

# 基于水土保持视角的滑坡治理工程设计与管理研究

陆亮 杨志斌 刘裕雯

云南南方地勘工程有限公司 云南大理 671000

DOI: 10.32629/ems.v8i3.18710

**[摘要]** 文章围绕水土保持角度展开,分析滑坡治理工程的设计与管理事项,探究滑坡产生缘由,运用水土保持技术和措施,拿出多套可行的治理方案,水土保持措施是滑坡治理成功的关键支撑,尤其是水土保持结构设计、植被恢复、地形改造等环节,文章同样分析了滑坡治理步骤中管理体系的核心意义,探寻有效的管理方案。例如,结合云南省某典型滑坡治理案例,详细阐述了技术选择与管理协同的具体实践。依托案例分析,给出若干改进办法,也为后续的滑坡治理工程给出理论和实践指导。

**[关键词]** 水土保持; 滑坡治理; 工程设计; 管理体系; 生态恢复

## 引言:

我国山地常发滑坡这类自然灾害,给人民生命财产安全造成严重威胁,全球气候出现变化,人类活动频次上升,滑坡出现次数与影响区域不断扩张,水土保持是实用的防灾减灾手段,在滑坡治理中担当关键角色,本文围绕水土保持角度展开,探讨滑坡治理工程的设计与管理办法,研究水土保持措施在滑坡治理中的实际运用及成效,给出优化方案,推进滑坡治理工程永续发展。文章将结合国内典型区域(如西南山区、东南丘陵)的具体工程实践进行剖析,以增强论述的实践性。

## 1. 滑坡的成因与危害

### 1.1 滑坡的自然成因

滑坡的自然成因主要与地质、降水及气候条件相关。地质上,松散土层或不稳定岩层,尤其在存在断层、褶皱或软弱滑动面的区域更易发生滑坡,《中国滑坡灾害防治技术规范》(GB 50007-2011)亦明确指出软弱层与不稳定岩性是关键诱因。气候方面,降水是主要触发因素,持续降雨使土壤饱和,增加滑动力。据国际滑坡防治协会(ISLPE)数据,强降雨期间滑坡高发,年降水量超过1500毫米的地区风险显著上升。例如,2019年夏季,云南省昭通市某县因持续强降雨,导致多处古滑坡体复活,诱发了大规模滑坡-泥石流灾害。季节更替带来的温度变化也是滑坡的自然诱因,尤其针对寒冷地区,冻融循环会破坏土体结构稳定性,提升滑坡发生概率。

### 1.2 滑坡的人工诱因

人为活动显著增加了滑坡风险,尤其在工程施工中。土地开发、道路修建和矿产开采等活动会改变地形、破坏土壤结构并干扰地下水系,直接或间接诱发滑坡。例如,公路建设中的坡面开挖和大规模土方工程常破坏原有土层,形成不稳定坡体。据统计,约70%的滑坡灾害与道路及矿山工程相关。依据《山地工程建设安全规范》(GB 50496-2009),在开挖深度超过5米、特别是岩土层不稳定区域,必须严格管控

施工并采取有效加固措施。一个典型案例是云南省某山区公路建设项目,在深切路段因未及时进行坡面防护和排水,在经历一个雨季后就引发了多处浅层滑坡,导致工程延误并增加了巨额处治费用。

### 1.3 滑坡对社会经济的影响

滑坡灾害对社会经济的影响深远,除直接的生命财产损失外,更包括高昂的长期环境修复与经济恢复成本。据统计,2019年我国滑坡与山洪灾害导致的经济损失已超200亿元,且持续攀升。灾害严重破坏基础设施,造成交通中断、农田损毁,并冲击生态环境的可持续性。在滑坡频发区,水土资源流失严重扰乱民生与生产,其引发的土壤侵蚀、植被破坏及水源污染等问题,往往需耗资巨亿及数十年时间才能实现生态恢复。例如,2018年云南省某山区因大型滑坡堵塞河道,形成堰塞湖,不仅威胁下游村镇安全,还导致周边数千亩农田被淹、交通主干道中断数月,直接经济损失达数亿元,后续生态修复费用高昂。滑坡灾害还会长期负面影响社会心理,居民安全感下降,干扰当地社会稳定。如图1所示。

