

化工工程中设备及管道布置的技术分析

刘雷

水木明拓氢能科技有限公司，内蒙古包头，014010；

摘要：近些年，随着各行业的飞速发展，我国的经济水平已焕然一新。在此背景下，化工业始终占据核心地位，其设备及管道布置技术对工程的整体起着决定性作用。在技术和设计思想持续更新的情况下，未来化工工程中的设备及管道布置技术将朝着智能化、绿色环保的方向发展。合理的布置可以改善生产流程，提高运行效果，降低经济成本，同时保障安全生产，减少环境的负面影响。基于此，本文通过探讨化工工程中设备及管道布置的重要性，分析了智能化布置技术的应用，以及设备管道选材与安全保障措施，以为化工工程设计提供科学且合理的技术参考，推动化工行业可持续发展。

关键词：化工工程；设备布置；管道布置；智能化技术

DOI：10.69979/3029-2727.25.09.046

1 化工工程中设备和管道布置的重要性

1.1 设备布置

化工工程的设备布置，需契合生产工艺。比如炼油厂，原油蒸馏设备要依原油处理流程，安置在初始环节，后续衔接催化裂化等设备，让原油经系列处理，高效产出汽油、柴油等产品，使整个生产流程顺畅，提升运行效率。

不同设备功能有别，需分区安置。有爆炸风险的反应设备，要与人员密集的操作区隔开，像硝化反应设备，因其易燃易爆特性，应设专门防爆区域，远离办公和常规操作区，保障人员安全。

设备布置要考虑维护便利。大型设备旁要预留足够空间，方便维修人员操作。如大型压缩机，四周要留出能容纳检修工具、设备的空间，且设置便于拆卸、安装部件的通道，减少维修时间与难度，保障设备正常运行。

从外观上，设备布局应整齐规范。像多个相同规格的储罐，按顺序排列，泵群的进出口保持整齐，不仅美观，还能降低操作失误率，提升工作环境质量，让操作人员更易识别和操作设备。

露天布置设备能节约用地，还利于通风和消防。多数化工设备可露天设置，如大型储罐、冷却设备等，露天环境能降低火灾隐患，发生火灾时，通风可减少可燃气体积聚，便于消防作业，提高生产安全性与流畅性^[1]。

1.2 管道布置

管道布局首先要满足技术要求，确保介质稳定输送。如高温高压蒸汽管道，要选合适材料和管径，依规定坡

度敷设，防止蒸汽冷凝水积聚影响输送效率，保障蒸汽稳定供应生产。

管道间应保持安全间距，防止相互干扰。不同介质管道，像输送腐蚀性介质与普通介质的管道，间距要符合标准，避免泄漏时相互反应。管道突出部分间距大于25mm，方便安装与维护，降低事故风险。

气体一般从主管道顶部接入，避免杂质混入，管道不能布置在吊装孔内，以防吊装作业碰撞损坏管道，造成介质泄漏，引发安全事故。

底部管道布置要契合生产工艺，穿越建筑物时要谨慎。输送有腐蚀性或有毒介质的管道，穿越建筑物时要做好防护措施，防止泄漏污染建筑物，保障生产安全与建筑结构安全。

固体物料管道弯曲半径要足够大，一般大于等于管径5倍，减少物料输送阻力，防止堵塞。排气管道设置要遵循相关规定，确保废气有效排出，减少环境污染，保障生产环境安全。

2 化工工程中设备与管道的智能化布置

2.1 智能化感知与监测系统的运用

化工工程中，各类传感器是智能化感知的“触角”。在设备上，温度传感器时刻监测反应釜的温度变化，压力传感器紧盯压缩机的压力数值。一旦反应釜温度接近危险阈值，系统便能快速察觉并发出警报，提醒操作人员及时调控，防止因温度失控引发安全事故。对于管道，流量传感器能准确测定介质流量，比如在输送石油的管道中，流量异常变动可能暗示管道存在堵塞或泄漏，传

感器将数据实时反馈给控制系统,便于迅速排查问题。此外,通过在管道关键部位安装振动传感器,可有效监测管道因介质冲击、设备振动等引发的振动情况,预防因过度振动造成管道破裂。这些传感器组成的监测网络,全方位收集设备与管道的运行信息,为智能化决策提供数据支撑^[2]。

