

ICS 07.060
CCS D 10
备案号: 124907-2025

DB11

北京市地方标准

DB11/T 1524—2025

代替 DB11/T 1524—2018

地质灾害治理工程实施技术规范

Technical specification for implementation of geohazard controlling project

2025-06-24 发布

2026-01-01 实施

北京市市场监督管理局 发布

目 次

前言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 基本规定 3

5 勘查 4

5.1 基本要求 4

5.2 崩塌勘查 5

5.3 滑坡勘查 8

5.4 泥石流勘查 10

5.5 岩溶塌陷勘查 12

5.6 采空塌陷勘查 14

5.7 勘查成果 16

6 设计 16

6.1 基本要求 16

6.2 设计原则 17

6.3 荷载与计算 18

6.4 挡墙 19

6.5 锚杆（索） 21

6.6 格构锚固 23

6.7 抗滑桩 24

6.8 拦挡坝 26

6.9 排导槽 27

6.10 柔性防护网 28

6.11 充填 29

6.12 支撑嵌补 29

6.13 截排水 30

6.14 危岩土清理 31

6.15 生态护坡工程 32

6.16 生态固床工程 32

6.17 工程监测 33

6.18 设计文件编制 33

6.19	变更设计	34
7	施工	35
7.1	基本要求	35
7.2	通用制作与安装工程	35
7.3	挡墙	40
7.4	格构锚固	42
7.5	抗滑桩	43
7.6	拦挡坝	45
7.7	柔性防护网	45
7.8	充填	47
7.9	支撑嵌补	49
7.10	截排水	50
7.11	危岩土清理	51
7.12	生态护坡工程	52
7.13	生态固床工程	52
8	验收	52
8.1	基本要求	53
8.2	验收资料	54
9	工程运营及维护	54
9.1	基本要求	55
9.2	运营维护内容	55
9.3	运营维护监测	55
9.4	工程维护	56
10	工程治理成效评价	56
10.1	基本要求	56
10.2	减灾效益成效评价	56
10.3	社会效益成效评价	56
10.4	经济效益成效评价	56
10.5	环境效益成效评价	56
10.6	治理工程质量等级评价	56
10.7	治理工程销账	57
附录 A (资料性)	地质灾害治理工程勘察大纲内容	58
附录 B (规范性)	崩塌滑坡分类	59
附录 C (资料性)	危岩稳定性计算	61
附录 D (资料性)	崩塌运动学分析方法	66
附录 E (规范性)	泥石流分类	69

附录 F（规范性）	岩溶塌陷分类	72
附录 G（资料性）	勘察报告正文编写大纲	74
附录 H（规范性）	治理工程设计安全系数	82
附录 J（资料性）	锚杆（索）设计参考值	83
附录 K（资料性）	锚索格构梁计算方法	86
附录 L（资料性）	拦挡坝库容计算方法	89
附录 M（资料性）	危岩崩塌支撑柱（墙）反力计算	91
附录 N（资料性）	设计文件内容及格式	94
附录 P（资料性）	施工组织方案及竣工图主要内容	96
附录 Q（资料性）	竣工图编制要求	99
附录 R（资料性）	归档资料清单	100
附录 S（资料性）	地质灾害治理工程运维巡查记录表	101
附录 T（资料性）	地质灾害治理工程维护记录表	102
附录 U（资料性）	地质灾害治理成效评估表	103
参考文献		105

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。本文件代替DB11/T 1524—2018《地质灾害治理工程实施技术规范》，与DB11/T 1524—2018相比，由七章增加为十章，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了不稳定斜坡灾种；
- b) 增加了术语“崩塌堆积体”；
- c) 增加了抗震参数取值依据；增加了地质灾害治理工程绿色、数智理念要求；
- d) 勘查增加了滑坡稳定性计算、泥石流基本特征参数分析计算参考依据；增加了附录A地质灾害防治工程勘查大纲内容；增加了附录C危岩稳定性计算；增加了附录D崩塌运动学分析方法；
- e) 设计增加了荷载与计算、危岩土清理、引导防护系统、生态护坡工程、生态固床工程、变更设计等内容，删除了防护堤、植物防护；增加了抗滑桩设计计算方法；增加了附录J锚杆（索）设计参考值；增加了附录K锚索格构梁计算方法；增加了附录M危岩崩塌支撑柱（墙）反力计算；
- f) 施工增加了危岩土清理、生态护坡工程、生态固床工程，删除了植物防护、施工质量验收；
- g) 增加了验收一章，对验收的工作内容、验收程序和组织、验收资料和竣工图编制等提出相关要求；增加了附录Q竣工图编制要求；增加了附录R归档资料清单；
- h) 增加了工程运营及维护一章，对运营维护内容和管理范围、监测等提出相关要求；增加了附录S地质灾害治理工程运维巡查记录表；增加了附录T地质灾害治理工程维护记录表；
- i) 增加了工程治理成效评价一章，从减灾效益、社会效益、经济效益和环境效益等方面提出相关要求；提出治理工程销账技术要求；增加了附录U地质灾害治理成效评估表。

本文件由北京市规划和自然资源委员会提出并归口。

本文件由北京市规划和自然资源委员会组织实施。

本文件起草单位：中航勘察设计研究院有限公司、中勘三佳工程咨询（北京）有限公司、北京市地质矿产勘查院、北京市工程地质研究所、建设综合勘察研究设计院有限公司、北京中城建建设管理有限公司、北京市地质灾害防治研究所、北京市地质矿产勘查开发集团有限公司、中国地质工程集团有限公司。

本文件主要起草人：李建光、张建青、南赟、唐德平、郑小燕、李海坤、吴彬、李玉倩、陈宝军、魏峰先、胡永玉、王妍、刘情情、卢游。

本文件所替代标准的历次版本发布情况为：

- 2018年首次发布为DB11/T 1524—2018；
- 本次为第一次修订。

地质灾害治理工程实施技术规范

1 范围

本文件规定了地质灾害治理工程的勘察、设计、施工、验收、工程运营及维护和工程治理成效评价等技术要求。

本文件适用于北京地区的崩塌、滑坡、泥石流、岩溶塌陷和采空塌陷等五类地质灾害治理工程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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/T 700 碳素结构钢
- GB/T 706 热轧型钢
- GB 6722 爆破安全规程
- 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 20257 国家基本比例尺地图图式
- GB/T 38509 滑坡防治设计规范
- GB 50003 砌体结构设计规范
- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB/T 50010 混凝土结构设计标准
- GB/T 50011 建筑抗震设计标准
- GB 50026 工程测量标准
- GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范
- GB/T 50123 土工试验方法标准
- GB/T 50266 工程岩体试验方法标准
- GB 50290 土工合成材料应用技术规范
- GB 50330 建筑边坡工程技术规范
- GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准
- GB 50666 混凝土结构工程施工规范
- GB 55002 建筑与市政工程抗震通用规范
- GB 55003 建筑与市政地基基础通用规范
- GB 55008 混凝土结构通用规范
- GB 55018 工程测量通用规范
- DZ/T 0219 滑坡防治工程设计与施工技术规范
- DZ/T 0220 泥石流灾害防治工程勘察规范
- JGJ 8 建筑变形测量规范

JGJ 94 建筑桩基技术规范
JT/T 1328 边坡柔性防护网系统
TB/T 3089 铁路沿线斜坡柔性安全防护网
DB11/T 1677 地质灾害监测技术规范

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 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崩塌、滑坡、泥石流、岩溶塌陷和采空塌陷等与地质作用有关的灾害。

3.2

崩塌 rock(soil) fall

地质体在重力作用下，从高陡坡突然加速崩落、滚落或跳跃，具有明显的拉断或倾覆的现象。

3.3

滑坡 landslide

斜坡（含边坡）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。

3.4

泥石流 debris flow

山区沟谷或坡面上的松散岩土体，受暴雨等水源激发，形成的含有大量泥砂石块和水的混合流体，沿沟谷或坡面流动的过程或现象。

3.5

岩溶塌陷 karst collapse

岩溶洞隙上方的岩土体在自然或人为因素作用下发生变形破坏，并在地面形成塌陷的地质现象。

3.6

采空塌陷 mining collapse

地下矿体采空后，矿层上部及周边的岩层失去支撑，平衡条件被破坏，随之产生弯曲、塌落，以致形成的地表下沉变形和塌陷的地质现象。

3.7

危岩体 dangerous rockbody

被多组不连续结构面切割分离，稳定性差，可能以倾倒、坠落或塌滑等形式崩塌的地质体。

3.8

崩塌堆积体 falling deposits

崩塌后堆积在斜坡及坡脚的岩土固体颗粒物质。

4 基本规定

4.1 地质灾害治理工程应结合北京地区已有地质灾害治理工程经验，做到技术可靠、因地制宜、安全适用、确保质量、经济合理、保护环境和治理有效。

4.2 地质灾害治理工程等级应根据致灾地质体可能造成的灾情及险情等按表 1 确定。

表 1 地质灾害治理工程等级

地质灾害治理工程等级		I	II	III
灾情	人员伤亡情况	有人死亡	有伤害发生	无
	直接经济损失（万元）	>1000	500~1000	<500
险情	受威胁人数（人）	>500	30~500	<30
	灾害潜在损失（万元）	>10000	3000~10000	<3000
注：地质灾害治理工程等级按就高原则确定。				

4.3 地质灾害治理工程勘查设计暴雨强度应按治理工程所在区域有记录以来的降雨强度最大值确定，地震参数应按照 GB 18306、GB 55002、GB/T 50011 确定。

4.4 地质灾害治理工程勘查应根据地质环境条件和灾害特征，确定勘查工作部署，查明地质灾害的孕灾、成灾条件及治理工程的地质条件，评价稳定状态，预测发展趋势，提供地质灾害治理工程设计参数及防治措施建议。

4.5 地质灾害治理工程设计应在勘查成果的基础上，结合场地条件、地质环境、土地利用现状及土地规划等确定治理方案，进行工程设计。

4.6 地质灾害治理工程施工应依据工程设计文件合理组织实施，严格控制过程质量。

4.7 地质灾害治理工程验收应依据工程设计文件和施工技术标准，对工程的完成情况、质量达标程度进行全面检查和确认。

4.8 地质灾害治理工程运营及维护应在交付使用后依据工程的设计要求、使用标准和技术规范，进行定期检查、维修和保护。

4.9 地质灾害治理工程治理成效评价应综合评估工程目标的实现程度、减灾效益、经济效益、社会效益和环境效益。

4.10 地质灾害应急治理应在开展应急调查的基础上进行应急勘查、设计和施工。

4.11 地质灾害治理工程鼓励积极采用新工艺、新技术、新材料，宜体现绿色、数智理念。

4.12 地质灾害治理工程实施过程除应符合本规范要求的有关规定外，尚应符合国家现行有关地质灾害治理法规和有关规范的管理或技术规定。

5 勘查

5.1 基本要求

5.1.1 地质灾害治理工程勘查应根据地质灾害特征,收集和分析区域相关资料,进行现场踏勘,编制勘查大纲,勘查大纲内容参见附录 A。

5.1.2 勘查工作应包含下列内容:

- a) 查明地质环境条件、地质灾害体特征、灾变情况及孕灾和控灾因素,提供地质灾害治理工程设计所需的岩土物理力学参数;
- b) 地质环境条件复杂时,宜采用多种方法评价地质灾害体在不同工况下的稳定性;
- c) 提出治理方案建议,并查明拟布设治理工程和重点部位的工程地质条件。

5.1.3 勘查宜采用工程地质调查与测绘、勘探(钻探、槽探、井探及物探)、测试和试验等方法手段。

5.1.4 应收集反映现状地形地物的相应比例地形图,如没有满足勘查工作要求的地形图,应开展相应比例的地形图测绘工作。地形测绘除按 GB 55018、GB 50026 及 GB/T 20257 要求执行外,尚应符合下列规定:

- a) 地形图坐标采用北京 2000 坐标系、北京地方高程系统或 2000 国家大地坐标系、1985 国家高程基准;
- b) 在地形测绘区内埋设稳定的坐标和高程控制点,并附有详细的点之记;
- c) 地形测绘中应详细测量水沟、水坑、水塘、泉水、裂缝、陡坎、陡坡和塌陷坑等与地质灾害有关的水文点与微地貌,受地质灾害威胁的建构筑物、道路等,并标注在地形图上。

5.1.5 工程地质调查与测绘范围应根据不同地质灾害类型确定,包括灾害体及其直接影响区、主控因素影响区和工程治理区等。工程地质调查与测绘除按照相关地质调查规范执行外,尚应符合下列规定:

- a) 工程地质调查与测绘平面图上,应突出标注致灾地质体的基本要素及变形迹象,图上宽度大于 2 mm 的地质现象必须描绘到地质图上,对于重要地质灾害现象宜扩大比例尺表示,线状要素可扩大到 1 mm 宽度表示,等轴状时可扩大到 2 mm²表示,并标注实际数据;
- b) 地质界线图上误差不应超过 1 mm;
- c) 工程地质测绘地质点、线应以控制致灾地质体基本要素及变形特征为原则,不应均布,图面上每 0.01 m²范围内地质点数量不宜少于 5 个~10 个,治理工程等级为 I 级或地质环境复杂时取大值,治理工程等级为 III 级且地质环境简单时取小值;
- d) 每个地质点均应做好原始记录,典型地质点有观测点的平、剖面素描示意图和照片等。代表性地质点还应采集相应的岩土样品。

5.1.6 工程地质调查与测绘可根据需要采用三维激光扫描、无人机摄影等新技术、新方法作为勘查辅助手段,其成果宜包括:实际材料图、环境现状图、实测地质剖面图、各类观测点的原始记录和地质照片集等。

5.1.7 勘查提供的治理工程位置岩土体物理力学参数应满足地质灾害治理工程设计。岩土试验应符合 GB/T 50123、GB/T 50266 的规定。

5.1.8 实施勘探和原位测试不应影响地质灾害体稳定性。

5.1.9 对于复杂地质灾害体可在勘查阶段布设监测网(点),监测其变形特征和变化趋势。

5.1.10 当治理条件发生变化,勘查成果不能满足工程设计、施工需要或有特殊要求时,应进行补充勘查。

5.2 崩塌勘查

5.2.1 一般规定

- 5.2.1.1 应查明危岩体（带）、崩塌堆积体的发育特征及影响因素，评价其稳定状态及发展趋势，预测危害范围，提出崩塌治理方案建议和提供相关岩土物理力学参数。
- 5.2.1.2 勘查范围包括危岩体（带）和相邻地段，坡顶到达卸荷带之外不小于 20 m，坡底应到达崩塌堆积区外不小于 50 m。如存在对危岩体（带）起控制作用的区域性结构面时，应适当扩大勘查范围。
- 5.2.1.3 范围较大、地质环境复杂程度差异较大的崩塌，应根据危岩体（带）分布特征、可能的破坏模式和运动方向，以分区、分段、分块或分组的形式布置勘查工作。
- 5.2.1.4 崩塌根据物质组成、破坏模式、规模和崩塌体顶端距陡崖（坡）脚高度等按照附录表 B.1 分类。

5.2.2 工程地质调查与测绘

- 5.2.2.1 应收集已有地形图、遥感图像、地震、气象、水文、植被、人类工程活动及崩塌史等资料，开展访问调查。
- 5.2.2.2 工程地质调查与测绘采用的比例尺和精度应符合下列规定：
 - a) 测绘精度应符合表 2 要求，宜能够清楚表达危岩体（带）的形态特征、结构面特征等；
 - b) 重要观测点的定位应采用仪器测量，一般观测点可采用半仪器法定位。

表 2 崩塌地质调查与测绘比例尺

勘查区	危岩体剖面
1: 500~1: 1000	1: 100~1: 500

5.2.2.3 工程地质调查与测绘工作内容应包括下列内容：

- a) 调查崩塌发生的地质环境，包括地层岩性、地形地貌、地质构造、水文地质和外动力地质现象等，重点调查崩塌所处地貌部位、形态特征、陡坎坡度与高度、坎面形态特征、坡顶和坡脚形态等，危岩体（带）所在斜坡的岩土体组成、组合、分布及产状特征等；
- b) 调查崩塌发育史，通过查阅地方志和走访以及现场填图，调查历史上该危岩体（带）发生崩塌的时间、规模、落石块度、气象条件、发生原因、发生次数和运行路线等；
- c) 危岩体（带）形态特征及边界条件，包括位置、形态、分布高程、几何尺寸、规模、边界、临空面、剪出口或断裂面等，必要时进行分区分带，绘制立面图；
- d) 危岩体（带）地质结构，包括岩土物质组成及结构构造、变形破坏特征、控制崩塌的岩体结构面特征及主控结构面分布等；对确定性地质边界，应逐条查明结构面的规模与性状；
- e) 危岩体（带）的变形形迹特征，包括危岩体（带）裂缝形态、分布组合和延伸等，裂缝充填和充水情况等；
- f) 危岩基座或下卧软弱层的岩性和分布等，危岩体（带）下部洞穴（溶洞等）或矿产开采及采空区情况，危岩体（带）斜坡坡脚受天然河水冲刷、掏蚀或人为破坏情况；
- g) 调查库水位、降雨、冲蚀和人工作用等非地质孕灾因素对危岩体（带）稳定性的影响；
- h) 危岩体（带）水文地质条件和地下水特征，降雨、地表水与危岩体（带）裂缝的充水关系等；
- i) 评价和预测崩塌灾害的成灾范围及可能形成次生灾害的范围；
- j) 崩塌堆积体的形态特征、边界条件、物质组成与结构、坡度、落石运动轨迹和变形破坏特征等及转为滑坡、泥石流等次生灾害的可能性；
- k) 调查灾害影响范围内人口及实物指标；

- 1) 根据危岩体规模和治理工程需要调查天然建筑材料等。

5.2.3 勘探

5.2.3.1 勘探工作应包括下列内容：

- a) 查明卸荷带特征、控制性裂隙分布及充填情况等；
- b) 查明软弱基座、控制性结构面的分布、产状和组合等特征；
- c) 拟采取支撑方式时应在危岩软弱基座处布置钻孔或探井（槽）查明基座母岩的风化特征及岩体结构等。

5.2.3.2 宜采用槽探或物探查明卸荷带特征、控制性裂隙分布及充填情况等；宜采用槽探和井探查明软弱基座分布范围；宜采用水平或倾斜钻孔查明控制性结构面深部的特征。

5.2.3.3 勘探线的布设应符合下列规定：

- a) 控制性勘探线沿危岩体（带）可能崩塌方向布置，从危岩后缘稳定区域一定范围到崩塌可能影响范围，且尽量通过危岩的重心；一般性勘探线宜平行于控制性勘探线布设在危岩体（带）代表性部位，勘探线长度应以能准确反映危岩形态、母岩及基座特征为原则；
- b) 勘探线应在拟布设治理工程轴线部位布置，勘探线间距不宜大于 30 m。

5.2.3.4 勘探点布设应符合下列规定：

- a) 勘探点应能控制危岩体（带）的主控结构面，揭露同一主控结构面的勘探点不宜少于 3 个；
- b) 当危岩体被裂缝切割时，被裂缝切割后形成的规模较大岩体（岩块）上宜布置钻孔；危岩体（带）后缘外稳定岩体内宜布置控制性钻孔；
- c) 当危岩体（带）后缘边界主控节理发育时，应查明主控节理的宽度、长度、深度及充填情况等。在其两侧一定范围内宜布置 2 个勘探点，分别查明稳定岩（土）体和危岩体的岩性及结构特征；可采用跨孔物探技术探测主控结构面的发育特征；
- d) 对于形态近似的密集危岩体（带），勘探点可适当减少，每个陡崖边坡的勘探点不宜少于 1 个；
- e) 对土质崩塌布置一定数量的控制性钻孔或探井。

5.2.3.5 勘探点深度应符合下列规定：

- a) 勘探点应穿过控制性结构面，且不应小于可能的卸荷带最大宽度和结构面最大间距；
- b) 拟布设治理工程部位的勘探点深度应满足治理工程设计需要；
- c) 控制性钻孔深度以探明危岩基座和周边岩土体作为工程持力岩体地质情况为原则，其中，水平（倾斜）钻孔以探明锚固段地质情况为原则，垂直钻孔以探明桩、支撑墙（柱）持力层地质情况为原则，且进入相应地层不应小于 5 m；
- d) 土质崩塌的控制性钻孔或探井应穿透可能崩滑控制面；
- e) 一般勘探孔穿过最底层危岩崩滑面（带），进入稳定岩土体（危岩基座）的深度不少于 3 m，水平（倾斜）钻孔穿过危岩后缘裂缝（或卸荷带）进入稳定岩体（带）的深度不少于 3 m。

5.2.4 试验与测试

5.2.4.1 试验与测试对象为控制崩塌的软弱夹层、破碎带或主控结构面、母岩与基座岩体、地下水和地表水。

5.2.4.2 试验与测试项目应包括岩土的物理性质、力学性质，软弱夹层或结构面充填土的颗粒级配、物质成分试验，地下水和地表水的化学成分及其对建筑材料腐蚀性试验；力学性质试验应根据岩土体的变形受力特点确定，受抗拉强度控制的危岩应做抗拉强度试验；受抗剪或抗压强度控制的危岩应分别做室内抗剪强度和抗压强度试验，必要时应进行现场抗剪强度试验。

5.2.5 分析与评价

5.2.5.1 采用定性、定量计算方法评价和验算危岩体（带）的稳定性，确定危岩体（带）的稳定状态及发展趋势。

5.2.5.2 根据危岩结构、不稳定结构面特征及客观地质条件，采用工程类比法或地质图解法定性评价稳定状态及其发展趋势。

5.2.5.3 根据危岩体（带）的破坏机制，采用定量方法计算危岩稳定性，评价稳定状况及发展趋势。当危岩体（带）破坏模式难以确定时，应进行各种可能破坏模式的危岩稳定性计算，取最不利结果。计算土质边坡、极软岩边坡、破碎或极破碎岩质边坡的稳定性时，可采用圆弧形滑面，具体计算方法参考 GB 50330 的规定，滑移式（直线滑面）、倾倒式、坠落式崩塌可按附录 C 计算。崩塌运动学分析方法可按附录 D 计算。

5.2.5.4 危岩体稳定性计算工况及稳定状态应符合下列规定。

- a) 计算工况可分为天然工况、暴雨工况和地震工况：
 - 1) 天然工况（工况 1），指一般状态下的工况，荷载为自重+地面荷载+裂隙水作用（一般状态）；
 - 2) 暴雨工况（工况 2），指治理工程所在区域有记录以来的降雨强度最大值作用下的工况，荷载为自重+地面荷载+裂隙水作用（暴雨）；
 - 3) 地震工况（工况 3），指地震作用条件下的工况，荷载为自重+地面荷载+裂隙水作用（一般状态）+地震力。
- b) 危岩体稳定状态应分为稳定、基本稳定、欠稳定和欠稳定，按表 3 确定。
- c) 稳定安全系数 F_t 应根据地质灾害治理工程等级和破坏模式按表 4 确定。当某一工况条件下危岩体稳定系数大于或等于危岩体稳定安全系数时，危岩体稳定性可视为满足安全稳定要求。

表 3 危岩体稳定状态

破坏模式	危岩体稳定状态			
	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳 定
滑移式	$F < 1.0$	$1.00 \leq F < 1.15$	$1.15 \leq F < F_t$	$F \geq F_t$
倾倒式	$F < 1.0$	$1.00 \leq F < 1.25$	$1.25 \leq F < F_t$	$F \geq F_t$
坠落式	$F < 1.0$	$1.00 \leq F < 1.35$	$1.35 \leq F < F_t$	$F \geq F_t$
注： F_t —危岩稳定安全系数				

表 4 危岩体稳定安全系数 F_t

破坏模式	地质灾害治理工程等级					
	I 级		II 级		III 级	
	工况 1、工况 2	工况 3	工况 1、工况 2	工况 3	工况 1、工况 2	工况 3
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

5.3 滑坡勘查

5.3.1 一般规定

5.3.1.1 滑坡勘查应查明滑坡区的地质环境以及滑坡的性质、形态、成因、变形机制、边界、规模、结构特征和水文地质条件等，分析变形阶段、运动方式、稳定状况及发展趋势；预测成灾危害情况；提出与治理工程设计有关的岩土物理力学参数及地下水参数；根据稳定性评价及监测结果，提出滑坡地质灾害治理方案建议。

5.3.1.2 勘查范围应包括滑坡灾害区、次生灾害的成灾范围及邻近稳定地段，一般控制在滑坡边界外 50 m~100 m。通常包括：滑坡后壁以上一定范围的稳定斜坡或汇水洼地，剪出口以下的稳定地段，滑体两侧以外一定距离或邻近沟谷，涉水滑坡河（库）中心或对岸。

5.3.1.3 滑坡按照附录表 B.2、表 B.3 分类。

5.3.2 工程地质调查与测绘

5.3.2.1 工程地质调查与测绘应查明滑坡区的自然地理条件、地质环境、滑坡各种要素特征和滑坡的变形破坏历史及现状，分析滑坡成因、性质和稳定性，确定滑坡范围、主滑方向及主滑线。

5.3.2.2 资料收集应包括区域地质环境、地形地貌、滑坡活动史、水文气象、土壤植被、人类工程活动和已有治理经验等资料。

5.3.2.3 工程地质调查与测绘平面图比例尺宜采用 1:500~1:2000。当滑坡治理工程等级为 I 级或滑坡地质环境复杂时宜取 1:500。剖面图比例尺宜采用 1:100~1:500。

5.3.2.4 地质观测点的布置应根据调查目的和地质环境的复杂性确定，图面上地质点的间距宜为 20 mm~50 mm。对能够观察到的滑坡要素和异常地质现象，以及能反映滑坡基本特征的地质现象，如滑坡边界、滑坡平台、裂缝、鼓丘、软弱带、剪出口、泉水等，应有地质观测点控制，并应标注于测绘平面图上，当图上宽度不足 2 mm 时，应扩大比例尺表示，并标注实际数据。

5.3.3 勘探

5.3.3.1 勘探应查明滑坡体范围、厚度、物质组成和滑面（带）特征、滑带厚度及物质组成；查明滑坡床的物质组成及结构特征；查明滑坡体内含水层的层数、分布和地下水的流向、水力坡度、水位及动态变化等。

5.3.3.2 勘探线的布设应符合下列规定：

- 每一单独滑坡应布置不少于 2 条勘探线，遵循先布置控制性勘探线后一般勘探线的原则，每个滑坡应布置不少于 1 条控制性勘探线，控制性勘探线应纵贯整个滑坡体，宜与确定的滑动方向平行，其起点应在滑坡后壁以上稳定岩（土）体范围内 20 m~50 m；
- 当滑坡有多个次级滑体时，应平行各次级滑体的主滑方向分别布置勘探线；
- 在控制性勘探线两侧增设一般性勘探线，勘探线间距应视滑坡横向变化大小和防治工程等级而定，宜为 20 m~40 m，治理工程等级高时，宜取小值。

5.3.3.3 勘探点的布设应符合下列规定：

- 勘探点应布设在重点勘查区段和拟布设治理工程部位，兼顾采样、现场试验和监测的要求；对预设地下排水、地表排水及可能采取治理工程支挡结构的地段，尚应按相应结构的要求增设勘探点；
- 勘探点的布设应限制在勘探线的范围内，若由于地质或其他重要原因必须偏离勘探线时，宜控制在两侧 10 m 范围之内，对于重大地质问题可增设勘探点；

- c) 每条勘探线上的勘探点不宜少于 3 个, 控制性勘探线勘探点间距 15 m~30 m, 一般性勘探线勘探点间距 20 m~40 m, 滑坡纵向变化大时宜取小值, 剪出口难以确定或勘探线为拟布设治理工程结构控制线时, 应适当加密勘探点;
- d) 控制性勘探点的数量不小于总勘探点数量的 1/2。

5.3.3.4 勘探点深度应符合下列规定:

- a) 勘探点深度应根据滑面的可能深度确定。控制性勘探点应进入可能最低滑面以下 5 m~8 m, 当滑坡深层滑面难以判断或滑体为碎裂岩时, 控制性勘探点可予以加深; 一般性勘探点应进入可能最低滑面以下 3 m~5 m;
- b) 对于支挡位置的勘探点应满足治理工程设计的需要, 拟布设抗滑桩地段的勘探点进入滑床的深度宜为滑体厚度的 1/3~1/2, 且不小于预估抗滑桩桩端以下 5 m; 拟设置重力式挡墙、扶壁式挡墙和锚杆挡墙地段的勘探点进入基础底持力层不宜小于 3 m;
- c) 勘探点深度尚应满足取样、现场原位试验、地下水观测的要求。

5.3.4 试验与测试

5.3.4.1 对滑坡的滑坡体土、滑带土测试指标应包括天然重度、饱和重度、含水量、压缩系数、液限、塑限、天然及饱和状态的黏聚力和内摩擦角。滑坡体土、滑带土的剪切试验应以不扰动土的天然快剪和饱和快剪为主, 剪切试验结果应包括峰值强度指标和残余强度指标。当无法取得不扰动土样时, 也可做重塑土的剪切试验。对滑带土(软弱结构面)可做多次剪试验, 获取多次剪和残余剪的抗剪强度, 并根据概率论进行统计。大型滑坡或起控制作用的软弱面, 宜进行现场原位剪切试验, 必要时可进行孔隙水压力测定等。

5.3.4.2 岩样采集位置根据滑坡体地质特征或拟布设治理工程确定。每类岩性抗压强度试验、抗剪强度试验的岩样均不应少于 6 组。

5.3.4.3 土样采集位置宜布置在滑坡控制性勘探线上, 滑带土和滑坡体土取样数量均不应少于 6 组。

5.3.4.4 滑面(带)的抗剪强度指标宜根据岩土性状、滑坡变形特征和饱和程度等因素, 采用试验、反分析或经验值(工程类比)法分析后综合确定。

5.3.4.5 通过反分析确定滑动面的抗剪强度指标应符合下列规定:

- a) 采用实测的 2 个或 2 个以上滑动面进行计算;
- b) 计算抗剪强度指标时, 可给定黏聚力或内摩擦角, 根据反演法反求另一值;
- c) 对处于滑动变形阶段的滑坡, 稳定系数 F_s 可取 $0.90 \leq F_s \leq 1.00$; 对处于强变形阶段的滑坡, 稳定系数 F_s 可取 $1.00 < F_s \leq 1.05$; 当采用两条剖面进行联合求解时, 两条剖面的 F_s 值应与该剖面变形阶段相匹配。

