

# 长距离输油输气管道建设 ——焊接工艺制订及焊接设备选型

郭海云<sup>1</sup>, 李 桓<sup>2</sup>, 李国华<sup>2</sup>, 胡连海<sup>2</sup>

(1. 天津中德职业技术学院机械部, 天津 300191; 2. 天津大学材料学院, 天津 300072)

**[摘要]** 举世瞩目的西气东输工程开工在即, 大投资、长距离、大管径、短工期、高质量、地质条件多样、施工单位众多等是其主要特点。其中焊接工艺的制订及焊接设备的选型涉及许多技术问题, 将对施工进度、施工质量、施工单位的经济效益产生重大影响, 应引起足够重视。

**[关键词]** 输油输气管道建设; 焊接设备; 选型

## 1 引言

从国家油气管道建设近期规划中可以看出, 我国在未来10年中, 油气输送管道的建设将迎来发展高峰。全长953 km的涩(北)一(西)宁一兰(州)输气管道已经竣工, 兰(州)一成(都)输油管道及(四川)忠(县)一武(汉)输气管道已经或即将开工, 总投资达1400亿人民币的西气东输工程也将于2001年内开工。除主干线之外, 大规模的城市输气网建设也要同期配套进行。面对如此大的市场, 如此难得的发展机遇, 国内各行业的金属结构施工单位都跃跃欲试, 希望有机会参与管道工程建设<sup>[1~3]</sup>。

## 2 焊接工艺的制订

目前广泛采用的管道焊接方法可分为电弧焊和闪光对焊两大类。后者在前苏联的管道建设中得到广泛应用, 但在我国尚无应用实例。文中只涉及电弧焊技术。目前我国大型管道工程招标文件中一般明确规定必须采用(电弧)下向焊技术的施工工艺方法, 自动(包括半自动)化率需达到70%以上。因此焊接工艺的制订不得偏离这个原则。管道

焊接与常规焊接类似, 在工序上分为打底焊和填充、盖面焊两大步。在长期的施工实践中, 人们摸索出了多种焊接工艺及其组合。现分述如下:

### 2.1 打底焊工艺

#### 2.1.1 使用纤维素焊条手工焊

纤维素下向焊焊条的药皮中含有质量分数 $w$ 为30%~50%的有机物(纤维素), 具有极强的造气功能。焊接时在电弧热的作用下可以分解出大量的CO和CO<sub>2</sub>气体, 在保护电弧和熔池金属的同时, 显著增加了电弧吹力, 保证了熔滴在全位置焊接时向熔池的稳定过渡, 还可阻止铁水和液态熔渣的下淌, 同时还有较大的熔透能力和优异的填充间隙性能, 对管子的对口间隙要求不很严格, 焊缝背面成形好, 气孔敏感性小, 容易获得高质量的焊缝, 因此特别适合打底焊<sup>[2]</sup>。

#### 2.1.2 使用CO<sub>2</sub>气保护实心焊丝半自动或全自动焊

美国林肯电气公司于90年代初期推出了利用表面张力控制熔滴短路过渡的STT焊机, STT焊接工艺以柔和的电弧、极小的飞溅、良好的焊缝背面成形、焊后不用清渣及使用纯CO<sub>2</sub>气体和实心焊丝为主要特点, 已成功地应用于我国陕一京管道

二期工程永清—大港输气管道及援外工程苏丹 Muglad 管道施工的打底焊中。到目前为止该工艺均在半自动条件下使用。在 2001 年 3 月林肯公司为我国西气东输工程专门推出了全自动 STT 焊机打底焊工艺，并得到众多参观者的赞同。气保护焊接工艺的主要缺点是抗风能力差，现场施工时需采取防风措施。全自动焊接时的焊前调整较为费时，而且技术要求比较高。

## 2.2 填充、盖面焊工艺

### 2.2.1 使用铁粉低氢型焊条手工焊

使用铁粉低氢型下向焊条进行填充、盖面焊无论在国内和国外都有许多成功的范例，其灵活简便、适应性强的优点在我国劳动力资源相对丰富的条件下，更得到了充分的发挥。特别是近年来焊条工艺性能的改进，其熔敷效率、力学性能等指标均能满足当今管道建设的需要<sup>[3]</sup>，在焊接自动化率要求不高的场合是十分适用的。

### 2.2.2 使用自保护药芯焊丝半自动焊

与焊条电弧焊相比，自保护药芯焊丝半自动焊的生产效率高、焊接质量好、综合成本低<sup>[4]</sup>，特别是自保护药芯焊丝的焊接工艺性能优良，电弧稳定，成形美观，能实现全位置（下向）焊接，抗风能力强，尤其适宜于野外施工。已被明确指定在涩—宁—兰管道施工中使用<sup>[2]</sup>。

