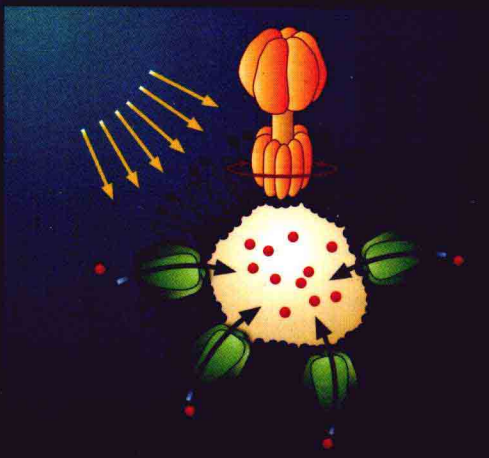
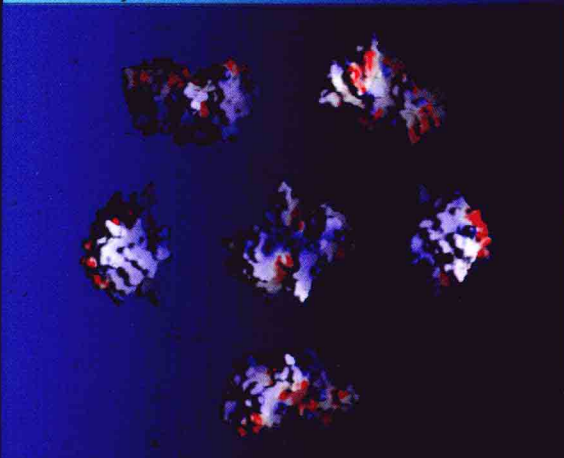
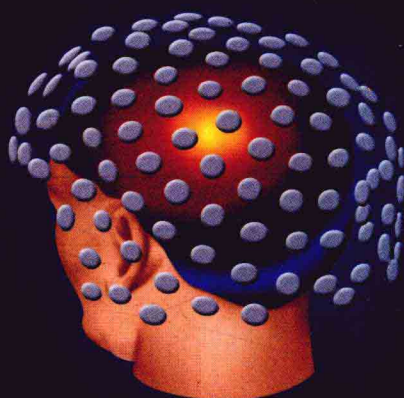
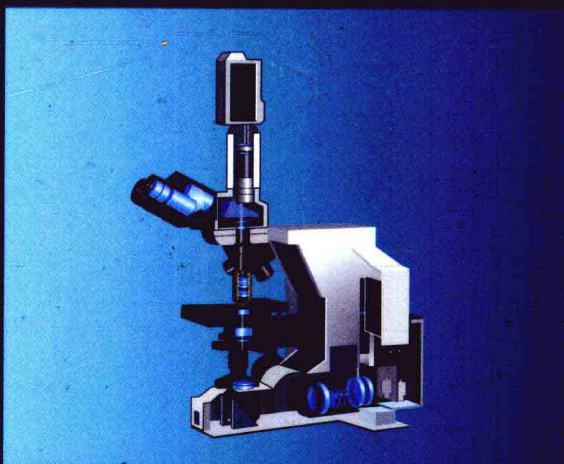


生命科学与工程

LIFE SCIENCE
AND ENGINEERING

主 编 吴庆余
副主编 高上凯



生命科学与工程

LIFE SCIENCE AND ENGINEERING

主 编 吴庆余

副主编 高上凯

编 者 (按姓氏笔画排序)

王裕清 公衍道 邓 乐 邢新会 李 民

吴庆余 初里冰 张先恩 顾 宁 高上凯

戚以政 崔福斋 潘宪明



高等教育出版社 · 北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

© 2009 高等教育出版社

版权所有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

生命科学与工程 / 吴庆余主编. —北京: 高等教育出版社, 2009.12
ISBN 978-7-04-026712-9

I. 生… II. 吴… III. 生命科学 IV. Q1-0

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第232433号

策划编辑	林金安	责任编辑	王 莉	版式设计	王凌波
封面设计	王凌波	排 版	华鲁印联	责任印制	朱学忠

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京信彩瑞禾印刷厂		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	889×1194 1/16	版 次	2009年12月第1版
印 张	41.25	印 次	2009年12月第1次印刷
字 数	1 400 000	定 价	168.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

