

航煤立式储罐底板腐蚀分析及检修防护建议

梁 强 李鸿运（中国航空油料有限责任公司华南蓝天河南分公司，河南 郑州 451162）
薛学云（中国航空油料有限责任公司福建分公司，福建 福州 350209）

摘 要：本文介绍了某机场油库1座10000m³油罐基本情况和底板腐蚀监控情况，针对实际检测数据进行了分析，并根据罐底板腐蚀情况，提出了对油罐底板的检修、防护建议。

关键词：储罐；底板腐蚀；检修防护

1 引言

由于储存的油品中含有水分和其他有害物质，大型立式圆筒形钢制储油罐在长期使用过程中，不可避免的存在罐体腐蚀的问题。通常情况下，油罐的使用周期和腐蚀的速率成正相关，但由于油罐的工程质量、所储存油品的类别和在储存罐过程中的使用条件存在不同，导致油罐的存在不同程度的腐蚀。油罐的底板作为支撑结构的核心，负责支撑液态物的储存。它的负担非常复杂，容易遭到来自内部或外界的腐蚀。由于它容易被慢慢侵蚀，因此它对整个储存系统的破坏程度非常高。确保储罐底部的稳定性至关重要，许多储罐事件的根源就是储存层的破损。由于维修困难和费用昂贵，研究和开发一种可靠的储罐维护方法显得尤为必要。

2 系统组成

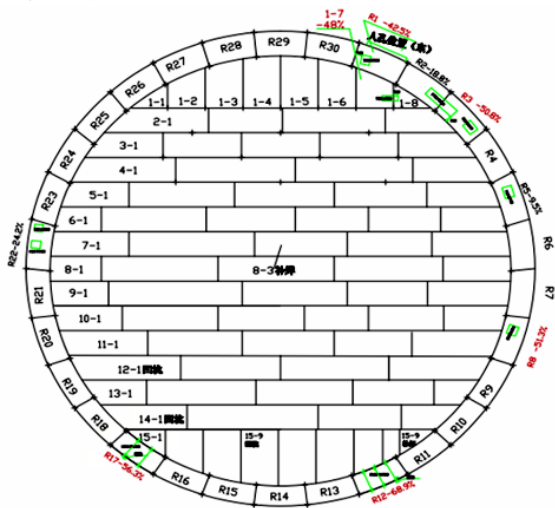


图1 2#油罐腐蚀位置图

表1 2#油罐腐蚀超标情况

序号	位置	钢板厚度	实测厚度	腐蚀率
1	边缘板 R1	12mm	6.9mm	42.5%
2	边缘板 R3	12mm	5.9mm	50.8%
3	边缘板 R8	12mm	5.84	51.3%

4	边缘板 R12	12mm	3.73mm	68.9%
5	边缘板 R17	12mm	5.25mm	56.3%
6	中幅板 1-7	10mm	5.2mm	48%

表2 2#油罐腐蚀未超标情况

序号	位置	钢板厚度	实测厚度	腐蚀率
1	边缘板 R2	12mm	9.74mm	18.8%
2	边缘板 R5	12mm	10.86mm	9.5%
3	边缘板 R22	12mm	9.1mm	24.2%
4	中幅板 8-3	钢板上表面补焊		
5	中幅板 15-4	钢板上表面凹坑		
6	中幅板 14-1	钢板上表面凹坑		
7	中幅板 15-9	钢板上表面补焊		
8	中幅板 12-1	钢板上表面凹坑		

某机场航油油库2#储油罐于1997建成投产，设计储量为10000m³，罐底板采用带环形边缘板的罐底排板结构，环形边缘外缘为圆形，内缘为正多边形，罐底边缘板之间采用V型坡口的对接结构，焊缝下面设有垫板，垫板和罐底板贴紧并定位，中幅板之间以及中幅板与边缘板之间均采用搭接结构。罐底中幅板厚度为10mm，边缘板厚度为12mm。罐底和罐内壁板均采用036不导静电涂料。

