本文主要研究车门生产线规划过程中的重点关注问题，包括上件顺序、单元间输送方式、涂胶方案及进出压机方式等。从工装设计、抓手设计、调试、生产柔性和工时等角度分析各种方案的优势和劣势，为车门生产线的规划与改造等提供依据。

上汽通用汽车有限公司 许亚杰

车门生产线规划中的要点问题探讨

车门生产线主要包括焊接单元和包边单元。焊接单元以进行车门内板的焊接为主，包边单元则重点进行车门内外板的涂胶、合拼和包边等。包边系统分为压机包边、机器人滚边及专机包边，本文主要讨论压机包边。

针对车门生产线、零部件的上件顺序、单元间输送方式、涂胶方案及进出压机方式等要点，本文均有各种规划方案。研究和对比各种方案的优势和劣势，对于提高工装和抓手多车型共用可行性、降低设计和调试难度、提高生产柔性及缩短工时具有重要意义。

上件顺序

车门内板总成有许多零部件，它们的上件顺序主要是由产品结构决定的。这里重点讨论车门内板的上件顺序，它决定了车门在工装上的朝向，进而还会影响工装和抓手的设计。

1. 先装车门内板

在定位工装上，先装车门内板（图 1），后装其他零部件，即车门内板在下，其他零部件在上。在调试阶段，容易观察零部件之间的匹配状态；在进行轨迹示教时，便于观察和调整焊点位置。为了保证零部件安装到位，压臂往往需要设计成手动压紧，对于典型的车门结构，仅手动压紧的时间就需要大约 20 s。对于高速生产线来说，这部分工时影响重大，为满足节拍，有可能需要增加操作人员或者增加机器人上料。由于车门内板的遮挡，对于部分零部件，没有空间设计固定销，需要采用摆臂销，不仅定位精度略低，而且卡销导致停线的风险也较高。在合拼工位前，车门内板需要翻转方向，这无疑会增加工装的设计难度。

2. 后装车门内板

在定位工装上，先装其他零部件，后装车门内板（图 2），即车门内板在上，其他零部件在下。

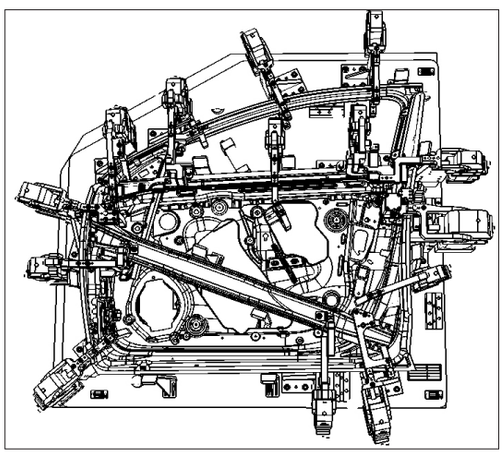

图 1 车门内板工装（先装车门内板）

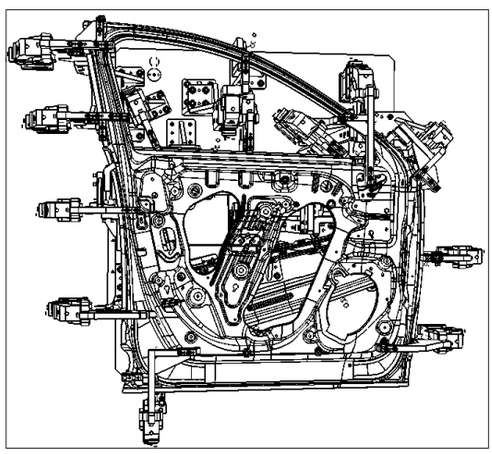

图 2 车门内板工装（后装车门内板）

37-48 车身制造工程.indd 40 2021/4/8 16:18:22

工装上可以设计磁铁来固定小的零部件，省去了手动夹紧压臂，节约上件工时；可以避免使用摆臂销，既保证了定位精度，又降低了因卡销导致的停线风险。在合拼工位之前，车门内板不需要翻转方向，降低了工装的设计难度。在调试阶段，受到车门内板遮挡，不容易观察零部件之间以及零部件与工装之间的匹配状态，需要借助红丹粉或蓝油来辅助判断，增大了工作量。在进行轨迹示教时，不便于观察和调整焊点位置。

单元之间输送方式

1. 人工驳运

焊接单元与压机包边单元不连通。车门内板焊接完成后，下线并放入料架，人工驳运到压机包边单元并上件。

常见有两种下线方式：一种是机器人抓件放在下件台上，人工将车门内板放在料架上；另一种是机器人抓件直接放在料架上。前一种下线方式需要增加人工下件的工时，但调试工作量小；后一种下线方式，虽然可以节省人工工时，但库位需要设置料架定位机构和用于检测零部件的光电传感器，而且调试工作量也比较大。具体采用哪种方式下线，主要取决于整条线的工艺和人员配置。

