

# 碾压混凝土大坝施工质量控制技术研究

许 强

中国水利水电第十六工程局有限公司 福建 福州 350001

**摘要：**本文旨在研究碾压混凝土大坝施工质量控制技术，通过整合并分析现有研究成果与实际施工经验，提出有效的质量控制策略和方法。方法上，首先介绍了碾压混凝土大坝的特点和施工质量控制的重要性，然后详细阐述了材料质量控制、配合比设计与优化、施工过程控制以及质量检测与评估等关键要素。进一步地，构建了基于数据挖掘和机器学习的施工质量控制模型，并通过实际工程案例进行了验证。结果表明，所提出的质量控制模型能够有效预测并优化施工参数，提高施工质量。结论上，本文的研究成果为碾压混凝土大坝的施工质量控制提供了理论依据和实践指导，对推动水利工程的高质量发展具有重要意义。

**关键词：**碾压混凝土大坝；施工质量控制；数据挖掘；机器学习；配合比优化

## 引言

碾压混凝土大坝作为现代水利工程的关键结构形式，凭借其施工速度快、成本效益显著及材料利用率高等诸多优势，在全球范围内得到了广泛应用。此类大坝的施工质量直接关乎大坝的整体安全性和长期耐久性，因此，确保施工质量的控制至关重要。本文深入探讨了碾压混凝土大坝施工质量控制技术，旨在通过整合并分析现有研究成果与实际施工经验，提炼行之有效的质量控制策略和方法。

### 1 碾压混凝土大坝施工概述

#### 1.1 碾压混凝土大坝特点

碾压混凝土大坝主要由水泥、骨料和外加剂等组成，采用特殊的施工工艺进行浇筑和碾压，形成密实、高强度的混凝土结构。相较于普通混凝土，碾压混凝土具有更低的水灰比和更高的骨料含量，从而在工程应用中展现出施工速度快、成本低、材料利用率高等显著优势。分析表明，碾压混凝土与普通混凝土在性能上存在差异，主要体现在抗压强度、抗渗性和耐久性等方面。这些差异对施工质量有着直接影响，要求在施工过程中采取更为严格的质量控制措施，以确保大坝的整体性能满足设计要求<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 施工质量控制重要性

施工质量控制对碾压混凝土大坝的安全性、稳定性和经济性具有至关重要的意义。大坝作为水利工程的关键组成部分，其施工质量直接关系到下游人民生命财产的安全。因此，在施工过程中必须严格把控各个环节，确保施工质量符合相关标准和规范。一旦施工质量控制不当，可能导致大坝出现裂缝、渗漏等严重问题。这些问题不仅会影响大坝的正常运行，还可能对周边环境造

成潜在威胁。因此，加强施工质量控制，及时发现并解决问题，对于确保大坝的安全稳定运行具有重要意义。

## 2 施工质量控制关键要素

### 2.1 材料质量控制

碾压混凝土原材料包括水泥、骨料、外加剂等，质量要求严格。水泥需符合国家标准，骨料应级配合理，外加剂种类和用量需经试验确定。材料检验和验收遵循相关规范，确保质量达标。水泥用量一般为 $300\text{kg}/\text{m}^3$ 左右，骨料用量约为 $1200\text{kg}/\text{m}^3$ ，外加剂用量较少，但作用关键。材料质量直接影响混凝土性能和施工质量，因此必须严格把关<sup>[2]</sup>。材料存放和管理同样重要，需防雨、防潮、防污染，确保材料在使用前保持最佳状态。

### 2.2 配合比设计与优化

碾压混凝土配合比设计是大坝施工质量控制的核心环节之一。其基本原则在于确保混凝土的强度、耐久性和施工性能满足设计要求。

表1 配合比表

水灰比	水泥用量	骨料用量	外加剂用量	强度等级
0.35	300kg	1200kg	5kg	C30
0.40	280kg	1150kg	4kg	C25

注：水泥用量、骨料用量计量单位为 $\text{kg}/\text{m}^3$ 。试验结果表明，水灰比对混凝土强度有显著影响。具体而言，水灰比越小，混凝土的强度越高，但相应的施工难度也会增加。因此，在实际施工中，需根据具体情况权衡利弊，选择最优的配合比方案。

### 2.3 施工过程控制

在碾压混凝土的拌合阶段，需严格控制原材料的比例和拌合时间，确保混凝土均匀性。运输过程中，采取防离析措施，保持混凝土性能稳定。摊铺时，控制摊铺厚度和均匀度，避免局部过厚或过薄导致强度不均。碾

