

纳米材料制备技术

倪星元 姚兰芳 沈 军 周 斌 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书分别介绍了纳米微粒、纳米管(线)、纳米薄膜和纳米块体(纳米陶瓷)材料的制备技术;以单元纳米体为基础进行复合或组装的纳米复合材料和纳米结构材料的制备技术;调整表面活性、防止团聚的纳米材料表面包覆和修饰技术。为了帮助理解制备技术和选择合适的制备方案,对纳米材料的基本特性和形成机制以及材料的设计也进行了专门的介绍。本书还对纳米材料成品后的表征和检测的知识进行了介绍。

本书内容丰富,介绍深入浅出,适合不同专业背景从事纳米材料制备的专业工程技术人员和研究人员,也可作为各大专院校与新材料专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

纳米材料制备技术/倪星元等编著. —北京:化学工业出版社, 2007. 10
ISBN 978-7-122-01193-0

I. 纳… II. 倪… III. 纳米材料-制备 IV. TB383

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 147888 号

责任编辑:丁尚林

文字编辑:冯国庆

责任校对:陶燕华

装帧设计:韩 飞

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:化学工业出版社印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 12 字数 330 千字

2008 年 1 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: 25.00 元

版权所有 违者必究

前 言

纳米科技是 20 世纪 90 年代发展起来的一个覆盖面极广、多学科交叉的科学研究和产业领域，近年来在全世界范围得到飞速发展。在不远的将来，纳米科技将使材料加工和产品制造产生根本的变革。在纳米科技的范畴中，纳米材料的制备具有非常重要的地位，从某种意义上说，没有对纳米制备技术的深刻理解和正确运用，纳米科技将永远是个空想，无法造福人类。

现今纳米材料的制备技术在整个新材料的研究及应用领域占据了越来越重要的位置。纳米材料的制备技术是指让材料的单位体积达到纳米的尺寸，并具有纳米效应和特性所使用的方法。人们可以通过制备纳米材料达到控制和挖掘材料的各种基本性质。如果说最初制备纳米材料是无意识的，那么在现代，人们已经可以按照自己的意愿，对纳米材料进行设计和制造，或者合成具有特殊性能的新材料，可以通过纳米材料的制备使之具备其他一般材料所没有的优越性能，使之应用于现代科技的各个领域。当然这是建立在对纳米材料的形成机制和制备原理的深入、充分了解的基础上才能达到。

这些年来纳米材料制备技术的不断进步使得纳米材料在性能和应用等各方面的研究取得了重大进展。同时关于纳米材料制备方法的研究也在不断地发展，形成了一个十分重要的研究领域。这期间也涌现了大量的相关的文献和文字资料，对此加以总结、归纳和推广是非常有必要的。

纳米材料的基本特性是制备纳米材料所要实现的目标，纳米材料的形成机制和模式提出了实现目标的路线，这是科学制备纳米材料的出发点，也是本书编写的切入点。

我们可以轻而易举地罗列出许多纳米材料的制备方法，有物理的，也有化学的，但更多的是兼有物理的和化学的。制备的纳米材料已经从最初的单相金属发展到合金、化合物、金属-无机载体、

金属-有机载体和化合物-无机载体、化合物-有机载体等复合材料，形成了纳米颗粒、纳米管、纳米纤维（丝或棒）、纳米薄膜、纳米陶瓷等不同形式的纳米材料，设计并实施了各种不同的制备方法。为了叙述方便，我们将这些方法按照不同维数纳米材料的形式和制备方法进行分类，并分章介绍。它们分别是：零维纳米材料——纳米微粒的制备技术；一维纳米材料——纳米管、纳米线、纳米棒的制备技术；二维纳米材料——纳米薄膜的制备技术；三维纳米材料——纳米块体的制备技术；不同形式复合的纳米材料的制备技术以及按照材料设计者的意愿排列组装的分子和原子或量子点的纳米结构材料。

