

环卫自动驾驶清扫车现存技术短板与升级路径

张 玄

鸿灌环境技术有限公司 江苏 苏州 215200

摘 要：环卫自动驾驶清扫车在环境感知、决策控制及作业执行等关键技术层面仍面临多重瓶颈。感知系统对复杂工况适配性不足，多传感器融合协同机制尚不完善，特殊环境下抗干扰能力偏弱。决策规划算法在动态场景中灵活性欠缺，路径规划精细化程度与运动控制稳定性难以匹配实际作业需求。作业执行机构适配性局限以及硬件集成度同样存在明显短板。本文立足环卫自动驾驶清扫车的实际作业痛点，从感知系统优化、算法迭代升级、硬件系统改造、场景化智能技术赋能四个维度，构建全方位的技术升级体系，为设备工程化落地、规模化应用及行业技术迭代提供理论参考与实践支撑。

关键词：环卫自动驾驶清扫车；环境感知；决策控制；作业执行；技术升级

引言：环卫自动驾驶清扫车作为城市智慧环卫体系的关键装备，承担着全天时、大面积路面清扫保洁的核心职能。当前该领域技术发展迅速，但受限于复杂城市工况的非结构化特征，车辆在环境感知、智能决策、作业执行及车载配套等方面仍存在较为突出的技术短板。感知系统难以适配多变路面环境，决策算法在动态场景中响应迟滞，清扫执行机构与车载硬件的集成可靠性亦有待提升。梳理技术薄弱环节并探索升级路径，对推动环卫自动驾驶清扫车从试验验证走向规模化应用具有重要的现实意义。

1 环境感知系统技术短板

1.1 复杂工况感知适配性不足

现代环卫作业场景涵盖城市主干道路、城市背街小巷、封闭式园区路面等多种路面类型，不同作业区域的空间布局和路面环境存在较大差异，整体呈现较强的多元化与非结构化特征。当前环卫自动驾驶清扫车搭载的感知体系对各类复杂路况和动态杂乱的路面环境适配水平有待提升，固定化的感知识别模式难以适配形态多变的环卫作业场景^[1]。路面杂物无序分布、道路空间宽窄不一、周边环境动态变化等常见作业状态，都会限制感知模块对环境信息的精准捕捉。感知体系难以全面覆盖各类环卫作业场景的环境特征，无法根据不同路面工况调整感知识别逻辑，对多样化作业环境的适配水平存在明显不足。

1.2 多传感器融合协同缺陷

环卫自动驾驶清扫车搭载的各类感知传感设备具备独立的数据采集运行模式，设备之间的联动协作体系尚未形成完善的运行机制。各类传感单元采集的环境数据缺乏有效的传输衔接渠道，信息交互与内容互补的运行

流程存在诸多疏漏。不同维度的环境数据难以完成深度整合与高效转化，分散采集的环境信息无法形成统一完整的环境数据体系。零散的感知数据无法发挥整体应用价值，数据资源的利用效率处于较低水平。感知系统整体的协同运行能力无法匹配智能化清扫作业需求，难以依托多维度数据完成精准的环境研判，制约整车感知能力的整体提升。

1.3 特殊环境感知抗干扰能力薄弱

日常环卫清扫作业全程暴露在户外开放空间，扬尘弥漫、阴雨潮湿、强光照射、光线昏暗等特殊环境属于作业过程中的常见状态。这类特殊环境会直接干扰感知设备的信息采集状态，造成环境特征识别出现偏移偏差，部分关键环境信息会出现缺失遗漏的情况。现有感知硬件设备与配套识别算法的抗干扰性能较为薄弱，面对复杂多变的户外环境干扰因素，很难维持稳定的识别状态。感知设备运行的可靠程度难以保障，无法适配全天时常态化的环卫清扫作业需求，复杂环境下的作业运行稳定性存在明显短板。

2 决策规划与运动控制技术短板

2.1 动态场景决策灵活性欠缺

环卫清扫作业开展过程中，路面环境始终存在不确定性，各类突发路况变化、移动障碍物分布以及现场作业条件的临时改动，都会持续改变作业工况^[2]。自动驾驶清扫车搭载的决策响应体系采用固定化运行逻辑，应对各类动态场景的处置模式较为单一，难以根据现场环境变化完成自主调节。既定程序逻辑仅能应对常规标准化作业场景，面对各类非预设的动态工况，无法灵活调整作业处置方式与运行策略。决策体系具备的自适应调节性能较为薄弱，难以适配环卫场景持续变化的作业状

