



中华人民共和国工业和信息化部
有色金属计量技术规范

JJF（有色金属）××××—20××

漏斗法松装密度测定仪校准规范

（送审稿）

Calibration Specification for Funnel Method Apparent Density Testers

××××—××—××发布

××××—××—××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

漏斗法松装密度测定仪 校准规范

Calibration Specification for Funnel Method
Apparent Density Testers

JJF(有色金属) ××××—20××

归口单位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：广东省科学院工业分析检测中心

参加起草单位：西安汉唐分析检测有限公司

西南铝业（集团）有限责任公司

天津艾隆科技开发有限公司

广东省科学院新材料研究所

国标（北京）检验认证有限公司

中国有色金属工业标准计量质量研究所

本规范委托有色金属行业计量技术委员会进行解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

引 言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 测量标准	(2)
6 校准项目和校准方法	(3)
6.1 校准项目	(3)
6.2 校准方法	(3)
7 校准结果表达	(5)
8 复校时间间隔	(5)
附录 A 校准原始记录参考格式	(6)
附录 B 校准证书内页参考格式	(7)
附录 C 漏斗法松装密度测定仪量杯内径误差校准结果测量不确定度评定示例	(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》和 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范制修订工作的基础性系列规范。

本规范参考了 GB/T 1479.1-2011《金属粉末 松装密度的测定 第1部分：漏斗法》的技术内容。

本规范为首次发布。

漏斗法松装密度测定仪校准规范

1 范围

本规范适用于利用漏斗法原理测定粉末颗粒松装密度的松装密度测定仪的校准。

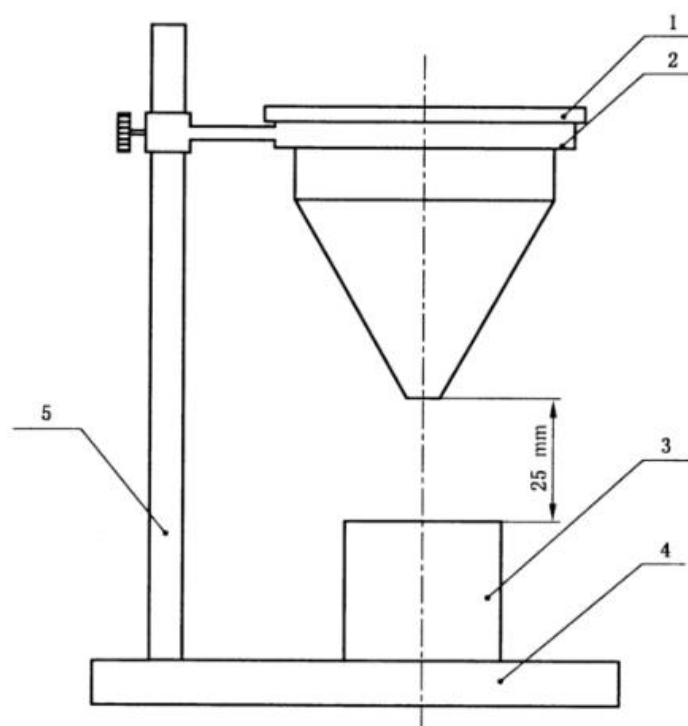
2 引用文件

本规范无引用文件。

3 概述

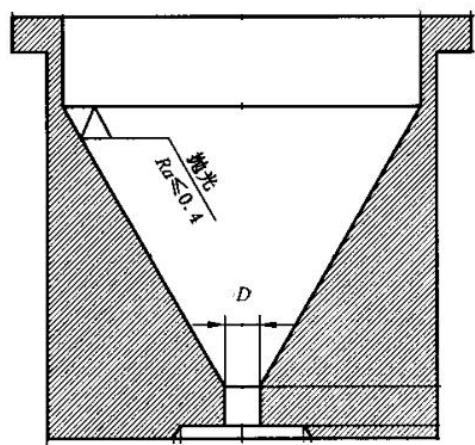
漏斗法松装密度测定仪是利用具有固定尺寸的漏斗，在一定高度下粉末稳定地呈自由落体状态流入到量杯中，通过计算获得粉末的松装密度的仪器。

