

远古时代，人们利用自然界的石材、木材和植物纤维做材料；现代社会，纤维的发展则改变了人们的生活。本书讲述的是材料世界的永恒主题。

科学
发现
之旅

奇妙的 纤维

陈积芳——主编

奚同庚 等——著



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press



奇妙的 纤维

陈积芳——主编

奚同庚 等——著



上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

图书在版编目 (CIP) 数据

奇妙的纤维 / 奚同庚等著. —上海: 上海科学技术文献出版社, 2018

(科学发现之旅)

ISBN 978-7-5439-7685-6

I. ① 奇… II. ① 奚… III. ① 纤维—普及读物 IV. ① TQ34-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 159540 号

选题策划: 张 树

责任编辑: 王 珺

助理编辑: 朱 延

封面设计: 樱 桃

奇妙的纤维

QIMIAO DE XIANWEI

陈积芳 主编 奚同庚 等著

出版发行: 上海科学技术文献出版社

地 址: 上海市长乐路 746 号

邮政编码: 200040

经 销: 全国新华书店

印 刷: 常熟市文化印刷有限公司

开 本: 650×900 1/16

印 张: 13.25

字 数: 127 000

版 次: 2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5439-7685-6

定 价: 32.00 元

<http://www.sstlp.com>

《科学发现之旅》丛书编写工作委员会

顾问：叶叔华

主任：陈积芳

副主任：杨秉辉

编委：甘德福 严玲璋 陈皆重 李正兴 张 树 周 戟
赵君亮 施新泉 施善昌 钱平雷 奚同庚 高海峰
秦惠婷 黄民生 熊思东

(以姓氏笔画为序)

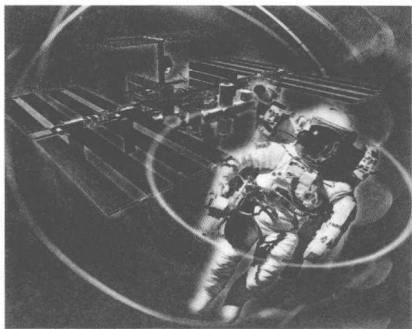
{ 目 录 }

- 001 | 太空是孕育新材料的摇篮
- 006 | 航天器“头盔”的隔热材料
- 010 | 宝石世界
- 018 | 人工晶体家族中的新宠儿——闪烁晶体
- 022 | 生物材料探秘
- 026 | PTC 半导体陶瓷——暖风机的“心脏”
- 032 | 奇妙的压电陶瓷
- 037 | 夜光壁揭秘
- 041 | 神奇的纳米技术和纳米材料
- 046 | 灵敏的人工鼻——半导体气敏陶瓷
- 050 | “泰坦尼克号”海难的启示
- 054 | 漫话压电晶体
- 058 | 神奇的等离子喷涂人工骨骼
- 063 | 潇洒一挥铁电 IC 卡
- 067 | 壮观故宫话琉璃
- 071 | 形形色色的新型玻璃
- 075 | “洁身自好”的新材料——纳米二氧化钛
- 079 | 水泥——从都市的“脊梁”到人体的脊梁
- 083 | 从景泰蓝说起
- 088 | 反光材料
- 092 | 新型吸附材料——活性炭纤维
- 095 | 不可等闲视之的碳 / 碳复合材料
- 099 | 21 世纪的绿色能源——固体氧化物燃料电池

