

滑坡地质灾害勘查技术与分析

石文豪

新疆地质局水文环境地质调查中心 新疆 乌鲁木齐 830091

摘要：滑坡地质灾害勘查技术与分析是确保地质灾害预防与治理有效性的关键环节。本文综述了滑坡地质灾害勘查中涉及的多种技术手段，包括地质测绘、地球物理勘查、钻探与井探、岩土力学测试、遥感与GIS技术以及监测技术等，这些技术为滑坡体的识别、稳定性评估、风险评估及灾害预测提供科学依据。文章还探讨基于这些勘查技术的滑坡地质灾害分析方法，包括稳定性评价、风险评估和应急处置预案的制定，旨在为滑坡地质灾害的防治提供全面、系统的指导。

关键词：滑坡；地质灾害；勘查技术

1 滑坡地质灾害形成机制与影响因素

1.1 滑坡的定义与分类

滑坡，作为一种常见的自然灾害，指的是斜坡上的土体或岩体在重力作用下，沿着某一软弱面或软弱带发生剪切破坏，并沿此面向下滑动的现象。滑坡不仅威胁着人类生命财产安全，还常对交通、水利、矿山等设施造成严重破坏。滑坡的分类依据多样，按滑动面与岩土体组成关系可分为土质滑坡、岩质滑坡和岩土混合滑坡；按滑坡体的厚度可分为浅层滑坡、中层滑坡和深层滑坡；按滑坡体的规模可分为小型滑坡、中型滑坡、大型滑坡和巨型滑坡；按滑坡的滑动速度可分为蠕动型滑坡、慢速滑坡、中速滑坡和高速滑坡。不同类型的滑坡具有不同的形成机制和危害程度。

1.2 滑坡形成的地质条件

滑坡的形成与地质条件密切相关。地形地貌是滑坡发生的重要基础。斜坡的坡度、坡形、坡向以及坡顶和坡脚的形态等因素，都直接影响着滑坡的稳定性。一般来说，坡度较陡、坡形凸出的斜坡更容易发生滑坡。地层岩性对滑坡的形成也有重要影响，软弱岩层、松散堆积物以及风化破碎的岩层等，由于抗剪强度低，容易发生剪切破坏，从而形成滑坡。地质构造也是滑坡形成的关键因素。断裂带、褶皱带、节理裂隙等地质构造为滑坡的发生提供了潜在的滑动面。这些构造面的存在，使得斜坡在重力作用下容易发生剪切破坏，从而形成滑坡。

1.3 诱发滑坡的外部因素

滑坡的发生不仅与地质条件有关，还受到多种外部因素的诱发。其中，降雨是诱发滑坡的主要因素之一。降雨增加斜坡土体的含水量，降低土体的抗剪强度，使得斜坡容易发生剪切破坏^[1]。降雨还增加斜坡体的重量，增加滑坡发生的可能性。地震也是诱发滑坡的重要

因素，地震产生的震动波能够破坏斜坡土体的结构，降低其稳定性。在地震作用下，斜坡土体容易发生剪切破坏，从而形成滑坡。人类活动也是诱发滑坡不可忽视的因素，不合理的开挖、堆载、爆破等人类活动破坏斜坡的自然平衡状态，增加滑坡发生的概率。

2 滑坡地质灾害勘查技术体系

2.1 地质测绘技术

地质测绘技术是滑坡地质灾害勘查的基石，它依赖于详尽的现场调查、精确的地形测量和系统的地质记录。通过实地观测滑坡区域的地形地貌特征，如坡度、坡向、坡形及地表侵蚀状况，地质测绘能够初步描绘出滑坡体的轮廓和潜在滑动面的位置。同时对地层岩性的识别和分析，包括岩层的厚度、岩性组合及风化破碎程度，有助于理解滑坡体的物质构成和稳定性。地质测绘还涉及对地质构造的详细调查，如断层、褶皱和节理等构造特征，这些构造往往控制着滑坡体的发育和滑动面的形成。结合地质测绘成果，可以构建滑坡区域的地质剖面图和平面图，为后续的地质灾害评估和治理方案提供直观且精确的空间信息。

2.2 地球物理勘查技术

地球物理勘查技术利用地球物理场的特性，如重力、电磁、地震波等，对滑坡地质灾害进行非侵入式的探测。这些技术通过测量地球物理场在滑坡体及其周围空间中的分布和变化，可以间接推断滑坡体的内部结构、滑动面的深度和形态、含水量分布以及岩土体的物理性质。例如，重力勘探可以揭示滑坡体内部的质量分布异常，电磁勘探则能探测滑坡体内含水层的分布，而地震勘探则通过人工激发的地震波在地下的传播特性，揭示滑坡体的结构特征和滑动面的位置。地球物理勘查技术具有探测深度大、分辨率高、适用范围广的优点，

