

管道下向焊技术在大兴南高压A调压站施工中的应用

□ 北京绿源达压缩天然气有限公司 (100102) 史徐武

摘 要: 本文通过对大兴南高压A调压站工程下向焊技术的介绍,给出了下向焊技术几个关键控制点,即下向焊焊机的选择、下向焊焊接工艺评定及焊接规程的制定、下向焊焊接缺陷产生的机理和预防措施。

关 键 词: 下向焊 焊接材料 焊接设备 焊缝缺陷

1 概述

管道下向焊技术是一种比较先进的管道焊接技术,它是相对于管道焊接中采用“向上焊”焊接工艺而言的。它的焊接电弧自上而下,是一种高效、优质的焊接工艺方法。主要应用于大直径管线焊接,是国际上大口径管线焊接中常用的一种焊接方法^[1]。下向焊主要优点是:焊接速度快、生产效率高、焊缝成型美观。下向焊采用单面焊双面成型技术,焊缝背面成型饱满、均匀、电弧吹力大,采用多层焊每层焊肉较薄,可用角磨仔细打磨,焊接质量易于控制。相对于上向焊,下向焊焊接材料消耗少,焊条用量降低20%~30%^[2]。下向焊工艺在国外应用较早,在我国,比较成熟的下向焊技术是近十几年才发展起来的,在燃气长输管线中得到较为广泛的应用。

2 大兴南高压A调压站工程概况

大兴南高压A调压站天然气进口压力为4.0MPa,进气口管道管径为DN1 000,材质为X70。天然气压力范围为:3.0MPa~4.0MPa,高压A天然气进站后经过过滤器过滤后,进入调压系统,经过调压系统后分

为3路供给周边地区。调压站设计负荷为:高压进口55万m³/h,输送至大兴区及周边地区。其中大口径管道主要以DN1 000、DN700、DN500为主,焊接量大,且质量要求高,在此文中以DN1 000管道为例来对下向焊技术予以阐述。

3 焊接材料及焊接设备的选择

3.1 焊接材料的选择

该工程进气口管道采用直缝焊接钢管,管道材质为X70。依据GB/T9711.2-1999《石油天然气工业输送钢管交货技术条件》标准,将其界定为“优质低合金钢”。依据石油天然气行业标准SY/T4071-93《管道下向焊焊接工艺规程》经过比较多种焊条的工艺特性,决定采用E6010纤维素焊条,E6010纤维素焊条化学成分及机械性能如表1所示。

纤维素焊条药皮中含有30%~50%的有机物,这

表1 E6010纤维素焊条化学成分及机械性能

最大含量 (%)					机械性能 (Mpa)	
C	Si	Mn	P	S	屈服强度	拉伸强度
0.13	0.15	0.44	0.012	0.012	390	470

些有机物具有较强的造气功能，在焊接高温作用下，分解并释放出大量的CO和CO₂保护气体，使熔池不易接触到空气中的氧气而产生氧化物。纤维素焊条的焊渣少，电弧吹力大，可以防止溶液向下流淌，具有较大的焊透能力。一般情况下，纤维素焊条不需要烘干，并且具有单面焊双面成型的特点。

3.2 焊接设备的选择

本次管道焊接采用纤维素型+低氢型下向焊工艺，因此，对电焊机也有一些特殊要求^[3]。一般手工电弧焊机难以满足此焊接工艺要求，特别是小电流下向焊条根焊焊接时。主要的原因是电流小时的短弧、息弧、粘条及过渡熔滴颗粒大和电弧不稳。而且，静特性陡降程度远比晶闸管焊机及逆变焊机小。一般情况下，电焊机的动特性问题都不大，主要是静特性不能满足要求，要求静特性曲线自然特性段适当提高，至少50V以上，理想的状况应该达到60V-70V。另外，纤维素焊条打底焊，当电流小至60A-90A时，极易出现断弧、息弧粘条及电弧不稳的问题。许多生产厂家生产的可控硅整流或逆变焊机电流在此范围内不连续，尤其电弧电压变动幅度大、熔滴频繁短路时，问题就更加严重。普通焊条焊接时不敏感，而纤维素焊条下向焊时特别敏感^[4]，因此，所选用的焊机必须有设计合理的控制电路，能增加50A-100A范围内输出电抗器电感值。基于以上条件考虑，本项工程焊接设备选用IGBT逆变式ZX7系列直流逆变下向焊专用焊机，该焊机可以对电弧推力进行调解，能够满足施工需要。

