

白车身侧围总拼精度提升方案的创新与应用

郑学忠 郭峰 任立芳 许立国

奇瑞汽车股份有限公司

摘要: 本文系统阐述了奇瑞公司焊装车间主线侧围总拼柔性 GATE 系统精度提升的创新方案。该方案通过对 GATE 系统的定位机构进行优化调整, 满足公司生产需求。通过对新的 OPENGATE 系统刚性 CAE 分析以及现场实际验证确定了该方案有效。

关键词: 焊装车间; 精度; 侧围总拼; GATE 系统

0 前言

随着汽车行业竞争的白热化, 车企不仅要不断推出款式新颖、质量可靠和性能卓越的车型, 同时在整车制造的成本、改造周期、场地和生产速率方面都有了更高的要求。焊装车间作为新车型整车制造四大车间中投资比例最高的一项, 其工装柔性化程度关系整车制造成本的控制, 焊装车间工装具备高精度、高负载、高速传输等特点。当前, 总拼 GATE 系统是目前各大主机厂总拼工位最主流的工艺设备之一, 该系统可满足 4/6 车型混线生产, 其结构和特性决定了侧围与下车体合并的关键尺寸精度, 最终影响白车身的合格率和生产效率。

奇瑞公司焊装主线侧围总拼 GATE 系统主要通过龙门框架式定位机构来增强合并后的强度及精度, 这种方

案的主要缺点是: BASE 采用临时加强, 整体结构强度低 (4903 N 最大受力偏差 1.3 mm), 造成尺寸精度一致性差; 抱死机构非常复杂, 工位空间拥挤, 机器人动作轨迹复杂, 导致产线整体节拍效率低。因此必须寻找更加科学合理的侧围总拼柔性 GATE 精度提升方案, 对 GATE 系统进行最大限度的创新优化, 解决焊装生产线目前存在的难点和痛点。

1 侧围总拼柔性 OPENGATE 系统精度提升方案

1.1 方案可行性分析

目前, 奇瑞公司焊装车间侧围总拼 OPENGATE 系统 4903 N 负载验证最大偏差值为 1.3 mm, 不满足 4903 N 负载验证偏差值在 0.5 mm 范围内的要求。如图 1 所示, 通过案例实际分析导致尺寸精度一致性差、

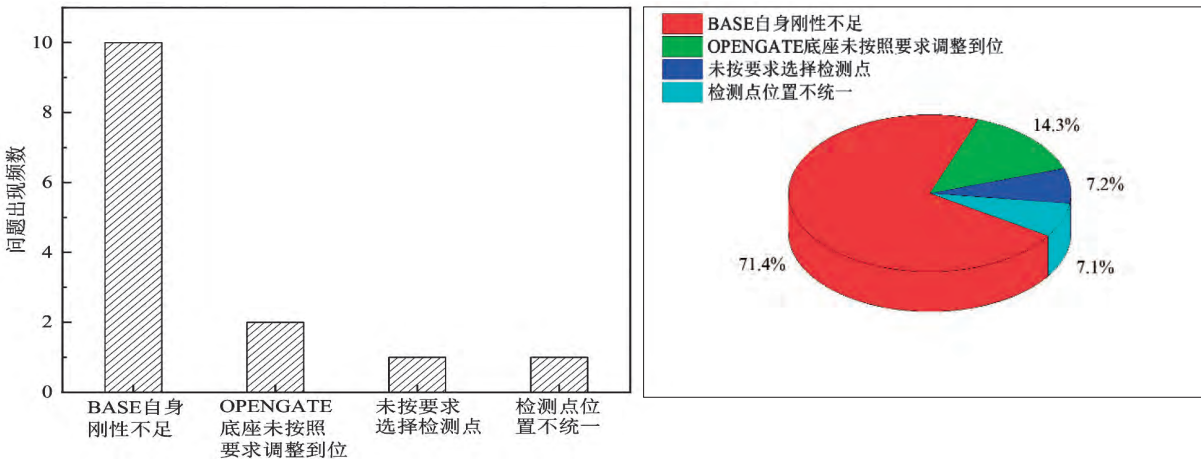


图 1 导致尺寸精度一致性差原因统计

受力偏差大最主要的原因是 BASE 自身刚性不足。综合考虑项目的人力、材料、物力及机械设备等各方面因素，我们判断采取有效措施，可以解决 BASE 自身刚性不足问题，从而使 OPENGATE 负载验证偏差值降低到 0.5 mm 以内。

