

# 重黏土筑坝中的施工质量控制技术应用

张 斌

(中铁水务集团有限公司, 陕西 西安 710061)

**摘 要** 重黏土筑坝技术作为水利工程的核心技术, 具有优异的渗透阻抗和结构稳定性。在施工过程中, 质量控制面临土壤湿度、压实度和施工精度等技术挑战, 通过采用先进的质量控制技术, 坝体的安全性与稳定性得以提升。本文分析了重黏土筑坝施工中的关键质量控制方法, 涵盖压实技术、水分管理及分层施工等环节, 并针对普遍问题提出了应对措施, 优化了技术实施路径, 旨在对推动施工质量和工程效益的共同提升有所裨益。

**关键词** 重黏土筑坝; 施工质量控制; 压实技术; 智能化监控; 技术创新

中图分类号: TV64

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.14.015

## 0 引言

重黏土因其优异的抗渗性能与稳定性广泛应用于水坝建设。然而, 施工中湿度控制与压实度等关键环节还存在技术难题, 影响坝体安全性与长期稳定性。重黏土筑坝工程对施工质量要求极高, 尤其在土壤水分管理与压实度优化方面。本文全面梳理了质量控制关键技术, 分析了当前应用中的主要问题及应对策略, 旨在实现施工质量标准化, 确保工程项目的安全与稳定运行。

## 1 重黏土筑坝的施工特点与质量控制要求

### 1.1 重黏土的物理与化学性质

筑坝工程对重黏土材料的依赖性极高, 其物理化学特性对施工质量影响较大。黏土颗粒极为细小, 具有显著的比表面积和较高的吸水率, 容易发生体积膨胀。土体的膨胀与收缩性能波动较大。施工阶段, 土壤含水量对压实性能有显著影响, 过高或过低的水分都可能导致压实不均匀。适宜的水分比例有助于增强土壤颗粒间的黏结力, 提高坝体的防水效果和结构稳固性<sup>[1]</sup>。

### 1.2 重黏土筑坝的施工难度

在重黏土施工过程中, 天气对施工质量的稳定性产生直接影响。过量降水会导致土壤湿度过高, 影响施工进度和质量; 而长期干旱会使土壤过度干燥。合理调节土壤湿度是保证工程质量的关键。适宜的湿度可以有效防止土壤干裂和不均匀沉降等地质问题。重黏土的坝体稳定性和长期变形控制至关重要, 持续荷载容易导致沉降和变形, 因此密实度标准要求严格。确保坝体结构的稳定性和长期变形控制是质量保障的核心。

### 1.3 质量控制的特殊要求

重黏土筑坝工程对施工质量控制提出了更高要求, 精确的施工管理是确保质量的基础, 施工方必须按照

既定的技术规范, 确保土体的压实度、水分含量和坝体稳定性符合设计要求。质量监控人员需实时跟踪并监督, 确保填土压实度达标, 防止不合格层结构影响坝体稳定。为了达到相关规范要求, 施工技术流程应进行精细化改进, 确保每一环节的质量标准得到保障。

## 2 重黏土筑坝中的施工质量控制技术

### 2.1 重黏土压实技术

在坝体施工环节, 重黏土压实技术占据核心地位。优质的压实作业显著增强坝体的防渗性能与结构稳定性, 保障大坝在持续荷载影响下的稳固性。压实工艺的实质在于机械作业对土体颗粒间孔隙的压缩, 进而提升土体的密实度与力学强度。重黏土的渗透性能与压实程度之间存在紧密关联, 密实度提升, 坝体渗透性降低, 稳定性增强。施工中常规实施分层压实技术, 对每一层的厚度与压实度进行规范管理, 可实现土层结构的均质性与密实度同步提升。

### 2.2 土体水分控制技术

土体水分管理在重黏土筑坝工程中至关重要, 土壤水分含量对土体压实效果及坝体稳定性具有显著影响。调节水分含量的技术途径涵盖人工喷淋、喷雾灌溉、遮盖法等多种方法, 通过调节重黏土的水分比例, 优化土体压实效果。通常采用增加水量或调整水分比例方法, 以确保施工湿度的理想状态。土壤水分蒸发调控主要依赖覆盖材料, 维持施工期间湿度的稳定。湿度监测与管理技术在保障环境稳定中扮演着关键角色。采用湿度探测传感器等设备, 持续监测土壤水分动态变化, 实施相应应对策略, 维持水分在理想化控制界限内, 湿度调节系统采用自动化技术手段精确控制水分, 确保施工期间土壤水分的稳定分布<sup>[2]</sup>。

