



国家骨干高等职业院校
优质核心课程系列教材



水文与工程地质专业 >>>

地质灾害调查与评估

◎ 主编 刘伦华 张流趁

地质出版社



国家骨干高等职业院校优质核心课程系列教材

地质灾害调查与评估

主 编 刘伦华 张流趁
副主编 张 晟 范小倩
主 审 杨中宝 凌浩美

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书共分5个项目,包括崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、地面塌陷、地裂缝等常见地质灾害的属性特征、分类分级体系,对这些地质灾害的调查与危险性评估进行了专题阐述。本书内容体系组织合理,涉及的灾种齐全,采用的技术指标体系符合我国现行的相关规定规范,各项目理论和实践内容安排适度,思路清晰,具有较强的基础性和实用性。基于本课程的特点,按照高职教育与生产单位“零距离”接轨的教学要求,本书组织形式上有一定创新。

本书适用于高职高专水文地质、工程地质、环境地质、资源勘查等专业教学用书,也可供从事地质灾害调查、评估、治理的专业技术人员及相关部门的管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

地质灾害调查与评估/刘伦华等主编. —北京:
地质出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-116-08709-5

I. ①地… II. ①刘… III. ①地质灾害-调查②地质
灾害-评估 IV. ① P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 015120 号

责任编辑: 李惠娣

责任校对: 王素荣

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324514 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真: (010) 82324340

印 刷: 北京纪元彩艺印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm ¹/₁₆

印 张: 11.5

字 数: 280 千字

印 数: 1—1500 册

版 次: 2014 年 1 月北京第 1 版

印 次: 2014 年 1 月北京第 1 次印刷

定 价: 19.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-08709-5

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

前言

资源与环境是人类社会发展的两大主题，是决定经济社会可持续发展的关键因素。随着人类对自然资源的过度开发利用，地质灾害越来越普遍，已成为自然灾害中给人类社会造成重大影响的灾种。我国政府十分重视地质灾害的防治工作，将其作为各级国土资源主管部门的一项重要政府职能，最大限度地减轻地质灾害造成的损失已经成为全社会的共识。

地质灾害调查评估是地质灾害防治的基础，是一门实践性很强的科学技术，涉及工程地质、水文地质、钻探工程、土力学与地基基础、工程岩土学、水文与水力学等诸多学科。近几年，从事地质灾害防治工作的技术人员严重短缺，许多学生走出校门即从事地质灾害防治工作。为满足这一领域的人才需求，有关专业院校先后开设了地质灾害防治专业。

本教材按照项目式教学的要求，以地质灾害点评估、面评估和区域评估项目以及地质灾害危险性评估项目的技术要求为标准，以项目实施的各个环节设置教学情境，从“知识目标”“能力目标”入手，分析此项工作要达到的目标，让学生明确学习目的和要求，用“工作流程图”提出了学习和训练的工作步骤。通过“任务分析”和“任务实施”使学生掌握需完成的具体任务，要达到的目的和工作过程。最后的“知识小结”“知识训练”和“技能训练”对所学任务进行归纳、总结和提升。

本书由刘伦华和张流趁主编。具体分工为：项目一、项目五由江西应用技术职业学院刘伦华编写；项目三由江西应用技术职业学院张晟编写；项目二由安徽工业经济职业技术学院范小倩编写；项目四由赣州市水利水电勘测设计研究院张流趁高级工程师编写。编者在认真调研、多方征求意见的基础上完成了书稿的编写。初稿完成后，江西应用技术职业学院凌浩美教授、云南国土资源职业学院杨中宝副教授作为主审，认真审阅了书稿，提出了许多宝贵意见。编者根据审稿意见对书稿进行了认真修改和补充完善。

本教材的编写具有探索性质。虽然编者竭尽全力，但限于能力和水平，疏漏与不足仍在所难免，恳请广大师生多提宝贵意见，以便修订时完善。

编 者

2013年8月

目 录

项目一 崩塌地质灾害调查.....	1
任务一 崩塌调查评估要点及技术方法.....	3
任务二 室内资料整理与成果编制	12
任务三 案例实际操作	16
项目二 滑坡地质灾害调查	35
任务一 滑坡调查评估要点及技术方法	42
任务二 滑坡调查资料整理与成果编制	65
任务三 案例实际操作	68
项目三 泥石流地质灾害调查	75
任务一 泥石流调查评估要点及技术方法	84
任务二 泥石流勘察报告编制要点	90
任务三 案例实际操作	95
项目四 其他地质灾害调查.....	101
任务一 地面沉降调查评估要点与技术方法.....	101
任务二 地面塌陷调查评估要点与技术方法.....	109
任务三 地裂缝调查评估要点与技术方法.....	116
项目五 地质灾害综合评估.....	124
任务一 报告编制要求和报告提纲.....	124
任务二 成果报告的评审及成果报告的备案.....	126
任务三 案例实际操作.....	131
参考文献.....	153
附录.....	154
附录一 崩塌野外调查表.....	154
附录二 滑坡野外调查表.....	157

