

正确称量



指南

改良的称量
更好的技术
精确的结果

正确称量
使用实验室天平

METTLER TOLEDO

正确称量

使用实验室天平

1. 简介	5
2. 最佳放置位置	6
3. 天平的正确操作	8
4. 外部物理因素的影响	13
5. 称量技术术语	25
6. GWP良好的称量管理规范 – 称量标准	33
7. 关键词索引	36
8. 梅特勒-托利多本地办事处地址	38

1. 简介

称量是实验室重要并且耗时的工作之一。除了超微量天平外，绝大多数天平已经发展到无需特殊称量室的程度。

电子技术的进步已大大简化了天平的操作，可节约称量时间。此外，数字触摸显示屏使天平的操作变得更直观。

然而，这种明显的易用性优势可导致外部因素对称量过程的影响不被重视，从而产生不准确的结果。外部影响是指所有对实验室天平的称量结果产生影响的物理效应。外部影响包括：

- 静电力
- 气流
- 环境振动
- 磁性效应
- 蒸发
- 水分吸收

某些样品特性也可能被误认为是外部影响，例如：液体的蒸发或吸潮/吸潮性固体物质的质量的增加或减少。

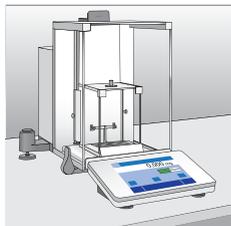
本指南旨在阐述操作实验室天平时最需要注意的事项。

本指南先从提供有关天平最佳放置位置的建议开始。其次，分析可能的外部影响和效果，并解释天平的正确操作。显示屏上缓慢的读数变化（漂移）就是这些影响存在的证明。

由于技术数据的正确解读对评估称量结果具有重要意义，所以本指南的末尾会解释一些常见技术术语。

2. 最佳位置

称量结果的准确度和重复性与天平的放置位置密切相关。为确保天平是在理想的条件下工作，请遵循以下指导：

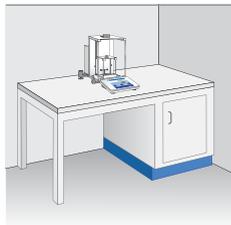


称量台应当

- 稳定（实验台、实验桌、石台）
称量时，称量台不能发生下陷，应当尽量避免振动
- 抗磁（实验台的内部或表面无钢板）
- 防静电
- 墙面或地面安装：
称量台应安装在地面或墙面上，二者选其一。若同时安装在以上两个地方，天平会同时受到来自两个方向的震源影响。
- 为天平留足空间

安装位置与称量台必须足够稳定，确保当有人倚靠在实验台或者站在称量站上时，天平显示屏读数不会改变。不得在天平下放置软垫，如写字垫等。

天平的理想位置是实验台的桌脚处，因为此处振动最小。



实验室或称量室应当

- 无振动
- 无气流
- 温度恒定

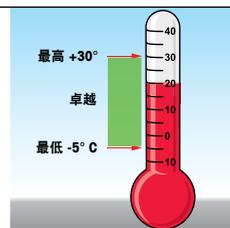
将称量台放置在室内的角落。这些地方通常是建筑物内无振动力的区域。房间最好使用滑动门，以减小门开关所产生的影响。

温度

- 尽可能保持室内恒温。快速变化的温度会对称量结果产生明显影响。
- 请勿靠近散热器或窗户进行称量。



提示：梅特勒-托利多天平具有“FACT”（全自动校准技术），可弥补温度漂移。因此，应确保“FACT”功能始终处于打开状态。



空气湿度

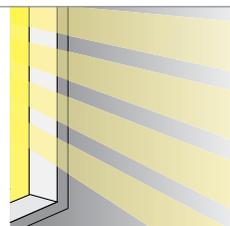
理想情况下，相对湿度 (%RH) 应介于 45 % 和 60 % 之间。如果相对湿度 (%RH) 低于 20 % 或高于 80 %，请勿操作天平。

对微量天平进行持续管理。定期校正天平出现的变化。



光线

- 如有可能，可将天平放于无窗的墙面附近。直射的阳光（热辐射）会影响称量结果。
- 将天平放置在距离照明装置较远的地方，以避免热辐射。尤其是灯泡。尽量使用荧光灯管。



3. 天平的正确操作

实验室天平是高精密的测量仪器。以下建议会帮助您获得可靠的称量结果：

待机/打开

- 不得断开天平电源，应始终使其保持待机状态。这有助于天平保持热平衡。
- 按下显示屏上的关闭按键，即可关闭天平。此时天平处于待机模式。电子器件应始终保持工作状态，可省去预热阶段。

提示：我们建议在天平与电源首次连接时，应对不同的天平采用不同的预热时间。具体的区别为：

- 微量天平的预热时间不超过 24 小时
- 半微量天平与分析天平的预热时间约为 120 分钟
- 精密天平的预热时间约为 30 分钟

务必按照操作指南中的要求的最短时间来预热。

调节水平

每次称量前，请检查水平气泡是否处于指示器中心。可使用水平调节脚进行调节。水平调节完毕后，请进行内部校准。具体流程参见天平操作指南。

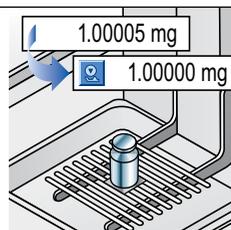
提示：为记录并确保天平每次调节水平都符合 GxP¹ 等要求，我们推荐使用内置“LevelControl”自动警告功能的XPE和XSE系列天平。

¹ GxP 良好的实验室规范 (GLP) 或良好的生产规范 (GMP)

校正

当出现下列情况时，应定期调节天平的灵敏度：

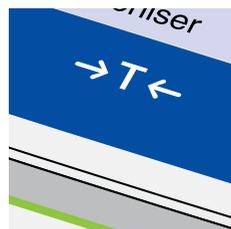
- 首次使用天平时
- 更换天平位置时
- 调节天平水平
- 当温度、湿度或气压出现大幅度变化时。



