

# 石油化工管道设计中的安全问题探讨

张晓如 谭皓云 龚志强 (成都易训企业管理咨询有限公司, 四川 成都 610011)

**摘要:** 随着全球经济的飞速发展, 人们对石油和其他可再生能源的需求日益增长, 因此, 石油化工管道的广泛使用已成为推动全球经济增长的关键因素。鉴于石油化工的特殊性, 保证其安全可靠的运行至关重要, 而其管道的设计是否符合要求, 将直接影响到整条管线的正常运行。本文旨在深入探讨石油化工管道设计的重要性及影响因素, 并从根本上分析出管道安全问题的根源, 提出有效的解决方案, 以期提升管道设计的安全性。

**关键词:** 石油化工; 管道设计; 安全问题

石油化工管道是一种专门用于油气输送的管道, 对石油化工企业的安全生产和正常运行起着举足轻重的作用。石油化工管线的设计工作因目前的交通状况及输送情况而各有不同, 在排水管道的布置、材料的选择以及外部管道的处理等方面都存在着较大的差异。在进行石油化工管道设计时, 要对其影响因素展开分析, 从而可以有效地防止不合理的石油化工管道设计, 这种不合理的设计会给目前管道运行带来一定的安全隐患, 不但会导致施工周期的延长, 而且还会对周边环境产生影响, 严重的话还会产生石油泄漏等情况, 从而导致安全事故的发生, 因此, 必须重视对石油化工管道设计的影响因素及原因的分析, 并采取针对性的措施, 从而有效地避免安全事故的发生。

## 1 石油化工管道设计中安全的重要性

安全的石油化工管道设计至关重要, 因此, 必须加强对管道的研发和技术设计, 确保其符合安全标准, 从而有效提高资源的利用率, 确保人民的生命财产安全, 并为环境的可持续发展奠定坚实的基础。从目前石油化工管道的设计现状来看, 因为受技术、环境等方面的限制, 目前石油化工管道的设计中还存在着一些安全问题, 因此, 相关设计人员应结合实际情况进行管道的安全设计, 并与石油化工管道的设计规范要求相结合, 来对这些安全隐患进行处理, 这样才能有效地保证介质的输送安全, 防止在生产过程中发生各种安全事故。

## 2 石油化工装置管道安全设计的原则

### 2.1 可实施性原则

首先, 在设计化工装置和管道时, 应该遵循可实施性原则。这需要安全设计人员在设计过程中考虑实际环境和材料的可实施性。在铺设材料和安全管道之前, 可以通过检测催化剂或改变气象条件等方法来确保设备的正常运行, 并提供有效的解决方案。

### 2.2 避免复杂化

为了提高管道设计的效率, 应努力使其更加清晰、简洁和符合标准。在设计过程中, 应尽量减少工艺的复杂性, 以减少干扰因素的影响, 并降低后续维护工作的风险。因此, 在进行管道设计时, 设计人员应尽可能地优化流程, 使产品更加精简和高效。

### 2.3 管道原料及分级

随着石油化工设备和管道的多样性日益增加, 它们在不同的温度、压力等环境条件下的性能变化也越来越明显。例如, 在设计过程中, 为了确保阀门、法兰、垫片等的性能, 应该尽可能地选择具备较高压力等级的材料, 以确保它们能够承受较大的负荷。

## 3 石油化工管道设计中的影响因素分析

### 3.1 火灾爆炸危险

火灾爆炸是一种危险因素, 它可能导致严重的后果。鉴于大多数石油化工管道所携带的物料极易发生火灾或爆炸, 为了确保安全, 应当采用先进的储存和运输技术, 以防止可能发生的危险。与其他潜在威胁相比, 火灾爆炸给周边的自然环境和人类的日常生活带来的破坏力更为强烈。



图1 石油管道火灾爆炸现场

### 3.2 中毒危险

大多数石油化工装置的管路系统经过严格的密封处理, 从而确保了其中的物料能够安全地流出, 避免了可能出现的渗漏。然而, 由于长期使用或操作不当, 可能会发生意外的泄漏, 其中包括有毒的石油化学原

