

电子天平检定中砝码温度效应的误差溯源与试验研究

□袁芳¹ 程鑫亮²

1. 山西省检验检测中心（山西省标准计量技术研究院） 2. 渤海大学

【摘要】为探究砝码与环境的温差对电子天平检定示值的影响，以XPE504型电子天平及E2等级标准砝码为试验对象，设置 $\Delta T = -10^{\circ}\text{C}$ 、 0°C 、 10°C 、 20°C 、 30°C 、 40°C 六组温差条件，对1~200 g八个载荷梯度的砝码开展重复性称量与数值漂移观测试验。结果表明，砝码与实验室环境的温差会显著影响电子天平检定示值的准确性与稳定性；低温差组（ $\Delta T = -10^{\circ}\text{C}$ 、 0°C ）示值显著偏高且漂移严重，高温差组（ $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$ ）示值略低，微温差组（ $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$ 、 30°C ）误差较小且漂移易稳定，热平衡状态下的对照组（ $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$ ）示值稳定性最优。研究结果为电子天平检定过程中砝码热平衡时间的把控提供了试验依据，对提升质量计量检定数据的可靠性具有重要实践意义。

【关键词】砝码温度；电子天平；检定示值；温差；测量误差；质量计量

文献标识码：A

文章编号：1003-1870（2026）06-0005-06

Error Traceability and Research on the Temperature Effect of Weights in the Metrological Verification of Electronic Balances

【Abstract】To investigate the influence of the temperature difference between weights and the environment on the indicated values during the metrological verification of electronic balances, experiments were conducted using an XPE504 electronic balances and E2-grade standard weights. Six temperature difference conditions, $\Delta T = -10^{\circ}\text{C}$, 0°C , 10°C , 20°C , 30°C , and 40°C , were set to perform repeatability weighing and numerical drift observation experiments for weights across eight load gradients from 1 g to 200 g. The results indicate that the temperature difference between the weights and the laboratory environment significantly affects the accuracy and stability of the indicated values during electronic balances verification; In the low temperature difference groups ($\Delta T = -10^{\circ}\text{C}$, 0°C), the indicated values were significantly higher and exhibited severe drift; in the high temperature difference group ($\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$), the values were slightly lower; in the mild temperature difference groups ($\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$, 30°C), the errors were smaller and the drift stabilized easily, while the control group in thermal equilibrium ($\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$) showed the optimal stability of indicated values. The findings provide an experimental basis for controlling the thermal equilibrium time of weights during the metrological verification of electronic balances and have significant practical implications for enhancing the reliability of mass measurement verification data.

【Keywords】weight temperature; electronic balances; verification indication; temperature difference; measurement error; mass measurement

引言

在质量计量领域，采用标准砝码对电子天平进行检定是保障量值准确传递的核心手段，标准砝码的量值准确度直接决定电子天平检定结果的可靠

性。实际检定工作中，砝码经存放、运输或台面转移后，若未与实验室环境达到热平衡，表面温度与环境温度的差异会引发空气对流和热膨胀效应，进而引入测量误差。

目前，国内关于电子天平检定的研究多聚焦于天平自身准确度、砝码等级匹配、称量操作方法等方面，对温度因素的研究也多局限于实验室整体环境温度的恒定控制，针对砝码与环境温差这一具体变量的系统性量化试验相对匮乏。部分从业人员未按要求为砝码预留充足的热平衡时间，直接开展称量操作，极易造成检定结果的系统性偏差。鉴于此，本研究围绕砝码与环境的温差对电子天平检定示值的影响展开试验，通过采集不同温差、不同载荷下的称量数据，量化分析温差引发的示值误差与漂移特征，为实际检定工作提供科学参考。

1 试验部分

1.1 试验设备

试验选用梅特勒-托利多XPE504 型电子天平，最大称量520 g，实际分度值0.1 mg；检定用标准器为E2 等级标准砝码，载荷覆盖1 g、2 g、5 g、10 g、20 g、50 g、100 g、200 g 八个典型梯度，覆盖实验室常规检定主要载荷范围，所用电子天平均经法定计量检定机构检定合格且在有效期内。