回零/去皮

→0← 用户按下回零键后，即可手动为天平衡设置新的零点。如果秤盘未清洁或使用其他容器时，需要设置新的零点，无需砝码。在这种情况下，天平仅记录毛重。

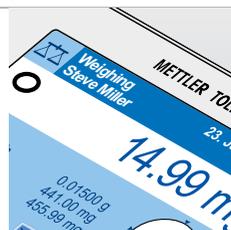
→T← 去皮键是在称量过程中手动设置去皮点。当需要了解烧杯质量又需要了解烧杯中的样品质量时，或者需要将多个样品添加进同一容器中时，此去皮键就起到重要作用。天平记录毛重、皮重和净重。

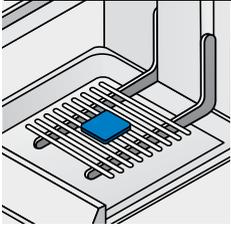


读取结果

- 每次开始称量时，检查天平是否准确显示零。
- 只有在位于天平显示屏左上方的小圆圈消失时才可读取结果。称量结果通过此稳定性检测器发出。

提示：XPE 和 XSE 天平带有先进的稳定性检测器。这些天平以蓝色显示不稳定的测量值。一旦达到稳定状态时，结果显示立即变为黑色，并且位于左上方的圆圈消失。这将使您更加快速、安全以及可靠地识别稳定的称量结果。





秤盘

- 始终将称量容器放置在秤盘的中部，如图中蓝色部分所示。这将避免偏载荷误差



提示：梅特勒-托利多提供用于分析天平和精密天平的独特秤盘，可显著减小气流的影响。



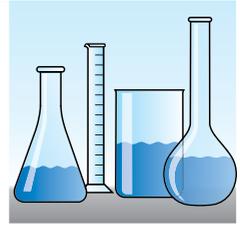
状态指示灯

梅特勒-托利多 XSE 和 XPE 天平的显示终端上具有创新的内置 StatusLight™ 功能，您可通过绿灯显示来判断称量是否就绪，就绪状态是指已进行最新的天平校准和常规测试，天平水平且常规测试正常。需进行常规测试等警告显示为黄色，错误显示为红色。



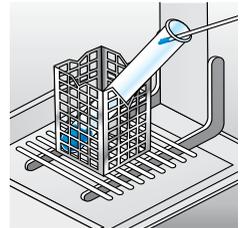
称量容器

- 尽可能使用最小的称量容器
- 当空气湿度低于 30% 至 40% 时，避免使用塑料质地的称量容器。以下这些情况下容易产生静电。
- 具有高度绝缘性的材料（如：玻璃与塑料）可产生静电电荷。这会严重影响称量结果。鉴于此，确保您采用适当的纠正措施（详见第 19 页：静电）
- 称量容器及其所含校品的温度应当与环境温度相同。温差会产生气流，导致称量结果不准确（请见第 7 页：温度）。
在将称量容器从干燥炉或洗碗机中取出后，使其适应环境环境后放在天平上。
- 如可能，不要赤手握住称量容器。这会改变称量室与称量容器的温度与空气湿度，从而对测量过程产生负面影响。



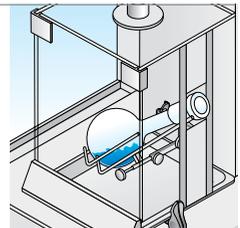
提示：不同的称量容器支架 (ErgoClips) 可为安全无误的称量提供良好的条件（如图所示）。

“易巧称量篮”去皮容器支架。



防风罩

- 按照需求尽可能远地打开防风罩。这将使称量室保持恒温，并且不会影响称量结果。
- 调节具有自动并且可配置防风罩的天平（如：XPE 和 XSE 天平），以确保防风罩的开口最小。



使用易巧烧瓶和最小称量防风门高效地执行标准溶液配制任务



提示：我们建议在XPE与XSE天平上使用特定配件，确保即使在恶劣条件下，称量也能简单、精确。即使您在不利的环境条件下称量允差范围小的微小样品，这些天平也会提供最佳结果。例如，特殊的防风罩“最小称量防风门”，可在称量柜中使用。同时，它也适用于“普通”称量条件。该产品可使净读数的重复性提高至多两倍！



清洁

- 始终保持称量室与秤盘清洁
- 只使用清洁的称量容器
- 可使用普通的玻璃清洗液清洁天平
- 借助不掉毛的布块进行清洁
- 清洁之前，拆下所有可拆除的零件（如：秤盘）。



提示：XSE和XPE分析天平上的各防风罩都可拆卸放入洗碗机中进行清洁。

4. 外部物理影响

如果称量显示值不稳定，则结果会按同一方向缓慢漂移。这通常是受不良物理因素影响。

常见原因有：

- 周边环境对天平的影响
- 称量样品增湿或减湿
- 称量样品或容器
- 称量样品或容器
- 样品、称量容器、天平和周围环境之间的温度差异

下一章节详细介绍这些影响与造成这些影响的因素以及可能的纠正措施。

气流对称量的影响

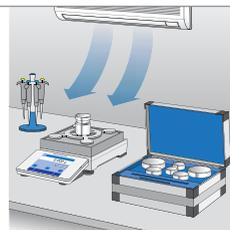
问题

显示的称量值不断漂移，导致难以进行回零/去皮操作，稳定时间过长，测量准确性差。

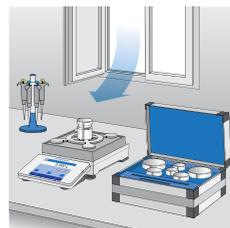
可能原因

天平的放置位置和操作环境出现气流。可能的原因和情况：

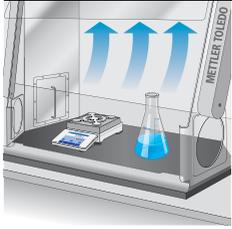
- 天平距离空调排气口、吊扇、窗户或散热器太近。
- 天平位于实验室设备中冷却风扇产生的气流中。
- 样品与其周围环境形成的巨大温差产生气流。
- 天平位于未加以保护的开放区域（例如，生产环境）。
- 天平位于通风的安全罩（例如：通风柜、安全柜或生物安全柜）内。



