

电动汽车与燃油汽车混线生产的车身底部夹具优化

胡轶敏

上汽大众汽车有限公司 上海 201805

摘要：在燃油乘用车企业实施电动汽车战略的路径上，通常采用燃油汽车、电动汽车混线生产方式，提高资源利用效率，降低投资，缩短改造时间，降低运营成本。为了解决燃油汽车、电动汽车混线生产的最大技术难点——焊装车间主线底部夹具的集成和改造问题，分析了大众汽车集团MQB燃油汽车平台和MEB纯电动汽车平台的车身平台定位的差异性和各自特点，提出了简单可靠的车身底部夹具柔性优化方案，在焊装车间可实现燃油汽车和纯电动汽车的高效混线生产。相较于传统复杂的车身底部夹具柔性方案，提出的优化方案不仅显著降低了生产线改造投资，缩短了改造时间，而且提升了焊装主线的设备开动率，降低了运行成本；此外，这里提出的优化方案，还是一个绿色、低碳的方案。

关键词：车身平台；混线生产；底部夹具；柔性夹具；柔性风车

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2024.07.004

近年来，随着国内电动汽车市场的快速发展和电动汽车渗透率超预期的不断突破、增长，无论是造车新势力企业，还是传统汽车企业，都推出了自己的电动汽车战略，全面电动化。在实施电动汽车战略的路径上，有建设专门电动汽车生产线的，也有在燃油汽车生产线上集成电动汽车的生产、实现燃油汽车与电动汽车混线生产的。对于传统燃油汽车企业来说，采用燃油汽车、电动汽车混线生产的方式，可以充分利用现有的厂房、设备设施，大幅降低电动汽车生产线投资，同时也提高了生产运营效率、降低运营成本。

当然，在基于燃油汽车平台的生产线上，集成导入基于电动汽车平台的电动汽车进行生产，具有一定

的技术复杂度和难度。一般来说，在同一车型平台上的多款衍生车型，其轴距、长宽尺寸差异等较小，因而混线生产的技术难度相对较小^[1]；而基于不同平台的多款车型实现混线生产的技术复杂度和难度较高。不同平台的多款车型混线生产最大的技术难度在于焊装车间主线的底部夹具的集成和改造^[2]。

以上汽大众的实践为例，上汽大众的燃油汽车是基于大众汽车集团的MQB（横置发动机模块化平台）平台和MLB（纵置发动机模块化平台）平台，而电动汽车是基于大众汽车集团最新的MEB（纯电动汽车模块化平台）平台。MQB平台的前悬较长，前后轴轴距相对较短；而MEB平台的前悬较短，前后轴轴距可以

延长。焊装车间主线底部夹具的设计与车型平台的主RPS孔的坐标和孔径是直接关联的，MQB平台和MEB平台的这些特性差异导致焊装车间主线底部夹具的主、次RPS坐标位置完全不一样。为了实现把MEB平台的电动汽车集成到现有的MQB平台的燃油汽车生产线上，必须对白车身主线从下车体第一个合并的自动工位（底板定位焊工位），一直到白车身框架总成（总拼）生产线的最后一个自动工位进行改造；以60JPH的高产能、高自动化率焊装生产线为例，涉及到近90套底部夹具的集成改造。

近几年来，上汽大众在众多工厂和新车型项目中不断实践迭代，探索研究把纯电动汽车（MEB平台）集成到燃油汽车（MQB平台）生产线上进行混线生产的技术和方法，解决了一系列的技术和设备瓶颈问题。本文介绍了解决MEB平台电动汽车与MQB燃油汽车混线生产最大的技术难度点——焊装车间主线底部夹具的集成改造的方法和方案。

MQB和MEB平台底板RPS基准孔差异

在焊装车间从底板到总拼的主线区域，由于定位焊工位、自动补焊、自动涂胶、自动螺柱焊、激光焊、自动弧焊和在线测量工位等对车身尺寸定位精度要求高，需要使用自动升降滚床，将车身降落，采用底板的8个RPS基准孔进行定位夹紧后，才能进行焊接或连接工艺操作^[3]。