试验辅助设备：高低温湿热试验箱（温度范围-70~100℃，最大允许误差： $\pm 2^\circ\text{C}$ ；相对湿度范围25%~98%，最大允许误差： $\pm 3\%$ ）；砝码专用非金属夹取工具，避免人体温度接触砝码造成温度干

扰。

1.2 试验条件与设计

1.2.1 基础试验环境：实验室环境温度控制为 $20.0^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $45.0\% \pm 5.0\%$ ，试验过程中保持无风、无机械振动，符合JJG 1036-2022《电子天平检定规程》对检定环境的要求，排除温湿度、振动等无关因素干扰。

1.2.2 温差条件设置：将E2 等级的标准砝码置于高低温湿热试验箱恒温3 h，使砝码内部与表面完全达到设定温度，分别设置恒温箱温度为-10℃、0℃、10℃、30℃、40℃，取出后立即放置于电子天平中心位置进行称量，形成 $\Delta T=-10^\circ\text{C}$ 、 0°C 、 10°C 、 30°C 、 40°C 五组温差试验组。以实验室 20.0°C 环境下自然热平衡的砝码为对照组（ $\Delta T=20^\circ\text{C}$ ），每组条件下对八个载荷砝码各进行多次重复称量，记录漂移数据。

1.2.3 操作规范：全程采用专用非金属工具夹取砝码，避免人体温度、汗液对砝码温度的干扰；砝码放置于电子天平称重中心位置；每组试验完成后，将砝码恢复至 20.0°C 环境并静置60 min，避免热累积效应；所有试验由同一人员操作，消除人为操作误差。

1.3 试验数据

试验各温差条件下的称量数据见表1~ 表10。

表1 $\Delta T=-10^\circ\text{C}$ 时电子天平称量数据 单位：g

试验载荷	200 g	100 g	50 g	20 g	10 g	5 g	2 g	1 g
测量值	200.0214	100.0198	50.0070	20.0039	10.0027	5.0020	2.0009	1.0005
注：试验条件为恒温箱-10℃恒温3 h，实验室环境温度 20.0°C 、相对湿度44.5%；200 g、100 g、50 g、20 g 砝码数值持续向上漂移无法稳定，10 g 及以下砝码数值缓慢向上漂移无法稳定，无法记录数据								

表2 $\Delta T=20^\circ\text{C}$ （对照组）时电子天平称量数据 单位：g

试验载荷	200 g	100 g	50 g	20 g	10 g	5 g	2 g	1 g
1	200.0001	100.0001	50.0000	19.9999	10.0000	4.9999	2.0000	1.0000
2	200.0001	100.0001	50.0000	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000
3	200.0002	100.0001	50.0000	19.9999	10.0000	4.9999	2.0000	1.0001
4	200.0002	100.0001	50.0001	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0001
5	200.0002	100.0000	50.0000	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0001
6	200.0001	100.0000	50.0001	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0001
7	200.0001	100.0001	50.0001	19.9999	9.9999	5.0000	2.0001	1.0000

(续表)

8	200.0001	100.0001	50.0000	19.9999	9.9999	5.0000	2.0001	1.0000
9	200.0002	100.0000	50.0001	19.9999	10.0000	5.0000	2.0001	1.0001
10	200.0002	100.0000	50.0000	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000

注：试验条件为实验室环境温度20.0℃、相对湿度46.5%

表3 $\Delta T=0^{\circ}\text{C}$ 时电子天平称量数据

单位：g

试验次数	200 g	100 g	50 g	20 g	10 g	5 g	2 g	1 g
1	200.0045	100.0053	50.0044	20.0024	10.0014	5.0006	2.0000	0.9998
2	200.0188	100.0109	50.0066	20.0031	10.0014	5.0004	2.0000	0.9999
3	200.0210	100.0131	50.0073	20.0028	10.0009	5.0000	2.0000	0.9999
4	200.0226	100.0146	50.0074	20.0020	10.0004	5.0000	2.0000	0.9999
5	200.0212	100.0143	50.0066	20.0014	10.0002	5.0000	2.0001	0.9999
6	200.0207	100.0141	50.0053	20.0009	10.0001	5.0000	2.0000	0.9999

