

DB37

山 东 省 地 方 标 准

DB 37/T 3657—2019

地质灾害治理工程设计技术规范

Technical specification of design for geological hazard control engineering

2019 - 08 - 30 发布

2019 - 09 - 30 实施

山东省市场监督管理局 发 布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 基本要求 3

5 设计前期准备 4

 5.1 资料搜集 4

 5.2 现场踏勘与复核 4

6 崩塌（危岩体） 4

 6.1 一般要求 5

 6.2 设计计算 6

 6.3 柔性防护网 6

 6.4 锚固设计 8

 6.5 嵌补支撑设计 8

 6.6 填充及灌浆设计 9

 6.7 拦石墙设计 9

 6.8 排水工程设计 9

7 滑坡 10

 7.1 一般要求 10

 7.2 抗滑桩 10

 7.3 预应力锚索 12

 7.4 清方减载与回填反压 13

 7.5 碎石土回填 14

 7.6 加筋挡土墙 15

8 泥石流 15

 8.1 一般要求 15

 8.2 排导槽 15

 8.3 拦挡坝 16

 8.4 停淤场 18

 8.5 沟道整治 18

 8.6 坡面治理 19

 8.7 植被工程 19

 8.8 截排水 20

9 采空（区）塌陷 20

9.1 一般要求 20

9.2 灌注充填 20

9.3 回填 21

9.4 穿越和跨越 22

9.5 强夯 22

10 岩溶（区）塌陷 23

10.1 一般要求 23

10.2 充填法 23

10.3 跨越法 23

10.4 其它处理方法 23

11 不稳定斜坡 24

11.1 一般要求 24

11.2 重力式挡墙 24

11.3 扶壁式挡墙 25

11.4 削坡 27

11.5 锚喷支护 28

11.6 护坡工程 29

11.7 格构锚固 30

12 治理工程监测 34

12.1 一般要求 34

12.2 控制系统选择 35

12.3 变形观测控制网建立 35

12.4 监测内容 35

12.5 监测点布置 36

12.6 监测精度 37

12.7 监测周期和期限 37

12.8 监测与资料整理 37

13 材料试验与质量检测 37

13.1 一般要求 37

13.2 材料试验 38

13.3 质量检测 38

14 设计成果提交 38

14.1 一般要求 38

14.2 设计方案 39

14.3 设计施工图 39

附 录 A （资料性附录） 设计方案提纲 41

附 录 B （资料性附录） 图纸目录与标题栏参考样式 43

参考文献 44

前 言

本标准按GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由山东省自然资源厅提出、归口并监督实施。

本标准主要起草单位：山东省地质环境监测总站、山东省地质矿产勘查开发局八〇一水文地质工程地质大队、山东大学、山东省标准化研究院、山东省地矿工程集团有限公司、山东省地质矿产勘查开发局第二水文地质工程地质大队、山东省地质矿产勘查开发局第三水文地质工程地质大队、山东省地质测绘院、山东建勘集团有限公司、山东省物化探勘查院、山东正元地质资源勘查有限责任公司、山东泰山资源勘查有限公司、山东省第一地质矿产勘查院、中国建筑材料工业地质勘查中心山东总队。

本标准主要起草人：王庆兵、回寒星、韩景敏、杨颖、孟凡奇、张强勇、彭玉明、孟祥玲、孟祥科、常允新、姚春梅、李常锁、周金、吕昕冰、姜晓飞、秦耀军、李洪亮、范会凤、付宪章、武登辉、张世杰、高明波、李振峰、薛翊国、胡玉禄、罗艳艳、高焕毅、陈洪年、冯克印、赵庆亮、毛洁、谢孔金、孙文广、刘磊、孙亚廷、高赞东、董强、吴丽莉、孔涛、蒙永辉、赵振华。

本标准首次发布。

地质灾害治理工程设计技术规范

1 范围

本标准规定了地质灾害治理工程设计的术语和定义、基本要求、设计前期准备、崩塌（危岩体）、滑坡、泥石流、采空（区）塌陷、岩溶（区）塌陷、不稳定斜坡地质灾害治理工程设计、治理工程监测设计、材料试验与质量检测及成果提交等内容。

本标准适用于山东省境内开展崩塌（危岩体）、滑坡、泥石流、采空（区）塌陷、岩溶（区）塌陷、不稳定斜坡地质灾害施工图阶段治理工程设计。地裂缝地质灾害治理工程设计可根据所从属的地质灾害类型，按本规范及相关规范执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 706 热轧型钢
- GB/T 1499 钢筋混凝土用钢
- GB/T 5223 预应力混凝土用钢丝
- GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
- GB/T 8918 重要用途钢丝绳
- GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器
- GB 18306 中国地震动参数区划图
- GB/T 50001 房屋建筑制图统一标准（附条文说明）
- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 50010 混凝土结构设计规范（2015版）
- GB 50011 建筑抗震设计规范
- GB 50026 工程测量规范（附条文说明）
- GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范（附条文说明）
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范（附条文说明）
- GB/T 50290 土工合成材料应用技术规范（附条文说明）
- GB 50330 建筑边坡工程技术规范（附条文说明）
- GB 50334 城镇污水处理厂工程质量验收规范（附条文说明）
- GB/T 50344 建筑结构检测技术标准（附条文说明）
- GB 50010 混凝土结构设计规范
- GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范
- DZ/T 0221 崩塌、滑坡、泥石流监测规范
- DZ/T 0219 滑坡防治工程设计与施工技术规范

JGJ 8 建筑变形测量规范
 JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
 JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程(附条文说明)
 JGJ 79 建筑地基处理技术规范(附条文说明)
 JGJ 85 预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程
 JGJ 94 建筑桩基技术规范
 JGJ 98 砌筑砂浆配合比设计规程(附条文说明)
 JGJ 106 建筑基桩检测技术规范(附条文说明)
 JT/T 528 公路边坡柔性防护系统
 TB/T 3089 铁路沿线斜坡柔性防护网
 YB/T 5294 一般用途低碳钢丝
 T/CAGHP 021 泥石流防治工程设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地质灾害 geological harzard

由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滑坡、崩塌、泥石流、地裂缝、地面塌陷(采空塌陷、岩溶塌陷)等与地质作用有关的灾害。

3.2

地质灾害治理工程 geological hazard control engineering

为防止地质灾害的发生而对灾害体进行整治、对致灾地质作用进行预防和控制的活动及所形成的实体。

3.3

喷锚护坡 anchor-plate retaining

由锚杆、网筋、锚杆拉筋及喷射混凝土面层组成的护坡结构。

3.4

主动防护网 active net

采用锚杆和支撑绳固定方式将金属柔性网覆盖在具有潜在变形和不稳定的斜坡面上,实现坡面加固或限制落石运动范围的防护结构。

3.5

被动防护网 passive net

采用锚杆、钢柱、支撑绳和拉锚绳等固定方式,将金属柔性网以一定角度安装在斜坡面上,形成栅栏形式的拦石网,实现对坡面落石或飞石拦截的防护结构。

3.6

挡土墙 retaining wall

用来支承天然斜坡或人工边坡岩土体，防止边坡岩土体变形失稳的构筑物。

3.7

格构锚固 lattice anchor

由格构梁和其交叉点处设置的锚杆组成的滑坡与斜坡支挡结构。

3.8

抗滑桩 anti-slidepiles

由桩或桩上锚杆承担岩土荷载的滑坡与斜坡支挡结构，其中，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抗滑桩），由桩和桩上锚杆共同承担岩土荷载的支挡结构称为锚拉桩。

3.9

重力式挡墙 gravity retaining wall

主要靠混凝土或经砌筑的砖石材料自身重力发挥支挡作用的支挡结构。

3.10

支撑 support structure

由柱或墙承担上方危岩所施加荷载的支挡结构。

3.11

拦石墙 rockfall barrier wall

用于拦截落石的半刚性挡土墙。

3.12

拦石网 rockfall barrier net

用以阻止危岩下落或继续运动的柔性网。

3.13

拦渣坝 dam

用于拦蓄泥石流沟道中固体物质的坝体。

3.14

排导槽 draining canal

开敞式槽形过流构筑物。

3.15

信息法施工 construction of information

根据施工现场的地质情况和监测数据，对地质结论、设计参数进行验证，对施工安全性进行判断并及时修正设计方案和施工方案的方法。

4 基本要求

- 4.1 地质灾害治理工程设计，应以地质灾害治理工程勘查资料为基本依据，以地质灾害危害程度为重要参考，综合考虑工程地质、水文地质、气象水文、地理及人文环境、荷载、邻近建（构）筑物、施工条件和工期等因素，因地制宜，科学设计。
- 4.2 在地质灾害勘查有困难地区，或不能及时提供地质灾害勘查资料的应急治理工程，可根据经验采用工程类比法，按最不利条件，进行应急治理工程设计，再通过应急治理工程施工及地质灾害勘查收集地质资料，进行符合实际的设计变更。
- 4.3 开展地质灾害治理工程设计，应取得下列成果资料：
- a) 地质灾害平面图、剖面图，相邻建（构）筑物的结构及基础图等；
 - b) 治理区最新大比例尺地形图和地质图等；
 - c) 荷载及分布情况；
 - d) 地质灾害岩土体结构特征、工程地质及水文地质特征、地质灾害变形及稳定性；
 - e) 相关物理力学指标参数；
 - f) 地质灾害影响范围内的建（构）筑物、道路及地下管网分布等；
 - g) 施工条件等；
 - h) 其它与治理工程设计有关的资料。
- 4.4 位于水库区或河岸边的地质灾害治理工程设计，应考虑地表水位及地下水位变化对灾害体及地质灾害治理工程的影响。
- 4.5 地震基本烈度为Ⅶ度及以上的地区的地质灾害治理工程设计应考虑地震作用影响。
- 4.6 地质灾害治理工程设计拟采用的工程措施不应危及既有建（构）筑物的安全。
- 4.7 地质灾害治理工程拟采用的各项工程措施应根据现场条件复核。
- 4.8 设计成果包括设计报告及设计施工图纸，设计计算说明书、工程量计算书、费用预算书等作为附件一并提交。
- 4.9 优先使用绿色环保材料和工艺。
- 4.10 地质灾害治理工程设计应实行动态设计。

5 设计前期准备

5.1 资料搜集

设计编制前期应搜集的有关资料包括：

- a) 治理区相关科研报告、地质勘查报告等成果资料；
- b) 治理区地质、水文地质、工程地质、环境地质、矿产地质和气象水文等资料；
- c) 治理区经济社会及人类工程活动等资料；
- d) 治理区不同时间、不同比例尺地形图、遥感影像等资料；
- e) 治理区及附近区域地质灾害治理设计、治理效果及存在的问题等资料。

5.2 现场踏勘与复核

- 5.2.1 设计人员应进行现场踏勘。
- 5.2.2 设计前应对地质灾害基本特征、保护对象、影响因素、治理范围等进行现场复核。
- 5.2.3 现场踏勘和复核治理工程的布置位置施工可行性、治理工程涉及的永久和临时占地、施工用电、用水、原材料来源、施工弃碴堆放及其它影响治理工程的条件等。

6 崩塌（危岩体）

6.1 一般要求

- 6.1.1 崩塌（危岩体）治理措施包括支撑、锚固、充填、灌浆、卸载、拦石墙（堤）、拦石网、柔性防护网、防护林、截水、排水等，宜采用两种或两种以上措施联合使用。
- 6.1.2 具备支撑条件时，易优先采用支撑技术或具有支撑性能的综合治理设计方案进行危岩治理。
- 6.1.3 差异性风化凹腔形成的崩塌（危岩体）宜采用嵌补封闭治理设计方案，存在临空外倾结构面的危岩体宜采用锚固治理设计方案，锚杆（索）锚固段应置于外倾结构面以下稳定地层内，且不应使其处于受剪工作状态。
- 6.1.4 岩体坡面破碎或危岩单体特征不明确的危岩带宜优先考虑拦石墙、柔性防护网等治理设计方案。
- 6.1.5 位于陡崖上的危石及危岩体，宜采用卸载治理设计方案；当不宜清除或清除有困难时，可选择加固、拦截等治理设计方案。
- 6.1.6 滑移式危岩可根据危岩体的完整性采用卸载、锚杆（索）等治理设计方案，并应对危岩基座进行防护加固设计。
- 6.1.7 倾倒式危岩可采用锚固、嵌补支撑（或支撑+锚固）、卸载等治理设计方案，并应注意对危岩基座进行防护加固设计。
- 6.1.8 坠落式危岩可采用支撑（或支撑+锚固）、卸载等治理设计方案。
- 6.1.9 危岩崩塌防治区的未稳定陡崖和未稳定崩塌堆积体宜按不稳定斜坡进行治理设计。
- 6.1.10 受大气降水或地下水影响易产生崩塌或二次崩塌的陡斜坡应采用截排水治理设计。
- 6.1.11 在植被发育良好的区域，不宜设计大面积挂网喷射混凝土或混凝土注浆加固等措施。
- 6.1.12 采用危岩体卸载治理设计，应有有效的防护措施设计，避免造成次生灾害。
- 6.1.13 崩塌（危岩体）治理工程设计采用工况及相应工况的荷载组合应符合表 1 的规定。

表1 崩塌（危岩体）稳定性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

- 6.1.14 崩塌（危岩体）治理工程等级按危害对象、受灾程度等因素，宜按表 2 进行划分。
- 6.1.15 崩塌（危岩体）稳定安全系数取值宜根据治理工程等级和破坏模式按表 3 确定。

表2 崩塌（危岩体）治理工程级别划分

级别		I	II	III
危害对象		县级及以上城市	主要城镇或大型工矿企业、重要桥梁、国道专属设计	一般集镇、县级或中型工矿企业，省级及一般专项设施
受灾程度	危害人数/人	>1000	1000~500	<500
	直接经济损失/万元	>1000	1000~500	<500
	潜在经济损失/万元	>1000	1000~500	<500
注：按表中指标，有一项属于即列入该级别				

表3 崩塌（危岩体）稳定安全系数

破坏模式	治理工程等级					
	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：一般工况指现状工况和暴雨工况，校核工况指地震工况。						

6.2 设计计算

- 6.2.1 危岩支挡结构岩土荷载应根据危岩破坏方式，通过危岩稳定性计算确定。支挡后的危岩体稳定系数应等于或大于稳定安全系数。
- 6.2.2 计算危岩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、迳、排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。
- 6.2.3 滑移式危岩、坠落式危岩、倾倒式危岩设计支挡结构时，所需支挡力应计算确定。
- 6.2.4 当破坏方式不止一种时，各种破坏方式下危岩支挡结构岩土荷载均应进行计算，并应取其中最大值进行设计；也可先取可能性较大的某种破坏方式进行危岩支挡结构岩土荷载进行设计，然后以该岩土荷载的反力作支挡力对另一种破坏方式进行稳定性验算。

6.3 柔性防护网

6.3.1 一般要求

- 6.3.1.1 柔性防护网分为主动防护网和被动防护网两种形式。
- 6.3.1.2 编网、支撑绳及拉锚系统所用钢丝绳应符合 GB/T 8918 有关要求。
- 6.3.1.3 格栅编织用钢丝应符合 YB/T 5294 有关要求。
- 6.3.1.4 环形网用钢丝应符合 YB/T 5294 有关要求。
- 6.3.1.5 钢柱构件钢材应符合 GB/T 700 有关要求，并进行防腐处理。热轧工字钢应符合 GB/T 700 和 GB/T 706 有关要求。
- 6.3.1.6 钢丝绳网、钢柱、基座及连结件、减压环、缝合绳、支撑绳及钢丝绳锚杆符合 JT/T 528 有关要求。
- 6.3.1.7 主动防护网、被动防护网的钢丝网、支撑绳、钢立柱、拉绳、锚杆等材料的防腐、防侵蚀性能应符合 JT/T 528 有关要求。

6.3.2 主动防护网

- 6.3.2.1 应根据地层结构、产状、节理裂隙发育、变形特征等选择主动防护网的布置范围及主动防护网规格。
- 6.3.2.2 主动防护网常见规格、构成及功能应符合 JT/T 528 有关要求。
- 6.3.2.3 主动防护网设计应进行锚杆最小抗剪力计算及坡面整体安全性验算。
- 6.3.2.4 锚杆可采用双股钢丝绳锚杆，钢丝绳直径宜为 16 mm，也可采用钢筋锚杆。上沿锚杆设计抗拔力不宜小于 80 kN，其余锚杆设计抗拔力不宜小于 50 kN。锚杆长度应根据计算确定，且不宜小于 2 m。钢筋锚杆孔径应大于杆体直径 12 mm 以上；双股钢丝绳锚杆孔径应大于钢丝绳 2 倍直径的 10 mm 以上。

