

# 山区水工环地质条件与地质灾害关联性分析及生态修复模式构建

岑宇坚 刘先强

昆明铈沛劳务派遣有限公司 云南昆明 650000

DOI: 10.32629/ems.v8i4.19740

**[摘要]** 山区水工环地质条件复杂多变,水文地质、工程地质、环境地质三大要素的异常变化,是诱发滑坡、泥石流、崩塌等地质灾害的核心诱因。本文结合近年山区地质勘查实践,系统分析山区水工环地质条件的主要特征,深入探讨其与常见地质灾害的内在关联性,明确水工环地质要素异常对地质灾害的诱发机制,在此基础上构建科学可行的生态修复模式,为山区地质灾害防控、生态环境治理及可持续发展提供理论支撑和实践指导。

**[关键词]** 山区;水工环地质;地质灾害;关联性;生态修复模式

## 一、引言

我国山区面积广阔,占国土总面积的69%以上,山区不仅是重要的生态屏障、水资源储备区,也是地质灾害的高发区域。水工环地质作为研究水文地质、工程地质、环境地质三者相互关系及演化规律的学科,其研究对象涵盖了山区地下水赋存、岩土体特性、地质环境演化等核心内容,直接决定了山区地质环境的稳定性。近年来,受全球气候变化、人类工程活动加剧等因素影响,山区极端降雨、植被破坏、矿山开采等现象频发,导致水工环地质条件发生显著异常,滑坡、泥石流、崩塌等地质灾害发生率逐年上升,不仅威胁山区居民生命财产安全,还破坏生态平衡,制约山区经济社会可持续发展。因此,深入分析山区水工环地质条件与地质灾害的关联性,构建针对性的生态修复模式,破解山区地质灾害防控与生态保护的双重难题,具有重要的现实意义和理论价值。当前,已有诸多学者围绕水工环地质勘查与地质灾害治理展开研究,但针对山区水工环地质要素与地质灾害的内在关联分析仍不够系统,生态修复模式也缺乏针对性和可操作性,亟需进一步深入研究完善。

## 二、山区水工环地质条件主要特征

山区水工环地质条件受地形地貌、地质构造、气候条件、人类活动等多重因素影响,呈现出复杂性、多样性和不稳定性特点,其核心特征主要体现在水文地质、工程地质、环境地质三个方面,三者相互作用、相互影响,共同构成山区水工环地质系统。水文地质方面,山区地形起伏较大,地势陡峭,地下水补给主要依赖大气降水,排泄以地表径流和地

下渗流为主,地下水分布极不均匀,多集中在岩层裂隙、岩溶孔洞及河谷阶地中。受岩性差异影响,山区地下水富水性差异显著,坚硬岩层区域地下水含量较少,而松散堆积层、断裂破碎带区域地下水富集,且水位变化剧烈,雨季水位快速上升,旱季则大幅下降,这种水位的剧烈波动会直接影响岩土体的稳定性。同时,山区地下水水质易受人类活动影响,矿山开采、农业生产等活动产生的污染物易渗入地下,导致地下水水质恶化,进一步加剧地质环境的破坏。

工程地质方面,山区岩土体类型复杂多样,主要包括岩浆岩、沉积岩、变质岩及松散堆积物,不同类型岩土体的物理力学性质差异较大。岩浆岩、变质岩等坚硬岩层整体性较好,抗压强度高,稳定性较强,但经过长期风化侵蚀,表层会形成风化壳,风化壳岩土体松散易碎,稳定性较差;沉积岩中页岩、泥岩等软质岩层遇水易软化、崩解,抗压强度大幅降低,是诱发地质灾害的重要隐患;松散堆积物主要分布在山坡、河谷等地,结构松散,孔隙度大,抗剪强度低,在降雨、地震等外力作用下易发生滑动、流失。此外,山区地质构造复杂,断层、褶皱等地质构造发育,断层破碎带岩土体松散,透水性强,不仅会导致地下水富集,还会破坏岩土体的整体性,降低其稳定性,成为地质灾害的高发区域。

环境地质方面,山区生态环境脆弱,植被覆盖率直接影响地质环境的稳定性,植被具有保持水土、固坡防滑、涵养水源的作用,植被覆盖率越低,水土流失越严重,地质灾害发生风险越高。受人类工程活动影响,山区植被破坏现象较为突出,矿山开采、公路修建、陡坡开垦等活动不仅破坏地

表植被,还会扰动岩土体,改变地下水径流路径,导致水工环地质条件恶化。同时,山区气候条件复杂,极端降雨、暴雨等天气频发,雨水的冲刷、渗透作用会加剧岩土体的风化、侵蚀,进一步破坏水工环地质平衡,为地质灾害的发生创造了条件。此外,山区地质环境承载力较低,人类活动的过度干预易超出其承载范围,导致地质环境退化,诱发一系列地质灾害和生态问题。

