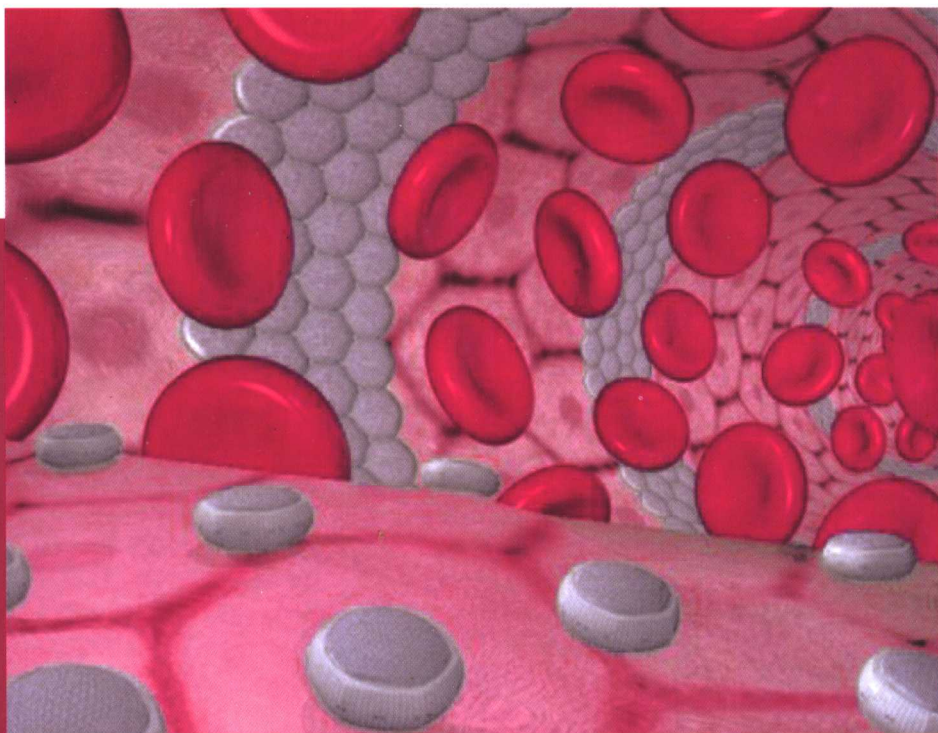


纳米生物技术丛书

# 纳米生物材料学

NanoBioMaterial

张阳德 编著



化学工业出版社

现代生物技术与医药科技出版中心

纳米生物技术丛书

# 纳米生物材料学

张阳德 编著



化学工业出版社  
现代生物技术与医药科技出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

**图书在版编目 (CIP) 数据**

纳米生物材料学/张阳德编著. —北京: 化学工业出版社, 2005. 4

(纳米生物技术丛书)

ISBN 7-5025-6921-9

I. 纳… II. 张… III. 纳米材料: 生物材料  
IV. TB383

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 029226 号

---

纳米生物技术丛书

**纳米生物材料学**

张阳德 编著

责任编辑: 邵桂林 周 旭

责任校对: 于志岩

封面设计: 关 飞

\*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行  
现代生物技术与医药科技出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

http: //www. cip. com. cn

\*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 17 字数 224 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6921-9

定 价: 32.00 元

---

**版权所有 违者必究**

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

# 编著者简介

## 张阳德

临床医学外科学和生物医学工程学教授、博士研究生导师，注重医工结合，至诚求实。1987年首创“经胆道镜下微爆破碎肝胆管内嵌顿结石临床应用”，用纳米尺度精密机械加工理论设计“微爆器”。1988年率先研制“结肠镜下激光诱导结肠早癌自体荧光诊断仪”，设计用纳米级直径的超细微达导光纤材料，作为传输采集自体荧光的功能材料，获多项奖。1994年开展的“磁纳米粒白蛋白阿霉素治疗晚期肝癌”和2002年“磁纳米粒与内生场热疗治疗恶性肿瘤”研究处于国际领先水平。

