

化工管道设计存在的风险和应对措施分析

唐云华 张昊慧 李 洲 (黎明化工研究设计院有限责任公司, 河南 洛阳 471600)

摘 要: 随着我国社会和经济快速发展, 化工生产技术也在不断发展, 化工管道是化工企业安全生产管理工作的重要设施, 在建设化工管道的同时, 需重点防范化工管道设计风险, 提高化工管道运行的安全性和有效性。本文重点分析化工管道设计存在的主要风险, 总结化工管道设计的有效措施, 希望对从事相关工作人员予以参考和借鉴。

关键词: 化工管道; 设计风险; 应对措施

中图分类号: TQ050.2

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 018-0142-03

Analysis of risks and countermeasures in the design of chemical pipelines

Tang Yunhua, Zhang Haohui, Li Zhou (Liming Chemical Research & Design Institute Co., Ltd., Luoyang Henan 471600, China)

Abstract: With the rapid development of China's society and economy, chemical production technology is also developing, chemical pipeline is an important facility for the safety production management of chemical enterprises, in the construction of chemical pipelines, it is necessary to focus on preventing the design risks of chemical pipelines, and improve the safety and effectiveness of chemical pipeline operation. This paper focuses on the analysis of the main risks existing in the design of chemical pipelines, summarizes the effective measures of chemical pipeline design, and hopes to provide reference and reference for relevant personnel.

Keywords: chemical pipelines; design risk; Response

化工管道设计主要是提升化工企业产品生产效率, 确保化工原料能够安全运输, 一旦化工管道出现设计问题, 则会影响到化工企业的正常生产工作, 如出现化学物质泄漏或燃烧, 将会对区域社会稳定和经济发展产生重要影响。这要求在开展化工管道设计工作时, 要以安全性和实用性为核心, 做好施工区域各项数据收集和分析工作, 做好化工管道设计优化工作, 从根源上降低化工管理设计风险。

1 化工管道设计存在的主要风险

1.1 管道腐蚀

在化工管道投入使用后, 是需要长时间输送化工原料, 而周边的土壤和空气都会对管道产生腐蚀, 尤其是不同材料的抗腐蚀能力有所差异, 如管理材料存在问题, 将会直接影响到化工管道的使用寿命。而管道材料的腐蚀情况, 也是影响管道设计工作的主要问题, 需要设计人员根据输送介质特性选择合适的管材, 根据化工管道的使用情况, 做好材料防腐蚀处理工艺。

1.2 密封性

化工管理主要是输送液体化工原料, 这需要化工管道具有较强的密封性, 能够有些有效隔绝外界空气影响。以常见的石油输送管道为例, 通常是采用焊接、法兰和阀门密封方式。法兰密封主要利用法兰、垫片和螺栓, 利用螺栓的密封面对法兰垫片施加作用力, 密封片就可以起到管道的密封作用^[1]。这要求设计人

员要根据化工管道的运行情况, 科学选择法兰材料及密封形式。阀门密封主要是利用阀门本身具有的密封特点, 以此来达到管道密封作用, 设计人员在采用阀门密封方式时, 应注意以下几点: 严格审查阀门是否存在质量问题, 重点考察阀门生产工艺的成熟性, 结合阀门的使用时间和耐久性。其次, 做好阀门填料的研究工作, 做好化工管道投入使用后的环境数据分析工作, 考虑到管道运行温度、环境等因素, 避免阀门密封装置出现过度老化情况。最后, 根据化工管道整体设计要求, 选择适合化工管道的各项密封件, 确保管道密封装置能够配套。

1.3 进出装置设计

在化工管道设计工作时, 尤其是要注意进出装置的设计和选择工作。由于进出装置主要集中在化工管道的边界位置, 科学设计管道进出装置的阀门。以常见的“8”字盲板为例, 设计人员要注意“8”字盲板的使用规则, 以常见的石油管道设计工作为例, “8”字盲板可实现能量隔离, 有效提升进出装置管道的安全性, 避免因管道进出装置设计问题, 造成对操作人员的意外伤害。

1.4 物理损伤

化工管道主要使用场地为化工企业生产园区内, 由于化工生产园区的环境较为复杂, 非常容易对化工管道产生物理损伤情况。通过对化工管道物理损伤情

况分析发现,其主要存在低温断裂与高温破坏等情况,低温断裂主要是因为管道材料无法承受低温环境,使管道材料低于设计强度,当出现管道输送压力增加时,就会造成化工管道材料出现催化情况。高温破坏则是因为化工管道材料耐高温性质较弱,一旦出现管道温度快速提升时,管道材料会出现石墨化等情况,使管道材料物理性质发生变化。设计人员应充分考虑到管道材料在不同情况下的物理特点,科学选择化工管道材料。

