

汽车白车身侧围前柱角接板焊接尺寸控制方案研究

赵振洲, 李小强, 孙政, 于天齐

中国第一汽车集团有限公司 吉林长春 130000

摘要: 通过对某车型白车身侧围前柱角接板产品结构、装配路线及焊接工艺进行介绍, 围绕实际生产过程中存在的问题点, 从理论数据分析、有限元仿真验证、试验分析综合论证, 形成一套侧围角接板焊接尺寸育成控制理论方案。并结合项目前期的产品结构、定位基准设定、偏移公差分配及检测方向评价等方面进行归纳和总结, 指导后续车型侧围前柱角接板焊装尺寸的开发与控制, 规避不良尺寸问题的发生。

关键字: 定位基准; 尺寸控制; 偏移公差; 前柱角接板

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2024.08.006

汽车是当今人类常用的交通工具, 白车身焊接质量直接影响汽车的整体性能, 如车辆外观、功能、性能等^[1]。因此汽车白车身尺寸精度保证显得尤为重要。汽车白车身侧围前柱角接板作为控制顶盖前横梁Z向尺寸的主要支撑部件, 其尺寸精度直接影响顶盖前横梁的尺寸, 从而影响到前横梁与顶盖的匹配间隙, 产生焊点不良、顶盖坑包、断胶等问题缺陷^[2]。尤其是近年来, 随着新能源汽车全景天幕的趋势流行, 如何更好的控制前横梁的尺寸, 进而保证天幕与前车窗玻璃、天幕与顶棚的尺寸内外饰匹配, 成为各大主机厂更加关注的课题。本文将从当前存在的问题以及下工序的实际需求, 结合产品特征、前期控制工艺以及育成方法等方面出发, 进行系统的梳理和总结, 形成汽车白

车身侧围前柱角接板尺寸控制方案。

侧围前柱角接板产品及工艺介绍

1. 传统车型形成白车身侧围总成焊接组成

中侧围前柱角接板①、侧围中柱内板后段②、侧围前柱上侧内板③及侧围中柱中部内板④焊接形成侧围内板总成⑤, 如图1所示。侧围内板总成⑤与侧围外板总成⑥、侧围加强板总成⑦、后侧围内板总成⑧焊接形成侧围总成。如图2所示。

2. 侧围前柱角接板及关联零件的性能特征

侧围前柱角接板及关联零件性能要求标准见表1。

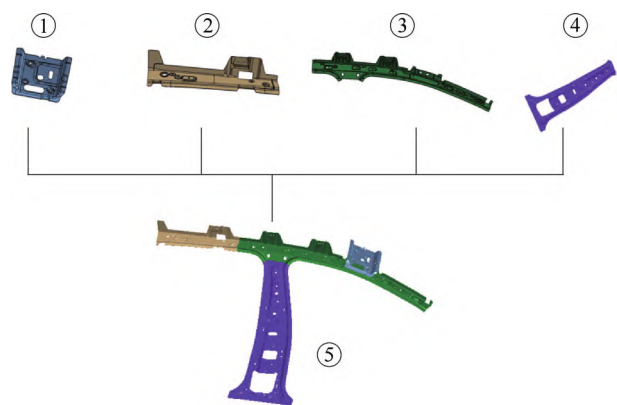


图1 侧围内板总成层级

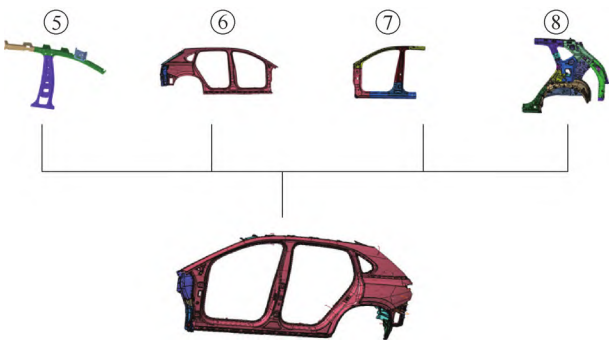


图2 侧围总成层级

表1 前柱角接板及关联零件性能参数

零件号	零件名称	板厚/mm	拉伸强度/MPa	屈服强度/MPa
①	侧围前柱角接板	1.6	≥590	330~430
②	侧围中柱内板后段	1.6	≥590	330~430
③	侧围前柱上侧内板	1.6	≥590	330~430
④	侧围中柱中部内板	1.4	≥780	440~550

