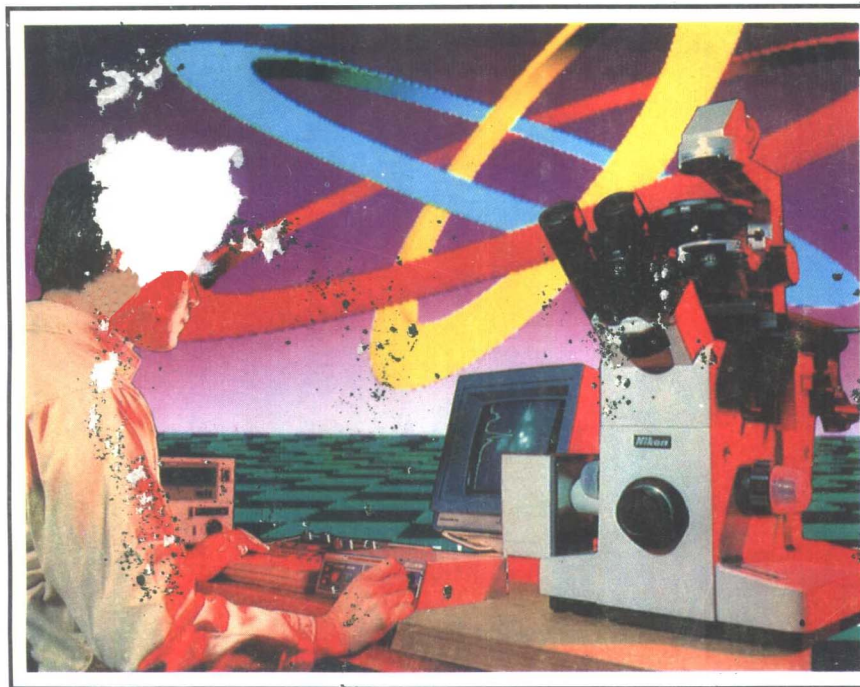


缤纷多彩的材料世界

郝应其 编著

高新科技知识

普及丛书



中国科普研究所组织编撰

北京工业大学出版社

高新科技知识普及丛书

中国科普研究所组织编撰

主编 郭正谊 周汝忠 陈浩元 王 洪

缤纷多彩的材料世界

郝应其 编著

北京工业大学出版社

内 容 提 要

材料一直是人类文明的重要里程碑，近年来人们又把能源、信息和材料并列为现代文明和生活的三大支柱。本书沿着人类文明的足迹回顾了材料科学的发展和突破，介绍了近年出现的各种新型材料，包括金属合金、高分子材料、陶瓷和复合材料，特别着重介绍了处于发展前沿的各种功能材料及其在未来科学技术中的地位。本书内容较丰富，收集了国内外最新资料，向读者推荐了最必需的材料科技知识，文字通俗易懂，适合于从事新材料开发和生产的技术人员、现代企业管理干部、青年工人和学生阅读参考。

缤纷多彩的材料世界

郝应其 编著

*

北京工业大学出版社出版发行

各地新华书店经销

北京通县燕山印刷厂印刷

*

1993年5月第1版 1993年5月第1次印刷

787×1092毫米32开本 4印张 88千字

印数：1~5000册

ISBN 7-5639-0218-x/T·20 定价：2.80元

(京)新登字212号

序 言

唯物史观归结人类社会的进步，来源于社会生产技术的不断发展。当生产方式出现某种重大革新时，随之而来的是社会生产力的飞跃。这种不可逆转的趋势导致社会生产关系以至社会生活方式的巨大变革。人们把这种阶段性的发展誉为技术革命。历史上曾出现多次技术革命。每一次这样的革命，都把人类社会推向一个新的历史时期。铁器的出现和广泛使用，导致了奴隶社会的解体和封建社会的产生。蒸汽机的发明和应用出现了机器代替人力的变革，开创了工业化的机器时代，并最终摧毁了封建的生产方式，萌发了资本主义社会。电力的发明和应用，大大增强了生产结构的组合形式，朝着高生产率的方向发展，其资金积累和生产规模的扩大，使资本主义国家的经济再度高涨，形成帝国主义大国。从本世纪40年代开始，电子技术的广泛应用及电子计算机的出现，开始了扩展人脑功能的新时代，加之70年代崭露头角的生物工程，大大增强了人类控制整个生物环境为人类所用的新时期。可以说，这是一次新的更为重大的技术革命，正在把人类置身于知识与物质，能源与环境，人与机器相互为用的综合统一体中。它不但促使许多国家的经济出现腾飞，而且渗透到社会各个领域，对政治、军事、文化、教育、管理方法和生活方式，以至于思想方法都产生了巨大影响，使人类跨进了信息和智能化的新时代。