物料号 26712-00

序

从科技发展与社会需求的趋势来看，高中与大学阶段的教育不宜过早就把学生普遍地分途导向文、理、工、农、医等专业科别的训练。虽然这种教育方策可以训练出很多专业技能很好的人才，但对培养学生的想象力、创造力、社会意识、领导能力等则有很多缺陷。为配合将来发展健全的社会，以及发展创新科技与知识产业，如何加强学子跨领域的知识和素养是培育人才很重要的一环。因此，在大学学程架构的设计里，适当的注入跨领域教材应是教学改进的一个重要概念。

随着社会多种因素的变化及生物科学与生物医学的快速进展，生命科学相关知识应逐渐成为大学部学生不分任何专业领域都要学习的。不容置疑的，人类生活的环境与生活的型态正在作急遽改变，人类平均寿命不断增长，老年人比例继续增加。这些变化造成许多问题、需求与挑战。在这巨大趋势里，结合各种工程技术、生物医学知识与生物技术是必然的对策。一本优秀的、可广泛适用于大学各种工程学系的生命科学教科书是培养工程学系学生所不可或缺这种教材可激励工程学系学生的创新能力，因而刺激新的产业形成与创造更多工作机会。

本人从事生物医学与生物技术研究与发展近三十年。在2006年同时向北京清华大学顾秉林校长与台湾清华大学徐珦生校长表达上述概念。在两位校长鼓励下，本人捐助经费给两校，期盼两校在良性竞争与适度合作原则下，分别发展一套可广泛适用于工程学系的生物科学教材。北京清华大学由吴庆余教授带领十多位最优秀的学者与专家编写，经过三年多时间完成初版。这是全世界这类教材第一次出现的样本。期望这套教科书往后能不断的改进，成为华人区大学教育的重要教材。也期望筹划中的英文版在世界其他地区广受使用。

张子文

台北“中央研究院”基因体研究中心特聘研究员

2009年9月

前言

2006年5月21日下午,我在北京首都国际机场迎接清华大学顾秉林校长邀请的一位尊贵客人、国际知名免疫学家张子文教授,第二天在清华园,顾校长向张教授隆重颁发了清华大学感谢捐款的荣誉证书。本书的编写出版起因于张子文教授的建议和该笔捐款。

张子文教授多年的科学研究、科技开发及在企业界拼搏的经历赋予了他独特的思想境界。此前他写信给顾秉林校长,思考生命科学与工程相结合将引领未来时代科技潮流,建议清华大学利用其工程学科与生命科学的优势,加强生命科学与工程交叉研究和复合型人才的培养。别人为大学捐款盖楼,他愿为大学捐款组织编书立著:即编著一本前所未有的全彩色《生命科学与工程》专著。由张子文教授命题,顾秉林校长支持,我承担了该书的主编责任。学习思考、与工程学科专家交流沟通、邀请高水平编写专家、确定本书大纲及主要内容等用了半年时间。又经过全体编者两年多的辛勤工作,全彩色《生命科学与工程》终于与读者见面。

《生命科学与工程》编著是全体团队人员学习新知识和提高认识的过程。生命奥妙无穷、工程创造无限,生命科学与工程结合至少是现代科学技术最高境界之一。编写这样一本全彩色《生命科学与工程》意义深远。希望它可以成为思想创新的摇篮,对工程与生命科学复合型人才的培养和科学技术发展产生积极地影响。