### 三、山区水工环地质条件与地质灾害的关联性分析

山区水工环地质条件的异常变化是诱发地质灾害的核心因素,水文地质、工程地质、环境地质三大要素的相互作用,共同决定了地质灾害的发生概率、规模和危害程度,二者存在密切的内在关联,具体主要体现在以下几个方面。水文地质条件与地质灾害的关联性主要体现在地下水的补给、排泄及水位变化对岩土体稳定性的影响。地下水的渗透作用会降低岩土体的抗剪强度,尤其是软质岩层、松散堆积物,遇水后会软化、崩解,导致岩土体失稳,诱发滑坡、崩塌等灾害。例如,山区雨季降水量大,地下水补给充足,水位快速上升,会对岩土体产生向上的浮力,减小岩土体与基底的摩擦力,同时地下水的渗透作用会带走岩土体中的细颗粒物,导致岩土体结构松散,最终引发滑坡灾害。此外,地下水的分布不均匀会导致岩土体受力不均,形成局部应力集中,当应力超过岩土体的承受极限时,就会发生岩土体破裂、滑动,诱发地质灾害。同时,地下水水质恶化会加速岩土体的腐蚀、风化,进一步降低其稳定性,增加地质灾害发生风险。

工程地质条件是地质灾害发生的基础条件,岩土体性质、地质构造等要素直接决定了地质灾害的易发程度。岩土体的物理力学性质是影响其稳定性的核心,软质岩层、松散堆积物等抗剪强度低、稳定性差,是滑坡、泥石流等灾害的主要易发载体。例如,页岩、泥岩等软质岩层在雨水渗透作用下,抗压强度会降低50%以上,极易发生崩解、滑动,形成滑坡灾害;松散堆积物在暴雨冲刷作用下,易被雨水携带形成泥石流,造成严重的危害。地质构造的发育程度也与地质灾害密切相关,断层破碎带、褶皱等地质构造会破坏岩土体的整体性,形成软弱结构面,软弱结构面的抗剪强度极低,是岩土体滑动的主要滑动面,断层破碎带区域地下水富集,进一步加剧了岩土体的失稳,导致该区域成为地质灾害的高发区。此外,岩土体的风化程度也会影响地质灾害的发生,风化程

度越高,岩土体越松散,稳定性越差,发生地质灾害的概率越大。

环境地质条件通过影响水文地质、工程地质条件,间接诱发地质灾害,其中植被覆盖、人类活动、气候条件是主要影响因素。植被具有保持水土、固坡防滑的作用,植被覆盖率降低会导致水土流失加剧,松散堆积物增多,同时植被涵养水源的能力下降,地下水补给和排泄失衡,水位变化加剧,进一步降低岩土体稳定性,诱发地质灾害。例如,山区陡坡开垦、乱砍滥伐等活动导致植被破坏,水土流失严重,在暴雨作用下极易引发泥石流灾害。人类工程活动是导致水工环地质条件恶化、诱发地质灾害的重要人为因素,矿山开采会破坏岩土体结构,形成采空区,导致地面塌陷;公路修建、建筑施工等活动会扰动岩土体,改变地下水径流路径,诱发滑坡、崩塌等灾害;农业生产中过度使用化肥、农药,会污染地下水,加速岩土体腐蚀,降低其稳定性。气候条件的变化会直接影响水文地质条件,极端降雨、暴雨等天气会增加地下水补给量,加剧雨水对岩土体的冲刷、渗透作用,诱发地质灾害;而干旱天气会导致岩土体干裂,降低其整体性和稳定性,增加地质灾害发生风险。

综上,山区水工环地质条件的三大要素相互关联、相互影响,水文地质条件的异常变化会直接影响工程地质条件的稳定性,环境地质条件的恶化会进一步加剧水文地质、工程地质条件的异常,三者共同作用,形成地质灾害的诱发机制,导致滑坡、泥石流、崩塌等地质灾害的发生。因此,深入掌握水工环地质条件与地质灾害的关联性,是开展地质灾害防控和生态修复的前提和基础。

### 四、山区地质灾害生态修复模式构建

基于山区水工环地质条件与地质灾害的关联性,结合山区地质环境特点和生态修复需求,构建“预防为主、因地制宜、综合施策、长效管护”的生态修复模式,重点围绕水文地质改良、工程地质加固、环境地质修复三个方面,实现地质灾害防控与生态环境改善的双重目标,确保修复模式的科学性、针对性和可操作性。水文地质改良是生态修复的核心环节,主要目标是调节地下水径流,稳定地下水位,改善地下水水质,减少地下水对岩土体稳定性的不利影响。针对山区地下水分布不均、水位波动剧烈的问题,可采取修建地下水调控工程,如截排水沟、渗沟、集水井等,合理疏导地下

