

奔驰V213车型发动机舱盖及行李舱装配工装设计及应用

赵建哲，郭东栋，姚森

北京奔驰汽车有限公司车身二工厂 北京 100176

摘要：针对北京奔驰装配线节拍提升，设计了一套发动机舱盖及行李舱人工装配用工装，在已经停产车型的生产线使用。由于该生产线是人工装配线，该工装要求结构简单、质量轻、定位精度高。通过定位原理设计出符合要求的安装工装，经过调试后，实际装配效果验证装配尺寸符合公差要求并且过程稳定。

关键词：发动机舱盖装配工装；行李舱装配工装；工装设计；VMT在线测量系统

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.06.006

发动机舱盖及行李舱在整车装配中占有十分重要的地位，由于发动机舱盖与行李舱分别安装在车头及车尾位置，装配结果直接影响着车头及车尾的外观，甚至影响着顾客对于车辆整体美观性的判断。因此，各主机厂对这两个零件的装配十分重视。装配工装的设计好坏直接对发动机舱盖和行李舱装配结果造成影响。北京奔驰V213车型的装配线是手工线，所有的操作都是通过人工使用手动工装并对外覆盖件进行相应调整，最终装配成白车身成车。由于市场对奔驰V213车型的需求量增加，需要增加该车型的产量，但原有生产线已经达到生产节拍极限，如果提供该车型产量必须在另外一条生产线进行柔性生产。并结合之前使

用的旧工装的一些改进意见，重新设计一套装配工装以满足提产后柔性生产的需求。

由于车门的装配工装有备份工装，此次提产时为了节约设计成本，只对发动机舱盖及行李舱铰链装配工装进行了重新设计及制作。本文主要介绍了发动机舱盖及行李舱铰链装配工装的设计及使用后的验证情况。

发动机舱盖装配工装的设计

1. 尺寸基本理论

车身装配是汽车制造过程的重要环节，其精度直

接影响到白车身的外观质量、装配效率和质量，并对汽车性能有一定影响。车身尺寸精度控制是以三坐标测量数据为基础的质量控制方法，一般可以通过对车身三坐标测量数据进行分析来寻找偏差源，制定并实施纠正措施，以保证车身尺寸精度及稳定性^[1]。对于一般工件而言，其空间位置的不确定性可按一定的直角坐标系分为六个独立的自由度：沿X、Y、Z轴的平动和绕X、Y、Z轴的转动。通过不在同一直线上的定位基准Z₁、Z₂、Z₃限制工件沿三个自由度（沿Z轴的平动、绕X、Y轴的转动），通过定位基准Y₁、Y₂限制两个自由度（沿Y轴的平动、绕Z轴的转动），通过定位基准X₁限制剩下的一个自由度（沿X轴的平动）^[2]。因此工件的空间六个自由度都得到了控制，成为3-2-1定位原则，如图1所示，任意一个自由度出现问题都会影响工件空间位置，本文的工装设计将以此为理论基础。

