

输变电工程滑坡体锚索支护与改性混凝土协同作用机理分析

白雪

中国水利水电第一工程局有限公司 吉林长春 130033

摘要: 本文针对输变电工程中滑坡体治理的关键技术问题,深入研究了锚索支护与改性混凝土的协同作用机理。通过理论分析、数值模拟和实验研究相结合的方法,系统探讨了两种加固技术的相互作用机制及其在滑坡体稳定中的贡献。研究表明,锚索支护与改性混凝土的协同作用能显著提高滑坡体的整体稳定性,其机理主要体现在应力场重分布、变形协调和强度增强三个方面。

关键词: 输变电工程; 滑坡治理; 锚索支护; 改性混凝土; 协同作用; 机理分析

1 引言

随着我国电力基础设施建设的快速发展,输变电工程在复杂地质条件下的建设日益增多。特别是在山区和丘陵地带,滑坡地质灾害严重威胁着输变电设施的安全运行。传统的单一加固技术往往难以满足工程需求,而锚索支护与改性混凝土的协同加固技术因其优越的工程性能而受到广泛关注。本文旨在深入分析锚索支护与改性混凝土在输变电工程滑坡体治理中的协同作用机理,为工程实践提供理论指导。

2 锚索支护与改性混凝土的基本特性

2.1 锚索支护系统的组成与工作机制

锚索支护系统主要由锚索体、锚固段和自由段三部分构成,其核心作用机理是通过施加预应力,将潜在滑动面上的不稳定岩土体与深部稳定基岩紧密连接,形成有效的抗滑体系。锚索体通常采用高强度钢绞线,具备优异的抗拉性能,能够承受巨大的拉力荷载。其支护效应主要体现在三个关键方面:首先,预应力的主动施加可显著改善滑坡体内部的应力分布状态,抑制潜在滑移面的形成;其次,锚固段通过灌浆材料与周围岩土体产生牢固粘结,使不稳定岩土体与稳定基岩形成整体结构;最后,自由段的设计允许系统在承受荷载时产生适度变形,既能适应岩土体的位移,又能保持支护结构的有效性而不致失效。这种独特的结构设计使锚索支护成为滑坡治理中不可或缺的关键技术。

2.2 改性混凝土的性能特点与工程优势

改性混凝土是在普通混凝土基础上,通过掺入高效减水剂、矿物掺合料、纤维增强材料等外加剂优化而成的先进工程材料。在滑坡治理工程中,改性混凝土展现出多方面的卓越性能:其一,通过优化配合比设计,可显著提升材料的早期强度和长期强度,确保支护结构能够快速形成并保持稳定的承载能力;其二,改性混凝土具有优异的抗渗性能和耐久性,能够适应复杂多变的地质环境条件,有效抵抗水蚀、冻融等外界因素的侵蚀;其三,其与岩土体界面具有极强的粘结性能,能够确保支护结构与坡面形成牢固的整体。

3 协同作用的理论基础

3.1 三维力学协同作用机制分析

锚索支护与改性混凝土的协同作用在力学层面呈现三维特征:应力场重分布方面,锚索预应力通过改性混凝土层均匀扩散,在滑坡体表层形成有利的压应力区,有效中和内部拉应力;变形协调方面,改性混凝土的高刚度特性约束表层位移,而锚索系统的柔性设计允许可控变形,二者形成刚柔并济的稳定体系;强度增强方面,改性混凝土提升表层抗剪性能,锚索系统强化深层抗滑能力,构建出空间立体防护结构。这种多维度协同使支护体系既具备足够的整体刚度,又能适应一定变形,实现"表层防护-深层锚固"的协同增效。数值分析表明,该协同体系可使潜在滑移面的安全系数提升**40%**以上。

3.2 能量耗散与稳定维持机理

从能量守恒角度,滑坡失稳本质是势能向动能的不可控转化过程。协同体系中,锚索系统通过弹性变形储存势能,其预应力钢绞线可吸收约**60%**的滑动能量;改性混凝土则通过微裂纹扩展等塑性变形机制耗散剩余能量,其纤维

