

# 工艺管道施工常见问题分析

刘锡君

中石油昆仑燃气有限公司四川分公司, 四川 成都 610100

**[摘要]**管道对于石油化工企业是非常重要的设施之一,它承担着站与站之间和站内介质的输送任务,它是整个输送系统能够正常运行的基本保障。本篇文章着重阐述工厂和场站内地上工艺管道施工过程中存在的常见问题,结合规范 SH3501 列举出施工过程中与规范不相符合的地方,并说明检查并处理这些问题的方法。

**[关键词]**工艺; 施工; 管道

DOI: 10.33142/ec.v5i12.7284

中图分类号: TE65

文献标识码: A

## Analysis of Common Problems in Process Pipeline Construction

LIU Xijun

Sichuan Branch of PetroChina Kunlun Gas Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610100, China

**Abstract:** Pipeline is one of the very important facilities for petrochemical enterprises. It undertakes the transmission task of medium between stations and in stations, and it is the basic guarantee for the normal operation of the entire transmission system. This article focuses on the common problems existing in the construction of the process pipeline in the factory and station, lists the inconformities with the specification in the construction process in combination with the SH3501 specification, and explains the methods for checking and handling these problems.

**Keywords:** process; construction; pipeline

### 1 绪论

管道由管道主管、管件和附属设施设备的组合,用以输送介质、分配介质、分离介质、混合不同介质、排放介质、计量介质、控制或制止介质流动<sup>[1-3]</sup>。管道是管子、管件、阀门、法兰、螺栓、垫片和其他组成件的装配总成。地上工艺管道主要分布在工厂和场站内,该部分几乎包括了所有化工企业存在的管道。本文主要阐述管道施工验收的主要内容及要求,并针对每项内容列举常见问题和提出解决办法。对于管道的验收过程,可分为中期验收和竣工验收,三查四定是中期验收的主要手段,三查内容主要包括对管道的主体、管件和附属设施的检验,主要包括母材、焊缝、阀门、法兰、支吊架、静电接地、补偿器、伴热线、保温、安全保护装置等内容通过直观或设备检验的检查。在三查过程中也要核对管道的设计参数,核实管道设计的压力参数和温度参数是否能够满足管道在投用后的各种工况的需求,更要查管道未完工程量和施工质量隐患,本文结合管道施工验收规范要求,列举出施工过程中与规范不相符合的地方,并说明检查并处理这些问题的方法。

本文以管道的施工工序依次说明施工过程中存在的问题。

### 2 管道施工验收主要内容及要求 and 常见问题

管道的验收内容主要包括外观检查、焊缝检测、静电接地、支吊架、防腐、伴热、保温、压力试验、吹扫、置换等。

#### 2.1 外观检测

外观检测较为直观,主要对整条管道的管子、管件、阀门、法兰、螺栓、垫片和其他组成件进行直观的检查,其要求为管子、管件的表面应光滑,不得有裂纹,表面无明显的凹凸,外观无明显的氧化现象,表面的其他缺陷不得超过产品制造标准规定的允许范围。焊缝应成形良好,与管道母材应圆滑过渡不得有咬边、未焊透、未熔合、裂纹等缺陷。

外观检查主要以巡线检查为主,焊缝检测以超声、射线、磁粉检测为主,焊缝外观应与管道母材应圆滑过渡不得有咬边、未焊透、未熔合、裂纹等缺陷,出现以上现象应重新焊接,管道在跨区域时,设计可能存在材质不同的情况,对口时应严禁焊接,否则会产生很大的电化学腐蚀,可以选择法兰连接的形式。

在施工时比较容易出现垫片混用,螺栓规格不按要求使用等现象,发现问题后应要求立即更换复核设计要求的螺栓垫片。

补偿器作为管道重要组成件,是管道后期能否正常运行的重要部件。补偿器分为自然补偿器和人工补偿器,对于较长的热力管道,补偿器是不可少的管件,它能够平衡管道由于温差引起的轴向位移,有效的防止了管道大的变形。自然补偿器主要是指“Π”或“Z”形补偿器,人工补偿器主要指波形补偿器。

