



## 储油罐的变位识别与罐容表的标定

廖 嘉, 谢中华, 刘寅立  
(天津科技大学理学院, 天津 300457)

**摘 要:** 为解决加油站的地下储油罐在使用一段时间后, 由于地基的变形会导致无法根据预先标定的罐容表计算储油罐内油量容积的问题, 研究如何识别储油罐变位以及对罐容表的重新标定的问题. 得到储油罐的总油量与油标高度、纵向偏转角、横向偏转角之间的关系模型. 利用该模型可根据加油站的出油量以及对应的油标高度来识别储油罐的变位, 同时给出变位后的罐容表.

**关键词:** 变位识别; 罐容表标定; 储油罐

中图分类号: TE972 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2011)03-0032-04

### Confirmation of Oil Tank Shift and Calibration Calculation of Oil Tank Volume

LIAO Jia, XIE Zhong-hua, LIU Yin-li

(College of Science, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

**Abstract:** In order to solve the problem that the calculation of oil tank volume must be calibrated periodically because an oil tank shift for the foundation deformation, the function relation between oil volume, altitude, direction deflection angle, transverse direction deflection angle is given out. The shift parameter can be found with the model and data of oil volume. The new calculation of oil tank volume can be firmmed after tank shift.

**Keywords:** shift confirm; calibration calculation of volume; oil tank

储油罐是储存油品的容器, 加油站通常都有若干个储存燃油的地下储油罐, 并且一般都有与之配套的“油位计量管理系统”, 利用流量计和油位计来测量进(出)油量与罐内油位高度等数据, 通过预先标定的罐容表(即罐内油位高度与储油量的对应关系)进行实时计算, 就可以得知罐内油位高度和储油量的变化情况, 从而决定是否添加油<sup>[1]</sup>.

地下储油罐多为卧式储油罐, 其主体大致为方形、圆柱形和椭圆柱形, 其顶板大致分为: 平顶、锥顶、球缺顶等<sup>[2-3]</sup>, 其中方形主体和平顶、锥顶的油罐其体积较易计算. 本文主要讨论更为实用的主体为圆柱体, 两端为球冠体的储油罐. 罐体没有变位之前, 油位探针测得的油位高度为各个截面的实际高度, 通过罐体外标注的罐容表就可以得出罐内油量的容积(见图 1). 许多储油罐在使用一段时间后, 由于地基变形等原因, 使罐体的位置发生纵向倾斜(见图

2)和横向偏转(见图 3)等变化, 罐内油位的高度在不同的截面具有不同的高度. 此时再利用油位探针测得的油位高度就无法估量出罐内油量的真实容积, 从而导致罐容表发生改变, 无法根据原来标定的罐容表进行正确的估计. 因此, 需要重新建立数学模型, 定期对罐容表进行重新标定<sup>[4-5]</sup>.

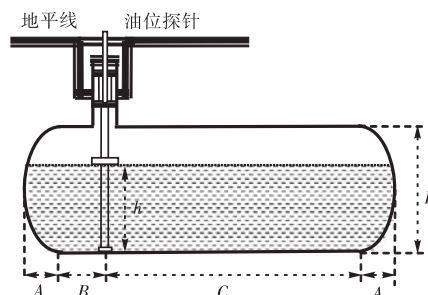


图 1 储油罐正面示意图

Fig.1 Front schematic diagram of the oil tank

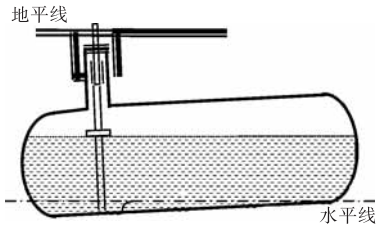
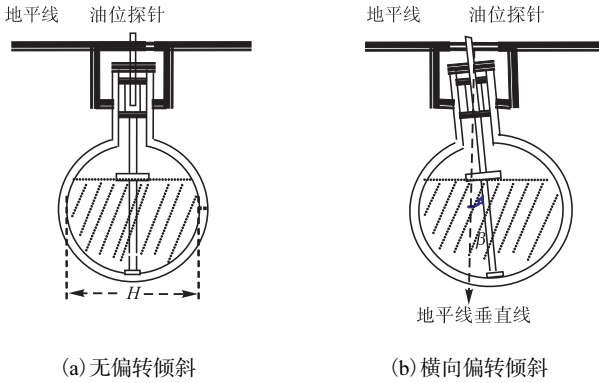


