



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 24957—2010/ISO 8311:1989

---

## 冷冻轻烃流体 船上膜式储罐和独立 棱柱形储罐的校准 物理测量法

Refrigerated light hydrocarbon fluids—Calibration of membrane tanks  
and independent prismatic tanks in ships—Physical measurement

(ISO 8311:1989, IDT)

2010-08-09 发布

2010-12-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 ..... III

引言 ..... IV

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 注意事项 ..... 3

5 设备 ..... 3

6 测量 ..... 4

7 计算程序 ..... 9

8 校准表..... 10

附录 A (资料性附录) 膜式储罐作业安全注意事项 ..... 11

附录 B (资料性附录) 典型膜式储罐的误差计算示例 ..... 12

附录 C (资料性附录) 主计量表示例(3 号储罐) ..... 14

附录 D (资料性附录) 纵倾校正表示例(1 号储罐) ..... 15

附录 E (资料性附录) 横倾校正表示例(1 号储罐) ..... 16

附录 F (资料性附录) 罐壁膨胀/收缩校正表(适用于任何储罐) ..... 17

## 前 言

本标准等同采用 ISO 8311:1989《冷冻轻烃流体 船上膜式储罐和独立棱柱形储罐的校准 物理测量法》(英文版)。

本标准等同翻译 ISO 8311:1989。

为便于使用,本标准还做了下列编辑性修改:

——“本国际标准”一词改为“本标准”;

——删除 ISO 8311:1989 的前言,重新编写本标准的前言;

——按 GB/T 1.1—2000 的要求对公式进行统一编号。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F 为资料性附录。

本标准由全国天然气标准化技术委员会(SAC/TC 244)提出。

本标准由全国天然气标准化技术委员会(SAC/TC 244)归口。

本标准负责起草单位:中国石油西南油气田分公司天然气研究院。

本标准参加起草单位:中国石油西气东输管道公司南京计量测试中心、中国石油西南油气田分公司计量检测中心、中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司、中国海油天然气及发电有限责任公司和中国石油大连 LNG 项目部。

本标准主要起草人:孙晓艳、涂振权、罗勤、张福元、黄永忠、段继芹、黄黎明、常宏岗、殷虹、赵静。

## 引 言

大量的由 1~4 个碳原子组成的轻烃在其压力接近大气压下作为冷冻流体被船舶储藏和运输。这些流体分为两类,液化天然气(LNG)和液化石油气(LPG)。这些流体的大量运输,在船舶结构和建造方面需要特别的技术,使得海运既安全又经济。

用于贸易交接目的的船舶储罐内的货物量的测量应是高准确度的。本标准同本系列的其他标准,规定了船上储罐的内部测量方法,从而导出储罐校准表。

本标准包含用于诸如其容器由一层被隔离支撑的相对薄的不锈钢或高镍钢合金膜构成的膜式储罐的校准技术。加以修正后,也用于低温使用的铝合金或钢结构的、独立、自支撑和近似棱柱形状储罐的校准技术。

附录 A 给出在校准过程中应遵守的安全注意事项的建议。

附录 B 给出一个典型膜式储罐的误差来源的分析。

附录 C 给出以液体高度为函数的局部充装容积的校准表的实例;附录 D,附录 E,附录 F 给出纵倾、横倾和温度校正表的实例。

# 冷冻轻烃流体 船上膜式储罐和独立 棱柱形储罐的校准 物理测量法

## 1 范围

1.1 本标准规定了用于运输冷冻轻烃流体的船上膜式储罐和独立棱柱储罐的内部测量方法。除实际的测量过程外,还规定了用于货物数量计算的校准表和修正表编制的计算程序。

1.2 对于膜式储罐,本标准的程序是利用安装膜使用的脚手架来支承测量设备,而对于独立棱柱储罐,应使用其他的安全方式进入到要求测量的位置。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

ISO 4512:2001 石油和液化石油产品 设备 储罐测量和校准 手动方法

ISO 7507-1:2003 石油和液化石油产品 立式圆柱体储罐容积校准 第1部分:卷尺测量方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**校准 calibration**

根据不同的液位测定储罐总容积或部分容积的过程。

#### 3.1.1

**底部校准 bottom calibration**

由于底板起伏而对储罐底部进行校准所做的测量。

### 3.2

**校准表 calibration table**

当船在平吃水和正浮状态下与从测量参比点(3.6)测量的不同液位对应的储罐容积或体积,通常被称作储罐校准表或储罐容积表。

### 3.3

**斜面 chamfer**

连接储罐壁与储罐底面或顶面的倾斜面(见图5)。

### 3.4

**呆木 deadwood**

影响储罐容积的任何构件,包括圆角和弧形边。当构件体积使储罐的有效容积增加时,呆木称为“正呆木”,当构件体积置换了液体体积而降低储罐的有效容积时,呆木称为“负呆木”。

### 3.5

**测量 gauging**

为确定储罐中液体和蒸气的量而对储罐进行的全部测量。

3.6

**测量参比点** gauge reference point

测量液位的参比点。

3.7

**水平面** horizontal plane

平行于罐底的平面。

3.8

**液位** liquid level

从测量参比点测量至液体表面的高度。当船舶处于横倾或纵倾时,测量高度应垂直于储罐底面。

3.9

**横倾** list

船的横向倾斜度。

3.10

**纵向线** longitudinal line

纵剖面穿过水平面形成的线。

3.11

**纵剖面** longitudinal plane

与储罐中心线平行的垂直面。

3.12

**测量线** measuring line

在一个三维的矩形网格中,间距不超过 5 m 的(纵向的,横向的或垂直的)线。为了校准对这些线进行测量。

3.13

**左舷** port

轮船前进方向的左侧。

3.14

**参比线** reference line

通过线或激光确定的标准线。当考虑到直接测量不切合实际时,采取此线的校准方法作为直接测量的替代方法。

3.15

**基准偏移** reference offsets

罐底及其上面的某个水平面之间的间距或偏置,沿纵向端壁上画的所有垂直线测量。

3.16

**参比面** reference plane

通过参比线,与侧壁、端壁或罐底平行的平面。

3.17

**截面线** section line

横截面穿过水平面形成的线。

3.18

**截面** section plane

平行于储罐纵向端壁的平面。

3.19

**右舷** starboard

轮船前进方向的右侧。

3.20

纵倾 trim  
船的纵向倾斜度。

3.21

垂线 vertical line  
由侧壁上的截面和纵向端壁上的纵剖面形成的线。

4 注意事项

本章概括了测量过程中为确保获得所需的校准精度应注意的事项。

4.1 测量时应特别注意和小心,应记录下在测量过程中任何可能影响结果的异常现象。本标准描述的校准方法适用于处于漂浮状态或停在干船坞的船舶。停在干船坞的船舶使用该方法效果更好,因为船的纵倾或横倾在整个测量过程中可保持不变。如果船体纵倾和横倾发生变化,应使用光学水平仪或激光发射机对所有测量进行必要的调整。