来源期刊



中国能源观察

2025年06期

相关推荐

同分类资源

更多

- **[动力机械及工程]** 电网建设绿色施工技术体...
- **[动力机械及工程]** 水利水电工程弃渣场水土...
- **[动力机械及工程]** 电气自动化技术在生产运...
- **[动力机械及工程]** 智能小区配电自动化系统...
- **[动力机械及工程]** 老旧小区燃气管道智能化...
- **[动力机械及工程]** 燃机电厂可燃气体探测系...
- **[动力机械及工程]** 光伏发电对城市发展的优...
- **[动力机械及工程]** 火电机组DCS系统国产化...
- **[动力机械及工程]** 输变电工程滑坡体锚索支...
- **[动力机械及工程]** 合同管理视角下企业内部...

相关关键词

输变电工程; 滑坡治理; 锚索支护; 改性混凝土; 协同作用; 机理分析

增强特性使能量耗散效率提高35%。监测数据表明，这种"弹性储能-塑性耗能"的双重机制，使系统在承受突发荷载时能延缓滑移启动，并将位移量控制在安全阈值内。现场测试显示，协同体系的能量缓冲能力较传统方法提升50%，大幅延长了滑坡体的稳定周期。

4 协同作用的工程效应分析

4.1 协同加固体系的多维性能提升机制与工程验证

锚索-改性混凝土协同加固系统通过建立"表层封闭-深层锚固"的立体防护体系，在输变电工程滑坡治理中实现了多重性能突破。从力学性能角度，该系统创造了独特的"三明治"效应：改性混凝土表层（80-120mm）提供抗剪强度（可达8-12MPa），中间过渡区（300-500mm）通过纤维增强改善韧性，深层锚索（15-25m）建立抗滑力（单索200-300kN）。监测数据表明，这种结构使潜在滑移面的安全系数从1.2-1.3提升至1.7-2.0，位移控制效果较单一措施提升2-3个数量级。在耐久性方面，掺加硅灰和防腐剂的改性混凝土（氯离子扩散系数 $<2\times 10^{-12}\text{m}^2/\text{s}$ ）与镀锌锚索形成双重防护，使结构在C4级腐蚀环境中的寿命预测达60年。典型案例显示，在浙江某500kV变电站滑坡治理中，该体系服役8年后性能衰减率不足5%，远优于传统方法的15-20%衰减率。经济性分析表明，虽然初期投资增加20%，但全生命周期成本降低40%以上。

4.2 基于工业化建造的协同施工技术体系创新

协同加固技术推动了滑坡治理工程的工艺革命，形成了"四化"施工体系：1）喷射混凝土工业化，采用转子式喷射机（输出量5-8m³/h）配合速凝剂（初凝 $<5\text{min}$ ），实现边坡快速封闭；2）锚索施工模块化，将钻孔、安装、注浆工序整合为连续作业单元，工效提升50%；3）过程控制智能化，应用BIM技术进行三维放样，采用应力传感器实时监控预应力损失（控制精度 $\pm 2\%$ ）；4）作业流程标准化，建立"三序平行"作业法（表层喷射、中层钻孔、深层注浆同步）。在云南某 $\pm 800\text{kV}$ 换流站工程中，该工艺使3.5万m²滑坡体治理工期从传统方案的210天压缩至98天，施工事故率降至0.05次/千工日。质量检测显示，结构整体性系数达0.92，应力不均匀系数 <0.15 ，完全满足特高压工程 $\pm 1\text{mm/年}$ 的变形控制要求。这种建造模式不仅适用于常规滑坡，经适应性调整后已在堆积层、膨胀土等特殊地质条件中成功应用。

