

大坝混凝土浇筑质量智能监控系统

贾建东

宁夏固海水利建筑安装工程有限公司 宁夏 中卫 755000

摘要：随着水利工程建设规模持续扩大、技术复杂度不断提高，大坝混凝土浇筑质量成为保障工程安全与长久运行的关键要素。本文聚焦于大坝混凝土浇筑质量智能监控系统，阐述其重要性，详细介绍系统架构，涵盖数据采集、传输、处理与分析以及应用层。深入剖析关键技术，包括传感器、物联网、大数据与云计算、人工智能技术等。同时，全面阐述系统功能，如实时监测、质量预警、数据分析与统计以及施工过程追溯功能。该系统旨在提升大坝混凝土浇筑质量监控的智能化水平，保障大坝建设质量与安全，为相关领域提供先进的技术支持与解决方案。

关键词：大坝混凝土；浇筑质量；智能监控系统

引言：在大坝建设领域，混凝土浇筑质量至关重要，直接关乎大坝的稳定性、耐久性及安全性。传统监控方式依赖人工检测，存在效率低、误差大、实时性差等问题，难以满足现代大坝建设的高标准要求。随着科技飞速发展，智能监控技术为解决这一难题提供了新途径。大坝混凝土浇筑质量智能监控系统应运而生，它融合多种先进技术，实现对浇筑过程的全方位、实时、精准监控。将深入探讨该系统的重要性、架构、关键技术及功能，为大坝建设质量提升提供理论参考与实践指导。

1 大坝混凝土浇筑质量智能监控系统的重要性

大坝作为重要的水利基础设施，其混凝土浇筑质量是保障大坝安全稳定运行的核心要素，而智能监控系统在其中发挥着不可替代的关键作用。从安全层面看，大坝长期承受水压力、泥沙冲击等复杂作用力，若混凝土浇筑存在质量缺陷，如裂缝、空洞等，在长期运行中可能不断扩展，最终引发渗漏、滑坡甚至溃坝等严重安全事故，威胁下游人民生命财产安全。智能监控系统能实时捕捉浇筑过程中的细微变化，及时发现潜在质量问题，为采取补救措施争取时间，将安全隐患扼杀在萌芽状态。在质量把控方面，传统监控方式依赖人工检测，存在主观性强、效率低、难以全面覆盖等问题。智能监控系统借助先进传感器和数据分析技术，可对混凝土的温度、湿度、强度等关键指标进行精准、持续监测，确保浇筑质量符合设计要求，提高大坝整体结构的可靠性和耐久性^[1]。

2 大坝混凝土浇筑质量智能监控架构

2.1 数据采集层

数据采集层是大坝混凝土浇筑质量智能监控系统的基础，负责全面、精准地收集与浇筑质量相关的各类数据。通过在大坝施工现场合理布置多种类型的传感器，

如温度传感器可实时监测混凝土内部及表面的温度变化，防止因温度应力导致裂缝产生；湿度传感器能获取混凝土养护环境的湿度情况，保障养护质量；应力应变传感器可测量混凝土在浇筑和硬化过程中的应力应变状态，反映其结构受力性能。此外，还可利用图像采集设备获取混凝土表面的外观图像，以便检测表面平整度、蜂窝麻面等质量问题。这些传感器和设备持续不断地将采集到的数据转换为电信号或数字信号，为后续的数据处理和分析提供丰富的原始信息，确保对混凝土浇筑质量进行全方位、多角度的监控。

2.2 数据传输层

数据传输层承担着将数据采集层获取的数据高效、稳定地传输至数据处理与分析层的重要任务。考虑到大坝施工现场环境复杂，可能存在信号干扰、距离较远等问题，因此采用多种传输方式相结合的策略。对于近距离的数据传输，可利用有线通信技术，如以太网，其具有传输速度快、稳定性高的特点，能确保大量数据准确无误地传输。而对于远距离或布线困难的区域，则采用无线通信技术，如 ZigBee、LoRa 等，它们具有灵活部署、成本较低的优势，可实现数据的实时远程传输。同时，为保障数据传输的安全性，采用加密技术对传输的数据进行加密处理，防止数据泄露和被篡改，确保数据的完整性和可靠性。

2.3 数据处理与分析层

数据处理与分析层是智能监控系统的核心，负责对传输过来的海量数据进行深度处理和挖掘分析。首先，对采集到的原始数据进行清洗和预处理，去除噪声数据和异常值，提高数据质量。然后，运用数据挖掘、机器学习等先进算法对数据进行分析，建立混凝土浇筑质量预测模型。例如，通过分析历史数据和实时数据，预

