

滑坡地质灾害勘查及防治治理分析

——以永州市潇湘公园滑坡地质灾害为例

文 / 周灵仟 湖南省煤田地质局第三勘探队 湖南永州 425000

【摘要】 滑坡在我国地质灾害中扮演了重要的角色，造成了严重的生命财产威胁，必须做好勘查与防治治理工作。本文首先针对我国滑坡地质灾害进行了简要分析，其后具体围绕永州市潇湘公园滑坡地质灾害详细分析了具体的勘查、稳定性评价以及防治治理工作，可供参考。

【关键词】 滑坡；地质灾害；勘查；防治；治理

【DOI】 10.12334/j.issn.1002-8536.2022.07.053

引言：

滑坡是山区和丘陵地区常见的一种地质灾害。近年来，伴随着我国经济的高速发展，工程建设迅猛发展，工程活动改变了原有的环境条件，经常诱发工程滑坡。因此，为确保社会的稳定和经济的可持续发展，保证当地居民的正常生产和生活，保护当地的生态环境，对滑坡地质灾害进行勘查、研究、治理具有十分重要的意义。

1、我国滑坡地质灾害概述

我国山区地质灾害频发，而其中又以滑坡最为常见。2021年，全国共发生地质灾害4772起，从灾情类型看，滑坡2335起、崩塌1746起、泥石流374起、地面塌陷285起、地裂缝21起、地面沉降11起。作为一种常见的地质灾害现象，滑坡给人类带来的灾难往往是致命的，其中最常见的是山体发生变形现象，滑体物质沿滑面运动最终中断交通、掩埋房屋、堵塞河道等，带给人致命灾难。

滑坡的发生通常是多方面诱因相互作用的结果，如人为因素（例如开挖坡脚、采矿等）改变了坡体原有的形态、结构等，造成坡体稳定性降低，再加之自然因素（如降雨、地震）的共同作用下，导致滑坡失稳，发生滑动。因此，对滑坡体滑坡地质灾害进行准确的勘查，已成为地质灾害防治研究的重要课题，准确查找滑动面的位置，评价滑坡体稳定性，对滑坡地质灾害的勘查和防治具有重要意义。

滑坡地质灾害勘查的主要方法有：收集区域地质或工程勘察资料，勘查人员入场对场地内及周边地质环境进行踏勘，对场地地下岩土体情况，采用坑探、槽探、钻探、物探等勘探方法进行探明，对岩土体物理力学性质，采用现场原位实验以及室内实验获取。基于滑坡地质灾害勘查情况，可通过定性、定量及有限元分析的方法评价滑坡稳定性，并结合滑

坡特征及工程地质条件提出不同的滑坡治理方案，最后利用相关评价方法对滑坡治理方案进行优选，保证滑坡地质灾害获得较好的防治治理效果。本文以永州市潇湘公园 HP2 滑坡地质灾害防治工程勘查与防治治理为例展开分析。

2、永州市潇湘公园滑坡地质灾害勘查情况

2.1 滑坡概况

永州市潇湘公园东南周边由于中心城区工程建设人工切坡形成多处高陡的不稳定斜坡。2017年7月1日，受汛期连续暴雨的影响诱发了滑坡（群）地质灾害，包括HP1、HP2、HP3等三个滑坡灾害点及断续分布的不稳定斜坡，其中南侧HP2滑坡位于永州市城投公司一市地税局后方边坡，最为严重。HP2滑坡为以往工程建设引发的滑坡地质灾害，坡体滑动、开裂痕迹清晰，坡脚采用挡墙进行了支挡，但没有从根本上消除地质灾害隐患。该滑坡处于不稳定状态，在暴雨或连续强降雨的诱发下可能加剧滑动，威胁坡体下方多家单位、200多户住户2000余人的生命财产安全。滑坡灾害分布图详见插图1。



