

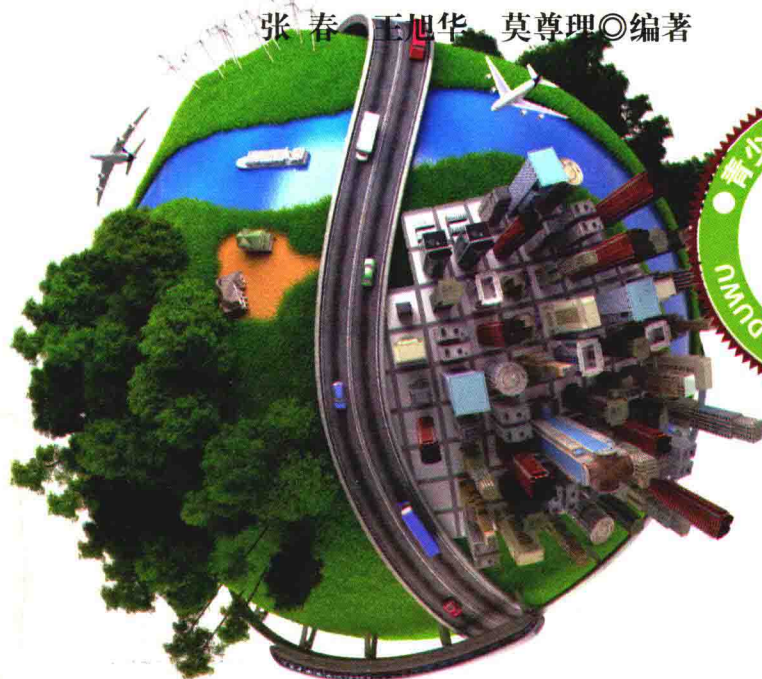
高新技术科普丛书

比人聪明的 智能材料

BI REN CONGMING DE
ZHINENG CAILIAO

莫尊理◎丛书总主编

张春 王旭华 莫尊理◎编著



读者出版集团
DUZHE CHUBAN JITUAN
甘肃科学技术出版社

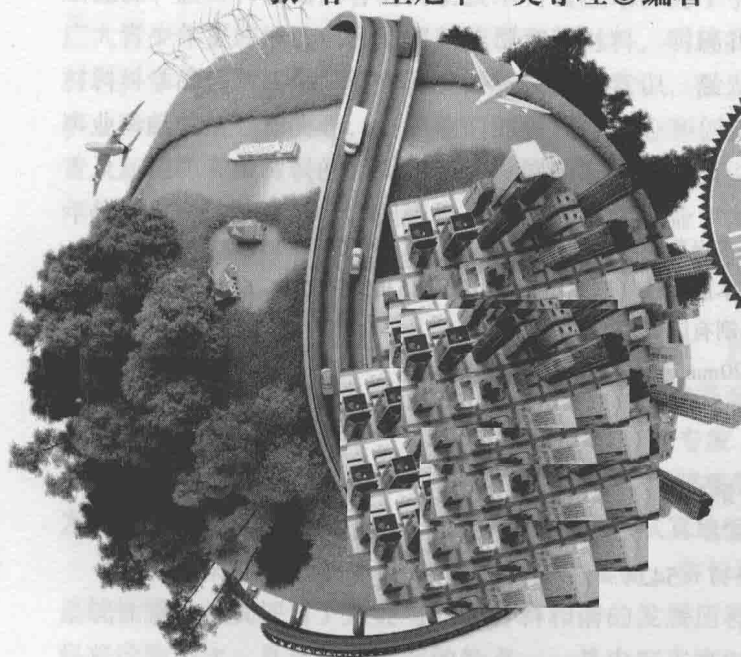
高新技术科普丛书

比人聪明的 智能材料

BI REN CONGMING DE
ZHINENG CAILIAO

莫尊理◎丛书总主编

张春 王旭华 莫尊理◎编著



读者出版集团
DUZHE CHUBAN JITUAN
甘肃科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

比人聪明的智能材料 / 张春, 王旭华, 莫尊理编著.

