



生物医学测量与仪器

Shengwu Yixue Celiang yu Yiqi

王保华 主编



 复旦大学出版社

生物医学测量与仪器

Shengwu Yixue Celiang yu Yiqi

王保华 主编

 复旦大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物医学测量与仪器/王保华主编. —上海:复旦大学出版社, 2003.6
ISBN 7-309-03569-0

I. 生… II. 王… III. ①生物医学工程-测量
②生物医学工程-医疗器械 IV. R318.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 012914 号

生物医学测量与仪器

王保华 主编

出版发行 复旦大学出版社

上海市国权路 579 号 200433

86-21-65118853(发行部) 86-21-65109143(邮购)

fupnet@fudanpress.com http://www.fudanpress.com

责任编辑 傅淑娟

装帧设计 周 进

总 编 辑 高若海

出 品 人 贺圣遂

印 刷 上海江杨印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 23.25 插页 2

字 数 562 千

版 次 2003 年 6 月第一版 2003 年 6 月第一次印刷

印 数 1—2 100

书 号 ISBN 7-309-03569-0/R·771

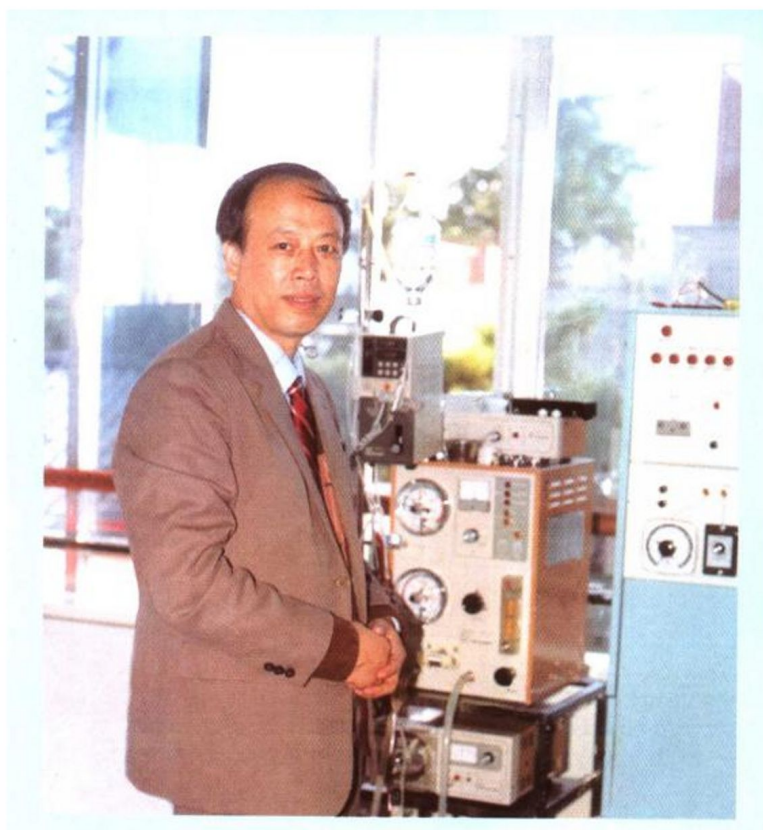
定 价 38.00 元

如有印装质量问题, 请向复旦大学出版社发行部调换。

版权所有 侵权必究



本书由上海科技专著出版资金资助出版



主编简介

王保华，男，1939年11月生，江苏宜兴人。1960年毕业于上海交通大学电机系，现任上海大学通信与信息工程学院并兼上海交通大学生物医学工程系教授、博士生导师，中国电子学会理事，生物医学电子学会主任委员，中国生物医学工程学会理事，生物医学测量分会主任委员，国际无线电科学联盟K专业中国委员会主席，IEE（北京）执委。长期从事电视、雷达、通信、电子仪器及生物医学工程的教学与研究，历任上海科学技术大学学术委员会副主任，计算机科学系主任，上海生物医学工程研究所所长，上海大学生命科学学院副院长，生物医学工程系系主任等职。在国内外共发表学术论文90余篇，著有《雷达接收机》、《雷达显示器》、《调频无线电技术》、《生物医学电子学》、《生物医学中的遥测技术》、《生物医学电子学高级教程》等10余本。主持国家重点科技项目及国家自然科学基金等科研项目近20项，共有16项科研成果通过省市一级以上的专家鉴定或验收。曾获上海市科技进步奖一等奖、二等奖，全国优秀教材奖及优秀论文奖等多项奖励，上海市劳动模范，全国优秀教师，全国优秀科技工作者及全国“五一”劳动奖章等。

内容提要

