



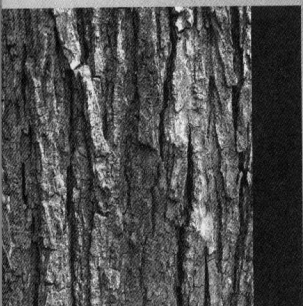
生态 Ecological 生物化学工程

Biochemical Engineering

■ 陈洪章 编著 ■



化学工业出版社



生态 Ecological 生物化学工程

Biochemical Engineering

■ 陈洪章 编著 ■



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

生态生物化学工程/陈洪章编著. —北京: 化学工业出版社, 2008. 1

ISBN 978-7-122-01832-8

I. 生… II. 陈… III. 生态学: 生物化学-化学反应工程 IV. Q033

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 001453 号

责任编辑: 傅四周 莫小曼

文字编辑: 孙婷婷

责任校对: 洪雅姝

装帧设计: 关 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 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市前程装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 18¼ 字数 289 千字 2008 年 3 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: 43.00 元*

版权所有 违者必究

前言

生物化学工程在生物技术中占有重要地位，它是上游生物技术与生物技术产业化之间的纽带。作者根据多年对固态发酵和发酵原料的研究经验，建立了新型固态发酵和原料组分分离技术平台，同时基于现代生物技术和工业生态学的迅速发展，对现有生物化学工程存在的问题的解决提出了许多新思路，进而提出生态生物化学工程（简称“生态生物化工”或“生态生化工程”这一新学科。本书编写的目的在于总结国内外有关生态生物化学工程研究实践，进而提升到理论的高度，为提升生物技术的水平和实现生物技术产业的清洁化发挥作用。

本书首先介绍生物化学工程运行框架的主要问题，以及现代生物技术和工业生态学的最新发展概况，提出生物化学工程新的生长点与发展前景——生态生物化学工程；其次，阐明生态生物化学工程研究理论、方法及研究策略；再次，介绍了生态生物化学工程的规划和设计原则以及生态生物化学工程的关键技术平台；最后是生态生物化学工程技术范例的应用。生态生物化学工程是作者提出的新学科，大多内容以作者的研究实践为主，这更能体现出本书的特点。

生态生物化学工程的提出，先后得到一些专家的肯定：①2002年张广学院士给予的评价是：“针对传统生化工程学科理论中存在的问题，提出了生态生化工程新理念，有助于生态生化工程学科的建立，对生化工程学科的发展具有推动作用。”②中国微生物学会原秘书长程光胜研究员的评价是：“《中国生物工程杂志》第22卷第3期（2002年6月）发表了中国科学院过程工程研究所生化工程国家重点实验室陈洪章、李佐虎两位先生的大作“生化工程的新理念及其技术范例——生态生化工程的发展及其学科基础”。它不同于眼下国内流行的靠摘抄文献拼凑而成的所谓综述，而是在自身工作基础上，结合国际上流行的一些新动向，提出了自己的见解，可以说是一篇在写作指导思想和写作方法上比较接近国际高水平学术刊物中的综述的作品。”

作者在该方面的研究得到了国家重点基础研究发展计划（973计划）

(2004CB719700) 和中国科学院知识创新工程重要方向性项目 (KJCX2-SW-206) 的资助。另外, 作者的十几位硕士和博士研究生的研究工作是本书得以出版的重要前提, 其中李宏强博士参与了第 1 章、第 3 章、第 5 章和第 6 章的撰写, 谢双平硕士参与了第 2 章的撰写和汇总工作, 曾薇硕士参与了第 4 章的撰写, 陈国忠博士、于彬博士、付小果硕士和张建兴硕士参与了第 6 章中的盐肤木、皇竹草、葛根和秸秆生态工业园的撰写。在本书编著过程中, 参考了大量国内外前辈和同行们撰写的书籍及期刊论文资料, 在此一并表示衷心的感谢。

