



中华人民共和国国家标准

GB/T 17605—1998

石油和液体石油产品 卧式圆筒形金属油罐容积标定法 (手 工 法)

Petroleum and liquid petroleum products
—Volumetric calibration of horizontal cylindrical metal tanks
(Manual methods)

1998-12-08 发布

1999-05-01 实施

国家质量技术监督局 发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
石油和液体石油产品
卧式圆筒形金属油罐容积标定法
(手 工 法)
GB/T 17605—1998

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045
电 话:68522112
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 $\frac{3}{4}$ 字数 43 千字
1999年5月第一版 1999年5月第一次印刷
印数 1—2 000

*

书号: 155066·1-15705 定价 14.00 元

*

标 目 371--41

前 言

本标准非等效采用 API 2551(1997 年版)《卧式油罐的测量和标定方法》。

本标准与 API 2551(1997 年版)标准的不同点是：

1. 增加了内部测量法和倾斜油罐的测量和标定方法。
2. 根据国内外新技术变更了如下内容：
 - (1) 将用系数法编制油罐容积表改为公式计算法。
 - (2) 将内部温度对油罐容积影响的查表法改为计算法。
 - (3) 增加了在主圆筒两端靠近边缘处测量两个圆周或内径。

本标准的附录 A 为标准的附录。

本标准的附录 B 和附录 C 为提示的附录。

本标准由中国石油化工总公司提出。

本标准由石油化工科学研究院技术归口。

本标准由中国石化销售华北公司负责起草。

本标准主要起草人：孙作森、陈 忠、刘国华。

中华人民共和国国家标准

石油和液体石油产品
卧式圆筒形金属油罐容积标定法
(手 工 法)

GB/T 17605—1998

Petroleum and liquid petroleum products
—Volumetric calibration of horizontal cylindrical metal tanks
(Manual methods)

1 范围

本标准规定了固定卧式圆筒形金属油罐的测量和标定方法。

2 引用标准

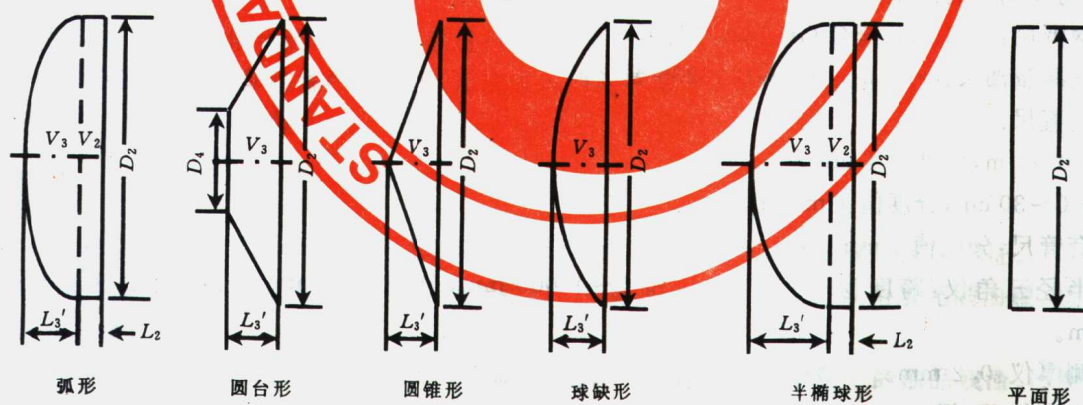
下列标准包括的条文,通过引用而构成本标准的一部分。除非在标准中另有明确规定,下列引用标准应是现行有效标准。

GB 13236 石油用量油尺和钢围尺技术条件

3 术语

3.1 封头 head

用来封闭主圆筒两端开口的钢板。它有6种形状:弧形、圆台形、圆锥形、球缺形、半椭球形、平面形(见图1)。



L_2 —封头直边长; L_3' —封头外长; V_2 —封头直边容积; V_3 —封头容积;

D_2 —封头直边内直径; D_4 —圆台形封头小圆内直径

图1 各种形状的封头

3.2 封头直边 straight flanges of head

封头上与主圆筒相接的平行于油罐轴线的平直段。

国家质量技术监督局 1998-12-08 批准

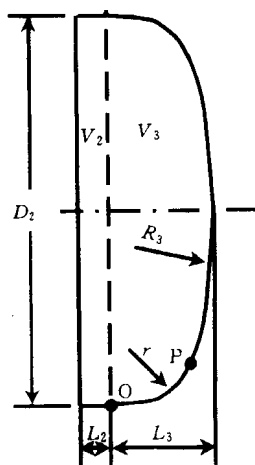
1999-05-01 实施

3.3 弧形封头过渡曲面(简称过渡曲面) transition camber

弧形封头上,连接封头直边和封头球缺的曲面。

3.4 弧形封头过渡曲线(简称过渡曲线) transition curve

弧形封头上,通过油罐轴线的平面与过渡曲面的交线(见图 2)。



OP—过渡曲线; O、P—切点; r —过渡曲线半径; R_3 —球缺半径

图 2 弧形封头

3.5 封头长 length of head

从封头中心点到封头直边与(过渡)曲线相切点间,并平行于油罐轴线的长度。

3.6 封头直边长 length of straight flange of head

从主圆筒的边缘到封头直边与(过渡)曲线相切点间的距离。

4 测量工具

并非任何一个油罐的测量都要使用所列的全部工具。所以,在选择所需工具以前,必须仔细考虑油罐的结构及相应的测量方法。所用工具应处于完好状态。钢围尺和测深量油尺不能有弯折。

