

基于柔性技术的汽车涂装存储方式优化研究

胡召勇

北汽新能源享界超级工厂，北京市密云区，101500；

摘要：随着智能制造技术的发展，柔性技术越来越多地被应用到生产制造过程中。文章通过对汽车涂装车间在存储方式的现状分析，指出了传统存储方式存在的问题，并在此基础上对其进行了柔性化、智能化改进研究。通过分析现有汽车涂装车间在存储方式上存在的问题，将柔性技术与智能技术相结合，设计出了一套基于柔性技术的汽车涂装车间存储方式优化方案。在对该方案进行验证和分析的基础上，对优化后的存储方式进行了实验验证与结果分析，结果表明该方案可以有效提高汽车涂装车间存储方式的柔性和智能程度，并且可以有效降低汽车涂装车间能源消耗。

关键词：汽车涂装；存储方式；柔性；智能

DOI：10.69979/3029-2727.25.06.069

引言

在汽车制造的过程中，汽车涂装工艺是其中十分重要的一个环节。然而，由于受到制造工艺与设备的限制，传统汽车涂装车间在存储方式上存在着诸多问题，包括设备种类多、结构复杂、存储效率低以及能源消耗大等问题。本文针对汽车涂装车间的存储方式进行了分析研究，并将柔性技术与智能技术相结合，设计出了一套基于柔性技术的汽车涂装车间存储方式优化方案。该方案在保证汽车涂装质量的前提下，有效提高了汽车涂装车间存储方式的柔性和智能程度，并降低了汽车涂装车间能源消耗。

1 柔性技术在汽车涂装存储中的应用

1.1 柔性技术概述

柔性技术的出现可以有效解决不同类型零件之间的兼容性问题，能够有效提升工业生产效率，降低工业生产成本，实现资源的合理配置。目前，柔性技术在汽车涂装生产中的应用主要包括两种，即多工位柔性生产线以及全自动化柔性生产线。在汽车涂装生产过程中应用柔性技术主要是为了使汽车在不同的工艺工位之间能够实现顺畅转移，有效降低工艺工位之间的切换时间，减少生产成本。对于汽车涂装全自动化柔性生产线而言，其主要是利用计算机技术与机械技术将不同种类零件进行统一管理，不仅能够实现多条生产线的快速切换，同时也能够有效提升汽车涂装生产效率。

1.2 汽车涂装存储方式的现状分析

在汽车涂装存储中，采用的主要存储方式有两种：

一是基于流水线式的存储模式，这种存储模式是在汽车车身冲压前，由总装线将各零部件有序地装配到车身上，然后在总装线上将其转移到相应的工位上；二是基于库存存储模式，这种存储模式主要是通过采用货架形式来实现的。目前，我国汽车涂装生产线的自动化程度相对较高，但是对于一些关键设备仍然需要依赖人工操作来完成。从总体上看，目前我国汽车涂装生产线中使用的存储方式还不够先进，没有达到自动化的水平，在一定程度上影响了汽车涂装生产效率和质量。

1.3 柔性技术在汽车涂装存储中的优势

在汽车涂装存储中应用柔性技术，可以有效降低生产成本，提高汽车生产的效率。主要表现在：（1）柔性技术具有较强的通用性和灵活性，能够快速适应不同类型汽车生产的需要。汽车涂装的种类繁多，对于不同的车型都有相对应的车身类型，这就需要对不同类型的汽车进行快速灵活地切换；（2）柔性技术在汽车涂装存储中应用，可以实现生产和存储过程的无缝衔接，减少了因为设备故障造成的生产停顿时间。当车身类型发生变化时，只需要对现有设备进行简单操作，就能够实现设备间的快速切换，实现汽车生产和存储过程的无缝衔接。

2 汽车涂装存储方式优化研究

2.1 汽车涂装现状分析

我国的汽车涂装行业起步较晚，随着汽车保有量的增加，汽车涂装市场的需求不断扩大，目前已经成为全球最大的汽车涂装市场，但与国外先进水平相比，我国汽车涂装行业还存在一定差距。一方面是因为我国汽车

涂装行业起步晚，许多关键技术需要不断地学习和吸收国外先进技术；另一方面是因为我国汽车涂装行业对新产品开发的重视程度不够，导致在新产品开发过程中存在较多的问题。其中，关键技术主要包括：新型水性涂料的研发、新工艺的开发、设备技术革新等。