是滑坡地质灾害勘查中不可或缺的一环,为滑坡体的稳定性和治理措施的设计提供了重要的科学依据。

2.3 钻探与井探技术

钻探与井探技术是通过直接钻入滑坡体内部获取地下信息的关键手段。钻探技术利用钻机和钻具,在滑坡体的不同位置进行垂直或倾斜钻孔,获取岩土体的岩芯或土样,用于实验室分析和测试。井探技术则是在滑坡体内或附近挖掘竖井或斜井,直接观察滑坡体的内部结构、滑动面的形态和岩土体的物理力学性质。这些技术不仅能够提供滑坡体内部直接的物理证据,还能验证地球物理勘查结果的准确性,并为滑坡体的稳定性评估和治理方案的设计提供更为可靠的数据支持。钻探与井探技术的实施需要专业的设备和操作人员,以确保钻孔的准确性和安全性。

2.4 岩土力学测试技术

岩土力学测试技术是滑坡地质灾害勘查中用于测定岩土体物理力学性质的重要方法。通过对滑坡体及其周围岩土体的取样和实验室测试,可以获得岩土体的密度、抗压强度、抗拉强度、抗剪强度、变形模量等关键参数。这些参数是评估滑坡体稳定性和制定防治措施的重要依据。岩土力学测试技术还包括现场原位测试,如标准贯入试验、静力触探试验等,这些测试方法能够在不破坏岩土体整体结构的情况下,获取岩土体的力学性质。通过岩土力学测试技术的应用,可以更加准确地评估滑坡体的稳定性和制定科学合理的防治措施^[2]。

2.5 遥感与地理信息系统(GIS)技术

遥感与地理信息系统(GIS)技术是滑坡地质灾害勘查中用于获取、处理和分析空间信息的先进技术。遥感技术通过卫星、飞机等遥感平台搭载的光学、雷达等传感器,获取滑坡区域的地表信息,如地形地貌、植被覆盖、水体分布等。这些信息经过处理和解释,可以揭示滑坡体的发育特征、潜在滑动面的位置和形态以及滑坡体周围的环境因素。GIS技术则将遥感数据与其他来源的地理信息进行整合,构建滑坡地质灾害的数据库和信息系统。通过GIS技术的空间分析和可视化展示功能,可以实现对滑坡地质灾害的实时监测、预警和评估。遥感与GIS技术的结合使用,大大提高了滑坡地质灾害勘查的效率和准确性,为滑坡体的稳定性评估和治理方案的设计提供了强大的技术支持。

2.6 监测技术

监测技术是滑坡地质灾害勘查中用于实时监测滑坡体动态变化的重要手段。它通过在滑坡体的关键位置安装各种监测设备,如位移传感器、水位计、应力应变计

等,对滑坡体的位移、变形、地下水变化等进行连续监测和分析。监测数据的实时采集和传输,使得滑坡体的动态变化能够及时被发现和记录。通过对监测数据的分析和处理,可以评估滑坡体的稳定性状态,预警潜在的滑坡灾害,并为制定应急防治措施提供科学依据。监测技术还包括远程监控和预警系统的建立,通过互联网技术实现滑坡体的远程实时监测和预警信息的快速传递。

3 滑坡地质灾害分析方法

3.1 稳定性评价方法

滑坡地质灾害的稳定性评价是评估滑坡体在当前及未来一段时间内是否可能发生滑动的重要过程。这一方法主要依赖于对滑坡体的地质结构、岩土力学性质、地下水条件以及外部诱发因素的综合分析。稳定性评价首先需要对滑坡体的地质背景进行详细调查,包括滑坡体的形态、规模、滑动面的位置与形态、岩土体的类型与物理力学参数等。基于这些数据,可以采用定性和定量两种方式进行评估。定性评价通常依赖于专家经验,结合地质类比法、历史滑坡资料对比等手段,对滑坡体的稳定性进行宏观判断。而定量评价则依赖于更为精确的数学模型和计算方法,如极限平衡法、有限元法等,这些方法能够考虑更多复杂的力学条件和边界效应,为滑坡体的稳定性提供更加精确的评估结果。稳定性评价还需考虑滑坡体可能受到的各种外部因素的影响,如降雨、地震、人类活动等,这些因素的变化都可能对滑坡体的稳定性产生显著影响。稳定性评价是一个动态过程,需要定期更新数据,重新评估滑坡体的稳定性状态。

3.2 风险评估方法

滑坡地质灾害的风险评估旨在量化滑坡体对人类社会和经济活动可能造成的潜在损失,以及这些损失发生的可能性。风险评估方法通常包括风险识别、风险分析和风险评价三个步骤。风险识别阶段,需要对滑坡体的基本特征、历史活动记录、潜在影响区域等进行详细调查,以识别出滑坡体可能造成的直接和间接损失类型,如人员伤亡、财产损失、环境影响等。风险分析阶段,则需要运用概率统计和灾害链分析等方法,评估滑坡体发生滑动的可能性,以及一旦滑动发生,可能造成的损失程度。这一步骤通常需要收集和分析大量的历史数据,以建立滑坡发生的概率模型和损失评估模型^[3]。风险评价阶段,则是将风险分析的结果进行综合,得出滑坡地质灾害的总体风险水平,为制定风险管理策略提供依据。风险评估方法不仅要考虑滑坡体本身的特性,还需考虑滑坡体可能影响的社会经济因素,如人口密度、经济发展水平、关键基础设施的分布等,这些因素都将直

