

智能仓储中机器人搬运技术的应用与实践

任 静

四川文轩职业学院 四川 成都 611330

【摘要】：电商产业持续扩张与制造业柔性化转型进程中，现代仓储作业形成小批量、多品类、高周转的运行特征，传统搬运作业模式难以适配智能仓储的发展节奏。AGV、AMR 搬运机器人作为仓储自动化核心设备，广泛投入仓储物料转运与分拣相关工作，场景适配层面依旧存在诸多落地问题。国内企业搭建的机器人搬运体系普遍存在多设备协同作业效率低下、复杂工况运行稳定性不足，设备运维迭代成本居高不下等各类问题，制约智能仓储整体运营效能。文章以智能仓储机器人搬运技术为研究主体，梳理技术应用阶段存在的各类缺陷，从协同调度、环境感知、运维体系三个层面构建落地性较强的优化方案，提升机器人搬运作业智能化水平、运行稳定性与经济价值，为仓储自动化落地运用提供实务参考。

【关键词】：智能仓储；搬运机器人；协同调度；环境感知；运维体系

DOI:10.12417/2982-3811.26.02.025

1 智能仓储机器人搬运技术发展现状与应用背景

电商行业快速扩张与制造业柔性生产升级，让现代仓储形成多品类、小批量、高周转的作业属性，传统人工搬运与固定轨道搬运模式，难以适配仓储高频次、动态化的流转需求^[1]。行业整体转型进程中，机器人搬运技术成为智能仓储落地的核心支撑，搭载 AGV、AMR 设备的搬运系统融合导航定位、环境感知、智能调度等多项技术，替代传统粗放式仓储搬运作业。该项技术现已广泛服务于电商分拣、工业原料转运、成品仓储流转等诸多场景，仓储企业投入使用的搬运机器人普遍存在场景适配局限，多设备协同运行、复杂工况作业、后期运维升级的配套机制尚未完善，多数设备仅能完成基础定点搬运工作，智能化与自动化技术价值无法充分发挥，实际作业效能和智能仓储建设标准依旧存在较大差距^[4]。

2 机器人搬运系统智能化适配性与仓储场景适配度不足

智能仓储设备逐步实现规模化普及，多数企业已完成搬运机器人的硬件布设工作，设备技术应用与仓储实际作业场景的适配矛盾逐步凸显，智能化适配水平难以匹配仓储现场动态多变、工况复杂的作业环境。这类问题不存在单一的设备故障诱因，大多源于设备调度模式、场景适配能力、运维升级体系等多个维度的综合缺陷，是行业内普遍存在的系统性问题，直接制约仓储搬运作业的自动化质量与流转效率，也是现阶段机器人搬运技术规模化落地、常态化推广过程中亟需攻克的核心难题。

2.1 机器人搬运协同作业效率偏低

仓储机器人搬运作业长期存在单设备作业负荷过高、多设备协同运行秩序混乱的状况，仓储场景内部多数机器人仅能完成定点、定线的基础搬运工作，完整的多机协同调度体系始终未能建立。仓储出入库业务高峰期，多台设备同步开展作业会出现路径交叉、原地滞留、作业区域重叠等现象，设备无法结

合货物优先级、仓储动线布局、设备运行状态完成动态任务分配。调度系统数据交互存在滞后性，库存变动与订单更新信息无法实时同步，重复搬运、物料漏搬错搬、设备空载往返等无效作业现象频繁出现。部分企业现场机器人设备型号杂乱，控制系统兼容性较差，集群联动作业模式无法落地，仓储整体搬运流转效率难以提升，大批量、高频率的仓储作业需求无法得到满足^[5]。

2.2 复杂仓储环境下搬运作业稳定性不足

市面多数搬运机器人的感知与导航体系适配场景较为单一，稳定运行条件局限于地面平整、标识规范、动线固定的标准化仓储环境，真实仓储复杂工况下的容错性能较弱。现代仓储场地普遍存在货物堆放无序、临时托盘摆放、人员动态穿行、通道宽窄不均等各类突发状况，传统机器人搭载的红外、磁条导航感知范围有限，临时障碍物与动态干扰源无法精准识别，设备卡顿、绕行失误、紧急停机故障频繁发生。低温冷链、粉尘覆盖、光线昏暗等特殊仓储场景，会干扰机器人导航定位信号，定位偏移、行走偏差等问题时有发生，搬运作业失效率与中断率大幅上升，设备全天候全场景稳定作业能力难以保障。