注：试验条件为恒温箱0℃恒温3 h，实验室环境温度20.0℃、相对湿度45.4%；
200 g、100 g、50 g 砝码10 min 内数值上升，10 min 后下降；20 g 及以下砝码数值先升后降，载荷越小变化越小

表4 $\Delta T=20^{\circ}\text{C}$ （对照组）时电子天平称量数据

单位：g

试验载荷	200 g	100 g	50 g	20 g	10 g	5 g	2 g	1 g
1	200.0001	100.0000	50.0001	19.9999	10.0000	5.0001	2.0000	1.0000
2	200.0001	100.0000	50.0001	19.9999	10.0000	5.0001	2.0000	1.0000
3	200.0001	100.0000	50.0000	20.0000	10.0000	5.0001	2.0001	1.0001
4	200.0001	100.0000	50.0000	20.0000	10.0000	5.0000	2.0001	1.0001
5	200.0001	100.0001	50.0000	19.9999	9.9999	5.0000	2.0000	1.0001
6	200.0001	100.0000	50.0001	19.9999	10.0000	5.0001	2.0000	1.0001
7	200.0001	100.0001	50.0000	19.9999	9.9999	5.0000	2.0000	1.0000
8	200.0001	100.0000	50.0000	19.9999	9.9999	5.0000	2.0000	1.0000
9	200.0002	100.0000	50.0001	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0001
10	200.0002	100.0000	50.0000	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000

注：试验条件为实验室环境温度20.0℃、相对湿度45.6%

表5 $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$ 时电子天平称量数据

单位：g

试验次数	200 g	100 g	50 g	20 g	10 g	5 g	2 g	1 g
1	200.0009	100.0007	50.0006	20.0005	10.0002	5.0001	2.0000	1.0000
2	200.0007	100.0004	50.0002	20.0001	10.0001	5.0000	2.0000	1.0000
3	200.0005	100.0003	50.0003	20.0001	10.0001	5.0000	2.0000	1.0000
4	200.0005	100.0001	50.0000	20.0001	10.0001	5.0000	2.0000	1.0000

注：试验条件为恒温箱10℃、相对湿度40% 恒温3 h，实验室环境温度21.1℃、相对湿度43.6%

表6 $\Delta T=20^{\circ}\text{C}$ (对照组) 时电子天平称量数据

单位: g

试验载荷	200 g	100 g	50 g	20 g	10 g	5 g	2 g	1 g
1	200.0002	100.0000	50.0000	19.9999	9.9999	5.0000	2.0000	1.0000
2	200.0002	100.0000	50.0000	19.9999	9.9999	5.0000	2.0000	1.0000
3	200.0001	100.0001	50.0000	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000
4	200.0001	100.0000	50.0001	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0001
5	200.0001	100.0000	50.0000	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0001
6	200.0001	100.0000	50.0000	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000
7	200.0001	100.0001	50.0001	19.9999	10.0000	4.9999	2.0001	1.0000
8	200.0002	100.0001	50.0000	19.9999	10.0000	4.9999	2.0001	1.0001
9	200.0001	100.0000	50.0000	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000
10	200.0001	100.0000	50.0001	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000

注: 试验条件为实验室环境温度 20.9°C 、相对湿度43.7%表7 $\Delta T=30^{\circ}\text{C}$ 时电子天平称量数据

单位: g

试验次数	200 g	100 g	50 g	20 g	10 g	5 g	2 g	1 g
1	199.9996	99.9997	49.9999	20.0000	10.0000	5.0001	2.0000	1.0000
2	199.9998	99.9998	49.9999	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000
3	199.9999	99.9999	49.9999	20.0000	10.0000	5.0000	2.0000	1.0001
4	199.9999	99.9999	50.0000	20.0000	10.0001	5.0001	2.0000	1.0001

