DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0218—2006

滑坡防治工程勘查规范

Specification of geological investigation for landslide stabilization

2006-06-05 发布　　2006-09-01 实施

中华人民共和国国土资源部　发布

目　次

前言 …… Ⅲ
引言 …… Ⅳ
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　基本规定 …… 2
6　滑坡与崩塌分类及危害分级 …… 3
7　滑坡调查 …… 5
8　可行性论证阶段勘查 …… 6
9　设计阶段勘查 …… 9
10　施工阶段勘查 …… 11
11　主要勘查方法 …… 12
12　物理力学试验与稳定状态分析 …… 18
13　竣工地质报告 …… 20
附录A（资料性附录）　国际斜坡运动分类 …… 21
附录B（资料性附录）　滑坡监测适用方法技术简表 …… 24
附录C（资料性附录）　物探测试方法与适用范围简表 …… 26
附录D（资料性附录）　滑坡岩(土)体物理力学性质试验项目 …… 33
附录E（规范性附录）　滑坡稳定性评价和推力计算公式 …… 35
附录F（资料性附录）　水位变化岸段地下水位浸润计算方法 …… 40

前　言

本规范的附录E为规范性附录。附录A、附录B、附录C、附录D、附录E、附录F为资料性附录。

本规范由国土资源部地质环境司提出。

本规范由国土资源部国际合作与科技司归口管理。

本规范主要起草单位：中国地质调查局。

本规范主要起草人：殷跃平、张作辰、彭轩明、张茂省、郑万模、赵松江、郭建强、张开军、李晓春、彭光泽、黎力、刘安云、张斌、马飞、孙党生、陈红旗、杨旭东、魏兴丽。

本规范由国土资源部地质环境司负责解释。

引　言

为提高滑坡勘查技术水平，统一技术标准，确保防治工程地质依据充分、安全可靠、经济合理、技术可行，特制定本规范。

本规范是在充分研究国内外有关滑坡勘查技术标准和较为成熟的方法技术基础上，并结合市政与工程建设，自然地质景观保护等编写而成。本规范将滑坡勘查作为动态过程，并将监测作为组成内容，强调采用信息反馈法进行全过程勘查，全文共分 13 章，包括范围、规范性引用文件、术语和定义、总则、基本规定、滑坡与崩塌分类及危害分级、滑坡调查、可行性论证阶段勘查、设计阶段勘查、施工阶段勘查、主要勘查方法、物理力学试验与稳定状态分析、竣工地质报告等内容。

滑坡防治工程勘查规范

1 范围

本规范规定了滑坡与崩塌分类及危害分级、可行性论证阶段、设计阶段、施工阶段勘查以及应急治理的勘查要求，并规定了主要勘查方法、物理力学试验与稳定状态分析、竣工地质报告等内容。

本规范适用于自然滑坡防治工程的勘查，也可用于水利水电、铁道、交通、城建、矿山等行业的滑坡防治工程勘查。

本规范中除特别注明外，可适用于崩塌防治工程勘查。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 50021—2001 岩土工程勘察规范

GB/J 50123—1999 土工试验方法标准

GB/T 50266—1999 工程岩体试验方法标准

GB 50287—1999 水利水电工程地质勘察规范

JGJ 89—1992 原状土取样技术标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

滑坡 landslide

地质体沿地质弱面向下滑动的重力破坏。滑坡通常具有双重含义，可指一种重力地质作用的过程，也可指一种重力地质作用的结果。

注：本规范中泛指已经发生的滑坡和可能以滑坡形式破坏的不稳定斜坡或变形体。

3.2

崩塌 fall

地质体在重力作用下，从高陡坡突然加速崩落或滚落(跳跃)。具有明显的拉断和倾覆现象。

注：本规范的崩塌包括了危岩体和崩塌堆积体。

3.3

危岩体 dangerous rockmass

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。

3.4

变形体 deformable rockmass

受重力作用，未形成清晰滑移或崩塌的地质分离体，在开挖等人工扰动下，即易转化为滑坡或崩塌。

3.5

滑坡勘查 landslide investigation

通过调查、测绘、勘探等手段，对滑坡区进行的地质工作，提出综合报告和图件。

3.6

重大地质结论变化 major geologic recognition change

勘查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较大修改、补充或调整。

3.7

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。

3.8

滑坡防治工程可行性论证阶段 feasibility stage

对滑坡防治的设计方案进行技术、经济、社会和环境效益等比选研究，含规划立项阶段。对应勘查阶段为初步勘查。

3.9

滑坡防治工程设计阶段 design stage

包括初步设计和施工图设计两个阶段，也可合并为一个设计阶段。对应勘查阶段为详细勘查。

3.10

滑坡防治工程施工阶段 construction stage

根据设计图实施滑坡防治工程。对应勘查阶段为补充勘查。

4 总则

4.1 滑坡防治工程勘查针对性强，应认真调查研究，充分利用已有资料，及时分析掌握信息。工作内容和工作量应根据滑坡危险区的地质条件、工作阶段和工程建设需要确定。

4.2 滑坡防治工程勘查应采用安全可靠的技术手段，其采用的技术手段不应引起滑坡滑动。勘查中发现与前期地质结论不符的重大地质结论变化时，应及时通知业主单位。

5 基本规定

5.1 对应于防治工程的立项、可行性论证、设计、施工等阶段，可将滑坡和崩塌勘查划分为滑坡调查、可行性论证阶段勘查、设计阶段勘查、施工阶段勘查四个步骤。对于规模小，结构简单，治理工期短的滑坡，可根据实际情况合并勘查阶段，简化勘查程序。

5.2 地质条件简单的崩塌体，可将可行性论证阶段勘查与设计阶段勘查合并。可行性论证阶段勘查的勘查成果应能满足设计阶段的要求，并在施工阶段补充必要的勘查工作。

5.3 滑坡防治工程勘查是动态过程，应将监测作为勘查的组成内容，采用信息法进行全过程勘查，及时向业主单位提供滑坡地质信息，并可分阶段提出勘查报告。

5.4 应根据滑坡和崩塌体分布和结构特征，有针对性地布置勘查点线，不宜盲目采用等间距方式网格状布置勘探线。

5.5 各阶段的勘查任务应依据任务书或合同要求确定。任务书或合同须明确防治阶段、工作目的、技术指标和勘查要求。业主与勘查单位应在现场进行具体勘查内容的商定。

5.6 在开展勘查之前，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查工作条件，编制相应的勘查设计报告，并报业主。

5.7 勘查设计书应包括：勘查目的、工程概况和勘查阶段；勘查区地理位置及交通、地形地貌；地质条件及前人工作程度；勘查内容、方法、工作量及工程布置图；进度计划及完成日期；经费概(预)算等。

5.8 各阶段滑坡勘查应进行工程地质测绘，并应满足下列要求，见表1。

表 1 滑坡工程地质测绘比例尺建议

滑坡长度或宽度/m	平面测绘比例尺	剖面图比例尺
≤500	1∶500～1∶100	1∶500～1∶100
500～1 000	1∶1 000～1∶250	1∶1 000～1∶250
≥1 000	1∶2 500～1∶500	1∶2 500～1∶500

5.9 滑坡防治工程勘查的各项野外工作均应进行现场验收。在验收通过前，钻孔岩芯、山地工程关键地质露头应保留完整。原始资料应真实、准确、完整，并应提出初步分析结果。

5.10 应急治理是滑坡防治的特殊阶段，其勘查可参照本规范的规定，选择高效、快速的手段，合理判断滑坡体分布、结构、变形滑移趋势，并采用反演法，结合现场实际，确定滑坡(带)物理力学参数。

6 滑坡与崩塌分类及危害分级

6.1 滑坡类型划分

滑坡分类应符合下列规定：

a) 根据滑坡体的物质组成和结构形式等主要因素，应按表 2 进行分类。

表 2 滑坡物质和结构因素分类

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，沿下伏基岩或体内滑动。
	崩塌堆积体滑坡	由前期崩塌等形成的块碎石堆积体，沿下伏基岩或体内滑动。
	崩滑堆积体滑坡	由前期崩滑等形成的块碎石堆积体，沿下伏基岩或体内滑动。
	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。
	人工填土滑坡	由人工开挖堆填弃渣构成，次生滑坡。
岩质滑坡	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≤10°。
	顺层滑坡	由基岩构成，沿顺坡岩层滑动。
	切层滑坡	由基岩构成，常沿倾向山外的软弱面滑动。滑动面与岩层层面相切，且滑动面倾角大于岩层倾角。
	逆层滑坡	由基岩构成，沿倾向坡外的软弱面滑动，岩层倾向山内，滑动面与岩层层面相反。
	楔体滑坡	在花岗岩、厚层灰岩等整体结构岩体中，沿多组弱面切割成的楔形体滑动。
变形体	危岩体	由基岩构成，受多组软弱面控制，存在潜在崩滑面，已发生局部变形破坏。
	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) 根据滑坡体厚度、运移形式、成因、稳定程度、形成年代和规模等其他因素，应按表 3 进行分类。

6.2 崩塌类型划分

a) 崩塌规模等级划分见表 4。

b) 崩塌类型划分见表 5。

表 3　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
运动形式	推移式滑坡	上部岩层滑动，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。
发生原因	工程滑坡	由于施工或加载等人类工程活动引起滑坡。还可细分为： 1. 工程新滑坡：由于开挖坡体或建筑物加载所形成的滑坡； 2. 工程复活古滑坡：原已存在的滑坡，由于工程扰动引起复活的滑坡。
	自然滑坡	由于自然地质作用产生的滑坡。按其发生的相对时代可分为古滑坡、老滑坡、新滑坡。
现今稳定程度	活动滑坡	发生后仍继续活动的滑坡。后壁及两侧有新鲜擦痕，滑体内有开裂、鼓起或前缘有挤出等变形迹象。
	不活动滑坡	发生后已停止发展，一般情况下不可能重新活动，坡体上植被较盛，常有老建筑。
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	小型滑坡	$<10\times10^4$ m^3
	中型滑坡	10×10^4 m^3～100×10^4 m^3
	大型滑坡	100×10^4 m^3～$1\,000\times10^4$ m^3
	特大型滑坡	$1\,000\times10^4$ m^3～$10\,000\times10^4$ m^3
	巨型滑坡	$>10\,000\times10^4$ m^3

表 4　崩塌规模等级

灾害等级	特大型	大型	中型	小型
体积 V(10^4 m^3)	$V\geqslant100$	$100>V\geqslant10$	$10>V\geqslant1$	$V<1$

表 5　崩塌分类及特征

类型	岩性	结构面	地形	受力状态	起始运动形式
倾倒式崩塌	黄土、直立或陡倾坡内的岩层	多为垂直节理，陡倾坡内～直立层面	峡谷、直立岸坡、悬崖	主要受倾覆力矩作用	倾倒
滑移式崩塌	多为软硬相间的岩层	有倾向临空面的结构面	陡坡通常大于 55°	滑移面主要受剪切力	滑移、坠落
鼓胀式崩塌	黄土、粘土、坚硬岩层下伏软弱岩层	上部垂直节理，下部为近水平的结构面	陡坡	下部软岩受垂直挤压	滑移、倾倒
拉裂式崩塌	多见于软硬相间的岩层	多为风化裂隙和重力拉张裂隙	上部突出的悬崖	拉张	坠落
错断式崩塌	坚硬岩层、黄土	垂直裂隙发育，通常无倾向临空面的结构面	大于 45°的陡坡	自重引起的剪切力	下错、坠落

6.3 危害对象确定及等级

6.3.1 应根据滑坡和崩塌所危及的范围确定其危害对象，危害对象包括县城、村镇、主要居民点以及矿山、交通干线、水库等重要公共基础设施。

6.3.2 应根据危害对象的重要性和灾害损失程度按表 6 划分危害等级。

6.4 滑坡与崩塌勘查地质条件复杂程度划分

滑坡与崩塌勘查的地质条件复杂程度可根据地形地貌、地层岩性、地质构造、岩(土)体工程地质水文地质等特征划分为简单和复杂二类，见表 7。

表 6 危害对象等级划分

危害等级		一级	二级	三级
潜在经济损失		直接经济损失>1 000 万元，或潜在经济损失大于 10 000 万元	直接经济损失 1 000 万元～500 万元，或潜在经济损失 5 000 万元～10 000 万元	直接经济损失<500 万元，或潜在经济损失<5 000 万元
危害对象	城镇	威胁人数>1 000 人	威胁人数 1 000 人～500 人	威胁人数<500 人
	交通道路	一、二级铁路；高速公路	三级铁路；一、二级公路	铁路支线；三级以下公路
	大江大河	大型以上水库，重大水利水电工程	中型水库，省级重要水利水电工程	小型水库，县级水利水电工程
	矿山	能源矿山，如煤矿	非金属矿山，如建筑材料	金属矿山，稀有、稀土矿