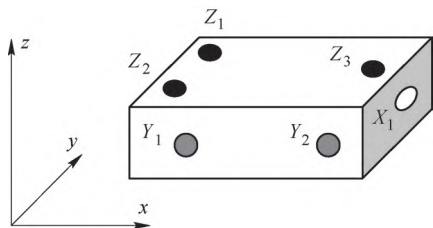


图1 零件定位原理示意

2.发动机舱盖装配工装的设计

之前使用的发动机舱盖旧工装是吊具式设计，生产过程中存在如下使用缺陷：

- 1) 操作时需要三个工人同时进行，过程复杂使用不便。
- 2) 工装的体积过于庞大，质量大。
- 3) 定位不精准。
- 4) 设计和制作成本高。

此次设计的新工装除了改进旧装配工装（吊具）的不足，同时还需要满足生产线的下列需求：

- 1) 结果简单，质量轻。
- 2) 工装体积小，便于单人操作。
- 3) 定位精准且装配过程稳定。

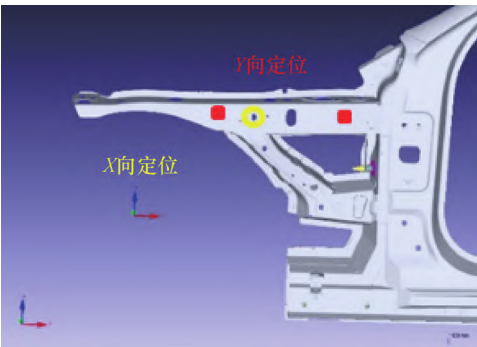
因此新的发动机舱盖装配工装设计成分体式，即左右两侧的装配工装分开对称设计。

（1）发动机舱盖装配工装在车身上的定位设计 北京奔驰生产的车型装配顺序都是发动机舱盖先装

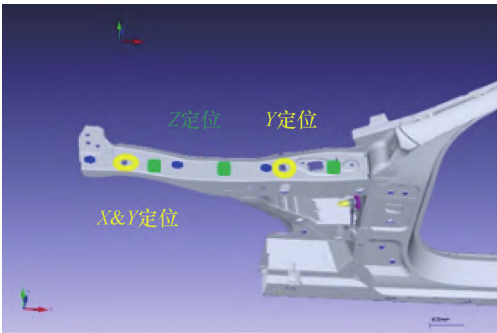
配、翼子板后装配的，因此在发动机舱盖工装设计时利用侧围的第二纵梁区域（翼子板安装区域）上的定位孔及定位面作为新工装的定位点，为了满足生产的要求，设计时减小了装配工装的体积和质量，采用了过定位的设计。

发动机舱盖装配工装在车身上的定位点设计如图2所示。在第二纵梁的侧面（Y向面）选取一个圆孔作为X向定位；在第二纵梁的上表面（Z向面）上选取了两个孔分别定位1个X向和2个Y向；同时在该平面上选取了3个点作为Z向定位点；在第二纵梁的侧面上选取了2个面作为Y向定位点。这样总共有2个X向定位，4个Y向定位，3个Z向定位。除此之外，工装上在第二纵梁的上表面（Z向面）的定位销巧妙地设计了旋钮式伸缩销，如图3所示。这样过定位才能保证工装在车身上的定位稳定，且不影响工装放置和拿取。

（2）发动机舱盖在装配工装上的定位设计 使用3-2-1定位原理分别选取发动机舱盖内板上的球头螺栓作为X向定位（球头螺栓X向尺寸稳定），在发动机舱盖的侧边选取2个Y向定位（侧边Y向尺寸稳定），最后在发动机舱盖内板上选取了3个Z向定位点。这样设计



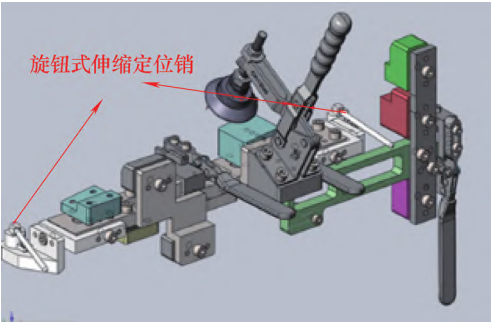
a) 工装在车身定位设计1



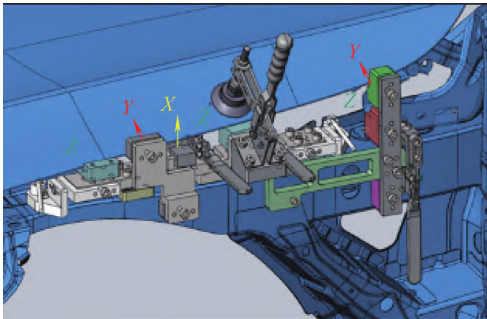
b) 工装在车身定位设计2

图2 发动机舱盖装配工装在车身上的定位点设计

可以充分保证发动机舱盖装配时的位置稳定。发动机舱盖装配工装3D图如图3所示。



a) 装配工装



b) 车身装配示意

图3 发动机舱盖装配工装3D图

行李舱铰链装配工装的设计

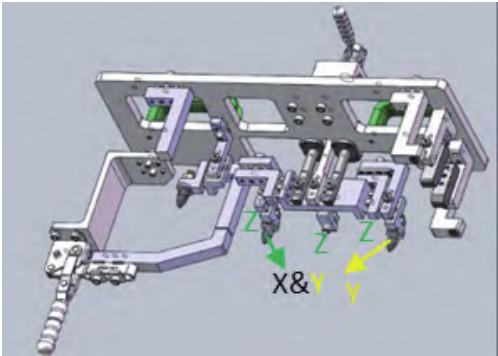
与原有吊具式装配工装不同，新工装设计成了分体式。由于行李舱铰链装配工装所装配的零件质量轻，体积小，采用了3-2-1定位原理设计即可保证定位的稳定。利用车身上后帽台盖板上的定位孔及定位面进行工装定位设计：帽台盖板上的圆孔作为X和Y向定位孔；盖板前方的舌片宽度作为另外一个Y向定位；帽台盖板上选取3个尽可能远的点作为Z向定位面。铰链在工装上的定位如图4所示，利用工装上的两个定位销分别定位1个X向和2个Y向，3个定位块定位Z向，保证了铰链装配过程中的位置稳定。

