

# 在失重条件下工作

## 高精度和高重复性的 LA310S 型分析天平

应用空间技术与微重力中心（ZARM）是不来梅大学生产技术专业领域的一个科学研究所。其主要服务对象是德国宇航中心（DLR）和欧洲空间机构（ESA）。就在仅仅十二年的时间里，ZARM 就已经发展成为欧洲最大的也是最重要的大学航空航天研究机构。其大型中心实验室是一座 146 米高的降落塔，在这里，可以在高品质的短时失重条件下进行地面试验。这里使用了 LA310S 型分析天平，用于对多孔介质中流体的流动性能进行研究。



白天的不来梅降落塔

### 降落塔值得了解的事实

1990 年以来，降落塔已经为全世界的科学家提供了短时失重条件下，不需要登上航天飞机就可以进行试验的场所。这个大型试验室是一个低成本的永久可用的研究外层空间的可选方案。不来梅降落塔的另一个优势是其微重力具有最高的品质，能够提供为在国际空间站（ISS）进行较长时间的试验做充分的准备。在这里进行的试验有助于汽车工业和宇航工业优化节省燃料的发动机，甚至是改进浮质舱盖。磁性流体的特性也在降落塔里研究。

降落塔的原理实际上很简单：在空间所有没有动力自由降落的物体，或者是运动的物体，都是自由的，几乎没有重力的。这样，也同样适用于 2.5 米（8.2 英尺）高、80 厘米（2.6 英尺）厚的下降的密闭座舱，它通过不来梅降落塔中的降落管自由落体。被试验的物体放置在密闭的受压不透气的研究用圆柱形容器中。降落管完全独立，与外边的混凝土塔体没有任何接触，塔体只是一个可以看得见周围的地标。这样就保护降落管不受外界影响。

### 对赛多利斯公司分析天平的要求

赛多利斯公司的分析天平用于 ZARM 的各种应用场合，是研究所基本试验设备的一部分。LA310S 型天平于 2005 年发布。研究所的主要目的就是用它以高的精确度、优异的可重复性和快速的相应时间记录科学数据。完全自动地获得测量数据目的很快就达到了。这样就可以通过测量吸入到多孔介质中的流体的体积，来研究多孔介质中流体的流动性能。

### 用 LA310S 型天平测量流体体积

多孔试验的样品浸入流体中。样品一旦接触到流体表面，流体的表面张力就对样品产生作用。突然的流动导致重力有所增加（在几毫秒的时间范围内）。与此同时，多孔样品开始吸收流体，使重力进一步增加。这一点发生得相对慢一点，取决于试验条件在几秒钟到几分钟的时间范围内。研究的目的是，对重量随时间的增加进行精确的测量。要求重量的分辨率至少为 0.5 毫克（5 微牛）。取样速度必须尽可能高，至少为 10 赫兹。计量上选择逼近方法直接测量力。

不平衡称重设备中分析天平用于测量很小的力的增加。使用这种天平的另一个原因是，有赛多利斯公司的员工所提供的充分的、专业的、为客户考虑的建议和技术支持。例如，在电话中详细讨论了测量问题之后，提供了一台改进的天平，加快了测量速度。赛多利斯公司的员工还在 ZARM 的试验条件下，支持试验的进行，持续几个小时，以便保证设备在满足要求之后再购买。

LA310S 型分析天平远远高于所有的要求。称重分辨率为 0.1 毫克（1 微牛），时间分辨率为 50 赫兹。称重系统出色的阶跃响应也是非常好。

LA310S 型分析天平与 SartoConnect 通讯软件和标准电脑一起，实现了自动的有效的获取需要的科学数据。在 LabView 编程工作平台的帮助下，完成了多孔介质在从潮湿到饱和过程中增加的力的自动测量系统。与重量和时间分辨率有关的这种高精度测量，在以前是不可能的。

