

石油化工装置工艺管道设计策略

张昊慧 唐云华 张 洁 (黎明化工研究设计院有限责任公司, 河南 洛阳 471000)

摘要:近几年,伴随着国民经济的迅速提升,石化工业也取得了长足的发展。目前,石油已成为我国国民经济中及其重要的能源之一,其产量的高低、产品的质量直接关系到下游产品的发展。为此,对石化企业的工艺管道进行详细的分析,并提出了相应的改进措施,对我国石油化工装置的优化发展具有非常重要的作用。因此,提高工艺管道的设计水平,提高管道施工质量,是石化行业所要解决的一个重要课题。所以本文结合石化生产过程管线的现状,对其进行了简单的剖析和研究,希望能为国内石油化工装置工艺管道的开发和应用起到一定的借鉴作用。

关键词:石油化工;化工装置;工艺管道;设计优化

0 引言

石化企业以流体为工作主体,所以需要优化管线的设计与布置;同时,石化装置的管线设计也是一个巨大的设计任务,对设计与施工安装人员有着极高的职业素质,在石化企业中,管线设计者依据工艺流程,结合总图布局,进行合法、合规、合理的管道设计,对石化企业的正常运营及安全生产具有十分重要的意义;然而,由于管线设计受到地质环境等因素的限制,从而导致在石化企业生产过程中管道设计已成为制约其发展的重要因素。

为此,通过对石化设备中管道设计的影响因素、材料使用情况等因素进行探讨,以期对管道进行美观、合理、安全的工艺设计,从而保证石化企业的安全、稳定生产。

1 石油化工装置工艺管道设计的原理分析

1.1 安全性

石化企业的经营具有很大的危险性,部分化学物质是有毒的、易燃、易爆、或具有腐蚀性。所以,石化企业在生产实践中应遵循的首要准则就是安全性。在设计时,要针对管道中输送的介质特性,管道的设计温度、设计压力、装置建设所处环境等,选用合适的管道材料,并选用相应的加工方法;从本质上提高设计的安全性,从而提高操作的安全性,保证输送过程的稳定性,提高企业的安全水平。

1.2 合理性

在石化企业的生产操作中,一个好的工艺管道设计是保证流体平稳输送的重要保证。其中,工艺管道的设计应遵循一个基本原理合理性。工艺管线有压力管道,也有重力流管道。在管道的敷设中,会存在不可避免的高点,低点等。

例如一根普通的循环水管道,高点的集气和不合理的流速设计,都会引起管道震动等不良后果;粘度过大的介质,管道不合理的下U弯设计会导致管道的堵塞;自流管线设计不合理,高差设计不足,可能导致管道流体无法输送。所以管道设计遵循安全性外,合理性是一个重要的设计准则。

1.3 经济性

在石化装置建设中,管道的投资占总项目总投资的10%~30%,在遵守规范流程,保证装置平稳运行的前提下,对工艺管道进行优化设计,降低造价、节约投资成本也尤为重要。在设计中可以通过调整设备布置来缩短管道的长度;选择合适经济的管道材料;通过方案比选来优化管线走向;利用管系的自然补偿代替弹簧的设置等……通过优化设计,增加管线的性价比,增加企业的经济效益。

2 石油化工装置工艺管道设计现状

2.1 工艺流程中管道的设计不够完善

石化企业生产过程管线的构造及综合特性不同于常规管线;因此,必须严格遵循规范及流程,在确保工艺管线的设计品质的前提下,提高生产产能,这对提高石化企业的安全生产水平具有重要的指导意义。然而,目前大部分化工企业为了减少工艺管道的设计投入,都没有根据自己的发展需要对工艺管道的设计过程进行优化改造,只是简单地复制其它公司的工艺管道设计,这不仅会对石化企业的工艺管道设计造成一定的影响,而且也可能在操作中产生各种生产问题。

此外,一些石化企业在生产过程中未严格遵守防火规范及工艺规程,导致生产过程管线的安全系数偏小,不仅会对石化设备的操作稳定产生不利的作用,而且会给石化企业的发展和员工的生命财产带来很大

的危害。

2.2 年轻设计人员设计经验不足

为了提高石化企业工艺管道的设计效能，需要有关部门充分掌握石化企业工艺管道的设计规范，并在此基础上开展工艺管道的设计，以减少石化企业工艺管道的设计风险。然而，目前有部分设计人员，在进行工艺管道的设计时，选择的技术方法并不完善，对规范理解不到位，对风险点的认识不透彻，这就增加了工艺管道在设计时存在的问题。