— 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2012. 1

(高新技术科普丛书 / 莫尊理总主编)

ISBN 978 - 7 - 5424 - 1572 - 1

I. ①比… II. ①张…②王…③莫… III. ①智能材料—普及读物 IV. ①TB381 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 281130 号

责任编辑 韩 波

装帧设计 林静文化

出 版 甘肃科学技术出版社 (兰州市读者大道 568 号 0931-8773237)

发 行 甘肃科学技术出版社 (联系电话: 010-61536005 010-61536213)

印 刷 北京飞达印刷有限责任公司

开 本 710mm × 1020mm 1/16

印 张 12

字 数 235 千

版 次 2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷

印 数 1 ~ 10 000

书 号 ISBN 978 - 7 - 5424 - 1572 - 1

定 价 20.00 元



目 录

第一章 理想的智能材料

第一节 智能材料——千呼万唤始出来	001
第二节 材料的“大脑”和“神经”	001
第三节 材料的“五脏六腑”	002
第四节 材料的智能化未来	003

第二章 智能纤维

第一节 由“皇帝的新装”说开去	006
第二节 纤维——伴随你的衣食住行	007
一、自然生长 VS 科技派生	008
二、“马头娘”与蚕丝	009
三、新一代纤维——人造丝	011
四、纤维趣事——半裸入侵者	012
五、纤维的智能化	012

第三节 智能电子纤维	013
一、柔性压敏纤维	014
二、柔性显示织物	014
第四节 智能防护纤维	015
一、不会发火的阻燃纤维	015
二、防紫外线纤维——我做你的庇护伞	017
三、来啥也不来电的抗静电纤维	018
四、神秘莫测的智能军装	019
第五节 保健纤维	020
一、为你嘘寒问暖的调温纤维	020
二、健康的贴身卫士——抗菌纤维	022
三、“侍卫胸衣”	024
四、电子智能运动服	025
五、发光夹克	025
第六节 道法自然——仿生纤维	026
一、化蝶彩衣	027
二、夜蛾角膜的启示	028
三、人工器官	028
四、变色纤维	029
五、会呼吸的纤维	030
六、仿蜘蛛丝	031

第三章 半透膜科技

第一节 从猪膀胱到智能膜	033
一、半透膜	034



二、细胞膜	034
第二节 有趣的膜分离	037
一、巧借压力做动力	038
二、除细菌的杀手铜	038
三、分离膜家族之新秀	039
四、纳米实验室必备武器	040
五、生命之膜与透析技术	041
六、电力下的膜分离	043
七、智能膜穿透技术	044
第三节 发展中的新型膜工程	045
一、冷暖自知——膜蒸馏	045
二、针尖上的舞者——膜反应器	046
三、生命的启迪——细胞培养器	047
四、现代生物自动化的枢纽——智能膜传感器	048
五、膜燃料电池	048
第四节 膜技术应用举例及未来智能膜	050
一、智能气体分离膜	050
二、半透膜药物释放体系	051
三、巧妙的液膜灭火	053
四、人工感官和智能生物计算机	054

第四章 形状记忆材料

第一节 “永不忘本”的记忆材料	057
一、“记忆”伊始	057

二、淬火与“马氏体”	057
第二节 形状记忆合金——主流的表演	058
一、磁场下的变形	059
二、磁场下的冷热泡沫	059
三、温控“永动机”	060
四、自膨胀血管栓塞器	061
五、借助形状记忆合金开发抗地震材料	061
第三节 形状记忆非主流	062
一、潜力无限的记忆高分子	062
二、锦上添花的记忆纤维	064
三、新秀登场——记忆陶瓷	065
第四节 军事中的“记忆”科技	065
一、航天飞机的“嘴巴”和“耳朵”	065
二、低噪声直升机	066
三、神奇的“机器蝙蝠”	066
四、战斗机的“金箍圈”	067
第五节 生物医疗上的应用	068
一、在牙科上的应用	068
二、脊柱矫形	069
三、骨折治疗	070
四、形状记忆绷带	071
五、人造心脏	071
六、癌症的“鱼雷”治疗法	072
第六节 日常生活中的应用	074
一、智能卫浴防烫阀	074
二、百变眼镜架	075