4.2 如果储罐有异常变形,校准人员应该进行必要和足够的附加测量,来保证提供的校准表在要求的准确度内。校准人员对额外测量的细节及其原因说明应包括在校准报告中。

校准人员应提供储罐或其附件的任何异常性的详细图纸,这些图纸将帮助说明这些记录的数据。

4.3 如果能获得储罐的附图,所有测量结果应同附图上标示的相应尺寸比较。应对比较后发现的严重不相符的任何测量进行复核。

4.4 应测量两次来检查它们是否符合下列允差的要求;如果不符合,应继续测量直到连续两次测量结果符合要求,取它们的平均值作为测量结果。

测量结果	允差
不大于 20 m	±2 mm
大于 20 m	±3 mm
偏移	±0.5 mm

如果测量被中断,应重复最后一次测量。如果新的测量和原先的测量相比不在要求的允差内,则应舍去原先的测量值。

4.5 用卷尺进行测量时,应使用卷尺检定或校准证书规定的张力。

4.6 必要时应支承卷尺以防止它弯曲。如果卷尺的弯曲不可避免,校准人员应记录该情况并在计算时使用悬垂线修正。

4.7 测量膜式储罐时,注意保证隔膜同支承物质接触。

注:在某些情况,可能通过使用真空装置抽空隔膜下方空间来保证隔膜同支承物质接触。

4.8 使用光学水平仪或激光发射机时,船舶的纵倾和横倾应保持不变。

5 设备

5.1 测力计,检查卷尺规定的张力。

5.2 端对端尺,刻度为厘米(cm)和毫米(mm)刻度尺,常用于测量呆木等。木制的尺子不能弯曲。该刻度尺应具有认可的权威机构的标识和证书。

5.3 激光发射机,发射一种距离为 35 m,偏差小于 4 mm 的低能量激光束,能垂直和水平地旋转 360°。

5.4 卷尺,符合 ISO 4512:2001 的第 20 章的技术要求和规格。

5.5 光学水平仪,成正像,具有 20 或更高倍数的放大能力,能聚焦于 1.5 m 或更近距离,水平仪灵敏度为 40 s/2 mm 或更佳。

5.6 钢尺,用于测量距离等的刻度尺,以毫米(mm)为刻度。该刻度尺应具有认可的权威机构的标识和证书。

5.7 温度计,具有适当的范围,准确度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

5.8 拉力调整装置,用来拉紧卷尺,使卷尺保持直线(见 ISO 4512:2001)。

## 6 測量

### 6.1 方法

本章和第7章列出了适用于膜围系统构建的储罐的测量和计算方法。

按卷尺证书的规定,通过拉紧卷尺对储罐两侧壁之间的距离进行测量。

铝合金或钢的低温储罐及独立、自承重和近似棱柱形状的储罐可能出现严重的变形或建筑偏差。如果已识别此类变形,应按 4.2 的说明进行附加测量。

采取的替代方法应由校准人员确定,并记录原因。

## 6.2 測量位置的確定

储罐校准基本上是对已知位置间的储罐长度、宽度和高度的测量。这些位置由许多水平面、纵剖面  
和截面确定。

沿这些平面相交形成的线测量储罐的长度、宽度和高度。不同平面的间距不得超过 5 m;平面间距应可调整,使测量结果能够反映截面的变化和充分描述任何变形。由校准人员确定测量位置,但相隔间距不得超过 5 m。

### 6.3 标记

确定测量位置后,标记储罐内壁上的线。标记顶板和底板上的截面线和纵向线、纵向端壁上的水平线和垂直线及横向端壁上的水平线和垂直线。

#### 6.4 储罐长度的测量

按 6.4.1 到 6.4.3 的描述沿不同液位高度的水平面上的所有纵向线测量储罐长度。

#### 6.4.1 底板上的长度测量

用卷尺沿底板上标记的所有纵向线测量纵向端壁之间的距离。

#### 6.4.2 顶板上的长度测量

用与底板上长度测量类似的方式(见 6.4.1)测量顶板上的距离。注意保持测量卷尺与顶面接触。

### 6.4.3 中间水平面上的长度测量

为避免由于测量卷尺过度弯曲引起的不准确测量,采用标线(6.4.3.1)或激光束(6.4.3.2)的参比线方法。

如图 1 所示,这些虚拟平面上的长度是通过在  $a_2, a_3, \dots, a_{n-1}$  和  $b_2, b_3, \dots, b_{n-1}$  两端对在端壁上直接测量的长度进行偏移校正而获得的。

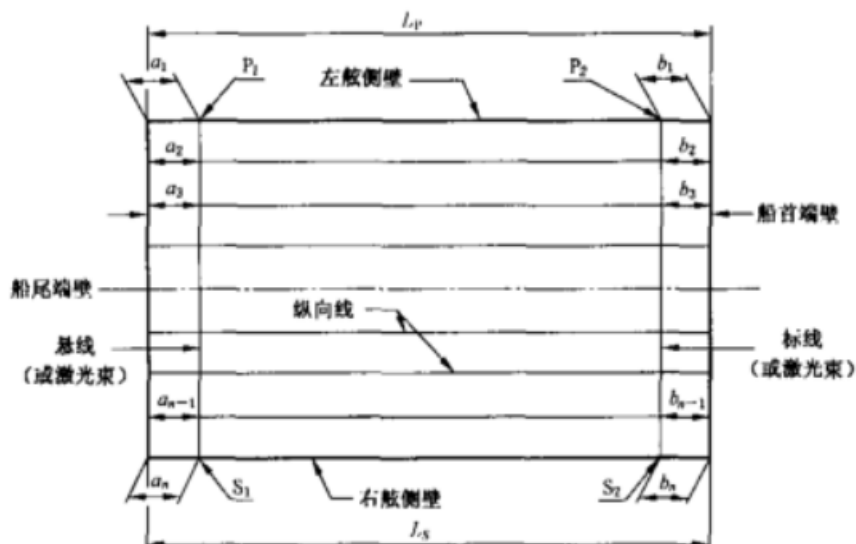


图 1 中间水平面的平面图(1)



6.4.3.1 标线

- 1) 在两个侧壁上以离端壁相等的距离标记  $P_1$  和  $P_2$ ,  $S_1$  和  $S_2$ 。用卷尺沿两侧壁测量纵向端壁之间的长度 ( $L_P, L_S$ ), 在侧壁上支承测量卷尺防止其弯曲。
- 2) 拉紧对应点  $P_1$  和  $S_1$ ,  $P_2$  和  $S_2$  间的标线, 用尺子测量标线和端壁 ( $a_1, a_2, \dots, a_n$  和  $b_1, b_2, \dots, b_n$ ) 之间的偏移。
- 3) 测量这些偏移时, 注意保持卷尺垂直于标线。

6.4.3.2 激光束

- 1) 在一个端壁上以适当的间距安装一激光发射机, 水平校准激光束, 使其平行于该端壁。
- 2) 在激光束照射的左舷侧壁上标记  $P_1$ , 然后旋转激光束  $180^\circ$ , 在激光束照射的右舷侧壁上标记  $S_1$ 。
- 3) 用尺子测量激光束的中心和端壁之间的偏移 ( $a_1, a_2, \dots, a_n$ )。
- 4) 在对面的端壁上重复同样的步骤。标记  $P_2, S_2$  并测量  $b_1, b_2, \dots, b_n$ 。

