

# 客车前后围骨架工装夹具的设计与应用

曾鹏辉, 王飞, 王亚, 刘财鑫, 胡志勇

(中车时代电动汽车股份有限公司, 湖南 株洲 412007)

**摘要:**针对客车前后围骨架焊接工装存在的定位精度低、改制效率低与成本高等问题,本文提出一种基于高精度通用基体平台的组合式焊接工装优化方案。该方案采用孔系定位与传统榫卯结构相结合的模块化设计,利用带钢珠的快速锁紧销实现定位模块与基体平台之间的快速装拆,并配备可调节压紧装置以控制焊接变形,从而有效提升了工装的定位精度与改制效率,并降低了制作成本。

**关键词:**前后围骨架工装;孔系定位;榫卯结构;工装精度

中图分类号:U468.2<sup>+</sup>1

文献标志码:A

DOI:10.15917/j.cnki.1006-3331.2026.01.012

## Design and Application of Tooling Fixtures for Front and Rear Framework of Bus Body

ZENG Penghui, WANG Fei, WANG Ya, LIU Caixin, HU Zhiyong

(CRRC Electric Vehicle Co., Ltd., Zhuzhou 412007, China)

**Abstract:**To address the issues of low positioning accuracy, low modification efficiency, and high cost in the welding fixtures for the front and rear skeletons of buses, this paper proposes an optimized modular welding fixture scheme based on a high-precision universal base platform. The scheme combines a hole-based positioning system with traditional mortise and tenon joints, employs quick-lock pins with steel balls for rapid assembly and disassembly of positioning modules on the base platform, and incorporates adjustable clamping devices to control welding deformation. This approach effectively improves positioning accuracy, enhances modification efficiency, and reduces manufacturing costs.

**Key words:**front and rear framework tooling; hole-based positioning; mortise and tenon joint; tooling accuracy

客车前后围骨架工装一般采用固定式焊接工装和螺销式工装两种形式<sup>[1-3]</sup>。固定式焊接工装将分散的定位块零部件与工装底座焊接成一个整体。若产品零部件变更,需先用等离子或切割机切除原定位块,再重新定位并焊接新的定位块。这种改制方式工作量大、精度低,且定位块替换性差。螺销式工装通过螺钉、销钉组合紧固定位,将分散定位块零部件与工装底座进行精确定位锁付。若零部件变更,需拆除对应的定位块组件,并按变更后的零件,在工装底座的对应位置重新进行定位、钻孔和攻螺纹。这种改制方式工作量大、周期长。为提升前后围骨架工装定位精度与生产效率,本文依托高精度工装基体平台对前后围骨架工装夹具进行优化,设计了高精度焊接组合工装,以提升工装夹具的精度与稳定性,确保生产过

程高效可靠<sup>[4-12]</sup>。

## 1 前后围骨架工装设计

### 1.1 工装方案

为解决固定式焊接工装及螺销式工装存在的改制工作量大、精度低及工装改制周期长等问题,本文提出一种焊接组合工装方案。该工装由工装基体平台、定位模块、压紧装置等部件组合而成,具备良好的结构灵活性。通过引入标准化部件,提升工装的柔性和可替换性,有效满足多品种、小批量产品焊接的需求。

为进一步提升工装装配精度及结构稳定性,在定位模块设计中引入传统榫卯结构,通过激光切割工艺在工装板材上一体加工出具备自定位能力的高精度

收稿日期:2025-03-11。

第一作者:曾鹏辉(1991—),男,助理工程师,主要从事冲压工艺及工装模具研究与开发工作。E-mail:zengpenghui.cy@crrecg.cc。

榫卯结构。该结构有效替代了传统“焊接组装+数控加工”的制造工艺,显著提高了组装效率与定位精度,缩短了制造周期,降低了制造成本。

根据连接方式的不同,焊接组合工装主要有孔系、槽系、槽孔结合三种类型。孔系工装具有定位精度高、刚性高及标准化程度高的优势,但其调整能力较差;槽系工装具有可调节、滑动的优势,但其刚性和精度较低;槽孔结合工装兼具定位和微调功能,但其结构复杂且精度介于前两者之间。本工装选用孔系定位方案,因其定位精度高、结构标准化程度高,安装和使用更加简便,能够满足本工装对精度和稳定性的需求。为避免因螺孔加工带来的焊渣堵塞、螺纹损坏及螺纹腐蚀等问题,定位模块与基体平台不采用螺孔连接,而是采用带 5 颗钢珠自动对中的锁紧销,该锁紧销能快速将工装定位模块与基体平台相互定位并紧固,提高装配效率与使用可靠性。

