

# 水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用分析

王雄军 曹鹏鹏 惠耀春

江苏盐城水利建设有限公司, 江苏盐城, 224056;

**摘要:** 随着我国水利水电事业的不断发展, 边坡开挖支护技术在工程中的应用日益重要。本文主要探讨了水利水电工程施工中边坡开挖的特点和存在的问题, 分析了支护技术在其中的关键作用, 并对各种支护技术的应用进行了深入研究, 以期为提高工程安全性和经济效益提供理论支持。

**关键词:** 水利水电工程; 边坡开挖; 支护技术

DOI:10. 69979/3029-2727. 24. 03. 022

## 1 水利水电工程施工中边坡开挖支护的重要性

在水利水电工程的施工过程中, 边坡开挖是一项技术性强、风险性高的工作。由于地质结构的复杂性和不均匀性, 开挖后的边坡稳定性难以保证, 可能导致边坡失稳、裂缝扩展、地表沉降等严重问题, 对工程结构安全和周边环境带来巨大威胁。此外, 如果处理不当, 还可能引发突发性地质灾害, 造成人员伤亡和财产损失。因此, 边坡开挖后的支护技术显得尤为重要。支护技术能够有效改善边坡的稳定性, 防止或减少因开挖引起的地质灾害, 确保工程的顺利进行和长期安全运行。同时, 合理的支护设计和施工还能减少不必要的土石方开挖, 降低工程成本, 提高经济效益。

## 2 边坡开挖的特点与问题

水利水电工程的边坡开挖是一项技术性强、挑战性大的工程活动, 其特点鲜明且影响深远。这种工程通常涉及的范围广泛, 可能涵盖数百甚至数千平方公里, 对地形地貌的改变程度极大。同时, 由于地质结构的复杂性, 每一处边坡开挖都可能是一次对未知地质条件的探索。地下隐藏的断层、岩脉、溶洞等结构, 以及分布不均的地下水, 都可能成为影响边坡稳定性的“隐形杀手”。

在开挖过程中, 岩土体的不均匀性是一个不可忽视的因素。不同的岩土类型, 其力学性质差异显著, 如软岩与硬岩的强度、变形特性差异, 可能导致边坡的应力分布不均, 增加滑移的风险。此外, 地下水的存在会降低岩土体的强度, 增大边坡的滑动可能性。

地震荷载则是另一个重要的影响因素。在地震的作用下, 边坡会受到强烈的震动, 可能导致岩土体的松动和结构破坏, 甚至引发滑坡、崩塌等地质灾害。特别是在地震频发的地区, 必须对边坡进行抗震设计, 以确保工程的安全性。

这些因素共同作用, 使得边坡开挖的工程风险增大。因此, 施工前的地质勘探、风险评估和科学的开挖设计显得尤为重要。同时, 施工过程中应采取适当的防护措施, 如设置排水系统、实施边坡加固、进行实时监测等, 以确保边坡的稳定性, 降低工程风险, 实现安全、环保的水利水电工程建设。

## 3 水利水电工程施工中的边坡开挖支护技术的应用

### 3.1 土方开挖技术要点

土方开挖技术, 作为边坡开挖的核心, 其科学合理的应用直接关系到工程的安全、质量和进度。在实际操作中, 主要遵循三个关键原则: 分层开挖、阶梯式开挖以及临时支撑的使用, 这些方法旨在确保边坡的稳定性, 防止不必要的地质灾害。

分层开挖, 按照设计的精确坡度逐层进行。每一层的开挖深度和宽度都需要严格控制, 以确保开挖过程中边坡的侧向压力在可接受的范围内。这种技术强调的是逐步、有序的作业, 以避免一次性大规模开挖导致的边坡失稳风险。

阶梯式开挖, 其灵感来源于自然山体的形态, 通过在开挖过程中形成一系列的平台, 将原本集中的一体荷载分散到更大的面积上。这种开挖方式不仅有利于边坡的稳定性, 同时也为施工人员提供了安全的工作平台, 便于安装支护结构和进行质量检查。