三、自动释压的高压锅	075
四、刚劲有致的窗帘	076
五、“记忆”隆胸，科技展现魅力	077
六、怒放的“铁花”	078
七、百变“时”装	078
第七节 形状记忆材料与汽车	080
一、不怕爆胎的轮胎	080
二、钢板的倒金钩	080
三、自动开关的通气格栅	081

第五章 智能凝胶

第一节 何为凝胶	083
第二节 气凝胶——“冻结的烟雾”	085
一、气凝胶的分类	086
二、游走于太空的好帮手	086
三、纳米气凝胶	088
四、未来机器人的肌肉	089
五、气凝胶走进日常生活	090
第三节 智能水凝胶	091
第四节 智能水凝胶的应用	094
一、最“靠谱”的创可贴	094
二、水凝胶生物修复	095
三、“心灵”的贴心“窗玻璃”	095
四、人体修复填充凝胶	096



五、人造皮肤	096
第五节 智能凝胶万花筒	097
一、“凝胶”造就天然“空调墙”	097
二、富含水分的衣服	099
三、智能救生衣	099
四、凝胶商机——蚂蚁乐园	100
第六节 原位凝胶	102
一、眼疾患者的福音	102
二、抗肿瘤原位凝胶	103

第六章 智能塑胶及陶瓷

第一节 橡胶趣事	106
一、弹性世界之门的叩响者——古德伊尔	107
二、神奇的金属橡胶	108
三、能吸水的橡胶	110
四、聪明的轮胎	111
五、“不导电”的导电橡胶	111
第二节 导电塑料	112
一、导电有机物与诺贝尔化学奖	112
二、“聪明”的食品包装袋	113
三、压电塑料	114
四、最有安全性的塑料	114
第三节 磁性塑料	115
第四节 智能修复塑料	115

第五节 新型“钢铁”塑料	116
第六节 灵敏的陶瓷“鼻子”	116
第七节 压电陶瓷诞生记	117
一、灵敏的压电陶瓷地震仪	118
二、压电陶瓷打火机	118
三、把压力转为音乐的陶瓷	119
四、飞机的新衣	120
第八节 尊贵的陶瓷刀	121
第九节 聪明漂亮的智能玻璃	122

第七章 磁电智能材料

第一节 磁性材料的亮相——何止是吸引	123
一、磁畴——磁性的最小单元	124
二、磁铁是怎样“炼成”的	124
三、“磁致伸缩”与“电致伸缩”	125
四、有趣的磁致伸缩材料	126
五、强悍的磁致伸缩水声换能器	127
六、以电脑桌作“音箱”	128
七、不用洗衣粉的洗衣机	129
第二节 磁流体材料	131
一、磁流体的组成	131
二、磁流体密封	132
三、磁流体药物	132
四、磁流体发电机	133



五、百变测温器	133
六、静音潜艇	134
第三节 导电材料的奇迹——超导材料	136
一、超导现象的发现	136
二、超导的奥妙	136
三、超导型磁浮列车	138
第四节 磁、电技术的完美结合——吸波材料	139
一、伟大的隐身术	139
二、吸波材料与“隐身术”	141
三、如何实现隐身效果	141
四、隐身技术的衍生物——手机屏蔽袋	142
五、暗室为何要带“刺”	142
六、电路模拟隐身术	143
第五节 各种类型的吸波材料	143
第六节 磁电应用秀	146
一、电磁炉	146
二、电磁继电器	147
三、磁光记录材料	147
四、电磁炮	148

第八章 百花齐放的材料

第一节 世界上最薄的隔气透水材料	151
第二节 新材料专门“捉拿”二氧化碳	151
第三节 首款自修复 iPhone 外壳即将问世	153



第四节 电疗创可贴	154
第五节 会思考的智能鞋	154
第六节 步行可充电的能量收集鞋	156
第七节 闪烁晶体	157
第八节 哑巴金属——减震合金	158
第九节 强悍的攀爬手套	159
第十节 全固态薄膜电池——电子产品的革命	161
第十一节 高科技 LED 面膜, 让女性美丽永驻	161
第十二节 科幻变成现实——超强防弹“透明铝”	162
第十三节 “生物仿生”术盘点	163
第十四节 神奇的“捞金手”	166
第十五节 磁性肥皂液	166
第十六节 扭曲能力提千倍的碳纳米管	167
第十七节 能够感受到外部触摸的“电子皮肤”	168
第十八节 能让盲人看到东西的神奇眼镜	169
第十九节 妩媚可爱的“荧光鲜花”	170
第二十节 仅由空气驱动的折叠软体机器人	171
参考文献	173

