

# 浅析水库水利工程地质灾害问题研究及防治措施

王 美

山西省地质工程勘察院有限公司 山西 太原 030024

**摘 要：**水库水利工程地质灾害问题对工程安全及周边环境构成严重威胁。本文分析了滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷和地裂缝等主要地质灾害类型，探讨了自然因素和人为因素在地质灾害成因中的作用。为有效防治地质灾害，提出了加强工程地质勘察与评估、优化工程设计与施工、加强地质灾害监测与预警以及加强水土保持与生态修复等策略，这些措施有效提升水库水利工程的抗灾能力，保障工程安全稳定运行，促进周边环境的可持续发展。

**关键词：**水库水利工程；地质灾害问题；防治措施

## 引言

水库水利工程在防洪、灌溉、发电等方面发挥着重要作用，但地质灾害问题一直是制约安全与发展的关键因素。地质灾害不仅威胁工程设施的安全稳定，还可能对周边居民的生命财产安全造成重大影响，所以深入研究水库水利工程地质灾害问题，探索有效的防治措施，对于保障工程安全、促进区域可持续发展具有重要意义。

### 1 水库水利工程地质灾害类型

#### 1.1 滑坡

在水库水利工程建设阶段，不合理的工程布局常常成为滑坡灾害的潜在导火索。特别是当工程选址于地质结构薄弱且坡度陡峭的地区时，工程自身的重量加之开挖活动，往往会加剧地表的不稳定性，从而可能触发滑坡事件。开挖坡脚作为施工中的常规操作，若缺乏妥善的规划与监控，极易打破山体原有的平衡状态，促使土体或岩体沿某一软弱层面发生滑动。排水系统的科学设计与管理也显得尤为关键，因为水库在蓄水或排水期间的水位波动，会直接影响地下水位及土体的饱和度，不当的排水措施可能会导致土体抗剪强度显著下降，从而进一步增加滑坡发生的风险，滑坡不仅直接危及水库水利工程的结构安全，还可能对周边自然环境及人类社会带来深远的负面影响。

#### 1.2 崩塌

崩塌作为一种极具突发性的地质灾害，在水库水利工程领域尤为令人担忧。在水库水利工程背景下，崩塌灾害多见于地形复杂、地质条件恶劣的高陡边坡地区，尤其是那些坚硬的岩石地带。这些区域由于长期的地质运动和河道变迁，岩石内部应力结构发生显著变化，形成了复杂的裂隙网络和软弱夹层，为崩塌的发生提供了潜在的地质基础。当水库进行蓄水或其他水利调度时，水位的升降会进一步加剧边坡岩体的应力状态，特别是

在坚硬的岩石地区，岩石的脆性使其对水位变化尤为敏感。水位上升时，岩石体受浮力影响，底部支撑力减弱；水位下降时，岩石体可能因失水收缩，产生额外拉应力，这些变化均可能削弱岩石体与根部的连接，触发崩塌。崩塌一旦发生，后果往往极其严重，崩塌体携带的大量土石方可能直接冲击水库大坝，破坏其结构安全，影响防洪能力；崩塌还可能堵塞河道，形成堰塞湖等次生灾害，加剧洪涝风险，并对下游的农田、村庄、交通设施等造成严重损毁和人员伤亡。

#### 1.3 泥石流

泥石流是由暴雨、冰雪融水等自然力量触发的特殊洪流，因泥石流富含泥沙、石块等固体物质而具备惊人的冲击与破坏力，尤其在水利水电工程周边区域构成了严峻威胁，这些区域地形复杂多变，地势陡峭，为泥石流的形成提供了得天独厚的地形条件。但是人类不合理活动，如过度开垦、无序采矿等，严重破坏了地表植被，削弱了土壤的稳定性，使得山体愈发脆弱，易于发生滑坡并进而诱发泥石流。植被的丧失不仅减少了地表摩擦力，还加剧了水土流失，使得泥沙和石块更易被水流裹挟，进一步加剧了泥石流的形成风险。在水利水电工程的建设与运营过程中，爆破、开挖等施工活动可能打破山体的自然平衡，使稳定的岩土体变得松动，易受水流冲刷，水库蓄水、水位调节等水利调度行为也可能对周边地质环境造成干扰，如改变地下水位、诱发地震等，这些均可能成为泥石流爆发的潜在诱因<sup>[1]</sup>。

#### 1.4 地面塌陷

地面塌陷作为地质结构稳定性和支撑力丧失的直接表现，在水库水利工程领域构成了严峻挑战。在水库水利工程环境中，地面塌陷的发生往往与地下水过度开采及岩溶活动紧密相关。地下水作为维持地质稳定的关键要素，过度抽取会导致地下水位急剧下降，土壤和岩

