

基于AGV系统的路径规划技术研究

董子璐

安徽江淮重型工程机械有限公司 安徽 合肥 230000

摘要：随着智能制造浪潮涌起，基于AGV系统的路径规划技术研究本文聚焦基于AGV系统的路径规划技术展开研究。首先概述AGV系统路径规划的基本概念与重要性。接着深入剖析关键技术，涵盖全局与局部路径规划协同、多传感器融合定位、智能避障与动态路径调整、多AGV协同调度以及路径平滑性与能耗优化等方面。最后探讨其发展趋势，包括5G-边缘计算架构助力实时决策、数字孪生与仿真优化路径、自主决策与进化学习提升智能水平、人机共融与柔性协作拓展应用场景。旨在为AGV系统路径规划技术的进一步发展提供理论支持与实践参考。

关键词：AGV系统；路径规划；关键技术；发展趋势

引言：在工业自动化与智能物流蓬勃发展的当下，自动导引车（AGV）作为重要的物料搬运设备，其应用愈发广泛。路径规划作为AGV系统的核心功能，直接决定了AGV的运行效率、安全性和成本。合理的路径规划能使AGV在复杂环境中快速、准确地完成运输任务，减少能耗和运行时间，提升整个生产或物流系统的效益。然而，随着应用场景的日益复杂，如多AGV协同作业、动态障碍物干扰等，对AGV路径规划技术提出了更高要求。因此，深入研究基于AGV系统的路径规划技术具有重要的现实意义和迫切性。

1 AGV系统的路径规划的概述

AGV（自动导引车）系统的路径规划是物流自动化的核心环节，旨在为AGV在包含障碍物的环境中，规划出从起点到目标点的最优或无碰撞路径。其核心目标包括提升作业效率、保障运行安全、降低运营成本及实现多车协同作业。路径规划技术分为全局规划与局部规划两层。全局规划基于静态地图（如固定货架、工作站位置），通过Dijkstra、AI、RRT等算法预先计算理论最优路径。其中，AI算法通过启发函数引导搜索方向，在复杂环境中效率显著高于Dijkstra；RRT算法则适用于高维空间或复杂约束场景，通过随机采样逐步扩展路径树。局部规划则针对动态障碍物（如临时堆放的托盘、其他移动的AGV），采用人工势场法、动态窗口法等实时调整路径，确保避障安全。技术实现上，AGV依赖激光雷达、视觉SLAM等传感器构建环境地图，结合多传感器融合技术提升定位精度。在多AGV协同场景中，集中式规划算法（如CBS算法）通过构建约束树协调冲突，分布式算法则通过AGV间通信实现去中心化路径优化^[1]。

2 基于AGV系统的路径规划的关键技术

2.1 全局与局部路径规划协同机制

在基于AGV系统的路径规划里，全局与局部路径规划协同机制是保障AGV高效、安全运行的核心要点。

（1）全局路径规划是基础与框架。它依据预先构建的静态环境地图，综合考虑AGV的起始点、目标点以及固定障碍物分布等因素，运用成熟的算法如Dijkstra算法、AI算法等，规划出一条理论上的最优路径。这条路径为AGV的整体行驶提供了宏观方向和大致路线，使AGV明确前进目标，避免盲目行驶。（2）局部路径规划是补充与调整。在实际运行中，工作环境往往存在动态变化，如人员的走动、临时障碍物的出现等。局部路径规划借助传感器实时感知周围环境信息，根据当前AGV的位置和动态障碍物情况，快速做出反应，调整AGV的行驶方向和速度，确保其能够及时避开障碍物，安全行驶。（3）二者协同的关键在于信息交互与动态优化。局部路径规划将实时获取的环境变化信息反馈给全局路径规划模块，全局规划据此判断是否需要原路径进行重新规划或优化调整，保证AGV既能遵循宏观路线，又能灵活应对动态环境，实现高效、稳定的运行。

2.2 多传感器融合定位技术

在基于AGV系统的路径规划中，多传感器融合定位技术是确保AGV精准定位与可靠运行的关键支撑。（1）单一传感器存在局限性。例如，激光雷达虽能提供高精度的距离信息，但在面对反光率低或结构相似的环境时，可能出现测量误差；视觉传感器可获取丰富的环境图像信息，但易受光照条件、遮挡物等因素影响，导致定位不稳定；惯性测量单元（IMU）能测量AGV的加速度和角速度，用于推算位置，但长时间运行会产生累积误差。（2）多传感器融合可优势互补。通过将激光雷达、视觉传感器、IMU等多种传感器的数据进行融合处理，能够综合各传感器的优点，弥补单一传感器的不