6.3.2.5 钢丝绳网的规格，宜采用 D0/08/300 型钢丝绳网，宜选用 4 m×4 m 网片。一般采用单层钢丝绳网铺挂，对局部大体积危岩或崩塌体，可采用双层钢丝绳的加强型主动防护，锚杆抗拔力应不宜小于 104 kN。

6.3.2.6 横向支撑绳宜采用不小于 Φ16 钢丝绳，纵向支撑绳宜采用不小于 Φ12 钢丝绳；设置双层钢丝绳网的区域纵横支撑绳均宜采用不小于 Φ16 钢丝绳。每根钢丝绳的实际长度应在设计铺设长度的基础上两端各增加 1 m 作为与锚杆固定连接的预留长度。

6.3.2.7 当支撑绳铺设长度小于或等于 10 m 时支撑绳两端应用 2 个同型号的绳卡固定；当铺设长度大于 10 m 且小于 30 m 时应在钢丝绳两端采用 3 个同型号的钢丝绳卡固定；当铺设长度大于 30 m 时两端应用 4 个同型号绳卡固定。

6.3.2.8 缝合绳宜为直径 8 mm 钢丝绳，每张钢丝绳网宜用一根缝合绳缝合，其长度按能实现网与周边支撑绳或是临近网缝合来确定，每根缝合绳两端各用 2 个 8 mm 绳卡固定。

6.3.2.9 在钢丝绳网下铺一层钢丝格栅，宜采用直径为 2.2 mm 的热镀锌钢丝，编制成网孔宜为 50 mm×50 mm 的钢丝格栅，格栅间用 1.2 mm 铁丝绑扎，绑扎间距不宜大于 1 m。

6.3.3 被动防护网

6.3.3.1 被动防护网常见规格、构成及功能应符合 JT/T 528 有关规定和要求。

6.3.3.2 被动防护网设计应进行滚石速度、弹跳高度、落石冲击动能及落距计算。

6.3.3.3 滚石试验宜在现场进行，为被动防护网设计提供参数。

6.3.3.4 在计算最大弹跳高度基础上增加 1 m 作为防护高度安全储备，且被动防护网高度不小于 3 m。

6.3.3.5 被动防护网走向布置范围应超过落石可能危及范围不小于 10 m；分段布置时，每段间应沿走向有一定的长度重叠，重叠长度不小于 5 m。

6.3.3.6 钢柱间距宜为 6 m~12 m，应选用标准化的基座、连接件和地脚螺栓锚杆。

6.3.3.7 宜选用双股 16 mm 钢丝绳锚杆作为拉绳锚杆，其长度宜参照表 4 中系统高度、锚杆长度及抗拔力要求综合确定。

6.3.3.8 拉锚系统包括上拉锚绳、侧拉锚绳和中间加固拉锚绳，锚绳数量、锚绳材料规格及减压环使用应根据选用的被动防护网系统类型确定。

6.3.3.9 防护网应设置双绳形式的上下支撑绳，支撑绳材料规格根据选用被动防护系统类型确定，且每跨内上下支撑绳分别设置 1/1、2/2、2/4 个减压环。当被动防护网的长度大于 70 m 时，应按单根支撑绳的跨越长度且不超过 50 m 分段设置。

表4 系统高度、锚杆长度、抗拔力对照表

系统高度 (m)	2	3	4	5	6	7
上拉锚杆长度与抗拔力 (m/kN)	1.5/40	1.5/40	2/50	2/50	2.5/60	2.5/60
侧拉锚杆长度与抗拔力 (m/kN)	2/50	2/50	2.5/60	2.5/60	3/80	3/80
下拉锚杆长度与抗拔力 (m/kN)	1.5/40	1.5/40	2/50	2/50	2.5/60	2.5/60
中间加固拉锚杆长度与抗拔力 (m/kN)	1.5/40	1.5/40	2/50	2/50	2.5/60	2.5/60

6.3.3.10 单片钢丝绳网长度宜选用 5 m，网宽度与系统高度相同，当系统高度大于或等于 6 m 时，应采用其它宽度网来拼接；当系统网底线水平面夹角大于 5° 时应考虑配置相应斜角的菱形钢丝绳网。

6.3.3.11 减压环应根据钢丝绳规格配置。

6.3.3.12 当需要拦截小块落石时，应配置钢丝格栅，选用网孔直径不宜大于 $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ 的钢丝格栅，钢丝绳网与钢丝格栅间应采用铁丝绑扎，绑扎间距不宜小于 1 m。

6.3.3.13 不同规格钢丝绳应采用不同的绳卡规格和标准紧固力。

6.4 锚固设计

6.4.1 规模较大、主控结构面开度较宽的倾倒式危岩体或滑移式危岩体，宜采用预应力锚索锚固治理设计方案。

6.4.2 完整性较差的危岩体采用肋柱锚杆锚固，肋柱宜采用 C30 混凝土沿岩面现场浇筑，宽度不宜小于 300 mm，高度不宜小于 400 mm。

6.4.3 完整性较好的危岩体可采用点锚锚固。

6.4.4 倾倒式危岩体采用预应力锚杆锚固时，宜施加 30 kN~50 kN 的低预应力；滑移式危岩体及坠落式危岩体可采用全长粘结非预应力锚杆锚固。

6.4.5 锚杆及锚索间距应以所设计的轴向拉力值对危岩体提供的锚固力最大为原则，且不宜大于 $3.5\text{ m} \times 3.5\text{ m}$ ；锚杆及锚索的倾角宜取 $10^{\circ} \sim 35^{\circ}$ ，锚杆竖向间距不宜小于 2.5 m，水平间距不宜小于 2.0 m，边缘排锚杆距离岩体边缘不宜小于 0.6 m，锚杆伸入主控结构面后部稳定母岩的锚固长度不宜小于 3 m~4 m。

6.4.6 锚杆（索）总长不宜大于 50 m。自由段长度受稳定岩层界面控制时，在设计中应考虑自由段伸入主控结构面的长度不宜小于 0.5 m，自由段长度不宜小于 3 m~5 m。张拉段长度应根据张拉机具决定，锚索外露部分长度宜为 1.5 m。

6.4.7 锚固砂浆强度等级不宜低于 M30。

6.4.8 预应力锚杆的预应力张拉值不宜大于 200 kN、锚索的预应力张拉值可大于 500 kN。

6.4.9 锚杆应按耐久性设计，应考虑 2 mm~4 mm 的预留混凝土腐蚀厚度。

6.5 嵌补支撑设计

6.5.1 嵌补支撑体可设计采用浆砌条石或片石、现浇混凝土或条石混凝土，砂浆强度不宜低于 M7.5，混凝土宜采用 C20 素混凝土，柱支撑应采用钢筋混凝土。

6.5.2 设计嵌补支撑时，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，应符合现行相关规范要求。

6.5.3 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 10 cm~20 cm 的范围应采用膨胀混凝土，确保支撑体与危岩体之间的有效接触并受荷传荷。

6.5.4 危岩嵌补支撑体结构可采用墙撑、柱撑、墩撑、拱撑。

6.5.5 支撑柱高度不宜大于 10 m，超过 10 m 应做压杆失稳验算。

6.5.6 浆砌条石支撑的截面尺寸不宜小于 0.8 m，混凝土支撑的截面尺寸不宜小于 0.6 m。

6.5.7 墙撑结构顶部距离危岩体底部 10 cm~20 cm 范围内，宜采用膨胀混凝土，使支撑体与危岩体之间紧密接触。

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

6.5.9 柱撑宜采用强度不宜低于 C30 钢筋混凝土现场浇筑。柱长超过 3 m 时，每隔 3 m 设置一道横系梁，并锚固到危岩体上，横系梁宜用强度不宜低于 C30 钢筋混凝土。

6.5.10 拱墙撑拱顶不宜小于 500 mm、矢拱度宜取 0.25~0.30，拱边墙宽不宜小于 1.5 m。

6.5.11 承载型墙撑的拱、柱基脚嵌入岩石深度不宜小于 0.5 m，墙、柱基础外边缘距坡面距离不宜小于 1.5 m，否则应采用锚杆加固。

6.5.12 支撑体底部应分台阶清除至中风化岩层。

6.6 填充及灌浆设计

6.6.1 当危岩体顶部存在比较明显的裂隙时，应采用灌浆封闭治理设计方案；当危岩体底部出现比较明显的岩腔等缺陷时，一般采用填充治理设计方案。

6.6.2 填充和灌浆应采用砂浆和细石混凝土，裂隙开度较小时可采用砂浆，较大时可采用细石混凝土。

6.6.3 危岩体中结构面应进行无压灌浆处理，灌浆孔宜陡倾，灌浆孔倾角 $10^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ，孔径 $\Phi 60 \text{ mm} \sim \Phi 110 \text{ mm}$ ，并在裂缝前后 3 m~5 m 内按照梅花型布设，灌浆孔应穿越主控结构面。

6.6.4 灌浆材料应具有一定的流动性，砂浆等级不宜小于 M20，灌浆材料中宜加入适量的缓凝剂。

6.7 拦石墙设计

6.7.1 拦石墙分为普通式和桩板式两种类型。

6.7.2 桩板式拦石墙由桩、板、加筋土体及防护(撞)栏组成，桩间板可为预制槽型板，桩、板后部的土堤为加筋土体。

6.7.3 拦石墙墙高不宜大于 8 m，冲击侧应填筑厚度不宜小于 60 cm 缓冲层，内侧应设置落石槽，落石槽断面应为倒梯形，墙体迎水面坡比 1:0.5~1:0.8 并用块石护坡。槽底应设置排水盲沟。

6.7.4 应根据地形、地质条件、落石运动路径和施工条件综合考虑拦石墙的布置，将拦石墙置于落石与下垫面冲击点外侧 2 m 左右。

6.7.5 拦石墙结构尺寸大小应根据落石冲击力计算确定，拦石墙应按有关规定和要求进行抗滑移、抗倾覆、墙身自身强度和地基承载力等验算。

6.7.6 拦石墙可用块石砌筑或填土夯实构成，通常考虑桩板式结构，墙顶宽不宜小于 2 m。墙背缓冲堤应分层填筑，压实度不宜小于 85%，并应保证其自身稳定。必要时，可用加筋土，表面可用片石护坡。

6.8 排水工程设计

6.8.1 排水工程应包括排除坡面水、地下水和减小坡面水下渗等措施。坡面排水、地下排水和减小坡面水下渗措施宜统一考虑，并形成相辅相成的排水和防渗体系。

6.8.2 地表排水设置应根据崩塌(危岩体)地表周围汇水情况确定，可采用梯形、矩形明沟排水，受地形地质条件限制时也可采用复合结构。

6.8.3 地下排水设施应采取反滤措施。

6.8.4 危岩体内地下水比较丰富时，宜在危岩体中、下部或支撑体内钻设排水孔，孔径 $\Phi 65 \text{ mm} \sim \Phi 110 \text{ mm}$ ，坡度大于 5%，排水孔应穿越渗透结构面。

6.8.5 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。

6.8.6 排水沟宜用浆砌片石或块石砌筑，地质条件较差可用毛石混凝土或素混凝土。排水沟砌筑砂浆标号宜用 M7.5~M10，对坚硬块片石砌筑排水沟用比砌筑砂浆高 1 级标号砂浆进行勾缝。毛石混凝土或素混凝土标号宜采用 C20~C25。

6.8.7 排水沟沟底及边墙应设置伸缩缝，缝间距宜为 10 m~15 m，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采用。

6.8.8 排水设施纵坡不宜小于 3‰，地下排水设施纵坡不宜小于 5‰。

7 滑坡

7.1 一般要求

7.1.1 滑坡治理工程措施主要包括抗滑桩、抗滑挡墙、预应力或非预应力锚杆（索）、反压护道、清方减载、支撑盲沟、截排水沟等。

7.1.2 滑坡治理设计一般选用综合治理方案，设计治理工程措施应针对主要引发因素和滑坡的力学特征进行选择。

7.1.3 滑坡支挡结构岩土荷载应视为考虑支挡结构重要性系数作用后的荷载设计值。当设计需要确定滑坡支挡结构岩土荷载标准值时，岩土荷载标准值宜取岩土荷载设计值的 0.8 倍。

7.1.4 滑面深度不同时，滑坡支挡结构设计应充分考虑相应支挡结构岩土荷载大小、分布范围和作用点位置的不同。

7.1.5 滑坡支挡结构设计应采用最不利的岩土荷载。当最不利的岩土荷载不明确时，支挡结构设计应检验在不同滑面的岩土荷载作用下支挡结构是否满足要求，当不满足要求时，应调整设计直至满足要求。

7.1.6 当滑坡治理工程设计涉及地形和地表荷载的改变且地形和地表荷载的改变可能造成新的致灾地质体时，应进行相应稳定性计算。

7.1.7 滑坡支挡结构位置应选在所需支挡力较小、滑体厚度较小或抗滑地段，但应避免滑坡一部分从支挡结构后方或上方滑出。

7.1.8 滑坡支挡结构级数与位置应根据地质情况和控制变形需求的差异，通过技术经济比较择优确定。

7.1.9 滑坡沿滑向的地质情况变化大时，支挡结构级数与位置宜通过计算确定。

7.1.10 应对设计工程治理的滑坡进行稳定性验算，确定治理后滑坡的稳定性。

7.1.11 根据受灾对象、受灾程度、施工难度和工程投资等因素，滑坡治理工程级别按 DZ/T 0219 有关要求要求进行。

7.1.12 滑坡荷载及强度标准按 DZ/T 0219 有关规定和要求进行。

7.1.13 滑坡治理工程设计安全系数按 DZ/T 0219 有关规定和要求进行。

7.1.14 滑坡截排水工程设计可参考 DZ/T 0219 有关规定和要求进行。

7.2 抗滑桩

7.2.1 一般要求

7.2.1.1 采用抗滑桩对滑坡进行分段阻滑时，每段以单排布置为主，若弯矩过大，应采用预应力锚拉桩。

7.2.1.2 抗滑桩桩长应小于 35 m，对于滑带埋深大于 25 m 的滑坡，设计采用抗滑桩阻滑时，应充分论证其可行性。

7.2.1.3 抗滑桩间距(中对中)宜为 5 m~10 m。抗滑桩嵌固段应嵌入滑床中，长度为桩长的 1/3~2/5。应在桩间设钢筋砼或浆砌块石拱形挡板。在重要建筑区，抗滑桩之间应用钢筋砼联系梁联接，以增强整体稳定性。

7.2.1.4 抗滑桩截面形状以矩形为主，截面宽度一般为 1.5 m~2.5 m，截面长度一般为 2.0 m~4.0 m。当滑坡推力方向难以确定时，宜采用圆形桩。

7.2.1.5 抗滑桩按受弯构件设计；对利用抗滑桩作为建筑物桩基的工程，应按 JGJ 94 有关要求对桩基竖向承载力、桩基沉降、水平位移和挠度验算，应考虑地面附加荷载对桩的影响。

7.2.2 设计计算

7.2.2.1 抗滑桩所受推力可根据滑坡的物质结构和变形滑移特性，按三角形、矩形或梯形分布考虑。

7.2.2.2 抗滑桩设计荷载包括滑坡体自重、孔隙水压力、渗透压力、地震力等。跨越库水位线的滑坡应考虑每年库水位变动时对滑坡体产生的渗透压力。

7.2.2.3 抗滑桩推力应按滑坡滑动面类型参考 DZ/T 0219 有关规定和要求计算确定。

7.2.2.4 抗滑桩桩前应进行土压力计算。若被动土压力小于滑坡剩余抗滑力时，桩的阻滑力按被动土压力考虑。被动土压力计算参考 DZ/T 0219 有关规定和要求进行。

7.2.2.5 布置于库(河)水位一带的抗滑桩可不考虑滑体前缘的抗力，即抗滑力为零，但应进行嵌固段侧压力验算。

7.2.2.6 抗滑桩受荷段桩身内力应根据滑坡推力和阻力计算，嵌固段桩身内力应根据滑面处的弯矩和剪力按地基弹性的抗力地基系数概念计算。

7.2.2.7 抗滑桩嵌固段桩底支承根据滑床岩土体结构及强度，可采用自由端、铰支端或固定端。

7.2.2.8 抗滑桩的稳定性与嵌固段长度、桩间距、桩截面宽度，以及滑床岩土体强度有关，可参照 DZ/T 0219 有关围岩最大侧向压力计算公式计算确定。

7.2.2.9 抗滑桩嵌固段的极限承载能力与桩的弹性模量、截面惯性矩和地基系数有关。在进行内力计算时，可参照 DZ/T 0219 有关规定和要求进行；判定抗滑桩属刚性桩还是弹性桩，宜选取相应的内力计算公式。

