

水利水电工程施工中的地质灾害预防与应对措施研究

王 博 孙倩倩 李松林

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450001

摘 要: 水利水电工程建设常面临多种地质灾害威胁,如滑坡、泥石流、水库诱发地震等,成因包括自然和人为因素。为有效预防,需加强地质勘察与设计、开展灾害评估、强化施工管理、保护地质环境并利用信息化技术监测。同时,建立健全应急管理 with 救援体系,灾害发生时紧急处置,灾后及时恢复重建。通过这些措施,可降低灾害风险,保障工程安全及人民生命财产安全。

关键词: 水利水电工程; 地质灾害; 预防措施; 应对策略

1 水利水电工程地质灾害类型

1.1 滑坡

滑坡是水利水电工程中常见的地质灾害之一。它是沿斜坡上的岩土体在重力作用或其他外力影响下,沿着一定的软弱面或软弱带整体或分散地顺坡向下滑动的现象。在水利水电工程建设区域,滑坡的发生往往与地形地貌、岩土体性质、水文地质条件等因素密切相关。例如,在山区修建水库时,库岸边坡如果存在软弱夹层,在库水长期浸泡和波浪冲刷作用下,软弱夹层强度降低,就可能引发滑坡。滑坡不仅会破坏水利水电工程的建筑物,如大坝、堤防等,还会堵塞河道,影响水库的正常蓄水和泄洪功能,严重时甚至会导致工程报废,威胁下游地区人民的生命财产安全。

1.2 泥石流

泥石流是一种含有大量泥沙、石块等固体物质的特殊洪流。在水利水电工程区域,泥石流的形成通常需要丰富的松散固体物质、充足的水源和一定的地形条件。暴雨是诱发泥石流的主要水源条件,当短时间内降雨量过大时,山坡上的松散堆积物在雨水的冲刷和浸润下,饱和后失去稳定性,沿着沟谷迅速下滑,形成泥石流^[1]。泥石流具有强大的冲击力和破坏力,能够冲毁水利水电工程的各类设施,如渠道、渡槽、水电站厂房等。同时泥石流携带的大量泥沙和石块进入水库后,会减少水库的有效库容,影响水库的使用寿命和综合效益。

1.3 水库诱发地震

水库诱发地震是指由于水库蓄水而引发的地震活动。水库蓄水后,水体荷载增加,改变了地壳的应力状态,同时库水的渗透作用可能会降低岩体的强度,使原本处于临界状态的断层重新活动,从而诱发地震。水库诱发地震的震级一般较小,但如果在人口密集地区或重要工程附近发生,仍可能造成一定的破坏。

1.4 崩塌

崩塌是指陡坡上的岩土体在重力作用下突然脱离母体,翻滚、跳跃或堆积在坡脚的现象。在水利水电工程建设中,崩塌多发生在山区峡谷地带的岸坡。这些地区地形陡峭,岩土体结构破碎,在风化、降雨、地震等自然因素或工程施工爆破、开挖等人为因素的作用下,岩土体的稳定性受到破坏,容易发生崩塌。崩塌体落入河道后,会改变河流的水流形态,影响航运和水资源的利用。同时崩塌还可能砸毁水利水电工程的建筑物和施工设施,对工程施工安全和工程运行安全造成严重影响。

1.5 地面塌陷

地面塌陷是指地表岩土体在自然或人为因素作用下向下陷落,并在地面形成凹陷、坑洞的现象。在水利水电工程区域,地面塌陷的主要原因包括地下溶洞发育、地下水位下降、采空区塌陷等。例如,在喀斯特地貌地区修建水库时,地下溶洞的存在可能会导致水库渗漏和地面塌陷。当水库蓄水后,水压力增大,可能会使溶洞顶板发生坍塌,进而引发地面塌陷。地面塌陷会破坏水利水电工程的地基稳定性,影响建筑物的正常使用,甚至导致建筑物倾斜、开裂或倒塌。

1.6 地裂缝

地裂缝是地表岩土体开裂形成一定长度和宽度的裂缝。在水利水电工程建设中,地裂缝的形成与地质构造运动、地震活动、地下水位变化、工程施工等因素有关。例如,在地震活动频繁地区,地震产生的地震波会使岩土体产生拉伸和压缩变形,从而形成地裂缝。水库蓄水引起的地下水位上升或下降,也可能导致岩土体的膨胀或收缩,产生地裂缝。地裂缝会破坏水利水电工程的完整性,影响建筑物的防渗性能和结构安全,降低工程的使用寿命。

