

水利水电工程灌浆施工智能控制系统的设计与应用

周 林

中铁十二局集团第七工程有限公司 湖南长沙

【摘要】水利水电工程中的灌浆施工对于工程质量与安全至关重要。传统的灌浆施工方法存在着效率低、质量难以控制等问题，难以满足现代水利水电工程对精确性和自动化的需求。本文设计了一种水利水电工程灌浆施工的智能控制系统，利用现代传感器、自动化设备及数据分析技术，构建了一个实时监控与调节的灌浆过程控制平台。该系统能够根据现场实时数据对灌浆工艺进行优化调整，从而提升施工效率和施工质量，确保工程安全与稳定。通过对系统的实验应用，结果表明智能控制系统能够有效提高灌浆施工的精度与效率，具有广泛的应用前景。

【关键词】水利水电工程；灌浆施工；智能控制系统；自动化；质量控制

【收稿日期】2025 年 4 月 13 日

【出刊日期】2025 年 5 月 23 日

【DOI】10.12208/j.jer.20250227

Design and application of intelligent control system for grouting construction in hydropower and water conservancy projects

Lin Zhou

China Railway 12th Bureau Group Seventh Engineering Co., Ltd., Changsha, Hunan

【Abstract】 Grouting construction in hydropower and water conservancy projects is crucial for the quality and safety of the project. Traditional grouting construction methods face problems such as low efficiency and difficulty in quality control, which fail to meet the modern demands for precision and automation in hydropower and water conservancy projects. This paper designs an intelligent control system for grouting construction in hydropower and water conservancy projects, utilizing modern sensors, automated equipment, and data analysis technologies to build a real-time monitoring and adjustment platform for the grouting process. The system can optimize and adjust the grouting process based on real-time data from the site, thus improving construction efficiency and quality while ensuring project safety and stability. Experimental application results show that the intelligent control system can effectively improve the precision and efficiency of grouting construction and has broad application prospects.

【Keywords】 Hydropower and water conservancy projects; Grouting construction; Intelligent control system; Automation; Quality control

引言

水利水电工程是国家基础设施建设的重要组成部分，其施工质量直接影响到工程的安全性和运行稳定性。在水利水电工程中，灌浆施工是确保结构稳定性、提升防渗效果的关键环节。然而，传统灌浆施工方式存在着手动控制、操作繁琐、施工质量不稳定等一系列问题，难以满足现代工程的高精度、高效率要求。随着科技的进步，智能化技术在各行各业中的应用逐渐增多，特别是在工程施工领域，自动化控制系统的引入大大提高了施工效率与质量。本文通过设计一套智能控制系统，利用数据采集与实时监控技术，研究如何提高水

利水电工程灌浆施工的智能化水平，为解决传统施工方法中的问题提供了新的思路与解决方案。

1 灌浆施工中存在的问题与挑战

在水利水电工程中，灌浆施工作为确保结构稳定性和防渗效果的关键环节，面临着许多技术性挑战。传统的灌浆施工方法主要依赖人工控制和经验判断，这导致施工过程中的精度和效率难以保证^[1]。尤其在复杂的地质条件下，施工过程中灌浆压力和注浆量的控制尤为困难，容易出现局部过度或不足的现象。这不仅会影响灌浆效果，还可能导致结构的稳定性问题。由于施工现场环境变化复杂，人工操作难以实时获取和调整

数据,导致灌浆过程无法得到精准监控与及时调整,进而影响到整个工程的质量和安全。

灌浆施工中另一个常见的问题是数据记录和分析的滞后性。在传统施工方法中,灌浆参数的记录多依赖人工手动记录,这一过程中容易发生错误,且难以对历史数据进行有效的分析与追踪。工程进展过程中,现场环境的变化、施工条件的改变,可能需要对灌浆参数进行调整,然而人工监控往往难以及时反应和作出调整。施工人员往往无法准确了解灌浆过程中的各类关键数据,无法在第一时间发现潜在的施工隐患。