已完成国家“九五”、“十五”科技攻关重点课题、美国国家卫生研究院（NIH）课题、国家“863”计划课题等重大科研课题39项，其中国内外首创课题6项。

1988年、1990年先后被评为卫生部和国家有突出贡献专家。1988年至今培养硕士、博士及博士后52名。主编专著10部，发表论文127篇，获中国和国际专利16项、国家新药证书2项，获得多项国内外奖、荣誉（美国杰出研究奖、美国亚洲杰出教授奖、中国青年科技奖，全国优秀科技工作者、优秀回国人员、全国卫生系统先进工作者、湖南省十大杰出青年、湖南省优秀专家、湖南省优秀教师等）。连续14年主办全国或国际内镜医学大会。

现任中国卫生部肝胆肠外科研究中心主任、卫生部纳米生物技术重点实验室主任、中南大学生物医学工程研究院院长，兼任中南大学湘雅医院外科主任、器官移植中心主任，中国医师协会内镜医师分会主席、美国国际内镜医生联合会副主席、美国亚洲国际交流基金会副主席、美国国际爆破工程师协会理事（肝胆管结石爆破）、国家863计划专家委员会专家和国家纳米科技重大专项专家委员会生物与医药组专家，《中国内镜杂志》、《中国现代医学杂志》、《中国医学工程》和《纳米科学杂志》（美国出版）主编。



Yangde Zhang, M.D., Ph.D., the professor of surgical clinical medicine and biomedical engineering, graduate mentor, focuses on multi-subjects integration of bioengineering and new projects of clinical medicine, cautious and honest. In 1987, he developed the technique of directed micro-explosion of biliary calculi under choledochoscope. He had brought forward the concept of processing the steel wall of microexplosion apparatus in order to enhance the security, with accurate machinery procession within nano-scale in his subject. In 1988, he invented "a laser-induced autofluorescence endoscopic diagnosis system of early colorectal cancer" and got many awards. In 1994, he created a preparation method of galactose albumin magnetic adriamycin nanoparticles for the treatment of terminal-stage liver cancer. In 2002, he has begun to study on curing tumors combined with effects of magnetic nanoparticles and Hypothermia.

He has finished 39 key scientific projects, such as the project of National "The Ninth Five-year Plan", "The Tenth Five-year Plan" and the project of National Institute of Health (NIH) and project of 863 Plan and so on. 6 of them are internationally initial.

Yangde Zhang was chosen as Outstanding Expert of Ministry of Health P.R. China and Outstanding Expert of P.R. China in 1998, 2000,

respectively. Up to now, the sum of his graduate and doctor, postdoctor is 52. Yangde Zhang is the chief editor of 10 several books. Already he published 127 papers, held 16 patents, and 2 certificates for new drugs. He has won many honor awards (Excellent Studying Returnee Award, Ten Outstanding Young Persons, Science and Technology Prize of Chinese Youth, Pioneer of National Health System, First Outstanding Experts of Hunan Province, et al).

Presently, Yangde Zhang is the director of Hepatobiliary & Enteric Surgery Research Center; director of National Key Laboratory of Nanobiological Technology of Ministry of Health; President of the Institute of Biomedical Engineering, Central South University; director of Surgery Department of Xiangya Hospital, Central South University; director of Organ Transplantation Center, Central South University; chairman of Chinese Endoscopic Doctor Association; vice president of International Endoscopist Society in USA; member of committee of International Society of Explosives Engineers in USA; expert-in-chief, expert committee of National "the Tenth Five-year Plan" 863 program's subject; biomedicine expert, Committee of National Key Programs of Nanotechnology; chief editor of "China Journal of Endoscopy", "China Journal of Modern Medicine", "Chinese Medical Engineering" and "Nanoscience" (in USA).

