

新超导体在美国的应用

〔本刊讯〕自奥内斯(Onnes)1911年首次发现超导现象以来,各国的科学家对超导体进行了大量的研究。但传统的超导材料临界温度太低,只能在液氮温度下工作,因此70多年来一直未能在工业上得到广泛应用。自1987年发现临界温度达90K的氧化物超导体后,超导体已能在液氮温度下工作,从而使超导技术在工业上的广泛应用出现了前所未有的乐观局面。尽管如此,由于高温超导体大多非常脆,要制成大批量的各种形状的零件,或制成各种带材、丝材或薄膜,还是一个非常棘手的问题,因此对其近期的商业应用前景还不能盲目乐观。

美国阿贡国家实验室能源和环境系统技术评估小组的三位专家对新的超导体的商业应用前景进行了研究,并提出了评估报告。重点介绍了新的超导体在电能储存、磁分离技术、超导电子干涉器件和超导材料的制造工艺等方面已经取得或可能取得的进展。

磁分离技术

利用强大的磁力可以从食物和各种原材料(如刚玉、方解石、砂石等)中把铁磁性和顺磁性杂质清除出去。工业上最早的低温超导磁分离装置是1986年在J.M.休伯(J.M.Huber)公司建成的。该装置中的超导磁体具有2特斯拉的磁感应强度,但要用液氮冷却,耗电约60千瓦。当应用高温超导体后,可不再需要氮再生液化器,而用液氮冷却,从而可节约95%的致冷电力,减少投资成本约20万美元,并减少运转费10%。

磁分离装置的工作原理是:把未处理的原材料制成料浆,送进一个装满不锈钢绒毛的容器内,由于超导磁体产生强大而均匀的磁场,料浆中的铁磁性或顺磁性杂质就被吸住留在容器内,被净化的料浆则从底部的管道输出。(见彩页)

超导电子干涉器件

超导量子干涉器件是在一个超导导线环路内嵌入一个或两或约瑟夫森结组成的。这种装置对电磁场的变化极为敏感。在超导环路内的磁场被量子化,其总的磁通量和超导量子干涉器件内的电流呈周期性函数,对磁场的任何变化都非常敏感。

因此,超导电子干涉器件可测量小到 10^{-18} 伏特的电压差和 10^{-18} 安培的电流(每秒仅通过几个电子),也可测量小于 10^{-14} 特斯拉的磁场(仅相当于地磁场的100亿分之一)。由于脑体和心脏细胞的病变可改变脑电和心电信号,因此,可用超导量子干涉器件诊断心脏和脑部的病变。磁脑照相术

就是利用超导量子干涉器件的这一性能,它可检测出稍大于 10^{-13} 特斯拉的脑电信号,并能确定几毫米范围内的神经信号源。但是,脑电信号的强度以离信号源距离的四次方迅速衰减,所以超导量子干涉器件的传感元件要尽量地靠近头皮,但以往用液氮冷却的设备需要厚的绝热(冷)层,影响了检测灵敏度。采用高温超导线圈作传感元件后,绝热(冷)层厚度可减小,这样就更靠近头部,从而增加检测灵敏度(见彩页)。

储能装置

超导磁体储能系统是由巨型超导电缆回路组成的,用它可储存生产中过剩的电流(例如夜间用电低谷时期),在需要的电能超过发电能力时(例如白天用电高峰时期)再利用它。超导储能装置的特点是可以无限期地保存大量电能,而几乎不会有损耗。

美国设计了一个能储存5000兆瓦小时电力的大规模储能设备,并能以1000兆瓦的比率进行充电和放电。效率达90~95%(一部分能量在交流变直流,直流变交流时损失,另一部分是超导体致冷消耗的能量),转换速度为几分之一秒。成本约10亿美元。该储能装置才开始是用NbTi超导合金电缆设计的,用液氮冷却。该装置是一个直径为1568米的环形地下系统。为防止超导性万一消失,导致能量灾难性地释放,在超导电缆周围放安了价值达1亿美元的纯铝吸能块,以吸收万一发生事故时释放的电能和热量。若用新的高温超导材料,就可用液氮冷却储能系统,这样可降低致冷费用,节约投资成本约3%。(见彩页)。