接影响滑坡灾害的风险水平和应对策略的选择。

3.3 灾害预测方法

滑坡地质灾害的预测旨在提前识别滑坡体可能发生滑动的迹象,为及时采取防治措施提供预警。灾害预测方法通常依赖于对滑坡体动态监测数据的分析,以及对滑坡体发育规律的深入理解。现代滑坡预测方法结合地质学、地球物理学、遥感技术和信息技术等多个学科的知识,形成了多种预测模型和技术体系。其中,基于地质力学模型的预测方法,如极限平衡分析、数值模拟等,能够模拟滑坡体的应力应变状态,预测滑坡体的滑动趋势和可能发生的滑动面位置。而基于统计和机器学习的预测方法,则通过对历史滑坡事件的数据挖掘,识别滑坡发生的前兆特征和触发因素,建立滑坡发生的概率预测模型。遥感技术和GIS技术的应用,使得滑坡体的空间分布、地表变形等信息能够被实时监测和分析,为滑坡灾害的短期预警提供可能。灾害预测方法的准确性和可靠性,依赖于对滑坡体特性的深入理解、监测数据的准确性和完整性,以及预测模型的适用性和精度。

4 滑坡地质灾害防治策略制定

4.1 工程治理措施

滑坡地质灾害的工程治理措施旨在通过物理手段直接干预滑坡体的结构或环境,以增强其稳定性,减少滑动风险。这些措施通常包括排水工程、支挡结构、削坡减载等。排水工程通过修建排水沟、截水沟等设施,有效引导地表水和地下水,降低滑坡体内的含水量,减少水的润滑作用,从而增强滑坡体的抗滑能力。支挡结构如抗滑桩、挡土墙等,被设置在滑坡体的关键位置,通过承受滑坡体的推力,阻止其滑动。削坡减载则是通过削减滑坡体的坡度和高度,降低其自重和下滑力,以达到稳定滑坡体的目的。

4.2 生态防治措施

生态防治措施利用生物和生态学原理,通过植被恢复、土壤改良等手段,增强滑坡体的稳定性和生态功能。植被恢复是生态防治的核心,通过种植适宜的植物,增加滑坡体表面的植被覆盖率,提高土壤的抗侵蚀能力,减少地表径流,从而降低滑坡风险。植被的根系还能起到固土作用,增加土壤的凝聚力,防止土壤松动和流失。土壤改良则通过添加有机质、肥料等,改善土壤的物理和化学性质,提高土壤的保水能力和结构稳定性。生态防治措施还包括建立生态缓冲区、恢复自然植

被群落等,这些措施能够恢复滑坡体的生态功能,提高其自我修复能力,为滑坡地质灾害的长期防治提供可持续的解决方案。

4.3 应急处置预案

滑坡地质灾害的应急处置预案是在滑坡体发生滑动或即将发生滑动时,迅速启动的一系列应急措施和行动方案。预案的制定需基于滑坡体的风险评估和预测结果,明确应急响应的级别、流程和责任分工。应急处置预案通常包括监测预警、人员疏散、紧急救援、灾情评估等环节。监测预警是应急处置的基础,通过实时监测滑坡体的动态变化,及时发出预警信息,为人员疏散和紧急救援赢得宝贵时间^[4]。人员疏散则是根据滑坡体的可能影响范围,制定详细的疏散路线和安置方案,确保受影响人员的安全撤离。紧急救援则包括搜救被困人员、抢修受损设施、提供临时避难所等,以减轻灾害造成的损失。灾情评估则是在应急处置结束后,对滑坡体的稳定性、灾害损失等进行全面评估,为后续的治理和恢复工作提供依据。应急处置预案的制定和实施,需加强培训和演练,确保各级应急响应人员熟悉预案内容,能够在灾害发生时迅速、有效地应对。

结束语

综上所述,滑坡地质灾害勘查技术与分析是地质灾害防治领域的重要研究内容。通过综合运用多种勘查技术和分析方法,能够更加准确地识别滑坡地质灾害的潜在风险,评估其稳定性和可能造成的损失,为制定科学合理的防治策略提供有力支持。未来,随着技术的不断进步和应用的深化,滑坡地质灾害的防治将更加精准高效,为人类社会和经济活动的安全稳定提供坚实保障。

参考文献

- [1]张迁.滑坡地质灾害勘查及治理技术分析[J].工程技术研究,2024,9(06):216-218.DOI:10.19537/j.cnki.2096-2789.2024.06.069.
- [2]张登奎,王肃良,闫佳佳,等.综合物探方法在滑坡地质灾害勘探中的应用探究[J].物探装备,2024,34(02):137-140.
- [3]唐勤.滑坡地质灾害勘查及治理设计分析与应用[J].江西建材,2022(2):106-108+115.
- [4]李庆凤.浅析滑坡地质灾害勘查与治理设计[J].西部探矿工程,2021,33(7):29-30+33.