

氦氮泄漏试验在高压油气管线中的应用

李雷, 肖星鹏

(海洋石油工程股份有限公司, 天津 300452)

摘要 为了保证高压油气系统管线能够安全无泄漏投产, 高压有毒流体、可燃流体管道在普通强度试验检验完毕后, 依据规范要求必须进行泄漏性试验。采用氦氮混合气体作为试验介质对管道进行泄漏试验, 利用氦气检漏仪的高灵敏度对泄漏量进行量化, 能够精准地完成管道的泄漏检测。

关键词 海洋油气管道; 泄漏试验; 氦氮混合气体; 量化检测

中图分类号 TE88

文献标志码 A

文章编号: 2095-7297(2014)02-0136-04

Application of He-N₂ Leakage Detection to High Pressure Oil and Gas Pipeline

LI Lei, XIAO Xing-peng

(Offshore Oil Engineering Co., Ltd., Tianjin 300452, China)

Abstract For safe production with no leakage on the offshore oil platform, the leakage test must be done after the hydrostatic test according to the correlative standard of the high pressure or flammable fluid system. The He-N₂ test can measure the leaking amount accurately with helium leakage detector. This method has potential applications in the leakage detection of high pressure oil and gas pipelines.

Key words marine oil and gas pipeline; leakage detection; He-N₂ mixed gas; quantitative detection

0 引言

氦氮泄漏试验是针对石油化工高压油气管线在正式投产前做的一种泄漏检测气密性试验, 以确保元件的完好及工艺系统的完整性。泄漏为系统或元件异常所造成, 通常会损害人员身体健康、影响生产流程安全、引发环境破坏等。海洋平台工艺管线常用的气密检漏介质是空气或氮气, 在连接处用高效发泡溶液检测是否有泄漏。这种检漏方法不能定量检测泄漏量, 只能定性分析。氦氮泄漏试验是唯一能精确定位并量化系统泄漏量的检验方法, 氦氮测漏能测出小至每年 0.001 立方英尺(约 35.3 mL)气体泄漏量。

本文拟围绕氦氮泄露试验的试验方法、试验压力的确定、试验用气量的计算、工艺流程及设备工机具、试验步骤以及氦氮泄漏试验的优点来介绍高压油气管线氦氮泄露检测的方法。

1 试验方法及试验用气量的计算

1.1 试验方法

氦氮泄漏试验通常按照工艺安全阀设定值的 90% 进行。将氦气和氮气按照一定的比例(通常为体积比 1:99)混合后通入管道系统, 加压到试验压力后, 在连接节点处用氦气质谱检漏仪对氦气泄漏量进行检测, 以检验高压管道系统的严密性。

试验时将氦气质谱检漏仪与嗅吸探头连接形成泄漏探测器, 检测被检管道泄漏出的微量氦气, 嗅吸探头将氦气吸入, 送入泄漏探测器系统中, 氦原子在含量检测仪中被电离, 变换为电信号, 并显示出泄漏量。

普通气密试验的试验压力只有 7 kPa(表压)。氦氮泄漏试验采取高试验压力, 不仅能模拟管道在正常工况的运行情况, 节省平台组块投入生产的准

收稿日期: 2014-05-29

作者简介: 李雷(1977—), 女, 硕士, 工程师, 主要从事海洋石油工程工艺配管方面的研究。

备时间,而且经氮气置换,高压油气管道内氧含量小于3%,可避免碳氢化合物进入管道时发生爆炸。

1.2 试验用气量的计算

对试验所需的氦气和氮气的用量进行计算,不仅可以节省施工成本、避免不必要的浪费,而且能提前准备足够的试验气体以免造成工期延误。试验气体用量是运用理想气体分压定律(即道尔顿分压定律)计算的。在实际工作中常遇到多组分的气体混合物,其中某一组分气体B对器壁所施加的压强,称为该气体的分压(p_B),它等于相同温度下该气体单独占有与混合气体相同体积时所产生的压强。混合气体的压强等于各组分气体的分压之和。此定律称为道尔顿分压定律。其数学表达式为

$$p = \sum p_B. \quad (1)$$

如组分气体和混合气体的物质的量分别为 N_B 和 N ,则它们的压强分别为

$$p_B = N_B RT/V, \quad (2)$$

$$p = N RT/V, \quad (3)$$

式中: p 为理想气体的压强; V 为理想气体的体积; T 为理想气体的热力学温度; R 为理想气体常数。

式(2)、式(3)相除得

$$p_B/p = N_B/N, \quad (4)$$

式中: N_B/N 为组分气体B的摩尔分数。

实际应用中常用各组分气体的体积分数表示混合气体的组成。由于同温同压下,气态物质的量与它的体积成正比,因此不难导出混合气体中组分气体B的体积分数等于物质B的摩尔分数:

