

# 高压输气管线不停输 大口径开孔新技术及其应用

四川石油管理局输气公司 朱 勇 兰 翔

管道不停输带压开孔\*作为一种先进的管道抢修、改造技术,具有广泛的应用前景。它不仅可以避免因停输造成用户停产带来的间接损失,而且还防止了因放空而造成对环境的污染,可以获得明显的经济效益和社会效益。

该项技术早在70年代初期,就在英国成功地得到了应用。随后,以美国T. D. Williamson公司为代表的管道设备公司对其不断改进和完善,使之系列化,并将开孔与封堵结合起来,有效地实现了管道不停输抢修、改造作业。目前,该技术在海外日臻完善,主要应用于各种规格的油气管道,最高开孔压力为10.1 MPa,最大开孔直径达1500 mm。

80年代中期,由中国石油天然气管道局率先从国外引进带压开孔技术及装备,并开展了应用研究开发工作,使带压开孔技术在国内油气管道行业逐步得到了推广应用。四川石油管理局输气公司(以下简称我公司)曾于1987年研制出DN50带压开孔机,后又推出DN80、DN100、DN150三种机具应用于生产。但是,由于带压开孔施工作业的管输介质为易燃易爆气体,实施带压作业具有较大的风险性,加之管输压力越高,焊接风险越大。因此,1990年以来,我们虽然在不同规格输气管道上实施带压开孔作业10余次,但管输压力一般都在1.0 MPa以下,开孔直径为50~150 mm。只有1995年3月,我公司在德阳新场气田 $\varnothing 219 \times 6$ 集输管线上实施了DN80开孔作业(两处),当时管输压力分别为2.6 MPa和4.2 MPa,一次成功。

为实现高压(2.0 MPa以上)、大口径(DN200 mm以上)带压开孔作业,我们借助于四川石油管理局流量测试中心工程实施带压开孔连头这个契机,展开一系列科研攻关活动,从焊接技术和开孔技术两个方面作了大量准备工作,顺利完成了在管输压力2.3 MPa、流量 $110 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 、DN700主干线上开DN200孔的作业任务。这标志着我公司在不停输高压大口径输气管道上机械化开孔技术研究已取得了成功。该技术可进一步推广应用于气田的管道建设,也可应用于城市煤气管网建设。

## 带压开孔技术关键及解决办法

带压开孔作为一种具有较大风险性的技术工作,其技术关键主要表现在带压焊接和开孔技术两个方面。

### 1. 带压焊接技术

带压焊接是开孔前的重要准备工作。由于施焊时,管内

有天然气流动。因此,为安全起见,焊前一般要做许多调查工作,搞清开孔管线的运行参数、腐蚀减薄、材质等情况,以便确定焊条型号、电流控制范围、焊接层数、熔深等技术参数。针对威青线、威成线的具体情况,我们做了两次模拟实验,获得以下基础数据和资料。

#### (1) 基本参数

设备名称: 直流弧焊机; 焊条牌号: Z5015; 焊条直径:  $\varnothing 2.5 \sim \varnothing 3.2 \text{ mm}$ ; 焊接方法: 手弧焊; 焊接极性: 反接; 短接:  $\varnothing 219 \times 8, 20^{\#}$ ; 主干线规格:  $\varnothing 720 \times 8, \varnothing 630 \times 8, 16 \text{ Mn}$ 。

#### (2) 焊接电流的选择(见表1)

表1 焊接参数表

Table 1. Welding parameters

焊缝名称	焊接层数 (层)	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊接电压 (V)
短接管	1	2.5	80	22
	22	2	2.5	85
	24	3	3.2	95
	24	4	3.2	95
加强圈内 圈焊缝	1	2.5	80	22
	22	2	3.2	90
	24	3	3.2	110
加强圈外 圈焊缝	24	4	3.2	110
	1	2.5	80	22
	22	2	2.5	80
24	3	3.2	105	

注: 焊接过程中, 根据间隙或其它因素, 电流值适当有一些变动。

焊接过程按以下步骤控制。

(1) 焊接准备: ①修正接管坡口, 清理管道表面氧化物、油污、熔渣等, 保持管面清洁; ②将电流调到适当的数值, 在内壁间隙均匀的情况下, 用 $\varnothing 2.5 \text{ mm}$ 焊条点焊。

(2) 焊接: ①对称分段焊接, 第一层用 $\varnothing 2.5 \text{ mm}$ 焊条, 间隙小时, 可采用直线形短弧焊接; 如局部间隙大时, 采用斜圆弧形运条法。②各接头处用角向磨光机进行打磨, 并修成缓形坡。③焊接过程中, 防止咬边, 并控制高度。④其它层采用圆圈运条法焊接, 每个斜圆圈与焊缝中心的斜度要很好控制。⑤焊接中应使熔池清晰, 但要注意控制温度, 以免焊穿

\* 管道带压开孔就是在管道上, 以机械低速切割方式密闭加工出不同尺寸的圆形孔洞。

管壁。

(3) 检验要求: ①对每一层焊缝都要进行着色探伤。②焊缝表面不得有裂纹、气孔、弧坑和夹渣等缺陷, 并要将熔渣飞溅物清理干净, 不得有未熔合和焊瘤。③焊缝表面咬边小于等于 0.5 mm 深, 连续长度小于 100 mm, 焊缝两侧咬边总长小于该焊缝长度的 10%。④焊缝焊角高度为 8 mm。⑤对焊好的短接及加强圈进行试压, 检查焊缝是否有泄漏。

