

室内公共场所空气质量在线监测与可视化管理研究

徐羽洁 王欣悦*

上海市徐汇区疾病预防控制中心(上海市徐汇区卫生健康监督所)

DOI:10.12238/eep.v8i7.2760

[摘要] 随着城市公共卫生管理要求不断提升,传统室内空气质量监管方式存在采样滞后、响应不及时等诸多不足。本文基于物联网传感器与信息化平台,构建室内公共场所空气质量在线监测与可视化管理系统,此系统可实现对二氧化碳浓度等核心指标实时采集、传输与预警,通过在商场等典型场所开展试点应用,研究验证该系统在风险预警、执法支撑及管理优化方面可行性和有效性,为公共场所空气质量持续改善提供技术路径与实践经验。

[关键词] 室内空气质量; 公共场所; 在线监测; 可视化管理

中图分类号: TU834.6+1 文献标识码: A

Research on online air quality monitoring and visual management in indoor and public places

Yujie Xu Xinyue Wang*

Shanghai Xuhui District Center for Disease Control and Prevention (Shanghai Xuhui District Health Supervision Institute)

[Abstract] With the increasing demands for urban public health management, traditional indoor air quality monitoring methods have shown limitations such as delayed sampling and untimely responses. This study develops an online monitoring and visualization management system for indoor public spaces using IoT sensors and an information platform. The system enables real-time collection, transmission, and early warning of key indicators like carbon dioxide concentration. Through pilot applications in typical venues such as shopping malls, this research validates the system's feasibility and effectiveness in risk prediction, law enforcement support, and management optimization. It provides technical pathways and practical experience for continuous improvement of air quality in public spaces.

[Key words] indoor air quality; public place; online monitoring; visual management

室内空气质量作为公共场所卫生安全重要指标,直接关联公众身体健康与社会公共安全。《公共场所卫生管理条例实施细则》和《公共场所卫生指标及限值要求》(GB37488-2019)都对二氧化碳等指标设定明确标准,但是现行监管方式多依靠人工巡检与抽样检测,存在取样不连续、信息反馈滞后和监管成本高等问题,难以满足动态环境下实时管理需求。随着传感器技术、物联网及大数据快速发展,构建在线监测与可视化管理系统成为推动公共场所空气质量监管信息化、智能化必然趋势^[1]。本文以典型商场作为研究对象,探索室内空气质量全过程监测与可视化管理模式,为后续在更多公共场所推广应用提供参考。

1 研究背景与意义

1.1 法规与政策要求

国家和行业法规对室内公共场所空气质量给出明确要求,为本次研究提供重要制度支撑。2002年卫生部发布的《室内空气质量卫生规范》明确规定,室内CO₂浓度限值为0.10%(每日平

均值),随后《公共场所卫生指标及限值要求》(GB 37488-2019)针对不同功能公共场所,进一步细化CO₂上限,休憩场所CO₂不得超过0.10%,其他场所通常要求低于0.15%,此外《公共建筑室内空气质量控制设计标准》(JGJ/T 461-2019)强调空气污染物包括CO₂在内的浓度,应纳入设计与运行监控范围。整体来说这些法规对CO₂和其他污染物设定了严格门槛,要求从设计、监测到运营管理形成闭环,成为推动室内空气质量在线监测与可视化管理研究的重要依据。

1.2 传统监管模式的不足

目前公共场所空气质量监管大多依靠人工巡检以及实验室抽样检测,这种监管模式存在着多方面的不足之处。首先检测频率相对有限,通常以季度或者年度作为检测周期,很难反映出空气质量的动态变化情况。其次从人工采样到实验室检测需要耗费比较长的时间,导致检测结果反馈相对滞后,缺乏一定的实时性。再次受到人力以及经费的限制,检测覆盖面比较小,没办法

实现大范围且高频次的有效监管,常常会出现监管“盲区”^[2]。此外人工巡检会受到主观因素的影响比较大,数据的代表性和连续性不够充足,难以为应急管理和政策制定提供科学支撑依据。在面对突发性的空气质量事件时,传统监管模式更是难以实现快速干预和风险控制。这些局限性使传统监管方式难以满足公众对健康与安全的更高要求,也凸显出急需引入信息化、智能化手段进行全过程监控的现实迫切性。