第二节 材料的“大脑”和“神经”

不少科学家都提出过,但是 1935 年 4 月 28 日的空难却具有历史意义,因为这次空难引发了人们对材料“生命”的思考,为智能材料的诞生提供了直接动力。这一天,波音 737-200 型客机在从希腊前往檀香山途中,因发动机故障导致从驾驶舱后有一直翼机翼附近向一大块机翼天花板破裂并飞溅而出致大座舱事故。这起事故促使美国国会立刻意识到了危机,为安全服役中的飞机发生类似事故,飞机必需有诊断系统和及时预报系统,在飞行使用的过程中随时监测其生命状态,有效避免由各种材料老化而导致的事故。



第一章 理想的智能材料

第一节 智能材料——千呼万唤始出来

20 世纪 50 年代,出现了自适应系统这一概念,也可称之为智能结构。在智能结构研究过程中,人们越来越认识到智能结构的实现离不开智能材料的研究和开发。1988 年 9 月,美国首次组织了首届有关智能材料的专题研讨会。1989 年,日本提出了从事具有对环境变化做出响应能力的智能型材料的研究。从此,有关智能结构及智能材料的会议在国际上几乎是每年一届,促使了智能材料的研究历程。

1989 年,日本高木俊宜教授给出了智能材料(Intelligent Matetials)的定义。他认为,智能材料应该是一种能够对环境具有感知能力、响应能力,并具有功能发现能力的新材料。后来,美国的 R. E. Newnham 教授也提出了灵巧(机敏)材料(Smart Matetials)概念,此类材料具有传感和执行功能,并将其分为三类:第一类是指能响应外界变化的材料,称为被动灵巧材料;第二类是能识别外界变化、并可经执行线路进行反馈,从而做出响应的材料,称为主动灵巧材料;第三类是能够感知变化、具有执行功能、能够自动响应环境变化,并且改变性能系数的材料,即称为智能材料。R. E. Newnham 提出的智能材料是一种理想化,高智能化的材料,现有科技能够达到此类程度的材料仍然不多。

第二节 材料的“大脑”和“神经”

多少年来空难层出不穷,但是 1988 年 4 月 28 日的空难却具有历史性意义,因为这次空难引发了人们对材料“生命”的思考,为智能材料的诞生提供了直接动力。这一天,波音 737-200 型客机在从希洛前往檀香山的途中,因金属疲劳导致从驾驶室后方一直到机翼附近的一大块机舱天花板被撕裂飞脱而出现灾难性事故。这起事故促使美国国会立刻意识到了危机,为避免服役中的飞机发生类似事故,飞机应有自我诊断和及时预报系统,在材料使用的过程中随时预测其生命状态,有效避免由各种材料老化和断裂导致的事故。

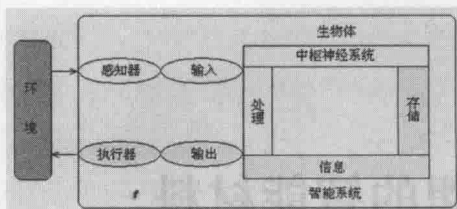


图 1-1 生物体与智能系统的对比示意图

近年来,随着社会经济的发展,各种材料的功能化和智能化问题引起了各国政府、工程技术界和科学界的广泛关注。涉及智能材料研究和开发的领域有:飞行器机翼的疲劳断裂检测,形状自适应控制;桥梁、建筑等振动的自动控制和调整,风灾和地震时的自适应控制;火警探测及控制;屏蔽及隐身材料吸波性能设计;管道系统的腐蚀和冲蚀探测;空气质量、温度控制;能量的最佳利用等。以生物医用及生物工程材料为例,涉及诸多材料的智能化:如自动服药系统里药物的可控释放;生物医药材料的活性及其与人体环境之间的相容性等。

