



科普第一书 让绿色走进生活

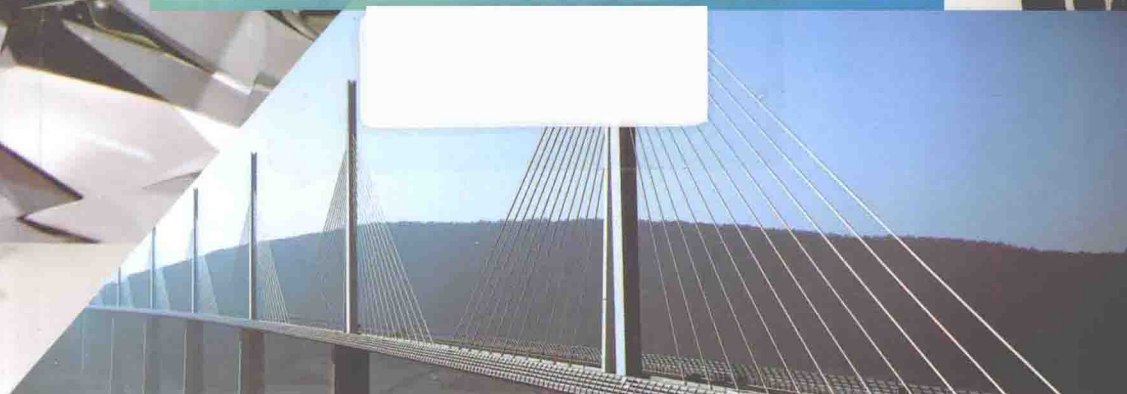
KE PU DI YI SHU RANG LV SE ZOU JIN SHENG HUO



能感知的材料

智能材料与信息材料

宋学军◎主编



吉林人民出版社



科普第一书 让绿色走进生活
KE PU DI YI SHU RANG LV SE ZOU JIN SHENG HUO



能感知的材料

智能材料与信息材料

吉林人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

能感知的材料——智能材料与信息材料 / 宋学军主编.

长春:吉林人民出版社,2014.7

(科普第一书)

ISBN 978-7-206-10875-4

I. ①能…

II. ①宋…

III. ①智能材料—普及读物 ②电子材料—普及读物

IV. ①TB381-49 ②TN04-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第158872号

能感知的材料——智能材料与信息材料

主 编:宋学军

责任编辑:孟 奇 韩春娇

封面设计:三合设计公社

咨询电话:0431-85378033

吉林人民出版社出版 发行(长春市人民大街7548号 邮政编码:130022)

印 刷:北京中振源印务有限公司

开 本:710mm×960mm

1/16

印 张:10

字 数:220千字

标准书号:ISBN 978-7-206-10875-4

版 次:2014年7月第1版

印 次:2014年7月第1次印刷

印 数:1-8 000册

定 价:29.80元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与出版社联系调换。

前 言

科学技术是第一生产力。放眼古今中外，人类社会的每一次进步，都伴随着科学技术的进步。尤其是现代科技的突飞猛进，为社会生产力发展和人类的文明开辟了更为广阔的空间，有力地推动了经济和社会的发展。

科学技术作为人类文明的标志。它的普及，不但为人类提供了广播、电视、电影、录像、网络等传播思想文化的新手段，而且使精神文明建设有了新的载体。同时，它对于丰富人们的精神生活，更新人们的思想观念，破除迷信等具有重要意义。

而青少年作为祖国未来的主人，现在正处于最具可塑性的时期，因此，让青少年朋友们在这一时期了解一些成长中必备的科学知识和原理更是十分必要的，这关乎他们今后的健康成长。本丛书编写的宗旨就在于：让青少年学生在成长中学科学、懂科学、用科学，激发青少年的求知欲，破解在成长中遇到的种种难题，让青少年尽早接触到一些必需的自然科学知识、经济知识、心理学知识等诸多方面。为他们提供人生导航，科学指点等，让他们在轻松阅读中叩开绚烂人生的大门，对于培养青少年的探索钻研精神必将有很大的帮助。

现在，科学技术已经渗透在生活中的每个领域，从衣食住行，到军事航天。现代科学技术的进步和普及，对于丰富人们的精神生活，更新

人们的思想观念,破除迷信等具有重要意义。世界本来就是充满了未知的,而好奇心正是推动世界前进的重要力量之一。因为有许多个究竟,所以这个世界很美丽。生动有趣和充满挑战探索的问题可以提高我们的创新思维和探索精神,激发我们的潜能和学习兴趣,让我们在成长的路上一往直前!

