

浅议津华线原油管道工程焊接工艺规程

丁倩兰^{1*}, 黄超², 刘桂华¹, 刘远征¹, 李成皓²

(1. 中国石油管道局工程有限公司, 河北廊坊 065000;

2. 中国石油天然气管道工程有限公司天津滨海分公司, 天津 300457)

摘要: 简要介绍了津华线原油管道工程的焊接工艺规程, 通过比对管道工程中常用焊接工艺的特点, 分析了根据不同焊接条件选取焊接工艺组合的方法具有合理性, 并阐明了焊接工艺参数、施工措施及环境对施工焊接的重要性。

关键词: 津华线; 焊接工艺规程; 焊接工艺组合

中图分类号: TE832

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2017)02-0208-03

DOI: 10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2017.02.051

Discussion on the welding procedure of the oil pipeline project of Jinhua

DING Qian-lan^{1*}, HUANG Chao², LIU Gui-hua¹, LIU Yuan-zheng¹, LI Cheng-hao²

(1. China Petroleum Pipeline Engineering Corporation, Langfang 065000, China;

2. China Petroleum Pipeline Bureau Tianjin Design Institute, Tianjin 300457, China)

Abstract: The welding procedure of the oil pipeline project of Jinhua is briefly introduced. By comparing the characteristics of welding process commonly used in pipeline engineering, it is reasonable to select the welding process combination according to different welding conditions. The importance of welding parameters, construction measures and environment during construction of welding is also illustrated.

Key words: Jinhua line; welding procedure; welding process combination

天津港—华北石化(津华线)原油管道工程作为国家督办的重点工程, 主要用于华北地区能源的优化配置和提高原油管道输送的安全。该项目设计输量为 700×10^4 t/a, 设计压力 6.3 MPa。管道规格为 $\Phi 508 \times 7.1$, 管材采用 L415 埋弧焊钢管。

该工程的线路起点为天津港汇鑫油库首站, 终点为河北任丘合建站, 线路全长约 188 km, 管道沿线途经天津市滨海新区、静海县, 河北省黄骅市、青县、大城县、任丘市, 地貌以山丘、平原为主, 但是水系分布广泛, 累计穿越河流、水塘 70 次, 现场环境复杂, 施工难度大, 焊缝的连头和返修较多。为了保证工程质量的前提下, 控制施工成本, 加快工程进度, 针对不同条件制定相应的焊接工艺, 实现焊接质量与效率的优化。

1 焊接工艺

该工程施工前, 按照工程要求及相关标准编制了焊接工艺规程, 其中主要包括焊接工艺选择、焊前准备、焊接工艺参数、施工措施及环境要求等。

焊接工艺选择了管道焊接常用的 SMAW(手工电弧焊)、GTAW(钨极氩弧焊)、FCAW(自保护药芯焊丝半自动焊)3 种焊接工艺。

1.1 SMAW 打底焊的特点

SMAW 主要用于主线路、连头和返修焊缝的打底焊, 采用奥地利伯乐公司的 FOX CEL E6010 纤维素型焊条, 焊条规格为 $\Phi 3.2/4.0$ mm; SMAW 也被用于返修焊缝的填充、盖面, 采用大西洋公司的 E5015 纤维素型焊条, 焊条规格为 $\Phi 3.2$ mm。该焊接工艺有如下特点。

(1) 设备简单, 操作灵活, 工艺适应性强。

(2) 作为打底焊, 免去背面铲根的操作, 从而提高施工效率。

(3) 焊渣量少, 电弧吹力大、挺度好, 防止焊渣及铁水下淌, 燃烧稳定且释放大量气体保护焊接熔池, 焊缝根部饱满。

不足之处: 作为打底焊, 焊缝扩散氢含量较高、抗裂性差(较 GTAW); 操作工劳动强度大, 工作效率低(较 FCAW)^[1]。

1.2 GTAW 打底焊的特点

GTAW 用于金口打底焊, 采用大西洋公司的 ER50-6 焊丝, 焊丝规格为 $\Phi 2.5$ mm。该焊接工艺有如下特点。

(1) 氩气作为保护气, 本身不溶于金属, 且不与金属反应。

(2) 填充焊丝不需通过电弧,故不产生飞溅,焊缝成形美观,具有较高的焊接质量。

(3) 热源、填充焊丝独立控制,热输入易调节,可实现单面焊双面成形。

(4) 钨极电弧相对稳定,即使在焊接电流较小的情况下($<10\text{ A}$)仍可稳定燃烧。

不足之处:熔深浅,熔敷速度慢,生产效率低;采用惰性保护气体,价格较贵,增加成本;钨极在电流过大时会熔化和蒸发,可能进入熔池,形成夹钨^[2]。

1.3 FCAW 填充、盖面的特点

FCAW 用于焊缝填充、盖面,采用美国赫伯特公司的 E71T8-Ni1J 药芯焊丝,焊丝规格为 $\phi 2.0\text{ mm}$ 。该焊接工艺有如下特点。

