

发酵工程 技术及应用

马 超 马宁宁 著



澳門科學出版社
Macao Scientific Publishers



图书在版编目—建议数据

发酵工程技术及应用 / 马超 马宁宁 著. —澳门:

澳门科学出版社, 2026.09

ISBN 978-99996-58-13-3

I. ①发… II. ①马…②马… III. ①发酵工业

IV. ① TQ92

依据《中国图书馆分类法》提供分类参考数据。

发酵工程技术及应用

马超 马宁宁 著

ISBN 978-99996-58-13-3

责任编辑: 彭 俊

责任校对: 何幸祉

装帧设计: 何幸宜

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: 澳门翰林出版集团有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印 张: 17.25

字 数: 313 千字 印 数: 1~3000

版 次: 2026 年 09 月第 1 版

印 次: 2026 年 09 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

本书受到广东省农村科技特派员专项项目(92520020, 92100023), 广东省科技创新战略专项市县科技创新支撑(92220013), 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)和广东省农产品绿色与智能生产重点实验室的资助支持, 本书还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(BK20181010)及江苏师范大学博士学位教师科研支持项目(17XLR024))的支持, 在此一并表示感谢。

作者介绍

马超

副教授, 现任广东石油化工学院生物与食品工程学院。主要从事微生物技术及应用, 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 2 项。发表论文 45 余篇, 其中 SCI 收录 10 篇。

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青年基金项目 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。

前言

发酵工程是现代生物工程的重要组成部分。它以微生物、细胞或酶为核心,借助培养基设计、发酵设备、过程控制、分离纯化和质量管理等技术,把生物代谢活动转化为稳定、可控、可放大的生产过程。随着生命科学、工程技术和信息技术的不断融合,发酵工程已经从传统食品酿造和经验生产,逐步发展为支撑生物医药、食品健康、农业生产、环境治理、生物基材料和智能制造的重要技术体系。

生物医学工程及相关专业的学生学习发酵工程,不能只停留在“培养微生物”这一层面。学生还需要理解菌种性能、代谢调控、设备运行、工艺放大、质量评价和安全规范之间的联系。一个发酵产品从实验室研究走向工业生产,往往需要经历菌种筛选、培养基优化、小试验证、中试放大、生产控制、分离纯化和质量检验等多个环节。每个环节都影响产品质量、生产成本和应用安全。因此,发酵工程既是一门生命科学课程,也是一门具有鲜明工程属性和产业属性的课程。

本书以“技术基础—工程过程—应用拓展—质量安全—发展趋势”为主线,系统介绍发酵工程技术及其应用。全书首先阐述发酵工程的基本概念、发展历程和应用领域;随后介绍发酵微生物、发酵代谢、培养基设计、发酵过程工程、发酵设备与过程控制、工艺放大与生产管理、发酵产物分离纯化等基础内容;然后围绕生物医药、食品发酵、环境资源化、农业生产、合成生物学、数字化发酵和智能化控制等方向展开应用讨论;最后从质量控制、安全规范、产业化路径和发展趋势等方面,对发酵工程的实际运行进行综合说明。

本书在内容安排上注重基础性、系统性和应用性。基础性体现在对微生物学、生物化学、反应工程和过程控制等核心知识的梳理。系统性体现在对发酵工程全流程的呈现。应用性体现在对典型产业场景和工程问题的分析。为了便于教学和自学,本书各章设置了学习目标、导入案例、本章小结、复习思考题和参考文献。书后附录

还整理了常用发酵微生物名录、培养基配方、过程参数、设备术语、实验安全规范和英文缩略语,便于读者查阅。

本书在编写中力求语言清晰,层次分明,内容准确。书中对法规标准、质量控制和生物安全等内容作了适当说明,目的是帮助读者建立规范意识。发酵工程涉及食品、药品、农业、环境和生物制造等多个领域。不同领域对质量和安全的要求不同。读者在学习时,应把技术原理与实际应用条件结合起来,避免把实验室结论简单等同于工业生产结果,也避免把一般发酵知识直接套用于高风险产品开发。

本书可作为高等院校生物医学工程、生物工程、制药工程、食品科学与工程、环境工程及相关专业的教材,也可供从事发酵工程、生物医药、食品发酵、农业微生物、生物制造和工程转化工作的科研人员、工程技术人员和企业管理人员参考。由于发酵工程发展迅速,相关技术、标准和产业实践仍在不断更新。书中难免存在不足之处,恳请读者在使用过程中提出宝贵意见,以便后续修订和完善。

目录

第1章 绪论

1.1 学习目标	1
1.2 政策与资料说明	1
1.3 导入案例	2
1.4 发酵工程的基本概念	2
1.5 发酵工程的发展历程	5
1.6 发酵工程的主要应用领域	7
1.7 发酵工程的学习方法	10
1.8 本章小结	11
1.9 复习思考题	12

