

Analysis of control measures and evaluation of treatment effect of landfills landslide

Jing Guo Mingxiang Yang*

Yunnan Geological Engineering Second Survey Institute Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650218, China

Abstract

Landfilling landslides occur frequently in engineering construction activities in our country, which poses a serious threat to life and property safety and construction. The applicability and effect under different geological conditions still need to be further optimized, and the evaluation system of governance effect is not perfect. Based on the comprehensive application of engineering measures, geotechnical strengthening measures and ecological protection measures, this paper discusses the formation mechanism, harm, design and construction of control measures of fill landslide. At the same time, the governance effect evaluation system based on deformation index, stress index and hydrological index was constructed to evaluate the governance effect. The results show that scientific and reasonable control measures and comprehensive evaluation methods can significantly improve the control effect of fill landslide, and provide strong support for engineering practice.

Keywords

fill landslide; Prevention and control measures; Governance effect; Evaluation method

填土滑坡防治措施分析及治理效果评价

郭靖 杨明响*

云南地质工程第二勘察院有限公司, 中国·云南昆明 650218

摘要

填土滑坡在我国工程建设活动中频发, 对生命财产安全和工程建设构成严重威胁。不同地质条件下的适用性和效果仍需进一步优化, 且治理效果评价体系尚不完善。本文通过工程措施、岩土加固措施和生态防护措施的综合应用, 并结合实际案例探讨填土滑坡的形成机制、危害及防治措施的设计与施工要点。同时, 通过构建基于变形指标、应力指标和水文指标的治理效果评价体系对治理效果进行评估。研究表明, 通过科学合理的防治措施和综合评价方法, 可以显著提升填土滑坡的治理效果, 为工程实践提供有力支持。

关键词

填土滑坡; 防治措施; 治理效果; 评价方法

1 引言

在地形复杂、降雨量大的地区, 填土滑坡对生命财产安全和工程建设构成了严重威胁。例如, 在公路、铁路和城市基础设施建设中, 填土滑坡的发生不仅会导致重大经济损失, 还可能引发人员伤亡。因此, 深入研究填土滑坡的防治措施及其治理效果评价方法具有重要意义。

2 填土滑坡成因与危害特征分析

2.1 填土材料特性与失稳机理

填土滑坡的形成与填筑材料的物理学特性密切相关, 人工填土往往具有松散度高、结构强度低的特点, 在自重应力和外部荷载作用下易发生压缩变形。填土体内部孔隙水压力的动态变化是诱发失稳的关键因素, 当外界水源渗入导致土体含水率超过临界值时, 土颗粒间的摩擦力和粘聚力将显著降低, 形成潜在滑动面^[1]。例如某高速公路填方边坡在持续降雨后, 黏性填土的抗剪强度参数下降约 30%, 引发坡体整体滑移。填土材料的分层差异性也不容忽视, 若施工过程中未严格执行分层碾压工艺, 不同压实度的土层接触面易形成渗透各向异性区域, 这类薄弱带在动水压力作用下可能演变为滑裂通道。填土体的长期蠕变特性同样值得关注, 特别是在含有有机质或膨胀性矿物的填料中, 反复干湿循环引发的体积形变会持续累积, 最终突破土体强度阈值。

【作者简介】郭靖(1993-), 男, 中国云南丽江人, 本科, 工程师, 从事地质灾害治理研究。

【通讯作者】杨明响(1998-), 男, 中国云南保山人, 本科, 助理工程师, 从事水工环研究。

2.2 地质环境与外部诱因耦合作用

填土滑坡的发育过程本质上是人工扰动与自然地质环境相互作用的结果，地形坡度超过 25° 的斜坡区域在填土加载后，其原有应力平衡状态被打破，坡脚处的剪应力集中现象尤为明显。地下水位波动与降雨入渗的协同效应加剧了土体软化进程，据某填方边坡监测数据显示，雨季地下水位上升 2 米可使滑动面埋深增加 40%。人为活动如坡脚开挖、堆载超限等工程行为会直接改变坡体受力体系，当附加荷载超过填土承载能力时，将触发渐进式破坏。

地震动荷载对填土边坡稳定性的影响具有瞬时破坏特征，震动波在松散填土中的传播会引发液化现象，某地震多发区的铁路路基填土曾在Ⅶ度烈度作用下发生整体流滑。此外，植被根系对浅层土体的锚固作用消失后，坡面径流侵蚀速率加快，这种生物力学防护功能的丧失进一步降低了填土边坡的抗灾能力。

2.3 典型破坏模式与灾害链效应

填土滑坡的破坏形态受控于填筑体几何形态与基底接触面特性，圆弧形滑动常见于均质黏性填土边坡，而阶梯状滑动多发生在含碎石夹层的填土体中。浅层溜坍多表现为坡面局部剥落，这类破坏虽规模较小但发生频率高，某城市开发区填土边坡在三年内累计发生 12 次表层滑塌。深层整体滑移往往具有突发性特征，滑动面常沿原始地基与填土界面发展，某水库填筑坝体失稳案例中，滑动体最大位移量达 8 米，直接威胁下游居民区安全。填土滑坡引发的次生灾害具有显著链式反应特征，坡体位移会拉扯地下管线导致燃气泄漏，滑体堆积物可能堵塞河道形成堰塞湖，某山区填土滑坡曾同时引发道路中断、通讯光缆断裂及农田掩埋三重灾害^[2]。灾害的时空演化规律表明，填土边坡失稳后 48 小时内发生二次滑动的概率超过 60%，这对应急救援决策提出了严峻挑战。

