



酷科学 科技前沿
KU KE XUE KE JI QIAN YAN

改变世界 的新材料

GAIBIAN SHIJIE DE XIN CAILIAO

张红琼◎主编



时代出版传媒股份有限公司
安徽美术出版社
全国百佳图书出版单位



酷科学 科技前沿
KU KE XUE KE JI QIAN YAN

改变世界的 新材料

张红琼◎主编

时代出版传媒股份有限公司
安徽美术出版社
全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

改变世界的新材料/张红琼主编. —合肥: 安徽美术出版社, 2013. 3
(酷科学·科技前沿)

ISBN 978-7-5398-4237-0

I. ①改… II. ①张… III. ①新材料应用-青年读物
②新材料应用-少年读物 IV. ①TB3-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 044297 号

酷科学·科技前沿

改变世界的新材料

张红琼 主编

出 版 人: 武忠平

选题策划: 王晓光

责任编辑: 程 兵 史春霖

特约编辑: 卫冬冬

封面设计: 三棵树设计工作组

版式设计: 李 超

责任印制: 徐海燕

出版发行: 时代出版传媒股份有限公司

安徽美术出版社 (<http://www.ahmscbs.com>)

地 址: 合肥市政务文化新区翡翠路 1118 号出版传媒广场 14 层

邮 编: 230071

销售热线: 0551-63533604 0551-63533690

印 制: 河北省三河市人民印务有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印 张: 14

版 次: 2013 年 4 月第 1 版 2013 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5398-4237-0

定 价: 27.80 元

如发现印装质量问题, 请与销售热线联系调换。

版权所有 侵权必究

本社法律顾问: 安徽承义律师事务所 孙卫东律师

前言 PREFACE

改变世界的新材料

材料是人类文明的物质基础，是人类进步的里程碑。人类的历史可以说是材料利用的历史，每一种重要材料的发现、发明和利用，都会将人类改造自然的能力提高到一个新的水平，给社会和生活带来重大的变革，将人类的物质文明和精神文明向前推进一步。那么材料到底是什么呢？很简单，只要你向四周看看，就可以发现材料无处不在。我们穿的衣服是由各种材料制成的；我们住的房屋是由各种材料建成的；窗户上的玻璃、吃饭用的餐具、通信用的手机、乘坐的汽车、家里的电器等都是由各种各样的材料制成的。小到简单的缝衣针，大到复杂的航天飞机，都离不开材料这一基础物质。

随着科学技术的发展，人们在传统材料的基础上，根据现代科技的研究成果，开发出新材料。新材料按材料的属性划分，有金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料、先进复合材料四大类。按材料性能分，有结构材料和功能材料。新材料在国防建设上作用重大。例如，超纯硅、砷化镓研制成功，导致大规模和超大规模集成电路的诞生，使计算机运算速度从每秒几十万次提高到现在的每秒百亿

次以上；航空发动机材料的工作温度每提高 100°C ，推力可增大 24%；隐身材料能吸收电磁波或降低武器装备的红外辐射，使敌方探测系统难以发现等。

21 世纪科技发展的主要方向之一是新材料的研制和应用。新材料的研究，是人类对物质性质认识和应用向更深层次的进军。

C

CONTENTS

目录 改变世界的新材料

材料的发展史

- 漫话材料 2
- 材料的发展概述 3
- 新材料与能源——人类文明的
奠基石 7
- 新材料与新能源技术对现代
生活的影响 10
- “绿色”指向下的新材料与新
能源技术 14
- 为生活增光添色的有色金属 61
- 前途无量的合金家族 63
- 神奇的形状记忆合金 74
- 超塑性合金 79
- 不锈钢为什么不生锈 81
- 奇妙的泡沫金属 85
- 21 世纪的能源库——贮氢
材料 88

新材料的简述

- 走进新材料的天地 24
- 什么是新材料 26
- 新材料与传统材料的区别是
什么 27
- 新材料该怎样分类 28
- 稀土金属的秘密 91
- 金属的疲劳与断裂 94
- 金属的腐蚀与防护 96

