

水库拦河坝填筑施工技术及质量控制研究

方欢欢

中国水利水电第十一工程局有限公司

DOI:10.32629/pe.v4i2.20030

[摘要] 水库拦河坝作为水利工程的核心枢纽,承担着防洪、灌溉、供水等重要功能,其填筑施工质量直接决定坝体运行安全性与耐久性。本文结合水利工程施工实践,系统分析水库拦河坝常见坝型的结构特点与填筑核心要求,详细阐述填筑施工前期准备、不同坝型施工工艺、关键工序控制及技术优化措施,构建全流程质量控制体系,明确质量检测标准与方法,针对常见质量问题提出切实可行的解决对策,并结合具体工程案例验证技术与质量控制措施的有效性,旨在为同类水库拦河坝填筑施工提供技术参考与实践借鉴。

[关键词] 水库拦河坝; 填筑施工; 施工技术; 质量控制; 坝型工艺

中图分类号: TV52 **文献标识码:** A

Study on construction technology and quality control of reservoir barrage filling

Huanhuan Fang

China 11th Water Conservancy and Hydropower Engineering Bureau Co., Ltd.

[Abstract] As the core hub of water conservancy project, reservoir barrage bears important functions such as flood control, irrigation and water supply, and its filling construction quality directly determines the safety and durability of dam operation. Based on the construction practice of water conservancy projects, this paper systematically analyzes the structural characteristics and core requirements of common dam types of reservoir barrage, elaborates the pre-construction preparation, construction technology of different dam types, key process control and technical optimization measures, constructs the whole process quality control system, defines the quality inspection standards and methods, puts forward practical solutions to common quality problems, and verifies the effectiveness of technology and quality control measures with specific engineering cases, aiming at providing technical reference and practical reference for similar reservoir barrage construction.

[Key words] reservoir barrage; Filling construction; Construction technology; Quality control; Dam type technology

引言

水利水电工程是国民经济发展的基础设施,而水库拦河坝又是水利水电工程的主要组成部分,其工程质量的好坏直接影响着整个工程的安全及周围人民生命财产安全。填筑施工则是拦河坝施工过程中的核心部分,涵盖坝型的选择、料源的处理、设备的调试、工序的控制等诸多环节,由于自然环境、天气状况以及人为操作等因素的影响,容易造成不密实、渗水、沉陷等问题,严重影响了工程的整体效果。近年来,水利工程项目逐步向大型化、现代化方向转变,因此在进行拦河水坝土石方填筑作业过程中对其施工技术和质量都提出新的要求。

1 水库拦河坝核心类型与填筑要求

水库拦河坝坝型选择需结合地质、水文、建设规模及使用需求综合确定,不同坝型结构特点差异明显,填筑核心需求也有

所不同,详情如表1所示。

各类坝型填筑均需满足四项核心要求,强度上需支撑坝体自重、水压力及外部荷载,避免裂缝或坍塌。

2 水库拦河坝填筑施工核心技术

水库拦河坝填筑施工需遵循前期准备充分、工艺合理、工序严格、技术优化的原则,结合坝型特点制定方案,确保质量与效率。

2.1 施工前期准备

前期准备直接影响施工进度与质量,需从场地、材料、设备、试验四方面部署。场地准备核心是坝基清理,彻底清除杂物、腐殖土、软弱土层及风化岩层,清理深度不小于0.5米,平整坝基确保表面均匀密实。同时布置排水系统,开挖排水沟、设置集水井,及时排出施工积水,避免浸泡坝基导致承载力下降。材料准备需