《生命科学与工程》学科知识跨度大,编写团队的专家来自不同学科,他们为全书的完成作出了重要贡献。最终参加本书编写的专家共13人,他们是:吴庆余(清华大学生命科学学院,主编),编写第一章 生命科学与工程概论,第二章 细胞——生命的基本单位,第三章 代谢及能量流动,第四章 遗传信息的传递和表达,第五章 生物进化,第六章 生态学基本原理,第七章 人体解剖及生理基础,第八章 基因工程,第十四章 生物质能源工程;高上凯(清华大学生物医学工程系,副主编),编写第十一章 生物医学工程,第十八章 生物医学影像技术,第十九章 神经工程与脑-机接口;潘宪明、李明(清华大学生命科学学院),编写第九章 生物信息学;公衍道(清华大学生命科学学院),编写第十章 细胞显微技术;邢新会、初里冰(清华大学化工系),编写第十二章 环境生物工程;戚以政(北京化工大学),编写第十三章 生物化学工程;张先恩(科技部基础司),编写第十五章 生物传感器与生物芯片;崔福斋(清华大学材料系),编写第十六章 生物材料、组织工程及人工器官;顾宁、张先恩(东南大学生物工程学院,科技部基础司),编写第十七章 纳米生物技术;王裕清、邓乐(河南理工大学),编写第二十章 生物机械工程与仿生。国际知名教授张子文先生和黄秉乾先生对全书的编写给予了宝贵的指导。

全书共20章,约140万字,含875幅彩色插图。全彩色书的制作不仅

是为了追求美观好看，与黑白印刷比较有以下本质差别：（1）更加客观真实地表达了生命与工程结合的特征、过程及规律；（2）提高了知识传达的效率和效果；（3）增加了读者的学习兴趣及研究热情。

“生命科学与工程”是新兴且不成熟的前沿交叉领域，编写全彩色《生命科学与工程》一书在世界范围都是全新的尝试，一定存在错误和不足，欢迎各位专家和读者提供批评、建议与具体修改意见。

《生命科学与工程》编写出版源于张子文教授的捐款和建议，如果没有他的支持和鼓励，我很难有主编该书的热情。因为此前编写全彩色《基础生命科学》第2版的经历让我体验了其中难以表达的辛苦。而这一次工作除了照样辛苦，更让我体验到了思想创新的快乐和团队合作的快乐，深感编写这样一本全彩色《生命科学与工程》真的很有意义！在此我要特别向张子文教授致谢！同时向参与本书编写的其他十二位专家致谢！没有张子文教授和十二位专家的支持、帮助和辛劳，就没有该书的出版。

清华大学校长顾秉林院士不但重视和积极支持生命科学与工程学科的结合，更给予我充分的信任和支持。清华大学老校长王大中院士多次强调生命科学与工程学科结合意义重大，给我留下深刻印象。清华大学教育基金会黄建华先生、池静女士和清华大学国际合作交流处李宇红女士等对我主编该书的工作中给予了充分的支持和帮助。对来自这些领导的信任、鼓励、支持和帮助我十分感谢！

王迪偲、于微微、刘金龙和祝宏琳等四位专业美工人员为本书的插图绘制做出了重要的贡献。全体作者团队和美工绘图团队的部分工作还得到北京市优秀教学团队项目基金的资助，谨致感谢！

最后我要感谢高等教育出版社的领导和编辑。刘志鹏社长、张增顺总编、杨祥副总编等长期重视和支持我们的创新工作；生命科学出版中心主任林金安先生与我联系、沟通和交流最为密切；生命科学分社社长吴雪梅女士、责任编辑王莉女士投入了许多时间和精力，他们对读者负责的态度让我很受感动。

《生命科学与工程》书稿经过5次修改，3次审稿。书稿完成后，我和副主编高上凯教授应邀特别访问了台湾新竹清华大学，因为该校的教授们已经开设了生命科学与工程交叉的专门课程并正在同步编写相应的专著。通过访问、交流与合作，我们学习了很多，收获很大。