5.3.5 分析与评价

5.3.5.1 滑坡稳定性评价应给出滑坡计算剖面在各工况下的稳定系数和稳定状态。

5.3.5.2 滑坡应按工程地质进行分区, 每个区稳定性验算应有 1 条控制性剖面。

5.3.5.3 根据滑坡类型和破坏形式, 滑坡稳定性验算的方法可采用圆弧滑动法、平面滑动法和折线滑动法, 具体计算方法参考 GB 50330, 分析与评价应符合下列规定:

- a) 堆积层滑坡(滑动面在堆积体内)和较大规模碎裂结构(风化层厚度较大、岩质较软或岩体整体极破碎)的岩质滑坡宜采用圆弧滑动法计算;
- b) 堆积层滑坡(滑动面为下伏基岩面)、岩质顺层滑坡和已经发生平面滑动的土层滑坡宜采用平面滑动法进行计算;
- c) 除圆弧滑动和平面滑动以外的较为复杂的滑坡, 可采用折线滑动法计算。

5.3.5.4 滑体中存在局部滑动或具有多层滑面时，除分析与评价整体稳定外，尚应分析与评价局部稳定及 layers 滑动面的稳定。

5.3.5.5 如滑坡发生与地下水和地表水直接相关，在进行滑坡稳定性分析与评价时，应考虑渗流压力对滑坡体稳定性的影响。

5.3.5.6 滑坡稳定状态计算工况应符合下列规定。

- a) 稳定性验算工况分为天然工况、暴雨工况、地震工况：
 - 1) 天然工况：指一般状态下的工况，荷载为滑坡体自重+地面荷载+地下水作用（一般状态）；
 - 2) 暴雨工况：指治理工程所在区域有记录以来的降雨强度最大值作用下的工况，荷载为滑坡体自重+地面荷载+地下水作用（暴雨）；
 - 3) 地震工况：指地震作用条件下的工况，荷载为滑坡体自重+地面荷载+地下水作用（一般状态）+地震力。
- b) 滑坡稳定状态按稳定系数分为不稳定、欠稳定、基本稳定和稳定，按表 5 确定。
- c) 滑坡稳定安全系数 F_{st} 根据稳定性计算方法、计算工况和地质灾害治理工程等级按照表 6 确定。当某一工况条件下滑坡稳定系数大于或等于滑坡稳定安全系数时，滑坡稳定性可视为满足安全稳定要求。

表 5 滑坡稳定状态

滑坡稳定性系数	$F_s < 1.00$	$1.00 \leq F_s < 1.05$	$1.05 \leq F_s < F_{st}$	$F_s \geq F_{st}$
稳定状态	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定
注： F_{st} 为滑坡稳定安全系数。				

表 6 滑坡稳定安全系数 F_{st}

计算方法	地质灾害治理工程等级		
	I 级	II 级	III 级
平面滑动法	1.35	1.30	1.25
折线滑动法			
圆弧滑动法	1.30	1.25	1.20

5.3.5.7 根据灾害区的规模、滑动前兆、主导因素、滑坡区的工程地质和水文地质条件，以及稳定性计算结果开展滑坡灾害区稳定性的综合评价，并结合发展趋势和危害程度，提出治理方案的建议。

5.4 泥石流勘查

5.4.1 一般规定

- 5.4.1.1 泥石流勘查应查明泥石流的形成条件和基本特征。
- 5.4.1.2 泥石流勘查应提供治理工程设计所需的岩土物理力学参数。
- 5.4.1.3 泥石流勘查范围应为形成泥石流的整个流域，包括泥石流形成区、流通区、堆积区和影响区。
- 5.4.1.4 泥石流可根据水源类型、流域形态、物质组成、固体物质提供方式、流体性质、发育阶段、暴发频率和堆积物体积等按照附录 E.1 分类。

5.4.2 工程地质调查与测绘

5.4.2.1 应收集包括遥感影像、水文气象、土壤植被、地形地质、泥石流活动史、人类工程活动和已有治理工程经验等资料。

5.4.2.2 遥感解译应包括下列内容：

- a) 地质环境、植被分布和地面水系特征；
- b) 汇水区范围和面积；
- c) 岩土分布特征；
- d) 泥石流沟谷形态、规模、切割深度和弯曲状况；
- e) 形成区、流通区、堆积区和影响区范围及其相互关系。

5.4.2.3 勘查区工程地质调查与测绘比例尺以能清晰反映泥石流灾害特征为标准且不宜小于 1:10000；布设治理工程区工程地质调查与测绘比例尺宜为 1:200~1:500。

5.4.2.4 工程地质调查与测绘填图单元在图上最小标注尺寸为 2 mm，对于小于 2 mm 的重要单元可采用扩大比例尺或符号的方法表示。

5.4.2.5 工程地质调查与测绘工作应包括下列内容：

- a) 形成区查明水源类型、汇水区面积和流量；地形和地质条件；松散堆积层的成因、分布范围、储量、稳定性和植被情况；
- b) 流通区查明沟床纵横坡度及其变化特征、沟谷形态、粗糙程度、泥痕特征、沟床冲淤变化情况、跌水及急弯、两侧山坡坡度、松散物质分布、坡体稳定状况及已向泥石流供给固态物质的滑塌范围和变化状况、已有的泥石流残体特征。当有地下水出水点时，尚应调查其流量及与泥石流补给关系；
- c) 堆积区查明堆积扇的地形特征、地面沟道位置、变迁和冲淤情况；堆积物的体积、组成成分和堆积旋回的结构、层次及厚度，一般粒径、最大粒径的分布规律及堆积历史；地下水分布、变化特征；泥石流堆积体中溢出的地下水水质和流量；遭受泥石流危害的范围和程度；对黏性泥石流，尚应调查堆积体上的裂缝分布状况，测量泥石流前峰端与前方重要建构筑物的距离。

5.4.3 勘探

5.4.3.1 泥石流勘探应查明泥石流堆积物的范围、厚度、物质组成、特征参数和危害性。在泥石流形成区尚应查明物源的范围、总体积、静（动）储量，对滑坡、崩塌、岩堆、弃渣等集中物源还应查明其破坏方式和稳定性。

5.4.3.2 勘探线和勘探点的布设应符合下列规定：

- a) 勘探线应采用纵向控制性勘探线和一般性勘探线相结合的方法布置；
- b) 控制性勘探线应沿泥石流主流线布置，贯穿形成区、流通区和堆积区；一般性勘探线应不少于 1 条，用于计算泥石流特征参数；一般性勘探线位置宜选择在泥石流物源集中区或分散物源区；
- c) 勘探线上的勘探点不少于 3 个；
- d) 沿拟布设拦挡、排水工程部位轴线或流体特征参数计算处可布置横向勘探线。

5.4.3.3 勘探点深度应符合下列规定：

- a) 勘探点深度应大于泥石流流体中最大块石直径的 2~3 倍；
- b) 勘探点深度应进入中等风化基岩 1 m~3 m，位于拟设治理工程支挡轴线上的勘探点深度应进入中等风化基岩 3 m~5 m；
- c) 查明物源特征的勘探点深度应穿透松散堆积物；拟布设治理工程部位的勘探点深度应满足治理工程设计的需要。

5.4.4 试验与测试

5.4.4.1 泥石流除取样做常规土工试验和岩石物性、强度及变形试验外，尚应进行流体重度、堆积物固体物质含量、颗粒分析的现场试验。

5.4.4.2 现场宜采用标准贯入试验、动力触探试验和波速测试等原位测试以查明岩土体的工程特性；对拟布设拦挡坝部位，应查明坝肩、坝基岩土体工程特性；对坝高超过 10 m 的拦挡工程宜进行抽水或注水试验；宜采取水样查明地下水和地表水对建筑材料的腐蚀性。

5.4.4.3 泥石流区相同地质单元同一层位岩土测试数据数量不应少于 6 组；在拟布设治理工程部位应布设采样点。

5.4.5 分析与评价

5.4.5.1 应按 DZ/T 0220 分析计算泥石流的重度、流量、流速、一次泥石流过流总量、一次泥石流固体冲出物、冲击力、爬高、最大冲起高度和弯道超高等基本特征参数。

5.4.5.2 应评价泥石流的易发性和危害程度，预测发展趋势，提出治理方案建议。

5.5 岩溶塌陷勘查

5.5.1 一般规定

5.5.1.1 岩溶塌陷勘查应查明岩溶塌陷的成因、范围、地质环境、引发因素和岩溶发育程度及分布规律。

5.5.1.2 岩溶塌陷勘查应提供治理工程设计所需的岩土物理力学参数。

5.5.1.3 勘查范围应包括岩溶塌陷分布以及塌陷发生的动力因素影响的全部区域。

5.5.1.4 岩溶塌陷的综合分类按照附录表 F.1 执行，岩溶塌陷的规模分类按照附录表 F.2 执行，岩溶塌陷的形态分类按照附录表 F.3 执行。

5.5.2 工程地质调查与测绘

5.5.2.1 工程地质调查与测绘应查明工作区岩溶塌陷发育的地质环境条件及岩溶塌陷发育的基本规律。

5.5.2.2 资料收集应包括遥感影像、区域地质环境、地形地貌、岩溶塌陷活动史、水文气象、土壤植被、人类工程活动和已有治理经验等资料。

5.5.2.3 野外工作地形图宜采用 1:2000~1:10000 比例尺；塌陷坑(群)集中分布区应采用 1:500~1:1000 比例尺的地形图。

5.5.2.4 工程地质调查与测绘工作应包括下列内容。

a) 区域地质环境条件应查明下列内容：

- 1) 地貌类型与形态组合特征，微地貌形态、分布、组成物质和形成时代；地形切割起伏特征；阶地形态特征和结构类型，古河床的分布特征；
- 2) 可溶岩区岩溶形态（岩溶洼地、竖井、漏斗、落水洞和出水洞等），所处地貌单元及形态组合类型；
- 3) 可溶岩地层岩性成分、结构构造、层组组合及岩溶发育特征；非可溶岩地层岩性成分、结构构造与分布；
- 4) 区域构造格架与构造线方向，主要构造形态特征、产状、性质、规模与密度分布；断裂构造的规模、产状、力学性质、组合与交切关系，以及破碎带的性状与特征；裂隙密集带在不同构造部位、不同岩性中的发育特征与发育方向；新构造运动的性质与特征及地震活动情况；
- 5) 第四系松散堆积物的成因类型、颗粒组成、土层结构及其厚度与分布；第四系底部土层的类型和性质；

- 6) 岩溶堆积物成因类型、成分与结构、分布与产状。
- b) 岩溶塌陷现状基本特征应查明下列内容：
 - 1) 塌陷的地理位置、发生与持续时间；塌陷坑数量、影响范围、灾情与处置情况；
 - 2) 塌陷坑的平面形态、剖面形态、规模、空间位置、展布方向及内部特征；
 - 3) 塌陷坑周边地裂缝的位置、长度、宽度、深度、数量、组合特征、延伸范围和展布方向等；
 - 4) 塌陷坑（群）单坑数量、成生关系、展布方向、延展范围及单坑之间的相对位置。
- c) 演化过程与成因应查明下列内容：
 - 1) 发生过程中的异常现象、水井水位和水浑浊度变化、隧道与坑道出水特征、地表水体漏失情况、喷水冒砂与地面裂缝情况、地下振动与异常响动情况；
 - 2) 诱发因素、旱涝交替、暴雨、地震等自然因素，爆破、工程施工、采矿排水、地下水抽采等人类工程活动。
- d) 危害与防治情况应查明下列内容：
 - 1) 直接损失，地面工程设施、耕地的破坏和人员伤亡情况；
 - 2) 间接损失，塌陷坑影响范围内停工停产、人员财物转移等情况；
 - 3) 对地质环境，特别是对含水层的影响，是否成为污水入渗渠道；
 - 4) 灾害监测、工程治理等防治现状。
- e) 地质点应重点布设在岩溶塌陷点、地貌分界线、地层界线、构造线、标志层、岩性岩相变化带、井泉、地表水体和重要工程活动点及其他典型露头。
- f) 实测地质体最小宽度一般应为相应比例尺图上的 1 mm。对于重要地质现象可放大或用符号表示。各种界线应实地勾绘，其误差在图上不应大于 1 mm。

5.5.3 勘探

5.5.3.1 勘探工作应查明岩溶塌陷各岩土体的岩性、厚度、结构、空间分布与变化规律；土洞的空间分布和物质组成；地下岩溶形态、规模、充填情况及其空间变化规律；岩溶含水层与上覆松散地层孔隙（裂隙）含水层的岩性、厚度、埋藏条件、富水性及相互水力联系；采取各类试验的岩土样及进行野外试验，了解岩土样性质及随深度变化规律。

5.5.3.2 宜采用钻探和物探等多种方法手段开展勘探工作。物探宜在钻探之前进行，圈定异常范围，并指导勘探线和勘探点的布置，从而用钻探对物探成果的可靠性进行验证。

5.5.3.3 勘探线的布置应符合下列规定：

- a) 地质环境条件勘探线宜垂直于地貌或构造线方向，并能控制不同的地貌单元、岩土体类型和岩溶发育区；
- b) 岩溶塌陷勘探线不少于 3 条，且宜纵横交叉布置；
- c) 对主要塌陷点或密集塌陷地段，应沿塌陷的扩展方向布置勘探线。

5.5.3.4 勘探点的布置应符合下列规定：

- a) 勘探点间距应根据地质条件复杂程度确定，宜为 15 m~20 m；
- b) 土层较薄，土中裂隙及其下岩溶洞隙强发育的部位；
- c) 岩面坡度陡，张开裂隙发育，石芽或外露岩体与土体接触部位；
- d) 断裂构造或构造裂隙交汇处和宽大裂隙带；
- e) 隐伏于软弱土层下面的溶沟、溶槽、漏斗等负岩面分布地段；
- f) 地下水强烈活动于岩土界面的地段和大幅度人工降水地段；
- g) 低洼地段和地表水体近旁地带；
- h) 地形坡度由陡变缓和斜坡与平地的交接变化地带；

- i) 岩溶地层与非岩溶地层和强溶蚀地层与微溶蚀地层接触地带;
- j) 控制性勘探点不少于勘探孔总数的 1/2。

5.5.3.5 勘探点深度应符合下列要求:

- a) 控制性勘探点深度应进入现状岩溶塌陷底板下不少于 5 m;
- b) 一般性勘探点应进入现状岩溶塌陷底板下不少于 3 m。

5.5.4 试验与测试

5.5.4.1 对一般土体,常用的原位测试方法有动力触探试验和标准贯入试验。

5.5.4.2 查明岩溶水系统的展布及其流速、流向或塌陷下方是否存在地下强径流带,可根据需要布置示踪试验,常用方法有化学示踪法、荧光素(染色)示踪法、漂浮示踪法、同位素示踪法等。

5.5.4.3 查明含水层的渗透性和富水性,取得有关的水文地质参数,可根据需要布置抽水试验。

5.5.4.4 室内试验应符合下列要求:

- a) 不扰动土样渗透变形试验:应测定土体在地下水作用下发生渗透变形(潜蚀)的临界水力坡度,确定地下水作用下岩溶地面塌陷发育判据;
- b) 常规土工试验:应测定土的物理力学性质指标,进行土的分类,结合原位测试结果,评价土的工程地质性质;
- c) 水化学分析:应测定岩溶地下水的水化学性质,了解区域地下水类型及其溶蚀能力;应对工作区主要水点取样进行水质简分析;对地下水统测点,应在统测水位的同时,采用便携式水化学测试仪测量地下水水温、电导、pH 值。

5.5.5 分析与评价

5.5.5.1 评价岩溶区场地的稳定性、岩溶塌陷的影响及危害程度,预测岩溶塌陷变形发展趋势。

5.5.5.2 提出岩溶塌陷治理方案建议。

5.6 采空塌陷勘查

5.6.1 一般规定

5.6.1.1 采空塌陷勘查应查明采空区塌陷的成因、范围及相关地质背景。

5.6.1.2 采空塌陷勘查应提供治理工程设计所需的岩土物理力学参数。

5.6.1.3 采空塌陷勘查范围应超过采空区地表移动变形影响范围以外 50 m 或超过最大疏干排水降落漏斗边界以外 20 m。

5.6.1.4 采空塌陷可按塌陷埋深分为浅部塌陷(埋深小于 100 m)和深部塌陷(埋深大于 100 m)。

5.6.2 工程地质调查与测绘

5.6.2.1 应查明地形地貌、地质构造、地层岩性、厚度及产状分布;查明滑坡、崩塌、陷坑、裂缝、尾矿渣堆、泥石流等不良地质体(作用)的类型、成因、分布范围、基本特征和发育规律及其与采空区地表变形的相互关系。

5.6.2.2 资料收集应包括遥感影像、区域地质环境、地形地貌、地质构造、水文气象、土壤植被、人类工程活动、开采历史、矿区井上下对照图、采掘工程平面图、矿层底板等值线图或与开采有关的图件和已有治理经验等资料。

5.6.2.3 工程地质调查与测绘地形图比例尺不小于 1:1000;采空区分布复杂地段或为解决某一特殊地质问题时,比例尺可适当放大。

5.6.2.4 工程地质调查与测绘工作应包括下列内容：

- a) 调查地形地貌、地质构造、地层岩性及其厚度、产状、分布，矿层的分布、层数、厚度、埋藏特征和上覆岩层特征；
- b) 调查地表水及其下渗情况，地下水的类型、补给来源、埋藏条件、动态变化及不同含水层间的水力联系、透水层和隔水层分布组合情况及其与采空区分布的关系，水质污染情况及其与地表水体的关系；
- c) 调查场地内及周边矿区的开采起始时间、开采方式、规模、开采矿层、产状、采深采厚比、回采率、顶板管理方式、矿柱留设情况和盘区划分等；
- d) 调查与测绘采空区地表移动范围、破坏现状、发展轨迹及其与地质结构、采矿方式的关系，确定移动盆地中间区、内边缘区和外边缘区；
- e) 调查已有建（构）筑物的类型、基础形式、变形破坏情况及其原因；
- f) 调查矿区突水、冒顶和有害气体等赋存和发生情况；
- g) 调查滑坡、崩塌、陷坑、裂缝、尾矿石渣堆和泥石流等不良地质体（现象）的类型、成因、分布范围、基本特征和发育规律及其与采空区地表变形的相互关系。

5.6.2.5 地质调查点应具有代表性，每个地质单元体均应有地质调查点，宜布置在移动盆地中间区、内边缘区、外边缘区、地质构造线、不同地层接触线、岩性分界线、地下水和地表水体、地貌变化处及不良地质现象等分布区。

5.6.3 勘探

5.6.3.1 勘探应查明采空区的位置、规模和埋深；查明采空区垮落带、断裂带及弯曲带高度、采空区充填情况及密实度；验证采空区、巷道的分布范围及其覆岩破坏类型与发育特征、地表裂缝的埋深和延展状况。

5.6.3.2 应根据地层、采空区和地表裂缝的埋深、取样、原位测试要求及场地现状确定勘探方法，宜采用钻探、井探、槽探和物探等多种方法手段开展勘探工作。

5.6.3.3 勘探线应平行或垂直采空区及其主要巷道布置，数量不少于 2 条，线间距宜为 20 m~50 m。

5.6.3.4 勘探点布设应符合下列规定：

- a) 勘探点宜布设在勘探线上，且每条勘探线的勘探点数量不少于 3 个；
- b) 资料丰富、可靠的采空塌陷，针对性地布置适量验证勘探点；
- c) 资料缺乏、可靠性差的物探异常区，重点探查与验证，局部地段加密；
- d) 点位应结合建设工程总平面布置，优先布置在重要建（构）筑物位置。

5.6.3.5 勘探点深度应符合下列规定：

- a) 勘探点深度应达到对工程有影响的采空区底板以下不小于 3 m 且应满足地基基础设计需要；
- b) 进行测试的勘探点深度应满足测试要求。

5.6.4 试验与测试

5.6.4.1 应进行主要岩土体物性参数测试，为物探成果解译提供依据。

5.6.4.2 应进行岩土体物理力学指标测试，确定岩土体的物理力学参数。

5.6.4.3 存在地下水或地表水时，应采集水样进行腐蚀性分析测试，确定水体对建筑材料的腐蚀性。

5.6.4.4 可在勘探孔内进行波速测试、摄像等，判断采空区及其分带范围和岩体裂隙发育程度等。

5.6.5 分析与评价

5.6.5.1 采用定性定量评价相结合的方法，评价采空区场地的稳定性及其发展趋势，分析采空区的影

响及危害程度，综合评价采空区场地工程建设的适宜性。

5.6.5.2 提出采空塌陷治理方案建议。

5.7 勘查成果

5.7.1 应在收集已有资料、工程地质调查与测绘、勘探、试验与测试等工作基础上，对成果资料进行整理、统计计算、综合分析评价，编制勘查报告。

5.7.2 勘查报告包括文字、附图及附表。

5.7.3 勘查报告正文编制大纲参见附录 G。

5.7.4 勘查报告成果附图图件内容、图式和图例应符合相关标准的规定。附图应包括下列图件：

- a) 勘查实际材料图 (1:200~1:5000)；
- b) 地质环境现状图 (1:200~1:5000)；
- c) 勘探线地质剖面图 (1:100~1:500)；
- d) 钻孔柱状图 (1:100) 和坑槽探及竖井展示图 (1:50)；
- e) 必要时，可附综合物探成果图 (1:200~1:5000) 和遥感解译图 (1:200~1:5000) 等。

5.7.5 勘查报告成果附表应包括测试和试验成果表、地质灾害典型特征表等。

6 设计

6.1 基本要求

6.1.1 设计应坚持安全可靠、经济合理，兼顾市政规划、土地利用与环境保护的原则。

6.1.2 设计应依据勘查成果、环境和施工条件等因素因地制宜确定治理设计方案，选择适宜的治理工程措施。

6.1.3 设计安全系数应根据确定的治理工程等级和设计工况按附录 H 选取。

6.1.4 岩土参数选择应与设计工况相适应。

6.1.5 稳定性计算应考虑地基内软弱夹层和缓倾角结构面等不利界面，选取最不利条件作为控制设计条件。

6.1.6 主体结构与基础在设计荷载下应具有足够的强度和抗变形能力，其受力不超过建筑材料的允许值和地基的承载能力。

6.1.7 设计应明确质量检测的项目、数量及执行的标准或规范。其中混凝土结构设计应符合 GB/T 50010、GB 55008 的要求，砌体结构设计应符合 GB 50003 的要求，土工合成材料设计应符合 GB 50290 的要求，地基基础设计应符合 GB 55003、GB 50007 的要求，锚索锚具、夹具设计应符合 GB/T 14370 的要求。

6.1.8 采用新工艺、新技术和新材料的工程措施应在实施前进行试验验证。

6.1.9 设计方案应充分考虑现场施工作业条件，确保方案的可实施性，并明确治理工程施工期间对临近建构筑物的安全防护措施。需要施工材料二次搬运的应明确搬运路线、距离等。

6.1.10 应根据治理工程等级、地质灾害特征和具体治理工程措施等因素制定监测方案，监测方案应包括监测范围、内容、方法、周期、频率和控制标准等内容。

6.2 设计原则

6.2.1 基本原则

6.2.1.1 设计方案应确保治理工程能够有效控制地质灾害的发生和发展，保证人民生命财产安全。

6.2.1.2 设计方案应充分考虑生态环境保护与景观需求，在采取治理措施时，应尽量减少对植被、水体等自然资源的破坏，并采取有效措施进行生态修复和恢复。

6.2.1.3 设计方案宜采取综合治理的方式，综合运用工程措施、生物措施和监测等多种手段，提高防治效果。

6.2.2 崩塌治理设计

6.2.2.1 崩塌治理工程设计应根据崩塌类型、规模、范围、崩塌体的大小和崩塌方向、水的活动规律等因素，针对其危害程度和保护对象采取相应工程措施，进行综合治理。

6.2.2.2 崩塌治理的主要工程措施包括清除危岩（土）体、柔性防护网、支挡、支撑及嵌补、落石槽、拦石墙、锚固及灌浆、截排水等，应根据实际情况进行组合选择。

6.2.2.3 崩塌治理宜以清除危岩（土）体为主，不具备清除条件的宜采取其他工程措施。

6.2.3 滑坡治理设计

6.2.3.1 滑坡治理工程设计应根据滑坡体特征、影响范围内的地质环境条件、气象条件，综合分析其发展趋势、危害程度和保护对象采取相应措施，进行综合治理。

6.2.3.2 滑坡治理的主要工程措施包括截排水、压脚、挡墙、抗滑桩、削方减载、锚索（杆）、格构、注浆加固和生态防护等，应根据实际情况进行组合选择；选用注浆加固法时，宜与其他抗滑措施组合使用。

6.2.3.3 滑坡治理宜以截排水和支挡措施为主，辅以其他工程措施。

6.2.4 泥石流治理设计

6.2.4.1 泥石流治理工程设计应根据泥石流发育特征和降水条件，针对其危害程度和保护对象采取相应工程措施，进行综合治理。

6.2.4.2 形成区应以稳固物源为主，主要治理工程措施包括拦挡坝、护岸、护底和恢复植被等。

6.2.4.3 流通区应以疏导泥石流过境为主，采用排导和拦挡进行综合治理，主要治理工程措施包括排导槽、拦挡坝、沟道清理、防护堤（护底）等。

6.2.4.4 堆积区宜采取排导、防护和停淤等综合治理措施。

6.2.5 岩溶塌陷治理设计

6.2.5.1 岩溶塌陷治理工程设计应根据岩溶发育程度、上覆岩土体特征和地下水赋存条件等，针对其危害程度和保护对象采取工程措施，进行综合治理。

6.2.5.2 岩溶塌陷治理应以填充和注浆为主，辅以地下水和地表水控制。

6.2.6 采空塌陷治理设计

6.2.6.1 采空塌陷治理工程设计应根据开采方式、开采历史、上覆岩土体性质及变形特征等，针对其危害程度和保护对象采取相应工程措施，进行综合治理。

6.2.6.2 采空塌陷的主要治理工程措施包括充填、注浆、开挖回填和地表裂缝封堵等。

6.3 荷载与计算

6.3.1 荷载

6.3.1.1 崩塌治理工程设计荷载

崩塌治理工程设计应考虑以下荷载：

- a) 危岩体自重；
- b) 地下水和裂隙水作用；
- c) 地震荷载；
- d) 崩塌体冲击荷载；
- e) 振动荷载；
- f) 其他荷载。

6.3.1.2 滑坡治理工程设计荷载

滑坡治理工程设计应考虑以下荷载：

- a) 滑坡体自重；
- b) 滑坡体上的建筑物、交通、施工临时堆载等附加荷载；
- c) 滑坡体内的地下水产生的荷载；滑坡前端水体（如江河、湖泊、水库等）产生的荷载；
- d) 地震荷载；
- e) 其他荷载。

6.3.1.3 泥石流拦挡工程设计荷载

泥石流拦挡坝工程设计应考虑以下荷载：

- a) 坝体自重；
- b) 泥石流体重；
- c) 流体侧压力；
- d) 扬压力；
- e) 泥石流冲击力；
- f) 地震荷载；
- g) 其他荷载。

6.3.2 计算工况

6.3.2.1 崩塌治理工程计算工况

崩塌治理工程计算工况可分为天然工况、暴雨工况和地震工况：

- a) 天然工况（工况 1），指一般状态下的工况，荷载为自重+地面荷载+裂隙水作用（一般状态）；
- b) 暴雨工况（工况 2），指治理工程所在区域有记录以来的降雨强度最大值作用下的工况，荷载为自重+地面荷载+裂隙水作用（暴雨）；
- c) 地震工况（工况 3），指地震作用条件下的工况，荷载为自重+地面荷载+裂隙水作用（一般状态）+地震力。

计算时应根据具体情况对上述组合增加附加荷载和其他荷载。

6.3.2.2 滑坡治理工程计算工况

滑坡治理工程计算工况可分为天然工况、暴雨工况和地震工况：

- a) 天然工况（工况 1），指一般状态下的工况，荷载为滑坡体自重+地面荷载+地下水作用（一般状态）；
- b) 暴雨工况（工况 2），指治理工程所在区域有记录以来的降雨强度最大值作用下的工况，荷载为滑坡体自重+地面荷载+地下水作用（暴雨）；
- c) 地震工况（工况 3），指地震作用条件下的工况，荷载为滑坡体自重+地面荷载+地下水作用（一般状态）+地震力。

计算时应根据具体情况对上述组合增加附加荷载和其他荷载。

6.3.2.3 泥石流拦挡坝工程计算工况

泥石流拦挡坝设计工况按满库、半库和空库过流三种特征结合地震因素，共有以下6种工况：

- a) 工况 1 为满库过流状态（不考虑地震），荷载为：坝体自重+土体重+溢流体重；
- b) 工况 2 为满库过流状态（考虑地震），荷载为：坝体自重+土体重+溢流体重+地震力；
- c) 工况 3 为半库容过流状态（不考虑地震），荷载为：坝体自重+土体重+坝前泥石流体重+溢流体重+泥石流冲击力；
- d) 工况 4 为半库容过流状态（考虑地震），荷载为：坝体自重+土体重+坝前泥石流体重+溢流体重+泥石流冲击力+地震力；
- e) 工况 5 为空库过流状态（不考虑地震），荷载为：坝体自重+坝前泥石流体重+溢流体重+泥石流冲击力；
- f) 工况 6 为空库过流状态（考虑地震），荷载为：坝体自重+坝前泥石流体重+溢流体重+泥石流冲击力+地震力。

6.4 挡墙

6.4.1 一般规定

6.4.1.1 挡墙主要分为重力式挡墙、悬臂式挡墙、扶壁式挡墙及组合式挡墙等。

6.4.1.2 根据墙背倾斜情况，重力式挡墙可分为俯斜式挡墙、仰斜式挡墙、直立式挡墙和衡重式挡墙等类型。重力式挡墙类型应根据使用要求、地形、地质和施工条件等综合考虑确定，对岩质边坡和挖方形成的土质边坡宜优先考虑采用仰斜式挡墙，高度较大的土质边坡宜采用衡重式或仰斜式挡墙。