.....

本书以测量方法为主导,同时介绍相关的医学仪器,即将测量与仪器进行系统化论述,介绍了国内外最新的生物医学测量方法及仪器。主要包括:生物电测量及仪器,生理参数测量及仪器,生化参数测量及仪器,超声诊断仪器,病人监护系统,植入式测量及仪器,生物医学光子测量及仪器,细胞及生物大分子层次上的测量技术及仪器等。本书可供生物医学工程专业的本科生、研究生,医疗器械行业的工程技术人员,医院中的医技人员,生命科学研究领域中从事生物医学测量及仪器工作的研究人员,以及电子与信息工程领域中的科技人员作为参考书和教科书。

出版说明

科学技术是第一生产力。21 世纪,科学技术和生产力必将发生新的革命性突破。

为贯彻落实“科教兴国”和“科教兴市”战略,上海市科学技术委员会和上海市新闻出版局于 2000 年设立“上海科技专著出版资金”,资助优秀科技著作在上海出版。

本书出版受“上海科技专著出版资金”资助。

上海科技专著出版资金管理委员会

参编人员

王保华(上海大学)

关晓光(中国医学科学院生物医学工程研究所)

霍纪文(中国医科大学)

林秩文(中国医学科学院生物医学工程研究所)

赵勇刚(上海交通大学)

魏建明(上海大学)

葛华勇(上海大学)

打印/绘图人员

吴 蔚 刘 红 吴雄文 刘 芳 何 平 陈敏莲

前 言

生物医学工程是一个多科学的交叉领域,其特点是将工程科学与生命科学的原理与方法相结合,在生命体的多个层面上对生命体的现象与运动规律进行定量研究,并发展相应的医疗技术及仪器系统,应用于医学和保健,维持和促进人类的健康。生物医学工程涵盖生物材料与人工器官,生物力学,生物系统的建模、仿真及控制,生物医学信号检测及处理技术,医学成像及图像处理,物理因子的生物学效应,治疗与康复工程,生物医学电磁学,生物系统的质量、能量及信息传送等,而生物医学测量是生物医学工程学科中最基础、应用最广泛、与生物医学工程其他分支学科联系最密切的领域。

生物医学测量的对象是生命体,尤其是人体。生命体是极其复杂的系统,其包含着反映生命活动的极其丰富的信息。这些信息存在于无数结构各异的生物分子精巧构造而成的高度复杂的结构体系细胞中;存在于由细胞组成的,具有特殊结构与功能,进行不同活动的器官中,如脑、心脏、肺、肝、肾、胰、血管、胃、膀胱和各种感觉器官;存在于各种器官组成的神经系统、循环系统、呼吸系统、泌尿系统、内分泌系统、消化系统和感觉系统等许多特殊功能的生命系统之中。人体正是由生物分子、细胞、器官和功能系统等各层次组成的复杂系统,正是依靠各层次上的活动和功能及其有机配合,才能实现生命体的新陈代谢、兴奋性和生殖能力等基本功能,才会维持生命过程。生物医学信息测量是对生命体各个层次上极其丰富且有内在联系的,具有个体差异且随时间与空间变化的,受环境影响的各种生命体成分、性质、状态和功能等信息进行检测与量化的技术。而科技工作者共同的信条是“没有对生命体各类生命现象的精确测量,便难以对生命过程进行全方位的调控与干预”,所以生物医学测量在生命科学及医疗技术中的重要性是不言而喻的。

