

专题讨论——专用及特种、成套焊接设备

# 印度东气西输工程CRC自动焊设备及焊接工艺

赵海鸿<sup>1</sup>, 靳红星<sup>2</sup>

(1.石油天然气管道局科学研究院 焊接技术中心,河北 廊坊 065000;2.石油天然气管道局 海洋公司,河北 廊坊 065000)

**摘要:**印度“东气西输管道工程”全长1380 km,全线采用API 5L X70级高强度钢管,管径 $\phi$  1219 mm (48英寸),三种壁厚17.2 mm、20.7 mm和25.4 mm,中国石油天然气管道局承揽了其中的6个标段,共计1071.5 km。工程中首次引进了CRC的全套自动焊设备,该设备性能稳定且填充盖面采用双焊炬,提高了焊接效率,保证了焊接施工进度。管道局研究院焊接中心依据API 1104标准及业主规范针对该设备进行了焊接工艺评定工作,为印度工程提供了高效且切实可行的工艺方案。介绍了CRC自动焊设备,并结合工程特点,阐述其焊接工艺及其应用情况。

**关键词:**印度“东气西输”;CRC自动焊设备;双焊炬;焊接工艺

**中图分类号:** TG431      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-2303(2007)11-0001-04

## CRC automatic welding machine and welding process in East-West gas pipeline project of India

ZHAO Hai-hong<sup>1</sup>, JIN Hong-xing<sup>2</sup>

(1.Pipeline Research Institute of Petroleum Pipeline Bureau, Langfang 065000, China; 2.Offshore Company of Petroleum Pipeline Bureau, Langfang 065000, China)

**Abstract:** East-West gas pipeline project of India is scheduled to build 1380 km, which is constructed with API 5L X70 grade line pipe material. This pipe have an outside diameter of  $\phi$  1219 mm (42 in.) with three wall thicknesses 17.2 mm, 20.7 mm and 25.4 mm. Six spreads of this project approximately 1071.5 km has been undertaken by China petroleum pipeline bureau (CPP). For this project, CPP firstly introduces a set of CRC automatic welding machine. This machine is of stable property and of two welding torches, which obviously improve welding efficiency and make sure the progress of welding construction. Welding research center of CPP did the welding procedure qualification on this CRC machine according to standard API 1104 and owner's specification. In this paper, it mainly introduces CRC automatic welding machine, its welding process and application by connecting this project's property.

**Key words:** East-West gas pipeline project of India; CRC automatic welding machine; two welding torches; welding process

### 1 工程概述

印度“东气西输天然气管道工程”起于印度东海岸的安德拉邦的卡基那达市,止于西部古吉拉特

邦的巴洛奇市,它将印度东部孟加拉湾海上开采出来的天然气输送到西部城市,是重要的天然气输送干线,工程全长1380 km,分8个标段。项目业主是印度的Reliance Gas Transportation Infrastructure (RGTIL)公司。全线采用API 5L X70级高强度钢管,管径 $\phi$  1219 mm (48 in),壁厚17.2 mm、20.7 mm和

收稿日期:2007-08-02;修回日期:2007-09-17

作者简介:赵海鸿(1974—),女,甘肃天水人,硕士,主要从事焊接工艺评定和焊工培训工作。



25.4 mm, 工作压力 10 MPa。

2006 年 7 月, 管道局与印度的 Reliance(瑞莱斯)公司签订了“印度东气西输天然气管道工程”建设合作协议, 承揽 3~8 标段(共 6 个标段)的线路施工, 总计 1 071.5 km。该工程是印度的重点工程项目, 同时也是我国承揽的长度最长且强度级别最高的一条国际管道工程。合同要求 2007 年 12 月 31 日机械完工。

## 2 自动焊技术和 CRC 焊接设备

管道自动焊工艺主要采用熔化极气体保护焊方法, 是借助于机械和电气等使焊接过程实现自动化、程序化的焊接施工方法。其具有焊接效率高, 劳动强度低, 焊接过程受人为因素影响小等特点, 在大口径、厚壁管道建设中具有很大优势。