装配工装的装车结果验证

为了验证工装的装车效果，公司集中时间使用新设计的工装装车，并对所有车辆的发动机舱盖及行李舱区域的间隙和平顺度（面差）进行百分百的在线测量，积累足够多数据进行统计学分析，从而得出工装装车验证结果。其中在线测量设备是VMT测量系统（见图5），其测量精度能达到0.1mm，可以代替三

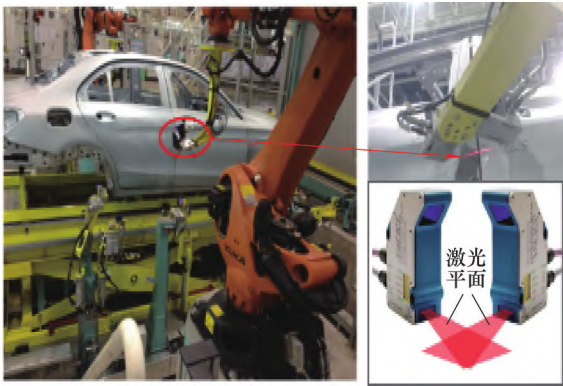


a) 车身装配位置

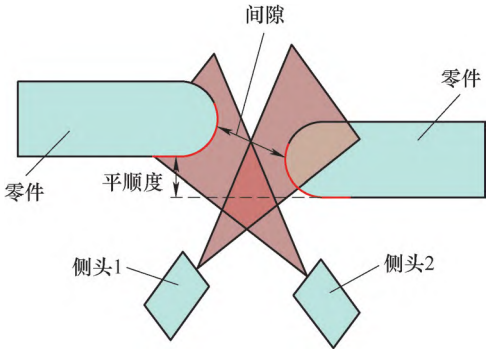


b) 装配工装3D图

图4 行李舱铰链装配工装3D图



a) VMT现场设备



b) 工作原理示意

图5 VMT系统及其工作原理

坐标使用。VMT由左、右两台机器人完成测量任务，其利用激光的三角反射测量原理：两个激光探头形成激光平面最大限度覆盖零件表面，零件将激光反射到传感器。传感器将接受的激光拟合成系统可以识别的点，通过点模拟成零件的轮廓。点形成两条曲线，通过系统内设置的辅助线计算出间隙及平顺度。最终通过系统的算法，计算出覆盖件在绝对“0位”时的间隙平顺度。

由于VMT系统在线测量每辆车都检测，试验车的分析数据量大，利用在线测量数据收集软件IQVIS将VMT的测量数据进行统计分析。为了表征装配结果的稳定性，采用标准差作为评价指标。标准差（Standard Deviation）是离均差平方的算术平均数（方差）的算术平方根，用σ表示。标准差能反映一个数据集的离散程度，即σ越小代表数据离散度越低，数据越稳定，反之则波动越大。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}} \tag{1}$$

式中 x ——样本中每个样本的数值；
 μ ——所有样本的平均值；
 N ——总的样本数。

1.发动机舱盖装配结果

将发动机舱盖装配工装装车验证，实际装车状态如图6所示。工装在车身上定位稳定可靠，同时将发动机舱盖装配到工装上之后发动机舱盖位置稳定。经过一段时间的试装，积累了2000辆车的装配数据。在发动机舱盖处VMT系统共有8个测量点，每个测量点测量发动机舱盖与翼子板的间隙和平顺度（面差）两个维度的数据并得出相应点的σ值。

