“快运魔方”集装笼架立柱的成形及焊接工艺研究

廖良金，刘顺潮
中车石家庄车辆有限公司　河北石家庄　051430

摘要：介绍了集装笼架立柱的成形方法及焊接工艺，根据立柱的截面形状和其在集装笼架中的功能与作用，以及冷压折弯时的工艺难点，提出了“对半折弯、两次焊接”的成形方法，并在实际生产过程中得到很好地应用。生产实践证明，集装笼架立柱的“对半折弯、两次焊接”成形方法合理可靠，有效降低了焊接变形，成形和焊接质量稳定。

关键词：立柱；成形；折弯；焊接；变形

1　序言

为适应电商和快递物流企业在铁路快递运输方面的需求，中车石家庄车辆有限公司提出了铁路快运货物集装化、客运化运输系统解决方案，又名“快运魔方”系统。图1为第三代“快运魔方”系统装车图。

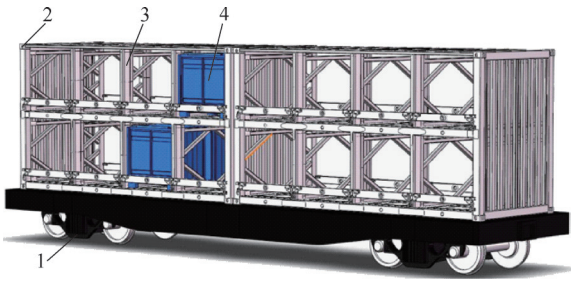

图1　第三代“快运魔方”系统装车图

1.铁路平车　2.集装笼架　3.立柱　4.小型集装箱

“快运魔方”系统由集装笼架和铁路1.5t小型集装箱组成。集装笼架整体固定在铁路平车上。集装笼架是“快运魔方”系统的重要组成部分，立柱是集装笼架的关键承重构件，其成形质量将直接影响集装笼架的组装精度和焊接质量[1]。在生产制作过程中，立柱的成形方法、成形工艺及焊接工艺不合理都会导致立柱处出现角变形和整体挠曲变形。因此，成形方法、焊接工艺及变形控制成为立柱制造过程中需要重点控制的问题。

2　材料性能分析

（1）化学成分及力学性能　立柱采用山西太钢不锈钢股份有限公司生产的Q450NQR1高强度耐候钢制造，规格为6mm，其化学成分见表1，力学性能见表2[2]。

表1　Q450NQR1高强度耐候钢的化学成分（质量分数）　（%）

项目	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S
标准	≤0.12	≤1.5	≤0.75	0.30~1.25	0.12~0.65	0.20~0.55	≤0.025	≤0.008
实测	0.06	1.13	0.24	0.44	0.15	0.27	0.001	0.006

表2　Q450NQR1高强度耐候钢的力学性能

项目	R_m/MPa	R_{eL}/MPa	A（%）
标准	≥550	≥450	≥20
实测	621	557	24

（2）焊接性分析　因为钢材焊接热影响区的淬硬性及冷裂纹倾向与其化学成分有关，所以利用化学成分间接地评估钢材冷裂纹的敏感性。把钢中合金元素（包括碳）的含量，按其作用换算成碳的相当含量作为评定钢材冷裂倾向的指标。由表1和表2实测数据可知，日本JIS标准规定的CE（JIS）适合进行Q450NQR1高强度耐候钢碳当量计算[3]。

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} \quad \frac{Mo}{4} \quad \frac{V}{14} \ \%$$

$$= \left(0.06 + \frac{1.13}{6} + \frac{0.24}{24} + \frac{0.15}{40} + \frac{0.44}{5}\right)(\%) = 0.35\ \%$$

当600MPa≤R_m≤700MPa、CE＜0.52%时，焊接时不需要预热。

3 立柱成形方法

立柱截面如图2所示，立柱属于异形闭口截面冷弯件的一种，目前在钢材市场没有截面相同或近似的冷弯型钢件可用，因此采用自制。

立柱成形方法主要有两种方案。

方案1：将立柱分为上缘和下缘两部分，上缘为外敞口式U形结构，下缘为U形槽结构，分别将上、下缘折弯成形，并根据图样要求在下缘顶部开45°坡口，并将其与上缘外敞口处焊接成形，详细情况如图3所示，立柱上下缘尺寸如图4所示。

