

文章编号:1000 - 4416(2001)01 - 0071 - 03

卧式储罐储液体积的计算^{*}

焦 伟

(中国市政工程华北设计研究院,天津 30074)

摘要:介绍了应用辛卜森公式计算椭圆形封头卧式储罐内液态物质体积的方法。

关键词:椭圆形封头卧式储罐;辛卜森公式;体积;圆弧弓形

中图分类号: TU996.71

文献标识码: B

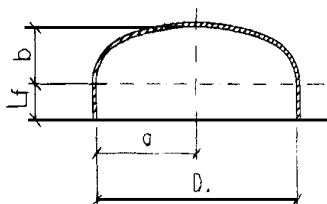
1 引 言

椭圆形封头卧式储罐在石油化工和城市燃气行业有着广泛的应用,多用于储存 LPG 等液态物质。由于有的被储存物质如 LPG 等具有很强的气化性,在相关规范和操作规程中,都明确规定了储罐储存这类液体的允许充装量。因此,储罐储液体积的计算至关重要,关系到安全运行的问题。本文利用解析几何和辛卜森公式推导出一种依据储液高度,计算椭圆形封头卧式储罐内储液体积的方法,其误差小于总体积的 1 %。

2 卧式储罐储液截面的解析

2.1 椭圆形封头卧式储罐的结构特点

按现行行业标准《椭圆形封头》JB/T 4737 - 95,以内径为公称直径的封头,其型式和尺寸规定如图 1。



D—封头的内径(即储罐内径),m;a—封头的半径,m;
b—封头的曲面高度($b = D/4$),m; L_f —封头的直边长度,m

图 1 椭圆形封头结构

椭圆形封头卧式储罐(以下简称卧罐)见图 2,其几何容积由圆筒部分容积 V_t 和封头部分容积 V_f 两部分组成。用卧罐储存液体时,储液体积也由圆筒部分储液体积和封头部分的储液体积相加而得。

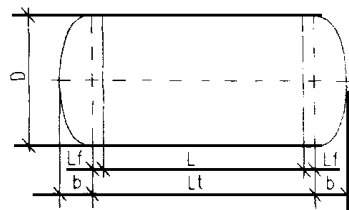


图 2 卧式储罐储液体积的组成

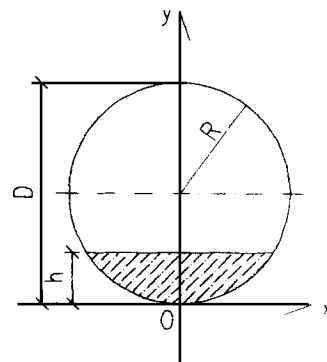


图 3 圆筒部分储液截面图

2.2 卧罐圆筒部分储液截面的解析

圆筒的横截面为一圆形(见图 3),其储液的水平面截圆形一部分,构成一圆弧弓形。将圆形置于如图 3 的 XY 坐标系中,则其标准方程为:

$$x^2 + (y - R)^2 = R^2$$

整理得:

$$x = \sqrt{2yR - y^2}$$

* 收稿日期:2000 - 07 - 04

作者简介:焦 伟(1967 -),男,天津市人,大本,工程师,从事燃气工程设计工作。

式中: y - 为储液面所割得的圆弧弓形的高(液面高度测量值记为 h); $2x$ - 为储液面所割得的圆弧弓形的弦(底边)长。

设: $y = h$; $2x = B$ 。则得:

$$B = 2 \sqrt{h(D - h)} \quad (1)$$

计算出圆筒部分储液面的圆弧弓形的面积,再乘以圆筒部分(包含椭圆形封头的直边长度)的长度,即得圆筒部分的储液体积。

2.3 椭圆形封头部分储液截面的解析

将卧罐两端的椭圆封头去掉其直边部分,对合起来即构成一个“椭饼”。“椭饼”的竖截面即为一个椭圆(见图 4)。

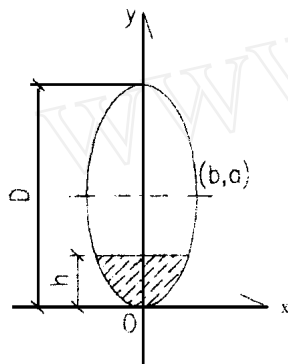


图 4 卧罐两端封头对合

椭圆的长半轴为 a : $a = D/2$; 椭圆的短半轴为 b : $b = D/4$ 。将此椭圆置于如图 XOY 坐标系中,则其轨迹方程为:

$$\frac{x^2}{b^2} + \frac{(y-a)^2}{a^2} = 1$$

$$\text{展开: } \frac{x^2}{b^2} + \frac{y^2 - 2ay + a^2}{a^2} = 1$$

$$\frac{x^2}{b^2} = \frac{2ay - y^2}{a^2}$$

$$\text{整理得: } x^2 = \frac{b^2(2ay - y^2)}{a^2}$$

设此截面内,储液高度为 h ,即: $y = h$

又依据椭圆形封头的尺寸规定,将式中的 a 、 b 以 D 代入,则得:

$$x^2 = \frac{\frac{D^2}{16}(2h \cdot \frac{D}{2} - h^2)}{\frac{D^2}{4}} = \frac{1}{4}(hD - h^2)$$

$$x = \frac{1}{2} \sqrt{h(D - h)}$$

因卧罐储液水平面在“椭饼”内所形成的椭圆的

短半轴为 b ,长半轴为 a 。则:

$$b = \frac{1}{2} \sqrt{h(D - h)} \quad (2)$$

$$a = \sqrt{h(D - h)} \quad (3)$$

有了椭圆的长半轴和短半轴,即可计算出储液水平面在“椭饼”内形成的椭圆面积。

3 储罐体积计算

3.1 辛卜森公式

辛卜森公式又称为万能公式,用它可以计算柱、锥、台、球以及满足某些条件的其他几何体的体积。也可计算某些平面图形的面积。

辛卜森公式的描述和使用条件为:夹在两平行平面之间的几何体,如果被平行于这两平面的任何平面所截,截得的截面积是截面高的不超过三次的多项式函数,那么这个几何体的体积,就等于上底面积加下底面积,再加中截面积的四倍,然后乘高的六分之一。

设上底面积为 S_1 ;下底面积为 S_2 ;中截面积为 S_0 ;几何体的高度为 H 。则几何体的体积 V 为:

$$V = \frac{H}{6} (S_1 + S_2 + 4S_0) \quad (4)$$

3.2 卧罐储液在两端封头部分体积 V_f 的计算

下面采用辛卜森公式计算卧罐储液在两端封头部分的体积 V_f 。从图 4 看,卧罐两端椭圆形封头合并成的“椭饼”, S_1 和 S_2 的面积均为 0;储液水平面即为中截面—椭圆平面,该椭圆平面的面积设为 S_0 。依据椭圆面积公式: $S_0 = ab/4$,其中椭圆平面长半轴 a 和短半轴 b 用式(2)、(3)代入,则:

$$S_0 = \frac{1}{4} \cdot \sqrt{h(D - h)} \cdot \frac{1}{2} \sqrt{h(D - h)}$$

$$S_0 = \frac{1}{8} h(D - h)$$

应用辛卜森公式,卧罐两端椭圆封头内储液体积,依据卧罐内径和储液检测高度 $H(m)$,计算公式如下:

$$V_f = \frac{H}{6} (S_1 + S_2 + 4S_0) = \frac{D}{6} \cdot 4 \cdot \frac{1}{8} h(D - h)$$

$$V_f = \frac{1}{12} Dh(D - h) \quad (5)$$

3.3 圆筒部分的储液体积 V_t 的计算

应用辛卜森公式,计算圆筒部分的储液体积 V_t 按前所述,首先计算出圆筒部分储液面所形成的圆

弧弓形的面积。依据辛卜森公式的圆弧弓形面积的近似公式：

$$S_g = \frac{2}{3} B h + \frac{h^3}{2B} \quad (6)$$

式中： S_g —圆弧弓形的面积； B —圆弧弓形底边的长； h —圆弧弓形的高。

按式(1)，圆弧弓形底边的长：

$$B = 2 \sqrt{h(D-h)}$$

则圆弧弓形的面积 S_g 为：

$$S_g = \frac{2}{3} \cdot 2 \sqrt{h(D-h)} \cdot h + \frac{h^3}{4 \sqrt{h(D-h)}} \quad (7)$$

卧罐圆筒部分(包括椭圆封头直边部分)的储液体积 V_t 为： $V_t = L_r S_g$ 。

其中： L_r —卧罐圆筒部分的长加椭圆封头直边部分的高(长)。所以：

$$V_t = L_t \cdot \left(\frac{4}{3} h \cdot \sqrt{h(D-h)} + \frac{h^3}{4 \sqrt{h(D-h)}} \right) \quad (8)$$

为了减少误差,当 $h > D/2$ 时,卧罐储液体积应以卧罐的几何容积减去储液面上部空间容积的方式计算。

3.4 卧罐的总储液体积 V_Z 的计算

卧罐的总储液体积 V_Z 可用下式计算：

$$V_Z = V_t + V_f \quad (9)$$

参考文献：

- [1] JB/T4737—95,椭圆形封头[S].
- [2] GB50028—93,城镇燃气设计规范[S].

(上接第 70 页)

软件使用灵活性体现在自动生成一条路燃气管道的全部图纸,此条路管道的全部信息均包含在图形信息文件中,若欲修改设计,只须修改图形信息文件,在修改设计状态下运行一次软件即可。

5 结 语

(1) 经过应用,证明纵断图的设计方法正确合理。

(2) 应用此软件进行了珠海、无锡等地的约 60

km 管网施工图设计,设计速度有了很大提高,图纸的正确率很高,大大减轻了设计劳动强度,提高了设计图纸的质量。实际应用效果很好,有待于更广泛地推广使用。

参考文献：

- [1] 煤气设计手册编写组. 煤气设计手册(下)[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1987.
- [2] 戴建鹏,刘德贵. AutoCAD 使用大全[M]. 北京:电子工业出版社, 1992.

Development of Software on Gas Pipeline Longitudinal Section Drawings Design

DU Jian - mei¹, JIANG Dong - qi¹, YU Bo²

(1. North China Municipal Engineering Design & Research Institute, Tianjin 300074, China;

2. Zhoushan Gas Company, Zhoushan 316000, China)

Abstract : Method of designing longitudinal section drawings by software has been discussed. Designing at first , software arranges longitudinal section of pipeline , generates all the drawings and a file of drawing information. Modifying design , designer modifies the file of drawing information ,and software generates all the drawings.

Key words : gas pipeline ; longitudinal section drawing