



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

纳米材料化学 简明教程

NAMI CAILIAO HUAXUE JIANMING JIAOCHENG

汪信 刘孝恒 编著



化学工业出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

纳米材料化学简明教程

汪 信 刘孝恒 编著

目 录

第一章 绪论

第二章 纳米材料化学

第三章 纳米材料的应用

参考文献

附录

附录 1 纳米材料化学名词解释

附录 2 纳米材料化学主要参考文献



化学工业出版社

· 北京 ·

定价：35.00元

ISBN 978-7-122-15000-0

作者结合自己多年的教学和科研积累,同时注意学习、借鉴国内外先进经验,并在作者之前的专著、教材基础上,编写了本教材。书中介绍了一些与纳米材料有关的知识,涉及无机化学、物理化学、有机化学、生物化学和高分子化学等学科,故可称为纳米材料化学。本书具有以下3个特点:

(1) 知识介绍的系统性——书中内容基本覆盖了纳米材料研究中所关注的主要领域,最后还有纳米材料科技论文英文撰写方面的知识介绍;

(2) 知识介绍的梯度性——既有较多基础性的知识介绍,也有部分科研新进展、新概念等提高性的内容;

(3) 知识介绍的趣味性——注重形象化比喻,并时常引入人文科学、美学等方面的知识,各章均附有一些相关插图。

本书可作材料和其他相关专业的教科书或教学参考书,适合硕士、博士研究生和高年级本科生的学习,每章均有习题和思考题,并附有参考答案。

最后还需要指出的是,为方便课堂教学、课程学习,本书附有图文并茂、内容丰富的ppt文件,共计400多页,可满足2学分的课堂教学和课程学习。作为本教材的重要组成部分,这些电子文档中的内容主要来自于纸质教材,同时还有其他补充,该电子课件形式也不拘泥于纸质教材。



图书在版编目(CIP)数据

纳米材料化学简明教程/汪信,刘孝恒编著. —北京:化学工业出版社,2014.1

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

ISBN 978-7-122-19414-5

I. ①纳… II. ①汪…②刘… III. ①纳米材料-应用化学-高等学校-教材 IV. ①TB383

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第000439号

责任编辑:杨菁 李玉晖

文字编辑:徐雪华

责任校对:陶燕华

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张14 字数339千字 2014年4月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:35.00元

版权所有 违者必究

前言

化学是研究物质组成、制备、结构、性质和应用的科学，是一门历史悠久、知识体系相对完整的基础学科。随着时间的推移，化学自身在不断发展，同时又和其他学科相互交叉，相互促进，不断形成新的生长点，特别是近十多年来，化学学科的发展主要有三大特点。

1 传统化学的延伸

传统化学的一些领域如今在维持自身特色的同时，不断向新的难度和高度拓展。例如，新型药物等新型有机化合物的结构设计和合成一直是有机化学家所关注的热点，在复杂手性化合物的合成研究工作中，最近又出现了所谓的“双 20 方向”，即所合成目标产物的结构向着庞大化、复杂化方向发展，每个分子中的原子个数达到或超出 20，相应的合成路线往往也在 20 个步骤左右。图 1 为一合成步骤数目与中间产物、最终产物得率关系的示意图，它显示出当合成线路达到 20 余步时，对于一成功的合成而言，产物的最终得率仅为百分之几，通常以毫克单位计算，因而，解决合成化学中的步骤长、过程复杂问题，不仅具有理论意义，而且与其应用和商业价值密切相关。

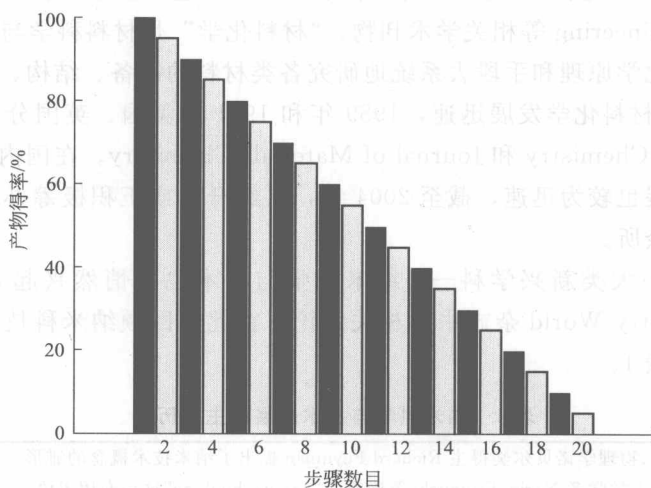


图 1 多步骤有机合成的步骤数目与产物得率关系

2 化学向生命科学的延伸

生命科学的发展已超出医学、生物领域，与化学、物理、计算机、甚至数学等学科紧密结合。化学原理、化学手段在蛋白质、DNA 等的研究中是必不可少的，近年来诺贝尔化学奖（如 2004 年）常颁发给在这些领域中作出杰出贡献的科学家。值得关注的是，在传统的四大化学教科书中，仅有有机化学以较少的篇幅介绍了糖类、蛋白质、核酸等的内容，这些章节通常也不作为化学基础课中的重点教学内容，显然不能适应化学学科向生命科学延伸的发展趋势。

