

石油立式岸罐底量鉴定误差分析与研究

王 琦 王 涛 沈益骏 (舟山海关综合技术服务中心, 浙江 舟山 316021)

摘 要: 随着中国经济的发展, 石油进口量快速增长。近年来国际石油价格上涨, 相关贸易各方对交接数重量也更加关注。如何提高石油数重量鉴定的准确性是维护贸易各方合法权益的基础, 也是政府职能部门加强对大宗进口货物的有效监管, 推动通关效率的关键因素之一。在文中, 主要就针对石油立式岸罐底量鉴定误差进行分析, 希望可以为进一步增强石油数重量鉴定的准确性提供借鉴。

关键词: 石油数重量鉴定; 准确性; 误差分析

岸罐计重是石油容量计重一种主要方式。随着中国石油进口多元化战略的实施, 近年来进口石油品种日益复杂, 新油种层出不穷, 以及计量岸罐大型化不断发展, 岸罐计重的条件也在发生很大变化, 岸罐计重工作不得不在传统的岸罐计重标准或操作规程没有详细描述的条件下实施。在传统岸罐计重方法不能满足进出口贸易对数重量鉴定准确性和及时性要求的情况下, 探求符合当下计量环境的岸罐计重工作模式或方法尤其必要。

1 立式金属岸罐底量计量条件下的误差与控制

岸罐底量的测定: 指岸罐输转前(后)油品已经接近罐的底部, 底量油品流动性较差, 甚至处于半凝固和凝固状态时对岸罐内石油体积和重量的测定。本部分主要研究由底量容积检定误差; 罐底变形; 计量孔里的假液位等引起的误差以及应对方法。

立式金属岸罐的罐底结构与计量误差产生原因:

立式金属岸罐是由若干圈板焊接而成, 竖直安装的圆筒形金属罐, 由罐底, 罐壁、罐顶(浮顶)、进出管线, 计量口以及其他附件等组成。

立式金属罐的罐底板是覆盖于罐基混凝土结构之上的一圆形钢板, 厚度在 6-15mm 之间, 呈中间高, 两边低的圆锥形。主要作用是防止罐内液体的渗漏及对混凝土结构的腐蚀, 其与四周罐壁形成立式罐容积的整体。底量是指罐底最高点水平面以下的容量。底量的体积与测得的液位不呈线性关系, 而底量以上的岸罐容积与液位基本呈线性变化, 因此底量部分的体积测量要比底量以上部分误差更大。

就整体岸罐容量计重而言, 罐底部分的容量对整个岸罐计量的容量产生较大的影响, 罐底计量误差的原因主要有:

1.1 底量检定误差

根据《JJG168*2005 立式金属罐容量检定规程》,

检定底量的方法有容量比较法和几何测量法。容量比较法将水或液体石油产品从标准金属容器或流量计注入到被检定罐内, 同时用量油尺测量出罐底注入的液面高度, 直到液体分别浸没至下计量基准点和罐底最高突起部分, 即注入被检定罐的液体体积分别为死量和底量。容量比较法检定的误差相对较小, 但在实际检定过程中, 容量比较法工作量极其庞大, 受条件限制一般不会采用。在实践中广泛采用几何测量法: 几何测量法通过测量点在罐底上确定同心圆和半径的交点, (测量点的数目由罐的标称容量和它的凹凸不平的程度确定) 依据各同心圆到罐底中心的距离, 通过计算公式求出各高度的体积。几何测量法是对罐底形状的近似计算, 受选点的个数, 仪器测量的精度, 测量人员的素质等因素影响较大, 因此测量底量误差较大。

1.2 罐基的变形

罐底板与罐基混凝土结构紧密相贴, 但之间仍存在大量分布不均、高度不等的间隙。当受到罐内液体压力作用时, 这些间隙将发生变化, 不断缩小, 直到一定压力值下, 间隙基本消失; 当罐内液体液位降低时, 压力减小, 间隙随之发生变化, 这种变形可以分为可恢复的弹性变形和不可恢复的变形。底量的检定规程中要求罐底只有较小的变形, 也就是说, 如果实际的变形较大, 容量表中无法考虑罐底变形引起的误差。实际上, 罐底变形客观存在, 并随着岸基软硬程度不同, 罐底板与罐基混凝土的结合程度, 以及装载液位不同而变化, 从而引起不同的罐底容量误差。

1.3 岸罐倾斜

如果岸罐发生倾斜, 下计量基准点水平面已经不能覆盖罐底的最高点。比如: 岸罐向东倾斜, 罐底最高点应该在西面。测量管位置在东面时, 测量值就将比真值多; 反之测量管位置在西面时, 测量值就将比

真值少。这类似于船舶发生左右倾的状况。(如图1)