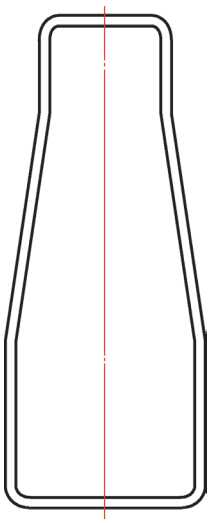

图2 立柱截面

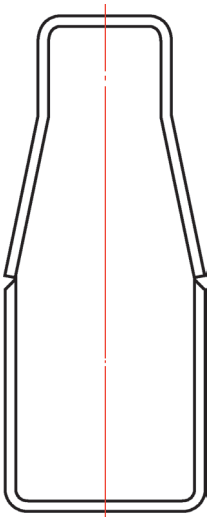

图3 成形方案1

方案2：提出“对半折弯、两次焊接”的成形方法，将立柱从中轴处分为左右两块围板，根据图样尺寸在折弯机上折弯成形，并在右围板两端开45°坡口，对立柱的上下主焊缝分别进行“两次”焊接成形，如图5所示。

采用方案1成形时，上缘敞口处斜度折弯不易保证，导致上下缘不能密切配合，给焊接增加了难度，使工作面产生变形，同时焊缝在工作面上，影响美观，阻碍小型集装箱装卸功能的实现。采用方案2成形时，成形质量较好，尺寸容易控制，水平对接焊缝容易施焊，焊接质量容易保证，焊接变形主要产生在立柱上下方向，对工作面平直度基本不产生影响。

根据以上分析以及公司现有工装和设备，决定采用方案2进行立柱生产，左右围板尺寸如图6所示。

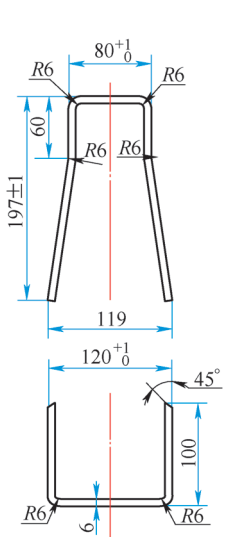

图4 立柱上下缘尺寸

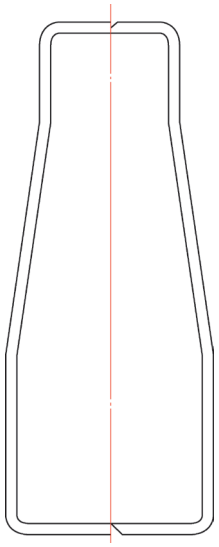

图5 成形方案2

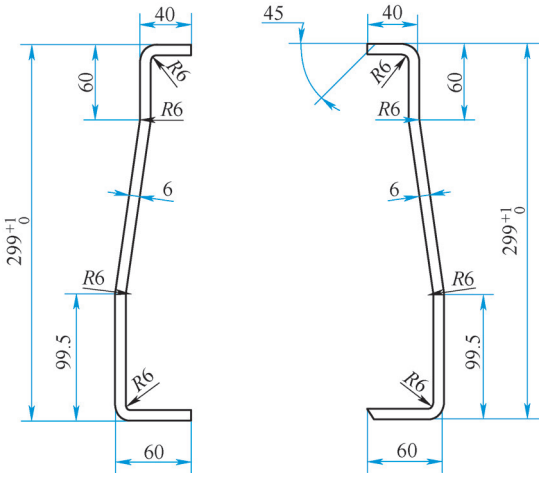

图6 立柱左右围板尺寸

4 立柱焊接方法

为了防止和控制立柱在焊接过程中的扭曲变形，在两块围板中间和两端各加入2块筋板，筋板尺寸如图7所示，将4块筋板交错固定在左右围板上，然后将左右围板扣合。同时，为了保证和减少立柱焊接后产生的挠度变形，需采用合理的焊接方法和焊接工艺措施，将焊接变形降低到最低水平。

