



超导重力仪

工作原理



台式超导重力仪（OSG），电子设备和4K制冷系统

为什么命名为SG?

一个球形的超导体，悬浮在磁场中，磁力正好精确地平衡重力。零电阻的超导性能，允许产生磁场的电流可以稳恒流动，只要保持在临界温度以下，就永远没有电阻带来的损耗。这就解释了传感器极强的稳定性，以及这个名字 - 超导重力仪（SG）。

超导重力仪的工作原理

在其他的相对重力仪和地震仪中，用于测试的感应体是由弹簧悬挂连接到仪器的本体上。重力的变化或地面的运动，将推动测试的感应体，而这种移动所产生的电压变为输出信号（速度或加速度）。即使在一个管理良好的热环境中，弹簧悬挂的机械方面的因素，也会给带来不稳定漂移，而且在数据处理中难以去除。SG采用磁悬浮测试感应体，从根本上解决了机械弹簧重力仪的漂移问题。

图中（对页右上角）显示的是GSU系统结构的三大部分：超导悬浮测试体（球），磁场线圈，和磁屏蔽。GS的位移传感器由一个包围着超导球体的电容桥组成，密封在磁场线圈内部的一个单独的氦气压力腔内。



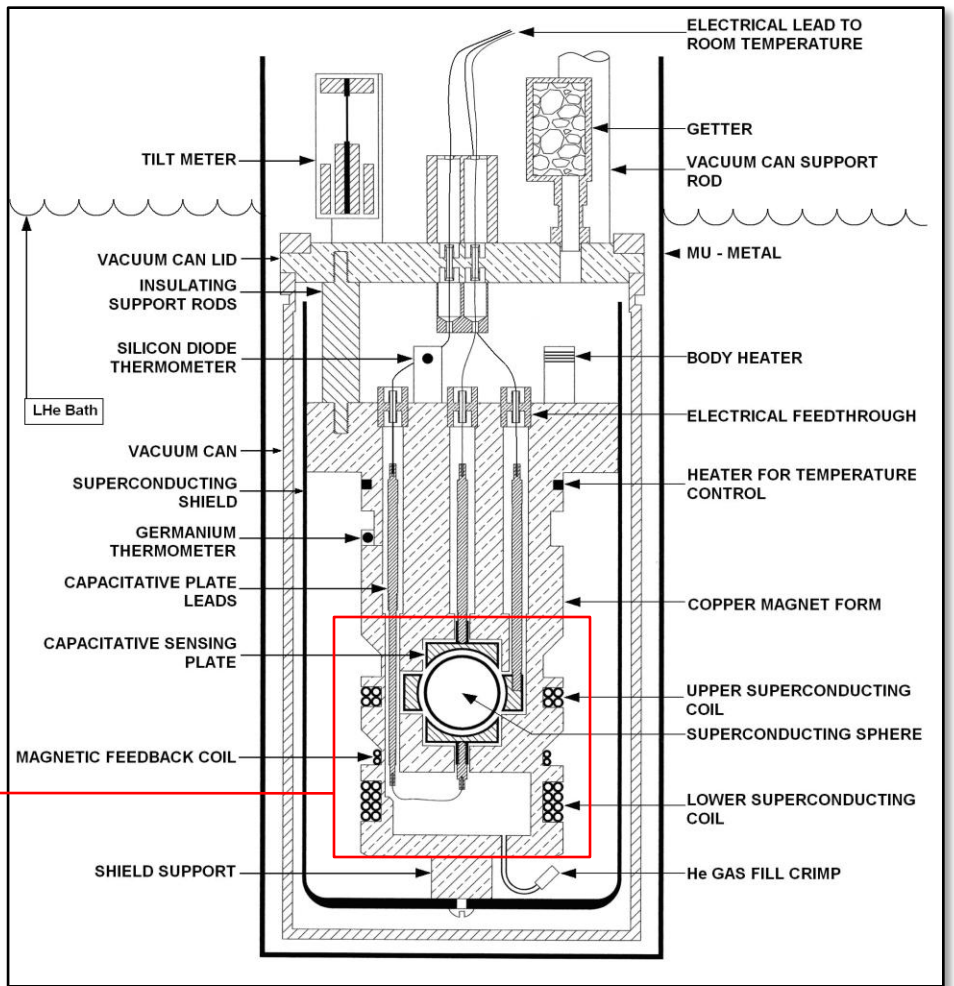
OSG的杜瓦，隔振架和coldhead低温制冷机

磁场是由两个铌丝线圈（超导温度低于9.2K）产生，完全稳定和持久的超导电流提供一个非常稳定的磁场。稳定取决于超导体的零电阻特性 - 电流被“困”后就没有电阻损耗（欧姆）来导致它的衰减。测试的质量是一个小2.5厘米直径的铌球，重约5克。线圈轴向对齐；一个线圈略低于中心，另一个在约2.5厘米以下的位置。当电流被困在线圈中，球体的表面上也相应产生诱发电流。与线圈电流相同，球面上的感应电流也非常稳定，没有任何欧姆损耗。

