

黄土斜坡地质灾害防治工程勘察规程

2025 - 05 - 07 发布

2025 - 08 - 07 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 2

5 黄土斜坡地质环境条件调查 6

6 黄土斜坡地质灾害调查与评估 8

7 黄土斜坡地质灾害勘查 10

8 勘查报告编制 18

附录 A（资料性） 黄土斜坡地质灾害基本特征与分类..... 20

附录 B（资料性） 黄土斜坡地质灾害调查方法及适用条件..... 25

附录 C（资料性） 地质灾害调查表..... 26

附录 D（规范性） 黄土滑坡和崩塌安全性评价方法..... 32

附录 E（规范性） 黄土斜坡地质灾害防治工程勘查方案提纲..... 42

参考文献 43

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。

本文件由山西省自然资源厅提出、组织实施并监督检查。

山西省市场监督管理局对文件的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省自然资源标准化技术委员会(SXS/TC26)归口。

本文件起草单位：山西省地质环境监测和生态修复中心、太原理工大学、山西省勘察设计研究院有限公司。

本文件主要起草人：李彦荣、刘瑾、梁进、李贞孝、莫平、何晟迪、杨浩、叶海东、陈燕、薄江宏、赵金贵、李斌、宁国英。

黄土斜坡地质灾害防治工程勘查规程

1 范围

本文件规定了黄土斜坡地质灾害防治工程勘查的术语与定义、基本规定、黄土斜坡地质环境条件调查、黄土斜坡地质灾害调查与评估、黄土斜坡地质灾害勘查和勘查报告编制等内容。

本文件适用于黄土滑坡、黄土崩塌地质灾害防治工程勘查。

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 32864 滑坡防治工程勘查规范
- GB/T 40112 地质灾害危险性评估规范
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB 50025 湿陷性黄土地区建筑标准
- 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
- JGJ/T 87 建筑工程地质勘探与取样技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

黄土斜坡地质灾害 *geohazards of loess slopes*

自然或人为因素引起的危害人民生命和财产安全的发育于黄土坡体的滑坡、崩塌等地质现象。

3.2

黄土滑坡 *loess landslide*

黄土斜坡上的岩土体沿滑移面（带）向坡下运动的地质现象。具体包括黄土弧状滑移、黄土平面滑移、黄土深层溜滑、黄土坡面泥流、黄土—基岩接触面滑移、黄土—基岩顺层滑移、黄土—基岩切层滑移等。

3.3

黄土崩塌 *loess collapse*

黄土斜坡上的土体以滑动、倒转、脱落等方式脱离母体的地质现象，具体包括黄土崩滑、黄土倾倒、黄土坠落等。

3.4

黄土层内滑坡 *loess—paleosol slide*

滑动面仅发育于黄土地层内的黄土滑坡。

3.5

黄土—基岩复合型滑坡 loess—bedrock slide

滑动面贯穿上覆黄土并切入下伏基岩的黄土滑坡。

3.6

黄土弧状滑移 loess rotational slide

滑动面呈近圆弧形的黄土滑坡。

3.7

黄土平面滑移 loess planar slide

滑动面相对平整的黄土滑坡。

3.8

黄土深层溜滑 loess deep-seated flow

滑动带土体处于可塑或流塑状态的黄土滑坡。

3.9

黄土坡面泥流 loess surficial mud flow

坡表浅层土体因持续降雨或短时强降雨而达到饱和或过饱和状态，进而发生浅层流滑的黄土滑坡。

3.10

黄土—基岩接触面滑移 loess-bedrock interface slippage

滑动面切穿上覆黄土层后，沿黄土基岩接触面延展的黄土滑坡。

3.11

黄土—基岩顺层滑移 loess—bedrock bedding slide

滑动面切穿上覆黄土层和部分下伏基岩后，沿基岩层面延展的黄土滑坡。

3.12

黄土—基岩切层滑移 loess—bedrock intersecting slide

滑动面切穿上覆黄土层，与下伏基岩层面大角度相交的黄土滑坡。

3.13

黄土崩滑 loess cracking slide

破裂面上部由近竖直的拉张裂隙控制，下部受剪切破坏控制的黄土崩塌。

3.14

黄土倾倒 loess topple

板状或柱状的土体沿某一点或轴线发生向外倾倒反转的黄土崩塌。

3.15

黄土坠落 loess fall

陡峻斜坡上的土体以自由落体、滚动或弹跳等形式失稳破坏的黄土崩塌。

4 基本规定

4.1 工作内容

4.1.1 黄土斜坡地质灾害主要包括黄土滑坡与黄土崩塌。黄土斜坡地质灾害基本特征与分类参见附录A。

4.1.2 收集勘查区威胁对象勘查设计等相关文件与地质环境条件等相关资料。

4.1.3 调查勘查区地质环境条件和地质灾害体基本特征。

4.1.4 调查分析勘查区地质灾害的发育程度、危害程度和诱发因素，并对其危险性进行评估。

4.1.5 对地质灾害体进行勘查。

4.1.6 进行勘查资料综合分析计算，评价地质灾害体的稳定性，提出地质灾害防治工程措施方案和比较方案。

4.1.7 提交黄土斜坡地质灾害防治工程勘查报告。

4.2 工作方法

4.2.1 调查使用地质锤、罗盘、放大镜、照相机、测距仪等简便设备，采用穿越法结合追索法进行。

4.2.2 勘查采用工程测量、三维激光扫描、无人机摄影、合成孔径雷达干涉测量（InSAR）与遥感、地球物理勘查、坑槽探、水质化验、岩土物理力学试验、钻探等技术设备和方法进行。

4.2.3 黄土斜坡地质灾害调查方法及适用条件参见附录 B。

4.2.4 成果分析采用工程地质类比、成因历史分析、层次分析、数学统计等方法进行。

4.3 工作要求

4.3.1 本文件涉及的工程地质测绘、物探、坑槽探、钻探、水文地质试验、岩土体物理力学试验、工程地质监测等未尽要求应参照相应技术规范进行。

4.3.2 勘查工作结束后两年威胁对象与灾害防治仍未进行、威胁对象建设方案与灾害体发生变化时，应针对性进行补充勘查工作。

4.4 工作程序

4.4.1 接受工作任务后，应收集有关资料和现场踏勘，对勘查区地质环境条件和黄土斜坡区可能形成的地质灾害类型进行初步分析。

4.4.2 根据地质环境条件和地质灾害类型确定勘查区范围，编制勘查工作大纲。

4.4.3 根据勘查工作大纲进行地质灾害勘查，提交成果报告。

4.5 勘查范围

4.5.1 应根据黄土斜坡地质环境条件、地质灾害类型及其影响确定勘查范围。

4.5.2 黄土斜坡地质灾害勘查范围应涵盖灾害体、直接影响区及潜在危害区域，并向外延伸至外围稳定地质单元。

4.6 黄土斜坡地质条件复杂程度划分

4.6.1 黄土斜坡地质环境条件复杂程度应根据区域地质背景、地形地貌、地层岩性和岩土工程性质、地质构造、水文地质条件、地质灾害及不良地质现象、人类活动对地质环境的影响划分。

4.6.2 黄土斜坡地质环境条件复杂程度划分为复杂、中等和简单三类，地质灾害易发程度根据区域地质背景划分为高易发、中易发和低易发三类，见表 1。

4.7 黄土斜坡地质灾害危险性评估指标

4.7.1 黄土滑坡发育程度根据滑坡体的变形特征和破坏程度分为强发育、中等发育和弱发育三级，见表 2。

4.7.2 黄土崩塌发育程度根据黄土崩塌体的变形特征和破坏程度分为强发育、中等发育和弱发育三级，见表 3。

表1 黄土斜坡地质环境条件复杂程度分类表

地质环境条件	复杂程度					
	复 杂		中 等		简 单	
地质构造	全新活动 断裂	非全新活动 断裂	全新活动 断裂	非全新活动 断裂	全新活动 断裂	非全新活动 断裂
地形地貌	地形地貌复杂。地貌多为黄土梁、黄土峁，沟壑纵横，相对高差>200 m，黄土斜坡坡度>25°，水土流失严重，溯源侵蚀严重		地形地貌较简单。地貌为黄土塬，相对高差 50 m~200 m，黄土斜坡坡度 10°~25°，水土流失较严重，溯源侵蚀较严重		地形地貌简单。地貌为黄土丘陵，相对高差<50 m，黄土斜坡坡度<10°，水土流失较轻，溯源侵蚀较轻	
地层岩性和工程地质性质	土体成因类型复杂。风积湿陷性黄土、残坡积黄土夹风化碎石土（或弃渣）呈散体状结构，结构复杂，工程地质性质差		土体主要为上更新统粉土和表层湿陷性黄土、中更新统粉质黏土、下更新统粉质黏土和泥岩，多呈散体状结构，中更新统粉质黏土中夹钙质结核和古土壤层偶呈层状结构，结构较复杂，工程地质性质较差		土体主要为中更新统粉质黏土、部分新近系黏土和表部不具湿陷性的上更新统粉土，中更新统粉质黏土中夹钙质结核和古土壤层偶呈层状结构，新近系黏土夹较坚硬钙质结核层和胶结砾岩，结构较简单，工程地质性质一般	
水文地质条件	丰水期有孔隙水流出，枯水期断流		粉质黏土和古土壤层上丰水期偶有上层滞水生存		粉质黏土和古土壤层上丰水期有上层滞水或潜水生存	
地质灾害易发程度	高易发	高易发	高易发	高易发	中易发	低易发

表2 黄土滑坡发育程度分级表

发育程度	发育特征
强发育	坡体处于欠稳定~不稳定状态。滑坡前缘临空，坡度较陡且常处于地表径流的冲刷之下，有发展趋势并有季节性泉水出露，岩土体潮湿甚至饱和；坡体平均坡度>25°，坡面上有多条新发展的裂缝，其上建筑物、植被有新的变形迹象；坡体后缘壁上可见擦痕或有明显位移迹象，后缘有裂缝发育
中等发育	坡体处于欠稳定状态。滑坡前缘临空，有间断季节性地表径流流经，岩土体较湿；坡体平均坡度为 10°~25°，坡面上局部有小型裂缝，其上建筑物、植被无新的变形迹象；坡体后缘壁上有不明显变形迹象，有断续小型裂缝发育
弱发育	坡体处于稳定状态。滑坡前缘较缓，临空高差小，无地表径流流经和继续变形的迹象，岩土体干燥；坡体平均坡度<10°，坡面上无裂缝发展，其上建筑物、植被未有新的变形迹象；坡体后缘壁上无擦痕和明显位移迹象，原有裂缝已被充填

表3 崩塌发育程度分级表

发育程度	发育特征
强发育	潜在崩塌体处于欠稳定～不稳定状态。勘查区或周边斜坡黄土崩塌分布多，大多已发生；潜在崩塌体上方发育多条平行于沟谷的张性裂隙，黄土垂直节理发育，主控裂隙面上宽下窄，且下部向外倾，裂隙近期有流土掉块现象，底部土体呈压碎或压裂状；危土体上方平行沟谷的新生裂隙明显
中等发育	潜在崩塌体处于欠稳定状态。勘查区或周边斜坡有危土体分布，未发生崩塌；危土体主控破裂面直立，呈上宽下窄，黄土垂直节理较发育，上部充填杂土、生长灌木杂草，裂面近期有流土掉块现象；危土体上方有新生的细小裂隙分布
弱发育	潜在崩塌体处于稳定状态。勘查区或周边斜坡无危土体分布；黄土垂直节理不发育，多年未发生流土掉块现象；危土体上方无新生裂隙分布

4.7.3 黄土斜坡地质灾害危害程度根据灾情和险情分为危害大、危害中等和危害小三级，见表 4。

表4 黄土斜坡地质灾害危害程度分级表

危害程度	灾情		险情	
	死亡人数 (人)	直接经济损失 (万元)	受威胁人数 (人)	可能直接经济损失 (万元)
危害大	≥10	≥500	≥100	≥500
危害中等	3~10	100~500	10~100	100~500
危害小	<3	<100	<10	<100
注 1：灾情：指已发生的地质灾害，采用“死亡人数”、“直接经济损失”指标评价。 注 2：险情：指可能发生的地质灾害，采用“受威胁人数”、“可能直接经济损失”指标评价。 注 3：危害程度采用“灾情”或“险情”指标评价时，满足一项即应定级。				

4.7.4 黄土斜坡地质灾害诱发因素根据成因分为自然和人为因素两类，见表 5。

表5 黄土斜坡地质灾害诱发因素分类表

分类	黄土滑坡	黄土崩塌
自然因素	地震、降水、融雪、融冰、地下水位上升、河流侵蚀、新构造运动等	地震、降水、融雪、融冰、温差变化、河流侵蚀、树木根劈等
人为因素	开挖扰动、爆破、采矿、加载、抽排水等	开挖扰动、爆破、机械震动、加载、抽排水等

4.7.5 黄土斜坡地质灾害危险性评估根据发育程度、危害程度和诱发因素三个指标分为危险性大、危险性中等和危险性小三级，见表 6。

表6 黄土斜坡地质灾害危险性分级表

危害程度	发育程度		
	强发育	中等发育	弱发育
危害大	危险性大	危险性大	危险性中等
危害中等	危险性大	危险性中等	危险性中等
危害小	危险性中等	危险性小	危险性小

