



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 32864—2016

## 滑坡防治工程勘查规范

Code for geological investigation of landslide prevention

2016-08-29 发布

2017-03-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

## 目 次

前言 .....	I
引言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 总则 .....	2
5 勘查基本规定 .....	2
6 滑坡分类及防治工程分级 .....	3
7 滑坡调查 .....	4
8 初步勘查阶段 .....	4
9 详细勘查阶段 .....	6
10 补充勘查阶段 .....	8
11 竣工地质报告 .....	9
12 主要勘查方法 .....	9
13 物理力学试验和稳定状态分析 .....	13
附录 A (资料性附录) 斜坡运动分类 .....	16
附录 B (规范性附录) 滑坡分类 .....	17
附录 C (资料性附录) 地球物理勘探与测试方法与适用范围简表 .....	19
附录 D (资料性附录) 滑坡监测适用方法技术简表 .....	22

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国国土资源部提出。

本标准由全国国土资源标准化技术委员会(SAC/TC 93)归口。

本标准起草单位：中国地质环境监测院、中国地质调查局西安中心、中国地质调查局成都中心、中国地质调查局武汉中心、中国地质调查局水文地质环境地质调查中心、四川华地建设工程有限公司、四川 909 水文地质工程地质公司、重庆地质勘查局。

本标准主要起草人：殷跃平、张作辰、张茂省、郑万模、黄波林、李晓春、张开军、赵松江、贺模红、郭建强、彭轩明、黎力、马飞、孙党生、陈红旗、祁小博。

## 引 言

为提高滑坡防治工程勘查技术水平,统一技术标准,保证工程质量,使防治工程地质依据充分,特制定本标准。

本标准在研究国内外有关滑坡防治工程勘查技术标准和较为成熟方法技术基础上,充分吸收了三峡工程库区及全国其他地区滑坡灾害防治工程勘查经验编写而成。本标准将滑坡防治工程勘查作为动态过程,强调采用信息反馈法进行全过程勘查,并将监测作为组成内容。应急治理是滑坡防治工程的特殊阶段,其勘查可突破本标准勘查阶段的规定。



# 滑坡防治工程勘查规范

## 1 范围

本标准规定了滑坡防治工程分级、滑坡调查、可行性论证阶段初步勘查、设计阶段详细勘查以及施工阶段补充勘查要求、主要勘查方法、物理力学试验与稳定状态分析等内容。

本标准适用于滑坡防治工程的勘查。

## 2 规范性引用文件

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

GB 50026 工程测量规范

GB/T 50123 土工试验方法标准

GB/T 50266 工程岩体试验方法标准

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**滑坡 landslide**

在重力作用下,沿地质弱面向下向外滑动的地质体和堆积体。

### 3.2

**滑面 sliding plane**

滑坡滑动和堆积过程中的底界面,包括滑动剪出过程中形成的滑动面和超覆堆积过程中形成的滑覆面。

### 3.3

**滑体 sliding body**

沿滑动面之上滑动剪出的地质体和沿滑覆面超覆堆积形成的滑动堆积体。

### 3.4

**滑床 landslide bed**

位于滑面之下相对稳定的岩(土)体。

### 3.5

**斜坡 natural slope**

由各种地质作用演化形成的在地形上具有高差的自然坡体,如山坡、海岸、河岸等。

### 3.6

**不稳定斜坡 unstable slope**

具有蠕滑、鼓胀、拉裂等变形特征且变形边界不明显的斜坡。

### 3.7

**滑坡防治工程勘查 geological investigation of landslide prevention**

针对滑坡防治工程对滑坡区采用调查、测绘、勘探等手段进行地质工作,并编制勘查文件的活动。

3.8

**主勘探线(剖面) major exploration section**

揭示滑坡主体结构和变形特征的勘探线(剖面),由钻孔、探井、探槽、物探等综合性勘探点组成。

3.9

**辅助勘探线(剖面) auxiliary exploration section**

揭示滑坡次级结构和变形特征的勘探线(剖面),由钻孔、探井、探槽、物探等控制性勘探点组成。

3.10

**重大地质结论变化 major geologic recognition change**

勘察出与前期地质结论明显不符的地质现象或地质过程,防治工程方案必须进行修改、补充或调整。

3.11

**信息法 information-based method**

根据监测或施工揭露等获得信息,及时深化对滑坡体的认识,指导下一阶段工作的开展。

3.12

**初步勘察阶段 primary investigation stage**

以满足滑坡防治工程方案可行性论证为目的的勘察阶段。

3.13

**详细勘察阶段 detail investigation stage**

以满足滑坡防治工程初步设计和施工图设计为目的的勘察阶段。

3.14

**补充勘察阶段 supplementary investigation stage**

以满足滑坡防治工程设计图实施阶段为目的的勘察阶段。

4 总则

4.1 滑坡防治工程勘察应在地面调查基础上,充分利用已有资料,及时分析掌握信息。

4.2 滑坡防治工程勘察内容和工作量应根据拟治理的滑坡区的地质条件、工作阶段和工程治理需求来确定。

4.3 滑坡防治工程勘察分为滑坡调查、可行性论证初步勘察阶段、初步设计和施工图设计详细勘察阶段及施工补充勘察阶段。各阶段的勘察任务应依据本阶段的勘察目的、任务要求等相关文件综合确定。

4.4 滑坡防治工程勘察应采用安全可靠的技术手段,不应加剧滑坡变形。

4.5 滑坡防治工程勘察中发现重大地质结论变化时,应及时通知业主单位。

5 勘察基本规定

5.1 在开展勘察之前,应充分收集和分析滑坡区的地质资料,开展野外踏勘,了解滑坡体性状和勘察工作条件,编制相应的勘察设计书,经技术评审合格后方可实施。

5.2 对于小型滑坡,或勘察地质条件简单、治理工期短的滑坡,可根据实际情况合并勘察阶段,简化勘察程序。

5.3 监测作为勘察的重要组成部分,应采用信息法进行全过程动态监测,及时向业主单位提供滑坡变形等地质信息,并可分阶段提出勘察报告。

5.4 应根据滑坡体分布和结构特征,有针对性地布置勘察点线,不宜盲目采用等间距方式网格状布置勘察点线。

5.5 各阶段滑坡防治工程勘察应进行工程地质测绘,测绘比例尺宜满足表1要求。

5.6 滑坡防治工程勘察的各项野外工作应进行现场验收。



表 1 工程地质测绘比例尺

滑坡长度(L)或宽度(W) m	平面测绘比例尺	剖面测绘比例尺
$L(W) < 500$	1:500~1:100	1:500~1:100
$500 \leq L(W) < 1\,000$	1:1\,000~1:200	1:1\,000~1:200
$L(W) \geq 1\,000$	1:5\,000~1:500	1:5\,000~1:500

## 6 滑坡分类及防治工程分级

### 6.1 滑坡类型划分

6.1.1 滑坡运动形式及要素参见附录 A。根据岩土体组成和结构形式等主要因素,按附录 B 的表 B.1 对滑坡进行分类。

6.1.2 根据滑体厚度、滑动形式、发生原因、现今活动程度、发生年代和滑体体积等其他因素,按表 B.2 对滑坡进行分类。

### 6.2 勘查地质条件复杂程度划分

滑坡防治工程勘查的地质条件复杂程度根据地形地貌、地层岩性、地质构造、岩(土)体地质结构或水文地质因素,采用就高不就低原则,按表 2 进行分类。

表 2 滑坡防治工程勘查地质条件复杂程度分类

地质条件 复杂程度	特 征				
	地形地貌	地层岩性	地质构造	岩(土)体地质结构	水文地质
简单	地形起伏小;冲沟不发育;地貌类型单一	岩性变化不大,地质界线清楚;第四系阶地结构清楚	单斜地层;岩层平缓;节理不发育	围岩露头良好,岩体结构单一完整;风化卸荷裂隙不发育,风化层厚度薄	水文地质结构单一;地下水补给、径流、排泄条件清楚
复杂	地形起伏大;冲沟发育;地貌类型多变	岩性变化大,地质界线不清楚;覆盖层厚,地质露头出露差	褶皱强烈;断层规模大;岩溶强烈;节理发育	卸荷裂隙发育,风化层厚度大,岩体结构复杂;堆积层厚度大	水文地质结构变化大;地下水补给、径流、排泄条件复杂

