

浅析影响电子天平计量检定的环境因素

□武汉市度量衡管理所 罗颖 张秋萍

【摘要】随着现代电子技术的高速发展，电子天平因操作简便、称量速度快、自动化程度高、智能化功能强等受到广泛应用。由于受到异地使用、环境变化等因素影响，高精密度的电子天平所呈现的结果也存在一定程度误差。本文从“人、机、料、法、环”五个方面分析了影响电子天平计量检定结果的因素，并对最容易忽视的弱环境影响，如重力加速度变化和外部弱磁场做了进一步探讨，并提出一些计量检定中有效建议，以进一步提高电子天平检定的准确性。

【关键词】电子天平；计量检定；弱影响因素；准确性

文献标识码：B 文章编号：1003-1870（2023）03-0034-04

引言

按照天平的检定分度值和检定分度数，电子天平可划分为特种准确度级、高准确度级、中准确度级和普通准确度级四个级别。不同准确度等级的电子天平应用领域差别较大：中准确度级和普通准确度级天平一般用于生产制造业中计量一些设备器件原材料重量，高准确度级天平常常广泛应用于工艺检测试验的各类变量控制以及化学分析或医用测试中，特种准确度级电子天平则更偏向应用于科研开发或者企业机构研发测试。

电子天平是基于电磁力和重力平衡而开发出来的，其核心部件是电磁力平衡传感器。由于缺乏对精密电磁力平衡基础理论的深入研究，先进的传感器设计不足，导致精密传感器的灵敏度、稳定度等重要性能不能得到有效的保证。同时，受到基础材料、精密制造工艺水平的影响，目前电子天平产品存在漂移量大、稳定性差、显示误差范围较大等问题，无法满足现代科学研究和生产生活的精确结果需要，需定期对电子天平进行检定，保证计量结果有效性。尤其是当使用外部环境进行改变后，影响

检定结果的因素发生了变化，导致计量结果发生较大误差^[1-5]。为了减小检定过程中误差，除了严格遵守规章制度外，还应进一步分析产生误差的各种影响因素，尽量减小甚至消除这些因素对检定结果的影响。

1 影响电子天平计量检定结果的因素

影响电子天平计量检定结果的因素很多，主要包括“人、机、料、法、环”五个方面的影响。“人”是指检定人员，“机”是计量设备，“料”是被检定设备，“法”指检定过程规范或方法，“环”指检定环境。其中：“法”的影响最大，而“环”的影响最容易被忽视。除此之外，还应综合考虑不确定度的影响，包括测量重复性误差引入的不确定度分量，检定过程中所用标准砝码最大允许误差引入的测量不确定度和分辨力引入的不确定度。

1.1 人的影响

负责检定的工作人员业务水平高低，直接影响测量结果的准确性和有效性。可以通过开展自学和教学培训的方式，定期进行学习。结合开展业务技能竞赛，通过这种方式提高检定工作人员的操作能

力。检定人员的情绪、工作状态也会给检定结果带来很大影响。在实际操作中，检定人员情绪不佳（过于兴奋或低迷）时，容易出现工作失误。所以，在检定工作过程中能保持平稳的心态和情绪，可以减少计量检定过程中出现误差可能性。检定人员长时间工作，容易产生视觉疲劳，就会造成人为读数误差、计数误差等问题。所以，应避免长时间疲劳工作，或者两个人同时确认检定数据结果，减小检定结果的误差。

1.2 机的影响

砝码的选择对检定结果影响至关重要。为了提高检定质量，必须选择符合国家标准、合适载荷的标准砝码，一般根据被检对象的称量范围来选择适当的砝码。砝码的选择需要一定的工作经验，检定人员必须使砝码误差控制在检定规程要求范围内。若采用砝码的实际质量时，其扩展不确定度不得超过相应载荷最大误差允许的1/3。若采用砝码的标称值时，最大允许误差不得超过相应载荷最大误差允许的1/3^[6]。所以，检定人员必须首先选择好标准砝码，以确保电子天平示值误差检定的准确性。

1.3 料的影响

不同准确度的电子天平检定要求也不一样。电子天平往往有已经设定好的模式，如果装置出了问题，其所能造成的误差也会较大。当使用电子天平来测量时，应该采用正确的装置方式，要更加注意使用标准量值的模式。在装置上，由于永磁体等各种电子元件会随时间漂移从而影响电子天平测量准确性。为了保证电子天平在工作过程中不出错，应按使用说明书加强对标准值模式的控制和严格要求。