如果其他工位操作工，可以兼顾下线工位，优先采用第一种下线方式。如果需要额外增加人员进行车门内板下线，优先采用第二种下线方式。

车门内板下线后，通过料架进行缓存，可以适配不同的排产比例，减少模具切换频次，降低因车型切换导致的产能损失；当生产计划临时调整时，可以快速实现车型切换。但是缓存料架不仅增加投资，而且会占用较大的工艺面积。在规划时需要在车型切换频次和料架数量之间进行平衡。

2.APC 连通

焊接单元和压机包边单元采用 APC 连通。APC 安装方式有两种（图 3），一种是安装在地面，车门内板在 APC 托盘上平放；另一种是安装在空中，车门窗框悬挂在 APC 托盘上。前一种安装方式放置的零部件数量少，但不需要设计钢结构和维修平台；后一种安装方式放置的零部件数量多，但需要设计钢结构来安装 APC，在上件位和下件位需要设计工装夹紧零部件来降低机器人取放件报错风险，还需要修建维修平台。

通过 APC 来进行零部件缓存，可以节省料架和工艺面积。APC 的托盘数量会限制单车型最大连续生产数量，对排产有一定的限制。当生产计划临时调整时，需要排空 APC 中缓存的零部件，车型切换响应速度较慢。

单车型最大连续生产数量和 APC 托盘数量之间的关系如下：

$$N=\frac{N_0\times T_1}{T_0-T_2}\quad(T_0>N_0\times T_1)\quad(1)$$

式中，N 为单车型最大连续生产数量，N_O 为 APC 托盘数量，T_1 为焊接单元的工时，T_2 为压机单元工时，T_O 为换模时间（一般情况下，$T_1 > T_2$）。从以上公式可以看出，若要增大单车型最大连续生产数量，需要增加 APC 托盘数量 N_O 或降低焊接单元工时 T_1。

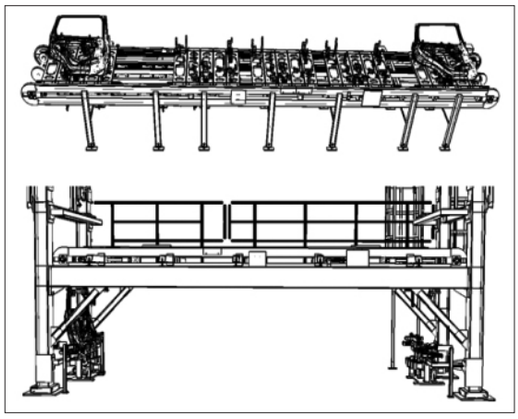

图 3 APC 示意图（两种安装方式）

涂胶方案

车门一般需要涂折边胶和膨胀胶，为了监控涂胶质量，在涂胶工位需要配备涂胶视觉系统。涂胶方式可以分为机器人抓件涂胶和机器人抓涂胶设备涂胶，这里重点讨论机器人抓件涂胶的方案。

1. 外板涂膨胀胶

外板涂膨胀胶，内板涂折边胶，外板上没有明显的特征进行参考，涂胶轨迹调试工作量比较大。膨胀胶的位置决定了，外板抓手只能抓外板外表面，为了留出抓手进出空间，外板上件台和内外板合拼台的支撑只能布置在边缘位置。部分车门比较大，可能会出现外板在自身重力作用下凹陷，支撑需要靠近零部件中部。在设计抓手和上件台 / 合拼台时，需要平衡这个矛盾点。这种涂胶方案，抓手与涂胶设备没有交集，抓手的设计不受涂胶设备限制，抓手不影响固定式或随行式涂胶视觉系统进行拍照。

2. 外板涂折边胶

外板涂折边胶，内板涂膨胀胶，零部件上有明显的特征进行参考，涂胶轨迹调试比较简单。外板抓手可以抓取外板外表面，

37-48 车身制造工程.indd 41 2021/4/8 16:18:22

也可以抓取外板内表面。抓手抓取外板外表面涂胶时，同外板涂膨胀胶所述（图 4）。抓手抓取外板内表面涂胶时（图 5），上件台和内外板合拼台的设计不受抓手限制；但抓手需要避让涂胶设备，如图 6 和图 7 所示，分体式涂胶设备（即定量机和涂胶枪是分开的，通过一段胶管连接）比整体式涂胶设备（定量机和涂胶枪直接连接）可达性更好。此外，抓手的设计还需要避让涂胶监控系统视野。