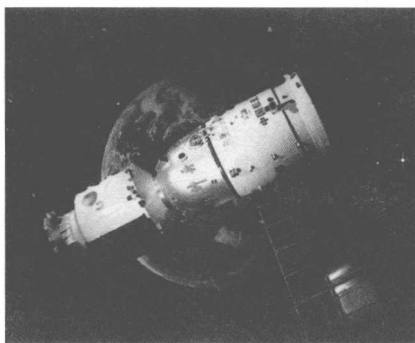
- 103 | 看得见原子的显微镜
- 107 | “战略新材料” 碳化硅
- 112 | 超导材料
- 117 | 帮助集成电路“退热”的材料
- 121 | 透明陶瓷
- 126 | 反磨损“卫士”——高温耐磨陶瓷涂层
- 131 | 现代建筑玻璃
- 135 | 中国古陶瓷
- 140 | 古陶瓷的科技鉴定
- 145 | 陶器
- 150 | 兵马俑群和唐三彩
- 155 | 形状记忆合金——“永不忘本”的功能材料
- 164 | 铠甲和防弹衣
- 169 | “性格顽强”的硬汉——钨
- 173 | 从拿破仑死亡之谜说开去
- 177 | 面团一样的金属
- 181 | 黄金——永恒的魅力
- 184 | 神奇的稀土
- 188 | 最轻的金属锂
- 192 | 善解人意的减振合金
- 195 | 被驯服了的金属——超塑性合金
- 199 | 年轻有为的多面手——钛
- 204 | 秦青铜兵器不锈之谜

太空是孕育新材料的摇篮

20 世纪人类最伟大的创举之一就是摆脱地球的束缚，冲破大气层的阻拦，进入了“太空”这一前人从未到达过的全新疆界。1957 年 10 月 4 日，苏联成功地将第一颗人造卫星送入太空。1961 年 4 月 12 日，苏联航天员尤里·加加林乘“东方 1 号”宇宙飞船成功地进入环绕地球飞行的空间轨道，成为世界上第一个太空人。1969 年 7 月 20 日，乘坐“阿波罗 11 号”登月舱的美国宇航员阿姆斯特朗在月球上留下了人类的第一个脚印。近半个世纪以来，航天领域的每一次创举都使人类的探索精神得以升华。时至今日，国际空间站已成为世界上最具影响的空间活动。2003 年 10 月 15 日，我国“神舟五号”宇宙飞船将航天英雄杨利伟送入太空，使中国成为继俄罗斯、美国之后第三个独立地掌握了载人航



▲ 图 1 组建中的国际空间站



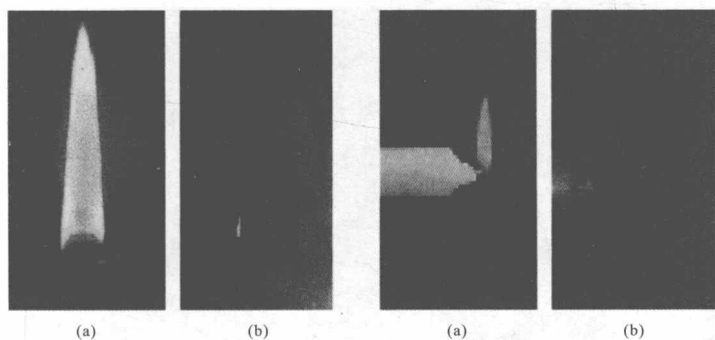
▲ 图 2 中国的“神舟”飞船

天技术的国家，这一壮举极大地增强了中华民族的自信心和自豪感。

航天科技的迅猛发展，已经成为引领新科学新技术，带动国民经济发展的的重要手段。空间科技成果在地面生产和生活中的推广和应用，正在不断改善和提高着人类的生活质量，使得空间科学及其应用成为当今人类最具显示度和影响力的活动。空间材料科学作为空间科学与应用领域中的重要分支，是传统的材料科学向空间环境的延伸，是发展材料科学新理论、探索材料制备新工艺和拓展材料应用新领域中最活跃的前沿性交叉学科之一。