“Π”形补偿器在安装前应根据设计文件要求进行

预拉伸或预压缩, 并应记录试验数据与设计规定进行对比, 记录记入管道竣工资料存档。允许偏差不大于 10mm 且不大于预伸缩量的 10%, 如果“Π”形补偿器水平安装时平行臂应与管道保持相同坡度, 垂直臂应呈水平状态, 对于 DN≤150 的管道在过“Π”形补偿器处应该有三个导向支架, 在检查中发现管廊绝大部分“Π”形补偿器处 DN≤150 的管道没有三个导向支架, 在运行时由于管道热胀冷缩可能会导致管道偏移, 从而产生环向应力。波形补偿器的安装应该注意安装的方向, 如果方向装反, 管道在吹扫过程中杂质有可能吹入层板之间, 这样将会对两层板的相对滑动造成影响, 使波形补偿器失去预有的伸缩效果, 波形补偿器的设计压力应该与主管的设计压力相同, 波形补偿器的设计压力低于管道的设计压力, 试压时只能按照设计压力低的试压, 这样就不能确定管道的施工能否满足管道的运行工况。

## 2.2 焊缝验收

### 外观检查

(1) 焊缝表面应均匀整齐, 不应有咬边、未焊透、未熔合、裂纹、焊瘤、凹坑等缺陷;

(2) 对接焊缝是错边量最大不大于管道母材壁厚的 12.5%, 对焊母材壁厚有差异时, 应按壁厚小的母材壁厚计算, 且小于 3mm;

(3) 角焊缝的边缘应平缓过渡, 焊缝的凹度和凸度不应大于 1.5mm;

### 无损检测

(1) 管道焊缝按要求应 100%无损检测, 一般设计提出检测方法应优先选用超声波检测或射线检测。管道最终的接头进行射线检测和超声波检测同时检测。

(2) 进行射线检测或超声检测时, 根据压力等级确定检测合格级数。

焊缝是管道连接最为常见的一种形式, 但焊缝又因施工质量问题形成气泡, 夹渣等原因给管道运行带来了极大的安全隐患。所以, 建议焊缝检测应严于规范要求, 并采用多种检测手段相结合。

## 2.3 静电接地装置

管道各段间的静电接应导电良好, 当螺纹接头间或法兰之间检测的电阻值大于  $0.03\ \Omega$  时, 应用电阻小于  $0.03\ \Omega$  的导线跨接, 使整条管道形成一个有效的导体, 静电接地引线宜采用焊接形式, 使其稳固在管道表面。静电接地的材料或零件安装前不得刷油或刷漆, 导电接触面必须除锈使其母材裸露, 不锈钢管道导线跨接或接地引线应焊接不锈钢板进行过渡, 不应与不锈钢管直接焊接, 造成焊接处电化学腐蚀。

在验收中发现静电接地装置统一按中国石化工程建设公司的规定, 直管道的静电接地距离为 200m, 除液化气跨阀用导线跨接外, 其他物料管道的跨阀不做导线跨接,

所以并不知道每段静电接地之间, 特别是之间有阀门或法兰的电阻是不是大于规范的要求, 还有的不锈钢管道的接地装置并没有用不锈钢过渡, 静电接地能不能起到很好的作用, 正等待测算。

## 2.4 管道支架

支架按形式分为固定支架、导向支架和滑动支架<sup>[2]</sup>, 安装管道时应同时安装管线支吊架, 支吊架应安装牢固, 位置选择正确, 支承面和管子接触应良好。无热位移管道的吊架其吊杆应垂直安装。

在对支架验收过程中发现主要存在以下问题:

(1) 固定支架位置安装错误, 固定支架应该安装在补偿器的一侧, 且两个补偿器之间只有一个固定支架, 检查中发现两个补偿器之间有两个或多个固定支架的现象, 其次固定支架的挡板离管架距离太大, 起不到应有的固定作用;

