

# 水利水电工程边坡开挖及支护技术研究

汪涛<sup>1</sup> 郝雪航<sup>2</sup>

1 吉林省水利水电勘测设计研究院 2 中水北方勘测设计研究有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v9i2.6096

**[摘要]** 水利水电工程作为国民经济的基础设施,其施工过程中的边坡开挖环节至关重要。边坡开挖作业环境复杂,土体稳定性差,易发生滑坡、坍塌等事故,对施工安全构成严重威胁。因此,边坡开挖支护技术的应用成为确保工程顺利进行和保障施工安全的关键。本研究将深入探讨水利水电工程边坡开挖支护技术的重要性,分析影响边坡稳定性的因素,并研究边坡开挖施工要点及支护技术应用对策,为水利水电工程的边坡施工提供科学依据和实践指导。

**[关键词]** 水利水电工程; 边坡开挖; 支护技术

中图分类号: TV5 文献标识码: A

## Research on slope excavation and protection technology of water conservancy and hydropower engineering

Tao Wang<sup>1</sup> Xuehang Hao<sup>2</sup>

1 Jilin Province Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute

2 Zhongshui North Survey and Design Research Co., Ltd.

**[Abstract]** As an infrastructure of the national economy, water conservancy and hydropower projects attach great importance to the slope excavation process during construction. The working environment for slope excavation is complex, with poor soil stability, making it prone to accidents such as landslides and collapses, posing a serious threat to construction safety. Therefore, the application of slope excavation support technology has become key to ensuring the smooth progress of the project and safeguarding construction safety. This study will delve into the importance of slope excavation support technology in water conservancy and hydropower projects, analyze the factors affecting slope stability, and investigate the key points of slope excavation construction and the application strategies of support technology, providing scientific basis and practical guidance for slope construction in water conservancy and hydropower projects.

**[Key words]** water conservancy and hydropower engineering; Slope excavation; Support technology

## 引言

水利水电工程作为国民经济发展的重要工程,其设计与施工过程中的边坡开挖支护措施显得尤为重要。边坡开挖是水电工程中一项复杂而关键的工程活动,旨在通过科学的几何切割和土体移除,为坝体、引水系统等工程结构创造必要的空间与地形条件。然而,这一过程并非易事,尤其是在地质条件复杂或自然环境敏感的区域,边坡开挖往往伴随着极大的地质安全风险。为了确保工程的稳定性与安全性,同时兼顾环境保护和资源合理利用,边坡的稳定性分析、支护技术的选择与优化,以及施工期间的监测和管理成为了不可或缺的关键环节。因此,对水利水电工程边坡开挖及支护技术进行深入研究,对于提升工程质量和安全性具有重要意义,推动水利水电工程可持续发展、实现人与自然和谐共生的必然要求。

## 1 水利水电工程边坡开挖支护技术的重要性分析

在水利水电工程的施工过程中,边坡开挖是一项至关重要的环节,它直接关系到工程的进度、质量以及安全性。然而,边坡开挖作业往往伴随着诸多风险,如土体失稳、滑坡、坍塌等,这些都对工程的安全施工构成了严重威胁。因此,边坡开挖支护技术的应用显得尤为重要。

### 1.1 保障施工安全,保护工人生命财产安全

水利水电工程边坡开挖作业环境复杂,土体稳定性差,一旦发生塌方、滑坡等事故,后果不堪设想。支护技术的合理应用,能够为开挖作业提供坚实的安全保障。设置支护结构,如锚杆、格构梁、土钉墙等,有效增强土体的抗剪强度和稳定性,防止土体发生滑坡或坍塌。保护施工现场工人的生命安全,减少因事故导致的经济损失和社会影响。在水利水电工程这样的大型建设

项目中,人命关天,安全至上,因此边坡开挖支护技术的重要性不言而喻。

#### 1.2 保护环境,减少生态破坏

水利水电工程往往地处偏远山区或河流沿岸,周边环境敏感脆弱。边坡开挖过程中,如果没有采取有效的支护措施,很容易导致土壤和岩石滑坡,对周边的生态环境造成严重破坏。滑坡容易摧毁植被、污染水源,引发泥石流等次生灾害,对下游居民的生命财产安全构成威胁。通过采用边坡开挖支护技术,有效控制土体的滑动和流失,减少对环境的破坏。同时,支护结构的设计考虑生态友好的原则,如采用植被护坡等技术,推进工程建设与生态保护的和谐共生。

#### 1.3 提高工程质量,提升工程耐久性

水利水电工程是关乎国计民生的大事,工程质量容不得半点马虎。边坡作为工程的重要组成部分,其稳定性直接影响到整个工程的安全和运行效果。如果边坡开挖不当或支护措施不到位,容易引起边坡失稳、裂缝出现甚至整体坍塌,严重影响工程的质量和耐久性。基于科学合理的边坡开挖支护技术,能维系边坡在开挖过程中的稳定性,减少土体的变形和破坏。同时,支护结构能分散和传递土体压力,增强边坡的承载能力和抗震性能,从而提升整个工程的耐久性和安全性。