无机非金属材料

- 什么是无机非金属材料 102
- 绝缘材料 103
- 趣谈磁性材料与磁记录技术 107
- 从半导体陶瓷到生物陶瓷 108
- 奇特的光学功能材料 114
- 抵抗高温的材料——耐火
材料 115
- ### 金属材料
- 什么是金属材料 58
- 最广泛的金属材料——黑色
金属 60

超硬材料有多硬 117

骨伤外科的福音——医用碳
素材料 119

植入眼内的人工透镜——人工
晶体 121

有机高分子材料

什么是有机高分子材料 126

生活中最常用的材料——
塑料 128

天然纤维与天然橡胶 149

神奇的材料——
气凝胶 155

浅谈有机玻璃 157

超薄型超导薄膜是什么 163

电阻为零的材料——超导
材料 164

对环境敏感的材料——
人工鼻 168

电子纸技术方兴未艾 170

“吸水大王”——高吸水性
树脂 172

神通广大的液晶与液晶纤维 174

有“知觉”的材料——智能
材料 178

电致发热新材料——“电热
涂料” 180

复合材料

什么是复合材料 184

复合材料技术发展现状 184

复合材料在各领域的
应用 186

能源材料——新材料的应用 领域前沿

核事业的重要材料——裂变
材料和聚变材料 198

火箭与导弹的动能——高能
推进剂 200

取之不尽，用之不竭——太阳
能电池 202

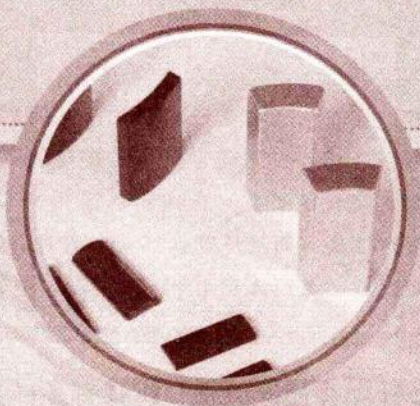
微型发电厂——燃料电池 208

未来的重要能源材料——
氦3 215

材料的发展史

材料是人类赖以生存和发展的物质基础。20 世纪 70 年，人们把信息、材料和能源誉为当代文明的三大支柱。20 世纪 80 年代，以高技术群为代表的新技术革命，又把新材料、信息技术和生物技术并列为作新技术革命的重要标志。这主要是因为材料与国民经济建设、国防建设和人民生活密切相关。

新材料与传统材料之间并没有明显的界限，传统材料通过应用新技术，提高技术含量，提高性能，大幅度增加附加值而成为新材料；新材料在经过长期生产与应用之后也就成为了传统材料。传统材料是发展新材料和高技术的基础，而新材料又往往能推动传统材料的进一步发展。





漫话材料

材料是人类用于制造物品、器件、构件、机器或其他产品的物质。

传统材料是指那些已经成熟且在工业中批量生产并大量应用的材料，如钢铁、水泥、塑料等。这类材料由于其量大、产值高、涉及面广泛，又是很多支柱产业的基础，所以又称为基础材料。

材料是物质，但不是所有物质都可以称为材料。如燃料、化学原料、工业化学品、食物和药物，一般都不算是材料。但是这个定义并不那么严格，如炸药、固体火箭推进剂，一般称之为“含能材料”，因为它属于火炮或火箭的组成部分。

材料是人类赖以生存和发展的物质基础。20 世纪 70 年代，人们把信息、材料和能源誉为当代文明的三大支柱。20 世纪 80 年代，以高技术群为代表的新技术革命，又把新材料、信息技术和生物技术并列作为新技术革命的重要标志。这主要是因为材料与国民经济建设、国防建设和人民生活密切相关。