附录三	泥石流野外调查表·····	160
附录四	地面塌陷野外调查表·····	163
附录五	不稳定斜坡野外调查表·····	166
附录六	地裂缝野外调查表·····	169
附录七	地面沉降野外调查表·····	172
附录八	地质环境野外调查记录表·····	173
附录九	搬迁避让场址点信息表·····	175
附录十	地质灾害遥感解译点信息表·····	177
附录十一	其他调查表·····	178

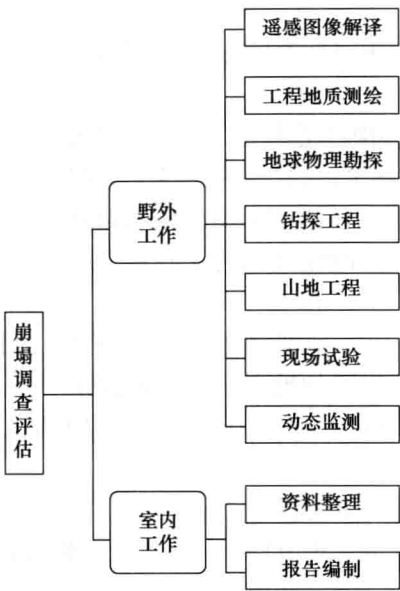
项目一 崩塌地质灾害调查

【学习目标】

知识目标：掌握崩塌地质灾害的基本概念、形成条件、基本类型、防治原则及措施。

能力目标：掌握崩塌野外调查评估的要点和方法，熟悉室内资料整理与成果编制。

【工作流程】



【必备知识】

崩塌是指高陡斜坡上的岩土体在重力作用下完全脱离母体，以滚动、跳跃、坠落等方式运动，最后堆积在坡脚的现象（图 1-0-1）。这是斜坡破坏的一种方式，它对悬崖下的房屋、道路和其他建筑物，特别是线形工程的危害严重。

一、崩塌的形成条件

崩塌的形成与岩性、构造、地形、气候等条件有关。

1. 岩性条件

崩塌多发生在厚层坚硬岩体中。石灰岩、砂岩、石英岩等厚层硬脆性岩石易形成高陡斜坡，其前缘由于卸荷裂隙的发育，形成陡而深的裂隙，并与其他结构面结合，逐渐发展贯通，在触发因素作用下发生崩塌。由缓倾软硬相间岩层组合而成的陡坡，软弱岩层易风化剥蚀而内凹，坚硬岩层抗风化能力强而凸出，失去支撑的部分常发生崩塌。

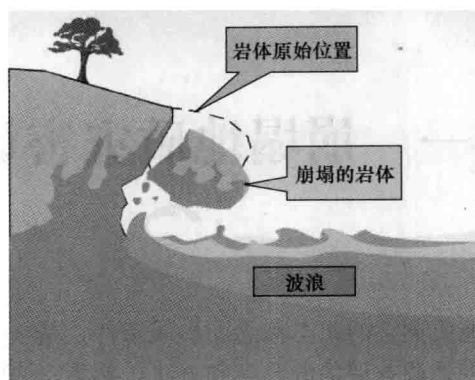


图 1-0-1 崩塌形成示意图

某些土质斜坡，如高陡而垂直裂隙发育的黄土斜坡，也常常发生崩塌。

2. 构造条件

构造和非构造成因的岩石裂隙与崩塌的形成关系密切。要形成崩塌，岩体中需发育两组或两组以上的陡倾裂隙，与坡面平行的一组演化为张裂隙。裂隙的切割密度对崩塌块体的大小起控制作用。坡体岩石被稀疏但贯通性较好的裂隙切割时，常能形成较大规模的崩塌，具有更大的危险性；岩石裂隙密集而极度破碎时，仅能形成小岩块，在坡脚形成倒石堆。

3. 地形条件

崩塌的形成与地形直接相关。地形强烈切割的山区，高陡斜坡分布区和深开挖的基坑、矿坑中易发生崩塌。发生崩塌的地形坡角一般大于 45° ，大部分分布于大于 60° 的斜坡上。地形切割愈强烈，高差愈大，形成崩塌的可能性和能量也就愈大。

4. 气候条件

气候对崩塌的形成也起到一定的促进作用。干旱、半干旱气候区，由于强烈的物理风化导致岩石机械破碎而发生崩塌。季节性冻结区，由于斜坡岩石中裂隙水的冻胀作用，也可导致崩塌的发生。

