

高边坡支护在水利工程施工中的关键问题分析

吴建保 朱澄浩

浙江省第一水电建设集团股份有限公司 浙江 杭州 310052

摘要：随着水利工程建设规模持续扩大，高边坡工程愈发常见。高边坡支护作为水利工程施工的关键环节，其质量直接关系到工程整体安全与稳定。本文全面且深入地剖析了高边坡支护在水利工程施工中的关键问题，涵盖地质条件复杂性、支护结构设计不合理、施工工艺不规范、监测不到位等方面，并针对这些问题提出了切实可行的解决措施，旨在为提升水利工程施工中高边坡支护质量提供有力参考。

关键词：高边坡支护；水利工程；关键问题；解决措施

1 引言

水利工程作为国家基础设施建设的核心部分，在防洪、灌溉、发电、供水等诸多领域发挥着不可替代的重要作用。在水利工程施工进程中，高边坡工程屡见不鲜。高边坡因自身高度大、坡度陡峭，且受地质、水文、气象等多种因素的综合影响，稳定性欠佳，极易发生滑坡、崩塌等地质灾害，给工程带来严重的安全隐患。因此，采取行之有效的高边坡支护措施，确保高边坡的稳定，是水利工程施工中的关键任务之一。然而，在实际施工过程中，高边坡支护存在诸多关键问题，若这些问题得不到妥善解决，将严重影响工程质量，甚至引发工程事故。深入研究高边坡支护在水利工程施工中的关键问题，并提出针对性的解决措施，具有极为重要的现实意义。

2 高边坡支护在水利工程施工中的关键问题

2.1 地质条件复杂性带来的问题

地质条件复杂性带来的问题主要体现在两方面。一是地质勘察不准确，由于水利工程区域地质条件复杂，若勘察范围不全面、深度不足或方法不当，将导致获取的地质资料不准确，影响支护设计方案的合理性。二是地质条件变化大，在施工过程中，受开挖、爆破等影响，岩层可能暴露并发生风化、水蚀等性质变化，甚至出现未预见的断层、溶洞等构造，若未能及时发现和应对，将带来严重安全隐患。

2.2 支护结构设计不合理

支护结构设计不合理主要表现在设计理论不完善和缺乏针对性设计。当前高边坡支护多依赖极限平衡法、有限元法等经典理论，但这些方法在模拟复杂受力和变形机制方面存在局限，如极限平衡法忽略应力应变关系，有限元法对参数和边界条件敏感，导致支护参数难以精准确定，可能出现强度不足或材料浪费。此外，不

同边坡的地质条件、工程要求各异，需个性化设计，但实际中部分设计人员套用标准方案，忽视边坡特性，如未区分软岩与硬岩差异，造成支护效果不佳，影响边坡稳定性。

2.3 施工工艺不规范

高边坡支护施工中存在钻孔质量差、锚固剂施工不当及钢筋网和混凝土喷射施工问题，这些问题严重影响了支护结构的稳定性和耐久性。钻孔过程中可能出现孔位偏差、孔径不均匀、孔深不足等情况，导致锚杆或锚索安装位置不准、粘结力不均以及承载能力下降。锚固剂施工时，若配比不准、搅拌不充分或灌注不满，其强度与粘结性能会大打折扣，影响支护结构稳定性^[1]。钢筋网安装和混凝土喷射同样面临挑战，如钢筋间距不均、焊接不牢、喷射厚度不一、回弹率高及养护不当等，都会削弱支护结构的整体强度和稳定性，并可能导致材料浪费和成本增加，甚至引起混凝土裂缝等问题，降低工程的质量和耐久性。

2.4 监测不到位

高边坡支护工程中监测不到位主要体现在监测项目不全面、监测频率不合理及监测数据分析不及时三个方面。监测项目若仅关注部分指标如水平位移而忽略垂直位移、深层位移及锚杆（索）应力等，将难以全面掌握边坡稳定状态和支护结构受力情况，无法及时发现隐患。监测频率设置不当，过长可能错过处理问题的最佳时机，过短则增加成本且难以准确判断稳定性。此外，获取的监测数据未能及时分析整理并反馈，导致决策人员面对异常时无法迅速做出正确反应，增加了工程安全风险。这些问题共同作用，严重影响了边坡的安全性和支护效果。

3 解决高边坡支护关键问题的措施

3.1 加强地质勘察工作

3.1.1 提高勘察精度

在进行高边坡地质勘察时,应采用多种勘察方法相结合,如钻探、物探、坑探等,以全面、准确地获取边坡的地质资料。增加勘察点的数量和密度,确保勘察范围覆盖整个边坡区域,特别是对可能存在地质问题的部位进行重点勘察。一般情况下,对于高度大于30m的高边坡,勘察点的间距不宜大于50m;对于地质条件复杂区域,应适当加密勘察点。同时,提高勘察深度,对于重要的高边坡工程,应进行深部地质勘察,了解边坡的地质结构和水文地质条件。例如,对于可能存在深层软弱夹层或断层的高边坡,勘察深度应深入到潜在不稳定地层以下一定深度,一般不少于20m。