4.8 黄土斜坡地质灾害防治工程分级

- 4.8.1 黄土斜坡地质灾害根据危险性级别确定为尽快治理、根据监测结果治理和近期不治理三个类型。
- 4.8.2 黄土斜坡地质灾害防治工程分级，见表7。

表7 黄土斜坡地质灾害防治工程分级表

危险性	危险性大	危险性中等	危险性小
治理分级	尽快治理	根据监测结果治理	近期不治理

5 黄土斜坡地质环境条件调查

5.1 一般规定

- 5.1.1 在收集和分析勘查区已有地质环境资料的基础上，对勘查区地质环境条件进行调查。
- 5.1.2 调查用图应能反映勘查区地质环境条件和灾害体的影响范围。
- 5.1.3 区域调查用图比例尺不应小于 1:50 000；勘查区调查用图比例尺不应小于 1:10 000。
- 5.1.4 在图幅面积 10 cm×10 cm 的范围内，调查点不应少于 8 个。
- 5.1.5 对影响灾害体稳定的各类结构面、微地貌、特殊岩土、地下水点和地表水体等，应加密调查点。
- 5.1.6 调查地质环境条件对地质灾害形成、分布和发育的影响作用。
- 5.1.7 通过综合分析，确定地质环境条件复杂程度。

5.2 区域地质背景

- 5.2.1 收集区域地质及新构造背景资料，分析判断与勘查区的关系及可能发育的地质灾害。
- 5.2.2 收集区域及勘查区新构造运动资料，分析判断对勘查区和地质灾害体的影响。
- 5.2.3 收集区域地震历史资料，分析判断地震活动对勘查区和地质灾害体的影响。
- 5.2.4 收集区域及勘查区地应力资料，确定勘查区地壳稳定性及主应力方向，分析判断地应力对勘查区和地质灾害体的影响程度。

5.3 气象水文

- 5.3.1 收集勘查区气候类型和气象要素资料，气象要素包括降水、气温、蒸发、湿度和冻土深度等，分析气象要素对勘查区和地质灾害体的影响。

5.3.2 收集勘查区地表水水文要素资料，包括流域特征、流量、水位、含沙量、历史洪水及洪涝灾情等，分析水文要素对勘查区及地质灾害体的影响程度。

5.4 地形地貌

5.4.1 收集勘查区地形地貌资料，确定勘查区地形地貌类型。

5.4.2 调查勘查区地形地貌特征，包括海拔、相对高差、岩土体组成和成因类型、微地貌形态特征等。

5.4.3 重点调查与地质灾害相关的地形地貌特征，主要包括以下内容：

- a) 自然斜坡的形态、类型、结构、坡度、高度、宽度和面积；
- b) 人工边坡的形态、类型、结构、坡度、高度、宽度、面积、台阶留设高度和宽度、防护措施与排水系统；
- c) 河、沟等流域面积、长度、宽度、坡比、断面特征、岩土体组成与风化程度、植被覆盖程度、堵塞程度、防洪堤坝等稳定程度与蓄排水情况等；
- d) 河漫滩、阶地、冲洪积扇等分布特征，微地貌组合特征、相对地质时代及其演化历史；
- e) 采矿弃渣场的分布位置、形态、规模、对地貌的改变、处治及稳定性。

5.5 新构造

5.5.1 调查勘查区黄土中新生代以来新构造分布位置、产状、性质、组合关系、破碎带或影响带宽度，分析新构造对地质体和灾害体的影响。

5.5.2 调查勘查区黄土中节理和裂隙的分布位置、产状、性质、密度、充填物特征和胶结程度、组合关系，分析对地质体和灾害体的影响程度。

5.6 地层岩性

5.6.1 收集勘查区周边代表性黄土标准地层剖面、黄土钻孔地层岩性描述和时代划分资料，确定与勘查区地层的对应关系。

5.6.2 调查确定勘查区和地质灾害体黄土地层的地层时代、成因、岩性、产状、厚度、分布及各时代地层的接触关系等。

5.6.3 新生界地层时代自上而下划分为全新统（上段和下段）、上更新统、中更新统、下更新统、新近系等，对地质灾害体稳定性有影响作用的特殊土细分到层，如湿陷性黄土层、黏土层、古土壤层、钙质结核层、胶结砂砾石层、砂层、不整合面、土岩结合面泥化层或碎石层、坡面风化层、各类堆积层等，工程地质剖面中可夸大表示。

5.6.4 调查勘查区与黄土地质灾害体的分布范围，确定变形后的位置关系。

5.7 工程地质条件

5.7.1 根据勘查区地层调查资料，按 GB 50021 规定划分岩土体类型，阐明各岩土体的工程地质特征，一般分为：

- a) 全新统：
 - 1) 全新统上段砂土含砾石工程地质岩组；
 - 2) 全新统下段含砾砂土层工程地质岩组。
- b) 上更新统粉土夹粉质黏土层工程地质岩组；
- c) 中更新统粉质黏土夹砂层、古土壤层工程地质岩组；
- d) 下更新统粉质黏土夹砂层夹淡水灰岩工程地质岩组；
- e) 新近系黏土、粉质黏土夹砂层、砾岩工程地质岩组等。

5.7.2 通过收集、调查、勘查，阐明各岩土体工程地质特征与物理力学性质，结合威胁对象的特点进

行工程地质评价。

5.8 水文地质条件

- 5.8.1 调查勘查区含水层的分布、类型、富水性、透水性，隔水层的岩性、厚度和分布。
- 5.8.2 调查地下水类型及水位、水量、水质和水温等动态特征。
- 5.8.3 分析地下水对勘查区岩土体稳定性影响及与地质灾害的关系。

5.9 人类活动对地质环境的影响

- 5.9.1 调查勘查区人类工程活动的位置、类型、强度、规模及对地质环境条件的影响。
- 5.9.2 调查勘查区人类工程活动诱发地质灾害的可能性。
- 5.9.3 分析勘查区人类工程活动对建设工程的影响。

6 黄土斜坡地质灾害调查与评估

6.1 一般规定

- 6.1.1 调查地质灾害体及其影响范围内建筑物的基本特征，进行记录、绘图、素描、拍照或录像。
- 6.1.2 调查勘查区地质灾害类型、形成条件、分布特征、规模、发育程度、危害程度和诱发因素。
- 6.1.3 收集和调查勘查区地质灾害防治工程的类型、效果和经验。
- 6.1.4 调查时现场应填写地质灾害调查表，见附录 C。
- 6.1.5 在黄土斜坡地质灾害调查的基础上，应对黄土滑坡、黄土崩塌的发育程度、危害程度和诱发因素进行现状评估，并对其危险性进行预测评估。

6.2 黄土滑坡调查与评估

- 6.2.1 调查黄土滑坡体的影响范围、分析确定滑动面的空间分布特征，计算黄土滑坡体体积。
- 6.2.2 根据勘查区地层出露和分布判断黄土滑坡体结构组合特征。
- 6.2.3 调查黄土滑坡前缘挤压变形、地鼓、水体、湿地分布及变迁情况，分析判断剪出口埋深和位置。
- 6.2.4 调查黄土滑坡后缘拉张裂缝带宽度和后期充填现状、黄土滑坡体两侧岩土体错裂位移情况，分析判断黄土滑坡体位移量和发育程度。
- 6.2.5 调查黄土滑坡体前部、中部、后部裂缝空间分布特征、力学属性、密度，分析确定黄土滑坡的抗滑段、主滑段、张拉段和主滑方向。
- 6.2.6 调查黄土滑坡灾情和险情，确定现状条件下的危害程度。
- 6.2.7 根据黄土滑坡的发育程度和危害程度，结合勘查区地质环境条件，分析黄土滑坡的成因，确定黄土滑坡的诱发因素。
- 6.2.8 根据调查、勘查、测试或经验值确定岩土体物理力学参数，评价黄土滑坡的稳定性。
- 6.2.9 确定威胁对象与黄土滑坡体的位置关系，分析威胁对象遭受黄土滑坡灾害的可能性。
- 6.2.10 按表 2 确定黄土滑坡体的发育程度，按表 4 确定黄土滑坡的危害程度，按表 5 确定黄土滑坡的诱发因素。
- 6.2.11 根据黄土滑坡的发育程度、危害程度和诱发因素，结合现状评估，按表 6 进行黄土滑坡地质灾害危险性预测评估，评估结果见表 8。

表8 黄土滑坡地质灾害危险性预测评估分级表

威胁对象与黄土滑坡的位置关系	威胁对象遭受黄土滑坡灾害的可能性	发育程度	危害程度	危险性等级
位于黄土滑坡的影响范围内	可能性大	强发育	危害大	危险性大
		中等发育		危险性大
		弱发育		危险性中等
临近黄土滑坡影响范围	可能性中等	强发育	危害中等	危险性大
		中等发育		危险性中等
		弱发育		危险性中等
位于黄土滑坡影响范围外	可能性小	强发育	危害小	危险性中等
		中等发育		危险性中等
		弱发育		危险性小

6.3 黄土崩塌调查与评估

- 6.3.1 调查黄土崩塌体的影响和分布范围，确定主控结构面延展贯穿和分布高度，估算黄土崩塌体体积。
- 6.3.2 根据勘查区地层出露和分布确定黄土崩塌体结构组合特征。
- 6.3.3 根据调查、勘查、测试或经验值确定土体密度，计算黄土崩塌体总方量。
- 6.3.4 调查黄土崩塌体坡面产状和各剖面土体形态变化特征。
- 6.3.5 调查黄土崩塌体上方裂缝开裂、自然或人为充填、灌木杂草生长、降水或地表水下渗等；调查黄土崩塌体下方主控结构面变化与坡面的位置关系、土体压裂状态、流土和掉块情况，分析判断黄土崩塌体活动历史与发育程度。
- 6.3.6 调查黄土崩塌的灾情和险情，确定现状条件下的危害程度。
- 6.3.7 根据黄土崩塌的发育程度和危害程度，结合勘查区地质环境条件，分析黄土崩塌成因，确定黄土崩塌的诱发因素。
- 6.3.8 根据黄土崩塌体的规模、掉块和黄土崩塌方式、诱发因素，分析黄土崩塌体的崩落方向和影响范围。
- 6.3.9 确定威胁对象与黄土崩塌体的位置关系，分析威胁对象遭受黄土滑坡灾害的可能性。
- 6.3.10 按表 3 确定黄土崩塌体的发育程度，按表 4 确定黄土崩塌的危害程度，按表 5 确定黄土崩塌的诱发因素。
- 6.3.11 根据黄土崩塌的发育程度、危害程度和诱发因素，结合现状评估，按表 6 进行黄土崩塌地质灾害危险性预测评估，评估结果见表 9。

表9 黄土崩塌地质灾害危险性预测评估分级表

威胁对象与黄土崩塌的位置关系	威胁对象遭受黄土崩塌灾害的可能性	发育程度	危害程度	危险性等级
位于黄土崩塌影响范围内	可能性大	强发育	危害大	危险性大
		中等发育		危险性大
		弱发育		危险性中等
临近黄土崩塌影响范围	可能性中等	强发育	危害中等	危险性大
		中等发育		危险性中等
		弱发育		危险性中等
位于黄土崩塌影响范围外	可能性小	强发育	危害小	危险性大
		中等发育		危险性中等
		弱发育		危险性小

7 黄土斜坡地质灾害勘查

7.1 一般规定

7.1.1 黄土斜坡地质灾害勘查内容主要包括工程地质测绘、地球物理勘探（物探）、井（槽）探、钻探、物理力学试验、监测、勘查资料分析、参数计算与稳定性评价、防治工程方案建议等；

7.1.2 黄土斜坡地质灾害工程地质测绘宜满足下列要求：

- 测绘范围应满足地质灾害稳定性分析和防治工程布置；
- 测绘宜选用附录 B 中调查方法，结合地质灾害调查同步进行；
- 测绘比例尺以方便防治工程设计和使用的原则，一般比例尺宜为 1:20~1:500；
- 应将地质灾害调查内容按相关图式图例同时标注在地形图上，形成地质灾害分布图和勘查工程布置图等。

7.1.3 黄土斜坡地质灾害物探宜满足下列要求：

- 物探应作为辅助勘查手段，成果不宜单独作为防治工程设计依据；
- 物探工作前应做“井旁”物性参数对比试验，并与地质勘查相互验证，确认使用仪器和方法的有效性。

7.1.4 黄土斜坡地质灾害井（槽）探宜符合下列规定：

- 井探在黄土段宜利用洛阳铲人工（或半机械洛阳铲）进行，保证原状样品的采取和岩性描述；
- 槽探宜人工进行，以利于地层岩性描述：
 - 槽探开口为矩形，宽度>1.8 m、长度>3 m，槽探一端应为斜坡状，利于行走和逃生；
 - 槽探在黄土中施工，深度应<1.7 m，深度大或遇地下水时应有安全防护和排水措施；
 - 槽探可探深度内（或有安全隐患）达不到目的层时，宜在探槽底部采用洛阳铲井探；
 - 槽探中及时进行岩性描述、素描、拍照、摄影、样品采集、原位试验等；
 - 槽探工作结束，应提交各立面坡面图、立面展开平面变化图和说明书。

