

石油化工装置工艺管道的设计

于连敏（中石油华东设计院有限公司，山东 青岛 266071）

摘 要：我国石化装置的运行需要一个稳定的石油化工装置工艺管道进行辅助，但是石油化工管道的铺设需要结合施工现场的自然环境进行一定的调整，这样就使得整个流程的设计安排存在一定的复杂性。对此，本文提出要从石油管道铺设的客观条件出发，回归设计目的，从而顺利完成合理科学的石油化工装置工艺管道设计。

关键词：石油化工；装置工艺；管道设计

1 石油化工装置工艺管道设计概述

1.1 石油化工装置工艺管道设计的重要性

对于石油化工装置来讲，管道设计的合理性会影响到整个装置日后运行的效果。由于石油化工企业生产的原材料具有易燃、易爆的特点，一旦出现了安全事故，将会带来严重的生命和财产损失。所以，整个化工生产过程中管道设计至关重要。在设计时首先要避免管道设计缺陷问题的发生，防止管道在使用过程中出现渗漏造成的爆炸等危害。还要提高整个管道的使用性能。由于石油化工企业的工作环境比较复杂，管道需要具有一定的抗腐蚀性、抗高温性和抗压性，这样才能够满足石油化工生产的要求。石油化工生产企业需要的原料比较复杂，通常管道的管道需要叠加在同一个空间之内。

1.2 石油化工装置工艺管道设计的原则

1.2.1 掌握管道的可操作性原则

石油化工装置工艺管道是整个石油输送过程中重要的影响因素，所以在对管道进行设计时，要保证泄压总管口水平方位高于安全阀。这样才能够提高整个管道的安全效果，保障操作者在放液阀门时更加灵活自如，也可以保证石油化工装置工艺管道设计的使用效果。

1.2.2 坚持因地制宜原则

在石油化工装置工艺管道设计时要坚持做到因地制宜，这是保证管道使用性能的关键。为了防止液体在管道内出现凝固，要科学选取合理的管道材料，结合工程的实际情况进行铺设，确保管道膨胀范围处于可控的要求之内，提高整个石油化工装置工艺管道的使用安全。

1.2.3 合理控制设计成本，提高设计的水平

石油化工装置工艺管道设计工作需要保证整体的设计质量，合理控制工程的后期运行成本，综合考虑到管道的使用效果。要注重安装工作会受到周围环境等因素的影响，选定合理的安装方案，避免出现资源浪费问题的发生，提高整个工程的成本控制以及设计质量控制。

2 石油化工装置工艺管道设计的关键内容

2.1 明确流程

在进行设计之前，设计师需要先行同其他部门进行沟通，确定化工管道的施工流程顺序。除此之外，石油化工企业要及时转变设计理念，重视这项工作的进展。切忌不能对其的存在性进行质疑，认可其先见性、预见

性的优势。同时，要认可工艺设计能为施工科学性带来的加强作用。设计人员要使用绿色环保的设计理念，促进技术实施的合理有效性，保证先进技术的使用并不会对施工当地的生态自然状况造成破坏。对施工产生的废弃物，设计人员要根据成本和国家政策等相关条件进行环保回收处理，实现建设企业良好正面形象的目的。

2.2 优化石油化工厂的布局结构

为了实现石油化工装置工艺管道设计符合逻辑，条理清晰，能够为日后的维修检查带来便利的条件，这就要求对石油化工厂的布局结构进行优化。这一过程是为了保证石油化工厂内部建筑结构能够为管线的条理性铺设提供规则的室内环境。在此基础之上，还要保证各个管线之间的距离符合安全操作的标准，能够有效减少发生事故的可能。

2.3 管道和元件的组装

2.3.1 阀门的安装

阀门与管路或设备之间连接方式的正确选择会直接影响到管道与阀门之间是否会产生气泡等现象，现如今比较常见的管道与阀门的连接方式主要有：法兰连接、螺纹连接、卡套连接等。其中法兰连接方式容易日后更换被广泛使用，其主要是由管体连接的阀体两端带有法兰，并且与管道上的法兰相互对应，连接后再通过螺栓固定法兰使阀体安装到管道中。要注意在安装时使用金属缠绕垫片，保障管体与阀门之间的气密性以及减轻在物料运输过程中的震动，减缓震动的能量，使螺栓不易脱落。在正常情况下，此类的阀门应安装显眼的位置，以便发生事故后可以及时阻断物料的输送。