通过对罐底的检测，不仅可以获得关于腐蚀情况的详细信息，还可提供更多的建议，从而为改造计划提供宝贵的指导。对于一些特殊的情况，比如说，一些中部的板材虽然显示出严重的腐蚀，但其几何变形量和腐蚀程度却远远低于标准，而另一些则没有明显的腐蚀现象，这些都需要仔细研究，才能得出最佳的改造策略。因为标准的差异，必须经过严格的审查和评估，以便做出准确的决定。

为了更加精细化的监控，建立起一套完善的储罐底板编码体系，以此来精确指导罐底的定位，并且明确各个板的方向、坐标原点。尽管检查环境较佳，但是因为存在着进出料管、支柱、浮顶支架等，导致某些区域的漏磁检测无从下手，因此利用超声波技术以及缺陷深度测量技术来帮助更加精细化的监控，并且

可以更加精细的审核已经达到规范要求的缺陷。

经过检测, 2# 油罐出现腐蚀量超标的底板共有 6 处(超标量超过厚度 40%), 腐蚀但未超标的底板共有 8 处。(具体腐蚀位置见图 1, 腐蚀超标情况见表 1, 腐蚀未超标情况见表 2。)

3 腐蚀的机理和原因分析

3.1 储罐罐底表面腐蚀

航煤储罐罐底表面一般都存在非导静电涂料, 从而避免油品与钢板相接触, 起到预防底板表面腐蚀的情况。由于航煤密度比水低, 导致大量的水分以及其他腐蚀类物质容易在罐底聚集, 从而使罐底涂层和这类物质长期接触引起老化, 产生鼓泡、龟裂以及脱落等情况出现。另一方面, 油罐在油品接收和发出过程, 因油品存在冲刷和扰动等原因, 也会加剧老化涂层的剥落情况, 从而使钢板在失去保护情况下, 裸漏在腐蚀环境中, 造成钢板的腐蚀、穿孔, 并且会沿着厚度方向蔓延, 最终形成一片片的腐蚀区域, 而这些区域之间也会有更多的连接。

在经常进行收发油操作的油罐中, “T” 字形的壁板和底板之间的连接点, 以及中幅板和边缘板之间的连接点, 因为经常承担着不断变动的油质负担, 容易出现拉伸和扭曲的变形, 从而导致这些部位的保护膜容易被撕裂。同时, 因焊缝和底板钢材的化学成分不均匀, 以及储罐底部和焊缝处会聚集水分和杂质, 从而形成电解池效应, 造成电化学腐蚀。

3.2 油罐底板下表面的腐蚀

在进行航煤储罐的焊接之前, 应该先对底板的外壳进行防锈, 以确保它的完整性。为了避免这种情况, 应该把底壳的外壳和周围的材料进行精心的加固, 并采取措施来提高它的抗腐蚀能力。此外, 还应该把沥青砂覆盖到底壳的外壳, 以确保它们能够牢固地固定住。然而, 由于多方面的影响, 底板的内部往往无法达到理想的防护效果, 空气、土壤和海洋的盐份, 这些有害物质可能会渗透进底板, 造成底板腐蚀。

此外, 在不同的环境温度以及储罐储油载荷量不同也会使储罐底板边缘板处的“T”型焊缝处, 因力的应力作用而变形, 导致在储罐储油量降低的情况下, 边缘板四周会和板基础处存在细缝。外界的腐蚀物质, 如雨水、露水和蒸汽, 可能会渗透到缝隙中, 并在底板的下表面形成电化学腐蚀。

在储罐建造时, 储罐地基的沥青砂层和罐体底部焊接板接触紧密。经过水压测试和使用过程中, 储罐

会存在不同程度的沉降。在储罐内储油量降低的情况下, 底板所受压力降低, 底板存在一定的恢复, 从而使其与沥青砂层的接触会存在空隙, 使得中心部分和四周边缘处因透气性差造成的氧浓度差电池效应, 进而形成氧浓差腐蚀。如果储罐所处位置的地下水位较高, 储罐基础存在裂缝, 则含盐地下水会通过毛细管效应而渗入, 从而与罐地板相接触, 从而形成电化学腐蚀。