图1 永州市潇湘公园滑坡地质灾害分布图

2.2 滑坡地质灾害勘查方法

本次滑坡勘查勘查范围为滑坡上方后缘至滑坡后缘分水岭以东30m的稳定斜坡，前缘至滑坡可能影响的最大区

域, 两侧以滑坡边界外 50m, 南北宽约 185m、东西长约 150m, 面积 0.027km²。勘查方法包括: 地形测量、勘查工程测量、工程地质测绘、工程钻探、取样及室内试验、原位测试。钻探工程是查明 HP2 滑坡特征及工程地质条件的重要手段, 本次共在滑坡区内施工钻孔 8 个, 主辅剖面线间距 40-50m, 钻孔间距一般为 30m, 钻孔深度 5.35m ~ 14.12m, 滑坡钻探采用无水冲击钻进。本次勘查严格按规范及设计要求, 结合钻探共采取了 14 组原状土样、3 组岩样及 3 组水样, 对 5 个钻孔滑体粉质粘土进行了标准贯入试验, 并对原位测试数据进行了校正、分析、计算, 查明了粉质粘土密实程度, 力学性质等工程地质特征。

2.3 地质灾害体基本特征及危害对象

2.3.1 形态特征

根据现场调查及综合分析, 滑坡周界确定主要以地形、基岩露头、地质条件、斜坡裂缝分布及挡土墙开裂位置圈定, 滑坡地貌形态及边界特征如下:

滑坡后缘: 为斜坡东北方向顶部分水岭, 高程 142.5m, 据实地调查, 分水岭北东侧外未见明显变形迹象, 西南侧出现公园游览道路面开裂沉降, 形成的台坎高度约 1.00m。因此, 综合确定斜坡顶部分水岭一带为滑坡后缘。

滑坡前缘: 该区域坡体及构筑物变形情况主要有: (1) 市地税局楼体北侧坡脚有部分土体垮落, 长 9m, 宽 4m, 厚 0.5-0.8m, 滑体为土体及泥质粉砂岩风化块石, 方量约 25m³。(2) 挡墙上方排水沟开裂变形; 中段 10m 处砖砌格构护坡鼓胀开裂变形; 北西端市卫计委楼后红砖挡墙出现外倾和开裂变形现象。综上所述, 滑坡剪出口自东南至北西依次位于坡脚 -- 挡土墙上方 -- 坡脚陡坎处。

滑坡左侧壁: 坡体下部有基岩(紫红色泥质粉砂岩)出露, 坡体中部、上部表面土体均有新、老裂缝。综合确定以山顶沿裂缝延伸范围至坡底作为滑坡左侧壁。

滑坡右侧壁: 上部地面裂缝明显, 至中部原抗滑桩下方土体亦有拉张开裂, 下部见地面裂缝。因此, 根据边坡支护情况、地形变化及裂缝分布综合圈定滑坡右侧壁。

综合上述, 圈定永州市潇湘公园南侧滑坡范围, 其后缘标高 142.5m, 前缘标高 113.5, 前后缘高差 29m。主滑方向为 230°, 沿滑动方向长 85m, 宽约 210m, 滑坡区面积 17850m², 滑体平均厚 8m, 体积 142800m³, 为中型土质滑坡。