2.2 基于数据分析的智能决策与优化

借助大数据与人工智能算法,能对传感器采集的海量数据深度挖掘。首先,在设备布置方面,分析过往生产数据,了解不同设备运行效率与相互协作情况,可优化设备布局。例如,依据物料传输频率与路径,合理调整设备间距,减少物料输送时间与能耗。针对管道布置,通过分析介质流量、压力及输送损耗等数据,能精准确定管道管径与走向。如在复杂化工园区,综合考虑各装置需求与地形条件,利用算法规划出最优管道线路,降低建设成本与输送阻力。其次,还能够根据数据预测设备与管道的故障隐患,提前安排维护,减少意外停机,保障生产连续性。

3 化工工程设备管道选材与安全保障

3.1 依据介质特性合理选材

化工工程中,管道输送的介质复杂多样,腐蚀性、温度、压力等特性各异,这决定了管道材料必须精准适配。对于输送强酸、强碱等强腐蚀性介质的管道,若采用普通碳钢,短时间内便会遭受严重腐蚀,导致泄漏等危险。以硫酸输送管道为例,为抵抗硫酸的强腐蚀性,常选用高合金钢,如含钼的316L不锈钢。因其特殊合金成分,可在管道表面形成一层致密的氧化膜,有效阻止硫酸的侵蚀。在某大型硫酸生产企业,从硫铁矿焙烧到硫酸成品储存,整个工艺中的硫酸输送管道均采用316L不锈钢材质,多年来运行稳定,未出现因腐蚀导致的泄漏事故。

当介质具有易燃易爆特性时,管道选材除考虑常规因素外,还需关注材料的静电导除性能。例如,在输送汽油、天然气等介质的管道系统中,选用导电性良好的金属管道,并做好接地措施,能及时将管道输送过程中因介质流动产生的静电导入大地,防止静电积聚引发爆炸。某天然气加气站,站内的天然气输送管道选用碳钢材质,同时在管道沿线每隔一定距离设置接地装置,保障了加气站长期安全运营。在高温高压环境下,像合成氨装置中的管道,需承受高温、高压以及氢气等介质的

综合作用,此时要选用耐高温、高压且抗氢腐蚀的材料,如15CrMoG合金钢,确保管道在恶劣工况下稳定运行,维持化工生产的连续性^[3]。

3.2 安全保障之设备管道布置规范

化工工程设备与管道的布置规范是安全的基石。设备方面,硝化反应釜等具有爆炸风险的设备应远离人员密集区,并设置在专门的防爆区内。同时该区域要有完善的防爆泄压设施,如防爆墙、泄压窗等。比如,某精细化工园区硝化反应车间独立设置,四周建有厚实的防爆墙,车间内的反应釜按照规范要求布置,与控制室、操作间等人员活动区域保持安全距离,自建成投运以来,有效避免了因反应釜爆炸对人员造成的重大伤害。

不同介质管道的安全间距对管道布置极其关键。例如,输送腐蚀性介质的管道和输送可燃介质的管道间距差,泄漏后两个介质反应时,可能发生火灾、爆炸等严重事故。根据有关标准,管道间距不小于一定值,并设隔离防护措施。实际项目中,某化工企业在管道安装前,严格按照设计规范规划管道走向和间距,对输送不同介质的管道,采用不同颜色标识,并在管道交叉、并行处设置明显的警示标识,有效地降低了因管道布置不当引发的事故风险。同时,管道穿越建筑物时,还应该采取设置套管等防护措施,将套管与管道之间的缝隙进行密封处理,防止管道漏漏介质对建筑物结构的破坏,保证建筑安全。

3.3 风险评估与针对性预防举措

化工工程设备管道风险评估要全面深入。首先要识别潜在风险源,如管道因腐蚀变薄可能导致的泄漏、设备因超压运行可能引发的爆炸等。通过收集设备管道的运行数据、材质特性、以往事故案例等信息,运用故障树分析、失效模式与影响分析等方法,对风险发生的可能性和后果严重性进行量化评估。以某化工企业的乙烯裂解装置为例,评估人员利用专业软件,结合装置实际运行参数,对裂解炉、急冷器、分离塔等设备及其连接管道进行风险评估,识别出高温管道因热应力集中可能出现裂纹这一重大风险。

针对评估出的风险,制定针对性预防举措。对于高温管道热应力问题,在设计阶段优化管道布置,增加膨胀节,吸收管道热胀冷缩产生的应力;运行过程中,安装应力监测装置,实时监测管道应力变化,一旦应力接近危险阈值,自动报警并采取降温等措施。为防止管道腐蚀,除合理选材外,还可采用涂层防护、阴极保护等

