

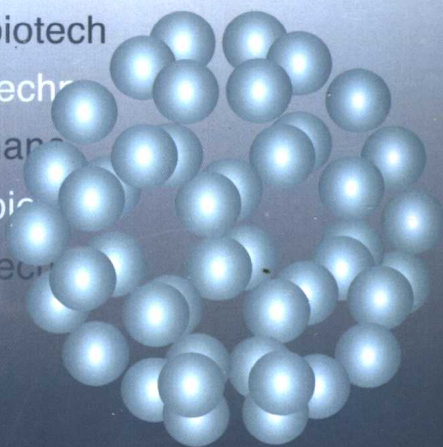
现代生物技术前沿

纳米生物技术学

NANOBIOTECHNOLOGY

张阳德 编著

nanobiotechnologynanobiotechnology
biotechnologynanobiotechnologynanobiotech
technologynanobiotechnologynanobiotech
nanobiotechnologynanobiotechnologynanobiotech
biotechnologynanobiotechnologynanobiotech
technologynanobiotechnologynanobiotech



科学出版社
www.sciencep.com

现代生物技术前沿

纳米生物技术学

张阳德 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是一部纳米生物技术专著,概述了纳米生物技术的概念、发展史、应用领域及目前国内外纳米生物技术的研究概况和各国纳米生物技术的发展策略,系统介绍了纳米药物载体的概念、基本类型、特征及常用纳米载体的制备方法和临床应用,对纳米探针与纳米诊断技术、纳米技术在分子生物学研究领域和基因工程中的应用进行了详尽的讨论,并着重介绍了纳米生物技术前沿——纳米分子仿生学和纳米生物芯片。

本书对生物、医学、药学领域的研究和投资有很好的引导作用和参考价值,还可作为理、工、医科专业博士、硕士研究生、本科生的教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

纳米生物技术学/张阳德编著. —北京:科学出版社, 2005

(现代生物技术前沿)

ISBN 7-03-012915-6

I. 纳… II. 张… III. 纳米材料-生物技术-研究 IV. TB383-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 010821 号

责任编辑:莫结胜 王玉水/责任校对:陈玉英

责任印制:钱玉芬/封面设计:魏 辛

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经售

*

2005年4月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2005年4月第一次印刷 印张:13 3/4

印数:1—7 000 字数:254 000

定价:27.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

序 一

纳米技术是在 $1\sim 100\text{nm}$ 尺度上研究物质的结构和性质的多学科交叉的前沿技术,其最终目标是用分子、原子以及物质在纳米尺度上的特性制造具有特定功能的产品,实现生产方式的革命。近年来,纳米技术正在向生物医药、信息、能源和环境、航天航空、海洋、国防等高科技领域渗透,显现了其广泛的应用性和较强的市场潜力。因此,各国政府和企业都不惜投入巨资研究和开发纳米技术,占领战略制高点,抢占世界市场。

纳米技术与生物技术相结合,并应用于生物医学领域,便形成了一种新的多学科交叉技术——纳米生物技术。纳米生物技术是一个正逐渐发展的新兴领域。随着这一领域的新成果不断涌现,纳米生物技术研究范围和内涵将不断延伸和丰富,并逐渐形成一门新的学科。国内外纳米生物技术研究范围主要涉及纳米生物材料、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等重要领域。这些研究多以早期诊断疾病、提高临床疗效和改良生物品种为目标。

纳米生物技术领域是纳米技术中极具开发前景的高技术。近年来这一领域的发展令人瞩目,《纳米生物技术学》是国内外第一部较完整阐述纳米生物技术这一多学科交叉领域形成的新学科的专著,由国家“863”计划生物与现代农业技术领域纳米生物技术和药物筛选专题管理专家、国家卫生部纳米生物技术重点实验室主任张阳德教授编著。该书较系统地介绍了纳米生物技术的特点、纳米生物材料及其制备、纳米生物技术的应用领域和发展方向。《纳米生物技术学》一书的出版,将弥补在这个多学科交叉领域中的空白,对生物、医学、药学领域的研究和开发有很好的引导作用和参考价值。该书可作为理、工、医科专业博士、硕士研究生、本科生的教材使用。



(白春礼)

中国科学院院士
中国科学院副院长
国家纳米科学中心主任

Preface I

Nanotechnology is used to study the structures and properties of materials with the scale of one to a hundred nanometers. Its ultimate goal is to manufacture the specialized products by using materials' nano-property at the level of atom and molecule. Recently, nanotechnology proves its diverse applications to take up the international market in areas of biomedicine, informatics, energy resource, astronautics, oceanography and national defense, etc. Hence, so many applications proved its great potential market. More attentions and financial supports have been paid on this issue of nanotechnology development in each government and company.

