

水利水电施工中筑坝工程关键技术分析

唐德志

(四川路航建设工程有限公司, 四川 成都 610041)

摘要 筑坝工程是水利水电施工体系的核心组成部分, 直接关系到水利水电工程的安全稳定性。本文围绕筑坝工程的实际应用, 系统阐述其在防洪减灾及保障供水安全等方面的核心作用, 深入剖析坝体填料选择配比及坝基开挖加固等关键施工技术, 结合施工实操要点展开详细说明, 以期为水利水电筑坝工程高质量施工提供参考, 进而提升水利水电工程的经济效益。

关键词 水利水电施工; 筑坝工程; 坝体填料; 坝基开挖; 混凝土浇筑

中图分类号: TV642

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.23.029

0 引言

筑坝工程是水利水电工程中的关键环节, 承担着蓄水防洪等多项重要职能。当前, 我国水利水电事业在不断地变化, 筑坝工程的施工规模不断扩大, 对施工技术的规范性要求也不断提升。现阶段, 筑坝工程施工面临地形地质复杂的挑战, 只有熟练掌握并科学运用各项关键技术, 才能确保坝体结构安全达标, 提升筑坝工程施工质量。

1 水利水电施工中筑坝工程的作用

1.1 防洪减灾

防洪减灾是筑坝工程最核心的作用之一, 我国地域辽阔, 季风气候显著, 部分地区汛期降水集中, 易引发洪水灾害, 对周边群众生活、农业生产及工业发展造成严重影响。筑坝工程通过修建挡水建筑物, 可有效拦截上游洪水, 调节洪水流量, 减缓洪水下泄速度, 避免洪水直接冲击下游沿岸区域。在汛期来临前, 坝体可提前蓄水, 预留出足够的防洪库容, 应对突发洪水来袭; 汛期期间, 根据洪水流量变化, 合理调控坝体泄洪设施, 将洪水控制在安全范围内, 最大限度降低洪水造成的损失。筑坝工程的建设, 能够构建完善的防洪体系, 减少洪水灾害的发生频率与破坏程度, 为下游区域的安全稳定发展提供坚实保障。在一些洪水多发的河流流域, 筑坝工程的作用尤为突出, 通过对洪水的有效调控, 让沿岸群众摆脱洪水威胁, 安心开展生产生活。同时, 筑坝工程还能配合下游防洪设施, 形成全方位的防洪防护网, 进一步提升区域防洪能力。筑坝工程在防洪减灾方面的作用, 不仅体现在汛期的洪水拦截与调控, 还体现在长期的洪水预防与治理。

通过坝体的蓄水调节功能, 可有效削减洪峰流量, 避免下游河道因洪水过大而发生决堤情况^[1]。此外, 筑坝工程还能对上游来水进行合理调配, 在枯水期储备足够水量, 在汛期合理泄洪, 实现水资源的科学调控, 从根本上提升区域防洪减灾的综合能力。

1.2 保障供水安全

当前, 部分地区水资源匮乏, 季节性缺水现象严重, 而筑坝工程的建设能够有效缓解这一问题。坝体可拦截上游来水, 储存地表径流, 形成人工水库, 为下游区域提供稳定的水源供应。在枯水期, 当自然降水不足、河流流量减少时, 可通过坝体放水, 补充下游河道水量, 避免因缺水导致生产生活受到影响。筑坝工程储存的水资源, 能满足日常用水需求, 应对突发水资源短缺问题, 提升区域水资源保障能力。在干旱季节, 水库蓄水可有效弥补天然水资源的不足, 确保农业灌溉顺利进行, 保障农作物产量稳定, 减少干旱灾害造成的农业损失。对于工业生产而言, 稳定的水源供应是生产活动正常开展的基础, 筑坝工程提供的水资源, 能够满足工业生产的用水需求, 推动工业产业健康发展。同时, 筑坝工程还能改善下游区域的水质, 通过水库的沉淀作用, 减少水中的泥沙与杂质, 而且合理调控坝体放水量, 可维持下游河道的生态流量, 兼顾生态用水需求, 实现水资源的合理利用与生态保护的协调发展。

