

50000m³ 外浮顶罐密封系统改造分析

李 强¹ 于泽洋¹ 苗忠超² 尚煜森¹

(1. 山东港口日照港油品码头有限公司, 山东 日照 276800)

(2. 山东港口日照港山钢码头有限公司, 山东 日照 276800)

摘 要: 介绍了 50000m³ 外浮顶储罐的一次、二次密封以及刮蜡机构的工作原理, 分析对比了新型囊式密封与原有机机械式密封的优缺点; 依据设计规范 GB50341-2014 《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》对一次、二次密封结构进行了详细设计计算; 依据设计规范 SY/T0511.7-2010 《石油储罐附件: 重锤式刮蜡装置》重新校核了刮蜡机构。

关键词: 外浮顶储罐; 一二次密封; 刮蜡机构; 机械式; 囊式

1 背景

近年来, 我国发生多次大型浮顶储罐因为雷击造成起火事故, 其主要原因是浮顶和罐壁之间的密封连接处存有大量易燃油气, 当浮顶处于低液位时, 空气流通较差, 遇到高温、雷电等恶劣天气极易引发火灾。因此, 为了减少储液的蒸发损失、保证储液质量和安全、防止大气污染, 就必须合理设计浮顶与罐壁之间 200mm 环形空间的密封结构。

2 两种密封结构的简介

外浮顶罐的密封结构包含一次密封、二次密封和刮蜡机构。最为常见的一次密封形式主要有机械式密封和囊式密封, 这两种常用的密封形式都是依靠密封材料填塞在浮顶和罐壁之间的环形间隙而形成密封。主要区别在于所采用的密封材料和密封结构不同。

2.1 机械密封

由镀锌钢板制作的密封环板, 依靠机械力紧紧压在罐壁上, 使之能够在罐壁上自由滑动, 而又不产生间隙。机械臂可以自动将浮盘维系在储罐中心, 当浮盘出现偏离中心倾向时, 环形空间变窄方向的机械臂会增加对罐壁的压力, 从而调整浮盘中心位置。其优点是密封性能良好, 可以减少大约 60%~70% 的油气损失, 密封结构采用金属材质, 使用寿命长, 其缺点是非浸液式设计, 环形空间大, 容易造成油气积聚, 一旦泄漏, 危害巨大, 详见图 1。

2.2 囊式密封

在橡胶密封带内包裹聚氨酯泡沫, 在浮盘下部添加支撑板上部添加压板将囊式密封件弹性压缩在罐壁和浮顶的环形空间内。其优点是密封效果好, 并且聚

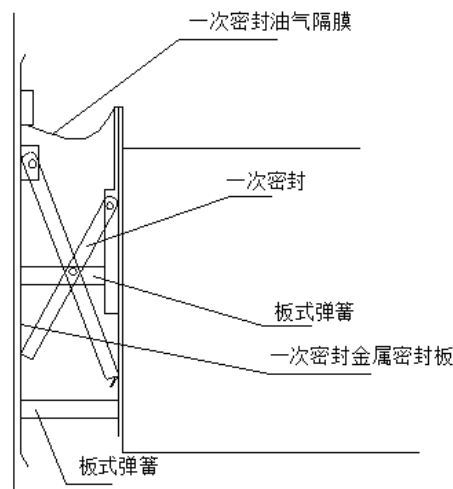


图 1 机械式密封结构

氨酯泡沫大量填充环形空间, 降低了油气积聚的可能性, 对罐壁的椭圆度、垂直度以及局部的凹凸度要求较低, 适用性较高, 不容易发生浮盘卡死现象。缺点是耐磨性差, 对罐壁光滑度要求高。