目前的空间材料科学研究主要集中在利用空间的微重力环境上。那么，什么是微重力呢？在解释微重力概念之

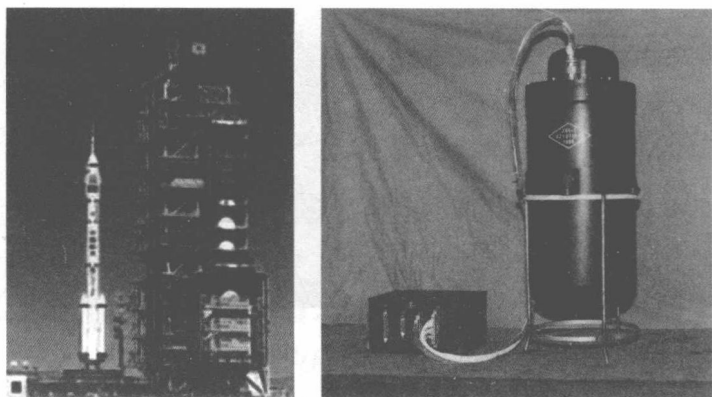
前，首先应从失重谈起。对于失重，人们早就熟悉。譬如，在电梯中急速下降和从高处跌落下来，都会在瞬间处于失重状态。卫星、飞船、空间站等航天器上有各种仪器设备，当它们在外层空间沿轨道飞行时，由于环绕地球旋转产生的离心力和重力近似达到平衡，所以这些仪器都长期处于失重状态中。随着研究的深入，人们逐渐认识到所谓的“失重”“零重力”或“无重力”的环境是无法实现的。某种因素的干扰会造成重力加速度的



◀ 图3 燃烧现象的天地之别：(a) 地面 (b) 太空

变化，总是有微小的残余重力存在，不可能形成完全真正的“零重力”环境。因此，从科学和规范的角度来看，称“微重力”更为确切。

多年来，人们对重力场已经形成了许多传统的物理概念，并推导出一些公式，形成了物理规律，似乎已经建立起不可动摇的理论体系。但是，在空间微重力条件下，以往的科技知识就显得十分贫乏了。以司空见惯的燃烧现象为例，在地面重力环境中，点燃的蜡烛会熊熊燃烧，呈现如图3(a)所示的火焰。而在空间微重力条件下，点燃的蜡烛会呈现出如图3(b)所示的状态，这是由于在微重力条件下，重力引起的对流效应受到抑制，火焰得不到氧气的供给因而无法持续燃烧。再例如，在地面装有油、水和沙粒的试管中，沙粒总是下沉，而油滴总是上浮。而在空间微重力环境中，沙粒并不下沉，油滴也不上浮，三者可以实现均匀混合。总之，在微重力环境中，很多物理概念，包括流体中的对流与沉淀效应、浸润现象、热交换规律、摩擦及电泳等物理过程，



▲ 图 4 待发射的“神舟三号”飞船（左）和飞船上的多工位晶体生长炉（右）

都必须重建新的物理模型，总结新的规律，创建新的定理或定律。

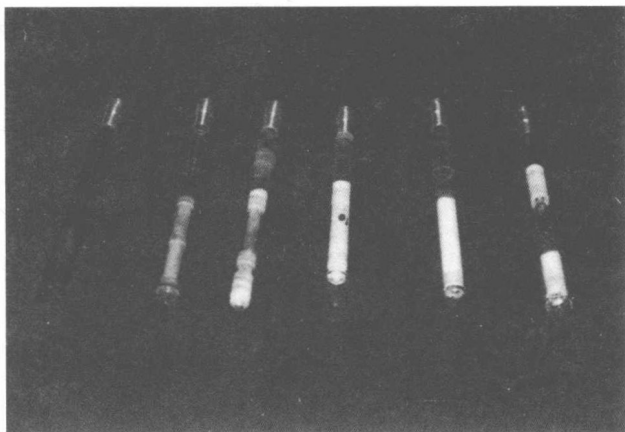
空间的这种极其特殊的环境条件可以转化为可被人类利用的宝贵资源，成为众多领域开展深入研究的有效工具。仅以空间材料科学研究为例，在空间环境下制备具有重要科学和应用价值的少量贵重材料、关键的技术材料，以满足高新技术领域对特殊材料的需求，同时还可获得在地面用传统方法不能制备或合成的新型材料等。

发达国家一直对空间材料的科学研究给予高度的重视。自 1969 年苏联发射的“联盟 6 号”飞船首次搭载了名为“火神”的空间材料实验装置以来，经过几十年的不懈努力，国外空间材料科学领域已经取得了一批研究成果，并展现出美好而诱人的应用前景。

我国的空间材料实验装置研制始于 20 世纪 80 年代末，虽起步较晚，但已取得长足发展。在我国载人航天

工程中，应用系统的多工位晶体生长炉就是一种适合在“神舟号”飞船上进行空间材料生长研究的通用装置。该装置由中国科学院上海硅酸盐研究所等单位联合研制，能在一次空间飞行任务中完成半导体光电子晶体、氧化物功能