6.4.3.3 平均长度

使用标线(6.4.3.1)或激光束(6.4.3.2)测量的目的是为了获得每一中间水平面的平均长度  $L$ , 用式(1)计算:

$$L = \frac{L_P + L_S - (a_1 + a_n + b_1 + b_n)}{2} + \frac{\sum_{i=1}^n (a_i + b_i)}{n} \dots\dots\dots (1)$$

另一方面, 当考虑储罐形状时, 可使用精度相同或更高的其他公式进行计算。

6.4.3.4 激光束平面

作为 6.4.3.2 描述的激光束参比线方法的替代方法, 单激光束可以被产生激光平面的激光所代替。将旋转激光设置在临近每个内表面并与其近似平行的位置。此面将穿过 6.4.3.2 描述的激光参比线。在平面和 6.2 确定的罐壁上的位置之间进行偏移测量。

6.5 储罐宽度的测量

沿在 6.5.1~6.5.3 描述的每个水平面上设置的所有截面线测量储罐的宽度。

6.5.1 中间水平面上的宽度测量

测量储罐宽度与储罐长度测量方式相同, 是用标线或激光束方法对图 2 中的  $w_f$  和  $w_a$  的实际测量。

每一个中间水平面的平均宽度  $w$ , 用式(2)计算:

$$w = \frac{w_f + w_a - (c_1 + c_n + d_1 + d_n)}{2} + \frac{\sum_{i=1}^n (c_i + d_i)}{n} \dots\dots\dots (2)$$

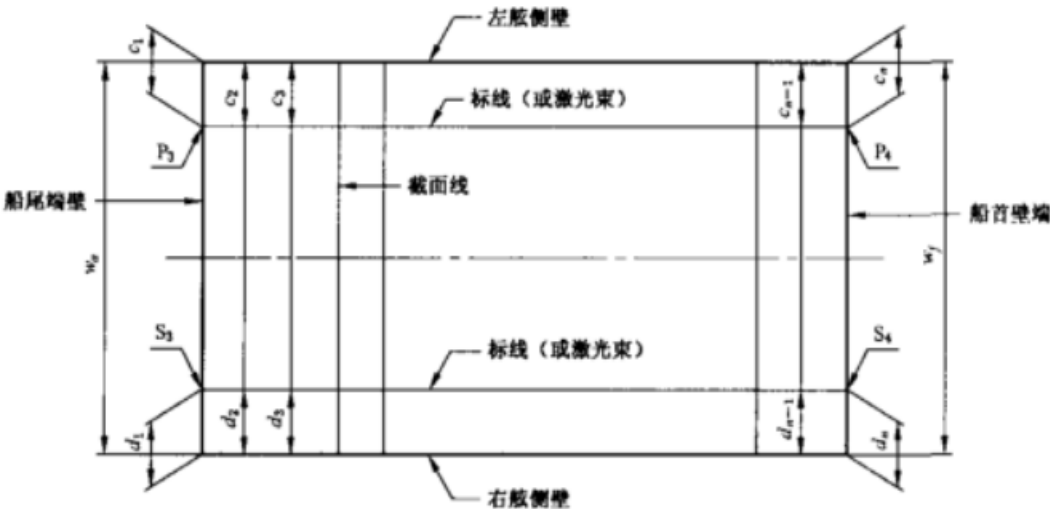


图 2 中间水平面的平面图(2)

6.5.2 斜面部分

在储罐顶部和上斜面的底部测量端壁上的宽度。同样,在储罐底部和下斜面的顶部测量端壁上的宽度。

6.5.3 梯形储罐

如果储罐一端宽度较窄,按 6.5.1 描述的同样方法测量中间水平面的宽度,如图 3 所示。

用式(3)和式(4)计算船首端壁的平均宽度( $w_f$ )和船尾端壁的平均宽度( $w_a$ ):

$$w_f = w'_f - \frac{(c'_1 + c'_n + d'_1 + d'_n)}{2} + \frac{\sum_{i=1}^n (c'_i + d'_i)}{n} \dots\dots\dots (3)$$

$$w_a = w'_a - \frac{(c'_1 + c'_n + d'_1 + d'_n)}{2} + \frac{\sum_{i=1}^n (c'_i + d'_i)}{n} \dots\dots\dots (4)$$

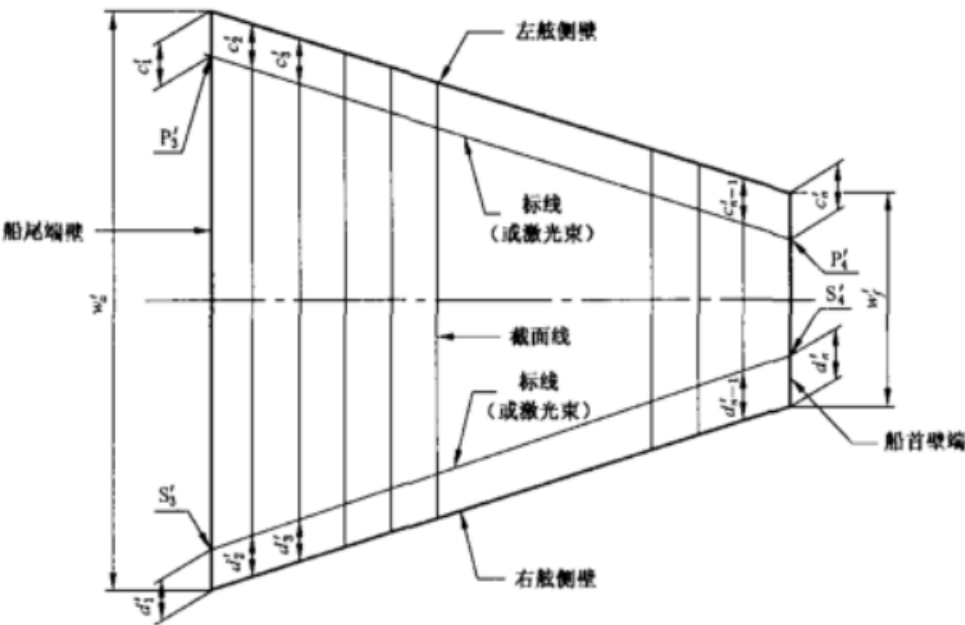


图 3 中间水平面的平面图(梯形储罐)

如图 3 所示,测量宽度时产生的偏移理论上是平行于纵向端壁的偏移( $c'_1, \dots, c'_n, d'_1, \dots, d'_n$ )。应将与侧壁成直角处测量的偏移  $d_i$  校准为平行于纵向端壁的偏移  $d'_i$ , 即  $d'_i = d_i \times \sec\theta$ , 式中  $\theta$  为侧壁和与纵向端壁成直角的平面之间的角,如图 4 所示。

