天燃气长输管道立向下焊焊接技术的应用

吉化江北建筑安装公司 （吉林 132021） 孙景荣 马海峰 董文富

一、概述

天然气长输管道是目前国内各大中城市共建的一项大型基本建设，我公司承建了吉林省地区的全线地下长输管道部分，全长约225km。其中，主输送管的管径为325mm×6mm，全长约190km；支管的管径为219mm×6mm，全长约35km。全线管道选用材料为APIL X52焊接钢管；管道设计压力：1.6MPa；设计温度：常温；管道制成后，经试压合格后做防腐处理，然后直接埋于自然地面以下1.8m深处。

按设计要求，管道施焊时要求立向下全位置焊接，焊口根部要全部焊透，单面焊双面成形，焊后要求经100%超声波无损检测，合格后再依据地区分级情况按规定比例进行X射线探伤复验。

为了保证焊接施工质量，我们首先依据国内外有关标准，针对工况实际条件，进行焊接工艺评定，制定了焊接施工工艺，施工过程中获得了优良的焊接接头，满足了焊接施工质量要求。为此，下面将工程的焊接程序介绍如下，供同行参考。

二、焊前分析及工艺评定

1. 管材性能分析

该工程所采用的钢管全部为国外引进钢材，材质牌号APIL X52，为焊接钢管供货。其主要化学成分列于表1、钢材力学性能列于表2。

表1 主要化学成分（质量分数）（%）

元素 / 牌号	C	Mn	Si	P	S
APIL X52	<0.21	0.03~0.6	0.20	<0.045	<0.06

表2 力学性能

牌号	屈服强度 σ_s/MPa	极限强度 σ_b/MPa	伸长率 δ_s（%）	冲击韧度（-20℃）/J
APIL X52	358	455	21	

2. 焊接性能分析

根据上述对管材性能的分析，认定APIL X52材质与国产的20钢材相类似，焊接时其淬硬趋势弱，不易产生裂纹，其碳当量近似Ce=0.3%，焊接性较好。

3. 焊接方法

依据设计要求，焊接根部既要全焊透，又要单面焊双面成形。初步拟定采用焊条电弧焊焊接，由于焊缝的焊接位置处于不佳状态下（即立向下全位置焊接），故应采用纤维素碱性（立向下焊条）焊条进行焊接，焊接顺序拟定如下：

首层：选用E6010 ϕ2.5mm焊条；

二层：选用E6010 ϕ4.0mm焊条；

三层：选用E6010 ϕ4.0mm焊条；

4. 焊接材料选定

考虑到施焊的难度特点，由于施焊位置为水平固定，所以，我们选用奥地利产BOHLER（伯乐）牌E6010管道立向下焊全位置纤维素型碱性焊条。这种焊条工艺性能较好，铁液熔敷力强，容易得到美观的焊缝成形，是管道立向下焊全位置焊接的理想焊接材料。

5. 焊接工艺评定

焊接工艺评定结果（PQA）是编制焊接工艺，指导焊接生产的重要依据，它关系到能否获得优质的焊接接头，保证总体工程质量的头等大事。为此，我们在编制焊接工艺评定指导书（WPS）之前，结合以往生产实践经验，广泛收集了有关“立向下”全位置焊接资料，参照JB/T4708核补《钢

制压力容器焊接工艺评定》及《油气管道焊接工艺评定方法》，进行焊接工艺评定试验。其程序如下：

（1）试件　工艺评定的试件直接采用工程所用的 APIL X52ϕ219mm×6mm 管材，焊接坡口采用机械加工法制备，几何尺寸见图 1。试件长度 L = 300mm，（3 件为一组，取平均值）。

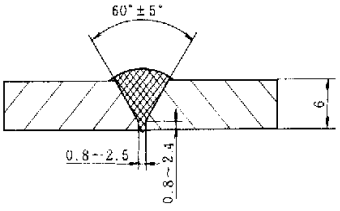

图 1　焊缝及坡口尺寸

（2）焊工培训　为适应立向下焊操作，必需集中对施工的焊工做实际操作练习，让焊工能熟练掌握立向下焊操作技能，并保证单面焊双面成形。

（3）焊接　用奥地利 BOHLER（伯乐）牌，型号 E6010，管道立向下焊全位置纤维素型碱性焊条焊接；施焊位置为水平固定。

（4）焊后试验　①试件焊完后经外观检查均未发现超标缺陷。②焊缝 100%进行 X 射线探伤，每一焊缝 4 张底片。其中，一级片、二级片各两张，均符合 SY4056—1993 标准的要求。③力学性能试验结果符合 SY4052—1992 标准要求（见表 3）。

