

智慧环卫系统在城市环境管理中的实践应用

张磊 李昕 冯曜 郭修智

中国市政工程华北设计研究总院有限公司 天津 300074

摘要: 智慧环卫系统作为信息化、智能化在城市管理领域的重要应用,已逐渐成为提升环卫效率、改善环境质量和推进精细化治理的重要抓手。通过物联网、大数据、云计算和人工智能的融合应用,环卫作业实现了智能调度、实时监控和科学决策,推动了传统环卫模式的转型升级。本文结合国内外智慧环卫的应用实践,从系统架构、运行模式、应用成效和发展挑战等方面进行系统探讨,强调了其在提升资源利用率、降低运营成本和促进城市可持续发展中的积极作用。同时指出当前智慧环卫在数据整合、政策支持和公众参与等方面仍存在不足,并提出优化路径,以期为我国城市环境管理的现代化提供参考。

关键词: 智慧环卫; 城市管理; 大数据; 智能调度; 可持续发展

引言

随着城镇化的快速推进和居民生活水平的不断提升,城市生活垃圾产生量呈现持续增长趋势,传统环卫模式在效率、管理和服务水平上暴露出诸多不足。以人力投入为主的管理方式存在劳动强度大、资源浪费严重和监管滞后等问题,难以满足现代城市高效、绿色和精细化管理的需求。在这一背景下,智慧环卫系统应运而生。智慧环卫以现代信息技术为支撑,实现对垃圾收运、道路清扫、车辆调度和作业考核等环节的全流程管理,提升了城市治理能力和公共服务质量。本文将结合典型案例,探讨智慧环卫的实践应用与发展路径,旨在为城市环境管理的科学化与智能化提供理论支持和实践借鉴。

一、智慧环卫系统的总体架构与功能定位

(一) 系统架构的核心要素

智慧环卫系统的架构主要由感知层、网络层和应用层构成。感知层包括车辆定位终端、垃圾桶监测设备、清扫机器人和摄像头等硬件设施,用于实时采集作业数据和环境信息;网络层通过物联网、5G网络和卫星通信实现数据传输,保证信息的及时性和准确性;应用层则依托大数据分析和人工智能算法,完成作业调度、路径优化和绩效评估。这样的分层结构实现了从信息采集到决策执行的闭环管理,既保证了环卫工作的透明度,也增强了系统的智能化水平。

在实际运行中,这种分层架构不仅能够提升数据传输和处理的效率,还能通过多源信息融合技术提高数据的准确性与完整性。例如,在垃圾收运环节,感知层采

集的桶满溢报警信息与车辆GPS定位数据能够在网络层进行实时传输,最终由应用层进行路径优化和车辆调度。这一套流程使得环卫管理者能够在第一时间掌握城市垃圾分布情况,并采取精准的作业措施。同时,分层架构也为系统升级和功能拓展提供了灵活性,未来随着人工智能算法和边缘计算的进步,智慧环卫系统的响应速度和预测能力将进一步提升,真正实现动态化、智能化和自主化的城市环境管理。

(二) 主要功能模块的划分

智慧环卫系统通常涵盖车辆管理、垃圾收集与运输监控、道路清扫与洒水调度、人员考核、环境监测等功能模块。例如,车辆管理模块通过GPS定位和油耗监控提高车辆使用效率,避免空驶和重复作业;垃圾收集模块通过桶满溢报警和路线优化提升收运效率;环境监测模块可实时监测空气质量、道路洁净度,为城市治理提供数据支撑。功能模块的完善不仅提高了作业效率,也增强了管理的可追溯性。

除此之外,人员管理与考核模块在智慧环卫系统中同样发挥着重要作用。通过对环卫工人工作时长、作业轨迹和考勤情况的实时记录,可以实现绩效的公平考核与科学管理,避免传统人工监督中存在的偏差和漏洞。在城市环境监测方面,智慧环卫通过空气颗粒物浓度检测、噪声水平分析和道路积尘指数评估,为城市环境质量提供了量化指标,帮助管理部门制定有针对性的治理政策。同时,一些先进城市还将公众投诉与建议系统纳入智慧环卫平台,使之成为联通政府与市民的桥梁。通过多模块的协同运作,智慧环卫实现了从“被动响应”

向“主动治理”的转变，推动环卫管理水平不断迈向精细化与科学化。

（三）智慧环卫在城市治理中的定位

智慧环卫不仅是提升环卫效率的工具，更是城市精细化管理的重要组成部分。通过对环卫作业全过程的动态监管，管理者可以实现精准考核和资源合理配置，从而提高财政资金的使用效益。同时，智慧环卫作为智慧城市的重要组成部分，与交通、安防、环保等系统互联互通，为城市综合治理提供了支撑平台。