层因失去水分支撑而发生沉降。在岩溶地区,复杂的溶洞和裂隙系统使得地下水流动和储存更为微妙,过度开采地下水极易破坏这些结构的水压支撑,引发坍塌,进而导致地面塌陷。地下水对可溶性岩石的长期溶解和侵蚀也是地面塌陷的重要诱因,人类活动会加剧岩溶系统的失衡,进一步触发地面塌陷。而且地面塌陷的后果极其严重,不仅直接影响水库水利工程设施的安全运行,还会对周边环境造成广泛破坏,包括破坏交通线路、农田、居民区等基础设施,干扰人们的正常生活和生产活动,甚至可能引发次生灾害如滑坡、泥石流,进一步加剧灾害的威胁和损失。

### 1.5 地裂缝

裂缝作为地质环境中一种常见的灾害形式,在地表岩层与土体中的开裂现象往往源于自然力量或人为活动的复杂影响。地裂缝的形成是一个多因素交织的过程,地质构造、水文地质条件以及工程活动等因素相互作用,共同促进了裂缝的产生与扩展。在水库水利工程领域,地裂缝的出现尤为引人关注,它不仅直接关系到工程设施的安全稳定,还可能对周边环境造成深远的影响和不良后果。地质构造的复杂性,如断层、褶皱等地质构造带的存在,为地裂缝的形成提供了基础条件,当地壳应力积累到一定程度时,这些薄弱部位就容易发生开裂,形成地裂缝。水文地质条件的变化,特别是水库蓄水、放水等调度行为导致的地下水位显著变化,也会影响地表岩层与土体的稳定性,进而引发地裂缝。工程活动也会对地表岩层与土体产生扰动,破坏平衡状态,导致岩层与土体开裂,形成地裂缝,这些裂缝一旦出现,就可能威胁到大坝、堤防等关键工程设施的安全稳定,甚至导致工程设施的裂缝、变形和倒塌,而且地裂缝还会对周边环境造成破坏,严重影响人们的正常生活和生产活动。

## 2 水库水利工程地质灾害成因分析

### 2.1 自然因素

地质条件构成了地质灾害发生的基础框架,不同地区的地质构造、地层岩性及地形地貌差异显著,直接影响着地质灾害的类型、规模和潜在危害。特别是在地质构造复杂、岩层破碎的区域,由于岩石强度和稳定性较弱,加之长期地质作用的影响,使得这些地区成为滑坡、崩塌等地质灾害的高发区,对水库水利工程及周边居民的生命财产安全构成重大威胁。与此同时,水文气象因素也不容忽视,降雨、洪水及地下水位变化等自然现象在地质灾害的诱发与加剧中扮演着重要角色。暴雨季节的强降雨会加剧边坡冲刷与侵蚀,显著降低岩土体

稳定性,增加滑坡、泥石流等灾害的风险,而地下水位的变化同样对岩土体的物理力学性质产生深远影响,导致岩土体软化、强度下降,进一步提升了地质灾害的可能性。地震活动作为另一大关键自然因素,地震波的传播对岩土体造成强烈扰动与破坏,引发岩土体松动、破裂,从而诱发滑坡、崩塌等灾害。地震还可能直接摧毁水库工程设施,如造成大坝裂缝、堤防决口等,严重危害工程安全稳定运行,甚至导致水库蓄水和泄洪功能丧失,引发次生灾害如洪水泛滥、水质污染,对下游地区造成难以估量的生态与经济损失。

### 2.2 人为因素

水库水利工程地质灾害的成因中,人为因素的作用至关重要且影响深远,建设活动如土石挖掘、边坡开挖及人工堆渣等,若缺乏科学规划与合理实施,将对周边环境造成不可逆转的破坏,成为地质灾害的潜在诱因。不当的边坡开挖方式和不合理的坡脚处理,极易导致边坡失稳,进而诱发滑坡等灾害,威胁水库水利工程的安全及周边居民的生命财产安全。不合理的土地利用和植被破坏也是地质灾害频发的重要人为因素,特别是在泥石流易发区,过度开发如大型工程建设、荒地开垦等,会严重破坏地表植被和土壤结构,削弱土壤抗侵蚀能力,增加泥石流等灾害的风险。地下水资源的过度开采同样不容忽视,它会导致地下水位显著下降,引发地面塌陷等地质灾害,影响岩土体的物理力学性质,降低边坡稳定性,增加滑坡风险,并可能破坏地下水系的自然平衡,对生态环境造成长期负面影响<sup>[2]</sup>。

## 3 水库水利工程地质灾害防治措施

### 3.1 加强工程地质勘察与评估

在水库水利工程地质灾害防治工作中,加强工程地质勘察与评估是首要且关键的一环,它对于确保工程选址合理性、设计科学性及后续施工与运营的安全性具有重大意义。在工程前期调查阶段,需投入充足资源,由专业团队运用先进地质勘探技术和设备,全面深入开展勘察工作,细致分析水库工程区域的地质结构、地层岩性、地形地貌及水文地质条件,涵盖地质构造复杂性、岩层稳定性评估、断层与节理发育状况调查及潜在滑动面识别等多个维度,以揭示地质环境本质特征及对工程安全的潜在影响。基于这些详尽信息,综合评估潜在地质灾害风险点,如滑坡、崩塌、泥石流及地面塌陷等,为后续制定防治策略提供坚实数据支撑。还应结合历史灾害记录、气象水文数据及区域地质背景,运用地理信息系统(GIS)等现代技术,开展地质灾害易发性区划,科学划分不同等级易发区,为工程选址提供精确指