为了实现MQB平台的燃油汽车与MEB平台的电动汽车高效率的混线生产，所有车型必须共用同一种雪橇。为此，雪橇支撑点的相对位置要保持一致，即：要保证前后雪橇孔在X和Y方向间距是一致的，如图1所示。这是实现不同平台的车型在主线采用相同雪橇传输白车身的技术前提。然而MQB和MEB平台8个RPS基准孔位置在X、Y和Z三个方向上均存在较大差异，且勾销缸的夹紧方向也有所不同。在混线生产“共用雪橇”的前提下，将无法共用勾销夹紧气缸，如图2所示。这增大了混线生产的难度。尤其是位于前后纵梁上的主RPS基准孔坐标完全不同，如图3所示。

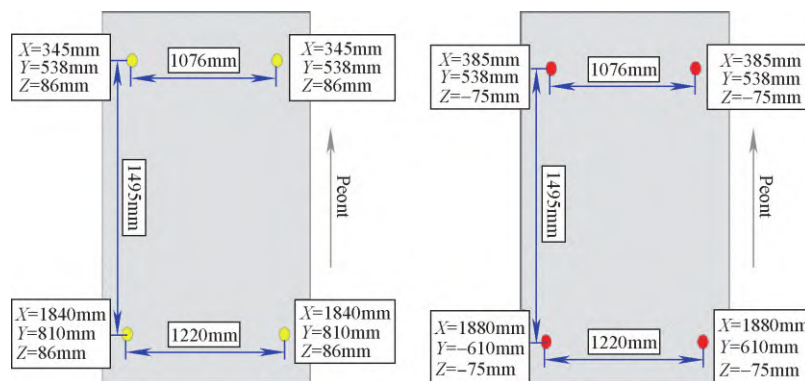


图1 MQB和MEB平台共用雪橇的雪橇孔坐标

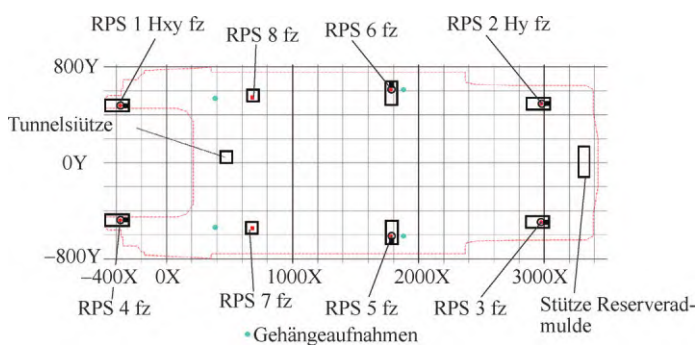


图2 MQB平台底板8个RPS基准孔

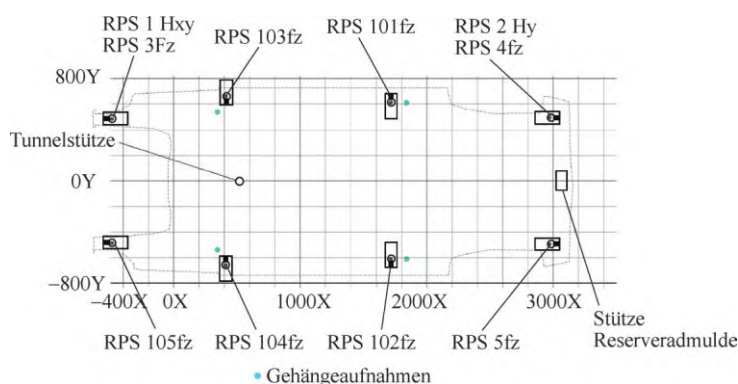


图3 MEB平台地板8个RPS基准孔

不同平台混线生产的车身底部夹具方案

目前大众汽车集团模块化平台（例如MQB或MEB平台）的产品数据开发的特点是实现跨越多级别车型和多种轴距版本的模块化，覆盖小型、中型、中大型甚至大型的轿车、SUV和MPV车型。在同一模块化平台内部，技术特点之一是保持车身底部夹具的2个基准孔RPS1Hxy/5fz和RPS4fz（分别位于左右前纵梁下部）位置的绝对一致。针对车身左右后纵梁下部的2个基准孔RPS2Hy/fz和RPS3fz的坐标值，则取决于车型的轴距尺寸。