断面采用 V 型，槽底横向斜坡取 300‰～150‰。

6.5 渡 槽

Ⅰ 一般要求

6.5.1 渡槽适用于泥石流暴发较频繁，高含沙水流、洪水或常流水交替出现，有冲刷条件的沟道泥石流排泄，不宜用于排泄高粘度、高重度泥石流体。

6.5.2 设置渡槽处应有足够的高差，进、出口顺畅，地基有足够的承载力并具有较高的抗冲刷能力。

6.5.3 对处在急剧发展阶段的泥石流沟或由崩塌、滑坡、阻塞溃决等成因形成的泥石流沟，在上游未采取措施使泥石流发育得到控制或不具有渡槽布设的立面条件时，不应采用渡槽。

6.5.4 渡槽设计应将对应于设计标准流量的断面面积增大 30% 作为验算满槽过流能力的校核依据。

6.5.5 渡槽的布置可参考图 6.5.5-1 与图 6.5.5-2。

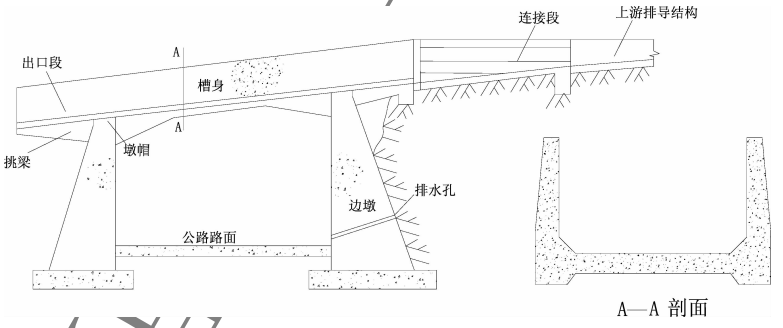


图 6.5.5-1 泥石流渡槽立面图

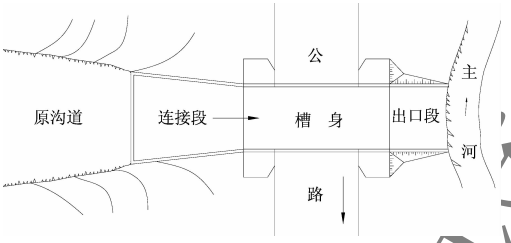


图 6.5.5-2　泥石流渡槽平面图

II　设计计算

6.5.6　渡槽平面布置宜符合下列要求：

1　渡槽进口段采用上宽下窄的梯形或圆弧形状的喇叭口型，连续渐变，渐变段长大于5倍渡槽宽度且大于20m，渐变段收缩角小于8°～15°。

2　槽身为均匀的直线段，在跨越障碍物时，跨越后延伸长度取1.0～1.5倍槽宽。

3　出口段的出流口设悬跌一扩散尾部或增加人行上下梯道。

6.5.7　排泄水石流、稀性泥石流的渡槽纵坡可按下式计算：

$$I_b = 0.59\frac{D_m^{2/3}}{H_c} \tag{6.5.7}$$

式中：I_b——渡槽槽底纵坡；

D_m——石块平均粒径(m)；

H_c——平均泥深(m)。

排泄水石流、稀性泥石流的渡槽纵坡也可按表6.5.7取值。

表 6.5.7　纵坡与 H_c/D_{90} 的关系

H_c/D_{90}	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5
纵坡范围(%)	24.6～21.4	21.4～18.0	18.0～14.8	14.8～11.4	11.4～8.0
纵坡中值(%)	23.0	19.5	16.5	13.0	10.0

注：H_c 为平均泥深(m)，D_{90} 为按石块个数计90%的石块粒径比其小或与其相等的粒径(m)。

6.5.8 排泄粘性泥石流的渡槽纵坡不宜大于15%，但应大于泥石流流通段的平均沟床纵坡。

6.5.9 渡槽横断面可采用梯形、矩形、三角形、圆弧形，槽底宽度应大于排泄泥石流体中最大颗粒的2.0倍，横断面积应取对应于设计流量的面积与对应于安全超高的面积之和。

Ⅲ 构造设计

6.5.10 渡槽细部构造应符合下列要求：

1 槽体下方用排架或墩、桩支承；

2 进口段和出口段与槽身之间或简支梁—排架支承端均设置沉伸缝，渡槽单节长度应小于20 m，接缝作防渗处理。

3 出口段的边墩采用重力式结构，并设置止推墩台。

4 槽底和侧墙过流面采用钢板、钢轨、钢筋混凝土和钢纤维混凝土作防磨蚀处理。

6.6 固床与护岸

6.6.1 固床稳坡工程在紧靠滑坡或沟岸不稳定段的下游修建的拦渣坝时采用，其设计应符合第6.3节的规定，但拦渣坝的坝高应由下式确定：

$$H_d = L_s I_b + h_s - L_s I_s \tag{6.6.1}$$

式中：H_d——沟底以上拦挡坝的有效高度(m)；

L_s——上游坡需要掩埋处距拦挡坝顶上游侧的距离(m)；

I_b——沟床原始纵坡；

I_s——淤积纵坡，一般取(1/2～3/4)I_b；

h_s——沟底以上需要淤埋的深度(m)。

6.6.2 固床稳坡工程在泥石流流域内沟岸、沟床不稳定段修建的梯级谷坊时采用，谷坊净高宜取3.0m～5.0m，基础埋深宜取

2.0m～3.0m。

6.6.3 护底宜采用水泥砂浆砌块石铺砌，砂浆强度等级不低于M10，铺砌厚度不小于0.5m(图6.6.3-1)。在非重要的沟段，也可采用干砌块石，用丁砌法铺砌，厚度不小于0.5m(图6.6.3-2)。

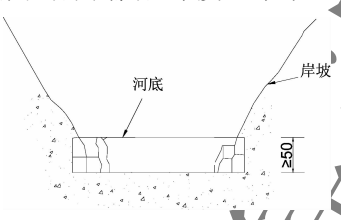


图6.6.3-1 水泥砂浆砌块石护底示意图(单位:cm)

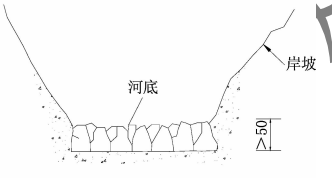


图6.6.3-2 干砌石护底示意图(单位:cm)

6.6.4 护底肋板(图6.6.4)可采用M10水泥砂浆砌块石或C15混凝土，在重要地段宜采用钢筋混凝土，其宽度不应小于1m，埋深应超过冲刷线，且不应小于1.5m，顶面应与河底齐平或不超过河底0.5m，必要时可埋设竖筋。肋板应垂直于流向布设，间距宜为河底宽的2～3倍。

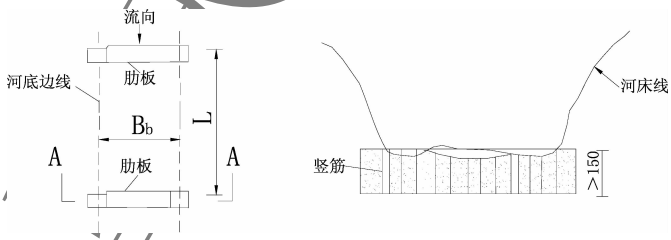


图6.6.4 肋板平面布置及剖面示意图(单位:cm)

B_b—河底宽；L—肋板间距

6.6.5 沟岸宜采用不低于 M10 的水泥砂浆砌石沿遭冲刷的坡脚附近进行表面护砌(图 6.6.5),护坡高度不应低于设计最高泥位。背水面坡度宜与岸坡平行,迎水坡度可略缓,护砌厚度在顶部不宜小于 50cm,在底部不宜小于 100cm,埋入基础深度应大于冲刷深度且不应小于 100cm。

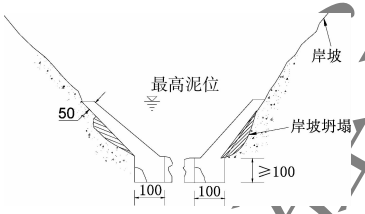


图 6.6.5 水泥砂浆砌石护坡示意图(单位:cm)

重庆工程学院

7　塌岸防治工程设计

7.1　一般规定

7.1.1　塌岸防治工程应避免在相邻构筑物的连接处形成薄弱点。塌岸防治工程由几个直线段组成时，各段之间应以圆弧或折线相连接。

7.1.2　塌岸防治工程应根据水深、波浪、水流、地质和地形等条件的变化进行分段，采用不同断面或不同的结构型式。

7.1.3　塌岸防治可采用斜坡式、直立式或斜坡式和直立式结合的结构型式。

7.1.4　岸坡中有滑坡和塌岸模式为滑移式时，应分别根据本标准第4章中有关滑坡治理的要求和第8章有关滑移型斜坡治理的要求进行设计。

7.1.5　岩质岸坡出现危岩时，应根据本标准第5章中有关危岩治理的要求进行设计。

7.1.6　塌岸防治工程的材料应符合下列要求：

1　水泥砂浆的强度等级，对水上部分不低于M7.5，对水下部分不低于M10；

2　混凝土的强度等级，对素混凝土不低于C25，对钢筋混凝土不低于C30；

3　石料不成片状，无严重风化和裂纹；

4　用于水位以上及变动带的石料不易风化；

5　石料强度等级不低于30MPa；片石最小边长及中间厚度不小于150mm，宽度不超过厚度的2倍；块石形状大致为正方形，厚度不小于200mm，长、宽均不小于厚度；条石的高、宽不小于250mm，长度不小于600mm。

7.1.7 易冲刷地基上的护岸，应采取护底措施，护底范围应根据波浪、水流、冲刷强度和土质条件决定。

7.2 斜坡式护岸

Ⅰ 一般要求

7.2.1 斜坡式护岸断面型式可参照图 7.2.1 进行设计。

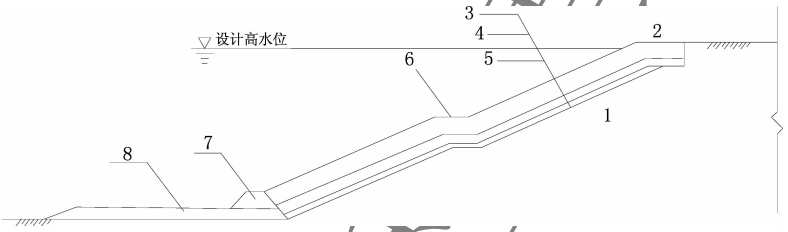


图 7.2.1 斜坡式断面型式示意图

1-岸坡；2-护肩；3-护面层；4-垫层；5-反滤层；6-马道；7-护脚；8-护底

7.2.2 斜坡式护岸的边坡、护肩、马道和护脚可采用下列做法：

1 斜坡式护岸的护坡坡率通过稳定性分析确定；

2 沿护岸高度每 10m 设置一条马道，马道宽度不小于 2m；

3 护肩宽度取 1m～2m，厚度根据使用要求确定；

4 护脚采用抛石棱体、脚槽、基础梁和板桩等型式。当护脚采用抛石棱体时，棱体的顶宽不小于 2m，棱体的厚度不小于 1m，棱体的外坡坡度不陡于 1∶2；

5 水位变动带处护脚不采用抛石棱体。

7.2.3 对易受到破碎波冲刷或河流冲刷侧的护岸，其基础进入冲刷线以下的深度不应小于 1m。

7.2.4 当采用块石护底时，护底块石层的厚度不宜小于护底块石粒径的 2 倍。

7.2.5 冲刷地基上的斜坡式护岸，当采用抛石棱体护脚时，应设置厚度不小于 0.5m、单块质量不小于 20kg 的块石垫层。

7.2.6 斜坡式护岸可采用干砌片(块)石、干砌条石、浆砌片(块)石、带透水孔的混凝土预制块、人工抛石、护面墙、方格三维网、生态植草等护面结构。

7.2.7 护面层厚度宜符合下列规定：

1 当采用干(浆)砌片(块)石时，不小于 300mm；

2 水下抛片(块)石时，不小于 600mm；

3 采用混凝土预制块时，不小于 150mm。

7.2.8 浆砌片(块)石护岸，应设置纵、横向变形缝和泄水孔。变形缝的间距，可按 10m～15m 布置；泄水孔纵、横间距可取 2m～3m，孔径可取 50 mm～100mm，并设置反滤层。

7.2.9 护岸结构应设置反滤层，反滤层的厚度不宜小于 150mm。

7.2.10 护岸轴线拐折形成凹角造成波能集中或形成凸角使冲刷作用强烈时，应加强防护措施。

Ⅱ 设计计算

7.2.11 斜坡式护岸高程的确定，应符合下列规定。

1 塌岸防护的岸顶高程，按下式确定：

$$H_1 = h_1 + h_2 + c \qquad (7.2.11\text{-}1)$$

式中：H_1——护岸顶高程(m)；

h_1——设计最高水位(m)；

h_2——对应设计水位的波浪高(m)；

c——安全高度(m)，一般取 0.5m。

2 塌岸防护的下限高程，按下式确定：

$$H_0 \leqslant h_0 - (h_d + 0.5) \qquad (7.2.11\text{-}2)$$

$$h_d = 2.5h \qquad (7.2.11\text{-}3)$$

式中：H_0——护岸底高程(m)；

h_0——设计低水位(m)；

h_d——设计低水位时的波浪最大冲刷深度(m)；

h——设计低水位时的波浪高(m),一般可取 0.5m。

7.2.12 在波浪作用下,干砌块石护坡的护面厚度,可按下式计算:

$$t = K_1 \frac{\gamma_w}{\gamma_b - \gamma_w} \frac{H}{\sqrt{m}} \sqrt[3]{\frac{L}{H}} \tag{7.2.12-1}$$

$$m = \cot\alpha \tag{7.2.12-2}$$

式中:t——护坡的护面厚度(m);

K_1——系数,对一般干砌石取 0.266,对砌方石、条石取 0.225;

γ_b——块体的重度(kN/m^3);

γ_w——水的重度(kN/m^3);

H——设计波高(m),有实测资料时取实测最大值,无实测资料时根据河流所处地段情况在 0.5m~0.8m 之间取值;

L——波长(m);

m——斜坡坡率倒数;

α——斜坡坡角(°)。

7.2.13 混凝土板护面的厚度可按下式计算:

$$t = \eta H \sqrt{\frac{\gamma_w}{\gamma_b - \gamma_w} \times \frac{L}{Bm}} \tag{7.2.13}$$

式中:t——混凝土板护面厚度(m)

η——护坡结构系数,对开缝板取 0.075;下部为闭缝板时取 0.10;

γ_b——混凝土板的重度(kN/m^3);

B——沿斜坡方向(垂直于水边线)的护面板长度(m);

其余符号同前。

7.2.14 护面块石粒径和块石稳定重量计算,应符合下列规定:

1 水流作用时,块石保持稳定的折算粒径和块石稳定重量,分别按下列公式计算:

$$d_w = \frac{V^2}{C^2 2g \dfrac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w}} \tag{7.2.14-1}$$

$$W = \frac{\pi}{6}\gamma_s d_w^3 \qquad (7.2.14\text{-}2)$$

式中：d_w——块石保持稳定的折算粒径(m)，按球型折算；

W——块石稳定重量(kN)；

η——块石体积(m^3)；

V——水流流速(m/s)；

g——重力加速度(m/s^2)；

C——块石运动的稳定系数，对水平底坡取1.2，对倾斜底坡取0.9；

γ_s——块石的重度(kN/m^3)，取26.5kN/m^3。

2 波浪作用时，主要护面层中单个块体的最小重量按下列公式计算：

$$Q = \frac{0.1\gamma_b H^3}{[K_D(S_D - 1)^3 \cot\alpha]} \qquad (7.2.14\text{-}3)$$

$$S_D = \frac{\gamma_b}{\gamma_w} \qquad (7.2.14\text{-}4)$$

式中：Q——主要护面层中单个块体的最小重量(kN)；

γ_b——块体的重度(kN/m^3)；

K_D——块体稳定系数，按表7.2.14取值。

表7.2.14 块体稳定系数 K_D

护面型式		容许失稳率 n(%)	K_D
护面块体	构造型式		
块石	抛填两层	1～2	4.0
	立放一层	0～1	5.5
方块	抛填两层	1～2	5.0
四角锥体	安放两层	0～1	8.5
四脚空心方块	安放一层	0	14

当护面有两层块石组成，则块石重量控制在0.75Q～1.25Q范围内且有50%以上的块石质量大于Q。

3 受流木、船行波等影响的护岸，块石粒径综合考虑确定。

Ⅲ　构造设计

7.2.15　砌石护坡的断面可采用图 7.2.15 的型式。

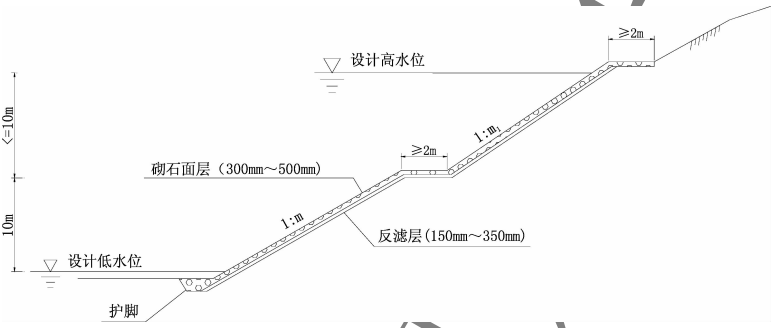


图 7.2.15　砌石防护一般断面形式

7.2.16　砌石防护类型可根据水流速度按表 7.2.16-1 选用；石料可根据计算的单块最小稳定质量按表 7.2.16-2 中选用。

表 7.2.16-1　砌石防护类型

类型	护面厚度（m）	容许水流速度（m/s）	一般边坡坡率	适用范围
干砌单层	0.3	2～3	1:1.5～1:3.5	水流平顺，不受冲刷地段
干砌双层	0.5	3～4	1:1.5～1:3.5	水流基本平顺，冲刷较小地段
浆砌	0.3～0.5	4～5	1:1.1～1:3.5	水流较急，冲刷严重的地段

表 7.2.16-2　石料单个块体的质量

名称	单块最小尺寸（mm）	单块最小质量（kg）	备注
片石	150x150x200	10	宽度不超过厚度的 2 倍
块石	200x200x200	18	厚度不小于 200mm，长、宽不小于厚度
条石	250x250x600	86	高、宽不小于 250mm，长度不宜小于 600mm

7.2.17　抛石防护可采用图 7.2.17 所示的断面型式。

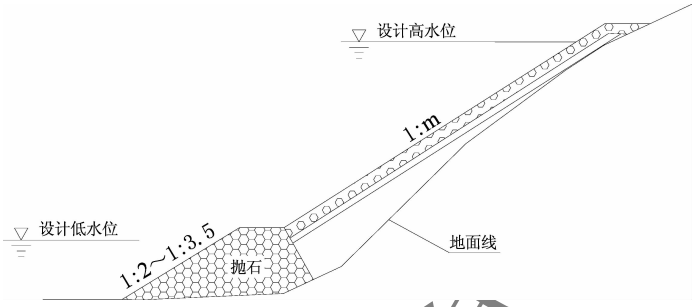


图 7.2.17　抛石防护一般断面型式

7.2.18　护坡、挡墙的基础及基础的防护和加固，在无干地施工条件时，可采用抛石防护。

7.2.19　抛石垛的边坡坡角应视水深、流速和波浪情况而定，但不应大于所抛石料浸水后的天然休止角。

7.2.20　抛石边坡坡率及粒径可按表 7.2.20-1 和表 7.2.20-2 选择。

表 7.2.20-1　抛石边坡坡率

水文条件	采用坡率
水浅，流速较小	1:1.25～1:1.2
水深 2m～6m，流速较大，波浪涌涌	1:2～1:3
水深大于 6m，在急流中施工	小于 1:3

表 7.2.20-2　抛石粒径与水深、流速关系表

抛石粒径（mm）	水深（m）				
	0.4	1.0	2.0	3.0	5.0
	容许流速（m/s）				
150	2.70	3.00	3.40	3.70	4.00
200	3.15	3.45	3.90	4.20	4.50
300	3.50	3.95	4.25	4.45	5.00
400		4.30	4.45	4.80	5.05
500			4.85	5.00	5.40

7.2.21　混凝土预制块防护可采用图 7.2.21 所示的断面型式。

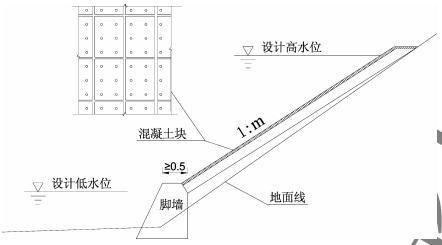


图 7.2.21　混凝土预制块防护一般断面型式

7.2.22　当流速在 4m/s～8m/s 时，可采用混凝土块防护。

7.2.23　混凝土块护坡必须设置砂砾或碎石垫层，厚度宜为 300mm～400mm。

7.2.24　混凝土预制块宜采用锁扣形（图 7.2.24），形成联锁排。

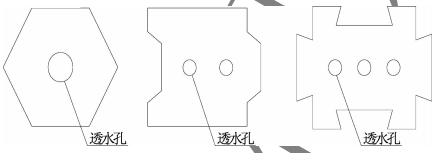


图 7.2.24　混凝土预制块基本构造型式

7.3　直立式护岸

Ⅰ　一般要求

7.3.1　直立式护岸的断面型式可参照用图 7.3.1 进行设计。

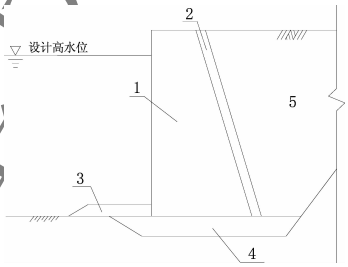


图 7.3.1　直立式断面型式示意图

1-护面层；2-反滤层；3-护底；4-基床；5-回填料

7.3.2 直立式护岸墙体高度大于3m时，在墙顶上根据安全需要可设置高度不小于1.2m的护栏。

7.3.3 直立式护岸墙体与岸坡之间宜采用砂砾石回填。

7.3.4 通过城镇的直立式护岸，当需设置踏步时，不应影响航道宽度及行洪断面。

7.3.5 直立式护岸沿长度方向应设置变形缝。变形缝间距根据气温情况、结构型式、地基条件和基床厚度等确定，其间距可取15m～30m，缝宽可取20mm～50mm，并做成上下垂直通缝。现浇混凝土或浆砌石护岸结构的变形缝宜采用弹性材料填充。

7.3.6 直立式护岸结构应设置反滤层，反滤层的厚度不宜小于150mm。

7.3.7 直立式护岸的基础设计可执行下列规定：

1 岩石地基上的现浇混凝土和浆砌石结构，可直接建在基岩面上。当基岩面向水域倾斜时，基础下岩面应做成阶梯形，阶梯断面最低一层台阶宽度不宜小于1.0m。基础进入冲刷线以下的深度不宜小于0.5m。

2 护岸采用水下安装的预制结构时，应设置抛石基床。抛石基床应根据水深、地形和地基等情况，采用明基床、暗基床或混合基床。

3 抛石基床厚度应通过计算确定。当基床顶面应力不满足地基承载力要求时，不宜小于1.0m；当基床顶面应力满足地基承载力要求时，不宜小于0.5m。

4 基槽底宽不宜小于墙体底宽加2倍基床厚度。近岸开挖时，岸坡坡度应根据稳定计算确定。

5 抛石基床的肩宽，夯实基床时不宜小于2.0m；不夯实基床时不应小于1.0m。

6 当墙体前底流速大、地基土易被冲刷时，应采取适当加大抛石基床外肩宽度、放缓边坡、增加埋深或增加护底宽度等措施。

7 对易受到破碎波冲刷的护岸，其基础置于冲刷线以下的

深度不应小于 0.5 m。

II 设计计算

7.3.8 直立式护岸顶高程的确认应符合下列规定。

1 塌岸防护的岸顶高程分别按最高通航水位和设计高水位加 0.1m～0.5m 超高，再加浪高 2h 确定；

2 塌岸防护的下限高程，按式 7.2.11-2 确定。

7.3.9 直立式护岸设计时的荷载组合应符合按表 7.3.9 的规定。墙前有水位降落时，还应按特殊荷载组合计算此种不利工况。

表 7.3.9 荷载组合表

荷载组合		计算情况	荷载									说明
			自重	附加荷载	土压力	水重	静水压力	扬压力	风浪压力	地震荷载	其它	
基本组合		完建情况	√	√	√	√	√	√	—	—	—	必要时，可考虑地下水产生的扬压力
		正常挡水位情况	√	√	√	√	√	√	√	—	—	按正常挡水位组合计算水重、静水压力、扬压力、土压力及风浪压力
		设计洪水位情况	√	√	√	√	√	√	√	—	—	按设计洪水位组合计算水重、静水压力、扬压力、土压力及风浪压力
特殊组合	Ⅰ	施工情况	√	√	√	—	—	—	—	—	√	应考虑施工过程中各个阶段的临时荷载
		校核洪水位情况	√	√	√	√	√	√	√	—	—	按校核洪水位组合计算水重、静水压力、扬压力、土压力及风浪压力
特殊组合	Ⅱ	地震情况	√	—	√	√	√	√	√	√	—	按正常运行水位组合计算水重、静水压力、扬压力、土压力及风浪压力

注：表中符号√表示为应考虑的荷载。

7.3.10 作用在墙上的土压力应根据墙后填土性质、挡土高度、填土内的地下水位、填土顶面坡角及超荷载等计算确定。对于有向外侧移动或转动趋势的挡墙，可按主动土压力计算。

7.3.11 现浇混凝土、浆砌块石、混凝土方块、扶壁结构的稳定性

重庆工程建设

可参照本标准第 4.7 节的有关要求进行计算；板桩结构的计算和验算方法应符合现行国家标准的有关规定。

Ⅲ　构造设计

7.3.12　当具备干地施工条件时，直立式护岸墙体可采用现浇混凝土或浆砌块石结构，其断面型式可参照图 7.3.12 进行设计。

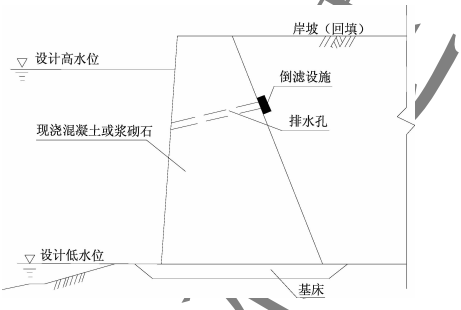


图 7.3.12　直立式护岸现浇混凝土和浆砌石结构断面示意图

7.3.13　直立式护岸基础前的水下岸坡宜采取抛石或其它进行护坡。

7.3.14　直立式现浇混凝土和浆砌石护岸的趾长与趾高（或踵长与踵高）的比值，对混凝土宜取 0.7～1.0；对浆砌石宜取 0.3～0.5。

7.3.15　直立式护岸浆砌石墙体顶部，宜设置高度不小于 0.3m 的现浇混凝土压顶。

7.3.16　直立式护岸现浇混凝土和浆砌石墙体应设置排水孔，其位置应设在低水位附近，孔径大小和孔距应根据墙前水位变化幅度、墙后土质等情况确定。排水孔应设置倒滤设施。

7.3.17　直立式护岸墙体采用混凝土方块结构时，垂直缝应相互错开，其断面型式可参照图 7.3.17 进行设计。

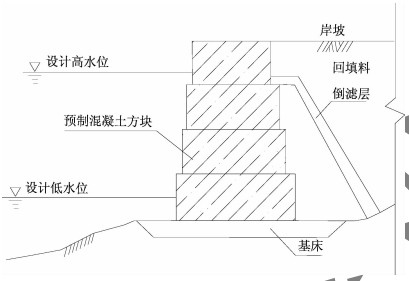


图 7.3.17　直立式护岸预制混凝土方块结构断面示意图

7.3.18　直立式护岸所用混凝土实心方块平面尺寸宜满足下列要求：

1　长边与高度之比不大于 3；

2　短边与高度之比不小于 1。

7.3.19　直立式护岸墙体采用空心块体结构时，一次出水的单层空心块体间垂直缝设计宽度不应大于高度的 4‰，且不应小于 40mm。墙背后无抛石棱体时，应在垂直缝处设置倒滤空腔。

7.3.20　直立式护岸素混凝土空心块体的立壁厚度不得小于 400mm。

7.3.21　直立式护岸素混凝土空心块体断面前趾应采用钢筋混凝土结构。无底空心块体宜在顶层及底层配置钢筋混凝土圈梁，并应在腔内回填块石。

7.3.22　直立式护岸单层空心块吊孔应设置在靠近重心的上方，直径可采用 120mm～250mm。对大型不配筋空心块体，宜在吊孔位置高度处设圈梁。

7.3.23　直立式护岸墙体采用扶壁结构时，可采用图 7.3.23 所示的断面型式。

重庆工程建设

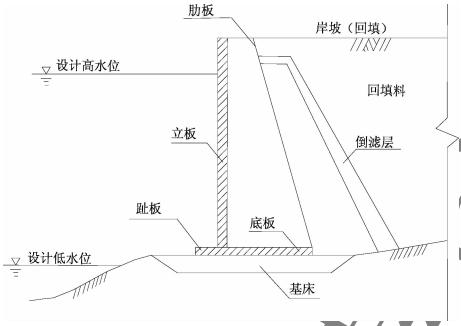


图 7.3.23　扶壁结构断面示意图

7.3.24　直立式护岸墙体采用扶壁结构时，预制扶壁外形尺寸应满足下列要求：

1　胸墙底面高程不低于施工水位，扶壁顶面嵌入上部结构 100mm；

2　扶壁长度由起重设备能力确定，不小于高度的 1/3。

7.3.25　直立式护岸墙体采用扶壁结构时，扶壁各构件尺寸应由计算确定，并宜满足下列要求：

1　立板厚度不小于 200mm；

2　肋板厚度不小于 200mm，顶宽不小于 1.0m；

3　趾板长度不大于 1.0m，其前端厚度不小于 150mm，内底板和尾板厚度不小于 250mm。

7.3.26　直立式护岸墙体采用扶壁结构时，预制扶壁应在肋板上设置吊孔，孔径为 120mm～150mm，其位置应在重心上方。

7.3.27　直立式护岸墙体采用扶壁结构时，扶壁垂直缝设计宽度宜取扶壁高度的 4‰，但不得小于 40mm。扶壁背后无抛石棱体时，应设倒滤井。

7.3.28　当直立式护岸高度较小，墙体可采用无锚板桩结构，其护岸由胸墙和板桩组成。当直立式护岸较高时，宜采用有锚板桩结构，其断面型式可参照图 7.3.28 进行设计。