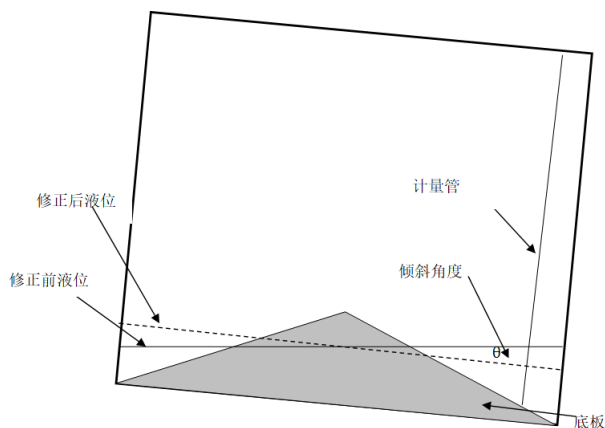


图1 岸罐发生倾斜时液位修正示意图

如一座10万立方的原油罐,直径为80m,计量管在东边,如岸罐向东倾斜0.05度。在计量管测量的液位为0.256m。

$H=0.256$ 对应的容积为 659.856m^3 。

应修正的修正的高度为 ΔH 。

$\Delta H=0.05 \times 3.14 \times 40$ (岸罐半径) $/180=0.035\text{m}$ 。

修正后的实际液位 $H'=H-\Delta H=0.256-0.035=0.221$ (m)。

对应的容积为 552.882m^3 。

修正的容积 $\Delta V=659.856-552.882=106.794\text{m}^3$ 。

1.4 假液位的干扰

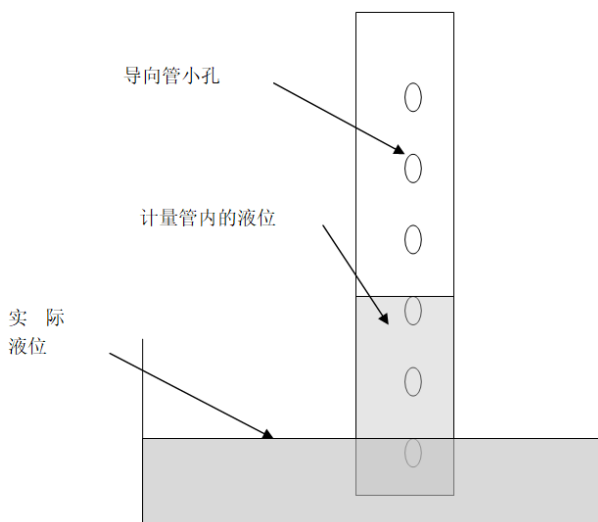


图2 假液位形成示意图

每个岸罐有固定的计量口作为检尺、测温、取样之用。对于内浮顶罐、外浮顶罐、有压罐、带有搅拌机或有旋流的储罐液位测量,与计量口连接的是导向管,从上基准点一直延伸到下基准点,导向管起到导

向与稳流作用。在导向管的周围管壁上面要开孔洞,使导向管内外的液位达到一致。导向管的安装也有一定的弊端,尤其高倾点的重质油,在罐内油品输出接近底量时,油品温度明显降低,在液位下降的过程中,导向管的液体局部受冷凝固,阻塞导向管内外液位的置换,而实际的液位与导向管的内液位不一致,形成假液位,因重质原油的检尺一般采用检空尺的方法,在计量时不能显示正常液位,容易造成计量误差,如图2所示。

2 底量计量误差的实证监控

以上是对底量误差产生的原因的理论分析,但底量误差是否确实存在,对计量的结果影响究竟有多大,更需要实际的测算。笔者利用某基地储罐进出油实例,通过各种方法对岸罐底量误差作实证对比。

2.1 通过岸罐油品装船输出测算底量的误差

项目组选择了某基地一直反映的在底量作业时,装船误差较大的5号罐,利用发底油装船的机会,同时进行岸罐计量与船舱计量,分析底量产生误差情况,数据见表1。

表1 5号岸罐底油装油误差表

船名	前测液位 (m)	后测液位 (m)	岸罐输出 量 (t)	船舱收到 量 (t)	误差比例 (%)
恒顺达 78	1.002	0.302	3317.129	3286.632	0.92
闽海油 5 号	1.602	0.501	4752.993	4700.564	1.11
浙甬油 8 号	1.299	0.423	4157.645	4116.330	0.99
浙甬油 9 号	1.923	0.584	6004.271	5950.786	0.90
兴龙舟 668	1.525	0.873	3136.321	3101.273	1.12
舟海油 26	1.201	0.525	3253.532	3214.525	1.20
中达油 7 号	1.908	1.198	3047.105	3002.378	1.47
兴龙舟 238	1.198	0.547	3128.535	3098.652	0.96

根据以上数据对比:得出以下基本结论:

以上误差均在底量发油时产生,而在非底量计量时,没有明显的单向误差。可见在底量计量时,就5号罐而言,确实存在一定的误差。

不考虑装载船只本身的误差,5号罐存在明显的正误差,也就是船舶装载的实际量要小于岸罐的发油量。

2.2 通过岸罐进油时液位实时监控,分析底量容积误差

大型油罐一般具有浮顶装置,浮顶浮于液面,随着液位的升降而上下,有利于减少液体货物的挥发损耗,提高安全系数。油罐液位低于一定高度时,浮顶被安装在罐底处的钢柱支起,当液位再次达到此高度时,浮力克服罐顶的重力使之起浮。在岸罐进油时,从空罐到浮顶起浮的一段液位,必须保持一个较小的

