

# 滑坡地质灾害勘查与治理设计策略

沈昊

江苏省地质环境勘查院, 江苏 南京 210000

**摘要：** 本文以滑坡地质灾害勘查工作范围为分析切入点, 探讨了该项工作可应用技术手段和治理可行性办法, 得出如下结论: 在新时期, 滑坡地质勘查工作可以使用新科技手段, 全面获得气象、地形地貌、地层岩型等数据, 形成灾害主要特征报告, 评价滑坡体稳定性, 预测灾害发展趋势以及危害。根据相关数据治理滑坡要坚持科学合理原则, 在常见技术基础上优化方案, 并从经济、社会、环境减灾等几个方面比较方案。

**关键词：** 滑坡; 地质灾害勘查; 地质灾害治理

## Landslide Geological Hazard Investigation and Management Design Strategy

Shen Hao

Jiangsu Geological and Environmental Exploration Institute, Jiangsu, Nanjing 210000

**Abstract：** This paper takes the scope of landslide geological disaster investigation as the entry point for analysis, discusses the feasibility of applying technical means and governance for this work, and draws the following conclusions: in the new period, new scientific and technological means can be used in landslide geological exploration to obtain comprehensive data such as meteorology, topography and geomorphology, formation rock type, etc., so as to form reports on the main characteristics of disasters, to assess the stability of landslides, and to predict the development trend of the disaster as well as its hazards. According to the relevant data, it is necessary to adhere to the scientific and reasonable principle of slope management, optimize the scheme on the basis of common technologies, and compare the schemes from several aspects such as economy, society and environmental disaster reduction.

**Key words：** landslide; geohazard investigation; geohazard management

滑坡是一种构造运动, 总体上是由自然和人为两大因素引起的, 比如地球的物理作用、生物作用、人类大挖大填等工程建设。由于我国幅员辽阔, 地质类型多样, 又处在经济高速发展时期, 多发滑坡事故, 比如2022年就有毕节市金海湖新区在建工地山体滑坡、湖南怀化山体滑坡等多起事故, 造成了多名人员遇难和重大财产损失。所以需要对该灾害进行全方位的治理。而治理的前提是进行地质灾害勘查, 全面了解滑坡类型、产生机制, 结合实际应用提出针对性治理方案。

## 一、滑坡地质灾害勘查工作的范围和可应用技术手段

### (一) 工作范围

由于滑坡地质灾害勘查主要是为了了解灾害发生的原因、范围、规模, 以及对周边环境、人员的影响, 所以要收集大量信息。

其一, 要明确滑坡地质灾害的区域位置, 包括其形状、地理坐标和交通位置, 根据《滑坡防治工程勘察规范》确定危害等级和危害对象。其二, 要全方位获取气象水文、地形地貌、地层岩性、区域地质构造等数据。比如本地区的总体气候特征, 年平均降水量, 年最大降水量, 最大日降水量。区域内的山峦沟壑、一般海拔、局部海拔、切割深度。滑坡斜坡位置、斜坡中间地带、

高陡坡体、残坡积土层等地层岩性, 以及不同地层的平均厚度、最大厚度。滑坡区域的地质构造特点, 是否存在褶皱、断裂等情况; 如果存在, 还要获取褶皱的轴向、次褶皱发育情况、断裂的走向等数据, 判断断层的地质构造。其三, 要获取人类生产生活活动数据, 包括滑坡区工程地质条件和工程活动。比如滑坡地区的岩土体特征, 不同岩组内的结构, 块石等粒度的一般直径、最大直径、分布位置。区域内的农耕种植工程、房屋建筑工程数量、规模; 工程前后地表水、浅层地下水的转化数据; 工程附近土体本身的抗滑力<sup>[1]</sup>。