一些未记录姓名的朋友、老师和同学，包括我实验室的博士研究生及我的家人为本书编写出版给予了长期的支持和帮助。再次感谢上述所有的专家、领导、老师、同学和朋友们。

谨以此书纪念清华大学建校100周年。

吴庆余

2009年8月于清华园

图片说明

《生命科学与工程》共有插图 875 幅。大部分插图由各章作者立题、编写绘图脚本或提供草图来源素材，由主编会同专业美工人员王迪偲、于微微、刘金龙和祝宏琳等四位历时 3 年完成绘制与制作。该书部分插图还使用了高等教育出版社 2006 年出版的《基础生命科学》第 2 版（吴庆余编著）中的图片或改绘了其中部分图片。

除了绘制的图片外，部分摄影图片由主编亲自拍摄。

本书学科知识跨度大，涉及到某些应用产品或样品的图片，为避免出现商业化效应，这部分图片的商标或公司名称等信息全部屏蔽。全书少部分插图素材来源于或参考了网络上的图片或其他文献，其中多数经过重新设计或改绘，凡来源明确的图片都在图注处作了注明。书中很少部分图片为特别购买使用权的图片。另外还有很少图片来源于互联网的资料，各章作者告知其中部分资料来源不详或版权归属不详。因此，如果这部分图片涉及使用权问题，请图片版权所有者与高等教育出版社联系，以便补付图片使用费。

除需要购买使用权的图片外，本书所有自行完成制作的插图和摄影图片版权归高等教育出版社所有，任何人或组织未经许可不得使用。

有关涉及图片版权、使用权等事宜，由高等教育出版社全权处理。

谨此特别感谢为本书图片制作提供协助和帮助的人员和单位。

高等教育出版社及作者

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E-mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100120