具有 SmartPan™ 秤盘的 XPE6003SD5 精密天平，置于空调机组产生的气流中



XPE6003SD5 精密天平靠近打开的窗户

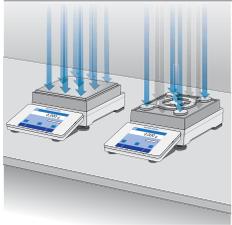


XPE6003SD5 精密天平置于安全柜内

示例

为避免用户接触有毒烟雾、蒸汽、灰尘和浮尘，通常做法是在实验室通风柜中处理和称量样品。

通风柜通过速度介于 0.3 m/s 和 0.5 m/s 之间的湍流进行通风，而这正是十分恶劣的天平操作环境。



对比标准秤盘和SmartPan™ 秤盘上气流产生的力。SmartPan™ 秤盘受到空气阻力更小

纠正措施

- 如有可能，请将您的天平与气流源保持足够的距离。
- 为防止秤盘暴露于气流之中，可使用手动或自动防风罩。
- 为大大减小气流干扰，梅特勒-托利多的部分天平产品具有耐受恶劣条件的秤盘，例如 SmartGrid（分析天平）和 SmartPan（精密天平）。

精密天平的 SmartPan 经专门优化，可大大减小气流阻力，即使在恶劣条件下不借助防风罩也可进行称量操作。

与传统秤盘相比，SmartPan 在稳定时间速度和可重复性方面至少改善 50%。

温度变化对称量的影响

问题

天平显示值按一个方向漂移。

可能原因

天平与电源连接的时间过短。

称量样品和周围环境之间的温差导致称量容器周边产生气流。沿容器侧部流动的空气产生向上或向下的力，从而导致称量结果产生偏差。这种效应被称为动态浮力。而这种效应在达到温度平衡之前不会消失。冷性物体显示较重，暖性物体显示较轻。

实验

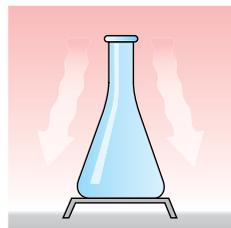
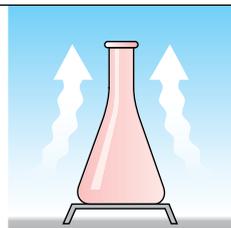
您可通过以下实验测试动态浮力：称量一只锥形或相似的烧瓶，并记录称量结果。再将这只烧瓶在手中握约一分钟，然后再次称量。由于烧瓶的温度升高，因此烧瓶显示较轻。

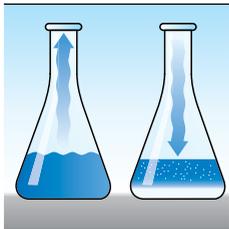
注意

您的手部出汗与此效应无关。否则样品加上手汗只会更重。

纠正措施

- 不得称量从干燥炉或冰箱中直接取出的样品
- 称量样品温度与实验室或称量室温度保持一致
- 使用镊子（而非赤手）夹住称量容器
- 避免将手放入称量室中
- 使用表面积小的称量容器





吸湿/蒸发

问题

样品的称量显示值持续按同一方向漂移。

可能原因

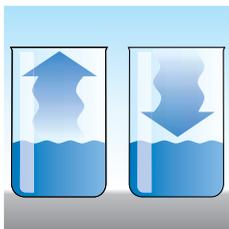
您测量的是挥发性物质的损耗重量（如：水蒸发）或者是样品吸湿而增加的重量（吸收大气水份）。

实验

您可通过在不加盖的情况下称量酒精或硅胶来再现此效应。

纠正措施

使用洁净并且干燥的称量容器，并且避免秤盘积聚灰尘或者出现水滴。使用加盖或加塞的窄颈容器。不得使用软木或者纸板来支撑圆底烧瓶。因为二者均会吸收大量的水分。鉴于此，XSE/XPE 天平具有专门的易巧称量组件——金属三角形支架。



