

水利水电工程边坡开挖及防护技术要点研究

文 / 刘 璐 安徽省淠史杭灌区管理总局

摘要: 社会经济不断发展, 逐渐提高了人们的生活水平, 而水利水电工程直接关系到人们的生活质量, 因此人们也越来越重视水利水电工程的建设质量。在水利水电工程施工过程中, 边坡开挖和防护技术发挥着重要的作用, 不仅可以保障工程施工质量, 同时可以规避后期使用过程中出现安全问题。本文主要分析了水利水电工程边坡开挖和防护技术要点, 对实际施工发挥出参考作用, 保障整体工程施工质量。

关键词: 水利水电工程; 边坡开挖; 防护技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.08.103

引言

在人们生活中需要利用较多的水电资源, 因此突出了水利水电工程建设的重要性。在工程施工中, 边坡开挖和防护技术发挥着重要的作用, 因此施工单位需要加大研究力度。但是水利水电工程规模较大, 涉及复杂的专业内容, 因此很难保障工程施工质量。施工单位需要结合工程实际情况合理规划边坡开挖和防护方案, 保障实际施工的规范性, 使整体边坡结构的稳固性得以提升, 优化工程施工效果。

一、概述水利水电工程边坡开挖和防护技术

(一) 边坡开挖

在水利水电工程边坡开挖施工中, 主要涉及土方和石方开挖。采用边坡开挖工艺时, 要遵循从上到下的次序进行挖掘, 在开挖边坡时, 要事先对开挖的地区进行规划, 对其进行连续的整修, 同时清除基础周边的部分, 以防止各种垃圾对施工进度造成影响, 并根据施工进度和方案, 对开挖工序进行相应的调整^[1]。在进行边坡开挖前, 要进行一些简单的工艺操作, 并要保证其安全, 防止发生塌方等意外。

在开挖之前, 施工单位需要详细勘察施工现场的地势条件和地质特点, 结合勘察结果采取针对性的防护技术, 此外需要做好施工现场的安全排查工作, 加强保护周围的土壤和地层, 避免因开挖施工破坏, 引发边坡坍塌等事故。

(二) 边坡防护

在工程开挖施工中, 边坡防护技术发挥重要的作用, 如果只是开挖边坡没有采取防护措施, 这对保证边坡稳定性有不利影响, 严重时还可能发生塌方, 所以在边坡施工时必须与边坡保护措施相结合, 目前在边坡治理中多采用悬臂支撑桩与锚杆支护两种方法^[2]。在采用悬臂支撑桩工艺时, 采用预埋钢板或木柱、钢柱进行支护, 起到对边坡挡墙的支护效果。因为工程边坡通常是斜坡, 通常是设置6~9m的挡土墙, 在边坡防护过程中需要结合工程时间情况, 选择合适的边坡防护技术。

利用锚杆支护技术的过程中, 施工单位需要做好加固和支护工作, 有利于节省投资, 优化整体支护效果。利用锚杆支护技术的过程中, 施工单位可以利用金属部件等制

作锚杆, 向地表岩体的预制孔中打入锚杆, 再连接锚杆, 即可发挥出支护作用。此外在工程施工中, 施工单位会利用悬挂喷射混凝土方式, 因此来保护边坡。这一方法可以密封处理斜坡, 避免因边坡风化而影响整体结构的稳固性。此外可以利用钢筋网施工技术, 有利于提高边坡对恶劣环境的抵御水平, 同时可以提高边坡结构排水水平。

二、水利水电工程边坡开挖及防护技术要点

某水电站大坝基坑开挖和支护工程施工内容如下所示: 坝基高程1400m以下开挖和支护以及基础处理。在工程施工中, 土方石明挖总量达到220.3万m³, 土方明挖量达到169.6万m³, 石方明挖量达到48.1万m³。在支护施工中主要是利用锚杆和钢筋装以及各种锚索等。

(一) 开挖方法和防护技术

1. 开挖方法

在水利水电工程中利用边坡开挖和防护技术, 不仅影响到工程施工质量和综合效益, 同时关系到工程环境适应性^[3]。在工程施工中, 需要开展地质及分析和现场监测等工作, 使整体施工水平得以提升, 保障水利水电工程运行的稳定性。在工程施工过程中, 施工单位需要精准地勘察地质条件, 提高边坡结构的稳定性, 结合勘察数据选择合适的开挖技术。