在上述条件制约下，若短时有裂隙水静水压力、地震或人工爆破等触发因素的作用，会突然发生崩塌。尤其是强烈的地震，可引发大规模崩塌，以致酿成严重灾害。

二、崩塌的分类

崩塌发生的地质条件及诱发因素多样，崩塌有不同的运动形式及特点。依据运动形式，崩塌有不同的分类方案。

1. 按起始运动形式分类

根据崩塌体的起始运动形式，把崩塌分为倾倒式崩塌、滑移式崩塌、错断式崩塌、拉裂式崩塌、鼓胀式崩塌。各类崩塌的特征见表 1-0-1。

2. 按动力成因分类

刘广润等（2002）根据产生崩塌的动力来源不同，把崩塌分为自然动力型（包括降雨型、冲蚀型、风化剥蚀型、地震型、堆积加载型）和人工动力型（包括明挖型、洞掘型、爆破型、水库型、渗漏型、人工加载型）。

表 1-0-1 崩塌分类特征

类 型	岩 性	结 构 面	地 貌	崩塌体形状	受力状态	起始运动形式	失稳主要因素
倾倒式崩塌	黄土、石灰岩及其他直立岩层	多为垂直节理、柱面节理、直立岩层面	峡谷、直立岸坡、悬崖等	板状、长柱状	主要受倾覆力矩作用	倾倒	静水压力、动水压力、地震力、重力
滑移式崩塌	多为软硬相间的岩层,如石灰岩夹薄层页岩	有倾向临空面的结构面(可能是平面、楔形或弧形)	陡坡通常大于 55°	可能组成各种形式,如板状、楔形、圆柱状等	滑移面主要受剪切力	滑移	重力、静水压力、动水压力
鼓胀式崩塌	直立的黄土、黏土或坚硬岩石下有较厚软岩层	上部垂直节理、柱状节理,下部为近水平的结构面	陡坡	岩体高大	下部软岩受垂直挤压	膨胀,伴有下沉、滑移、倾倒	重力、水的软化作用
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	上部硬岩层以悬臂梁形式突出	拉张	拉裂	重力
错断式崩塌	坚硬岩石或黄土	垂直裂隙发育,通常无倾向临空面的结构面	大于 45° 的陡坡	多为板状、长柱状	自重引力引起的剪切	断错	重力

3. 按体积大小分类

根据崩塌体或潜在崩塌体的体积大小,将崩塌分为四种类型:

巨型 体积大于 100 万 m^3 。

大型 体积为 10 万至 100 万 m^3 。

中型 体积为 1 万至 10 万 m^3 。

小型 体积小于 1 万 m^3 。

4. 按发生部位分类

根据崩塌发生的具体地貌部位,将崩塌分为三种类型。

坡体崩塌 沿松弛带以下未松弛的岩体内一组或两组结构面临空面滑动产生崩塌。

边坡崩塌 破坏范围限于岩体松弛带范围之内而产生的崩塌。

坡面崩塌 在斜坡形状和各段坡度基本稳定的条件下,产生坡面岩土坍塌、局部松动掉石。

还有人根据地貌将崩塌分为山崩(山坡崩塌)和岸崩(岸边崩塌)。

5. 按物质组成分类

根据崩塌的物质组成,可将崩塌分为土崩和岩崩,进一步可细分为表层崩塌、沉积土崩塌和岩基崩塌。

任务一 崩塌调查评估要点及技术方案

【任务分析】

本任务主要讲述崩塌调查的方法和内容,重点掌握崩塌野外调查方法。

【任务实施】

一、崩塌调查评估要点

崩塌调查评估的目的是查明崩塌地质灾害,为灾害监测预报、减灾防灾、防治工程可行性研究等提供可靠的依据。

除调查崩塌区内自然地理(气象、水文、植被特征等)、地质环境(地貌类型、岩土体特征、地质构造、新构造运动、水文地质条件等)和人类工程活动等外,重点要调查评估崩塌灾害体的形成、致灾及防灾要素等内容。

1) 崩塌体的空间特征:包括产出的位置、分布形态、高程范围、体积规模等内容,应在调查过程中客观准确地反映出来。

2) 崩塌区的地质特征:包括崩塌体的地层岩性、地形地貌、地质构造、岩土体结构等。岩土体结构应重点查明软弱层、断层、褶曲、裂隙、岩溶、采空区、临空区、侧边界、底界及其对崩塌的控制及影响。

3) 崩塌区的水文地质条件:包括地下水的补给、径流和赋存特征。

4) 崩塌变形发育史:进行变形监测,查明变形特征。

5) 非地质因素对崩塌形成的作用:要调查降雨、人工开挖、采掘等因素的强度、周期及其与崩塌灾害的关系。

6) 评估崩塌灾害的危险性和灾情:综合评估崩塌灾害的成因、致灾因素、变形破坏机制、变形破坏特征和稳定性,进行危险性分析和灾情评估,对防治工作的可能性和必要性进行论证,提出防治方案或思路。

