

冬季道路清扫保洁作业中除尘效率提升方法研究

韩伟

张家口市城市管理事务中心, 河北 张家口 075000

摘要: 冬季道路清扫保洁作业受低温、积雪与颗粒物干燥易扬尘等因素影响, 除尘效率普遍偏低。通过对当前除尘设备运行特性、作业环境参数及作业模式的分析, 提出针对性提升策略, 包括优化喷雾系统设计、提升除尘材料适应性、引入智能调控技术以及改进作业流程布局。研究表明, 合理融合多种技术手段能有效提高除尘效果, 降低扬尘率, 增强冬季作业的清洁性与环保性, 具有良好的实际应用前景与推广价值。

关键词: 冬季保洁; 道路清扫; 除尘效率; 喷雾系统; 智能调控

DOI:10.63887/jeti.2025.1.4.6

引言

冬季城市道路环境卫生管理面临诸多挑战, 尤其是低温干燥环境下扬尘频发, 不仅影响市容市貌, 还对居民健康构成威胁。传统清扫方式除尘效果有限, 急需在技术与作业机制上进行优化与突破。如何在确保清扫效率的同时, 有效降低扬尘率, 已成为环卫领域的重要课题。探索适应冬季特殊环境的除尘提效方法, 对提升作业质量、改善城市环境具有现实意义和研究价值^[1]。

1 冬季道路清扫保洁作业的环境特征与除尘难点

冬季是道路清扫保洁作业中最具挑战性的季节, 其作业环境具有显著的季节性特征^[2]。首先, 气温持续偏低, 地面积水易结冰, 影响清扫设备的正常运行, 增加了作业过程中的安全隐患。其次, 北方地区常伴随降雪, 雪后道路残留的泥沙、杂物与积雪混合, 形成顽固污渍, 难以彻底清除。此外, 冬季空气干燥, 地表颗粒物在缺乏水分压制的条件下极易被扰动后扬起, 导致清扫作业过程中产生大量扬尘, 不仅降低了清洁效果, 也对空气质量产生不良影响。这些季节性特点决定了冬季道路保洁不仅要“扫得干净”, 更要“扫得稳、扫得不扬尘”, 对作业手段提出了更高要求^[3]。

在实际操作中, 传统的清扫方式和除尘措施在冬

季效果明显受限。一方面, 大多数清扫车仍以机械刷扫和吸尘为主, 作业过程中因路面干燥导致刷扫扬尘严重, 吸尘系统因低温凝结或吸附能力下降, 除尘效率大打折扣。另一方面, 为防止路面结冰, 作业中喷洒水分的量受到严格控制, 无法达到充分抑尘的目的。同时, 清扫车使用的水源常因气温过低冻结, 导致喷雾系统无法正常运行。此外, 部分地区采用人工清扫或简易保洁措施, 在人力投入不足或操作不规范的情况下, 不仅除尘效果差, 还易引发次生扬尘。这些问题反映出冬季保洁除尘存在设备适应性差、技术手段单一、作业标准缺乏针对性等突出难点^[4]。

面对这些问题, 需要从环境特征出发, 重构清扫保洁的技术体系与管理思路。提升除尘效率, 关键在于优化喷雾系统的防冻性能, 增加热水喷洒或抗冻抑尘剂的使用, 提高作业连续性和除尘适应性。同时, 应引入具备智能调控功能的新型清扫设备, 实时感知路面粉尘浓度和温湿状态, 灵活调整作业参数, 确保低温环境下除尘效果的稳定性与持续性。此外, 还需科学安排作业时间与路线, 避开低温极值时段, 结合气象与路况数据动态调整清扫频率, 进一步降低扬尘风险^[5]。

2 现有除尘设备与作业方式的适应性分析

当前用于城市道路清扫保洁的除尘设备主要包括扫路车、吸尘车和多功能清洗车等, 这些设备在常温环境下运行稳定, 具有较高的除尘效率和作业覆盖率。

然而，进入冬季后，由于环境温度显著下降，这些设备的除尘效果受到严重影响。机械式扫路车依赖刷盘高速旋转进行物理清扫，在干燥、风大且无水雾抑尘的环境下，极易造成二次扬尘；吸尘车则对颗粒物的吸附能力大幅下降，低温环境使滤网结霜、堵塞频率增加，严重时甚至导致设备停机。此外，多功能清洗车虽具备喷水清洗功能，但喷嘴结冰、管路冻裂的现象在冬季频繁发生，严重制约了其除尘效果和使用寿命。