### 2.2.3 使用气保护实心焊丝全自动焊

CO<sub>2</sub> 气体保护短路过渡焊以其小电流、低电压、细直径实心焊丝、短路过渡为主要特点，下向焊时熔池体积小，可实现全位置焊接及抗锈低氢的内在优势，特别适合于填充焊。盖面焊由于对焊缝成形有较高的要求，一般应选用混合气体（ $\varphi(\text{Ar}) = 80\% \sim 85\%$ ， $\varphi(\text{CO}_2) = 15\% \sim 20\%$ ）。上述组合可使气保护实心焊丝全自动焊接工艺在长距离输油输气管道建设中占有一席之地。

## 3 焊接设备的选型

焊接设备的选型与焊接工艺的制订应同步进行。该项工作的特点是涉及较大的投资，如选择不当将蒙受较大的经济损失并造成延误工期带来的各种负面影响等，施工单位对此应十分重视并谨慎从事。其基本原则是在满足焊接质量及施工进度的前提下，尽量选择低成本的焊接设备以求得最大的经济效益。

管道焊接施工的特点是流水作业，某个焊工只

焊接每个焊口的一道焊缝，焊接工艺参数相对稳定，这就为焊接设备的选型提供了多样性和灵活性。但其流水作业的形式和野外施工的特点也对焊机的可靠性提出了较高的要求。

管道焊接施工对焊接设备的一般要求是：性能满足使用要求，容量有较大裕量，故障率低，现场维修容易。焊机组合尽量采用积木式结构，例如移动式电站 + 直流弧焊电源 + 送丝机（焊条电弧焊时不用送丝机）。移动式电站可选 50 kW 的（在海拔超过 3 km 的高原地区施工时应选择 75 kW 的），它可同时带动两台额定电流为 400 A 的弧焊电源，当焊接电流不超过 250 A 时完全能满足要求。现根据不同的焊接工艺分述如下：

### 3.1 纤维素焊条电弧焊设备

纤维素焊条使用直流正接（焊条接负），并且不采用短路过渡形式。一般的直流焊机应能满足要求，但容易出现电弧不稳、粘条、断弧等问题。根据有关研究证明<sup>[5,6]</sup>需将 ZX5 系列焊机的棒形线性电抗器改为口字形的可饱和电抗器或将 ZX7 系列焊机的静特性曲线重新设计，以满足其要求。可供选择的焊机有：

新乡电气控制设备厂的 ZX5—400，北京时代公司的 ZX7—400B，美国林肯公司的 DC—400、V300—I、SAE—400，美国米勒公司的 Dimension452/562、Big Blue502 等。

### 3.2 CO<sub>2</sub> 气体保护焊设备

无论是半自动焊还是全自动焊，美国林肯公司的 STT 焊机都有明显的技术优势，缺点是售价太高，常使经济实力不太强的管道施工企业望而却步。建议采取统一订货的方式，以降低订货成本；或在试用成功的基础上选购北京时代公司生产的 A120 系列波控 CO<sub>2</sub> 逆变焊机。

### 3.3 铁粉低氢型焊条电弧焊设备

与其它几种管道焊接设备相比，铁粉低氢型焊条对弧焊设备的要求较低，一般的直流弧焊设备即可满足要求，但要注意到管道焊接对焊机可靠性要求较高。

### 3.4 自保护药芯焊丝半自动焊设备

美国林肯公司在推出自保护药芯焊丝半自动焊接工艺的同时，重点推出了两种焊接设备组合：DC—400 弧焊电源 + LN—23P 送丝机及 SAE—400 柴油发电机式弧焊电源 + LN—23P 送丝机。此两种设备组合已在我国应用多年。据笔者考察由施工

单位自备发电机的 DC—400 弧焊电源 + LN—23P 送丝机是较好的选择, 施工时焊机的故障率较低, 现场维修也较容易。国内的时代公司正将自己研制的自保护药芯焊丝半自动焊机推向市场, 有望与国外著名产品在西气东输工程中一争高低。

### 3.5 气体保护全自动焊设备

该工艺对弧焊电源的要求不高, 但对机械部分(爬行轨道、爬行小车、焊枪夹持及摆动机构)和电气部分有极高的要求, 其选型的基本要求是造价低、适应性强、操作简单、焊接效率高。

国外的生产厂家有美国 LINCOLN 公司、CRC 公司, 德国 WITZ 公司, 英国 NOREAST 公司等, 国内的石油天然气总公司管道局和葛洲坝集团公司机电建设有限公司分别研制出了管道全位置自动焊机, 并已在涩—宁—兰管道和三峡工程中应用<sup>[7,8]</sup>。

## 4 西部高原地区对移动式电站的特殊要求

西部地区多为高原和丘陵, 其中海拔 2 000 m 以上地区占西部地区总面积的 33%, 海拔 3 000 m 以上的占 26%。随着海拔的升高, 大气压力、空气密度和含氧量随之减少(每升高 100 m, 含氧量相应减少 10%), 气温也随之下降。选择移动式电站时必须考虑到这些因素。

