



国际信息工程先进技术译丛

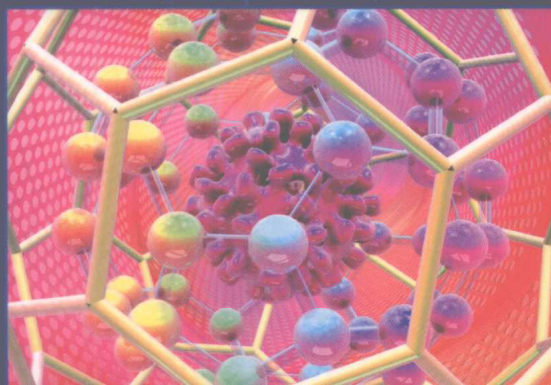


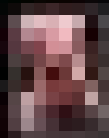
生物医学 工程学概论 (原书第2版)

**Introduction to Biomedical Engineering
(Second Edition)**

John D.Enderle
(美) Susan M.Blanchard 著
Joseph D.Bronzino
封洲燕 译

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS





生物医学工程类课程教材



生物医学 工程学概论

（第2版）

Introduction to Biomedical Engineering
(Second Edition)

主编

James B. Borenstein

James B. Borenstein 主编

James B. Borenstein

James B. Borenstein 主编

清华大学出版社



国际信息工程先进技术译丛

生物医学工程学概论

(原书第2版)

Introduction to Biomedical Engineering
(Second Edition)

John D. Enderle
(美) Susan M. Blanchard 著
Joseph D. Bronzino

封洲燕 译

机械工业出版社

本书是一部全面介绍生物医学工程学的教科书,主要内容分成三大部分:生物医学工程学发展的历史背景以及职业状况,生物医学工程技术所涉及的伦理道德问题、解剖学和生理学基础知识,生物医学工程各个领域的核心知识,包括生物力学、康复工程、生物材料学、组织工程学、生物仪器、生物传感器以及生物信号处理等;各种生物医学技术应用,包括生理建模、生物信息学、计算生物学、医学成像、光学与激光在生物医学中的应用等。另外,本书的附录还介绍了计算机软件工具 MATLAB 和 SIMULINK 的使用方法。书中各章都包含了例题、习题和推荐阅读资料目录,有利于读者深入理解和掌握基本知识,并提高学生应用理论知识解决实际问题的能力。

本书不仅是生物医学工程专业难得的一本好教材,而且,对于生物学、医学和其他工程专业的学生也是一本很有价值的参考书,此外,它对于从事生物医学工程技术工作和管理工作的专业人员是一本值得常备的工具书。

Translation from the English language edition.

Introduction to Biomedical Engineering (Second Edition)/edited by John D. Enderle, Susan M. Blanchard, Joseph D. Bronzino.

ISBN: 9780122386626

Copyright © 2005, Elsevier Inc. All right reserved.

本书原版由 Elsevier 公司出版,并经授权翻译出版,版权所有,侵权必究。

本书中文简体翻译出版授权机械工业出版社独家出版,并限定在中国大陆地区销售,未经出版者的书面许可,不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

本书版权登记号:图字 01-2008-4795

图书在版编目(CIP)数据

生物医学工程学概论:原书第 2 版/(美)安德勒(Enderle, J. D.), (美)布兰查(Blanchard, S. M.), (美)布及诺(Bronzino, J. D.) 著;封洲燕译. —北京:机械工业出版社, 2010. 5

(国际信息工程先进技术译丛)

书名原文: Introduction to Biomedical Engineering(Second Edition)

ISBN 978-7-111-30125-7

I. ①生… II. ①安…②布…③布…④封… III. ①生物医学工程学概论 IV. ①R318

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 045991 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:牛新国 责任编辑:朱林