料、半成品以及加工品。如果长期暴露在这些污染源之下，污染物可以通过呼吸道、眼睛、皮肤等接触，给人类的身心带来极大的伤害，降低其免疫力，甚至威胁其生命安全。

### 3.3 反应性危险

随着石油化工装置的日益复杂，管道设备经常面临来自外界的伤害，而且由于其本身的结构和材料的不足，也导致“应力破坏”的出现。例如，当管道的工作温度比其他物质的脆性转变温度更低时，它的韧性就会显著减弱，从而导致低温脆性断裂的出现。因此，在低温条件下，应采取有效措施来防止管道的脆性断裂。又比如，当管道通过焊接或其他机械加工方法制造时，它的基本结构中可能会存在应力残余，这会对它的安全造成威胁。此外，由于金属材料容易受到外界环境的影响而变质，它们更容易出现疲劳、变形或断裂的问题，这些问题都会损害管道的内部结构，增加了管道的风险。

### 3.4 腐蚀危险

在石油化工装置中，管道是用来传送各种化学原材料和能量的。然而，由于这些物质通常都含有酸和碱，因此它们会对管道造成腐蚀，同时，在运输过程中，管道内壁上会残留大量的化学物质，这些物质会与其他物质发生化学反应，形成具有更强腐蚀性的物质，从而对管道造成更加严重的破坏和损害。除了管道内部的复杂结构，外界因素也可能导致管道的损伤，例如施工人员疏忽、使用的高硬度物质的摩擦、压缩等，以及由于管道原料的劣化而导致的腐蚀、破坏等问题，这些因素都可能导致管道的损毁，从而严重影响它们的正常使用。



图2 石油管道受脏水腐蚀严重

## 4 石油化工管道设计中的安全问题产生原因分析

### 4.1 管道泄漏破坏

由于管道焊接质量不佳，加上阀门和法兰连接处的密封性不佳，在石油化工管道的运行过程中，极有可能出现石油和天然气泄漏，从而导致严重的安全事故，甚至致命的爆炸或中毒。因此，在当前的设计阶

段，应该根据实际情况合理挑选管道材料，同时定期监测管道内的渗漏状态，以确保能够及时发现、及时采取措施，减少可能造成的灾难性后果，如爆炸或者中毒，从而保障人们的安全。

### 4.2 机械破坏

石油化工管线在输送过程中，外界环境对管线性能的影响十分显著，低温环境下管线受力较小，且易被检测出损伤。在目前运行条件下，当气温降至20℃左右时，对管材材质进行特殊的选用，为避免低温损伤而选用抗寒能力最强的管材。另外，由于输送管线为碳钢，在长时间的使用中极易发生应力疲劳，造成管线损坏。另外，对于碳钢结构，还应将石墨化风计算在内。

### 4.3 管道腐蚀破坏

为了确保石油化工管道的正常使用，在设计运输管道时必须特别注意其防护措施。由于管道存在的领域多是地形复杂地段，它们极易受到外部环境的影响，从而导致严重的腐蚀问题。如果没有及时采取有效的措施，这些问题将会持续恶化，降低管道的使用性能，并危害石油化工企业的经济利益，甚至可能发生安全事故，给公众和社会带来极大的经济损失。

### 4.4 管道密封失效

为了提高石油天然气管道的耐久性、可靠性和安全性，目前大多数情况下，采用两种不同的密封技术：阀门密封和管道法兰密封。这两种技术由法兰、垫圈、辊等部件构成，其中，垫圈、辊的刚度对于密封的效果至关重要。为了保证阀门的安全性，需要在不同材料的法兰连接处使用合适的垫圈。例如，金属垫圈适用于高强度法兰，而高级螺栓则适用于低强度法兰。此外，为了防止腐蚀，我们还需要根据当前的环境条件采取有效的防护措施。泄漏是一个普遍存在的问题，尤其是在法兰、阀门等连接部位。因此，对这些部位的密封装置进行定期检查和维护是非常重要的，以避免泄漏的发生。为了确保石油化工管道的安全运行，必须仔细考虑其所使用的材料和环境条件，并精心挑选出最佳的密封固件，以便达到最佳的效果。

## 5 提高石油化工装置管道安全设计的策略

### 5.1 防止机械破坏

#### 5.1.1 防止低温脆性断裂

在低温条件下，脆性断裂的发生率极高，这将给管道的结构和安全带来不可逆转的损害。因此，为了确保石油化工装置管道的安全运行，应根据实际情况，

选择最佳的低温材料。通常,评估低温的标准是:在石油化工设备的管道穿越的区域,环境温度必须低于20℃,而且,由于外部环境和液态气体的快速气化,有时管道内部的金属温度也会达到“低温”的标准,此时,必须选择合适的低温材料,并且,为了确保它们的安全性和质量,必须对最低温度的环境进行模拟实验,以确保它们的低温性能。

