

钼用于磁屏蔽室

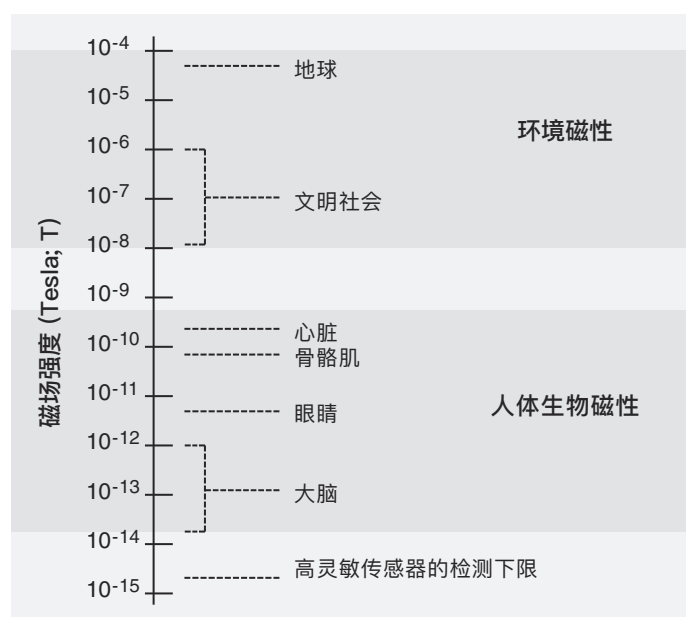
为了医学和相关研究而探测自然界最微小的磁场活动，需要对持续不断的外部磁场影响进行抑制。一种叫做 μ 金属的含钼合金数十年来一直用作磁屏蔽材料，因为它能够使地球的自然磁场和人造磁场转向。如今，包覆着多层 μ 金属和类似合金的房间为挽救生命和拓展科学前沿的工作提供了不可思议的磁屏蔽。

人类大脑活动产生的磁信号强度通常约为地球磁场强度的十亿分之一。为了测量和分析这些微弱的信号，使其不被环境中强大的磁场所淹没，需要一个磁屏蔽室（MSR）来提供被动屏蔽。磁屏蔽室对于心脏和大脑的诊断成像技术至关重要，例如脑磁图（MEG），这是一种手术和癫痫治疗所用的无创伤性技术。脑磁图对精神病学和神经科学研究也非常重要。例如，美国匹兹堡大学的研究人员将受试者置于磁屏蔽室中，使用脑磁图来测量他们听音乐时大脑的磁活动，对于人类如何感知声音提出了重要的见解。事实上，磁屏蔽室用于从认知科学到航空航天等各类研究应用中。长期性能稳定的磁屏蔽室对于保持数百万美元设备系统的精度至关重要。

MSR 的历史

自20世纪60年代以来，科学家们试图建造一个磁屏蔽室（MSR），用于物理和生物学研究。第一个商用MSR于20世纪70年代问世，20世纪80年代进行了关键的标准化工作。今天，现代MSR是通过使用多层高磁导率的金属（ μ 金属）和高导电率的金属（通常是

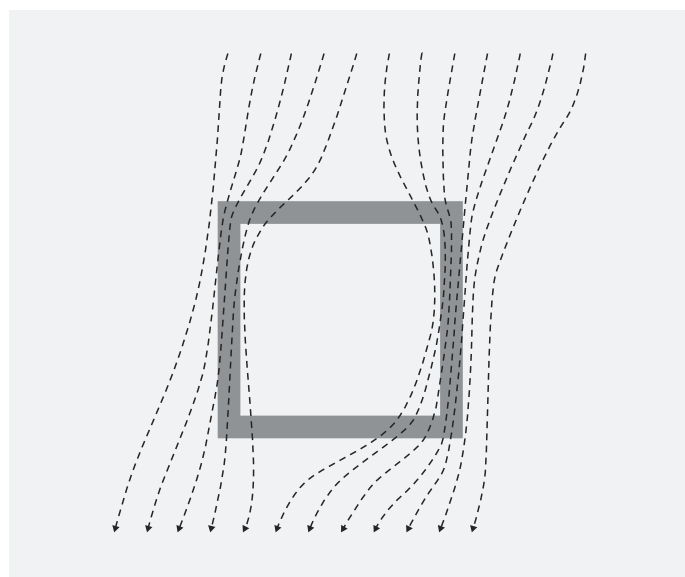
铝）形成一个房间大小的围墙来构建的。典型的MSR在墙壁结构中由两层或多层 μ 金属和一层铝组成。如下图所示，这种建筑材料的组合可以有效抵消MSR内部