3.3 储罐底板腐蚀特征

储罐底板上表面腐蚀通常从涂层脱落点开始, 而底板下表面则大都是发生在焊缝处, 导致底板上下表面存在非均匀性腐蚀。但上下表面严重腐蚀部分都存在一定的规律性, 通常上表面腐蚀严重的部分发生在罐壁板和底板“T”型焊缝处、边缘板与中幅板的搭接焊缝处、进出油管两边的冲刷线部分。下表面严重腐蚀部分则是中间和边缘板的位置比其他地方明显。此外, 底板腐蚀还和收发油作业频次也存在联系, 收发油作业次数越多, 则该储罐底板腐蚀越严重。

4 检修建议

根据油罐的实际状态, 结合有效的技术手段和经济效益, 按照成本效益的考量, 首先对设备进行维护和更新, 以便在满足安全性和经济性的前提下, 尽量减少对其他部件的破坏。

因为安装和维修边缘板的复杂性, 以及受力分析的结果表明, 这里既要承担环向应力, 也要承担弯曲应力, 尤其是大角焊缝的局部, 会产生极高的焊接应力, 因此, 为了确保施工的安全性和质量, 最好是避免对边缘板进行过多的安装, 只有当受到严重的腐蚀并达到规定的要求时。根据《立式圆筒形钢材连接油罐操作维护保养技术规范》(SY/T5921-2017)第 5.4.4 条的要求, 若油罐表层的腐蚀深度达到 40% 或者 50%, 并且表层的腐蚀表象显示出明显的分散性, 则应该立即对该油罐进行修复, 并将其替换为新的。当面积低于 50% 时, 为了避免罐体发生过度的变形, 最佳的做法是通过更改原有的材料来进行补充, 而非仅仅通过拆卸原有材料来进行替代。在符合标准的情况下, 如果发现有边缘板受到了腐蚀, 则应该使用粘结剂来修复。

具体检修方案如下: ①对腐蚀面积未超过 50% 的, 在原腐蚀超标的底板上加钢板贴补修复底板; 对腐蚀面积超过 50% 的, 进行整张板更换; ②钢板材料采用与原罐底材料相同的型号规格; 边缘板采用

Q235B 钢板厚度 12mm, 中幅板采用 Q235B 钢板厚度 10mm; 底圈壁板采用 Q235B 钢板厚度 18mm; ③依照 GB50128-2014《立式圆柱形钢材连接储罐砌筑技术规范》的规定, 基板上任意两个焊缝相互之间的相距都不能低于 300mm; ④根据规范要求每个腐蚀点现场测量钢板贴补长宽, 贴补钢板大于腐蚀点 100mm 以上, 腐蚀点靠近原焊缝小于 300mm 贴补钢板延伸超过原焊缝 300mm, 多点腐蚀相邻较近时采用 1 张贴补钢板; ⑤钢板搬运: 所用钢板在罐外放好样, 下好料, 从人孔 ($D=600\text{mm}$) 运进罐内, 在罐内进行拼接焊接成整板后再覆盖在底板上。在焊接完成之后, 请第三方检测机构对焊缝进行严格检查, 确保其质量; ⑥中幅板表面凹坑焊接后打磨平整, 进行渗透检测; ⑦修复完成后边缘板与罐基础顶部采用结构密封胶灌注密封; ⑧罐外壁边缘板注胶完成后, 采用 CTPU 柔性防水材料进行防水, 将边缘板与壁板外侧进行斜坡处理后与罐壁连成一片。在已检测出的防水材料的基本上, 产品设计了一个完全高效的密封型防水设计方法, 首先将充填物调配成胶泥及粘泥充足量的添加到保温材料 CTPU, 接着贴覆玻璃布从而增加涂膜硬度, 起到隔绝降雨、露水等腐蚀介质进入边缘板, 从而使油罐底板得到保护。