3 智能仓储机器人搬运技术应用优化解决策略

3.1 优化协同调度机制，提升搬运作业整体效率

针对仓储多设备作业冲突、任务分配不均、无效作业频发的运行痛点，企业可落地精细化智能协同调度改造，打破传统固定路线、人工指派的粗放作业模式，实现多机集群高效联动（见图1）。设备兼容改造工作中，针对现场设备型号繁杂、系统数据不互通的现状，搭建通用 TCP/IP 数据传输接口，完成老旧设备控制系统适配迭代，所有搬运设备统一接入仓储 WMS、MES 联动调度平台，设备位置信息、电量状态、作业进度、故障数据可实时同步共享，彻底消除设备数据孤岛。调度算法体系同步完成升级，引入遗传算法与 A* 动态路径规划

算法替换传统静态规划模式，系统可实时采集订单优先级、货物规格参数、通道人流与设备密度、设备续航状态等多项核心数据，自主完成任务拆分与智能匹配，高时效出库订单、重型货物搬运任务可精准分配至状态最优、距离作业点位最近的设备。作业高峰期通道拥堵问题可通过划分通道通行权限改善，区分仓储主通道与分支通道功能属性，建立多机动态避让与排队运行机制，路径交叉冲突出现时，系统结合任务紧急等级判定通行顺序，低优先级设备就近停靠避让或重新规划行进路线，规避设备对峙、原地滞留等低效运行状态。订单与仓储数据同步通道全面打通，订单下发、库存变动、仓位调整信息实现实时联动，搬运路线与作业时序可提前规划，空载往返、重复搬运、物料错漏搬运等无效作业问题得到根源解决。结合仓储作业淡旺季差异与昼夜运行规律搭建自适应调度模式，作业低谷时段精简在岗设备数量，减少设备空转能耗，高峰时段最大化激活集群设备联动性能，盘活现有设备资源，仓储搬运流转效率与设备作业饱和度可得到全面提升。



图1 多机器人协同调度效率优化流程

3.2 强化环境感知能力，保障搬运作业稳定运行

复杂仓储场景下机器人感知精度不足、运行状态不稳定、特殊场景适配性弱等问题，可通过硬件迭代、导航升级、算法优化多重路径改善，设备环境感知能力与场景适配性能全面提升，全场景稳定作业目标得以实现（见图2）。硬件改造层面摒弃单一红外、磁条导航模式，机器人搭载激光雷达、高清视觉摄像头、多维度超声波传感器组成的融合感知设备，全新感知体系可扩大设备探测范围，提升障碍物识别精准度，仓储内部临时堆放托盘、散落物料、穿行人员、异形货物等动静干扰源均可精准识别，传统设备识别盲区大、绕行判断失误的缺陷得到有效解决。导航技术体系同步完成迭代，取消场地固定磁条铺设模式，应用SLAM即时定位与地图构建技术，设备可自主扫描仓储场地、更新场地地图，货架调整、通道改造、货物堆放位置变动后的场景变化可被快速适配，无需人工重新布设轨道与录入固定路线，场景运行灵活性大幅提升。冷链、粉尘、弱光等特殊仓储场景开展专项适配改造，导航模块加装防尘、防潮、抗干扰防护结构，优化弱光环境图像识别算法，弱化粉尘、低光照、低温环境带来的信号干扰，杜绝定位偏移、行走偏差、紧急停机故障问题。本次升级为设备搭载全新故障预判与应急处置机制，仓储场景出现突发障碍物、通道拥堵等非正常工况时，机器人能够自主触发减速避让、暂停作业、异常信息上报等系列处置动作，全程无需人工参与管控。感知与导