2.3.2 泵的安装

对于管道与泵的安装，要从工艺本身要达到的要求入手，首先要求安装高度应小于允许吸入真空高度减去进水管路损失。并在连接管道泵后，其出水口法兰处应装上压力示数表，以便观察和控制泵的运行工况。在设计过程中值得注意的是管道的重量不应该作用到泵体表面。根据安装情况，将泵体安装在通风的地方，室外安装应加防护罩，避免太阳曝晒及雨淋。在符合上述管道安装要求后，在安装前还要仔细查看管道有无变性和损坏，检查泵体管道衔接处有无异物堵塞，以免水泵运行时损坏叶轮和泵体。有时因为泵体产生压力来输送物料，

泵体本身的震动会影响与管道的衔接。因此要安装减振器,在安装时使减振器能本体水平,并能使同一机组的各减振器保持在同一标高位置。这样可以防止泵体的水平移动。

2.3.3 压缩机的安装

压缩机的安装需要先将压缩机的吸气管道设置在室外,在阴冷处放置。因为管道设置在室外,为了减少气体的流动一般设置管壁厚度不宜小于 3mm,并且再穿墙处应置于防震挡套管内。之后压缩机的吸气管道要安装一个高效过滤器,使其紧靠主机,如果同时安装消音器,避免设备运作时脉冲产生影响,应该把消音器安装到过滤器之后。并且设置的管道的直径要足够大,路线紧凑,这样可以减少管道中的凝液析出和压力损失,选取的管道要能承受设备运作时的震动。对于压缩机的排气口到冷却器的管道要尽量缩短距离,再设置一个热补偿装置,并且可以方便日后进行清理此处管道。

2.4 消防建设

石油化工产品处于易燃易爆品,为了保证石油化工管道安全稳定性,需要遵守相关的国家消防安全标准,确保整个管道的使用安全。减少因发生火灾使得厂房爆炸燃烧、周围人员伤亡的情况发生。

3 石油化工管道影响的分析

3.1 管道稳定性分析

化工领域中输送流体的管道,常常因含气流体的管道输送伴随着管道的振动作用,在某些情况下会导致管道的快速破坏。气体沿管道长度的积累和不均匀分布导致脉动振动,并导致流体重心沿管道横截面发生位移,从而使管道承受额外的动载荷,减少管道的使用寿命。面对输送长距离的物料时,因管身过长导致管道的悬置,导致管道的弯曲应力增大,这也使得管道的焊缝处也会产生向下弯曲引起的弯曲应力,从而导致轴向应力使焊接处发生形变。因此为管道的焊接接头强度失效或管道自身过重使得管体破裂,可以在管体外部设置保护支架,使得管道受到的应力减小,延长管体的使用寿命。

3.2 管道热力学分析

关于化工领域中输送流体的管道,有些管道需要铺设在地下,对于供热管网系统,地上管道的运行很容易监测,但长期暴露在地下对管道的热损失有很大影响,与小口径管网系统相比,大口径管网系统会放大更多的安全隐患。对于埋地采暖管道系统,高温高压的随着管网口径的增加,在管网中流动的介质,百万吨热水产生的应力对管道的影响不容忽视,流动特性被放大,温度边界层和速度边界层对流动和传热的影响也被放大。不同位置之间的温差会造成很大的热应力。随着时间的推移管道将会发生永久形变。其主要原因是埋设条件下管道的变形主要受流动介质温度的影响。随着压力的增加,压力载荷的影响逐渐趋近于温度载荷的影响,直到一定的压力条件下,温度和压力载荷的影响基本相同。之后,