#### 1.4 提高施工效率,降低工程成本

在水利水电工程的施工过程中,时间就是金钱。边坡开挖支护技术的应用,提高施工的安全性,有效提升施工效率。通过合理的支护结构设计,减少边坡开挖过程中的反复修整和加固工作,缩短工期。支护结构的使用可减少土方开挖量,降低运输和处理成本。稳定的边坡条件能为后续的施工作业提供良好的基础,减少因边坡失稳导致的返工和延误。因此,边坡开挖支护技术的应用对于提高施工效率、降低工程成本具有重要意义。

## 2 影响水利工程边坡稳定的因素分析

在水利工程的规划与建设过程中,边坡的稳定性是一个至关重要的考量因素。边坡的稳定性直接关系到工程的安全、进度以及后期的运行维护。然而,边坡的稳定性并非一成不变,它受到多种因素的共同影响。

### 2.1 地质条件

地质条件是决定边坡稳定性的基础因素。它包括了土壤类型、土层的厚度和坚固程度、岩石的类型和结构等多个方面。不同的地质条件对边坡的稳定性产生着截然不同的影响。土壤类型是影响边坡稳定性的直接因素。不同类型的土壤具有不同的物理和力学性质,如黏性土、砂土、碎石土等,它们的抗剪强度、压缩性、渗透性等都有所不同。这些性质直接决定了土壤在受力作用下的表现,从而影响了边坡的稳定性。土层的厚度和坚固程度也是重要的地质条件之一。较厚的土层往往具有更好的承载能力,能够抵抗外部荷载的作用,保持边坡的稳定。而土层的坚固程度则决定了土壤颗粒之间的结合力,坚固的土层更难以发生滑坡或坍塌。岩石的类型和结构对边坡稳定性的影响同样

不容忽视。岩石的硬度、裂隙发育程度、层理方向等都会影响到边坡的稳定性。硬岩边坡通常具有较高的稳定性,而软岩或裂隙发育的岩石边坡则更容易发生失稳。因此,在水利工程的规划和设计过程中,考虑地质条件对边坡稳定性的影响。通过地质勘探、土壤试验等手段,获取准确的地质信息,为边坡的设计和施工提供科学依据。

### 2.2 水文条件

水文条件是影响边坡稳定性的另一个重要因素。它包括了地下水位、降雨量、地表径流等多个方面。这些水文因素通过改变土壤的水分状态,进而影响土壤的力学性质,从而对边坡的稳定性产生影响。地下水位的变化对边坡稳定性有着直接的影响。当地下水位上升时,土壤中的孔隙水压力增大,导致土壤的抗剪强度降低,从而增加了边坡滑坡的风险。特别是在雨季或洪水期间,地下水位的急剧上升往往会导致边坡的失稳。降雨量也是影响边坡稳定性的重要因素。大量的降雨会导致土壤饱和,减弱土壤的抗剪强度。雨水会冲刷土壤表面,带走土壤颗粒,进一步加剧边坡的不稳定性。地表径流对边坡稳定性的影响也不容忽视。在陡峭的边坡上,地表径流的冲刷作用尤为明显。它会带走边坡表面的土壤,形成冲沟或滑坡面,进而威胁到边坡的整体稳定性。

### 2.3 坡度和高度

坡度和高度是影响边坡稳定性的关键因素之一。它们通过改变土体的重力和剪切力分布,进而影响边坡的稳定性。较陡的边坡会增加土体的重力作用,使得边坡更容易发生滑坡或坍塌。较陡的边坡会增加土体的剪切力,使得土壤颗粒之间的结合力更容易被破坏。边坡的高度也会对稳定性产生影响。较高的边坡具有更大的重力势能,一旦发生滑坡或坍塌,其破坏力也会更大。因此,在设计和施工过程中,合理地控制边坡的坡度和高度。

### 2.4 人为因素

人为因素也是影响边坡稳定性的重要因素之一,不合理的设计和施工方法往往会导致边坡的失稳和滑坡。在设计阶段,如果未充分考虑地质、水文等自然条件对边坡稳定性的影响,或者设计参数选择不当,都会导致边坡在施工过程中或后期运行中发生失稳。在施工过程中,不当的开挖和支护技术也会对边坡稳定性产生不良影响。例如,开挖过深或过快、支护结构设置不合理或施工质量差等,都会导致边坡的失稳和滑坡。在边坡上堆放重物或施加过大的荷载,都会改变土体的应力状态,进而影响边坡的稳定性。因此,在水利工程的规划和建设过程中,要重视人为因素对边坡稳定性的影响。

## 3 水利水电工程边坡开挖与支护技术研究

### 3.1 边坡开挖施工要点

#### 3.1.1 地质勘探与设计

在进行边坡开挖前,必须对工程地质进行详细的勘探,了解地下水情况、土层情况、地质构造和脆弱部位等。根据地质勘探结果,对边坡进行合理的设计,确定开挖的坡度、坡高和坡宽,以及开挖的顺序和方式。坡度设计要合理,不宜过陡,以免发生