### (二) 工作方法

通过勘查获取以上数据, 可以综合使用地质测绘、地形测量、裂缝监测、钻探、原位测试、取土试样等方法。同时, 要积

极使用新科技手段，提高传统工作的效率，又提高所收集数据的真实性、及时性和准确性。

比如利用遥感技术获得高分辨率的影像数据，对比不同时期同一位置的影像资料，诊断滑坡体的可能位置，或者归纳地表形态特征。也可以将遥感技术与GPS测量、激光扫描等技术整合在一起，得到更加精准、立体的勘查工作区卫星图片，丰富原始资料信息。也要根据不同滑坡区域已呈现的特征，选择差异化应用勘察技术：探查城市滑坡地质灾害，就可以使用探地雷达成像和电磁谱识别技术；在偏远山区或地形复杂地区开展滑坡地质灾害勘查工作，就可以使用无人机载瞬变电磁处理技术。

## 二、滑坡地质灾害勘查工作应为滑坡地质灾害治理提供的支持

### （一）形成灾害主要特征报告

滑坡地质灾害勘察工作的第一阶段，是通过使用上文提及到的技术手段，获取相应的数据。第二阶段就是要综合比较、分析这些数据，首先形成灾害主要特征报告。报告内要包括滑坡体的界限、大小、外形特征，滑坡体的变形特征，滑坡体物质结构特征等。

比如滑坡区域的斜坡地势起伏，滑坡面上坡角的角度、下坡角的渐变范围，东西边界的形状，以及后边缘的高度、前面的高度和相对高度差，纵向、横向最长距离、面积、平均厚度，滑坡体滑动方向，坡体角度。对比前后地质、水文、自然气象的数据，分析滑坡体是否处在基本稳定状态，有无缓慢变形。如果出现裂缝，裂缝位于滑坡体的哪一侧，裂缝的长宽深和总体走向如何。滑体、滑带分别是由哪些物质构成的，物质的状态是干而散还是有一定的粘性。一般粒径、最大粒径、总厚度、平均厚度分别是多少。

再基于这些特征分析滑坡的诱发因素，具体要从地层岩性、地形地貌、大气降雨、人为活动等几个方面入手，指出哪种因素对于滑坡形成产生了主要的作用。比如边坡上部过高过陡，给土体滑坡创造了物理空间；而下部土体又过于松散，在本时段大量自然降水侵入下部土体，加剧了滑坡的产生概率和破坏程度。

### （二）分析与评价滑坡体稳定性

地质灾害勘查工作的第三阶段就是要进行滑坡体稳定性的分析和评价：

首先要对滑坡的演变阶段进行划分研究，包括滑坡初始变形、等速变形、加速变形、持续变形四个阶段，分析其周位移的平均速率、总体滑动方向、滑移状态、平均水平位移速率和垂直沉降速率，判断在不同阶段导致滑坡体变形的主要诱发因素。其次，要通过对检测数据的印证、分析，分滑坡后缘、中部、前缘三个空间评价其稳定性。比如设置多个监测点，监测滑坡体后缘的高程，汇总后缘平均位移速率、垂直沉降速率形成速率曲线图，判断其变形特征，找到不同空间、区域滑坡体变形的差异<sup>[2]</sup>。

在这一过程中要基于物理学等理论建构计算模型，确定计算方法。比如选取有代表性的滑坡剖面，通过推力计算等形成岩

质滑坡的计算模型，分别计算其下滑力、抗滑力。或者利用土质滑坡计算模型，分别计算条块的滑体抗滑力、在滑动面法线上的反力、在滑动面上岩土体的粘结强度标准值等结果。

### （三）预测灾害发展趋势和危害

在滑坡地质灾害勘查的第三阶段，要综合一系列已有数据、分析结果，预测灾害发展趋势、可能带来的危害，以及导致这些危害的原因。

发展趋势的预测要针对单一滑坡体，预测其在没有外力作用、在受到大量雨水冲刷、在有外力作用下会不会发生滑动现象，发生滑动的可能性有多大。这样的滑动是会对居民房屋造成严重威胁，还是对附近的公路交通网造成威胁。地质灾害一旦发生，影响的区域、范围有多大，潜在的经济损失约有多少。