### 2.3 分层施工与质量检测技术

针对重黏土筑坝的工程实施阶段,在众多施工技术中,分层施工法以其普遍性而成为施工领域的首选技术。在坝体建设实施过程中,采纳了分层作业的基本原理,即将对坝体实施分层结构布局安排,土层压实作业合格后方可启动下一层施工。采用分阶段、分层次的施工技术,有效减缓了土体沉降变形的扩散进程,力求实现土壤各层理想的最大密实度与最佳稳定性。运用分层作业技术,可显著降低施工过程中缝隙和不均匀现象的生成概率,强化分阶段施工质量监控,质量检验技术占据核心位置。必须依照既定的检测周期执行检测作业步骤,对土层逐层进行细致的压实度和含水量等关键指标的检测与评估。

在分阶段施工作业阶段,务必对层间结合的施工质量进行细致检查。底层结构碾压作业已彻底执行至完美谢幕,在物料上送作业启动前,需对底层表层实施去毛作业程序。该举措有利于提升层间相互作用强度,严格预防层间结构出现分离及滑移等不良现象。质量检验从业者必须全面贯彻国家及行业既定的质量标准,维护检测数据的精确性与时效性同步,及时采纳调整方案,确保大坝结构质量与设计标准相吻合。

### 2.4 改良重黏土技术的应用

在重黏土筑坝领域,对现有技术的改良已成为一项不可替代的关键技术。实施掺入砂砾石及细砂等材料的操作流程,能够有效减少重黏土中黏粒的占比,降低重黏土的塑性指数,进而优化其压实性能及力学特性。经过优化处理的高塑性黏土在经过压制成型工序后,密度值显著上升,整体结构的刚性呈现下降趋势,有利于应对坝基的形变及坝体的沉降现象。合理调整坝体刚度,可降低裂缝问题的风险,实施坝体长期稳定性的综合管理。改良后的高塑性黏土材料在抗渗性能方面表现出显著进步,在长期荷载的持续影响下,坝体结构展现出其稳定性。

## 3 重黏土筑坝施工中的质量检测与控制措施

### 3.1 施工过程中的现场监控与检测

在土方开挖作业阶段,务必依照设计图纸的要求进行操作,应严格防止过度挖掘及挖掘不均现象的发生,必须保证土壤层厚度均匀,无局部厚薄不均现象。填筑作业实施阶段,对重黏土的填充程序、层厚、含水量及压实效果实施严格规范管理。力求实现施工活动的质量保证,实时数据采集技术已成为关键性应用工具,采用温湿度监测传感器及压实度检测设备等设施,及时监测并收集土壤湿度及密实度等关键参数,

在察觉到问题存在之际,应迅速进行策略调整与纠偏,建立质量反馈与跟踪系统,有效遏制潜在风险<sup>[3]</sup>。

### 3.2 施工后期质量评估

施工完成后的质量检验是重黏土筑坝工程的关键步骤,对坝体结构的关键性能参数——抗渗性和抗压性进行了系统性的检测与评估。对坝体进行抗渗性能检测以评估其水密性等级,通常采用渗透性试验与透水率测试手段进行检测。坝体长期稳定性试验通过压缩试验进行抗压性测试,有效遏制沉降及裂缝等问题的产生。

### 3.3 问题的及时处理与反馈机制

及时识别并妥善处理质量问题,是保障施工过程顺畅进行的根本保障。构建产品质量隐患早期预警机制,可对坝体潜在问题实施早期预警,对湿度、压实度、沉降量等关键参数进行持久的跟踪与检测。一旦涌现异常苗头,施工人员修正信息得到系统即时反馈。若核实压实率未达工程规范,可提升压实作业频次或对设备进行优化调整;湿度调节不当之情形,采用增湿或工艺调整手段实施修复作业。问题解决后的改进措施需进行成效审核,必须落实整改工作的有效性,防止问题复发。

### 3.4 改良土体与施工质量控制

施工实施阶段,积极推动重黏土压实性能的显著进步及坝体长期稳定性的稳固发展。对粘质土土壤实施改进工艺,对砂砾石、细砂等稳定性佳的材料进行掺入混拌。运用先进的检测技术,对改良土壤进行压实效果评估,确保其密实度与稳定性符合设计规范要求。对土壤改良施工质量实施全面监控与效果跟踪,对每一层土体的压实度、含水量及材料分布均匀性等关键指标实施连续监测,对材料混合工艺与施工管控技术实施持续优化升级,大幅提升大坝的防渗效果及抗压能力水平,并对坝体在长期荷载作用下结构稳定性及安全性能与维护策略进行优化升级。

## 4 重黏土筑坝施工常见问题与解决方案

### 4.1 重黏土施工中的常见问题

在重黏土筑坝的建造作业阶段,工程质量领域普遍存在的问题主要涉及土壤含水量调控失当以及压实效果不达标两个方面在高湿度条件下,土壤的黏滞性显著增强,审视压实作业效果的影响周期,若空气湿度不足,将引发土壤出现裂缝现象,进而对坝体的结构稳定性和防渗性能产生显著影响。压实率偏低构成关键性缺陷,压实度未达标,揭示了土体密实性存在明显缺陷,坝体沉降情形易于显现,甚至暴露裂缝及

