



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 2434—2026

射线类含水分析仪校准规范

Calibration Specification for Gamma Ray Water Cut Meters

市场监管总局

2026-06-25 发布

2026-12-25 实施

国家市场监督管理总局 发布

射线类含水分分析仪校准规范

Calibration Specification for Gamma Ray

Water Cut Meters

JJF 2434—2026

归口单位：全国石油专用计量测试技术委员会

主要起草单位：中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司

参加起草单位：胜利油田胜利自动化开发有限责任公司

海默科技（集团）股份有限公司

中国石油天然气股份有限公司大庆油田有限责任公司

大庆油田设计院有限公司

本规范委托全国石油专用计量测试技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

贺东旭（中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司）

郭宏亮（中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司）

李凯凯（中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司）

参加起草人：

杨 斌（胜利油田胜利自动化开发有限责任公司）

张栋栋〔海默科技（集团）股份有限公司〕

刘 博（中国石油天然气股份有限公司大庆油田有限责任公司）

罗再扬（大庆油田设计院有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(2)
4.1 用途	(2)
4.2 基本原理	(2)
5 计量特性	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 主标准器及配套设备	(2)
7 校准项目和校准方法	(4)
7.1 校准项目	(4)
7.2 校准方法	(5)
8 校准结果表达	(6)
8.1 校准报告	(6)
8.2 测量不确定度评定	(7)
9 复校时间间隔	(7)
附录 A 辐射泄漏剂量测试报告	(8)
附录 B 含水仪空管计数率记录表	(9)
附录 C 含水仪水计数率记录表	(10)
附录 D 含水仪油计数率记录表	(11)
附录 E 含水仪含水率配方表	(12)
附录 F 含水仪校准数据记录表	(14)
附录 G 含水仪校准报告封面格式	(15)
附录 H 含水仪校准报告内页格式	(16)
附录 I 测量不确定度评定示例	(17)

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》共同构成制定本规范的基础性系列规范。

本规范参照JJG 899—1995《石油低含水率分析仪检定规程》、SY/T 5566—2011《低能源原油含水分析仪》、GB/T 9109.1—2016《石油和液体石油产品动态计量 第1部分：一般原则》、GB/T 9109.5—2017《石油和液体石油产品动态计量 第5部分：油量计算》等标准和技术规范，并结合我国射线类含水分析仪的使用和校准现状制定。

本规范为首次发布。

市场监管总局

射线类含水分析仪校准规范

1 范围

本规范适用于油气田开发、生产、计量用射线类含水分析仪的实验室校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 899—1995 石油低含水率分析仪检定规程

JJF 1001 通用计量术语及定义

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

JJF 1071 国家计量校准规范编写规则

GB/T 1884—2000 原油和液体石油产品密度实验室测定法（密度计法）

GB/T 3836.1—2021 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求

GB/T 3836.2—2021 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的设备

GB/T 9109.1—2016 石油和液体石油产品动态计量 第1部分：一般原则

GB/T 9109.5—2017 石油和液体石油产品动态计量 第5部分：油量计算

GB 18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GBZ 125—2009 含密封源仪表的放射卫生防护要求

SY/T 5566—2011 低能源原油含水分析仪

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

3.1 多相流体 multiphase fluid

以原油、天然气、水等为主要成分组成的混合流体。

3.2 工况含水率 water-in-liquid ratio; WLR

工况条件下，伴生水体积流量与原油和伴生水体积流量之和的比，常用百分数表示。

3.3 射线类含水分析仪 Gamma ray water cut meter

利用油、水、气介质对射线吸收率不同的原理生产制造的测量含水率的仪表。

3.4 放射性同位素密封源 sealed radioactive source

将放射性物质密封在包壳里或紧密地固结在覆盖层里以固体形态呈现，用于产生射线的同位素密封源。

3.5 闪烁计数器 scintillation counter/Gamma ray detector

由晶体和光电探测器两个主要部分组成，用于探测射线强度的计数器。

3.6 豁免活度 exempted activity

参照国际原子能机构的有关规定，按照放射源对人体健康和环境的潜在危害程度，从高到低将放射源分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ类，Ⅴ类源的下限活度值为该种核素的豁免活度。

