

生物医用材料学

— 理论、制备、表征及应用 —

马宁宁 著

图书在版编目—建议数据

生物医用材料学：理论、制备、表征及应用 / 马宁宁、马超 著. —澳门：

澳门科学出版社，2026.07

ISBN 978-99996-49-62-9

I. ①生… II. ①马…②马… III. ①生物材料学（生物医用材料）

IV. ① R318.08

依据《中国图书馆分类法》提供分类参考数据。

生物医用材料学：理论、制备、表征及应用

马宁宁、马超 著

ISBN 978-99996-49-62-9

责任编辑：彭 俊

责任校对：何幸宜

装帧设计：何幸祉

出版发行：澳门科学出版社

地 址：澳门南湾大马路恒昌大厦 11 楼 F 座

网 址：<https://www.mospbs.com>, <https://moaj.mospbs.com>

总 机：+853-62961666

印装公司：澳門翰林出版集團有限公司

开 本：787mm×1092mm 1/16 印 张：14.5

字 数：263 千字 印 数：1~3000

版 次：2026 年 07 月第 1 版

印 次：2026 年 07 月第 1 次印刷

如有缺损质量问题，请联系本社销售中心。

版权所有，违者必究

基金说明

本书受到江苏师范大学教师高质量科技培优专项和江苏省自然科学基金项目(靶向探针FA/TAT-GNSs的构建及其在肿瘤CT成像和光热/放射协同治疗中的基础研究BK20181010)及江苏师范大学博士学位教师科研支持项目(多功能化纳米金刺在体内外肿瘤放疗中的应用17XLR024))和广东石油化工学院博士启动项目(基于纳米磁分离和化学发光的HBV、HCV分子检测新技术研究519002)的资助支持,在此一并表示感谢。

作者介绍

马宁宁

讲师，现任教于江苏师范大学生命科学学院。主要从事生物医用纳米材料的制备及应用、肿瘤等重大疾病的诊疗、医学放射诊疗学、癌细胞的培养和移植瘤动物模型建立、医学生物检测技术、细胞自噬应激反应等方面的研究工作。主持江苏省自然科学基金项目1项，授权发明专利1项，发表综述及研究论文10余篇，其中SCI收录6篇，2篇SCI论文被评为ESI高频被引论文，国际SCI会议论文3篇，中文核心期刊及会议论文数篇。

马超

副教授，现任广东石油化工学院生物与食品工程学院。主要从事纳米分子检测技术，纳米载药，天然药物技术等方面的研究工作。现主持广东省科技计划项目1项，广东省科技厅特派员项目1项。发表论文45余篇，其中SCI收录10篇。

前言

生物医用材料作为材料科学、医学、生物学、工程学深度交叉的战略前沿领域，是支撑精准医疗、再生医学发展的核心基础，更是衡量一个国家医药健康产业综合实力的重要标志。从远古时代的伤口缝合纤维，到现代可降解心脏支架、3D 打印组织工程支架，生物医用材料的发展始终与人类健康需求同频共振，其应用已覆盖骨科、心血管、眼科、皮肤修复等多个临床领域，为疾病诊断、组织修复、功能替代提供了不可或缺的技术支撑。

进入 21 世纪，人口老龄化加剧、慢性病发病率攀升及精准医疗需求扩张，推动全球生物医用材料行业进入高速发展期。2025 年，全球市场规模预计突破 6000 亿美元，中国市场以年均 13.8% 的增速成为全球增长核心，高值耗材、智能材料、组织工程等领域成为创新热点。与此同时，技术迭代周期持续缩短，材料研发逐步从“惰性替代”向“生物活性”“智能响应”“功能再生”升级，可降解材料、纳米诊疗试剂、生物 3D 打印等新兴技术不断突破，为行业发展注入新动能，但也对从业者的跨学科知识储备与实践能力提出了更高要求。

为此，我们编写了《生物医用材料学：理论、制备、表征与应用》一书。本书立足学科发展现状与临床实际需求，系统构建了生物医用材料的知识体系，共分为 18 章，形成“基础－表征－应用－前沿”的完整逻辑链。前 4 章为基础理论部分，涵盖生物医用材料的定义、分类、发展历程、结构与性能关系及生物相容性基础，夯实学科认知根基；第 5-14 章聚焦材料结构与性能表征，详细阐述金属、陶瓷、高分子、复合材料的制备工艺，以及微观结构、物理化学性能的测试方法，突出标准规范与实践应用的结合；第 15-16 章专门论述性能表征核心内容，分别从物理化学性能（力学、热学、表面、降解）与生物学性能（体外细胞评价、体内组织评价、免疫安全性）展开，为材料筛选与优化提供技术支撑；第 17 章聚焦临床应用，覆盖骨科、心血管、皮肤软组织、眼科等四大核心领域，解析人工关节、血管支架、组织工程皮肤、人工晶体等典型产品的材料特性与临床适配性；第 18 章展望前沿趋势，围绕组织工程与再生医学、药物递送与诊疗一体化、细胞治疗载体、生物传感器等方向，探讨技术突破与未来挑战，为读者拓展学术视野。

