

研究生教学用书

教育部研究生工作办公室推荐

现代环境生物技术

Environmental Biotechnology

(第2版)

王建龙 文湘华 编著

清华大学出版社

研究生教学用书

教育部研究生工作办公室推荐

现代环境生物技术

(第2版)

Environmental Biotechnology

王建龙 文湘华 编著

清华大学出版社

北京

内 容 提 要

现代环境生物技术是现代生物技术与环境科学紧密结合形成的新兴交叉学科。本书系统讲述了现代生物技术的主要内容及其在环境学科中的重要应用。首先介绍了酶工程、基因工程、细胞工程和发酵工程的基本原理,然后分章介绍了生物技术在环境污染治理中的应用,内容涉及污染治理、污染预防、清洁能源、废物资源化、环境生物监测与安全性评价等。本书既注重基本知识、基本概念的介绍,也注重该领域的最新发展。本书为教育部推荐研究生教学用书,可作为环境及相关专业高年级本科生及研究生的教材和教学参考书,也可供相关专业教师及科技人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

现代环境生物技术/王建龙,文湘华编著.—2版.—北京:清华大学出版社,2008.9
ISBN 978-7-302-18064-7

I. 现… II. ①王… ②文… III. 环境生物学 IV. X17

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第098282号

责任编辑:柳 萍

责任校对:刘玉霞

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:37 字 数:890千字

版 次:2008年9月第2版 印 次:2008年9月第1次印刷

印 数:1~5000

定 价:58.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:019626-01

光华基金会为支持专著和研究生教材的出版,给予我社资助,本书即为由光华基金会资助出版教材之一。

第 2 版前言

《现代环境生物技术》一书第 1 版自 2001 年出版以来,承蒙广大读者厚爱,此书已成为多所大学高年级本科生、研究生教材或教学参考书。在几年的使用过程中,我们不断收到读者对本书的肯定意见,也听到了不少对本书的建议。我们在自己的教学过程中,也深深感受到学生们对本课程的热情。他们以不懈的钻研精神努力学习,关注现代环境生物技术的发展,对课程及本书的内容提出了许多建设性的意见。环境生物技术近年来随着现代生物学理论及技术的发展,正处于快速发展阶段,不断产生着新的理论与方法。这些都促使我们鼓励自己,尽所能改编此书,使其内容更加系统、丰富,更适合读者的需求。

与此书的第 1 版相比,第 2 版我们重点做了以下修改:

(1) 增强了书的系统性与合理性,调整了一些章节中部分内容的顺序,使读者更容易学习与系统掌握生物技术的全貌。

(2) 增加了大量新内容,重点是近年来发展起来的一些新的理论与方法。

以此奉献给读者,希望大家学习现代环境生物技术提供有益的帮助。

现代环境生物技术发展迅猛,我们十分清楚,无论如何努力,均不可能涵盖所有相关内容。我们期望不断对此书进行修改与完善。

作者在此衷心感谢读者,悉心倾听批评意见。

本书出版得到了光华基金会和清华大学核能与新能源技术研究院课程体系建设工作小组的支持,清华大学出版社为本书的出版提供了大力帮助,特此致谢。

作 者

2008 年仲夏于清华园

第 1 版前言

工业革命极大地改变了人类社会文明发展的进程,使人们在享受工业文明创造的丰硕果实的同时,也遭受了随之而来的环境污染和生态破坏的危害。环境保护越来越受到人们的关注。尽管环境污染日益加剧,污染状态更加复杂,但人们对环境质量的要求却越来越高,传统的治理技术已难以满足越来越严格的环境标准。

现代环境生物技术是现代生物技术与环境科学紧密结合而形成的新兴交叉学科,是一种经济效益和环境效益俱佳的、解决复杂环境污染问题的有效手段,是当代环境学科发展的主导方向之一。

我们在清华大学环境科学与工程系为研究生开设现代环境生物技术这门课程已有数年,该课程开设以来,不仅本系的研究生,其他系(包括化学系、化工系、生物系、材料系等)的研究生及外校研究生们也纷纷选修该课,受到了同学们的普遍欢迎和好评。

