

# 下向焊接技术在燃气工程中的应用

□ 淄博港华燃气有限公司 (255000) 韩霞

**摘要:** 介绍下向焊接技术的特点及发展, 结合淄博市在八陡至龙泉燃气管线工程中的应用, 着重介绍施工程序及操作工艺。结合焊缝检测结果, 对下向焊接中的常见缺陷进行了分析, 提出了相应预防措施。

**关键词:** 下向焊接 纤维素焊条 焊接工艺评定 焊缝检测 缺陷分析

## Application of Downward Welding Technology in Gas Engineering

Zibo Towngas Co.,Ltd Han Xia

**Abstract:** Introduction to the downward welding technology and its development. Combined with application in Ba dou to Long quan gas pipeline project, construction procedures and operation process are emphatically introduced. Based on the results of weld detection, analyze the common defects in downward welding.

**Keywords:** downward welding cellulose electrode welding process assessment weld detection defect analysis

### 1 概述

随着城市建设的不断扩大, 燃气事业不断发展, 天然气凭借其清洁、高效的优点, 越来越广泛地应用于居民生活、工商业及相关领域。近年来, 用气量不断增加、用气区域不断扩大, 燃气管网也需要不断延伸。随着山东中石油泰-青-威长输管线淄博支线的建成通气, 我公司建设了八陡至龙泉高压燃气管线工程, 该管线的建成投产为淄博市提供了新的气源。

八陡至龙泉燃气管线工程设计压力2.5MPa, 采用L290双面埋弧焊螺旋焊管, 3PE加强级防腐, 管径为406.4mm×7.1mm, 管道全长23km。为保证施工质量

和工程进度, 我们招标确定施工单位后, 采用管道手工下向焊接技术进行管道焊接, 取得了较好的效果。

### 2 手工下向焊接及技术特点

#### 2.1 手工下向焊接技术

手工下向焊接技术与传统的向上焊接相比具有焊缝质量好、焊条熔化速度快、熔敷率高等优点, 被广泛应用于管道工程建设中。随着输送压力的不断提高, 油气管道钢管强度的不断增加, 手工下向焊接技术经历了全纤维素型下向焊—混合型下向焊—复合型下向焊这一发展进程。

全纤维素型下向焊接：根焊时要求单面焊双面成形；仰焊位置时防止熔滴在重力作用下出现背面凹陷及铁水粘连焊条。

混合型下向焊接：在长输管道的现场组焊时，采用纤维素型焊条根焊、热焊，低氢型焊条填充焊、盖面焊的手工下向焊接技术。主要用于焊接钢管材质级别较高的管道。

复合型下向焊：根焊及热焊采用下向焊接方法，填充焊及盖面焊采用向上焊接方法的焊接工艺。其主要应用于焊接壁厚较大的管道。

## 2.2 下向焊接技术特点

(1) 采用小间隙、大钝边的工艺参数，焊缝宽度和焊缝余高都比向上焊小。

(2) 填充焊时，直径相同的一根4mm焊条，焊缝熔敷金属的长度比向上焊接时长70mm~80mm，焊接速度为向上焊的2倍~3倍。

(3) 每层焊道厚度一般为2mm左右，故焊缝缺陷少，不容易产生尺寸较大的焊接缺陷。

(4) 使用同直径焊条的焊接电流比向上焊时小，速度比向上焊时快，故焊接热输入也小，接头综合性能好。

(5) 纤维素焊条由于渣少、电弧吹力大，燃烧稳定，焊缝根部成形饱满，采用连续焊接可得到质量良好的单面焊双面成形焊缝。

## 3 在燃气工程中的应用

八陡至龙泉燃气管道工程采用全纤维素手工下向焊接技术，此技术抗外界干扰能力强；连续焊接，焊接接头少，焊缝成型美观；遵循薄层多道焊的原则，使得焊缝的内在质量好，无损检测合格率高；此外，该方法操作技能单一、易于学习与掌握，也便于流水作业施工。下向焊接通常要选择适当的焊接电流、焊

条角度和焊接速度，通过压住电弧直拖向下或稍作摆动来完成焊接。

在工程施工过程中，选用国外某公司生产的FOXCEL E6010 (AWS) 焊条打底、填充、盖面；焊接设备选用国内某公司的ZX7-400直流逆变焊机。焊接过程控制如下：

### 3.1 焊接工艺评定及焊接参数

正式施工前，按现行《石油天然气金属管道焊接工艺评定》SY/T0452标准进行焊接工艺评定<sup>[1]</sup>，检验的项目有：外观检查、刻槽锤断试验、X射线探伤检验和力学性能试验。力学性能试验表明，焊缝经拉伸试验、弯曲试验、冲击试验均合格。在工艺评定后，制订了焊接作业指导书。由监理人员对上岗焊工进行了资格审查及现场考试，这些为工程的开工提供了前提条件。