图 2 为一长链 Pt 配合物与 DNA 相互作用的示意图，尽管多年来 Pt 配合物已用于治疗癌症，但其作用机理一直在探索之中。随着近期基因研究的迅速发展，配合物与 DNA 相互结合、作用的研究已向定量、可控制方向发展。

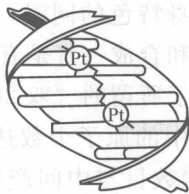


图2 配合物与DNA作用示意图

3 化学与材料科学的结合

20 世纪 60 年代，在美国出现了“材料科学与工程”这一新型学科，不久又创办了 Materials Science&Engineering 等相关学术刊物。“材料化学”是材料科学与传统化学这两大学科的结合，以基本化学原理和手段去系统地研究各类材料的制备、结构、性质及应用的交叉学科。近 20 年来，材料化学发展迅速，1989 年和 1991 年美国、英国分别创办了著名的学术刊物 Materials of Chemistry 和 Journal of Materials Chemistry。在国内，近十多年来材料化学科研、教育发展也较为迅速，截至 2004 年，已经开办或正积极筹办材料化学本科专业的高等学校已达百余所。

与此同时，另一大类新兴学科——纳米科学与技术也在悄然兴起并快速发展，根据 2004 年英国 Chemistry World 杂志中的相关评论，在此可回顾纳米科技发展的里程碑事件及基本轨迹，详见表 1。

表 1 纳米科学与技术发展的主要历程

1959 年	美国学者、物理学诺贝尔奖得主 Richard Feynman 提出了纳米技术概念的雏形
1974 年	日本东京大学学者 Norio Taniguchi 等确定了“nanotechnology”这一专用术语
1981 年	IBM 瑞士实验室的 Gerd Binnig 和 Heinrich Rohrer 发明了隧道扫描显微镜 (STM)
1985 年	C ₆₀ 及富勒烯被发现
1986 年	Gerd Binnig, Christoph Gerber 和 Calvin Quate 发明了原子力显微镜 (AFM)
1986 年	Gerd Binnig 和 Heinrich Rohrer 因发明 STM 获诺贝尔物理学奖
1987 年	Charles Pedersen, Donald Cram 和 Jean-Marie Lehn 因在超分子领域的自组装研究获诺贝尔化学奖
1991 年	日本 NEC 公司的 Sumio Iijima 制备出碳纳米管
1996 年	Richard Smalley, Harry Kroto 和 Bob Curl 因发现 C ₆₀ 获诺贝尔化学奖
1997 年	Paul Boyer, John Walker 和 Jens Skou 因对纳米生物机器的研究获诺贝尔化学奖
21 世纪	全面进入蓬勃发展阶段

纳米科学与技术所追求的目标之一是，实现已为人类所普遍使用的宏观、大型机械设备的超微型化。与宏观机械设备的制造一样，这些超微型机器设备的制造也必须建立在价廉物美的原材料基础上。如想象中的几何尺寸在微米级的潜水艇可用于治疗人类的癌症等疑难疾

病，当此类潜水艇在人体中游弋时，它的动力系统、对癌细胞的探测系统——超微型计算机和攻击系统——超微型导弹都应是由几何尺寸更小的“纳米器件”构成的，这就不难理解纳米科技的前期与基础性工作——纳米材料研究的广泛性与重要性了，因为人类要首先制备出上述潜水艇所需要的纳米芯片、纳米导线、纳米发动机等。图 3 为瑞士科学家 Grumelard 等新近制备出的一种纳米管道，该管道系高分子物质制成，具有柔性，可注水。

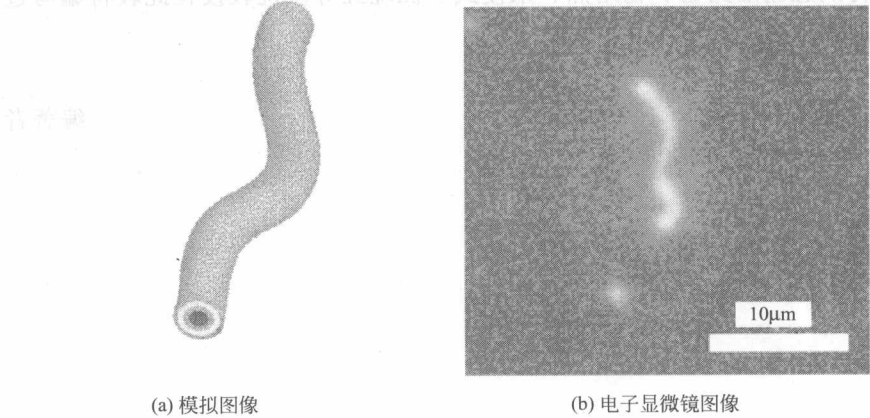


图 3 一种新型高分子纳米管

可以预料，类似于金属材料（如钢铁）、无机材料（如水泥、陶瓷）、高分子材料（如塑料、化纤），大批量、低成本的纳米材料的生产，最终将依靠化学手段解决。因而，研究纳米材料与化学之间的内在联系，归纳化学在纳米材料研究中的基础性作用是极其必要的。

