

水利水电工程边坡开挖支护施工技术的应用

韦月梅

广西勇智水利工程有限公司

摘要：水利水电工程往往建在地形复杂的山区或峡谷中，需要在较陡峭的坡地上进行开挖和支护，因此如何保证施工过程中的安全和效率是一个重要的问题，而边坡开挖支护施工技术的应用能够有效地解决这些问题，提高工程建设的质量和效率。

关键词：水利水电；工程边坡；开挖；支护；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.02.074

20世纪50年代至70年代我国的水利水电工程边坡开挖支护施工主要采用传统的爆破和钢筋混凝土等施工方法，由于技术水平相对较低施工难度大，因此安全事故频繁发生，目前随着科技的不断发展水利水电工程边坡开挖支护技术得到了显著改善，采用了更加先进的技术如钻孔爆破、液压钻掘和高强度锚杆等，且施工安全性也得到了很大的提高，事故的发生率有了明显的下降。

一、边坡开挖支护技术的重要性

水利水电工程中的边坡开挖支护技术意义在于保证施工现场的安全性和工程的长期稳定性，在处于山区和 高山峡谷的水利水电工程施工中，由于地形陡峭、地质条件差等特殊因素，其边坡开挖难度大、风险高，一旦支护措施不到位就可能引发严重的事故，给人民群众生命财产带来巨大损失。据不完全统计国内发生的各类水利水电工程边坡事故中，因为支护措施不到位引起的事故占到了70%以上，这样的数据非常惊人也说明了在水利水电工程施工中，边坡开挖支护技术的重要性^[1]。边坡开挖支护技术是为了防止边坡塌方、崩塌等不稳定现象而采取的一系列措施，目前该技术已经取得了重要的进展，采用了现代化的材料和设备，实现了自动化、智能化和数字化的施工管理，使边坡开挖支护工作更加安全、快捷、高效。边坡开挖支护技术涉及地质条件、边坡坡度、支护方式等很多方面，施工时还要注意对变形情况进行实时监测和预警等，并根据监测数据进行及时调整和补救。只有采取科学、规范的支护措施，并进行严密的监测和预警，才能够保证施工现场的安全和工程的长期稳定性，为我国水利水电工程的发展做出更大的贡献。

二、水利水电工程边坡开挖施工存在的问题

（一）地下水渗透

进行水利水电工程施工时地下水渗透容易导致坡体内部的地下水压力增大，从而引发坡体失稳、坍塌等安全事故，给施工过程带来极大的危害。地下水渗透问题主要是由于水文地质条件复杂所致，在实际的施工过程

中，水文地质条件的不同会导致地下水的渗透状况也不同，因此需要在设计和实施支护方案时就要综合考虑地下水渗透问题，如果支护方案选择不当就会加剧地下水渗透问题，导致开挖坑体失稳的风险增大。因此针对不同的地下水渗透情况，需要采用相应的支护方案，例如采用注浆固结、压力管网加固等方式，以减少地下水渗透对抗体稳定性的影响。

（二）土层开挖与支护协调性不佳

水利水电工程边坡开挖技术中，土层开挖与支护协调性不佳是一个常见问题，其主要原因是施工设计方案不合理或实施不当。不合理的设计或实施不当会导致土体内部承载能力不足，从而引发失稳现象，甚至崩塌、塌方等安全事故。因此这一问题的重点是如何在施工设计方案的制定过程中充分考虑土体力学性质和结构特征，并通过分析地质条件等综合因素，制定出合理的开挖和支护方案^[2]。

（三）施工技术风险

水利水电工程边坡开挖支护技术是一项高风险的工程，其施工过程中存在诸多风险因素。一方面边坡开挖支护施工所在地通常处于复杂的地质环境中，地质条件复杂多变，地下水位高，土石松散易坍塌等，这些因素都给施工安全带来很大的风险；另一方面施工人员进行边坡开挖支护时需要操作各种大型机械设备，这也增加了工程施工过程中的难度和危险性。因此科学、合理的施工技术和有效的安全管理非常关键，可以有效降低施工风险，保障工程安全顺利进行。