二、崩塌调查评估的技术方法

崩塌地质灾害的调查评估涉及很多技术方法,主要有遥感图像解译、工程地质测绘、地球物理勘探、钻探、山地工程、室内试验及现场试验、模型试验和模拟实验、动态监测等。

1. 遥感图像解译

(1) 基本要求

1) 遥感图像解译应在收集资料阶段完成,并编制工程地质解译图,为野外踏勘和设计编写服务。

2) 区域性解译采用 1:50000~1:67000 的航片,崩塌体部分选用大比例尺(1:10000~1:1000)航片。有条件时,宜采用多时相的彩红外、红外、彩色、黑白、侧视雷达等多种航片进行综合解译。

3) 一般采用目视解译,尽可能对航片进行光学处理和数字处理,突出有效信息,提高解译水平和效果。

4) 建立不同航片的直接解译标志(形态、大小、阴影、灰阶、色调、花纹图形等)和间接解译标志(水系、植被、土壤、自然景观和人文景观等);进行室内解译,编制解译地质图和像片镶嵌图,规划调查工作和要解决的重点问题。

5) 进行解译验证,建立准确的解译标志,同时建立健全解译卡片和验证卡片,以积累详细准确的地质资料。

6) 提交的成果为: ①解译灾害地质图; ②解译卡片; ③验证卡片; ④典型像片集; ⑤解译报告; ⑥调查所需的其他解译图件。

(2) 解译内容

1) 划分地貌单元, 确立地貌形态、成因类型、微地貌形态及发育特征; 确定地貌与地质构造、地层岩性与工程地质条件之间的关系; 确定发生崩塌体的地貌单元, 分析判断崩塌与地貌的关系。

2) 解译发生崩塌体的地层岩性特征。

3) 解译崩塌与构造的关系。确定主要构造形迹(褶皱、断层)的分布和规模, 以及与崩塌形成的关系。

4) 解译地表水、地下水对崩塌形成及其堆积物稳定性的作用及影响。判定大泉、泉群、地下水溢出带, 确定洼地、漏斗、落水洞、天坑等岩溶现象的分布, 圈定地表水体分布范围, 了解水系发育特征。

5) 解译崩塌体边界, 推测其厚度和体积, 判译其形成机制和类型。根据崩塌区地貌形态、植被情况及红外外影像特征等, 初步分析崩塌的形成时间和稳定状况。

6) 推断危岩体将来发生崩塌的体积、范围、方位、位移距离, 圈定成灾范围, 分析派生灾害, 初步进行灾情评估。

2. 工程地质测绘

(1) 基本要求

1) 比例尺的确定: 综合区域工程地质测绘为 $1:25000 \sim 1:50000$; 崩塌灾害环境地质测绘初步调查为 $1:10000 \sim 1:1000$, 可行性研究阶段测绘为 $1:2000 \sim 1:500$ 。

2) 测绘范围: 外围环境地质调查, 以查明与崩塌体生成有关的地质环境和小区内崩塌发育规律为准; 崩塌体的测绘范围应为其初步判断长宽的 $1.5 \sim 3$ 倍, 并应包含其可能造成危害及派生灾害成灾的范围。

3) 使用的地形图必须是符合精度要求的同等或大于测绘比例尺的地形图。

4) 实测地质体的最小尺寸一般为相应图上的 2mm 。特别重要的, 不足 2mm 可扩大表示, 但须注明实际数据。地质点位与地质界线的误差不应超过图上的 2mm 。

5) 开展测绘之前, 应实测地层剖面, 建立地层岩性柱状图, 确定填图单元。

6) 测绘方法采用穿越和追索相结合的方法。重要边界要追索, 覆盖地段应采取人工揭露。

7) 观测点布置应目的明确、密度合理, 崩塌边界、地质构造、裂缝等要有足够的点控制。观测点的类型分为岩性点、地貌点、地质构造点、裂隙统计点、水文地质点、外动力地质现象点、裂缝调查点、崩塌壁调查点、崩塌体调查点、崩塌变形点、灾情调查统计点、人类工程活动调查点、采样点、试验点、长观点、监测点等。

8) 观测点的测量要求: 测绘比例尺小于 $1:5000$ 时, 采用目测和罗盘交会法定位, 高程可根据地形图和气压计估算。测绘比例尺大于 $1:5000$ 时, 必须用仪器测量。重要的观测点、勘探点、监测点, 不管比例尺多大, 均须用仪器测量。

9) 野外记录要求: ①采用专门的卡片记录观测点, 分类系统编号, 卡片编号与地点号一致; ②记录须与野外草图相符; ③描述应全面又突出重点; ④进行点与点之间的路线描述和记录。