超导材料制造工艺的进展

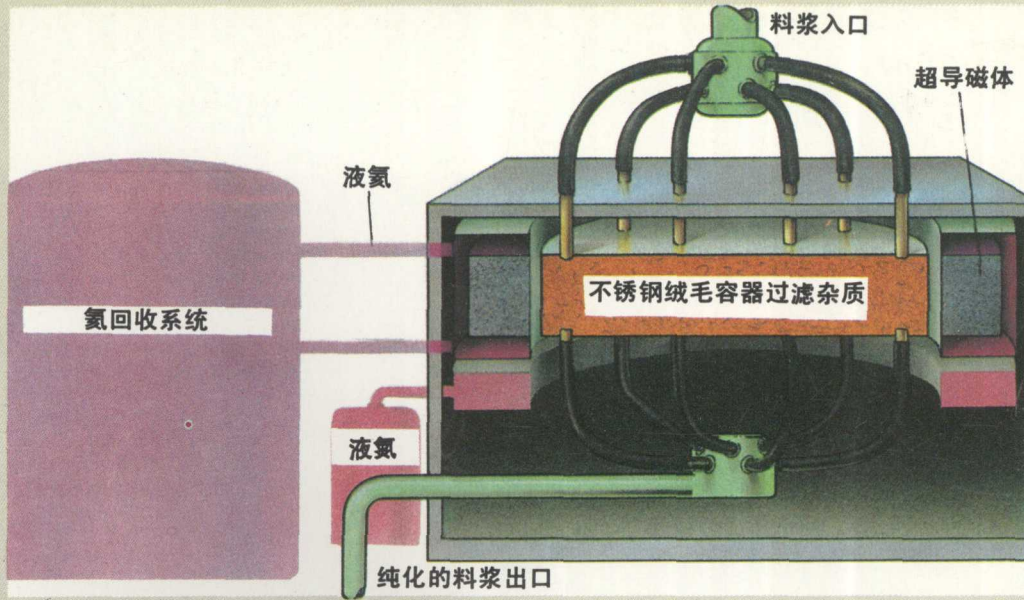
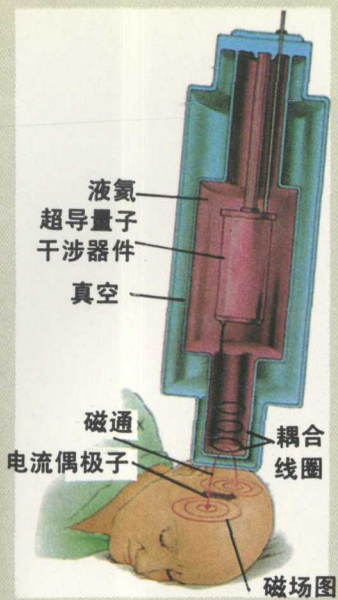
高温超导材料很脆,要制成可实用的丝材、带材或薄膜及零件,需要克服一系列工艺上的难题。当前的进展基本上还处于实验室阶段。

为了制造电子装置用薄膜,有人把超导材料所需的成分,用蒸发方法沉积在氧化镁一类的基片上,然后退火以获得适当的氧,成为具有超导性的氧化物。许多实验室已制成每平方厘米可通过100万安培电流的超导薄膜。

美国阿贡国家实验室已制成了超导带材和丝材,方法是用有塑性的超导粉末混合物模压成丝材,或者涂在一块平板基片上制成带材,然后进行烧结和退火。

烧结前,带材(见彩页图)软得足以模压成各种形状。但烧结后变得非常脆。而烧结的线圈(见彩页图)则已达到适当的柔性。

(刘先曙)



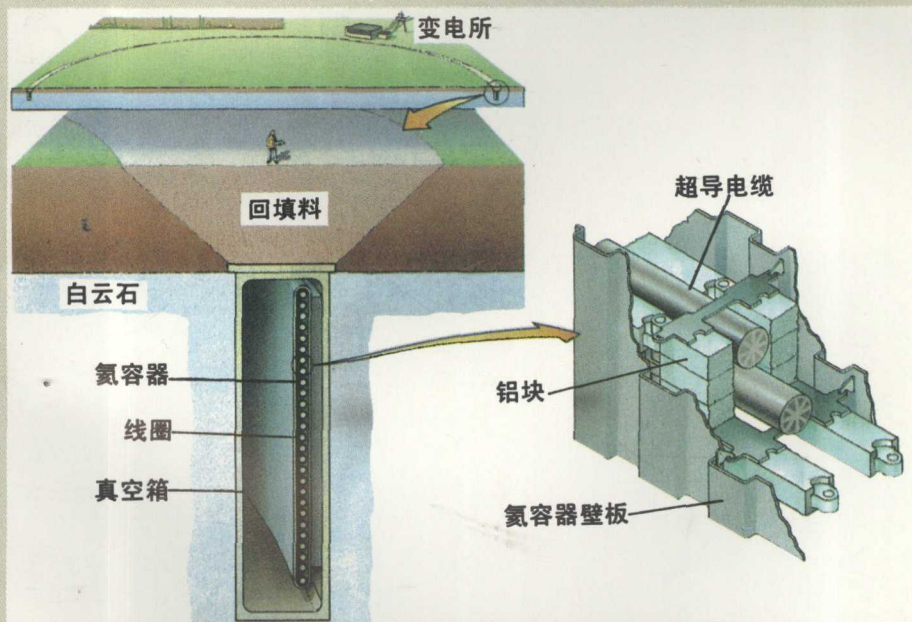
1 磁分离装置

2 磁脑照相术原理示意图：图中灰色箭头表示电流在脑内的运动方向，红色箭头表示穿入脑内的磁力线。利用超导量子干涉器件可测量脑上的磁场垂直分量，绘制由脑电活动感应的磁场。

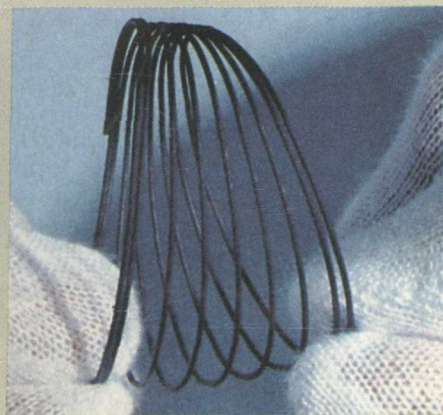
3 超导磁体储能装置：可储能 5000 兆瓦小时，储能线圈高 24 米，直径 1568 米。

4 阿贡国家实验室用烧结方法制成的带材 (a) 和丝材 (b)。

2	1
3	
4	



新超导体 在美国的应用





磁脑照相检测仪：在白色圆柱体内的超导量子干涉器件紧靠一位女士的后脑，由其脑电活动感应出检测磁场。