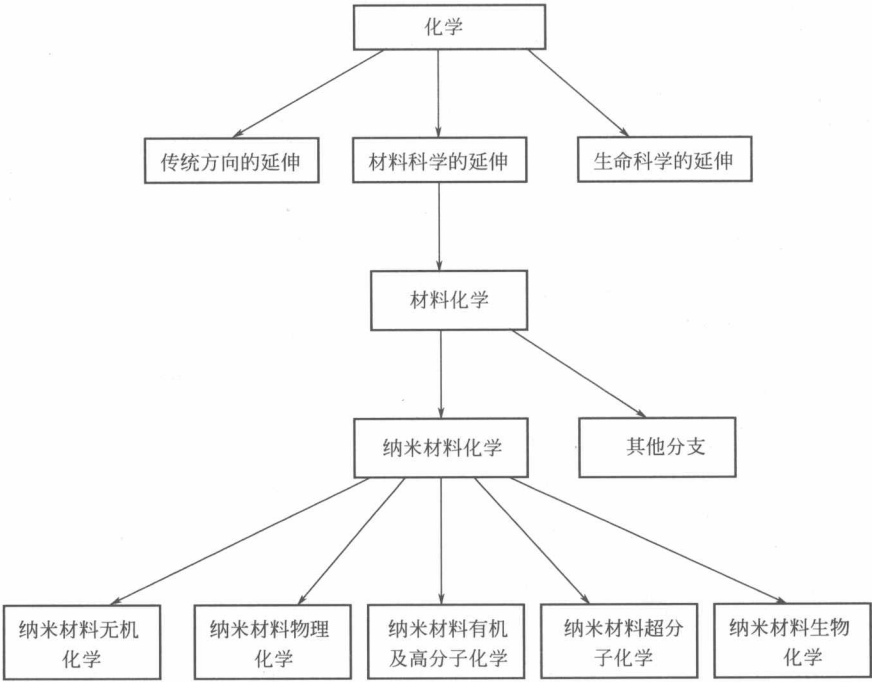


图 4 近代化学的发展趋向以及纳米材料在化学中的渗透

本书选取了近期国内外相关研究成果，并结合我们自己的研究工作，努力使读者较为全

面、深刻地理解化学学科中的各主要分支在纳米材料研究领域中的具体应用。

图 4 反映出我们对目前化学发展趋势的思考，纳米材料研究的迅速崛起有力地推动了化学的发展，纳米材料化学可谓是一门新上加新的学科专业，虽然处于初级阶段，却已形成了一个庞大的知识体系，覆盖了近代化学中的几乎每一个主要领域。由于编著者学识有限，在此教材编写过程中，难以一一顾及众多知识体系，疏漏和错误在所难免，敬请读者指教。另外，编著者还要特别感谢陆路德、杨绪杰、朱俊武、江晓红等多位教授在此教材编写过程中予以的多方面帮助和支持。

编著者

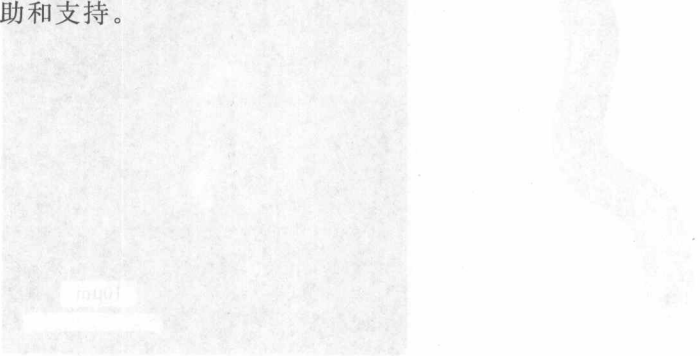


图 4 反映出我们对目前化学发展趋势的思考

图 4 反映出我们对目前化学发展趋势的思考

图 4 反映出我们对目前化学发展趋势的思考

图 4 反映出我们对目前化学发展趋势的思考，纳米材料研究的迅速崛起有力地推动了化学的发展，纳米材料化学可谓是一门新上加新的学科专业，虽然处于初级阶段，却已形成了一个庞大的知识体系，覆盖了近代化学中的几乎每一个主要领域。由于编著者学识有限，在此教材编写过程中，难以一一顾及众多知识体系，疏漏和错误在所难免，敬请读者指教。另外，编著者还要特别感谢陆路德、杨绪杰、朱俊武、江晓红等多位教授在此教材编写过程中予以的多方面帮助和支持。

