

水利水电工程中高边坡的加固和治理研究

马子棋

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v9i6.6443

[摘要] 在水利水电工程领域,高边坡的加固与治理是确保工程项目安全稳定运行的重要环节。本文通过分析某大型水利枢纽工程实例,探讨了高边坡稳定性降低的主要原因及破坏形式,并系统地阐述了混凝土抗滑结构、混凝土沉井、混凝土挡墙、锚固技术(包括锚固洞、喷混凝土护坡、预应力锚固),以及减载排水等加固治理措施的应用原理与实施效果。研究结果表明,针对不同地质条件和施工环境,采取综合性的加固治理方案可以有效提升高边坡的稳定性,保障水利水电工程的安全性与可靠性。

[关键词] 高边坡加固; 水利工程; 稳定性分析; 综合治理

中图分类号: TV5 文献标识码: A

Research on Reinforcement and Treatment of High Slopes in Water Resources and Hydropower Engineering

Ziqi Ma

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey and Design Institute Co., Ltd.

[Abstract] In the field of water resources and hydropower engineering, the reinforcement and treatment of high slopes are crucial for ensuring the safe and stable operation of engineering projects. This paper analyzes an example of a large-scale water conservancy hub project, exploring the primary reasons for the reduced stability of high slopes and their failure modes. It systematically expounds on the application principles and implementation effects of reinforcement and treatment measures such as concrete anti-slide structures, concrete caissons, concrete retaining walls, anchoring techniques (including anchor caves, shotcrete slope protection, and prestressed anchoring), as well as load reduction and drainage. The research findings indicate that adopting a comprehensive reinforcement and treatment plan tailored to different geological conditions and construction environments can effectively enhance the stability of high slopes, thereby ensuring the safety and reliability of water resources and hydropower engineering projects.

[Key words] high slope reinforcement; water conservancy engineering; stability analysis; comprehensive treatment

引言

随着我国西部大开发战略的推进,众多大型水利水电工程相继立项并进入建设阶段,在这些项目中,由于地形复杂多变,高边坡问题尤为突出。高边坡的存在不仅影响着整个工程的安全性和稳定性,同时也对周边环境构成潜在威胁。因此,深入研究高边坡加固与治理方法,对于提高工程质量、减少灾害风险具有重要意义。本论文旨在通过对某一具体水利水电项目的案例研究,详细论述高边坡加固治理的目的及其重要性,剖析导致高边坡失稳的主要因素,介绍常见的破坏模式,并提出一系列有效的加固治理措施,为类似工程提供参考依据。

1 水利工程项目概况

以某大型水利枢纽为例,该工程区属于典型的干旱半干旱

气候区域,年平均降水量不足200毫米,蒸发量却高达2000毫米以上,水资源匮乏且分布极不均匀。工程设计总库容约为1亿立方米,最大坝高超过100米,主要建筑物包括混凝土重力坝、溢洪道、发电厂房及输水隧洞等。其中,高边坡段全长约3公里,平均高度达到80米左右,局部地区甚至超过了120米,岩体类型以砂岩、泥岩为主,节理裂隙发育明显,这使得高边坡的稳定性和安全性成为整个工程建设过程中必须重点考虑的问题之一。

2 水利工程中高边坡加固与治理的目的以及意义

2.1 目的

水利工程中高边坡加固与治理的核心目的在于确保工程结构的安全性和可靠性,防止由于边坡失稳所引发的灾难性事故。通过科学合理的加固治理措施,可以有效避免或减轻由自然因

素如地震、降雨等诱发的滑坡等地质灾害对工程造成的损害。在复杂的地质条件下,高边坡的存在增加了工程建设和运营期间的风险,因此必须采取有效的技术手段来增强边坡稳定性,保障水利设施在各种极端条件下的正常运行。通过对高边坡进行系统性的加固治理,能够显著提升工程整体的安全性能,为长期稳定运行提供坚实基础。

2.2 意义

良好的高边坡治理不仅有助于延长水利工程的使用寿命,降低维护成本,还能保护周围环境免受破坏,维持生态系统的平衡。在实施加固治理过程中,合理选择材料和技术方案,可以在不影响原有地貌特征的前提下,提高边坡抵抗自然侵蚀的能力。此外,有效的治理措施还可以减少因边坡失稳而产生的次生灾害,例如泥石流、洪水泛滥等,这些灾害往往会对周边社区造成严重威胁。

