

# 实验室电子天平期间核查

□林俊仕

宸鸿科技(厦门)有限公司

**【摘要】**电子天平是分析实验中至关重要的精密称量仪器，因其稳定性不足易产生漂移且使用频次高等特点，为确保其称量结果的准确性和可靠性，在两次校准/检定周期之间实施期间核查尤为重要。本文主要探讨利用核查标准法对电子天平的示值实施期间核查的具体方法，并进一步利用控制图监控核查结果及稳定性、不确定度评定的合理性评估。

**【关键词】**电子天平；期间核查；核查标准法；砝码；测量不确定度；控制图

文献标识码：A 文章编号：1003-1870 (2026) 02-0037-04

## Interim Verification of Laboratory Electronic Balances

**【Abstract】** Electronic balance is a crucial precision weighing instrument in analytical experiments. Due to its characteristics of insufficient stability, susceptibility to drift, and frequent usage, it is particularly important to implement interim verification between two calibration/verification cycles to ensure the accuracy and reliability of its weighing results. This paper mainly explores the specific methods for conducting the interim verification on the indication of electronic balances using the verification standard method, and further utilizes control charts to monitor the verification results and assess the rationality of stability and uncertainty evaluation.

**【Keywords】** electronic balance; interim verification; verification standard method; weight; measurement uncertainty; control chart

### 引言

电子天平是实验室精确称量的关键仪器。为确保其称量准确可靠，除了对使用环境、人员操作、仪器维护方面有着严格要求外，还应当在相邻两次校准/检定期间开展定期核查，验证其准确度状态是否一致。期间核查是证明电子天平准确度状态可靠的重要手段。

#### 1 核查时机的选择

根据实际使用的风险情况，进行定期或不定期的核查。在两次校准/检定之间期间核查应不少于一次，核查间隔过长难以保证电子天平称量结果的可靠性。

##### 1.1 定期核查

实验室应当依据实际的校准/检定结果、使用频

次、仪器老化程度以及实际使用情况，设定两次核查之间的最长时间间隔，必要时需再增设警戒时间间隔。当距离上一次核查（包含不定期核查）的时间即将超出最大时间或警戒时间间隔时，应开展一次定期核查。

##### 1.2 不定期核查

一般符合以下条件，应对电子天平进行期间核查：

(1) 将用于极为重要的称量工作。如用于实验室能力验证的试验、客户对先前实验结果存在异议需重新验证等情况。

(2) 对于称量有着高要求的实验。如用于极高准确度的称量、准确度要求近乎达到电子天平的极限。

(3) 环境出现重大的改变。如环境的温度和湿度控制出现异常，远超出电子天平的正常使用条件等。

(4) 使用过程异常。如使用过程中出现了碰撞、超载、突然断电等意外事件。

(5) 对称量结果准确性存在疑虑时。例如对实验结果产生怀疑时排查称量仪器是否正常。

## 2 核查环境

核查工作应在电子天平实际使用的地点，在正常工作环境条件下进行。

## 3 核查标准

### 3.1 核查标准的选择

核查标准应选择质量值处于电子天平称量范围内，且在有效检定周期内的砝码。分析实验使用的电子天平，一般是采用电磁力传感器的高等级电子天平，不建议使用其他替代重物。使用替代重物不仅要开展繁琐的合理性验证工作，还可能存在本身磁性不符合要求的风险。一般实验室不具备砝码磁性的检测能力，而磁性超标的替代重物或磁性不合格的砝码，又会对采用电磁力传感器的电子天平称量结果的准确性产生不良影响。使用有效检定周期内的砝码，既可确保质量值准确可靠，又能确保其磁性符合要求。

### 3.2 核查标准参考值的确定

从检定证书中获得的砝码质量值作为核查标准的参考值 $x_s$ 。

## 3.3 核查标准的保存

按照规定的保存条件妥善保存，防止被磁化、腐蚀、生锈、缺损、附着异物等。

## 4 核查前准备

(1) 注意振动、大气中水汽凝结、气流、磁场等对测量结果产生影响。

(2) 将水平调整装置调至标准位置，保持水平状态。

(3) 核查之前预热时间应不少于30min。

## 5 核查方法（示值核查）

在正常工作条件下，短时间内重复测试 $n$ 次（通常 $n \geq 10$ ，重复性好的情况下可适当减少测量次数），该核查点第 $j$ 次核查结果算术平均值 $\bar{x}_j$ 计算公式如下：

$$\bar{x}_j = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

查询核查标准的检定证书得到参考值 $x_s$ 。该核查点第 $j$ 次的示值误差 $\Delta_j$ 为：

$$\Delta_j = \bar{x}_j - x_s$$

## 6 判定标准

### 6.1 最大允许误差

实验室可以根据JJG 1036《电子天平检定规程》中的判定标准进行判定，如下表所示。也可以根据实验室实际使用情况规定核查点的最大允许误差。若核查点不是前一次校准/检定结果中最接近的最大允许误差的测量点，对符合性判据可严格处理，如收紧至原值的80%，即 $MPEV = 0.8 \times MPEV_{原值}$