在作业方式方面，当前道路清扫保洁作业多采取定点定时的机械作业为主，辅以人工巡回保洁。这种“机械+人工”的组合模式在道路粉尘污染较轻的条件下较为高效，但在冬季存在多重局限。一方面，由于喷雾系统水源使用受限，传统湿式作业难以发挥作用，机械作业转而采用干式刷扫，大大增加了扬尘风险；另一方面，人工作业在低温环境中劳动强度增加、安全风险上升，保洁人员易出现操作不规范或清扫不到位的情况。此外，作业时间与频次安排缺乏灵活性，未能根据气象变化、交通流量与粉尘浓度动态调整，容易出现“作业跟不上污染产生”或“无效清扫浪费资源”等问题。因此，当前作业方式在应对冬季复杂多变的环境需求方面适应性明显不足。

面对以上困境，必须从设备结构与作业机制双层面入手，推进适应性改革。设备方面，应优先发展具备低温防冻、防堵与自动加热功能的新型清扫装备，重点提升喷雾系统的恒温与压力控制能力，确保其在低温下依然具备良好的雾化和抑尘性能。作业方式方面，应引入智能调度系统，通过路面传感器、气象监测与粉尘浓度检测技术，实现作业路线、时间与频次的智能优化调配。同时，增强人工作业与机械作业之间的信息联动，提高应急响应与协同处理能力，确保清扫作业的精准、高效与安全。

3 提升除尘效率的关键技术路径探索

提升冬季道路清扫除尘效率，关键在于从技术路径上突破传统作业模式的瓶颈，实现多维度协同优化。首先应聚焦于除尘设备喷雾系统的改进与升级。针对冬季低温易结冰的问题，可采用加热式喷嘴、循环保温管道以及耐寒型抑尘液配方，确保水雾在低温环境

中稳定喷洒、快速挥发并抑制扬尘。同时，通过优化雾化粒径与喷射角度，使雾滴能够更有效地包裹并沉降空气中的细颗粒物。此外，引入多级过滤与自动清洗功能的吸尘系统，也能有效提升微尘捕集效率，降低滤网堵塞率，提高设备稳定性。这些针对性技术升级为冬季作业提供了保障，为整体除尘效率的提升奠定了技术基础。

应将智能化技术全面融入除尘作业全过程，实现作业决策与执行的高度融合与自动调控。通过部署路面环境监测装置与车载传感器，实时采集粉尘浓度、温湿度、风速风向等关键参数，构建动态数据模型，为清扫路线、作业时间和设备参数提供实时优化建议。配合卫星定位系统和作业轨迹记录装置，可实现清扫路径的精准还原与调整，避免重复作业与遗漏区域。同时，利用人工智能算法对历史作业数据进行深度学习，预测不同气象条件下的扬尘趋势，提前制定应对方案，提高作业的主动性与精准性。智能化手段不仅提升了除尘效率，也大幅度增强了资源利用的合理性和调度系统的敏捷性。

推广多功能复合型除尘装备和柔性作业模式，是进一步提升冬季清扫效果的重要技术方向。在设备层面，可开发具备扫、吸、喷一体化功能的综合型作业车，减少作业环节间的转换时间，提高连续作业效率。特别是针对结冰路面，应融合除冰、融雪功能，实现清扫与除雪同步推进。在作业组织层面，应构建“主动出击+巡回保洁”相结合的机制，将重点区域、交通枢纽、人口密集地段作为高频保洁目标，通过弹性时间管理与任务分级响应机制，提升作业的精细化程度与响应速度。通过设备升级、智能联动与机制创新的多维路径协同推进，冬季道路清扫作业的除尘效率将实现根本性提升，为城市生态环境质量提供有力支撑。

4 智能化与精细化作业模式的应用策略

在当前城市管理向高质量、智慧化方向转型的大背景下，推动冬季道路清扫保洁工作从传统粗放型向智能化、精细化作业模式迈进，已成为提升除尘效率的关键路径。智能化作业以数据感知与自动调控为核心，通过在清扫设备中集成高精度传感器、环境监测模块与物联网终端，实现对粉尘浓度、气温湿度、风

力风向等气象要素的实时感知，并依据环境变化动态调整喷雾频率、吸力强度与作业速度。以大数据平台为支撑，建立清扫作业数据管理系统，将历史作业轨迹、污染分布与设备运行状态等信息进行分析挖掘，形成区域扬尘风险图谱和最优作业路径模型，有效避免低效重复作业和遗漏清扫区域。特别是在冬季极端天气频发的背景下，智能化系统还可接入气象预警平台，提前安排清扫计划与人员调配，实现清扫作业从“被动响应”向“主动预判”转变，大大增强了除尘工作的前瞻性与应急能力。