本书将在生命体的整体与行为、器官与系统,以及细胞与生物大分子三个层面上展开对生物医学信息测量的讨论,并将突破以往生物医学测量技术以传感器为主导的系统格局,而主要从生命信息的测量方法、技术及仪器构建原理着手,从而更科学、更系统、更简洁、更深入地讨论各类生物医学信息的形成、获取、分析、处理、显示与记录等方法与相关技术。在生物电、非电生理生化参数的测量及仪器,病房监护系统,医学超声测量与仪器等常规测量及仪器中引入各类医疗及仪器新技术。为了面向 21 世纪的生命科学与医疗技术的进步,书中突出地介绍了无创及微创测量技术及仪器,生理参数的远程传输及监测技术,体内植入式测量及微系统,生物医学光子测量及仪器,以及细胞和生物大分子层次上的检测技术和方法,使本书具有更鲜明的新时代的科学特征。

在本书编写过程中,得到中国生物医学工程学会生物医学测量专业学会,国家教委生物医学工程教学指导委员会以及上海大学校方的多方面的鼓励、关心和支持。中国医学科学院生物医学工程研究所关晓光研究员、林秩文研究员和中国医科大学霍纪文教授以他们数十年来的丰富科学研究与教学实践的知识积累,直接参与了第 1 章、第 7 章、第 3 章和第 4 章的编写工作。上海交通大学及上海大学的博士研究生赵勇刚、魏建明和葛华勇等也直接

参与了本书第 9 和第 10 章的编写。初稿完成后,作者曾在上海交通大学、上海大学和同济大学(原上海铁道大学)对研究生及本科生中作了试讲,在跨度长达 6 年之久的历程中,对有关内容进行了全面的整理、修正、充实与更新。同时感谢我身边的许多青年教师与研究生,为了使本书早日出版,他们做了大量的资料收集和整理工作,并运用先进的计算机多媒体手段在文字处理、绘图、排版、校对等方面使本书的质量得以保证,他们是吴蔚、刘红、吴雄文、刘芳、何平与陈敏莲等。在此笔者对完成本书作出过辛勤劳动的所有成员致以崇高的敬意。

本书可供生物医学工程的本科生、研究生、医疗器械行业的工程技术人员,医院中的医技人员,生命科学研究领域中从事生物医学测量及仪器工作的研究人员,以及电子与信息工程领域中的科技人员作为重要的参考书和教科书,我深信他们会在本书中得益,也期望得到他们的批评与指正。

王保华

2002 年 11 月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 生物医学测量的范围	(1)
1.2 生物医学测量的基本特点	(2)
1.2.1 生物医学测量基本属于弱信号测量	(2)
1.2.2 生物体内的噪声对测量有重要影响	(2)
1.2.3 信息测量中容易引入外界环境的干扰	(3)
1.2.4 生物医学信息的多变性	(4)
1.2.5 生物医学测量的安全要求	(5)
1.3 生物医学测量方法的分类	(6)
1.3.1 按测量对象分: 离体测量与在体测量	(6)
1.3.2 按测量条件分: 无创测量与有创测量	(7)
1.3.3 按测量结果表达形式分: 一维信息测量和多维信息测量	(7)
1.4 生物医学测量电极与传感器	(8)
1.4.1 引言	(8)
1.4.2 生物医学传感器的分类	(9)
1.4.3 生物医学传感器的发展	(10)
1.5 生物医学测量仪器	(12)
1.5.1 生物医学测量系统的基本组成	(12)
1.5.2 生物医学测量仪器的种类	(12)
1.5.3 生物医学测量仪器的主要技术指标	(14)
1.6 生物医学测量及其仪器的发展简史和趋势	(19)
1.6.1 生物医学测量及其仪器的发展与现状	(19)
1.6.2 生物医学测量及其仪器的发展趋势	(21)
2 生物电测量及仪器	(24)
2.1 生物电测量电极	(24)
2.2 心电测量及仪器	(25)
2.2.1 心电的产生和心电图	(25)
2.2.2 体表心电图导联	(27)
2.2.3 心电图描记——心电图机	(29)
2.2.4 心电图的自动诊断	(35)
2.2.5 心电向量图	(37)
2.2.6 希氏束电图及其测量	(40)
2.2.7 心室晚电位测量	(47)
2.2.8 高频心电图分析仪	(50)

