



土耳其安卡拉地铁不锈钢车体侧墙平面度控制

李忠辉

【摘要】 由于不锈钢的导热率很小，焊接时发生热应变较大，焊接变形的控制为车体制造的难点。由于无涂装不锈钢车体表面质量要求高，对热变形控制严格，传统碳钢车体采用火焰调平外板的方法受限，而车体侧墙为外观面，因此控制侧墙外观是不锈钢车体制造的关键。本文通过分析侧墙制造的各个工序，分析在制造过程中发现的影响侧墙平面度因素，并总结改进措施。

关键词： 城轨车辆；不锈钢车体；侧墙平面度；调修；工艺

1. 概述

安卡拉项目是公司首个批量化生产的城轨车辆不锈钢车体项目，在制造过程中侧墙平面度控制一直是个很难解决的问题。实际生产发现侧墙整体平面度要求达到2mm，实测最大有4mm；窗口位置平面度要求1mm，实测最大3mm；车体组焊完成后，要求车体侧墙外观一致，车体变形不能影响视觉外观，实际发现立体接头处鼓包、门立柱与侧墙连接立柱连接处鼓包，门框处内凹，II端侧墙局部凹陷等影响车体外观的质量问题。

2. 侧墙平面度超差原因分析

(1) 零部件质量不达标 第

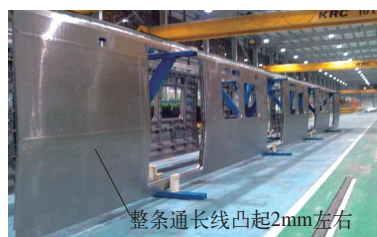


图1 侧墙平面度状况

一，侧墙骨架横梁马腿高度达不到1.5mm，在组装时导致横梁与立柱正面有错边，与侧墙蒙皮板焊接之后，导致蒙皮板不平，如图2所示。

第二，帽型梁平面度、直线度超差，组装过程中帽型梁与定位块间隙相差3~4mm。形成的原因主要是现有模具压型后产品台



图2 横梁马腿角度与高度达不到要求

阶面与水平面不平行，呈中间低两端翘状态，最终导致台阶面高度不一致，如图3所示。

第三，侧墙连接立柱垂直度、上下平面平行度达不到要求，组装后与门梁连接处出现上翘2mm左右，蒙皮后就会出现明显的通长线的凸起，严重影响了外观质量。



图3 帽檐梁中间低两端翘

第四，侧墙骨架在组焊完成后轮廓度达不到要求，整根立柱直线度 $\geq 1\text{mm}$ ，每500mm范围内直线度 $\geq 0.5\text{mm}$ 的情况下，如图4所示。

第五，连接侧墙立柱与横梁的立体接头质量不稳定。三个面的高度差 $>0.5\text{mm}$ 、因三个面不平行，导致组装时与立柱及横梁无法贴紧，影响了电阻焊的焊接质量，造成焊接后框架整体变形。

(2) 侧墙骨架焊后变形 在试制时发现，侧墙骨架电阻点焊后，由于立体结构的原因，所有横梁与立柱连接处有2mm左右的错边使立体接头质量达不到要求，如图5所示。进行蒙皮后，侧墙外观面有较为明显的凹坑，如图6、图7所示。

(3) 门立柱组焊上部变形 第一，门立柱侧面焊接C型材后，门立柱轮廓度超差，门立柱外侧面平面度超差。

第二，门上连接梁与门立柱经过组焊后有3~4mm的平面度变形，如图8所示。

第三，门框工装：支撑垫无法支撑门上加强梁，使压杆强度与长度都达不到要求。

第四，门框组装焊接后都需要进行火焰调修，而且耗费时间较长。

第五，装配时间比较长，组装一个门框需要3h，难以满足正常生产要求。

(4) 车体组焊完成后局部变形 第一，车体组装焊接后，客室门出现了3~4mm内凹，窗口周围直线度最大有3mm，影响了后续的门与窗的安装，如图9所示。

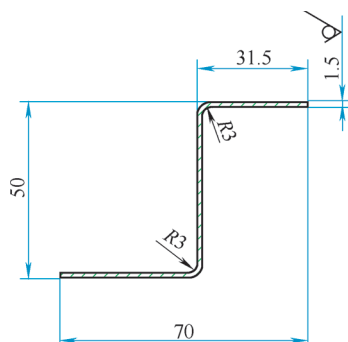


图4 侧墙连接立柱垂直度、上下平面平行度尺寸超差



图5 立体接头质量达不到要求

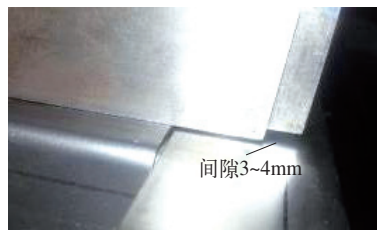


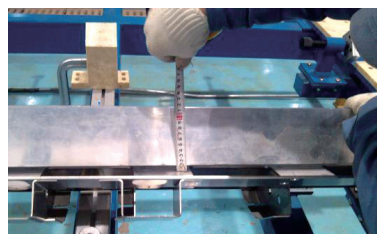
图6 侧墙骨架焊接后2mm左右的错边



图7 侧墙骨架横向与纵向整体平面度有3mm偏差



(a) 门立柱平面度超差



(b) 门上加强梁直线度超差

图 8

第二，在进行侧墙与边梁迂回焊时经常会出现局部鼓包现象，是由于内外连接板处间隙不均匀，而且大部分连接处没有间隙，所以焊接过程中材质无法放量出现了鼓包现象，严重影响了外观质量，如图10所示。