Due to its biomedical application, nanotechnology combines with biotechnology, a newly emerging cross disciplinary field named nanobiotechnology. This becomes the new developing area. As its various products accumulate, the research topics of nanobiotechnology are expanding so rapidly that they mainly involve the areas of nanobio-material, medicine, nano-genetic carrier, artificial organs with nanobio-compatibility, nanobiosensor and image-forming technology, etc. The major goals include early diagnosis, advancement of clinical treatment and improvement of biological species.

Within the subjects of nanotechnology, nanobiotechnology has the great potential to be developed as one of the advanced intelligent technology. The book is edited by Professor Yangde Zhang, who is the Expert-in-Chief in nanobiological technology and drug filtration in the area of biology and modern agriculture of National 863 Plan, Director of National Key Laboratory of Nanobiological Technology, the Ministry of Health, the People's Republic of China. The book, *Nanobiotechnology*, is the first nanobio-specialized work. It systematically introduces the features, materials, equipments, application areas and development domains of nanobiotechnology. This publication would fill the gap of understanding multi-subjects of nanotechnology, and it is a valuable reference book for the research and development of biology, medicine and pharmacology. Meanwhile, this book could be used as the textbook of science, engineering and medical graduate studies.

Chunli Bai

Academician of Chinese Academy of Sciences

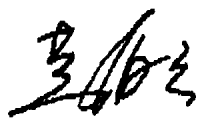
First Vice president of Chinese Academy of Sciences

Director of National Center for NanoScience and Technology, P. R. China

序 二

纳米生物技术学是一门纳米科技与生物学交叉的前沿学科，是纳米技术在生物领域的渗透，涵盖了生物学、医学、化学和物理学等学科领域。纳米生物技术是 21 世纪的关键技术之一，该技术的发展和推广应用，有巨大的经济效益和临床医学应用潜力。我国“九五”期间“863 计划”启动了国家纳米振兴计划，“十五”期间“863 计划”将纳米生物技术列为专题项目予以优先支持发展。国家“973 计划”、自然科学基金均设立了纳米生物技术主题和重大项目。2002 年 10 月，国家卫生部纳米生物技术重点实验室在长沙成立，这意味着我国正式启动纳米生物技术在医药领域的研究，表明我国医学科学界抢占国际纳米生物技术制高点的攻关战役已经展开。在国家“863 计划”纳米生物技术专家张阳德教授的领导下，国家卫生部纳米生物技术重点实验室在“纳米药物载体”、“纳米基因载体”、“磁纳米粒阿霉素白蛋白治疗肝癌”、“纳米中药制剂与加工”等前沿课题，完成了具有国内外领先水平的研究工作。

《纳米生物技术学》专著的问世，对指导和推动我国纳米生物技术和纳米医学的发展无疑具有重要的意义。张阳德教授注重医工学科结合，多年来在国内外从事外科临床与纳米生物技术、生物医学工程结合的工作，理工科专业基础好，外科临床工作时间长。他系统地总结了自己多年来的研究成果和国内外纳米生物技术研究最新进展，以及在生物医药领域、农业领域中的应用，对纳米药物载体、纳米生物材料研制、纳米生物技术与分子生物学的结合等诸多方面进行了详细的论述。该专著科学性、新颖性、实用性强，可作为医学、生物工程和农业等专业的技术人员、研究生、本科生的教材和参考书。我衷心希望，该书的出版，能够推动纳米生物技术的应用和发展，使纳米生物技术学这门新的学科在促进我国医学、生物工程和农业等领域的发展方面发挥重要的作用。



(黄伯云)