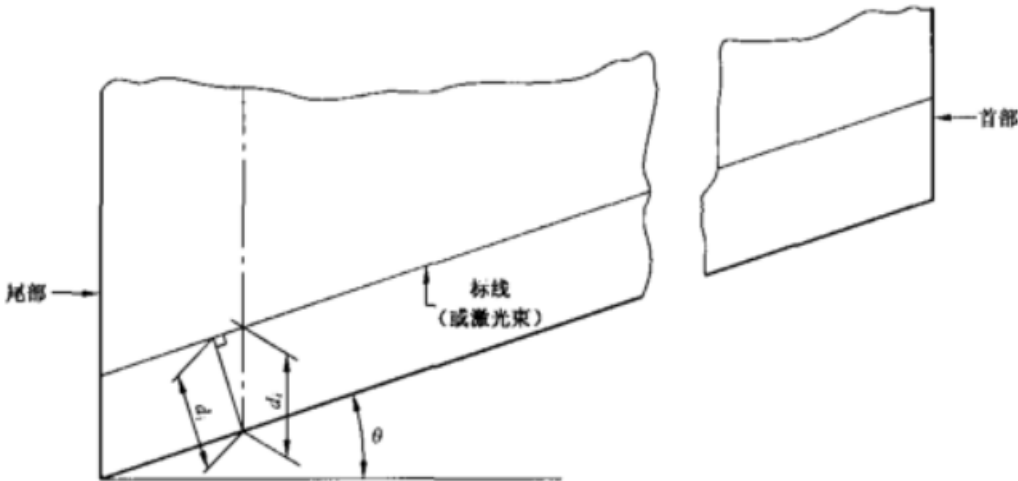


图 4 偏移的校准

### 6.6 儲罐高度的測量

图 5 为储罐的截面图,标明要求测量的位置和用于计算斜面的值。

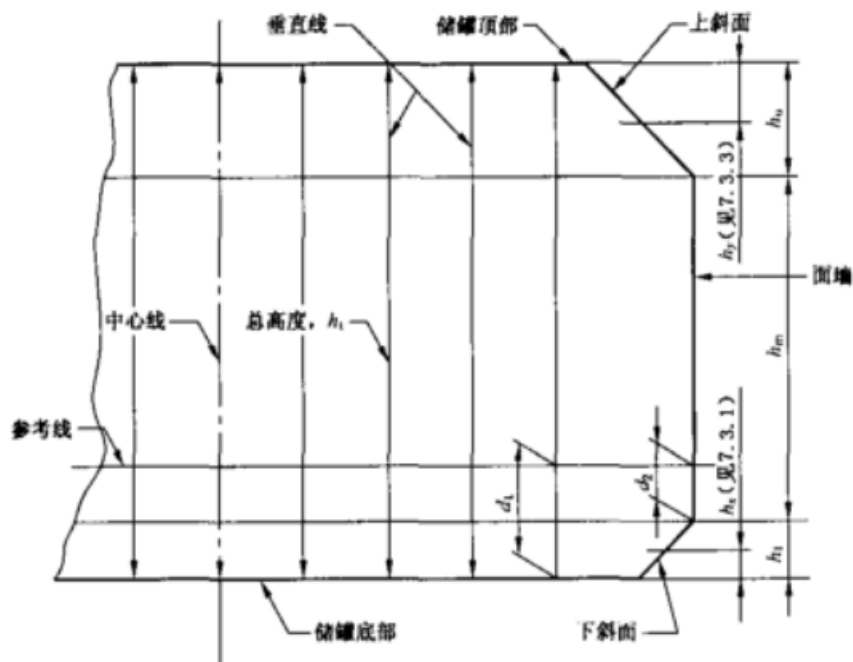


图 5 截面图

#### 6.6.1 总高度测量, $h$ ,

#### 6.6.1.1 纵向端壁总高度

沿所有垂直线用卷尺测量顶板和底板间的距离,计算算术平均值, $h_1$ 。

#### 6.6.1.2 中间截面的总高度

在顶板和底板上,画截面线和纵向线,在两个板上形成网格。用卷尺测量这些线在顶板的相交点和底板对应点之间的距离。

### 6.6.2 局部高度的測量

#### 6.6.2.1 測壁高度, $h_m$

沿两侧壁上的所有垂直线测量上斜面底部和下斜面顶部之间的距离,通过算术平均得到平均值,表示为  $h_m$ 。

6.6.2.2 下斜面在纵向端壁上的高度,  $h_1$ 

- 用光学水平仪或激光束设置一近似平行于底部和端壁的参比线,该参比线与下斜面顶部有一定的间距。
- 沿所有垂直线测量参比线和底板之间的高度  $d_1$ ,并测量在参比线和储罐拐角处下斜面顶部之间的另一高度  $d_2$ 。
- 下斜面高度  $h_1$  用式(5)计算:

$$h_1 = d_1 \text{ 的平均值} - d_2 \text{ 的平均值} \dots\dots\dots (5)$$

6.6.2.3 上斜面在纵向端壁上的高度,  $h$ 。

目前已获得高度  $h_1, h_m, h_l$ , 上斜面高度  $h_u$  用式(6)计算:

