



不锈钢地铁车辆底架制造工艺

袁超 姚明哲 李希勇 许晓航

【摘要】 本文结合不锈钢车体底架实际生产中产生的问题，讨论不锈钢结构在焊接变形控制方面的制造工艺和经验。

关键词： 不锈钢车体底架；制造过程难点；工艺控制要点

随着我国经济建设和社会发展，交通问题日益受到广泛的关注。地铁作为一种能源清洁、快速便利、载量大的交通工具，成为了大型城市公共交通的选择之一。目前地铁车辆主要采用铝合金和不锈钢作为车体的主要结构材料，其中时下最为流行的就是采用轻量化结构的不锈钢车体。与其他材料的车体相比，不锈钢车体具有重量轻、成本低、模块化、耐腐蚀及使用寿命长等优点。但同时不锈钢因为热导率低、刚度大等特点，也存在焊接变形大和调修困难等问题。

本文涉及的不锈钢车体底架结构，为目前较为流行的B型不锈钢车体所采用的底架结构，主要由牵枕梁、横梁和侧梁等几大部分组成。不锈钢地铁底架的牵枕梁结构主要使用Q235和Q450的大气耐候钢，其余部分与车顶、侧墙等大部件一样使用了SUS301和SUS304不锈钢材质。

1. 底架钢结构制造工艺

(1) 底架主要结构分析 底架主要结构如图1所示，主要由端底架、主横梁、边梁和波纹地板组成。

(2) 底架主要技术要求 底架长度公差 (+6, +12) mm；半宽公差 ± 2 mm；整体对角线 ≤ 8 mm；波纹地板上平面度 ≤ 5 mm；枕中间距公差 (+4, +10)。

(3) 底架组成工艺流程 工艺流程为：横梁组装→底架装配→底架手工弧焊→底架数控点焊→底架正面附件组焊→波纹地板铺装→底架翻转→底架反面附件组焊→底架交验。

2. 底架制造难点分析

(1) 车下横梁吊装孔偏差问题 本车型车下设备采用螺栓与底架横梁连接的形式固定。为了增强横梁吊装的强度，每根横梁内部加焊补强筋，但同时也造成了一个问题：焊接补强筋带来的热量使得横梁在直线上产生了弯曲，也就造成了横梁吊装孔偏差的问题。

(2) 司机室地板变形 头车采用的司机室地板一般采用2mm厚度的不锈钢板，规格在2.7m×3m左右，为了便于头车司机室车上仪器与车下线路连接，地板上有两个较大开孔。本车型地板与底架地板梁及牵引梁

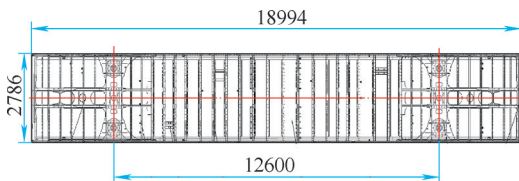


图 1

采用手工塞焊的焊接形式连接。这种结构和焊接形式，必然导致司机室地板在焊接完成之后，出现较大变形，尤其在开孔位置和梁间位置上，焊接热量使得司机室地板出现凹凸，人力即可改变地板平面情况，如不解决，在以后车辆运行时地板受车辆颠簸将会出现异响情况，影响地铁正常运行和车辆安全。

(3) 波纹地板的直线度问题 本车型采用6块19000mm×400mm×0.6mm的波纹板，使用缝焊机拼焊而成，共计5道19m长的焊缝。尽管焊接采用的数控电阻焊加水冷的形式，但是由于焊缝较长，板材厚度只有0.6mm，焊接完成后，波纹地板的直线度出现变形。通常焊接变形使波纹板成弧形形状，直线度一般为10mm×20mm，难以做到10mm以下，对后续波纹地板与底架的装配焊接，以及组装工序中铝地板安装造成不利影响。

3. 解决方案

(1) 为了解决底架横梁吊装孔偏差的问题。首先要控制横梁焊接变形。①横梁加焊补强筋时，利用工装设置反变形，减小横梁的变形量。②调修主横梁，采取机械加火焰调修的方式，调修横梁直线度，要求1.5mm以内，为了减少调修造成横梁其他尺寸的变化，优先机械调修，必要时使用火焰微调。其次在底架骨架成形后，再次检查横梁的直线度，使用火焰微调。

