

公路槽车原油含水率计算新方法

肖云 秦可 陈利新 刘宵 王海波 余治成

中国石油 塔里木油田 东河采油气管理区

DOI: 10.12238/jpm.v4i6.6053

[摘要] 目前槽车原油取样 GB/T 4756-98《石油和液体石油产品取样法(手工法)》标准是针对对外输合格原油含水率小于0.5%制定的,当槽车原油含水率严重超标,此方法无法准确确定槽车含水率。本文针对塔里木油田在用的公里槽车上中下三段取样法和简易取样器取样法确定槽车原油含水率方法进行分析,引入新的槽车体积计算公式方法计算公里槽车原油含水率,该方法对比原来的两种方法确定的槽车含水率更准确,但是槽车体积法计算的槽车含水率操作不便,本文提出用体积计算法对简易取样法化验的原油含水率结果进行修正,可使公路槽车含水率结果更符合生产实际。

[关键词] 公里槽车; 取样; 体积计算方法; 含水率

A new method for calculating moisture content of crude oil in highway tanker

Xiao Yun¹, Qin Ke, Chen Lixin, Liu Xiao, WANG Haibo, She Zhicheng

(Tarim Oilfield, petrochina 1. Donghe Oil and Gas Production Management Area, Korla 841000, China)

[Abstract] At present, the standard of Sampling Method for Petroleum and Liquid Petroleum Products (Manual method) GB/T 4756-98 for tank truck crude oil sampling is formulated for the moisture content of qualified crude oil exported less than 0.5%. When the moisture content of tank truck crude oil seriously exceeds the standard, this method cannot accurately determine the moisture content of tank truck. This paper analyzes the three sampling methods used in Tarim oilfield to determine the moisture content of tanker crude oil, namely the upper, middle and lower section sampling method and the simple sampler sampling method, and introduces a new calculation formula of tanker volume to calculate the moisture content of tanker crude oil. Compared with the two original methods, this method is more accurate, but the calculation of tanker volume method is inconvenient. In this paper, the volume calculation method is proposed to modify the water content of crude oil tested by simple sampling method, which can make the water content of highway tanker more in line with the actual production.

[Key words] Kilometer tanker; Take a sample; Volume calculation method; Moisture content;

目前 GB/T 8929《原油水含量测定法(蒸馏法)》确定槽车中原油含水率,主要是检测处理后的合格原油含水率。塔里木油田部分试采单井原油用公路槽车运输,普遍采用在槽车上中下位置取样和简易取样器取样两种方法确定槽车原油的含水率。两种取样均无法保证公里槽车原油交接含水率的准确性,致使卸油站原油的含水率波动大^[1],试采单井的核实产油量与单井井口产油量差别很大,严重影响油田正常生产组织。为此,我们结合油田生产现状,提出一种新的公路槽车原油含水率确定方法。

1、现场在用的公里槽车原油含水率确定方法

方法 1: 目前槽车原油取样 GB/T 4756-98《石油和液体石油产品取样法(手工法)》主要针对处理合格原油,塔里木试采单井原油未处理,槽车中的原油水分含量超过 10%, GB/T 4756-98 取样法不适用。现场提出取槽车上部样、中部样和下部样,再按比例混合后再采用 GB/T 8929《原油水含量测定法(蒸馏法)》确定本槽车的原油含水率。

方法 2: 现场自行设计了简易取样器在槽车中取样,原理是用一根带开关的空心管子从槽车顶部装油口垂直插入到罐

底，等管内液面与槽车液面平时关闭阀门，相当于取出槽车中轴线处一个垂直截面液体样品，再用 GB/T 8929《原油含水量测定法(蒸馏法)》确定原油的含水率。

2、现场在用两种取样方法的不足

2.1 槽车上中下取样方法对含水率的影响

现用的槽车上、中、下取(如图1)样标准是根据 GB/T 4756-98《石油和液体石油产品取样法(手工法)》制定，该标准主要适用合格的外输原油，要求原油含水率小于0.5%，当外输原油含水率超标过多，水会沉到罐底，引起分层，取出原油样品不具有代表性。

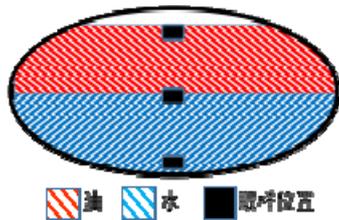


图1 三段法取样示意图

2.2 简易取样器取样法对含水率的影响

简易取样器取出槽车中轴线处一个垂直截面液体样品(如图2)，只有当槽车是长方体或正方体时，取出的样品才能代表整个容器，因油槽车的形状近似椭圆柱体，取样器内样品油水比例计算的原油含水率不能代表整个槽车原油含水率。