### 5.1.2 应对高温影响

高温环境会给石油化工装置的管道带来极大的挑战,为了应对这种情况,我们应该采取多种措施:首先,当外界温度超出材料的金属温度时,由于恒应力的存在,可能会引起材料的变形和损伤,从而导致蠕变失效;其次,应该采取有效的材料回火催化技术,并且根据实际情况,适当调整管道的温度,以确保安全运行;最后,应该定期检查和维持管道的性能,确保它能够承受足够的负荷,在安全设计阶段,应当充分考虑超载和温度变化带来的损伤,以确保金属材料的耐久性,并采取有效的抗疲劳措施,以最大程度地延长石油化工装置的运行寿命。

### 5.2 防止腐蚀破坏

腐蚀是一种常见的管道安全问题,它的发生机制及其带来的后果十分复杂,因此,为了有效地防止腐蚀损害,必须综合考虑各种因素,并采取有效的预防措施,以最大限度地降低腐蚀对石油化工设备的危害。

①为了解决均匀腐蚀的问题,首先需要考虑使用合适的石油化工设备的管道材料。在安全设计中,应根据石油化工装置管道的实际应用情况,精确测算腐蚀速率,并采用抗腐蚀材料或提高腐蚀裕量,以提升抗腐蚀性能。此外,应当对其均匀腐蚀状态进行实时监测,以便根据实际情况采取最佳的防护措施;

②为了有效地防止石油化工装置管道受到应力腐蚀的影响,在安全设计中,应根据管道运行实际环境,结合管道材料的基本性能,选择最佳管道材料和工作环境组合,以达到最佳防护效果。如果组合效果不佳,则要采取适当措施来降低应力腐蚀的风险,并且要根据应力的特性和来源,制定出最佳的防护方案。为了有效解决管道布置的问题,必须提升管道的柔性,尽可能减少热应力的影响,根据不同热处理条件,达到降低或者完全消除应力目的。

### 5.3 防止密封失效

如果密封系统出现故障,不仅会降低石油化工设备的运行效率,还可能导致大量有害、易燃易爆物质

的泄漏,严重危害周围居民的安全和健康。因此,为了确保密封的有效性,必须在安全设计阶段采取有针对性的措施:

#### 5.3.1 做好法兰密封

在确定法兰密封材料之前,必须仔细挑选出能够满足要求的配套设备,以确保其质量符合标准,从而有效防止由于材质不同或者搭配不当等原因导致的密封性能降低。同时,也要重视管道分级的细节,根据低硬度法兰的特性,选择合适的金属垫片,以最大限度地减少对法兰表面的冲击。

#### 5.3.2 防止阀门泄漏

根据实际情况,应当精心挑选阀门材料,特别是在焊接处,应采用具备短管的小型阀门,以增强密封效果;为了确保阀门的安全可靠,在设计和生产过程中,应当严格遵守所有的技术标准,并且确保操作流程的正确性,要加强对阀门的维护和保养,以确保它们的稳定性,尽可能防止泄漏的发生。



图3 石油管道阀门密封效果图

## 6 结语

石油化工管道安全设计是保证安全运行的关键因素,在日常使用中,可能会出现一些安全隐患,例如密封不良导致的有毒物质泄漏或应力损伤,因此必须对这些问题进行充分的重视。本文将重点研究石油化工管道安全设计中可能存在的各种影响因素,并根据实际情况,制定出有效的优化方案,以期能够有效地预防机械损伤、腐蚀破坏、密封失效等问题的发生,提升石油化工装置的可靠性,改善管线的布局,尽可能降低安全风险,确保其正常运转。

### 参考文献:

- [1] 杨媛媛. 石油化工管道设计中的安全问题探讨 [J]. 中国化工贸易, 2019, 11(18): 46.
- [2] 刘占龙, 程艳林. 石油化工压力管道设计中的安全问题探讨 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2020, 40(15): 187-188.
- [3] 于连敏, 姜月芳. 石油化工压力管道设计中的安全问题探讨 [J]. 百科论坛电子杂志, 2021(4): 1297-1298.