$$V_B/V = N_B/N, \quad (5)$$

式中: V_B 和 V 分别表示气体B的体积和混合气体的总体积。

由此可得:

$$p_B = (V_B/V)p. \quad (6)$$

氦氮试验氦气和氮气的体积比通常为1:99(氦气体积与总体积之比为1:100),即可得氦气分压为1/100,即可计算试验中氦、氮气的用气量。

2 工艺流程及设备、工机具

氦氮泄漏试验工艺流程如图1所示。

氦氮泄漏试验所需设备及工机具如下:

- (1) 氮气、氦气输入装置。
- (2) 氧气含量检测仪,氦气质谱检测仪,压力记录仪。
- (3) 压力表,安全阀。
- (4) 液压扭矩扳手。
- (5) 临时连接管线、插板、垫片、胶带等消耗材料。

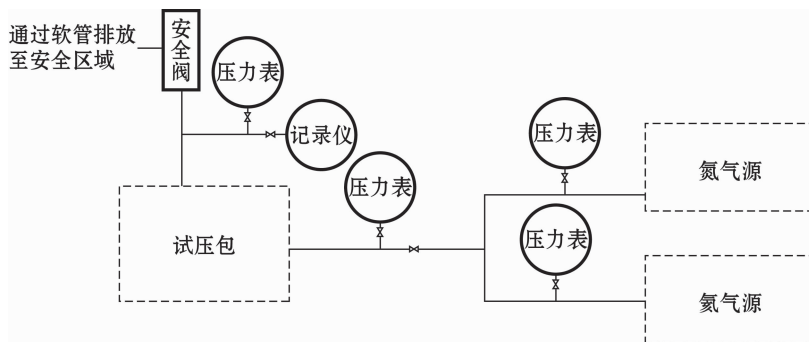


图1 氦氮泄漏试验工艺流程

Fig. 1 Process flow of He-N₂ leakage detection

3 氦氮泄漏试验步骤

3.1 试验前准备工作

(1) 检查试验用设备及工机具标定日期均在有效期内。

(2) 设备操作人员必须具备高压操作资质。

(3) 检查并确认试验系统的阀门隔离检查清单是完整的。

(4) 检查并确认所有注气软管是安全可靠的。

(5) 按照试验管道及仪表流程图(P&ID 图纸)安装压力表和压力温度记录仪。

(6) 根据试验 P&ID 图纸,将试验系统内所有阀门置于正确的开关状态,并将不参与试验部分进

行隔离。

(7) 安装安全阀,进行过压保护。

(8) 使用胶带对所有检漏节点进行密封。

(9) 若冬季进行泄漏试验,需要开启电伴热。

(10) 进行作业风险分析,制定应对措施,并向所有参加作业人员宣贯。

(11) 清理非作业人员,封闭作业区域,悬挂警示标识。

3.2 氮气和氦气注入

首先对试验系统进行氮气置换,利用氧气检测仪检测氧气含量,当氧气含量小于3%时,利用氮气对系统加压至0.2 MPa,待压力稳定并无泄漏后,将试压所需氦气量全部注入系统。

3.3 加压

(1) 向系统内继续注入氮气,并逐步缓慢增加气压^[1]。

(2) 加压至0.5 MPa或相当于最终试验气压值的25%(两者取最小值)处停止加压,系统稳定10 min,对所有节点进行查漏。然后分别以试验气压值的25%、50%、65%、80%、90%、100%为注入稳定点,进行查漏。如果试验气压值小于1 MPa,则按照最终试验气压值的25%进行增压。

(3) 若加压过程发生泄漏,应找出泄漏点并做好标记,不得带压处理^[2],按照泄压程序进行泄压、检查、修复。系统重新加压时重复上述(1)、(2)步骤。

(4) 在系统加压过程中,应对系统气压和加入系统中的气体量做好记录。

(5) 系统加压时,禁止修复和敲击管道。

3.4 泄漏测试

(1) 对每个节点进行氦成分检测,并记录,如图2所示。

(2) 分析检测结果,对发现的所有漏点进行标记和记录。

(3) 执行补救工作前,按照卸压程序对系统进行卸压。完成补救工作后,按照加压程序对系统重新进行加压、检漏,直至合格。

(4) 可接受的氦泄漏速率。对于海上高压油气处理系统为 $0.142 \text{ m}^3/\text{a}$;对于陆地油气处理终端为 $5.66 \text{ m}^3/\text{a}$ 。



