

长输管道下向焊自动化焊接技术

杜长森

上海市安装工程集团有限公司 上海 200080

摘要：随着焊接设备和技术的不断发展，自动化焊接技术运用越来越广泛，对于材料、规格相对单一的长输管道，更有利于发展自动焊。开展新引进的长输管道内焊机、外焊机的工艺研究，总结了下向焊自动化焊接技术。所获得的焊接接头性能满足标准要求，将该焊接工艺在实际项目施工中进行运用，取得了很好的焊接效果。

关键词：长输管道；自动焊；内焊机；下向焊

Automatic welding technology for downward welding of long-distance pipelines

DU Changsen

Shanghai Installation Engineering Group Co., Ltd., Shanghai 200080, China

Abstract: With the continuous development of welding equipment and technology, the application of automated welding technology is becoming increasingly widespread. For long-distance pipelines with relatively single materials and specifications, it is more conducive to the development of automatic welding. This article summarizes the downward welding automation welding technology based on the process research of newly introduced long-distance pipeline internal and external welding machines. The obtained welding joint performance meets the standard requirements, and this welding process has been applied in actual project construction, achieving good welding results.

Keywords: long distance pipeline; automatic welding; internal welding machine; downward welding

1 序言

随着中国经济快速发展，以及对石油、天然气消费需求量的不断增长，油气长输管道工程建设逐步向高钢级、大口径、高压方向发展。大口径、高钢级、高压管道建设给环焊缝质量控制带来了新的挑战，自动焊接技术以其高质量、高可靠性的优势，逐渐成为管道环焊缝的重要焊接方式^[1]。目前，长输管道自动焊多应用于高钢级、大口径、大壁厚管道的流水施工作业过程，例如在西气东输二线等重大工程中，管道自动焊的应用取得了较好效果。大口径管道自动焊装备包括坡口机、内焊机、

外焊机3部分。坡口机主要用于完成坡口加工，按照坡口工艺图样加工；内焊机主要用于两个加工完成的坡口组对和根焊；外焊机主要用于焊缝的热焊、填充及盖面焊接^[2]。我公司根据市场需求引进了相应的设备，并对自动化焊接设备进行焊接工艺的研究。通过大量的焊接试验，使我公司掌握了长输管道下向焊自动化焊接技术。该项技术在起点位于上海石化厂区、终点位于虹桥机场储油库设备区的金虹航油管道工程中已经应用，效果显著。

2 焊接设备简介

新引进的DW32-6H内焊设备（见图1），主要

用于管道组对及内部封底焊接，适用管径为813~914mm。引进的DW-EW-I单枪自动焊机，主要用于外部填充盖面。



a) 内焊设备



b) 外焊设备小车

图1 长输管道自动化焊接设备

2.1 内焊设备

内焊设备在焊道圆周，共安装了6个焊接单元，焊接时整个行程非常短，有效地提高了大口径管道的焊接效率。内焊设备的参数见表1。

表1 内焊设备参数

规格型号	适用管径/mm	焊接单元/个	行走速度/(m/min)	爬坡能力/(°)
DW32-6H	813~914	6	0~60	≤26
最大通过弯管/(°)	焊丝直径/mm	焊接时间/s	额定工作电压/V	工作环境温度/℃
10	0.9~1.2	≤120	DC24	-45~65

2.2 外焊设备

单枪自动焊机采用柔性钢质轨道行走，焊接小车齿轮齿条啮合运行，行走精度更高，在焊接圆周行走过程中，不同位置焊接参数随着焊接位置的变化而变化，圆周中各节点参数均由自动控制程序完成，可实现焊接参数的自动调整。单枪自动焊机设备参数见表2。

表2 单枪自动焊机设备参数

规格型号	适用管径/mm	焊枪左右行程/mm	焊枪上下行程/mm	角摆调节行程/mm
DW-EW-I	168~1422	±30	±30	70
行走速度/(mm/min)	送丝速度/(mm/min)	焊丝直径/mm	适应错边量/mm	适应温度/℃
0~1500	0~2000	1~1.2	3	-40~70