2 水利水电施工中筑坝工程的关键技术

2.1 坝体填料: 科学选择配比技术

选择坝体填料时, 施工人员要优先考虑当地可利用的材料, 降低施工成本, 同时兼顾填料的物理力学

作者简介: 唐德志 (1981-), 男, 本科, 研究方向: 施工项目管理。

性能,确保填料具备足够的强度、压实度与抗剪能力,能够承受坝体自身重量及水压力的作用。施工人员可以对施工区域周边的填料资源进行全面勘察,检测填料的颗粒级配、含水量、压实度等指标,筛选出符合施工要求的填料类型,避免使用质地松散、稳定性差的材料,防止坝体出现沉降、滑坡等隐患。填料配比需根据坝体不同部位的受力要求与功能需求,进行科学设计,确保配比合理、性能达标。对于坝体主体部位,需选择强度高、稳定性好的填料,适当提高粗颗粒填料的比重,增强坝体的承载能力与抗变形能力;对于坝体防渗部位,需选择细颗粒填料,合理控制填料的含水量与压实度,提升坝体的防渗性能,防止出现渗漏现象。施工人员要注意确定好设计标准,按照标准进行操作,准确控制各类填料的用量比例,避免配比偏差导致坝体性能下降^[2]。施工前,需进行填料配比试验,通过试验确定最佳配比方案,结合试验结果调整填料比例,确保配比方案的科学性与可行性。填料使用前,施工人员可以进行预处理,去除填料中的杂质、杂草及超大颗粒,对于含水量过高的填料,可以对其进行晾晒,而对于一些含水量过低的填料可以洒水湿润,确保填料的含水量符合压实要求。在压实过程中,需根据填料类型选择合适的压实设备,控制压实速度与压实次数,确保填料压实度达到设计标准,减少坝体沉降量。施工人员要注意填料选择,然后严格控制配比,定期检测填料的各项指标,及时调整配比方案与施工工艺,确保坝体填料的质量符合要求。科学的填料选择与配比技术,能够为坝体结构安全提供基础保障,提升筑坝工程的整体施工质量,延长坝体使用寿命。不同类型的筑坝工程,对填料的要求存在差异,需结合工程实际灵活调整填料选择与配比方案。例如,土石坝的填料选择需注重抗渗性与稳定性,混凝土坝的填料选择则需注重强度与耐久性。施工过程中,施工人员要结合坝体结构设计、施工环境等因素,优化填料选择与配比技术,确保填料能够适应工程实际需求。

2.2 坝基开挖:精准加固处理技术

坝基开挖前,施工人员需对坝基区域的地形地质条件进行全面勘察,详细了解地质构造、岩层分布、地下水位等情况,制定科学合理的开挖方案,明确开挖范围、深度与坡度,避免盲目开挖导致坝基失稳,在这个过程中,需要控制开挖速度与开挖质量,及时清除开挖过程中产生的废渣,确保开挖面平整、整洁,符合设计要求。针对不同地质条件的坝基,需采用不

同的开挖方式。对于岩层坝基,可采用爆破开挖的方式,控制爆破参数,避免爆破震动对坝基岩层造成破坏,但是对于土质坝基,可以用机械开挖。但同时还可以结合人工开挖,这样能够进一步防止开挖过程中出现坍塌现象^[3]。开挖至设计深度后,施工人员应对坝基表面进行清理,去除表面的松散土层、风化岩层,确保坝基承载面的完整性,然后对坝基的地质情况进行再次检测,若发现地质隐患,需及时采取处理措施,避免隐患影响坝体安全。坝基加固处理需结合坝基地质条件与工程要求,选择合适的加固技术,确保加固效果达标。对于土质坝基,可采用换填加固技术,将坝基表面的软弱土层替换为强度高、稳定性好的材料,提升坝基的承载能力;对于岩层坝基,可采用灌浆加固技术,通过向岩层裂隙中注入灌浆材料,填充裂隙,增强岩层的整体性与抗渗性。加固施工前,需进行加固试验,确定加固技术参数与施工工艺。灌浆加固施工时,要准确控制灌浆压力、灌浆速度与灌浆量,确保灌浆材料能够充分填充岩层裂隙,形成完整的灌浆帷幕,提升坝基的抗渗能力与稳定性。换填加固施工时,应严格控制换填材料的质量与厚度,确保换填层压实度达到设计标准,避免出现分层、沉降等问题。

2.3 混凝土浇筑:规范养护施工技术

施工人员应做好前期准备工作,检查浇筑模板的安装质量,确保模板安装牢固、尺寸准确,接缝严密,然后对混凝土原材料进行严格检测,控制水泥及外加剂等原材料的质量,按照设计配合比准确配制混凝土,确保混凝土的强度等级与性能符合要求。在浇筑的过程中,需要注意控制浇筑速度,要是浇筑速度过快会导致混凝土离析,影响其质量。浇筑时,施工人员可以分层浇筑,或者分层振捣,控制每层的浇筑厚度,振捣过程中应确保振捣充分、均匀。振捣之后需及时对混凝土表面进行抹平,确保混凝土表面平整,符合设计要求。浇筑过程中,要做好混凝土的温度控制,避免混凝土内外温差过大导致出现裂缝,影响坝体结构安全。具体施工时,分层浇筑厚度严格控制在30 cm~50 cm,采用插入式振捣器作业,振捣器需插入下层混凝土5 cm~10 cm。振捣频率保持在120次/分钟~150次/分钟,每处振捣时间控制在20秒~30秒。直至混凝土表面泛出水泥浆、无气泡冒出,方可停止振捣。施工中严禁漏振、过振,防止出现蜂窝、麻面等质量缺陷。模板接缝处需用海绵条塞缝,外侧再用密封胶封堵。浇筑前,要对模板洒水湿润,避免模板吸水导致混凝