### 6.3 滑坡防治工程等级

滑坡防治工程等级根据滑坡灾害造成的潜在经济损失和威胁对象等因素,按表 3 进行划分,其中,工矿交通设施等重要性根据表 4 确定。

表 3 滑坡防治工程分级

滑坡防治工程等级		一级	二级	三级
潜在经济损失/万元		$\geq 5\,000$	$5\,000 >$ 且 $\geq 500$	$< 500$
威胁对象	威胁人数/人	$\geq 500$	$500 >$ 且 $\geq 100$	$< 100$
	工矿交通设施等	重要	较重要	一般
注:满足潜在经济损失或威胁对象中的其中一条,即划分为相对应的防治工程等级。				

表 4 工矿交通设施重要性分类表

重要性	项目类别
重要	城市和村镇规划区、放射性设施、军事设施、核电、二级(含)以上公路、铁路、机场,大型水利工程、电力工程、港口码头、矿山、集中供水水源地、工业建筑、民用建筑、垃圾处理场、水处理厂、油(气)管道和储油(气)库等
较重要	新建村镇、三级(含)以下公路,中型水利工程、电力工程、港口码头、矿山、集中供水水源地、工业建筑、民用建筑、垃圾处理场、水处理厂等
一般	小型水利工程、电力工程、港口码头、矿山、集中供水水源地、工业建筑、民用建筑、垃圾处理场、水处理厂等

## 7 滑坡调查

### 7.1 一般规定

7.1.1 滑坡调查应在勘察的前期准备阶段进行,作为滑坡防治工程勘察项目立项和布置勘探工作的依据。

7.1.2 滑坡调查应以资料收集、区域环境地质踏勘、地面调查为主。

### 7.2 区域环境地质踏勘

在收集有关资料基础上,对滑坡区地形地貌、滑坡类型(见附录 B)、规模进行野外踏勘,分析滑坡所在区域地质基本情况。

### 7.3 地面调查

地面调查内容主要包括:

- 滑坡区地形地貌、地质构造、地层特征;
- 滑坡边界特征、表部特征与变形活动特征;
- 滑坡类型、形态与规模、运动形式、形成年代、稳定程度;
- 滑坡及周边地下水特征及地表降雨产流特征;
- 滑坡及周边地区人类工程经济活动;
- 滑坡灾害影响范围,承灾体类型、数量及危险性;
- 既有防治工程的结构、现状,评估其功效。

## 8 初步勘查阶段

### 8.1 一般规定

8.1.1 初步勘查在可行性论证阶段进行,应提交满足防治方案论证要求的勘查报告。

8.1.2 应初步查明滑坡的岩(土)体结构、空间几何特征和体积、水文地质条件,滑动方向,分析滑坡成因。

8.1.3 应结合防治方案可行性论证进行,根据试验,结合已有工程经验反演计算,合理确定滑坡滑面物理力学指标,判定稳定状态,提出防治工程方案建议。



## 8.2 地质环境条件调查

地质环境条件调查内容包括：

- 滑坡活动历史与宏观变形破坏迹象；
- 工作区地貌单元、地层、区域断裂，核实主要活动断裂分布特征，及其与滑坡的关系；
- 分析各种结构面与斜坡几何关系及其对滑坡稳定性的影响；
- 分析工程岩组，确定软弱夹层和易滑岩组；
- 滑坡体及周边地区社会经济、人类工程活动及植被特征，分析其与滑坡灾害的关系；
- 充分收集水文、气象等资料。

## 8.3 工程地质测绘

8.3.1 测绘范围应包括后缘壁至前缘剪出口及两侧缘壁之间的整个滑坡，并外延到滑坡可能影响的一定范围。

8.3.2 测绘内容应包括滑坡及周边地形地貌测绘、岩(土)体工程地质结构特征测绘、裂缝测绘等。

8.3.3 当拟采用排水工程方案时，应对滑坡外围拟设置的地面排水沟或地下廊道洞口等防治工程所在的地区进行工程地质测绘。

8.3.4 当滑坡危及剪出口下部建筑物或可能堵塞下部河流时，应测绘包括潜在危险区的纵向控制性剖面。

8.3.5 测绘应开展滑坡体及周边相关植被特性、人类工程活动和水文地质调查。

## 8.4 勘探和测试

8.4.1 应初步查明滑坡体结构及各层滑动面的位置，了解地下水水位、流向和动态，采取岩(土)试样。

8.4.2 勘探可采用主—辅勘探线(剖面)法，不少于一条主纵剖面 and 一条主横剖面。

8.4.3 勘探线(剖面)应由钻探、井探、槽探及物探等勘探点构成。

8.4.4 纵向勘探线的布置应结合滑坡分区进行，不同滑坡单元均应有主勘探线控制，其方向应与该单元的滑动方向一致，在其两侧可布置辅助勘探线。

8.4.5 横向主勘探线宜布置在滑坡中部至前缘剪出口之间。

8.4.6 勘探点线间距应根据滑坡防治工程勘查地质条件复杂程度，结合滑坡规模，按表 5 确定。

表 5 初步勘查阶段勘探点线间距布置

地质条件复杂程度	勘探线	主辅勘探线间距 m	主勘探线勘探点间距 m	辅勘探线勘探点间距 m
简单	纵向	60~240	60~120	60~240
	横向	60~240	60~120	60~240
复杂	纵向	40~160	40~80	40~160
	横向	40~160	40~80	40~160

8.4.7 勘探方法应采用钻探、井探或槽探相结合，必要时可用物探方法沿勘探线进行补充探测验证。

8.4.8 勘探孔深度应穿过最下一层滑面，并进入滑床 3 m~5 m，拟布设抗滑桩或锚索部位的控制性钻孔进入滑床的深度宜大于滑体厚度的 1/2，并不小于 5 m。

8.4.9 对地质条件复杂的大型或大型以上滑坡，可采用探硐进行勘探，绘制大比例尺展示图，进行照(录)像，并应采取滑带与滑体岩(土)试样，测试其物理、水理与力学性质指标。