1.5 塔管道设计

在开展塔管道设计工作时,不仅要考虑到工艺因素,还要根据化工塔的实际运用情况,做好管道热应力计算工作,重点分析塔器本体出现热位移或沉降情况,还要考虑到后续的维修工作。这要求设计人员要尽量保持塔管道整体设计的美观与布局。针对附塔管道设计工作,应尽量选择塔上部较大直径区域,布置在塔器的中间位置,中下部则应当按照塔器的使用情况,但需要重点注意管道尽量不要穿越平台,更要避免形成管道交叉情况。针对管道侧面的设计,则应当确保管道与设备中心呈现同一位置,管外壁距离塔外壁应高于300mm^[2]。此外,化工管道设计还要注意抽出、进料管道阀门的设计工作,要确保法兰与阀门的承受压力保持一致,敷塔管道上也要做好高度设计,以阀门手轮距平台1.0~1.5m为设计标准。

1.6 泵出入口管理设计

通常情况下,化工管道需要设置动力来源,这就需要适当增加泵的设计,而泵入口管道是否科学,将会直接影响到管道的运行情况。设计人员应考虑管道出现汽蚀现象,这就需要在泵入口管道设计中尽量减少气体的积聚,这样可有效避免汽蚀现象产生,使管道在运行时不会出现“气袋”。设计人员要尽量不要出现“U”或“Ⅱ”形,这样有可能造成离心泵出现抽空情况,若化工管道不能上述形状,则应当提前做好设计优化工作^[3]。泵出入口管理应尽量保持水平方向,如出现偏心异径情况时,则应当增加直管段,以此来降低汽蚀现象。

在泵出入口管道设计中,出现的压力损失并不是决定性因素,但设计人员仍然需要注意管道的压降和热应力情况。泵出口管通常会比入口小1~2级,这主要是增加管道的流速,降低化工介质气阻效应。因此,设计人员应确保离心泵出口切断阀直径和出入口管道尺寸保持一致,进过设计优化后也可以采用管道直径小情况,但切记不能小于泵嘴直径。切断阀高度应保持在 $\leq 1.8\text{m}$,如超过1.8m情况,则应当做好操作人员培训工作^[4]。

2 化工管道设计优化措施

2.1 明确管道设计流程

管道设计单位在开展化工管道设计工作前,应充分了解化工企业的生产和运输要求,并于建设单位做好沟通,结合化工企业提前制定好的管理措施想,详细优化化工管道设计方案,按照不同设备设计和建设要求,理清设计方案和工艺。化工企业也要根据生产需求,提前了解到化工管道的重要性,给出详细的生产数据,方便设计单位制定设计方案。建设单位也要根据设计方案,制定出完善的施工方案,落实好化工管道的设计方案,提高化工管道设计工作的科学性。化工企业也要做好化工管道的日常管理工作,提升化工管道的建设和维护质量。

2.2 加强管道材料温度检测

由于化工管道长期处于恶劣的工作环境下,这要求管道材料要具有较强的适应性,尤其使耐高温和耐低温性能,设计人员都需要考虑到这些材料特点。设计人员则需要根据化工设备和管道的运行情况,做好计算机模拟工作,如石油化工管道的运行温度相对偏低,当运行温度或室外温度在 -20°C 时,就需要管道材料具有较强的耐低温特点,并做好管道外部的保温工作。

不同区域的化工管道运行温度具有差异性,部分化工管道运行温度较高,则应当采用耐高温管道材料。设计人员不仅要完成管道材料的设计工作,还要做好施工阶段的监管工作,做好管道材料的测试工作,结合不同输送介质的情况,确保化工管道能够在不同环境下正常运行。由于不同季节气候变化差异较大,而化工管道则需要适应不同季节温度,这要求设计人员要提前做好各项实验检测工作,以此来提升化工管道设计的科学性。

2.3 加强管道建设的监管力度

监管工作也是影响化工管道运行质量的关键要素,这需要建设单位要确保化工管道建设的稳定性,如施工阶段监管工作不力,将会造成设备或管道出现问题,严重时会造成化工管道出现安全事故。因此,建设单位要做好施工材料的监管工作,尤其是不可更换的施工材料,更是要做好监管工作,以化工管道施工常用的弹簧架设备威力,建设单位要尽量选择少数用这些设备,在化工管道内部施工中,使用弹簧架的数量也要尽量控制,如过多吊架会造成化工管道的稳定性。

2.4 加强腐蚀设计力度

在防腐设计设计中,需要综合考虑化学腐蚀、电化学腐蚀、应力腐蚀等多种腐蚀机理,运用腐蚀动力学

理论和材料科学原理进行系统设计。对于出现均匀腐蚀情况,设计人员可以参考其他化工管道设计经验,基于腐蚀监测数据建立腐蚀速率预测模型,采用 NACE 标准中的腐蚀评估方法,精确计算腐蚀速率^[5]。在采用针对性的设计方式时,要根据介质特性选择最优的耐腐蚀材料或防腐处理工艺,如采用双相不锈钢、哈氏合金等高性能材料,或采用阴极保护、防腐涂层等防护技术。

