

水利水电施工过程中边坡开挖支护技术的应用

李福增

鄄城县引黄灌溉工程管理服务服务中心 山东 菏泽 274600

摘 要: 本文聚焦水利水电边坡开挖支护技术, 阐述其应用基础, 包括地质条件、开挖特性对支护的影响。介绍喷锚支护、挡土墙支护、预应力锚索支护等技术的原理与操作要点。分析地质条件、施工工艺、支护材料与水文环境等因素对支护效果的影响。提出优化措施, 如根据地质与施工条件选型、规范施工工艺、优化材料与排水设计等, 以提升支护技术的适配性、可靠性与耐久性, 保障水利水电工程边坡稳定与施工安全。

关键词: 水利水电施工; 边坡开挖; 支护技术; 应用

引言: 水利水电工程中, 边坡开挖支护是保障施工安全与工程质量的关键环节。边坡稳定性受地质条件、开挖特性及水文环境等多重因素影响, 一旦失稳, 将引发坍塌、滑坡等严重后果。因此, 科学应用边坡开挖支护技术至关重要。当前, 喷锚支护、挡土墙支护、预应力锚索支护等技术广泛应用于水利水电工程, 但技术选型、施工工艺、材料性能及排水设计等方面仍存在优化空间。本文系统阐述水利水电边坡开挖支护的应用基础、技术分类、影响因素及优化措施, 旨在为工程实践提供理论指导与技术参考, 推动边坡开挖支护技术的规范化、科学化发展, 提升水利水电工程的安全性及耐久性。

1 水利水电边坡开挖支护的应用基础

水利水电边坡开挖支护旨在通过人工干预增强边坡岩体整体性与稳定性, 控制变形, 防范坍塌、滑坡等隐患, 保障施工安全与工程质量。其应用需充分掌握边坡地质条件、开挖特性及支护核心需求, 明确前提与约束条件, 为后续设计与施工奠定基础。(1) 边坡地质条件是支护技术选型与设计的核心依据, 涵盖岩体性质、地质构造、水文条件等。岩体性质决定边坡稳定性, 坚硬完整岩体边坡稳定性佳, 支护难度低; 松散破碎岩体则相反, 需高强度、全面防护的支护技术。地质构造如断层、褶皱、节理裂隙会破坏岩体完整性, 使边坡受力不均, 易形成滑动面, 增加支护难度, 设计时要充分考虑其分布特点并针对性加固。(2) 水文条件对边坡稳定性影响显著。地下水渗透会降低岩体抗剪强度、增加边坡自重, 易引发滑坡; 地表水冲刷会侵蚀坡面、破坏岩体结构, 加剧变形。因此, 支护前要充分勘察水文条件, 采取排水措施降低地下水水位、拦截地表水, 为施工创造良好条件。(3) 边坡开挖特性包括开挖深度、坡度、方式等, 直接影响支护技术选型与施工方案。开挖深度越大、坡度越陡, 边坡稳定性越差, 对支护技术承载能

力和加固效果要求越高; 开挖方式影响岩体扰动程度, 扰动越大, 稳定性越差, 需配合相应支护措施减少影响。此外, 支护技术应用要兼顾施工便捷性与经济性, 在确保支护效果的前提下, 合理选择技术与方案, 实现安全、高效、经济的施工目标^[1]。

2 水利水电边坡开挖支护技术的分类及应用要点

2.1 喷锚支护技术

喷锚支护技术是水利水电边坡开挖中应用最广泛的支护技术之一, 核心是通过喷射混凝土与锚杆结合, 形成联合支护体系, 增强边坡岩体的整体性与抗滑能力, 适用于各类松散破碎岩体、风化岩体边坡, 尤其适合边坡开挖过程中的临时支护与永久支护。(1) 喷锚支护技术主要由喷射混凝土与锚杆支护两部分组成, 两者协同作用, 实现对边坡的加固防护。喷射混凝土的核心作用是封闭边坡坡面, 防止岩体风化、雨水冲刷, 同时填补岩体裂隙, 增强岩体的整体性; 锚杆的核心作用是将边坡表层岩体与深层稳定岩体连接起来, 传递边坡表层的应力至深层稳定岩体, 限制边坡岩体的位移, 提升边坡的抗滑能力。(2) 喷锚支护的关键操作要点包括锚杆施工与喷射混凝土施工。锚杆施工需精准确定锚杆的布置参数(间距、行距、长度、角度), 根据边坡岩体性质与开挖深度合理设计, 确保锚杆深入深层稳定岩体, 施工过程中需保证锚杆安装牢固, 注浆饱满, 避免出现锚杆松动、注浆不密实等问题。喷射混凝土施工需控制混凝土的配合比与喷射厚度, 喷射前需清理边坡坡面的松动岩体与杂物, 确保坡面平整, 喷射过程中需均匀喷射, 避免出现空鼓、裂缝等缺陷, 喷射完成后需及时养护, 提升混凝土的强度^[2]。