很久以来，材料学家都希望能够通过物理模型与理论计算对材料的固有性质、结构与组分、使用性能以及合成与加工工艺进行综合研究，以便对材料进行组分、结构、功能的优化与控制，最终能制备出所需要的新型材料，这就是所谓的材料设计。纳米科学技术的发展为新材料的发展开辟了一条全新的途径。今天无论是对材料物性的了解，还是对材料性能的表征，都已经深入到原子、分子层次，这无疑为我们设计、制备新型的纳米材料提供了实现愿望的可靠保证。本书对纳米材料的设计与计算方法、思路做了一些简要的介绍。

为了保证制备获得的纳米颗粒在纳米级尺度下所特有的性能（比如表面积大、反应活性高等优点），必须采取表面改性和修饰以防止颗粒团聚。对相关的方法本书也进行了专门介绍。

本书还介绍了对获得的纳米材料常用的几种主要的表征和检测方法。

纳米科技发展不断深化，纳米制备技术层出不穷，由于作者水平有限，不足之处，敬请读者给予批评指正。

编著者
2007 年 10 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 纳米科技的发展和制备技术的形成	1
1.2 纳米材料的定义、分类和特征	5
1.3 纳米制备技术的种类和进展	11
参考文献	17
第 2 章 纳米材料的基本结构特性和纳米材料的设计	18
2.1 纳米材料基本单元的结构	18
2.1.1 原子团簇	18
2.1.2 纳米微粒	19
2.1.3 人造原子(量子点)	20
2.1.4 碳纳米管、纳米棒、纳米丝和纳米线	21
2.1.5 纳米薄膜	23
2.2 纳米材料的特性	24
2.2.1 基本物理效应	24
2.2.2 扩散、晶化及烧结特性	26
2.2.3 光学特性	27
2.2.4 电阻和电磁特性	29
2.2.5 量子光电和介电特性	29
2.2.6 热学和力学特性	31
2.3 新材料设计的手段和方法	32
2.3.1 计算机分子模拟	32
2.3.2 原理和方法	36
参考文献	39
第 3 章 纳米材料形成的基本原理	40
3.1 纳米微粒形成机理	40
3.1.1 机械粉碎法制备的纳米微粒形成机理	40

3.1.2	蒸发过程中纳米微粒的形成机理	43
3.1.3	气相化学反应中颗粒的生成及机理	44
3.1.4	液相化学合成纳米颗粒形成及抗聚集机制	47
3.2	纳米管的形成机制	49
3.2.1	催化热解法机制	49
3.2.2	电弧法或激光蒸发法机制	51
3.2.3	单壁碳纳米管形成机制	52
3.3	纳米薄膜形成机制	56
3.3.1	气体在固体表面的撞击和吸附	56
3.3.2	表面扩散	58
3.3.3	薄膜的形核和成膜	59
	参考文献	61

第4章 微、纳米颗粒的物理制备技术 62

4.1	机械粉碎	64
4.1.1	传统的机械粉碎	66
4.1.2	高能球磨	68
4.1.3	高速气流粉碎	75
4.2	气相沉积	78
4.2.1	热蒸发法	79
4.2.2	流动油面上的真空蒸发沉积	82
4.2.3	等离子体蒸发沉积	84
4.2.4	激光蒸发沉积	89
4.2.5	电子束蒸发沉积	91
4.2.6	电弧放电加热蒸发法	93
4.2.7	高频感应加热蒸发法	95
4.2.8	离子溅射法	97
	参考文献	98

第5章 化学方法制备纳米颗粒 100

5.1	液相反应制备纳米颗粒	100
5.1.1	沉淀法	100
5.1.2	水热法和溶剂热法	111
5.1.3	雾化水解法和喷雾热解法	114

5.1.4	溶胶-凝胶法	116
5.1.5	微乳液法	127
5.2	气相化学沉积制备纳米颗粒	132
5.2.1	气相化学沉积的基本过程	132
5.2.2	热管炉加热化学气相反应法	134
5.2.3	等离子体化学反应沉积纳米颗粒	139
	参考文献	145