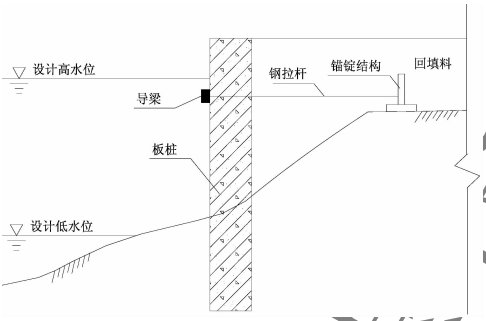


图 7.3.28　直立式护岸桩板结构断面示意图

7.3.29　直立式护岸钢筋混凝土板桩构造设计应符合现行相关标准的规定。

重庆工程建设

8　不稳定斜坡治理工程设计

8.1　一般规定

8.1.1　不稳定斜坡治理设计应区分不稳定斜坡破坏类型。

8.1.2　当不稳定斜坡破坏方式不止一种时，不稳定斜坡治理设计应同时满足不同破坏方式的设计要求。

8.1.3　不稳定斜坡治理工程应包括地表排水工程，地表排水工程设计宜符合本标准第 4.9 节的规定。

8.2　剥落型斜坡

8.2.1　对剥落型斜坡，应先进行清坡，然后采取喷射混凝土、格构、喷锚、格构锚、主动防护网等坡面防护措施。剥落型斜坡坡率较大时，坡面防护措施中宜有构造锚杆。

8.2.2　对剥落型斜坡采用喷锚或格构锚坡面防护措施时，构造锚杆应是全粘结锚杆，长度不应小于 3m，对中支架不应少于 2 个，锚杆倾角宜为 10°～20°，锚筋直径宜为 16mm～22mm。

8.2.3　剥落型斜坡的混凝土护层为钢筋网喷射混凝土时，护层厚度不宜小于 150mm，有裂隙水时不应小于 150mm；为喷射混凝土时，护层厚度不宜小于 100mm。

8.2.4　剥落型斜坡的钢筋网混凝土护层中，钢筋直径宜为 6mm～10mm，间距宜为 150mm～200mm。

8.2.5　剥落型斜坡的喷射混凝土或喷锚护面措施中，喷射混凝土的设计强度等级不应低于 C25。

8.2.6　剥落型斜坡的喷锚护面措施中锚杆间距不宜小于 2.0m，不应大于 3.0m。格构锚中的锚杆应布置于格构梁交汇处。

8.2.7 剥落型斜坡的喷射混凝土层或格构宜沿斜坡纵向每隔20m～25m设置一道竖向伸缩缝。

8.2.8 剥落型斜坡的喷射混凝土层中应设置泄水孔。泄水孔宜按梅花形布置，间距宜为2m～3m，但在地下水较多或有大股水流处应加密。泄水孔应优先设置于裂隙发育、渗水严重的部位。最下一排泄水孔应高于地面或排水沟底面不小于200mm。泄水孔边长或直径不宜小于100mm，外倾坡度不宜小于5%。

8.2.9 剥落型斜坡的格构梁截面宽度和高度均不宜小于300mm。钢筋混凝土格构梁混凝土强度等级不应低于C30，钢筋保护层厚度不应小于30mm，钢筋直径应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010对主筋的要求。格构梁嵌入岩层深度不应小于100mm。格构梁中心距不宜大于3m。

8.3 溜滑型斜坡

8.3.1 溜滑型斜坡的坡面防护应根据当地气候环境、岩土性质、坡面变形成因等因素，采用截排水、清除、浆砌片（块石）骨架、混凝土骨架、实体墙等措施。

8.3.2 当土层厚度较小时对溜滑型斜坡宜采取清除土层的措施。

8.3.3 溜滑型斜坡防护骨架可为方形、拱形、人字形等。主骨架嵌入土层不应小于150mm，间距宜为4m～6m，主骨架上应设置排水槽，骨架间应采用生态防护。坡顶和坡底铺砌宽度不应小于1m。坡顶应截水沟，高度大于8m的斜坡应设置检查维修通道、平台等设施，骨架横向每隔20m～25m应设置一道竖向伸缩缝。

8.3.4 溜滑型斜坡防护实体墙最大总高度不应大于30m，每级高度不应大于10m。墙体厚度不应小于0.5m，基础埋置深度应大于1m，地基极限承载力标准值不宜小于500kPa。墙高大于8m时应在墙的中部设置耳墙，耳墙上下间距宜为4m～6m。耳墙宽

度宜为 0.5～1.0m。伸缩缝间距宜为 6m～10m。

8.3.5 对溜滑型斜坡坡面上的泉眼出露处，应采取有效措施将水引到排水沟。斜坡有大片潮湿地带时应设置边坡渗沟。

8.4 滑移型斜坡

8.4.1 滑移型斜坡支挡结构岩土荷载计算应符合下列规定：

1 对沿层面、土岩界面和裂隙面等结构面滑动的斜坡，根据结构面形态采用直线形或折线形滑面；对受岩土体强度控制的斜坡，采用圆弧形滑面；对部分沿层面或土岩界面等结构面滑动、部分受岩土体强度控制的斜坡，采用折线形滑面；

2 当有多个潜在滑面时，对相应潜在滑体分别进行支挡结构岩土荷载计算；

3 结构面充当滑面时，除计算沿特定结构面滑动所产生的岩土荷载外，还计算沿通过坡脚的滑面滑动所产生的岩土荷载；

4 稳定性受岩土体强度控制时，在与岩土荷载大小相等、方向相反的支挡力作用下，斜坡抗滑稳定系数最小的滑面从坡脚或坡脚下方通过；

5 其它事项执行本标准第 4.1 节和第 4.2 节的规定。

8.4.2 滑移型斜坡支挡结构设计，除岩土荷载按本标准第 8.4.1 条计算外，应符合本标准第 4 章相关条款的规定。

8.4.3 对滑移型斜坡进行治理除可采取结构措施外，也可采取放坡措施。

8.4.4 滑移型斜坡治理工程设计所采用的工况和稳定安全系数应符号本标准第 4.1.1 条和第 4.1.2 条的规定。

8.4.5 地质灾害防治工程所形成的挖方斜坡和填方斜坡抗滑稳定性不满足要求时，可按滑移型斜坡进行治理。

重庆工程建设

9　地面塌陷防治工程设计

9.0.1　地面塌陷防治工程范围应包括塌陷发生区域以及潜在的塌陷区域。

9.0.2　灌注充填施工前应进行室内浆液配比试验和现场灌注试验，确定设计参数、处理效果、施工工法和施工设备。

9.0.3　地面塌陷灌注充填处理范围宜为塌陷区外 3m～5m，处理深度为塌陷区底面以下 2m。灌注钻孔开孔直径宜为 130mm～150mm，终孔直径不宜小于 89mm，需投入骨料时终孔直径不应小于 110mm。

9.0.4　灌注孔布设宜符合下列要求：

1　灌注孔采用三角形布设，孔距根据现场试验确定；

2　塌陷区边缘部位设置帷幕孔，按双排、三角形布置，间距取灌注孔间距的 1/2～2/3 且不大于 10m。

9.0.5　灌注材料宜以水泥、粉煤灰、粘土等材料为主，当空洞、裂隙发育或存在空洞积水时，可配合灌注砂、石屑、砾石、矿渣等粗骨料，粗骨料粒径以满足可灌注施工为准。

9.0.6　回填材料选用应因地制宜，满足环境保护要求，可选用砂石、黏性土、灰土、粉煤灰、强度等级较低的混凝土、浆砌片石及其它工业废渣等。

9.0.7　当回填区存在地下水时应进行止水及排水设计，宜设置盲沟及块碎石反滤层，其上覆盖粘性土并压实。

9.0.8　塌陷坑开挖形成的临时边坡稳定性应满足施工要求。

9.0.9　回填时应分层碾压实，分层厚度应根据填料性质、机械设备、回填方式确定，一般不宜大于 500mm。填料的最大粒径不应大于分层厚度的 3/4。

9.0.10　采用桩基穿越处理的塌陷区时，结构设计应符合现行重

重庆工程建设

庆市工程建设标准《建筑桩基础设计与施工验收规范》DBJ50-200的规定。桩端持力层应选择在塌陷区底部稳定的岩土体。

9.0.11 采用梁板跨越处理塌陷区时，结构设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的规定。

重庆工程建设

10　地质灾害防治工程检测与监测

10.1　一般规定

10.1.1　地质灾害防治工程设计应对检测和监测提出要求，地质灾害防治工程检测与监测应考虑支挡结构型式和受力位置。

10.1.2　地质灾害防治工程监测对象应包括致灾因素和地质灾害体上的建(构)筑物。

10.1.3　地质灾害防治工程监测设计应满足动态设计和信息化施工的要求，能为防治工程的效果评估提供依据。

10.1.4　地质灾害防治工程监测应包括施工期致灾地质体安全监测和地质灾害防治工程效果监测。对大型复杂的致灾地质体及治理难度较大、安全度较低的地质灾害防治工程，所布监测网点还应能供长期动态监测所用。

10.1.5　地质灾害防治工程监测方案应包括监测项目、监测方法、监测精度、监测布置、监测周期和监测报警。

10.2　检　测

10.2.1　各种类型非预应力锚杆的基本试验数量不得少于3根；每种类型非预应力锚杆验收数量，应取各种锚杆总数的5%，且不应少于5根。

10.2.2　预应力锚杆锚固基本试验数量不应少于3根；验收试验不应少于锚索(杆)总数的3%，且不应少于3根。

10.2.3　抗滑桩应全数进行桩身完整性检测。

10.2.4　抗滑桩检测宜采用低应变反射波法或预埋管声波透射法；当桩长大于15m或桩径不小于1.5m时，应采用预埋管声波

重庆工程建设

透射法；检测应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的要求。

10.2.5 对低应变检测结果有怀疑的抗滑桩，应采用钻芯法进行补充检测，强度等级评定应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的规定。

10.2.6 钻芯孔应进行单孔或跨孔声波检测，混凝土质量评定应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的规定。

10.2.7 桩质量检验应符合《混凝土结构施工质量验收规范》GB50204 和《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

10.2.8 对压实填土区，应采用灌砂法、灌水法分层进行压实系数检验，检验应符合相关规范的规定。

10.3 监 测

Ⅰ 一般要求

10.3.1 防治工程监测设计深度应满足相应防治工程等级监测需求，监测仪器的选择应遵循安全可靠、经济实用原则，适应监测对象，符合精度要求。

10.3.2 防治工程监测设计应包括仪器安装、数据采集、传输和存储、数据处理、预警预报；所采用的监测仪器必须具有仪器生产准许证，产品质量合格证，计量检定合格证。

Ⅱ 监测网点布设

10.3.3 监测工程应由监测网和监测点构成。监测网应为变形测量网，应分为高程网和平面网，也可采用三维立体网。监测点应分为基准点和监测点。基准点应布设在危岩、滑坡、泥石流、塌岸、不稳定斜坡及塌陷区外围稳定的岩土体上。高程测量应采用黄海高程系统或国家高程系统，平面测量应采用北京坐标或国家

重庆工程建设

坐标系统。

10.3.4 监测点的设置应符合下列要求：

1 监测点的设置能满足变形测量网建设要求，每条监测剖面监测点不少于3个。

2 监测点的布置按防治工程的措施、地质条件、结构特点和观测项目来确定，并有代表性；

3 在开工初期，进行仪器埋设观察，以便获得连续完整的记录。

10.3.5 监测剖面宜与防治工程垂直和平行，并应控制主要变形方向。每个致灾地质体上的监测纵剖面，对一级防治工程不宜少于3条；对二级防治工程不宜少于2条。单个致灾地质体上的纵、横剖面不应少于1条，并应尽量与地质勘察剖面一致。

10.3.6 对地表变形剧烈地段、防治工程部位应重点控制，适当增加监测点和监测手段。监测数量应视防治对象的多少而确定，但每条剖面上的监测点不应少于3个。

10.3.7 变形观测应以地表位移监测为主。在剖面所经过的裂缝、支挡结构以及其它防治工程结构上，应布置位移监测点及其它监测点。监测剖面两端应进入稳定岩(土)体并设置永久性水泥标桩，作为该剖面的基准点和照准点。

10.3.8 应尽量利用钻孔或平洞、竖井进行致灾地质体深部变形监测，并测定监测剖面上不同点的位移变化量、方向和速率。

10.3.9 挡墙、拦渣坝每条剖面监测点不应少于2个，水平和竖向位移监测点宜为自供电型，监测点宜设置在墙肩、坝肩顶上。

10.3.10 排水工程、排导槽、渡槽每条剖面监测点不应少于2个。起始段或转角较大处宜有监测点。

10.3.11 降雨量监测点宜布设于在致灾地质体附近，泥石流区降雨量监测点宜设在清水区及物源区。

10.3.12 泥石流区每条监测剖面冲击力监测点不应少于1个，在竖向上，拦挡坝等特别重要的构筑物冲击力监测点不应少于

重庆工程建设

2 个。

10.3.13 每条监测剖面地表水动态监测点不宜少于 1 个，施工期宜布置于上游清水区。

10.3.14 泥石流区每条监测剖面泥石流流量监测点不应少于 1 个，排导槽起始段或转角较大处宜有监测点。

10.3.15 裂缝变形监测点应布设在重要裂缝和伸缩缝中点、两端、转折部位等关键部位，当裂缝变形增大或出现新裂缝时，应视情况增设监测点。

10.3.16 巡视监测时应针对地质环境变化、工程构筑物的变化、区内各类裂缝、河、沟容淤积、沟道整治、坡面治理、植被工程、人类工程活动进行重点巡视。

10.3.17 施工期监测点，应布置在滑坡体稳定性差的部位，力求形成完整的剖面，采用多种手段，互相验证和补充。监测点要尽量靠近监测剖面。

10.3.18 削方区及回填反压区、回填岸坡及塌陷回填区的监测剖面，应主要布置在分区填筑接触处、地质条件复杂处、地形突变处。

10.3.19 对仅通过地表排水的防治工程，应对各沟段排水流量进行监测。观测点应在修建排水渠道时同时建立，并应主要布置在各段沟渠交接点之上游 10m 处。

10.3.20 抗滑桩(键)应力、应变监测点宜按内力分布特征沿桩身选择有代表性的位置进行布置，宜为 3～5 个。

10.3.21 进行预应力监测的锚杆数量不宜少于预应力锚杆总数的 5%，且不应小于 3 根，监测点宜布置于自由段。

III 监测内容设计

10.3.22 致灾地质体的防治效果监测应根据地质灾害类型和防治工程等级按表 10.3.22 选定监测内容。

重庆工程建设

表 10.3.22　致灾地质体监测内容

监测分类	监测内容	滑坡			危岩崩塌			泥石流			不稳定斜坡			塌陷			塌岸			建(构)筑物
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	
位移	大地形变	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	
	裂缝	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
	巡视检查	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
	深部位移	★	☆	☆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	★	☆	☆	★	☆	☆	-
倾斜	表面倾斜	★	☆	☆	★	☆	☆	-	-	-	-	-	-	★	☆	☆	-	-	-	-
	深部倾斜	★	☆	☆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
应力应变	应力应变	-	-	-	★	☆	☆	-	-	-	-	-	-	★	☆	☆	-	-	-	-
	冲击力	-	-	-	★	☆	☆	★	☆	☆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
水的动态	地下水位	★	☆	☆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	★	☆	☆	-	★	☆	-
	孔隙水压力	★	☆	☆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	★	☆	☆	-
	水量	-	-	-	-	-	-	★	☆	☆	★	☆	☆	★	☆	☆	-	-	-	-
	地表水位	★	☆	☆	-	-	-	★	☆	☆	-	-	-	-	-	-	★	☆	☆	
环境因素	降雨量	★	☆	☆	-	-	-	★	★	★	★	☆	☆	★	☆	☆	-	-	-	-
	人类工程活动	★	☆	☆	★	☆	☆	★	☆	☆	★	☆	☆	★	☆	☆	★	☆	☆	★