除了人工操作的局限性,传统的灌浆设备也存在技术瓶颈。传统灌浆设备多为机械化操作,自动化程度较低,操作过程中容易受到人为因素的干扰,导致设备效率的下降。在灌浆过程中,施工设备的精准控制、自动化调节和实时监测能力的缺失,造成了工程施工的质量和安全风险。现场管理和施工协调工作繁杂,涉及多个环节和多个团队的协作,传统施工方法下的管理效率较低,往往造成信息流通不畅,决策滞后。如何通过引入智能化、自动化的控制系统,解决以上问题,提升灌浆施工的质量和效率,已成为当前水利水电工程中的一项迫切需求。

2 智能控制系统的设计与构建

智能控制系统的设计与构建是解决水利水电工程灌浆施工问题的重要手段。为了实现灌浆施工过程的高效控制和精确监测,智能控制系统依赖于现代传感器、自动化设备以及实时数据处理技术。通过在施工现场安装一系列传感器,这些传感器能够实时采集压力、流量、温度、注浆量等重要数据,并将数据传输至中央控制系统。系统通过对这些数据的实时分析和处理,判断灌浆过程中的各项参数是否在合理范围内,并能够自动调节灌浆设备的工作状态。这种数据驱动的控制方式显著提高了施工过程的精确度与效率,减少了人为操作带来的误差。

在系统的构建过程中,硬件和软件的结合至关重要。硬件方面,选择高精度的传感器和自动化控制装置,这些设备能够在极端环境下稳定工作,并提供精准的数据输入。软件方面,系统需要具备强大的数据处理能力,可以实时对收集到的数据进行分析,判断施工中的潜在风险,并及时发出报警或调整信号,确保施工参数始终处于最佳状态^[2-6]。智能控制系统还具备自学习功能,能够根据历史施工数据不断优化控制算法,实现更加精确的自动调节,进一步提高施工的稳定性和可靠性。

系统的远程监控功能也是其设计的重要组成部分。在传统的灌浆施工中,现场施工人员往往只能依赖局部的信息来进行判断,导致信息不对称。而智能控制系统通过建立一个集中的数据监控平台,施工管理人员可以随时远程查看施工现场的实时数据,进行实时调度与决策。这种远程监控不仅使得施工管理更加高效,还能在发生异常情况时,及时做出反应,减少了因现场问题导致的安全隐患。智能控制系统的设计与构建,不仅提升了灌浆施工的自动化程度,还大幅提升了施工的安全性和稳定性,对水利水电工程的质量保障起到了至关重要的作用。

3 智能控制系统在灌浆施工中的应用与优势

智能控制系统在灌浆施工中的应用,能够有效提升施工效率和质量,解决传统灌浆施工中存在的诸多问题。在实际应用中,智能控制系统通过精确的实时数据采集和分析,能够根据现场环境和施工条件的变化,自动调整灌浆过程中的关键参数,例如注浆压力、流量、注浆量和时间等。这种精确的控制大大减少了人工干预的必要性,避免了由于人为操作不当导致的施工质量波动。系统能够及时检测灌浆过程中可能出现的异常,如压力过高或过低、流量不稳定等,并自动发出警报或采取应急措施,确保施工过程的安全和顺利进行。

在灌浆施工中,智能控制系统的优势体现在数据监控与分析的全面性。通过系统集成的传感器,施工过程中每一个关键节点的数据都被实时采集并传输至中央处理单元,进行集中监控和分析。这些数据包括了灌浆压力、注浆量、流速、温度等多项指标,为施工管理人员提供了完整的施工数据图景。施工过程中,系统能够根据实时数据对施工状态进行精准评估,并向管理人员提供决策依据。在发生设备故障或异常情况时,系统会自动诊断并提示具体问题所在,甚至通过远程控制功能,实现设备的远程调节或修复。这种高度集成的监控和数据分析能力,极大地提高了施工管理的精确性和响应速度,避免了施工过程中的误差和遗漏。

智能控制系统显著优化了灌浆施工工艺,并提升了工程质量。传统灌浆施工常因人为误差或外部环境变化导致效果不佳,甚至影响工程稳定性。智能控制系统通过实时监测施工参数,能够根据现场实际情况自动调整灌浆方案,特别是在复杂地质条件或高难度灌浆情况下,系统可即时分析并调整策略,确保达到理想的灌浆效果。其自适应能力提高了施工的灵活性和精确度,减少了人工干预的风险,增强了质量的稳定性^[7]。系统具备自学习功能,通过积累和分析历史数据,不断