基本 小知识



水 泥

水泥是一种粉状水硬性无机胶凝材料。水泥加水搅拌后成浆体，能在空气中硬化或者在水中更好地硬化，并能把砂、石等材料牢固地胶结在一起。水泥的历史最早可追溯到古罗马人在建筑中使用的石灰与火山灰的混合物，这种混合物与现代的石灰火山灰水泥很相似。用它胶结碎石制成的混凝土，硬化后不但强度较高，而且还能抵抗淡水或含盐水的侵蚀。长期以来，它作为一种重要的胶凝材料，被广泛应用于土木建筑、水利、国防等工程。

材料除了具有重要性和普遍性以外，还具有多样性。由于多种多样，分类方法也就没有一个统一的标准。

材料也是人类进化的标志之一，任何工程技术都离不开材料的设计和制造工艺，一种新材料的出现，必将支持和促进当时文明的发展和技术的进步。

材料的发展概述

从人类的出现到 21 世纪的今天，人类的文明程度不断提高，材料及材料科学也在不断发展。在人类文明的进程中，材料大致经历了以下五个发展阶段。

1. 使用纯天然材料的初级阶段。在远古时代，人类只能使用天然材料（如兽皮、甲骨、羽毛、树木、草叶、石块、泥土等），相当于人们通常所说的旧石器时代。这一阶段，人类所能利用的材料都是纯天然的。在这一阶段的后期，虽然人类文明的程度有了很大进步，在制造器物方面有了种种技巧，但都只是纯天然材料的简单加工。

2. 人类单纯利用火制造材料的阶段。这一阶段横跨人们通常所说的新石器时代、铜器时代和铁器时代，也就是距今约 1 万年前到 20 世纪初的一个漫长的时期，并且延续至今。它们分别以人类的三大人造材料为象征，即陶、铜和铁。这一阶段主要是人类利用火来对天然材料进行煅烧、冶炼和加工的时代。例如人类用天然的矿土烧制砖瓦和陶瓷，以后又制出玻璃、水泥以及从各种天然矿石中提炼铜、铁等金属材料等。



拓展阅读

旧石器时代

旧石器时代在古地理学上是指人类开始以石器为主要劳动工具的文明发展阶段，是石器时代的早期阶段。一般划定此时期为距今 250 万年至 1 万多年前。其时期划分一般采用三分法，即旧石器时代早期、中期和晚期，大体上分别对应于人类体质进化的能人和直立人阶段、早期智人阶段、晚期智人阶段。旧石器时代之后为中石器时代。



拓展阅读

新石器时代

新石器时代是石器时代的最后一个阶段。它是以使用磨制石器为标志的人类物质文化发展阶段。这一名称是英国考古学家卢伯克于 1865 年首先提出的。这个时代在地质年代上已进入全新世，继旧石器时代之后，或经过中石器时代的过渡而发展起来，属于石器时代的后期。新石器时代从 1.8 万年前开始，结束时间从距今 5000 多年至 2000 多年不等。

3. 利用物理与化学原理合成材料的阶段。20 世纪初，随着物理和化学等科学的发展以及各种检测技术的出现，人类一方面从化学角度出发，开始研究材料的化学组成、化学键、结构及合成方法；另一方面从物理学角度出发开始研究材料的物理性质，就是以凝聚态物理、晶体物理和固体物理等作为基础来说明材料组成、结构及性能间的关系，并研究材料制备和使用材料的有关工艺性问题。由于物理和化学等科学

理论在材料技术中的应用，从而出现了材料科学。

知识小链接

化学键

化学键是一种粒子间的吸引力，其中粒子可以是原子、离子或分子。透过化学键，粒子可组成多原子的化学物质。化学键由两相反电荷间的电磁力引起，电荷可能来自电子和原子核，或由偶极子造成。化学键种类繁多，其能量大小、键长亦有所不同。能量较高的“强化学键”包括共价键、离子键，而分子间力和氢键等“弱化学键”则能量较低。

在此基础上，人类开始了人工合成材料的新阶段。这一阶段以合成高分子材料的出现为开端，一直延续到现在，而且仍将继续下去。人工合成塑料、合成纤维及合成橡胶等合成高分子材料的出现，加上已有的金属材料和陶瓷材料（无机非金属材料）构成了现代材料的三大支柱。除合成高分子材料以