1.2 定位机构优化

如图 2 所示，对 GATE 系统定位机构进行优化，细节优化多达 28 项，主要优化点如下：

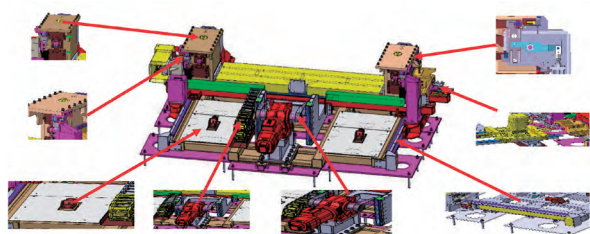


图 2 定位机构优化

- (1) 定位挡边由 5 mm 改为 13 mm, 增加受力强度。
- (2) 插销轴承安装座由内侧改到外侧, 便于维修。
- (3) 增加花纹板, 防止灰尘, 便于维修。
- (4) 拖链由两条改为一条, 走线更加美观。
- (5) Y 向滑移 1 m 改为 650 mm, 摆臂更改, 节拍提升。
- (6) 增加风琴式随行防护罩, 减少焊接飞溅对轴承的损伤。

(7) X 向切换单元由侧边牵引改到中间, 受力居中均匀, 切换时减少侧向受力。

(8) Z 向受力螺栓由 2 个改为 4 个, 上下限位轮同步接触, 限位块面与滚轮贴合。

1.3 BASE 框架优化

如图 3 所示, 原 GATE 系统的 BASE 板采用临时加强, 是局部贴板结构, 整体结构强度偏低。新方案将 BASE 板局部挖空, 优化为一整块完整的 BASE 板, 从而提升整体结构强度, 并且在 BASE 框架背面增加加强支撑, 提升 BASE 结构 Y 向刚度。

1.4 BASE 结构优化

BASE 结构优化如图 4 所示, 原 GATE 系统通过龙门框架定位机构来增强侧围合并后的强度及精度, 新方案采用左右 BASE 对抱机构, 在提升 BASE 框架刚性基础上取消龙门定位机构。左右 BASE 对抱机构的优点是可进一步加强左右侧围的 Y 向尺寸控制, 并且龙门定位机构取消后, 新的 OPENGATE 系统占地面积更小, 提升工位空间、机器人站位空间以及 SPR 铆接枪的操作空间。

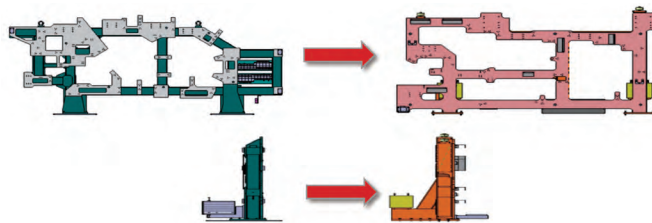


图 3 BASE 框架优化

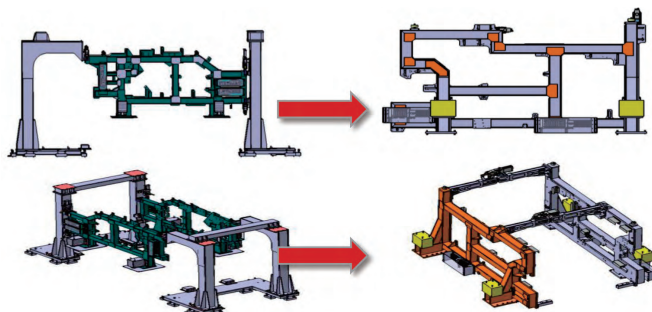


图 4 BASE 结构优化

1.5 刚性验证

1.5.1 侧围总拼 BASE 刚性 CAE 分析

利用 ANSYS 有限元分析软件对主拼刚性进行 CAE 分析, 夹紧单元负载所产生的作用力, 通过施加载荷的方法进行简化处理。如图 5 所示, 施加 5000 N 作用力情况下, 新方案实施前的侧围最大变形量为 0.165 mm, 新方案实施后的侧围最大变形量为 0.097 mm。