8.4.10 应初步查明地下水基本特征,结合钻孔和探井进行地下水位动态观测,分析地下水的补给、径流和排泄条件,分析地下水渗透性等。

## 8.5 施工条件调查

8.5.1 结合拟实施的滑坡防治工程措施,有针对性开展施工场地条件调查。

8.5.2 对防治工程所需天然建筑材料分布、质量和储量进行踏勘和评估。

8.5.3 了解滑坡周围水源分布,评价防治工程及生活用水水量和水质,提出供水建议。

## 8.6 监测

8.6.1 初步勘查阶段监测应了解滑坡变形特征。

8.6.2 监测内容以地面变形和位错为主,并包括建(构)筑物变形与开裂。

8.6.3 可根据工程地质条件,沿滑坡纵横轴线分别布置一条监测断面,每断面监测点不少于三个。

8.6.4 在勘查区内存在两处以上滑坡变形区情况下,可统一布置监测网。

8.6.5 对于明显受地下水动态控制的滑坡,应开展地下水位监测,并同时降雨量和地表水监测。

8.6.6 对防治工程等级为一级或底滑面位置不清楚且地面变形明显的滑坡,应沿主滑方向布置不少于一条的深部位移监测剖面,并与主勘探剖面方向相重合。

8.6.7 监测网应考虑滑坡实际变形特征及分区情况,并结合钻探、井(槽)探点布设,主要监测点应满足设计阶段使用要求。

8.6.8 监测周期应根据变形速率大小和危险性来确定,不宜大于 15 d。

8.6.9 监测资料分析应配合其他勘查成果,相互校核。

8.6.10 应定期、不定期提供监测报告及附图。

## 8.7 勘查成果

初步勘查成果应包括初步勘查报告、原始测试报告等附件和可供可行性方案论证使用的工程地质图册。

## 9 详细勘查阶段

### 9.1 一般规定

9.1.1 详细勘查在初步设计和施工图设计阶段进行。

9.1.2 应结合防治工程部署,充分利用初步勘查成果,进行重点勘查。

9.1.3 根据可行性论证推荐的滑坡防治工程治理方案,补充或专门开展勘查、现场试验和测试等。

### 9.2 工程地质测绘

9.2.1 根据可行性论证推荐的防治工程治理方案,开展工程布置区大比例尺测绘。

9.2.2 地面排水工程的测绘应沿排水沟工程轴线追索进行,以纵剖面图测绘为主,比例尺宜为 1:500~1:100,并在沿线不同单元处测绘横剖面图。

9.2.3 地下排水工程的测绘应沿廊道工程轴线追索进行,结合钻探、井探、物探等,测绘纵向剖面图,比例尺宜为 1:500~1:100。

9.2.4 对地下排水工程廊道口应提交进洞工程地质立面图,比例尺宜为 1:100~1:20。

9.2.5 抗滑桩和锚固工程的测绘沿工程布置轴线进行,结合钻探、井探和物探等,提交沿工程布置方向的地质剖面图,比例尺宜为 1:500~1:200。

9.2.6 挡墙工程的测绘应沿工程布置轴线进行,比例尺宜为 1:500~1:200。



9.2.7 削方减载和回填压脚工程的测绘应提供工程区纵、横剖面图,剖面间距 20 m~100 m。

### 9.3 勘探和测试

9.3.1 应根据地质条件复杂程度,结合防治工程方案,对初步勘查阶段的勘探线进行加密勘探,勘探点线间距布置,按表 6 确定。

表 6 详细勘查阶段勘探点线间距布置

地质条件复杂程度	勘探线	主辅勘探线间距 m	主勘探线勘探点间距 m	辅勘探线勘探点间距 m
简单	纵向	30~120	30~60	60~120
	横向	30~120	60~120	60~120
复杂	纵向	20~80	20~40	40~80
	横向	20~80	20~40	40~80

9.3.2 纵向主勘探线勘探点间距宜加密为 20 m~60 m,并对纵向辅勘探线适度加密,勘探点间距宜为 40 m~120 m。

9.3.3 横向勘探线重点布置在防治工程实施部位,勘探点间距宜为 20 m~120 m。

9.3.4 勘探方法应采用钻探和井探相结合。

9.3.5 应在加密勘探点上采取滑体、滑带试样,补充开展滑带与滑体岩(土)物理、水理与力学性质指标测试。

9.3.6 应利用主勘探线的勘探孔进行注(抽)水试验,并宜作为地下水位动态观测孔,延续至工程竣工后。

9.3.7 当采用锚固工程进行滑坡防治,但锚固段地质条件复杂,应进行现场锚固拉拔试验,获取相关参数。

9.3.8 当滑坡体结构破碎松散,宜进行现场注浆试验,提供可靠的注浆参数。

### 9.4 监测

9.4.1 应根据详细勘查需要查清的问题,有针对性地加密地表监测,补充深部位移和地下水位监测内容。

9.4.2 对一级滑坡防治工程,应根据实际情况进行包括地表变形、裂缝,深部位移,地下水位和孔隙水压力变化的立体监测,监控滑坡整体变形。

9.4.3 对二、三级滑坡防治工程,宜根据实际情况进行以地表变形、裂缝和地下水位变化为主的监测,监控滑坡沿主滑方向的变形。

9.4.4 变形监测可以地表位移监测为主,地下深部位移监测为辅:

- a) 地表位移监测包括绝对位移监测和相对位移监测;
- b) 地下深部位移监测包括利用钻孔测定不同深度的变形特征,以及在探洞内对裂缝、滑带或特征地层位移的监测。

9.4.5 应开展滑坡区地表水和地下水监测。

9.4.6 应充分采用钻孔、探井、探槽布设监测点,并可用于施工阶段监测,可在地表或地下(钻孔、平斜洞内)埋设地应力计,测量滑坡体内地应力状态及其变化。

9.4.7 根据工程地质情况,在滑坡区内沿滑坡纵横轴线分别布置 2 条~3 条监测断面,每断面监测点不少于三个。

9.4.8 应根据勘查情况,及时调整监测网的布置,主要监测点可用作施工阶段监测。

9.4.9 监测周期分为正常监测周期和特殊监测周期。正常监测周期不宜大于 3 d,特殊监测周期应加

密,其测次视具体情况而定。

## 9.5 勘查成果

详细勘查成果应包括详细勘查报告和原始测试报告等附件,以及可供设计图使用的工程地质图册。

## 10 补充勘查阶段

### 10.1 一般规定

10.1.1 补充勘查在施工阶段进行,是详细勘查工作的延续补充。

10.1.2 包括防治工程实施期间,开挖或钻探所揭示地质露头的地质编录、重大地质结论变化的补充勘探和竣工后地形地质状况测绘,编制施工前后地质变化对比图,并对其作出评价结论。

10.1.3 施工期间发现滑坡重大地质结论变化,应进行补充地质勘查,提交补充地质勘查报告。

10.1.4 应采用信息法,结合防治工程实施,及时编录分析地质资料,将重大地质结论变化及时通知业主单位,情况紧急时应及时通知施工和设计单位,采取必要的应急处置措施。

10.1.5 应针对现场地质情况,及时提出改进施工方法的意见及处理措施,保障防治工程的施工适应实际工程地质条件。

### 10.2 开挖露头测绘与工程钻孔编录

10.2.1 补充勘查应充分利用施工期间开挖揭露的典型地质露头和钻孔探测的深部地质信息,及时进行地质编录。

10.2.2 应在防治工程封闭前对开挖最终形成的地质露头进行地质测绘,提交平面图、剖面图、断面图或展示图,并进行照(摄)像。

10.2.3 开挖过程中揭露的滑带土、擦痕等典型滑坡地质形迹应及时加以编录、照(摄)像,取样。

10.2.4 在抗滑桩的竖井开挖过程中,应及时进行工程地质编录、照(摄)像,特别应注意主滑带和滑坡体内各种软弱带的地质特征。

10.2.5 对于一级滑坡防治工程,在锚索造孔过程中,宜抽取锚杆(索)设计钻孔总数的5%,且不宜少于三孔进行井内勘探。

10.2.6 锚杆(索)钻孔和抗滑桩竖井等探测的滑带位置与原地质资料误差较大时,应及时修正滑坡地质剖面图和工程布置图,并指导工程设计变更。

10.2.7 在实施喷锚网工程和砌石工程前,应进行地质露头工程地质测绘,并进行照(摄)像。

10.2.8 采用注浆等方法改性加固滑坡体后,应沿主勘探线进行钻探取样,提供改性后的滑坡体物理力学参数。

10.2.9 对于回填形成的堆积体,应沿主勘探线进行钻探取样,提供物理力学参数。

### 10.3 监测

10.3.1 在详细勘查阶段监测基础上,针对防治工程,增设监测网点,掌握滑坡体变形破坏过程和治理工程实施效果。

10.3.2 应沿主滑方向监测钻孔地下水位和孔隙水压力变化,对地下排水工程应增加辅助剖面,监测地下水动态,提供排水效果数据。

10.3.3 宜采用测力计和多点位移计等进行预应力锚索监测,掌握预应力施加期间和施加后锚索预应力和滑坡变形过程。监测点数不宜少于锚索总数的5%,且不宜少于两处。

10.3.4 宜采用压力盒等测定抗滑桩工程实施后桩体承受的滑坡推力或土压力变化。压力盒主要沿滑坡主滑方向布置。



## 10.4 专门地质勘查

10.4.1 专门地质勘查主要针对重大地质结论变化区进行,采用地质测绘、地球物理探测、山地工程等查明地质体的空间形态、物质组成、结构特征、成因和稳定性,地下水赋存状态与运动形式,岩(土)体的物理力学性质;应评估由于变化对滑坡整体稳定和局部稳定的影响。