7.1.5 黄土斜坡地质灾害钻探宜满足下列要求：

- 钻探应根据采样要求、地下水位等进行钻孔设计，内容包括钻孔结构、钻探方法、样品采集、简易水文观测、岩性编录、质量验收和钻探成果等；

- b) 钻孔结构宜满足下列要求：
 - 1) 为采集黄土原状样品，终孔口径 ≤ 110 mm；
 - 2) 设计深度内有地下水时，应在水位处将上黄土段下实管封闭后变径钻进，含水段下入与含水层相匹配的过滤器，以利于水文地质试验。
 - c) 钻探方法宜符合下列规定：
 - 1) 黄土段应采用干法钻进；
 - 2) 采土样孔段和特殊岩土层应采用单管双动或双管双动等扰动小的技术，保证岩芯采取率。
 - d) 采集样品宜符合下列规定：
 - 1) 钻孔采黄土样应用薄壁取土器静力压入进行；
 - 2) 样品采集后及时用防水材料包装、蜡封、室内保存。
 - e) 简易水文观测宜满足下列要求：
 - 1) 钻探宜进行简易水文观测，包括冲洗液消耗量和黏度、孔内水位变化、初始地下水位、涌漏水等；
 - 2) 孔内有地下水时应做抽（提）水试验，试验中地下水水位和水量稳定时间大于 4 小时，水清砂净时取水样进行水质全分析。试验结束提交抽（提）水试验记录表、水位-水量历时曲线图和水位恢复历时曲线图，并进行地下水动态观测；
 - 3) 钻探中应及时记录掉钻、卡钻、埋钻、孔壁坍塌、涌砂和气体逸出等。
 - f) 岩性编录宜符合下列规定：
 - 1) 钻探提钻采出岩芯应按地层上下顺序整理装箱，及时进行岩性编录；
 - 2) 黄土类应选代表性岩芯用刀切开看断面描述，岩石类用锤击开看新鲜面描述；
 - 3) 砂土类描述内容：名称、颜色、湿度、矿物成分、粒度、分选性、胶结情况和包含物等；
 - 4) 黏性土描述内容：名称、颜色、湿度、有机物含量、可塑性和包含物等；
 - 5) 碎石土类描述内容：名称、岩性成分、磨圆度、分选性、粒度、胶结情况和充填物等；
 - 6) 岩石类描述内容：名称、颜色、矿物成分、结构、构造、胶结物、化石、岩脉、包裹物、风化程度、裂隙性质、裂隙和岩溶发育程度及其充填情况等。
 - g) 质量验收宜符合下列规定：
 - 1) 钻探孔深误差不大于 2%；
 - 2) 孔斜 100 m 深度内不大于 1.5° ；
 - 3) 岩芯采取率一般大于 75%、特殊层大于 85%；
 - 4) 以上质量指标应在现场验收认定。
 - h) 钻探成果应包括：钻探、试验等工作结束，提交钻孔综合工程地质柱状图及说明书。
- 7.1.6 黄土斜坡地质灾害物理力学试验宜符合下列规定：
- a) 物理力学试验在实验室和现场进行，试验按 GB/T 50123 和 GB/T 50266 条款执行，一般进行如下试验：
 - 1) 砂土：颗粒级配、比重、天然含水量、天然密度、最大和最小密度、压缩性、抗剪强度等；
 - 2) 粉土：颗粒级配、液限、塑限、比重、天然含水量、天然密度、有机质含量、压缩性、抗剪强度等；
 - 3) 黏性土：液限、塑限、比重、天然含水量、天然密度、有机质含量、压缩性、抗剪强度等。
 - b) 探井和探槽采取原状土样尺寸不小于 $200\text{ mm} \times 200\text{ mm} \times 200\text{ mm}$ ，样品不应少于 6 件；在钻孔采取样品直径应不小于 110 mm，长度大于 200 mm，一种岩性样品不少于 3 组，每组不少于 3 件；
 - c) 现场试验目的层宜选择在槽探中进行，重度试验宜采用容积法，试验坑体积不小于 $500\text{ mm} \times 500\text{ mm} \times 500\text{ mm}$ ；

- d) 试验样品应说明采取时的含水状态；
- e) 试验结果应与当地同类地层数据相比较，取标准值，发现异常应及时纠正。

7.1.7 黄土斜坡地质灾害监测宜满足下列要求：

- a) 监测内容包括地质灾害体变形、影响因素、地下水、孔隙水压力、防治工程稳定性等；
- b) 监测应设置稳定的监测标志，应在同地点、同时间同步进行，监测时间间隔以监测值的变化大小确定，以能反映变化规律为原则；
- c) 监测数据随时记录，绘制历时变化曲线，及时解决监测数据异常变化，监测结束提交监测成果；
- d) 监测工作自勘查开始至防治工程竣工后持续 1 年，需长期监测时可在防治工程竣工报告中说明。

7.1.8 勘查资料分析整理确定宜包括下列内容：

- a) 勘查资料分析整理确定主要包括土的物理力学试验资料分析整理与确定、岩性定名与地层时代划分、勘查剖面纵横向比较，确定灾害体纵横向工程地质剖面图，为灾害体计算与评价提供依据；
- b) 土的物理力学试验资料应以同一地层时代样品、同一状态条件下、不同试验方法的结果进行对比，确定拟利用结果；
- c) 主要以试验确定的结果进行岩性定名，以成因类型、岩性岩相、沉积环境等，结合同一区域标准地层剖面进行地层时代划分；
- d) 以地层时代划分为依据，绘制灾害体（或工程基础）纵横地层剖面图，进行勘查剖面纵横向比较；
- e) 将确定拟利用的物理力学试验参数标注于相应纵横地层剖面中，进行工程地质类型划分，形成纵横向立体工程地质剖面图，以便进行灾害体体积等参数计算和稳定性评价等。

7.1.9 参数计算与稳定性评价宜满足下列要求：

- a) 勘查中宜对灾害评价结果有基本判断；
- b) 计算宜采用多种方法对比进行，以满足评价结论符合工程实际。

7.1.10 防治工程方案建议宜满足下列要求：

- a) 根据评价结论，结合当地实际，提出防治工程方案建议，方案宜在两个以上；
- b) 防治工程治理分级见表 7。

7.2 黄土滑坡勘查

7.2.1 滑坡勘查线与勘查点布置宜符合下列规定：

- a) 滑坡勘查线分为主勘查线和主勘查点与辅助勘查线和辅助勘查点；
- b) 滑坡主勘查线布置应以能控制滑坡体结构特征、规模边界和滑动面特征为原则：
 - 1) 滑坡主勘查线宜与滑坡纵向主滑方向平行布置，间距一般 20~60 m，主勘查线应布置 2 条以上，以利于滑坡纵向剖面制作；
 - 2) 滑坡主勘查线上钻孔应布置 2 个以上，各主勘查线上钻孔间距布置应利于横向剖面制作。
- c) 滑坡辅助勘查线宜布置在排水渠、取土场和主勘查线的补充部位：
 - 1) 滑坡辅助勘查点间距以能控制工程结构和地质体结构为原则；
 - 2) 滑坡辅助勘查点以井探（洛阳铲）和槽探为主。

7.2.2 滑坡工程地质测绘宜符合下列规定：

- a) 滑坡测绘范围包括滑坡体、斜坡带影响范围和周边已布设防治工程地段；
- b) 滑坡体由前缘、后缘和两侧所圈定的范围组成，测绘内容包括：
 - 1) 滑坡体地面变形量与裂缝情况，地面变形包括前缘地鼓、后缘错台或洼地、两侧拉裂或错位，裂缝情况包括产状、宽度、深度和充填程度等；

- 2) 滑坡体地面构筑物分布与破坏特征、水体分布与流量特征、植被分布与生长特征、人类活动与滑坡活动的关系等。
 - c) 斜坡带是滑坡体以上至分水岭的黄土斜坡地段，测绘内容包括人类活动和地面破坏特征等；
 - d) 滑坡影响范围指滑坡灾害发生后，受滑体运动、冲击、堆积及次生灾害直接或间接影响的区域；
 - e) 滑坡周边已布设防治工程地段包括已有构筑物分布与下方排水工程所影响范围。
- 7.2.3 滑坡物探应符合下列规定：
- a) 滑坡物探线布置与主勘查线和辅助勘查线一致；
 - b) 滑坡物探主要查明滑坡体结构、地下水位埋深和分布特征、滑动面厚度及分布特征等；
 - c) 滑坡体结构可采用直流电法与电磁法相结合进行物探；
 - d) 滑坡体地下水位埋深和分布特征可采用直流电法进行物探；
 - e) 滑坡滑动面厚度及分布特征可采用直流电法与电磁法相结合进行物探；
 - f) 滑坡物探解释应根据滑坡区调查、钻探、井（槽）探等实际勘查成果对比进行；
 - g) 滑坡物探结束应提交各勘查线物探成果，主要包括滑坡剖面图和滑坡平面图等。
- 7.2.4 滑坡井（槽）探宜满足下列要求：
- a) 对物探解释厚度小于 20 m 的小型黄土滑坡宜采用槽探与井探结合的方法进行勘查。先进行人工槽探，后在探槽底进行人工洛阳铲勘查；
 - b) 滑坡井（槽）探线布置与主勘查线和辅助勘查线一致。
- 7.2.5 滑坡钻探宜满足下列要求：
- a) 对物探解释厚度大于 20 m 的中型以上黄土滑坡，当井（槽）探不易开展或遇较硬岩土体时，宜采用钻探勘查；
 - b) 首个钻探孔宜在主勘查线滑坡厚度最大处进行，并以此为中点呈“十”字向上下和两侧隔线（点）布置，首先了解滑坡体结构和较硬岩土层分布概况，以确定改钻探为井（槽）探部位；
 - c) 滑坡物探或首个钻探孔查明的滑坡滑动面中的特殊岩（土）层段，应提前采用扰动小的技术钻进，保证原状岩（土）采取。
- 7.2.6 滑坡物理力学试验样品采取与试验要求应符合下列规定：
- a) 滑坡体试验样品取样点应在平面上均匀布设，剖面上应在抗滑段、主滑段和拉张段、滑动面、滑床、剪出口、地鼓部位采取，试验样品应在 2 组以上；
 - b) 滑坡物理力学试验样品应具有代表性，一般取自滑坡体和周边区域；
 - c) 滑坡体周边试验样品应在滑坡影响范围外采取，应能反映滑坡两侧、滑坡后缘未扰动的黄土体物理力学性质，试验样品取 1 组；
 - d) 样品抗剪强度指标和压缩模量指标在同一采样段应有 2 组以上对比取值，试验工况应包括饱和与非饱和状态。
- 7.2.7 滑坡监测宜满足下列规定：
- a) 监测内容包括滑坡体变形、影响滑坡体稳定性的因素、地下水与孔隙水压力、防治工程竣工后的稳定性等；
 - b) 滑坡体变形监测分地表监测和地下监测：
 - 1) 地表监测包括滑坡面积、位移量、裂缝情况、构筑物和植被变化等；
 - 2) 地下监测在钻孔、探井与探槽中进行，主要监测土体的三向（X、Y、Z）位移量和位移速度。
 - c) 影响滑坡体稳定性的因素变化监测包括自然因素与人为因素：
 - 1) 自然因素监测包括地震、降水、融雪融冰、地下水位、河沟水流侵蚀、新构造运动、地应力、气温和地温等；
 - 2) 人为因素监测包括开挖扰动、爆破、采矿、加载、抽排水和灌溉等。

- d) 地下水与孔隙水压力监测应在钻孔中和周边泉水出露处进行：
 - 1) 探井（槽）、钻孔监测包括地下水水位、水量、水温、水质和水压等；
 - 2) 泉水监测包括水量、水温和水质等。
- e) 滑坡防治工程竣工后的稳定性监测对象包括防治工程和滑坡体：
 - 1) 防治工程稳定性监测对象主要包括抗滑工程、护坡工程和截排水工程等；
 - 2) 滑坡体稳定性监测主要在抗滑段、主滑段和拉张段进行。

7.2.8 滑坡勘查资料分析应符合下列规定：

- a) 滑坡勘查资料分析内容主要包括由工程地质测绘、物探、井（槽）探、钻探、物理力学试验和监测等取得的成果；
- b) 工程地质测绘内容包括：
 - 1) 滑坡前缘、后缘和两侧滑动带在地面的出露位置；
 - 2) 滑坡体积、滑动带埋深、滑动带特征等；
 - 3) 滑坡体表面积和地表破坏特征，判断滑坡的发展趋势。
- c) 物探、井（槽）探和钻探内容包括：
 - 1) 确定滑坡体厚度、滑带埋深和厚度；
 - 2) 根据井（槽）探采样和钻探岩芯样分析确定滑带特征，包括泥化结构（岩芯呈泥化结构状态，与上下岩芯结构状态明显不同，含水量大，岩性部分似黏性土）、镜面擦痕（崩滑体与崩滑床之间磨蚀形成具光泽的镜面，在井（槽）探中可见到镜面上擦痕呈平行状态，其尖灭方向即为崩滑方向）和揉搓碎化（土石结合面、碎石土层、砂石透镜体等在崩塌蠕滑过程不断被磨蚀，形成揉搓碎化带）。
- d) 物理力学试验主要确定：
 - 1) 以颗粒级配确定滑坡体各勘查剖面的岩性特征；
 - 2) 以比重和天然含水量分析滑坡体各勘查剖面地层在不同深度的干湿程度，判断滑坡各土体的坚固性；
 - 3) 以天然密度、液限、塑限和压缩性在地层剖面上的分布变化，分析滑坡体在运动过程中的时段变化和破坏机理；
 - 4) 以各勘查剖面地层和滑动带抗剪强度分析对比，确定用于滑坡计算的 c 、 φ 值。
- e) 分析监测成果，确定滑坡的变形特征，预测滑体运动发展趋势；
- f) 根据滑坡体表面积、滑坡体厚度、滑坡体密度确定滑坡体体积和方量。