足。比如,利用激光雷达的精确测距能力确定AGV在环境中的大致位置,再结合视觉传感器对环境特征的识别进行精细定位,同时用IMU数据辅助修正位置信息,提高定位的准确性和鲁棒性。(3)先进的融合算法是保障。采用如卡尔曼滤波、粒子滤波等算法对多传感器数据进行融合处理,能够有效整合不同传感器的信息,降低噪声干扰,实时输出高精度的AGV位置和姿态信息,为路径规划提供可靠依据,确保AGV在复杂环境中稳定、准确地按照规划路径行驶。

2.3 智能避障与动态路径调整

在基于AGV系统的路径规划中,智能避障与动态路径调整是保障AGV安全、高效运行不可或缺的关键环节。(1)精准感知障碍物是基础。AGV需借助多种传感器,如激光雷达、超声波传感器、视觉传感器等,实时获取周围环境信息。激光雷达能快速扫描周边物体,获取其距离和位置数据;超声波传感器可检测近距离障碍物;视觉传感器则能识别障碍物的类型和特征。通过多传感器融合,AGV可以全面、准确地感知环境中的静态和动态障碍物,为后续避障决策提供可靠依据。(2)智能算法实现高效避障。当检测到障碍物时,AGV要运用智能算法迅速做出避障决策。例如,人工势场法将环境构建成势场,障碍物产生斥力,目标点产生引力,AGV在合力作用下避开障碍物;模糊控制算法则根据传感器数据和预设规则,模糊推理出避障方向和速度,适应复杂多变的环境。(3)动态路径调整确保持续运行。避障成功后,AGV需根据新的环境信息动态调整路径。结合全局路径规划的宏观指导,利用局部路径规划算法重新规划出一条可行路径,使AGV能尽快回到原规划路径或找到更优路径,继续朝着目标点前进,保证运输任务的顺利完成。

2.4 多AGV协同调度算法

在基于AGV系统的复杂应用场景中,多AGV协同调度算法是提升整体运行效率与资源利用率的核心要素。(1)任务分配的合理性至关重要。多AGV协同作业时,需依据各AGV的当前位置、运行状态、负载能力以及任务的优先级、紧急程度和目标位置等信息,采用合适的任务分配算法,如基于拍卖机制的算法,让AGV竞争任务,以实现任务与AGV的最优匹配,确保每个任务都能由最合适的AGV执行,减少任务等待时间。(2)路径冲突的避免与解决是关键。多AGV在同一空间内行驶,极易出现路径交叉和冲突。通过构建交通规则模型,如设置优先级规则、避让规则等,引导AGV有序通行;同时,运用实时路径规划算法,当检测到潜在冲突时,及

时为相关AGV重新规划路径,避免碰撞和死锁现象的发生。(3)协同调度需考虑全局优化。不仅要关注单个AGV的运行效率,更要从整个系统的角度出发,综合考虑所有AGV的任务完成时间、能耗、行驶距离等因素,采用集中式或分布式调度策略,实现多AGV的协同运作,提高系统的整体性能和吞吐量,以满足复杂多变的工业生产和物流配送需求。

2.5 路径平滑性与能耗优化

在基于AGV系统的路径规划中,路径平滑性与能耗优化是提升系统性能与经济性的重要方面。(1)路径平滑性关乎AGV的运行质量。不平滑的路径会使AGV在行驶过程中频繁加减速、转向,这不仅会导致机械部件的磨损加剧,缩短设备使用寿命,还会降低运输效率,影响货物的稳定性和安全性。为实现路径平滑,可采用贝塞尔曲线、样条曲线等数学方法对规划出的初始路径进行优化处理,使路径的曲率变化连续且均匀,减少AGV行驶时的冲击和振动,提升运行的平稳性和舒适性。(2)能耗优化是降低运营成本的关键。AGV的能耗主要与行驶距离、速度、加速度以及负载等因素有关。通过优化路径规划算法,选择最短或能耗最低的路径,避免不必要的绕行;同时,合理控制AGV的速度和加速度,使其在保证运输效率的前提下,尽可能以较低的能耗运行。此外,结合负载情况动态调整运行参数,也能有效降低能耗。(3)路径平滑性与能耗优化相互关联。平滑的路径有助于AGV保持稳定的速度和加速度,减少因频繁变速而产生的额外能耗;而能耗优化过程中对路径的选择和调整,也应兼顾路径的平滑性,以实现AGV系统整体性能的最佳化^[2]。

