

水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用

谢 锴

河南省水利第一工程局集团有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 随着水利工程建设规模的不断攀升,复杂地质条件下的边坡施工难题日益凸显。本文聚焦水利工程施工中的边坡开挖支护技术。首先概述了边坡开挖支护技术的定义、目的、应用范围与重要性。接着详细阐述边坡开挖技术要点,涵盖土质、岩质、特殊地质边坡开挖及监测调整技术;深入探讨边坡支护技术要点,包括锚杆、挡土墙、喷锚支护及新型材料技术。最后展望该技术发展趋势,涉及智能化监测控制、生态化防护以及标准化与模块化设计,旨在为水利工程施工中边坡开挖支护提供全面的理论支持与实践指导。

关键词: 水利工程; 边坡开挖; 边坡支护; 技术发展趋势

引言: 在水利工程领域,边坡开挖与支护是施工过程中的关键环节。水利工程多处于复杂地质环境,边坡稳定性直接影响工程安全与质量。边坡开挖若操作不当,易引发滑坡、坍塌等地质灾害;而支护技术若不合理,也无法有效保障边坡稳定。随着水利工程建设规模不断扩大、技术要求日益提高,传统的边坡开挖支护技术面临诸多挑战。深入研究并应用先进的边坡开挖支护技术,对于确保水利工程施工安全、提高工程质量、延长工程使用寿命具有至关重要的意义。

1 水利工程施工中边坡开挖支护技术概述

1.1 边坡开挖支护技术的定义与目的

边坡开挖支护技术是水利工程中,针对施工区域边坡进行开挖作业,并同步或后续采取一系列措施保障边坡稳定性的综合技术。其核心在于通过科学合理的开挖方式,改变边坡原有形态,同时运用支护手段,如设置锚杆、修建挡土墙等,增强边坡的抗滑、抗倾能力。目的是防止边坡在开挖过程中及后续使用期间发生失稳、滑坡等灾害,确保水利工程施工安全顺利进行,保障周边环境及工程本身长期稳定运行,为水利设施的正常发挥功能奠定坚实基础。

1.2 边坡开挖支护技术的应用范围

边坡开挖支护技术在水利工程中应用广泛。在堤防工程里,对河岸边坡进行开挖与支护,可抵御水流冲刷,防止堤岸坍塌。水库工程中,大坝周边边坡的开挖支护关乎大坝安全,避免因边坡失稳影响水库正常运行。在引水、调水工程里,渠道边坡的开挖支护能保证水流顺畅,防止边坡滑移堵塞渠道。此外,水电站建设时,对进出水口、厂房周边等边坡进行开挖支护,可保障施工与运行安全,确保水电站稳定发电,是水利工程各环节不可或缺的技术。

1.3 边坡开挖支护技术的重要性

边坡开挖支护技术对水利工程至关重要。从安全层面看,合理运用该技术能有效避免边坡失稳引发的滑坡、坍塌等事故,保障施工人员生命安全,减少财产损失。在工程质量方面,稳定的边坡为水利设施提供了可靠的基础,确保大坝、堤防等结构长期稳定运行,延长工程使用寿命。从环境角度讲,科学的边坡开挖支护可减少水土流失,保护周边环境。而且,良好的边坡稳定性有助于水利工程的正常功能发挥,如保证引水、调水的顺畅,维持水电站的稳定发电,对水利事业的可持续发展意义重大^[1]。

2 水利工程施工中边坡开挖技术要点

2.1 土质边坡开挖技术

在水利工程施工中,土质边坡开挖技术需严格遵循分层分段、自上而下的原则。开挖前,需通过地质勘察明确土质条件、坡度及稳定性,据此制定分层厚度与分段长度。一般分层厚度控制在3-5米,分段长度以10-20米为宜,以减少土体应力释放引发的失稳风险。开挖过程中,优先采用机械与人工结合的方式。大型机械负责主体开挖,边角及软弱层由人工修整,避免超挖或扰动坡脚。每层开挖后需及时复测坡度与标高,确保符合设计要求。同时,坡顶需设置截水沟,坡面覆盖塑料布防雨水冲刷,坡脚设排水沟排除积水,防止土体软化。针对软土或高边坡,需采取动态监测与调整措施。通过全站仪、测斜仪等设备实时监测位移、沉降,数据异常时立即暂停施工,采取反压回填、临时支护等应急措施。开挖后及时实施挂网喷浆、土钉墙等浅层支护,增强坡面稳定性,为后续施工提供安全保障。