7.2.9 滑坡稳定性评价应符合下列规定：

- a) 滑坡稳定性评价应在地质环境条件调查、地质灾害调查、地质灾害勘查、地质灾害监测综合分析基础上，根据滑动面类型和物质组成采用定性与定量相结合方法确定，具体方法可参考附录D；
- b) 按黄土滑坡安全系数判断滑坡稳定状态时，应符合表12规定；

表10 黄土滑坡安全性评价表

滑坡安全系数 F_s	$F_s < 1.00$	$1.00 \leq F_s < 1.05$	$1.05 \leq F_s < F_{st}$	$F_s \geq F_{st}$
滑坡稳定状态	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定
注： F_{st} 根据黄土斜坡防治工程等级及其对工程的影响综合确定，宜参考当地经验值。				

- c) 地下水位以下范围内水压力应按下列方法计算：
 - 1) 当滑坡体渗透系数大于 1×10^{-7} m/s 时，应计算渗透压力；

- 2) 当滑坡体渗透系数小于或等于 1×10^{-7} m/s 时, 可不计渗透压力;
- d) 地震动峰值加速度为 0.3 g 时, 宜考虑竖向地震惯性力的作用。
- 7.2.10 滑坡防治工程方案选择宜根据滑坡灾害的危险性等级和防治工程自然生态融合性综合考虑, 防治工程方案建议见表 11:

表11 滑坡防治工程方案建议参考表

危险性	防治工程自然生态融合性		
	高	中	低
危险性大	卸载、防排水、抗滑桩、绿化工程	卸载、挡墙、防排水、绿化工程	卸载、防排水、堆载反压、绿化工程、避让
危险性中等	卸载、挡墙、防排水、绿化工程	卸载、挡墙、防排水、绿化工程	卸载、防排水、绿化工程
危险性小	卸载、防排水、绿化工程	防排水、绿化工程	不治理或绿化工程

7.3 黄土崩塌勘查

7.3.1 崩塌勘查线与勘查点布置应符合下列规定:

- a) 崩塌勘查线分为主勘查线和主勘查点与辅助勘查线和辅助勘查点;
- a) 崩塌主勘查线的布置应以能控制崩塌体结构特征、规模边界及卸荷裂隙带的空间展布规律为原则:
- 1) 崩塌主勘查线宜与崩塌体纵向主崩滑方向平行布置, 间距一般设置为 10~30 m, 主勘查线应布置 2 条以上, 以利于崩塌纵向剖面制作;
- 2) 崩塌主勘查线上井(槽)探应布置 2 个以上, 各主勘查线上井(槽)探间距布置应利于横向剖面制作。
- b) 崩塌辅助勘查线宜布置在排水渠、取土场和主勘查线的补充部位:
- 1) 崩塌辅助勘查点间距布置以能控制工程结构、地质体结构为原则;
- 2) 崩塌辅助勘查点以井探(洛阳铲)和槽探为主。

7.3.2 崩塌工程地质测绘应符合下列规定:

- a) 崩塌测绘范围包括崩塌体、第一斜坡带、崩塌影响范围和周边已布设防治工程地段;
- b) 崩塌体由上部、下部和两侧所圈定的范围组成:
- 1) 崩塌体上部测绘内容包括: 主裂缝方向、宽度、深度、充填程度、发展趋势和裂缝密集程度等地面开裂与变形特征;
- 2) 崩塌体下部测绘内容包括: 土体压裂、挤压变形、水流渗出与流量特征、构筑物与崩塌体的位置关系、人类活动与崩塌的关系等;
- 3) 崩塌两侧测绘内容包括: 主裂缝上下宽度、倾斜度、深度、充填程度、流土掉块情况和裂缝密集程度等。
- c) 第一斜坡带是崩塌体以上至分水岭的黄土斜坡地段, 测绘内容包括人类活动和地面破坏特征等;
- d) 崩塌影响范围指崩塌灾害发生后, 受崩塌体运动、冲击、堆积及次生灾害直接或间接影响的区域;
- e) 崩塌周边已布设防治工程地段包括已有构筑物分布与下方排水工程所影响范围。

7.3.3 崩塌物探宜符合下列规定：

- a) 崩塌物探线布置与主勘查线和辅助勘查线一致；
- b) 崩塌物探主要查明崩塌体结构、地下水位埋深和分布特征、崩滑面分布特征等；
- c) 崩塌体结构可采用直流电法与电磁法相结合进行物探；
- d) 崩塌体地下水位埋深和分布特征可采用直流电法进行物探；
- e) 崩塌破裂面厚度及分布特征可采用直流电法与电磁法相结合进行物探；
- f) 崩塌物探应根据崩塌区调查和井（槽）探等实际勘查成果对比分析；
- g) 崩塌物探结束应提交各勘查线物探成果，包括崩塌剖面图和崩塌平面图等。

7.3.4 崩塌井（槽）探宜符合下列规定：

- a) 对崩塌厚度小于 15 m 的黄土崩塌宜用槽探与井探结合的方法进行勘查。垂直探测先进行人工槽探，后在探槽底进行人工洛阳铲勘查；水平探测用人工洛阳铲勘查；
- b) 崩塌井（槽）探线布置与主勘查线和辅助勘查线一致。

7.3.5 崩塌钻探宜满足下列内容：

- a) 土体崩塌不宜钻探勘查，以井（槽）探勘查为主；
- b) 对稳定和基本稳定、裂缝不发育的大型崩塌，当井（槽）探不易进行时，可用干法钻探勘查，勘查点与主勘查线和辅助勘查线一致。

7.3.6 崩塌物理力学试验的样品采集与试验要求宜符合下列规定：

- a) 崩塌体试验样品取样点应在平面上均匀布设，剖面上应在崩塌体的上部、中部、下部和两侧布设，试验样品应在 2 组以上；
- b) 物理力学试验样品应具有代表性，一般取自崩塌体探井（槽）及其周边区域；
- c) 崩塌体周边试验样品应在崩塌影响范围外采取，应能反映崩塌两侧和崩塌后缘未扰动黄土体的物理力学性质，试验样品取 1 组；
- d) 样品抗剪强度指标和压缩模量指标在同一采样段应有 2 组以上对比取值，试验工况应包括饱和与非饱和状态。

7.3.7 崩塌监测宜符合下列规定：

- a) 监测内容包括崩塌体变形、影响崩塌体稳定性的因素、地下水与孔隙水压力、防治工程竣工后的稳定性等；
- b) 崩塌体变形分地表监测和地下监测。
 - 1) 地表监测包括崩塌体体积、面积、位移量、裂缝情况、构筑物 and 植被等；
 - 2) 地下监测在钻孔、井（槽）探中进行，主要监测土体的三向（X、Y、Z）位移量和位移速度等。
- c) 影响崩塌体稳定性的因素监测包括自然因素监测与人为因素监测：
 - 1) 自然因素监测包括地震、降水、融雪融冰、地下水位、河沟水流侵蚀、新构造运动、地应力、气温、地温等；
 - 2) 人为因素监测包括开挖扰动、爆破、采矿、加载、抽排水和灌溉等。
- d) 地下水与孔隙水压力监测应在探井（槽）、钻孔和周边泉水出露处进行：
 - 1) 探井（槽）、钻孔监测包括地下水水位、水量、水温、水质、水压等；
 - 2) 泉水监测包括水量、水温、水质等。
- e) 崩塌防治工程竣工后的稳定性监测对象包括防治工程和崩塌体：
 - 1) 防治工程稳定性监测主要包括抗崩滑工程、护坡工程、截排水工程等；
 - 2) 崩塌体稳定性监测主要在上部、中部和两侧进行。

7.3.8 崩塌勘查资料分析宜符合下列规定：

- a) 崩塌勘查资料分析内容主要包括由工程地质测绘、物探、井(槽)探、钻探、物理力学试验、监测等取得的成果;
 - b) 工程地质测绘内容包括:崩塌上部、中部和两侧崩滑带在地面的出露位置、崩塌体表面积和地表破坏特征;
 - c) 物探、井(槽)探和钻探内容包括:
 - 1) 确定崩塌体厚度、崩滑带埋深和厚度;
 - 2) 根据井(槽)探采样和钻探岩芯样分析确定崩滑带特征,包括泥化结构(岩芯呈泥化结构状态,与上下岩芯结构状态明显不同,含水量大,岩性部分似黏性土)、镜面擦痕(崩滑体与崩滑床之间磨蚀形成具光泽的镜面,在井(槽)探中可见到镜面上擦痕呈平行状态,其尖灭方向即为崩滑方向)和揉搓碎化(土石结合面、碎石土层、砂石透镜体等在崩塌蠕滑过程不断被磨蚀,形成揉搓碎化带)。
 - d) 物理力学试验内容包括:
 - 1) 以颗粒级配确定崩塌体各勘查剖面岩性特征;
 - 2) 以天然含水量确定崩塌体各勘查剖面地层在不同深度的干湿程度;
 - 3) 以天然密度判断各勘查剖面地层土体的密实程度;
 - 4) 以各勘查剖面地层和崩滑带抗剪强度分析对比,确定用于崩塌计算的 c 、 φ 值。
 - e) 分析监测成果,确定崩塌变形特征,预测崩塌发展趋势;
 - f) 根据崩塌体表面积、崩塌体厚度、崩塌体密度确定崩塌体体积和方量。
- 7.3.9 黄土崩塌稳定性分析与评价应符合下列规定:
- a) 崩塌稳定性分析和评价的对象应包括危土体、潜在崩塌和既有崩塌堆积体;
 - b) 黄土崩塌安全性评价见附录 D。当黄土崩塌破坏模式难以确定时,应对黄土崩塌的可能的破坏模式进行计算和评价;
 - c) 按黄土崩塌安全系数判断潜在崩塌稳定状态时,应符合表 12 规定;
 - d) 崩塌影响范围应采用历史调查法和运动学分析法确定;
 - e) 黄土崩塌稳定状态评价应根据定性分析和黄土崩塌稳定性计算结果综合判定,以定性为主、定量为辅。

表12 黄土崩塌安全性评价表

黄土崩塌类型	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定
黄土崩滑	$F_s < 1.0$	$1.0 \leq F_s < 1.15$	$1.15 \leq F_s < F_{st}$	$F_s > F_{st}$
黄土倾倒	$F_s < 1.0$	$1.0 \leq F_s < 1.25$	$1.25 \leq F_s < F_{st}$	$F_s > F_{st}$
黄土坠落	$F_s < 1.0$	$1.0 \leq F_s < 1.35$	$1.35 \leq F_s < F_{st}$	$F_s > F_{st}$
注: F_{st} 根据黄土斜坡防治工程等级及黄土崩塌类型综合确定,宜参考当地经验值。				

7.3.10 崩塌防治工程方案选择宜根据崩塌灾害的危险性等级和防治工程自然生态融合性综合考虑,防治工程方案建议见表 13。

表13 崩塌防治工程参考表

危险性	防治工程自然生态融合性		
	高	中	低
危险性大	削坡卸载、重力挡墙、防排水、护坡、绿化工程	削坡卸载、重力挡墙、防排水	削坡卸载、防排水
危险性中等	削坡卸载、防排水、护坡、绿化工程	削坡卸载、防排水、绿化工程	防排水、绿化工程
危险性小	防排水、绿化工程	防排水、绿化工程	不治理或绿化工程

8 勘察报告编制

8.1 一般规定

- 8.1.1 地质灾害防治工程勘察工作应提交勘察报告。
- 8.1.2 勘察报告的文字、术语、代号、符号、数字、计量单位、标点均应符合国家有关标准的规定。
- 8.1.3 勘察单位资质证书、勘察人员资格证书、勘察委托书（或技术要求书）、勘察合同书、经审查通过的勘察设计书、勘察单位自审意见书及影像资料应作为附件随报告提交。
- 8.1.4 勘察报告应包括书面报告和数字化报告。
- 8.1.5 提纲基本形式见附录 E。
- 8.1.6 对不同致灾地质体的勘察应分别提交勘察报告。当几个致灾地质体距离很近、条件相似且规模不大时勘察成果可以一个报告的形式提交。
- 8.1.7 黄土斜坡地质灾害防治工程勘察报告中剖面图的水平、垂直比例尺应一致。

8.2 黄土滑坡勘察报告

- 8.2.1 黄土滑坡勘察报告的内容应根据任务要求、勘察阶段、地质环境、滑坡地点等具体情况确定，由下列几部分构成：
 - a) 前言，包括任务由来、勘察目的与任务、规划概况、勘察工作概况、前人研究程度、执行的技术标准、完成的主要实物工作量及勘察质量评述；
 - a) 勘察区自然地理条件，包括位置与交通状况、气象、水文（包括水位变动）、社会经济概况；
 - b) 勘察区地质环境，包括地形地貌、地层岩性、地质构造与地震、水文地质特征；
 - c) 滑坡基本特征，包括形态特征及边界条件、滑体特征、滑带特征、滑床特征、近期变形破坏特征、影响因素及形成机制、滑坡类型；
 - d) 滑坡稳定性评价，包括滑坡稳定性的定性分析、滑坡稳定性计算、稳定性评价，其中计算部分包括试验数据的分析统计、监测成果分析、计算模式与方法、计算参数的确定、影响因素敏感性分析和计算工况的确定；
 - e) 滑坡防治建议，包括防治方案建议和防治工程设计参数等；
 - f) 滑坡防治效益评价，包括经济效益、社会效益和环境效益等；
 - g) 结论与建议。
- 8.2.2 滑坡勘察报告主要内容应有下列附图附件：
 - a) 滑坡平面地质图（比例尺为 1:500~1:2 000）；
 - b) 滑体等厚线图（比例尺为 1:500~1:2 000）；

