

两端平头圆柱体储油罐变位识别与罐容标定

王文发^{1,3}, 李竹林^{1,3}, 许淳^{1,3}, 李红达²

1. 延安大学 计算机学院, 陕西 延安 716000;
2. 中国科学院软件研究所信息安全国家重点实验室, 北京 100080;
3. 延安大学 软件研究与开发中心, 陕西 延安 716000)

摘要: 由于受地基变形等原因影响, 使储油罐罐体的位置产生纵向倾斜和横向偏转等变化, 从而导致罐容表读取数据和实际数据偏差很大。为了解决由于储油罐变位而导致的罐容表计量误差问题, 采用了基于体积计算的微元法对两端平头圆柱体储油罐变位后的识别及变位后罐内油量进行重新标定, 建立了相应的变位识别模型和储油罐在水平和倾斜放置时的罐容标定计算公式, 并结合储油罐的变位特征, 给出了模型适用范围的计算公式和模型的具体求解步骤, 最后通过具体实例对模型进行了检验。检验结果验证了模型的正确性和可行性。

关键词: 变位; 识别; 罐容; 标定; 模型

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2012)06-0195-03

Deformation Identifying and Capacity Calibrating of Cylindrical Oil Tank with Two Flat Ends

WANG Wen-fa^{1,3}, LI Zhu-lin^{1,3}, XU Chun^{1,3}, LI Hong-da²

1. Department of Computer Science, Yan'an University, Yan'an 716000, China;
2. State Key Lab of Info. Security, Institute of Software, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China;
3. Software Research and Development Center, Yan'an University, Yan'an 716000, China)

Abstract: Due to influence of foundation deformation, the oil tank position can change longitudinal tilt and lateral deflection, lead to exist large deviation between the read data and actual data of storage oil. In order to solve the error problem, adopt the identifying technology of infinitesimal method based on the calculation of the volume and calibrating the tank volume after changing position, establish the corresponding calibration model and tank capacity calibration formula, give the model solution steps by the features of changing position. Finally, the model is tested through the examples, the test results have confirmed the correctness and the feasibility of the model.

Key words: deformation; identification; tank capacity; calibration; model

0 引言

采油厂、炼油厂、集输站等石油企业都有很多不同形状、不同型号的地下储油罐, 同时都有与之配套的油位计量管理系统^[1-3]。在储油罐不发生变位的理想状况下, 通过储油罐出厂时预先标定的罐容表(即罐内油位高度与罐内储油量之间的对应关系)进行实时计算, 即可得到储油罐罐内油位高度和储油量的变化情况。但实际情况是, 储油罐在安装时很难做到理想状况, 特别是使用一段时间后, 由于温度变化、地基变形等原因, 使罐体的位置产生纵向倾斜和横向偏转等变

化(称为变位), 导致罐容表读取数据和实际数据不吻合, 甚至偏差很大, 造成计量误差。因此定期对储油罐的变位情况进行识别, 及时对罐容表进行重新标定是非常重要的^[4-6]。

文中对两端平头的圆柱体储油罐变位后罐内油量进行重新标定, 给出储油罐在水平和倾斜放置时的罐容标定公式, 建立相应的标定模型及其解法步骤, 并依据实际数据对模型进行检验。

1 问题分析

该问题的本质是当储油罐发生变位后如何重新标定罐内油量与油位探针之间的对应关系, 显然对于一个储油罐而言, 变位前后的罐内储油量是不发生变化的。因此, 解决问题的关键首先是如何计算储油罐在未发生变位情况下的罐内储油量与油位探针指示高度

收稿日期: 2011-11-20; 修回日期: 2012-02-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60970139); 陕西省自然科学基金基础计划项目(2009JM8004-7)

作者简介: 王文发(1968-), 男, 硕士, 副教授, 中国计算机学会高级会员, 主要研究领域为算法分析设计与数学建模。

间的关系^[7-9],然后根据储油罐出厂时预先标定的罐容表对储油罐在未发生变位情况下;罐内储油量与油位探针指示高度间的关系进行调整,使其尽可能接近真实值,最后根据变位前的油位探针指示高度与变位后的油位探针指示高度、纵向倾斜角和横向偏转角间的对应关系,对变位后的储油罐罐内油量与油位探针指示高度进行重新标定。

