

水利泵站工程基坑放坡开挖施工技术分析

李 威

中国水利水电第十二工程局有限公司 河南 荥阳 450100

摘 要：水利泵站作为水资源调配、排灌防洪的核心设施，基坑放坡开挖是其施工核心环节，直接决定工程质量与安全。本文结合工程勘察、设备准备等前期工作，重点分析分层分段开挖、边坡防护、特殊地层处理及监测控制等核心技术，探讨质量与安全管控要点及常见问题处置方法，结合实际工程特性优化技术应用，为同类水利泵站基坑放坡开挖施工提供技术参考，保障工程施工安全、高效推进，提升基坑施工稳定性与经济性。

关键词：水利泵站工程；基坑放坡开挖；施工技术

引言：随着水利工程建设提质增效，泵站工程在水利基础设施体系中的作用愈发凸显，基坑施工是泵站建设的基础前提，放坡开挖因经济便捷、适配性强，成为泵站基坑常用施工方式。但基坑开挖受地质、水文等因素影响较大，易出现边坡失稳、渗水等问题，严重威胁施工安全与工程进度。基于此，本文结合水利泵站工程施工实际，系统分析基坑放坡开挖各环节施工技术，解决施工痛点，为工程施工提供科学指导，助力泵站工程高质量建设。

1 水利泵站工程基坑放坡开挖施工前期准备技术

1.1 工程勘察与放坡设计技术

(1) 工程地质与水文条件勘察技术：全面勘察基坑区域地层分布，明确岩土类型、厚度及承载力，排查不良地质隐患；同步开展地下水位长期监测，掌握水位变化规律、渗透系数等参数，为后续放坡设计和降水方案制定提供精准依据，避免因地质或水文勘察不到位引发基坑坍塌。(2) 放坡坡度确定方法：结合基坑开挖区域岩土性质，对粘性土、砂性土等不同土体采用差异化坡度设计；根据开挖深度分段调整坡度，浅层开挖可适当放缓，深层开挖需加大坡度或采取加固措施，确保坡度稳定性，兼顾施工安全性与经济性。(3) 放坡开挖范围与分层分段设计技术：结合泵站主体结构尺寸，合理确定开挖边界，预留足够作业面和边坡保护距离；采用分层分段开挖模式，明确各分层开挖厚度、分段长度，避免一次性开挖过深过大，控制基坑变形。

1.2 施工场地与设备准备技术

(1) 施工场地清理与平整技术：清理场地内植被、障碍物及废弃杂物，平整场地坡度，修整排水坡度，防止雨水淤积；划分作业区域、材料堆放区和运输通道，确保场地布局合理，满足施工流程需求。(2) 开挖设备选型与调试技术：根据开挖规模和岩土特性，选用适配的

挖掘机、装载机等设备，明确设备型号和台班产量；施工前对设备进行全面调试，检查机械性能、安全装置，确保设备正常运行，避免施工中出现故障。(3) 辅助设备布置技术：合理布置排水设备，确保排水畅通；安装测量设备，校准仪器精度，为基坑放线、坡度控制和开挖深度监测提供保障，确保施工精准度^[1]。

1.3 技术准备与人员配置

(1) 施工方案编制与技术交底技术：编制专项放坡开挖施工方案，明确施工流程、技术参数和安全措施；向施工班组、作业人员进行全面技术交底，确保全员掌握施工要点和安全规范。(2) 测量控制网建立与放线技术：建立完善的测量控制网，精准放出基坑开挖边线、坡顶线和坡底线，标注分层开挖深度，确保开挖位置和坡度符合设计要求。(3) 施工人员培训与岗位职责划分：对施工人员进行安全、技术培训，考核合格后方可上岗；明确各岗位人员职责，划分开挖、测量、设备操作等岗位职责，确保施工有序推进。

1.4 降水排水系统预设技术

(1) 降水方案选型：结合水文条件和基坑深度，选用井点降水、集水井排水等合适方案，砂性土地层优先采用井点降水，粘性土地层可采用集水井排水，确保降水效果满足施工要求。(2) 排水系统布置与安装技术：按设计要求布置排水管道和集水井，确保管道连接严密、排水顺畅；规范安装降水设备，固定牢固，防止施工中移位，保障排水系统稳定运行。(3) 降水效果检测与调整技术：施工前及施工过程中，定期检测地下水位，评估降水效果；根据水位变化情况，及时调整降水设备参数或布置，确保地下水位控制在设计允许范围内，避免地下水浸泡基坑。