表 7 滑坡与崩塌勘查地质条件复杂程度分类表

勘查地质条件类型	特征
简单	单斜地层，岩层平缓，岩性岩相变化不大，地质界线清楚；围岩露头良好，岩体工程地质质量好；地形起伏小，地貌类型单一；第四系沉积相单一，构造结构好，重力地质作用弱，风化卸荷裂隙不发育，风化层厚度薄。
复杂	褶皱和断层发育，岩性岩相变化大，地质界线不清楚；地质露头出露差，岩体工程地质质量差；地形起伏大，地貌类型多变；卸荷裂隙发育，风化层厚度大，植被发育，堆积层厚度巨大；水文地质条件变化大。

7 滑坡调查

7.1 一般规定

7.1.1 滑坡调查是滑坡勘查的前期准备阶段，是滑坡防治工程项目的立项依据。

7.1.2 滑坡调查应以资料收集、地面调查为主，适当结合测绘与勘查手段，初步查明滑坡的分布范围、规模、结构特征、影响及诱发因素等，并对其稳定性和危险性进行初步评估。

7.2 区域环境地质调查

应以资料收集为手段，初步了解滑坡区的地形地貌条件，地质构造条件，岩(土)体工程地质条件，水文地质条件，环境地质条件与人类工程经济活动。

7.3 地面调查

7.3.1 应初步查清滑坡区地形地貌特征，地质构造特征。

7.3.2 应查清滑坡边界特征、表部特征、内部特征与变形活动特征。

7.3.3 应查清滑坡周边地区人类工程经济活动。

7.3.4 应基本了解滑坡类型、形态与规模、运动形式、形成年代与稳定程度。

7.3.5 应基本了解地下水性质、入渗情况及产流条件。

7.3.6 应对滑坡影响范围，承灾体的易损性及滑坡的危险性进行初步评估。

8 可行性论证阶段勘查

8.1 一般规定

8.1.1 可行性论证阶段勘查是滑坡防治工程勘查的重要阶段，应提交含对滑坡机理及防治方案的定论的勘查报告。

8.1.2 应基本了解滑坡所处地质环境条件，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，提供滑坡基本物理力学参数，分析滑坡成因，进行稳定性评价，满足制定防治工程方案的地质要求。

8.1.3 勘查应结合防治方案可行性论证进行，采用互动反馈方式，合理确定滑坡体(包括滑面或滑带土)物理力学指标，判定滑坡稳定状态，提出防治工程建议方案。

8.2 地质环境条件调查

8.2.1 以资料收集为主，确定工作区地貌单元的成因形态类型。包括：斜坡形态、类型、结构、坡度，以及悬崖、沟谷、河谷、河漫滩、阶地、沟谷口冲积扇等；微地貌组合特征、相对时代及其演化历史。

8.2.2 以资料收集为主，了解地层层序、地质时代、成因类型，特别是易滑地层的分布与岩性特征和接触关系，以及可能形成滑动带的标志性岩层。

8.2.3 以资料收集为主，了解区域断裂活动性、活动强度和特征，以及区域地应力、地震活动、地震加速度或基本烈度。分析区域新构造运动、现今构造活动、地震活动以及区域地应力场特征。

8.2.4 核实调查主要活动断裂规模、性质、方向、活动强度和特征及其地貌地质证据，分析活动断裂与滑坡、崩塌灾害的关系。

8.2.5 调查各种构造结构面、原生结构面和风化卸荷结构面的产状、形态、规模、性质、密度及其相互切割关系，分析各种结构面与边坡几何关系及其对滑坡稳定性的影响。

8.2.6 调查了解工程岩组，包括：岩体产状、结构和工程地质性质，并应划分工程岩组类型及其与滑坡灾害的关系，确定软弱夹层和易滑岩组。

8.2.7 了解社会经济活动，包括：城市、村镇、乡村、经济开发区、工矿区、自然保护区的经济发展规模、趋势及其与滑坡灾害的关系。

8.2.8 充分收集水文、气象资料。应掌握多年平均降雨量、最大降雨量、暴雨及降雨季节、勘查区沟谷最大流量、气温等信息。

8.3 滑坡工程地质测绘

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 当采用排水工程进行滑坡防治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。

8.3.3 当滑坡危及剪出口下部建筑物或可能对下部河流堵江，应测绘包括危害区的纵向控制性剖面。

8.3.4 地形地貌测绘应包括：宏观地形地貌(地面坡度与相对高差、沟谷与平台、鼓丘与洼地、阶地及堆积体、河道变迁及冲淤等)和微观地形地貌(滑坡后壁的位置、产状、高度及其壁面上擦痕方向；滑坡两侧界线的位置与性状；前缘出露位置、形态、临空面特征及剪出情况；后缘洼地、反坡、台坎、前缘鼓胀、侧缘翻边埂等)。

8.3.5 岩(土)体工程地质结构特征测绘应包括：周边地层、滑床岩(土)体结构；滑坡岩体结构与产状，或堆积体成因及岩性；软硬岩组合与分布、层间错动、风化与卸荷带；粘性土膨胀性、黄土柱状节理；滑带(面)层位及岩性。

8.3.6 滑坡裂缝测绘应包括：分布、长度、宽度、形状、力学属性及组合形态；并应对建筑物开裂、鼓胀或压缩变形进行测绘，现场作出与滑坡的关系判断。

8.3.7 调查滑坡体上植被类型(草、灌、乔等)及持水特性；马刀树和醉汉林分布部位，池塘与稻田分布

及水体特征、坡耕地、果园分布及灌渠。

8.3.8 调查滑坡区人类工程活动，包括：开挖切脚或斩腰、道路与车载、民居与给排水、堡坎和晒坝、工程弃渣及堆载、采矿或爆破、人防工程或窑洞。

8.3.9 初步查明地表水入渗情况、产流条件、径流强度、冲刷作用，以及地表水的流通情况、灌溉、库水位及升降。开展简易入渗试验、提供初步入渗系数。

8.4 崩塌工程地质测绘

8.4.1 崩塌调查包括危岩体调查和已有崩塌堆积体调查。

8.4.2 崩塌测绘内容应包括(见表8)：

a) 危岩体和崩塌类型、规模、范围，崩塌体的大小和崩落方向；

b) 岩体基本质量等级、岩性特征和风化程度；

c) 地质构造，岩体结构类型，裂缝和结构面的产状、组合与交切关系、闭合程度、力学属性、延展及贯穿情况；

d) 崩塌前的迹象和崩塌原因。

表8 崩塌工程地质调查主要内容

调查对象	调查要点
危岩体	1. 危岩体位置、形态、分布高程、规模。 2. 危岩体及周边的地质构造、地层岩性、地形地貌、岩(土)体结构类型、斜坡组构类型。岩(土)体结构应初步查明软弱(夹)层、断层、褶曲、裂隙、裂缝、临空面、侧边界、底界(崩滑带)以及它们对危岩体的控制和影响。 3. 危岩体及周边的水文地质条件和地下水赋存特征。 4. 危岩体周边及底界以下地质体的工程地质特征。 5. 危岩体变形发育史。历史上危岩体形成的时间，危岩体发生崩塌的次数、发生时间，崩塌前兆特征、方向、运动距离、堆积场所、规模、诱发因素，变形发育史、崩塌发育史、灾情等。 6. 危岩体成因的诱发因素。包括降雨、河流冲刷、地面及地下开挖、采掘等因素的强度、周期以及它们对危岩体变形破坏的作用和影响。在高陡临空地形条件下，由坚下硐掘型采矿引起山体开裂形成的危岩体，应详细调查采空区的面积、采高、分布范围、顶底板岩性结构，开采时间、开采工艺、矿柱和保留条带的分布、地压现象(底鼓、冒顶、片帮、鼓帮、开裂、压碎、支架位移破坏等)、地压显示与变形时间，地压监测数据和地压控制与管理办法，研究采矿对危岩体形成与发展的作用和影响。 7. 分析危岩体崩塌的可能性，初步划定危岩体崩塌可能造成的灾害范围，进行灾情的分析与预测。 8. 危岩体崩塌后可能的运动方式和轨迹，在不同崩塌体积条件下崩塌运动的最大距离。在峡谷区，要重视气垫浮托效应和折射回弹效应的可能性及由此造成的特殊运动特征与危害。 9. 危岩体崩塌可能到达并堆积的场地的形态、坡度、分布、高程、地层岩性与产状及该场地的最大堆积容量。在不同体积条件下，崩塌块石超过该堆积场地向下运移的可能性，最终堆积场地。 10. 可能引起的其他次生灾害类型(如涌浪，堰塞湖等)和规模、确定其成灾范围，进行灾情的分析与预测。
崩塌堆积体	1. 崩塌源的位置、高程、规模、地层岩性、岩(土)体结构特征及崩塌产生的时间。 2. 崩塌体运移斜坡的形态、地形坡度、粗糙度、岩性、起伏差，崩塌方式、崩塌块体的运动路线和运动距离。 3. 崩塌堆积体的分布范围、高程、形态、规模、物质组成、分选情况、植被生长情况、特别是组成物质的块度(必要时需进行块度统计和分区)、结构、架空情况和密实度。 4. 崩塌堆积床形态、坡度、岩性和物质组成、结构面产状。 5. 崩塌堆积体内地下水的分布和运移条件。 6. 评价崩塌堆积体自身的稳定性和在上方崩塌体冲击荷载作用下的稳定性，分析在暴雨等条件下向泥石流、滑坡转化的条件和可能性。

8.4.3 崩塌测绘的内容应包括崩塌区地形测绘和地质测绘两个方面。

a) 测绘平面图比例尺宜在1∶500～1∶2 000之间。

b) 测绘剖面图比例尺宜在1∶100～1∶1000之间。对主要裂缝应专门进行更大比例尺测绘和绘制素描图。

8.4.4 应调查崩塌造成的灾害损失，分析预测崩塌可能造成灾害的影响范围，圈定危险区，确定受威胁对象，预测损失程度。

8.4.5 崩塌勘探方法应以物探、剥土、探槽、探井等山地工程为主，可辅以适量的钻探验证。

8.5 勘探和测试

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

8.5.2 可采用主一辅剖面法，不少于一条纵、横剖面布置勘探线。勘探线应由钻探、井探、槽探及物探等勘探点构成。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，在其两侧可布置辅助勘探线。横向勘探线宜布置在滑坡中部至前缘剪出口之间。

8.5.3 勘探点间距应根据滑坡结构复杂程度和规模确定，见表9。主勘探线与辅勘探线间距40 m～100 m。主勘探线勘探点一般不宜少于3个，点间距可为40 m～80 m。辅勘探线勘探点间距一般为40 m～160 m。勘探点之间可用物探方法进行验证连接。

表9 勘探点线间距布置要求

勘查地质条件类型	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	60～100	60～100	80～160
	横向	60～100	60～100	80～160
复杂	纵向	40～80	40～80	40～120
	横向	40～80	40～80	40～120

8.5.4 勘探方法应采用钻探、井探或槽探相结合，并用物探沿剖面线进行探测验证。勘探孔的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1/3，并不小于5 m。

8.5.5 对结构复杂的大型滑坡体，可采用探硐进行勘探，并绘制大比例尺的展示图，进行照(录)像。应选择合理的掘进和支护方式，严禁对滑坡产生过大扰动。

8.5.6 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。在探井、探槽或探硐中，对滑带土应取原状土样。当无法采取原状土样时，可取保持天然含水量的扰动土样进行重塑样试验。

8.5.7 初步查明地下水基本特征，包括：含水层分布、类型、富水性、渗透性、地下水位变化趋势、主要隔水层的岩性、厚度和分布，地下水化学特征，泉点、地下水溢出带、斜坡潮湿带等分布及动态情况。