3 基于AGV系统的路径规划技术的发展趋势

3.1 5G-边缘计算架构赋能实时决策

随着5G与边缘计算技术的深度融合,AGV路径规划的实时决策能力迎来质的飞跃。5G网络凭借其高带宽、低时延特性,可实现AGV与云端、边缘节点间毫秒级数据交互,确保环境感知、任务指令等关键信息的实时传输。(1)边缘计算则通过将计算资源下沉至网络边缘,构建“云-边-端”协同体系,显著降低数据处理延迟。基于边缘节点的深度学习算法可对AGV传感器数据(如激光雷达、视觉摄像头)进行本地化分析,快速生成动态路径调整策略,无需依赖云端回传,决策响应时间缩短至毫秒级。例如,在复杂仓储环境中,边缘计算可实时解析货架布局变化,指导AGV绕行突发障碍,确保运输任务连续性。(2)5G-边缘计算架构支持多AGV任务的全局优化。通过边缘节点汇聚各AGV运行数据,结合强

化学习算法,可动态调整任务分配与路径规划,实现整体运输效率最大化。

3.2 数字孪生与仿真优化

数字孪生技术为AGV系统路径规划带来了全新的优化模式。通过构建与实际物理AGV系统完全对应的虚拟数字模型,涵盖AGV的机械结构、运动特性、传感器数据以及运行环境等要素,能够实现对AGV系统全生命周期的精准映射。在路径规划中,利用数字孪生模型进行仿真优化具有显著优势。可在虚拟环境中模拟各种复杂的实际场景,如不同布局的仓库、动态变化的障碍物等,对多种路径规划算法进行大量测试和对比分析,提前发现潜在问题,筛选出最优算法或对现有算法进行针对性改进,减少实际部署中的试错成本。数字孪生能实时采集实际AGV系统的运行数据,反馈到虚拟模型中进行动态更新和优化。根据实际运行情况,如AGV的能耗、行驶速度、任务完成时间等指标,对路径规划策略进行实时调整和优化,实现虚拟与现实的交互迭代,不断提升AGV系统路径规划的合理性、高效性和适应性,推动AGV技术向智能化、精准化方向发展。

3.3 自主决策与进化学习

在AGV系统路径规划领域,自主决策与进化学习正成为推动技术升级的关键力量。自主决策赋予AGV独立思考 and 判断的能力,使其能依据实时感知的环境信息、任务需求以及自身状态,独立做出最优路径选择。无需过度依赖外部指令,AGV可灵活应对复杂多变的场景,如在动态障碍物频繁出现的环境中,自主规划出安全且高效的绕行路径。进化学习则为AGV路径规划提供了持续优化的机制。通过模拟生物进化过程中的遗传、变异和选择等操作,进化学习算法能够对路径规划策略进行迭代优化。在不断尝试和改进中,AGV可以逐渐找到更优的路径规划方法,提高运输效率、降低能耗。随着技术的不断发展,自主决策与进化学习将使AGV系统具备更强的适应性和智能性,在工业自动化和智能物流等领域

发挥更大的作用。

3.4 人机共融与柔性协作

在AGV系统路径规划的未来发展进程中,人机共融与柔性协作成为重要的趋势方向。人机共融强调人与AGV之间建立紧密、自然且高效的交互关系。通过先进的传感器技术、人机交互界面以及智能算法,操作人员能够直观地向AGV传达任务意图和复杂指令,而AGV也能将自身的运行状态、环境感知信息等及时反馈给操作人员,实现信息的双向流畅沟通。柔性协作则注重AGV系统对多样化任务和动态环境的灵活适应能力。在面对不同规格的货物运输、多变的仓库布局以及临时调整的生产任务时,AGV能够快速重新规划路径,与其他设备或人员协同作业,无缝融入不同的工作流程。这种人机共融与柔性协作的模式,将充分发挥人与AGV的各自优势,提升整体工作效率和灵活性,推动AGV系统在更广泛的领域实现智能化应用^[3]。

结束语

综上所述,基于AGV系统的路径规划技术是推动工业自动化与智能物流发展的关键力量。从全局与局部协同规划,到多传感器融合定位保障精准运行;从智能避障与动态调整应对复杂环境,到多AGV协同调度提升整体效能;再到路径平滑与能耗优化实现高效低耗,以及5G-边缘计算、数字孪生、自主决策、人机共融等前沿趋势的引领。

参考文献

- [1]邢普学,李强,魏巍,严建荣,李立光.改进AI算法的AGV路径规划在智慧仓储中的应用[J].信息技术,2021,4305:130-133.
- [2]陈宁,梁欢欢,孔祥希,胡立渝,韩吉.运输车辆机器人存取车路径优化算法研究[J].现代计算机,2022,12:28-32.
- [3]石森.AGV自动搬运技术可行性浅析——以重庆市果园港为例[J].海峡科技与产业,2021,01:81-83.