该工程管道壁厚7.1mm，按焊接作业指导书，管道焊接坡口形式为V型，采用纤维素焊条下向焊，包含根焊、填充焊和盖面焊过程，焊接3层，每层焊缝均由两名焊工对称施焊，相邻两层的接头点不得重叠，应错开30mm以上。评定合格的下向焊接工艺参数见表1。

### 3.2 下向焊接操作方法

#### 3.2.1 组对和定位焊

钢管的正确组对及定位焊是保证焊接质量和焊缝背面成型良好的基础。该工程使用的是外对口器，定位焊是正式焊缝的一部分，不但要求单面焊双面成形，而且要保证焊接质量。缝两侧应打磨成缓坡状，以利于接头。

#### 3.2.2 根焊

根焊是整个管接头焊接质量的关键。操作时，要求焊工必须正确掌握运条角度和运条方法，并保持均匀的运条速度。施焊时，一名焊工先从管接头的12点往前10mm处引弧，采用短弧焊作直线运条，在1点~5点之间焊接时，电弧指向熔池的中心；在5点~6点之间

表1 下向焊接工艺参数

焊道	焊条型号	焊条直径 (d) mm	电流种类与极性	焊接电流 (I) A	电弧电压 (U) V	焊接速度 (V) cm/min	运条方法
根焊	E6010	3.2	直流反接	50~85	24~32	12~16	直拉
填充	E6010	4.0	直流正接	85~120	24~36	20~27	直拉
盖面	E6010	4.0	直流正接	85~120	24~36	20~27	直拉或小幅摆动

焊接时，应采用最短电弧，在电弧的推力作用下将熔化金属托起，从而避免根部出现内凹现象。

焊接过程中始终注意观察熔孔的大小，尽量使其保持基本一致。熔孔过大，说明焊接速度太慢，熔池温度偏高，容易烧穿或形成焊瘤；熔孔过小容易造成未焊透等缺陷。根焊完成不少于管周长50%后方可拆卸对口器，所完成的根焊应分为多段且均匀分布<sup>[2]</sup>。

更换焊条熄弧时减薄焊层厚度，并用砂轮机将熄弧处打磨成缓坡状。根部焊缝完成后，采用砂轮机进行除渣，并仔细检查确保清渣彻底，避免夹渣的产生。

### 3.2.3 填充焊

填充焊要保证根焊不能被烧穿。施焊速度较根焊时稍快，使熔池呈圆片状。水平焊处容易出现凹陷，而仰焊处铁水容易凸出下坠，对此一定要“填起磨平”，即凹陷处用焊条填满，下坠处则用砂轮机磨平。

### 3.2.4 盖面焊

盖面层焊接时由于焊缝较低宽，焊接时焊条后沿坡口两侧稍作横向或反月牙形摆动运条向下焊接。由于为收尾焊道，不但要保证焊接质量，还要美观，外形尺寸不超标，如焊缝每侧比坡口表面宽0.5mm~2mm，余高为1mm~3mm等等<sup>[3]</sup>。我们利用焊接检验尺测量焊缝宽度、余高、坡口尺寸等，对超标部分进行有效打磨（见图1、图2）。



图1 测量焊缝余高图片



图2 测量坡口尺寸图片

## 3.3 无损检测

根据设计文件，此工程管道焊缝进行100%无损检测，执行《金属熔化焊焊接接头射线照相》（GB/T3323）。总计完成2 386道焊口，拍12 043张底片，其中Ⅰ级10 708张，Ⅱ级1 222张，Ⅲ级66张，Ⅳ级47张，返修113张，达到Ⅱ级合格要求。一次焊接未达到Ⅱ级标准的焊缝为99道，一次焊接合格率95.85%。