➤ 人类大脑和其他身体部位的磁场比地球的磁场小很多数量级

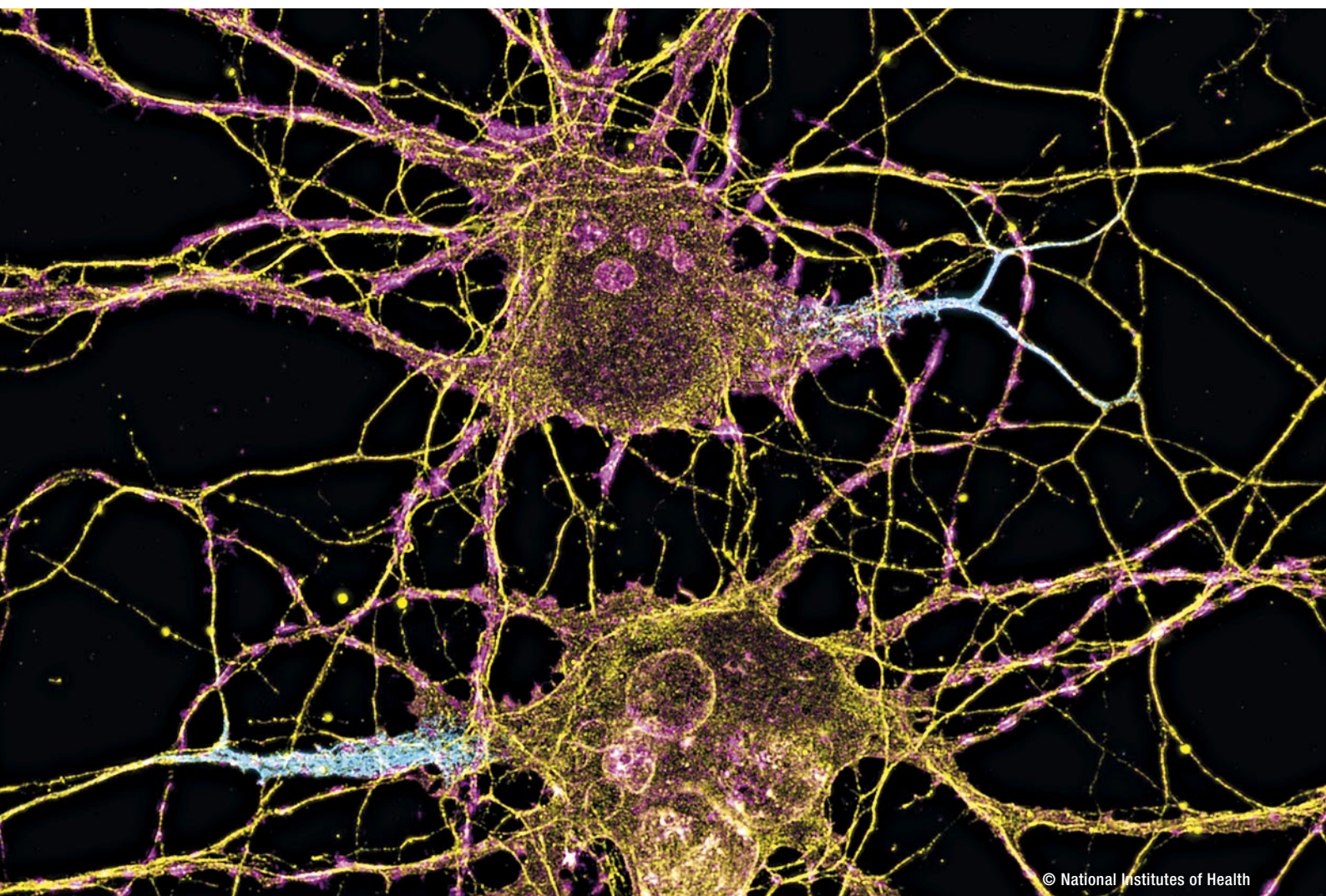
的外部磁场影响。脑磁图（MEG）仪器或其他传感装置放在房间的中央，实际上没有任何磁场。采用“屏蔽因子”（外部磁场强度与内部磁场强度之间的比值）对MSR的有效性进行量化。如今，商用MSR可以将外部磁场抑制数千倍。