4.1 钢围尺:0~15 m,符合 GB 13236 要求。

4.2 测深量油尺:0~5 m,符合 GB 13236 要求。

4.3 钢直尺:

a) 0~1 m,分度值 1 mm。

b) 0~30 cm,分度值 1 mm。

4.4 套管尺:分度值 1 mm。

4.5 半径三角仪:跨度为 0~350 mm 和 0~1 000 mm,分度值 1 mm。通过读数装置,可读准到 0.1 mm。

4.6 测厚仪:0.2 mm。

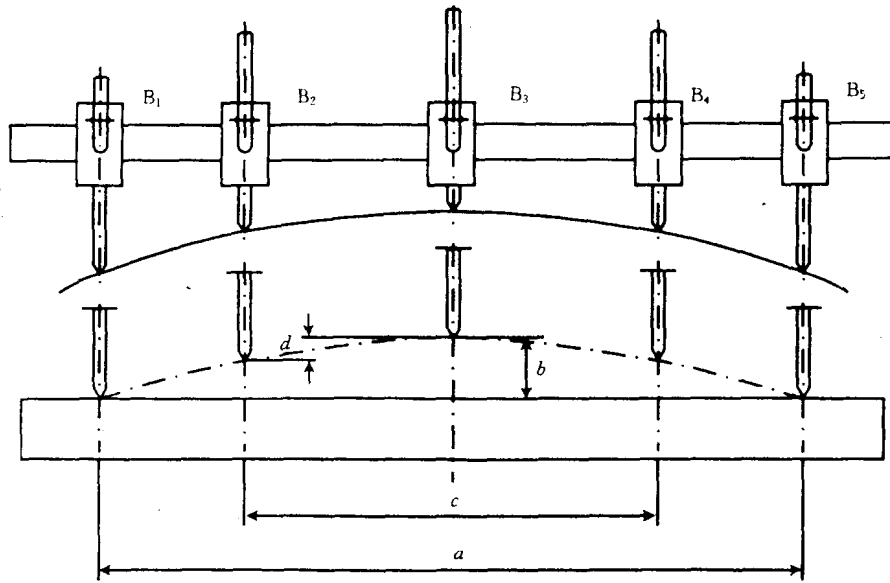
4.7 水准仪: S_3 级。

4.8 钢质跨越规:固定式或可调式。

4.9 温度计:全浸式水银温度计 $-30\sim+50\text{ }^{\circ}\text{C}$,分度值 0.2 $^{\circ}\text{C}$ 。

4.10 测力计:测量范围 0~100 N,最小分度值 2 N。

4.11 半径仪:在 2 m 长带刻度的钢质棒上,装有 5 个可滑动的测量尺,最小分度值 1 mm(见图 3)。通过读数装置,可读准到 0.1 mm。



a —外弦长; b —外弓高; c —内弦长; d —内弓高; $B_1 \sim B_5$ —测量尺

图 3 半径仪及测量原理示意图

4.12 其他: 递尺钩、线锤、磁性表座等。

5 注意事项

- 5.1 任何情况下, 都应遵守现行的安全规定。
- 5.2 测量组需要的人数取决于现场的条件, 如: 人员的经验, 天气情况, 测量日程和油罐尺寸。
- 5.3 不能使用强度或状态可疑的绳子、梯子或其他设备。对于受潮、浸透油品及在酸罐上使用过的绳子, 这点尤其重要。
- 5.4 如果使用梯子, 所有梯阶都应该检查并在地面上试验。梯子不应延长到正常的安全范围以外。必须懂得: 由于在油罐上操作的条件, 如立脚处湿润, 支撑面比较光滑和强劲的阵风可能大大增加测罐的危险。
- 5.5 在现场取得的测量值和说明资料应该进行核对, 并且迅速、清楚地记录下来。
- 5.6 在某些特殊情况下, 如油罐严重变形、无法进入的地下罐等, 推荐使用油罐全部或部分容积的液体标定法来代替油罐容积的测量和标定法。

6 测量条件

- 6.1 编制油罐容积表所需的全部数据及取得这些数据的方法应有严谨的测量原理来保证。
- 6.2 油罐至少要经受一次受压过程, 受压压力要达到油罐的最大工作压力或用水充满油罐, 稳定 72 h 后才能进行测量。
- 6.3 罐内要清洁, 而且测量部位不能有任何杂质, 如粘附在油罐底部和侧壁上的油品残渣、污垢和锈蚀物。

7 读数允差

- 7.1 用钢围尺测量圆周长时, 应读准并记录到 0.5 mm。
- 7.2 测量主圆筒长度、封头总长、封头直边长度、倾斜等时, 应读准并记录到 0.5 mm。
- 7.3 测量过渡曲线半径时, 应读准并记录到 0.2 mm。
- 7.4 测量球缺半径时, 应读准并记录到 0.2 mm。

- 7.5 温度值应读准并记录到 0.2°C 。
- 7.6 测量油罐板厚时,应读准并记录到 0.2 mm 。
- 7.7 测量罐内附件时应读准并记录到 1 mm 。

8 重新标定

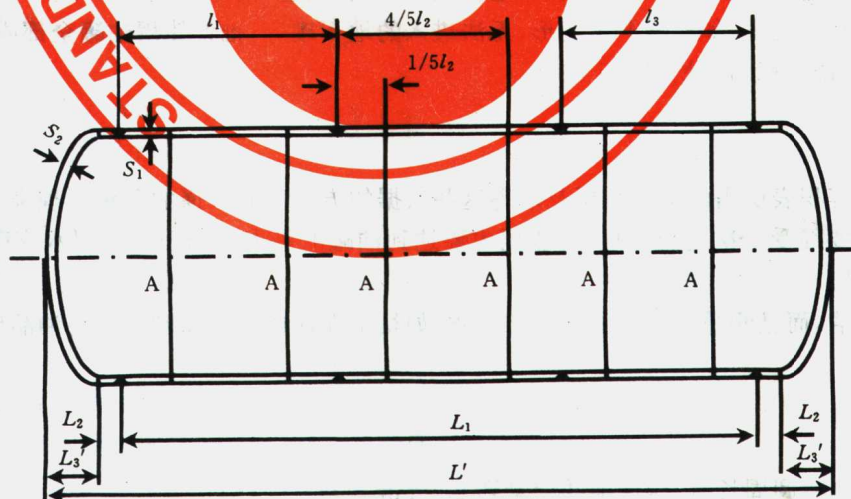
- 8.1 为了核查原有的主圆筒周长测量值,应尽可能地在靠近原来的位置重新测量圆周长。
- 8.2 如果核查测量的结果与原有的主圆筒周长值相差超过 3 mm ,应重新标定油罐并编制出新的油罐容积表。
- 8.3 如果以前测量圆周的位置与本标准介绍的位置不同或罐内附件已经改变,应该重新标定油罐并编制新的油罐容积表。
- 8.4 油罐长期使用以后,有时底座或其他支撑物处会变形。如果这种变形很明显,最好用液体标定法重新标定油罐。如果液体标定法不易操作,可按 16.4 的方法修正油罐容积表。
- 8.5 固定式卧罐,有下列情况时应重新标定:
- 罐内附件改变,如在罐内安装实物时。
 - 油罐经过维修或改造后,影响到油罐总容积或部分容积时。
 - 油罐移位时。

