

超导的诱惑

中央电视台科教频道 宋英慧 葛松 吕文拓

【宣传片】

空缺了3年的国家自然科学奖一等奖，今年终于授给了一项神奇的研究超导，它将让我们的生活发生怎样的改变？敬请收看走近科学《超导的诱惑》

【解说】

电影《阿凡达》中最令人难忘的场景之一，是一座座悬浮在云端的哈利路亚山，这些山，爬满粗壮的藤蔓、壁挂飞天的瀑布、容纳神秘的大鸟，并且时常在空中移动，是何等神奇！而电影中给出了这样的解释：这些山体含有大量的超导矿石，在神秘母树区域的强大磁场作用下，这些超导矿山得以悬浮在空中。虽然电影中的场景是借助电脑合成技术实现的特效场景，但是在现实生活中我们已经得到了类似的效果。

这是中国科技馆超导展台。

【同期】

孩子：爷爷，那磁悬浮火车是谁发明的呀？

孩子：爷爷，那轨道上得安多少个磁铁呀？

赵忠贤：你这是问对了，那轨道上就得必须得让它走。



中央电视台科教频道《走近科学》
2014年1月13日

孩子：走那么快啊。

赵忠贤：对。

孩子：没了，没了，蒸发了。

【解说】

在中国科技馆四楼的这个展台上，72岁的赵忠贤院士正在为孩子们演示超导这个奇特的现象。

【同期】

赵忠贤：你看，这个就相当于你刚才看到的车，看到没有。

赵忠贤：我把这个东西一放，你看，走。

孩子：这么快啊。

赵忠贤：现在你看，这秘密就在这儿，这是降温冷却的液体。

【解说】

超导是物理世界中最奇妙的现象之一，在普通的导体中，电子的部分能量因为碰撞变为热能，因而被消耗掉，而在超导体中，由于电阻为零，电流可以毫无阻力地在导线中传输，在这个过程中不会发生任何损耗，假如在超导环中诱导一次电流的话，电流将永久环流而几乎不衰减。

超导体的奇特性质具有很大诱惑力，让人们对其应用充满渴望。

1913年诺贝尔物理奖授予荷兰科学家卡莫林·昂内斯，表彰他对低温下物理特性的研究，其中包括发现了超导体。1987年诺贝尔物理奖颁发给德国科学家柏诺兹与瑞士科学家缪勒，以表彰他们发现了相对更高温度下的铜基超导体。时隔20年，中国科学家在日本科学家铁基超导体研究的基础上，又一次有了突破，发现了更高临界温度的铁基超导体，使之成为第二个高温超导体家族。

在中科院物理所，我们见到了神奇的超导材料。

【同期】董晓莉（中国科学院物理研究所 研究员）

这里展示的各类超导材料，比如说这个是铜基材料，这个是铁基材料，这块样品是目前为止临界温度最高的铁基超导体，它的临界温度是零下220摄氏度，也就是说到零下220摄氏度以下它的电阻为零。

【解说】

中国科学家新发现的铁基超导材料激发了物理和材料学界新一轮高温超导研究热，它将中国的凝聚态物理学家推向了最前沿，也让全世界看到了中国在凝聚态物理领域展现出的强大实力。

【采访】何豫生（中国科学院物理研究所 研究员）

这也是我们物理所多年积累大家长期埋头工作积累起来，最后这些积累突然就爆发了，但是也说明超导的研究是非常艰苦的。

【解说】

对于北京居民小成来说，连日来的劳累，让他极为不舒服，他怀疑自己得了重病，然而这次医生没有选择价格比较低廉的 X 光检测，而是选择核磁共振。

【同期】金征宇（中国医学科学院北京协和医院放射科 主任）

磁共振的软组织空间分辨率比普通 X 光和 CT 都要高一些，所以这样对软组织显示，显示的程度要比普通 X 线和 CT 更好。

【解说】

医生这次检查的部位是颈椎，一切准备就绪之后，小成接受了核磁共振的检查。如果严重，等待他的将是一次大手术。

那么核磁共振是怎样的一种仪器呢？

从生物磁学中我们可以知道，不同的核和同种核在不同的微观环境中有不同的共振谱线，因此可以由核磁共振谱线对人体的组成、状态、结构和变化过程进行分析，从而获得人体的生理和病理的信息。