10) 采集具有代表性的岩土样、水样进行鉴定和室内试验。

11) 测绘过程应经常校对原始资料,及时进行分析,及时编制各种分析图表,及时进行资料整理和总结,及时发现问题和解决问题,指导下一步工作。

12) 测绘工作结束,原始资料整理完毕后,应组织野外验收。在全面系统地资料整理和初步分析研究的基础上,应提出以下原始成果:①实际材料图;②野外地质草图;③实测地层柱状图;④实测地层剖面图;⑤观测点记录卡片;⑥山地工程记录表及素描图;⑦长观记录和监测记录;⑧沿途、水样试验成果一览表;⑨照片册;⑩文字总结;⑪数据资料。

(2) 测绘内容

1) 岩体工程地质测绘:查明岩体的地质时代、成因类型、岩性、接触关系等。

2) 土体工程地质测绘:查明土的粒度成分、矿物成分、密实度或稠度、空隙性、土体结构、成因类型及地质年代等。

3) 地貌和斜坡结构调查:①以微地貌调查为主,包括分水岭、山脊、斜坡、谷肩、坡脚、悬崖、沟谷、河谷、河漫滩、阶地、剥蚀面、岩溶微地貌、塌陷地貌和人工地貌等。调查描述各地貌单元的形态特征(面积、长度、宽度、高程、高差、深度、坡度、形体特征及其变化情况)、微地貌的组合特征、过渡关系及相对时代。②重点调查崩塌体产生的地貌单元,侧重于沟谷地貌和斜坡地貌的调查,查明斜坡的结构类型与坡面特征。③分析岩溶地貌、流水地貌与崩塌的关系。④调查人工地貌(采场、水库大坝、道路、人工边坡等)与崩塌的关系。

4) 地质结构调查:理清调查的构造轮廓、构造形迹特点,调查褶曲、断层、节理裂隙的位置、产状、规模、力学性质及其与崩塌的关系。

5) 新构造运动和地震调研:以收集资料为主。

6) 水文地质调查:调查地表水体的位置、范围、动态与地下水的关系,地下水的补、径、排条件,地下水露头的位置、出流特征、动态变化等。在此基础上,综合分析地表水、地下水对崩塌的作用。

7) 人类活动调查:调查人类工程活动的现状与规划、人类活动诱发的不良地质现象或地质灾害。

8) 崩塌区的调查:①查明崩塌区的地质结构,包括地层岩性、地貌、地质构造、岩土体结构类型、斜坡组构类型及其对崩塌形成的控制和影响。岩土体结构要重点记录软弱夹层、断层、褶曲、裂隙、裂缝、岩溶、采空区、临空区、侧边界、底边界;②查明崩塌区的水文地质特征,包括地表水入渗及产流情况,崩塌体内地下水水量、水质及侵蚀性;③早期崩塌的运移和堆积;④未来崩塌成灾条件下可能的运移和堆积;⑤本次崩塌灾害可能派生的灾害类型(如泥石流、滑坡、涌浪等)和规模、成灾范围、灾情评估。

9) 环境地质体调查:调查崩塌区外地质体的稳定性,为防治工程持力层选择提供依据。

10) 孕灾因素调查:调查与崩塌形成有关的孕灾因素(如降雨、地表水冲蚀、地下水活动、人工爆破、地下开采、水渠渗漏等)的强度与周期。

3. 地球物理勘探

物探技术要求按现行的相关专业规范、标准执行,主要物探剖面应与工程地质剖面一致。

4. 钻探

(1) 基本要求

- 1) 要编制钻孔设计书(包括钻孔的目的、类型、深度、结构、钻探工艺等)。
- 2) 钻孔深度应穿过崩塌体底界,进入稳定岩(土)体 3m(土体)至 5m(岩体)。
- 3) 孔径应满足取心及测试要求。
- 4) 要进行钻孔简易水文地质观测。
- 5) 钻孔结束后应进行封孔处理,按要求保留岩心。

(2) 钻孔地质编录

这是最基本的第一手成果资料,应在现场及时分回次进行记录;要注意残留岩心的分配和岩心采取率的计算;钻孔地质编录应使用统一的表格。

1) 岩心的描述:坚硬岩层,应描述岩石名称、颜色、成分、结构、构造、节理裂隙、风化及破碎程度、岩心长度和完整性等;卵、砾层,应描述其名称、颜色、岩性、成分、大小、形状、充填物含量及胶结情况;砂类土层,应描述其名称、颜色、成分、粒度、干湿状态、夹杂物等;黏性土,应描述其名称、颜色、成分、结构特征、可塑性、稠度等。

2) 节理裂隙描述:确定节理裂隙类型、成因、连续性、张开程度、充填物、裂隙率;断层描述:断层性质、破碎带宽度(深度)、擦痕、构造岩、岩心完整性、漏水和涌水情况等。