(1) 工艺性能优良、电弧稳定、生产效率高、飞溅小、焊缝成型美观、焊缝平缓圆滑、连续送丝,不用气体保护,抗风能力强(4~5级风以下)。

(2) 热焊、填充、盖面的生产效率较 SMAW 相比提高 1.25~1.50 倍。

(3) 操作简单,焊工培训时间短,焊接质量稳定,X 射线检测,一次合格率达在 95% 以上。

不足之处:电弧扩散角较大,电弧电压径向能量梯度大,幅度小,分布平缓,熔深浅,熔覆金属厚度在 2 mm 左右,不适合熔透性要求高的焊接;缺陷主要集中在夹渣上,操作不当时,盖面易出气孔^[3]。

1.4 焊接工艺选择

该工程根据主线路、连头、返修、金口 4 种焊缝的各自不同特点,规定了合理的焊接工艺组合,表 1 为焊接工艺规程列表。

表 1 焊接工艺规程列表

序号	母材	直径和壁厚/mm	焊接工艺	焊接材料	适用条件
1	L415M	$\phi 508 \times 7.1$	SMAW + FCAW	E6010 + E71T8-Ni1J	主线路
2	L415M	$\phi 508 \times 7.1$	SMAW + FCAW	E6010 + E71T8-Ni1J	连头
3	L415M	$\phi 508 \times 7.1$	SMAW + SMAW	E6010 + E5015	返修
4	L415M	$\phi 508 \times 7.1$	GTAW + FCAW	ER50-6 + E71T8-Ni1J	金口

(1) 该工程投资大、时间紧,主线路和连头焊缝数量庞大,在保证焊接质量的同时需兼顾效率和成本问题,因此选择成本低、热效率高的 SMAW 做打底焊,焊接质量稳定、生产效率高的 FCAW 填充、盖面。

(2) 返修焊缝位置分散,且缺陷类型和位置对返修质量的影响很大,因此适合采用设备简单、操作灵活、工艺适应性强的 SMAW + SMAW 工艺组合。

(3) 金口焊缝对焊接质量的要求非常高,需要保证 RT 检测一次合格,因此选择焊接质量好、性能稳定、成形美观的 GTAW 做打底焊, FCAW 填充、盖面。

2 焊前准备工作

2.1 焊接设备

本工程焊接设备选取原则: SMAW 采用下降外特性的直流焊机; GTAW 采用陡降外特性的直流焊接电源; FCAW 采用平外特性的直流焊接电源并匹配相应的送丝机。准备防风篷、焊条保温箱,动力角向砂轮机、钢丝刷、纱布等打磨除锈工具。

2.2 焊接坡口设计

焊接接头需加工 V 型坡口,主线路、连头、金口焊缝坡口角度为 $(60 \pm 5)^\circ$,钝边 1.0~2.0 mm,焊缝间隙 1.0~3.5 mm;返修焊缝坡口角度为 $60 \sim 70^\circ$,钝边 1.0~2.0 mm,焊缝间隙 2.5~4.0 mm。选择开口较大的坡口型式,便于扩散氢逸出,避免导致氢致开裂,图 1 和图 2 为坡口型式示意图。

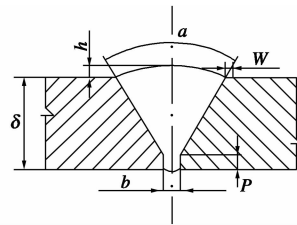


图 1 主线路、连头、金口焊缝坡口型式

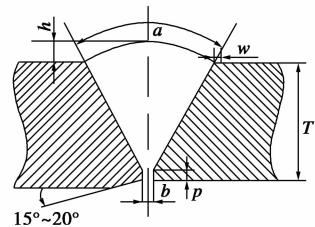


图 2 返修焊缝坡口型式

2.3 焊接准备

焊接位置为 5G/6G; 采用对口器进行管道对口; 采用火焰加热的方法进行焊前预热, 预热温度 $\geq 80^\circ\text{C}$ (返修焊缝预热温度 $100 \sim 150^\circ\text{C}$), 加热宽度为两侧各 $>100\text{ mm}$ 。