图2 储油罐纵向倾斜变位后示意图

Fig.2 Schematic diagram of longitudinal deflection



(a) 无偏转倾斜

(b) 横向偏转倾斜

图3 储油罐截面示意图

Fig.3 Section schematic diagram of the oil tank

本文将倾斜后罐体内的油量分为罐左(球冠)  $V_l$ 、罐中(柱体)  $V_m$ 、罐右(球冠)  $V_r$  三部分考虑, 分割情况见图 4. 在空间直角坐标系中, 建立曲面方程, 利用微元法求出各部分油的体积, 然后再考虑横向偏转对测量高度的影响. 最后得到储罐的总油量  $V$  与同时存在纵向与横向偏转时油标高度  $h'$ 、纵向偏转角  $\alpha$ 、横向偏转角  $\beta$  之间的关系模型  $V = V(h', \alpha, \beta)$ .

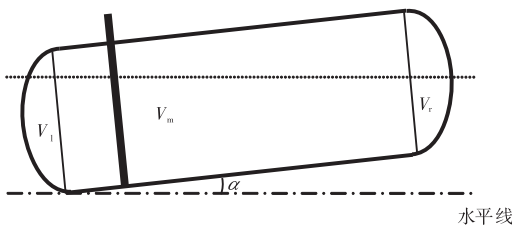


图4 储油罐分割示意图

Fig.4 Segmentation schematic diagram of the oil tank

### 1 纵向偏转

首先考虑只有纵向偏转角  $\alpha$  时, 储油罐的总油量  $V$  与只有纵向偏转时油标高度  $h$ 、纵向偏转角  $\alpha$  之间的关系模型  $V = V(h, \alpha)$ .

#### 1.1 中间圆柱形罐体的油量

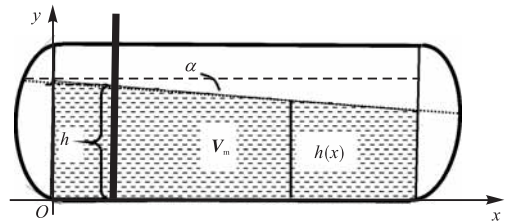
建立空间直角坐标系,  $xOy$  平面如图 5(a) 所示,

$z$  轴垂直于  $xOy$  平面并满足右手系法则. 罐体中间部分为一圆柱面, 其方程为

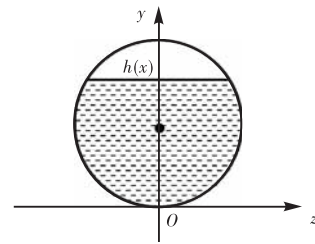
$$\left(y - \frac{H}{2}\right)^2 + z^2 = \frac{H^2}{4}$$

当油量适中时 ( $C \tan \alpha < h \leq H - B \tan \alpha$ ), 在任意一点  $x$  处 ( $0 \leq x \leq B + C$ ) 对应的油面高度为  $h(x) = h - (x - B) \tan \alpha$ , 在该点处用垂直于  $x$  轴的平面截该部分罐体, 所得图形见图 5(b). 因此罐中间部分油量

$$V_{m2} = \int_0^{B+C} dx \int_0^{h-(x-B)\tan\alpha} 2\sqrt{\frac{H^2}{4} - \left(y - \frac{H}{2}\right)^2} dy \quad (1)$$



(a) 纵向截面图



(b) 横向截面图

图5 储油罐中间部分示意图

Fig.5 Middle part schematic diagram of the oil tank

当油量过少时 ( $0 < h \leq C \tan \alpha$ ), 修改式 (1) 外层积分的积分上限, 此时罐中间部分油量 (见图 6(a))

$$V_{m1} = \int_0^{h \cot \alpha} dx \int_0^{h-(x-B)\tan\alpha} 2\sqrt{\frac{H^2}{4} - \left(y - \frac{H}{2}\right)^2} dy \quad (2)$$

同理, 当油量过多时 ( $H - B \tan \alpha < h < H$ ), 罐中间部分油量 (见图 6(b))

$$V_{m3} = \frac{\pi H^2}{4} [B - (H - h) \cot \alpha] + \int_{B-(H-h)\cot\alpha}^{B+C} dx \int_0^{h-(x-B)\tan\alpha} 2\sqrt{\frac{H^2}{4} - \left(y - \frac{H}{2}\right)^2} dy \quad (3)$$