2.2 岩质边坡开挖技术

在水利工程施工里,岩质边坡开挖技术要求精准且

严谨。开挖前,要全面开展地质勘查,精准掌握岩石的岩性、结构面特征、风化程度等关键信息,以此为依据合理规划开挖方案。实际开挖时,多采用爆破与机械开挖相结合的方式。对于坚硬完整的岩石,可运用预裂爆破、光面爆破等技术,控制爆破范围和方向,减少对周边岩体的扰动,保证边坡的平整度和稳定性。机械开挖则用于处理爆破后的松散岩石以及一些不适合爆破的区域。开挖过程中,需遵循“分台阶、逐层下挖”的原则,每层台阶高度根据岩石特性和设备性能确定,一般不超过15米。同时,要及时清理坡面上的浮石、危石,防止其滚落伤人或影响后续施工。

2.3 特殊地质边坡开挖技术

在水利工程施工中,特殊地质边坡开挖面临诸多挑战,需针对性采用技术措施。对于软弱夹层边坡,由于其力学性能差、易变形,开挖前要详细探明软弱夹层分布。开挖时采用小进尺、弱爆破方式,减少对软弱夹层的扰动。每开挖一定深度,及时进行支护,如采用混凝土桩或预应力锚索加固软弱夹层部位,增强边坡整体稳定性。遇到断层破碎带边坡,其结构松散、稳定性差。开挖前需对断层破碎带进行注浆加固处理,提高岩体强度。开挖过程中,加强边坡监测,采用超前支护技术,如超前小导管注浆,在开挖面前方形成保护壳,防止坍塌。在膨胀土边坡开挖时,膨胀土具有吸水膨胀、失水收缩的特性。开挖应避免雨季,若无法避开,要做好排水措施,在边坡顶部和坡面设置截水沟和排水沟。

2.4 边坡开挖监测与动态调整技术

在水利工程的边坡开挖过程中,监测与动态调整技术是保障施工安全与质量的关键环节。监测工作需全方位开展。利用高精度全站仪、测斜仪等设备,对边坡的位移、沉降进行实时测量;通过埋设土压力盒、孔隙水压力计,掌握边坡内部应力与孔隙水压力变化;借助雨量计、水位计,监测降雨与地下水位情况。多种监测手段结合,能全面获取边坡动态信息。依据监测数据及时进行动态调整。若位移、沉降量超过预警值,立即暂停开挖,分析原因。若是因开挖速度过快导致,就降低开挖强度,增加支护措施,如加密锚杆、增设挡土板。当内部应力异常时,调整开挖顺序与深度,避免应力集中。若遇降雨使地下水位上升,加强排水系统,降低水位^[2]。

3 水利工程施工中边坡支护技术要点

3.1 锚杆支护技术

锚杆支护技术在水利工程施工边坡支护中应用广泛且效果显著。施工前,需根据边坡地质条件、坡度等因素精确设计锚杆参数,包括锚杆长度、直径、间距及布

置方式等。例如,在岩质边坡中,锚杆长度通常依据岩体破碎程度和潜在滑移面深度确定,以确保锚固段能深入稳定岩层。钻孔是关键工序,要保证孔径、孔深和孔向符合设计要求。采用合适的钻机,控制钻进速度,避免孔壁坍塌或卡钻。成孔后,需清理孔内残渣和积水,保证锚杆能顺利安装。锚杆安装时,将锚杆体缓慢送入孔内,确保其居中。注浆环节至关重要,选用合适的水泥浆或化学浆液,通过注浆管将浆液注入孔内,充满锚杆与孔壁间的空隙,增强锚杆与岩体的粘结力。待浆液达到一定强度后,安装锚头并进行张拉锁定,使锚杆产生预应力,有效约束边坡变形,提高边坡稳定性。

3.2 挡土墙支护技术

挡土墙是水利工程施工中常用的边坡支护结构,能有效抵抗土压力,保障边坡稳定。常见的挡土墙类型有重力式、衡重式、悬臂式等。重力式挡土墙依靠自身重量维持稳定,适用于中等高度、地质条件较好的边坡,施工时需保证墙体有足够的断面尺寸和重量。衡重式挡土墙利用衡重台上的填土重量使墙体稳定,能降低墙高、减少基础开挖量。悬臂式挡土墙由立壁、底板和趾板组成,适用于地基承载力较低的边坡。施工时,先进行基础处理,确保基础坚实、平整。对于软弱地基,需采取换填、打桩等加固措施。然后进行墙体砌筑或浇筑,严格控制材料质量,砖石挡土墙要保证砌筑砂浆饱满,混凝土挡土墙需确保混凝土配合比准确、振捣密实。