外，人类也合成了一系列的合金材料和无机非金属材料。超导材料、半导体材料、光纤等材料都是这一阶段的杰出代表。

基本 小知识



合 金

合金是由两种或两种以上的金属与非金属经一定方法所合成的具有金属特性的物质。根据组成元素的数目，合金可分为二元合金、三元合金和多元合金。中国是世界上最早研究和生产合金的国家之一，在商朝（距今 3000 多年前）青铜（铜锡合金）工艺就已非常发达；公元前 6 世纪左右已用合金锻打出锋利的剑。

从这一阶段开始，人们不再是单纯地采用天然矿石和原料，而是经过简单的煅烧或冶炼来制造材料，而且能利用一系列物理与化学原理及现象来创造新的材料。并且根据需要，人们可以在对以往材料组成、结构及性能间关系的研究基础上，进行材料设计。人们使用的原料本身有可能是天然原料，也有可能是合成原料。而材料合成及制造方法更是多种多样。

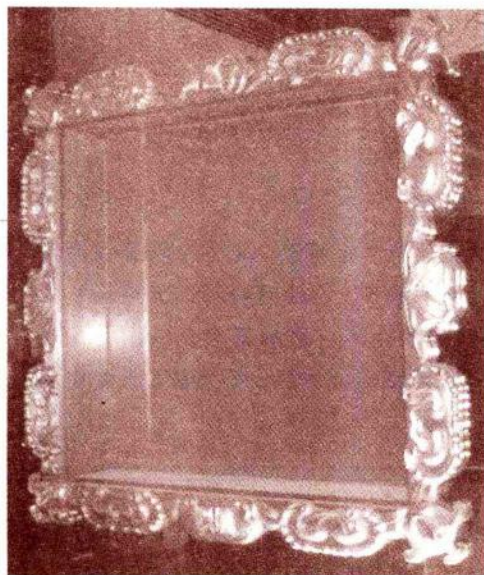
4. 材料的复合化阶段。20 世纪 50 年代，金属陶瓷的出现标志着复合材料时代的到来。随后又出现了玻璃钢、铝塑薄膜、梯度功能材料以及最近出现的抗菌材料的热潮，都是复合材料的典型实例。它们都是为了适应高新技术的发展以及人类文明程度的提高而产生的。到这时，人类已经可以利用新的物理、化学方法，根据实际需要设计独特性能的材料。



广角镜

玻璃钢

玻璃钢亦称玻璃纤维或玻璃纤维增强塑料，是一种以高分子环氧树脂为基体，玻璃纤维或碳纤维等为增强体，经过复合工艺而制成的复合材料。它的优点包括轻巧、耐腐蚀、抗老化和绝缘，所以常用于制造各种运动用具、管道、船舶、汽车与电子产品的外壳与印刷电路板。



智能材料——光致变色玻璃

现代复合材料最根本的思想不只是一是要使两种材料的性能变成 3 加 3 等于 6，而是要想办法使它们变成 3 乘 3 等于 9，乃至更大。严格来说，复合材料并不只限于两类材料的复合。只要是由两种不同材质相组成的材料都可以称为复合材料。

5. 材料的智能化阶段。自然界中的材料都具有自适应、自诊断和修复的功能。如所有的动物或植物都能在没有受到绝对破坏的情况下进行自诊断和修复。人工材料目前还不能做到这一点。但是近三四十年研制出的一些材料已经具备了其中的部分功能。

这就是目前最吸引人们注意的智能材料，如形状记忆合金、光致变色玻璃等。尽管近 10 余年来，智能材料的研究取得了重大进展，但是离理想智能材料的目标还相距甚远，而且严格来讲，目前研制成功的智能材料还只是一种智能结构。