流量，这就给我们验证岸罐底量误差的实验创造了条件。我们在进油前手工测量岸罐装载前的底油量，在浮顶起浮前，也就是在在船方加大流量前的进油过程中通过电子液位计读数，实时监控读取岸罐与船舱的电子液位数据，计算船舱自动流量系统计算的卸货量与岸罐液位自动计算系统计算的接收量进行对比，以验证和分析岸罐底量的误差。

分析得出：岸罐的接收量明显小于船舱的输出量，如不考虑各种其他的计量误差对底量误差的主导影响，我们可以认为：15号罐存在着底量的计量误差。

2.3 计量口与浮顶测水孔液位的对比测量

计量口是测量岸罐的液位的法定地点，但在低温天气对高凝点油计量时，通过计量口测出的液位可能因为油品在计量口凝结而导致的假液位，我们在浮顶测水孔对液位进行测量并进行比较。浮顶四周安装了用于测量明水的测水孔，测水孔离罐壁的距离基本与计量口离罐壁的距离接近，因此，从测水孔测得液位应该与计量口测得的一致。明水测量孔因为没有安装导向管，测水孔采用一定重量的铜棒测量实尺，不存在油品凝结堵塞导向管开孔的问题，我们在测得的液位不太正常的情况下，可以通过测量四周明水测量的平均液位值与计量口的测量液位值的对比来间接判定假液位存在的可能性。法定的液位测量都是以下基准板基点的，基准板离罐底有一定的距离，也就是说计量尺并不是直接投罐底。而测明水则直接接触及罐底，从测水孔测出的液位高度减去基准板离罐底的高度就是液位的计算高度。表2是验证的过程的积累的数据。

表2 测水孔与计量口测得的不同液位

岸罐号	计量孔测得液位 (m)	基准板离岸底高度 (m)	四周测水孔的平均值 (m)	测水孔修正后的液位 (m)	液位误差 (m)
4	0.568	0.24	0.592	0.352	0.216
6	0.586	0.22	0.370	0.150	0.436
6	0.542	0.22	0.66	0.440	0.102
6	0.562	0.22	0.292	0.072	0.490
6	0.539	0.22	0.348	0.128	0.411
4	0.356	0.24	0.530	0.290	0.066
4	0.475	0.24	0.554	0.314	0.161
4	0.582	0.24	0.507	0.267	0.315

从以上数据分析得出：

①假液位明显大于真实液位；

②受油品性能，洞孔大小，测量位置的多种因素影响，并有一定的随机性。

3 底量计量误差的控制的方法

3.1 对岸罐底量重新检定

岸罐的容积计算都是以由国家认可资质的检定部

门标定的容积表为依据。根据现行的岸罐检定标准，立式金属岸罐每二年检定一次，以后每四年检定一次。在检定的过程中，一般都是空罐检定，很少能考虑罐底变形引起的误差，也不排除因检定工作人员责任心较差，底量检定又相对复杂引起底量容积检定的人为误差。因此，岸罐使用部门、油品鉴定部门和容量检定部门应相互沟通交流，检定部门应该充分考虑岸罐使用部门积累的数据，结合实际情况和相关标准，在检定的过程中充分每个岸罐不同的底量情况，编制罐容表中加以修正、减少误差。

3.2 避开底量区域

基于底量计量误差相对较大的客观因素。在进口油品计量时，尽可能地避开底量，也就是油品前测高度应高于浮顶的起浮高度，这样也有利于提高进油的效率。由于罐容的限制，有时不得不在浮顶起浮以下进油时，最好不要低于底量高度。在空罐进油时，采取分段计量的方法，从空罐到浮顶起浮后，先进行一次计量，判定底量误差的大小，再进行后续的进油。

3.3 对导向管进行重新设计安装

根据现行的导向管安装标准，导向的最小直径应为20cm，导向管底部与罐底部的距离应小于30cm，导向管壁应打一至两排25mm宽的狭缝或孔洞。打孔之间的距离应小于30cm。但是，对于装载高粘度，高倾点的油品，应适当增加管壁直径，加大孔洞宽度，增加下基准板与导向管下端的距离。甚至可以用栅格状的导管代替封闭式导向管。使导向管内的液位与罐内液位保持一致，消除假液位存在的可能性。

3.4 对底量进行校正

对于确实存在一定的误差，又无法避开底量区域计量，并距重新检定日期较长的岸罐，使用部门应编制一个修正表，类似于船舶经验系数，利用这个系数，对装船，进罐的量进行适当修正，使数据更接近于实际值。修正表可以用如下的方法编制：取最近十次装船、卸油的数据，对误差进行平均，在该平均值 $\pm 3\%$ 的范围外数据进行剔除，在此范围内的数据重新计算，得到平均值。每次有新的数据以后，加入并重新计算，使底量经验系数表得到不断更新，计算量经发油系数修正后，尽可能地与实际收油或发油量接近。

基金项目：

舟山市科技计划项目。《进口石油储运损耗成因分析与应对方案研究》，2022C31051。