印度的“东气西输天然气管道工程”与国内的西气东输工程, 在管材类别、规格及施工工艺上都具有相似处, 因此在借鉴西气东输管道工程的经验基础上, 根据该国际工程特点, 管道局引进了 CRC 全套自动焊设备, 应用在印度东气西输第 5 标段壁厚 17.2 mm 的管上, 首次实现全方位的自动焊操作。

CRC 根焊设备 IWM(Internal Welding Machine, 见图 1), 集管口组对和焊接于一体, 从管内部实现根部焊接, 很大程度上降低了管口错边量对根部焊接缺陷的不利影响。该气动内焊机设有 8 个焊枪驱动系统(每个驱动系统可配备 2.7 kg 焊丝), 分两个阶段完成一道焊口, 四个焊枪驱动系统沿顺时针方向焊接完成 180°管口后, 另四个驱动系统逆时针方向同时起弧完成剩余半圈管口的焊接操作。四个焊枪同时驱动焊接, 因此内焊机的焊接速度非常快, 对于  $\varphi 1\ 219\text{ mm}$ (48 英寸)的管子, 根焊仅需要 1.4 min, 内焊道成形美观。



图 1 CRC 内焊机 IWM

CRC 的热焊、填充和盖面设备统称为自动外焊机。热焊设备 P260(见图 2), 计算机控制焊接系统, 与国内自动外焊设备 PAW2000 类似, 连接林肯 DC-600 电源, 一个焊炬, 焊接系统相对简单, 易于操作, 适于配备 5 kg 焊丝。



图 2 P260 热焊机

填充、盖面焊接设备 P600 双焊炬自动焊机(见图 3), 每套行走小车由两套电源供电, 同时配备两套外挂送丝系统独立送丝, 分别控制两个焊枪的操作。技术人员利用智能卡将设定好的参数(包括焊接参数、工作参数等)输入 P600 焊接系统内, 实现智能化控制, 焊接操作人员无法调整焊接参数, 仅能从控制面板上微调焊枪的位置、摆宽及焊接速度等, 故设备受操作者影响比较小。焊接电源采用奥地利富尼斯的 FRONIUS TRANSPLUS SYNERGIC 3200 PIPE, 该焊机为多功能电源, 其中 320 A 的脉冲电源, 具有高精度、准确再现和优良的焊接操作性。

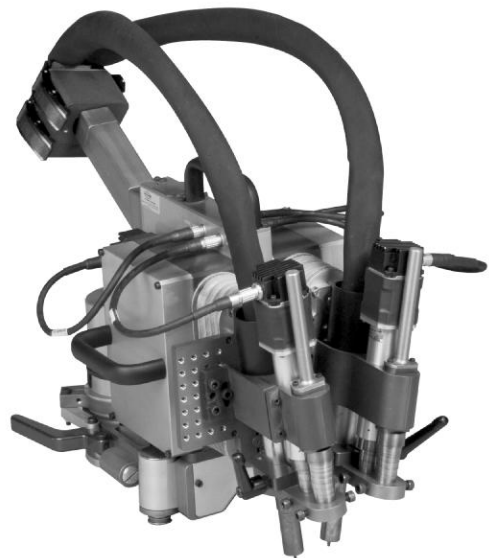


图 3 P600 双焊炬自动焊机

## 3 CRC 自动焊焊接工艺

焊接工艺评定在管道局科学研究院焊接技术中心进行, 采用 CRC 公司推荐的坡口设计形式, 如图 4 所示。外坡口表面开口宽度仅为 7.5 mm, 填充金属量少, 焊接效率高。