表1 水库拦河坝常见坝型结构特点与填筑核心需求

坝型	结构特点	填筑核心需求
土石坝	由土、石当地材料填筑,结构简单、造价较低,适应地形能力强,分为均质坝、心墙坝、斜墙坝	控制坝体密实度和防渗性能,保障抗滑、抗倾覆稳定性,减少渗漏破坏
混凝土面板堆石坝	以堆石体为主体,上游铺设混凝土面板防渗,坝体刚度大、抗变形强,施工进度快	控制堆石体级配与压实质量,协调堆石体与面板施工节奏,强化接缝防渗
沥青混凝土心墙堆石坝	以堆石体为坝壳,中间设沥青混凝土心墙防渗,防渗效果好、适应变形强,适用于高坝	控制沥青混凝土心墙连续性与密实度,确保与坝壳结合紧密,杜绝渗漏通道

先勘察料场,优先选择储量足、质量合格、运输便利的料场,检测材料强度、颗粒级配、含水率等指标^[1]。材料开采后用自卸汽车运输,控制行车速度避免离析;分类堆放并防雨防潮,风化石料掺加水泥固化,黏土料洒水或翻晒调整含水率。设备选型需匹配施工规模,压实设备选用20t以上振动碾、冲击夯,摊铺设备用推土机、平地机,检测设备用含水率测定仪、灌砂法检测设备。设备调试重点关注振动碾激振力、碾压速度,确保运行稳定^[2]。

2.2 不同坝型填筑施工核心工艺

2.2.1 土石坝填筑施工工艺

土石坝填筑以分层摊铺、分层压实为核心,摊铺时用标杆配合全站仪监测厚度,推土机摊铺后平地机平整,避免厚度不均或材料离析。压实遵循先轻后重、先慢后快、先边后中的原则,振动碾碾压速度控制在2-4km/h,边角部位用冲击夯补强。每层压实后对层面刨毛,深度不小于5cm,洒水湿润确保上下层结合紧密。黏土心墙作为核心防渗体,需单独分层摊铺压实,摊铺厚度20-30cm,压实度不低于98%,心墙与坝壳间设置过渡层,防范渗漏隐患。

2.2.2 混凝土面板堆石坝填筑施工工艺

混凝土面板堆石坝填筑重点是堆石体分区填筑与面板施工的协同控制,堆石体分为过渡层、主堆石区、次堆石区,各区材料级配严格按设计控制。过渡层用级配良好碎石,主堆石区用高强度块石,次堆石区用次坚石,分层摊铺压实,摊铺厚度50-80cm,碾压遍数4-6遍。混凝土面板在堆石体达到设计高程后施工,浇筑前清理堆石体表面、铺设止水带,控制浇筑厚度与平整度,加强接缝防渗处理,采用铜止水片与密封材料结合的方式杜绝渗漏^[3]。

2.2.3 特殊地质条件下填筑施工技术

因地制宜地改进工艺方法,在软土地区采用换填方式,采用级配碎石换填,并采取强夯措施以增强其稳定性。在岩溶地区利用物探方法确定溶洞的位置及大小,再用灰浆以及大块石头予

以填充。在高寒区做好材料保护工作,确保材料不被低温影响,并避免冻害现象发生。在降雨量大的地区做好水患预防措施,搭设临时防雨棚,及时调整料源的含水率,保证压实度。

2.3 填筑施工关键工序控制技术

施工过程中的关键工序是保证大坝质量的关键,摊铺工序采用标杆配合全站仪对摊铺厚度进行监控,并将误差控制在±5cm范围内。同时,采用推土机与平地机相互配合,保证摊铺面层的均匀性。在出现离析现象的位置,及时对其进行再拌合处理。压实环节,需严格按照碾压试验中得到的相关参数,结合不同的填筑料确定其速度及遍数。同时,在碾压的过程中还应及时检查压实度,若不符合相关标准,需对其进行再次碾压。防渗施工需严格控制防渗体连续性和密实度,反滤层铺筑要确保级配连续、厚度均匀。接缝与转角部位需将结合面凿毛清理,洒水湿润后填筑压实,不同填筑层接缝错开布置,转角部位用小型设备补强压实,避免应力集中与渗漏^[4]。