第6章	制备纳米颗粒的其他综合方法	146
6.1	激光诱导气相化学反应法	146
6.1.1	激光气相化学反应法制备纳米颗粒的原理	147
6.1.2	激光化学气相反应制备纳米微粒的实验装置	150
6.1.3	激光化学气相反应法制备纳米微粒的过程	153
6.1.4	激光化学气相反应制备纳米微粒的技术控制	154
6.2	电弧电流法制备纳米颗粒	157
6.3	辐射法制备纳米颗粒	159
6.4	冷冻干燥法制备纳米颗粒	161
	参考文献	164

第7章	纳米颗粒的表面改性和修饰处理	165
7.1	纳米颗粒表面修饰改性的目标与方法概述	166
7.1.1	纳米微粒的表面修饰改性的目标	166
7.1.2	纳米颗粒表面修饰改性的方法的基本类型	168
7.2	纳米颗粒的无机包覆及表面修饰改性	168
7.2.1	金属的包覆及表面改性	169
7.2.2	无机化合物的包覆及表面改性	170
7.3	纳米颗粒的有机包覆及表面修饰改性	172
7.3.1	小分子有机物的包覆及表面处理	172
7.3.2	高分子聚合物包覆及表面改性	174
7.4	防止纳米颗粒团聚的表面处理	180
7.4.1	慢氧化处理	181
7.4.2	表面包覆与表面改性	182
7.4.3	防团聚剂	182
7.4.4	溶剂贮存	182

7.4.5 直接成材	183
7.4.6 纳米颗粒制备中的安全处理	183
参考文献	183

第8章 一维纳米材料（管、线、棒）的制备 185

8.1 单壁纳米碳管	186
8.1.1 电弧法	187
8.1.2 激光蒸发法	189
8.1.3 催化热解法	190
8.1.4 太阳能法	191
8.2 双壁纳米碳管的制备	192
8.2.1 富勒烯充填处理法	192
8.2.2 电弧放电法	193
8.2.3 流动催化法	193
8.3 多壁纳米碳管的制备	195
8.3.1 电弧法	195
8.3.2 催化热解法	196
8.3.3 其他方法	200
8.4 纳米线（丝）的制备方法	201
8.4.1 物理法	201
8.4.2 化学法	204
8.5 纳米棒	211
8.5.1 物理蒸发法	211
8.5.2 微乳液法	212
8.5.3 水热法	213
8.5.4 模板法	213
参考文献	214

第9章 二维纳米材料（纳米薄膜）的制备 217

9.1 真空蒸发法	219
9.2 溅射法	222
9.2.1 射频溅射	222
9.2.2 磁控溅射	224
9.3 微波法	227

9.4	分子束外延	229
9.5	溶胶-凝胶法	232
9.6	化学气相沉积	236
9.7	金属有机化学气相沉积	239
9.8	电化学法	243
	参考文献	245
第 10 章	纳米固体（三维）材料的制备方法	247
10.1	纳米金属与合金材料的制备	248
10.1.1	惰性气体蒸发、原位加压制备法	248
10.1.2	高能研磨结合加压成块法	250
10.1.3	非晶晶化法	252
10.2	纳米陶瓷的制备	255
10.2.1	无压力烧结	255
10.2.2	热压烧结法	257
10.2.3	微波烧结法	262
	参考文献	264
第 11 章	纳米复合材料的制备	266
11.1	无机纳米复合材料的制备	267
11.1.1	溶胶-凝胶法	267
11.1.2	高能球磨法	269
11.1.3	气相沉积法	271
11.2	有机-无机纳米复合材料的制备	272
11.2.1	插层复合法	274
11.2.2	溶胶-凝胶法	278
11.2.3	纳米粒子直接分散法	282
11.2.4	原位分散聚合复合法	283
11.2.5	超临界流体注入法	285
	参考文献	287
第 12 章	纳米结构材料的制备	289
12.1	纳米结构和分子自组装	290
12.1.1	纳米结构自组装	290

