

# 化工工艺管道设计中的安全问题及控制措施的技术创新

刘花春 (青海盐湖工业股份有限公司, 青海 格尔木 816099)

**摘要:** 做好管道设计, 可以确保工艺管道的稳定运行, 为石油化工的安全生产奠定良好基础。基于此, 本文从石油化工工艺管道的作用和设计要求展开论述, 分析了化工工艺管道设计中的安全问题, 提出了强化管道选材控制、合理化管道线路设计、做好管道连接弯折部位设计、优化管道静电接地设计、严格落实设计方案审查这几项石油化工工艺管道设计中的控制措施, 希望能够为化工工艺管道设计工作的开展提供参考。

**关键词:** 化工工艺; 管道设计; 安全问题

**中图分类号:** TQ055.8

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-5167 (2025) 016-0151-03

## Technical Innovation on Safety Issues and Control Measures in Chemical Process Pipeline Design

Liu Huachun (Qinghai Salt Lake Industry Co., Ltd., Golmud Qinghai 816099, China)

**Abstract:** Proper pipeline design can ensure the stable operation of process pipelines and lay a solid foundation for safe production in the petrochemical industry. Based on this, this article discusses the role and design requirements of petrochemical process pipelines, analyzes safety issues in chemical process pipeline design, and proposes several control measures in petrochemical process pipeline design, including strengthening pipeline material selection control, rationalizing pipeline route design, designing pipeline connection bending parts, optimizing pipeline electrostatic grounding design, and strictly implementing design scheme review. It is hoped that these measures can provide reference for the development of chemical process pipeline design work.

**Keywords:** chemical process; Pipeline design; safety issues

管道是石油化工行业中重要的设备, 承载石油输送的重要任务, 由于石油自身的性质比较特殊, 所以, 对于管道的设计水平有较高的要求。为了保证石油输送工程的正常运行, 需针对设计中安全问题及时采取有效的控制措施, 从而不断完善和优化技术方案, 推进配套技术的创新发展, 提升化工工艺管道设计工作水平。

### 1 石油化工工艺管道的作用和设计要求

石油化工生产中, 工艺管道连接各个化工装置负责将物料进行装置间的传输, 以支持热交换、各种化学反应等过程的推进, 从而产出所需的产品。工艺管道作为石油化工工艺的关键设施, 其所承载的物料较为多样, 包括气体、液体和易流动的固体物质等, 而这些物质可能具有腐蚀性和危险性, 所以, 工艺管道通过保证这些物料顺畅、平稳、连续传输, 可以让石油化工生产得以安全开展。为此, 在管道设计中, 需要严格按照工艺管道及仪表流程图的要求进行统筹规划, 而且需确保管道设计方案安全可靠、经济合理, 能够满足施工、操作、维修等要求。由于管道通常架空或地上敷设, 因此, 在设计中, 如果管道需要穿过建筑物的楼板、屋顶或墙面时还要设计配套的套管, 并满足相应的密封和距离要求。此外, 还要考虑到管道的可操作性, 以便在管道出现异常或事故时, 能够及时采取补救措施。在管道设计中,

由于石油管道建设往往规模较大、范围较广, 因此, 还要注意秉承因地制宜的原则, 根据不同地区的地理和环境状态进行相应的管道设计, 同时在保证安全的基础上, 对管道建设的成本进行一定的控制, 以提升管道建设的经济效益<sup>[1]</sup>。

### 2 化工工艺管道设计中的安全问题

#### 2.1 管道选材不当

在管道设计中, 进行管材选择时, 虽然会对材料的耐腐蚀性、耐高温性、抗压性等性能进行考量, 但可能缺乏一个全面、准确的评估方法, 无法为设计人员提供可靠、有效的选材依据, 同时也可能存在对各种工况包括正常工况、异常工况甚至事故工况分析、评估的不到位, 导致选材不当的问题。而管道选材不当可能会导致其的耐腐蚀、耐高温等功能难以达到长期稳定使用的要求, 导致管道更容易损坏, 这不仅会增加后续的运维成本, 也会对安全生产造成一定的影响。

#### 2.2 管道线路设计不当

如果化工工艺的配套技术方案不够具体, 或交底不充分, 就可能导致设计者对工艺技术方案的理解出现偏差, 引发管道线路设计不当的问题, 同时设计之前缺乏对现场情况的考察和勘探, 也会让设计者对实际情况认知不足, 引发管道路线设计与实际条件之间的偏差。而管道线路设计不合理, 可能会导致物料的

运输速度、时长不符合化学反应的需求,容易出现物料输送不及时、管道周围影响因素多、管道距离过密等问题,不仅会对化学反应的顺利实施造成影响,也可能让管道的故障损坏更容易发生,从而对化工生产带来安全风险。