全套书的作者队伍庞大,从而保证了本丛书的科学性、严谨性、权威性。本书融技术性、知识性和趣味性于一体,向广大读者展示了一个丰富多彩的科普天地。使读者全面、系统、及时、准确地了解世界的现状及未来发展。总之,本书用一种通俗易懂的语言,来解释种种科学现象和理论的知识,从而达到普及科学知识的目的。阅读本书不但可以拓宽视野、启迪心智、树立志向,而且对青少年健康成长起到积极向上的引导作用。愿我们携起手来,一起朝着明天,出发!

目录

C o n t e n t s

能感知的材料：智能材料与信息材料

第一章 最聪明的材料：智能材料	001
第一节 材料也能拥有智商	002
人类文明的标志：材料	002
让材料拥有智商	005
智能材料开启材料新纪元	008
第二节 第四代材料：智能材料	010
探访智能材料	010
智能材料的演变	013
人类的一大利器	014
第二章 形形色色的智能材料	017
第一节 最敏感的材料：压电材料	018
认识是压电材料	018
压电材料的演变	019
寻找我们身边的压电材料	021
压电材料何去何从	027
第二节 会记忆的材料：形状记忆材料	031
最有趣的金属：记忆合金	031
记忆合金的原理	032
哪些合金会记忆	033
形状记忆聚合物	035
第三节 纤维中的才子：智能纤维	038
伟大的智能纤维	038

不二之选：光纤传感器	039
强大的开关：纤维执行器	041
智能纤维大家庭	043
第四节 纤维中的才子：智能纤维	050
工业新秀：电流变液	050
谁能左右电流变液	053
无处不在的电流变液	054
电流变液的姊妹：磁流变液	056
第五节 会唱歌的桌子：磁致伸缩智能材料	058
桌子会唱歌之谜	058
稀土超磁致伸缩材料	060
无所不能的磁致伸缩材料	062
第六节 神奇的魔法：智能高分子材料	064
可食果冻：高分子凝胶	064
凝胶能响应不同的信号	066
智能高分子材料的未来	067
第三章 神通广大的信息材料	069
第一节 走近信息材料	070
认识信息材料	070
信息材料的流变	071
信息材料大家族	074
我们身边的信息材料	077
第二节 微电子信息材料	081
无处不在的半导体	081
哪些是半导体材料	082
穿针引线的集成电路	083
互连材料造就集成电路	085
第三节 光电子信息材料	088
更优秀的光电子技术	088
半导体为什么也会发光	089

更上一层楼：集成光路	091
------------------	-----

第四章 多种多样的信息材料

第一节 信息传感材料

不能触碰的力敏传感材料	094
-------------------	-----

材料中的温度计：热敏传感材料	096
----------------------	-----

见光就变的光敏传感材料	097
-------------------	-----

不能“受气”的气敏传感材料	103
---------------------	-----

湿涨干缩的湿敏传感材料	104
-------------------	-----

最神奇的生物传感材料	106
------------------	-----

第二节 信息传输材料

通信电缆材料	110
--------------	-----

超高频率的微波通信材料	112
-------------------	-----

我们手上的传输材料：GSM 移动通信	115
--------------------------	-----

第三节 信息显示材料

阴极射线显示材料	119
----------------	-----

显示材料的主角：液晶显示材料	121
----------------------	-----

显示材料新秀：等离子体显示材料	125
-----------------------	-----

CRT 的变种：场发射显示材料	128
-----------------------	-----

电致发光显示材料	132
----------------	-----

第五章 展望未来

第一节 智能材料的新应用

智能材料在生物学中的应用	136
--------------------	-----

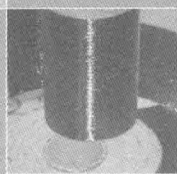
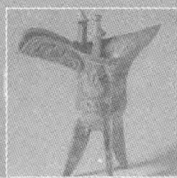
智能材料在人造器官上的应用	137
---------------------	-----

第二节 信息材料的发展趋势

微电子信息材料的发展趋势	141
--------------------	-----

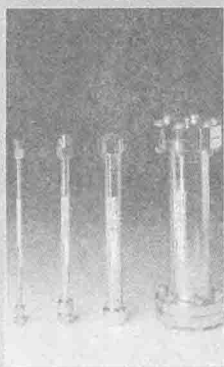
信息技术的发展趋势	144
-----------------	-----

第一章 最聪明的材料：智能材料



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。同时，新技术革命的重要标志是新材料、信息技术和生物技术。随着时代的进步，材料也不断向高性能、多功能化方向发展。其中，材料的智能化以及具有智能特性的材料逐渐成为研究的一个热点，也必将为人类改造世界的的能力带来巨大的突破。

