

汽车涂装车间路由设计研究

陶禹, 刘洪涛, 张延虎, 吉晓雄, 张建福, 马春斌, 路震寰, 王一哲, 李华

(中国汽车工业工程有限公司, 天津 300113)

摘要: 以某主机厂涂装车间为例, 对工件路由设计进行探讨, 分析涂装车间的基本布局、常见路由的设计原理与方法, 期为相关从业人员提供参考。

关键词: 汽车涂装; 车间路由; 返修; 套色

中图分类号: TQ639

文献标志码: B

文章编号: 1007-9548(2025)03-0059-04

Research on Routing Design in Automobile Painting Workshop

TAO Yu, LIU Hong-tao, ZHANG Yan-hu, JI Xiao-xiong, ZHANG Jian-fu, MA Chun-bin,

LU Zhen-huan, WANG Yi-zhe, LI Hua

(Automotive Engineering Corporation, Tianjin 300113, China)

Abstract: This article discusses the design of painting workshop routing, analyzes the basic layout of the painting workshop, the design of common routing, and design principles of the painting workshop routing, aiming to provide references for relevant practitioners.

Key words: automotive painting; workshop routing; rework; color matching

0 引言

作为汽车主机厂四大车间之一的涂装车间是汽车制造过程中的重要环节, 它涉及到车身的防腐、美观以及后续使用的耐久性。在涂装车间中, 工件(如车身、零部件)需要按照一定的路径进行涂装作业, 以确保涂装质量、生产效率。因此, 对汽车涂装车间工件路由设计的分析与讨论, 对于提高涂装质量和产品多样性的实现具有重要意义。

1 汽车涂装车间总体布局概述

涂装车间是汽车生产流程中负责车身表面喷涂作业的专门区域, 通常包括前处理、电泳、电泳烘干、电泳打磨、焊缝密封、UBS/UBC、裙边胶、中涂、中涂烘干、中涂打磨、面漆、面漆烘干、检查精修、注蜡贴膜、报交、小修与大修等部分。新能源汽车主机厂常见的车间布局方式是将人工操作区域布置在车间一层, 例如钣金修

整、换夹具、焊缝密封、底涂、电泳打磨、中涂打磨、套色遮蔽、点修补、大返修等, 而将自动连续生产工艺线布局在车间二楼, 例如前处理、电泳、电泳烘干、密封胶烘干、中涂喷漆、中涂烘干、面漆喷漆、面漆烘干等。为了实现存储区功能多样化、灵活性的布局要求, 通常将电泳烘干后存储、密封胶烘干后存储、中涂烘干后存储、面漆烘干后存储、电泳面漆桶体存储区也一并布置在二楼, 对于一些产能比较大, 工艺区域占比较大的车间, 也可以将存储区设置在车间三层, 提高空间利用率, 同时将存储区尽量紧凑布置, 实现互相连通, 确保实现车间内复杂的路由需求, 满足生产需要。

2 汽车涂装车间路由重要性

涂装车间一系列复杂的工艺需要通过输送机有序地串联起来, 串联逻辑就是工件的路由, 它是涂装车间中重要的组织方式之一。合理的工件路由设计能够确保涂装作业的有序进行, 提高涂装效率和质量。具体来说, 工件路由的重要性主要体现在以下方面: 1) 确保涂装作业的连贯性。合理的工件路由能够确保工件在涂装车间内按照既定的工序进行流动, 避免因路径不合理而导致的涂装作业中断或混乱。通过优化工件路由,

收稿日期: 2024-06-26

作者简介: 陶禹(1986—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事汽车涂装车间机械化输送系统设计、新型输送系统开发、物流设计与规划工作。E-mail: 18522313286@163.com。

可以减少工件在车间内的等待时间和运输时间,提高涂装效率。2)确保涂装作业的高效环保性。合理的工件路由能够减少不必要的设备投入和能源消耗,使工件短时间快速通过线路,运到工艺区域,实现节能减排,

