基于大数据技术的建筑施工有限空间安全智能报警系统设计研究

迟白冰 战 勇 侯慎杰 李 勋 张项宁
中建一局集团安装工程有限公司，北京 102600

[摘要]有限空间在建筑施工中存在显著的安全隐患，传统的人工监测和定期检查方法难以应对动态环境变化，无法及时发现气体泄漏、通风不良等问题增加了安全风险。近年来，大数据技术通过实时数据采集和分析，能够有效监测施工环境的安全状况，并根据数据进行智能决策和报警，不仅提高了安全管理的效率和准确性还减少了人为因素导致的隐患，提升了施工现场的安全性。基于大数据技术的智能报警系统，代表了建筑施工安全管理的进步，有助于推动行业的安全、稳定和高效发展。
[关键词]大数据技术；有限空间；智能报警系统
DOI：10.33142/aem.v6i9.13843 中图分类号：TU714 文献标识码：A

Research on the Design of Intelligent Safety Alarm System for Limited Space in Construction Based on Big Data Technology

CHI Baibing, ZHAN Yong, HOU Shenjie, LI Xun, ZHANG Xiangning
China Construction First Group Installation Engineering Co., Ltd., Beijing, 102600, China

Abstract: Limited space poses significant safety hazards in construction. Traditional manual monitoring and regular inspection methods are difficult to cope with dynamic environmental changes, and cannot detect gas leaks, poor ventilation, and other issues in a timely manner, which increases safety risks. In recent years, big data technology has been able to effectively monitor the safety status of construction environments through real-time data collection and analysis, and make intelligent decisions and alarms based on the data. This not only improves the efficiency and accuracy of safety management but also reduces hidden dangers caused by human factors, enhancing the safety of construction sites. The intelligent alarm system based on big data technology represents the progress of construction safety management and helps promote the safe, stable, and efficient development of the industry.
Keywords: big data technology; limited space; intelligent alarm system

引言

在现代建筑施工中，有限空间的安全管理是一个不可忽视的关键问题，这些区域往往存在独特的安全风险。随着建筑工程规模的扩大和施工技术的进步，传统的安全监测手段难以满足高效、实时、安全的要求，智能报警系统的引入，特别是基于大数据技术的智能报警系统，为解决这些问题提供了新的解决方案。智能报警系统结合了先进的数据采集、处理和分析技术，能够实时监测施工环境中的各种安全参数，并通过智能算法进行异常检测和风险评估，降低了安全事故发生的概率，保护施工人员的生命安全和工程的顺利进行。

1 建筑施工有限空间安全问题分析

在建筑施工过程中，有限空间通常指的是那些具有有限的进出通道、通风不良且空间狭小的区域，如地下管道、井道、储罐等，在这些环境中进行施工会面临一系列复杂的安全挑战。气体泄漏是有限空间施工中的主要危险之一，这些空间可能会积累有害气体，如二氧化碳、一氧化碳或其他工业气体，这些气体的积聚不仅会导致中毒还可能引发爆炸，由于有限空间的通风条件通常较差，气体在这些空间中容易滞留，增加了施工人员面临的风险。有限空间内的氧气含量可能因封闭环境而迅速下降，导致施工人员出现头晕、恶心，甚至失去意识，严重时还会引发窒息，对于这些因素常常需要对空间内的空气质量进行实时监测，并配备足够的通风设备确保施工环境的氧气供应充足。还有施工过程中使用的电气设备、焊接设备等可能成为引发火灾的源头，在这些狭小的环境中一旦发生火灾，传播速度快而难以扑灭，极度容易造成人员伤亡和财产损失，爆炸风险也较高，尤其是存在易燃易爆物质时这种风险会明显增加。机械安全隐患也是有限空间施工中的一个问题，例如施工过程中可能需要使用大型机械设备，而这些设备在有限空间内的操作会受到限制，容易导致操作不当或设备故障引发事故，由于空间狭小，紧急情况下的人员撤离和设备维护也变得困难进一步增加了施工风险。尽管许多企业已经认识到这些风险并采取了一定的安全措施，但仍有不少施工单位在管理和操作中存在不足，现有的安全管理措施往往侧重于应急处理，缺乏对有限空间安全的系统性管理。

2 基于大数据技术的智能报警系统设计

2.1 系统总体设计

在基于大数据技术的智能报警系统设计中，系统总体设计首先需要明确系统的核心目标，即在建筑施工有限空

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

间中，通过智能报警技术实时监控环境状态及时发现并预警潜在的安全风险保障施工人员的安全。系统架构通常由数据采集层、数据处理层和报警响应层构成，数据采集层负责从各类传感器和监测设备中获取实时数据，这些数据包括气体浓度、温度、湿度、氧气水平等环境参数，为了确保数据的准确性和可靠性，需要设计高精度的传感器和稳定的采集设备，保证这些设备能够在有限空间内稳定运行。接下来数据处理层是利用大数据技术通过数据清洗、预处理和实时分析，将原始数据转化为有用的信息，包括数据存储系统和数据分析模块，前者负责存储历史数据后者则应用算法模型对数据进行实时分析和模式识别。例如，可以利用机器学习算法建立环境异常检测模型，识别出可能的安全隐患并生成预警信息。在系统架构的最后一层，报警响应层负责处理来自数据处理层的报警信号，并根据预设的规则触发相应的警报，这个层次需要设计灵活的报警机制，包括声音报警、光信号报警以及通知系统，确保在各种情况下都能有效地传达警报信息。除了这三大核心层，系统的总体设计还需考虑数据的传输和通信部分，确保各层之间的数据流畅传输，用户界面设计也是系统总体设计的重要部分，它需要为操作人员提供友好、直观的操作界面，方便他们实时监控系统状态、查看报警记录和调整系统设置。