中国工程院院士

中南大学校长 材料学教授

国家“863”计划专家委员会新材料领域专家委员会主任

Preface II

As one of the most future-oriented technologies, nanobiotechnology is the convergence of nanotechnology with biotechnology, the application of nanotechnology in biology area and covers biology, medicine, chemistry and physics areas. Nanobiotechnology is one of the key technologies of the 21st century. Applications of nanobiotechnology offer huge economic, medicine foundation, clinical and technological potentialities. During the "Ninth Five-year" period, the "863 Plan" supported by government starts the projects of improving nanobiotechnology; during the "Tenth Five-Year" period, the "863 Plan" makes the nanobiotechnology as the priority subject to support. It's also on the list of the "973 Plan" and the Natural Science Fund. In October of 2002, National Key Laboratory of Nanobiological Technology, the Ministry of Health, the People's Republic of China was established in Changsha. That is our country's official start of the research on nanobiotechnology in medicine and pharmacy industry; that implies our country is fighting to occupy the peak of the international nanobiotechnology. Under the supervision of Professor Yangde Zhang, who is the expert of nanobiotechnology subject management by the "863 Plan", National Key Laboratory of Nanobiological Technology, the Ministry of Health, made successes in sophisticated researches on "nano-drug transporter", "nano-gene transporter", "treatment of liver carcinoma by magnetic nano particles of Adriamycin", "nanotechnology in Chinese medicine" and many other internationally advanced projects.

The publication of *Nanobiotechnology* has significances on the improvement of nanobiotechnology and nanomedicine. Professor Yangde Zhang, who devoted himself to the combination of medicine and engineering, has years' experience in surgery, nanobiotechnology and biological technology research. He has not only comprehensive knowledge but also rich scientific experience. He summarized his own research results and the current progress of nanobiotechnology research work in the world. And also he summed up the application of nanobiotechnology in biological medicine and agriculture, and discussed the details of nano-drug transporter, manufacture of nanobiological materials, combination of nanobiotechnology and molecular biology. This publication, which combines scientific expression, original in choice of subjects and practical usage together, can be used as a textbook or a reference for technical persons, graduate and undergraduate students majoring in medicine, biological engineering and agriculture. I sincerely hope that this publication would motivate the application and development of the nanobiotechnology, which is a new subject, and make nanobiotechnology play a great role in the progress in medicine, biological engineering and agriculture.

Boyun Huang

Academician of Chinese Academy of Engineering

President of Central South University, Professor in Material Science

Expert-in-Chief, Expert Committee of National "863" High-technology Project in the Field of New Materials

前 言

在科学技术飞速发展的 21 世纪, 纳米技术以其崭新的革命化的理论和技术特点引起了世人的瞩目。它把人们对自然的认识延伸到微观的领域, 使人们能更深刻地认识物质的本质, 从根本上改造物质和创造物质, 它对科学技术发展所起的作用绝不亚于生物技术和信息技术。

纳米生物技术是纳米技术与生物技术交叉渗透形成的一门新的技术, 是纳米技术的重要组成部分, 将是未来生物医学领域的一个重要发展方向, 是当今国际生物技术领域的前沿和热点。它涵盖了物理学、化学、医学、材料学、生物医学工程学、生物学等学科的理论和技术方法, 由于它已有众多的研究成果和理论基础, 其独特的技术手段和实验方法不能由其他学科替代, 一门新的学科——纳米生物技术学, 也就逐渐形成, 它将在医药领域有着广泛的应用和产业化前景。它对疾病的诊断、治疗和预防将发挥重要作用, 是 21 世纪科技发展的制高点, 是发达国家和国内优先资助研究的重要领域。纳米生物技术从根本上打破了传统生物医学领域的格局, 正在全方位推动生物医学的革命。掌握了纳米生物技术, 就掌握了占领生物医学研究领域及相关产业制高点的优势。为此, 科技发达国家都投入巨资研究和开发纳米生物技术, 以抢占世界生物医药市场。2005 年 4 月由中德两国政府共同举办的纳米生物技术领域的研究成果展示会——“中国-德国纳米生物技术国际会议”在湖南长沙召开, 这表明了中德两国对纳米生物技术领域的重视。中美、中英会议也将在近期举行。