注:1　表中符号★表示应作,☆表示宜作;

2　表中Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ分别表示防治工程安全等级为一级、二级、三级;

3　表中深部位移、表面倾斜、深部倾斜、应力应变、孔隙水压力等监测内容为原有专业监测点的续作内容,若为新建可不作。

10.3.23　防治工程结构效果监测应根据防治工程结构类型和防治工程等级按表 10.3.23 选定监测内容。

重庆工程建设

表 10.3.23　防治工程结构监测内容

监测分类	监测内容	抗滑桩(键)			挡墙类			格构锚及锚喷			预应力锚杆			回填体类			坡面防护类			排水工程类
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	
位移	大地形变	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	-	-	-	★
	裂缝	-	-	-	★	★	★	-	-	-	-	-	-	★	★	★	★	★	★	★
	巡视检查	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
	深部位移	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	★	☆	☆	-	-	-	-
倾斜	表面倾斜	★	★	☆	★	★	☆	-	-	-	-	-	-	★	☆	☆	-	-	-	-
	深部倾斜	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	★	☆	☆	-	-	-	-
应力应变	应力应变	★	★	☆	-	-	-	★	☆	☆	★	★	★	☆	☆	-	-	-	-	-
水的动态	地下水位	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	★	☆	☆	-	-	-	-
	孔隙水压力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	★	☆	☆	-	-	-	-
	水量	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	★	★	★	-	-	-	★
	地表水位	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	★	★	☆	★	★	☆	
环境因素	降雨量	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	★	★	☆	★	★	☆	★
	人类工程活动	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	★	★	☆	★	★	☆	★

注：1　表中符号★表示应作，☆表示宜作；

2　表中Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ分别表示防治工程等级为一级、二级、三级；

3　预应力锚杆的应力应变监测包括预应力损失监测。

Ⅳ　监测周期及精度

10.3.24　治理工程监测周期，根据防治工程安全等级，一般应为工程竣工后1年～3年，根据致灾地质体的稳定程度及工程完成情况，可缩短或延长监测期限，但不应少于一个水文年。

10.3.25　防治工程效果监测，监测周期一般为15天～30天。同时可根据主汛期及雨期及致灾地质体的稳定情况，适当加密或延长监测周期。

10.3.26　防治工程效果自动化监测周期宜全天候适时采集和处

理数据，变形速率加大或出现异常变化时，应缩短数据处理频率。

10.3.27 监测网数据观测、预处理、平差计算应符合行业标准《建筑变形测量规范》JGJ82007、国家标准《工程变形测量规范》GB50026 的有关规定。

V 施工期监测

10.3.28 施工期应对致灾地质体进行地表位移、裂缝及巡视监测。

10.3.29 施工期监测点布置应与前期勘查监测、专业监测、防治效果监测衔接过渡，对新形成的边坡或堆填体也应布署监测点。

10.3.30 施工期监测频率宜为 8h～24h 一次，，变形加剧时应加密监测。

重庆工程建设

附录 A　滑坡稳定性计算方法

A.1　折线形滑面滑坡稳定性计算

A.1.1　对无水压力、除最末条块外各条块滑面倾向均与滑动方向相同且滑面倾角差均小于 10°的折线形滑面，滑坡稳定性计算可采用下式(图 A.1.1)：

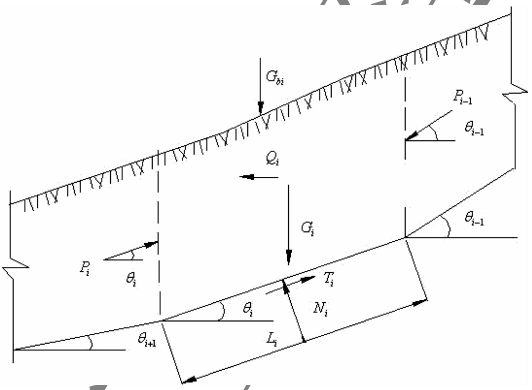


图 A.1.1　折线形滑面滑坡传递系数法计算简图

$$P_n = 0 \tag{A.1.1-1}$$

$$P_i = P_{i-1}\psi_{i-1} + T_i - R_i/F_s \tag{A.1.1-2}$$

$$\psi_{i-1} = \cos(\theta_{i-1} - \theta_i) - \sin(\theta_{i-1} - \theta_i)\tan\varphi_i/F_s \tag{A.1.1-3}$$

$$T_i = (G_i + G_{bi})\sin\theta_i + Q_i\cos\theta_i \tag{A.1.1-4}$$

$$R_i = c_iL_i + [(G_i + G_{bi})\cos\theta_i - Q_i\sin\theta_i]\tan\varphi_i \tag{A.1.1-5}$$

式中：P_n——第 n 计算条块每延米剩余滑动力(剩余推力)(kN/m)；

P_i、P_{i-1}——分别为第 i 计算条块、第 i-1 计算条块每延米剩

余滑动力(剩余推力)(kN/m)。当 $P_{i-1}<0$ 时,取 $P_{i-1}=0$;

T_i——第 i 计算条块每延米重力及其它外力引起的滑动力(kN/m);

R_i——第 i 计算条块每延米重力及其它外力引起的抗滑力(kN/m);

ψ_{i-1}——第 i-1 计算条块对第 i 计算条块的传递系数;

F_s——滑坡稳定系数;

c_i——第 i 计算条块滑面粘聚力(kPa);

φ_i——第 i 计算条块滑面内摩擦角(°);

L_i——第 i 计算条块滑面长度(m);

θ_i——第 i 计算条块滑面倾角(°),滑面倾向与滑动方向相同时取正值,滑面倾向与滑动方向相反时取负值;

G_i——第 i 计算条块每延米岩土体自重(kN/m);

G_{bi}——第 i 计算条块每延米附加竖向荷载(kN/m);方向指向下方时取正值,指向上方时取负值;外力方向倾斜时取其竖向分力;

Q_i——第 i 计算条块每延米水平荷载(kN/m);方向与滑动方向相同时取正值,与滑动方向相反时取负值;外力方向倾斜时取其水平分力;

i——计算条块号,从后方起编(前后相对位置以滑动方向为参照);

n——条块数量。

A.1.2 对第 A.1.1 条所列情况以外的折线形滑面,滑坡稳定性计算宜采用下式(图 A.1.2):

重庆工程建设

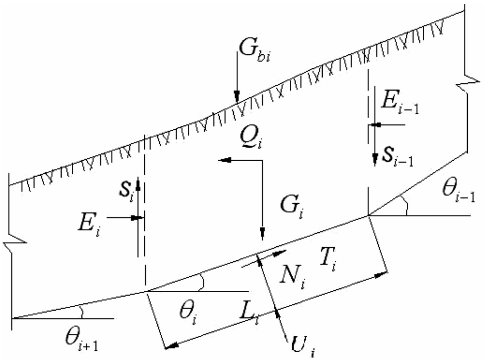


图 A.1.2　折线形滑面滑坡稳定性一般计算简图

（注：图中 U_i 是 N_i 的一部分）

$$E_n = 0 \tag{A.1.2-1}$$

$$E_i = E_{i-1}\frac{C_i}{B_i} + \frac{D_i}{B_i} \tag{A.1.2-2}$$

$$B_i = A_i \sin(\theta_i - \varphi_{mi}) + \cos(\theta_i - \varphi_{mi}) \tag{A.1.2-3}$$

$$C_i = A_{i-1}\sin(\theta_i - \varphi_{mi}) + \cos(\theta_i - \varphi_{mi}) \tag{A.1.2-4}$$

$$D_i = (G_i + G_{bi})\sin(\theta_i - \varphi_{mi}) + Q_i\cos(\theta_i - \varphi_{mi}) - c_{mi}L_i\cos\varphi_{mi} + U_i\sin\varphi_{mi} - (X_i - X_{i-1})\sin(\theta_i - \varphi_{mi}) \tag{A.1.2-5}$$

$$A_i = \tan\varphi_{ui}\sin\lambda_i / F_s \tag{A.1.2-6}$$

$$X_i = (c_{ui}h_i - P_{wi}\tan\varphi_{ui})\sin\lambda_i / F_s \tag{A.1.2-7}$$

$$\varphi_{mi} = \arctan\left(\frac{\tan\varphi_i}{F_s}\right) \tag{A.1.2-8}$$

$$c_{mi} = \frac{c_i}{F_s} \tag{A.1.2-9}$$

$$\lambda_i = \theta_i - \theta_{i+1} \tag{A.1.2-10}$$

式中：G_{bi} ——第 i 计算条块每延米附加竖向荷载（kN/m）（对涉水条块包括迎水面水压力竖向分力）；方向指向下方时取正值，指向上方时取负值；

Q_i ——第 i 计算条块每延米水平荷载（kN/m）（对第 1 条块

包括后缘裂隙水压力，对涉水条块包括迎水面水压力水平分力）；方向与滑动方向相同时取正值，与滑动方向相反时取负值；

P_{wi} ——第 i 计算条块与第 $i+1$ 计算条块界面处每延米水压力(kN/m)；

U_i ——第 i 计算条块滑面每延米水压力(kN/m)；

E_n ——第 n 计算条块每延米剩余水平推力(kN/m)；

E_i ——第 i 计算条块与第 $i+1$ 计算条块每延米水平条间力(kN/m)，当 $E_i<P_{wi}(i<n)$ 时取 $E_i=P_{wi}$；

c_{vi} ——第 i 计算条块与第 $i+1$ 计算条块界面粘聚力(kPa)；取岩土体粘聚力值，当条块界面涉及多个岩土体时，取各层岩土体粘聚力以各层厚度所占界面长度比例为权的加权平均值；

φ_{vi} ——第 i 计算条块与第 $i+1$ 计算条块界面内摩擦角(°)；取岩土体内摩擦角值，当条块界面涉及多个岩土体时，取平均内摩擦系数的反正切值，平均内摩擦系数取各层岩土体内摩擦系数以各层厚度所占界面长度比例为权的加权平均值；

h_i ——第 i 计算条块与第 $i+1$ 计算条块界面长度(m)；

λ_i ——第 i 计算条块与第 $i+1$ 计算条块界面处滑面折角(°)。

A.2 圆弧形滑面滑坡稳定性计算

A.2.1 对圆弧形滑面，滑坡稳定性计算可采用下式(图 A.2.1)：

重庆工程建设

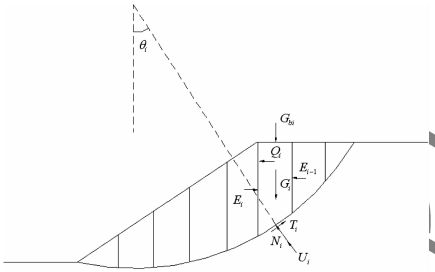


图 A.2.1　圆弧形滑面滑坡计算示意图

（注：图中 U_i 是 N_i 的一部分）

$$E_n = 0 \tag{A.2.1-1}$$

$$E_i = E_{i-1} + (G_i + G_{bi})\tan(\theta_i - \varphi_{mi}) + Q_i - \frac{c_{mi}L_i\cos\varphi_{mi} - U_i\sin\varphi_{mi}}{\cos(\theta_i - \varphi_{mi})} \tag{A.2.1-2}$$

$$\varphi_{mi} = \arctan\left(\frac{\tan\varphi_i}{F_s}\right) \tag{A.2.1-3}$$

$$c_{mi} = \frac{c_i}{F_s} \tag{A.2.1-4}$$

式中：E_n—— 第 n 计算条块延米剩余水平推力(kN/m)；

E_i—— 第 i 计算条块与第 $i+1$ 计算块每延米水平条间力(kN/m)，当 $E_i < P_{wi}$ $(i < n)$ 时取 $E_i = P_{wi}$；

其余符号意义同前。

A.2.2　对圆弧形滑面，当第一个条块的滑面倾角大于 60°或滑坡稳定性受后侧水平推力控制时，滑坡稳定性计算也可采用下式：

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^{n}[c_iL_i + (N_i - U_i)\tan\varphi_i]}{\sum_{i=1}^{n}[(G_i + G_{bi})\sin\theta_i + Q_i\cos\theta_i]} \tag{A.2.2-1}$$

$$N_i = \frac{G_i + G_{bi} - c_{mi}L_i\sin\theta_i + U_i\tan\varphi_{mi}\sin\theta_i}{\cos\theta_i + \tan\varphi_{mi}\sin\theta_i} \tag{A.2.2-2}$$

式中各符号意义同前。

A.3 直线形滑面滑坡稳定性计算

A.3.1 对倾角不超过45°或强度参数变化的直线形滑面，滑坡稳定性计算应采用下式：

$$E_n = 0 \tag{A.3.1-1}$$

$$E_i = E_{i-1} + (G_i + G_{bi})\tan(\theta - \varphi_{mi}) + Q_i - \frac{c_{mi}L_i\cos\varphi_{mi} - U_i\sin\varphi_{mi}}{\cos(\theta - \varphi_{mi})} \tag{A.3.1-2}$$

$$\varphi_{mi} = \arctan\left(\frac{\tan\varphi_i}{F_s}\right) \tag{A.3.1-3}$$

$$c_{mi} = \frac{c}{F_s} \tag{A.3.1-4}$$

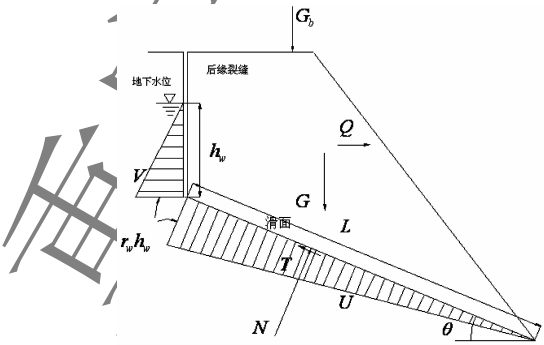
式中：θ——滑面倾角(°)；

E_n——第 n 计算条块每延米剩余水平推力(kN/m)；

E_i——第 i 计算条块与第 $i+1$ 计算条块每延米水平条间力(kN/m)，当 $E_i < P_{wi}(i < n)$ 时取 $E_i = P_{wi}$；