7.2.2.10 当滑坡对抗滑桩产生的弯矩过大时，宜采用预应力锚拉桩，桩身可按弹性桩计算。

7.2.2.11 矩形抗滑桩纵向受拉钢筋配置数量应根据弯矩图分段确定，应参照 DZ/T 0219 有关规定和要求，对矩形抗滑桩截面积进行计算；应对矩形抗滑桩进行斜截面抗剪强度验算，确定箍筋的配置。

7.2.2.12 抗滑桩桩底支承可采用自由端或铰支端。

7.2.2.13 桩的最大变形不应超过容许值。

7.2.2.14 抗滑桩的混凝土结构应按 GB 50010 有关规定和要求计算确定。

7.2.3 构造要求

7.2.3.1 桩顶宜埋置于地面以下 0.5 m，但应保证滑坡体不越过桩顶。当有特殊要求时，桩顶可高于地面。

7.2.3.2 桩身混凝土可采用普通混凝土，混凝土强度等级宜为 C20、C25 或 C30。应分析地下水或环境土对混凝土侵蚀性，并采取有效处理措施。

7.2.3.3 抗滑桩井口应设置锁口，桩孔位于土层和风化破碎的岩层时宜设置护壁，锁口和护壁混凝土强度等级不低于 C15。

7.2.3.4 纵向受拉钢筋应采用 II 级以上的带肋钢筋或型钢。

7.2.3.5 抗滑桩纵向受力钢筋直径不小于 16 mm，净距不小于 120 mm。用束筋时，每束不多于 3 根。当配置单排钢筋有困难时，可设置 2 排或 3 排，排距控制在 120 mm~200 mm。受力钢筋混凝土保护层不小于 50 mm。

7.2.3.6 纵向受力钢筋的截断点应按照 GB 50010 有关规定和要求执行。

7.2.3.7 抗滑桩内不宜设置斜筋，可采用调整箍筋的直径、间距和桩身截面尺寸等措施，满足斜截面的抗剪强度。

7.2.3.8 箍筋采用封闭式，肢数不多于三肢，直径 10 mm~16 mm，间距小于 500 mm。

7.2.3.9 抗滑桩的两侧和受压侧，应适当配置纵向构造钢筋，直径不小于 12 mm，间距为 400 mm~500 mm。桩的受压边两侧，应配置架立钢筋，直径不小于 16 mm。当桩身较长时，纵向构造钢筋和架立钢筋的直径应适当加粗。

7.2.3.10 钢筋的接长等应符合钢筋混凝土构件的构造要求。

7.2.3.11 钢筋应采用焊接、螺纹或冷挤压连接。接头类型以对焊、帮条焊和搭接焊为主。当受条件限制应在孔内制作时，纵向受力钢筋应以对焊或螺纹连接为主。

7.2.3.12 当采用预应力混凝土时，除应满足 GB 50010 有关规定和要求外，还应符合下列要求：

- a) 预应力施加方法宜采用后张法，如采用先张法时，应充分论证其可靠性；
- b) 预应力筋宜为低松弛高强钢绞线；
- c) 下端锚固于桩身下部 3 m~5 m 范围内，锚固段内，应根据计算布置钢筋网片；
- d) 上段锚固应选用可靠的锚具，并在锚固部位预埋钢垫板，垫板应与锚孔垂直；
- e) 水泥砂浆强度等级不低于 M25。

7.3 预应力锚索

7.3.1 一般要求

7.3.1.1 预应力锚索的锚固段应设置于稳定地层中。

7.3.1.2 重力注浆的锚索倾角不宜小于 15° 。

7.3.1.3 预应力锚索的设计应符合下列要求：

- a) 锚杆孔成孔方式及锚杆预应力对被加固结构物、相邻结构物及地层不产生有害影响，施加预应力产生的位移能控制在允许范围之内；
- b) 永久性锚杆的有效寿命不应小于被加固结构物的服务年限；
- c) 设计采用的参数应通过试验取得。

7.3.1.4 预应力锚索主要由内锚固段、张拉段和外锚固段三部分构成。预应力锚索材料宜采用低松弛高强度钢绞线加工，应满足 GB/T 5224 有关规定和要求。

7.3.1.5 预应力锚索长度一般不超过 50 m，单束锚索设计吨位宜为 500 kN~2 500 kN 级，不宜超过 3 000 kN 级。预应力锚索布置间距宜为 4 m~10 m。

7.3.1.6 相邻锚索不宜等长设计，可根据岩体强度和完整性交错布置，长短差 2 m~5 m。

7.3.1.7 预应力锚索设计时宜进行拉拔试验，试验内容包括内锚固段长度确定、砂浆配合比、拉拔时间、造孔、钻孔及钻具选定等。

7.3.2 设计计算

7.3.2.1 作用于锚索结构物上的荷载种类有土压力、推力、水平地震力等。进行预应力锚杆设计时，一般情况下可只计算主力，在浸水和地震等特殊情况下，还应计算附加力和特殊力。

7.3.2.2 预应力锚索轴向拉力（锚固力）设计值应根据滑坡推力或大于滑坡推力的主动土压力确定。

7.3.2.3 应对预应力锚索轴向拉力设计值进行计算，预应力锚索轴向拉力设计值应小于或等于预应力筋的抗拉强度设计值。

7.3.2.4 锚索预应力筋的截面尺寸应根据 GB 50330 有关规定和要求计算确定。

7.3.2.5 预应力锚索采用粘结型锚固体时，锚固段长度应根据 GB 50330 有关规定和要求计算，并取其中的大者。

7.3.2.6 锚固段长度应通过计算确定，且不宜小于 4 m 或大于 10 m；自由段长度不宜小于 5 m；外锚段长度应根据张拉机具确定，外锚段长度一般为 1.5 m 左右。

7.3.2.7 预应力锚杆锚固段注浆体的抗压强度，应根据锚杆的结构类型和锚固地层确定。

7.3.2.8 压力分散型或拉力分散型锚杆的单根锚固长度不小于 15 倍锚杆孔直径。

7.3.2.9 压力分散型锚杆，应验算注浆体轴向承压力。注浆体的轴心抗压强度应考虑局部受压与注浆体侧向约束的有利影响，由试验确定。

7.3.2.10 永久性预应力锚杆的预应力锁定值应不小于拉力设计值。

7.3.2.11 锚索间距应考虑锚索相互作用的不利影响，一般情况下宜大于 4 m。若间距小于 4 m，应按 DZ/T 0219 有关规定和要求进行群锚效应分析。

7.3.2.12 预应力锚具及联接锚杆杆体的受力部件，均应能承受 95 % 的杆体极限抗拉力。

7.3.2.13 锚头设计应满足下列要求：

- a) 锚头及其部件的承载力应与锚杆最大荷载相匹配；
- b) 工作锚具应有可靠的锚固性能、耐久性能和可以重复使用的特点；
- c) 锚头结构形式应有利于孔口设备的布置、安装和使用；
- d) 垫墩与围岩接触面应力不致引起锚具破坏或产生较大位移；
- e) 承压钢垫板几何尺寸应由锚杆荷载的大小确定；
- f) 锚头应具备良好的防腐性能。

7.3.2.14 预应力锚索倾角宜由施工条件确定，也可根据 DZ/T 0219 推荐的理论公式和实际经验综合考虑其最优倾角。

7.3.3 构造设计

7.3.3.1 锚杆的预应力筋材料宜用钢绞线、高强度钢丝或高强精轧螺纹钢筋。永久性预应力锚索、对穿型锚杆及压力分散型锚杆的预应力筋应采用无粘结钢绞线。当预应力值较小或锚杆长度小于 20 m 时，预应力筋也可采用 HRB400 钢筋或 HRB500 钢筋。

7.3.3.2 预应力锚索所采用的钢绞线应符合 GB/T 5223 及 GB/T 5224 有关规定和要求。

7.3.3.3 预应力锚杆的锚固段注浆材料宜选用纯水泥浆或水泥砂浆等胶结材料，其抗压强度不应低于 30 MPa。压力分散型锚杆锚固段注浆体抗压强度不宜低于 40 MPa。

7.3.3.4 锚固段内的预应力筋每隔 1.5 m~2.0 m 应设置隔离架。永久性拉力型或拉力分散型锚杆锚固段内的预应力筋宜外套波形管，预应力筋的保护层厚度不应小于 20 mm。

7.3.3.5 自由段预应力筋宜采用塑料套管的双重防腐，套管与孔壁间应注满水泥砂浆或纯水泥浆。

7.3.3.6 锚头垫墩宜采用混凝土，强度等级不应低于 C30，厚度不宜小于 100 mm。

7.3.3.7 锚头钢垫板和垫墩的承力面应垂直于锚杆孔轴线，其偏差角度不宜大于 $\pm 2^\circ$ 。

7.3.3.8 预应力锚索应设置对中支架（架线环），对中支架可用钢板或硬塑料加工。每隔 1.5 m~3.0 m 设置一个对中支架。

7.3.3.9 注浆管采用高压胶管或塑料软管加工，直径（曲）宜为 25 mm。注浆完毕后，应拔出注浆管。

7.3.3.10 固结砂浆用砂含泥量不超过总重量的 3 %；云母及轻物质含量不超过总重量的 3 %；有机质含量可用比色法试验，不应深于标准色。

7.3.3.11 可在砂浆中掺入 0.3 % 的三乙醇胺等无腐蚀性添加剂。添加剂使用应符合 GB 50119 有关规定和要求。

7.3.3.12 预应力锚杆（索）所用锚具应符合 JDJ 85 有关规定和要求。

7.3.3.13 应在工程设计施工图上注明锚具的型号、标记和锚固性能参数。

7.3.3.14 垫墩结构类型应根据坡面的岩土体性质选择，岩土体完整性较好时选择单墩结构、岩土体完整性较差时选择连墩结构（竖向连墩或横向连墩）；松散堆积层或土质坡面可选择钢筋混凝土板或钢筋混凝土格构。

7.3.3.15 预应力锚杆（索）永久性防护涂层材料应满足以下各项要求：

- a) 对钢筋（钢绞线）具有防腐蚀作用；
- b) 与钢筋（钢绞线）有牢固的粘结性，且无有害反应；
- c) 与钢筋（钢绞线）同步变形，高应力状态下不致脱壳、开裂；
- d) 良好的化学稳定性，在强碱条件下不降低其耐久性。

7.4 清方减载与回填反压

7.4.1 一般要求

- 7.4.1.1 采用清方减载与回填反压治理设计时，宜同时进行边坡环境整治、坡面绿化和排水处理。
- 7.4.1.2 清方区上部坡体较陡时应分析计算削方对坡体稳定性影响，不得因削方造成上部坡体滑移变形。
- 7.4.1.3 边坡较高时应分级放坡，设置马道；分级放坡时应验算边坡整体稳定性和分级稳定性。

7.4.2 清方减载

- 7.4.2.1 清方减载适用于推移式滑坡、崩塌、不稳定斜坡等地质灾害治理。
- 7.4.2.2 清方减载可作为地质灾害治理的辅助性措施。
- 7.4.2.3 清方减载设计，应同时考虑土石方的利用或废弃，应将弃碴场和运碴道路工程一并纳入设计。
- 7.4.2.4 植被发育分布区，不应布置为削方范围；清方减载设计应包括恢复植被的内容。
- 7.4.2.5 当开挖高度大时，应沿滑坡倾向设置多级马道，沿马道应设横向排水沟。边坡开挖设计时，应确定纵向排水沟位置，并且与城市或公路等排水系统衔接。
- 7.4.2.6 削方减载后形成的边坡高度大于 8 m 时，应分段开挖，边开挖边护坡，护坡之后可允许开挖至下一个工作平台，严禁一次开挖到底。根据岩土体实际情况，分段工作高度为 3 m~8 m。
- 7.4.2.7 边坡高度大于 8 m，应采用喷锚网、钢筋砼格构等护坡。如果高陡边坡设有马道，坡顶开口线与马道之间，马道与坡脚之间，可采用格构护坡。
- 7.4.2.8 边坡高度小于 8 m，可以一次开挖到底，采用浆砌块石挡墙等护坡。
- 7.4.2.9 当堆积体或土质边坡高度超过 10 m 时，应设马道放坡，马道宽宜为 2.0 m~3.0 m。当岩质边坡高度超过 20 m 时，应设马道放坡，马道宽宜为 1.5 m~3.0 m。
- 7.4.2.10 机械开挖应预留 0.5 m~1.0 m 保护层，人工开挖至设计位置。
- 7.4.2.11 采用爆破方法对后缘滑体或危岩体进行削方减载，应专门对周围环境进行调查，评估爆破振动对整体稳定性的影响和爆破飞石对周围环境的危害。
- 7.4.2.12 在清除表层危岩体和确保施工安全的情况下，尽可能采用光面爆破或预裂爆破。凿岩一般 3 m~4 m，由上至下一次成型，对局部地段修整成型。
- 7.4.2.13 块石爆破采用岩体内浅孔爆破与块体表面聚能爆破相结合的方式实施。

7.4.3 回填反压

- 7.4.3.1 回填反压工程，一般布置在滑坡前缘地势平缓、地层稳定的地段，应根据地形地质条件，选择单一的回填反压工程或带有支挡构筑物的复合型回填反压工程。当地面横坡为 1:5~1:2.5 时，基底应设置台阶，台阶宽不宜小于 2 m。
- 7.4.3.2 回填反压工程应设置马道，其宽度应大于或等于 2 m。回填反压工程的边坡高度、采用坡率及断面形式，可按圆弧法计算确定。
- 7.4.3.3 回填反压工程不应堵塞地下水的出口。
- 7.4.3.4 回填反压工程宜采用渗水性较强、重度较大的块石或碎石土作填料，采用土质填料时，应作好地基排水和坡面防护。

7.5 碎石土回填

- 7.5.1 采用土石等材料堆填滑坡体前缘，以增加滑坡抗滑能力，提高其稳定性。
- 7.5.2 填料宜采用碎石土，碎石土碎石粒径宜小于 8 cm，碎石土中碎石含量 30 %~80 %。碎石土最优含水量需做现场碾压试验，含水量与最优含水量误差小于 3 %。
- 7.5.3 碎石土应碾压或夯实，距表层 0 cm~80 cm 填料压实度应大于 93 %，距表层 80 cm 以下填料压实度应大于 90 %。

7.5.4 库(河)水位变动带的回填措施应对回填体进行地下水渗流和库岸冲刷处理,设置反滤层和设置防冲刷护坡。

7.6 加筋挡土墙

7.6.1 加筋挡土墙由基础、面板、筋带和填土等部分组成,通过土体—筋体的相互摩擦加固,以平衡侧向土压力。

7.6.2 应查明施工范围地基性状、地下水、填料以及加筋体施工条件等。

7.6.3 加筋挡土墙单级墙高不宜超过 10 m,否则应进行专门设计。

7.6.4 在满足加筋体内部稳定性要求的情况下,填料选择可以消化施工区挖方弃土,若填料质量不能满足时,应设计要求进行级配选取。

7.6.5 地基软弱地段或富水地段,应先对地基进行处理,以满足加筋体整体稳定性要求。

7.6.6 加筋挡土墙可根据地形和地质条件采用矩形或梯形断面设计;面板和基础类型的选用,应分别进行弯折强度和地基应力验算。

7.6.7 筋带类型应充分考虑抗拉强度、抗蠕变和抗老化等因素,优先采用土工格栅或高强土工布作为加筋材料。当采用加筋带作为筋材时,宽度应大于 50 mm,厚度应大于 3 mm。

7.6.8 加筋挡土墙作用荷载应根据挡土墙类型及工况确定。基本荷载包括加筋体自重、外带土体侧压力、下卧基底反力、墙顶活载、墙体静水压力及浮托力;特殊荷载考虑地震力和动水压力。

7.6.9 挡土墙的整体稳定性应结合基本荷载和特殊荷载情况,分析抗滑稳定性、抗倾覆稳定性和地基承载力。

7.6.10 作用于加筋体的推力应综合两种作用力考虑,宜选取最大值:

- a) 滑坡推力由滑坡体传递至挡土墙位置的剩余下滑力;
- b) 主动土压力,应参照重力式挡土墙土压力计算公式计算确定。

7.6.11 加筋挡土墙结构设计按 GB 50290 有关规定和要求执行。

8 泥石流

8.1 一般要求

8.1.1 泥石流治理以流域为单元进行生物措施与工程治理相结合的治理设计方案。

8.1.2 在形成区采用恢复植被、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、护岸工程等治理设计方案。

8.1.3 在流通区宜采用导流、护岸、护底、清障等治理方案进行疏导,保证流路通畅;在地形较好的地区,采用拦渣坝、停淤场、导流堤、护岸等治理方案控制流量。

8.1.4 对规模巨大、势能大的泥石流,宜采取防撞墩、平面绕避改道、立面绕避(渡槽、隧道、桥梁)等治理方案。

8.1.5 对泥石流流水、沙集中的区域,宜采用停淤场、导流工程等治理方案进行停淤、分流。

8.1.6 视地形条件,在堆积区停淤减沙或停淤束水攻沙,增大搬运能力,使泥沙顺利直接排入河流。

8.1.7 对汇入河流的泥石流,采用导流堤、丁坝等措施,加大大河排沙能力,稳定主流切割扇缘,降低泥石流沟侵蚀基准面。

8.1.8 泥石流地质灾害治理工程安全等级划分参照 T/CAGHP 021 有关规定和要求确定。

8.1.9 泥石流治理设计主体工程设计标准参照 T/CAGHP 021 有关规定和要求确定。

8.2 排导槽

- 8.2.1 排导槽是一种槽形线性过流构筑物，在控制条件下将泥石流安全顺利地排泄到指定的区域。
- 8.2.2 排导槽的基本荷载包括结构自重、土压力、泥石流流体重量和静压力、泥石流冲击力；特殊组合包括：结构自重、土压力、校核情况下的流体重量和流体静压力、泥石流冲击力、地震力等。
- 8.2.3 排导槽纵向轴线布置力求顺直，应与河沟主流中心线一致，尽可能利用天然沟道随弯就势，出口段与主河应锐角相交。
- 8.2.4 排导槽纵坡设计宜采用等宽度一坡到底。应设计变坡、变宽度的槽段，并应做水力验算。
- 8.2.5 根据泥石流流量、输沙粒径选择排导槽断面形状，常用断面形状有梯形、矩形和 V 型三种，也可根据需要设置为复合型。
- 8.2.6 根据流通段沟道的特征，可采用类比法计算排导槽的横断面积，并满足 T/CAGHP 021 有关规定和要求。
- 8.2.7 排导槽的深度、排导槽弯道段深度、泥石流弯道超高应经计算确定。
- 8.2.8 排导槽进口段平面可做成喇叭形渐变段，排导槽中心线与河沟主流中心线一致。排导槽宽度与原河沟宽度收束比应在 $1/3$ 以下，出口端与大河交角应不大于 45° ，出口端沟底标高宜在大河高洪水位上。
- 8.2.9 泥石流排导槽一般采用侧墙加防冲肋板和全衬砌两种结构，具体要求如下：
- 肋板与墙基础成整体，肋板顶部一般与沟底平；
 - 边墙可按挡土墙进行设计，基础深度一般为 $1.0\text{ m} \sim 1.5\text{ m}$ ，底为混凝土或浆砌块石铺砌；
 - 肋板为钢筋混凝土，厚宜为 1.0 m ，间距宜根据 T/CAGHP 021 计算确定；
 - 全衬砌排导槽的侧墙及槽底均宜用浆砌石护砌，一般适用于槽宽小于等于 5.0 m 的排导槽，横断面一般采用 V 型，槽底横向斜坡为 $300\text{ ‰} \sim 150\text{ ‰}$ 。

8.3 拦挡坝

8.3.1 一般要求

- 8.3.1.1 拦挡坝分为重力式实体拦挡坝和格栅坝两种。
- 8.3.1.2 拦挡坝设置在泥石流的形成区的下部或形成一流通区的衔接部位，地形上拦挡坝应设置于沟床的颈部。
- 8.3.1.3 应从沟床冲刷下切段下游开始，逐级向上游设置拦挡坝。
- 8.3.1.4 拦挡坝应设置在有大量漂砾分布及活动的沟谷下游，坝高应满足回淤后长度覆盖所有漂砾，漂砾能稳定在拦挡坝库内。
- 8.3.1.5 在平面上坝轴线尽可能按直线设置，并与流体主流线方向垂直。溢流口应居于沟道中间位置，溢流宽度和下游沟槽宽度保持一致，非溢流部分应对称，坝下游设置消能工程。
- 8.3.1.6 为保障下游安全，在同一河段内建造的拦挡坝不少于 3 座，每座坝的调节能力不大于 $1/3$ 。
- 8.3.1.7 拦挡坝坝址的选择应避开泥石流的直冲方向，设在弯道的下游侧面。

8.3.2 重力式实体拦挡坝

- 8.3.2.1 重力式实体拦挡坝荷载应包括坝体自重、土压力、水压力、冲击力等，各荷载计算应满足 T/CAGHP 021 有关规定和要求。
- 8.3.2.2 作用于坝体的荷载组合应根据坝库使用情况、泥石流类型、规模及使用期内坝库与泥石流的遭遇情况，分析可能发生的危险组合并进行计算，以其中最危险的荷载组合作为设计控制条件。
- 8.3.2.3 溢流坝段居中，非溢流坝段一般成对称结构布置。
- 8.3.2.4 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。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与设计安全超高之和，设计安全超高一般取 $0.5\text{ m} \sim 1.0\text{ m}$ 。

- 8.3.2.5 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，表面做耐磨处理。
- 8.3.2.6 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。
- 8.3.2.7 拦挡坝断面形式一般为三角形或梯形。
- 8.3.2.8 坝顶宽度宜为 1.5 m~4.5 m，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。
- 8.3.2.9 排泄孔尽可能成排布置在溢流坝段，孔数不宜少于 2 个，多排布设时应作“品”字形交错排列。单孔孔径大于 2~4.5 倍过流中最大石块粒径，孔间壁厚大于 1~1.5 倍过流中最大石块粒径。
- 8.3.2.10 岸坡为松散堆积层时，重力坝坝肩嵌入深度不宜小于 1.5 m；岸坡为基岩时，岸坡嵌入深度不宜小于 0.5 m。
- 8.3.2.11 坝基底板应适当加长并作成整体式；底板下游一侧可加齿墙，齿墙深度为 3 m~5 m，齿墙宽宜为 0.10~0.15 倍基础宽度，齿墙断面可采用下窄上宽的梯形或折线形。
- 8.3.2.12 重力式实体拦挡坝的设计需要进行结构计算，主要包括抗滑移、抗倾覆、地基承载力、坝体强度等。可参考土力学、坝体结构力学计算方法及相关规范进行。
- 8.3.2.13 在垂直荷载差别大、地形高差悬殊、基岩软硬突变处应设置沉降缝，缝间距不超过 20 m~25 m（溢流坝段应作为一个独立单元），缝宽为 20 mm~30 mm，缝内填入沥青浸渍的木板条、沥青砂浆板条或油毛毡。
- 8.3.2.14 坝下应设消能防护工程，包括副坝和护坦：
- 副坝的高度宜取坝高、冲刷坑深度、溢流口泥深之和的 1/3~1/4，且应大于 1.5 m。主、副坝间的距离宜取坝高、冲刷坑深度、溢流口泥深之和的 1.5~2.0 倍；
 - 护坦按水平布设，与下游河床一致，长度宜取坝高的 1.0~2.0 倍，厚度按弹性地基梁或板计算，应能抵挡流体的冲击力，厚度宜为 1.0 m~3.0 m。

8.3.3 格栅坝

- 8.3.3.1 格栅坝分为刚性和柔性两类，刚性格栅坝又可以分为平面型和立体型两类。刚性格栅坝主要由钢管、钢轨、钢筋混凝土构件等材料组成，柔性格栅坝主要由高弹性钢丝网组成。
- 8.3.3.2 常用的格栅坝类型包括切口坝、缝隙坝、梁式坝、桩林等。
- 8.3.3.3 格栅间距及孔口尺寸受过坝的设计流量和过坝的允许石块粒径控制。
- 8.3.3.4 切口坝的顶部布置齿状溢流口，切口采用窄深的梯形断面、矩形断面或三角形断面。切口的宽度应满足下式要求：

$$2 \leq b/D_{m1} \leq 3 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

D_{m1} ——中小洪水可挟带的大粒径，m；

b ——断面宽度，m。

$$b/D_{m2} \geq 1.5 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

D_{m2} ——大洪水可挟带的大粒径，m。

- 8.3.3.5 切口的深度应满足下式要求：

$$1 \leq h/b \leq 2 \dots\dots\dots (3)$$

式中：

h ——切口的深度，m；

b ——断面宽度，m。

8.3.3.6 切口的密度范围应满足下式要求：

$$0.2 < (\sum b/B) < 0.6 \dots\dots\dots (4)$$

式中：

B ——溢流口宽度，m。

b ——断面宽度，m。

8.3.3.7 桩林由型钢、钢管桩或钢筋混凝土桩建成，按品字形或梅花形布置成两排或多排。

8.3.3.8 桩间距按泥石流挟带最大漂石直径的 1.5 倍~2 倍选取。

8.3.3.9 桩高（地面外露部分），控制在 3 m~8 m 范围之内。计算公式如下：

$$H = (2-4) b_p \dots\dots\dots (5)$$

式中：

H ——柱高，m；

b_p ——桩的排距和行距，m。

8.3.3.10 桩基应埋在冲刷线以下，用混凝土或浆砌石做成整体式重力砌体结构基础。采用挖孔或钻孔施工时，直接将管、柱埋入地下，埋置深度应不小于总长度的 1/3。

8.3.3.11 桩体的受力分析与结构设计，按悬臂梁或组合悬臂梁计算。

8.3.3.12 缝隙坝宜将开口布置在坝顶，可采用窄深的矩形、梯形、三角形断面。

8.3.3.13 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；开口高度宜取缝隙宽度的 1~2 倍。开口密度宜为 0.2~0.6。

8.3.3.14 泥石流流域内从上至下缝隙坝的开口宽度和梁式坝的横梁间距应依次减小。

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

8.4 停淤场

8.4.1 停淤场应选在泥石流沟口堆积扇两侧的凹地或沟道中下游宽谷中的低滩地带。

8.4.2 停淤场一般由拦挡坝、引流口、导流堤、围堤、分流墙或集流沟及排水或排泥浆的通道或堰口等组成。

8.4.3 拦挡坝位于停淤场引流口下游，通常用圬工或混凝土结构，宜按重力式拦挡坝进行计算。

8.4.4 固定式引流口可与拦挡坝连成一体，也可采用与坝分离形式。采用圬工开敞式溢流堰或切口式溢流堰引流，宜按重力式断面设计。

8.4.5 导流堤与泥石流的接触面，应采用斜坡式圬工防护面层，厚 0.5 m~1.0 m，边坡稳定性系数宜为 1.0~1.25，背后为土堤。临空面采用土的边坡稳定性系数宜为 1.0~2.0。土石混合堤的高度不宜超过 5 m，堤顶宽 3 m~5 m，一般采用梯形断面。顶冲部位应加强，凹岸一侧应加弯道超高。堤前应作冲刷计算，确定埋深。

8.4.6 有些情况下，视地形条件，应采取分流措施。分流墙体布置在停淤场内，头部按分流墩作成鱼嘴形、半圆形，用圬工或铅丝笼、编篱石笼防护。堤身用铅丝笼，编篱石笼护面的堆石土堤，边坡稳定性系数宜为 1.0~1.5，堤高不超过 3 m，顶宽 1.5 m~2.0 m，采用梯形断面。

8.4.7 围堤一般采用干砌石护面的压实土堤，堤高不超过 5 m，顶宽 3 m~5 m，采用梯形断面。砌石护面边坡稳定性系数宜为 1.0~1.5，土堤的边坡稳定性系数宜为 1.0~2.0。堤前应作冲刷计算，确定埋深。

8.5 沟道整治

8.5.1 拦挡坝固床稳坡工程适用于紧靠滑坡或沟岸不稳定段的下游修建拦挡坝, 利用其挡蓄的泥沙淤埋滑坡剪出口或保护坡脚, 使沟床岸坡达到稳定。

8.5.2 拦挡坝的坝高由下式确定:

$$H_d = L_s I_b + H_s - L_s I_s \dots\dots\dots (6)$$

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, ‰;

h_s ——沟底以上需要淤埋的深度, m;

I_s ——淤积纵坡, 一般取 I_s 为 $1/2I_b \sim 3/4I_b$ 。

8.5.3 护坡工程一般采用强度级别不低于 M7.5 的水泥砂浆砌石沿槽冲刷, 坡脚进行表面护砌, 护坡高度不低于设计高泥位。内壁坡度一般与岸坡平行, 迎水坡度略缓, 护砌厚度在顶部一般不小于 50 cm, 底部不小于 1.0 m, 埋入基础深度应大于冲刷深度, 且不小于 1.0 m。

8.5.4 年限在 10 年以下的临时性护坡可采用石笼护坡。石笼应沿流向卧置, 直径不宜小于 40 cm, 下部直径增至 1.0 m, 基础埋置深度不小于冲刷深度, 且不小于一个石笼的直径, 石笼垒置高度一般不宜大于 5.0 m。

8.5.5 护底铺砌多采用水泥砂浆砌块石铺砌, 砂浆标号不宜低于 M7.5, 铺砌厚度不宜小于 0.5 m。在一般沟段也可采用干砌块石, 用干砌法铺砌, 厚度不宜小于 0.5 m。

8.5.6 肋板一般采用标号等级不宜低于 M10 水泥砂浆砌块石或标号等级不宜低于 C15 混凝土修建, 也可采用钢筋混凝土修建, 宽度不宜小于 1 m, 埋深应超过冲刷线, 且不宜小于 1.5 m, 顶面与河底平或不宜超过河底 0.5 m, 必要时可埋设竖肋。肋板应垂直于河流布设, 间距一般宜为河底宽的 2 倍~3 倍。

8.6 坡面治理

8.6.1 坡面治理工程主要适用于泥石流沟形成区的治理, 包括削坡工程、排水工程、等高线壕沟工程和水平台阶工程等。

8.6.2 削坡工程用来修整不稳定坡面以减缓坡度, 削坡后上部坡比 1:1 左右, 下部坡比 1:1.5 左右, 新坡面应即时修建被覆工程。

8.6.3 排水工程的主要形式为排水沟。排水沟一般在沟谷上游形成主、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。

8.6.4 排水工程沟槽坡降应控制在 0.5 ‰~1 ‰, 沟槽流速控制在 2 m/s 以内, 沟槽陡缓交界处应作消能、水跃处理。

8.6.5 等高线壕沟工程中, 壕沟的容积应容纳由壕沟间坡面流出的雨水量。

8.6.6 水平台阶工程主要为梯田。在坡面 $3^\circ \sim 15^\circ$ 时, 田面宽不宜小于 8 m, 田坎高 0.5 m~1.0 m。坡面 $15^\circ \sim 25^\circ$ 时, 田面宽不宜小于 4 m, 田坎高 1.0 m~4.0 m, 边坡应为 1.0:0.3~1.0:0.5。

8.7 植被工程

8.7.1 应根据泥石流发生的条件、性质及危害状况、发展趋势, 结合当地自然条件和经济社会实际制定植被与工程防治相结合的综合治理方案。植被措施一般在泥石流沟的全流域实施多树种、多层次的立体保护。

8.7.2 植被工程对浅层土体的不稳定性及侵蚀有较好的防治效果, 而对于深层滑坡应采取植被工程与土建工程相结合进行综合治理。

8.7.3 植被工程选取植物应最大限度地满足治理地质灾害的需要。应选择根系深而发达、固土能力强、寿命长的植物，同时所选择的植物要与栽植地的气候条件相适应。

8.7.4 植被工程包括乔木的培植、灌木的培植、草本植物的培植等基本类型，设计时应将多种基本类型结合在一起构成植被工程方案。

8.8 截排水

8.8.1 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满足现行的有关规范标准规定和要求。

8.8.2 环形截水沟应设置于可能发生泥石流的沟谷边界以外，距离不宜小于 5 m。

8.8.3 环形截水沟设计数条时，其间距一般以 50 m~60 m 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。截水沟断面型式应根据当地的地质作用及土质等因素综合确定。

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

8.8.5 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。

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

8.8.7 排水沟纵坡设计应根据沟线、地形、地质以及与山洪沟连接条件等因素综合确定，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。

8.8.8 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，可设计成渐变收缩扭曲面；矩形断面沟道，可设计成“八”字墙形式。