1.4 法的影响

检定过程的规范与否直接影响检定结果。检定人员必须严格按照检定规程的要求进行检定，完成外观检查、偏载误差、重复性、示值性误差、置零准确度、去皮称量等检定项目，确保检定结果的准确性。检定前，电子天平需预热，才能保证磁通量与磁钢之间的热平衡，保证电子天平的平衡，来获取天平的稳定示值。电子天平的规格不同时，相

应的预热时间也不同。同时，检查电子天平的底座是否平稳，水平指示气泡是否对中，对秤盘进行洁净处理，都会不同程度的影响检定结果。偏载误差检定时，试验载荷应选择 $\geq 1/5$ 最大称量的砝码，尽量选择单个或者个数少的砝码，允许小砝码叠加在大砝码上面。多个砝码时，应均匀分布在测量区域内。检定示值误差时，载荷应覆盖零点至最大称量^[6]。

1.5 环的影响

电子天平的使用环境对称量结果的准确性影响很大。同理，检定电子天平时，检定结果也很容易受到环境的影响，产生偏差。从大气角度而言，空气温度、湿度及气压因素，对检定结果都会造成影响。仅空气中的灰尘附在电子天平的砝码上，就会增加电子天平测量水平的变动性。检定过程中，温差的波动不宜过大，对于①级天平不超过1℃，②③④级天平一般不超过规定温度范围的1/5，且不超过5℃。相对湿度对于①级天平不超过80%，②③④级天平一般不大于85%。环境的微小振动，空气浮力影响，也会造成很大的误差^[7-9]。而最容易忽视的环境影响因素则是弱环境，如地球重力加速度变化、强磁场的干扰对检定结果的影响^[10]。

2 弱环境影响因素

2.1 重力加速度变化

影响地球重力加速度大小的因素包括：①地理纬度②海拔高度③地球自转速度。随着纬度的升高，重力加速度逐渐变大。赤道上的重力加速度是 9.780m/s^2 ；极地的重力加速度是 9.832m/s^2 ，从赤道到极地，重力加速度增加大约0.5%，可造成0.16%的检定误差^[11]。随着海拔高度增加，重力加速度值略有降低，不同海拔高度，可造成0.12%的检定误差^[11]。随着地球自转，北半球物体由西北向东南运动重量要减轻；在南半球，物体由西南向东北运动要减轻。目前，我国仅有主要省会城市的重力加速度数值可供公开查询，而百公里距离即可令重力加速度在千分位上产生变化，高准确度的重力加速度数据是企业设计生产高精度传感器的必要条件。我国不同城市重力加速度及其修正值如表所示^[11]。

表 不同城市的重力加速度及修正值

| 序号 | 城市 | 重力加速度 | 不同重力下的修正值 | | | | |
|----|-----|-------------|-----------|---------|---------|----------|----------|
| | | $g (m/s^2)$ | $g/1kg$ | $g/3kg$ | $g/6kg$ | $g/15kg$ | $g/30kg$ |
| 1 | 哈尔滨 | 9.8066 | -1.2251 | -3.6753 | -7.3506 | -18.3765 | -36.7530 |
| 2 | 长春 | 9.8048 | -1.0413 | -3.1239 | -6.2478 | -15.6195 | -31.2390 |
| 3 | 沈阳 | 9.8035 | -0.9086 | -2.7258 | -5.4516 | -13.6290 | -27.2580 |
| 4 | 大连 | 9.8011 | -0.6636 | -1.9908 | -3.9816 | -9.9540 | -19.9080 |
| 5 | 北京 | 9.8015 | -0.7045 | -2.1135 | -4.2270 | -10.5675 | -21.2390 |
| 6 | 济南 | 9.7988 | -0.3981 | -1.1943 | -2.3886 | -5.9715 | -11.9430 |
| 7 | 天津 | 9.8011 | -0.6636 | -1.9908 | -3.9816 | -9.9540 | -19.9080 |
| 8 | 郑州 | 9.7966 | -0.2041 | -0.6123 | -1.2246 | -3.0615 | -6.1230 |
| 9 | 西安 | 9.7944 | 0.0204 | 0.0612 | 0.1224 | 0.3060 | 0.6120 |
| 10 | 杭州 | 9.7936 | 0.1020 | 0.3060 | 0.6120 | 1.5300 | 3.0600 |
| 11 | 合肥 | 9.7947 | 0.0204 | 0.0612 | 0.1224 | 0.3060 | 0.6120 |
| 12 | 上海 | 9.7964 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 13 | 武汉 | 9.7936 | 0.1020 | 0.3060 | 0.6120 | 1.5300 | 3.0600 |
| 14 | 昆明 | 9.7830 | 1.1230 | 3.3690 | 6.7380 | 16.8450 | 33.6900 |
| 15 | 拉萨 | 9.7799 | 0.5513 | 1.6539 | 3.3078 | 16.5390 | 33.1380 |
| 16 | 南宁 | 9.7877 | 0.7044 | 2.1132 | 4.2264 | 10.5660 | 21.1320 |
| 17 | 海口 | 9.7863 | 0.8474 | 2.5422 | 5.0844 | 12.4520 | 25.4220 |

