

原油储罐完整性管理及应用

唐明良（辽河油田公司国际合作部，辽宁 盘锦 124010）

摘要：联合处理站是油田重要的生产单元，主要负责将油井采出的混合原油，经沉降罐化学沉降脱水工艺，进行油水分离。原油储罐成为联合站主要的生产设施，在生产实际中，出现储罐原油泄露、储罐着火爆炸、储罐人员进入窒息、中毒事故时有发生，造成环境污染、人员伤亡，以及较大经济损失。如何确保原油储罐的安全平稳运行，需要对原油储罐的运行进行全面系统的完整性管理，才能更有效的避免或减少事故的发生。通过全面的完整性管理，提前排查出存在的风险因素，及时采取措施治理，避免事故发生。保证储罐能够在日常生产中安全平稳运行。

关键词：原油储罐；完整性；管理

原油储罐是油田联合站主要生产设施，在生产实际中，储罐因腐蚀穿孔泄露、储罐着火爆炸、储罐人员进入窒息、中毒事故时有发生，造成环境污染、人员伤亡，以及较大经济损失。如何确保原油储罐的安全平稳运行。以某油田为例，从储罐内部的运行介质，储罐的安全附件、储罐的定期清理维护、储罐的定期检测以及防腐措施等完整性管理。提前排查出风险因素，及时治理，避免事故发生。

1 储罐的设施档案建立

每座储罐都应独立建档，储罐设施档案主要内容应包括，储罐的安装运行时间，储罐内、外结构、进出口管线流程，储罐内运行介质及检验情况，储罐安全附件及其运行检验情况，储罐的防腐措施，储罐的防雷接地及其检验情况，储罐的清理维护情况描述附照片，储罐检测情况描述附照片，储罐沉降情况等，按要求及时记录。

2 储罐设施日常运行及维护遵循的规范标准

《常压储罐基于风险的检验及评价》GB/T 30578。《生产经营单位安全事故应急预案编制导则》GB/T 29639。《钢制石油储罐防腐蚀工程技术标准》GB/T 50393。《钢制原油储罐运行安全规范》SY 6306-2014。《石油储罐的安全进入与清洗》SY/T 6820-2011。《储罐机械清洗作业规范》SY/T 6696-2007。《油罐人工清洗作业安全规程》QS/Y165-2006。

3 储罐设施日常运行人员职责分工及管理要求

3.1 日常运行人员职责分工

①站长负责组织员工培训及应急处置演练；②安全员负责各项安全资料方面的搜集及储罐的安全检查、检测；③技术员负责储罐的设计、运行资料的搜集及运行维护、档案的维护管理；④储罐所

属岗位员工负责日常巡检及安全附件的维护保养工作。

3.2 工作要求

储罐日常运行监测资料数据要完整、齐全：①储罐设备档案要具备储罐装置图、附件图、监测记录、检验记录、检查记录、设备维护档案、制造设备技术数据等。具备储罐运行记录、恒电位仪记录、安全附件检查记录等；②储罐运行参数记录准确齐全，包括运行介质液位、温度、进出流量等。

严格按照《钢制原油储罐运行安全规范》SY 6306-2014 组织好储罐的日常运行、检查及维护工作。

3.3 定期进行储罐风险评价

每月定期检查储罐安全附件：机械呼吸阀、液压安全阀、泡沫发生器、可燃气体报警仪、火焰探测器、阻火器等内容，进行风险评估，完善风险控制措施。每年自身或请专业部门至少进行一次风险评估。

3.4 日常巡检要求

①人孔、排污孔等部位是否有泄漏；②与储罐连接的管道法兰是否有泄漏；③液位计、温度计、雷达液位计、油水界面仪等是否灵活好用；④机械呼吸阀、液压安全阀、阻火器、泡沫发生器等灵活好用，冬季每周查看内部积水情况，及时排出水份避免冻堵失效；⑤高低液位报警、低液位联锁保护系统灵敏可靠；⑥火焰探测、可燃气体报警装置灵敏可靠；⑦储罐沉降情况，有沉降监测数据；⑧防腐措施恒电位仪运行是否正常。

3.5 储罐运行培训要求

要有年度培训计划，培训内容至少包括以下内容：上罐操作注意事项、原油储罐运行要求、罐区内外检查、安全设施检查、日常及定期检查项目、

储罐进发油操作注意事项、储罐清洗规程、应急事件处置程序等。

4 储罐的定期清理维护

4.1 清罐周期

净化油罐清理周期通常 5 年，沉降罐清理周期通常 3 年，也可根据实际运行情况确定。

4.2 清罐单位资质要求

①施工单位应具备清罐资质及取得相应资质的技术人员；②施工单位应通过 ISO10041, OHSAS18001 管理体系的认证；③具备完整的、功能齐备的技术、质量、安全和项目管理组织体系；④作业人员身体健康，经过专业培训；⑤所使用的电气设备达到防爆要求。