2.2 数据采集与处理

数据采集环节主要涉及从各种传感器和监测设备中获取环境数据，而数据处理环节则负责将这些数据转化为有意义的信息并进行分析。数据采集涉及气体浓度（如氧气、一氧化碳、甲烷等）、温度、湿度，以及其他与施工环境安全相关的指标，为了实现精确的环境监控，系统需要部署多种类型的传感器，如气体传感器、温湿度传感器、压力传感器等，这些传感器必须具备高灵敏度和高稳定性，能够在复杂的施工环境中持续有效地工作。在数据处理阶段，数据清洗是关键步骤之一，它涉及对采集的数据进行去噪、去重和修正，确保数据的准确性和一致性，清洗后的数据将被存储在高性能的数据存储系统中，这些系统通常包括数据库和数据湖用于大规模的数据存储。接着数据预处理将对清洗后的数据进行标准化、归一化和特征提取，以应对后续的数据分析任务，预处理的过程是将数据转换为适合算法模型处理的格式，同时去除不必要的冗余信息，数据预处理后的信息将进入数据分析模块，这是系统的核心部分。利用大数据技术中的数据挖掘和机器学习算法，分析模块能够识别数据中的模式和异常。数据分析不仅包括对实时数据的处理，还涉及历史数据的对比分析，可以帮助系统了解长期趋势，评估当前环境状态相对于历史数据的变化，从而更准确地预测潜在风险。

2.3 实时监控与分析

实时监控与分析负责持续追踪施工环境的状态并快速响应潜在的安全风险。

系统首先需要确保所有传感器和监测设备的信号能够以高频率和低延迟的方式传输到中央处理单元，系统需具备稳定的网络通信设施，能够处理大量的实时数据流，通过这些实时数据系统能够不断更新环境状态，包括气体浓度、温度、湿度等参数，为了提高监控的准确性系统应支持多种数据可视化技术，如实时图表和仪表盘，使操作人员可以直观地查看当前环境条件。在数据进入中央处理单元后，实时分析阶段开始发挥作用，分析模块需要运用先进的数据处理算法，实时对数据流进行处理，这些算法通常包括异常检测算法、模式识别算法以及预测性分析模型。例如基于机器学习的异常检测模型可以学习历史数据中的正常模式，从而识别出实时数据中的异常波动。一旦检测到潜在的安全风险，如气体浓度超过预设阈值或温度异常升高，系统会迅速生成预警信号。实时监控与分析系统需要具备智能决策支持功能，根据实时数据和分析结果自动调整环境控制措施，如启动通风系统、调整温湿度或触发应急报警，这种自动化响应不仅提高了系统的效率，也降低了人为操作错误的风险。

2.4 报警机制与响应

报警机制的设计需要确保系统能够对各种异常情况做出敏感反应，例如当环境中检测到有害气体浓度超过设定阈值，或温度、湿度等参数超出安全范围时系统应立即触发报警，这一机制依赖于实时数据分析模块，它利用设定的预警规则和风险模型来检测环境异常，并通过算法计算实时数据与预设阈值的偏差，一旦检测到异常系统会迅速生成警报信号并启动预定的响应程序。报警信号的传递方式和内容需要根据实际需求进行精确设计，如声光警报、短信通知、邮件提醒和移动应用推送，这些报警形式可以根据不同的紧急程度进行调整，例如，声光警报适用于现场的紧急情况，而短信和邮件则适合向相关人员发送详细的报警信息和后续行动建议。除了触发警报，响应机制还包括一系列自动化和手动的应急措施，在自动化方面，系统可以根据预设的应急计划自动采取行动，例如启动通风系统、关闭危险源设备或调节环境参数。在手动响应方面，系统应提供详细的操作指南和应急预案，帮助现场人员和管理者快速做出有效的应对措施，系统还应具备实时通讯功能，允许操作人员和安全管理人员进行即时沟通和协调。为了确保报警机制的有效性，系统设计还需考虑对报警事件的记录和分析功能，每次报警触发后的详细记录都应被系统保存，不仅用于事后分析帮助识别潜在的系统改进点，还为事故调查提供重要数据支持。

3 系统硬件设计

系统硬件设计是确保系统的功能和性能稳定，其中数据采集模块由高灵敏度的传感器组成，如气体传感器、温湿度传感器等，这些传感器需具备准确测量环境参数的能力，并能在极端条件下稳定工作。采集的数据通过通信模

