

# 石油化工管道设备安装问题及质量管控分析

王 勇 (江苏环宇建设工程有限公司, 江苏 苏州 215600)

**摘要:** 石油化工管道是指在石油化工生产过程中, 用于输送高压或高温易燃易爆、剧毒的气体、液体或混合物的管道。本文以某石化工程为例, 阐述了石油化工管道设备安装的常见问题, 分析了石油化工管道设备安装过程的质量管控措施。石油化工管道设备安装应以国家能源战略需求为导向, 促进石油化工管道设备安装在工业生产中发挥更大作用, 打造具有鲜明技术特色和强大安全能力的现代化石油化工管道施工体系。

**关键词:** 石油化工管道; 设备安装问题; 质量管控分析

中图分类号: TU276.7 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167(2025)024-0112-03

## Analysis of Installation Problems and Quality Control of Petrochemical Pipeline Equipment

Wang Yong (Jiangsu Huanyu Construction Engineering Co., Ltd., Suzhou Jiangsu 215600, China)

**Abstract:** Petrochemical pipelines refer to pipelines used in the production process of petrochemicals to transport high-pressure or high-temperature flammable, explosive, highly toxic gases, liquids, or mixtures. This article takes a petrochemical project as an example to explain the common problems in the installation of petrochemical pipeline equipment, and analyzes the quality control measures for the installation process of petrochemical pipeline equipment. The installation of petrochemical pipeline equipment should be guided by the national energy strategy requirements, promoting the installation of petrochemical pipeline equipment to play a greater role in industrial production, and creating a modern petrochemical pipeline construction system with distinctive technical characteristics and strong safety capabilities.

**Keywords:** Petrochemical pipeline; Equipment installation issues; Quality Control Analysis

石油化工管道设备安装是工业项目中的重要抓手, 是确保生产安全的中坚力量, 更是保障工程质量的主阵地。在加速推进工业化和高质量发展的新时期, 石油化工管道设备安装应当承担起提高工程质量和安全生产的历史使命, 以创新引领施工技术发展, 不断提升安装质量。本文将从管道安装、焊缝检验、防腐措施、管道压力检测、管道吹扫清洗五个方面, 探讨推动石油化工管道设备安装问题及质量管控的高质量发展路径。

### 1 工程概况

某工程配建总容积 30.65 万 m<sup>3</sup> 的储油罐, 设置了多规格储罐共 43 座。具体构成为: 4 座 20000m<sup>3</sup> 内浮顶式储罐、12 座 10000m<sup>3</sup> 内浮顶式储罐、15 座 5000m<sup>3</sup> 储罐(含 4 座拱顶式与 11 座内浮顶式)、6 座 3000m<sup>3</sup> 内浮顶式储罐、3 座 2500m<sup>3</sup> 内浮顶式储罐及 3 座 2000m<sup>3</sup> 内浮顶式储罐。配套系统涵盖工艺及公用管网、智能控制装置、给排水消防设施、供电通信系统、热能空调设备、储罐地基及相关建筑、交通设施与绿化景观等。

本项目管道安装涉及第 7 至 11 号罐组的 43 座储罐, 8 至 11 号罐组配套泵房建设, 包含总管网架设、车辆装载系统改造、转换池建设和收球装置等工艺设备与管线铺设工作。

### 2 石油化工管道设备安装常见问题

#### 2.1 管道制作问题

管道制作是设备安装工程的技术, 其施工品质对整体施工效果有直接影响。在石化领域中, 管道系统负责衔接各类工艺装置, 保证其稳定运行。管网系统由若干管道构成, 主要通过焊接工艺连接。在施工过程中, 由于焊接作业量大, 常见如开裂、杂质、焊接不良、贯通缺陷、气泡等质量问题。若质量检测人员未能严格把控检验环节, 将直接影响管路系统的运行安全。基于此, 施工技术人员在管路制作工艺环节应严格执行质量监管措施, 对每道工序实施全程跟踪记录, 降低施工环节中的风险。