9 油罐板厚的测量

- 9.1 板厚可用超声波测厚仪测量,每一圈板和每个封头至少要测量一处。
- 9.2 如果不具备测量条件,板厚也可以从制造厂的图纸中得到,但要在测量记录中注明。

10 主圆筒长度的测量

- 10.1 圆筒的总长度是主圆筒长度与两个封头直边长度之和。
- 10.2 在主圆筒的两侧,按相隔 180° 标记两组测量点,对于主圆筒与封头搭接的油罐,测量点应标记在主圆筒的边缘处,对于主圆筒与封头对接的油罐,测量点应标记在主圆筒与封头间焊缝的中心点。每组测量点间的连线要与主圆筒的轴线平行。
- 10.3 对于对接的主圆筒(见图 4)测量两组测量点间的距离,取两侧测量值的平均值作为主圆筒长度。

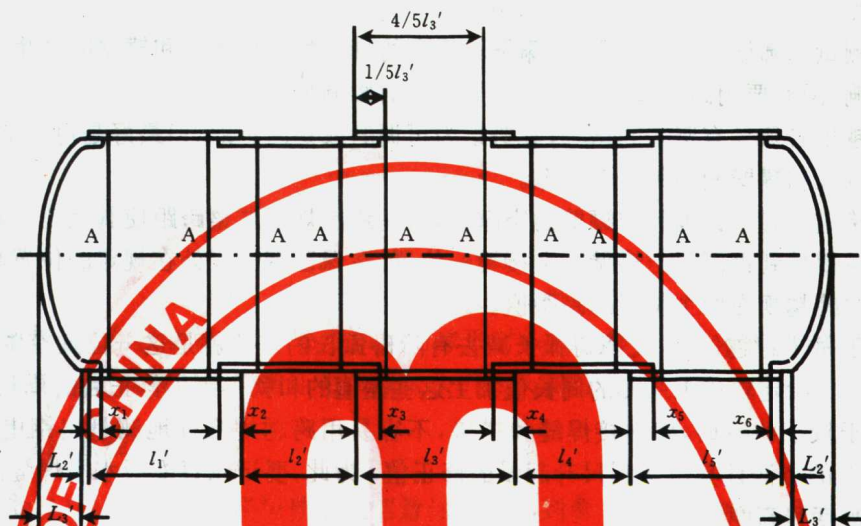


L' —油罐外总长; L_1 —油罐主圆筒长; $l_1 \sim l_3$ ——一至三圈板长;
 S_1 —圈板板厚; S_2 —封头板厚; A —各圈板圆周测量位置

图 4 对接式圆筒形卧罐

10.4 对于搭接的主圆筒,主圆筒的长度也应按 10.2 和 10.3 的方法进行测量。同时,要按大圆筒两端的边缘测量各圈板的外长,各圈板外长之和必须与主圆筒长度相等(见图 5),取两侧测量值的平均值作为各圈板的外长。根据焊痕测量搭接长度,焊痕不清楚时要多测几处,取平均值。

10.5 测量时给钢围尺施加 50 N 的拉力。



$l_1' \sim l_5'$ ——至五圈板外长; L_2' ——封头直边外长; $x_1 \sim x_6$ ——至六个搭接长

图 5 搭接式圆筒形卧罐

11 主圆筒周长的测量

11.1 准备工作

11.1.1 严格检查并确认油罐的结构和焊接方式,以便确定测量方法。

11.1.2 根据焊接方式来确定围测轨迹,应沿着每一轨迹除去污物和锈片。有时,由于某些障碍物,如人孔、联接管、焊疤、吊圈及底座等,可能会妨碍周长的测量。

11.1.3 如果障碍物能用跨越规跨过去,圆周就可以在规定的位位置测量。

11.1.4 如果障碍物不能用跨越规跨越,可以选择一个替换轨迹。该轨迹应尽量靠近规定的位置,偏移不能超过 100 mm,而且不能选择在焊缝处。测量记录里应注明替换轨迹的位置以及偏移的原因。

11.1.5 测量时给钢围尺施加 50 N 的拉力。

11.2 测量位置

11.2.1 如果油罐是由几个整圈钢板制成的,应在每个圈板长度的 $1/5$ 和 $4/5$ 处测量圆筒周长(见图 4 和图 5)。

11.2.2 如果油罐是由一个底板和几个半圈板组成或由螺旋对接而成,应把主圆筒的长度分成若干等份,在每一个等份的中部测量周长。每一等份的长度不能超过 1.5 m。

11.2.3 应在主圆筒两端靠近边缘处测量周长,以便确定油罐封头直边内径。

11.3 测量方法

11.3.1 主圆筒周长的测量

11.3.1.1 将钢围尺绕在油罐表面,让使用那段处在松弛状态,把尺带调整到规定的轨迹上,施加规定的拉力。

11.3.1.2 在取得一个测量读数以后,将拉力减小,移动尺带。然后将尺带回位,加上规定的拉力,再取得另一个测量读数。这一步骤应重复进行,直到取得两个连续相等的读数为止。记下这个相等的读数,作为那个位置的周长。

11.3.1.3 因对接焊缝和搭接使钢围尺与罐壁间产生空隙时,测量周长也应按照 11.3.1.1 和 11.3.1.2 的方法进行。

11.3.1.4 在相继的圈板上测量时,如果发现周长出现异常偏差,应进行复测,直到取得准确可靠的数据为止。

11.3.2 跨越测量

11.3.2.1 在测量主圆筒周长的过程中,测量轨迹上的障碍物使钢围尺和罐壁间产生空隙,此空隙会对周长值产生影响,因此要用跨越规测量空隙对周长值的影响量。

11.3.2.2 跨越规必须具有坚固的结构,其跨距为可调的或是固定的,但最好是可调的。跨越规的跨距应足以跨越钢围尺和罐壁间的每一个空隙。

11.3.2.3 将跨越规置于钢围尺和罐壁的空隙处,可调跨越规要调整跨距使其完全跨越空隙,固定跨越规。然后,将跨越规移到钢围尺与罐壁完全接触的位置。在保证钢围尺处在规定的位置和拉力的情况下,在钢围尺上读取跨越规在两个位置的跨距值。