$$h_m = h_1 - h_m - h_1 \dots \dots \dots (6)$$

### 6.7 底部校准

图 6 为储罐底部的斜投影图,并标明要求测量的位置。

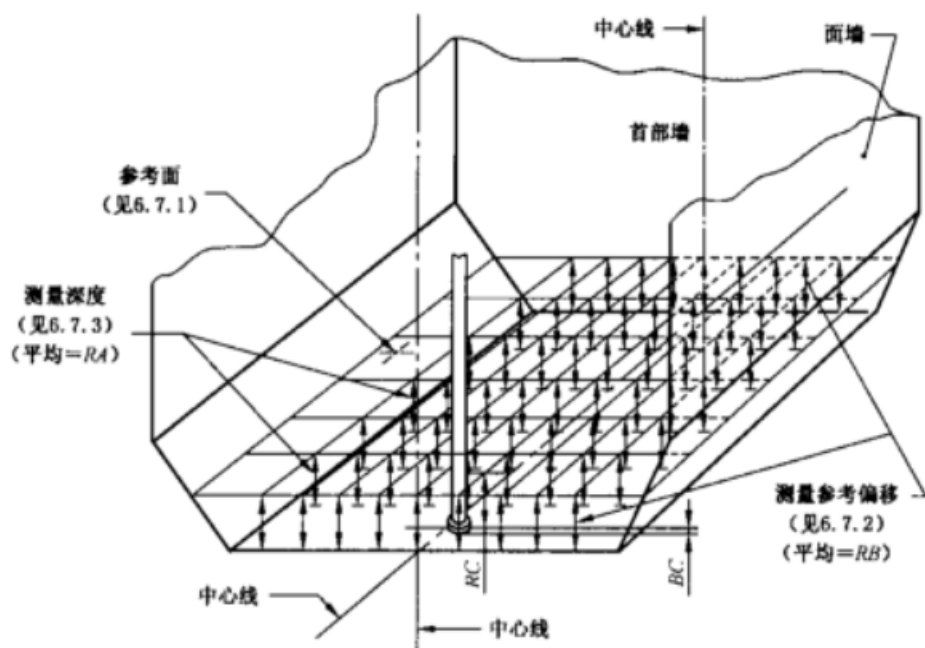


图 6 储罐底部的斜投影图

图 7 为放大的储罐底部的截面图,说明用在底板起伏评估中的测量。

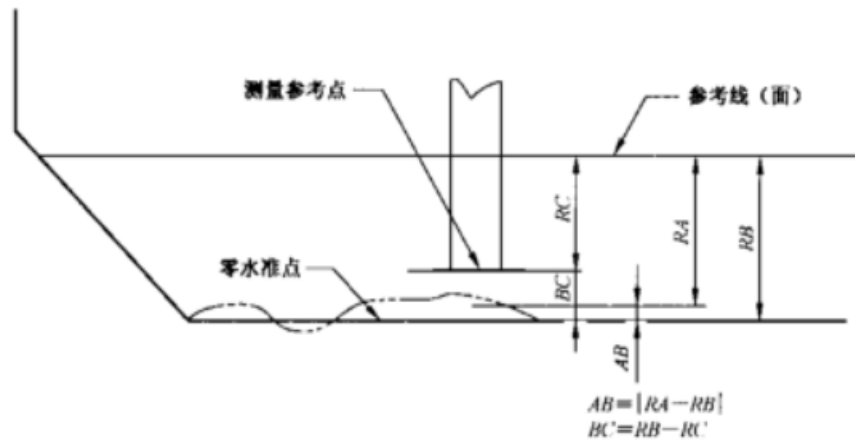


图 7 储罐底部的截面图

- 6.7.1 用光学水平仪或激光束距离储罐底部一定的间距设置一个参比面。
- 6.7.2 沿设置在纵向端壁上的所有垂直线测量底板和参比面之间的基准偏移。测量的平均值表示为  $RB$ 。
- 6.7.3 同样,在底板上纵向线和截面线的所有相交点处测量深度。同获得  $RB$  的测量值一样,这些测量值的平均值表示为  $RA$ 。
- 6.7.4 平均参比偏移  $RB$  和平均深度  $RA$  的数值差  $AB$  用式(7)计算:

$$AB = |RA - RB| \quad \dots\dots\dots (7)$$

差值  $AB$  乘以储罐底板的面积可得由于底板起伏引起的容积的增加或减少。

- 6.7.5 测量参比面和测量参比点之间的深度  $RC$ (见图 7)。与储罐底部的测量参比点的  $BC$  的间距用式(8)计算:

$$BC = RB - RC \quad \dots\dots\dots (8)$$

6.8 水平仪的位置

水平仪的位置应标明离附近罐壁和下斜面底部的距离,并记录在纵倾和横倾修正的计算中。

6.9 温度

每隔 2 h 或更短时间测量一次储罐内的气温,当此温度与测量卷尺的校准温度(通常为 20 ℃)不同时,由于卷尺的膨胀或收缩应对测量结果进行校正。对独立的自承重储罐,由于卷尺和储罐材质的膨胀

或收缩,应用式(9)对测量值进行校正:

$$C = D \times (\alpha_s - \alpha_t) \times (T - t) \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

$C$ ——由于温度影响而对测量长度的总校正值;

$D$ ——测量长度;

$\alpha_s$ ——卷尺的平均线性膨胀系数;

$\alpha_t$ ——构成储罐的金属的平均线性膨胀系数;

$T$ ——卷尺的校准温度;

$t$ ——在测量过程中的储罐平均温度。

如果由此方程计算的  $C$  小于 0.5 mm, 此校正可忽略。

## 6.10 呆木

6.10.1 应根据呆木(例如梯子、液下泵和任何其他构造物)的尺寸,或评价呆木体积的其他适当方法计算呆木的体积。不过,由于形状复杂不能轻易得到其尺寸时,体积可由各设施的质量和构成其材质的密度来计算,只要计算体积的不确定度的大小对整个测量的准确度影响可忽略不计。

6.10.2 装载液体货物的内管体积为管线内体积和外体积之差,即金属的容积。

6.10.3 由舌片尺寸计算膜舌片的容积。在实验室用液体校准程序和水平放置的标准断面来估计膜板凹凸部分的容积。

6.10.4 对于储罐容积的校准,应测量位于测量参比点之上的呆木的高度及该液体位处呆木的容积。

## 7 计算程序

根据 7.1 和 7.2 描述的原则编辑储罐校准表,并应考虑斜面部分(见 7.3)。

按照 7.4 到 7.7 进行校正。

### 7.1 储罐容积计算

从储罐底部(零液位)开始,通过在每厘米(cm)高度处计算的多个水平面积来编辑储罐校准表。由平均长度  $L$  和平均宽度  $w$  获得每个水平面积,并考虑影响面积的呆木。

### 7.2 底部起伏的影响

由于储罐底部起伏引起的任何容积的增加或减少应按测量参比点进行调整(见 6.7.5)。

### 7.3 斜面的面积

7.3.1 储罐下斜面任意高度处的面积应以  $h_x$  为函数(见图 5)、用  $h_1$ (见 6.6.2.2)及斜面顶部和底部的水平面积来计算。

7.3.2 对于储罐的主体(中间)部分,可以使用同一个面积进行计算。

7.3.3 储罐上斜面任意高度处面积应以  $h_y$  为函数(见图 5)、用  $h_2$ (见 6.6.2.3)及斜面顶部和底部的水平面积来计算。

### 7.4 纵倾校正

纵倾校正值为储罐液位计测量的观察液位加上或减去的一个值。通过比较船舶处于正浮和平吃水状态以及船舶处于纵倾和所考虑的纵倾条件下的正浮状态下、相同体积的液体在储罐内的液位来计算纵倾校正值。

### 7.5 横倾校正

横倾校正值为储罐液位计测量的观察液位加上或减去的一个值。通过比较船舶处于平吃水和正浮状态以及船舶处于横倾和所考虑的横倾条件下的平吃水状态下、相同体积的液体在储罐内的液位来计算横倾校正值。

### 7.6 纵倾和横倾校正的组合

将按照 7.4 和 7.5 计算的纵倾和横倾校正值组合在一个表内。

7.7 罐壁膨胀或收缩校正

由于储罐在低温负荷条件会引起罐壁收缩,应根据罐壁材料的膨胀系数、用式(10)对罐壁收缩进行校正:

$$F_v = 1 - 3\alpha_t(t_1 - t_2) \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- $F_v$ ——罐壁膨胀或收缩的校正因子;
- $\alpha_t$ ——构成储罐的金属的平均线性膨胀系数;
- $t_1$ ——用于储罐计量表的认证参比温度;
- $t_2$ ——液体或蒸气的实际温度。

当储罐的材料的热收缩对体积影响不大时,不必要对膜式储罐进行校正。

8 校准表

校准表应包括以下的报告和表格。

8.1 校准报告

储罐校准报告应包括以下内容:

- a) 校准人姓名;
- b) 校准地点;
- c) 校准日期;
- d) 储罐构造;
- e) 使用的测量方法;
- f) 储罐计量表的参比温度;
- g) 测量过程中储罐的平均温度;
- h) 包括穹顶容积的储罐总容积;
- i) 呆木的描述;
- j) 储罐的校准不确定度;
- k) 使用主计量表和校正表的方法;
- l) 其他信息。

