

Application of Rudolph Density Meter in the Measurement of Crude Oil Density

Lianyong Lu

Department of Nanjing Transport Oil, Pipeline Storage and Transportation Corporation, Sinopec, Nanjing Jiangsu
Email: 71124612@qq.com

Received: Mar. 6th, 2016; accepted: Mar. 18th, 2017; published: Mar. 27th, 2017

Abstract

Rudolph density meter belongs to U-Shaped vibrating tube digital density meter, which has the advantages of high precision, simple operation, high degree of automation, no artificial reading error, etc. Measurement results are consistent with floating type density meter and have better repeatability. Rudolph density meter can realize high volume and rapid measurement of crude oil density, reduce the staff labor intensity and improve work efficiency.

Keywords

Rudolph, U Type Pipe Vibration Digital Density Meter, Crude Oil, Density

鲁道夫密度仪在原油密度测量中的应用

卢连勇

中国石化管道储运公司南京输油处, 江苏 南京
Email: 71124612@qq.com

收稿日期: 2017年3月6日; 录用日期: 2017年3月18日; 发布日期: 2017年3月27日

摘要

鲁道夫密度仪属于U型振动管数字式密度仪, 具有精密度高、操作简单、自动化程度高、无人读数为读数误差等优点。测量结果与漂浮式密度计一致, 而且重复性更好, 可以实现大批量、快速检测原油的密度, 降低了人员劳动强度, 提高了工作效率。

关键词

鲁道夫, U型振动管数字式密度仪, 原油, 密度

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

密度是物质每单位体积内的质量, 是物质的重要物性参数, 也是原油开采、输送、交接、炼化等作业中最常用到的参数, 是必须严格控制的项目, 因此, 对其进行精准的测量具有重要的实际意义。长期以来, 一直使用漂浮式密度计手动测量和查表换算的方法, 不仅样品用量大、温度难以精确控制、误差大、重复性差, 而且全程手动操作, 人员劳动强度大、工作效率低, 已无法满足目前企业大批量、快速测量的要求。鲁道夫密度仪是美国鲁道夫公司产品, 是一种 U 型振动管数字式密度仪, 利用机械振动原理工作, 即物体受激而发生振动时, 其振动频率或振幅与物体本身的质量有关[1] [2], 具体做法是在由磁性材料制成的体积恒定的振动管中通以测量液体, 在振动管旁安装一个电磁驱动线圈, 当线圈中通以脉冲激励电流后, 振动管受到线圈的磁力作用而产生振动; 另外在振动管旁再设置一个检测线圈, 在其中产生同振动频率相同的电流, 由于振动管的振动频率和振动管中的液体密度有关, 所以检测线圈中的电流变化就代表液体密度的变化, 最终用数字仪表显示。该密度仪具有操作简单、精度高、重复性好等优点, 而且完全自动化测量、换算, 克服了手动测量时的人为误差, 降低了劳动强度, 提高了工作效率[3]。

2. 试验

2.1. 仪器及其工作参数

密度仪型号为 DDM2910, 厂商为美国鲁道夫仪器公司, 密度计符合 SH/T0316 要求[4], 规格为 0.8~0.9 和 0.9~1.0 两种, 厂商为江苏联友仪器公司, 温度计(刻度间隔 0.2℃), 1000 ml 量筒, 5 ml 注射器。密度仪工作参数见表 1, 执行标准为 GB/T2013-2010《液体石油化工产品密度测定法》。

2.2. 试验步骤

- 1) 开机;
- 2) 参数设置;
- 3) 用准备好的样品进行测量并记录;
- 4) 用密度计手动测量同一样品, 换算后记录。

2.3. 试验结果分析

分别选取高密度、中等密度、低密度三种油品进行试验, 每种油品测量 3 次, 测量结果与使用漂浮式密度计测量结果进行对比, 结果见表 2。高密度油品选用胜利油田产原油, 低密度油品选用进口沙轻原油, 中等密度油品选用胜利原油与沙轻原油按 1:3 配比原油。

重复性是指同一操作者用同一仪器在恒定的操作条件下对同一测定试样, 按试验方法正确的操作所得连续测定结果之间的差, GB/T1884-2000《原油和液体石油产品密度实验室测定法(密度计法)》中规定,

