

江苏省地方计量技术规范

JJF (苏) xxx-202x

振实密度仪校准规范

Calibration Specification for Tap density testers

(报审稿)

202x-xx-xx 发布

202x-xx-xx 实施

江苏省市场监督管理局发布

振实密度仪校准规范

Calibration Specification for

Tap density testers

JJF (苏) ×××—202X

本规范经江苏省市场监督管理局于20xx年xx月xx日批准,并自20xx年xx月xx日起施行。

归口单位: 江苏省力值硬度专业计量技术委员会

主要起草单位: 无锡市检验检测认证研究院

参加起草单位: 江阴市第三电子仪器有限公司

本规范委托江苏省力值硬度专业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

赵 翔（无锡市检验检测认证研究院）

许 丰（无锡市检验检测认证研究院）

袁雪松（无锡市检验检测认证研究院）

本规范参加起草人：

赵晓兵（无锡市检验检测认证研究院）

黄天杰（无锡市检验检测认证研究院）

陈 君（无锡市检验检测认证研究院）

曹琴玉（江阴市第三电子仪器有限公司）

目录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语.....	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	2
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.....	2
7.1 校准前准备.....	2
7.2 振动频率.....	2
7.3 振幅.....	3
8 校准结果表达.....	3
9 复校时间间隔.....	4
附录 A 校准原始记录参考格式.....	5
附录 B 校准证书内页参考格式.....	6
附录 C 振动频率误差测量结果不确定度评定示例.....	7
附录 D 振幅误差测量结果不确定度评定.....	10

引 言

本规范依据JJF1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001《通用计量术语及定义》、JJF1059.1《测量不确定度评定与表示》等计量技术规范进行编写。

本规范为首次发布。

振实密度仪校准规范

1 范围

本规范适用于振实密度仪的校准，其他类似仪器的校准也可参照此规范。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 5162 《金属粉末 振实密度的测定》

GB/T 31057.2 《颗粒材料 物理性能测试 第2部分：振实密度的测量》

GB/T 21354 《粉末产品 振实密度测定通用方法》

ISO 3953:2011 《Metallic powders - Determination of tap density》

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 振实密度 tap density

在规定条件下粉体经振实后所测得的单位体积的质量。

4 概述

振实密度仪是测量粉末/颗粒振实后堆积密度的核心仪器。其工作原理是将定量的粉体装入量筒中，通过电机带动机械振动装置垂直上下振动，在规定条件下进行振实后，测得粉体质量和体积，计算粉体的振实密度。其结构示意图如图1所示。

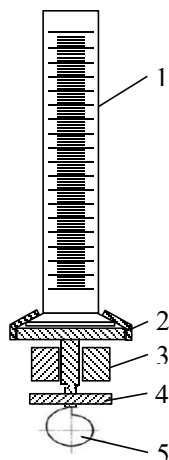


图1 振实密度仪结构示意图

1-量筒；2-带有导杆的夹座；3-导向轴承；4-铁砧(钢砧)；5-凸轮

5 计量特性

5.1 振动频率

最大允许误差： $\pm 5\%$ 。

5.2 振幅

最大允许误差： $\pm 6\%$ 。

注：以上指标不用于合格性判定，仅提供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ；

6.1.2 相对湿度： $\leq 80\%$ ；

6.1.3 无影响校准结果的腐蚀性介质、干扰振动和电磁场。

6.2 测量标准及其它设备

6.2.1 频率测量装置

频率测量范围不低于 $(0 \sim 400)$ 次/min，测量不确定度优于被测对象最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

6.2.2 振幅测量装置

振幅测量范围不低于 $(0 \sim 20)$ mm，测量不确定度优于被测对象最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前准备

7.1.1 振实密度仪各部件齐全并能可靠连接，无影响仪器正常工作的缺陷。

7.1.2 校准前，接通振实密度仪电源，并根据仪器使用说明书的要求进行预热。

7.2 振动频率

7.2.1 校准点的选择

对于振动频率不可调的振实密度仪，以固定的 250 次/min 或 300 次/min 作为校准点。对于振动频率可调的振实密度仪，可根据用户的要求确定校准点。

7.2.2 振动频率误差校准方法

7.2.2.1 振实密度仪处于停机状态时，取下玻璃量筒，将频率测量装置正确连接在振实

导杆夹座平面上。

7.2.2.2 待设定振动频率稳定后，在同一校准点连续读取 3 次频率测量装置测得的频率示值，以算术平均值作为测量结果。

7.2.2.3 振动频率误差按公式(1)计算。

$$\delta_f = \frac{f_0 - \bar{f}}{\bar{f}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