4.3 工作范围及技术要求

①施工单位根据现场工艺及环境出具详细清洗施工方案并严格执行；②遵守处理站进站施工管理规定。施工前办理好相关施工许可。（受限空间作业、电工作业、高空作业等）；③清洗前将储油罐上的仪表、液位计等拆下，并做好相应封堵，以免清洗时清洗液喷出污染罐体；④将油罐进出口管线断开，安装盲板。（需要的盲板，垫片等材料施工单位负责）；⑤清洗部位包括罐内所有金属结构部分的表面、焊缝、罐顶、进出油管、浮筒、等内部附件；⑥将储罐内清除的污泥运送至污泥池，清洗药液由清洗公司回收处理（符合环保要求）；⑦清罐完成现场恢复原貌，干净整洁；⑧施工过程中遵循谁污染谁负责原则；⑨不可预见工作量，听从处理站站长安排。

4.4 施工遵循的相关标准法规

①GB 8958 缺氧危险作业安全规程 ②QSY1236-2009 高处作业安全管理规范；③QSY1244-2009 临时用电安全管理规范；④AQ-3018-2008- 危险化学品储罐区作业安全通则；⑤个人防护装备选用规范；⑥进入受限空间安全管理规范；⑦污水综合排放标准；⑧中华人民共和国安全生产法；⑨中华人民共和国环境保护法；⑩中华人民共和国消防法。

4.5 清罐质量验收要求

①金属结构部分的表面、焊缝、罐顶、进出油管、浮筒、加热盘管等内部附件表面无油污，罐内无积液；②达到工业动火条件；③施工结束，现场恢复原貌。

5 储罐的定期检验

储罐的定期检验包括容积校验及储罐检验等。

容积校验：运行中的储罐每四年找具有校验资

质的单位校验一次，出具容积表。

储罐检验包括：①外观宏观检验；②沉降及圆度/垂直度测量；③壁厚检测；④漏磁检测；⑤真空度测试；⑥超声波检测；⑦磁粉检测；⑧ PAUT 相控阵检测。

5.1 外观宏观检验包括以下内容

5.1.1 罐体完整，质量符合要求

①产品铭牌齐全、清晰；②罐体无变形，各部位腐蚀程度在允许范围内，无渗漏现象；③储罐所用材料符合介质选材规定；④基础完整，无不均匀下沉，罐体无倾斜；⑤阀门、人孔、清扫孔等的紧固件应齐整、连接牢固；⑥无超压、超温、超负荷运行记录；⑦有内衬的储罐，其内衬完好，无裂纹和脱落；⑧罐体外部及附件防腐层无大面积脱落，保温层完好；⑨浮顶罐密封系统无异常，转动浮梯、导向装置灵活好用，浮顶排水装置运行正常；⑩脱水井应有水封并畅通，保温井清洁并配置井盖；⑪储罐散水坡无破损，沥青封口完好；⑫检查内表面的腐蚀和机械损伤：对内表面的母材、对接焊缝、接管角焊缝及承压内件部位进行详细检验，以肉眼或者 5~10 倍放大镜检查裂纹。

5.1.2 附件齐全，灵敏可靠

①密封检尺口、通风管、排污孔、高低出入口、放水阀、加热盘管、液位计、自控系统等齐全、功能正常，无堵塞泄漏现象；②呼吸阀、液压安全阀、阻火器、进出口紧急切断阀、可燃气体检测仪等安全设施灵敏可靠；③浮顶罐必须安装液位报警、自动送风阀、通气孔，并灵敏可靠；④储罐防雷、防静电、接地设施完好；⑤照明设施齐全，符合安全防爆规定；⑥消防、安全、喷淋设施完整；⑦平台、护栏、踏步、爬梯等钢结构安全稳固，无缺损、脱焊、断裂；⑧防火堤坝完好，坝外排水截断阀完好无泄漏。

5.2 顶板腐蚀检测

对储罐顶板进行壁厚测量，一般每块板取 3-5 个测量点。如果检测中发现大面积或者壁厚明显的减薄，适当增加测量的比例，并对焊缝进行一定比例磁粉探伤抽查。

5.3 底板的检验，腐蚀检测（漏磁检验）

漏磁检测方法是一项自动化程度较高的磁学检测技术，其原理为：铁磁材料被磁化后，其表面和近表面缺陷在材料表面形成漏磁场，通过检测漏磁场来发现缺陷。漏磁检测可实现缺陷的初步定量，缺陷的漏磁信号与缺陷尺寸具有一定的对应关系，