3) 要重视岩溶、裂缝、滑带及软弱夹层的描述和地质编录,水文地质观测记录和钻进异常记录,取样记录。

(3) 钻探成果

钻孔终孔后,要及时整理并提交钻探成果,包括钻孔设计书、钻孔柱状图、岩心素描图、岩心照片、简易水文地质观测记录、取送样单、钻孔报告书等。

钻孔柱状图的比例尺一般为 1:100~1:200,以能清楚地表示主要地质现象为准。图的内容、样式、标注应符合相应的规范。

(4) 钻探方法解决的主要问题

1) 查明崩塌体的岩性、地质构造、岩土体结构、风化带、岩溶、边界条件和崩塌体的形态特征、规模。

2) 查明崩塌区的水文地质条件,采取地下水样。

3) 探测隐伏裂隙、地表裂隙的深度、发育特征、充填情况、充水情况和连通情况。

4) 采取岩土体物理力学室内试验样品,进行水文地质野外试验(压水、抽水、注水、扩散试验等)和长期观测,确定水文地质参数,查证崩滑带位置和特征。

5) 进行物探综合测井和跨孔测井,扩展探测范围。

6) 进行崩塌变形长期监测和施工期变形监测。

5. 山地工程

(1) 山地工程解决的问题

试坑 深度小于 3m。用于剥除浮土,揭露基岩,了解岩石及风化情况,或用作载荷试验及渗水试验。

探槽 深度一般不超过 3m。用于剥除浮土,揭示基岩,多垂直于岩层走向布置。用

于追索构造线、断层、崩滑体边界,了解残坡积层的厚度、岩性等。

浅井、竖井 浅井深度小于15m,竖井深度大于15m。用于探查风化岩体的划分、岩土体的结构构造、软弱夹层、裂缝和溶洞等,进行原位试验及变形监测。

平斜洞 一般断面为 $1.8\text{m}\times 2\text{m}$,适用于岩层倾角较陡以及斜坡地段。用于勘察地层岩性、岩体结构构造、断层、裂缝和溶洞等,并用于取样、现场原位试验及现场监测。

平巷、石门 没有直接地表出口而与竖井相连接的近水平坑道,不常用。

(2) 山地工程的地质工作

地质编录内容如下:

1) 揭露的岩土体名称、颜色、岩性、结构、构造、层面特征、厚度、接触关系、地质时代、成因类型、产状。软弱夹层应放大比例尺进行素描,并注意其延伸性和稳定性。

2) 岩石风化特征及风化卸荷带的划分,风化与裂隙、裂缝的关系。

3) 断层:产状、规模、断距、形态、展布特征,断碎带的宽度、构造岩、两盘岩性及断层性质等。

4) 裂缝、裂隙:逐条描绘裂隙及贯穿性较好的节理,记录其性质、壁面特征、成因及裂缝张开、闭合情况、充填情况、连通情况、相互切割关系、错动变形情况、渗透水情况。

5) 崩滑带及重力变形带作为描述的重点,放大表示。要描述其厚度、岩性、物质组成、构造岩、产状、含水情况等。

6) 水文地质现象:注意滴水点、涌水点、渗水点、连通试验出水点、临时出水点,关注其产出位置、水量,与裂缝、裂隙、岩溶及老窿的关系以及水量与降雨的关系。

7) 记录各种实验点、物探点、长观点、取样点、拍照点、监测点的位置、作用、层位、岩性及有关的地质情况。

地质素描图的有关规定如下:

1) 比例尺一般为 $1:20\sim 1:100$ 。

2) 探槽的素描图绘制一壁一底的展示图。若两壁地质现象不同,则绘制两壁素描图。

3) 浅井、竖井的素描,展示图一般作相邻的两壁,平行展开,注明壁的方位。圆井展示图以 90° 等分分开,取相邻两壁平行展开绘制,斜井展示图需注明其斜度。

4) 平洞素描展示图绘制洞顶和两壁。展开格式以洞顶为准,两壁上掀的俯视展开法。当洞向改变时,需注明转折前进方向,洞顶连续绘制,两壁转折时凸出侧呈三角形撕裂岔口。洞深计算以洞顶中心线为主。洞顶坡度一般用高差曲线表示。

5) 开挖过程中的编录:及时记录掘进中遇到的裂缝、滑带、出水点、水景、顶底板变形等现象。一般隔5m作一个掌子面素描图。对于围岩失稳而必须支护的地段,应及时进行素描、拍照、录像、采样及埋设监测仪器。