- c) 滑床顶面等高线图（比例尺为 1:500~1:2 000）；
- d) 滑体地下水等水位线图（比例尺为 1:500~1:2 000）；
- e) 滑坡地质剖面图（比例尺为 1:200~1:500）；
- f) 钻孔地质柱状图（比例尺为 1:50~1:100）；
- g) 探槽、探井、平硐展示图（比例尺为 1:50~1:200）；
- h) 物探报告；
- i) 测试报告；
- j) 监测报告。

8.3 黄土崩塌勘查报告

8.3.1 黄土崩塌勘查报告的内容应根据任务要求、地质环境、潜在崩塌特点等具体情况确定，可由下列几部分构成：

- a) 前言，包括任务由来、勘查目的与任务、规划概况、勘查工作概况、前人研究程度、执行的技术标准、完成的主要实物工作量及勘查质量评述等；
- b) 勘查区自然地理条件，包括位置与交通状况、气象、水文（包括水位变动）、社会经济概况；
- c) 勘查区地质环境，包括地形地貌、地层岩性、地质构造与地震、水文地质特征等；
- d) 潜在崩塌基本特征，包括形态特征及边界条件、潜在崩塌体特征、破裂面特征、基底特征、近期变形破坏特征、影响因素、形成机制、潜在崩塌类型等；
- e) 潜在崩塌稳定性评价，包括潜在崩塌稳定性的定性分析、潜在崩塌安全性评价，其中计算部分包括试验数据的分析统计、计算原理与方法、计算参数的确定、计算工况的确定、潜在崩塌安全性系数计算结果、监测成果分析等；
- f) 黄土崩塌防治建议，包括防治方案建议和防治工程设计参数等；
- g) 黄土崩塌治理效益评价，包括经济效益、社会效益和环境效益等；
- h) 结论与建议。

8.3.2 黄土崩塌勘查报告应有下列附图附件：

- a) 潜在崩塌平面地质图（包括卸荷带分布范围）（比例尺为 1:200~1:500）；
- b) 潜在崩塌单体剖面图（比例尺为 1:50~1:200）；
- c) 潜在崩塌单体立面图（比例尺为 1:100~1:200）（必要时作立体图）；
- d) 潜在崩塌区裂隙统计图（极点图或带倾角的裂隙倾向玫瑰图）；
- e) 探槽、探井或平硐展示图（比例尺为 1:50~1:200）；
- f) 测试报告；
- g) 监测报告。

附 录 A

(资料性)

黄土斜坡地质灾害基本特征与分类

A. 1 黄土斜坡地质灾害基本特征

黄土斜坡地质灾害主要包括黄土滑坡与黄土崩塌，黄土斜坡地质灾害基本特征见表 A. 1。

表 A. 1 黄土斜坡地质灾害基本特征

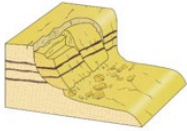
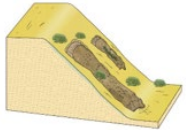
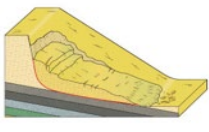
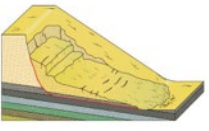
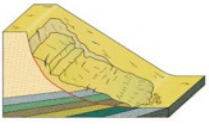
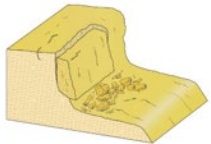
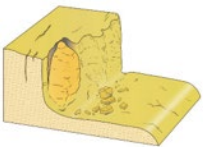
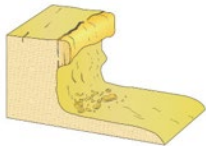
类型	概化模型	地层类型	破裂面/滑面位置	破裂面/滑面深度 m	滑体体积 m ³	运动速度 mm/s	滑动距离 m
黄土弧状滑移		黄土	黄土地层内部	3~10	200~20 000	$0.5\sim5\times10^3$	0~100
黄土平面滑移				0~3	0~2 000	$0.5\sim5\times10^3$	0~30
黄土深层溜滑				3~25	$\geq20\,000$	$\geq5\times10^3$	30~300
黄土坡面泥流				0~3	0~2 000	≥0.5	0~100
黄土—基岩接触面滑移		黄土—基岩	贯穿黄土地层，与黄土—基岩接触面相切	10~25	$\geq100\,000$	$0.5\sim5\times10^3$	30~300
黄土—基岩顺层滑移			贯穿黄土地层，与下伏基岩地层相切	10~25	$\geq100\,000$	$0.5\sim5\times10^3$	30~300
黄土—基岩切层滑移			贯穿黄土地层，且与下伏基岩地层相交	≥25	$\geq100\,000$	$\geq5\times10^3$	≥300

表 A.1 黄土斜坡地质灾害基本特征（续）

类型	概化模型	地层 类型	破裂面/ 滑面位置	破裂面/ 滑面深度 m	滑体 体积 m ³	运动 速度 mm/s	滑动 距离 m
黄土崩滑		黄土	黄土地层 内部	0~3	200~20 000	$\geq 5 \times 10^3$	0~30
黄土倾倒				0~3	0~2 000	$\geq 5 \times 10^3$	0~30
黄土坠落				0~3	0~2000	$\geq 5 \times 10^3$	0~30

A.2 黄土斜坡地质灾害分类

黄土斜坡地质灾害分类见表 A.2~A.11。

表 A.2 按物质组成分类

灾害类型		基本特征
黄土层内滑坡		发生在黄土地层中的滑坡，滑动面位于黄土层内
黄土—基岩复合型滑坡	黄土—基岩接触面滑移	发生在黄土地层中的滑坡，滑动面下穿上覆黄土层后，沿黄土—基岩接触面延展
	黄土—基岩顺层滑移	发生在上覆黄土和下伏基岩中的滑坡，滑动面下穿上覆黄土层后，沿黄土—基岩接触面延展
	黄土—基岩切层滑移	发生在上覆黄土和下伏基岩中的滑坡，滑动面下切至下部基岩，与基岩有一定交角

表 A.3 按滑体厚度分类

滑体厚度 (h) m	$h < 3$	$3 < h \leq 10$	$10 < h \leq 25$	$h > 25$
灾害类型	浅层滑坡	中层滑坡	深层滑坡	超深层滑坡

表 A.4 按发生年代分类

灾害类型	滑坡发生年代
新滑坡	现今正在发生滑动的滑坡
老滑坡	全新世以来发生，现今整体稳定的滑坡
古滑坡	全新世以前发生，现今整体稳定的滑坡

表 A.5 按滑体体积分类

灾害类型	滑体体积 (V) m^3
小型	$V \leq 2000$
中型	$2000 < V \leq 20000$
大型	$20000 < V \leq 100000$
特大型	$V > 100000$

表 A.6 按诱因分类

灾害类型	基本特征
工程灾害	由施工开挖、建筑加载等人类工程建设活动引起的滑坡
自然灾害	由自然地质作用产生的滑坡

表 A.7 按现今活动程度分类

灾害类型	基本特征
活动型灾害	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
不活动型灾害	发生后已停止发展

表 A.8 按现今活动程度分类

灾害类型	基本特征
全复活型滑坡	古、老滑坡复活，古、老滑坡滑动面被新滑坡全面利用
部分复活型滑坡	在古、老滑坡体上产生的新滑坡，古、老滑坡滑动面被新滑坡部分利用
非复活型滑坡	在古、老滑坡体上产生的新滑坡，古、老滑坡滑动面未被新滑坡利用

表 A.9 按滑体运动速度分类

灾害类型（S）	滑体运动速度 mm/s
极慢速	$0 < S < 0.5 \times 10^{-6}$
缓慢速	$50 \times 10^{-6} < S < 0.5 \times 10^{-6}$
慢速	$50 \times 10^{-6} < S < 5 \times 10^{-3}$
中速	$5 \times 10^{-3} < S < 0.5$
快速	$0.5 < S < 50$
高速	$50 < S < 5 \times 10^3$
极速	$S > 5 \times 10^3$

表 A.10 按滑动距离分类

灾害类型	滑动距离（D） m
短程	$D \leq 30$
中程	$30 < D \leq 100$
远程	$100 < D \leq 300$
极远程	$D > 300$

表 A. 11 按滑动方式分类

灾害类型	基本特征
松脱式滑坡	斜坡前部先滑动使上部失去支撑，逐级向后扩展，引起由下而上的滑动，表面多呈阶梯状或陡坎状
推移式滑坡	后部先变形、滑动，后部挤压、推动前部发生滑动

附 录 B
(资料性)
黄土斜坡地质灾害调查方法及适用条件

B.1 地质灾害调查技术方法的选择目的、适用条件及经济技术特点见表 B.1。

表 B.1 黄土斜坡地质灾害调查方法及适用条件

方法名称	原理	目的	适用条件	经济、技术特点
合成孔径雷达干涉测量（InSAR）	利用雷达微波反射，得到同一目标的 SAR 单视复数影像，然后根据影像对之间的干涉相位值，获取地表位移	大范围连续跟踪地表微小形变	不受气象条件影响，可全天时、全天候获取数据；地形开阔、低植被覆盖的地区	借助卫星遥测，滤波成像技术复杂，成果直观，成本高
机载激光雷达测量（LiDAR）	利用激光测距技术，将接收到的反射波与发射信号比较，多次回波获取地形信息	去除植被后生成的高精度 DSM，有效识别山体损伤和松散堆积体等隐蔽性灾害	受地形影响较小，需要较好的气象条件	设备较为轻便，数据处理较为复杂，资料直观，成本高
无人机摄影	利用无线电遥控无人飞行器对目标区域进行高空拍摄	获取高清晰、大比例尺的影像或测绘数据	受地形影响较小，需要较好的气象条件	设备小型轻便，数据处理简单，资料直观，成本低
三维倾斜摄影	通过一个垂直、四个倾斜、五个不同视角同步采集影像，获取高分辨率三维影像	真实反映地质灾害体地形条件	受地形影响较小，需要较好的气象条件	设备较为轻便，数据处理较为复杂，成本较高
机载红外探测	收集外界红外辐射进而聚集到红外传感器上，探测正在变形的灾害体边界	探测地质灾害控制性边界条件	受地形影响较小，需要较好的气象条件	设备较为轻便，数据处理较为复杂，成果直观，成本较高
三维激光扫描	原理与 LiDAR 类似利用激光测距技术，获取地形信息	获取高精度、大比例尺地质灾害地形矢量数据	受地形影响较小，需要较好的气象条件	设备较为轻便，数据处理较为复杂，成果直观，成本较高

附 录 C
(资料性)
地质灾害调查表

表 C.1 滑坡野外调查表

名称				地理 位置	省 县(市)		乡 村 社		
野外 编号		室内 编号			坐标 (m)	X: Y:	标高 (m)	冠	
滑坡年代 ^a		发生时间:						趾	
☐ 古滑坡 ☐ 老滑坡 ☐ 现代滑坡		年 月 日 时 分			经度: ° ' " 纬度: ° ' "				
周边交通情况									
滑坡 类型 ^b	☐ 黄土弧状滑移 ☐ 黄土平面滑移 ☐ 黄土深层溜滑 ☐ 黄土坡 面泥流 ☐ 黄土—基岩接触面滑移 ☐ 黄土—基岩顺层滑移 ☐ 黄土—基岩切层滑移					滑体性质	☐ 黄土层内滑坡 ☐ 黄土—基岩复合型滑坡		
滑坡 环境	地质 环境	地层岩性			地质构造		微地貌	地下水类型	
		时代	岩性	产状	构造部位	地震 烈度	☐ 陡崖 ☐ 陡坡 ☐ 缓坡 ☐ 平台	☐ 孔隙水 ☐ 潜水 ☐ 裂隙水 ☐ 承压水 ☐ 岩溶水 ☐ 上层滞水	
	自然 地理 环境	降水量 (mm)			水 文				
		年均	日最大	时最大	洪水位 (m)		枯水位 (m)	滑坡相对河流位置	
								☐ 左 ☐ 右 ☐ 凹 ☐ 凸	
	原始 斜坡	坡高 (m)	坡度 (°)	坡 形 ^c		斜坡结构 类 型	控滑结构面		
			☐ 凸形 ☐ 凹形 ☐ 直线 ☐ 阶状			类型			
						产状			
滑坡 基本 特征	外形 特征	长度 (m)	宽度 (m)	厚度 (m)	面积 (m ²)	体积 (m ³)	规模等级 ^d	坡度 (°)	坡向 (°)
		平面形态				剖面形态			
		☐ 半圆 ☐ 矩形 ☐ 舌形 ☐ 不规则				☐ 凸形 ☐ 凹形 ☐ 直线 ☐ 阶梯 ☐ 复合			
	结构 特征	滑体特征					滑床特征		
		岩性	结构	碎石含量 (%)		块度 (cm)	岩性	时代	产状
			☐ 可辨层次 ☐ 零乱						
滑面及滑带特征									