在本工程施工中, 施工单位利用GPS测量设备反复测量和审核原始地形, 随后落实测量放样工作, 并且利用木桩等标识放样点。完成放样工作之后, 在工地上, 施工人员要清除周围的杂草等, 使用挖掘机、水力反铲等对地表土进行清除, 并将土方外运, 并由自卸车将其集中到弃土场上进行集中清运。在土方开挖施工中需要做到内高外低, 可以提高坡面排水的便利性, 在修整坡面的过程中, 施工单位可以利用液压反铲处理措施。在土方开挖阶段要注意保护坡面, 落实应急处理措施, 例如在开挖过程中出现滑动问题, 需要及时停止开挖施工, 对施工方案调整, 处理问题之后再继续施工。

2. 防护技术

为了提高边坡结构的稳定性, 本工程主要是利用混凝土喷射和钢筋网加固表层, 同时还利用锚杆和锚筋桩提高边坡稳定性。综合考虑施工现场地质条件等, 在实际施工中需要加强管理水文地质, 落实环保措施^[4]。在

施工过程中合理设计和建设排水系统，有效控制基坑水位。在开挖施工中利用分阶段开挖方式，结合地质评估更新支护措施，安全地完成工程施工。

(二) 具体施工方法

为了适应复杂的地质和水文条件，采用了分段式的开挖方式。在开挖过程中，对于坚硬岩石，可以采用可控爆炸技术，但在应用时要小心，要保证对周边岩石的扰动，并根据石方明开采区的情况，进行爆破参数的选择，将单孔炸药的药量控制在 2-3kg 之间，保证孔间距不超过 2.5m，此外需要控制排距在 3.9m 以内。在不影响边坡结构的情况下，实现了最佳的爆破效果。在挖掘过程中，施工单位采用分段式的挖掘方式，将基坑分成若干个单元，将每个单元的挖掘深度控制在 5 米以内，因此可以对边坡应力释放发挥出控制作用，同时可以对支护结构施工进行调整^[5]。

在爆破施工中施工单位需要利用探测仪确定爆破孔，同时需要严格控制施工时间，严格观测距离和时间，如果没有合理选择爆破点，或者爆破时间过长，将会破坏整体边坡结构，提高工程施工的危险性。在引爆过程中，施工单位要建立一个安全区域，将有关的建筑工人和设备全部疏散出去，在爆破结束以后，可以使用挖掘机、推土机进行出渣作业，并对工地上的各类垃圾进行及时的清除。

针对不同的地质条件，施工单位需要合理控制开挖速度，选择针对性的支护方式，进一步稳固边坡。在土方施工中施工单位可以利用机械开挖方式，在边坡开挖的同时开展支护施工，避免在施工中出现边坡滑移等问题。在石方区域施工中，施工单位需要综合利用锚杆和喷射混凝土，发挥出支护作用，控制锚杆长度在 9~12m 范围内，保证混凝土喷射厚度在 30cm 以上，使整体边坡结构的抗剪力和稳定性得以提升。由于本项目涉及水垫塘基坑，所以在对基坑进行压力控制时，必须采用横向排井的方法来进行，根据水文地质调查的情况，对排水口进行最合理的布局，将井深控制在 13 ± 3 m 以内，以免由于压力而导致边坡的稳定。因此，在建设过程中，必须加强对基坑开挖过程中的观测，并通过安装倾斜测量仪、应变仪等仪器来实时监测边坡的位移与应力变化，以便于建设部门对施工计划做出相应的调整。下图 1 为边坡防护设计图。

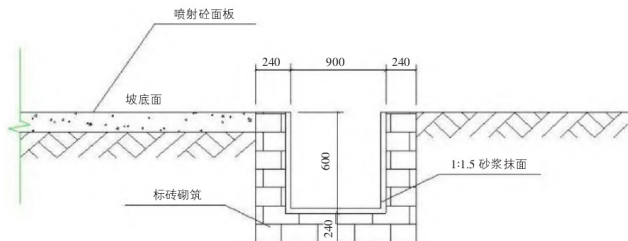


图 1 边坡防护设计图

在锚筋施工过程中，施工单位利用钻孔机完成钻孔工作，在钻孔之后在孔底插入高压风管，及时清理孔内的各种杂质，随后再核查孔洞的孔深和倾角等数据，提高后续施工的便利性。制作锚筋桩的时候，可以在加工厂提前预制加工钢筋，控制两根钢筋焊缝在 5cm 范围内，