水,降低地下水位,减少地下水对岩土体的渗透作用;对于地下水富集区域,可采用人工抽排、井点降水等方式,控制地下水位,避免岩土体软化、失稳。同时,加强地下水污染治理,严格管控矿山开采、农业生产等活动的污染物排放,采用物理、化学、生物相结合的方法,净化受污染的地下水,改善地下水水质,减少岩土体的腐蚀、风化。

工程地质加固是生态修复的关键措施,主要目标是提高岩土体的稳定性,消除地质灾害隐患,重点针对软弱岩土体、断层破碎带等地质灾害易发区域开展加固工作。对于松散堆积物、风化壳等软弱岩土体,可采用喷锚支护、格构防护、抗滑桩等工程措施,增强岩土体的抗剪强度和整体性,防止岩土体滑动、流失;对于断层破碎带区域,可采用注浆加固、锚杆加固等方式,填充破碎岩土体的孔隙,提高其稳定性,阻断地下水的渗透路径。同时,对于采空区、滑坡体等地质灾害隐患点,可采用回填、削坡减载等措施,消除隐患,恢复岩土体的稳定性。在工程加固过程中,应注重因地制宜,结合山区地形地貌、岩土体类型等实际情况,选择合适的加固技术和材料,避免过度工程干预,减少对生态环境的破坏,实现工程加固与生态保护的有机结合。

环境地质修复是生态修复的重要保障,主要目标是恢复山区生态环境,提高地质环境承载力,减少人类活动对水工环地质条件的不利影响。植被恢复是环境地质修复的核心内容,应结合山区气候条件和岩土体特性,选择适应性强、固土保水能力强的乡土植物,采用乔灌草结合的方式,提高植被覆盖率,恢复植被的水土保持、固坡防滑、涵养水源功能,改善地质环境。例如,在滑坡体、泥石流易发区域,种植紫穗槐、沙棘、狗牙根等固土植物,形成植被防护带,减少水土流失,增强岩土体稳定性。同时,加强人类活动管控,严格限制陡坡开垦、乱砍滥伐、矿山开采等破坏地质环境的活动,规范公路修建、建筑施工等工程活动,减少对岩土体和植被的扰动;对于已破坏的地质环境,如矿山采空区、废弃边坡等,开展土地复垦、植被重建工作,恢复其生态功能。此外,建立地质环境监测体系,运用先进的监测技术,对地下水水位、岩土体位移、植被覆盖等情况进行实时监测,及时掌握水工环地质条件的变化和地质灾害隐患,为生态修复和地质灾害防控提供数据支撑,确保生态修复模式的长效性。

生态修复模式的实施应注重综合协同,将水文地质改良、

工程地质加固、环境地质修复有机结合,形成“预防-治理-修复-管护”的闭环体系。同时,结合山区经济社会发展需求,将生态修复与乡村振兴、生态旅游等产业发展相结合,实现生态效益、经济效益和社会效益的统一,推动山区可持续发展。在修复过程中,应加强技术创新,推广应用先进的生态修复技术和材料,提高修复效果;加强宣传教育,提高山区居民的地质灾害防控意识和生态保护意识,引导居民积极参与生态修复和地质灾害防控工作,形成全社会共同参与的良好氛围。

## 五、结论与展望

山区水工环地质条件与地质灾害存在密切的内在关联,水文地质、工程地质、环境地质三大要素的异常变化,共同构成了地质灾害的诱发机制,其中地下水水位波动、岩土体性质差异、植被破坏、人类工程活动是主要影响因素。水文地质条件的异常会直接降低岩土体稳定性,工程地质条件的缺陷是地质灾害发生的基础,环境地质条件的恶化为地质灾害发生提供了有利条件,三者相互作用、相互影响,导致山区地质灾害频发。基于此,构建的“预防为先、因地制宜、综合施策、长效管护”的生态修复模式,通过水文地质改良、工程地质加固、环境地质修复三大核心措施,能够有效改善山区水工环地质条件,消除地质灾害隐患,恢复生态环境,实现地质灾害防控与生态保护的双重目标。

展望未来,随着地质勘查技术、生态修复技术的不断发展,应进一步深入研究山区水工环地质条件与地质灾害的关联性,结合不同山区的地质环境特点,优化完善生态修复模式,提高修复的针对性和可操作性。同时,加强跨学科合作,整合地质、生态、工程等多领域技术资源,推动生态修复技术的创新与应用;建立健全地质灾害防控与生态修复长效机制,加强监测预警和管护工作,确保生态修复效果的持续性。

## [参考文献]

[1] 邱耀云. 水工环地质勘查在地质灾害治理中的应用研究[J]. 农业灾害研究, 2025, 15(2): 326-328.

[2] 卢俊鹏, 龙浩, 朱志鹏. 水工环地质勘查在地质灾害治理中的应用[J]. 江苏建材, 2024(3): 129-130.

作者简介: 岑宇坚, 1995年8月, 汉族, 籍贯广西梧州, 助理工程师;

刘先强, 1996年7月, 汉族, 籍贯云南云县, 助理工程师。