2 模型建立

确定油罐无变位时油罐储油量与罐内油位高度之间的关系,当罐体无变位时,罐内储油量的体积形状是规则的,如图 1、图 2 所示。

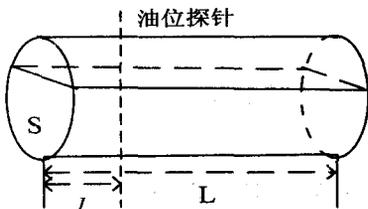


图 1 两端平头的圆柱体未变位示意图

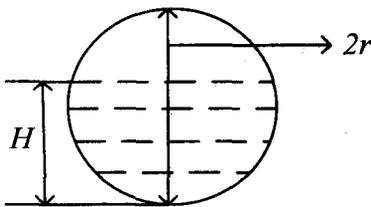


图 2 两端平头的圆柱体截面示意图

首先计算两端平头圆柱体储油罐罐内所储油量对应的体积,建立如图 3 所示的坐标系。

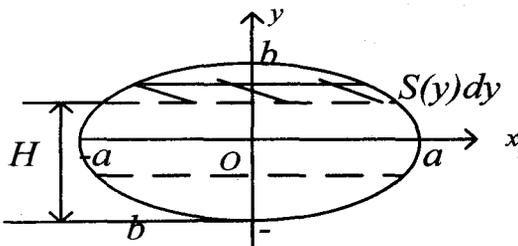


图 3 椭圆柱体截面坐标示意图

根据积分的概念并结合图 3,有体积元素: $dV = S(y) dy$, 其中 $S(y) dy$ 表示垂直于 xoy 平面的截面来切割两端平头圆柱体; $S(y) = 2xL$

由椭圆标准方程: $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ 得, $x = \frac{a}{b} \sqrt{b^2 - y^2}$

于是就有两端平头圆柱体罐内油量 V , 就等于在油罐长度 L 上给油的横截面积 S 积分, 如下所示:

$$V = SL = L \int_{-b}^{H-b} 2a \sqrt{1 - \frac{y^2}{b^2}} dy$$

$$= \frac{2aL}{b} \int_{-b}^{H-b} \sqrt{b^2 - y^2} dy$$

$$= \frac{aL}{b} \left[(H-b) \sqrt{2bH - H^2} + b^2 \arcsin \frac{H-b}{b} + \frac{\pi b^2}{2} \right] \quad (1)$$

圆是椭圆的一种特殊形式, 因此可将 (1) 式中的 a, b 分别用圆半径 r 替换后就可得到两端平头圆柱体罐内油量 V 的计算公式:

$$V = SL = L \int_{-r}^{H-r} 2r \sqrt{1 - \frac{y^2}{r^2}} dy$$

$$= 2L \int_{-r}^{H-r} \sqrt{r^2 - y^2} dy$$

$$= L \left[(H-r) \sqrt{2rH - H^2} + r^2 \arcsin \frac{H-r}{r} + \frac{\pi r^2}{2} \right] \quad (2)$$

由于上式关于储油罐罐内油量的计算是严格按照规则几何图形计算的, 而实际中储油罐不可能是完全标准的几何图形, 因此需要对其进行必要的修正, 设储油罐出厂时在油位探针高度为 H 时的罐内油量标定为 V' , 则调整后的罐内油量计算公式为:

$$V'' = V + f(H) \quad (3)$$

其中 $f(H)$ 为罐内储油量的实际值与理论值之差, 是关于油位探针指示读数的函数, 实际中, 可以将 H 按照一定的变化高度 (如 0.1cm), 通过计算 V 与 V' 的差值得到 H 与 $f(H)$ 的调整表。