6.4.1.3 对变形有严格要求或开挖土石方可能危及边坡稳定的边坡不宜采用重力式挡墙，开挖土石方危及相邻建（构）筑物安全的边坡不应采用重力式挡墙。

6.4.1.4 采用重力式挡墙时，土质边坡高度不宜大于 10m，岩质边坡高度不宜大于 12m。

6.4.1.5 悬臂式挡墙和扶壁式挡墙适用于填方边坡。

6.4.1.6 采用悬臂式、扶壁式挡墙时，悬臂式挡墙墙高不宜大于 6 m，扶壁式墙高不宜大于 12 m。

6.4.1.7 地基承载力应满足挡墙设计要求，当地基承载力不足时，可采用换填土、扩大基础或地基加固处理等措施。

6.4.2 设计计算

6.4.2.1 挡墙所受压力应采用滑坡推力和土压力公式计算，取其最大值，宜按规范 DZ/T DZ/T 0220 和 GB 50330 计算。

6.4.2.2 挡墙应进行抗滑稳定性验算、抗倾覆稳定性验算和地基承载力验算。

6.4.2.3 挡墙应进行墙身结构设计，重力式挡墙应包括抗拉、抗压、抗剪和偏心验算。悬臂式和扶壁式挡墙应包含抗弯、抗剪、抗拉和最大裂缝宽度的验算。

6.4.3 结构构造

6.4.3.1 重力式挡墙材料可使用浆砌块石、条石、毛石混凝土或素混凝土。块石、条石的强度等级不应低于 MU30，砌体的自重不应低于 23 kN/m^3 ，砂浆强度等级不应低于 M20，混凝土强度等级不应低于 C25，当采用毛石混凝土时，毛石掺入量不应超过 30%。

6.4.3.2 悬臂式和扶壁式挡墙应采用现浇钢筋混凝土结构。混凝土强度等级应根据结构承载力和所处环境类型确定，且不应低于 C25。立板和扶壁的混凝土保护层厚度不应小于 35 mm，底板的保护层厚度不应小于 40 mm。受力钢筋直径不应小于 12 mm，间距不宜大于 250 mm。

6.4.3.3 挡墙墙顶宽度应满足下列要求：

- a) 毛石混凝土、块石或条石挡墙的墙顶宽度不宜小于 0.4 m；
- b) 素混凝土挡墙及钢筋混凝土挡墙的墙顶宽度不宜小于 0.2 m。

6.4.3.4 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、水流冲刷情况以及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 1.0 m，并应保证基础底在冻结深度线以下 0.25 m；在岩质地基中，基础最小埋置深度不宜小于 0.50 m；基础埋置深度应从坡脚排水沟底算起。受水流冲刷时，挡墙基底在冲刷线下不应小于 1.0 m；膨胀土地段基础埋置深度不宜小于 1.5 m；位于稳定斜坡地面上的挡墙，其墙趾最小埋入深度和距离坡面的最小水平距离应符合表 7 的规定。

表 7 斜坡地面墙趾埋入深度和距地面的水平距离

单位为米

基础所处地层情况		距地面的水平距离
地层类别	埋入深度	
硬质岩层	≥ 0.60	≥ 1.50
软质岩层	≥ 1.00	≥ 2.00
土层	≥ 1.00	≥ 2.00

6.4.3.5 挡墙基底纵坡不宜大于 5%，当大于 5%时，应将基底做成台阶式，其最下一级台阶底宽不宜小于 1.00 m。

6.4.3.6 沿挡墙纵向一定间隔，应设置伸缩缝，挡墙的伸缩缝间距，对条石、块石重力式挡墙宜为 20 m~25 m，对混凝土重力式挡墙及悬臂式和扶壁式挡墙宜为 10 m~15 m。在不同结构单元处、地基地层性状变化处和与其他建（构）筑物连接处应设置沉降缝，且伸缩缝和沉降缝宜合并设置。沉降缝、伸缩缝的缝宽宜为 20 mm~30 mm，缝内应填塞沥青麻筋或其他有弹性的防水材料。

6.4.3.7 墙体内应设置一定数量的泄水孔，按梅花型或矩形布置，泄水孔间距不宜大于 3 m，泄水孔倾角不小于 5%，泄水孔孔径不小于 100 mm，最低一排泄水孔应高出地面不小于 200 mm。泄水孔应保持直通无阻。衡重式挡墙的上、下墙连接处应设泄水孔。泄水孔进水侧墙背应设置反滤层或反滤包。

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

6.4.3.9 挡墙后填土地表应设置排水良好的地表排水系统，当有地下水渗入墙后填料内时，应设置排水盲沟，将水体顺利排出墙外。

6.4.3.10 当挡墙高出地面 2 m，在人流较多的地段，墙顶应设置安全防护栏杆。

6.5 锚杆（索）

6.5.1 一般规定

6.5.1.1 锚杆（索）主要分为拉力型、压力型、荷载拉力分散型和荷载压力分散型，适用于崩塌及滑坡治理工程。

6.5.1.2 锚杆（索）防腐等级应达到相应的要求。

6.5.1.3 锚杆（索）设计应包括结构选型、材料选择、锚固长度、间距和排距、防腐措施、钻孔、注浆、张拉、锁定等内容。

6.5.1.4 锚杆（索）的形式应根据锚固段岩土层的工程特性、锚杆（索）承载力大小、锚杆（索）材料和长度以及施工条件等因素综合考虑。

6.5.1.5 锚杆（索）材料可根据锚固工程性质、锚固部位和工程规模等因素综合确定，锚杆（索）杆体可采用普通螺纹钢筋、预应力螺纹钢筋、预应力钢绞线和高强预应力钢丝，不宜采用镀锌钢材。锚杆（索）原材料性能应符合国家现行标准的有关规定，并满足设计要求，方便施工，且材料之间不产生不良影响。

6.5.1.6 对采用新工艺、新技术和新材料的锚杆（索）或无类似锚固工程经验地层中的锚杆（索），应进行基本试验且试验数量不应少于3根。锚杆（索）基本试验的地质条件、锚杆（索）材料和施工工艺等应与工程锚杆（索）一致。

6.5.1.7 锚杆（索）应进行验收试验，验收试验锚杆（索）的数量取锚杆（索）总数的5%，且不应少于5根。试验荷载对永久性锚杆（索）应为设计锚固力的1.5倍。

6.5.2 设计计算

6.5.2.1 锚杆（索）锚固力宜按规范DZ/T 0219和GB 50330计算。

6.5.2.2 锚固段长度可根据理论计算、工程类比和抗拔试验确定。锚固段长度理论计算，应分别通过注浆体与钻孔界面和注浆体与锚杆（索）界面两种情况计算，并取其中较大值。

a) 锚体从注浆体中拔出时，按式（1）计算锚固长度：

$$L_a \geq \frac{F_b T_k}{n \pi d f_{ms}} \quad (1)$$

b) 注浆体与锚体一起沿钻孔界面滑移时，按式（2）计算锚固长度：

$$L_a \geq \frac{F_b T_k}{\pi D f_{mg}} \quad (2)$$

式中：

L_a ——锚固段长度，单位为毫米（mm）；

F_b ——锚杆（索）锚固体抗拔安全系数，取值参见附录J；

T_k ——锚杆（索）设计锚固力，单位为牛（N）；

n ——杆体（钢筋、钢绞线）根数，（根）；

d ——钢绞线（钢筋）直径，单位为毫米（mm）；

f_{ms} ——注浆体与锚杆（索）界面粘结强度设计值，单位为兆帕（MPa），取值参见附录J；

f_{mg} ——注浆体与钻孔界面极限粘结强度标准值，单位为兆帕（MPa），取值参见附录J；

D ——锚杆（索）锚固段钻孔直径，单位为毫米（mm）。

6.5.2.3 锚杆（索）的材料强度验算应符合下式的规定：

普通钢筋锚杆：

$$A_s \geq \frac{F_t \cdot T_k}{f_y} \quad (3)$$

预应力锚索：

$$A_s \geq \frac{F_t \cdot T_k}{\eta_m \cdot f_{py}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- A_s ——锚杆钢筋或预应力锚索截面面积，单位为平方毫米（ mm^2 ）；
 f_y, f_{py} ——普通钢筋或预应力钢绞线抗拉强度设计值，单位为兆帕（MPa）；
 F_t ——锚杆（索）杆体抗拉安全系数，取值参见附录J；
 η_m ——锚具效率系数，取值一般为0.95。

6.5.2.4 压力型锚杆（索）及荷载压力分散型锚杆（索）尚应进行锚固体局部受压承载力验算。

6.5.3 结构构造

6.5.3.1 锚杆（索）总长度应为锚固段、自由段和外锚头的长度之和，并应符合下列规定：

- 锚杆（索）自由段长度应为外锚头到潜在滑裂面的长度；预应力锚索自由段长度应不小于 5.0 m，且应超过潜在滑裂面 1.5 m；
- 锚杆（索）锚固段长度应计算确定。同时，土层锚杆的锚固段长度不应小于 4.0 m，并不宜大于 10.0 m；岩石锚杆的锚固段长度不应小于 3.0 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；
- 位于软质岩中的预应力锚索，可根据地区经验确定最大锚固长度；
- 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、采用荷载分散型锚杆等，提高锚杆承载能力。

6.5.3.2 锚杆（索）的钻孔直径应符合下列规定：

- 钻孔直径应根据设计锚固力、岩土层性质、锚固类型、张拉材料根数、施工机具等因素确定，一般情况下钻孔直径宜为 100 mm~150 mm；
- 钻孔内的锚杆（索）体的面积不应超过钻孔面积的 20%；
- 钻孔内的锚杆（索）钢筋保护层厚度，对永久性锚杆（索）不应小于 25 mm，对临时性锚杆（索）不应小于 15 mm。

6.5.3.3 锚杆（索）的倾角宜采用 $10^\circ \sim 25^\circ$ ，并应避免对相邻建（构）筑物及管线等临近设施产生不利影响。

6.5.3.4 锚杆（索）隔离架应沿锚杆轴线方向每隔 1 m~3 m 设置一个，对土层应取小值，对岩层可取大值。

6.5.3.5 锚杆（索）的传力结构应有足够的强度、刚度、韧性和耐久性，传力结构与坡面应紧密接触，且结合部位应做好防排水设计及防腐措施。

6.5.3.6 锚杆（索）的防腐包括自由段、锚固段和锚头防腐三部分，应符合 GB 50086 的规定。

6.5.3.7 锚孔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，需要时可采用抗硫酸盐水泥；
- 砂的含泥量按重量计不得大于 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得大于 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；
- 注浆体采用水泥浆时，水灰比宜取 0.50~0.55；采用水泥砂浆时，水灰比宜取 0.40~0.45，灰砂比宜取 0.5~1.0；
- 浆体材料 28 d 的无侧限抗压强度不应低于 30 MPa。

6.5.3.8 预应力锚索使用锚具、夹具和连接器的性能均应符合 GB/T 14370 的相关规定。锚具应具有补偿张拉和松弛的功能，需要时可采用可以调节拉力的锚头。锚具罩可采用钢材或塑料材料制作加工，应完全罩住预应力筋的尾端，与支撑面的接缝应为水密性接缝。

6.6 格构锚固

6.6.1 一般规定

6.6.1.1 格构锚固技术是利用浆砌块石、现浇钢筋混凝土或预制预应力混凝土进行坡面防护，并利用锚杆（索）加固的一种边坡综合防护措施。

6.6.1.2 当边坡表面岩土体易风化、剥落且有浅层崩塌、蠕滑等现象，以及需要对坡面进行绿化美化时，宜采用格构锚固进行综合防护。

6.6.1.3 当边坡稳定性较差，存在滑坡风险时，宜用现浇钢筋混凝土格构+锚杆（索）进行滑坡防护，必要时应与抗滑桩等支挡措施组合使用。

6.6.2 设计计算

6.6.2.1 格构锚固设计包括格构设计和锚杆（索）设计，锚杆（索）设计应符合本文件第 6.5 节的规定。

6.6.2.2 钢筋混凝土格构梁截面尺寸应按承载力极限状态进行设计。截面尺寸按照强度和抗裂要求确定。

6.6.2.3 计算格构梁内力时，作用于格构纵横梁上的锚固力参见附录 K.1 的要求进行分配。

6.6.2.4 当作用于格构梁的锚固力确定后，参见附录 K.2 中的“倒梁法”进行内力计算。

6.6.2.5 钢筋混凝土格构梁的弯矩和斜截面承载力应符合 GB/T 50010、GB 55008 的有关规定。

6.6.2.6 格构梁与坡体表面的接触压应力，不应大于地基承载力。

6.6.2.7 每级格构的底部均应设置地梁，地梁的断面尺寸和配筋应根据地基承载力及地梁内力计算确定。

6.6.3 结构构造

6.6.3.1 格构型式和间距应符合下列规定：

- 方型，指顺边坡倾向和沿边坡走向设置方格状钢筋混凝土梁，格构梁横向间距应不大于 4.0 m；
- 菱形，指沿平整边坡坡面斜向设置钢筋混凝土梁，格构梁间距应不大于 4.0 m；
- 弧型，格构梁横向间距应不大于 3.5 m；
- “人”字型，格构梁横向间距应不大于 3.5 m；
- 其他格构型式可采用经验类比进行选择。

6.6.3.2 钢筋混凝土格构纵向钢筋应采用 $\Phi 14$ HRB400 级以上的热轧钢筋，箍筋应采用 $\Phi 8$ 以上的钢筋。

6.6.3.3 格构采用的混凝土强度等级不应低于 C25，最外层钢筋的保护层厚度不应小于 35 mm。

6.6.3.4 格构应每隔 10 m~25 m 宽度设置伸缩缝，缝宽 20 mm~30 mm，填塞沥青麻筋或其他有弹性的防水材料。

6.6.3.5 格构锚固边坡坡面应平整，坡度不宜大于 70° 。

6.6.3.6 当坡度较陡时，应在格构间做坡面防护处理，同时预留排水孔。

6.6.3.7 格构间宜采用坡面绿化处理措施。

6.7 抗滑桩

6.7.1 一般规定

6.7.1.1 抗滑桩桩位宜选择在滑坡体较薄、嵌固段地基强度较高的地段，应综合考虑确定其平面布置、桩间距、桩长和截面尺寸等。

6.7.1.2 抗滑桩的设置应保证滑坡体不越过桩顶或从桩间滑动，应对越过桩顶滑出的可能性进行验算，并采取相应的防护措施。

6.7.1.3 抗滑桩的截面尺寸应根据滑坡推力的大小、桩间距、桩顶位移量以及嵌固段地基的横向承载力等因素确定。

6.7.1.4 抗滑桩嵌固段应设置在滑面以下的稳定岩土体中。

6.7.2 设计计算

6.7.2.1 抗滑桩所受推力，应取滑动剩余下滑力与主动岩土压力两者中的较大值，滑坡推力宜按DZ/T 0219计算，主动岩土压力可按库仑主动土压力计算。

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

6.7.2.3 滑动面以上桩前滑体抗力可由桩前剩余抗滑力或被动土压力确定，设计时选较小值。当桩前滑体可能滑动时，不应计其抗力。布置于地表水体水位一带的抗滑桩可不考虑滑体前缘的抗力，但应进行嵌固段侧压力验算。

6.7.2.4 抗滑桩桩身内力计算时，临空段或边坡滑动面以上部分桩身内力，应根据岩土侧压力或滑坡推力计算。嵌入段或滑动面以下部分桩身内力，宜根据埋入段地面或滑动面处弯矩和剪力，采用地基系数法计算。根据岩土条件可选用“k法”或“m法”。地基系数k和m值宜根据试验资料、地方经验和工程类比综合确定。

6.7.2.5 抗滑桩嵌入岩土层部分的内力采用地基系数法计算时，桩的计算宽度可按下列规定取值：

圆形桩：

$$d \leq 1\text{m 时}, B_p = 0.9(1.5d + 0.5) \dots\dots\dots (5)$$

$$d > 1\text{m 时}, B_p = 0.9(d + 1) \dots\dots\dots (6)$$

矩形桩：

$$b \leq 1\text{m 时}, B_p = 1.5b + 0.5 \dots\dots\dots (7)$$

$$b > 1\text{m 时}, B_p = b + 1 \dots\dots\dots (8)$$

式中：

B_p ——桩身计算宽度，单位为米（m）；

b ——桩宽，单位为米（m）；

d ——桩径，单位为米（m）。

6.7.2.6 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。

6.7.2.7 桩嵌入岩土层的深度应根据地基的横向容许承载力确定，并应符合下列规定：

- a) 地层为岩层时，桩的最大横向压应力 $\sigma_{\max}$ 应小于或等于地基的横向容许承载力。当桩为矩形截面时，地基的横向容许承载力可按式（9）计算：

$$[\sigma_H] = K_H \eta R \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- $[\sigma_H]$ ——地基的横向容许承载力, 单位为千帕 (kPa);
- K_H ——在水平方向的换算系数, 根据岩石的完整程度、层理或片理产状、层间的胶结物与胶结程度、节理裂隙的密度和充填物可采用 0.5~1.0;
- η ——折减系数, 根据岩层的裂隙、风化及软化程度, 可采用 0.3~0.45;
- R ——岩石天然单轴抗压极限强度标准值, 单位为千帕 (kPa)。
- b) 当地层为土层或风化成土、砂砾状岩层时, 滑面以下深度为 $h_2/3$ 和 h_2 (滑面以下或嵌入稳定岩土层内桩长) 处的横向压应力应小于或等于地基的横向容许承载力, 其计算应符合以下规定:
- 1) 当地面无横坡或横坡较小时, 地基 y 点的横向容许承载力可按式 (10) 计算:

$$[\sigma_H] = \frac{4}{\cos \varphi} [(\gamma_1 h_1 + \gamma_2 y) g \varphi + c] \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- $[\sigma_H]$ ——地基的横向容许承载力, 单位为千帕 (kPa);
- φ ——滑面以下土体的内摩擦角, 单位为度 (°);
- γ_1 ——滑面以上土体的重度, 单位为千牛每立方米 (kN/m³);
- h_1 ——设桩处滑面至地面的距离, 单位为米 (m);
- γ_2 ——滑面以下土体的重度, 单位为千牛每立方米 (kN/m³);
- y ——滑面至嵌固段上计算点的距离, 单位为米 (m);
- c ——滑面以下土体的黏聚力, 单位为千帕 (kPa)。

- 2) 当地面横坡 i 较大且 $i \leq \varphi_0$ 时, 地基 y 点的横向容许承载力可按式 (11) 计算:

$$[\sigma_H] = 4(\gamma_1 h_1 + \gamma_2 y) \frac{\cos^2 i \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \varphi_0}}{\cos^2 \varphi_0} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

- i ——地面横向坡度, 单位为度 (°);
- φ_0 ——滑面以下土体的综合内摩擦角, 单位为度 (°)。

式中其他符号意义同式 (10)。

6.7.2.8 桩基嵌固段顶端地面处的水平位移不宜大于 10 mm。当地基强度或位移不能满足要求时, 应通过调整桩的埋深、截面尺寸或间距等措施进行处理。

6.7.2.9 当无特殊要求时, 桩身可不进行裂缝宽度验算, 严重腐蚀环境下且无护壁时应进行裂缝宽度验算。

6.7.2.10 锚拉式桩板挡墙计算时可考虑将桩、锚固段岩土体及锚杆 (索) 视为一整体, 锚杆 (索) 视为弹性支座, 桩简化为受横向变形约束的弹性地基梁, 根据位移变形协调原理, 按“k 法”或“m 法”计算锚杆 (索) 拉力及桩各段内力和位移。锚拉桩采用锚固段为岩石的预应力锚杆 (索) 或全粘结岩石锚杆时, 锚杆 (索) 可按刚性杆考虑, 将桩简化为单跨简支梁或多跨连续梁, 计算桩各段内力和位移。

6.7.3 结构构造

6.7.3.1 桩身混凝土强度等级不应低于 C25, 地下水位以下的桩身混凝土的强度等级不应低于 C30。

6.7.3.2 当桩周岩土或地下水有侵蚀性时,水泥应符合有关规定,且应符合 GB 55008、GB/T 50010、GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计的要求。

6.7.3.3 桩受力主筋混凝土保护层不应小于 50 mm,挡板受力主筋混凝土保护层挡土一侧不应小于 25 mm,临空一侧不应小于 20 mm。

6.7.3.4 纵向受力钢筋的搭接及截断应符合 GB 55008、GB/T 50010 的相关规定。

6.7.3.5 桩内不宜采用斜筋抗剪。剪力较大时可采用调整混凝土强度等级、箍筋直径和间距、桩身截面尺寸等措施。

6.7.3.6 矩形抗滑桩的箍筋宜采用封闭式,肢数不宜多于 4 肢,箍筋直径不应小于 12 mm,间距不应大于 400 mm。圆形抗滑桩的箍筋可采用螺旋式箍筋,箍筋直径不应小于纵向受力钢筋最大直径的 1/4,且不应小于 6 mm,箍筋间距宜取 100 mm~200 mm 且不应大于 400 mm。

6.7.3.7 悬臂式抗滑桩桩长在岩质地基中嵌固深度不宜小于桩总长的 1/4,土质地基中不宜小于桩总长的 1/3。

6.7.3.8 锚拉式桩板挡墙锚孔距桩顶距离不宜小于 1500 mm,锚固点附近桩身箍筋应适当加密,锚杆(索)构造应按本文件第 6.5 节有关规定设计。

6.7.3.9 当采用人工成孔工艺时,挖孔桩井口应设置锁口,桩井位于土层和风化破碎的岩层时应设置护壁。桩及护壁灌筑前应清除孔壁松动石块、浮土,护壁混凝土应紧贴围岩灌筑。

6.7.3.10 抗滑桩应根据其受力特点进行配筋设计,其配筋率、钢筋搭接和锚固应符合 GB 55008、GB/T 50010 的有关规定。

6.8 拦挡坝

6.8.1 一般规定

6.8.1.1 坝址应根据防治目标、地形地质、消能防冲、施工、建坝材料供应等条件进行选择,一般选择在形成区中下游,口窄肚阔的谷地颈口,兼顾可控制上游支沟与崩滑体。

6.8.1.2 坝高宜结合地形地质条件及工程需要综合确定。

6.8.2 设计计算

6.8.2.1 拦挡坝应验算抗滑移、抗倾覆、地基承载力和坝体强度等。

6.8.2.2 拦挡坝库容计算可采用等高线法、横断面法、经验公式法,参见附录 L,也可采用测绘方法。

6.8.2.3 拦挡坝宜验算坝下冲刷深度和渗透变形。

6.8.3 结构构造

6.8.3.1 拦挡坝分为重力式拦挡坝和格栅式拦挡坝。

6.8.3.2 重力式拦挡坝构造应符合下列要求:

- 坝体横断面可采用梯形或复式梯形等形式;
- 溢流口过流面应考虑抗磨蚀;
- 坝下宜设置消能措施;
- 泄流坝段应布置泄水孔,且交错排列;
- 荷载差别大、地基软硬突变等部位应设置变形缝。

6.8.3.3 格栅式拦挡坝构造应符合下列要求:

- 格栅坝可采用缝隙坝、梁式坝和网格坝等型式;
- 缝隙坝的受力及稳定性验算与重力坝相似;梁式坝为分离式结构,墩台应进行稳定性分析,横梁作

强度验算、变形复核；网格坝应进行主绳和锚墩(梁)的受力计算；

- c) 设置多道格栅坝时，上游至下游格栅缝隙宜依次减小；
- d) 坝下宜设置护坦；
- e) 荷载差别大、地基软硬突变等部位应设置变形缝。

6.9 排导槽

6.9.1 一般规定

- 6.9.1.1 排导槽应选择在泥石流沟道流通段或堆积区，将泥石流在控制条件下排导到指定的区域。
- 6.9.1.2 排导槽应保持畅通，不发生或少发生淤积现象，严禁产生累计性淤积而造成漫溢。
- 6.9.1.3 排导槽槽体冲刷、磨蚀应在设计允许范围之内。
- 6.9.1.4 排导槽应有足够的刚度(整体性)，地基承载力应满足排导槽设计要求，不得因地下水、不均匀沉降等原因造成局部或整体滑移、变形、开裂、折断等破坏形式而危及到自身安全。
- 6.9.1.5 排导槽应满足设计过流要求，特殊情况下可让排导槽一侧分流，确保重点保护对象免遭超设计标准泥石流的危害。

6.9.2 设计计算

- 6.9.2.1 排导槽荷载包括结构自重、土压力、泥石流体重和静压力、冲击力、地震荷载等。
- 6.9.2.2 排导槽横断面应根据泥石流流排泄的设计流量和流速计算。
- 6.9.2.3 排导槽槽宽上限值参照流通段的平均宽度确定，适当压缩排导槽宽度、加大槽深，可按式(12)确定：

$$B_{\max} \leq (I_l/I_p)^2 \cdot B_l \quad (12)$$

式中：

- $B_{\max}$ ——排导槽宽度上限，单位为米(m)；
- I_l ——流通段纵比降(‰)；
- I_p ——排导槽纵比降(‰)；
- B_l ——流通段宽度，单位为米(m)。

- 6.9.2.4 排导槽宽度下限值依据排泄泥石流的最大颗粒来确定，可按式(13)确定：

$$B_{\min} > (2.0 \sim 2.5)D_a \quad (13)$$

式中：

- $B_{\min}$ ——排导槽的下限宽度，单位为米(m)；
- D_a ——容许通过排导槽的沟床物质最大粒径，单位为米(m)。

- 6.9.2.5 排导槽槽深可按式(14)、式(15)确定：

$$H_p = H_c + H_s + \Delta h_s \quad (14)$$

式中：

- H_p ——排导槽槽深，单位为米(m)；
- H_c ——设计最大泥深，单位为米(m)；
- H_s ——常年淤积厚度，单位为米(m)；
- Δh_s ——安全超高，一般取0.5 m~1.0 m。

$$H_c \geq 1.2D_a \quad \text{..... (15)}$$

式中:

H_c ——设计最大泥深, 单位为米 (m);

D_a ——沟床物质最大粒径, 单位为米 (m)。

6.9.2.6 当排导槽设置有弯道时, 弯道超高可按式 (16) 确定:

$$\Delta H = B_c V_c^2 / 2gR_c \quad \text{..... (16)}$$

式中:

ΔH ——弯道超高, 单位为米 (m);

B_c ——泥面宽度, 单位为米 (m);

V_c ——泥石流速度, 单位为米每秒 (m/s);

g ——重力加速度, 单位为米每平方秒 (m/s²);

R_c ——弯曲半径, 单位为米 (m)。

6.9.2.7 排导槽弯道的过渡段长度可按式 (17) 确定:

$$L_w = (0.5 \sim 1.0) \cdot L_b \quad \text{..... (17)}$$

式中:

L_w ——进出弯道的长度, 单位为米 (m);

L_b ——弯道长, 单位为米 (m)。

6.9.3 结构构造

6.9.3.1 排导槽结构可采用整体式框架结构、分离式挡墙—护底组合结构、全断面护砌结构等型式。

6.9.3.2 排导槽断面可采用 U 形和梯形等形式。

6.9.3.3 荷载差别大、地基软硬突变等部位应设置变形缝, 变形缝间距宜小于 20 m。

6.9.3.4 排导槽进出口段宜为喇叭口型。

6.9.3.5 必要时设置消能设施。

6.10 柔性防护网

6.10.1 一般规定

6.10.1.1 边坡柔性防护系统可分为主动防护系统、被动防护系统和引导防护系统:

a) 主动防护系统按柔性金属网组合及其固定方式可分为锚固缝合式和搭接点锚式;

b) 被动防护系统按柱脚与基座连接方式分为被动防护网和柔性格栅网;

c) 引导防护系统按结构形式分为覆盖式引导防护系统和张口式引导防护系统。

6.10.1.2 防护系统设计选型应根据崩塌类型、规模、地质环境条件、地形及崩塌影响范围等综合确定。

6.10.1.3 条件复杂的斜坡, 应分区、分高程段、有针对性地采用相应的柔性防护网系统。

6.10.1.4 防护网所用材料或构件的防腐等级应达到相应的要求, 不同腐蚀环境下不同镀层使用年限可参考 JT/T 1328。

6.10.1.5 设计采用的材料或构件应满足柔性防护网承载力要求。

6.10.1.6 对于尺寸较小的危岩落石, 当主网采用网孔尺寸较大的绞索网、钢丝绳网或环形网时, 应增加网孔尺寸较小的格栅网, 设计计算时可不考虑其承载作用, 或在必要时采用承载能力较高的高强度钢丝网

来替代格栅网。

6.10.2 设计计算

6.10.2.1 主动防护系统的设计主要包括以下内容：

- a) 选择合适的锚杆，通过计算确定锚杆长度和布置方式；
- b) 根据锚固方式确定支撑绳及缝合绳的直径、长度及其固定方式；
- c) 选用钢丝绳网的规格，确定其层数；
- d) 确定格栅规格及其联结方式。

6.10.2.2 被动防护系统的设计主要包括以下内容：

- a) 危岩、落石运动轨迹及冲击力的计算；
- b) 根据落石的动能，选择防护系统型号；
- c) 根据落石的弹跳高度，确定防护系统的高度；
- d) 根据能有效而经济地拦截落石的原则，确定防护系统设置的位置；
- e) 确定防护系统的布置方式，确定防护系统的长度与系统走向；
- f) 选择合适的钢柱、柔性锚杆、基座、连接件等构件，计算确定钢柱间距；
- g) 通过分析确定基座及系统的铅直方位，必要时应采用防倾倒螺杆；
- h) 拉锚系统的设计；
- i) 选择和确定合适的支撑绳、消能装置、钢丝绳网、缝合绳、格栅等相应配套设施的型号及规格；
- j) 基础的设计。

6.10.2.3 张口式引导防护网设计包含引导部分的设计和拦截部分的设计。

6.10.3 结构构造

边坡柔性防护系统的结构构造参见JT/T 1328和TB/T 3089。

6.11 充填

6.11.1 岩溶塌陷和采空塌陷治理工程中充填措施根据塌陷的平面分布、深度和地下水等条件，确定充填范围和深度。

6.11.2 填充材料根据治理工程需要进行选择，可用水泥、粉煤灰、混凝土、黏性土、砂砾、碎石、石粉、岩屑、泡沫水泥轻质土等，填充材料需进行适当的压实处理。

6.11.3 填充法的材料及施工必须符合环境保护要求。

6.11.4 填充法的设计参数和施工方法应通过室内和现场试验确定和验证。

6.12 支撑嵌补

6.12.1 一般规定

6.12.1.1 支撑适用于破坏模式为倾倒、坠落式且底部悬空或空腔较大的崩塌体；嵌补适用于破坏模式为倾倒、坠落式且底部有小空腔的崩塌体。

6.12.1.2 支撑嵌补结构可采用柱撑、墙撑、拱撑。设计应根据崩塌体支撑嵌补位置的力学分析，确定支撑嵌补的型式和材料。

6.12.1.3 支撑结构、嵌补基础应置于稳定地基上，地基承载力应满足结构要求。

6.12.1.4 支撑结构自身应稳定并满足刚度和强度要求。

6.12.2 设计计算

支撑柱（墙）计算参见附录M。

6.12.3 结构构造

6.12.3.1 支撑、嵌补体可采用浆砌片石或条石、混凝土、片石混凝土、钢筋混凝土等。砂浆强度等级不应低于 M20；混凝土强度等级应根据结构承载力和所处环境类别确定，素混凝土强度等级不宜低于 C20，钢筋混凝土强度等级不宜低于 C25；片石、条石强度等级不低于 MU30。

