

浅谈化工设计中的管道选材及配管设计

史子达 (河北华飞工程设计有限公司, 河北 石家庄 050000)

摘要: 在化工工程设计中管道选材和配管设计起着举足轻重的作用, 选材正确性和配管合理性直接关系到整个生产装置投产后能否长期、有效、安全、平稳的运行。随着工业装置规模的日益大型化、现代化、集约化和智能化, 对化工工程设计提出了更高的要求, 其中管道选材和配管是设计中最重要内容, 本文结合笔者多年来项目工作实践和心得体会总结, 提出了化工设计中的管道选材及配管的原则和注意事项, 希望能够对化工工程设计同行提供有用的参考。

关键词: 管道选材; 配管设计; 应力腐蚀; 热补偿

中图分类号: TQ050.2

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 014-0133-03

A Brief Discussion on Pipeline Material Selection and Piping Design in Chemical Engineering Design

Shi Zida (Hebei Huafei Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang Hebei 050000, China)

Abstract: Pipeline material selection and piping design play a crucial role in chemical engineering design. The correctness of material selection and the rationality of piping directly affect the long-term, effective, safe, and stable operation of the entire production plant after it is put into operation. With the increasing scale, modernization, intensification, and intelligence of industrial facilities, higher requirements have been put forward for chemical engineering design. Among them, pipeline material selection and piping are the most important contents in design. Based on the author's years of project work practice and experience, this article summarizes the principles and precautions for pipeline material selection and piping in chemical engineering design, hoping to provide useful reference for peers in chemical engineering design.

Keywords: pipeline material selection; Piping design; Stress corrosion; thermal compensation

化工行业作为国民经济的重要支柱产业, 在能源、材料、医药等多个领域发挥着关键作用。化工生产过程中, 管道系统是连接各个设备、实现物料传输与工艺流程的关键组成部分。管道选材及配管设计的合理性直接关系到化工生产的安全性和经济性。随着化工工艺的复杂化和生产规模的扩大, 对管道系统的要求也越来越高, 现有文献对高温高压及复杂腐蚀环境下管道选材的系统性研究较少。因此, 深入研究化工设计中的管道选材及配管设计具有重要的理论和现实意义。本文旨在探讨化工设计中管道选材及配管设计的关键问题, 分析影响选材与设计的主要因素, 并结合实际案例提出优化建议。

1 化工管道的基本概念与重要性

1.1 化工管道的定义与分类

化工管道是指用于化工生产过程中输送流体(液体、气体或液化气体)的管道系统。根据其用途和特性, 化工管道可以分为工艺管道、公用工程管道, 其中, 工艺管道是用于输送工艺物料, 是化工生产流程中的核心部分, 其设计需满足工艺要求, 确保物料的顺利传输和反应条件的稳定; 公用工程管道包括供水、供气、供热等管道, 属于为化工生产提供必要的辅助支持。

1.2 管道在化工生产中的作用

管道系统在化工生产中扮演着至关重要的角色, 其主要作用包括: ①物料输送: 确保各种原料、中间体和产品能够在不同设备之间高效、安全地传输。②工艺控制: 通过管道系统实现对流体的流量、压力和温度等参数的精确控制, 从而保证化工生产的稳定性和产品质量。③安全保障: 合理的管道设计可以有效防止泄漏、爆炸等安全事故的发生, 保障化工生产的安全运行。

2 管道选材的基本原则

2.1 介质特性对选材的影响

管道选材的首要依据是输送介质的特性, 包括介质的化学性质、物理性质和腐蚀性。不同介质对管道材料的腐蚀性差异显著, 因此需要根据介质的性质选择合适的材料。例如, 对于强酸性介质, 通常选用耐酸腐蚀的材料, 如不锈钢或塑料; 对于高温高压的蒸汽介质, 则需要选择高强度的合金钢。①化学性质: 介质的化学性质决定了其对管道材料的腐蚀性。例如, 氯化物溶液对碳钢具有较强的腐蚀性, 但对某些不锈钢材料则相对稳定。②物理性质: 介质的密度、粘度、温度等物理性质也会影响选材。高粘度介质可能需要

选择内壁光滑的管道材料,如内抛光管道,以减少流动阻力;高温介质则需要选择具有较高热稳定性的材料。③腐蚀性:腐蚀性是影响管道选材的关键因素之一。常见的腐蚀类型包括均匀腐蚀、局部腐蚀、应力腐蚀等。根据腐蚀类型,可选择相应的耐腐蚀材料或采取防腐措施,如涂层、衬里等。

