

原油储罐全面检测及维护管理应用

王震 高文欣 (斯坦德检测集团股份有限公司, 山东 青岛 266000)

吴栋梁 (中谱安信(青岛)检测科技有限公司, 山东 青岛 266000)

摘要: 针对原油储罐应用全面检测技术与维护管理方法, 有利于保障储罐运行安全。本文简要分析了原油储罐结构特点, 具体围绕储罐失稳失效检测技术、储罐风险评估检测技术要点, 总结全面检测实践应用经验。同时, 依托现场安全标准化管理、注重储罐防腐管理、合理管理安全间距、加强储罐完整性管理方法, 能够充分消除原油储罐使用风险, 提高化工企业效益水平基础上强化储罐效能。

关键词: 原油储罐; 大角焊缝; 防腐管理; 安全间距; 完整性管理

原油储罐是在2017年正式提名的化工概念, 泛指原油液体专用存储钢制密封容器。根据相关调查: 原油储罐容积多在15万~20万之间, 国际领域已成功研发出24万立方储罐。为进一步改善化工领域原油储罐使用环境, 延长使用年限, 理应从全面检测与维护管理层面, 结合原油储罐分布特征科学制定检测与管理计划, 以期在全方位管控下原油储罐能为原油生产运输项目给予安全保障。

1 原油储罐结构特点

原油储罐在结构分析中本身较为复杂, 涵盖温度计、液位计、通气排污孔、人孔等部分。作为以石油产品为主要存储容器, 多在油田企业、炼油企业以及油库等场所实现广泛应用, 其中关键结构以下列两项为主, 也是原油储罐结构设计环节主体内容: 叠壁结构, 原油储罐叠壁设计期间, 要求储罐最大应力集中于下一圈壁板处, 环向应力低于260MPa, 并且保持2.6m或3.6m间距, 需要以1.0焊接接头系数的在线检测技术进行无损检测, 而且要求壁板厚度差在5mm以内, 以便在叠壁结构助力下, 原油储罐能表现出安全性与环保性优势。大角焊缝, 原油储罐应力峰值区常需要承担石油产品液位冲击以及弹性变形刺激, 造成储罐易产生疲劳损伤后果, 故此在结构设计中应以非全焊透结构改善结构刚性, 以减小大角焊缝应力峰值增强储罐韧度, 以此结合原油储罐结构分布情况确定优化管理与全面检测发展方向。

2 原油储罐全面检测应用技术要点

2.1 储罐失稳失效检测技术

为促使原油储罐在化工领域保持安全运行状态, 理应在使用原油储罐期间应用全面检测技术, 客观掌握储罐稳定性与效能水平, 并及时参照检测结果予以

维护修复处理或进行针对性管理。其中较为主要的是采取储罐失稳失效检测技术, 对储罐基础沉降量与垂直度展开全面检测。在确定好检测内容后, 检测人员应使用20dB放大倍数, 20kHz~100kHz频率的检测仪对储罐底部进行定位在线检测, 可以将检测仪分别安装到储罐底板外侧基础顶面处, 并利用水准仪等辅助检测工具获取沉降量检测数据。储罐沉降量检测时, 可以利用充水试验, 对罐内注水 $\frac{1}{2}$ 罐高, 并在 $\frac{3}{4}$ 罐高时准确测定沉降量数据, 若在30cm以上意味着储罐面临滑移失效风险。若原油储罐放置地点本身属于软弱地基, 还应每日向罐内注水0.3m罐高, 并绘制沉降量与注水时间曲线图, 助力检测人员全面掌握原油储罐稳定性以及是否达到失效标准。在线检测垂直度时, 需利用全站仪等工具对储罐多方位垂直度结果予以分析, 记录好相关数据后对照标准要求判定储罐使用安全性。一般需将垂直度极限值设定在1%罐高以内, 通常低于50mm, 一旦不达标, 需参照全面检测结果对原油储罐结构与性能进行优化。

原油储罐在线全面检测技术的应用, 应以应力集中区以及不均匀沉降区作为重点检测区域, 同时在检测人员实时掌控检测数据时下达正确管理决策。

2.2 储罐风险评估检测技术

原油储罐全面检测技术与维护管理工作本身存在密切联系, 故而应采用风险评估检测技术掌握现下使用的原油储罐风险性, 并在风险等级确定中验证后续维护管理决策可行性。比如针对原油储罐失效可能性加以评估, 可根据原油储罐剩余寿命(RL)计算公式确定风险程度:

$$RL = \frac{t_{\min, \text{meas}} - t_{\text{limit}}}{CR_{\text{en}}} \quad \text{公式(1)}$$

