

工程地质灾害防治的勘察和设计工作研究

谢 伟

四川省第十地质大队 四川 广元 628000

摘 要：本文聚焦工程地质灾害防治的勘察与设计工作，剖析了常见的工程地质灾害类型、成因及链式反应，明确灾害发生机制。并构建地质灾害防治勘察技术体系，涵盖多种勘察方法与数据整合分析。探讨防治设计方法策略，包括设计原则、工程类型及参数优化。因此，强调多学科协同与智能化应用，通过交叉融合地质工程、环境科学和信息技术，结合智能化勘察设计技术，践行全生命周期管理理念，为工程地质灾害防治提供全面且科学的指导，保障工程建设与区域安全稳定。

关键词：工程地质灾害；灾害防治；地质勘察；防治设计

引言：工程地质灾害严重威胁着人类的生命财产安全与社会的稳定发展。随着城市化进程的加速和基础设施建设的不断推进，各类工程活动引发的地质灾害问题日益突出。有效的地质灾害防治工作对于保障工程安全、减少经济损失和保护生态环境至关重要。而勘察和设计作为地质灾害防治的关键环节，其工作的科学性和合理性直接影响着防治效果。深入研究工程地质灾害防治的勘察和设计工作，能够为灾害防治提供坚实的理论依据和技术支持，提高灾害防治水平，促进社会经济的可持续发展。

1 工程地质灾害类型与成因分析

1.1 常见地质灾害类型

工程建设领域常见的工程地质灾害主要包括滑坡、崩塌、泥石流、地面沉降、岩溶塌陷五类，各类灾害在分布特征与危害形式上存在显著差异。滑坡多发生于山区公路、铁路沿线及露天矿坑，表现为岩土体沿固定滑动面整体下滑，如2024年云南某高速公路滑坡，导致500米路段损毁，交通中断72小时。崩塌常出现在陡峭岩壁区域，多因岩体破裂、风化剥落引发，常见于隧道洞口、高陡边坡工程，其突发性强，易造成工程结构损毁与人员伤亡。

泥石流主要发育于山区沟谷，由暴雨、冰雪融水激发，携带大量泥沙、石块快速流动，对下游工程设施与居民区破坏力极强，如2024年四川某水利工程周边泥石流，冲毁临时施工营地3处。地面沉降多发生于平原城市及地下水开采集中区域，表现为地表缓慢下沉，易导致建筑物开裂、地下管线破损，典型案例为华北某城市因过量开采地下水，年均沉降量达15mm。岩溶塌陷则集中在碳酸盐岩分布区，因地下溶洞顶板坍塌引发地表陷落，对桥梁、厂房等工程威胁较大，如2024年广西某工

业园区岩溶塌陷，导致2座厂房倾斜。

1.2 灾害成因机制

工程地质灾害的成因可分为自然因素与人为因素，二者相互作用共同诱发灾害。自然因素是灾害发生的基础条件，主要包括地形地貌、地质构造、气象水文三大类。地形方面，坡度大于25°的斜坡区域易发生滑坡、崩塌，沟谷比降大于10%的地段是泥石流高发区；地质构造上，断层破碎带、节理发育的岩体因完整性差，抗剪强度低，易成为灾害孕育的薄弱区域；气象水文因素中，持续暴雨、短时强降雨是滑坡、泥石流的主要触发因子，如2024年华南地区暴雨期间，滑坡灾害发生率较常年同期增长2倍，地下水水位变化则会改变岩土体含水量，降低其稳定性，诱发地面沉降与岩溶塌陷；人为因素是加剧灾害风险的关键诱因，主要体现在工程建设活动与资源开发两方面。工程开挖过程中，如公路边坡开挖过陡、隧道施工扰动围岩，会破坏原有岩土体平衡，诱发滑坡、崩塌；路基填筑、建筑物荷载过大则可能导致地基沉降；资源开发中，地下矿产开采形成采空区，易引发地面塌陷，地下水过量开采会打破水岩力学平衡，加剧地面沉降与岩溶塌陷^[1]。

1.3 灾害链式反应与次生灾害

工程地质灾害并非孤立发生，往往存在“原生灾害-次生灾害”的链式反应，且链式反应会放大灾害影响范围与破坏程度。典型的灾害链式反应表现为：暴雨触发山体滑坡，滑坡体堵塞沟谷形成堰塞湖（次生灾害），堰塞湖水位上涨后溃决，引发下游洪水（再次生灾害），洪水冲刷边坡又可能诱发新的滑坡，形成循环灾害链。如2024年甘肃某山区暴雨引发滑坡，滑坡体堵塞河道形成库容50万m³的堰塞湖，3天后堰塞湖溃决，洪水冲毁下游2座桥梁、10余间民房，同时诱发3处新的滑

