

建筑施工全过程环保监测与数字化管控融合研究

范存存¹, 魏文龙², 张超³

- (1. 山东环发海若环境技术有限公司, 山东 青岛 266000;
2. 北京中铁诚业工程建设监理有限公司, 北京 丰台 157000;
3. 青岛德勤环境科技有限公司, 山东 青岛 266000)

摘要 建筑施工全流程涵盖土方开挖、主体施工、装饰装修等多个环节, 易产生扬尘、噪声、污水、固体废物等污染。传统环保监测存在诸多弊端, 已难以满足全流程精细化管控要求。基于此, 本文结合建筑施工环保监测需求与数字化管控技术特点, 构建全过程环保监测与数字化管控融合体系, 优化监测指标、整合管控流程, 并通过试验验证其可行性与有效性。依托物联网、大数据、无线传输技术搭建数字化监测平台, 实现多污染物实时监测、数据采集、分析预警与精准管控, 结合各环节要求制定专项管控策略。试验结果显示: 融合体系可将扬尘噪声监测响应时间缩短80%以上, 监测数据准确率提升至98%, 污染物超标预警准确率达95%, 管控效率提升60%以上, 有效降低了污染发生率。

关键词 建筑施工; 全过程环保监测; 数字化管控; 污染管控

中图分类号: TU723.3

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.17.026

0 引言

建筑施工全过程工序复杂、作业面分散, 各施工环节易产生扬尘、噪声、污水、固体废物等污染, 不仅影响周边环境与居民生活, 还会制约施工合规开展。传统环保监测多为人工离线检测, 存在监测滞后、覆盖有限、数据与管控脱节等问题; 数字化管控技术虽广泛应用于施工管理, 但在与环保监测融合中仍存在技术适配不足、流程衔接不畅等短板。本文聚焦两者融合核心, 明确融合技术路径与实施要点, 构建科学的融合体系, 优化监测与管控流程, 通过试验验证体系有效性, 解决传统环保管理短板, 实现施工环保精细化、数字化管控。

1 相关理论与技术基础

1.1 建筑施工全过程环保监测核心内容

建筑施工全过程环保监测覆盖施工全工序, 核心是监测各类污染物, 结合工序特点确定监测指标与范围, 确保监测全面、重点突出, 为管控工作提供可靠数据支撑。

核心监测内容包括: 扬尘监测重点关注PM10、PM2.5

浓度, 覆盖施工边界及周边敏感点; 噪声监测聚焦施工机械与运输噪声, 监测等效连续A声级; 污水监测针对施工及生活污水, 重点检测pH值、COD、SS等指标; 固体废物监测关注产生量、堆放及处置情况, 杜绝乱堆乱放。

环保监测需遵循实时性、精准性、全面性原则, 根据施工工序调整监测频次与重点, 确保监测数据真实反映施工环保现状。

1.2 数字化管控核心技术

建筑施工数字化管控以数字化、智能化为核心, 核心技术包括物联网、大数据、无线传输及可视化技术^[1], 为两者融合提供支撑: 物联网通过部署各类传感器实现污染物实时采集与传输; 大数据处理海量监测数据, 识别污染隐患与趋势; 无线传输保障数据实时稳定; 可视化技术实现监测与管控直观化。

物联网技术是融合体系的核心支撑, 通过在施工区域部署各类传感器(扬尘传感器、噪声传感器、水质传感器等), 实现污染物指标的实时采集与数据传输, 传感器可实时捕捉监测数据, 通过无线传输模块将数据上传至数字化管控平台, 实现监测数据的实时更新;

作者简介: 范存存(1987-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 环保工程。

大数据技术用于处理海量监测数据，通过数据清洗、分析、挖掘，识别污染物浓度变化规律、污染隐患及超标趋势，为管控决策提供数据支持；无线传输技术采用 5G、WiFi 等传输方式，确保监测数据传输的稳定性与实时性，解决施工区域信号不稳定、数据传输滞后的问题；可视化技术将监测数据、施工工况、管控措施等以图表、动画等形式呈现，实现环保监测与管控的可视化、直观化，便于管理人员实时掌握施工环保现状。

数字化管控平台作为融合核心载体，整合数据采集、分析预警、指令下发、处置反馈等功能，实现环保监测与管控协同联动，打破数据壁垒^[2]。

1.3 两者融合的核心逻辑

两者融合的核心是构建“监测数据驱动管控决策、管控措施反哺监测优化”的协同机制，将监测数据与数字化管控流程、技术结合，解决两者脱节问题。

融合逻辑体现在三个方面：数据融合实现监测与施工、管控数据共享；流程融合将监测嵌入管控全流程，形成“监测—预警—处置—反馈”闭环；技术融合优化监测方式，提升管控精准度。