表 最大允许误差

最大允差	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级
$\pm 0.5e$	$0 \leq m \leq 5 \times 10^4 e$	$0 \leq m \leq 5 \times 10^3 e$	$0 \leq m \leq 5 \times 10^2 e$	$0 \leq m \leq 50e$
$\pm 1.0e$	$5 \times 10^4 e < \leq 2 \times 10^5 e$	$5 \times 10^3 e < \leq 2 \times 10^4 e$	$5 \times 10^2 e < \leq 2 \times 10^3 e$	$50e < \leq 2 \times 10^2 e$
$\pm 1.5e$	$2 \times 10^5 e <$	$2 \times 10^4 e < \leq 1 \times 10^5 e$	$2 \times 10^3 e < \leq 1 \times 10^4 e$	$2 \times 10^2 e < \leq 1 \times 10^3 e$

备注：检定分度值为 $e$

### 6.2 警戒值

根据实验室实际使用情况，设置警戒值进行重点监控，也可以结合不确定度将区间 $MPEV - U \leq |\Delta| \leq MPEV$ 设置成警戒区，作为增加核查频次，

以缩短两次核查之间的最长时间间隔的依据。

## 7 核查结果处理

### 7.1 判定合格

若核查结果为合格时，实验室可以继续使用该

电子天平；若核查结果为合格但在警戒区内，则应增加核查频次以缩短两次核查之间的最长时间间隔。

### 7.2 判定不合格

若核查结果为不合格，立即停止使用，并进行原因分析，必要时再次送校准/检定来对电子天平性能的进一步确认。若确定电子天平出现异常，应针对上次期间核查至该次期间核查所有使用过该电子天平的实验结果予以评估，如影响到实验结果数据有效性时，应立即采取相应措施，通知客户重新实验等。

## 8 控制图

实验室可以将校准/检定周期内期间核查结果及

设置的最大允差、警戒值制作控制图，方便掌握核查时机和观察变化趋势。控制图制作及使用方法依以下案例进行说明。

实验室有一台 $e=1\text{mg}$ ， $d=0.1\text{mg}$ ，称量范围(0.01~210)g的化学分析用电子天平。常用称量范围(100~200)g，校准报告200g的误差为+0.1mg，实验室对该称量点评定的扩展不确定度为 $U=0.4\text{mg}$ ， $k=2$ 。实验室使用标称值为200g，且在检定有效期内的E2等级砝码(约定质量为200.0003g)对该电子天平在校准/检定周期内进行期间核查，以制作控制图为例，如下图所示。

