双相不锈钢生产与测试管汇的施工控制

王伟　刘梦雨　栾陈杰

【摘要】由于热导率低、线膨胀系数大，导致变形量和外观尺寸不易控制，所以双相不锈钢管汇的焊接客观上存在很大的焊接残余应力，整体施工质量很难保证。为此在项目施工过程中，通过对双相不锈钢管汇预制、组对和焊接过程采取有针对性的控制措施，控制了焊接变形量，使得产品最终尺寸精度满足了项目要求。

关键词：双相不锈钢，管汇，焊接，变形控制

1. 概述

某生产项目中需要制造一个双相不锈钢生产测试管汇，由主管和支管组成，其中支管20个（见图1）。管汇所有材料均为双相不锈钢，由于双相不锈钢热导率低、线膨胀系数大，易造成大的焊接变形，最终导致管汇尺寸偏差，无法达到项目精度要求。因此在生产过程中，如何控制焊接变形成为施工的关键步骤。

在项目施工过程中，通过对双相不锈钢管汇预制、组对和焊接过程采取有针对性的措施控制，使得焊接变形量和产品最终尺寸精度满足了项目要求。

2. 材料及焊接工艺

（1）材料　本项目使用的母材为双相不锈钢ASTM A928 S31803，焊材采用的是SFA5.9 ER2209。

（2）焊接工艺　本项目施工采用的焊接方法为手工TIG焊，焊接气体为Ar+2%N_2混合气体，背部保护气体为99.99%的纯Ar。坡口形式为V形（见图2），具体焊接参数如附表所示。

3. 施工过程

（1）管汇预制　为了控制管汇的尺寸精度，确保最终产品质量，特别制作了专用的工装，通过工装的预先定位保证管汇的尺寸精度，并通过工装的刚性固定控制管汇的焊接变形，如图3所示。

在主管预制过程中采用刚性固定和反变形的方法来控制和预防焊接变形（见图4）。

（2）组对　①组对应在专用的工装上进行。双相不锈钢材料组对要在碳钢工装上垫上胶皮或其他类似物。②管道不得强力

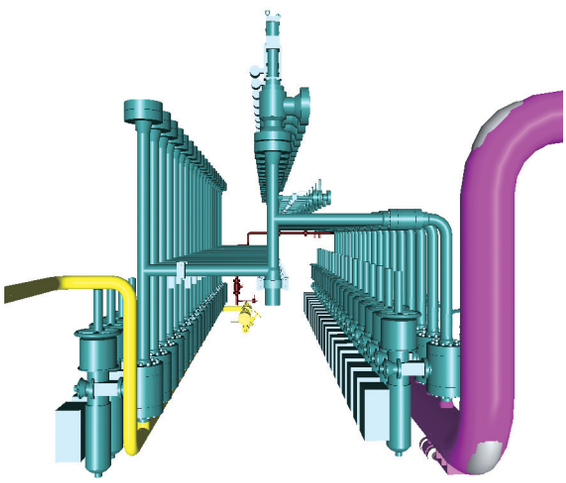

图1　生产测试管汇示意

焊接参数

焊层	焊材	焊丝直径/mm	电流极性	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/cm·min^{-1}	热输入/kJ·cm^{-1}	气体流量/L·min^{-1}
根焊	ER2209	2.0	DCSP	90~120	9~13	40~90	0.6~1.5	7~10
热焊	ER2209	2.0	DCSP	90~120	10~14	40~90	0.6~1.5	7~10
填充	ER2209	2.4	DCSP	100~150	10~15	40~90	0.6~1.5	7~10
盖面	ER2209	2.4	DCSP	105~-140	10~15	40~90	0.6~1.5	7~10

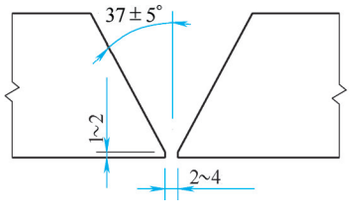

图2 坡口形式

组对，不许使用刀把。定位焊时焊工应采用评定过的焊接程序进行。根部定位焊是不允许的，推荐采用与母材相同材料的定位块方式。③不允许用锤击和强力方法来矫正。④管段组对时允许的最大错边量为0.5mm。⑤组对内壁错边量应≤0.5mm，外壁错边量应≤1.0mm。⑥对于紧凑型球阀，其固定端法兰应与生产管汇主管上管座或测试管汇主管上三通相连，其旋转法兰安装于阀门的另一端。