其余符号意义同前。

A.3.2 对倾角超过45°且强度参数不变的直线形滑面，不涉水滑坡稳定性计算可采用下式(图A.3.2)：



图A.3.2 直线形滑面滑坡计算示意

(注：图中 U 是 N 的一部分)

$$F_s = \frac{R}{T} \tag{A.3.2-1}$$

$$R = [(G + G_b)\cos\theta - (Q + V)\sin\theta - U]\tan\varphi + cL \tag{A.3.2-2}$$

$$T = (G + G_b)\sin\theta + (Q + V)\cos\theta \tag{A.3.2-3}$$

式中：c——滑面粘聚力(kPa)；

φ——滑面内摩擦角(°)；

T——滑体重力及其它外力引起的下滑力(kN/m)；

R——滑体重力及其它外力引起的抗滑力(kN/m)；

L——滑面长度(m)；

G——滑体自重(kN/m)；

G_b——滑体竖向附加荷载(kN/m)；方向指向下方时取正值，指向上方时取负值；外力方向倾斜时取其竖向分力；

V——后缘陡倾裂隙水压力(kN/m)；

U——滑面水压力(kN/m)；

Q——滑体水平荷载(不含后缘陡倾裂隙水压力)(kN/m)；方向与滑动方向相同时取正值，与滑动方向相反时取负值；外力方向倾斜时取其水平分力。

A.4 有支挡力时的滑坡稳定性计算

A.4.1 有支挡力作用时，滑坡稳定性计算可根据滑面形态采用本附录第 A.1 节至第 A.3 节公式，计算时应将各条块所受支挡力 R_{0i} 的水平分力 $R_{0i}\cos\alpha_i$（α_i 为支挡力倾角；支挡力指向斜下方时取正值，指向斜上方时取负值）视为相应条块水平荷载 Q_i 的增量（与滑动方向相同时取正值，与滑动方向相反时取负值），将支挡力 R_{0i} 的竖向分力 $R_{0i}\sin\alpha_i$ 视为该条块竖向附加荷载 G_{bi} 的增量（方向指向下方时取正值，指向上方时取负值）。

A.4.2 对采用格构锚固进行治理且锚杆分布于多个条块上的滑坡，计算所需锚杆支挡力时，应以通过有支挡力时的滑坡稳定性验算（即以稳定安全系数替换稳定系数采用滑坡稳定性计算公式反算）确定。

附录 B “m 法”计算单桩内力和位移

B.0.1 当 h_m 范围内存在两种不同土层时，m 值应按下式计算：

$$m = \frac{m_1 h_1^2 + m_2(2h_1 + h_2)h_2}{h_m^2} \tag{B.0.1-1}$$

当 h_m 范围内存在三种土层时，m 值按下式计算：

$$m = \frac{m_1 h_1^2 + m_2(2h_1 + h_2)h_2 + m_3(2h_1 + 2h_2 + h_3)h_3}{h_m^2} \tag{B.0.1-2}$$

式中：h_m——桩的计算嵌固长度(m)；对刚性桩取实际嵌固长度，对其它桩取 $2b+1$（其中 b 为桩的宽度或直径）；

h_1, h_2, h_3——桩的计算嵌固长度范围内第 1 层、第 2 层、第 3 层土层厚度(m)；

m_1, m_2, m_3——第 1 层、第 2 层、第 3 层土层的水平抗力系数比例系数(MN/m^4)；

m——桩的计算嵌固长度范围内土的平均水平抗力系数比例系数(MN/m^4)。

B.0.2 桩前、后滑动面处初始水平抗力系数应按下式计算：

$$A = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} d_1 m \tag{B.0.2-1}$$

$$A' = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} d_2 m \tag{B.0.2-2}$$

式中：A，A'——桩前、后滑动面处初始水平抗力系数(MN/m^3)；

d_1、d_2——桩前、后滑体的厚度(m)；

γ_1, γ_2——滑动面上、下土体的重度(kN/m^3)。

B.0.3 桩的变形系数应按下式计算：

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{mB_p}{EI}} \tag{B.0.3-1}$$

重庆工程建设

$$E = 0.85E_C \qquad \text{(B.0.3-2)}$$

式中：α——桩的变形系数（m^{-1}）；

B_p——桩的计算宽度（m）；按第 4.3.13 条确定；

EI——桩身抗弯刚度（$MN \cdot m^2$）；

E——桩身材料弹性模量（MN/m^2）；

I——桩身截面惯性矩（m^4）；

E_C——桩身混凝土弹性模量（MN/m^2）。

B.0.4 桩各截面的弯距 M、剪力 V 和位移（X、φ）以及土的水平抗力（σ_x）应通过下列方程的幂级数积分求得（图 B.0.4）：

$$\frac{d^4x}{dy^4} + \alpha^5 \cdot y \cdot x = 0 \qquad \text{(B.0.4)}$$

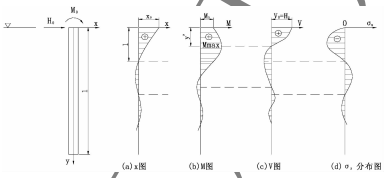


图 B.0.4 单桩的挠度 x、弯距 M、剪力 V 和水平抗力 σ_x 的分布曲线示例

重庆工程设

附录 C “K 法”计算单桩内力及位移

C.0.1 “K 法”计算单桩内力及位移时应将桩视为一竖向弹性地基梁(图 C.0.1)。

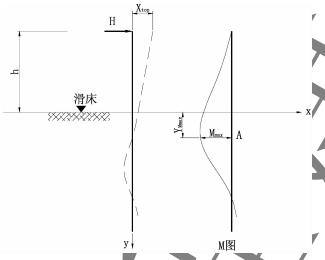


图 C.0.1 桩“K 法”计算简图

C.0.2 地面以上桩的位移应按下式计算：

$$X_1 = \frac{H}{6EI\beta^3}[\beta^3 Y^3 + 3\beta^3 hY^2 - 3(1+2\beta h)\beta Y + 3(1+\beta h)] \tag{C.0.2-1}$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{KB_p}{4EI}} \tag{C.0.2-2}$$

式中：K——桩的嵌固长度范围内岩体水平抗力系数(MN/m^3)。

C.0.3 地面以下桩的位移应按下式计算：

$$X_2 = \frac{H}{2EI\beta^3}e^{-\beta Y}[(1+\beta h)\cos\beta Y - \beta h\sin\beta Y] \tag{C.0.3}$$

C.0.4 地面以上桩的转角应按下式计算：

$$\omega_1 = \frac{H}{2EI\beta^2}[\beta^2 Y^2 + 2\beta^2 hY - (1+2\beta h)] \tag{C.0.4}$$

C.0.5 地面以下桩的转角应按下式计算：

$$\omega_2 = \frac{-H}{2EI\beta^2}e^{-\beta Y}[(1+2\beta h)\cos\beta Y + \sin\beta Y] \tag{C.0.5}$$

C.0.6 地面以下桩的弯距应按下式计算：

$$M = \frac{H}{\beta} e^{-\beta Y} [\beta h \cos\beta Y + (1 + \beta h) \sin\beta Y] \qquad (C.0.6)$$

C.0.7 地面以下桩的剪力应按下式计算：

$$V = H \cdot e^{-\beta Y} [\cos\beta Y - (1 + 2\beta h) \sin\beta Y] \qquad (C.0.7)$$

C.0.8 桩顶位移应按下式计算：

$$X_{top} = \frac{2(1 + \beta h)^3 + 1}{6EI\beta^3} H \qquad (C.0.8)$$

C.0.9 桩的最大弯距位置应按下式计算：

$$Y_{M\max} = \frac{1}{\beta} \tan^{-1}\left(\frac{1}{1 + 2\beta h}\right) \qquad (C.0.9)$$

重庆工程建设

附录 D　采用拟化筒仓法计算悬臂桩间支挡的水平土压力

D.0.1　采用拟化筒仓法计算悬臂桩间支挡的水平土压力应将桩间支挡拟化为一个由桩、土拱和桩间支挡组成的筒仓的一个侧壁(图 D.0.1)。

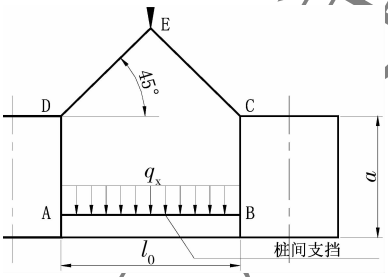


图 D.0.1　拟化筒仓法计算桩间支挡简图

D.0.2　侧壁水平土压力可按下式计算：

$$q_x = \frac{A}{P} \cdot \frac{\gamma}{\tan\varphi}\left(1 - e^{-\left(\frac{P}{A}\right)kz}\right) \qquad \text{(D.0.2-1)}$$

$$A = l_0\left(a + \frac{l_0}{4}\right) \qquad \text{(D.0.2-2)}$$

$$k = k_a \cdot \tan\varphi \qquad \text{(D.0.2-3)}$$

$$k_a = \tan^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right) \qquad \text{(D.0.2-4)}$$

$$P = 2a + 2.414l_0 \qquad \text{(D.0.2-5)}$$

式中：q_x——桩间土对挡板的水平推力(kPa)；

A——闭合截面 ABCED 的面积(m^2)；

l_0——桩间净距(m)；

a——桩平行水平滑坡推力方向的边长(m)；

P——闭合截面 ABCED 的周长(m)；

γ——滑体土重度(kN/m^3)；

φ——滑体土的内摩擦角(°)；

z——计算点至桩顶面深度(m)。

重庆工程建设

附录 E　预应力锚拉桩设计

E.0.1　单点预应力锚拉桩的设计可按以下步骤进行：

1　初步选定桩尺寸。桩横截面沿受力方向的高度取桩在滑面以上长度的 1/6～1/12；桩嵌入滑面以下的深度，对较软岩、软岩和极软岩取桩在滑面以上长度的 1/3；对坚硬岩和较硬岩取桩在滑面以上长度的 1/4；

2　初步确定锚索规格。锚索拉力水平分力设计值取桩后岩土荷载的 1/2～1/8；锚索拉力设计值根据锚索拉力水平分力设计值和锚索倾角按下式计算：

$$N_a = \frac{R}{\cos\alpha} \tag{E.0.1-1}$$

式中：N_a——锚索轴向拉力设计值(kN)；

R——锚索轴向拉力水平分力设计值(kN)；

α——锚索倾角(°)。

由本标准公式(4.4.7)确定组成锚索的钢铰线根数，选定规格。

3　确定桩索刚度。

1）桩的抗弯刚度按下式计算：

$$K_1 = 0.85E_cI \tag{E.0.1-2}$$

$$I = \frac{1}{12}bh^3 \tag{E.0.1-3}$$

式中：K_1——桩的抗弯刚度(kN·m²)；

E_c——混凝土的弹性模量(kPa)；

I——桩截面惯性矩(m⁴)。

2）锚索的水平线刚度按下式计算：

$$K_2 = \frac{A_SE_S}{l_f}\cos^2\alpha \tag{E.0.1-4}$$

重庆工程建设

式中：K_2——锚索的水平线刚度(kN/m)；

A_s——锚索的横截面面积(m^2)；

E_s——锚索的弹性模量(kPa)；

l_f——锚索的自由段长度(m)。

4 按图 E.0.1-1，计算不考虑预应力状态时，在桩后岩土荷载作用下的锚索内力 N_1。

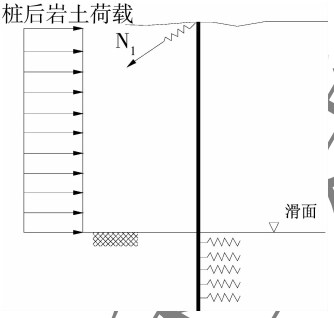


图 E.0.1-1 锚索拉力计算简图

当 $N_1 \leqslant N_a$ 时，所选锚索满足要求。当 $N_1 > N_a$ 时，调整锚索规格，重新计算锚索内力 N_1。

5 根据本标准第 4.4.10 条确定锚索的预应力锁定值。

6 按图 E.0.1-2 计算施加预应力阶段的桩内力及岩(土)压力。

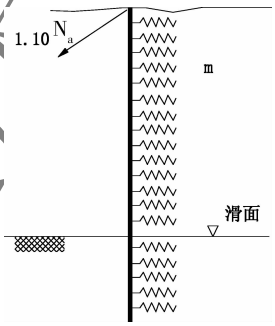


图 E.0.1-2 对锚索施加预应力阶段的桩内力计算简图

(注：预应力锁定值以 1.10Na 为代表)

7 按图 E.0.1-3 计算使用阶段的桩内力，并验算桩嵌入深度范围内地基水平承载力是否满足要求。

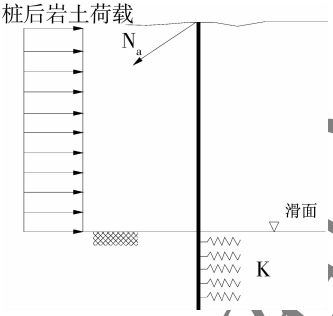


图 E.0.1-3 锚拉桩使用阶段的桩内力计算简图

8 据施工阶段和使用阶段的内力图形中的最不利截面，按偏心受压构件，进行桩的配筋设计。

9 按本标准第 4.4 节的有关要求进行锚索的锚头及锚固段设计。

E.0.2 多点预应力锚拉桩的设计可按第 E.0.1 条所列步骤进行，但内力计算应符合下列要求：

1 桩嵌固段顶端 O 点处桩的剪力 Q_0 及弯矩 M_0 按下式计算(图 E.0.2)：

$$Q_0 = Q - \sum_{j=1}^{n} R_j \qquad \text{(E.0.2-1)}$$

$$M_0 = M - \sum_{j=1}^{n} L_j R_j \qquad \text{(E.0.2-2)}$$

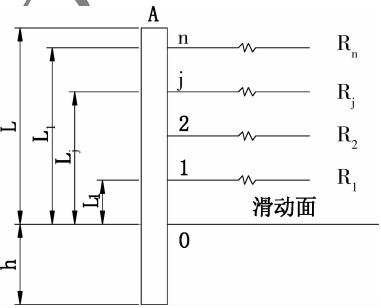


图 E.0.2 锚拉桩的受力示意图

式中：Q_0——桩嵌固段顶端 O 点处桩的剪力(kN)；

M_0——桩嵌固段顶端 O 点处桩的弯矩(kN·m)；

Q——桩后岩土荷载作用于桩 O 点的剪力(kN)；

M——桩后岩土荷载作用于桩 O 点的弯矩(kN·m)；

R_j——第 j 排锚索轴向拉力水平分力设计值(kN)；

L_j——第 j 排锚索拉点距 O 点的距离(m)。

2 将桩与锚索视为整体，将桩简化为受横向变形约束的弹性地基梁，假定每根锚索水平伸长量 Δ_i 与该锚索所在点桩的水平位移 f_i 相等，建立位移平衡方程，然后采用地基系数法，根据桩底边界条件(自由、铰支或固定)，计算各锚索拉力水平分力设计值 R_j。

