

某车型行李舱盖区域 工艺方案分析及优化

张玮, 王人和, 蔡晓辉, 辛星

北京奔驰汽车有限公司 北京 100176

摘要: 梳理了北京奔驰某车型白车身焊装生产线行李舱盖区域, 近年来所采用的单一车型工艺方案, 总结归纳行李舱盖总成生产线的规划内容、相关工艺连接技术及质量控制要点。探索通过优化工艺布局, 实现多车型的布局优化方案, 可以为后续车型的行李舱盖生产线规划提供新的思路。

关键词: 行李舱盖生产线; 平面布局; 连接技术; 柔性化

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.07.012

随着汽车行业的不断发展, 传统的白车身焊装生产线的工艺方案可能已经逐渐显露出一些局限性, 难以满足日益增长的订单需求, 并且在质量控制方面也存在挑战。

因此, 工艺方案的平面布局如何优化工艺方案和生产线节拍, 合理规划焊接顺序, 配置夹具设备, 提高生产效率, 同时保证焊接质量等, 一直都是汽车制造工厂不断探索突破的重要课题, 需要不断地改进和优化。

行李舱盖区域工艺方案概览

焊装车间的行李舱盖总成通常由内板总成和外板总成通过折边工艺拼合而成。而内板总成涉及到多个零件的组合焊接, 焊接方式通常为点焊或者激光飞行焊。外板总成分为三个外板零件, 即由上板、中板及下板拼合而成, 连接技术通常使用激光钎焊, 既可以

保证强度, 又可以确保零件外观面的美观及较好的密封性。

按照工位的顺序来看, 行李舱盖区域可以分为外板人工上件工位、外板激光焊接工位、内板自动上件工位、内板组焊工位、涂胶工位、折边工位、加热固化工位、质量检查导出工位、在线测量工位、打磨返修工位及自动下件工位等。

(1) 外板人工上件工位 工人将行李舱盖外板的上板、中板、下板置于上件台上, 人工上件口设有光栅或卷帘门以确保安全。工人上件后由机器人抓手抓件转运至激光房进行焊接。工人在上件前需要对零件外观进行检查, 是否有脏污、变形、磕碰伤及划痕等。

(2) 外板激光焊工位 通常使用激光钎焊焊接。激光钎焊是利用高能激光束加热并熔化钎料填充焊缝, 并通过熔融钎料的润湿作用连接母材形成永久连接效果的激光焊接技术。由于该技术焊缝组织细小,

接头性能良好，焊接成形好，外观美观漂亮，焊接一致性好等优点，通常被应用于白车身上对于焊接变形要求高的工件或对焊缝表面质量要求高的工件，例如行李舱盖外板和顶盖等。图1所示为激光钎焊工位样例。



图1 激光钎焊工位

(3) 内板的自动上件工位 采用精度料框，由物流叉车负责上件，上件工位摆放双并料框，抓件时依靠抓手上的视觉引导相机及距离传感器实现自动抓件。这里对精度料框的加工制造质量有一定的要求，需要在一定范围内保证料框的关键尺寸一致性。在生产前期试装期间，需要焊装规划部门与物流、维修、线体商及料框厂家联合推动，通过不断提升料框质量及机器人调试，实现较低的抓件报错率。

(4) 内板组焊工位 目前主要有两种焊接方式，一种为传统的电阻点焊，另一种为激光扫描焊，也叫激光飞行焊。传统点焊成本较低，点焊系统通常由焊接控制柜、焊接变压器和焊钳组成。激光扫描焊通常应用于车门窗框、行李舱盖内板、侧围等零件位置，如果零件结构允许，也可以采用传统电阻点焊或者阿普拉斯焊代替。

(5) 涂胶工位 目前焊装车间白车身主要使用的胶水有结构胶、减振膨胀胶及以折边胶三种。结构胶主要使用在内板点焊合并零件之间，配合焊点起到粘结作用，受热固化后强度非常高；减振膨胀胶主要填充在内外板之间，起到减弱外板振动产生噪声的作用；折边胶则是内外板合并折边处使用，固化后起到粘结作用。涂胶系统通常集成了涂胶检测功能，可以在胶枪工作的同时检测涂胶状态，当发生位置偏移、断胶等质量问题时可以及时发现并修正。

(6) 折边工位 目前汽车厂常见的折边方式主要

有手工折边、模具折边、机器人折边和专机折边。本文中行李舱盖区域使用的是机器人折边工艺。折边工艺是白车身外覆盖件的重要工艺，可以形成光滑边缘替代板材毛边，提升美观并且提高外覆盖件的密封性能及尺寸匹配质量。折边工艺通过外板的边缘翻边弯曲变形将内板包压，常见形式有水平折边、垂直折边和水滴折边等，图2所示为折边区域截面示意图。