本书基本上以讲授提纲为骨架,结合作者多年的科研经验与成果,并参考国内外有关书籍及该领域的最新进展编写而成。本书在编排上分为两大部分,首先从基础理论与技术特点等方面对现代生物技术的四大分支领域,即酶工程、基因工程、细胞工程和发酵工程进行了深入介绍,然后介绍了现代环境生物技术的应用领域。在具体授课时,可根据需要选用。在本书的编写过程中,我们力求内容全面新颖、深入浅出,概念准确,语言通俗易懂,尽量反映出现代环境生物技术的全貌、最新成果和发展方向。

本书可供相关专业的高年级本科生和研究生作为教材或教学参考书,也可供相关专业的教师和研究人员参考。由于作者水平有限,加之时间紧迫,书中难免出现这样或那样的问题,在此,衷心欢迎读者提出宝贵意见!

作 者

2000 年 10 月于清华园

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 生物技术概论	1
1.1.1 生物技术的定义	1
1.1.2 传统生物技术与现代生物技术	1
1.1.3 现代生物技术的发展	2
1.1.4 现代生物技术的特点及研究内容	3
1.1.5 现代生物技术的应用	5
1.2 环境生物技术概论	6
1.2.1 环境生物技术的定义	6
1.2.2 现代环境生物技术的发展	7
1.2.3 环境生物技术的研究范围	7
1.3 本书内容	8
第 2 章 酶工程	10
2.1 概述	10
2.1.1 对酶的认识历程	10
2.1.2 酶及其应用研究发展	11
2.1.3 酶工程的研究内容	12
2.2 酶的催化特性	13
2.3 酶作用原理	17
2.3.1 酶的分类及命名	17
2.3.2 酶催化反应原理	19
2.3.3 酶催化反应的影响因素	19
2.4 酶催化反应动力学	22
2.4.1 底物浓度对酶催化反应速度的影响	23
2.4.2 Briggs 和 Haldane 的稳态处理法	24
2.4.3 关于米-门方程的讨论	27
2.4.4 米氏常数的意义	28
2.4.5 米氏常数的求法	30
2.5 酶的抑制作用	34
2.5.1 抑制作用及其类型	34
2.5.2 区分可逆和不可逆抑制作用的动力学方法	34
2.5.3 竞争性抑制作用	35
2.5.4 非竞争性抑制作用	36
2.5.5 反竞争抑制作用	37

2.5.6	底物抑制作用	39
2.6	酶的生产及分离纯化	40
2.6.1	酶的生产	40
2.6.2	酶的分离纯化	42
2.7	酶分子修饰	59
2.7.1	酶分子的化学修饰	60
2.7.2	酶分子的生物修饰	61
2.8	酶固定化	63
2.8.1	固定化方法	64
2.8.2	固定化酶性质的变化	67
2.9	酶反应器	68
2.9.1	酶反应器的类型	68
2.9.2	酶反应器的设计原则	69
2.10	环境污染治理中的重要酶及应用举例	70
2.10.1	脂化物降解酶	70
2.10.2	氨氧化酶	78
2.10.3	酶在废水处理中的应用	83
2.10.4	酶在土壤修复中的应用	89
2.11	酶工程发展展望	100
第3章	基因工程	101
3.1	基因工程的发展	101
3.2	基因工程的分子生物学基础	103
3.2.1	DNA 的结构与功能	103
3.2.2	DNA 的变性、复性与杂交	107
3.2.3	遗传信息的传递方向——中心法则	110
3.3	基因工程概要	111
3.3.1	基因工程的概念	111
3.3.2	基因工程的实验步骤	112
3.3.3	基因工程操作的基本技术	114
3.4	基因工程工具酶	114
3.4.1	限制性内切酶	115
3.4.2	连接酶	118
3.4.3	修饰酶	119
3.5	基因工程载体	121
3.5.1	载体的必备条件	121
3.5.2	载体的分类	122
3.5.3	用于原核生物宿主的载体	123
3.5.4	用于真核生物宿主的载体	128
3.5.5	用于植物宿主的载体	131

