

北京市科学技术协会科普创作出版资金资助

# 名家讲科普

主 编 刘晓勘

副主编 苏国民 段玉龙 尹传红

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 名家讲科普

主编 刘晓勘  
副主编 苏国民 段玉龙 尹传红

版权专有 侵权必究

---

图书在版编目 (CIP) 数据

名家讲科普 / 刘晓勤主编. — 北京: 北京理工大学出版社, 2018. 6  
ISBN 978-7-5682-5847-0

I. ①名… II. ①刘… III. ①科学技术—普及读物 IV. ①N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 139162 号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)  
(010) 82562903 (教材售后服务热线)  
(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 15.75

责任编辑 / 李慧智

字 数 / 188 千字

文案编辑 / 李慧智

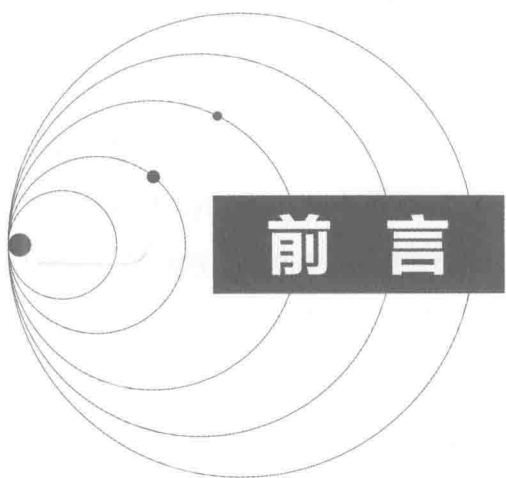
版 次 / 2018 年 6 月第 1 版 2018 年 6 月第 1 次印刷 责任校对 / 周瑞红

定 价 / 48.00 元

责任印制 / 王美丽

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



## 前言

基于“首都科学讲堂”演讲内容而编撰的《名家讲科普》又与读者朋友见面了。来自不同研究领域的16位著名的专家、学者，提供了16份“原滋原味”、风格各异的“美食”。其中，既有专业知识的解答，也有对科学精神的阐释；既有反映前沿进展的科学新知，也有充满人文色彩的科学见解。

我们欣喜地看到，从“首都科学讲堂”的现场听众，到《名家讲科普》系列图书的广大读者，他们在分享智慧果实的过程中，得以亲身感受科学名家特有的精神内涵与人格魅力，从而走近科学名家，走近科学，提升自己理性思考的能力，在人生路上快乐前行。

“首都科学讲堂”的成功举办，是作为主办方的北京市科协与诸多机构精诚合作的硕果，是北京市构建社会化科普工作格局的有益尝试。它使我们更真切地认识到，社会力量在发展首都科普事业、提高全民科学素质方面大有可为；而如何引导和促进社会力量广泛参与科普工作，取得更好的

传播效果并形成长效机制，也有一些值得关注和探讨的问题。作为“讲堂效应”的一种延续，《名家讲科普》系列图书的出版得到了北京科普创作出版专项资金的资助，并先后荣获第四届北京市优秀科普作品最佳科普图书奖和“中国科普作家协会优秀科普作品奖”提名奖，受到了社会各界的广泛赞誉和认可，专家们评价它做到了思想性、科学性、实用性与通俗性较为完美的结合。

为了适应新的形势，我们对《名家讲科普》系列图书进行了全新改版，期待它能够出下去、出精彩！

在此感谢所有科学工作者对全民科普事业及“首都科学讲堂”的支持。由于诸多原因，本书所集纳的只是2017年“首都科学讲堂”部分主讲专家的文稿。除了已经收入书中的文章外，一定有读者好奇那些没收录进来的内容，由于篇幅所限，不便一一介绍。不过，关于科学的话题，我们还可以多说一点。下面就来和您分享一些干货，有关科学的“能、好、怎”。

“能、好、怎”是很多自诩为吃货的朋友，在寻觅美食时经常挂在嘴边的话题，全意为“这东西能吃吗、好吃吗、怎么吃？”习惯了目的导向性的我们在面对科学的时候也会问：“科学是什么？科学有什么用？怎么学习科学？”