## 三、滑坡地质灾害治理方案的设计

### （一）设计原则

通过对滑坡地质灾害进行全面的评估，了解了滑坡规模、滑坡体稳定性、威胁范围等数据之后，要基于治理优先等级，遵循必要原则设计恰当的治理方案。

原则之一是要坚持科学性。必须严格依照勘查结果，针对滑坡灾害体的形成和发展规律，制定切实可行的、长远又安全的工程方案。同时，方案的主体技术要足够可靠，要经济适用并尽量结构简单，既控制工程成本，又保证工程质量。其二，要坚持动态原则。要充分考虑滑坡发生地理位置、斜坡体变形发展的历史性过程和现有的稳定现状，将总体治理方案分为可控的、能被不断调整的三个阶段。第一阶段是修复现有变形的坡体，包括回填斜坡变形缝，填补斜坡体坡面塌陷洞穴等。第二阶段是进行排水疏水。可以在坡脚变陡或变缓的部位，或产生较宽大裂缝的位置，修排水沟、排水渠，安置排水网络。使坡面的流水向坡外排泄，增加土体的稳定性，继续控制变性。第三阶段则是增加滑坡体的抗滑系数。比如在滑坡体的前缘位置安置抗滑桩，控制整个坡体的位移范围。方案实施过程中要不断监测坡体的变形情况，再进行灵活优化<sup>[3]</sup>。

### （二）常见技术

治理滑坡问题是一项系统性工程，常见的技术体系包括爆破处理、排水系统建设和打抗滑桩。

通过爆破手段治理滑坡灾害，要在《崩塌滑坡灾害爆破治理工程设计规范》等的指引之下操作。前期要根据爆破落石冲击力等参数设置拦石槽、拦石墙、拦石网，充分预判爆破可能带来的有害效应。科学确定爆破安全允许距离。并选择电力起爆、导爆锁起爆、导爆管起爆、工业数码电子雷管起爆或无线系统起爆等不同的操作方式。作业时要实时监测爆破冲击波、爆破引起的噪声，拦石网等设施的物理性能。严格按照操作规定装药、填塞、设计爆破孔位。

应用排水工程技术时首先要基于滑坡体边界外围设定工程范围，再参考气象统计资料的降雨标准、降雨强度，汇流面积、坡面水利坡降、地表径流系数等一系列的数据，设定截排水沟、水

渠的工程量，超高标准，断面面积，形状和坡度。

而设置抗滑桩要考虑到其限制滑坡体位移的主要作用，综合滑体、滑床稳定性数据选择原材料，合理设定桩间距、桩数量和排布方式。打抗滑桩要按照挖抗滑桩孔—运输土石渣—浇筑抗滑桩桩身—制作与安装钢筋—拆除钢模板流程完成作业。同样需要监测并计算抗滑桩的性能，包括桩侧土应力、桩身剪力、弯矩情况。

### （三）方案比选

不同地质、水文等条件，和不断在发生变化的气象、环境、人居活动轨迹情况，会对滑坡体等造成不同的影响。所以在治理滑坡地质灾害时还需要结合实际情况、变化情况，在常见技术基础上设计差异化方案。方案尽量要有多个版本，再分别从治理的经济、社会、技术等效益角度进行比选。