降低生产成本。

3 常见的工件路由与设计实现

以某新能源主机厂为例,对涂装车间工件路由进行设计研究,满足生产需求路由布局如图1所示。

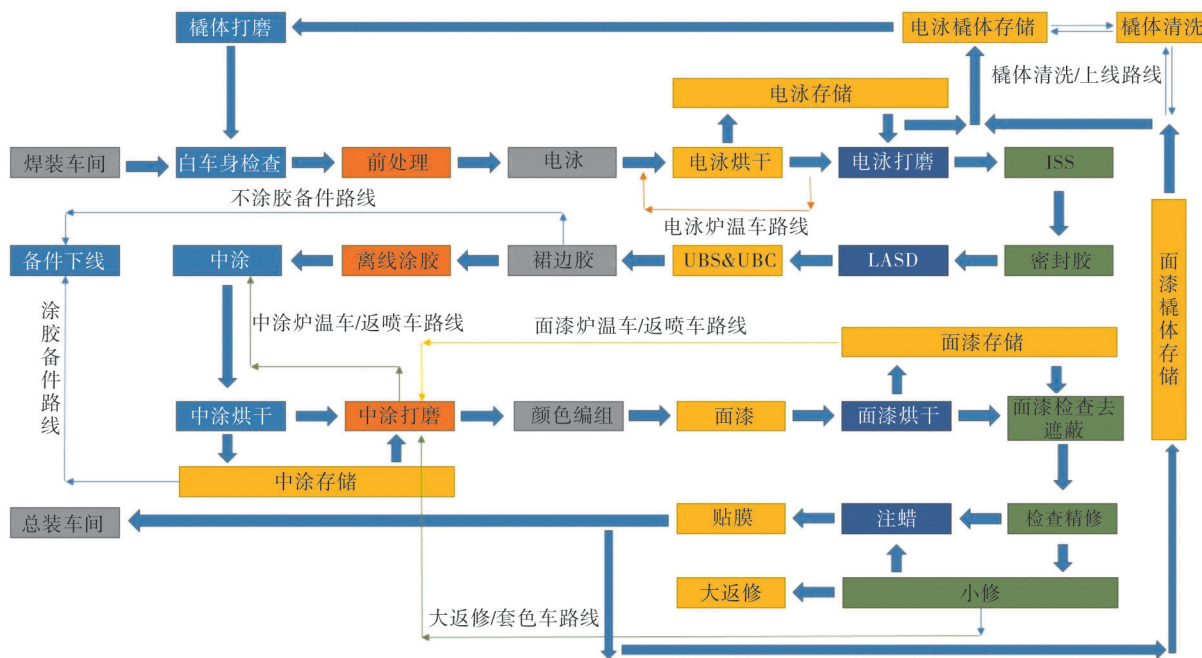


图1 涂装车间整体路由示意

3.1 电泳炉温车路线设计

在电泳后防尘室外设置专门存放电泳炉温车的工位。炉温车通过电泳后室内,进入电泳烘房,通过电泳烘房后进入电泳存储区,随后返回炉温车存放位。可以在电泳后室体上设置卷帘门,既能实现电泳排空拉出的需要,也可作为电泳炉温车的入口。炉温车通过卷帘门进入室内,炉温车完成烘干后,进入电泳存储区。将电泳存储区与炉温车存放位输送路线联通,炉温车即可返回存放位,实现炉温车自动循环。路线设计过程中要注意工件的方向是否正确,涂装车间常见的回转炉与直通炉会引起存储区在车间内的布置区域也不尽相同,但大原则就是通过存储区将炉温车路线连通,确保炉温车循环通畅。

3.2 中涂炉温车路线设计

中涂炉温车无法直接进入中涂烘房,需经过中涂喷漆线,因此炉温车入口应为中涂喷漆房入口。炉温车的存放位有两种方案,1)可将存放位设置在中涂喷漆房入口;2)可将存放位设置在中涂打磨室体后。炉温车经过中涂喷漆房与中涂烘房后,进入中涂存储区,如果存放位在中涂喷漆房入口,则需要在中涂存储与中涂入口设置输送线,满足路线需求。如果存放位在中涂打磨后,炉温车可按照工艺路线进入中涂打磨区域,再次进入中