开口较大的称量容器易发生蒸发或冷凝，会增加产生测量误差的风险。

人体工程设计

问题

称量场所和天平的使用方式会导致用户身体遭受损伤和工作效率低下。

例如，用户长时间以不正确的工作姿势执行重复性任务，这会伴随着身体劳损和视力疲劳。

实验室因工作产生的常见损害包括上肢和颈部的骨骼肌肉系统疼痛，以及眼部疾病。

纠正措施

防止用户受伤并提高效率，工作场所及所用设备必须符合一些基本的人体工程学原理。

坐式工作姿势

称量台是否满足高精度任务要求？

手臂在工作台面、椅子扶手或衬垫支撑下，是否可以长时间执行称量任务？

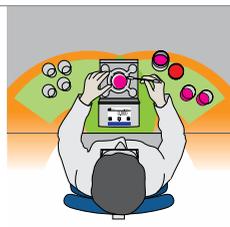


优化建议

- 评估带有特殊扶手的称量台

落座式工作场所

您是否需要弯腰或过度弯曲身体来取材料？工作物件是否近在咫尺（最大 45 cm）？



优化建议

- 将工具和用品放置在 10-45 cm 的范围内
- 提供工具组织者、转盘工作站、存储柜、移液器支架和旋转支架



站立式工作姿势

使用期间，天平的位置是否能使头部、颈部、肩部和手臂姿势保持自然？

优化建议

- 重新放置天平
- 使用天平显示屏支架

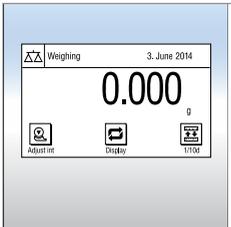


显示屏视角

天平显示屏是否位于水平视线以下 15-35° 处？

优化建议

- 调整角度以缓解颈部/眼部疲劳
- 将显示屏放在支架上



显示屏的尺寸

您是否能从各个角度轻松地读取显示屏上的数字？显示数字能否在必要时进行放大？

优化建议

- 调节显示屏角度、亮度和对比度
- 使用具有大数字显示屏的天平
- 使用电脑阅读眼镜应对长时间的称量过程

静电

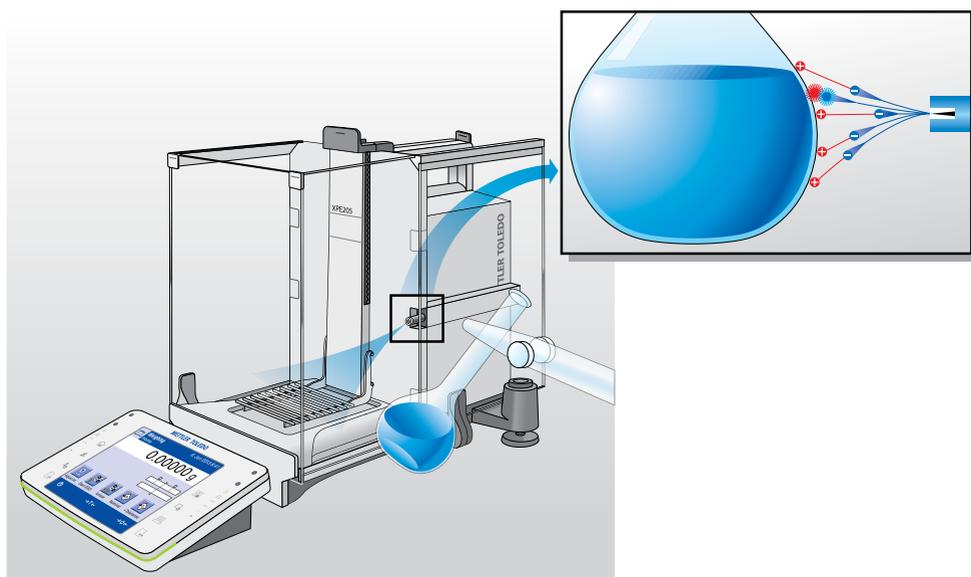
问题

每次称量都会有不同的结果。称量显示值不稳定。称量结果的重复性差。

可能原因

您的称量容器或样品可能带有静电。玻璃、塑料、粉末或者颗粒物等低导电率材料无法轻易排除这些静电，而这些静电往往需要数分钟或数小时才会消散。干燥空气（相对湿度低于40%）更易产生静电。

静电力会作用于样品、容器与环境之间，因此产生称量误差。



实验

在湿度 <40% 的情况下，一只由呢绒轻微摩擦的干净玻璃或塑料容器非常明显地显示出了这种效应。

纠正措施

- 增加空气湿度：

静电在冬季供暖房中尤为常见。如果是空调房，可通过空调设置来增加湿度（相对湿度在 45 % - 60 % 之间）

- 消除静电力（法拉第效应）：

将称量容器放在金属容器内

- 使用其他称量容器：

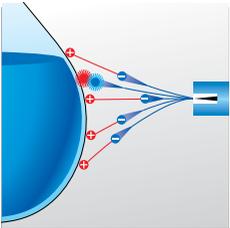
塑料和玻璃产生静电快，因此不适合用作称量容器的材料。金属是理想的材料

- 使用去静电组件



提示：易巧去静电组件可高效去除静电。

注意：天平和秤盘应该保持光滑的状态。梅特勒-托利多的产品中，具有三针脚电源插头的天平都是经过自动打磨的。



磁性

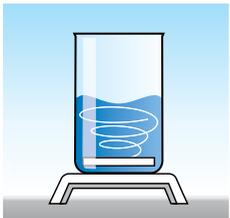
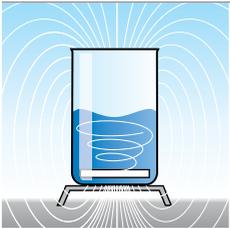
问题

样品质量取决于样品在秤盘上的位置。称量的重复性差，但是读数稳定。

可能原因

称量的样品是磁性物质。所产生的其他力被误认为是加载。实际上，所有铁制（钢制）物品都十分容易导磁（铁磁）。

几乎所有由铁（钢）制成的物体对磁力高度导磁（铁磁）。

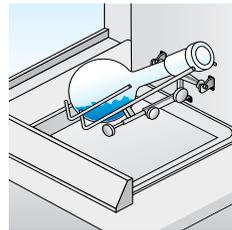


纠正措施

如有可能，可将样品置于由 μ 金属膜包裹的容器中，消除磁性。由于磁性会随着距离拉远而减弱，因此可借助非磁性支架（例如：烧杯或铝制支架）使样品与秤盘保持距离。此外，在天平下使用秤钩也具有同样的效果。梅特勒-托利多使用非磁性材料以尽量减少磁性影响。梅特勒-托利多尽可能地使用非磁性材料将这种效应减小至最低程度。

- 提示：如想使用精密天平测量具有平均尺寸与较大尺寸的磁铁时，我们建议您使用“MPS 秤盘”（磁性防护系统）。对于 XSE 和 XPE 系列天平，我们提供特制的 ErgoClips 易巧称量组件来减小磁性。对于 SE 与 XPE 系列中的天平而言，我们提供用于此目的的专用 "ErgoClips"。

用于 XPE 和 XSE 天平的易巧烧瓶去皮容器支架。



空气浮力

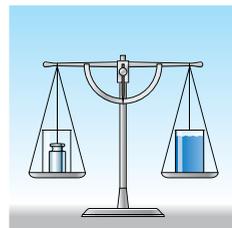
影响

样品在空气中和真空中的称量结果是不一样的。

原因

物体所减少的重量等于其所取代介质的重量（阿基米德原理）。这一原理解释了船只漂浮，热气球升空以及样品受气压影响的原因。

围绕在我们周围的介质是空气。空气的密度约为 1.2 kg/m^3 （取决于温度与大气压力）。因此可得出样品（物体）的浮力为 1.2 kg/m^3 。





实验

将一个 100 克重的校准砝码放置在一个杠杆式天平上的烧杯中，然后向位于另一个秤盘上的相同烧杯内加水，直至称量杠杆处于平衡状态，在空气中称量两个样品，两者具有相同的称量结果。

然后，使用一个钟形玻璃罩将杠杆式天平封闭，并在其内部形成真空。由于体积更大，水排开的空气更多，因此称量杠杆会向有水的一边倾斜。由此可见，水受到的浮力更大。在真空中，不存在任何浮力。

参考质量水

空气中重量	100 g	100 g
密度	8000 kg/m ³	1000 kg/m ³
量程	12.5 cm ³	100cm ³
浮力	15 mg	120 mg
真空中重量	100.015 g	100.120 g

纠正措施

使用密度为 8.0 g/cm³ 的参考砝码校正天平的灵敏度。对于高准确度的称量要求，显示质量也会相应地进行调整。在进行具有高度测量精确性的称量时，应当相应校正所显示的重量。