## 内 容 简 介

纳米生物技术是目前国际生物技术领域中最前沿的研发热点，而纳米生物材料是纳米生物技术研究的核心内容。纳米生物材料是指用于对生物体进行诊断、治疗、修复或替换其病损组织、器官或增进其功能的新型高技术纳米材料。

本书不但系统地、概括性地介绍了纳米生物材料的发展历程和当前现状，以及各种纳米生物材料的特性和制备方法，而且详细地介绍了各种纳米生物材料在医学、生物学以及农业各领域中的应用和前景。

本书可作为从事纳米技术、生物技术、材料学、生物医学工程等领域科研人员和技术开发人员的参考用书，同时可作为高等院校中生物、医学、药学、农业等专业领域的教材。

# 序 一

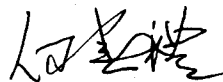
纳米技术是一门新兴的学科领域。21世纪初，随着美国实施全国纳米科技计划，带动了全世界对该学科的研究开发。许多国家相继制定了本国的纳米科技发展战略，并投入了较多的人力和物力，积极抢占战略制高点，旨在新一轮的科技和经济竞争中获取较多的领先优势。

纳米科技属于前沿、交叉性的科技领域。近几年，科技界更加注意纳米技术与生物技术、信息技术和认知科学的结合，即 NBIC 技术。纳米技术与生物技术的融合，使纳米生物技术在近几年获得了很多重要的进展。无论在新原理的发展，新技术、新方法的发明，还是在开拓新应用领域方面，都引起了科学界和产业界的重视。

国际社会纳米生物技术的研究范围涉及纳米生物材料、药物和基因转运纳米载体、纳米生物相容性人工器官、纳米生物传感器和成像技术，以及利用扫描探针显微镜分析蛋白质和 DNA 的结构与功能等重要领域。我国纳米生物技术研究在纳米科技国际竞争的大环境中具有自身优势：第一，纳米科技的研究力量基本形成，我国是世界上少数几个从 20 世纪 90 年代就重视纳米材料研究的国家之一，现已形成在国际上有影响的、高水平的研究队伍，也建立了一些高水平的研究基地；第二，我国具有多种纳米材料的矿物资源和生物资源；第三，我国具有巨大的潜在市场。这些因素都有利于提高我国的竞争力。

本套《纳米生物技术丛书》由《纳米生物材料学》、《纳米生物分析化学与分子生物学》、《纳米药理学》、《纳米技术与医疗仪器学》四个分册组成。丛书的编著者张阳德教授在中国率先开展纳米生物技术研究，担任国家“863 计划”主题管理专家，领导国家卫生部纳米

生物技术重点实验室在纳米生物技术领域完成了大量卓有成效的工作。本丛书较详细地介绍了纳米生物材料、纳米生物分析化学与分子生物学的研究方法、纳米药物和纳米医疗器械方面的最新发展及动态。这套丛书的出版，将弥补这一新学科领域专业书籍不足之缺陷，对医学领域的基础和临床研究、新药物研究开发和生产、农业现代化、生物医学工程交叉学科关键技术研究等有很高的参考价值，对推进我国纳米生物技术的发展有重要指导作用。这套丛书也可作为多学科领域研究生和本科生的教材。



(作序者为中国科学院常务副院长、中国科学技术协会副主席、中国科学院院士、第三世界科学院院士、国家纳米科技指导协调委员会首席科学家、中国科学院纳米中心学术委员会主任)



## 序 二

自 1959 年诺贝尔物理学奖得主费因曼 (R. Feynman) 在美国加州作题为“在底部还有很大空间”的讲演中提出“纳米科技”这一初始概念以来, 纳米科技正以人们未能预料的速度迅速发展。纳米技术是一项涵盖生物学、化学和物理学的多学科跨领域技术, 是继信息技术和生物技术之后, 影响社会经济发展的又一重大技术, 是在纳米尺度上研究物质结构与反应机理, 进行纳米结构表征与检测的技术。这些技术及成果支撑了这个多学科交叉的科学研究领域, 将引起众多领域产生一场革命性的变化, 也将成为每个国家不容小觑的巨大产业。

同时, 随着纳米科技的发展及其向医学领域的渗透, 一门崭新的学科——纳米生物技术学也由此产生, 并以其强劲的生命力, 为现代医学的诊断和治疗带来一场跨世纪的革命。纳米生物技术在医学中的应用包括疾病早期诊治、纳米生物相容性材料、药物和基因输送系统、纳米生物传感器、成像技术诊断辅助设备、减少损伤的智能医学设备等重要领域。这些领域中的研究及应用现已显示或必将显示其巨大的优势及前景。由于纳米生物技术是一门全新的学科, 为推动纳米技术在生物领域的发展, 纳米生物技术丛书的出版就显得非常必要了。

