

中华人民共和国工业和信息化部
石油和化工计量技术规范

JJF（石化）××××-202×

在线原油含水率分析仪校准规范

Calibration Specification for

On-line water content analyzers for crude oil

（报批稿）

202×-××-××发布

202×-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部发布

在线原油含水率分析仪

校准规范

Calibration Specification for

On-line water content analyzers

for crude oil

JJF（石化）XXXX-
202X

归口单位：中国石油和化学工业联合会

主要起草单位：甘肃省计量研究院

山东省计量科学研究院

参加起草单位：兰州科庆仪器仪表有限责任公司

长庆工程设计有限公司

本规范委托全国石油和化工行业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

施力予（甘肃省计量研究院）

张 森（山东省计量科学研究院）

艾贤嵩（甘肃省计量研究院）

乔继浩（甘肃省计量研究院）

参加起草人：

刘生权（兰州科庆仪器仪表有限责任公司）

王子谦（长庆工程设计有限公司）

左 晨（长庆工程设计有限公司）

目录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	1
6 校准条件.....	2
6.1 环境条件.....	2
6.2 测量标准及其他设备.....	2
7 校准项目和校准方法.....	3
7.1 校准项目.....	3
7.2 校准方法.....	3
8 校准结果的表达.....	5
8.1 校准记录.....	5
8.2 校准证书.....	5
8.3 不确定度.....	5
9 复校时间间隔.....	5
附录 A 在线原油含水率分析仪校准原始记录格式.....	6
附录 B 在线原油含水率分析仪校准证书内页格式.....	7
附录 C 在线原油含水率分析仪含水率示值误差评定示例.....	8

引言

JJF 1071—2010 《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011 《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012 《测量不确定度评定与表示》共同构成支持本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范参照JJG 899—1995 《石油低含水率分析仪》中的相关内容。

本规范为首次发布。

在线原油含水率分析仪校准规范

1 范围

本规范适用于管道用在线原油含水率分析仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1071—2010 国家计量校准规范编写规则

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和定义

3.1 原油含水率 water content of crude oil

在常温、常压下，单位体积的含水原油中所含水分的体积分数。

4 概述

在线原油含水率分析仪（以下简称分析仪）主要用于实时检测原油中水分含量，为原油生产、输送及加工的质量控制和计量提供数据支持。测定仪的检测原理主要有微波谐振、电容法、近红外光谱等。测定仪主要由传感检测、信号采集、数据处理、显示输出等单元组成。测定仪结构示意图见图 1。

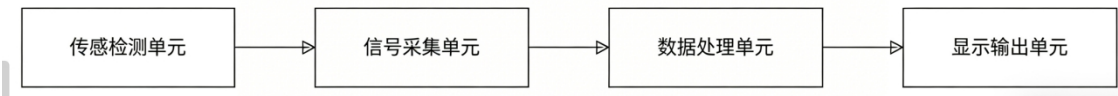


图 1 测定仪结构示意图

5 计量特性

具体计量特性见表 1。

表 1 分析仪计量特性一览表

项 目	计量性能要求
示值误差(体积分数)	MPE:±3%
重复性	3%
注：以上指标不是用于符合性判别，仅作参考。	

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度条件

环境温度：（15~30）℃。

6.1.2 湿度条件

相对湿度：不大于 85%。

6.1.3 其他条件

供电电压（220±22）V，频率（50±1）Hz；周围无强烈震动，无强电、磁场干扰。周围应无腐蚀性气体存在，应避免其他冷、热源影响。实际工作中，环境条件还应满足测量标准器正常使用要求。

6.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 2

表 2 校准项目和测量标准

序号	校准项目	测量标准名称及技术要求
1	示值误差 (体积分数)	1) 称重装置：最大称量不小于50kg，分辨力0.1 g，最大允许误差±1.5 g； 2) 一等密度计：测量范围（700~1100）kg/m ³ ； 3) 标准水银温度计：测量范围（0~50）℃，分度值0.1℃；
2	重复性	4) 校准用介质：校准用水溶解氧小于2 mg/L，校准用柴油体积含水率不超过0.03%；

