

凝析油内浮顶储罐浮船损坏事故分析

赵小川¹, 崔建伟²

(1. 北京油气调控中心, 北京 100104; 2. 中石油塔里木油田公司, 新疆 库尔勒 841000)

摘 要: 经凝析气田分离出的凝析油, 在国内还没有相关的质量标准。通过分析凝析油内浮顶储罐浮船损坏事故的原因, 提出了应采取的措施及处理方法, 为类似储罐的设计、施工、运行管理工作提供了借鉴。

关键词: 凝析油罐; 内浮顶; 事故; 原因; 分析

文章编号: 1006 5539(2007) 05 0030 03 **文献标识码:** B

0 前言

塔里木油田牙哈装车站主要负责凝析油的储存外运, 共建有 3 座 10 000 m³ 立式圆筒形铝质浮盘内浮顶储罐, 其中 1 号储罐用的是舌形密封、2 和 3 号储罐用的是密封效果较好的舌形填料密封。设计参数为内径 30 m, 充装系数 0.9, 10 个透气孔, 检尺口高度 16.74 m, 罐高 19.097 m, 最高液位 14 m, 设计温度 70℃, 操作温度 60℃, 铝质浮盘重 3 612 kg, 起浮高度 14.06 m, 罐壁材料 16 MnR。

凝析油是凝析气田经分离后的液态原油, 在国内还没有相关的质量标准, 但凝析油的性质与一般原油有较大的区别, 主要是凝析油所含轻组分多, 饱和蒸气压高, 挥发性大, 闪点低, 为甲 B 类低闪点易燃液体, 目前设计上一般按照稳定轻烃质量指标: 37.8℃ 时, 饱和蒸气压: 夏季 < 74 kPa, 冬季 < 88 kPa 的质量标准^[1]。牙哈装车站凝析油主要物性参数如下: 标准密度: 0.787 kg/m³, 蒸气压: 75.3 kPa (指 52℃ 时, 来油进站温度为 52℃), 铜片腐蚀: 1 A, 含蜡量: 6.94%, 凝固点: 10℃, 运动粘度: 1.68 mm²/s。

1 事故经过

2006 年 5 月 2 日开始, 塔里木油田牙哈装车站现场工作人员在 2 和 3 号凝析油储罐进行脱水过程中, 发现脱水管线有阻塞现象, 并有海绵等杂物流

出, 现场初步认为是油罐浮船填料密封破损。经过 5 月 4 日从上位(带芯人孔)观察、11 日从下位人孔观察、16 日清罐结束后进罐检查、17 日拆除密封后再次检查, 认定如下事故状况:

- 密封橡胶带完好, 无破损;
- 三分之二的密封胶带内存有原油(图 1 中 B 位置), 而图 1 中 A 处的密封填料干燥无油;
- 浮顶的上表面有油(图 1 中 6 的位置);
- 边缘结构完好; 框架结构基本完好(在图 1 的 2~3 之间有一根定位梁一端脱落);
- 半数以上的铺板撕裂, 从图 1 中的 5 位置往中间第 9 块铺板(3 100 mm × 1 160 mm)往上翻卷;
- 图 1 的 A 处往罐中心第四排浮管两处成 V 字形损坏(图 1 中的 3), 第三排中心偏右一根浮管成 V 字形损坏, 从 B 的右边往 A 方向第七根 5.6 m 浮管进油, 低位人孔处 2.8 m 浮管进油, 还有一根已漏, 但进油极少;
- 约四分之一的连接件变形或严重损坏, 13 只浮管卡松弛或脱落;
- 绝大多数支柱向相同方向倾斜(不同程度倾斜, 中部支柱倾斜幅度大一些); 个别螺栓孔撕裂;
- B 位置密封间隙 330 mm, A 位置密封间隙 50 mm。

2 储罐检测

为了分析事故原因及可能对大罐带来的影响,

收稿日期: 2007-04-12

作者简介: 赵小川(1973), 男, 四川巴中人, 工程师, 学士, 主要从事长输油气管道运行管理工作。电话: (010) 84880938

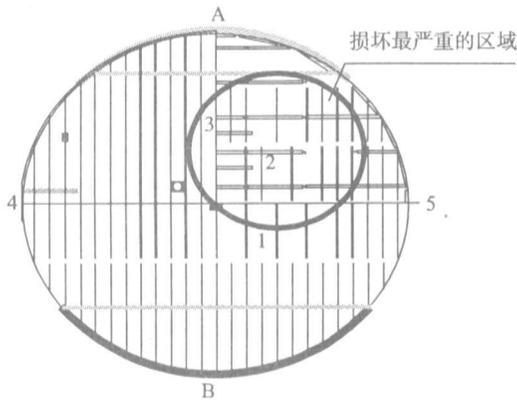


图 1 浮盘平面图

注: 1. 粗线为铺板撕裂处; 2. 铺板翻卷处; 3. 浮管 V 字形破损处; 4. 5. 密封内有油, 应该是浮顶落底后, B 处的积油回渗; A. 密封内干燥无油; B. 浮船被卡沉入油内, 使原油从浮顶上表面浸入密封。

