

水利工程基坑开挖施工技术研究

季惺惺¹ 郑兆奇²

1. 浙江省水电建筑安装有限公司 浙江 温州 325014

2. 湖州中沐建设工程有限公司 浙江 湖州 313100

摘要: 本文围绕水利工程基坑开挖施工技术展开研究, 界定基坑开挖核心概念及水利工程基坑的特殊性, 阐述相关理论基础, 分析施工准备、前期勘察及方案设计要点, 重点探讨开挖工艺、支护、降排水及质量控制等核心技术, 结合安全管理与工程实例, 总结施工经验与风险管控措施。研究表明, 科学的勘察设计、规范的施工操作及完善的安全管控, 是保障基坑开挖安全高效优质完成的关键, 可为同类水利基坑开挖工程提供技术参考与实践借鉴。

关键词: 水利工程; 基坑开挖; 施工技术

引言: 水利工程作为民生基础设施的重要组成部分, 基坑开挖是基础施工的核心环节, 直接影响工程整体质量与安全。相较于普通建筑基坑, 水利工程基坑多临近水域、地质复杂, 易受地下水影响, 面临边坡坍塌、流沙等风险, 对施工技术与安全管理提出更高要求。当前部分工程仍存在开挖工艺不规范、风险管控不到位等问题, 因此系统研究其施工技术, 优化方案与安全措施, 对推动水利工程提质增效、保障施工安全具有重要现实意义与工程价值。

1 水利工程基坑开挖施工相关理论基础

1.1 基坑开挖核心概念界定

(1) 基坑开挖的定义与分类: 基坑开挖是指为进行建筑物基础、地下构筑物施工, 在地面向下开挖形成的临时性坑槽。按开挖深度可分为浅基坑(深度 $\leq 5\text{m}$)和深基坑(深度 $> 5\text{m}$); 按地质条件分为土质基坑和石质基坑; 按施工方式分为机械开挖和人工开挖, 水利工程中多采用机械为主、人工辅助的开挖方式。(2) 水利工程基坑的特殊性: 相较于普通建筑基坑, 水利工程基坑多临近江河、湖泊等水域, 易受地下水、地表水影响, 抗渗、抗浮要求更高; 地质条件更复杂, 常涉及软土、砂层等不良地质; 基坑用途与水利构筑物衔接紧密, 需兼顾后续防渗、浇筑等工序, 对开挖精度和稳定性要求更为严格^[1]。

1.2 基坑开挖相关理论

(1) 土力学基本理论: 核心是研究土的物理力学性质, 包括土的重度、含水量、压缩性、抗剪强度等, 为基坑开挖坡度确定、支护设计提供依据, 是分析基坑变形、稳定的基础。(2) 基坑稳定性理论: 主要分析基坑边坡、坑底的抗滑、抗倾覆稳定性, 通过计算边坡安全系数, 判断基坑是否会发生坍塌, 指导开挖坡度、支护

方案的制定, 保障施工安全。(3) 地下水控制理论: 围绕地下水的补给、径流规律, 通过降水、截水、回灌等技术, 将地下水位控制在安全范围, 防止因地下水过量上升或下降引发流沙、管涌、基坑沉降等问题, 确保开挖顺利进行。

2 水利工程基坑开挖施工准备与前期勘察

2.1 施工前期准备工作

(1) 技术准备: 组织施工技术人员熟悉施工图纸、设计文件及相关规范标准, 明确基坑开挖的技术要求与安全要点; 开展图纸会审, 排查设计漏洞, 编制专项施工方案及应急预案, 进行技术交底, 确保施工人员掌握施工流程与技术规范。(2) 现场准备: 清理施工场地内的障碍物、植被, 平整场地并划分作业区域; 修建临时排水设施, 防止场地积水影响施工; 搭建临时办公区、材料堆放区及施工便道, 接通施工现场的水电, 为后续施工创造良好条件。(3) 物资与人员准备: 根据施工方案配备足额的开挖设备、支护材料及安全防护用品, 做好物资检验与存放管理; 组建专业施工队伍, 明确各岗位人员职责, 开展安全培训与技能考核, 确保人员具备相应施工能力。

2.2 基坑工程地质与水文地质勘察

(1) 地质勘察内容与方法: 重点勘察基坑范围内的土层分布、厚度、物理力学性质及不良地质体(如软土、溶洞)的分布情况; 采用钻探、坑探、原位测试等方法, 获取地质样本, 全面掌握场地地质条件。(2) 水文地质条件分析: 查明地下水位埋深、水位变化规律及地下水类型, 分析地下水补给、径流、排泄特征; 检测地下水水质, 判断其对施工材料的腐蚀性, 为地下水控制方案制定提供依据。(3) 勘察成果整理与应用: 对勘察数据进行整理、分析, 编制详细的勘察报告, 明确场