通常情况下，在进行工艺管线的设计前，应对工艺流程，物料特性，项目的关键点和特点进行分析，还要对管线总体设计进行全面的考察，并根据石油化工管道设计规范等对管道进行设计规划；但部分设计人员设计经验不足，对管道的设计图纸未按有关规范进行审核，导致交付了不合理的施工图，可能造成施工时频繁出现设计修改通知单，影响施工进度，增加施工成本；或到完工后才发现需技术升级，企业需被迫停车进行改造升级，影响石化企业经济效益。

2.3 工艺管道支吊架的结构不够合理

管架是管道设计的重要组成部分，设计时需要根据管线的管径、操作温度、输送方式、介质状态等，合理设置管道支吊架形式，数量，位置等。然而，目前有部分石化装置，出现了支吊架设置过于稀疏、支架刚度不足、设置位置不合理等问题。导致部分管道挠度过大、设备管口受力超过允许值，管线震动，或热态状态脱空等现象，给石化企业的安全运行带来了一定的安全风险。

2.4 工艺管道材料控制

大部分石化企业的原料，中间体，或产物具有有毒、有腐蚀性、易燃、易爆等特点，有些反应需要高温高压，有些反应温度低至 -100°C 以下，有些反应介质腐蚀性极强。对于不同石化设备对管道材料的需求也会有较大的差别。

因此，在进行工艺管线的设计时，必须根据石化设备的操作需求以及其它方面的影响，选择合适的材质来进行工艺管道的设计和制作，同时还应考虑材料成本，在满足规范要求 and 操作工艺的前提下，尽量不选择过高等级的材质，以达到减少石化装置工艺管道设计所需物料费用的目标。

然而，目前国内有些小石化企业在管线材质管理上并没有给予足够的关注，为了减少在管道设计和生产中的投资，大量的采用了低劣的原料，从而造成了

工艺管道的品质不合格情况，管道寿命不能满足规范要求，更给石化企业生产造成了较大的安全风险。

3 石油化工装置工艺管道设计的合理性策略

3.1 全面提高设计人员设计素养

在石化装置设计中，设计人员的专业水平常常直接关系到工艺管道的是否合理；因此，必须要全方位地提升设计人员的专业水平，将设计细化，从而在确保工艺管道设计安全性的同时，达到既满足规范要求同时满足施工及后续操作及检修需要的设计目的。

第一，专业知识提升，以最直接的方式来提升设计人员的整体素养。设计行业规范更替频繁，需定期进行规范条例的学习，充分理解条文条例的内容，含义。在设计时做到有法可依，有章可循。提升本质安全设计，从源头保证设计的准确性合理性，避免和降低风险发生的几率。同时通过提高设计人员的设计能力来培养提高责任心和使命感，让设计人在日常工作和管道设计工作时，能够用一种严肃的心态来对待，从而减少人力对石油化工企业发展的不利影响。

第二，专业案例学习和总结，所谓“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行”。设计不是纸上谈兵，最终是化为成品为企业服务和创造价值。所有的设计理念也应以人为本，以服务业主为宗旨。对以往设计案例的学习，可以起到以案为鉴，以案明纪，以案促改的作用。对优秀案例的学习，引用到类似设计方案中；对出现重大安全隐患的案例，对照自己的设计进行剖析，杜绝类似设计发生。

第三，强化管理，也要对施工过程进行严密的监督，认真编写设计说明书，明确指出关键施工工序应遵循的施工规范及施工注意事项，明确施工时的关键点，难点，易错点等，制定各个作业步骤的具体程序，用来指导和规范施工过程。并建立一个可以让设计人员和其它作业人员进行紧密、快速沟通的反馈渠道，这样当施工现场碰到一些问题的时候，可以快速地获得设计人员的支持，从而使施工人员准确明确设计意图，提高整体施工队伍的工艺管道施工水平，提高施工进度，最终呈现完美的设计成品。

第四，创新性的设计手段，通过运用这些新的设计手段，可以有效地避免人为因素造成的设计缺陷。针对石化企业生产过程管线的工程特点，提出了“工期紧、任务重”的新思路。因此，当员工在工作中承担了太多的工作压力时，可能会导致工作的失败。因此，可以主动地将先进的设计手段与新工艺相融合，