侧围前柱角接板育成过程问题现状

某车型前期调试过程中，三坐标测量显示侧围总成角接板区域数据偏低1~2mm（见图3）。造成顶盖横梁焊接后整体数据偏低，影响总装零件全景天幕装配结果。由图2层级路线图可知，侧围总成主要由侧围内板总成和其他零部件合并后形成，但侧围内板总成该部位数据三坐标测量时，显示该区域数据波动在±0.7mm左右（见图4），与侧围总成数据不一致。形成侧围总成后，明显下沉约1.5mm。通过对比历史车型，发现均存在此问题，侧围内板总成在合成侧围

总成后，前柱角接板该区域部位数据整体偏低1.0~1.5mm。

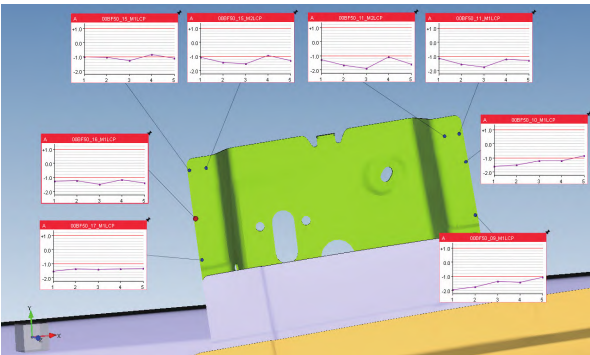


图3 侧围总成上角接板Z向数据

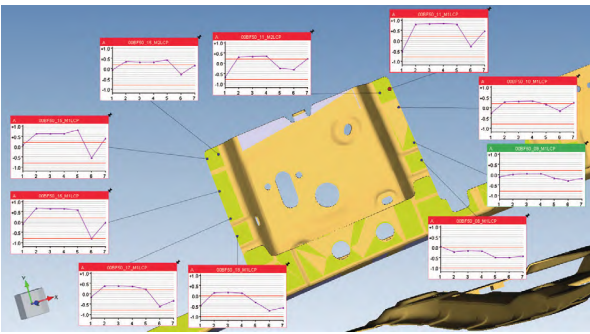


图4 侧围内板总成上角接板Z向数据

侧围前柱角接板数据偏差分析

搭载某车型问题点围绕侧围内板总成角接板区域合成侧围总成前后数据变化开展验证及分析，从加工基准设定、检测方式、PCF评价方式及焊接工艺等方面排查测量数据偏差及可能造成焊接前后数据变化的原因。

1) 加工基准。侧围内板总成为类T形结构，长度方向约1800mm，高度方向约1300mm。虽然局部强度较大，但焊接成总成后，该内板总成的整体强度严重不足，属于典型的大薄板结构。因此传统加工基准设置为3个销和10个定位面支撑（见图5），用于过定位约束。