坡,灾害影响范围从最初的0.5km²扩大至5km²

不同类型灾害的链式反应具有差异化特征:崩塌发生后,坠落的岩体可能堵塞道路、河道,引发交通中断或堰塞湖;泥石流在流动过程中,会冲刷沿途边坡,导致边坡失稳引发滑坡,同时携带的泥沙石块会淤塞河道、掩埋工程设施;地面沉降长期发展会导致地下管线破裂,引发供水、燃气泄漏等次生事故,若发生在沿海地区,还可能加剧海水倒灌,破坏土壤与地下水环境。此外,次生灾害的发生还会增加救援难度,延误灾害处置时机,如2024年贵州某滑坡灾害中,次生堰塞湖导致救援道路被淹,救援队伍延误12小时才抵达现场,增加了人员伤亡风险。

2 地质灾害防治勘察技术体系

2.1 勘察目标

地质灾害防治勘察的主要目标是查明灾害体的基本特征、形成条件和影响因素,评估灾害的稳定性和危害性,为防治设计提供准确可靠的地质资料和技术参数。通过勘察,确定灾害的范围、规模、类型和发展趋势,分析灾害发生的机制和诱发因素,预测灾害可能造成的损失,为制定科学合理的防治方案提供依据。

2.2 勘察方法与技术

2.2.1 地质测绘

地质测绘是地质灾害勘察的基础工作,通过对地形地貌、地层岩性、构造特征等进行详细调查和测绘,获取灾害区域的地质信息。地形地貌测绘可以了解地形的起伏、坡度和形态,判断灾害发生的可能性;地层岩性测绘能够确定岩土体的类型、性质和分布,为分析灾害体的稳定性提供依据;构造特征测绘可以识别断层、褶皱等地质构造,评估其对灾害的影响。

2.2.2 物探技术

物探技术包括电阻率法、地震波法、地质雷达等。电阻率法通过测量地下岩土体的电阻率差异,推断地下地质结构和灾害体的位置、形态;地震波法利用地震波在地下介质中的传播特性,探测地下地质体的边界和性质;地质雷达则通过发射高频电磁波并接收反射波,快速、无损地探测地下浅部地质结构和灾害体。物探技术具有效率高、成本低、对环境影响小等优点,能够为地质灾害勘察提供重要的补充信息。

2.2.3 钻探与原位测试

钻探是获取地下岩土体实物样品和直接观察地下地质情况的重要手段。通过钻探,可以了解地层的深度、厚度、岩性变化和构造特征,获取岩土体的物理力学性质指标。原位测试则是在钻探过程中或钻探完成后,在

现场对岩土体进行力学性能测试,如标准贯入试验、静力触探试验等,获取岩土体的强度、变形等参数,为灾害体的稳定性分析提供准确的数据^[2]。

2.2.4 遥感与GIS技术

遥感技术可以通过卫星、飞机等平台获取大范围的地表信息,能够快速、准确地监测地质灾害的空间分布和动态变化。利用遥感影像,可以识别灾害体的范围、形态和活动迹象,评估灾害的危害程度。GIS技术则可以对遥感数据和其他地质信息进行集成、分析和处理,建立地质灾害数据库,实现灾害信息的可视化表达和空间分析,为灾害防治决策提供科学依据。

2.2.5 数值模拟

数值模拟技术在地质灾害防治勘察中发挥着重要作用。通过建立边坡稳定性分析模型、渗流场模拟模型等,可以对灾害体的稳定性和渗流特性进行定量分析。边坡稳定性分析可以预测边坡在不同工况下的稳定性,评估滑坡等灾害发生的可能性;渗流场模拟可以了解地下水的运动规律,分析渗流对灾害体稳定性的影响,为防治设计提供理论支持。

2.3 勘察数据整合与分析

在完成各种勘察方法获取数据后,需要对数据进行整合与分析。将地质测绘、物探、钻探、遥感等数据进行综合对比和验证,去除错误和不合理的数据,提高数据的准确性和可靠性。运用统计分析、地理信息系统分析等方法,对数据进行深入挖掘和分析,揭示地质灾害的形成机制和发展规律。通过数据整合与分析,形成全面、系统的地质灾害勘察报告,为防治设计提供准确的技术依据。

3 地质灾害防治设计方法与策略

3.1 防治设计原则

地质灾害防治设计应遵循“以人为本、预防为主、因地制宜、综合治理”的原则。以人为本是将保障人民群众的生命财产安全放在首位,确保防治工程能够有效减少灾害造成的损失。预防为主强调在灾害发生前采取措施,降低灾害发生的可能性和危害程度。因地制宜是根据灾害区域的地质条件、环境特点和灾害类型,选择合适的防治方法和工程措施。综合治理则是综合考虑各种因素,采取多种措施相结合的方式进行治疗,提高防治效果。