2 水利泵站工程基坑放坡开挖核心施工技术

2.1 分层分段放坡开挖施工技术

(1) 分层开挖厚度控制技术: 结合岩土稳定性确定合理分层厚度, 粘性土分层厚度控制在1.5~2.0m, 砂性土及软土分层厚度不超过1.0m, 避免因分层过厚导致边坡失稳。开挖过程中实时观察岩土变形情况, 若出现局部坍塌隐患, 立即减小分层厚度并采取临时防护措施, 确保每一层开挖后边坡处于稳定状态, 为后续施工奠定安全基础。(2) 分段开挖顺序与衔接技术: 采用“从周边向中间、从浅部向深部”的分段开挖顺序, 合理划分开挖段长度, 一般每段长度控制在10~15m, 兼顾施工效率与边坡稳定性。相邻分段开挖衔接时, 预留0.5~1.0m的衔接过渡段, 避免出现开挖错台, 衔接处及时进行边坡修整, 确保开挖面连续平整, 减少边坡应力集中^[2]。(3) 机械开挖与人工修整配合技术: 主体开挖采用挖掘机、装载机等机械作业, 机械开挖至距设计边坡线、基底标高20~30cm时, 停止机械作业, 改用人工修整。人工修整重点处理边坡边角、基底平整度, 确保边坡坡度符合设计要求, 基底无浮土、杂物, 避免机械开挖对边坡土体造成扰动, 保障开挖质量。

2.2 边坡修整与防护施工技术

(1) 边坡修整精度控制技术: 修整前采用测量仪器精准放线, 标注边坡设计坡度线和修整范围, 修整过程中全程用坡度尺实时校验, 确保边坡坡度偏差不超过 $\pm 5^\circ$, 坡面平整度误差控制在5cm以内。对修整后的坡面进行全面检查, 及时处理凹凸不平、松动土体等问题, 为坡面防护施工创造良好条件。(2) 坡面防护技术: 根据岩土性质和工程要求, 选用喷射混凝土、挂网防护等适配方案。喷射混凝土防护时, 选用C20混凝土, 喷射厚度控制在8~12cm, 喷射过程中均匀布料, 避免出现空鼓、开裂; 挂网防护需先铺设钢筋网, 钢筋网间距控制在20×20cm, 与坡面固定牢固后再喷射混凝土, 增强坡面整体性和抗冲刷能力。(3) 边坡临时防护与长期防护衔接技术: 基坑开挖期间采用彩条布、土工布覆盖等临时防护措施, 防止雨水冲刷坡面、土体风化; 临时防护与长期防护衔接时, 清理坡面杂物, 修补临时防护过程中产生的破损, 确保衔接处防护连续、牢固, 避免出现防护漏洞, 保障边坡长期稳定^[3]。

2.3 特殊地层放坡开挖技术

(1) 软土、流沙地层开挖技术要点: 软土、流沙地层开挖前, 先预设降水排水系统, 降低地下水位, 减少土体含水量。采用“浅挖快填、分段跳槽”的开挖方式, 分层厚度控制在0.5~0.8m, 开挖后立即进行坡面防护, 避免土体长时间暴露导致流沙、坍塌。必要时采用钢板桩、土钉墙等辅助支护措施, 增强边坡稳定性。(2) 岩石地层

爆破开挖与放坡结合技术: 岩石地层开挖采用控制爆破技术, 根据岩石硬度确定爆破参数, 避免爆破震动过大破坏边坡岩体。爆破后及时清理松动岩块, 修整边坡, 确保边坡坡度符合设计要求; 对爆破后的坡面采用喷射混凝土防护, 填补岩面缝隙, 防止岩石风化、脱落, 实现爆破开挖与放坡防护的协同衔接。(3) 特殊地层边坡稳定性控制技术: 针对不同特殊地层, 建立专项监测机制, 实时跟踪边坡位移、沉降情况。软土地层重点控制沉降量, 流沙地层重点防范土体流失, 岩石地层重点监测岩体裂缝发展。根据监测数据及时调整开挖速度、防护方案, 必要时停止开挖, 采取加固措施, 确保特殊地层基坑开挖安全。

2.4 基坑开挖过程中的测量与监测技术

(1) 开挖标高与尺寸实时测量技术: 采用水准仪、全站仪等测量仪器, 对开挖标高、基坑尺寸进行实时测量。每开挖一层、每完成一段, 立即进行测量校验, 确保基坑开挖深度、宽度、长度符合设计要求, 避免出现超挖、欠挖现象, 为泵站主体结构施工提供精准的基坑条件。(2) 边坡位移与沉降监测技术: 在坡顶、坡面设置监测点, 监测点间距控制在5~10m, 采用位移计、沉降计等设备, 定期监测边坡位移和沉降数据, 监测频率根据开挖进度调整, 开挖期间每天监测不少于2次。若出现位移、沉降超标情况, 立即发出预警, 采取应急防护措施^[4]。(3) 监测数据分析与施工调整技术: 安排专业人员对监测数据进行整理、分析, 绘制位移、沉降变化曲线, 判断边坡稳定性和基坑开挖安全性。根据分析结果, 及时调整开挖参数、防护方案或降水力度, 若发现异常变形, 立即停止开挖, 采取加固、回填等应急措施, 确保施工安全有序推进。