2) 检测方式。侧围内板总成测量时放置方向为平躺放置（非整车坐标系方向），且该定位销为固定式。检测时三个定位销需同时找正位置，再依次夹紧其他基准面夹钳。

3) PCF评价方式。PCF评价时，该内板放置方式为立式（整车坐标系方向），且定位销定位时通过插

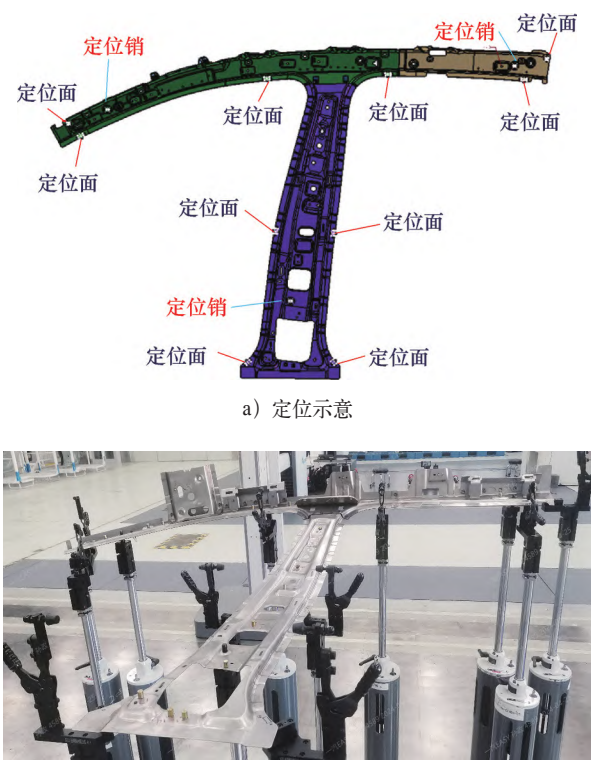


图5 侧围内板总成定位

拔销插入实现定位，如图6所示。

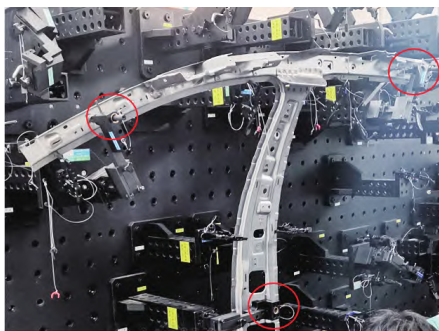


图6 侧围内板总成PCF检具定位

4) 焊接工艺。内板放置工艺根据夹具线体特征，当前主要有平躺式、倾斜式两种焊接方式（非整车坐标系方向）。但焊接工艺定位方式均为零件先预放到位后再定位，定位销均为翻转式结构，如图7所示。

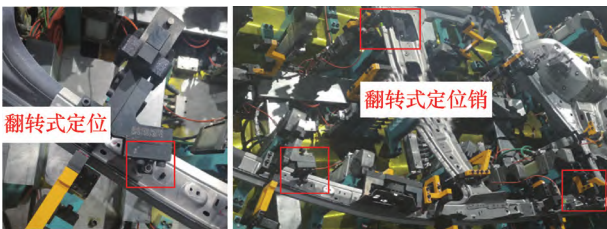


图7 侧围内板总成夹具定位

1.有限元分析各姿态角接板尺寸偏差

利用有限元软件对侧围内板总成理论数模重力状态下进行静力学分析。通过有限元网格化分、创建焊点连接关系、创建焊点连接特性、定义材料属性、定义料厚、定义约束、添加重力以及计算和查看变形位移图谱等步骤完成平躺和整车系下（立式）两种不同模式的分析。

按照平躺方式分析，此时重力输入值为： $X=0$ ， $Y=-9.8\text{m/s}^2$ ， $Z=0$ 。显示最大变化部位为前柱角接板区域，最大变化量为0.34mm。表现趋势为偏向车身外侧，如图8所示。

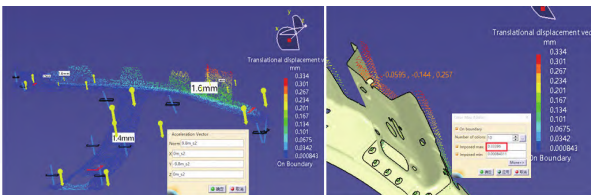


图8 侧围内板总成平躺方式有限元分析

按照整车坐标系（立式）方式分析，此时重力输入值为： $X=0$ ， $Y=0$ ， $Z=-9.8\text{m/s}^2$ 。显示最大变化部位为前柱角接板区域，最大变化量为0.43mm。表现趋势为偏向车身内侧，如图9所示。

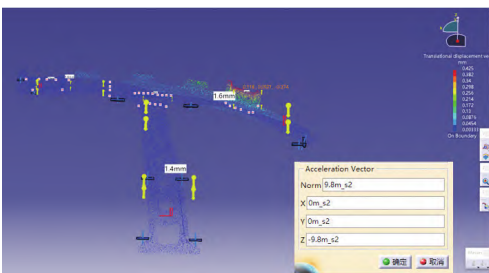


图9 侧围内板总成立式有限元分析

不同的放置方式在理论模拟下差值在0.8mm。定位基准设置合理性需要进一步优化。

2.试验数据分析各姿态前柱角接板尺寸的变化

选取左右侧各2量份零件，开展平躺式和立式测量，对测量数据进行比对（基准一致，仅定位销定位方向不一致）。左侧零件立式放大偏低1.0~1.5mm，右侧放大偏低2.0~2.5mm，如图10所示。