2.2 挡土墙支护技术

挡土墙支护技术是通过修建挡土墙, 承受边坡岩体的侧向压力, 限制边坡位移, 防止边坡坍塌的支护方

式,核心优势是承载能力强、防护效果稳定,适用于坡度较陡、岩体松散、侧向压力较大的边坡,尤其适合边坡底部的防护与加固。(1)挡土墙支护技术的核心原理是利用挡土墙自身的重量与刚度,平衡边坡岩体的侧向推力,阻止边坡岩体下滑、坍塌,同时可配合排水设施,排出边坡内部的地下水,降低地下水对边坡稳定性的影响。根据结构形式的不同,挡土墙可分为重力式挡土墙、悬臂式挡土墙、扶壁式挡土墙等,其中重力式挡土墙因结构简单、施工便捷、承载能力强,在水利水电边坡支护中应用最为广泛。(2)挡土墙支护的关键操作要点包括基础施工、墙体施工与排水设计。基础施工需选择承载力足够的地基,确保基础牢固,避免因地基沉降导致挡土墙变形、失效;墙体施工需控制墙体的截面尺寸、砌筑质量或浇筑质量,确保墙体具备足够的刚度与强度,能够承受边坡的侧向压力;排水设计是挡土墙支护的重要环节,需在挡土墙底部设置排水孔,及时排出边坡内部的地下水,降低地下水对墙体的压力,避免墙体因水压力过大出现裂缝、坍塌。

2.3 预应力锚索支护技术

预应力锚索支护技术是一种高强度、高承载力的支护技术,核心是通过锚索施加预应力,将边坡岩体与深层稳定岩体紧密连接,利用锚索的拉力约束边坡岩体的变形,提升边坡的稳定性,适用于高边坡、陡边坡、大跨度边坡及地质条件复杂的边坡,尤其适合对支护承载力要求较高的永久支护场景。(1)预应力锚索支护技术的核心原理是通过锚索的预应力作用,在边坡岩体中形成压应力区,增强岩体的抗剪强度与整体性,限制边坡岩体的滑动与位移,同时可根据边坡的受力状态,调整锚索的预应力值,确保支护效果。预应力锚索主要由锚头、锚索体、锚固段三部分组成,锚固段深入深层稳定岩体,通过注浆与岩体结合,确保锚索的锚固力;锚头用于固定锚索并施加预应力;锚索体承担拉力,传递预应力。(2)预应力锚索支护的关键操作要点包括锚索施工、预应力施加与注浆施工。锚索施工需精准确定锚索的布置参数、长度与角度,确保锚固段深入深层稳定岩体,施工过程中需保证锚索体的完整性,避免出现破损、锈蚀等问题。预应力施加需严格按照设计要求,分阶段、均匀施加,避免预应力过大或过小,施加完成后需进行锁定,确保预应力稳定。注浆施工需保证注浆饱满、密实,增强锚固段与岩体的结合力,提升锚索的锚固效果,避免因注浆不密实导致锚索锚固力不足。

3 水利水电边坡开挖支护技术应用的影响因素

3.1 地质条件因素

地质条件是影响支护效果的核心自然因素,对支护技术选型、设计参数及施工方案具有决定性影响。(1)岩体性质的差异直接导致支护难度与支护方式的不同,松散破碎岩体、风化岩体的整体性差、抗剪强度低,支护过程中需采用加固效果更强的技术,且支护参数需更加严格;坚硬完整岩体的稳定性好,支护难度较低,可采用相对简单的支护技术。(2)地质构造(如断层、节理裂隙)会破坏岩体的完整性,形成潜在的滑动面,若支护设计未充分考虑地质构造的分布特点,易导致支护失效,引发边坡坍塌。此外,岩体的风化程度也会影响支护效果,风化程度越高,岩体的强度越低,稳定性越差,需加强支护防护,避免岩体进一步风化^[3]。

3.2 施工工艺因素

施工工艺的规范性与合理性直接影响支护技术的应用效果,主要包括开挖工艺与支护施工工艺。(1)开挖工艺的选择与施工质量会影响边坡的稳定性,若开挖方式不合理、开挖速度过快,会过度扰动边坡岩体,导致岩体松动、位移,增加支护难度;分层开挖、跳槽开挖可减少边坡岩体的扰动,提升边坡稳定性,为支护施工创造良好条件。(2)支护施工工艺的规范性至关重要,锚杆安装、喷射混凝土、锚索预应力施加、挡土墙砌筑等环节的施工质量,直接决定支护体系的承载能力与稳定性。例如,锚杆注浆不密实、喷射混凝土出现空鼓裂缝、锚索预应力施加不均,都会导致支护效果下降,甚至引发支护失效;施工过程中未及时进行支护,会导致边坡岩体长期处于不稳定状态,易发生坍塌。