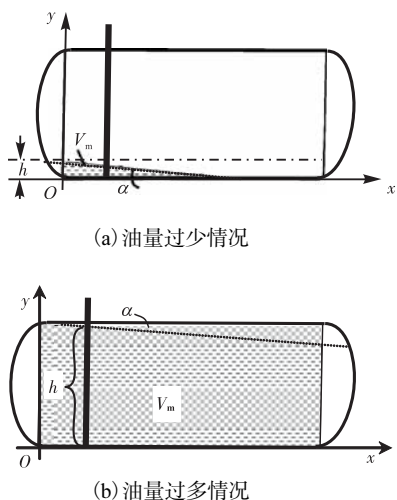


图6 储油罐油量过少、极多情况示意图

Fig.6 Schematic diagram of oil tank with too little or too much oil

1.2 两端球冠形罐体的油量

将原空间直角坐标系的  $x'Oy'$  平面绕  $z$  轴顺时针旋转  $\alpha$  角,如图 7(a)所示,  $z$  轴垂直于  $xOy$  平面并满足右手系法则. 由球冠尺寸可得球面半径  $R = \frac{A}{2} + \frac{H^2}{8A}$ , 球心在  $xOy$  平面内的坐标为  $(x_0, y_0) = (R - A, \frac{H}{2}) \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}$ , 因此球面方程为  $(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + z^2 = R^2$ . 原  $y'Oz'$  平面在新坐标系下方程为  $y = -x \cot \alpha$ .

在任意一点  $y$  处 ( $0 \leq y \leq H \cos \alpha$ ) 用垂直于  $y$  轴的平面截该部分罐体所得图形见图 7(b). 因此左球冠罐部分油量

$$V_1 = \int_0^{h \cos \alpha + B \sin \alpha} dy \cdot \int_{x_0 - \sqrt{R^2 - (y - y_0)^2}}^{-y \tan \alpha} 2\sqrt{R^2 - (x - x_0)^2 - (y - y_0)^2} dx \quad (4)$$

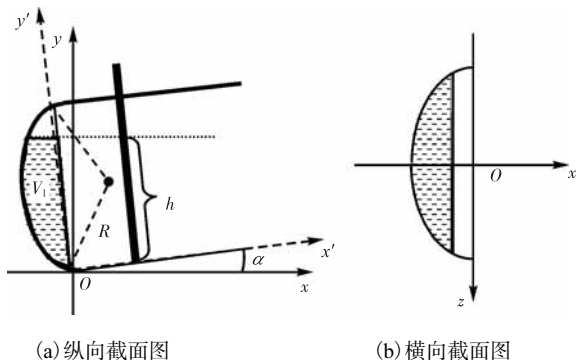


图7 储油罐左球冠部分示意图

Fig.7 Schematic diagram of left ball crown of the oil tank

同理, 将原空间直角坐标系原点  $O'$  沿  $x'$  轴向右平移  $B+C$ , 再将  $x'Oy'$  平面绕  $z$  轴顺时针旋转  $\alpha$  角, 如图 8 所示,  $z$  轴垂直于  $xOy$  平面并满足右手系法则. 因此右球冠罐部分油量

$$V_r = \int_0^{h \cos \alpha - C \sin \alpha} dy \cdot \int_{-y \tan \alpha}^{x_0 + \sqrt{R^2 - (y - y_0)^2}} 2\sqrt{R^2 - (x - x_0)^2 - (y - y_0)^2} dx \quad (5)$$

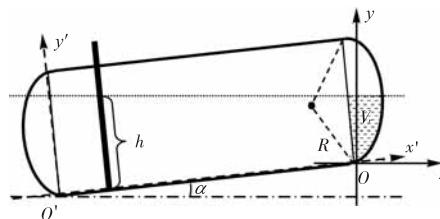


图8 储油罐右球冠部分示意图

Fig.8 Schematic diagram of right ball crown of the oil tank

2 横向偏转

在纵向偏转基础上, 考虑横向偏转角  $\beta$  对油位计读数的影响. 记有横向偏转角  $\beta$  时油位计读数为  $h'$ , 无横向偏转时油位计读数为  $h$ . 如图 9 所示. 显然有

$$\cos \beta = \frac{h - \frac{H}{2}}{h' - \frac{H}{2}}$$

因此

$$h = \cos \beta \times (h' - \frac{H}{2}) + \frac{H}{2} \quad (6)$$

将式(6)代入式(1)~(5)中, 得到的即是同时考虑横向偏转与纵向偏转的储油量与油位高度及变位参数之间关系的数学模型.