（3）焊接　焊接过程中控制焊接变形的有效方法是焊接顺序，在施工之前，就针对管汇的结构特点制定专门的焊接顺序方案指导施工。

生产管汇的管座焊接（见图5）：①管座的焊接应从主管线的中间开始，然后退至末端：$L_1\rightarrow L_3\rightarrow\cdots L_{n-1}\rightarrow L_2\rightarrow L_4\cdots L_n$和$R_1\rightarrow R_3\cdots R_{n-1}\rightarrow R_2\rightarrow R_4\cdots R_n$。②采用跳焊的方法：$L_1\rightarrow L_3\rightarrow\cdots L_{n-1}\rightarrow L_2\rightarrow L_4\cdots L_n$和$R_1\rightarrow R_3\cdots R_{n-1}\rightarrow R_2\rightarrow R_4\cdots R_n$。③两个焊工同时焊接两个对称位置的焊缝，即$L_1$和$R_1$，$L_2$和$R_2\cdots L_n$和$R_n$同时焊接。

测试管汇的三通焊接（见图6）：①三通的焊接应从主管线的中间开始，然后退至末端，$L_1'\rightarrow L_3'\rightarrow\cdots L_{n-1}'\rightarrow L_2'\rightarrow L_4'\cdots L_n'$和$R_1'\rightarrow R_3'\cdots R_{n-1}'\rightarrow R_2'\rightarrow R_4'\cdots R_n'$。②通常采用跳焊的方法：$L_1'\rightarrow L_3'\rightarrow\cdots L_{n-1}'\rightarrow L_2'\rightarrow L_4'\cdots L_n'$和$R_1'\rightarrow R_3'\cdots R_{n-1}'\rightarrow R_2'\rightarrow R_4'\cdots R_n'$。③两个焊工同时焊接两个对称位置的焊缝，即$L_1'$和$R_1'$，$L_2'$和$R_2'\cdots L_n'$和$R_n'$同时焊接。

支管焊接（见图7）：①支管的焊接应先焊管然后焊接法兰。②测试管汇侧的支管焊接顺序先焊接焊缝2、3→5和8、9→7→11；然后焊接6；最后焊接1、4、10、12。③生产管汇侧支管焊接循序14、15→13和16。

4. 焊接过程要点

焊接过程要点主要包括以下几方面：①焊工和焊接操作者应严格执行焊接程序的要求，使用正确的焊接材料和焊接参数，并且热输入不超过WPS允许的范围。②焊接之前，应将预焊接表