3.5.6	用于动物宿主的载体	131
3.6	目的基因的获得	132
3.6.1	概述	132
3.6.2	目的基因的获得方法	132
3.6.3	原核生物目的基因的获得	133
3.6.4	真核生物目的基因的获得	135
3.7	目的基因的转移	139
3.7.1	受体细胞及其分类	140
3.7.2	目的基因的导入方法	141
3.8	重组体的筛选	144
3.8.1	传统生物学方法	144
3.8.2	核酸杂交法	146
3.8.3	印迹技术	149
3.9	DNA 序列分析	151
3.9.1	Maxam-Gilbert 化学降解法	152
3.9.2	Sanger 双脱氧法	154
3.10	基因工程微生物在污染治理中的应用	158
3.10.1	微生物基因改造的主要目标及手段	159
3.10.2	基因工程微生物的主要应用	162
第 4 章	细胞工程	169
4.1	细胞工程基础知识	170
4.1.1	细胞的大小及分类	170
4.1.2	细胞周期	173
4.2	微生物细胞工程	174
4.2.1	微生物细胞工程的主要内容	174
4.2.2	微生物细胞融合的基础知识	175
4.2.3	原核细胞的原生质体融合	177
4.2.4	真核细胞的原生质体融合	179
4.3	植物细胞工程	179
4.3.1	植物组织培养	179
4.3.2	植物原生质体制备	184
4.3.3	植物原生质体培养	186
4.3.4	植物原生质体融合	186
4.4	动物细胞工程	187
4.4.1	动物细胞培养	188
4.4.2	动物细胞融合	188
4.4.3	单克隆抗体的制备	192
4.4.4	细胞拆合	195
4.5	细胞融合技术在污染治理中的应用	197

4.5.1	动物细胞融合技术的应用	197
4.5.2	植物细胞融合技术的应用	198
4.5.3	微生物细胞融合技术的应用	199
4.6	抗性植物在生物修复中的应用	200
4.6.1	植物对非生物胁迫应答的机制	200
4.6.2	植物修复原理	201
4.6.3	重金属污染的植物修复	201
4.6.4	有机污染物的植物修复	202
4.7	抗体技术在污染治理中的应用	204
4.7.1	抗体片段的开发	204
4.7.2	免疫分析和环境监测	205
4.7.3	去除微量持久性有机污染物	206
4.8	微生物表面展示技术在重金属污染治理中的应用	206
4.8.1	微生物表面展示技术	206
4.8.2	重金属污染治理	207
第5章	发酵工程	211
5.1	概述	211
5.1.1	发酵的含义	211
5.1.2	发酵工业的回顾	211
5.1.3	发酵工程的内容	213
5.1.4	发酵工程的应用	215
5.2	发酵的基本过程	215
5.3	菌种选育	216
5.3.1	菌种分离、筛选的原则与步骤	217
5.3.2	自然选育	219
5.3.3	诱变育种	220
5.4	发酵工艺	227
5.4.1	发酵类型	227
5.4.2	发酵方法	229
5.4.3	发酵方式	230
5.5	发酵生物反应器	232
5.6	发酵过程监测	234
5.6.1	监测参数	234
5.6.2	监测技术	235
5.7	发酵动力学	237
5.7.1	发酵动力学研究内容	237
5.7.2	发酵动力学研究方法	238
5.7.3	微生物生长动力学	238
5.7.4	产物形成动力学	241

5.8	发酵过程优化及控制	242
5.8.1	发酵过程的建模	242
5.8.2	非结构模型	243
5.8.3	结构模型	243
5.8.4	发酵过程控制	244
5.9	下游处理	245
5.10	发酵与产物分离耦联技术	246
5.10.1	耦联方式	246
5.10.2	耦联技术的应用	246
5.11	代谢控制发酵	249
5.11.1	代谢控制发酵的发展	249
5.11.2	代谢控制发酵的理论基础	250
5.11.3	代谢控制发酵的设计思路	253
5.12	固态发酵及固体废弃物处理	255
5.12.1	固态发酵	255
5.12.2	固态发酵生物反应器类型及特征	256
5.12.3	堆肥	258
5.13	发酵工业的发展趋势	260
第6章	污染治理生物技术	262
6.1	生物处理技术概述	262
6.1.1	生物处理的基本原理	262
6.1.2	微环境的概念及意义	268
6.1.3	微生物催化降解的必要条件	268
6.1.4	影响生物降解的因素	269
6.1.5	生物处理过程控制	270
6.1.6	生物处理过程的重要结构	271
6.2	废水生物处理新技术	276
6.2.1	生物脱氮除磷	276
6.2.2	高效生物膜处理系统	290
6.2.3	膜-生物反应器	295
6.2.4	序批式反应器	297
6.2.5	升流式厌氧污泥床	299
6.2.6	折流式厌氧反应器	300
6.3	生物修复技术	301
6.3.1	生物修复技术基础	301
6.3.2	土壤污染的生物修复技术	304
6.3.3	地下水污染的生物修复技术	308
6.3.4	生物修复技术进展	311
6.4	固体废弃物生物处理及处置技术	313

