

# 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）XXXX—XXXX

## 直读式橡胶密度计校准规范

Calibration Specification for Direct Reading Rubber Gravitometer

（报批稿）

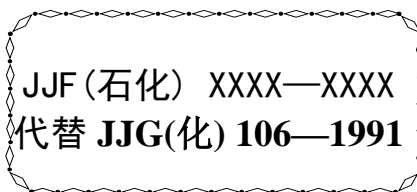
20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部发布

# 直读式橡胶密度计校准规范

Calibration Specification for Direct Reading Rubber  
Gravimeter



归口单位：中国石油和化学工业联合会

主要起草单位：北京橡胶工业研究设计院有限公司

中策橡胶集团股份有限公司

参加起草单位：广州橡胶工业制品研究所有限公司

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：**

李明华（北京橡胶工业研究设计院有限公司）

闫国强（北京橡胶工业研究设计院有限公司）

蒋雪梅（北京橡胶工业研究设计院有限公司）

戴蕾蕾（中策橡胶集团股份有限公司）

**参加起草人：**

宁君（广州橡胶工业制品研究所有限公司）

目录

引言..... II

1 范围..... 3

2 引用文件..... 3

3 概述..... 3

4 计量特性..... 3

5 校准条件..... 4

5.1 环境条件..... 4

5.2 测量标准及其他设备..... 4

6 校准项目和校准方法..... 4

6.1 校准项目..... 4

6.2 校准方法..... 4

7 校准结果表达..... 5

7.1 校准记录..... 5

7.2 校准证书..... 5

7.3 不确定度..... 5

8 复校时间间隔..... 5

附录 A 直读式橡胶密度计校准记录格式 ..... 6

附录 B 校准证书内页格式 ..... 7

附录 C 相对密度示值相对误差测量结果不确定度的评定示例 ..... 8

# 引 言

本规范依据 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》和 JJF 1059.1—2012 《测量不确定度评定与表示》等基础性系列规范进行制定。

本规范主要参考 GB/T 533 《硫化橡胶或热塑性橡胶 密度的测定》、HG/T 3710 《直读式橡胶密度计技术条件》、HG/T 2382 《橡胶测试仪器设备通用技术要求》、HG/T 2728 《橡胶密度的测定 直读法》等标准进行编制。

本规范修改并代替 JJG(化) 106—1991 《橡胶直读式比重仪检定规程》。与 JJG(化) 106—1991 《橡胶直读式比重仪检定规程》相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修改了校准所用的主要测量设备；
- 增加了所有校准项目测量结果不确定度的评定；
- 将蒸馏水电阻值修改为校准前准备；
- 将轴心支点灵敏度修改为校准前准备。

本规范所代替规范的历次版本发布情况为：

- JJG(化) 106—1991。

## 直读式橡胶密度计校准规范

### 1 范围

本规范适用于机械式直读式橡胶密度计的校准。

### 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 概述

直读式橡胶密度计（以下简称密度计）是依据阿基米德定律，可以直接读取橡胶相对密度的仪器。密度计通过指针偏转不同角度调节力矩平衡的形式测定橡胶的相对密度，由底座、刻度盘、升降装置及测量装置等部分组成，其结构示意图见图1。

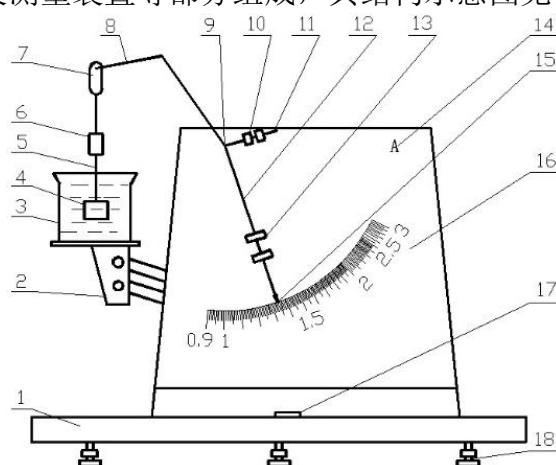


图1 密度计结构示意图

标引序号说明：

- 1——底座；
- 2——升降装置；
- 3——玻璃烧杯；
- 4——试样；
- 5——插针；
- 6——连针锤；
- 7——插针套；
- 8——支杆；
- 9——滚动轴承；