δ_f ——振动频率误差，%；

f_0 ——振动频率设定值，次/min；

\bar{f} ——振动频率测量平均值，次/min。

7.3 振幅

7.3.1 校准点的选择

对于振幅不可调的振实密度仪，以固定的 3mm 或 14mm 作为校准点。对于振幅可调的振实密度仪，可根据用户的要求确定校准点。

7.3.2 振幅误差校准方法

7.3.2.1 振实密度仪处于停机状态时，取下玻璃量筒，将振幅测量装置正确连接在振实导杆夹座平面上。

7.3.2.2 待设定振幅稳定后，在同一校准点连续读取 3 次振幅测量装置测得的振幅示值，以算术平均值作为测量结果。

7.3.2.3 振幅示值误差按公式(2)计算。

$$\delta_d = \frac{d_0 - \bar{d}}{\bar{d}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

δ_d ——振幅误差，%；

d_0 ——振幅设定值，mm；

\bar{d} ——振幅测量平均值，mm。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，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；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 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。建议复校时间间隔不超过 1 年。

附录 A

校准原始记录参考格式

一、振动频率误差

设定值 (次/min)	实测值 (次/min)			平均值 (次/min)	误差 (%)	U_{rel} $k=2$
	1	2	3			

二、振幅误差

设定值 (mm)	实测值 (mm)			平均值 (mm)	误差 (%)	U_{rel} $k=2$
	1	2	3			

附录 B

校准证书内页参考格式

一、振动频率误差及测量结果的扩展不确定度

设定值 (次/min)	实测平均值 (次/min)	误差 (%)	U_{rel} $k=2$

二、振幅误差及测量结果的扩展不确定度

设定值 (mm)	实测平均值 (mm)	误差 (%)	U_{rel} $k=2$

附录 C

振动频率误差测量结果不确定度评定示例

C.1 测量方法

用频率测量装置作为测量标准。将被校振实密度仪振动频率设置至校准点 300 次/min，开启振实密度仪。待振动频率稳定后，在同一校准点连续读取 3 次频率测量装置测得的频率示值，其算术平均值作为测量结果。振实密度仪的振动频率设定值与频率测量装置测得的振动频率示值平均值之差作为振动频率误差。

C.2 数学模型

被校振实密度仪的振动频率误差可由公式 (C.1) 求得：

$$\delta_f = \frac{f_0}{\bar{f}} - 1 \quad (\text{C.1})$$

式中：

δ_f ——振动频率误差，%；

f_0 ——振动频率设定值，次/min；

\bar{f} ——频率测量装置 3 次测量平均值，次/min。

C.3 方差和灵敏系数

由于 f_0 是振实密度仪振动频率的设定值，所以上式中的输入量为 \bar{f} 。合成标准不确定度的计算公式为式(C.2)：

$$u_c^2(\delta_f) = c^2 u^2(\bar{f}) \quad (\text{C.2})$$

灵敏系数为：

$$c = \frac{\partial \delta_f}{\partial \bar{f}} = -\frac{f_0}{(\bar{f})^2} \approx -\frac{1}{\bar{f}}$$

由于输入量间不相关，则合成标准不确定度按公式(C.3)计算：

$$u_{\text{crel}}^2 = u_{\text{rel}}^2(\bar{f}) \quad (\text{C.3})$$

$u_{\text{rel}}(\bar{f})$ 是由被校振实密度仪重复测量引入的标准不确定度 $u_{\text{rel}}(f_1)$ ；频率测量装置分辨力引入的标准不确定度分量 $u_{\text{rel}}(f_2)$ ；频率测量装置示值误差引入的标准不确定度

分量 $u_{rel}(\overline{f_3})$ 合成。

C.4 标准不确定度分量的评定

C.4.1 被校振实密度仪重复测量引入的标准不确定度 $u_{rel}(\overline{f_1})$

在相同条件下，对振实密度仪校准点 300 次/min 重复测量 10 次，测量数据如下：

表 C.1 10 次测量数据

测量序号	1	2	3	4	5
测量结果 (次/min)	300	301	301	300	301
测量序号	6	7	8	9	10
测量结果 (次/min)	300	301	299	300	301

根据贝塞尔公式，得单次测量结果的实验标准偏差：

$$s_N = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (f_i - \overline{f})^2}{N-1}} = 0.70 \text{ 次/min}$$

实际测量时，在重复条件下连续测量 3 次，以 3 次测量的算术平均值作为测量结果，则可得标准不确定度为：

$$u_{rel}(\overline{f_1}) = \frac{s_N}{\overline{f}\sqrt{3}} = 0.14\%$$

C.4.2 频率测量装置分辨力引入的标准不确定度分量 $u_{rel}(\overline{f_2})$

频率测量装置分辨力为 1 次/min，按矩形分布计，标准不确定度为：

$$u_{rel}(\overline{f_2}) = \frac{0.29 \times 1}{\overline{f}} = 0.10\%$$

C.4.3 频率测量装置示值误差引入的标准不确定度分量 $u_{rel}(\overline{f_3})$

频率测量装置的测量不确定度优于 $U_{rel}=1.67\%$ ($k=2$)，则示值误差引起的标准不确定度分量为

$$u_{rel}(\overline{f_3}) = 0.84\%$$

C.5 合成标准不确定度：

依据 JJF1059.1 的规定，取被校振实密度仪重复测量引入的标准不确定度 $u_{rel}(\overline{f_1})$

和频率测量装置分辨力引入的标准不确定度分量 $u_{rel}(\overline{f_2})$ 两者中较大值。故计最大影响量 $u_{rel}(\overline{f_1})$ ，舍去 $u_{rel}(\overline{f_2})$ 。