漏斗法松装密度测定仪由一个水平无振动的底座、支架、托架、漏斗和量杯组成，如图 1 所示。其中漏斗有孔径 2.5mm 和 5mm 两种规格，如图 2 所示。



1—漏斗；2—托架；3—量杯；4—底座；5—支架。

图 1 漏斗法松装密度测定仪



D—漏斗孔径，2.5mm 或 5mm。

图 2 漏斗

4 计量特性

漏斗法松装密度测定仪的计量特性详见表1。

表 1 漏斗法松装密度测定仪计量特性

序号	校准项目	技术指标
1	量杯内径误差	内径：28.0 mm，最大允许误差：±0.5 mm
		内径：30 mm，最大允许误差：±1 mm
2	量杯容积误差	±0.03 cm ³
3	漏斗孔径误差	(0~0.2) mm
4	漏斗孔下表面与量杯上表面的间距误差	±0.5 mm

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度：（23±2）℃，相对湿度：不大于 70 %。

5.2 测量标准

测量标准及技术要求见表 2。

表 2 测量标准及技术要求

序号	测量标准	技术要求	备注
----	------	------	----

1	通用卡尺	(0~150) mm, MPE: ±0.03mm	标准针规与视频影像测量仪视情况 选用一种
2	标准针规	(0~10) mm, MPE: ±0.03mm	
3	视频影像测量仪	MPE: ±0.01mm	

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目见表 3。

表 3 松装密度漏斗法测定仪校准项目表

序号	项目
1	量杯内径误差
2	量杯容积误差
3	漏斗孔径误差
4	漏斗孔下表面与量杯上表面的间距误差

6.2 校准方法

6.2.1 校准前检查

仪器各部分完好并正确连接。漏斗和量杯内表面无肉眼明显可见的损伤，量杯内壁表面光滑无缺陷。

6.2.2 量杯内径误差

用游标卡尺上量爪对量杯内径进行 5 次测量，测量位置在量杯口圆周上均匀分布，按公式（1）计算量杯内径误差。

$$\Delta\phi = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i}{n} - \phi_s \quad (1)$$

式中：

$\Delta\phi$ ——量杯内径误差，mm；

ϕ_i ——量杯内径第*i*次测量结果，mm；

ϕ_s ——量杯内径标称值，mm；

n——测量次数。

6.2.3 量杯容积误差

用深度卡尺对量杯深度进行 5 次测量，测量位置在量杯底部均匀分布，取 5 次测量值

的平均值,按公式(2)计算量杯容积误差。

$$\Delta V = \pi \times \frac{\bar{\phi}^2}{4} \cdot \bar{H} \times 10^{-3} - V_s \quad (2)$$

式中:

ΔV ——量杯容积误差, cm^3 ;

$\bar{\phi}$ ——量杯内径测量平均值, mm ;

$\bar{H}$ ——量杯深度测量平均值, mm ;

V_s ——量杯容积标称值, cm^3 。

6.2.4 漏斗孔径误差

用针规直接放入漏斗孔径中,对漏斗孔径进行测量,或将漏洞倒放在视频影像测量仪的工作台上,选择合适的放大倍数并调整焦距,直至看到清晰的漏斗孔轮廓,采用三点圆模式对漏斗孔径进行测量,选点位置在圆周上均匀分布,按公式(3)计算漏斗孔径误差。

$$\Delta D = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} - D_s \quad (3)$$

式中:

ΔD ——漏斗孔径误差, mm ;

D_i ——漏斗孔径第*i*次测量结果, mm ;

D_s ——漏斗孔径标称值, mm ;

n ——测量次数。

6.2.5 漏斗孔下表面与量杯上表面的间距误差

用游标卡尺上量爪对漏斗孔下表面与量杯上表面的间距进行5次测量,测量位置在 360° 方向上均匀分布,测量时不得使漏斗或量杯发生移动,按公式(4)计算漏斗孔下表面与量杯上表面的间距误差。

$$\Delta L = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} - L_s \quad (4)$$

式中:

ΔL ——漏斗孔下表面与量杯上表面的间距误差, mm ;

L_i ——漏斗孔下表面与量杯上表面的间距第*i*次测量结果, mm ;

L_s ——漏斗孔下表面与量杯上表面的间距标称值, mm ;

n ——测量次数。

7 校准结果表达

经校准的仪器出具校准证书，校准证书至少应包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 实施校准活动的地点，包括客户设施、实验室固定设施以外的地点；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和联络信息；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准活动的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期和证书发布日期；
- h) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用的测量标准和溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明（给出整个测量范围校准结果测量不确定度的最大值）；
- l) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
- m) 校准人和核验人签名；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

校准原始记录参考格式见附录 A，校准证书内页参考格式见附录 B。

8 复校时间间隔

复校时间间隔的长短取决于其使用情况，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校的时间，建议复校时间间隔为 1 年。