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 2。

7.2 校准方法

7.2.1 外观检查

分析仪外观应保持整洁，不应有影响正常工作的机械损伤；所有铭牌及标志应耐久和清楚，内容符合相关法规、标准的要求；紧固件不应松动、各种调节件灵活，功能正常；分析仪可拆卸部分应能方便拆装；表体的连接部分无明显泄漏、

无可见损伤；读数装置上的防护玻璃应具有良好的透明度，没有使读数畸变等妨碍读数的缺陷，显示的数字应醒目、整齐。

7.2.2 建立介质循环系统

校准之前应建立介质循环系统，由管道泵，变容器，加热器和过渡管段等组成，介质循环系统结构示意图如图2所示。介质循环系统上应装有测温孔，压力表接口，进液口和取样放液口。管道泵的流量应保证介质流速大于1.5 m/s，需配置加热器用于调节控制介质温度。

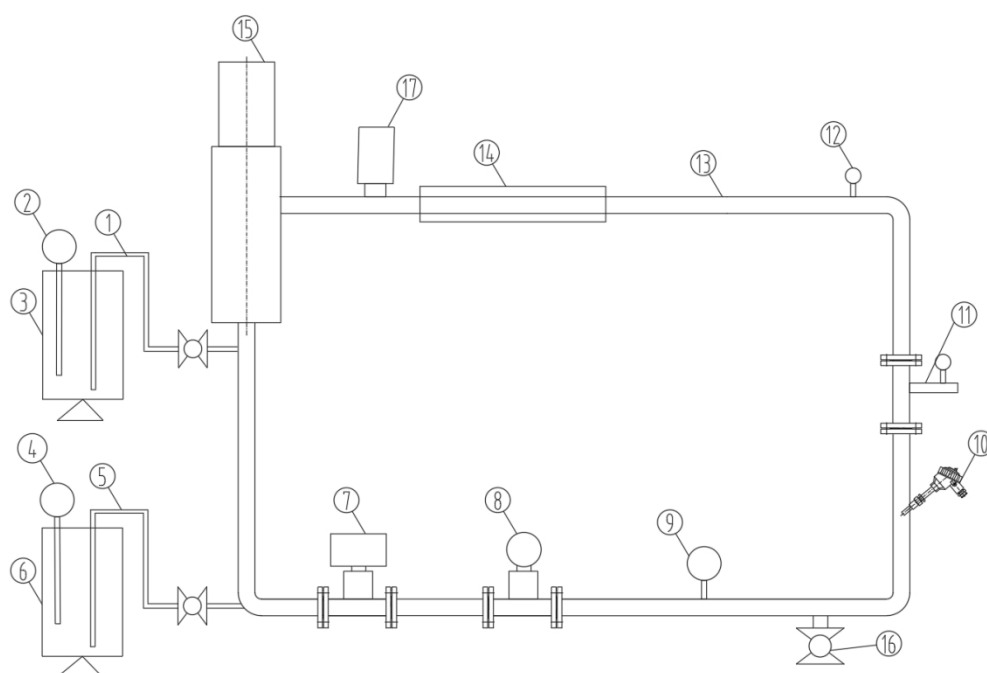


图2 介质循环系统结构示意图

1-进油管，2、4、9-在线密度传感器，3、6-称重装置，5-进水管，7-泵
8-流量计，10-温度传感器，11-被测含水率分析仪，12-压力变送器，13-工艺管线
14-温度调节装置，15-变容器，16-排液口，17-排气口

7.2.3 密封性检查

将被校分析仪安装在循环管路中，通过调节试压泵将被校分析仪的接液部分缓慢升压至工作压力的1.1倍，然后降压至工作压力且保压持续不少于15 min，分析仪表体上各个接口应无渗漏现象。

7.2.4 示值误差

将被校分析仪安装在循环管路中使其处于测量状态，打开介质循环系统，注满校准用柴油后开泵运行进行系统排气。启动温度调节装置，保持温度在 $(25 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$ ，循环泵运行15分钟，在线密度计的示值变化不超过 $\pm 0.5 \text{ kg/m}^3$