### 2.3 管道连接弯折部位设计不当

在管道设计中,可能会出现对管道自身的机械应力和热胀冷缩等因素未充分考虑的情况,尤其是当设计者对当地气候环境了解不足时,往往难以准确地估计温度变化为管道带来的影响,使得管道连接弯折部位的设计出现不合理的情况。此外,技术人员经验、专业水平,以及对工艺技术方案理解不充分等因素的影响,也会导致管道弯头的角度太小、过渡段长度不够、过渡段过渡半径过小等设计缺陷都可能让管道在运输过程中发生折弯,从而引发管道泄漏或破裂事故,形成管道设计中的安全问题。

### 2.4 管道静电接地设计不当

通常来说,对易燃、易爆、有毒的介质管道系统应在界区边界处管廊上或某处采取静电接地措施,以免静电因素带来安全风险。但事实上,如果前期勘探时未能准确测量接地电阻,就可能会出现接地体设计不合理等问题,导致接地设施无法有效地将静电导入大地,同时若设计者缺乏对静电接地设计的深入了解和实践经验,也可能出现未充分考虑介质的特性、工况条件以及环境因素对接地系统的影响的情况,导致接地系统方案难以满足实际需求,从而引发安全风险。

### 2.5 管道设计方案审查不到位

在管道设计中,通常待设计方案编制完成后,需要对方案进行审查,以确保方案的合理性,规避设计中的安全问题。但实际上,审查流程可能缺乏明确的步骤和责任分配,导致审查工作不够系统、全面,使得潜在的安全问题难以得到及时处理。此外,审查人员与设计人员之间也可能存在沟通不畅的问题,使得审查人员无法及时获取设计方案的相关信息或澄清疑问,从而影响审查的准确性和有效性。

## 3 化工工艺管道设计中的控制措施

### 3.1 强化管道选材控制

针对管道选材引发的安全问题,应加强设计者对各类管材性能的了解,而且要结合当前的相关规范、规程,设计出一套科学有效的管材性能评估方法,借此全面、整体地评估各类管材的耐腐蚀性、耐高温性、抗压性等性能,确保所选用的管材能够适应实际使用需求。在管道设计中,还要加强对各种工况的分析和考虑,并结合实际情况,总结归纳出正常工况、异常工况甚至事故工况等工况下对管材性能的要求,然后

对比管材自身的性能水平,选择合适的管材,从而避免管材性能问题引发的安全风险。为此,在管道选材设计之前,需要开展充分的技术交底,让设计人员能够全面、准确地了解化工生产流程、技术方案、物料性质等信息,借此明确可能存在的工况条件,然后根据这些工况条件因素,通过综合考量规划出管道选材要求,再根据该要求进行具体的管道选材,由此可以有效地确保所选的管材能够支持各类工况下的物料输送,规避管材因素引发的安全风险。

在此过程中,为了更高效、准确地进行材料挑选以及检验,设计者可以建立石油化工管道材料选择记录,并绘制相关的表格,利用现有数据和表格函数进行多方面对比,从而更准确、有效地选出合适的管材。此外,设计人员还要熟悉并掌握相关的设计标准和规范,确保所选管材符合国家和地方的规定,并加强设计单位和管材供应商的沟通和协调,对管材的性能参数进行严格的校核,且要及时反馈管材的性能需求和现存问题,由此在保持选材合理的同时,保证管道选材设计的可行性<sup>[2]</sup>。

### 3.2 合理化管道线路设计

针对管道线路设计不当引发的安全问题,应提前将工艺技术方案的内容予以细化,尤其是在执行导向上,需核准各个化工反应程序的先后顺序和条件,以及配套装置的体积、建设需求等,以便于设计者可以更准确地规划管道线路。在设计中,还要围绕工艺技术方案展开充分的交底,并运用线上沟通平台,打通工艺设计与管道线路设计人员之间的沟通渠道,让设计者可以随时通过沟通、信息共享,进一步了解工艺需求,从而准确、合理地规划管道线路,减少因管道线路设计不当形成的安全风险因素<sup>[3]</sup>。

在设计中,也要提前做好现场勘察工作,立足于工艺技术实施需求,综合、全面地考量现场情况,进一步保证管道线路设计的合理性,减少环境因素对管道安全运作的影响。在勘察过程中,需要注意,可以将此项工作分为两个部分,即室内与野外,并先室内根据收集到的资料进行初步分析,再到现场进行对预定的重点地段做重点调查实地踏勘,借此进行工程地质测绘和调查,补充收集资料,为管道路线的合理规划提供支持。

在此过程中,需重点考虑地质因素、周围建筑构筑物因素、植被因素、动物活动因素,及时识别可能会影响管道运作安全的因素,并在线路规划时合理绕开这些因素,保证管道的稳定、安全运作。一般来说,勘察通常分为踏勘、初步设计勘察、施工图勘察三个阶段,应当根据管道线路设计需求,为每个阶段设置