在《生物医用材料学：理论、制备、表征与应用》的编写过程中，本书始终坚持三大原则：一是跨学科融合，注重材料学原理与医学需求的结合，避免单一学科视角

的局限；二是理论与实践并重，既系统阐述核心理论，又详细介绍测试方法、标准规范与临床案例，强化实用性；三是时效性与前瞻性，融入 ISO、ASTM 等最新标准及 2020 年后的行业研究成果，涵盖生物 3D 打印、智能纳米载体、可穿戴传感器等前沿方向，反映学科发展动态。同时，本书参考了国内外权威教材、行业报告及 45 篇核心文献，既吸收国际先进理念，也突出中国学者在生物材料领域的创新贡献与产业特色。

《生物医用材料学：理论、制备、表征与应用》可作为材料科学与工程、生物医学工程、临床医学、口腔医学等专业的本科及研究生教材，也可供生物医用材料研发人员、医疗器械工程师、临床医生及相关监管人员参考。希望通过本书的系统梳理，能够帮助读者构建完整的知识体系，把握学科发展脉络，为生物医用材料的创新研发与临床转化贡献力量。

由于生物医用材料学科发展迅速，新理论、新技术不断涌现，书中难免存在疏漏与不足，恳请广大读者批评指正。

目录

上篇 基础理论与核心原理

第1章 生物医用材料学导论

- 1.1 生物医用材料的定义、范畴与学科界定 14
- 1.2 生物医用材料的发展历程与里程碑 17
- 1.3 生物医用材料的核心要求 23
- 1.4 学科交叉与前沿展望 29

第2章 生物医用材料的结构 – 性能关系

- 2.1 宏观结构与力学性能 35
- 2.2 微观与纳观结构及其功能 39
- 2.3 表界面科学与生物医用材料 44

第3章 生物相容性与生物响应机制

- 3.1 生物相容性的评价体系与标准 50
- 3.2 材料 – 体液相互作用 52
- 3.3 材料 – 细胞相互作用 54

3.4	材料 – 组织相互作用	57
3.5	生物安全性评价方法	60
第 4 章 生物降解与代谢理论		
4.1	生物降解材料的分类与降解机制	64
4.2	降解动力学与数学模型	68
4.3	降解产物的代谢路径与生物安全性	71
4.4	降解行为的调控策略	73
第 5 章 生物医用材料的表面工程与改性		
5.1	表面物理改性	76
5.2	表面化学改性	80
5.3	表面生物功能化	84
第 6 章 生物医用材料的标准化与法规		
6.1	国际与国内标准体系	88
6.2	医疗器械注册与审批流程	91
6.3	伦理考量与临床转化规范	92
6.4	材料的灭菌技术与标准	94
第 7 章 智能响应型生物医用材料		
7.1	智能材料的定义与分类	97
7.2	物理响应型材料	98
7.3	化学与生物响应型材料	101

7.4 形状记忆与自修复材料	103
7.5 可穿戴与可植入柔性智能传感材料	104

下 篇 制备技术、表征方法与应用

第 8 章 金属生物医用材料及其制备

8.1 医用不锈钢	108
8.2 钴基合金	111
8.3 钛及钛合金	112
8.4 镁合金及可降解金属材料	114

第 9 章 陶瓷生物医用材料及其制备

9.1 惰性陶瓷（氧化铝、氧化锆）	117
9.2 生物活性陶瓷（羟基磷灰石、磷酸三钙）	119
9.3 生物玻璃与玻璃陶瓷	122
9.4 多孔陶瓷与组织工程支架	125

第 10 章 高分子生物医用材料及其制备

10.1 天然高分子材料	129
10.2 合成高分子材料	132
10.3 高分子共混与复合改性	135
10.4 高分子微球、凝胶与薄膜的制备	137

第 11 章 纳米生物医用材料及其制备

11.1 纳米材料的基本概念与特性	140
-------------------------	-----

11.2	无机纳米材料	141
11.3	有机纳米材料	144
11.4	纳米复合材料的制备（原位复合法、共沉淀法）	146
11.5	纳米材料的安全性与生物安全性评估	148

第 12 章 生物医用复合材料的制备

12.1	复合材料的设计原则与分类	151
12.2	颗粒增强型复合材料	152
12.3	纤维增强型复合材料	154
12.4	涂层型复合材料	157
12.5	仿生复合材料设计（骨、贝壳结构模拟）	158