第2章 发酵微生物基础

2.1 学习目标	13
2.2 政策与资料说明	13
2.3 导入案例	14
2.4 发酵微生物的类型	15
2.5 发酵微生物的生理特性	18

2.6	发酵菌种的选育与保藏	22
2.7	发酵微生物的安全与质量控制	25
2.8	本章小结	27
2.9	复习思考题	28

第3章 发酵代谢与产物形成机制

3.1	学习目标	29
3.2	资料与术语说明	29
3.3	导入案例	30
3.4	微生物代谢基础	31
3.5	发酵产物的形成规律	35
3.6	代谢调控与产物提高	39
3.7	发酵代谢研究的工程化思维	43
3.8	本章小结	45
3.9	复习思考题	46

第4章 发酵培养基设计与优化

4.1	学习目标	47
4.2	资料与术语说明	47
4.3	导入案例	48
4.4	培养基的组成	49
4.5	培养基设计原则	54

4.6	培养基优化方法	58
4.7	培养基开发的实验设计与评价	62
4.8	本章小结	66
4.9	复习思考题	67

第 5 章 发酵过程工程基础

5.1	学习目标	68
5.2	资料与术语说明	68
5.3	导入案例	69
5.4	发酵过程的基本类型	70
5.5	发酵动力学	74
5.6	传质与传热	79
5.7	发酵过程工程分析与控制思路	83
5.8	本章小结	86
5.9	复习思考题	87

第 6 章 发酵设备与过程控制

6.1	学习目标	88
6.2	资料与术语说明	88
6.3	导入案例	89
6.4	发酵罐的结构与类型	90
6.5	发酵过程参数检测	95

6.6 发酵过程控制技术	99
6.7 本章小结	104
6.8 复习思考题	105

第7章 发酵工艺放大与生产管理

7.1 学习目标	106
7.2 导入案例	106
7.3 发酵工艺放大的基本原则	107
7.4 发酵工艺放大参数	109
7.5 发酵生产管理	112
7.6 工艺验证、偏差管理与持续改进	115
7.7 资料与术语说明	117
7.8 本章小结	118
7.9 复习思考题	118

第8章 发酵产物分离纯化技术

8.1 学习目标	119
8.2 导入案例	119
8.3 发酵液预处理	120
8.4 分离纯化技术	124
8.5 发酵产物质量评价	129
8.6 下游工艺的工程化管理	133

8.7 本章小结	134
8.8 复习思考题	135
 第 9 章 生物医药发酵技术及应用	
9.1 学习目标	136
9.2 导入案例	136
9.3 资料与规范说明	137
9.4 抗生素发酵	138
9.5 疫苗与生物制品发酵	141
9.6 酶制剂发酵	144
9.7 益生菌发酵	147
9.8 本章小结	150
9.9 复习思考题	150
 第 10 章 食品发酵技术及应用	
10.1 学习目标	151
10.2 导入案例	151
10.3 传统食品发酵	152
10.4 功能食品发酵	156
10.5 食品发酵安全控制	158
10.6 资料与术语说明	161
10.7 本章小结	162
10.8 复习思考题	163

第 11 章 环境与资源发酵技术

11.1 学习目标	164
11.2 导入案例	164
11.3 废弃物资源化发酵	165
11.4 污水与污染物生物处理	168
11.5 生物能源发酵	171
11.6 环境发酵过程安全与工程评价	174
11.7 本章小结	175
11.8 复习思考题	176

第 12 章 农业发酵技术及应用

12.1 学习目标	177
12.2 导入案例	177
12.3 资料与术语说明	178
12.4 生物肥料发酵	179
12.5 饲料发酵	181
12.6 农用微生物制剂	184
12.7 农业发酵安全与质量管理	187
12.8 本章小结	189
12.9 复习思考题	190

第 13 章 合成生物学与发酵工程

13.1 学习目标	191
13.2 导入案例	191
13.3 资料与术语说明	192
13.4 合成生物学基础	193
13.5 代谢工程菌构建	196
13.6 合成生物制造应用	199
13.7 本章小结	202
13.8 复习思考题	202

第 14 章 发酵过程数字化与智能化

14.1 学习目标	203
14.2 导入案例	203
14.3 资料与术语说明	204
14.4 发酵过程数据采集	205
14.5 发酵过程建模	208
14.6 智能发酵控制	211
14.7 本章小结	214
14.8 复习思考题	215

第 15 章 发酵工程质量控制与安全规范

15.1 学习目标	216
15.2 导入案例	216

15.3	资料与术语说明	217
15.4	发酵生产质量管理	218
15.5	发酵污染与防控	222
15.6	生物安全与职业防护	225
15.7	质量风险管理与持续改进	228
15.8	本章小结	229
15.9	复习思考题	230