8.8.9 排水沟宜用浆砌片石或块石砌成；坡体松软地段，可采用毛石混凝土或素混凝土修建。砌筑排水沟砂浆强度等级不宜低于 M7.5。采用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宜采用 C15~C20。

8.8.10 陡坡和缓坡段沟底及边墙，应设伸缩缝，缝间距宜为 10 m~15 m。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。

9 采空（区）塌陷

9.1 一般要求

9.1.1 采空（区）塌陷治理工程范围应包括塌陷发生区域以及潜在的塌陷区域。

9.1.2 采空（区）塌陷可采用灌注充填、回填、强夯、穿越和跨越等治理措施。

9.1.3 采空区治理深度至最底空区底板以下不少于 3 m。

9.1.4 塌陷坑已稳定且不需要采用回填措施时，宜在塌陷坑周边设置防护栏。

9.2 灌注充填

9.2.1 灌注充填处理范围宜根据采空区顶板岩性、厚度及岩移角计算确定，处置深度为采空区最下部底板以下不小于 3 m。灌注钻孔开孔直径宜为 130 mm~150 mm，终孔直径不小于 89 mm，需投入骨料时终孔直径不小于 110 mm。

9.2.2 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。

9.2.3 灌注孔布设应符合下列要求：

- a) 灌注孔宜采用三角形布设，孔间距应根据现场试验确定，一般为 8 m~15 m；

- b) 塌陷区边缘部位宜设置帷幕孔，按双排、三角形布置，间距可取灌注孔间距的 1/2~2/3 且不宜大于 10 m。

9.2.4 灌注材料、配比应满足下列要求：

- a) 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。灌注材料的规格应符合表 5 要求；
- b) 灌注浆液水灰比宜为 1:1.0~1:1.3，并可掺入适量减水剂、速凝剂，当存在空洞积水时取小值；水泥应占固相的 15 %~35 %。

表5 灌注材料规格表

序号	原料	规格要求
1	水	应符合混凝土用水要求
2	水泥	强度等级不低于 32.5 MPa
3	粉煤灰	符合国家二、三级质量标准
4	黏性土	塑性指数不宜小于 10，含砂量不宜大于 3 %
5	砂	天然砂或人工砂，粒径不宜大于 2.5 mm，有机物含量不宜大于 3 %
6	石屑或矿渣	最大粒径不大于 10 mm，有机物含量不宜大于 3%

9.2.5 注浆总量按下式进行计算：

$$Q_{\text{总}} = \frac{A \times s \times K \times m \times \Delta V \times \eta}{c \times \cos \alpha} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- $Q_{\text{总}}$ ——注浆总量， m^3 ；
- A ——浆液损耗系数，可取 1.0~1.2；
- s ——采空区处治面积， m^2 ；
- K ——回采率，%，通过实际调查确定；
- m ——矿层平均采出厚度，m；
- ΔV ——采空区剩余空隙率，%；
- η ——充填率，%，可取 80 %~95 %。
- c ——浆源结石率，%，经试验确定，无试验数据时可取 70 %~95 %；
- α ——岩层倾角，°。

9.2.6 单孔注浆量按下式进行计算：

$$Q_{\text{单}} = \frac{A \times \pi \times R^2 \times m \times \Delta V \times \eta}{c \times \cos \alpha} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

- $Q_{\text{单}}$ ——单孔注浆量， m^3 ；
- R ——浆液有效扩散半径，m，按 1/2 孔距计算。

9.3 回填

9.3.1 回填治理适用于地表已经产生塌陷的采空治理。

- 9.3.2 回填材料选用应因地制宜，满足环境保护要求。宜选用砂石、粉质黏土、灰土、粉煤灰及其他无有害物质的工业废渣等。
- 9.3.3 回填应按先低处后高处顺序进行，分层压实厚度宜为 30 cm，压实度或密实度应达到相关规范和标准要求。
- 9.3.4 回填时，填筑土料宜采用碎石土，碎石含量 30 %~80 %，块径不宜超过 30 cm，碎石土最优含水量应根据现场击实试验，含水量与最优含水量偏差控制在 3 %之内。
- 9.3.5 当回填区存在地下水时应进行止水及排水设计，应设置盲沟及反滤层。
- 9.3.6 塌陷坑的边坡稳定性应满足施工要求。
- 9.3.7 回填时填料的粒径不宜大于分层厚度的 3/4。

9.4 穿越和跨越

- 9.4.1 采用穿越处理地面塌陷区时，桩基设计等级应符合 JGJ 94 有关规定和要求。
- 9.4.2 采用桩基穿越处理地面塌陷区时，结构设计应符合 JGJ 94 有关规定和要求。
- 9.4.3 采用梁板跨越处理地面塌陷区时，结构设计应符合现行 GB 50010 有关规定和要求。
- 9.4.4 桩基设计时，应考虑地面塌陷区残余变形的影响。
- 9.4.5 桩端持力层应选择在地面塌陷区底部稳定的岩土体。

9.5 强夯

- 9.5.1 采空区埋深小于 10 m，上覆顶板完整性差、岩体强度低，空区边缘地带裂缝发育区可采用强夯处理。
- 9.5.2 强夯法的有效处理深度应根据现场试夯或当地经验确定，也可根据下式进行估算。

$$h = \alpha \sqrt{WH} \dots\dots\dots (9)$$

式中：
h ——强夯地基有效加固深度，m；
W ——锤的质量，t；
H ——夯锤落距，m；
α ——强夯法有效加固深度修正系数。

- 9.5.3 在缺少试验资料、经验时，可根据 GB 50025 和 JGJ 79 有关规定进行预估。
- 9.5.4 强夯夯点宜选用正方形、矩形、正三角形、等腰三角形等形式。
- 9.5.5 夯点间距宜为锤径 1.2 倍~2.5 倍，低能级时宜取小值，高能级及考虑能级组合时宜取大值。
- 9.5.6 夯点夯击次数应按夯击次数和夯沉量关系曲线确定，同时应符合下列要求：
 - a) 最后两击的平均夯深量不宜大于下列数值：当单击夯能小于 4 000 kN•m 时，为 50 mm；当单击夯能小于 5 000 kN•m 时，为 100 mm；单击夯能小于 6 000 kN•m 时，为 200 mm；
 - b) 夯坑周围地面不应有过大隆起；
 - c) 当夯坑过深时，应回填后再进行强夯。
- 9.5.7 采空区采厚比相对较大时，应先进行一定高度的堆载后，再进行强夯。
- 9.5.8 夯塌次数根据试验确定。
- 9.5.9 强夯回填量按下式进行计算：

$$Q_{\text{回}} = S \cdot (M \cdot K + h) \cdot (1 - \psi) \dots\dots\dots (10)$$

式中：

M ——采空区的平均高度, m;

K ——矿层回采率, %;

h ——采空区上覆岩土体厚度, m;

ψ ——夯实系数, 根据上覆岩土体密实度确定, 一般可取0.85~0.95;

9.5.10 应根据所处环境不同采取不同的回填工艺:

- a) 回填后作为耕地, 确保回填后表层回填土厚度不宜小于1 m;
- b) 回填后作为建设用地, 应根据建设用地的要求, 采取相应的回填措施。

9.5.11 回填材料及要求如下:

- a) 回填材料应选用级配较好的砾类土、砂类土等粗粒土, 填料最大粒径应小于150 mm;
- b) 泥炭、淤泥、强膨胀土、有机质土及易溶盐超过允许含量的土, 不得直接用于填筑;
- c) 回填材料应分层铺筑, 均匀压实。回填石料应分别采用不同的填筑层厚和压实控制标准, 回填石料的压实质量标准宜用孔隙率作为控制指标, 并结合压实功率、碾压速度、压实遍数、铺筑层厚等施工参数, 压实质量应符合有关要求。

10 岩溶(区)塌陷

10.1 一般要求

10.1.1 岩溶塌陷治理设计时, 应根据岩溶发育特征和地表水迳流、地下水赋存条件制定截流、防渗、堵漏或疏排措施。

10.1.2 对塌陷或浅埋溶(土)洞宜采用挖填夯实法、充填法等进行治理, 对深埋溶(土)洞宜采用注浆法、充填法等进行处理。

10.1.3 对浅埋的溶沟(槽)、溶蚀等宜采用跨越法、充填法进行处理。

10.1.4 对地貌、地质、水文地质条件复杂及塌陷量大、影响范围大的地段, 可采用多种方法综合处理。

10.2 充填法

10.2.1 充填法适用于溶(土)洞、溶沟(槽)等充填。

10.2.2 充填材料可采用素土、灰土、砂砾、碎石、水泥砂浆等。

10.2.3 当溶洞顶板可见时宜清理溶洞及周围松散物质, 溶洞内回填大块石, 至溶洞顶板以上, 宜浇筑弧形钢筋混凝土盖板, 上部夯填黏性土或毛石混凝土。对于重要场地, 可用水泥抹面, 也可以在回填夯土的顶部浇筑钢筋混凝土盖板。

10.2.4 当溶洞顶板不可见时, 宜对塌陷坑逐层回填碎石并充填混凝土进行固结。

10.3 跨越法

10.3.1 跨越法适用于溶洞周围围岩坚固稳定时的处理。

10.3.2 应根据溶(土)洞、溶沟(槽)等大小、形状、岩体强度、地下水等因素确定洞侧支承条件, 进行结构计算。

10.3.3 浅埋的开口型或跨度较大的溶(土)洞、溶沟(槽), 宜采用梁、板、拱等结构跨越; 规模较大的溶(土)洞、溶沟(槽)可采用洞底支撑、沟槽底部连续支撑等设计方案处理。

10.3.4 采用梁、板、拱等结构跨越时, 梁式结构在岩石或支撑体上的支撑长度应大于梁高的1.5倍。

10.4 其它处理方法

10.4.1 注浆法适用于深埋溶洞、土洞的处理，可与其它方法综合使用。设计前应进行室内配合比试验和现场试验确定设计参数。

10.4.2 强夯法适用于处理浅部隐伏溶（土）洞，有效处理深度宜根据锤重及下落高度确定。

11 不稳定斜坡

11.1 一般要求

11.1.1 不稳定斜坡地质灾害治理工程一般采用重力式挡墙、扶壁式挡墙、锚杆（索）及锚杆（索）挡墙、岩石锚喷支护、削坡、护坡、格构锚固等治理措施，通常采用两种或两种以上的治理措施。

11.1.2 对稳定性较差的不稳定斜坡宜采用放坡或分阶放坡方式进行治理设计。

11.1.3 存在临空外倾结构面的不稳定斜坡，支护结构基础应置于外倾结构面以下稳定地层中。

11.1.4 当不稳定斜坡坡体内洞室密集而对斜坡产生不利影响时，应根据洞室大小和深度等因素进行稳定性分析，采取相应的加强措施。

11.1.5 下列不稳定斜坡的治理设计应进行专门论证：

- a) 岩质边坡高差大于 30 m 及土质边坡高差大于 15 m 的不稳定斜坡；
- b) 地质和环境条件复杂、稳定性极差的一级边坡工程；
- c) 采用新结构、新技术的一、二级边坡工程；
- d) 边坡滑塌区有重要建（构）筑物、稳定性较差的不稳定斜坡。

11.1.6 根据 GB 50330 的要求，确定不稳定边坡治理安全等级。

11.1.7 根据 GB 50300 的要求，确定不稳定边坡稳定安全系数。

11.2 重力式挡墙

11.2.1 一般要求

11.2.1.1 根据墙背倾斜情况，重力式挡墙可分为俯斜式、仰斜式、直立式和衡重式等类型。

11.2.1.2 重力挡土墙可用块石、片石、混凝土预制块作为砌体，也可用片石混凝土、混凝土进行整体浇筑。

11.2.1.3 材料应质地均匀，具有耐风化、抗侵蚀性能，在地震地区应提高材料最低强度级别。

11.2.1.4 设计采用重力式挡墙时，土质边坡高度不宜大于 8 m，岩质边坡高度不宜大于 10 m。

11.2.1.5 对变形有严格要求的边坡和开挖土石方危及边坡稳定的边坡不宜设计采用重力式挡墙，开挖土石方危及相邻建筑物安全的边坡不应设计采用重力式挡墙。

11.2.1.6 重力式挡墙类型应根据使用要求、地形和施工条件综合分析确定。对岩质边坡和挖方形成的土质边坡宜优先采用仰斜式挡墙，高度较大的土质边坡宜采用衡重式或仰斜式挡墙。

11.2.1.7 挡墙地基由稳定的较完整硬质岩构成，但地基面倾角较大时，可采用台阶式基础，基础的最下一级台阶宽度不宜小于 1.0 m。

11.2.1.8 挡墙基底纵坡大于 5 % 时，宜将基底设计为台阶形式。

11.2.1.9 墙后填料应选择透水性较好的填料，当采用粘土作为填料时，宜掺入适量的石块且夯实，密实度不宜小于 85 %。

11.2.2 设计计算

11.2.2.1 挡墙设计时，应对可能出现的作用（或荷载）进行分析，取其最不利情况。

11.2.2.2 土质边坡采用重力式挡墙高度大于 5 m 时，主动土压力宜按 GB 50330 有关规定和要求进行计算的结果乘以增大系数确定。挡墙高度 5 m~8 m 时，增大系数宜取 1.1，挡墙高度大于 8 m 时，增大系数宜取 1.2。

11.2.2.3 挡墙设计应进行抗滑移和抗倾覆稳定性验算，按 GB 50330 推荐的抗滑移和抗倾覆公式计算。

11.2.2.4 挡墙地基软弱、有软弱结构面或位于边坡坡顶时，应进行地基稳定性计算。

11.2.2.5 对挡墙地基承载力和挡墙结构强度进行计算。

11.2.2.6 地震工况时，重力式挡墙的抗滑移稳定系数不宜小于 1.1，抗倾覆稳定系数不宜小于 1.3。

11.2.3 构造设计

11.2.3.1 挡墙墙型的选择宜根据地质灾害体的稳定状态、施工场地条件、土地利用和经济性等因素综合确定。

11.2.3.2 采用块石、条石作为作挡墙材料时，其强度等级不宜低于 MU30，水泥砂浆强度不宜低于 M7.5；采用素混凝土作为挡墙材料时，混凝土强度等级不宜低于 C15。

11.2.3.3 混凝土块和片石砌筑的挡墙顶宽度不宜小于 0.5 m；混凝土挡墙顶宽度不宜小于 0.4 m。

11.2.3.4 重力式挡墙的基础埋置深度，应根据地基稳定性、地基承载力、冻结深度、水流冲刷情况和岩石风化程度等因素综合确定。在土质地基中，基础最小埋置深度不宜小于 0.5 m~0.8 m（挡墙较高时取大值，反之取小值）；在岩质地基中，基础埋置深度不宜小于 0.3 m。

11.2.3.5 挡墙后填土，应优先选择抗剪强度高和透水性较强的填料。当采用黏性土作填料时，宜掺入适量的砂砾或碎石。不应采用淤泥土、耕植土、膨胀性黏性土等软弱有害的岩土作为填料。

11.2.3.6 沿墙长每隔 10 m~25 m 或与其它建筑物联接处，应设置伸缩缝，在地基岩土性状变化处，应设置沉降缝。伸缩缝和沉降缝可合并设置。缝宽可采用 20 mm~30 mm。缝内填塞沥青麻筋或沥青木板，塞入深度不宜小于 0.2 m。墙背为石质边坡或填石时，可设置空缝。

11.2.3.7 挡墙应设置泄水孔，宜按梅花型布置，间距 2 m~3 m，折线墙背的易积水处也应设置泄水孔。根据水量大小，泄水孔孔眼尺寸一般为 50 mm×100 mm、100 mm×100 mm、100 mm×150 mm 方孔，或 $\Phi 50$ mm~ $\Phi 200$ mm 圆孔。坡度不宜小于 5%，最低一排泄水孔的出水口应高出地面 200 mm 以上。

11.2.3.8 墙背应设置反滤层（包），厚度不宜小于 0.5 m。在泄水孔的进口顶部和底部应设置厚度不宜小于 300 mm 粘土隔水层。

11.2.3.9 在地下水发育地段，应加密泄水孔或加大泄水孔尺寸。

11.2.3.10 下列挡墙地段应设置护栏：

- a) 墙顶高出地面 6 m，且连续长度大于 20 m；
- b) 墙顶高出地面 4 m，且位于码头、道路附近或靠近居民集中点；
- c) 位于悬崖、陡坎或地面横坡陡于 1:0.75，且连续长度大于 20 m。

