



恒温装置升起前装有硅球铅锤的钟形罐

研制生产密度测试系统

用于测试液体和固体的密度

赛多利斯、维也纳科技大学和奥地利联邦计量测试办公室 (BEV) 联合研制了一套静流称重和测定液体和固体密度的系统，系统中质量比较仪可以自动得交替放入砝码和**浸没铅锤 submerged plummets**。每次测量都比较测试砝码的质量和标准砝码的质量。

摘要

为了适应现代计量院的要求，奥地利联邦计量测试办公室 (BEV) 同维也纳科技大学以及赛多利斯公司合作研制了一套全自动的比较仪称量系统。使用一个砝码和铅锤的装载系统，直接比较标准铅锤和实际的砝码，一边的液体密度和另一边的浸没固体的密度 (即体积) 就静流的得出了。系统由 PC 控制，严格得线性驱动。它也可以同用于任何液体静力称量过程。BEV 使用这套系统来传递密度和体积，也用于测试和校正液体和铅锤、测试砝码体积、传递质量数标度。

初期情况

直到 2004 年，BEV 只有一个简单的静流称重的装置，浸没的待测物密度在开放的自动调温器中的单独的秤上计算出来。温度的测量、温度分层、质量比较仪的稳定性、和液体的需要量都不能达到此类规定的要求。为了达到合乎国家计量院的标准，需要完全重新配置建造测试装置和系统。

规格和目标

主要的目标是找到一个可以静力测试小于一升的液体密度的选件。为了做这样的测量和静力测量固体密度，最重要的目标是直接比较标准铅锤或砝码与被测物。为了达到最大可能的重复性和减少测量不确定性，我们决定在比较仪下方建造一个或者多个装载系统。整个测量过程，包括测量结果的计算都是完全自动化的。另外也考虑到了使用



在 CAD 中用于测定固体密度的测试装置

不同的质量比较仪和温度分层以及表面张力、磁场的其它方面的影响。

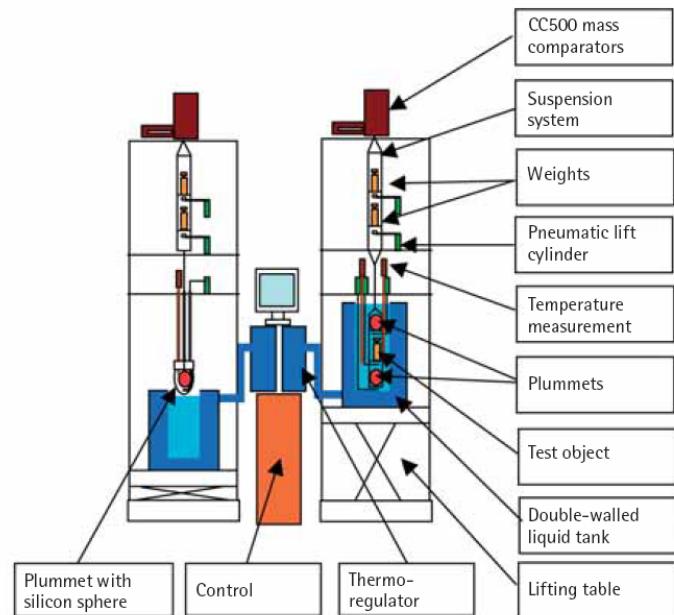
再一次, BEV 找到了维也纳科技大学工艺设计学院 (IFT) 和赛多利斯执行这个项目。



测试塔中测量固体密度的系统, 可以看用于提升砝码、放置铅锤和待测物体的部分

概念

系统包括一个绝缘的可控温双层外壳的液体罐, 可用一个升降台提升。在低位置上, 测试位置可以很容易的放置砝码、标准铅锤和被测物体。提升液体罐后, 被测物体和砝码从质量比较仪上悬挂下来, 浸入液体中, 调整温度。在实际的测量中, 单独的物体和砝码可以通过气动的提升杆提起或放下, 用于装载或者卸载质量比较仪的悬吊系统。系统的控制和数据的文档化都通过 PC 进行。