相应的目标和要求,确保勘察工作获取的资料信息对于管道线路设计具有指导、参考价值,支持管道线路设计方案的合理制定。

### 3.3 做好管道连接弯折部位设计

针对此项安全问题,在管道设计中,应当提前为设计者提供当地的温度变化图表,让其能够更准确地评估温度变化为管道带来的影响,从而充分考虑热胀冷缩以及管道机械应力变化的因素,由此更为合理地设计管道弯折连接部位。在此过程中,也要严格按照现行的规范和规程,进行弯头角度、过渡段长度、过渡段过渡半径的设置,确保各项管道连接弯折部位参数的合理性<sup>[4]</sup>。

一般来说,在石油化工工艺管道设计中,通常要优先选择曲率半径为1.5倍公称直径的长半径弯头,但若需要输送气固或液固两相流物料则需选择大曲率半径的弯管,且其曲率半径不应小于管道公称直径的4倍,从而确保物料的通畅流动。对于需要变径连接的水平管道,如果没有特殊要求,就可以直接使用底平偏心异径管,若是垂直管道,则最好选用同心异径管。在弯头的设计上,需注意,平焊法兰不应直接与无直管段的弯头相联结,同时如果管道改变了走向,那么在弯头处也要设置支架,以保证管道弯头部位结构的稳定性。

此外,在连接弯折部位的设计上,还要考虑到管道施工、检修、工艺和设备布置等方面的要求,并在管道管廊上设置20%~30%的设计余量,且要将热应力管道布置在两边,从而方便后续的检修操作。如果管道需要输送可燃介质或有毒介质,那么在连接弯折部位设计时,还需注意,不应使用套管式补偿器或球形补偿器,而且要避免弯折设计,以免法兰、螺纹和填料密封等泄漏引发安全风险。

### 3.4 优化管道静电接地设计

针对管道静电设计存在的安全问题,在前期勘察时,应遵循相关的标准和方法进行接地电阻的计算和测量,以确保接地电阻测量的准确性。在接地系统的设计上,则应严格遵循一系列现行的规范和标准进行管道静电接地设计,以确保接地系统的有效性和安全性。在此过程中,设计人员应当熟悉并遵循相关的国家标准和行业规范,并结合实际情况,选择耐腐蚀、导电性能良好的材料如铜、不锈钢等作为接地体,而且要综合考虑介质的特性、工况条件以及环境因素对接地系统的影响,保证接地体选材合理。但要注意,接地装置应覆盖所有可能产生静电的区域,包括管道,以及配套设施等,而且需考虑管道的走向、长度、直径等因素进行接地装置的合理部署,确保接地装置能够有效地将静电导入大地。

在设计过程中,如果设备与管道之间存在绝缘,就应采取跨接措施,让静电能够顺利传导。此外,在管道静电接地设计中,还需提前对生产现场进行静电风险评估,明确接地系统的设计导向,并根据评估结果,合理设置接地方式、接地点、接地线布置等,从而进一步保证管道静电接地设计的合理性,规避相关的安全风险<sup>[5]</sup>。

### 3.5 严格落实设计方案审查

为了进一步消除管道设计中的安全问题,还要严格落实设计方案审查工作,并提前明确安排好各个审查人员的工作范围和职责,同时利用线上沟通平台,打通审查人员与设计人员之间实时沟通渠道,以支持审查人员更为系统、细致地开展审查工作。在此过程中,需先审查管道布置是否科学合理,是否考虑到管道施工、检修、工艺和设备布置的要求,而且要重点检查管道间距、管道净高和埋设深度等是否符合规定,同时也要对材料进行检验或复检,以确保管道材料的选择符合实际需求。在审查中,还要重点检查密封和防腐蚀措施设计,尤其是常见的法兰连接、阀门密封等,分析其的设计方案是否可以有效地防止管道腐蚀和泄漏,同时热应力与支吊架也应当作为审查重点,并仔细审查热应力管道布置是否合理,支吊架设计是否稳定,以免设计不合理导致管道在运行过程中出现变形和损坏。此外,还要对工艺管道的放空口、排液口等位置的设置进行检查,确认其所设置的位置合理、安全、环保,从而进一步保证设计的合理性。

## 4 结语

综上所述,化工工艺管道设计中可能会存在管道选材不当、管道线路设计不当、管道连接弯折部位设计不当、管道静电接地设计不当、管道设计方案审查不到位这几个对安全生产有影响的问题。通过这些安全问题,采取针对性的控制措施,可以改善原有技术方案的不足,推动技术创新,提升石油化工生产水平。

### 参考文献:

- [1] 李玉鑫. 化工工艺设计中安全危险的识别及控制研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(24): 4-6.
- [2] 陈磊. 化工工艺管道安装质量控制和技术管理[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(23): 7-9.
- [3] 远亚群, 仝育婷. 化工工艺危险特性及其安全控制技术[J]. 化工设计通讯, 2024, 50(11): 53-55+61.
- [4] 胥学松. 化工工艺设计中安全危险的识别与控制措施[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(22): 4-6.
- [5] 马健, 朱国强. 化工工艺安全设计中风险因素识别与控制[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(20): 179-181.