整个历史的发展表明，人类社会的进步和物质财富的丰富，越来越多地依靠科学技术的发展。时至今日，在生产技术上，经验性的工艺越来越多地被具有科学实验为依据的技

术所代替。新技术的采用出于科学实验和发现、发明是不言而喻的，以至在作为上层建筑的管理方法上，也必须有现代科学工具的辅助做出运筹和决策。邓小平同志提出“科学技术是第一生产力”的英明的马克思主义论点，可以说是具有时代性的。说明在当今新的技术革命方兴未艾的时候，科学技术在现代生产发展中是主导的推动力量。

在这世纪之交行将到来的时候，科学技术的发展，特别是高新技术的发展及其产业化，已成为一个国家，一个社会能否立足于世界民族之林的战略问题。它的作用和地位，不仅仅是形成新兴工业，同样重要的是用于改造传统工业，使之现代化。可以说，谁掌握运用了更多的高新技术，谁就能振兴经济，民富国强。

现代高新技术的运用，不能单纯看做是专家的事。它是一种社会化事业，需要得到全社会的理解和支持，才能顺利而有效地进行。本书的目的，就是使广大社会，特别是非专家从业者，能够获得一定的高新技术科普知识，创造有利的社会环境，从而为高新技术的社会化做出一定的贡献。

再者，高新技术是有时间性的，高新技术经过广泛运用不断转化为常规工业技术（例如彩色电视机，在初始时是高新技术，而现在的一般家用产品则已是常规工业了），随之又有新的高新技术不断崛起。因此，做为高新技术的科普读物，也必须不断充实更新，这也是对本丛书出版的一个希望。

王大中

1993年2月28日

目 录

材料与人	(1)
材料发展与人类文明.....	(2)
新材料在高技术中的地位.....	(5)
功能材料的崛起	(9)
超塑性合金.....	(10)
形状记忆合金.....	(16)
防振合金.....	(22)
超导金属.....	(25)
含锂轻合金.....	(29)
贮氢合金.....	(32)
生物合金.....	(35)
新工艺创造新材料	(39)
超微粉末.....	(40)
快凝粉末合金.....	(44)
空心微球.....	(47)
超细金属纤维.....	(50)
单晶合金.....	(53)
非晶态合金.....	(58)
人造金刚石及金刚石薄膜.....	(61)
空间生产的材料.....	(65)
高分子家族的新成员	(69)
导电塑料.....	(71)
高吸水性塑料.....	(74)

可降解塑料·····	(76)
高效分离膜·····	(78)
隐身材料·····	(82)
生物高分子材料·····	(85)
液晶·····	(88)
精陶瓷时代·····	(92)
信息陶瓷·····	(94)
结构陶瓷·····	(97)
生物陶瓷·····	(102)
走向未来的复合材料·····	(105)
纤维增强塑料·····	(106)
纤维增强金属·····	(114)
纤维增强陶瓷·····	(117)

材料与人

材料与人的关系太密切了，材料的发展在很大程度上决定了生产方式和科学技术的发展步伐。在人类进化的历史长河中，经历了“辟草昧而致文明”的各个时代，文化、艺术和科学的发展都是建立在相应的物质基础上。

材料一直是人类文明的重要里程碑，近年来人们又把能源、信息和材料并列为现代文明和生活的三大支柱。这三个支柱并非各自独立，它们之间具有不可分割的密切关系，而更重要的关系在于材料又是能源和信息的基础。

人创造了世界，是指人学会了制造和使用工具，创造出生活中一切必需品，满足了衣、食、住、行和精神生活越来越高的要求。一部由石器时代开始的人类文明史，同时也是一部材料发展史，材料是支持人类生活、美化人类社会重要支柱的这一事实永远不会改变。人类文明史和材料发展史充满了人类的智慧，迸发着思想的火花，绝非枯燥无味，让我们一起沿着人类文明的足迹，探索一下材料的昨天、今天和明天，对于新材料在当今新技术革命中的地位有所了解，无论你从事哪一方面的工作，恐怕都不无好处。

材料发展与人类文明

人类文明的足迹，就是一部完整的材料发展史。任何一个文明古国都以他们自己祖先创造的文明而自豪。

四五十万年前的北京猿人处于旧石器时代，他们群居洞穴，以狩猎为生，使用的工具是石器和骨器，这些工具制作粗糙，用途未分化。这时他们的生产技术水平十分低下，生活维艰，至于打扮自己，恐怕连想也不会想。