整个焊接过程中, 控制预热温度和层间温度大



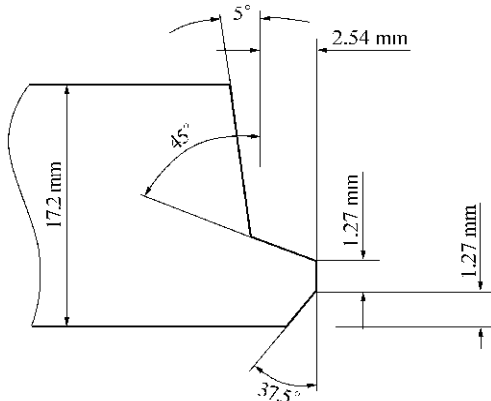


图 4 坡口设计形式

于 50 °C, 直流正接。焊接工艺参数见表 1。

根焊焊丝 BOHLER Thyssen TS6(AWS A5.18

表 1 CRC 自动焊接工艺参数

焊道	工艺	位置和方向	极性	焊接电压 U/V	送丝速度 v/mm·min <sup>-1</sup>	焊接速度 v/mm·min <sup>-1</sup>	摆动宽度 b/mm	热输入 Q/kJ·mm <sup>-1</sup>
根焊	GMAW	5G-下向	DCEP	20~22	9 652	635.0~762.0	—	0.31~0.43
热焊	GMAW	5G-下向	DCEP	24~27	13 208~13 716	1 270.0~1 397.0	0.889	0.27~0.39
填充	GMAW	5G-下向	DCEP	20~24	8 001~10 795	381.0~533.4	3.048~3.937	0.43~0.59
盖面	GMAW	5G-下向	DCEP	19~24	5 842~7 874	381.0~584.2	2.540	0.39~0.51

CRC 根焊设备的 4 枪驱动系统及填充、盖面设备 P600 的双焊炬特点, 明显提高焊接速度, 完成一道壁厚 17.2 mm 的工程管, 只需要填充两遍(每遍同时完成 2 层焊道), 整口焊接仅需 1.1 h。

焊接完成后, 按照业主 505 规范<sup>[1]</sup>及 API 1104 标准<sup>[2]</sup>, 进行了外检、射线探伤、自动超声波 AUT 及非破坏性力学试验。印度东气西输管线焊接规范是业主与美国环球咨询公司以 API 1104-2005 为基础、参考 ASTM、ASME 等标准共同编制的, 规范号为 EWP100-P30-J00-505(以下简称 505 规范)。该规范对焊接工艺评定试验内容有较大变动, 无论在焊接材料的选择, 还是在工艺评定试验类型及试验数量上都做出了明确而详细的规定。焊接工艺评定取样位置如图 5 所示, 取样数量: 拉伸 4 个, 刻槽锤断 4 个, 侧弯 8 个, 冲击 18 个, 宏观金相及硬度 2 个。

4 个拉伸试样均断裂于母材处, 抗拉强度最低 695 MPa, 大于 565 MPa。

夏比冲击试验分为焊缝金属(距管材外表面 2 mm 处取三个试样, 距管材内表面 2 mm 处取 3 个试样, 缺口开在焊缝中心)、熔合线(距管材外表面 2 mm 处取 3 个试样, 距管材内表面 2 mm 处取 3 个试样, 缺口开在熔合线)和在 HAZ 区距熔合线 5 mm

ER70S-G), 直径 0.9 mm, 保护气体  $\varphi(\text{Ar})75\%+\varphi(\text{CO}_2)25\%$ , 气流量 23~42 L/min, 采用短路过渡。根焊完成后, 立即进行热焊层的焊接, 控制根焊完成与热焊开始的时间间隔在 18 min 内。热焊层焊接材料与根焊相同, 保护气体  $\varphi(\text{CO}_2)100\%$ , 气流量 32~42 L/min, 采用脉冲过渡。填充、盖面层焊接材料 BOHLER Thyssen K600(AWSA5.18 ER70S-6), 焊丝直径 1.0 mm, 保护气体  $\varphi(\text{Ar})85\%+\varphi(\text{CO}_2)15\%$ , 气流量 23~28 L/min, 脉冲过渡。

填充层每个焊接小车的两个焊枪呈前/后分部, 一次焊接同时完成两层焊道; 盖面层两个焊枪呈左右分部, 实现盖面的单层双道焊, 有效地避免了仰焊部位表面未熔合缺陷的出现。