6.4.1	概述	313
6.4.2	堆肥	313
6.4.3	填埋技术	314
6.5	大气污染的生物治理技术	317
6.5.1	生物法净化有机废气的原理	317
6.5.2	有机废气生物处理的工艺与应用	317
6.5.3	二氧化碳的微生物固定	320
6.5.4	生物法净化有机废气的现状及需解决的问题	325
6.6	有害有机污染物的现代生物处理技术	326
6.6.1	有害有机污染物降解的生态学基础	326
6.6.2	卤代烃类降解	330
6.6.3	农药降解	336
6.6.4	洗涤剂降解	340
6.6.5	石油污染物治理	341
6.7	重金属的生物处理技术	345
6.7.1	生物吸附原理	346
6.7.2	生物吸附剂	350
6.7.3	生物吸附的影响因素	351
6.7.4	生物吸附动力学	353
6.7.5	生物吸附应用中需注意的问题	354
6.7.6	重金属阴离子的生物吸附	357
6.7.7	重金属污染的植物修复	358
第7章	污染预防生物技术	360
7.1	化石燃料的生物脱硫	360
7.1.1	硫的形态及脱硫方法	360
7.1.2	脱硫微生物及脱硫机理	363
7.1.3	微生物脱硫工艺及其特性	369
7.1.4	微生物脱硫的经济性分析	374
7.1.5	微生物脱硫的现状与发展	375
7.2	化石燃料的生物脱氮	376
7.2.1	化石燃料中的含氮芳香族化合物	377
7.2.2	含氮污染物的生物转化	377
7.2.3	生物技术用于化石燃料脱氮	379
7.3	生物制浆与生物漂白	380
7.3.1	概述	380
7.3.2	生物制浆	380
7.3.3	生物漂白	381
7.3.4	生物漂白的几种酶	381
7.3.5	发展趋势	390

7.4	矿冶生物技术——微生物湿法冶金	391
7.4.1	湿法冶金所用微生物	392
7.4.2	微生物湿法冶金原理	394
7.4.3	难浸金矿石的微生物处理	394
7.4.4	微生物湿法冶金的机理	396
7.4.5	微生物湿法冶金的分子生物学研究	398
7.5	生物合成替代化工合成	399
第8章	生物技术与能源	403
8.1	概述	403
8.2	微生物与石油开采	405
8.2.1	油藏微生物	406
8.2.2	微生物采油的发展历史	408
8.2.3	微生物勘探石油	409
8.2.4	微生物二次采油	410
8.2.5	微生物三次采油	410
8.2.6	微生物采油机理	411
8.2.7	采油微生物的选育及性能评价	412
8.2.8	油藏微生物分子生态学研究	414
8.3	有机废弃物生产乙醇	415
8.3.1	燃料乙醇的优势	415
8.3.2	木质纤维的组成及其利用	417
8.3.3	纤维素生物质的预处理及水解	421
8.3.4	利用淀粉和其他含糖废液生产乙醇	428
8.3.5	利用纤维素生产乙醇的发酵工艺	432
8.3.6	生物质发酵生产乙醇的发展前景	435
8.4	微生物燃料电池	437
8.4.1	微生物燃料电池工作原理	437
8.4.2	微生物燃料电池中的微生物代谢反应	438
8.4.3	微生物燃料电池中的电子传递机制	440
8.5	微生物制氢	442
8.5.1	光合微生物产氢	443
8.5.2	厌氧发酵产氢	449
8.5.3	固定化微生物产氢	451
8.5.4	生物产氢的前景展望	454
8.6	微生物产甲烷	455
8.6.1	产甲烷的生化机理	455
8.6.2	厌氧反应热力学分析	456
8.6.3	厌氧消化过程的微生物学	458
8.6.4	实际应用	459