书中有不当之处, 诚请读者批评指正, 并欢迎来函指导。

陈洪章

2007 年 9 月于北京市中关村北二条 1 号

中国科学院过程工程研究所生化工程国家重点实验室

E-mail: hzchen@home.ipe.ac.cn

相关图书书目

书 名	作 者	出版 时间	开本	装订	单价 (元)
生物化学工程	谭天伟主编	2008	16	平	
实用酶技术丛书——酶制剂技术	罗立新 娄文勇	2008	B5	平	28(估)
蒸汽爆碎技术原理与应用	陈洪章 刘丽英	2007	大 32	平	29
酶催化动力学——方法与应用	[加]A. G. 马兰戈尼著 赵裕蓉 张鹏译	2007	B5	平	36.00
动物细胞培养工程	张元兴	2007	16	平	39.00
生物实验室系列——发酵工程实验技术	陈 坚	2004 重印	16	平	56.00
现代发酵工程丛书——发酵过程解析、控制与检测技术	史仲平	2005	小 16	平	45.00
现代发酵工程丛书——现代发酵微生物实验技术	诸葛健	2005	小 16	平	28.00
现代生物技术丛书——生物传感器	张先恩	2006	16	平	59.00
现代生物技术丛书——生物芯片技术	陈忠斌	2005	16	平	76.00
现代生物技术丛书——生物制药技术	朱宝泉	2004	16	平	60.00
现代生物技术丛书——生物工程下游技术(第二版)	刘国詮	2003 重印	16	平	45.00
现代生物技术丛书——农业生物工程(第二版)	莽克强	2004	16	平	40.00
现代生物技术丛书——微生物工程	焦瑞身	2003	16	平	78.00
现代生物技术丛书——动物细胞工程	徐永华	2005 重印	16	平	35.00
现代生物技术丛书——植物细胞工程	朱至清	2005 重印	16	平	30.00
现代生物技术丛书——蛋白质工程	王大成	2003 重印	16	平	36.00
现代生物技术丛书——基因工程	李建凡	2003 重印	16	平	30.00
现代生物技术丛书——环境生物工程	陈 坚	2002 重印	16	平	45.00
现代生物技术丛书——酶工程	罗贵民	2004 重印	16	平	50.00
现代生物技术丛书——生物技术与疾病诊断	卢圣栋	2003 重印	16	平	25.00
现代生物技术丛书——组织工程	杨志明	2003 重印	16	平	48.00
实用生物技术丛书——非热杀菌技术与应用	李汴生 阮 征	2004	16	平	35.00

续表

书 名	作 者	出版 时间	开本	装订	单价 (元)
实用生物技术丛书——动物细胞培养技术与应用	王 捷	2004	16	平	32.00
实用生物技术丛书——基因克隆技术在制药中的应用	杨汝德	2004	16	平	45.00
实用生物技术丛书——细胞融合技术与应用	罗立新	2004	16	平	25.00
实用生物技术丛书——酶的生产与应用	郭 勇	2005 重印	16	平	35.00
有机化学中生物转化(原著第四版)	吉爱国等译	2006	小 16	平	39.00
生物资源中活性物质的开发与利用	刘建文	2005	16	平	69.00
微生物重要代谢产物——发酵生产与过程解析	陈 坚	2005	16	平	68.00
生物催化工艺学	孙志浩	2005	16	精	98.00
生物催化和生物降解——有机化合物的微生物转化	沈德中译	2005	小 16	平	35.00
海洋生物技术研究进展	王长海	2005	16	平	58.00
纤维素生物技术	陈洪章	2005	16	平	45.00
代谢工程的途径分析与优化	修志龙	2005	小 16	精	45.00
发酵工程关键技术及其应用	欧阳平凯	2005	16	平	49.00
发酵过程原理	叶 勤	2005	小 16	平	30.00
生物化学仪器分析与实验技术	周先碗 胡晓倩	2005 重印	16	平	45.00
现代应用生物技术	刘仲敏	2004	16	精	98.00
重组蛋白分离与分析	范代娣	2004	大 32	平	28.00
生物过程工程与设备	陈洪章	2004	16	精	68.00
立体选择性生物催化	方唯硕	2004	16	精	120.00
生物体系中的化学测量	Kent K. Stewart Richard E. Ebel 著	2003	大 32	平	26.00
环境生物技术与工程	陈欢林	2003	16	平	60.00