为了有助于我国生物医学领域的研究人员掌握纳米生物技术, 尽快研制出具有我国自主知识产权的纳米生物医药产品、争夺世界市场, 我们编著了《纳米生物技术学》。本书第一章介绍了纳米生物技术的概念、发展史、应用领域及目前国内外纳米生物技术研究概况和各国纳米生物技术的发展策略。第二章详细介绍了扫描隧道显微镜 (STM) 和原子力显微镜 (AFM) 的工作原理及应用。第三章至第六章重点阐述纳米生物材料的概念、特性、制备方法和常用的纳米生物材料及应用, 纳米药物载体的概念、基本类型、特征及常用纳米载体的制备方法和临床应用, 并对纳米探针与纳米诊断技术、纳米技术在分子生物学研究领域和基因工程中的应用进行了详尽的讨论。第七章介绍了纳米中药的特点、应用和常用的制备方法。本书还着重介绍了纳米生物技术前沿——纳米分子仿生学和纳米生物芯片。

《纳米生物技术学》的策划、写作与出版, 得到了白春礼院士、黄伯云院士、魏于全院士、裘法祖院士、刘德培院士、钟南山院士、何继善院士、涂铭棘院

士、刘谦研究员、王琛研究员、祁国明研究员、江雷研究员、刘雁飞研究员、江捍平研究员、李玉宝教授、汪建平教授、王迎军教授、顾宁教授、吴在德教授、Jonathan Sackier M. D.、David L. M. D.、William Charles M. D.、Robert G. M. D.、James Libutti M. D. and Philip E. Parsons M. D. 的鼓励 and 热情支持,借此书出版之际,深表谢意、多谢指教。

本书经 10 多次易稿,旨在反映其国际最新动态,在编校期间,整版修改 5 次,在短短的时间内,多次修稿,工作量大,张浩伟、龚连生、潘一峰、江捍平、孙颖、李异凡、刘勤、赵劲风、刘蔚东、李年丰、罗育林、邹贤德、周健、彭健、郭妍、翟登高、廖明媚、金鑫、魏辛等教授、医学博士、工学博士辛勤劳动,完成了大量的编校工作,为此书的如期出版做出了贡献,在此对他们深表谢意。

《纳米生物技术学》既介绍了纳米生物技术的基础知识,又侧重于纳米生物技术在生物医学领域的应用和发展方向;本书在科学性、系统性和先进性的前提下,力求语言通俗、精练;本书适合作为生物医学及其相关领域的研究生、本科生的教材使用,也可作为生物学和医药领域科研人员的参考书。本书不足之处敬请广大读者和同道不吝赐教。

张阳德
2005 年于长沙

Foreword

During the 21st century, nanotechnology obtains the world's attention due to its revolutionary theory and technical features. It extends our view of nature into microcosm. Therefore, it allows us understand the basic principles of biological functional units, and exploit and create the structures and processes for novel functional materials. Nanotechnology has no less contribution to science and technology as biotechnology and information technology do.

Nanobiotechnology is the convergence of nanotechnology and biotechnology and a major component of nanobiotechnology. It is a promising research topic in areas of biotechnology and medicine. Nanotechnology covers the theory and technology of physics, chemistry, medicine, material science, biomedical engineering and biology. Due to its rich fruit of research and theoretical base, its distinct technological and experimental methods can not be substituted by any other subject. Hence, a totally new subject—nanobiotechnology comes into being. It will have widespread and explicit applications in the area of medicine and pharmacy. Nanobiotechnology could be applied in diagnosis, treatment and prevention of diseases. It is the plateau of research field of the 21st century which is a hot research field invested by many developed countries and it is also the case in china. Nanobiotechnology breaks the structure of the traditional biomedicine and launches a revolution of biomedicine. Those countries that step into studies of nanobiotechnology will gain first market value in this emerging sector. That's actually the main reason why many technologically advanced states invest such a big amount of financial support into nanobiotechnology research and try to control the world market. In Apr. 2005, "Sino-Germany Nanobiotechnology Conference" was held in Changsha, Hunan. It is shown that both China and Germany attach importance to the field of nanobiotechnology. Sino-America and Sino-Anglo conferences will be held soon.