第 9 章 废物资源化生物技术	461
9.1 可生物降解塑料 PHAs	461
9.1.1 PHAs 的结构及性质	461
9.1.2 合成 PHAs 的主要微生物	464
9.1.3 合成途径及关键酶	466
9.1.4 PHAs 生产工艺	471
9.1.5 PHAs 合成的代谢工程	476
9.1.6 PHB 的降解及 PHB 解聚酶	480
9.1.7 PHB 生产的前景及展望	481
9.2 生产单细胞蛋白	482
9.2.1 概述	482
9.2.2 单细胞蛋白的化学组成	483
9.2.3 生产单细胞蛋白的微生物	485
9.2.4 生产单细胞蛋白的原料	488
9.2.5 单细胞蛋白生产工艺	489
9.2.6 单细胞蛋白生产中应该考虑的问题	493
9.2.7 单细胞蛋白的安全性及营养评价	494
第 10 章 环境生物监测与安全性评价	496
10.1 生物传感器简介	496
10.1.1 生物传感器的基本组成和工作原理	496
10.1.2 生物传感器的分类	497
10.1.3 生物传感器的特点	499
10.2 生物传感器在环境监测中的应用	499
10.2.1 BOD 生物传感器	499
10.2.2 免疫传感器	506
10.2.3 DNA 生物传感器	511
10.2.4 其他生物传感器	514
10.3 PCR 技术	518
10.3.1 概述	518
10.3.2 PCR 反应原理	519
10.3.3 PCR 反应的五要素	520
10.3.4 PCR 反应体系与反应条件	522
10.3.5 PCR 反应特性	524
10.3.6 PCR 技术的发展	527
10.3.7 PCR 技术在环境检测中的应用	531
10.4 DNA 芯片技术	532
10.4.1 概述	532
10.4.2 DNA 芯片的类型	533
10.4.3 DNA 芯片的构建	534

10.4.4	DNA 芯片的作用原理	538
10.4.5	DNA 芯片的功能	539
10.4.6	DNA 芯片信号检测系统及数据分析	540
10.4.7	DNA 芯片技术的应用	542
10.5	分子标记技术	548
10.5.1	分子标记的概念及种类	548
10.5.2	DNA 指纹图谱分析	549
10.5.3	变性梯度凝胶电泳法	552
10.6	荧光原位杂交技术	552
10.6.1	基本原理及特点	552
10.6.2	FISH 的发展历程	553
10.6.3	FISH 的主要步骤	554
10.6.4	探针及其标记	554
10.6.5	FISH 技术检测水体中大肠菌群	555
10.7	分子生物学方法在废水微生物研究中的应用	557
10.7.1	分子生物学方法提供的信息	557
10.7.2	在废水微生物研究中的应用	559
10.8	现代生物技术的安全性问题	562
10.8.1	生物安全简介	562
10.8.2	转基因生物安全	563
10.8.3	生物入侵及其控制	564
10.9	现代生物技术的伦理问题	567
10.9.1	生态伦理问题	567
10.9.2	社会伦理问题	568
参考文献		570

第 1 章 概 述

1.1 生物技术概论

1.1.1 生物技术的定义

生物技术(biotechnology)是一门具有悠久历史的学科。早在几个世纪以前,人类就已经开始使用生物技术生产食品。20世纪中叶,DNA双螺旋结构的发现及基因重组的成功,使生物技术的发展进入了一个崭新的阶段。在发展的长河中,生物技术的定义也经历了不断发展与完善的过程,其内涵与外延都有所拓展。

“生物技术”一词首先由匈牙利工程师 Karl Ereky 于 1917 年提出,他当时是指用甜菜作为饲料进行大规模养猪,即利用生物将原材料转变为产品。

1981年,国际纯粹及应用化学联合会将生物技术定义为“将生物化学、生物学、微生物学和化学工程应用于工业生产过程(包括医药卫生、能源与农业产品)及环境保护的技术”。

1982年国际合作与发展组织对生物技术的定义为:“应用自然科学及工程学的原理,依靠微生物、动物、植物体对物料进行加工,以提供产品为社会服务的技术。”

现代生物技术已被世界各国视为一种高新技术。我国早在 1986 年初制定的《高技术研究发展计划纲要》中就将生物技术列于航天技术、信息技术、激光技术、自动化技术、新能源技术和新材料技术等高技术之首位。同年,国家科委制定《中国生物技术政策纲要》时,将生物技术定义为:以现代生命科学为基础,结合先进的工程技术手段和其他基础学科的科学原理,按照预先的设计改造生物体或加工生物原料,为人类生产出所需产品或达到某种目的。