8.5.8 应结合钻孔和探井进行地下水位动态观测，并分析地下水的流向、径流和排泄条件、地下水渗透性等。

8.6 施工条件调查

8.6.1 结合可能采取的滑坡防治工程技术，调查施工场地、工地住房、工作道路的地形地貌，并进行安全评估，测图范围及精度视现场情况酌定。

8.6.2 对防治工程所需天然建筑材料分布，对沙、砂石、砾石、块石、毛石等的质量和储量踏勘和评估。天然骨料缺乏或质量不符合工程要求时，须对人工料源进行初查。

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

8.7 监测

8.7.1 可行性阶段监测应初步了解滑坡变形特征，评估防治的紧迫性和必要性，论证失稳模式及规模，并提出防治意见。

8.7.2 监测内容宜以地面变形和位错为主，并包括建筑物变形与开裂。对于明确受地下水动态控制的滑坡，应开展地下水位监测，并同时进行地表水监测。

8.7.3 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。在勘查区内存在2处以上滑坡变形区情况下，可联合布置监测网。

8.7.4 对危害等级为一级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。

8.7.5 监测网布置应结合勘查情况，监测点应充分配合钻探、井槽探布设，主要监测点应满足设计阶段使用要求。

8.7.6 监测周期可为3d～15d。滑坡变形加剧时，必须加密监测，其测次及周期视具体情况而定。

8.7.7 监测资料分析应配合其他勘查成果，相互校核。监测报告应包括以下内容：工作概况、监测方法及布网、监测资料分析、结论及建议。对确需防治的滑坡，应提出防治工程设计建议。附图：监测网布置平面图、位移矢量图、位移和显著地质环境动态的关系曲线图。

8.8 勘查报告

滑坡勘查报告应包括：序言、地质环境条件、滑坡区工程地质和水文地质条件、滑坡体结构特征、滑带特征、滑坡变形破坏特征及稳定性评价、推力分析、滑坡防治工程方案建议等。并提供相应的平面图、剖面图、专题图、地球物理勘探报告、钻孔柱状图、竖井和探硐展示图、滑体等厚线、地下水等水位线、岩(土)体物理力学测试报告、地下水动态监测报告、滑坡变形监测报告等原始附件。

9 设计阶段勘查

9.1 一般规定

9.1.1 设计阶段包括初步设计和施工图设计两阶段，合称为设计阶段勘查。

9.1.2 设计阶段勘查应结合防治工程部署，充分利用可行性论证阶段的初步勘查成果，进行重点勘查。

9.1.3 重点查明滑坡岩(土)体结构、空间几何特征和体积、水文地质条件，提供工程设计需用的岩(土)体物理力学参数，进行稳定性评价和推力计算，满足工程设计图的地质要求。

9.2 工程地质测绘

9.2.1 根据可行性论证推荐的防治方案，开展工程部署区大比例尺测绘。

9.2.2 地面排水工程测绘应沿排水沟工程轴线追索进行，内容包括：地形、坡度、岩(土)体结构。以纵剖面图测绘为主，比例尺宜为1∶100～1∶500，并在沿线不同单元处测绘横剖面图。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∶100～1∶500。对廊道口应提交进硐工程地质立面图，比例尺宜为1∶20～1∶100。

9.2.3 抗滑桩和锚固工程的测绘沿工程布置轴线进行，内容包括地形、坡度、岩(土)体结构的测绘。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，可测绘工程布置立面图(展示图)，并提交工程区轴向工程地质剖面图，比例尺宜为1∶200～1∶500。

9.2.4 挡墙工程的测绘应沿工程布置轴线进行，包括地形、坡度、滑体结构、滑带的测绘，比例尺宜为1∶250～1∶1000。并提交工程区纵向的工程地质剖面图，比例尺宜为1∶50～1∶100。

9.2.5 刷方减载和回填压脚工程的测绘应提供工程区纵、横剖面图，包括地形、坡度、岩(土)体结构等，剖面间距20 m～100 m，并对不同的单元或转折地段应有剖面控制，比例尺宜为1∶50～1∶500。

9.3 勘探和测试

9.3.1 应结合地质条件和防治工程方案，对初步勘查阶段的勘探线进行加密勘查，勘探点线间距布置要求见表10。纵向主勘探线勘探点间距宜加密为40 m～60 m，并对纵向辅勘探线适度加密，勘探点间距宜为80 m～120 m。横向勘探线重点布置在工程实施部位，勘探点间距宜为40 m～120 m。

9.3.2 勘探方法应采用钻探和井探相结合。钻探和井探的要求应与初勘阶段相同。

9.3.3 滑带与滑体岩土物理、水理与力学性质指标测试的要求应与初勘阶段相同。

9.3.4 施工的钻孔应进行注(抽)水试验，并可作为地下水位动态观测孔，宜延续至工程竣工后，以判定滑体的浸湿深度、渗透性变化以及滑坡稳定性。

表 10 勘探点线间距布置要求

勘查地质条件类型	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	60～100	60	120
	横向		60～120	
复杂	纵向	40～80	40	80

9.3.5 当滑坡滑床岩体强度条件复杂，采用锚固工程且参数难以进行类比时，应进行现场拉拔试验，获取可靠的抗拉拔力和注浆参数。

9.3.6 当滑坡体结构破碎，注浆量和注浆参数难以进行类比时，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 对稳定性差，或施工期间扰动大的滑坡应进行监测。

9.4.2 对危害程度为一级的滑坡，应进行包括地表变形、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 对危害程度为二、三级的滑坡，宜进行以地表变形、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，深部位移为辅。地表位移监测包括：

a) 绝对位移监测。监测滑坡体表层的三维(X、Y、Z)位移量、位移方向与位移速率。

b) 相对位移监测。监测滑坡体重点变形部位、周边裂缝、崩滑带等点与点之间的相对位移量，包括张开、闭合、错动、抬升、下沉等。

c) 地表倾斜监测。测定监测点的地面角度变化，得出地表倾斜变形的特征与趋势。

9.4.5 地下深部变形监测包括利用钻孔测定不同深度的变形特征，以及在探硐内对裂缝、滑带或特征地层位移的监测。

9.4.6 地表水监测可包括与滑坡体形成和活动有关的地表水水位、流量、入渗率、含沙量等动态变化，以及地表水冲蚀情况和冲蚀作用对滑坡体的影响。

9.4.7 地下水监测宜包括钻孔、井、硐、坑等地下水的水位、水压、水量、水温、水质等动态变化；以及泉水的流量、水温、水质等动态变化。

9.4.8 可在地表或地下(钻孔、平斜硐内)埋设地应力计，测量滑坡体内地应力状态及其变化。应划分拉力区、压力区，并分析压力变化，用以推断岩体变形及应力状态。

9.4.9 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。根据工程地质情况，在滑坡范围内，沿滑坡纵横轴线分别布置 2～3 条监测断面，每断面监测点不少于 3 个。

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

9.4.11 监测周期分为正常监测周期和特殊监测周期。正常监测周期为 3d，特殊监测周期必须加密，其测次视具体情况而定。

9.5 勘查报告和图件

9.5.1 滑坡勘查报告应包括：序言、滑坡区工程地质和水文地质条件、滑坡体结构特征、滑带特征、滑坡变形破坏及稳定性评价、推力分析等。并提供岩(土)体物理力学测试、原位岩土力学试验、设计参数试验、地下水动态监测、滑坡变形监测等原始报告和附件。

9.5.2 结合滑坡防治工程，应专门提交供设计图使用的工程地质图册，并以纸质和电子文档形式提交，包括：各防治单元的平面图、立面图、剖面图、钻孔柱状图、探井和探硐展示图及综合工程地质图等图件。

10 施工阶段勘查

10.1 一般规定

10.1.1 施工阶段勘查包括防治工程实施期间，开挖和钻探所揭示的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的地形地质状况测绘、编制施工前后地质变化对比图、并对其作出评价结论。

10.1.2 施工阶段勘查应采用信息反馈法，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，情况紧急时应及时通知施工和设计单位，采取必要的防范措施。

10.1.3 施工阶段勘查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 开挖露头测绘与钻孔勘探

10.2.1 施工地质工作方法应采用观察、素描、实测、摄影、录像等手段编录和测绘施工揭露的地质现象，对滑体、滑床、滑带、软弱岩层、破碎带及软弱结构面宜进行复核性岩土物理力学性质测试，可进行必要的变形监测或地下水观测。

10.2.2 根据施工设计图开挖最终形成的地质露头，应在工程实施前进行工程地质测绘，提交平面图、剖面图、断面图或展示图，并进行照(摄)像。

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

10.2.4 抗滑桩开挖的探井，在开挖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。在主剖面线的探井内采取主滑带和软弱带原状样，进行抗剪强度试验，复核或校证原地质报告的结论。

10.2.5 对于一级防治工程，宜抽取锚杆(索)钻孔总数的5%，且不宜少于3孔，采用物探等手段，结合钻进判断滑带位置和进行岩(土)体质量划分。

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 在设计阶段监测基础上，针对防治工程，增设监测网点，掌握滑坡体变形破坏过程和施工效果。

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地下水变化监测，提供排水效果数据。

10.3.3 应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滑坡体的变形过程。监测点数不少于锚索总数的5%，且不少于2处。

10.3.4 应采用压力盒等测定抗滑桩工程实施后滑坡体的推力变化。压力盒主要沿滑坡主滑方向布置。

10.4 补充工程地质勘查

10.4.1 施工期间发现滑坡重大地质结论变化，应进行补充工程地质勘查，提交补充工程地质勘查报告。重大地质结论变化包括：局部滑体变形加剧或滑动；滑坡岩(土)体结构与原报告差异大；滑动面埋深与原报告相差达20%以上等。

10.4.2 补充工程地质勘查主要针对变化区进行，采用工程地质测绘、物探、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，地下水存在状态与运动形式、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。

10.4.3 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。

10.4.4 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。对工程的设计方案和施工方案的变更提出建议。

10.4.5 补充工程地质勘查报告应根据工程实际存在的地质问题有针对性确定，内容包括：前言，施工情况及问题经过，新发现的滑坡体结构特征、滑带特征，滑坡变形破坏特征，变化区滑体稳定性评价和推力分析，以及滑坡整体稳定性评价，滑坡防治工程方案变更或补充设计建议等。

10.4.6 补充工程地质勘查报告附件包括：平面图、剖面图、钻孔柱状图、探井和探硐展示图，以及地球物理勘探报告，岩(土)体物理力学测试报告、地下水动态监测报告、滑坡变形监测报告等原始材料。

11 主要勘查方法

11.1 一般规定

11.1.1 应充分利用前期已有勘查资料，加强地质综合分析，合理使用勘探工作量。

11.1.2 勘查方法的选用须论证对滑坡和崩塌的扰动程度。采用井探、硐探、槽探等开挖量大的山地工程时，应进行专门的工程影响评估，并提出紧急情况处理预案。

11.1.3 可行性论证阶段以地表工程地质测绘为主要勘查方法。应充分利用天然和人工地质露头进行地质测绘，可布置适宜的勘探线，采取钻探、物探、槽井探等勘查手段查明滑坡形态和地质条件。

11.1.4 设计阶段应在可行性论证阶段勘查成果上，针对需要进一步查明具体工程设计部位的地质情况，以补充钻探、物探、井硐探等勘查方法为主，以工程地质测绘为辅。

11.1.5 施工阶段勘查方法以工程揭露地质验证、编录、修测为主，局部需要工程变更设计的部位可补充钻探、井探。

11.2 工程地质测绘

11.2.1 应充分收集已有地形图、遥感影像、水文气象、地质地貌等资料，了解滑坡的历史及前人工作程度，并访问调查和线路踏勘，对滑坡区地质背景、构造轮廓、变形范围等有一个基本认识。

11.2.2 地形图成图规格应根据滑坡区范围、比例尺的要求，选择 A0、A1、A2、A3 等矩形分幅，以滑坡区范围完整的表达在一个分幅内为宜。

11.2.3 滑坡区测量坐标系统宜采用 1954 年北京坐标系，高程系统宜采用 1956 年黄海高程系。对联测困难的山区也可采用独立坐标系和假设高程。

11.2.4 地形图上需表示的内容除按《工程测量规范》中的相应规定及《1∶500、1∶1000、1∶2000 地形图图式》执行外，还应将滑坡区及周边影响区主要的水沟、水坑、水塘、泉水、裂缝、塌陷坑、鼓丘、开裂房屋等与滑坡有关的水文点、微地貌、地形变点等表达在地形图上。重要地质现象不受比例尺限制，可用符号夸大表示。