11.2.3.11 挡墙后应设置良好的地表排水系统。

11.3 扶壁式挡墙

11.3.1 一般要求

11.3.1.1 挡墙由立壁、扶壁、底板（包括前趾板与后踵板）组成。

11.3.1.2 挡墙适用于石料缺乏或地基承载力较低的填方边坡地段。

11.3.1.3 挡墙高度不宜超过 10 m。

11.3.1.4 挡墙应采用钢筋混凝土结构。

11.3.1.5 挡墙基础应置于稳定的岩土层内，埋置深度应根据地基稳定性、地基承载力、冻结深度、水流冲刷情况和岩石风化程度等因素确定。在土质地基中，基础最小埋置深度不宜小于 0.5 m~0.8 m（挡墙较高时取大值，反之取小值）；在岩质地基中，基础埋置深度不宜小于 0.3 m。

11.3.1.6 挡墙基础埋置深度应从坡脚排水沟底起算。

11.3.1.7 挡墙分段长度不宜超过 20 m，每一分段长度中宜包含三个或三个以上的扶壁。

11.3.2 设计计算

11.3.2.1 计算挡墙整体稳定性和立板内力时，可不考虑挡墙前底板以上土的影响；在计算墙趾板内力时，应计算底板以上填土的自重。

11.3.2.2 计算挡墙实际墙背和墙踵板的土压力时，可不计算填料与板间的摩擦力。

11.3.2.3 挡墙侧向土压力宜按第二破裂面法进行计算。当不能形成第二破裂面时，可用墙踵下缘与墙顶内缘的连线或通过墙踵的竖向面作为假想墙背计算，取其中不利状态的侧向压力作为设计控制值。

11.3.2.4 根据挡墙受力特点可按下列简化模型进行内力计算：

- a) 立板和墙踵板可根据边界约束条件按三边固定、一边自由的板或连续板进行计算；
- b) 墙踵底板可简化为固定在立板上的悬臂板进行计算；
- c) 扶壁可简化为悬臂的 T 型梁进行计算，其中立板为梁的翼，扶壁为梁的腹板。

11.3.2.5 挡墙结构应进行混凝土裂缝宽度验算，迎土面裂缝宽度不宜大于 0.2 mm，背土面不宜大于 0.3 mm，并应符合 GB 50010 有关规定和要求。

11.3.2.6 应对挡墙抗滑移、抗倾覆稳定性进行验算。

11.3.2.7 当深部存在潜在滑面时，应进行潜在滑面整体稳定性验算。

11.3.2.8 挡墙结构构件截面设计应按 GB 50010 有关规定和要求执行。

11.3.2.9 挡墙地基承载力和变形验算按国家现行有关规范执行。

11.3.3 构造设计

11.3.3.1 挡墙的混凝土强度等级不宜低于 C25，受力钢筋直径不宜小于 12 mm，间距不宜大于 250 mm。立板和扶壁混凝土保护层厚度不宜小于 35 mm，底板混凝土保护层厚度不宜小于 40 mm。

11.3.3.2 挡墙尺寸应根据强度和变形计算，并应符合下列规定：

- a) 两扶壁之间的距离宜取挡墙高度的 1/3~1/2；
- b) 扶壁的厚度宜取扶壁间距的 1/8~1/6，不宜小于 300 mm；
- c) 立板顶端和底板的厚度不宜小于 200 mm；
- d) 立板在扶壁处的外伸长度，宜根据外伸悬臂固端弯矩与中间跨固端弯矩相等的原则确定，可取两扶壁净距的 0.35 倍左右。

11.3.3.3 挡墙应根据受力特点进行配筋设计，其配筋率、钢筋的搭接和锚固等应符合标准 GB 50010 的有关规定和要求。

11.3.3.4 当挡墙稳定受滑动控制时，应采取提高抗滑能力的构造措施。在墙底下设防滑键，其高度应保证键前土体不被挤出，防滑键厚度应根据抗剪强度计算确定，且不小于 300 mm。

11.3.3.5 挡墙位于纵向坡度大于 5 %的斜坡时，基底应做成台阶形。

11.3.3.6 软弱地基或填方地基承载力不满足设计要求时，应进行地基处理或采用桩基础方案。

11.3.3.7 挡墙墙后填料质量和回填质量要求应符合现行有关规范规定和要求。

11.3.3.8 挡墙纵向伸缩缝间距宜为 20 m~25 m，缝宽宜为 20 mm~30 mm，缝内填塞沥青麻筋或沥青木板，塞入深度不宜小于 0.2 m。

11.3.3.9 应在不同结构单元和地层性状变化处设置沉降缝，伸缩缝和沉降缝可合并设置。

11.3.3.10 挡墙上应设置泄水孔，按梅花型布置，间距宜为 2 m~3 m，折线墙背的易积水处也应设置泄水孔。泄水孔的坡度不宜小于 5%，墙背应设置反滤层（包），厚度不宜小于 0.5 m。在泄水孔的进口顶部和底部应设置厚度不宜小于 300 mm 粘土隔水层。

11.3.3.11 在地下水发育地段，应加密泄水孔或加大泄水孔尺寸。

11.4 削坡

11.4.1 一般规定

11.4.1.1 当斜坡范围有放坡条件且无不良地质作用和生态环境破坏时，应优先采用削坡治理措施。

11.4.1.2 有下列情况的边坡不应单独采用削坡设计，应与其他方法结合使用：

- a) 放坡开挖对相邻建（构）筑物有不利影响；
- b) 地下水发育；
- c) 采用削方整形不能有效改善边坡稳定性；
- d) 地质条件复杂的一级边坡；
- e) 坡体有外倾软弱结构面或夹层。

11.4.1.3 削坡设计可与锚杆（索）或锚喷支护等联合运用。

11.4.1.4 削坡设计时应进行边坡环境整治，因势利导保持水系畅通。

11.4.1.5 削方区上部坡体较陡时应分析计算削方对坡体稳定性影响，不得因削方造成上部坡体产生滑移变形。

11.4.1.6 边坡较高时应进行分级放坡，设置马道，土质边坡每级高度不宜大于 8 m，岩质边坡每级高度不宜大于 15 m。

11.4.1.7 高度较大的边坡应分级开挖放坡，分级放坡时应验算边坡整体的和各级的稳定性。

11.4.2 设计计算

11.4.2.1 土质边坡的坡率允许值应根据经验，按工程类比的原则并结合已有稳定边坡的坡率值分析确定。当无经验，且土质均匀良好、地下水贫乏、无不良地质现象和地质环境条件简单时可按 GB 50330 中土质边坡坡率允许值确定。

11.4.2.2 下列边坡的坡率允许值应通过稳定性分析计算确定：

- a) 有外倾软弱结构面的岩质边坡；
- b) 土质较软的边坡；
- c) 坡顶边缘附近有较大荷载的边坡；
- d) 土质边坡坡高超过 10 m、岩质边坡坡高超过 25 m。

11.4.2.3 填土边坡的坡率允许值应根据现行有关标准执行，并结合地区经验确定。

11.4.2.4 土质边坡稳定性计算应考虑拟建建（构）筑物和边坡整治对地下水运动等水文地质条件的影响，以及由此引起的对边坡稳定性的影响。

11.4.2.5 边坡稳定性计算方法参见 GB 50330 有关规定和要求。

11.4.3 构造设计

11.4.3.1 边坡的整个高度可按同一坡率进行放坡，也可根据边坡岩土的变化情况按不同的坡率放坡。

11.4.3.2 设置在斜坡上的人工压实填土边坡应验算稳定性。分层填筑前应将斜坡的坡面修成若干台阶，使压实填土与斜坡坡面紧密接触。

11.4.3.3 边坡坡顶、坡面、坡脚和水平台阶应设排水系统，在坡顶外围应设截水沟。

- 11.4.3.4 边坡表层有积水湿地、地下水渗出或地下水露头时，应根据实际情况设置外倾排水孔、盲沟排水、钻孔排水，以及在上游沿垂直地下水流向设置地下排水廊道以拦截地下水等导排措施。
- 11.4.3.5 对局部不稳定块体宜清除，也可用锚杆或其他有效措施加固。
- 11.4.3.6 永久性边坡宜采用锚喷、浆砌片石或格构等构造措施护面。在条件许可时，宜采用格构或其他有利于生态环境保护和美化的护面措施。
- 11.4.3.7 削方区坡顶及侧边界应与稳定的坡体相衔接，不得形成陡坎，边侧坡体应保持稳定。
- 11.4.3.8 削方弃土不得随意就近堆放，应设计专门工程弃渣堆放地。工程弃渣堆放地不应占用耕地和堵塞河道，不应影响当地地表水排泄；削方弃土优先考虑再利用，用于回填反压及填筑建设土地用地，弃土边坡应保持稳定。
- 11.4.3.9 削方滚石范围内存在建（构）筑物时，应设计拦挡安全防护。
- 11.4.3.10 岩质边坡削方需要采用爆破作业时，应进行专项爆破设计。

11.5 锚喷支护

- 11.5.1 边坡采用锚喷支护应综合考虑岩土性状、地下水、边坡高度、坡度、周边环境、坡顶建（构）筑物荷载、地震力及气候等因素。
- 11.5.2 边坡锚杆的锚固力应由稳定性计算确定，锚杆锚固段应伸入潜在的滑移面以外。
- 11.5.3 锚杆支护宜采用预应力锚杆或预应力锚杆与非预应力锚杆相结合的支护类型。
- 11.5.4 下列边坡采用锚喷支护时应通过试验后确定：
- a) 膨胀性岩石的边坡；
 - b) 具有严重腐蚀性的边坡；
 - c) 未胶结的松散岩体；
 - d) 有严重湿陷性的黄土层；
 - e) 大面积淋水地段；
 - f) 能产生冻胀岩体。
- 11.5.5 岩质边坡采用锚喷支护后，对局部不稳定块体还应采取加强支护的措施。
- 11.5.6 系统锚杆的设置应满足下列要求：
- a) 锚杆倾角宜为 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ；
 - b) 锚杆布置采用菱形排列，也可采用行列式排列；
 - c) 锚杆间距宜为 1.25 m～3 m，且不应大于锚杆长度的一半；对 I、II 类岩体边坡最大间距不宜大于 3 m，对 III 类岩体边坡最大间距不宜大于 2 m；
 - d) 应采用全粘结锚杆。
- 11.5.7 局部锚杆的布置应满足下列要求：
- a) 对受拉破坏的不稳定块体，锚杆应按有利于其抗拉的方向布置；
 - b) 对受剪破坏的不稳定块体，锚杆宜逆向不稳定块体滑动方向布置。
- 11.5.8 喷射混凝土强度等级不宜小于 C20；喷射混凝土 1 d 龄期的抗压强度不小于 8 MPa。喷射混凝土的物理力学参数可按表 6 采用。

表6 喷射混凝土的物理力学参数

物理力学参数	喷射混凝土强度等级		
	C20	C25	C30
轴心抗压强度设计值（MPa）	10	12.5	15
弯曲抗压强度设计值（MPa）	11	13.5	16.5

表 6 喷射混凝土的物理力学参数（续）

物理力学参数	喷射混凝土强度等级		
	C20	C25	C30
抗拉强度设计值（MPa）	1.1	1.3	1.5
弹性模量（MPa）	2.3×10^4	2.6×10^4	2.8×10^4
体积密度（kg/m ³ ）	2200~2300		

11.5.9 喷射混凝土厚度最小不低于 50 mm，最大不宜超过 200 mm。

11.5.10 含水岩层中的喷射混凝土面板厚度最小不低于 80 mm。

11.5.11 钢筋网喷射混凝土抗冲切承载力按下式计算：

$$KG \leq 0.3f_t u_m h + 0.8f_{yv} A_{svu} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

- K ——安全系数，取2.0；
- G ——不稳定岩面块体重量，N；
- f_t ——喷射混凝土抗拉强度设计值，MPa；
- u_m ——钢筋抗剪强度设计值，MPa；
- h ——喷射混凝土厚度，mm，当h大于100 mm时，仍以100 mm计算；
- f_{yv} ——不稳定块体出露面的周边长度，mm；
- A_{svu} ——与冲切破坏锥体斜截面相交的全部钢筋截面面积，mm²。

11.5.12 钢筋网设计应符合下列要求：

- a) 钢筋网材料宜采用 HPR300 钢筋，钢筋直径宜为 6 mm~12 mm；
- b) 钢筋间距宜为 150 mm~300 mm；
- c) 钢筋保护层厚度不宜小于 20 mm；
- d) 当喷射混凝土设计厚度大于 150 mm，宜设置双层钢筋网。

11.5.13 岩体风化严重、节理发育的钢筋网喷射混凝土面板厚度不宜小于 150 mm，必要时可采用双层配筋，钢筋保护层厚度不宜小于 20 mm。

11.5.14 坡面喷射混凝土保护层内设置泄水孔。

11.5.15 宜沿边坡横向每 20 m~25 m 分段设置竖向伸缩缝，伸缩缝宽 20 mm。

11.5.16 喷射混凝土混合料配合比参见 GB 50086 有关规定和要求执行。

11.6 护坡工程

11.6.1 一般要求

11.6.1.1 护坡工程设计应深入调查研究，根据当地气候环境、工程地质和材料等情况，因地制宜，就地取材，对不同坡段或同一坡面的不同部位选用不同的护坡型式，采取综合措施，保证坡体稳固。

11.6.1.2 在不良的气候和水文条件下，对粉砂、细砂与易于风化的岩石边坡，均应在土石方施工完成后及时防护。

11.6.1.3 水库水位变动区的护坡部应满足风浪作用下的稳定性要求。

11.6.2 框格护坡

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

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

11.6.2.3 框格的大小应视边坡坡度、边坡土质确定,并应考虑与景观的协调。方形框格尺寸值宜为(1 m×1 m)~(3 m×3 m),拱形骨架圆拱直径值宜为 2 m~3 m。

11.6.2.4 采用框格防护的边坡边缘及坡脚均采用与骨架部分相同的材料加固。加固条带的宽度宜为 40 cm~50 cm。

11.6.3 喷浆和喷射混凝土护坡

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

11.6.3.2 喷浆防护采用的砂浆强度不宜低于 M10,厚度不宜小于 10 cm。

11.6.3.3 喷射混凝土防护应在混凝土内设置菱形金属网或高强度聚合物土工格栅并通过锚杆或锚固钉固定于边坡上。混凝土中骨料最大粒径不宜超过 15 mm。混凝土强度不宜低于 C15,喷射混凝土厚度宜 10 cm~15 cm。

11.6.3.4 护坡应间隔 2 m~3 m 交错设置泄水孔,孔径宜为 0.1 m。大面积护坡坡面上应设置伸缩缝,伸缩缝间距不宜超过 20 m。

11.6.4 干砌片石护坡

11.6.4.1 干砌片石护坡适用于易受水流侵蚀的土质边坡、严重剥落的软质岩石边坡。

11.6.4.2 干砌片石护坡一般分为单层铺砌和双层铺砌两种。

11.6.4.3 铺砌层厚度:单层宜为 0.25 m~0.35 m;双层的上层宜为 0.25 m~0.35 m,下层宜为 0.15 m~0.25 m。铺砌层下应设置碎石或砂砾垫层,厚宜为 0.10 m~0.15 m。

11.6.4.4 所用石料应是未风化的坚硬岩石,其容重一般不宜小于 20 kN/m³。

11.6.4.5 干砌片石护坡坡脚应修筑慢石铺砌式基础,埋置深度一般宜为 1.5 倍护坡厚度。

11.6.5 浆砌片石护坡

11.6.5.1 当边坡缓于 1:1 的土质或岩石边坡的坡面防护采用干砌片石不适宜或效果不好时,可采用浆砌片石护坡。

11.6.5.2 当水流流速较大,波浪作用较强,以及可能有漂浮物等冲击作用时,可采用浆砌片石防护并结合其它防护加固措施。

11.6.5.3 地下水丰富的土质边坡,未采取排水措施不应采用浆砌护坡。

11.6.5.4 浆砌片石护坡的厚度一般宜为 0.2 m~0.5 m,用于水位变动区的浆砌石防护,应满足波浪淘刷、水流冲刷、漂浮的冲击要求。

11.6.5.5 浆砌片石护坡每长 10 m~15 m,应留伸缩缝,缝宽约 2 cm,缝内填塞沥青麻筋或沥青木板等材料。在基底土质有变化处,还应设置沉降缝,可考虑将伸缩缝与沉降缝合并设置。