在较长的时间内进行称量时（差重称量、对比称量），检查大气压力、大气湿度与温度并且按下列说明计算空气浮力校正值：

准确确定称量校品质量的程序

1. 计算空气密度

$$\rho_a = \frac{0.348444 p - h(0.00252 t - 0.020582)}{273.15 + t}$$

ρ 空气密度（单位：kg/m³）

P 大气压力（单位：hPa (= mbar)）（在称量端使用气压位于称量站）

h 相对空气湿度（单位：%）

t 温度（单位：°C）

2. 确定校品的质量（校正空气浮力）

$$m = \frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_c}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho}} W$$

m 质量

a 空气密度（单位：kg/m³）

ρ 称量校品的密度

c 常规物体密度 (8000 kg/m³)

w 称量值（天平显示值）

示例

天平显示值 200,000 g

大气压力 1018 hPa

相对大气湿度 70%

温度 20 °C

称量校品的密度 2600 kg/m³

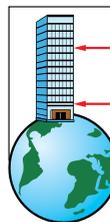
$$\rho_a = \frac{0.348444 \cdot 1018 - 70 (0.00252 \cdot 20 - 0.020582)}{273.15 + 20} = 1.2029 \text{ kg/m}^3$$

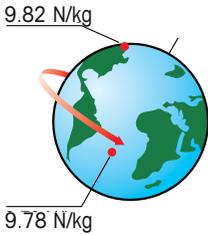
$$m = \frac{1 - \frac{1.2029 \text{ kg/m}^3}{8000 \text{ kg/m}^3}}{1 - \frac{1.2029 \text{ kg/m}^3}{2600 \text{ kg/m}^3}} 200 \text{ g} = 200.0625 \text{ g}$$

重力

含义

当海拔高度改变时，称量结果不同。例如，当称量点的高度增加 10 米时（例如：从建筑物的一楼移至四楼），重量显示值将改变。





解释

如想确定物体的重量，天平测量位于地球与称量品之间的重量作用力（即引力）。此力主要取决于位置的纬度和海拔高度（与地球表面的距离）。

定理如下：

1. 物体距离地球表面越远，则作用于其之上的重力越小。重量随着距离的增加而减小。

$$F_G = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

2. 位置距离赤道越近，则因地球自转而产生的离心加速度越大。离心加速度抵消引力（重力）。两极距离赤道最远，最接近地心。因此在两极，对质量的作用力最大。

示例

如果 200 克的重量在一楼准确显示为 200.00000 克，则在四楼（高出 10 米）的重量为：

$$200 \text{ g} \frac{r_{\text{地线}}^2}{(r_{\text{地线}} + \Delta)^2} = 200 \text{ g} \frac{(6\,370\,000 \text{ m})^2}{(6\,370\,010 \text{ m})^2} = 199.99937 \text{ g}$$

纠正措施

任何时候当移动或首次使用天平之前，应使天平水平并对其进行调节。

提示：内置“FACT”自动校准技术的天平可自动进行校准。梅特勒-托利多的 XSE/XPE 系列天平将“FACT”作为标准配置。

5. 称量技术术语

可读性

天平的可读性是指两个显示测量值之间的微小区别。当使用数字显示屏时，这是指最小的数值增量，又称为“天平分度值”。

不同类型的天平具有不同的可读性（或分度值）

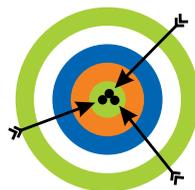
超微量天平	1d ¹⁾ =	0.1 µg	= 0.0000001 g	7 位数
微量天平	1d =	1 µg	= 0.000001 g	6 位数
半微量天平	1d =	0.01 mg	= 0.00001 g	5 位数
分析天平	1d =	0.1 mg	= 0.0001 g	4 位数
精密天平	1d =	1 g 至 1 mg	= 1 g 至 0.001 g	0 至 3 位数

1d¹⁾ = 1 位数 = 1 个数值增量

提示：梅特勒-托利多的“DetailRange”和“DualRange”系列天平具有不同的可读性，因此可为您的实验室提供更高的称量灵活性。

准确度

准确度是描述测试结果与参考值相匹配程度的一种定义，其中，参考值是指依据定义、协议而来的纠正值或预期值。参考 [DIN² 55350-13]。



总结来看：天平的显示数值十分接近于样品的实际质量。

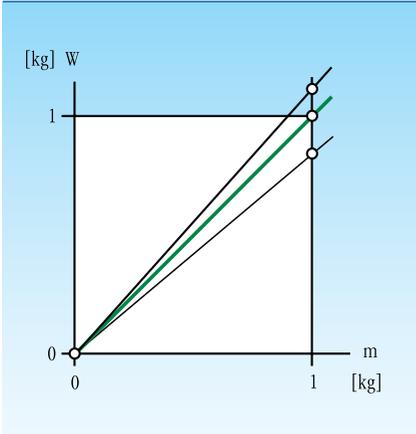
测试砝码的准确度等级

按照 OIML³⁾ R111 砝码等级分类，确保每种砝码的重量允差以及表面抛光度与此国际标准一致。www.oiml.com

² DIN 德国标准化协会

³ OIML 国际法制计量组织

作为检测、测量和测试设备管控的一部分，质量管理标准要求
在定期标定天平时，使用可溯源的砝码。为此，必须使用具有相应准确度等级并且通过认证的砝码。



在标称范围为 1kg 的天平上称量值 W 与载荷 m 之间的灵敏度。中间线显示具有正确灵敏度的天平的特性曲线（斜率）。上方特性曲线斜率过大（灵敏度过高，这是出于演示的目的而故意将其夸大），而下方曲线则斜率不足。（灵敏度太低）。

灵敏度

测量仪器的输出变量值除以输入变量值 ([VIM] 5.10)⁴

对于天平而言，灵敏度就是称量数值 ΔW 除以负载值 Δm ：

$$S = \frac{\Delta W}{\Delta m}$$

灵敏度是天平最重要的技术参数之一。

温度和灵敏度

灵敏度取决于温度。温度对灵敏度的影响程度取决于测量值因环境温度变化而产生的可逆性漂移。这由灵敏度的温度系数（TC）测得，与每摄氏度的显示重量（或者校品重量）偏差百分比一致。例如：使用 XPE 天平时，灵敏度的温度系数为 0.0001 %/°C。