11.2.5 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不大于图上 0.5 mm，邻近地物点间距中误差不大于图上 0.4 mm。隐蔽或施测困难地区，可相应放宽 1/2，即 0.75 mm和 0.6 mm。高程注记点一般选在明显地形或地物点上，图上注记至 0.1 m，其密度不少于每方格网 10～15 个。等高线插求点高程中误差为 0.5 m，困难地形可放宽 1/2，即 0.75 m。

11.2.6 工程地质测绘须采用定点法进行测绘，对于滑坡边界、裂缝、软弱层(带)、剪出口等重要地质现象，应进行追索并沿线合理定点测绘。根据观测点之间的联系，在野外实地勾绘连接观测点之间的地质界线草图，接图部分的地质界线必须衔接吻合。

11.2.7 工程地质观测点的布置与测量点密度可以达到最佳调查测绘效果为准。对于与滑坡有关的重要地质现象，应有足够的调查点控制，如滑坡边界点、软弱层(带)点、地面形变点、泉水等。图面上观测点间距以 2 cm～5 cm 为宜。观测点应分类编号，在实地用红漆或木桩标志，在野外手图上标出点号，用专用卡片详细记录。

11.2.8 工程地质观测点可分为：地质点（包括构成滑坡地质体的地层岩性、地貌、地质构造、斜（岸）坡结构、裂隙统计等调查点）；水文点（包括溪沟、井泉等调查点）；地形变点（包括滑坡后壁、侧界、剪出口的边界点；与滑坡有关的裂缝、洼地、鼓丘等微地貌；滑带露头等调查点）。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。

11.2.9 滑坡平面图测绘精度应满足如下要求：宏观地形地貌在图上宽度大于 2 mm 的现象应按比例描绘；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；地质界线图上误差不应超过 2 mm；其他地段不应超过 5 mm。

11.2.10 滑坡剖面图应与滑坡勘探线一致，采用与平面图等同或更大的比例尺，须满足滑坡稳定性评价和防治工程设计的要求。每条剖面两端点、剖面控制点应埋设标志，每一条剖面至少应有两个标志点；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。剖面图应注明名称、编号、比例尺、剖面实测方位等。

11.2.11 滑坡剖面图包括能反映滑坡纵向和横向结构与发育分布特征的全剖面图，以及用于工程设计的局部剖面图。局部剖面图比例尺宜大于 1∶500。

11.2.12 钻孔等勘探点工程测量应用全站仪或光电测距仪极坐标法测定：水平角、垂直角、距离均测一个测回；钻孔平面位置以封孔后标石中心或套管中心为准，高程以套管口为准，并量取标石面或套管口至地面的高差。

11.2.13 重要地质观测点测量应使用经纬仪或全站仪采用极坐标法测量：水平角、垂直角盘左测半测回，距离读数一次；在同一测站测定点数量超过 10 个或观测时间超过 1 h 后，应重新整平仪器并重新归零。

11.2.14 在受表土覆盖影响的地段，如滑坡边界等地质界线和剪出口等滑坡形迹被覆盖，或露头不清时，可采用剥土、槽探等手段进行人工揭露，以保证测绘精度和查明主要地质问题。

11.2.15 工程地质调查与测绘野外记录须分类采用统一的专门卡片记录观测点，卡片编号与实地标示点号一致，且记录必须与野外草图相互吻合，图上表示的地质现象，卡片上应有记录。

11.2.16 测量成果应包括：GPS E 或相应等级以上控制点展点图、点记录、成果表、图根控制点成果表；GPS E 级以上控制点、四等水准观测、计算手薄；测量仪器检验记录；数字地形图、铅笔原图及数字化光盘；测量技术总结报告。

11.2.17 工程地质调查与测绘成果应包括：野外测绘实际材料图、野外地质草图、实测地质剖面图、各类观测点的记录卡片、槽探素描图、地质照片集、工程地质调查与测绘工作总结。

11.2.18 工程地质测绘外业工作结束，原始资料整理完成后，勘查单位应进行自检并报勘查监理单位，监理单位应对原始资料数量和质量进行野外验收并出具验收意见书，业主单位可派人参加验收。

11.3 勘探线（剖面）布设

11.3.1 主勘探线应布设在主要变形（或潜在变形）的块体上，纵贯整个滑坡体，宜与初步认定的滑动方向平行，其起点（滑坡后缘以上）应在稳定岩（土）体范围内 20 m～50 m。

11.3.2 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，宜投入适当的钻探、井探、槽探、硐探。大型以上规模的滑坡应保证控制性井探、硐探工程的数量。

11.3.3 主勘探剖面上投入的工程量和点位布设，应兼顾到地下水观测和变形长期监测的需要，以充分利用勘探工程进行监测。

11.3.4 对于主要变形块体在两个以上、面积较大的滑坡或后缘出现两个弧顶的滑坡，主勘探线不可少于两条。

11.3.5 主勘探线上不宜少于 3 个勘探点。其中，作稳定性分析的块体内至少有 3 个勘探点，后缘边界以外稳定岩（土）体上至少有 1 个勘探点。

11.3.6 对于大型规模以上的滑坡，纵勘探剖面上应反映每一个滑坡地貌要素，诸如后缘陷落带、横向滑坡梁、纵向滑坡梁、滑坡平台、滑坡隆起带、次一级滑坡等。滑坡横向勘查钻孔布设宜控制滑面横断面

形态，可依据地质、地貌或物探资料从滑坡中轴线向两侧进行布设。

11.3.7 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。在主勘探线以外有次级滑坡时，辅助勘探线应沿其中心布设。

11.3.8 辅助勘探线上的勘探点一般应与主勘探线上的勘探点位置相对应（或隔1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。

11.3.9 工程轴线勘探剖面布设应按防治工程方案，有针对性地进行布设。对于实行一次勘查的情况，应及时与设计方沟通配合，其点线应服从设计工程布置要求。

11.3.10 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。对于必须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。

11.4 钻探

11.4.1 钻探孔位的布置应在工程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，针对要查明的滑坡地质结构或问题确定具体孔位。可分为地质孔（控制孔和一般孔）、水文试验孔（抽水孔和观测孔）编制典型钻孔设计书以指导钻探施工。

11.4.2 在滑体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；在地下水位以下的岩土层内，以及在滑带及其上下5 m范围内应采用单动双管钻进技术钻进；严重缩孔或塌孔时应采用跟管或泥浆护壁。钻孔斜度偏差应控制在2%之内。

11.4.3 勘探孔终孔孔径不宜小于110 mm。在滑带及其上下5 m范围内，回次进尺不得大于0.3 m，应及时编录岩芯，确定滑动面位置。

11.4.4 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得大于1%。在允许误差范围内可不修正，超过误差范围要重新丈量孔深并及时修正报表。

c) 钻进深度和岩土分层深度的量测精度，不应低于±5 cm。

d) 应严格控制非连续取芯钻进的回次进尺，使分层精度符合要求。

11.4.5 孔斜误差应符合：每钻进50 m后、换径后3 m～5 m内、出现孔斜征兆时或终孔后均应测量孔斜；顶角最大允许弯曲度，每百米孔深内不得超过2°。

11.4.6 钻孔岩芯采取应符合：

a) 不应超管钻进。重点取芯地段（如破碎带、滑带、软夹层、断层等）应限制回次进尺，每回次进尺不应超过0.3 m，并提出专门的取芯和取样要求，看钻地质员跟班取芯、取样、记录和封装。

b) 松散地层潜水位以上孔段，宜采用干钻；在砂层、卵砾石层、硬脆碎地层和松散地层中以及滑带、重要层位和破碎带等应采用岩芯采取率高的钻进及取样工艺。

c) 长度超过35 cm残留岩芯，应进行打捞，残留岩芯取出后，可并入上一回次进尺的岩芯中进行计算。

d) 岩芯采取率，滑体>75%、滑床>85%、滑带>90%。同时应满足钻孔设计书指定部位取样的要求。

11.4.7 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。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。每隔10 min～15 min测一次，三次水位相差小于2 cm时，可视为稳定水位。

b) 滑水钻进时，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 4h 测一次水位。

c) 准确记录漏水、涌水位置并测量漏水量、涌水量及水头高度。

d) 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。

e) 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。

11.4.8 钻孔验收后对不需保留的钻孔应进行封孔处理。土体中的钻孔一般用粘土封孔，岩体中的钻孔宜用水泥沙浆封孔。

11.4.9 勘查报告验收前，各孔全部岩芯均要妥善保留。勘查报告验收后按业主要求，对代表性钻孔及重要钻孔，应全孔保留岩芯，其他钻孔岩芯可分层缩样存留，对有意义的岩芯，应切片留样。

11.4.10 钻孔地质编录应符合：

a) 钻孔地质编录必须在现场真实、及时和按钻进回次逐次记录，不得将若干回次合并记录或事后追记。

b) 编录时要注意回次进尺和残留岩芯的分配，以免人为划错层位。

c) 在完整或较完整地段，可分层计算岩芯采取率；对于断层、破碎带、裂缝、滑带和软夹层等，应单独计算。

d) 钻孔地质编录应按统一的表格记录。其内容一般包括日期、班次、回次孔深（回次编号、起始孔深、回次进尺）、岩芯（长度、残留、采取率）、岩芯编号、分层孔深及分层采取率、地质描述、标志面与轴心线夹角、标本（取样号码、位置和长度）、备注等。

e) 岩芯的地质描述应客观、准确、详细。滑带、软夹层、岩溶、裂缝等重要地质现象应详细描述，并用素描及照片辅助说明。注意对滑带擦痕的观察与编录；重视水文地质观测记录和钻进异常记录和取样记录。

f) 岩芯照像要垂直向下照，除特殊部位特写镜头外，每箱岩芯照一张照片，有标注孔深、岩性的岩芯标牌。

11.4.11 钻孔施工记录：

a) 要求每班必须如实记录各工序及生产情况，不得追记、伪造。原始记录均用钢笔填写。要求字迹清晰、整洁。记录员、班长、机长必须签名备查。

b) 每孔施工结束后原始报表应及时整理成册，存档备查。

11.4.12 钻孔验收要求：

a) 钻孔完工后勘查单位应及时组织自验，按设计书要求的孔径、孔深、孔斜、取芯、取样、简易水文地质观测、地质编录、封孔等八项技术要求对钻孔进行自验，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) 对于未能取到滑带岩芯的或水文地质观测未能满足要求的，应定为不合格钻孔。对于不合格钻孔，应补做未达到要求的部分或者予以报废重新施工。

11.4.13 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，包括钻孔综合柱状图、钻孔地质小结、岩芯数码照片、简易水文地质观测记录、取样送样单等。

b) 钻孔综合柱状图：绘图比例尺以能清楚表示该孔的主要地质现象为标准来确定，宜为 1∶100～1∶200。对于岩性简单或单一的厚岩层，可以用缩减法断开表示；柱状图图名处应标示：勘探线号、孔号、开孔日期、终孔日期、孔口座标、钻孔倾角及方位。柱状图底部应标示责任签；柱状图包括下列栏目：回次进尺、换层深度、层位、柱状图（包括地层岩性及地质符号、花纹、钻孔结构）、标志面与轴心线夹角、岩芯描述、岩芯采取率、取样位置及编号、地下水位和备注等。

c) 钻孔地质小结：编写内容主要为钻孔周围地质概况、钻孔目的任务、孔位、施工日期、施工方法、钻孔质量、钻进过程中的异常现象、主要地质现象和地质成果分析及建议等。

11.5 井探、硐探和槽探

11.5.1 应沿滑坡主剖面采用钻探与井探相结合的方法进行勘探。大型规模以上的滑坡井探数量不得少于2个；中型规模滑坡井探数量不得少于1个。

11.5.2 探井位置确定后，应编制典型探井设计书以指导挖掘施工，设计书内容包括：目的、类型、深度、结构、施工流程、地质要求、封井要求。

11.5.3 应根据地质测绘和露头剖面，合理推测探井地质柱状图，建立探井结构理想柱状图，包括探井断面形状、井径、深度、井壁支护方式。标识挖掘过程中可能遇到的重要层位深度、岩性、断层、裂隙、裂缝破碎带、岩溶洞穴带、滑带、软弱夹层、可能的地下水位、含水层、隔水层和可能的漏水部位。说明针对上述情况，挖掘中应采取的措施。