地质、水文条件对基坑开挖的影响；结合勘察成果优化施工方案，确定合理的开挖坡度、支护方式及地下水控制措施^[2]。

2.3 基坑开挖方案设计

(1) 开挖方案设计原则：遵循“安全第一、经济合理、施工便捷”的原则，兼顾基坑稳定性与施工效率，结合地质、水文条件及工程规模，避免盲目开挖导致安全隐患，同时控制施工成本。(2) 开挖参数确定：根据勘察成果及设计要求，确定基坑开挖深度、坡度、开挖顺序及分层开挖厚度；结合开挖设备性能，合理划分开挖分区，明确各分区施工进度，确保开挖过程有序推进。(3) 方案可行性论证：组织技术专家对开挖方案进行论证，重点审核方案的安全性、经济性与可行性，排查施工过程中可能出现的风险点，对方案中的不足进行优化完善，确保方案满足施工要求并顺利实施。

3 水利工程基坑开挖核心施工技术

3.1 基坑开挖工艺与方法

(1) 土方开挖工艺与操作要点：水利工程土方开挖遵循“分层开挖、分段推进、先撑后挖”的原则，工艺流程包括测量放线、分层开挖、土方转运、边坡修整。操作中需精准控制开挖坡度，避免超挖或欠挖，分层厚度根据土体性质和开挖设备确定，一般不超过1.5m；开挖过程中及时清理边坡浮土，做好临时防护，转运土方需避开基坑边缘，防止边坡超载失稳，雨天暂停开挖并做好排水措施。(2) 石方开挖工艺与爆破技术：石方开挖以爆破为主，辅以机械破碎，工艺包括爆破设计、钻孔、装药、起爆、清渣。爆破技术需结合地质条件选择，浅孔爆破适用于薄层石方，深孔爆破适用于大面积石方开挖，控制爆破威力，避免破坏周边建筑物和基坑边坡；爆破后及时清理废渣，检查边坡完整性，对松动石块进行处理，确保施工安全^[3]。(3) 特殊地质条件下开挖方法：针对软土地质，采用分层分块开挖，放缓边坡坡度，配合轻型支护，缩短开挖周期，防止土体蠕变；针对砂层地质，采用井点降水降低地下水位，采用跳槽开挖方式，避免流沙现象；针对岩溶地质，提前探明溶洞位置，采用回填封堵或加固处理后再进行开挖，确保基坑稳定。

3.2 基坑支护施工技术

(1) 常用支护类型及适用范围：水利工程基坑常用支护类型包括土钉墙、排桩、钢板桩、地下连续墙等。土钉墙适用于粘性土、粉土等浅层基坑，施工便捷、成本较低；排桩支护适用于深基坑，抗侧移能力强；钢板桩适用于临近水体的基坑，兼具支护和挡水作用；地下

连续墙适用于复杂地质、深基坑，整体性好、防渗效果佳。(2) 支护施工工艺与质量控制：支护施工需与开挖同步进行，土钉墙施工需控制钻孔角度、深度，确保土钉锚固牢固，喷射混凝土厚度均匀；排桩施工需保证桩位偏差不超过规范要求，混凝土浇筑密实；钢板桩施工需确保沉桩垂直度，接头密封严密。质量控制重点检查支护材料质量、施工工艺参数，及时整改不合格项。(3) 支护结构检测与维护：施工过程中定期对支护结构进行位移、沉降监测，采用专业设备记录数据，分析变化趋势；对支护结构的裂缝、松动部位及时进行加固处理，雨天加强监测频率，防止支护结构失稳；基坑使用期间，定期检查支护结构完整性，确保其发挥正常支护作用。

3.3 基坑降排水施工技术

(1) 降排水技术类型选择：根据水文地质条件选择合适的降排水技术，轻型井点适用于地下水位较浅、土层渗透系数较小的场地；喷射井点适用于深层降水；集水明排适用于地下水位不高、土层透水性较好的基坑，可结合井点降水使用，提升降排水效果。(2) 降排水系统施工与运行：井点降水系统施工需确保井点布置合理，管路连接严密，防止漏气漏水；集水明排需开挖排水沟和集水井，确保排水畅通。运行过程中控制降水速度，避免地下水位骤降导致土体沉降，定期检查设备运行状态，及时处理故障，保障降排水系统稳定运行。(3) 降水效果监测与调整：定期监测地下水位变化，对比设计降水深度，分析降水效果；若水位未达到设计要求，调整井点布置或增加降水设备；若出现土体沉降过大，放缓降水速度，采取回灌措施，平衡地下水位，避免对周边环境造成影响^[4]。