结合有限元理论分析的变化量，排除重力影响的0.8mm，左侧存在0.7mm的不明值，右侧仍存在1.5mm的不明值。初步分析：不明值产生的主要原因在于侧

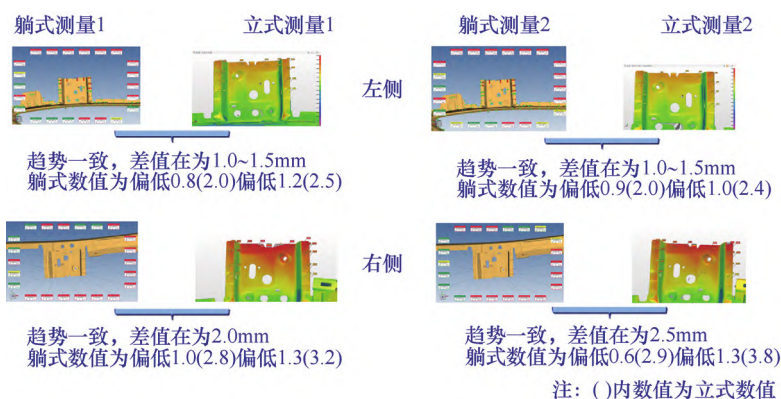


图10 侧围内板总成实验验证

围内板总成为薄板框架结构，零件自身的回弹加重不同状态下尺寸的变化量。

3.不明值差异点分析

通过实际测量时现象观察，发现侧围平躺式测量时A柱定位销在预放件过程中，内板A柱孔位明显偏下约5mm左右，在PCF上立式定位时偏下约1.0mm，如图11所示。



图11 侧围平躺式测量

平躺式放件受限定位销的有效长度，人工放件时无法实现三个销同时平行放件。由于A柱定位销自身存在偏下趋势，造成B柱和C柱先装配到位，A柱定位销在轨迹运行过程中，会更加重偏差的趋势。此时为了保证定位销装配到位，需强行往上推零件，造成角接板区域整体往上旋转，Z向数值变高。

立式测量时，此时定位面已到位，强行推零件定位时，表现为以翻边线为轴，角接板区域偏下旋转。

左右侧变化量不一致的原因在于左右侧两件A柱回弹量不一致，通过对比焊接后总成A柱孔位偏差量可

知：A柱定位孔左侧平均偏低0.4mm左右，右侧平均偏低0.85mm左右，右侧焊接后反弹量明显大于左侧。如图12所示。

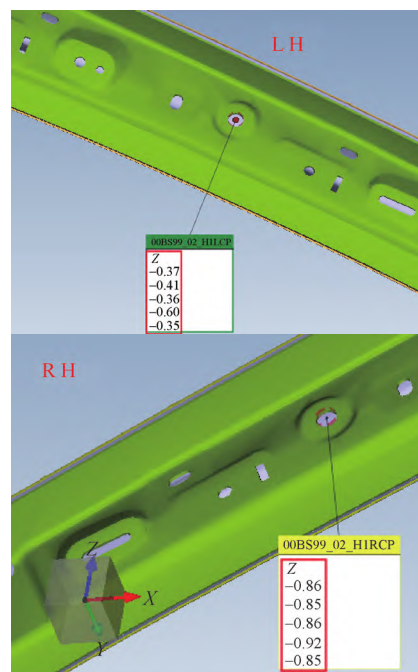


图12 焊装夹具BASE板设计变化点

因此，造成该差异的主要原因在于侧围内板总成的自身扭曲回弹。回弹扭曲越大，不同放置方式测量对比失真性也越大。

前柱角接板区域关键数据识别分析

目前看侧围内板总成平躺式（非整车坐标系方向）和立式（整车坐标系方向立式）下的角接板部位测量数据均不完全支撑侧围总成数据，因此需要进一步研究其他关联区域的影响。

前柱角接板区域为局部刚性，造成数据主要变化

的原因来源于旋转的变化，如图13所示。

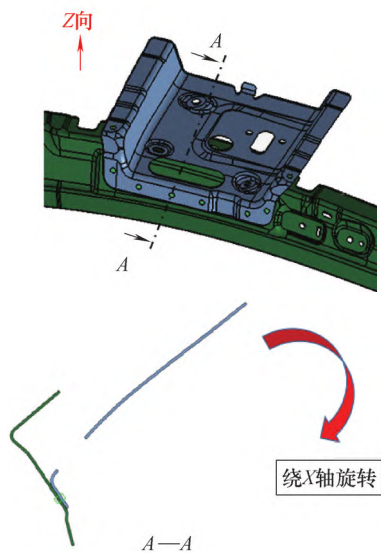


图13 前柱角接板旋转示意图

通过不同批次的内板数据试验分析：发现当Z向偏高时，Y向型面偏向车体内侧。当Z向偏低时，Y向数据偏向车身外侧。Z向变化4mm时，Y向变化0.3~1.0mm，如图14所示。因此当发现数据不一致时，需同时关注Y向翻边型面的数据尺寸。