2.2.9	运动心电图测量	(52)
2.2.10	心电地形图仪——体表心电标测系统	(52)
2.2.11	心电图逆问题	(55)
2.3	脑电测量及仪器	(56)
2.3.1	脑电的产生和脑电图	(56)
2.3.2	脑电图机	(56)
2.3.3	脑电信号分析	(59)
2.3.4	诱发脑电技术	(61)
2.3.5	脑电技术的延伸	(63)
2.4	肌电测量及仪器	(64)
2.4.1	肌细胞中的生物电位	(64)
2.4.2	肌电的引导与记录	(65)
2.4.3	典型肌电图仪的结构与指标	(66)
2.4.4	肌电图检查	(68)
2.5	其他生物电测量及仪器	(71)
2.5.1	视网膜电图、眼电图及眼震电图	(71)
2.5.2	胃电图	(75)
2.6	多道电生理记录仪	(78)
2.7	生物磁测量:心磁图和脑磁图	(79)
3	生理参数测量及仪器	(83)
3.1	生理参数的传感技术	(83)
3.1.1	位移传感器	(83)
3.1.2	压力传感器	(83)
3.1.3	流量传感器	(83)
3.1.4	振动传感器	(84)
3.1.5	温度传感器	(84)
3.1.6	光传感器	(84)
3.2	血压及心输出量测量技术	(84)
3.2.1	引言	(84)
3.2.2	有创血压监测	(85)
3.2.3	无创血压监测	(95)
3.2.4	心输出量测量	(97)
3.3	生物声测量	(101)
3.3.1	引言	(101)
3.3.2	心音测量及仪器	(101)
3.3.3	耳声发射测量	(103)
3.4	血流测量及仪器	(104)
3.4.1	引言	(104)

3.4.2	电磁血流量计	(108)
3.4.3	超声多普勒血流仪	(109)
3.4.4	激光多普勒血流仪	(112)
3.4.5	阻抗式血流图仪	(115)
3.5	体温测量	(118)
3.5.1	引言	(118)
3.5.2	热电偶测量	(118)
3.5.3	PN 结测温	(119)
3.5.4	金属丝热电阻和半导体热敏电阻测温	(119)
3.5.5	液晶测温	(120)
3.5.6	石英晶体测温	(121)
3.5.7	深部体温的测量	(121)
3.5.8	非接触式测温和温度分布的测量	(121)
3.6	呼吸功能测量及仪器	(121)
3.6.1	引言	(121)
3.6.2	压差式呼吸流量计	(124)
3.6.3	电阻抗式呼吸监测仪	(128)
3.6.4	肺顺应性的测量	(129)
3.7	血液流变学测量与仪器	(131)
3.7.1	引言	(131)
3.7.2	血液黏度计	(132)
3.7.3	血液流变仪	(134)
3.8	在体无创及微创测量技术	(136)
4	生化参数测量与仪器	(138)
4.1	引言	(138)
4.1.1	生化参数测量的特点	(138)
4.1.2	现行生化参数测量技术	(138)
4.2	血气分析仪	(140)
4.2.1	血氧测定	(140)
4.2.2	血中二氧化碳测定	(144)
4.2.3	血液 pH 测量	(146)
4.2.4	集成化血气分析电极	(146)
4.2.5	血气分析仪	(147)
4.3	经皮血气监测仪	(148)
4.3.1	经皮血气监测	(148)
4.3.2	电化学电极经皮血气监测	(149)
4.3.3	质谱仪式经皮血气监测	(151)
4.3.4	气相色谱分析式经皮血气监测	(151)