4 概述

4.1 用途

射线类含水分析仪（以下简称含水仪）主要用于油气田采出液的工况含水率测定，为油气矿场计量、油藏动态监测和管理、储量科学评估和优化配置等提供相关的含水率测试数据。

4.2 基本原理

含水仪是一种基于射线吸收法的仪表，利用一个或多个特定能级的密封放射源发射出的粒子（如伽马射线），穿透流经的样品，然后用闪烁计数器测量穿透样品后的射线强度。由于水分子的原子构成决定了其对射线的吸收率与其他物质不同，可以通过比较原始与穿透后的射线强度，精确测量出样品中的工况含水率。

5 计量特性

含水仪的计量特性通常用含水率的绝对误差表示，能达到的技术指标见表1。

表1 含水仪测量绝对误差

源的（活度）分类	测量绝对误差 ^a
豁免源	$\leq \pm 2\%$
非豁免源	$\leq \pm 1\%$
^a 最大允许误差应指明含水仪所适用的工况使用条件，如含气率等。	

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：5℃~50℃；相对湿度： $\leq 95\%$ 。

6.1.2 交流电源电压应为220 V $\pm$ 22 V，电源频率应为50 Hz $\pm$ 2.5 Hz，也可以根据含水仪的要求使用合适的交流或直流电源（如24 V直流电源）。

6.1.3 外界磁场、电磁场、电离辐射、机械振动和噪声应满足含水仪和校准装置的使用要求。

6.2 主标准器及配套设备

本规范采用标准配样法，校检装置由主标准器和配套设备组成，必须具备有效的检定/校准证书。

6.2.1 主标准器

校准时所用的主标准器包括油、水、混合液标准流量计和在线标准密度计，标准流量计和在线标准密度计测量范围应满足被校含水分析仪的要求。主标准器技术指标见表2。

表2 主标准器技术指标

序号	仪器名称	准确度等级
1	油标准流量计	0.5
2	水标准流量计	0.5
3	在线标准密度计	0.2

6.2.2 配套设备

配套设备采用变频调速泵、热交换器、温度测量仪表、压力测量仪表、油水分离装置、管式混相器、储油罐、储水罐、辐射测试仪等，配套设备技术指标及用途见表3。

表3 配套设备技术指标及用途

序号	仪器名称	技术要求	用途
1	温度测量仪表	MPE: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	测量标准装置处温度
2	压力测量仪表	不低于0.2级	测量标准装置处压力
3	热交换器	——	调节循环系统温度
4	变频调速泵	——	循环系统混合液循环
5	空气压缩机	——	空气清洗循环系统
6	管式混相器	——	油水两相混合
7	储油罐	——	储存校准用油
8	储水罐	——	储存校准用水
9	油水分离装置	——	油水两相分离
10	压力调节系统	——	调节循环系统压力
11	油水缓冲罐	——	油水缓冲
12	流量调节系统	——	油水流量调节
13	阀门	——	——
14	辐射测试仪	测量范围: $0.01\ \mu\text{Sv/h}\sim 15\ \text{mSv/h}$, 相对偏差 $\leq \pm 5\%$	测量被校仪表对外辐射剂量
15	计时器	最小读数 $\leq 0.1\ \text{s}$	校准过程中时间的计时