在焊接组合工装设计中,根据前后围骨架三维数模,首先在龙门环架与零部件搭接的关键位置布置榫卯结构定位模块,以确保精准定位,并增设辅助定位点以确保结构平衡。其余每种零部件按实际结构尺寸各设置 2~3 处定位点。为有效控制焊接变形,在龙门环架与零部件搭接处布置压紧装置,通过优化压紧力分布来减小焊接变形。该设计方案采用传统榫卯模块化设计理念,既确保了定位精度,又满足焊接工艺对工装刚性和稳定性的要求,从而有效保证焊接质量。前后围骨架工装的局部和整体方案示意图见图 1 和图 2。

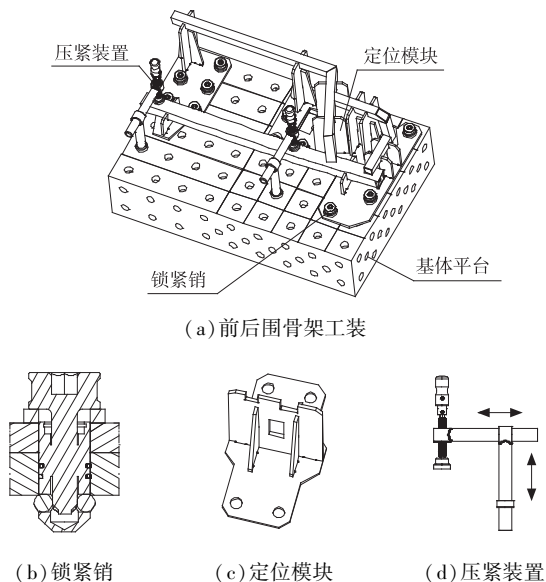


图 1 前后围骨架工装局部方案示意图

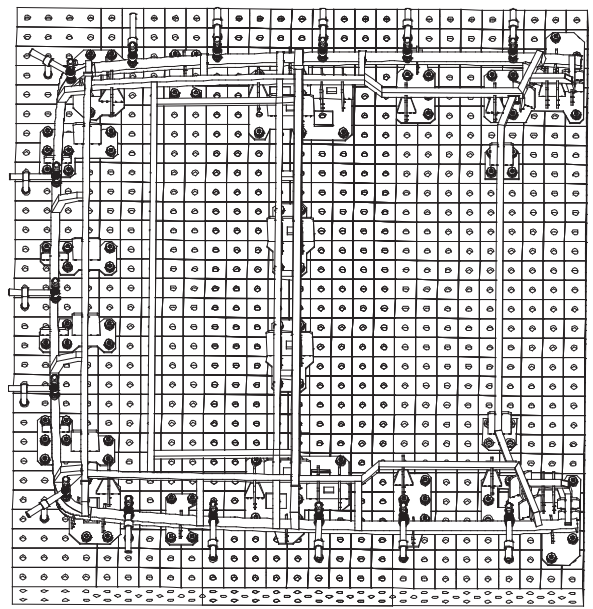


图 2 前后围骨架工装整体方案示意图

## 1.2 工装设计及应用

### 1.2.1 工装基体平台设计及应用

根据工装设计方案,工装基体平台选用孔系通用底座平台(见图 3),台面分布有直径为 28 mm 的圆孔,横向与纵向孔间距均为 100 mm,用于安装各种工装定位模块、压紧装置及锁紧销。基体平台材质为 Q550,台面整体加硬处理,硬度为 28~32 HRC。

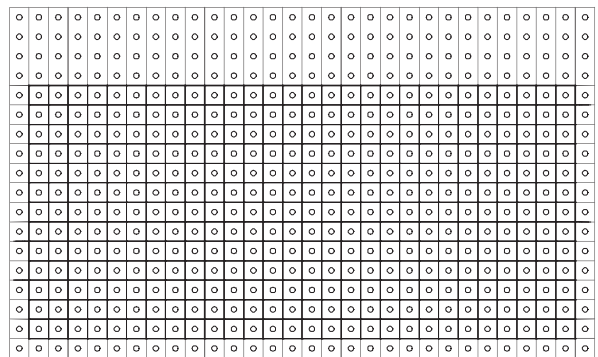


图 3 前后围工装基体平台示意图

平台长度方向两侧面对称度为 0.5 mm,在 1 000 mm×1 000 mm 的台面范围内,平面度误差不超过 0.1 mm,工作台面相对于指定基准侧面在 200 mm 高度上的垂直度误差不超过 0.05 mm,相邻两孔中心距偏差为±0.03 mm。在 4 000 mm×4 000 mm 的平台范围内,任意两孔中心距公差为±0.25 mm。

