

奔驰V253车型发动机舱盖表面坑包问题分析及解决

赵建哲，姚森

北京奔驰汽车有限公司 北京 100176

摘要：针对V253车型投产时发动机舱盖后沿前风挡位置出现的表面坑包问题，利用鱼骨图分析各种影响因素，找到了影响机器人包边表面质量的四个主要原因：冲压件法兰边接刀口尺寸、单边焊参数、机器人滚边压力以及物流料框。分别针对这几个影响因素进行了相应优化，最终发动机舱盖后沿前风挡位置的包边质量得到很大优化，达到质量要求。

关键词：冲压件法兰边翻边；单边焊；机器人滚边；表面坑包

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.04.002

发动机舱盖后沿前风挡位置是处于正副驾驶位的正前方，此区域的表面坑包很容易被客户发现，从而引起客户的抱怨，所以此位置的表面质量必须解决。北京奔驰的V253车型在投产之初发现，发动机舱盖后沿位置有较严重的表面坑包问题，亟待解决。

北京奔驰V253车型发动机舱盖生产区域工艺

北京奔驰V253车型发动机舱盖区域生产使用的主要连接工艺有机器人电阻点焊、机器人压铆、涂胶、机器人滚边及傀儡式单边焊。通过电阻点焊及机器人压铆的连接方法使内板的小零件组合成内板总成，然

后通过涂胶及机器人滚边使外板包裹住内板，最后通过傀儡式单边焊保证内外板在经过喷漆烤箱之前相对位置不变。由于V253车型发动机舱盖的折边胶使用的是1K胶，因此需要使用单边焊固定内外板位置。北京奔驰V253车型发动机舱盖生产工艺流程如图1所示。

在V253车型刚投产前期，发动机舱盖表面质量缺陷主要集中在前风挡区域，修复量几乎是100%，如图2所示。对前风挡区域的表面质量产生影响的因素主要有冲压件内外板的表面质量情况。另外一个很重要的影响因素是相关工艺过程：涂胶、机器人滚边、傀儡式单边焊。