【同期】王楠林（中国科学院物理研究所 研究员）

这样的话，它的信号的强度就我理解应该和磁场的大小应该是相关的，所以呢，如果磁场高一些，它能够分辨率啊，或者说看的图像就能够更清晰一些。

【解说】

如果要把磁场加强就需要强大的电流，这无论从安全还是环保来说，都是问题，然而，超导用于核磁共振解决了这些问题。

【同期】王楠林采访

如果不是超导磁体的话，你可以想象，原来要产生 20 特斯拉以上的磁场，那就需要非常庞大的水冷设施，然后有专门的变电站，需要消耗的能量也非常巨大，要产生这么高的场强，因为电流特别特别大。

【同期】付海鸿（中国医学科学院北京协和医院 高级工程师）

大家现在看到的 3 特斯拉的超导的磁共振的磁体，那么在这个磁体当中，有一个密封的一个容器，这个容器里头灌满了液氮，液氮的温度是零下 273 摄氏度，那么在这个液氮当中又浸泡着超导线圈，这个超导线圈，当在这个液氮里头的时候，它的电阻就消失了，电阻为零，当我们往这个超导线圈里导入了电流，这个电流在超导线圈里就会永不停息地流转，然

后这个流动的电就会产生一个强大的静磁场，这个强大的静磁场就为磁共振成像建立了一个静磁场的物理基础，那么超导磁共振它的优势就是说信噪比比较高，拿图像质量比较好。

【同期】

发现他这个椎间盘稍微有一点退行性病变，然后有一点膨隆。

【解说】

根据超导核磁共振的检测结果，医生作出了准确判断，小成并不需要手术。

【同期】

这个病人是比较轻的，所以一般进行物理疗法，休息就可以了。

【解说】

核磁共振成像仪中的磁体系统是装置的关键设备之一，60%~70%的成本都源自超导磁体，很长时间以来，这个核心部件受国外技术垄断，如果利用国产化设备，将在同样性能条件下，每台设备售价降低50%，患者使用的费用将下降80%。

【解说】

从医院超导核磁共振检查仪器，到长距离输电，超导为我们描述的前景越来越环保。

我们的生活中随处可见这样的装置，它是用来为我们传输电能的，然而，传输过程中的损耗却是我们常人无法想象的。

【采访】

输配电整个的损耗占整个网络的传输功率的7%左右，那么我国去年



整个的装机容量约等于12亿千瓦，整个的网络损耗和整个的功率约等于4个三峡电站总的装机容量。

【解说】

这样的状况已经被逐渐改变，超导技术用于输电线路，人们得到的不仅是环保，还有节能。

【同期】赵忠贤（中国科学院院士）

实际上，超导是电力工业革命性的技术储备之一。

【解说】

这是位于河南巩义的超导输电电缆，尽管它只有长 360 米，但是它却是全世界最长的超导电缆，360 米的长度，却因为超导材料的加入，大大节约了电力传输过程中的损耗。

【同期】肖立业（中国科学院电工研究所 所长）

我们在中孚示范的这一根超导电缆，如果从它传输的电流的能力来讲，它应该是世界上最大的。

【同期】贺怀钦（河南中孚实业股份有限公司 董事长）

这里边这两根像管道一样的东西目前就是我们的高温超导电缆，现在是世界上最长的一根高温超导电缆，主要解决电力在输送过程中电的损耗问题，正常一般的电缆用 100 的话，这种电缆以后可以节省 65% 的电力损耗。

【同期】邹凯（河南中孚实业股份有限公司 技术中心副主任）

栅栏里头黑色的管道就是我们的高温超导电缆，实际上它的直径没有那么大，它里面的导线直径只有 100 平方毫米，如果在传输相同能量的情况下，用普通导线进行传输，大约需要 6500 平方毫米。

【同期】邹凯

这条输电线路完全可以直着走过来，为什么我们多拐了几道弯呢，主要是为了模拟野外环境。

【解说】

就是这短短的 360 米，却模拟出了各种自然环境条件下铺设线路的情况。

【同期】肖立业

从它的自备电厂，到电解铝（车间）母排，这个长度大概只有 300 米。但是我们还要测试电缆爬坡、拐弯、下坡等方面的性能，要测试它将来在实际应用当中可能碰到的各种各样的问题。我们在这个试验的现场当中，也让它爬坡、拐弯、下坡，都模拟未来应用可能碰到的各种环境，所以最终总的长度是 360 米。

