



全位置自动焊接技术在长输管道工程中的应用

黄超 李成皓 包宇 孙洪升 李玉江

【摘要】 介绍CRC管道全位置焊接技术在国外某天然气管道工程中的使用情况，并综合阐述了该焊接技术的设备、工艺、焊接缺陷及保障措施，分析了推广全位置自动焊接技术的必要性。

关键词： 长输管道；CRC；全位置自动焊

1. 概述

近年来，随着世界经济的迅猛发展，各国对能源的需求不断增大，导致单根管道的设计输量相应增加，管道建设用钢管的强度等级、管径、壁厚和输送压力等也逐渐增大。由于长输管道工程大多面临时间紧、任务重的局面，因此在保证工程质量的前提下，如何提高施工效率无疑成为了一个无法回避的重大难题。

全位置自动焊接技术凭借其优质高效的焊接质量和效率成功地解决了上述问题，该技术已在一些长输管道工程中使用并获得成功。其中，CRC管道全位置自动焊接技术曾被管道局应用于国外某海底天然气管道工程，该工程设计压力9.7MPa，管材选用X65，管径610mm，线路全长约30km，最大水深约50m，海流流速大，海域条件复杂，沿线经过多处斜坡、硬质障碍物。海管铺设现场如图1所示。

为了保质保量地按时完成施工，管道局决定采用CRC公司

研制生产的全位置全自动焊接技术，焊接现场如图2所示。并根据设备性能及工艺特点制定相应的工艺规程，确保工程质量和施工进度。

2. CRC焊接设备组成

CRC管道全位置自动焊接设备包括内焊机（8把焊枪）、P600双焊枪焊接系统、P260热焊系统。

内焊机如图3所示，由内对口器和根焊机组成。根焊在管口内圆周完成，焊接质量好，速度快，内焊机打底速度平均每道40s，焊接效率约为焊条电弧焊的15倍。

P600双焊枪焊接系统如图4所示，配备水冷式焊枪、推送式送丝机以及带有CDT控制单元的焊接电源（控制熔滴过渡）。可通过编程实现焊接参数控制，适用于宽间隙排焊和窄间隙叠焊，焊接效率较单焊头外焊机提高约40%。同时，P600双焊枪焊接系统具备自调节功能，根据弧压反馈来调节焊枪的左右移动和上下位置，从而确保焊枪始终处于焊道正中，保证焊接质量。

P260热焊系统由电源接线和小车组成，辅助设备包括电源、导轨、保护气计量计和调节阀。该设备操作简单，所有重要焊接参数均由控制箱调节，控制焊机



图1 海管铺设现场



图2 焊接现场

行走、送丝、摆动、保护气输送及电流控制。可采用计算机技术对控制系统编程，进行参数设置，既保证焊接质量，提高生产效率，又降低对焊工操作技能的要求和劳动强度。

3. CRC全自动焊接工艺

(1) 试验依据 依照国际标准API1104进行焊接工艺评定试验。

(2) 焊前准备 管材选用X65，规格 $\phi 610\text{mm} \times 22.2\text{mm}$ ，化学成分如表1所示。

焊接材料：主焊道根焊、热焊、填充、盖面均采用BOHLER SG3—P AWS A5.28 ER70S—G、 $\phi 1.0\text{mm}$ 焊丝；焊缝返修根焊采用美国林肯公司的PIPELINER 6P+ AWS A5.18 E6010、 $\phi 3.2\text{mm}$ 焊条，焊缝返修填充、盖面采用美国赫伯特公司的81N1 AWS A5.29 E71T8—Ni1、 $\phi 2.0\text{mm}$ 焊丝。

保护气体：根焊采用75%Ar+25%CO₂进行焊接；热焊采用100%CO₂进行焊接；填充及盖面采用85%Ar+15%CO₂进行焊接。其中Ar气纯度>99.96%，CO₂气体纯度>99.5%。

坡口设计：主焊道采用U形坡口，根部间隙0~0.5mm，钝边厚度 $(1.5 \pm 0.2)\text{mm}$ ；返修采用V形坡口，根部间隙2~3.5mm，钝边厚度 $(1.6 \pm 0.8)\text{mm}$ 。坡口形式如图5所示。

预热方式：采用火焰加热或中频电阻加热方式，预热温度80~150℃。

坡口清理：打底焊接之前，采用钢丝刷和动力角向砂轮机清理坡口两侧各25mm范围内的油

污、铁锈与金属氧化物等，直至露出金属光泽。

(3) 焊接参数选择 焊接操作人员需通过焊接培训且取得合格证书。焊接环境要求：湿度<90%RH，温度 $\geq 5^\circ\text{C}$ ，风速<2m/s。如不满足上述条件，需要采用其他有效的保护措施。焊接参数如表2所示。

焊接工艺评定试验结果如下：拉伸试样均断裂于母材，抗拉强度均值高于X65钢的最小抗拉强度450MPa。弯曲试验和锤断试验均未发现明显缺陷。宏观金相无明显缺陷，最大硬度为256HV，符合标准要求。说明该焊接接头的性能优良。