在如此广泛的材料研究领域,解决材料智能化的关键技术和基础理论是什么呢?科学家和工程师从自然界和生物体的进化学习和思考中受到启发,可以用图 1-1 来对比生物体和智能系统。

(1) 感知器,相当于人体的神经元,可以用感知材料制得,它能对外界或内部的刺激强度(如热、光、电、波、力、化学辐射等)产生感知或反应。

(2) 执行器,相当于生物体的肌肉和骨骼。它能在外界环境条件或内部状态发生变化时作出动作响应。

(3) 信息处理,相当于人的大脑,可以用信息材料通过微电子技术制得。

通过智能技术与生物技术、电子技术相结合,研究实现生物细胞组织与电脑微芯片结合为协作共存体,以达到利用脑细胞功能构建生物智能,即生物电子体,将是实现人工智能研究历程中的一个重要阶段。如日本东京大学的 Shimoyama 教授领导的课题组研究蟑螂的控制技术,即把蟑螂头部的探须和翅膀切除,插入电极和微处理器以及红外传感器,通过遥控信号产生电刺激,使蟑螂向特定方向前进。美国纽约州立大学通过在老鼠体内植入微控制器,成功实现对老鼠的转弯、前进、爬树和跳跃等动作的人工指导。人们力图借鉴生物体的功能特征来解决材料和结构的质量与安全监控问题,正如生物体是通过各种生物材料构成的一样,智能系统是通过材料间的有机结合或集成而得以实现。科学实践证明,利用人工方法向非生物材料中引入“智能”特性和生命特性是可以做到的。

第三节 材料的“五脏六腑”

智能结构与系统是把传感器、驱动器、光电器件和微处理机等埋在复合材料中,形成既能承载又具备某些特定功能的功能性结构材料,即将不同功能的材料通过不同层次的“复合”,赋予材料多重功能,这就是所谓智能材料结构与系统的概念。



单一的人工材料,根据其用途,只具有所需的基本力学、光学、热学等性能,无法同时具备智能特性。智能材料的构成如图1-2所示,只有将材料用于智能化的感知器、执行器和控制器等集成或组装在一起,通过这些功能之间建立起动态的相互联系,共同构成材料的智能化因素,才能实现材料的智能化。

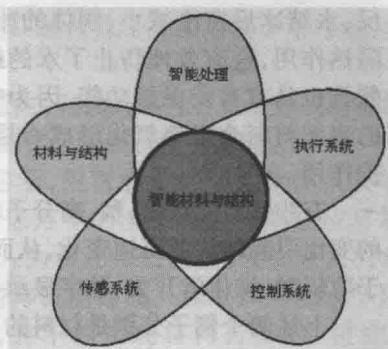


图 1-2 智能材料与结构的构成

智能材料不必是专门研制的新型材料,现有的智能材料,大多是根据需要而选择的两种或多种不同的材料,按照一定的

比例并以某种特定的方式复合起来。这个过程叫做材料的集成过程,即在一种材料构件中植入某种功能材料或器件、使这种组合新材料具有某种或多种智能特性。这样,它不再是传统的单一均质材料,而是一种复杂的材料体系。

把智能材料植入工程结构中,就能使工程结构感知和处理信息,并执行处理结果,对环境的刺激做出自适应响应,可将静态、被动的监测变为动态、实时、主动的监测和控制,从而使工程实现增强结构、减轻质量、降低能耗等各种所要达到的目标。这种工程结构称为智能结构。

先进的复合材料是智能结构的基础,它能提供智能结构所需的强度等基本性能,再结合用来监测位移、温度、加速度、压力及其他参数的传感器,以及将所得来的各种信息转换成动力的驱动器,共同集成到智能结构。从智能材料的形态上,常见的有智能纤维、智能半透膜等,完成智能材料系统和结构的主要材料有形状记忆材料、压电材料(包括压电陶瓷、压电聚合物)、电致伸缩材料、光纤和电流变体、磁流变体等。