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

块传输至中央处理单元，通信方式可以是有线或无线，根据现场条件和需求选择确保数据的实时性和可靠性[1]。中央处理单元是系统的核心，负责数据的处理和分析，无需配备高性能的微控制器或嵌入式计算机，能够执行实时数据分析和异常检测，并具备稳定的电源管理系统应对电源波动或中断。报警模块包括声光报警器、显示屏和通知系统，声光报警器提供现场警报，显示屏用于实时数据和警报信息展示，通知系统则通过短信、邮件或移动应用将警报传递给相关人员。

4 系统软件设计

4.1 数据处理与存储

在智能报警系统的设计中，数据处理与存储涉及从数据采集到存储的整个过程，确保系统能够高效处理和可靠保存大量数据。数据处理首先包括数据清洗和预处理，目的是去除噪声和错误数据并将数据转化为统一的格式，为后续的分析提供准确的基础。数据存储方面，系统需要设计一个高效的存储架构来管理实时数据和历史记录，结构化数据，如传感器读数和系统日志通常存储在数据库中便于查询和更新[2]。非结构化数据，如原始传感器数据和用户活动日志，则存储在数据湖中以支持灵活的数据访问和分析。系统需实现数据加密、访问控制和身份验证机制，保护数据不被未经授权的访问，还应具备数据备份和恢复功能，防止数据丢失并确保系统能够快速恢复正常运行。

4.2 报警逻辑与决策算法

报警逻辑的设计基于对正常和异常状态的定义，系统通过设定阈值和规则来区分正常和异常数据。例如，对于气体浓度的监测，系统会设定一个安全阈值，一旦气体浓度超出这个阈值系统即判定为异常，报警逻辑模块通过实时监控数据，并与预设阈值进行比较判断是否触发警报。为了提高报警的准确性，逻辑设计还需要考虑数据的历史趋势和环境条件，例如，气体浓度的突发变化和长期积累效应[3]。决策算法则负责将报警信号转化为具体的响应措施，规则引擎根据一系列预设规则进行逻辑判断，如“如果气体浓度超过设定阈值并且持续超过 5 分钟，则触发报警”，决策树模型通过多层次的条件判断来确定最合适的响应策略，例如，根据气体浓度的不同级别选择不同的报警等级和应急措施，机器学习模型则可以根据历史数据学习异常模式和风险特征，从而预测和识别潜在的安全隐患，提高系统的智能化水平。在决策算法的实现中，需要关注实时性和准确性，系统必须迅速处理大量数据，确保报警逻辑和决策算法能够在极短时间内完成分析和决策。系统还应具备自适应和学习能力，能够根据新数据和环境变化调整报警阈值和决策规则，通过持续学习和模型更新，系统可以保持对新风险的适应能力确保持续有效的安全监控。

4.3 系统集成与测试

系统集成与测试的目的是确保各个子系统和组件的协同工作，达到预期的功能和性能要求。系统集成首先涉及将数据采集模块、通信模块、处理单元和报警模块进行协调，在集成过程中必须确保各模块之间的接口兼容数据传输流畅，功能实现无误，需要制定详细的接口协议和通信标准并进行反复的接口测试，验证模块间的数据交换和功能协作是否符合设计要求[4]。在系统集成完成后进入测试阶段，功能测试验证系统是否按照设计要求执行各项任务，如数据采集、处理和报警的准确性，性能测试则评估系统在高负荷和大数据量条件下的处理能力，确保系统能够快速响应并稳定运行，稳定性测试检查系统在长期运行和各种环境条件下的表现确定可靠性和耐久性。系统测试还需模拟不同的应急场景，如传感器故障、数据传输中断和异常报警，检验系统在各种异常情况下的响应能力，测试过程中应记录所有异常和问题并进行逐项分析和修复，确保系统的全面可靠性。

5 结语

智能报警系统在建筑施工有限空间安全管理中的应用，展示了大数据技术在提升安全保障方面的巨大潜力，通过系统的设计和实施，我们不仅能够实现对环境参数的实时监控，还能通过智能分析和决策算法迅速识别潜在的安全威胁，并采取有效的响应措施。展望未来，智能报警系统将继续发挥关键作用，为建筑施工行业提供更加全面、精准的安全保障。随着技术的不断进步和应用范围的扩展，系统的功能将更加完善性能将更加卓越，为实现安全施工和保障工人生命财产安全做出更大贡献。

[参考文献]

[1]姜照林,许卫明,吴军强.远程实验室安全监测报警系统设计与实现[J].福建电脑,2024,40(4):82-87.
[2]杨鸿珍,王云烨,吴建伟,等.电网有限空间作业可穿戴环境监测及报警系统设计和实现[J].电子器件,2022,45(3):760-766.
[3]于浩海,吴昊,罗昆,等.基于智慧云平台的有限空间气体监测[J].数字通信世界,2023(5):87-89.
[4]官六零,杨贤明,任小波,等.有限空间安全管理现状分析与建议[J].劳动保护,2022(10):65-67.

作者简介：迟白冰（1992.10—），工作单位中建一局集团安装工程有限公司，毕业学校和专业北京航空航天大学工程管理。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.