第 16 章 发酵工程产业化与发展趋势

16.1	学习目标	231
16.2	导入案例	231
16.3	资料与术语说明	232
16.4	发酵工程产业化路径	233
16.5	发酵工程产业案例	237
16.6	发酵工程未来发展方向	239
16.7	本章小结	242
16.8	复习思考题	243

第1章 绪论

1.1 学习目标

通过本章学习,学生应达到以下目标。

第一,学生应理解发酵和发酵工程的基本概念。

第二,学生应掌握发酵工程与微生物学、生物化学、生物医学工程之间的关系。

第三,学生应了解发酵工程从传统经验技术到现代生物制造技术的发展过程。

第四,学生应认识发酵工程在医药、食品、农业、环境、能源和生物基材料等领域的应用价值。

第五,学生应初步形成工程化、质量化、安全化和绿色化的发酵工程思维。

1.2 政策与资料说明

本章涉及政策与产业数据时,主要参考公开发布的政策文件、标准信息 and 国际组织资料。国家《“十四五”生物经济发展规划》提出,要推动合成生物学技术创新,并突破生物制造菌种计算设计、高通量筛选、高效表达、精准调控等关键技术。国家标准信息公共服务平台显示,《生物发酵行业智能制造 第1部分:控制系统》已于2024年10月1日实施,《生物发酵行业智能制造 第2部分:智能生物反应器》已于2024年7月1日实施。新华社2025年报道提到,我国生物制造产业总规模达到1.1万亿元,生物发酵产品产量占全球70%以上。世界卫生组织资料显示,抗微生物药

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.

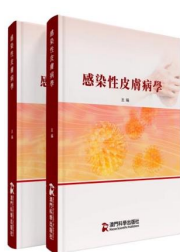


全球发行 · Publishing worldwide



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.



- 呼吸系统基本基础与临床 Fundamentals and clinic of respiratory diseases
- 临床肿瘤护理学 Clinical oncology nursing
- 感染性皮肤病学 Infectious dermatology
- 内分泌系统疾病 Endocrine system disease



- 实用小儿内科学 Practical pediatric internal medicine
- 消化系统疾病诊疗学 Diagnosis and treatment of digestive system diseases
- 现代中医诊断学 Modern diagnostics of traditional chinese medicine
- 皮肤修复与再生 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



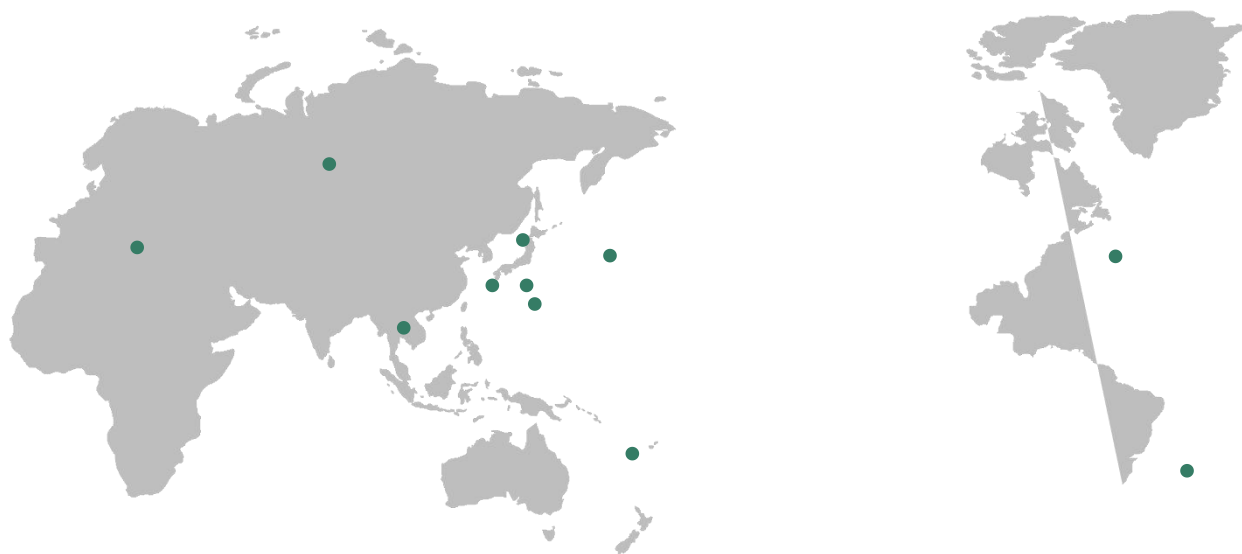
馆藏存档
Archives



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。