经过以上工序中的工艺方法的控制，横梁吊装孔的偏差量大致可以控制在2mm以内，最后将底架翻转，利用事先准备好的

带孔的吊装孔检测样板及销钉模拟吊装情况，检查横梁吊装孔偏差，还存在偏差的，使用铣刀进行扩孔，一般扩孔量≤2mm。横梁装配如图2所示。

(2) 司机室地板的变形问题。首先应从结构优化上来解决，司机室地板焊接变形主要出现开孔位置和梁间距较大的地板位置，这些位置或者缺少边缘约束，或者缺少下部支撑。结构优化的方案也从这两点入手。

第一，在能增加下部支撑梁的位置，补加支撑梁，支撑梁与地板焊接，通过下部支撑的方式控制地板变形。

第二，使用与开孔尺寸一致的环形补强板，焊接于开孔周边，约束开孔边缘变形量。

通过优化结构，可以减少司机室地板80%的变形量。在上述基础上，进一步通过火焰调修的方式，可以百分百的解决司机室地板的焊接变形问题。司机室地板火焰调修如图3所示。

(3) 波纹地板由于焊缝较长和板厚较薄的原因，在组焊成形后变形量很难控制，但是由于波纹板的波纹断面结构和波纹板板厚很薄的原因，波纹板在外力的作用下，可以在横向上产生一定变形，利用这点可以使用外力在一定程度上矫正波纹板的直线度。具体的工艺方法：当波纹板置于底架上，波纹板两端中心置于底架中心线上，然后端部使用工具固定死，使用工具（例如夹具）调整波纹板中间部分，使其中心向底架中心靠拢，矫正直线度。通过这种方法能够在波纹板缝焊变形无法得到有效控制的

情况下，将装配直线度控制到10mm以内，如图4所示。

4. 质量检查

采用以上工艺，底架组焊后的检查结果如附表所示。经过检查和静强度试验，本车型的组装质量和焊接质量均达到相关的技术要求，证明其工艺是合理可行的。

参考文献：

- [1] 段企平. 城市轨道交通车辆制动技术[M].北京：知识产权出版社，2011.



图2 横梁装配



图3 司机室地板火焰调修



图 4



6061铝合金T形接头PD位置 焊缝根部链状气孔产生原因 及预防措施

明晖 刘丙臣 李尧

【摘要】 针对6061铝合金PD位置T形接头焊缝根部链状气孔问题进行研究，发现提高预热温度可以有效减少焊缝根部气孔的数量，当预热温度提升至150℃时，焊缝根部气孔基本消除，且不会对接头组织性能造成不利影响。

关键词： 焊接；链状气孔；预热温度；铝合金；焊缝根部

铝合金具有密度小、比强度高、耐腐蚀、挤压成形性能好等优点，符合轻量化设计的要求，是主要的轨道车辆结构材料。随着我国高速铁路和城市轨道交通的快速发展，铝合金材料得到了越来越广泛的应用。

本文针对12mm厚的6061铝合金T形接头PD位置焊接培训过程中根部链状气孔的相关问题进行研究，通过调整焊接工艺来解决此缺陷，为高速列车车体制造工艺的改善提供参考。

1. 存在的问题及分析

(1) 存在的问题 对12mm厚6061铝合金PD位置T形接头进行断裂试验，断口形貌如图1所示，可见焊缝存在大量链状气孔，并且气孔集中分布于根部熔合线附近。

(2) 问题分析 气孔是铝合金焊接过程中容易产生的缺陷之一，产生的气孔类型主要为氢气孔。氢气孔产生的原因大致可以分为两种：一是因为铝的化学性质比较活泼，与氧亲和力大，

在常温下都会氧化，表面生成氧化铝（ Al_2O_3 ）薄膜即焊接材料及母材所吸附的水分、空气中的水分、相对湿度等；二是氢在铝合金液态和固态的溶解度不同，氢在液态铝中的溶解度较大为0.7mL/100g，凝固时溶解度为0.04mL/100g，所以原来溶于液

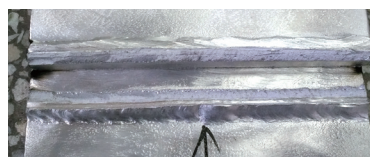


图1 断口形貌

底架组焊后的检查结果 (mm)

检查项目	工程尺寸	公差	实测数据
长度	18994	+6, +12	19006
宽度	1393	±2	1393~1395
整体对角线	—	≤8	2~3
波纹板平面度	—	≤5	5
司机室地板平面度	—	≤3	3
波纹板直线度	—	≤10	10
吊装孔与图纸偏差	—	±2	0

- [2] 饶忠. 列车制动（第二版）[M]. 北京：中国铁道出版社，2011.
- [3] 严隽耄. 车辆工程[M]. 北京：中国铁道出版社，2007.

作者简介：袁超等，天津中车唐车轨道车辆有限公司。

MW 20170621