附录 A

校准原始记录参考格式

漏斗法松装密度测定仪校准原始记录

委托方_____校准日期_____

原始记录编号_____证书编号_____

仪器名称_____型号规格_____仪器编号_____

制造厂_____校准地点_____

环境温度_____℃ 相对湿度_____% 其他_____

依据_____其他_____

主要 测量 标准	名称	型号规格	精度等级	编号	有效期至
					年 月 日
					年 月 日

外观：_____

校准项目	技术要求		测量值					平均值	误差	不确定度 (k=2)
	标称值	MPE	1	2	3	4	5			
量杯内径误差 (mm)	28.0	±0.5								
	30	±1								
量杯深度 (mm)	/	/							/	
量杯容积误差 (cm ³)	25	±0.03								
漏斗孔径误差 (mm)	2.5	+0.2								
	5.0									
漏斗孔下表面与量杯 上表面的间距误差 (mm)	25	±0.5								

附录 B

校准证书内页参考格式

证书编号××××××—××××

校准结果

序号	校准项目	校准结果	不确定度 (k=2)
1	量杯内径误差 mm		
2	量杯容积误差 cm ³		
3	漏斗孔径误差 mm		
4	漏斗孔下表面与量杯上表面的间距误差 mm		

附录 C

漏斗法松装密度测定仪量杯内径误差校准结果测量不确定度评定示例

C.1 概述

本附录以量杯内径误差作为示例, 对其进行测量不确定度评定。其他校准项目可参照本附录作类似评定。

C.1.1 测量依据

测量依据本规范 6.2.2。

C.1.2 测量标准

游标卡尺, 量程为 0 mm~150 mm, 分辨力为 0.02 mm, 最大允许误差为±0.03 mm。

C.2 测量模型

$$\Delta\phi = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i}{n} - \phi_s$$

式中:

$\Delta\phi$ ——量杯内径误差, mm;

ϕ_i ——量杯内径第*i*次测量结果, mm;

ϕ_s ——量杯内径标称值, mm;

n——测量次数, *n* = 5。

C.2.2 测量结果不确定度来源的分析

- (1) 量杯内径测量重复性引入的不确定度分量 u_1 ;
- (2) 游标卡尺分辨力引入的不确定度分量 u_2 ;
- (3) 游标卡尺测量误差引入的不确定度分量 u_3 。

C.3 标准不确定度分量评定

C.3.1 量杯内径测量重复性引入的不确定度分量 u_1

测量结果的重复性引入的标准不确定度通过多次重复测量进行 A 类评定。在相同条件下, 用同一游标卡尺对松装密度仪的量杯内径重复测量 10 次, 测量结果见表 C.1。

表 C.1 量杯内径重复测量数据

测量序号 <i>i</i>	测量值 ϕ_i mm	平均值 $\bar{\phi}$ mm	标准偏差 $s(\phi_i)$ mm
---------------	--------------------	------------------------	------------------------

1	30.06	30.07	0.025
2	30.04		
3	30.10		
4	30.08		
5	30.04		
6	30.08		
7	30.10		
8	30.06		
9	30.10		
10	30.04		

根据表 C.1 的数据, 得到量杯内径重复性测量试验标准偏差为 0.025 mm, 故测量重复性引入的标准不确定度为

$$u_1 = \frac{s(\phi_i)}{\sqrt{n}} = \frac{0.025 \text{ mm}}{\sqrt{5}} = 0.011 \text{ mm}$$

C.3.2 游标卡尺分辨力引入的不确定度分量 u_2

游标卡尺的分辨力 $\delta = 0.02 \text{ mm}$, 其区间半宽 $a = \frac{\delta}{2} = 0.01 \text{ mm}$, 假设服从均匀分布, 取

$k = \sqrt{3}$, 则由此带来的标准不确定度为

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{\delta}{2k} = \frac{0.01 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 0.0058 \text{ mm}$$

$u_2 < u_1$, 则 u_2 舍去。

C.3.3 游标卡尺测量误差引入的不确定度分量 u_3

游标卡尺的最大允许误差 MPE 为 $\pm 0.03 \text{ mm}$, 假设服从均匀分布, 则游标卡尺测量误差引入的标准不确定度为

$$u_3 = \frac{|MPE|}{k} = \frac{0.03 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 0.017 \text{ mm}$$

C.4 合成标准不确定度 u_c

由各分量的标准不确定度, 可以计算得合成不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2} = \sqrt{0.011^2 + 0.017^2} \text{ mm} = 0.021 \text{ mm}$$

C.5 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$, 其扩展不确定度为

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 0.021 \text{ mm} = 0.05 \text{ mm}$$