第 13 章 先进成型与制造技术

13.1	传统成型技术	161
13.2	增材制造（3D 打印）技术	163
13.3	微纳制造技术	168
13.4	静电纺丝技术与多孔纤维膜制备	172
13.5	多孔纤维膜的功能设计与制备	173
13.6	技术优势与应用拓展	174

第 14 章 生物医用材料的结构表征

14.1	宏观与微观形貌表征	176
14.2	晶体结构与物相分析	180

14.3	化学组成与价键结构	182
14.4	分子量与链结构	185
第 15 章 物理与化学性能表征		
15.1	力学性能测试	188
15.2	热性能表征	191
15.3	表面性能表征	194
15.4	降解性能测试	196
第 16 章 生物学性能表征		
16.1	体外生物学评价	199
16.2	体内生物学评价	203
16.3	免疫原性与致敏性评价	205
16.4	体内降解与代谢动力学评价	206
第 17 章 生物医用材料在临床医学中的应用		
17.1	骨科与硬组织修复材料	208
17.2	心血管系统材料	212
17.3	皮肤与软组织修复材料	215
17.4	眼科材料	217
第 18 章 前沿应用与未来展望		
18.1	组织工程与再生医学材料	220
18.2	药物递送与诊疗一体化材料	222

18.3 细胞载体与干细胞治疗材料 224

18.4 生物传感器与体外诊断材料 226

18.5 未来挑战与发展趋势 228

上篇

基础理论与核心原理

第1章 生物医用材料学导论

1.1 生物医用材料的定义、范畴与学科界定

1.1.1 定义与本质

生物医用材料(Biomedical Materials)的权威定义源自国际标准化组织(ISO):用于诊断、治疗、修复或替代人体组织、器官或增强其功能,且与生物系统直接相互作用的一类材料及其制品。这一定义包含三个核心要素:

功能导向:以改善人体健康为根本目标,覆盖诊断、治疗、修复、替代、增强五大功能维度;

界面相互作用:必须与生物系统(组织、细胞、体液、免疫系统)直接接触并发生相互作用;

制品属性:既包括材料本身,也涵盖基于材料制成的医疗器械(如人工关节、支架、敷料等)。

其本质是“生物-材料”界面的有序调控——材料需在满足力学、化学等基本性能的同时,实现与人体生理环境的和谐共存,甚至主动参与生理过程的调控。与传统工业材料(如建筑材料、电子材料)不同,生物医用材料的核心特征是“生物适配性”,即材料性能需匹配人体生理环境的复杂性(如pH、温度、酶环境)与动态性(如组织修复过程、生理代谢循环)。例如,人工血管材料不仅需具备足够的强度与柔韧性,还需模拟天然血管的抗凝血表面与内皮化能力,才能实现长期服役。

2019

历史机遇 · 打造交流合作基地

Historic Opportunity · Build Communication And Cooperation Bases

· 粤港澳大湾区 · 发展规划纲要

解读2019年新发布《粤港澳大湾区发展规划纲要》

★★★★

大湾区规划 · Introduction

《粤港澳大湾区发展规划纲要》明确了澳门“一个中心、一个平台、一个基地”的三个定位，即：建设世界旅游休闲中心、中国与葡语国家商贸合作服务平台，**打造以中华文化为主流、多元文化共存的交流合作基地。**

It further clarified the three orientations of "one center, one platform and one base" of Macao, namely, to build a world tourism and leisure center, a business and trade cooperation service platform between China and Portuguese-speaking countries, and to build an exchange and cooperation base with Chinese culture as the mainstream and multicultural coexistence.

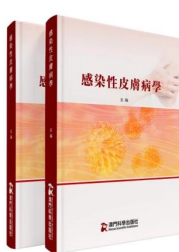


全球发行 · Publishing worldwide



由于国内自费书没有实际销售，出版社不会实际发行，属于非正式出版物，因此国内自费书绝大部分是属于非正式出版物。国际出版即便在没有销售市场的情况下也可以在海外发行上架。世界上其他地方（包括中国）的读者可以通过海外电商平台进行订购和销售。

Since there is no market for self-funded books in mainland China, mainland publishing houses will not actually issue them, so most of self-funded books in the Mainland are informal publications.



- 呼吸系統基本基礎與臨床 Fundamentals and clinic of respiratory diseases
- 臨床腫瘤護理學 Clinical oncology nursing
- 感染性皮膚病學 Infectious dermatology
- 內分泌系統疾病 Endocrine system disease



- 實用小兒內科學 Practical pediatric internal medicine
- 消化系統疾病診療學 Diagnosis and treatment of digestive system diseases
- 現代中醫診斷學 Modern diagnostics of traditional chinese medicine
- 皮膚修復與再生 Skin repair and regeneration

出版流程 · Publishing Process

出版流程快速简便，在填写基本信息、签订合同并支付费用后，IBPC将原始内容进行校对、排版及封面设计；在经过多次校对后，提交申请国际书号；可根据实际需求进行印刷和馆藏存档，最后上架发行。全程专人沟通指导，以极高性价比的方式出版属于自己的作品。

The publishing process is simple and convenient, after filling in the basic information, signing the contract and paying the fee, IBPC will conduct proofreading, typesetting and cover design. After multiple proofreading, submit the ISBN application. According to the actual needs, we will arrange printing and collection archiving, and finally put on the shelves and issued.