2.3.2 物质组成特征

(1) 滑体: 滑体土主要由粘土① 1、卵石① 2 和粉质粘土① 3 组成。

(2) 滑带: 根据钻探揭露, 滑带主要位于粉质粘土① 3 层内, 施工的 8 个钻孔中均揭露了软塑层, 厚 0.19-0.38m, 湿润 - 饱和。

(3) 滑床: 据钻孔资料揭露及地表基岩出露情况判断, 滑坡滑床为下伏泥质粉砂岩③, 顶部为强风化层。

2.3.3 变形特征

滑坡变形主要表现为坡面开裂、路面沉降, 护坡、挡土墙等构筑物受损及坡体前缘产生小滑坡等。

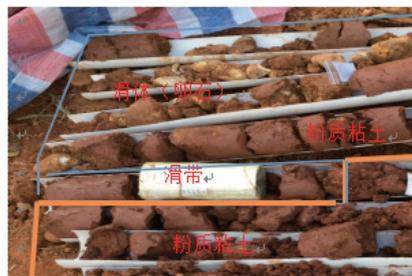


图 2 滑坡区典型钻孔 ZK5 岩心分层图

(1) 地面开裂

由于坡体植被发育, 后经清理, 部分裂缝填埋, 勘查工作实测 34 条新、老裂缝。区内裂缝主要表现为下挫、拉张等(新、老)裂缝, 护坡及挡土墙歪斜开裂。



图 3 下挫老裂缝



图 4 后缘裂缝损坏道路

(2) 坡体前缘产生小型滑坡

坡体西侧底部靠地税局旁侧坡体产生新小型滑坡, 滑向 250°, 倾角 50°, 坡长 9m, 宽 4m, 厚度 0.5 ~ 0.8m, 方量约 25m³, 土质滑坡, 见泥质粉砂岩块石, 为小型滑坡。

2.3.4 危害对象

滑坡滑动已导致后缘潇湘公园公路 80m 开裂沉降损毁, 造成直接经济损失约 3 万元。滑坡仍在持续蠕动变形, 威胁区内威胁潇湘公园游客及下方办公单位、楼体及住户 200 多户约 2000 余人, 潜在经济损失约 5000 万元。

根据《滑坡防治工程勘查规范》(GB/T32864-2016) 中滑坡防治工程等级划分方法, 永州市潇湘公园南侧滑坡防治工程等级为一级。

3、滑坡稳定性评价与防治治理措施

3.1 滑坡稳定性评价及发展趋势分析

3.1.1 稳定性评价

(1) 稳定状态: 采用不平衡传递法系数进行稳定性计算。天然工况下, 滑坡处于欠稳定状态; 在暴雨工况下, 滑坡处于不稳定状态。

(2) 影响因素: 滑坡的形成是受地形地貌、地层岩性、大气降水与地表水活动的综合作用形成, 其中大气降水汇集入渗是诱发滑坡的关键因素, 斜坡地形为滑坡提供了势能, 切坡建楼等人类工程活动是导致滑坡的重要原因。

(3) 变形阶段: 城市建设修建楼体切坡较陡, 受强降雨影响坡体曾多次开裂、蠕动, 2017 年 7 月 1 日再次受强降雨影响坡体失稳滑动, 坡体表面开裂、前缘鼓胀, 后缘地表路面沉降、开裂变形。现场调查前缘挡土墙未出现开裂破坏, 具有一定的抗滑能力, 勘察揭露的滑带连续分布, 滑动面完

全贯通，滑坡目前处于滑动变形阶段。

(4) 变形方式：滑坡后缘裂缝切割角度大，前缘裂缝具鼓胀特征，表示地面变形由深部逐步向地表发展，滑坡属于推移式滑坡。

3.1.2 变形发展趋势分析

经稳定性计算，永州市潇湘公园南侧滑坡天然状态下处于欠稳定，暴雨工况下处于不稳定状态。滑坡累积的变形一旦超过挡土墙结构和坡体允许变形量，滑坡将沿前缘剪出，产生大范围围移变形。

3.2 既有防治工程评述及治理方案建议

3.2.1 既有治理工程评述

(1) 挡土墙工程：滑坡前缘为两阶梯状的混凝土平台，平台之上建有楼体，楼体与切坡之间修筑了挡土墙，总长103m，为直立墙，墙宽0.6m，墙高3.2m。现场调查，该挡土墙墙体未开裂，目前挡土墙能承受滑坡的推力。

(2) 截、排水沟工程：人类工程切坡后，挡土墙上部坡体修筑了一道截水沟，总长75m，顶宽0.3m，底宽0.3m，深0.50m。该截水沟截水效果较好，降雨后能及时排走汇集的地表水，水沟未堵塞，无积水留存。目前该截水沟北侧部分开裂，轻微变形、倾斜。滑坡区东部靠南侧修筑了排水沟，经调查，排水沟北部冲毁，降水后汇聚到坡面裂缝及冲沟向坡脚方向排泄。