12.1.2	分子自组装	292
12.2	LB 膜技术	295
12.2.1	LB 膜的制备原理和成膜材料	295
12.2.2	制膜基本过程	296
12.2.3	成膜方式的选择	297
12.3	模板法	299
12.3.1	模板的制备和分类	299
12.3.2	纳米结构模板合成法	300
12.3.3	纳米阵列模板合成法	302
12.4	纳米孔结构材料	304
12.4.1	微孔材料的制备	304
12.4.2	介孔材料的制备	308
12.4.3	大孔材料的制备	310
12.5	其他纳米结构材料的制备	314
12.5.1	单电子晶体管的制备	314
12.5.2	半导体量子点的制备	316
12.5.3	碳纳米管有序阵列的制备	316
12.5.4	纳米粒子和离子团与沸石的组装体系的制备	317
	参考文献	320

第 13 章	纳米材料的检测分析技术	324
13.1	化学组成和晶态分析	324
13.1.1	常规化学分析法	324
13.1.2	特征 X 射线分析法	324
13.1.3	原子光谱分析法	326
13.1.4	质谱法	327
13.1.5	中子活化分析	327
13.1.6	晶态的表征	327
13.2	纳米颗粒的表征和测量	328
13.2.1	颗粒的粒径和分布	328
13.2.2	粒径测试方法	331
13.3	纳米团聚体的表征及表面分析	335
13.3.1	比表面积法	335
13.3.2	压汞法	336

13.3.3	团聚系数法和瓶颈数法	338
13.3.4	素坯密度-压力法	339
13.3.5	表面分析	340
13.4	纳米碳管的检测	342
13.4.1	纳米碳管的孔结构及比表面	342
13.4.2	X射线衍射	343
13.4.3	电子衍射	344
13.4.4	拉曼光谱	344
13.5	热分析技术	344
13.5.1	差热分析	345
13.5.2	热重分析	348
13.5.3	高温 X 射线分析	349
13.5.4	综合热分析	350
13.6	振动光谱分析技术	351
13.6.1	分子的振动光谱	352
13.6.2	红外光谱	353
13.6.3	拉曼光谱	355
13.6.4	紫外-可见吸收光谱	356
13.7	电子显微镜和显微结构分析	357
13.7.1	透射电子显微镜	358
13.7.2	扫描电子显微镜	360
13.7.3	扫描隧道显微镜	361
13.7.4	原子力显微镜	364
	参考文献	367

第 1 章

绪 论

1.1 纳米科技的发展和制备技术的形成

20 世纪 80 年代, 纳米科学技术的出现标志着人类能够能动地改造自然的能力已近延伸到原子、分子水平, 标志着科学技术水平已进入一个新时代——纳米科学技术时代, 也标志着人类文明从“毫米文明”、“微米文明”迈向了“纳米文明”时代。纳米科学技术的发展将有力地推动信息、材料、能源、生命、环境、农业、国防等领域的技术创新, 将导致 21 世纪的一次新的技术革命。

纳米科学技术的产生如果从其十分丰富的研究内涵看, 已经具有很长的历史。

大约在 1861 年, 随着胶体化学 (colloid chemistry) 的建立, 科学家们就开始了对直径为 $1\sim 100\text{nm}$ 的粒子系统即所谓胶体 (colloid) 的研究, 只是当时仅从化学的角度作为从宏观到微观物质体系的中间环节开展研究, 并没有意识到就此揭示了人们认识物质世界的一个新的层次, 即现在所说的“纳米世界”。

人们自觉地把具有纳米相的材料作为研究对象始于 20 世纪 50 年代, 前联邦德国的 Kanzig 等观察到了 BaTiO_3 中的“极性微区”, 并将这一微区取名为 Kanzig (极性) 微区, 它们的尺寸在 $10\sim 100\text{nm}$ 之间。后来前苏联的 G. A. Smolensky 推断复合钙钛矿体中的介电弥散就是由于存在“极性微区”导致成分不均匀而引起的。从这个意义上说纳米相结构早就存在铁电陶瓷中存在, 并对电性能产生影响, 不过当时人们对此还缺乏足够的认识。