临时支撑的使用, 是边坡开挖中的“安全网”。挡土板、锚杆等支撑结构如同坚固的支柱, 能够在开挖过程中为边坡提供即时的稳定性, 防止因土体松动或地下水活动导致的边坡过早失稳。同时, 临时支撑的设置也需要根据地质条件和开挖进度灵活调整, 以实现最佳的支护效果。

### 3.2 岩石边坡开挖技术

在地质工程领域, 岩石边坡的开挖技术是至关重要的一步, 它直接影响着工程的安全性和经济性。目前, 常见的开挖技术主要包括钻爆法、机械切割法和预裂爆破法, 每种方法都有其独特的适用条件和优势。

钻爆法是一种广泛应用的传统开挖技术。其工作流程包括钻孔、装药、爆破和清理四个步骤。钻孔是通过专业设备在岩石中钻出一系列的孔洞, 然后在孔洞中填充炸药, 通过爆破使岩石破碎。爆破后的岩石碎片需要通过装载和运输设备进行清理。这种方法适用于大规模、快速的开挖作业, 但可能会对周围环境造成一定的震动影响。

机械切割法主要适用于硬岩和稳定性较好的边坡。这种技术利用大型、高精度的切割机, 通过旋转的刀具或高压水射流对岩石进行逐层切割, 形成整齐的断面。这种方法的优点是精度高, 震动小, 对边坡的破坏小, 但对设备的要求较高, 且对于软岩或结构复杂的岩石可能效率较低。

预裂爆破法是一种旨在减少震动影响的先进技术。

在主爆破前,先进行一次小规模爆破,形成预裂缝,这样可以有效地“预设”开挖面,当主爆破进行时,大部分的震动能量会被预裂缝吸收,从而大大减小了对边坡的震动影响,提高了开挖面的平整度。这种方法常用于对震动控制要求严格的工程,如公路、铁路的边坡开挖。

### 3.3 支护技术的应用

#### ① 锚杆支护

锚杆支护,作为一种广泛应用的边坡防护技术,其原理是通过在边坡的表层岩石或土壤中打入锚杆,将原本可能因重力、风化、地震等因素导致的边坡荷载有效地传递到地下深层的稳定岩层,从而达到提高边坡稳定性的目的。这一技术的出现,极大地改善了地质条件复杂地区的工程安全问题,如公路、铁路、矿山开采等领域的边坡防护。

锚杆的种类和设计形式多样,以满足不同地质环境的需求。预应力锚杆是在安装锚杆时预先施加一定的拉力,使锚杆与周围岩体形成紧密的咬合,增强了锚固效果,适用于荷载大、地层松软的环境。而非预应力锚杆则是在安装后不施加额外拉力,主要依靠锚固体与岩体的摩擦力保持稳定,适用于地质条件较好、荷载较小的情况。此外,还有动态设计的锚杆,可以根据边坡的实际动态荷载进行调整,提供更灵活的防护方案。

在实际应用中,锚杆支护技术的成功案例不胜枚举。例如,在中国西南地区,由于地质构造复杂,山体滑坡、泥石流等自然灾害频发,许多公路和铁路工程都采用了锚杆支护技术,有效地防止了边坡的滑移,保障了交通线路的安全。然而,尽管锚杆支护技术具有显著的优势,但在设计和施工过程中仍需谨慎对待。每一种地质条件都有其独特性,必须进行详细的地质勘探和计算,以确定最佳的锚杆类型、数量、长度和布置方式。同时,施工过程中的质量控制也至关重要,任何疏忽都可能导致锚杆的失效,从而威胁到工程的安全。

#### ② 喷射混凝土支护

喷射混凝土,一种在现代土木工程中广泛应用的技术,被誉为边坡防护的“铠甲”,在防止地质灾害和保护基础设施方面发挥着至关重要的作用。这种防护层的使用,源于对自然环境侵蚀力深刻理解的科学应对,旨在抵御雨水的无情冲刷和风化的无情侵蚀,从而保护边坡的稳定性。