版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:马精明 责任印制:乔宇

北京汇林印务有限公司印刷

2010 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·52.75 印张·1151 千字

0001-3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-30125-7

定价: 98.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010)88379649

读者服务部: (010)68993821

封面防伪标均为盗版

译者序

生物医学工程学是工程技术与生物学和医学高度结合所产生的一门新兴交叉学科，它旨在运用工程技术手段解决生命科学研究以及医学诊断和治疗中存在的问题，提高人类防治疾病的能力，保障人类健康。国际上，美国在第二次世界大战之后的20世纪50年代最早建立了生物医学工程学科；在我国，浙江大学于1977年最早创建了生物医学工程专业。近年来，随着我国科学技术水平的不断提高和经济建设的飞速发展，人们对于自身健康水平和生活质量的要求越来越高，生物医学工程行业也迅速发展起来。为了适应该领域的人才需求，国内已有百所以上高校相继开设了生物医学工程专业。但是，生物医学工程学包罗万象，几乎涉及所有工程学科以及生物学和医学，目前能够全面而系统地讲述该专业的理论知识和技术应用的导论性教材比较缺乏。

本书英文版由31位学者撰写，可以说是目前国际上覆盖生物医学工程各个领域最全面的一部教材，信息量相当大，理论与应用紧密结合。从医疗技术自古至今的发展历史，到先进科学技术应用所引发的伦理道德问题；从各种先进技术的基本原理，到美国食品与药物管理局对于医疗器械产品的管理和论证制度；从众多领域的严谨的理论知识，到适合于学生思考和练习的深入浅出的例题和习题；本书向读者展现了生物医学工程丰富多彩、引人入胜的专业景象。除了有关本学科的发展背景、伦理道德问题以及基础生物医学知识以外，为了使脉络清晰，本书将其他内容分成核心理论和应用技术两大部分，这体现了作者的一种尝试。正如作者在前言中所述，即便如此，本书仍然没能囊括生物医学工程现有的所有领域，并且，科学技术的进步还将不断给该学科增添新的内容，健康和幸福永远是人类的奋斗目标。希望本书的翻译能够给生物医学工程专业的学生和从业人员提供一本有价值的专业著作。

本书英文版中有涉及一些宗教和道德伦理观点的内容，并不代表机械工业出版社及译者的观点；此外，第2章论述的一些医学道德与伦理问题，目前越来越受到社会的广泛关注，是颇有争议和值得深思的，书中所表述的各种观点仅供读者参考。

翻译过程中，对原书某些明显的笔误或印刷错误已作了更正，为保持译著的简洁流畅，有些没有加以标注；同时为尽量保持原书特色，书中部分图形和文字符号并未按国家标准修改，请读者注意。

本书的翻译得到了国家自然科学基金项目的资助（项目编号为30770548和30970753）。郑晓静、吴丹、汪洋、杨彭举、田聪、毛盾、徐白露、李林森、蓝义昀、李迎等同学参加了本书的大量初译工作，在此深表谢意。

本书内容所涉及的研究领域极其广泛，限于译者的水平，翻译过程中难免存在错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。译者电子信箱：hnfzy@yahoo.com.cn。

封洲燕

浙江大学 生物医学工程与科学仪器学院

2010年2月

前 言

本书第2版的目的是与第1版相同,也就是全面地概述生物医学工程学科。新版许多章末尾添加了习题,其中有几章被合并在一起,有几章则被全部删除,另外增添了几章反映该学科最新发展的内容。

在过去50年的发展历程中,生物医学工程学已经清楚地展现出其多种多样、包罗万象的特性。本教材包括了生物电、生物信息学、生物材料学、生物力学、生物仪器、生物传感器、生物信号处理、生物技术、计算生物学和复杂性、基因组学、医学成像、光学与激光、放射成像、康复工程、组织工程、道德与伦理问题等内容。显然,本书不可能囊括生物医学工程学科的所有研究领域,但是,我们尽可能包含了其大部分主要领域。

本教材主要面向已经学习过微积分和静力学基础的工程专业学生,大学二年级和三年级的学生都应该已经具备学习本书内容的基础知识,生物学、医学和护士专业的学生如果掌握了所需的数学基础知识,也可以读懂本书。

虽然在本书的论述和证明过程中我们都力求严谨,但我们的最终目标是帮助学生掌握生物医学工程学的本质内容。因此,为了便于理解,必要时我们偶尔会在数学的严谨上做出让步。为了解释基本概念、培养学生解决问题的能力,书中列举了大量例题,并使用计算机软件MATLAB和SIMULINK作为工具帮助解题。SIMULINK是MATLAB的一个工具箱,可用于仿真动态系统。本书的附录介绍了MATLAB和SIMULINK的基本使用方法,该软件工具是Mathworks公司的产品,公司联系方式为