无论哪种涂胶方案，受到车门内板结构限制，抓取车门内板外侧（在车门总成可视侧）更便于夹紧点选取和结构设计。

进出压机方式

1. 传送带输送

当采用传送带输送零部件进出压机时（图 8），压机只需要具备较小的行程即可。例如，某型号压机行程为 600 mm。机器人取放件在压机外部进行，在高度方向不受模具限制，可以做成多车型共用抓手，节省抓手数量并且车型切换时不影响产能。当不同车型的车门型面差异较大时，传送带的共用难度较大；对于不同的包边模，模具内的输送带的位置和高度也有差异，这对传送带的设计也提出了较高的要求。在上件位和下件位，为降低机器人抓放件的报错风险，需要设计定位工装，这两个工装不仅有皮带，还有定位基准，多车型共用难度也较大。此外，皮带的传输速度较慢，不适合高速生产线。

2. 机器人抓件

当采用机器人抓件进出压机时（图 9），压机需要具备较大的行程。例如，某型号压机行程为 900 mm。这种型号压机，通常情况下只能支持单一车型抓手，如果多车型共用抓手，往往通过摆臂夹紧 / 打开切换车型，抓手在高度方向尺寸增大，会与包边模干涉。车型切换时需要切换抓手和模具，这部分产能损失不可避免。但是压机包边单元的设计节拍往往略快于焊接单元，可以弥补因模具切换和抓手切换导致的产能损失。

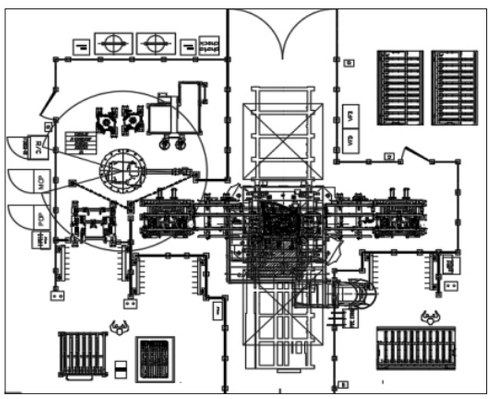

图 8 传送带输送

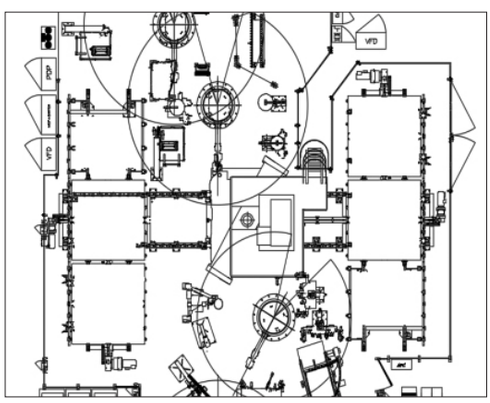

图 9 机器人抓件

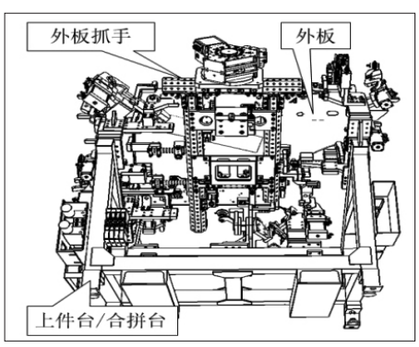

图 4 抓外板外侧工装示意图

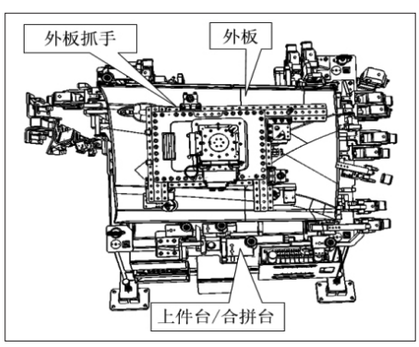

图 5 抓外板内侧工装示意图

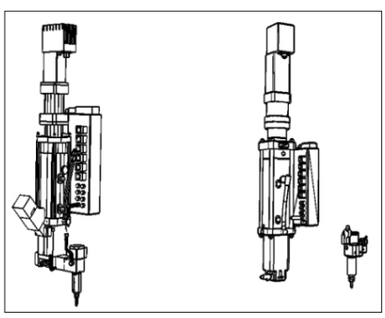

图 6 整体式和分体式涂胶设备

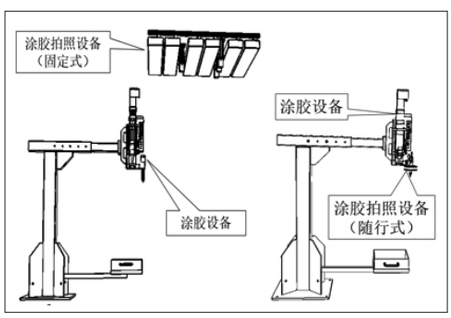

图 7 固定式 / 随行式涂胶拍照设备

总结

总体来看，先装车门内板的方案，调试时比较方便，但工装设计需要采用人工夹紧压臂和摆臂销，上件工时增加，定位精度受到一定影响。后装车门内板的方案则正好相反。焊接单元和压机包边单元之间采用人工驳运，