2.2 工作压力与温度对选材的要求

管道的工作压力和温度是选材时必须考虑的重要参数。材料的机械性能和耐热性能必须满足管道在设计压力和温度下的使用要求。①工作压力:管道材料的强度必须能够承受设计压力。对于高压管道,通常选用高强度的钢材或合金钢。例如,碳钢在常温下可用于压力不超过 1.6MPa 的管道,而合金钢则可用于更高压力的管道。②工作温度:管道材料的耐热性必须与介质的工作温度相匹配。例如,碳钢在高温下容易发生蠕变,因此在高温环境下通常选用耐热合金钢或不锈钢。此外,低温环境下使用的管道材料需要具有良好的低温韧性,以防止脆性断裂。设计中需要注意《压力管道规范 工业管道》GB/T 20801-2020 中,材料许用应力随着温度升高下降,对于低温的管道考虑低温低应力工况和低温降应力工况对材料选取的影响,影响大小根据规范附录表格取用。

2.3 经济性与可维护性考量

在满足安全性和可靠性的前提下,经济性和可维护性也是管道选材的重要考量因素。①经济性:选材时需要综合考虑材料成本、加工成本、安装成本和维护成本。例如,虽然不锈钢材料的耐腐蚀性优于碳钢,但其成本也较高。在某些情况下,可以通过采用涂层或衬里等防腐措施来降低材料成本,同时满足耐腐蚀要求,可以降低管道投资,尤其对于管道比较多,管道工程量占比较大的项目。②可维护性:管道材料的选择还应考虑其可维护性。例如,某些材料的表面处理和涂层技术可以提高管道的耐腐蚀性和可维护性,而采用衬里管道,需要根据现场情况预制管道或者二次设计,后续可维护性较差。此外,管道的连接方式(如焊接、法兰连接等)也会影响其维护的便利性,法兰连接后续更换方便。

3 管道配管设计的关键要素

3.1 管道布局与走向设计

管道布局与走向设计是化工管道设计中的重要环节,它直接影响到管道系统的安全性、经济性和可维护性。合理的管道布局应遵循以下原则:①安全性:管道应尽量避免开人员密集区域和重要设备,确保在发生泄漏或其他事故时,对人员和设备的影响最小化。对于输送有毒、易燃易爆介质的管道,应设置必要的防护措施,如防护罩、隔离墙等。②经济性:管道布

局应尽量减少管道长度和弯头数量,以降低材料成本和安装成本。同时,应合理规划管道的走向,避免不必要的迂回和交叉。③可维护性:管道应便于安装、维护和检修。管道的布局应考虑足够的操作空间,便于人员进行检查和维修。对于需要频繁检修的管道,应设置检修口或检修平台。

3.2 支架与支撑设计

支架与支撑是管道系统的重要组成部分,它们的作用是固定管道,承受管道的重量和外力,防止管道因振动、热膨胀等原因而发生位移或损坏。支架与支撑设计应满足以下要求:①承载能力:支架与支撑的承载能力应满足管道在设计工况下的重量和外力要求。对于大口径、长距离的管道,应进行详细的力学分析,确保支架与支撑的强度和稳定性。②热膨胀补偿:管道在温度变化时会发生热膨胀或收缩,因此支架与支撑设计应考虑热膨胀补偿措施。常见的热膨胀补偿方式包括自然补偿(如“L”型、“Z”型布置)和人工补偿(如膨胀节、波纹管等)。③振动控制:对于输送液体或气体的管道,可能会产生振动。支架与支撑设计应采取有效的振动控制措施,如设置减振器、阻尼器等,以防止管道因振动而损坏。

3.3 管道热补偿与密封设计

管道热补偿与密封设计是确保管道系统安全运行的关键环节。热补偿设计应考虑管道在温度变化时的膨胀和收缩,防止因热应力过大而导致管道损坏。密封设计则应确保管道在运行过程中不发生泄漏,保障化工生产的正常进行。

①热补偿:a.自然补偿:通过管道的自然弯曲(如“L”型、“Z”型布置)来吸收热膨胀。自然补偿的优点是结构简单、成本低,但补偿能力有限。b.人工补偿:采用膨胀节、波纹管等专用补偿装置来吸收热膨胀。人工补偿的优点是补偿能力大,但成本较高,且需要定期维护。

②密封设计:a.法兰连接:法兰连接是管道系统中最常见的密封方式之一。通过法兰垫片和螺栓的紧固,实现管道之间的密封。法兰连接的优点是密封性能好,但需要定期检查和维修。b.焊接连接:焊接连接是通过焊接工艺将管道连接在一起,形成一个整体。焊接连接的优点是密封性能好,但对焊接工艺要求较高,且焊接部位可能存在应力集中问题。c.螺纹连接:螺纹连接适用于小口径管道,通过螺纹的拧紧实现密封。螺纹连接的优点是安装方便,但密封性能相对较差,适用于低压、非腐蚀性介质的输送。