超音速飞行要求飞机最大限度地减少空气阻力,从而迫使飞机采用较薄的翼型。随着机翼变薄,它对震动外力更加敏感,材料有可能瞬间损坏。将具有数学陈列分布的传感器和制动器网络安装在机翼结构上,使机翼实现智能化,这就允许机翼形状随外部条件动态变化,并使飞机始终以接近颤振和解体的临界速度进行飞行,从而实现了飞机的极限安全速度。由于智能结构的特点,使它不仅在国防尖端武器如飞机、军舰等方面有广泛的应用,而且在国民经济各个领域,特别是高技术领域具有重大战略意义,得到了广泛应用。

第四节 材料的智能化未来

自然界有很多奇妙的自我保护现象存在。大多数物质比如氧气、碘等,由液态转变成固态时,是一个密度增加、体积缩小的过程。但水却正好相

反,水结冰后密度减小,固体的冰块密度比水轻,因而能浮在水的表面,起到隔热作用,这有效地防止了水的继续固化,保护了水下生物。铝锅和不锈钢餐具也具有自我保护功能,因为它们表层被氧化或被刻画出沟槽后,新暴露的表面材料会迅速氧化形成一层致密的耐高温抗氧化膜,对内部起到了保护作用。

有些物质如玻璃、釉、高分子材料等,它们都是光致变色材料,可以由光线的变化引起结构的可逆变化,从而导致颜色也发生可逆变化。这种特性可用于防辐射、光化学开关、数字显示、光信息存储、装饰以及防伪等方面。

上述两个例子分别是材料的自修复和自适应功能,类似的这类性质共同构成了智能材料的各种属性。理想化的智能材料还有其他诸多性能,如图 1-3 所示。生物品种的存在取决于它们的动态能力,这些能力包括自养育、自诊断、自修复、自调整、自繁殖等。这些能力是生物为了适应环境的变化而产生的。材料中也存在类似的某些现象。这种功能在材料中被归纳为所谓的“S 特性”,即自诊断(Self-diagnosis)、自调整(Self-tuning)、自适应(Self-adaptive)、自恢复(Self-recovery)和自修复(Self-repairing)等。若能充分利用材料的这些性能,就会更好地实现材料的智能化。当然,这里指的是高级智能材料,虽然目前尚难做到,但却是未来实现的目标。

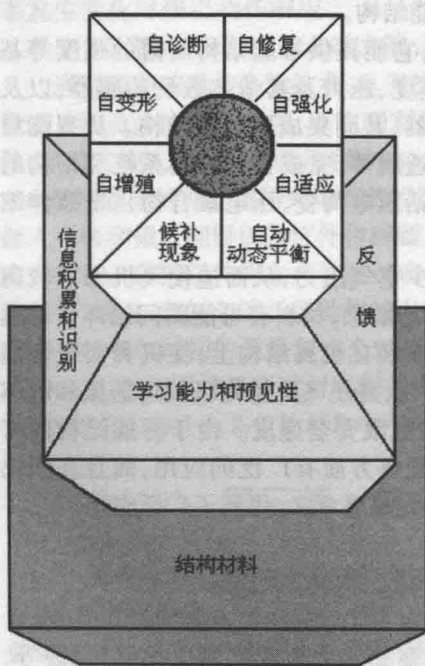


图 1-3 智能材料的属性

具有上述结构形式的材料系统,就有可能体现或部分体现下列智能特性:

(1)可探测并识别外界(或内部)的刺激,如外力、形变、热、光、磁、电、化学反应等;(2)具有信息传输功能,将所探测的各种信息传输到材料响应部位;(3)反应灵敏且恰当;(4)外部刺激条件消除后能迅速回复到原始状态。

通过以上对智能材料的讨论,我们可将智能材料的内涵归纳如下:

(1)智能材料的研究是立足于剖析、模仿生物系统的过程,以及将各种智能化因素添加到材料中构成智能体系的过程。

(2)物质材料只做智能材料的主体。它的范围可以从生物材料到高分子材料,从无机材料到金属材料,从复合材料到大型工程结构。

(3)智能材料不是仅仅简单地执

