

# 铁路罐车计量误差及纠差措施

叶德元\*

(中国石油化工总公司锦西炼化化工总厂)

叶德元. 铁路罐车计量误差及纠差措施. 油气储运, 1995, 14(5): 14~18

**摘 要** 铁路罐车的计量是一项繁琐的工作, 易产生较大的误差, 影响炼油企业与用户的经济利益。罐车计量误差产生的原因有①人工检尺不准, ②测温数值偏差大, ③测密度方法不规范, ④罐车计量容积表填写规定不明确, ⑤查表、填单、计算错误, ⑥罐车装油后罐体热膨冷缩, ⑦罐车装油后发生横向变形, ⑧罐车容积检定误差大, 这是罐车计量不准的主要原因。针对产生误差的不同环节提出相应的措施, 解决罐车计量误差的最根本办法是采用计算机动态电子轨道衡检斤计量, 它可把多项计量误差化为一项重量检斤差, 计量精度可达 0.2 级。

**主题词** 铁路油罐车 计量 误差分析 措施

铁路罐车(以下简称罐车), 既是装载液体石油产品的专用工具, 又是特定的计量容器。在我国, 用罐车装运液体石油产品约占运输总量的 70% 以上, 罐车计量的准确与否直接关系到炼油企业与用户的经济利益。下面对罐车计量产生误差的因素及纠差方法作一介绍。

## 计量不准的原因

### 1. 检尺误差

(1) 检尺时计量员跳到罐车上, 未等液面稳定就检尺。经测试, 其油高差在 5~10 mm 左右, 测试结果见表 1。

以 662 型罐车、xb120 表为例, 油高 2 505 mm 与 2 500 mm 的容积差为 0.086 m<sup>3</sup>; 油高 2 510 mm 与 2 500 mm 的容积差为 0.172 m<sup>3</sup>。

(2) 检尺时尺锤下到集油坑里, 其油高差

可达 100 mm。以 662 型罐车, xb120 表为例, 容积差为 1.5 m<sup>3</sup>。

(3) 检尺时尺锤松动, 计量员没有事先检查, 造成油高差 5~10 mm 左右。

(4) 量油尺尺带弯曲, 造成油高差 5 mm 左右。

(5) 重质油用尺棍检尺, 估读空高尾数, 误差较大。

经用量油尺与尺棍检尺对比, 油高尾数差 10~20 mm, 由 662 型罐车、xb120 表可知, 油高 2 320 mm 与 2 300 mm 之容积差为 0.430 m<sup>3</sup>。

### 2. 计量测温误差

(1) 计量员不按罐车测温技术标准测温, 每批车只在中间车中测温一次, 其温度值没有代表性。

(2) 测温时间短, 也可造成计量不准。测温盒下到罐车内, 还未与该罐车油温达到热平衡状态, 就将其提出车外读取测温值, 造成

\* 125001, 辽宁省葫芦岛市连山区石油街中国石化锦西炼化化工总厂成品车间; 电话: (0429) 2179877。

测得的油温偏低或偏高。复测油温表明,温差 1~6℃(见表 1)。以 662 型罐车、xb120 表,装 90# 汽油为例:温差 1℃时,测量油差

0.049 t/台;温差 5℃,测量油差 0.243 t/台。

(3) 温度计断线或感温泡损坏而未被发现,则不可能准确测温。

表 1 复尺测温对照表

序号	油品名称	1994 年 抽查时间	车号	容积 表号	标密	检尺/mm			测温/℃		
						原高	复高	高差	原温	复温	温差
1	N68# 机械油	5月18日	870827	A346	0.912 8	2 480	2 472	8	30.0	26.0	4.0
2	N46# 机械油	6月01日	584371	B558	0.910 6	2 450	2 441	9	44.0	38.6	5.4
3	0# 柴油	6月02日	051073	A256	0.877 1	2 370	2 360	10	44.6	45.6	-1
4	90# 汽油	2月05日	874109	A334	0.735 6	2 520	2 516	4	10.0	6.8	3.2
5	90# 汽油	2月05日	861031	E454	0.735 6	2 560	2 557	3	10.0	6.8	3.2
6	90# 汽油	2月02日	873503	A227	0.735 6	2 510	2 502	8	10.0	6.8	3.2
7	90# 汽油	4月08日	093017	A115	0.723 0	2 555	2 550	5	14.0	14.0	0.0
8	N32# 机械油	3月29日	584588	B563	0.873 7	2 400	2 395	5	20.0	27.0	-7
9	-25# 变压器油	4月20日	051071	A549	0.844 7	2 390	2 385	5	22.0	17.6	4.4
10	N68# 机械油	6月29日	591363	B451	0.916 1	2 388	2 387	1	43.8	43.0	0.8
11	N68# 机械油	6月29日	582015	B663	0.916 1	2 358	2 362	-4	43.8	43.0	0.8
12	N68# 机械油	6月29日	595397	B661	0.916 1	2 342	2 345	-3	43.8	43.0	0.8