3.4 管道系统的安全与防护措施

管道系统的安全与防护措施是化工设计中不可或

缺的部分,其目的是防止管道泄漏、爆炸等事故的发生,保障人员和设备的安全。

①泄漏检测与报警系统:对于输送有毒、易燃易爆介质的管道,应安装泄漏检测与报警系统。一旦发生泄漏,系统能够及时发出警报,提醒操作人员采取措施。

②安全阀与爆破片:安全阀和爆破片是管道系统中的重要安全装置。当管道内的压力超过设计压力时,安全阀或爆破片会自动开启,释放压力,防止管道因超压而损坏。

③防护涂层与衬里:对于腐蚀性介质的管道,应采用防护涂层或衬里来提高管道的耐腐蚀性。防护涂层和衬里可以有效防止介质对管道的腐蚀,延长管道的使用寿命。

④防火措施:对于输送易燃易爆介质的管道,应采取防火措施,如设置防火墙、防火涂层等。防火措施可以有效防止火灾的发生和蔓延,保障化工生产的消防安全。

4 实际案例分析

4.1 典型化工项目的管道选材与配管设计

为了更好地说明化工设计中管道选材与配管设计的关键问题,本文选取了一个典型的化工项目进行案例分析。该项目为某化工企业的硫酸生产装置,涉及多种腐蚀性介质的输送,包括硫酸、二氧化硫气体等。

4.2 设计过程中的问题与解决方案

在该项目的管道设计过程中,遇到了以下主要问题及相应的解决方案:

①腐蚀问题:硫酸是一种强腐蚀性介质,对管道材料的腐蚀性极强。在设计过程中,需要选择能够耐受高浓度硫酸腐蚀的材料。解决方案:经过综合评估,选择了316L不锈钢作为主要管道材料。316L不锈钢具有良好的耐腐蚀性,能够有效抵抗硫酸的腐蚀。同时,在部分接触高浓度硫酸的管道内壁,采用了聚四氟乙烯(PTFE)衬里,进一步增强了管道的耐腐蚀性能。

②热膨胀补偿问题:硫酸生产过程中,管道内的介质温度变化较大,导致管道产生热膨胀。如果热膨胀得不到有效补偿,可能会引起管道应力过大,甚至导致管道破裂。解决方案:在管道设计中,采用了“L”型和“Z”型自然补偿方式,结合膨胀节进行人工补偿。通过合理布置膨胀节的位置和数量,确保管道在温度变化时能够自由伸缩,从而有效减少了热应力。

③振动问题:输送二氧化硫气体的管道在运行过程中会产生振动,可能导致管道连接处松动,甚至引起管道破裂。解决方案:在管道支架设计中,采用了弹簧减振器和阻尼器,有效吸收了管道的振动能量。

同时,对管道的连接方式进行了优化,采用了法兰连接,并在法兰垫片中加入了橡胶垫片,进一步增强了管道的抗振性能。

④安全防护问题:硫酸和二氧化硫气体均为有毒有害介质,一旦发生泄漏,将对人员和环境造成严重危害。解决方案:在管道系统中安装了泄漏检测与报警系统,一旦检测到泄漏,系统会立即发出警报,并自动启动应急响应措施。同时,在管道表面涂覆了防腐涂层,法兰连接处设置了防护罩,有效防止了泄漏介质对周围设备和人员的危害。

4.3 经验总结与改进建议

通过对该项目的管道选材与配管设计过程的分析,总结了以下经验与改进建议:①综合评估选材:在选择管道材料时,应综合考虑介质的腐蚀性、工作温度、压力等因素,同时兼顾经济性和可维护性。对于高腐蚀性介质,优先选择耐腐蚀性能优异的材料,并可采用衬里等防护措施。②优化热膨胀补偿设计:合理布置膨胀节和采用自然补偿方式,能够有效减少管道的热应力。在设计过程中,应根据管道的长度、温度变化范围等因素,精确计算膨胀量,确保热膨胀补偿措施的有效性。③加强振动控制:对于输送气体或液体的管道,应重视振动控制措施。采用弹簧减振器、阻尼器等装置,并优化管道连接方式,能够有效减少管道振动,提高管道系统的可靠性。④强化安全防护措施:对于输送有毒有害介质的管道,应安装泄漏检测与报警系统,并采取防火、防腐等防护措施。同时,应定期对管道系统进行检查和维护,及时发现和处理潜在的安全隐患。

5 结论

本文系统地探讨了化工设计中管道选材及配管设计的关键问题,分析了影响选材与设计的主要因素,并结合实际案例提出了优化建议。研究表明,管道选材与配管设计是化工设计中至关重要的环节,其合理性直接关系到化工生产的效率、安全性和经济性。通过综合考虑介质特性、工作压力与温度、经济性与可维护性等因素,能够为化工管道系统选择合适的材料,并设计出安全、可靠、经济的管道系统。

参考文献:

- [1] 黄鹏. 浅析化工装置管道材料设计与选用的标准规范[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2018, 36(18): 9-10.
- [2] 朱迎杰, 黄涛, 邹刘银. 化工装置管道材料的设计及应用研究[J]. 化工管理, 2018, 16(14): 217, 219.

作者简介:

史子达(1984-), 男, 汉族, 河北石家庄人, 本科, 高级工程师, 主要从事化工工程设计及相关研究工作。