视为达到稳定状态，可进行测量。

通过介质循环系统配制出不同含水率的标准油水混合液，待装置运行稳定后记录含水率标准值及分析仪显示值，每个含水率校准点测量3次，按公式（1）计算示值误差(体积分数)：

$$\Delta\varphi = \bar{\varphi} - \varphi_s \quad (1)$$

式中：

$\Delta\varphi$ —分析仪示值误差(体积分数)，%；

φ —含水率3次测量结果(体积分数)的算术平均值，%；

φ_s —含水率标准值(体积分数)，%。

每台分析仪至少校准5个测量点，即满量程的0%、50%、100% 三个必测点外，再任选2个测量点，并分别记录被校仪器的示值，示值误差为校准点中测量误差绝对值最大值。

7.2.4 重复性

在7.2.3的测量条件下，通过介质循环系统配制含水率为50%的标准油水混合液，待装置运行稳定后记录含水率标准值及分析仪显示值，重复测量6次，每次测量，介质循环系统需静止后再次启动至稳定状态。按式（2）计算分析仪的重复性：

$$S_r = \frac{1}{\bar{\varphi}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (\varphi_i - \bar{\varphi})^2}{6-1}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

φ_i —第 i 次的测量结果(体积分数)，%；

$\bar{\varphi}$ —6 次测量结果(体积分数)的算术平均值，%；

S_r —含水率(体积分数)校准点的重复性，%。

8 校准结果的表达

8.1 校准记录

校准记录应详尽记录测量数据和计算结果，推荐的校准记录格式见附录 A。

8.2 校准证书

经校准的测定仪应出具校准证书，校准结果应在校准证书上反映。校准证书

包括的信息应符合 JJF 1071—2010 中 5.12 的要求，推荐的校准证书内页格式见附录 B。

8.3 不确定度

校准证书应给出各校准项目的扩展不确定度，评定示例见附录 C。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由检测仪的使用情况、使用者、检测仪本身质量等因素所决定，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，建议不超过 1 年。如果对检测仪的检测数据有怀疑或检测仪更换主要部件及修理后应对检测仪重新校准。

附录 A

在线原油含水率分析仪校准原始记录格式

基本信息						
委托单位		原始记录号		校准证书号		
仪器名称		型号规格		设备编号		
制造厂商		环境温度	℃	相对湿度	%	
校准前检查						
外观	1.外观整洁,无影响正常工作的机械损伤 ☐ 是 ☐ 否					
	2.所有铭牌及标志耐久、清楚,内容符合相关法规、标准的要求 ☐ 是 ☐ 否					
	3.紧固件紧固、各种调节件灵活,功能正常 ☐ 是 ☐ 否					
	4.表体的连接部分焊接应平整光洁,不得有虚焊、脱焊等现象 ☐ 是 ☐ 否					
	5.读数装置上的防护玻璃具有良好的透明度,无使读数畸变等妨碍读数的缺陷,显示的数字醒目、整齐 ☐ 是 ☐ 否					
密封性检查	表体上各个接口应无渗漏现象 ☐ 是 ☐ 否					
校准结果						
项目		1	2	3	平均值	扩展不确定度 ($k=2$)
示值误差 (体积分数)	0%					
	30%					
	50%					
	70%					
	100%					
重复性	50%					——
	S_r					
标准器						
名称	编号	证书号	测量范围	有效期	不确定度或准确度等级或最大允许误差	
技术依据	JJF (石化) XXX—202X 《在线原油含水率分析仪校准规范》					
校准地点		校准日期 年 月 日				
备注						

校 准 员：

核 验 员

附录 B

在线原油含水率分析仪校准证书内页格式

证书编号×××××-××××					
校准机构授权说明					
校准的技术依据 JJF（石化）XX—202X《在线原油含水率分析仪校准规范》					
校准环境及地点					
地点					
环境温度	℃	相对湿度	%	其他	
校准使用的计量（基）标准装置					
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	计量（基）标准证书编号	有效期至	
校准结果					
序号	项目	技术要求	校准结果		
			测量值	扩展不确定度（ $k=2$ ）	
1	示值误差 （体积分数）	MPE: ±3%			
2	重复性	3%			
备注					