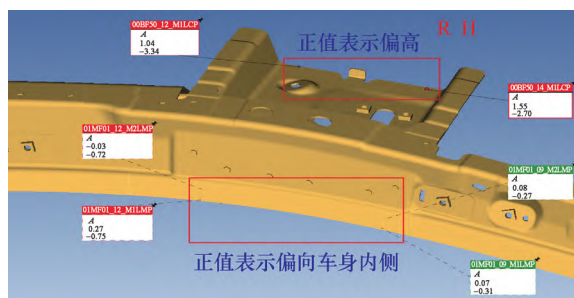


图14 前柱角接板旋转数据分析

前柱角接板门洞部位Y向数据变化较小的原因在于此部位有定位销和两处定位面，该部位基本上处在旋转点附近。因此在Z向变化较小部位时，数据体现不明显，所以分析此部位数据时需结合自由状态和其他辅助部位数据进行分析，如图15所示。

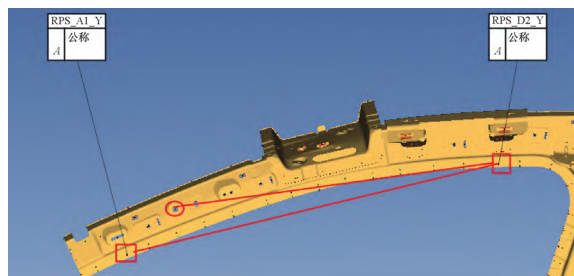


图15 前柱角接板门洞部位Y向数据

结语

传统车型常发侧围前柱角接板偏低的原因：侧围内板总成有回弹，且当前定位方式无法有效识别回弹及重力变形，造成数据不支持问题现象；周围匹配部位型面存在干涉和间隙，造成Z向上端尺寸发生旋转。

结合上工序的实际需求，该前柱角接板部位数据需要控制为Z向公差上限控制。当和顶盖横梁匹配时，该区域受重力会自动下榻。优选目标控制数据为Z向偏高0~1.0mm，如图16所示。

