

# 石油化工厂中泵配管设计与现场泵管道安装问题分析

谢开波

镇海石化工程股份有限公司 浙江 宁波 315042

**摘要:** 石油化工厂中, 泵配管设计与现场安装质量对生产安全和效率至关重要。泵配管设计需遵循安全、可靠、经济和可操作原则, 受工艺参数、泵类型和现场布局等因素影响。而现场安装存在工艺不规范、材料设备质量欠佳、设计与安装协调不畅、施工管理不足等问题。这些问题易引发介质泄漏、设备损坏、工期延误等后果, 严重威胁装置运行, 需针对性采取优化设计、规范工艺、强化管理等措施加以解决。

**关键词:** 石油化工厂; 泵配管设计; 现场泵管道安装; 问题分析

## 1 石油化工厂泵配管设计概述

在石油化工生产过程中, 泵作为核心设备, 承担着输送各类介质的重要任务, 其配管设计的合理性直接影响装置的安全稳定运行与生产效率。

### 1.1 泵配管设计的基本原则

泵配管设计需遵循安全性、可靠性、经济性和可操作性四大核心原则。安全性原则要求配管设计必须充分考虑介质特性, 如易燃易爆、有毒有害介质的管道需设置可靠的密封与防护装置, 防止泄漏引发安全事故; 同时管道布置应避免出现应力集中现象, 防止因管道振动、热胀冷缩导致管道破裂。可靠性原则强调配管系统应保证泵的正常运行工况, 确保泵的吸入性能良好, 避免出现汽蚀、气缚等问题, 保证介质的稳定输送。经济性原则要求在满足工艺要求的前提下, 合理选用管道材料、控制管道长度与管径, 优化管道走向, 降低材料成本与安装费用。可操作性原则则注重方便操作人员日常巡检、维护与检修, 如在管道上合理设置阀门、仪表、取样口, 保证操作空间与通道畅通。

### 1.2 泵配管设计的影响因素

泵配管设计受到多方面因素的综合影响。首先是工艺参数, 包括介质的流量、压力、温度、密度、粘度等, 这些参数直接决定了管道的管径、壁厚、材质选择以及管道系统的压力等级。例如, 输送高温、高压介质的管道需采用耐高温、高压的合金钢材料, 并进行严格的应力计算与补偿设计<sup>[1]</sup>。其次, 泵的类型与性能参数对配管设计影响显著, 不同类型的泵(如离心泵、往复泵、齿轮泵等)其吸入和排出特性不同, 离心泵要求吸入管道短而直, 以减少阻力损失, 保证足够的净正吸入压头; 而往复泵则需考虑管道的缓冲与减振措施, 防止压力脉动。另外, 现场的空间布局、建筑物与设备的相对位置、地形地貌等因素也制约着管道的走向与布置方

式, 需要在设计时充分结合现场实际情况, 合理规划管道布局, 避免管道交叉、碰撞等问题。

### 1.3 泵配管设计的流程与内容

泵配管设计流程通常包括前期准备、方案设计、详细设计和施工图设计四个阶段。前期准备阶段需收集工艺流程图、设备布置图、介质特性参数、操作条件等基础资料, 并与工艺、设备、电气等专业进行充分沟通与协调。方案设计阶段主要确定管道的总体走向、管径选择、阀门与仪表的初步布置方案, 形成多个可行的配管方案, 并进行技术经济比较, 优选最佳方案。详细设计阶段对选定方案进行深化, 精确计算管道应力、确定管道支吊架形式与位置、绘制管道轴测图与平面图, 同时进行材料统计与预算编制。施工图设计阶段则将详细设计成果转化为施工图纸, 包括管道安装图、管段图、管件图等, 并编制施工说明与技术要求, 为现场施工提供准确的指导。

## 2 石油化工厂现场泵管道安装常见问题分析

尽管在设计阶段进行了充分规划, 但在石油化工厂现场泵管道安装过程中, 仍存在诸多问题影响工程质量与装置运行。

### 2.1 安装工艺问题

在石油化工厂现场泵管道安装进程中, 安装工艺问题频发, 严重威胁工程质量与系统稳定运行, 主要集中在管道连接、焊接、支吊架安装等关键环节。管道连接时, 法兰连接若螺栓紧固不均, 会致使密封垫片受力失衡, 在介质压力作用下, 极易出现泄漏。例如, 某石化厂曾因法兰螺栓紧固不规范, 在管道试运行, 有毒介质泄漏, 不仅造成环境污染, 还迫使装置紧急停工检修。螺纹连接方面, 若螺纹加工精度欠佳, 或未按规范缠绕密封带, 同样会引发密封不严的问题。焊接环节, 气孔、夹渣、未焊透、咬边等缺陷屡见不鲜。这些缺陷