Table 1. DDM2910 working parameters**表 1.** DDM2910 工作参数

项目	参数
测量范围	0~3 g/cm ³
密度准确度	0.0001 g/cm ³
温度准确度	0.01℃
测量温度	0~90℃
压力范围	0~10bar
环境条件	仅室内使用
空气湿度	小于 70%
振动管中样品总量	0.75ml
单个样品测量时间	约 30s

Table 2. Test data comparison**表 2.** 对比试验数据

样品	仪器	温度/℃	20℃标准密度值 g/cm ³			平均值 g/cm ³	重复性 g/cm ³	再现性 g/cm ³
高密度	漂浮式密度计	20	0.9180	0.9185	0.9184	0.9183	0.0005	0.0001
高密度	DDM2910 密度仪	20	0.9184	0.9183	0.9185	0.9184	0.0002	
中等密度	漂浮式密度计	20	0.8756	0.8752	0.8751	0.8753	0.0005	0.0002
中等密度	DDM2910 密度仪	20	0.8753	0.8755	0.8756	0.8755	0.0003	
低密度	漂浮式密度计	20	0.8588	0.8584	0.8587	0.8586	0.0004	0.0002
低密度	DDM2910 密度仪	20	0.8587	0.8589	0.8587	0.8588	0.0002	

不应超过 0.0006 g/cm³；再现性是指在改变了测量条件情况下，例如测量原理、测量方法、操作者、测量仪器、参考标准、测量地点、测量时间等改变时，对同一测定试样的测量结果之间的差，GB/T1884-2000《原油和液体石油产品密度实验室测定法(密度计法)》中规定，不应超过 0.0015 g/cm³ [5]；从表 2 中数据可以看出，鲁道夫密度仪与漂浮式密度计测量结果是一致的，再现性符合 GB/T1884-2000 的规定。鲁道夫密度仪的重复性优于漂浮式密度计，说明鲁道夫密度仪的测量结果误差更小，准确度更高。

3. 注意事项

3.1. 环境条件

鲁道夫密度仪只能在室内使用，应确保在干燥、洁净的环境下工作，避免阳光暴晒、强电场或强磁场干扰，周边留有适当的空间，用于散热，最佳环境温度 20℃~25℃，空气相对湿度应小于 70%，湿度太高，冷凝水可能会影响测量精度，或损坏电子原件，因此，应放置在有空调的房间，保持恒定的温度、湿度。

3.2. 操作

3.2.1. 样品处理

样品处理原油的成分比较复杂，所以混合均匀是保证测量结果准确的前提，如果没有混合均匀，轻

组分在上层，重组分在下层，抽取样品时只能从上层抽取，所以测量结果将偏小，实际操作中，如果发现结果明显偏小，那么很可能是混合不均匀，可以重新用“8”字摇样法摇样5分钟后再抽样测量[6]。个别样品凝点较高，在室温下已经凝固，需要加热到高于浊点3℃以上或高于倾点20℃以上再进行测量，一般使用水浴加热。还有的样品固体杂质颗粒较多，而U型振动管直径很小，极易被杂质堵塞进而内壁破损，严重时只能更换，所以必须去除样品内固体杂质颗粒，可以使用离心机在2000~3000转/分钟的转速下离心2~3分钟，使固体颗粒沉积在底部，再进行测量即可[7]。

原油粘度大，流动性差，挥发性大，所以极易产生气泡，尤其是在摇样之后，会产生较多气泡，如果气泡随样品进入U型振动管，测量结果将严重偏小，所以去除气泡是样品处理的重要环节。摇样后，应用纸条轻轻接触肉眼可见的气泡，使其破裂；抽取样品后，可以将注射器倒置2~3分钟，使气泡完全积聚在上面，再轻推注射器将气泡挤出去。

3.2.2. 仪器检查

密度计的U型振动管是测量的关键部件，测量前要对其进行仔细检查，确认内部洁净、干燥，否则会严重影响测量准确性[8]。仪器内置了一个摄像头，可以将U型振动管放大显示，方便观察，如无明显黑点，即可认为内部洁净；振动管的进出口与空气相通，内部可能积聚冷凝水珠，如果不消除，会导致测量结果偏大，所以测量前启动空气泵吹扫60s以上，确保干燥。