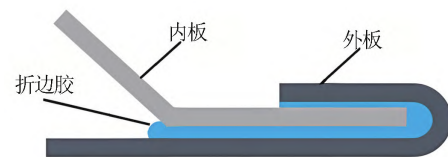


图2 折边区域截面示意

(7) 加热固化工位 通过电磁感应加热，对折边胶进行预固化，起到固定内外板防止窜动的作用以保证零件尺寸。这是由于未彻底固化的折边胶无法有效连接内外板，在后续的零件转运、车身装配等工序受到外力作用，并且还会有零件本身的应力释放，使内外板发生一定程度的变形和位移，导致整车装配间隙平顺度出现超差问题。通常双组份胶配合加热固化工艺，也可以使用单边焊工艺通过10个左右的焊点来固定内外板相对位置。

(8) 质量检查导出工位 当机器人焊接或涂胶发生质量报警，零件会被机器人抓放到导出转台，由人工进行二次确认。如确定有质量问题则进行返修处理，如果零件质量没有问题则可以通过程序控制返回生产线。

(9) 在线测量工位 机器人携带检测头对放置在检测工装上的总成零件进行尺寸检测，以确保零件尺寸实时监控，及时调整。

(10) 打磨返修工位 处理零件表面划伤等问题，一般是自动转台将零件从线体内转出。由于本车型行李舱盖零件为铝件，需要规划单独的打磨房，以避免铝粉尘的爆炸风险。需要注意的是，铝打磨工位使用的打磨工具不能与钢打磨工具混用，并且打磨区域内照明需使用防爆灯。

(11) 自动下件工位 与内板自动上件工位相似，通过使用精度料框，机器人将总成零件放入满框后由人工叉车或自动叉车转运，自动上下件工位样例如图3所示。



图3 自动下件工位

行李舱盖区域工艺布局方案分析优化

制定行李舱盖区域的工艺规划布局方案，主要需考虑车型种类数量、设计产能节拍及后期换代改款等因素。本文中所讨论的某车型行李舱盖区域为单一车型生产线，产能规划36件/h，即每小时可生产36套总成零件下线。

总体上可以分为3个PLC区域，即一区内板分总成区域、二区外板分总成区域和三区总成合并区域。

在一区内板分总成区域，先由机器人从内板大件

的精度料框中取件，同时另一台机器人从小件抽屉中取件。分别转运到内板组焊工位进行合并，形成内板分总成后转运至一区与三区之间的缓存区域。

二区的外板分总成区域，则是由人工上件三个外板零件到手动上件台，之后由机器人抓件送到外板激光房进行激光钎焊工艺。完成后再组焊一个小件，之后由转运机器人将外板分总成转运至二区和三区之间的缓存区域。

三区为总成件合并区域，内板由机器人从缓存台上抓取进行涂胶，即减振膨胀胶。另一台机器人从缓存台上抓取外板分总成，放置在折边工装上，然后由涂胶机器人涂双组份折边胶，完成后由转运机器人将内板分总成放置到外板上，然后进行折边工艺。多台折边机器人合作完成折边工艺后，由七轴转运机器人从折边工装上抓件放置到加热固化工装上，进行加热固化工艺，下一步则是由机器人转运到在线测量和总成下件工位。图4为单一车型行李舱盖区域工艺布局示例。

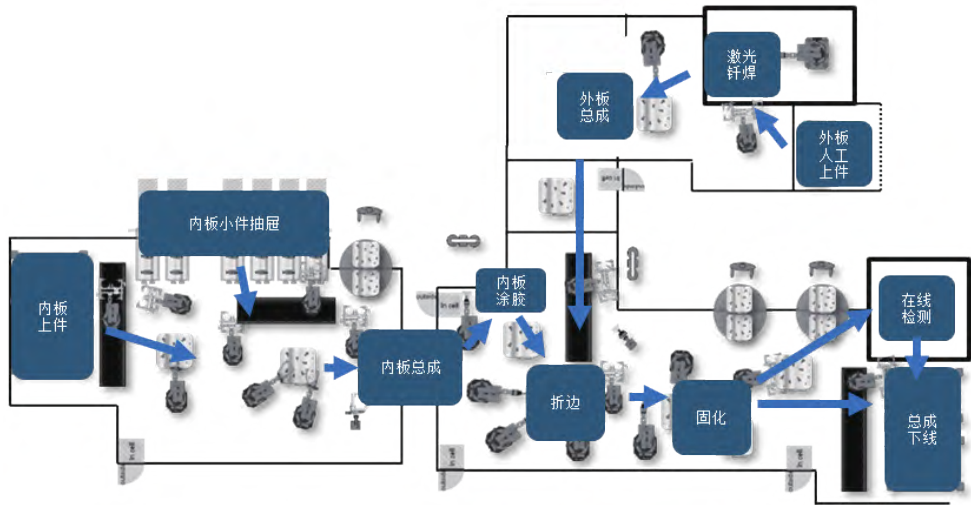


图4 单一车型行李舱盖工艺布局

可以看出，该行李舱盖区域的工艺方案简单清晰，布局合理，预留了充分的线边物流区域。同时该方案的局限性也比较明显，主要为以下几个方面：

(1) 生产灵活性差 单一车型焊装生产线通常为专业化设计，仅适用于一种车型的生产。当需要生产其他车型时，必须重新规划和调整生产线，包括重新设计夹具、调整设备布局以及重新调试工艺参数等，增加了项目成本，还延长了生产准备时间，降低了生产效率。

