

密度测量指南



良好的密度测量
管理规范

提示与技巧

如何获取最佳结果 日常密度测量

METTLER TOLEDO

获得最佳密度测量结果



您知道吗? 样品中一个直径为 1 mm 的气泡可能会对密度测量结果带来 0.000052 g/cm³ 的误差。0.01 °C 的温度变化可能会对密度的测量带来 0.00011 g/cm³ 的误差。现代化的数字仪器非常易于使用, 能够以很高的准确度测定液体的密度 – 然而, 高分辨率的仪器并不能保证准确的结果。

确保准确的密度测量结果需要采取有效的方法以避免整个工作流程过程中的不准确性。本文档解释了在测量液体的密度、比重和浓度时应采取哪些预防措施来防止错误并获得最佳结果。

目录

1	确定样品类型	3
2	测试密度计	5
3	防止进样错误	7
4	测量和记录结果	9
5	清洁测量单元	11
6	校正密度计	13
7	自动执行工作流程	15
8	常见问题解答	16

1 确定样品类型

开始测量之前，务必根据样品类型了解要采取的必要预防措施。

粘性样品

测量粘性样品时要特别小心，确保将样品加入测量池时不包含气泡。可以首先将样品在封闭容器中进行加热，然后将其静置几分钟时间，来达到上述目的。这样会降低样品的粘度，让气泡更容易逸出。

测量粘性样品时要注意的另外一点是，将粘性样品加入测量池时产生的剪切力。剪切力可能导致结果不准确：密度计显示的密度值通常会过高。某些密度计 – 包括梅特勒-托利多超越系列密度计 – 有一个“粘度修正”选项，能够考虑粘度测量误差，提供自动修正后的结果。如果您的仪器上有此粘度修正选项，请始终保持开启状态，以便对于粘度大于 25 mPa·s 的样品获得最高的准确度。



在梅特勒-托利多 SC1 和 SC30 自动进样器上可对粘度高达 36,000 mPa·s (类似于蜂蜜的粘度) 的样品进行自动测量。此类自动化设备的带加热版本 SC1H 或 SC30H 甚至可用于粘度更高的样品，甚至是室温下为固体状态的样品，如石蜡。

腐蚀性样品

确保与样品接触的所有部件都是防腐的！

如果测量的是高浓度酸或碱（例如， H_2SO_4 、 HCl 、 NaOH ），必须在测量后马上用大量水冲洗测量池，避免过热导致测量池受到损伤。

对于腐蚀性很高或有毒样品的日常测量，建议使用自动化装置 – 如使用梅特勒-托利多 SC1 或 SC30 自动化装置 – 以最大程度减少与此类危险物质的接触。

由于最大程度减少了这些物质的处理，且防止了物质蒸发到空气中，因此可更好地保证职业安全性。测量强氧化酸（如高浓度 HNO_3 ）时，为了防止腐蚀，可以为 SC1 或 SC30 配备特制的哈氏合金 (Hastelloy) 针 (C22)。



挥发性样品

在测量时，样品脱气可能会形成气泡。气体在液体中的溶解性通常会随温度的升高而降低。因此，需要进行脱气的样品（例如含有溶解丁烷的冬季汽油）应在加入测量池之前冷却至测量温度以下（例如储存在冰箱中），装满在封闭的瓶子中进行存储。此外，应始终在正压下将这种样品加入测量池，因为有些进样泵吸入样品时，会有因为负压引入气泡的风险。梅特勒-托利多 SC1 和 SC30 自动化装置适用于使用加压方式进样此类样品。

溶解了气体的样品

溶解了气体的样品（如碳酸软饮料）在测量之前必须进行脱气。否则获取的结果会不正确。

为了去掉软饮料等样品中的 CO₂，需将样品搅拌几分钟，直到没有气泡或使用滤纸。梅特勒-托利多 InMotion 自动进样器将气流和搅拌器直接作用于烧杯中，可在测量之前对碳酸饮料进行脱气。

为了去除溶解的空气，我们还有其他技术方法。可以将纯净的有机溶剂放在超声波槽中几分钟。对于其他样品，可以煮沸几分钟，去除溶解空气。

例如：在大约 35–40 °C 的温度以测量水时，通常会由于溶解的空气发生一些问题。为了防止这种情况，将水煮沸至少 10 分钟，保持沸腾直至使用，并在依然热的状态下将其加入测量池，以便测量池能将样品冷却至少 1 °C。

非均匀样品/悬浮液

如果让溶液或悬浮液静置，则固体材料可能会沉淀或形成浓度梯度。所以，在采样前先使样品搅匀。确保在搅拌过程中未产生气泡。梅特勒-托利多 InMotion 自动进样器可用于在测量之前在烧杯中对样品进行搅拌。这样会使得样品质地均匀，防止沉淀。

如果必须测量悬浮液，则通常无法完全让样品均匀（如番茄酱或冰淇淋）。在此类情况下，应多次重复测量，计算各次测量的平均值来获取准确的结果。使用梅特勒-托利多超越系列密度计时，如果执行以下操作，测量非均匀样品或悬浮液会变得更加简单：