MQB燃油汽车平台与MEB电动汽车平台存在巨大的差异点，特别是聚焦于前后纵梁的主、次基准孔坐标，甚至基准孔孔径都是不同的，为了实现跨平台混线生产，需要思考和构建能够自由切换的车身底部夹具方案。

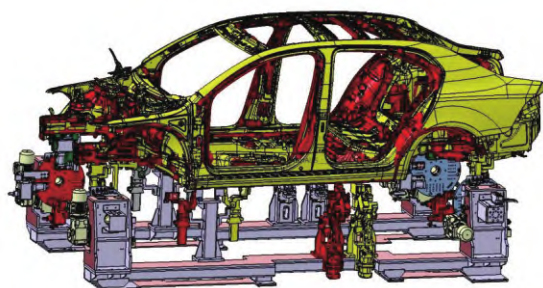
1. 传统的混线生产车身底部夹具柔性方案

不同平台车型在自动工位上柔性化混线生产的典型案例截图，如图4所示。该典型案例为某工厂焊装车间某B级电动轿车（MEB平台）和某A级燃油轿车

（MQB平台）的混线情况。

为了实现不同夹紧单元的切换，传统方案是针对前后纵梁的主、次基准孔的定位和夹紧单元，全部采用柔性风车系统。以左前纵梁RPS基准孔定位夹紧为例，如图5所示，采用传统的柔性风车夹具，通过旋转90°实现勾销夹紧气缸的柔性切换，针对不同平台车型分别进行夹紧，实现精确定位。后纵梁切换也采用了相同的柔性风车夹具。每个定位焊或者自动补焊工位配有4套柔性风车夹具和1台控制器。单工位4套柔性风车夹具的使用，虽然能够非常清晰地实现针对不同车型的柔性切换，但是设备投资较高，且占地面积较大，增加了混线生产的改造投资和生产运行成本，也影响生产线后续车型集成时的布置方案设计。

地板中部（前后地板下部）其他的4个辅助RPS基准孔，如后地板附近的基准孔，采用气动翻转系统，通过翻转切换实现勾销夹紧气缸的柔性切换，如图6所示。针对MQB和MEB平台混线生产的8个RPS基准孔，基于这一传统车身底部夹具柔性方案的勾销夹紧气缸的切换方式见表1。



