

立式金属罐容量检定中常见问题探讨

郑 军 (烟台市标准计量检验检测中心, 山东 烟台 264000)

摘要: 立式金属罐是一种强度很大的测量工具, 它的容积测量精度对买卖双方的经济效益及测量声誉有很大的影响。本文讨论了对立式金属罐计量校准精度的影响, 其中包含: 全站仪测量中人射角度(不得大于 60°)的影响, 全站仪测量器中输入量的不确定度评价结果的关联性。同时, 在对基准圆周进行周尺测量时, 应对圆心和半径的拟合中出现的异数进行处理。本文就立式金属罐容量检定中常见的测量参考点的确定、底量测量、第一圈板内高的确定、起始高度以下体积表的计算、径向偏差等因素对测量的影响进行阐述。

关键词: 立式金属罐; 容量检定; 径向偏差

0 前言

立式金属罐(以下简称为立式罐)属于一种强大的检测测量仪表, 它在石油、化工、商业、交通、外贸、航空等领域有着非常广泛的应用, 对它进行精确的测量, 与交易双方的经济利益以及测量信誉有直接的联系。本文就是关于在平时测量检验工作中, 人们所关注的——几个问题进行讨论。同时, 立式金属罐是一种用来运送和储存石油的衍生品的一种计量器具, 它是在我国国内外贸易结算中使用的一种主要的计量器具, 对其容量的精确测量与国家对外内贸易的经济利益有直接的联系。根据《立式金属罐容量》的校准规范, 对校准过程中出现的几个问题进行分析, 并就此问题发表自己的观点和意见, 供同行们讨论。

1 基圆位置和光学垂准线法垂直测定位置的确定

JJG168-2005《立式金属罐容量》检测规范中关于“观测第一环的内外高 $3/4, 00\text{mm}$ ”的定义应该是: 在检测第一环的内外高 $3/4, 00\text{mm}$ 范围之内, 不能有任何障碍, 同时, 上述三环不管是围尺法的围尺位置, 或者是光垂线法, 每个测量点的同一个环, 其相同的位置, 都必须达到相同的相对高度, 不能有任何障碍。因此, 必须确保检测时, 准确选择这个位置。同时, 采用光垂线方法, 通过测定板高, 可以得到基准圆盘和每一竖向测点间的间距。在旗绳末端某一固定位置, 在点M上依次量取选中的接点, 将点M放在固定点O上, 并确保牵引旗绳之后的每个接点都处于固定点O处, 这样就能精确地找到各垂直测量点的位置。另外, 一般情况下, 安装在栏杆上的滑轮会在小爬车在向上移动时, 引起绳索与罐壁的角度改变, 从而导致在确定垂直测量点的位置时出现偏差。为了防止这种错误的发生, 可以在油缸顶部设置一条一路磁性底座上的一个可调节的定位皮带轮, 以确保牵引绳索沿垂

直方向移动。从而确保每个竖直测点的定位容易、精确^[1]。

2 基圆周长测量时钢卷尺压位问题

一般情况下, 在零刻度前面有 200mm 左右的延长段, 所以, 用磁力定位器来定位卷尺的哪一段为宜。作者以为, 当零刻度线和开始的垂线一致时, 应把一块磁石放在离零刻度线 200mm 远的地方, 而不应把零刻度线覆盖起来, 也不应把它放在零刻度线后面, 这样可以确保在整个测量间隔内, 尺条的读数都在被检测的范围内, 同时也可以检测到零刻度线的位置有没有变化。

3 圈板高度与单高测量问题

一般情况下, 根据人工视觉对焊接接头的平直位置进行判定, 结果有较大的偏差。如果两个环片之间的起始和结束位置不在一个水平面上, 则构成一个区段的偏差。全高之测定位置一般选于阶梯之上方平台。但是, 量油尺与储罐之间存在着一定的空隙, 量油尺在风的作用下会发生摇晃, 从而给量油带来一定的误差。按照“总高度”的界定, “总高度”就是每块木板的高度之和。若罐顶有倾角, 则单个点测得的只是油缸顶部至地板的竖直长度, 而不是缸顶整体高度。所以, 认为在确定罐体倾斜方向之后, 可以对板高和总高进行测量, 也就是在罐体的倾斜凸面, 在将量油尺的尺带放松调节好之后, 再用磁铁将量油尺的尺带分别在第一和最上圈板上进行固定, 再用望远镜分别读出各个圈板之间的焊接中心对应尺面上的示值, 从而计算出各板, 对第一圈的板高和第一圈的板高进行测量。

4 计量基准点的确定

部分立式金属罐在设计时, 其顶部没有专门的测量孔, 测量采用天窗。由于顶棚一般直径很大, 所对

应的油箱底部往往是不平整的，所以在顶棚上使用的油尺，其参考高度也是不一样的，所以天窗上的油量也是不一样的。在体积为 $3000\text{--}5000\text{m}^3$ 的立式金属罐中，一般的高度偏差 $3\text{--}5\text{mm}$ 将会导致原油的计量出现 1t 的偏差，所以，在没有特殊的计量端口的时候，就必须在天窗的边上选择一个固定的地方来进行参考高度的测量，并在罐底相应的地方作好记号，这样才能精确地测量出底部的量，并且将这个地方的标注在检定证明上，方便使用者在进行油深的测量^[2]。