在具体实施化工管道设计时,设计人员必须严格结合国际规范要求,确保设计的科学性和合理性。在确定腐蚀裕量时,应充分考虑介质的腐蚀性、使用环境以及管道的预期寿命,对于碳钢管道而言,腐蚀裕量通常不应小于 1.5mm,以确保管道在长期使用过程中能够承受腐蚀而不发生泄漏。同时,对管道壁厚的校核是设计中不可或缺的一环。设计人员应采用 API 570 等标准中的壁厚计算公式,综合考虑设计压力、温度、腐蚀裕量以及可能的机械载荷等因素,确保管道壁厚满足安全要求。如发现壁厚不达标的情况,应坚决禁止使用该类管道材料,并重新进行材料选择和强度计算,以确保管道的安全可靠。

2.5 优化管道布局

化工管道设计工作应按照不同管道的使用需求,结合管道实际工作环境,采用针对性的设计方案。在布局优化过程中,设计人员需要综合考虑流体特性、操作压力、温度参数以及腐蚀性等因素,运用流体力学计算和应力分析等方法,确保管道系统的安全性和经济性。通常情况下,设计人员在管廊附加约 15% 到 20% 的设计余量,但随着新型管道材料(如复合材料管道、纳米涂层管道等)的面世,设计余量应根据使用要求,重新计算设计余量。

以化工管道常用的安全阀为例,设计人员应确保安装角度为 45° 左右,这个角度设计是基于流体动力学原理,能够有效降低安全阀的背压,避免管道内部出现液体回流情况。但在实际设计时,则应当确保中安全阀高度比泄压总管低,这样可以方便后续的操作和维护工作,避免管道中产生大量积液情况。同时,在布置安全阀时,还需考虑其排放方向,确保排放口朝向安全区域,并设置适当的消音和收集装置。对于高温高压管道,还应设置热膨胀补偿装置,以吸收管道因温度变化产生的应力。

2.6 加强应力分析力度

在化工管道正常运行时,应力是影响化工管道的主要因素,其主要原因在于外界对挂到产生压力或重力情况。在化工管道设计时,应模拟不同场景下的管道盈利情况,还要考虑到设计余量。设计人员通常会

采用管廊支架方式,以此来控制应力过大或集中问题,使管道可以安全运行。建设单位也要做好管道施工监管工作,要按照设计方案开展各项施工,避免因为管道施工问题,而造成管道出现应力集中情况。在化工管道建设后,管道产生的一次应力也将达到平衡,但随着管道投入使用后,其对于管道的负荷也会产生影响,一次应力的量也会逐渐增加,当一次应力超出管道材料能够承受应力的极限时,则会造成管道出现变形情况。同时,设计人员还要做好防范二次应力的设计工作,需要综合各方面应力产生因素,增加管道刚性支架数量,这样可有效提升管道设计工作质量。

3 结语

综上所述,在开展化工管道设计工作中,应重点关注热应力和防腐蚀设计工作,根据不同生产场景下的管道应用情况,做好化工管道设计优化工作,提升化工管理使用的安全性和可维护性,对于重点管道设计节点,应综合各方面影响因素,采用数据分析和处理方式,提升化工管道的科学性。设计人员还要考虑到化工管道长期运行特点,降低环境对于化工管道的影响。

参考文献:

- [1] 朱晏莹. 化工装置中压力管道基于应力分析的柔性设计研究 [J]. 化工管理, 2025, (06): 130-133.
- [2] 刘九竹, 孙沛, 唐玮. 化工管道设计风险和优化方法分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(13): 17-19.
- [3] 王瑞杰, 高玉美. 浅谈石化装置中往复式压缩机的布置及管道设计 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(09): 103-105.
- [4] 孔祥福, 岳忠彬, 赵永祥, 侯新广, 林亚彬. 石油化工装置管道设计的安全问题及应对策略 [J]. 化学工程与装备, 2023, (10): 215-216.
- [5] 黄辉. 化工工艺设计中的安全风险与控制探讨 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(08): 1-3.
- [6] 韦祝华. 化工工艺安全设计中存在的风险因素及应对措施探微 [J]. 中国化工贸易, 2018, 10(17): 17.
- [7] 张健. 石油化工管道设计注意事项 [J]. 化工设计通讯, 2023, 49(4): 28-30.
- [8] 李政. 化工工艺管道设计风险分析与安全对策研究 [J]. 山东化工, 2024, 53(2): 194-195, 200.
- [9] 柳斐斐. 化工压力管道设计中的安全问题研究 [J]. 化工设计通讯, 2022, 48(2): 160-162.
- [10] 周寅驰. 石油化工管道设计中的安全问题 [J]. 化工设计通讯, 2017, 43(10): 167.