■ MQB平台 ■ MEB平台

图4 传统的MQB平台和MEB平台的柔性化混线生产

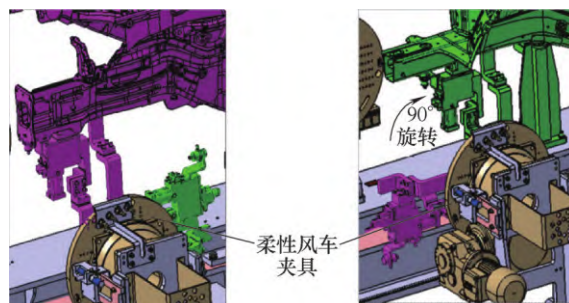


图5 左前纵梁勾销夹紧气缸的柔性切换（柔性风车系统）

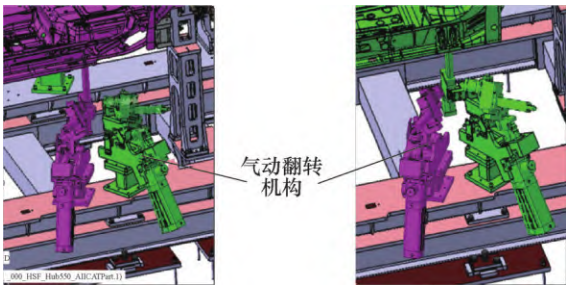


图6 后地板附近勾销夹紧气缸的柔性切换（气动翻转系统）

表1 传统的MQB和MEB平台车身底部夹紧切换方式

基准孔编号	MQB	MEB
右前纵梁RPS 1Hxy/RPS 3Fz	柔性风车	柔性风车
左前纵梁RPS 105fz	柔性风车	柔性风车
前地板右下部RPS 103fz	气动翻转	气动翻转
前地板左下部RPS 104fz	气动翻转	气动翻转
前地板左下部RPS 104fz	气动翻转	气动翻转
后地板右下部RPS 101fz	气动翻转	气动翻转
右后纵梁RPS 2Hy/RPS 4Fz	柔性风车	柔性风车
左后纵梁RPS 5Fz	柔性风车	柔性风车

2. 优化后的混线生产车身底部夹具柔性方案

随着上汽大众电动化的不断推进，基于MEB平台细分子平台PV1、PV2、……PV5对应的纯电动汽车（轿车、SUV和MPV等）被不断导入生产。所有这些MEB平台细分市场级别的车型，其前纵梁上的2个主RPS基准孔坐标均保持不变；而后纵梁上2个RPS基准孔的坐标，会由于车型级别和轴距的不同而有所不同。

因此，在传统底部夹具柔性方案基础上，本文作了优化处理，如图7所示。焊装车间主线所有定位焊、自动补焊、在线测量等自动工位的前纵梁主RPS基准孔，均采用气动翻转机构，通过翻转切换实现勾销夹紧气缸的柔性切换。由于未来导入车型的轴距数据具有不确定性，后纵梁切换仍然采用柔性风车夹具，以保留最大的柔性。底板中部其他的4个辅助RPS基准孔，仅需要根据车型的详细RPS基准孔坐标值，做出相

应微调整。针对MQB和MEB平台混线生产的8个RPS基准孔，基于这一优化的车身底部夹具方案的勾销夹紧气缸的切换方式见表2。该优化方案所体现的每个定位焊和自动补焊工位，只配有2套柔性风车夹具和1台控制器。与传统的车身底部夹具柔性方案相比，在前纵梁主RPS基准孔位置，采用2套气动翻转机构，替代了2套柔性风车夹具。

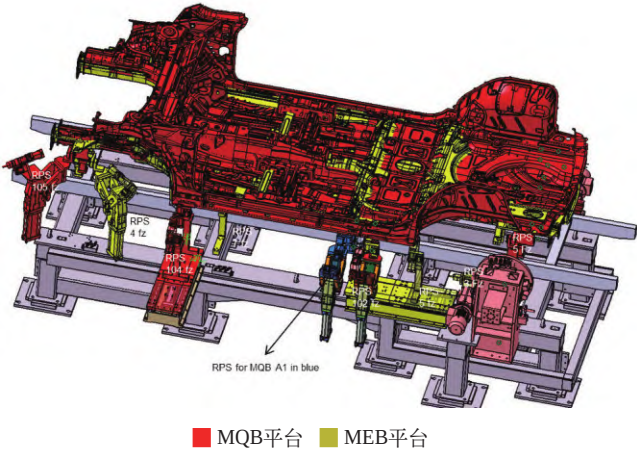


图7 优化后的MQB平台和MEB平台的柔性化混线生产

表2 优化后的MQB和MEB平台车身底部夹紧切换方式

基准孔编号	MQB	MEB
右前纵梁RPS 1Hxy/RPS 3fz	气动翻转	气动翻转
左前纵梁RPS 105fz	气动翻转	气动翻转
前地板右下部RPS 103fz	气动平移	固定
前地板左下部RPS 104fz	气动平移	固定
后地板右下部RPS 101fz	气动翻转	气动平移
后地板左下部RPS 102fz	气动翻转	气动平移
右后纵梁RPS 2Hy/RPS 4fz	柔性风车	柔性风车
左后纵梁RPS 5fz	柔性风车	柔性风车