一万八千年前的山顶洞人已进入新石器时代，石器的制作技术有很大的进步。首先这种进步反映在选材上。旧石器时代的人们是从河滩或河床上拾取砾石，或从地面上选取母岩风化后留下的脉岩和结核来制作石器。到新石器时代，人们逐渐掌握了从地层里开采石料的技术，对石料的选择、切割、磨制、钻孔、雕刻等工序已有一定的要求，获得了较为锐利的磨制石器。

山顶洞人的生活无疑比北京人更为美满，在他们住过的洞穴里，曾发现七件穿孔的石珠，五件穿孔的海蚶壳和一百多只穿孔的兽牙。这说明比较温饱的人萌发了爱美之心。山顶洞人熟练地掌握了磨制和钻孔技术，能制造比较精致的石器和骨器，用骨针把兽皮缝成衣服，并配带装饰品来打扮自己。然而从材料角度来看，几十万年来没有什么突破。

新石器时代除石器、木器和骨器制造技术有很大发展外，还出现了制陶和纺织等原始手工业。随着农业的发展，材料的应用范围也进一步扩大。

六千多年前的西安半坡遗址为我们了解当时氏族社会生活提供了丰富的文物和史料。在遗址中发现了烧制陶器的竖

穴窑和横穴窑，在这些专门的陶窑内，温度高，火力均匀，烧制的汲水尖底陶罐、鱼纹彩陶盆、口沿有几十种符号的陶钵都十分精美。这些符号与甲骨文、金文很相似，可能是我国古代文字和数字的起源。半坡人普遍使用磨制的石铲、石刀等石器，光滑锋利。他们还把骨、角制成针、锥、鱼钩、鱼叉和弓箭等工具。因而可以说岩石、兽骨、兽角、木材和陶土已成为他们熟悉的材料。

在五千多年前的仰韶文化遗物中，发现了陶瓷纺轮和骨针，在有的陶器上留下了麻布纹的痕迹，说明新石器时代的人已懂得纺织。

青铜时代大约起始于四千年前，在稍晚于仰韶文化的齐家和龙山文化遗址中，已发现有少量红铜、青铜小器件。青铜冶铸的大规模发展，只有在奴隶制度建立后，社会出现更大规模分工的条件下才能实现。

青铜是铜、锡、铅等元素组成的合金，它与纯铜比较，熔点较低，硬度增高。用青铜制造的工具比石器锋利、耐用，大大促进了农业和手工业的发展。我国的商、周时期，是使用青铜器的极盛时代。除了青铜农具种类和数量的增加外（犁、锄、耒、铤、镰等），青铜手工业工具（斧、凿、钻、刀、锯、锥等）也广泛使用。此外，戈、矛、钺、镞、剑等武器的数量也很多。

精美的青铜器中还有各种礼器、乐器和车马器，代表了当时高度发展的文化艺术和科学技术水平。河南安阳出土的商代晚期司母戊鼎，重达875公斤，以壮丽而富有气势闻名中外。1977年北京市平谷县刘家河村出土一件商代青铜兵器——铁刃铜钺，在青铜钺刃上嵌入陨铁薄片，说明当时对铁的性能已有所认识，而且能够进行锻打加工和青铜铸接成

器，商代的甲骨文字中，有不少“车”、“舟”、“帆”字，反映出当时的交通水平。

我国的铁器时代由何时开始，至今尚难断言，但这项技术至迟始于春秋，在二千七百至二千二百年前的春秋战国，我国人民已经掌握了冶铁技术，比欧洲早一千八百年左右。铸铁的生产和应用显著扩大，在赵、燕国遗址出土的铁农具已占全部农具的65%~85%。这是铁农具在农业生产中逐渐取得了主导地位的证明。而且这一时期出土的铁器，从各种兵器、手工工具直至生活用具，种类繁多，质量完好。春秋末期的锻打钢剑、战国晚期的渗碳钢斧说明当时已由铸铁发展到炼钢。与此同时，铜合金也由青铜发展到黄铜和白铜。

最能反映我国古代青铜文化宝藏的莫过于1978年湖北随县曾侯乙墓出土的青铜器群，总重达10吨左右。这些青铜器的造型、纹饰、加工工艺均达到了新的高度。整套编钟花纹细致清晰，富于立体感，钟体内很少出现铸造缺陷。因而保证了音律的准确、演奏的悦耳。出土的尊和盘在所有传世的青铜器中属于最复杂和最精美之列，关键是使用了直到现代精密铸造中仍旧使用的“失蜡法”，使得纹饰纤细生动，活灵活现。