其中 $t_{\min, meas}$ 、 t_{limit} 、 CR_{en} 分别表示最小检测壁厚、最小容许壁厚和均匀腐蚀速率。

在应用风险评估检测技术时，还可直接运用储罐风险评价软件，在操作界面上选定应力腐蚀机理，而后输入详细参数（水的 pH 值、检验有效性等级、有效性检测次数、设备材料含硫量等），并点击“计算”按钮求取应力腐蚀开裂因子，此时可掌握原油储罐当前开裂腐蚀风险情况，指引有关人员考虑是否需对储罐实施强化耐腐蚀处理或执行加固计划。另外，该技术还能针对危及原油储罐适用安全影响因素进行逐项检测，包括人为因素（作业失误率、人员违纪率、作业人员状态、违章指挥率等）、设备因素（壁板厚度、罐底厚度、浮顶厚度）、环境因素（极端天气、第三方破坏、地质灾害、罐区位置）、管理因素（制度、隐患整改、应急演练等），整理好软件评价信息后，指导管理者完善原油储罐使用环境等条件。

3 原油储罐维护管理方法应用路径

3.1 现场安全标准化管理

3.1.1 安全监督

在开展原油储罐维护管理工作时，需重点关注现场使用安全水平，以标准化安全管理方法消除安全隐患。值得密切关注的是管理者应利用安全监督方法，对现场储罐使用条件安全情况加以监督记录，一旦存在触电、爆炸、漏油等危险现象，需立即组织有关人员做好应急处理工作，以免将初期隐患进展为安全事故。比如管理者可随时检测储罐气密性以及电流参数范围，依靠三级配电两级保护方式抑制触电事故，即将储罐接地电阻值设定在 0.011Ω 左右，至少垂直埋设 $2.5m$ ，并由专业电工等人员动态监督电源线破损情况。而且在储罐投产应用后，管理者还要对原油进液速度予以监督，尽量保持在 $1m/s$ 以内，进油速度宜在每秒 $6m$ 以下，并且应选用超声波流量计始终对油液产品进出量加以监督，以免引发不良后果。同时，还需设立管理班组，以职业培训等方式提升管理团队权威水平，使之在现场安全监督过程中表现出职业特色，甚至还需要出具安全监督管理制度，从指引性文件层面规范管理者现场安全管理行为。

3.1.2 现场检查

原油储罐通常放置在化工企业等需要石油产品的场地，管理者在对储罐进行维护管理时，应积极运用现场检查方法，首先针对原油储罐结构完好度进行初步检查；其次检查储罐使用标准性。包括管理者需对储罐连接的阻火器、呼吸阀以及通气阀等配件连接情况

予以检查，既要确保各线路保持非缠绕规整连接状态，又要验证排水孔部分满足既定安全设计标准；最后对储罐运行中原油相关操作步骤加以检查，一般要求单位流量应保持在 90% 排气量以下，15 万立方容量的储罐，其液位升降速度以及单位流量应在 $0.33m/h$ 、 $2930m^3/h$ 范围内，10 万立方储罐该参数标准应为 $0.58m/h$ 、 $2930m^3/h$ ，1 万立方储罐则不超过 $1.6m/h$ 、 $1020m^3/h$ 。当使用储罐时，其浮顶罐位置高于 $3m$ ，此时应确保油管流速低于 $4m/s$ ，获取石油产品前，还要对储罐进行 2h 超前预热处理，开启搅拌器、热油喷后，罐位下降到 $4m$ 时才能终止出油行为。因此，原油储罐维护管理阶段需立足现场条件进行实时监督和细致检查。

3.2 注重储罐防腐管理

3.2.1 防腐工艺管理

原油储罐维护管理过程中应当以防腐管理作为重点内容，根据相关研究：储罐之所以会形成腐蚀现象，多因罐底长期接触原油，造成硫酸盐在氢还原反应下释放出水分，致使罐底在水分与硫化物侵袭下加剧腐蚀风险。同时，石油产品中富含铁离子等金属成分，能在硫离子作用下形成硫化亚铁沉淀物，进而在电化学腐蚀下增加罐底腐蚀开裂风险。此外，储罐储油以及外壁等部分也会在不同油分附着下产生腐蚀状况。故此，在维护管理中管理者应具体通过防腐工艺管理途径，有效维护储罐安全，延长使用寿命。比如为促进储罐拥有良好的耐腐蚀性，可以应用 0.2% 以内含碳量、低于 0.03% 含硫含磷量的钢材质储罐代替传统储罐制作工艺，甚至可以在罐底等耐腐蚀薄弱区域增设加固层，便于在新工艺下改进储罐使用性能。

3.2.2 防腐材料管理

储罐维护管理阶段应当利用防腐材料管理方法，改善现有储罐耐腐蚀性能现状。比如管理者可组织相关人员，在储罐易腐蚀区域涂抹 RLHY-9036 储罐耐酸碱防腐涂料，此涂料不但具有强烈的耐腐蚀性，而且还能体现出耐有机溶剂、抗老化性等优势，本身在 $-30^{\circ}C \sim 1800^{\circ}C$ 温度条件下均能形成耐热层，尽管放置在强酸强碱环境里，也能避免储罐外壁出现腐蚀情况，以便达到最佳维护管理成效。考虑到储罐使用中遭受腐蚀风险的可能性较大，且所处环境较为复杂，故而还应当借助防静电材料改良化工储存环境。

