

# 轨道车辆客室门组装工艺研究

黄坤, 火巧英, 经中涛, 付宁宁

中车南京浦镇车辆有限公司 江苏南京 210031

**摘要:** 针对实际生产过程中遇到的车体客室门组装难题, 对角线差尺寸频繁超差, 通过三维模拟分析, 制定反变形、调整预置挠度等优化工艺措施, 然后根据生产实际情况反馈, 进行分析和总结, 最终达到解决难题、验证改进措施效果的目的。

**关键词:** 轨道车体; 客室门; 尺寸控制

## Research on the assembly process of passenger room doors of rail vehicles

HUANG Kun, HUO Qiaoying, JING Zhongtao, FU Ningning

CRRC Nanjing Puzhen Vehicle Co., Ltd., Nanjing 210031, Jiangsu, China

**Abstract:** In view of the problem of the assembly of the car body room door encountered in the actual production process, the diagonal difference size is frequently excessive. Through three-dimensional simulation analysis, anti-deformation, adjustment of preset deflection and other optimization process measures are formulated, and then analyzed and summarized according to the feedback of the actual production situation, so as to finally solve the problem and verify the effect of the improvement measures.

**Keywords:** railway vehicles; passenger room door; dimensional control

### 1 序言

随着我国轨道车辆行业的迅猛发展, 轨道车辆的批量制造生产数量和种类越来越多、车宽越来越大, 导致在制造生产过程中, 车体结构各种尺寸的控制难度加大。而在车体所有尺寸控制中, 与客室门相关的尺寸又是一个事关车辆密封、门机构安装的重点项目。根据GB/T 30489—2014《城市轨道交通车辆客室侧门》、GB/T 7928—2003《地铁车辆通用技术条件》规定, 对轨道车辆车体客室门的对角线差值要求较为严格, 本项目要求客室门对角线差值 $\leq 4\text{mm}$ , 但在实际生产制造过程中, 频繁出现超差现象。通过分析和总结, 提出了一个具备普适性的分析及处理工艺的研究方法, 并得到了生产验证。希望文中的一些分析、解决问题的思路和过程, 能

够对同行业轨道车体的生产制造, 具有一定的参考意义。

### 2 问题的模拟分析

由于车体载客和下部设备的吊挂要求, 在车体的设计制造过程中, 车体中部必须起拱(即挠度), 而起拱则会对客室门对角线差造成影响。以四门车为例, 客室门对角线差值受到车体焊前、焊后挠度剧烈变化的影响, 从而根据内应力的变化, 发生了不同程度的变形, 最终成为不同程度的平行四边形, 如图1、图2所示。

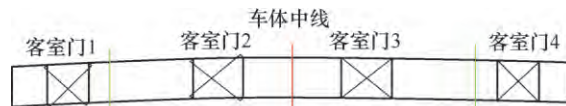


图1 车体挠度曲线示意

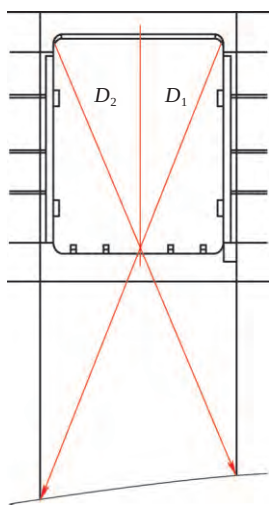


图2 挠度曲线上客室门状态示意

以正在执行的某项目为例,当按照理论模型模拟预置挠度(中部起拱)为29mm时,每个客室门对角线差值应为10mm左右(见图3)。

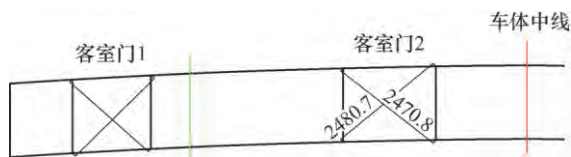


图3 预组状态客室门对角线模拟计算图

另外,在实际操作过程中,由于组装公差、侧墙宽度公差、门立柱与底架边梁之间的间隙、制造误差等因素影响,门对角线差值在焊前会达到13~14mm<sup>[1]</sup>。

当最终交车时,因车体挠度回弹而变为13mm时(设计公差为11~15mm<sup>[2]</sup>),客室门对角线差的理论模型会变为4.6mm,而客室门对角线差设计标

准为 $\leq 4\text{mm}$ <sup>[3]</sup>,因此出现超差情况(见图4)。

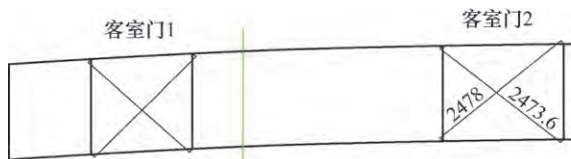


图4 交检状态客室门对角线模拟计算图

在实际生产中,由于制造误差原因,结果会较理论模型有波动,因此客室门对角线超差情况就会成为一个普遍现状和惯性问题存在。

### 3 工艺优化措施

根据上述模拟分析,有针对性地采取了如下4项措施。

(1) 调整客室门上部中线定位尺寸(反变形1)

在侧墙机械加工工序中,通过使门的上口和下口中线错位,将其调整为与车体起挠后的门状态相反(见图5),形成反向平行四边形,以抵消车体起挠后的变形,具体数值则需要综合考虑客室内装的影响来制定。



图5 机加工序放量示意图

注:图中标记数值仅作参考。

(2) 调整客室门左右立柱高低差(反变形2)

在侧墙组焊工序中,将客室门左右的立柱,分别按照交车时门对角线较长方向的反方向,进行立柱高低调整,该高低差数值,则需要综合考虑焊缝的WPS对间隙的要求及车体实际生产水平导致的缝隙(见图6)。