各不确定度分量不相关，根据公式(C.3)，得合成标准不确定度为：

$$u_{crel}(\delta_f) = \sqrt{u_{rel}^2(\overline{f_1}) + u_{rel}^2(\overline{f_3})} = 0.85\%$$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则振动频率误差的扩展不确定度为：

$$U_{rel} = k \times u_{crel}(\delta_f) = 1.7\%$$

附录 D

振幅误差测量结果不确定度评定示例

D.1 测量方法

用振幅测量装置作为测量标准。将被校振实密度仪振幅设置至校准点 3mm，开启振实密度仪。待振幅稳定后，在同一校准点连续读取 3 次振幅测量装置测得的振幅示值，其算术平均值作为测量结果。振实密度仪的振幅设定值与振幅测量装置测得的振幅示值平均值之差作为振幅误差。

D.2 数学模型

被校振实密度仪的振幅误差可由公式 (D.1) 求得：

$$\delta_d = \frac{d_0}{\bar{d}} - 1 \quad (\text{D.1})$$

式中：

δ_d ——振幅误差，%；

d_0 ——振幅设定值，mm；

\bar{d} ——振幅测量装置 3 次振幅测量平均值，mm。

D.3 方差和灵敏系数

由于 d_0 是振实密度仪振幅的设定值，所以上式中的输入量为 \bar{d} 。合成标准不确定度的计算公式为式(D.2)：

$$u_c^2(\delta_d) = c^2 u^2(\bar{d}) \quad (\text{D.2})$$

灵敏系数为：

$$c = \frac{\partial f}{\partial \bar{d}} = -\frac{f_0}{(\bar{d})^2} \approx -\frac{1}{\bar{d}}$$

由于输入量间不相关，则合成标准不确定度按公式(D.3)计算：

$$u_{crel}^2 = u_{rel}^2(\bar{d}) \quad (\text{D.3})$$

$u_{rel}(\bar{d})$ 是由被校振实密度仪重复测量引入的标准不确定度 $u_{rel}(\bar{d}_1)$ ；振幅测量装置分辨力引入的标准不确定度分量 $u_{rel}(\bar{d}_2)$ ；振幅测量装置示值误差引入的标准不确定度

分量 $u_{rel}(\overline{d_3})$ 合成。

D.4 标准不确定度分量的评定

D.4.1 被校振实密度仪重复测量引入的标准不确定度 $u_{rel}(\overline{d_1})$

在相同条件下，对振实密度仪校准点 3mm 重复测量 10 次，测量数据如下：

表 D.1 10 次测量数据

测量序号	1	2	3	4	5
测量结果 (mm)	3.03	3.04	3.02	2.99	3.01
测量序号	6	7	8	9	10
测量结果 (mm)	3.02	2.99	2.98	2.97	3.02

根据贝塞尔公式，得单次测量结果的实验标准偏差：

$$s_N = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (d_i - \overline{d})^2}{N-1}} = 0.0231 \text{ mm}$$

实际测量时，在重复条件下连续测量 3 次，以 3 次测量的算术平均值作为测量结果，则可得标准不确定度为：

$$u_{rel}(\overline{d_1}) = \frac{s_N}{\overline{d}\sqrt{3}} = 0.45\%$$

D.4.2 振幅测量装置振幅分辨力引入的标准不确定度分量 $u_{rel}(\overline{d_2})$

振幅测量装置分辨力为 0.01mm，按矩形分布计，标准不确定度为：

$$u_{rel}(\overline{d_2}) = \frac{0.29 \times 0.01}{\overline{d}} = 0.10\%$$

D.4.3 振幅测量装置示值误差引入的标准不确定度分量 $u_{rel}(\overline{d_3})$

振幅测量装置的测量不确定度优于 $U_{rel}=2\%$ ($k=2$)，则示值误差引起的标准不确定度分量为

$$u_{rel}(\overline{d_3}) = 1\%$$

D.5 合成标准不确定度：

依据 JJF1059.1 的规定，取被校振实密度仪重复测量引入的标准不确定度 $u_{rel}(\overline{d_1})$

和振幅测量装置分辨力引入的标准不确定度分量 $u_{rel}(\overline{d_2})$ 两者中较大值。故计最大影响量 $u_{rel}(\overline{d_1})$ ，舍去 $u_{rel}(\overline{d_2})$ 。

各不确定度分量不相关，根据公式(D.3)，得合成标准不确定度为：

$$u_{crel}(\delta_d) = \sqrt{u_{rel}^2(\overline{d_1}) + u_{rel}^2(\overline{d_3})} = 1.10\%$$

D.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则振幅误差的扩展不确定度为：

$$U_{rel} = k \times u_{crel}(\delta_f) = 2.2\%$$