

油气化工码头工艺管道设计相关问题研究

方 宇 徐融冰 (合肥上华工程设计有限公司, 安徽 合肥 230001)

摘 要: 工艺管道设计是油气化工码头装卸工艺设计的核心环节。油气化工码头工艺管道设计涉及许多方面, 具有较多影响因素。为了确保化工工艺管道的安全可靠性和先进性, 必须组织好设计工作, 以确保工艺管道设计的合理性, 并积极预防安全事故。化工工艺管道设计时旨在符合其所在的环境和位置, 全面规范化工艺管道设计, 优化化工工艺管道的使用。本文从执行标准、水力计算、防静电、防腐蚀、伴热维温、管道材料、油气回收等方面, 对油气化工码头工艺管道设计进行了研究总结, 以供后续工程参考。

关键词: 油气化工码头; 工艺管道; 管道设计条件

0 引言

油气、化工品是国民经济的能源动脉, 在城市燃气、汽车燃料、化工原料、有色金属冶炼、金属切割等领域均有广泛的用途。水路运输最大的优势是成本低、污染小、安全经济, 其可实现大批量运输, 所利用的江、海是自然资源, 不会对资源的浪费, 有利于环保。油气化工品码头是指装卸油品、液体化学品、液化天然气、液化烃在内的专用码头, 是水运的重中之重, 对我国油气、化工品的运输发挥重要作用。

1 工艺管道设计标准

油气化工码头工艺管道设计必须执行《油气化工码头设计防火规范》(JTS158-2019)中相关要求, 工艺管道宜沿港区道路布置, 不得穿越或跨越与其无关的易燃和可燃液体装卸设施、泵站等建(构)筑物。工艺管道与消防水泵房、消防控制室、变配电间、泡沫间的间距小于15m时, 朝向工艺管道一侧的外墙应采用无门窗的不燃烧体实体墙。车辆通行要求的引桥、引堤上的工艺管道和道路之间应设置隔离防护设施。码头装卸臂或软管应设管残液排容系统。工艺管道宜根据操作及检修要求设置排空系统。当采用吹打排空工艺时, 作业流程和吹扫介质的选用应满足安全要求。装卸甲、乙类物料的装卸臂、软管和工艺管道所采用的吹扫气体, 其含氧量不得大于5%。液化天然气或液化烃码头的工艺管道或设备排空或排气时, 应接至密闭收集系统。装卸臂、软管和工艺管道端口应配置盲板法兰。

工艺管道设计应符合国家现行标准《工业金属管道设计规范》GB50316-2010、《压力管道规范工业管道》GB/T20801.1~6-2020、《石油化工管道设计器材选用通则》SH/T3059和《压力管道安全技术监察规程-工业管道》TSGD0001的有关规定、金属内压直管的壁

厚应符合现行行业标准《石油化工管道设计器材选用通则》SH/T3059的有关规定。

2 工艺管道水力计算

管道的水力计算主要计算其压力降, 并与允许的压力降进行比较。若管径压力降过大, 则应加大管径, 以防船泵扬程不够或装船泵能耗过大。管道的压力降为直管摩擦压力降(又名沿程摩擦阻力)和附件的局部压力降之和。

对于直管摩擦压力降, 基于达西公式的计算方法, 该方法准确度高, 但计算过程较为复杂。给出了经重新整理后的列宾宗公式对沿程摩擦阻力进行计算, 计算更加简单方便。通过列宾宗公式可看出, 沿程摩擦阻力随着流量、粘度、管道长度的增大及管径的减小而增大。且随着雷诺数的增大, 流量和管径对摩阻的影响越大, 粘度对摩阻的影响则越小。一般, 当用小管径管道输送低粘度介质时流态可能进入混合摩擦区, 输送介质粘度及管径较大时流态多在水力光滑区或层流区。对于管道附件的局部压力降。在前期阶段, 管道附件的局部压力降可根据管道长度暂按直管摩擦阻力降的0.1~0.3倍估取。

3 工艺管道防静电设计

可燃液体管道易产生静电的设备必须进行静电接地, 静电接地电阻小于 10Ω , 法兰间的跨接静电电阻值小于 0.03Ω 。设备、管道安装完成后经具有资质的防雷检测机构检测静电接地电阻值, 达到本条规定要求后方可投入使用。设备外壳采取保护性接地和接零, 与泊位接地网可靠连接, 要求接地电阻不大于 4Ω 。

液体化学品泊位平台和码头入口处均设有消除人体静电装置, 在码头前沿设置与船舶相连接的防静电接地装置, 接地装置与码头接地和避雷接地网可靠连接。

散件杂货泊位和液体化学品泊位均采用长 2.5m 的 DN40 热镀锌钢管做接地极，并用 40*4 热镀锌扁钢将接地极可靠焊接，组成接地网，要求接地电阻不大于 4Ω。