3.2.2 治理工程方案布置原则

(1) 准确界定滑坡工程安全等级，并以此作为地质灾害防治工程设计基准点。

(2) 地质灾害防治设计必须与社会经济与环境发展相适应，与市政规划、环境保护、土地利用、建设规划相结合。

(3) 地质灾害防治设计方案均应满足永久性地质灾害防护设计的有关规定。

(4) 地质灾害防治设计必须满足在最不利荷载和工况作用下，能处于正常使用极限状态。

(5) 防治设计一次治理，不留后患。

(6) 采用动态设计，信息法施工。

(7) 治理工程措施应充分吸取当地成功的治理经验，做到方案可行、技术可靠、经济。

(8) 防治工程结合现场条件，充分利用土地，避免重复工程，节省投资。

(9) 永久治理，为坡体下方受威胁居民排除安全隐患。

3.2.3 治理工程设计参数建议

根据本次勘查结果，参照《滑坡防治工程设计与施工技术规范》(DZ/T 0219-2006)及《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2013)的有关规定。抗滑移验算安全系数取1.10；抗倾覆验算安全系数取1.60。设计参数选取地区经验值，取值如下表1：

3.2.4 治理方案建议

根据滑坡的分布范围、变形特征、诱发因素、稳定现状与趋势等，结合其危害与威胁对象，滑坡的防治方案主要采用钢管桩、桩板式抗滑桩支挡，前缘挡土墙加固、格构锚固及截排水相结合的形式，并进行长期监测，以确保滑坡体长

期稳定。具体方案如下：

表1 各地层有关岩土工程特性指标建议值

指标名称 地层名称	承载力特征值 fak (kpa)	压缩模量 Es (Mpa)	竖向地基系数K (MN/m ³)	水平地基系数K (MN/m ³)
粘土	130	3.0	1000	500
卵石	220	30 (变形模量)	10000	5000
粉质粘土	180	7.2	5000	3000
强风化泥质粉砂岩	260	/	10000	5000
中风化泥质粉砂岩	800	/	100000	60000

(1) 坡面削坡卸载：清除塌方及具明显滑塌趋势的土方；

(2) 钢管桩：坡体中上部设置1排钢管桩微型桩，横向贯穿整个滑坡体；

(3) 桩板式抗滑桩：坡体中下部设置1排桩板式抗滑桩；

(4) 挡土墙：于滑坡前缘修筑挡土墙及加固原来的挡土墙；

(5) 截、排水：坡体切坡平台靠坡体修筑横向截水沟，顺坡方向修筑纵向排水沟，完善滑坡区排水系统，引导地表水迅速排离斜坡；

(6) 削坡后坡面格构锚固工程；

(7) 生物措施：削坡后坡面植草皮，防止水土流失并兼顾美化环境；

(8) 监测：监测措施主要是在治理前、治理中和治理后开展地质灾害巡查和监测，检查边坡稳定性情况和施工质量及治理效果。

结语：

综上所述，为满足经济建设的需要，很多地方不得不开山造地，天然地形地貌改变，水土流失严重，易诱发滑坡灾害，严重威胁当地居民生命财产安全。针对滑坡地质灾害必须做好勘查工作，通过定性分析和定量计算，结合立地条件因地制宜确定综合治理措施，提高滑坡长期稳定性，保证区域社会安全可靠运行。

参考文献：

[1] 巩云鹏. 滑坡勘查及治理设计研究[J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(09): 58-59.

[2] 咸玉建, 郭炳跃, 梁聪, 戴俊成, 张璟. 宿迁市韩山堆填土滑坡稳定性分析与治理设计[J]. 江西理工大学学报, 2020, 41(01): 1-7.

[3] 张业果, 陈治安. 浅谈滑坡工程勘查与防治方法[J]. 冶金与材料, 2019, 39(02): 65-66.

[4] 谢燕光. 边坡滑坡工程治理的地质勘查及防治策略[J]. 资源信息与工程, 2018, 33(03): 158-159.

作者简介：

周灵仟(1987.03.05-), 本科, 工程师, 主要从事水工环地质、矿产地质工作。