测混凝土强度的发展趋势,提前发现可能存在的质量问题。同时,利用大数据分析技术对不同施工阶段、不同部位的数据进行关联分析,找出影响浇筑质量的关键因素和潜在规律,为施工工艺的优化和质量控制提供科学依据。此外,该层还具备数据存储和管理功能,将处理后的数据进行分类存储,方便后续的查询和追溯。

2.4 应用层

应用层是大坝混凝土浇筑质量智能监控系统与用户直接交互的界面,为用户提供直观、便捷的操作和决策支持。通过开发可视化的人机交互界面,将数据处理与分析层的结果以图表、报表、曲线等形式直观展示给用户,使用户能够清晰地了解混凝土浇筑质量的实时状态和变化趋势。同时,应用层具备多种功能模块,如实时监测功能可让用户随时查看各个监测点的数据;质量预警功能在检测到数据异常时及时发出警报,提醒用户采取相应措施;数据分析与统计功能可生成详细的质量分析报告,为工程验收和质量评估提供依据。施工过程追溯功能则可对历史数据进行查询和回放,帮助用户分析质量问题产生的原因,总结经验教训,不断改进施工工艺,提高大坝混凝土浇筑质量。

3 大坝混凝土浇筑质量智能监控系统的关键技术

3.1 传感器技术

传感器技术是大坝混凝土浇筑质量智能监控系统的数据采集核心。现代传感器向微型化、智能化、多功能化发展,如光纤Bragg光栅传感器,利用光信号测量传输,通过波长调制获取信息,具有耐恶劣环境、抗电磁干扰、寿命长等优点,可实现温度、应变等多参数实时监测,且能组成传感器网络进行分布式测量。在混凝土浇筑中,温度传感器可监测混凝土内部及表面温度,防止温度裂缝;湿度传感器能获取养护环境湿度,保障养护质量;应力应变传感器可测量混凝土受力状态,反映结构性能。集成传感器将辅助电路集成,具备校准、补偿等功能,智能化传感器结合微型处理器,实现检测、判断和信息处理一体化,为监控系统提供精准、全面的原始数据^[2]。

3.2 物联网技术

物联网技术实现大坝混凝土浇筑质量监控中物体间的智能化交流。通过传感器网络,将混凝土浇筑过程中的位移、变形、渗流等参数实时采集并传输。借助无线网络传输系统,把数据传输到服务器储存分析。在大坝安全监测中,物联网融合多学科知识,如坝工学、工程材料力学等,以及多种技术方法,如测量技术、信号处理等,开展信息感知融合及动态评价模型研究,实现智

能巡检和实时线上监测。例如,通过监测坝体及基础变形、渗压渗流等,掌握大坝发展演变趋势,对事故前兆预报预警,及时排除安全隐患,还能实现远程监控、远程教学,提升安全管理水平。

3.3 大数据与云计算技术

大数据与云计算技术为智能监控系统提供强大的数据处理和存储能力。在混凝土浇筑过程中,会产生海量数据,如传感器采集的温度、湿度、应力应变等数据。大数据技术可对这些数据进行清洗、预处理、特征提取和模型训练,挖掘数据背后的规律和潜在问题。云计算技术则提供弹性的计算资源,满足数据处理和分析的需求。通过构建数据采集与分析平台,将传感器数据存储在云端,利用云计算的强大计算能力进行分析处理,提供可视化界面展示实时数据和分析结果。当数据超出预设阈值时,系统触发预警机制,及时通知管理人员采取措施,保障混凝土浇筑质量。

3.4 人工智能技术

人工智能技术赋予智能监控系统智能决策和预测能力。专家系统基于知识库和推理机,模拟人类专家决策过程,解决复杂问题。在大坝混凝土浇筑质量监控中,专家系统可根据监测数据,利用坝工领域专家的知识 and 经验进行推理判断,提供决策建议。人工神经网络模仿生物大脑结构和功能,具有分布式存储信息、并行处理等特点,能从不完全、不精确的数据中学习,具有强容错能力。通过对历史数据和实时数据的学习训练,人工神经网络可预测混凝土强度发展趋势,提前发现潜在质量问题。此外,机器学习算法可对施工工艺进行优化,根据实时监测数据调整施工参数,提高混凝土浇筑质量和效率。