11.3.2.4 对于每个跨越位置,无障碍弧长减去有障碍弧长的差值就是这一位置空隙对所测周长的影响量。在任何一个给定轨迹上所测的周长值加上这些差值的和就得到了修正后的周长值。

11.3.2.5 对于较小的障碍,如对接焊缝和搭接,不容易用跨越规准确地测量出钢围尺升起量的修正值。但可按 19.2 的方法计算出钢围尺升起量的修正值。为此,要记录每圈板水平焊缝的数量,并测量每条水平焊缝的宽度和高度。

12 液体压力和/或工作压力造成的罐壳膨胀

12.1 按 11.3.1.1 和 11.3.1.2 中所述的测量方法,在零压力和满罐工作压力下分别测出油罐的主圆筒周长。

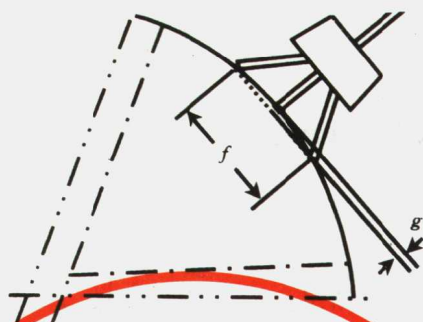
12.2 当内部压力造成的周长增量小于、等于 3 mm 时,可忽略不计;超过 3 mm 时,取满罐工作压力与零压力下测出的周长的平均值作为油罐主圆筒的周长值。

13 封头的测量

13.1 封头加封头直边外长的测量可以用垂线法。将钢直尺放在主圆筒一端上部中间处。在其伸出端吊一线锤,并让垂线正好接触封头中心点。对于封头与主圆筒搭接的油罐,读取封头中心点至主圆筒边缘的值作为封头加封头直边外长;对于封头与主圆筒对接的油罐,读取封头中心点至封头与主圆筒间焊缝中心的值作为封头加封头直边外长。取两端封头加封头直边外长的平均值作为油罐的封头加封头直边外长值。

13.2 用钢直尺在每个封头两侧的各两个部位测量封头直边的长度。对于封头与主圆筒搭接的油罐,封头直边的长度为主圆筒的边缘至封头直边与(过渡)曲线相切点间的距离;对于封头与主圆筒对接的油罐,封头直边的长度为封头与主圆筒间焊缝中心点至封头直边与(过渡)曲线相切点间的距离。取两端八个部位读数的平均值作为封头直边的长度。

13.3 对于弧形封头,用半径三角仪在每个封头两侧各两个部位(在不同的钢板上)测出过渡曲线的弦长和弓高(见图 6)。取两个封头八个部位读数的平均值作为过渡曲线的弦长和弓高。



f —弦长; g —弓高

图6 过渡曲线弦长和弓高测量法

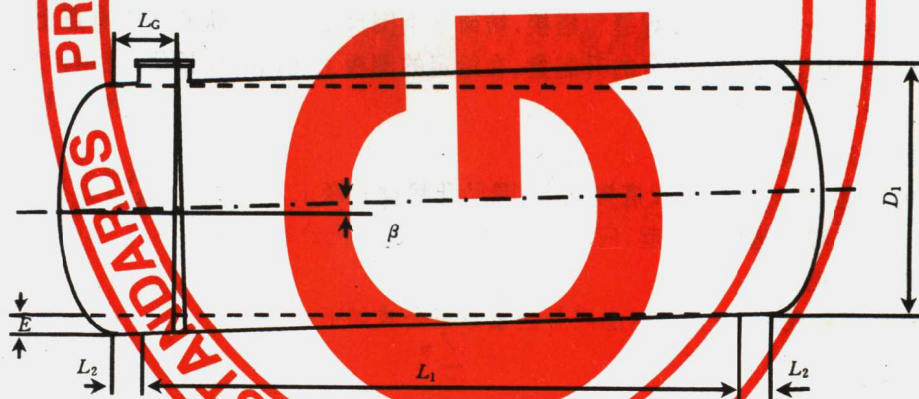
13.4 用半径仪或半径三角仪在弧形、球缺形和半椭球形封头的中心处水平和垂直两个方向测量封头的弦长和弓高,取两端四组读数的平均值作为油罐封头的弦长和弓高。

14 油罐参照点处内竖直径的测量

在检尺口(计量口)参照点处,用测深量油尺测量油罐底部到参照点的总高;再用钢直尺测量出油罐顶部到检尺口参照点的高度,即可计算出参照点处内竖直径值。

15 油罐倾斜的测量

15.1 用水准仪和标尺测量油罐主圆筒两端上部或下部边缘处的高度值(见图7)。



L_G —参照点到切点间的距离; β —油罐倾斜角度; E —油罐主圆筒两端高差; D_1 —主圆筒内径

图7 倾斜状态的卧式油罐

15.2 当油罐倾斜时,将影响油罐容积表给出的每厘米液深的准确容积。如果检尺位置不在油罐中点,应测量参照点至液位高端封头直边与(过渡)曲线相切点间的距离,并画在补充的草图上。

16 罐内附件的测量

16.1 要准确地测量罐内附件的尺寸和位置,以便提供附件排开或容纳的应扣除或增加的液体体积量。

16.2 如果有条件,应在罐内测量附件。如果无法进行实际测量,也可使用制造厂图纸上的数据,但要进行核对。

16.3 附件的测量,是为了给出从油罐底部开始的最低到最高液位范围内附件影响油罐容积的数量。

16.4 局部变形很明显的油罐,可以把变形量看作是罐内附件引起的油罐容积的增减量。根据变形的形状,测量变形部位的面积和高度,求出变形部位的平均高度,以便计算出变形量,修正油罐容积表。

16.5 在测量中,应画出附件的详图,清晰地标出附件的尺寸和位置,该图应成为测量记录的一部分。

17 标定记录及说明资料

17.1 附录 B 给出了标定记录的格式。

17.2 标定数据和说明资料应记录在油罐测量记录表上。罐内储存的液体用普通的名称即可,应记录液体温度值。

17.3 应在 16 开的纸上画补充草图,并仔细核验,注明日期并签名,它是现场测量资料的一个重要部分。

草图上应表明油罐可能具有的下列情况:

- a) 圈板上主要的水平和圆周焊缝;
- b) 每圈钢板数目和尺寸;
- c) 输油管和入孔的分布及尺寸;
- d) 壳板上凹坑和凸起的位置和尺寸;
- e) 在圆周测量轨迹上跨越障碍物的方法;
- f) 与测量位置不同的钢围尺轨迹位置。