- 采用“中等”测量可靠性，或固定测量持续时间。
- 使用多次测量功能来帮助您获具有重复性的数值



2 测试密度计

在测量液体密度之前，重要的是通过测量精确已知密度的样品（例如蒸馏水或标准品）来定期验证系统的测量准确度，这被称为测试，校验或检查。完成检查或测试之后，将测得的密度值与样品的已知标称值相比较。

测试 (校验)

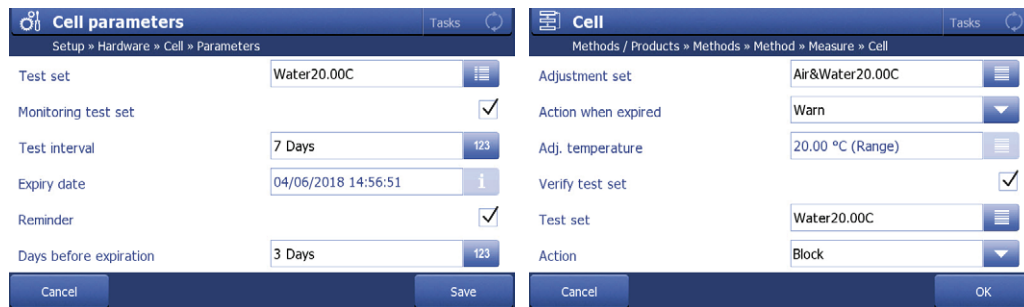
多久一次？

在每次分析之前，应检查测量池是否完全清洁干燥。通过测量空测量池的值即可轻松完成此步骤。如果该值等于空气值（20 °C 时 0.001205 g/cm³），则可以保证下一个样品测量无污染。只需单击一次梅特勒-托利多密度计上的“测量池测试”快捷方式，即可轻松完成此步骤。

建议每天用水完成一次密度计测试（20 °C 时 0.998203 g/cm³）。此日常测试应每天进行一次，以保证仪器没有出现漂移。

建议您在频次较少的情况下（比如每周、每月或甚至每年一次 – 取决于质量保证要求），在测量范围内进行认证标准品的测试，以检查样品密度值附近的测量准确度。

梅特勒-托利多超越系列密度计能够设置定期的测试的方法功能，并自动提醒操作员。该方法功能可设置为再次提醒操作人员进行测试或者在定义的间隔过期后禁止使用仪器。



使用什么物质？

一些较容易得到且稳定的溶剂，如去离子水、分析级甲苯或类似溶剂均可以使用。

日常测试最常用的测试物质是去离子水，因为几乎每个实验室都有，纯度高且可再生。可能需要将其煮沸来脱气。

也可使用经认证和可追溯的标准品在更长的间隔内(如每月或每年一次)进行测试，来保证质量和可追溯性。

梅特勒-托利多提供不同范围的（密度和折光率）认证标准品：

- 水 (0.99... g/cm³; nD 1.33...)
- 十二烷 (0.75... g/cm³; nD 1.42...)
- 2,4-二氯甲苯 (1.25... g/cm³; nD 1.55...)
- 1-溴萘 (1.48... g/cm³; nD 1.66...)



允差如何设定?

以下指南会有助于定义合理的允差, 以避免因允差太严格而导致频繁出现错误消息。

- 对于去离子水(水的不确定度通常未知), 应将允差定义为仪器分辨率的两倍与操作员重复性之和(如果同时使用去离子水来进行校正, 测量池的非线性已设置为零)
 - 切勿低于该范围, 否则存在经常产生假性允差测试失败的高风险, 该故障会由内部四舍五入的计算导致。但一般情况下, 应根据仪器分辨率和操作员重复性结果之和来尽可能缩小该值范围。
 - 示例: D4 超越系列密度计的分辨率为 0.0001 g/cm^3 ,
操作员重复性 = 0.00005 g/cm^3 (操作员连续测量同一样品 3 次所得到的标准偏差。如果操作员操作正确, 则所得标准偏差不应超过仪器标准偏差四舍五入后的值)。
允差 = $(2 \times \text{仪器分辨率}) + \text{操作员可重复性} = 0.0002 \text{ g/cm}^3 + 0.00005 \text{ g/cm}^3$
→ 向上四舍五入到 $\pm 0.0003 \text{ g/cm}^3$ 的允差。
- 使用经认证的有机标准品时, 该标准品通常具有较高的温度系数(密度随温度变化而异), 所以请考虑仪器的温度误差。因此, 一般情况下, 必须将以下四个要素相加得出允差, 以避免设定过于严格的允差: 标准品的不确定度、仪器的误差范围、温度误差和重复性。
 - 示例: 经认证的 2,4-二氯甲苯标准品, 其标准值如下:

温度	密度 [g/cm^3]
15 °C	1.25477 ± 0.00003
20 °C	1.24954 ± 0.00003
25 °C	1.24432 ± 0.00003

仪器 = D5 超越系列密度计, 分辨率为 0.00001 g/cm^3 , 误差限值为 0.00005 g/cm^3 (标准品的密度范围), 温度误差限值为 0.02 °C 。