3 水利泵站工程基坑放坡开挖施工质量与安全控制技术

3.1 施工质量控制核心技术

(1) 开挖坡度与尺寸质量控制技术: 以设计图纸为依据, 结合现场岩土实际情况, 实时校验边坡坡度, 采用坡度尺全程监控, 确保坡度偏差控制在允许范围内, 杜绝陡坡、缓坡超标问题。严格控制基坑开挖尺寸, 每分段、每分层开挖后, 用全站仪精准测量开挖边线、坡顶线及坡底线, 及时纠正偏差, 避免因尺寸偏差影响后续泵站主体结构施工, 保障基坑整体质量。(2) 基底平整与承载力控制技术: 基底开挖至设计标高后, 及时进行人工修整, 清除浮土、杂物, 确保基底平整度误差不超过5cm, 无积水、无松动土体。采用载荷试验检测基底承载力, 若承载力不满足设计要求, 及时采取换填垫层、夯

实加固等措施,确保基底能够承受泵站主体结构荷载,防止后期出现不均匀沉降。(3)边坡防护质量验收技术:边坡防护施工完成后,严格按照验收标准开展质量检查,重点核查防护层厚度、强度、平整度及固定牢固度。喷射混凝土防护需检查有无空鼓、开裂、脱落现象,挂网防护需检查钢筋网间距、固定点布置是否符合要求,验收合格后方可进入下一工序,确保边坡防护效果达标。

3.2 施工安全控制技术

(1)边坡坍塌预防与应急处置技术:施工前排查坍塌隐患,控制开挖速度和分层厚度,雨天暂停开挖并做好坡面防护。制定专项应急方案,配备沙袋、钢板桩等应急物资,若出现边坡开裂、位移超标等前兆,立即停止施工、组织撤离,采取回填加固等措施遏制事故扩大。(2)施工人员与设备安全防护技术:对施工人员开展安全培训,要求作业时佩戴安全帽、防滑鞋等防护用品,严禁在边坡下方停留。定期检修开挖、排水设备,检查制动及防护装置,设备作业时专人指挥、划定安全区域,防范设备伤人事故。(3)基坑周边荷载与防护控制技术:严格控制基坑周边荷载,严禁在坡顶堆放重型设备、大量物料,荷载堆放距离坡顶不小于1.5m,避免荷载过大导致边坡失稳。在基坑周边设置防护栏杆,高度不低于1.2m,安装警示标识,夜间设置警示灯,防止人员、设备坠落,保障基坑周边作业安全^[5]。

3.3 施工过程中的常见问题及处理技术

(1)超挖、欠挖问题的预防与处理技术:预防重点在于加强开挖过程中的实时测量,机械开挖接近设计标高时改为人工修整,避免超挖、欠挖。若出现欠挖,及时进行人工补挖,确保开挖尺寸达标;若出现超挖,严禁随意回填,需采用与基底岩土性质一致的材料分层夯实回填,必要时进行承载力复核,确保回填质量。(2)边坡渗水、管涌问题的处理技术:发现边坡渗水时,及时在渗

水处设置排水孔,疏导渗水,避免渗水浸泡土体导致边坡失稳;若出现管涌现象,立即停止开挖,在管涌处铺设反滤层,采用沙袋压实封堵,同时加大降水力度,降低地下水位,直至管涌现象消除,再恢复施工。(3)开挖设备故障应急处理技术:施工前对设备进行全面调试,提前储备易损配件,配备专业维修人员。若设备出现故障,立即停止设备作业,切断电源,设置警示标识,维修人员快速排查故障、及时维修;若故障无法现场解决,及时调配备用设备,确保施工进度不受较大影响,同时防范故障设备引发安全事故。

结束语

水利泵站工程基坑放坡开挖是一项系统性工程,需统筹前期准备、核心施工、质量安全管控全流程,兼顾技术适配性与施工经济性。本文梳理的施工技术的应用,能有效规避边坡坍塌、超欠挖等常见问题,保障基坑施工安全与质量。后续施工中,需结合工程地质水文条件灵活优化技术方案,强化监测预警与应急处置,不断总结施工经验,推动泵站基坑放坡开挖技术迭代完善,为水利工程高质量发展提供支撑。

参考文献

- [1]刘锡豪.浅析水利泵站工程基坑放坡开挖施工技术[J].中国住宅设施,2022(9):139-141.
- [2]高萌.袁桥泵站深基坑开挖专项施工方案分析[J].河南水利与南水北调,2020,49(12):47-48.
- [3]李峰.界南河泵站深基坑开挖方案简述[J].治淮,2020,(7):43-45.
- [4]施超.水利泵站工程基坑放坡开挖施工技术[J].电力系统及自动化,2024,(3):61-64.
- [5]郁程鹏.水利泵站工程基坑放坡开挖技术[J].文化科学,2023,(2):73-75.