直到 20 世纪 60 年代, 科学家们才开始有意识地把纳米粒子作为研究对象来探索纳米世界的奥秘。著名的物理学家、诺贝尔物理

奖获得者 Richard Feynman 首次提出了合成纳米粒子的设想。1962 年，久保 (Kubo) 及其合作者针对金属超微粒子的研究，提出了著名的久保理论，也就是超微颗粒的量子限制理论或量子限制理论，从而推动了实验物理学家开展对纳米尺度的微粒的探索。

此前，大家都知道“纳米”只是一个长度单位，但把它作为专门的术语用到一门科学技术上是 1974 年底在日本的一次国际会议上，而以“纳米”来命名一类材料则是在 20 世纪 80 年代。以“纳米”命名的材料的几何尺寸被界定在 1~100nm 范围。实际上，在此以前对这一范畴的材料的研究已经有很多，在纳米材料发展初期，纳米材料一般是指纳米颗粒和由它们构成的纳米薄膜和固体。而到现在，纳米材料已经可以广义地泛指在三维空间中至少有一维处于纳米尺度范围或由它们作为基本单元构成的材料。

1970 年江琦与朱兆祥考虑到量子相干区域的尺度，首先提出了半导体超晶格的概念，这是按照一定的规则将规定厚度的纳米薄层人工堆积起来的结构。随后张立纲和江琦等利用分子束外延技术，制备了能隙高低不同的半导体多层膜，在实验中实现了量子阱和超晶格，观察到了极其有趣的纳米量子效应，使得量子阱和超晶格的研究成为半导体物理学最热门的领域，也为纳米材料的制备和研究开创了新天地。

20 世纪 70 年代末到 80 年代初，对一些纳米颗粒的结构、形态和特性进行了最初的比较系统的研究。这段时间中，描述金属纳米颗粒费米面附近电子能级状态的久保理论日臻完善，在用量子尺寸效应解释超微颗粒的某些特性获得成功。以后又在 20 世纪 90 年代初，发现了纳米颗粒硅和多孔硅在室温下的光致可见光发光现象。这些研究进展为纳米材料的制备和研究的深入发展打下了非常有益的基础。

1990 年 7 月在美国巴尔的摩召开国际第一届纳米科学技术学术会议，正式把纳米材料科学作为材料科学的一个新的分支公布于世。这标志着纳米材料科学作为一个相对比较独立学科的诞生。从此以后，纳米材料引起了世界各国材料界和物理界的极大兴趣和广泛重视，并很快形成了世界性的“纳米热”。

1991 年日本 NEC 公司的 Iijima 等首次正式报道合成了纳米碳管，其质量比钢小 6 倍，而强度却比钢大 10 倍，为此引起材料及科技界极大关注，这展示了在介观领域和纳米器件研制方面良好的应用前景。纳米碳管可以看作分子尺度的纤维，是准一维纳米材料，结构与富勒烯有关。物理和电子领域的科学家特别重视碳纳米管的电学性质，它可用作扫描隧道显微镜（STM）的针尖、纳米器件和超大集成电路（ULSIC）中的连线，光导纤维、微电子学方面的微型钻头；化学和生物领域的科学家则把碳纳米管看作“纳米试管”，可以在化学催化及生命科学等方面中发挥重要作用；材料学家对碳纳米管的韧性、强度和弹性非常看好，可作为特殊的高强材料以及复合材料的增强剂等。

1997 年美国科学家运用扫描电子显微镜技术成功地移动了单个原子，该技术可望用于量子计算机，这清晰地表明了纳米科技在量子世界的深远前景。美国的科学家还利用非接触式 AFM 将纳米颗粒颗粒进行了平面移动，排列成 IBM。图 1-1 是通过 AFM 对纳米颗粒移动操作的结果，图中白色点就是被移动的纳米颗粒。