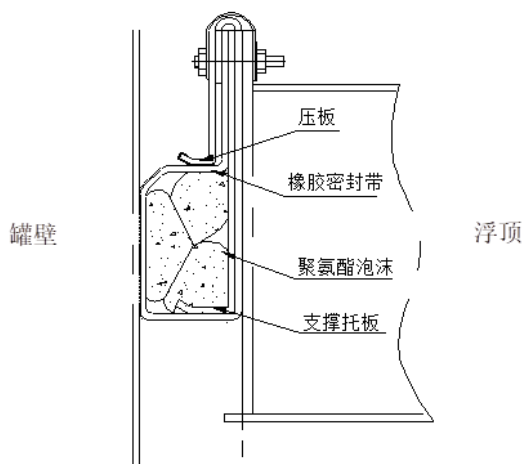


图2 囊式密封结构

3 一次密封改造的设计计算

3.1 囊式密封浸液深度的计算

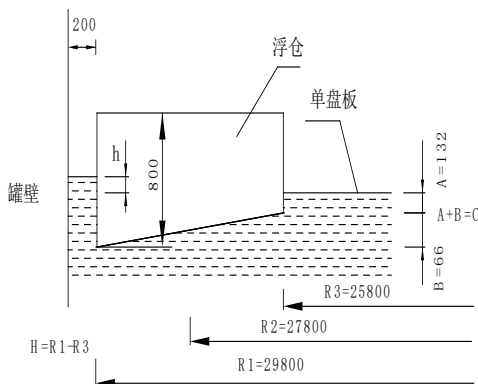


图3 囊式密封浸液深度示意图一

浮盘主要构成是浮仓和单盘板，然后再安装一二次密封、刮蜡机构、中央排水等结构，浮仓截面如图为梯形结构，单盘板搭焊在浮仓上，结构示意图3。更换密封后的浮顶必须保证储液淹没到单盘板，否则

油气积聚单盘板底部，当浮顶由于某种原因晃动时，油气携带部分油液从通气阀喷出，引发安全隐患。计算如表1所示。

$$F = \rho V_1 \quad (1)$$

$$V_1 = \frac{(A+C) \times H}{2} \cdot 2\pi R_2 \quad (2)$$

式中，F——刚好淹没单盘板处时浮仓提供的浮力，kg；

V_1 ——刚好淹没单盘板处时浮仓体积， m^3 ；

ρ ——5# 储罐油品密度， kg/m^3 。

5# 罐接收原油燃料油密度变化范围 870–950 kg/m^3 ，取 950 kg/m^3 。

$$F = \rho V_1 = 950 \times \frac{(132+198) \times 4000}{2} \times 2 \times \pi \times 27800 \times 10^{-9} = 109.5 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$F < G_1$$

所以储液可以淹没单盘板。

继续计算储液可以淹没浮顶的深度。

$$G_1 - F = \rho V_2 \quad (3)$$

$$V_2 = \pi R_1^2 h \quad (4)$$

式中， G_1 ——浮盘累计总质量，kg；

V_2 ——储液继续淹没浮顶的体积， m^3 ；

h ——储液继续淹没浮顶的深度，m。

$$h = \frac{G_1 - F}{\pi R_1^2 \rho} = \frac{206.7 - 109.5}{\pi \cdot 29.8^2 \times 950} \times 10^3 = 0.367 \text{ m}$$

$$h = 36.7 \text{ mm}$$

囊式密封设计须满足浸液深度不小于 30mm，所以综合考虑各种工况，油品密度变化，设计囊式密封

表1 浮盘各组件质量统计

名称	单质 /kg	数量	总质量 /kg
浮顶	-	-	186012
紧急排水装置	175	3	525
通气阀	92.97	7	650.79
边缘呼吸阀	58.77	3	176.31
船舱人孔	20.84	32	666.88
单盘人孔	90.85	3	272.55
泡沫挡板	-	-	5598.5
中央集水坑	-	-	436.64
集水坑	-	-	289.84
一次机械密封	-	-	4500
二次密封	-	-	2827
刮蜡机构	-	-	4712
G1 浮盘累计总质量 /kg		206667.51	