悬浮力来自于超导球表面的诱发电流和线圈磁场之间的相互作用。下图显示了超导球体，线圈，电容电桥，和超导球表面的感应磁通线的示意。

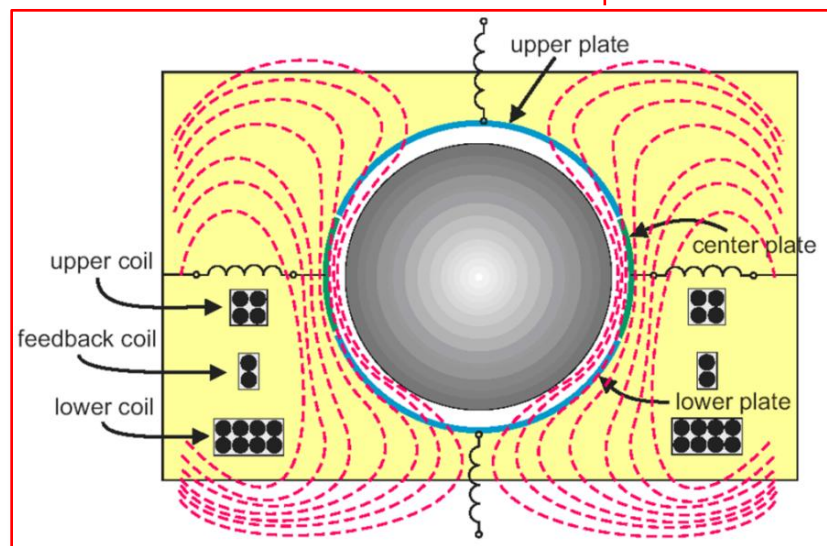
通过调节线圈中的电流，可精确地平衡位于位移传感器中心的球体的重力。对上部和下部线圈的电流的比例进行调整，可以使磁力梯度（等同于弹簧常数）非常微弱。因此，重力（加速度）的非常小的变化，会引起测试质量大的移动。这样，超导重力仪实现了非常高的灵敏度。

由于悬浮是磁性的，地球磁场的变化会降低其稳定性。超导屏蔽的使用排除了地球的磁场进入传感器所在的空间。



重力感应装置（GSU）的剖面图

- 为了保持超导状态，SG传感器的工作温度为4开氏度，在高效真空绝缘杜瓦内的液态氦里。
- OSG使用一个4K的制冷系统，只需1.3千瓦的能耗。4K的coldhead将杜瓦颈部的氦气在液化，使其回流到杜瓦的液态氦里。



Conceptual drawing of flux lines, plates and Nb sphere

- 杜瓦-Coldhead作为一个“封闭的循环体系”运作，可以无限期地工作，而不需要作补充。无液氦需要！iGrav™杜瓦的新进展，可几天之内从室温降到工作温度！
- 在低温下，所有材料都极其稳定。传感器温度可保持稳定，变化不超过几个micro-Kelvin。因此，完全消除了对材料的“蠕变”，以及当地的温度和湿度变化的敏感性。



GWR
INSTRUMENTS, INC.

6264-D Ferris Square
San Diego, CA 92121
PH(858)452-7655
FAX(858)452-6965

公司简介:

位于加利福尼亚州圣地亚哥的GWR仪器公司，是全球唯一的超导重力仪制造商，提供了极其精确的长期重力记录。超导重力仪（SG），由在加州大学圣地亚哥分校的J. Goodkind和W. Prothero在1960年中期发明。1979年，J. Goodkind，R. J. Warburton和RC Reineman作为合作伙伴关系形成GWR。GWR公司成立于1992年，R. J. Warburton和RC Reineman积极管理公司，并为与客户建立的长期合作关系感到自豪。多年来SG不断演进-包括增加杜瓦效率，减少体积，和提高信号的稳定性和精度；但是其核心工作原理保持不变，即悬浮在超导磁场中的一个超导感应球体。目前，GWR的台站式超导重力仪（OSG）提供了前所未有的跨越宽广频段 nano-Gal分辨率，和低于几个 μGal /年的稳定性。GWR OSG是长期重力信号测量的最佳选择，无论是几年或是几十年的时间段。

在世界各地的地球动力学研究项目中，OSG超导重力仪已被广泛地用来测量各种重力信号(1, 2)，从地壳构造运动到长周期地震（1000 s），时间段从几年到几十年不等。为了推动SG在火山活动，地热水库，和水文方面的测量应用，GWR在2010年推出了新的iGrav™系统。这种新的静筒系统保持了传统台站式超导重力仪的操作功能，而且是建成一个独立的系统。整个iGrav杜瓦只有OSG的一半大小，杜瓦的顶端部分包含了所有重新设计的电子和数据系统。现代化的电子设备，在简化安装的同时又保持了传感器的特性。较小的杜瓦可在几天内自动冷却到工作温度。模块化得设计也简化了安装，使迁移到新的测量站点更容易。

为了使现场安装的过程变得更加流畅，GWR已设计了完整地现场保护外壳。这些外壳包括空调，电源管理，防雷，整合的GPS等子系统，将适合在恶劣的现场环境中快速部署。

欢迎到 www.gwrinstruments.com 访问产品信息。

1. Global Geodynamics Project (<http://www.eas.slu.edu/GGP/ggphome.html>)

2. Hinderer J and Crossley D (2004) Scientific achievements from the first phase (1997-2003) of the Global Geodynamics Project using a worldwide network of superconducting gravimeters. *Journal of Geodynamics* 38:237-262.