实际上, 两端平头圆柱体储油罐变位不仅要考虑储油罐的纵向倾斜, 也要考虑发生横向转动, 首先考虑储油罐纵向倾斜的情况, 如图 4 所示。

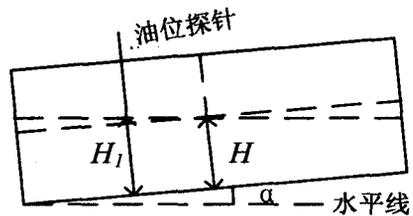


图 4 两端平头的圆柱体纵向变位截面图容易得出 H_1 与 H 的关系式为: $H_1 - H = \tan(\alpha)(L/2 - l)$ 。整理得:

$$H = H_1 - \tan(\alpha)(L/2 - l) \quad (4)$$

其次考虑两端平头圆柱体储油罐在发生纵向转动后又发生横向转动的情况, 如图 5 所示。

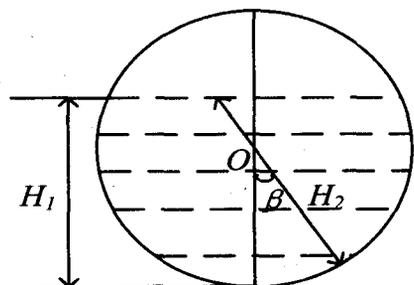


图 5 两端平头的圆柱体横向截面示意图

由于当两端平头圆柱体储油罐发生横向转动时,罐内油面高度不会发生变化,因此可得 H_1 和 H_2 之间的关系式,

$\frac{H_1 - r}{H_2 - r} = \cos(\beta)$, 整理得:

$$H_1 = (H_2 - r)\cos(\beta) + r \quad (5)$$

将(5)式带入(4)式得:

$$H = (H_2 - r)\cos(\beta) + r - (L/2 - l)\tan(\alpha) \quad (6)$$

将(6)、(2)式带入(3)式得到两端平头圆柱体储油罐变位后罐内油量与油位探针指示高度的标定模型,即:

$$V = L \left[(H_2 - r)\cos(\beta) - (L/2 - l)\tan(\alpha) \right] \cdot \left\{ 2r \left[(H_2 - r)\cos(\beta) + r - (L/2 - l)\tan(\alpha) \right] - \left[(H_2 - r)\cos(\beta) + r - (L/2 - l)\tan(\alpha) \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} + r^2 \arcsin\left(\frac{(H_2 - r)\cos(\beta) - (L/2 - l)\tan(\alpha)}{r}\right) + \frac{\pi r^2}{2} \quad (7)$$

对于(7)的标定模型,其关键是如何确定纵向倾角 α 和横向转动角 β , 下面给出确定 α, β 的具体实现方法:

- 1) 获取每次实际进、出油量 V_i 和油位探针高度 $H_i, i = 1, 2, \dots, n$;
- 2) 计算得到实际储油量的改变量 $\Delta V_i = F(\alpha, \beta, H_i) - F(\alpha, \beta, H_{i-1})$;
- 3) 则解决该问题就归结为解非线性最小二乘问题^[10-13], 即:

$$\min S(\alpha, \beta) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta V_i}{\Delta H_i} - \frac{\Delta V_i^*}{\Delta H_i^*} \right)^2$$

对于上面给出的标定模型,只要能够确定出 α, β , 即可用(6)式和(7)式之间的关系,确定出 H_2 和 V 的对应关系,实现储油罐变位后的重新标定。

不过(7)式的成立是有条件的,下面给出(7)成立的范围,如图 5、图 6 所示。

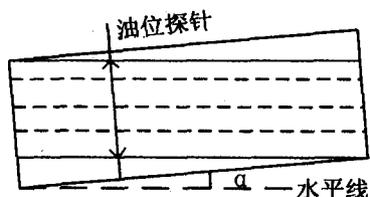


图 6 两端平头圆柱体储油罐变位截面图

容易证明,(7)式成立的条件必须满足两端平头的圆柱体储油罐罐内储油量高于等于下红线指示高度且低于等于上红线指示高度,即: $H_1 \in [(L - l)\tan(\alpha), 2r - l\tan(\alpha)]$, 将该式与(5)式联立,即可得到(7)式成立的条件为:

$$H_2 \in \left[\frac{(L - l)\tan(\alpha) - r(1 - \cos(\beta))}{\cos(\beta)}, \dots \right]$$

$$\left. \frac{r(1 + \cos(\beta)) - l\tan(\alpha)}{\cos(\beta)} \right]$$

3 实现步骤

对两端平头的圆柱体储油罐变位实现重新标定的具体步骤如下:

1) 根据油罐出厂时所标定的罐内油位高度与罐内储油量之间的对应关系,确定出储油罐的调整表,即 $f(H)$ 与 H 的对应表;

2) 获取储油罐进、出油量 ΔV 及 ΔH_1 或 ΔH_2 , 然后依据关系式 $\min S(\alpha, \beta) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta V_i}{\Delta H_i} - \frac{\Delta V_i^*}{\Delta H_i^*} \right)^2$, 按照非线性最小二乘法确定出满足要求的纵向倾斜角 α 和横向偏转角 β ;

3) 依据前面所建立的储油罐变位后罐内油量重新标定模型(已知纵向倾斜角 α 和横向偏转角 β 、储油罐油位探针 H_1 或 H_2 、 H 与 H_1 或 H_2 的对应关系、第一步所得到的 $f(H)$ 与 H 的对应关系)实现对变位油罐罐内油量的重新标定。

4 模型检验

通过将某采油厂 180 个两端平头的圆柱体储油罐变位前后罐容的实际测量数据与模型理论计算值进行比较和分析表明:重新标定前,当 h 较小时误差较大,接近 9.5%;当 h 较大时误差较小,误差范围在 2.47% 到 4.76% 左右;重新标定后,相对误差在 0.26% 到 0.71% 范围内,平均误差为 0.48%。因此,文中的重新标定方法确实提高了两端平头圆柱体储油罐变位后罐容表标定值的精度。

5 结束语

文中从实际应用入手,对两端平头的圆柱体储油罐变位后罐内油量进行重新标定,建立相应的标定模型,给出了储油罐在水平和倾斜放置时的罐容标定公式。结合实例通过实际数据对模型进行检验,检验结果验证了模型的正确性和应用价值。

参考文献:

- [1] 祝英杰,陶翠,王森,等. 储油罐的变位识别与罐容表标定[J]. 长春大学学报,2011,21(2):55-58.
- [2] 凌佳. 定积分在储油罐的变位识别与罐容表标定中的应用[J]. 牡丹江大学学报,2011,20(4):119-121.
- [3] 刘田,汪锐,陶瑞,等. 储油罐的变位识别与罐容表标定[J]. 四川兵工学报,2011,32(2):65-68.
- [4] 侯超钧,陈新明,黄伟胜,等. 倾斜带封头卧式储油罐的罐容标定[J]. 贵州师范大学学报,2011,29(2):94-98.

(1)文中在构建决策树以及分类时,使用到的信息只是高光谱遥感影像的光谱信息(即灰度)。在进一步研究中,可以加入其它信息,如:纹理特征、波段间相互关系等;要充分发挥决策树优势,加入地理信息、DEM 等高程的、属性的特征作为分类参考。

(2)高光谱影像所包含的信息非常丰富,具有识别更多地物、将地物大类再细化的能力。文中由于辅助资料的不足以及主要目的是探索是否可以将决策树算法应用于高光谱遥感影像所以未设定过多的类别。在今后的研究和实际应用之中,根据需要可以设定更多的类别,或将大类别继续细化以体现出高光谱遥感影像的优势。

(3)文中所包括的试验在构建决策树时,选用最佳阈值只考虑了当前的节点分类情况,不妨称为当前节点的最佳阈值(局部最优)。在进一步研究中,加入当前节点的所有子节点及孙节点的整体分类情况,研究其确定代价,选择整棵决策树的最佳阈值(全局最优);文中所在寻找最佳阈值时,仅用交点对应的两个类别在特征空间中的均值和标准差($\mu_1, \mu_2, \sigma_1, \sigma_2$)的几何运算即作为评价标准。该标准只能体现该阈值对当前两个类别的影响,未考虑对其它待区分类别的影响。归一化的正态曲线在范围上,总的覆盖面积是 1。所以,在进一步研究中,可以考虑以阈值对应的所有类别的交叉面积值(即重叠区域面积)作为阈值性能评价标准。当前阈值对应的所有类别交叉面积总和越小,就能表明其越适合做最佳阈值。