3.2 防治工程类型

常见的地质灾害防治工程类型包括排水工程、支挡工程、加固工程、护坡工程和监测预警工程等。排水工程通过设置排水沟、截水沟等设施,排除地表水和地下

水,降低地下水位,减少水对灾害体的作用,提高灾害体的稳定性。支挡工程如挡土墙、抗滑桩等,能够承受灾害体的推力,阻止灾害体的滑动和坍塌。加固工程通过对岩土体进行注浆、锚固等处理,提高岩土体的强度和整体性。护坡工程采用砌石、混凝土喷护等方法,保护坡面免受雨水冲刷和风化侵蚀。监测预警工程通过安装监测设备,实时监测灾害体的变形、位移等参数,及时发布预警信息,为人员疏散和防治措施的实施提供时间保障^[3]。

3.3 设计参数优化

在防治设计过程中,需要对设计参数进行优化。设计参数包括工程尺寸、材料强度、施工工艺等。通过数值模拟、试验研究等方法,分析不同参数对防治工程效果的影响,确定最优的设计参数。例如,在抗滑桩设计中,需要优化桩的间距、直径、嵌固深度等参数,以提高抗滑桩的抗滑能力,同时降低工程造价。设计参数优化可以提高防治工程的科学性和经济性,确保防治工程达到预期的效果。

4 多学科协同与智能化应用

4.1 地质工程+环境科学+信息技术交叉融合

工程地质灾害防治涉及多个学科领域,需要地质工程、环境科学和信息技术的交叉融合。地质工程提供灾害形成机制和防治技术的基础;环境科学关注灾害对生态环境的影响以及生态修复措施;信息技术则为灾害监测、预警和防治决策提供技术支持。通过多学科协同,可以综合考虑地质、环境和信息等多方面因素,制定更加科学合理的防治方案,提高灾害防治的综合效益。

4.2 智能化勘察设计技术

随着科技的飞速发展,智能化勘察设计技术在工程地质灾害防治领域的应用愈发广泛且深入。在勘察环节,无人机凭借其灵活性和高效性,能够迅速抵达复杂、危险的地形区域进行拍摄和数据采集,不仅大幅缩短了勘察时间,还避免了人工勘察可能遭遇的安全风险。机器人则可深入狭窄空间或地下洞穴,精准获取地质信息。这些智能设备的应用,极大地提升了勘察数据的准确性和全面性;智能化设计软件更是发挥着关键作

用,它能够依据勘察所得的数据以及具体的设计要求,快速自动生成多种不同的设计方案。随后,通过先进的算法对这些方案进行优化比较,从安全性、经济性、可行性等多个维度进行综合评估,为设计人员提供科学、全面的决策支持^[4]。另外,智能化技术贯穿勘察设计全过程,实现了流程的自动化和信息化,减少人为误差,显著提高工作效率和质量,为工程地质灾害防治提供坚实的技术保障。

4.3 全生命周期管理理念

全生命周期管理理念强调对工程地质灾害防治项目从规划、设计、施工到运营维护全过程管理。规划阶段,充分考虑灾害防治需求和目标,制定合理规划方案。如根据地区地质灾害历史和潜在风险,规划防治工程布局。设计阶段,优化设计方案,确保防治工程安全性和可靠性。施工阶段,加强施工管理,保证施工质量,严格监督施工过程。运营维护阶段,建立完善监测和维护体系,及时发现和处理问题。如定期检查排水设施是否畅通、支挡结构是否完好等,确保防治工程长期有效运行。

结束语

工程地质灾害防治的勘察和设计工作是一项复杂而重要的任务。通过对工程地质灾害类型与成因的深入分析,构建科学合理的勘察技术体系,采用有效的防治设计方法与策略。在未来的工作中,应不断探索和创新,进一步完善勘察和设计理论与方法,加强新技术、新设备的应用,为保障工程建设和区域安全稳定做出更大的贡献。

参考文献

- [1]江小军.工程地质灾害防治的勘察和设计工作探讨[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2020(3):1266-1267.
- [2]张义.工程地质勘察与地质灾害评估的关系分析[J].当代化工研究,2023(04):149-150.
- [3]姜峰.地质勘察在地质工程中的运用分析[J].当代化工研究,2023(01):103-104.
- [4]刘义勤,谢智勇.工程地质勘察与地质灾害评估的关联性探讨[J].中国住宅设施,2022(06):74-76.