第一节 材料也能拥有智商



人类文明的标志：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，是人类生活和生产的基础，是人类认识自然和改造自然的工具。人类文明被划分为旧石器时代、新石器时代、青铜器时代、铁器时代等，由此可见，材料的发展对人类社会的影响意义重大。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，必将促进文明的发展和技术的进步。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。



青铜器

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进步,在制造器物方面出现了种种技巧,但都只是对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、青铜器时代和铁器时代,也就是距今约1万年前到20世纪初的这样一个漫长的时期,并延续至今。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,如用天然的矿土烧制陶器、砖瓦和陶瓷,以后又制出了玻璃、水泥,并从各种天然矿石中提炼铜、铁等金属材料。



钻木取火

你知道吗?

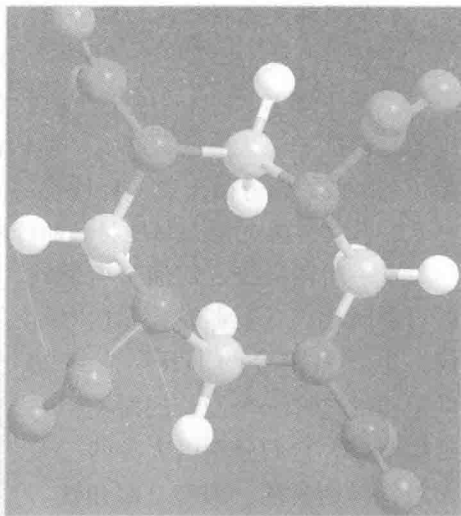
人造材料

人造材料又称合成材料,是人为地把不同物质经化学方法或聚合作用加工而成的材料,其特质与原料不同,如塑料、玻璃、钢铁等。人造材料中的塑料、合成纤维和合成橡胶号称20世纪三大有机合成技术。它们的登台大大提高了人民的生活水平,对国计民生的重要性是不言而喻的。

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、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,开始研究材料的物性,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、结构及性能之间的关系,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。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，而且仍将延续下去。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 and 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、光纤材料等都是这一阶段的杰出代表。



分子化学键想象图

从这一阶段开始，人们不再是单纯地采用天然矿石和原料，经过简单的煅烧或冶炼来制造材料，而是利用一系列物理与化学原理、现象来创造新的材料，并且人们可以在对以往材料组成、结构及性能之间关系的研究基础上，根据需要进行材料设计。使用的原料本身可能是天然原料，也可能是合成原料，而材料合成及其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，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提高人类文明程度而产生的。到这一阶段，人类已经可以利用新的物理、化学方法，根据实际需要设计性能独特的材料了。



玻璃钢

现代复合材料最根本的思想不是要使两种材料的性能变成 $3+3=6$ ，而是要想办法使它们变成 $3 \times 3=9$ ，乃至更大。

严格地说,复合材料并不只限于两类材料的复合,只要由两种或两种以上不同物质以不同方式组成的材料都可以称为复合材料。

5. 材料的智能化阶段

自然界中的材料往往都具有自适应、自诊断和自修复的功能。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自修复。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,这就是目前最引人注目的智能材料,如形状记忆合金、光致变色玻璃等。尽管近十余年来,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。

材料科学的发展趋势主要集中在以下几方面: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观控制),复合化(从单一到复合),智能化(从被动到主动)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。



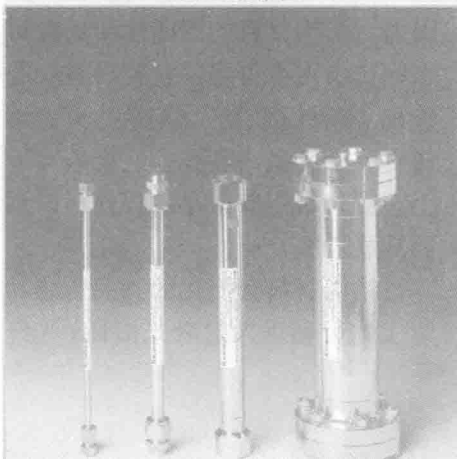
让材料拥有智商

简单的材料早已不能满足 21 世纪人类的需求了,人们希望材料能够感应、拥有智商,于是材料的智能化应运而生。

1. 功能材料智能化

美国麻省理工学院的田中丰一教授于 1975 年提出了“灵巧凝胶”(智能凝胶),至今已过去将近 40 年。现在能响应刺激溶胀的聚合物网络已开发成一项软、湿有机技术。各先进国家的官、产、学对此高度刺激响应材料的研究与开发十分关注,他们试图将生物体组织所具有的智能型刺激响应功能引入工业材料。目前智能高分子材料的发展日新月异,开始向模糊高分子材料发