### 4.1 采用增压型发动机和多级滤清或湿式空气滤清器

西部特殊的地理位置会造成发动机功率下降、工况恶化, 因此必须采用特殊的适用于高原沙漠的增压型发动机, 移动式电站才能在该地区正常运转。此外, 由于新疆、甘肃及青海的部分地区为沙漠地带, 因而对发动机的进气过滤也有特殊要求, 应该配备多级滤清或湿式空气滤清器。

### 4.2 必须配置低温启动装置

西部高原上的低温启动要求也不同于像东北那样的平原地区, 是在严重缺氧条件下的低温启动。在 -5 ℃ 时就需要考虑低温启动措施, 更不用说西部 -25 ℃ 的最低气温了。因此, 施工单位选择的

移动式电站必须配置低温启动装置, 使之能够在西部高原的低温、低压情况下正常启动。

## 5 结论

1) 西气东输工程主干线焊接工艺方案已明确以全自动焊和半自动焊为主, 焊接设备的选型要以此为基础。

2) 城市输气网焊接工艺对自动(包括半自动)化率没有要求, 可选择成本较低的(纤维素型及铁粉低氢型下向焊)焊条电弧焊。

3) 在管道焊接技术中, 打底焊和填充、盖面焊的特点不同, 焊接工艺的制订和焊接设备的选型各具特点。

4) 对焊接设备的基本要求是能保证焊接质量和工程进度, 具有较低的故障率、合理的价格和良好的售后服务。对此应根据施工现场的具体情况来选择, 其中积木式组合是焊接设备选型的基本要点。

### 参考文献

- [1] 邱中建. 我国西部天然气东输的可行性[J]. 中国工程科学, 1999, 1(1): 94~98
- [2] 李宪政. 长输管线高效焊接技术及焊机特点[J]. 焊接技术, 2000, 29(增刊): 34~36
- [3] 郭爱东, 鲍云杰, 刘守龙. 大口径输气管道工程焊接施工技术的现状及展望[J]. 石油工程建设, 2000, 26(6): 1~4
- [4] 袁崇福, 田立. 用于管道焊接的药芯焊丝半自动焊接技术[J]. 焊管, 2000, 23(6): 7~8, 10
- [5] 马俊龙, 卫增嘉, 侯存敏. ZX5—400 晶闸管整流弧焊电源的改进[J]. 电焊机, 1999, 29(9): 23~25
- [6] 段红海, 李力. 纤维素焊条及其对弧焊电源的要求[J]. 焊接技术, 1999, 28(增刊): 55~56
- [7] 刘守龙, 冯佳, 隋永利, 等. 长输管道全位置自动焊接技术[J]. 焊接技术, 2000, 29(增刊): 47~48
- [8] 漆卫国, 张为明, 雷家琦. 压力钢管全位置自动焊机的研制与使用[J]. 焊接技术, 2000, 29(增刊): 51~52
- [9] 李九生, 杜则裕, 孙长伟. 石油管线的焊接工艺方案[J]. 焊接技术, 2001, 30(1): 22~23

## Construction of Long Distance Oil and Gas Transmitting Pipeline ——Setting of Welding Procedure and Making a Choice of Welding Equipment

Guo Haiyun<sup>1</sup>, Li Huan<sup>2</sup>, Li Guohua<sup>2</sup>, Hu Lianhai<sup>2</sup>

(1. *Chinese-German Vocational Technology Institute of Tianjin, Tianjin 300191, China,*

2. *Institute of Materials Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China*)

[Abstract] The famous project, gas transmitting from west to east, will set off. Its main characters are great investment, long distance, large pipe diameter, short time limit, excellent quality, various geological conditions and many construction enterprises participated. Setting of welding procedure and making choice of welding equipment involve a lot of techniques. They will have important influence on the economic benefit of construction enterprise, construction period and construction quality. Much attention should be paid to them.

[Key words] construction of oil and gas pipeline; welding procedure; welding equipment; choice

---

(cont. from p. 75)

## On-Line Supervisory Technology for Q-Factor in the Optical Supervisory Channel of Optical Transport Network

Tang Yong, Sun Xiaohan, Zhang Mingde, Ding Dong

(*Department E. E., Southeast University, Nanjing 210096, China*)

[Abstract] In this paper, a hierarchical model of the optical transport network (OTN) with an optical supervisory channel (OSC) subsystem is discussed, and that the reliability of operation, administration and management (OAM) signals is rested with the quality of signals transported in OSC is indicated by analyzing the characteristics of signals in OSC. Basing on the one-to-one correspondence of Q-factor with bit-error-ratio (BER) in data communication systems, an on-line supervisory scheme for Q-factor of signals in OSC is presented, and the supervisory module by a digital signal processor (DSP) approach is designed to implement on-line supervision for Q-factor.

[Key words] optical transport network (OTN); optical supervisory channel (OSC); OAM; Q-factor supervision