购书请拨打电话：(010) 58581118

目录

绪论

第一章 生命科学与工程概论 3

第一节 定义与内容 4

一、关于生命科学 4

二、与生命科学结合的工程学科 7

三、“生命科学与工程”的内涵 7

四、《生命科学与工程》主要内容 8

第二节 科技发展背景 9

一、人类社会正处于生命科学大发展的时代 9

二、生命科学与工程交叉领域的重要事件 11

三、人类文明历史的启示 14

第三节 生命科学与工程领域的探索和创新 16

一、加强跨领域知识的学习 16

二、把握基本概念及其内在联系 18

三、实践型与创新性学习 20

第一部分：生命科学基础篇

第二章 细胞——生命的基本单位 25

第一节 认识细胞 25

一、细胞的基本概念与细胞学说 25

二、细胞的大小、类型与形态 27

三、观察细胞的工具——显微镜 29

第二节 细胞的化学组成 31

一、生命元素和生物分子 31

二、糖类 32

三、脂类 35

四、蛋白质 36

五、核酸 40

第三节 细胞的结构与功能 43

一、细胞膜和细胞壁 43

二、细胞核 45

三、内膜系统 45

四、其他细胞器 46

第四节 细胞增殖与细胞周期 48

一、细胞分裂与染色体结构变化 48

二、细胞周期与有丝分裂 49

三、配子形成与减数分裂 50

第三章 代谢及能量流动 55

第一节 生物代谢 55

一、新陈代谢及其作用 55

二、新陈代谢遵守热力学定律 57

三、氧化-还原反应 58

四、细胞的能量通货——ATP 60

第二节 代谢的控制 62

一、酶的性质及催化作用机理 62

二、影响酶活性的因素 65

三、酶的辅助因子和辅酶 66

四、生物膜对代谢的控制 66

第三节 细胞呼吸 70

一、细胞呼吸产生能量 70

二、细胞呼吸的代谢过程 71

三、ATP形成及统计 74

四、其他营养物质的氧化分解和代谢 75

第四节 光合作用 77

一、叶绿体和光合膜 77

二、光的性质与叶绿素 78

三、光系统与光反应 79

四、暗反应与葡萄糖的合成 83

第四章 遗传信息的传递和表达

85

第一节 遗传的分子基础

85

一、基因是由什么物质组成的

85

二、DNA复制与遗传信息传递

88

三、一个基因一条多肽

90

四、RNA的组成和作用

92

第二节 遗传密码与蛋白质合成

93

一、遗传密码的破译

93

二、遗传信息的转录

94

三、蛋白质的合成

96

第三节 基因表达的调控和DNA损伤的修复

98

一、原核与真核细胞基因表达的差异

98

二、原核基因表达的调控

99

三、真核基因表达的调控

100

四、基因突变和DNA损伤的修复

103

第四节 遗传与发育

106

一、几种遗传与发育的模式生物

106

二、细胞命运决定和发育模式

110

三、发育的基因表达调控

112

四、细胞信号转导

116

五、生物进化的理论在争论中不断发展

136

第三节 群体遗传与生物进化的机理

137

一、种群的遗传结构和变异

138

二、群体遗传平衡及Hardy-Weinberg平衡定律

139

三、促进基因频率改变及微观进化的原因

140

四、自然选择的作用

142

第四节 生物进化的证据和历程

143

一、生物进化的化石记录

143

二、生物进化的其他证据

145

三、真核生物的起源及内共生学说

146

四、生物进化的历史进程

147

第五节 生命系统及进化树

149

一、生物分类与五界分类系统

149

二、各大类(界)生物的进化系统树

150

三、植物界和动物界主要门类进化系统树

153

第六节 人类的起源和进化

156

一、人在生物界的地位和特征

156

二、从猿到人

156

三、人类在进化中创造了不断发展的文化

158

第六章 生态学基本原理

161

第一节 生态学的层次和生态因子

161

一、生态学的层次

161

二、生态因子

163

三、环境与生物习性及动物的行为

165

第二节 种群生态

167

一、种群的结构

167

二、种群增长特征

169

三、种群增长的调节

171

四、人口的结构和增长

172

第三节 生物群落

173

第五章 生物进化

123

第一节 生命的起源

123

一、关于生命来源的争论

123

二、原始的地球和最早出现的生物

124

三、前生物期的化学演化

125

四、代谢系统的进化和遗传系统的起源

128

第二节 Darwin与进化论

130

一、神创论与进化论的斗争

130

二、年青时代的Darwin和贝格尔号的航行

131

三、自然选择导致生物进化

133

四、物种形成的原理

134

一、群落的基本特征与结构	173
二、地球上的主要群落类型	174
三、群落内生物之间的相互关系	177
四、群落的演替和扰动	179

第四节 生态系统	180
一、生态系统的概念	180
二、生态系统的营养结构	181
三、生态系统中的能量流动	182
四、与生命活动相关联的物质循环	184

第五节 生物多样性、人口、资源与可持续发展	188
一、生物多样性及其意义	189
二、人口增长与生态环境的人口承载容量	191
三、资源压力及生态环境面临的严重问题	192
四、生态平衡和人类社会可持续发展战略	195

第七章 人体解剖及生理基础 197

第一节 人体结构的层次水平	197
一、人体的组织	197
二、器官与系统	200
三、人体结构适应生理及功能的需求	202

第二节 内环境稳定保持系统	204
一、摄食、消化与吸收	204
二、水电解质平衡调节与排泄系统	206
三、呼吸系统与气体交换过程	207
四、血液循环	210

第三节 体液调节、神经调节和免疫	212
一、内分泌系统与激素的作用	213
二、人体免疫与防御系统	216
三、神经系统与神经冲动的传导	220
四、感觉与运动	226

第四节 生殖系统、繁殖与胚胎发育	232
------------------	-----

一、男性生殖系统	232
二、女性生殖系统	234
三、受精与合子形成——胚胎发育的开端	235
四、人的胚胎发育	236

第八章 基因工程 239

第一节 获得目的基因	239
一、细胞内总DNA提取	239
二、构建基因文库，筛选目的基因	240
三、利用反转录筛选目的基因	242
四、聚合酶链式反应	243
五、其他获得目的基因的方法	243

第二节 基因重组和克隆	245
一、基因工程的工具酶和载体	246
二、基因克隆步骤	248
三、DNA分析的凝胶电泳技术	249
四、转化受体细胞和转化子筛选	250
五、转化子分析——Southern印迹	251

第三节 基因的表达	253
一、原核细胞表达系统	253
二、外源目的基因在酵母中的表达	254
三、外源目的基因在动物细胞中的表达	254
四、转基因植物和转基因动物	255

