

特种准确度电子天平的最小称量在校准过程中的选定

□阮秋实 刘炜

(江苏省计量科学研究院江苏省能源计量数据中心, 江苏省南京市 210023)

【摘要】电子天平校准是确定其示值误差,并可确定是否在预期的允差范围之内,确保电子天平给出的量值准确,实现溯源性。在医药行业化验分析实验中,对于实际分度值 $d \leq 0.1\text{mg}$ 电子天平的校准,天平的生产厂家并不一定会给出其最小称量,故而需要根据天平的重复性推算出其合适的最小称量。

【关键词】电子天平;最小称量;最小称量;最大称量

文献标识码: A 文章编号: 1003-1870 (2024) 09-0030-02

引言

电子天平的最小称量,根据国标GB/T 23111-2008《非自动衡器》的定义为“小于该载荷值时,称量结果可能产生过大的相对误差”。而特种准确度等级的电子天平(以下文中天平皆为此特种准确度等级的电子天平)的最小称量,在国标GB/T 23111-2008《非自动衡器》和JJG 1036-2022《电子天平》检定规程中最小称量规定为 $100d$,因此在检定过程中这个数值是确定的。

但是在校准规范JJF 1847-2020《电子天平校准规范》中,整个校准过程只对天平的零载荷提出了具体要求,而零载荷之上必然有一段计量性能难以稳定的区间,或者是不可靠的称量范围,而这个区间或范围的上限即为该天平的最小称量(不是最小称量 m_{min})。天平的最小称量并不是一个固定值,它将在天平被校准后,由其测量结果不确定度得出。以下为目前国外的已有的推算方法。

1 欧盟校准指南CG-18 中的方法

在欧盟校准指南中,认为测量重复性是影响不确定度的重要因素,由于其不可控性,又由于其易

测算得到,天平的最小称量将由重复性引起的标准不确定度得出:

$$m_{\text{Min}} \approx (k \cdot s) / ToL \quad (1)$$

式中:

s ——为用标准偏差表示的天平重复性。

k ——在计量院等控制较好的校准环境中取2,在某些波动较大的校准环境里可取3。

ToL ——允许误差(是给定的相对误差),按照客户要求选取。

2 《美国药典》中的要求

在《美国药典》总则第41章、第1251章中有明确的定义,它描述了在保证要求的称量准确度的前提下可以接受的样品量下限。最小称量值只适用于样本净重量,皮重或毛重除外,也可通过公式表示:

$$m_{\text{Min}} = (k \cdot s) / ToL \quad (2)$$

式中:

k ——扩展因子(通常 ≥ 2)

s ——天平重复性

根据《美国药典》第41章的规定,为测试砝码不少于10次重复称量值的标准差(比如以毫克为质

量单位)，不同的环境，同一型号不同产品，所测算出的重复性具体值也可能不同。

可以看出，在计算天平最小称量值的过程中，重复性 s 和给定的相对误差 ToL 是决定其结果的两个重要指标。为此，在精密称定方面，《美国药典》第41章进行了相应的规定：用于精确称量的天平，其重复性和准确度必须达到一定的要求。

精密称定的最大允许误差不得超过千分之一。故而根据式(1)和(2)，《美国药典》给出了天平的最小称量为：

$$m_{\text{Min}} \approx (2 \cdot s)/0.001 = 2000 \cdot s \quad (3)$$

3 《欧洲药典》中的要求

最新版《欧洲药典》及其补充条款提出了要求，规定了天平的重复性测量选用不超过最大称量值的5%的砝码（最好是单个砝码）。

根据这个要求，式(1)将被改写，由测量重复性引起的标准不确定度推算出的天平最小称量，将改由天平的固有性能引入的标准不确定度分量确定其最小称量。对天平最小称量的确定，将由测量后给出改成测量前给出。

因为天平的固有性能引入的主要标准不确定度分量，一个为空载示值的化整误差引起的标准不确定度 $u(\delta I_0)$ ，另一个为加载示值的化整误差引起的标准不确定度 $u(\delta I_{\text{digL}})$ ：

$$u(\delta I_0) = d/2 \sqrt{3} \quad (4)$$

$$u(\delta I_{\text{digL}}) = d/2 \sqrt{3} \quad (5)$$

故：

$$s_{5\% \text{Max}} = \sqrt{[u(\delta I_0)^2 + u(\delta I_{\text{digL}})^2]} = 0.41 \cdot d \quad (6)$$

综合式(1)(3)(6)，最终可以得到天平的最小称量：

$$m_{\text{Min}} = 2000 \cdot 0.41 \cdot d = 820 \cdot d \quad (7)$$

参考实例：比如METTLER TOLEDO公司在早些年生产的XP2/XP6系列微量天平，其铭牌上一般会标注最大称量（如Max:2.1g）与实际分度值（如 $d=1 \mu\text{g}$ ）。此时，根据上文中的要求，测量天平重复性时将选用100mg砝码。而其最小称量，根据(7)式计算可以得出为820 μg ，实际校准过程中将选用大于此数的最小单个砝码，即1mg砝码。

4 总结

虽然初步涉及的最小称量点 $820d$ 是一个远大于最小称量 $100d$ 的示值，JJG 1036-2022《电子天平》检定规程对于天平最小称量的选取似乎更加严苛，但其实并不是。检定规程要求天平在最小称量点的示值误差不超过 $\pm 0.5e$ ，即可判定这个点位合格。那么，当 $d=0.01\text{mg}$ 时，其允许相对误差为 $\pm 5\%$ ，而当 $d=1 \mu\text{g}$ ，其允许相对误差可以为 $\pm 50\%$ 。所以检定的结果并不能真实地反映出天平在微量称量中最小称量点的真实性能，而需要通过校准给出的测量结果不确定度则可以更加真实地反映其性能。

参考文献

- [1] JJG99-2022, 砝码检定规程[S].2022.
- [2] JJG 1036-2022, 电子天平检定规程[S].2022.
- [3] GB/T 23111-2008《非自动衡器》[S].2018.
- [4] EURAMET cg-18 calibration guide for electronic, non-automatic weighing instruments.

作者简介

阮秋实，男，工程师，非自动衡器、质量、力值、硬度计量方向。