10.4.2 勘查方法、工作量和进度应根据地质问题的复杂性、施工图设计阶段查明深度和场地条件等因素确定。应利用各种施工开挖工作面观察和搜集地质情况。

10.4.3 当滑坡出现重大地质结论变化,应进行弱面抗剪强度校核,重新进行整体稳定性评价和推力计算。对防治工程设计方案和施工方案的变更提出建议。

## 10.5 勘查成果

补充勘查应提交专门的勘查报告、图件及相关附件。

## 11 竣工地质报告

11.1 滑坡防治工程验收应提交竣工地质报告。

11.2 竣工地质报告应对原勘查结论、施工过程和施工后的地质环境条件(要素)等进行评价和总结。

11.3 竣工地质报告应包括相应的图册。

## 12 主要勘查方法

### 12.1 一般规定

12.1.1 应充分利用前期已有地质资料,加强综合分析,合理布置勘探工作。

12.1.2 勘查方法的选用应论证其对滑坡的扰动程度。

12.1.3 初步勘查以地表地质测绘和主剖面勘查为主要勘查方法。

12.1.4 详细勘查应在初步勘查成果上,以补充钻探、物探、井硐探等勘查方法为主,以地质修测为辅。

12.1.5 补充勘查应以工程揭露地质验证、编录、修测为主,需工程变更设计的部位可补充钻探、井探。

### 12.2 地质测绘

12.2.1 应充分收集已有资料,了解前人工作程度,并进行现场踏勘。

12.2.2 测绘应将滑坡区及周边主要的地质现象和地物要素等表达在地形图上。地形图成图规格应根据滑坡区范围、比例尺的要求,选择合适的图幅尺寸,以完整地将滑坡区范围表达在一个分幅内为宜。

12.2.3 滑坡区测量坐标和高程系统宜按 GB 50026 条款执行,但对联测困难的山区也可采用独立坐标系和假设高程。

12.2.4 地形图精度,要求图上具有定位意义的独立地物点相对于邻近图根点的点位中误差应小于图上 0.5 mm,邻近地物点间距中误差不大于图上 0.4 mm。

12.2.5 地质测绘应采用定点法进行测绘。对于反映滑坡特征测绘点,应进行追索并沿线合理定点测绘。

12.2.6 根据观测点之间的联系,应在野外实地勾绘连接观测点之间的地质界线草图。

12.2.7 滑坡区内地质观测点的布置与测量点密度至少图上达到 1 cm×1 cm 布置一点,滑坡区外可适当增大,以达到最佳调查测绘效果为准。

12.2.8 对于与滑坡有关的重要地质现象,应有足够的调查点控制。

12.2.9 对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定位。

12.2.10 滑坡平面图测绘精度应满足如下要求:

- a) 宏观地形地貌在图上宽度大于 2 mm 的现象应按比例描绘；
- b) 滑坡微观地形地貌在图上宽度不足 2 mm 时,宜按特定图例标注,且应进行更大比例尺的专门测绘,作为附图一并提交；
- c) 地质界线上误差不应超过 2 mm;其他地段不应超过 5 mm。

12.2.11 滑坡剖面图宜与滑坡勘探线一致,采用与平面图等同或更大的比例尺。滑坡剖面的两 endpoint、剖面控制点应设立显著标志,每一条剖面至少应有两个标志点。

12.2.12 与滑坡有关的水文点、微地貌、地形变点等应测在剖面图上,图上地形和地质测绘内容误差不得超过 1 mm。

12.2.13 受表土覆盖影响的重要地质观测点宜采用剥土、槽探等手段进行人工揭露。

12.2.14 地质调查与测绘野外记录应分类采用统一的专门卡片记录观测点。

12.2.15 地质测绘应提交地形测量、地质调查和测绘正式成果,图册及相关原始附件。

### 12.3 勘探线(剖面)布设

12.3.1 主勘探线布设应纵贯整个滑坡体,宜与初步认定的滑动方向平行,其起点应在滑坡后缘以上稳定岩(土)体范围内 20 m~50 m。

12.3.2 主勘探线上所投入的工程量及点位布设应满足主剖面图绘制、试验及稳定性评价的要求,并兼顾地下水观测和变形长期监测的需要。

12.3.3 对于分布有多个次级滑体,或后缘出现两个以上弧顶的中型及以上规模的滑坡,主勘探线不宜少于两条。

12.3.4 主勘探线(剖面)不宜少于三个勘探点,且对于地质条件复杂、后缘边界不确定的滑坡,宜有勘探点控制。

12.3.5 对于大型规模以上的滑坡,纵向勘探剖面应反映每一个滑坡地貌要素。

12.3.6 滑坡横向勘查剖面钻孔布设宜控制滑面横断面形态,可依据地质、地貌或地球物理资料从滑坡中轴线向两侧进行布设。

12.3.7 辅助勘探线分布在主勘探线两侧,线间距据勘查阶段要求而定。

12.3.8 辅助勘探线上的勘探点宜与主勘探线上的勘探点位置相对应(或隔一个勘探点相对应),使横向上构成垂直于勘探线的横勘探剖面,形成控制整个滑坡体的勘探网。

12.3.9 工程轴线勘探线应按防治工程方案,有针对性布设。

12.3.10 勘探点的布设原则:

- a) 勘探点应布设在重点勘查和设计的治理工程部位,除反映地质情况外,应兼顾采样、现场试验和监测；
- b) 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 10 m 范围之内。对于应查明的重大地质问题,可以单独投入勘探点而不受勘探线的限制。

### 12.4 钻探

12.4.1 钻探孔位的布置应在地质调查或测绘的基础上,沿确定的纵向或横向勘探线布置,针对需查明的滑坡地质结构或问题确定具体孔位。

12.4.2 滑体内地下水位以上的粘性土、粉土、人工填土和不易塌孔的砂土内应采用干法钻进。

12.4.3 滑体内地下水位以下的岩(土)层内,以及在滑带及其上下 5 m 范围内应采用单管双动钻进技术,或双管双动钻进技术或无泵反循环技术等对滑坡岩土扰动小的钻进技术钻进。

12.4.4 勘探孔终孔孔径不宜小于 110 mm。

12.4.5 在滑带及其上下 5 m 范围内,采用干法钻进方法时,回次进尺不得大于 0.3 m,应及时编录岩心,确定滑动面位置。



#### 12.4.6 孔深误差及分层精度应符合下列规定：

- a) 下列情况均需校正孔深：主要裂缝、软弱夹层、滑带、溶洞、断层、涌水处、漏浆处、换径处、下管前和终孔时；
- b) 终孔后按班报表校核孔深，孔深最大允许误差不宜大于1%；
- c) 钻进深度和岩(土)分层深度的量测精度，不应低于±5 cm。

#### 12.4.7 孔斜误差应符合：

- a) 每钻进50 m后，换径后3 m~5 m，出现孔斜征兆或终孔，应测量孔斜；
- b) 顶角最大允许弯曲度应小于2%。

#### 12.4.8 钻孔岩心采取应符合：

- a) 不应超管钻进。重点取心地段应限制回次进尺，且不应超过0.3 m；
- b) 在砂层、卵砾石层、硬脆碎地层和松散地层中以及滑带、破碎带等，应采用岩心采取率高的钻进及取心工艺；
- c) 残留岩心长度超过35 cm时，应进行打捞；
- d) 滑体、滑床和滑带的岩心采取率应分别大于80%、85%和90%。

#### 12.4.9 钻孔简易水文地质观测应符合：

- a) 开孔应采用无冲洗液钻进；
- b) 孔中一旦发现水位，应立即停钻，并进行初见水位和稳定水位的测定；
- c) 清水钻进时，提钻后、下钻前各测一次动水位，间隔时间不小于5 min；长时间停钻，每4 h测一次水位；
- d) 准确记录漏水、涌水位置并测量漏水量、涌水量及水头高度；
- e) 接近滑带时，应停钻测定滑坡体的稳定水位；终孔时应测定全孔稳定水位；对设计要求分层观测水位的钻孔，应严格进行分层水位观测；
- f) 观测记录钻进过程中的其他异常情况，如破碎、裂隙、裂缝、溶洞、缩径、漏气、涌砂和水色改变等。