8.2 主计量表

将校准参比温度下的储罐体积与合适间隔的液位计读数列成表格,为了便于内插,后一列应给出各读数之间的差值。附录 C 给出主计量表的一个典型格式示例。

8.3 纵倾校正表

在船首纵倾和船尾纵倾的各种不同情况下,将应用于液位计读数的校正值以合适的液位计读数间隔制作成表格。附录 D 给出了纵倾校正表的典型格式示例。

8.4 横倾校正表

横倾以 0.5°为间隔,将应用于液位计读数的校正值以合适的液位计读数间隔制作成表格。附录 E 给出了横倾校正表的典型格式示例。

8.5 罐壁膨胀或收缩校正表

应用于主计量表的认证参比温度及液体和蒸气的实际温度之差的校正值,是将液体和蒸气在参比温度下的体积校正到测量温度下的体积,示例见附录 F。此误差在膜式储罐的情况下可忽略。

8.6 浮子式液位计的校正

8.6.1 温差校正表

应用储罐内的气相温度对由测量卷尺膨胀(在参比温度下校准)引起的液位计读数差异进行校正。

8.6.2 密度差校正表

对不同的密度,如各种不同的 LNG 或丙烷和丁烷的密度,应校正浮子的浸没深度。

附 录 A

(资料性附录)

膜式储罐作业安全注意事项

除了普通储罐校准需要的一般注意事项(见 ISO 7507-1:2003)外,还应该遵守下列要求:

- a) 小心行走,尤其是在脚手架的拐角处。当储罐壁镀膜时,常移动脚手架的支架位置。
- b) 在焊接到从绝热障碍伸出的锚板上的高镍钢合金平板构成的膜系统储罐中,锚板的边缘可能是尖的。特别建议使用防护手套和头盔。
- c) 通常在镀膜时进行储罐测量。为了避免伤害眼睛应避免注视焊接弧光。
- d) 小心不要让鞋、测量仪器和工具等损伤罐壁,尤其是膜。
- e) 铝制储罐不宜使用水银温度计。

附录 B  
(资料性附录)

典型膜式储罐的误差计算示例

表 B.1 详细分析了膜式储罐的误差来源,独立棱柱形储罐的误差结果相似。

表 B.1 使用卷尺和直尺测量长度、宽度和高度的误差  
(储罐的近似尺寸:35 m×35 m×23 m)

	最大误差	误差性质
卷尺的固有误差(用校准证书对温度影响进行校正后) 由于室温变化(±2℃)引起的卷尺误差 卷尺读数误差(对 D 环认为可忽略) 由于卷尺测量位置不恰当引起的误差	测量长度的 $\pm 1 \times 10^{-4}$ 测量长度的 $\pm 2.4 \times 10^{-5}$ $\pm 1$ mm $\pm 2$ mm	系统误差 可能是系统误差 随机误差 随机误差
直尺的固有误差 由于温度影响引起的尺子误差 直尺读数误差 由于直尺测量位置不恰当引起的误差	可忽略(0.2 mm) 可忽略(0.1 mm) $\pm 1$ mm $\pm 2$ mm	系统误差 系统误差 随机误差 随机误差
由于激光束定位位置不恰当引起的误差	$\pm 2$ mm	系统误差

通过使用表 B.1 中最大的误差值,储罐总容积的误差理论上可通过下面计算得到。

水平(长度和宽度)测量的系统误差  $M_{s,h}$  由下式给出:

$$\begin{aligned}M_{s,h}^2 &= (1 \times 10^{-4})^2 + (2.4 \times 10^{-5})^2 + (2/35\,000)^2 \\&= 1.38 \times 10^{-8} \\M_{s,h} &= 1.17 \times 10^{-4}\end{aligned}$$

假设使用卷尺或直尺在 20 个点处进行了水平测量,则随机误差  $M_{r,h}$  如下:

$$\begin{aligned}M_{r,h}^2 &= (1^2 + 2^2 + 1^2 + 2^2) \times 10^{-6} / 35^2 / 20 \\&= 1.83 \times 10^{-9} \\M_{r,h} &= 4.28 \times 10^{-5}\end{aligned}$$

长度测量的不确定度  $M_L$  为:

$$\begin{aligned}M_L^2 &= M_{s,h}^2 + M_{r,h}^2 \\&= 1.38 \times 10^{-8} + 1.83 \times 10^{-9} \\M_L &= 1.25 \times 10^{-4}\end{aligned}$$

宽度测量的不确定度  $M_w$  与  $M_L$  相同。

同样,假设使用卷尺或直尺在 20 个点处进行了垂直测量,垂直测量的不确定度  $M_H$  由下列计算:

$$\begin{aligned}M_{s,v}^2 &= (1 \times 10^{-4})^2 + (2.4 \times 10^{-5})^2 + (2/23\,000)^2 \\&= 1.81 \times 10^{-8} \\M_{s,v} &= 1.35 \times 10^{-4} \\M_{r,v}^2 &= (1^2 + 2^2 + 1^2 + 2^2) \times 10^{-6} / 23^2 / 20 \\&= 4.23 \times 10^{-9} \\M_{r,v} &= 6.50 \times 10^{-5} \\M_H^2 &= M_{s,v}^2 + M_{r,v}^2\end{aligned}$$



$$=1.81 \times 10^{-8} + 4.23 \times 10^{-9}$$

$$M_H = 1.49 \times 10^{-4}$$

#### 零刻度以下的客体积引起的误差

这取决于水准测量精度和测量时船舶横倾和纵倾的测量精度。容积( $\Delta V$ )误差估计为对应于 10 mm 高度的容积。

$$\Delta V = 10^{-2} \times 35 \times 35 = 12.3 \text{ m}^3$$

对于总容积为 24 000 m<sup>3</sup> 的储罐,相对误差为:

$$\Delta V/V = 5.13 \times 10^{-4}$$

#### 储罐形状不规则引起的误差

即使进行大量的测量,也不可能考虑所有不规则的储罐。对一个特定的储罐,对从不同数据组获得的不同值的比较表明由这些不规则引入的最大误差约为容积的  $5 \times 10^{-4}$ 。

因此本示例中储罐容积的合成不确定度  $M_V$  为:

$$M_V^2 = M_L^2 + M_W^2 + M_H^2 + (\Delta V/V)^2$$

$$= (1.25 \times 10^{-4})^2 + (1.25 \times 10^{-4})^2 + (1.49 \times 10^{-4})^2 + (5.13 \times 10^{-4})^2$$

$$= 3.17 \times 10^{-7}$$

$$M_V = 5.63 \times 10^{-4} \text{ (或 } 0.06\%)$$

附录 C  
(资料性附录)  
主计量表示例  
(3号储罐)