5 底量的测量

采用几何测量方法对罐底量进行测定时，先对金属罐的第一个圆盘的周长进行测定，然后在罐底的测量点进行标注之前，要对圆心进行定位，可以将两条半径标记线以 90° 的角度放置，外端点靠近罐壁，将两条半径线在中心处的交点（圆心）拉直，然后从圆心出发，按照圆环（中间为圆形）面积相等的原理，将每一个同心圆等份，就可以得到每一个同心圆。对于体积比较大的罐，为了提高立式金属罐的检测精度，需要在立式金属罐内增设检测点。

6 起始高度以下容量表的计算

通常容积表都是从水槽的起升位置起，但是有的使用者在用水槽的时候没有把水槽清理干净，此时就要求在起升位置下面再加一个容积表。在此条件下，可采用容积法和几何测量计算法进行检测。在使用几何测量计算法时，在完成计量后，可以假定每个被计量的同心圈之上是一个平坦的顶点，从而求出这个同心圈之下罐的容积，然后利用最小二乘法或者拉格朗日法，求出容积表，在计量时，可以借助油罐车容积计量软件来进行计量^[3]。

7 角度问题

《立式金属罐容量》（JJG168-2018）中对激光入射角度不得大于 60° ，并提出了要求。因此，在热水瓶内部测定时，如果人体的射击角度大于 60° ，应怎样测定呢？全站仪测量距离时，用来测量距离的光束和反射器的法向的角度，叫做测量距离的光束入射角度（俯仰角度）。若靠近垂直保温桶中央（圆形），则由于桶底部的钢板等原因，使仪表安装不稳定，或者因立式金属罐罐壁比较高，所以在测量高层圈板时，全站仪视准轴仰角大于 60° ，所以可以考虑在立式金属罐内圆周周边设置一个站点，从而实现径向的垂直母线扫描测量。按照下面的方法进行：第一步做标签，第一次内测圆周后，按所需测定的汇流排（须

为偶数），于二次绕圈时，于对应的地点作上记号，也可在下端放全站仪正中央，按所需测点数目，设定分度，并在雷射点上作记号。第二个步骤，就是设置站点。在设置站点时，尽可能地将被测母线、罐底中心与仪表三点一线相结合，在垂直母线上进行对直径方向的扫描测量。

8 径向偏差测量问题

8.1 立式罐内水平圆周扫描测量

在立式金属罐容积检定时中，全站仪一般使用的是水平圆周扫描测量，也就是在各圈板的 $1/4$ 或 $3/4$ 处，按照不超过 3m 或 4m 弧长的点间距，对每一个点的 3D 坐标进行测量，并以 3D 坐标为基础，来拟合出该圆周半径值。然而，在校核时，发现全站仪的光电距离测量得到的圆盘与围尺的圆盘半径有一定的误差，而且这个误差随着不同仪器和立罐的不同而有正向和负向变化，其幅度也有很大的差异（约为数 mm ）。但是，在同样的高度上，以上的误差值与符号的值大致一致。通常情况下，全站仪无棱镜测距时，预设的校正系数为零。同时，因现场观测，储层温升呈现出动态性，已有观测资料显示，储层朝阳面和背阴面同一时间内，储层表面温差可达 $4.6\text{--}9.2^\circ\text{C}$ 。尽管对实测值进行了校正，但由于使用的是均值气温，校正效果并不理想。

8.2 从测量误差理论上分析

规范中的径向偏离测定法，其实是利用一种微差测定法，即把所测定的被测定量和与其仅有极小差异的同类量进行测定，并利用测定这两个数值之间的差异来测定的一种方法。该方法的优势在于可以获得更高的测量精度，在同样情况下对两个相似的量进行对比，从而可以对每个影响量造成的误差成分进行部分消除或者实质上完全消除。举个例子，一个名义上的容积是 10000m^3 的垂直金属容器，它的外周是 89566.1mm ，一个基本圆圈的內径是 14236.9mm 。测量设备是 100m 标准钢卷尺，对围尺进行测量，测量的结果使用检定证书的修正值，它的內半径测量标准不确定度为： $u(R_{\text{四}}) = 0.39\text{mm}$ 。在规范规定的 60° 入射角度范围之内，距离的不确定度是最重要的因素，因此，对于测定特定圆周的板內径，分别使用径向偏差法和利用光电设备进行不确定度的评估^[4]。