18 计算允差

在油罐尺寸计算过程中,要精确到 0.01 mm;在油罐容积计算过程中,要精确到 0.01 L。

19 圆周围尺升起量的扣除

19.1 凸出部分扣除

在罐壳的凸出部分,例如,对接焊缝和搭接,妨碍了钢围尺沿其测量轨迹在所有点上与罐壳接触,周长的增加量取决于钢围尺在凸起部分的升起量。在给定的圈板上测出的周长值,应用计算出来的各升起点的周长增量之和进行修正。

19.2 计算钢围尺升起量的扣除额

对于较低的凸起,如对接焊缝或搭接处,钢围尺升起量的修正值非常小,实际上不可能用跨越规准确地测量出来,因此,对于这样的凸起,应用“钢围尺升起量修正公式”计算。

钢围尺升起量修正公式:

- a) 对接:对接焊缝或类似凸起,钢围尺升起量修正公式如下:

$$\text{修正值(mm)} = \frac{2Ntw}{d} + \frac{8Nt}{3} \sqrt{\frac{t}{d}} \dots\dots\dots(1)$$

式中: N ——每圈焊缝或凸起的数目;

t ——升起量(焊缝或凸起的厚度),mm;

w ——焊缝或凸起的宽度,mm;

d ——油罐的标称直径,mm。

- b) 搭接:图 8 说明了改变形式后的公式(1),应用于搭接钢围尺升起量的修正。

1) 图 8 展示了搭接处上下方圈板的位置和真实圆周与围尺轨迹的关系。如果没有搭接,圈板应处在图中虚线的位置。

2) 越过搭接处测量的圆周值,应修正到无搭接时的圆周值。图 8 表明,只需用围尺修正量的一半参与修正;消除宽度 w 值后,则方程(1)变为:

$$\text{修正值(mm)} = \frac{8N}{3} \times \frac{t}{2} \sqrt{\frac{t}{2d}} = \frac{4Nt}{3} \sqrt{\frac{t}{2d}} \dots\dots\dots(2)$$

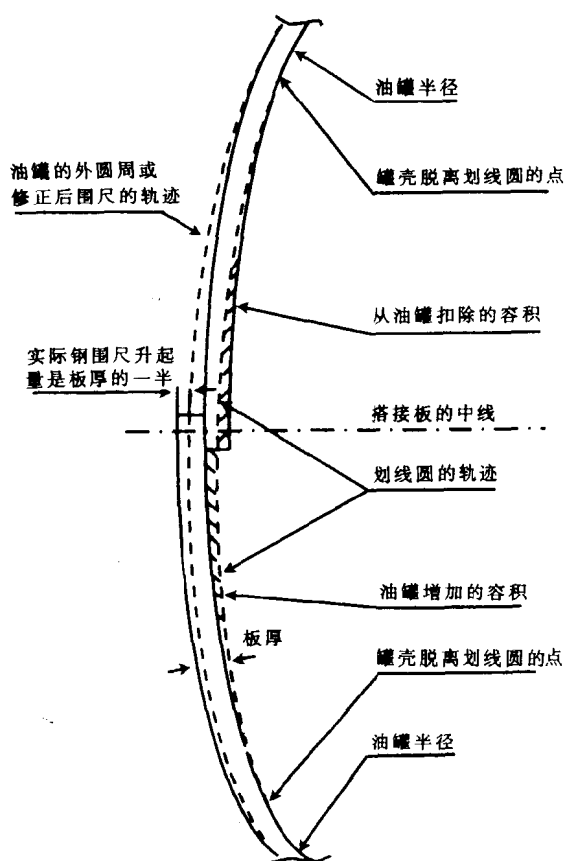


图8 搭接处真实圆周与围尺轨迹的关系

20 油罐各部分尺寸的计算

20.1 主圆筒平均内直径计算

20.1.1 主圆筒平均内直径应取其加权平均值。对接式主圆筒的平均内直径 D_1 (mm) 按式(3)计算:

$$D_1 = \frac{\sum_{i=1}^n C'_i L_i}{\pi \sum_{i=1}^n L_i} - 2S_1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: C'_i ——第 i 圈板的外周长, mm;

L_i ——第 i 圈板的内长, mm;

S_1 ——主圆筒各圈板厚度的平均值, mm;

n ——主圆筒圈板数。

20.1.2 搭接式主圆筒, 应分别计算出主圆筒大小圆筒的加权平均内直径。

20.2 封头直边内直径 D_2 (mm) 按式(4)计算:

$$D_2 = \frac{C'_x + C'_y}{2\pi} - 2(S_1 + S_2) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中: C'_x, C'_y ——分别为主圆筒左、右两端靠近边缘处的外周长, mm;

S_2 ——两端封头板厚的平均值, mm; 封头与主圆筒对接时, 取 $S_2 = 0$ 。

20.3 主圆筒内长的计算

20.3.1 圈板与圈板对接、圈板与封头对接时, 主圆筒内长 L_1 (mm) 与外长 L'_1 (mm) 相等, 即: $L_1 = L'_1$ 。

20.3.2 圈板与圈板对接、圈板与封头搭接时, 主圆筒内长 L_1 按式(5)计算:

$$L_1 = L_1' - (x_1 + x_{n+1}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中: x_1, x_{n+1} ——分别为两个封头与主圆筒的搭接长度。

20.3.3 圈板与圈板搭接时,主圆筒内长按式(6)、式(7)计算:

$$L_{\text{大}} = \sum_{i=1}^{\frac{n+1}{2}} l'_{(2i-1)} - \sum_{i=1}^{n+1} x_i \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$L_{\text{小}} = \sum_{i=1}^{\frac{n-1}{2}} l'_{2i} + \sum_{i=2}^n x_i \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中: $L_{\text{大}}, L_{\text{小}}$ ——分别为主圆筒大、小圈板内长的和,mm;

$l'_{(2i-1)}, l'_{2i}$ ——分别为第(2i-1)大圈板、第(2i)小圈板的外长,mm;

x_i ——圈板与封头、圈板与圈板间第(i)个搭接长,mm。

20.4 封头直边内长的计算

20.4.1 圈板与封头对接时,封头直边的内长 L_2 (mm)与外长 L_2' (mm)相等,即:

$$L_2 = L_2'$$

式中: L_2 ——两端封头直边内长的平均值,mm;