4 工艺管道防腐蚀设计与检测

在油气储运过程中，管道腐蚀工作是非常关键的环节，只有对管道腐蚀工作进行有效的解决，才能保证油气资源正常储存及高效储运。应对所存在的不足点进行完善与改进，针对防腐技术研究不断深化，结合实际情况，提高防腐工艺针对性以及时效性，促进能源快速发展，提升国内油气储运实际需求。

用于危险化学品输送的管道在试压和气密性试验合格后，对管道进行涂漆防腐处理，可减缓和防止输送管线、设备等重要钢制构件的腐蚀，是危化品泊位保证安全生产的重要措施之一。有色金属管、不锈钢管、镀锌钢管不涂漆，所有管架、支架涂防锈漆二道，面漆涂醇酸磁漆一道，漆色为灰色。管道底漆涂防锈漆二道，面漆涂醇酸磁漆一道。管道上有表示介质流动方向的白色或黄色箭头，底色浅的采用黑色。

目前，对于油气管道腐蚀监测较为成熟的技术有图像场技术、定点超声波技术以及超声导波技术，这些技术均属于无损非插入式监测技术。其中，图像场技术的应用成本较高，不适合多点监测，而定点超声波技术的监测区域有限，不适合较大面积布置监测点，因此，本研究选取超声导波技术完成管道内腐蚀的监测研究。超声导波技术可以同时检测处管道内外壁面腐蚀情况，利用导波实现对管道腐蚀状态的在线监测、数据采集，并完成采集数据的批量分析与评估工作，超声导波技术的监测效率更高、范围更广。

5 工艺管道伴热维温设计

管道常用的伴热维温类型有热水伴热、蒸汽伴热、电伴热、热油伴热等。其中，电伴热是现在最常用的管道伴热方式。一般情况下，距离短、伴热温度不高的管道多采用自限温（变功率）电伴热带，伴热距离长或伴热温度高的管道多采用集肤效应电伴热带。如果需要精确维持管壁温度或加热体内的介质温度，需配置温度控制系统。管道伴热设计主要需要确定的参数为电伴热带的使用功率和所需长度。具体计算方法和要点《管道和设备保温、防结露及电伴热》（16S401）有详细计算。

6 注重工艺管道材料的优化设计

化工码头输送的化学品种类丰富，每种化学品存在

特殊性、复杂性特点，需要通过优化管道材料保障集输管道运行安全。结合以往的经验，35CrMo、L245、L290 等均可以视为抗腐蚀性能良好的材料形式。在具体选择与应用过程中，可根据集输管道常易出现的腐蚀问题以及作用机理，选择合适的抗腐蚀材料进行配置应用。点腐蚀问题基本上可以视为油田集输管道频繁出现的腐蚀问题。为加强对这类腐蚀问题的应对处理，除了需要减少氯离子等对管道焊缝带来的不利影响外，还需对集输管道材料进行优化配置。与常规非金属或者双金属复合管不同，上述材料发生泄漏问题的几率相对较小，同时在焊接操作过程中基本上不会出现质量问题。但是需要注意的是，上述抗腐蚀材料成本费用相对较高，建议相关人员应该将其使用在重点防腐区域。

7 工艺管道的油气回收设计

码头油气回收系统主要由油气回收气相臂、船岸对接安全模块（DSS）、集气管道和油气回收装置（VRU）四个单元组成。当船靠岸后，将油轮上油气回收的对外接口与码头气相回收臂相连，经船岸对接安全模块（DSS）后进入码头集气总管，最终将油气输送至油气回收装置（VRU）进行回收。不同于液相管道，气相管道中是油品和蒸气且混有其他气体（甚至氧气），油气的浓度有可能在爆炸极限范围内，因此，气相管道的安全要求应高于液相管道。油气是一种高危物质，油气的燃烧或爆炸蔓延是极其迅速的。船岸对接安全模块能够对可能和已经发生的爆炸和燃烧做出第一时间的阻断，防止船侧或岸侧的事故蔓延至另一端。

码头油气回收装置前需设置船岸对接安全模块，其目的是监测装船过程中的油气的压力、温度等值，并对超出值做出反应，包括直接切断油气输送和调整油气输送，防止安全事故的发生。

船岸对接安全模块在入口配有真空压力安全阀，保护船舱压力在安全范围之内。船岸对接安全模块内配有过滤器，避免油气中的杂质对阻爆器的不良影响，油气会在经过阻爆器后进入下一个装置。船岸对接安全模块出口配有阻爆器，可以避免意外危险扩散。在船岸对接安全模块中，阻爆器主要起阻隔火焰的作用，一旦船岸对接模块或者后续的油气处理系统发生火灾，该阻爆器可以起到保障后续油气处理系统或者前置船岸对接模块的安全，阻止风险的进一步扩散。