续表

书 名	作 者	出版 时间	开本	装订	单价 (元)
肽核酸	何 为 马立人	2003	大 32	平	30.00
生物技术与抗除草剂作物	苏少泉	2003 重印	32	平	20.00
生物超分子体系	李 惟	2003 重印	大 32	平	24.00
生物芯片(第二版)	马立人	2003 重印	大 32	平	35.00
生物催化的手性合成	张玉彬	2003 重印	大 32	平	30.00
污染环境的生物修复	沈德中	2002 重印	16	平	45.00
制药生物技术(原著第二版)	吉爱国等译	2005	16	平	49.00
海洋生化工程概论	王长海	2004	小 16	平	40.00
生物化工新产品与新技术开发指南(第二版)	戎志梅	2004	16	平	78.00
生物化工产品生产工艺技术及应用	任凌波	2004 重印	32	平	40.00
生化反应动力学与反应器(第二版)	戚以政	2004 重印	大 32	平	24.00
现代微生物技术丛书——微生物分子育种原理与技术	汪天虹	2005	小 16	平	45.00
现代微生物技术丛书——农业微生物技术	孔 健	2005	小 16	平	30.00
现代微生物技术丛书——微生物技术开发原理	曲音波	2005	小 16	平	35.00
现代微生物技术丛书——资源环境微生物技术	高培基 许 平	2004	小 16	平	48.00
现代微生物技术丛书——微生物酶转化技术	宋 欣	2004	小 16	平	35.00
现代微生物技术丛书——药物微生物技术	李越中	2004	小 16	平	30.00
农业生物技术系列——草坪草生物技术及应用	林忠平	2006	小 16	平	30.00
农业生物技术系列——微生物农药研发与应用	周 赓 喻子牛等	2006	小 16	平	38.00
农业生物技术系列——现代生物技术与畜禽疾病防治	陈博言	2005	小 16	平	32.00
微生物重要代谢产物——发酵生产与过程解析	史仲平	2005	16	平	65.00
现代发酵工程丛书——现代发酵微生物实验技术	诸葛健	2005	小 16	平	28.00
多尺度微生物过程优化	张嗣良	2003	16	平	45.00

续表

书 名	作 者	出版 时间	开本	装订	单价 (元)
海洋微生物及其代谢产物	林永成	2003	16	平	68.00
现代微生物遗传学	陈三凤	2004 重印	16	平	35.00
植物生物活性物质	唐传核	2005	16	精	58.00
植物细胞培养工程	元英进	2004	小 16	平	38.00
植物化学成分	陈业高	2004	16	平	40.00
植物组织培养与工厂化育苗	崔德才 徐培文	2004 重印	大 32	平	28.00
中国生物技术产业发展报告(2005)	中国生物 工程学会	2006	大 16	平	98.00
中国生物技术产业发展报告(2004)	中国生物 工程学会	2005	大 16	平	80.00
中国生物技术产业发展报告(2003)	中国生物 工程学会	2004	大 16	平	60.00
中国生物技术产业发展报告(2002)	中国生物 工程学会	2004 重印	大 16	平	45.00
生物技术投资必读——如何投资生物技术与 生命科学板块	[美]唐马克	2005	大 32	平	28.00
海绵形态学辞典	[法]尼古拉· 伯雷-伊 斯奈尔特	2003 重印	大 32	平	15.00
汉英生物技术词汇	安利佳 包永明	2003	32	精	60.00
英汉生物技术词汇	安利佳	2003 重印	大 32	精	68.00

邮购电话/传真: 010-64518888 或 010-64518899

E-mail: yougou@cip.com.cn

如果您需要了解更多信息, 欢迎登录我社网站: www.cip.com.cn

目 录

第 1 章 生物化学工程回顾与发展	1
1.1 生物化学工程的历史发展	3
1.2 现代生物技术和工业生态学的发展	4
1.2.1 生物化学工程与现代生物技术	4
1.2.2 生物化学工程与工业生态学	7
1.3 生物化学工程运行框架的主要问题	8
1.3.1 原料问题	8
1.3.2 生物技术产业化主体技术问题	9
1.3.3 系统能量和物质集成的问题	12
1.4 生态生物化学工程的提出与发展前景	13
参考文献	14
第 2 章 生态生物化学工程理论和方法	15
2.1 分子生物学工程化研究趋势	17
2.2 生物技术产业化的生态观	19
2.2.1 工业的三种发展模式	19
2.2.2 生态工业	20
2.3 生态生物化学工程理论基础与方法	21
2.3.1 工业生态学理论与方法	21
2.3.2 过程集成理论与方法	30
2.3.3 生态系统生态学基础	49
2.3.4 多尺度理论基础	50
2.3.5 生物化学工程基础	51
2.3.6 总结	53
2.4 生态生物化学工程的指导原则	53
参考文献	55
第 3 章 生态生物化学工程研究策略	59
3.1 原料的转变是生态生物化学工程挑战性课题	61
3.1.1 生物化学工程行业的原料	61