L_2' ——两端封头直边外长的平均值,mm。

20.4.2 圈板与封头搭接时,封头直边内长 L_2 按式(8)计算:

$$L_2 = L_2' + \frac{(x_1 + x_{n+1})}{2} \quad \dots\dots\dots (8)$$

20.5 封头内长 L_3 (mm)按式(9)计算:

$$L_3 = L'_{2,3} - L_2 - S_2 \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中: L_3 ——两端封头内长的平均值,mm;

$L'_{2,3}$ ——两端封头加封头直边外长的平均值,mm。

20.6 弧形封头过渡曲线内半径 r (mm)按式(10)计算:

$$r = \frac{(f^2/4) + g^2}{2g} - S_2 \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中: f, g ——分别为过渡曲线的外弦长和外弓高,mm。

20.7 球缺形、半椭球形封头外表面曲率的计算

封头外表面曲率 e' 按式(11)计算:

$$e' = \sqrt{\frac{4bd(b-d)}{bc^2 - da^2}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中: 弦长: 外: a ; 内: c ;

弓高: 外: b ; 内: d ;

当 $e' = 1$ 时,封头为球缺形;

当 $e' < 1$ 或 $e' > 1$ 时,封头为半椭球形。

20.8 弧形封头球缺内半径的计算

弧形封头球缺内半径 R_3 (mm)按式(12)计算:

$$R_3 = \frac{(a^2/4) + b^2}{2b} - S_2 \quad \dots\dots\dots (12)$$

21 油罐容积计算

21.1 液高修正

计算油罐部分容积时,由于参照点处内竖直径 D_H (mm)与主圆筒内直径 D_1 、封头直边内径 D_2 不一致,应对参照点处液高 H (mm)进行修正,按式(13)~式(16)计算:

$$H_1 = H + \frac{D_1 - D_H}{2} \dots\dots\dots (13)$$

$$H_2 = H + \frac{D_2 - D_H}{2} \dots\dots\dots (14)$$

$$H_{\text{大}} = H + \frac{D_{\text{大}} - D_H}{2} \dots\dots\dots (15)$$

$$H_{\text{小}} = H + \frac{D_{\text{小}} - D_H}{2} \dots\dots\dots (16)$$

式中: H_1 ——主圆筒内的液高, mm;

H_2 ——封头直边、封头内的液高, mm;

$H_{\text{大}}$ ——搭接油罐, 大圆筒内的液高, mm;

$H_{\text{小}}$ ——搭接油罐, 小圆筒内的液高, mm;

$D_{\text{大}}$ ——搭接油罐, 大圆筒平均内径, mm;

$D_{\text{小}}$ ——搭接油罐, 小圆筒平均内径, mm。

21.2 θ 角的计算

主圆筒和封头的部分容积计算都涉及到油罐截面上的角度 θ (见图 9), θ 是以液面 AB 为弦所对应的圆心角的一半。 θ 角的计算如下:

a) 主圆筒截面上的角度 θ_1 (rad 或 $^\circ$) 按式(17)计算:

$$\theta_1 = \arccos\left(1 - \frac{2H_1}{D_1}\right) \dots\dots\dots (17)$$

b) 封头直边截面上的角度 θ_2 (rad 或 $^\circ$) 按式(18)计算:

$$\theta_2 = \arccos\left(1 - \frac{2H_2}{D_2}\right) \dots\dots\dots (18)$$

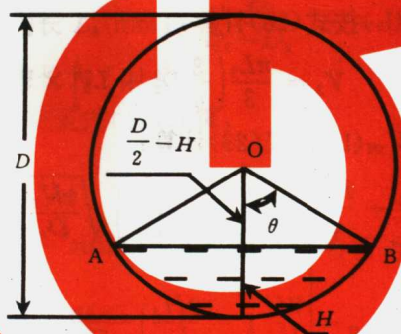


图 9 θ 角的位置

21.3 主圆筒容积的计算

21.3.1 主圆筒总容积的计算

21.3.1.1 对接式油罐主圆筒总容积 V_1 (L) 按式(19)计算:

$$V_1 = \frac{\pi}{4} D_1^2 L_1 \times 10^{-6} \dots\dots\dots (19)$$

21.3.1.2 搭接式油罐主圆筒总容积 V_1 (L) 按式(20)计算:

$$V_1 = \frac{\pi}{4} (D_{\text{大}}^2 L_{\text{大}} + D_{\text{小}}^2 L_{\text{小}}) \times 10^{-6} \dots\dots\dots (20)$$

21.3.2 主圆筒部分容积的计算

21.3.2.1 对接式油罐, 主圆筒部分容积 V_{1H} (L) 按式(21)计算:

$$V_{1H} = \frac{D_1^2 L_1}{4} (\theta_1 - \sin\theta_1 \cos\theta_1) \times 10^{-6} \dots\dots\dots (21)$$

21.3.2.2 搭接式油罐主圆筒部分容积 V_{1H} 的计算:

搭接式油罐应分别计算出大、小圆筒的部分容积 $V_{大H}$ 和 $V_{小H}$, 将 $V_{大H}$ 和 $V_{小H}$ 相加就得到了主圆筒的部分容积 V_{1H} 。

a) 大圆筒部分容积 $V_{大H}(L)$ 按式(22)计算:

$$V_{大H} = \frac{D_{大}^2 L_{大}}{4} (\theta_{大} - \sin \theta_{大} \cos \theta_{大}) \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (22)$$

$$\theta_{大} = \arccos \left(1 - \frac{2H_{大}}{D_{大}} \right) \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中: $\theta_{大}$ ——大圆筒截面上液面对应的圆心角的一半, rad 或°。

b) 小圆筒部分容积 $V_{小H}(L)$ 按式(24)计算:

$$V_{小H} = \frac{D_{小}^2 L_{小}}{4} (\theta_{小} - \sin \theta_{小} \cos \theta_{小}) \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (24)$$

$$\theta_{小} = \arccos \left(1 - \frac{2H_{小}}{D_{小}} \right) \quad \dots\dots\dots (25)$$

式中: $\theta_{小}$ ——小圆筒截面上液面对应的圆心角一半, rad 或°。

21.4 封头直边容积的计算

21.4.1 封头直边的总容积 $V_2(L)$ 按式(26)计算:

$$V_2 = \frac{\pi}{2} D_2^2 L_2 \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (26)$$