(4)文中只用了 45 个波段参与试验,今后可以用包含波段数更多的影像进行试验以检验决策树波段选择和分类的能力。

(5)可以同时考虑基于信息量和类间可分性的波段选择方法,优化决策树的决策规则设定,获取更高的

分类精度和效率。

参考文献:

[1] 王大鹏,王周龙,崔青春,等. 基于决策树的龙口市土地利用/覆盖分类研究[J]. 水土保持研究,2007,8(4):250-252.

[2] 边肇祺. 模式识别[M]. 北京:清华大学出版社,1998.

[3] Sreerama K M, Steven S, Simon K. A system for induction of oblique decision trees[J]. Artificial Intelligence Research, 1994(2):1-33.

[4] 李爽,张二勋. 基于决策树的遥感影像分类方法研究[J]. 地域研究与开发,2003,2(1):17-21.

[5] Muchoney D, Borak J, Chi C, et al. Application of the MODIS global supervised classification model to vegetation and land cover mapping of central America[J]. International Journal of Remote Sensing, 2000,21(6):1115-1138.

[6] 李爽,丁圣彦,钱乐祥. 决策树分类法及其在土地覆盖分类中的应用[J]. 地感技术与应用,2002,2(1):6-11.

[7] 周成虎,骆剑承,杨晓梅,等. 遥感影像地学理解与分析[M]. 北京:科学出版社,1999.

[8] 闫培洁,于子凡,王勇军. 基于遥感影像光谱信息的二叉决策分类树自动生成方法研究[J]. 测绘科学,2009,34(6):184-186.

[9] 于子凡,林宗坚. 遥感影像分类的一种二叉决策树自动生成方法[J]. 测绘信息与工程,2006,31(4):42-44.

[10] 陈锡康. 经济数学方法与模型[M]. 北京:中国财政经济出版社,1982.

[11] 罗来平,宫辉力,赵文吉,等. 遥感图像决策树分类器研究与实现[J]. 遥感信息,2006(3):13-15.

[12] 于子凡. 面向地物目标的中分辨率遥感影像信息提取研究[D]. 武汉:武汉大学,2007.

[13] Patterson A, Niblett T. ACLS user manual[M]. Glasgow: Intelligent Terminals Ltd, 1983:35-44.

(上接第 197 页)

[5] 杨德志,扈玉莲. 储油罐的纵向变位识别与罐容表标定[J]. 赤峰学院学报,2011,27(2):19-22.

[6] 郜欣春,王申重. 储油罐发生纵向倾斜时罐容表的重新标定[J]. 河南科学,2011,29(3):354-356.

[7] 伍人瞰. 关于储油罐内液体数量的技术分析[J]. 广州化工,2011,39(7):144-146.

[8] 王妍玲,李明. 椭圆形封头卧式贮罐液位与容积对应关系的建立[J]. 齐齐哈尔大学学报,2002,18(1):88-90.

[9] 任永良,高胜,张瑞杰,等. 基于 GeoMedia 的油田注水系统建模软件设计[J]. 计算机技术与发展,2007,17(9):231-233.

[10] 肖甫,王汝传,孙力娟. 多关联性虚拟现实系统的设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2009,19(12):36-39.

[11] Teng Yingyan, Zheng Junsheng, Gao Zhijun. Design and Implementation of Interactive 3D Scenes Based on Virtools [C]//2009 International Forum on Computer Science-Technology and Applications. [s. l.]:[s. n.], 2009:87-89.

[12] Li Jizu, Zhang Shaohong. Application of Virtual Reality Technologies to the Simulation of Coal Miners Safety Behaviors [C]//Open-source Software for Scientific Computation (OS-SC). Guiyang, China: [s. n.], 2009:60-62.

[13] Li Xunxiang, Li Anding, Chen Dingfang. Research on Distributed Multi-screen Display Technique Based on Virtools [C]// Proceedings of 7th International Conference on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design. [s. l.]: IEEE Press, 2006:756-761.