11.5.4 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。探井开挖应避免诱发滑坡滑动。

11.5.5 硐探在滑坡勘查中属于大型勘探工程，由于施工相对复杂、工期较长、风险大、造价高，应慎重使用。对结构与成因复杂，用其他方法难以定论，且危害对象等级为一级的滑坡可用探硐进行勘探。

11.5.6 硐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，取得的地质资料用于指导探硐施工。探硐净断面高×宽宜大于1.8 m×1.8 m。

11.5.7 硐壁应进行临时支护或永久性支护以确保施工安全。硐探工程应综合利用，如竣工后可作为滑坡排水隧洞、深部监测隧洞等。护壁应预留足够的观测窗，面积不小于20 cm×20 cm。

11.5.8 硐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，包括：

a) 硐探目的：说明探硐需要查明的主要地质问题和进行各种试验的目的及其必要性。

b) 探硐的类型：平洞或斜洞。

c) 地质概况和施工分析：洞口及沿程洞室围岩类别、岩性、破碎情况、掘进难易程度、水文地质条件的初步分析，评估施工难易程度、风险性和可行性。

d) 探硐深度：说明探硐设计深度，说明何种情况下探硐深度可以适当减少或加深以及终止挖掘的条件。

e) 探硐结构：包括探硐轴线方向、断面形状尺寸、深度、坡度、洞壁支护方式。根据地质测绘、钻探和地质露头剖面，合理推测探硐沿程地质剖面图，标识挖掘过程中可能遇到的重要层位深度、岩性、断层、裂隙、裂缝破碎带、岩溶洞穴带、滑带、软弱夹层、可能的地下水位、含水层、隔水层和可能的漏水部位。说明针对上述情况，挖掘中应采取的措施。

f) 施工工艺设计：测量放线、挂口、掘进、出渣、排水、通风排烟、支护等施工流程设计。选择适宜的挖掘、支护、抽排水等机械设备。

g) 施工组织设计：施工场地总体布置图，进度控制要求、施工顺序、运输道路、照明线路等施工规划，主要材料、动力、施工设备和劳动力投入。施工安全监控，包括掘进方法的限制（爆破能量）、硐室断面变形、塌方、突水涌水、有毒有害气体的监测和防范预案。施工区生态、水环境保护措施。

h) 探硐地质要求：包括探硐轴线测量对中控制方法、取样和原位试验要求、水文地质观测和试验要求，提出挖掘过程地质编录工作的要求。

i) 竣工后探硐处理：提出竣工探硐处理意见，如作为滑坡治理工程的一部分、监测隧洞或废弃封洞等。

11.5.9 开挖掘进过程中及时记录掘进中遇到的现象，尤其是裂缝、滑带、出水点、水量、顶底板变形情况（底鼓、片帮、下沉等）。每5 m宜作一掌子面素描图。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，必要时在支护段应预留窗口。

11.5.10 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。

11.5.11 应及时进行探井、探硐或探槽展示图和工程地质编录，特别注意软弱夹层、破裂结构面、岩(土)体结构面和滑动面(带)的位置和特征的编录，并进行照(录)像。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。

11.5.12 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。

11.5.13 探井、探硐的安全施工与支护可按照《水利水电工程坑探规程》(SL 166—96)施行。

11.6 地球物理勘探

11.6.1 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。须与钻孔、探井、探硐和探槽相结合，合理推断勘探点之间的地质界线及异常。

11.6.2 地球物理勘探线的布设应与滑坡主要勘探线相叠合。当物探反映有重大异常时，应补充钻探、井探、硐探和槽探等予以验证。

11.6.3 地球物理勘探方法可用于探测滑坡范围、结构、形态变化和滑面埋深；判断介质异常体的存在，提供地球物理参数，并进行物理力学参数经验分析。

11.6.4 当滑坡前缘位于地表水面以下时，须开展水上物探工作。根据实际情况布置 2～3 条物探剖面，剖面测深应达滑动面以下 20 m。

11.6.5 进行地球物理勘探前，应通过现场试验，研究方法有效性，确定最佳的野外观测系统和仪器工作参数。

11.6.6 地球物理勘探的常用方法及适用范围可参见附录 C。

11.7 监测

11.7.1 滑坡监测包括：长期监测、施工安全监测和工程效果监测三部分。应及时获取监测信息，作为滑坡勘查的重要内容。

11.7.2 对于一级滑坡防治工程，须建立地表与深部相结合的综合立体监测网，并实施长期监测；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，可建立以简易监测为主的长期监测点；对于三级滑坡防治工程，可建立简易长期监测点。

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

11.7.4 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。

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

11.7.6 防治效果监测时间长度不应小于一个水文年，数据采集时间间隔宜为 7 d～10 d，在外界扰动较大时，如暴雨期间，应加密观测次数。

11.7.7 长期监测是在防治工程竣工后对滑坡体的动态跟踪，了解滑坡体稳定性变化特征。长期监测主要对一级滑坡防治工程进行。

11.7.8 长期监测宜沿滑坡主剖面进行，监测点的布置少于施工安全监测和防治效果监测。监测内容主要包括滑带深部位移监测、地下水位监测和地面变形监测。数据采集时间间隔宜为 10 d～15 d。动态变化较大时，可适当加密观测次数。

11.7.9 监测内容一般包括：地表大地变形监测、地表裂缝位错监测、地面倾斜监测、建筑物变形监测、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。

11.7.10 监测报告以时报、天报、旬报、月报、季报或年报等形式提交。

12 物理力学试验与稳定状态分析

12.1 一般规定

12.1.1 滑坡物理力学试验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，应充分参考同类滑坡的物理力学试验结果。

12.1.2 滑带土抗剪强度指标的确定，应依据试验成果，结合经验反演综合和类比法，推荐合理的设计参数。

12.1.3 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进行。对于小型滑坡，且危害等级为三级，可采用定性评价方法。

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

12.2 物理力学试验

12.2.1 滑坡物理力学试验应提供基本指标，包括：天然重度和饱和重度、密度、土石比、孔隙比；天然含水量、饱和含水量；塑限、液限；颗粒成份、矿物成分及微观结构。中型规模以上的滑坡宜进行滑坡体各岩土层的大型重度试验。

12.2.2 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。当采用钻探等无法采取原状土样时，可取保持天然含水量的扰动土样，作重塑土样试验。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85 mm，高度不应小于 150 mm，所采样品应及时蜡封。

12.2.3 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)。

12.2.4 当滑带土中粗颗粒含量较高时，其抗剪强度指标宜以现场大剪试验测试值为主，并参考室内试验值确定。若未进行现场大剪试验，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。

12.2.5 对滑坡体宜分类进行不同岩(土)体的室内常规三轴压缩试验、直剪试验与压缩试验，确定 c、ϕ 值，压缩模量及其他强度与变形指标。

12.2.6 每项岩(土)体室内物理力学试验不得少于 6 组。危害等级为一级且中型规模以上的滑坡应对其滑动面(带)进行不少于 2 组的原位大型抗剪强度试验。

12.2.7 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。

12.2.8 当采用抗滑桩、锚索等依靠滑床进行滑坡防治时，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。钻孔岩芯样样品直径≥85 mm，高度≥150 mm。每种岩性的岩样≥3 组，每组岩样≥3 件。

12.2.9 滑坡体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，试坑体积可用充填标准沙或注水测试。

12.2.10 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、滑带土成份、力学性质进行详细测绘描述，并照(摄)像。

12.2.11 原位大面积直剪试验剪切面积≥2 500 cm^2。最小边长不宜小于 50 cm，试体高度不宜低于 25 cm。取原状土样进行试验。每组试验试体的数量≥5 个。

12.2.12 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。

12.2.13 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，或剪切

缝的宽度不宜大于剪切方向试体长度的5%。

12.2.14 危害等级为一级且中型规模以上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。

12.2.15 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。当无法判定勘查区地表水和地下水的腐蚀性时，也应采集水样进行腐蚀性评价，水样数量3件。简分析样为500 mL～1 000 mL，侵蚀性CO_2分析样为250 mL～500 mL，作侵蚀性CO_2分析的水样应加2 g～3 g大理石粉。

12.2.16 岩(土)体物理力学试验应符合JGJ 89—1992《原状样取样技术标准》的要求；岩土试验应符合GB/T 50266—1999《工程岩体试验方法标准》及GB/T 50123—1999《土工试验方法标准》的要求。

12.3 滑坡滑带参数反演

12.3.1 滑带抗剪强度参数的反演宜限于中、小型规模，且结构简单的滑坡。

12.3.2 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。可给定粘聚力c或内摩擦角ϕ，反求另一值。可采用如下公式进行反演：

$$c=\frac{F\sum W_i\sin\alpha_i-\tan\phi\sum W_i\cos\alpha_i}{L} \qquad \cdots\cdots(1)$$

$$\phi=\arctan\frac{F\sum W_i\sin\alpha_i-CL}{\sum W_i\cos\alpha_i} \qquad \cdots\cdots(2)$$

12.3.3 一般条件下，稳定系数F可根据下列情况确定：

滑坡处于整体暂时稳定～变形状态：$F=1.05\sim1.00$；

滑坡处于整体变形～滑动状态：$F=1.00\sim0.95$

12.3.4 滑坡滑带抗剪强度参数指标的选取应结合滑坡变形滑动阶段和试验方法综合考虑。可参照表11取值。

表11 滑带抗剪强度指标取值建议表

变形阶段	试验方法		
	滑带土峰值强度	滑带土残余强度	滑体土峰值强度
整体暂时稳定滑坡	●		
变形滑动滑坡		●	
未形成滑带的变形体			●

12.4 滑坡稳定性评价

12.4.1 勘查报告提供的滑坡稳定系数和滑坡推力可作为防治工程设计的参考，不作为设计须采用的依据。

12.4.2 滑坡稳定性评价应根据滑坡滑动面类型和物质成分选用恰当的方法，并可参考有限元法、有限差分法、离散元法等方法进行综合考虑。

12.4.3 滑坡稳定性分析除应考虑沿已查明的滑面滑动外，还应分析沿其他可能的滑面滑动，应分析从新的剪出口剪出的可能性。

12.4.4 滑坡稳定性评价和推力计算公式推荐采用如下方法(见附录E)：

a) 堆积层(包括土质)滑坡。包括二种滑动面类型：

1) 滑动面为折线形

用传递系数法进行稳定性评价和推力计算，用詹布法(Janbu)等方法进行校核。

2) 滑动面为单一平面或圆弧形

用瑞典条分法进行稳定性评价和推力计算，用毕肖普法(Bishop)等方法进行校核。

b) 岩质滑坡

用平面极限平衡法进行稳定性评价和推力计算。

12.4.5 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 1×10^{-7} m/s 时，滑体取浮重度，计算渗透压力；

b) 当滑坡体渗透系数小于或等于 1×10^{-7} m/s 时，滑体取饱和重度，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，尚应考虑降雨入渗在后缘裂隙和滑面形成的静水压力。

12.4.6 滑坡稳定状态应根据滑坡稳定系数按表 12 确定：

表 12 滑坡稳定状态划分

滑坡稳定系数 F	$F<1.00$	$1.00\leqslant F<1.05$	$1.05\leqslant F<1.15$	$F\geqslant1.15$
滑坡稳定状态	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定
注：F 为滑坡稳定系数。				

12.5 危岩体稳定性评价

12.5.1 危岩体稳定性评价较为复杂，宜以定性为主，定量为辅，互相验证。并须考虑暴雨时后部陡倾切割裂缝的静水压力和下部缓倾软垫面的地下水扬压力。

12.5.2 倾倒式崩塌的稳定性评价须按照抗倾覆模型进行，并以危岩体外部临空面与下部软垫面交点作为作用支点。当抗倾覆稳定系数≤1.3 或下垫面倾角小于 20°，应进行抗滑稳定性计算。

12.5.3 多组外倾结构面分离切割形成的崩滑型危岩体，可用赤平投影等方法按结构面和临空面进行三维空间组合定性评价，当滑移矢量外倾时，即可判断为危岩体，并应提出防治建议。可对结构面的形状、连通性、充填物及抗剪强度等取样测试，并按极限平衡评价公式进行稳定性评价。

12.5.4 形状突出，后缘切割面已形成，虽未分离贯通但连通率大于 50%的地质体应作为坠落式危岩体，并应提出工程治理措施。应采用现场定性评价方法判定岩体的稳定程度，按照经验推荐防治方案。