涂喷漆房可以通过中涂大返修路线,实现炉温车自动循环。

3.3 面漆炉温车路线设计

面漆炉温车同样无法直接进入面漆烘房,需经过面漆喷漆线,炉温车入口应为面漆喷漆房入口。炉温车的存放位通常设置在面漆喷漆房入口。炉温车经过面漆喷漆房与面漆烘房后,进入面漆存储区,此后有两种路由方案,一种是将中涂存储区与面漆存储区设计连通;炉温车通过中涂存储区进入中涂打磨,进而进入颜色编组区,到达面漆喷漆房入口,行程自动循环;另一种是炉温车沿工艺路线进入检查精修线后,通过大返修路线重新进入颜色编组区,到达面漆烘房入口。以上两种方案均可实现炉温车循环,可根据车间布置合理选择方案。

3.4 中涂返喷路线设计

中涂检查打磨后,少部分工件需要重新进入中涂线进行返喷。大多数情况下中涂是否需要返喷在中涂打磨和离线打磨工位进行判定。规划设计时,可将中涂打磨离线出口设置路线,通过升降机与二楼中涂打磨入口连通,实现中涂返喷路线。中涂返喷路线设计需要注意工件车头方向是否能正向进入中涂烘房,如果工件方向需要调整,则在路线上设置旋转设备,确保中涂入口工件方向正确。中涂返喷路线与中涂炉温车路线基本一致。

3.5 面漆返喷路线

工件通过检查精修线后,部分工件进入小修区域,若小修无法满足车身质量标准,则工件需要重新喷涂面漆。大多数情况下是否需要大返修在小修区进行判定。在常规设计规划,工件进行大返修之前,需要进行大返修打磨,因此打磨室体的布置既要考虑工件路由的连通性,亦要综合考虑一楼的整体布局,考虑工作区的相关设备布置,实现合理、可行的布局。本项目中,工件在完成大返修打磨后,通过升降机进入二楼中涂烘干后区域,进而通过中涂烘干后升降机进入三楼中涂存储区;通过中涂存储区下到一楼进入中涂打磨区域,通过短接路线、升降机,进入二楼颜色编组区,进而实现面漆返喷路由的连通。面漆返喷路线与面漆炉温车路线基本一致。

3.6 套色车路线

随着中国汽车产业的快速发展,人们对汽车的个性化需求越来越高,套色车的产量不断提高,设置专门的路线生产套色车也是诸多主机厂在新规划和老厂改造的主要方向之一。套色路线上主要完成三项工作,即套色遮蔽、套色喷涂、去遮蔽,整体布局需要合理地将三个功能区进行串联,实现套色生产功能。本项目中,套色遮蔽设置在车间一楼,与小修区并行。工件可通过检查精修线后进入套色遮蔽工位,在完成套色遮蔽后,可以沿面漆返喷路线,经过中涂存储、中涂打磨后短接路线后,进入颜色编组区,进而完成套色的喷涂与烘干工艺。在面漆烘干,也就是套色烘干后设置检查、套色去遮蔽工位,完成套色喷涂工作。

3.7 备件生产路线

随着新能源汽车销量的日益增加,原厂备件的需求也在不断提高。本项目需要对备件生产路线进行设计规划。主要备件需求有两种,一种是只完成电泳烘干后即可下线的备件,另一种是电泳烘干后还要进行焊缝密封、密封胶烘干后的备件。两种备件均在车间一处下线,并且该下线位置要靠近车间物流通道,满足下线后的备件转运的便捷性要求。本项目备件下线位置设置在一楼群边胶完成后的位置,该位置设有两台升降机,与三楼电泳存储区、中涂存储区均连通。不需要焊缝密封的备件,在完成电泳烘干后,进入三楼电泳存储区,通过中涂存储区,利用升降机将备件降至一楼后离线。需要焊缝密封的备件需要通过中涂烘房进行密封胶烘干,后进入中涂存储区,利用升降机将备件降至一楼后离线,如图1所示,其中红色路线为不涂胶备件路线,蓝色为涂密封胶备件路线。设计时需要注意离线备件的橇体是电泳橇体还是面漆橇体,相应设置转接设备,此外还应注意工件运行方向,确保工件下线和空橇

