

大坝施工技术难点及质量控制措施

王元龙

新疆昆仑工程咨询管理集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 大坝作为水利工程核心构筑物,其施工质量直接关系到工程安全与长期运行效益。本文首先阐述大坝施工相关基础理论,明确大坝类型、施工流程及质量评价指标;随后重点分析坝体混凝土、坝基防渗、高坝温控及复杂地质条件下的核心施工难点;最后提出针对性质量控制技术与实施路径,涵盖各施工环节控制、质量检测及缺陷处理。研究可为大坝施工质量管控提供实操参考,助力解决施工中的技术难题。

关键词: 大坝施工;技术难点;质量控制;关键技术;实施路径

引言:随着我国水利工程建设的快速推进,大坝工程在防洪、灌溉、发电等领域发挥着不可替代的作用。但大坝施工受地形、地质、水文等多种因素影响,施工环节复杂,技术难点突出,质量控制难度较大,易出现各类质量缺陷,威胁工程安全。当前,部分大坝施工中仍存在技术管控不到位、缺陷处理不及时等问题。基于此,本文围绕大坝施工技术难点及质量控制措施展开研究,结合实际施工经验,梳理核心难点,提出科学可行的质量控制路径,为同类大坝工程施工提供技术支撑,具有重要的工程实践意义。

1 大坝施工相关基础理论

1.1 大坝的类型与施工核心要求

大坝作为水利工程的核心构筑物,其类型划分需结合地形、地质、水文及工程用途综合确定,常见类型包括土石坝、混凝土重力坝、拱坝等。土石坝以当地土石为原料,施工简便、造价较低,适用于地形平缓、原料充足的区域,核心施工要求是保证坝体压实度,防止渗漏和滑坡;混凝土重力坝依靠自身重量维持稳定,抗冲刷、耐久性强,施工核心要求是控制混凝土浇筑质量和温控防裂;拱坝利用拱体传力特性,适用于峡谷地形,施工核心要求是保证拱体几何精度和整体性。无论何种类型,大坝施工均需遵循安全性、稳定性、耐久性三大核心要求,兼顾施工效率与工程效益。

1.2 大坝施工的流程与技术体系

大坝施工核心流程可分为前期准备、主体施工、收尾验收三大阶段,各阶段衔接紧密、环环相扣。前期准备阶段包括场地平整、地质勘察、材料进场、设备调试及施工方案编制;主体施工阶段是核心环节,涵盖坝基处理、坝体浇筑、防渗排水系统施工等关键工序;收尾验收阶段包括坝体养护、质量检测、缺陷处理及竣工验收。与之配套的技术体系主要包括地基处理技术、混

土浇筑技术、防渗排水技术、温控防裂技术等,各类技术相互支撑,形成完整的施工技术体系,为大坝施工质量和安全提供保障。

1.3 大坝施工质量的核心评价指标

大坝施工质量评价需围绕其核心功能设定指标,确保工程长期稳定运行。核心评价指标主要包括以下方面:(1)强度指标,涵盖坝体混凝土强度、土石坝压实强度等,直接决定坝体承载能力;(2)防渗指标,包括坝体渗透系数、防渗体完整性等,防止水资源渗漏和坝体渗透破坏;(3)几何精度指标,包括坝体轴线偏差、高程控制精度、拱坝曲率误差等,保障坝体结构合理性和稳定性。(4)坝体耐久性、抗冲刷能力等也作为辅助评价指标,全面衡量大坝施工质量是否达到设计标准和使用要求^[1]。

2 大坝施工核心技术难点分析

2.1 坝体混凝土施工技术难点

坝体混凝土施工是大坝施工的核心环节,受施工环境、工艺要求等影响,存在诸多实际难点,具体如下:

(1)浇筑连续性控制难,大坝混凝土浇筑体量庞大,单仓浇筑方量可达数千立方米,需保证浇筑过程连续无间断,若出现停顿易产生施工缝,降低坝体整体性,且施工现场受天气、设备故障等因素影响,难以全程维持连续浇筑状态。(2)混凝土和易性控制难,大坝混凝土需兼顾强度与流动性,适配不同浇筑部位的施工需求,而施工过程中骨料级配、水胶比波动,以及运输过程中的离析现象,易导致混凝土和易性下降,影响浇筑质量。(3)浇筑密实度控制难,坝体内部结构复杂,存在钢筋密集区、孔洞等部位,混凝土振捣难以全面覆盖,易出现蜂窝、麻面、空洞等缺陷,影响坝体承载能力。

2.2 坝基处理与防渗施工技术难点

坝基是大坝承载的基础,其处理质量与防渗效果直

接决定大坝整体稳定性, 实际施工难点主要体现在:

(1) 坝基开挖与清理难度大, 坝基多位于河床或山体底部, 地质条件复杂, 易出现边坡坍塌、涌水等问题, 且需清理基底松散土层、风化岩层, 确保基底承载力符合设计要求, 开挖过程中需精准控制开挖深度与坡度, 避免过度开挖或开挖不足。(2) 防渗结构施工难度高, 常用的防渗帷幕、防渗墙施工, 需穿透复杂岩层, 保证防渗体连续性与完整性, 若岩层裂隙发育、地下水丰富, 易出现漏浆、塌孔等问题, 影响防渗效果。(3) 坝基排水系统施工难, 需合理布置排水孔, 确保排水畅通, 降低坝基扬压力, 而施工过程中排水孔堵塞、布置不合理等问题, 易导致扬压力超标, 威胁坝基安全。

2.3 高坝浇筑与温控防裂技术难点

高坝浇筑高度大、体积大, 混凝土水化热释放集中, 温控防裂是施工核心难点, 具体表现为: (1) 水化热控制难, 高坝混凝土浇筑后, 水泥水化产生大量热量, 导致坝体内部与表面温差过大, 超过规范允许范围时, 易产生温度裂缝, 且高坝散热路径长, 热量难以快速散发, 加剧裂缝风险。(2) 分层浇筑衔接难, 高坝浇筑需分层进行, 每层浇筑厚度与间歇时间需严格控制, 若间歇时间过长, 上下层混凝土结合不紧密, 易形成冷缝; 若间歇时间过短, 下层混凝土未达到规定强度, 易被上层混凝土压坏。(3) 表面保温养护难, 高坝表面面积大, 受环境温度变化影响显著, 冬季易受冻、夏季易暴晒, 需采取针对性保温养护措施, 而现场养护覆盖不全面、养护时间不足等问题, 易导致表面裂缝产生。

2.4 复杂地质条件下施工技术难点

大坝施工常面临复杂地质条件, 给施工带来诸多挑战, 主要难点包括: (1) 岩溶地质施工难, 岩溶区域存在溶洞、溶蚀裂隙等地质缺陷, 易出现涌水、突泥等地质灾害, 施工前需精准勘察岩溶分布, 施工中需采取回填、注浆等处理措施, 难度大、工期长。(2) 软弱夹层处理难, 坝基或坝体附近存在软弱夹层时, 其强度低、稳定性差, 易导致坝体不均匀沉降, 需对软弱夹层进行开挖置换、加固处理, 处理过程中需避免夹层扰动, 确保加固效果。(3) 地震多发区施工难, 地震多发区大坝施工需兼顾抗震性能, 需优化坝体结构设计, 加强坝体与坝基的连接, 施工中需严格控制施工质量, 避免结构缺陷, 增加了施工难度与技术要求^[2]。

3 大坝施工质量控制关键技术及实施路径

3.1 大坝施工各环节质量控制措施

3.1.1 施工前期准备阶段质量控制措施

施工前期准备是质量控制的基础, 直接决定后续施

工质量, 核心控制技术与实施路径如下: (1) 施工方案质量控制, 结合大坝类型、地质条件及施工难点, 编制专项质量控制方案, 明确各环节质量标准、控制要点及责任分工, 方案需经多方论证审核, 重点核查温控、防渗、坝基处理等关键技术的可行性, 严禁未经审核擅自施工。(2) 施工场地与设备准备控制, 对施工场地进行平整、硬化处理, 划分材料堆放区、加工区, 避免材料污染; 对混凝土搅拌设备、振捣设备、注浆设备等进行全面调试与校验, 确保设备运行精度, 定期进行维护保养, 建立设备运行台账, 杜绝设备故障导致的质量隐患。(3) 人员准备控制, 组建专业施工团队, 对施工人员进行岗前培训, 重点培训质量控制要点、施工规范及应急处理措施, 考核合格后方可上岗; 明确质量管理人员岗位职责, 配备专职质检员, 建立层层交底制度, 确保质量控制要求传递至每一位施工人员。

3.1.2 坝基与坝体施工过程质量控制措施

坝基与坝体施工是质量控制的核心环节, 需针对施工全过程制定精准控制措施, 具体实施路径: (1) 坝基施工质量控制, 严格按照设计要求控制坝基开挖深度、坡度, 开挖过程中实时监测边坡稳定性, 对开挖后的基底进行清理, 去除松散土层、风化岩层及杂物, 采用重型压路机分层压实, 压实度需达到设计标准, 压实后进行承载力检测, 不合格部位需重新处理。(2) 坝体混凝土施工控制, 严格控制混凝土配合比, 原材料进场后需进行抽样检测, 确保骨料级配、水泥强度、外加剂性能符合要求; 浇筑过程中控制浇筑速度与厚度, 采用插入式振捣器分层振捣, 振捣时间控制在20-30秒, 避免漏振、过振, 浇筑完成后及时进行表面抹平、压光。(3) 施工过程监测控制, 在坝基、坝体施工过程中, 设置沉降、位移、渗流量等监测点, 实时监测数据变化, 若出现数据异常, 立即暂停施工, 分析原因并采取整改措施, 确保施工过程符合质量要求^[3]。