#### 12.4.10 钻孔验收后对不需保留的钻孔应进行封孔处理。

#### 12.4.11 勘查报告验收前，各孔全部岩心均要妥善保留。

#### 12.4.12 钻孔地质编录应符合：

- a) 在现场随钻进进行，按照回次编录；
- b) 在完整或较完整地段，可分层计算岩心采取率；对软弱地段应单独计算岩心采取率。

#### 12.4.13 钻孔施工记录：

- a) 每班应记录各工序及生产情况；
- b) 每孔施工结束后原始报表应及时整理成册，存档备查。

#### 12.4.14 钻孔验收要求：

- a) 钻孔完工后勘查单位应及时组织自验，且自验合格后报监理单位现场验收，监理单位应出具钻孔验收意见书；
- b) 未能取得滑带岩心或水文地质观测未能满足要求的钻孔，应定为不合格，并补做未达到要求的部分或者予以报废重新施工。

#### 12.4.15 钻探成果应符合：

- a) 钻孔终孔后应及时进行钻孔资料整理并提交该孔钻探成果；
- b) 钻孔综合柱状图以能清楚表示该孔的主要地质现象为标准来确定，比例尺宜为1:200~1:100；
- c) 提交钻孔地质小结。

### 12.5 井探、硐探和槽探

#### 12.5.1 对二级及以上滑坡防治工程，且地质条件复杂时，宜沿主剖面采用钻探与井探相结合的方法进

行勘探。

12.5.2 井探前,应根据地质测绘和露头剖面,推测地质条件,编制探井工程设计书,并建立探井结构理想柱状图。

12.5.3 矩型探井断面短边长宜大于 1.5 m,圆断面探井直径宜大于 1 m。

12.5.4 对地质结构复杂难以定论,且等级为一级的滑坡防治工程宜用探洞进行勘探。

12.5.5 洞探工程轴线上应布置一定数量的钻孔或探井,并安排先施工。

12.5.6 探洞净断面高×宽宜大于 1.8 m×1.8 m。

12.5.7 探洞宜进行支护,并综合利用,且探洞护壁应预留足够的观测窗,面积不小于 20 cm×20 cm。

12.5.8 洞探工程应编制专门的设计书,或在滑坡总体勘查设计中编写专门章节论证其必要性和可行性内容。

12.5.9 开挖掘进过程中及时记录掘进中遇到的地质现象,每 5 m 宜作一掌子面素描图。

12.5.10 对于围岩失稳而必须支护的地段,应及早进行素描、拍照、录像、采样及埋设监测仪器,可在支护段预留窗口。

12.5.11 在滑坡体前缘、后缘、侧缘部位及勘探线上地质露头不清时,应布置必要的槽探。

12.5.12 应及时进行探井、探洞或探槽展示图和地质编录,展示图比例尺宜为 1:100~1:50。

12.5.13 应按要求配合进行滑动面(带)力学抗剪强度的原位试验,同时在预定层位按要求采取岩、土、水样。

12.5.14 勘探完成后的探井不得裸露或直接废弃,可作为滑坡监测井或浇筑钢筋砼形成抗滑桩。

## 12.6 地球物理勘探

12.6.1 地球物理勘探可作为辅助勘查手段,不宜单独以物探结果直接作为防治工程设计依据。

12.6.2 地球物理勘探线的布设应与滑坡主要勘探线相叠合。

12.6.3 当物探反映有重大异常时,应补充钻探、井探、洞探和槽探等予以验证。

12.6.4 进行地球物理勘探前,应通过现场试验,研究方法有效性,确定合适的野外观测系统和仪器工作参数,可参见附录 C。

## 12.7 监测

12.7.1 滑坡防治工程监测包括长期监测、施工安全监测和工程效果监测。

12.7.2 监测内容一般包括:地表变形监测、地表裂缝位移监测、地面倾斜监测、建(构)筑物变形监测、滑坡裂缝多点位移监测、滑坡深部位移监测、地下水监测、孔隙水压力监测、滑坡地应力监测等,监测适用方法参见附录 D。

12.7.3 对于一级滑坡防治工程,应实施长期监测。

12.7.4 对于二级滑坡防治工程,在施工期间应建立安全监测和防治效果监测点,同时,宜建立以简易监测为主的长期监测点。

12.7.5 对于三级滑坡防治工程,宜建立简易长期监测点。

12.7.6 施工安全监测应对滑坡体进行实时监控,了解由于工程扰动等因素对滑坡体的影响,及时地指导工程实施、调整工程部署、安排施工进度等。

12.7.7 施工安全监测点应布置在滑坡体稳定性差,或工程扰动大的部位,力求形成完整的剖面,采用多种手段互相验证和补充。

12.7.8 防治效果监测应结合施工安全和长期监测进行,了解工程实施后滑坡体的变化特征,为工程的竣工验收提供科学依据。

12.7.9 防治效果监测时间长度不应小于一个水文年,数据采集时间间隔不应大于 30 d。

12.7.10 监测报告应以时报、日报、旬报、月报、季报或年报等形式提交。



## 13 物理力学试验和稳定状态分析

### 13.1 一般规定

13.1.1 物理力学试验和稳定状态分析应在详细了解滑坡地质特征和变形演化过程的基础上进行。

13.1.2 滑带土抗剪强度指标的确定,应据试验成果,结合经验反演和类比,推荐合理的设计参数。

13.1.3 滑坡稳定状态的分析及稳定性评价应采用定性为基础,并与定量相结合的方式。

13.1.4 滑坡稳定系数计算应考虑滑坡变形历程、参数试验方法和所采用的计算模型间的关联性,并据此计算相应的推力。

### 13.2 物理力学试验

13.2.1 滑坡物理力学试验宜按 GB/T 50123 和 GB/T 50266 条款执行,应提供可供滑坡防治工程设计的基本指标。

13.2.2 中型及中型以上规模的土质滑坡宜进行滑坡体大型重度试验,大型重度试验宜采用容积法,试坑体积不小于 500 mm×500 mm×500 mm。

13.2.3 采用井探、硐探、槽探揭露的滑带应取原状土样进行试验,原状土样尺寸不小于 200 mm×200 mm×200 mm,土样不应少于 6 件。

13.2.4 当通过钻探等无法采取原状土样时,应采取保持天然含水量的扰动土样,作重塑土样试验。

13.2.5 钻孔中采集土样应使用薄壁取土器,采用静力压入法,土样样品直径不应小于 110 mm,高度不应小于 200 mm,所采样品应及时蜡封。

13.2.6 岩(土)体抗剪强度指标标准值取值时应根据滑坡所处变形滑动阶段及含水状态分别选用峰值强度指标、残余强度指标,或两者之间的强度指标;以及天然强度指标、饱和强度指标,或两者之间的强度指标。

13.2.7 当滑带土中粗颗粒含量较高时,其抗剪强度指标宜以原位大面积直剪试验测试值为主,并参考室内试验值确定。若未进行原位大面积直剪试验,其综合取值时应将室内快剪试验得出的内摩擦角乘以 1.15~1.25 的增大系数。

13.2.8 对滑坡体宜分类进行不同岩(土)体的室内直剪试验与压缩试验,确定  $c$ 、 $\varphi$  值,压缩模量及其他强度与变形指标,且每项岩(土)体室内物理力学试验不得少于 6 组。

13.2.9 大型及以上规模,且防治等级为一级的滑坡,应进行不少于 2 组的滑带原位大面积直剪强度试验。

13.2.10 对有易溶或膨胀岩(土)分布的滑坡,应进行不少于 3 组的滑带土易溶盐及膨胀性试验。

13.2.11 当采用抗滑桩、锚索等进行滑坡防治时,应在支挡工程布置部位对滑床基岩不同岩组取样进行常规物理力学试验。钻孔岩心样品直径不小于 85 mm,高度不小于 150 mm。每种岩性的岩样不少于 3 组,每组岩样不少于 3 件。

13.2.12 采用井探、硐探、坑槽探揭露的滑带宜进行原位大面积直剪试验,可在天然含水状态和人工浸水状态下进行剪切,并应对现场开挖及制样过程、滑带形状、滑带土成分、力学性质进行详细测绘描述,并照(摄)像。