（下转第 45 页）

37-48 车身制造工程.indd 42 2021/4/8 16:18:22

车体基板垂直度以及左右侧围基板平行度检测，满足要求后，在对每个单元检测，保证总拼夹具合格，焊接夹具影响白车身焊接总成精度影响最小化。

将总拼工位需要的焊接分总成放在总拼夹具上，查看焊接总成定位面定位孔与总拼夹具符合情况，不符合要求的，将问题点反馈到前序整改，满足要求的焊接。

车身焊接要严格按照白车身焊接作业指导书执行，在夹具干涉或不能按照工艺卡执行时，要及时与工艺工程师沟通，确定是否移到补焊或更改顺序焊接，同时做好详细记录，反馈给工艺工程师。

焊接完成后，打开所有夹具单元夹紧，检查下车体定位孔和定位面是否与夹具脱离或干涉；检查白车身焊接后左右侧围是否对称，前后风窗开口尺寸（上下宽度和对角线尺寸）是否在合理范围内，前后风窗公差：±2.0 mm。记录总拼工位存在问题，反馈前序工程师整改。打开夹具，取件到补焊区补焊。

白车身焊接完成后，放到白车身检测支架检测。按照白车身合格率报告分析超差点规律性（一般检测 3 台）。召开白车身焊接过程问题点发布会，通报白车身相关问题点，确定整改措施，要求各相关工程师限期整改，消除影响精度有关零部件和总成缺陷，逐步达到车身精度要求。

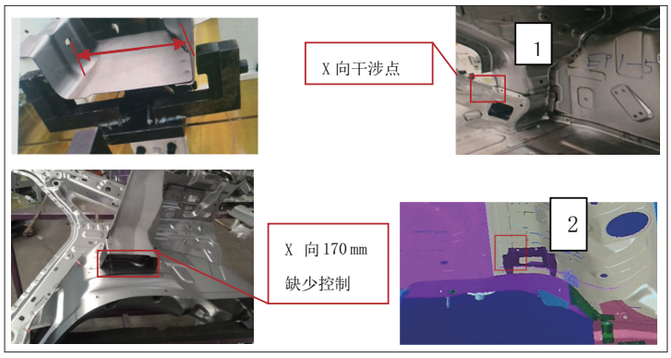

图 5 后轮罩和后地板连接板匹配

如图 5 所示，侧围在总拼上件时后隔板（1）与后地板连接板（2）*X* 向干涉，经过调研分析，发现下左图后隔板 170 mm 尺寸缺少控制。采取措施，在后隔板分装夹具上，增加 *X* 向定位夹紧面对 170 mm 尺寸进行控制，装车匹配后，*X* 向干涉消除，侧围 *X* 向偏差不稳定现象消除。

总结

样车试制阶段白车身精度提升从以下四个方面考虑：

1）软模件质量控制；

2）白车身试制夹具精度保证；

3）白车身总成匹配过程中问题解析和消除；

4）白车身反复匹配，随时总结，不断地提升白车身精度。

通过试制样车白车身精度提升方法的论述，能够为广大汽车研发工程师提供解决白车身样车精度提升的一种方法，随着样车白车身精度提升工作的进一步开展，一定会有更多、更高效的方法出现在人们的视野。 AI

（上接第 42 页）

需要大量缓存料架、工艺面积及增加人工工时，但生产柔性更好，布局更加灵活。焊接单元和压机包边单元之间采用 APC 连通，布局受到一定限制，生产柔性略低，但节省缓存料架、工艺面积和人工工时。外板涂膨胀胶和内板涂折边胶的方案，上件台 / 合拼台定位基准的布置受到外板抓手的限制，外板抓手不受涂胶设备和涂胶视觉系统的限制，抓手多车型共用可行性较高。外板涂折边胶和内板涂膨胀胶的方案，上件台 / 合拼台的设计不受限制，零部件的定位基准布置更加合理，外板抓手需要避让涂胶设备和涂胶视觉系统，抓手设计难度较大，多车型共用可行性较低。传送带进出压机的方式更适合较低节拍、较少车型共线的生产线。机器人抓件进出压机的方式更适合高节拍、多车型共线的生产线。

总之，在车门生产线规划过程中，需要根据产品结构、工艺、车间布局及投资等进行综合评估，选出最优方案。 AI

37-48 车身制造工程.indd 45 2021/4/8 16:18:23