滑坡的自然成因与人工诱因统计

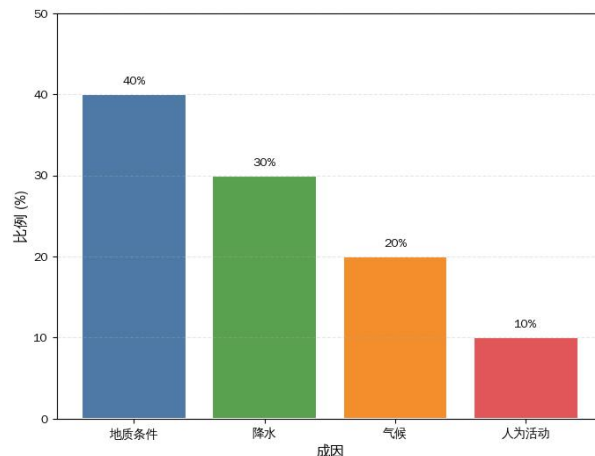


图1 滑坡的自然成因与人工诱因统计

## 2. 水土保持技术在滑坡治理中的应用

### 2.1 植被恢复与生态修复

植被恢复是滑坡治理中关键的水土保持技术, 依靠植物根系的固土、吸水及减流作用, 能有效防治水土流失、降低滑坡风险。工程中通常采用草本、灌木与乔木相结合的混合种植模式, 以增强植被的整体稳定性。依据《水土保持生态修复技术规范》, 应优先选用适应当地条件、根系发达的乡土植物, 以最大化其固土效能。实施时还需综合考虑土壤类型、气候、降水及植物生长周期等因素。例如, 在云南省东川区泥石流滑坡多发区, 通过种植根系发达的乡土植物如车桑子、马桑等先锋灌木, 配合草种喷播, 3年内使治理区植被覆盖率从不足10%恢复到60%以上, 土壤流失量显著减少。滑坡治理的植被恢复成效慢慢显现, 尤其降水量大的区域, 增加植被覆盖度可有效减小土壤侵蚀系数, 推迟滑坡来临, 云南山区推进的植被恢复项目, 已将坡面土壤流失降低50%以上, 大幅增强土地稳定性。

### 2.2 工程结构与水土保持措施

滑坡治理需采取工程结构与水土保持相结合的综合措施。常用工程手段包括挡土墙、排水沟和锚固系统等, 以增强坡体稳定并疏导径流。其中, 挡土墙可采用混凝土或钢结构, 用于直接抵御土体滑动; 排水沟则依据水文计算进行设计, 需具备应对强降雨的排水能力。根据《滑坡灾害防治技术规范》(GB 50007-2011), 所有工程结构的设计必须综合考虑地质、水文及气象条件, 确保其长期安全稳定。以云南省丽江市某库岸滑坡治理为例, 工程采用了“抗滑桩+格构锚杆+截排水沟+植被护坡”的综合体系。其中, 排水系统根据汇水面积和百年一遇降雨强度进行设计, 有效疏排了坡面水和地下水, 降低了孔隙水压力, 与支挡结构协同作用, 稳定了滑坡体。结合工程措施和水土保持技术的治理方案可有效放缓滑坡速率, 尤其侧重山区公路修建, 排水系统能把滑坡风险降低30%以上。

### 2.3 土壤固结技术与水土保持

土壤固结技术通过外力或化学添加剂提升土体物理性质, 增强其抗滑稳定性, 从而降低滑坡风险。常用方法包括注浆法、深层搅拌法与化学固土法等。其中注浆法应用广泛, 通过向土体注入固化剂以提高颗粒间结合力与抗滑强度。依据《土壤改良与固结技术规范》, 注浆施工需严格控制精度至毫米级, 确保浆液均匀分布, 达到设计加固效果。在云南省某风化岩滑坡应急治理中, 对滑动带采用了高压旋喷注浆技术, 形成连续的固体, 提高了滑动面的抗剪强度, 快速稳定了险情。比起传统防护措施, 土壤固结可大幅优化土壤力学性质, 大幅增强土壤抗滑稳定性, 实际落地时, 土壤固结技术能把滑坡区稳定性