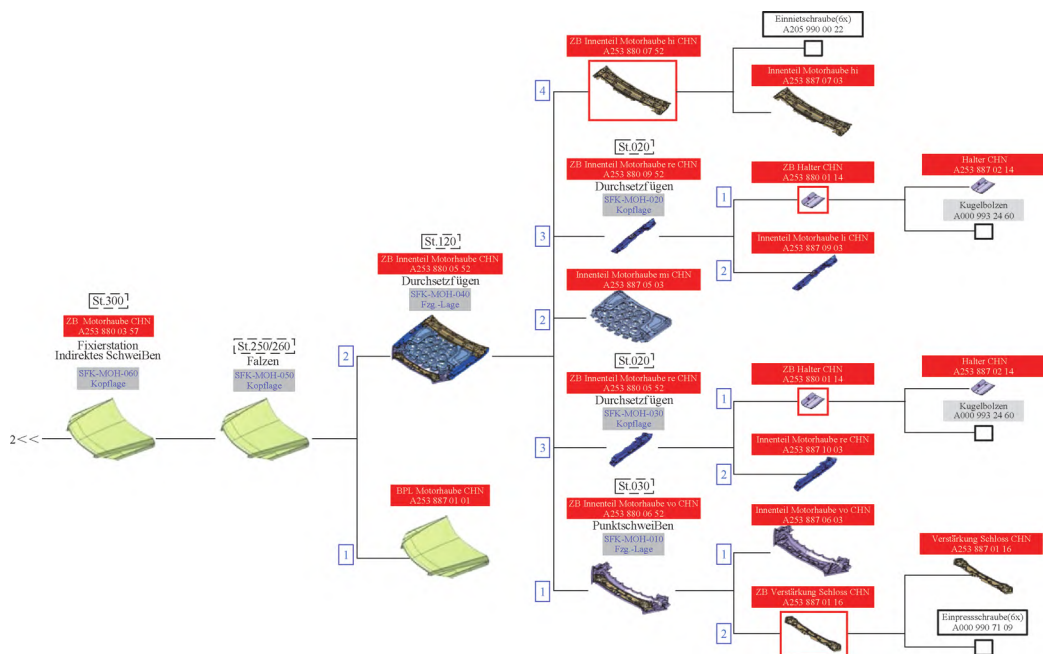


图1 V253车型发动机舱盖工艺流程



图2 V253车型发动机舱盖表面缺陷位置

V253车型发动机舱盖前风挡区域表面质量影响因素分析

由于对于发动机舱盖外表面坑包的影响因素众

多，为了更全面地分析该问题的根本原因，借助鱼骨图（见图3）对人、机、料、法、环几方面的影响因素进行一一排查及分析，通过这种方法最终筛选出最主要的影响因素。

1. 冲压件状态的影响

汽车覆盖件冲压成形的基本工序有落料、预弯、拉伸、修边、冲孔、翻边及整形等。典型结构的汽车覆盖件一般需要4~6道工序，并可根据需要将一些工序合并，如落料拉伸、修边冲孔、翻边整形等。

其中影响总成件表面质量的主要是内板折边面的

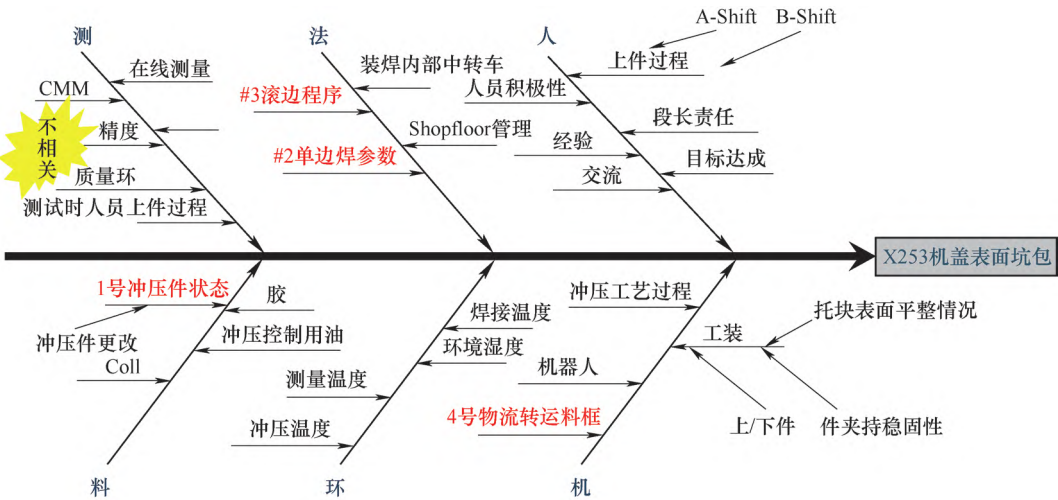


图3 发动机舱盖表面坑包问题的分析鱼骨图

表面质量情况和外板法兰边的表面质量和切边线接刀口情况。内板一般需要平整，无明显波浪、凹坑及凸起等缺陷，如果内板被法兰边包裹的部分表面不平，在机器人滚边过程中造成内外板接触面上的垂直压力不同，造成外板表面变形程度不同，从而表现出不同的表面平整度。经检查，V253车型冲压件内板的表面平整度没有问题，不会造成总成件的外表面质量问题。冲压件外板的外表面质量要求、法兰边立面表面平整度、切边线平整度（无毛刺）和切边线接刀口形状及尺寸都会对总成零件外表面质量有影响。V253车型冲压件外板法兰边切边线上有很多圆弧性过台阶形接刀口，Daimler标准规定为0.5mm。根据经验，该切边会影响总成件的表面质量，一般情况下，切边线接刀口会造成总成件在机器人滚边后外表面出现不平的现象，因此法兰边接刀口半径越小越好。而V253车型最初的冲压件外板法兰边接刀口半径1mm，远大于Daimler标准规定值。另外，在冲压件外板法兰边立面上有很多凹坑，如图4所示。