3.4 基坑开挖施工质量控制要点

(1) 开挖精度控制：采用全站仪、水准仪等设备进行精准测量放线，标记基坑开挖边线和标高，开挖过程中实时监测，确保基坑开挖尺寸、深度符合设计要求，边坡坡度偏差控制在规范允许范围内，避免超挖后回填，影响基坑承载力。(2) 基底处理质量控制：基坑开挖至设计标高后，及时清理基底浮土、杂物，平整基底表面；若基底为软土，需进行换填加固处理，换填材料符合设计要求，分层压实，确保基底承载力达到设计标准；基底处理完成后，及时进行验收，合格后方可进入下一道工序^[5]。(3) 施工过程质量检测：定期对开挖坡度、基底标高、支护结构质量、降排水效果进行检测，做好检测记录；对土方、石方开挖质量进行抽样检查，对支护材料强度、锚固力进行试验检测，确保施工质量

符合规范要求,及时发现并整改质量隐患。

4 水利工程基坑开挖施工安全管理与工程实例分析

4.1 基坑开挖施工安全风险识别与评估

(1) 主要安全风险类型:水利工程基坑开挖核心安全风险包括边坡坍塌,多由地质条件复杂、开挖坡度不合理或雨水冲刷引发;地下水风险,如涌水、管涌、流沙,易导致基坑失稳;机械伤害,源于开挖设备操作不当或现场防护不足;还有爆破安全风险、触电风险及人员坠落风险,各类风险相互关联,易引发连锁安全事故。(2) 风险评估方法与流程:常用评估方法有定性评估法(如安全检查表法)和定量评估法(如风险指数法),结合工程地质、施工工艺制定评估标准。流程分为风险识别、风险分析、风险分级、风险管控,先排查所有潜在风险点,分析风险发生概率及危害程度,划分高、中、低风险等级,针对高风险点制定专项管控措施,定期复评并动态调整。

4.2 基坑开挖施工安全防护措施

(1) 现场安全防护设置:基坑周边设置连续封闭的防护栏杆,高度不低于1.2m,悬挂警示标志和警示灯;边坡边缘设置排水沟,防止雨水冲刷边坡;开挖区域划分危险作业区,设置警戒线,禁止无关人员进入;爆破作业区设置安全警戒范围,明确警戒人员及职责。(2) 施工人员安全管理:对所有施工人员开展安全培训和安全技术交底,考核合格后方可上岗;作业人员必须佩戴安全帽、安全带等防护用品,高空作业、爆破作业需配备专项防护装备;严禁违规操作,定期开展安全巡查,及时纠正不安全作业行为。(3) 突发安全事故应急处置:制定坍塌、涌水、触电等突发事件应急预案,配备应急物资(如抽水设备、急救药品、加固材料);组建应急救援队伍,开展应急演练,提升应急处置能力;事故发生后,立即启动应急预案,组织人员疏散、伤员救治,控制事故扩大,同时上报相关部门。

4.3 工程实例分析

(1) 工程概况:某小型水利枢纽工程基坑,开挖深

度6.8m,属于深基坑,场地地质以粉质粘土为主,地下水位埋深2.3m,临近河道,施工期间需兼顾防洪要求,基坑开挖面积约800m²,工期35天。(2) 基坑开挖施工技术应用:采用分层分段开挖工艺,分层厚度1.2m,开挖坡度1:1.5;结合轻型井点降水控制地下水位,搭配钢板桩支护,防止边坡坍塌和涌水;石方开挖采用浅孔控制爆破,避免影响周边河道设施;施工过程中加强边坡位移和地下水位监测。(3) 施工效果与经验总结:该工程顺利完成基坑开挖,未发生任何安全事故,施工质量符合规范要求,按期交付后续工序。经验总结为:需精准识别临近水体基坑的地下水风险,合理搭配降排水与支护技术;严格落实安全防护措施,加强施工过程监测;制定完善的应急预案,提升应急处置能力,同时严控施工流程,避免违规操作。

结束语

本文全面梳理水利工程基坑开挖施工的理论基础、施工流程、核心技术及安全管理要点,结合工程实例验证了相关技术与管控措施的可行性和有效性。基坑开挖需兼顾安全性、经济性与实用性,严格遵循施工规范,结合地质水文条件优化方案,强化全过程质量与安全监测。未来可结合数字化、智能化技术优化开挖工艺与风险管控模式,弥补现有不足,为水利工程基坑开挖技术创新发展提供支撑。

参考文献

- [1]李飞.水利工程基坑排水施工技术要点探析[J].建筑与装饰,2022,6(11):143-146.
- [2]闫红光.浅谈水利工程中深基坑的施工技术[J].华东科技:综合,2023,27(4):129-132.
- [3]张杰.探究水利工程建筑施工技术要点[J].工程技术发展,2021,2(1):37-38.
- [4]马晓霞.水利工程基坑排水施工技术要点探析[J].农业科技与信息,2024,20(13):211-215.
- [5]姚宏.浅谈基坑排水技术在水利工程中的应用[J].治淮,2023,10(03):89-93.