21.4.2 封头直边的部分容积 $V_{2H}(L)$ 按式(27)计算:

$$V_{2H} = \frac{D_2^2 L_2}{2} (\theta_2 - \sin \theta_2 \cos \theta_2) \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (27)$$

21.5 球缺形封头容积的计算

21.5.1 球缺形封头总容积 $V_3(L)$ 按式(28)计算:

$$V_3 = \frac{\pi L_3}{3} \left(\frac{3}{4} D_2^2 + L_3^2 \right) \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (28)$$

21.5.2 球缺形封头部分容积 $V_{3H}(L)$ 按式(29)计算:

$$V_{3H} = \frac{\pi D_2^3}{8} \left(\frac{u}{2} + \frac{u^3}{6} \right) \times 10^{-6} + \frac{D_2^3}{4} \left\{ \frac{2}{3} W \left(1 - \frac{2H_2}{D_2} \right) \sqrt{\frac{4H_2}{D_2} - \left(\frac{2H_2}{D_2} \right)^2} + \frac{W}{3} (1 + 2V^2) \times \right. \\ \left. \sin^{-1} \left(1 - \frac{2H_2}{D_2} \right) - \frac{2}{3} V^3 \operatorname{tg}^{-1} \left[\frac{W}{V} \left(1 - \frac{2H_2}{D_2} \right) \frac{1}{\sqrt{\frac{4H_2}{D_2} - \left(\frac{2H_2}{D_2} \right)^2}} \right] - \left[V^2 - \frac{1}{3} \left(1 - \frac{2H_2}{D_2} \right)^2 \right] \right. \\ \left. \left(1 - \frac{2H_2}{D_2} \right) \operatorname{tg}^{-1} \left[\frac{1}{W} \sqrt{\frac{4H_2}{D_2} - \left(\frac{2H_2}{D_2} \right)^2} \right] \right\} \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (29)$$

式中: $u = \frac{2L_3}{D_2}$; $V = \frac{1+u^2}{2u}$; $W = V - u$ 。

21.6 半球形和半椭球形封头容积的计算

21.6.1 半球形和半椭球封头总容积的计算

21.6.1.1 半椭球封头总容积 $V_3(L)$ 按式(30)计算:

$$V_3 = \frac{\pi}{3} D_2^2 L_3 \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (30)$$

21.6.1.2 半球形封头总容积 $V_3(L)$ 按式(31)计算:

当 $L_3 = \frac{D_2}{2}$ 时, 封头为半球形

$$V_3 = \frac{\pi}{6} D_2^3 \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (31)$$

21.6.2 半球形和半椭球形封头部分容积的计算

21.6.2.1 半椭球形封头部分容积 $V_{3H}(L)$ 按式(32)计算:

$$V_{3H} = \frac{\pi L_3 H_2^2}{3} \left(3 - \frac{2H_2}{D_2} \right) \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (32)$$

21.6.2.2 半球形封头部分容积 $V_{3H}(L)$ 按式(33)计算:

$$V_{3H} = \frac{\pi D_2 H_2^2}{6} \left(3 - \frac{2H_2}{D_2} \right) \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (33)$$

21.7 圆锥形和圆台形封头容积的计算

21.7.1 圆台形封头总容积 $V_3(L)$ 按式(34)计算:

$$V_3 = \frac{\pi L_3}{6} (D_2^2 + D_4^2 + D_2 D_4) \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (34)$$

式中: D_4 ——圆台小圆平均内直径, mm。

当 $D_4=0$ 时, 封头为圆锥形, 总容积 $V_3(L)$ 按式(35)计算:

$$V_3 = \frac{\pi}{6} D_2^2 L_3 \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (35)$$

21.7.2 圆锥形和圆台形封头部分容积的计算

21.7.2.1 圆锥形封头部分容积 $V_{3H}(L)$ 按式(36)计算:

$$V_{3H} = \frac{1}{6} D_2^2 L_3 [\theta_2 - \sin 2\theta_2 + \cos^3 \theta_2 \ln(\sec \theta_2 + \operatorname{tg} \theta_2)] \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (36)$$

21.7.2.2 圆台形封头部分容积 $V_{3H}(L)$ 的计算

圆台形封头部分容积可以由大圆锥的部分容积减去小圆锥的部分容积求得。

小圆锥的底圆内直径为 D_4 , 小圆锥内长 $L_4(\text{mm}) = \frac{L_3 D_4}{D_2 - D_4} \quad \dots\dots\dots (37)$

大圆锥的底圆内直径为 D_2 , 大圆锥内长为 $L_3 + L_4$ 。

圆台形封头部分容积 $V_{3H}(L)$ 按式(38)至式(42)计算:

当 $H_2 \leq \frac{1}{2}(D_2 - D_4)$ 时

$$V_{3H} = \frac{D_2^2}{6} (L_3 + L_4) [\theta_2 - \sin 2\theta_2 + \cos^3 \theta_2 \ln(\sec \theta_2 + \operatorname{tg} \theta_2)] \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (38)$$

当 $\frac{1}{2}(D_2 - D_4) < H_2 \leq \frac{1}{2}(D_2 - D_4) + D_4$ 时

$$V_{3H} = \left\{ \frac{D_2^2}{6} (L_3 + L_4) [\theta_2 - \sin 2\theta_2 + \cos^3 \theta_2 \ln(\sec \theta_2 + \operatorname{tg} \theta_2)] - \frac{D_4^2 L_4}{6} [\theta_4 - \sin 2\theta_4 + \cos^3 \theta_4 \ln(\sec \theta_4 + \operatorname{tg} \theta_4)] \right\} \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (39)$$

$$\theta_4 = \arccos \left(1 - \frac{2H_4}{D_4} \right) \quad \dots\dots\dots (40)$$

$$H_4 = H_2 - \frac{1}{2}(D_2 - D_4) \quad \dots\dots\dots (41)$$

式中: θ_4 ——小圆锥底圆截面上液面对应的圆心角的一半, rad 或°。

H_4 ——小圆锥内的液高, mm。

当 $\frac{1}{2}(D_2 - D_4) + D_4 < H_2 \leq D_2$ 时

$$V_{3H} = \left\{ \frac{D_2^2}{6} (L_3 + L_4) [\theta_2 - \sin 2\theta_2 + \cos^3 \theta_2 \ln(\sec \theta_2 + \operatorname{tg} \theta_2)] - \frac{\pi D_4^2}{6} L_4 \right\} \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (42)$$