上线后方向的正确性。

3.8 橇体打磨路线

常规项目只有电泳橇体设置打磨装置。电泳橇体锁紧销和支撑部件与工件直接接触,支撑点的清洁度对于橇体导电性有直接影响,为确保橇体与工件导电良好,避免电泳生产过程中的打火问题发生,各主机厂在电泳橇体的生产路线上设置了橇体打磨装置。打磨装置设置在空橇返回且橇体处于未堆垛或者已拆垛状态下的路线上。根据产能与实际生产情况,可以设置为在线打磨或者离线打磨。打磨完成后,橇体返回主线继续生产。

3.9 橇体清洗与离线检查路线

电泳橇体和喷漆橇体在进行一定产量的生产后,需要进行整体清洗。常规项目的滑橇清洗间一般设置在车间一楼的辅房内,配有高压水枪、溶剂清洗槽与吊装装置,一些高端项目配有自动清洗机器人和相应的输送设备,满足全自动清洗需求。橇体的堆垛存放一般设置在车间二楼,在整体布局时,可尽量将电泳橇体与面漆橇体存储区域整体规划,设置一条共用的橇体清洗路线,通向一楼的升降机。降至一楼后可将橇体分配至滑橇清洗间或者橇体离线检查、维修工位,同时也可作为空橇上下线路线,实现一条路由多种功能。

3.10 电泳橇体大排空路线

如果车间长时间停产,例如一些长时间假期以及车间改造项目的实施,车间的工件需要完全排空,即所谓的大排空状态。此时,车间内大部分橇体为空橇状态,在堆垛后需要进行存储。而目前各个主机厂的橇体存储区不可能完全将空橇堆垛后存放,这样做浪费空间,降低有效生产面积。因此,通过设计车间大排空橇体存储路线,将橇体运行路线和车间其他存储区连通,在大排空状态下,实现橇体的存储,同时尽量将橇体的运行路线和橇体的运行方向与主生产方向保持一致,这样无需额外增加电控设备或少量增加电控设备即可满足运行要求,降低车间投资。在本项目中,电泳橇堆垛位置与电泳烘干后存储位置较近。通过滚床和移行机将堆垛后的橇体与电泳存储连接,利用电泳存储区存放空橇。经过橇体数量计算和存储区数量核算,增加电泳存储区后满足空橇存储需求。在前期规划中,要考虑车间的大排空需求,在橇体堆垛后至焊涂交接的线路上,考虑与附近存储区连接,实现此功能。要注意进存储区和出存储区的位置,一旦开线生产,不能和主线路方向发生冲突,否则会增加车间运行调度风险。关键是空橇体的运行方向要尽量和正常生产的橇体方向保持一致,否则会大量增加读写站,增加控制成本和运行风险。

3.11 面漆橇体大排空路线

目前国内主机厂主要工艺为 3C2B 或者 B1B2, 两种车间布局对应的面漆橇体数量差距也比较大。首先, 考虑到橇体的上线、离线、清洗等功能的实现, 电泳橇体存储区和面漆橇体存储区布置比较近, 便于实现橇体的一些功能需求和车间的辅房布置。所以, 这就意味着面漆橇体和电泳存储区相对位置也比较近。例如, A 项目布局中, 面漆橇体和电泳存储区位置较近, 可以将两个存储区连通, 实现大排空功能。该项目采用 3C2B 工艺, 面漆橇体数量较多, 通过核算橇体和存储区数量后, 单利用电泳存储区无法完全存放面漆橇体。通过备件路线的设计, 我们已将电泳存储区和中涂存储区连通使用, 因此利用电泳存储区和中涂存储区实现对大排空状态面漆橇体的存储要求。但是要注意, 面漆橇体

在电泳存储区运行, 橇体信息的读写是否能顺利完成, 目前各主机厂工件在不同橇体上的定位高度是不一样的, 工件在电泳橇体的定位高度低于面漆橇体。橇体设计时, 对应的横梁高度也是不一致的, 载码体的安装高度也存在差异, 是否能够满足读写要求, 在前期规划设计要充分考虑到。空橇在钢平台上运行, 若距离平台边缘较近, 则需要对安全进行评估。考虑堆垛橇体存在倾覆风险, 需要设置高护网, 避免橇体掉落造成伤害事故。B1B2 工艺, 前期规划可将面漆橇体存储区与面漆存储区布置在相近区域, 或者通过滚床、移行机、升降机将存储区连通, 一般可实现大排空橇体存储。