(a) 标准品的不确定度: ± 0.00003

(b) 仪器误差限值: ± 0.00005

(c) 温度误差: ± 0.00002

→ 0.02 °C (温度误差限值) * $0.00105 \text{ g/cm}^3/\text{°C}$ (基于标准液不同温度下的给定密度计算的
 $\alpha = 1.25477 - 1.24432 \text{ g/cm}^3 / 25 - 15 \text{ °C}$)

(d) 操作员可重复性 ± 0.00001 (示例, 必须确定)

允差 = 4 个要素之和 = $\pm 0.00011 \text{ g/cm}^3$

这仅是一个示例, 允差的具体值必须针对标准品和仪器的每个组合进行计算。经认证的标准品的允差可能会比仪器分辨率的 2 至 5 倍还大, 比如使用您实验室的去离子水进行测试时。

如果测试未通过怎么办?

如果使用已知标准品测试仪器时所得值与预期(真实)值之差大于所定义的允差, 则执行以下操作:

1. 检查是否使用了正确的物质, 例如去离子水是否纯净新鲜。
2. 彻底清洁测量池, 并使其在最后干燥完全(参阅第 5 章: 清洁密度计)。
3. 测量空气密度值并验证是否正确, 例如, 仪器在彻底清洁而且干燥的情况下。
4. 重新测试。
5. 如果测试持续失败, 在每个测试中得到不同结果, 则应当更加认真地继续清洁, 尽量使用更有效的清洁剂和时间更长的清洁循环, 直到测试值和空气测量值达到重复性要求。**仅当测试重复失败, 且结果相同时, 才应该进行新的校正。例如, 如果测试重复失败, 三次的错误值为 0.88170 g/cm^3 。**参见第 6 章: 校正密度计。

3 防止进样误差

使用注射器

使用注射器进行手动样品处理始终取决于操作员，这意味着它易于出错，难以复制且耗时。确保操作员接受过适当的培训，并以可重复的方式注入样品。

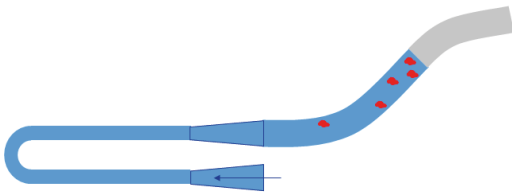


使用配有橡胶 O 型圈的 3 组件注射器，与便宜的 2 件式注射器相比，可更好地控制速度。

我们建议“过填充”测量池至少 10cm。如果测量池不过度填充，则可能存在的污染，导致测量结果不正确（参见下面的内容）：



通过将测量池“过填充”至少 10cm，则可以确保任何污染都被去除 – 进一步确保只有新样品留在测量池中。



缓慢地将样品注入测量池（每秒钟 5–10-cm），以确保测量池壁完全湿润（壁上不会残留气泡）。

确保注射器中没有残留空气。缓慢而连续地推动活塞，不要停止。对于梅特勒-托利多卓越系列密度计，专用的注射器支架便于进样时的操作，防止气泡（注射器中出现气泡）。

自动进样

自动进样系统将确保测量池以正确的速度填充并具有可重现性，不受操作员和样品影响。

采用梅特勒-托利多 SC1 和 SC30 自动化装置时，甚至可以向测量池中填充粘度非常高的样品（例如，高粘度油、乳膏、粘性改良剂、糖浆或液体蜂蜜）。在所定义的产品或方法中，可以根据不同样品粘度轻松调节样品速度。

防止气泡

填充后，检查测量池中是否含有气泡。气泡（或薄薄的空气膜）是非常严重的问题。在进行密度测量时，即使很少量的气体也会导致极为严重的问题：

气泡尺寸 [mm]	导致的最大测量误差 [g/cm ³]
2	0.000838
1	0.000052
0.5	0.000003

问题在于，大多数小气泡或气垫（由于测量池潮湿造成）几乎无法用肉眼发现。同样，在深色样品中，也很难看到气泡。

梅特勒-托利多超越系列密度计具有内置的 Bubble Check™ 用于检测气泡。多次测量可确保更为可靠的结果。（参见第 4 章：测量和记录结果）



4 测量和记录结果

确保可靠结果

自动结果转换

通常必须使用表格来转换结果，如从密度转换为浓度。手工查找表格或通过内插法计算易于出错且相当耗时。使用内置表格自动转换（如酒精度、Brix、API 温度补偿表）可防止读取或计算错误并节省时间。数字式密度计采用内部转换表，直接以所需单位显示结果。

梅特勒-托利多超越系列密度计均遵循内置结果单位/浓度表：

- 比重, 轻重波美度, Twaddell
- 糖: Plato、白利糖度(Emmerich, NBS 113)、HFCS 42/55、转化糖、KMW、Oechsle、Babo
- 酒精: OIML、AOAC、酒度、HM C&E、Gay Lussac
- 石油: 原油、精制石油产品和润滑油的 API 度和比重表
- 多达 30 个自定义浓度表（可作为表格或公式输入）