3 水利工程中高边坡稳定性降低的主要原因

3.1 岩土体物理力学性质差异的影响

岩土体本身的物理力学性质差异是导致水利工程中高边坡稳定性降低的重要因素之一。在复杂的地质条件下,不同类型的岩石和土壤展现出显著不同的力学特性,例如硬度、密度以及抗压和抗剪强度等。当这些性质存在较大差异时,尤其在软弱夹层或断层带附近,岩体结构的不连续性和非均匀性会显著增加边坡失稳的风险。具体而言,低强度岩石和高度风化的岩层更容易受到外界荷载作用而发生变形破坏,尤其是在长期受力或环境变化的情况下,内部应力分布不均可能导致局部区域率先出现裂缝扩展现象,进而引发更大范围内的滑动失稳。此外,由于不同岩层间的粘结力和摩擦系数不同,在外部条件不变的前提下,某些特定组合可能会加速边坡整体稳定性的恶化过程,这进一步强调了岩土体物理力学性质对高边坡安全性能的重要性。

3.2 气候变化对高边坡稳定性的作用

气候变化通过改变降水模式和温度波动等因素,间接影响到水利工程中高边坡的稳定性。强降雨事件频率和强度的增加,使得水分更容易沿着岩层裂隙渗透,导致岩土体饱和度上升,从而削弱其抗剪强度。随着全球气候变暖趋势加剧,极端天气现象变得更加频繁,这对位于易受影响地区的高边坡构成了严峻挑战。长期处于潮湿状态下的岩土体会逐渐丧失原有的力学性能,特别是在季节性冻融循环作用下,内部结构遭到破坏,增加了边坡失稳的可能性。

3.3 人类活动干扰对高边坡的影响

人类活动对水利工程中高边坡稳定性产生的干扰不容小觑。过度开采地下水、不合理爆破作业以及其他形式的人类干预行为均会对高边坡造成不利影响。例如,在临近矿区或城市建设区域,地下水资源的大量抽取会导致地面沉降,改变原有地应力平衡状态,从而影响到高边坡的稳定性。同样,不当的爆破施工不仅可能直接损坏边坡岩体,还会因为震动波传播引起周围岩层松动,甚至激活原本静止的地质构造活动。此外,未经科学规划的土地开发项目,如道路建设、房屋建筑等,也可能破坏

自然地形地貌,增加边坡顶部荷载,或者改变地表径流路径,使更多水分集中于某一特定区域,加速岩土体侵蚀过程,这些因素共同作用下,无疑会加大高边坡失稳的风险,凸显出人类活动在这一过程中扮演的角色及其潜在危害。

4 水利工程中高边坡主要破坏形式

基于长期观测记录与理论分析,水利工程中的高边坡通常表现出以下几种典型的破坏模式:首先是整体式滑移,当边坡底部存在较厚的软弱层时,一旦外界荷载超出岩体承载能力,便可能发生大规模的整体滑动现象;其次是局部坍塌,此类情况多见于边坡表面有较多裂隙发育区域,尤其是在遭遇暴雨冲刷后,容易出现碎石滚落、泥土流失等情况;最后是倾倒破坏,即边坡上部岩体由于自身重量过大而产生倾斜,最终导致整个结构失去平衡。上述三种破坏形式不仅直接威胁到工程主体结构的安全性,还可能引发次生灾害,如泥石流、洪水泛滥等,给周边居民带来巨大损失。

5 水利工程中高边坡加固与治理措施

5.1 混凝土抗滑结构

针对高边坡可能出现的整体滑移问题,采用混凝土抗滑结构是一种行之有效的解决方案。此方法通过在边坡下方构建具有一定厚度和宽度的混凝土基座,利用其强大的摩擦阻力来抵抗来自上方岩体的压力,从而实现对边坡的有效支撑。值得注意的是,在设计过程中需充分考虑到当地地质条件,选择合适的基础材料,并结合实际工况调整结构尺寸,以确保最佳防护效果。此外,为了进一步增强抗滑性能,还可以在混凝土基座内部嵌入钢筋网片或者预埋钢绞线,形成复合型加固体系。

5.2 混凝土沉井

对于那些位于深厚软弱地基上的高边坡,使用混凝土沉井作为加固手段显得尤为重要。混凝土沉井本质上是一个预制好的大型空心筒状构件,将其垂直下沉至预定深度后,再填充高强度混凝土,使之与周围岩土紧密结合。这种构造方式不仅能够显著提高边坡底部的承载力,而且由于沉井自身的刚度较大,可以有效地抑制边坡侧向位移的发生。实践中,根据工程需求可灵活设置单个或多个沉井,同时配合其他辅助设施共同发挥作用,如设置排水孔以排除积水、安装监测仪器实时跟踪边坡动态变化等。