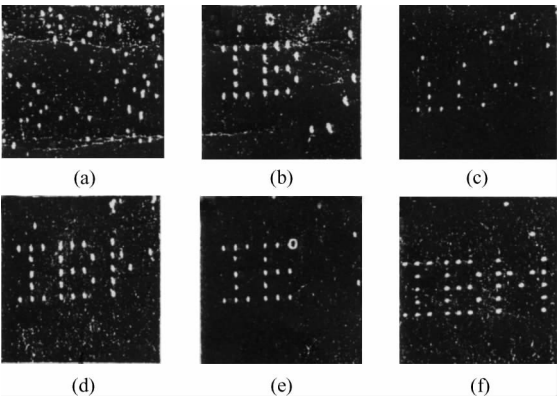


图 1-1 通过 AFM 对纳米颗粒移动操作的结果

纳米科学的理论研究的广泛和深入发展是与纳米材料的制备技术的形成与发展密切关联的。

应该说存在于自然界中的纳米材料为数不少，但能够为人类所

自觉应用的纳米材料大多还得靠人工制造。在这里可以简单回顾一下人类制备纳米材料的历史。

早在一千多年以前，人类的祖先就有了制造和使用纳米材料的历史。如我国古代利用燃烧蜡烛的烟雾制成炭黑，作为墨的原料以及用于着色的染料，大概可以算是最早的人工制备的纳米材料。在出土的中国古代铜镜表面发现被涂有一层防锈层，现经检验，这一层防锈层实际是纳米氧化锡颗粒构成的薄膜。当然那个时代的人们根本无法清楚地了解这些人的肉眼根本看不到的仅有纳米尺度大小的小颗粒的结构和特性，也完全没意识到自己是在制备一种被称为“纳米材料”的东西。

1963 年，R. Vieda 及其合作者用气体冷凝法，通过在高纯的惰性气体中金属的蒸发和冷凝过程获得清洁表面的超微颗粒，并对单个的金属超微颗粒的形貌和晶体结构用透射电子显微镜进行了研究。

1984 年，德国萨尔兰大学的 H. Gmter 教授等首次采用惰性气体凝聚法制备了具有清洁表面的纳米粒子，然后在真空室中原位加压成纳米固体，并提出了纳米材料界面结构模型。随后发现 CaF_2 纳米离子晶体和 TiO_2 纳米陶瓷在室温下具有良好韧性，使人们看到了陶瓷增韧的新途径。

1985 年，Kroto 等采用激光加热石墨蒸发并在甲苯中形成了碳的团簇，这是碳纳米管材料的基本单元。通过质谱分析碳团簇发现了 C_{60} 和 C_{70} 的新谱线。 C_{60} 具有高稳定性的新奇结构，以 60 个碳原子组成，呈封闭的足球型，由 32 面体构成，其中有 20 个六边形和 12 个五边形。这种结构与常规的碳的同素异构体金刚石结构和石墨层状结构完全不同，而且物理性质十分奇特。纯 C_{60} 固体是绝缘体，用碱金属掺杂之后就成为具有金属性的导体，适当的掺杂成分可以使 C_{60} 固体成为超导体。Hebard 等首先发现了 K_3C_{60} 为 $T_c = 18\text{K}$ 的超导体，随着改变掺杂元素，可获得 T_c 更高的超导体如： $\text{Cs}_2\text{RbC}_{60}$ 为 33K； $\text{Rb}_{2.7}\text{Ti}_{2.2}\text{C}_{60}$ 为 45K。这些结果表明，掺杂 C_{60} 的 T_c 仅次于铜氧化物超导体，另外，还由于 C_{60} 固体在低温下呈现出铁磁性，于是以 C_{60} 为基础单元的碳纳米管的研究热潮应运

而起。

1994 年在美国波士顿召开的国际材料会议上相关的科学家们正式提出纳米材料工程概念，从此开拓了纳米科学及纳米材料制备研究的新领域。自 1994 年以来，特别是在纳米材料的制备方面，在对大量的纳米材料基本理论和先进工艺及设备研究的基础上通过纳米合成、纳米添加发展了众多新型的纳米材料，由于通过纳米添加对传统材料进行改性，大大扩展了纳米材料的应用范围，形成了纳米材料制备技术的基础研究和应用研究并驾齐驱的新局面。

