

# 关于石油化工装置管道设计的安全隐患剖析及预防策略

杨惠洁 (北京博鼎诚工程设计有限公司广州分公司, 广东 广州 510620)

**摘要:** 因石油化工装置采用的原料、生产品、中间产物等介质的危险性等级较高, 一旦发生事故将造成严重的经济损失甚至人员伤亡。故而在进入生产的前置设计阶段, 应考虑多方面因素, 从管道设计涉及的如管材选用、规划布置、工艺条件等, 在每个设计环节降低安全风险。本文将对石油化工装置在管道设计阶段安全隐患进行分析, 并提出相应的预防策略以及延伸思考, 以期为提高石油化工装置管道的安全性提供参考。

**关键词:** 石油化工管道; 管道设计; 安全隐患; 预防策略

**中图分类号:** TE973.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-5167 (2025) 018-0136-03

## Safety hazard analysis and prevention strategy of pipeline design in petrochemical plant

Yang Huijie (Beijing Bodingcheng Engineering Design Co., Ltd. Guangzhou Branch, Guangzhou Guangdong 510620, China)

**Abstract:** As an important part of chemical production, the pipeline of petrochemical plant has a high degree of danger, and its safety is directly related to the stable operation, economy and personnel safety of the whole production system. However, due to the fact that pipeline design involves many factors, such as pipe material, planning layout, process conditions, etc., the negligence of any link may lead to potential safety hazards. This paper will deeply analyze the safety hazards of pipeline design in petrochemical plants, and put forward corresponding prevention strategies and extensions, in order to provide reference for improving the safety of pipelines in petrochemical plants.

**Keywords:** petrochemical pipeline; pipeline design; security risks; prevention strategies

随着经济的发展, 石油资源及其衍生化学品在各行各业的需求也不断增加。在石油化工装置的设计过程中, 管道材料的选择、防腐布置等问题对装置运行过程中的安全有着至关重要的影响。这些错综复杂的管道, 连接着各个生产设备, 输送着性质各异的流体。在不同的生产工艺下, 被输送流体的温度、压力、工作环境等参数也千差万别, 这些都导致了管道设计的复杂性。管道设计稍有不慎, 轻则导致设备损坏, 生产中断, 重则会造成管道破裂, 可燃物料泄漏, 引发火灾、爆炸等事故, 造成财产损失, 更严重的会造成人员伤亡。故而深入分析石油化工装置管道设计过程中可能产生的安全隐患, 选用合理的管材和防腐措施, 并设置有效的安全设施, 对石油化工装置的安全运行具有重要意义。

### 1 石油化工装置管道设计安全隐患剖析

石油化工装置管道设计不仅要满足工艺生产的传输需求, 也要注重在运行和检维修过程中可能产生的安全隐患, 隐患主要来源于以下几个方面:

#### 1.1 材料选择与腐蚀问题

在石油化工装置中, 选择合适的管道材料对于确保装置的安全运行有重要意义。由于实际生产过程中介质种类繁多, 且往往具有腐蚀性、易燃易爆、易挥发等特点, 因此管道材料的选择要综合考虑各个方面

的要求, 包括耐腐蚀性, 耐高压, 密封性, 耐高/低温, 耐酸/碱, 刚度, 强度等。合适的管道材料能够确保装置在不同条件下稳定运行。因为在实际设计中, 由于材料选择不当或材料性能不达标, 往往会导致管道在使用过程中出现腐蚀、穿孔等问题。不仅如此, 一些材料在特定环境下会发生化学反应, 产生有害物质, 进一步加剧了安全隐患。

#### 1.2 布局的规划的影响

选择合适的管道材料并不能保证装置的安全运行, 管道的布局规划也是管道设计的重要环节, 它直接影响了管道系统运行的安全性和可靠性。在石油化工装置中, 管道的布置极其复杂, 布局纵横交错, 且往往需要在有限的空间内进行大量管道的排布。需要管道设计人员综合考虑管道布置的规范性以及工艺系统的需求, 在满足符合规范的要求下, 还要兼顾操作空间、检维修通道的预留、管道整体性的布置美观等。管道的布局规划不合理, 不单单会影响管道的安装与维护, 甚至会导致管道在运行过程中受到外部载荷的影响, 如振动、压力载荷等, 造成安全隐患。除此之外, 管道安装过程中如若存在焊接质量低劣、焊缝不严密等问题, 也会增加管道介质泄漏的风险。

#### 1.3 工艺条件与操作失误

因介质的特殊性, 如高温高压的工艺介质、复杂

的生产情况、生产者调整不同的生产需求的影响,故对石油化工管道运行的安全性提出了更高的要求。在管道设计过程中未能充分考虑这些工艺条件的影响,会导致管道在运行过程中出现变形、开裂、腐蚀等问题。