(2) 导向支架位置安装错误, 导向支架应安装在“Π”形补偿器的两侧, 导向挡板离管托距离太大, 规定为 2mm;

(3) 管托与管道没有满焊, 还有管托悬空、倾斜, 热力管道的管支架没有偏位安装等现象;

(4) 管道主管材质为不锈钢而管托为碳钢, 管托与主管之间应加石棉垫隔层, 这样可以有效防止电腐蚀, 在检查中发现部分管托之间没有加绝缘隔层。

## 2.5 防腐<sup>[4]</sup>

管道表面处理应满足以下要求:

(1) 表面处理应在钢管和管件防腐和补口前应进行, 按规范要求除锈等级应尽量满足 Sa2 级, 锚纹深度应在  $40\ \mu\text{m}$ — $70\ \mu\text{m}$  之间;

(2) 当进行喷砂处理时, 应将管口封堵防止磨料进入钢管以及其他附属设备内部;

涂漆应满足以下要求:

(1) 防腐中的涂漆施工应选用喷涂、刷漆或滚漆方式进行, 涂漆之前, 应先进行试涂。稀释剂的种类和用量应满足相关标准的要求。涂漆必须在产生浮锈前全部完成, 如果产生浮锈应重新除锈, 检验满足要求后再涂漆;

(2) 涂漆应完整、均匀, 尽量使漆膜厚度一致, 没有明显的凹凸感, 涂漆次数和厚度应满足设计要求和国家现行有关防腐标准的要求;

(3) 涂漆超过一遍时, 不同涂料的前后涂漆间隔时间有所不同, 但任何涂料的前后间隔时间都应不超过 14h。管道建设中, 防腐常见问题:

(1) 表面喷砂处理时, 对管道保护不到位导致磨料进入管道内, 进而造成管道低点或者阀门阀槽堵塞;

(2) 表面处理不彻底, 造成防腐层易脱落或者破损;

(3) 涂漆时, 前后涂漆间隔时间超过规定时间, 使防腐层不能达设计要求;

(4) 涂漆厚度达不到设计厚度;

综上, 在进行防腐施工时, 每道工序都应留下施工记录,

现场验收记录并签字确认，最后要对漆膜厚度进行检验。

### 2.6 伴热线

对于要伴热的管道伴热线要紧贴管道，与主管的捆扎距离应按以下规定<sup>[3]</sup>：

- (1) 伴热管 DN15 每 1m 捆扎一次；
- (2) 伴热管 DN20 每 1.5m 捆扎一次；
- (3) 伴热管 DN≥20 每 2m 捆扎一次。

每个弯头处捆扎 3 道，管道为不锈钢伴热管为碳钢的每个捆扎点在主管与伴热管之间要加绝缘垫，而现场很多地方捆扎距离过大，弯头处绝大部分也没有捆扎 3 道，主管为不锈钢的管道，与伴热线捆扎的地方部分没有加绝缘垫，还有部分伴热线不畅通或者接错等现象。

### 2.7 保温<sup>[4]</sup>

(1) 对已保温的管段或构件，应妥善保护，局部磨损处应及时修补；

(2) 采用有机保温材料时，环境温度和原材料温度宜控制在 15℃-30℃，发泡后应有熟化时间。施工前宜在现场同条件进行试验，观测发泡速度、孔径大小、颜色变化、裂纹和变形情况等；

(3) 采用预制块管壳保温时，预制块在拼接时应错开，水平管的接缝应面向正面。多层组合时，应分层绑扎，内层宜采用薄胶布固定，外层宜采用镀锌铁丝，包装钢带等绑扎。每块保温材料绑扎不得少于两道，绑扎间距应符合下列要求：

- A) 硬质保温材料不应大于 400mm；
- B) 半硬质保温材料不应大于 300mm；
- C) 轻质保温材料不应大于 200mm；
- D) 不得采用螺旋式缠绕绑扎。