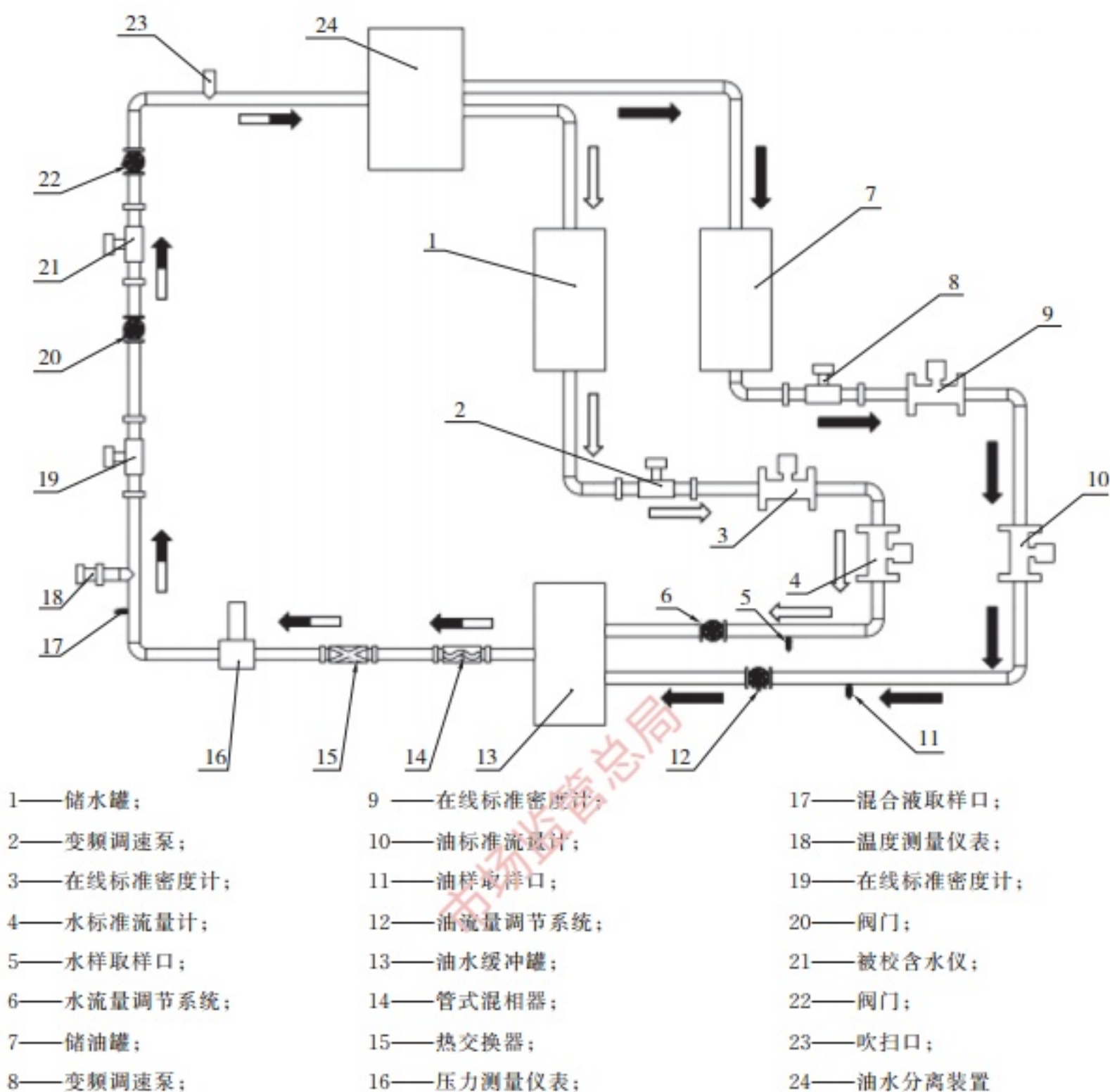


图1 主标准器及配套设备示意图

6.2.3 校准介质

水采用油田采出水、自来水等，水中不含固体杂质，含油率小于或等于0.5%，矿化度一般小于8 000 mg/L。

油采用净化原油、变压器油、白油、煤油等，油中无夹杂气体且含水率小于或等于0.2%。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目包括随机文件、外观、密封性、防爆性、辐射外泄漏检测和含水仪校准。

7.2 校准方法

7.2.1 随机文件检查

检查随机文件，应附有使用说明书，使用说明书中应详细说明含水仪的安装和使用要求，应给出含水仪的技术指标、含水仪使用的射线类源的等级、安全防护要求、个人防护措施，还应给出生产企业相关射线源使用许可文件。

7.2.2 外观检查

仪器的外观应符合如下要求：

- 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；
- 仪器可拆卸部分应能方便拆装；
- 表体的连接部分焊接应平整光洁，不得有虚焊、脱焊等现象；
- 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。

7.2.3 密封性检查

通过加压校准介质到最大校准压力，历时5 min，含水仪表体上各个接口应无渗漏现象。

7.2.4 防爆性检查

含水仪应密闭防爆，防爆应符合GB/T 3836.1—2021、GB/T 3836.2—2021、GB/T 3836.31—2021相关规定要求，应给出含水仪的防爆等级、防爆证书等相关证明文件。