为了保证焊缝质量和焊接稳定性，中间部位的2块筋板和两端的2块筋板均采用手工富氩气体保护焊（20%CO_2+80%Ar）进行焊接，上下部位主焊缝采用焊接小车加富氩气体保护焊进行自动化焊接。

中间部位的2块筋板采用交错焊接：只对定位镶入围板部分实施焊接，且左围板和右围板各焊接1块筋板；两端的2块筋板也采用交错焊接，内部焊接要

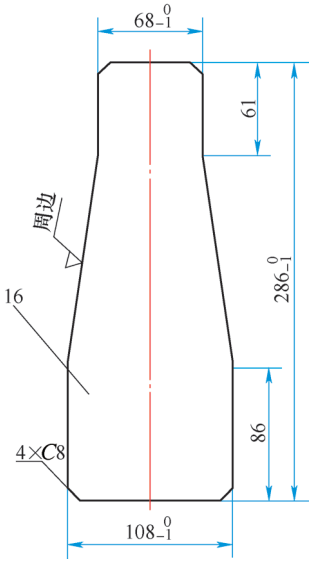

图7 立柱筋板

求与中间部位2块筋板的焊接要求相同。

中间筋板镶入围板部分和两端筋板内部焊接完成后将左围板和右围板扣合，将上下部位主焊缝定位焊，同时将两端筋板外部与围板的焊缝定位焊，立柱上下部位主焊缝焊接完成后，焊接立柱两端筋板与围板的外侧焊缝，同时对立柱上下焊缝内侧裸露在外面的部位进行补焊封底。

定位焊、筋板焊缝、封底补焊的工艺参数与立柱上下主焊缝的焊接工艺相同。

5 焊接工艺

5.1 焊前准备

焊接环境温度应≥－10℃，否则不允许施焊。当焊接环境温度＜0℃，但≥－10℃时，应采取加热或防护措施，应确保接头焊接处各方向≥2倍板厚且≥100mm范围内的母材温度≥20℃或规定的最低预热温度二者的较高值，且在焊接过程中不应低于此温度。同时，焊接区域内的风速不得大于2m/s，如果超出上述范围，应适当采取防风措施，如使用挡风板等，应特别注意防止风扇直吹焊接作业区域；焊接区域的相对湿度≤90%[4]。

5.2 焊接参数的选择

（1）焊接材料　选用天津金桥集团生产的JQ.TH550-NQ-Ⅱ气体保护焊丝，ϕ1.2mm；保护气体选用20%CO_2+80%Ar富氩气体。焊接材料化学成分见表3。

表3 焊接材料化学成分（质量分数）　（%）

C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	Cu
≤0.10	1.20~1.60	≤0.60	≤0.020	≤0.025	0.20~0.60	0.30~0.90	0.20~0.50

（2）焊接参数　立柱上下部位主焊缝均为单层单道对接焊缝，母材开单V形坡口，焊接时先焊立柱上部主焊缝，焊接完成后趁热翻转立柱，接着焊接立柱下部主焊缝，焊接完成后再焊接其他焊缝，并对主焊缝两端起弧、收弧部位进行打磨修整。

具体焊接参数见表4。

表4 焊接参数

焊层	焊接电流/A	电弧电压/V	气体流量/L·min^{-1}	焊接速度/mm·min^{-1}	电流种类及极性
1	180～200	28～36	20～24	450	直流反接

5.3 焊后检测与矫正

焊接完成后，将工件放置24h，对上下部分主焊缝进行表面磁粉检测；检测合格后根据图样要求，对部分直线度不符合要求的立柱进行冷压矫正修整。

6 检测

6.1 外观

（1）目视检测　焊接完成后，待立柱焊缝温度降至室温，对立柱焊缝进行外观检测，焊缝表面纹理均匀，与母材连接处过渡平滑，未发现未焊满、气孔、咬边等焊接缺陷，焊接外观质量等级达到一级标准[4]。