4 焊接工艺评定及焊接规程制定

本次焊接母材：材料标准为API Spec 5L（42版）PSL2及订单技术条件，直径 ϕ 1 016mm，壁厚17.5mm。焊接材料：焊条标准为AWS A5.1 E6010，焊条牌号、直径为BOHLER FOXCEL ϕ 3.2mm。焊敷金属厚度：根焊2.5mm、其余15.00mm。焊接位置为水平固定（5G）。焊接方向：向下焊。预热温度 $\geq 100^{\circ}\text{C}$ ；层间温度 $\geq 100^{\circ}\text{C}$ 。焊接电流为直流，极性为正接，焊接电流和电压如表2所示。焊接速度：根焊为8~10，填充、盖面为17~25。焊接试样拉伸试验、弯曲试验和冲击试验如表3、表4和表5所示。

结论：本次焊评按照GB50236-98规定焊接试件，检验试样，测定性能，确认试验记录正确，结果合格。据此，制定下向焊焊接规程如表6所示。

5 焊接缺陷的产生机理及应对措施

5.1 焊接缺陷产生机理

从本工程管线焊接缺陷来看，主要的焊接缺陷为

表2 焊接工艺评定中的电流和电压

焊缝层次	电流（A）	电压（V）
根焊	65~70	24~32
热焊	170~260	17~19
填充	170~270	18~20
盖面	170~260	17~19

表3 拉伸试验

试验编号	试样宽度（mm）	试样厚度（mm）	横截面积（mm ² ）	断裂载荷（kN）	抗拉强度（MPa）	断裂位置和特性
DXNGYA-PQR-01-T1	25.3	17.9	452.87	235	519	焊缝
DXNGYA-PQR-01-T2	25.3	17.9	452.87	238	525	焊缝

表4 弯曲试验

试样编号	试样类型	弯曲半径	弯曲角度	试验结果
DXNGYA-PQR-01-S1	侧弯	20.00mm	180°	1.00裂纹一处
DXNGYA-PQR-01-S2	侧弯	20.00mm	180°	无明显裂纹
DXNGYA-PQR-01-S3	侧弯	20.00mm	180°	无明显裂纹
DXNGYA-PQR-01-S4	侧弯	20.00mm	180°	无明显裂纹

表5 冲击试验

试样编号	缺口位置	缺口形式	试验温度	冲击功
DXNGYA-PQR-01-C1-1	焊缝	夏比V型	-20℃	186
DXNGYA-PQR-01-C1-2	焊缝	夏比V型	-20℃	36
DXNGYA-PQR-01-C1-3	焊缝	夏比V型	-20℃	142
DXNGYA-PQR-01-C2-1	热影响区	夏比V型	-20℃	208
DXNGYA-PQR-01-C2-2	热影响区	夏比V型	-20℃	212
DXNGYA-PQR-01-C2-3	热影响区	夏比V型	-20℃	210

表6 焊接规程

焊缝层次	焊接方法	焊条、焊丝		焊接电流		电弧电压范围 (V)	焊速 (cm/min)	丝速 (in./min)	线能量 (kJ/cm)	摆动方式
		牌号	直径 (mm)	极性	电流 (A)					
根焊	SMWA	E6010	3.2	DC-	50 ~ 75	22 ~ 36	8 ~ 15	/	4.40 ~ 20.25	微摆
填充	FCAW	E71T8-K6	2	DC-	160 ~ 260	17 ~ 22	20 ~ 30	70 ~ 120	5.44 ~ 17.16	微摆
填充	FCAW	E71T8-K6	2	DC-	160 ~ 270	17 ~ 22	17 ~ 28	70 ~ 120	5.83 ~ 20.96	微摆
盖面	FCAW	E71T8-K6	2	DC-	160 ~ 260	17 ~ 20	17 ~ 25	70 ~ 120	6.53 ~ 18.35	微摆

裂纹。此项工程所用管道的材质为X70，是一种低合金钢，而E6010氢含量较高，由于施工在12月中下旬进行，气温已比较低，产生裂纹的主要原因有3个：一是钢种的淬硬性，X70钢材中碳当量为 $0.274 < 0.4$ ，淬硬倾向比低碳钢稍微大些，由于焊接时室外气温较低，冷却速度快，焊接过程就会产生大量碳含量较高的马氏体和贝氏体，而这两种晶体组织对冷裂纹的敏感性较强，这些组织越多，裂纹产生的可能性就越大，这种晶格缺陷在应力不平衡的条件下，空格和错位发生移动和聚集，当达到一定程度时就会形成裂纹源。二是焊接接头含氢影响，产生氢致裂纹。焊缝中氢主要来源是E6010和环境湿度，由于外界气温低，冷却速度快，氢来不及逸出，随着氢含量的增加，焊缝中的氢逐渐处于饱和状态，随着冷却过程的继续，部分氢留在马氏体中，当应力处于上临界应力和下临界应力之间时，组织中的晶格会发生错位，晶格缺陷在前沿形成三向应力区，诱使氢向该处扩散并聚集，当氢的浓度达到一定程度时，一方面产生较大应力，另一方面阻碍晶格移动而使该处组织变脆，促使缺陷扩展形成裂纹。三是焊接接头受到拘束力产生裂纹。焊接接头主要存在3种拘束力：（1）不均匀加热或冷却产生的应力所形成的拘束力；（2）金属相变时组织应力产生的拘束力；（3）焊接接头本身拘束条件