3.1.2 将纤维素资源作为生物化学工程原料的难点	62
3.1.3 循环经济时代的生物化学工程行业	67
3.1.4 原料的转变是实现“4R”的必由之路	77
3.2 原料组分分离理论体系	86
3.2.1 原料组分分离新理念与生态生物技术产业化	87
3.2.2 原料组分分离新理念与分层多级利用生态产业链	88
3.3 生物反应“四传一反”非线性工程基础	89
3.3.1 信息传递是生物活性的本质	91
3.3.2 以法向作用力为基础的动量、质量、热量的传递特性	92
3.3.3 生物反应动力学的非线性特征	94
3.4 生态生物化学工程的过程集成策略	96
3.4.1 过程集成概述	96
3.4.2 突破生物技术产业化瓶颈	97
3.4.3 生物过程集成化技术的主要研究内容	98
参考文献	100
第4章 生态生物化学工程规划和设计	103
4.1 生态生物化学工程规划与设计概述	105
4.1.1 生态生物化学工程设计的层次	105
4.1.2 生态生物化学工程设计的技術路线	105
4.1.3 生态生物化学工程技术与配套技术规划	105
4.1.4 生态生物化学工程设计技术体系	105
4.2 生态生物化学工程的规划和设计原则	107
4.2.1 原料组分分离是实现工业生态化的前提	108
4.2.2 研发清洁、节能、节水、耦合新过程是核心	109
4.3 生态生物化学工程规划与设计过程	109
4.3.1 生态生物化学工程设计项目的组织	109
4.3.2 制定生态生物化学工程设计战略及产品改进想法	111
4.4 生态生化工业园的规划和设计	112
4.4.1 生态生化工业理论与实践概述	112
4.4.2 园区系统框架规划与设计	117
4.4.3 生化工业生态系统结构设计	120
4.4.4 园区设计的分析与集成方法	121
4.4.5 生态生化设计	125
4.4.6 零排放设计	126

4.4.7 园区景观生态规划	128
4.4.8 园区评价指标体系	130
4.5 小结	137
参考文献	138
第5章 生态生物化学工程的关键技术平台	141
5.1 原料组分分级分离技术	143
5.1.1 引言	143
5.1.2 稻草器官水平酶解性能的不均一性	144
5.1.3 稻草器官水平结构特征的不均一性及其与酶解性能的关系	145
5.1.4 稻草器官水平发酵乙醇性能的不均一性	148
5.1.5 稻草器官水平制浆性能的不均一性	150
5.1.6 玉米秸秆不同部位质量和组成的不均一性	151
5.1.7 玉米秸秆不同部位的酶解不均一性	153
5.1.8 玉米秸秆组织水平分离方法的建立	154
5.2 新型固态发酵清洁技术	160
5.2.1 气相双动态固态纯种发酵技术作用机制	162
5.2.2 固态发酵的应用与发展前景	168
5.3 分离纯化集成技术	169
5.3.1 生物分离技术研究现状	169
5.3.2 反应分离过程集成系统综合研究进展	170
5.3.3 生物分离过程的高效集成化	176
5.4 展望	180
参考文献	180
第6章 生态生物化学工程的技术范例	183
6.1 粮食生物转化生态工业园	185
6.1.1 玉米酒精生产概况	185
6.1.2 玉米酒精生态工程结构设计	185
6.2 甘蔗生态工业园规划与设计	190
6.2.1 蔗梢	190
6.2.2 蔗渣	191
6.2.3 蔗汁与蔗糖	192
6.2.4 糖蜜	192
6.2.5 废水	193
6.3 秸秆生态工业园规划和设计	194