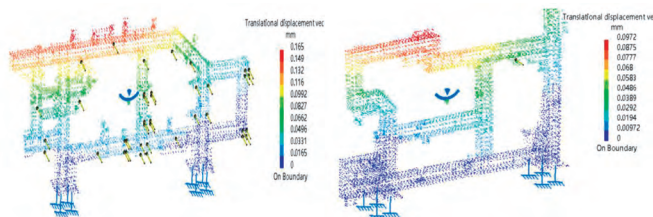


图 5 侧围总拼 BASE 刚性 CAE 分析

1.5.2 刚性验证结果

如图 6 所示, 对侧围内、外主拼左右两边 1001 工位和 1002 工位各取 6 个位置点进行刚性验证。对验证结果进行统计分析, 各位置点最大受力偏差值如图 7 所示, 右侧内主拼 1001 工位受力偏差为 0.551 mm, 可近似为

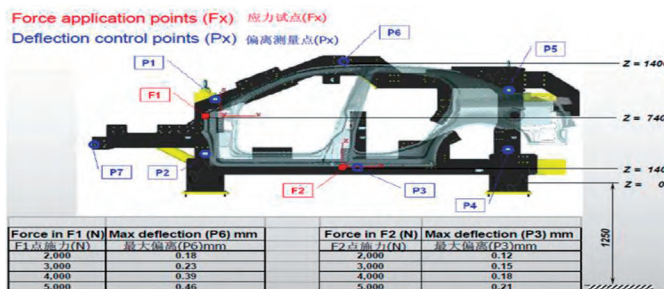


图 6 刚性验证取点

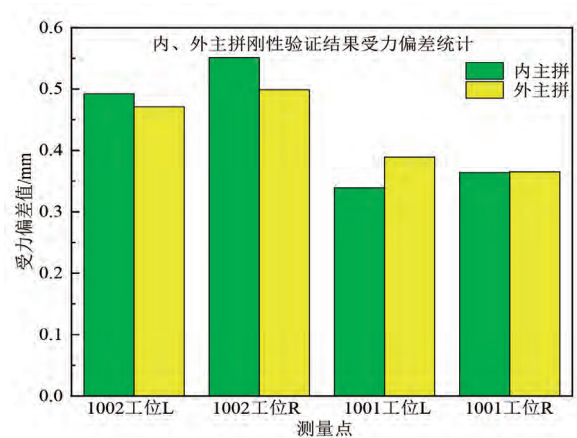


图7 各位置点最大受力偏差值统计

0.5 mm，其余验证点受力偏差值均小于 0.5 mm，因此刚性验证结果表明新方案能够达成施加 4903 N 受力偏差均在 0.5 mm 范围内（图 7）。

2 方案实施情况

2.1 焊装车间方案实际实施情况

如图 8 所示，侧围总拼柔性 OPENGATE 系统精度提升方案实施后，取消龙门框架式定位机构，采用左右 BASE 板对抱机构，整体结构强度提升，确保定位精度。龙门框架取消后，使得工位空间开阔，机器人动作轨迹简单，可根据节拍要求增加机器人数量，单位时间内机器人焊点增多，整体提升节拍效率。