1.3 在线监测与可视化的优势

与传统人工检测相比,在线监测与可视化系统优势显著。传感器能实现空气质量数据的实时采集与连续记录,避免了取样间隔过长导致的信息缺失。数据经物联网传输到后台,可即时分析并生成可视化图表或在大屏展示,便于管理者直观掌握空气质量变化趋势。系统具备超标预警功能,发现异常值后可通过短信或APP推送,第一时间提示相关人员采取通风或限流等措施。在线平台还能自动生成历史报表为监管部门提供科学执法依据,这种模式显著提高了空气质量管理的时效性、透明度与科学性,为公共场所健康安全提供了有力保障。

2 研究方法与系统构建

2.1 系统架构设计

本研究构建的室内公共场所空气质量在线监测系统是由感知层、传输层、平台层和应用层这几个部分组成的。感知层是以二氧化碳传感器作为核心来实时采集空气质量参数,传输层是利用有线网络与无线通信相结合的方式把数据稳定传输到后台,平台层负责对数据进行清洗、存储与分析且内置阈值判定与预警算法来实现对异常数据的自动识别,应用层通过大屏端和移动端实现可视化展示方便管理人员实时掌握空气质量状况还能生成统计报表辅助监管决策。整体架构兼顾实时性与扩展性,为公共场所空气质量的全过程监控与智能管理提供系统支撑。

2.2 试点应用场景

为了验证系统到底是否具有实用性,本研究选择上海徐汇区某大型商场作为试点场所。该商场地下一层空间封闭且客流密集,具有典型代表性。研究团队在自动收银处(人流集中区域),安装二氧化碳在线监测设备,采集频率设定成每5分钟一次,以此保证数据的连续性与敏感性^[3]。所有监测数据通过无线网络实时传输到后台,并在管理大屏同步展示,试点运行过程中系统成功捕捉到因人流高峰导致的短时二氧化碳浓度上升,并及时推送预警信息后管理方立刻行动,采取增加通风措施避免空气质量超标持续发生,这一应用验证了系统在复杂公共空间环境下,具备稳定性与可操作性的优势。

2.3 数据采集与处理

系统在运行的时候设定好固定的采样频率,每隔5分钟就自动采集二氧化碳浓度,以此确保监测数据具有连续性与完整性。采集到的数据将通过传输模块实时上传到后台平台,经过自动清洗以及去噪处理后,剔除因设备干扰或者网络波动产生的异常值,后台系统依据国家标准设定好阈值,对那些超标的数据进行自动标记并且触发预警机制。同时平台按照日、周、月来生

成统计报表,方便管理人员掌握空气质量的变化规律。通过长期的数据积累,系统还能够实现趋势分析以及对潜在风险提前识别,为公共场所管理提供科学依据。

2.4 模拟异常与系统测试

研究团队为检验系统在突发情况下灵敏度与可靠性,于试点场所开展了模拟异常实验,通过在封闭空间内短时间释放二氧化碳营造高浓度环境,以此观察系统的响应速度。结果显示监测设备可以在数分钟内捕捉到浓度异常并实时上传数据,后台立即触发预警且通过短信推送信息给管理人员和卫生行政执法人员,随后在卫生行政执法人员的指导下,管理方迅速采取增加通风和调整人流等措施,空气质量在15分钟内恢复到正常水平。该测试表明系统不仅具备快速识别与预警能力,还能有效支撑管理部门应急决策,显著提升公共场所空气质量事件防控效率。

3 研究结果与应用成效

3.1 数据连续性与实时性提升

传统人工检测一般是以阶段性抽样作为主要方式,所获取的数据大多呈现为片段式,很难全面反映出空气质量的整体面貌。本研究构建的在线监测系统实现了数据的全天候连续采集工作,每隔5分钟就会自动记录一次二氧化碳浓度指标,能够有效避免因取样间隔时间过长而造成的信息缺失问题,借助实时传输以及可视化展示的功能,管理人员和卫生行政执法人员能够在第一时间掌握场所空气质量的变化趋势,尤其是在客流高峰期时,系统可以即时反映二氧化碳浓度上升的具体状况并且触发预警。与以往滞后性比较强的检测方式相对比,该系统明显提高了监测数据的实时性和完整性程度,为卫生监督提供了更为科学的决策依据,也为公共场所空气质量的持续改善奠定了坚实的基础条件^[4]。