优化结果

在上汽大众MQB和MEB平台混线的焊装车间生产线中，已经采用了优化后的车身底部夹具柔性方案。根据车型项目实施的实际投资对比计算，相较于传统的车身底部夹具柔性方案，优化后的方案使得车间主线单工位可节省约15万元人民币。以一个60JPH（下转第39页）

方案Ⅲ使用手动补偿器集成的紧固件将门把手固定，之后可使用手动工具对其公差补偿部件进行Y向调整，无需拆除零件，调整时间较短，但此类公差补偿器成本较高。

方案Ⅳ采用自适应公差补偿器集成的紧固件安装门把手。补偿器是由旋出块、衬套和静止块三部分组成，静止块固定于支架上，当螺栓攻入衬套之后，通过产生的静摩擦力矩带动旋出块转动，直至旋出块与车身钣金贴合^[3]。该方案需支架具有与门外板定位或限位的特征，保证支架在安装全过程与门外板相对静止，公差补偿器在紧固时自动补偿Y向间隙，后续不可调节。该方案实施的前提条件为：门钣金和门把手均已预留工装或夹具的操作空间，车间具备门把手位置保持工装或夹具并在安装过程中使用，以确保把手位置唯一。但以上条件在目前的车门总成设计上难以实现。

综合以上分析，当隐藏式门把手作为新技术引入汽车企业时，方案Ⅲ较优。该方案调节时间短，所需

工具简单，总体对既有生产线的影响较小。

结语

隐藏式门把手不仅在设计上满足人们对汽车的个性化需求，更是给汽车智能化带来了更多可能。随着汽车设计与生产工艺水平的不断提升，隐藏式门把手的应用将越来越具备普适性，逐渐成为外饰设计中的主流，其相关工艺未来也将向着高精度、自调节的方向发展。

参考文献：

- [1] 马建强, 陈勇刚. 车联网背景下隐藏式外把手门锁机构及其控制系统研究[J]. 时代汽车, 2020 (16): 147-148.
- [2] 沈颂阳. F型隐藏式门把手控制与潜在失效模式[J]. 内燃机与配件, 2020 (17): 60-62.
- [3] 左志华, 丁新桥, 徐胜桥, 等. 汽车仪表板与手套箱间隙过大成因分析及解决方法[J]. 汽车实用技术, 2018 (1): 141-144. **AUTO1950**

(上接第35页)

高自动化率的焊装车间为例，从底板到总拼的主线区域，涉及90个自动工位，仅此一项共节约投资约1350万元。不仅如此，采用优化后的车身底部夹具柔性方案，简化了主线工装夹具的复杂程度，缩短了改造时间，降低了设备设施的维护成本，也有利于提升主线的设备开动率，提高了生产效率。此外，优化后的车身底部夹具柔性方案，减少用钢量约8.82t，减少了CO₂排放21t；因为夹具设备的简化，每年减少能源消耗约42 225kW·h，每年可减少CO₂排放24.5t。

结语

本文所提出的优化的车身底部夹具柔性方案，在焊装车间可灵活、可靠地实现燃油汽车和纯电动汽车的混线生产。与传统的、较为复杂的车身底部夹具柔性方案相比较，本文提出的优化方案具有三个优势。

1) 可以显著降低生产线改造投资，缩短改造时间，提高生产线的设备开动率，降低运行和维护成本。

2) 减少了制造车身底部夹具所需的用钢量，也降低了生产过程中夹具设备的能源消耗，是一个绿色节能低碳的方案。

3) 该车身底部夹具柔性优化方案和思路，不仅适用于大众汽车集团的燃油汽车、纯电动汽车的混线生产，也适用于其他品牌或企业同一平台多款车型的混线生产，以及不同平台多款车型的混线生产。

参考文献

- [1] 张艳. 新能源汽车快速发展下的车身平台柔性制造规划理念[J]. 汽车实用技术, 2023, 48 (13): 150-154.
- [2] 高勇. 汽车焊装生产线改造的探索与应用[J]. 汽车实用技术, 2023, 48 (10): 181-186.
- [3] 刘江. 汽车焊装车间柔性化生产线的应用[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版) 工程技术, 2022 (8): 3. **AUTO1950**