

智能化的 物流搬运机器人 - AGV

文 / 纪寿文 李克强

装卸搬运是物流的功能要素之一，在物流系统中发生的频率很高，并占据物流费用的重要部分。美国工业生产过程中装卸搬费用占成本的20%~30%，德国物流企业物料搬费用占营业额的1/3，日本物流搬费用占国民生产总值的10.73%，我国生产物流中，装卸费用约占加工成本的15.5%。国内外一直在寻求机械化和智能化的搬运技术和装备。AGV——一种柔性化和智能化物流搬运机器人，国外从20世纪50年代在仓储业开始使用，目前已经在制造业、港口、码头等领域得到普遍应用。在国内，AGV的应用也逐渐开始。

AGV的显著特点是无人驾驶，AGV上装备有自动导向系统，可以保障系统在不需人工引航的情况下就能够沿预定的路线自动行驶，将货物或物料自动从起始点运送到目的地。AGV的另一个特点是柔性好，自动化程度高和智能化水平高，AGV的行驶路径可以根据仓储货位要求、生产工艺流程等改变而灵活改变，并且运行路径改变的费用与传统的输送带和刚性的传送线相比非常低廉。AGV一般配备有装卸机构，可以与其他物流设备自动接口，实现货物和物料装卸与搬运全过程自动化。此外，AGV还具有清洁生产的特点，AGV依靠自带的蓄电池提供动力，运行过程中无噪声、无污染，可以应用在许多工作环境要求清洁的场所。

AGV的种类

AGV从发明至今已经有50年的历史，随着应用领域的扩展，其种类和形式变得多种多样。通常根据AGV自动行驶过程中的导航方式将AGV分为以下几种类型：

1. 电磁感应引导式AGV。

电磁感应式引导一般是在地面上，沿预先设定的行驶路径埋设电线，当高频电流流经导线时，导线周围产生电磁场，AGV上左右对称安装有两个电磁感应器，它们所接收的电磁信号的强度差异可以反映AGV偏离路径的程度。AGV的自动控制系统根据这种偏差来控制车辆的转向，连续的动态闭环控制能够保证AGV对设定路径的稳定自动跟踪。这种电磁感应引导式导航方法目前在绝大多数商业化的AGVS上使用，尤其是适用于大中型的AGV。

2. 激光引导式AGV。

该种AGV上安装有可旋转的激光扫描器，在运行路径沿途的墙壁或支柱上安装有高反光性的定位标志，AGV依靠激光扫描器发射激光束，然后接受由四周定位标志反射回的激光束，车载计算机计算出车辆当前的位置以及运动的方向，通过和内置的数字地图进行对比来校正方位，从而实现自动搬运。

目前，该种AGV的应用越来越普遍。并且依据同样的引导原理，若将激

光扫描器更换为红外发射器、或超声波发射器，则激光引导式AGV可以变为红外引导式AGV和超声波引导式AGV。

3. 视觉引导式AGV。

视觉引导式AGV是正在快速发展和成熟的AGV，该种AGV上装有CCD摄像机和传感器，在车载计算机中设置有AGV欲行驶路径周围环境图像数据库。AGV行驶过程中，摄像机动态获取车辆周围环境图像信息并与图像数据库进行比较，从而确定当前位置，并对下一步行驶做出决策。

这种AGV由于不要求人为设置任何物理路径，因此在理论上具有最佳的引导柔性，随着计算机图像采集、储存和处理技术的飞速发展，该种AGV的实用性越来越强。

此外，还有铁磁陀螺惯性引导式AGV、光学引导式AGV等多种形式的AGV。

AGV的应用

1. 仓储业。

仓储业是AGV最早应用的场所。1954年世界上首台AGV在美国的South Carolina州的Mercury Motor Freight公司的仓库内投入运营，用于实现出入库货物的自动搬运。目前世界上约有2万台各种各样AGV运行在2100座大小小仓库中。海尔集团于2000年投产运行的开发区立体仓库中，9台AGV组成了一个柔

性的库内自动搬运系统，成功地完成了每天 23400 件的出入库货物和零部件的搬运任务。

2. 制造业。

AGV 在制造业的生产线中大显身手，高效、准确、灵活地完成物料的搬运任务。并且可由多台 AGV 组成柔性的物流搬运系统，搬运路线可以随着生产工艺流程的调整而及时调整，使一条生产线上能够制造出十几种产品，大大提高了生产的柔性和企业的竞争力。1974 年瑞典的 Volvo Kalmar 轿车装配厂为了提高运输系统的灵活性，采用基于 AGVS 为载运工具的自动轿车装配线，该装配线由多台可装载轿车车体的 AGVS 组成，采用该装配线后，装配时间减少了 20%，装配故障减少 39%，投资回收期减少 57%，劳动力减少了 5%。目前，AGV 在世界的主要汽车厂，如通用、丰田、克莱斯勒、大众等汽车厂的制造和装配线上得到了普遍应用。