(4) 补口处的保温层应圆滑过渡，并应按照设计要求进行防水层施工；

(5) 法兰在保温时尽量在法兰外侧留出超螺栓的长度多 2cm 的空隙；

(6) 管托处的保温，应保证管托能自由滑动，而且不破坏保温层；

(7) 采用玻璃钢外保护层时，施工温度不宜低于 18℃，相对湿度不宜大于 80%，缠绕时应控制展带和缠绕速度以及搭接尺寸，并控制压实度，以消除可见气泡。环向活动缝应按照设计留置。

在施工过程中常见的保温问题：

(1) 施工队对完成的保温没有保护，从而造成破坏；

(2) 使用有机保温材料时，发泡不饱满，保温材料发泡后有空洞，没有充分填满外保温层与管道空隙，影响保温效果；

(3) 采用管壳预制块保温时，接缝没有按要求错开，绑扎间距不满足间距要求；

(4) 在进行阀门、法兰保温时没有考虑检修，检修

时只能强拆保温，使保温造成损坏，不能重复利用。

### 2.8 压力试验

根据规范 SH3501，压力试验是管道投用前必须作的一项工作，管道压力试验，按设计技术文件要求进行，压力试验前应确定管道主体及附属施工完毕、热处理和焊缝检测合格，并由建设或监理单位、施工单位和有关部门对管道的材质、管道组成件、焊接记录进行检查<sup>[2]</sup>。常温压力试验的压力为：气压试验的试验压力应不低于为设计压力的 1.15 倍，液压试验的试验压力不低于管道设计压力的 1.5 倍。管道的设计温度高于试验温度时，应对温度进行修正，管道的试验压力应按下列公式计算<sup>[2]</sup>：

$$P_t = K P \sigma_1 / \sigma_2$$

$P_t$ —管道的试验压力，MPa；

$K$ —系数，液压取 1.5，气压取 1.15；

$P$ —管道的设计压力，MPa；

$\sigma_1$ —试验温度下材料的许用应力，MPa；

$\sigma_2$ —设计温度下材料的许用应力，MPa。

进行压力试验前，应隔离与试压无关的设备、仪表、安全阀、爆破片等，通常为拆卸封堵或者加置盲板隔离，并设置明显标志<sup>[2]</sup>。

液压试验时，充装试验介质，必须使管道内的空气排净，升压过程应缓慢，在升压过程应密切观察管道及附件有无异常。当达到试验压力后，稳压 10min，观察管道内压力变化情况，当不降压、无泄漏后将压力降至设计压力，稳压 0.5h，不降压、无泄漏和无变形为合格，试验过程中如发生紧急情况应立即泄压，处理完毕后再次试验。

气体压力试验时，增加压力按设计文件要求执行，升压应缓慢，当管道内气体压力提升到试验压力的 50%时，停止升压并稳压 3min，检查管道和压力指示是否有异常，无异常时继续逐级升压，每级压力按试验压力的 10%升压，每级稳压 3min，检查管道和压力指示是否有异常，无异常时继续逐级升压，直至试验压力稳压 10min，在升压过程如果发生异常应停止升压并立即泄压，处理完毕后再次试验。试验合格收再将压力降至设计压力，焊缝、法兰连接处喷涂发泡剂进行检查，无泄漏为合格。

压力试验时常出现以下问题：

(1) 施工方一般都是在压力达到试验压力时通知建设单位检查，这样就不确定注水时是否排空，所以建设单位应该提前到检查地点，检查试压管道的高点放空，管道如果不排空，在管道最高点会聚集大量气体，如果该地方泄漏不易察觉；

(2) 最高点和最低点的表压值差太大的原因有可能是压力表的造成的，所以在检查压力之前应该检查压力表指针是否归零，是否校验合格，是否在有效期内；或者可以用同一块合格的压力表检查不同部位的压力；

