

水库混凝土面板堆石坝坝体填筑施工方法

王立冬

河北省水利工程局集团有限公司 河北 石家庄 050000

摘要: 水库混凝土面板堆石坝坝体填筑施工在水利工程建设中占据着举足轻重的地位。本文首先阐述了其作为水利工程核心环节, 对大坝稳定性等意义重大, 施工涵盖准备与关键技术操作。接着介绍了施工前准备工作, 包括地形勘察测量、材料准备、设备选型配置、施工组织与人员安排。随后详细说明施工关键技术, 如坝体填筑分区分段、基础处理、堆石体填筑、混凝土面板施工等环节, 为坝体填筑施工提供全面技术指导。

关键词: 水库; 混凝土面板堆石坝; 坝体填筑; 施工方法

引言: 在水利工程领域, 水库混凝土面板堆石坝凭借其独特的结构与性能优势, 应用日益广泛。坝体填筑施工作为该坝型建设的关键环节, 其质量直接关乎大坝的稳定性、耐久性及防渗性能, 进而影响整个水利工程的安全与效益。然而, 坝体填筑施工涉及诸多复杂环节, 从施工前的精心筹备, 到施工过程中的关键技术把控, 每一处细节都容不得半点马虎。本文将深入剖析水库混凝土面板堆石坝坝体填筑施工方法, 为相关工程实践提供有益参考。

1 水库混凝土面板堆石坝坝体填筑施工概述

稳定大坝能抵御自然与人为因素, 保障下游安全及生态稳定; 良好耐久性延长工程寿命、减少后期成本; 优秀防渗性能维持水库正常蓄水, 确保功能发挥。该施工是系统复杂工程, 含施工前准备与关键技术操作^[1]。施工前准备为基础, 地形勘察测量绘制精确地形图, 为坝体设计、施工放样提供资料, 勘探坝基及两岸地质条件, 了解岩土层情况, 为坝基处理提供依据; 材料准备上, 堆石料质地坚硬、耐风化, 粒径级配符合要求, 合理选择开采方法与爆破参数, 过渡料和垫层料人工轧制或筛选制备, 混凝土材料选合格原材料按配合比拌制; 设备选型配置依开采量、运输距离等选择挖掘、运输、压实设备; 施工组织与人员安排编制合理施工组织设计, 含进度计划、施工方法等, 对人员进行技术安全培训并安排岗位。施工关键技术决定填筑质量, 坝体填筑分区分段, 依功能与受力划分区域、选材料标准, 合理分段; 基础处理清除坝基杂物, 处理不良地质构造, 采用灌浆加固; 堆石体填筑把控制料源, 分层填筑压实, 控制压实参数; 混凝土面板施工做好模板安装、钢筋绑扎、混凝土浇筑与养护, 严格按标准执行。

2 水库混凝土面板堆石坝坝体填筑施工前的准备工作

2.1 地形勘察与测量

需对坝址区地形地貌开展详细勘察与测量, 运用专业测量仪器与技术手段, 全面获取地形数据。依据测量所得数据, 精确绘制地形图, 此地形图是坝体设计的重要基础资料, 设计人员可依据其确定坝体的平面布置、结构形式等关键参数; 同时也是施工放样的依据, 确保施工过程能按照设计要求准确进行, 保证坝体各部分位置与尺寸的精准性。除地形测量外, 还需对坝基及两岸地质条件进行勘探。采用钻探、物探等多种勘探方法, 深入探究坝基及两岸岩土层的分布状况, 明确不同岩土层的空间位置与范围; 分析岩土层的性质, 包括其物理性质如密度、含水量等, 以及力学性质如抗压强度、抗剪强度等; 评估岩土层的承载能力, 判断其能否承受坝体传来的荷载。通过地质勘探获取的这些信息, 能为坝基处理提供坚实依据。根据岩土层情况, 设计人员可制定针对性的坝基处理方案, 如对软弱岩土层进行加固处理, 提高坝基的稳定性与承载能力, 确保坝体在长期运行过程中不会因坝基问题而出现沉降、变形等安全隐患, 保障整个水利工程的安全与稳定运行。

2.2 材料准备

(1) 堆石料, 作为坝体填筑主要材料, 其质量关乎大坝稳定性, 需选质地坚硬、新鲜、耐风化石料, 且粒径、级配要符合设计要求。开采堆石料时, 要合理选定开采方法与爆破参数, 以此保障石料质量与开采效率, 若方法或参数不当, 可能导致石料粒径不符、质量不佳或开采成本增加、效率低下等问题。(2) 过渡料和垫层料, 二者分别起过渡和保护作用。过渡料要有良好且连续的颗粒级配, 能实现良好过渡; 垫层料需具备一定细粒含量, 以保证压实与防渗性能^[2]。它们一般通过人工轧制或筛选天然砂砾石来制备, 制备过程要严格把控质量, 确保级配和细粒含量达标。(3) 混凝土材料, 用于浇筑混凝土面板, 其质量影响面板耐久性与防渗性。要挑选质