压是关键环节,需选择合适的碾压设备和碾压遍数,确保混凝土密实度达到设计要求。施工过程中,可能遇到混凝土温度裂缝、泌水等问题。针对温度裂缝,采取预冷骨料、加冰拌合等措施降低混凝土入仓温度,并加强养护,减少内外温差。对于泌水问题,优化配合比,减少用水量,同时加强排水措施,确保施工质量<sup>[3]</sup>。

#### 2.4 质量检测与评估

在碾压混凝土大坝施工过程中,质量检测是确保施工质量的关键环节。常用的检测方法包括钻芯取样、回弹法、超声波检测等,这些方法能够直观地反映混凝土的强度、密实度等关键指标。钻芯取样通过提取混凝土芯样进行力学性能测试,回弹法则利用回弹仪检测混凝土表面硬度,超声波检测则通过测量超声波在混凝土中的传播速度来评估其内部缺陷。为了全面评估施工质量,需要建立一套科学的质量评估体系。该体系应包括定量评价和定性评价两个方面<sup>[4]</sup>。定量评价主要依据检测数据,如混凝土的强度、密实度、裂缝宽度等,通过对比分析,对施工成果进行客观评价。定性评价则侧重于施工过程的规范性、施工工艺的合理性以及施工管理的有效性等方面,通过专家打分、现场观察等手段进行主观判断。

### 3 施工质量控制模型构建

#### 3.1 模型概述

提出基于数据挖掘和机器学习的施工质量控制模型框架,该框架旨在通过数据分析手段,识别影响碾压混凝土大坝施工质量的关键因素,并预测施工质量趋势。阐述模型构建的基本原理,包括数据收集、预处理、特征选择、模型训练和验证等流程。通过机器学习算法,如决策树、随机森林或支持向量机等,对施工质量数据进行学习,以构建预测模型。模型框架包括数据输入层、特征提取层、模型训练层和预测输出层,各层之间通过数据流和控制流实现信息的传递和处理。数据输入层负责收集施工过程中的各类数据,特征提取层则对数据进行预处理和特征选择,模型训练层利用机器学习算法对数据进行学习,构建预测模型,预测输出层则输出模型的预测结果,为施工质量控制提供决策支持<sup>[5]</sup>。

#### 3.2 数据处理与分析

在碾压混凝土大坝施工质量控制技术研究中,数据处理与分析是构建质量控制模型的关键步骤。本研究采用系统的数据收集方法,确保数据的全面性和准确性。数据来源于多个实际工程项目,涵盖了碾压混凝土施工的全过程,包括原材料检测、配合比设计、施工过程记录及质量检测报告等。

表2 关键因素表

因素名称	影响程度	出现频率	可控性
水灰比	高	90%	可控
骨料级配	中	75%	可控
施工温度	低	60%	部分可控

注:影响程度分为高、中、低三级,该表格展示了通过数据分析识别出的影响施工质量的关键因素,包括水灰比、骨料级配和施工温度等,同时评估了各因素的影响程度、出现频率及可控性。

#### 3.3 模型应用与验证

在某中型碾压混凝土大坝工程中,我们将构建的质量控制模型进行了实际应用。该模型通过输入施工过程中的各项参数,如材料质量、配合比、施工温度等,能够预测出施工质量的可能波动范围,为施工团队提供了重要的决策支持。在模型应用过程中,我们根据预测结果对施工参数进行了实时调整。例如,当模型预测出某批次混凝土的强度可能不达标时,我们立即对水泥用量、骨料级配等关键参数进行了优化调整,从而确保了施工质量的稳定性。同时,我们还利用模型对施工过程中的潜在风险进行了预警,提前采取了相应的应对措施,有效避免了质量事故的发生。

### 4 施工质量控制案例分析

#### 4.1 案例一:某大型碾压混凝土大坝工程

##### 4.1.1 工程概况

该大型碾压混凝土大坝工程位于河流中游,总库容达到2亿立方米,设计坝高150米。工程地处山区,地形复杂,施工条件较为苛刻。施工过程中,主要面临材料运输困难、施工环境恶劣以及温度变化大等质量控制问题。特别是在高温季节,混凝土凝结速度加快,增加了施工难度和质量控制风险<sup>[6]</sup>。

##### 4.1.2 质量控制措施

针对上述质量控制问题,工程团队采取了多项措施。首先,优化材料运输路线,采用大型运输车辆和吊装设备,确保材料及时、准确地送达施工现场。其次,加强施工过程监控,采用现代化信息技术手段,如无人机巡检和远程监控系统,实时监测施工过程中的质量问题。此外,还建立了严格的质量检测体系,对混凝土拌合物进行定期检测和评估,确保其性能符合设计要求。通过这些措施的实施,有效提高了施工质量控制水平,减少了质量问题的发生。