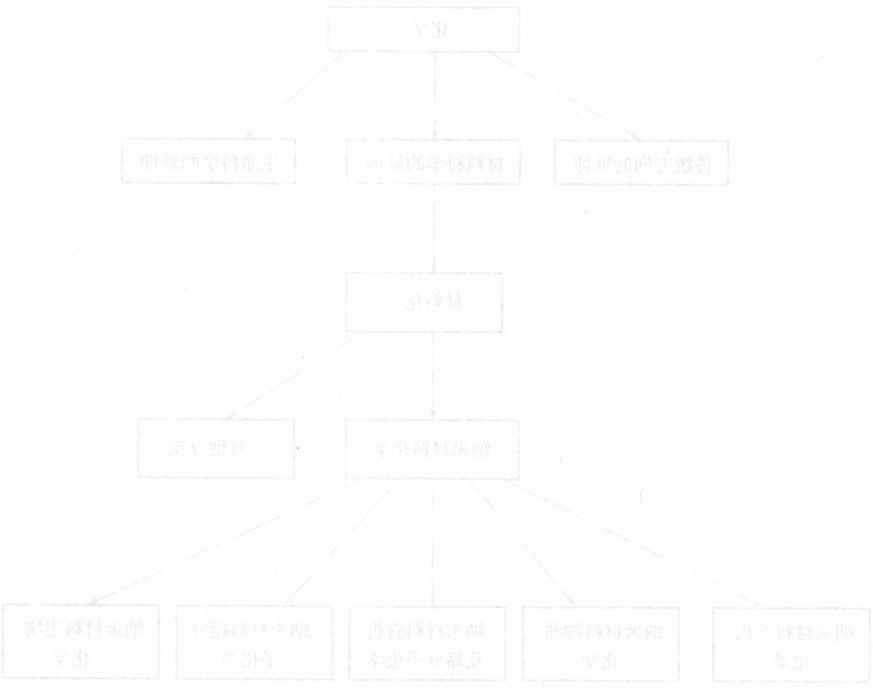


图 4 反映出我们对目前化学发展趋势的思考

图 4 反映出我们对目前化学发展趋势的思考，纳米材料研究的迅速崛起有力地推动了化学的发展，纳米材料化学可谓是一门新上加新的学科专业，虽然处于初级阶段，却已形成了一个庞大的知识体系，覆盖了近代化学中的几乎每一个主要领域。由于编著者学识有限，在此教材编写过程中，难以一一顾及众多知识体系，疏漏和错误在所难免，敬请读者指教。另外，编著者还要特别感谢陆路德、杨绪杰、朱俊武、江晓红等多位教授在此教材编写过程中予以的多方面帮助和支持。

目 录

0 绪论 纳米科技及发展简史	1
0.1 纳米科技与纳米材料	1
0.2 从诺贝尔奖中寻觅纳米科技发展的踪迹	2
0.3 从全球性一些重要科技期刊的发展史看纳米材料研究的旺盛活力	5
0.4 纳米材料学是一年轻但具有深厚积淀的学科	6
思考题与习题	6
参考文献	7
第1章 纳米材料的重要特性	8
1.1 纳米材料与纳米结构	8
1.1.1 关于纳米材料与纳米结构	8
1.1.2 纳米材料的微结构及品质评价	9
1.2 重要特性	11
1.2.1 表面与界面效应	11
1.2.2 小尺寸效应	13
1.2.3 量子尺寸效应	14
1.2.4 宏观量子隧道效应	16
1.2.5 纳米材料的可见光谱学	16
思考题与习题	19
参考文献	20
第2章 纳米材料的制备	21
2.1 关于纳米材料的制备	21
2.2 物理方法制备纳米材料	22
2.2.1 应用特殊的加热手段	22
2.2.2 气体冷凝法	23
2.2.3 等离子体法	23
2.2.4 机械研磨	25
2.2.5 高温高压法	26
2.2.6 原子能辐照	26
2.3 化学方法制备纳米材料	27
2.3.1 化学方法制备纳米材料的基本思想	27
2.3.2 化学沉积法	30
2.3.3 水热及溶剂热法	32
2.3.4 微乳液法	34
2.3.5 sol-gel 法	35
2.3.6 气-液-固 (VLS) 法	36

2.3.7 纯粹固相化学反应法	37
2.3.8 其他的一些物理化学手段	38
2.4 一些纳米材料制备的研究进展	39
2.4.1 模板合成法	40
2.4.2 CVD 法的延伸与拓展	40
2.4.3 sol-gel 法的发展	42
2.4.4 相转移法	44
思考题与习题	45
参考文献	46
第3章 纳米材料结构表征	47
3.1 纳米材料结构的 XRD 表征	47
3.1.1 关于 XRD 谱图	47
3.1.2 谢乐公式	48
3.1.3 纳米薄膜的 XRD 表征	50
3.2 纳米材料结构的气体吸附法表征	53
3.2.1 比表面积的 BET 法测定	53
3.2.2 孔径分布测定	55
3.3 纳米材料结构的显微观察	56
3.3.1 纳米材料结构的电子显微观察	57
3.3.2 纳米材料结构表征的 STM 和 AFM 技术	61
3.4 XRD 与 TEM 对纳米材料结构的综合分析	66
3.4.1 一次纳米粒子与二次纳米粒子	66
3.4.2 粒径分布	67
3.4.3 XRD 与 HRTEM	67
3.4.4 XRD 与 ED	68
3.4.5 有序结构纳米材料的表征	71
思考题与习题	73
参考文献	74
第4章 纳米材料晶体学	76
4.1 关于 ZnO 的六方晶型	76
4.2 表面缺陷	77
4.3 纳米晶体生长的取向性	79
4.4 纳米材料晶体学研究若干进展	80
4.4.1 纳米晶体表面原子数的计算	80
4.4.2 介晶结构	82
4.4.3 超晶格	84
4.4.4 锐钛矿型纳米 TiO ₂ 晶体晶面的控制性生长	86
4.4.5 纳米催化剂活性因素研究及新进展	89
思考题与习题	90
参考文献	90