喷射混凝土的主要优势在于其能够形成连续、无缝的覆盖层,有效地阻止水分渗透到边坡内部,降低土壤的湿度,从而减少因水分引起的土壤颗粒松动和滑坡风险。

此外,喷射混凝土的灵活性和适应性也是其广受欢迎的原因之一。在复杂地形或结构中,它可以精确地喷射到需要防护的区域,形成与边坡形状紧密贴合的防护层。更进一步,喷射混凝土还可以与锚杆、钢筋网等其他支护结构结合,形成一种复合支护系统。这种系统能够分散和吸收来自不同方向的荷载,显著增强支护结构的承载能力和耐久性,对于防止边坡滑移、崩塌等灾害具有显著效果。

#### ③ 锚索支护与土钉墙

首先,锚索支护是一种深部加固技术,其原理是通

过将预应力的锚索打入地层深处的稳定层,利用深层土壤的稳定性来抵抗边坡的侧向推力。锚索通常由高强度钢材制成,其拉力可达到数千吨,足以抵消由于土壤移动或荷载引起的边坡应力。这种技术在大型基础设施建设,如高速公路、桥梁和隧道工程中,被广泛采用,以确保边坡在极端条件下的稳定性。

另一方面,土钉墙技术则是一种更为经济且灵活的解决方案。它的工作原理是在边坡表面打入一系列短小的锚杆,即土钉,然后在土钉上喷射一层混凝土,形成一个连续的护面。土钉墙能够有效地分散和稳定土壤的应力,防止边坡的局部滑移。此外,土钉墙还可以根据边坡的具体地质条件和形状进行设计,具有良好的适应性。在城市改造、建筑工地和矿山开采等场合,土钉墙技术被证明是一种有效的边坡防护手段。

这两种技术的成功应用,往往需要结合地质勘探、数值模拟和现场试验等多方面的专业知识。例如,通过地质勘探可以确定地层的分布和稳定性,为锚索的深度和土钉的布置提供依据。而数值模拟则可以帮助工程师预测边坡在不同工况下的行为,优化设计方案。在实际施工过程中,还需要通过监测和调整,确保支护系统的性能满足设计要求。

#### ④ 排水系统

排水系统主要包括三个主要组成部分:排水沟、排水孔和防渗帷幕。排水沟通常设置在边坡的顶部和底部,用于收集和引导地表径流,防止水流直接冲刷边坡,造成土壤侵蚀。排水孔则是通过在边坡内部设置垂直或倾斜的管道,将深层的地下水引至坡脚,降低地下水位,减少水压力对边坡稳定性的影响。防渗帷幕则是一种防止地下水渗透到边坡体内的措施,通常采用防渗材料在边坡内部或周围构建一道屏障,有效地阻止地下水的流动,降低水害风险。

在实际应用中,排水系统的设计需要根据边坡的地质条件、地形地貌、气候因素以及预期的水文条件进行。例如,对于含水量丰富的砂质土壤边坡,可能需要更密集的排水孔布局;而对于含有裂隙的岩石边坡,防渗帷幕的设计则更为关键。此外,设计过程中还需要考虑到系统的维护和管理,确保其在长期使用中的有效性和可靠性。

### 结语

边坡开挖支护技术在水利水电工程中起着至关重要的作用,能够有效防止或减少地质灾害,确保工程的安全性和经济性。因此,应根据具体的地质条件和工程需求,选择和优化支护技术,实现边坡的稳定和长期安全运行。同时,随着科技的发展,新型支护技术和方法的不断涌现,将进一步提高水利水电工程的建设水平。

### 参考文献

- [1]王泽源. 水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J]. 产业与科技论坛, 2022, 21(16): 45-46.
- [2]宋铭明. 水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J]. 江西建材, 2022(07): 163-164, 167.
- [3]陈保翠. 水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的有效应用[J]. 长江技术经济, 2022, 6(01): 85-89.