科学是什么？科学是一种方法，而且是人类迄今为止解释世界最有效的方法，因为它能对很多现象做出预测，并对不少现象进行重复。虽说眼下依然有科学无法解释及预测的事件，但并不妨碍在过去两百多年时间里，它大幅推进了人类文明的进步。

科学有什么用？科学的用途有很多，大体说来有三个大方向，“解释世界、解放双手、解开好奇心”。科学的进步使我们已从基本粒子的层面了解到世界的本源，掌握了万物运行的规律，并能根据人的意图在一定程度上重塑世界。

科学的进步推动了工程技术飞速发展，使得各种新材料、新产品、新应用被发明出来，这些新的生产及生活工具不胜枚举，科学将我们的双手从土地劳动中解放出来，获取了主宰命运的可能。

当我们逐渐摆脱自然束缚的时候，开始有人仰望星空，思索包括自己在内的一切从哪里来，生命如何起源，宇宙怎样演化。此刻科学及时跟进，逐个回答这些问题，基本满足了人类的好奇心。

怎么学习科学？这里要声明，科学不等于科学知识，更不等于看得见摸得到的科技产品。科学是人类数千年来智慧的结晶，其中有可用文字记录并学习的知识，也有不能完全描述、不能完整量化的科学精神。因此，学习科学的目标有两个：一是学习前人探索出的科学知识；二是学习科学世界里一脉相承的思维方法。从科普的角度来说，传播科学思维比传播科普知识更重要，因为互联网时代知识唾手可得，而如果不能拥有科学家思考并解决问题的方式，过多的知识反倒会成为学习的阻碍。

“首都科学讲堂”带来的科学知识固然宝贵，但在我们看来，最珍贵的是各位科学家不断探索、不断思考、不断实践的科学精神。科学家笛卡儿曾有名言“我思故我在”，如果你想与科学同行，“思考”应是你内心永不褪去的底色。

最后，感谢北京新闻广播及北京人民广播电台节目制作中心对“首都科学讲堂”的报道与支持，感谢所有工作人员对讲堂的辛劳付出，感谢北京理工大学出版社对本书的精心编辑！

段玉龙 尹传红

# 目 CONTENTS 录

## 前沿科技，走向百姓

- 01 超导不烧脑，成果遍地跑 / 赵忠贤 003
- 02 大国重器——大型民用飞机 / 吴兴世 021
- 03 什么是可燃冰？ / 龚建明 053
- 04 量子计算，第四工业革命的引擎 / 丁 洪 068

## 眺望宇宙边缘

- 01 百年现代物理学引力波与慧眼天文卫星 / 张双南 079
- 02 暗物质的天体物理限制 / 陈学雷 巩 岩 101
- 03 探秘深空探测 / 黄江川 116

## 我的健康，我做主

- 01 当猴子患上了自闭症 / 李 霄 仇子龙 131
- 02 白内障 / 冯 云 141
- 03 肠道菌群健康，人才能健康 / 张成岗 152
- 04 阿尔茨海默病的应对策略和预防 / 庆 宏 161
- 05 食品包装上的信息，哪些该重视、哪些该无视？ / 云无心 172

## 凝视蓝色星球

- 01 15 亿年前的古地震记录 / 苏德辰 183
- 02 人工影响天气及其效果检验 / 姚展予 203
- 03 永别了，北白犀苏丹！ / 张劲硕 217
- 04 把玩光影：光，早在几百年前，就陪着人们玩儿 / 王亚男 225

An abstract graphic featuring a series of concentric circles on the left side, with three solid black dots placed at different radii. A dark horizontal bar spans the middle of the image, containing the text '前沿科技，走向百姓' in white.