错误检测

肉眼检查气泡或气垫会非常困难，甚至不可能。因此，数字密度计通常具备自动气泡检测功能，例如，梅特勒-托利多超越系列密度计的 Bubble Check™。但是，还有其他可能造成误差的原因，例如，残留的清洗液等。



如果您想获得确定的结果，执行 2 次（或 3 次）测量，然后取其平均值。数据质量会得以大幅提升。

最可靠的误差检测是通过多次测量样品，并在每次测量之间对测量池中的样品轻微移动来实现。任何气泡或杂质会随样品一起移动，给出不同的测量结果。梅特勒-托利多超越系列密度计与自动化装置相结合，提供全面的自动化多次测量，可设定最大标准偏差。

Option	Value	Unit/Action
Bubble Check	<input checked="" type="checkbox"/>	
Multiple measurement	<input checked="" type="checkbox"/>	
No. of measurements	2	123
Refill ratio	25 %	123
Max. SD	0.0005 g/cm ³	123
Repeat if failed	<input checked="" type="checkbox"/>	

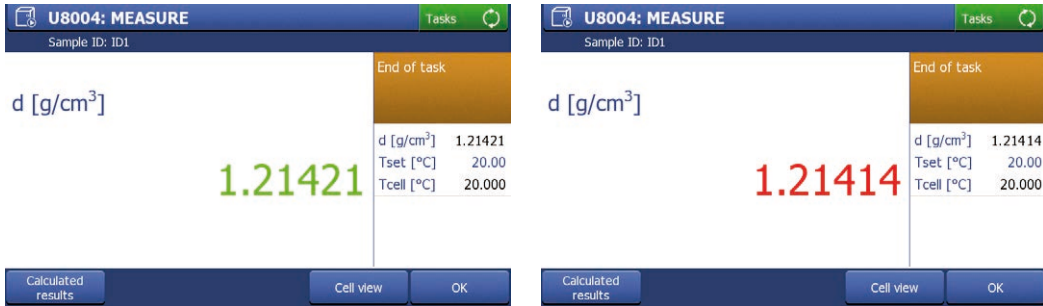
Buttons: Cancel, OK

利用可靠介质进行 2 次测量，与进行一次测量所用时间基本相同，在确保最大测量可靠性的同时提供更优的数据质量！

如果 Bubble Check™ 无法检测到的气泡，则可通过多次测量安全地检测到。并且对于不均匀的样品（例如密度梯度等），平均值比仅单次测量更具代表性。

结果限值

在质量控制中，密度用于检查产品是否位于设定的限值范围内。梅特勒-托利多超越系列密度计提供了一种产品方法。同一种测量方法可以用于多个样品，但可为每种产品定义一些特定于样品的参数（如：粘度修正、填充速度等）。此外，还可以定义结果上限和下限。然后，使用这些限值自动验证测量的产品，如果符合规格，结果将通过颜色显示出来：绿色 = 通过，红色 = 未通过。



适当的记录

手写结果可能出现抄写错误。依据您所处的环境，此类记录可能达不到法规要求。

如果使用打印机或 PC 软件，即可轻松达到法规要求。符合 GLP 的打印输出包含完成记录所需的全部必要信息。梅特勒-托利多超越系列密度计可使用标准网络打印机或 USB 紧凑型打印机，打印符合 GLP 要求的输出。

打印输出必须手动管理和归档，这可能是错误和不完整的根源。使用 PC 软件收集和管理数据能够确保数据更为可靠，以后查阅起来也更方便。

与超越系列密度计联用的 LabX[®] 软件可以保证将所有数据集中安全地存储在数据库中。该软件可提供 ERP/LIMS 连接、定制报告、保证可追溯性和符合 FDA 21 CFR Part 11/EU Annex 11 标准的功能。该软件可通过以太网远程连接，节省宝贵的台面空间，并允许操作员从仪器终端执行所有操作。

5 清洁测量单元



不充分的清洁是**导致错误结果的最常见原因**！确保测量池中不含有任何上一次样品测量或冲洗溶液的残余物。

上一次所测样品的残留未必能全部看得见。例如，如果测量含油或脂肪的产品，可能会在测量池内覆盖一层非常薄的油膜。为避免这一问题，应在每次测量后，用适当的冲洗溶液（如后文所述）彻底清洗并干燥测量池。

如果所有测量的样品都是类似的，并且能够溶解测量池中的残留物（例如，当密度计用于测量不同的果汁时），则还可以跳过清洁步骤，通过超量加注新样品可确保完全去除旧样品（样品置换）

限制条件

- 至少使用一个进样泵（例如，梅特勒-托利多 SPR200），用注射器很难完成适当的过量进样。
- 将泵的取样管浸入到样品中，然后取出让空气吸入到管中（管中约有 ~2–3-cm 空气）然后将它再次浸入到样品中。填充测量池进行测量之前，重复此过程大约 5 次。这可确保旧样品被完全从测量池中冲掉。
- 验证该过程确保维持所需的重复性和误差范围。首先测量最关键的样品（例如，含糖量最高的样品），然后填充去离子水，并重复此步骤多次。
- 如果测量含糖产品，则确保测量池在测量过程中装满样品或水，以避免样品变干而在测量池壁上出现糖晶体。
- 每天使用后，需要完全清洁并干燥（如下文所述）测量池至少一次。

