

Analysis of the role of anchor cable construction in slope stability improvement of hydraulic and hydroelectric buildings

Dongwei Zhu

Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 611130, China

Abstract

Water conservancy and hydropower projects play a vital role in water resource development, flood control, drought resistance, and electricity generation. Slope stability directly impacts the operational safety of these projects and related structures. Slope instability not only compromises engineering performance but also significantly increases the likelihood of secondary disasters such as mudslides and landslides, posing serious threats to the lives, property, and environmental safety of surrounding communities. This paper analyzes the role of anchor cable construction in enhancing slope stability for water conservancy and hydropower facilities, explores key application points and optimization measures for anchor cable construction techniques, and aims to provide valuable references for slope stabilization in such projects.

Keywords

anchor cable construction; hydraulic and hydroelectric construction; slope stability improvement; effect

锚索施工在水利水电建筑边坡稳定性提升中的作用分析

朱东伟

中国水利水电第七工程局有限公司, 中国·四川·成都 611130

摘要

水利水电工程在水资源开发利用、防洪抗旱、电力生产等方面有着十分重要的作用。而边坡的稳定性直接影响水利水电工程及相关建筑运行的安全性, 边坡失稳不但会破坏工程运行性能, 而且还会大大增加泥石流、滑坡等次生灾害发生的概率, 严重威胁周边群众的生命、财产与环境安全。文章基于锚索施工对水利水电建筑边坡稳定提升中的作用分析, 探讨了锚索施工工艺的应用要点与优化措施, 希望能够为水利水电建筑边坡锚索施工提供有益的参考。

关键词

锚索施工; 水利水电建筑; 边坡稳定性提升; 作用

1 引言

锚索施工在水利水电建筑边坡维稳方面有着较为广泛的应用, 通过在边坡岩体钻孔, 安装预应力锚索, 然后注浆锚固, 使其与周边岩体黏结成为牢固整体, 实现对边坡岩体变形、位移等应力的传递、分散, 达到提高边坡整体稳定性的目的。因此, 加强锚索施工在水利水电建筑边坡施工中的应用研究有着十分重要的现实意义。

2 锚索施工在水利水电建筑边坡稳定性提升中的作用

2.1 增强边坡整体性

锚索施工借助浆液、锚索等的作用将锚固段和周边岩

体黏结、连接成为紧密整体, 共同分担受力, 达到提高边坡整体稳定性的效果。高强度锚索的拉力承受能力较大, 能够实现将松动、滑动的岩土体锚固在深层、稳定的地层中, 抑制、减缓边坡的滑动、位移、变形等趋势。锚索施工可以看着在边坡内部构建了一个刚性结构将松散岩土体结构联结成一个稳定的受力整体, 进而提高边坡整体的抗滑性^[1]。锚索设计以边坡滑裂面为对象, 将锚固力有效地传递到岩土体稳定结构的关键位置, 两者的相互作用, 有效提高边坡的抗拉性与抗剪性, 降低局部应力集中的发生概率, 确保边坡结构能够抵挡外部荷载作用。

2.2 优化边坡力学性能

在调整边坡内部应力分布, 优化整体结构化学性能方面, 锚索施工也有着突出作用。在预应力的加持下锚索能够实现边坡应力状态的主动调整, 形成更为稳定的受力结构, 进而提高边坡抗剪强度, 降低变形、滑动、位移等问题

【作者简介】朱东伟(1989-), 男, 中国河南开封人, 本科, 工程师, 从事水利水电工程施工技术与管理研究。

的发生概率。锚索的作用可以形成对岩土体侧向位移的有效约束,提高边坡整体刚度,使其很好地抵挡降雨、振动等不良影响。结合边坡的具体部位对锚索进行差异化布置,比如,针对应力高度集中区域合理增加锚索布置密度,能够有效提升边坡的力学性能。

2.3 提高对复杂地质的适应性

对于复杂地质,如软弱夹层、断层破碎带等,锚索施工都有着较好的适应性,通过对软弱岩土层施加拉力,提高其整体性,提高局部稳定性。在软弱地层区域锚索可以穿越不良地质体实现对松散岩土体的锚固,达到提高复杂地质边坡抗滑性能的效果。结合地质差异对锚索锚固长度、张拉力、布置方式等进行合理调整,能够进一步提高复杂地质的加固效果。并且通过与注浆加固、格构梁等加固方式的结合,能够在复杂地质体中构建多层次防护体系,提高边坡在复杂地质下的稳定性^[2]。