9 基圆围尺问题

基圆周长的测定方法有两种：一种是外部测量的方法，另一种是内部测量的方法。在一个基本圆周上进行尺寸调整后，如果不做张力校正而只使用读取值，

会造成多大的偏差？基准圆量度时，规范中所列的用于带校正的钢带尺用。按照《钢带尺检定规范》，校准量为 20℃，外加某一张力，一般为 98N 或 49N。用标准圆内展尺方法进行测量时，每一圈板的内径的计算公式。在计算过程中，在内置式中引入张力校正，否则将导致基圆周长度的测定出现偏差。假定当钢带尺厚为 0.2mm，宽为 20mm，且具有不同的基础圆周时，各种张力校正数值^[5]。同时，在对内部铺尺进行张力校正的同时，在对围尺进行外部测量时，需要关注由卷尺检验证明上所显示的张力数值，确保实际应用中的张力与检测中所显示的张力是一样的，不然就会造成张力偏差。规范中指出，当圆周大于或等于 100m 时，两次误差不得大于 3mm；当圆周长度在 100m 以下或 200m 以下时，两个公差不得大于 4mm；当圆周为 200m 或更多时，这两个容许误差不得超过 6mm。若卷尺检验证明中的张力为 98N，实际应用中的张力为 49N，则其产生的偏差将超出规范要求^[6]。另外，如果在内部测定基圆时没有进行张力校正，或者在外部测定时所用的张力与钢带尺受试时所用的张力不符，则会导致基圆测定结果的超差。所以在检验时，一定要仔细检查证明上所示的检验时刻的张力数值。

10 全站仪水平圆周测量数据处理

10.1 对规程中附录 F 公式作变换

为使人更好地了解，对规范中求圆心坐标的公式进行一些修改，也就是将公式（2）和公式（3）中和符号移到中括号之外，变成下边的形式：

$$r_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - a_{m-1})^2 + (y_i - b_{m-1})^2} \quad (1)$$

$$a_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\sqrt{x_i - r_m + \frac{x_i - a_{m-1}}{d_i}} \right] \quad (2)$$

$$b_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\sqrt{y_i - r_m + \frac{y_i - b_{m-1}}{d_i}} \right] \quad (3)$$

其中， a_m 是对应于第 m 级水平环中心座标 x 的一个数值； b_m 是对应于第 m 级水平环中心点位置 y 的拟合；对 x 坐标进行测定，得到在水平线周上第 i 个靶点；对靶点在水平周上第 i 的 Y 坐标进行了测定^[7]。在公式中的括号里，代表着在迭代过程中，某个测量点的每一次，将这些测量点进行拟合，然后将这些测量点进行平均，就是这一次拟合的横坐标。同样，公式方框中为某一个点的拟合环中心的纵轴偏差，将其相加后的平均值为该拟合环中心的纵轴偏差。以这种方式反复进行，直至达到需求。由此可知，在 r_m 与 d ，

无穷靠近时，在该时刻，圆中心的座标偏差基本上没有变化，在该时刻，条件是满足的^[8]。

10.2 关于迭代次数

从所示的测量点的分布情况来看，该仪表的偏心程度很大。此外，对 40 个测量点进行进一步的分析，根据测量点数据分布图可以看出，如果仪器靠近中央，只需要进行 6 次的重复就可以达到需要的程度。可见，油井中测站的设置对全站仪的计算速率有一定的影响，并再深入地分析一下，在规范中，将圆心初始值设为 (0, 0)，将初始值分别改为各测量点横坐标及纵坐标的平均值，就可以降低迭代次数，在不编程进行数据验证时，可以提升计算效率。同时，按照规范中的实例进行计算时，每个圆点的中心位置都发生改变，可以看到，开始的时候，这个改变比较大，到后来，这个改变就逐渐减小了^[9]。

11 结语

立式金属罐是一种强度较大的水槽，立式金属罐容积的精度是测量人员，特别是立式金属罐的用户所关注的。本文就立式金属罐检定中若干重要问题进行讨论，以期使检定人员更好地了解法规，更好地掌握，从而提高检定水平，保证检定质量。

参考文献：

- [1] 张晶宇. 立式金属罐容量全站仪法检定中的质量控制探究 [J]. 轻工标准与质量, 2020(03):116-117.
- [2] 王金涛, 申建国. JJG168-2018《立式金属罐容量检定规程》解读 [J]. 中国计量, 2019(11):125-127.
- [3] 侯松梁, 王科. 对 JJG168-2005《立式金属罐容量》检定规程的探讨 [J]. 中国计量, 2011(08):110-111.
- [4] 谭大伟. 立式金属罐容量带液检定测量的探讨 [J]. 中国计量, 2010(07):98-99.
- [5] 刘焕桥, 陶锦娟. 立式金属罐容量标定技术的发展对修订我国检定规程的启示 [J]. 中国计量, 1999(09):45-46.
- [6] 佟仕忠, 付贵增. 立式罐计量特性及油品便携检定仪的设计 [J]. 辽宁石油化工大学学报, 2004(02).
- [7] 郑华刚. 立式金属罐基圆周长内测修正问题的探讨 [A]. 企业计量测试与质量管理——中国科协 2005 年学术年会论文集 [C]. 2005.
- [8] 池宏峰, 袁媛, 于真珍. 立式金属罐容量检定相关问题思考 [J]. 中国计量, 2009(08).
- [9] 康赫男. 全站仪在立式金属罐容量测量中应注意的问题 [J]. 计量与测试技术, 2009(10).