特邀请了兰州石油机械研究所于 6 月对 3 罐罐进行了几何尺寸检测, 检测内容有: 储罐垂直度 (限差 0.4%, 且不得大于 50 mm), 椭圆度 (限差 ± 19 mm), 局部凹凸度检测 (限差 ± 10 mm)。检测设备及其精度: 日本索佳 SET2130R₃ 型全站仪, 测角中误差: $\pm 2''$, 测距中误差: $\pm(2+2 \times 10^{-6})$ 。检测结果分析及结论如下:

2.1 储罐垂直度分析

观测最低截面中心坐标为: (0 0 0), 最高截面中心坐标为: (-0.010 -0.050 14.616), 横向位移 $S=0.050$ m, 高度 $H=14.616$ m。故垂直度 = 0.34%, 位移绝对值 50 mm, 满足规范要求。

2.2 储罐椭圆度分析

本次检测共分 0 3.07 6.52 10.896 13.934 14.616 m 6 个截面。根据计算结果, 3.07 6.52 m 高程的两个截面形状为椭圆, 其中 3.07 m 高程的截面长短轴分别为: 14.999 m 和 14.988 m, 长短轴差值为 11 mm; 6.52 m 高程的截面长短轴分别为: 15.000 m 和 14.987 m, 长短轴差值为 13 mm。此二截面椭圆度皆小于规范要求的 19 mm 的限差。其余截面形状均为圆型。实测数据表明, 各测点半径偏差均小于 19 mm, 该椭圆度符合规范要求。

2.3 局部凹凸度检测

每个观测点由于储罐变形、制作工艺以及测量误差等原因的影响, 不能严格位于同一平滑的曲面

上。检测表明, 罐体观测点到拟合曲面的距离最大值为 10 mm, 符合规范限差 10 mm 的要求。用样板尺在罐内壁 2 m 以下部位检测, 未发现超过 10 mm 以上的凹凸变形。

3 原因分析

根据检测结果, 罐体垂直度、椭圆度、罐内壁凹凸不平度符合有关石油标准。导向管 (液位检测管)、量油管 (取样管) 没有发生变形, 安装符合设计规范^[2]要求。而且 1 凝析油内浮顶储罐先投用近两年没有出现事故, 所以原因分析主要集中在 2 号 3 罐罐浮盘的设计、施工和运行上。

3.1 设计

3.1.1 浮盘浮力设计

通过查找 $\Phi 30$ m / 10 000 m³ 浮力计算书如下:

浮盘总重量为 3 612 kg, 其中边缘板重量 263.6 kg, 主梁重量 407.1 kg, 压条重量 371.5 kg, 浮筒重量 849.4 kg, 铺板重量 1 015 kg, 填料式密封重量 202 kg, 装置及小件重量 503.4 kg。

浮筒总长度为 317.92 m。

浮筒半径 100 mm, 浮筒截面积 $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 3.1416 = 31416 \text{ mm}^2 = 0.0314 \text{ m}^2$, 液体密度按 770 kg/m^3 计算。

浮筒为浮盘提供的浮力为: $0.0314 \times 317.92 \times 770 = 7686.7 \text{ kg}$ 。

浮盘浮力 / 浮盘重量 = $7686.7 \div 3612 = 2.13$ 倍, 满足内浮顶其浮力可浮起至少 2 倍的自身质量的设计要求^[2]。

3.1.2 采用的密封材料

1 罐罐采用的是舌形密封, 2 罐罐采用的是密封效果较好的舌形填料密封。从设计上看是可以减少损耗, 但在实际运行现状中, 从源头上严格控制介质带烃至少在短期内难以做到, 并且凝析油还没有建立相应的质量标准, 从作业区来的凝析油带烃进罐后迅速气化, 舌形填料密封的密封效果较好, 气体难以从罐内壁四周逸出, 对浮船会形成较大的冲击力。

