

热成形车门B柱加强板总成激光焊接工艺解析

张文明，吴江彪，花明，俞志华

吉利汽车集团 浙江宁波 315336

摘要：通过阐述热成形B柱加强板总成通过激光焊接工艺满足车身设计和碰撞要求，对汽车制造行业两侧推开式车身设计的焊接工艺生产提供了有效支持。

关键词：B柱加强板总成；激光焊接；热成形

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.07.008

在汽车行业快速发展的情况下，消费者对汽车车辆安全要求不断提高，我国在2021年推出了新车评价制度（C-NCAP，China New Car Assessment Program）。侧面强度是车身强度重要区域，经过调查，侧面碰撞事故在所有交通事故中约占30%，其中重伤和死亡的比例高达35%。因此C-NCAP对侧面碰撞保护提出更高要求，来保证乘车人员的安全。

车身结构设计

1. 车身设计

采用了对开门方式，前后门由中间向两侧拉开设计，如图1所示。将B柱从车身取消，增大车内空间和宽敞度。同时为满足安全、C-NCAP要求、减少事故中人员伤亡，故后门增加B柱加强板总成镶嵌在车门总成中。



图1 车型图

2. B柱加强板总成设计

首先将B柱加强板总成的内外板采用2.5mm料厚，并增加补丁板通过点焊工艺，增加材料强度。通过冲压热成形工艺进行零件成形，最后通过激光熔焊工艺将零件焊接为总成，总成结构如图2所示。

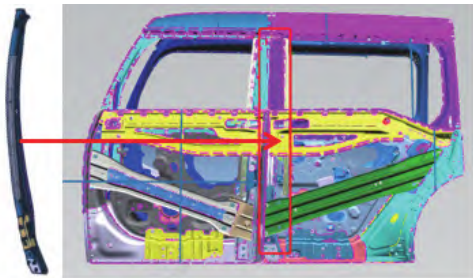


图2 总成结构

焊接工艺

1. 设备配置

激光熔焊设备见表1。

表1 激光熔焊设备清单

序号	名称	备注
1	激光源	/
2	激光头	/
3	机器人	/
4	激光房	含除尘设备
5	管线包	专用管线包
6	夹具工装	
7	多功能测试台	含TCP功能

(1) 激光源 来提供焊接热源，为保证激光源内部光学模块及外部光路的性能稳定，需要水冷机对其进行循环冷却。

(2) 激光头 发出激光束，将光的焦点放置在B柱内外板熔深的1/4处，通过能量将板件进行融化后冷却行程焊核实现内外板的有效连接和强度管控。

(3) 机器人 将激光头和管线包集成在机器人上，通过机器人运动实现焊接轨迹。

(4) 激光房 激光有一定辐射危险并且激光焊接过程中出现大量的烟尘，为保证厂房内环境，将激光焊接工位通过激光房行程一个密封的空间，并将除尘集成到激光房上。

(5) 管线包 主要将焊接所用的水、电、气等的管路通过管线包集成到机器人上。

(6) 夹具工装 用于钣金的位置控制和焊接后对零件继续夹持防止热变形和焊接应力释放。

(7) 多功能测试台 用于试片验证、功率检测及位置度校准。

2. 钣金精度要求

(1) 钣金精度 激光焊接对单件搭接法兰面要求较高，一般要求±0.3mm公差，搭接位置出现极差现象，需要对单件进行配调。

(2) 加紧间隙 为满足焊接熔深和熔宽的要求，增加激光功率有效利用，板件在加紧加紧状态下间隙小于0.2mm。

3. 焊接参数

由于焊接厚度为5mm，所以在焊接设备选型时需要选择功率大于6000W以上设备（见表2）。

表2 激光熔焊焊接参数

焊接功率/kW	焊接速度/mm·s ⁻¹	离焦量/mm	维持时间/s
5.5~6.5	60-80	±3	10~20

4. 工装

夹具工装在设计为保证钣金位置度一般采用两个定位销和多处加紧支撑保证。由于单件强度较强需要采用强力压紧缸。

间隙为控制在0.2mm范围内，需要将单元间隙控制在200~250mm，同时为避免焊接热变形，每段焊道不能超过350mm，需要对个气缸单独控制。气缸随着激光位移进行开启和关闭。