（2）尺寸　采用多功能焊接检验尺对焊缝尺寸进行检测，焊缝宽度约为8mm，余高为1.5mm，左右两块围板焊接错边＜0.5mm，质量等级达到一、二级标准[4]。

6.2 磁粉检测

焊接完成后，将立柱放置24h后，对其上下主焊缝进行磁粉检测，未发现裂纹和气孔等焊接缺陷。

7 结束语

1）采用合理的焊接结构和焊接顺序可以有效地保证焊接质量，使焊接变形处于公差范围之内。

2）采用单V形坡口，可以在保证焊接质量的同时，尽可能地降低焊接填充金属，降低焊接热输入，有效地减小了焊接变形。

3）立柱采取“对半折弯、两次焊接”的成形方

K16A型矿石漏斗车底门结构组装工艺优化

曹东旭，王彦元
中车株洲车辆有限公司　湖南株洲　412003

摘要：分析了K16A型矿石漏斗车底门结构组装质量的影响因素，提出了有效的控制措施，通过小批量生产验证，可以有效保证底门结构的组装质量。

关键词：K16A矿石漏斗车；底门结构；组装；工艺

1　序言

K16A型矿石漏斗车全车共装有两对底门，设有两组底门开闭机构，每组分别控制一对底门。前几批次生产的车辆在运行过程中，部分车辆底门结构出现了双向风缸前盖漏风、底门不能全开、门缝间隙过大及底门开闭不灵活等问题。针对这些问题，对影响底门结构组装质量的因素进行了分析，并提出了合理的控制措施。

2　底门及底门开闭机构

底门由上下横梁及连接梁、门板、门端梁、折页等组成[1]。上下门梁和连接梁材质为Q450NQR1冷弯型钢，门板厚度为6mm，两端焊有端板，上横梁焊有三副铸钢折页，如图1所示。

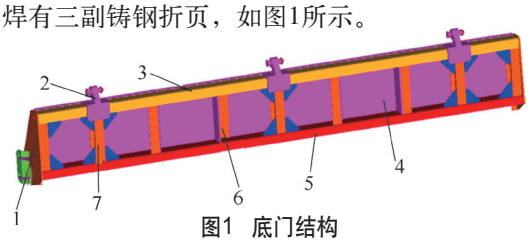

图1　底门结构

1.门端梁组成　2.底门折页　3.上横梁　4.底门板
5.下横梁　6. 底门连接梁　7.底门梁组成

底门开闭机构由356mm×270mm双向风缸、传动轴、轴承、齿轮、曲拐及开闭杠杆等组成，如图2所示。底门通过开闭杠杆与曲拐的自锁偏心距及钩锁联合实现自锁，自锁偏心距为（16±8）mm。

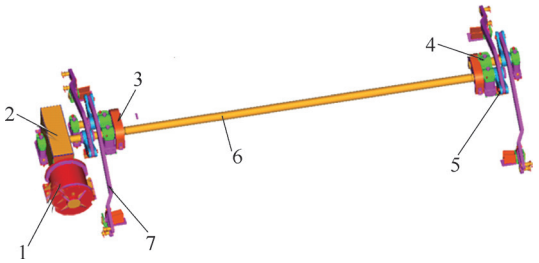

图2　底门开闭机构结构

1.双向风缸　2、3.齿轮　4.轴承　5.曲拐　6.传动轴　7.开闭杠杆

3　底门结构组装质量的影响因素

通过对前几批次的生产及现场组焊情况进行分析，底门结构组装质量的影响因素主要与漏斗组成、底架组成、底门开闭机构及底门组成4个部件的组装质量相关，具体分析如下。

（1）漏斗组成对底门组装质量的影响　主要表现为门缝间隙超差。漏斗组成中纵脊下部直线度超

法合理可靠，焊接实施易于操作，焊接质量稳定，符合实际生产要求。

参考文献：

[1] 张金全.大型焊接H型钢制造工艺与变形控制[J].工程机械，2013，44（4）：48.
[2] 张立伟，靳占伟.Q450NQR1高强耐候钢焊接性研究[J].金属加工（热加工），2018（5）：36-38.
[3] 陈祝年.焊接工程师手册[M].2版.北京：机械工业出版社，2012：924-928.
[4] 中冶建筑研究总院有限公司.钢结构焊接规范：GB 50661—2011[S].北京：中国建筑工业出版社，2011.

MW 20201126