12.5.5 危岩体稳定性评价等级可按表 13 进行划分。

表 13 危岩体稳定程度等级划分表

崩塌类型	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定
坠落式	$F<1.0$	$1.0\leqslant F<1.5$	$1.5\leqslant F<1.8$	$F\geqslant1.8$
倾倒式	$F<1.0$	$1.0\leqslant F<1.3$	$1.3\leqslant F<1.5$	$F\geqslant1.5$
滑塌式	$F<1.0$	$1.0\leqslant F<1.2$	$1.2\leqslant F<1.3$	$F\geqslant1.3$

13 竣工地质报告

13.1 竣工地质报告应对调查、可行性论证、设计和施工四个阶段的地质问题进行全面总结，对滑坡防治工程竣工后的地质条件进行现状评价，提交工程实施后滑坡的岩(土)体结构特征、水文地质条件、物理力学参数、应力状态和变形综合分析等，并评述施工期间的重大地质结论变化及对滑坡的影响。

13.2 报告内容应包括：前言，滑坡区工程地质和水文地质条件，滑坡体结构特征，滑带特征，施工期地质条件变化，重大地质问题的发现及结论变化，施工后物理力学参数变化，治理后的滑坡整体稳定性评价。并提交补充工程地质勘查报告、原位工程地质试验、室内物理力学试验等附件报告。

13.3 根据工程实施后的现状，应提交主要单元和重大地质结论变化区的工程地质图册，并以纸质和电子文档形式提交，包括：平面图、立面图、剖面图、钻孔柱状图、探井和探硐展示图等图件。

附 录 A
（资料性附录）
国际斜坡运动分类

A.1 分类表

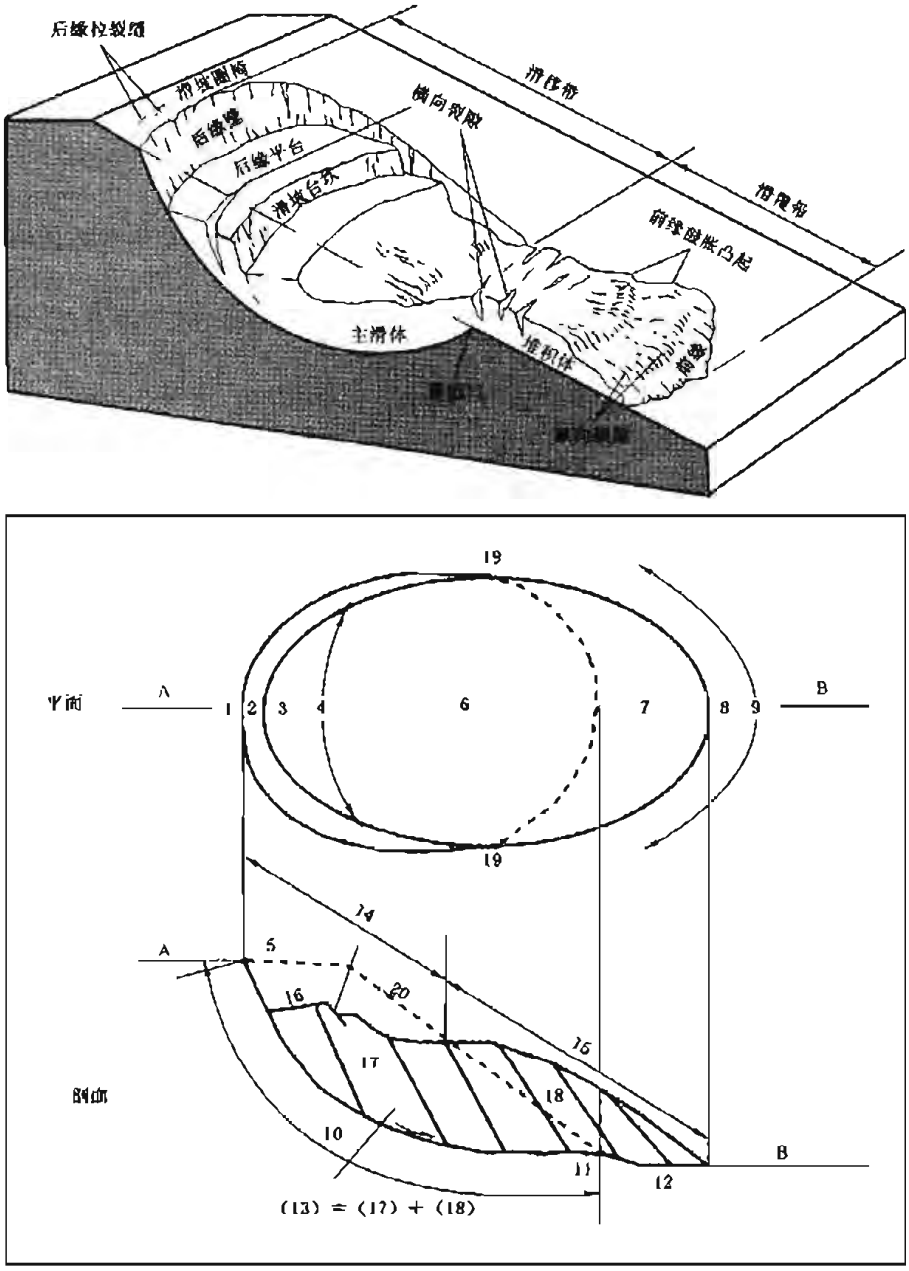
国际工程地质协会滑坡委员会目前普遍采用了瓦恩斯的斜坡移动分类作为国际标准方案（表 A.1）。瓦恩斯根据运动形式，将斜坡划分为六大类型，再根据物质种类细分为 22 次级类型。瓦恩斯的分类完全可以进一步概括为崩塌、滑坡、碎屑流三大类型，并可能出现复合型移动。在现场调查中，崩落和倾倒都呈自由落体，可合并为一大类，统称崩塌。侧向扩展是由于上覆岩体在下部软层的塑性变形或流变下，逐渐平移滑落和倾倒剥蚀后退，实质上还是一种滑动类型，从稳定性评价上，可以概化为抗滑为主，兼有抗倾的模式，因此，可以划归为滑动类型。

表 A.1 斜坡移动的简要分类（Varnes，1978）

移动型式			物质种类（material）		
			岩质（rock）	工程土	
				粗粒为主	细粒为主
崩落（fall）			岩石崩落（rock fall）	碎屑崩落（debris fall）	土崩落（soil fall）
倾倒（topple）			岩石倾倒（rock topple）	碎屑倾倒（debris topple）	土倾倒（soil topple）
滑动（slide）	旋转型（rotational）	少数单元（few units）	岩石旋转滑动（rock slump）	碎屑旋转滑动（debris slump）	土旋转滑动（earth slump）
	平移型（translational）		岩石块体滑动（block slide）	碎屑块体滑动（debris slide）	土块体滑动（slab slide）
		多数单元（many units）	岩石滑动（rock slide）	碎屑滑坡（debris slide）	土滑坡（earth slide）
侧向扩展（lateral spreading）			岩石扩展（rock spread）	碎屑扩展（debris spread）	土扩展（earth spread）
流动（flow）			岩石流（深部蠕动）（rock flow）	碎屑流（debris flow）	土流（earth flow）
				土蠕变（soil creep）	
复合移动（complex）			两个或以上主要滑动类型组合形式		

STANDARDS PRESS OF CHINA

A.2 滑坡要素示意图(图 A.2)



1 — 滑坡周界；
2 — 后缘壁；
3 — 洼地或弧形裂隙；
4 — 后缘平台；
5 — 滑坡台坎；
6 — 主滑体；
7 — 堆积区；
8 — 前缘；
9 — 滑舌；
10 — 滑动面；
11 — 剪出口；
12 — 滑覆面；
13 — 滑坡体(主滑体＋堆积体)；
14 — 滑移带；
15 — 滑覆带；
16 — 后缘反倾平台；
17 — 主滑体；
18 — 堆积体；
19 — 侧缘壁；
20 — 原地面

图 A.1 滑坡要素图

A.3 典型滑坡实例示意图(图 A.3)



(a) 崩落(Falls)

危岩体与陡坡母体分离后,以坠落、跳动或滚动的形式高速下落或滚动的形式高速下落。



(b) 倾倒(Topples)

在重力、围压或脉流体压力的作用下,失稳岩体发生块体式翻转或弯曲折断。



(c) 滑动(Slide)

剪切破坏所致失稳岩土体,以弧形滑塌的形式,趋于更加稳定的空间状态。



(d) 滑动(Slide)

散状结构岩土体在剪切作用下滑动,或者演变为流滑。



(e) 滑动(Slide)

沿主滑面平移滑动,多为大型滑坡。



(f) 侧向扩展(Lateral spread)

沿近水平土层发生剪切蠕滑。



(g) 流动(Flow)

砂层发生流滑。



(h) 流动(Flow)

强塑性粘土发生流滑。

图 A.2 典型滑坡实例示意图(依据瓦恩斯,1978)

附 录 B
（资料性附录）
滑坡监测适用方法技术简表

滑坡监测适用方法与技术见表 B.1。

表 B.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	测量经纬仪等	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危岩陡壁裂缝变化监测，受气候条件影响较大。
	GPS 法	GPS 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、自记测缝法投入快、精度高、测程可调、方法简易直观、资料可靠；遥测法自动程度高，全天候观测，安全、速度快，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，资料需要用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。	很适合用于高边坡、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、竖井内测定没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特这间的相对位移。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	重狸、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、弹酸、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。

STANDARDS PRESS OF CHINA

表 B.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
	测缝法(硐室)	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。	适用于探明内危岩裂缝的三维(X、Y、Z 三方向)监测和危岩体界面裂缝沿硐轴方位移的监测。
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的监测，危岩加固跟踪安全监测，为预报岩石的破坏提供依据。
	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，监测性自主高，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的监测，危岩加固跟踪安全监测，为预报岩石的破坏提供依据。
地下水动态	地下水动态	水位自动记录仪	主要适用于监测岩质滑坡体内不同部位的应力变化，分析、判断崩滑体变形情况。	
	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		

STANDARDS PRESS OF CHINA

附 录 C
（资料性附录）
物探测试方法与适用范围简表

C.1 滑坡勘探的地球物理方法选择表（表 C.1）

表 C.1 滑坡勘探的地球物理方法选择表

方法名称		解决问题	应用条件	经济、技术特点
电法	自然电位法	1. 探测滑坡体中地下水、流向，确定滑坡体边界； 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. 适合地下水位较浅地方工作	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，对一些特殊问题，如地下水活动、位移监测有显效，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
	激发极化法	1. 测定地下水位埋深； 2. 探测隐伏断层、破碎带位置、含水特征； 3. 探测滑坡体软弱夹层或滑面埋深	1. 地形影响小，要求一定工作场地； 2. 适合岩性变化较小地工作	是研究岩石极化特征的方法，可以提供一些特殊信息，但机理较复杂，需认真分析
	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，<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。定位解释能力强，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

表 C.1（续）

方法名称		解决问题	应用条件	经济、技术特点
电磁法	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、性质； 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，效率高，勘探分辨率较高，受地形限制小，但在山区受静态影响严重。成本适中
	瞬变电磁法	1. 探测隐伏断层、破碎带的位置、产状、性质； 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、性质； 2. 探测拉张裂缝的位置、产状、性质； 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，确定堆积床形态	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、性质； 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，目前一般在 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. 测定崩塌体岩石力学性质，确定岩石完整程度； 3. 探测破碎带、裂缝带、软弱地层的位置、厚度； 4. 检测防治工程质量，确定其强度、均匀性、破坏情况	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. 可对岩芯（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

表 C.1（续）

方法名称		解决问题	应用条件	经济、技术特点
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

C.2 滑坡勘查地球物理方法优化组合表（表 C.2）

表 C.2 滑坡勘查地球物理方法优化组合表

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	※※	※※	※※
	激发激化法	※※	※※	※
	高密度电阻率法	※	※※※	※※※

STANDARDS PRESS OF CHINA

表 C.2（续）

方法		工作阶段		
		初步勘查	详细勘查	专项勘查
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。				