土表面起砂。夏季浇筑, 优先选择早晚低温时段施工。混凝土运输车辆加盖保温罩, 避免阳光直射。冬季施工, 需对原材料进行预热, 确保混凝土入仓温度不低于 5°C , 浇筑完成后立即覆盖保温被。养护工作要紧跟浇筑工序, 振捣抹平后 2 小时~3 小时内, 及时覆盖土工布并洒水保湿。养护时间不少于 14 天, 高温天气每天洒水 3 次~4 次, 低温天气则采取保温养护。通过这些措施, 防止混凝土表面失水过快, 避免产生收缩裂缝。

2.4 坝体防渗: 高效防裂施工技术

坝体防渗施工需结合坝体结构与施工环境, 选择合适的防渗技术, 构建完善的防渗体系。常用的坝体防渗技术包括防渗墙施工、帷幕灌浆、止水带安装等, 需根据坝体类型与防渗要求, 合理选择防渗技术。防渗墙施工时, 要准确控制防渗墙的深度、厚度与垂直度, 确保防渗墙与坝体、坝基紧密结合, 形成连续的防渗屏障。在施工过程中, 施工人员应严格控制防渗墙材料的质量, 确保材料具备良好的抗渗性与耐久性, 浇筑过程中要避免出现断墙、漏墙等问题。帷幕灌浆施工需结合坝基地质条件, 确定灌浆孔的布置、深度与间距, 控制灌浆压力与灌浆量, 确保灌浆帷幕的防渗效果达标, 能够有效阻挡地下水渗透, 减少坝体渗漏量。坝体防裂施工需从设计及施工等多个环节入手, 采取综合措施, 防止裂缝产生。设计阶段, 要合理设计坝体结构; 施工阶段, 要控制混凝土浇筑温度, 避免混凝土内外温差过大, 合理安排浇筑顺序, 减少施工应力导致的裂缝。在施工过程中, 施工人员应加强对坝体防渗与防裂的质量检测, 定期检查防渗体系的完整性与混凝土表面的裂缝情况, 及时采取处理措施, 确保坝体防渗防裂效果达标^[4]。此外, 施工人员要严格把控各工序衔接质量, 杜绝中途停歇造成墙体缺陷。帷幕灌浆按序分孔施工, 先稀后浓逐级调整浆液浓度, 遇地质薄弱段适当加密孔位, 提升整体防渗可靠性。防裂施工中实时监测混凝土入仓温度与内部温升, 必要时布设冷却水管降低水化热影响, 拆模后及时覆盖保湿养护, 减少干湿交替引发的表面裂缝。同时安排专人全程巡检, 对防渗节点、伸缩缝等关键部位重点核查, 发现渗漏隐患或细微裂纹立即修补处理, 全过程落实工序报验制度, 保障坝体防渗与防裂施工质量稳定可靠。

2.5 筑坝施工全面质量检测技术

质量检测需贯穿筑坝工程施工的各个环节, 首先, 原材料检测是质量检测的基础, 施工人员应对水泥、

砂石、混凝土、填料、灌浆材料等所有施工原材料进行严格检测, 检测原材料的性能、指标是否符合设计要求, 不合格的原材料严禁投入使用。施工过程中, 要对填料压实度及防渗性能等关键指标进行实时监测, 控制施工质量。例如, 填料压实度检测需采用合适的检测方法, 定期对压实后的填料进行检测, 确保压实度达到设计标准; 混凝土强度检测需在混凝土浇筑后规定时间内进行, 检测混凝土的抗压强度、抗拉强度等指标, 确保混凝土强度达标。坝体结构检测也是质量检测的重要内容, 需对坝体的尺寸、标高、垂直度等进行检测, 确保坝体结构符合设计要求。施工人员应对坝体的防渗性能、抗裂性能进行检测, 及时发现坝体存在的渗漏、裂缝等隐患, 采取相应的处理措施^[5]。在质量检测过程中, 要做好检测记录, 详细记录检测数据与检测时间, 确保检测数据的真实性、准确性与完整性, 为工程质量评估提供可靠依据。工程验收检测是筑坝工程施工质量检测的最后环节, 需对整个筑坝工程的质量进行全面检测与评估, 验收检测过程中, 要对坝体结构、防渗性能、混凝土质量、填料质量等进行全面检测, 一旦发现质量缺陷或不符合项, 应及时整改, 整改完成后重新组织验收, 确保工程质量合格。

3 结束语

筑坝工程施工难度大, 需施工人员严格遵循施工规范, 灵活运用各项关键技术, 加强施工全过程质量控制, 规避施工中的各类问题。未来, 施工人员要进一步优化筑坝施工技术, 提升施工效率, 推动筑坝工程向更加安全的方向发展, 为我国水利水电事业的持续进步提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 张兴祖. 水利水电施工中筑坝工程关键技术分析[J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(06): 96-98.
- [2] 马锦华. 水利水电工程筑坝施工技术要点与应用策略分析[J]. 工程技术研究, 2023, 08(07): 75-77.
- [3] 池能威. 水利水电施工中筑坝工程的关键工艺分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2022(32): 137-139.
- [4] 赵鹏. 水利水电施工中筑坝工程关键技术研究[J]. 四川建材, 2021, 47(12): 104-105.
- [5] 于志刚, 康威. 水利施工中筑坝工程关键技术分析[J]. 江西建材, 2021(06): 193-194.