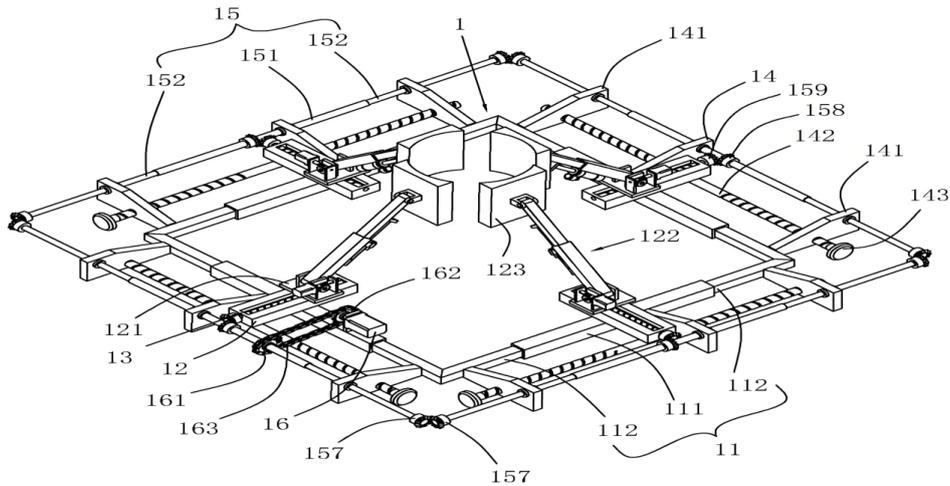
3 综合防治技术手段及应用要点

3.1 地下水位控制与地表排水结合

解决填土滑坡问题的关键在于有效管理水分影响，地表排水设施的建设需要根据地形特征合理布局，在边坡顶部设置环状截水沟能够阻止坡外径流下渗，坡面急流槽的坡度设计要考虑当地最大降雨强度，这样可以将地表水快速引离危险区域。对于地下水的控制，采用倾斜钻孔配合透水管网的布置方式在滑动面下方形成持续排水通道，这种方法的优点在于能够平衡土体内部的渗透压力，在多个工程项目中应用后，地下水位得到有效控制。在黏土层分布区域，铺设透水土工材料可以防止排水过程中细颗粒流失，同时保持排水通道的长期畅通，部分工程案例显示，这种方法使土体含水率稳定在安全范围。针对渗透性较差的填土区域，采用负压加速排水技术能够缩短土体固结时间，通过合理调整负压值，可以使排水效率得到明显提升。

3.2 结构加固体系协同作用

支挡结构的合理配置是保障边坡稳定的核心措施，抗滑桩的布置需要结合现场推力计算确定最佳间距，桩体深入稳定地层的长度要满足受力要求，在部分重点工程中，桩顶连接构件的设置使结构整体性得到加强^[3]。挡土墙的选择要考虑填土厚度与地质条件，重力式挡墙配合墙后排水盲沟的设计方案，在多个高填方工程中展现出良好效果。注浆加固技术的应用需根据土层特性调整工艺参数，通过分段注浆方法使加固材料在土体内形成连续支撑网络，这种处理方式特别适用于含碎石夹层的填土地层。预应力锚索系统能够主动改善坡体受力状态，在强风化岩层区域采用压力分散型锚固技术，监测数据显示结构承载力得到显著提升。施工过程中需要重点控制注浆压力与锚索张拉力的施加精度，避免对周边土体造成二次破坏。在已完成项目中，部分支挡结构出现受力不均现象，这种情况需要通过补充加固措施进行修复，例如在桩间增设微型支护构件，使结构体系恢复设计功能。（如图 1）



3.3 生态防护与工程措施融合

植被防护体系的建设需要选择适应当地气候的深根植物品种,这类植物的根系网络能够与土体产生力学交互作用,在表层形成天然加固层。生态格栅技术的应用实现了防护与绿化的双重功能,金属网箱内填充当地石材形成柔性护坡层,既抵抗雨水冲刷又为植物生长提供载体。在某些示范工程中,三维植被网与喷播技术的结合使坡面侵蚀量大幅减少。多孔混凝土材料在生态护坡中的创新应用,通过控制骨料粒径与孔隙率,既能保证结构强度又便于植物根系穿透^[4]。新型生物加固技术利用微生物代谢产物改善土体结构,这种方法在砂性填土中的试验表明,土体力学性能得到有效改善。施工过程中需要注意生态措施与工程结构的衔接处理,例如在挡墙顶部设置种植槽,使防护体系与周边环境自然过渡。对于已完成项目,定期检查植被生长状况并及时补种,是维持生态防护效果的重要措施,部分工程案例显示,完善的养护制度可使防护效果延长三至五年。