3 焊接工艺试验

3.1 焊接方法及材料

(1) 母材 本次试验采用母材牌号为L485M，规格为 $\phi 813\text{mm} \times 14.3\text{mm}$ 的管材。L485M钢管也是目前天然气支线管道建设常用管材。

(2) 焊接方法及材料 本次试验采用熔化极气体保护焊(GMAW)，选用的焊接材料型号为ER80S-G，内焊机使用的焊接材料规格为 $\phi 0.9\text{mm}$ ，外焊机使用的焊接材料规格为 $\phi 1\text{mm}$ 。

(3) 保护气体及预热 保护气体使用混合气体进行保护，配比为80%Ar+20%CO₂，焊枪气体流量26~28L/min，预热温度>100℃。

3.2 坡口形式

本次试验采用的坡口形式如图2所示，具体尺寸见表3。

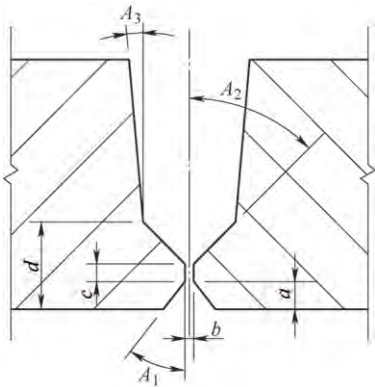


图2 坡口形式

表3 坡口尺寸

内坡口				外坡口		
a/mm	A ₁ /(°)	b/mm	c/mm	d/mm	A ₂ /(°)	A ₃ /(°)
1.5	35	0~0.5	1	5	45	5

3.3 焊接参数及焊接过程

本试验所采用的焊接参数见表4。

焊接过程如下：

1) 根焊采用内焊设备焊接，焊接时将焊缝沿竖直方向平均分成2份，分别进行下向焊接，焊接时3个焊接单元分别在0°、60°、120°位置同时焊接，焊接单元整体沿逆时针旋转60°。一半焊缝焊接完成时，另外3个焊接单元正好就位，再沿顺时针旋转60°，用同样的方式焊接另一半焊缝。

2) 内焊设备焊接速度很快，焊接一半焊缝用时40s左右，根焊全部焊接完成用时在2min左右。焊

表4 GMAW焊接参数

焊道	焊接方法	焊接方向	极性	焊接电流 /A	电弧电压 /V	摆动宽度 /mm	干伸长 /mm	送丝速度 / (m/min)	保护气体流量 / (L/min)	焊接速度 / (cm/min)	层(道)间温度 /℃
根焊1	GMAW	下向	DCEP	184~226	18~24	0	7~10	8~10	26	65~75	—
热焊2				184~225	21.8~24	0	8~11	8~11	28	52~65	86~112
填充3				164~220	21~23.9	1.4~2.5	8~11	7~10	28	33~50	76~84
填充4				164~230	21.8~24	1.6~2.8	8~11	7~10	28	33~50	69~89
填充5				172~226	22~24.4	1.8~3	8~11	7~10	28	33~50	78~97
盖面6				113~176	20.2~22.6	5~7.5	8~11	5~8	28	23~48	66~81

接完成后焊缝成形美观，表面无咬边、气孔等缺陷（见图3）。



a) 内焊设备就位



b) 内焊缝表面

图3 内焊设备及焊缝成形

3) 热焊、填充及盖面由外焊设备完成。热焊时焊枪不摆动，焊接速度较快，填充、盖面时，随着焊缝宽度加大，焊接速度有所降低。外焊设备焊接及焊缝成形如图4所示。

4) 热焊、填充及盖面焊接完成后，焊缝成形美观，表面无咬边、气孔等缺陷。



a) 外焊设备焊接



b) 热焊后焊缝成形

图4 外焊设备及焊缝成形

4 焊接工艺评定试验

焊接完成后，按NB/T 47014—2011《承压设备焊接工艺评定》要求对焊缝进行工艺评定试验^[3]。

4.1 无损检测

1) 焊缝外观检查：焊缝表面无裂纹、气孔等缺陷。

2) 射线检测: 按NB/T 47013.2—2015《承压设备无损检测》要求进行射线检测, 结果合格, 合格等级为I级。

4.2 焊缝力学性能试验

按标准要求分别对焊缝进行拉伸、弯曲及冲击试验, 结果见表5~表7。

表5 拉伸试验结果

试样编号	宽度/mm	厚度/mm	面积/mm ²	极限载荷/kN	抗拉强度/MPa	断裂位置
GR-Fe-1/4-001-1	20.00	14.08	281.6	197.73	702	母材
GR-Fe-1/4-001-2	20.11	14.37	288.98	203.78	705	母材