量合格的水泥、砂、石骨料和外加剂等原材料,严格按照设计配合比拌制混凝土。若原材料质量不合格,如水泥强度不足、砂石含泥量过高,或配合比不准确,都会使混凝土性能下降,进而影响面板质量,降低大坝整体性能,所以必须做好材料准备工作,为坝体填筑施工奠定坚实基础。

2.3 施工设备选型与配置

其一挖掘设备方面,需依据堆石料的开采量与开采条件来挑选,像挖掘机、装载机等都是常见选择。其生产能力要能满足施工进度需求,若生产能力不足,会延误工期;同时要兼顾设备可靠性和维修保养便利性,可靠性差的设备易频繁出现故障,影响施工连续性,维修保养不便则会增加停机时间与成本。其二运输设备主要承担将堆石料、过渡料等从料场运至填筑现场的任务。自卸汽车和皮带机是常用运输设备,自卸汽车机动灵活、运输效率高,在短距离运输中优势明显,能快速完成物料转运;皮带机则适合长距离、大运量运输,可实现物料的连续输送,提高运输效率,降低运输成本。其三压实设备关乎坝体填筑质量,是关键环节。振动平碾和轮胎碾是常用压实设备,振动平碾适用于大面积压实作业,其压实效果好、生产效率高,能快速使填筑料达到压实标准;轮胎碾在压实较窄部位或对压实度要求高的部位表现出色,能更好地满足特殊部位的压实需求,保证坝体整体压实质量。合理选型与配置这些施工设备,可确保施工高效、有序进行,为打造高质量坝体提供有力保障。

2.4 施工组织与人员安排

施工组织与人员安排是水库混凝土面板堆石坝坝体填筑施工顺利推进的重要保障。施工组织设计需综合考量工程规模、工期要求以及施工条件等多方面因素进行合理编制,其内容涵盖施工进度计划,明确各阶段施工任务与时间节点,保障工程按期完成;施工方法,针对不同施工环节确定科学有效的作业方式;资源配置,合理规划人力、物力、财力等资源的使用与调配;质量控制措施,制定严格标准与流程以确保施工质量。通过全面且合理的施工组织设计,为施工过程有序开展筑牢基础^[3]。人员培训与安排同样不容忽视,要对参与施工的人员开展技术培训和安全生产培训,技术培训使施工人员熟悉施工工艺与操作规程,掌握关键技术要点,避免因操作不当影响施工质量;安全培训让其了解安全注意事项,增强安全意识,降低安全事故发生风险。在完成培训后,依据施工进度计划和施工任务,对施工人员进行合理安排,明确各岗位的职责与分工,做到人岗适配,使每个施工人员都能在合适岗位上发挥最大作用,保障施工各环节紧

密衔接、高效运转,从而推动整个坝体填筑施工项目顺利完成,实现工程预期目标。

3 水库混凝土面板堆石坝坝体填筑施工关键技术

3.1 坝体填筑分区分段

在分区方面,坝体填筑一般划分为垫层区、过渡区、主堆石区和次堆石区等。分区原则基于各部位功能要求与受力特点,精准选择填筑材料与标准。垫层区直接与混凝土面板接触,要具备良好的压实性能,以此保证施工后达到规定密实度,减少沉降变形,同时需有出色抗渗性能,防止水体渗透破坏面板与坝体连接结构,通常选用细粒含量合适、级配连续的材料;主堆石区作为坝体主要承重部分,要求石料强度高、粒径大,以承受巨大荷载;过渡区介于垫层区与主堆石区之间,能缓解不同材料变形差异,避免应力集中,材料需兼具一定细粒与粗骨料,形成级配过渡。在分段施工上,为便于施工组织与质量控制,常采用此方法。分段长度需综合考量坝体长度、施工设备性能、施工进度要求等因素确定。若分段过长,可能超出设备作业能力范围,影响施工效率;分段过短,则会增加施工衔接次数,提高管理成本。分段施工时,要高度重视各段衔接,通过合理安排施工顺序、控制施工时间间隔等措施,避免出现冷缝等质量问题,确保坝体整体性与稳定性。