2 水利水电工程地质灾害成因分析

2.1 自然因素

自然因素是引发水利水电工程地质灾害的重要原因之一。地形地貌对地质灾害的发生具有重要影响,山区地形陡峭,坡度大,岩土体稳定性差,容易发生滑坡、崩塌等灾害。地质构造活动频繁的地区,断层、褶皱等地质构造发育,岩体破碎,为地质灾害的发生提供了有利条件。气候条件也是影响地质灾害的重要因素^[2]。降雨是诱发滑坡、泥石流等灾害的主要因素之一,暴雨或长时间连续降雨会使岩土体含水量增加,重量增大,抗剪强度降低,从而引发地质灾害。气温的变化也会导致岩土体的风化作用加剧,使岩土体结构变得松散,降低其稳定性。水文地质条件对地质灾害的发生也有显著影响,地下水的活动会软化岩土体,降低其强度,同时地下水的渗透作用可能会产生动水压力,对岩土体的稳定性造成不利影响。

2.2 人为因素

人为因素在水利水电工程地质灾害的发生中也起着重要作用。工程建设活动是引发地质灾害的直接原因之一。例如,在水库建设过程中,大坝的修建会改变河流的自然水流状态,使库区水位上升,水压力增大,可能会引发滑坡、地面塌陷等灾害。同时,工程开挖、爆破等施工活动会破坏岩土体的原有结构,降低其稳定性,增加地质灾害的发生风险。不合理的资源开发利用也是导致地质灾害的重要原因。例如,过度开采地下水会导致地下水位下降,引起地面沉降和地裂缝等灾害。在山区进行矿产资源开采时,如果不采取有效的防护措施,可能会破坏山体的稳定性,引发滑坡、崩塌等灾害。水利水电工程的运行管理不善也可能引发地质灾害。例如,水库调度不当,在暴雨期间未能及时泄洪,导致库水位急剧上升,可能会增加大坝滑坡和溃坝的风险。

3 水利水电工程施工中的地质灾害预防措施

3.1 加强地质勘察与设计

在水利水电工程建设前期,加强地质勘察工作是预防地质灾害的基石。详细的地质勘察能全面查明工程建设区域的地形地貌特征,如山体的坡度、沟谷的走向;精准掌握地质构造情况,包括断层的分布、褶皱的形态;深入了解岩土体性质,如岩石的强度、土体的密实度;摸清水文地质条件,像地下水的类型、水位变化等。这些准确的地质资料为工程设计和施工提供了坚实依据。在设计阶段,要依据勘察结果,科学合理地确定工程建筑物的位置,避开地质不良地段;精心规划结构,确保其能承受各种荷载;恰当选择基础形式,保证基础的稳定性充分考虑地质灾害防治要求,设置完善的防排水设施,减少地下水对岩土体的不良影响。

3.2 开展地质灾害评估

在水利水电工程建设前和建设过程中,开展地质灾害评估工作意义重大。地质灾害评估涵盖建设场地适宜性评估和地质灾害危险性评估两方面。建设场地适宜性评估是对工程建设场地的地质条件进行综合考量,从地形、地质、水文等多个角度分析,确定场地是否具备工程建设的基本条件,能否保障工程长期稳定运行。地质灾害危险性评估则聚焦于工程建设区域,全面评估可能发生的地质灾害类型,如滑坡、泥石流等;准确估算灾害规模;科学预测发生概率;合理评估危害程度。依据评估结果,制定针对性的防治措施,如加固边坡、修建拦砂坝等,同时制定完善的应急预案,明确应急响应流程和救援措施,从而有效降低地质灾害的发生风险,保障工程建设和周边地区的安全。

3.3 强化施工管理

强化施工管理是预防水利水电工程施工中地质灾害的关键环节。施工过程中,必须严格遵循设计要求和施工规范,从原材料的选用到施工工艺的执行,都要确保工程质量达到标准。加强对施工人员的安全教育培训至关重要,通过定期组织培训和演练,提高施工人员的安全意识和地质灾害防范能力,让他们熟悉各种地质灾害的征兆和应对方法。例如,在进行边坡开挖施工时,要严格按照“自上而下、分层开挖”的原则操作,控制开挖进度和深度,避免超挖和乱挖破坏边坡的稳定性。同时,及时对开挖边坡进行支护,采用合适的支护结构和材料^[3]。加强对施工现场的监测和检查,利用专业设备对边坡的位移、沉降等进行实时监测,建立监测数据台账,一旦发现异常情况,立即停止施工并采取有效措施进行处理。

3.4 保护地质环境

保护地质环境是预防水利水电工程地质灾害的根本举措。在工程建设和运行过程中,要秉持可持续发展的理念,尽量减少对地质环境的破坏。在水库建设过程中,要科学规划施工方案,避免过度开挖和填方,防止破坏库区的生态平衡和地质结构稳定性。加强对矿产资源的合理开发利用,制定严格的开采标准和监管制度,避免过度开采导致地面塌陷、地裂缝等地质灾害。建立健全地质环境监测体系,运用先进的监测技术,及时掌握地质环境的变化情况。对因工程建设导致的植被破坏区域,要及时进行植树造林,选择适宜的树种和种植方式,恢复植被覆盖,增强土壤的保水保土能力,减少水土流失,从而降低地质灾害的发生风险,实现工程建设与地质环境保护的和谐共生。