冲洗

在开始冲洗前，从测量池和管路中取出所有样品。每种样品必须设定 2 种适当冲洗溶液。

第 1 次冲洗目的：必须完全并快速溶解所有样品，确保测量池中无其他污染物。这种溶剂通常不具有挥发性。

第 2 次冲洗目的：必须完全溶解上述第 1 次冲洗溶剂，而且必须使其快速挥发，不留任何残余物，以便后续快速干燥。请确保该溶剂中不含水，否则将导致蒸发速度变慢。使用的首选为丙酮。如果不允许使用丙酮，可以使用乙醇（必须为特纯 >99.9%，不可使用 96% 和变性乙醇）。

冲洗溶液一般建议：

样品	溶剂 1	溶剂 2
水溶性	水	丙酮或乙醇（无水）
酸类物质	大量水	丙酮或乙醇（无水）
油脂	Deconex*（在水中含 0.3 至 0.5%）	丙酮或乙醇（超纯）
石化行业	甲苯或乙醚提取物	温度 >30 °C 室温下使用低沸点汽油醚混合物或丙酮
高浓度糖溶液/糖浆	水（在用丙酮冲洗前使用大量水可避免聚合风险）→	丙酮（超纯）

* Deconex 易于溶解在水、丙酮和乙醇中！梅特勒-托利多可为您提供。

干燥

即便在测量池内有非常少量的清洗液或之前残留的测量样品，都可能导致巨大的测量误差。

如果密度计经过乙醇冲洗而且未完全干燥，接着进行水测量，残留的冲洗液体可能会造成以下误差：

测量池中残留乙醇 [μL]	导致的测量误差 [g/cm ³]
10	0.001500
1	0.000150
0.1	0.000015
0.01	0.000001

利用干燥泵，让干燥空气彻底干燥测量池（如梅特勒-托利多的 DryPro）。

通常，会让环境空气通过硅胶干燥剂。请确保在使用前更换或重新将硅胶再生（颜色通常可以指示变化）。使用未再生的硅胶可能导致空气中的水冷凝在仪器冰冷的测量池内部，依附在测量池壁上的一层冷凝水会污染所有样品。这种冷凝用肉眼难以察觉。测量池温度低于室温时，这种风险会增加。

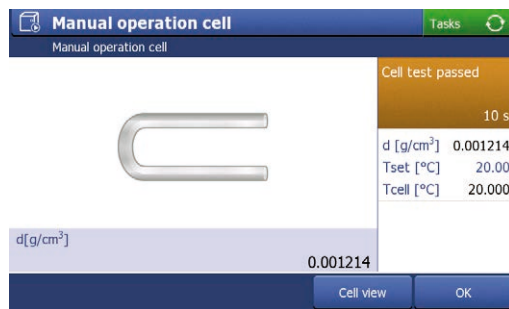
为检测测量池是否完全干燥，例如，选择适当的干燥时间，测量空气密度，并与在该温度下的已知密度值（20 °C 时 0.001205 g/cm³）进行比较。只需一次单击梅特勒-托利多密度计上的“测量池测试”快捷方式，即可轻松完成此步骤。

全自动清洁

采用梅特勒-托利多 SC1 和 SC30 自动化装置，可自动清洁并干燥测量池。用于清洁的两种冲洗液体（如水和丙酮）与大量空气相混合，通过泵高速进入系统。这将形成脉冲流，可非常高效地进行近机械化的清洁，并减少溶剂消耗量。

由于 SC1/SC30 进样口的内外在每次测量之后都经过彻底清洁和干燥，从而杜绝了样品遗留问题的出现。

采用自动“测量池测试”，可以验证测量池的洁净度。



6 校正密度计

频繁校正仪器不一定能够保证准确的结果。任何校正都会导致更改仪器内部设置。如果无法正确执行校正，则会导致不正确的测量结果。



避免频繁校正。如果校正不正确，所有后续测量均将显示错误结果！

因此，只有测试多次失败时我们才建议校正密度计（参见第 2 章：测试密度计）。

采用哪种温度和物质？

通常利用空气和水对密度计进行校正。

校正所需温度应与通常测量温度相同，例如，如果在 40 °C 测试样品，校准也应在 40 °C 下进行。（在使用较高温度的水时，请小心！参见第 1 章：确定样品类型，了解带有溶解气体的样品和样品制备的更多信息）。

如有可能，请不要关闭内置帕尔贴恒温器的仪器。它们旨在确保并保持绝对稳定和正确的温度（例如：超越系列密度计 D4 的 ± 2 至 4 mK），而不是为了进行快速变化。如果仪器关机，再次打开时，需要等待一至少小时。