13.2.13 原位大面积直剪试验剪切面积不小于 2 500 cm<sup>2</sup>,最小边长不宜小于 50 cm,试体高度不宜小于 25 cm。

13.2.14 原位大面积直剪试验中基座或滑床的长度和宽度应大于试样的长度和宽度的 15 cm,且试样间的间距为边长 2 倍以上。

13.2.15 原位大面积直剪试验的推力方向应与滑体的滑动方向一致,着力点与剪切面的距离不宜大于剪切方向试体长度的 5%。法向荷载应针对滑带上覆荷载确定,分级施加。

13.2.16 中型及以上规模,且危害等级为一级的滑坡,应进行抽水试验以获得滑坡体渗透系数。当无法抽取地下水时,在控制滑坡稳定的条件下,可采用注水试验方法。抽(注)水试验一般不得少于2组。

13.2.17 对滑坡及周围分布有煤层、膏盐等富含等侵蚀性强的岩(土)体,应进行不少于3组地下水及地表水化学简分析及混凝土侵蚀性试验。

13.2.18 当无法准确判定勘查区地表水和地下水的腐蚀性时,应采集水样进行腐蚀性评价,水样数量不少于3件。

13.3 滑坡滑带参数反演

13.3.1 滑带抗剪强度参数可采用试验、经验数据类比与反演相结合的方法确定。通过给定粘聚力  $c$  或内摩擦角  $\varphi$ ,反求另一值。粘聚力  $c$  计算见式(1),内摩擦角  $\varphi$  计算见式(2):

$$c = \frac{F_s \sum W_i \sin \alpha_i - \operatorname{tg} \varphi \sum W_i \cos \alpha_i}{L} \dots\dots\dots (1)$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left( \frac{F_s \sum W_i \sin \alpha_i - cL}{\sum W_i \cos \alpha_i} \right) \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $c$  —— 滑带土粘聚力,单位为千帕(kPa);
- $F_s$  —— 稳定系数;
- $W_i$  —— 第  $i$  条块的重量,单位为千牛每米(kN/m);
- $\alpha_i$  —— 第  $i$  条块滑面倾角,单位为度( $^\circ$ );
- $\varphi$  —— 滑带土内摩擦角,单位为度( $^\circ$ );
- $L$  —— 滑带长度,单位为米(m)。

13.3.2 滑坡稳定状态可据滑坡稳定系数进行划分,见表7。

13.3.3 小型或中型规模,且结构简单的滑坡,其滑带抗剪强度参数可用类比法和反演法确定。

13.3.4 滑坡滑带抗剪强度参数指标应结合滑坡稳定状态和试验方法综合考虑,参照表8进行选取。

表7 滑坡稳定状态划分

滑坡稳定系数 $F_s$	$F_s < 1.00$	$1.00 \leq F_s < 1.05$	$1.05 \leq F_s < 1.15$	$F_s \geq 1.15$
滑坡稳定状态	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定

表8 滑带抗剪强度指标取值表

稳定状态		试验方法		
		滑带峰值抗剪强度	滑带残余抗剪强度	滑体抗剪强度
稳定	未滑动	√		
	曾滑动		√	
基本稳定	未滑动	√		
	曾滑动		√	
欠稳定			√	
不稳定			√	
未形成滑带的变形体				√

注:√表示选择项。

## 13.4 滑坡稳定性评价

13.4.1 滑坡稳定性评价应根据滑动面类型和物质组成选用恰当的方法,并可参考数值模拟方法结果。

13.4.2 滑坡稳定性评价和推力计算公式推荐采用如下方法:

- a) 堆积层(土质)滑坡,包括 2 种滑动面类型:
  - 1) 折线形滑动面:用传递系数法进行稳定性评价和推力计算,可用摩根斯顿-普赖斯法(Morgenstern-Price 法)等方法进行校核;
  - 2) 圆弧形滑动面:用毕肖普法(Bishop 法)进行稳定性评价和推力计算,可用摩根斯顿-普赖斯法(Morgenstern-Price 法)等方法进行校核。
- b) 岩质滑坡,包括 3 种滑动面类型:
  - 1) 折线形滑动面:用传递系数法进行稳定性评价和推力计算,可用摩根斯顿-普赖斯法(Morgenstern-Price 法)等方法进行校核;
  - 2) 单一平面滑动面:用二维块体极限平衡法进行稳定性评价和推力计算;
  - 3) 多组弱面组合滑动面:用二维极限平衡法进行稳定性评价和推力计算,宜用三维极限平衡分析方法进行校核。

13.4.3 地下水位以下范围内水压力应按下列方法计算:

- a) 当滑坡体渗透系数大于  $1 \times 10^{-7}$  m/s 时,应计算渗透压力;
- b) 当滑坡体渗透系数小于或等于  $1 \times 10^{-7}$  m/s 时,可不计渗透压力;
- c) 对岩体完整或较完整、滑面缓倾、后缘有陡倾裂隙的岩质滑坡,应考虑降雨入渗在后缘裂隙形成的静水压力,以及在滑面形成的扬压力和超孔隙水压力。

13.4.4 对一级、二级滑坡防治工程,设计水平地震动峰值加速度为 0.3 g 时,宜同时考虑竖向地震惯性力的作用。



附录 A  
(资料性附录)  
斜坡运动分类

A.1 斜坡运动分类

国际上普遍采用了瓦恩斯的斜坡运动分类方案:根据运动形式,将斜坡划分为 6 大类型,再根据物质种类细分为 22 亚类型,详见表 A.1。

表 A.1 斜坡运动简要分类(Varnes, 1978)

移动型式		物质种类			
		岩质	土质		
			粗粒为主	细粒为主	
崩落		岩石崩落	碎屑崩落	土崩落	
倾倒		岩石倾倒	碎屑倾倒	土倾倒	
滑动	旋转型	少数单元	岩石旋转滑动	碎屑旋转滑动	土旋转滑动
	平移型		岩石块体滑动	碎屑块体滑动	土块体滑动
		多数单元	岩石滑动	碎屑滑坡	土滑坡
侧向扩展		岩石扩展	碎屑扩展	土扩展	
流动		岩石流(深部蠕动)	碎屑流	土流	
			土蠕变		
复合移动		两个或以上主要滑动类型组合形式			

A.2 典型滑坡要素

典型滑坡要素见图 A.1 所示。

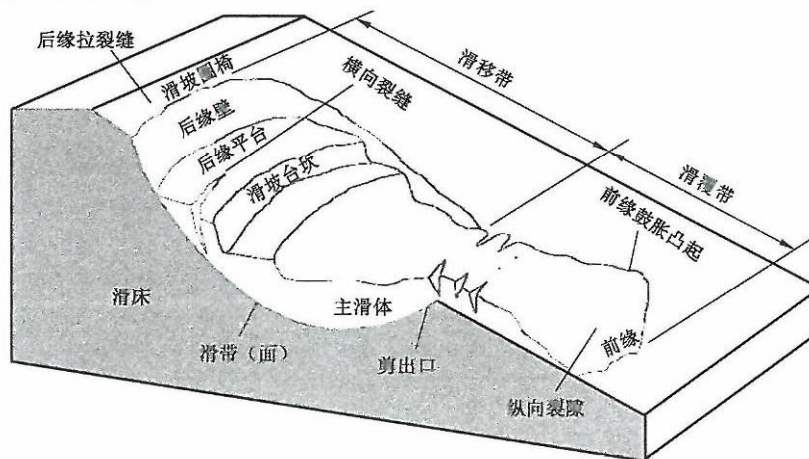


图 A.1 典型滑坡要素



附 录 B  
(规范性附录)  
滑 坡 分 类

## B.1 滑坡岩土体和结构因素分类(表 B.1)

表 B.1 滑坡岩土体和结构因素分类

类型	亚类	特征描述
堆积层(土质)滑坡	滑坡堆积体滑坡	由前期滑坡形成的块碎石堆积体,沿下伏基岩顶面或滑坡体内软弱面滑动
	崩塌堆积体滑坡	由前期崩塌等形成的块碎石堆积体,沿下伏基岩或滑坡体内软弱面滑动
	黄土滑坡	由黄土构成,大多发生在黄土体中,或沿下伏基岩面滑动
	粘土滑坡	由具有特殊性质的粘土构成。如昔格达组、成都粘土等
	残坡积层滑坡	由基岩风化壳、残坡积土等构成,通常为浅表层滑动
	冰水(碛)堆积物滑坡	冰川消融沉积的松散堆积物,沿下伏基岩或滑坡体内软弱面滑动
	人工填土滑坡	由人工开挖堆填弃渣构成,沿下伏基岩面或滑坡体内软弱面滑动
岩质滑坡	近水平层状滑坡	沿缓倾岩层或裂隙滑动,滑动面倾角不大于 $10^{\circ}$
	顺层滑坡	沿顺坡岩层层面滑动
	切层滑坡	沿倾向坡外的软弱面滑动,滑动面与岩层层面相切
	逆层滑坡	沿倾向坡外的软弱面滑动,岩层倾向山内,滑动面与岩层层面倾向相反
	楔体滑坡	厚层块状结构岩体中多组弱面切割分离楔形体的滑动
变形体	岩质变形体	由岩体构成,受多组软弱面控制,存在潜在滑面,已发生局部变形破坏,但边界特征不明显
	堆积层变形体	由堆积体构成(包括土体),以蠕滑变形为主,边界特征和滑动面不明显