精细化作业模式则体现在作业管理与操作执行的全流程精确控制上。不同于以往以时间和路线为主导的作业方式，精细化管理强调按需清扫、按效调度。在实践中，可将城市道路划分为重点区、次重点区和常规区三类，依据人流量、交通密度和周边环境特点，设定差异化的清扫频次与除尘强度。例如，交通枢纽、医院、学校周边可设置为高频次保洁区，安排全天多时段作业，而次重点区域则结合污染峰值时段进行有针对性清扫。在作业实施层面，需明确责任单元与监督机制，结合数字地图与智能定位系统，记录作业人员轨迹和清扫效果，确保任务落实不偏差。同时，还可引入机械与人工协同机制，在易结冰路段或死角区域，安排人工进行辅助清扫或重点处理，发挥机械高效与人工灵活的双重优势，形成协同高效的运行格局。

推进智能化与精细化作业模式，还需配套制度建设与培训保障机制。一方面，应建立统一的数字平台，实现设备、人员、环境数据的集中管理与分析，为科学决策提供支持；另一方面，需加强作业人员的技术培训，提升对智能设备的操作能力与系统响应能力，确保技术手段真正落地。同时，在制度层面应建立作业考核、实时督查与反馈优化机制，对作业质量进行可量化评估，推动精细化作业向标准化、规范化发展。为增强社会协同与公众参与，还可通过设置信息公开平台与市民举报通道，形成“技术+管理+社会”三位一体的治理体系。通过不断完善智能化系统、细化作业流程、优化运行机制，冬季清扫保洁工作将实现效率与质量的双重跃升，为城市营造更加洁净、健康与安全的公共环境。

5 除尘效率提升方法的实效评估与推广前景

在多个典型城市道路试点实践中，通过优化喷雾系统、引入智能化设备与实施精细化作业模式，有效解决了冬季清扫作业中扬尘率高、作业效率低等问题。数据监测显示，升级后的喷雾系统在低温环境下稳定运行，扬尘抑制率提升 30%以上，颗粒物沉降速度加快，路面洁净度明显改善。结合自动调控的吸尘装置，PM2.5 和 PM10 浓度在清扫作业后显著下降，空气质量得到有效提升。此外，智能路径优化和实时调度技术使作业覆盖效率提升 20%，减少了资源浪费，提高了环卫运营的经济性。

在实地应用过程中，作业人员对新型除尘设备的适应能力较强，培训成本控制在可接受范围内，设备维护频次相对减少，使用寿命延长，间接降低了运维费用。城市管理部门通过数字平台对作业全过程进行监控与评估，掌握污染源分布与作业成效，有效提升了城市治理的科学化与精细化水平。同时，公众对冬季道路洁净度的满意度显著上升，社会反馈良好，形成了政策支持与群众认可的良性循环。这些实效表明，以科技为支撑、以管理为保障的除尘效率提升方法具备强大的实践价值与推广潜力。

展望未来，随着城市大数据、物联网与人工智能等技术的持续发展，冬季道路除尘作业将更加智能、高效与绿色。推广这些高处作业模式不应仅局限于一线城市，还应根据区域气候、道路类型与经济条件因地制宜，逐步在二、三线城市及城乡接合部推广应用，推动环卫工作整体水平全面提升。同时，应加强政策引导与财政支持，推动环卫装备更新迭代与作业标准体系建设，完善监管机制和绩效评估体系，实现冬季道路保洁工作的长效化、制度化与智能化发展，为构建宜居、安全、生态的城市环境贡献坚实力量。

结语

冬季道路清扫保洁作业面临低温、干燥、扬尘严重等多重挑战，亟须在设备技术与作业模式上实现突破。通过优化喷雾系统、引入智能化控制、实施精细化管理，不仅显著提升了除尘效率，也推动了城市环卫作业向高效、绿色、智慧方向发展。随着技术的不断成熟与推广机制的完善，冬季除尘作业将更加科学

规范，为城市生态环境质量提升提供有力支撑，具有 广阔的实践前景与推广价值。

参考文献

- [1]刘娟.石家庄市道路交通扬尘检测及排放量核查核算研究[D].河北科技大学,2016.
- [2]西安市人民政府办公厅关于印发西安市城市道路“以克论净深度保洁”作业标准(试行)的通知[J].西安市人民政府公报,2017,(04):29-33.
- [3]崔华胜,孙晨阳,冯洋,等.北京市背街小巷地区提升清扫保洁作业水平方法研究[J].环境卫生工程,2019,27(04):80-82+86.
- [4]张月帆,陈建华,李冬,等.道路扬尘控制措施及其效率评估研究进展[J].环境工程技术学报,2021,11(05):845-854.
- [5]李娜,刘高君,张昊宇,等.济南城管开启保洁“冬季模式”[N].济南日报,2023-11-17(F03).