

# 浅谈水利水电工程边坡开挖及防护技术

尹会兵 齐 兰

宝鸡市水利水电规划勘测设计院新建路西段12号 陕西 宝鸡 721000

**摘 要：**水利水电工程是国家基础设施建设的重要组成部分，其施工质量和安全性直接关系到国计民生。边坡开挖及防护技术是水利水电工程施工中的关键环节，对于保障工程安全、提高工程质量具有重要意义。本文将从边坡开挖技术、支护技术以及防护措施等方面对水利水电工程边坡开挖及防护技术进行全面研究，以期对相关工程实践提供理论参考。

**关键词：**水利水电工程；边坡开挖；边坡支护；防护措施

## 引言

水利水电工程多建设在山区或河流附近，地形复杂，地质条件多变。边坡开挖及防护技术是水利水电工程施工中的重点和难点，其合理应用不仅能够有效保障施工过程中的安全，还能显著提高工程质量和施工效率。本文将对水利水电工程边坡开挖及防护技术进行深入探讨，以期对相关工程实践提供理论支持。

## 1 水利水电工程边坡开挖技术

### 1.1 边坡开挖的基本原则

边坡开挖是水利水电工程施工中的重要环节，为确保边坡的稳定性和施工的安全性，必须遵循“自上而下、分层开挖、逐层支护”的基本原则。这一原则要求施工从边坡的顶部开始，逐层向下进行开挖，每开挖一层就需进行相应的支护措施，以防止边坡发生失稳。在开挖过程中，削坡层的厚度控制至关重要，过厚的削坡层可能导致边坡过陡，增加滑坡的风险，而过薄的削坡层则可能无法提供足够的支撑力，同样影响边坡的稳定性。因此，施工团队需根据地质条件、边坡高度和坡度等因素，合理确定每层开挖的厚度，并严格控制施工质量，确保边坡开挖工作安全有序进行。

### 1.2 边坡开挖方法

#### 1.2.1 土质边坡开挖

土质边坡开挖是水利水电工程中常见的施工任务，其方法主要包括平台法、挖槽法和顺坡法等。这些方法的选择取决于具体的地质条件、边坡的坡度以及施工环境。在平台法中，施工团队会首先根据边坡的设计要求，将其划分为若干个平台，然后按照从上至下的顺序，逐层进行开挖。这种方法能够有效地控制边坡的坡度，确保边坡的稳定性。同时，平台法还为施工人员提供了宽敞的工作面，便于施工设备的操作和材料的堆放。挖槽法则适用于边坡较陡、土质较为松软的情况。

施工团队会先在边坡上挖出一定深度和宽度的槽沟，然后按照槽沟的形状和尺寸进行开挖。挖槽法能够增加边坡的支撑面积，提高边坡的抗滑能力。在挖槽过程中，施工团队还需密切关注边坡的变化情况，及时调整施工方案，确保施工安全。顺坡法则是按照边坡的自然坡度进行开挖，适用于坡度较缓、土质较为坚硬的情况。这种方法能够充分利用边坡的自然形态，减少工程量，提高施工效率<sup>[1]</sup>。但顺坡法对施工精度的要求较高，施工团队需严格按照设计要求进行施工，确保边坡的平整度和稳定性。在土质边坡开挖过程中，反铲挖掘机是常用的施工设备。它具有操作灵活、挖掘效率高等优点，能够适应不同地形和土质的开挖需求。为了提高施工效率，施工团队还会修筑“之”字形道路，减少集渣环节，使土方能够快速、顺畅地运出施工区域。同时，施工团队还需严格控制削坡层的厚度，避免过厚或过薄导致边坡失稳。通过科学的施工方法和严格的施工控制，土质边坡开挖工作能够安全、高效地进行。

#### 1.2.2 岩质边坡开挖

岩质边坡开挖是水利水电工程施工中的另一大挑战，与土质边坡相比，岩质边坡更为坚硬，开挖难度更大。因此，钻爆法成为了岩质边坡开挖的首选方法，其中逐层爆破和台阶式分层爆破是两种常用的爆破方式。逐层爆破，顾名思义，就是按照边坡的岩层分布，从上至下逐层进行爆破开挖。这种方法能够精确地控制爆破的范围和深度，减少对边坡岩体的不必要破坏。在逐层爆破中，施工团队会根据岩层的硬度、厚度以及节理发育情况，合理选择爆破参数，如炸药量、爆破孔的深度和间距等，以确保爆破效果的最佳化。台阶式分层爆破则适用于边坡较高、岩层较厚的情况。施工团队会先将边坡划分为若干个台阶，然后在每个台阶上进行分层爆破。这种方法能够有效地降低爆破时的震动和飞石，提