表 3　试件力学性能试验结果

序号	抗拉强度/MPa	断口位置	冷弯角 $\alpha=3S$	
			面弯	背弯
1	540	焊缝断	90°	90°
2	555	焊缝断	90°	90°

（5）焊接工艺评定综合结论　经检验与试验，评定结果符合 SY4052—1992 标准要求。

三、制定焊接工艺及焊前准备

1. 电源选择

焊接采用直流电源，反接极性。焊机上的电流、电压表均需检定合格。考虑到野外作业，选用电焊机直接安装在发电机组上，以利供电与操作。

2. 焊材选用

选用奥地利产 BOHLER（伯乐）牌，型号 E6010 的纤维素型碱性焊条，ϕ2.5mm、ϕ4.0mm 两种规格。这种焊条的施焊特性如下：

（1）该焊条既能保证管道立向下全位置焊接，确保根部焊透（根部成形好），又能单面焊双面成形，不易产生气孔、夹渣、未熔合等焊接缺陷，焊缝返修率低。

（2）该焊条是短渣系，能保证立向下焊的操作质量。具有适合的熔点和粘度使铁液容易凝固，熔池铁液不易下坠，熔池形成较快。

（3）脱渣性能好。

（4）电弧挺度大，穿透力强。

（5）焊接速度快，生产效率高。

（6）焊接质量好，力学性能试验及无损探伤检验均能达到标准要求。

（7）焊条的化学成分及力学性能如表 4、表 5 所示。

表 4　焊条化学成分（质量分数）（%）

元素成分	C	Si	Mn	P	S
含量	0.13	0.20	0.52	0.015	0.011

表 5　焊条力学性能

屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率（%）	冲击韧度（-20℃）/J
>331	>414	>22	2.7

3. 焊条烘干规范及使用

E6010 纤维素型焊条，焊前必须经烘干处理方可使用，焊工必须携带焊条保温筒领取焊条，焊后剩余焊条需及时退库。焊条烘干温度曲线如图 2 所示。

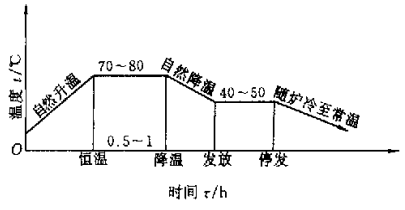

图 2　焊条烘干温度曲线

4. 坡口加工与焊口组对

（1）坡口加工。管材供货时，坡口已加工完毕，均采用机械加工方法（如尺寸不合适可用手工砂轮修磨）。

（2）焊口组对几何尺寸如图 1 所示。

（3）坡口组对前，内外两侧各 50mm 表面油污浮锈、水分、泥砂以及氧化物溶渣必清除，并用砂轮打磨露出金属光泽。

(4) 为保证组对后对口间隙及防止错边量数超标（控制在壁厚10%以下），可采用自制的外对口器进行组装。

四、焊接施工

1. 施焊环境

(1) 雨雪天停焊。

(2) 风速超过8m/s时停焊。

(3) 大气相对温度超过90%时停焊。

如遇上述情况时，可采取相应措施，如搭布棚等。

(4) 如冬季施工可在焊口处用氧乙炔焰加热或采用履带电式加热器置于焊口上进行加温至100～150℃，焊后可缓冷。

2. 施焊方法

(1) 撤除外对口器前，根部焊道必须焊完50%以上，根部焊道每段长度近似相等，且均匀分布。

(2) 根部焊道必须焊透，不能形成焊瘤。

(3) 严格在管材坡口表面引弧。

(4) 在焊接时如发现药皮发红，应立即更换。

(5) 每根焊条引弧后，应一次焊完，每层焊道应连续焊完，中间不应中断，要保证焊道层间温度，每道焊口应连续焊完。

(6) 对称焊接如图3所示。由A、B两名焊工同时向下施焊，第一层焊后，必须严格清渣，交替层接头不得重叠，应各错开20mm。

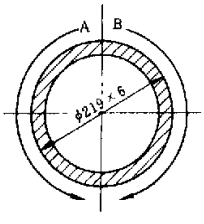

图3 对称焊法示意图

(7) 焊接工艺参数如表6所示。

表6 焊接工艺参数

层数	焊接方法	焊材牌号	焊材规格/mm	电源种类与极性	电流/A	电压/V	焊速/(m/根)
1	SMAW	E6010	φ2.5	直流反极	65～72	25～30	60～66
2	SMAW	E6010	φ4.0	直流反极	94～100	27～30	92～102
3	SMAW	E6010	φ4.0	直流反极	105～110	28～32	130～140

五、焊缝检验

1. 外观检验

焊后经严格清渣后，进行外观检查，检查主要内容有：

(1) 焊缝成形良好，成鱼鳞片状。

(2) 焊缝余高0.5～1.6mm。

(3) 焊缝宽度比坡口每侧增2～2mm。

(4) 焊缝表面不允许有裂纹、气孔，夹渣。

(5) 母材上的伤疤、探伤等缺陷应打磨圆滑；如需补修，其补修后要打磨圆滑。

2. 无损探伤检验

(1) 焊缝100%进行超声波检查，应按SY4065—1993标准进行，一级合格。

(2) 经超声波检验合格的焊缝抽查20%，焊缝进行射线检验，应按执行SY4056—1993标准，二级片合格。

六、结语

长输管道采用E6010高纤维素焊条，采用立向下焊的焊接方法如施焊工艺不当很难保证焊接质量，因此施焊人员必须严格执行焊接工艺及有关标准，即能获得优良的焊接接头质量。

(20030819)

(上接第48页)

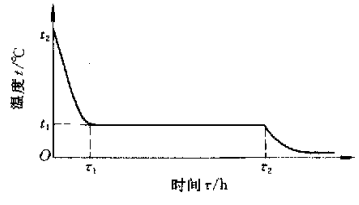

图4

(4) 出炉后的钻头经修磨、质检、上漆、入库。整个工艺流程如下：

车削钻头体→铣槽→钻出水孔→钻头体槽口合金片喷砂→清洗（钻头体槽口、合金片、焊料）→撒焊剂→安放焊料和合金片→加热→去应力→修磨刃部、整形→质检→上漆→入库。

整个过程中加热和消除应力两道工序至关重要，稍出差错就不能保证钻头的质量。

(20030716)