第四节 基因工程相关技术的应用	257
一、基因诊断	257
二、基因治疗	260
三、生物芯片技术	262
四、蛋白质工程、发酵工程及细胞工程	262

第五节 生物技术面临的问题与挑战	267
一、转基因技术的安全性问题	267
二、克隆人的伦理问题	268
三、个人基因信息的隐私权问题	268
四、基因治疗的应用范围问题	268

五、生物技术引发的其他问题	269
---------------	-----

第九章 生物信息学 271

第一节 生物信息学产生的背景	271
----------------	-----

第二节 生物学数据源泉	272
-------------	-----

一、基因组结构特点	272
-----------	-----

二、人类基因组	273
---------	-----

三、后基因组计划	275
----------	-----

第三节 生物学数据库	277
------------	-----

第四节 生物信息学研究内容	281
---------------	-----

一、序列比对	281
--------	-----

二、系统进化分析	284
----------	-----

三、计算机辅助基因识别(仅指蛋白质编码基因)	288
------------------------	-----

四、非编码区分析和DNA语言研究	288
------------------	-----

五、比较基因组学	289
----------	-----

六、序列重叠群装配	289
-----------	-----

七、蛋白质结构预测与分子设计	289
----------------	-----

八、基于结构的药物设计	293
-------------	-----

九、药物基因组学与药物蛋白质组学	294
------------------	-----

十、其他	295
------	-----

第五节 生物信息学与数学	295
--------------	-----

第六节 生物信息学与计算机科学	297
-----------------	-----

第二部分：工程技术篇

第十章 细胞显微技术 301

第一节 光学显微镜	302
-----------	-----

一、光学显微镜的发明和发展	302
---------------	-----

二、光学显微镜的基本组成部分	303
----------------	-----

三、光学显微镜的几个重要参数	304
----------------	-----

四、几种常用的光学显微镜	306
--------------	-----

第二节 电镜	317
--------	-----

一、电镜的发展历史	318
-----------	-----

二、透射电镜	319
--------	-----

三、扫描电镜	321
--------	-----

四、透射电镜的生物学应用举例——三维电镜技术及其生物学应用	322
-------------------------------	-----

五、扫描电镜的生物样品制备及应用举例	326
--------------------	-----

第三节 扫描探针显微镜	327
-------------	-----

一、扫描探针显微镜的发展史	327
---------------	-----

二、扫描探针显微镜基本原理	328
---------------	-----

三、扫描隧道显微镜	328
-----------	-----

四、原子力显微镜	330
----------	-----

五、扫描近场光学显微镜	331
-------------	-----

第四节 活体分子成像	333
------------	-----

第五节 显微技术展望	337
------------	-----

第十一章 生物医学工程 339

第一节 诊断医学中的工程方法	339
----------------	-----

一、生命参数的测量	339
-----------	-----

二、生理参数的动态监测	343
-------------	-----

三、胶囊内窥镜	345
---------	-----

第二节 治疗医学中的工程方法	347
----------------	-----

一、计算机辅助外科手术系统	347
---------------	-----

二、超声治疗技术	348
----------	-----

第三节 康复医学中的工程方法	349
----------------	-----

一、助听器与人工耳蜗	349
------------	-----

二、功能性电刺激	351
----------	-----

第四节 医学信息学	352
-----------	-----

一、数字化医院	353
二、社区医疗与远程医学	353

第十二章 环境生物工程 357

第一节 绪言	357
第二节 环境生物工程导论	359
一、物质循环	359
二、环境生物工程的作用	366
三、环境生物工程的应用范围	366
四、环境生物工程的市场状况	367
第三节 环境生物工程的应用	368
一、废水生物处理技术	368
二、生物修复技术与应用	381
三、气体污染物生物处理技术	385