3.2.3. 进样

进样有两种方式，手动进样和自动进样，自动进样要配备专门的进样装置，考虑到原油测量密度前要进行摇样、去除气泡等一系列操作，不适用自动进样，所以采用手动进样方式。进样时，要注意确保U型振动管满管，不留空隙，否则，测量结果将偏小，实际操作中，以看见U型振动管出口回油管流出样品为准，测量时注射器要停留在进样位置，不要拔掉，否则，气泡进入，测量结果将偏小。

3.2.4. 清洗和干燥

原油粘度大，容易粘壁，所以测量后一定要立即清洗干净。经过对各种溶剂的测试，以120#溶剂油清洗效果最好，标准是肉眼观察U型振动管无明显黑点；清洗后，再使用空气泵吹扫60s以上，保证振动管干燥。

3.3. 仪器校准

鲁道夫密度仪校准简单快捷，常用的标准物质有水和空气。推荐使用水作为主要校验物质，使用空气作为辅助校验物质，因为水是液体，组成单一，受温度、大气压等影响很小，密度相对恒定，使用瓶装纯净水或自来水都可以，结果相差不大，如表3所示；空气是气体，成分复杂，受温度、湿度、大气压、污染程度影响较大，所以使用空气来校验时要在干燥、洁净的环境中进行[9][10]，还要测量大气压、湿度、温度等参数，以便查出该工况下的标准密度值，与密度仪测量数据对比校验。

4. 结论

1) 使用漂浮式密度计测量原油密度时，需用量筒量取约800ml样品，将密度计慢慢放入样品中，使其自然漂浮，读取读数，同时测量温度，再使用公式换算到20℃下标准密度，用时约20分钟；而使用鲁道夫密度仪，只需用注射器抽取5ml样品注入U型管内，设置温度后点击测量按钮，仪器会自动测出设置温度下样品密度，同时换算成20℃下标准密度，整个过程只需5分钟。可以看出，鲁道夫密度仪操作简单快捷、样品用量少、重复性好，有效消除了人为操作及读数误差，相比于漂浮式密度计，大大降低了劳动强度，提高了工作效率，便于大批量、快速测量原油密度。

Table 3. Calibration data**表 3.** 校验数据

样品	温度/℃	标准密度 g/cm ³	测量值 g/cm ³	误差 g/cm ³	
纯净水	20	0.9982	第一次	0.9983	0.0001
纯净水	20	0.9982	第二次	0.9982	0
纯净水	20	0.9982	第三次	0.9984	0.0002
自来水	20	0.9982	第一次	0.9984	0.0002
自来水	20	0.9982	第二次	0.9985	0.0003
自来水	20	0.9982	第三次	0.9984	0.0002

2) 测量操作中一定要注意确保 U 型振动管内样品混合均匀, 无杂质、无气泡, 才能保证测量结果准确。

3) 据了解, 目前国内还没有机构开展鲁道夫密度仪检定作业服务, 所以暂时不能用于交接计量使用。

参考文献 (References)

- [1] 江巍. 振动管法测量物质密度[J]. 科技资讯, 2011(4): 1-2.
- [2] 李琼, 孔令罔, 秦实宏. U 形振动管流体密度计的设计与实现[J]. 武汉工程大学学报, 2012, 34(1): 58-60.
- [3] 赵静波, 高平, 赵俊文. 原油密度分析新技术[J]. 油气田地面工程, 2004, 23(1): 56.
- [4] 中国石油化工集团公司. 石油密度计技术条件: SH/T 0316-1998[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999: 2-5.
- [5] 国家质量技术监督局. 原油和液体石油产品密度实验室测定法(密度计法): GB/T 1884-2000[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000: 5-6.
- [6] 范玉华. 原油密度测定问题的研究分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2014(4): 255.
- [7] 张顺鹏. U 型振动管数字式密度仪在油品密度测定中的应用[J]. 广东化工, 2014, 41(282): 174-175.
- [8] 赵亚娟, 张怡, 张琰彬. 数字密度计法测定原油密度的研究[J]. 当代化工, 2016, 45(11): 2685-2690.
- [9] 国家质量技术监督局. 液体石油化工产品密度测定法: GB/T2013-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011: 6.
- [10] 李占宏, 许常红, 陈朝晖. 台式振动管密度仪测量不确定度分析[J]. 中国计量, 2012(9): 82-83.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjctet@hanspub.org