第5章 纳米材料磁学	92
5.1 有关磁学的一些基本概念	93
5.1.1 材料的磁性及居里温度	93
5.1.2 磁滞回线及相关概念	95
5.1.3 磁能、磁各向异性和磁畴	95
5.2 磁性纳米材料	96
5.3 纳米材料特殊的磁性质	97
5.3.1 各向异性	97
5.3.2 磁性长度	98
5.3.3 磁畴	98
5.3.4 超顺磁性	101
5.3.5 交换作用	102
5.3.6 居里温度	103
思考题与习题	104
参考文献	105
第6章 纳米材料电子学与光电子学	106
6.1 从计算机技术的发展过程谈起	106
6.1.1 计算机存储技术	107
6.1.2 计算机控制和运算技术	109
6.2 纳米材料电子学重要理论基础	112
6.2.1 单电子输运理论	112
6.2.2 弹道输运理论	113
6.2.3 压电效应	113
6.3 纳米材料电子学研究进展简介	113
6.3.1 纳米尺度集成电路发展的障碍及解决对策	113
6.3.2 纳米发电机	115
6.4 纳米材料光电子学简介	115
6.4.1 能隙	115
6.4.2 发光纳米半导体材料	116
思考题与习题	118
参考文献	119
第7章 纳米材料生物学	120
7.1 生物领域中的纳米材料和纳米结构	120
7.1.1 DNA的纳米结构	121
7.1.2 蛋白质的纳米结构	121
7.1.3 病毒	122
7.1.4 动植物界丰富的纳米结构	125
7.2 纳米机器	126
7.2.1 天然的纳米机器——DNA	127
7.2.2 生物分子马达	127

7.3 生物识别技术	129
7.3.1 基于纳米金的识别技术	129
7.3.2 量子点	130
7.4 纳米材料生物学研究进展	132
7.4.1 蛋白质结构形态的改变	132
7.4.2 核酸作模板制备纳米材料	132
思考题与习题	133
参考文献	134
第8章 自组装与超分子结构	135
8.1 超分子化学	135
8.2 自组装的概念	136
8.3 一些重要的超分子结构	140
8.3.1 单分子薄膜	140
8.3.2 金属有机化合物和配合物	141
8.3.3 有机物	143
8.3.4 其他	151
思考题与习题	153
参考文献	154
第9章 重要的纳米材料	155
9.1 单质	156
9.1.1 碳纳米材料	156
9.1.2 金属	162
9.2 二元无机非金属化合物	162
9.2.1 氧化物	163
9.2.2 硫化物	166
9.2.3 其他	166
9.3 二元金属纳米材料	168
9.4 其他无机化合物	169
9.4.1 硅酸盐纳米材料	169
9.4.2 钙钛矿型晶体	170
9.4.3 尖晶石型晶体	171
9.4.4 烧绿石型晶体	172
9.5 有机物	174
思考题与习题	175
参考文献	177
第10章 纳米材料的应用	178
10.1 金属纳米材料	178
10.1.1 力学性能	178
10.1.2 软磁性能	179
10.1.3 催化性能	179

10.1.4 储氢性能·····	179
10.2 磁性液体·····	180
10.2.1 磁性液体及其性能·····	180
10.2.2 磁性液体的应用·····	180
10.3 纳米复合材料·····	180
10.3.1 在医学、生物领域中的应用·····	181
10.3.2 纳米催化剂·····	184
10.3.3 高分子/纳米复合材料·····	186
10.4 纳米器件与装置·····	188
10.4.1 新型太阳能电池·····	188
10.4.2 光催化·····	190
10.4.3 传感器·····	192
思考题与习题·····	194
参考文献·····	194
第 11 章 纳米材料研究英文论文的写作及范例 50 句 ·····	195
11.1 标题·····	196
11.2 摘要·····	197
11.3 前言·····	199
11.4 实验部分·····	201
11.5 结果和讨论·····	202
11.6 结论·····	204
11.7 其他部分·····	205
思考题与习题·····	206
参考文献·····	207
附录 部分思考题与习题参考答案 ·····	209

0 绪论——纳米科技及发展简史

0.1 纳米科技与纳米材料

纳米 (nm) 是长度单位, $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$, 大约相当于头发粗细的万分之一。

首先, 让我们来理解一下纳米科学技术与纳米材料之间的关系, 一般说来, 科学是通过基础理论研究和应用基础研究而体现出来的知识体系, 而技术建立在科学之上, 科学研究展示出了大自然的无穷奥妙, 技术则是实现人类顺应、利用、改造自然的具体手段。