## 2 带压开孔技术

带压焊接检验合格后, 就可进行带压开孔作业。实践中, 我们认识到带压开孔技术的关键在于开孔短接及补强圈的设计、切割刀具的设计及进刀量的控制两个方面, 必须认真核算后方能实施。

### (1) 开孔短接及补强圈的设计

短接设计: ①作为开孔管件的短接, 在材料选择上应该符合 JB 755 中的规定。由于油气管道的材质基本上为 20<sup>#</sup> 钢(无缝管)和 16 Mn 钢(螺旋焊管)。因此, 短接材质一般选用 20<sup>#</sup> 钢或 16Mn II 级锻件, 并且该管件的设计压力等级与管道的设计压力等级要相一致。②根据开孔机的最大行程要求, 为保证顺利开孔, 避免因短接过长造成开孔机行程不够, 而开不穿孔, 或因短接过短, 造成焊缝间距过小, 影响焊缝的强度。因此, 在短接设计中, 必须核算闭合高度。

补强圈的设计: 由于短节焊接时, 为避开设孔困难, 法兰短节内不焊接(单面焊), 基于安全考虑, 法兰短节焊到管道上, 要将全部坡口焊透并填满, 以保证该管件承受额定压力。此外, 根据 GB 150 规定, 必须采取补强措施。管道开孔补强采用等面积补强法, 且补强板的材质应与开孔管道的材质相同。

### (2) 切割刀具的设计及进刀量控制

切割刀具的设计: 切割刀具是开孔机的关键部件, 设计中主要考虑刀具的材质选用和刀具尺寸选择。目前, 中心钻的材质均选用工具钢, 筒刀的材质为工具钢, 刀尖选用硬质合金钢, 焊在筒体上。为避免刀尖打缺、保证各刀尖受力均匀, 还应考虑刀尖切线方向的交叉, 即相邻刀尖一个沿外圆

周切线方向, 另一个沿内圆周切线方向, 交叉分布。

开孔进刀量的控制: 目前, 开孔机的进刀量控制有两种方式, 一种是自动进刀, 另一种为手动进刀。通常, 我们采用后者。为了防止刀齿打缺和电机受损, 开孔操作中, 必须控制好进刀量。

## 施工组织及安全措施

### 1. 施工组织

带压开孔作业涉及的人员及单位较多, 施工组织工作显得尤为重要。为此, 根据实际情况, 我们专门成立了工程领导小组, 统一指挥工程进行中的各项具体工作, 及时处理施工中出现的各种问题, 督促安全措施的实施。另外, 还成立了技术组和后勤组, 具体落实施工方案中提出的各项任务, 从而保证了工程有序、安全、顺利地进行。

### 2 安全措施

主要采取了以下措施。

(1) 带压施焊方面: ①焊工须经考试合格, 并经专门的油气管道带压焊接培训; ②尽量减少和避免地面潮气对焊接的影响; ③焊缝外观检查, 不准有裂纹、未焊透和咬边; ④角焊缝采用磁粉或着色渗透法检查; ⑤开孔前, 对管件(短接)及其焊缝进行压力试验, 但试验压力不超过管内最高运行压力。

(2) 带压开孔方面: ①焊前, 必须认真核算闭合高度, 以确定短接的长度, 切忌短接过长; ②开孔中, 必须精心操作, 严格控制进刀量。

(3) 应急措施方面: 根据输气干线的运行情况, 为确保正常输供气, 必须制定应急措施, 以防突发事件的发生。应急措施主要从工艺流程切换、气量调配等方面作出安排。

(4) 安全警戒及消防措施: ①开孔期间, 距开孔点 30 m 范围内, 严禁闲散人员入内, 设专人警戒; ②开孔现场, 配置 10 L 干粉灭火器 4 只, 以防万一。

(编辑 居维清)

## 我国天然气消费需求分区预测

中国石油天然气总公司石油勘探开发科学研究院廊坊分院在完成发现我国大中型气田可能性探讨及工业布局、消费利用的研究项目中, 重点对天然气消费需求分区进行了预测:

我国到 2020 年天然气探明储量年增长将达到  $2\ 000 \times 10^8 \text{ m}^3$  左右, 累计探明储量将达到  $7 \times 10^8 \sim 9 \times 10^8 \text{ m}^3$ ; 我国天然气年产量高峰将在 2020 年左右出现, 年产量将达到  $1\ 200 \times 10^8 \text{ m}^3$  左右。

我国到 2020 年天然气年需求约为  $1\ 800 \times 10^8 \sim 2\ 000 \times 10^8 \text{ m}^3$  左右(其中民用  $600 \times 10^8 \sim 700 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 发电用  $500 \times 10^4 \sim 600 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 化工用  $320 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 其他工业燃料用  $300 \times 10^8 \sim 420 \times 10^8 \text{ m}^3$ ), 估计天然气年需求缺口  $600 \times 10^8 \sim 800 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 区域上供需不均衡。

(姚茂堂)