2.4 维护边坡长期稳定

借助有效的锚索施工不但能够在短期内实现边坡稳定性提升,并且通过长期监测与维护,持续改进,能够实现边坡的长期稳定。应力监测是锚索系统的重要配套,能够对锚索预应力变化情况进行定期检测,及时发现安全隐患。采用镀锌、注浆保护等锚索防腐措施,可以有效延长锚索系统的使用寿命,实现对边坡的持续加固。此外,结合边坡排水、护坡结构等的联合使用,构建抗渗、抗水、抗冻的边坡综合防护体系,并加之科学维护管理,确保锚索加固边坡效果长期稳定。

3 水利水电建筑边坡稳定性提升中锚索施工工艺流程及要点把控

3.1 施工准备

首先,需要深入施工现场进行边坡地质、水文等情况的全面勘察,借助钻探、取样、试验等方式对关键数据进行详细收集,奠定施工设计基础。综合对边坡稳定性要求、锚索承载能力、施工可行性等的综合分析,制定合理的施工方案,对锚索规格型号、施工流程等进行明确确定,确保施工方案的安全、可靠。其次,在材料采购方面,需要严格按照设计要求选择优质锚索等施工材料,并按照要求妥善保管^[3]。在实际施工前需要对施工材料、设备等进行全面检查、调试,测试材料、设备的性能是否达标、有效,及时排除材料、设备方面的隐患,确保施工顺利推进。最后,则是做好全面的施工技术交底,组织全体施工人员认真学习施工方案,准确把握施工内容与要求,明确施工要点与质量控制要求等。

3.2 钻孔施工

钻孔是锚索施工的基础,需要严格按照设计要求对钻孔位置、深度、倾角等进行准确把握。同时需要综合边坡地质、边坡高度、应力分布、锚索受力等具体情况合理确定钻孔深度,以实现锚索的稳定锚固,结合边坡坡度、锚索受力

方向等对钻孔倾角进行调整,确保较好的锚索加固效果。钻孔钻进过程需严格控制,避免出现偏斜、坍塌等问题,需结合地质实际情况合理选择冲击钻进、回转钻进等施工方式,以及选择合适的钻具,提高钻孔质量,并辅以专业测量监控,以精确的钻孔施工确保良好的锚索施工效果。

3.3 锚索制作与安装

严格控制钢绞线等锚索制作材料质量,做好全面的力学检测与除锈清洁,严格按照工艺标准进行锚索制作。按照设计长度进行钢绞线切割、组装,并做好相应的抗拉、抗剪强度试验,确保满足施工要求。锚索安装想避免缠绕、扭曲,且将锚固段布置在稳定的土层内,以及确保自由段的伸缩空间满足边坡变形适应需求。采用导向装置对锚索安装进行辅助,实施精确的定位安装,同时避免破坏孔壁完整性,实现锚索和钻孔轴线的高度一致。

3.4 注浆施工

注浆施工是将水泥等锚固剂注入钻孔内使得锚索和岩土体粘结成为稳定整体。在确保锚固剂粘结性能达标的基础上,合理控制注浆压力、流速、数量等,确保浆液能够实现对钻孔空隙的充分填充,避免压力不足而降低锚固效果以及避免压力过大而破坏岩土体结构。对于特殊工况可选择适合地质条件的化学浆液作为锚固剂,确保其流动性、凝结时间、凝结强度等充分满足,锚固施工要求^[4]。严格监控注浆浆液扩散情况,得到均匀、密实的锚固段,并做好养护工作,待强度达标后才能进行张拉作业。

3.5 张拉锁定

锚索施工中张拉锁定是较为核心的环节,需要借助张拉设备安装设计拉力对锚索进行拉伸至预紧状态,提高锚索的抗变形能力。采用分级张拉的方式施工,待每级加载稳压持续一定时间,才能进行下一级张拉,确保应力能够均匀地传递、分散到岩土体结构当中。严格按照设计要求对张拉力大小进行控制,以免张拉力过大而破坏锚索以及岩土体结构。完成张拉之后采用锁定装置对锚索端部进行固定,并完善位移监测来对锚索张拉的稳定性进行验证,确保锚索结构能够充分抵抗边坡的外部应力。

3.6 封锚施工

锚索灌浆结束 24 小时之后才能进行锚墩的浇筑。采用水泥浆灌注的方式来稳固钢绞线,以此避免导向管内部钢绞线损伤而影响张拉效果。预留锚具外 15cm 长度将多余的钢绞线去除,裸露在外的钢绞线需用黄油充分涂抹并做好 PE 套管包裹保护。按照设计要求将相应规格的构造筋焊接于锚垫板上方,然后按照锚墩的形状连同套管一起进行混凝土浇筑。

4 优化水利水电工程边坡锚索施工的相关策略

4.1 优化施工设计

施工设计在较大程度上决定锚索施工的效果,同样水

水利水电建筑边坡稳定施工也需要科学合理的施工设计作为基础。对此,施工单位需要结合工程施工区域地质的实际情况以及边坡的上部荷载要求,采用差异化锚索设计。严格按照砂质土、粘性土、破碎岩体、硬岩等地质情况的标准要求合理确定锚固段长度、自由段长度、倾角、间距等。并采用数值模拟的方式来分析锚索受力、变形、稳定性等情况,同时结合地下水、地层变化、钻孔岩性等现场施工情况对锚索施工方案进行优化设计,提高锚索施工的适应性与合理性。