3.3 合理管理安全间距

3.3.1 优化罐壁厚度

为充分展现原油储罐使用价值，还应当从安全间

距管理方面,为储罐打造安全的使用环境。此处列举火灾风险,结合储罐发生火灾时形成的火焰高度(H)变化规律,找到最适合的安全间距范围。

$$\text{即: } H = 42D \left[\frac{m''}{\rho_0(gD)^{0.5}} \right]^{0.6} \quad \text{公式(2)}$$

其中D、 m'' 、 ρ_0 、g分别表示燃烧直径、储罐中石油产品燃烧速率、空气密度以及重力加速度。经过对火灾事故模拟仿真分析结果的综合分析,需在火焰高度范围内对储罐罐壁厚度予以优化管理,使之在遭受火灾侵袭时依然保有原有形态,削弱火灾事故的危害性。具体可以在储罐罐壁处进行增厚处理,以增设防火层,促使储罐拥有更宽泛的安全间距,即在现有基础上运用增厚管理方法,继而使储罐安全间距减小10万 m^3 占地面积。具体安全间距的优化管理方法,还要兼顾储罐使用地点,比如位于加油站的柴油储罐,设置的相邻储罐(储罐直径高于53m),其安全间距应高于储罐最大直径,最小为80m,而直径低于53m的储罐,安全间距宜保持在150%储罐最大直径以上(最小值60m),并且管理者还要在维护管理中将易燃易爆品放置在远离储罐30m以外区域。

3.3.2 优选隔热涂料

原油储罐风险水平较高的事故为火灾、爆炸事故,故此在维护管理期间应选择适合的隔热涂料,尽量降低储罐内石油产品温度指标,以免达到石油产品燃点引发安全隐患。据相关了解:目前适用于原油储罐隔热管理场景中的涂料多以热反射隔热涂料,将其均匀喷涂到储罐罐壁表面,可利用400nm波长到2500nm波长的红紫外线反射波,实现对热能的热量反射,其反射率高于90%,能够达到有效降温目的,并且因其添加了空心微珠,所以使用时还能产生阻绝热量传递的效果。据此,管理者应在维护管理中,以隔热管理目的为主优选隔热涂料,并且还需随时在涂料市场中关注新材料研发情况,随时尝试在原油储罐维护管理环节应用新涂料,促进储罐性能稳步提升。

3.4 加强储罐完整性管理

3.4.1 采集储罐参数

储罐管理者在对原油储罐进行维护管理时,往往是为了优化储罐使用效果,增强其持久性。因此,应加强完整性管理,建立全周期管理环境,以便在全面管理中消除不良运行风险。一般在完整性管理中应先行对储罐参数予以精准采集,比如管理者可整合储罐安装图、施工报告以及质检合格书、事故企划书、储罐操作规范书等文件资料,从中区分出不同类别的数

据,始终围绕当前数据反馈结果分析储罐安全等级。常见数据类型涵盖事故风险(误操作位置图、事故原因调查报告、经济损失以及既往事故信息)、设计施工(安全系数、材料质量、连接步骤、安装点位土壤环境)、特征(储罐直径、焊缝系数、罐底厚度)、维护检修(罐体检查、水压试验、气密性试验)等,动态采集数据后方能掌握储罐风险评估依据。

3.4.2 评估储罐风险

整理好数据后参照下列公式求取风险系数(R),之后联合全面检测技术掌握储罐风险情况。

$$\text{即: } R=PS \quad \text{公式(3)}$$

其中P、S代表事故发生概率和损失大小程度。

事故发生概率越高则风险系数越大,在完整性管理方法导向下,可同步应用上文所述在线检测技术以及日常巡检、现场开罐检查等方式,对储罐疲劳开裂性、耐腐蚀性、焊接缺陷等风险因素逐项评估,引领专业人员在管理者指示下做好维护改进工作,提高储罐效能水平。

3.4.3 出具改进决策

待管理者了解储罐风险等级后,还要对潜在危险因素进行精准区分,并找到该风险下最严重的后果,之后出具风险管理决策,在仿真分析中衡量改进决策可行性,并对储罐剩余寿命加以预测,促使在执行改进决策后,能产生提升储罐运行完整性、增强使用安全性的效果。正如在风险评价中发现储罐不符合安全间距标准,此时管理者可下达增设隔热涂料等决策,指引专业人员在落实优化管理举措后,降低储罐风险等级。

4 结论

综上所述,要想真正展现原油储罐实际用途,应从储罐失稳失效检测以及储罐风险评估检测技术要点方面着手,优化原油储罐全面检测效果,并在检测环节依靠现场安全管理、储罐防腐管理、安全间距管理、储罐完整性管理方法,提高原油储罐维护管理水平,为原油储罐广泛应用创造有利条件,抑制储罐失稳失效风险,便于化工行业拥有良好运营状况。

参考文献:

- [1] 陈广卫,周亮,范路,等.原油储罐油气损耗半定量检测方法及装置研究[J].能源化工,2022,43(02):75-78.
- [2] 马云修,程伟,郭雅迪,等.大型原油储罐声发射检测标定定位的可靠性研究[J].石油化工腐蚀与防护,2020,37(04):1-6.