6.3.1	秸秆高效转化利用的困境	194
6.3.2	技术经济关久攻不破的分析	195
6.3.3	总体构思	197
6.3.4	秸秆发酵乙醇研究技术进展	199
6.4	皇竹草生态园规划和设计	204
6.4.1	皇竹草简介	204
6.4.2	皇竹草的成分分析	205
6.4.3	皇竹草生态产业链的开发——皇竹草发酵燃料乙醇	205
6.4.4	年产 12 万吨燃料乙醇皇竹草生态工业园规划与设计	211
6.5	葛根生态工业园	213
6.5.1	概述	213
6.5.2	葛根生态产业链的开发——汽爆葛根同步糖化固态发酵联产 乙醇与葛根总黄酮	215
6.5.3	年产 20 万吨葛根燃料乙醇生态工业园的规划与设计	228
6.6	盐肤木生态工业园的规划与设计	231
6.6.1	引言	231
6.6.2	盐肤木的资源分布及利用情况	231
6.6.3	盐肤木果实的结构组成	233
6.6.4	盐肤木果实的化学成分	233
6.6.5	盐肤木果实的开发利用	238
6.6.6	盐肤木生态工业园的规划与设计	245
6.7	茅草生态工业园	246
6.7.1	茅草成分分析与纤维特征	247
6.7.2	工艺路线设计	248
6.8	城市垃圾生物转化生态工业园（沼气发酵系统）	249
6.8.1	有机复肥的生产	250
6.8.2	沼气	253
6.9	甜高粱生物量全利用产业化规划设计	255
6.9.1	技术特点	256
6.9.2	技术优势	257
6.9.3	工艺流程	258
6.9.4	产品优势分析	258
6.10	竹子生态工业园规划与设计	259
6.10.1	概述	259

6.10.2	竹材研究现状	261
6.10.3	竹子生态产业链的开发——竹原纤维生产联产发电	266
6.11	橡子汽爆处理发酵燃料乙醇及其综合利用生态产业链	269
6.11.1	橡子的生物学特性	270
6.11.2	橡子的化学成分	270
6.11.3	橡子汽爆处理发酵燃料乙醇及其综合利用生态产业链 工艺流程及特点	272
6.11.4	结论	273
参考文献		274

第1章

生物化学工程回顾与发展

1.1 生物化学工程的历史发展

传统的微生物发酵制品——发酵食品和饮料已具有悠久的历史，例如，公元前的夏禹时代，中国的古代先民就开始酿造米酒；几千年前，中国就发酵豆类制造酱油。在很长的一段时间里，人们虽然已经知道如何改善酒类等酿造食品的风味及质量，但是却没有认识到它和微生物之间的关系，而是将其看作是一种神秘的过程。

1857年，法国著名微生物学家、化学家，近代微生物学的奠基人路易斯·巴斯德（Louis Pasteur）首次证明了酒精发酵是由酵母引起的，同时，他还指出某些疾病是由微生物引起的。这以后，随着微生物分离、纯化、纯培养技术的逐步确立，人类开创了一个控制微生物反应的新的历史时期。

19世纪末和20世纪初，工业微生物产品开始有所发展。第一次世界大战时，Weismann采用细菌发酵玉米醪生产丙酮，建立了丙酮发酵工业；1923年，美国的Pfizer制药公司利用黑曲霉发酵生产柠檬酸，开创了柠檬酸发酵工业。随后许多化工产品也相继采用生物化学工程的方法生产，但其产品如乳酸、乙醇、丙酮-丁醇等大多为厌氧发酵产物，产物的分子结构比基质更为简单，属初级代谢产物，生产技术及设备也并不复杂。

20世纪40年代，由于第二次世界大战的爆发，世界对于有效的抗菌药物的需求更加强烈。这时由英国科学家弗莱明（Fleming）发现的青霉素被Florey和Chain提纯并经临床证实为一种高效低毒的抗菌药物。抗生素的卓越疗效被证实，其需求量日益增加。但其生产技术要求高，属于好氧发酵类型，产物的分子结构复杂为次级代谢产物，在培养液中的含量很低，生产过程中需要维持纯种培养，无菌要求很高。为了增加抗生素的产量，突出的问题是要改变原来生产劳动强度大、占地面积较多的表面培养法为采用大容积发酵罐生产的沉浸培养法以及采用高效提取精制设备代替原来的实验室提取精制手段。于是一批工程技术人员（特别是化学工程师）参加了抗生素生产的工业开发工作，在他们的努力下，适用于纯种和沉浸培养带有通气和搅拌装置的发酵罐终于被研制出来。初期生产青霉素