3.1.2 动态勘察与调整

在施工过程中,应加强对边坡地质条件的动态勘察。当发现地质条件与勘察资料不符或出现新的地质问题时,应及时进行补充勘察,并根据勘察结果调整支护设计方案。例如,当施工过程中遇到未预见的地质构造时,应立即停止施工,采用钻探、物探等方法进行详细的地质勘察,分析其对边坡稳定的影响^[2]。若遇到断层,应根据断层的产状、性质、破碎带宽度等因素,重新评估边坡的稳定性,并制定相应的处理措施,如调整支护结构形式、增加支护强度等。对于断层破碎带较宽的情况,可采用注浆加固、设置抗滑桩等措施进行处理。

3.2 优化支护结构设计

3.2.1 完善设计理论与方法

加强对高边坡支护设计理论和方法的研究,结合实际工程案例,不断完善现有的设计理论。例如,开展边坡稳定性数值模拟研究,考虑边坡的复杂受力状态和变形机制,提高数值模拟的准确性和可靠性。在数值模拟中,应合理选取岩土体的本构模型和参数,如采用摩尔-库仑模型、邓肯-张模型等,并通过现场试验和室内试验获取准确的岩土体参数。同时,将监测数据与数值模拟结果相结合,进行反馈分析,不断优化设计参数。此外,还可以借鉴其他领域(如岩土工程、地质工程等)的先进技术和方法,为高边坡支护设计提供新的思路和方法。例如,引入智能算法(如遗传算法、神经网络算法等)对支护结构进行优化设计,提高设计效率和准确性。

3.2.2 开展针对性设计

设计人员应充分了解工程实际情况,包括地质条件、工程要求、施工环境等,开展针对性的高边坡支护设计。对于不同的边坡类型和地质条件,应选择合适的支护方式和结构形式。例如,对于软岩边坡,可采用预应力锚索框架梁支护、抗滑桩支护等方式。预应力锚索

框架梁支护中,锚索的预应力大小应根据边坡的稳定要求和岩土体的力学性质确定,一般预应力值不宜小于锚索设计拉力的60%;框架梁的截面尺寸和配筋应根据锚索的拉力和边坡的变形情况计算确定。对于硬岩边坡,可采用锚杆支护、喷射混凝土支护等方式。锚杆的直径、长度和间距应根据岩体的强度和完整性确定,一般情况下,锚杆直径不宜小于22mm,长度不宜小于3m,间距不宜大于3m。在设计过程中,还应充分考虑边坡的长期稳定性和耐久性,合理确定支护结构的尺寸、材料和施工工艺等参数。例如,对于处于腐蚀性环境中的边坡,应选用耐腐蚀的支护材料,并采取相应的防腐措施。

3.3 规范施工工艺

3.3.1 加强钻孔质量控制

在钻孔施工过程中,应严格按照设计要求进行操作。采用先进的钻孔设备和测量仪器,确保孔位偏差、孔径和孔深符合设计标准。在钻孔前,应对钻孔设备进行检查和调试,确保其正常运行;钻孔过程中,应实时监测钻孔情况,及时调整钻孔参数。例如,采用全站仪等高精度测量仪器进行孔位放样,孔位偏差应控制在±50mm以内。钻孔过程中,应根据岩土体的性质调整钻进速度和压力,避免钻孔偏斜。钻孔完成后,应对孔径、孔深和孔位进行检查验收,合格后方可进行下一道工序。孔径检查可采用卡尺等工具进行测量,孔深检查可采用测绳等工具进行测量,孔位检查可采用全站仪进行复核。

3.3.2 严格锚固剂施工管理

加强对锚固剂施工过程的管理,严格按照锚固剂的配比要求进行搅拌,确保搅拌充分、均匀。在搅拌锚固剂时,应采用专用的搅拌设备,搅拌时间应根据锚固剂的类型和说明书要求确定,一般不少于3-5分钟。在灌注锚固剂时,应采用合适的灌注设备和工艺,保证锚固剂灌注饱满、无空洞^[3]。可采用压力灌注法,通过压力将锚固剂注入钻孔内,确保锚固剂填充密实。同时,对锚固剂的施工质量和锚固效果进行检测,可采用拉拔试验等方法对锚杆、锚索的锚固力进行检测,确保其满足设计要求。拉拔试验应在锚固剂养护达到规定时间后进行,一般情况下,锚杆的拉拔试验应在锚固剂养护7天后进行,锚索的拉拔试验应在锚固剂养护14天后进行。