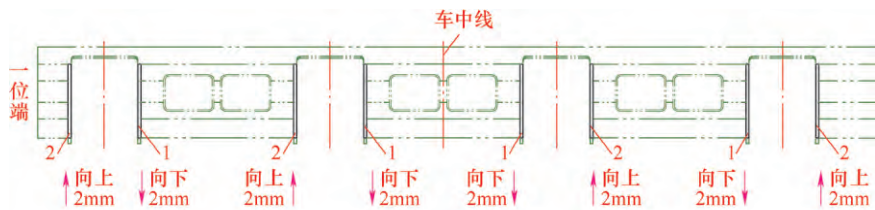


图6 立柱调整示意图

注:图中标记数值仅作参考。

(3) 调整车体总成预置挠度 如图7所示,调整车体总成预置挠度工装,将门2、门3区域的起拱高度降低,从而使车体起拱的弧线平缓过渡。以最高点不变为基准,将中部弧线平缓过渡到枕梁,以调整中间的门2、门3位置的车体纵向内应力,将其转移至端部门1、门4,从而达到降低中部客室门2、

门3对角线差值的目的。

(4) 组装过程调整 由于车体从预置挠度29mm到交车时11mm的过程仍然存在,回弹时车体每个客室门的内应力会随机分布,所以在实际生产过程中,要求在车体组装时,客室门按照如下方式调节。

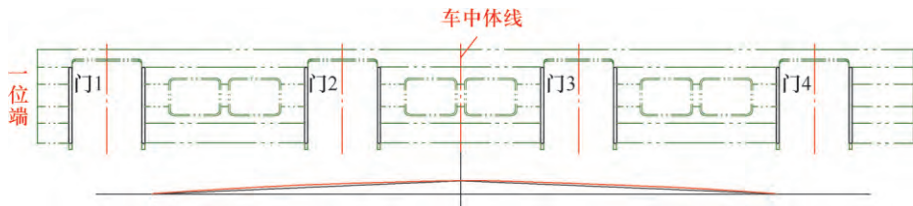


图7 预制挠度曲线示意

- 1) 侧墙板3 (最中间的侧墙板) 两侧的门立柱同时向下拉, 保证两侧的间隙大致相等, 从而使门2、门3的内应力均匀。
- 2) 将端部客室门1、门4宽度调整至公差下限,

从而对冲掉一部分对角线公差。

#### 4 执行效果

该系列措施有明显成效, 在具体的项目执行过程中, 截取部分数据, 对比结果见表1。

表1 项目执行过程中部分数据对比 (mm)

| 序号 | 项点               | 位置  | 门1 | 门2 | 门3 | 门4 | 对角线差值标准 |
|----|------------------|-----|----|----|----|----|---------|
| 1  | 0101客室门对角差 (执行前) | 一位侧 | 3  | 3  | 7  | 9  | ≤4      |
|    |                  | 二位侧 | 9  | 2  | 4  | 3  |         |
| 2  | 0102客室门对角差 (执行前) | 一位侧 | 1  | 1  | 1  | 4  |         |
|    |                  | 二位侧 | 3  | 2  | 8  | 2  |         |
| 3  | 0103客室门对角差 (执行前) | 一位侧 | 2  | 3  | 5  | 1  |         |
|    |                  | 二位侧 | 8  | 7  | 1  | 2  |         |
| 4  | 0104客室门对角差 (执行前) | 一位侧 | 1  | 1  | 3  | 4  |         |
|    |                  | 二位侧 | 4  | 4  | 1  | 3  |         |
| 5  | 0201客室门对角差 (执行后) | 一位侧 | 1  | 1  | 2  | 2  |         |
|    |                  | 二位侧 | 1  | 3  | 2  | 2  |         |
| 6  | 0202客室门对角差 (执行后) | 一位侧 | 3  | 5  | 1  | 1  |         |
|    |                  | 二位侧 | 1  | 1  | 4  | 3  |         |
| 7  | 0204客室门对角差 (执行后) | 一位侧 | 3  | 2  | 1  | 2  |         |
|    |                  | 二位侧 | 5  | 2  | 1  | 4  |         |

从表1中执行前和执行后的数据进行对比能够看出, 对角线差值的超差频次和超差最大值都有较大幅度的降低, 验证了上述措施的执行效果。

#### 5 后续措施

在改进措施具体执行数值的制定上, 经与前后工序的工艺师进行探讨, 已做到了各工序能够允许的极限, 而最终结果也在后工序的调整范围内。因此, 在后续生产过程中, 需要紧盯生产现场, 做好培训和指导工作, 防止各部件交检数值波动较大, 导致实际数据与理论模型有较大差距。

#### 6 结束语

综上所述, 本文以项目批量生产中客室门对角线差频繁超差难题, 采取有效地措施并进行了验证, 对类似结构的车体批量生产制造, 具有一定的

参考作用。

也为行业内车体制造相关专业的同行遇到类似问题时, 在保证最终车体尺寸、性能满足设计要求情况下, 提供一个制定工艺措施的思路。

#### 参考文献:

- [1] 付宁宁, 经中涛. 地铁车体总成关键焊缝焊后变形量工艺研究[J]. 大连交通大学学报, 2021, 42 (1) : 67-70.
- [2] 曲双, 王亚男, 鲍洪阳. 轨道交通整体承载式铝合金车辆车体挠度的预制方法及试验研究[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25 (2) : 31-34.
- [3] 中国国家标准化管理委员会. 城市轨道交通车辆客室门: GB/T 30489—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.