3 焊接工艺参数选择

3.1 SMAW + FCAW 的工艺参数

本工程主线路和连头焊缝采用 SMAW + FCAW 焊接工艺, 参数如表 2 所示。

表 2 SMAW + FCAW 的工艺参数列表

焊道名称	焊接方法	焊接方向	极性	电弧电压/V	焊接电流/A	送丝速度/(cm·min ⁻¹)	焊接速度/(cm·min ⁻¹)
根焊(主线路)	SMAW	下向	DC-	24~35	55~85	—	8~16
填充	FCAW	下向	DC-	17~22	180~270	6~13	14~32
盖面	FCAW	下向	DC-	17~22	180~270	6~13	14~32

施工过程中要求每层 2 名焊工,焊条需要按厂家要求进行烘干,焊丝的干伸长度为 15~25 mm,层间温度保证在 80~150℃,根焊与填充焊间隔小于 10 min。

3.2 SMAW + SMAW 的工艺参数

本工程返修焊缝采用 SMAW + SMAW 焊接工艺,参数如表 3 所示。

表 3 SMAW + SMAW 的工艺参数列表

焊道名称	焊接方法	焊接方向	极性	电弧电压/V	焊接电流/A	焊接速度/(cm·min ⁻¹)
根焊	SMAW	上向	DC-	22~35	60~100	8~16
填充	SMAW	上向	DC+	18~28	70~120	5~15
盖面	SMAW	上向	DC+	18~28	85~140	5~15

施工过程中要求每层 1 名焊工,焊条需要按厂家要求进行烘干,层间温度保证在 100~150℃,根焊与填充焊间隔小于 5 min。

3.3 GTAW + FCAW 的工艺参数

本工程金口焊缝采用 GTAW + FCAW 焊接工艺,参数如表 4 所示。

表 4 GTAW + FCAW 的工艺参数列表

焊道名称	焊接方法	焊接方向	极性	电弧电压/V	焊接电流/A	送丝速度/(cm·min ⁻¹)	焊接速度/(cm·min ⁻¹)	气体流量/(L·min ⁻¹)
根焊	GTAW	上向	①	10~16	90~150	—	5~12	8~12
填充	FCAW	下向	DC-	17~22	180~270	6~13	14~32	—
盖面	FCAW	下向	DC-	17~22	180~270	6~13	14~32	—

注:①表示钨极接负,DC-表示焊丝接电源负输出端。

施工过程中要求每层 2 名焊工,钨极直径为 2.4 mm,钨极伸出长度为 3~4 mm,焊丝的干伸长度为焊丝直径的 10~15 倍,氩气体积分数大于 99.99%,层间温度保证在 80~150℃,根焊与填充

焊间隔小于 10 min。

4 施工措施及环境要求

为保证该工程的焊接质量及工作效率,对每种工艺均制定了详细的施工措施及施工环境要求。

4.1 施工措施要求

①开始焊接之前,确保母材达到要求的预热温度,避免形成氢致裂纹,提高抗裂性,降低焊接应力;②外对口器在完成大于根焊道总长度的 67%,且焊完的焊道应沿圆周均匀分布方可撤离,提高根焊质量;③打底焊,层间每道焊接之前及焊接完成之后,采用钢丝刷和动力角向砂轮机清理,减少夹渣,降低应力集中。

4.2 施焊环境要求

施工过程中,对焊接环境的要求非常严格,下列不利环境,如无有效防护措施,不得进行焊接作业。①环境温度 < 10℃;②环境湿度 > 90% RH;③环境风速 GTAW > 2 m/s, SMAW、FCAW > 8 m/s;④雨雪等特殊天气。从而降低不利环境对焊接质量的影响。

5 结语

该工程针对主线路、连头、返修、金口 4 种焊缝制定了相应的焊接工艺,①主线路和连头焊缝采用成本低、热效率高的 SMAW 做打底焊,焊接质量稳定、生产效率高的 FCAW 填充、盖面,既节约了成本又提高了效率;②返修焊缝利用 SMAW 操作灵活、工艺适应性强的特点,选择 SMAW + SMAW 焊接工艺;③金口焊缝数量少,但要求 RT 检测一次合格,因此选择焊接质量好、性能稳定、成形美观的 GTAW 做打底焊,对焊缝的质量提供了有力的保障;④焊接工艺参数选择合理,施工措施及环境要求严格,确保工程的施工质量。该工程的焊接工艺规程在保证焊接质量的同时,兼顾工程的经济性和施工效率,值得大力推广使用。

参考文献

[1] 文学. 浅谈阿尔及利亚沙漠水管道项目 SMAW + FCAW 焊接工艺[J]. 内蒙古石油化工, 2009, (6): 91-93.
 [2] 孙爱国, 张玉立, 吕峰. 浅论钨极氩弧焊在长输管道打底焊中的应用[J]. 现代焊接, 2006, (2): 43-46.
 [3] 高泽涛, 杨俊伟, 李艳华. 长输管道焊接技术及发展前景[J]. 石油规划设计, 2002, 13(6): 106-109. ■