石油化工装置事故频发,还有一个很重要的因素,便是操作人员的专业素质。人为的操作失误往往是引起石油化工装置管道发生危险事件的主要原因。例如错误操作阀门、超温超压运行、未按要求检维修等,这些都可能造成管道泄漏或者造成爆炸等严重后果。

#### 1.4 外部因素与自然灾害

石油化工装置管道的敷设方式有三种:架空、埋地和管沟敷设。无论哪种布置方式,在运行过程中都有可能受到来自外部的因素的破坏。外部因素与自然灾害对石油化工装置管道的影响显著,这些影响因子以及经年累月的使用消耗了管材的寿命,会导致管道性能下降、安全隐患增加,甚至引发严重事故。比如雷电、狂风等外力冲击;冰雹、雪荷载的累加等极端天气条件会对管道造成物理性损害。

设备与机泵的运行产生的振动,也会对管道造成损坏。还有地震、地基下沉等不可抗力的自然灾害也会导致管道断裂、泄漏。石油化工的发展离不开长输管道,这些管道往往需要穿越地质条件复杂的、人烟稀少的地区,也有可能受到滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害的影响,存在导致管道断裂、变形、防腐层受损以及附属设施损毁的可能,使管道失效。且长输管道的检维修更加困难,有些不可抗力的因素虽然难以避免,但可以通过合理的设计和防护措施来降低其影响。

### 2 石油化工装置管道设计安全隐患预防策略

关于石油化工装置管道在设计、使用过程中有可能产生的安全隐患,可以从以下几个方面提出预防策略:

#### 2.1 合理选择材料,加强防腐措施

在管道设计过程中,应根据管道级别、设计温度、设计压力和介质的特殊要求等设计条件,并结合材料的耐腐蚀性能、加工工艺性能、焊接性能和经济合理性等选用。选用的材料应该具有足够的稳定性,包括化学性能、物理性能、耐蚀和耐磨性能、抗疲劳性能和组织稳定性。合理选择管道材料,对于输送腐蚀性介质的管道,应考虑管道材料的耐腐蚀性能,如不锈钢、合金钢等,除应力腐蚀和局部腐蚀需按照具体的情况考虑外,管道用材料可根据介质对材料的腐蚀速率选用。也应根据材料的种类选择合适管道的防腐措施,如涂刷防腐漆、内衬瓷砖等,以提高管道的耐腐

蚀性和使用寿命。

石油化工装置中常用的管道材料分为金属材料和非金属材料,一般为不锈钢、碳钢、合金钢、非金属材料 and 复合材料等。根据前文所述,根据需求选择不同的管道材料。例如,对于具有较强腐蚀性的酸碱类介质,在材料选型时,应将不锈钢等具备耐腐蚀性能的材料列为优先考虑对象。当系统处于高温运行工况时,材料易出现热膨胀等现象,此时需选用可耐受高温的材料。

除此之外,在石油化工装置中,管道由于运行期间通常需承受来自内部介质压力、外部施加负荷以及振动作用的综合影响。所以在进行材料选型时,需充分考量材料应具备足够的刚度与强度指标,以此规避管道发生变形乃至破裂等失效现象。在实际工况运行条件下,诸多因素通常呈现协同作用态势。因此必须全面综合考量多重因素,依据具体实际情形,精准遴选适配的管道材料。除此之外,在生产作业过程中,还应当按照既定周期对管道开展腐蚀监测工作,并实施常态化维护措施,以便及时察觉腐蚀隐患,并迅速予以处置。

#### 2.2 合理的布局规划

管道的规划布置,首要条件是满足工艺管道和仪表流程图的需求。其次,应根据场地实际情况,满足便于生产操作、安装及维修的要求。如管廊上的层间距应考虑界区阀组和检维修的空间;厂房沿墙边布置的管线,应不阻碍门窗开合。再次,石油化工管道一般采用架空敷设,管道的布线设计应整齐有序,在达到工艺要求的基础上,做到实用、美观。当然也可采用管沟敷设或者埋地敷设,但都应符合规范要求。最后,具有热胀冷缩的管道、与振动设备相连的管道、安全阀管线等,在布置时应考虑其柔性。在基础设计阶段,宜根据工艺管道和仪表流程图做出管道研究图,为施工图的绘制指导方向。

#### 2.3 充分考虑工艺条件,提高管道安全性能

石油化工装置设计,工艺先行。管道的设计的根本原因就是为工艺介质顺利得到生产。在管道设计阶段,应根据工艺类别,研究布置管道。根据《工业金属管道设计规范》GB 50316,将各种流体分为:A1类流体、A2类流体、B类流体、C类流体和D类流体共5种。应根据介质的类别,对管道进行计算壁厚计算,材料选择、管道布置、应力分析,使其满足现行国家规范。