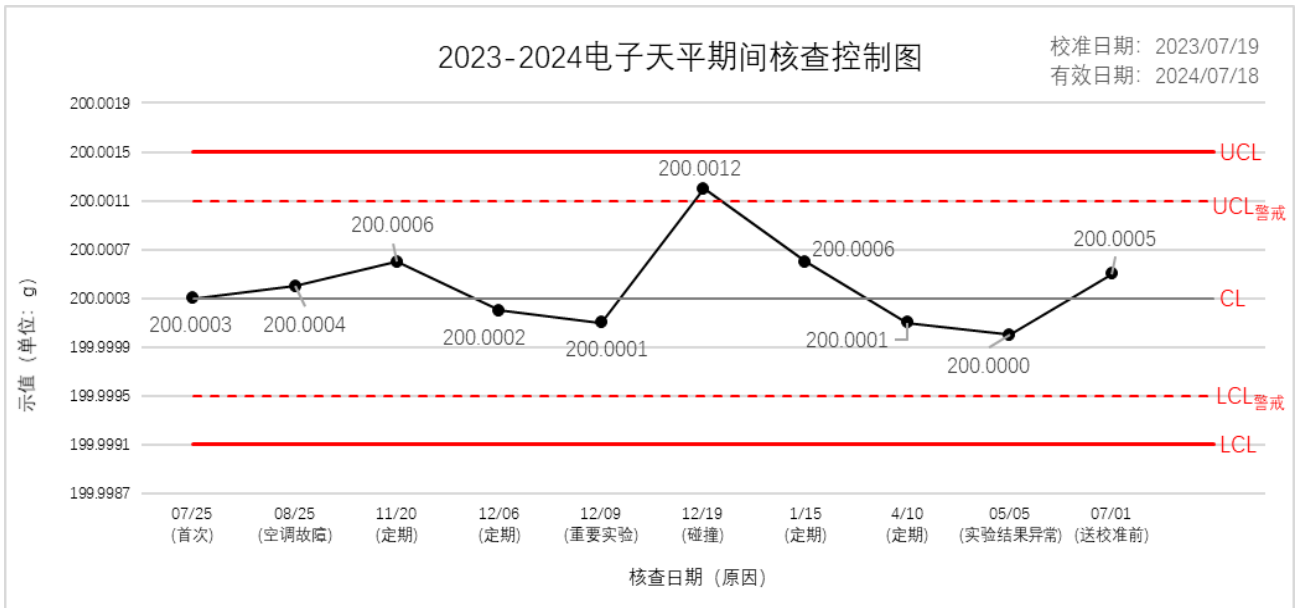


图 电子天平期间核查控制图示例

### 8.1 控制图绘制

(1) 中心线。核查标准为具有有效溯源证书的砝码，参考值 $x_s$ 为检定报告中的约定质量200.0003g，则直接采用参考值为中心线。

$$CL=x_s=200.0003\text{g}$$

(2) 最大允差控制限。根据JJG 1036《电子天平检定规程》中的判定标准(见上表)的 $MPEV_{原值}=1.5e=0.0015\text{g}$ ，核查点位200g不是前一次校准/检定结果中最接近的最大允许误差的测量点时，则 $MPEV=0.8 \times MPEV_{原值}=0.0012\text{g}$ 。所以：

$$\text{控制上限 } UCL=CL+MPEV=200.0003\text{g}+0.0012\text{g}=200.0015\text{g}$$

$$\text{控制下限 } LCL=CL-MPEV=200.0003\text{g}-0.0012\text{g}=199.9991\text{g}$$

(3) 警戒控制限。 $MPEV-U \leq |\Delta| \leq MPEV$ 为警戒区间，需缩短两次核查之间的最长时间间隔。实验室评定200g处的扩展不确定度为 $U=0.0004\text{g}$ ， $k=2$ 。

$$\text{警戒控制上限 } UCL_{警戒}=UCL-U=200.0015\text{g}-0.0004\text{g}=200.0011\text{g}$$

$$\text{警戒控制下限 } LCL_{警戒}=LCL+U=199.9991\text{g}+0.0004\text{g}=199.9995\text{g}$$

### 8.2 控制图作用

(1) 记录历次核查时间、原因及核查结果，方便观察数据走势及分析电子天平的称量性能。

(2) 方便确定两次核查之间的最长时间间隔。

上图中，实验室规定两次核查之间的最长时间间隔一般为3个月，由于2023/12/19核查结果落入警戒区，则缩短为1个月，于2024/01/15再次核查。

(3) 稳定性评估

电子天平示值的稳定性是电子天平保持其称量准确性随时间的恒定能力，计算方法为校准/检定周期内已有的核查结果的最大值 $\bar{x}_{jmax}$ 与最小值 $\bar{x}_{jmin}$ 之差，即 $S=\bar{x}_{jmax}-\bar{x}_{jmin}$ 。如上图所示。

2023/12/09的稳定性为 $S=200.0006g-200.0001g=0.5mg$

2023/12/19的稳定性为 $S=200.0012g-200.0001g=1.1mg$

2024/1/15的稳定性为 $S=200.0012g-200.0001g=1.1mg$

(4) 不确定度的合理性评估

通过观察历次核查结果分布，可评估实验室不确定度的合理性。本案例参考值 $x_s=200.0003g$ ， $U=0.4mg$ ， $k=2$ ，可知约95%概率落入 $[199.9999g, 200.0007g]$ 区间。如上图所示，2023年12月9日的核查结果在区间外，其他都在该区间内，证明实验室评出的不确定度是合理的。

## 9 结语

电子天平期间核查对于实验室保证工作质量具有重要意义。通过期间核查可以保持对电子天平校准状态的可信度，保证其量值的溯源性，及时发现问题，以缩短出现错误测量结果可追溯的时间，减少错误测量结果带来的损失。

## 参考文献

[1] 中国合格评定国家认可委员会. 测量设备期间核查的方法指南:CNAS-GL042[S].

[2] 国家市场监督管理总局. 合格评定测量设备期间核查的方法指南:GB/T27431-2023[S].

[3] 中国计量测试学会. 一级注册计量师基础知识及专业实务 [M]. 第5版.

[4] 国家市场监督管理总局. JJG 1036-2022 电子天平检定规程[S].

[5] 国家市场监督管理总局. JJF 1847-2020 电子天平校准规范[S].

[6] 国家市场监督管理总局. JJF 1094-2002 测量仪器特性评定[S].

[7] 刘炜. 砝码材质对测量结果的影响[J]. 衡器.2016(05).

[8] 刘炜, 王玲. 砝码磁性(磁化率)测量能力的评定[J]. 衡器.2013(06).

[9] 刘炜. 物体磁性对电子天平称量准确度的影响[J]. 衡器.2011(05).

[10] 国家市场监督管理总局. JJF 99-2022 砝码检定规程[S].

## 作者简介

林俊仕(1986—)，男，福建厦门人，高级工程师，一级注册计量师，高技能检测人才。从事实验室相关工作15年，现主要负责计量实验室质量专业和几何专业的校准及研究工作。