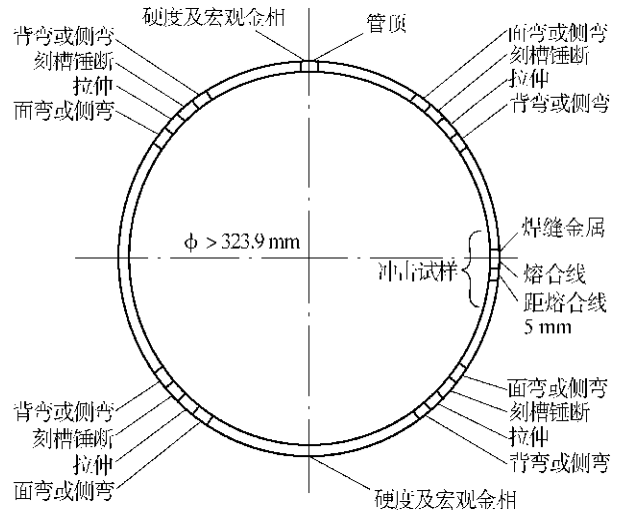


图 5 工艺评定试样取样位置

(距管材外表面 2 mm 处取 3 个试样, 距管材内表面 2 mm 处取 3 个试样, 缺口开在距熔合线 5 mm)3 个位置进行。505 规范规定试验执行 ASTM A370 标准; 冲击试验温度为 0 °C, 试样尺寸 10 mm×10 mm×55 mm, 冲击试验值规定: 平均值大于等于 35 J, 最小值大于等于 28 J。与国内工程的相关规范相比, 这个要求是比较宽松的, 易满足。CRC 自动焊焊接接头的全尺寸夏比冲击均值见表 2, 焊缝及热影响区的冲击最低值 52 J, 均值 195 J。



表 2 Charpy 冲击试验数据

缺口位置	焊缝中心	熔合区	熔合区+5 mm	J
距管外表面 2 mm	183	176		287
距管内表面 2 mm	207	217		265

金相试样取自 0 点和 6 点位置,10 倍光学下宏观观察金相试样如图 6 所示,显示焊缝熔合良好,未见任何缺陷。

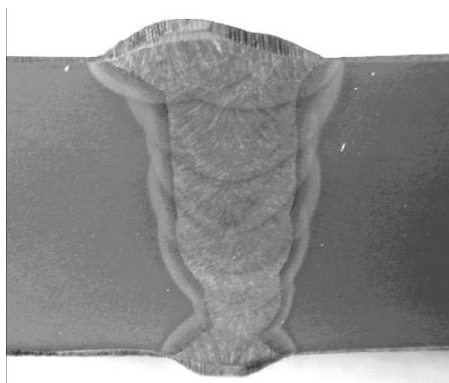


图 6 宏观金相断面(10×)

硬度试验执行 ASTM E92,两排测试线,距焊缝内外表面各 1 mm,在焊缝中心和热影响区各测试三个点,505 规范要求  $HV10 \leq 248$ 。属于典型的酸性服役环境下的硬度要求。按照规范测试 98 N 的维氏硬度,焊缝及热影响区 HV10 的硬度最高值 242,均小于 248,满足要求。

## 4 结论

CRC 自动焊设备性能稳定,受外围因素影响小,内焊机的 8 个焊枪驱动系统及外焊机的双焊炬特点,明显提高了焊接效率。焊接大口径( $\varphi > 1\ 000\text{ mm}$ )、厚壁管道,该套焊接设备能充分体现其优越性。

目前 CRC 自动焊设备成功地应用在印度东气西输工程的第五标段,日平均焊接 80 道口,AUT 检测一次合格率大于 94%。

## 参考文献:

- [1] RELIANCE EWP100-P30-J00-505[S].Specification for Pipeline Welding.
- [2] API 1104-2005[S].Welding of Pipelines and Related Facilities.