3.1.3 防渗、排水系统施工质量控制措施

防渗、排水系统直接影响大坝防渗性能与稳定性, 控制技术与实施路径重点如下: (1) 防渗帷幕施工控制, 采用高压注浆技术施工, 注浆材料选用符合设计要求的水泥浆或水泥砂浆, 注浆前对钻孔进行清理, 确保钻孔垂直度与深度符合要求; 注浆过程中控制注浆压力、注浆量, 采用分段注浆方式, 注浆完成后进行压水试验, 检测防渗效果, 不合格部位需补浆处理。(2) 防渗墙施工控制, 根据地质条件选用合适的防渗墙施工工艺, 控制墙体厚度、深度, 确保墙体与坝基、坝体衔接紧密; 墙体浇筑过程中控制混凝土浇筑质量, 避免出现

断墙、漏墙等缺陷,浇筑完成后进行墙体完整性检测。

(3)排水系统施工控制,合理布置排水孔、排水廊道,排水孔间距、深度需符合设计要求,钻孔过程中避免孔道堵塞;排水廊道施工需保证断面尺寸精度,浇筑完成后进行防水处理,确保排水畅通,定期清理排水系统,防止杂物堵塞影响排水效果。

3.1.4 施工材料与机械设备质量控制措施

施工材料与机械设备是保障施工质量的关键,需建立全流程控制体系,具体实施路径:(1)施工材料质量控制,建立材料进场验收制度,对水泥、骨料、钢筋、外加剂等原材料进行抽样检测,检测合格后方可进场;材料堆放需分类存放,做好防潮、防雨、防晒措施,避免材料变质、损坏;对进场材料进行台账管理,明确进场时间、规格、数量及检测报告,实现材料可追溯。

(2)机械设备质量控制,选用符合施工要求、性能稳定的机械设备,进场前进行全面检测,不合格设备严禁进场;定期对机械设备进行维护保养,重点检查设备核心部件运行状态,及时更换损坏部件;操作人员需严格按照操作规程作业,严禁违规操作,建立设备运行记录,及时发现并处理设备运行中的问题。(3)材料与设备使用过程控制,施工过程中定期对材料质量进行复检,对机械设备运行精度进行校验,确保材料与设备始终处于合格状态,避免因材料不合格、设备故障导致施工质量缺陷^[4]。

3.2 大坝施工质量检测与缺陷处理技术

质量检测与缺陷处理是质量控制的重要保障,需结合实际施工情况,采用专业检测技术,制定科学的缺陷处理方案,具体实施路径:(1)施工质量检测技术实施,采用现场检测与实验室检测相结合的方式,现场检测重点包括混凝土强度、压实度、防渗性能、几何精度等,采用回弹法、超声波法、压水试验等专业检测手段,确保检测数据准确;实验室检测主要针对原材料、混凝土试块等进行检测,严格按照检测标准操作,出具详细检测报告。(2)检测数据管理与分析,建立检测数据台账,对检测数据进行分类整理、分析,对比设计

标准,识别质量隐患,若检测数据不合格,立即停工整改,重新检测合格后方可继续施工;定期对检测数据进行汇总分析,总结质量控制薄弱环节,优化控制措施。

(3)常见质量缺陷识别与处理,针对施工中常见的混凝土蜂窝、麻面、裂缝,坝基沉降、防渗体渗漏等缺陷,制定针对性处理技术:对于混凝土表面缺陷,采用修补砂浆填补、抹平,确保修补后表面平整、密实;对于混凝土裂缝,根据裂缝宽度、深度,采用注浆、粘贴碳纤维等方式处理,防止裂缝扩展;对于坝基沉降,采用加固、注浆等措施,调整坝体受力状态;对于防渗体渗漏,采用补浆、铺设防渗层等方式,增强防渗效果。

(4)缺陷处理质量验收,缺陷处理完成后,进行专项质量检测,检测合格后组织验收,验收合格后方可进入下一工序;建立缺陷处理台账,详细记录缺陷位置、类型、处理方法及处理效果,实现缺陷处理可追溯,避免同类缺陷重复出现^[5]。

结束语:本文围绕大坝施工技术难点及质量控制措施,系统分析了大坝施工基础理论、核心技术难点,并详细阐述了各环节质量控制及缺陷处理技术。通过研究可知,大坝施工质量控制需贯穿施工全流程,针对混凝土浇筑、坝基防渗等核心难点,采取精准管控措施,强化质量检测与缺陷处理,才能保障工程质量。后续可进一步优化质量控制技术,提升管控针对性与有效性,推动大坝施工质量与技术水平持续提升。

参考文献

- [1]余燕.大坝及溢洪道工程高边坡支护施工技术[J].价值工程,2025,44(16):147-149.
- [2]申自富.水库大坝碾压混凝土施工管理探究[J].工程建设与设计,2025(1):234-236.
- [3]徐凯.大坝沥青混凝土心墙施工技术及其质量控制[J].工程建设,2024,7(7):11-12.
- [4]刘玉杰.新疆某水库枢纽工程大坝填筑施工技术分析[J].云南水力发电,2021,37(7):177-180.
- [5]周远海.复杂条件下大坝连续缓边坡建基面控制开挖技术[J].建材发展导向,2023,21(24):186-189.