4.2 优化材料应用

钢绞线作为锚索施工的关键性材料需要确保其选材的较高性能,尽可能地选择高强度、低松弛的钢绞线,有效提高单位面积的承载能力,同时减小锚索截面,节约施工材料、同时需要重视做好对锚索的防腐蚀保护,如采用油脂+套管、热浸锌锚具、不锈钢锚具等,提高锚索的环境适应性,延长使用寿命。对于注浆材料的选择需从强度、流动性、密实性等方面着手,选择早强型、高流动性能的水泥注浆材料,更好地适应施工需求。针对松散、渗漏风险较大的特殊地层,还应考虑采用聚氨酯等化学注浆材料进行加固辅助,达到提高锚索与岩土体之间的连接性能的目的。

4.3 优化施工工艺应用

首先,在提高钻孔的精准性方面,需合理引进导向钻进、旋喷钻进、潜孔锤钻进等先进技术,提高钻孔施工过程中孔位、倾角、孔深等施工控制的精准性。或者借助数字化钻孔定位与监控系统,对钻进的角度、深度、方位等进行实时监测,实施精确的钻孔调整。其次,在注浆工艺应用方面,需加强对分段注浆、孔底返浆、压力注浆等施工工艺,以及自动注浆泵等先进设备的合理应用,尽可能地确保注浆的饱满、均匀,避免出现漏浆、浆液离析等问题。也可借助智能注浆系统的应用,对注浆压力、流量、浆量等进行实时监控、调节,提高注浆施工的可控性、可靠性。此外,在张拉锁定的控制方面,需重视加强对智能张拉系统的应用,充分发挥高精度传感器、数据自动采集系统等的优势,将张拉分析、控制过程中的人为误差减小到最低。以及需要借助对预应力损失补偿技术的应用,做好对张拉应力损失的实时监测与补偿,确保锚索的预应力充分满足设计要求。

4.4 优化施工组织管理

施工组织的有效性会对水利水电建筑边坡锚索施工效果产生直接影响,需要重视加强对施工组织与管理的进一步

优化。通过编制完善的锚索施工工艺流程与作业指导书等方式,对关键节点的施工要求进行清晰明确,实施标准化的施工流程控制,并将该模式全面覆盖所有的施工流程,实施标准化的施工流程管理。加强对施工环节的自检、交叉互检、专业检查等制度的制定与落实,明确施工各方的监督职责,尤其是针对钻孔、注浆、张拉等关键环节,更是需要采用旁站监督等方式进行严格监督,并做好全过程的质量记录、反馈。此外,还需加强对施工队伍专业水平的提升,进一步加强专业锚索施工队伍组建,重视加强队伍的技能培训与技术交底,提高工艺应用与设备操作水平,夯实全员质量意识、责任意识,推进工艺的持续改进。

4.5 加强施工监测与反馈

施工监测是确定锚索结构稳定性的重要措施。对此,需要在施工过程中需要重视做好对锚索应力、位移、变形等的监测,合理设置监测点,实时监测锚索工作状态,掌握锚索支护结构的受力情况与变形趋势,以便采取有效应对措施。针对重要节点还可引入光纤传感、无线传感、远程监控等先进设备、系统,实施智能化的锚索监测与预警。同时将监测数据与施工设计参数、施工记录进行对比分析,评估锚索性能偏差,奠定后续工程优化的内容与方向。通过对设计—施工—监测—反馈这一闭环优化机制的建设,不断提高锚索施工的有效性,维护水利水电建筑边坡稳定。

5 结语

综述可知,锚索施工在水利水电建筑边坡稳定性提升中发挥着强化、稳定、适应、长期维稳等重要作用。施工单位需要对锚索施工技术应用予以高度重视,准确把握施工工艺及其要点控制要求,并采取有效措施,提高锚索施工效果,为水利水电建筑的长期、安全、稳定运行提供保障。

参考文献

- [1] 王野,谭万勇.锚索施工在水利水电建筑边坡稳定性提升中的作用[J]. 2025.
- [2] 刘克烂.浅析水利水电工程中预应力锚索施工技术分析[J].建筑技术与设计, 2018, 000(008):3176.
- [3] 朱怀斌,梁源.浅谈预应力锚索施工技术在边坡防护工程中的应用[J].中国新技术新产品, 2016(4):2.
- [4] 王天津.预应力锚索在高边坡稳定防护中的设计要点[J].江西建材, 2017(14):2.