压力载荷主导了变形。

3.3 管道断裂问题

材料会因工作的不同改变其结构和性能,需要将材料数据与实际材料状态联系起来进行分析研究。化工管道的运行条件比较复杂,对它们来说更重要的是机械和热负荷的变化以及恶劣环境的影响。在热负荷和机械负荷下,材料特性也会发生变化。在化工领域中,管道断裂现象也常常来源于长期运行导致,主要输气管道金属的物理力学性能下降。这主要与工艺应力影响、土壤沉降、暴露于腐蚀环境、氢脆等作用下结构状态发生变化有关。运行因素的影响导致管道材料力学性能下降。并在不超过最大允许设计值的载荷值下增加它们的断裂概率。

3.4 管道的焊接受力分析

焊接管道通常用于各种工程应用,在化工领域中,在焊接过程中的纵向和横向残余应力对结构耐久性都有显著影响。焊接残余应力通常集中在焊道附近,这是由于圆周焊接过程中的瞬时局部加热和随后的快速冷却造成的。实验研究表明,在有限元分析中可以利用最少数量的焊接层来提高效率,而不影响全厚度残余应力分布特征,并且对于补焊深度对补焊后的残余应力有显著影响。

随着补焊深度的增加,壁厚方向的高应力区范围扩大,选择较小的补焊深度可以获得更理想的补焊后残余应力分布。在焊接后焊接残余应力是不受负载的管道所自身具备的应力,它将会和实际工作中的各种应力相互叠加作用到管道本身,因此较小的焊接深度可以减少焊接残余应力的产生,增强管体的抗负荷性。

4 石油化工装置工艺管道的设计策略

4.1 完善工程的生产工艺流程

针对整个石油化工装置工艺管道设计过程中的工艺流程设计,既会影响到后期的运行安全,也会对企业整体经济效益带来影响。因此,需要保证对工程中可能涉及到的资源影响因素进行融合分析,参照相关的成本设计和维修费用,尽可能地设计出符合石油化工企业日常管理的合理方案。

4.2 科学合理的设计管架支撑

当前,我国石油化工工艺管道在设计时,要选择使用弹簧管架作为重要的支撑。这一方法具有很大的特点,操作非常简便,能够有效降低工程的后期成本、减少负荷作用,避免管道运行承载较大的压力。但是由于这一技术自身也会存在一定的质量缺陷,其支撑的使用寿命较短。如果弹簧的维护和更新不及时,将会带来严重的安全事故。所以,管道管架的使用要尽量避免弹簧管架,尽量采取一些新型的管架工艺起到支撑的效果。

4.3 完善化工工艺管道安全设计方案

为了确保化工工艺管道安全生产的顺利实施,就需要在设计时以化学、物理变化为基础,加强整体设计方

案的完善。结合化工工艺生产规范的要求,提高整个安全设计的水平,并且对设计的内容和步骤进行合理调整,保证整个化工生产的安全性。综合分析化工工艺中的整体运行以及发展情况,在实际的生产过程中,还需要对生产方案和安全设计进行综合管理,从而保证化工生产工艺得到全面提升。

4.4 科学合理的应用化工管道材料

为了确保整个化工生产工艺的不断优化、研究,就需要在整个生产的过程中严格控制化工管道材料的使用,避免生产过程中产生污染物质。所以要选择合理的绿色节能环保材料。在使用化工材料的过程中,要从源头上严格控制污染问题的发生,同时还可以为后续化工生产环节奠定良好的基础。对绿色化工生产技术需要选择相应的原材料,这是整个生产的关键和前提。作为化工企业在安全设计的过程中,要严格控制化工生产的原材料,保证后期采购不能贪图便宜而采用劣质的原材料,这样会对居民的生命健康以及周围的环境带来严重影响。同时,相关的监管部门还要对整个化工生产工作进行监督分析,特别是对原材料的使用情况进行严格管控,避免对周围环境的破坏以及生产过程一些残次产品流入到市场,影响到整个化工行业的发展。