5 协同作用的关键影响因素

5.1 关键设计参数对协同效应的影响机制

锚索支护与改性混凝土协同系统的性能表现直接受关键设计参数的控制。在锚索参数方面，预应力值的确定需要精确平衡：工程实践表明，对中型滑坡体，200-300kN的初始预应力既能有效改善坡体应力状态，又可避免混凝土保护层出现有害裂缝。锚索布置间距的优化需结合滑坡体规模与性质，对于黏土质滑坡建议采用2m间距，而碎石土滑坡可放宽至3m。同时，锚索倾角的合理设计（通常 $15^\circ\text{-}25^\circ$ ）可显著提升荷载传递效率。监测数据显示，这些参数的优化组合可使协同系统承载力提升35-45%。值得注意的是，参数设计必须考虑现场地质条件的空间变异性，采用分段差异化设计策略往往能取得更好效果。

5.2 材料性能与环境因素的协同优化

改性混凝土的材料特性是影响协同效果的另一关键维度。配合比设计需要重点把控三个要素：纤维掺量控制在0.8-1.2%时可实现最佳抗裂性与工作性的平衡；水胶比维持在0.35-0.4范围既能保证强度发展又兼顾耐久性；矿物掺合料（如硅灰）的适量加入（5-8%）可显著改善界面过渡区性能。混凝土保护层厚度设计需与锚索参数匹配，通常80-120mm厚度能实现最优协同。环境因素的考量同样重要：在地下水水位区域需采用抗渗等级P8以上的混凝土；冻融地区应掺入引气剂（含气量4-6%）；化冻盐环境则需采用抗硫酸盐水泥。通过响应面法优化设计，可使系统在复杂环境下的服役寿命延长50%以上。

6 结语

锚索支护与改性混凝土的协同作用为输变电工程滑坡治理提供了一种高效可靠的解决方案。本文通过系统分析表明，这种协同作用主要体现在应力场优化、变形协调和强度增强三个方面，能够显著提高滑坡体的整体稳定性。未来的研究应进一步关注协同作用的长期性能演变规律，开发更加精准的设计方法，并探索智能化监测技术在协同加固系统中的应用。随着材料科学和岩土工程技术的进步，锚索支护与改性混凝土协同加固技术必将在输变电工程防灾减灾中发挥更加重要的作用。

参考文献：

[1]穆道贵,郭薇,徐世光等.桩锚支护深基坑对周边环境的影响实测及三维数值分析[J].中国水运(下半月),2022,22(11):164-166.

[2]陈建峰,陈思贤,杜长城等.抗滑桩-锚索框架组合结构受力机制研究[J].铁道工程学报,2021,38(05):7-12.

同系列内容

1	电网建设绿色施工技术体系构建与全周期碳排放管控系统研究	160	2025-06
2	水利水电工程弃渣场水土保持措施配置与稳定性分析	148	2025-06
3	电气自动化技术在生产运行电力系统中的应用	133	2025-06
4	智能小区配电自动化系统技术应用	123	2025-06
5	老旧小区燃气管道智能化改造技术与运维管理模式探讨	157	2025-06
6	燃机电厂可燃气体探测系统故障分析及对策	93	2025-06
7	光伏发电对城市发展的优势与挑战及对策	90	2025-06
8	火电机组DCS系统国产化改造全流程管控简析	140	2025-06
9	输变电工程滑坡体锚索支护与改性混凝土协同作用机理分析	88	2025-06
10	合同管理视角下企业内部审计与内部控制协同效应研究	123	2025-06

查看全部

关于我们

期刊网介绍
服务条款
知识产权声明
联系我们

特色服务

学术通
定制服务
广告合作
友情链接

期刊合作

期刊合作
合作流程
商务合作
广告服务

产品服务

期刊大全
论文中心
期刊检索
论文检索

客服电话：400-889-0263

客服QQ：00000000 琼网文【2021】1550-113号

增值电信业务经营许可证：琼B2-20210322

出版物经营许可证：新出发龙华出字第(2021)009号

广播电视节目制作经营许可证：(琼)字第00779号

若发现您的权益受到侵害，请立即联系客服QQ(30444492)或邮箱(qikanoline@126.com)，我们会尽快为您处理

版权所有 ©2023 期刊网 冀ICP备2023044594号-1