知识小链接

形状记忆合金

形状记忆合金，简称记忆合金，是一种在加热升温后能完全消除其在较低的温度下发生的变形，恢复其变形前原始形状的合金材料。除上述形状记忆效应外，这种合金的另一个独特性质是在高温下发生的“伪弹性”行为，表现为这种合金能承载比一般金属大几倍甚至几十倍的可恢复应变。形状记忆合金的这些独特性质源于其内部发生的一种独特的固态相变——热弹性马氏体相变。

如上所述，在 20 世纪中，材料经历了五个发展阶段中的三个阶段，这种

发展速度是前所未有的。总的说来,目前材料科学的发展有以下几个特点:超纯化(从天然材料到合成材料)、量子化(从宏观控制到微观和介质控制)、复合化(从单一到复合)及可设计化(从经验到理论)。当前,高技术新材料的发展日新月异,材料科学的内涵也日益丰富,未来会出现什么样的高技术材料?材料科学又将发展到何种程度?我们很难预料。

新材料与能源——人类文明的奠基石

在人类的历史长河中,新材料不断创造着人类新的生活。如果我们用新材料的涌现以及从新材料及其技术对推动人类社会发展的作用来描述人类的历史,那么,自古至今,人类已经经历了它的旧石器时代、新石器时代、青铜时代、铁器时代、钢铁时代、高分子材料时代、复合材料时代等,现代人类更是进入到了一个以高性能材料为代表的多种材料并存的时代。可以说,新材料的使用不仅仅使生产力获得极大的解放,从而极大地推动了人类社会的进步,而且在人类文明进程中具有里程碑的意义。

那么何为“新材料”?显然,它包含着这样两个层面的含义:一是对传统材料的再开发,使其在性能上获得重大突破的材料;二是采用新工艺和新技术合成,开发出具有各种新的和特殊功能的材料。由此可以看出,新材料与新工艺、



拓展阅读

青铜时代

青铜时代,又称青铜器时代、青铜文明,在考古学上是使用青铜器为标志的人类文化发展的一个阶段。青铜是红铜和锡的合金,因为其氧化物颜色青灰,故名青铜。青铜时代初期,青铜器比重较小,主要以石器为主,进入中后期,青铜器比重逐步增加。自从有了青铜器和随之的数量增加,农业和手工业的生产力水平不断提高,物质生活条件也渐渐丰富。青铜铸造术的发明,与石器时代相比,具有划时代的意义。



新技术有着密切的关系。

一方面,新工艺与新技术的使用不断地扩展了人类的技术手段,从而使人类更加充分地开发传统材料中的各种新的性能或功能。更重要的是,通过新的合成工艺与技术,使人类获得种类更多、性能更佳的材料,如纳米材料、多相材料。另一方面,诸多具有特殊性能材料的涌现,推动了高新技术的快速发展。这一点,在现代社会表现得尤为突出。可以说,新材料已经成为高新技术的基础与先导。

在现代社会,新材料以及新材料中的高新技术正在为人类展开一个新世界的画卷。人类使用各种材料创造新的生活,建构新的世界。新的材料也正在为人类文明提供新的行为理念,建立起人类扩展自身生存与发展空间的信心。它的现代发展使一种材料从单一功能向多种功能发展,而且它使得人类超越了自然界,实现了根据材料来设计产品,根据产品的需要,通过新的组成、结构和工艺设计来实现其所需功能的概念,也就是说,它的功能要求正在向着迎合人类在各个领域的需要而发展。由此,可以说,它已经成为人类从“自然王国”走向“自由王国”的动力源泉。

20 世纪 60 年代以来,随着材料工程技术的迅猛发展,材料已经不仅在种类上得到拓展,而且在包括光、声、电、磁、力、超导、超硬、耐高温等机能与性能上获得极大的扩展与深度发掘。此类新材料的出现,推进了高技术产品的智能化与微型化,从而极大地影响着人类的现代生活、社会结构与文化价值。

与材料及材料技术相比较,能源对于人类生活的影响具有某些共同的特点。自古以来,人类就生活在一个能源的世界里。大自然所提供的诸如太阳、雷电、水与火等能源曾毫不吝惜地为人类创造了生存的环境,成为人类生存的前提条件。而钻木取火技术则表明了人类开始具有掌握和控制能源的能力,从而也开启了人类文明的进程。人类传颂着关于火的美丽故事,它显示着人类掌握、控制和利用大自然的信心。