控制钢筋间距在 1m 左右，注意控制注浆管端口和桩头在 1m 左右，用软塑料管作为排气管。在安装锚筋桩的时候，首先在施工现场运输锚筋桩，然后采用手工配合的方法，将锚固件固定在洞口内，并将注浆管与排气管外露的距离控制在 30cm 以上，然后用水泥进行封闭，然后用锚杆注浆器对注浆管进行灌浆。

在砂浆锚杆施工过程中，施工单位需要结合边坡实际情况选择锚杆支护方法，利用梅花形交替布置锚杆，有利于锚杆稳定性。在布孔阶段，为了施工效率，施工在钻孔过程中可以利用专业的钻孔设备，根据施工标准控制孔径，钻孔之后需要对孔内的杂物进行清理，并且需要结合高度要求搭建操作平台，随后再制作锚杆，提前在加工场加工钢筋，统一编号、放置不同直径和长度的钢筋。在实际施工中施工单位需要合理调整注浆顺序，利用注浆机完成注浆施工，通过人工方式将锚筋插入，顺利开展整体工程施工。

在锚索施工中，施工单位需要加强施工质量控制力度，加大整体边坡结构的稳定性和安全性。为了提高锚索支护施工质量，施工单位在锚索支护施工中，首先需要做好预应力施工，在实际施工定期检查锚索，及时清除施工隐患，避免产生质量问题。结束锚索施工之后，需要及时清除孔内的杂质，优化整体施工效果。注意在施工中出现滑动和裂缝等问题，将会影响到整体工程质量，为了规避上述问题，施工单位需要安装辅助钢筋网，有利于对边坡结构的稳定性发挥出维护作用。在钢筋网上焊接锚杆头，可以进一步稳固边坡结构。施工单位应根据具体的工程特点，选用适当的工艺方法，以防止在施工过程中发生质量问题。在初步的建设工作完成以后，施工方就可以在孔里进行锚索的安装，在安装的时候，要使用专用的放料支架来进行放料工作，并且要有专门的工作人员来引导支护的施工，防止发生安全事故。在安装过程中，各建筑方应将接头部位严密，特别是要标准化修建高压管段。为了避免干扰正常施工，可以将防护罩安装在机械传动部位，顺利完成锚索施工任务。

(三) 边坡稳定性分析方法

在水利水电工程边坡施工中，施工单位需要加强分析边坡稳定性，及时处理潜在风险问题。可以利用优先平衡法和有限元法等分析边坡稳定性。利用极限平衡法的过程中，施工单位需要对土体剪切力和抗剪强度等进行计算，因此确定边坡的安全性。利用有限元法的过程中，需要利用有限元分析软件离散化处理边坡，构建边坡模型，可以对边坡内部应力和应变分布等进行分析。在实际施工中，施工单位需要综合分析边坡结构地质条件和材料特点等因素，合理选择分析方法，通过多方面的对比分析，精准地分析边坡稳定性。

在边坡稳定性评估阶段利用不同的分析方法会获得不同的结果。例如利用极限平衡法和概率分析法，可以获得相对保守的安全系数，而利用有限元法和数值模拟法，可以对边坡应力状态和变形情况清晰地反映出来。