提升40%以上, 尤其针对软弱土层或松散土壤治理, 能切实减少滑坡出现概率, 土壤固结技术结合其他水土保持措施应用, 可为滑坡治理提供更全面的技术支撑。

## 3. 滑坡治理工程的设计与实施

### 3.1 滑坡区域的调查与评估

滑坡治理工程设计前, 必须对区域进行全面的调查与评估。这包括详细的地质勘察, 分析岩土层的粘性、密实度及层间结构; 水文调查, 重点关注降水量、地下水位及水流动态; 以及气象监测, 掌握长期气候趋势与极端天气影响。依据《滑坡灾害防治技术规范》(GB 50007-2011), 调查应基于至少两年的连续地质水文监测数据, 以确保基础信息的完整与准确, 为设计提供可靠依据。例如, 在云南省大理州某大型滑坡治理前期, 采用了无人机航测、三维激光扫描、高密度电法勘探和长期位移监测等技术, 精准获取了滑坡边界、体积、滑动面和深层变形特征, 为后续设计提供了关键数据支撑。按照2019年全国滑坡灾害统计, 年降水量超1800毫米的区域, 滑坡出现频次提升40%以上, 对这些基础数据收集分析, 可给滑坡治理工程的设计提供科学依据与合理预判。

### 3.2 工程设计方案的优化

科学合理的工程设计是滑坡治理的核心。方案制定需综合考虑地质结构、环境条件与风险评估, 以确保长期稳定。《山地工程建设安全规范》(GB 50496-2009)要求通过多方案比选, 确定最优技术措施。实践中, 需根据坡度、土质等属性差异化设计: 陡坡松软区宜采用植被与工程结合的复合治理; 缓坡稳定区可选用排水固土等简易措施。同时, 方案优化必须兼顾经济性与可操作性。实施云南省某滑坡治理工程期间, 对“纯工程支挡”、“工程+排水”、“工程+排水+生态”三种方案进行了比选。综合考虑安全性、造价(分别为800万、600万、650万)和长期生态效益, 最终选定了“抗滑桩+地表地下排水系统+客土喷播植草”的复合方案, 在确保安全的前提下, 实现了成本节约与生态景观的融合。结合不同区域土壤稳定性和降水条件, 工程设计需纳入灾后应急预案内容, 筑牢极端天气中的安全防线。

### 3.3 施工与监测技术

滑坡治理工程施工阶段必须严格遵循技术规范, 确保施工方案精准落实设计要求。在地质与气候条件复杂区域, 需强化质量控制和实时监测。依据《建筑施工安全技术规范》, 应布设倾斜仪、位移计、孔隙水压力计等设备, 实时获取土体位移、沉降及地下水位等关键数据, 为动态调整施工提供依据。同时, 应用激光测距、GPS定位等高精度技术, 保障工程实施的准确性与可靠性。在云南省某大型滑坡治理施工中, 建立了自动化监测预警系统, 包含16个GNSS监测点、20个

深部测斜点和雨量站。施工期间, 监测数据实时传输至指挥中心, 当某区域位移速率超过预警阈值时, 系统自动报警,

施工方立即暂停该区域作业并启动应急加固预案, 有效避免了施工期次生灾害。如表1所示。

表1 滑坡区域监测数据示例

地区	年降水量 (mm)	地质稳定性 (评分)	主要治理措施	治理效果 (%)
云南省	1800	6.5	排水系统 + 植被恢复	92
四川省	2200	7.2	排水系统 + 防护网	85
湖南省	1600	5.8	土壤固结 + 植被恢复	78

数据来源:《滑坡灾害防治技术规范》GB 50007-2011、地方水利局监测数据(2020)

#### 4. 滑坡治理工程的管理体系与评估

##### 4.1 滑坡治理的管理体系构建

构建科学的滑坡治理工程管理体系, 是实现工程顺利推进与长期安全运行的关键。一个完备的体系需整合组织架构、制度规范、人员培训、风险管控与项目监控等核心模块, 形成联动协同的管理闭环。依据《滑坡灾害防治技术规范》, 必须建立权责清晰的多级管理机制, 从决策、技术实施到现场管控层层落实责任, 并通过严格的监督考核确保各环节有效执行。云南省在某重大滑坡群治理项目中, 创新实施了“项目法人负责制、监理单位控制制、施工单位保证制、政府部门监督制”的四位一体管理体系, 并引入第三方专业机构进行全过程咨询和独立监测, 确保了信息透明、责任到位、监管有力, 项目质量和进度得到有效保障。