按重力加速度对称重影响可分为动力效应称重和静力效应称重。电子天平称重利用的是静力场效应，静力效应称重（也称为重力变形法称重）就是利用物体在重力作用下弹性体产生变形或内应力的来测定重力的量值。由于电子天平是用重力来标定的，显示结果为质量，如果各地重力加速度值不同，会使同一台秤在两地之间的检定结果示值不同。

重力加速度变化对称量结果的影响可以采用重力补偿、电位器调整、自动标定等方法来处理，其中以自动标定最为简便、快捷。

2.2 弱磁场的影响

磁性对电子天平检定造成的影响容易被忽视。基于电磁平衡原理制造的电子天平，在检定过程中无法区分磁力究竟是对质量还是重量产生影响。带

有磁性的物体会对电子天平的称量结果产生影响，包括准确度、精确度和稳定性。由于电子天平内部是通过线圈电流激发磁场，产生磁力与砝码重力平衡。外部弱磁场将对电子天平的线圈感应磁场产生叠加的磁化效应。由于磁场是一个矢量场，不仅有大小，还有方向。线圈感应磁场受到外部弱磁场作用后，其大小和方向均可能发生变化，导致电子天平称量过程中影响电磁力平衡，对称量结果产生影响。

外部弱磁场的干扰来源有：电源、交流电、感应电流、无线电频率、静电等。对各种干扰源进行抑制，最好的措施就是进行接地处理，或对距离较近的导体进行屏蔽。进行接地处理时，宜采用横截面超过 $25mm^2$ 铜线，接地电阻一般不超过 4Ω ，接地方式安全牢靠^[12]。

此外，还应保持天平使用环境的清洁度。天平工作台应具有良好的刚度，并具有一定的防震、隔震的功能，远离震动和气流波动较大的环境。天平和砝码应尽量避免阳光直接照射，使用环境温度波动不得超过5℃/h。

3 结束语

(1) 电子天平广泛应用于精密科学研究的实验结果计量，其检定结果对其计量产生重要影响。

(2) 本文从“人、机、料、法、环”五个方面分析了影响电子天平计量检定结果的因素，并对最容易忽视的弱环境影响做了进一步探讨。

(3) 分析了重力加速度和弱磁场环境对检定结果产生误差的原因，并针对性提出消除这种误差的建议，更好保证电子天平计量检定的准确性。

参考文献

[1] 陶诗. 浅谈电子天平计量检定的影响因素及优化措施[J]. 计量与测试技术,2022(1):79-80.
[2] 周滢. 影响电子天平计量检定的因素及解决方法[J]. 设备管理与维修, 2021(16):125-126.
[3] 金文闻. 电子天平计量检定的影响因素及优化方法[J]. 衡器,2020,49(8):18-20.

[4] 宋晓宏. 电子天平计量检定过程存在的问题与建议[J]. 中国高新科技,2021(6):112-120.

[5] 李红杰. 电子天平计量检定的影响因素及解决措施[J]. 工程技术研究,2018(05):140-141.

[6] JJG 1036-2022. 电子天平检定规程.

[7] 孙林. 浅析电子天平计量检定过程存在的问题与建议[J]. 衡器,2019(08):40-42.

[8] 黄晓楠. 电子天平计量检定中的若干问题与建议[J]. 中国标准化,2019(08):181-182.

[9] 李波. 电子天平计量中出现的问题及检定分析[J]. 科学技术创新,2017(33):23-24.

[10] 覃桂武. 影响电子天平检定结果的外部因素[J]. 中国航班,2019(18):89-90.

[11] 闫士福. 重力加速度对衡器检定示值的影响探讨. 科学资讯,2013(32):234-236.

[12] 黄山松. 物体磁性对电子天平检测和分析造成的影响探究. 科技创新与应用,2016(11):294.

作者简介

罗颖，女，1987年5月，本科，从事计量检定与管理工作5年。