- 10——短臂上的螺丝砝码；
- 11——短臂；
- 12——长臂；
- 13——长臂上的活动砝码；
- 14——水平标记“A”；
- 15——指针；
- 16——刻度盘；
- 17——水平泡；
- 18——调平螺丝。

### 4 计量特性

具体计量特性见表1。

表 1 密度计计量特性一览表

序号	项目	技术要求
1	相对密度示值相对误差/ %	MPE: $\pm 3$
注：以上所有的技术参数不作为合格性判别的依据。		

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

#### 5.1.1 温度条件

环境温度：(20 $\pm$ 10)℃；

#### 5.1.2 湿度条件

相对湿度： $\leq 75\%$ 。

### 5.2 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	相对密度示值相对误差	砝码：3 个 1.732g，M <sub>1</sub> 等级

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准项目

校准项目详见表2。

### 6.2 校准方法

#### 6.2.1 校准前准备

##### 6.2.1.1 仪器和设备

砝码：1 个 10mg，M<sub>1</sub> 等级；

水质电阻值分析仪：量程(0~1 $\times 10^7$ ) $\Omega$ ，10.0 级。

##### 6.2.1.2 外观检查

校准前检查密度计的按键、开关、指示灯等，应均可正常工作。密度计应有铭牌，铭牌上应标明型号、规格、编号、出厂日期和制造厂。

##### 6.2.1.3 轴心支点灵敏度检查

密度计检查轴心支点灵敏度，在插针套上悬挂 10mg 标准砝码，长臂指针应在度盘上

有所摆动，摆动示值应大于 1.00。

#### 6.2.1.4 纯净蒸馏水电阻值检查

将水质电阻值分析仪两电极插入水中，间隔约 10mm 测量阻值，阻值应 $\geq 4 \times 10^6 \Omega$ 。

#### 6.2.2 相对密度示值相对误差

密度计使用砝码放置在连针锤上读取等量相对密度值。当连针锤上放置 0 个 1.732g 砝码时，密度计的相对密度标称值为 1.00；当放置 1 个砝码时，密度计的相对密度标称值为 1.50；当放置 2 个砝码时，密度计的相对密度标称值为 3.00。当放置 3 个砝码时，密度计应指向水平标记“A”。

将插针插入针套，将长臂上滑动砝码滑到长臂顶端，长臂指针应准确指示 1.00；将 3 个 1.732g 砝码作为等量砝码放在连针锤上，调节长臂上滑动砝码，使长臂指针准确地指到水平标记“A”的位置，去掉连针锤上 1 个砝码，指针应指到 3.00 的位置；去掉第 2 个砝码，指针应指到 1.50 的位置；去掉第 3 个砝码，指针应指到 1.00 的位置。

$$\rho = \frac{\rho_s - \rho_m}{\rho_m} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

$\rho$  — 密度计相对密度示值相对误差；

$\rho_s$  — 放置砝码时密度计相对密度示值， $\text{g/cm}^3$ ；

$\rho_m$  — 放置砝码时等量相对密度标称值， $\text{g/cm}^3$ 。

### 7 校准结果表达

#### 7.1 校准记录

校准记录应详尽记录测量数据和计算结果。密度计推荐的校准记录格式见附录 A。

#### 7.2 校准证书

经校准的直读式橡胶密度计应出具校准证书。校准证书包括的信息应符合 JJF 1071—2010 中 5.12 的要求，机械式密度计推荐的校准证书内页格式见附录 B。

#### 7.3 不确定度

校准证书应给出各项校准项目校准结果的扩展不确定度，计算示例见附录 C。

### 8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，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。



## 附录 A

## 直读式橡胶密度计校准记录格式

共页第页

记录编号			证书编号	
委托单位				
生产厂商			器具编号	
型号/规格			校准日期	
校准环境条件	温度: °C 相对湿度: % 其他:			
校准地点				
校准前检查				
外观				
轴心支点灵敏度				
纯净蒸馏水电阻值				
相对密度/(g/cm <sup>3</sup> )	测量结果		相对误差/%	测量结果的扩展不确定度(k=2)
	标称值	校准值		
本次校准的依据: JJF(石化) XXXX-XXXX 直读式橡胶密度计校准规范				
本次校准所使用的主要计量标准器:				
名称	测量范围	溯源信息	最大允许误差/准确度等级/不确定度	有效期至

校准员: 核验员:

## 附录 B

## 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) XXXX-XXXX 直读式橡胶密度计校准规范			
校准地点				
校准环境条件	温度：	相对湿度：	其他：	
校准使用的计量标准装置				
名称	测量范围	溯源信息	最大允许误差/准确度等级/不确定度	有效期至
校准结果				
相对密度/(g/cm <sup>3</sup> )	标称值	校准值	相对误差/%	测量结果的扩展不确定度(k=2)
备注：				

## 附录 C

### 相对密度示值相对误差测量结果不确定度的评定示例

#### C.1 测量原理和方法

校准方法如本规范 6.2.2。

#### C.2 建立测量模型

相对密度示值相对误差测量模型见式(C.1)

$$\rho = \frac{\rho_s - \rho_m}{\rho_m} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中:

$\rho$  — 密度计相对密度示值相对误差;

$\rho_s$  — 密度计相对密度示值,  $\text{g/cm}^3$ ;

$\rho_m$  — 放置砝码时等量相对密度标称值,  $\text{g/cm}^3$ 。

方差和灵敏系数

依方程:

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) \quad (\text{C.2})$$

根据测量模型可得合成标准不确定度  $u_c(\rho)$  为:

$$u_c(\rho) = \sqrt{c_1^2 u^2(\rho_s) + c_2^2 u^2(\rho_m)} \quad (\text{C.3})$$

式中:

$u(\rho_s)$  —— 密度计测量重复性和示值分辨力引入的标准不确定度分量,  $\text{g/cm}^3$ 。

$u(\rho_m)$  —— 砝码引入的标准不确定度分量, %。

由灵敏系数计算公式:

可得:

砝码个数为 0 时:

$$c_1 = \frac{\partial \rho}{\partial \rho_s} = 1.00(\text{g/cm}^3)^{-1}, \quad c_2 = \frac{\partial \rho}{\partial \rho_m} = -1.00$$

砝码个数为 1 时:

$$c_1 = \frac{\partial \rho}{\partial \rho_s} = 0.67(\text{g/cm}^3)^{-1}, \quad c_2 = \frac{\partial \rho}{\partial \rho_m} = -0.67$$

砝码个数为 2 时:

$$c_1 = \frac{\partial \rho}{\partial \rho_s} = 0.33(\text{g/cm}^3)^{-1}, \quad c_2 = \frac{\partial \rho}{\partial \rho_m} = -0.33$$

#### C.3 标准不确定度的来源和评定

C.4.1 相对密度示值相对误差测量结果的标准不确定度由测量重复性引入的不确定度分量  $u(\bar{\rho})$ 、密度计示值分辨力引入的不确定度分量  $u(\rho_o)$  和砝码最大允许误差引入的不确定

度分量  $u(\rho_m)$  组成。

#### C.4.2 相对密度示值的测量重复性引入的不确定度分量 $u(\bar{\rho})$

相对密度示值重复测量 10 次，测量数据见表 C.1。

表 C.1 相对密度示值 10 次重复测量数据

砝码个数	第 $i$ 次测量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	测量结果 /(g/cm <sup>3</sup> )	1.000	1.000	1.005	1.005	1.005	1.000	1.000	1.005	1.005	1.000
1		1.500	1.500	1.505	1.500	1.500	1.505	1.500	1.505	1.510	1.505
2		3.000	3.000	3.005	3.000	3.005	3.000	3.000	3.005	3.010	3.005

用贝塞尔公式计算单次测得值的实验标准偏差：

$$s(\rho_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho})^2}{n-1}} \quad (\text{C.4})$$

$$u(\bar{\rho}) = s(\rho_i) \quad (\text{C.5})$$

砝码个数为 0 时  $u(\bar{\rho}) = 0.0027 \text{ g/cm}^3$ ；

砝码个数为 1 时  $u(\bar{\rho}) = 0.0035 \text{ g/cm}^3$ ；

砝码个数为 2 时  $u(\bar{\rho}) = 0.0035 \text{ g/cm}^3$ 。

式中：

$\rho_i$ —第  $i$  次测量结果，g/cm<sup>3</sup>；

$\bar{\rho}$ —10 次测量结果的算术平均值，g/cm<sup>3</sup>；

$n$ —测量次数。

#### C.4.3 密度计示值分辨力引入的不确定度分量 $u(\rho_0)$

密度计示值在 (1.0~2.0)g/cm<sup>3</sup> 量程范围内分辨力为 0.01g/cm<sup>3</sup>，区间半宽度为 0.005g/cm<sup>3</sup>，(2.0~2.5)g/cm<sup>3</sup> 量程范围内分辨力为 0.02g/cm<sup>3</sup>，(2.5~3.0)g/cm<sup>3</sup> 量程范围内分辨力为 0.05g/cm<sup>3</sup>，区间半宽度为 0.025 g/cm<sup>3</sup>，认为在区间内呈均匀分布，引入的不确定度分量为：

$$u(\rho_0) = \frac{a}{k} = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (\text{C.6})$$