3.2 基础处理

在坝体填筑前,首要任务是对坝基进行开挖与清理,需全面清除坝基表面的各类杂物,如废弃建筑材料、生活垃圾等,同时要铲除松散岩土,其质地松散、结构不稳定,易在后续施工及运行中发生沉降,还要拔除树根,防止其腐烂后形成空隙,影响坝基承载力,最终确保坝基表面平整、干净,为后续施工提供良好基础^[4]。对于坝基中存在的软弱夹层、断层等不良地质构造,要采取针对性处理措施,软弱夹层强度低、变形大,可能引发坝基不均匀沉降,断层则可能成为地下水渗透通道,通过开挖回填、灌浆加固等方式,提高坝基承载能力与稳定性。对于地质条件较差的坝基,常采用基础灌浆方法加固,基础灌浆包含帷幕灌浆与固结灌浆,帷幕灌浆通过在坝基一定深度范围内钻孔并灌注浆液,形成连续防渗帷幕,有效阻止地下水渗透,保障坝体防渗性能;固结灌浆则是将浆液灌入坝基岩体裂隙中,使岩体胶结成一个整体,提高坝基整体性与强度,增强坝基抵抗变形与破坏的能力,为坝体填筑及后续运行筑牢根基。

3.3 堆石体填筑

料源把控是堆石体填筑的基础,填筑料须严格契合设计规定的粒径、级配与强度标准。开采后需经筛选去

除超径石,通过破碎工艺调整粒径分布,保证级配连续性,为后续压实提供良好条件。同时要做好储存保管,采用搭建防雨棚、覆盖防雨布等措施,防止雨水淋湿导致含水量超标,避免混入泥土、杂草等杂质而变质,影响填筑质量。填筑工艺采用分层填筑与压实,每层填筑厚度要综合压实设备性能,如振动平碾的激振力大小,以及填筑料性质,像硬岩与软岩的不同特性来确定,通常不超过1.0m。填筑顺序应从坝体低处开始,水平分层向上推进,严禁斜坡填筑,否则会造成层间结合不紧密,影响坝体稳定性。相邻填筑层的填筑料要错开至少0.5m,防止形成通缝,削弱坝体整体性。压实质量控制是关键环节,需根据填筑料类型,如硬岩、软岩,以及压实设备,如振动平碾、气胎碾,确定压实参数,涵盖压实遍数、压实速度和压实功率。通过灌砂法、核子密度仪等方法检测压实度,硬岩压实度不得低于0.98,软岩不得低于0.95,对压实度不满足要求的部位,要及时进行补压处理,确保堆石体密实度达到设计抗剪强度和变形要求。

3.4 混凝土面板施工

模板安装采用滑模或拉模形式,安装前需清理模板表面并涂刷脱模剂,防止混凝土粘模,安装时通过螺栓固定、支撑加固等方式确保模板牢固平整,其垂直度偏差不超过3mm,保证面板形状尺寸符合设计要求。钢筋绑扎需按设计图纸下料加工,钢筋品种、规格、数量经现场核对无误后进行绑扎,主筋间距偏差控制在 $\pm 10\text{mm}$ 以内,箍筋间距偏差 $\pm 20\text{mm}$,通过“梅花形”绑扎或点焊固定,并在钢筋与模板间设置高强度砂浆垫块,确保保护层厚度偏差不超过 $\pm 5\text{mm}$ ^[5]。混凝土浇筑采用泵车或溜槽输送,浇筑前检查混凝土和易性,坍落度控制在3~5cm,浇筑时分层进行,每层厚度不超过30cm,通过

串筒下料防止离析,采用插入式振捣器振捣,振捣间距30~40cm,快插慢拔至表面泛浆,对坡面混凝土采用二次振捣工艺消除气泡。养护环节在混凝土初凝后立即覆盖土工布或塑料薄膜,24小时内持续洒水保湿,养护期间保持表面湿润,养护时间根据强度等级确定,C20及以上混凝土不少于28天,冬季采用保温棚养护,夏季避开高温时段施工,防止混凝土表面干缩裂缝,通过全过程质量管控确保面板抗渗等级达到W8以上。

结束语

综上所述,水库混凝土面板堆石坝坝体填筑施工,从前期地形勘察、材料设备准备,到施工组织人员安排,再到坝体填筑分区分段、基础处理、堆石体填筑、混凝土面板施工等关键技术环节,每个步骤都紧密相连、至关重要。只有严格把控各环节质量,遵循技术规范,才能打造出稳定、耐久、防渗性能良好的大坝,保障水利工程安全运行,实现灌溉、发电、供水等功能,为经济社会发展和生态环境稳定提供坚实支撑。

参考文献:

- [1]杨韬.混凝土面板堆石坝坝体填筑施工技术[J].水科学与工程技术,2025(4):57-59.
- [2]陈迪.水利工程中混凝土面板堆石坝坝体填筑施工技术研究[J].现代工程科技,2025,4(14):37-40.
- [3]王小红.小型水库混凝土面板堆石坝施工关键技术分析[J].地下水,2025,47(2):243-245.
- [4]沈凡莉,梁皓.混凝土面板堆石坝坝体填筑质量检验控制[J].云南水力发电,2025,41(7):113-117.
- [5]何鹏.水利工程面板堆石坝坝体填筑施工探讨[J].东北水利水电,2025,43(3):23-25+58.