质量验证

1. 三角弯曲试验

将总成（见图2）放置在专属支架上，采用压头直径254mm；以50mm/min加载速度，加载到样件的1/2处（见图3），直到产品定义的变形位置或力矩衰减。

试验结果发现，在样件1/2位置处，破坏载荷>115kN，如图4和图5所示。



图3 实验中照片



图4 试验后照片

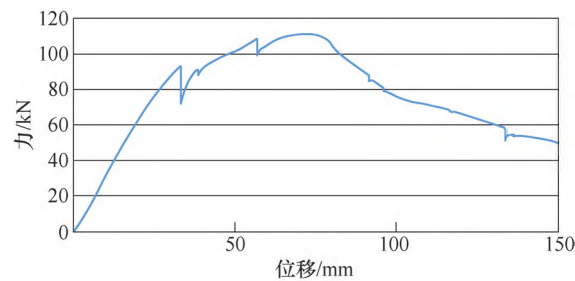


图5 试验曲线

2. 金相实验

在前期试验阶段和量产阶段为保证焊接质量，需要对B柱加强板总成进行金相实验。

首先将B柱加强板板总成的焊接面进行切割段，每50~100mm提取一个样片，进行研磨。通过显微镜观察熔深、熔宽，确认是否满足标准要求，如果无法满足确认钣金间隙，调整夹具或单件：如间隙满足需要通过调整焊接功率或速度，再次验证。具体标准见表3。

质量要求和缺陷整改措施

1.质量要求

通过尺子测量，焊缝长度、位置、数量并通过目视

表3 激光熔焊金相标准

判定内容	内容图片	判定标准
焊核熔深 P		$P \geq 0.3\text{mm}$
焊缝宽度 S		$S \geq 0.9t_{\min}$
上表面凹坑和下面表面焊瘤		$h_1 < 0.5t_1$ $h_2 < 0.2\text{mm}$

检查外观质量、凹坑、间隙等。具体要求标准如下：

- (1) 焊缝长度 焊缝起止位置 $\pm 5\text{mm}$ 范围。
- (2) 焊缝位置度 焊缝位置宽度方向位置 $\pm 1.5\text{mm}$ 范围。
- (3) 焊缝表面裂纹 焊缝表面不允许有可见的裂纹。
- (4) 气孔和表面烧穿 焊接过程保护气或零件清洁度会出现表面烧穿或大量气孔，烧穿需要重新返

修。气孔累计 $\leq$ 焊缝总长度5%，可以补返修，超过需要重新返修。

(5) 虚焊 焊缝长度 $< 25\text{mm}$ ；单段缺陷 $d_1 < 5\text{mm}$ ；总长度 $\leq$ 焊缝总长度5%。

(6) 飞溅 在焊接过程中会出现大量飞溅。外观面、安装面、搭接面避免贴合存在间隙，在焊接后必须进行打磨处理，才能流出到下一序，非安装和搭接面飞溅高度不能超过1.0mm。

浅谈机器人滚边工艺及关键参数

邓文强

同济大学 上海 201804

摘要：详细介绍了机器人滚边工艺及设备 and 关键参数，并从实际调试经验出发针对各关键参数，根据零件材质厚度、滚边流程、滚边类型等情况的区别提出了参数建议。对于提升机器人滚边工艺的质量水平有重要的指导作用，为该领域的进一步发展提供了理论支持和实践指导。

关键词：机器人；滚边工艺；关键参数；参数建议

包边工艺是汽车制造业中一种十分重要的金属连接工艺，由于其独特的成形美观性，通常代替点焊等工艺作为车身外观覆盖件的最后一道工序^[1]。而相对于其他较为传统的包边工艺，机器人滚边工艺因其柔性

高、自动化程度高、机械结构简单、噪声小、成本较低及占地布局小等优点，在车身制造行业中已得到广泛应用^[2]。

随着市场竞争日益激烈，汽车开发周期不断缩

2. 整改措施

1) 焊缝长度、焊缝位置、断焊缺陷、气孔、穿孔、熔合不良通过手持激光焊、MIG、TIG、MAG、CMT焊等焊接方式进行返修。

2) 飞溅需要采用打磨机对飞溅进行打磨。

结语

随着汽车安全性要求增加，将B柱加强板总镶嵌在车门中可以大大提升车内的空间和舒适，但B柱加强板总成的焊接质量和尺寸成为生产工艺的难点。本文主要通过车身结构设计、焊接工艺、质量验证、质量要

求和缺陷改进五个方面阐述了B柱加强板总成激光熔焊的制造过程。新型高功率激光器的出现显著提升了焊接速度和深度，特别是在厚材料焊接中表现出色。未来，更高功率、更小体积、更高光电转换效率的激光器结合焊接设备、焊装参数优化，进一步提升激光焊接零件厚度和焊接速度、质量、安全。

参考文献：

- [1] 韩立军. 白车身激光熔焊接头设计型式与质量评价标准[J]. 电焊机, 2010, 40 (5) : 45-49.
- [2] 周枢宇. 金相试样制备技巧及典型问题剖析[J]. 科技与创新, 2021 (15) : 5-7. **AUTO1950**