先进的工程技术手段是指基因工程、酶工程、细胞工程和发酵工程等新技术。

改造生物体是指获得优良品质的动物、植物或微生物品系。

生物原料是指生物体的某一部分或生物生长过程中所能利用的物质,如淀粉、糖蜜、纤维素等有机物,也包括一些无机化合物,甚至某些矿石。

为人类生产出所需的产品包括粮食、医药、食品、化工原料、能源、金属等各种产品。

达到某种目的则包括疾病的预防、诊断与治疗,环境污染的检测与治理等。

1.1.2 传统生物技术与现代生物技术

传统的生物技术几乎与人类的文明发展史一样源远流长,并与人类的生存息息相关。一般认为传统生物技术以酿造为代表,以微生物发酵为主题;而现代生物技术,则以重组 DNA 与转基因技术为主导。

传统生物技术主要是通过微生物的初级发酵来生产产品,它一般包括三个重要步骤。

(1) 上游处理过程。主要指对原料进行加工,作为微生物营养和能量的来源。

(2) 发酵和转化。指使目的微生物大量生长,产物大量积累。发酵过程在反应器内进行。

(3) 下游处理过程。主要指所需目的产物的纯化过程。

传统生物技术在发展过程中,其技术手段、产品类型、应用领域都取得了许多辉煌的进步与发展。例如,20世纪40年代微生物次级代谢产物抗生素大规模发酵的成功,使生物技术产业成为社会发展的支柱产业,有力地推动了科学技术及经济的发展。但传统生物技术多局限在传统化学工程和微生物工程的领域内,其提高微生物生产能力、产品质量和产量的手段和效率都还是非常有限的。

1953年,美国生物学家沃森(J. D. Watson)和英国物理学家克里克(F. H. C. Crick)提出了DNA双螺旋结构分子模型。DNA双螺旋结构的发现,标志着现代分子生物学的诞生,揭示了世界上千差万别的生命物种个体在分子结构和遗传机制上的统一性,并为后来以DNA重组为主要手段的基因工程奠定了理论基础。

1973年,美国加利福尼亚大学旧金山分校的Herber Boyer教授和斯坦福大学的Stanley Cohen教授合作,进行了人类历史上第一次有目的的基因重组实验,并获得了成功。这一成功使决定所有生命遗传性状的基因都有通过生物技术得以跨越生物种类的界限进行重组的可能,标志现代生物技术的诞生,使生物技术迅速完成了从传统技术向现代技术的飞跃性转变,一跃而跻身高技术行列。

现代生物技术的诞生,使得传统生物技术中的生物转化过程变得更为有效,利用它所提供的方法不仅可以分离得到高产的微生物菌株,还可以人工制造高产量的菌株。这些菌株也不仅仅局限于原核生物,植物、动物等真核生物细胞也可以作为发酵菌株。DNA重组技术还可以简化许多有用化合物和大分子的生产过程,植物和动物都可以作为生物反应器来生产新的或改造过的基因产物。现代生物技术的诞生和发展对生命科学的许多其他领域都产生了革命性的影响,从而使得生命科学日新月异,成为21世纪科学发展的方向。

1.1.3 现代生物技术的发展

表1-1列出了现代生物技术发展史上经历的一些重要事件,这些事件都曾对生物技术的发展起到过重要的推动作用,每一个事件的背后都蕴藏着生物学家不懈的努力和科学智慧。从中,我们也可以追踪生物技术的发展历程。

表 1-1 现代生物技术发展史上的重要事件

年份	事 件
1917	Karl Ereky 首次使用“生物技术”这一名词
1943	大规模工业生产青霉素
1944	Avery、MacLeod 和 McCarty 通过实验证明 DNA 是遗传物质
1953	Watson 和 Crick 发现了 DNA 的双螺旋结构
1958	Crick 提出了遗传信息传递的中心法则
1961	Monod 和 Jacob 提出操纵子学说
1961	<i>Biotechnology and Bioengineering</i> 杂志创刊
1966	Nireberg 等破译遗传密码
1967	发现 DNA 连接酶
1970	Smith 和 Wilcox 分离出第一个限制性内切酶 Hind II