

汽车涂装车间柔性智能存储方式的研究

祁文昌, 戈北京, 许健, 韩俊, 赵永富, 李昂
(中国汽车工业工程有限公司, 天津 300113)

摘要: 在汽车制造自动化生产过程中, 为保证生产线连续高效柔性的运转, 生产线中工件的存储是一个不可或缺的环节, 因此对存储方式的研究显得尤为重要。本文从工件存储功能、空间存储型式、存储工件的类型、柔性、智能等角度介绍了应用于汽车涂装车间的不同工件存储方式, 并对其优缺点进行了分析比较。研究表明, 在汽车涂装车间生产线中, 柔性化、智能化的存储方式是未来的发展趋势。

关键词: 汽车涂装; 存储方式; 柔性; 智能

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2025)01-0046-03

Research on Flexible Intelligent Storage Method in Automotive Painting Workshop

QI Wen-chang, GE Bei-jing, XU Jian, HAN Jun, ZHAO Yong-fu, LI Ang
(Automotive Engineering Corporation, Tianjin 300113, China)

Abstract: In the automated production process of automobile manufacturing, in order to ensure the continuous, efficient and flexible operation of the production line, the storage of workpieces is an indispensable link, so research on storage methods is particularly important. This article introduces different workpiece storage methods applied in automobile painting workshops from the perspectives of workpiece storage function, spatial storage type, storage workpiece type, flexibility, intelligence, etc., and analyzes and compares their advantages and disadvantages. Research has shown that flexible and intelligent storage methods are the future development trend in the production line of the automotive painting workshop.

Key words: automotive painting; storage method; flexibility; intelligence

0 引言

汽车整车制造主要包含冲压、焊装、涂装、总装四大工艺, 汽车涂装工艺是把焊装车间运送过来的合格白车身经过前处理、电泳、电泳烘干、底涂、焊缝密封、密封胶烘干、面漆喷涂、面漆烘干等工艺路线, 生产出耐腐蚀、美观的车身。一般情况下, 在相邻的两个车间之间或者在涂装车间内部都要设置存储区, 一方面是由于车身或橇体存放的需要, 另一方面是为了在下一个工序之前重新排序。

伴随着中国汽车产业的飞速发展, 各大汽车厂对汽车生产线的柔性化、自动化、智能化等方面重视程度越来越高, 因此汽车生产线柔性、智能存储方面的研究就显得越来越重要。

1 存储区的类型与功能

在涂装车间为了保证生产线的连续运转, 通常在连续的工艺输送区后设置存储区, 存储区按工件类型可以分为橇体的存储和车身的存储。

橇体的存储又分为电泳空橇存储区和面漆空橇存储区, 空橇存储区的功能是将空橇体进行堆垛存储, 并使得这些橇体可以在车间特定的工艺路线内循环使用。

车身的存储按功能主要分为3种, 一是排空存储, 主要是用于涂装的某一段连续的喷涂工艺如电泳烘

收稿日期: 2024-07-08

作者简介: 祁文昌(1986—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事汽车涂装车间机械化输送设备的设计与研发等工作。E-mail: qiwenchang@chinaaie.com.cn。

干、面漆烘干等之后需要设置排空区；二是缓冲存储，主要是在生产线前后瓶颈处设置缓冲区，以保证生产线的效率和稳定性；三是排序存储，主要用于不同车型或不同颜色车身进入相应的工序进行的排序功能。

2 传统的存储方式

涂装车间输送线传统的存储方式主要为平面存储，通常的存储方式为普通滚床存储、摩擦滚床存储或者积放带存储等。传统存储方式的特点是只能按顺序存储，存储型式单一，路径唯一，柔性差，此外平面存储也会占用较大的存储面积。

3 新兴的柔性存储方式

近年来，随着工厂在柔性化、智能化方面需求的增加，一些新兴的存储方式正在兴起。一是以 AGV、RGV 为代表的柔性存储平面库；二是以巷道堆垛机、多层 RGV 为代表的柔性存储立体库。

