三维窗结构的焊接变形及工艺控制

李明，汤运刚

中车青岛四方机车车辆股份有限公司　山东青岛　266111

摘要：本文浅析了某型号动车组前窗安装骨架的制造工艺流程以及焊接过程的变形情况，从动车组结构、前窗结构以及焊接热输入量及其分布等方面对三维窗结构焊接变形的原因进行了分析，并提出了控制三维窗结构骨架焊接变形的工艺方法。

关键词：焊接工艺；焊接变形；工艺控制

1　序言

铝合金重量轻、强度高，使得动车组的高速、轻量化成为可能，动车组车体主要由铝合金型材、板材等组焊而成。动车组司机室主要为铝合金板材经加工后组成的骨架式结构，前窗为铝合金型材拼接结构，与司机室骨架组装为一体。而铝合金导热系数高、对焊接环境要求苛刻，致使前窗焊接变形成为司机室质量控制的一个难点[1-2]。

2　动车组前窗的结构及焊接变形

动车组司机室主要为铝合金板材经加工成形后连接而成的骨架组装结构，包含司机室前窗、侧窗、头灯安装座等部件。其中前窗由多块型材拼接形成的三维曲面结构，前窗拼接完成后与司机室骨架组装，采用焊接形式连接，如图1所示。

司机室大骨架组装后进行大骨架整体焊接，板梁插接形成十字交叉接头，骨架结构主要为十字接头形式，交叉位置采用四道焊缝连接。骨架焊接完成后在其外侧铺装铝合金外板，铝合金外板与骨架间也采用焊接连接形式，焊缝遍布司机室整个区域。

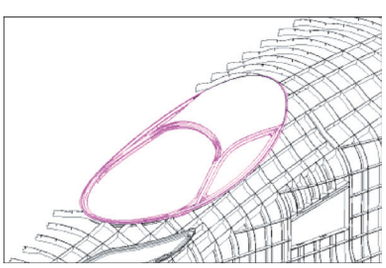


图1　司机室及前窗结构

动车组前窗由多种、多块型材拼装而成。前窗整体为三维曲面结构，单块型材由三维加工、压力机冲压等形式加工而成，各型材连接位置采用双面满焊形式连接。

司机室骨架及前窗焊接接头多，焊接热输入量大，焊接完成后骨架和前窗收缩应力较大，导致前窗焊接变形严重，无法满足前窗玻璃的安装要求。

对动车组司机室焊后前窗尺寸进行跟踪统计，分析侧窗焊接变形的现状及趋势。前窗尺寸检查通过计量合格的标准检测样板进行，检测标准主要为前窗骨架与样板之间的高低差（*A*值）及间隙值。对5个前窗数据进行跟踪，每个前窗检测20个位置（其中*A*值测量结果见表1）。

从数据跟踪结果可以看出，5个前窗都存在超差现象，前窗焊后超差概率较高。

3　窗结构焊接变形的原因分析

（1）骨架结构焊接接头多、焊后变形大　骨架连接主要采用十字接头满焊形式（见图2），前窗与骨架连接，司机室焊接过程热输入量较大，导致司



图2　骨架连接形式

表1 *A*值测量数据（优化前） （mm）

测量位置	窗1	窗2	窗3	窗4	窗5	测量位置	窗1	窗2	窗3	窗4	窗5	允许值
1	-3	2	0	2	0	11	3	2	2	2	2	(-4，4)
2	-3	0	-2	-3	-2	12	-8	2	-2	2	-2	(-4，4)
3	0	3	-1	3	-1	13	-4	3	1	5	1	(-4，4)
4	3	4	0	3	0	14	2	-2	-2	4	-2	(-4，4)
5	-1	-2	-4	2	-7	15	2	-8	-3	0	-3	(-4，4)
6	3	2	2	3	2	16	2	-4	-1	3	-1	(-4，4)
7	2	2	-3	3	-3	17	-4	3	2	4	2	(-4，4)
8	-3	1	-1	2	-1	18	-7	-2	-1	3	-1	(-4，4)
9	-3	2	0	2	0	19	2	2	2	3	2	(-4，4)
10	0	2	1	2	1	20	1	2	0	2	0	(-4，4)

机室焊接变形的同时引起前窗焊接变形。

（2）前窗骨架分块多，焊接变形倾向大　前窗仅外侧圈梁就由7块型材组成，焊缝接头多，热输入量过大引起前窗自身变形。

（3）焊接工艺影响　前窗型材对接位置坡口角度较大（见图3），焊丝填充量大导致焊接热输入量大，焊后变形严重。



图3　型材连接坡口形式

4　三维窗结构的控制方法

（1）采用反变形刚性工艺支撑控制司机室焊接变形　根据司机室结构确定关键控制部位和尺寸，设计制作不同规格的刚性可调工艺支撑，实现焊接过程关键尺寸的控制。针对司机室骨架不同位置变形规律，对工艺支撑设置一定反变形量，保证了变形部位焊后符合设计要求。