6.12.3.2 嵌补体基底宜做成逆坡，逆坡坡度不小于 5%。

6.12.3.3 嵌补体地基表面纵坡大于 5%时，应将基底设计成台阶式，其最下一级台阶宽度不宜小于 1.0 m。

6.12.3.4 与支撑、嵌补体接触的崩塌体应凿平，确保支撑、嵌补体与崩塌体充分接触。

6.12.3.5 嵌补墙的伸缩缝间距，对浆砌片石、块石墙宜为 10 m~15 m，对混凝土墙宜为 20 m~25 m。在墙高突变处应设置伸缩缝，在地基岩土性状变化处应设置沉降缝。伸缩缝或沉降缝缝宽均采用 20 mm~30 mm，缝中填沥青麻筋、沥青木板或其他有弹性的防水材料。

6.12.3.6 嵌补墙在地面线以上宜根据渗水情况每隔 2 m~3 m 交错设置泄水孔。

6.12.3.7 支撑墩、柱截面尺寸应满足强度和抗裂要求，受力主筋混凝土保护层不应小于 50 mm。

6.12.3.8 支撑墩、柱应根据其受力特点进行配筋设计，其配筋率、钢筋搭接和锚固应符合 GB 55008、GB/T 50010 的有关规定。

6.13 截排水

6.13.1 一般规定

6.13.1.1 截、排水工程应合理布局，应与主体工程及自然环境相适应；注重各种排水设施的功能和相互之间的衔接，并与地界外排水系统和设施合理衔接，形成完整、通畅的排水系统。

6.13.1.2 截、排水工程地基应密实稳定，必要时应采取有效措施防止地基变形引起的排水设施的破坏。

6.13.1.3 截、排水工程的断面形状、结构尺寸及间距应根据设计流量确定。

6.13.2 设计计算

6.13.2.1 根据降雨强度和汇水面积分别计算汇流量和输水量，确定截排水沟过水断面。

6.13.2.2 地表排水工程地表水汇流量、截排水沟流速和过水断面可按 GB/T 38509 计算。

6.13.2.3 排水沟弯曲段的弯曲半径，不应小于最小容许半径及沟底宽度的 5 倍。最小容许半径可按式(18)计算：

$$R_{\min} = 1.1v^2 / A^{1/2} + 12 \dots\dots\dots (18)$$

式中：

$R_{\min}$ ——最小容许半径，单位为米（m）；

v ——沟道中水流流速，单位为米每秒（m/s）；

A ——沟道过水断面面积，单位为平方米（m²）。

6.13.3 结构构造

6.13.3.1 截排水沟材料可为混凝土、浆砌石，其构造应符合下列要求：

- a) 截排水沟断面可采用梯形或 U 形等形状，沟底纵坡不宜小于 0.3%且不宜大于 5%；
- b) 排水沟进出口采用喇叭口或八字形导流翼墙；

- c) 截排水沟断面变化时,采用渐变段衔接;
- d) 当截排水沟纵坡大于 5%或局部高差较大时,应布置消能设施;
- e) 采用浆砌石时应做水泥砂浆护面。

6.13.3.2 截排水沟应设变形缝,缝间距宜为 10 m~15 m,并采取防渗措施。

6.14 危岩土清理

6.14.1 清除

6.14.1.1 清除适用于崩塌治理工程中危岩体、浮石及浮土的清理。

6.14.1.2 清除工程设计应包括:清除的对象、清除的次序、清除的方法等。

6.14.1.3 清除危岩体不得对整体边坡或母岩稳定造成不利影响。

6.14.1.4 结合勘查成果、现场作业及周边环境条件,具备清除条件的危岩体,应优先采取清除的治理措施。

6.14.1.5 对危岩单体及孤石清除应按从上而下顺序,避免在不同高度立体作业。

6.14.1.6 危岩体清除采用人工撬除或机械破碎清除,如所清除体积较大、强度较高、机械难以达到清除效果时,可采用爆破清除。

6.14.2 爆破

6.14.2.1 采用爆破法施工时,宜根据现场作业及周边环境条件采用控制爆破、光面爆破、台阶爆破等措施。

6.14.2.2 采用爆破法施工时应进行专项爆破方案设计,并制定相应的施工方案、安全措施及应急预案,评审通过后,按照相关规定进行备案,方可进行施工作业。

6.14.2.3 爆破施工应符合 GB 6722 的要求。

6.14.3 削方减载

6.14.3.1 削方减载一般包括坡体减载、削坡整形、浅表层变形体清理。

6.14.3.2 削方减载工程设计应包括:削方减载部位和范围确定、削方断面和削方边坡坡率确定、削方量计算、坡面排水设计和坡面防护设计。

6.14.3.3 削方减载工程设计应对滑坡进行稳定性计算与评价,对削方后地质体的稳定性进行验算,不应因削方减载造成边坡变形失稳。

6.14.3.4 削方减载部位应根据地质灾害体的类型、岩土物质组成及其性质、地形地貌、水文地质条件、结构面特征、稳定状况、破坏模式和削方减载的方式等综合确定。

6.14.3.5 削方断面应根据削方目的、削方方式、削方体规模、灾害体类型及削方高度等确定。

6.14.3.6 削方断面一般应设计成阶梯形或折线形。对坡高不超过 8 m 的土质边坡和不超过 15 m 的岩质边坡可采用一坡式断面进行削方;对削方坡高超过 8 m 的土质边坡和超过 15 m 的岩质边坡,应分级削坡,对土质边坡每级高度宜为 6 m~8 m,对岩质边坡每级高度宜为 8 m~12 m,在分级及变坡率处应设置台阶或马道,马道宽度宜为 2 m~3 m。

6.14.3.7 边坡削方坡率允许值应根据边坡稳定性计算确定。

6.14.3.8 削方量可根据削方断面采用方格网法、横断面法、三角网法、平均高程法等方法进行计算,也可根据无人机测量获取的高精度数字地形模型,以削方前后空间体积之差直接确定。

6.14.3.9 削方可采用人工开挖、机械开挖、爆破开挖等方式,应结合现场实际情况综合确定。当需要采用爆破作业时,应满足本文件第 6.14.2 条的要求。

6.14.3.10 采用削方减载后应及时进行坡面防护、坡面绿化和排水工程。

6.14.4 沟道清理

6.14.4.1 清理工程设计应包括：范围、深度、断面、工程量计算及清理方法等。

6.14.4.2 清理范围应基于勘察成果，综合考虑泥石流的规模、受灾区域、沟谷形态、堆积物分布以及威胁区域等因素综合确定。清理范围应合理控制，尽量减少对周边植被和生态环境的破坏。

6.14.4.3 清理深度应能有效清除泥石流堆积物，恢复沟谷的通畅性。同时应避免过度挖掘，确保沟谷的安全，防止因清理不当而引发次生地质灾害。

6.14.4.4 应根据沟谷的原始形状和地形条件选择适当的清理断面形状，可采用梯形、矩形或复式断面等，断面形状应有利于水流的顺畅通过，减少水流对堤岸的冲刷和侵蚀。根据沟谷的宽度、深度和堆积物特性，确定合理的断面尺寸。

6.14.4.5 清理工程量根据清理范围及清理深度计算确定。

6.14.4.6 清理可采用机械和人工挖掘的方法，当需要采用爆破施工方法时，应满足本文件第 6.14.2 条的要求。

6.14.5 废弃岩土处置

治理工程产生的废弃岩土应妥善处置，不得随意堆放，不得危害周边环境或产生次生地质灾害。应优先考虑废弃岩土就地就近再利用，可用作回填材料及造地的土源等，不能利用的应就近选择渣土消纳场进行处置。

6.15 生态护坡工程

6.15.1 生态护坡工程材料应满足强度、稳定性、耐久性、低碳环保等相关要求。

6.15.2 植被应以草灌为主，宜选择本土植被，营造生物多样性，与周边生态环境相协调，不得使用外来入侵物种。

6.15.3 生态护坡型式一般包括造林护坡、植草护坡、喷播护坡、三维植被网护坡、植生袋护坡及土工格室植草护坡等。

6.15.4 造林护坡适用于坡度适宜、有一定土层、立地条件较好的坡面。树种选择应以适地适树、本土树种、耐瘠速生、根深叶茂为原则。

6.15.5 铺草皮或撒播草籽适用于坡率缓于 1:1 的土质边坡和严重风化的软质岩石边坡。草皮应选择根系发达、茎矮叶茂耐旱草种。当坡度较陡，土层较薄时，宜选用灌木与草本相结合的植物护坡。

6.15.6 喷播技术适用于风化岩石、土壤较少的软质岩石、养分较少的土壤、硬质土壤、植物立地条件差的高大陡坡面和受侵蚀显著的坡面。喷播方法包含客土喷播、高次团粒喷播、厚层基质喷播、植被混凝土喷播等，应根据工程情况进行选择。当坡度较陡、人造植生基质难以自稳时，应采取挂网喷播的方法进行，网材可选用土工网、铁丝网等。

6.15.7 三维植被网适用于砂性土、土夹石及风化岩石，且坡率缓于 1:0.75 的斜坡防护。三维植被网中的回填土采用客土或土、肥料及含腐殖质土的混合物。

6.15.8 植生袋适用于坡度缓于 1:1 的坡面，也可与格构骨架等工程护坡措施相结合使用。

6.15.9 土工格室生态防护适用于坡度缓于 1:0.5 的整体稳定边坡，在使用时根据边坡坡率，可采用平铺式和叠砌式的布置方式。坡度缓于 1:1 时，采用平铺式；坡度陡于 1:1 缓于 1:0.5 时，采用叠砌式。

6.16 生态固床工程

6.16.1 在规模较小的泥石流沟及其支、毛沟和侵蚀强烈的边坡冲沟内,可采取生态固床工程措施,稳定沟床的松散堆积物,防止沟床下切和沟床物质流失。

6.16.2 生态固床工程一般沿沟道从上而下逐级成群梯级布设或成片布设。

6.16.3 在泥石流沟及支、毛沟和边坡冲沟可采取编柳土谷坊、插柳土谷坊、植生土袋谷坊、木谷坊、竹谷坊等生物谷坊,通过拦挡固体物质稳固沟床。

6.16.4 在泥石流支、毛沟沟床和边坡冲沟中也可进行栅状造林、片状造林和全面造林等来稳固沟床。

6.17 工程监测

6.17.1 一般规定

6.17.1.1 治理项目监测应根据治理工程等级、地质灾害特征和具体治理工程措施等因素确定治理项目监测内容、方法、设备仪器、频率、周期和控制标准。

6.17.1.2 治理项目监测包括施工安全监测、治理成效监测和长期动态监测。监测结果应作为判断地质灾害体稳定状态、指导施工、反馈设计、治理效果评价及灾害点销账的重要依据。

6.17.1.3 地质灾害治理设计应提出监测项目及要求,明确所监测地质灾害体及治理工程设施的险情预警标准。

6.17.2 监测项目

6.17.2.1 监测项目应包括地质灾害体及治理工程设施监测。

6.17.2.2 灾害体的监测项目根据治理工程等级及地质灾害危害程度参照 DB11/T 1677 确定。

6.17.2.3 治理工程设施的监测项目根据治理工程所采取的具体设施确定。

6.17.3 监测方法与要求

地质灾害体的监测参照 DB11/T 1677 要求执行,治理工程设施的监测参照 GB 50330 要求执行。

6.17.4 监测周期与频次

6.17.4.1 施工安全监测自施工之日起至治理工程竣工验收之日止。

6.17.4.2 治理成效监测自工程竣工验收之日起,监测周期一般不少于 3 个水文年。

6.17.4.3 长期动态监测在治理成效监测周期结束后开展。

6.17.4.4 监测成果应包括下列内容:

- a) 监测系统布置;
- b) 监测成果图表;
- c) 监测成果分析。

6.18 设计文件编制

6.18.1 地质灾害治理工程设计文件应包括设计方案文字部分、设计图件、设计计算书和预算书等。

6.18.2 设计文件的内容及格式可参照附录 N 编制。

6.18.3 治理工程平面布置图应包括下列内容:

- a) 治理工程措施布置位置、名称和控制坐标或高程;
- b) 保留的地形和地物;
- c) 测量坐标网、坐标值;

- d) 场地四界的测量坐标（或定位尺寸），治理范围红线或用地界线的位置；
- e) 场地四邻原有道路的位置（主要坐标或定位尺寸），以及主要建（构）筑物的位置、名称；
- f) 原有排水沟、挡墙、护坡的定位（坐标或相互关系）尺寸；
- g) 指北针；
- h) 注明坐标及高程系统、补充图例等；
- i) 图纸名称、比例尺。

6.18.4 治理工程剖面图应包括下列内容：

- a) 工程措施的轴线和轴线编号；
- b) 剖切到或可见的主要结构和建（构）筑物；
- c) 结构及排水沟等尺寸、标高；
- d) 地质信息；
- e) 节点构造详图索引号；
- f) 图纸名称、比例尺等。

6.18.5 治理工程立面图应包括下列内容：

- a) 两端轴线编号，展开立面转角处的轴线编号；
- b) 立面外轮廓及主要结构和建筑构造部件的位置；
- c) 结构、排水沟的起点、变坡点、转折点和终点的设计标高和坐标；
- d) 挡墙、抗滑桩及坡体顶部和底部的主要设计标高和坡度；
- e) 平、剖面未能表示出来的标高或高度；
- f) 图纸名称、尺寸单位、比例尺、补充图例。

6.18.6 必要时应绘制治理工程设计结构详图。

6.18.7 设计计算书应完整、正确。

6.19 变更设计

6.19.1 一般规定

6.19.1.1 变更设计包含图纸会审、工程洽商及设计变更三种方式。

6.19.1.2 变更设计应遵循“先批准、后实施，先设计、后施工”原则，严格按照规定程序进行变更设计，严禁违规进行变更设计。

6.19.1.3 变更设计应依据充分、科学合理、实事求是，在确保地质灾害治理工程安全、质量和治理效果的同时，严格控制工程投资。

6.19.1.4 变更设计应深入调查研究、充分论证，应充分考虑施工设备、材料的准备和供应情况，尽量减少废弃工程，避免造成施工设备、材料的积压和工期延误。

6.19.1.5 建设、勘察、设计、施工、监理等单位应通力协作，及时处理变更设计的有关问题。

6.19.2 变更设计的条件

6.19.2.1 设计方案（施工图）存在表述不清晰、错误、遗漏、矛盾、不合理等问题。

6.19.2.2 设计依据的场地地形地貌、周边环境条件、保护对象发生变化。

6.19.2.3 受周边环境条件或现场作业条件的限制，设计方案（施工图）难以正常施工，或组织实施可能存在较大施工安全隐患、产生不良后果。

6.19.2.4 施工过程中出现地质环境条件与勘察结论不一致，按照设计方案（施工图）实施难以实现治理目标效果，或按照设计方案（施工图）实施产生较大施工费用变化。

6.19.3 变更设计的方式

6.19.3.1 治理工程施工前,在设计交底阶段,针对设计方案(施工图)中存在的问题,宜采取图纸会审的方式进行变更设计。

6.19.3.2 治理工程施工过程中,当治理工程方案保持不变,仅涉及治理工程工作量调整时,宜采取工程洽商的方式进行变更设计。

6.19.3.3 治理工程实施前或施工过程中,当治理工程方案发生变化时,宜采取设计变更的方式进行变更设计。

7 施工

7.1 基本要求

7.1.1 施工单位根据批准的设计文件和有关技术规范、规程和标准组织施工,建立健全安全、质量管理制度和资料管理制度,保证施工安全、工程质量和工程进度。

7.1.2 开工前施工单位应完成下列事项:

- a) 编制施工组织设计或专项施工方案,履行审批手续;
- b) 图纸会审、设计交底和监理交底;
- c) 技术、职业健康安全和环境交底;
- d) 人员进场前备案;
- e) 测量放线验线。

7.1.3 施工单位应按施工图组织施工,做好施工监测和施工记录,施工洽商和变更应符合相关规定。

7.1.4 施工单位应做好施工安全、质量、进度、成本控制和环境保护。

7.1.5 施工记录、试验检验应与施工进度同步。

7.1.6 施工单位应做好自检互检、隐蔽工程和分部分项工程的验收。

7.1.7 施工组织设计方案及竣工图的主要内容参见附录P。

7.2 通用制作与安装工程

7.2.1 一般规定

7.2.1.1 原材料品种、规格、强度、技术性能和技术指标应符合国家现行标准和设计要求。

7.2.1.2 砂浆和混凝土的配合比应通过试验确定,满足设计强度及施工和易性要求。混凝土浇筑前应进行塌落度检测。混凝土浇筑和砂浆砌筑过程中应取样制作试块。

7.2.1.3 应按施工图进行制作与安装,同时应符合国家现行标准要求。

7.2.2 钢筋

7.2.2.1 钢筋加工和安装应符合下列要求:

- a) 钢筋间距、位置、骨架尺寸、弯起钢筋位置、保护层厚度等应符合国家现行标准规定和设计要求;
- b) 冷拉钢筋的机械性能必须符合规范要求,钢筋平直,表面不应有裂皮和油污;
- c) 受力钢筋同一截面的接头数量、搭接长度和焊接、机械接头质量应符合规范要求;
- d) 加工好的钢筋构件安装前不应有任何变形、锈蚀。

7.2.2.2 钢筋加工和安装实测项目详见表8,钢筋网实测项目详见表9。

表 8 钢筋加工和安装实测项目

单位为毫米

序号	实 测 项 目		规定值或允许最大偏差	实测方法和频率
1	受力钢筋间距	单排	± 20	用尺量，每构件检查 2 个断面
		两排以上排距	± 10	
2	箍筋、横向水平钢筋、螺旋筋间距		$+5, -20$	用尺量，每构件检查 10 个间距
3	钢筋骨架尺寸	长、宽、高或直径	± 10	用尺量，按骨架总数 30%抽查
4	弯起钢筋位置		± 20	用尺量，每骨架抽查 30%
5	保护层厚度		± 5	每构件沿模板周边检查 8 处

表 9 钢筋网实测项目

单位为毫米

序号	实测项目	规定值或允许最大偏差	实测方法和频率
1	网的长、宽	± 10	用尺量，全部
2	网眼尺寸	± 10	用尺量，抽查 3 个网眼
3	对角线差	± 10	用尺量，抽查 3 个网眼对角线

7.2.2.3 外观质量检查应符合下列要求：

- a) 钢筋表面无铁锈及焊渣；
- b) 多层钢筋网有足够的钢筋支撑，保证骨架的施工刚度。

7.2.3 锚杆（索）

7.2.3.1 锚杆（索）的成孔应符合下列要求：

- a) 锚杆（索）成孔钻机基座应保持穩定，承重排架应穩定牢固；
- b) 钻孔应按设计图所示位置、孔径、长度和方向进行，相邻钻孔不宜同时施工；
- c) 钻进中应记录钻进地层的特征和钻进特征，并与设计的地层进行对比，出现异常应及时反馈设计；
- d) 终孔深度超过锚杆（索）设计长度应不小于 0.5 m，终孔孔径不应小于设计孔径；
- e) 锚孔应进行清孔并验收合格后及时安装锚杆（索）；
- f) 成孔施工时不应导致水土流失，或危及邻近建筑物或公用设施的安全。

7.2.3.2 锚杆（索）体制作与安装应符合下列要求：

- a) 锚杆(索)制作的场地应平整并硬化处理，场地长度应大于最深的锚杆(索)长度；
- b) 锚索外露段长度应满足张拉锁定要求，钢绞线应采用切割机切断；
- c) 杆体自由段应设置隔离套管，注浆管应固定在索体中并至锚杆(索)端部；
- d) 锚杆(索)制作完成后宜尽早使用，不应露天存放，避免机械损伤或油渍溅落；
- e) 锚杆(索)体在入孔前应清洁、除锈、除油、平直；
- f) 采用人工运输锚杆(索)至孔口，应均衡抬放及运输，不应扭转及拉压锚杆(索)；
- g) 下锚杆(索)时应保持平顺，根据设计要求的杆体设计长度向钻孔内插入杆体。

7.2.3.3 锚杆(索)注浆应符合下列要求：

- a) 注浆材料根据设计要求确定，有特殊要求时可加入一定量的外加剂或外掺料；浆液的固结强度应满足设计要求；

- b) 灌浆前应清孔，排放孔内积水，浆液自下向上连续灌注；必要时，应在孔口设置密封装置；
- c) 孔口溢出浆液或排气管停止排气并满足注浆要求时可停止注浆；
- d) 浆体强度检验用试块的数量每 30 根锚杆（索）不应少于一组，每组试块应不少于 6 个；
- e) 必要时应对锚杆（索）孔口进行补注浆。

7.2.3.4 锚索的张拉锁定及封锚应符合下列要求：

- a) 锚索张拉宜在锚固体强度大于 20 MPa 或达到设计强度的 80%后进行，混凝土台座的强度应满足锁定要求；
- b) 锚索张拉顺序应避免相近锚杆相互影响；
- c) 张拉设备及仪表经标定校正后方可使用，张拉和锁定荷载应符合设计要求；
- d) 锚索进行正式张拉之前，应取 0.10 倍~0.20 倍锚索轴向拉力值，对锚索预张拉 1 次~2 次，使其各部位的接触紧密和杆体完全平直；
- e) 应记录张拉荷载、锁定荷载、张拉时间、位移量等；
- f) 张拉后 48 h 内，若发现锚索预应力值降低，应进行补偿张拉；
- g) 锚索锁定力满足设计要求后，封孔切除锚定板梁外的多余钢绞线，对外露的锚定板、钢绞线清洗干净，浇筑锚头混凝土。

7.2.3.5 锚杆（索）实测项目详见表 10。

表 10 锚杆（索）实测项目

序号	检查项目	规定值或允许最大偏差	检查方法和频率
1	锚孔深度	超过设计长度不小于 0.5m	实测，全部
2	锚孔孔径	符合设计要求	查隐蔽验收记录
3	锚孔孔位与高程	±50mm	用经纬仪、水准仪测，查隐蔽验收记录，全部
4	锚孔角度	±1°	用钻孔测斜仪量，全部
5	锚孔方位角	符合设计要求	实测，全部
6	内锚段长度	不小于设计值	量杆体长度、查隐蔽验收记录

7.2.3.6 外观质量检查应符合下列要求：

- a) 外锚墩混凝土密实，表面平整，规格一致；
- b) 钢筋、钢绞线采取了防锈和防腐处理。锚固段锚索清污除锈，张拉段锚索涂防腐剂或外套 Φ22 mm 聚乙烯塑料套管隔离防护，锚杆（索）件有临时防护，不变形。

7.2.4 浆砌石砌筑

7.2.4.1 选料及修正边角应符合下列要求：

- a) 石料应逐个检查，应将表面的泥垢、青苔、油渍等冲刷清洗干净，并敲除软弱边角，块石上下面尽量平整；
- b) 砌筑时石料应保持湿润状态。

7.2.4.2 浆砌石的施工应符合下列要求：

- a) 坐浆法砌筑，块石安置应自身稳定，大面朝下，错缝搭砌，不应形成通缝，砂浆填塞应饱满，不应有空洞孔眼；外露面应砂浆勾缝；

- b) 砌筑时应先砌筑外层，再砌筑里层，外层砌块应与里层砌块交错连成一体，上层砌筑时应避免振动或扰动砌体；
- c) 砂浆初凝后，不应再移动或碰撞已砌筑的墙体；
- d) 变形缝、泄水孔、反滤层的位置规格数量应符合设计要求。

7.2.5 混凝土浇筑

7.2.5.1 混凝土浇筑施工应符合下列规定：

- a) 浇筑混凝土前，应清除模板内或垫层上的杂物。表面干燥的地基、垫层、模板上应洒水湿润；洒水后不得留有积水；
- b) 混凝土浇筑应保证混凝土的均匀性和密实性。混凝土宜一次连续浇筑，当不能一次连续浇筑时，可留设施工缝或后浇带分块浇筑；
- c) 混凝土应分层浇筑，分层厚度不宜大于 0.5 m，上层混凝土应在下层混凝土初凝之前浇筑完毕；
- d) 混凝土浇筑不得发生离析，倾落高度不大于 3.0 m，当不能满足要求时，应加设串筒、溜管、溜槽等装置；
- e) 混凝土浇筑后，在混凝土初凝前和终凝前宜分别对混凝土裸露表面进行抹面处理。

7.2.5.2 混凝土振捣施工应符合下列规定：

- a) 混凝土振捣应能使模板内各个部位混凝土密实、均匀，不应漏振、欠振、过振；
- b) 混凝土振捣应采用插入式振动棒、平板振动器或附着振动器，必要时可采用人工辅助振捣；
- c) 应按分层浇筑厚度分别进行振捣，振动棒的前端应插入前一层混凝土中，插入深度不应小于 50 mm；振动棒应垂直于混凝土表面并快插慢拔均匀振捣；当混凝土表面无明显塌陷、有水泥浆出现、不再冒气泡时，应结束该部位振捣。

7.2.5.3 混凝土养护应符合下列要求：

- a) 混凝土浇筑后应及时进行保湿养护，保湿养护可采用洒水、覆盖、喷涂养护剂等方式。养护方式应根据现场条件、环境温湿度、构件特点、技术要求、施工操作等因素确定；
- b) 混凝土的养护时间应符合 GB 50666 的规定；
- c) 混凝土强度达到 1.2MPa 前，不得在其上踩踏、堆放物料、安装模板及支架。

7.2.5.4 实测项目

混凝土浇筑实测项目详见表11。

表 11 混凝土实测项目

单位为毫米

序号	检查项目	规定值或允许最大偏差	检查方法
1	轴线位置	±50	经纬仪或者尺量
2	垂直度	±30	经纬仪、吊线或者尺量
3	标高	±100	水准仪测
4	截面尺寸	±30	尺量

7.2.6 混凝土预制构件

7.2.6.1 混凝土构件预制的制作应符合下列规定：

- a) 钢筋混凝土构件中钢筋制作与安装按本文件第 7.2.2 条检查；

- b) 预制构件模板应牢固，严禁跑模；
- c) 混凝土浇注应振捣密实，不应出现露筋和孔洞；
- d) 混凝土构件应平整，不应有断裂、破损。

7.2.6.2 混凝土预制板（块）实测项目详见表 12。

表 12 混凝土预制板（块）实测项目

序号	实测项目	规定值或允许最大偏差	实测方法和频率
1	边长	±5 mm 或 0.5%边长	用尺量，长、宽各量 1 次，每批抽查 10%
2	厚度	+5 mm，-3 mm	用尺量，量 2 次，每批抽查 10%
3	两对角线差	10 mm 或 0.7%最大对角线	用尺量，每批抽查 10%
4	表面平整度（凹凸差）	4 mm 或 0.3%边长	用尺量，长、宽各量 1 次，每批抽查 10%

7.2.6.3 外观质量检查应符合下列要求：

- a) 混凝土表面平整，蜂窝麻面面积不超过受检面积的 0.5%，深度不超过 10 mm；
- b) 混凝土表面出现非受力裂缝缝宽大于 0.15 mm 的必须处理；
- c) 构件外形轮廓清楚，线条顺直，不应翘曲。

7.2.7 模板

7.2.7.1 模板施工前应做好下列工作：

- a) 模板及支架应根据施工过程中的各种工况进行设计，应具有足够的承载力和刚度，并应保证其整体稳固性；
- b) 模板及支架应保证混凝土结构和构件各部分形状、尺寸和位置准确，且应便于钢筋安装和混凝土浇筑、养护；
- c) 模板及支架的形式和构造应根据工程结构形式、荷载大小、地基土类别、施工设备和材料供应等条件确定；模板及支架设计应包括模板及支架上的荷载及其效应计算和承载力、刚度和抗倾覆验算。

7.2.7.2 模板制作与安装应满足下列要求：

- a) 模板应按图加工、制作，通用性强的模板宜制作成定型模板；
- b) 模板面板背楞的截面高度宜统一。模板制作与安装时，面板拼缝应严密。有防水要求的墙体，其模板对拉螺栓中部应设止水片，止水片应与对拉螺栓环焊；
- c) 与通用钢管支架匹配的专用支架，应按图加工、制作。搁置于支架顶端可调托座上的主梁，可采用木方、木工字梁或截面对称的型钢制作；
- d) 安装模板时，应进行测量放线，并应采取保证模板位置准确的定位措施。对竖向构件的模板及支架，应根据混凝土一次浇筑高度和浇筑速度，采取竖向模板抗侧移、抗浮和抗倾覆措施。对水平构件的模板及支架，应结合不同的支架和模板面板形式，采取支架间、模板间及模板与支架间的有效拉结措施。对可能承受较大风荷载的模板，应采取防风措施；
- e) 支架的竖向斜撑和水平斜撑应与支架同步搭设，支架应与成型的混凝土结构拉结。钢管支架的竖向斜撑和水平斜撑的搭设，应符合国家现行有关钢管脚手架标准的规定；
- f) 支架的竖向斜撑和水平斜撑应与支架同步搭设，支架应与成型的混凝土结构拉结。钢管支架的竖向斜撑和水平斜撑的搭设，应符合国家现行有关钢管脚手架标准的规定；

g) 模板与混凝土接触面应清理干净并涂刷脱模剂,脱模剂不得污染钢筋和混凝土接槎处。

7.2.7.3 模板拆除应满足下列要求:

- a) 当混凝土强度能保证其表面及棱角不受损伤时,方可拆除侧模;
- b) 底模及支架应在混凝土强度达到设计要求后再拆除,当设计无具体要求时,应满足相关规范的要求;
- c) 模板拆除时,可采取先支的后拆、后支的先拆,先拆非承重模板、后拆承重模板的顺序,并应从上而下进行拆除。

7.2.8 脚手架

7.2.8.1 脚手架施工前应做好下列工作:

- a) 应根据工程特点编制专项施工方案;
- b) 脚手架设计计算应根据工程实际施工工况进行,结果应满足对脚手架强度、刚度、稳定性的要求;
- c) 脚手架构造措施应合理、齐全、完整,并应保证架体传力清晰、受力均匀;
- d) 脚手架立杆间距、步距应通过设计确定。脚手架底部立杆应设置纵向和横向扫地杆,扫地杆应与相邻立杆连接稳固;
- e) 脚手架的竖向和水平剪刀撑应根据其种类、荷载、结构和构造设置,剪刀撑斜杆应与相临立杆连接牢固;可采用斜撑杆、交叉拉杆代替剪刀撑。门式钢管脚手架设置的纵向交叉拉杆可替代纵向剪刀撑。

7.2.8.2 脚手架的搭设应满足下列要求:

- a) 脚手架应按设计计算和构造要求设置连墙件;
- b) 脚手架应按顺序搭设,连墙件的安装应随作业脚手架搭设同步进行,剪刀撑、斜撑杆等加固杆件应随架体同步搭设。

7.2.8.3 脚手架的使用应满足下列要求:

- a) 脚手架作业层上的荷载不得超过荷载设计值;
- b) 雷雨天气、6级及以上大风天气应停止架上作业;雨、雪、雾天气应停止脚手架的搭设和拆除作业,雨、雪、霜后上架作业应采取有效的防滑措施,雪天应清除积雪;
- c) 脚手架在使用过程中,应定期进行检查并形成记录。脚手架在使用过程中出现安全隐患时,应及时排除;
- d) 脚手架使用期间,严禁在脚手架立杆基础下方及附近实施挖掘作业。

7.2.8.4 脚手架的拆除应满足下列要求:

- a) 架体拆除应按自上而下的顺序按步逐层进行,不应上下同时作业;
- b) 严禁高空抛掷拆除后的脚手架材料与构配件。

7.3 挡墙

7.3.1 一般规定

7.3.1.1 挡墙的材质、位置、尺寸、形状等应满足设计要求。

7.3.1.2 变形缝、泄水孔、反滤层的位置规格数量应符合设计要求。

7.3.1.3 基槽开挖前要做好地面排水,保持基槽干燥,基槽开挖后,基槽内不应积水,验槽后应及时进行基础施工。

7.3.1.4 应按照设计规定的挡墙基础的各部尺寸、形状以及埋置深度,进行基础施工。基础开挖应分段开挖、分段砌筑,回填后再开挖下一段,确保边坡稳定。

- 7.3.1.5 地基开挖后应验槽，其承载力应满足设计要求，达不到设计要求时应及时处理。
- 7.3.1.6 挡墙基底纵坡大于 5%时，应将基底做成台阶式。
- 7.3.1.7 墙后回填应选择透水性较强的填料，分层夯实，压实度符合设计要求，严禁采用淤泥、耕植土、膨胀土等软弱有害的土体作为填料。
- 7.3.1.8 挡墙上方有可能造成渗水的设施时，必须做好防渗处理，防止渗水对挡墙的破坏。
- 7.3.1.9 对雨季和冬季施工还应遵守国家现行有关标准。

7.3.2 浆砌石挡墙

- 7.3.2.1 浆砌石挡墙施工工序包括测量放线、基槽开挖、基槽检验、垫层施工、浆砌石砌筑、设置泄水孔及反滤层、反滤包和墙后回填。
- 7.3.2.2 挡墙砌筑过程中需见证取样留置砂浆试块送检，每班组不少于 1 组。
- 7.3.2.3 挡墙外露面采用水泥砂浆勾缝或抹面，在砌筑外层时应预留 20 mm 空缝。
- 7.3.2.4 墙后填土应分层夯实，选料及压实度均应满足设计要求，填料回填应在砌体强度达到设计强度 75%以上后进行。

7.3.3 混凝土挡墙

- 7.3.3.1 施工工序包括测量放线、基槽开挖、基槽检验、钢筋绑扎、模板安装与固定、浇筑混凝土、养护拆模、设置泄水孔及反滤层、反滤包和墙后回填。
- 7.3.3.2 墙后回填应在墙身混凝土强度达到设计强度 70%以上进行，分层夯实，选料及其密度均应满足设计要求。
- 7.3.3.3 混凝土浇筑应满足本文件第 7.2.5 条的要求。

7.3.4 挡墙实测项目

浆砌石与混凝土挡墙实测项目详见表13。

表 13 挡墙实测项目

序号	实测项目	规定值或允许最大值	实测方法和频率
1	平面位置	±50 mm	用水准仪测，每长 20 m 测 3 处，且不少于 3 处
2	顶面高程	±20 mm	用水准仪测，每长 20 m 测 3 处，且不少于 3 处
3	底面（基面）高程	±50 mm	用水准仪测，每长 20 m 测 3 处，且不少于 3 处
4	断面尺寸	不小于设计值	用尺量，每长 20 m 量 3 处，且不少于 3 处
5	墙面坡度	0.5%	用坡度尺或垂线量，每长 20 m 量 3 处，且不少于 3 处
6	表面平整度（凹凸差）	10 mm	用直尺量，每长 20 m 量 3 处，且不少于 3 处

7.3.5 浆砌石与混凝土挡墙外观质量检查

- 7.3.5.1 砌体坚实牢固，勾缝平顺，无脱落现象。
- 7.3.5.2 混凝土表面的蜂窝麻面不应超过该面积的 0.5%，深度不超过 10 mm。
- 7.3.5.3 排水孔坡度向外，无堵塞现象。
- 7.3.5.4 伸缩缝符合设计要求，整齐垂直，上下贯通。

7.4 格构锚固

7.4.1 一般规定

7.4.1.1 钢筋混凝土格构的原材料、混凝土的配合比与强度等应符合设计要求。浆砌石格构的原材料、砂浆的配合比与强度等应符合设计要求。

7.4.1.2 锚杆（索）的原材料规格、质量和锚孔孔径、孔深、锚固段长度、自由段长度、总长度及注浆体强度等应符合设计要求。

7.4.1.3 格构尺寸应符合设计要求。

7.4.1.4 格构件应符合设计要求。

7.4.2 钢筋混凝土格构

7.4.2.1 施工工序包括坡面平整、测量放线、锚杆施工、钢筋制作与安装、模板安装、混凝土浇筑、混凝土养护、锚杆（索）张拉与锁定和锚头密封。

7.4.2.2 边坡坡面应平整，无明显的危岩体、溜滑体和蠕动体，坡度不宜大于 70°。

7.4.2.3 格构体可嵌置于坡体中，嵌置深度不宜小于截面高度的 1/3。土质边坡应有防止土体冲刷的措施。

7.4.2.4 混凝土浇筑过程中，应按设计要求留置施工缝。

7.4.2.5 锚杆（索）、钢筋混凝土的施工应满足本文件第 7.2 节的要求。

7.4.3 实测项目

格构锚固实测项目详见表14。

表 14 格构锚固实测项目

序号	实 测 项 目		规定值或允许 最大偏差	实测方法和频率
1	格构轴线位置	混凝土	± 30 mm	用经纬仪测，每长 20 m 测 3 点，且不少于 3 点
2	格构断面尺寸	混凝土	± 20 mm	用水准仪，每长 20 m 测 1 点，且不少于 3 点
3	格构坡度		$\pm 0.5^\circ$	用铅锤线，每长 20 m 测 3 处，且不少于 3 处
4	格构表面平整度（凹凸）	混凝土	± 10 mm	用直尺量，每长 20 m 量 3 处，且不少于 3 处
5	锚孔孔位		± 50 mm	用经纬仪、钢尺，全部
6	锚杆（索）长度		± 50 mm	用尺量，全部
7	锚固角度		$\pm 1^\circ$	用钻孔测斜仪，全部

7.4.4 外观质量检查

7.4.4.1 砌石表面要平整，整体坡度平顺。

7.4.4.2 混凝土要内实外光，蜂窝麻面面积不应超过外露面积的 0.5%。

7.4.4.3 锚头混凝土应密实平整。

7.5 抗滑桩

7.5.1 一般规定

7.5.1.1 按设计桩位坐标放线，并符合设计要求。

7.5.1.2 桩身混凝土强度等级、钢筋规格、数量和钢筋笼绑扎应符合设计要求。桩身混凝土应连续灌注，振捣密实。

7.5.1.3 在场地条件许可时，抗滑桩成孔尽可能采取机械施工。如采用人工挖孔，邻近地表水体的抗滑桩不宜在地表水面标高以下人工挖孔。

7.5.1.4 抗滑桩应采用间隔跳挖法施工，相邻抗滑桩孔不应同时开挖。相邻抗滑桩开挖应在桩身混凝土强度达到 70%后进行。

7.5.1.5 桩孔开挖过程中应进行地质编录和检验，记录滑动面的地质特征，提供地质结构柱状图。

7.5.1.6 采用人工挖孔方法施工时，应编制人工挖孔桩专项施工方案并报审。

7.5.1.7 施工完成后应进行桩身质量完整性检测。

7.5.2 桩孔机械开挖

桩孔机械开挖应符合 JGJ 94 的规定。

7.5.3 桩孔人工开挖

7.5.3.1 施工工序包括：测量放线、桩孔开挖、钢筋笼制作与安装、混凝土灌注。

7.5.3.2 抗滑桩的施工顺序应根据滑坡的稳定性确定，一般可采取先两侧后中部、先浅桩后深桩的开挖顺序。

7.5.3.3 开挖前应平整施工场地，沿桩线修建临时施工道路。施工场地应设临时截排水沟，地表水不应冲刷施工场地，不应流入桩孔之内。

7.5.3.4 桩孔锁口梁高出地面应不少于 200 mm，宽度不小于 400 mm。

7.5.3.5 孔口应设置围栏，严格控制非施工人员进入现场，人员上下可用卷扬机和吊斗等升降设施，并应预备软梯和安全绳。孔内有重物起吊时，应有联系信号，统一指挥，升降设备应由专人操作。

7.5.3.6 采用专用提升设备，并配备自动卡紧保险装置，机械的提升能力应与提升吊斗配套，吊斗的活门应设防开装置。

7.5.3.7 井下照明应采用 36 V 安全电压，进入井内的电气设备应接零接地，并装设漏电保护装置。

7.5.3.8 桩孔土层采用人工开挖，开挖面应保持均衡，开挖土方应及时提升至孔外并运走。孔口周边 2m 范围内不应堆土，孔内有作业时，3 m 范围内不应有机动车辆行驶或停放。

7.5.3.9 采用护壁开挖桩孔的每步开挖深度应根据岩土体自稳能力确定，通常每步开挖深度为 1.0m~1.2m。

7.5.3.10 护壁模板定位应准确，支撑系统应牢固，不应因浇筑护壁混凝土产生模板失稳变形。

7.5.3.11 护壁混凝土应振捣密实并与围岩接触良好，井壁光滑平整。

7.5.3.12 护壁后的桩径净断面不小于桩身设计断面尺寸。桩孔应保持垂直，其竖向垂直度允许偏差不大于 0.5%。

7.5.3.13 在变形坡体、流砂、淤泥、膨胀岩土、松散回填土等特殊土层中进行挖孔时，应采取专项安全施工措施。

7.5.3.14 每次施工前应对桩孔有毒气体进行检测，并采取必要的通风措施。

7.5.3.15 邻近已有建构筑物的桩孔应采取专项安全施工措施，并对建构筑物进行变形监测。

7.5.4 钢筋制作安装

7.5.4.1 孔内钢筋宜采用直螺纹套筒连接，接头点应按规范要求错开，连接接头应按要求抽样送检。

7.5.4.2 竖筋安装前应对滑带及岩土界面位置进行确认，竖筋的搭接处不应放在岩土界面和滑动面处。

7.5.4.3 受力主筋的布置应注意滑坡的方向，悬臂抗滑桩受力主筋应布置在抗滑桩承受滑坡推力面侧，锚拉桩受力主筋应根据受力特点按设计要求布置。

7.5.4.4 钢筋应力计、声测管及锚索预留孔等预埋件应按设计要求同步安装。

7.5.4.5 钢筋制作与安装应符合本文件第 7.2.2 条的要求。

7.5.5 混凝土浇筑

7.5.5.1 抗滑桩桩头应及时用麻袋、草帘等加以覆盖并浇水养护，冬季施工应按冬季施工方案实施。

7.5.5.2 混凝土浇筑应符合本文件第 7.2.5 条的要求。

7.5.6 挡土板施工

7.5.6.1 施工工序包括：基槽开挖、钢筋制作与安装、模板支撑、混凝土浇筑及养护、回填土等。

7.5.6.2 挡土板地基承载力应满足设计要求。挡土板板底不应置于软塑黏性土或松散砂层中。

7.5.6.3 挡土板钢筋制作与安装、模板支撑、混凝土浇筑与养护等应满足本文件第 7.2 节要求和钢筋混凝土施工技术规范要求，并按设计要求设置排水孔及反滤层。

7.5.6.4 挡土板钢筋与桩的连接应符合设计要求，保证挡土板与桩可靠连接。

7.5.6.5 挡土板强度达到设计要求后进行板前板后土体回填，回填土应分层夯实，选料及其密实度均应满足设计要求。

7.5.7 实测项目

抗滑桩实测项目详见表15。

表 15 抗滑桩实测项目

序号	实 测 项 目		规定值或允许最大偏差	实测方法和频率
1	桩位		$\pm 100\text{ mm}$	用经纬仪测，全部
2	桩的方位角		$\pm 5^\circ$	用经纬仪测，全部
3	桩的横断面尺寸		不小于设计值	地面用尺量，中、下部查灌注前记录，全部
4	桩身倾斜度	挖孔桩	$< 0.5\%$	用吊线量，查灌注前记录，全部
		钻孔桩	$< 1.0\%$	
5	桩底高程		$\pm 50\text{ mm}$	实测，查灌注前记录，全部
6	桩顶高程		$\pm 50\text{ mm}$	用水准仪测，全部

7.5.8 外观质量检查

桩顶、桩身外露面应平顺、美观，不应有明显缺陷。

7.6 拦挡坝

7.6.1 一般规定

- 7.6.1.1 根据平面图上的控制坐标及剖面图的设计线等进行放线定位，并核实验线。
- 7.6.1.2 施工前应做好临时排水，避免水流沿斜面排泄，基础施工完成后应及时回填，并预设不小于 5% 的向外流水坡，以免积水软化地基。
- 7.6.1.3 遇有坑槽积聚地下水时，应采用降水措施，确保基础工程质量和结构整体安全。
- 7.6.1.4 拦挡坝坝基要求分段跳槽开挖，每段长度不宜大于 10 m，并及时砌筑或浇筑，严禁大拉槽开挖后长期暴露。开挖必须严格按照从两侧到中间的顺序逐段施工，减少扰动。

7.6.2 拦挡坝施工

- 7.6.2.1 施工工序包括测量放线、基槽开挖、基槽检验、垫层施工、浆砌石砌筑（钢筋混凝土施工）、坝体养护和护坦施工。
- 7.6.2.2 坑槽开挖揭露地层如与设计存在差异，应及时通知勘察、设计、监理及业主代表进行坑槽现场查验并处理。验槽合格后及时进行垫层施工，不宜长时间暴露基槽。
- 7.6.2.3 浆砌石坝砌筑，应满足本文件第 7.2.4 条的要求。
- 7.6.2.4 钢筋混凝土坝的施工，应满足本文件第 7.2 节的要求。
- 7.6.2.5 护坦施工前应对护坦基底进行夯实整平，基底开挖清理后应及时施工。

7.6.3 实测项目

拦挡坝实测项目详见表16。

表 16 拦挡坝实测项目

序号	实测项目	规定值或允许最大偏差	实测方法和频率
1	平面位置	±100 mm	用水准仪测，每长 20 m 测 3 处，且不少于 3 处
2	顶面高程	±20 mm	用水准仪测，每长 20 m 测 3 处，且不少于 3 处
3	底面（基面）高程	±50 mm	用水准仪测，每长 20 m 测 3 处，且不少于 3 处
4	断面尺寸	不小于设计值	用尺量，每长 20 m 量 3 处，且不少于 3 处
5	墙面坡度	0.5%	用坡度尺或垂线量，每长 20 m 量 3 处，且不少于 3 处
6	表面平整度（凹凸差）	10 mm	用直尺量，每长 20 m 量 3 处，且不少于 3 处

7.6.4 外观质量检查

- 7.6.4.1 砌石表面要平整，整体坡度平顺。
- 7.6.4.2 混凝土要内实外光，蜂窝麻面面积不应超过外露面积的 0.5%。

7.7 柔性防护网

7.7.1 一般规定

- 7.7.1.1 选购的产品应符合设计和国家相关标准要求。

7.7.1.2 编网、支撑绳及拉锚系统所用钢丝绳应符合 GB/T 8918 的规定，其钢丝强度不应低于 1770MPa，热镀锌等级不低于 AB 级。

7.7.1.3 钢丝格栅编织用钢丝应符合 YB/T 5294 的规定，热镀锌等级不低于 AB 级，其中高强度钢丝格栅可采用质量不低于 150 g/m² 的锌铝合金镀层处理。环形网用钢丝应符合 YB/T 5294 的规定，其钢丝强度不应低于 1770 MPa，热镀锌等级不低于 AB 级或采用质量不低于 150g/m² 的锌铝合金镀层处理。

7.7.1.4 钢柱构件钢材应符合 GB/T 700 的规定，并进行防腐处理。

7.7.1.5 热轧工字钢应符合 GB/T 700 和 GB/T 706 的规定，并进行防腐处理。

7.7.2 主动防护网

7.7.2.1 施工准备与施工放线应符合下列要求：

- 施工工序包括清表、锚杆定位及施工、支撑绳安装、格栅网铺设及缝合等；
- 施工前应清除浮土及浮石，对不利于施工安装和影响防护功能发挥的局部地形进行适当修整或加固处理；
- 放线测量确定锚杆孔位，锚杆孔位尽可能选择在低凹处，对于起加固作用的主动防护系统，当不具备天然低凹条件时，需在孔位处凿一深度不小于锚杆外露环套或锚垫板的凹坑，一般直径 200 mm，深 150 mm。

7.7.2.2 锚杆施工应符合下列要求：

- 按设计深度钻凿锚孔并清孔，当受凿岩设备限制时，构成每根锚杆的两股钢丝绳可分别锚入两个孔径不小于 $\phi 35$ mm 的锚孔内，形成人字形锚杆，两股钢丝绳间夹角为 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，以达到同样的锚固效果；
- 注浆并插入锚杆，浆体强度不小于设计要求，孔内应确保浆液饱满，在进行下一道工序前注浆体养护不少于 3 天；
- 钢丝绳锚杆应为直径不小于 16 mm 的单根钢丝绳弯折后用绳卡或铝合金紧固套管固定而成，并在固定后的环套内嵌套鸡心环。

7.7.2.3 柔性防护网安装应符合下列要求：

- 拉锚绳应在一端用相应规格的绳卡或铝合金紧固套管固定并制作挂环；
- 主动网支撑绳和缝合绳不应预先切断，应根据总长度现场配置；
- 与锚垫板配套的钢筋锚杆采用精轧螺纹钢，也可采用普通螺纹钢在一端加工出螺纹段，螺纹紧固力不小于设计要求；
- 安装纵横向支撑绳，张拉紧后两端用绳卡与锚杆外露环套固定连接；
- 交叉结点处均使用卡扣固定，接头处用铝质接头套管闭合压接，不应出现遗漏。卡扣和套管表面不应有破裂和明显损伤；
- 从上向下铺挂格栅网，格栅网间重叠宽度不小于 50 mm，格栅网间的缝合以及格栅网与支撑绳间采用 $\phi 1.5$ mm 铁丝，扎结间距 1 m；
- 格栅网铺设的同时，对钢丝绳网系统从上向下铺挂钢丝绳网并缝合，通过拧紧螺母来对锚杆施加预应力并张紧格栅。

7.7.3 被动防护网

7.7.3.1 施工准备与施工放线应符合下列要求：

- 施工工序包括清坡、放线、基础施工、基座及锚杆安装、钢柱及拉锚绳的安装和调试、支撑绳的安装和调试、柔性网的铺挂和缝合、格栅铺挂等；

- b) 对于坡面上的浮土或浮石，若因施工活动可能引起崩塌、滚落而威胁施工安全的，宜予清除或就地临时处理。对于坡面上崩塌可能性很大的孤危石，若其崩落可能带来防护网大量维护工作，或超过防护网的防护能力，则宜进行清除或加固处理；
- c) 施工前按设计要求并结合现场地形对钢柱和锚杆基础进行测量定位，现场放线长度应比设计系统长度增加 3%~8%。防护系统的横向位置和纵坡位置一般不应随意改变，钢柱的设计柱间距通常可以在 20%范围内调整。

7.7.3.2 锚杆与基础施工应符合下列要求：

- a) 对基岩或坚硬岩土基础可直接在锚孔位置钻凿杆孔，对不能直接成孔的松散岩土体位置，应进行基坑开挖，采用混凝土浇筑基础；
- b) 对直接成孔的锚杆，采用灌注砂浆方式安装，对采用混凝土基础的锚杆，宜在浇筑基础混凝土时直接埋设；
- c) 钢柱宜与拉锚绳同时安装，安装后通过拉锚绳张拉段的长度改变调整钢柱安装倾角至符合设计要求。钢柱及拉锚绳应在锚杆砂浆凝固 3 天后进行。

7.7.3.3 柔性防护网安装应符合下列要求：

- a) 上支撑绳应在柔性网铺挂前安装，下支撑绳的安装可根据需要自行选择。支撑绳的安装应严格满足其位置要求，将减压环调整到正确位置。支撑绳安装就位后，应予以张紧；
- b) 柔性网的缝合绳不应与钢柱、基座、拉锚绳连接，只能在网与支撑绳或不同网块间连接。对支撑绳上带有减压环的系统，缝合绳不应连接在带减压环的支撑绳上；
- c) 格栅与柔性网间须用扎丝扎结，并宜翻越网顶上沿适当宽度。格栅下部宜留有一定富余，使其自然平铺在网后地面上。

7.7.4 实测项目

柔性防护网实测项目详见表17。

表 17 柔性防护网实测项目

单位为毫米

序号	实 测 项 目	规定值或允许最大偏差	实测方法
1	下层平整度（凹凸差）、拱度	≤100	用尺量
2	单层搭接宽度	0, +50	用尺量
3	绑扎间距	≤5	用尺量
4	固定钉间距	±100	用尺量

7.7.5 外观质量检查

柔性防护网外观平顺、整齐。

7.8 充填

7.8.1 一般规定

- 7.8.1.1 注浆充填材料应符合设计要求，质量合格。
- 7.8.1.2 注浆范围（平面的、垂向的）、注浆钻孔位置、孔径、孔深和偏斜率等应符合设计要求。
- 7.8.1.3 根据钻孔深度、注浆参数和地层条件等选用钻具及注浆设备。

- 7.8.1.4 制浆和注浆设备的布置，应考虑泵量、扬程和输浆距离等。
- 7.8.1.5 应确保注浆所用动力电源，必要时应配备备用电源。
- 7.8.1.6 选取钻孔注浆试验段，以确定注浆压力、注浆量、配比、扩散半径和外加剂掺入量等参数。
- 7.8.1.7 如采用回填，回填材料应符合设计要求，压实系数应满足设计要求。

7.8.2 注浆

- 7.8.2.1 施工工序包括测量放线、钻机定位、钻孔、清孔、下入注浆管、制浆和注浆等。
- 7.8.2.2 根据地层情况选择回转或潜孔锤成孔工艺，记录掉钻、漏浆和卡钻等信息。
- 7.8.2.3 充填注浆孔应根据空洞和坑道的空间位置布置，注浆孔应钻至地下空洞区，注浆管置于被充填的空洞及坑道中下部。
- 7.8.2.4 当存在多层空洞或坑道时，应采取由下至上逐层注浆充填，并应保证各层空洞及坑道充填密实。
- 7.8.2.5 加固注浆孔间距、花管安设位置应符合设计要求，孔内注浆由下至上进行。
- 7.8.2.6 防渗帷幕注浆孔间距符合设计要求，分序次注浆，注浆孔一般 1~3 排分布。
- 7.8.2.7 灌浆时浆液一般应先稀后浓，空洞和裂隙发育连通性好时采用浓浆，并做好注浆记录。
- 7.8.2.8 可采用双管法注浆，浆液从内管压入，外管返浆。
- 7.8.2.9 注浆结束后，应及时进行封孔。

7.8.3 回填

- 7.8.3.1 采用分层回填，应依据回填材料粒径确定分层回填厚度。
- 7.8.3.2 选择碾压、夯实等压实方式，压实度应符合设计要求。

7.8.4 实测项目

充填实测项目详见表18。

表 18 充填实测项目

序号	实 测 项 目	规定值或允许最大偏差	实测方法和频率
1	注浆压力	符合设计要求	查施工、监理记录
2	孔位	±100 mm	用经纬仪测，抽查 2%
3	孔深	±200 mm	查施工、监理记录
4	钻孔偏斜率	≤3%	查施工、监理记录
5	注浆材料用量	大于设计（试验）用量	查材料进场记录、监理记录
6	回填材料	符合设计要求	取样检查或直观鉴别
7	分层厚度	符合设计要求	水准仪及抽样检查
8	分层压实系数	符合设计要求	按规定方法

7.8.5 外观质量检查

加固范围内，注浆孔口部回填，处理效果好。

7.9 支撑嵌补

7.9.1 一般规定

浆砌石、混凝土支撑墩（柱）同浆砌石和混凝土挡墙。墩（柱）基础应稳定、牢固，墩（柱）顶与上覆危岩的接触应紧密，不应浮塞。加筋墩（柱）的钢筋配置应符合设计要求。

7.9.2 实测项目

支撑嵌补实测项目详见表19。

表 19 支撑嵌补实测项目

单位为毫米

序号	实测项目		规定值或允许最大偏差	实测方法和频率
1	平面位置		±30	用经纬仪测量
2	断面尺寸		不小于设计值	用尺量，不少于3点
3	墩（柱）高度		不小于设计值	用尺量，不少于3点
4	表面平整度 （凹凸差）	砌石	15	用直尺量、不少于3点
		混凝土	10	

7.9.3 外观质量检查

7.9.3.1 砌体坚实牢固，勾缝平顺，无脱落现象。

7.9.3.2 混凝土表面的蜂窝麻面不应超过该面积的0.5%，深度不超过10 mm。

7.10 截排水

7.10.1 一般规定

7.10.1.1 截排水沟要平顺，转弯处宜为弧形，各节点坐标及位置应符合设计要求。

7.10.1.2 基槽开挖应根据岩土体情况确定开挖坡率。

7.10.1.3 截排水沟地基承载力、截面尺寸以及坡降比等应符合设计要求。

7.10.1.4 浆砌石截排水沟应满足本文件第7.2.4条的要求，混凝土截排水沟应满足本文件第7.2.5条的要求。

7.10.2 实测项目

浆砌截排水沟实测项目详见表20。

表 20 浆砌截排水沟实测项目

序号	实 测 项 目	规定值或允许最大偏差	实测方法和频率
1	水平位置	±50 mm	用经纬仪测，每长 20 m 测 3 点，且不少于 3 点
2	长 度	—500 mm	用尺量，全部
3	断面尺寸	±30 mm	用尺量，每长 10 m 量 1 点，且不少于 3 点
4	沟底纵坡度	±1%	用水准仪测，每长 10 m 测 1 点，且不少于 3 点
5	沟底高程	±50 mm	用经纬仪测，每长 10 m 测 1 点，且不少于 3 点
6	铺砌厚度	不小于设计值	用尺量，每长 10 m 量 1 点，且不少于 3 点
7	表面平整度（凹凸差）	20 mm	用直尺量，每长 20 m 量 3 点，且不少于 3 点
注：平面位置“+”指向外，“—”指向内。			

7.10.3 外观质量检查

- 7.10.3.1 沟体及沟底应平顺，水流通畅。
- 7.10.3.2 进、出水口应排水通畅，排水孔的高程一致，沟底不应有杂物。
- 7.10.3.3 沟壁砌体顶面不高于地面。

7.11 危岩土清理

7.11.1 一般规定

- 7.11.1.1 危岩土清除应按照设计要求的位置和范围进行施工。
- 7.11.1.2 削方减载应按照设计要求的范围进行，放坡的坡率应满足设计要求。
- 7.11.1.3 挖方边坡施工开挖应自上而下有序进行，并保持两侧边坡的稳定，保证弃土、弃渣的堆填不应导致边坡附加变形或破坏现象发生。
- 7.11.1.4 危岩土清理应避开暴雨期。
- 7.11.1.5 爆破施工应编制专项方案，按设计施工并符合 GB 6722 的规定。爆破清除、削方施工宜采用静态爆破、控制爆破等弱爆破措施，防止对整体边坡或母岩稳定造成不利影响。

7.11.2 清除

- 7.11.2.1 当危岩体有清除条件时，应清除危岩体，但不得破坏母岩的稳定性。
- 7.11.2.2 土质崩塌坡体有放坡条件，且无不良地质时，宜尽量采取放缓坡率法提高崩塌体整体稳定性。
- 7.11.2.3 对危岩单体及孤石清除尽量采用人工撬除或机械破碎清除。
- 7.11.2.4 当有危及下方过往车辆与行人、建(构)筑物等安全隐患时，应采取防护、警示、警戒等措施，确保施工安全。
- 7.11.2.5 清除施工质量检验，主要内容应包括核实放坡坡率是否满足设计要求、检查是否存在产生次生灾害的软弱层、滑动面、不利结构面等。
- 7.11.2.6 崩塌清除过程中应有监控，并加强施工监测。
- 7.11.2.7 崩塌体清除放坡后，应及时对清除开挖形成坡面进行防护和排水处理。

7.11.3 削方减载

7.11.3.1 边坡下方有交通道路及其他有需要保护的公共设施，坡脚部位应设置防护措施。

7.11.3.2 削方可采用人工开挖、机械开挖、爆破等方式，应结合现场实际情况综合确定。

7.11.4 沟道清淤

7.11.4.1 清淤工程不应安排在暴雨季节施工，宜在汛期前完成。

7.11.4.2 清淤工程应遵循临坝段浅清、远坝段多清原则，以保证坝体及圩堤的稳定。

7.11.4.3 在邻近主体工程区域清淤，应采用人工与机械相结合的方式，避免损毁主体工程。

7.11.5 废弃岩土处置

7.11.5.1 治理工程产生的废弃岩土应妥善处置，不得危害周边环境或产生次生地质灾害。

7.11.5.2 弃土场周边设置截排水沟，将地表水引排至弃土场外，以防止弃土流失。

7.12 生态护坡工程

7.12.1 一般规定

7.12.1.1 应清除坡体表面的浮石、浮土、树根、杂草等杂物，并修整坡面。

7.12.1.2 植被种子应撒布均匀，同时做好保护措施。

7.12.1.3 植被种植可采用撒播、喷播、插播、压条等方式，成活率及覆盖率应满足设计要求。

7.12.1.4 植被施工季节应符合生长和移栽要求。

7.12.1.5 生态护坡施工完成后，应及时进行坡面覆盖、灌溉、施肥、林业有害生物防治、补植、局部缺陷修补、除杂草、排渍除涝等养护工作。

7.12.2 实测项目

生态护坡实测项目详见表21。

表 21 生态护坡实测项目

序号	实测项目	规定值或允许最大偏差	实测方法和频率
1	植被成活率	$\geq 80\%$	草皮：尺量，计面积 植株：点数，统计计算每 100 m ² 范围内 3 条带
2	坡面平整度（凹凸差）	$\pm 30\text{ mm}$	量测，每 50 m ² ~100 m ² 测 1 次
3	种植土配合比及厚度	种植土组份配合比满足植被生长要求， 填铺后的厚度允许偏差为 $\pm 30\text{ mm}$	量测，每 50 m ² ~100 m ² 测 1 次