The Mathworks, Inc.
24 Prime Park Way
Natick, Massachusetts 01760
Phone: (508) 647-7000
Email: info@mathworks.com
WWW: <http://www.mathworks.com>

本书各章的内容分别包含了生物医学工程某个特定领域的主要发展历史,以及该领域生物医学工程设计、分析和建模过程的基本原理,并且,举例介绍了该领域所遇到的某些问题及其解决方法。另外,按照正文内容的顺序在各章末尾选列了一些习题,难易皆有。

根据教师的需要和兴趣,本教材可以安排为半学年、一学年或者四分之三学年的课程设置。书中第1章介绍生物医学工程学发展的历史背景和职业状况;第2章介绍有关生物医学伦理道德的重要问题;第3章讲述解剖学和生理学基础知识;第4~

10 章讲述生物医学工程各个领域的核心知识,包括生物力学、康复工程、生物材料学、组织工程学、生物仪器、生物传感器以及生物信号处理。其中生物仪器、生物传感器和生物信号处理这几章内容之间的相互联系较紧密,建议教师在安排课程计划时将它们组织在一起讲解。本书后面的第 12~17 章讲述各种生物医学工程技术。

本书的勘误表等材料请参见网址 <http://intro-bme-book.bme.uconn.edu/>。

致谢

本书的撰写工作得到了许多人的帮助。首先要感谢各章作者在非常紧张的时间里完成了书稿;其次,要特别感谢 Elsevier 出版社,尤其要感谢 Christine Minihane 和 Shoshanna Grossman 两位编辑的辛勤工作;另外,还要感谢项目管理人 Karen Forster,以及指导出版过程的 Kristin Macek。

衷心感谢本书第 1 版编辑 Joel Claypool 以及 Elsevier 科学出版社的 Diane Grossman,从最初 1996 年在 Amsterdam 喝咖啡时的一次谈话,到 2000 年本书第 1 版的出版,他们为此付出了巨大的努力。