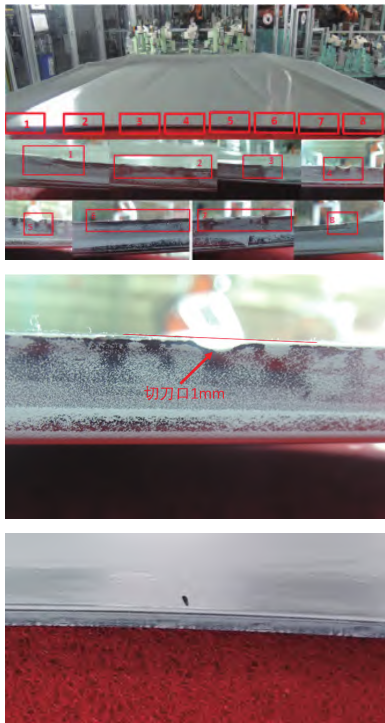


图4 V253车型发动机舱盖冲压件外板法兰边状态

2.单边焊参数的影响

单边焊工艺有别于普通电阻点焊：电阻点焊的负极通过线管连接到内板上，焊接时电流从正极流过

零件（内板）流向负极，在外板包裹的法兰边上与内板间形成焊点，而外板外露面上没有焊点，因此不会造成外露面表面上的缺陷，这也是该工艺称作单边焊的原因。如图5所示，北京奔驰V253车型的单边焊结构为：在零件下方会有一个固定的铜块作为外板外露面的支撑块，零件上方为气缸带动的可动电极。支撑块下方有一层绝缘层，杜绝了电流从法向方向穿过零件，因此该支持块只是起到了焊接时对外表面的支持作用，从而减少外表面的质量缺陷。在实际调整过程中，需要调整支撑块的高度及接触面的曲面形状，使支撑块整个曲面能与被焊接零件表面完全面接触。控制单边焊质量的参数有电极压力，焊接电流及焊接时间，其中电极压力对总成件外表面质量有很大影响。

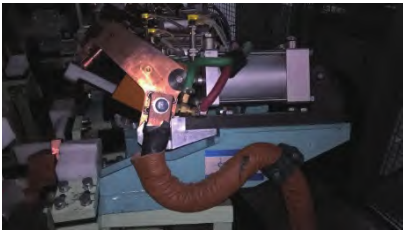
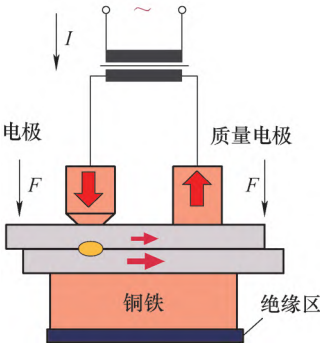


图5 单边焊原理

单边焊的下支撑块表面对发动机舱盖表面坑包情况影响很大，如果支撑块表面不能与零件表面完全贴合，表面极易出现坑包缺陷。在解决V253车型表面质量问题时，首先将零件下方的支撑铜块表面进行打磨，使支撑面与零件表面曲面完全随形而贴合。然后分别研究电流、电极压力、焊接电流及焊接时间等参数对发动机舱盖表面质量影响。观察在不同压力参数下发动机舱盖表面质量情况。电极压力与表面质量之间的关系如图6所示。通过实验表明，在支撑铜块高度及铜块上表面与零件曲面完全贴合时，焊接时焊接电流及电极压力对发动机舱盖的外表面质量影响最大。