7.12.3 外观质量检查

生态护坡应整齐、美观。

7.13 生态固床工程

7.13.1 柳谷坊的桩料选择：按设计要求的长度和桩径，选生长能力强的活立木。

7.13.2 柳谷坊埋桩：按设计深度打入土内，桩身应与地面垂直，打桩时勿伤树桩外皮，芽眼向上，各排桩位按“品”字形错开。

7.13.3 编篱与填石施工应满足以下要求：

- a) 以桩为经，从地表以下 0.2 m 开始，安排横向编篱；
- b) 与地面齐平时，在背水面最后一排桩间铺树枝厚 0.1 m~0.2 m，桩外漏枝梢约 1.5 m，作为海漫；
- c) 各排编篱中填入卵石（或块石），靠篱处填大块，中间填小块；编篱（及其中填石）顶部作成下凹弧形溢水口；
- d) 编篱与填石完成后，在迎水面填土，高与厚各约 0.5 m。

8 验收

8.1 基本要求

8.1.1 治理工程质量控制应有健全的质量管理体系和施工质量检验制度，施工过程质量验收应符合相应的施工技术标准。

8.1.2 治理工程应按下列规定进行施工质量控制：

- a) 治理工程采用的主要材料、半成品、成品、构配件、器具和设备应进行进场检验；涉及安全、主要通用功能的有关产品及主要材料，应按规定进行复验，并应经监理工程师检查认可；
- b) 各工序应按施工技术标准进行质量控制，每道工序完成后，应进行检查；
- c) 相关各专业工种之间，应进行交接检验，并形成记录。未经监理工程师检查认可，不得进行下道工序施工。

8.1.3 工程施工应按下列规定进行质量验收：

- a) 工程施工质量应符合相关专业规范的规定；
- b) 工程施工质量应符合工程勘察、设计文件的要求；
- c) 工程施工质量的验收应在施工单位自检合格的基础上进行；
- d) 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知有关单位进行验收，并应形成验收文件；
- e) 涉及结构安全的试块、试件以及有关材料，应按规定进行见证检验；
- f) 对涉及结构安全和使用功能的重要分部工程应进行抽样检测；
- g) 工程的观感质量应由验收人员通过现场检查，并应共同确认。

8.1.4 分项工程质量验收合格应符合下列规定：

- a) 分项工程所含的检查项目均应符合本文件的规定；
- b) 分项工程所含的实测项目均应符合本文件的规定。

8.1.5 分部（子分部）工程质量验收合格应符合下列规定：

- a) 分部（子分部）工程所含分项工程的质量均应验收合格；
- b) 质量控制资料应完整；
- c) 分部工程有关安全及功能的检验和抽样检测结果应符合有关规定并满足设计要求；
- d) 观感质量验收应符合要求。

8.1.6 单位（子单位）工程质量验收合格应符合下列规定：

- a) 单位（子单位）工程所含分部（子分部）工程的质量均应验收合格；
- b) 质量控制资料应完整；
- c) 有关安全和功能项目的抽查结果应符合相关专业质量验收规范的规定并满足设计要求；
- d) 观感质量验收应符合要求。

8.2 验收资料

8.2.1 项目验收资料应真实反映工程施工的实际情况，施工质量控制资料应与工程进度同步完成。

8.2.2 项目管理、勘查设计、工程监理和施工过程等相关资料应完整齐全并分类立卷，备有资料总目录及分类目录。

8.2.3 项目竣工验收时各参建方应提供以下资料：

- a) 批准的项目设计方案；
- b) 项目中标通知书及相关合同；
- c) 项目勘查、设计、施工、监理等相关单位资质复印件；
- d) 开工报告、施工日志、工程竣工图、施工总结，竣工图编制要求参见附录 Q；
- e) 工程监理报告；
- f) 工程质量验收评定表（记录）；
- g) 涉及重大质量事故的，须提供事故处理资料；
- h) 工程有关的影像资料；
- i) 工程进度付款凭证复印件及其汇总表，工程费用调整文件及其批准意见，工程结算报告；
- j) 项目实施单位对工程验收的意见和竣工总结报告；
- k) 其他需提供的有关文件。

8.2.4 施工资料是施工单位在工程施工过程中所形成的全部资料，应按施工管理、施工技术、施工测量、施工物资、施工记录、施工试验、过程验收及竣工质量验收资料进行分类组卷。

- a) 施工管理资料：
 - 1) 施工现场质量检查记录；
 - 2) 工程开工报审；
 - 3) 施工方案报审；
 - 4) 施工进度计划；
 - 5) 分部分项工程划分；
 - 6) 分包资质；
 - 7) 试验检测计划；
 - 8) 见证人告知书；
 - 9) 见证记录。
- b) 施工技术资料：
 - 1) 施工组织设计及施工方案；
 - 2) 技术交底记录；
 - 3) 图纸会审记录；
 - 4) 设计变更通知单（如有）；
 - 5) 工程变更洽商记录（如有）；
 - 6) 施工测量记录。
- c) 施工物资资料：
 - 1) 质量证明文件；
 - 2) 材料及构配件进场检验记录；
 - 3) 材料及构配件进场复试报告；
 - 4) 预拌混凝土（砂浆）运输单。
- d) 施工记录：

- 1) 隐蔽工程验收记录;
- 2) 交接检查记录;
- 3) 地基验槽记录;
- 4) 预应力张拉记录。
- e) 施工试验资料:
 - 1) 土工试验和岩石力学性能试验;
 - 2) 混凝土(砂浆)强度试验;
 - 3) 混凝土(砂浆)配合比申请单和试验室签发的配合比通知单;
 - 4) 混凝土浇灌申请书;
 - 5) 钢筋力学性能试验;
 - 6) 锚杆(索)抗拔力试验报告。
- f) 过程验收资料:
 - 1) 分项工程质量验收记录;
 - 2) 分部(子分部)工程质量验收记录。
- g) 竣工质量验收资料:
 - 1) 单位(子单位)工程质量验收记录;
 - 2) 单位(子单位)工程质量控制资料核查记录;
 - 3) 单位(子单位)工程安全和功能检查资料核查及主要功能抽查记录;
 - 4) 单位(子单位)工程观感质量检查记录;
 - 5) 工程竣工质量报告。

8.2.5 监理资料是监理单位在监理活动过程中所形成的全部资料:

- a) 监理规划;
- b) 监理实施细则;
- c) 旁站监理方案;
- d) 监理例会会议纪要;
- e) 监理月报;
- f) 监理日志;
- g) 监理旁站记录;
- h) 监理抽检记录;
- i) 监理通知;
- j) 工程质量评估报告;
- k) 监理工作总结。

8.2.6 治理工程竣工验收后,应将治理工程过程控制资料按有关规定及时提交归档,归档资料清单参见附录 R。

9 工程运营及维护

9.1 基本要求

9.1.1 建立技术支持团队,提供日常维护和应急处理的技术支持,任务包括协调工程各部门、制定工程运营计划、监测工程稳定性并及时采取措施进行维修与加固等。

9.1.2 定期对地质灾害治理工程进行检查与维护,检查内容包括治理设施的结构完整性、功能有效性以及周边环境的变化等。对于发现的问题,应及时进行维护修复,确保工程设施的长期稳定运行。

9.1.3 建立详细的维护记录管理制度,记录工程设施检查、运营维护监测等环节的信息。

9.2 运营维护内容

9.2.1 地质灾害治理工程竣工验收合格后,根据地质灾害治理目标,需做好维护工作,维护内容包括治理工程及设施维护,按照工程设计和运营要求进行定期检查和维修,保障治理工程设施正常运行,发现工程设施运营不正常或损毁,应及时修复或替换。

9.2.2 地质灾害治理项目所涵盖的各项地质灾害防治工程、监测工程等均在运营及维护范畴。

9.3 运营维护监测

9.3.1 人工巡查

巡查员要定期对负责监测的治理工程区域进行宏观巡查,巡查按规定的路线进行,并做好巡查时间、路线、沿途观测情况的简要记录,巡查记录表单见附录 S。巡查员应配备必要的巡查装备。巡查主要内容

包括:

- a) 地表变形迹象:有无加剧新增裂缝、洼地、鼓丘及滑塌变形等现象;
- b) 建筑物变形迹象:有无加剧或新增房屋开裂、倾斜、沉陷、垮塌等现象;
- c) 治理工程运行情况:构筑物本身是否完好、变形情况及是否还能发挥防护功能等;
- d) 植物变形迹象:有无加剧或新增树木歪斜、倾倒等现象;
- e) 泥石流位于沟谷下游的沟谷洪水有无突然断流、水量突然减少或者突然增大、变浑等现象。

9.3.2 变形监测

9.3.2.1 针对治理后地质灾害体的变形监测可按照本文件第 6.17 节要求开展工作,具体可参照 DB11/T 1677 要求执行。

9.3.2.2 针对各项治理工程的变形监测可按照本文件 6.17 节要求开展工作,具体可参照 JGJ 8 及 GB 50330 要求执行。

9.4 工程维护

9.4.1 维护要求

9.4.1.1 治理工程上不得随意搭建与防治地质灾害无关的其他建构筑物,不得随意在治理工程体或可能影响工程稳定的斜坡上加载或开挖坡脚。

9.4.1.2 巡查发现治理工程体上出现裂缝,应分析产生裂缝的原因,并及时封填裂缝或对开裂工程体进行补强加固处理。

9.4.1.3 定期对治理工程上的泄水孔进行疏通,防止细颗粒物质堵塞排水孔。

9.4.1.4 定期对排水工程进行检查,特别是汛前,发现排水沟损坏应及时修复加固、有裂缝的应及时修补并加设防渗层;发现排水沟或涵洞堵塞、淤积、洞口长草等,要及时疏导清除,保证水流通畅和排水效果。

9.4.1.5 发现柔性拦石网损坏的,应及时修复更换损坏件。

9.4.1.6 检查植被防护工程植被生长情况,发现植被损坏,应及时补栽。

9.4.1.7 对人为破坏或拆除治理工程，影响工程治理效果的，工程维护单位应责令当事人修复，并报告有关部门依法追究相关单位及个人的责任。

9.4.2 历次工程维护需做好维护记录表单，内容见附录 T；定期对维护记录进行归档和整理，为后续工作提供参考和依据；加强信息安全保护，确保维护记录的安全性和完整性。

10 工程治理成效评价

10.1 基本要求

根据勘查结果，明确地质灾害隐患范围，威胁对象详细情况，明确地质灾害隐患在开展治理工程前的稳定性及风险性等级。按照设计标准，完成施工后，采用定性和定量相结合的方法，分别从减灾效益、社会效益、经济效益和环境效益等四个方面对工程治理成效开展综合评价。地质灾害治理成效评价可参照附录 U 确定。对治理工程进行质量等级评价，治理工程质量等级优秀，防护效果达到销账条件的，可提出销账建议。

10.2 减灾效益成效评价

定性分析工程治理后避免发生灾害的规模。根据设计与施工完成情况，对比分析并评价工程治理前后崩塌、滑坡隐患的稳定性变化情况、泥石流沟易发性变化情况、塌陷区地下空洞充填情况和上覆地层的稳定性变化情况，并定量评价以下内容：

- 崩塌定量说明工程治理后消除或稳固的危岩土方量；
- 滑坡定量说明工程治理后消除或稳固潜在滑坡体方量；
- 泥石流定量说明工程治理后稳固泥石流物源方量、增加排导能力，拦截冲出物能力；
- 岩溶塌陷及采空塌陷定量说明工程治理后消除的地下空洞的体积，剩余空洞体积，估算充填比例。

10.3 社会效益成效评价

根据地质灾害隐患威胁情况，说明工程治理后保护的人数和户数，保护的重要基础设施情况。分析评价对稳定和促进当地安全生产生活起到的作用。根据工程治理投资金额，以及工程施工中用到的劳动力情况，说明提供的就业机会，对当地经济的支持情况。

10.4 经济效益成效评价

根据工程治理保护的房屋建筑、公路长度、水利、电力、通信等基础设施情况，以及土地、农林矿等资源情况，估算保护对象经济价值。根据工程治理投资及投保比，分析工程治理的经济效益。

10.5 环境效益成效评价

根据治理区面积以及完成施工后保护或稳固土地面积，定量说明稳固土壤面积，可供绿化使用的面积，开展绿化工程的面积，定性分析对生态保护起到的作用。

10.6 治理工程质量等级评价

治理工程完成文件归档后，由项目管理单位向相关管理部门提交工程文件，对工程进行质量等级评价。根据治理工程勘查、设计、监理和施工等各阶段专家评审和验收意见，经工程实际运行效果监测，为治理工程质量评定等级。治理工程质量等级评价见表 22。

表 22 治理工程质量等级评价

工程质量等级	勘查	设计	监理	施工	防治效果
优质工程	勘查技术全面，工作充分，勘查结论能全面反映隐患特征和施工条件，提出合理的治理措施建议和比选方案。	设计方案以消除隐患为目标；高标准工况设计；投保比低于30%；设计图件和文本注解全面，明确，无误差。	监理方案全面，监理记录资料齐全，能全面反映施工过程。无施工质量问题。	完全按照设计要求施工，没有变更或洽商，按时完成。通过竣工验收，竣工验收资料齐全，各项工程质量检测达标。	能完全消除隐患，满足销账条件。对环境的影响较小。经运行监测，工程主体无损伤，观感良好。
良好工程	勘查工作全面，勘查结论能基本反映隐患特征和施工条件，提出合理的治理措施建议和比选方案。	高标准工况设计；投保比低于50%；设计图件和文本注解全面，明确，无误差。	监理方案全面，监理记录资料齐全，能全面反映施工过程。无施工质量问题。	基本按照设计要求施工，没有设计变更，小部分洽商；按时完工。通过竣工验收，竣工验收资料齐全，各项工程质量检测达标。	起到稳固隐患点作用，对环境的影响较小。经运行监测，工程主体无损伤，观感良好。
合格工程	勘查工作基本能反映隐患特征和施工条件，提出合理的治理措施建议。	一般工况设计；基本能稳固灾害体；投保比低于70%；设计图件和文本明确。	有监理方案、记录资料，基本能反映施工过程。通过协调和指导，能消除施工质量问题。	基本按照设计要求施工，通过变更或洽商，按时完工。通过竣工验收，竣工验收资料齐全，各项工程质量检测达标。	起到稳固隐患点作用。经运行监测，工程主体牢固，受损较小。
不合格工程	勘查工作不充分，勘查结论没有全面反映隐患特征和施工条件，提供的数据不能满足设计要求。	设计内容和等级不能满足隐患防护要求。不能降低灾害体活动性。	监理记录资料不全，对出现的施工问题没有及时制止和纠正。出现施工质量问题。	未按照设计要求施工，变更较大，不能按时完工。无法通过竣工验收。	工程无法完成。没有起到防护效果，再次发生灾害。防护工程受损严重。

10.7 治理工程销账

- 10.7.1 经工程治理，地质灾害险情已经消除或得到有效控制的地质灾害隐患点，建设单位或地质灾害责任管理单位可聘请专业队伍进行现场调查与评估是否满足销账条件，编写销账调查报告，经专家现场核实、评审后确认是否进行地质灾害隐患点销账。对满足销账条件的，向相关管理部门提出销账建议，经批准进行销账处理。
- 10.7.2 销账后的地质灾害隐患点，应另外建立台账并定期回访。
- 10.7.3 已销账的地质灾害隐患点，由于地质环境条件或其他情况的变化出现新的地质灾害，相关管理部门应将其重新纳入地质灾害防治台账。

附录 A

(资料性)

地质灾害治理工程勘察大纲内容

- A.1 前言，包括地质灾害近期变形及危害情况、勘察目的任务、前人研究程度、执行的技术标准、勘察范围、地质灾害防治工程等级。
- A.2 勘察区自然地理条件，包括位置与交通状况、气象、水文、社会经济概况。
- A.3 勘察区地质环境概况，包括地形地貌、地层岩性、地质构造与地震、水文地质、不良地质现象、破坏地质环境的人类工程活动。
- A.4 地质灾害基本特征，包括形态特征、边界条件、物质组成、近期变形特征、发育阶段、影响因素及形成机制、破坏模式及其危险性；威胁对象和治理工程初步设想。
- A.5 勘察工作部署，包括勘察手段的选择、勘察工作比例尺的确定、地质测绘及勘探点密度的确定、控制测量、地形测量、定位测量的布置，工程地质测绘、控制剖面的布置，物探、钻探、槽探、井探、洞探等勘探工作的布置，水文地质试验、岩土现场试验、岩土水样的采集及试验的布置，监测工作的布置，各种方法的工作量（配有设计实物工作量表、勘探工作布置平面图和代表性剖面图）。
- A.6 技术要求，包括A.5中各种手段、方法的技术要求及精度。
- A.7 勘察进度计划，包括各项勘察工作的时间安排及勘察总工期。
- A.8 保障措施，包括人员组织、仪器、设备、材料、资金配置，质量保证措施、安全保障措施、进度保障措施。
- A.9 预期成果，包括勘察报告及各种附图附表。

附 录 B
(规范性)
崩塌滑坡分类

B.1 崩塌分类

崩塌分类应符合表B.1。

表 B.1 崩塌分类

分类依据	崩塌分类	特征
物质组成	岩质崩塌	在基岩坡面上，沿节理面、岩层面或断层面等结构面发生的崩塌
	土质崩塌	坡体上的土质体发生倾落的运动
破坏模式	滑移式	危岩沿软弱面滑移，于陡崖（坡）处塌落 土体沿坡顶最大张应力处张裂，于坡体处剪出塌落
	倾倒式	危岩转动倾倒塌落
	坠落式	悬空或悬挑式岩（土）块拉断塌落
规模	小型危岩	$V \leq 500 \text{ m}^3$
	中型危岩	$500 \text{ m}^3 < V \leq 5000 \text{ m}^3$
	大型危岩	$V > 5000 \text{ m}^3$
崩塌体顶端距陡崖（坡）脚高度（h）	低位崩塌	$h < 15 \text{ m}$
	中位崩塌	$15 \text{ m} \leq h < 50 \text{ m}$
	高位崩塌	$50 \text{ m} \leq h < 100 \text{ m}$
	特高位崩塌	$h \geq 100 \text{ m}$

B.2 滑坡按其物质组成和结构的主要因素分类

滑坡按其物质组成和结构的主要因素分类应符合表B.2。

表 B.2 滑坡按其物质组成和结构的主要因素分类表

类 型	亚 类	特 征 描 述
土质滑坡	滑坡堆积体滑坡	由滑坡等形成的块碎石堆积体，沿下伏基岩表面或堆积体内软弱面滑动
	崩塌堆积体滑坡	由崩塌等形成的块碎石堆积体，沿下伏基岩表面或堆积体内软弱面滑动
	黄土滑坡	由黄土构成，大多发生在黄土体中
	黏性土滑坡	由各种成因的黏性土组成为主
	残坡积土滑坡	由花岗岩风化壳、沉积岩残破积土等构成，浅表层滑动
	人工堆填土滑坡	由人工填筑的堤坝和场地以及弃渣堆场等物质为主形成滑坡

表 B.2 滑坡按其物质组成和结构的主要因素分类表（续）

类 型	亚 类	特 征 描 述
岩质滑坡	顺层滑坡	由基岩构成，沿顺坡岩层或裂隙面滑动
	切层滑坡	由基岩构成，滑动面与岩层层面相切，常沿倾向坡外的一组软弱结构面滑动
	近水平层状滑坡	由基岩构成，沿缓倾岩层或裂隙滑动，滑动面倾角 $\leq 10^\circ$
	破碎岩石滑坡	由基岩构成，但滑体内构造发育，岩石破碎松散，呈碎裂结构
变形体	危岩体	由基岩构成，岩体受多组软弱结构面控制，存在潜在滑坡
	堆积层变形体	由堆积体构成，以蠕滑变形为主，滑动面不明显

B.3 滑坡其它因素分类

滑坡其它因素分类应符合表B.3。

表 B.3 滑坡其它因素分类表

分类因素	类型名称	特 征 说 明
滑体厚度	浅层滑坡	滑坡体厚度 ≤ 10 m
	中层滑坡	10 m $<$ 滑坡体厚度 ≤ 25 m
	深层滑坡	25 m $<$ 滑坡体厚度 ≤ 50 m
	超深层滑坡	滑坡体厚度 > 50 m
滑体体积 (V)	小型滑坡	$V \leq 10 \times 10^4$ m ³
	中型滑坡	10×10^4 m ³ $< V \leq 100 \times 10^4$ m ³
	大型滑坡	100×10^4 m ³ $< V \leq 1000 \times 10^4$ m ³
	特大型滑坡	$V > 1000 \times 10^4$ m ³
始滑部位及 运移形式	推移式滑坡	斜坡上部先滑，挤压下部产生变形，一般滑动速度较快，滑体表面波状起伏，多见于有堆积物分布的斜坡地段
	牵引式滑坡	斜坡下部先滑，使上部失去支撑而变形滑动。一般滑动速度较慢，多具上小下大的塔式外貌，横向张性裂隙发育，表面多呈阶梯状或陡坎状
	混合滑坡	始滑部位前后缘结合、共同作用
稳定程度	活滑坡	目前仍在继续活动（包括迅速、缓慢和间歇），后壁及两侧常有新鲜擦痕，滑坡体上有开裂、鼓起或前缘有挤出等变形迹象
	死滑坡	目前已停止活动，滑坡体上植被较盛，常有居民点
诱发因素	工程滑坡	在滑坡或潜在滑坡体上及边缘附近进行的工程建设活动引起的滑坡。可细分为：工程新滑坡和工程复活古滑坡
	非工程滑坡	以非工程建设活动的人为因素诱发的滑坡
	自然滑坡	由地震、暴雨、久雨、侵蚀、潜蚀、崩坡积加载等自然作用产生的滑坡

附录 C
(资料性)
危岩稳定性计算

C.1 滑移式危岩体稳定性计算

C.1.1 后缘有陡倾裂隙且滑面缓倾的滑移式危岩体稳定性计算示意图见图C.1。

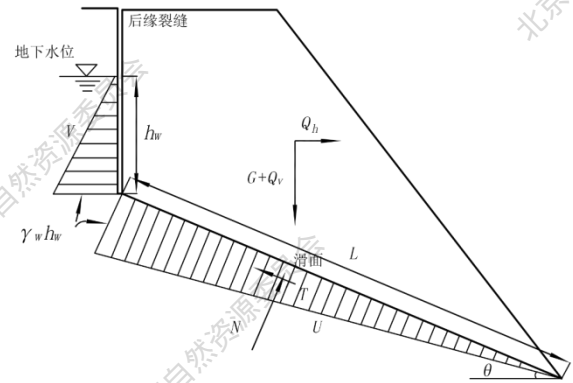


图 C.1 后缘有陡倾裂隙且滑面缓倾的滑移式危岩体稳定性计算示意图

C.1.2 后缘有陡倾裂隙且滑面缓倾的滑移式危岩体稳定性计算见式 (C.1) ~式 (C.5)。

$$F = \frac{[(G + Q_v) \cos \theta - (Q_h + V) \sin \theta - U] \tan \varphi + cL}{(G + Q_v) \sin \theta + (Q_h + V) \cos \theta} \dots\dots\dots (C.1)$$

$$V = \frac{1}{2} \gamma_w h_w^2 \dots\dots\dots (C.2)$$

$$U = \frac{1}{2} \gamma_w h_w L \dots\dots\dots (C.3)$$

$$Q_h = a G a_w \dots\dots\dots (C.4)$$

$$Q_v = Q_h / 3 \dots\dots\dots (C.5)$$

式中:

- F ——稳定系数;
- G ——危岩体的重量 (含地面荷载), 单位为千牛每米 (KN/m);
- Q_v ——垂直地震荷载, 单位为千牛每米 (KN/m);
- θ ——滑面倾角, 单位为度 ($^{\circ}$);
- Q_h ——水平地震荷载, 单位为千牛每米 (KN/m);
- V ——后缘陡倾裂隙水压力, 单位为千牛每米 (KN/m);
- U ——滑面水压力, 单位为千牛每米 (KN/m);
- φ ——滑面内摩擦角, 单位为度 ($^{\circ}$), 当滑面的裂隙未贯通时, 取滑面平均内摩擦系数; 滑面平均内摩擦系数取贯通段和未贯通段内摩擦系数按长度加权的加权平均值, 未贯通段内摩擦系数取岩体的内摩擦系数;
- c ——滑面黏聚力, 单位为千帕 (kPa), 当滑面的裂隙未贯通时, 取贯通段和未贯通段黏聚力按

长度加权的加权平均值，未贯通段黏聚力取岩体黏聚力；

L ——滑面长度，单位为米（m）；

γ_w ——水的重度，单位为千牛每立方米（kN/m³），一般取 10 kN/m³；

h_w ——后缘陡倾裂隙充水高度，单位为米（m），根据汇水面积、裂隙蓄水能力和降雨情况确定，当汇水面积和裂隙蓄水能力较大时不应小于裂隙高度的 1/3；

a ——地震放大效应系数，低位危岩取 1.0，中位危岩取 1.5，高位危岩取 2.0，特高位危岩取 3.0；

a_w ——综合水平地震系数，与基本地震加速度的对应关系见表 C.1。

表 C.1 综合水平地震系数取值表

基本地震加速度（ a_h ）	$\leq 0.05g$	0.10g	0.15g	0.20g	0.30g	0.40g
综合水平地震系数（ a_w ）	0	0.025	0.0375	0.05	0.075	0.10

C.1.3 后缘无陡倾裂隙的滑移式危岩体稳定性计算示意图见图C.2。

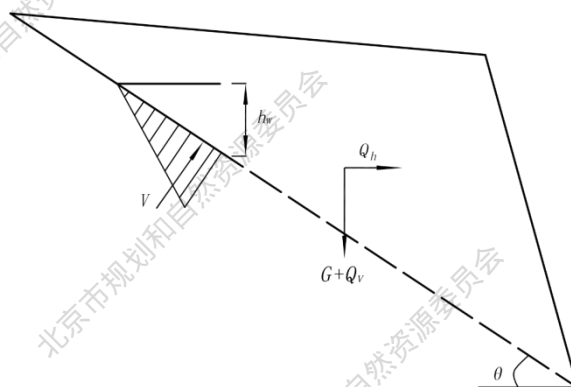


图 C.2 后缘无陡倾裂隙的滑移式危岩体稳定性计算示意图

C.1.4 后缘无陡倾裂隙的滑移式危岩体稳定性计算见式（C.6）。

$$F = \frac{[(G + Q_v) \cos \theta - Q_h \sin \theta - V] \tan \varphi + cL}{(G + Q_v) \sin \theta + Q_h \cos \theta} \dots\dots\dots (C.6)$$

式中：

V ——充当滑面的裂隙贯通段水压力，单位为千牛每米（kN/m）。

其余符号意义同式（C.1）～式（C.5）。

C.2 倾倒式危岩体稳定性计算

C.2.1 倾倒式危岩体底部折断倾倒稳定性计算示意图见图C.3。

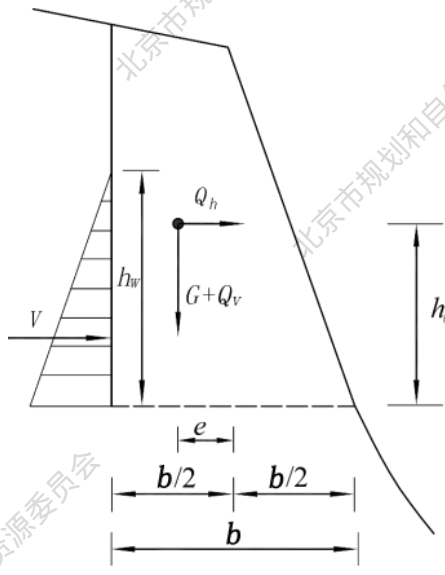


图 C.3 倾倒式危岩体底部折断倾倒稳定性计算示意图

C.2.2 当危岩体重心位于危岩底面中心点内侧时，倾倒式危岩底部折断倾倒稳定性计算见式（C.7）。当危岩体重心位于危岩底面中点外侧时，倾倒式危岩底部折断倾倒稳定性计算见式（C.8）。

$$F = \frac{\sigma_t b^2 + 6Ge}{6(Q_h h_0 - Q_v e) + 2Vh_w} \dots\dots\dots (C.7)$$

$$F = \frac{\sigma_t b^2}{6[Q_h h_0 + (G + Q_v)e] + 2Vh_w} \dots\dots\dots (C.8)$$

式中：

- e ——块体重心到块体底面中点的水平距离，即块体重心偏心距，单位为米（m）；
 - h_0 ——块体重心到块体底面中点的竖向距离，即块体重心高度，单位为米（m）。
- 其余符号意义同式（C.1）～式（C.5）。

C.2.3 倾倒式危岩体后部拉断倾倒稳定性示意图见图C.4。

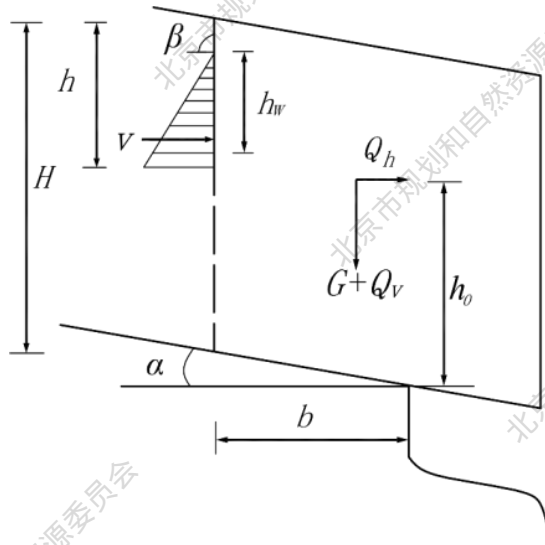


图 C.4 倾倒式危岩体后部拉断倾倒稳定性计算示意图

C.2.4 对危岩体重心在基座顶面前缘内侧情形，倾倒式危岩后部拉断倾倒稳定性计算见式 (C.9)。对危岩体重心在基座顶面前缘外侧情形，倾倒式危岩后部拉断倾倒稳定性计算见式 (C.10)。

$$F = \frac{(G + Q_v)a + \frac{1}{2} \sigma_t \frac{H-h}{\sin \beta} \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{H-h}{\sin \beta} + \frac{b \sin \alpha}{\cos \alpha \sin \beta} \right)}{Q_h h_0 + V \left[\frac{1}{3} \cdot \frac{h_w}{\sin \beta} + \frac{H-h}{\sin \beta} + \frac{b \sin \alpha}{\cos \alpha \sin \beta} \right]} \dots\dots\dots (C.9)$$

$$F = \frac{\frac{1}{2} \sigma_t \frac{H-h}{\sin \beta} \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{H-h}{\sin \beta} + \frac{b \sin \alpha}{\cos \alpha \sin \beta} \right)}{(G + Q_v)a + Q_h h_0 + V \left[\frac{1}{3} \cdot \frac{h_w}{\sin \beta} + \frac{H-h}{\sin \beta} + \frac{b \sin \alpha}{\cos \alpha \sin \beta} \right]} \dots\dots\dots (C.10)$$