原书第 1 版作者名单

Susan M. Blanchard

Florida Gulf Coast University
Fort Myers, Florida

Joseph D. Bronzino

Trinity College
Hartford, Connecticut

Stanley A. Brown

Food and Drug Administration
Gaithersburg, Maryland

Gerard Côté

Texas A&M University
College Station, Texas

Roy B. Davis III

Shriners Hospital for Children
Greenville, South Carolina

John D. Enderle

University of Connecticut
Storrs Connecticut

Robert J. Fisher

University of Massachusetts
Amherst, Massachusetts

Carol Lucas

University of North Carolina
Chapel Hill, North Carolina

Amanda Marley

North Carolina State University
Raleigh, North Carolina

Yitzhak Mendelson

Worcester Polytechnic Institute
Worcester, Massachusetts

Katharine Merritt

Food and Drug Administration
Gaithersburg, Maryland

H. Troy Nagle

North Carolina State University
Raleigh, North Carolina

Joseph Palladino

Trinity College
Hartford, Connecticut

Bernhard Palsson

University of California at San Diego
San Diego, California

Sohi Rastegar

National Science Foundation
Arlington, Virginia

Daniel Schneck

Virginia Polytechnic Institute & State University
Blacksburg, Virginia

Kirk K Shung

Pennsylvania State University
University Park, Pennsylvania

Anne-Marie Stomp

North Carolina State University
Raleigh, North Carolina

Andrew Szeto

San Diego State University
San Diego, California

LiHong Wang

Texas A&M University
College Station, Texas

Steven Wright

Texas A&M University
College Station, Texas

Melanie T. Young

North Carolina State University
Raleigh, North Carolina

原书第 2 版作者名单

Susan M. Blanchard

Florida Gulf Coast University
Fort Myers, Florida

Joseph D. Bronzino

Trinity College
Hartford, Connecticut

Stanley A. Brown

Food and Drug Administration
Gaithersburg, Maryland

Gerard Côté

Texas A&M University
College Station, Texas

Charles Coward

Drexel University
Philadelphia, Pennsylvania

Roy B. Davis

Shriners Hospital for Children
Greenville, South Carolina

Robert Dennis

University of North Carolina
Chapel Hill, North Carolina

John D. Enderle

University of Connecticut
Storrs, Connecticut

Monty Escabí

University of Connecticut
Storrs, Connecticut

R.J. Fisher

University of Massachusetts
Amherst, Massachusetts

Liisa Kuhn

University of Connecticut Health Center
Farmington, Connecticut

Carol Lucas

University of North Carolina
Chapel Hill, North Carolina

Jeffrey Mac Donald

University of North Carolina
Chapel Hill, North Carolina

Amanda Marley

North Carolina State University
Raleigh, North Carolina

Randall McClelland

University of North Carolina
Chapel Hill, North Carolina

Yitzhak Mendelson

Worcester Polytechnic Institute
Worcester, Massachusetts

Katharine Merritt

Food and Drug Administration
Gaithersburg, Maryland

Spencer Muse

North Carolina State University
Raleigh, North Carolina

H. Troy Nagle

North Carolina State University
Raleigh, North Carolina

Banu Onaral

Drexel University
Philadelphia, Pennsylvania

Joseph Palladino

Trinity College
Hartford, Connecticut

Bernard Palsson

University of California at San Diego
San Diego, California

Sohi Rastegar

National Science Foundation
Arlington, Virginia

Lola Reid

University of North Carolina
Chapel Hill, North Carolina

Kirk K. Shung

Pennsylvania State University
University Park, Pennsylvania

Anne-Marie Stomp

North Carolina State University
Raleigh, North Carolina

Tom Szabo

Boston University
Boston, Massachusetts

Andrew Szeto

San Diego State University
San Diego, California

LiHong Wang

Texas A&M University
College Station, Texas

Stephen Wright

Texas A&M University
College Station, Texas

Melanie T. Young

North Carolina State University
Raleigh, North Carolina

目 录

译者序

前言

原书第 1 版作者名单

原书第 2 版作者名单

第 1 章 生物医学工程学的发展历史	1
1.1 现代医疗保健体系的形成过程	2
1.2 现代医疗保健体系	7
1.3 什么是生物医学工程学	12
1.4 生物医学工程师的职能	16
1.5 生物医学工程的专业状况	17
1.6 生物医学工程专业学(协)会	19
习题	20
推荐阅读资料	21
第 2 章 道德问题与伦理问题	22
2.1 道德和伦理的定义	23
2.2 两条基本道德原则——行善与不伤害	29
2.3 死亡的新定义	30
2.4 晚期病人与安乐死	33
2.5 医疗决策权	36
2.6 人体试验	37
2.7 人体试验的定义和目的	38
2.8 知情同意	39
2.9 医疗器械产品开发的管理	44
2.10 医疗器械的上市	45
2.11 可行性研究中的伦理道德问题	47
2.12 紧急使用的伦理道德问题	48
2.13 治疗使用的伦理道德问题	51
2.14 FDA 认证过程中生物医学工程师的职责	52
习题	52
推荐阅读资料	53
第 3 章 解剖学与生理学	54
3.1 绪论	55

3.2 细胞的结构	56
3.3 组织	69
3.4 人体主要器官系统	70
3.5 内环境的自身平衡	90
习题	92
推荐阅读资料	94
第4章 生物力学	96
4.1 绪论	97
4.2 基础力学	99
4.3 材料力学	114
4.4 粘弹性	121
4.5 软骨、韧带、肌腱与肌肉	125
4.6 临床步态分析	129
4.7 心血管动力学	142
习题	159
推荐阅读资料	160
第5章 康复工程与辅助技术	163
5.1 绪论	163
5.2 人体的要素	171
5.3 辅助技术评估的原则	173
5.4 康复工程设计原则	175
5.5 康复工程与辅助技术的实践	185
习题	188
RESNA 辅助技术资格认证考试选择题样题	193
推荐阅读资料	195
第6章 生物材料学	197
6.1 医用材料——从修复到再生	198
6.2 生物材料的特性、种类以及应用	200
6.3 生物材料设计和选择中的仿生学	214
6.4 材料与生物组织之间的相互作用	218
6.5 利用仿生材料引导组织修复	225
6.6 生物材料的安全性测试与管理	230
6.7 生物材料应用举例	234
习题	241
推荐阅读资料	243
第7章 组织工程学	244
7.1 组织工程的定义	245
7.2 生物学问题	258
7.3 物理学问题	282