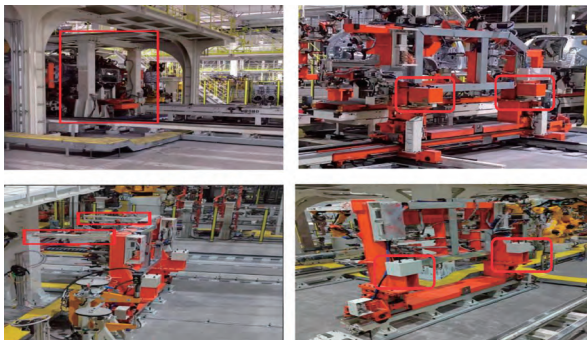


图8 现场实施情况

2.2 车间现场验证情况

在产业园二期 EH3 侧围内板合并工位，工作人员使用撑杆对左右两侧 A 柱、B 柱和 C 柱施加 4903 N，通过 FRAO 关节臂和压力测量仪对左右两边 A 柱、B 柱和 C 柱受力偏差进行测量，对受力偏差测量结果进行统计，见表 1。对现场实际验证偏差值统计结果进行分析，如图 9 所示，可以看出，受力偏差均在 0.5 mm 范围内，满足公司生产的精度要求。

表 1 现场实际验证偏差值统计

测量点	现场实际验证偏差值 /mm					
	LA	LB	LC	RA	RB	RC
1	0.465	0.169	0.072	0.014	-0.03	0.283
2	0.085	0.031	0.144	0.117	0.089	0.077
3	0.074	-0.016	0.096	0.201	0.278	0.127
4	0.5	0.192	0.108	0.042	0.028	0.346
5	0.062	0.034	0.167	0.116	0.086	0.083
6	0.046	-0.009	0.105	0.215	0.32	0.156

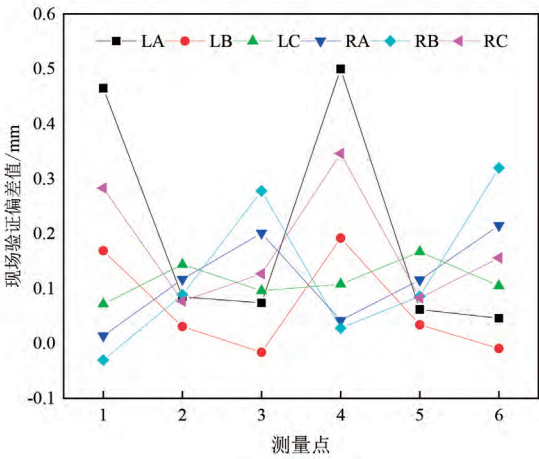


图9 现场实际验证偏差值统计

2.3 方案效果确认

方案实施后，对 E03 和 E0Y 两个项目的实施情况进行统计和效果确认。如表 2 所示，经过 2 个不同项目针对已评审的夹具 BASE 负载报告进行统计，结果显示最小变形量为 0.243 mm，最大变形量为 0.453 mm，说明措施有效。进一步对 2023 年 OPENGATE 负载验证偏差值进行效果确认，对 E03 和 E0Y 两个项目分别选取 3 个测量点进行测量，并对 OPEN-GATE 负载验证偏差值进行统计，图 10 显示出了 E03 项目最大偏差值是 0.452 mm，E0Y 项目最大偏差值是 0.243 mm，这说明侧围总拼柔性 OPENGATE 系统精度提升方案在实际生产中有效，满足生产要求。

3 成果效益及推广价值

3.1 方案主要创新点

（1）取消龙门框架式定位机构：原总拼柔性 GATE 系统，侧围总拼夹具抱死依靠龙门框架式定位，占地面积大，且限制机器人站位空间和进枪空间。

（2）采用侧围总拼夹具 BASE 对抱形式：占地空间小，制作成本相对较低，整体结构强度足够高，满足定位精度要求。

表 2 方案现场实施情况统计

项目	是否 评审	现场实施情况			是否满足生 产要求
		检测点 1	检测点 2	检测点 3	
E03	是	0.452	0.325	0.256	满足
E0Y	是	0.243	0.226	0.132	满足