式中：

a ——块体重心到基座顶面前缘的水平距离，单位为米 (m)；

β ——后缘陡倾结构面倾角，单位为度 (°)；

h_0 ——水平地震力作用线到基座顶面前缘的垂直距离，单位为米 (m)；

α ——块体与基座接触面倾角，单位为度 (°)；

b ——后缘裂隙的延伸段下端到基座顶面前缘的水平距离，即块体与基座接触面长度的水平投影，单位为米 (m)。

其余符号意义同式 (C.1) ～式 (C.5)。

C.2.5 完全分离的倾倒式危岩体倾倒稳定性可按式 (C.9) 计算。

C.3 坠落式危岩体稳定性计算

C.3.1 坠落式危岩体下切坠落及折断坠落稳定性计算示意图见图C.5。

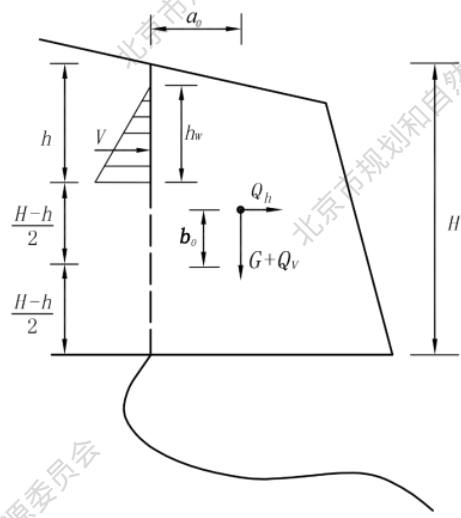


图 C.5 坠落式危岩体下切坠落及折断坠落稳定性计算示意图

C.3.2 坠落式危岩体下切坠落稳定性计算见式 (C.11)。

$$F = \frac{(H - h)c}{G + Q_v} \dots\dots\dots (C.11)$$

式中：

- c ——危岩体黏聚力，单位为千帕 (kPa)；
- H ——后缘裂隙上端到未贯通段下端的垂直距离，即危岩体悬臂高度，单位为米 (m)；
- h ——后缘裂隙深度，单位为米 (m)。
- 其余符号意义同式 (C.1) ~ 式 (C.5)。

C.3.3 坠落式危岩体折断坠落稳定性计算见式 (C.12)。

$$F = \frac{\sigma_t (H - h)^2}{6[(G + Q_v)a_0 + Q_h b_0] + V[2h_w + 3(H - h)]} \dots\dots\dots (C.12)$$

式中：

- a_0 、 b_0 ——块体重心与后缘铅垂面中点的水平距离和垂直距离，单位为米 (m)；
- σ_t ——岩体抗拉强度，单位为千帕 (kPa)。
- 其余符号意义同式 (C.1) ~ 式 (C.5)。

附录 D

(资料性)

崩塌运动学分析方法

D.1 崩塌运动学分析模型

危岩体崩落分析模型见图D.1，危岩体弹跳分析模型见图D.2。

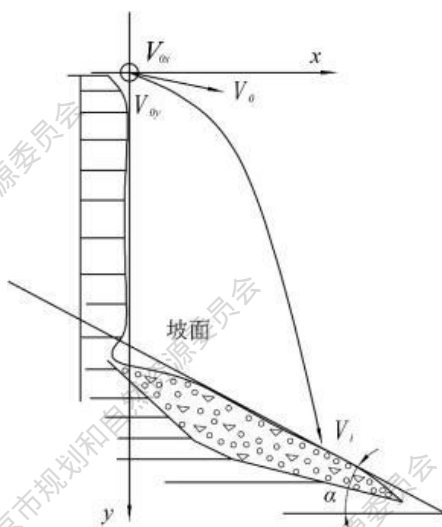


图 D.1 危岩体崩落分析模型

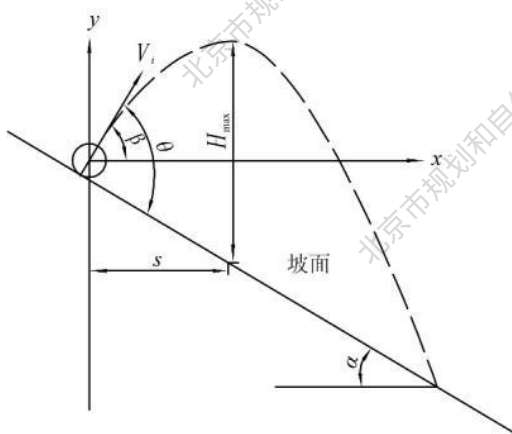


图 D.2 危岩体弹跳分析模型

D.2 危岩体最大弹跳高度

危岩体最大弹跳高度计算见式 (D.1) ~ 式 (D.6)。

$$H_{\max} = s \cdot \tan \alpha + \frac{(V_i \sin \beta)^2}{2g} \dots\dots\dots (D.1)$$

$$s = \frac{V_i'^2 \sin \beta \cos \beta}{g} \dots\dots\dots (D.2)$$

$$V_i' = V_i \sqrt{(e_n \cos \alpha)^2 + (e_t \sin \alpha)^2} \dots\dots\dots (D.3)$$

$$V_i = \sqrt{V_{0x}^2 + (V_{0y} + gt)^2} \dots\dots\dots (D.4)$$

$$\beta = \theta - \alpha \dots\dots\dots (D.5)$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{e_n}{e_t} \cot \alpha \right) \dots\dots\dots (D.6)$$

式中:

- H_{max} ——危岩体最大弹跳高度, 单位为米 (m);
- s ——危岩体弹跳最高点距离起跳点的水平距离, 单位为米 (m);
- V_i' ——危岩体碰撞坡面后的反弹速度, 单位为米每秒 (m/s);
- V_i ——危岩体碰撞坡面的入射速度, 单位为米每秒 (m/s);
- V_{0x} ——危岩体脱离母岩后沿 x 轴的初速度, 单位为米每秒 (m/s);
- V_{0y} ——危岩体脱离母岩后沿 y 轴的初速度, 单位为米每秒 (m/s);
- g ——重力加速度, 单位为米每平方秒 (m/s²);
- t ——危岩体坠落时间, 单位为秒 (s), 由坠落初速度及具体地形按自由落体的公式试算得出;
- e_n 、 e_t ——岩块法向回弹系数和切向恢复系数, 由表 D.1 确定;
- α ——斜坡坡角, 单位为度 (°);
- β ——危岩体运动方向与水平面的夹角, 单位为度 (°);
- θ ——危岩体反弹方向与坡面的夹角, 单位为度 (°)。

表 D.1 岩块回弹系数

碰撞系数	地面岩性				
	硬岩	软岩	硬土	普通土	松土
法向回弹系数 (e_n)	0.40	0.35	0.30	0.26	0.22
切向回弹系数 (e_t)	0.86	0.84	0.81	0.75	0.65

D.3 危岩体落石最大滚落距离

D.3.1 危岩体滚落计算示意图见图D.3。

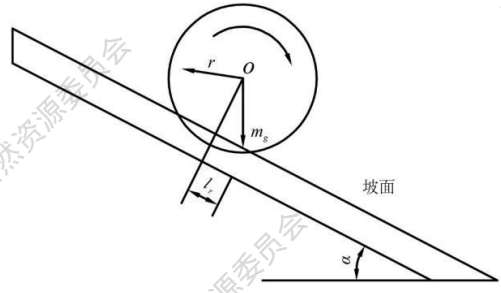


图 D.3 危岩体滚动计算示意图

D.3.2 危岩体落石最大滚落距离计算见式 (D.7)～式 (D.9)。

$$S_{\max} = 0.7 \times \frac{V_{it}^2}{g \cos \alpha (\tan \alpha - \tan \varphi_d)} \quad (\text{D.7})$$

$$V'_{it} = e_t V_i \sin \alpha \quad (\text{D.8})$$

$$\tan \varphi_d = \frac{l_r}{r} \quad (\text{D.9})$$

式中：

$\tan \varphi_d$ ——滚动摩擦系数，可由式 (D.9) 求出，也可按表 D.2 取经验值；

V'_{it} ——危岩体碰撞坡面后沿坡面的反弹速度，即初始滚动速度，单位为米每秒 (m/s)；

V_i ——危岩体碰撞坡面的入射速度，单位为米每秒 (m/s)；

e_t ——岩块切向回弹系数，按表 D.1 确定；

r ——危岩体的半径，单位为米 (m)；

l_r ——危岩体在坡面的支撑点距离重心在坡面法线方向上的距离，单位为米 (m)；

$S_{\max}$ ——危岩体最大滚动距离，单位为米 (m)；

α ——坡角，单位为度 (°)。

表 D.2 岩块滚动阻力系数

坡面特征	滚动摩擦系数
光滑岩面、混凝土表面	0.30～0.60
软岩面、强风化硬岩面	0.40～0.60
块石堆积坡面	0.55～0.70
密实碎石堆积坡面、硬土坡面、植被（灌木丛为主）发育	0.55～0.85
密实碎石堆积坡面、硬土坡面、植被不发育或少量杂草	0.50～0.75
松散碎石坡面、软土坡面、植被（灌木丛为主）发育	0.50～0.85
软土坡面、植被不发育或少量杂草	0.50～0.85

附 录 E
(规范性)
泥石流分类

E.1 泥石流分类划分

泥石流分类划分应符合表E.1。

表 E.1 泥石流分类划分表

分类指标	分类	特征
水源类型	暴雨型泥石流	由暴雨因素激发形成的泥石流
	溃决型泥石流	由水库、湖泊、尾矿库等溃决因素激发形成的泥石流
流域形态	沟谷型泥石流	流域呈扇形或狭长条形，沟谷地形，沟长坡缓，规模大
	山坡型泥石流	流域呈斗状，无明显流通区，形成区与堆积区直接相连，沟短
物质组成	泥流	由细粒径土组成，偶夹砂砾，粘度大，颗粒均匀
	泥石流	由土、砂、石混杂组成，颗粒差异较大
	水石流	由砂、石组成，粒径大，堆积物分选性强
固体物质提供方式	崩塌泥石流	固体物质主要由崩塌堆积物组成
	滑坡泥石流	固体物质主要由滑坡堆积物组成
	沟床侵蚀泥石流	固体物质主要由沟床堆积物侵蚀提供
	坡面侵蚀泥石流	固体物质主要由坡面或冲沟侵蚀提供
流体性质	粘性泥石流	层流，有阵流，浓度大，破坏力强，堆积物分选性差
	稀性泥石流	紊流，散流，浓度小，破坏力较弱，堆积物分选性强
发育阶段	发育期泥石流	山体破碎不稳，日益发展，淤积速度递增，规模小
	旺盛期泥石流	沟坡极不稳定，淤积速度稳定，规模大
	衰败期泥石流	沟坡趋于稳定，以河床侵蚀为主，有淤有冲，由淤转冲
	停歇期泥石流	沟坡稳定，植被恢复，冲刷为主，沟槽稳定
暴发频率（n）	高频泥石流	$1\text{次/年} \leq n < 10\text{次/年}$
	中频泥石流	$0.1\text{次/年} \leq n < 1\text{次/年}$
	低频泥石流	$0.01\text{次/年} \leq n < 0.1\text{次/年}$
	间歇性泥石流	$0.001\text{次/年} \leq n < 0.01\text{次/年}$
堆积物体积（v）	巨型泥石流	$v \geq 50 \times 10^4 \text{ m}^3$
	大型泥石流	$20 \times 10^4 \text{ m}^3 \leq v < 50 \times 10^4 \text{ m}^3$
	中型泥石流	$2 \times 10^4 \text{ m}^3 \leq v < 20 \times 10^4 \text{ m}^3$
	小型泥石流	$v < 2 \times 10^4 \text{ m}^3$

E.2 沟谷型和坡面型泥石流野外判别

沟谷型和坡面型泥石流的野外判别应符合表E.2。

表 E.2 沟谷型和坡面型划分表

特征	沟谷型泥石流	坡面型泥石流
流域特征	沟谷明显，流域可呈长条形、葫芦形或树枝形等。分形成区、流通区和堆积区。形成区内有坍滑体，大型沟谷的支流、卡口较多，呈束放相间河段。常沿断裂或软弱面发育，堆积区呈扇形或带状	沟浅、坡陡、流短，沟坡与山坡基本一致，无明显流通区和堆积区，面蚀、沟蚀严重，堆积区呈锥形
堆积物特征	磨圆度较好，棱角不明显	磨圆度差，棱角明显，粗大颗粒多搬运在锥体下部
灾害特征	规模大、来势猛、过程长、强度大，大型沟谷的沉积物有分段搬运现象	规模小、来势快、过程短、冲击力强，堆积物多为一次搬运

E.3 粘性泥石流和稀性泥石流划分

粘性泥石流和稀性泥石流依据流体性质的划分应符合表E.3。

表 E.3 粘性泥石流和稀性泥石流划分表

特征	粘性泥石流	稀性泥石流
重度 (kN/m^3)	16~23	13~18
固体物质含量 (kg/m^3)	960~2000	300~1300
粘度 ($\text{Pa}\cdot\text{S}$)	≥ 0.3	< 0.3
物质组成	以粘土、粉土为主，以及部分砾石、块石等组成，有相应的土及易风化的松软岩层供给	以碎块石、砂为主，含少量粘性土，有相应的土及不易风化的坚硬岩层供给
沉积物特征	呈舌状，起伏不平，保持流动结构特征，剖面中一次沉积物的层次不明显，间有“泥球”，但各次沉积物之间层次分明，洪水后不易干枯	呈垄岗状或扇状，洪水后即可通行，干后层次不明显，呈层状，具有分选性
流态特征	层流状，固、液两相物质成整体运动，无垂直交换，浆体浓稠，承浮和悬托力大，石块呈悬移状，有时滚动，流体阵性明显，直进性强，转向性弱，弯道爬高明显，沿程渗漏不明显	紊流状，固、液两相做不等速运动，有垂直交换，石块流速慢于浆体，呈滚动或跃移状，泥浆体混浊，阵性不明显，但有股流和散流现象，水与浆体沿程易渗漏
危害作用	来势凶猛，冲击力强，磨蚀力强，直进性强，爬越高，推动力大，一次性破坏作用大	冲击力较小，磨蚀力较强，一次性破坏作用较大

E.4 泥流、泥石流和水石流划分

泥流、泥石流和水石流依据泥石流的物质组成和重度的划分应符合表E.4。

表 E.4 泥流、泥石流和水石流划分表

特征	泥流	泥石流	水石流
重度 (kN/m ³)	16~23	13~23	13~18
物质组成	由粘粒和粉粒组成,偶夹砂和砾石	由粘粒、粉粒、砂粒、砾石、碎块石等大小不等粒径混杂组成,偶夹砂和砾石	由砾石、碎块石及砂粒组成,夹少量粘粒和粉粒

E.5 泥石流发育期野外判别

泥石流发育期野外判别应符合表E.5。

表 E.5 泥石流灾害发育期判别表

发育阶段	发展期	旺盛期	衰退期	停歇期
形态特征	山坡以凸型为主,形成区分散,并见逐步扩大,流通区较短,扇面新鲜,淤积较快	山坡从凸型坡转为凹形坡,沟槽堆积和堵塞现象严重,形成区扩大,流通区向上延伸,扇面新鲜,漫流现象严重	山坡以凹型为主,形成区减少,流通区向上延伸,沟槽逐渐下切,扇面陈旧,生长植物,植被较好	全沟下切,沟槽稳定,形成区基本消失,逐渐变为普通洪流,植被良好
山坡块体运动	发展明显,多见新生沟谷,有少量滑坡、崩塌等	严重发育,供给物主要来自崩塌、滑坡、错落等,片蚀、侧蚀也很发育	明显衰退,坍塌渐趋稳定,以沟槽搬运及侧蚀供给为主	山坡块体运动基本消失
塌方面积率 (%)	1~10	≥10	10~1	<1
单位面积固体物质储量 (万m ³ /km ²)	1~10	≥10	10~1	<1
充淤性质与趋势	以淤为主,淤积速度增快	以淤为主,淤积值大	有冲有淤,淤积速度减小	冲刷下切
危害程度	较大	最大	较大	小

附录 F
(规范性)
岩溶塌陷分类

F.1 岩溶塌陷分类

根据岩溶塌陷的形成时期、可溶岩类型、岩溶塌陷诱发（触发因素）以及塌陷体岩性，岩溶塌陷分类应符合表F.1。

表 F.1 岩溶塌陷综合分类表

分类标志	按形成时期	按可溶岩类型	按成因（诱发因素）类型		塌陷体岩性
			自然塌陷	人为塌陷	
类型	新塌陷（现代） 老塌陷（第四纪） 古塌陷（第四纪以前）	碳酸盐岩岩溶塌陷 石膏岩溶塌陷 盐岩岩溶塌陷 红层岩溶塌陷	暴雨岩溶塌陷 干旱岩溶塌陷 地震岩溶塌陷 重力岩溶塌陷	矿山岩溶塌陷 抽水岩溶塌陷 蓄水岩溶塌陷 渗漏岩溶塌陷 振动岩溶塌陷 荷载岩溶塌陷 隧道岩溶塌陷 爆破岩溶塌陷 钻探岩溶塌陷	土层塌陷 基岩塌陷

F.2 岩溶塌陷规模分级

根据单一塌陷坑的大小、塌陷群包含塌陷坑数量、岩溶塌陷的影响范围，岩溶塌陷规模分级应符合表F.2。

表 F.2 岩溶塌陷规模分级

分类指标	类型		
	大型	中型	小型
塌陷坑直径（m）	>50	10~50	<10
塌陷坑数量（个）	>20	5~20	<50
影响范围（hm ² ）	>10	1~10	<1
注：规模分级按就高原则进行。			

F.3 岩溶塌陷形态分类

对岩溶塌陷的形态特征的分类应符合表F.3。

表 F.3 岩溶塌陷形态分类

形态	特 征
平面形态	圆形或似圆形、椭圆形、长条形、不规则形。其中不规则形，一般由多个塌陷坑组合形成
剖面形态	坛状：口小肚大，塌陷坑壁呈反坡状 圆柱状：塌陷坑壁陡立，呈直筒状 碟状：塌陷坑呈平缓凹陷，面积大，深度小，呈碟形 漏斗状：口大底小，塌陷坑壁呈斜坡状，状如漏斗 复合状：老塌陷复活，新塌陷在同一地点重复出现，新老塌陷叠加复合而成

附录 G

(资料性)

勘察报告正文编写大纲

G.1 崩塌勘察报告

崩塌勘察报告正文编写大纲如下：

0 前言

0.1 任务由来

0.2 地质灾害概况及危害情况

0.3 勘察目的、任务

0.4 勘察工作评述

1 勘察区自然条件及地质环境条件

1.1 自然条件

1.2 地质环境

a) 地形地貌

b) 地层岩性

c) 地质构造与地震

d) 水文地质条件

e) 人类工程活动

2 崩塌（危岩）带工程地质条件

2.1 地形地貌

2.2 地层岩性与岩体工程地质结构特征

2.3 地质构造

2.4 水文地质条件

2.5 不良地质现象

2.6 岩土体物理力学性质

3 崩塌（危岩）特征及稳定性评价

3.1 范围、规模及形态

3.2 结构特征

3.3 破坏方式及主要影响因素

3.4 稳定性评价

a) 稳定性宏观分析

b) 计算参数确定

c) 计算分析

d) 稳定性综合评价

4 崩塌（危岩）发展变化趋势及危害性预测

4.1 发展变化趋势

4.2 危害性预测

5 天然建筑材料（任务需要则列此章）

6 治理方案评价及建议

6.1 既有治理工程评价（如有则列此章）

6.2 治理方案建议

6.3 防治工程设计参数

6.4 拟治理工程区的地质条件分析

7 环境影响评价

7.1 对周边环境的影响

7.2 对交通的影响

7.3 综合评价和结论

8 地质灾害防治效益评估

8.1 经济效益评估

8.2 社会效益评估

8.3 环境效益评估

8.4 减灾效益评估

9 结论与建议

G.2 滑坡勘查报告

滑坡勘查报告正文编写大纲如下：

0 前言

0.1 任务由来

0.2 地质灾害概况

0.3 勘查目的、任务

0.4 勘查工作评述

1 勘查区地形地质

1.1 自然条件

1.2 地质环境

a) 地形地貌

b) 地层岩性

c) 地质构造与地震

d) 水文地质条件

e) 人类工程活动

2 滑坡基本特征

2.1 滑坡地形地貌

2.2 滑坡空间形态

2.3 滑坡变形特征

2.4 滑坡物质组成及结构特征

2.5 滑坡水文地质

2.6 滑坡岩土体物理力学性质

2.6.1 滑体岩土体物理力学性质

2.6.2 滑带土岩土体物理力学性质

2.6.3 滑床岩土体物理力学性质

2.6.4 滑坡岩土物理力学参数建议值

3 滑坡稳定性分析评价

3.1 滑坡变形宏观分析

3.2 滑坡稳定性极限平衡法分析

3.3 滑坡稳定性敏感因素分析

3.4 数值模拟分析（根据任务需要做）

3.5 稳定性综合评价

4 滑坡发展变化趋势及危害性预测

4.1 发展变化趋势

4.2 危害性预测

5 天然建筑材料（任务需要则列此章）

6 治理方案评价及建议

6.1 既有治理工程评价（如有则列此章）

6.2 治理方案建议

6.3 防治工程设计参数

6.4 拟治理工程区的地质条件分析

7 环境影响评价

7.1 对周边环境的影响

7.2 对交通的影响

7.3 综合评价和结论

8 地质灾害防治效益评估

8.1 经济效益评估

8.2 社会效益评估

8.3 环境效益评估

8.4 减灾效益评估

9 结论与建议

G.3 泥石流勘查报告

泥石流勘查报告正文编写大纲如下：

0 前言

0.1 任务由来

0.2 地质灾害的危害程度

0.3 工作目的与任务

0.4 前人地质工作研究程度

0.5 勘查工作的依据

0.6 勘查工作概况及工作质量评述

1 勘查区自然地理条件

1.1 位置与交通

1.2 气象、水文

2 区域地质环境条件

2.1 地形地貌

2.2 地层岩性

2.3 地质构造与地震

a) 地质构造

b) 新构造运动

c) 地震

2.4 水文地质条件

2.5 人类工程活动

3 泥石流形成条件分析

3.1 地形地貌及沟道条件

a) 形成区（清水区）地形地貌条件

b) 形成区（物源区）地形地貌条件

c) 流通堆积区地形地貌条件

3.2 物源条件

a) 崩滑堆积物源

b) 沟道堆积物源

c) 坡面侵蚀物源

d) 滑坡堆积物源

e) 泥石流物源的转化关系

3.3 水源条件

4 泥石流基本特征

4.1 泥石流灾害史及灾情、危害性分析

a) 泥石流灾害史及灾情

b) 泥石流危险区范围及险情

c) 泥石流堵溃下游河道的可能性分析

4.2 泥石流各区段冲淤特征

a) 形成区（清水区）冲淤特征

b) 形成区（物源区）冲淤特征

c) 流通堆积区冲淤特征

4.3 泥石流堆积物特征

a) 泥石流堆积物颗粒特征

b) 泥石流堆积物叠置关系及成因分析

4.4 泥石流发生频率和规模

4.5 泥石流的成因机制和引发因素

5 泥石流基本特征值的计算

5.1 泥石流流体重度

a) 现场配浆法

b) 查表法

c) 综合取值

5.2 泥石流流量

a) 雨洪法

b) 形态调查法

c) 综合取值

- 5.3 泥石流流速计算
- 5.4 一次泥石流过流总量
- 5.5 一次泥石流固体冲出物
- 5.6 泥石流整体冲压力
- 5.7 泥石流爬高和最大冲起高度
- 5.8 泥石流弯道超高
- 6 泥石流发展趋势分析
 - 6.1 泥石流易发程度分析与评价
 - 6.2 泥石流的发生频率和发展阶段
 - 6.3 泥石流发展趋势预测
- 7 泥石流防治方案建议
 - 7.1 既有防治工程评述（如有则描述）
 - 7.2 防治方案建议
 - 7.3 防治工程方案布置原则
 - 7.4 防治工程设计参数建议
 - 7.5 拟防治工程区的地质条件分析
- 8 建筑材料分析与评价（如需要则描述）
- 9 环境影响评价
 - 9.1 对周边环境的影响
 - 9.2 对交通的影响
 - 9.3 综合评价和结论
- 10 地质灾害防治效益评估
 - 10.1 经济效益评估
 - 10.2 社会效益评估
 - 10.3 环境效益评估
 - 10.4 减灾效益评估
- 11 结论与建议

G.4 岩溶塌陷勘察报告

岩溶塌陷勘察报告正文编写大纲如下：

- 0 前言
 - 0.1 任务由来
 - 0.2 地质灾害概况
 - 0.3 前人工作程度
 - 0.4 勘察目的、任务
 - 0.5 勘察工作评述
- 1 勘察区地质环境条件
 - 1.1 气象、水文
 - 1.2 地质环境
 - a) 地形地貌
 - b) 地层岩性

- c) 地质构造与地震
- d) 水文地质条件
- e) 人类工程活动
- 2 岩溶塌陷灾害现状及成因分析
- 2.1 地面塌陷灾害发育现状;
 - a) 岩溶塌陷坑
 - b) 房屋及地面裂缝
- 2.2 岩溶塌陷灾害成因分析
 - a) 可溶性岩层条件
 - b) 岩溶洞隙条件
 - c) 上覆岩土体条件
 - d) 水文地质条件
 - e) 地质构造条件
 - f) 气候降水条件
 - g) 人类工程活动条件
 - h) 其他条件
- 3 稳定性和危害性分区评价
- 3.1 评价标准
- 3.2 地下空洞稳定性分区评价
- 3.3 岩溶塌陷的危害性分区评价
- 4 岩溶塌陷发展变化趋势及危害性预测
- 4.1 发展变化趋势
- 4.2 危害性预测
- 5 防治方案建议
- 5.1 防治方案建议
- 5.2 防治工程设计参数
- 5.3 防治工程区段的地质条件分析
- 6 环境影响评价
- 6.1 对周边环境的影响
- 6.2 对交通的影响
- 6.3 综合评价和结论
- 7 地质灾害防治效益评估
- 7.1 经济效益评估
- 7.2 社会效益评估
- 7.3 环境效益评估
- 7.4 减灾效益评估
- 8 结论与建议

G.5 采空塌陷勘查报告

采空塌陷勘查报告正文编写大纲如下:

0 前言

- 0.1 任务由来
- 0.2 地质灾害概况
- 0.3 前人工作程度
- 0.4 勘查目的、任务
- 0.5 勘查工作评述
- 1 勘查区地质环境条件
 - 1.1 气象、水文
 - 1.2 地质环境
 - a) 地形地貌
 - b) 地层岩性
 - c) 地质构造与地震
 - d) 水文地质条件
 - e) 采矿历史
- 2 采空塌陷灾害现状及成因分析
 - 2.1 采空塌陷灾害发育现状
 - a) 采空塌陷坑
 - b) 房屋及地面裂缝
 - 2.2 采空塌陷灾害成因分析
 - a) 煤系地层条件
 - b) 采空塌陷工程地质条件（包括采空塌陷覆岩结构、采矿方式、“三带”发育特征、岩土体物理力学参数等）
 - c) 水文地质条件
 - d) 地质构造条件
 - e) 气候降水条件
 - f) 其他条件
- 3 稳定性和危害性分区评价
 - 3.1 评价标准
 - 3.2 采空区稳定性分区评价
 - 3.3 采空塌陷的危险性分区评价
- 4 采空塌陷发展变化趋势及危害性预测
 - 4.1 发展变化趋势
 - 4.2 危害性预测
- 5 防治方案建议
 - 5.1 防治方案建议
 - 5.2 防治工程设计参数
 - 5.3 防治工程区段的地质条件分析
- 6 环境影响评价
 - 6.1 对周边环境的影响
 - 6.2 对交通的影响
 - 6.3 综合评价和结论
- 7 地质灾害防治效益评估
 - 7.1 经济效益评估

7.2 社会效益评估

7.3 环境效益评估

7.4 减灾效益评估

8 结论与建议

附录 H
(规范性)
治理工程设计安全系数

H.1 崩塌和滑坡治理工程设计安全系数

崩塌和滑坡治理工程设计安全系数应符合表H.1规定。

表 H.1 崩塌和滑坡治理工程设计安全系数

安全 系数 类型	工程级别与工况								
	I 级治理工程			II 级治理工程			III级治理工程		
	工况 1	工况 2	工况 3	工况 1	工况 2	工况 3	工况 1	工况 2	工况 3
抗滑 动	1.30	1.25	1.15	1.25	1.20	1.10	1.20	1.15	1.05
抗倾 倒	1.70	1.60	1.50	1.60	1.50	1.40	1.50	1.40	1.30
抗剪 断	2.20	1.70	1.50	2.10	1.60	1.40	2.00	1.50	1.30
注：工况1—天然工况；工况2—暴雨工况；工况3—地震工况									

H.2 泥石流拦挡坝工程设计安全系数

泥石流拦挡坝工程的设计安全系数应符合表H.2规定。

表 H.2 泥石流拦挡坝工程设计安全系数

治理工程安全 等级	抗滑安全系数		抗倾覆安全系数	
	工况 1、工况 3、工况 5	工况 2、工况 4、工况 6	工况 1、工况 3、工况 5	工况 2、工况 4、工况 6
I 级	1.35	1.20	1.60	1.50
II 级	1.30	1.15	1.55	1.45
III级	1.25	1.10	1.50	1.40
注：工况1—满库过流状态（不考虑地震），工况2—满库过流状态（考虑地震），工况3—半库容过流状态（不考虑地震），工况4—半库容过流状态（考虑地震），工况5—空库过流状态（不考虑地震），工况6—空库过流状态（考虑地震）。				