3.3.3 提高钢筋网和混凝土喷射施工质量

在钢筋网安装过程中,应严格控制钢筋间距和焊接质量,确保钢筋网牢固、平整。钢筋间距可采用钢尺等工具进行测量,偏差应控制在±20mm以内。钢筋焊接应采用合格的焊接工艺和焊条,焊接长度和强度应符合规

范要求。在混凝土喷射施工中,应合理控制喷射厚度和回弹率,采用分层喷射的方法,保证混凝土喷射均匀、密实。分层喷射时,每层喷射厚度不宜大于50mm,相邻两层喷射时间间隔应根据混凝土终凝情况确定,一般不少于4小时。喷射完成后,应及时进行养护,采用覆盖、洒水等方式,确保混凝土强度正常增长。养护时间应根据混凝土的类型和环境条件确定,一般不少于14天。同时,对喷射混凝土的质量进行检测,如采用取芯试验、强度回弹仪检测等方法,确保其强度和耐久性符合要求。取芯试验应在混凝土喷射28天后进行,芯样直径不宜小于100mm,芯样强度应满足设计要求。

3.4 强化监测工作

3.4.1 完善监测项目设置

根据高边坡的特点和工程要求,完善监测项目设置。除了对边坡的水平位移和垂直位移进行监测外,还应增加对深层位移、锚杆(索)应力、地下水位、降雨量等项目的监测。深层位移监测可采用测斜仪等设备进行,监测点应布置在边坡的关键部位,监测深度应根据边坡的高度和地质条件确定,一般不少于边坡高度的1/2。锚杆(索)应力监测可采用应力传感器等设备进行,监测点应布置在具有代表性的锚杆(索)上,监测频率应根据锚杆(索)的受力情况和边坡的稳定状态确定。地下水位监测可采用水位计等设备进行,监测孔应布置在边坡周围可能影响边坡稳定的水源附近。降雨量监测可采用雨量计等设备进行,及时掌握降雨情况,为边坡稳定性分析提供依据。

3.4.2 合理确定监测频率

根据边坡的稳定情况和施工进度,合理确定监测频率。在边坡开挖初期、支护结构施工期间以及遇到特殊天气(如暴雨、地震等)时,应适当增加监测频率。一般情况下,边坡开挖初期和支护结构施工期间,监测频率可为每天1-2次;在遇到暴雨等特殊天气时,监测频率应增加到每小时1次或更频繁^[4]。在边坡稳定后,可适当减少监测频率,但仍需保持一定的监测密度,以确保能够及时发现边坡的异常变化。例如,边坡稳定后,监测频率可调整为每周1-2次。同时,应建立监测预警机制,当监测数据超过设定的预警值时,及时发出预警信号,

以便采取相应的处理措施。预警值应根据边坡的设计安全系数、地质条件和工程经验等因素确定,一般水平位移预警值可取边坡高度的1%-2%,深层位移预警值可根据具体情况确定。

3.4.3 及时进行监测数据分析

监测人员获取监测数据后,应及时对数据进行整理、分析和处理。采用专业的数据分析软件和方法,对监测数据进行统计分析、趋势预测等,判断边坡的稳定状态和支护效果。例如,采用回归分析方法对边坡位移数据进行分析,预测边坡的未来变形趋势。同时,将监测数据分析结果及时反馈给相关部门和人员,为决策提供科学依据。当发现边坡存在安全隐患时,应立即组织专家进行会诊,制定针对性的处理方案,确保工程安全。

结语

高边坡支护在水利工程施工中具有至关重要的地位,其质量直接关系到工程的安全、质量和使用寿命。然而,在实际的工程施工中,高边坡支护存在地质条件复杂性、支护结构设计不合理、施工工艺不规范、监测不到位等关键问题。针对这些问题,本文提出了加强地质勘察工作、优化支护结构设计、规范施工工艺、强化监测工作等一系列解决措施。通过采取这些措施,可以有效提高高边坡支护的质量,保障水利工程施工的安全进行,为水利工程的长期稳定运行提供有力保障。在未来的水利工程建设中,应进一步加强对高边坡支护技术的研究和创新,不断完善相关理论和方法,提高施工水平和管理能力,以应对日益复杂的水利工程建设需求。同时,应加强对施工人员的培训和教育,提高其技术水平和质量意识,确保各项措施能够得到有效落实。

参考文献

- [1]于晓森.水利工程边坡支护施工技术管理方法分析[J].水上安全,2023,(15):46-48.
- [2]徐力泽.水利工程中高边坡开挖与支护工程的施工要点分析[J].黑龙江水利科技,2022,50(10):73-75.
- [3]姚红霞.水利工程施工中高边坡开挖与支护技术的应用[J].建材发展导向,2022,20(20):160-162.
- [4]冯瑜.水利工程中高边坡开挖与支护工程的施工要点[J].黑龙江科学,2020,11(02):112-113.