关于春秋战国时期的青铜兵器，流传着许多动人的故事。干将、莫邪、巨阙、纯钧等名剑被认为是神话。然而近来越王勾践和吴王夫差的宝剑相继出土，使埋藏地下二千五百多年的秘密大白于天下。我国古代名剑大多出自吴、越。“越民铸宝剑，出匣吐寒芒”。这些宝剑展现在人们面前时，仍旧是光彩照人，锐不可当。一位考古工作者轻轻一挥“勾践剑”，竟把19层叠在一起的白纸拦腰截为两段。

经过鉴定后发现，这口剑不是由单一的锡青铜铸成，而是

成分不同的复合铜件。剑脊和剑刃含锡量分别为10%和20%左右。这样一来，就使脊部比一般青铜质柔而坚，具有足够的韧性，保证格斗中经得起撞击而不致折断；刃部质硬而挺，刃口锋利，能洞穿铠甲，其锋不摧。此外，青铜的成分中还含有少量的铝、镍和硫。这一切说明我国古代的冶金师已掌握了高度的技巧。

新材料在高技术中的地位

新材料对社会的发展起到巨大的推动作用。当今世界各国在高技术领域的竞争在很大程度上是新材料水平的较量。一般来说，材料可以分为传统材料和新型材料两大类。虽然新型材料中有相当一部分是在传统材料的基础上发展起来的，但它们采用的概念和工艺却有根本的改变。

以金属材料为例，以往研究的重点是改进合金的成分和热处理条件，争取提高性能指标，特别是强度。然而，新型材料发展的方向之一是向极限性质挑战，制造这些新材料的工艺被称为“极限技术”。

极限技术的含义是指尺寸、压力、温度、结晶、纯度各种量纲范围内追求极限，而使材料的性能产生根本性的飞跃。例如，在尺寸上的超微化出现了超细纤维、超薄膜和超微粒子，在结晶领域一端是研究完美无缺陷的晶须和单晶合金，另一端是发展完全无结晶性质的非晶态合金（金属玻璃），在温度和压力极限状态获得的是等离子体和超导体等。

世界各工业先进国家对材料的发展极为重视。50年代末美国政府就组织了全国材料发展规划，70年代和80年代多次进行了检讨和补充，将研究重点转入超硬化合物、半导体激

光器材料、超纯光波导管材料、磁性材料、高强高弹纤维、高纯超微陶瓷粉末等。

日本在1980年开展了为期10年、耗资4亿美元的新材料发展规划。日本科学技术厅每5年向2 000名科学家进行一次调查，预测将会发生哪些重大技术进展。1982年调查表明，预测的重大技术中，有一半以上（12项）是以材料为基础的，如精陶瓷、功能高分子、高效率分离膜、生物高分子、超导合金、单晶合金、复合材料等。1987年的调查表明，超导陶瓷、超导列车、生物材料等处于显要地位。

欧洲和前苏联也制订了类似规划，竞争的项目也集中在这些领域内。

以上述规划为背景，列出一些80年代材料研究中发生的重大事件和突破，不难看出材料在高技术中的重要地位。

1982年初，日本京陶公司和五十铃汽车公司在电视上推出了由陶瓷发动机驱动的小汽车，引起世界性轰动。同时也宣告在日、美和西德之间进行的精陶瓷竞赛中，日本处于领先地位。目前精陶瓷价格约为金属材料价格的200倍，但从减轻发动机重量、提高燃烧温度和节约燃料的潜力来看，在90年代，陶瓷发动机就可占领一部分汽车市场。然而，精陶瓷的最终目标并不是汽车发动机，而是航空航天领域的喷气发动机。

1988年4月，前苏联一架以液氢为燃料的中型运输机首次试飞成功，象征人类在航空中启用了无污染的新能源——液氢。液态氢的沸点为 -253°C ，为保持这一温度需要高效率的绝热材料。液氢泄漏会引起火灾和爆炸，因此每一个阀门和接头都要用气密涂层封严。液氢发动机的使用，意味着低温极限技术已达到实用化的程度。液氢代替汽油、煤油和柴

油将从航空发动机扩展至汽车、船舶发动机。

1989年3月,日本的一艘“深海6500”号潜水调查船下潜到达6500米的深海区,打破了美国、前苏联和法国的下潜记录。在此深度平均每100平方厘米的手掌大的面积上,要承受65吨的静压力。这艘潜水调查船的耐压舱使用73.5毫米厚的高强度钛合金,观察窗使用厚度130毫米的丙烯酸有机玻璃,此外,船体还使用了占全船重量四分之一的中空微球超轻材料。深海沉睡着以亿吨计的锰结核矿床和热水矿床。锰结核是富集的矿石,而热水矿床是地下岩浆从海底喷射而堆积起来的,其中含有铜、铅、锌、镁、金等元素。深海探测对人类开发资源有着不可估量的意义。