结合分析结果选择合适的方法,保障边坡结构的稳定性。下图2为边坡稳定性分析流程图。

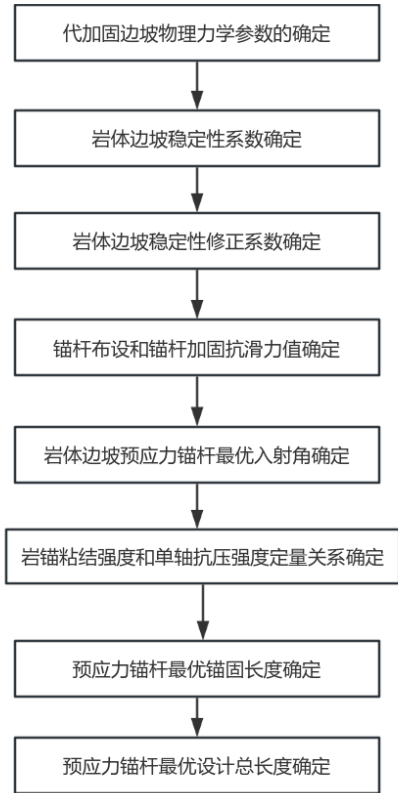


图2 边坡稳定性分析流程图

(四) 边坡几何设计

在水利水电工程施工中,提高边坡设计的科学性,有利于保障整体结构的安全性和稳定性。在设计边坡角度和高度等方面,需要结合土石材料的特点。开展边坡设计工作中,在保证施工安全的前提下,需要对坡面、坡高、坡角等进行适当的处理,增强斜坡构造的合理性,并对土方的搬运进行控制,并采取有针对性的养护措施。比如,在这个项目中,使用了锚杆、锚筋、水泥等,就算是在恶劣的条件下,也能保证斜坡的稳定。在进行边坡形态设计时,必须根据实际工程调查成果及土壤的物理特性,建立相应的数学模型,对其进行稳定分析。下图3是边坡防护施工流程图。

(五) 水文地质考察

地下水位变化具有动态化特点,并且会影响到边坡结构的稳定性,因此施工单位需要详细调查水文地质,测定地下水位和测试渗透性等。在本工程中,利用水位计和渗透压力计等设备对地下水位波动进行监控,如果发现地下水位对边坡稳定性造成影响,需要立即采取处理措施。此外利用地质雷达和电阻率成像技术等对水文地质异常区进行探测,有利于落实预防性支护施工。

(六) 效益评估

在工程中利用先进的边坡开挖和防护技术,可以保

障工程经济效益。通过勘察施工现场地质,采用分层挖掘方式,同时进行边坡支撑施工,与常规的施工方式相比,项目投资得到了明显的节约。此外通过边坡几何设计优化,可以显著提高整体施工效率。

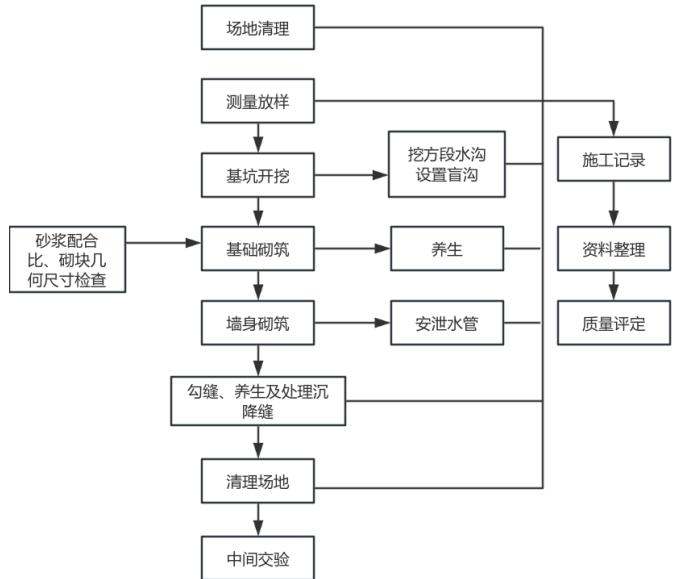


图3 边坡防护施工流程图

分析本工程的环境效益,在施工中利用控制爆破技术和水平排水井技术,有利于工程施工对周围环境的影响。此外在施工中加强管理土石方,及时恢复边坡植被,避免因施工干扰生态环境。施工单位持续性地监测施工环境和边坡稳定性,有利于保障边坡稳定性和安全性,节省了后期修复生态的投资。

结语

水利水电工程直接关系到人们的生活质量,因此在工程施工中使用单位需要合理选择边坡开挖和防护技术,把握技术要点,科学地规划整体施工流程,顺利完成整体施工任务,避免在实际施工和后期使用过程中出现安全问题,优化水利水电工程使用性能,为人们日常生活提供优质的服务。

参考文献

[1] 李翔. 边坡开挖支护施工技术在水利水电工程中的应用研究 [J]. 珠江水运 2021, (21):43-44.
 [2] 周桂龙. 水利水电工程边坡开挖支护施工技术探究 [J]. 科技创新与应用 2020, (12):152-153.
 [3] 亚生江·阿布德热合曼. 探讨水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用 [J]. 珠江水运 2020, (01):93-94.
 [4] 董凌伯. 水利水电工程施工中的边坡开挖及防护技术 [J]. 居舍 2019, (28):47.
 [5] 邓胜权. 水利水电工程施工中的边坡开挖及防护技术 [J]. 工程技术研究 2019, 4(12):96-97.

作者简介:刘璐(1990.6-),女,汉,安徽省亳州市,工程师,本科,研究方向:水利水电工程。