3.1 柔性存取平面库

顾名思义，柔性存取平面库就是能够在平面存储区实现工件的柔性存取。目前用于整车涂装车间的柔性平面库主要有两种型式：RGV 式平面库以及 AGV 式平面库。

RGV 式平面库的特点是有固定的轨道，RGV 在轨道上行驶，货架布置在 RGV 轨道的两侧。RGV 只有一层，在库的两侧可以设置出入口，出入口设置交接滚床，可以完成输送线至平面库的转接传输。相比于摩擦滚床存储或者积放带存储，RGV 式平面库能够实现柔性的存取，此外 RGV 移动速度也更快，可以达到 160 m/min。RGV 式平面库如图 1 所示。



图 1 RGV 式平面库

AGV 式平面库的特点是没有固定的轨道，通过调度程序实现路径的转移，转移路径后期可以通过编程或者其他方式进行更新。通常 AGV 小车由车体、车载控制系统、调度控制系统、行走系统、供电系统、导航系统、安全系统等组成。PLC 是小车的控制核心，可以控制小车的行走和停止，小车车体上一般安装有操作面板，有复位、急停等操作按钮，以及电源指示、故障指示等。由于 AGV 输送的高柔性，在涂装车间的修补线、颜

色分组等区域，具有较大的优势。AGV 式平面库如图 2 所示。

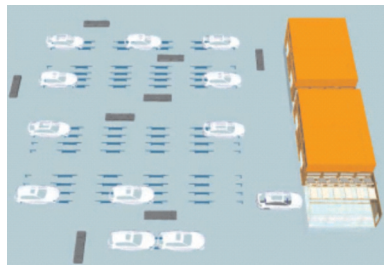


图 2 AGV 式平面库

3.2 柔性存储立体库

顾名思义，柔性存储立体库就是能够在立体库内实现工件的柔性存取。立体库存储方式的优点是节省储存空间、利于实现柔性存取并且自动化、智能化程度高。目前用于整车涂装车间的立库主要有两种型式：一是较为传统的巷道堆垛机型式，二是新兴的多层穿梭车 RGV 模式。

巷道堆垛机的特点是集叉式移载机、快速移行机、升降机的功能为一体。该设备可以独立完成工件的叉取、巷道内移动、升降及存放作业。巷道堆垛机系统主要由巷道堆垛机、钢结构、货架、轨道（天轨和地轨）、安全缓冲器、控制和管理系统等组成。巷道堆垛机系统的主要布置方式如图 3 所示，两侧是货位，巷道堆垛机布置在中间。

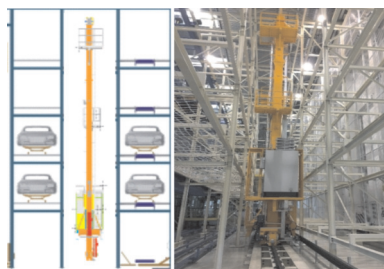


图 3 巷道堆垛机立库

巷道堆垛机立库相比于传统的存储模式具有柔性高，空间利用率高等特点，但其也存在一定的不足，比如存取节拍受限，单巷道一般做到 30 JPH 左右，巷道堆垛机一旦停线会影响整个立库的存取等。

为解决以上难题，由中汽工程首创的多层 RGV 立库，由于其具有高柔性、高节拍和鲁棒性强的特点，逐渐在各大汽车厂得到应用。多层 RGV 穿梭车立库主要由高速升降机、穿梭车（含举升台、叉式移载机）、过渡滚床、钢货架、电控及仓库管理系统 WMS 等组成。如图 4 所示，每层巷道布置一个 RGV，用于本层之间的存取，不同层之间切换可以通过升降机来完成。



图4 多层 RGV 穿梭车立库

多层 RGV 立库的技术特点是,采用 RGV 完成车身在立库内的的平层输送和存取;车身在立库内不同层间的升降转移由升降机完成;多台 RGV 协同工作,分担同一巷道的出入库作业。相比于巷道堆垛机式的立库,RGV 驱动立库的优势在于多层 RGV 穿梭车在不同的层可以协同配合工作,因此可以大大地提升立库运行节拍;当某一层的 RGV 出现故障,其他层的 RGV 仍可以维持运行,使系统的鲁棒性更强;对于每个单体的 RGV 来说,结构更加简单,维修更加容易;后期可以通过扩展 RGV 的个数和立库的层数对立库来进行扩展,可扩展性更好;此外还可以在库内完成换撬、堆拆垛等功能,使立库的功能更加多样化,工艺布局更加合理。可以看出这种立库的柔性存取、柔性拓展、柔性工艺布局更为优秀。