表 C.1 滑坡野外调查表（续）

滑坡基本特征	结构特征	形态	埋深（m）	倾向（°）	倾角（°）	厚度（m）	滑带土名称	滑带土性状	
	地下水	埋深（m）	露 头			补给类型			
			☐ 上升泉 ☐ 下降泉 ☐ 溢水点			☐ 降雨 ☐ 地表水 ☐ 人工 ☐ 融雪			
	土地使用	☐ 旱地 ☐ 水田 ☐ 草地 ☐ 灌木 ☐ 森林 ☐ 裸露 ☐ 建筑							
	现今变形迹象	名 称	部 位	特 征				初现时间	
☐ 拉张裂缝 ☐ 剪切裂缝 ☐ 地面隆起 ☐ 地面沉降 ☐ 剥、坠落 ☐ 树木歪斜 ☐ 建筑变形									
影响因素	地质因素	☐ 节理极度发育 ☐ 结构面走向与坡面平行 ☐ 结构面倾角小于坡角 ☐ 软弱基底 ☐ 透水层下伏隔水层 ☐ 土体/基岩接触 ☐ 破碎风化岩/基岩接触 ☐ 强/弱风化层界面							
	地貌因素	☐ 斜坡陡峭 ☐ 坡脚遭侵蚀 ☐ 超载堆积							
	物理因素	☐ 风化 ☐ 融冻 ☐ 胀缩 ☐ 累进性破坏造成的抗剪强度降低 ☐ 孔隙水压力高 ☐ 洪水冲刷 ☐ 水位陡降陡落 ☐ 地震							
	人为因素	☐ 削坡过陡 ☐ 坡脚开挖 ☐ 坡后加载 ☐ 蓄水位降落 ☐ 植被破坏 ☐ 爆破振动 ☐ 渠塘渗漏 ☐ 灌溉渗漏							
	主导因素	☐ 暴雨 ☐ 地震 ☐ 工程活动							
稳定性分析	复活引发因素	☐ 降雨 ☐ 地震 ☐ 人工加载 ☐ 开挖坡脚 ☐ 坡脚冲刷 ☐ 坡脚浸润 ☐ 坡体切割 ☐ 风化 ☐ 卸荷 ☐ 动水压力 ☐ 爆破振动							
	目前稳定状况°	☐ 稳定 ☐ 基本稳定 ☐ 不稳定	已造成危害	毁坏房屋（间）	死亡人口（人）	直接损失（万元）	灾情等级°		
	发展趋势分析°	☐ 稳定 ☐ 基本稳定 ☐ 不稳定	潜在威胁	威胁户数	威胁人口（人）	威胁资产（万元）	险情等级°		
	影响范围								
	监测现状				防治现状				
	监测建议	☐ 定期目视检查 ☐ 安装简易监测设施 ☐ 地面位移监测 ☐ 深部位移监测							
防治建议	☐ 群测群防 ☐ 专业监测 ☐ 搬迁避让 ☐ 工程治理					隐患点	☐ 是 ☐ 否		

表 C.1 滑坡野外调查表（续）

群测人员		手机		电话		防灾预案	□有 □无
村长		手机		电话			
主管单位				主管单位地址			
报警方法				值班电话			
预定避灾地点			人员撤离路线				
滑坡示意图	平面图						
	剖面图						
	撤离路线图						
调查负责人		审核人		审核人		填表日期	
调查单位							
^a 见附录 A，表 A.4 按发生年代分类。 ^b 见附录 A，黄土斜坡地质灾害基本特征与分类。 ^c 凸形坡：坡面呈一上凸的曲线，通常山体浑圆，坡上部平缓，下部较陡；凹形坡：坡面呈一下凹的曲线，通常山体较陡，尤其是上部更为陡峭；直线形坡：是指坡面呈平而直的坡形；阶梯形坡：坡面呈台阶状的坡形。 ^d 见附录 A，表 A.5 按滑体体积分类。 ^e 稳定：坡顶无明显张裂隙，坡体无明显变形迹象；基本稳定：坡顶有小型张裂隙，分布未见密集发育，坡体无变形迹象；不稳定：坡顶发育有张裂隙，裂隙发育规模较大，坡体有明显变形迹象。 ^f 见表 4，黄土斜坡地质灾害危害程度分级表。							

表 C.2 崩塌野外调查表

名称				地理位置	省市区			街道	
野外编号		斜坡性质 ☐ 天然 ☐ 人工			坐标	X: Y:	标高 (m)	坡顶	
室内编号						经度: ° ' '' 纬度: ° ' ''		坡脚	
周边交通情况									
崩塌类型 ^a	☐ 黄土崩滑 ☐ 黄土倾倒 ☐ 黄土坠落								
崩塌环境	地质环境	地层岩性			地质构造		微地貌		地下水类型
		时代	岩性	产状	构造部位	地震烈度	☐ 陡崖 ☐ 陡坡 ☐ 缓坡 ☐ 平台	☐ 孔隙水 ☐ 裂隙水 ☐ 岩溶水	
	地理环境	降雨量 (mm)			水文			土地利用	
		年均	最大降雨量		丰水位 (m)	枯水位 (m)	斜坡与河流位置	☐ 耕地 ☐ 草地 ☐ 灌木 ☐ 森林 ☐ 裸露 ☐ 建筑	
			日	时					
						☐ 左岸 ☐ 右岸 ☐ 凹岸 ☐ 凸岸			
崩塌基本特征	潜在崩塌体外形特征	坡高 (m)	坡长 (m)	坡宽 (m)	规模 (m ³)	规模等级	坡度 (°)	坡向 (°)	
	潜在崩塌体整体几何形态 ^b								
	☐ 片状 ☐ 块状 ☐ 板状 ☐ 柱状 ☐ 楔形体 ☐ 其它: _____								
	破裂面几何形态								
	☐ 直线形 ☐ 折线形 ☐ 弧线型 ☐ 复合型 ☐ 其它: _____								
	崩塌体土质	土的名称及特征				下伏基岩特征			
		名称	密实度 ^c		稠度	时代	岩性	产状	埋深 (m)
			☐ 密实 ☐ 稍密 ☐ 疏松						
	地下水	埋深 (m)	露头			补给类型			
		☐ 上升泉 ☐ 下降泉 ☐ 湿地			☐ 降雨 ☐ 地表水 ☐ 融雪 ☐ 人工				

表 C.2 崩塌野外调查表（续）

崩塌基本特征	名称	部位		特 征				初现时间	
		☐ 拉张裂缝 ☐ 剪切裂缝 ☐ 地面隆起 ☐ 地面沉降 ☐ 剥、坠落 ☐ 树木歪斜 ☐ 建筑变形 ☐ 冒渗混水							
	现今变形 破坏迹象	长度 (m)	宽度 (m)	厚度 (m)	体积 (m³)	坡度 (°)	坡向 (°)	坡面形态 ^d ☐ 凸 ☐ 凹 ☐ 直 ☐ 阶	稳定性
									☐ 稳定 ☐ 基本稳定 ☐ 不稳定
堆积体特征									
可能失稳因素	☐ 降雨 ☐ 地震 ☐ 人工加载 ☐ 开挖坡脚 ☐ 坡脚冲刷 ☐ 坡脚浸润 ☐ 坡体切割 ☐ 风化 ☐ 卸荷 ☐ 动水压力 ☐ 爆破振动								
目前稳定程度 ^e	☐ 稳定 ☐ 基本稳定 ☐ 不稳定				今后变化趋势 ^e	☐ 稳定 ☐ 基本稳定 ☐ 不稳定			
已造成危害	死亡人口 (人)	损坏房屋	毁路 (m)	毁渠 (m)	其它危害	直接损失 (万元)	灾情等级 ^f		
		户 间							
影响范围									
潜在危害	威胁人口 (人)			威胁财产 (万元)			险情等级 ^f		
监测现状					防治现状				
监测建议	☐ 定期目视检查 ☐ 安装简易监测设施 ☐ 地面位移监测								
防治建议	☐ 群测群防 ☐ 专业监测 ☐ 搬迁避让 ☐ 工程治理						隐患点	☐ 是 ☐ 否	
群测人员		手机		电话		防灾预案	☐ 有 ☐ 无		
村长		手机		电话					
主管单位					主管单位地址				
报警方法					值班电话				
预定避灾地点			人员撤离路线						

表 C.2 崩塌野外调查表（续）

示意图	平面图						
	剖面图						
	撤离路线图						
调查负责人		审核人		审核人		填表日期	
调查单位							
^a 见附录 A，黄土斜坡地质灾害基本特征与分类。 ^b 片状：厚度很薄，面积通常较小、在坡体表面的崩塌体；块状：崩塌体的长宽厚相差不大的立方体；板状：崩塌体为薄层状，厚度远小于长度和宽度，形状长而扁；柱状：崩塌体沿竖直轴方向发展，宽度和厚度相近，长度远大于宽度，横截面近似圆形；楔形体：横剖面为 V 字形剖面，两个结构面相交所构成的封闭结构体。 ^c 密实：土块结实，无明显孔隙，用手挤压时无松散变形迹象，不会粉碎，承载力大；稍密：土块中可见少量孔隙，能够用手捏碎；疏松：土块中见大量孔隙，不坚硬，捶打可成细土粒。 ^d 凸形坡：坡面呈一上凸的曲线，通常山体浑圆，坡上部平缓，下部较陡；凹形坡：坡面呈下凹的曲线，通常山体较陡，尤其是上部更为陡峭；直线形坡：是指坡面呈平而直的坡形；阶梯形坡：坡面呈台阶状的坡形。 ^e 稳定：坡顶无明显张裂隙，坡体无明显变形迹象；基本稳定：坡顶有小型张裂隙，分布未见密集发育，坡体无变形迹象；不稳定：坡顶发育有张裂隙，裂隙发育规模较大，坡体有明显变形迹象。 ^f 见表 4，黄土斜坡地质灾害危害程度分级表。							

附录 D
(规范性)
黄土滑坡和崩塌安全性评价方法

D.1 黄土滑坡安全性评价方法

D.1.1 黄土滑坡安全性评价方法见表D.1:

表 D.1 黄土滑坡安全性评价方法

黄土滑坡类型	评价方法
黄土弧状滑移	简化毕肖普法 摩根斯顿—普赖斯法
黄土平面滑移	平面直线法
黄土深层溜滑	传递系数法 摩根斯顿—普赖斯法
黄土坡面泥流	坡面泥流启动判定法
黄土—基岩接触面滑移	传递系数法 摩根斯顿—普赖斯法
黄土—基岩顺层滑移	传递系数法 摩根斯顿—普赖斯法
黄土—基岩切层滑移	简化毕肖普法 摩根斯顿—普赖斯法

D.1.2 传递系数法（见图D.1）按式（D.1）～式（D.5）计算。

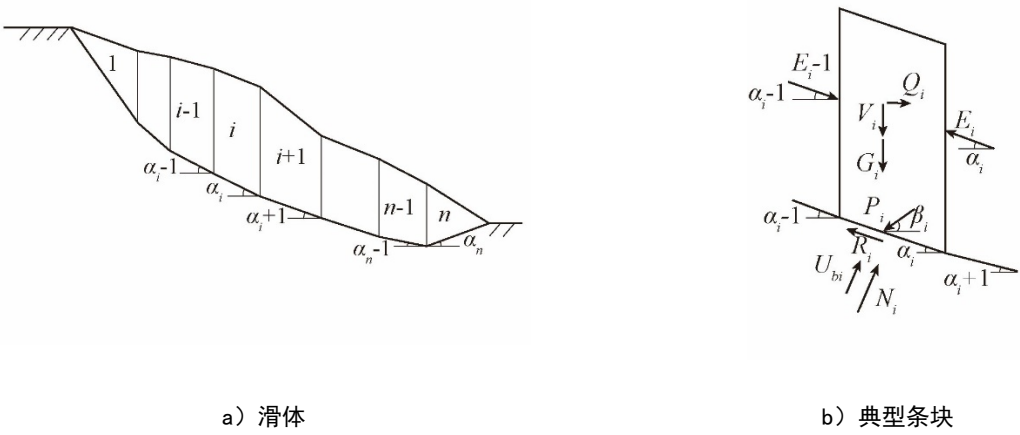


图 D.1 传递系数法计算简图

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left(R_i \prod_{j=i+1}^n \Psi_j \right) + R_n}{\sum_{i=1}^{n-1} \left(T_i \prod_{j=i+1}^n \Psi_j \right) + T_n} \dots\dots\dots (D. 1)$$

$$R_i = [(G_i + V_i) \cos \alpha_i - U_{bi} - Q_i \sin \alpha_i + P_i \sin(\alpha_i + \beta_i)] \tan \varphi'_i + c'_i b_i \sec \alpha_i \dots\dots\dots (D. 2)$$

$$T_i = (G_i + V_i) \sin \alpha_i + Q_i \cos \alpha_i - P_i \cos(\alpha_i + \beta_i) \dots\dots\dots (D. 3)$$

$$\Psi_i = \cos(\alpha_{i-1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i-1} - \alpha_i) \tan \frac{\varphi'_i}{F_s} \dots\dots\dots (D. 4)$$

$$E_i = T_i - \frac{R_i}{F_s} + \Psi_i E_{i-1} \dots\dots\dots (D. 5)$$

式中:

- F_s ——安全系数;
- R_i ——第 i 滑动条块抗滑力, 单位为千牛 (kN), 第 n 滑动条块抗滑力 R_n ;
- Ψ_i ——第 $i-1$ 滑动条块对第 i 滑动条块的传递系数;
- T_i ——第 i 滑动条块下滑力, 单位为千牛 (kN), 第 n 滑动条块下滑力 T_n ;
- G_i ——第 i 滑动条块重量, 单位为千牛 (kN);
- V_i ——第 i 滑动条块垂直向地震惯性力 (V 向上取 “-”, 向下取 “+”), 单位为千牛 (kN);
- Q_i ——第 i 滑动条块水平向地震惯性力 (Q 方向与滑坡滑动方向一致时取 “+”, 反之取 “-”), 单位为千牛 (kN);
- U_{bi} ——第 i 滑动条块底面的孔隙压力, 单位为千牛 (kN);
- P_i ——作用于第 i 滑动条块的外力 (不含坡外水压力), 单位为千牛 (kN);
- α_i ——第 i 滑动条块底面与水平面的夹角 (以水平线为起始线, 逆时针为正角, 顺时针为负角), 单位为度 ($^{\circ}$);
- β_i ——第 i 滑动条块的外力 P_i 与水平线的夹角 (以水平线为起始线, 顺时针为正角, 逆时针为负角), 单位为度 ($^{\circ}$);
- c'_i ——第 i 滑动条块底面的有效黏聚力, 单位为千帕 (kPa);
- φ'_i ——第 i 滑动条块底面的有效内摩擦角, 单位为度 ($^{\circ}$);
- b_i ——第 i 滑动条块沿滑面的长度, 单位为米 (m);
- E_{i-1} ——第 $i-1$ 滑动条块作用于第 i 滑动条块的推力, 单位为千牛 (kN), $i=2, 3 \dots n$;
- E_i ——第 $i+1$ 滑动条块对第 i 滑动条块侧面的反作用力, 单位为千牛 (kN), 与第 i 滑动条块的推力大小相等, 方向相反。

D.1.3 简化毕肖普法 (Bishop法) 见图 (D.2) 按式 (D.6) ~ 式 (D.8) 计算。

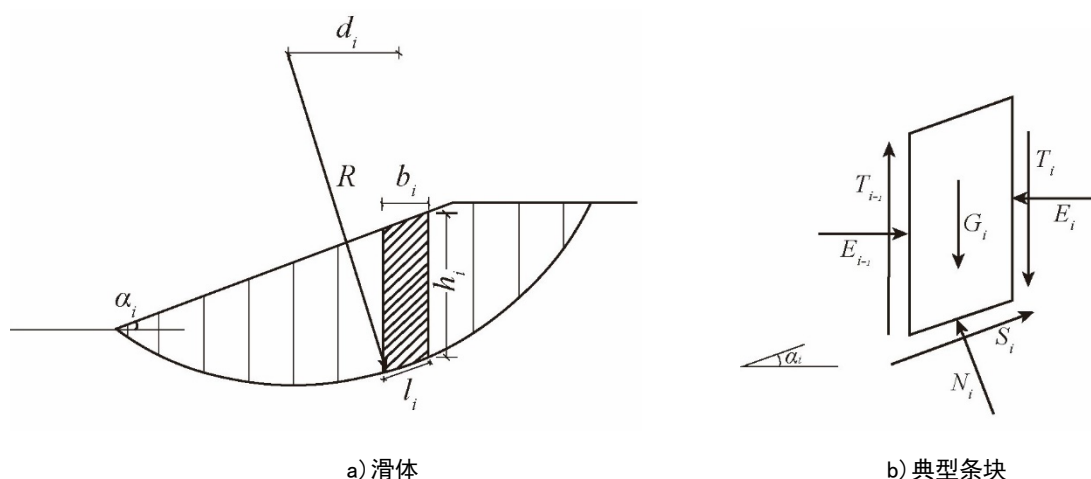


图 D.2 简化毕肖普法计算简图

$$F_s = \frac{\sum \frac{1}{m_{ai}} \cdot (c_i b_i + G_i \tan \varphi_i)}{\sum G_i \sin \alpha_i} \quad (\text{D. 6})$$

$$m_{ai} = \cos \alpha_i + \frac{\sin \alpha_i \cdot \tan \varphi_i}{F_s} \quad (\text{D. 7})$$

$$G_i = \gamma_i h_i b_i \quad (\text{D. 8})$$

式中:

F_s ——安全系数;

h_i ——第 i 条块土条的高度 (m);

γ_i ——第 i 条块土条的容重 (kN/m^3);

b_i ——第 i 滑动条块沿滑面的长度, 单位为米 (m);

c_i ——第 i 滑动条块底面的黏聚力, 单位为千帕 (kPa);

G_i ——第 i 滑动条块重量, 单位为千牛 (kN);

φ_i ——第 i 滑动条块底面的内摩擦角, 单位为度 ($^\circ$);

α_i ——第 i 滑动条块底面与水平面的夹角 (以水平线为起始线, 逆时针为正角, 顺时针为负角), 单位为度 ($^\circ$).

假定 $F_s=1$, 按式 (D. 7) 计算出 m_{ai} , 按式 (D. 6) 计算 F_s , 若算出的 F_s 不等于 1, 依据得到的 F_s 按式 (D. 7) 求出 m_{ai} , 如此反复迭代, 直到计算的 F_s 非常接近为止。

D.1.4 摩根斯顿—普赖斯法 (Morgenstern-Price法) 见图 (D. 3) 按式 (D. 9) ~ 式 (D. 19) 计算。

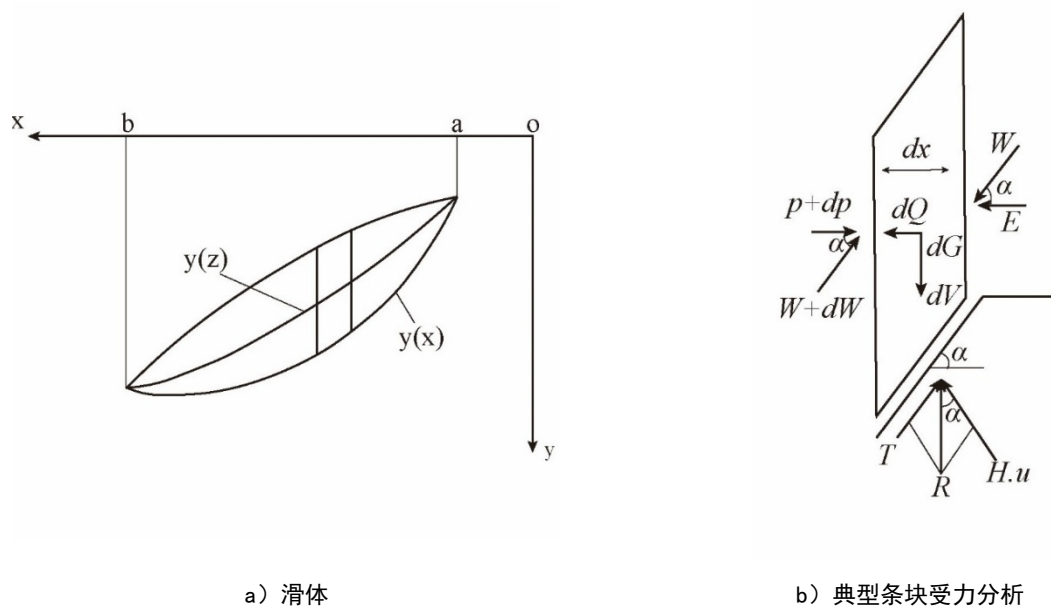


图 D.3 摩根斯顿—普赖斯法计算简图

$$\int_a^b p(x)s(x)dx = 0 \dots\dots\dots (D.9)$$

$$\int_a^b p(x)s(x)t(x)dx - M_e = 0 \dots\dots\dots (D.10)$$

$$p(x) = \left(\frac{dG}{dx} + \frac{dV}{dx} \right) \sin(\tilde{\varphi}' - \alpha) - u \sec \alpha \sin \tilde{\varphi}' + \tilde{c}' \sec \alpha \cos \tilde{\varphi}' - \frac{dQ}{dx} \cos(\tilde{\varphi}' - \alpha) \dots\dots\dots (D.11)$$

$$s(x) = \sec(\tilde{\varphi}' - \alpha + \beta) \exp \left[- \int_a^x \tan(\tilde{\varphi}' - \alpha + \beta) \frac{d\beta}{d\zeta} d\zeta \right] \dots\dots\dots (D.12)$$

$$t(x) = \int_a^x (\sin \beta - \cos \beta \tan \alpha) \exp \left[\int_a^\xi \tan(\tilde{\varphi}' - \alpha + \beta) \frac{d\beta}{d\zeta} d\zeta \right] d\xi \dots\dots\dots (D.13)$$

$$M_e = \int_a^b \frac{dQ}{dx} h_e dx \dots\dots\dots (D.14)$$

$$\tilde{c}' = \frac{c'}{F_S} \dots\dots\dots (D.15)$$

$$\tan \tilde{\varphi}' = \frac{\tan \varphi'}{F_S} \dots\dots\dots (D.16)$$

$$\tan \beta = \lambda f(x) \dots\dots\dots (D.17)$$

式中:

dx ——条块宽度 (m);

dG ——条块重量 (kN);

u ——作用于条块底面的孔隙压力 (kN);

α ——条块底面与水平面的夹角 ($^\circ$); (以水平线为起始线, 逆时针为正角, 顺时针为负角), 单位为度 ($^\circ$);

β ——条块的外力 P 与水平线的夹角（以水平线为起始线，顺时针为正角，逆时针为负角），单位为度（°）；

c' ——条块底面的有效黏聚力，单位为千帕（kPa）；

φ' ——条块底面的内摩擦角，单位为度（°）；

dQ ——作用在条块上的外力水平向分力，包括地震力和表面荷载（kN）；

dV ——作用在条块上的外力垂直向分力，包括地震力和表面荷载（kN）；

M_e —— dQ 对条块中点的力矩（kN·m）；

h_e —— dQ 的作用点到条块底面中点的垂直距离（m）；

λ ——确定 $\tan\beta$ 值的待定系数；

$f(x)$ —— $\tan\beta$ 在 x 方向的分布形状，一般可取 $f(x)=1$ 。

当 $f(x)=1$ 时，式（D.9）和（D.10）可简化为下式：

$$\int_a^b p(x) \sec(\varphi' - \alpha + \beta) dx = 0 \quad \text{..... (D.18)}$$

$$\int_a^b p(x) \sec(\varphi' - \alpha + \beta) (x \sin \beta - y \cos \beta) dx - M_e = 0 \quad \text{..... (D.19)}$$

式（D.9）和式（D.10）或式（D.18）和式（D.19）中包含两个未知数，安全系数 F_s 隐含于（D.15）和式（D.16）中，另一待定系数 λ 隐含于式（D.17）中，可通过迭代求解取得。

D.1.5 平面直线法见图（D.4）按式（D.20）～式（D.23）计算。

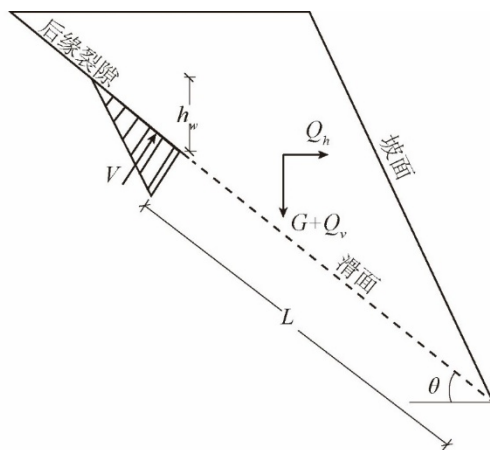


图 D.4 平面直线法计算简图

$$F_s = \frac{[(G + Q_v) \cos \theta - Q_h \sin \theta - V] \tan \varphi + cL}{(G + Q_v) \sin \theta + Q_h \cos \theta} \quad \text{..... (D.20)}$$

$$V = \frac{1}{2} \gamma_w h_w^2 \quad \text{..... (D.21)}$$

$$Q_h = aG a_w \quad \text{..... (D.22)}$$

$$Q_v = \frac{Q_h}{3} \quad \text{..... (D.23)}$$

式中：

F_s ——安全系数；

- G ——滑体单位宽度自重 (kN/m) ;
- Q_v ——垂直地震荷载 (kN/m) ;
- Q_h ——水平地震荷载 (kN/m) ;
- V ——后缘陡倾裂隙总水压力 (kN/m) ;
- φ ——滑面内摩擦角 ($^{\circ}$) ;
- c ——滑面黏聚力 (kPa) ;
- L ——滑面长度 (m) ;
- γ_w ——水的重度 (kN/m^3) , 一般取 10 kN/m^3 ;
- h_w ——裂隙充水高度 (m) ;
- a_w ——地震放大效应系数;
- θ ——滑面倾角 ($^{\circ}$) ;
- a ——综合水平地震系数, 与基本地震加速度的对应关系见表 D. 2。