#### 2.2 管道焊接问题

管道的焊接环节对整体施工质量具有决定性影响, 施工现场常见的焊接技术包含 CO<sub>2</sub> 气体防护、氩弧、氩电连焊、铜钎、压力焊等工艺, 操作人员依据接合部位特征、材料性质等参数选取焊接方案。针对需热处理的连接作业, 施工团队应做好前期准备工作, 严格执行温度控制流程, 焊接后做好焊缝质量检测。

#### 2.3 管道腐蚀问题

石油输送管线覆盖区域广泛, 各地土壤 pH 值差异较大, 不同的酸碱环境都会对管材造成损耗。若输送管道因腐蚀破损导致介质泄漏, 不仅造成经济损失,

更会引发严重的环境污染和安全事故。为此，施工单应严格遵循相关技术规范进行防腐层施工。施工完成后按标准检测涂层厚度，保证表面防腐处理均匀完整，延长管道使用寿命。

### 3 石油化工管道设备安装质量管控措施

#### 3.1 管道安装

在该项目的管道施工过程中，涉及多个关键工序，包括清洁处理、检验评估等。安装前对管材进行全面清洁质检，保证无污染物、异物。根据施工标准，管件检验工作重点做好以下工作：核实管材的规格参数、数量统计及标识信息是否符合设计文件；审核质量合格证书，遇质疑情况暂停使用相关批次管材；仔细排查管体表面有无裂缝、气孔、夹杂、褶皱等制造缺陷；测量螺纹结构、密封表面及坡口加工的精度与表面粗糙度指标是否达标于 SHA 等级且设计压力  $\geq 10\text{ MPa}$  的管道，按规程进行逐一无损检测。从工厂运出的管道产品在抵达施工现场前，经历了多次远近运送。搬运过程中的碰撞挤压易导致管材发生形变。施工前对变形管材实施了校正，根据管径大小选择不同校正技术，小口径管材采用了人力矫正；50mm 以上规格采用了螺旋式校正设备进行冷处理，200mm 以上管材因抗变形能力较强，无需矫直处理。

管道焊接中的接口形式主要包括直形（I型）、斜形（V型）及圆弧形（U型）三类坡口。直形坡口应用于薄壁管件（壁厚  $\leq 3.5\text{ mm}$ ）的连接，无需特殊加工处理，保证切面垂直度满足接口要求即可实施焊接。斜形坡口用于中低压管道系统，倾斜面夹角在 60–70 度之间，底部预留 1–2mm 的钝化边缘。圆弧形坡口用于壁厚 20–60mm 的高压管道，根部保持约 2mm 的钝边。在实际施工过程中，坡口的制备选择了热切割方式，SHA 等级管道采用机械加工方式。在管道连接中，焊接采用了电弧焊。

施工前检验了管材的切口及坡口是否达标，随后进行管口拼接定位。定位过程保证内壁平整，普通管道的错位不超出壁厚的 10% 且上限为 2mm，SHA 等级管道错位控制在壁厚 10% 以内且不超过 0.5mm，SHB 等级管道要求在壁厚 10% 范围内且最大值不超过 1mm。完成定位后，根据管径大小在 3–4 个点位实施了点焊固定。

#### 3.2 焊缝检验

该项目对管路焊接后，清除焊缝表层的残渣与飞溅物，进行外观质量检查，确认无裂痕、气泡和夹杂等问题。焊接部位外观检测标准遵循《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》（GB50236）规范要求。根据工程设计书要求，焊缝表层通过渗透无损探

伤手段进行检验，发现瑕疵立即修复并重新检测。在射线检测环节，按比例抽验焊工焊接成果，重点做好剧毒介质输送管路、压力  $\geq 10\text{ MPa}$  或压力  $\geq 4\text{ MPa}$  且温度  $\geq 400^\circ\text{C}$  的易燃有毒介质管路、压力  $\geq 10\text{ MPa}$  且温度  $\geq 400^\circ\text{C}$  的非易燃无毒介质管路、温度  $<-29^\circ\text{C}$  的低温管路，以及设计文档明确要求全覆盖射线检测的其他管路系统。针对管道焊缝质量监控，每条管路需至少检测一个焊接点。当检出不合格焊接点时，按要求提高该焊工相关焊缝的抽检比例；若复检仍未达标，对其负责的全部焊接位置实施全面无损检测。不合格焊缝均需整改，修复后须依原有标准重新验收。