态,无法充分适配复杂户外清扫工作的实际运行需要。

2.2 路径规划精细化程度不足

现阶段自动驾驶清扫车搭载的路径规划算法,整体适配场景偏向规整开阔的标准路面结构,对城市环卫作业中普遍存在的碎片化路面、道路边角以及各类不规则作业区域适配效果较差。城市道路存在大量形态不规则的作业区域,这类区域空间结构零散、边界形态复杂,常规路径规划逻辑无法完成全方位的轨迹覆盖。作业行进轨迹无法贴合特殊路面的分布特征,容易形成多处清扫空白区域。算法对复杂作业空间的识别与规划能力存在短板,难以根据路面实际结构灵活调整行进路线与作业覆盖范围,整体规划模式的适配性与覆盖完整性难以满足精细化环卫作业的开展标准。

2.3 车体运动控制稳定性缺陷

环卫清扫作业主要依靠低速持续行进的运行模式完成,低速运行状态对整车运动控制精度与姿态调控水平有着严苛要求。现有运动控制系统对车体运行状态的把控能力存在不足,清扫作业过程中的转向动作、启停切换以及匀速行进状态均会出现不同程度的控制偏差。城市户外路面普遍存在结构不平整问题,路面凹凸起伏与局部坡度变化会持续对车体运行状态产生干扰。控制系统对车体运行姿态的调控力度不足,难以有效化解路面工况带来的运行波动,车体整体运行平稳性难以保障,复杂路面工况下的运动控制稳定性无法匹配实际清扫作业需求。

3 作业执行与车载配套技术短板

3.1 清扫执行机构适配性局限

清扫作业的核心执行结构包含刷盘组件、吸尘组件与洒水组件,整套作业结构的运行参数多为固定设置,可调空间相对有限^[3]。路面留存的垃圾存在形态、重量与材质的明显区别,硬质杂物、轻质浮尘以及碎屑类污染物对作业力度与作业方式的需求存在明显差异。各类路面基底的摩擦系数与结构特性各不相同,硬性统一的作业运行参数难以匹配不同路面材质的清扫需求。作业结构无法根据路面污染物的实际状态自主调整作业力度与运行模式,功能调节维度较为单一。固定化的作业运行模式无法适配多样化的清扫工况,难以兼顾不同路面的清洁质量与路面防护需求,整体作业适配的灵活程度存在明显不足。

3.2 车载硬件集成度与稳定性不足

自动驾驶清扫车搭载的各类功能硬件分属不同功能模块,包含自动驾驶传感设备、清扫作业设备以及车载控制模块等多类组件。各类硬件组件的集成架构设计

较为松散,模块之间的布局排布缺乏系统性整合。不同功能设备的运行逻辑相互独立,交互配合的兼容程度达不到一体化作业的运行标准。户外清扫作业长期处于风沙、温差变化、路面震动的复杂环境中,松散的硬件集成结构会加剧设备运行损耗。各类电子元件与作业部件的运行故障概率有所提升,设备整体运行的可靠程度持续下降,长期户外作业的稳定性难以得到有效保障。

4 环卫自动驾驶清扫车技术升级路径

4.1 环境感知系统优化升级

为改善环卫自动驾驶清扫车感知体系存在的不足,需对现有多传感器组合架构进行系统性重塑与优化。革新传统传感设备分散布设、独立运行的架构模式,构建整体性更强的设备协作体系,搭建完整的一体化数据联动运行机制^[4]。完善各类感知数据的交互传输渠道,推动不同维度环境信息的深度交融与高效运用,提升感知数据的整体利用质量。结合环卫作业覆盖的各类常规路面与复杂户外环境,持续迭代更新感知识别模型,丰富模型内部的环境特征储备,强化模型对多元作业场景的适配能力。针对性优化特殊户外环境下的识别逻辑,强化设备应对恶劣作业条件的环境研判能力,全面提升清扫车在各类工况下的环境感知上限。持续强化感知模块抵御户外环境干扰的综合性能,夯实整车智能化作业的信息采集基础,为后续决策研判与作业执行提供精准、稳定的环境数据支撑。可通过多传感器融合标定、时序同步优化算法,搭建全天时抗干扰感知模型,全方位提升复杂工况下的环境识别精准度。