注: 试验条件为恒温箱 30°C 、相对湿度70% 恒温3 h, 砝码取出后静置10 min, 实验室环境温度 20.0°C 、相对湿度45.4%表8 $\Delta T=20^{\circ}\text{C}$ (对照组) 时电子天平称量数据

单位: g

试验载荷	200 g	100 g	50 g	20 g	10 g	5 g	2 g	1 g
1	200.0001	100.0000	50.0000	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000
2	200.0001	100.0001	50.0000	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000
3	200.0001	100.0000	50.0000	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0001
4	200.0001	100.0000	50.0000	20.0000	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000
5	200.0000	100.0001	50.0001	20.0000	10.0000	5.0000	2.0001	1.0001
6	200.0000	100.0001	50.0001	19.9999	10.0001	5.0000	2.0000	1.0000
7	200.0001	100.0000	50.0001	19.9999	10.0000	4.9999	2.0000	1.0001
8	200.0001	100.0000	50.0000	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0001
9	200.0001	100.0000	50.0000	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000
10	200.0001	100.0000	50.0000	20.0000	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000

注: 试验条件为实验室环境温度 20.0°C 、相对湿度45.5%

表9 $\Delta T=40^{\circ}\text{C}$ 时电子天平称量数据

单位: g

试验载荷	200 g	100 g	50 g	20 g	10 g	5 g	2 g	1 g
1	199.9994	99.9996	49.9998	19.9999	9.9999	4.9999	1.9999	1.0000
2	199.9994	99.9996	49.9998	19.9999	9.9999	4.9999	1.9999	1.0000
3	199.9994	99.9996	49.9999	19.9999	9.9999	4.9999	1.9999	1.0001
4	199.9995	99.9997	49.9998	19.9999	9.9999	4.9999	1.9999	1.0001
5	199.9995	99.9996	49.9999	19.9999	9.9999	4.9999	1.9999	1.0001
6	199.9995	99.9997	49.9999	19.9999	9.9999	4.9999	2.0000	1.0001
7	199.9995	99.9997	49.9999	20.0000	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000
8	199.9995	99.9997	49.9998	20.0000	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000
9	199.9996	99.9997	49.9999	20.0000	10.0000	5.0000	2.0000	1.0001
10	199.9996	99.9997	49.9999	20.0000	9.9999	5.0000	2.0000	1.0000

注: 试验条件为恒温箱 40°C 恒温3 h, 实验室环境温度 20.0°C 、相对湿度45.0%表10 $\Delta T=20^{\circ}\text{C}$ (对照组) 时电子天平称量数据

单位: g

试验载荷	200 g	100 g	50 g	20 g	10 g	5 g	2 g	1 g
1	200.0002	100.0000	50.0001	19.9999	9.9999	4.9999	2.0000	1.0000
2	200.0001	100.0000	50.0001	19.9999	9.9999	5.0001	2.0000	1.0000
3	200.0002	100.0000	50.0000	19.9999	10.0001	4.9999	2.0000	1.0001
4	200.0001	100.0000	50.0001	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0001
5	200.0001	100.0000	50.0000	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0001
6	200.0001	100.0000	50.0001	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0001
7	200.0001	100.0000	50.0001	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000
8	200.0001	100.0000	50.0000	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000
9	200.0002	100.0000	50.0001	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0001
10	200.0002	100.0000	50.0000	19.9999	10.0000	5.0000	2.0000	1.0000

注: 试验条件为实验室环境温度 20.0°C 、相对湿度45.2%

2 试验结果与分析

2.1 不同温差下电子天平示值误差特征

以砝码标称值为基准, 计算各组核心称量数据的示值偏差 (单位: mg), 结果显示不同温差组的示值误差呈现显著差异化特征。

2.1.1 $\Delta T=20^{\circ}\text{C}$ 对照组: 三组平行试验示值偏差均控制在 $\pm 0.2\text{mg}$ 内, 200g 砝码偏差为 $0\sim+0.2\text{mg}$; 100g 砝码偏差为 $0\sim+0.1\text{g}$, 所有载荷砝码称量示值与标称值高度吻合, 无明显系统性偏差, 是示值精度最高的组别。