优化控制策略,确保每次施工都在最佳条件下进行,从而持续提升施工效果。

4 系统应用效果评估与未来发展方向

智能控制系统在水利水电工程灌浆施工中的应用效果得到了显著的提升。通过对多个项目的实际应用进行评估,系统在提高施工效率、精度控制和施工质量方面表现出了明显的优势。系统的实时数据监控与自动调节功能使得灌浆过程中的各项参数能够始终保持在最佳状态,显著减少了施工过程中的人为失误和控制偏差。在复杂的地质条件下,系统能够自动调整注浆压力和流量,确保灌浆均匀、密实,有效避免了灌浆过量或不足等现象。通过自动化的施工过程,施工周期得到缩短,整体施工效率大大提高。智能控制系统通过实时监测和快速反馈机制,帮助施工管理人员随时了解现场情况并采取应急措施,有效避免了传统灌浆施工中可能出现的安全隐患。

系统应用的效果还体现在工程质量的稳定性和可控性上。传统的灌浆施工往往受限于人工操作的局限性,难以保持施工质量的一致性。而智能控制系统通过全程数据采集与分析,确保了每一个施工环节都能精确控制,避免了灌浆质量的波动。系统能够根据施工现场的实时数据,精确调节各项参数,确保灌浆效果达到最佳,从而大幅度提高了工程的整体稳定性和安全性。更重要的是,系统能够对施工过程中所有数据进行长期记录和存储,这为后期的质量评估和工程维护提供了宝贵的数据支持。通过对历史数据的分析,系统能够总结出最佳施工方案并为后续工程提供参考,确保施工质量的可持续性。

在未来发展方面,智能控制系统在灌浆施工中的应用潜力仍然巨大。随着人工智能、物联网和大数据技术的不断进步,未来的智能控制系统将在精准控制、数据处理和自动化调节方面实现更加智能化的升级。通过更加先进的传感器技术和数据分析模型,系统将能够更加精确地识别施工现场的变化,并及时作出调整。未来的智能系统将能够在施工过程中自我学习,通过积累历史数据优化控制策略,从而达到更加高效、节能和安全的施工效果^[8]。随着智能化系统在施工现场的普及,灌浆施工的管理模式也将进一步发展,可能会出现更加灵活、高效的施工方案,进一步提升整个水利水电工程项目的施工质量与效益。在未来,智能控制系统不

仅能解决传统灌浆施工中的难题,还将在更广泛的工程项目中发挥出其不可替代的作用。

5 结语

智能控制系统在水利水电工程灌浆施工中的应用,不仅提高了施工的自动化水平,还大幅提升了施工效率和质量。通过精确的数据监控和实时调节,系统有效解决了传统施工中的诸多问题,确保了工程的稳定性和安全性。未来,随着技术的不断进步,智能控制系统将更加智能化,进一步优化施工工艺和管理模式,为水利水电工程的高效建设提供强有力的技术支持。智能化施工的广泛应用,将为行业带来更加可持续和高效的施工模式,对推动工程质量提升和节能减排具有重要意义。

参考文献

- [1] 庞婧婧.水利水电工程施工中帷幕灌浆施工技术的探讨[J].中国住宅设施,2025,(03):146-148.
- [2] 滕守钦.水利水电工程灌浆施工技术与质量管理对策探析[J].中国设备工程,2025,(05):246-248.
- [3] 臧盛阁.水利水电工程施工中的灌浆施工技术[J].全面腐蚀控制,2025,39(01):90-92.
- [4] 刘晨亮.水利水电工程水库大坝坝基固结灌浆施工技术研究[J].产业创新研究,2024,(24):112-114.
- [5] 董成波,何东.水利水电工程碳质板岩基础帷幕灌浆施工质量控制分析[J].四川水利,2024,45(06):78-81.
- [6] 黄灿彬.水利水电工程施工中帷幕灌浆施工技术的应用探讨[J].大众标准化,2023,(16):165-167.
- [7] 杜云龙.水利水电工程灌浆施工技术探究[J].工程建设与设计,2023,(13):198-200.
- [8] 刘性贵.水利水电工程施工中帷幕灌浆施工技术的应用[J].建筑技术开发,2022,49(10):79-81.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