三、水利水电工程施工中边坡支护施工环境

（一）土质边坡开挖

在实施水利水电工程的土质边坡开挖和支护施工中，需要充分考虑土壤力学特性和地质条件等因素，优先制定出符合当地地质和水文条件的支护措施，同时根据边坡的具体情况，选择适当的施工方法和设备，如挖掘机、装载机、爆破器材等，以提高施工效率和质量。在支护施工中施工现场的管理应做到规范、有序、安全，建立完善的安全管理制度和工作流程，并在施工现场周围设立围护栏和沉淀池等设施，防止泥沙和污水进入河流和湖泊，保护周边生态环境的稳定和健康^[3]。施工单位要重视技术创新和研究，以提高边坡支护施工的水平 and 效率，推动工程建设的可持续发展，同时采用新材料、新技术、新设备等手段，优化边坡支护方案，提高边坡支护的效果和质量，通过这些措施，可以有效降低施工风险，提高工程建设的质量和水平。

（二）岩质边坡开挖

相比于土质边坡开挖,岩质边坡开挖的难度更大,需要对边坡的物理力学特性进行充分的研究和测试,以制定出合理的开挖和支护方案。钻孔爆破是常用的岩质边坡开挖方法之一,通过控制爆破的范围和程度,可以减小岩石对周围环境的影响。在选择支护措施时,需要充分考虑岩石的特性和岩层的结构,常用的岩质边坡支护措施包括钢管桩加固、岩锚加固等。

四、水利水电工程施工中的边坡开挖支护技术应用要点

(一) 浅层支护技术

常见的浅层支护技术包括加筋土工程、悬臂挡土墙、拱形梁支撑等,这些支护技术在施工过程中需要注意加强现场管理,保证支护结构的稳定和安全。加筋土工程在施工过程中,首先需要対土壤进行采样分析,确定土体的性质和强度,然后在边坡表面挖掘出一定深度的槽口,槽口内设置钢筋或网格布,并往槽口内灌入混凝土,进行科学合理的混凝土养护和强化扫尾工作;加筋土工程的施工方法简单,但需要控制加筋深度和数量,加强对加筋土体的监测,及时发现和处理问题^[4];悬臂挡土墙是在边坡表面打钢筋桩,并固定悬臂挡土墙结构,然后在挡土墙后侧填充合适的土体,最后进行挡土墙的加固和养护。其中悬臂挡土墙的施工周期相对较短,但需要注意挡土墙的高度和深度,以及挡土墙的稳定性和拱形梁支撑其主要原理是在边坡顶部设置钢筋拱形梁结构,然后进行混凝土灌注,使其承受土体的水平力,从而达到支撑边坡的目的,因此施工方法相对复杂需要控制拱形梁的高度和长度,以及拱形梁的稳定性。

(二) 深层支护技术

深层支护技术是一种埋深深度较大的边坡支护技术,通常用于开挖深度超过15米的边坡,其支护方式多样操作方案和技术参数各异。桩墙支护是常见的深层支护技术,包括预制桩、灌注桩、钻孔桩和打钢板桩等,在选择桩墙类型时需根据土质、深度和坡度等选择合适的类型,并需严格控制桩的直径、间距、长度等参数。例如在灌注桩和钻孔桩施工中,混凝土强度需符合GB175-2007标准,如C30、C40等,灌注混凝土的坍落度应控制在8-15cm。拱形桩支撑也是常见深层支护技术,包括拱形钢筋混凝土桩、钢拱架和钢筋混凝土拱形桩等,选择拱形桩类型需根据边坡深度和土质情况选择合适的类型,并严格控制其直径、间距、长度等参数,例如在进行钢拱架施工时,需使用符合GB/T700-2006标准的Q235钢,其抗拉强度为370MPa。还需根据边坡的高度和倾斜角度计算出合适的弧形半径和间距等参数,喷射混凝土支护是一种新型的深层支护技术,在进行施工时需要根据边坡深度和土层特性等因素选择喷射混凝土的配合比、厚度和均匀性等参数,以确保喷射混凝土的牢固性和稳定性。此外在进行喷射混凝土施工时,还应注意混凝土材料的流动性和均匀性,以确保支护结构的