4 治理效果评估与优化方向

4.1 地下水控制技术的效果验证与动态调适

填土滑坡治理中,地下水控制技术的有效性需通过工程实践的长期稳定性来验证。以山区填土边坡工程为例,采用“地表截水+地下引流”组合方案时工程团队发现传统排水管在运行三年后出现淤塞现象,导致排水效率下降50%以上。为解决这一问题,技术人员改用透水混凝土包裹的滤层结构——混凝土外壳抵抗土体挤压,内部级配碎石形成稳定渗流通道。在黏性土层分布区域,负压加速排水技术展现出独特优势:通过调节真空泵抽吸压力,使土体内部形成定向水力梯度,加速孔隙水排出。该技术可使土体固结时间从常规的六个月缩短至两个月,同时避免开挖施工对坡体稳定性的二次破坏。当前技术优化方向聚焦于智能调控系统的开发,例如将气象预报数据接入排水设备控制系统,使排水强度与降雨强度动态匹配。在滨海地区工程实践中,海水倒灌导致的排水管腐蚀问题催生出新材料应用,采用玻璃钢材质替代传统PVC管道,其耐盐碱腐蚀性能使设备使用寿命提升三倍。

4.2 结构加固体系的效能跟踪与迭代升级

结构加固体系的实际效能需通过工程失效案例的反向推导进行优化。某次高速公路填土边坡事故分析表明,等间距布置的抗滑桩在滑坡推力分布不均时,会导致局部桩体超载断裂。在强风化岩基区域,注浆加固工艺的参数优化成为关键:通过试验段施工发现,采用“先低压渗透后高压劈裂”的分段注浆策略,可使浆液扩散半径增加70%,形成连续加固体。挡土墙设计中的常见误区是忽视墙后排水系统,某城市开发区项目因排水盲沟堵塞导致墙体积水,最终引发墙体倾覆事故。在改进方案中,工程团队在墙背设置三维土工排水网,立体导水结构使排水效率提升2倍以上,同时采

用透水混凝土预制块替代传统泄水孔,避免孔道堵塞风险。在抗震设防区域,结构体系的柔性化改造成为趋势:某地震带填方工程中,工程团队在抗滑桩顶部设置橡胶隔震支座,使结构在地震波作用下的加速度响应降低40%。当前技术突破点在于新型材料的工程化应用,例如,形状记忆合金锚索可在温度变化时主动调节预应力,实现结构自适应的应力平衡。

4.3 生态防护的长效机制构建与适应性改良

生态防护体系的可持续性取决于人工干预与自然演替的协同程度。在干旱地区填土边坡工程中,单一草籽喷播方案的失败率高达80%,主要原因是幼苗期水分供给不足。改进方案采用“土壤固化剂+保水剂”复合技术为植物根系发育提供缓冲期。在岩质边坡修复领域,植被混凝土技术的突破性进展在于骨料级配优化——将5-10mm粒径碎石占比控制在60%,既能保证喷播施工时的附着性能,又为植物根系穿透预留空间。

在砂性填土中接种硅酸盐菌,代谢产生的胶结物质可使土体无侧限抗压强度提升45%,且改性效果可持续五年以上。南方多雨地区生态护坡面临的特殊挑战是暴雨冲刷导致植生层流失,在治理工程中采用“三维网垫+藤本植物”立体防护体系——网垫固定表层土壤,爬山虎等速生藤蔓两年内即可形成全覆盖植被层。在寒区工程实践中,冻融循环造成的生态护坡破坏催生出创新解决方案:在植生层下方铺设XPS保温板,将冻深从1.5米缩减至0.8米,并配合耐寒草种选育,可使植被存活率从30%提升至75%。

5 结论

填土滑坡防治需要采取工程结构、排水系统、生态修复相结合的综合手段,通过实践发现,合理选择抗滑桩布置密度与挡墙结构形式,能够有效控制坡体变形发展,在多个工程案例中,这种组合式治理使边坡稳定性得到明显提升。当前技术体系仍需完善,因此,通过智能监测技术的推广应用,使得数据采集频率与预警时效性显著提高,引入三维模型辅助决策系统也可以让治理方案调整更加精准,创新应用生态防护技术探索微生物加固方法为绿色治理开辟了新路径。

参考文献

- [1] 张纪星,宋京雷,刘洪,等. 江苏省宜兴地区碎石土滑坡地质灾害特征及防治措施研究[J]. 世界地质, 2024, 43 (03): 452-461.
- [2] 葛江,马孟,周才辉,等. 永德县永康中学填土滑坡稳定性分析及防治措施建议[J]. 江西建材, 2023, (03): 119-121.
- [3] 刘振北. 膨胀土滑坡基本特征分析及防治措施研究[J]. 江西建材, 2023, (02): 114-115+118.
- [4] 赵磊,马玉欢. 某道路碎石土滑坡群形成机理及防治措施建议[J]. 西部探矿工程, 2023, 35 (01): 13-15+18.
- [5] 王永亮. 高速公路路基高边坡滑坡机理及防治措施分析[J]. 交通世界, 2018, (14): 27-28.