1989年12月美国对巴拿马的入侵和1991年1月的海湾战争中,美国F-117隐身战斗机成为家喻户晓的话题。这项武器既体现了电子科学技术的进步,也反映了材料功能的发挥。隐身飞机得以从雷达屏上消失,不被敌方发现得力于三个方面:外形设计、吸波材料和吸波涂层。这三个方面相互结合,而其中两个方面是材料。在军事用途中隐身技术迅速扩大到导弹、卫星、坦克、水面和水下舰艇、固定军事目标等,成为影响战争胜负的重大因素。

从以上列举的发生在80年代和90年代初的历史事件中,我们已经涉及到一些最活跃的新型材料,本书将在后面予以介绍。

材料与材料科学的发展和突破,不断地把人类文明推向更高的层次,回顾一百多万年人类的文明史,我们的远祖至少经历了四次重大的突破。这就是改变材料形状进行粗加工的新石器时代,改变天然材料性质的青铜时代和轻金属时代,创造自然界原来没有的材料的合成材料时代,这三次突

破完成于本世纪40年代之前。

在此之前，人类用积累的知识获得的材料都是各向同性的均质材料，也可以说是传统材料。随着玻璃纤维增强塑料的出现，人类掌握了设计和制造各向异性非均质材料的能力。这就是复合材料时代，属于人类文明史的第四次突破。复合材料的多样化和发展必将给我们的社会带来新的进步。

科学的发展是没有止境的，新材料世界的延伸点在何处呢？有人预言，能根据外界环境变化而作出自身特性对策的智能材料，将成为人类文明史上的第五次突破。

功能材料的崛起

功能材料的概念是由美国贝尔研究室的摩尔顿博士在1965年才首次提出，后经日本国立研究所和各大学的提倡，很快被世界材料界普遍接受的。

70年代是功能材料的成长期。1977年日本机械工业联合会对功能材料进行了一次全面调查，就其发展动向、优缺点等进行了讨论。从1979年起，又花了两年时间，详细调查了传感功能材料、贮能功能材料、防蚀功能材料和生物功能材料等。从1982年起研究的重点又转向光学功能材料、触媒功能材料、粘接功能材料、润滑功能材料等。从1978年开始，日本陶瓷协会、金属学会、高分子学会、电信学会等都陆续召开有关功能材料的会议并在刊物上发表专辑，日本的科学界成为功能材料最积极的鼓吹者和宣传者，日本的工业界是最大的受益者。

美国在1985年由美国工程院和科学院制订的材料发展规划中，列举了在半导体、太阳能电池、新聚合物等方面的成绩，并扩大了功能材料的研究重点为半导体、激光、磁性材料等。

关于功能材料的概念，至今仍无定论。一般认为功能材料以其本身用途为目的而区别于结构材料。日本研究者大森

教授给出的定义是：“功能材料是一种对材料本身的成分、结构、添加剂和制造工艺改进而制造出的、并赋予有用功能的、附加价值高的知识密集型材料”。虽然文字累赘一些，但从工艺、功能和价值三个主要方面高度评价了功能材料。

从发展过程来看，材料大致可分为被动型和主动型两类，前者指传统结构材料，后者即功能材料，值得注意的是这种划分是有条件的，由结构材料可以衍生出功能材料，而功能材料在完善化后又转化为结构材料，最早的三大功能材料——超塑性合金、形状记忆合金和防振合金即具有上述明显的特征。

功能材料在分类上最大的特点是打破了结构材料习惯采用的成分体系（金属和非金属、有色和黑色金属等），而代之以功能体系。因此一个功能群中可能金属、高分子、无机化合物并存，如超导功能材料包括超导合金、超导高分子和超导陶瓷。在功能材料分类时，比较明确的材料群就是那些物理量互相转换的材料，例如光与电、电与磁、电与热等。另一些在超高温、超高压、超高速等极端条件下使用的材料，由于其性能违反了一般要求，也被列入功能材料。

以上我们对功能材料的发展、含义和范围作了简单介绍，不难看出它们在新材料世界中占有重要的地位。由于本书是一本通俗性的科普读物，我们在本章中只选出了功能材料中最活跃的一些成员。

超塑性合金

材料有两种重要的性能——塑性和强度。塑性是指金属在外力作用下不破断所具有的最大变形的本领，可以用延伸