如何进行？

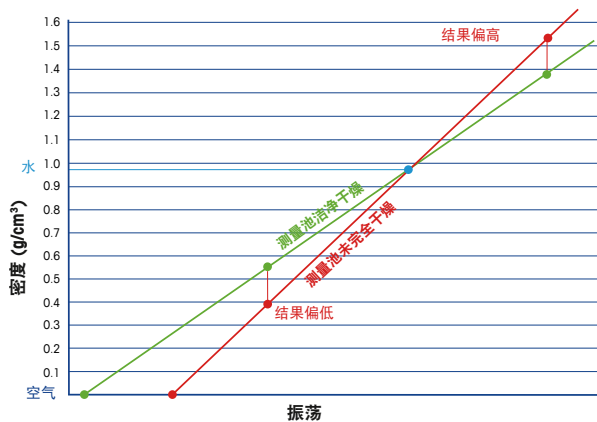
只在测试（校验）失败且具有稳定重复性时，才可校正仪器（请参阅第 2 章：测试密度计）。

进行校正前，必须彻底清洁和干燥测量池。为确保干燥，应使用挥发性溶剂（如丙酮）清洁测量池，进行校正前要让干燥的空气吹过至少三分钟，使其彻底干燥（参见第 5 章：清洁密度计）。校正未彻底清洁和干燥的测量池将导致后续执行测量的系统性误差。

示例：下图所示为 2 种不同校正方法。

绿色的点和线 → 测量池在开始进行空气部分的校正时，已清洁并完全干燥。作为第二标准的水为纯净无污染。

红色的点和虚线 → 测量池未完全干燥，测量池壁上仍残留一层薄薄的水气（冷凝水），干燥空气未能将其完全消除。因为水没有受到污染，以水作为校正点的数值仍然可以使用。然而，因为仪器对于空气使用的零点不正确（由于开始未充分干燥导致零点过高），则还会计算一个错误的斜率，此次校正之后测量样品会得到错误的密度值：



- 密度低于水的样品所得到的结果会更低。
- 样品密度接近水或与水相同，得到正确结果。
- 密度高于水的样品所得到的结果会过高。



因错误校正所导致的每个误差或偏移都是系统误差，将增加仪器的系统误差！

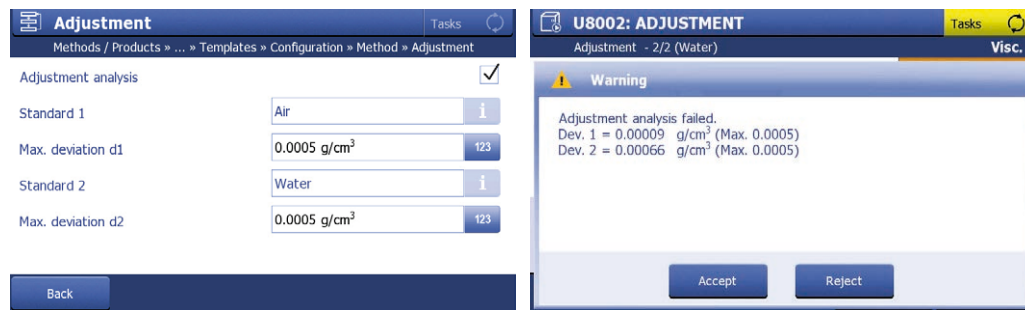
请按照仪器操作说明执行校正。

执行校正后：

- 对已执行的校正进行检查 – 这些值是否一定正确？
- 随后测量空气 (20 °C 时 0.001205 g/cm³) 和去离子水 (20 °C 时 0.998203 g/cm³) 来验证有效性。
- 如果您无法重现在校正中的标称值，就会在校正或后续测量中造成一些错误。
- 观测到偏差时，纠正问题 (通常需要更彻底地清洁和完全干燥) 然后重新进行校正 (或测量空气和水)。

校正分析和自动校正

梅特勒-托利多超越系列密度计提供了校正分析的功能选项。如果振动值 (空气和/或水) 的偏差值太高，将会触发警告，此时您可以拒绝校正。此外，可随时查看以图形表示的校正历史。



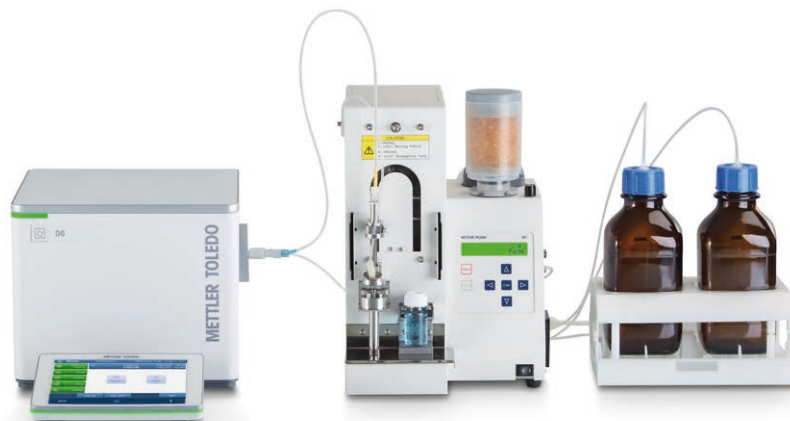
在上面的示例中，对于水报告的偏差比空气高 7 倍！如果出现问题，通常会出现这种情况，无论是刚刚执行的新校正还是之前执行的校正！在此情况下我们强烈建议非常严格地验证新设置。如果发现错误，则应该重新进行校正。