坡面沉降、滑坡等地质灾害。坡宽设计也要合理,以满足工程的使用要求。

### 3.1.2 开挖方法选择

土质边坡开挖:以从上到下的原则开挖,同时对削坡层的厚度进行严格控制,尽可能减少削坡层过大或过小的情况出现。在对边坡进行减退削坡处理时,正确使用反铲挖掘机,尽可能保证机器设备能够合理使用,高效开展边坡开挖工作。

常见的开挖方式有逐层爆破和台阶爆破。逐层爆破开挖高度的控制对岩质边坡开挖作业影响较大,需选择边坡切角作为开挖初始位置,从而控制开挖质量。台阶爆破方式安全性较高,可有效提高施工安全性,降低边坡滑移等事故的发生。在开挖过程中,要严格按照设计图纸和施工方案进行作业,控制好开挖的深度、坡度和坡形。同时,要做好土方的坡度和坡底阶梯,以减少挡土墙的高度和防止坡体发生滑动。加强对开挖过程的监测,及时发现并处理潜在的地质灾害隐患,如滑坡、崩塌等。

### 3.2 边坡支护技术

#### 3.2.1 锚杆支护技术

锚杆支护是当代最流行也最有效的边坡支护方法之一。其基本原理是利用边坡内部的锚杆改变边坡的力学状态,使边坡周围出现一个稳定的岩石带,从而维护边坡的稳定。在水利水电的边坡施工中,锚杆必须使用二级普通螺纹钢筋,在地表或周围墙壁钻好孔,将锚杆固定进去。一般需要搭建脚手架,采取焊管和扣件等方式来搭建。在进行锚杆支护时,要按照岩石走向调整好角度,以免影响稳定性。锚杆支护技术在提升土体稳定性方面表现出广泛的适应性,适用于多种地质环境。但工序繁杂且对质量控制有较高要求,同时设备和材料的投资成本较大。

#### 3.2.2 喷射混凝土支护技术

喷射混凝土支护技术在边坡表层形成坚固的保护层,旨在增强边坡面对剪切力的抵御能力,确保其整体稳定性。该技术以其快速和较强的适应性,特别适用于处理湿润或碎石等不稳定的土质环境。但应用时,对地基基础的处理有着严格要求,并非所有地质状况均适宜采用,尤其在土体趋于饱和或发生显著变形的特定环境里,该技术的效果可能受到一定制约。

#### 3.2.3 土钉墙支护技术

土钉墙支护技术以打入钢钉并浇筑混凝土的方式,构建起支护结构,旨在提高边坡的稳定性。该技术在经济投入和施工实施方面表现出较高的效益与适应性,能够广泛适用于多种土壤环境,同时对施工区域的选择限制较少。采用土钉墙支护技术,

能够有效维持边坡的稳定状态,同时显著降低施工过程对周边环境造成的影响。但在应对岩土体不均匀性与软弱层较厚的问题时,土钉墙支护展现出较低成效,同时施工期间必须对土体实施高精度控制,以保障支护成效。

## 4 结束语

水利水电工程边坡开挖支护技术的重要性不言而喻,它关系到施工工人的生命安全和工程的顺利进行,对环境保护、工程质量和成本效益产生深远影响。支护技术的应用关乎社会责任和可持续发展的重大任务。因此,在未来的工程实践中,必须重视边坡开挖支护技术的研发与应用,不断提升其安全性和经济性。随着科技的进步和工程实践的深入,水利水电工程边坡开挖支护技术将迎来更多的创新和发展。例如,智能化监测技术的应用将使我们能够更实时、更准确地掌握边坡的稳定性状况;新型支护材料和技术的研发将进一步提升支护效果和经济效益;绿色施工理念的深入贯彻将使我们在保障工程安全的同时,更加注重环境保护和可持续发展。

综上所述,水利水电工程边坡开挖支护技术是一项复杂而重要的工程技术,它关系到工程的安全、质量、进度和成本等多个方面。在未来的工程实践中,我们需要继续加强技术研发和创新,提升工程师的专业素养和综合能力,注重环境保护和可持续发展,为水利水电工程的建设和发展贡献更多的智慧和力量。

## [参考文献]

- [1]崔毅.边坡开挖支护技术在某水利水电工程项目中的应用研究[J].海峡科学,2024,(07):86-89.
- [2]曹钢进,黄志华.水利水电工程中高边坡开挖支护施工技术[J].珠江水运,2023,(07):9-11.
- [3]陈洁菲.边坡开挖及支护技术在水利水电工程中的研究[J].建筑技术开发,2020,47(04):84-86.
- [4]陈敬鑫.水利水电工程施工中的边坡开挖及防护技术[J].珠江水运,2019,(03):88-89.
- [5]沈宏泉.兰州盐什公路工程机械自动化高边坡开挖支护研究[J].水利水电快报,2022,43(S1):29-31+34.
- [6]文军强.高速公路改扩建既有层状岩质路堑高边坡二次开挖稳定性及支护技术研究[D].长安大学,2019.

## 作者简介:

汪涛(1986—),男,汉族,湖北省京山县人,硕士研究生,高级工程师,从事水利水电工程设计。