## B.2 滑坡其他因素分类(表 B.2)

表 B.2 滑坡其他因素分类

有关因素	名称类别	特征说明
滑体厚度	浅层滑坡	滑坡体厚度在 10 m 以内
	中层滑坡	滑坡体厚度在 10 m~25 m 之间
	深层滑坡	滑坡体厚度在 25 m~50 m 之间
	超深层滑坡	滑坡体厚度超过 50 m
滑动形式	推移式滑坡	上部岩(土)层滑动,挤压下部产生变形,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	下部先滑,使上部失去支撑而变形滑动。一般速度较慢,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

表 B.2 (续)

有关因素	名称类别	特征说明
发生原因	工程滑坡	由于切脚或加载等人类工程活动引起的滑坡
	自然滑坡	由于自然地质作用产生的滑坡
现今活动程度	活动滑坡	发生后仍继续活动的滑坡,或暂时停止活动,但在近年内活动过的滑坡
	不活动滑坡	发生后已停止发展
发生年代	新滑坡	现今正在发生滑动的滑坡
	老滑坡	全新世以来发生滑动,现今整体稳定的滑坡
	古滑坡	全新世以前发生滑动的滑坡,现今整体稳定的滑坡
滑体体积 $V$ $m^3$	小型滑坡	$V < 10 \times 10^4$
	中型滑坡	$10 \times 10^4 \leq V < 100 \times 10^4$
	大型滑坡	$100 \times 10^4 \leq V < 1\,000 \times 10^4$
	特大型滑坡	$1\,000 \times 10^4 \leq V < 10\,000 \times 10^4$
	巨型滑坡	$V \geq 10\,000 \times 10^4$



附录 C  
(资料性附录)

地球物理勘探与测试方法与适用范围简表

表 C.1 给出了滑坡的地球物理勘探方法选择目的、适用条件及经济技术特点,表 C.2 给出了地球物理勘查方法与滑坡防治工程勘查工作阶段优化组合情况。

表 C.1 滑坡的地球物理勘探方法选择

方法名称	目的	适用条件	经济、技术特点	
电 法	自然电位法	1. 探测滑坡体中地下水赋存状况; 2. 分析滑坡的活动性; 3. 探测隐伏断层、破碎带位置	1. 受地形、环境影响较小; 2. 地下水埋深较浅	方法简便、资料直观。成本低
	充电法	1. 探测滑坡体地下水流速、流向; 2. 监测滑坡体位移	受地形、环境影响较小	方法简便,成本低
	电阻率剖面法	1. 探测隐伏断层、破碎带的位置; 2. 探测隐伏地下洞穴的位置、埋深,判断充填状况; 3. 探测拉张裂缝的位置、充填状况	地形起伏小,要求场地宽敞	资料简单、直观,工作效率高,以定性解释为主。成本低
	电阻率测深法	1. 测定覆盖层厚度,确定基岩面形态; 2. 划分基岩风化带,确定其厚度; 3. 探测滑坡体的岩性结构,岩性接触关系; 4. 测定滑坡堆积体的厚度,确定堆积床形态	1. 地形无剧烈变化; 2. 电性变化大且地层倾角较陡地区不宜	方法简单、成熟,较普及;资料直观,定性定量解释方法均较成熟。成本较低
	高密度电阻率法	1. 探测隐伏断层,破碎带位置、产状、性质; 2. 探测后缘拉张裂缝、前缘鼓胀裂缝的位置、产状及充填状况; 3. 测定覆盖层厚度,确定基岩面形态; 4. 划分基岩风化带,确定其厚度; 5. 探测滑坡体地层结构,岩性接触关系; 6. 测定滑坡堆积体的厚度,确定堆积床形态	1. 地形无剧烈变化,要求有一定场地条件; 2. 勘探深度一般较小,小于 60 m	兼具剖面、深测功能,装置形式多样,分辨率相对较高,质量可靠,资料为二维结果,信息丰富,便于整个分析。定量解释能力强。成本较高
电 磁 法	音频大地电场法	1. 探测隐伏断层、破碎带的位置; 2. 探测拉张裂缝的位置	1. 受地形、场地限制小; 2. 天然场变影响较大时不宜工作; 3. 输电线、变压器附近不宜工作	仪器轻便,方法简单,适合地形复杂区工作,资料直观,以定性解释为主,适于初勘工作。成本低
	电磁感应法	1. 探测隐伏断层,破碎带位置; 2. 探测拉张裂缝的位置	1. 地形相对平坦; 2. 强游散电流干扰区不宜工作	对低阻体较灵敏,方法组合较多,可针对不同地质体采用不同方式探测,资料结果较复杂,以定性解释为主。成本低
	甚低频电磁法	1. 探测隐伏断层、破碎带位置; 2. 探测拉张裂缝的位置	1. 有效勘探深度较小,一般数十米; 2. 受电力传输线干扰易形成假异常	被动源电磁法,较轻便,受地形限制较小,以定性解释为主。成本低
	电磁测深法	1. 探测隐伏断层、破碎带位置、产状; 2. 探测滑坡体的地层结构,岩性接触关系; 3. 测定滑坡堆积体的厚度,堆积床的形态	1. 适于地表岩性较均匀地区; 2. 电网密集、游散电流干扰地区不宜工作	工作简便,分辨率较高,受地形限制小,但受静态影响大。成本适中



表 C.1 (续)