表6 弯曲试验结果

试样编号	试样类型	试样尺寸/mm	弯曲直径/mm	弯曲角度/(°)	试验结果
GR-Fe-1/4-001-C1	横向侧弯	14.3×10	40	180	无裂纹, 合格
GR-Fe-1/4-001-C2	横向侧弯	14.3×10	40	180	无裂纹, 合格
GR-Fe-1/4-001-C3	横向侧弯	14.3×10	40	180	无裂纹, 合格
GR-Fe-1/4-001-C4	横向侧弯	14.3×10	40	180	无裂纹, 合格

表7 冲击试验结果

试样编号	试样尺寸/mm	缺口位置	试验温度/℃	冲击吸收能量/J
GR-Fe-1/4-001-①②③	55×10×10	焊缝	-10	179.2、217.0、186.0
GR-Fe-1/4-001-④⑤⑥	55×10×10	热影响区	-10	238.0、249.2、250.4

4.3 宏观金相试验

宏观组织形貌如图5所示。由图5可知, 焊缝和热影响区未见裂纹、未熔合缺陷。

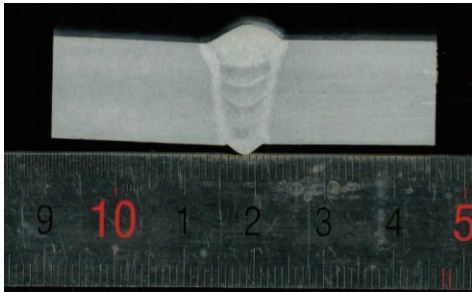


图5 宏观组织形貌

4.4 评定结论

按NB/T 47014—2011《承压设备焊接工艺评定》规定焊接试样、检测试样、测定性能, 确认试验结果正确, 评定结果合格。

5 自动焊设备的应用效果

目前, 这套自动焊设备在金虹航油管道工程得到了应用, 该工程航油管道管径DN800mm, 全长73.7km, 总焊缝长约18500m左右, 总RT(射线检测)拍片数约56200张, 一次合格率达99.7%以上, 有效保证了焊接质量。在效益及进度方面, 自动焊设备是手工焊的3倍效益, 整个工程采用自动焊设备后, 工期提前了3个月。

6 结束语

1) 通过焊接试验, 使我公司熟悉了焊接设备的性能, 掌握了长输管道下向焊自动化焊接方法。

2) 采用内焊设备进行根焊, 外焊设备进行热焊、填充和盖面焊接工艺, 较传统的手工焊相比, 焊接效率提高。

3) 该焊接工艺焊接所得到的接头性能经工艺评定试验, 满足标准要求, 在实际施工中得到应用, 取得了良好的效果, 为公司长输管道的自动焊推广提供了有力的技术支撑。

4) 通过金虹航油管道工程项目的应用, 该自动化焊接技术是手工焊效益的3倍, 整个工期提前了3个月, 焊接一次合格率达99.7%。在满足焊接质量的前提下, 提高了焊接效率, 降低了劳动强度, 改善了工作环境, 证明该工艺有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 赵赏鑫. 油气长输管道工程自动焊施工的技术准备要点[J]. 油气储运, 2021, 40(12): 1409-1415.
- [2] 姜庆新. 浅析自动焊在装置工艺管道焊接中的应用限制[J]. 石油化工建设, 2021, 43(S2): 48-49.
- [3] 全国压力容器标准化技术委员会. 承压设备焊接工艺评定: NB/T 47014—2011[S]. 北京: 原子能出版社, 2011.