导,确保避开高风险区域,并在设计阶段针对性融入防灾减灾措施,全面提升工程抗灾能力。

### 3.2 优化工程设计与施工

在水库水利工程的防灾减灾体系中,优化工程设计与施工构成了确保工程安全稳定、有效降低地质灾害风险的核心策略。从选址到设计,再到施工,每一步都需经过精心策划并严格执行,以科学严谨的态度构建起坚不可摧的安全防线。在工程选址阶段,应坚持“安全第一”的原则,通过详尽的地质勘察与评估,科学避开地质条件复杂、断裂构造发育、岩溶广泛分布等潜在地质灾害高发区,为工程的长期安全运行奠定坚实基础。进入设计阶段,则需紧密结合地质勘察结果,因地制宜地采取针对性的工程设计方案,如利用抗滑桩、挡土墙等支护结构增强滑坡易发区的边坡稳定性,设置拦挡坝、排导槽等设施有效拦截并引导泥石流流向安全区域,以及采用垂直防渗墙、水平防渗铺盖等先进技术精准控制地下水位较高区域的地下水流动,从而防止渗流引发的地质灾害,这些科学设计不仅提升了工程设施的抗灾能力,也确保了工程在极端天气和地质条件下的稳定运行。而在施工环节,为确保工程质量与安全,必须严格按照设计要求和相关规范进行操作,全面监控与管理施工过程,合理控制边坡开挖坡比与深度,确保排水设施如排水沟、排水管的密封性与稳定性,通过规范施工措施,不仅保证了工程质量,也为工程的安全运行提供了坚实保障<sup>[3]</sup>。

### 3.3 加强地质灾害监测与预警

在水库水利工程的地质灾害防治工作中,加强监测与预警机制建设是保障工程安全、减轻灾害影响的核心策略,所以需要构建一套专业、广泛覆盖的地质灾害监测网络,利用地震仪、位移仪、应变计等高精度设备实时监测地质活动、地表位移及土体应力变化等关键指标,精准捕捉地质灾害的前兆信息。监测数据的收集与分析至关重要,需运用先进技术和算法确保数据的准确性和时效性,一旦识别出异常变化,立即启动预警信息发布流程,通过多渠道迅速传达给相关部门和人员,促使他们提前采取应急措施,以最小化灾害损失。并且建立健全的应急响应机制,包括制定完善的应急预案、定

期组织应急演练,确保在灾害发生时能迅速组织专业队伍进行抢险救援,保障人民生命财产安全,还要深入调查和分析灾害原因,总结灾害规律、特点及防治经验,为未来的地质灾害防治提供宝贵参考。

### 3.4 加强水土保持与生态修复

在水库水利工程的地质灾害防治与生态环境保护工作中,水土保持与生态修复占据核心地位,为了增强土壤抗侵蚀能力、减轻水土流失并降低地质灾害风险,采取一系列综合措施。通过在大范围内植树造林、种植草本植物及花卉,不仅大幅提升了植被覆盖率,强化了地表稳固性,还为生态系统带来了积极影响,这些植被的根系有效固持土壤,减少雨水冲刷导致的土壤流失,而且蒸腾作用有助于调节地表水分,进一步增强了土壤稳定性。此外还需要引入了先进的生态修复技术,针对自然灾害或人为活动造成的生态环境损伤进行恢复与重建,涵盖土壤改良、微生物群落重构及本土植物种群恢复等方面,促进生态系统自我恢复,加速环境康复。在实施过程中,要注重与当地生态系统的协调性,优选本土植物物种种植,确保生态修复效果持久稳定,同时加强生态监测与评估,定期考察修复区域,收集数据,评估效果,并根据实际情况调整修复策略,确保措施精准到位,发挥最大生态效益。

### 结语

综上所述,水库水利工程地质灾害防治工作是一项系统工程,需要综合考虑自然因素和人为因素的影响,采取多种措施综合防治。通过加强工程地质勘察与评估、优化工程设计与施工、加强地质灾害监测与预警以及加强水土保持与生态修复等措施,可以显著提升水库水利工程的抗灾能力,保障工程安全稳定运行,为周边地区的经济社会发展提供有力支撑。

### 参考文献

- [1]李萌.水库水利工程地质灾害防治技术研究[J].城市周刊,2024(31):129-131.
- [2]李杰.水库水利工程地质灾害防治技术及措施[J].农业灾害研究,2023,13(7):287-289.
- [3]李强.水库水利工程地质灾害防治技术及措施[J].农业灾害研究,2022,12(11):129-131.