附录 C

原油含水率示值误差测量结果不确定度评定示例

C.1 校准方法

校准方法见 7.2.3。

C.2 测量模型

原油含水率分析仪的含水率测量绝对误差的计算公式如下：

$$\Delta\varphi = \bar{\varphi} - \varphi_S \quad (\text{C.1})$$

式中：

$\Delta\varphi$ —分析仪示值误差(体积分数)，%；

$\bar{\varphi}$ —含水率3次测量结果(体积分数)的算术平均值，%；

φ_S —含水率标准值(体积分数)，%。

方差和灵敏系数

由式(C.1)得方差传播公式：

$$u^2(\Delta\varphi) = C_1^2 u^2(\bar{\varphi}) + C_2^2 u^2(\varphi_S) \quad (\text{C.2})$$

式中：

$u(\Delta\varphi)$ —含水率分析仪示值误差(体积分数)的测量不确定度；

$u(\bar{\varphi})$ —含水率分析仪引入的不确定度；

$u(\varphi_S)$ —含水率标准值(体积分数)引入的不确定度。

因为，

$$C_1 = \frac{\partial \Delta\varphi}{\partial \bar{\varphi}} = -1, C_2 = \frac{\partial \Delta\varphi}{\partial \varphi_S} = 1,$$

所以式(C.2)简化为：

$$u^2(\Delta\varphi) = u^2(\bar{\varphi}) + u^2(\varphi_S) \quad (\text{C.3})$$

令： $u_c = u(\Delta\varphi), u_1 = u(\bar{\varphi}), u_2 = u(\varphi_S)$,

则式(C.3)简化为：

$$u_c^2 = u_1^2 + u_2^2 \quad (\text{C.4})$$

式中:

u_c —含水率分析仪示值(体积分数) 误差的测量不确定度;

u_1 —含水率分析仪引入的不确定度;

u_2 —含水率标准值(体积分数) 引入的不确定度。

C.3 原油含水率示值误差测量结果不确定度评定

C.3.1 不确定度来源

原油含水率分析仪示值误差测量结果的不确定度来源主要由含水率分析仪引入的不确定度 u_1 和含水率标准值(体积分数) 引入的不确定度 u_2 组成。

C.3.2 含水率分析仪引入的不确定度 u_1

C.3.2.1 测量重复性引入的不确定度分量 u_{11}

对一台原油含水率分析仪, 在 50%含水率校准点校准, 相同条件下重复 10 次测量结果见表 C.1

表 C1 含水率示值误差测量结果

第i次测量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
在线原油含水率仪含水率示值(体积分数) /(%)	50.1	50.7	50.3	50.8	50.9	50.6	50.2	50.2	50.3	50.1
含水率分析仪示值误差(体积分数) /(%)	0.1	0.7	0.3	0.8	0.9	0.6	0.2	0.2	0.3	0.1

计算示值误差(体积分数) 的算数平均值:

$$\overline{\Delta\varphi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta\varphi_i = 0.4\% \quad (\text{C.5})$$

用贝塞尔公式, 计算测量的实验标准偏差(体积分数)

$$S(\overline{\Delta\varphi}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta\varphi_i - \overline{\Delta\varphi})^2}{10 - 1}} = 0.3\% \quad (\text{C.6})$$

实际测量以3次测量的平均值(体积分数) 作为测量结果, 故测量重复性引入的不确定度分量为:

$$u_{11} = \frac{S(\overline{\Delta\varphi})}{\sqrt{3}} = 0.18\% \quad (\text{C.7})$$

C.3.2.2 分辨力引入的不确定度分量 u_{12}

含水率分析仪的分辨力(体积分数)为0.1%，区间半宽度为0.05%，估计为均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，故：

$$u_{12} = \frac{0.05\%}{\sqrt{3}} = 0.03\% \quad (\text{C.8})$$

C.3.2.3 含水率分析仪引入的不确定度 u_1

$$u_1 = \sqrt{u_{11}^2 + u_{12}^2} = 0.2\% \quad (\text{C.9})$$

C.3.3 含水率标准值(体积分数)引入的不确定度 u_2

C.3.3.1 介质循环系统总体积测量引入的不确定度分量 u_{r21}

C.3.3.1.1 介质循环系统总体积测量重复性引入的不确定度 u_{r211}

对介质循环系统在相同条件下测量总体积，重复 10 次测量结果见表 C.2

表 C2 管道总体积测量结果

第 <i>i</i> 次测量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
总体积测量结果/L	101.011	100.906	100.993	100.924	100.957	100.944	100.973	100.941	100.932	100.980