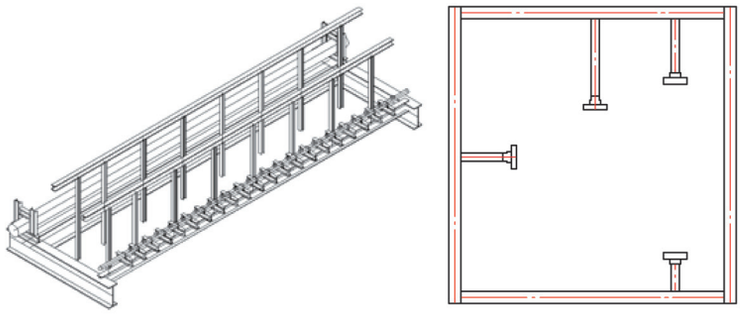

图3 预制工装（左：主管；右：支管）

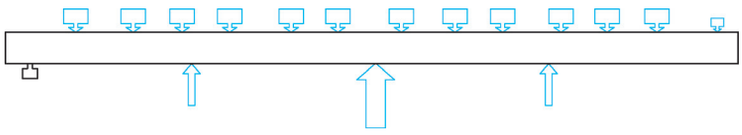

图4 反变形千斤顶位置示意

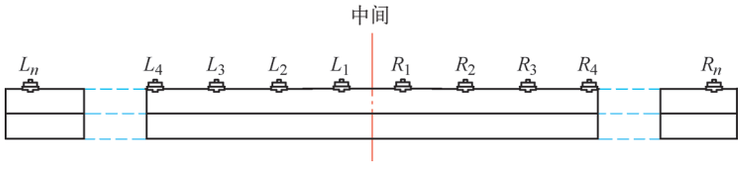

图5 生产管汇的管座焊接示意

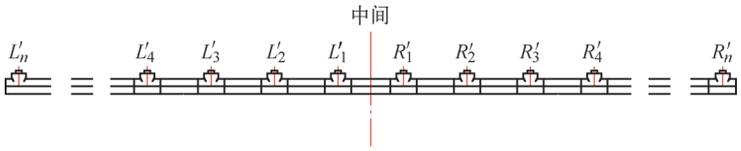

图6 测试管汇的三通焊接示意

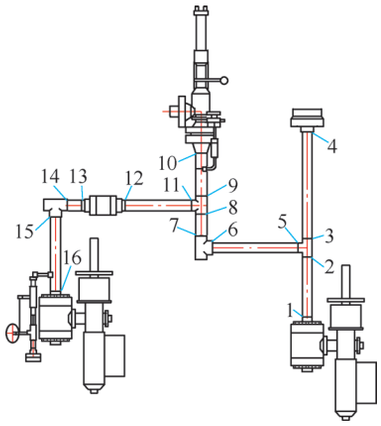

图7 支管焊接示意

注：1~16为焊缝代号。

面的油污、氧化物和其他不利于焊接的杂质清除。只允许使用不锈钢刷和工具清理双相不锈钢材料。③在焊接时应采取预防措施，确保焊接地线与管子、管件之间不会发生电弧击伤。焊前，焊工应确保焊机地线固定牢固，并保证地线与管子或管件之间完全接触。如要移动焊机地线，必须首先熄弧，不允许在焊接过程中移动焊机地线。④层间温度应该保持在最小值且最大不超过150℃。⑤在焊接作业时，保护气体中的氧气含量应≤70ppm（1ppm=1×10^{-6}）。在焊道厚度超过10mm后，才能停止输送保护气体。⑥尽量减少焊接填充量，在焊接程序允许范围内尽量减小坡口角度和角焊缝的焊脚尺寸。⑦在既满足工艺要求，又能保证熔合的前提下，增加焊层数量，采用小电流，小电压，高焊接速度，减小各道次的焊接热输入。因为焊接热输入越大，焊接塑性变形区越大，焊接变形越严重，所以焊接过程中应采取小的焊接热输入。⑧焊接过程中控制焊接层间温度。预热温度的提高相当于加大了热输入，使焊接塑性变形区扩大，焊后纵向收缩变形也增大。对于变形严重的接头，为了控制焊接变形，应尽量降低焊接过程中的层间温度。

5. 施工效果

经过三个月的紧张施工，双相不锈钢管汇顺利完成，通过施工过程控制措施的实施，最终生产与测试管汇尺寸的偏差如下：①法兰端面到法兰端面、管线中心到法兰面及附件位置公差最终＜2.5mm。②附件或支管中心偏移量均＜1.8mm。③法兰中心与管线中心线最大偏移＜1.8mm；法兰面倾斜量均≤1mm。

最终尺寸公差均优于项目规格书要求，不仅达到了施工目标要求，而且为以后类似项目的施工提供了宝贵经验。

作者简介：王伟等，海洋石油工程股份有限公司。

MW 20170220

ABB连续第六年举办大学生创新大赛

2017年3月1日，ABB第六届大学生创新大赛今天正式启动。大赛以“数字化谱写未来”为主题，邀请全国高校学生围绕数字化技术在电力、工业、交通与基础设施领域的应用大胆创意和构思，用奇思妙想描绘数字化世界的未来。ABB第六届大学生创新大赛面向中国全日制在校本科、硕士和博士生，并为参赛选手设立“智慧城市”、“能源互联网”和“数字化工厂”三大选题，聚焦“城市资源供给和优化”、“电动汽车基础设施”、“智能建筑与智能家居”、“多能源互补技术”、“智能汽车电网”、“主动配网技术”、“智能设备互联、分析及展览”、“数字化机器人系统：包括产品和应用”以及“智能产品设计”，选手可任选其一进行设计和创作。

大赛报名及作品递交的截止日期为2017年8月10日。入围选手将在9月21日举行的决赛答辩环节角逐一、二、三等奖，赢取奖金以及在ABB中国实习或工作的机会。

ABB大学生创新大赛创立于2012年，已累计吸引了全国200余所高校6000多名选手的踊跃参与，共收到参赛作品1000余件，为高校学子和创新人才提供了一个激发灵感、交流创意和释放创新能量的平台。

（ABB）