## 4 下向焊接中易产生缺陷的原因分析及预防措施

工程施工中，我们及时发现了个别焊接缺陷，并进行了分析。

### 4.1 焊接中易产生的缺陷

#### 4.1.1 夹渣产生的原因

（1）根焊后清根不彻底，致使在快速热焊时，未能使根部熔渣完全溢出。

（2）根焊清根的方法不当，使根部焊道两侧沟槽过深，呈现“W”状。在快速热焊时，流到深槽的熔渣来不及溢出而形成夹渣。

（3）在6点钟位置收弧过快也易产生夹渣。

#### 4.1.2 气孔产生的原因

（1）盖面焊时，熔池过热，吸覆大量的周边空气。

（2）盖面焊时，焊条摆动幅度太大，熔池保护不良。

（3）根部间隙过小，容易产生根部针形气泡。

（4）焊条未在规定时间内用完或长时间暴露在空气中。

#### 4.1.3 裂纹产生的原因

（1）如果施工地段起伏较大，土墩未及时垫到位，使管子处在受力状态，在焊接收弧点（尤其是6点钟位置）易出现应力裂纹。

（2）在焊接过程中，如过早松开或撤离对口器，致使熔池中的铁水未来得及凝固好，在焊接收弧处容易产生裂纹。

（3）焊工在6点钟位置采用直线熄弧等不当的收弧方法，致使熔池未填满形成弧坑而出现弧坑裂纹。

#### 4.1.4 内凹产生的原因

（1）对口间隙过大。

（2）根焊时焊条送人深度不够。

(3) 焊接电流过大, 热焊时在5点~7点钟位置运弧太慢。

#### 4.2 针对易产生的缺陷所应采取的预防措施

##### 4.2.1 焊前准备要求

(1) 组对前应将坡口及其内外侧表面不小于25mm区域范围内的油、漆、垢、锈和毛刺等杂物采用电动钢丝刷清理干净, 且不得有裂纹、夹层等缺陷, 并呈现金属光泽。

(2) 组对前要对坡口进行修磨, 使坡口角度及钝边等符合设计参数和焊接工艺要求。

(3) 焊接施工前应用砂轮机将钢管两端15mm内的螺旋焊缝磨成缓坡, 以保证该处焊道熔合良好。

(4) 管道组对尺寸要符合焊接工艺要求。

##### 4.2.2 焊接过程中采取的措施

###### (1) 防止夹渣的措施

根焊后要派专业砂轮工进行清渣, 清根要彻底, 每个接头点一定要打平。清根时要将根焊道清成“U”形槽, 避免清成“W”形槽。6点钟收弧时要将熔池填满后, 再运弧到成形的焊缝上进行收弧, 要采用平甩法熄弧。

###### (2) 防止气孔的方法

① 盖面时, 电流不要太大(电流应低于填充焊电流), 采用小电流、短电弧、快焊速焊接, 避免过热现象, 防止表面气孔。

② 焊接时采用适应的运条技术, 否则将使熔池超前, 易造成长时间短路、焊条粘在焊道上, 这对脱氧不利, 易产生气孔, 但是焊条摆动宽度不应超过焊条直径的两倍, 否则也易产生气孔。

③ 防止组对间隙过小缺陷, 由于组对间隙过小, 在焊接时造成过大的母材稀释作用, 而妨碍排气, 致使形成根部针状气泡。

④ 焊条在使用过程中, 要存放在焊条保温筒内, 要随用随取, 严禁焊条暴露在外, 以防焊条受潮。

###### (3) 防止裂纹的措施

① 在起伏地段施工时, 土墩要及时垫到位, 或采用倒链配合, 严格控制在焊接过程中焊口受力现象。

② 焊接过程中严禁松撤对口器。

③ 电焊工在6点钟收弧时, 一定要保证熔池填满, 且采用平甩法方式熄弧, 严禁采用直线式方法熄弧。

###### (4) 防止内凹缺陷的措施

① 加强质检力度, 控制组对质量, 确保组对间隙, 钝边符合焊接工艺要求。

② 土墩一定垫得足够高(一般不低于400mm)以便于焊工操作, 保证运条深度;

③ 根焊时电流不易过大, 而热焊在5点~7点钟时运条速度要适中, 不要太慢。

## 5 结论

通过我公司的燃气工程实践, 可以看出, 采用下向焊接技术, 不仅焊接质量容易保证, 而且可以降低劳动强度, 提高劳动效率, 燃气公司在高压、次高压燃气管道焊接时优势更加明显, 具有较广泛的推广应用前景。

### 参考文献

- 1 SY/T0452-2012 石油天然气金属管道焊接工艺评定[S]
- 2 GB50369-2006 油气长输管道工程施工及验收规范[S]
- 3 Q/CNPC78-2002 管道下向焊接工艺规程[S]

### 工程信息

## 河北邢台市南和 签约民用天然气项目

2015年6月29日, 由四川自贡华澳公司投资1亿元建设的乡镇民用天然气项目签约入驻南和县。项目建成后, 将覆盖南和县行政区域内所有乡镇、村居, 惠及30万群众。

据介绍, 乡镇管道燃气是城乡重要公共基础设施之一。该项目建成后, 将对发展乡镇经济、提高群众生活质量、推进社会主义新农村建设发挥重要作用。

(本刊通讯员供稿)