3.2 风险预警与管理效率提高

在试点运行的过程当中,系统多次捕捉到因人流聚集造成的二氧化碳浓度短时升高情况,并且在几分钟之内自动触发预警信息,随后通过短信推送给管理人员以及卫生行政执法人员。与传统依赖人工巡检的方式相比较,管理方能够更加快速地采取通风、限流等相关措施,避免了空气质量超标的状况持续扩散。这个预警机制不仅缩短了风险响应的时间,还减少了人工巡检时所消耗的人力,大幅提升了整体的管理效率为公共场所健康安全提供有效保障。

3.3 可视化展示与执法支撑

系统借助大屏来达成空气质量的实时可视化展示,将二氧化碳浓度变化趋势、异常点以及历史数据直观呈现出来,管理人员不再需要翻阅那些繁杂的记录,就能够快速掌握整体情况并定位到问题区域。对于监管部门来说,系统所提供的长期监测数据和自动生成的统计报表,可当作执法检查的重要依据以增强监管科学性公正性,同时可追溯的历史数据能有效避免管理过程中出现的争议,提升执法透明度推动公共场所空气质量治理朝规范化和数据化方向发展。

3.4 用户满意度与社会效益

系统应用之后商场空气流通状况明显改善,顾客在问卷反馈里普遍表示舒适度提升,长时间在商场停留也不再会感到闷热或不适。管理方因减少突发性空气质量问题降低运营风险,员工的工作环境也因此得到了明显优化。与此同时公众对商场卫生与安全信任度提高,这推动了商场消费体验形成正向循环态势,在社会层面该项目为公共卫生管理树立示范效应,带动更多场所开始关注室内空气质量情况,提升整体社会对健康环境重视程度效益双显。

4 存在问题与改进方向

尽管在线监测与可视化管理系统在试点中展现了良好效果,但在推广与应用过程中仍存在问题,需要逐步优化。硬件部署与维护依旧是制约系统稳定运行的重要因素,试点时曾出现因电源中断、网络波动致数据采集中断情况,影响了数据连续性与完整性。这提示后续要提升设备稳定性设计,如增加备用电源、网络冗余和自动故障报警机制,还要建立专业维护团队以缩短维修响应时间^[5]。数据存储与共享目前还不够完善,当前系统数据主要服务于单一场所,缺乏跨区域联动和平台级共享,随着应用场景不断扩展,若不能实现数据集中存储与分级共享,可能会造成信息孤岛进而降低整体监管效能,所以未来要探索建立统一数据平台,推动多场所联网来实现区域级甚至城市级空气质量大数据管理,进一步支撑公共卫生决策。最后,功能拓展与智能化方面仍存在提升空间,现阶段系统主要监测二氧化碳指标,覆盖范围较为有限,无法全面反映空气质量实际状况。未来应逐步扩展至一氧化碳、二氧化碳、可吸入颗粒物、甲醛、苯、甲苯、二甲苯、挥发性有机物及温湿度等多参数监测,构建更为完整的环境监控体系。同时,结合人工智能算法实现趋势预测与风险建模,可为管理部门提供更具前瞻性的决策依据,从而推动公共场所空气质量管理迈向智能化和精细化。

5 总结

本文所构建的室内公共场所空气质量在线监测与可视化管理系统,在试点应用中展现出良好的实时性预警性和管理效能,有效克服了传统人工检测存在的滞后性与不连续性问题。研究结果显示该系统不仅能够提升场所空气质量管理水平,而且还可以为执法检查提供科学依据。未来要在硬件稳定性数据共享和功能拓展这些方面持续进行优化,推动公共场所空气质量监测从单点试点朝着区域智能化方向发展,以此为健康中国战略提供有力支撑。

[基金来源]

上海市徐汇区科学技术委员会; [基金编号]SHXH202242。

[参考文献]

- [1]秦君,邵清亮,郭美琳.智能室内空气环境质量监测与净化系统设计[J].自动化仪表,2018,039(003):99-102.
- [2]李峰.基于物联网架构的智能室内空气监测系统研究及实际应用[J].北方环境,2019(004):031.
- [3]王会会.空气质量监测可视化分析系统的设计与实现[D].河北师范大学,2025.
- [4]李峰.室内空气质量监测与评价系统的研究与设计[D].成都理工大学,2019.
- [5]李岩.空气质量监测信息可视化方法与系统:CN201410296322.5[P].CN104240109A[2025-09-04].

作者简介:

徐羽洁(1994--),女,汉族,浙江嘉善人,本科,研究方向:公共卫生。

*通讯作者:

王欣悦(1993--),女,汉族,上海人,硕士,研究方向:公共卫生。