重庆工程建设

附录 F　截排水水文计算

F.0.1　雨水设计流量应按下列公式计算：

$$Q = q\psi F \tag{F.0.1}$$

式中：Q——雨水设计流量（l/s）；

q——设计暴雨强度（$l \cdot s^{-1} \cdot h_a^{-1}$）；

ψ——径流系数，取表 F.0.1-1 与表 F.0.1-2 中的较大值；

F——汇水面积（ha）。

表 F.0.1-1　随地表种类变化的径流系数

地表种类	ψ	地表种类	ψ
沥青混凝土路面	0.95	陡峻的山地	0.75～0.90
水泥混凝土路面	0.9	起伏的山地	0.60～0.80
透水性沥青路面	0.60～0.80	起伏的草地	0.40～0.65
粒斜路面	0.40～0.60	平坦的耕地	0.45～0.60
粗粒土坡面和路肩	0.10～0.30	落叶林地	0.35～0.60
细粒土坡面和路肩	0.40～0.65	针叶林地	0.25～0.50
硬质岩石坡面	0.70～0.85	水田、水面	0.70～0.80
软质岩石坡面	0.50～0.75	——	——

注：当汇水区域有多种类型的地表时，应先分别按每种类型选取径流系数，然后按相应面积大小取加权平均值。

表 F.0.1-2　随城镇建筑密集程度变化的径流系数

城镇建筑密集程度	ψ
城镇建筑密集区	0.60～0.70
城镇建筑较密集区	0.45～0.60
城镇建筑稀疏区	0.2～0.45

F.0.2　设计暴雨强度可按下列公式计算：

1　沙坪坝：

重庆工程建设

$$q = \frac{1467.622(1 + 0.997\lg P)}{(t + 9.671)^{0.655}} \qquad \text{(F.0.2-1)}$$

2 巴南：

$$q = \frac{1737.388(1 + 0.724\lg P)}{(t + 7.149)^{0.692}} \qquad \text{(F.0.2-2)}$$

3 渝北：

$$q = \frac{1178.521(1 + 0.633\lg P)}{(t + 8.534)^{0.551}} \qquad \text{(F.0.2-3)}$$

4 重庆其它地区

$$q = \frac{2822(1 + 0.775\lg P)}{(t + 12.8P^{0.076})^{0.77}} \qquad \text{(F.0.2-4)}$$

式中：q——设计暴雨强度(l/s.ha)；

t——降雨历时(min)；

P——设计降雨的重现期(a)。

F.0.3 雨水管、沟的设计降雨历时应按下列公式计算：

$$t = t_1 + mt_2 \qquad \text{(F.0.3)}$$

式中：t——降雨历时(min)；

t_1——地面集水时间(min)，视距离长短、地形坡度和地面铺盖情况而定，重庆地区一般取 5min；

m——延缓系数，明渠取 1.2；陡坎地区暗管取 1.2～2.0，其它地区暗管取 2.0；

t_2——管、沟内雨水流行时间(min)。

F.0.4 管、沟内雨水流行时间应按下列公式计算：

$$t_2 = \sum \frac{L_i}{60V_i} \qquad \text{(F.0.4)}$$

式中：t_2——管、沟内雨水流行时间(min)；

L_i——各排水管、沟的长度(m)；

V_i——各排水管、沟的流速(m/s)。

重庆工程建设

附录 G　排水管、沟水力计算

G.0.1　排水管、沟的流量应按下式计算：

$$Q = Av \tag{G.0.1}$$

式中：Q—设计流量（m^3/s）；

A—水流有效过水断面面积（m^2）；

v—流速（m/s）。

G.0.2　排水管、沟的流速应按下式计算：

$$v = \frac{1}{n}R^{\frac{2}{3}}I^{\frac{1}{2}} \tag{G.0.2}$$

式中：v—流速（m/s）；

R—水力半径（m）；

I—水力坡降；

n—粗糙系数，按表 G.0.2 选用。

表 G.0.2　管、沟粗糙系数

沟或管类别	粗糙系数 n	沟或管类别	粗糙系数 n
UPVC 管、PE 管、玻璃钢管	0.009～0.010	浆砌砖渠道	0.015
石棉水泥管、钢管	0.012	浆砌块石渠道	0.017
陶土管、铸铁管	0.013	干砌块石渠道	0.020～0.025
混凝土管、钢筋混凝土管、水泥砂浆抹面渠道	0.013～0.014	土明渠（包括带草皮）	0.025～0.030

G.0.3　管、沟的水力半径应按下式计算：

$$R = \frac{W}{X} \tag{G.0.3}$$

式中：W——过水断面积（m^2）；

X——湿周（m），即断面中水流与固体边界接触部分的周长（m）；

R——水力半径（m）。

重庆工程建设

G.0.4 排水管、沟的最大设计充满度和超高应遵守下列规定：

1 排水管道按满流计算；

2 排水明沟的安全超高大于 0.2m，并对弯曲段凹岸考虑水位壅高的影响。

G.0.5 排水管道的允许最大流速，对金属管道应取 10m/s；对非金属管道应取 5m/s。

G.0.6 排水明沟的允许最大流速应遵守下列规定：

1 当水流深度为 0.4m～1.0m 时，按表 G.0.6-1 采用。

表 G.0.6-1 明沟允许最大流速

明渠类别	允许最大流速(m/s)	明渠类别	允许最大流速(m/s)
粉砂土	0.8	干砌片(块)石	2.0
粉质粘土	1.0	浆砌片(块)石或浆砌砖	3.0
粘土	1.2	混凝土、石灰岩或中砂岩	4.0
草皮护面	1.6		

2 当水流深度 h 在 0.4m～1.0m 范围以外时，允许最大流速取表 G.0.6-1 所列数据与调整系数的乘积，调整系数按表 G.0.6-2 取值。

表 G.0.6-2 调整系数

水流深度 h(m)	调整系数
$h<0.4$	0.85
$0.4\leqslant h<1.0$	1.00
$1.0\leqslant h<2.0$	1.25
$h\geqslant 2.0$	1.40

G.0.7 排水管道在满流时的允许最小流速应取 0.75m/s；排水明渠的允许最小流速应取 0.4m/s。设计流速小于允许最小流速时，应调整纵坡或增加清淤措施。

重庆工程建设

附录 H　支撑渗沟计算

H.0.1　支撑渗沟设计应进行整体稳定性验算和自身稳定性验算。当支撑渗沟整体稳定性或自身稳定性不满足要求时，可采取增大支撑渗沟体积或在支撑渗沟前方设置重力式挡墙的措施。

H.0.2　支撑渗沟整体稳定性可按重力式挡墙根据本标准第 4.7 节进行验算。计算时，重力式挡墙每延米自重可取支撑渗沟垂直滑动方向每延米平均自重，按下式计算(图 H.0.2)：

$$G = \gamma \frac{L \cdot h \cdot b}{b + d} \qquad (H.0.2)$$

式中：G—支撑渗沟垂直滑动方向每延米平均自重(kN/m)；

L——支撑渗沟纵向长度(m)；

h——支撑渗沟平均高度(m)；

γ——支撑渗沟填充料重度(kN/m)；

b—支撑渗沟宽度(m)；

d—支撑渗沟间的净距(m)。

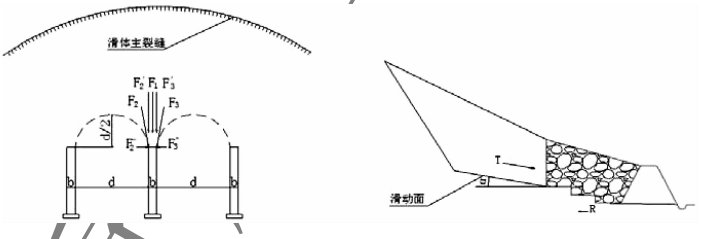


图 H.0.2　支撑渗沟计算简图

H.0.3　支撑渗沟内部稳定性应按散粒体内部剪切模式进行验算。计算时，支撑渗沟体强度参数(内摩擦角)应根据填充材料确定，片(块)石可取 45°，砂砾石可取 35°。

H.0.4　当支撑渗沟与重力式挡墙配合使用时，重力式挡墙每延米所受岩土荷载标准值可取支撑渗沟所受岩土荷载标准值与支

撑渗沟支挡力的差值。支撑渗沟支挡力应取支撑渗沟整体稳定性和内部稳定性均满足要求时所能承担的最大岩土荷载。

重庆工程建设

附录J　危岩支挡结构岩土荷载计算方法

J.0.1　对滑移式危岩，当后缘有陡倾裂隙且滑面缓倾时，推力可按下式计算（图J.0.1）：

$$P = T - R/F_t \tag{J.0.1-1}$$

$$T = (G + G_b)\sin\theta + (Q + V)\cos\theta \tag{J.0.1-2}$$

$$R = [(G + G_b)\cos\theta - (Q + V)\sin\theta - U]\tan\varphi + cA \tag{J.0.1-3}$$

$$V = \frac{1}{2}\gamma_w h_w^2 B \tag{J.0.1-4}$$

$$U = \frac{1}{2}\gamma_w h_w A \tag{J.0.1-5}$$

式中：P—计算岩土体每延米推力（kN）；

F_t—危岩稳定安全系数；

V—后缘陡倾裂隙水压力（kN）；

U—滑面水压力（kN）；

A—滑面面积（m^2）；

h_w—后缘陡倾裂隙充水高度（m），根据裂隙情况及汇水条件确定；

B—后缘陡倾裂隙充水范围内沿裂隙走向平均宽度（m）；

c—滑面粘聚力（kPa）；

φ—滑面内摩擦角（°）；

G—危岩自重（kN）；

G_b—危岩所受竖向附加荷载（kN）；方向指向下方时取正值，指向上方时取负值；

θ—滑面倾角（°）；

Q—危岩所受水平荷载（不含后缘陡倾裂隙水压力）（kN）；方向指向坡外时取正值，指向坡内时取负值。

当支挡力方向与危岩推力方向在剖面上平行时，作用在危岩支挡结构上的岩土荷载应取危岩推力，当支挡力方向与危岩推力方向在剖面上不平行时，作用在危岩支挡结构上的岩土荷载应取危岩推力与荷载调整系数的乘积，荷载调整系数应按本标准公式(4.2.2)计算。

J.0.2 对滑移式危岩，当后缘无陡倾裂隙时，推力可按下式计算(图 J.0.2)：

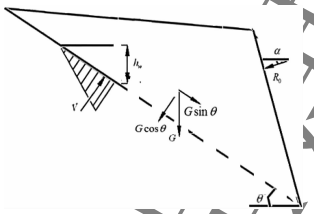


图 J.0.2 后缘无陡倾裂隙的滑移式危岩

$$P = T - R/F_t \tag{J.0.2-1}$$

$$T = (G + G_b)\sin\theta + Q\cos\theta \tag{J.0.2-2}$$

$$R = [(G + G_b)\cos\theta - Q\sin\theta - V]\tan\varphi + cA \tag{J.0.2-3}$$

$$V = \frac{1}{2}\gamma_w h_w^2 B \tag{J.0.2-4}$$

式中：c — 滑面粘聚力(kPa)；当充当滑面的裂隙未贯通时取贯通段和未贯通段粘聚力按面积加权的加权平均值，未贯通段粘聚力取岩体粘聚力；

φ — 滑面内摩擦角(°)；当充当滑面的裂隙未贯通时取滑面平均内摩擦系数的正切，滑面平均内摩擦系数取贯通段和未贯通段内摩擦系数按面积加权的加权平均值，未贯通段内摩擦系数取岩体内摩擦系数；

V — 充当滑面的裂隙贯通段水压力(kN)；

h_w — 充当滑面的裂隙贯通段充水高度(m)，根据裂隙情况及汇水条件确定；

B — 充当滑面的裂隙贯通段充水范围内沿裂隙走向平均宽度(m)；

Q—危岩所受水平荷载(kN)；方向指向坡外时取正值，指向坡内时取负值；

其余符号意义同前。

当支挡力方向与危岩推力方向在剖面上平行时，作用在危岩支挡结构上的岩土荷载应取危岩推力，当支挡力方向与危岩推力方向在剖面上不平行时，作用在危岩支挡结构上的岩土荷载应取危岩推力与荷载调整系数的乘积，荷载调整系数应按本标准公式(4.2.2)计算。

J.0.3 对坠落式危岩，支挡结构竖向岩土荷载可按下式计算：

$$R_0 = G + G_b - \frac{c}{F_t}(H - h)B \qquad (J.0.3)$$

式中：c——危岩体粘聚力(kPa)；

H——后缘裂隙上端到未贯通段下端的垂直距离(m)；

h——后缘裂隙深度(m)；

B——后缘裂隙未贯通段沿裂隙走向平均宽度(m)；

F_t——危岩稳定安全系数；

R_0——危岩所需竖向支挡力(kN)，其反力为支挡结构竖向岩土荷载；

其余各符号意义同前。

J.0.4 对由底部岩体抗拉强度控制的倾倒式危岩，当危岩体竖向荷载重心位于危岩体底面中点内侧时，支挡结构岩土荷载可按下式计算(图J.0.4)：

重庆工程建设

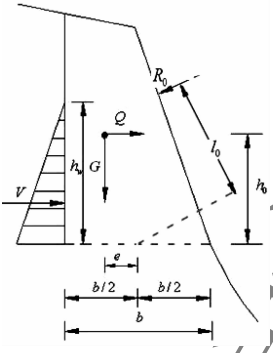


图 J.0.4　由底部岩体抗拉强度控制的倾倒式危岩计算简图

$$R_0 l_0 = Q \cdot h_0 + \frac{1}{3} V \cdot h_w - \frac{1}{F_t}(\zeta \sigma_t b^2 B_1 + G \cdot e) \tag{J.0.4-1}$$

$$V = \frac{1}{2} \gamma_w h_w^2 B \tag{J.0.4-2}$$

当危岩体竖向荷载重心位于危岩体底面中点外侧时，支挡结构岩土荷载可按下式计算：

$$R_0 l_0 = (Q \cdot h_0 + G \cdot e) + \frac{1}{3} V \cdot h_w - \frac{\zeta \sigma_t b^2 B_1}{F_t} \tag{J.0.4-3}$$

式中：V——后缘陡倾裂隙水压力(kN)；

h_w——后缘陡倾裂隙充水高度(m)，根据裂隙情况及汇水条件确定；

B——后缘陡倾裂隙充水范围内沿裂隙走向平均宽度(m)；

e——危岩体竖向荷载作用点到危岩体底面中点的水平距离(m)；

b——危岩体底面平行失稳方向宽度(m)；

B_1——危岩体底面垂直失稳方向宽度(m)；

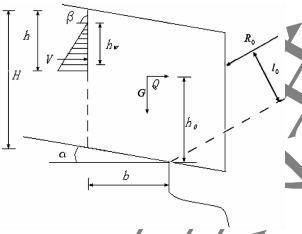
l_0——支挡力作用点到危岩体底面中点的垂直距离(m)；

ζ——危岩抗弯力矩计算系数，根据折断面形态在 1/12～1/6 之间取值，当折断面为矩形时取 1/6；

$R_0 l_0$——危岩所需支挡力矩(kN·m),其反向力矩为支挡结构岩土荷载;

其余各符号意义同前。

J.0.5 对由后缘岩体抗拉强度控制的倾倒式危岩,当危岩体竖向荷载重心在转动中心内侧时,支挡结构岩土荷载可按下式计算(图J.0.5):