4 智能化技术应用

在智能化方面,主要体现在两个方面,一是体现在在设计之初的智能化仿真,二是体现在项目运行过程中智能化调度控制。在智能化仿真方面,即可以运用 Plant Simulation 物流仿真技术,可以形象、直观地模拟呈现整个自动化存储区的运行情况,发现设备的瓶颈以及安装、调试过程的难点,在设备投入制造之前完成设备能力的验证,为设计提供及时更正的依据和时间,避免损失。除此之外,Plant Simulation 仿真技术还对整个自动化立体仓库的关键指标进行统计分析,进而优化整个系统的运行效率。

在智能化控制方面,智能化控制系统主要由 WMS 管理系统、WCS 调度系统和现场设备执行层组成。WMS 管理系统是整个存储区的神经中枢,存储区除去其基本的存储功能之外,对于涂装车间来说最大优点就在于该系统的柔性存取功能。尤其是对颜色编组,可实现多车型、多颜色、小批量、定制化车身随机入库,以最优路径完成同种颜色车身成批量出库,进而成规模地完成涂装作业。WCS 调度系统通过特定接口与管理系统和执行设备的 PLC 对接,根据给定任务、设备状态和库存状态,通过决策算法完成出入库方式和位置的决策,实现立库的最优效率运行、出入库的智能排序

及柔性化颜色编组。设备执行层用于完成单体设备的具体动作执行,比如 RGV 立库模式下升降机垂直方向的输送动作,穿梭车水平方向的输送动作,以及两者配合实现出入库动作。

5 发展趋势与总结

伴随着中国汽车产业的飞速发展,各大汽车厂对汽车生产线的柔性化、自动化、智能化等方面重视程度越来越高,更加柔性智能的存储方式是汽车涂装车间存储方式的发展方向。以 RGV、AGV 为代表的柔性存取平面库在平面存储的型式下能够提高系统柔性,灵活存取,对存储空间要求不高,但对系统柔性高的场合,例如小修或颜色编组等;以巷道堆垛机和多层 RGV 为代表的立体库,在提高系统柔性的同时,还能够节省占地面积,适合作为整个车间的存储中转中心使用;此外相比传统的巷道堆垛机,基于多层 RGV 的立体库,具有节拍快、鲁棒性强、故障率低、维护方便等显著优势,能够有效提高汽车生产效率和智能化水平,市场应用前景广阔。

参考文献:

- [1] 刘品言,张川,赵剑,等.AGV 小车在汽车涂装生产线上的应用[J].电镀与涂饰,2022(20):1489-1492.
- [2] 赵剑,林涛,赵恒锐.立体库在汽车涂装车间的应用[J].汽车工业,2023(10):63-66.
- [3] 赵亮,牛文文,许健,等.汽车涂装车间立体仓库浅析[J].现代涂料与涂装,2024(2):37-39. ◆

(上接第 45 页)连续工作,能够显著提高生产效率,避免高压人身伤害事故,并降低人工成本。该装备运行效果良好,很好地满足了客户相关需求,其应用市场呈逐步扩大趋势。

参考文献:

- [1] 王胜强,马荆亮.涂装车间滑撬自动清洗方案[J].汽车工艺与材料,2022(11):69-72.
- [2] 陶磊,乔一行,王明,等.浅谈涂装车间辅助设备设计说明及技术要求[J].现代涂料与涂装,2024(2):47-49.
- [3] 彭松,杨成,牛焱,等.超高压水射流自动清洗技术在汽车涂装车间的应用[J].中国设备工程,2018(18):141-144.
- [4] 林骥,李思远,张程皓,等.一种汽车涂装车间喷漆机器人控制系统应用[J].汽车工艺与材料,2019(11):11-15.
- [5] 陈鑫,杨明川,李华涛.高压清洗工位区域划分功能的实现[J].设备管理与维修,2023(5):87-89. ◆