In order to assist our scholars to master the knowledge of nanobiotechnology, to produce our own nanobiotechnology products as soon as possible, we publish the book, *Nanobiotechnology*. Its first chapter introduces the concepts, research history and application of nanobiotechnology, and current available research methods all over the world. The second chapter describes the theory and application of STM and AFM. From the third to the fifth chapter, it focuses on the concepts, characteristics,

developments and applications of nanobiological materials, briefs the concepts, patterns, characteristics, manufacturing and clinical applications of nano-drug carrier; and discusses the applications of nanobiosensors, nanodiagnostics and nanotechnology within the life science industry. The sixth chapter introduces nano-traditional-Chinese-medicine. The book also presents two very innovative subsets of nanobiotechnology——nanobionics and nanobiochip.

I am indebted to those who give me strong supports for the writing and publication of this book: Academician Chunli Bai, Academician Boyun Huang, Academician Yuquan Wei, Academician Fazu Qiu, Academician Depei Liu, Academician Nanshan Zhong, Academician Jishan He, Academician Mingji Tu, Researcher Qian Liu, Researcher Chen Wang, Researcher Guoming Qi, Researcher Lei Jiang, Researcher Hanping Jiang, Professor Jianping Wang, Professor Yingjun Wang, Professor Yubao Li, Professor Ning Gu, Professor Zaide Wu, Jonathan Sackier M. D., David L. M. D., William Charles M. D., Robert G. M. D., James Libutti M. D. and Philip E. Parsons M. D. .

In order to cover the latest progress of the nanobiotechnology, this book has been renovated more than 10 times. During the editing process, there were tremendous amount of work to accomplish in a short period. Hence, my gratitude goes to Haowei Zhang M. D., Liansheng Gong M. D., Yifeng Pan M. D., Researcher Hanping Jiang, Ying Sun M. D., Yifan Li Ph. D., Qin Liu M. D., Jingfeng Zhao M. D., Weidong Liu M. D., Professor Nianfeng Li, Yulin Luo M. D., Xiande Zou M. D., Jian Zhou M. D., Jian Peng M. D., Yan Guo Ph. D., Denggao Zhai M. D., Mingmei Liao M. D., Xin Jin M. D., Xin Wei Ph. D., and so on. Without their help, the book would not be published in time.

Nanobiotechnology introduces the basic knowledge with the emphasis on applications in biology and medicine areas of nanotechnology. In this book, the introduction and discussion of nanobiotechnology is presented in an accessible and easily absorbed way. It is a perfect guide and reference book for research and investment in biology, medicine and pharmacy industry. Meanwhile, this book could be used as a textbook of science, engineering and medical graduate /undergraduate students.

Yangde Zhang
Changsha, 2005

目 录

序一

序二

前言

第1章 概论	1
1.1 概念	1
1.2 纳米技术的发展史	1
1.3 国内外研究现状和各国发展战略	2
1.4 在医药领域的应用	6
1.4.1 诊断	6
1.4.2 治疗	8
1.5 在农业领域的应用	27
1.5.1 品种改良	27
1.5.2 促进生长	27
1.5.3 饲料	28
1.5.4 兽药	29
1.5.5 肥料	29
1.6 国内外纳米生物技术研究最新进展	30
1.6.1 国际纳米生物技术研究进展	30
1.6.2 我国纳米生物技术研究进展	32
第2章 纳米技术常用检测仪器与方法	36
2.1 原子力显微镜	36
2.1.1 原子力显微镜基本原理	36
2.1.2 轻敲模式成像技术	37
2.1.3 接触模式成像技术	38
2.1.4 结构简介	39
2.1.5 AFM 探头	39
2.1.6 AFM 探针	40
2.1.7 PZT 压电陶瓷管扫描器	40
2.1.8 探头底座	40
2.1.9 粗调驱进装置	41
2.1.10 抗震设备	41