第十三章 生物化学工程 389

第一节 生物反应过程动力学	389
一、酶催化反应动力学	389
二、细胞分批培养动力学	392
三、细胞连续培养动力学	395
四、细胞补料分批培养动力学	396
五、固定化生物催化剂的反应特性	397
第二节 生物反应器	400
一、生物反应器概论	400
二、生物反应器设计基础	401
三、生物反应器结构特征	404
第三节 生物反应过程的参数检测与控制	410
一、物理参数	412
二、化学参数	413
三、间接参数	415
四、生物反应过程的优化控制	415

第四节 生物物质的分离和纯化	416
一、生物物质分离过程概论	416
二、反应液的预处理和固液分离	418
三、初步纯化(提取)过程	421
四、高度纯化(精制)过程	427
五、最后纯化	430

第五节 典型生物技术产品生产过程的示例	431
一、抗生素生产过程	431
二、氨基酸生产过程	432

第十四章 生物质能源工程 437

第一节 生态系统的能量及生物质能源	437
一、生态系统中的能量及其流动	437
二、生物质能源的一些基本概念	440
三、各类生物质资源量与发热量	441
四、生物质的转化利用途径	443
第二节 燃料乙醇	445
一、乙醇发酵的生化反应	445
二、乙醇发酵工艺	446
三、原料来源和制备	450
四、燃料乙醇的应用	452
第三节 生物柴油	453
一、生产原理与工艺	453
二、原料来源	454
三、利用微藻等制备生物柴油	456
四、生物柴油的应用	458
第四节 生物质热转化	459
一、热化学转化简介	459
二、热解	460
三、液化	461
四、气化	462

第五节 生物质能利用的其他技术	463
一、沼气	463
二、城市垃圾能源化利用	463
三、生物制氢	465
四、生物燃料电池	466

第十五章 生物传感器与生物芯片 467

第一节 概述	467
一、生物传感器的原理和特点	467
二、生物传感器的类型	468
三、生物芯片	468

第二节 生物敏感元件的固定化	469
一、夹心法	469
二、吸附法	469
三、共价键合法	470
四、交联法	470
五、凝胶包埋法	470
六、微胶囊法	471
七、LB膜技术	471
八、光平板印刷技术	471

第三节 各类生物传感器	472
一、经典电化学生物传感器	472
二、介质电化学生物传感器	476
三、直接电化学生物传感器	478
四、热生物传感器	480
五、压电生物传感器	481
六、半导体生物传感器	483
七、光纤生物传感器	484
八、表面等离子体共振生物传感器	486
九、纳米机械悬臂生物传感器	487
十、分子印迹生物传感器	488

第四节 生物芯片	490
一、DNA芯片	490
二、蛋白质芯片	494

第五节 生物传感器的应用	496
一、酶电极生化分析仪	496
二、手持式血糖测定仪	496
三、SPR分析仪	496
四、BOD微生物传感器	496
五、生物芯片	496
六、生物反应过程的控制	497

第十六章 生物材料、组织工程及人工器官 499

第一节 天然生物材料	499
一、天然生物材料与人工合成材料的比较	499
二、天然生物材料举例	500
三、天然来源材料	502

第二节 生物医用材料	505
一、不可降解的人工合成生物材料	505
二、可降解的人工合成生物材料	506
三、药物缓释与控释材料	507

第三节 组织工程	509
一、支架材料	509
二、种子细胞	511
三、生长因子	515

第四节 人工器官	518
一、人造皮肤	518
二、人工肝脏	520
三、人工骨骼	521
四、人工软骨	522

第五节 生物相容性	525
一、植入材料在生物体中的反应	525
二、宿主反应	526
三、生物相容性测试	529

第十七章 纳米生物技术 531

- 第一节 纳米生物结构与分子组装 531
 - 一、自然界中普遍存在生物纳米结构 532
 - 二、趋磁细菌及其功能 534
 - 三、生物分子模板与分子组装 535
- 第二节 纳米生物机器 537
 - 一、生物体中的分子马达 537
 - 二、人工合成的分子马达 538
 - 三、分子马达驱动的物质转运 540
 - 四、分子马达的研究前景 540
- 第三节 人工纳米材料与结构的生物效应 541
 - 一、金纳米材料的生物效应 542
 - 二、磁性纳米材料的生物效应 544
- 第四节 生物纳米检测技术与器件 545
 - 一、基于纳米材料的生物检测 545
 - 二、纳米生物传感器 547
- 第五节 纳米技术在治疗与康复中的应用 550
 - 一、组织修复与再生用纳米材料 551
 - 二、热疗用纳米材料及技术 552
 - 三、药用纳米材料及载体 554
 - 四、基于纳米技术的靶向与控制释放药物 556