可以看出,当 $\frac{H_2}{D_2} > 0.5$ 和 $\frac{H_4}{D_4} > 0.5$ 时,圆锥形和圆台形封头部分容积公式中 $\frac{H_2}{D_2}$ 与 $\frac{H_4}{D_4}$ 的值就得用 $1 - \frac{H_2}{D_2}$ 和 $1 - \frac{H_4}{D_4}$ 的值代替。

21.8 弧形封头容积的计算

21.8.1 弧形封头总容积的计算

若弧形封头球缺内表面的延伸线和封头直边内表面的延长线交于E点(见图10),此时弧形封头的总容积可看作为内弦长为 D_2 、内弓高为 L_5 (mm)的球缺形容积,加上内直径为 D_2 、长度为 L_6 (mm)的圆筒容积,减去小圆角FEC构成的环形容积 $V_{\text{FEC}}(L)$ 。总容积 $V_3(L)$ 按式(43)计算:

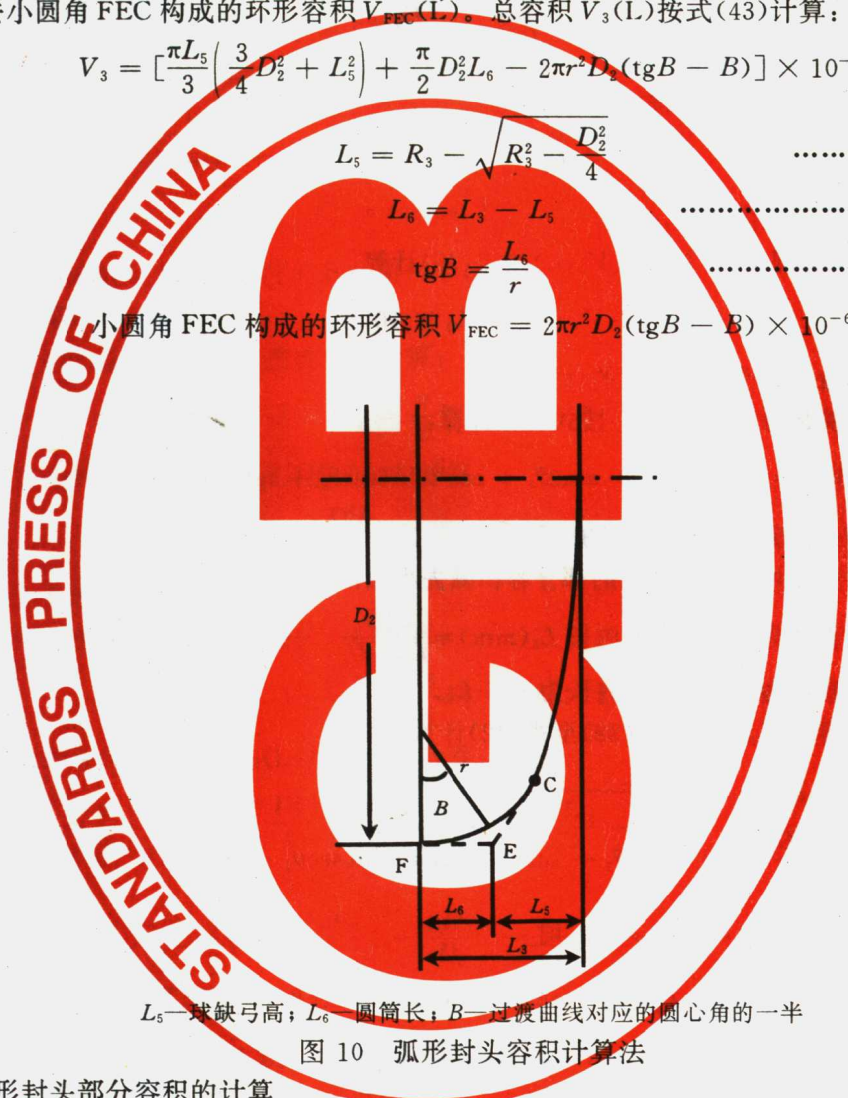
$$V_3 = \left[\frac{\pi L_5}{3} \left(\frac{3}{4} D_2^2 + L_5^2 \right) + \frac{\pi}{2} D_2^2 L_6 - 2\pi r^2 D_2 (\text{tg} B - B) \right] \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (43)$$

$$L_5 = R_3 - \sqrt{R_3^2 - \frac{D_2^2}{4}} \quad \dots\dots\dots (44)$$

$$L_6 = L_3 - L_5 \quad \dots\dots\dots (45)$$

$$\text{tg} B = \frac{L_6}{r} \quad \dots\dots\dots (46)$$

$$\text{小圆角 FEC 构成的环形容积 } V_{\text{FEC}} = 2\pi r^2 D_2 (\text{tg} B - B) \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (47)$$



L_5 —球缺弓高; L_6 —圆筒长; B —过渡曲线对应的圆心角的一半

图 10 弧形封头容积算法

21.8.2 弧形封头部分容积的计算

弧形封头的部分容积 $V_{3H}(L)$ 可用内弦长为 D_2 、内弓高为 L_5 的球缺部分容积,加上内直径为 D_2 、长度为 L_6 的圆筒部分容积,减去小圆角FEC构成的环形部分容积(按 $\frac{\theta_2}{\pi}$ 的值逐步减掉)得到, V_{3H} 按式(48)计算:

$$V_{3H} = \frac{\pi D_2^3}{8} \left(\frac{u}{2} + \frac{u^3}{6} \right) \times 10^{-6} + \frac{D_2^3}{4} \left\{ \frac{2}{3} W \left(1 - \frac{2H_2}{D_2} \right) \sqrt{\frac{4H_2}{D_2} - \left(\frac{2H_2}{D_2} \right)^2} + \frac{W}{3} (1 + 2V^2) \right.$$

$$\left. \sin^{-1} \left(1 - \frac{2H_2}{D_2} \right) - \frac{2}{3} V^3 \text{tg}^{-1} \left[\frac{W}{V} \left(1 - \frac{2H_2}{D_2} \right) \times \frac{1}{\sqrt{\frac{4H_2}{D_2} - \left(\frac{2H_2}{D_2} \right)^2}} \right] - \left[V^2 - \frac{1}{3} \left(1 - \frac{2H_2}{D_2} \right)^2 \right] \right\}$$