纳米生物技术丛书 (包括《纳米生物材料学》、《纳米生物分析化学与分子生物学》、《纳米药理学》、《纳米技术与医疗仪器学》) 是由国家“863 计划”主题管理专家、国家卫生部纳米生物技术重点实验室主任、卫生部肝胆肠外科研究中心主任、中南大学生物医学工程研究院院长、博士生导师张阳德教授主持编著的。他 20 世纪 90 年代初在国内外最先开展了“磁纳米粒阿霉素白蛋白治疗肝癌”、“纳米中药

制剂与加工”、“纳米药物载体”等前沿课题。这套丛书理论与实践相结合，从纳米药物、纳米生物材料、纳米生物分析化学与分子生物学及纳米医疗器械等方面对纳米生物技术作了详尽而系统的介绍，是一套学术性、可读性很强的系列丛书，可作为生物学、材料学、药学、生物工程与医疗器械研究人员、医师和教师的参考书和高等院校教材。



(作序者为国家“863计划”新材料领域专家委员会主任、中国工程院院士、中南大学校长)

# 前 言

纳米生物技术是目前国际生物技术领域最前沿的研发热点。纳米材料在包括生物医学领域在内的各个高科技领域中具有广阔的应用前景。纳米生物材料是纳米生物技术研究的核心内容。纳米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、器官或增进其功能的新型高技术纳米材料。

研究纳米生物材料和纳米结构的重要科学意义在于它开辟了人们认识自然的新层次。特别值得注意的是纳米材料不仅是尺度的概念,更重要的是物质在纳米尺度上出现了一些微观物质和宏观物质不具备的优异性能,人们利用这些新的特性可以人工合成自然界不存在的或者自然界存在但人类还没有模仿出来的新材料。

纳米生物材料在生物医学、药学、人类健康等领域的应用,将解决临床对高性能组织修复、器官替换和诊疗的迫切需求,在人类康复工程中发挥重要作用。

纳米生物材料将满足现代科学技术创新更小、更轻、更强、更快、性能更高、更廉价的趋势,它对社会的冲击将远远超过 20 世纪 70 年代的微电子技术和信息技术,它的发展将影响医疗卫生的变革。

《纳米生物材料学》共分上、下两篇。总论概括介绍了纳米生物材料的发展和当前现状,纳米生物材料的特性和制备方法。各论详细介绍了各种纳米生物材料在医学、生物学以及农业各领域内的应用现状和前景,并力求反映国内外的先进水平。

本套丛书(《纳米生物分析化学和分子生物学》、《纳米生物材料学》、《纳米药理学》、《纳米技术与医疗仪器学》)的编著,从构思开始便得到了国内外多位专家的鼓励,获得白春礼院士、黄伯云院士、

裘法祖院士、钟南山院士、魏于全院士、何继善院士、姚开泰院士、祁国明研究员、刘雁飞研究员、王琛研究员、李玉宝教授、江雷研究员、王小宁教授、曹雪涛教授、陈志南教授、裴雪涛教授、朱祯教授、Philip Martin 博士，T Reinhard 博士，M Johnson 博士，J L Willians 博士的指导和热情支持，在此表示衷心的感谢。特别感谢白春礼院士（中国科学院常务副院长、国际纳米科学中心主任、化学专家）、黄伯云院士（中南大学校长、国家“863”计划新材料领域专家委员会主任，材料学专家）对本丛书给予极大的关心并作序。

本书为反映最新进展、使其具有新颖性、科学性，多次进行修改，工作量大、时间紧，罗育林、李浩、谭亮、周健、靳晓明、张浩伟、李异凡、刘殿奎、江悍平、张蕾、刘勇、齐贵新、桑新亭等做了大量的编校工作，为保证本书的质量和出版付出了辛勤的劳动，在此表示衷心的感谢。