这意味着，当温度变化 1 °C 时，灵敏度变化 0.0001 %（或百万分之一）。

温度系数的计算方法如下：

$$TC = \frac{\Delta S}{\Delta T} = \frac{\frac{\Delta R}{m}}{\Delta T} = \frac{\Delta R}{m \Delta T}$$

在该等式中， ΔS 为灵敏度变化值， ΔT 为温度变化值。灵敏度变量 ΔS 等于结果变量 ΔR 除以称重荷重 m 或者去皮重后的校品重量。利用这一信息，可通过重新排列上述等式计算在一定温度变化条件下测量结果的偏差。

对于显示值，我们可得出：

$$\Delta R = (TC \Delta T) m$$

如果您在 XPE/XSE 分析天平上对 100 克的荷重（校品重量）进行称量，并且实验室的环境温度自上一次校准之后变化 5°C ，则在最差的情况下可得出以下最大结果变化值 ΔR （XP 的温度系数为 $0.0001\% / ^\circ\text{C}$ ）：

$$\Delta R = (TC \Delta T) m = (0.0001\% / ^\circ\text{C} \cdot 5^\circ\text{C}) 100 \text{ g} = 0.5 \text{ mg}$$

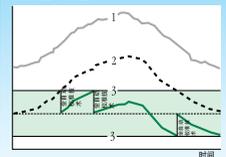
反之，如果负载为 100 mg，即减轻 1000 倍，则最大偏差同样会相应减小，仅为 $0.5 \mu\text{g}$ 。

全自动校准技术

这是“全自动校准技术”的缩略语。灵敏度的自动调节取决于天平的类型和线性。任何时候当超出既定温度变化值时将触发该校准操作。

在天平生产过程中，内置砝码通过“初级校准”来符合国际测量标准，过程可追溯。在这一过程中，通过将一个经过认证的砝码放置在天平上以及将数值存储在天平中以标定内部砝码的质量。

温度/显示误差

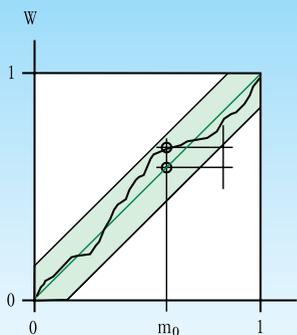


proFACT

这是对灵敏度的进一步自动调节。这需要进一步调节灵敏度。



提示：XSE和XPE分析天平具有两个内置砝码。也就是说，天平在校准过程中既有对灵敏度的测试也有对非线性的测试（见下）。



线性（非线性）

表示天平在遵循荷重 m 与显示值 W （灵敏度）之间线性关系方面的能力。在这里，假定特征称量曲线为一条位于零与最大荷重之间的直线（请见：灵敏度）。

非线性定义测量值与理想特征曲线出现正负偏差所在频带的宽度。

例如：对于梅特勒-托利多 Excellence Plus 分析天平 XPE205 而言，在 200 克的整个称量范围内，与特征曲线线性的最大偏差为 ± 0.15 毫克。

重复性

重复性是指在相同测量条件下，天平对两个相同负载进行反复称量后，可提供相同结果的能力（[OIML⁵ R 76 1] T.4.3）

必须由同一名操作人员使用相同的称量方法在相同秤盘支架上的相同位置、相同的安装位置、恒定的环境条件下以及在不中断的情况下进行一系列测量。

一系列测量的标准偏差为表达重复性的方式。

尤其在使用高分辨率的天平时，重复性程度不仅仅取决于天平的性能。可能还受环境条件（气流、温度变化、振动），称量样品和人员操作的影响。

下列示例是可读性 0.01 毫克的半微量天平进行的一系列典型测量。

$x_1 = 27.51467 \text{ g}$	$x_6 = 27.51467 \text{ g}$
$x_2 = 27.51466 \text{ g}$	$x_7 = 27.51467 \text{ g}$
$x_3 = 27.51468 \text{ g}$	$x_8 = 27.51466 \text{ g}$
$x_4 = 27.51466 \text{ g}$	$x_9 = 27.51468 \text{ g}$
$x_5 = 27.51465 \text{ g}$	$x_{10} = 27.51467 \text{ g}$

现在让我们一起来确定这一系列测量的平均值与重复性。

平均值：

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

x_i = 这一系列测量的 i -th 结果

n = 测量（称重）次数，通常为 10

平均值 $x = 27.514667 \text{ g}$ 。

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

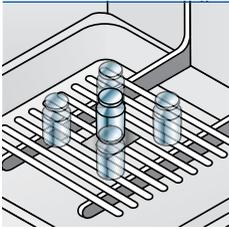
标准偏差“ s ”用于表示重复性“ t ”。最后，得出这一系列称量的重复性为 $s = 0.0095 \text{ mg}$ 。

测量结果的不确定度约为重复性 2到3倍 $2s \leq u \leq 3s$ ，即：真实值“ x ”位于不确定度的区间里面 $x - u < x < x + u$

在我们的系列测量中， $u \approx 2s \approx 2 \times 0.01 \text{ mg} = 0.02 \text{ mg}$ ，这样我们可以通过 $x \pm u = 27.51467 \text{ g} \pm 0.02 \text{ mg}$ 得出称量结果。因此，使用上述称量系列中的天平，预测出称量品的最小值为 27.51465 g ，最大值为 27.51469 g ，与系列测量值一致。

可追溯性

测量结果的有效性涉及到国际或国家适用标准（通过不断对比列明的测量不确定度）（[VIM]⁶）。用于质量测量的普通砝码件需可追溯至上级标准。



偏载荷的正式名称为：“偏载误差”