11.6.5.6 护坡的中、下部应设泄水孔。泄水孔的孔径,可用 10 cm×10 cm 的矩形或 Φ100 mm 的圆形孔,间距宜为 2 m~3 m。泄水孔后 0.5 m 的范围内应设置反滤层。

11.7 格构锚固

11.7.1 一般要求

- 11.7.1.1 格构锚固护坡可用于防治坡体浅表层变形,保持坡面岩土层稳定,防止坡面冲刷剥蚀。
- 11.7.1.2 格构锚固由锚杆、格构梁等组成,格构为钢筋混凝土梁,锚杆设置在格构梁节点处。
- 11.7.1.3 格构锚固护坡前应对坡面削方整形,坡面应大致平顺,格构梁应保持横平竖直。
- 11.7.1.4 格构锚固护坡区应与周边的稳定坡体相衔接,并保证坡面的排水畅通。
- 11.7.1.5 格构锚杆分受力锚杆和构造锚杆两种类型,构造锚杆用于固定格构,不承受坡体下滑作用力。
- 11.7.1.6 采用格构锚固进行护坡时,锚杆应穿过潜在滑动面一定深度,锚入稳定的岩土体,并与岩体结构面呈一定的交角。
- 11.7.1.7 格构梁与锚杆应锚固可靠,锚杆杆体应弯折在格构梁中,或与格构梁主筋焊接。
- 11.7.1.8 锚杆的锚固段不应设置在未经处理的下列岩土层中:
- 有机质土;
 - 液限(w_L) $>50\%$ 的土;
 - 松散的砂土或碎石土;
 - 膨胀性岩土。
- 11.7.1.9 下列情况下应进行锚杆抗拉基本试验:
- 采用新工艺、新材料或新技术的锚杆;
 - 无锚固工程经验的岩土层内的锚杆;
 - 重点护坡工程的锚杆;
 - 一级边坡工程的锚杆。
- 11.7.1.10 高陡边坡一般采用肋柱梁锚固,肋柱之间可采用喷锚支护,也可设置钢筋混凝土板。
- 11.7.1.11 格构前缘可设置支墩,支墩材料为混凝土或浆砌石,也可支撑在挡土墙等护坡结构上,格构与支墩或挡土墙应相接。
- 11.7.1.12 格构锚固护坡的顶底及侧边应设封边梁,封边梁与格构梁采用相同结构。
- 11.7.1.13 采用预制格构梁时,应采用预应力钢筋混凝土梁,工厂制作成型,现场安装后施加锚拉预应力锁定。
- 11.7.1.14 格构技术应与美化环境相结合,利用框格护坡,并在框格之间种植花草达到美化环境的目的。

11.7.2 设计计算

- 11.7.2.1 根据边坡岩土体作用力在格构节点设置锚杆,锚杆宜采用 $\Phi 25 \sim \Phi 40$ 的HRB400级及以上钢筋,并与格构梁钢筋绑扎连接、锚锭板焊接或螺纹连接。
- 11.7.2.2 岩质边坡坡角大于破裂角时,锚杆的锚固段应穿过破裂角进入稳定坡体中,锚杆的抗拔力应计算沿破裂角产生的下滑力。
- 11.7.2.3 锚杆锚固力根据刚体极限平衡法,按现行相关规范和要求计算确定。
- 11.7.2.4 锚杆轴向拉力标准值应按式(12)计算:

$$N_{ak} = \frac{H_{tk}}{\cos \alpha} \dots\dots\dots (12)$$

式中:

N_{ak} ——相应于作用的标准组合时锚杆所受轴向拉力, kN;

H_{tk} ——锚杆水平拉力标准值, kN;

α ——锚杆倾角, $^\circ$, 宜为 $10^\circ \sim 35^\circ$ 。

- 11.7.2.5 锚杆(索)钢筋截面面积应满足下式的要求:

- 普通钢筋锚杆:

$$A_s \geq \frac{K_b N_{ak}}{f_y} \dots\dots\dots (13)$$

式中:

A_s ——锚杆钢筋或预应力锚索截面面积, m^2 ;

K_b ——锚杆杆体抗拉安全系数, 对永久性锚杆, 一级边坡取2.2, 二级边坡取2.0, 三级边坡取1.8;

f_y ——普通钢筋抗拉强度设计值, kPa ;

f_{py} ——预应力钢绞线抗拉强度设计值, kPa 。

b) 预应力锚索锚杆:

$$A_s \geq \frac{K_b N_{ak}}{f_{py}} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

A_s ——锚杆钢筋或预应力锚索截面面积, m^2 ;

K_b ——锚杆杆体抗拉安全系数, 对永久性锚杆, 一级边坡取2.2, 二级边坡取2.0, 三级边坡取1.8;

f_y ——普通钢筋抗拉强度设计值, kPa ;

f_{py} ——预应力钢绞线抗拉强度设计值, kPa 。

11.7.2.6 锚杆(索)锚固体与岩土层的锚固长度应满足下式要求:

$$l_a \geq \frac{KN_{ak}}{\pi \cdot D \cdot f_{rbk}} \dots\dots\dots (15)$$

式中:

l_a ——锚杆锚固段长度, m , 尚应满足现行相关规范规定和要求;

K ——锚杆锚固体抗拔安全系数, 对永久性锚杆, 一级边坡取2.6, 二级边坡取2.4, 三级边坡取2.2;

D ——锚杆锚固段钻孔直径, mm ;

f_{rbk} ——岩土层与锚固体极限粘结强度标准值, kPa 。

11.7.2.7 锚杆(索)杆体与锚固砂浆间的锚固长度应满足下式要求:

$$l_a \geq \frac{KN_{ak}}{n\pi df_b} \dots\dots\dots (16)$$

式中:

l_a ——锚筋与砂浆间的锚固长度, m ;

d ——锚杆钢筋直径, m ;

n ——钢筋根数, 根;

f_b ——钢筋与锚固砂浆间的粘结强度设计值, kPa 。

11.7.2.8 锚杆进行抗震验算时, 其安全系数应按0.8折减。

11.7.2.9 锚杆总长度应为锚固段、自由段和外锚头的长度之和, 并应满足下列要求:

- a) 锚杆自由段长度按外锚头到潜在滑裂面的长度计算, 预应力锚杆自由段长度应不小于5 m, 且应超过潜在滑移面1.5 m;
- b) 锚杆锚固段长度应按公式进行计算, 并取其中大值。同时, 土层锚杆的锚固段长度不应小于4 m, 且不宜大于10 m; 岩石锚杆的锚固段长度不应小于3 m, 且不宜大于45D和6.5 m, 预应力锚索不宜大于55D和8.0 m;

- c) 当计算锚固段长度超过构造要求长度时,应采取改善锚固段岩土体质量、压力灌浆、扩大锚固段直径等技术措施,提高锚杆承载能力。
- 11.7.2.10 杆体应采用 HRB400 及以上钢筋,宜采用单根粗钢筋,若采用多根钢筋成束时,钢筋数不应超过 3 根。
- 11.7.2.11 锚杆杆体连接宜采用直螺纹机械连接,也可焊接,焊接长度不小于 8D。锚杆端头应与格构梁钢筋焊接或搭接,如与格构主筋及箍筋相干扰,可局部调整主筋及箍筋间距。
- 11.7.2.12 锚杆对中支架应沿锚杆轴线方向每隔 1 m~3 m 设置一个(土层取小值,岩层取大值)。
- 11.7.2.13 锚杆应置于锚孔中心,杆体保护层厚度不宜小于 25 mm。
- 11.7.2.14 灌浆材料性能应符合下列规定:
- 水泥宜使用普通硅酸盐水泥,必要时可采用抗硫酸盐水泥,其强度不应低于 42.5 MPa;
 - 砂的含泥量按重量计不宜大于 3%,砂中云母、有机物、硫化物和硫酸盐等有害物质的含量按重量计不宜大于 1%;
 - 水中不应含有影响水泥正常凝结和硬化的有害物质,不得使用污水;
 - 外加剂的品种和掺量应由试验确定;
 - 浆体配制水灰比宜为 0.38~0.5;
 - 浆体材料 28 天的无侧限抗压强度,用于全粘结型锚杆时不宜低于 25 MPa,用于锚索时不宜低于 30 MPa。
- 11.7.2.15 松散土层及节理裂隙发育的岩层宜进行二次压浆,二次压浆应在首次注浆 24 h 之内进行。一次注浆压力不宜小于 0.5 MPa,二次压浆压力不宜小于 2.0 MPa,二次压浆的位置应处在锚固端,水灰比宜为 0.5~0.6。
- 11.7.2.16 锚杆的锚固体嵌入格构内 50 mm,锚杆杆体上弯至格构上层钢筋,锚杆上弯长度不宜小于 20D。
- 11.7.2.17 锚杆的设计抗拔力宜大于 200 kN 时,受力锚杆不应采用弯钩构造,应采用锚锭板焊接或螺纹连接。
- 11.7.2.18 锚杆的防腐蚀处理应符合下列规定:
- 锚杆的自由段位于土层中时,可采用除锈、刷沥青船底漆和沥青玻纤布缠裹二层进行防腐蚀处理;
 - 采用钢绞线、精轧螺纹钢制作的预应力锚杆(索),其自由段可按本条第 1 款进行防腐处理后装入套管中;自由段套管两端 10 cm~20 cm 长度范围内用黄油充填,外绕扎工程胶布固定;
 - 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宜小于 25 mm;对位于腐蚀性岩土层内的锚固段,应采取特殊防腐蚀处理,且水泥浆或水泥砂浆保护层厚度不宜小于 50 mm;
 - 经过防腐蚀处理后,锚杆的锚固体宜嵌固在格构梁内 50 mm。
- 11.7.2.19 水下格构锚固护坡锚杆或锚索防腐蚀要求如下:
- 锚固段应置于中风化、微风化的岩层中;
 - 水土腐蚀性弱-中等的部位锚头、非锚固段锚杆的保护层厚度不应小于 50 mm;
 - 水土腐蚀性强的部位锚头、非锚固段锚杆的保护层厚度不宜小于 80 mm;
 - 锚杆的对中支架应为塑料结构。
- 11.7.2.20 预应力锚杆张拉及锁定应符合下列规定:
- 当锚固体单轴抗压强度超过 20 MPa 并达到设计强度的 80 %时可进行张拉及锁定;
 - 锚杆张拉控制应力不宜超过 0.65 倍的钢筋或钢绞线的强度标准值;
 - 宜进行锚杆设计预应力值 1.05 倍~1.10 倍的超张拉,预应力保留值应满足设计要求;

- 1) 对地层及被锚固结构的位移控制要求较高的工程,预应力锚杆的锁定值宜为锚杆轴向拉力特征值;
- 2) 对容许地层及被锚固结构产生一定变形的工程,预应力锚杆的锁定值宜为锚杆设计预应力值的 0.75 倍~0.90 倍。

11.7.3 格构锚固构造

11.7.3.1 浆砌块石格构

11.7.3.1.1 浆砌块石格构可分为方形、菱形、人字型、弧型四类,方形格构水平间距应小于 3.0 m,菱形格构间距应小于 3.0 m,人字形格构横向间距应小于 3.0 m,弧形格构横向间距应小于 3.0 m。

11.7.3.1.2 浆砌块石格构设计以类比法为主,断面高×宽不宜小于 300 mm×200 mm,最大不宜超过 450 mm×350 mm。水泥砂浆强度级别不宜低于 M7.5,格构框条宜采用里肋式或柱肋式,每隔 10 m~20 m 设一变形缝。

11.7.3.1.3 浆砌块石格构边坡坡面应平整,坡度不宜大于 35°。边坡高于 30 m 时,应设置马道。

11.7.3.1.4 根据岩土体结构和强度在格构节点设置锚杆,长度大于 4 m,全粘结灌浆。岩土体较破碎和易溜滑时,可采用锚管加固,全粘结灌浆,注浆压力 0.5 MPa~1.0 MPa。锚杆(管)埋置在浆砌块石格构中。

11.7.3.1.5 格构锚管结构宜根据 DZ/T 0219 有关规定和要求执行。

11.7.3.1.6 在格构间应培土和植草,美化环境和防护表层边坡。

11.7.3.2 现浇钢筋混凝土格构

11.7.3.2.1 现浇钢筋混凝土格构形式可分为方形、菱形、人字型、弧型四类,方形格构水平间距应小于 5.0 m,菱形格构间距应小于 5 m,人字形格构横向间距应小于 4.5 m,弧形格构横向间距应小于 4.5 m。

11.7.3.2.2 钢筋混凝土断面设计应采用简支梁法进行弯矩计算,采用类比法校核。断面高×宽不宜小于 300 mm×250 mm,最大不宜超过 500 mm×400 mm。

11.7.3.2.3 纵向钢筋应采用 Φ14 的 HRB335 级以上的热轧钢筋,箍筋应采用 Φ8 以上的钢筋加工。若配筋率过小,可按少筋梁结构处理。

11.7.3.2.4 混凝土宜采用 C25 以上强度等级。

11.7.3.3 格构通用要求

11.7.3.3.1 现浇钢筋格构边坡坡面应平整,坡度不宜大于 70°。边坡高于 30 m 时,应设置马道。

11.7.3.3.2 根据岩土体结构和强度在格构节点设置锚杆。锚杆应采用 Φ25~Φ40 的 HRB400 螺纹钢加工,长度宜为 4 m 以上,全粘结灌浆,并与钢筋笼点焊连接。若岩土体较为破碎和易溜滑,可采用锚管加固,锚管用 Φ50 钢管加工,全粘结灌浆,注浆压力 0.5 MPa~1.0 MPa,并与钢筋笼点焊连接。锚杆(管)埋置于浆砌块石格构中。锚杆(管)均应穿过潜在滑动面。Φ50 钢管设计拉拔力可根据计算确定。

11.7.3.3.3 格构间宜培土和植草。

12 治理工程监测

12.1 一般要求

12.1.1 应在设计阶段制定监测计划,由业主委托有资质的监测单位编制监测方案,并在施工阶段、运行阶段对治理工程进行定期监测。

12.1.2 监测设计应包括施工安全监测和治理效果监测。监测设计所提出的监测方法、精度、观测频数及资料整理等，应能满足动态设计的要求。

12.1.3 监测结果应作为判断地质灾害稳定状态、指导施工、反馈设计和治理效果检验的依据。

12.1.4 大型的、复杂的地质灾害的治理工程监测网点应可供长期监测使用。

12.1.5 治理工程监测仪器的选择应符合下列要求：

- a) 仪器的可靠性和长期稳定性好；
- b) 仪器有能与灾害体变形相适应的足够的量程、精度和灵敏度；
- c) 仪器具有防风、防雨、防潮、防震、防雷、防腐等与环境相适应的性能；
- d) 仪器应具有仪器生产许可证，产品质量合格。

12.1.6 监测系统包括仪器安装，数据采集、传输和存储，数据处理，预测预报等。

12.1.7 不得采用 GPS 方法进行高程引测。

12.1.8 监测工程应与宏观地质灾害巡视监测相结合。

12.2 控制系统选择

12.2.1 平面坐标采用 2000 国家大地坐标系，高程采用 1985 国家高程基准。

12.2.2 涉水工程高程控制系统可采用 1985 国家高程基准，高程基准的引测等级不低于（含）三等水准，非涉水工程高程控制系统基准的引测不低于（含）四等水准。

12.2.3 平面系统和高程系统的引测图形自身应有可检核条件，引测数据独立平差，不宜和监测基准网混合平差。

12.3 变形观测控制网建立

12.3.1 变形观测控制网应建立在变形体外稳定基岩上，基准点应建成带强制对中装置的观测墩。

12.3.2 变形观测控制网的等级一般为二级，应进行严格平差，以最弱边边长相对中误差不低于 1:10 万为控制指标，平均边长控制在 300 m，每半年检测一次。

12.3.3 不宜采用精密导线和 GPS 方法建立控制网。

12.3.4 采用二等水准建立高程变形控制网，应有检核条件并经过严格平差，每周期应复测。

12.4 监测内容

12.4.1 地质灾害体及相邻建构筑物监测内容如下：

- a) 滑坡监测内容主要包括大地形变、裂缝、深部位移、表面倾斜、深部倾斜、地下水位、孔隙水压力、地表水位、降雨量及人类工程活动等；
- b) 崩塌（危岩）监测内容主要包括裂缝、表面倾斜、应力应变、冲击力、人类工程活动等；
- c) 泥石流监测内容主要包括裂缝、冲击力、水量、地表水位、降雨量和人类工程活动等；
- d) 地面塌陷监测内容主要包括大地形变、裂缝、深部位移、表面倾斜、应力应变、地下水位、水量、降雨量和人类工程活动等；
- e) 建构筑物监测内容主要为建筑变形；
- f) 人类工程活动；
- g) 其它。