3. 采取的措施

(1) 统一零件检验标准 通

过多次焊接工件，对比侧墙外表的平面度，综合供应商的生产能力，提出了侧墙关键零件的控制标准，如表1所示。

(2) 骨架焊前调修 侧墙骨架调修要求：①侧墙骨架调修后样板检测轮廓度在0.5mm以内。②圆弧处间隙在1.0mm以内。③横梁与立柱帽檐错边在0.3mm以



图9 窗框直线度测量

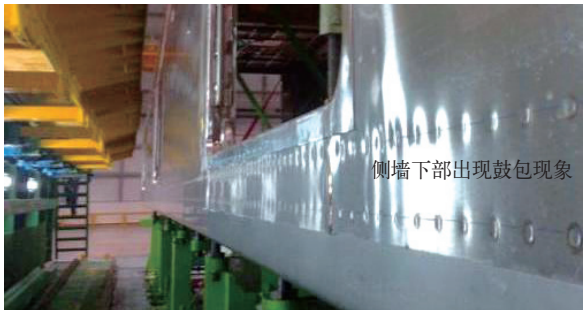


图10 门角鼓包

表1 零部件控制标准

零件名称	零件图样	质量要求
帽型梁		1.帽沿平面度 (0,+0.2) mm 2.整根梁直线度≤0.5mm 3.其他尺寸按图样标准
马腿		侧墙横梁马腿高度 (0, +0.3) mm
立体接头		用样板检测, 间隙小于0.2mm

内, 如图11所示。

(3) 焊接过程变形控制 第一, 侧墙骨架组焊时, 将立体接头在电阻点焊前, 先用弧焊将立体接头与横梁、立柱点固, 保证立体接头与立柱、横梁贴紧。侧墙连接立柱焊前通过使用垫块、弧焊点固保证正面与平台贴紧, 保证了侧墙两侧处平面度。

第二, 侧墙蒙皮点焊时, ①侧墙单元蒙皮时移除压紧工装, 使用下方加紧的方式替代移动式压紧工装, 提高电极自由度, 进行自动焊接。②优化焊接顺序, 窗角位置焊点多且密集, 为4层板焊接结构, 焊接变形较大。采用跳点式焊接之后有效控制了热输入量, 从而减少了窗角变形。③临时在横梁间添加加强筋, 点焊。从第3列车开始, 调整横梁距离, 添加加强筋, 结构与大侧墙一致, 如图12、图13所示。

第三, 门立柱组焊时, ①把压杆臂加长150mm, 并去掉压块, 减少了重复加垫块的时间。

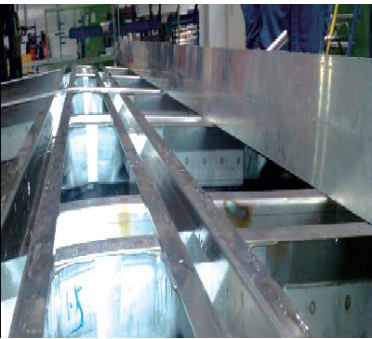


图 11

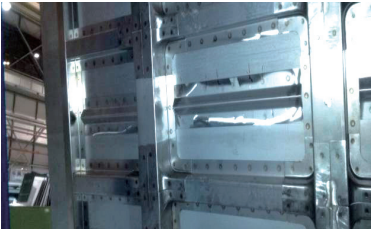


图12 在横梁间添加加强筋板

②去掉加固长梁来控制门上加强梁变形,通过调整加强梁反变形量和焊接顺序来控制变形,最终控制在1mm以内。③经过改进后的门框组装时间控制在2h以内,每天至少可生产6个门框,大大提高了生产进度,如图14所示。

第四,侧墙总成时,①侧墙单元与门框吊入工装后用水平尺在蒙皮表面测量,侧墙蒙皮与立柱之间不允许有间隙,门框立柱处平面度 $<0.5\text{mm}$,不平处在立柱两端工装支撑加垫片调平。②焊点分流:自动化焊接难以实现的焊点采用移动式补点焊机在台位下焊接。③部件分流:将一些焊接位置困难,对侧墙结构组成影响较小的配件分流到后道工序焊接。如,窗立柱与侧顶上连接板的焊缝、C型材与门立柱焊缝、上部连接梁焊缝、窗角焊缝等移至台位下及车体总焊台位焊