(2) 技术要求高 单一车型焊装生产线对工艺和设备精度要求较高，需要高度定制化夹具。这种设计思路限制了生产线的通用性和适应性。

(3) 重复投资成本高 当需要新车型时，原有的焊装车间生产线无法直接利用，除了工艺线体本身，还涉及厂房公用动力设施的重复投资，增加了投资压力。

(4) 占地面积与资源浪费 单一车型生产线每个车型都需要有独立的工艺岛和相应的物流区，这对厂房

占地面积的需求也更高。

在考虑后续车型项目的规划投资效益时，可以将该工艺区设计成多车型柔性化生产线。由于不同车型的行李舱盖结构基本一致，主要工艺流程不需要做出改动即可实现。

线体内的机器人可以实现共享，不同车型切换不

同程序即可，工装考虑设计为转台自动切换模式，抓手则考虑使用停放站进行多车型切换，自动上件的内外板精度料框可以共用料库。同时在工装夹具和抓手上都会安装有车型识别传感器，作为防错系统以防不同车型零件混用。优化后的多车型柔性化行李舱盖生产线示意如图5所示。

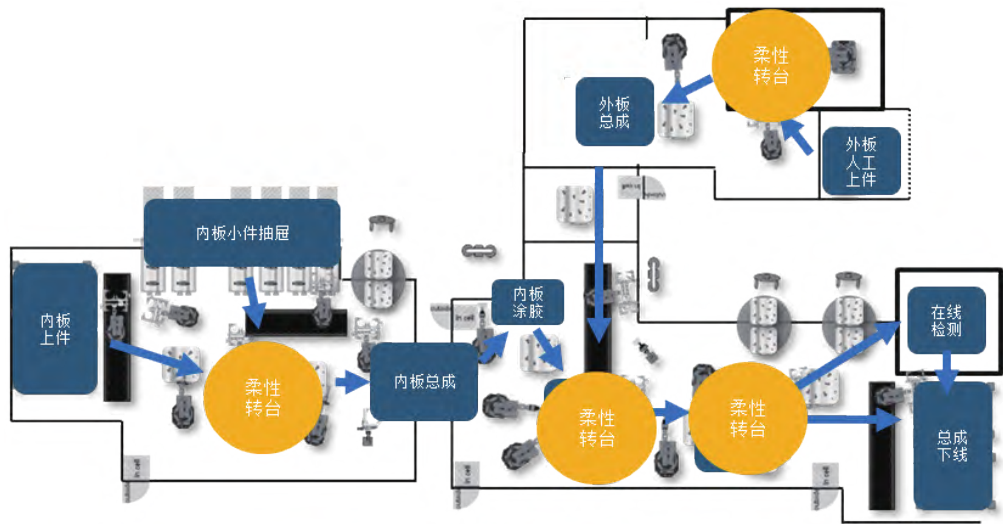


图5 多车型柔性行李舱盖生产线示意

该方案的优点是可以在一条生产线上生产三车型甚至四车型的行李舱盖总成零件，极大节约了新车型生产线的硬件投资成本。但是需要注意车型切换对产能损失的影响、物流区域的占用，以及不同车型混线带来的项目爬坡瓶颈。当新投产车型进行调试时，将会占用一定的在产车型生产时间，同时质量优化也将是重点需要关注的问题。

相比于单一车型的生产线，多车型柔性化生产线具有以下优势：

- 1) 降低投资成本。柔性化生产线通过多车型共线生产，减少了重复投资和设备投入。具体包括厂房用地、厂房能源、线体内可以通用的机器人及焊枪设备等。在导入新车型时只需要依靠预留的空间进行部分改造即可，从而大大降低了设备及人力成本。
- 2) 缩短产品开发周期。柔性化的生产线省掉了项目前期建线的时间，能快速导入新车型，改造小、周期短，提高了产品开发效率和市场响应速度。
- 3) 提高生产效率和灵活性。通过快速切换工装和程序的模块化设计，柔性化焊装生产线极大地提高了生产效率，高自动化率也节约了人力成本。

- 4) 降低运营成本。柔性化生产线通过减少重复投资，节省了厂房和能源需求，除了项目初期的投资节省外，在序列化生产阶段也极大地降低了公司的运营成本。

结语

本文深入讨论了白车身行李舱盖区域工艺方案的内容，对比了单车型和多车型的生产线设计思路，也对各自的优缺点做了一定的总结。未来会继续探索高效率、低成本的工艺技术方案与思路，进一步做出优化改进，推动汽车白车身焊装专业的发展。

参考文献：

[1] 肖腾，胡江.某款新型白车身开发过程中工艺方案柔性化开发研究[J].汽车实用技术，2020，45（18）：170-172.DOI:10.16638/j.cnki.1671-7988.2020.18.057.

[2] 周江奇，覃鑫，郑宏良.基于柔性制造的白车身工艺性分析[J].汽车工艺与材料，2015（11）：17-20.

[3] 陈瑜.白车身共线制造的应用研究[D].上海：上海交通大学，2007. **AUTO1950**