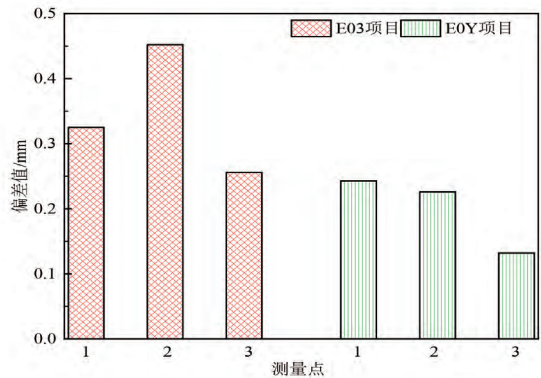


图 10 现场实施效果确认统计

(3) 提升机器人占位和进枪空间: 工位可增加机器人数量, 满足增加单位时间内机器人焊点数量, 简化了机器人关节臂动作, 提升夹具动作节拍。

3.2 经济效益

(1) 公司每年平均做 10 个 OPENGATE 项目, 未改善前 BASE 采用临时加强, 抱死机构非常复杂, 改善后巩固期内单个 OPENGATE 项目可节约成本 70586 元, 每年在该项目上可节约 70 万元。

(2) 侧围总拼柔性 OPENGATE 系统最宽工位的线体宽度可减少 2 m, 可减小焊装车间面积约 600 m², 减少固定资产投资约 150 万元, 奇瑞产业园一期和二期项

目总计节约固定资产投资约 300 万元。

3.3 推广价值

侧围总拼柔性 OPENGATE 系统侧拼 4903 N 受力偏差 1.3 mm 降为 0.5 mm, 提升设备重复定位精度达 62%。总拼 GATE 系统动作时间由原来的 29 s 缩短至 19 s, 整体节拍提升 35%, 达到行业先进水平。取消龙门框架机构后, 机器人工位增加, 单位时间内机器人焊点增多, 每台机器人焊点增加 2 个。总拼 GATE 系统通过结构的优化, 合并到位后, 抱死机构取消, 降低了制造成本, 增加了机器人焊接空间, 提升了企业核心竞争力, 在行业内具有非常好的推广应用价值。

4 结论

通过对汽车焊装车间侧围总拼 GATE 系统进行创新优化, 提升了侧围合并后的尺寸精度。新方案实施后, 尺寸达标率已经达成 96%, 硬点尺寸达标率 100%, 满足车间生产需求, 同时提高了白车身的合格率和生产效率, 后续整车装配的稳定性也得到提升, 全面提升了产品质量, 确保可以将更好的产品交付客户。

参考文献

[1] 叶浩, 黄水儿, 郑春晖, 等. 整车厂焊装车间生产效能提升策略[J]. 机电技术, 2023, (03): 117-120. DOI:10.19508/j.cnki.1672-4801.2023.03.031.

[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. DOI:10.16638/j.cnki.1671-7988.2023.010.037.

(上接第 45 页)

换模机构进行对比(节选自某现有品牌设备), 见表 2。可以看出, 相对传统单侧双层一拖四换模机构, 紧凑型单侧双层一拖四换模机构在占地面积与零部件数量等方面占据一定优势。

表 2 传统型换模机构与紧凑型换模机构对比

类别		传统型	紧凑型
占地面积		11.6 m×5.9 m	11.0 m×5.9 m
驱动方式	横向	双电动机	单电动机
	纵向	单电动机	单电动机
电动机选型	横向	4 kW	5 kW
	纵向	3 kW	3 kW
电动机数量	横向	4	2
	纵向	1	1
推拉机构数量		5	3

7 结论

与传统换模机构相比, 紧凑型换模机构最大的优势在于节省了占地面积以及减少了零部件数量, 达到了节省场地与设备等投资, 同时减轻设备维护压力的目的。同时, 必须认识到此种新型模具垫板结构相对复杂, 模具在换模机构内移动时, 需借用另一模具垫板进行过渡, 中间环节较多, 控制逻辑更为复杂, 中间过程风险也会同步增加。

参考文献

[1] 阮宜进. 双层一拖八换模机构在车身车间的应用[J]. AI 汽车制造业, 2021(3): 37-39.