偏载误差

测量偏差来源于未把称量品放置在中心位置（偏心）。偏载误差与样品质量和偏离中心的距离成正比。

如果把相同的载荷放置在秤盘的不同位置，天平读数依然不变，则表示该天平没有偏载误差。鉴于此，使用高精度天平时，务必确保称量校品始终准确位于中部。

可再现性

在以下所列的不同条件下进行独立称量，所获得的称量值之间的近似度：

- 测量过程
- 用户
- 测量仪器
- 测量位置
- 使用条件
- 时间

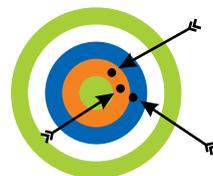
⁶ VIM 国际通用计量学基本术语

精度

测量的重复性的定性术语。

在规定的条件下进行独立称量所获得的值之间的一致性程度 ([ISO⁷ 5725] 3.12)。

精度仅取决于随机误差的分布，与测量变量的实际值（准确度）无关。



备注

只有当出现多个测量值时方可评估精度。

测量不确定性

一个与测量结果相关的参数，表示发生结果离差是可被认为是合理的测量变量 ([VIM]⁸ 3.9)

测量不确定性通常用标准不确定性 u 或扩展测量不确定性 U （可靠区间）来表示。GUM⁹ 包含有关确定测量不确定性的方法说明。根据 GUM 说明，当二次误差相互不影响时，测量不确定性通过计算二次误差的总和获得。

注意

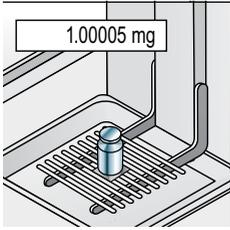
有许多测定测量不确定性的方法。在制药行业，通常使用 USP 标准。ISO 标准是一种可选方法。后者对应于 GUM 方法。

提示：在大多数国家/地区当中，梅特勒-托利多服务中心会按照客户的需求对不确定度性进行上门测试。

⁷ ISO 国际标准化组织

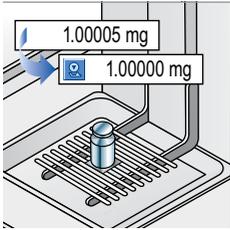
⁸ VIM 国际通用计量学基本术语

⁹ GUM 测量不确定性指南



校准

测定测量值与不同条件下的实际称量值之间的偏差。



校正

校正测量值与实际值之间的偏差。

6. GWP® - 称量标准

GWP®
Good Weighing Practice™

GWP® 由梅特勒-托利多专属开发，它是全球唯一对称量系统整个生命周期进行高效管理的科学标准。所有基于 GWP® 的服务和产品都与您的具体需求密切相关：从选择正确的称量仪器，到相应的验证过程。



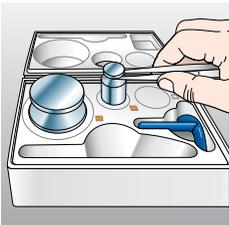
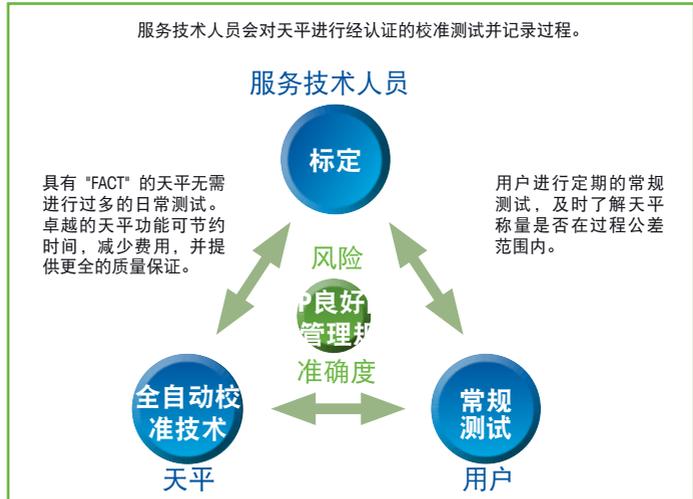
GWP® 设计符合瑞士的精确性和品质要求，并且适用于全球所有市场，为您的产品安全和质量保驾护航。现行的所有称量质量标准正在逐一满足，梅特勒-托利多将助您将它们纳入高效称量管理规范中。借助 GWP®，您会获得一致的称量准确性，符合审核要求，有效控制成本。

GWP® 性能验证为您解答以下几个问题

- 什么是良好称量管理规范？
- 应如何测试天平？
- 进行日常测试和校准的频率是多少？
- 如何尽量减少测试时间和成本？

建议由授权维护工程师对实验室天平进行定期维护和校准，以确保称量结果始终准确一致。预防性维护也有助于延长天平的使用寿命。

在维护服务间隔期间，GWP® 建议使用经过校准的外部砝码进行日常测试。



您可使用 "CarePac" 砝码组获得始终如一的安全保障。

- ! 提示：在进行这些日常测试时，务必使用适当的测试砝码。梅特勒-托利多使用 "CarePac" 砝码组为用户进行可靠测试。此砝码组依照 GWP® 准则而定制，含有正确的砝码、测试公差、称量镊子、手套与测试说明书。