质量。

(三) 重力式挡墙

在进行混凝土重力墙施工时需要先挖土、开挖基坑,并对基坑进行排水和防渗处理,再按照设计要求分层逐段浇筑,直至达到设计高度。在施工过程中需严格控制混凝土配合比、拌合时间和浇筑速度等参数,混凝土的强度等级需符合设计要求,浇筑速度需控制在4m/h以下,浇筑过程中需进行振捣。而在进行钢筋混凝土重力墙施工时,首先需要按照设计要求进行钢筋加工,并在基坑内进行钢筋安装和焊接。然后在钢筋网格内浇筑混凝土,按照设计要求逐层逐段浇筑,直至达到设计高度,并严格控制钢筋网格的排布和焊接质量,混凝土配合比、拌合时间和浇筑速度等参数,钢筋网格需按照设计要求进行排布,焊接点的距离应不大于200mm,混凝土的坍落度应控制在10-15cm之间,浇筑速度需控制在3m/h以下。

(四) 喷凝混凝土技术

喷凝混凝土技术的施工方法主要包括湿喷法、干喷法和湿干喷混合法等多种方式,湿喷法和干喷法是常用的喷凝混凝土施工方法之一。在进行湿喷法施工时,要做好边坡的清理和准备工作,然后将混凝土原材料(水泥、石子、砂等)按照一定的配合比进行混合,并将其输送至喷射机内。在喷射机内混合物会与压缩空气混合并在喷嘴处形成高速气流,将混凝土喷射至边坡表面,同时要严格控制混凝土的配合比、水灰比和施工速度等参数,最佳水灰比为1:0.35,混凝土的坍落度应控制在8-15cm之间,施工速度需控制在4m/h以下。而在进行干喷法施工时,混凝土原材料经过混合后,再在喷射机内与压缩空气混合,形成高速气流将混凝土喷射至边坡表面,并根据喷射深度和混凝土特性等因素选择合适的压缩空气压力和喷射角度^[5]。

(五) 抗滑桩技术

抗滑桩施工技术中钻孔深度和直径需依据设计要求和地质情况进行确定,通常要求钻孔深度不少于30m,在钻孔过程中钻头转速和进给速度的控制非常重要。根据钻孔深度和地质情况不同,钻头转速通常在300-800rpm之间,同时行进速度需逐渐加快以免出现偏差。钻进压力的控制也非常关键,通常控制在1.53MPa之间。而在进行灌注混凝土施工时,首先需将混凝土原材料(水泥、石子、砂等)按照一定的配合比进行混合,并将其输送至钻孔孔道内然后进行灌注混凝土,灌注时需严格控制混凝土的配合比、拌合时间和灌注速度等参数。

(六) 锚杆支护技术

锚杆支护技术是水利水电工程中常用的一种边坡支护技术,其具有结构简单、承载力大、施工方便等特点。在实际应用中锚杆支护技术的参数和施工方法需根据具体工程条件进行确定,常用的锚杆类型包括螺纹钢锚杆、螺栓锚杆、扁钢锚杆等。锚杆的直径和长度应根据边坡的高度、坡度和土体的性质进行计算和设计,

以保证锚杆支护的稳定性和可靠性，钢筋加固的数量、直径和长度需按照设计要求进行确定，混凝土的配合比、拌合时间和灌注速度等参数需进行合理的调整。

（七）锚索支护施工

锚索支护的施工方法主要包括钻孔、预应力钢索张拉、固定锚头等多个环节，钻孔深度一般应超过边坡稳定深度，通常为边坡高度的1.5-2倍。在进行钻孔施工时要严格控制钻孔机的参数，如钻头转速、进给速度、钻进压力等，以保证钻孔的质量。钻孔完成后将锚索放入钻孔孔道内，然后对钢索进行拉伸使其产生预应力，从而增强钢索的承载能力。在进行预应力钢索张拉时，需要使用专业的张拉设备严格控制张拉力的大小，将钢索拉伸至设计要求的预应力水平避免过度张拉或松弛。在固定锚头时需要将锚头与岩石或土层之间进行混凝土灌注固定，混凝土的固化时间一般为7天以上，以确保锚头与边坡之间的连接稳定牢固。