由于当今科学技术在高速发展，本书与读者见面时，很可能已显露出不足之处，书中错误或遗漏敬请读者批评指正。

张阳德

2005年1月

# 目 录

## 上篇 纳米生物材料总论

<b>第一章 纳米科技及纳米生物材料概述</b> .....	3
第一节 跨世纪的新学科——从纳米科技讲起 .....	3
第二节 纳米科技发展的重要基础——纳米材料 .....	4
第三节 生物医用材料 .....	6
一、生物医用材料的分类 .....	7
二、对生物医用材料的一般要求 .....	7
三、当代生物医用材料的进展 .....	7
四、发展前景 .....	10
五、生物医学材料发展的主要动力 .....	12
第四节 纳米生物材料——开拓生物医药新领域 .....	13
第五节 纳米生物技术及其国内外现状 .....	20
<b>第二章 纳米生物材料的特性</b> .....	25
第一节 表面效应 .....	25
第二节 小尺寸效应 .....	27
一、特殊的光学性质 .....	27
二、特殊的热学性质 .....	27
三、特殊的磁学性质 .....	28
四、特殊的力学性质 .....	28
五、特殊的电学性质 .....	29
第三节 宏观量子隧道效应 .....	30
<b>第三章 纳米生物材料的制备方法</b> .....	32
第一节 固相法 .....	32
第二节 液相法 .....	33

一、溶胶-凝胶法 .....	33
二、化学沉淀法 .....	35
三、水热法 .....	36
四、液相微波介电加热法 .....	37
五、微乳液法 .....	38
六、胶体化学法 .....	40
七、 $\gamma$ 射线辐射法 .....	40
八、超声波化学合成法 .....	41
九、模板合成法 .....	41
十、喷雾热分解法 .....	42
第三节 气相法 .....	42
一、真空蒸发-冷凝法 .....	42
二、高压气体雾化法 .....	43
三、感应加热法 .....	43
第四节 树枝状聚合物的合成方法 .....	43
参考文献 .....	54

## 下篇 纳米生物材料各论

<b>第四章 纳米生物材料的材料学分类及特殊用途 .....</b>	<b>59</b>
<b>第一节 无机纳米生物材料 .....</b>	<b>59</b>
一、无机纳米颗粒材料 .....	59
二、无机非金属纳米材料 .....	96
<b>第二节 有机纳米生物材料 .....</b>	<b>131</b>
一、纳米高分子材料 .....	131
二、树枝状聚合物 .....	134
三、微乳液 .....	141
<b>第三节 纳米复合材料 .....</b>	<b>143</b>
一、纳米复合材料的种类概述 .....	143
二、无机-有机纳米复合材料 .....	148
三、纳米复合材料的发展趋势 .....	157
<b>第四节 展望 .....</b>	<b>160</b>



<b>第五章 纳米生物材料的产业应用及前景展望</b> .....	162
<b>第一节 纳米载体</b> .....	162
一、纳米药物载体 .....	162
二、纳米基因载体 .....	183
<b>参考文献</b> .....	190
<b>第二节 纳米生物器件</b> .....	193
一、纳米生物传感器 .....	193
二、纳米生物芯片 .....	203
三、纳米机器人 .....	210
四、纳米生物计算机 .....	218
<b>参考文献</b> .....	219
<b>第三节 纳米组织工程材料</b> .....	220
<b>第四节 纳米中药</b> .....	220
一、纳米中药的概念及其产生的背景 .....	220
二、纳米中药的特点与应用 .....	222
三、纳米中药的前景展望 .....	233
<b>参考文献</b> .....	235
<b>第五节 纳米技术和纳米生物材料在农业养殖业和渔业中的应用</b> .....	236
一、纳米技术和纳米生物材料在农业中的应用 .....	236
二、纳米技术和纳米生物材料在养殖业中的应用 .....	240
三、纳米技术和纳米生物在渔业中的应用 .....	241
四、应用实例 .....	244
<b>第六节 纳米生物材料的潜在影响</b> .....	245
<b>附录</b> .....	247
<b>纳米科技大事记</b> .....	247
<b>Memorabilia of Nanotechnology</b> .....	252

# 上篇 | 纳米生物材料总论

---

第一章 纳米科技及纳米生物材料概述

第二章 纳米生物材料的特性

第三章 纳米生物材料的制备方法