7.2.5 辐射外泄漏检测

根据使用的射线类源的等级，使用辐射测试仪进行含水仪的外泄漏剂量检测，豁免源设备外泄漏剂量应符合GB/T 18871—2002的规定，非豁免源设备外泄漏剂量应符合GBZ 125—2009的规定，参见附录A。

7.2.6 校准点选择

7.2.6.1 根据含水仪测量范围和校准装置含水率校准能力，选取0、10%、30%、50%、90%、100% 6个含水率校准点。

7.2.6.2 如有特殊要求，可与用户协商签订相关技术协议，由用户指定含水率校准点。

7.2.7 校准前参数配置

7.2.7.1 提前准备好要使用的介质，应符合6.2.3的要求。

7.2.7.2 连接、开机、预热，根据含水仪说明书完成参数设置等相关设备调试准备工作。

7.2.7.3 确保含水仪内壁光滑、洁净、无异物覆盖，空管计数率测定不少于10组，获得空管的高、低能计数率平均值，编制空管计数率记录表，参见附录B，并将计数

率平均值录入设备中。

7.2.7.4 将准备好的水倒入含水仪内并浸没传感器，水计数率测定不少于10组，获得水的高、低能计数率平均值，并计算出水的吸收系数，编制水计数率记录表（参见附录C）将计数率平均值和水的吸收系数录入设备中。

7.2.7.5 将准备好的油倒入含水仪内并浸没传感器，油计数率测定不少于10组，获得油的高、低能计数率平均值，并计算出油的吸收系数，编制油计数率记录表（参见附录D）将计数率平均值和油的吸收系数录入设备中。

7.2.7.6 每个样品计算吸收系数时仅使用一次。

7.2.8 校准程序

7.2.8.1 启动校准装置，按照GB/T 1884—2000的要求，通过在线标准密度计分别测量油、水的密度，并根据油密度、水密度和选定的校准点，编制含水率配方表，含水率配方表见附录E。

7.2.8.2 根据含水率配方表中油、水的瞬时流量进行流量调节，油、水流量分别调至设定的流量值，待流体状态稳定且校准流程中含水率达到选定的含水率校准点后，同时操作标准装置和被校准含水仪开始校准。

7.2.8.3 连续运行不少于10 min后，同时停止标准装置和被校准含水仪的测量。

7.2.8.4 将被校仪表的测量值填入含水仪校准数据记录表，格式见附录F。

7.2.8.5 校准过程中分别通过油样取样口、水样取样口和混合液取样口，取一定量的油样、水样和混合液样品进行检测，确保样品介质符合6.2.3校准介质和7.2.6.1含水率校准点的要求。

7.2.8.6 其他含水率校准点参照7.2.8.2~7.2.8.5进行校准。

7.2.9 每个校准点误差计算

含水仪每个含水校准点的含水率测量误差采用绝对误差，单次测量误差按式（1）计算：

$$\Delta w_i = w_i - w_s \quad (1)$$

式中：

Δw_i ——第*i*个含水校准点的含水率测量误差，%；

w_i ——第*i*个含水校准点校准时含水仪的含水率平均值，%；

w_s ——第*i*个含水校准点校准时校准装置的含水率平均值，%。

8 校准结果表达

8.1 校准报告

校准报告至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准报告”；
- b) 校准机构信息；
- c) 进行校准的地点；

- d) 报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的信息；
- f) 进行校准的日期；
- g) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- h) 本校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- i) 校准环境的描述；
- j) 校准结果；
- k) 校准报告批准人的签名；
- l) 校准结果仅对校准对象有效性的声明；
- m) 未经校准机构书面批准，不得部分复制报告的声明；
- n) 校准报告封面和内页，参见附录 G 和附录 H；
- o) 校准点含水率记录表。

8.2 测量不确定度评定

含水仪的含水率测量不确定度评定，参见附录 I。

9 复校时间间隔

新购置和维修后的含水仪使用前应进行校准，使用中的含水仪复校时间间隔建议为 12 个月，也可根据被校含水仪的现场使用条件、使用频率或管理要求，由送检单位自主确定复校时间间隔。