该通用工装基体平台精度高,零部件装夹与拆卸方便,可供不同车型的前后围产品共用,具有一次投入、长期使用、用途多样等优点。

### 1.2.2 定位模块设计

定位模块由定位块与底板通过传统榫卯结构组合焊接而成(如图4所示)。定位块及底板按照前后围骨架产品设计,采用激光切割加工出互补的榫头和卯口,通过榫头与卯口之间的高精度配合,实现快速定位与模块组装。该结构有效替代了传统“焊接组装+数控加工”的制造工艺,简化了加工流程,提高了组装效率和精度。

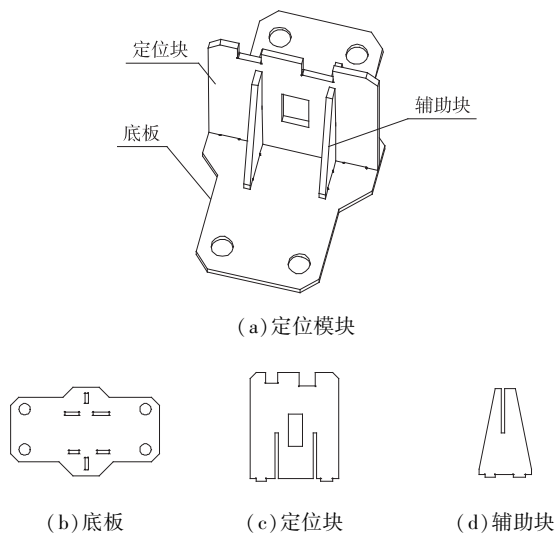


图4 榫卯定位模块示意图

各零部件按照工装设计图纸组合焊接,以此保证定位模块的一致性与整体装配的可靠性。该工装整体结构简单,操作便捷,制作容易,同时兼具高精度与高强度的特性。在选材与结构上,定位块和底板均采用8 mm厚的Q235板材;底板上加工有直径为28 mm的定位圆孔,通过锁紧销实现与底座的固定。

### 1.2.3 压紧装置应用

由于不同车型的前后围骨架尺寸不一,压紧装置采用了可调节式设计,其主要由纵向调节杆和横向调节杆构成(如图5所示)。纵向调节杆插入基体平台的定位孔进行定位,横向调节杆套入纵向调节杆的固定环中,通过伸缩调节压紧装置与工件之间的距离。为增强压紧效果,横向调节杆锁紧螺杆选用梯形螺杆作为锁紧机构,利用其较大的自锁能力和压紧力,通过转动横向调节杆上的旋转手柄,将旋转力转化为线性压紧力,从而对工件进行固定。

可调式压紧装置的优点是可以调节上下高度和水平距离。在前后围骨架制作过程中,手动转动旋转手柄对其进行压紧,防止骨架移动,减少焊接变形。

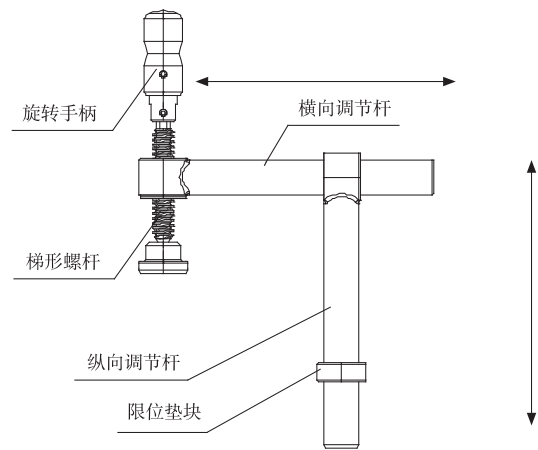


图5 可调压紧装置示意图

### 1.2.4 锁紧销应用

定位模块与工装底座未采用螺栓、销钉组合的锁附方式,原因是该方式拆装效率低,且长期频繁拆装易出现螺纹磨损及配合精度下降的问题,从而影响整体精度。为提高拆装效率并确保连接稳定性,本文设计方案采用带钢珠快速锁紧销(如图6所示)。快速锁紧销主体直径为28 mm,内置螺杆和钢珠。旋转螺杆时,钢珠自动凸出并对中,从而达到锁紧效果。通过正反向旋转螺杆,可控制钢珠凸出量,实现定位模块对工装底座的快速锁附。