4.5 提高管道效率

用于石油化工行业,减少物料在管道过程中产生的湍流是非常重要的,因为湍流使流体粒子以混乱的方式移动,从而将泵送能量重定向到多个方向。因此,摩擦发生并导致阻力,阻力是管道内导致流速降低的压头损失。为了克服流量下降的问题,沿管道安装了更多的泵站以提供能量并维持所需的流量,但是泵站的安装成本高且在经济上不可行。为了克服这个问题,减少管道内部的阻力是一种可行的方案。目前实验已开发出一种减阻剂具有高黏弹性,通常是一种碳氢化合物,因此添加这些减阻剂不会影响精炼过程或精炼产品的物理特性。减阻剂和溶剂的混合物将产生一种溶液,该溶液具有黏弹性、与时间无关、可剪切降解和非牛顿流体。减阻聚合物是长链高分子,分子量大,溶解速度快,降解速度慢,能够降低泵送功率和提高管道容量。

4.6 减缓管道腐蚀

腐蚀对化工等行业基础设施的所有方面都具有巨大的经济和环境的影响,除了造成严重的环境破坏和对公共安全的威胁外,腐蚀还会干扰运营,需要对故障资产进行大量维修和更换。因此,减缓管道的腐蚀对于化工行业非常重要。

目前对于石油管道的防泄漏处理方法,如杀菌剂、界面抑制剂、涂层和内衬、阴极保护等,其中保护效果最好的为阴极保护法,由于内部和外部腐蚀都会导致石油管道泄漏。管道由于暴露于外部环境而发生外部腐蚀。涂层已被用于保护管道免受环境因素的影响。这些涂层容易出现孔洞和腐蚀,从而促进局部腐蚀。这些假期背

后有几个原因,例如来自土壤的压力、管道的移动、恶劣的环境。通过引入阴极保护以保护外部管道表面免受腐蚀。阴极保护系统依赖于牺牲阳极或外加电流的部署。在牺牲阳极系统中,诸如 Mg 或 Zn 之类的金属连接到管道。这种金属腐蚀并向受保护的管道释放电流。牺牲阴极通常用于需要相对较小电流的地下系统。这种电流系统更经济,不需要外部电源。

4.7 管道材料的选用

对于石油化工管道来说,输送各种化学性质的物料,如耐腐蚀性的聚丙烯管道材料或输送气体的不锈钢或碳钢管道等。其中管道输送硫酸或其他有腐蚀性的物料时,应进行多方面的考虑,对于不同浓度酸性溶液其酸性效果是不同的,并且对于输送管道的温度及压力也应进行严格的控制,防止管道的腐蚀。对于输送气体的管道更应该注意,如管道中氧气的运输,作为一种助燃气体,与其他气体的不同比例混合在外力的作用下将引起爆炸。因此在输送氧气时应注意 O_2 的标准压力,另一个是 O_2 产生的水量。在 0.35~0.58MPa 的标准压力下,通常选择碳钢作为管道材料。

4.8 全面提高设计人员素质

设计人员的专业能力对整个石油化工装置工艺管道的设计起到非常重要的影响,因此需要提高设计人员的职业素养,保证对每一个设计细节加强重视,提高管道设计的安全性和合理性。首先,加强培训,在培训时提高设计人员的专业能力,通过对以往专业知识的学习和巩固增强设计人员的责任感和使命感,用严谨的工作态度对待设计工作;其次,加强管理保证设计人员素质提升的同时,对整个设计工作进行严格管控,最后,创新设计方法,新型设计方法要避免人为因素对工程设计方案带来的影响,由于管道设计项目要求比较高,所以需要承受较大的工作压力,要防止因个人心理素质干扰对工作造成失误。

总之,石油化工管道的设计是一个极其复杂的过程,因输送材料的种类繁多,对于输送管道的材料选择、管道的连接、管道的放置位置、管道的保护等都需要精密的分析与计算。因此应该做好各个环节的工作,将其完整的衔接,进一步优化石油化工管道的设计,从而保持石油化工管道运行的稳定。

参考文献:

- [1] 张成武. 石油化工装置工艺管道设计技术合理性的探讨 [J]. 化工管理, 2018(22):150-151.
- [2] 霍洪雨. 石油化工装置工艺管道设计的合理性分析 [J]. 石化技术, 2019, 26(4):229.
- [3] 高暄乔. 石油化工装置工艺管道设计的合理性探讨 [J]. 技术与市场, 2019, 26(9):156.
- [4] 李阳. 石油化工装置工艺管道设计的合理性探讨 [J]. 科技经济导刊, 2020, 28(23):63.