2.1.11	AJ-ⅢAFM 电子控制系统	42
2.1.12	AJ-ⅢAFM 在线软件系统	42
2.1.13	AJ-Ⅲ型操作步骤	43
2.1.14	常见问题及可能的解决方法	46
2.2	扫描隧道显微镜	47
2.2.1	基本原理	47
2.2.2	STM 控制装置简介	49
2.2.3	AJ-I 型 STM 仪器简介	49
2.2.4	仪器系统构成	50
2.2.5	AJ-I 型 STM 探头系统	51
2.2.6	AJ-I 型 STM 电子系统	52
2.2.7	操作和实验	53
2.2.8	疑难解答	56
2.3	其他纳米技术仪器	56
2.3.1	纳米测长仪	56
2.3.2	量块快速检测仪	57
2.3.3	近场光学显微镜	57
2.3.4	X 射线衍射仪	59
第 3 章	纳米生物材料	60
3.1	纳米材料的分类	61
3.2	纳米生物材料的特性	61
3.2.1	表面效应	62
3.2.2	小尺寸效应	63
3.2.3	宏观量子隧道效应	65
3.3	纳米生物材料的制备方法	66
3.3.1	固相法	66
3.3.2	液相法	67
3.3.3	气相法	73
3.4	纳米生物医学材料及其应用	81
3.4.1	无机纳米生物材料	82
3.4.2	有机纳米生物材料	86
3.4.3	纳米复合材料	94
3.4.4	纳米组织工程材料	94
第 4 章	纳米药物载体	102
4.1	概况	102
4.2	纳米药物载体的基本类型	103

4.2.1	纳米粒的类型	103
4.2.2	几种常见的纳米药物载体	104
4.3	纳米药物载体的特征	106
4.3.1	靶向性	106
4.3.2	可控释放性	108
4.3.3	生物相容性和生物可降解性	111
4.4	纳米药物载体的制备、修饰	111
4.4.1	纳米药物载体材料	111
4.4.2	纳米药物载体的制备方法	112
4.4.3	纳米粒载药方法	114
4.4.4	纳米载体的修饰与改性	114
4.5	纳米药物载体的应用	115
4.5.1	癌症治疗	115
4.5.2	基因载体	116
4.5.3	疫苗辅剂	117
4.5.4	细胞内靶向给药	117
4.5.5	定量给药	118
4.5.6	口服用药	118
4.5.7	眼科用药	119
4.5.8	定位显影剂	119
4.6	纳米药物载体研究的进展	120
4.6.1	半乳糖化磁性白蛋白阿霉素纳米粒的制备及物理性质的研究	120
4.6.2	半乳糖化磁性白蛋白阿霉素纳米粒的生物相容性、生物降解性研究	123
4.6.3	半乳糖配体修饰的磁性白蛋白阿霉素纳米粒治疗肝癌的体外实验研究	123
4.6.4	半乳糖化磁性白蛋白阿霉素纳米粒对肝癌细胞株 HepG2 侵袭力的影响	127
4.6.5	半乳糖化磁性白蛋白阿霉素纳米粒静脉给药药物毒理实验	130
4.6.6	半乳糖化磁性白蛋白阿霉素纳米粒在家兔体内的动力学	134
4.6.7	半乳糖化磁性白蛋白纳米粒运载的阿霉素在大鼠体内分布的研究	136
4.6.8	半乳糖化磁性白蛋白阿霉素纳米粒在大鼠体内的肝靶向性	138
4.6.9	纳米基因载体	139
4.7	纳米药物载体的未来	144
第5章	纳米生物传感器与诊断技术	146
5.1	概论	146