液体高度 cm	容积 m <sup>3</sup>	差值 m <sup>3</sup>	液体高度 cm	容积 m <sup>3</sup>	差值 m <sup>3</sup>	液体高度 cm	容积 m <sup>3</sup>	差值 m <sup>3</sup>
0	0.000	7.883	50	401.455	8.181	100	817.771	8.472
1	7.383	7.890	51	409.636	8.186	101	826.249	8.484
2	15.773	7.895	52	417.822	8.193	102	834.733	8.490
3	23.665	7.901	53	426.015	8.198	103	843.223	8.496
4	31.569	7.908	54	434.213	8.205	104	851.719	8.501
5	39.477	7.913	55	442.415	8.210	105	860.220	8.508
6	47.390	7.919	56	450.625	8.216	106	868.728	8.513
7	55.309	7.925	57	458.344	8.223	107	877.241	8.520
8	63.234	7.931	58	467.067	8.228	108	885.761	8.525
9	71.165	7.937	59	475.295	8.234	109	894.286	8.532
10	79.102	7.943	60	483.529	8.240	110	902.818	8.537
11	87.045	7.949	61	491.769	8.246	111	911.356	8.544
12	94.994	7.955	62	500.015	8.252	112	919.899	8.549
13	102.949	7.960	63	508.267	8.258	113	928.448	8.555
14	110.909	7.967	64	516.525	8.264	114	937.003	8.561
15	115.876	7.973	65	524.789	8.270	115	945.564	8.567
16	126.849	7.978	66	533.059	8.276	116	954.131	8.573
17	134.827	7.985	67	541.335	8.282	117	962.704	8.579
18	142.812	7.990	68	549.617	8.287	118	971.283	8.585
19	150.802	7.997	69	557.904	8.295	119	979.863	8.591
20	158.799	8.002	70	566.198	8.300	120	988.459	8.597
21	166.801	8.008	71	574.498	8.305	121	997.056	8.603
22	174.309	8.014	72	582.803	8.312	122	1 005.659	8.608
23	182.823	8.021	73	591.115	8.317	123	1 014.267	8.615
24	190.544	8.025	74	599.432	8.323	124	1 022.882	8.620
25	198.870	8.032	75	607.755	8.330	125	1 031.502	8.627
26	206.902	8.038	76	616.085	8.335	126	1 040.129	8.632
27	214.940	8.044	77	624.420	8.341	127	1 048.761	8.639
28	222.984	8.050	78	632.761	8.347	128	1 057.400	8.644
29	251.034	8.056	79	641.108	8.353	129	1 066.044	8.651
30	239.090	8.061	80	649.461	8.359	130	1 074.685	8.656
31	247.151	8.068	81	657.820	8.365	131	1 083.351	8.662
32	255.219	8.074	82	666.185	8.371	132	1 092.013	8.668
33	263.293	8.079	83	674.556	8.377	133	1 100.681	8.674
34	271.372	8.086	84	682.933	8.383	134	1 109.355	8.680
35	279.458	8.091	85	691.316	8.389	135	1 118.035	8.686
36	287.549	8.098	86	699.705	8.394	136	1 126.721	8.692
37	295.647	8.103	87	708.099	8.401	137	1 135.413	8.698
38	303.750	8.110	88	716.500	8.406	138	1 144.111	8.704
39	311.860	8.115	89	724.906	8.413	139	1 152.815	8.710
40	319.975	8.121	90	733.319	8.418	140	1 161.525	8.715
41	328.096	8.127	91	741.737	8.425	141	1 170.240	8.722
42	336.223	8.134	92	750.162	8.430	142	1 178.962	8.728
43	344.357	8.139	93	758.592	8.437	143	1 187.690	8.733
44	352.496	8.145	94	767.029	8.442	144	1 196.423	8.740
45	360.641	8.151	95	775.471	8.448	145	1 205.163	8.745
46	368.792	8.156	96	783.919	8.454	146	1 213.908	8.751
47	376.948	8.163	97	792.373	8.460	147	1 222.659	8.758
48	385.111	8.169	98	800.833	8.466	148	1 231.417	8.763
49	393.280	8.175	99	809.299	8.472	149	1 240.180	8.769

附 录 D  
(资料性附录)  
纵倾校正表示例  
(1号储罐)

船头(B/H);船尾(B/S) 修正值单位:毫米(mm)

液体高度 cm	纵倾												
	2.0 m	1.5 m	1.0 m	0.5 m	0.0 m	0.5 m	1.0 m	1.5 m	2.0 m	2.5 m	3.0 m	3.5 m	4.0 m
	B/H	B/H	B/H	B/H		B/S	B/S	B/S	B/S	B/S	B/S	B/S	B/S
0	64	48	32	16	0	0	1	1	1	2	2	2	3
5	63	47	31	16	0	-16	-26	-31	-33	-34	-35	-35	-36
10	63	47	31	16	0	-16	-31	-45	-53	-58	-62	-64	-66
15	63	47	31	16	0	-16	-31	-47	-61	-72	-79	-85	-89
20	63	47	31	16	0	-16	-31	-47	-62	-78	-89	-98	-106
30	63	47	32	16	0	-16	-31	-47	-63	-78	-94	-109	-123
40	64	48	32	16	0	-16	-32	-47	-63	-79	-94	-110	-125
50	64	48	32	16	0	-16	-32	-47	-63	-79	-94	-110	-126
60	64	48	32	16	0	-16	-32	-48	-63	-79	-95	-110	-126
70	64	48	32	16	0	-16	-32	-48	-63	-79	-95	-111	-126
80	64	48	32	16	0	-16	-32	-48	-64	-79	-95	-111	-127
90	64	48	32	16	0	-16	-32	-48	-64	-80	-95	-111	-127
100	65	48	32	16	0	-16	-32	-48	-64	-80	-96	-112	-127
120	65	49	32	16	0	-16	-32	-48	-64	-80	-96	-112	-128
140	65	49	33	16	0	-16	-32	-49	-65	-81	-97	-113	-129
160	65	49	33	16	0	-16	-33	-49	-65	-81	-97	-113	-129
180	66	49	33	16	0	-16	-33	-49	-65	-81	-98	-114	-130
200	66	49	33	16	0	-16	-33	-49	-65	-82	-98	-114	-130
300	67	50	34	17	0	-17	-33	-50	-67	-83	-100	-116	-133
400	68	51	34	17	0	-17	-34	-51	-68	-85	-101	-118	-135
600	68	51	34	17	0	-17	-34	-51	-68	-85	-101	-118	-135
800	68	51	34	17	0	-17	-34	-51	-68	-85	-101	-118	-135
1 000	68	51	34	17	0	-17	-34	-51	-68	-85	-101	-118	-135
1 200	68	51	34	17	0	-17	-34	-51	-68	-85	-101	-118	-135
1 400	68	51	34	17	0	-17	-34	-51	-68	-85	-101	-118	-135
1 500	68	51	34	17	0	-17	-34	-51	-68	-85	-101	-118	-135
1 600	68	51	34	17	0	-17	-34	-51	-68	-85	-101	-118	-135
1 700	68	51	34	17	0	-17	-34	-51	-68	-85	-101	-118	-135
1 800	68	51	34	17	0	-17	-34	-51	-68	-85	-101	-118	-135
1 900	68	51	34	17	0	-17	-34	-51	-68	-85	-101	-118	-135
2 000	67	51	34	17	0	-17	-34	-51	-68	-85	-102	-119	-135
2 100	66	50	33	17	0	-17	-33	-50	-67	-83	-100	-117	-134
2 120	66	50	33	17	0	-17	-33	-50	-66	-83	-100	-117	-133
2 140	66	49	33	16	0	-17	-33	-50	-66	-83	-100	-116	-133
2 160	65	49	33	16	0	-16	-33	-49	-66	-83	-99	-116	-132
2 180	65	49	33	16	0	-16	-33	-49	-66	-82	-99	-115	-132
2 200	65	49	33	16	0	-16	-33	-49	-65	-82	-98	-115	-131
2 220	65	48	32	16	0	-16	-33	-49	-65	-82	-98	-114	-131
2 240	64	48	32	16	0	-16	-32	-49	-65	-81	-97	-114	-130
2 260	64	48	32	16	0	-16	-32	-48	-65	-81	-97	-113	-130
2 280	64	48	32	16	0	-16	-32	-48	-64	-80	-97	-113	-129
2 300	56	46	32	16	0	-16	-32	-48	-64	-80	-96	-112	-128