近年来，作为 CIMS 的基础搬运工具，AGV 的应用深入到机械加工、家电生产、微电子制造、卷烟等多个行业，生产加工领域成为 AGV 应用最广泛的领域。

3. 邮局、图书馆、港口码头和机场。

在邮局、图书馆、码头和机场等场合，物品的运送存在着作业量变化大，动态性强，作业流程经常调整，以及搬运作业过程单一等特点，AGV 的并行作业、自动化、智能化和柔性化的特性能够很好地满足上述场合的搬运要求。瑞典于 1983 年在大斯得哥尔摩邮局，日本于 1988 年在东京多摩邮局，中国在 1990 年于上海邮政枢纽开始使用 AGV，完成邮品的搬运工作。在荷兰鹿特丹港口，50 辆称为“yard tractors”的 AGV 完成集装箱从船边运送到几百码以外的仓库这一重复性工作。

4. 烟草、医药、食品、化工。

对于搬运作业有清洁、安全、无排放污染等特殊要求的烟草、医药、食

品、化工等行业中，AGV 的应用也受到重视。在国内的许多卷烟企业，如青岛颐中集团、玉溪红塔集团、红河卷烟厂、淮阴卷烟厂，应用激光引导式 AGV 完成托盘货物的搬运工作。

5. 危险场所和特种行业。

在军事上，以 AGV 的自动驾驶为基础集成其他探测和拆卸设备，可用于战场排雷和阵地侦察，英国军方正在研制的 MINDER Recce 是一辆侦察车，具有地雷探测、销毁及航路验证能力的自动型侦察车。在钢铁厂，AGV 用于炉料运送，减轻了工人的劳动强度。在核电站和利用核辐射进行保鲜储存的场所，AGV 用于物品的运送，避免了危险的辐射。在胶卷和胶片仓库，AGV 可以在黑暗的环境中，准确可靠地运送物料和半成品。

AGV 的路线与调度方法

AGV 使用中的路线优化和实时调度是当前 AGV 领域的一个研究热点。实用中，人们采用的方法主要有：

1. 数学规划方法。

为 AGV 选择最佳的任务及最佳路径，可以归纳为一个任务调度问题。数学规划方法是求解调度问题最优解的传统方法，该方法的求解过程实际上是一个资源限制下的寻优过程。实用中的方法主要有整数规划、动态规划、petri 方法等。在小规模调度情况下，这类方法可以得到较好的结果，但是随着调度规模的增加，求解问题耗费的时间呈指数增长，限制了该方法在负责大规模实时路线优化和调度中应用。

2. 仿真方法。

仿真方法通过对实际的调度环境建模，从而对 AGV 的一种调度方案的实施进行计算机的模拟仿真。用户和研究人員可以使用仿真手段对某些调度方案进行测试、比较、监控，从而改变和挑选调度策略。实用中采用的方法

有离散事件仿真方法、面向对象的仿真方法和三维仿真技术，有许多软件可以用于 AGV 的调度仿真，其中，Lanner 集团的 Witness 软件可以快速建立仿真模型，实现仿真过程三维演示和结果的分析处理。

3. 人工智能方法。

人工智能方法把 AGV 的调度过程描述成一个在满足约束的解析搜索最优解的过程。它利用知识表示技术将人的知识包括进去，同时使用各种搜索技术力求给出一个令人满意的解。具体的方法有专家系统方法、遗传算法、启发式算法、神经网络算法。其中，专家系统方法在实用中较多采用，它将调度专家的经验抽象成系统可以理解和执行的调度规则，并且采用冲突消解技术来解决大规模 AGV 调度中的规则膨胀和冲突问题。

由于神经网络具有并行运算、知识分布存储、自适应性强等优点，因此，它成为求解大规模 AGV 调度问题的一个很有希望的方法。目前，用神经网络方法成功地求解了 TSP-NP 问题。

遗传算法是模拟自然界生物进化过程中的遗传和变异而形成的一种优化求解方法。遗传算法在求解 AGV 的优化调度问题时，首先通过编码将一定数量的可能调度方案表示成适当的染色体，并计算每个染色体的适应度（如运行路径最短），通过重复进行复制、交叉、变异寻找适应度大的染色体，即 AGV 调度问题的最优解。

单独用一种方法来求解调度问题，往往存在一定的缺陷。目前，将多种方法进行融合来求解 AGV 的调度问题是一个研究热点。如，将专家系统和遗传算法融合，把专家的知识融入到初始染色体群的形成中，以加快求解速度和质量。

（作者单位：清华大学深圳研究生院
现代物流研究中心）