5.2	生物传感器	146
5.2.1	生物传感器的基本概念	146
5.2.2	生物传感器的原理	146
5.2.3	生物传感器的种类	147
5.3	纳米传感器中的纳米材料	147
5.3.1	电化学和光化学制备纳米银、纳米金和硒化物	147
5.3.2	微波合成纳米硫化物及氧化物	147
5.3.3	超声化学法制备纳米硫化物、硒化物和氧化物	147
5.3.4	纳米生物传感器的组装	148
5.4	光纤纳米生物传感器	148
5.4.1	纳米纤维的制作	148
5.4.2	近场光学显微镜和光谱分析仪	149
5.4.3	化学纳米传感器	149
5.4.4	生物纳米传感器	150
5.4.5	神经芯片	151
5.5	总结	152
第6章	纳米技术在分子生物学中的应用	153
6.1	对生物大分子结构、功能及相互关系的研究	153
6.1.1	纳米级生物分子的观测	154
6.1.2	DNA 合成过程、基因调控过程的 STM 研究	154
6.1.3	质粒 DNA 及其与限制性内切核酸酶相互作用的研究	155
6.1.4	对染色体的 AFM 研究	155
6.1.5	对生物分子之间及分子内部的力的测量	156
6.1.6	生物大分子动态过程的研究	156
6.1.7	生物大分子的直接操纵和改性	156
6.2	在纳米尺度上获取生命信息	158
6.3	纳米技术在分子生物学中的应用	159
6.3.1	分子马达	159
6.3.2	生物计算机	160
6.3.3	纳米技术与基因生物学的结合	161
6.4	纳米技术在基因转运与基因工程中的应用	162
6.4.1	纳米作为基因转移载体在基因治疗中的应用	162
6.4.2	纳米技术在克隆技术中的应用	163
6.4.3	在基因工程中的应用——多肽疫苗及其佐剂	165
6.5	其他方面的应用	166
6.5.1	细胞分离	166

6.5.2 细胞内部染色	167
第7章 纳米中药	169
7.1 纳米中药概念及其产生的背景	169
7.2 纳米中药的特点与应用	169
7.2.1 纳米中药的特点	169
7.2.2 纳米技术在中药中的应用	171
7.2.3 纳米中药前景展望	197
第8章 纳米生物技术前沿	181
8.1 概况	181
8.2 纳米分子仿生学	182
8.2.1 模拟酶机器人	184
8.2.2 生物导弹机器人	184
8.2.3 模仿叶绿体、线粒体机器人	185
8.2.4 基因修复机器人	185
8.2.5 “分子伴侣”机器人	185
8.3 纳米生物芯片的研究进展	186
8.3.1 传统的生物芯片与纳米生物芯片的比较	188
8.3.2 蛋白质芯片的发展	188
8.3.3 基因芯片的发展	190
主要参考文献	193
编著者简介	199

第 1 章 概 论

1.1 概 念

纳米 (nm) 是一种度量单位。1 纳米为 $1/10^9$ 米。纳米结构通常是指尺寸在 100nm 以下的微小结构, 在这种水平上对物质和材料进行研究处理的技术称纳米技术。

纳米材料的特性主要有: 量子尺寸效应、小尺寸效应、表面和界面效应、宏观量子隧道效应。

当微粒小于 100 nm 时, 物质的很多性能将发生质变, 从而呈现不同于宏观物质的奇异现象:

- ① 低熔点、高比热容、高膨胀系数;
- ② 高反应活性、高扩散率;
- ③ 高强度、高韧性;
- ④ 奇特磁性;
- ⑤ 极强的吸波性。

如: 纳米相陶瓷是摔不碎的, 且具有高硬度、高韧性、低温超塑性、易加工等传统陶瓷无与伦比的优点; 纳米相铜的强度比普通铜高 5 倍。

纳米生物技术是指用于研究生命现象的纳米技术, 它是纳米技术和生物学的结合, 同时也是一门涉及物理学、化学、量子学、机械学、材料学、电子学、计算机学、生物学、医学等众多领域的综合性交叉学科; 其主要包含两个方面: 一是利用新兴的纳米技术来解决和研究生物学问题; 二是利用生物大分子制造分子器件, 模仿和制造类似生物大分子的分子机器。

1.2 纳米技术的发展史

现在公认的纳米技术概念源于美国诺贝尔物理奖获得者 R. Feynman, 他在 1959 年洛杉矶理工学院的一次物理学年会上, 做了题为《底层还有很大空间》的著名演讲。在演讲中, Feynman 提出物理学的规律不排除一个原子一个原子地制造物品的可能性, 如果对物体微小规模上的排列加以某种控制的话, 物体就能得到大量异乎寻常的特性。在此之后的二十多年时间内, Feynman 所提出的这种新奇的技术并没引起足够的重视, 其中主要受实验科学手段的水平限制。20 世纪 70 年代后期, 麻省理工学院的 E. Drexler 教授提倡研究纳米科技, 但当时多