附录 E  
(资料性附录)  
横倾校正表示例  
(1号储罐)

垂直(UP/R)

修正值的单位:毫米(mm)

液体高度 cm	对左舷的侧倾					垂直			对右舷的侧倾				
	3.0°	2.5°	2.0°	1.5°	1.0°	0.5°	0.0°	0.5°	1.0°	1.5°	2.0°	2.5°	3.0°
0	122	101	80	60	39	20	0	20	39	60	80	101	122
5	99	78	58	38	19	3	0	3	19	38	58	78	99
10	80	59	40	22	7	0	0	0	7	22	40	59	80
15	63	44	27	12	2	0	0	0	2	12	27	44	63
20	49	32	17	6	1	0	0	0	1	6	17	32	49
30	30	17	8	3	1	0	0	0	1	3	8	17	30
40	19	10	6	3	1	0	0	0	1	3	6	10	19
50	14	9	6	3	1	0	0	0	1	3	6	9	14
60	13	9	6	3	1	0	0	0	1	3	6	9	13
70	13	9	6	3	1	0	0	0	1	3	6	9	13
80	13	9	6	3	1	0	0	0	1	3	6	9	13
90	13	9	6	3	1	0	0	0	1	3	6	9	13
100	13	9	6	3	1	0	0	0	1	3	6	9	13
120	14	9	6	3	2	0	0	0	2	3	6	9	14
140	14	10	6	3	2	0	0	0	2	3	6	10	14
160	14	10	6	4	2	0	0	0	2	4	6	10	14
180	14	10	6	4	2	0	0	0	2	4	6	10	14
200	15	10	7	4	2	0	0	0	2	4	7	10	15
300	16	11	7	4	2	0	0	0	2	4	7	11	16
400	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3
600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 000	-11	-8	-5	-3	-2	0	0	0	-2	-3	-5	-8	-11
2 100	-16	-11	-7	-4	-2	0	0	0	-2	-4	-7	-11	-16
2 120	-15	-11	-7	-4	-2	0	0	0	-2	-4	-7	-11	-15
2 140	-15	-10	-7	-4	-2	0	0	0	-2	-4	-7	-10	-15
2 160	-15	-10	-7	-4	-2	0	0	0	-2	-4	-7	-10	-15
2 180	-15	-10	-6	-4	-2	0	0	0	-2	-4	-6	-10	-15
2 200	-14	-10	-6	-4	-2	0	0	0	-2	-4	-6	-10	-14
2 220	-14	-10	-6	-4	-2	0	0	0	-2	-4	-6	-10	-14
2 240	-14	-10	-6	-3	-2	0	0	0	-2	-3	-6	-10	-14
2 260	-15	-9	-6	-3	-2	0	0	0	-2	-3	-6	-9	-15
2 280	-32	-18	-8	-3	-1	0	0	0	-1	-3	-8	-18	-32
2 300	-82	-61	-41	-22	-7	0	0	0	-7	-22	-41	-61	-82

附录 F  
(资料性附录)  
罐壁膨胀/收缩校正表  
(适用于任何储罐)

温度 ℃	修正因子	温度 ℃	修正因子	温度 ℃	修正因子	温度 ℃	修正因子
-45.0	0.997 76	-27.5	0.998 36	-10.0	0.998 97	7.5	0.999 57
-44.5	0.997 77	-27.0	0.998 38	-9.5	0.998 98	8.0	0.999 59
-44.0	0.997 79	-26.5	0.998 40	-9.0	0.999 00	8.5	0.999 60
-43.5	0.997 81	-26.0	0.998 41	-8.5	0.999 02	9.0	0.999 62
-43.0	0.997 83	-25.5	0.998 43	-8.0	0.999 03	9.5	0.999 64
-42.5	0.997 84	-25.0	0.998 45	-7.5	0.999 05	10.0	0.999 66
-42.0	0.997 86	-24.5	0.998 46	-7.0	0.999 07	10.5	0.999 67
-41.5	0.997 88	-24.0	0.998 48	-6.5	0.999 09	11.0	0.999 69
-41.0	0.997 90	-23.5	0.998 50	-6.0	0.999 10	11.5	0.999 71
-40.5	0.997 91	-23.0	0.998 52	-5.5	0.999 12	12.0	0.999 72
-40.0	0.997 93	-22.5	0.998 53	-5.0	0.999 14	12.5	0.999 74
-39.5	0.997 95	-22.0	0.998 55	-4.5	0.999 15	13.0	0.999 76
-39.0	0.997 96	-21.5	0.998 57	-4.0	0.999 17	13.5	0.999 78
-38.5	0.997 98	-21.0	0.998 59	-3.5	0.999 19	14.0	0.999 79
-38.0	0.998 00	-20.5	0.998 60	-3.0	0.999 21	14.5	0.999 81
-37.5	0.998 02	-20.0	0.998 62	-2.5	0.999 22	15.0	0.999 83
-37.0	0.998 03	-19.5	0.998 64	-2.0	0.999 24	15.5	0.999 84
-36.5	0.998 05	-19.0	0.998 65	-1.5	0.999 26	16.0	0.999 86
-36.0	0.998 07	-18.5	0.998 67	-1.0	0.999 28	16.5	0.999 88
-35.5	0.998 09	-18.0	0.998 69	-0.5	0.999 29	17.0	0.999 90
-35.0	0.998 10	-17.5	0.998 71	0.0	0.999 31	17.5	0.999 91
-34.5	0.998 12	-17.0	0.998 72	0.5	0.999 33	18.0	0.999 93
-34.0	0.998 14	-16.5	0.998 74	1.0	0.999 34	18.5	0.999 95
-33.5	0.998 15	-16.0	0.998 76	1.5	0.999 36	19.0	0.999 97
-33.0	0.998 17	-15.5	0.998 78	2.0	0.999 38	19.5	0.999 98
-32.5	0.998 19	-15.0	0.998 79	2.5	0.999 40	20.0	1.000 00
-32.0	0.998 21	-14.5	0.998 81	3.0	0.999 41		
-31.5	0.998 22	-14.0	0.998 83	3.5	0.999 43		
-31.0	0.998 24	-13.5	0.998 84	4.0	0.999 45		
-30.5	0.998 26	-13.0	0.998 86	4.5	0.999 47		
-30.0	0.998 28	-12.5	0.998 88	5.0	0.999 48		
-29.5	0.998 29	-12.0	0.998 90	5.5	0.999 50		
-29.0	0.998 31	-11.5	0.998 91	6.0	0.999 52		
-28.5	0.998 33	-11.0	0.998 93	6.5	0.999 53		
-28.0	0.998 34	-10.5	0.998 95	7.0	0.999 55		