晶体、金属及合金、非晶与复合材料等多种不同材料的空间实验需求。该装置曾先后参加了我国“神舟一号”、“神舟二号”和“神舟三号”飞船的空间飞行实验。在3次空间实验中，多工位晶体生长炉技术状态良好，圆满完成了空间飞行实验任务。



▲ 图5 “神舟三号”飞船上制备并安全回收的实验样品

(刘 岩)

航天器“头盔”的防热材料

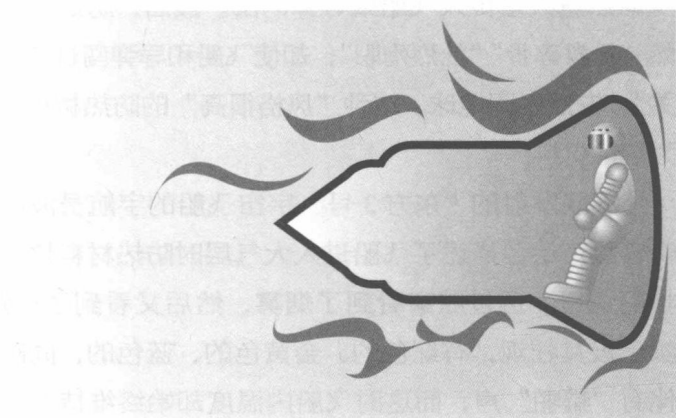
当你在夏夜纳凉的时候，一定见到过划破夜空的流星。它那短促而明亮的光辉像昙花一现，瞬即消逝。大家知道，这是流星与大气摩擦生成的高温使流星燃烧而发出的光焰。

有人曾经计算过，一个质量仅 1 千克的流星，如果以第一宇宙速度（每秒 7.91 千米）冲入大气层，相互摩擦生成的总热量竟高达 117 万焦耳。实际上，大多数流星的速度要比第一宇宙速度高，摩擦生成的热量足以把流星烧成灰烬了。

航天器、宇宙飞船（载人或不载人）或者洲际导弹返回地球时也要经历与流星类似的遭遇。而且，由于宇宙飞船舱和洲际导弹的质量大得多，摩擦生成的热量就更惊人了。以一艘几吨重的宇宙飞船为例，当它以每小

时超过 20 000 千米的速度（略大于音速）重返大气层的时候，它的能量抵得上 40 列满载疾驰的火车，这些能量将在宇宙飞船舱返回地球稠密大气层的过程中，与空气摩擦而转变成惊人的热能，以致宇宙飞船头部附近的空气温度竟高达摄氏五六千度以上。我们通常称之为气动加热。难怪有人把宇宙飞船重返大气层比喻成闯过“火烧关”。

所有元素中碳的熔点最高，但也只有 3 700 ℃，实在难以经受“火烧关”的考验，还是大自然给了我们解决这一难题的启示。当人们分析陨石——这些宇宙中飞来的“不速之客”的化学成分时，有趣地发现陨石的表面虽已发生过熔融，但里面的化学成分并没有发生明显变化。这个现象告诉我们，陨石下落过程中尽管表面经受几千度的高温而炽烈地燃烧，但由于穿过大气层的时间很短，摩擦生成的热量都消耗在陨石表面的燃烧中了，所以传到陨石内部的热量很少。



◀ 航天器头盔示意图

那么，我们可不可以给飞船或洲际导弹的头部戴上一顶特制的“头盔”，让重返大气层时产生的巨大的气动热绝大部分消耗在“头盔”上，从而保护飞船和导弹安然闯过“火烧关”呢？循此思路，人们找到了一种防热材料做成的“头盔”，帮助飞船和导弹闯过了“火烧关”。