图J.0.5 由后缘岩体抗拉强度控制的倾倒式危岩计算简图

$$R_0 l_0 = Q \cdot h_0 + V\left[\frac{1}{3} \cdot \frac{h_w}{\sin\beta} + \frac{H-h}{\sin\beta} + \frac{b\cos(\beta-\alpha)}{\cos\alpha}\right] - \frac{1}{F_t}\left[G \cdot a + \frac{2\zeta\sigma_t (H-h)^2 B_1}{\cos^2\alpha}\right] \quad \text{(J.0.5-1)}$$

$$V = \frac{1}{2}\gamma_w h_w^2 B \quad \text{(J.0.5-2)}$$

对由后缘岩体抗拉强度控制的倾倒式危岩,当危岩体竖向荷载重心在转动中心外侧时,支挡结构岩土荷载可按下式计算:

$$R_0 l_0 = Q \cdot h_0 + G \cdot a + V\left[\frac{1}{3} \cdot \frac{h_w}{\sin\beta} + \frac{H-h}{\sin\beta} + \frac{b\cos(\beta-\alpha)}{\cos\alpha}\right] - \frac{1}{F_t}\left[\frac{2\zeta\sigma_t (H-h)^2 B_1}{\cos^2\alpha}\right] \quad \text{(J.0.5-3)}$$

式中:V——后缘陡倾裂隙水压力(kN);

h_w——后缘陡倾裂隙充水高度(m),根据裂隙情况及汇水条件确定;

B——后缘陡倾裂隙充水范围内沿裂隙走向平均宽度(m);

B_1——后缘陡倾裂隙未贯通段沿裂隙走向平均宽度(m);

a——危岩体竖向荷载作用点到转动点的水平距离(m);

β——后缘陡倾结构面倾角(°)；

h_0——危岩体水平荷载作用点到转动点的垂直距离(m)；

α——危岩体与基座接触面倾角(°)；

l_0——支挡力作用点到转动中心的垂直距离(m)；

b——后缘裂隙的延伸段下端到转动点的水平距离(即块体与基座接触面长度的水平投影)(m)；

ζ—危岩抗弯力矩计算系数，根据折断面形态在1/12～1/6之间取值，当折断面为矩形时取1/6；

其余各符号意义同前。

完全分离的倾倒式危岩支挡结构岩土荷载可按(J.0.5-1)式计算。

重庆工程建设

附录 K　拦渣坝库容计算方法

K.0.1　用等高线法计算库容应符合下列要求：

1　采用 1/1000～1/2000 实测地形图或用 1/5000 放大地形图作计算的基本资料；

2　确定坝址位置，截取天然沟道的纵断面，点绘坝体相应高程；

3　根据沟道地形与泥石流性质确定泥石流回淤的设计纵坡，画出拦渣坝回淤线(图 K.0.1)；

4　在平面图上找出相应的拦渣坝回淤线；

5　用分层累加法按下式求体积：

$$V_s = \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{2} \Delta h_s (A_j + A_{j-1}) \qquad (K.0.1)$$

式中：Δh_s——分层高度(m)；

A_j、A_{j-1}——分层上、下层面的面积(m^2)。

6　累加过程用列表法或作图法进行量算。

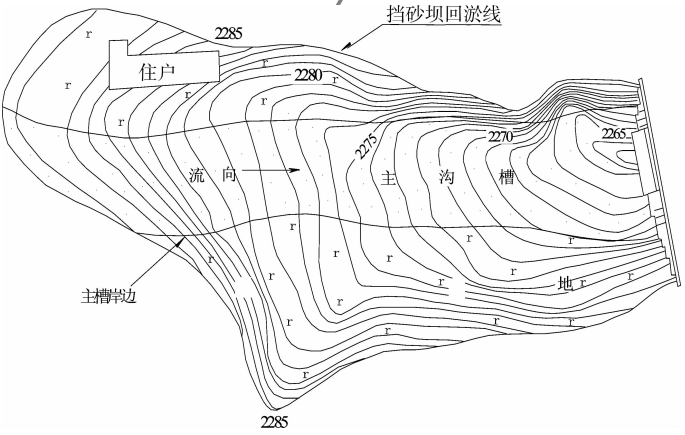


图 K.0.1　用等高线法计算拦渣坝库容平面示意图

K.0.2 用横断面法计算库容应符合下列要求：

1 自坝址处测量天然沟道的纵断面，测绘出坝和各计算横断面位置与数目；

2 测量并绘出各计算横断面；

3 在沟道纵断面图上绘出拦渣坝回淤线(图 K.**0.2**)；

4 找出各淤积横断面，计算断面积和间距；

5 用逐段累加法按下式求体积：

$$V_s = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2}\Delta l\,(A_i + A_{i-1}) \qquad (K.0.2)$$

式中：Δl——分段长(m)；

A_i、A_{i-1}——分段两端的横断面面积(mm^2)；

6 累加过程用列表法或作图法进行量算。

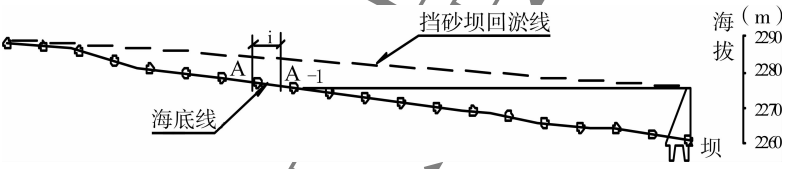


图 K.0.2 用横断面法计算拦渣坝库容平面示意图

K.0.3 库容可按用下列经验公式计算：

$$V_s = KAl_s \qquad (K.0.3)$$

式中：A——坝址处坝库淤满后沟道的横断面面积(mm^2)；

l_s——回淤长度(m)；

K——经验系数，取 0.3～0.5，视沟道宽深比及坝宽与平均库宽比例而定，比例数相对较小时取较大值。

采用经验公式时，也可按不同回淤体形状进行分段计算，最后再进行累加。

附录 L　泥石流重力坝荷载分析

L.0.1　坝体自重应按下式计算：

$$W_d = V_d \gamma_d \tag{L.0.1}$$

式中：W_d——单位长度坝体自重(kN/m)；

V_d——坝体截面面积(m^2)；

γ_d——坝体圬工材料平均重度(kN/m^3)。

L.0.2　坝迎冲面斜面上的泥石流沉积物及泥石流体重应按下式计算：

$$W_s = \frac{1}{2}\gamma h^2 \cot\beta + \frac{1}{2}(H-h)(b-a+h\cot\beta)\gamma_c \tag{L.0.2}$$

式中：W_s——坝迎冲面斜面上的泥石流沉积物及泥石流体重(kN/m)；

H——坝高(m)；

h——坝后库内前期泥石流沉积物厚度(m)；

β——坝迎冲面倾角(°)；

a——坝顶宽度(m)；

b——坝底宽度(m)；

γ——前期泥石流沉积物重度(kN/m^3)；

γ_c——泥石流体重度(kN/m^3)。

L.0.3　溢流泥石流体重应按下式计算：

$$W_f = bt\gamma_c \tag{L.0.3}$$

式中：W_f——溢流泥石流体重(kN/m)；

t——坝溢流体设计深度(m)；

其余符号意义同前。

L.0.4　坝迎冲面前期泥石流沉积物土压力应按下式计算：

重庆工程建设

$$E_a = \frac{1}{2}h\left[\gamma h \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - 2c\tan\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)\right] \tag{L.0.4}$$

式中：E_a——坝迎冲面前期泥石流沉积物土压力(kN/m)；

c——前期泥石流沉积物的粘聚力(kPa)；

φ——前期泥石流沉积物的内摩擦角(°)；

其余符号意义同前。

L.0.5 坝迎冲面泥石流冲击力应采用下列方法计算：

1 流体冲击力按下式计算：

$$F_i = k\frac{\gamma_c}{g}v_c^2(H-h) \tag{L.0.5-1}$$

式中：F_i——坝迎冲面泥石流冲击力(kN/m)；

γ_c——泥石流体的平均重度(kN/m³)；

v_c——泥石流体平均流速(m/s)；

k——泥石流不均匀系数，k=2.5～4.0。

2 块石冲击力按下式计算：

$$F_i = \frac{K}{L}\gamma_0 v_c \sin\alpha\sqrt{\frac{W}{c_1 + c_2}} \tag{L.0.5-2}$$

式中：F_i——坝迎冲面泥石流冲击力(kN/m)；

γ_0——经验系数，取 0.3；

W——单个块石的质量(kg)；按最大块石计；

L——坝体长度(m)；

K——增大系数；根据泥石流中块石分布密度在 2～4 之间取值；

α——受力面与泥石流冲击力方向的夹角(°)；

c_1，c_2——巨石及重力坝圬工材料的弹性变形系数(m/kN)，c_1+c_2=0.005m/kN。

L.0.6 处于运动状态的泥石流静压力应按下式计算：

$$F_f = \frac{1}{2}\gamma_c(H-h)^2 \tag{L.0.6}$$

南水北调工程建设

式中：F_f——处于运动状态的泥石流静压力(kN/m)；

其余符号意义同前。

重庆工程建设

本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的用词：：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4）表示有选择，在一定条件下可以这么做的，采用“可”。

2 规范中指定应按其它有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

重庆工程建设

引用标准目录

1《混凝土结构设计规范》GB 50010
2《室外排水设计规范》GB 50014
3《工程测量规范》GB 50026
4《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288
5《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
6《建筑变形测量规范》JGJ 8 2007
7《公路排水设计规范》JTG/T D33
8《公路边坡柔性防护系统构件》JT/T 528
9《地质灾害防治工程勘查规范》DB50/T 143
10《工程地质勘察规范》DBJ50/T-043
11《建筑地基基础设计规范》DBJ50-047
12《建筑边坡工程施工质量验收规范》DBJ50/T-100
13《市政工程地质勘察规范》DBJ50-174

重庆市建设

重庆市工程建设标准

地质灾害防治工程设计标准

DBJ50/T-029-2019

条文说明

重庆工程建设

2019　重　庆

重庆工程建设

目　次

1　总则 …… 137
2　术语·符号 …… 138
2.1　术语 …… 138
2.2　符号 …… 139
3　基本规定 …… 140
3.1　地质灾害防治设计原则 …… 140
3.2　地质灾害防治等级 …… 140
3.3　地质灾害防治工程设计一般要求 …… 141
3.4　地质灾害防治方案设计 …… 141
3.5　地质灾害应急抢险工程设计 …… 141
4　滑坡治理工程设计 …… 143
4.1　一般规定 …… 143
4.2　滑坡稳定性和支挡结构岩土荷载计算 …… 144
4.3　悬臂桩 …… 145
4.4　预应力锚索 …… 146
4.5　格构锚固 …… 146
4.7　重力式挡墙 …… 147
5　危岩崩塌防治工程设计 …… 148
5.2　危岩支挡结构岩土荷载计算 …… 148
5.4　嵌补支撑 …… 148
5.9　引导防护网 …… 148
7　塌岸防治工程设计 …… 149
7.1　一般规定 …… 149

重庆工程建设

7.2　斜坡式护岸 …… 149
7.3　直立式护岸 …… 149
8　不稳定斜坡治理工程设计 …… 151
8.1　一般规定 …… 151
8.4　滑移型斜坡 …… 151
9　地面塌陷防治工程设计 …… 152
10　地质灾害防治工程检测与监测 …… 153
10.2　检测 …… 153
10.3　监测 …… 153

重庆工程建设

1 总 则

1.0.1、1.0.2 此二条相当于《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004第1.0.1条和第1.0.2条，本次修订新增泥石流、不稳定斜坡和地面塌陷三个灾种的防治工程设计规定。

1.0.3 本条与《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004第1.0.5条一致。部分工程措施（如防护网、排水沟等）受材料本身使用寿命或外界因素的影响无法达到设计使用年限时，应在设计文件中予以说明并提出适时更换或维护的要求。本条的设计使用年限要求不包括地质灾害应急抢险措施。

重庆工程建设

2 术语·符号

2.1 术 语

2.1.1 本条术语是新增术语，释义与《地质灾害危险性评估技术规范》DB50/T139-2016、《地质灾害防治工程勘查规范》DB50/T143-2018 基本一致。

2.1.2 同《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004 第2.1.1条。

2.1.3 释义与《地质灾害危险性评估技术规范》DB50/T139-2016、《地质灾害防治工程勘查规范》DB50/T143-2018 一致。

2.1.4、2.1.5 此二条术语是新增术语，释义与重庆市地方标准《地质灾害危险性评估技术规范》DB50/T139-2016 一致。

2.1.6 释义与《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004 第 2.1.16 条一致。

2.1.7、2.1.8 此两条术语是新增术语，释义与《地质灾害危险性评估技术规范》DB50/T139-2016、《地质灾害防治工程勘查规范》DB50/T143-2018 一致。

2.1.9 此条术语是新增术语，是《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004“悬臂式抗滑桩”、“埋入式抗滑桩”和“锚拉桩”三个术语的统称。

2.1.11 与《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004 第2.1.11 条基本一致。

2.1.12～2.1.16 为新增的地质灾害防治工程结构术语。

2.1.17 本条术语为新增术语，对此参照《突发事件应对法》进行释义。

重庆工程建设

2.2 符　号

本规范符号主要出现在附录中。

重庆工程建设

3　基本规定

本章为新增的一章，为统一地质灾害防治工程设计的基本要求而设。

3.1　地质灾害防治设计原则

3.1.2　本条相当于《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004 第 1.0.4 条。考虑到三峡工程已经运行，三峡库区蓄水已成现状，移民迁建已经完成，而兼顾市政规划、环境保护、土地利用的要求不应限于三峡库区，本次修订将兼顾事项的提法和适用范围做了调整。此条也是由《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004 第 3.1.1.1 条扩展而成，此条要求不再限于滑坡防治而扩展到各种地质灾害防治。

3.1.4　考虑到规定内容的差异，本次修订将《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004 第 1.0.6.1 条的规定一分为二。本条相当于《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004 第 1.0.6.1条前一句。

3.1.5　本条为新增条文。地质灾害防治工程是典型的岩土工程，地质特性空间变异和时间变化明显，实行动态设计和信息化施工是十分必要的。

3.2　地质灾害防治等级

3.1.2　本条是对《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004 第 3.1.2 条的修改，与《地质灾害防治工程勘查规范》DB50/T143-2018 一致。

重庆工程建设

3.3 地质灾害防治工程设计一般要求

3.3.2 此条由《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004第3.1.1.5条扩展而成，此条要求不再限于滑坡防治而扩展到各种地质灾害防治。

3.3.3 本条相当于《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004第3.2.4.5和4.2.1.2条。原条文中的水平地震系数对危岩取0.05，对滑坡取0.0125。本次修订，一是考虑到重庆地区存在7度区，增加了7度区的水平地震系数，二是增加了滑移型岸坡和滑移型不稳定斜坡的水平地震系数，三是因6度区地震工况对滑坡不起控制住用而取消6度区对滑坡考虑地震作用的要求。

3.4 地质灾害防治方案设计

3.4.2 此条由《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004第3.1.1.4条修改、扩展而成，此条要求不再限于滑坡防治而扩展到各种地质灾害防治。

3.4.4 此条由《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004第3.1.1.2条扩展而成，此条要求不再限于滑坡防治而扩展到各种地质灾害防治。

3.5 地质灾害应急抢险工程设计

3.5.4 用石笼护岸(图1)进行应急抢险时，石笼应沿流向布置，直径不应小于40cm，下部直径应增至100cm，基础埋置深度不应小于冲刷深度且不应小于一个石笼的直径，石笼垒置高度不宜大于500cm。