3.3 支护材料与水文环境因素

支护材料的性能直接决定支护体系的强度、耐久性与可靠性,是影响支护效果的关键因素。(1)锚杆、锚索、混凝土、钢筋等支护材料的力学性能、耐腐蚀性能、抗老化性能,需与水利水电工程的施工环境与运行要求相适配。若支护材料性能不达标,如锚杆强度不足、混凝土抗渗性差、锚索易锈蚀,会导致支护体系长期使用后出现损坏、失效,影响边坡稳定性。(2)水文环境对支护效果的影响主要体现在地下水与地表水两个方面。地下水的渗透会降低岩体的抗剪强度,增加边坡自重与侧向压力,同时会侵蚀支护材料,导致支护材料锈蚀、损坏;地表水的冲刷会侵蚀边坡坡面,破坏岩体结构与支护体系,加剧边坡变形。若支护设计与施工中未采取有效的排水措施,会导致边坡内部积水,进一步降低边坡稳定性,影响支护效果。

4 水利水电边坡开挖支护技术应用的优化措施

4.1 优化支护技术选型,适配地质与施工条件

支护技术选型的核心是结合边坡地质条件、开挖特性及支护需求,选择适配的支护技术与支护形式,避免选型不合理导致支护效果不佳。(1)对于松散破碎、风化严重的岩体边坡,优先采用喷锚支护技术,配合预应力锚索补充加固,增强边坡岩体的整体性与抗滑能力;对于坡度较陡、侧向压力较大的边坡,采用挡土墙支护技术,确保支护体系的承载能力,同时配合排水措施,降低水压力影响。(2)对于高边坡、陡边坡及地质条件复杂的边坡,采用预应力锚索支护技术,利用其高强度、高承载力的优势,有效约束边坡位移;对于临时支护,可采用喷锚支护等施工便捷、成本较低的技术;对于永久支护,需结合边坡的重要性与运行要求,选择耐久性好、支护效果稳定的技术,必要时采用组合式支护体系,兼顾加固与防护功能,提升支护的适配性与可靠性。

4.2 优化施工工艺,规范施工操作

(1)优化开挖工艺,减少对边坡岩体的扰动,根据边坡地质条件与开挖深度,采用分层开挖、跳槽开挖的方式,控制开挖速度与开挖坡度,避免过度扰动岩体;开挖过程中及时清理坡面松动岩体与杂物,确保坡面平整,为支护施工创造良好条件。(2)规范支护施工工艺,建立完善的施工质量管控体系,明确各施工环节的操作规范与质量标准。锚杆、锚索施工需精准控制布置参数、安装质量与注浆效果,确保锚杆、锚索安装牢固、注浆饱满;喷射混凝土施工需控制配合比、喷射厚度与养护质量,避免出现空鼓、裂缝等缺陷;挡土墙施工需保证基础牢固、墙体砌筑或浇筑质量达标;预应力施加需严格按照设计要求,分阶段均匀施加,确保预应力稳定。此外,需加强施工过程中的现场监管,及时发现并整改施工中的质量问题,确保支护施工质量^[4]。

4.3 优化材料选择与排水设计,提升支护耐久性

(1)优化支护材料选择,根据水利水电工程的施工环境、水文条件及运行要求,选择力学性能良好、耐腐蚀、抗老化、耐久性强的支护材料。锚杆、锚索优先选择高强度、耐腐蚀的钢材,避免锈蚀;混凝土选择抗

渗、抗冻、强度等级符合设计要求的品种,提升混凝土的耐久性;支护材料进场前需进行质量检测,确保材料性能达标,杜绝不合格材料用于施工。(2)优化排水设计,结合边坡的水文条件,构建完善的排水体系,有效排出边坡内部的地下水与表面的地表水。在边坡坡面设置排水槽,拦截地表水,避免地表水冲刷坡面;在边坡内部设置排水孔、排水盲沟,降低地下水水位,减少地下水对岩体与支护体系的影响;挡土墙底部设置排水孔,及时排出墙体后方的积水,降低水压力,避免墙体变形、失效。同时,定期对排水系统进行清理维护,确保排水畅通,提升支护体系的耐久性与稳定性^[5]。

结束语

水利水电边坡开挖支护技术的科学应用是保障工程安全与稳定的核心。通过精准分析地质条件、规范施工工艺、优化材料选型与排水设计,可显著提升支护体系的适配性与耐久性。未来,需进一步结合工程实际,加强技术创新与动态监测,推动支护技术向智能化、精细化方向发展。同时,强化施工过程管控与质量验收,确保支护措施有效落实,为水利水电工程长期安全运行提供坚实保障。通过持续优化技术体系与管理模式,可最大限度降低边坡失稳风险,实现工程经济效益与社会效益的有机统一,为我国水利水电事业高质量发展奠定技术基础。

参考文献

- [1]杨正.水利水电施工过程中边坡开挖支护技术施工技术[J].大众标准化,2023,(21):35-37.
- [2]赵国栋.水利水电施工过程中边坡开挖支护技术的运用[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(15):215-217.
- [3]石杰炳.水利水电施工过程中边坡开挖支护技术研究[J].大陆桥视野,2024,(05):129-131.
- [4]张家健.水利水电施工过程中边坡开挖支护技术[J].中国高新科技,2021,(13):55-56.
- [5]李青常.水利水电施工过程中边坡开挖支护技术[J].科学技术创新,2021,(10):130-131.