2.1.2 $\Delta T=-10^{\circ}\text{C}$ 组: 所有载荷示值均显著偏高, 且载荷越大偏差幅度越大, 200g 砝码偏差+21.4 mg、100 g 砝码偏差+19.8 mg、50 g 砝码偏差+7.0 mg, 1 g 砝码偏差也达+0.5 mg, 为所有组别中偏差最大的试验组。

2.1.3 $\Delta T=0^{\circ}\text{C}$ 组: 示值同样整体偏高, 大载荷偏差幅度显著, 200 g 砝码偏差 ($+4.5\sim+22.6$) mg、100 g 砝码偏差 ($+5.3\sim+14.6$) mg, 小载荷偏差较小, 1 g 砝码出现 ($-0.2\sim-0.1$) mg 的轻微负偏差, 整体偏差幅度仅次于 $\Delta T=-10^{\circ}\text{C}$ 组。

2.1.4 $\Delta T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 组：示值略低于标称值，呈轻微负偏差，200 g 砝码偏差-0.6 mg、100 g 砝码偏差-0.4 mg，50 g 及以下载荷砝码偏差均在 $\pm 0.1\text{ mg}$ 内，无明显大偏差。

2.1.5 $\Delta T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 组：示值轻微偏高，偏差幅度极小，200 g 砝码偏差为 $(+0.5\sim+0.9)\text{ mg}$ ，其余载荷偏差均 $\leq 0.5\text{ mg}$ ，所有载荷示值与标称值高度接近。

2.1.6 $\Delta T=30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 组：经10 min 自然降温后，示值呈轻微负偏差，200 g 砝码偏差为 $(-0.4\sim-0.1)$

mg，其余载荷偏差均在 $\pm 0.1\text{ mg}$ 内，误差处于计量检定可接受范围。

2.2 不同温差下砝码称量数值漂移特征

不同温差条件下，砝码称量数值的漂移趋势与幅度差异显著，载荷大小与漂移幅度呈正相关趋势，200 g、100 g 等大载荷砝码漂移幅度更大、稳定时间更长，1 g、2 g 等小载荷砝码漂移幅度较小、更易稳定，各组漂移特征见表11。

表11 不同温差条件下砝码称量数值漂移特征

温差条件/ $^{\circ}\text{C}$	核心试验环境	主要漂移趋势	载荷相关漂移规律
-10	温度：20.0 $^{\circ}\text{C}$ 相对湿度：44.5%	持续向上漂移，无稳定趋势	200 g、100 g、50 g、20 g 快速飘升，10 g 及以下缓慢飘升
0	温度：20.0 $^{\circ}\text{C}$ 相对湿度：45.4%	先升后降，10 min 为拐点	200 g、100 g、50 g 10 min 内飘升，后下降；20 g 及以下飘升后缓慢下降，载荷越小变化越微弱
10	温度：21.1 $^{\circ}\text{C}$ 相对湿度：43.6%	缓慢向上漂移后快速稳定	所有载荷漂移幅度小，短时间内达到示值稳定
20	温度：20.0 $^{\circ}\text{C} \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 相对湿度：45.0% $\pm 2.0\%$	无明显漂移，数值全程平稳	所有载荷重复性好，无明显数值波动
30	温度：20.0 $^{\circ}\text{C}$ 相对湿度：45.4%	缓慢向下漂移后稳定	所有载荷漂移幅度小，短时间内趋于恒定
40	温度：20.0 $^{\circ}\text{C}$ 相对湿度：45.0%	轻微向下漂移后稳定	漂移现象不明显，所有载荷示值整体平稳

整体来看，温差绝对值越大，数值漂移现象越显著，且低温差组（ $\Delta T=-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）的漂移程度远高于高温差组（ $\Delta T=30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）；热平衡状态下的砝码无明显漂移，是电子天平检定的最优状态。

3 结语

3.1 砝码与实验室环境的温差是影响电子天平检定示值准确性的关键因素：非热平衡状态下的砝码会引入显著测量误差；热平衡状态（ $\Delta T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）下，电子天平检定示值偏差控制在 $\pm 0.2\text{ mg}$ 内，精度与稳定性均为最优，是检定工作的理想状态。