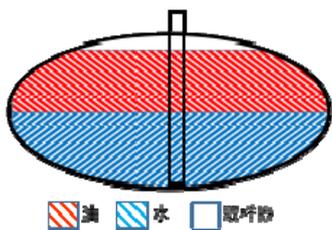


图2 简易取样示意图

3、新的槽车含水率计算方法

3.1 椭圆柱形槽车体积计算方法

在油田应用的槽车形状有两种，一种椭圆柱形，一种近似椭圆柱形。现以椭圆柱体槽车为例计算槽车体积^[2,3]，如下图1。

设椭圆长半轴 a，短半轴 b，油罐的长度 L 横截为椭圆的方程为：

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (1)$$

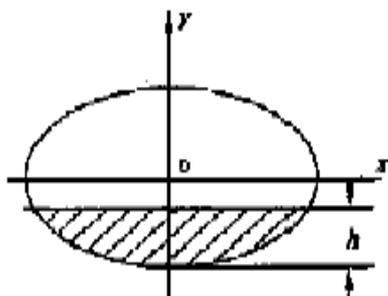


图3 椭圆

设椭圆弓形的高为 h 如图1，假设图中阴影部分为储油横截面，用定积分求储油体积如下。

设椭圆弓形的面积为 $S(h)$ ，则：

$$S(h) = \frac{2a}{b} \int_{-b}^{h-b} \sqrt{b^2 - y^2} dy$$

(2)

对公式(2)进行积分求得

$$S(h) = \left[\frac{\pi}{2} + \frac{h-b}{b} \sqrt{1 - \left(\frac{h-b}{b}\right)^2} + \arcsin \frac{h-b}{b} \right] ab \quad (3)$$

设 $x = \frac{h-b}{b}$ (由 $0 \leq h \leq 2b$ ，可知 $-1 \leq x \leq 1$)，油罐的长为 L，储油的体积为 $V(x)$ ，可得：

$$V(x) = \left[\frac{\pi}{2} + x\sqrt{1-x^2} + \arcsin x \right] abL \quad (4)$$

从(4)式可以准确的计算油槽车的体积，但是计算不方便，为了计算方便我们用数学的函数逼近方法推导出近似计算公式如下：

$$V(x) \approx \left[\frac{\pi}{2} + \frac{16}{1575\pi} (615x - 80x^2 - 48x^3) \right] abL \quad (5)$$

在实际的计算应用中，为了便于计算，在实际问题中，如果手中缺少计算工具，从(5)式可得出 $V(x)$ 的离散近似值如表1。

表1：储油罐体积离散近似值表

h	0.1b	0.2b	0.3b	0.4b	0.5b
V(x)	0.0587abL	0.1635abL	0.2955abL	0.4473abL	0.6142abL
h	0.6b	0.7b	0.8b	0.9b	1.0b
V(x)	0.7926abL	0.9801abL	1.1734abL	1.3712abL	1.5708abL
h	1.1b	1.2b	1.3b	1.4b	1.5b
V(x)	1.7704abL	1.9682abL	2.1615abL	2.349abL	2.5275abL
h	1.6b	1.7b	1.8b	1.9b	2.0b
V(x)	2.6943abL	2.8461abL	2.9781abL	3.0829abL	3.1416abL

利用上表1的槽车体积计算公式可以计算出油槽车装任意高度的液体体积。

3.1 新的槽车原油体积含水率计算条件

计算条件：1、以椭圆柱形槽车为例；2、槽车内原油油水界面清楚；3、取油田实际椭圆型油槽车体积参数为计算依据(椭圆长半轴 a，短半轴 b，油罐的长度 L)，空高位 0.1b，油罐长轴 $2a=2.45m$ ，短轴 $2b=2.1m$ ，油罐的长度 $L=9.2m$ 。

3.2 按假定的槽车用上下三段取样法确定体积含水率

设槽车上中下三段位置为 $h=0.5b$ ， $h=b$ ， $h=1.5b$ ，每次任意取样 200ml，当油水界面在设定的三个取样位置处时，取样桶在油水界面出刚好取到一半油一半水，其他位置取样器取到单一液体，计算槽车体积含水率如下图4。从图4可知，槽车的含水率变化呈阶梯变化，不同油水界面高度因取样方式的局限性导致会出现同一含水率数值，不能真实反映出槽车液体的实