梅特勒-托利多 SC1 和 SC30 自动化装置可帮助避免错误校正，全部自动执行所有步骤，而无需操作人员干预：通过一次点击“校正”快捷键，即可启动以下工作流程：

- 彻底清洁和干燥测量池
- 空气密度测试测量池
- 用空气校正
- 以精确定义和适度低速将标准品推入测量池，确保测量池玻璃壁完全湿润
- 用水校正
- 彻底清洁和干燥测量池

7 自动执行工作流程

获得高质量密度测量结果的最佳方式是对工作流程进行自动化，以最大程度减少操作人员影响。通过梅特勒-托利多 SC1 和 SC30 自动化装置，只需 One Click™（一键测量）即可启动整个自动化工作流程：



步骤	手动工作流程	自动化工作流程	自动化优势
1. 检查仪器:	完成日常空气测试, 读取结果, 手动确定通过/未通过信息	测量池检查, 自动接收通过/未通过信息	没有人为错误
2. 进样和测量:	使用注射器, 手动查找气泡	SC1 和 SC30 完成自动进样和两次测量, 使用 Bubble Check (气泡检查) 功能识别气泡	一致, 提高重复性和结果准确度, 节省时间
3. 测量结果:	在转换表和产品表中手动查找数据, 确认通过/未通过结果	使用自动结果转换确定结果, 接收通过/未通过信息	没有人为错误, 节省时间
4. 记录结果:	用纸笔记录结果	通过打印机或 PC 软件 (如 LabX) 导出结果	没有人为错误, 节省时间
5. 清洁和干燥:	使用注射器进行清洁和干燥	完成全自动化清洁和干燥	仪器保证随时可供下次使用

8 常见问题解答

密度是什么？

密度是某种物质单位体积的质量。密度用于衡量物质的紧密度，通常表示为 g/cm^3 或 lb/ft^3 。样品的密度以希腊字母“ ρ ”（也可使用拉丁字母 D），计算公式为： $\rho = m/v$ 。例如，如果将 500 cm^3 样品填充到一个玻璃烧杯，质量 = $1,000 \text{ g}$ ，则密度为 $\rho = 1,000 \text{ g}/500 \text{ cm}^3 = 2 \text{ g/cm}^3$ 。

密度和质量之间的差异是什么？

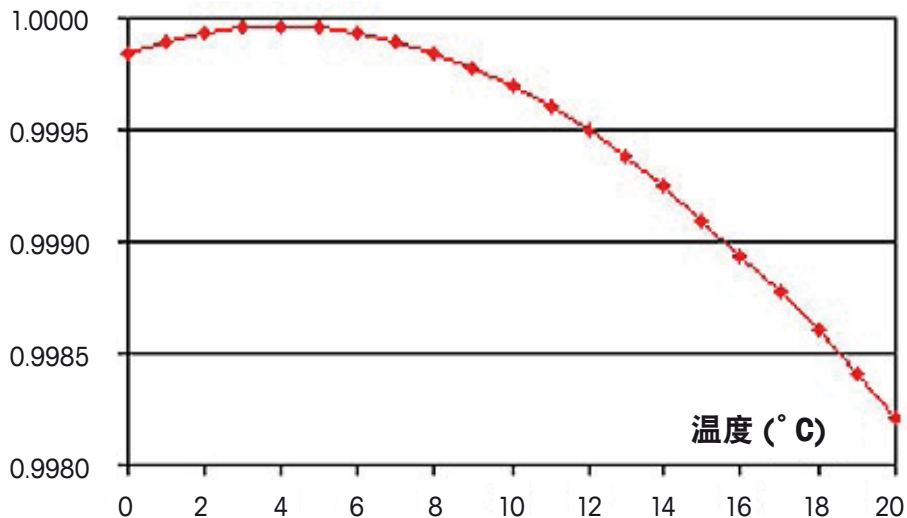
质量用于衡量某个物体或液体中有多少物质，而密度则表示某个特定体积内有多少质量。例如， 10 kg 的钢和 10 kg 的羽毛的质量相同，但是体积不同，因此它们的密度不同。

密度的日常示例是什么？

充满氦气的气球会飞，这是因为氦气的密度低于空气的密度。油会漂浮在水中，因为其密度较水低。如果在海水中发生漏油，这个属性则非常有帮助。石油漂浮的事实使其更容易清理。

密度和温度之间是什么关系？

样品的密度很大程度上依赖于温度，因此必须非常精确地记录和控制温度。下图显示了水的密度根据其测量温度所产生的变化。



通常情况下，密度是在 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 参比温度下测量的。 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 下水的密度为：水 $\rho_{20} = 0.998203 \text{ g/cm}^3$ 。

比重是什么?