##### 4.1.3 质量控制成效

经过质量检测数据的分析,该大型碾压混凝土大坝工程的施工质量得到了显著提升。具体而言,混凝土的抗压强度、抗渗性能和耐久性等指标均达到了设计要

求。同时,大坝在运营过程中未出现明显的裂缝、渗漏等问题,安全性、稳定性得到了有力保障。这些成效的取得,得益于科学的质量控制措施和严格的质量管理体系。

#### 4.2 案例二:中小型碾压混凝土大坝工程

中小型碾压混凝土大坝工程的施工特点和难点在于资源有限、施工队伍技术水平参差不齐。相较于大型工程,中小型工程往往面临预算紧张、设备简陋等挑战,这对施工质量控制提出了更高要求。此外,由于施工队伍的专业技能水平不一,质量控制的一致性和稳定性也成为难点。

针对这些特点,提出的质量控制策略包括加强人员培训、优化配合比设计以及强化现场管理。通过定期的技术培训和考核,提升施工队伍的专业技能水平。同时,根据工程实际情况,调整和优化混凝土的配合比,确保混凝土性能满足设计要求。在现场管理方面,加强施工过程的监控和记录,及时发现并纠正质量问题。

实际应用效果显示,采取上述质量控制策略后,中小型碾压混凝土大坝工程的施工质量得到了显著提升。质量检测数据显示,混凝土的强度和均匀性均达到了设计要求。此外,通过加强现场管理和人员培训,有效减少了施工过程中的质量问题和安全隐患,为工程的顺利完工提供了有力保障。这些经验教训也为类似工程提供了有益的参考。

#### 4.3 案例对比分析

##### 4.3.1 对比分析

对比大型与中小型碾压混凝土大坝工程在质量控制方面的异同点,发现大型工程更加注重施工过程的精细化管理和技术创新,而中小型工程则更侧重于成本控制和效率提升。在施工材料选择上,两者均强调材料质量的严格把控,但在配合比设计上,大型工程更倾向于通过试验验证优化配合比,以提高混凝土的性能和施工质量。此外,不同规模、条件下的施工质量控制策略也存在差异,大型工程更加注重预防和控制潜在的质量问题,而中小型工程则更注重问题的及时发现和解决。

##### 4.3.2 经验教训总结

总结两个案例在施工质量控制过程中的经验教训,我们发现,无论是大型还是中小型工程,施工前的充分准备和规划都是确保施工质量的关键。同时,加强施工过程中的监督和检测,及时发现和解决质量问题,也是保证施工质量的重要手段。此外,针对不同规模和条件的工程,应采取灵活多样的质量控制策略,以适应不同的施工环境的要求。在质量控制过程中,还应注重经验总结和教训吸取,不断完善和优化质量控制方法。

#### 5 结论

本文研究了碾压混凝土大坝施工质量控制技术,通过综合分析现有研究成果和实践经验,明确了施工质量控制的关键要素,包括材料质量控制、配合比设计与优化、施工过程控制以及质量检测与评估。此外,本文还构建了基于数据挖掘和机器学习的施工质量控制模型,该模型能够识别影响施工质量的关键因素,并根据预测结果调整施工参数,优化施工质量控制策略。在实际工程应用中,该模型展现出了良好的有效性和准确性,为碾压混凝土大坝的施工质量控制提供了有力支持。研究成果不仅丰富了碾压混凝土大坝施工质量控制的理论体系,也为实际工程提供了科学依据和实践指导。

#### 参考文献

- [1]朴希金.水库大坝碾压混凝土质量控制技术研究[J].黑龙江水利科技,2021,4:181-183.
- [2]王拥杰.隧道衬砌混凝土施工质量控制技术研究[J].人民交通,2024,2:0052-0054.
- [3]黄钰涵,陈龙,曾少林.超高层建筑大体积混凝土底板施工质量控制技术研究[J].建筑与装饰,2023,10:109-111.
- [4]游丘林,杨雷.大跨度双塔斜拉桥主塔泵送混凝土施工质量控制技术研究[J].四川水力发电,2020,2:34-38.
- [5]龚倩,赵京燕.堆石混凝土重力坝施工质量控制技术研究[J].水利水电施工,2019,6:36-41.
- [6]罗作球,陈全滨,袁启涛,等.天津高银117大厦超高层混凝土冬期施工技术及其质量控制研究[J].混凝土,2016,6:136-140.