### 3. 计量测密度误差

(1) 测密度的环境条件恶劣,密度测量不准确

一些石油产品的产、销单位计量员或化验员在装车栈桥上测密度,由于受风、雨、雪、振动等现场恶劣环境的影响,测得的密度与标准条件下测得的密度差值很大。经测试,汽油、煤油、润滑油在栈桥上测得的标准密度比在分析化验室内测得的标准密度平均小 0.043%~0.31%,见表 2。

表 2 标准密度差值对比表

油品名称	计量次数	标准密度平均值		标准密度差值	推算全年计量差/t
		栈桥测	分析室测		
90# 汽油	63	0.722 3	0.722 7	0.000 4	297
煤油	26	0.805 9	0.806 2	0.000 3	79
润滑油	114	0.878 0	0.881 1	0.003 1	48
合计	203				424

(2) 装车油温越高,在栈桥上实测的密度越小

实测密度小的原因是,装车完毕即刻取样,试样中的气泡不能在短时间内逸出,而在栈桥上一般 10 min 之内测完密度,因油品含气泡,油质较轻,密度计干杆浸没较深,所以测得的密度值偏小。

取 0# 柴油油样三个,计量员在栈桥上测密度(不加温,无恒温水浴),比化验室专职化验员测密度(加温,有恒温水浴),换算后其标准密度平均小 0.007 8 g/cm<sup>3</sup>。

取柴油机油油样四个,计量员在栈桥上测量换算的标准密度比在化验室测量换算的标准密度平均小 0.005 7 g/cm<sup>3</sup>。

以上两组数据也符合计量员在栈桥上测密度比化验室测密度偏小的规律,并说明如果不执行测密度的技术标准,其密度差值是很大的。

### 4. 罐车计量容积表涂写错误

《罐车车号与容积表号对照表》中规定：“个别罐车涂打的表号确有错误”、“无车号的”、“车型与表号不符的”按规定的通用表号计量。而这一规定是有计量差的，因为出现上

述问题的罐车不一定正好与规定的通用表号一致，它没有完全按车型容积表号的上下限取中间表号计量。经测算其容积差在-0.452~0.586 m<sup>3</sup>，见表 3。

表 3 测算罐车通用容积表、容积差

车型	新容积表号	xb 容积表号			规定的通用表号	应采用的通用表号	容积差/m <sup>3</sup>
		容积表	续表 1	续表 2			
4	F000~F999	25~37		422~431	30	31	-0.098
604	B000~B999	59~72	161~161	432~444	67	66	+0.098
605	C000~C999	73~91		445~463	89	83	+0.586
602	H000~H999	92~105	163~164		103	99	+0.393
601	G000~G999	106~114	165~166	480~492	106	110	-0.392
662	A000~A999	115~122	167~172	493~523	115	119	-0.452