凝胶色谱柱



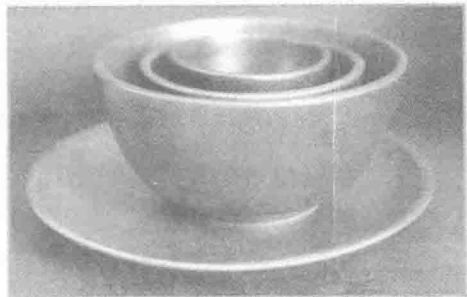
展。所谓模糊材料，其特征刺激响应性不限于一一对应，材料的本身能判断并依次发挥其调节功能，像动物大脑那样能记忆和判断。研究模糊高分子材料的最终目标是发展有机分子计算机。

为将生物体组装所具有的刺激响应功能引入到工业材料并开发成智能材料，发达国家正加大投入，组织共同研究实体，开展国际合作。例如日本的研究与开发集中于运动功能材料、分离功能材料和释放功能材料。以运动功能材料为例，早在 20 世纪 50 年代，研究人员就在不同浓度的盐水溶液中浸渍胶原纤维，借助胶原的结晶—熔融产生的伸缩，制备了机械化学发动机模型机，即利用凝胶将化学能直接转变成机械能，犹如肌肉那样做功，被称为“机械化学系统”或“化学机械系统”，此类高分子驱动元件是一个独特的应用领域。

2. 结构材料智能化

陶瓷及其复合材料经常被用作结构材料。但由于可靠性低而使其应用受到局限，陶瓷承受应力时会因裂缝的扩展而引起其前端应力集中导致破坏。陶瓷的力学性质难于确保，而寿命预测又十分困难。

陶瓷材料的可靠性取决于三个方面：①确立能测定微细结构的非破坏性检验方法；②建立断裂行为解析为基础的可靠性试验法；③分散增强，纤维增强和层压等复合增韧。此类方法虽近年来进展显著，但不能充分确保其可靠性，因而出现了可对材料自身损伤诊断和寿命预告的智能材料。此类材料能检测和诊断其损伤程度，即具有“自行诊断功能”，且有认知损伤程度的“损伤显示功能”，更能使创伤自修复，即具有“自修复”和“自愈合功能”及使用环境下形成材料结构的“自组装功能”。另外，从降低环境负荷和再循环角度，还要求材料具有“自分解性”和“自转变性”。



陶瓷材料

因而，结构材料的智能化与功能材料相比要困难得多，它要求材料能检出(诊断)缺陷、热历史和力学历史伴生的微小裂纹，残余应力等引起的材料内部微小的损伤，以预测其危险性。

结构材料智能化的相关传感功能实施可利用入射激光损耗(光纤

复合化)、导电率的变化(碳纤维复合化),表面弹性波、声发射和磁变形效应等原理。执行功能常采用压电元件使基材变形,即微裂缝闭合;或形状记忆合金通电加热产生相转变,即龟裂闭合。

结构材料的智能化不能损及力学性能。金属间化合物不仅耐热,且力学性能良好,还具有形状记忆功能、高磁导率、疲劳诱发相转变现象和贮氧功能等特点。

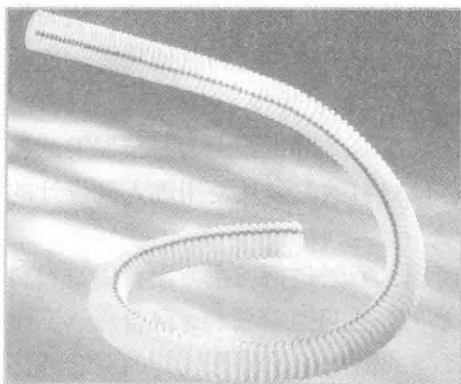
你知道吗?