3.3 喷锚支护技术

喷锚支护技术是水利工程施工边坡支护中一种高效且应用广泛的方法,它将喷射混凝土与锚杆支护有机结合,能有效提高边坡的稳定性。施工时,先进行锚杆安装。依据设计要求精准定位锚孔位置,采用合适的钻机钻孔,保证孔径、孔深和孔向符合标准。将锚杆体插入孔内后,进行注浆作业,使锚杆与周边岩体紧密粘结,形成锚固力。随后开展喷射混凝土工作。选用质量合格的砂石、水泥等原材料,按照科学配比制备混凝土。利用喷射设备将混凝土高速喷射到坡面上,形成一层具有一定强度和厚度的混凝土层。喷射过程中,要控制好喷射距离、角度和速度,确保混凝土均匀密实,与坡面良好粘结。喷锚支护技术能及时封闭坡面,防止岩体风化、剥落,同时锚杆提供的拉力可有效约束岩体变形。该技术施工便捷、适应性强,尤其适用于岩质边坡和土质松散的边坡,能显著增强边坡的整体稳定性,保障水利工程施工安全。

3.4 新型支护材料与技术

在水利工程施工边坡支护领域,新型支护材料与技

术不断涌现,为边坡稳定提供了更可靠的保障。新型支护材料方面,纤维增强复合材料(FRP)锚杆逐渐得到应用。它具有高强度、耐腐蚀、重量轻等优点,相比传统钢锚杆,在潮湿、腐蚀性强的水利环境中使用寿命更长,且安装便捷,能有效提高施工效率。另外,高性能混凝土的出现,提升了支护结构的强度和耐久性,其具有更好的抗裂性、抗渗性,可适应复杂的地质条件和恶劣的施工环境。新型支护技术中,微型桩支护技术较为突出。微型桩直径小、施工灵活,能深入到边坡内部稳定地层,通过群桩效应增强边坡整体稳定性,尤其适用于空间受限或地质条件复杂的边坡。还有土钉墙与预应力锚索联合支护技术,将土钉墙的浅层支护与预应力锚索的深层加固相结合,形成多道防线,有效控制边坡变形,提高边坡的安全系数,在水利边坡工程中展现出良好的应用前景^[3]。

4 水利工程边坡开挖支护技术的发展趋势

4.1 智能化监测与控制

水利工程边坡开挖支护技术正加速向智能化监测与控制方向演进。依托5G通信、物联网及大数据技术,智能化监测系统可实时采集边坡位移、应力、地下水位等关键参数,并通过AI算法实现数据动态分析。例如,无人机搭载高精度传感器可快速扫描复杂地形,激光雷达技术则能精准捕捉边坡三维形变,结合云计算平台实现远程监控与预警。未来,智能化系统将进一步集成机器学习模型,通过历史数据训练提升风险预测能力,实现从“被动响应”到“主动防控”的转变。

4.2 生态化防护技术

生态化防护技术已成为水利工程边坡支护的重要发展方向。传统混凝土支护易导致生态破坏,而植被混凝土、土工网植草等生态材料通过模拟自然环境,兼顾边坡稳定与生态修复。例如,植被混凝土的多孔结构可促进土壤与空气交换,为植物提供生长条件,同时通过根

系固土作用增强边坡抗冲刷能力。此外,香根草等耐旱植物因其根系发达、生长迅速,被广泛应用于护坡工程,形成“绿色屏障”。未来,生态化防护将更注重材料创新与植物选型,结合微生物固土技术、可降解材料等,实现“零污染”施工,推动水利工程与生态环境的和谐共生。

4.3 标准化与模块化设计

标准化与模块化设计是提升水利工程边坡支护效率的关键。通过制定统一的支护结构参数、施工工艺及质量验收标准,可减少设计变更与施工误差,降低全生命周期成本。例如,预制装配式挡土墙、标准化锚杆等模块化构件,可实现快速安装与质量追溯,缩短工期30%以上。同时,模块化设计支持根据地质条件灵活组合支护方案,如软土边坡采用微型桩+土钉墙复合支护,岩质边坡则优先选用预应力锚索体系^[4]。

结束语

在水利工程施工领域,边坡开挖支护技术是保障工程安全与稳定的核心环节。从精准的边坡开挖到多样化的支护手段,如锚杆、挡土墙、喷锚及新材料技术的综合运用,每一环节都凝聚着科技创新与实践智慧。随着智能化监测、生态化防护及标准化设计的深度融合,该技术正朝着更高效、更环保、更规范的方向迈进。

参考文献

- [1]罗俊辉.水利工程施工中边坡开挖支护技术要点与运用[J].中国住宅设施,2021(11):47-48.
- [2]李洋.水利工程施工中的边坡开挖支护技术分析[J].工程技术研究,2021,6(22):101-102.
- [3]石晓剑.边坡开挖支护技术在水利工程施工中的有效运用研究[J].农业开发与装备,2021(09):86-87.
- [4]吕立群.水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J].住宅与房地产,2021(19):231-232.