注 油高为 2 450 mm。

### 5. 查表、抄写、计算错误

- (1)查错容积表
- (2)计量票证填写错误
- (3)手工计算错误

抽样某厂罐车出厂计量票证 220 张，差错 9 台次，占抽样总台数的 4.1%，可见手工查表计算错误是计量不准的重要原因。

### 6. 罐车装油后罐体热胀冷缩

国家计量技术规范(JJG 1014-89)规定，罐体热胀冷缩的容积计算公式如下：

$$V_i = V_{表} [1 + 0.000\ 036 (\frac{t_{内} + t_{外}}{2} - 20)] \quad (1)$$

式中  $V_i$ ——考虑罐体钢板温度修正后的油品体积量；

$V_{表}$ ——根据检尺油高、容积表号查得的油品体积量；

$t_{内}$ ——罐车内实测油温；

$t_{外}$ ——罐车外实测大气温度。

但在实际计量过程中，许多计量单位仍未进行温度对罐车钢板体积的修正，造成计量差。

以 662 型罐车、xb115 表为例，装重油一车，油高 2300mm， $t_{内} = 90^{\circ}C$ ， $t_{外} = 30^{\circ}C$ ， $V_{表} = 54.619\ m^3$ ，计算温度对罐车钢板体积的修正量。

$$\begin{aligned} V_i &= V_{表} [1 + 0.000\ 036 (\frac{t_{内} + t_{外}}{2} - 20)] \\ &= 54.619 [1 + 0.000\ 036 (\frac{90 + 30}{2} - 20)] \\ &= 54.737\ m^3 \end{aligned}$$

修正后与修正前的体积差为：

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_i - V_{表} \\ &= 54.737 - 54.619 \\ &= 0.118\ m^3 \end{aligned}$$

由上例计算可知，有些油温高的油品，其温度对罐车钢板体积的影响也是很大的。

### 7. 罐车装油后发生横向弹性变形

罐车装油后罐体受压产生永久变形和弹性变形。在罐车容积检定中对永久变形已经修正，但弹性变性没有予以考虑。

罐车装油后，由于液体压强作用，使罐体发生弹性变形，即竖直径减小，横直径增大，其变形的最大部分在装液高度的 1/2 处。经测试，发生弹性变形主要表现在轻质油罐车

上,平均每台车高差 9.6 mm,见表 4。

表 4 铁路罐车弹性变形测量高差对比表

序号	车号	车型	空车总高 /mm	重车总高 /mm	高差 /mm
1	876543	G60	3 100	3 091	9
2	873944	G60	3 090	3 080	10
3	873220	G60	3 130	3 122	8
4	851452	G60	3 165	3 153	12
5	892238	G60	3 075	3 065	10
6	871222	G60	3 100	3 092	8
7	871069	G60	3 115	3 105	10
8	873097	G60	3 100	3 092	8
9	591041	G12	3 380	3 368	12
10	862143	G18	3 200	3 190	10
11	50255	G60	3 079	3 072	7
12	50289	G60	3 101	3 090	11
13	51072	G60	3 100	3 092	8
14	50181	G60	3 097	3 088	9
15	50098	G60	3 091	3 080	11
16	053035	G60	3 093	3 083	10
平均高差 /mm					9.6

以 662 型罐车、xb120 表为例,设装油高度 2 500 mm,其对应的容积 59.917 m<sup>3</sup>,在油高 1/2 处取油高 1 280 mm 和 1 271 mm,相对应的容积为 27.815 m<sup>3</sup> 和 27.594 m<sup>3</sup>,其变形容积差为 0.257 m<sup>3</sup>,容积差率为 0.43%。由此可见,罐车横向弹性变形是计量不准的又一重要原因。

### 8. 罐车容积检定误差大

铁路罐车容积检定规程(JJG140-76)中指出:“根据一定的常装高度要求,套用适当的容积表,其实际容积与容积表上的容积之间误差不超过±0.5%”。即是说,铁路罐车的实际容积与套用容积表的容积误差是很大的。

以 662 型罐车为例,取±0.5%计算,则 60 m<sup>3</sup> 的容积差为±0.3 m<sup>3</sup>。若以炼油企业年炼油量 400 万 t,装罐车出厂 55 000 台计算,其容积差为±16 500 m<sup>3</sup>。由此可见,罐车容积检定误差是罐车计量不准的主要原因。

## 解决计量不准的措施

### 1. 解决计量检尺不准的措施

- (1)液面稳定后检尺。
- (2)取两次检尺高、低油高的平均值,作为检尺油高。
- (3)量油尺不能打折,尺锤铆死,不让其松动。
- (4)重质油检空尺时,应使用量油尺或有刻度的铜尺板。