C.3 崩塌勘查的地球物理方法选择表（表 C.3）

表 C.3 崩塌勘查的地球物理方法选择表

方法名称		解决问题	应用条件	经济、技术特点
电法	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. 探测隐伏破碎带的位置； 3. 探测隐伏洞穴的位置、埋深； 4. 探测塌陷区地层结构，岩性接触关系	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. 探测隐伏地下洞穴的位置、形态、埋深，判断充填物性质； 3. 探测隐伏裂缝的位置、产状、延伸及充填状况； 4. 测定覆盖层厚度，确定基岩面形态； 5. 划分基岩风化带，确定其厚度； 6. 探测崩塌体的地层结构，岩性接触关系； 7. 测定崩塌堆积体的厚度，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，＜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

表 C.3（续）

方法名称		解决问题	应用条件	经济、技术特点
电磁法	音频大地电场法	1. 探测隐伏断层、破碎带的位置； 2. 探测隐伏裂缝的位置、连通情况； 3. 探测岩性接触带位置； 4. 探测隐伏洞穴的位置	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、破碎带的位置； 2. 探测隐伏裂缝的位置、连通情况； 3. 探测岩性接触带的位置； 4. 探测隐伏洞穴的位置、大致埋深及充填性质	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、破碎带的位置； 2. 探测隐伏裂缝的位置、连通情况； 3. 探测岩性接触带的位置； 4. 探测隐伏洞穴的位置、判断充填性质	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、性质； 2. 探测隐伏地下洞穴的位置、形态及充填物性质； 3. 探测崩塌体的地层结构、岩性接触关系； 4. 探测崩塌堆积体的厚度、堆积床形态	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，效率高，勘探分辨率较高，受地形限制小，但在山区受静态影响严重。成本适中
	瞬变电磁法	1. 探测隐伏断层、破碎带的位置、产状、性质； 2. 探测隐伏地下洞穴的位置、形态及充填物性质； 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. 探测崩塌体的地层结构，岩性接触关系； 6. 探测崩塌堆积体的厚度、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、性质； 2. 探测隐伏地下洞穴的位置、形态； 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. 探测裂缝的位置、产状； 6. 探测崩塌体的地层结构，岩性接触关系； 7. 探测崩塌堆积体的厚度、堆积床形态	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	浅层地震法	1. 探测隐伏断层的位置、产状、性质； 2. 探测隐伏地下洞穴的位置、形态； 3. 测定覆盖层厚度，确定基岩面形态； 4. 探测崩塌体的地层结构，岩性接触关系； 5. 探测崩塌堆积体的厚度、堆积床形	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. 探测隐伏裂缝的位置、产状； 2. 探测隐伏地下洞穴的位置、形态； 3. 测定覆盖层厚度，确定基岩面形态； 4. 探测崩塌堆积体的厚度、堆积床形态	1. 受地形、场地条件限制较小； 2. 勘探深度较小，目前一般在 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

表 C.3（续）

方法名称		解决问题	应用条件	经济、技术特点
弹性波法	声波法	1. 探测隐伏裂缝的延深、产状； 2. 测定崩塌体岩石力学性质，确定岩石完整程度； 3. 探测破碎带、裂缝带、较弱地层的位置、厚度； 4. 检测防治工程质量，确定其强度、均匀性，破坏情况	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. 可对岩芯（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. 探明崩塌体地层结构，确定地层厚度、产状； 2. 探明隐伏洞穴的位置、空间形态、充填性质； 3. 探明隐伏断层，破碎带的位置、产状； 4. 探明隐伏裂缝的位置、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. 探明崩塌体地层结构，确定地层厚度、产状； 2. 探明隐伏洞穴的位置、空间形态、充填性质； 3. 探明隐伏裂缝的位置、产状； 4. 探明隐伏断层、破碎带的位置、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. 探明崩塌体地层结构，确定地层厚度、产状； 2. 探明隐伏洞穴的位置、空间形态； 3. 探明隐伏断层的位置、产状； 4. 探明隐伏裂缝的位置、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. 探明隐伏裂缝的位置、产状； 2. 探明隐伏洞穴的位置、空间形态； 3. 探明崩塌体的力学性质、完整程度	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

C.4 崩塌勘查地球物理方法优化组合表（表 C.4）

表 C.4 崩塌勘查地球物理方法优化组合表

方法		工作阶段		
		初步勘查	详细勘查	专项勘查
电法	电阻率剖面法	※※	※※	※
	电阻率测深法	※	※※	※
	高密度电阻率法	※	※※※	※※

表 C.4（续）

方法		工作阶段		
		初步勘查	详细勘查	专项勘查
电磁法	音频大地电场法	※※※	※※	※
	电磁感应法	※	※※	※
	甚低频电磁法	※※	※※	※
	电磁测深法	※	※	※
	瞬变电磁法	※	※※	※※
	探地雷达	※	※※	※※
弹性波法	浅层地震波法	※※	※※※	※※
	瑞雷波法	※	※※※	※※
	声波法	※	※※※	※※※
层析成像	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	※	※※	※※
测井	井下电视		※※	※※
放射性及其他	氡气法	※※	※	※
	汞气测量法	※※	※	※
	微重力测量	※	※	※

注：※ 可用方法，※※ 常用方法，※※※ 优选方法。

STANDARDS PRESS OF CHINA

附 录 D
（资料性附录）
滑坡岩（土）体物理力学性质试验项目

滑坡岩（土）体物理力学性质试验项目见表 D.1。

表 D.1 滑坡岩（土）体物理力学性质试验项目

试验项目		粘性土滑坡			黄土滑坡			堆积层滑坡			填土滑坡			破碎岩石滑坡			岩体滑坡		
		滑面土	滑坡体	滑坡床	滑面土	滑坡体	滑坡床	滑面土	滑坡体	滑坡床	滑面土	滑坡体	滑坡床	滑面土	滑坡体	滑坡床	滑面土	滑坡体	滑坡床
天然含水量 ω_n		+	+	+	+	+	+	+	+	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
天然密度 ρ		+	+	+	+	+	+	+	+	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
重度 G_s		+	+	+	+	+	+	+	+	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
天然孔隙比 e		+	+	+	+	+	±	+			+	+	+	+			+		
饱和度 S_r		+	+	+	+	+	+	+	±	±	+	+	+	+		±	+		
塑限 ω_p		+	+	+	+	+	+	+	±	±	+	+	+	+		±	+		
液限 ω_L		+	+	+	+	+	+	+	±	±	+	+	+	+		±	+		
塑性指数 I_p		+	+	+	+	+	+	+	±	±	+	+	+	+		±	+		
液性指数 I_L		+	+	+	+	+	+	+	±	±	+	+	+	+		±	+		
颗粒分析		±	±	±	±	±	±	±	±		+	+	+	±	±		±		
自由膨胀率 K_f		±	±	±														+	+
渗透系数	垂直 K_v	±	±	±			+	±		±	±	±			±				
	水平 K_h		±	±				+		±	±	+	±	±	+		=		
剪切试验	快剪 c_q	+	+	+	+	+	+	±		+	±	±	+		±		+		
	固结快剪 c_{cq}	+			±		+			+			+		+		+		
	残余强度剪 c_r	+			±		+	±		+			+	±	+		+		
	浸水饱和剪 c_{cH}	+			+		+			+					+				
	重合剪 c_{cH}	+			+		+			+			+		+		+		
压缩试验	压缩系数 a_v			+					±			±				±			
	压缩模量 E_s			+					±			±				±			

STANDARDS PRESS OF CHINA

表 D.1（续）

试验项目		粘性土滑坡			黄土滑坡			堆积层滑坡			填土滑坡			破碎岩石滑坡			岩体滑坡		
		滑面土	滑坡体	滑坡床	滑面土	滑坡体	滑坡床	滑面土	滑坡体	滑坡床	滑面土	滑坡体	滑坡床	滑面土	滑坡体	滑坡床	滑面土	滑坡体	滑坡床
原位试验	旁压试验	±	±	±	±		±		±	±		±				±			
	大面积剪切试验	±		±	±		±		±			±	±			±	±		
	静力触探	±	±	±	±														
岩石抗剪试验	干 τ_r			±											±	±		±	±
	湿 τ_w			±											±	±		±	±
崩解性		±	±	±			±	±			±			±	±	±	±	±	±
易溶盐含量		±	±	±										±	±	±	±	±	±
矿物分析		±	±	±				±			±			±			±		

注 1："±"表示根据需要确定。本表所列项目均按照定测要求考虑。

注 2：此表引自《铁道工程不良地质勘察规程》(TB 10027－2001).P113。

附 录 E
（规范性附录）
滑坡稳定性评价和推力计算公式

E.1 堆积层（包括土质）滑坡稳定性评价及推力计算

E.1.1 滑动面为单一平面或圆弧形（图 E.1）

a） 滑坡稳定性计算

$$K_f = \frac{\sum((W_i(\cos\alpha_i - A\sin\alpha_i) - N_{wi} - R_{Di})\tan\phi_i + C_iL_i)}{\sum(W_i(\sin\alpha_i + A\cos\alpha_i) + T_{Di})} \qquad \cdots\cdots(E.1)$$

式中：

孔隙水压力 $N_{wi} = \gamma_w h_{iw} L_i \cos\alpha_i$，即近似等于浸润面以下土体的面积 $h_{iw}L_i\cos\alpha_i$ 乘以水的容重 γ_w；

渗透压力产生的平行滑面分力

$$T_{Di} = \gamma_w h_{iw} L_i \sin\beta_i \cos(\alpha_i - \beta_i) \qquad \cdots\cdots(E.2)$$

渗透压力产生的垂直滑面分力

$$R_{Di} = \gamma_w h_{iw} L_i \sin\beta_i \sin(\alpha_i - \beta_i) \qquad \cdots\cdots(E.3)$$

式中：

W_i——第 i 条块的重量（kN/m）；

C_i——第 i 条块内聚力（kPa）；

ϕ_i——第 i 条块内摩擦角（°）；

L_i——第 i 条块滑面长度（m）；

α_i——第 i 条块滑面倾角（°）；

β_i——第 i 条块地下水流向（°）；

A——地震加速度（单位：重力加速度 g）；

K_f——稳定系数。

若假定有效应力

$$\bar{N}_i = (1 - r_U)W_i\cos\alpha_i \qquad \cdots\cdots(E.4)$$

式中：

r_U——孔隙压力比，可表示为：

$$r_U = \frac{\text{滑体水下体积} \times \text{水的容重}}{\text{滑体总体积} \times \text{滑体容重}} \approx \frac{\text{滑坡水下面积}}{\text{滑坡总面积} \times 2} \qquad \cdots\cdots(E.5)$$

简化公式：

$$K_f = \frac{\sum((W_i((1 - r_U)\cos\alpha_i - A\sin\alpha_i) - R_{Di})\tan\phi_i + C_iL_i)}{\sum(W_i(\sin\alpha_i + A\cos\alpha_i) + T_{Di})} \qquad \cdots\cdots(E.6)$$

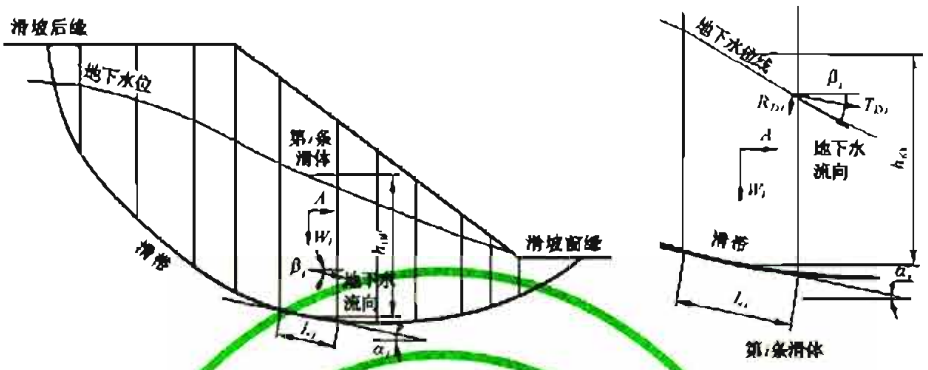


图 E.1 堆积层滑坡计算模型之一：瑞典条分法(圆弧型滑动面)

b) 滑坡推力计算公式

对剪切而言：

$$H_s = (K_s - K_f) \times \sum (T_i \times \cos\alpha_i) \quad \cdots\cdots (E.7)$$

对弯矩而言：

$$H_m = (K_s - K_f)/K_s \times \sum (T_i \times \cos\alpha_i) \quad \cdots\cdots (E.8)$$