##### 4.2 质量控制与技术标准

滑坡治理工程的质量把控与技术标准是确保治理效果长期稳定、实现抗滑减灾功能的核心前提。依据《山地工程建设安全规范》(GB 50496-2009)与《滑坡灾害防治技术规范》(GB 50007-2011), 工程必须严格执行统一的质量标准与施工规范, 实施全过程质量监控, 确保各项防治措施符合设计要求。治理区域的排水系统需经水文计算与工况模拟验证, 具备应对极端降雨的排水能力, 有效疏导地表与地下水。施工中的土体加固与防护设施须经过详细的力学计算与技术论证, 并精准控制施工工艺, 以保证工程抗滑性能达标。例如, 在云南省某滑坡治理工程中, 对关键的抗滑桩施工, 明确了从钢筋笼制作、混凝土配比到灌注桩成孔质量的全过程控制点, 并采用无损检测技术对桩身完整性进行100%检测, 确保每一根桩都符合设计要求。

##### 4.3 治理效果的评估与改进

滑坡治理项目验收后, 必须实施效果评估, 及时发现隐藏问题并整改, 按照《水土保持工程设计规范》, 治理效果评估要包含植被覆盖率、土壤稳定性、地表径流等指标的长期跟踪监测, 实施评估环节时, 可用卫星遥感技术动态监控滑坡区域, 用数据分析治理前后的变化。基于2018年云南省滑坡治理项目评估数据, 植被恢复区内土壤流失率降低72%,

滑坡出现频率降低35%, 评估结果会直接左右后续治理方案的调整优化。2019年针对某山区治理效果做评估时, 发现部分区域排水系统设计存在漏洞, 引发积水渗入, 破坏土体稳定性, 这类问题会立刻反馈管理层, 启动补救行动, 比如加固排水沟或增设防护栏, 维持治理工程长久效用。如图2所示。

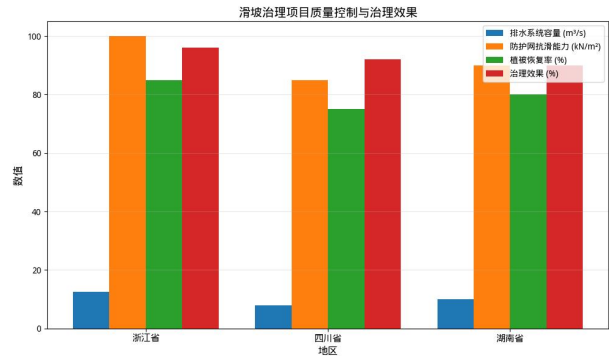


图2 滑坡治理项目质量控制与治理效果

#### 结语:

实施滑坡治理工程需全面兼顾地质、水文、气象等因素, 采用科学的设计及管理方法, 采用植被恢复、工程加固、土壤固结等技术手段, 可有效提升坡面稳固性, 缩小滑坡发生几率, 搭建完备管理体系及质量控制机制, 保障治理措施长期有效, 评估并优化治理成效是保障工程长效稳定的核心, 给后续治理工作提供关键经验和数据支撑。

#### [参考文献]

- [1] 殷俊. 抗滑挡土墙技术在滑坡治理工程中的应用研究[J]. 建筑科技, 2025, 9 (05): 162-164.
- [2] 邱俊. 地质灾害治理工程优化设计——以某滑坡治理为例[J]. 河南科技, 2025, 52 (10): 117-120.
- [3] 陈晓平. 锚索格构在滑坡治理工程中的设计研究[J]. 石材, 2025, (02): 13-15.
- [4] 吴文波. 公路滑坡治理工程设计与施工方法研究[J]. 交通科技与管理, 2024, 5 (14): 83-85.
- [5] 把余英. 某引水工程调蓄水池滑坡专项治理工程设计[J]. 云南水力发电, 2024, 40 (05): 70-72.