会大幅削弱焊缝强度，成为介质泄漏的潜在风险点。曾有案例显示，因焊缝存在未焊透缺陷，高温高压介质冲破焊缝，酿成严重的安全事故。支吊架安装不规范也是突出问题，间距过大、形式选择错误，会使管道无法得到有效支撑，产生过度变形与剧烈振动；弹簧支吊架安装高度和预压缩量调整不当，难以发挥减振与补偿功能，影响管道系统的正常运行。

## 2.2 材料与设备问题

材料与设备问题是石油化工泵管道安装的“心腹大患”，主要体现在材料质量不合格与设备选型不当两方面。部分管道材料在化学成分和力学性能上不达标，管材壁厚偏差超出允许范围，耐腐蚀性能无法满足设计要求。在输送强腐蚀性介质时，管道极易被腐蚀穿孔，导致介质泄漏。某化工厂就因使用劣质管材，在输送硫酸介质过程中，短短数月管道便出现多处穿孔，造成重大经济损失。阀门、管件等部件的质量问题也不容小觑，阀门密封性能差、关闭不严，会导致介质泄漏，造成资源浪费，甚至引发安全事故；管件内径与管道不匹配，会显著增加流体阻力，降低输送效率<sup>[2]</sup>。设备选型不当同样后果严重，泵的流量、扬程与实际工艺需求不匹配，会导致泵长期低效运行，能耗大幅增加；若泵的材质无法适应介质特性，如在输送强腐蚀性介质时未选用耐腐蚀材料，泵体将快速被腐蚀，使用寿命大幅缩短，频繁更换设备不仅增加成本，还会影响生产连续性。

## 2.3 安装与设计协调问题

安装与设计协调不畅是石油化工泵管道安装中难以忽视的难题，严重阻碍工程顺利推进。在安装过程中，现场实际状况与设计图纸不符的情况时有发生。由于设计阶段对现场条件掌握不充分，或现场施工过程中出现不可预见的变化，如设备基础尺寸存在偏差、预留孔洞位置不准确等。但安装人员往往因沟通意识薄弱或工期压力，未及时与设计人员沟通，强行按图施工。这使得管道安装无法正常进行，即便勉强安装完成，也难以满足工艺要求。例如，某项目中因设备基础标高误差，管道无法按原设计连接，只能重新调整设计，导致工期延误数周。设计变更信息传递不及时、不准确，更是让安装工作陷入混乱。已安装的部分管道可能因变更而需要拆除重建，这不仅造成工期延误，还大幅增加了成本。某石化项目就因设计变更通知滞后，导致部分管道重复安装，直接经济损失超百万元。

## 2.4 施工管理问题

施工管理问题贯穿石油化工泵管道安装全程，在质量控制、安全管理和进度管理方面均有体现。质量控

制层面，缺乏完善的质量检验制度与流程，对管道焊接、安装尺寸等关键工序检验流于形式。部分施工单位为赶工期，减少检验环节，致使不合格的安装工程进入下一道工序。某项目因未对管道焊接质量进行严格探伤检测，运行后焊缝出现开裂，造成介质泄漏事故。安全管理上，施工现场安全防护设施不完善，作业人员安全意识淡薄，违规操作现象频发。高空作业不系安全带、动火作业不办理动火证等行为，极大增加安全事故发生的概率。曾有工人在未采取防护措施的情况下进行高空管道安装，不慎坠落受伤。进度管理方面，施工计划安排缺乏科学性，资源调配不合理。遇到问题时，不能及时制定有效的解决方案，导致工程进度严重滞后。某石化管道安装项目，因设备到货延迟且未及时调整施工计划，致使整个项目投产时间推迟数月，造成巨大的经济损失。

## 3 石油化工泵配管设计与安装问题的解决方案

针对上述泵配管设计与安装过程中存在的问题，需采取一系列切实有效的解决方案，以提高工程质量与装置运行的可靠性。

### 3.1 优化泵配管设计方案

在设计阶段，加强各专业之间的协同设计，通过三维建模技术进行管道碰撞检查与优化设计，提前发现并解决管道与设备、管道与管道之间的冲突问题。运用计算流体力学（CFD）模拟技术，对泵的吸入与排出管道内的流体流动状态进行分析，优化管道布置，减少阻力损失，提高泵的运行效率。同时充分考虑管道的热补偿与减振措施，根据管道的温度、压力变化情况，合理选用膨胀节、波纹补偿器等补偿元件；针对泵的振动特性，设计合适的隔振装置与减振支吊架，降低管道振动对设备与人员的影响。

### 3.2 规范现场安装工艺

制定详细、严格的安装工艺标准与操作规程，加强对安装人员的技术培训，提高其操作技能与质量意识。在管道连接方面，严格按照规范要求要求进行法兰连接与螺纹连接，确保螺栓紧固均匀、密封可靠；焊接作业时，对焊工进行资格审查，要求其持证上岗，并严格执行焊接工艺评定制度，控制焊接参数，加强焊接质量检验，采用无损检测等手段及时发现并消除焊接缺陷。支吊架安装过程中，严格按照设计要求确定支吊架的形式、间距与安装位置，准确调整弹簧支吊架的预压缩量，保证支吊架的承载能力与减振效果<sup>[3]</sup>。