在左、右两侧分别选取了发动机舱盖的前、中、后共6个测量点的10个测量方向的数据，与之前旧装配工装的装配数据进行比较。通对比（见图7）看出，使用新设计的装配工装以后，除了发动机舱盖左侧前部7-8_3LG和7-8_4LG两个点的装配稳定性降低了5%（这两个点的装配数据均合格），其他8个测量方向的装配稳定性均有所提升，尤其是7-8_7LG的稳定性提升了26%。而且，据现场装配工人的反馈，使用新工装之后，装配过程相比之前的吊具工装更简单快捷，装配时的调整时间减少了，相应的提升了该工位的生产节拍。



a) 工装在车身实际定位状态

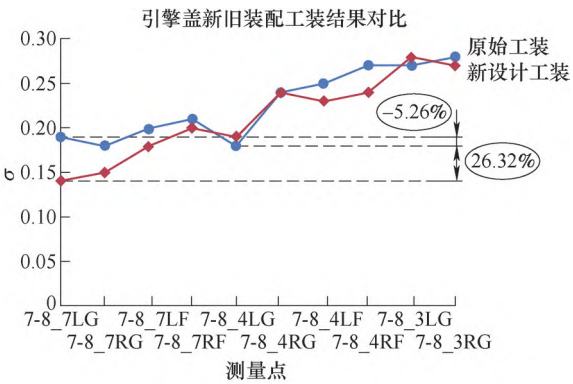


b) 工装实际装配状态

图6 发动机舱盖工装装配



a) 发动机盖测点位置



b) 新旧工装装配结果对比

图7 发动机舱盖测量点新旧工装装配结果对比

2.行李舱装配结果

将行李舱铰链装配工装装车验证，实际装车状态如图8所示。工装在车身上定位稳定可靠，而且铰链在使用EC工具紧固过程中，铰链的位置稳定。装配工人通过两个黑色把手拿取定位工装，由于该套工装质量较轻，且设计符合人体工学，工人在使用过程中操作轻松方便。

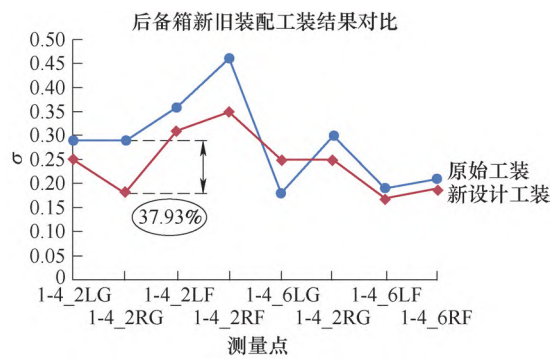
与发动机舱盖区域相似，如图9所示，VMT系统在



图8 行李舱铰链工装装配



a) 行李舱测点位置



b) 新旧工装装配结果对比

图9 行李舱测量点新旧工装装配结果对比

行李舱处共有6个测量点，每个测量点测量行李舱与侧围的间隙和平顺度（面差）两个维度的数据并得出相应点的 σ 值。在左右两侧分别选取了行李舱的前、后共4个测量点的8个测量方向的数据，与之前旧装配工装的装配数据进行比较。通过对比可以看出，使用新设计的装配工装以后，所有测量点的8个测量方向的装配稳定性均有所提升，尤其是1-4_2RG的稳定性提升了近38%。另外，之前旧的行李舱铰链工装是吊具设计，定位时左右两侧同时定位。据现场装配工人的反馈，使用新工装之后，装配过程相比之前的吊具工装更简单，更快捷。

结语

通过对奔驰V213车型发动机舱盖及行李舱铰链工装的设计以及对大量装配数据的研究和分析后得出以下结论。

- 1) 使用新设计的发动机舱盖装配工装后，绝大部分的测量点的数据稳定性较旧装配工装有了提升，其中提升最大的点7-8_7LG的稳定性（ σ 值）提升了26%。
- 2) 使用新设计的行李舱铰链装配工装后，所有行李舱区域的测量点较旧工装装配数据的稳定性均有提升，其中提升最明显的点1-4_2RG的稳定性（ σ 值）提升了近38%。
- 3) 此次发动机舱盖及行李舱的装配工装设计是成功的。在某些区域，如果工装需要设计的体积较小，并且装配的零件质量较大时可以考虑过定位的设计方案，以保证装配过程中工装定位的稳定性。

参考文献：

[1] 郝江，蔡文华，张早年，等.车身尺寸精度控制方法研究[J].新技术新工艺，2015（5）：68-71.
[2] 孔令伟.基于尺寸稳定性的RPS优化设计：2016中国汽车工程学会年会论文集[C].北京：机械工业出版社，2016. **AUTO1950**