检索服务 · Retrieval Service

IBPC的检索服务可提供出版物国际注册文件及出版物所在地的图书馆检索证明，为作者提供证明文件支撑。同时，优秀图书将推荐至国际数据库中收录，提升出版物的认可度。

IBPC can provide retrieval service including the registration documents and the library search certificate. Meanwhile, excellent books will be recommended for inclusion in authoritative databases to enhance the recognition of publications.

销售协议 · Sales Agreement

作者签订销售合作协议后，IBPC可提供多种上架渠道，包括官网、京东、天猫、亚马逊、当当网等平台，可销售纸质印本与电子图书等形式，并按照合作协议进行利润分成。

After the author signs the sales agreement, IBPC can provide a variety of sales channels, such as the official website, JD & T-mall overseas Purchase, Amazon and other platforms, printed paper and electronic books are available, and the authors share the profits according to the sales agreement.



填写信息
Information Filling



签订合同
Contract Signing



支付费用
Payment



提交书稿
Submitting



内容校对
Proofreading
内容排版
Content Layout
封面设计
Cover Design



申请书号
ISBN Apply



印刷出版
Printing



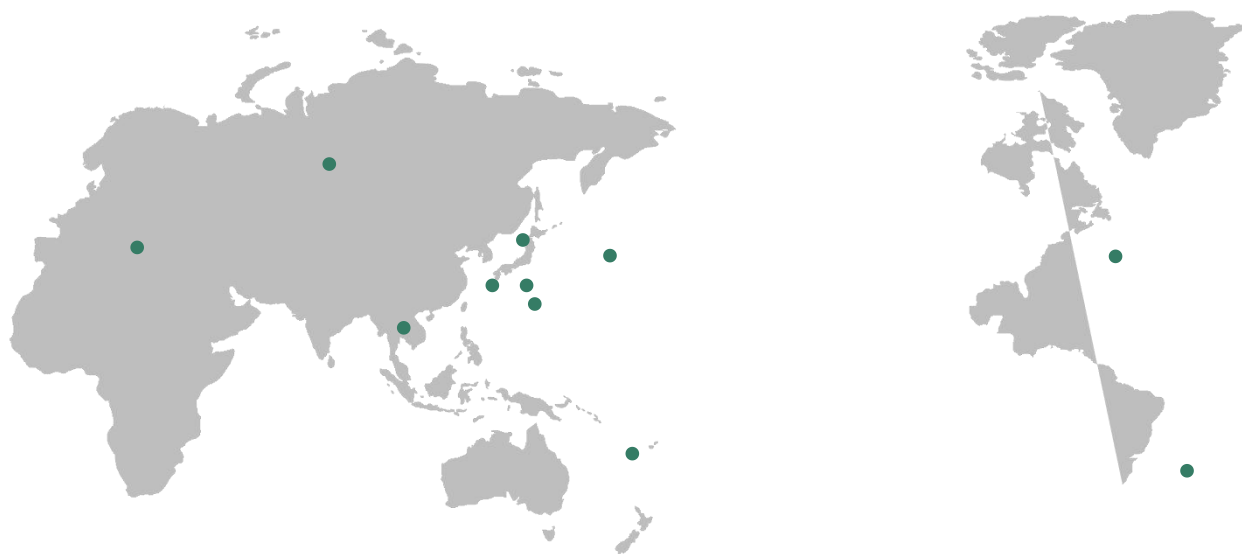
馆藏存档
Archives



上架发行
Publication

澳门科学出版社 MOSP

“以服务青少年及青年科学才俊为己任，
打造国际性的科学技术交流平台”



正规国际出版，首选澳科出版

- 学术著作/个人作品 - 优质
- 中华“强国文化”输出战略 - 翻译后国际出版
- 数字教材 - 教材出书 & 数字化媒体上线

所有优质内容，均可申请出版减免资助。

所有澳门本土内容，均可申请出版减免资助；

澳门总部

电话：0853-62961666（澳门）

邮件：book@mospbs.com

地址：中国澳门南湾大马路恒昌大厦F座11楼

网址：www.mospbs.com（英文）| moaj.mospbs.com（中文）

特别提醒：MOSP所有业务均有出版社的正规盖章合同，
若有任何疑问，可联系出版社编辑确认。