高施工的安全性。同时,台阶式分层爆破还能够为施工人员提供更好的作业平台,便于施工设备的操作和材料的堆放。在钻爆法施工中,爆破参数的选择至关重要。施工团队需充分考虑岩层的特性,如硬度、韧性、节理发育程度等,以及边坡的稳定性和安全性要求,合理确定炸药量、爆破孔的布局和深度等参数。同时,施工团队还需严格控制爆破的时机和顺序,确保爆破的顺利进行和边坡的稳定性。此外,钻爆法施工还需注意对周边环境的保护。施工团队需采取有效的措施,如设置防护网、喷水降尘等,减少爆破产生的噪音、震动和粉尘对周边环境的影响。

## 2 水利水电工程边坡支护技术

### 2.1 锚杆支护

锚杆支护作为一种高效且经济的边坡支护手段,在水利水电工程中得到了广泛应用。其优势在于占地面积小,对周边环境影响较小,同时能够提供较高的安全性能,确保边坡的稳定性。施工过程中的便捷性也是锚杆支护技术备受青睐的原因之一。在进行锚杆支护时,施工团队需首先根据边坡岩石的走向、倾角以及岩体的力学性质,精确计算锚杆的直径、长度和间距等参数。这一步骤至关重要,它直接关系到锚杆支护的稳定性和可靠性。钻头直径的选择需与锚杆直径相匹配,以确保锚杆能够牢固地锚入岩体之中。注浆过程是锚杆支护中的关键环节。注浆材料通常选用高强度、耐久性好的水泥砂浆或树脂等材料。在注浆过程中,施工团队需严格控制注浆压力和注浆量。注浆压力过大会导致浆液渗透到不需要的区域,甚至造成岩体破裂;而注浆量不足则会影响到锚杆与岩体之间的粘结力,降低支护效果<sup>[2]</sup>。因此,施工团队需根据现场实际情况,合理调整注浆参数,确保锚杆与岩体之间形成紧密的结合。此外,锚杆支护的施工还需注意对周边环境的保护。施工团队需采取有效的措施,如设置防护网、遮挡板等,防止注浆材料溢出污染环境。同时,施工过程中的噪音、震动等也需得到有效控制,以减少对周边居民和生态环境的影响。

### 2.2 钢筋网支护

钢筋网支护是水利水电工程中另一种重要的边坡支护技术,尤其在防止滑坡和塌方方面发挥着关键作用。该技术通过在边坡的破碎区域或潜在滑移面上铺设钢筋网,并借助脚手架等支撑结构,将钢筋网牢固地固定在岩面上,从而形成一个整体稳定的支护体系。在施工过程中,首先需要全面对边坡进行勘察和分析,确定需要支护的区域以及支护的具体要求。随后,根据现场实际情况,选择适当规格和材质的钢筋网。钢筋网的规格

通常包括钢筋的直径、间距以及网格的大小等,这些参数的选择需综合考虑边坡的岩性、坡度、破碎程度以及预期的支护效果。铺设钢筋网时,需确保其与岩面紧密贴合,以充分发挥钢筋网的约束作用。为此,施工团队可能会使用特殊的锚固件或粘结材料,将钢筋网牢固地固定在岩面上。同时,为了增强支护效果,钢筋网的铺设面积也需根据现场实际情况进行合理确定,既要覆盖潜在的滑移面,又要避免不必要的浪费。脚手架的搭设是钢筋网支护施工中的另一重要环节。脚手架不仅为施工人员提供了安全的工作平台,还作为钢筋网的支撑结构,确保其稳定性和可靠性。脚手架的搭设需严格按照相关规范进行,确保其承载能力满足施工要求。

### 2.3 混凝土喷涂

混凝土喷涂技术作为一种有效的边坡防护手段,在水利水电工程中得到了广泛应用。该技术通过向边坡表面喷涂一层混凝土,形成一层坚固的保护层,从而增强边坡的抗风化能力,延长工程的使用寿命。在进行混凝土喷涂前,施工团队需对边坡表面进行彻底的清理工作。这一步骤至关重要,因为它直接关系到混凝土与岩体之间的粘结效果。清理工作通常包括清除边坡表面的松散岩石、泥土、植被等杂物,以及用高压水枪冲洗表面,去除油污和灰尘等污染物。确保边坡表面干净、粗糙,有利于混凝土与岩体的紧密结合。喷涂过程中,施工团队需严格控制混凝土的厚度和均匀性。混凝土的厚度需根据边坡的实际情况和设计要求进行确定,既要保证足够的强度,又要避免因过厚导致的浪费和不必要的重量增加。均匀性方面,施工团队需采用先进的喷涂设备和技术,确保混凝土在喷涂过程中能够均匀覆盖边坡表面,避免出现局部过厚或过薄的情况。此外,混凝土喷涂的施工还需注意对原材料的选择和质量控制。混凝土的材料需符合相关标准,具有良好的抗风化、抗渗透和抗裂性能。施工团队需对原材料进行严格的检验和筛选,确保其质量满足施工要求<sup>[3]</sup>。同时,在混凝土配制过程中,也需严格控制配合比和搅拌时间等参数,确保混凝土的性能和稳定性。混凝土喷涂技术的成功应用,不仅能够增强边坡的抗风化能力,延长工程的使用寿命,还能够减少对周边环境的污染和破坏。