2.4 施工过程中的技术优化措施

技术优化可提升施工精度与效率,降低成本。智能化技术方面,用BIM模型优化料物运输路径,GPS监控振动碾碾压轨迹避免漏碾重碾,激光自动找平系统控制层厚。工艺优化推行流水作业,衔接摊铺、压实、检测工序减少干扰,动态调整碾压参数,采用胶凝砂砾石快速填筑工艺提升效率。材料节约与环保上,优先就地取材减少运输成本,回收利用施工废弃物,洒水降尘保护周边环境。

3 水库拦河坝填筑施工质量控制体系

填筑施工质量控制需建立全流程管控体系,覆盖前期、过程、后期三个阶段,明确检测标准与问题对策,形成闭环管控,确保质量符合设计与规范要求。

3.1 施工全流程质量控制要点

料场、设备、方案是施工前的质量控制点。对此,应加强料场管理,做好进场前的抽检,不合格材料不得进入施工现场,同时做好保存工作,避免材料出现腐化、污染等情况。对设备进行

表2 水库拦河坝填筑施工质量检测技术与标准

检测项目	检测频率	合格标准	检测方法
压实度	每层不少于3个点,每1000 m ² 增加1个点	黏性土≥98%,碎石土≥95%,堆石体≥92%	环刀法、灌砂法
含水率	每层不少于2个点,材料变化时增加检测	最优含水率±2%	酒精燃烧法、快速测定仪法
渗透系数	每填筑10m检测1次,防渗体每5m检测1次	符合设计要求,一般≤1×10 ⁻⁶ cm/s	抽水试验、注水试验

日常维护保养及试验校核,并按月度安排不少于1次的检查,保证设备处于良好的运行状态。施工方案经专业论证优化,调整方案需经审核批准。施工过程实行分层检测与工序交接检验,每填筑一层检测压实度、含水率等指标,不合格层不得进入下一道工序,各工序自检、复检合格后方可衔接。现场安排专业人员24小时巡查,及时发现违规操作与质量隐患,立即整改跟踪^[5]。施工后期重点做好坝体观测与成品保护,设置沉降、渗透观测点,定期观测分析数据,发现异常及时处理。

3.2 核心质量检测技术与标准

质量检测是管控关键,需明确检测项目、方法、频率及标准。检测项目包括压实度、含水率、渗透系数、颗粒级配,压实度用环刀法、灌砂法检测,含水率用酒精燃烧法、快速测定仪检测,渗透系数用抽水、注水试验检测,颗粒级配用筛分法检测。检测频率与标准严格遵循《水利水电工程碾压式土石坝施工规范》,具体如表2所示。

检测数据需建立台账,分析整理后及时反馈不合格项,制定整改措施并跟踪效果,形成检测—反馈—整改—复检的闭环管控,确保数据规范可追溯。

3.3 常见质量问题及解决对策

3.3.1 常见质量问题

碾压过程中压实不均匀、骨料分离、含水量过高或者过低、防渗土石建筑物、大坝沉陷量太大等这类问题较为常见。压实不均匀导致大坝内部密度太小,容易发生变形漏水的问题。骨料分离会使粗细骨料比例不合理,从而影响大坝整体强度及防渗功能。含水量过高或过低会使大坝压实不达标,若含水量过高,易出现弹簧现象,不足则难以压实。防渗体施工缝渗漏多为接缝处理不彻底所致,坝体沉降过大多由于坝基处理不到位、填筑工艺不合理引起。

3.3.2 解决对策

针对压实不足,优化碾压参数,增加碾压遍数,边角部位用小型设备补强。针对材料离析,优化摊铺与运输工艺,避免材料分层,离析部位重新拌合压实。针对含水率问题,采用洒水或翻晒调整,确保控制在最优范围。针对施工缝渗漏,加强接缝凿毛清理,铺设薄砂浆后填筑,采用三重防渗体系,对渗漏部位进行