7.4 体外培养中的工程学问题	297
7.5 组织工程化产品的临床应用问题	301
7.6 未来的发展方向——功能性组织工程	303
7.7 总结	305
7.8 术语	305
习题	307
推荐阅读资料	311
第8章 生物医学仪器	313
8.1 绪论	314
8.2 基本生物医学仪器系统	316
8.3 电荷、电流、电压、电功率和电能量	317
8.4 电阻	322
8.5 线性电路网络分析法	330
8.6 线性叠加原理	335
8.7 戴维南定理	338
8.8 电感	340
8.9 电容	342
8.10 电阻、电容和电感组成的电路的通用求解方法	344
8.11 运算放大器	351
8.12 时变信号	360
8.13 有源模拟滤波器	365
8.14 生物医学仪器设计	373
习题	375
推荐阅读资料	387
第9章 生物医学传感器	388
9.1 绪论	389
9.2 生物电检测	390
9.3 物理量的测量	394
9.4 血气传感器和 pH 计	403
9.5 生物传感器	408
9.6 光学传感器	410
习题	414
推荐阅读资料	416
第10章 生物信号处理	417
10.1 绪论	418
10.2 生物信号的生理基础	419
10.3 生物信号的特性	421
10.4 信号采集	423
10.5 生物信号的频域表示	428

10.6	线性系统	444
10.7	信号平均	454
10.8	小波变换和短时傅里叶变换	459
10.9	人工智能技术	465
	习题	470
	推荐阅读资料	473
第 11 章	生物电现象	475
11.1	绪论	476
11.2	生物电发现的历史	477
11.3	神经元	483
11.4	生物物理学基础及其相关方程	487
11.5	细胞膜的等效电路模型	496
11.6	动作电位的 Hodgkin-Huxley 模型	504
11.7	神经元整体模型	517
	习题	521
	推荐阅读资料	526
第 12 章	生理系统仿真建模	527
12.1	绪论	528
12.2	房室模型	531
12.3	快速眼动系统概述	549
12.4	Westheimer 扫视眼动模型	554
12.5	扫视控制器	559
12.6	动眼肌模型的建立	561
12.7	线性眼肌模型	570
12.8	线性同胚扫视眼动模型	575
12.9	更真实的线性同胚扫视眼动模型	580
12.10	系统辨识	587
	习题	599
	推荐阅读资料	607
第 13 章	基因组学和生物信息学	609
13.1	绪论	610
13.2	核心实验技术	613
13.3	核心生物信息学技术	620
13.4	结论	633
	习题	634
	推荐阅读资料	635
第 14 章	计算生物学与复杂性理论	637
14.1	计算生物学	637
14.2	仿真建模步骤	639

14.3 生物网络	649
14.4 复杂性理论概述	650
习题	653
推荐阅读资料	654
第 15 章 放射成像	656
15.1 绪论	656
15.2 放射性核素成像技术	657
15.3 检测仪器和成像设备	671
15.4 X 射线成像系统	675
习题	689
推荐阅读资料	690
第 16 章 医学成像	691
16.1 绪论	692
16.2 医学超声成像	694
16.3 磁共振成像	717
16.4 几种成像技术的比较	740
习题	742
推荐阅读资料	744
第 17 章 光学和激光在生物医学中的应用	746
17.1 基本光学理论概述	747
17.2 生物组织中光传播的基本理论	752
17.3 光的物理作用及其检测	762
17.4 生物物质的光学测量技术	769
17.5 激光热疗的基本原理	776
17.6 光纤和波导在医学中的应用	785
17.7 生物医学中的光学成像	790
习题	794
推荐阅读资料	797
附录	798
A.1 MATLAB 简介	798
A.2 利用 MATLAB 求解微分方程	814
A.3 框图与 SIMULINK 仿真	818
A.4 SIMULINK 仿真工具箱	820