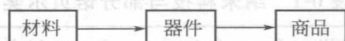
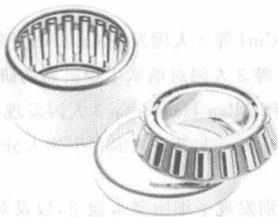
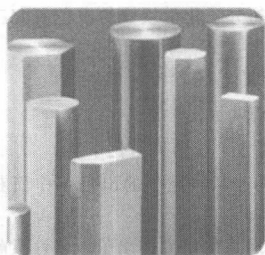


图 0-1 现代化工业生产常见流程

在当今社会, 很多情况下可见图 0-1 所示的现代化工业生产过程, 即先把材料 (materials) 转化为器件 (devices), 再生产出市场化的商品 (goods)。

例如, 汽车这种最终市场化的商品, 它的一个生产流程 (图 0-2) 是, 将钢材制成一种器件——轴承, 轴承最后用于汽车的拼装。这样的实例还有很多, 如计算机这种在市场上销售的产品, 它的核心是中央处理器 (CPU), 这种器件制备所需关键材料是硅。



材料

器件

商品

图 0-2 现代化工业生产常见流程示例——汽车生产的一个环节

——现在和将来利用纳米科技生产商品也是如此, 图 0-3 为一潜水艇的示意图, 它的长度传统上为数十米及以上。如今, 纳米科技追寻的最崇高目标之一是纳米机器的制造, 这些纳米机器有望用于医疗、军事等多个领域。纳米潜水艇就是一个典型的设想, 纳米潜水艇等纳米机器的尺寸一般可控制在微米级, 而它的组成器件——发动机、导航系统、攻击系统和计算机等是纳米级的, 而这些器件是要靠纳米材料来制备的, 比如近期最基本的工作是制备纳米导线。

由此可见, 纳米材料与钢铁、塑料、混凝土等传统材料一样, 是人类社会生存和未来发展所必需的重要物质基础。纳米材料特殊的力学、磁学、电学、热学、光学和生物学等性能决定了此类材料可广泛地用于高力学性能环境、光热吸收、非线性光学、磁记录、特殊导体、分子筛、超微复合材料、催化剂、热交换材料、敏感元件、烧结助剂、润滑剂和医学等

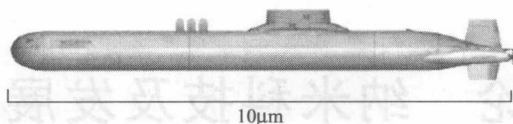


图 0-3 传统潜水艇的微型化设想

众多领域。

0.2 从诺贝尔奖中寻觅纳米科技发展的踪迹

表 0-1 列出了从 1915 年到 2010 年的部分诺贝尔奖，从中可以寻觅到纳米科技发展的踪迹。

表 0-1 纳米科技与部分诺贝尔奖

1915 年	本年度诺贝尔物理学奖授予 William Bragg 和 Lawrence Bragg,以表彰他们对 X 射线晶体学研究做出的贡献。
1932 年	Irving Langmuir 因在表面化学领域的出色研究工作获诺贝尔化学奖。
1962 年	Francis Crick, James Watson 和 Maurice Wilkins 等 3 人因出色的 DNA 的结构研究工作而获得诺贝尔医学奖。
1965 年	Richard Feynman 等人因在量子电动力学领域的出色研究工作获诺贝尔物理学奖。他最早提出了纳米技术的概念。
1973 年	Brian Josephson 因成功预言约瑟夫逊效应获诺贝尔物理学奖。
1982 年	Aaron Klug 因从事电子显微镜观察烟草花叶病毒等的研究获诺贝尔化学奖。
1986 年	Ernst Ruska 因在电子显微镜研究中的杰出贡献获诺贝尔物理学奖。
1986 年	Cerd Binnig 和 Heinrich Rohrer 因发明 STM 获诺贝尔物理学奖。
1987 年	Charles Pedersen, Donald Cram 和 Jean-Marie Lehn 等 3 人因在有机化学、超分子化学领域的出色研究工作获诺贝尔化学奖。
1996 年	Richard Smalley, Harry Kroto 和 Bob Curl 等 3 人因发现 C ₆₀ 获诺贝尔化学奖。
1997 年	Paul Boyer, John Walker 和 Jens Skou 等 3 人因对纳米生物机器的研究获诺贝尔化学奖。
2000 年	Allan MacDiarmid, Hideki Shirakawa 和 Allan Heeger 等 3 人因发现导电高分子获诺贝尔化学奖。
2002 年	John B. Fenn, Koichi Tanaka 和 Kurt Wüthrich 等 3 人因在生物大分子结构表征研究中的出色工作而获得诺贝尔化学奖。
2003 年	Peter Agre 和 Roderick MacKinnon 分别发现了细胞膜水通道,以及对离子通道的研究作出了开创性贡献而获得诺贝尔化学奖。
2007 年	本年度诺贝尔物理学奖授予 Albert Fert 和 Peter Grünberg,以表彰他们对发现巨磁电阻效应所做的贡献。
2008 年	Harald zur Hausen, Françoise Barré-Sinoussi 和 Luc Montagnier 等 3 人因分别发现导致艾滋病与宫颈癌的病毒而获得诺贝尔医学奖。
2010 年	Andre Geim 和 Konstantin Novoselov 因石墨烯的研究获诺贝尔物理学奖。