陶瓷基复合材料

陶瓷基复合材料是以陶瓷为基体与各种纤维复合的一类复合材料。陶瓷基体可为氮化硅、碳化硅等高温结构陶瓷。这些先进陶瓷具有耐高温、高强度和刚度、相对重量较轻、抗腐蚀等优异性能,而其致命的弱点是具有脆性,处于应力状态时,会产生裂纹,甚至断裂导致材料失效。而采用高强度、高弹性的纤维与基体复合,则是提高陶瓷韧性和可靠性的一个有效的方法。纤维能阻止裂纹的扩展,从而得到有优良韧性的纤维增强陶瓷基复合材料。陶瓷基复合材料具有优异的耐高温性能,主要用作高温及耐磨制品。其最高使用温度主要取决于基体特征。

3. 生物材料智能化

生物材料是用于对生物体进行诊断、治疗,修复或替换其病损组织与器官、增进其功能的新型高技术材料。它是研究人工器官和医疗器械的



涤纶人造血管

基础,已成为材料学科的一个重要研究分支,尤其是随着生物技术的蓬勃发展和重大突破,已成为各国科学家竞相进行研发的热点。当代生物材料已处于实现重大突破的边缘,在不久的将来,科学家有可能借助于生物材料设计和制造完整的人体器官,生物材料和制品产业将发展为21世纪世界经济的一个支柱产业。

由生物分子构成了生物材料，再由生物材料构成了生物部件。生物体内各种材料和部件有各自的生物功能。它们是“活”的，也是被整体生物控制的。生物材料中有很多结构材料，包括骨、牙等硬组织材料和肌肉、腱、皮肤等软组织材料；还有许多功能材料所构成的功能部件，如眼球晶状体是由晶状体蛋白包在上皮细胞组成的薄膜内而形成的无散射、无吸收、可连续变焦的广角透镜。在生物体内生长着不同功能的材料和部件，材料科学的发展方向之一是模拟这些生物材料制造人工材料。它们可以做生物部件的人工替代物，也可以在非医学领域中使用，前者如人工瓣膜、人工关节等，后者则有模拟生物黏合剂、模拟酶、模拟生物膜等。



智能材料开启材料新纪元

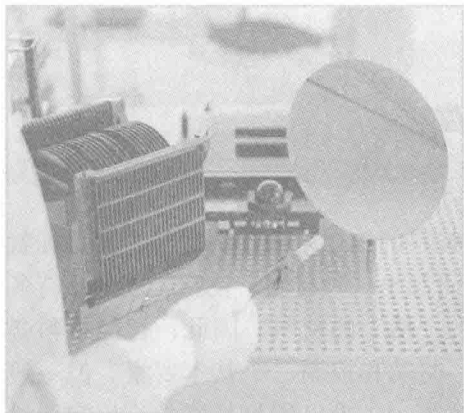
20世纪80年代中期，人们提出了智能材料的概念。智能材料要求材料体系集感知、驱动和信息处理于一体，形成类似生物材料那样具有智能属性的材料，具备自感知、自诊断、自适应、自修复等功能。

智能材料来自于功能材料。功能材料可分为两类：一类是对外界（或内部）的刺激强度（如应力、应变、热、光、电、磁、化学和辐射等）具有感知的材料，通称感知材料，用它可做成各种传感器；另一类是对外界环境条件（或内部状态）发生变化作出响应或驱动的材料，这种材料可以做成各种驱动（或执行）器。智能材料是利用上述材料做成传感器和驱动器，借助现代信息技术对感知的信息进行处理并把指令反馈给驱动器，从而作出灵敏、恰当的反应，当外部刺激消除后又能迅速恢复到原始状态。这种集传感器、驱动器和控制系统于一体的智能材料，体现了生物的特有属性。

智能材料的提出有一定的理论和技术基础。20世纪因为科技发展的需要，人们设计和制造出新的人工材料，使材料的发展从使用进入到设计的历史阶段。

高技术的要求促进了智能材料的研制，原因包括三个方面：①材料科学与技术已为智能材料的诞生奠定了基础，先进复合材料（层合板、三维及多维编织）的出现，使传感器、驱动器和微电子控制系统等的复合或集成成为可能，也能与结构融合并组装成一体。②对功能材料特性的综合探

索(如材料的机电耦合特性、热机耦合特性等)及微电子技术和计算机技术的飞速发展,为智能材料与系统所涉及的材料耦合特性的利用、信息处理和控制在打下基础。③军事需求与工业界的介入使智能材料与结构更具挑



微电子技术

战性、竞争性和保密性,使它成为一个高技术、多学科综合交叉的研究热点,而且也加速了它的实用化进程。例如,1979年,美国国家航空航天局(NASA)启动了一项有关机敏蒙皮中用光纤监测复合材料的应变与温度的研究,此后就大量开展了有关光纤传感器监控复合材料固化,结构的无损探测与评价,运行状态监测、损伤探测与估计等方面的研究。