比如隶属于四川省宜宾市叙州区的某镇共有四处危岩滑坡区域，根据实际情况设计了两套治理方案。方案一是采用避让措施，让受威胁的居民搬家。方案二是排除避让措施，根据四滑坡区域的特点，分别使用抗滑桩+注浆+清方、削坡+注浆+清方、直接打抗滑桩的治理方案。比较两个方案可以发现，方案一的治理难度最小、安全系数最高，但避让措施涉及到房屋集中统建、限额用地补偿、人员安置、土地分配、医疗、社保等一系列问题，情况复杂，治理的整体成本过高。方案二从现有的技术成熟度、施工建设成本、综合效益等方面分析，具有一定可行性，但部分措施还需要进行改进。比如单纯打抗滑桩的工程量，当地的情况也不便于进行施工组织，会相应提高工程造价。所以可应用素混凝土加注浆的方式对出现裂隙的岩体空腔进行加固；再在滑坡的前缘位置，使用当地石料修建拦石墙，避免落石危害；其他位置则使用人工清方的方式建设支挡结构<sup>[4]</sup>。

另外，设计并对比方案还需要考虑同一滑坡体内局部滑动原因所造成的问题，比较分项工程的可行性。比如隶属于四川省广元市的苍溪县内某处滑坡地质灾害，按照滑动区域次级分为H1到H3三个区域范围。H1区域被判定为推移式岩质滑坡，其治理总体方案同样有两种：方案一是抗滑桩+裂缝夯填+孤石清除+

截排水沟；方案二是抗滑挡土墙+裂缝夯填+孤石清除+截排水沟。两方案的主要区别在第一个分项工程：方案一是在滑坡的前缘检剪出口设置AB两种桩型的抗滑桩，A型一共有桩20根，B型只有桩1根，AB有不同的桩截面、矩形断面、自由端和锚固端长度，以承受不同的推力。方案B是在同样的位置设置挡土墙一排，其嵌入滑面以下约一米的位置，并根据滑坡的特点设计背坡角度、基底倾斜度，使用锚石混凝土进行砌筑。比较可以发现，方案一的分项工程工艺简单，技术成熟，需要开挖和回填的工程量小，对于提高坡体整体稳定性的作用明显。方案二虽然同样工艺简单，但开挖、回填的量相对更大，对于滑坡坡体稳定性的提升作用不十分明显，也对原有环境的破坏、对地貌的改变较大。所以方案一是首选。

在进行方案比较的过程中还可以使用BIM加大数据技术，先将前期地质灾害勘察的所有数据导入到BIM系统之中，完善治理工程数据库。再生成各因素与滑坡地质灾害形成的关系模型图。工程建设与设计单位出具工程方案之后，将方案导入到系统之中，进行量化的方案对比、方案碰撞。比如某一方案可以减小多少的经济损失，对于社会稳定等产生的直接作用，会否引起流域生态环境的负面改变，能否促进区域内植被的生长。如果通过方案虚拟演示发现问题，也便于汇总资料，基于系统提示等找到引发问题的核心要素，尽快优化技术体系<sup>[5]</sup>。

## 结束语

治理滑坡地质灾害是守护人民群众人身、财产安全，促进和谐、稳定社会建设的重要工作。而这项工作的开展要以前期的地质灾害勘察数据为基础，依托这些数据分析滑坡区域的形态特征、灾害产生机理，再制定有针对性的、科学有效的治理方案。另外，在设计治理方案时要充分考虑现代城市、农村社会生产生活的特点，充分借鉴优质工程建设的经验，引入新技术手段，以提高治理工作的综合效益。

## 参考文献：

- [1] 杨国荣. 试论滑坡地质灾害勘查及防治治理[J]. 世界有色金属, 2019(12):194,196.
- [2] 廖剑斌. 浅谈滑坡地质灾害勘查工作方法与防治技术措施[J]. 中国金属通报, 2021(24):143-145.
- [3] 郭达云. 某滑坡地质灾害勘查及防治方案分析[J]. 新疆有色金属, 2023, 46(3):29-30.
- [4] 代思学. 历史遗留矿山滑坡地质灾害勘查及其治理设计研究[J]. 中国水土保持, 2023(11): 后插3- 后插4.
- [5] 赵劲, 雷鹏. 关于矿山滑坡地质灾害勘查方法及治理策略分析[J]. 中国金属通报, 2022(24):121-123.