际含水率。

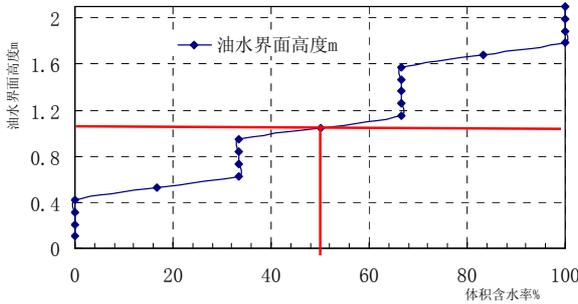


图4 三段法取样确定槽车体检含水率曲线

3.3 按假定的槽车用简易取样器取样确定体积含水率

取样器内直径 $D=0.0254\text{m}$ ，取样高度 $H=2b=2.1\text{m}$ ，槽车装原油后的横截面与取样器示意图如图5：

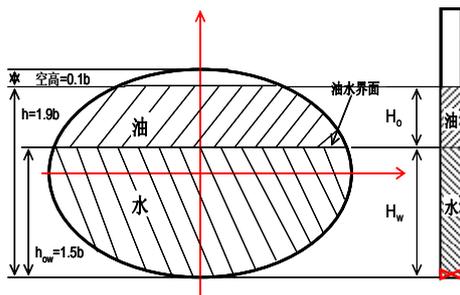


图5 罐车液体横截面与简易取样器示意图

$$\text{取样器体积计算: } V = \frac{\pi D^2}{4} H \quad (6)$$

取 $h=0.1b, 0.2b, 0.3b \dots 2.0b$ ，根据公式6计算体积含水率曲线如下图6。根据图6分析，用取样器得到的槽车含水率呈线性变化，已经与实际槽车的形状特征比较接近了，但是简易取样器工作量较大，样品的含水率准确性还会受到化验误差的影响。

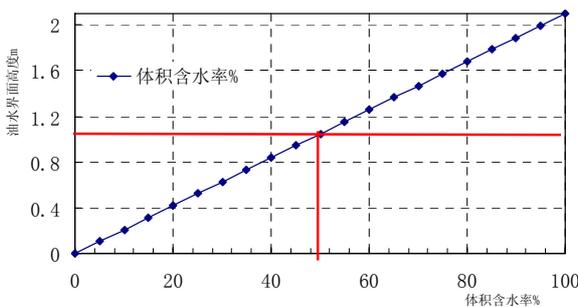


图6 简易取样器样品计算体积含水率曲线

3.4 新的槽车体积公式计算的体积含水率

假设槽车不同的油水界面高度为 $h=0.1b, 0.2b, 0.3b \dots 2.0b$ ，用表1公式计算槽车不同油水界面高度情况下原油体积含水率如图7。根据计算结果分析新方法计算的槽车体积含水率更加符合槽车的形状特征，含水率更准确。

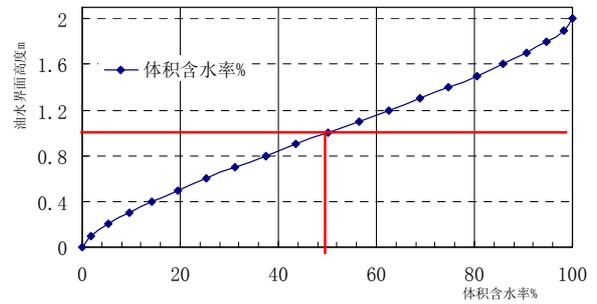


图7 用槽车体积公式计算的体积含水率曲线

由以上三种计算结果分析知，当槽车中的原油油水明显分层时，采用三段法取样计算含水率不能用于指导生产管理；采用简易取样法计算的含水率与实际比较相符，但是槽车中的原油的油水界面在罐底或罐顶部时计算结果偏差打；用新的槽车体积计算公式求得的槽车体积含水率更符合，可以用于指导生产实践。

4、不同槽车含水率确定方法计算误差分析

假设槽车中的原油密度 0.85g/cm^3 ，水密度 1.13g/cm^3 ，用简易取样器法和新的体积计算方法分别计算槽车的原油含水率曲线如图8，由计算结果知，当含水率小于55%时，简易取样器计算含水率偏小，最大差值达6.68%，当含水率大于55%时，简易取样法计算的含水率偏大，最大差值4.73%。

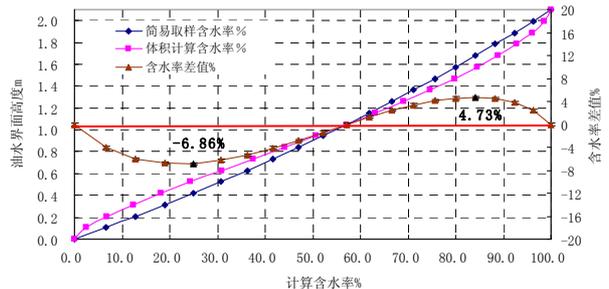


图8 简易取样法与槽车体积计算公式法确定含水率对比曲线

5、结论

- (1) 槽车上中下三段法取样不适合确定未处理原油含水率的确定；
- (2) 简易取样器法确定槽车原油含水率有偏差，但偏差不大比较适用生产现场，该方法得到的槽车体积含水率可以根据新的体积计算法进行直接修订。
- (3) 新的体积计算法确定槽车体积含水率最准确，该方法如果结合数字化油田建设，把油井的原油和地层水数据库进行有效结合才可以应用生产现场。

【参考文献】

[1]油井原油计量误差分析[J]. 余绍祖.油气田地面工程,1981年(4)
 [2]油槽车转弯横向稳定性的计算分析[J].陈铭年.汽车工程,2001(5)
 [3]液槽车横向稳定性的计算及分析[J].张汉国.丁辉.重型汽车,1999(4)
 第一作者简介：肖云,1979年5月,男,汉族,陕西西安人,大学本科学历,高级工程师,主要研究方向老油气田稳产与高效生产管理。