1.2 纳米材料的定义、分类和特征

1990 年在美国巴尔的摩召开了第一届纳米科技会议，把国际上采用的 $0.1\sim 100\text{nm}$ 的加工技术的公差作为纳米技术的标准，统一了定义。会议正式提出了一系列与纳米材料学、纳米生物学、纳米电子学和纳米机械学相关的术语及概念。从此以后，这些术语被广泛应用于各类相关的国际学术会议、研究工作、工程应用的报告、文献及协议书等。

尽管十多年来，有关纳米材料及其制备技术的理论和实验研究都十分活跃，研究内涵继续不断扩大，但对于纳米材料的基本定义还是比较明确的。纳米材料的基本定义是该材料的基本单元至少有一维的尺寸在 $1\sim 100\text{nm}$ 范围内。

纳米材料的基本单元按维数可以分为四类（图 1-2）：①零维，指空间三维尺度均在纳米尺度，存在的材料如纳米尺度颗粒、原子团簇等；②一维，指在空间有两维处于纳米尺度，存在的材料如纳米丝、纳米棒、纳米管等；③二维，指在三维空间中有一维在纳米尺度，存在的材料如超薄膜、多层膜、超晶格材料等；④三维，指在三维空间中含有上述纳米材料的块体，存在的材料如纳米陶瓷等。因为这些单元往往具有量子性质，所以，对零维、一维和二维的基本单元分别又有量子点、量子线和量子阱之称。

随着纳米科学技术和制备技术以及实际需求的发展，人们已不满足于单一的纳米材料，许多纳米材料的复合体和具有纳米结构的

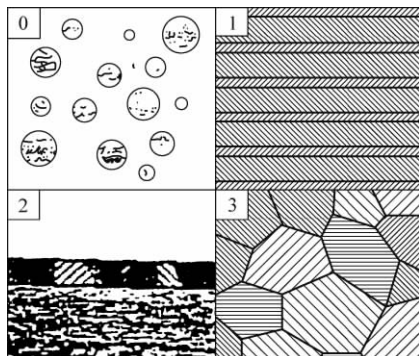


图 1-2 纳米材料的基本单元按维数分为四类

材料应运而生。因此也不妨称它们为继上述四类之后的第五类和第六类纳米材料。

典型的零维纳米材料是纳米颗粒，通常也称为超微粉或超细粉，一般指粒度在 100nm 以下的粉末或颗粒，是一种介于原子、分子与宏观物体之间处于中间物态的固体颗粒材料，可作为高性能保温隔热材料、高密度磁记录材料、吸波隐身或防辐射材料、磁流体材料、精密器件抛光材料、微芯片导热基片与布线或封装材料、光电子或其他敏感功能材料、先进的电池和电极材料、高效催化或助燃剂、高强或高韧性陶瓷材料、人体修复材料、抗癌制剂等。

一维的纳米纤维指直径为纳米尺度，而长度较大的管状或线状或棒状的纳米材料，碳纳米管就是一种典型的一维纳米材料。大量的一维纳米材料可被用作微导线、微光纤（未来量子计算机与光子计算机的重要元件）材料以及新型的激光或发光二极管材料等。

二维的纳米膜根据分布情况可分为颗粒膜与致密膜。颗粒膜是纳米颗粒粘在一起形成的薄膜，颗粒间有极为纤细的间隙；致密膜的膜层致密，晶粒尺寸均为纳米级。这样的薄膜可用于气体催化（如汽车尾气处理）材料、过滤膜材料、高密度磁记录介质、光敏体、平面显示器材料、超导材料等。

三维的纳米块体是将纳米粉末高压成形或控制金属液体结晶而得到的纳米单元聚集体材料，主要用途为超高强度材料、保温隔热