3.5 利用信息化技术提高监测质量

利用信息化技术能够显著提高水利水电工程地质灾害监测的准确性和及时性。通过建立完善的地质灾害监测预警系统,整合传感器、遥感技术、地理信息系统等先进技术手段,对工程建设区域的地质灾害隐患点进行全方位、实时监测。利用位移传感器可以精确监测边坡的微小位移变化,及时发现边坡失稳的迹象;水位传感器能实时掌握地下水位的变化情况,为分析地质灾害与地下水的关系提供数据支持;遥感技术可对大面积区域进行快速普查和动态监测,及时发现潜在的地质灾害隐患。通过信息化技术对监测数据进行高效分析和处理,运用专业的模型和算法,准确掌握地质灾害的发展趋势。当监测数据超过预设的预警值时,系统能够自动发出预警信号,及时通知相关人员采取防范和应急处置措施,为保障工程安全和人员生命财产安全提供有力的信息支持。

4 水利水电工程施工中的地质灾害应对措施

4.1 应急管理 with 救援体系建设

建立健全水利水电工程地质灾害应急管理与救援体系,是有效应对地质灾害、保障工程安全与人员生命财产安全的重要基石。需精心制定全面且细致的地质灾害应急预案,明确应急组织机构中各成员的职责分工,清晰界定应急响应程序的不同级别与启动条件,详细规划应急救援措施,涵盖从灾害预警到灾后处置的各个环节。加强应急救援队伍建设,选拔专业素质高、责任心强的队员,配备先进的应急救援设备,如生命探测仪、大型挖掘机械等,储备充足的应急物资,如食品、药品、帐篷等。定期组织应急演练,模拟不同灾害场景,检验并提升队伍的应急反应速度与协同作战能力。积极与当地政府、气象部门、地质部门等相关单位建立紧密沟通与协作机制,搭建信息共享平台,及时获取地质灾害预警信息和气象信息,为应急处置提供准确、及时的信息支持。

4.2 灾害发生时的紧急处置

当水利水电工程施工中突发地质灾害时,必须迅速且有序地启动应急预案,采取一系列紧急处置措施。首要任务是争分夺秒地组织现场人员撤离到安全地带,通过广播、警报等多种方式通知人员,确保不遗漏一人,全力保障人员生命安全。同时,立即对灾害现场进行封锁,设置明显的警示标志,安排专人值守,防止无关人员

进入危险区域,避免造成不必要的人员伤亡。根据灾害的具体类型和规模,精准采取相应的抢险救援措施^[4]。例如,对于滑坡灾害,要迅速清理滑坡体,采用抗滑桩、挡土墙等对滑坡体进行加固处理;对于泥石流灾害,应及时疏通河道,确保泥石流顺畅排泄,防止堵塞河道和淹没周边地区。在抢险救援过程中,务必高度重视救援人员的安全,科学指挥,避免发生二次灾害。

4.3 灾后恢复与重建

地质灾害发生后,迅速且高效地开展灾后恢复与重建工作至关重要。要第一时间组织专业人员对受损的水利水电工程建筑物进行全面评估,准确掌握受损程度和范围,制定科学合理的修复方案,确保工程能够尽快恢复正常运行。例如,对受损的大坝、堤防等进行加固处理,采用先进的加固技术和材料,提高其稳定性和抗灾能力;修复受损的渠道、渡槽等水利设施,保障水资源的正常输送。同时,高度重视受灾地区的生态环境恢复和治理,采取植树造林、土地复垦等有效措施,恢复植被覆盖,增强土壤的保水保土能力,减少水土流失,改善地质环境。认真总结地质灾害的经验教训,深入分析工程建设和运行管理中存在的薄弱环节,对地质灾害防治措施进行改进和完善,不断提升工程抵御地质灾害的能力,为未来的安全运行奠定坚实基础。

结束语

水利水电工程地质灾害防治意义重大,关乎工程安全运行与人民生命财产安全。面对复杂多样的灾害类型与成因,需综合运用预防与应对措施。未来,应持续强化防治工作,不断探索创新技术方法,提升防治水平。通过各方共同努力,构建更加安全可靠的水利水电工程体系,为经济社会可持续发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]王明,李华.水利工程施工中地质灾害风险评估与防控研究[J].工程勘察,2021,39(5):56-62.
- [2]张伟,刘芳.水电工程地质灾害防治技术及应用[J].水利水电技术,2020,28(3):88-94.
- [3]张建民,王浩.水利水电工程地质灾害风险评估方法研究进展[J].岩土工程学报,2022,44(5):789-798.
- [4]李术才,刘斌,聂利超.复杂地质条件下隧道施工地质灾害预警与防控技术[J].岩石力学与工程学报,2021,40(1):1-18.