渗水等不良征候,此举必然对坝体的安全稳定性构成威胁,可能引起使用寿命的缩短。

#### 4.2 问题的根本原因分析

上述质量问题的根本成因往往与施工方案设计的不合理性、施工设备选型的失当以及施工人员操作的不规范性紧密相关。施工方案的制定若存在缺陷,其根本原因可能在于对土壤特性的认识不够全面,对土方湿度与压实度等关键控制参数的精确度掌握存在缺陷。在施工初始阶段,对土壤湿度变化因素考虑不足,施工阶段湿度调控措施未能及时落实。不当的设备选择,往往成为施工质量问题的诱因,若压实设备功率未能满足要求、压实方法存在偏差,诸多因素均会对土壤的压实成效产生显著影响,未能实现压实度标准值。施工人员的不规范作业直接引发了质量问题,施工实施现场实时跟踪报告深度分析,若执行过程中未遵循规范标准。

#### 4.3 针对问题的解决策略

针对土壤湿度调控与压实度不足问题,施工技术的改进至关重要。空气湿度调节可采用高精度湿度检测仪器与自动喷洒设备,持续监测并调整土壤水分,确保湿度达到理想水平,优化施工效果。对于压实度不足,应选用高效压实设备,增加压实施工频次,采用分层压实工艺,确保每层土体的密实度符合要求<sup>[4]</sup>。施工人员培训需增强针对性,熟练掌握湿度调节与压实技术,严格遵循操作规程,定期进行技术培训与实操训练。

### 5 未来发展方向与技术创新

#### 5.1 新型施工材料与技术应用

随着工程技术的进步,创新施工材料和先进技术在重黏土筑坝施工中的应用显著提高了工程质量和施工效率。高效环保型重黏土改性技术通过化学和物理方法对黏土进行结构改性,有效提升土壤的渗透阻力、抗压强度和稳定性。使用稳定剂或改性剂能增强土壤的黏聚力和致密性,减轻湿度调节的难度。新型压实施工机械的使用显著提升了施工效率和压实质量,智能型振动压路机及自动化控制系统能够精确调节压实作业的深度、频率和力度,确保每层土体均匀密实。自动化技术的应用提高了施工精度,减少了人工操作误差,确保施工质量的可靠性。

#### 5.2 智能化施工质量控制系统

随着信息技术的发展,智能化施工质量管理体系已成为关键工具。通过传感器技术、无线通信和数据采集,施工质量控制指标如土壤含水量、紧实度和环

境温度得以实时监测与反馈。数据信息通过无线网络传输至监控中心,实现远程监控与数据处理。该系统可自动生成分析报告,为施工人员提供决策支持,并具备深度数据分析能力,识别潜在问题并进行早期预警。智能化系统提高了施工团队的快速响应和问题解决能力,有效预防质量事故的发生。

#### 5.3 施工技术的持续优化与升级

为应对施工环境之复杂多变和质量要求之严格性提供策略指导与实施,施工技术的不断改进与提升具有极其重要的战略意义。科技研发与创新活动应致力于增强施工精确度、减少能源消耗、增强环保性能等方面,研发新型土壤改良材料、提升压实作业效率及增强施工设备的环境适应性。在确保工程质量的前提下,有效提升施工作业效率并增强节能减排能力<sup>[5]</sup>。在施工活动实施阶段,对潜在问题的预防和风险管理的关注度亟需提升,构建一套健全的风险评估体系,融合历史记录与实时监控数据源,可精确预判潜在风险并实施相应预防策略,强化施工环节的安全保障与质量控制。

### 6 结束语

在确保坝体安全与稳定性的关键环节,重黏土筑坝施工质量控制技术扮演着举足轻重的角色。凭借对湿度与压实度的精确调控、领先的施工工艺以及智能化的监控措施,显著增强施工品质,维护坝体结构的长久稳固性。有必要对施工质量管理体系进行进一步的优化与提升,加强技术创新与进步的引领力量,在新型材料及智能化系统等前沿领域的应用方面,系统应对复杂施工环境所面临的挑战,推动产业生态实现可持续发展的战略实施优化,提升水利工程建设的技术保障措施和实施水平。

#### 参考文献:

- [1] 樊贵超.大坝基础灌浆工程施工质量控制理论与应用研究[D].天津:天津大学,2017.
- [2] 吴冷希.基于区块链的施工质量控制体系研究[D].武汉:华中科技大学,2020.
- [3] 刘天义.青岛东方影都游艇码头防波堤工程施工质量控制管理[D].青岛:山东科技大学,2020.
- [4] 田世钊.精细化管理在工程施工阶段质量控制中的应用研究[D].郑州:华北水利水电大学,2023.
- [5] 张亚东.基于数字孪生的工程项目施工质量控制研究[D].张家口:河北建筑工程学院,2023.