表 D. 2 综合水平地震系数取值表

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

D. 1. 6 黄土坡面泥流启动判定法见图D. 5和式 (D. 24) ~式 (D. 27)。当安全系数 $F_s > 1$ 时, 黄土坡面土体处于稳定状态; 当安全系数 $F_s = 1$ 时, 黄土坡面土体处于临界状态; 当安全系数 $F_s < 1$ 时, 黄土坡面土体处于不稳定状态, 形成坡面泥流。

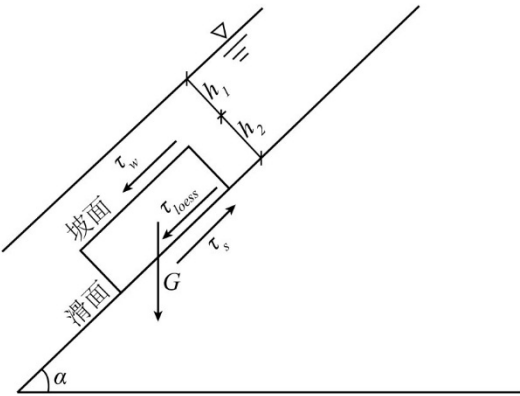


图 D.5 坡面泥流启动判定计算简图

$$F_s = \frac{\tau_s}{\tau_{loess} + \tau_w} \dots\dots\dots$$

(D. 24)

$$\tau_s = c' + h_2(\gamma_s - \gamma_w)(1 - n) \cos \alpha \tan \varphi'$$

(D. 25)

$$\tau_{loess} = h_2[\gamma_s - n(\gamma_s - \gamma_w)] \sin \alpha$$

(D. 26)

$$\tau_w = h_1 \gamma_w \sin \alpha$$

(D. 27)

式中:
 F_s ——安全系数;

- τ_s ——斜坡土体抗剪强度 (kPa) ;
 τ_{loess} ——饱和土体引起的剪应力 (kPa) ;
 τ_w ——降雨径流引起的剪应力 (kPa) ;
 α ——斜坡体的坡角 (°) ;
 γ_s ——土体容重 (kN/m^3) ;
 γ_w ——水的重度 (kN/m^3) , 一般取 $10 \text{ kN}/\text{m}^3$;
 h_2 ——坡面下饱和土层深度 (m) ;
 h_1 ——坡面上水层厚度 (m) ;
 c' ——饱和土层的有效黏聚力, 单位为千帕 (kPa) ;
 φ' ——饱和土层的有效内摩擦角, 单位为度 (°) ;
 n ——土的孔隙率。

D.2 黄土崩塌安全性评价方法

D.2.1 黄土崩滑安全系数计算方法可参考下列内容:

a) 后缘有陡倾裂隙的黄土崩滑安全系数计算见图D.6和式 (D.28) ~ 式 (D.32) ;

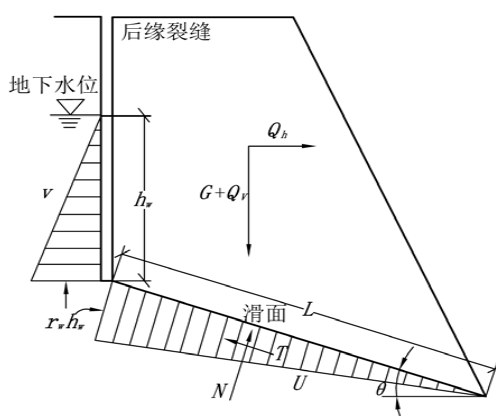


图 D.6 后缘有陡倾裂隙的黄土崩滑安全系数计算简图

$$F_s = \frac{[(G + Q_v) \cos \theta - (Q_h + V) \sin \theta - U] \tan \varphi + cL}{(G + Q_v) \sin \theta + (Q_h + V) \cos \theta} \quad (\text{D. 28})$$

$$V = \frac{1}{2} \gamma_w h_w^2 \quad (\text{D. 29})$$

$$U = \frac{1}{2} \gamma_w h_w L \quad (\text{D. 30})$$

$$Q_h = aG a_w \quad (\text{D. 31})$$

$$Q_v = \frac{Q_h}{3} \quad (\text{D. 32})$$

式中:

- F_s ——安全系数;
 Q_v ——垂直地震荷载 (kN/m) ;
 Q_h ——水平地震荷载 (kN/m) ;
 L ——滑面长度 (m) ;

- θ ——滑面倾角 (°) ;
- G ——滑体单位宽度自重 (kN/m) ;
- V ——后缘陡倾裂隙总水压力 (kN/m) ;
- γ_w ——水的重度 (kN/m³) , 一般取 10 kN/m³ ;
- h_w ——裂隙充水高度 (m) ;
- U ——滑面总水压力 (kN/m) ;
- a_w ——地震放大效应系数。
- a ——综合水平地震系数, 与基本地震加速度的对应关系见表 D. 2。
- b) 后缘无陡倾裂隙时黄土崩滑安全系数计算按附录 D 中 D. 1. 5 条款计算。

D. 2. 2 黄土倾倒安全系数计算方法可参考下列内容:

- a) 由后缘体抗拉强度控制时, 见图D. 7和式 (D. 33) ~ (D. 34) ;

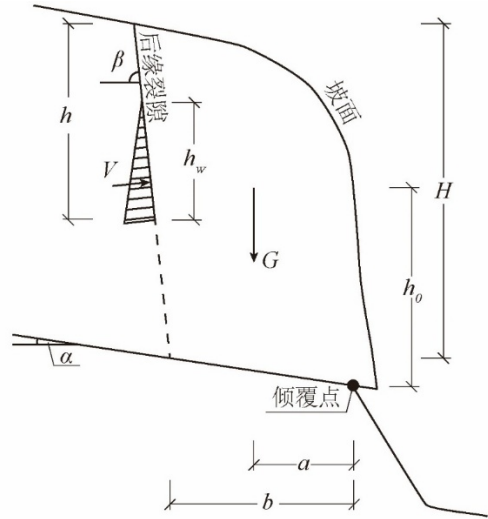


图 D. 7 由后缘体抗拉强度控制的黄土倾倒安全系数计算简图

$$F_s = \frac{\frac{1}{2} f_{lk} \cdot \frac{H-h}{\sin \beta} \left(\frac{2H-h}{3 \sin \beta} + \frac{b}{\cos \alpha} \cos(\beta - \alpha) \right)}{G \cdot a + Q \cdot h_0 + V \left(\frac{H-h}{\sin \beta} + \frac{h_w}{3 \sin \beta} + \frac{b}{\cos \alpha} \cos(\beta - \alpha) \right)} \dots\dots\dots (D. 33)$$

(潜在崩塌体重心在倾覆点之外时)

$$F_s = \frac{\frac{1}{2} f_{lk} \cdot \frac{H-h}{\sin \beta} \cdot \left(\frac{2H-h}{3 \sin \beta} + \frac{b}{\cos \alpha} \cos(\beta - \alpha) \right) + G \cdot a}{Q \cdot h_0 + V \left(\frac{H-h}{\sin \beta} + \frac{h_w}{3 \sin \beta} + \frac{b}{\cos \alpha} \cos(\beta - \alpha) \right)} \dots\dots\dots (D. 34)$$

(潜在崩塌体重心在倾覆点之内时)

式中:

- F_s ——安全系数;
- G ——潜在崩塌体单位宽度自重 (kN/m) ;
- h_w ——裂隙充水高度 (m) ;
- V ——裂隙水压力 (kN/m) ;
- Q ——地震力 (kN/m) ;

- h ——后缘裂隙深度 (m) ;
 H ——后缘裂隙上端到未贯通段下端的垂直距离 (m) ;
 a ——潜在崩塌体重心到倾覆点的水平距离 (m) ;
 b ——后缘裂隙未贯通段下端到倾覆点之间的水平距离 (m) ;
 h_0 ——潜在崩塌体重心到倾覆点的垂直距离 (m) ;
 f_{lk} ——潜在崩塌体抗拉强度标准值;
 α ——潜在崩塌体与基底接触面倾角 ($^{\circ}$) , 外倾时取正值, 内倾时取负值;
 β ——后缘裂隙倾角 ($^{\circ}$) 。
 b) 由底部土体抗拉强度控制时, 见下图D.8和式 (D.35) 。

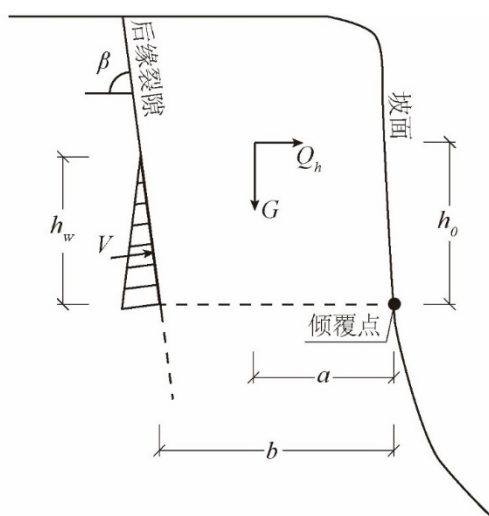


图 D.8 由底部土体抗拉强度控制的黄土倾倒安全系数计算简图

$$F_s = \frac{\frac{1}{3} f_{lk} \cdot b^2 + G \cdot a}{Q \cdot h_0 + V \left(\frac{1}{3} \frac{h_w}{\sin \beta} + b \cos \beta \right)} \quad \text{..... (D.35)}$$

式中:

- F_s ——安全系数;
 G ——潜在崩塌体单位宽度自重 (kN/m) ;
 f_{lk} ——潜在崩塌体抗拉强度标准值;
 β ——后缘裂隙倾角 ($^{\circ}$) ;
 a ——潜在崩塌体重心到倾覆点的水平距离 (m) ;
 b ——后缘裂隙未贯通段下端到倾覆点之间的水平距离 (m) ;
 Q ——地震力 (kN/m) ;
 h_0 ——潜在崩塌体重心到倾覆点的垂直距离 (m) ;
 h_w ——裂隙充水高度 (m) ;
 V ——裂隙水压力 (kN/m) 。

D.2.3 黄土坠落安全系数计算可参考图 D.9 和式 (D.36) 计算。

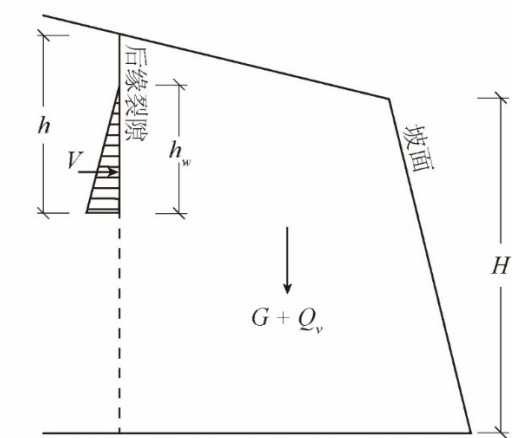


图 D.9 黄土坠落安全系数计算简图

$$F_s = \frac{(H - h)c}{G + Q_v} \dots\dots\dots (D. 36)$$

- 式中：
- F_s ——安全系数；
 - H ——后缘裂隙上端到未贯通段下端的垂直距离（m）；
 - h ——后缘裂隙深度（m）；
 - G ——滑体单位宽度自重（kN/m）；
 - Q_v ——垂直地震荷载（kN/m）；
 - c ——黏聚力（kPa）。

附 录 E
(规范性)

黄土斜坡地质灾害防治工程勘查方案提纲

图 E.1 规定了黄土斜坡地质灾害防治工程勘查方案提纲格式。

第一章 前言 (一) 任务由来 (二) 目的任务 (三) 勘查依据 (四) 以往相关地质工作程度 第二章 勘查区自然环境概况 (一) 自然地理条件 1) 地理交通 2) 气象、水文 (二) 地质环境条件 1) 地形地貌 2) 地层岩性 3) 地质构造与地震 4) 水文地质 5) 人类工程活动 第三章 地质灾害基本特征及危害性 (一) 基本特征 (二) 影响因素及形成机制 (三) 破坏模式及危害性 第四章 勘查方案 (一) 勘查范围 (二) 治理方案设想 (三) 勘查方法及手段 (四) 勘查工作布置 (五) 勘查技术要求 第五章 勘查进度及保障措施 (一) 勘查进度 (二) 保障措施（组织管理、质量、安全生产、生态环境保护等） 第六章 经费预算 第七章 预期勘查成果 包括勘查报告及各种附图附表；实物样品、影像资料等；野外工作验收报告以及相关附件等。 附图 (一) 勘查工作布置平面图； (二) 剖面图（拟设治理工程应在图中反映）； (三) 典型钻孔、探井、探槽设计图等。 附件 勘查费用预算表等。

图E.1 黄土斜坡地质灾害防治工程勘查方案提纲

参 考 文 献

- [1] GB/T 38509 滑坡防治设计规范
 - [2] GB 50330 建筑边坡工程技术规范
 - [3] GB 55017 工程勘察通用规范
 - [4] GB 55018 工程测量通用规范
 - [5] DB 43/T 2563 滑坡崩塌泥石流治理工程勘查规范
 - [6] DB 50/T 143 地质灾害防治工程勘查规范
 - [7] T/CAGHP 011—2018 崩塌防治工程勘查规范（试行）
 - [8] BS 1377 Methods of test for soils for civil engineering purposes
-