附录 A

辐射泄漏剂量测试报告

辐射泄漏剂量测试报告			
基本信息			
客户		项目名称	
位号		序列号	
同位素		测试地点	
辐射检测仪器信息			
辐射检测仪名称		规格型号	
仪器编号		检定有效期	
名称	放射源号	辐射泄漏测试结果	
伽马传感器		背景区	/($\mu\text{Sv/h}$)
		辐射源侧面	/($\mu\text{Sv/h}$)
		探头侧面	/($\mu\text{Sv/h}$)
测试结果（范围）			
接受标准： 1. 豁免源要求（GB 18871—2002） 在距设备任何可达表面 10.0 cm 处所引起的周围剂量当量率或定向剂量当量率不超过 1 $\mu\text{Sv/h}$ （豁免）。 2. 非豁免源要求（GBZ 125—2009） a) 距离仪器 5.0 cm, 人员活动范围内辐射剂量小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$; b) 距离仪器 100.0 cm, 人员活动范围内辐射剂量小于 0.25 $\mu\text{Sv/h}$ 。			

检测员：

日期： 年 月 日

附录 B

含水仪空管计数率记录表

制造厂商：		出厂编号：	
外观检查：			
计数率记录			
计数率 1			
计数率 2			
计数率 3			
.....			
计数率 $N(N \geq 10)$			
平均计数率			
备注：			
操作人：		核验人：	日期： 年 月 日

附录 C

含水仪水计数率记录表

制造厂商：		出厂编号：	
水密度：			
外观检查：			
计数率记录			
计数率 1			
计数率 2			
计数率 3			
.....			
计数率 $N(N \geq 10)$			
平均计数率			
吸收系数			
备注：			
操作人：		核验人：	日期： 年 月 日

附录 D

含水仪油计数率记录表

制造厂商：		出厂编号：	
油密度：			
外观检查：			
标定记录			
计数率 1			
计数率 2			
计数率 3			
.....			
计数率 $N(N \geq 10)$			
平均计数率			
吸收系数			
备注：			
操作人：		核验人：	日期： 年 月 日

附录 E

含水仪含水率配方表

含水率配方表				
基础参数				
总流量 $Q_{\text{总}}/(\text{m}^3/\text{h})$	油密度 $\rho_o/(\text{kg}/\text{m}^3)$	水密度 $\rho_w/(\text{kg}/\text{m}^3)$	混合液密度 $\rho_{\text{混}}/(\text{kg}/\text{m}^3)$	
校准点				
校准点体积含水率 WLR/%	体积流量计		质量流量计	
	水体积流量 Q_w m^3/h	油体积流量 Q_o m^3/h	水质量流量 Q_w kg/h	油质量流量 Q_o kg/h
0				
10				
30				
50				
90				
100				

注：

1 水标准流量计和油标准流量计为体积流量计的计算公式如下：

$$Q_w = \frac{WLR}{100} \cdot Q_g$$

$$Q_o = Q_g - Q_w$$

式中：

 Q_w ——水体积流量， m^3/h ； Q_g ——总流量， m^3/h ；

WLR——校准点体积含水率；

 Q_o ——油体积流量， m^3/h 。

2 水标准流量计和油标准流量计为质量流量计的计算公式如下：

油水混合液的总质量流量可表达为： $Q_g = Q_w \cdot \rho_w + Q_o \cdot \rho_o$

水质量流量公式：

$$Q_o = \frac{(100 - WLR) \times \rho_o}{WLR \times \rho_w + (100 - WLR) \times \rho_o} \times Q_g$$

油质量流量公式：

$$Q_w = \frac{WLR \times \rho_w}{WLR \times \rho_w + (100 - WLR) \times \rho_o} \times Q_g$$

式中：

 Q_w ——水体积流量， m^3/h ； Q_g ——总流量， kg/h ；

WLR——校准点体积含水率，%；

Q_o ——油体积流量, m^3/h ;

ρ_w ——水密度, kg/m^3 ;

ρ_o ——油密度, kg/m^3 。

市场监管总局

含水仪校准数据记录表

[illegible]