在做防水涂层时, 通常会加入一定的填充物, 从而使其存在一定的坡度, 以满足边缘板结构特性。由于填充物的影响, 涂料也相对容易形成不同施工要求的堆积方式, 但这也导致了拉伸强度和涂层弹性等特性有所降低。所以, 为满足加入填充物后, 油罐边缘板防水性, 需确定最佳配料比。采用 CTPU 防水材料——玻璃布的加固防水方案, 具体的施工步骤如下: 首先对底层的钢板进行处理, 然后在上层涂抹一层 CTPU, 接着再次进行一次胶泥, 再次进行二次胶泥, 最后再次粘泥 + 玻璃布, 最后再次进行两道 CTPU。

5 防护建议

造成储罐底板腐蚀的诱因较多, 一般是由于多种腐蚀机理并存, 电化学腐蚀为主。所以, 若能有效抑制电化学腐蚀的产生就能很好的预防底板腐蚀。

①底板涂层的完好性能有效避免储罐底板腐蚀。所以, 要选择合格的涂料, 并严格按照涂刷顺序和施工要求, 对储罐进行涂刷。此外, 在使用过程中要定期开罐检查, 查验涂层是否处于完好状态, 若存在脱落、老化等情况, 则应立即进行修复; ②为了确保底板的良好状态, 应该采取有效措施, 如加强沥青砂防

护层的施工, 并严格控制底部的湿度, 从而有效阻挡外界的腐蚀因素, 确保油罐的正常使用。此外, 还应该采取有效的措施, 如加固边缘板, 并进行有效的防渗水处理, 以确保油罐的稳定运行。定期进行保养和清洁是非常重要的; ③罐底板采用外加电流阴极保护系统, 由电源、辅助阳极、长效参比电极、控制系统及相应的电缆组成, 可长期、有效防止底板的电化学腐蚀; ④在大型油罐中, 因储罐的底表面大, 导致很难均匀一致对基础及涂层施工。所以, 一些油罐的上下底板表面会通过牺牲阳极的阴极保护系统, 加强罐底板的抗防腐能力; ⑤因所存油品含水分、杂质较多, 则需采取定期排水措施, 降低腐蚀介质在罐底板的聚集, 降低其对底板的腐蚀性; ⑥鉴于每一口油槽的腐蚀程度都有所差异, 为了确保安全, 应当结合储藏物的性能、物料的纯净程、地区的水文条件、环境温度以及空气流动状态, 精心设计出适当的开启和关闭时间 (参照 SHS01012-2018《常压立式圆筒形钢制焊接储罐维护检修规程》)。对于轻质油罐, 相对于长期静止储油的油罐, 收发油作业频次高的储罐应缩短检查周期; ⑦有效的监、检测手段有利于及时发现底板的早期腐蚀。通过在底板的上、下表面安装监测元件或利用开罐检查的时间进行底板腐蚀检测, 可以获得底板的腐蚀情况, 以便采取相应措施; ⑧储罐的底板是其主体, 它的存在使得它能够承载更多的负荷, 同时也可能因为潮湿的环境而被侵蚀。目前, 许多已经使用过的储罐都没有采取任何有效的防腐技术, 因此, 为了确保其正常运转, 必须加强对底板的保养, 特别是针对其表层的边缘板, 应该加以特殊的保养。

6 结束语

虽然相对于原油、其他成品油来说, 航油的洁净、腐蚀性都较好, 但如果不重视、不做好事前的预想、监测和防范的话, 航油罐底板的腐蚀依然会非常严重。通常, 油罐底板腐蚀的原因众多, 检修和防护措施也有很多。为了获得长期满意的效果, 必须根据实际情况进行系统分析, 认真思考并采取适当的措施, 确保每个步骤都符合规范、科学和合理的原则。

参考文献:

- [1] 卢绮敏. 石油工业中的腐蚀与防护 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [2] 谭小川, 刘丽川, 柳明. 立式钢制油罐底板的腐蚀机理及防蚀措施 [J]. 石油化工腐蚀与防护, 2004(21), 24-26.