防热材料种类不少，但都有一些共同的特点：导热系数低，即隔热能力大；比热容大，即每克物质升温 1°C 所需要的热量多；热发射率大，即材料向外辐射热量（散热）的本领大。这些都大大减少了通过防热“头盔”传导到飞船或导弹头部内的热量。不过最主要的是防热材料都有共同的“看家本领”：当防热“头盔”高速闯入稠密大气层进入“火烧关”的时候，防热材料受热从固态变成液态的熔解热，从液态变成气态的汽化热，或从固态直接变成气态的升华热都很大，从而在防热“头盔”不断烧蚀过程中能吸收大量的热量。第一层烧蚀掉了，第二层再烧蚀……每一层都吸收了大量的热，就是不让气动热量大量传入飞船或导弹内部。最后，防热材料虽然“粉身碎骨”“壮烈殉职”，却使飞船和导弹闯过“火烧关”，安然返回地球。这种“风格很高”的防热材料也称为烧蚀材料。

苏联发射的“东方3号”宇宙飞船的宇航员波波维奇曾绘声绘色描述了飞船进入大气层时防热材料烧蚀的壮丽情景：透过舷窗看到了烟雾，然后又看到了火焰，颜色极其壮观，有红色的、金黄色的、蓝色的，同时还伴有“噼啪”声，而这时飞船内温度却始终维持在正常

水平。

烧蚀材料有的是有机和无机材料的复合材料，有的则是无机材料的复合材料，但都含有纤维材料。这是因为飞船或导弹头部高速冲入大气层时，除掉高温高热外，还有速度快得可怕的气流从它表面上冲过去，就是所谓的超高速超高温气流冲刷，纤维能起到一种像骨架那样的补强作用。烧蚀材料中的有机树脂易产生升华，所以是一种飞船常用的能消耗大量热量的材料。洲际导弹进入大气层速度更快，对烧蚀材料的要求更高。

航天器的防热“头盔”的厚度要恰到好处。太薄了，在通过大气层烧蚀时会烧穿，造成船（弹）毁人亡的严重后果；太厚了，重量增加，减少了航天器的有效载荷。因此，防热“头盔”的厚度和重量要通过大量实验的热计算，进行精打细算地设计，做到“斤斤计较”，因为每增加一份重量，运载火箭的推力就要增加几十倍。

（奚同庚）

宝石世界

说起宝石，人们立刻就会在脑海中浮现出那些五光十色、晶莹剔透的颗颗小玩意儿。要知道在世界上已经发现的 2 000 多种矿物中，仅有少数几十种矿石能切出宝石来。由于宝石的瑰丽、稀罕、珍贵，古代人们曾把它看作是伟大、神秘力量的源泉，把宝石佩戴在身上，作为克邪护身的法宝。宝石还是一种艺术珍品，与古董、钱币、邮票一样备受收藏家的宠爱，当然更多的宝石是作为装饰品而存在的。随着人造宝石技术的发达和人们生活水平的提高，宝石除了被制作成传统饰品外，现在甚至连钢笔套、别针、眼镜框架、领带夹针上都要镶嵌几颗宝石。

硬度是宝石最基本的条件，如果宝石太软，就很容易擦伤，甚至被破坏。享有“宝石之王”美称的金刚石

就是因为它的硬度在迄今发现的矿物中成为绝对的冠军。不言而喻，宝石的颜色也是十分重要的。有时两颗宝石就是因为颜色的差别，可使它们的价值有天壤之别。颜色是由于材料对光的吸收的不同而形成的，阳光是由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种颜色的光混合而成的，阳光射入红宝石时，其中的蓝黄绿等颜色光被它吸收，剩下的红光射入人们的眼中而使人感觉到红色。无色宝石不吸收射入的光，金刚石就是一种无色宝石。有时，由于宝石中含有各种杂质而使它着色，例如水晶就有绿色、紫色、棕色等多种颜色。

从矿中开采出来的宝石，必须经过精心加工，才能成为漂亮的装饰品。对于无色宝石来说，它的加工尤为重要。例如金刚石俗称钻石，它的身价昂贵，除了上面讲的“坚硬无比”之外，就是它的五光十色。光学上有一种叫做色散的现象，例如一束白光通过一个玻璃棱镜后，分成了红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七道光，这就是色散现象。经过特殊的设计和琢磨，将钻石表面加工成许许多多小面，光线射入钻石后，就会出现很强的色散现象，因而人们就

▼ 红宝石和蓝宝石饰品