（2）优化前窗组装方式　前窗组装工装由正组方式改为反组方式，反组工装与前窗骨架配合面为玻璃安装面，工装采用三维加工方式，保证前窗玻璃安装面焊接后的精度。

（3）焊接工艺优化　优化前窗型材接头坡口形式，减少焊接层道数（坡口优化前后的参数对比见表2）。通过改变加工方式优化前窗型材连接位置坡口形式，在保证焊缝连接强度的前提下，改善坡口形式，减小焊接热输入，从而减小焊接变形。

（4）优化前窗型材分块结构　针对外侧圈梁闭环设计结构，本着减少焊缝数量的原则，将前窗外侧圈梁型材由7块减少为5块，减少焊接热输入量，从而减小前窗变形量。

同样选取5个前窗，每个前窗选取20个测量点，对前窗变形情况进行统计（见表3）。措施优化后，除两个测量位置A值超差外，前窗整体尺寸满足标准要求，前窗焊后调修工作量明显减少。

5　结束语

通过对动车组司机室结构、前窗结构以及焊接过程分析，本着减少焊接热输入量的原则，从司机室整体焊接变形控制、前窗组装方式优化、型材坡口形式优化、前窗型材分块优化以及前窗组焊模块化等方面，提出了一种控制动车组三维曲面前窗结构焊接变形的方法。该套方法减少了焊接过程热输入量和内应力，实现了三维窗结构焊接变形的有效

表2 坡口优化前后的焊接参数对比

序号	状态	工艺方法	焊丝型号	焊丝直径/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/mm·s^{-1}
1	优化前	131	ER5356	1.2	170～190	21～23	8～10
2		131	ER5356	1.2	195～225	22～24	8～10
3		131	ER5356	1.2	195～225	22～24	8～10
4	优化后	131	ER5356	1.2	170～190	21～23	8～10
5		131	ER5356	1.2	210-230	22～24	8～10

316LN奥氏体不锈钢超低温结构件热丝TIG焊工艺研究

田金华，刘伟，吴智，吴自晟，陶则旭

武汉重型机床集团有限公司　湖北武汉　430000

摘要：本结构件所用材料为316LN奥氏体不锈钢，根据结构件所用板材的规格选用30mm板材进行了热丝TIG焊工艺评定，并根据对照性试验，制定出了合理的焊接工艺，成功完成了该超低温结构件的焊接，同时也为此类材料的热丝TIG焊接提供了解决方案和参考。

关键词：316LN奥氏体不锈钢；−269℃超低温；热丝TIG焊；结构件

1　序言

我公司承接某核电项目横梁结构件（见图1），外形尺寸为280mm×280mm×2630mm（方形）；材质为316LN奥氏体不锈钢；板厚20mm；重量1.2t；工作最低温度为-269℃（超低温）；焊缝要求：全熔透焊缝（见图2），焊后要求进行UT（超声）、PT（渗透）检测。

此构件为某核电产品最为关键的支撑部件，也是主要的受力部件，虽然结构相对比较简单，但处于-269℃超低温环境，以及产品生产周期紧迫，再加上第一次接触这种材料，未有这方面的制作经验。因此，经过查阅大量的文献，总结出一些理论数据，并结合本产品结构特点及技术要求，采用手

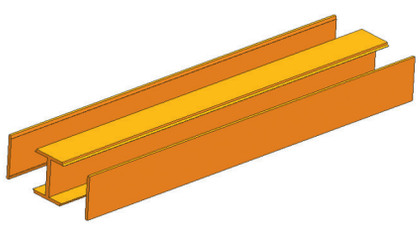


图1　横梁结构件三维图

表3　*A*值测量数据（优化后）　（mm）

测量位置	窗1	窗2	窗3	窗4	窗5	测量位置	窗1	窗2	窗3	窗4	窗5	允许值
1	0	0	0	0	-2	11	1	1	2	2	3	(-4，4)
2	1	1	2	2	-4	12	2	2	2	2	-4	(-4，4)
3	-2	-1	0	-3	-2	13	-2	-2	2	2	-4	(-4，4)
4	-1	-1	3	3	2	14	1	1	3	5	2	(-4，4)
5	0	0	4	3	-1	15	-2	-2	-2	4	2	(-4，4)
6	-2	-7	-2	2	3	16	-3	-3	-4	0	2	(-4，4)
7	3	2	2	3	2	17	-1	-1	-4	3	2	(-4，4)
8	-2	-3	2	3	-3	18	2	2	3	4	-4	(-4，4)
9	1	-1	1	2	-3	19	-1	-1	-2	3	2	(-4，4)
10	0	0	2	2	0	20	2	2	2	3	2	(-4，4)

控制，大幅度减小了动车组前窗焊接变形量，提高了生产效率。该套方法通过适应性调整可应用于其他三维曲面安装结构的焊接变形控制。

参考文献：

[1] 于红，刘军. 特殊需求客车侧墙焊接变形的预测方法及控制[J]. 金属加工（热加工），2019（2）：17-21.

[2] 田玉吉，唐海鹰，王克臻. 高速动车组铝合金侧墙门立柱焊接变形的分析与控制[J]. 轨道交通装备与技术，2019（3）：1-3.

MW 20191220