【解说】

超导材料若要实现电阻为零的超导态，必须要有极低温的环境。这就给超导应用带来了困难。

【同期】

这个罐是我们的液氮储存罐，正常的高温超导电缆，就是在液氮低温

条件下运行的，应该说运行的成本还是比较高的，那么未来科学家能解决室温条件下高温超导电缆运行的话，这个运行的费用可以大大降低。

【隔断 1】

超导，这是一个晦涩的名词，也是一个奇特的物理现象，它让世界众多基础研究的科学家为此痴迷而奋斗，让我们的生活发生着变革。

【解说】

这是位于北京城区的一座气象雷达，北京天气预报很重要的数据就出自这里。

【同期】张京江(中国气象局北京城市气象研究所 高级工程师)

风向、风速在天气预报中是一个很重要的气象要素，风廓线雷达可以给我们提供实时的不同高度层的风向风速情况。举个例子说明吧，比如，这是我们实时探测的结果，从这上面图上可以看出，在 11:12 分的时候，那么在 1000 米的高度，此时的风向是东北风，风速是 6 米 / 秒，到了 2000 米的时候，风向就变成了东风，风速就变成了 4 米 / 秒。

【同期】贾晓星(中国航天科工二院二十三所 研究员)

这是一台边界层风廓线雷达，风廓线雷达是一种新型的遥感设备，它通过探测大气的湍流的多普勒的信息，以及强度信息等，来得到大气的风场的风速、风向及垂直的气流。

【解说】

但是，风廓线雷达投入使用后一段时间，工作人员发现，雷达测试出现了严重误差。

【同期】张京江

1000~1500 米这段能有探测数据，那么到了高层，数据都探测不到了，就没有了，另外情况，就是时间上的不连续。那么就是说，我在这段时间还能探测到数据，在另一段时间就空白了，就没有数据了。

【解说】

干扰来自电磁辐射，人们把目光聚焦到越来越多的通信设备，就是这些干扰让灵敏度极高的雷达识别出现了问题。

【同期】贾晓星

首先它是一部雷达，雷达要发送电磁波。然后要接收大气产生的散射的微弱的回波，来通过这个微弱的回波来测量风的风速和风向，那么这个时候呢，如果有外来的信号也可以直接进入到接收机里头去来，那么这样就产生了干扰，就像我们在听收音机的时候，边上如果有打电话的，你可

能也会受到一些干扰，使你听不清楚是一个道理的。

【解说】

尝试多种方法之后，人们把目光聚焦到超导材料的零电阻，新型的超导滤波器就此诞生。

【同期】何豫生（中国科学院物理研究所 研究员）

电磁信号从天上下来要进入接收机，第一道关就是这个滤波器。它就相当于把门人，把有用的信号让它进来，没用的信号都给它挡住。所以这个滤波器做得门越小，围墙越高，闲杂人等就很难溜进去。

【解说】

怎样解决超导材料需要的极低温环境呢，中国科学院物理研究所的何豫生和他的研究小组研究出这样的宝盒，就是这样一个其貌不扬的小盒子解决了所有的难题。

【同期】孙亮（中国科学院物理研究所 副研究员）

这就是我们中科院物理所研制的，高温超导滤波器。那么这里面呢，是超导的芯片。用钇钡铜氧高温超导材料制作的。那么这个器件呢，是需要工作在零下 200 度，也就是我们通常，会泡到液氮下面去使用。那么现在呢，我们有了这种小型的制冷机，就可以来实现零下 200 度的工作。那么这是压缩机相当于空调的室外机，这个就是膨胀机，相当于空调的室内机。我们的器件就放到了这个真空室的里面来进行工作。整个呢，我们称之为高温超导微波前端子系统。

【解说】

超导滤波器应用到气象雷达上，担当了守门人的作用，有效滤除了手机等通信设施对雷达的干扰，这也让无法测风力风向的雷达设施，恢复了正常。

【同期】何豫生

这台雷达，改造成超导雷达取得了非常好的效果。这是国际上第一次将超导用到了气象雷达，所以在国际上反响很好。国际的同行专家就说，这是高性能超导滤波器的一个了不起的新的应用。而且说，这个滤波器的设计在技术上是杰出的，评价很高。