在城市治理的广阔格局中，智慧环卫的价值体现在多个方面。一方面，它通过高效的作业模式保证了公共环境的整洁，直接影响市民的生活质量和城市的文明形象；另一方面，它所采集的大量城市运行数据还能与其他智慧系统共享，为交通疏导、灾害应急和公共安全提供参考。例如，垃圾投放量数据可为城市人口流动和消费水平的研究提供依据，道路洁净度监测结果能间接反映城市大气污染水平。

二、智慧环卫系统的应用实践与运行模式

（一）典型城市的实践案例

在北京、上海、深圳等城市，智慧环卫系统已经在多个区域投入使用。例如，北京市通过部署垃圾桶智能感应装置，实现垃圾投放量的实时监测，并通过大数据平台进行收运调度；上海则在市中心道路使用无人清扫车，提升道路保洁的自动化水平；深圳通过建立全市统一的智慧环卫云平台，整合各区作业数据，实现跨区域的协同管理。这些案例表明，智慧环卫在大城市已形成一定的规模效应。进一步来看，北京的实践凸显了智慧环卫在“前端监测—中端调度—后端处置”全链条管理中的优势。

（二）运营管理模式的转变

智慧环卫的推广改变了传统“人海战术”的管理模式。作业管理逐渐从经验驱动转向数据驱动，通过实时数据监控和算法优化，实现对作业进度、作业质量的量化管理。环卫企业由单纯的劳动密集型逐渐向技术密集型转变，管理者的角色也由监督者转向数据分析师和决策支持者。

在传统模式下，环卫作业的效率和质量高度依赖工人的个人经验和责任心，管理部门只能通过现场巡查进行监督，效率低且容易产生疏漏。而智慧环卫通过全程可追溯的数字化管理，改变了这一被动局面。系统能够自动记录作业时间、路线和完成情况，管理者可以在后台实时掌握作业进度，及时发现问题并调整资源分配。

三、智慧环卫系统的应用成效分析

（一）提升作业效率与资源利用率

智慧环卫系统通过智能调度和路径优化，显著减少了车辆运行的空驶率，提高了燃油利用率和时间利用率。例如，有研究表明，应用路径优化算法后，垃圾收运车辆的运行效率可提升20%以上。同时，作业质量实时监控避免了重复作业和漏扫现象，整体作业效率和资源利用率得到显著改善。除此之外，智慧环卫系统还能通过大数据分析作业高峰时段和垃圾产生规律，科学安排车辆和人员投入，避免资源的闲置与浪费。以部分试点城市的实践为例，智慧调度平台每天可减少约10%的人力调度需求，而作业完成率却提升近15%。这种变化不仅优化了环卫作业的整体流程，也使得城市运行更有序。此外，实时监控功能使管理者可以快速发现问题区域并及时调整，从而保障作业覆盖率和响应速度。随着人工智能算法不断进步，未来智慧环卫在路径优化和资源分配上的潜力还将进一步提升，从而实现对有限资源的最优配置，推动环卫作业由粗放式向精细化转变。

（二）降低运营成本与环境影响

通过油耗监测和车辆运行优化，智慧环卫系统能够有效降低能源消耗和人力成本。无人清扫车、智能垃圾桶等设备的投入，虽然初期投资较大，但长期运行可减少人力支出，并减少因管理不当导致的资源浪费。在环境影响方面，智慧环卫通过精准作业减少了扬尘和尾气排放，对改善城市空气质量具有积极作用。在部分城市的实践中，无人清扫车的使用不仅降低了人力需求，还将夜间清扫的噪声和污染降至最低，实现了经济效益与环境效益的双重提升。更重要的是，通过油耗与能耗数据的实时监控，管理部门能够制定节能优化方案，减少碳排放量，助力城市“双碳”目标的实现。例如，北京和深圳的试点表明，智能环卫车辆每年平均可节省油耗15%以上，相应减少二氧化碳排放数百吨。此外，精准化作业减少了重复作业所带来的浪费，提高了车辆与设备的使用寿命，降低了维护成本。随着新能源环卫车辆与清洁能源设施的引入，智慧环卫将进一步推动城市环卫体系的绿色转型。

（三）提升管理透明度与公众满意度

智慧环卫系统使管理过程数据化和可视化，公众可以通过平台了解作业进展和结果，增强了透明度和社会监督。部分城市还开通了公众投诉与建议通道，将居民意见纳入系统反馈环节，提升了公众参与度和满意度。这种开放性不仅促进了管理水平的提升，也推动了政府