费曼 (R. P. Feynman) (图 0-4), 美国的一些机构已将他与爱因斯坦、居里夫人、费米等并称为世界上最伟大的科学家, 这不完全是因为费曼与 1965 年获得了诺贝尔物理学奖。实际上, 费曼是个全才, 除了在物理学方面颇有造诣之外, 他还是个教育家、音乐家。在生命的最后几年里, 费曼作为调查组负责人, 成功破析了 1986 年发生的“挑战者”号航天飞机爆炸事故的原因。早在 1959 年, 费曼就设想: “如果有一天人们可以按照自己的意志排列原子和分子, 那会产生什么样的奇迹!”, “毫无疑问, 如果我们对细微尺度的事物加以控制的话, 将大大扩充我们可以获得物性的范围”, 他首次提出了“纳米”材料的概念。今天, 纳米科技的发展使费曼的预言已逐步成为现实。纳米材料的奇特物性正对人们的生活和社会的发展产生重要的影响。

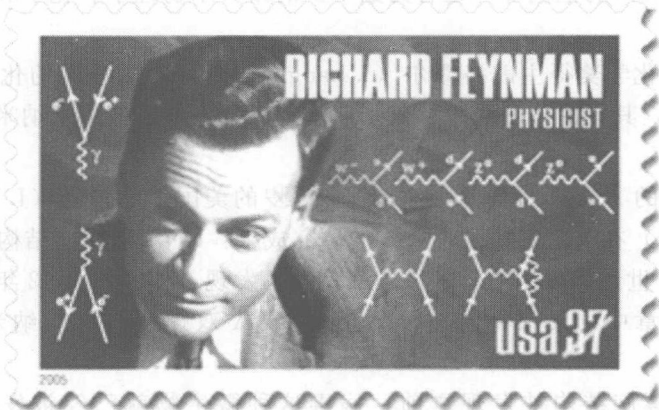


图 0-4 美国 2005 年发行了纪念费曼的邮票

至于 X 射线衍射技术 (XRD) 与纳米科技的关系, 可以这样理解, 其一, XRD 技术为 DNA 双螺旋结构的发现提供了关键性的支撑, 而 DNA 又与纳米科技有着密切的联系; 其二, XRD 技术先已成为纳米材料研究的必备手段之一, 同时近些年来纳米材料研究的快速发展也进一步丰富了 XRD 的内涵。

非常值得一提的是, 在纳米材料研究热出现的前期, 即 1982 年, 英国化学家 Aaron Klug 因从事电子显微镜观察烟草花叶病毒等的研究获得了当年的诺贝尔化学奖。应该说, 在纳米材料研究的进程中, 这也是一不该忘记的重大事件 (图 0-5)。



图 0-5 1982 年诺贝尔化学奖纪念邮票

1986 年诺贝尔物理学奖在纳米科技界一直为人们所津津乐道, 但人们常常只会更多地关注宾尼希 (G. Binnig) 和罗雷尔 (H. Rohrer), 这两位物理学家发明了扫描隧道显微镜 (STM)。实际上, 1986 年度的诺贝尔物理学奖同时展示出了纳米科技发展史上两个里程碑的事件, 它们都涉及超越光学显微镜, 寻求对微观世界进行更加有效观察的技术。除了 STM 的发明之外, 当年另一位获奖者鲁斯卡 (E. Ruska) 是电子显微镜研究的开拓者之一, 他从 20 世纪 20 年代就开展了这项研究工作, 并设计出了世界上第一台电子显微镜。如今, 包括扫描电子显微镜 (SEM) 和透射电子显微镜 (TEM) 在内的电子显微技术已成为纳米科技研究中必不可少的工具。

1985 年克鲁托 (H. W. Kroto) 与斯莫利 (R. E. Smalley)、柯尔 (R. F. Curl) 一起, 发现了碳元素新的同素异形体—— C_{60} , 这不仅标志着一门新型碳化学的诞生, 更为重要的是这个新发现为纳米材料的研究进行了一次实质性的奠基, 这三人于 1996 年获得了诺贝尔化学奖。

除了上述十分经典的范例外，还有为数不少的诺贝尔物理学、化学和医学奖与纳米科技有关，例如：

1932 年诺贝尔化学奖得主朗格缪尔 (I. Langmuir) 是美国著名的化学家，一生中取得了众多的学术成就，其中的分子吸附、分子薄膜等理论已广泛应用于纳米材料的制备和结构表征研究。

1953 年，英国的 *Nature* 杂志刊登了年仅 25 岁的美国学者沃森 (J. Watson) 和英国学者克里克 (F. Crick) 在英国剑桥大学合作的研究成果：DNA 双螺旋结构的分子模型，这一成果后来被誉为 20 世纪以来生物学领域中最伟大的发现，他们于 1962 年获得了诺贝尔医学奖。在本书的第 7 章中，大家将能充分体会到 DNA 双螺旋结构与纳米科技之间的紧密关系。