依靠着这种信心,人类开始走上征服自然和改造自然的征程。人类通过水利工程扩展水力资源的使用空间与能力,使其造福于人类;通过对各种化

石燃料的开发与利用, 开创人类新的生活, 推进人类的生产能力和社会的进步; 通过对电能的开发与利用, 推进了人类社会的现代化进程。20 世纪 60 年代以来, 随着人类对其生存环境的认识不断深入和能源开发技术的发展, 人类更是将能源的开发利用的概念转向那些清洁燃料与可再生能源。开发利用清洁的和可再生的能源成为 21 世纪许多国家的能源战略。

基本 小知识



可再生能源

可再生能源是指在自然界中可以不断再生、永续利用的能源, 具有取之不尽, 用之不竭的特点, 主要包括太阳能、风能、水能、生物质能、地热能和海洋能等。可再生能源对环境无害或危害极小, 而且资源分布广泛, 适宜就地开发利用。相对于可能穷尽的化石能源来说, 可再生能源在自然界中可以循环再生。可再生能源属于能源开发利用过程中的一次能源。可再生能源不包含化石燃料和核能。

与新材料的开发利用相同, 新能源的开发利用与新工艺、新技术的发展水平同样具有相互不可或缺的关系。一方面, 新工艺与新技术不断丰富和增强着人类开发利用新能源的技术手段与能力, 它不仅为人类获得更加丰富的能源, 而且为人类实现可持续发展的“绿色”生活理念提供了可能的机会。另一方面, 新能源的开发利用, 无疑将为工业技术的可持续发展提供有力的支持, 从而成为社会发展与人类文明的推动力量。

从某种意义上来说, 人类正生活在一个材料与能源构建的世界里。新材料与新能源以及新材料与新能源中的高新技术的发展, 正在极大地丰富着人类的物质与精神生活。在这个世界中, 新材料与新能源的价值体现, 显然不仅仅是诸多新的产品的涌现, 更重要的是, 它们广泛渗透于人类的生活, 影响着人类的生活质量; 它们奠定了工业经济与技术的物质基础, 成为一个国家经济实力的标志; 它们影响着世界的政治格局, 成为保障国家安全、减少社会风险的重要因素; 它们推进人类对于自然的新认识, 拓展人类的生存能力与发展空间, 打造人类对于这个世界新的概念与价值观念。正是在这个意



义上，我们可以说，材料与能源是人类文明的奠基石。

新材料与新能源技术对现代生活的影响



液态天然气

材料与能源为人类的生活提供了最基本的服务。

新材料与新能源在种类上的扩展和功能上的发掘，为工业经济的持续发展提供了必不可少的支持，从而极大地推动了人类社会的发展。然而，随着新工艺与新技术的迅速发展，材料与能源技术对于现代生活的影响远不止于此。

首先，新材料与新能源技术正在创造人类的个性化生活方式和生活理念。

自 20 世纪以来，新材料与新能源的使用改变着人类的生活习惯与生活方式。

采用电力和天然气取代木材和煤炭燃料来烹调食品，使人类的生活变得更加方便、快捷；新的合成纤维的出现，使人类超越自然纤维的单一途径获取更加丰富多彩的纺织品和服装；具有各种特殊功能的合成洗涤剂，使人类的生活更加清洁；新的建筑材料的出现，为人类创造了更加美观而舒适的居住条件，并且新材料与新工艺的使用使人类的居住得以向空间发展，从而缓解了人口快速增长带来的社会压力，特别是通过少占土地的途径降低成本，为贫困人口提供了经济适用的居住条件，而太阳能、风能等可再生能源的开发与利用则为一次能源贫乏地区和远离城市或居住分散的人群提供了同样温暖而舒适的生活。新材料与新能源技术促进了交通运输条件的改善，它