与公众之间的良性互动。从讲解和实践来看，透明的作业数据能够有效避免传统管理中信息不对称带来的质疑和不满，让公众对环卫作业有更加直观的认知。比如在上海，一些社区通过智慧环卫系统实现了垃圾清运时间和频率的公开，居民可以实时查询，提升了信任度和满意度。同时，公众意见反馈机制的建立，使居民能够积极参与到城市治理中，推动环卫企业不断改进服务模式。这不仅增强了市民的归属感和责任感，也形成了政府、企业、公众多方协同的良好格局。随着智能终端与移动互联网的普及，智慧环卫的透明度和公众互动功能将更加强化，进一步促进环卫服务的社会化和人性化发展。

四、智慧环卫系统发展中的问题与优化路径

(一) 面临的现实问题

智慧环卫在推广过程中仍存在多方面问题。其一，数据整合程度不足，不同城市和企业之间的数据标准和平台接口存在差异，导致信息孤岛现象；其二，部分地区财政投入有限，智慧环卫的建设与维护成本较高，难以长期维持；其三，公众对智慧环卫的认知度和参与度不高，社会协同效应尚未充分发挥。除了上述问题外，智慧环卫的运行还面临管理层面与技术层面的双重挑战。在管理层面，部分环卫企业缺乏专业技术人员，导致设备更新和系统维护不到位，影响了智慧化应用的稳定性。在技术层面，虽然智能设备不断更新，但其与传统环卫设施的兼容性不足，造成实际应用中的不协调。此外，智慧环卫涉及大量数据采集与存储，隐私保护和数据安全问题也逐渐凸显，若处理不当，可能影响社会信任。整体来看，智慧环卫的发展面临资金、技术、管理和社会接受度多方面的制约，这些问题若不解决，将成为未来进一步推广的瓶颈。

(二) 优化发展路径

针对以上问题，应从以下几个方面进行优化：其一，推动国家层面的标准制定，建立统一的数据接口和共享平台，促进数据互联互通；其二，探索多元化投融资机制，引入社会资本参与智慧环卫建设与运营，缓解财政压力；其三，加强公众宣传教育，提升居民对智慧环卫的认同感和参与度，形成政府、企业和公众的良性互动。此外，还应加快人工智能与大数据的深度融合，实现预测性调度与风险预警，推动智慧环卫向智能化和自主化方向发展。进一步来说，可以通过政府购买服务、PPP模式等方式，吸引社会资本的参与，推动智慧环卫产业链的形成和完善。在政策层面，应出台针对智慧环卫的财政补贴与税收优惠政策，减轻建设和运行成

本。在技术方面，应加强研发投入，推动无人驾驶、智能机器人与环卫场景的深度融合。同时，完善法律法规，明确数据采集与使用的边界，保障信息安全与公众隐私。通过管理创新和政策引导，智慧环卫不仅能够克服发展困境，还能实现跨越式提升，成为城市治理的重要支柱。

结语

智慧环卫系统作为城市环境管理的重要创新，已经在多个城市展现出显著成效。它不仅提升了作业效率和管理水平，还推动了城市治理的科学化与精细化。然而，其发展仍面临数据标准不统一、成本压力较大和公众参与度不足等问题。未来，智慧环卫应在技术融合、制度创新和社会动员方面不断突破，构建更加高效、绿色和智能的环卫体系。随着智慧城市建设的不断推进，智慧环卫将在城市环境管理中发挥越来越重要的作用，为城市的可持续发展提供坚实保障。更进一步地说，智慧环卫不仅仅是单一领域的升级，而是城市治理理念转型的重要体现。通过数据驱动、智能决策和社会参与的结合，智慧环卫实现了从“粗放管理”到“精准治理”的转变。在未来的发展中，智慧环卫将与生态环保、交通运输、公共安全等城市系统深度融合，形成更为完整的智慧城市治理网络。公众的积极参与和社会资本的引入，将进一步促进智慧环卫的市场化和社会化发展，使其成为推动绿色低碳生活方式的重要支撑。可以预见，随着人工智能、物联网和新能源技术的不断发展，智慧环卫必将迈向更加自主化、智能化和可持续发展的方向，为构建宜居、绿色、智慧的城市环境提供持久动力。

参考文献

- [1] 李晓宇, 李博闻, 彭腾, 等. 城市运行管理服务平台建设实践与展望——以鄂州市为例[J]. 城市勘测, 2025, (S1): 169-175.
- [2] 黄兰巧. 新型智慧城市实践探索与优化路径——以深圳市为例[J]. 中外建筑, 2025, (01): 62-65.
- [3] 范双美. 浅谈城市环境卫生管理精细化的现实困境与纾解策略[J]. 清洗世界, 2024, 40(12): 184-186.
- [4] 李小燕. 科技创新助力城市环卫保洁管理水平提升与环卫企业降本增效的探讨研究[J]. 科技经济市场, 2024, (12): 5-7.
- [5] 郭怡芳. 智慧环卫技术在城市垃圾分类管理中的应用研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(17): 177-179.