4 小结

涂装车间主要路由的设计难度、必要性以及设计要点总结如表 1 所列。

表 1 涂装车间主要路由的设计难度、必要性以及设计要点

路由名称	设计难度	必要性	设计要点
电泳炉温车路线	容易	必要	注意工件方向、不同输送形式高度是否一致
中涂炉温车路线	一般	必要	将中涂打磨、中涂存储、中涂入口路由连通
面漆炉温车路线	一般	必要	面漆存储与中涂存储连通, 综合考虑存储区布置, 实现面漆存储与中涂打磨连通
中涂返喷路线	一般	视技术要求而定	与中涂炉温车类似, 或者单独设置路线
面漆返喷路线	一般	必要	与面漆炉温车类似, 或者单独设置路线
套色车路线	一般	视技术要求而定	参考面漆返喷路线, 并根据套色节拍设置在线或离线上下遮蔽工位
备件生产路线	困难	视技术要求而定	注意工件、空橇方向, 橇体类型与返回的存储区, 尽量设置单独路由, 避免影响主线节拍
橇体打磨路线	一般	必要	根据产能与工艺布局确定在线或离线打磨
橇体清洗与离线检查路线	一般	必要	滑橇清洗间布置尽量靠近橇体存储区, 便于橇体清洗与上下线
电泳、面漆橇体大排空路线	一般	必要	橇体运行方向与生产放线尽量一致, 提前判断是空橇堆垛或工件生产

5 结语

汽车涂装车间工件路由是汽车制造过程中的重要环节之一。本文对汽车涂装车间工件路由设计进行了详细分析, 包括涂装车间的基本布局、工件路由的必要性以及各路由的设计要点, 并以 A 厂涂装车间为例详细介绍了涂装车间几种重要路由的设计方法、原则与注意事项。希望通过本文, 可以为相关从业人员提供参考和借鉴, 促进汽车涂装技术的不断发展和进步。

参考文献:

- [1] 王哲. 浅谈涂装车间的规划与设计[J]. 表面工程与再制造, 2022(6): 41-43.
- [2] 孟祥智, 许健, 张树璇. 摆杆链输送系统预警维护研究[J]. 中国机械, 2022(9): 104-106.
- [3] 韩岭岭, 宋景新, 张涛, 等. 浅谈乘用车涂装车间前处理电泳设备技术选型[J]. 现代涂料与涂装, 2023(1): 48-52. ◆

(上接第 47 页)

- [6] 张东阳. 磷酸酯改性丙烯酸乳液的合成与性能研究[J]. 中国涂料, 2014, 29(10): 38-43.
- [7] 吕红. 磷酸酯单体作为乳化剂制备丙烯酸乳液的实验与应用研究[J]. 上海涂料, 2022, 60(4): 5-9.
- [8] 刘芳, 黄伟. 有机无机杂化丙烯酸乳液的制备及涂膜性能研究[J]. 涂料工业, 2011, 41(8): 12-16.
- [9] 马冠豪, 郑杭冰, 胡光杰, 等. 二氧化硅改性含氟硅苯丙复

合乳液的制备及其疏水性研究[J]. 电镀与涂饰, 2019, 38(6): 246-251.

- [10] 顾靖, 谢洪德. 纳米 TiO₂ 改性丙烯酸乳液制备防滑膜的研究[J]. 能源化工, 2018, 39(1): 12-19.
- [11] 李玉, 袁东明, 吴琼, 等. 多重自交联水性丙烯酸树脂分散体的制备及性能研究[J]. 涂料工业, 2023, 53(7): 52-60.
- [12] 沈文军, 王绍明, 徐杰, 等. 环氧改性丙烯酸树脂复合乳液的合成及其性能研究[J]. 涂料工业, 2017, 47(2): 33-39. ◆