从而提高产品的设计品质。

3.2 对工艺管道的材质进行适当的选用

石化企业在进行工艺管道的设计时,也要注意选用合适的材质,注意物料与制造技术的匹配性。不同项目管道所输送的介质,操作温度,操作压力都不同。所以在设计时,需要从以上方面综合考虑,来进行管道材质,壁厚的选择。同时紧固件,垫片,阀门材质的选择也属于管道材料之列。

例如,在MTO装置催化剂管线的材料选择上,应考虑催化剂直径和纳米硬度值,以及设计温度及设计压力。冷态催化剂的输送温度大概在40℃左右,而再生工况下催化剂管道温度会达到700℃。颗粒状的催化剂在输送风的推动下,会对管道造成磨损。同时考虑经济性,将此管道按照温度划分为两类:低温催化剂管道材质一般选择15CrMo合金钢管道。再生工况管道选择ASTM A312 TP304H,同时增加腐蚀裕量。并在管件的选择上,加大弯头的曲率半径,一般会选6-10倍(公称直径)长半径弯头,降低在拐弯处物料对管件的磨损,达到增长管线服务寿命的目的。在阀门的选择上需选择带有吹扫孔的闸阀,防止堵塞,同时阀门材质同管道材质。

在低温管道的设计上,也要充分考虑材料的强度、韧性、塑性、焊接性能、耐腐蚀性、线胀系数等性能。当设计温度低于-20摄氏度时,国标20#钢的材质使用受到限制。在-20摄氏度至-46摄氏度时,可配合夏比冲击试验,使用ASTM A333 Gr.6、ASTM A671 CC60 CL22;奥氏体不锈钢的独特结构,也使得其在低温工况下得到广泛应用。

此外,还需要根据石化企业的投入成本来选择管材,如碳钢、合金钢、不锈钢、非金属材料管道等,总之可以根据实际的性能和经济效益来选择合适的管材。

3.3 注重管道柔性设计及应力计算

石化装置工艺管道有很多高温管道,大口径管道,也有很多和精密动设备连接的管道,此类管道均要求有良好的应力计算。若管道在工作状态下,管件应力集中,金属疲劳,位移过大,支架处荷载超标,可能导致管道运行时管道破坏,与动设备连接处泄露,震动严重……通过正确的柔性设计和应力计算,可以有效避免此类异常问题产生。在设计时需先优化管线布置方案,尽量利用自然补偿方法吸收管线的热胀,通过公式计算出管道的热膨胀量,确定自然补偿的位置,

合理设置支吊架,最后进行应力计算,通过计算验证和优化管道设计方案。

3.4 进行现场服务

在管道施工阶段,为了解决设计和施工现场,设备厂家安装等出现的问题,加快施工进度,设计院应根据施工阶段驻派现场设计代表进行现场服务。此项服务大大节约了设计人员和业主方、施工方反馈问题及解决问题的时间,提高了交流效率,同时可以使施工方正确理解和领会设计意图,是施工质量的有效保证。也提高了设计人员现场把控施工质量的能力,增强了二次设计能力,积累了设计经验,为更出色的管道设计打下坚实的基础。

4 结语

总而言之,石化企业的管道设计是一件非常繁琐、非常细致的工作,设计者不仅要具有较强的专业设计能力,而且要有较强的责任感和敬畏心;要保证管道设计安全合理,经济环保,必须具有完善的管道设计思路与全面的专业知识,需熟悉工艺管道的设计、制造和施工等各个环节。另外,应依据不同业主的需求,结合有关规范及石化生产设备的特点,对管线进行科学、合理的设计,以确保管线的安全和稳定。

参考文献:

- [1] 闫莉. 石油化工装置工艺管道设计策略 [J]. 化工管理, 2023,(35):127-130.
- [2] 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.
- [3] 郑庆. 石油化工装置工艺管道设计的合理性探究 [J]. 石化技术, 2023,30(07):288-290.
- [4] 李丹妮. 石油化工装置工艺管道设计的探讨 [J]. 辽宁化工, 2023,52(05):688-690+700.
- [5] 刘俭. 化工管线试压技术工艺的设计与应用——评《石油化工装置工艺管道安装设计手册》 [J]. 化学工程, 2022,50(10):80.
- [6] 方海龙. 石油化工工艺装置蒸汽管道配管设计 [J]. 大众标准化, 2022,(13):53-55.
- [7] 李礼. 石油化工工艺装置蒸汽管道配管设计要点分析 [J]. 化工管理, 2022,(15):105-107.

作者简介:

张昊慧(1987.03-)女,四川人,硕士研究生,工程师,研究方向:石油化工管道设计。