**前沿科技，走向百姓**



# 01

## 超导不烧脑，成果遍地跑

◎ 赵忠贤

中国科学院院士

首都科学讲堂·让科学在耳边生长



● 扫码收听当期讲座

### 导 读

我国著名物理学家、超导专家、中国科学院院士赵忠贤，因其在超导研究领域取得的巨大成就，获得了 2016 年度国家最高科学技术奖。

赵忠贤院士曾言：“我这一辈子只做一件事，就是探索超导体、开展超导机理研究。”如何能将一件事坚持一辈子？在编者对赵院士的采访中找到了答案。

当问及赵院士为何会成为一位科学家时，他说：“记得在小学四年级时教自然的苏老师给我们做了一个实验，他拿来一个玻璃钟罩，通过一根管子和氧气发生器接起来，在钟罩里放了一只老鼠，当氧气增加时老鼠变得非常活泼，但过了不久，这只老鼠就蔫了，最后死亡，没氧气不行，氧气太多了也不行。这一实验使我对自然的奥秘发生了兴趣，以至我至今难忘。”

兴趣是最好的老师，也是一个人能对某个领域长久保持专注的动力。虽说赵院士表示自己运气好，能有机会将生计和兴趣结合起来，实现了理想的人生状态。但如果没有兴趣做指引，谁会知道大千世界中专属自己的方寸之地在哪里？谁会有坚持一辈子只做一件事的动力呢？

请打开这篇文章，走进赵忠贤院士和超导的故事吧。

超导，这是一个充满挑战与发现的领域。本文主要内容包括超导体的基本性质、特征，应用举例，超导研究中的重大科学发现和进展及其意义，以及对超导领域未来的一些展望。

## 1. 超导的性质

超导的基本性质有两个：一个是它的电阻等于零；另一个是，在理想的情况下，超导体内部的磁感应强度也等于零，也就是具有完全抗磁性。只有同时具备这两个特征，它才是超导体。

首先是关于零电阻的问题。什么是零电阻，因为电阻大小总是需要测量的，而所有的测量都存在仪器灵敏度或精度的极限。20 世纪 70 年代进行了一个实验，利用一个环形的超导圈，在环中感应出电流，也就是冻结一个磁场。超导态被维持大约一年。通过测量磁场的变化来确定电流的变化，结果磁场没有发生变化。以仪器的灵敏度为限，推算出这个磁场至少 10 万年内都不会变化，即电阻率小于  $10^{-25}$  欧姆·厘米。

从物理上来讲它的电阻就是等于零的。

其次是理想超导体的磁感强度应该等于零，或者说是完全抗磁性。这实际上和假想一个电阻等于零的理想导体是不一样的。给一个超导体加一个磁场，然后给它降温进入超导态，如果它是一个电阻等于零的理想导体，磁力线应该保持在导体内部。实际上，对于超导体不是这样的，磁力线保持不了。就是在正常态加的磁场进入了超导态以后磁力线完全被排斥出去，

超导体内部磁感应强度等于零。这是超导体的一个非常本质的特性。表明超导电性是一个全新的物理现象。零电阻和抗磁性是超导体最基本的两个性质。

再次，超导体还有另外一个特点：两个超导体中间如果加一个很薄的绝缘体，比如说一个纳米的绝缘体（10 个埃）。这种情况下超导体会有一个效应，即不加电压就可以有超导电流的流动。就是超导的电子从一个超导体隧穿到另外一个超导体里，这叫超导隧道效应。超导的隧道效应有两种：一种是不加电压，就有直流电流，隧道电流的大小取决于两个超导体的相位差；另一种是加上电压，就会辐射出一定频率的电磁波，辐射的频率正比于所加的电压。这种性质是非常重要的，有很重要的应用。

最后一个性质，超导体里面的磁力线都是量子化的，每一个磁通量子与两个基本电荷有关系，就是普朗克常数除以两个基本电荷。磁通的量子化，不仅在科学上很有意义，在实际应用中也很重要。

对于超导体，除临界温度之外还有临界磁场和临界电流。包络线以内的就是超导态，包络线以外的就不是超导态了。超导体进入超导态才有各种应用。超导状态的两个最基本性质就是零电阻和在理想状态下的完全抗磁性，还有超导隧道效应和磁通量子化。

## 2. 超导约束的三个临界参数

在此先介绍一下温度的概念，我们首先要看看温标，摄氏温标就是现在我们每天用的，比如说今天最高气温 34 度，实际上是 34 摄氏度。研究超导的人经常用的是绝对温标。摄氏温标的定标是这样定的，在一个大气