附 录 J
(资料性)
锚杆(索)设计参考值

J.1 锚固设计锚杆(索)抗拔安全系数

锚固设计锚杆(索)抗拔安全系数取值应符合表J.1规定。

表 J.1 锚固设计锚杆(索)抗拔安全系数 F_b 取值表

地质灾害治理工程等级	I	II	III
F_b	2.6	2.4	2.2

J.2 锚固设计锚杆(索)抗拉安全系数

锚固设计锚杆(索)抗拉安全系数取值应符合表J.2规定。

表 J.2 锚固设计锚杆(索)抗拉安全系数 F_t 取值表

地质灾害治理工程等级	I	II	III
F_t	2.2	2.0	1.8

J.3 注浆体与锚杆(索)界面粘结强度设计值

注浆体与锚杆(索)界面粘结强度设计值可按表J.3取值。

表 J.3 注浆体与锚杆(索)界面粘结强度设计值

单位为兆帕

锚杆(索)类型	水泥浆或水泥砂浆强度等级		
	M25	M30	M35
螺纹钢	2.10	2.40	2.70
钢绞线、高强度钢丝	2.75	2.95	3.40
注: 1、当采用两根钢筋点焊成束的做法时, 粘结强度应乘0.85折减系数; 2、当采用三根钢筋点焊成束的做法时, 粘结强度应乘0.7折减系数; 3、成束钢筋的根数不应超过三根, 钢筋截面总面积不应超过锚孔面积的20%。当锚固段钢筋和注浆材料采用特殊设计, 并经试验验证锚固效果良好时, 可适当增加钢筋用量。			

J.4 锚杆（索）注浆体与钻孔界面极限粘结强度标准值

岩体中锚杆（索）注浆体与钻孔界面极限粘结强度标准值可按表J.4取值。

表 J.4 岩体中锚杆（索）注浆体与钻孔界面极限粘结强度标准值

单位为兆帕

岩体类别	岩石单轴饱和抗压强度值	极限粘结强度标准值
极软岩	<5	0.2~0.3
软岩	5~15	0.3~0.8
较软岩	15~30	0.8~1.2
较硬岩	30~60	1.2~1.6
硬岩	>60	1.6~3.0

J.5 土体中锚杆（索）注浆体与钻孔界面极限粘结强度标准值

土体中锚杆（索）注浆体与钻孔界面极限粘结强度标准值可按表J.5取值。

表 J.5 土体中锚杆（索）注浆体与钻孔界面极限粘结强度标准值

单位为兆帕

名称	土体状态或密实度	一次常压注浆	二次压力注浆
黏性土	$I_L > 1$	0.018~0.030	0.025~0.045
	$0.75 < I_L \leq 1$	0.030~0.040	0.045~0.060
	$0.50 < I_L \leq 0.75$	0.040~0.053	0.060~0.070
	$0.25 < I_L \leq 0.50$	0.053~0.065	0.070~0.085
	$0 < I_L \leq 0.25$	0.065~0.073	0.085~0.100
	$I_L \leq 0$	0.073~0.090	0.100~0.130
粉土	$e > 0.90$	0.022~0.044	0.040~0.060
	$0.75 \leq e \leq 0.90$	0.044~0.064	0.060~0.090
	$e < 0.75$	0.064~0.100	0.080~0.130

表 J.5 土体中锚杆（索）注浆体与钻孔界面极限粘结强度标准值（续）

单位为兆帕

名称	土体状态或密实度	一次常压注浆	二次压力注浆
粉细砂	稍密	0.022~0.042	0.040~0.070
	中密	0.042~0.063	0.075~0.110
	密实	0.063~0.085	0.090~0.130
中砂	稍密	0.054~0.074	0.070~0.100
	中密	0.074~0.090	0.100~0.130
	密实	0.090~0.120	0.130~0.170
粗砂	稍密	0.080~0.130	0.100~0.140
	中密	0.130~0.170	0.170~0.220
	密实	0.170~0.220	0.220~0.250
砾砂	中密、密实	0.190~0.260	0.240~0.290

附录 K

(资料性)

锚索格构梁计算方法

K.1 格构梁节点锚固力分配

K.1.1 格构内节点*i*[图K.1a)]锚固力分配可按式(K.1)~式(K.5)计算:

$$P_{ix} + P_{iy} = P_i \cdots \cdots \cdots (K.1)$$

$$P_{ix} = \frac{a_x^3 I_x}{a_x^3 I_x + a_y^3 I_y} P_i \cdots \cdots \cdots (K.2)$$

$$P_{iy} = \frac{a_y^3 I_y}{a_x^3 I_x + a_y^3 I_y} P_i \cdots \cdots \cdots (K.3)$$

$$a_x = \sqrt[4]{\frac{K b_x}{4 E_h I_y}} \cdots \cdots \cdots (K.4)$$

$$a_y = \sqrt[4]{\frac{K b_y}{4 E_h I_x}} \cdots \cdots \cdots (K.5)$$

式中:

 P_{ix} 、 P_{iy} ——节点*i*处的纵向(*x*向)、横向(*y*向)的节点力,单位为千牛(kN); P_i ——节点*i*处的锚索拉力,单位为千牛(kN); a_x 、 a_y ——纵向(*x*向)、横向(*y*向)格构梁的变形系数,分别按式(K.4)~式(K.5)进行计算; I_x 、 I_y ——纵、横格构梁的惯性矩,单位为四次方米(m^4); E_h ——格构梁的弹性模量,单位为千帕(kPa); K ——地基系数,单位为千帕每米(kPa/m); b_x 、 b_y ——格构梁在纵、横方向的宽度,单位为米(m)。K.1.2 格构边节点*i*[图K.1b)]锚固力分配可按式(K.6)~式(K.7)计算:

$$P_{ix} = \frac{a_x^3 I_x}{a_x^3 I_x + 4 a_y^3 I_y} P_i \cdots \cdots \cdots (K.6)$$

$$P_{iy} = \frac{4 a_y I_y}{a_x^3 I_x + 4 a_y^3 I_y} P_i \cdots \cdots \cdots (K.7)$$

式中符号意义同式 (K.1) ~ 式 (K.5)。

K.1.3 格构角点*i*[图K.1c)]锚固力分配可按式 (K.8) ~ 式 (K.9) 计算:

$$P_{ix} = \frac{a_x^3 I_x}{a_x^3 I_x + a_y^3 I_y} P_i \dots\dots\dots (K.8)$$

$$P_{iy} = \frac{a_y^3 I_y}{a_x^3 I_x + a_y^3 I_y} P_i \dots\dots\dots (K.9)$$

式中符号意义同式 (K.1) ~ 式 (K.5)。

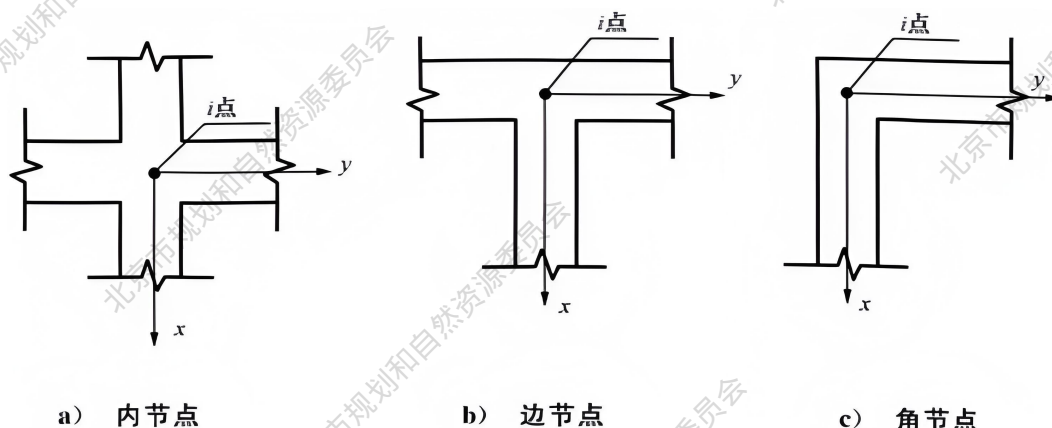


图 K.1 格构梁锚固点位置图

K.1.4 格构锚固力分配公式的修正

- a) 式 (K.1) ~ 式 (K.9) 中, 因两个方向的格构底板在节点处重叠, 格构地基反力的增量可按式 (K.10) 计算:

$$\Delta P = \frac{\Delta F \sum P_i}{F^2} \dots\dots\dots (K.10)$$

式中:

ΔP —— 格构地基反力的增量, 单位为千牛 (kN);

ΔF —— 格构节点的重叠总面积, 单位为平方米 (m^2);

$\sum P_i$ —— 所有节点的锚固力之和, 单位为千牛 (kN);

F —— 格构基础全部支承总面积, 单位为平方米 (m^2)。

- b) 每一点引起的纵、横方向的节点力增量 ΔP_{ix} 和 ΔP_{iy} 分配可按式 (K.11) ~ 式 (K.12) 计算:

$$\Delta P_{ix} = \frac{P_{ix}}{P_i} \Delta F_i \Delta P \dots\dots\dots (K.11)$$

$$\Delta P_{iy} = \frac{P_{iy}}{P_i} \Delta F_i \Delta P \dots\dots\dots (K.12)$$

式中符号意义同式 (K.10)。

c) 调整后的节点锚固力可按式 (K.13) ~ 式 (K.14) 计算:

$$P'_{ix} = P_{ix} + \Delta P_{ix} \dots\dots\dots (K.13)$$

$$P'_{iy} = P_{iy} + \Delta P_{iy} \dots\dots\dots (K.14)$$

式中符号意义同式 (K.10)。

d) 中间格构 (包括带悬臂的格构) 节点的重叠面积 F_i 可按式 (K.15) 计算:

$$F_i = b_{ix} \times b_{iy} \dots\dots\dots (K.15)$$

式中符号意义同式 (K.1) ~ 式 (K.5)。

e) 边跨格构节点的重叠面积 F_i 按后者宽度的一半进行计算, 可按式 (K.16) 计算:

$$F_i = \frac{b_x \times b_y}{2} \dots\dots\dots (K.16)$$

式中符号意义同式 (K.1) ~ 式 (K.5)。

K.2 格构梁内力计算

K.2.1 格构梁内力按倒梁法计算。

K.2.2 倒梁法假定格构梁和地基之间的地基反力按照直线变化分布。对于荷载和格构梁都对称的情况, 则为均匀分布。

K.2.3 计算时, 以锚索作为格构梁的支座, 地基的净反力及锚索锚拉力以外的各种作用力为荷载, 按照普通连续梁计算。

K.2.4 计算出的支座反力, 一般不等于锚索拉力, 为了弥补这个矛盾, 实践中采用反力的局部调整法, 将支座反力与锚索拉力的差值均匀分布在相应支座两侧各三分之一跨度范围内, 作为地基反力的调整值, 然后再进行一次连续梁分析。

K.2.5 如果调整一次后的结果不够满意, 可再次进行调整, 这样使得支座反力和锚索拉力基本吻合。支座反力确定以后, 将格构梁作为倒置的多跨连续梁来计算内力, 并计算配筋。

附录 L

(资料性)

拦挡坝库容计算方法

L.1 等高线法

用等高线法确定拦挡坝库容可按下列步骤计算：

- 在地形图上确定坝址位置，截取天然沟道的纵断面；
- 根据沟道地形与泥石流性质确定泥石流回淤的设计纵坡，画出拦挡坝回淤线；
- 在平面图上找出相应的拦挡坝回淤线；
- 用分层累加法求体积，见式 (L.1)：

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} h_i (S_{i-1} + S_i) \dots\dots\dots (L.1)$$

式中：

H_i ——分层高度，单位为米 (m)；

S_i 、 S_{i-1} ——分层上、下层面的面积，单位为平方米 (m²)。



图 L.1 用等高线法计算拦挡坝库容纵断面

L.2 横断面法

用横断面法确定拦挡坝库容可按下列步骤计算：

- 在地形图上确定坝址位置，截取天然沟道的纵断面；
- 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；
- 测量并绘出各计算横断面；
- 在沟道纵断面图上绘出拦挡坝回淤线；
- 找出各淤积横断面，计算断面积和间距；
- 用逐段累加法求体积，见式 (L.2)：

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} l_i (P_{i-1} + P_i) \dots\dots\dots (L.2)$$

式中：

l_i ——分段长，单位为米 (m)；

P_i 、 P_{i-1} ——分段两端的横断面面积，单位为平方米 (m²)。



图 L.2 用横断面法计算拦挡坝库容示意图

L.3 经验公式法

可采用经验公式 (L.3) 对拦挡坝库容进行估算：

$$V = k l A \dots\dots\dots (L.3)$$

式中：

A ——坝址处坝库淤满后沟道的横断面面积，单位为平方米 (m^2)；

l ——回淤长度，单位为米 (m)；

k ——经验系数，取值一般为0.3~0.5。

附录 M

(资料性)

危岩崩塌支撑柱(墙)反力计算

M.1 坠落式危岩支撑体反力计算

M.1.1 对后缘有陡倾裂隙的悬挑式崩塌危岩支撑体反力按式(M.1)、式(M.2)计算,选取两种计算结果中的较大值,计算示意图见图M.1。

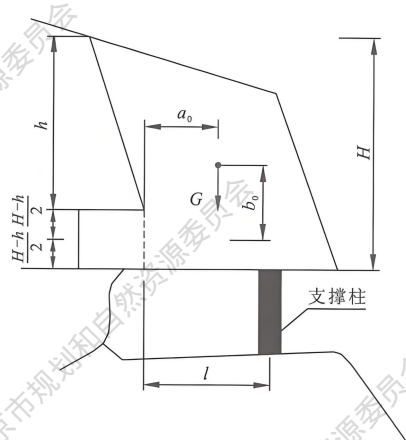


图 M.1 后缘有陡倾裂隙坠落式崩塌支撑体反力计算示意图

$$R_1 = F_{st} \cdot G + Q \tan \varphi - c(H - h) \dots\dots\dots (M.1)$$

$$R_2 = \frac{F_{st}(Ga_0 + Qb_0) - \zeta \cdot \sigma_k \cdot (H - h)^2}{l} \dots\dots\dots (M.2)$$

$$Q = \zeta_e G \dots\dots\dots (M.3)$$

$$R = \text{Max} (R_1, R_2) \dots\dots\dots (M.4)$$

式中:

- ζ ——崩塌抗弯力矩计算系数,依据潜在破坏面形态取值,一般可取 1/12~1/6,当潜在破坏面为矩形时可取 1/6;
- ζ_e ——地震作用水平系数;
- Q ——地震力,单位为千牛每米(kN/m);
- H ——后缘裂隙上端到未贯通段下端的垂直距离,单位为米(m);
- h ——后缘裂隙深度,单位为米(m);
- a₀ ——崩塌体重心到潜在破坏面的水平距离,单位为米(m);
- b₀ ——崩塌体重心到潜在破坏面形心的铅垂距离,单位为米(m);
- l ——柱撑体距离主控裂隙面在危岩底部出露点的水平距离,单位为米(m);

σ_k ——崩塌体抗拉强度标准值，单位为千帕（kPa），根据岩石抗拉强度标准值乘以 0.20 的折减系数确定；

c ——崩塌体黏聚力标准值，单位为千帕（kPa）；

φ ——崩塌体内摩擦角标准值，单位为度（°）。

M.1.2 对后缘无陡倾裂隙的悬挑式崩塌危岩支撑体反力按式（M.5）、式（M.6）计算，选取两种计算结果中的较大值，计算示意图见图M.2。

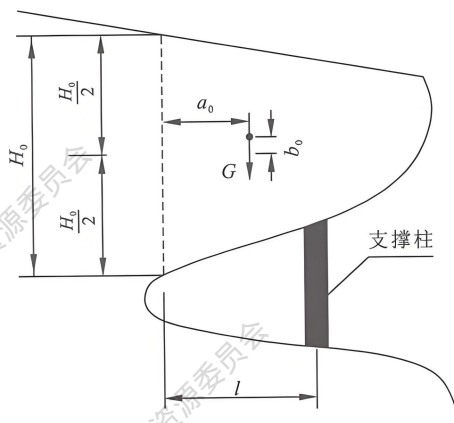


图 M.2 后缘无陡倾裂隙的坠落式剧墙支撑体反力计算示意图

$$R_1 = F_{st} G + Q \tan \varphi - c H_0 \quad (\text{M.5})$$

$$R_2 = \frac{F_{st} (G a_0 + Q b_0) - \zeta \cdot \sigma_k \cdot H_0^2}{l} \quad (\text{M.6})$$

$$R = \text{Max} (R_1, R_2) \quad (\text{M.7})$$

式中：

H_0 ——崩塌体后缘潜在破坏面高度，单位为米（m）；

σ_k ——崩塌体抗拉强度标准值，单位为千帕（kPa）。根据岩石抗拉强度标准值乘以 0.30 的折减系数确定。

其他符号意义同前。

M.2 倾倒式危岩支撑体反力计算

危岩体重心在倾覆点之外时：

$$R = \frac{F_{st} \left\{ G \cdot a + Q h_0 + V \left[\frac{H-h}{\sin \beta} + \frac{h_w}{3 \sin \beta} + \frac{b}{\cos \alpha} \cos(\beta - \alpha) \right] \right\} - \frac{1}{2} \sigma_k \cdot \frac{H-h}{\sin \beta} \left[\frac{2}{3} \frac{H-h}{\sin \beta} + \frac{b}{\cos \alpha} \cos(\beta - \alpha) \right]}{l} \quad (\text{M.8})$$

危岩体重心在倾覆点之内时：

$$R = \frac{F_{st} \left\{ Qh_0 + V \left[\frac{H-h}{\sin \beta} + \frac{h_w}{3 \sin \beta} + \frac{b}{\cos \alpha} \cos(\beta - \alpha) \right] \right\} - G \cdot a - \frac{1}{2} \sigma_k \cdot \frac{H-h}{\sin \beta} \left[\frac{2}{3} \frac{H-h}{\sin \beta} + \frac{b}{\cos \alpha} \cos(\beta - \alpha) \right]}{l}$$

..... (M.9)

$$V = \frac{1}{2} \gamma_w h_w^2 \text{ (M.10)}$$

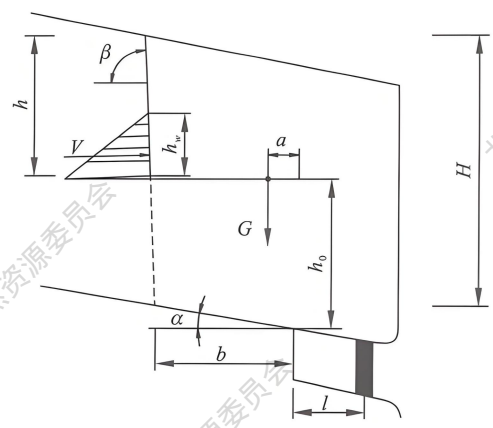


图 M.3 倾倒式危岩支撑体反力计算示意图

式中：

- H ——后缘裂隙上端到未贯通段下端的垂直距离，单位为米（m）；
- V ——裂隙水压力，单位为千牛每米（kN/m）；
- γ_w ——水的容重，单位为千牛每平方米（kN/m²）；
- h_w ——后缘裂隙充水高度，单位为米（m）；
- a ——危岩体重心到倾覆点的水平距离，单位为米（m）；
- b ——后缘裂隙未贯通段下端到倾覆点之间的水平距离，单位为米（m）；
- h_0 ——危岩体重心到倾覆点的垂直距离，单位为米（m）；
- σ_k ——危岩体抗拉强度标准值，单位为千帕（kPa），根据岩石抗拉强度标准值乘以 0.4 的折减系数确定；
- α ——危岩体与基座接触面倾角，单位为度（°），外倾时取正值，内倾时取负值；
- β ——后缘裂隙倾角，单位为度（°）。

附录 N

(资料性)

设计文件内容及格式

N.1 设计方案文字部分

设计方案文字部分大纲如下：

1 概述

1.1 任务由来

1.2 项目地理位置、行政区划

1.3 前期设计方案

1.4 设计依据

1.5 工程等级、工况及安全系数的确定

2 工程地质条件与地质灾害特征

2.1 地理环境

2.1.1 位置与交通

2.1.2 气象水文

2.2 地质环境

2.2.1 地形地貌

2.2.2 地层岩性

2.2.3 地质构造与地震

2.2.4 水文地质

2.3 地质灾害基本特点

2.3.1 地质灾害类型、位置、分布范围、空间形态、规模等

2.3.2 地质灾害体现的物质组成与结构

2.3.3 各类岩土体的物理力学性质

2.3.4 变形破坏及危害特征

2.4 勘查结论及建议

3 治理工程设计

3.1 治理工程的目的与任务

3.2 设计原则与依据

3.3 总体设计方案

3.4 分项工程设计

3.5 分项工程量

4 工程监测

4.1 监测工程的目的与任务

4.2 监测工程设计原则与依据

4.3 监测工程布置

4.4 监测工程设计

5 施工组织设计

- 6 安全与环境保护
- 7 工程施工与工程运营期间注意事项

N.2 设计图件

设计图件包括以下内容：

- a) 治理工程总平面布置图（1：500～1：1000）；
- b) 总剖面图（1：500～1：1000）；
- c) 分项工程平面布置图（1：100～1：500）；
- d) 分项工程剖面图（1：100～1：200）；
- e) 分项工程立面图（1：100～1：200）；
- f) 重点项目、部位细部大样图（1：50～1：100）；
- g) 新工艺、新方法实施说明及大样图；（如有需提供）
- h) 工程监测布置图。

N.3 设计计算书

设计计算书包括以下内容：

- a) 设计依据；
- b) 工程等级、工况及安全系数的确定；
- c) 计算剖面的确定；
- d) 地勘报告推荐的参数；
- e) 参数选取；
- f) 分项工程设计计算。

附录 P

(资料性)

施工组织方案及竣工图主要内容

P.1 治理工程施工组织方案

治理工程施工组织方案编制主要内容：

1 施工总说明

1.1 编制说明

1.2 编制依据

1.2.1 主要规范、规程、标准

1.2.2 主要法规

1.3 施工总目标

2 工程概况

2.1 工程概况简述

2.1.1 地理位置

2.1.2 治理区地质灾害特点

2.1.3 气象

2.1.4 水文条件

2.1.5 工程地质

2.1.6 地质构造

2.2 工程设计要求

3 工程总体部署

3.1 工程管理目标

3.2 施工部署

3.2.1 施工总体部署

3.2.2 项目组织机构

3.2.3 主要工程量统计

3.2.4 拟投入的主要机械设备

3.2.5 劳动力计划

3.2.6 主要建筑材料的使用计划

3.3 组织准备

3.3.1 组织准备

3.3.2 场地准备

3.3.3 材料准备

3.3.4 技术准备

4 工程施工测量

4.1 施工测量的要求

4.2 平面控制测量

4.3 高程控制测量

- 4.4 主要测量仪器设备
- 4.5 测量质量保证措施
- 4 工程重点难点分析
- 5.1 工程特点及招标文件要求
- 5.2 本工程重点难点分析
- 6 工程施工进度计划及工期保证措施
- 6.1 施工进度计划
- 6.2 工期保证措施
- 7 工程平面布置
- 7.1 施工总平面布置说明
- 7.2 临时性生产、生活设施布置
- 7.3 施工场地供水、供电
- 7.4 施工场地临时排水
- 7.5 施工照明
- 8 工程施工方案及技术措施
- 9 工程施工监测
- 9.1 概述
- 9.2 监测项目
- 9.3 监测系统
- 9.4 监测技术要求
- 9.5 监测方法
- 9.6 信息化施工要求
- 9.7 监测预警警戒值
- 10 工程质量保证措施
- 10.1 质量保证目标
- 10.2 质量保证体系
- 10.3 质量管理机构及职责
- 10.4 施工环节质量控制措施
- 10.5 质量管理制度
- 10.6 工程质量奖罚办法
- 11 成品保护和保修措施
- 12 季节性施工措施
- 12.1 概述
- 12.2 雨季施工措施
- 12.2.1 材料物资准备
- 12.2.2 人员部署
- 12.2.3 施工现场部署
- 12.3 冬季施工措施
- 13 安全和绿色施工保障措施
- 13.1 安全和绿色施工保障措施
- 13.2 施工中的危险、危害因素分析及对策
- 13.3 高处坠落及物体打击

- 13.4 其他伤害
- 13.5 安全目标及安全管理
- 13.6 场地污水、废气环保措施
- 13.7 防尘措施
- 13.8 场地弃土环保措施
- 13.9 施工降噪
- 13.10 其它环保措施
- 14 紧急情况处理措施及预案措施
- 15 文明施工措施
 - 15.1 文明施工目标
 - 15.2 文明施工管理组织机构
 - 15.3 文明施工措施
 - 15.4 文明施工奖罚办法
- 16 施工配合措施
 - 16.1 施工配合措施
 - 16.2 与业主指定的其他单位的配合
 - 16.3 与业主、设计、监理单位的配合

P.2 竣工图

竣工图的主要包括以下内容：

- a) 竣工总平面图（1：500～1：1000）；
- b) 代表性剖面图（1：500～1：1000）；
- c) 重点项目、部位细部大样图（1：50～1：100）。

附 录 Q

(资料性)

竣工图编制要求

竣工图应满足以下要求：

- a) 竣工图应与实施治理工程实际情况相一致；
- b) 竣工图的图纸宜为蓝图或绘图仪绘制的白图；
- c) 竣工图应与施工图大小比例一致；
- d) 竣工图应有图纸目录，目录所列的图纸数量、图号、图名应与竣工图内容相符；
- e) 竣工图使用国家法定计量单位和文字；
- f) 竣工图应有竣工图章或竣工图签，并签字齐全；
- g) 如未发生设计变更，可在原施工图加盖竣工图章形成竣工图。

附录 R
(资料性)
归档资料清单

R.1 建设单位资料清单

- a) 竣工总结;
- b) 招标委托代理协议;
- c) 招标文件;
- d) 投标函部分;
- e) 投标文件;
- f) 评标报告;
- g) 中标通知书;
- h) 施工合同;
- i) 财务资料(支出资料复印件);
- j) 审计合同;
- k) 工程结算审核报告;
- l) 决算审计报告;
- m) 竣工验收意见;
- n) 其他资料:第三方检测资料等。

R.2 施工单位资料清单

- a) 施工结算书;
- b) 施工总结报告;
- c) 工程施工资料第一册;
- d) 工程施工资料第二册;
- e) 工程施工资料第三册;
- f) 竣工图册;
- g) 施工图册;
- h) 施工日志。

R.3 监理单位负责资料

- a) 监理资料;
- b) 监理日志。

附 录 S
(资料性)
地质灾害治理工程运维巡查记录表

表 S.1 给出了地质灾害治理工程运维巡查的记录内容。

表 S.1 地质灾害治理工程运维巡查记录表

项目名称			
巡查日期			
巡查项目	巡查内容		
地表变形迹象			
建筑物变形迹象			
治理工程运行情况	分部分项工程	巡查要点	
		构筑物情况 (是否完好)	变形情况 (是否变形、裂缝开展情况) 防护功能发挥情况
	挡墙、桩板墙工程		
	锚索(杆)工程		
	格构锚固工程		
	抗滑桩工程		
	拦挡坝工程		
	截排水工程		
	箱涵工程		
	防护堤工程		
	嵌补工程		
	柔性防护网工程		
	安全围栏、标识牌等配套设施		
异常情况说明			
工程维护建议			
巡查人:		验收人:	

附 录 T

(资料性)

地质灾害治理工程维护记录表

表T.1给出了地质灾害治理工程维护的记录内容。

表 T.1 地质灾害治理工程维护记录表

项目名称			
维护日期			
维护单位			
工程损坏情况描述 (工程损毁类型、部位、现状 及原因)			
工程维护情况说明(工程维 护部位、工程类型、主要工 作量)			
记录人:		验收人:	

附 录 U
(资料性)
地质灾害治理成效评估表

表U.1给出了地质灾害治理成效评估的评价标准。

表 U.1 地质灾害治理成效评估表

类型	灾种	成效指标	评价治理工程完成的成效指标	销账条件
减灾效益	崩塌	提高稳定性	设计工况下稳定性提高等级。	1、危岩土清理完全，没有遗留的危岩土； 2、支护或挡墙等工程完全覆盖隐患坡体；坡面排水通畅； 3、坡体岩土体无新的变形迹象，不产生新的危岩土； 4、验收后经3个水文年运行监测，主体结构完整，外观完好； 5、仅采取柔性防护治理措施的地质灾害隐患点不应销账。
		清理或稳固危岩土方量	实际完成清理和稳固崩塌危岩土方量。	
	滑坡	提高稳定性	设计工况下稳定性提高等级。	1、治理工程抗滑措施稳固，覆盖全面，周边无新生灾害隐患； 2、坡面排水通畅，坡脚无冲刷条件，坡内无水压力； 3、验收后经3个水文年专业监测，滑坡体无形变迹象，防治工程主体结构完整，外观完好。
		消除或稳固滑坡方量	消除或稳固潜在滑坡体方量。	
	泥石流	稳固物源数量	稳固边坡、沟道底部物源方量。	1、物源基本消失、沟槽与边坡稳定、植被覆盖好； 2、沟道和边坡物源稳定性良好，无明显冲刷搬运迹象； 3、沟道内和沟口无堵塞，堆积等问题，流水畅通； 4、验收后经3个设计工况水文年运行观测，沟道内无堆积，边坡稳固，防治工程主体结构完整，外观完好。
		增加排导能力	泥石流设计完成可达到的最大流量和流速。	
		拦截冲出物能力	拦挡坝库容量。	
		易发性程度变化	治理完成后，综合打分评价易发性变化。	
	岩溶塌陷及采空塌陷	充填空洞体积	充填空洞体积。估算充填比例。	完成地下空洞充填处理，地表不再下沉风险。
社会效益	保护人员数量		根据勘查结论，确定施工完成后保护受威胁对象的户数、人数。	
	保护重要基础设施		保护的居民房屋间数，道路的等级和长度，学校，医院，电站等重要基础设施情况。	
	其他稳定社会发展效益		提供的就业人数。评价对稳定当地安全生产生活起到的作用。	
经济效益	保护固定资产		估算保护的房屋建筑、公路长度、水利、电力、通信等基础设施，以及土地、农林矿等资源的经济价值。	
	投保比		投入资金与保护财产比。	
环境效益	稳固土地面积		稳固土地面积。	
	种植植被面积		有绿化工程的，写明绿化面积。	

参 考 文 献

- [1] GB/T 16453.3 水土保持综合治理 技术规范 沟壑治理技术
 - [2] GB 55017 工程勘察通用规范
 - [3] DB11/T 1896 突发性地质灾害应急调查规范
-