砝码个数为 0 时  $u(\rho_0) \approx 0.003 \text{ g/cm}^3$

砝码个数为 1 时  $u(\rho_0) \approx 0.003 \text{ g/cm}^3$

砝码个数为 2 时  $u(\rho_0) \approx 0.014 \text{ g/cm}^3$

#### C.4.4 砝码最大允许误差引入的不确定度分量 $u(\rho_m)$

砝码质量  $m$  为 1.732g，等级为 M<sub>1</sub> 级，根据 JJG 99-2006 砝码检定规程，MPE 约为  $\pm 0.001 \text{ g}$ ，置信区间半宽度  $a$  为 0.001g，认为在区间内呈均匀分布，1 个砝码时，砝码引入的不确定度分量为：

$$u(\rho_m) = \frac{a}{k \times m} \times 100\% = \frac{0.001}{\sqrt{3} \times 1.732} \times 100\% \approx 0.03\% \quad (\text{C.7})$$

同理:

砝码个数为 2 时  $u(\rho_m) \approx 0.03\%$ 。

#### C.4.5 不确定度分量汇总

不确定度分量汇总见表 C.2:

表 C.2 标准不确定度汇总表

砝码个数	不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	$u(x_i)$ 的值	灵敏系数 $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$	标准不确定度 $ c_i u(x_i)$
0	$u(\bar{\rho})$	相对密度示值测量重复性引入的不确定度	0.0027g/cm <sup>3</sup>	1.00(g/cm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	0.27%
1			0.0035g/cm <sup>3</sup>	0.67(g/cm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	0.23%
2			0.0035g/cm <sup>3</sup>	0.33(g/cm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	0.12%
0	$u(\rho_0)$	密度计示值分辨力引入的不确定度	0.003g/cm <sup>3</sup>	1.00(g/cm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	0.30%
1			0.003g/cm <sup>3</sup>	0.67(g/cm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	0.20%
2			0.014 g/cm <sup>3</sup>	0.33(g/cm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	0.46%
0	$u(\rho_m)$	砝码最大允许误差引入的不确定度	0.00%	-1.00	0.00%
1			0.03%	-0.67	0.02%
2			0.03%	-0.33	0.06%

#### C.4.6 合成标准不确定度

认为各输入量间不相关, 则合成的标准不确定度为:

$$u_c(\rho) = \sqrt{u(\bar{\rho})^2 + u(\rho_0)^2 + u(\rho_m)^2} \quad (\text{C.8})$$

砝码个数为 0 时,  $u_c(\rho) = \sqrt{(0.27\%)^2 + (0.30\%)^2 + (0.00\%)^2} \approx 0.48\%$ ;

砝码个数为 1 时,  $u_c(\rho) = \sqrt{(0.23\%)^2 + (0.20\%)^2 + (0.02\%)^2} \approx 0.27\%$ ;

砝码个数为 2 时,  $u_c(\rho) = \sqrt{(0.12\%)^2 + (0.46\%)^2 + (0.06\%)^2} \approx 0.48\%$ 。

#### C.4.7 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 相对密度示值测量结果的扩展不确定度为:

$$U(\rho) = u_c(\rho) \times k \quad (\text{C.9})$$

砝码个数为 0 时,  $U(\rho) = 0.48\% \times 2 = 0.96\%$ ;

砝码个数为 1 时,  $U(\rho) = 0.27\% \times 2 = 0.54\%$ ;

砝码个数为 2 时,  $U(\rho) = 0.48\% \times 2 = 0.96\%$ 。

相对密度示值测量结果的扩展不确定度为:

砝码个数为 0 时,  $U=0.96\%$ ,  $k=2$ ;

砝码个数为 1 时,  $U=0.54\%$ ,  $k=2$ ;

砵码个数为 2 时,  $U=0.96\%$ ,  $k=2$ 。

---