压下纯水的凝固点，即冰水混合物就是摄氏零度，这个温度等于绝对温度的 273.15 度。绝对温标的零度，也就是摄氏温标的零下 273.15 度。绝对温标的符号是 K，也称 K 式温标。大家常听到高温超导、低温超导，实际上高温也好，低温也好，都是相对的，高温是相对低温而言。因为相对极低温来讲，几十 K 就是高温了，所以不论是高温超导体，还是低温超导体，它的实际进入超导态的温度即临界温度都很低。所以超导的应用是和低温技术及制冷技术分不开的。也可以说低温及制冷技术与超导应用密切相关。

高温超导体和低温超导体除临界温度不同，超导机理也不一样。金属合金超导体，即传统低温超导体，是基于电子和声子相互作用的，它有一个临界温度的限制，叫麦克米兰极限，是 40K。现在我们通常把临界温度高于 40K 的超导体叫高温超导体。高温超导体的机制，即超导的起因，与临界温度不超过 40K 的金属合金超导体是不一样的，科学上非常有意义。

### 3. 超导体的应用

在 20 世纪 60 年代，商业的超导线出现了，也随之出现了超导的磁体。在 60 年代初，科学界理论上预言并实验证实了超导隧道效应。这些重要的进展使得超导体进入了应用时代，因为超导技术都是在低温下运行的，所以叫作低温超导技术。

超导应用主要有两个方面：一个是弱电应用，比如微弱的电磁信号的检测、微波器件等；另一个大方面是强电应用，如用于磁体、电缆等电工方面。不论低温超导还是高温超导，主要应用于三个领域：能源、信息和健康。具体的应用有很多方面，比如信息技术、大型科学装置、污水处理、

超导电力、生物医学、交通运输等，下面我在各方面举几个例子。

弱电方面的应用。每人现在手里都有手机，实际上不管是手机也好，还是其他电器也好，都有一个电压问题。既然使用电压，全世界都应该有一个标准，如果没有标准那就乱套了。那么电压的基准或者说标准是什么呢？在很多年以前，它是一个化学电池。这个电池保存在巴黎的国际权度局的恒温、恒湿、恒压的地下室里。全世界都得拿自己的电池到那里去比较，这就是大家公认的一个标准。后来有了超导的交流隧道效应，它的电压正比于频率，前面的系数是普朗克常数除以两个电荷，借助这超导的交流隧道效应，只要器件做得好，相当于频率的基准就可以间接地被用于电压基准。频率的基准大家知道是非常精确的。国际上已经用 Josephson 超导隧道结电压基准取代了化学电池电压基准好多年了。全世界，包括中国都在用。这样看来超导已经差不多都服务到每个人了，只是很多人并不知道。

基于超导隧道效应的超导量子干涉仪，能够检测磁场微弱变化。现在地球表面的磁场为 0.5 高斯左右，超导量子干涉仪能够检测地球磁场的千亿分之一的变化，非常灵敏。它的灵敏度从理论上讲只受量子力学不确定原理的限制。它可以应用在生物磁测量、大地磁测量、磁成像以及其他精密的电子测量方面。下面我举一些例子。

第一个就是心磁图，用超导量子干涉仪做心磁图可以发现心肌缺血，这个比一般做的心电图检测心脏状态的情况要更全面、更灵敏一些。超导的心磁图对心脏健康的早期检测是能够起作用的。

超导量子干涉仪还可应用于脑磁图。大脑的磁场很弱，只能用超导量子干涉器件才能测量，也就是脑磁图。现在有的医院已经用它做临床实验研究，并取得进展，如癫痫病、中风的确定，听力、视觉等脑功能区的认知定位等。北京、上海都有做这方面研究的。这对现在研究脑科学是有用的。

在大地测量方面，实际上是用超导量子干涉仪来测量大地的电阻及分布。电磁场来源于太阳风或者人为的电磁波，如引进一个大的电磁脉冲，可以测量大地不同频率的电阻。频率越低的电阻相当于是地底层的电阻，频率越高的相当于表面的电阻，所以通过不同频率的电阻可以知道大地不同深度层的电阻，就可以知道大地的表面及地下的电阻分布。这对了解大地结构很重要，而大地结构对探矿有用。

另外一个例子也是关于高电磁测量灵敏度的应用。比如，在飞机上装一个基于超导量子干涉仪的探测器，就可以发现山洞里的卡车。另外是无损探伤，比如探测飞机的轮子的损伤情况等。