取样及原位试验:按有关规定和设计要求,原位试验洞段视需要进行地质素描及试样素描。

录像:有条件应对重型山地工程进行录像。录像时要记录方位及主要地质内容。

(3) 山地工程提交的成果

地质素描图、重要地段施工记录、照片集、录像、取样送样单、各种点位记录、重型山地工程勘察小结等。

6. 试验

目的是查明崩塌地质体及其赋存环境,为稳定性评估、模型试验、模拟试验和防治工程设计提供必需的岩土物理力学参数和水文地质参数。

(1) 试验工作布置原则

1) 沿途成分鉴定和基本物理性质、水理性质测试,宜以岩性层或工程地质组、段为基本单元,每单元各取 3~5 组。

2) 测试工作的重点应放在崩滑带。崩滑带的力学属性具有不均一性,应重点测试主要软弱面(最弱面)。要对崩滑带进行面上的控制。参与统计的力学指标数不宜小于 6 个。

3) 测试工作应与其他工作紧密结合,充分利用其他手段进行取样和试验。如标准贯入试验、旁压试验、深部采样和水文地质试验可充分利用钻探;表层采样和原位试验可充分利用山地工程。

4) 试验工作的布置应室内、现场相结合,现场试验耗资大且限制条件多,不宜过多投入,要根据工作阶段及实际需要合理安排。

5) 对于初步选定的防治工程持力层的岩土体,可根据防治工程的类型、荷载、受力方式和可能产生的变形形式选择测试项目。如评估持力层的抗滑稳定性、岩体抗拉稳定性、地基承载力和抗滑动性等。

(2) 试验内容和方法

试验的对象、内容和方法,取决于工作阶段及其精度要求。

初勘阶段 对崩塌-危岩体,试验要能满足评估其变形破坏特征和稳定性计算。对于相关的环境岩体(周边岩体、崩塌位移作用的地质体、防治工程持力岩土体、可能危及崩塌体的其他灾害岩土体等),试验以能满足其稳定性和环境地质问题的定性评估为主。这个阶段以收集资料和室内试验为主。

预可行阶段 对崩塌-危岩体要进行分析 and 稳定性计算所需的测试。对相关环境岩体要进行稳定性评估等所需的简要测试。对持力岩体要进行定性或半定量分析评估所需的有关简要试验。方法以现场测试为主,同时进行相应的室内试验。

可行性研究阶段 对崩塌体要进行较为详细的试验,为变形分析、稳定性计算、模型试验和模拟试验提供所需的参数。对相关环境岩体进行简要试验,以满足稳定性定性评估和环境地质问题定性研究的需要。对于持力岩体,进行一定的试验,为稳定性计算和防治工程方案设计提供所需的参数。试验方法以现场测试为主,同时进行相应的室内试验。

(3) 试验项目的选择

应根据崩塌的失稳机制和变形破坏的力学机制分析,选择必需的试验项目。

1) 滑移式崩塌的测试项目为:①岩土成分、物理性质、水理性质;②弹性波速;③弱面抗剪强度;④水文地质试验。

2) 倾倒式崩塌的测试项目为:①岩土成分、物理性质、水理性质;②弹性波速;③底部弱面抗拉强度;④岩块间岩面摩擦强度;⑤岩体抗拉强度。

3) 拉裂式崩塌的测试项目为:①岩土体成分和物理性质;②抗拉强度。

4) 鼓胀式崩塌的测试项目为:①岩石成分、物理性质、水理性质;②弹性波速;③底部软弱层无侧限抗压强度。

5) 错断式崩塌的测试项目为:①岩石成分、物理性质、水理性质;②弹性波速;

③底部岩土体抗剪强度。

(4) 测试方法和测试条件的选择

要根据崩塌岩土体的特征和赋存环境选择适宜的测试方法和测试条件。

- 1) 室内渗透试验适用于砂性土、黏性土。混合土和碎石土应考虑现场试验。
- 2) 室内压缩试验适用于粉土和黏性土, 其他土类应选择现场试验。
- 3) 室内直剪试验适用于黏性土和砂土类(样品中大于 2mm 的砾、块石均要检出)。
- 4) 土样中粒径大于 10mm 的颗粒较多时, 不宜做室内三轴剪切试验, 宜选择现场试验。
- 5) 砂类土、黏性土和黄土类宜采用静力触探试验。
- 6) 浅埋防治工程选用的地基土, 可采用承压板压缩试验; 埋深(5~15m)较大的地基土, 宜采用螺旋板荷载试验或旁压试验。
- 7) 土体崩塌不能采用钻孔压水试验; 崩塌体内有一定水位和水量时, 可进行提水试验或适当的抽水试验; 崩塌体内无水或微含水条件下, 稳定条件允许时可采用控制性钻孔注水试验或地表渗水试验。
- 8) 在岩体中进行现场试验难度极大, 应根据弹性波观测和室内试验进行选择。
- 9) 风化岩体和软岩土可进行预钻式旁压试验。
- 10) 尚未形成贯通性弱面的危岩体应进行现场直剪试验; 沿一定弱面滑移的危岩体应进行现场直剪试验。
- 11) 水库型危岩体, 岩体裂隙发育时, 考虑水库高水位淹没部分危岩体, 可做抽水试验或钻孔压水试验。做压水试验前, 须论证其是否影响危岩体稳定性。
- 12) 人工快速对开裂岩土崩塌体裂缝内注水进行充水试验和连通试验, 是十分危险且有害的, 任何情况下都不能进行。