4.3.5	临床应用	(152)
4.4	电解质分析仪	(153)
4.4.1	临床用离子选择电极	(153)
4.4.2	临床用电解质分析仪	(156)
4.5	自动生化分析仪	(157)
4.5.1	流动式自动生化分析仪	(158)
4.5.2	分立式自动分析仪	(160)
4.5.3	离心式自动分析仪	(161)
4.5.4	反应速度测定仪	(162)
4.6	生化参数测量技术的几个发展方向	(163)
4.6.1	新型化学及生物传感器的开发和应用	(163)
4.6.2	多种检测方法、技术的综合化,实现生化检验的全自动化	(164)
4.6.3	从离体测量向在体测量过渡	(164)
5	病房监护系统	(166)
5.1	概述	(166)
5.2	心电床边监护仪	(168)
5.2.1	引言	(168)
5.2.2	模拟式心电床边监护仪	(168)
5.2.3	波形-字符同屏显示的心电床边监护仪	(170)
5.2.4	心律失常床边监护仪	(173)
5.2.5	多参数床边监护仪	(184)
5.3	中央集中监护	(186)
5.3.1	引言	(186)
5.3.2	心电集中监护系统	(186)
5.3.3	多生理参数集中监护系统	(198)
5.4	动态监护	(207)
5.4.1	动态心电监护	(207)
5.4.2	动态血压监护	(209)
5.4.3	其他	(212)
5.5	胎儿监护仪	(212)
5.6	监护系统的几个发展方向	(213)
5.6.1	多功能监护	(213)
5.6.2	多参数监护	(214)
5.6.3	自动化及闭环控制	(214)
5.6.4	系统化及网络化	(214)
5.6.5	携带式及植入式监护	(215)
6	生理参数的远程传输及监测技术	(216)

6.1	概述	(216)
6.1.1	生物医学遥测分类	(216)
6.1.2	生物医学遥测系统组成	(216)
6.1.3	远程医疗	(217)
6.2	远程传输的几个核心技术	(217)
6.2.1	调制与解调	(217)
6.2.2	编码与解码	(219)
6.2.3	基带传输与频带传输	(220)
6.2.4	多路复用技术	(221)
6.3	无线电遥测监护	(222)
6.3.1	心电图无线遥测	(222)
6.3.2	血压无线遥测	(224)
6.4	生理参数的光遥测	(227)
6.4.1	引言	(227)
6.4.2	多道生理参数的光遥测系统	(227)
6.5	电话线传输监护技术	(229)
6.5.1	引言	(229)
6.5.2	心电图模拟式有线传输监护系统举例	(231)
6.6	基于 LAN 和 WAN 的远程诊断	(233)
6.7	利用卫星通信系统实现远程诊断	(234)
6.7.1	引言	(234)
6.7.2	实例	(237)
6.8	前景	(238)
6.8.1	宽带远程网络	(238)
6.8.2	虚拟医院	(238)
6.8.3	标准与立法	(239)
7	医学超声测量与仪器	(240)
7.1	概述	(240)
7.1.1	引言	(240)
7.1.2	医学超声测量技术的分类	(240)
7.1.3	医学超声测量技术的特点	(241)
7.1.4	超声测量技术在临床中的应用	(241)
7.2	医学超声诊断的声学基础	(242)
7.2.1	超声波及其主要声学参量	(242)
7.2.2	超声波在人体组织中的传播	(244)
7.2.3	超声场	(248)
7.3	A 型和 M 型超声测量仪器	(251)
7.3.1	A 型超声测量仪器	(251)