方法名称	目的	适用条件	经济、技术特点	
电磁法	瞬变电磁法	1. 探测隐伏断层,破碎带的位置、产状; 2. 测定覆盖层厚度,确定基岩面形态; 3. 划分基岩风化带,确定其厚度; 4. 探测滑坡体的地层结构,岩性接触关系; 5. 探测滑坡堆积体的厚度,确定堆积床形态	1. 受地形、接地影响小; 2. 电网密集、游散电流区不宜工作	静态影响和地形影响较小,对低阻体反映灵敏,工作方式灵活多样。成本适中
	探地雷达	1. 探测隐伏断层的位置、产状; 2. 探测拉张裂缝的位置、产状; 3. 探测覆盖层厚度,确定基岩面形态; 4. 划分基岩风化带,确定其厚度; 5. 测定滑动面的埋深,确定滑动面形态; 6. 探测滑坡体地层结构,岩性接触关系; 7. 探测滑坡体堆积体的厚度	1. 受地形、场地限制较小; 2. 勘探深度较小,最大深度 30 m~50 m	具有较高的分辨率,适用范围广。成本较高
弹性波法	浅层地震	1. 探测隐伏断层的位置、产状; 2. 测定覆盖层厚度,确定基岩面形态; 3. 测定滑动面的埋深,确定滑动面形态; 4. 探测滑坡体的地层结构,岩性接触关系; 5. 探测滑坡堆积体的厚度,确定堆积床形态	1. 人工噪音大的地区施工难度大; 2. 要求一定范围的施工场地	对地层结构、空间位置反映清晰,分辨率高,精度高。成本高
	瑞雷波法	1. 测定覆盖层厚度,确定基岩面形态; 2. 探测滑坡堆积体的厚度,确定堆积床形态	1. 受地形、场地条件限制较小; 2. 勘探深度较小,一般在 30 m~50 m 左右	适合于复杂地形条件下工作,特别是对浅部精细结构反映清晰,分辨率高、工作效率高。资料直观。成本适中
	声波法	1. 探测隐伏裂缝的延深、产状; 2. 测定堆积体和岩石完整程度; 3. 探测破碎带、裂缝带,较弱带位置、厚度; 4. 检测防治工程质量	1. 钻孔测试需在下井管之前进行; 2. 干孔测试需要特殊的耦合方式; 3. 可对岩心(样)进行测定	测试工作技术简单,资料分析直观,效率高,效果明显,并可获得动力学参数。成本适中
层析成像	电阻率层析成像	1. 探明滑坡体地层结构,确定地层、厚度、产状等; 2. 探明隐伏断层、破碎带的位置、产状; 3. 探明拉张裂缝的位置、产状	1. 充水(液)孔、孔内无套管; 2. 井—井探测有效距离小于 120 m; 3. 剖面与孔深比一般要求小于 1	属近源探测,准确性较高,适合对重点部位地质要素的详细了解,资料结果比较直观、精确。成本较高
	电磁波层析成像	1. 探明滑坡体地层结构,确定地层厚度、产状等; 2. 探明隐伏断层,破碎带的位置、产状; 3. 探明拉张裂缝的位置、产状	1. 孔内无套管; 2. 井—井探测有效距离一般在 100 m 以内; 3. 剖面与孔深比一般要求小于 1	适合对重点部位地质要素的勘探,资料准确、直观。成本较高
	地震层析成像	1. 探明滑坡体的地层结构,确定地层厚度、产状; 2. 探明隐伏断层的位置、产状; 3. 探明拉张裂缝的位置、产状	1. 钻孔的激发、接收条件应一致; 2. 可在井管孔中施工; 3. 井—井探测距离小于 120 m; 4. 剖面与孔深比一般要求小于 1	适合对重点地质要素的了解,资料准确、直观。成本较高
	声波层析成像	1. 探明拉张裂缝的位置、产状; 2. 探明滑动带、滑动面的形态、埋深	1. 受发射能量限制,井—井跨距一般较小,最大约 30 m~50 m。 2. 剖面与孔深比一般要求小于 1	为无损检测工作,孔内工作激发比较简单,可测声波参数多,信息量大。成本较高

表 C.2 滑坡的地球物理勘查方法优化组合

方 法		工作阶段		
		初步勘查	详细勘查	专项勘查
直流电法	自然电位法	※※	※	※
	充电法	※	※	※※
	电阻率剖面法	※※	※※	※
	电阻率测深法	※※	※※	※※
	高密度电阻率法	※	※※※	※※※
电磁法	音频大地电场法	※※	※	※
	电磁剖面法	※※	※	※
	甚低频电磁法	※※	※※	※
	电磁测深法	※	※※	※
	瞬变电磁法	※※	※※※	※
	探地雷达	※	※※※	※※
弹性波法	浅层地震法	※	※※※	※※
	瑞雷波法	※※	※※※	※※
	声波法	※	※※※	※※※
层析成像法	电阻率层析成像	※	※※	※※
	电磁波层析成像	※	※※	※※※
	地震层析成像	※	※※	※※※
	声波层析成像	※	※※	※※

注：※ 可用方法；※※ 常用方法；※※※ 优选方法。



## 附录 D

(资料性附录)

## 滑坡监测适用方法技术简表

表 D.1 给出了滑坡主要监测方法、监测仪器与监测方法的特点,并对适用性进行评价。

表 D.1 滑坡监测适用方法技术简表

监测内容	主要监测方法	主要监测仪器	监测方法的特点	适用性评价
外观变形	大地测量法 (三角交会法、几何水准法、测距法、视准线法)	经纬仪 水准仪 测距仪	投入快、精度高、监控面广、直观、安全;便于确定滑坡位移方向及变形速率	适用不同变形阶段的位移监测,受地形通视和气候条件影响,不能连续观测
		全站式速测仪、电子经纬仪等	精度高、速度快、自动化程度高、易操作、省人力,可跟踪自动连续观测,监测信息量大	适用不同变形阶段的位移监测,受地形通视条件的限制
	近景摄影法	陆摄经纬仪等	监测信息量大、省人力、投入快、安全,但精度相对较低	主要适用于变形速率较大的滑坡水平位移及陡壁裂缝变化监测,受气候条件影响较大
	卫星定位系统法	卫星定位系统接收机	精度高、投入快,易操作,可全天候观测,不受地形通视条件限制,目前成本较高,发展前景可观	适用于滑坡体不同变形阶段地表三维位移监测
	测缝法(人工测缝法、自动测缝法、遥测法)	钢卷尺、游标卡尺、裂缝量测仪、伸缩自记仪、测缝计、位移计、激光测距仪等	人工、自动测缝法投入快、精度高、测程可调、简易直观、资料可靠;遥测法自动程度高,全天候观测,安全、快速、自动采集、存储,打印和显示观测值,远距离传输,精度相对低,一般仪器易出故障,长期稳定性差,资料需与其他监测方法校核后使用	人工、自记测缝法适用于裂缝两侧岩(土)体张开、闭合、位错、升降变化的监测;遥测法适用于加速变形阶段及施工安全的监测,后者受气候等外界因素影响较大
	测斜法	倾斜仪	具有测量范围大、精度高(10角秒)、温度系数低、操作简单、测量效率高等优点	适合用于高陡滑坡,高挡墙等因开挖及沉降引起的旋转变形监测
地下深部变形	测斜法(钻孔测斜法、竖井测斜法)	钻孔倾斜仪,多点倒锤仪等	精度高、效果好,易遥测、易保护,受外界因素干扰少,资料可靠;测程有限,成本较高,投入慢	主要适用于滑坡体变形初期,在钻孔、竖井内测定沿滑体内不同深度的变形特征及滑带位置
	测缝法(竖井)	多点位移计、井壁位移计、位错计等	精度较高、易保护、投入慢、成本高,仪器、传感器易受地下水浸湿、锈蚀	一般用于监测竖井同内多层堆积层之间的相对位移。目前多因仪器性能、量程所限,主要适用于初期变形阶段,即:小变形,低速率,观测时间相对短的监测
	重锤法	重锤、极坐标盘、坐标仪、水平位错计等	精度高、易保护、监测直观、可靠;电测方便,量测仪器便于携带,但受潮湿、强酸、碱、锈蚀等影响	适用于探洞内上部危岩相对下部稳定岩体的水平剪切位移监测
	测缝法(洞室)	单向、双向、三向测缝计、位移计、伸长仪等	精度高、易保护、监测直观、可靠;电测方便,量测仪器便于携带,但受潮湿、强酸、碱、锈蚀等影响	适用于探洞内危岩裂缝的三维(X、Y、Z三方向)监测和危岩体界面裂缝沿洞轴方位移的监测

表 D.1 (续)

监测内容	主要监测方法	主要监测仪器	监测方法的特点	适用性评价
物理与化学场	地音量测法	声发射仪 地音探测仪		适用于岩质边坡后期变形阶段监测,危岩加固跟踪安全监测,为预报岩石破坏提供依据
	测岩(土)体应力	锚索测力计、锚杆拉力计、岩(土)体压力盒	可连续观测,监测信息丰富,灵敏度高,省人力;测定的岩石微破裂声发射信号比位移信息超前3日~7日	适用于岩质边坡后期变形阶段监测,危岩加固跟踪安全监测,为预报岩石破坏提供依据
地下水动态	地下水动态	水位自动记录仪	主要适用于连续监测滑坡体内不同部位的地下水动态,分析、判断滑坡体稳定状况	
	测孔隙水压	孔隙水压计 钻孔渗压计	适用于滑坡体不同变形阶段的监测,其成果可做基础资料使用	
	测泉流量	三角堰、量杯等		
	测河水位	水位标尺等		
诱发因素	测降水量	雨量计、雨量报警器		

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
滑 坡 防 治 工 程 勘 查 规 范  
GB/T 32864—2016

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238  
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 46 千字  
2016年10月第一版 2016年10月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-54197 定价 27.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 32864-2016