五、施工技术应用过程中的注意事项

（一）边坡开挖注意事项

水利水电工程边坡开挖过程中，开挖深度和坡度的控制十分重要，需要根据实际情况进行计算和确定。在设计边坡时要考虑地质条件、土壤稳定性、施工环境等因素，确定合理的开挖深度和坡度。根据相关规范，边坡的最大坡度一般不应大于1:1，即边坡高度与水平距离的比值不超过1。同时开挖深度也应按照规范进行控制，一般不宜超过设计要求的最大深度，软土和泥质土在开挖过程中，应根据土壤的性质和稳定性，选择合适的开挖深度和坡度，一般不超过2米深度和1:1的坡度。而岩石和硬土由于稳定性较好，可根据实际情况进行开挖深度和坡度的控制，但应保证开挖深度不超过设计要求的最大深度。此外在边坡开挖过程中，土方和水的处理也需要根据实际情况进行计算和控制。在清理土方时，需要注意现场环境和安全问题，防止对周围环境和人员造成影响。同时还需要考虑土方的体积、密度和重量等因素，以确定适合的运输车辆和运输路线，对于水的处理需根据水的流量、水质和排放标准等因素进行处理和排放，以保证环境的安全和健康。

（二）边坡支护注意事项

在边坡支护设计中需要根据实际情况确定合理的支护方案和材料，并控制支护材料的质量和施工质量。例如在进行岩质边坡的支护施工时，锚杆的支护效果和稳定性与其长度、直径和间距等参数密切相关，锚杆间距为1.2-1.5m、直径为16-32mm、锚杆长度为6-12m时，支护效果较为理想。在支护材料的选择和质量控制方面，需要按照相关规范和标准进行操作。在喷射混凝土支护中，控制混凝土的水胶比和拌合时间等参数，以确保混凝土的质量和强度；在钢筋混凝土支护中需要进行钢筋的抽样检测和拉伸试验，以确保钢筋的质量和强度满足设计要求；在钢筋混凝土支护中，采用S500钢筋可提高钢筋混凝土的抗拉强度，使用带有变形槽的钢筋可以提

高混凝土的粘结性能；在支护施工操作中，需要控制支护材料的拼接和安装质量，避免出现支护材料断裂、开裂等情况。同时还需要根据实际情况进行现场监测和管理，及时处理和纠正出现的问题。

（三）加强施工质量控制

施工质量问题的发生与施工管理息息相关，其中施工计划和质量标准的不合理性是主要原因之一。因此在制定水利水电工程的边坡开挖支护施工计划和质量标准时，需要考虑实际情况和科学数据，以确保施工质量和安全，例如在制定挖方量和支护材料使用量时，需要根据地质勘探和设计要求进行计算，避免因挖掘过多或支护不足导致工程质量问题；在边坡支护施工中，安全带和安全网的使用也需要遵循相关标准和规范，例如《建筑施工安全规程》中规定安全带的使用寿命为5年，需要按照设备说明书和维护手册进行施工设备的维修保养操作，并定期更换设备润滑油和零部件；在环保管理方面，根据实际情况进行挖掘量和支护材料使用量的控制，可以减少对环境的影响，在土方开挖时可以根据地质勘探数据和设计要求，计算出土方开挖量和清理量，以确保不超出环保要求。

记录和总结施工过程可以为后续工程提供经验和教训，以提高工程的质量和安全性，水利水电的边坡支护施工中对支护材料使用量、支护深度和支护质量等关键参数进行详细记录，并对施工过程进行总结，以便于后续工程的参考和改进，并且可以利用统计学方法对施工数据如支护材料使用效率、工人安全生产率等指标进行逐一分析，以评估施工质量和安全性。

结束语：

随着水利水电工程的数量和规模的不断扩大，边坡开挖支护技术在工程建设中的应用也变得更加广泛，该技术通过各种支护措施，保护边坡稳定，提高工程的安全性和稳固性。目前随着科技的不断进步和施工技术的不断创新，边坡开挖支护技术不断得到完善和提升，未来随着新技术和新材料的不断涌现，边坡开挖支护技术在水利水电工程中将会有更加广泛的应用和更加出色的表现。

参考文献

- [1] 杨明辉, 罗超. 水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用研究[J]. 工程建设与设计, 2022, (24): 180-182.
- [2] 黄后银. 水利水电工程施工中的边坡开挖支护技术分析[J]. 低碳世界, 2022, 12(11): 76-78.
- [3] 彭慧敏, 范敏. 水利工程项目中边坡开挖支护施工技术分析[J]. 江西建材, 2022, (06): 266-267+270.
- [4] 李滋超. 水利水电工程施工中边坡开挖支护技术分析[J]. 建筑与预算, 2022, (06): 59-61.
- [5] 王鹏. 水利水电施工过程中边坡开挖支护施工技术[J]. 建材发展导向, 2022, 20(12): 133-135.