## 3 水利水电工程边坡防护措施

### 3.1 生态防护

生态防护是水利水电工程边坡防护的重要措施之一,其核心思想是利用植被的自然功能,增强边坡的抗冲刷和抗滑坡能力,同时减少水土流失,保护生态环境。实施生态防护时,首要任务是根据边坡的地质条件

和气候条件,精心选择适宜的植物种类。这一选择过程需综合考虑边坡的土壤性质、湿度、光照条件以及当地的气候特点,确保所选植物能够在边坡上茁壮成长,形成茂密的植被覆盖层。植被的种植和养护是生态防护的关键环节。种植时,需采用科学的种植技术和方法,确保植物的成活率和覆盖率。养护过程中,则需定期对植被进行浇水、施肥、修剪等必要的养护措施,促进其健康生长,增强其对边坡的防护效果。生态防护的优势在于其长期的防护效果和环保性。与传统的工程防护措施相比,生态防护不仅能够有效地增强边坡的稳定性,还能够改善边坡的生态环境,为生物提供栖息地,促进生物多样性的发展。同时,植被的覆盖还能够减少水土流失,保护水资源,为水利水电工程的可持续运行提供保障。

### 3.2 排水与排泥

排水与排泥在边坡防护中扮演着至关重要的角色。这一措施的核心目标是通过科学的设计和施工,将边坡内的积水和泥沙及时排出,从而有效减少水流对边坡的冲刷作用,提升边坡的整体稳定性。为了实现这一目标,通常会在边坡的关键位置设置排水沟。这些排水沟需根据边坡的地形、地质条件以及降雨量等因素进行合理布局,确保能够迅速、有效地将积水引导至安全区域。排水沟的设计需考虑其断面形状、尺寸以及材料选择,以确保其具备足够的排水能力和耐久性。除了排水沟外,排泥管也是排水与排泥措施的重要组成部分。排泥管主要用于将边坡内的泥沙等杂质排出,防止其堵塞排水系统或影响边坡的稳定性<sup>[4]</sup>。排泥管的选择和安装需根据边坡的实际情况进行,确保其能够有效地将泥沙等杂质排出,同时避免对边坡造成额外的破坏。排水与排泥措施的实施不仅能够显著降低水流对边坡的冲刷作用,还能够提高边坡的抗滑能力和整体稳定性。

### 3.3 监测与预警

监测与预警系统在边坡防护中具有举足轻重的作

用。这一系统依靠先进的传感器和监测设备,对边坡进行全天候、实时监测,旨在及时发现边坡的异常情况,如位移、形变或裂缝等,从而能够迅速作出预警,为施工和管理人员提供宝贵的决策时间。传感器作为监测系统的“眼睛”,被精心布置在边坡的关键位置。这些传感器能够精确测量边坡的微小变化,并通过数据线将数据传输至中央控制室。在那里,专业的监测软件会对数据进行实时分析,通过对比历史数据和预设的安全阈值,判断边坡是否处于安全状态。一旦监测系统发现边坡出现异常情况,如位移速度加快、形变超过允许范围或裂缝宽度增加等,预警系统会立即启动。预警信号可以通过多种方式发出,如声光报警、短信通知或电子邮件等,确保相关人员能够及时收到预警信息,并迅速采取应对措施。

### 结语

水利水电工程边坡开挖及防护技术是保障工程安全和质量的关键环节。通过合理应用边坡开挖技术和支护技术,结合有效的防护措施,能够显著提高边坡的稳定性,减少施工过程中的安全风险,提高工程质量和施工效率。未来,随着科技的不断发展,边坡开挖及防护技术将不断创新和完善,为水利水电工程的安全建设提供更加坚实的技术支撑。

### 参考文献

- [1]张全荣.水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用分析[J].水上安全,2024,(11):178-180.
- [2]袁欢.水利工程施工中的边坡开挖及防护技术[J].水上安全,2024,(03):160-162.
- [3]林军伟,祁雪珍,程延峰.水利水电工程边坡开挖支护技术研究[J].内蒙古水利,2023,(08):43-44.
- [4]付桂生,张弦.水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用分析[J].四川水利,2023,44(05):116-118.