2 研究方法与融合体系构建

2.1 研究方法

本文采用试验研究与理论分析结合的方法，通过理论分析明确融合需求、路径与要点，构建体系框架；选取典型住宅施工项目开展试验，设置传统管理对照组，对比分析体系应用效果，验证其可行性与优越性。

试验涵盖施工全工序，周期 6 个月，重点监测扬尘、噪声、污水等核心污染物，对比监测精度、管控效率、污染发生率等指标，保障试验结果真实可靠。

2.2 融合体系构建

2.2.1 体系框架

融合体系以“实时监测、数据驱动、精准管控、闭环管理”为核心，构建“监测层—数据层—管控层—应用层”四层框架，各层协同联动，实现深度融合。

监测层负责实时采集环保指标，合理部署传感器确保覆盖无死角；数据层负责数据接收、存储与分析，挖掘数据关联与污染趋势；管控层根据分析结果下发指令、处置隐患，形成闭环；应用层为管理人员提供可视化、预警、指令下发等功能，支撑管控决策。

2.2.2 核心内容与实施路径

1. 监测指标与传感器部署：结合建筑施工各工序污染排放特点，优化完善环保监测指标体系，明确各

污染物监测标准严格参照国家及行业相关规范执行，合理设定监测频次以兼顾监测精准性与效率——扬尘（PM10、PM2.5）每 10 分钟监测 1 次，噪声每 30 分钟监测 1 次，污水每日监测 1 次，固体废物每周监测 1 次。传感器部署遵循“重点区域加密、一般区域全覆盖”的原则，在土方开挖区、物料堆放场、污水处理点、施工出入口等污染高发区域，加密部署扬尘、噪声及水质传感器；在施工边界及周边 500 米内敏感点，合理部署监测设备，确保监测覆盖无死角、无盲区，同时定期对传感器位置进行动态调整^[3]，适配施工工序变化，保障监测数据的精准性与全面性，为后续管控决策提供可靠的数据支撑。

2. 数字化管控平台搭建：搭建建筑施工环保监测与数字化管控一体化平台，整合数据采集、实时分析、预警提示、指令下发、处置反馈、历史查询等核心功能，实现监测数据与管控流程的无缝衔接。平台支持电脑端、移动端（手机 APP）双重访问模式，方便管理人员随时随地查看监测数据、接收预警信息、下发管控指令。平台内置灵活的阈值设置功能，可根据不同施工阶段、不同污染物类型，设定对应的超标阈值，当监测指标超过预设阈值时，系统自动触发声光预警，同时通过短信、APP 推送等方式，将预警信息精准推送至项目负责人、现场管理人员等相关人员，明确预警等级、超标指标及具体位置，确保超标信息及时传递、快速响应，为污染隐患的及时处置争取时间。

3. 流程融合与闭环管理：将环保监测流程深度嵌入建筑施工全工序，从施工准备阶段的监测设备部署、监测方案制定，到工序施工阶段的实时监测、数据分析，再到竣工验收阶段的监测数据汇总、环保效果评估，实现监测工作与施工流程同步推进。构建“监测—预警—处置—反馈”的闭环管理机制，监测数据实时上传至数字化管控平台后，数据层快速完成分析处理，若发现指标超标或存在污染隐患，立即发出预警；管控层根据预警级别，快速下发针对性处置指令，明确处置要求、责任人和完成时限；现场管理人员接到指令后，及时落实处置措施，处置完成后，将处置过程、处置结果上传至平台，由管控层进行复核，确保污染隐患及时处置、整改到位，形成闭环管理，避免出现“监测与管控脱节”“隐患处置不彻底”等问题。

4. 管控策略制定：结合建筑施工各工序的环保特点与污染排放规律，制定针对性的融合管控策略，实现精准管控、分类施策。土方开挖环节重点管控扬尘与噪声，采取洒水降尘、覆盖防尘网、设置围挡等措施，

合理规划施工时段，避免夜间施工噪声扰民；混凝土浇筑环节重点管控污水排放，设置沉淀池、过滤池等污水处理设施，确保混凝土养护废水、冲洗废水经处理达标后再排放；装饰装修环节重点管控挥发性有机物（VOCs）与固体废物，优先选用环保型装修材料^[4]，规范固体废物分类堆放、集中处置，严禁随意丢弃；运输环节重点管控扬尘与噪声，运输车辆加盖篷布、冲洗干净后出场，合理规划运输路线，避开居民集中区域和交通高峰期，从各环节源头减少环境污染。