(3) 经检查压力表合格，管道焊缝、法兰都合格，

但压力不断的缓慢下降,这就要检查试验管道的阀门,安全阀处是否有断开,在压力试验时,图方便有的阀门未加盲板,这样有可能是阀门内漏造成压力下降;

(4)主管线施工未完进行压力试验,比如缺管托或静电接地等需要在管线上用火作业的,必须泄压处理完再进行压力试验,不能带压处理;

(5)针对不锈钢管道水压试验时,没有按要求使用软化水,Cl<sup>-</sup>含量没有控制在20ppm以内,这样试压会对不锈钢管道造成一定的腐蚀。

## 2.9 管道吹扫

管道系统压力试验合格后应进行吹扫,吹扫的方案可根据管径、管道介质也定<sup>[2]</sup>。吹扫可以选择人工清扫、水冲洗、蒸汽吹扫、空气吹扫中一种或多种结合。通常管道的公称直径大于600mm时,建议用人工清扫的方法;管道的公称直径小于600mm时,建议使用洁净水或空气进行冲洗或吹扫。使用水冲洗管道时,要保证足够的水流速度,水流速不得低于1.5m/s;使用空气吹扫管道时,要保证有足够的压缩空气,通常会利用已建压缩机或者大型气体储罐作为吹扫气源,吹扫时空气流速不得小于20m/s。

管道吹扫常见的问题:

(1)水压过小,冲不出管道里面的较大或较重的杂物,可以在出口加一临时阀门进行爆破吹扫,直到出口水色透明;

(2)水冲洗出口临时线管径过小,达不到主管管径的60%,造成水在管道中的流速过小,不能达到水冲洗的目的,这种情况应更换出口临时线;

(3)气体吹扫时临时线连接不牢,吹扫出口直对设备,并没有采取任何隔离措施,所以在吹扫前要反复检查各吹扫出口是否具备排放条件,还有是风速不够,达不到吹扫的预期效果,吹扫时判断吹扫是否合格大都是靠目测,没有严格按照规范要求检验。

(4)在吹扫时还有部分管道死角吹扫不到的问题,气体吹扫较大直径的管道时,风压不够,可以在给气点选择一缓冲罐进行爆破吹扫。

## 2.10 置换

置换是管道投用前的最后一步工序,置换介质通常选用氮气,其目的是使管道内的空气排出,降低管道内的氧含量,以保证在进入可燃介质时不发生闪爆。

置换时应在管道各支线末端、高点设置排放口,并检测排出气体的氧含量,排放口氧含量应低于5%。

置换过程具有窒息的风险,所以再置换时,应仔细检查有限空间,做好标识,专人负责看护,各支线末端和高点排放口检测氧含量时应佩戴防护工具。

现场置换易出现死角和置换不彻底现象,所以在置换之前应做好详细的置换方案,将各支线末端和管道高、低点作为排放点。应重复检测排放口的氧含量,连续三次测出的氧含量合格后停止置换。

## 3 结语

管道验收是管道投运前非常重要的节点,施工过程中常会出现不按图施工,工人疏忽大意,管道的中期验收、竣工验收、投运前的安全检查就显得尤为重要,管道的各项验收应严格执行设计要求和国家法规要求,发现施工问题应定任务、定人员、定时间、定措施,直至完成整改,满足设计和生产要求。

### [参考文献]

- [1]郭光臣,董文兰,张志.油库设计与管理[M].山东:石油大学出版社,2004.
- [2]中华人民共和国石油化工行业标准.石油化工有毒、可燃介质管道工程施工及验收规范:SH/T3501-2021[S].北京:中国标准出版社,2021.
- [3]中华人民共和国工业化工部.工业金属管道工程施工及验收规范:GB50235-2010[S].北京:建设部标准,2010.
- [4]中华人民共和国石油化工行业标准.石油天然气站内工艺管道工程施工规范:GB50540-2009[S].北京:中国标准出版社,2009.

作者简介:刘锡君(1979.4-)石油大学(华东)国际企业管理专业,目前就职单位:中石油昆仑燃气有限公司四川分公司