左: 用于测试液体密度; 右: 用于测试固体密度

功能和程序

整个测量系统包括两个独立的单元（塔），每个塔都可以作为独立的测试装置。第一个塔用于测定液体密度，第二个塔测定固体密度（见图）。第二个塔也可以普遍适用于测定相对大量液体的密度或者校正浮秤或者沉没物体。

每个塔都包括一个铝的外壳和可移动搁板，顶部装有质量比较仪。质量比较仪的规格根据待测物体的范围确定。另外，每个塔都有一个带恒温槽的一定数量气动提升杆的提升单元用于特定的应用。为了使电流热影响降到最低，整个控制系统、电源和恒温器都放置在围栏外部。测量塔内部分割成若干区域，以减小高温测量时的对流。

待测物体和砝码或者铅锤放置到两个塔中的一个之后，经过恒温，测量就开始了。只要运行用户自定义的计算软件，就可以根据砝码值和其他通过不同高度下测量出的待测物体和砝码的一些相关的系数自动测量密度。一系列测量的结果就得出了密度或者体积，同时也得到了每次测量的大量的报告文档。

用于测定砝码质量的测量单元是经过改进的两个赛多利斯CC500质量比较仪。这两个比较仪都经过赛多利斯的改动，用于密度测定，可以以 10⁻¹ g 的分辨率测定最大 1 kg 的砝码。液体温度通过两个电阻桥调节，每个电阻桥的 25 欧姆的白金阻抗传感器设定在 0.1 mK。砝码直接放置在悬挂装置架上（不带平板）

一个类似深海调查用潜水装置的钟形罐和铅锤（见图）是用于检测液体密度的主要部件。它的体积是 650 ml，为了绝缘，只通过玻璃管和外界环境连接。这些管子用于温度测量、悬挂和操作铅锤（内部有硅球）和填充/放空钟形罐。为此专门研制了一种玻璃管的螺钉扣。令外，需要找到一种方法保证质量保证仪吊线周围的液体凹液面可以重复出现。可测定密度的温度范围在 5° C 到 60° C 之间。另外也考虑到了热分层和压缩的问题。

测试过程

手动放入标准砝码、标准铅锤和待测物体。测试液体时，钟形罐充满待测液体，放入铅锤后密封。相应的恒温装置温度升高并恒温。所有需要的基本数据和预先选择的测试方法在准备测试的时候就输入电脑。系统充分平衡后开始测试。只有在最佳条件下进行的测试结果才用于最后的计算；重量值和温度测量结果的标准偏差都和预先设定的允许公差范围相比较。所有单独的测量结果和测试校准过程都被记录并可打印。



挡板（分隔板）和特殊的进出口管可以减少温度分层



BEV 用于测定密度的系统



砝码托盘, 用于质量比较仪

测试、结果和展望

2005 年夏天开始, BEV 就用他们经校准的测试砝码和铅锤在不同的温度下进行了测试, 以验证系统和计算的数学相关系数。在国际对比中根据重复性和标准偏差都得到了很好的结果。为了最后验证, 与匈牙利和德国国家计量院 (OMH 和 PTB) 进行了双边的国际对比测定。这些对比测量的结果有效之后, 就可以在相应的框架中发布。

BEV 已经用此系统在其质量体系中传递最大 1kg 的砝码密度和体积。最终验证后, 系统将用于内部和外部的测试和校正。

2005 年 9 月起, 从此项目得到的知识和信息用于阐明相似的密度测定的应用, 用于小于 1kg 的砝码的连续体积测定。在这个应用中, 需要一个装载系统, 然后通过直接比较标准砝码和铅锤测定待测物体的体积。最后的完成日期定在 2006 年春天。

本文作者是位于维也纳的奥地利联邦计量测试办公室 (BEV) 的 Christian Buchner 和 Dietmar Steindl 和维也纳科技大学工艺学院的 Christoph Einspieler

读者服务号: 194