### 3.3 强化材料与设备管理

建立严格的材料与设备采购管理制度，选择信誉良

好、质量可靠的供应商,对采购的管道材料、阀门、管件等进行严格的质量检验与验收,确保材料设备的质量符合设计要求。加强材料设备的储存与保管,根据材料的特性采取相应的防护措施,防止材料锈蚀、损坏。对于设备选型,组织专业技术人员进行详细的工艺计算与技术经济比较,结合实际生产需求,选择性能参数匹配、质量可靠、性价比高的泵及相关设备,并对设备的制造过程进行质量监督,确保设备出厂质量。

### 3.4 加强安装与设计的沟通协调

建立有效的沟通协调机制,在安装前组织设计交底会议,设计人员向安装人员详细介绍设计意图、技术要求与注意事项,解答安装人员的疑问。在安装过程中,安装人员及时将现场实际情况反馈给设计人员,对于与设计不符的问题,双方共同协商解决方案,及时进行设计变更,并确保变更信息准确传递到施工一线。定期组织设计、安装、监理等单位召开协调会议,及时解决安装过程中出现的各类问题,保证安装工作与设计要求的一致性。

### 3.5 完善施工管理体系

建立健全施工质量管理体系,制定详细的质量检验计划与验收标准,加强对施工全过程的质量控制,对关键工序实行旁站监理,确保每一道工序的施工质量符合要求。加强安全管理,完善施工现场安全管理制度,配备充足的安全防护设施,加强对作业人员的安全教育培训,提高其安全意识与自我保护能力,严格执行安全操作规程,杜绝违规作业行为。优化施工进度管理,制定科学合理的施工进度计划,根据工程实际进展情况及时调整资源配置,加强对施工进度的动态监控,建立进度预警机制,对可能影响进度的因素提前采取应对措施,确保工程按期竣工。

## 4 案例分析与改进措施

### 4.1 案例一

某石油化工厂在新装置试运行过程中,发现一台离心泵频繁出现汽蚀现象,导致泵的流量与扬程下降,振动加剧,噪声增大,严重影响泵的正常运行。经分析,主要原因是泵入口管道设计不合理,管道过长且弯头过多,导致管道阻力损失过大,泵的净正吸入压头不足。另外,入口管道的管径偏小,介质流速过高,进一步降低泵的吸入性能<sup>[4]</sup>。针对以上问题,采取以下改进措施:

重新优化泵入口管道设计,缩短管道长度,减少不必要的弯头;适当增大入口管道管径,降低介质流速;在泵入口管道上增设吸入罐,提高泵的有效汽蚀余量;同时对管道支吊架进行调整,减少管道振动对泵吸入性能的影响。改进后,泵的汽蚀现象得到有效消除,运行性能恢复正常。

### 4.2 案例二

在某石油化工厂的管道安装工程中,一段输送有毒介质的管道在运行一段时间后发生泄漏,经检查发现是管道焊接处存在严重的未焊透与气孔缺陷。事故原因主要是焊接人员操作技能不足,未严格按照焊接工艺要求进行焊接;同时现场质量检验人员对焊接质量检验不严格,未能及时发现焊接缺陷。为避免类似事故再次发生,采取以下改进措施:对焊接人员进行重新培训与考核,不合格者严禁上岗作业;加强焊接过程的质量控制,严格执行焊接工艺评定制度,确保焊接参数符合要求;增加焊接质量检验频次,采用射线检测、超声波检测等多种无损检测手段,对所有焊缝进行全面检测;建立质量追溯制度,明确焊接人员与检验人员的责任,对出现质量问题的焊缝进行及时整改,并对相关责任人进行严肃处理。

### 结束语

泵配管设计与现场安装是石油化工厂生产运行的关键环节。通过对设计原则、影响因素、常见问题的深入分析及案例研究可知,只有从设计源头把控,规范安装过程,加强各环节管理与协同,才能有效解决现存问题,保障泵配管系统稳定运行,为石油化工生产筑牢安全高效的基础,推动行业持续健康发展。

### 参考文献

- [1]戴康群.石油化工厂中泵配管设计与现场泵管道安装中的问题[J].化工设计通讯,2023,49(04):7-9.
- [2]张健.大型石油化工厂烃类火炬管网研究[J].石油化工设计,2023,40(02):42-46+52+5-6.
- [3]王涛.石油化工厂中泵配管设计与现场泵管道安装问题分析[J].中国化工贸易,2021(20):17-18.
- [4]戴康群.石油化工厂中泵配管设计与现场泵管道安装中的问题[J].化工设计通讯,2023,49(4):7-9.DOI:10.3969/j.issn.1003-6490.2023.04.003.