3.1.3 浮盘整体结构

浮盘整体结构采用与 1 罐相似的蜘蛛网状的拉筋加固, 将应力向罐中心集中, 减少了液面波动对浮盘变形的影响, 浮筒与罐壁垂直方向布置, 确保

浮盘向罐周围热膨胀均匀,设计是合理的。

3.1.4 规范要求

铝材满足 API 650附录 H内浮顶 H. 3.3要求,铝皮之间用抽芯铆钉连接。浮顶支撑腿与内浮顶连接是座落式结构。设有防旋转装置、通气阀等。

3.2 施工质量

油罐导向管、量油管 and 防旋导向钢丝的垂直点应该和浮盘上的开孔位置准确吻合,这样才不影响浮盘升降灵活性,但有一根防旋导向钢丝偏差较大;部分浮筒卡子的紧固件不齐全或连接松散造成浮筒卡子不能牢固地固定浮筒,浮盘上下运行时造成浮筒旋转,由于浮筒间连接板强度不够,连接板断裂,致使浮盘运行中倾斜,造成浮盘损坏。

另外,油品入口设有扩散管,直径为 50 mm,而发现的海绵碎状物直径较大为 200 mm 以上,排除了该碎状物由上游来的可能。而舌形填料密封完好,没有破损现象,所以该碎状物只能是施工时留下的密封填料。关于罐体几何尺寸:首先经过监理工程师、业主现场负责人及相关部门人员共同验收确认符合要求^[3],储罐安装完成经过基础沉降试验,浮盘安装完毕后经过升降试验并确认合格,有关数据可查证竣工资料。

3.3 日常运行管理

通过查找所有运行记录,大罐运行液位没有达到过安全液位 13.5 m,更没有达到过极限液位 14.2 m,最低运行液位是 2.0 m,日常运行一直在安全运行范围之内。但日常运行时油品的蒸气压一般是 75.3 kPa(52℃时,来油温度为 52℃),不能排除个别时间油品蒸气压严重超标的可能。

4 结论

通过大量分析,认为造成这次事故是综合因素作用的结果。主要原因是浮管式浮盘靠浮管提供浮力,浮管与介质接触,液面与铺板之间留有一定的油气挥发空间,单层的铺板因强度有限,在浮盘升降过程中,容易局部变形,铺板搭接处容易出现缝隙。因支柱与浮管连接,在介质带烃气化冲击时多次的浮盘起浮过程中,支柱的垂直度及水平位置均可能发生改变,造成封头与支柱连接处受到很大的拉应力,极易导致部分浮管封头拉裂进油,引起浮盘有所倾

斜。在某次上游来油蒸气压严重超标时,因填料密封的密封效果较好,在液面与铺板之间的气体达到一定压力,使浮盘不均匀上升,出现卡盘现象,在搭接不牢固处造成了铺板翻卷撕裂,气体压力得以释放,浮盘没有沉没又落回液面。

5 整改措施、实施过程及建议

为确保油田安全生产,经各方讨论,提出了如下整改措施:

- 厂家可先拆除密封橡胶带和浮盘,同时查明浮盘损坏的原因并继续取证。查明浮盘损坏真正原因后方可进行浮盘恢复安装作业;

- 施工人员进站前,要与甲方安全人员及时联系办理施工相关手续。进罐作业前,确定油罐内可燃气体及氧气含量都满足施工要求时,方可进入罐内施工。可燃气体检测仪由施工方提供;

- 组织浮盘恢复所需材料,并及时运到现场;

- 拆卸物的堆放要遵守牙哈装车站站内的有关规定,并保证施工完毕后清除污染、恢复地貌;

- 拆卸下来的密封橡胶带及填料由施工单位协助运输并处理;

- 施工过程中,施工单位派 HSE 监督人员到场进行全过程跟踪管理。

在具体实施过程中,又进行了一些改进:

- 考虑到这种结构的浮顶主要用于成品油罐,在凝析油罐中使用,应增加支柱的横向固定,防止支柱打滑,对部分支柱加以了支承固定。铺板搭接处加密了抽芯铆钉连接;

- 将舌形填料密封改为和 1 罐相同的舌形密封;

- 在更换完浮船做升降实验验收合格后,进油时速度有所控制,并且在运行时要求上游来油蒸气压应在合格范围内。

通过整改处理后,储罐于 2006 年 11 月投入运行,效果较好。

建议尽快制定凝析油生产与储运方面的国家标准。

参考文献:

- [1] GB 9053-1998 稳定轻烃[S].
- [2] GB 50341-2003 立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范[S].
- [3] GBJ 128-90 立式圆筒形钢制焊接油罐施工及验收规范[S].