#### 使用赛多利斯公司分析天平的原因

除了上面已经提到原因之外，天平的现场安装和校准也是赛多利斯公司能够向 ZARM 提供产品的其他有说服力的原因。关于这套复杂的设备，降落塔的员工们还得到了详细的、专业化的、便于使用的操作说明书。天平本身提供了非常出色的技术数据，例如在 ZARM 试验环境下记录的阶跃响应，即，称重系统出色的相应时间特性。ZARM 的技术人员 Frank Ciecior，对赛多利斯公司做了如下评论：“我们认为精确的称重需要很长的时间，测量越精确，需要的时间越长。自从接触了赛多利斯公司的高精度称重系统以来，我们知道了速度和精确度可以同时提高。我们曾经有个困难的测量问题要解决，借助于 LA310S 型天平，我们所有的要求都满足了，甚至还远远超过了我们的要求。现在我们获得了高精度的具有可重复性的科学数据。对于我来说，赛多利斯公司是高精度称重技术的同义语。”



降落塔的内部，失重试验正在进行.....



夜晚的不来梅降落塔



LA310S 型分析天平在不来梅降落塔  
中的使用

在几毫秒的时间内测量几微牛：

使用 LA310S 型天平所记录的  
与其出色的时间特性有关的数据：

系统激励：

0.1414 克（最大值），测量速度  
50 赫兹。

系统响应：

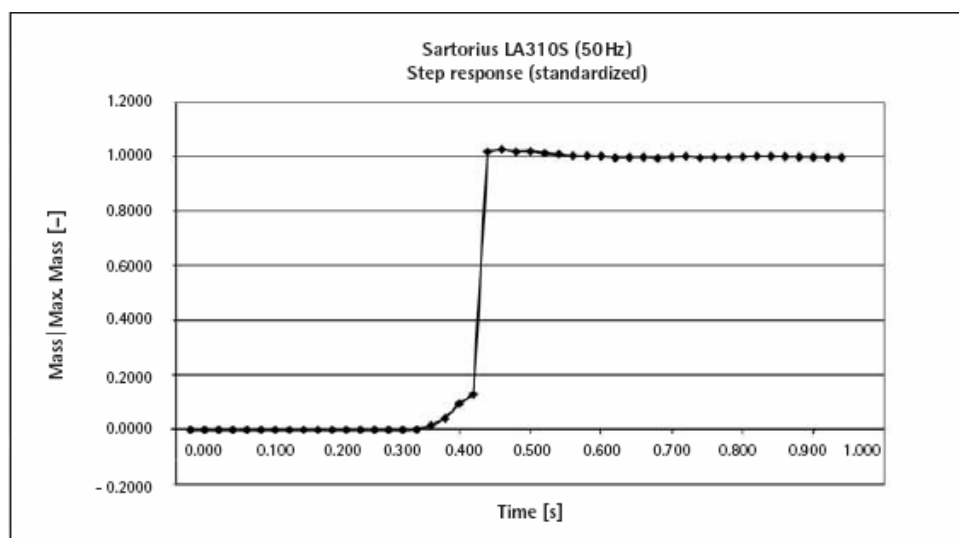
120 毫秒（6 次测量）之后获得  
最大值 0.1454 克 – 最大值  
仅比实际值大 4 毫克（超调  
小于 3%）。

再经过 140 毫秒（7 次测量）  
之后，测量值进入规定的公差  
带  $\pm 0.5$  毫克（ $\pm 5$  微牛），  
即，经过总共 260 毫秒之后，  
在给定的激励条件下，精度优  
于 0.5 毫克。

最大上升时间为（最大质量的  
0.1 - 0.9）为 0.040 秒 – 这对  
应于最大切换频率 25 赫兹。

因此，所使用的主动控制称重  
系统，可以测量振幅 140 毫  
克，频率可达 25 赫兹，精度  
优于  $\pm 0.5$  毫克（ $\pm 5$  微  
牛）。此外，根据采样理论，还  
可以计算出采样速度为 50 赫  
兹时的情况。

读者服务号： 249



天平的阶跃响应