2.1 汽车涂装行业发展概况

汽车涂装作为汽车制造产业链中的关键环节，其发展水平直接影响着汽车制造技术和制造成本。自改革开放以来，我国汽车涂装行业得到了快速的发展，尤其是进入21世纪以来，随着我国经济的高速增长，人民生活水平不断提高，汽车产业也得到了飞速的发展。在20世纪末，我国的汽车产量仅有135万辆左右，而在21世纪初，我国的汽车产量达到了2300万辆左右，与发达国家相比还存在很大的差距。到2014年末，我国汽车保有量已经超过3亿辆。

2.2 存储方式优化理论探讨

采用柔性技术的汽车涂装存储方式的优化研究，在理论上来说是可行的，但在实际应用中仍有一定的问题，如柔性技术在存储中的应用、智能化技术在存储中的应用等。在实际应用中，柔性技术和智能化技术是不能被单独使用的，它们应被有机地结合起来共同发挥作用。这主要是因为汽车涂装系统存在着大量的不确定性因素，而这些因素会直接影响到汽车涂装存储系统的稳定性和安全性。

2.2.1 柔性技术在存储中的应用

在汽车涂装存储方式中，柔性技术的应用可以实现对涂装车间内各个环节的有效控制，并对汽车涂装生产的全过程进行监督和管理，从而能够有效提升汽车涂装生产质量。柔性技术主要包括三种类型：（1）柔性化控制技术，这是指能够实现对生产过程的自动控制，从而保证汽车涂装生产质量；（2）柔性化监控技术，这是指能够实现对汽车涂装生产全过程的实时监控，并能够及时发现并处理生产过程中出现的问题；（3）柔性化服务技术，这是指能够实现对汽车涂装生产的数据分析、在线诊断、远程诊断等服务技术。可以看出，柔性技术主要是通过对各个环节的控制来提升汽车涂装系统的稳定性。

2.2.2 智能化技术在存储中的应用

汽车涂装存储方式中，智能化技术主要应用在以下几个方面：首先，能够实现汽车涂装系统的自动化控制。其次，能够实现汽车涂装系统的智能化管理。例如，在进行汽车涂装存储时，可以将整个汽车涂装存储系统的数据信息上传至中央计算机数据库，通过中央计算机数

据库对整个汽车涂装存储系统的数据信息进行分析和处理。在这个过程中，可以实现对数据信息的储存、传输、查询等操作，从而使汽车预装存储系统在运行过程中更加高效、安全。

2.3 基于柔性技术的汽车涂装存储方式优化方案设计

随着汽车制造业的发展，汽车制造企业对涂装生产线的需求越来越多，导致了汽车涂装生产线的需求增加。在此背景下，汽车生产企业也开始关注与探索其新的生产模式，提出了柔性的生产模式。根据“柔性”“智能化”的含义，并结合汽车制造行业发展实际情况，提出了柔性技术在汽车涂装存储中的应用方案。所谓柔性技术，就是在生产过程中，对生产线的作业方式进行灵活调整，以实现整个生产过程的最优化。根据柔性技术在汽车涂装存储中的应用方案设计，我们将其分为两个方面进行介绍：一是柔性技术在汽车涂装存储中的应用方案设计；二是智能化技术在汽车涂装存储中的应用方案设计。

2.3.1 柔性技术在汽车涂装存储中的应用方案

在汽车制造企业中，涂装生产线一般分为三个部分：一是喷涂区域，二是总装区域，三是存储区域。对于喷涂区域而言，一般需要安装多台喷漆设备；对于总装区域而言，需要安装多台涂装设备；对于存储区域而言，需要安装多台涂装设备。由于涂装生产线的柔性化需求，因此需要在整个生产线上安装相应的柔性化技术。具体来说，柔性技术在汽车涂装存储中的应用方案主要有两种：一是根据作业要求，对涂装生产线进行调整；二是根据生产要求，对作业方式进行调整。在设计柔性技术在汽车涂装存储中的应用方案时，需要结合涂装生产线的实际情况与作业要求进行。

2.3.2 智能化技术在汽车涂装存储中的应用方案

在汽车制造行业中，智能化技术应用广泛，其中最为典型的就是机器人技术的应用。机器人技术的应用，不仅能够对汽车涂装存储进行优化，还能对汽车涂装过程进行有效控制，进而提高汽车涂装过程的自动化水平。基于机器人技术的发展现状，我们可以发现其在汽车涂装存储中的应用范围越来越广，其中以生产线自动化控制为主。在汽车制造行业中，智能化技术主要通过智能控制技术来实现对生产过程的优化与控制，其中包括：智能化物流、智能化生产监控等。