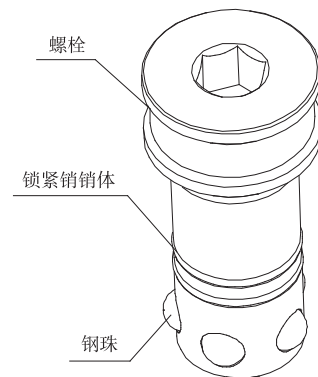


图6 锁紧销示意图

## 2 前后围骨架工装使用及效果

### 2.1 前后围骨架工装使用

1) 装配时,首先依据工装设计图纸,将定位模块通过快速锁紧销安装并紧固于平台定位孔上;随后,将前后围骨架单件放入相应工装定位块的卡位中,并用可调式压紧装置将前后围骨架单件压紧。

2) 产品换型时,工装基体平台无需更换。具体方法是:以高精度工装基体平台为基准,重新设计并制作工装定位模块,拆除现有工装定位模块,将新的

工装定位模块安装在原有工装基体平台上。因此,所有车型前后围骨架工装的设计基准和安装基准统一,工装精度高。

3) 当骨架仅需局部变更时,同样基于此高精度平台,仅替换变更处的定位模块。这确保了改制后的定位模块基准与工装原始设计基准一致,从而在保证工装整体精度满足要求的同时,实现了工装的快速改制。

## 2.2 前后围骨架工装效果

以高精度工装基体平台为基准,设计前后围骨架工装,以提升其通用性。后续更换不同车型时,只需更换定位模块,从而将工装整体制作精度控制在1 mm以内。由此可见,采用共用的高精度工装基体平台,能够减少为多车型分别投入固定式工装基体平台的成本。

前后围骨架换型、变更时,只需更换工装定位模块和局部定位块,工装改制仍可保持改制基准,整体制作精度控制在1 mm以内,改制时间大幅缩短。采用固定式工装基体平台时,工装改制时间为12 h,而更换为高精度工装基体平台后,改制时间缩短至4 h。

为验证前后围骨架工装,可通过三坐标测量仪对其尺寸进行测量。测量数据显示,实际加工尺寸与理论设计的偏差均控制在1 mm以内,充分验证了该工装设计方案能够有效保证整体加工精度。前后围工装检测位置及报告分别如图7和图8所示。

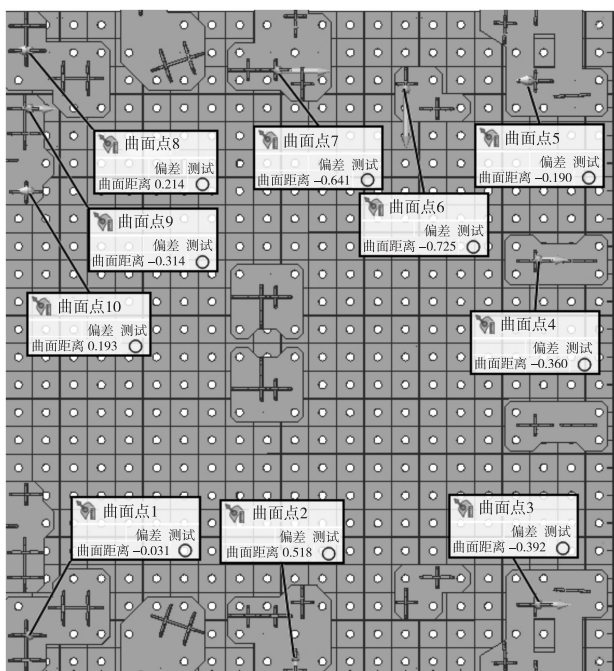


图7 前后围工装检测位置

名称	控制	测量的	公差	偏差	测试
曲面点1	曲面距离	-0.031 ± 1.000		-0.031	通过
曲面点2	曲面距离	0.518 ± 1.000		0.518	通过
曲面点3	曲面距离	-0.392 ± 1.000		-0.392	通过
曲面点4	曲面距离	-0.360 ± 1.000		-0.360	通过
曲面点5	曲面距离	-0.190 ± 1.000		-0.190	通过
曲面点6	曲面距离	-0.725 ± 1.000		-0.725	通过
曲面点7	曲面距离	-0.641 ± 1.000		-0.641	通过
曲面点8	曲面距离	0.214 ± 1.000		0.214	通过
曲面点9	曲面距离	-0.314 ± 1.000		-0.314	通过
曲面点10	曲面距离	0.193 ± 1.000		0.193	通过