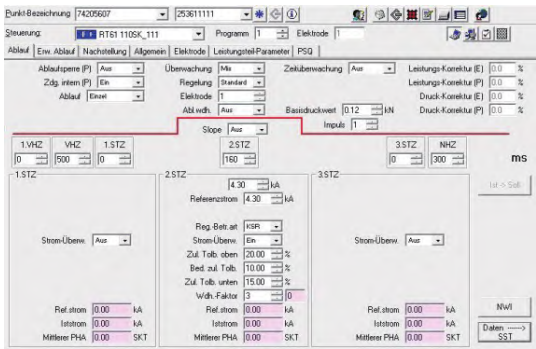
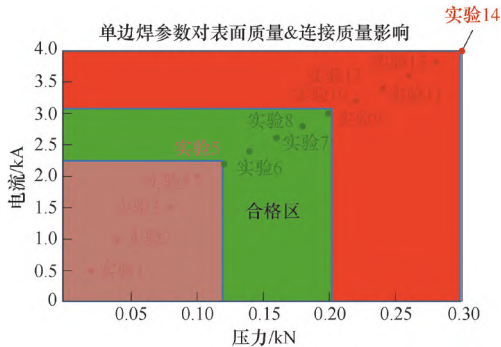


图7 发动机舱盖滚边步骤及滚边轮控制方向

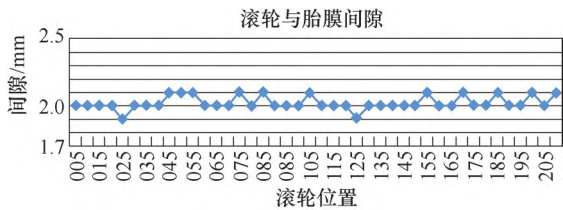


图8 发动机舱盖滚边轮与胎膜间隙

机器人滚边工艺是机器人驱动滚边轮以不同角度滚压零件外板，使外板最终包裹住内板，根据冲压件外板法兰边开口角度不同，机器人滚边的步骤也不同，一般来说法兰边开口90° 折边分为3步进行，大于90° 则需分为4步或5步。发动机舱盖滚边如图7所示。

影响机器人滚边质量的参数有滚边角度（即滚轮与零件法兰边之间的夹角）、滚边速度、滚边压力等，其中对外表面质量影响最大的是最后一步滚边的压力大小（主要由机器人滚边轮的Z方向提供）。针对V253车型发动机舱盖的表面质量问题，排查了最后一步滚边过程的滚轮与滚边胎膜之间的间隙（误差±0.1mm），保证在滚边过程中每个轨迹点上滚边轮对滚边胎表面的压力值基本相同，如图8所示。

4.硬件设备的影响

发动机舱盖外板上件工位发现外板法兰边有严重

变形，经排查发现有些冲压外板的物流料框KTL上的分割块安装成反方向，导致分割块把发动机舱盖法兰边立面隔伤，使得外表面出现坑包。同时检查了与缺陷表面接触的工装夹具及支撑块，均不会造成发动机舱盖表面坑包。发动机舱盖外板对表面质量影响如图9所示。

5.人员的影响

V253车型的生产区域都是自动化生产线，工人只负责上下零件，过程中工人用手拿取的只是发动机舱盖外板两端，并且中间过程中有托的过程，不会对零件外表面造成影响，操作过程符合SWI要求，因此，基本排除了人员的影响。



图9 发动机舱盖外板KTL对表面质量影响

优化方案

1. 冲压件法兰边翻边面优化

针对冲压件外板翻边面表面不平以及切边线接刀口的问题，冲压车间首先优化了翻边面表面情况，优化后的翻边表面平整如图10所示。针对切边线接刀口的问题，冲压车间优化了接刀口的高度，使其小于0.5mm，经过以上优化方案的实施，冲压件外板的状态得到极大改善，如图11所示，总成零件外表面质量在外板改善后也得到极大改善，由冲压件来件造成的外表面质量问题基本消除。