8 工艺管道的自动化控制设计

在码头危险品泊位管道的装船臂前安装质量流量

计和切断阀,当液体装车到一定质量时,切断阀能够自动关闭阀门、停止装卸,同时给远端输送泵反馈停止信号,使输送泵停止工作。切断阀带有手动开启/关闭功能,可手动开启和关闭,并带有紧急停车功能,当出现装卸异常情况时,可人为手动关闭,并向远端输送泵反馈停止信号,确保液体化学品装卸安全。

9 工艺管道的泄露检测报警设计

在液体化学品泊位码头前沿及码头平台装卸区域安装有可探测可燃气体或有毒气体检测报警的固定式检测仪,并将检测结果传输至码头后方安全控制中心,同时在现场进行装卸工作者随身附带气体检测仪,用来实时检测码头危险化学品输送的安全情况。危险化学品输送管道上安装的容积式流量计自带危险化学品检测仪(变送器)。

液体化学品泊位码头前沿及码头平台装卸区域划分为爆炸危险1区和2区,在爆炸危险区域内的照明灯具及用电设备均采用防爆型灯具和防爆型电气设备。液体化学品泊位内的供配电电缆均采用阻燃型电力电缆。

在散件杂货泊位和液体化学品泊位分别装设多个全景视频监控摄像机,用来对上述泊位实行全天24h不间断监控。全景摄像机采用低照度、高感光、可变焦摄像机,摄像距离不低于100m,室外摄像机配防雨密闭型可控制云台,300度旋转,仰角 ± 20 度可调,通过光缆将视频监控信号传输至码头后方临泉县化肥厂监控中心。在散件杂货泊位和液体化学品泊位分别装设2个(共计4个)室外号角型扬声器,并与码头后方中心控制室音响控制设备组成应急广播系统,在可生产现场出现异常情况时,及时有效的发出声音信号和警报。

10 工艺管道柔性测径传感器设计

传统检测管道变形的工具为常规清管器上加装的薄铝盘,薄铝盘可塑性强,可有效记录管道内部的最大变形,但无法检测管内多处缺陷,且铝盘不可重复利用。随着传感技术的快速发展,目前的管道内检测技术发展集成到集成通径检测和无损检测的组合式检测方式,在通径探测臂上携带不同传感器来量化管道变形,其检测功能更加全面。

经研发一类适用于大口径的新型高密度聚氨酯内检测器,通过在测径臂处安装角位移传感器以检测管道内径变化。在新型高速管道检测仪表上安装传感器阵列,提出了新的脉冲涡流传感方法,解决了检测传

感器响应时间长、剧烈运动导致检测灵敏度低的问题。这种组合式的油气管道变形检测器受限于探测臂结构、数量等问题,结构相对复杂,检测精度高但运行成本也较高,且在管内多变流场等复杂环境中易引发检测器关键零部件脱落等机械故障的风险。为解决传统测径清管器测径铝盘不可重复利用、不能对管内多个内凹陷变形进行检测的缺点,设计了以柔性测径传感器为检测单元的柔性测径清管器方案,形成了柔性测径传感器原理样品,并进行了功能验证及实验测试。

研究表明,所设计的柔性测径传感器可以较好的表征缺陷的尺寸,且表面应变沿半径方向呈“水波纹”状逐级递减分布,而内置应变片应变分布呈“条纹”状。当应变片内置于拉伸变形区域时,柔性测径传感器应变输出更优,且越接近拉伸面其检测灵敏度越高,越有利于提升柔性测径传感器的检测性能。

11 结束语

在工艺管道的设计中,应考虑设计执行标准、水力计算、防静电设计、防腐蚀设计与检测、伴热保温设计、管道材料的优化设计、油气回收设计、自动化控制设计、泄露检测报警设计、柔性测径传感器设计。在管道的设计过程中,既要注重管道的整体情况,也要注重完善细节,促使管道达到整体完整性的要求,保障装卸能力和安全性。

参考文献:

- [1] 吴张中. 油气管道地质灾害风险管理知识图谱构建与应用[J]. 油气储运.
- [2] 袁运栋,刘锐,刘刚. 跨管道应急指挥系统应用研究[J]. 中国应急管理,2022(10):54-57.
- [3] 朱汪友,侯磊,杜宇. 油气管网智能化建设进展与思考[J]. 油气田地面工程,2022,41(09):1-7.
- [4] 张吉昌,袁会赞,陶伟莉. 大口径管道封堵三通塞柄优化设计及应用[J]. 管道技术与设备,2022(02):55-58.
- [5] 徐洪涛. 油气管道牵引机器人设计与仿真[J]. 管道技术与设备,2021(01):37-41.
- [6] 李安. 石油天然气长输管道中危险因素及其设计的分析[J]. 石化技术,2020,27(10):270+278.
- [7] 连江涛. 油气管道湿陷性黄土的水工保护设计[J]. 化工设计通讯,2019,45(12):24+43.
- [8] 高云鹏. 油气管道运输安全设计的方法及其重要性[J]. 石化技术,2018,25(11):185.