【隔断 2】

超导，这是一个晦涩的名词，也是一个奇特的物理现象，它在通信领域、航空领域的应用，让大家刮目相看，在未来，它还将引领更多领域发生变革。

【同期】

女：喂。

男：喂，喂。

女：你到了吗？怎么还不来呀？

男：在路上呢。

女：哦，我已经到了。

男：好，我知道，我知道。

女：喂。怎么挂我电话了。竟然敢挂我电话。

【解说】

生活中你可能遇到过手机断线、掉线这样的情况，也会造成这样、那样的误会，但是，通信设备受干扰的情况不久就会得到解决。

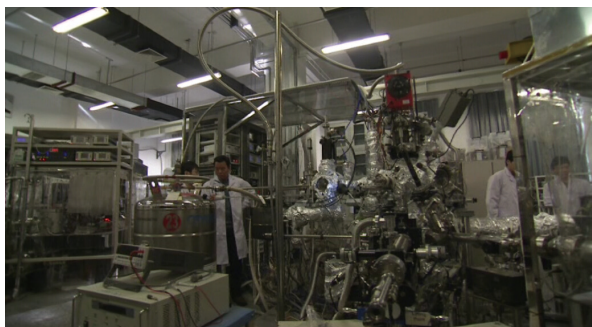
【同期】何豫生

手机主要是直接和基站的通信的联系，那么基站呢，由于它的灵敏度，接收的灵敏度。因为发射可以提高功率，它可以发射得很远。但是接收的时候，手机不可能提很大的功率，因为提大太多对人体就不安全了。所以手机的发射功率到基站就很小，这样的话呢，往往有时候基站的灵敏度受影响。或者呢，它受到的干扰，特别受到干扰的情况下灵敏度就会降低，就受到影响，所以高温超导滤波器在移动通信基站的应用是一个最潜在的最大市场。

【解说】

2012年的10月，实践9号卫星的发射，把超导滤波器带到了万米高空，这是我国首次超导滤波器卫星试验，超导航航天应用研究经历了地面试验验证和卫星试验验证的检验，下一步马上还要进行空间实际应用系统的检验。全部国产化的超导滤波器前端产品已研制出来，这使我国在超导航航天应用领域跻身国际前列。

【同期】何豫生



在星上，就意味着有效资源得到了充分的利用。在星下，就意味着地面装备的功率可以降低。然而地面功率降低，就可以导致它的体积重力减小，所以我们很多移动设备就可以做

得非常轻便。这次试验主要是要证明超导滤波器能够经受航天发射这样非常剧烈恶劣环境的考验，而且也能够能够在空间运行中能够经受考验，而且可以取得很好的效果。

【解说】

一旦寻找到更高临界温度的超导体，乃至室温下的超导材料，会给我们的生活带来翻天覆地的革新。在超导状态下，巨大的电流通过线圈，因为电阻为零，所以可以产生强磁场，能够将磁场内的磁性物质托举起来。比如，超导磁悬浮列车就是利用这种原理，由于悬浮状态下，没有机械摩擦，所以列车的速度大幅度提高，可以把我们带到地面速度的极致状态之下，和飞机相比它的运输效率更高。

在中国科技馆，这个磁悬浮小车就是超导技术的最直接的体现，盒子里装的正是铜氧化物高温超导体，演示人员轻轻一碰它便可以贴着轨道平稳飞起来，这就是处在实验阶段的超导磁悬浮列车的原型，它将会带来一次轨道运输的革命，给我们提供超出想象的节能、快捷、安全的轨道运输。

【解说】

超导已经为我们的生活描述了一个美好的蓝图，将会为医疗、运输、能源航天等领域带来翻天覆地的革新。

【同期】肖立业

如果说能够实现室温超导体的话，那么我们将来的输配电都可以采用超导技术，这样我们可以节约大量的能源损失，可以减少污染排放，而且我们可以提高供电的安全性和可靠性，这对老百姓的日常生活，对于我们的工业生产和服务业的发展都是非常有帮助的。

何豫生

从超导的临界温度来讲呢，现在还没有实质性的提高，所以发现室温超导体是我们科学家一个很好的梦，但这个梦的实现还要我们付出非常非常大的努力。

【同期】

你们觉得这个好玩吗？这种现象是物理现象，这个超导体是宏观的量子现象，以后还要找到不要这个液氮的，在室温就能浮的超导体，你们愿意去找吗？

愿意，愿意。