(4) 无损检测试验 焊接结束24h后，焊缝外观检查

合格，超声波检测(AUT)一次合格率达97.27%，射线探伤(RT)一次合格率为95.96%。检测结果表明，CRC全自动焊接技术具有较好的无损检测一次合格率。

4. 焊接缺陷及保障措施

该工程中，采用CRC全自动焊接技术的焊缝中出现的缺陷主要包括：未熔合、烧穿、裂纹和气孔，其中未熔合出现的次数最多。

为此，在施工过程中总结了相应的保障措施，具体如下：①保证坡口质量和对口精度，避免因坡口不均匀或组对间隙过大而导致烧穿等焊接缺陷。②根据坡口宽度及时调节焊枪摆速、摆幅，同时保证焊枪的倾角、实际

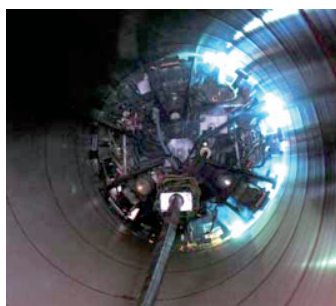


图3 内焊机

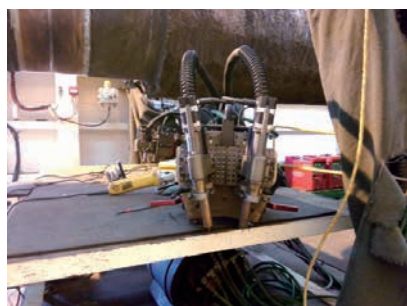
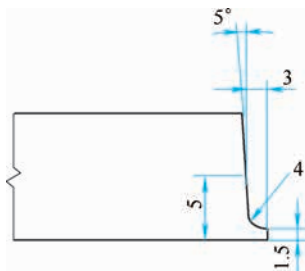


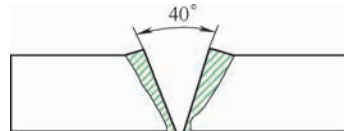
图4 P600双焊枪焊接系统

表1 管材的化学成分(质量分数) (%)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ti	Al	Nb	Re
0.070	0.28	1.14	0.018	0.006	0.030	0.010	0.040	0.040	0.027



(a) 主焊道坡口形式



(b) 返修焊道坡口形式

图5 坡口形式

(下转第59页)



图7 在工装组装和定位焊接的梳板



图8 梳板应用实景
两人从中间向两端焊接。④每道焊缝焊完后，应及时将焊缝表面

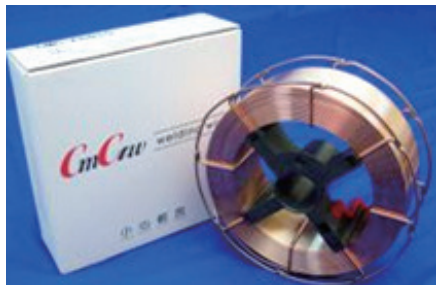


图9 焊机及焊丝

焊接参数

焊接位置	气体流量 /L·min ⁻¹	焊丝规格 φ/mm	焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /cm·min ⁻¹	极性
平F	20~24	1.2	240~260	26~8	30~32	DC反接
立V	22~24	1.2	220~240	22~24	26~28	DC反接

及施焊部位附近的焊接飞溅等异物清理干净，并检查焊缝表面是否有缺陷，若有缺陷用角向磨光机磨去后补焊。

5. 结语

钢结构立体停车库梳板焊接工装的设计制作，为快速组装梳板、减少梳板的焊接变形提供

了可靠途径。该工装不仅结构简单，制作容易，操作方便，更能提高生产效率，保证产品质量，得到客户认可，具有良好的经济效益和社会效益。

作者简介：闫菲菲、宋统战，河南天丰钢结构建设有限公司。

MW 20160426

（上接第56页）

表2 焊接参数

焊道		焊接方法	极性	焊接方向	焊接 电流/A	电弧 电压/V	送丝速度 /mm·min ⁻¹	焊接速度 /mm·min ⁻¹
主焊道	打底	GMAW	DCEN	向下	190~240	19~21	370~450	533~610
	热焊	GMAW			190~240	19~21	370~450	530~610
	填充	GMAW			170~240	19~23	360~430	381~508
	盖面	GMAW			120~140	22~25	250~270	330~559
返修	打底	SMAW	DCEN	向下	80~120	18~26	N/A	45~130
	填充	FCAW			180~280	16~24	80~120	100~260
	热焊	FCAW			180~280	16~24	80~120	100~260
	盖面	FCAW			180~260	16~24	80~120	100~240

间隙、熔池状态及电弧过渡形式之间的有效配合，以防止产生未熔合缺陷。③P600是双焊枪焊接系统，需调整好两把焊枪间距。④5~7点钟位置盖面焊时，熔融金属在重量和电弧推力作用下向焊缝中心处堆

积，造成已熔化的母材一侧容易形成咬边。因此，需选择合适的送丝速度、焊丝伸出长度与焊接速度等工艺参数。

5. 结语

CRC管道全位置自动焊接技

术应用于国外某海底天然气管道工程，通过制定合理的焊接工艺及保障措施，确保了较高的无损检测一次合格率，保证了工程质量和施工效率。全位置自动焊接技术在国外已得到普遍认可并大力投入使用；在国内，从自主研发到多个工程使用成功已表明了该技术的实用性，为此应在国内长输管道工程中得到广泛推广。

作者简介：黄超等，中国石油天然气管道工程有限公司天津滨海新区分公司（中国石油管道局天津设计院）。

MW 20160626