附录 G

含水仪校准报告封面格式

校准报告封面格式如下所示：

校 准 报 告

报告编号：

委托单位：

仪器设备名称：

制造厂商：

型号/规格：

仪器设备编号：

批准人_____

核验人_____

校准人_____

(机构校准专用章)

校准日期：

年 月 日

地 址：

编 码：

电 话：

传 真：

网 址：

电子邮箱：

附录 H

含水仪校准报告内页格式

报告编号：

校准报告

1 校准依据的技术文件（代码、名称）：

2 本次校准所使用的主要计量设备

名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	证书号

3 校准地点：

4 校准条件：

环境温度：℃

相对湿度：%

其他：

5 校准结果：

标准含水率/%	仪器测量值/%	示值绝对测量误差/%

扩展不确定度： $U=$ $k=$ 。

本报告的校准结果仅对所校准的仪器设备有效，未经许可不得复制。

附录 I

测量不确定度评定示例

I.1 含水仪校准依据和方法

I.1.1 校准依据

JJF 2434—2026《射线类含水分析仪校准规范》。

I.1.2 校准方法

在满足校准条件下，将含水仪串联接入管道。校准前被校含水仪应完成单相介质标定，然后对其进行在线校准，通过比较被校含水仪测量结果和校准装置标准值，计算其测量绝对误差。

I.2 不确定度分析

I.2.1 测量模型

含水仪的含水率测量绝对误差的计算公式如下：

$$E_i = w_i - w_s$$

式中：

E_i ——第*i*个校准点的示值绝对误差，%；

w_i ——第*i*个校准点时被校含水仪的含水率，%；

w_s ——第*i*个校准点时标准装置的含水率，%。

豁免源含水仪测量结果见表 I.1。

表 I.1 豁免源含水仪测量结果

标准含水率/%	含水率测量值/%					测量平均值/%	校准误差/%
50.00	50.55	50.98	49.94	49.47	49.19	50.03	0.03
50.00	50.01	49.60	50.68	50.80	50.56	50.33	0.33
50.00	49.92	49.48	50.55	50.80	50.69	50.29	0.29

I.2.2 不确定度分量评定

a) 由重复测量引入的不确定度分量（A类评定方法）

含水率在第*i*个测试点的重复性的计算公式如下：

$$u_1(w_i) = \frac{E_{i, \max} - E_{i, \min}}{d_n}$$

式中：

$u_1(w_i)$ ——第*i*个测试点的重复性；

$E_{i, \max}$ ——第*i*个测试点的测量误差最大值；

$E_{i, \min}$ ——第*i*个测试点的测量误差最小值；

d_n ——极差系数。

极差系数 d_n 见表 I.2。可以计算出含水率重复性为 0.31%，由重复测量引入的不确定度为：

$$u_1(w_r) = \frac{w_r}{\sqrt{n}} = \frac{0.31\%}{\sqrt{3}} \approx 0.1811\%$$

表 I.2 d_n 数值表

n	2	3	4	5	6
d_n	1.13	1.69	2.06	2.33	2.53

b) 由标准装置所引入的不确定度分量（B类评定方法）

根据校准装置校准证书，其扩展不确定度为 U ， $k=2$ ，因此，标准不确定度分量为：

$$u_2(w_s) = \frac{U}{k}$$

根据校准装置校准证书，测量范围（0%~100%）时，含水率扩展不确定度为 $U=0.3\%$ ， $k=2$ ，因此，标准不确定度分量为：

$$u_2(w_s) = \frac{U}{k} = \frac{0.3\%}{2} = 0.15\%$$

c) 合成标准不确定度

各输入量的不确定度互不相关，合成标准不确定度可按下式计算得到：

$$u_c^2(E) = u_1^2(w_r) + u_2^2(w_s) = (0.1811\%)^2 + (0.15\%)^2 = 0.0553(\%)^2$$

$$u_c(E) = 0.2352\%$$

d) 扩展不确定度

取包含因子 k ，则被校含水仪在校准装置上校准结果的扩展不确定度为：

$$U_r = k \times u_c(E)$$

$$U_r = k \times u_c(E) = 1.65 \times 0.2352\% = 0.3880\%$$