#### 3.3 管道防腐

在该项目的油气输送系统中，防腐问题的解决要从管材选择开发入手。非金属管材主要分为三类：第一类是挤压热塑性管，包含 PVC、CPVC、PE、PP 以及 ABS 等，PVC 应用范围最为广泛；第二类是 FRP 管，主要有玻纤增强环氧和玻纤增强聚酯两种；第三类是由普通水泥、石棉纤维及石英构成的水泥石棉管，最大承压可达  $1.035\text{ MPa}$ ，但易碎性较高。非金属管材具有抗水蚀、重量轻、安装便捷、免除外防护、流阻小等特点，该项目选择了 FRP 管，添加了防腐抑制剂，阻隔介质与管道接触。施工中直接注入运行中的输送管线，无需对基础设施进行改造。选用抑制剂中，明确了该项目管道的破坏机理，在实际应用环境中持续跟踪其防护能力。

##### 3.3.1 表面涂装

施工前先清理管道表面，采用了石英砂干喷法，使用 0.4–0.7MP 纯净压缩气体为动力源进行表面处理。施工时保证基材表面完全干燥，待前层漆膜达到实干状态后再实施下层涂装工序，可通过手指用力按压检验漆膜干燥程度，无指痕残留即为合格。涂装工艺可选择刷涂、辊涂或喷涂方式，其中刷涂和辊涂施工需交叉往返，直至表面均匀；采用喷涂工艺时，喷枪与平面基材应保持 250–350mm 距离，与弧面基材保持 400mm 间距，喷涂角度控制在 70–80° 之间，同时确保空气压力维持在 0.3–0.6MPa 范围内。处理后的构件表面干燥无潮气，作业环境温度高于露点温度  $3^\circ\text{C}$  以上。防腐漆层施工选择了人工刷涂和机械喷涂两种工艺路线。人工刷涂时采取多层次、交叉往返的涂刷方式，涂层厚度均一且无遗漏。采用机械喷涂时，喷头与待涂表面保持垂直。喷涂作业中，喷头移动速度保持在 10–18m/min 之间，将气压设定在 0.2–0.4MP 区间。大面积施工时，采用高压无气喷涂；喷涂压力为 11.8 ~ 16, 7MPa，喷嘴与被喷涂表面的距离  $\geq 400\text{ mm}$ 。

### 3.3.2 冷底涂层制备

在制备冷底涂层时，选用了30#石油沥青为基料。将基料破碎成质量不超过1.5kg的颗粒，置于洁净熔炉中。持续搅拌控制温度在180~200℃之间（上限220℃），进行1.5~2.5h的热处理，直至观察不到气泡产生完成脱水工序。随后使处理后的沥青降至100~120℃，按既定比例缓慢注入预先量取的无铅汽油中，持续搅拌至形成均匀混合物。施工时应在管道表面清洁后24h内完成涂覆，保证涂层均匀，控制厚度在0.1~0.15mm范围内。制备沥青玛蒂脂时，选用30号甲级与10号建筑石油沥青的复合材料。将180~200℃的无水沥青缓慢注入预先加热至120~140℃的干燥高岭土中，持续混拌至均质状态。对其软化点、延展性及贯入度等性能参数进行检测。施工过程中，涂覆温度维持在160~180℃范围内，当环境温度超过30℃时，可适当降至150℃。涂覆作业在洁净干燥的底层表面进行，采用半机械化操作，内层涂覆分两次进行，每次厚度控制在1.5~2mm之间。