4.2 决策规划与运动控制算法迭代

持续推进自动驾驶决策算法的迭代更新,优化算法对户外动态路况的研判逻辑,提升系统对各类突发工况的自主适配水平,打破传统固定决策模式的运行局限。深度打磨路径规划核心逻辑,细化精细化规划运算规则,针对路面边角区域、零散路面以及形态不规则的作业区域优化轨迹生成逻辑。填补传统规划模式存在的清扫盲区,保障路面清扫作业的完整性与全面性。结合环卫低速作业的运行特性,升级整车运动控制核心模型,优化车体姿态调控的运算逻辑与参数标准。针对城市路面普遍存在的凹凸起伏与坡度变动工况,优化姿态调控的动态调节逻辑,弱化复杂路况对车体行进状态的干扰。稳步提升整车在复杂路面环境下的姿态调控精度,优化启停、转向以及匀速行进过程中的操控表现,全面强化车体行进过程的平稳程度与运行可靠性。

4.3 作业执行与车载硬件系统升级

针对清扫作业执行机构适配能力不足的问题,对刷

盘、吸尘、洒水等核心作业结构开展精细化结构优化与设计调整,优化设备运行的基础适配性能。增设适配多类工况的智能调节模块,让作业机构可以根据路面垃圾形态、堆积程度以及路面材质自主调整作业力度与运行状态,适配多样化的环卫清扫需求。重构车载硬件整体集成布局,梳理自动驾驶硬件、清扫作业设备与车载控制模块的运行关系,优化整体集成架构。完善不同硬件设备的交互运行逻辑,提升各类硬件单元的联动兼容性能,改善设备运行配合不畅的问题,增强整车硬件在长期户外作业环境下的运行稳定性。硬件系统的全面升级将从根本上改善作业执行精度与整车运行可靠性,为规模化应用提供坚实的工程化支撑。

4.4 场景化智能化技术迭代升级

依托环卫行业各类实际作业场景的运行特征,搭建适配环卫作业属性的专属智能技术体系,贴合城市全域清扫工况的运行规律开展技术打磨与迭代工作。持续优化场景适配类核心技术,不断提升智能系统对非结构化路面、动态户外环境、复杂作业空间的适配能力,贴合环卫作业场景多元化、动态化的基本特征。打通环境感知、智能决策、路径规划、车体控制与作业执行的完整技术链路,破除各功能模块独立运行的技术壁垒。推动整车各类智能模块的深度联动与有机配合,构建闭环式的智能化作业运行体系^[5]。依托全链路的技术打磨与升级,实现感知研判、决策规划、车体调控、作业执行的全方位智能化提升,系统性补齐环卫自动驾驶清扫车的各类技术短板,契合现代环卫智能化、精细化作业的发

展趋势。结合城市环卫作业大数据持续迭代模型,实现技术与场景深度适配,助力设备实现无人化、精细化、常态化智能作业。

结束语

环卫自动驾驶清扫车的技术迭代是一项涉及感知、决策、执行与配套硬件的系统性工程。当前各技术模块分别面临工况适配不足、算法泛化受限、硬件集成松散等现实问题,单项突破难以带动整车性能的整体跃升。感知系统需强化多源数据融合与抗干扰能力,决策算法应向动态自适应与精细化规划方向演进,作业执行机构与车载硬件则需在适配性和集成度上持续优化。将场景化智能技术贯穿全链路,打通各模块间的技术壁垒,方能系统性补齐现有短板,推动环卫自动驾驶清扫车向更高水平的智能化作业迈进。

参考文献

- [1]杨卫民,刘如意.环卫清扫车智能控制系统[J].建设机械技术与管理,2022,35(3):91-92.
- [2]知者创物.城市清扫车设计,可感知的智慧城市触点[J].工业设计,2026(5):15.
- [3]徐立昌.带式清扫装置在小型环卫清扫车中的应用[J].中国资源综合利用,2025,43(6):50-52.
- [4]李传亮.广场、园区环卫车智能驾驶作业监控系统的应用管理[J].中国建设信息化,2025(23):66-69.
- [5]王灿锋.快速清扫车扫盘运动特性研究[J].机电技术,2023(6):81-85.