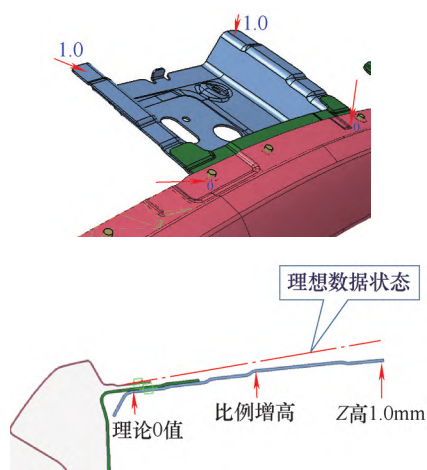


图16 前柱角接板预调整示意

为规避前柱角接板部位数据偏低的问题，结合本次系统分析，后续车型项目育成过程可按照以下方面控制：

1) 侧围内板总成加工基准设定。在角接板Y向上部区域增加一组支撑面，用于克服重力产生的实际数据失真的影响。且该基准需和单件、下到序工装保持一致，如图17所示。

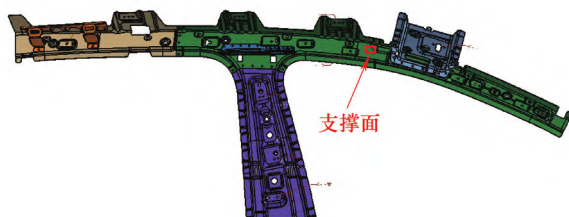


图17 侧围内板总成加工基准优化图

2) 侧围内板总成检测支架设计。测量支架设计时，固定式定位销数量不超过1个，其他定位销全部设置为活动式，便于确认侧围内板总成自由状态。

3) 侧围内板总成测点设定。为更好地识别角接板

产生的扭曲问题，需要在单件、侧围内板总成、侧围总成Y向平面上部和角接板其他部位增加验证测点，用于识别和观察扭曲变化，如图18所示。

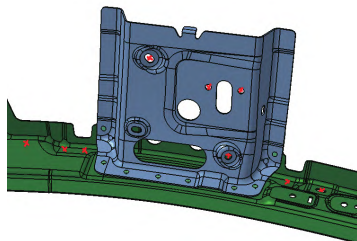


图18 侧围内板总成增加测点示意

4) 侧围内板总成偏移公差设定。参考总成需求，侧围内板角接板部位对应设置为线性偏移公差，如图19所示。

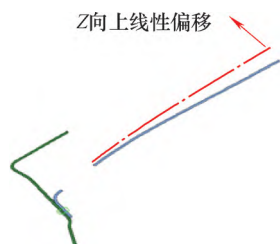


图19 侧围内板总成公差偏移图

5) 侧围总成工装夹具设计。侧围内板合成工序，在侧围内板角接板Z向上部增加辅助支撑面，用于适当程度的约束和矫形，如图20所示。

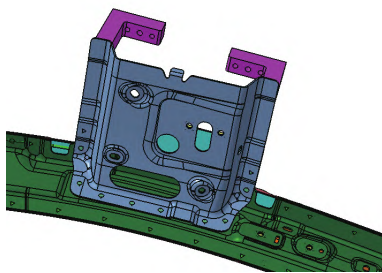


图20 增加侧围内板角接板矫形示意

6) 产品结构优化。采用简化模型结构可知，当前车型侧围前柱角接板结构为悬臂结构，前柱角接板Z向匹配面长度168mm左右，设为 r_2 ，Y向焊接面长度约为80mm，设为 r_1 ，由三角模型可知，当发生旋转变化时， r_2 变化量为 r_1 的2倍以上，如图21所示。

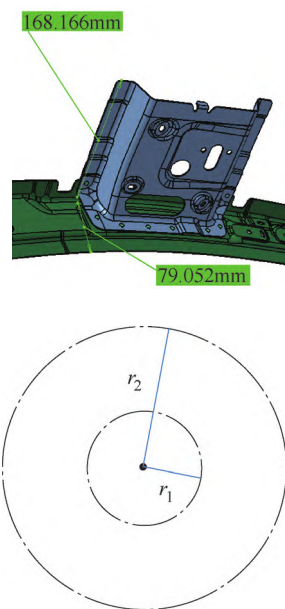


图21 侧围内板角接板产品结构优化示意图

该结构在焊接时，受限于零件匹配关系及焊点姿态，会产生较大的变形，因此，可考虑将前柱角接板和前柱内板上侧内板设置为一体式零件，同时缩短Z向尺寸，将有效改善角接板焊接尺寸的控制。

参考文献

- [1] 陈炳辉. 简析汽车白车身焊接工艺[J]. 农业机械与装备, 2023 (8) : 151-153.
- [2] 杜法刚. 汽车车身的焊接工艺及其措施[J]. 技术应用, 2018 (2) : 81-81. **AUTO1950**
- [3] 30 (10-11) : 1956-1966.
- [4] 周利, 周炜璐, 杜正勇, 等. 搅拌摩擦点焊技术研究现状[J]. 航天制造技术, 2014 (5) : 6.
- [5] 任俊刚, 谢里阳, 王磊, 等. 回填式搅拌摩擦点焊工具粘连特性研究[J]. 热加工工艺, 2016, 45 (15) : 3.
- [6] Larsen B, Hunt J, Hovanski Y, et al. Investigating steel tool life in the RFSSW process [J]. Journal of manufacturing processes, 2020: 637-645.
- [7] 陈大勇. 2B06铝合金板材高应变速率增塑机制及冲击液压成形性研究[D]. 中国科学技术大学, 2020.
- [8] 赵运强. 超高强铝合金非对称回填式FSSW成形特征与接头组织性能[D]. 哈尔滨工业大学, 2015.
- [9] 苏志强, 董康英, 孙世烜, 等. 回填式搅拌摩擦点焊过程中材料流动的数值模拟[J]. 热加工工艺, 2018, 47 (17) : 225-228. **AUTO1950**

(上接第41页)