第十八章 生物医学影像技术 559

- 第一节 概述 559
- 第二节 投影X线成像 560
 - 一、X线成像的物理基础 560
 - 二、X线与人体组织的相互作用 561
 - 三、投影X线成像设备 561
- 第三节 X线计算机断层成像 562
 - 一、基本原理与发展概况 563

- 二、从投影重建图像的原理——中心切片定理 564
- 三、从投影重建图像的算法 565
- 四、X-CT扫描仪 566

- 第四节 超声成像系统 567
 - 一、超声成像的物理基础 567
 - 二、超声成像的基本模式 568

- 第五节 放射性核素成像系统 570
 - 一、放射性核素成像的物理基础 570
 - 二、 γ 照相机 570
 - 三、发射型计算机断层成像 571

- 第六节 磁共振成像系统 573
 - 一、磁共振成像的物理基础 573
 - 二、磁共振信号的采集方式——脉冲序列 574
 - 三、磁共振成像方法 575
 - 四、磁共振成像设备 575

- 第七节 光子影像学 576
 - 一、光与生物体组织的相互作用 576
 - 二、扩散光学层析成像 577

第十九章 神经工程与脑-机接口 579

- 第一节 神经电活动信息的记录方法 580
 - 一、神经元动作电位的记录 581
 - 二、皮层脑电 (ECoG) 的记录 582
 - 三、头皮脑电 (EEG) 的记录 582

- 第二节 脑电信号的特征 584
 - 一、自发脑电信号的节律特征 584
 - 二、诱发脑电的基本特征 584
 - 三、脑电信号的分析与处理 585

- 第三节 神经影像学 586
 - 一、脑电图神经影像 587
 - 二、脑磁图神经影像 587

三、功能磁共振成像	588
-----------	-----

第四节 脑-机接口及其应用	589
---------------	-----

一、基于植入电极的脑-机接口系统	591
------------------	-----

二、基于皮层脑电的脑-机接口系统	592
------------------	-----

三、基于头皮脑电的脑-机接口系统	592
------------------	-----

四、脑-机接口系统的评价方法	597
----------------	-----

五、脑-机接口的发展前景	597
--------------	-----

第二十章 生物机械工程与仿生 599

第一节 生物力学概述	599
------------	-----

一、什么是生物力学	599
-----------	-----

二、研究生物力学的意义	604
-------------	-----

三、发展概况	605
--------	-----

四、主要研究内容	606
----------	-----

五、研究方法	607
--------	-----

第二节 生物机械工程	608
------------	-----

一、生物机械工程的概念	608
-------------	-----

二、设计与制造	608
---------	-----

三、研究生物机械工程的意义	612
---------------	-----

四、生物机械工程的重要研究领域	613
-----------------	-----

五、生物机械工程发展的基本要求与主要趋势	620
----------------------	-----

第三节 仿生学	621
---------	-----

一、仿生学定义、学科组成及主要特征	621
-------------------	-----

二、仿生学的产生	622
----------	-----

三、仿生学的研究方法和步骤	623
---------------	-----

四、仿生学的研究范围	624
------------	-----

五、研究仿生学的意义	626
------------	-----

第四节 仿生设计与仿生机器人	626
----------------	-----

一、仿生设计的概念、研究内容与特点	626
-------------------	-----

二、仿生设计的本质与方法	627
--------------	-----

三、仿生设计的生物学原理及部分成果	628
-------------------	-----

四、仿生机器人	640
---------	-----

绪论