7.3.2	M型超声测量仪器	(253)
7.4	B型超声测量仪器	(254)
7.4.1	引言	(254)
7.4.2	机械扇形扫描超声诊断仪	(255)
7.4.3	机械径向扫描超声诊断仪	(258)
7.4.4	电子线阵超声诊断仪	(260)
7.4.5	电子凸阵超声诊断仪	(265)
7.4.6	电子相控阵超声诊断仪	(266)
7.4.7	环阵相控超声诊断仪	(268)
7.4.8	B型超声测量仪器的主要部件及电路设计原则	(269)
7.5	超声彩色血流成像	(272)
7.5.1	超声彩色血流成像特点和临床意义	(273)
7.5.2	彩色血流成像设备结构	(273)
8	植入式测量及仪器	(275)
8.1	植入式电子系统概述	(275)
8.1.1	引言	(275)
8.1.2	典型应用与进展	(275)
8.1.3	植入式电子系统的特点	(276)
8.2	吞服式无线电遥测胶囊	(277)
8.3	植入式无线电遥测系统	(279)
8.3.1	引言	(279)
8.3.2	植入式颅内压遥测	(280)
8.3.3	植入式肌电遥测	(281)
8.3.4	植入式体温遥测	(282)
8.3.5	多道植入式遥测	(283)
8.4	植入式超声波遥测系统	(284)
8.5	植入式光遥测系统	(286)
8.6	植入式闭环测控系统	(287)
8.6.1	植入式闭环人工胰	(287)
8.6.2	植入式自动除颤器	(288)
8.7	展望	(290)
9	生物医学光子测量技术	(292)
9.1	生物医学光子学概述	(292)
9.1.1	引言	(292)
9.1.2	生物光子学	(292)
9.1.3	医学光子学	(293)
9.2	生物系统的光子辐射	(293)

9.2.1	引言	(293)
9.2.2	生物系统光子辐射产生的物理机制	(294)
9.2.3	生物系统的自发超弱发光	(295)
9.2.4	生物系统的诱导超弱发光	(296)
9.2.5	生物系统超弱发光的主要检测方法	(296)
9.2.6	生物系统超弱发光技术的应用	(297)
9.3	激光共焦扫描显微技术	(297)
9.3.1	荧光探针	(297)
9.3.2	激光共焦扫描显微技术	(298)
9.4	组织光学参数的测量方法与技术	(301)
9.4.1	引言	(301)
9.4.2	组织的光学特性参数及其描述	(301)
9.4.3	组织光学参数的测量方法与技术	(303)
9.5	医学光谱技术	(305)
9.5.1	生物组织的自体荧光与药物荧光光谱	(305)
9.5.2	生物组织的喇曼光谱	(309)
9.6	光子成像技术	(311)
9.6.1	引言	(311)
9.6.2	时间分辨成像技术	(312)
9.6.3	相干分辨成像技术(OCT)	(312)
10	细胞和分子层次的检测技术	(316)
10.1	引言	(316)
10.2	扫描隧道显微镜	(317)
10.2.1	扫描隧道显微镜的成像原理	(317)
10.2.2	扫描隧道显微镜的结构	(318)
10.2.3	扫描隧道显微镜的应用	(318)
10.3	细胞层次的电生理学方法	(318)
10.3.1	微电极及其应用	(319)
10.3.2	膜片钳技术	(320)
10.4	DNA 测序仪	(322)
10.4.1	DNA 测序的意义	(322)
10.4.2	DNA 测序的原理、方法及仪器	(322)
10.5	PCR 技术	(326)
10.5.1	PCR 技术的基本原理	(326)
10.5.2	PCR 反应的特点	(326)
10.5.3	PCR 技术的应用举例	(327)
10.6	生物芯片及其应用	(327)
10.6.1	生物芯片的加工制备	(328)