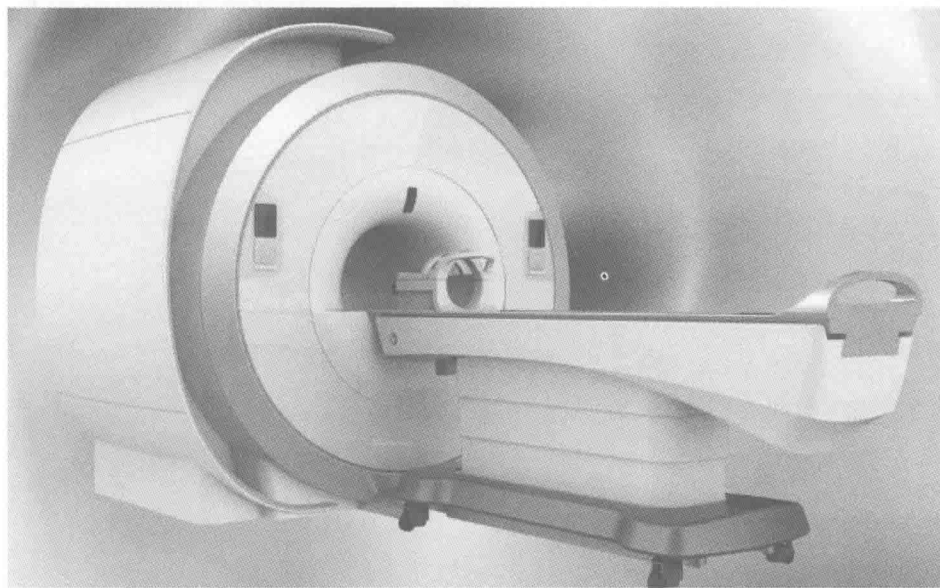
除去在这些方面的应用，在弱电方面还有在微波方面也有应用。其实超导体在微波状况下是有电阻的，是表面电阻。比如在 1G 赫兹下，超导薄膜的表面电阻与同一温度下的铜相比，只是其 1/100 或更低。它可以用来做平面的滤波器。做平面的滤波器有什么好处呢？以移动通信为例，假如这个地区信号不好，对于没有超导滤波器的，手机上的屏幕就不清楚，如果换成超导滤波器就清楚了。几年前在北京大钟寺附近、清华做过实验，对信号有很大的改善，实验是成功的。那我们的滤波器为什么不全换成超导的？因为成本问题。运营商从成本考虑就不用超导的了。北美移动通信使用的超导滤波器大概有几千台。

前面讲的是弱电应用，下面我向大家介绍强电应用。强电应用与能源有关，比如跟电力工业有关，它是电力工业的革命性的技术储备之一。在未来能源方面，超导是磁约束受控核聚变系统中不可或缺的材料。在交通方面，比如新一代的舰船推动系统，还有超导磁悬浮车；生物医学方面，刚才我们也提到了，如医院里用的超导核磁共振成像的设备等。

超导磁体的磁场强度目前可以达到 25 个特斯拉以上。1 个特斯拉的意思

就是1万高斯。地球的磁场强度约为0.5高斯。现在正在做的是达到32个特斯拉。为什么需要做这么高的磁场，这很有用。如用于核磁共振谱仪，用它寻找新的药物等。核磁共振谱仪还有一些物理上的应用。磁场强度高，它的分辨率就高，就可以看到你过去看不到的现象，就像望远镜一样。不断地要提高分辨率目的就是为了看得更深，看得更远。核磁共振谱仪也是一样的。

图1是医院里的核磁共振成像磁体设备。到医院检查，医生问你做1.5T的，还是做3T的，所指的是1.5万高斯的或3万高斯超导磁体的核磁共振谱仪。现在超导磁体的最大市场就是全球医院普及的核磁共振设备，过去低温技术发展得不够，北京引进一台核磁共振设备就等于是一件大事了。但现在很多医院都有，因为低温技术发展使得超导技术用起来方便了。中国发展很快，未来应该还有几千台的需求。五六年以前，超导核磁共振设备行业的产值一年大概已是30亿美元。



▲图1 医院里的核磁共振成像磁体设备