对于特殊介质的管道应着重注意考虑其布置,如氧气、氢气等特殊介质需要根据规范要求间距布置。又比如黏度高的流体或者粉状介质等,应考虑管道的

布置是否满足介质流动需求,如若管道布置无法满足需求,则应反馈给工艺增加其他手段。腐蚀性的管道应布置在管廊下层位置等等。

#### 2.4 加强人员培训,提高操作水平

石油化工装置的安全性,除了在设计上下功夫,其运行维护上也需要多加注意。绝大多数事故的发生是由人为操作失误所致。故而专业的操作指导、危险事故案例宣传与定期的培训考核是重中之重。提升人员的安全意识及操作技能水准,使操作人员熟知石油化工装置管道的基本原理、结构特性、工艺流程等基础专业知识,减少事故发生率。还需构建健全的操作规程体系与管理制度架构,清晰界定人员的职责范畴和操作规范要求,切实保障工作人员能够依据既定规程实施操作。

#### 2.5 加强监测与防护,降低外部因素影响

加强对管道的监测设计与防护设计,可以降低外部因素对管道的影响。

首先,应建立完善的管道监测系统,实时监测管道的运行状态和介质参数变化,特别注意一些介质内含有的微量元素与空气发生的化学变化对管道的腐蚀,比如二氧化碳和水发生反应形成弱酸,可对碳钢管道形成腐蚀,应设置定期采样检测,及时发现及时处理。

其次,设计在危险地带需要设置必要的防护措施,如设置防护栏、警示标志等,以减少外来飞行物、狂风等外力对管道的冲击和破坏。

最后,需要对管道、管道附属件、设备进行定期的检维修,及时更换老化或者受破坏的。对于地震、地基下沉等自然灾害的影响,可以通过加强管道的基础设计和防护措施来降低其影响。

### 3 结论

石油化工管道一旦发生危险事故,其导致的经济损失甚至人员伤亡不可预估,所以石油化工装置管道设计中所潜藏的安全风险隐患,具有极高的关键性。因此为确保化工生产的安全稳定运行,在管道设计阶段从管道材料选择、管道布置设计、工艺介质特殊性等方面下手。在日常运行方面,从人员操作及时的检维修等多个方面入手,采取有效的预防策略。通过加强管道材料的选择和防腐措施、科学设计管道走向、合理制定管道支吊架、提高安装质量、以满足工艺条件为主、美观为辅的原则,对石油化工装置管道进行设计。

同时建议生产厂家加强对人员的培训和安全教育工作以及加强监测、防护、检维修等措施,有利于降低石油化工装置管道设计的安全隐患风险。为应对突

发情况,还需要制定完善的应急预案和处置机制,及时宣贯给每个操作人员。确保石油化工装置管道的安全可靠运行,为化工生产的可持续发展提供有力保障。

### 4 展望

随着时代的发展、技术在不断地革新,人们对安全环保意识的不断增强,对于石油化工装置这种危险性程度高的存在,对其安全性也越发重视。为此,石油化工装置管道的安全性设计,便是管道设计工作中的一项重要原则。

时代的发展,一方面,不断涌现的新型材料和防腐技术,将为管道设计提供更多的选择;另一方面,智能化和自动化技术的发展将推动管道监测与防护水平的提高。所以我们有理由相信,在未来的发展中,石油化工装置管道设计的安全隐患将得到更加有效地控制和预防。

本文围绕石油化工装置管道设计的安全隐患进行了深入剖析,并提出了相应的预防策略以及思考延伸。但是由于石油化工系统的庞大,介质的多样性,使得装置管道的设计无法以一概全,往往需要在实际案例中考虑。本文所提出的安全隐患和预防策略也无法涵盖所有情况。所以在实际应用中,还需要结合具体情况综合考虑和分析。仅希望本文的研究能够为石油化工装置管道设计的安全性提供有益的参考和借鉴。

#### 参考文献:

- [1] 王犇. 结合工程实例谈管道壁厚计算[J]. 辽宁化工, 2015(02):46-48.
- [2] 王永亮. 石油化工压力管道设计中相关安全问题分析[J]. 当代化工研究, 2024(20):109-111.
- [3] 窦鑫桐. 浅析石油化工装置安全阀的配管与支架设计[J]. 山东化工, 2024(24):22-24.
- [4] 张军文, 谢金珂, 赵睿. LNG 装置管道振动问题的分析[J]. 石油化工安全环保技术, 2024, 40(5):31-34.
- [5] 陈芝瑞, 白明辉, 刁海波, 等. 一种用于管道焊缝中心曝光的 X 射线机辅助装置的研发及应用[J]. 石油和化工设备, 2024, 27(3):120-122.
- [6] 刘承浩, 吴远光, 苗文亮. 基于半定量评价法的油气支线管道资产收购安全条件评估机制研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024(21):55-57.
- [7] 聂磊, 刘娟. 化工工程设备管道与材料优化设计研究[J]. 石油石化物资采购, 2024(15):176-178.

#### 作者简介:

杨惠洁, 女, 汉族, 广东潮州人, 大学本科, 主要研究方向为石油化工管道设计方向。