方法。如在海上石油开采平台,海水腐蚀性强,平台上的原油输送管道外壁涂覆防腐涂层,并采用牺牲阳极阴极保护法,极大延长了管道使用寿命,降低了因腐蚀导致的泄漏风险。此外,定期对设备管道进行维护保养、检测检验,及时发现并消除潜在安全隐患,也是预防风险的重要手段。

3.4 应急通道与逃生路线规划

应急通道与逃生路线在化工工程安全体系中意义重大。化工园区或工厂规划设计阶段,需根据建筑布局、设备的位置、人员分布等因素,设计合理的应急通道与逃生路线。应急通道应通畅无阻,宽度一般不小于 1.1 米,地面平坦,无杂物堆积。通道两侧布置疏散指示标识,采用自发光材料制作,即使在断电和浓烟环境下都清晰可见,如图 1。沿通道每隔不超过 20m 设置一处疏散指示标识,引导人员快速疏散。



图 1 某化工企业清晰标识且畅通的应急通道

逃生路线要简洁,避免出现折返、狭窄通道等不利于人员疏散的现象。对于多层建筑或复杂厂房,设置多个安全出口,使人员在紧急情况下有多个逃生选择。以某大型化工联合企业为例,生产车间面积大、设备多,在车间设计时,沿车间四周设置多条应急通道,每层车间设置多个安全出口,不同区域的人员可通过最近的安全出口和逃生路线迅速撤离。同时,对应急通道和逃生路线定期进行检查维护,保证疏散指示标识的完好、应急照明正常工作,每年组织员工进行应急疏散演练,使员工熟悉逃生路线和应急流程,提高应急逃生能力。

3.5 安全与环保协同推进策略

安全与环保协同发展是化工工程的必然趋势。从设备管道选材角度,优先选用环保型材料,减少生产过程中的污染物排放。例如在涂装行业的化工生产中,传统

溶剂型涂料中含有大量的有机化合物(VOCs),在储存和输送过程中易挥发至大气中造成污染。水性涂料在替代溶剂型涂料后,储存和输送水性涂料的管道可选用普通碳钢材质,且水性涂料在输送过程中不会产生大量 VOCs 挥发,这样既降低了火灾爆炸的发生风险,同时又减少了对大气环境的污染。

在管道系统运行管理方面,加强泄漏检测与修复(LDAR)工作,防止介质泄漏污染土壤、水体。定期使用红外成像仪、泄漏检测仪等专业检测设备对管道连接处、阀门等易泄漏部位进行检测,及时发现并修复泄漏点。如某化工园区引入 LDAR 系统,对园区内所有化工企业的管道系统进行统一管理,每年可减少大量化学品泄漏,切实保护了周边土壤和水体环境。此外,将安全与环保要求落实到化工项目建设和运行过程中,建立健全安全环保管理制度,加强安全环保培训,提高全员安全环保意识,使化工工程安全与环保协调共进,推动化工行业的可持续发展^[4]。

4 结语

综上所述,化工工程中的设备及管道布置技术是一个复杂而又关键的领域。合理的布置和选材,智能化技术的应用和完善的安全保障措施,对化工工程运行效率的提高、安全生产的保障、环境影响和经济成本的降低具有重要意义。随着技术的不断进步,化工工程设备及管道布置技术将朝着更加绿色、智能、安全的方向发展。化工行业从业者要继续关注新技术、新方法,不断优化设计和管理,促进化工行业可持续发展,为经济社会发展提供有力支撑。

参考文献

- [1] 马明华. 化工工程建设设备安装[J]. 城市建筑空间, 2022, 29(S1): 459-460.
- [2] 卞学吉. 化工工程中设备及管道布置技术研究[J]. 石化技术, 2024, 31(4): 147-14871.
- [3] 吴多鹏. 化工机电设备安装控制与管理探讨[J]. 设备监理, 2023(3): 78-81.
- [4] 翟洪洪. 化工工程中设备及管道布置的技术研究[J]. 天津化工, 2025, 39(2): 162-164

作者简介: 刘雷(1986.11-), 男, 汉族, 陕西省榆林市人, 本科, 化工专业中级工程师, 研究方向或从事工作: 新能源制氢、氨、醇、油绿色化工产业。