12.4.2 按治理工程结构监测内容如下：

- a) 抗滑桩工程监测内容包括大地变形、表面倾斜、应力应变等；
- b) 挡墙类工程监测内容包括大地变形、裂缝、表面倾斜、应力应变等；
- c) 格构锚固及锚喷类工程监测内容包括大地变形、应力应变等；
- d) 预应力锚杆（索）工程监测内容包括大地变形、应力应变等；

- e) 回填类工程监测内容包括大地变形、裂缝、深部位移、表面倾斜、深部倾斜、应力应变、地下水位、孔隙水压力、地表水位、雨量及人类工程活动等；
- f) 坡面防护类工程监测内容包括裂缝、地表水位、降雨量及人类工程活动等；
- g) 排水工程类工程监测内容包括大地变形、裂缝、水量、降雨量等；
- h) 人类工程活动等；
- i) 其它。

12.5 监测点布置

12.5.1 监测工程由监测网和监测点构成。

12.5.2 监测网为变形测量网，分为高程网和平面网。监测点分为基准点和监测点。高程测量应采用 1985 国家高程基准，平面测量应采用 2000 国家大地坐标系统。

12.5.3 监测网型视现场条件，可选择十字型、放射型、方格型、任意型网等网型。

12.5.4 监测点的设置应符合下列要求：

- a) 基准点设置在灾害体及治理区外围稳定岩土层上；
- b) 监测点的设置应能满足变形测量网建设要求，每条监测剖面监测点不宜少于 3 个；
- c) 监测点的布置要按治理工程的措施、地质条件、结构特点和观测项目来确定，选择有代表性的部位布置；
- d) 在设计初期，应进行仪器埋设观察，以便获得连续完整的记录。

12.5.5 监测剖面应控制主要变形方向，原则上应与治理工程垂直和平行。安全等级为一级的治理工程，监测纵剖面不宜少于 3 条；二级治理工程，监测纵剖面不宜少于 2 条。单个灾害体上的纵、横剖面不宜少于 1 条，并尽可能与地质勘查剖面 and 治理设计剖面一致。

12.5.6 对地表变形剧烈地段、治理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。

12.5.7 变形观测应以地表位移监测为主。在剖面所经过的裂缝、支挡工程结构、以及其它治理工程结构上，布置位移监测点及其它监测点。监测剖面两端要进入稳定岩（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。

12.5.8 应可能利用钻孔或平洞、竖井进行深部变形监测，并测定监测剖面上不同点的位移变化量、方向和速率。

12.5.9 挡土墙、拦挡坝每条剖面监测点数目不应少于 2 个监测点，监测点宜设置在坝肩顶上。

12.5.10 排水工程、排导槽每条剖面监测点数目不应少于 2 个监测点。宜考虑在起始段或者转角较大处布置。

12.5.11 降雨量监测点宜布设于在灾害体附近、泥石流宜设在清水区及物源区范围内，不宜少于 1 处。

12.5.12 冲击力监测点：每条剖面监测点数目不应少于 1 处冲击力监测点，在竖向布置上，特别重要的构筑物（拦挡坝）不应少于 2 个冲击力监测点。

12.5.13 地表水动态监测每条监测断面布置不宜少于 1 个监测点，施工期宜布置于上游清水区。

12.5.14 泥石流流量监测每条监测断面布置不应少于 1 个监测点，宜考虑在排导槽起始段或者转角较大处布置。

12.5.15 裂缝变形监测点应布设在重要裂缝中伸缩缝中点、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。

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

12.5.17 施工期监测点，应布置在灾害体稳定性差的部位，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。

12.5.18 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。

12.5.19 应对地表排水工程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。主要布置在各段沟渠交接点之上游 10 m 处。

12.5.20 抗滑桩应力、应变监测点，宜沿桩身内力分布特征选择有代表性的不同位置选取 3~5 处布置。

12.5.21 锚杆（索）预应力监测点宜布置于自由段。

12.6 监测精度

12.6.1 平面位移监测精度为观测点坐标中误差不低于 ± 3 mm。

12.6.2 沉降监测精度为相对于基准点的高差中误差不低于 0.5 mm，也可按四等水准要求实施。

12.6.3 水位监测精度为 0.01 m。

12.6.4 岩质边坡地表裂缝、位移变化监测精度不低于 0.5 mm，土质边坡不低于 1.0 mm。

12.6.5 土压力传感器精度应小于满量程的 0.5 %，孔隙水压力传感器灵敏度不应大于 1 Hz。

12.6.6 锚杆（索）预应力监测根数不宜少于总数的 5 %，且不应小于 3 根。

12.7 监测周期和期限

12.7.1 设计工作期间监测频率宜为 1 次/5 天，施工初期监测频率宜为 1 次/天，且应根据地质环境复杂程度、周边建（构）筑物、管线等变形敏感程度、气候条件和监测数据调整监测时间和频率，出现险情时应加密观测。

12.7.2 工程竣工后，大、中型治理工程的监测期限不少于两个水文年，其它等级的防治工程项目，监测期限不短于一个水文年。

12.8 监测与资料整理

12.8.1 变形明显、施工扰动大的灾害体，监测数据的采集应尽可能采用自动化方式。

12.8.2 监测设计应提供灾害体险情预警判据，并在施工过程中逐步加以完善。施工期间监测单位应定期向建设单位、监理单位、设计单位和施工单位提交监测报告，必要时提交实时监测数据。

12.8.3 每次监测应作原始记录并及时进行监测数据整理。监测网数据观测、预处理、平差计算应符合 JGJ 8、GB 50026 等有关规定和要求。

12.8.4 及时对监测数据进行分析处理和相关分析。

12.8.5 监测过程中发现变形加剧，应加密监测，并立即上报主管部门。开展长期监测的治理工程，每个阶段工作结束时提交阶段监测报告，每年应有年度监测报告，整个监测工作结束时提交监测总结报告。

12.8.6 监测报告应包含下列内容：

- a) 治理工程概况；
- b) 监测设计依据；
- c) 监测目的和要求；
- d) 监测仪器的型号、规格和标定资料；
- e) 测点布置图、监测指标、时程曲线图；
- f) 监测数据整理、分析和监测结果评述。

13 材料试验与质量检测

13.1 一般要求

13.1.1 对材料试验和质量检验应提出明确要求，作为后续工程施工质量检测合格判定标准。

13.1.2 材料试验与质量检测应根据现行标准和规范要求要求进行。

13.2 材料试验

13.2.1 检查工程所用原材料的合格证。

13.2.2 工程用砂、石应满足 JGJ 52 有关规定和要求。

13.2.3 工程用水泥满足 GB 175 有关规定和要求。

13.2.4 工程用钢筋满足 GB/T 1499 有关规定和要求。

13.2.5 锚杆杆体用钢绞线应符合 GB/T 5224 有关规定和要求，钢绞线用锚具应符合 GB/T 14370 有关规定和要求。

13.2.6 柔性防护网系统用锚绳、减压环、钢柱、钢丝绳网、钢丝网、锚杆等应符合 JT/T 528 和 TB/T 3089 有关规定和要求。

13.2.7 不同强度等级混凝土要求不同配合比，应符合 JGJ 55 有关规定和要求，分别制取试件。

13.2.8 不同强度等级水泥砂浆要求不同配合比，应符合 JGJ 98 有关标准和要求，应分别制取试件。

13.3 质量检测

13.3.1 各种类型非预应力锚杆的性能试验取锚杆总数的 3%，且不应少于 3 根。

13.3.2 预应力锚杆（索）锚固性能试验数量不应少于锚索（杆）总数的 3%，且不应少于 3 根。

13.3.3 所有抗滑桩均应进行桩身结构完整性检测，采用低应变反射波法或预埋管声波透射法，检测应符合 JGJ 106 有关规定和要求。

13.3.4 对低应变检测结果有疑问的抗滑桩，应采用钻芯法进行补充检测，强度等级评定应符合 JGJ 106 有关规定和要求。

13.3.5 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 JGJ 106 有关规定和要求。

13.3.6 桩质量检验应符合 GB 50204 和 JGJ 94 有关规定和要求。

13.3.7 钢筋位置、直径、数量和保护层厚度可采用钢筋检测仪复检，或直接凿开检查。

13.3.8 混凝土格构可采用回弹法进行检测，也可采用钻芯法进行补充检测，混凝土质量与强度评定按国家现行有关标准执行。

13.3.9 砌体护坡应检测砌石或砌块的强度、尺寸、厚度及砂浆强度等。

13.3.10 喷射混凝土面板厚可采用凿孔法或钻孔法检测，每 100 m²抽检一组；芯样直径为 100 mm 时，每组不应少于 3 个点；厚度平均值应大于设计厚度，最小值不应小于设计厚度的 80%；混凝土抗压强度的检测和评定应符合 GB/T 50344 的有关规定和要求。

13.3.11 防护网钢丝绳、钢丝、钢柱构件、卡扣等规格及质量应满足国家现行有关标准，并按规定对钢丝绳锚杆进行拉拔试验检测。

13.3.12 植被绿化应要求植被覆盖率达到 70% 以上，植被成活率达到 95% 以上。

13.3.13 护坡挡墙要求进行墙体质量检测和墙背填料进行压实度检测。对挡墙地基或经处理后挡土墙地基承载力可设计采用标贯试验或动力触探试验进行检验。

14 设计成果提交

14.1 一般要求

14.1.1 设计成果由地质灾害治理设计方案、设计施工图纸两部分组成。

14.1.2 设计成果要求简明扼要、重点突出、论据充分、结论明确、图纸规范，时空信息量大，实用易懂，图面布置合理，美观清晰，便于使用单位阅读。

14.2 设计方案

14.2.1 设计方案应在野外调查和综合分析基础上编写而成。

14.2.2 设计方案主要由前言、地质环境条件概况、地质灾害调查评价、治理工程设计、监测工程设计、治理概算、施工条件分析、进度、安全及环保等建议、预期成果和效益分析等部分组成。

14.2.3 工程量计算书、设计工程稳定性计算书和费用预算书作为设计方案附件一并提交，要求如下：

- a) 对工程量进行说明，包括各项工程量计算选择公式、参数、参考标准及计算过程等；
- b) 说明设计工程稳定性计算依据的规范、标准和地质参数，根据不同工程构筑物受力模式，建立的地质模型（或受力模式），选择的计算公式，计算参数，对构筑物的设计尺寸、结构的安全性进行检算，列表反映计算参数及结果，附计算模式图、受力构件的弯矩、剪力、位移等图；
- c) 工程预算书包括工程施工条件概况、工程量，预算编制依据、方法、采用定额和标准、预算结果及相关计算表格。

14.3 设计施工图

14.3.1 设计施工图是地质灾害治理工程实施过程中最重要的依据，图纸应比例合理、信息量大、线条和尺寸标注规范、色泽搭配合理、可读性强。

14.3.2 设计施工图采用平面图、纵横剖面图，工程构筑物结构图及大样图等图件来表达治理工程所在位置、各部位的基础型式、地质岩土、材质结构、尺寸、高程、连接安装方法等，并满足计算工程量的需要。

14.3.3 设计施工图应淡化基础图层，新布置的工程应重点突出或对不同的工程区用线条区分示意，应标明坐标网、控制点坐标、工程点坐标、工程数量表及各分项工程设计说明；统一平面和剖面图中地层时代、防治工程代号等图例。

14.3.4 设计施工图图纸目录参考附录 B，目录宜由以下部分组成：

- a) 图纸封面、目录、说明；
- b) 原始测量图；
- c) 地质环境条件图，比例尺 1:500~1:2 000；
- d) 治理工程总平面布置图（或立面图），比例尺 1:500~1:1 000；
- e) 分部分项工程平面布置图（或立面图），比例尺 1:100~1:500；
- f) 地质剖面图，比例尺 1:200~1:1 000；
- g) 工程设计剖面图，比例尺 1:100~1:200；
- h) 治理工程绿化平面布置图，比例尺 1:100~1:500；
- i) 监测工程平面布置图，比例尺 1:500~1:2 000；
- j) 重点部位，分部分项工程细部结构大样图，比例尺 1:50~1:100；
- k) 新工艺、新方法实施说明及大样图；
- l) 其它。

14.3.5 每张图纸应有标题栏和会签栏，其中标题栏一般在图纸的右下方，标题栏格式参考附录 B。当工程设计涉及相关专业（园林、水电、结构、建筑等）设计，应设置会签栏，会签栏一般放在图纸的左上角，注明会签者的专业，姓名，日期等。标题栏和会签栏均应由相关人员个人签字、确认。

14.3.6 宜采用蓝晒出图方式出版。

14.3.7 设计施工图纸应单独成册,装订顺序为封面、目录、说明书、原始测量图、总平面布置图、单项平面布置图等,随后按照各分项工程排序;同一分项工程为一组图纸,按照分项工程平面布置图、纵横剖面布置图、结构图及细部大样图的顺序排列。

14.3.8 图纸折叠前应按裁图线裁剪整齐,图面应折向内,成手风琴风箱式。折叠后幅面尺寸应以图纸基本尺寸为标准。图纸及竣工图章应露在外面,其它图纸应在装订边折一三角或剪一缺口,折进装订边。

14.3.9 设计单位应做好设计施工图后续服务工作。

附 录 A
(资料性附录)
设计方案提纲

- 0 前言
- 0.1 任务由来
- 0.2 目的任务
- 0.3 工作依据
- 0.4 工作方法及质量评述
- 1 地质环境条件概况
- 1.1 自然地理
- 1.2 地质及水文地质条件
- 1.3 工程地质条件
- 1.4 人类工程活动
- 2 地质灾害调查评价概述
- 2.1 地质灾害现状
- 2.2 地质灾害形成机理
- 2.3 地质灾害影响因素及稳定性
- 2.4 危害程度
- 3 治理工程设计
- 3.1 治理设计目标
- 3.2 治理设计原则
- 3.3 设计指标
- 3.4 治理设计方案
- 3.5 分部分项工程技术要求
- 3.6 设计工程量
- 4 监测工程设计
- 4.1 监测工程的目的与任务
- 4.2 设计原则与依据
- 4.3 监测工程布置
- 4.4 监测工程设计（方法、手段等）
- 4.5 监测工程量
- 5 治理预算
- 5.1 编制依据
- 5.2 编制说明
- 5.3 预算结果（设计、施工、监理、监测等）
- 6 施工条件分析
- 7 进度、安全及环保等建议
- 8 预期成果
- 9 效益分析
- 附件：

1. 工程地质勘查报告、可行性研究报告及初步设计报告、专家审查意见及批复（其中，地质灾害防治项目地质勘查报告、可行性研究报告及初步设计报告另册）；

2. 业主委托书；

3. 承担单位资质证书（复印件）、营业执照等；

4. 设计计算书；

5. 工程量计算书；

6. 基础资料统计表（含单项工程材料等表格）；

7. 工程预算及相关表格；

8. 水、土、岩试验报告；

9. 治理工程特征表；

10. 电子版设计文件；

11. 现场调查影像资料；

12. 其它。

附 录 B
(资料性附录)
图纸目录与标题栏参考样式

表B. 1规定了地质灾害治理工程设计图纸目录样式。

表B. 1 图纸目录样式表

设计单位名称		工程名称			
		建设单位			
资质等级：编号					
资质有效期		设计编号			
图号	图纸内容		图幅	折合号(张)	
1					
2					
3					
...					

表B. 2规定了地质灾害治理工程设计图纸标题栏参考样式。

表B. 2 标题栏参考样式表

设计单位					工程名称			
					建设单位			
资质等级：编号 资质有效期					工程编号			
项目负责		校对		图名		图别		
设计		审核				图号		
制图		审定				日期		

参 考 文 献

- [1] GB 50021—2001 岩土工程勘察规范
 - [2] GB 50286—1998 堤防工程设计规范
 - [3] GB 50287—1999 水利水电工程地质勘察规范
 - [4] DZ/T 0219—2006 滑坡防治工程设计与施工技术规范
 - [5] JTG D30—2004 公路路基设计规范
 - [6] SL 274—2001 碾压式土坝设计规范
 - [7] TB 10025—2001 铁路路基支档结构设计规范
 - [8] YSJ 211—92 注浆技术规程
 - [9] 地质灾害治理工程设计
 - [10] 三峡库区三期地质灾害防治工程设计技术要求
 - [11] 广西岩溶地区建筑地基基础技术规范
-