4 大坝混凝土浇筑质量智能监控系统功能

4.1 实时监测功能

大坝混凝土浇筑质量智能监控系统的实时监测功能,是保障工程质量的“前沿哨兵”。它运用多种先进传感器,构建起全方位的监测网络。温度传感器精准捕捉混凝土内部及表面的温度变化,大坝不同部位因水化热等因素温度差异大,该传感器能实时反馈数据,防止温度应力引发裂缝,影响结构安全。湿度传感器密切关注环境湿度,混凝土养护需适宜湿度,此传感器确保养护条件符合要求,保障混凝土强度正常发展。压力传感器监测浇筑压力,保证混凝土均匀充实地填充模板,避免出现空洞、不密实等缺陷。高清摄像头则对施工画面进行无死角监控,从混凝土的入仓、振捣到表面平整,每一个细节都清晰呈现。所有监测数据和画面通过高速

稳定的网络，实时传输至监控中心。管理人员无论身处何地，都能通过电脑或移动终端随时查看，及时掌握浇筑现场的动态。一旦发现异常，如温度异常升高、振捣不充分等，系统会立即发出警报，为及时处理问题争取宝贵时间。

4.2 质量预警功能

质量预警功能是大坝混凝土浇筑质量智能监控系统的关键“防护盾”，能提前察觉潜在质量风险并及时示警。系统基于大量的实验数据、工程经验以及先进的算法模型，为混凝土浇筑的各项关键指标设定了科学合理的预警阈值。在实时监测过程中，一旦温度、湿度、压力、平整度等参数超出预设范围，系统会迅速触发预警机制。预警方式丰富多样且及时有效。现场会响起尖锐的声光报警，引起施工人员的高度注意；同时，系统会向相关管理人员的手机发送短信，详细说明预警的具体内容、发生位置等关键信息；在监控中心的软件界面上，也会弹出醒目的警示窗口，直观展示问题所在。例如，若混凝土温度过高可能影响其强度和耐久性，系统会立即预警，提示施工人员采取增加冷却水管通水流量、覆盖保温材料等降温措施。通过质量预警功能，能够在质量问题萌芽阶段就将其扼杀，有效避免质量事故的发生，为大坝混凝土浇筑质量提供可靠保障。

4.3 数据分析与统计功能

该系统的数据分析与统计功能具备强大的“智慧大脑”。它能够对海量的实时监测数据进行深度挖掘和分析。通过运用先进的统计方法和数据分析模型，系统可以找出数据之间的内在规律和关联。比如，分析不同浇筑部位混凝土温度随时间的变化趋势，评估温度控制措施的有效性；对比不同施工班组浇筑的混凝土质量数据，找出质量差异的原因。同时，系统还能生成各种详细的统计报表和直观的可视化图表，如柱状图、折线图、饼图等，清晰地展示混凝土浇筑质量的整体情况和各项指标的分布情况。这些分析结果和统计数据为施工管理人员提供了科学的决策依据，帮助他们优化施工方

案、调整施工参数，提高施工效率和质量，推动大坝建设向智能化、精细化方向发展。

4.4 施工过程追溯功能

施工过程追溯功能是大坝混凝土浇筑质量的“历史档案馆”。系统详细记录了混凝土浇筑过程中的每一个环节和关键信息，包括原材料的批次、用量、进场时间，浇筑的具体时间、部位、施工人员，使用的施工设备及其运行参数，以及当时的环境条件等。这些信息形成了一个完整、可追溯的施工过程链。一旦在后续的质量检测或使用过程中发现质量问题，管理人员可以通过系统快速定位问题发生的时间、地点和施工环节，深入分析问题产生的原因，明确责任主体。施工过程追溯功能不仅有助于及时解决质量问题，还能工程质量评估和验收提供有力的证据支持。同时，它也促使施工人员严格遵守施工规范和操作流程，增强质量意识和责任感，确保大坝混凝土浇筑施工的每一个步骤都经得起时间的检验^[3]。

结束语

大坝混凝土浇筑质量智能监控系统，是科技与水利工程建设深度融合的智慧结晶。它以全方位、智能化的监控手段，为混凝土浇筑质量保驾护航，有效规避了传统施工中的质量隐患，确保了大坝工程的坚固与耐久。这一系统的应用，不仅提升了工程建设的现代化水平，更为水利行业的可持续发展提供了有力支撑。

参考文献

- [1]郭大平,胡良才,纪俊双.观音岩水电站大坝混凝土施工过程仿真研究[J].陕西水利,2023(03):155-157+160.
- [2]李所,王一杰.水电站主大坝尾水肘管二期混凝土浇筑施工技术[J].云南水力发电,2022,32(05):133-135.
- [3]刘明生,庄海龙,刘泽艳.混凝土坝浇筑振捣质量智能化监控研究[J].四川水力发电,2021,39(6):21-24,