### 2. 解决计量测温不准的措施。

- (1)严格按计量规程操作,测温盒下到测温罐车液高的 1/2 处,停留 5~10 min 后取出测温盒,迅速读准温度值。
- (2)测温前检查温度计,发现断线或感温泡坏的,更新后再使用。
- (3)严格执行批车测温取平均温度做为计量温度的规定。

### 3. 解决计量测密度不准的措施

- (1)解决计量测密度不准的最根本措施是由专职分析工,在密度测定操作室内测量,需备有恒温水浴,将试样温度恒准在 0.5℃ 范围内,并保证试样油温与现场实测油温温差在±5℃ 范围内。
- (2)取样要符合技术标准要求,有代表性。

### 4. 解决计算错误造成计量不准的措施

解决油量计算错误的最根本措施是采用微机算量、打表。

1990 年 5 月,锦西炼油化工总厂对此做了大量工作。

(1)推导油量计算公式,简化编程步骤  
国家计量标准(GB1885-83)规定的油品质量计算公式如下:

$$m = \rho_{20} k V_i F \quad (2)$$

$$k = 1 - f(t - 20) \quad (3)$$

将式(3)代入式(2)得:

$$m = \rho_{20} V_t F [1 - f(t - 20)] \quad (4)$$

式中  $m$  —— 油品质量；

$\rho_{20}$  —— 油品的标准密度；

$V_t$  —— 罐车装油实温体积；

$F$  —— 空气浮力修正系数；

$f$  —— 石油体积温度系数。

式(4)即为编制微机程序的计算公式,其优点是用  $f$  值取代了  $k$  值,省略了《单位体积重量表》共四册 28.6 万个数据,减少了总输入数据的二分之一工作量。

(2)编程原理 录入了经常使用的罐车容积表 1 704 个,供微机系统使用,计算机查表计算,准确率 100%,并可打表一式四联,做为计量交接凭证,解决了计量员由于查表计算繁琐发生错误造成计量不准的难题。

### 5. 解决温度影响罐体钢板体积变化造成计量不准的措施

将式(1)代入式(4)得:

$$m = \rho_{20} F [1 - f(t - 20)] V_{表} \times [1 + 0.000\ 036(\frac{t_{内} + t_{外}}{2} - 20)] \quad (5)$$

式(5)即为温度对罐车钢板体积修正后的油量计算公式,也即用于微机程序的计算公式。

## 建 议

### 1. 解决罐车装油后发生弹性变形造成计量不准的建议

建议铁道部计量研究部门组织专人对九种主型罐车装油前后变形高差,进行全面系统的调查,确定各型罐车变形高差修正量,以保证准确计量。

### 2. 解决罐车容积表号与罐车车型不符如何选定容积表的建议

鉴于罐车容积表号与车型不符的问题时有发生,规定选用通用容积表号是必要的。为了尽量减小选表计量误差,建议选取各型罐

车容积表的中间表号做为代用表号更为接近实际。

### 3. 解决罐车综合计量不准的建议

鉴于罐车容积检定误差在  $\pm 0.5\%$ ,且罐车变形量较大,又受检尺、测温、测密度、人为误差等诸多因素的影响,罐车检尺计量时误差很大,其最大误差可达 2% 以上。解决罐车计量不准的最根本的办法是采用微机动态电子轨道衡检斤计量,它可把多项计量误差,化为一项重量检斤差。锦西炼油化工总厂于 1994 年 6 月 11 日,正式投用 2 台装置,经检定达到 0.2 级。目前已对石油焦、固体沥青、液化气、苯类产品进行了检斤计量,使用效果良好,可借鉴。

(收稿日期:1995-02-13)

编辑:王 沙

## ★ 下 期 要 目 ★

“铝浮盘”失效分析及寿命  
预测 ..... 孔昭瑞

设计装配式内浮顶应注意  
的问题 ..... 赵广森等

输油泵站架空管道抗震分  
析及预防措施 ..... 盛 凤等

最小滞后流量的优化关阀  
方式 ..... 李永德

10 000 m<sup>3</sup> 拱顶油罐顶板  
应力与腐蚀分析 ... 刘巨保等

轮库线沿线土壤环境腐蚀  
性研究 ..... 翁永基等

油罐计量技术发展回顾与  
展望 ..... 蓝康孟等

轮一库输油管道自控系统  
介绍及应用 ..... 任凤翔