早在 DNA 双螺旋结构被发现之前，病毒这种微生物就已经被发现。但在 19 世纪末到 20 世纪早期，为细菌致病说的极盛时代，涉及病毒的研究未被予以高度重视。直到 20 世纪中后期，病毒的研究逐渐形成热潮，并在 60 年代后数次获得诺贝尔奖医学奖，最近的一次为 2008 年度的诺贝尔医学奖，来自法国和德国的 3 名科学家因发现导致艾滋病与宫颈癌的病毒而获此殊荣。如今，病毒业已成为医学和生物纳米科技研究领域所关注的热点。

1962 年，年仅 22 岁的英国剑桥大学研究生约瑟夫逊 (B. Josephson) 预言：自然界可能存在电子能通过两块超导体之间薄绝缘层的量子隧道效应。该预言不久便被证实，并被称作约瑟夫逊效应，他本人也获得 1973 年度诺贝尔物理学奖。之后纳米技术的诞生与迅速发展在很大程度上得益与有关量子隧道效应的基础研究。

1987 年诺贝尔化学奖授予美国化学家彼德森 (C. J. Pedersen)、克拉姆 (D. J. Cram) 教授和法国化学家莱恩 (J. M. Lehn) 教授 3 人，表彰他们先后发现和研究了一类具有特殊结构和性质的环状化合物——冠醚，揭示超分子化学领域的奥秘。如今，超分子化学已是纳米材料研究中一非常重要的内容。

2000 年诺贝尔化学奖授予美国科学家黑格 (A. J. Heeger)、马克迪尔米德 (A. G. MacDiarmid) 和日本科学家白川英树 (H. Shirakawa)，以表彰他们有关导电聚合物的发现。这项奠基性和开创性的科学成果使导电高分子材料和有机半导体材料发展成为了材料科学基础研究中的一个重要的研究领域。时隔不到 10 年，这项研究成果已成功播种在分子纳米材料制备、分子纳米器件等研究领域，并不断结出硕果。

2002 年和 2003 年连续两年的诺贝尔化学奖都与生物大分子有关，前者表彰了获奖者分别采用质谱和核磁共振手段，在测定蛋白质等生物大分子结构方面作出的突出贡献；后者表彰了获奖者发现由蛋白质构成的细胞膜水通道的研究工作，以及他们对离子通道结构和机理研究作出的开创性贡献。尽管目前还未十分清楚地看出这两项研究成果与纳米科技的直接关系，但蛋白质，DNA 等生物大分子与纳米科技、纳米材料之间的高度关联性，已为越来越多的科技界人士所认知。

在纳米科技研究快速发展的同时，与之相关的怀疑和争论一时不绝于耳，其中一个焦点问题就是纳米科技是否真的存在像研究者所夸耀的使用价值，随着时光的流逝，这些疑问正逐渐地被消除。2007 年诺贝尔物理学奖颁发给了法国科学家费尔 (A. Fert) 和德国科学家格林贝格尔 (P. Grünberg)，这两名科学家获奖的原因是先后独立发现了“巨磁电阻”效

应,根据这一效应开发的小型大容量计算机硬盘已得到广泛应用,瑞典皇家科学院在评价这项成就时表示,该诺贝尔物理学奖主要奖励“用于读取硬盘数据的技术”。这项技术也被认为是“前途广阔的纳米技术领域的首批实际应用之一”。这正应验了那段名言:众里寻她千百度;蓦然回首,那人却在灯火阑珊处。特别是最近,2010年的诺贝尔物理学奖更是把纳米材料的研究推向了新的高潮。

0.3 从全球性一些重要科技期刊的发展史看纳米材料研究的旺盛活力

包括化学、物理等学科在内的经典学科历史悠久,以近代化学为例,它已有约250年左右的历史;材料科学与工程是20世纪60年代初诞生的学科,距今已有50年的历史;而建立在纳米材料基础之上的纳米科技,其历史也就20余年。如果将以上250,50和20这3组数字分别同除以3,得到的结论是:化学已是年过80的老人;材料学科是朝气蓬勃的青年人;纳米材料则是一名儿童(图0-6)。正像老年人与年轻人各有所长,应相互学习一样,包括纳米材料在内的材料学科的发展已从化学等传统学科中汲取了丰富的营养,反之,化学依托这些新兴学科也使自身青春焕发。其典型的实例是,在这样的大背景下,美国、英国等欧美国家都争相创办了各自的材料化学学术期刊,并普遍取得成功(见表0-2)。



图0-6 经典学科与新兴学科的年龄

表0-2进一步应验了有关图0-6的讨论,从中可以看出,当今公认的化学类著名刊物,其历史已跨越3个世纪;材料类的经典性和强影响力的刊物普遍尚处于青壮年期;而在短短的近十年中,全球学术界和出版界正是意识到纳米科技研究的极其重要的价值,国际性相关期刊陆续诞生,并迅速成长为极富影响力的刊物,在包括表0-2中所列各类纳米科技期刊(也包括其他众多的物理、化学、材料类科技期刊)中,大多数目前研究的主要内容还是纳米材料的基础研究。