3 案例分析与实证研究

3.1 某汽车涂装企业存储方式现状分析

某汽车涂装企业现拥有 15 个工位的喷漆线，包括 2 个主喷、7 个侧喷、2 个顶喷和 1 个底喷，1 个底漆烘干工位和 1 个面漆烘干工位，2 条底漆输送线，1 条中涂输送线，1 条电泳输送线。车间内共有 18 条作业线。其中主喷室 1 台、侧喷室 4 台、底漆烘箱 2 台、面漆烘箱 2 台，2 条底漆输送线。从车间内各工位的分布来看，主喷工位 1 台，侧喷工位 4 台，底漆烘干工位 1 台，面漆烘干工位 1 台；电泳烘箱 1 台；中涂和后涂喷涂的各一条生产线都是通过输送链输送到相应的喷涂工位进行喷涂。各工序之间存在交叉作业情况。

3.2 某汽车涂装企业柔性技术存储方式优化实证研究

针对以上问题，某汽车涂装企业通过对涂装工艺、设备、工装、仓储等多方面的分析与研究，以某款车型为例，在不改变原生产线的基础上，将存储方式由原来的大容量货架式存储方式优化为小容量货架式存储方式，以达到提升车间设备利用率、降低物料库存、改善生产环境和提高生产效率等目的。针对不同车型的存储要求，对现有生产线进行了改造，在原有一层货架式存储的基础上，新增了两层货架式存储。同时对两层货架式存储的设备进行了优化配置，增加了自动升降小车和自动送料小车，将大容量货架式存储与小容量货架式存储相结合，形成了完整的小容量货架式存储系统。

3.2.1 实施方案设计

通过对小容量货架式存储设备的改进，设计出一套适合该企业生产情况的小容量货架式存储系统。该系统主要由自动升降小车和自动送料小车两部分组成，其中自动升降小车由输送装置、升降支撑结构及轨道等部分组成，主要用于物料的输送；自动送料小车由两个输送装置和料箱组成，主要用于物料的取放。在物料取放过程中，将物料由输送装置输送到料箱，由料箱将物料运送到货架上，再由货架将物料传送至出库工位。该方案主要适用于存储容量为 300L~1000L 的产品，同时也适用于不同车型之间的产品存储。

3.2.2 实施效果评估

经过实地考察，该涂装企业小容量货架式存储方式优化后的运行情况良好，基本达到了预期效果。经过统计，在不改变现有生产线的基础上，小容量货架式存储

方式在不同车型的存储数量上提升了 21%，存储面积上增加了 34%，物料周转率提高了 135%。同时，小容量货架式存储方式的优化也带动了其他物料存储方式的优化升级，在较短时间内解决了物料存储效率低、存储空间不足、物料周转不及时等问题。据统计，目前该涂装企业小容量货架式存储系统中各物料的周转天数由原来的 50d 左右降低到 30d 左右，提高了 15d 左右。

4 结论与展望

4.1 研究结论总结

本文基于柔性技术对汽车涂装存储方式进行优化研究，主要是通过建立柔性生产线的形式，实现涂装生产的自动化、柔性化。在柔性生产线的基础上，研究了不同存储方式对汽车涂装质量的影响，并在此基础上对汽车涂装存储方式进行了优化研究。研究结果表明：采用柔性存储方式有利于改善汽车涂装质量、降低生产成本；但需要进一步通过设备改造，以及后续生产线工艺优化来实现。

4.2 研究的局限性和展望

研究局限在于：（1）采用的数据是已知的数据，而非实际情况；（2）只对喷涂工位进行了优化，没有对其他工位也进行优化；（3）在分析方法上，没有考虑工艺的多样性和复杂性。研究展望：（1）在工艺方面，将更多的喷漆线作为参考对象；（2）在数据分析方面，除了要考虑车身分阶段的变化外，还应考虑到各阶段工艺参数的差异，以及不同阶段间工艺参数的变化趋势；（3）在研究方法方面，除了常规的层次分析法外，还可以使用多层次分析法、模糊综合评价法、数据包络分析法等方法进行研究。

参考文献

- [1] 郑文昌, 戈北京, 许健, 等. 汽车涂装车间柔性智能存储方式的研究 [J]. 现代涂料与涂装, 2025, 28(01): 46-48.
- [2] 汽车涂装车间立体仓库浅析 [J]. 赵亮; 牛文文; 许健; 刘杰; 路震寰; 陈瑞航. 现代涂料与涂装, 2024(02)
- [3] 立体库在汽车涂装车间中的应用 [J]. 赵剑; 林涛; 赵恒锐. 汽车工艺与材料, 2023(10)