扫面发现缺陷后一般用常规 UT 或相控阵检测对可疑区域进行验证确认。

5.4 储罐底板沉降检测（非平面沉降）

由于油罐是个颇为柔性的结构，油罐罐壁非平面沉降的可能性是很大的，从而导致油罐罐壁内的附加应力。罐底边缘处的非平面沉降会导致油罐顶部不圆。就浮顶油罐来说，形成的椭圆会妨碍浮顶的正常功能，在这种情况下就需找平。而且这种沉降会造成油罐罐壁出现扁平现象。这种类型的沉降会损坏与管线连接的油罐接管。非平面沉降根据表现形式不同又可分为：边缘沉降、靠近油罐罐壁的罐底沉降、远离油罐罐壁的局部罐底沉降三种类型。

①边缘沉降当油罐罐壁沿着周边急剧地沉降时，就会发生边缘沉降，在靠近罐壁与罐底角焊缝处产生罐底板的变形；②靠近油罐罐壁的罐底沉降；③远离油罐罐壁的局部罐底沉降，在远离油罐罐壁的部位产生不规则形状的凹陷（或凸起）。

沉降检测结果判定：按照 SY/T 6620《油罐检验、修理、改建和翻建》第 B.3.3 条规定，罐内底板允许的沉降或凸起为 $BB=0.37R$ ，式中：BB—最大凸起高度或局部凹陷深度，in（英寸）；R—凸起区域或局部凹陷内切圆的半径，ft（英尺）。

5.5 底板大角焊缝以及底板搭接焊道的磁粉探伤及真空度检验

壁板由于受环向应力的作用向外扩张，底部壁板与边缘板连接，因而底部角焊缝产生很大的径向应力，并且会随着罐内液面的变化而交替变化，容易产生疲劳裂纹等缺陷，所以对于边缘板与壁板连接的角焊缝需要进行 100% 磁粉探伤。对底板搭接焊道按 10% 比例进行磁粉探伤抽查；对对接底板焊道按 15% 比例抽查。如检测中发现穿透性裂纹，需对底板焊道进行 100% 真空度测试。

5.6 储罐罐壁底部一二层壁板相控阵检测

对于罐壁底部一二层壁板，因承受环向应力较大，对其纵缝 / 环缝 / T 型焊缝需要进行一定比例的抽查。PAUT 系统可实现环焊缝和纵焊缝的检测，直观的反应出表面及内部的埋藏缺陷的形态。

相控阵检测的优势：①成像直观；②检测效率高；③可以存储检测记录；④可检测大壁厚零件覆盖上下表面盲区。

5.7 储罐圆度检测

在储罐内部对储罐不同方向的直径进行测量，并记录各方向检测值。比较最大直径与最小直径

差，即储罐圆度。在罐壁与罐底之间焊缝以上 0.3m（1ft）以上处测量的半径应不得超过下表中的公差三倍。

表 1 储罐半径公差

油罐直径	半径公差
< 40ft (12.19m)	$\pm 1/2$ in (12.7mm)
40~ < 150ft (12.19~ < 45.72m)	$\pm 3/4$ in (19.05mm)
150ft~250ft (45.72m~76.20m)	± 1 in (25.4mm)
> 250ft (> 76.20m)	± 1.25 in (31.75mm)

5.8 储罐罐壁垂直度检测

罐壁顶部相对于罐壁底部的不垂直度应不得超过油罐总高度的 1/100，但最大为 127mm（5in）。

5.9 壁板腐蚀检测（采用自动爬壁机器人）

储罐壁板相对较多，并且一带板以上部位壁厚检测时需大量搭设脚手架，检测效率慢。并且每块板 5 个位置的测量数据并不足以说明整块板的腐蚀情况。因此我们对罐壁板采用自动爬壁腐蚀性检测，爬行连续测厚系统是为快速可靠的检测和分析罐壁，应用扫描系统，带有编码器爬行系统可以密集采集数据，根据需要最小间距 10mm，设定检测间隔。

5.10 检测总结报告

检测总结报告要全面准确的反应出储罐的运行现状，全面记录检测过程中发现的问题，问题具体部位，详细描述并附图片，单位存档。使用单位依据检测总结报告，制定相应的整改措施，确保储罐安全运行。

6 储罐完整性管理应用情况

某油田联合站按此完整性管理要求执行，运行 10 年间，从未发生储罐运行安全事故，在遵照执行过程中巡检发现的问题及检验维护过程中所发现的安全隐患问题，现场及时制定措施整改，将隐患风险彻底排除，确保了原油储罐安全稳定运行。

参考文献：

- [1] 李国兴. 原油储罐机械化清洗与环境保护 [J]. 石油库与加油站, 2006(05).
- [2] 尹法波, 吕长军, 洪胜, 赵志强. 大型原油储罐危险性分析及评价方法研究 [J]. 山东化工, 2012(08).