密度与比重不同。比重,即相对密度,指的是样品的密度除以某个参比物质的密度。液体和固体的参比物质通常为密度最大时(4 °C)的水,对于气体则为 25 °C 时的空气。

水在 4 °C 时的密度为 1 g/cm³, 因此, 如果液体样品的比重小于 1, 则意味着它的密度比水小, 会漂浮在水中。如果样品的比重大于 1, 则表示它的密度比水大, 会沉入水中。

为什么使用密度来标识样品?

密度可以很容易地用来标识某个纯的样品, 因为每个元素的密度都是唯一的。测量之后, 即可查找所讨论样品的密度, 看它与哪种物质相对应。

如何测量溶液的密度?

我们以乙醇水溶液为例。20 °C 时, 纯水的密度 $\rho = 0.9982 \text{ g/cm}^3$, 20 °C 时, 纯乙醇的密度 $\rho = 0.7893 \text{ g/cm}^3$ 。乙醇/水溶液的密度值取决于溶液的浓度。我们来看一下 20% 酒精度的乙醇/水溶液的密度是多少:

20 °C 时的密度 (g/cm ³)	水中的乙醇含量 %
0.9982	0.00
0.9963	1.00
0.9945	2.00
0.9927	3.00
0.9910	4.00
0.9893	5.00
0.9878	6.00
0.9862	7.00
0.9847	8.00
0.9833	9.00
0.9819	10.00
0.9687	20.00
0.9539	30.00
0.9352	40.00
0.9139	50.00
0.8911	60.00
0.8676	70.00
0.8436	80.00
0.8180	90.00
0.7893	100.00

20% 酒精度的乙醇/水溶液的密度为 $\rho_{20} = 0.9687 \text{ g/cm}^3$ 。

粘度是什么？

密度和粘度没有关系。粘度只是衡量流体流动阻力的一个指标。例如，蜂蜜比盐水粘度更大，但密度更小。粘度的 SI 单位是帕斯卡秒 (Pa·s)。

可使用哪些仪器测量密度？

可通过手动或数字方式测量溶液密度。有关如何使用比重瓶、液体比重计和数字密度计测量密度的更详细信息，请参阅我们的“[测量密度的 3 种方式](#)”指南。

► www.mt.com/ch/en/home/library/guides/lab-analytical-instruments/density-measurement-guide-3-ways.html

比重瓶和液体比重计等手动方法广泛用于测定密度和相关的值，例如比重、酒精度、白利糖度、API 度、波美度和 Plato 等。这些方法易于使用且非常经济实惠，但是手动操作流程中的每一步骤都需要具备专业技术，这通常会影响结果的准确性和可靠性。

比重瓶是具有指定容量的玻璃烧瓶。先称出空瓶的重量(M1)，然后装入样品并再次称量(M2)。M1 和 M2 之差除以烧瓶体积即为样品密度。

液体比重计是浸入样品中的玻璃仪器。经过短暂的平衡后，将出现某种程度的浮起。样品密度越高，液体比重计浮起越少。达到平衡后，即可读取密度。

密度组件与天平一起使用。先在空气中对具有指定容量的玻璃仪器进行称量(M1)，浸入样品中后，在样品中再次称量(M2)。M1 和 M2 之差（浮力）除以玻璃仪器的体积即得出样品的密度。测量固体密度时，需使用参比液体（水、乙醇或由用户指定），还需使用专用支架。

数字式密度计具有台式和手持式两种。它们采用振动管技术，可在短时间内非常准确地测量样品密度。将中空玻璃管以一定频率振动。当玻璃管装有样品时，此频率改变：样品质量越大，频率越低。测量该频率并将其转换为密度。另外，台式数字密度计使用内置帕尔贴恒温元件来控制样品温度。

现代密度解决方案

设计简约, 性能出众

超越系列密度计和折光率仪

直观的超越系列密度计与折光率仪可胜任几乎所有样品的准确测量。此类仪器采用模块化设计, 使您今日的投资能随时满足未来之需, 轻松适应不断扩展的工作流程。



- 应用广泛
- 准确性: 高达 6 位小数的密度结果
- 帕尔贴温度控制
- 自动化解决方案
- 多参数测量功能
- 具有合规性的专业 PC 软件

Easy 系列密度计和折光率仪

Easy 系列密度计和折光率仪可满足您日常应用的全部需求: 测量快速、自动控制温度、样品量小并且最大程度降低了操作人员对专业的依赖性。



- 适用于相似样品的重复测量
- 准确性: 高达 4 位小数的密度结果
- 帕尔贴温度控制
- 实用的数据采集 PC 软件

是否有兴趣了解如何改善折光率的测量? 请查看折光率指南: “如何获取最佳结果: 日常折光率测量指南”。

► www.mt.com/GDRP

www.mt.com

了解更多信息

梅特勒-托利多集团
分析业务部
本地联系方式: www.mt.com/contacts

如有技术更改, 恕不另行通知
© 11/2018 梅特勒-托利多。保留所有权利
30499694A
Group MarCom 2501 JK/MB