航体系的整体迭代优化，有效改善了设备对动态复杂仓储环境的适应能力，提升作业容错上限。依托整套技术改造，机器人可适配各类复杂、多变的仓储作业场景，保障仓储搬运工作全天候持续开展，作业运行精度与整体稳定性得到全面提升。



图2 机器人环境感知稳定性优化流程

3.3 搭建规范运维体系，降低设备升级运营成本

机器人设备运维成本偏高、升级难度大、定制化技术壁垒突出的行业痛点，可通过搭建标准化、常态化、自主化的运维升级体系破解，原厂技术垄断格局被打破，企业长期运营投入得到有效管控。建立设备分级运维管理制度，整体工作划分为日常巡检、定期保养、故障检修三个层级，明确各环节运维标准与岗位职责（见图3）。运维人员每日开展设备巡检工作，重点排查传感器、导航模块、电池组件、行走结构等核心部件运行状态，及时清理设备表面积尘，排查线路潜在故障，规避小型问题累积引发的设备停机故障。定期保养工作按照月度、季度、年度周期有序推进，完成设备深度检测、固件更新、部件润滑、电池校准等工作，设备使用寿命得以延长，故障发生概率持续降低。打破定制化设备技术壁垒，对封闭性控制系统开展开源适配改造，统一软硬件对接标准，原厂专属配件替换为通用标准化配件，配件采购与设备维修成本大幅下降。企业组建内部专项运维团队，开展系统化技术培训，团队可独立完成设备基础维修、系统调试、简易算法优化等核心工作，摆脱对原厂技术人员的依赖，设备故障处置周期缩短，外聘技术投入持续减少。设备升级环节采用模块化迭代模式，摒弃传统整机更换的改造方式，结合仓储业务迭代需求，针对性升级导航算法、调度系统、感知模块等核心功能，无需更换整机设备，改造升级成本得到有效控制。老旧设备开展差异化适配改造，保留具备改造价值的设备并完成软硬件迭代，淘汰无复用价值的老旧设备，形成新旧设备协同运行的作业模式。搭建完整设备运维台账，记录单台设备运行时长、故障记录、保养明细、升级内容，依托数据复盘优化运维方案，实现设备精细化管控，仓储机器人搬运系统整体运营与改造成本可稳步下降。

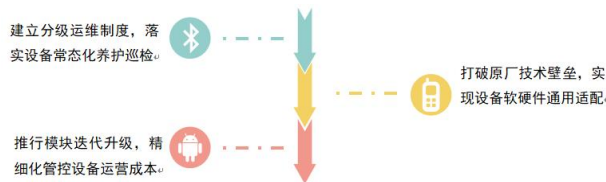


图3 机器人运维降本升级优化流程

4 结语

文章围绕智能仓储机器人搬运技术落地应用实况开展研究,梳理出搬运系统场景适配性不足的核心症结,总结出协同作业效率偏低、复杂场景运行稳定性弱、运维升级成本过高三大实操痛点,依托调度机制优化、感知能力升级、运维体系搭

建三类改造方向,构建多项可落地的优化对策,机器人搬运技术应用存在的短板得到有效补齐。系统改造升级可提升多机器人集群联动作业水平,强化设备复杂场景适配性能,压缩企业智能仓储长期运营投入。本次研究可解决仓储机器人落地应用中的各类实操问题,为同类智能仓储设备的迭代优化与高效运用提供可行的实践参考。

参考文献:

- [1] 程乐平,李欢.智能仓储物流中机器人技术的应用与发展[J].信息系统工程,2023,(7):43-46.
- [2] 林俊,李高才,翁剑成.改进蚁群算法在仓储机器人路径规划中的应用[J/OL].机械设计与制造,1-7[2026-06-06].
- [3] 苗青,李广伟.虚实融合的智能机器人实验教学平台开发与实践路径分析[J].中关村,2025,(7):225-227.
- [4] 褚晶,田艺秋,岳颀,等.面向智能仓储的多机器人任务分配及路径规划[J].西北工业大学学报,2024,42(5):929-938.
- [5] 康丽丽.智能仓储物流移动机器人任务协同调度方法研究[J].现代计算机,2024,30(11):40-44.