灌浆补强。针对沉降过大,优化坝基处理与填筑工艺,加强沉降观测,及时调整施工参数。

4 工程案例

4.1 工程概况

某水电站拦河坝为沥青混凝土心墙堆石坝,坝高146m,总库容3.2亿m³,工程等级为I等,承担防洪、发电、供水功能。施工区域地质复杂,坝基以花岗岩为主,覆盖层厚度5-12m,存在局部岩溶与断层破碎带。区域属亚热带季风气候,年降水量1200-1500mm,夏季多雨,施工需重点防范雨水影响。工程总填筑量约860万m³,主要材料为花岗岩堆石料、沥青混凝土、黏土料,施工工期48个月,难点在于复杂地质处理、多雨天气含水率控制及沥青心墙施工质量管控。

4.2 填筑施工技术应用

施工前期,料场选择在坝址周边5km内,花岗岩料场作为堆石料来源,黏土料场位于坝址南侧,沥青混凝土采用优质道路石油沥青配制。材料运输控制行车速度,黏土料翻晒调整含水率,沥青混凝土用保温罐车运输。设备选型匹配施工需求,调试后确保性能达标。现场碾压试验确定最优参数,堆石体摊铺厚度60cm、碾压遍数5遍,沥青心墙摊铺厚度25cm、碾压遍数7遍。核心工艺上,堆石体分区填筑,沥青心墙连续施工控制温度与密实度。针对岩溶与断层,采用地质雷达探测、水泥砂浆封堵及灌浆处理;多雨天气加强排水,调整材料含水率。技术优化方面,用BIM模型优化运输路径,GPS监控碾压轨迹,推行流水作业提升效率。

4.3 施工质量控制实践

工程建立完善质量控制体系,成立专项小组,明确岗位职责与管理制。前期严格把控材料入场检测,设备定期检修,施工方案经多方论证。过程中实行分层检测与工序交接,检测压实度2860个点、含水率1980个点,渗透系数86次,均符合表2标准,工序交接合格率100%。现场巡查及时整改违规操作与隐患,针对局部堆石料离析、黏土料含水率超标等问题,采取重新拌合、翻晒调整等措施,整改后检测合格。后期设置沉降观测点16个、渗透观测点8个,定期观测,坝体沉降量与渗透系数均符合设计要求,做好成品保护防范坝体受损。

4.4 工程实践效果

工程通过科学应用填筑技术与质量控制措施,顺利完成施工任务,坝体关键指标均达标。施工效率显著提升,工期缩短3个月,节约施工成本1200万元,坝体运行稳定,未出现质量隐患。实践表明,拦河坝填筑需结合坝型与工程实际制定方案,强化前期准备与工序控制,优化技术并建立闭环管控,该工程经验可为同类坝型填筑施工提供参考。

5 结束语

水库拦河坝填筑施工技术及质量控制是水利工程安全稳定运行的核心保障,涉及多个环节,专业性与系统性较强。本文基于常见坝型与填筑要求,阐述核心施工技术与质量控制体系,结合工程案例验证相关措施的可行性。后续需进一步加强技术研发与实践,优化工艺、完善管控体系,推动填筑施工向精细化、绿色化发展,为水利工程高质量发展提供支撑。

[参考文献]

[1]胡关保.水库拦河坝坝体施工方法及质量控制研究[J].中国水运,2023,23(14):116-117+128.

[2]胡明.水库拦河坝填筑施工技术及其质量控制研究[J].科技与创新,2023,(07):118-120.

[3]王梦竹.土石坝填筑施工技术在小水库施工中的应用[J].珠江水运,2023,(05):77-79.

[4]郭仲敏.井子水库堆石坝填筑碾压试验及结果分析[J].山西水利科技,2023,(01):55-58.

[5]江铨.浅谈文坑水库拦河坝坝基开挖和施工导流工程[J].陕西水利,2020,(07):120-122.

作者简介:

方欢欢(1990--),男,回族,河南省淮阳县人,本科,当前职称工程师,研究方向:预算造价。