3.2 不同类型温差引发的示值误差特征存在明显差异：低温差组（ $\Delta T=-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）会导致电子天平示值显著偏高， $\Delta T=-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时200 g 砝码偏差达+21.4 mg， $\Delta T=0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时200 g 砝码最大偏差达+22.6 mg，且载荷越大偏差幅度越大；高温差组（ $\Delta T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）示值略低于标称值，200 g 砝码仅偏差-0.6 mg，整体误差远小于低温差组；微温差组（ $\Delta T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）示值误差极小，偏差均 $\leq 0.9\text{ mg}$ ，处于计量检定可接受范围。

3.3 砝码称量的数值漂移特征与温差密切相关： $\Delta T=-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时砝码示值持续向上漂移且无法快速稳定， $\Delta T=0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时呈以10 min 为拐点的先升后降漂移趋势， $\Delta T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时漂移幅度小且可快速稳定， $\Delta T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时仅存在轻微向下漂移，热平衡状态下无明显漂移现象。同时载荷越大，砝码数值漂移幅度越大、稳定时间越长，大载荷砝码是漂移控制的重点对象。

4 实际工作建议

结合试验结论与质量计量检定工作实际，为规避砝码温差带来的测量误差，提升电子天平检定数据的准确性与可靠性，提出以下工作建议：

4.1 严格把控砝码热平衡时间：检定前需将标准砝码置于实验室环境中充分静置以完成热平衡。经低温/高温环境运输、存放后的砝码，需适当延长静置时间，建议低温砝码静置时间不低于30 min，高温砝码静置时间不低于1 h，静置过程中避免砝码受阳光直射、空调直吹等温度干扰。

静置。称量时减少夹取次数，避免人为造成温度变化。

4.3 规范砝码操作与存放流程：全程使用非金属专用工具夹取砝码，杜绝手部直接接触。实验室设置专用砝码存放区，保证存放区与检定区温度一致，存放架采用隔热材质，减少环境温度波动对砝码的影响。

4.4 完善实验室环境监测与记录：检定过程中实时监测实验室温湿度，保证温度波动控制在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 内，相对湿度控制在 $45.0\% \pm 5.0\%$ 。做好砝码静置时间、环境温湿度、砝码来源环境温度等数据记录，实现检定过程可追溯。

4.5 制定针对性的温差防控细则：结合实验室所在地区气候特征，制定不同季节的砝码温差防控措施，冬季做好实验室保温，夏季降低实验室环境温度。定期对计量人员开展温差防控操作培训，提升操作规范性。

4.6 合理选择称量时机：若砝码未完成热平衡且需紧急检定，可选择微温差（ $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$ 、 30°C ）砝码进行称量，称量前检测砝码表面温度，待数值无明显漂移后再记录数据，并在检定报告中注明温差情况。

本研究量化分析了砝码温差对电子天平检定示值的影响规律，为质量计量检定工作中砝码的使用规范提供了详实的试验依据。后续可进一步探究不

升电子天平检定的准确性与标准化程度。

参考文献

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

[2] 孙鹏龙, 何开宇, 卜晓雪, 李鹏飞, 石磊. 环境温度对高精度电子天平称量准确度的影响.《计量与测试技术》2016年10期.

[3] 黄强, 滕召胜, 唐享, 林海军, 刘亚坤. 电子分析天平温度漂移补偿算法研究.《仪器仪表学报》2015年9期.

[4] 刘亚刊, 黄强, 李建闽, 孙彪. 基于SVM的电子分析天平温度漂移补偿方法.《计量学报》2018年11期.

[5] 周玮, 张姝红, 张贻, 张志. 一种新的高精度电子天平温度补偿方法.《东北大学学报》2006年4月.

作者简介

袁芳（1981—）高级工程师，现供职于山西省检验检测中心（山西省标准计量技术研究院），从事质量、衡器专业相关工作。

程鑫亮（2005—）大学本科在读，渤海大学轮机工程专业。