2.2.3 质量控制措施

采取严格的质量控制措施，保障融合体系稳定运行与试验结果的准确性、可靠性。传感器定期进行校准，每月校准1次，委托具备资质的第三方机构开展校准工作，确保监测数据的精准度，对校准不合格的传感器及时更换；监测数据实行实时备份与定期存档制度，采用云端存储与本地备份双重模式，避免数据丢失、损坏，同时定期对数据进行清洗、校验，剔除异常数据，确保数据的真实性与有效性；数字化管控平台安排专人负责日常维护，每周进行1次系统排查，及时处理系统故障、优化系统性能，确保平台稳定运行；试验过程中，同步记录施工工况、环境温度、湿度等相关信息，避免环境因素、施工工况变化对试验结果造成影响；明确专人负责环保监测与管控工作，细化岗位职责，加强现场巡查，确保管控指令执行到位、处置结果及时反馈，全方位保障融合体系的运行质量与试验数据的科学性^[5]。

3 试验结果与讨论

3.1 试验结果

试验周期内，分别对融合体系应用组与传统管理对照组的监测精度、管控效率、污染发生率等指标进行统计分析，结果如下：（1）监测精度：融合体系应用组扬尘、噪声、污水监测准确率分别达98%、97.5%、99%，显著高于传统管理组（75%、72%、80%），有效避免数据失真。（2）管控效率：融合体系监测响应时间缩短80%以上，污染隐患处置时间缩短75%，整体管控效率提升60%以上，实现隐患快速处置。（3）污染发生率：融合体系扬尘、噪声、污水超标及固体废物乱堆乱放发生率分别为2.3%、1.8%、0.5%、0.3%，远低于传统管理组，管控效果突出。（4）数据利用率：融合体系数据利用率达95%，可形成趋势报告支撑决策，传统管理组仅40%，数据价值难以发挥。

3.2 结果讨论

试验表明，融合体系可有效解决传统环保管理短板，核心优势体现在实时性、精准性、协同性，能及时发现隐患、精准支撑决策、实现闭环管控。

体系发挥作用的核心是实现监测数据与管控流程深度绑定，贴合施工工序制定管控策略。同时也发现不足：部分区域传感器信号不稳定、大数据模型适配性不足、管理人员操作能力参差不齐，后续需针对性优化。

同时，试验过程中也发现融合体系存在的不足：一是传感器部署受施工工况影响较大，部分施工区域（深基坑等）信号不稳定，导致数据传输偶尔出现延迟；二是大数据分析模型的针对性有待优化，对不同类型施工项目的适配性不足；三是现场管理人员的数字化操作能力参差不齐，部分人员对平台操作不熟练，影响管控效率。针对上述问题，后续可优化传感器部署方案，采用信号增强技术解决信号不稳定问题；完善大数据分析模型，提升对不同施工项目的适配性；加强现场管理人员的培训，提升数字化操作能力，进一步优化融合体系。

4 结束语

本文通过理论分析与试验研究，明确两者融合逻辑、路径与要点，构建四层融合体系，优化监测与管控流程，验证了体系的可行性与有效性。结果表明，融合体系可显著提升监测精度与管控效率，降低污染发生率，解决监测与管控脱节问题，为建筑施工环保管理提供科学技术方案，推动行业绿色智能化发展。本文的研究存在局限性，对不同类型施工项目的融合适配性不足，融合深度有待提升。未来将优化体系参数，加强新技术应用，完善分析模型，探索推广路径，为行业绿色发展提供更有力的支撑。

参考文献：

- [1] 陈祖荣,徐月明.工程数字化现场管控体系的构建[J].中国电力企业管理,2022(06):27-29.
- [2] 李强,邱伟刚,穆启升.建筑施工质量数字化管控体系的构建与实践[J].中国品牌与防伪,2025(04):131-133.
- [3] 刁玉雷,方超,卢业宁,等.房屋建筑工程深基坑变形监测技术研究[J].砖瓦,2024(06):81-83.
- [4] 张敏玉,李海东.基于绿色环保理念的建筑施工管理研究[J].建筑技术研究,2021,04(01):56-58.
- [5] 李海龙.工程检测对建筑工程质量控制的重要性分析[J].产品可靠性报告,2025(07):149-150.