(5) 试验成果的分析应用

承担试验工作的单位应提交对崩落地质体的综合测试报告, 内容包括: ①测试对象、试验方案、试验项目的确定及依据; ②试验要求及有关规范; ③试验技术及试验过程(试验概述、试件制备、试件数量及特征、试验仪器、试验程序、成果整理); ④试验成果及综合分析; ⑤试验成果建议值。

试验成果只能作为稳定性计算和防治工程设计的参考。计算参数及设计参数取值应在反演分析及其他分析的基础上, 结合试验成果、模型试验、模拟试验和专家经验等予以综合确定。

7. 动态监测

(1) 动态监测的目的和任务

动态监测的目的 ①评估地质灾害的活动性及稳定性; ②通过监测崩滑变形块体变形的分布、规模、位移方式、方向和速率等, 为分析崩塌体的变形特征、变形机制, 进行稳定性评估服务, 同时为防治工程设计提供重要依据; ③为勘察施工安全提供预警预报, 对重型山地工程施工对崩塌体的扰动及时反馈, 控制勘察施工部位和施工强度, 为防治工程设计提供参考; ④为今后建站进行长期监测奠定良好的基础。

动态监测的任务 ①查明崩塌体正在变形破坏的主要块体、主要部位、主要破坏方式、主要变形方向和变形速率; ②进一步认识崩滑体的形体特征, 分析其变形规律、发展

趋势、形成机制,分析评估崩塌体的稳定性和论证防治工程设计;③监测崩塌相关成灾因素(如降雨、地表水、地下水和人类活动等)及其强度,分析评估它们对崩塌体稳定性的影响。

(2) 动态监测的内容和方法

绝对位移监测内容和方法如下:

监测内容 崩塌体测点的三维坐标监测,得出测点的三维变形位移量、位移方法与位移速率。

监测方法 大地测量法、GPS 测量法、近景摄影测量法、激光全息摄影法和激光散斑法。

相对位移监测方法和内容如下:

监测内容 相对位移监测是设点量测崩滑体重点变形部位点与点之间相对位移变化(张开、闭合、下沉、抬升和错动等)的一种常用变形监测方法。主要用于裂缝、崩滑带和采空区顶底板等部位的监测,是崩塌监测的主要内容。

监测方法 简易监测法(作标记或埋桩,用钢尺等定期直接测量)、机测法(采用机械式仪表对裂缝、滑带和顶底板进行位移或沉降监测)、电测法(常用电感调频式位移计监测)。

倾斜监测 地面倾斜监测的监测内容为崩滑体地面倾斜方向和倾角变化。监测仪器有盘式倾斜仪、杆式倾斜仪和 T 字形倾斜仪。

深部倾斜监测 利用钻孔倾斜仪测量崩滑体内钻孔倾斜变形反求各孔段水平位移。

声发射监测内容和方法如下:

监测内容 检测岩体破裂时产生的声发射信号,用以判断岩体变形及稳定状况,并进行预测预报。

监测方法 采用进口或国产的声发射仪、地音仪等进行监测。

地应力观测内容和方法如下:

观测内容 测量崩滑体内地应力的变化情况,分辨拉力区、压力区及压力变化,用来推断岩体变形。

监测方法 常用 WL-60 型应力计、YJ-73 型三向压磁应力计等仪器监测。

地下水监测内容和方法如下:

监测内容 对测区内的地下水露头进行系统的水位、水量、水温 and 水质等项目的长期监测。掌握区内地下水变化规律,分析地下水与地表水及大气降水的关系,进行地下水的动态特征与崩塌体变形的相关分析,为稳定性评估和防治工程设计提供水文地质资料。

监测方法 利用监测盅、水位自动记录仪、孔隙水压计、钻孔渗压计、测流仪、水温计、测流堰和取样等,监测泉、井、坑、钻孔、平斜洞与竖井等地下水露头。

适用范围 当崩塌变形破坏与地下水具有相关性,在雨季或地表水位抬升时崩塌体内具有地下水,应予以监测。

地表水监测内容和方法如下:

监测内容 监测与崩塌相关的沟、溪、河的水位、流速、流量,分析其与地下水和降雨量的联系。

监测方法 利用水位标尺、水位自动记录仪、测流堰等进行监测。