图2 节点泄露测试

Fig. 2 Leakage detection of joint

3.5 隔离补救

只有系统中出现可隔离的泄漏点时,才可进行隔离补救。隔离系统泄漏部分,泄压完全后进行补救工作,如:加大扭矩紧固螺栓、更换垫片。在补救工作过程中,不可敲击管道,泄压/排放管线必须一直保持放空。

3.6 泄压

(1) 应通过工艺排放或火炬放空管线进行系统泄压。若条件不具备,应从系统中连接一根高压软管至远离逃生通道的安全开阔地带。应每隔一段距离对软管进行固定,避免泄压时软管移动对设备和人员造成伤害。

(2) 应合理选择排放阀和排放路径,保证试验系统的每个部分都能充分泄压。

(3) 压降速率控制在 $100 \text{ kPa}/\text{min}$ 以下,缓慢泄压,降压至0.2 MPa时停止泄压,用作系统的氮气保护。

(4) 泄压完成后,应对试验系统内所有压力表进行检查以确保无压力滞留。

(5) 泄压时操作者站于上风口位置,避免发生窒息危险。

3.7 见证节点检查

泄漏试验完成后,所有临时设备和供试压使用的临时法兰都应拆除,临时连接的法兰及临时隔离

位置未经试验,这些未经试验的节点归为见证节点。

在业主、第三方或检验人员见证下完成以下工作:

- (1) 拆卸螺栓,清理密封面,更换垫片。
- (2) 按照螺栓扭矩值紧固螺栓。
- (3) 在见证节点报告中签字确认。

3.8 试验完工

恢复系统正常工作状态的通路,拆除隔离设施及警示标识。清理作业区域,做到“工完、料净、场地清”。

4 氮氮泄漏试验的优点

氮氮泄漏试验的目的在于保证碳氢气体或液体输入生产设备和管道系统时减少安全隐患,并生成一份泄漏试验审查报告。其优点如下:

- (1) 在碳氢化合物进入系统时,减少氧气的含量以避免爆炸。
- (2) 保持系统干燥。
- (3) 该试验在工作压力或接近工作压力情况下模拟正常工况试运行,能校准或检测仪表元件,也能使操作者熟悉整个系统。

(4) 在正式运转前,避免活性气体探测器的使用和修复泄漏,节约了投产时间。

5 结 论

高压油气管线作为连接平台各设备的枢纽,在海上油田生产中起着举足轻重的作用。海洋石油平台油气工艺系统和其他高压可燃或有毒流体的处理系统都需要做气密性试验,以检查管道系统及各连接部位(包括阀门、管件等)的工程质量,确保平台生产安全运行^[3]。氮氮泄漏试验是目前唯一能精确定位并量化系统漏点的检验方法,并能够在模拟正常工况的条件下试运行,校准或检测仪表元件,为后续平台投产节省时间。陆地的油气管道也做氮氮泄漏试验检测。氮氮泄漏试验在今后的石油化工领域将会得到广泛的应用与推广。

参 考 文 献

- [1] 张德姜,赵勇. 石油化工工艺管道设计与安装[M]. 北京:中国石化出版社,2002. 541.
- [2] 中华人民共和国化学工业部. GB 50235—1997,工业金属管道工程施工及验收规范[S]. 北京:中国计划出版社,1997. 31.
- [3] 杨富华,周发钊. 高压管道的氮泄漏试验[J]. 广东化工,2010, 37(2): 135.

• 书 讯 •

《计算机辅助船体制造》简介

李培勇,王呈方 主编
上海交通大学出版社出版
定价:50.00 元

内容提要:

本书着重介绍了计算机辅助船体制造方面的基本原理、方法和过程。全书共分9章,主要包括:计算机辅助船舶制造概论、CAD/CAM系统中的工程数据管理、计算机图形处理技术基础、船体造型的数值表示、船体型线光顺的数值方法、船体构件展开的数学方法、船体加工的数值表示、计算机辅助工程分析和造船计算机集成制造系统概述等。

本书可作为高等学校船舶与海洋工程专业的教材,也可供从事船舶与海洋工程的技术人员参考。



国家十二·五重点图书
船舶与海洋工程专业规划教材

计算机辅助船体制造