### 3.3.3 防水涂层制备

防水层选用了经冷底油浸渍的玻纤网，以螺旋方式包覆于热沥青基质表面，相邻圈间隔控制在5mm以内，材料接续处80~100mm重叠，使用热沥青黏结。特级防护要求双层材料反向缠绕施工。管道运输阶段采用柔性吊具，避免损伤防护层。铺设前保证沟槽底部平整无杂物，硬质地基铺设100mm细土垫层。严禁使用撬棍移动或直接推送管道入沟。防护层如出现瑕疵或损坏，须在回填前完成修复，采用人工回填细土至管顶，随后可使用人工或机械方式继续回填作业。

### 3.4 管道压力检测

在改该项目中完成工艺管线安装后，依据设计要求开展系统强度与密封性测试，评估承压能力。液体输送系统采取水压检验方式，开展压力测试前，管道工程（除涂装与保温外）应依图完工且符合标准；膨胀接头配备临时限位装置；测试用压力计经过校准且在有效期内，精度达到1.5级以上，量程应为最大测试压力的1.5~2倍，至少配备2个；备妥合格测试介质；完成管路加固处理；对于运送剧毒物质或设计压力 $\geq 10\text{ MPa}$ 的管线，完成规范要求的资料审核；使用盲板或其他手段将待测管段与其他系统隔离；拆除或隔离安全阀、爆破片及仪表元件；获得测试方案批准并完成技术交底工作。

在进行管路系统压力测试时，采用了纯净水作为介质，测试压力为设计压力的1.5倍，设计温度超出200℃时，应按下式计算：

$$P=1.5P_1 \times \sigma_1 / \sigma_2$$

式中， $P_1$ 为设计压力， $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 为测试与设计温度下材料的容许应力。实施前配置临时注排水管线，在系统最高点及末端安装排气装置，最低处设置排水阀，压力表置于最高处作为基准。不适合同步测试的阀具仪表先行拆除并用临时管段替代；管路与装置的连接处增设盲板形成密闭回路。注水阶段保证系统排气充分，待末端与最高点均现水流后关闭排气口。检查无渗漏后，缓慢增压至规定值，维持10min并确认无泄漏和形变即为合格。完成后应及时排空水分，拆除临时设施并恢复原有部件，完整记录试验过程。

### 3.5 管道吹扫清洗

该项目的管路系统压力检测达标后开展清洗作业。清洗方式依据系统使用需求、工作介质性质、管内污染状况选择，DN $\geq 600$ 的流体输送管线采取了人工清洗；DN $<600$ 的管道使用了水冲洗；DN $<600$ 气体管道采用了气流吹扫；汽管必须使用蒸汽除污，非热能输送管线禁止采用蒸汽清理。执行清洗前，拆除孔板、调节阀（法兰连接）、关键阀门、节流装置、安保阀及仪表等设施，焊接式部件设置旁通或拆卸阀芯并加装护套；核实支架与吊具的稳固性，将不参与清洗的设备及管段予隔离。清洗作业按主干管-分支管-排放管的顺序展开，防止杂质回流至已完成清洗的管段。排出的污水妥善处置，严格防止任意排放造成环境污染。清洗作业中，清洗介质选择了工业水源，管内流体速率维持在1.5m/s以上，排水管道截面达到被清洗管线面积的60%，保证排放系统通畅。整个清洗过程保持连贯，质量标准遵循设计文件要求，清洗中可通过目视比对出入口水体的色泽与透明度是否一致来判定合格与否。

综上所述，本文提出的石油化工管道设备安装质量管控方案通过采用管道安装控制、焊缝检验技术，引入石油沥青冷底涂层进行防腐处理，为石化管道设备安装提供了借鉴方案。未来的研究中，应贯彻质量至上的发展思维，加强对管道设备安装质量控制技术的开发创新，为保障施工安全注入持续动力，以技术创新助力现代化新型石油化工体系建设。

#### 参考文献：

- [1] 史锋峰. 石油化工工艺管道安装施工风险点分析及关键施工技术研究 [J]. 化学工程与装备, 2024,(07):104-106.
- [2] 胡德胜. 石油化工管道常用安装技术分析 [J]. 当代化工研究 ,2024,(08):123-125.

#### 作者简介：

王勇（1971.9-），男，汉族，江苏苏州人，专科，工程师，从事石油化工工作。