图13 添加加强筋后的侧墙



图 14

接。

(4)焊后调修 第一,侧墙骨架调修:①轮廓度矫正。侧墙骨架横向与纵向整体平面度变形,采用火焰矫正的方法进行矫正。例如,梁上拱就对梁上部拆弯处受力比较大而且不容易变形部位火焰矫正,然后用水立即冷却,下拱就烤梁下部位置。②帽檐平面度矫正。使用扳手调整帽型梁平面度,保证帽型梁 0.2mm 以内。③横梁与纵梁错边矫正。采用敲击方法,保证横梁与纵梁连接部位正面平面度在 0.3mm 以内。

第二,车体总成调修:①窗框周围直线度调修。用1m水平尺对窗口进行检测,平面度超差1mm以上就需火焰调平,如梁上拱(外部内凹)就对梁上部拆弯处受力比较大而且不容易变形部位火焰矫正,然后用水立即冷却;下拱就烤梁下部位置。如图15所示。②客室门轮廓度调修。门需用专用检测模板测量弧度超差1.5mm以上就需火焰调平,对梁上部拆弯处受力比较大而且不容易变形部位火焰矫正,然后用水立即冷却,达到调平要求控制在1.5mm以下即可。③门角鼓包。出现局部鼓包现象是对在组装侧

墙总成时把内外连接板处间隙控制在3~5mm之间,就能很好的解决鼓包现象。

4. 改进后的效果

在制造过程中通过对涉及侧墙的各个工序进行操作改善、工艺改进及工装的优化,彻底解决了不锈钢车体侧墙平面度超差的问题,减少不锈钢车体生产后序工作的调修量,使得侧墙平面度控制在 $1\text{mm}/300\text{mm}$, $3\text{mm}/1\text{m}$,窗口位置侧墙平面度在1mm以内,满足了城轨不锈钢车体质量要求。

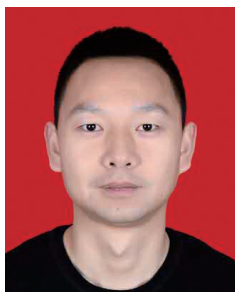
(1)侧墙通过调修后使用模板测量轮廓直线度在 $0.5\sim 1\text{mm}$ 之间。通过这些方法把侧墙骨架从原来的两人需要3~4h才能完成一个侧墙单元骨架的调修,改进后基本在0.5h以内就能完成。

(2)侧墙蒙皮台位只有1台设备2个工位,1节车共10块侧墙单元,需要4天才能完成1节车,在设备不发生任何故障的情况下,最终能实现3天1台车的生产节奏,不能实现2天1台车的能力,制约了整条生产线的能力,如表2所示。

(3)通过采取以上控制措施,基本解决了门框焊后变形,使变形基本控制在1.5mm以下。



图15 窗框调修



基于碳钢车体的等离子弧焊工艺的研究

渐春光 戴忠晨 周成候 陈菲 孟宪伟 王跃海 张洪涛

【摘要】 通过不同厚度耐候钢板的不同间隙等离子弧焊工艺的试验分析，在设定的工艺参数下，焊缝的熔合效果良好，满足了工艺需求，可应用于客车蒙皮耐候钢的等离子弧焊接。

关键词： 等离子弧焊；耐候钢；蒙皮

1. 概述

等离子弧焊是利用等离子弧作为热源的一种焊接方法，是普通钨极气体保护焊的一种特殊形式。其稳定性、发热量和温度都高于一般电弧，因而具有较大的熔透力和焊接速度，所以单面焊时无需在背面实施机械支撑，对接焊时无需进行坡口预加工。

国内某客车项目欲在蒙皮时使用等离子弧焊接，这与传统的手工焊接相比，不仅能够保证焊缝质量，亦可提高生产经济效益，降低生产成本，因此研究碳钢车体的等离子弧焊技术有较为重要的意义。

2. 工艺试验

(1) 母材分析 客车蒙皮采用05CuPCrNi的耐候钢，试验采用板厚分别为3mm和8mm（需加工），填充金属为 $\phi 1.0\text{mm}$ 的ER309LSi焊丝，表1为试验母材及焊丝的化学成分，保护气体为99.999%的高纯氩，气体流量为20L/min，离子气体为95%Ar+5%H₂，气体流量为

8L/min，两种气体流量均可微调。

(2) 试验方法 试件的加工尺寸分别为350mm×150mm×8mm（表面需要开槽处理，槽深3mm，倒直角）和350mm×80mm×3mm，试件的接头和组装如图1所示。本试验的设备为等离子弧焊机（型号为TransTig 4000 Job G/F），如图2a所示；根据设计要求需要对焊枪角度进行调整，因此也要对工艺装备进行简单模拟，如图2b所

表2 侧墙蒙皮完成情况

工序	大侧墙	小侧墙	节车制造时间	改进后的时间
制造时间/h	8	6	—	4.5
节车数量/件	6	4	—	10
制造总时间/h	48	24	72	45

(4) 侧墙总成，通过采用工装改造、焊点分流、部件分流等方法，基本能按两天一台车完

成生产任务。

5. 结语

侧墙平面度的控制通过改进

后能有效的解决各个生产工序的难点，顺利完成各工序的生产任务点，解决了后续的返工量和人员重复作业时间的问题，其中产生的效益无法衡量。

作者简介：李忠辉，中车株洲电力机车有限公司技师协会。

MW 20161122