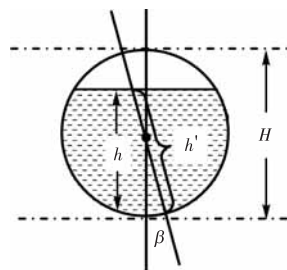


图9 横向变位示意图

Fig.9 Schematic diagram of transverse deflection

3 储油罐总油量模型

当油量过少时 ( $0 < h \leq C \tan \alpha$ )

$$V = V_1 + V_{m1}$$

当油量适中时 ( $C \tan \alpha < h \leq H - B \tan \alpha$ )

$$V = V_1 + V_{m2} + V_r$$

当油量过多时 ( $H - B \tan \alpha < h < H$ )

$$V = V_1 + V_{m3} + V_r$$

从上述模型中可以看出,给出油罐的尺寸后,储油罐总油量  $V$  即为油标高度  $h'$ 、纵向偏转角  $\alpha$ 、横向偏转角  $\beta$  的函数。加油站只需记录各个时刻的进(出)油量和对应的油标高度,即可利用该模型计算出  $\Delta V$  与实际进(出)油量拟合得到变位参数  $(\alpha, \beta)$ 。进一步由该模型在参数  $(\alpha, \beta)$  下给出新的罐容表。

## 4 结 语

加油站的地下储油罐一般都有与之配套的“油位计量管理系统”,利用流量计和油位计来测量进(出)油量与罐内油位高度等数据。罐体没有变位之前,油位探针测得的油位高度为各个截面的实际高度,通过罐体外标注的罐容表就可以得出罐内油量的容积。当

储油罐位置发生纵向倾斜和横向偏转等变化时,再利用油位探针测得的油位高度就无法估量出罐内油量的真实容积。

本文对常见储油罐的油量建立了数学模型,得到了储油罐的总油量与油标高度、纵向偏转角、横向偏转角之间的关系。利用测量到的进(出)油量与罐内油位高度等数据可以检测出油罐是否发生了变位,同时给出变位参数,定期对罐容表进行重新标定。

## 参考文献:

- [1] 付昶林. 倾斜油罐容量的计算[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 1981(2): 43-52.
- [2] 孙发金. 卧式油罐容积检定计算疑难点的探讨[J]. 石油商技, 2000, 18(5): 20-24.
- [3] 李致荣. 椭圆柱型卧式油罐容积的计算[J]. 数学的实践与认识, 1977(2): 17-26.
- [4] 夏伟伟, 王国栋. 埋地油罐容积标定系统的设计与应用[J]. 临沂师范学院学报, 2007(3): 31-33.
- [5] 王乃和. 卧式筒形罐容积表的编制[J]. 石油工程建设, 1994(2): 53-55.

(上接第 28 页)

## 3 结 论

经超声波细胞粉碎机处理后的 BC 悬浮液的加入,一定程度上可以提高水凝胶的强度和熔点,SEM 结果表明凝胶网络交联点增多;AA 的加入使凝胶强度减小,熔点降低,但溶胀性能明显上升,且赋予水凝胶一定的 pH 敏感性。综合考虑,BC 添加量为 4%,AA 添加量为 8%时,水凝胶的综合性能最优。

## 参考文献:

- [1] Peppas N A. Turbidimetric studies of aqueous poly(vinyl alcohol) solutions[J]. Die Makromolekulare Chemie, 1975, 176(11): 3433-3440.
- [2] Yokoyama F, Masada I, Shimamura K, et al. Morphology and structure of highly elastic poly(vinyl alcohol) hydrogel prepared by repeated freezing-and-melting[J]. Colloid & Polymer Science, 1986, 264: 595-601.
- [3] 秀兴敏. 环境敏感水凝胶的溶胀动力学理论及药物释放动力学研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2007.
- [4] 白渝平, 杨荣杰, 李建民, 等. PVA-PAA IPN 水凝胶的制备及其溶胀性质研究[J]. 高分子材料科学与工程, 2002, 18(1): 98-101.
- [5] Eichhorn S J, Baillie C A, Zafeiropoulos N, et al. Review: Current international research into cellulosic fibres and composites[J]. Journal of Materials Science, 2001, 36(7): 2107-2131.
- [6] 刘四新, 李从发. 细菌纤维素[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2007.
- [7] Seo D C, Torabi M R, Blair E H, et al. A cross-validation of safety climate scale using confirmatory factor analytic approach[J]. Journal of Safety Research, 2004, 35(4): 427-445.