所产生的应力形成的拘束力，比如强力对口产生的拘束力等。这3种应力形成的拘束力到达一定程度之后也会导致焊接接头裂纹的产生。

5.2 焊接缺陷的应对措施

通过以上对裂纹产生机理的分析，我们可以看出，要防止焊接裂纹的产生，必须做到：首先，施焊前应先对焊口周围均匀加热，预热温度应在100℃以上；其次，提高焊口组对水平，避免强力对口产生应力；第三、焊后应进行保温处理，用保温材料对焊道保温，使焊道逐渐冷却，延长冷却时间，避免急速冷却；第四、采取措施，提高施焊环境的干燥度；第五、优化操作工艺、方法，降低焊口组织内氢含量，使晶格组织得到优化，减少产生裂纹的诱因。经过实践证明，我们所采取的措施是有效的，采取措施后，管道焊接的一次合格率达到99.7%。

6 结束语

从大兴南高压A调压站进气口管道焊接工程实例可以看出，在把握好焊接设备选择、焊接工艺评定及焊接缺陷预防这几个关键点的条件下，管道下向焊技术在操作上较为容易，焊接速度快、焊接质量好，可以提高施工效率，在城市燃气管网中，特别是大口径

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2011.01.005

平顶山市老城区天然气置换工作稳步推进

□ 平顶山燃气有限责任公司(467000) 张玉炳

平顶山市使用的管道煤气是中平能化集团天宏焦化公司(原平顶山市焦化厂)的焦炉余气回收利用工程供气,自1984年投运以来,逐步发展形成了一套完整的煤气输送系统,中低压管网900km、5.4万m³储气柜3座、调压站40余座,年供气量5 500万m³,煤气用户达16.1万户。由于气源供气不足、管网堵塞老化严重影响了煤气的供应和居民的正常生活。2005年,平顶山市利用西气东输一线建设的天然气主体工程正式投运,现已敷设高中压管道300余km,日供气规模达30万m³。西气东输二线平舞漯地方支线建设工程也于2010年3月开工,计划于10月底建成通气,又将为平顶山市的燃气供应提供充足的气源保障。天然气作为一种比焦炉煤气更洁净安全、经济高效的气源,正在成为平顶山市用以替代焦炉煤气必然的、现实的选择。

1 天然气置换的工程规划

2009年7月29日、2009年8月14日,平顶山市天

然气置换工程正式经平顶山市人民政府市长办公会议和市政府常务会议研究通过。我公司按照远近结合、总体规划,划定区域、分步实施,先易后难、循序渐进的原则,在反复考察论证基础上,制定了《平顶山市天然气置换总体方案》,计划利用4年时间对市区16.1万人工煤气用户全部实施天然气置换。在平顶山市天然气主体工程和“中平能化集团棚户区改造天然气配套工程”的基础上,建设以六纵四横为主的天然气中压管网,规划建设14条分支中压管线,逐步延伸形成相对完善的天然气管网布局。

2 前期准备工作

(1) 加强领导,成立组织。公司成立了以董事长、党委书记为指挥长,党委副书记、总经理为常务副指挥长,两名副总经理、一名调研员任副指挥长的置换工程指挥部,指挥部下设一室九组,分别是:置换办公室、技术组、预决算组、安全质量组、施工

输配气管道中应该得到广泛应用。

参考文献

- 1 李继山.焊接技术[M].北京:中国劳动出版社,1999
- 2 李颂密等.管道下向焊技术简介[C].第八次全国焊接会议论文集,3-78
- 3 段红梅.纤维素焊条及其对弧焊电流的要求[J].焊接技

术,1999;增刊

- 4 李宪政.管道下向焊技术及焊机特点[J].安装,2001;增刊
- 5 孟广吉.焊接结构强度和断裂[M].北京:机械工业出版社,2005
- 6 雷玉成.金属材料焊接工艺[M].北京:机械工业出版社,2007