5.3 混凝土挡墙

在处理高边坡局部坍塌问题时,混凝土挡墙无疑是首选的技术方案之一。该结构由连续排列的直立墙体组成,用以阻挡边坡表面松散物质向下滚动,保持坡面平整度。相较于传统砌石挡墙,现代混凝土挡墙具备更高的强度和耐久性,尤其适用于陡峭边坡地段。建造时应严格按照规范要求进行施工,确保每一段墙体之间的连接紧密无缝,同时还要注意预留必要的泄水通道,防止雨水积聚侵蚀墙体基础。另外,考虑到美观性和环保要求,可以在挡墙上种植绿化植被,既美化了环境又增强了土壤保持功能。

5.4 锚固技术

5.4.1 锚固洞

锚固洞技术是指在高边坡内部钻设一定数量的小直径孔洞,然后将特制的锚杆插入其中并加以固定,以此来改善岩体内部应力分布状况,提高整体稳定性。这种方法的优势在于操作简便、成本低廉,但前提是必须准确掌握岩层走向及裂隙分布规律,以便合理规划锚杆位置和长度。实践中,往往需要借助先进的勘探设备和技术手段获取详尽的地质资料,为后续施工提供科学依据。此外,还需定期检查已安装锚杆的状态,及时更换损坏部件,确保其长期稳定发挥效用。

5.4.2 喷混凝土护坡

喷混凝土护坡是另一种常用的边坡加固方法,它通过高压喷射装置将混合料均匀涂抹于边坡表面,快速硬化形成一层坚固的保护层。相比传统浇筑工艺,喷射法具有施工速度快、适应性强等特点,特别适合应用于复杂地形条件下。喷射材料的选择至关重要,一般会添加适量的纤维素、聚合物等添加剂,以提升混凝土的粘结力和抗拉强度。

5.4.3 预应力锚固

预应力锚固技术是在常规锚固基础上发展而来的新一代加固手段,其核心思想是通过对锚索施加预先设定的拉力,迫使岩体内部产生压缩效应,进而达到增强边坡稳定性的目的。具体操作流程包括:首先确定合适的锚点位置,接着安装张拉设备并对锚索逐步加载直至达到设计值,最后锁定锚头完成固定。该技术的最大特点是可以通过精确调控锚索张力来满足不同工程场景下的特殊需求,同时还能有效预防边坡开裂扩展等问题。不过,实施过程中必须配备专业的技术人员全程监控指导,确保各项参数符合标准要求。

5.5 减载排水

5.5.1 减载反压

减载反压措施主要是指通过移除边坡顶部部分岩土体来减轻自身重量,同时在坡脚处施加适当压力,形成一种“上轻下重”

的力学平衡状态,以此来缓解边坡内部应力集中现象。这一策略不仅能直接降低边坡失稳风险,而且有助于优化岩体结构布局,为其他加固措施创造良好条件。然而,实际应用中需要谨慎评估移除岩土的数量和范围,以免引起新的安全隐患。因此,建议在决策前进行全面的数值模拟分析,制定出最优化的实施方案。

5.5.2 表里排水

表里排水系统的设计旨在有效管理边坡内外部的水流路径,防止水分过度积累而导致岩体软化崩解。从表面上看,可通过铺设排水沟渠、设置渗水井等方式引导地表径流有序排放;而在深层,则依靠安装排水板、布置集水管等设施来加快地下渗流速度。两种排水机制相辅相成,共同构成了完整的防洪排涝体系。

6 结语

综上所述,高边坡加固治理是一项综合性极强的工作,涉及到地质勘察、结构设计、材料选用等多个方面。通过对某大型水利枢纽工程的具体案例分析,我们可以看到,针对不同类型和规模的高边坡问题,采取相应的加固治理措施,如混凝土抗滑结构、混凝土沉井、混凝土挡墙、锚固技术(包含锚固洞、喷混凝土护坡、预应力锚固),以及减载排水等,均能取得较为理想的成效。这些措施不仅有效提升了高边坡的稳定性,保障了水利水电工程的安全运行,而且在一定程度上减少了对周边环境的影响。

[参考文献]

- [1]卢绍文.水利水电工程中高边坡的加固和治理研究[J].冶金管理,2022,(23):65-67.
- [2]胡韩臣,赵成南,易思远.水利工程中高边坡加固与治理措施[J].中国高新科技,2022,(11):149-151.
- [3]任志雄.水利水电工程高边坡的治理与加固方法研究[J].中国水运(下半月),2020,20(02):151-152.

作者简介:

马子棋(1980--),女,汉族,山东平度人,本科,高级工程师,研究方向:水工结构设计。