▶ www.mt.com/carepacs

有关 Good Weighing Practice™ 的详细信息，您可登陆：

▶ www.mt.com/GWP。

7. 关键词索引

C

测量不确定性	31
测试砝码的准确度等级	25
称量标准	33
称量容器	11
称量室	6
称量术语	25
称量台	6
秤盘	10
重复性	30
磁性	20

D

打开	8
待机	8
读数	9

G

GWP®	33, 34
光线	7

H

回零/去皮	9
-------	---

J

校正	9, 32
校准	32
精密度	31
静电	19

K

可读性	25
可追溯性	30

空气浮力	21
空气湿度	7

L

灵敏度	26
-----	----

P

偏载误差	30
------	----

Q

气流	13
全自动校准技术	27

R

人体工程学设计	17
---------	----

S

StatusLight 状态指示灯	10
实验室	6

T

调节水平	8
------	---

W

温度	7, 14
温度灵敏度	26

X

吸湿	16
线性（非线性）	28

Z

重力	23
专业级全自动校准技术	28
准确度	25

8. 梅特勒-托利多本地办事处地址

奥地利	Mettler-Toledo GmbH , A-1230 Wien 电话: (01) 604 19 80, 传真: (01) 604 28 80
澳大利亚	Mettler-Toledo Ltd. , Port Melbourne, Victoria 3207 (03) 9644 57 00, 传真: (03) 9645 39 35
巴西	Mettler-Toledo Ltda. , 06455-000 Barueri/São Paulo 电话: (11) 4166-7400, 传真: (11) 4166-7406
比利时	Mettler-Toledo s.a. , B-1932 Zaventem 电话: (02) 334 02 11, 传真: (02) 334 03 34
波兰	Mettler-Toledo, Sp. z o.o. , PL-02-822 Warszawa 电话: (22) 545 06 80, 传真: (22) 545 06 88
丹麦	Mettler-Toledo A/S , DK-2600 Glostrup 电话: (43) 270 800, 传真: (43) 270 828
德国	Mettler-Toledo GmbH , D-35353 Giessen 电话: (0641) 50 70, 传真: (0641) 507 128
俄罗斯	Mettler-Toledo C.I.S. AG , 101000 Moskau 电话: (495) 651 98 86, 传真: (499) 272 22 74
法国	Mettler-Toledo SAS , F-78222 Viroflay 电话: (01) 3097 17 17, 传真: (01) 3097 16 16
哈萨克斯坦	Mettler-Toledo Central Asia , 050009 Almaty 电话: (07) 727 2980833, 传真: (07) 7272980835
韩国	Mettler-Toledo (Korea) Ltd. , Seoul 137-130 电话: 82-2-3498-3500, 传真: 82-2-3498-3555
荷兰	Mettler-Toledo B.V. , NL-4004 JK Tiel 电话: (0344) 638 363, 传真: (0344) 638 390
加拿大	Mettler-Toledo Inc. , Ontario, Canada 电话: 800-METTLER, 传真: (905) 681-8036
捷克共和国	Mettler-Toledo, spol. s r.o. , CZ-100 00 Praha 10 电话: 272 123 150, 传真: 272 123 170
克罗地亚	Mettler-Toledo, d.o.o. , HR-10000 Zagreb 电话: 01 29 58 130, 传真: 01 29 58 140
马来西亚	Mettler-Toledo (M) Sdn. Bhd. , 40150 Selangor 电话: +60-3-7844 5888, 传真: +60-3-784 58 773
美国	Mettler-Toledo, LLC , Columbus, OH 43240 电话: 800-METTLER, 传真: (614) 438 4900
墨西哥	Mettler-Toledo S.A. de C.V. , México C.P. 06430 电话: (55) 55475700, 传真: (55) 55472128
挪威	Mettler-Toledo A/S , N-1008 Oslo 电话: 22 30 44 90, 传真: 22 32 70 02

日本	Mettler-Toledo K.K. , Tokyo 110-0008 电话: (3) 58155155, 传真: (3) 58155525
瑞典	Mettler-Toledo AB , S-12008 Stockholm 电话: (08) 702 50 00, 传真: (08) 642 45 62
瑞士	Mettler-Toledo (Schweiz) GmbH , CH-8606 Greifensee 电话: (044) 944 47 60, 传真: (044) 944 45 10
斯洛伐克	Mettler-Toledo , SK-83103 Bratislava 电话: (02) 4444 12 20-2, 传真: (02) 4444 12 23
斯洛文尼亚	Mettler-Toledo, d.o.o. , SI-1261 Ljubljana – Dobrunje 电话: (01) 547 4900, 传真: (01) 542 0252
泰国	Mettler-Toledo (Thailand) Ltd. , Bangkok 10320 电话: 66-2-723 0300, 传真: 66-2-719 6479
土耳其	Mettler-Toledo Turkey , Istanbul 电话: (90) 216 400 20 20, 传真: (90) 216 400 20 00
西班牙	Mettler-Toledo S.A.E. , E-08908 Barcelona 902 32 00 23, 传真: 902 32 00 24
新加坡	Mettler-Toledo (S) Pte. Ltd. , Singapore 139959 电话: 65-6890 0011, 传真: 65-6890 0012
匈牙利	Mettler-Toledo Kft. , H-1139 Budapest 电话: 06 1 288 4040, 传真: 06 1 288 4050
意大利	Mettler-Toledo S.p.A. , I-20026 Novate Milanese 电话: (02) 333 321, 传真: (02) 356 29 73
印度	Mettler-Toledo India Pvt Ltd , Mumbai 400 072 电话: (22) 4291 0111 传真: (22) 2857 5071
英国	Mettler-Toledo Ltd. , Leicester, LE4 1AW 电话: (0116) 235 70 70, 传真: (0116) 236 6399
越南	Mettler Toledo Vietnam LLC. , Ho Chi Minh City 电话: +84-8-3551 -5924, 传真: +84-8-3551 -5923
中国	梅特勒-托利多中国上海 200233 电话: (21) 6485 04 35, 传真: (21) 6485 33 51
中国台湾	梅特勒-托利多股份有限公司台湾分公司 , 台北市 电话: (2) 2657 8898, 传真: (2) 2657 0776
中国香港	梅特勒-托利多 (香港) 有限公司 , 九龙 电话: (852) 27441221, 传真: (852) 27446878
对于所有其他国家/地区	梅特勒-托利多集团 Laboratory Weighing, Im Langacher 44, CH-8606 Greifensee 电话: +41-44-944 22 11, 传真: +41-44-944 31 70

从我们的专业知识中获益

梅特勒-托利多凭借数十年的实验室称量经验，为您提供各种在线学习资源。我们利用专业知识提高您的称量技能，帮助您充分利用天平。请阅读我们网页上的一系列相关材料。



视频

视频以简单的方式展示出天平的使用方法和称量解决方案。例如：

- 防静电解决方案
- 方便清洁
- 易巧称量组件

▶ www.youtube.com/mtlaboratory



白皮书

我们科学的白皮书内包含不同主题的丰富信息，例如：

- GWP – 科学称量
- 天平的安全特性
- 防静电技术
- 数据完整性

▶ www.mt.com/balances



应运而生的网络讲座/在线学习课程

直接与我们的称量专家和客座嘉宾交流。注册简单对于新手，我们建议：

- 尽可能地减少超差错误
- 良好称量管理规范

▶ www.mt.com/webinars

▶ www.mt.com/lab-elearning

www.mt.com

访问网站，了解更多信息

梅特勒-托利多

上海市桂平路 589 号/江苏省常州市新北区太湖西路 111 号

电话：4008878788

传真：021-64853351

E-mail: ad@mt.com

11793167A

如遇技术更改，恕不另行通知

© 02/2015 Mettler-Toledo AG

瑞士印制



* 1 1 7 9 3 1 6 7 *