重庆工程建设

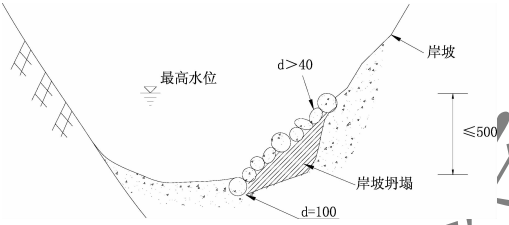


图 1　石笼单侧护坡示意图(单位:cm)

重庆工程建设

4　滑坡治理工程设计

本章锚杆(索)设计等内容参考了《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013。

4.1　一般规定

4.1.1　本条在《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004第3.2.1条基础上修改而成：

1　区分了具体的工况名称和荷载组合，既给出具体的工况名称，又给出具体的荷载组合；

2　涉水滑坡不再限于三峡库区，并区分了涉库水滑坡和涉河水滑坡。本标准所列滑坡治理工程设计所采用的工况是《地质灾害防治工程勘查规范》DB50/T143所列工况范围内的设计工况和校核工况；

3　明确设计应考虑的工况是所有滑坡稳定性不满足要求的工况。

4.1.2　本条在《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004第3.2.2.2条基础上修改而成：

1　将滑坡推力安全系数改称为滑坡稳定安全系数。滑坡推力安全系数事实上是滑坡稳定安全系数。

2　滑坡稳定安全系数取值与《地质灾害防治工程勘查规范》DB50/T143一致，和原规范比较有以下特点和变化：

一是考虑到稳定安全系数1.05还只是基本稳定状态的起点，未达到防治目标，本标准将防治工程等级为三级时的稳定安全系数取为1.10以上；

二是考虑到威胁对象和可能造成的损失大小是渐变的，对各个防治工程等级一般工况的稳定安全系数均取互相连接的区

间值。

3 滑坡体积较大时，滑坡稳定安全系数的取值对工程投资影响大，部分体积较大的滑坡可能是分区段滑动，各区段有不同的威胁对象，因此，本条规定对体积为 $500\times10^4m^3$ 以上的滑坡，滑坡稳定安全系数取值应做专门论证。

4.1.3 本条为新增条文。按第 4.2 节计算的滑坡支挡结构岩土荷载随稳定安全系数的变化而变化但又不与其成正比，还受多因素影响，更无实测值，故滑坡支挡结构岩土荷载不存在荷载标准组合效应值和荷载基本组合效应值。极限平衡状态下支挡结构岩土荷载在稳定系数大于或等于 1 时为负值或为 0，无法充当荷载标准组合效应值。为能进行设计计算，本条与第 3.3.5 条第 3 款将按第 4.2 节计算的滑坡支挡结构岩土荷载既视为荷载标准组合效应值也视为荷载基本组合效应值。

4.1.4 此条为新增条文。滑面深度不同时，支挡结构岩土荷载大小、分布范围和作用点位置均不同，未必是较大的岩土荷载起控制作用。

4.1.5 此条为新增条文。切坡和填方都可能造成新的致灾地质体。

4.1.6 此条为新增条文，由《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004 第 3.4.1.4 条第 2 款和第 3.4.1.5 条第 1 款扩展而成，此条要求不再限于抗滑桩。

4.1.7 此条为新增条文。

4.2 滑坡稳定性和支挡结构岩土荷载计算

4.2.1 附录 A 中的滑坡稳定性计算公式与现行《地质灾害防治工程勘查规范》DB50/T143-2018 一致。

4.2.4 设置支挡结构、采取排水措施后，地下水补给、径流、排泄条件将发生变化：截水沟设置、地面封闭、裂缝夯填会引起入渗深

度减小、入渗量减小，会使降雨的不利影响减小；挡墙、挡板、护面会引起强透水土体中水的排泄不畅，会使降雨的不利影响增大。这些都引起土体重度和水压力（包括后缘裂隙中的水压力）的变化，这将引起支挡结构岩土荷载发生变化。故进行滑坡支挡结构岩土荷载计算时，应考虑这种变化。

4.2.5 此条为新增条文，制订的目的是保证各设计工况和校核工况的稳定安全系数均满足要求。

4.2.6 本条为新增条文。将最下一级支挡结构前方未达到稳定的滑体忽略不计表示这部分滑体不参与为确定支挡结构上荷载所进行的稳定性计算。对单级支挡结构（如单排支护桩），最下一级支挡结构就是单级支挡结构本身。

4.2.7 各级支挡结构独立承担荷载的意思是：最上一级支挡结构负责承担其后滑体荷载，中间各级支挡结构负责承担本级与上一级支挡结构之间滑体荷载，最下一级支挡结构负责承担余下滑体荷载。为确定支挡结构岩土荷载而进行稳定性计算时，各级支挡结构涉及的滑体均视为独立的滑体。

4.2.8 滑坡支挡结构岩土荷载计算与滑坡稳定性计算有一些事项是相同的，如：水压力计算公式、库水位下降造成的地下水位线绘制。因内容较多，为避免与《地质灾害防治工程勘查规范》DB50/T143-2017 重复过多，本节不再列出相关规定。

4.2.9 本条为新增条文。按本条规定，沿既有滑面滑动而产生的岩土荷载与沿潜在滑面（包括土岩界面、层面、受岩土体强度控制的潜在滑面）滑动而产生的岩土荷载，力学性质是相同的，都是受稳定安全系数影响的力。

4.3 悬臂桩

Ⅱ 悬臂桩设计计算

4.3.6 本条是对《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029—2004第3.4.2.4条第1、2款关于水平承载力验算规定的修改，明确区分了悬臂桩嵌固段地基为完整、较完整或较破碎岩体和悬臂桩嵌固段地基为土体或破碎、极破碎岩体两种情况。

4.3.7 本条是对《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029—2004第3.4.2.4条第1款关于岩质地基水平承载力确定方法的修改。考虑到《地质灾害防治工程勘查规范》DB50/T143-2018(第11.7.1条)已经提供了岩质地基水平承载力确定方法，为避免重复，将提供公式的方式改为取勘察报告提供的数据。

4.3.8 特定结构面无论位于抗滑桩底面上方还是位于抗滑桩底面下方，都可能成为潜在破坏面，因此破坏面需从特定结构面通过。

例如，抗滑桩外侧岩体呈岩墙状，其破坏方式可能是滑动以外的破坏方式(如：倾倒、折断)，故除应计算抗滑稳定性外，还应按《地质灾害防治工程勘查规范》DB50/T143有关危岩稳定性计算的要求计算块体不受结构面抗剪强度控制的破坏方式(如：倾倒、折断)的稳定性。

4.3.21 搭接接头为1.3倍搭接长度。

4.4 预应力锚索

Ⅱ 预应力锚索设计计算

4.4.9 本条是对《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029—2004第3.5.2.4条锚索计算公式的修改。修改后的公式与第3.3.5条第1款要求的地质灾害防治工程设计原则一致。采用总安全系数法表达式后，锚索安全度有所提高。

4.5 格构锚固

Ⅱ　设计计算

4.5.10　本条是对《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004第3.6.2.2和3.6.2.3条锚杆计算公式的修改。修改后的公式与第3.2.8条第1、3款要求的地质灾害防治工程设计原则一致。采用总安全系数法表达式后，锚杆安全度有所提高。

Ⅲ　构造要求

4.5.22　此条为新增条文，引自《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2013。

4.7　重力式挡墙

Ⅱ　设计计算

4.7.3　此条是对《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004第3.8.2.3条的修改。

4.7.4　此条是对《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004第3.8.2.4条的修改。

重庆工程建设

5　危岩崩塌防治工程设计

5.2　危岩支挡结构岩土荷载计算

5.2.3　此条为新增条文。裂缝充填将使水压力减小；一定程度的削方使地形改变，造成危岩体积减小。这些都影响危岩稳定性，也影响危岩支挡结构岩土荷载。

5.2.5　此条为新增条文。一些危岩存在稳定性不满足要求的破坏方式不止一种的情况，此时如果忽略了一种破坏方式，有可能造成支挡后的危岩稳定性不满足要求的结果。做出本条规定是为了避免出现这种情况。

5.4　嵌补支撑

5.4.3　采用膨胀混凝土的目的是使支撑体与危岩体之间紧密接触。

5.9　引导防护网

5.9.1　设置在高陡斜坡中上部是为了能够控制、消耗危岩（危石）冲击能力，并将其引导到坡脚缓坡地带。

重庆工程建设

7　塌岸防治工程设计

7.1　一般规定

7.1.1　较短的折线或圆弧连接能减少凹脚造成的波能集中，设计中应尽可能采用圆弧连接。本条文与《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004 第 5.1.1.3 条相同。

7.1.3　一些护岸工程需要采用直立式护岸，本标准在《地质灾害防治工程设计规范》DB50/5029－2004 的基础上增加了直立式护岸设计。

7.2　斜坡式护岸

Ⅰ　一般要求

7.2.2　斜坡式护岸的坡率一般可采用 1∶1.50～1∶1.35。

7.2.6　斜坡式护岸还可采用护面墙、方格三维网、生态植草。

7.3　直立式护岸

Ⅰ　一般要求

7.3.7　此条是对直立式护岸的基础设计的规定，对各款做下列说明：

1　当地基岩层向水域倾斜时，将岩层凿平或做成台阶，可使承重面与重力线保持垂直。

2　明基床和混合基床往往受内河航道设计最低通航水位的

重庆工程建设

水深限制，容易侵占航道或内河码头水域，影响船舶航行。对此设计中应予以注意。

3 受洪流以及强风波浪的影响时，可使墙前底流速增大，抛石基床护肩宽度通常按 0.6 倍墙身宽或 1/4 波长考虑，有时护底宽度会不够，应采取适当延长护底宽度等措施。

Ⅱ 设计计算

7.3.9 在挡墙施工或运用过程中，各种荷载的大小及分布情况是随机变化的，因此应根据挡墙不同的工作条件和荷载机遇情况进行荷载组合。荷载组合的原则是：考虑各种荷载出现的机率，将实际上可能同时出现的各种荷载进行不利的组合，并将水位作为组合条件。本标准表 7.3.9 将作用在挡墙上的荷载组合分为基本组合和特殊组合两类；在基本组合中又可分为完建情况、正常运行水位情况、设计洪水位情况和冰冻情况四种，在特殊组合中又可分为两种情况，特殊组合Ⅰ中分为施工情况、校核洪水位情况两种，特殊组合Ⅱ只考虑遭遇地震情况。由于地震与设计洪水位或校核洪水位同时遭遇的机率极少，因此本标准规定，地震荷载只应与正常挡水位情况下的相应荷载组合。

如果挡墙遇到墙前水位降落的情况，应考虑水位骤降的工况。由于挡墙的稳定受水平力的影响较大，因此遇到有墙前水位降落的情况，挡墙设计时必须进行验算。

Ⅳ 构造要求

7.3.14 前趾长度与趾高或后踵长度与踵高的比值的取值，是根据基础底面平均压力及基础素混凝土设计强度等级或浆砌石的水泥砂浆设计强度等级确定的。

8　不稳定斜坡治理工程设计

本章是新增的一章。

8.1　一般规定

8.1.1　不稳定斜坡有几种类型，对不同类型有不同对策，区分不稳定斜坡破坏类型是治理设计的第一步。

8.1.2　有时同一个不稳定斜坡有几种破坏方式。此时不稳定斜坡治理设计应同时满足不同破坏方式的设计要求。

8.1.3　不稳定斜坡，无论何种破坏方式，受水的影响都很大，地表排水应是治理工程不可缺少的一部分。

8.4　滑移型斜坡

8.4.1、8.4.2　滑移型斜坡和滑坡的区别在于前者的滑面是潜在的，后者的滑面是既成的。滑移型斜坡失稳就是滑坡。治理滑移型斜坡是为了防止其滑动，治理滑坡是为了防止其继续滑动或再次滑动。因此，滑移型斜坡支挡结构岩土荷载计算与滑坡支挡结构岩土荷载计算有很多相同的地方，不同之处是，对受岩土体强度控制的斜坡，支挡结构岩土荷载计算时需要搜索最不利的滑面。

8.4.3　有放坡条件时，放坡是滑移型斜坡治理的有效措施。对放坡，本标准以稳定系数不小于稳定安全系数为统一要求。

重庆工程建设

9　地面塌陷防治工程设计

本章为本标准新增内容，对土体地面塌陷防治工程设计作出规定。

9.0.4　灌注孔间距一般为 8m～15m。

重庆工程建设

10　地质灾害防治工程检测与监测

10.2　检　测

10.2.1、10.2.2　锚杆的基本试验用于确定锚杆承载力，为工程设计及施工提供必要的依据。根据锚杆基本试验结果，必要时，可对锚杆数量、间距及施工方法进行调整。锚杆的验收试验，用于检验锚杆施工质量是否满足设计要求。

10.2.4　目前对桩的测试方法，通常采用静载荷试验、低应变动测、预埋管声波透射法和钻芯法试验。一般抗滑桩尺寸较大，水平承载力较高，静载荷试验从技术上难度较大。因此一般采用低应变动测、预埋管声波透射法。当桩长大于 15m 或桩径不小于 1.5m 时，应采用预埋管声波透射法；检测应符合《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的要求。

10.2.6　采用钻芯孔进行单孔或跨孔声波检测，可与钻孔芯样进行综合评定。

10.3　监　测

Ⅱ　监测网点布设

10.3.3　地质灾害防治工程监测网，由监测线（剖面）和监测点组成，监测网可分别建立高程网和平面网. 以能全面监测其变形方位、变形量、变形速度、时空动态及发展趋势，监测其致灾因素和相关因素。防治工程变形测量的实施，应按国家变形监测对沉降或位移的规定，分别选定测量点，埋设相应的标石标志。

高程控制网的布设，宜布设为闭合环、结点网或附合高程路

重庆工程建设

线，高程控制网可二次构网，分基本网、扩展网。扩展网可布设为闭合或附合高程路线。

平面控制网，宜按两个层次布设，即由控制点组成基准网、由观测点及所联测的控制点组成扩展网。基准网，可采用测角网、测边网、边角网、导线网或 GPS 网；扩展网和单一层次布网可采用角交会、边交会、边角交会、基准线或附合导线等形式。各种布网均应考虑网形强度，长短边不宜悬殊过大。

10.3.4 监测点设计布置，应选择有代表性的部位布置仪器，注意时空关系，控制关键部位。

埋设仪器位置，应选择能反映出预测的施工和运行情况，特别是关键部位和关键施工阶段的情况。在施工中尽早获取资料，并逐步修正设计。

10.3.7 位于不动体上的基准点和照准点，作为绝对位移监测点，要避免误选，在崩滑体或其它斜坡变形体上，同时应避开临空陡崖和被深大裂隙切割的岩块，以消除卸荷变形和局部变形的影响。

Ⅳ 监测周期及精度

10.3.24 治理工程监测，应满足控制施工强度、保证施工安全和判定防治工程效果的需要，其年限应为工程竣工后 1～3 年，且监测资料显示稳定后，需延长至少一个水文年。

10.3.25 对防治效果监测的周期，应视不良地质体的活跃程度及季节变化等情况而定。在雨季每半月或一月测一次，干旱季节可每季度测一次。如发现灾害变形速度增快，或遇暴雨、久雨、地震等情况时，应及时增加观测次数。在发现有大滑动可能时，应立即缩短观测周期，必要时，每天观测一次或数次。

重庆工程建设