计算总体积测量结果的算术平均值：

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i = 100.956 \text{ L} \quad (\text{C.10})$$

采用贝塞尔公式，计算单次测量的相对实验标准偏差

$$S_r(\bar{V}) = \frac{1}{\bar{V}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (V_i - \bar{V})^2}{10 - 1}} = 0.032\% \quad (\text{C.11})$$

实际测量以3次测量的平均值作为测量结果，故测量重复性引入的不确定度分量为：

$$u_{r211} = \frac{S_r(\bar{V})}{\sqrt{3}} = 0.02\% \quad (\text{C.12})$$

C.3.3.1.2 介质循环系统测量使用标准器引入的不确定度 u_{r212}

管道总体积测量使用二等金属量器和量筒进行标定，100 L二等金属量器最大允许误差为0.025%，2000 mL量筒最大允许误差为0.5%。估计为均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，故：

$$u_{r212} = \sqrt{\left(\frac{0.025\%}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0.5}{\sqrt{3}}\right)^2} = 0.3\% \quad (\text{C.13})$$

C.3.3.1.3介质循环系统总体积测量引入的不确定度分量 u_{r21}

$$u_{r21} = \sqrt{u_{211}^2 + u_{212}^2} = 0.3\% \quad (\text{C.14})$$

C.3.3.2 称重装置引入的不确定度分量 u_{r22}

C.3.3.2.1 称重装置测量重复性引入的不确定度 u_{r221}

对介质循环系统在相同条件下进样重，重复 10 次测量结果见表 C.3

表 C3 称重装置测量结果

第 <i>i</i> 次测量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
称量结果/g	8442.4	8442.9	8446.5	8441.7	8445.9	8439.4	8441.2	8447.1	8441.5	8443.9

计算称量系统测量结果的算术平均值：

$$\bar{M} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_i = 8443.3\text{g} \quad (\text{C.15})$$

采用贝塞尔公式，计算单次测量的相对实验标准偏差

$$S_r(\bar{M}) = \frac{1}{\bar{M}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (M_i - \bar{M})^2}{10 - 1}} = 0.032\% \quad (\text{C.16})$$

实际测量以3次测量的平均值作为测量结果，故测量重复性引入的不确定度分量为：

$$u_{r221} = \frac{S_r(\bar{M})}{\sqrt{3}} = 0.02\% \quad (\text{C.17})$$

C.3.3.2.2称量系统系统测量使用标准器引入的不确定度 u_{r222}

称量系统使用的天平为 Ⅱ 级，由证书查得，最大允许误差为 $\pm 1.5\text{ g}$ 。按均匀分布， $k = \sqrt{3}$

$$u_{r222} = \frac{1.5\text{g}}{\sqrt{3} \times 8443.3\text{g}} = 0.01\% \quad (\text{C.18})$$

C.3.3.2.3称量系统引入的不确定度分量 u_{r22}

$$u_{r22} = \sqrt{u_{r221}^2 + u_{r222}^2} = 0.03\% \quad (\text{C.19})$$

C.3.3.3 含水率标准值(体积分数)引入的不确定度 u_2

$$u_2 = 50.42\% \times \sqrt{u_{r21}^2 + u_{r22}^2} = 0.15\% \quad (\text{C.20})$$

C.3.4 不确定度分量汇总

不确定度分量汇总见表 C.3。

表 C.3 不确定度分量表

不确定度分量	不确定度来源	不确定度值/%
u_1	含水率分析仪引入的不确定度 (体积分数)	0.2
u_2	含水率标准值引入的不确定度 (体积分数)	0.15

C.4 合成标准不确定度

各不确定度分量互相独立，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.2^2 + 0.15^2} \approx 0.3\% \quad (\text{C.21})$$

C.5 扩展不确定度

扩展不确定度 $U = ku_c$ ，取包含因子 $k=2$ ，则：

$$U = u_c \times 2 = 0.6\% \quad (\text{C.22})$$