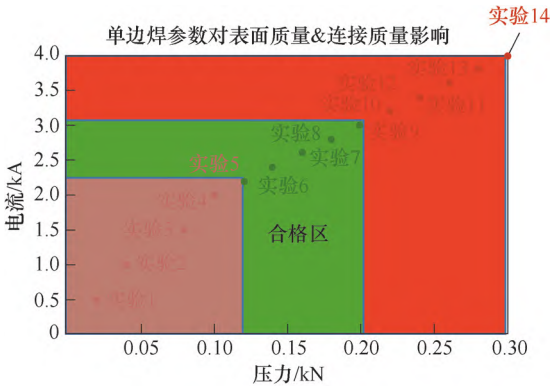


图10 单边焊参数对表面质量和连接质量影响

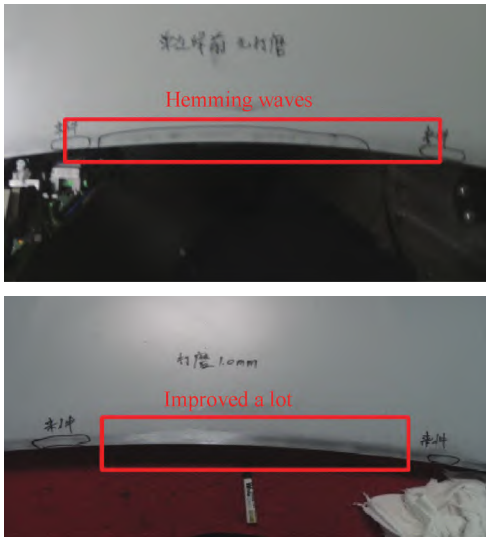


图11 优化后V253车型发动机舱盖后沿表面质量改善

2. 单边焊参数优化

首先将单边焊支撑块的表面打磨与零件表面完成贴合状态，然后调整单边焊控制参数中的焊接压力

大小以及焊接电流大小，通过大量实验得出图10的关系。可以看出，在电极焊接压力为0.14~0.2kN，焊接电流在0.24~3kA，发动机舱盖的表面质量良好。

3. 机器人滚边程序优化

试验表明，滚边轮绕开接刀口的距离一般是由接刀口的尺寸决定的：滚边轮的外切边与接刀口的边在Y向保持平齐即可。经过优化滚边过程，一方面适当更改机器人滚边轨迹，使滚边轮能够更好地沿着冲压件法兰边的切边线进行包边运动，使最后一步滚边轮对零件表面的作用力均匀一致，包边完成之后零件外表面状态一致，避免了坑包出现。另一方面，在接刀口的位置，使滚边轮往外（胎膜外方向）调整，使滚边时滚边轮的压力不对接刀口有作用力，从而避免接刀口处由于材料的缺失而产生的滚边压力与其他地方产生差异，在外表面产生坑包问题。

4. 物流料框优化

将部分KTL上的尼龙支撑块反向安装的尼龙支撑块方向纠正，使尼龙块的槽口与零件法兰边面接触，更好地托起发动机舱盖外板，减少法兰边变形。

经过上述优化措施的实施，北京奔驰V253车型发动机舱盖后沿表面质量得到很大改善，完全满足外覆盖件表面质量要求。

结语

影响V253车型发动机舱盖总成外表面质量的因素很多，本文经过对BBAC生产过程中的研究发现：

1) 发动机舱盖总成外表面质量缺陷主要是由来件变形，冲压件状态影响了机器人滚边效果，以及单边焊后的表面坑包造成。其中冲压件外板翻边面凹凸不平以及切边线接刀口太深会是影响V253车型发动机舱盖外表质量缺陷的最重要的影响因素，通过冲压车间优化冲压模具使外板翻边面表面平整，切边线接刀口深度同时结合机器人滚边程序优化后，由冲压件造成的表面缺陷得到很大改善。

2) 单边焊工艺调整的好坏对发动机舱盖外表面状态影响也很大，保证了单边焊下支承块表面与发动机舱盖外表完全随形基础上，保证焊接压力为0.14~0.2kN时表面质量较好。 **AUTO1950**