磁屏蔽室的多层墙壁依靠两种不同的机制来阻挡外部磁场，这取决于外部磁场的频率。在较高的频率下，MSR墙壁通过形成内部电流（涡流）对变化的磁场作出反应，内部电流形成了反向磁场，抵消了外部磁场。但是，对于静态或缓慢变化的磁场，这种反向电流效应可以忽略不计。因此，磁屏蔽仅依赖于 μ 金属的高磁导率，这为外部磁场提供了一条比较容易的路径，使墙壁内的磁场转向。

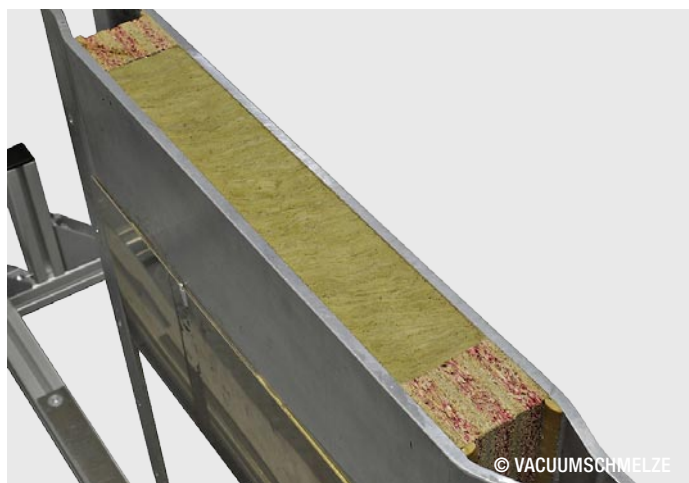


➤ μ 金属/铝墙阻挡并使磁屏蔽室周围的外部磁场发生偏离，磁屏蔽室里面实际上没有磁场

➤ 神经元是大脑中产生磁场的结构——在磁屏蔽室中进行的脑磁图(MEG)检测到的是神经元之间的相互作用



© National Institutes of Health



➤ 磁屏蔽房间的墙壁由多层μ金属和铝组成

μ金属简介

典型的μ金属由镍和铁组成，并含有2—6%的钼。最初研发的μ-金属不含钼。20世纪30年代，研究人员将钼添加到μ金属中以改善其电阻率和机械性能，他们碰巧发现，添加钼还显著提高了磁导率。现代μ金属及其类似的合金，根据应用和制造商的不同，有各种不同的合金成分，但是，所有厂家的成分配方中都含有钼。

μ金属由于其高磁导率，可以使缓慢变化的磁场转向。与其他常规软磁材料相比，μ金属的磁导率高出几个数量级，在不增加材料用量的情况下提供了更强的屏蔽效果。μ金属也是一种延性合金，可以实现薄规格产品较大规模的工业化生产，在磁屏蔽室的设计和组装方面有灵活性。该合金以希腊字母μ，mu（发音为“myoo”）命名，该符号用于表示“磁导率”。

钼提高了μ金属的性能

磁屏蔽室所用μ金属的工业生产采用真空感应熔炼（VIM）技术。合金被加工成所需形状，之后进行最终的退火，即在氢气氛围中将其加热至1100℃左右。在此温度下，金属晶粒快速生长，形成更大的晶粒，产生更高的磁导率。添加少量的钼，可通过优化合金的固有磁性，进一步提高磁导率。钼帮助MSR有效地屏蔽外部磁场的影响，使重要医疗设备能够正常运行，从而挽救或改善了成千上万患者的生命。

磁屏蔽室（MSR）的用途比较小众，但有扩大的潜力。这种增长不仅受到全球医疗基础设施发展的驱动，也受到新兴研究领域的推动。世界上几个著名的实验室都安装了磁屏蔽室来研究粒子物理学的基本原理。例如，瑞士的保罗谢勒（Paul Scherrer）研究所与VACUUM SCHMELZE GmbH & Co.KG公司合作，开发了一种高端MSR，可将外部磁场影响降低十万倍。这使得研究人员得以探测到先前最新一代传感技术看不见的亚原子磁信号。为了实现更高的灵敏度，比之前设备高10倍以上的精度，该MSR使用了比标准装置更多更厚的μ金属屏蔽层。无论应用情况如何，含钼镍铁软磁合金将继续作为磁屏蔽室的理想材料。（Pengfei Zhan）

➤ MSR通常约为4 米x 4 米，足以容纳相对较大的设备。这里有一个投影仪（门的右上方）显示图像。脑磁图（MEG）检测受试者大脑神经元的活动，作为观看图像的反应