图8 前后围工装检测报告

在前后围产品的焊接工艺验证中,使用卷尺、专业靠尺及角度尺等工具对焊后脱模产品进行测量。结果表明,各零部件之间的相对位置尺寸均符合设计要求。值得注意的是,前后围龙门环架与左右侧围骨架、顶盖骨架有装配要求,焊接过程中可能会出现局部变形。因此,专门使用专业靠尺对龙门环架的平面度进行检测。结果显示,其整体平面度在1 mm以内,满足后续工序装配的精度要求。

## 3 结束语

本文针对前后围骨架工装存在的精度低、改制工作量大等问题,提出了一种基于高精度基体平台的焊接组合工装设计方案。该方案采用孔系定位方式、榫卯结构定位模块及可调节压紧装置等创新设计,确保工装的高精度、稳定性和可调节性,从而满足不同车型前后围骨架的生产需求。

在工装使用过程中,仅需更换对应的定位模块即可完成工装改制,无需更换基体平台,这大幅缩短了工装改制周期,提高了生产效率。同时,工装精度控制在1 mm以内,保证了产品质量。与传统固定式工装相比,该高精度组合工装在改制效率、适应性和经济性方面优势明显,具有良好的应用和推广价值。

## 参考文献:

- [1] 石成义,刘恒,丁学全,等. 客车订单式生产模式下的骨架工装体系建立[J]. 客车技术与研究,2016,38(2):43-45.
- [2] 樊志家,高超. 关于焊接工装夹具设计过程的研究[J]. 金属加工(热加工),2020(1):43-45.
- [3] 石成义. 基于客车生产需求的骨架工装应用研究[D]. 西

- 安:长安大学,2017.
- [4] 南洋. 先进焊接工装夹具在机械装备制造中的运用[J]. 现代制造技术与装备,2022, 58(6): 129-131.
- [5] 朱彬. 先进焊接工装夹具及其在机械装备制造中的应用[J]. 时代农机,2019,46(12):65-66.
- [6] 李娜,王国冰. 先进焊接工装夹具在机械装备制造中的应用[J]. 装备制造技术,2019(3):148-150.
- [7] 余建军,任治军,王辉. 先进焊接工装夹具及其在机械装备制造中的应用[J]. 机床与液压,2011,39(12):115-121.
- [8] 王波,刘风盛. 汽车焊接工装夹具设计优化策略研究[J]. 汽车测试报告,2023(22):31-33.
- [9] 陈依苇,田思雨,胡昌格. 榫卯结构在工业设计领域的创新应用研究[J]. 模具制造,2025,25(2):223-225.
- [10] 申雪娇. 榫卯结构的教育价值挖掘及传承路径[J]. 教育观察,2023,12(20):30-33.
- [11] 李明侠,刘洪海. 榫卯结构在工业设计中的应用[J]. 林业和草原机械,2021,2(6):31-34.
- [12] 齐彪,陈德,马婕,等. 全自动激光切割法加工板材试样[J]. 理化检验-物理分册,2023,59(11):7-11.

## 《客车技术与研究》征稿启事

《客车技术与研究》创刊于1979年,双月刊,是国内外公开发行的学术期刊。本刊由重庆市交通局主管,重庆交通科研设计院、重庆车辆检测研究院和中国公路学会客车分会主办,现已被国内外多家检索机构收录,包括中国核心期刊(遴选)数据库、万方数据——数字化期刊群、中国期刊全文数据库、中文科技期刊数据库、中国学术期刊综合评价数据库、JST日本科学技术振兴机构数据库(日)(2025)等,是《CAJ-CD规范》执行优秀期刊。

本刊主要刊登国家科技政策及国内外客(汽)车技术等方面的学术论文,包括科研成果和实践经验,标准,新技术、新工艺及新材料,客车市场,客车检测,使用和维修,经营与管理等。欢迎相关领域的专家、学者赐稿。

本刊重点关注的方向:

- |            |           |          |
|------------|-----------|----------|
| ◆智能网联客(汽)车 | ◆新能源客(汽)车 | ◆节能与排放   |
| ◆安全与碰撞     | ◆振动与噪声    | ◆新工艺与新材料 |
| ◆客(汽)车电子   | ◆设计与计算    | ◆标准解读    |

E-mail:btreq@163.com

QQ:1711088150

微信公众号:客车技术与研究

网址(在线投稿):<http://bus-in.cmvr.com.cn/>(中交客车网)

地址、电话:重庆市高新区新金大道9号 023-62653044