式中：

H_s、H_m——推力(kN)；

K_s——设计的安全系数；

T_i——条块重量在滑面切线方向的分力，kN。

E.1.2 滑动面为折线形(图 E.2)

a) 滑坡稳定性计算：

$$K_f = \frac{\sum_{i=1}^{n-1}\left(\left(W_i\left(\left(1-r_u\right)\cos\alpha_i - A\sin\alpha_i\right) - R_{Di}\right)\tan\phi_i + C_iL_i\right)\prod_{j=i}^{n-1}\psi_j + R_n}{\sum_{i=1}^{n-1}\left[\left(W_i(\sin\alpha_i + A\cos\alpha_i) + T_{Di}\right)\prod_{j=i}^{n-1}\psi_j\right] + T_n} \quad \cdots\cdots (E.9)$$

其中：$R_n = (W_n((1-r_u)\cos\alpha_n - A\sin\alpha_n) - R_{Dn})\tan\phi_n + C_nL_n$

$T_n = (W_n(\sin\alpha_n + A\cos\alpha_n) + T_{Dn}$

$\prod_{j=i}^{n-1}\psi_j = \psi_i\psi_{i+1}\psi_{i+2}\cdots\cdots\psi_{n-1}$

式中：

ψ_i——第 i 块段的剩余下滑力传递至第 $i+1$ 块段时的传递系数($j=i$)，即

$\psi_j = \cos(\alpha_i - \alpha_{i+1}) - \sin(\alpha_i - \alpha_{i+1})\tan\phi_{i+1}$；

其余注释同上。

STANDARDS PRESS OF CHINA

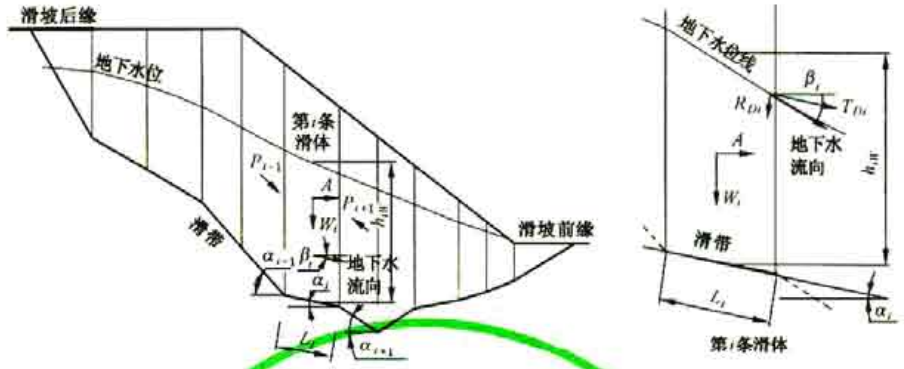


图 E.2 堆积层滑坡计算模型之二:传递系数法(折线型滑动面)

b) 滑坡推力

应按传递系数法计算,公式如下:

$$P_i = P_{i-1} \times \psi + K_S \times T_i - R_i \quad \cdots\cdots (E.10)$$

其中

下滑力

$$T_i = W_i(\sin\alpha_i + A\cos\alpha_i) + \gamma_w h_{iw} L_i \cos\alpha_i \sin\beta_i \cos(\alpha_i - \beta_i) \quad \cdots\cdots (E.11)$$

抗滑力

$$R_i = (W_i(\cos\alpha_i - A\sin\alpha_i) - N_{wi} - \gamma_w h_{iw} L_i \cos\alpha_i \sin\beta_i \sin(\alpha_i - \beta_i))\tan\phi_i + C_i L_i \quad \cdots\cdots (E.12)$$

传递系数

$$\psi = \cos(\alpha_{i-1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i-1} - \alpha_i)\tan\phi_i \quad \cdots\cdots (E.13)$$

孔隙水压力

$$N_{wi} = \gamma_w h_{iw} L_i \quad \cdots\cdots (E.14)$$

即近似等于浸润面以下土体的面积 $h_{iw}L_i$ 乘以水的容重 γ_w;

渗透压力平行滑面的分力

$$T_{Di} = \gamma_w h_{iw} L_i \cos\alpha_i \sin\beta_i \cos(\alpha_i - \beta_i) \quad \cdots\cdots (E.15)$$

渗透压力垂直滑面的分力

$$R_{Di} = \gamma_w h_{iw} L_i \cos\alpha_i \sin\beta_i \sin(\alpha_i - \beta_i) \quad \cdots\cdots (E.16)$$

当采用孔隙压力比时,抗滑力 R_i 可采用如下公式

$$R_i = (W_i((1 - r_U)\cos\alpha_i - A\sin\alpha_i) - \gamma_w h_{iw} L_i)\tan\phi_i + C_i L_i \quad \cdots\cdots (E.17)$$

式中:r_U 是孔隙压力比。

E.2 岩质滑坡稳定性评价及锚固力计算

E.2.1 稳定性评价(图 E.3)

$$K_f = \frac{(W(\cos\alpha - A\sin\alpha) - V\sin\alpha - U)\tan\phi + CL}{W(\sin\alpha + A\cos\alpha) + V\cos\alpha} \quad \cdots\cdots (E.18)$$

其中:后缘裂缝静水压力

$$V = \frac{1}{2}\gamma_w H^2 \quad \cdots\cdots (E.19)$$

沿滑面扬压力

$$U = \frac{1}{2}\gamma_w L H \quad \cdots\cdots (E.20)$$

STANDARDS PRESS OF CHINA

其余注释同上。

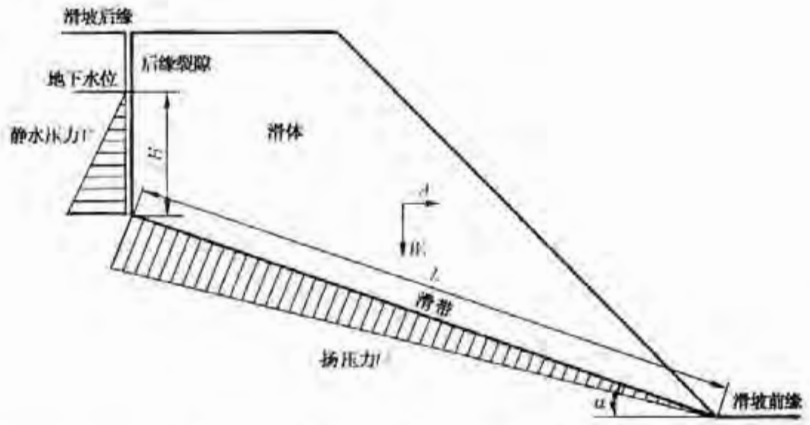


图 E.3 岩质滑坡计算模型：极限平衡法

E.2.2 岩质滑坡锚固力计算

根据极限平衡法进行计算，须考虑预应力沿滑面施加的抗滑力和垂直滑面施加的法向阻滑力。稳定系数计算公式推荐如下(图 E.4)：

$$K_t = \frac{(W(\cos\alpha - A\sin\alpha) - V\sin\alpha - U + T\sin\beta)\tan\phi + CL}{W(\sin\alpha + A\cos\alpha) + V\cos\alpha - T\cos\beta} \quad \cdots\cdots(E.21)$$

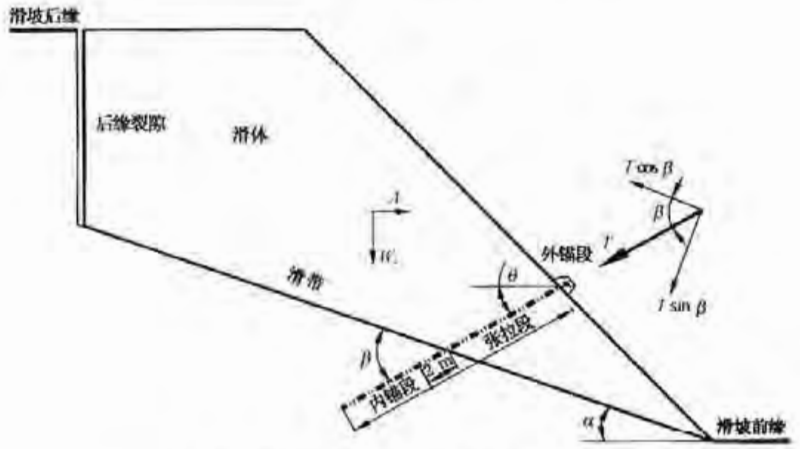


图 E.4 预应力锚索对滑坡作用示意图

其中：后缘裂缝静水压力

$$V = \frac{1}{2}\gamma_w H^2 \quad \cdots\cdots(E.22)$$

沿滑面扬压力

$$U = \frac{1}{2}\gamma_w L H \quad \cdots\cdots(E.23)$$

式中：

θ——锚索(杆)倾角(°)；

β——锚索(杆)与滑坡面的夹角(°)；与滑面倾角(α)、锚索倾角(θ)之间的关系为：$\beta=\alpha+\theta$。

T——预应力锚索锚固力(kN)；

其余注释同上。

相应地，预应力锚固力为

$$T=\frac{K_sW_a-W_b-Cl}{\sin\beta\tan\phi+K_s\cos\beta} \qquad \text{(E.24)}$$

其中

$$W_a=W(\sin\alpha+A\cos\alpha)+V\cos\alpha \qquad \text{(E.25)}$$

$$W_b=(W(\cos\alpha-A\sin\alpha)-V\sin\alpha-U)\tan\phi \qquad \text{(E.26)}$$

如果锁定锚固力低于设计锚固力的50%时，可不考虑预应力锚索产生的法向阻滑力，稳定系数计算公式简化如下：

$$K_t=\frac{(W(\cos\alpha-A\sin\alpha)-V\sin\alpha-U)\tan\phi+Cl}{W(\sin\alpha+A\cos\alpha)+V\cos\alpha-T\cos\beta} \qquad \text{(E.27)}$$

相应地，预应力锚固力为

$$T=\frac{K_sW_a-W_b-Cl}{K_s\cos\beta} \qquad \text{(E.28)}$$

式中注释同上。

附 录 F
（资料性附录）
水位变化岸段地下水位浸润计算方法

当地表水体水位变化时，地下水位浸润线可按式(F.1)计算(图 F.1)：

$$y=\sqrt{y_p^2+\frac{s'}{s}(h^2-h_p^2)} \qquad \cdots\cdots(F.1)$$

式中：y_p——水位变化后的地表水位(从隔水层顶面起算)(m)；

h_p——水位变化前的地表水位(从隔水层顶面起算)(m)；

s——水位变化前计算点至斜坡距离(m)；

s'——水位变化后计算点至斜坡距离(m)；

y——水位变化后计算点的地下水位(从隔水层顶面起算)(m)；

h——水位变化前计算点的地下水位(从隔水层顶面起算)(m)。

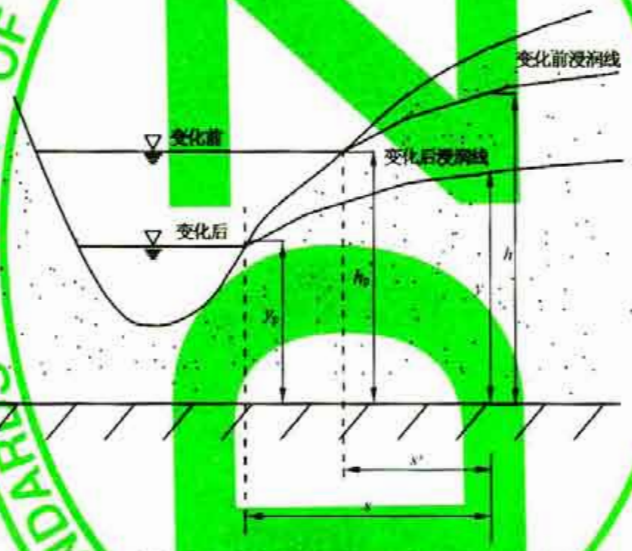


图 F.1 地表水位变化引起的岸坡地下水稳定运动

STANDARDS PRESS OF CHINA

DZ/T 0218—2006

中华人民共和国地质矿产
行业标准
滑坡防治工程勘查规范
DZ/T 0218—2006

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码：100045
网址 www.bzcbs.com
电话：68523946 68517548
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 3 字数 84 千字
2006年11月第一版 2006年11月第一次印刷

书号：155066·2-17341 定价 20.00 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)68533533

DZ/T 0218-2006