



国际信息工程先进技术译丛

Apress®

智能传感器： 医疗、健康和环境的关键应用

Sensor Technologies:

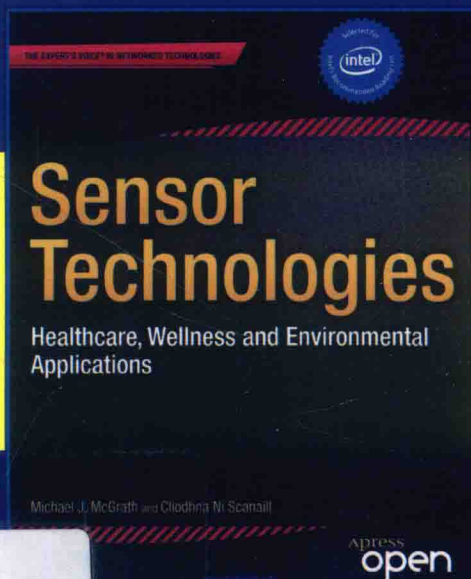
Healthcare, Wellness and Environmental Applications

[爱尔兰]

迈克 J. 麦格拉思 (Michael J. McGrath)
克莱娜 N. 斯克奈尔 (Clíodhna Ní Scanail)

等著

胡宁 王君 王平 译



- ◎ 以真实案例深入剖析传感器在医疗、健康、环境监测等领域的关键内容，分享深入见解与实用经验
- ◎ 掌握可穿戴、智慧医疗、环境监测中的先进传感技术
- ◎ 简单易读以帮助你更好理解传感器技术的各种进展与挑战



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国际信息工程先进技术译丛

智能传感器：医疗、 健康和环境的关键应用

[爱尔兰] 迈克 J. 麦格拉思 (Michael J. McGrath) 等著
克莱娜 N. 斯克奈尔 (Clíodhna Ní Scanaill)
胡 宁 王 君 王 平 译



机械工业出版社

在智能时代,智慧医疗、穿戴式运动追踪、生活环境监测等相关科技产品正逐渐改变人类的生活方式,而这其中传感器起着关键作用。

本书正是基于此从基本理论和现实具体案例应用等方面对传感器技术在医疗、健康和环境监测中的应用进行了深入的探讨。

本书将帮助临床医疗和技术研究者、工程师、学生等广大读者理解并解决在学习、开发传感器应用过程中面对的技术性与非技术性的挑战。

Sensor Technologies: Healthcare, Wellness and Environmental Applications.
by Michael J. McGrath, Cliodhna Ní Scanaill, ISBN: 978-1-4302-6013-4.

Original English language edition published by Apress Media.

Copyright © 2014 by Apress Media. Simplified Chinese-language edition
copyright © 2016 by China Machine Press. All rights reserved.

本书由 Apress Media 授权机械工业出版社在中国境内(不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区)出版与发行。未经许可之出口,视为违反著作权法,将受法律之制裁。

北京市版权局著作权合同登记 图字:01-2015-2218 号。

图书在版编目(CIP)数据

智能传感器:医疗、健康和环境的关键应用/(爱尔兰)迈克·J. 麦格拉思(Michael J. McGrath)等著;胡宁,王君,王平译. —北京:机械工业出版社,2016.8

(国际信息工程先进技术译丛)

书名原文:Sensor Technologies: Healthcare, Wellness and Environmental Applications

ISBN 978-7-111-54459-3

I. ①智… II. ①迈…②胡…③王…④王… III. ①智能传感器-应用-医疗卫生服务-研究 IV. ①TP212.6②R197-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第179626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:林 桢 责任编辑:闫洪庆

责任校对:杜雨霏 封面设计:马精明

责任印制:李 洋

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2017年1月第1版第1次印刷

169mm×239mm·20印张·404千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-54459-3

定价:89.00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

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

译者序

传感器技术是物理、电子学、光子学、机械学、化学以及生物学等的交叉研究领域,广泛地应用于科学研究和产品设计等领域。传感器在医疗、保健及环境监测应用上的使用已经变得非常广泛。随着社会经济的不断发展与人类生活水平的不断提高,人们对于自身医疗、健康和环境监测方面的要求也越来越高。为了保证医疗质量,进一步降低医疗成本,越来越多的传感器技术融入到了人们的日常生活中,用于对人体生命体征和各种活动的实时监测。与此同时,医疗方式也从传统的被动医疗的模式逐步转向积极的预防保健模式,极大地降低了社会的医疗负担和成本。传感器除了应用于医疗保健领域,同时还被广泛地使用于与人自身健康相关的环境监测领域,从多个方面最终实现对人体健康的全面保护。

本书的作者从基本理论和应用的视角对传感器技术在医疗、健康和环境监测中的应用进行了深入的探讨,给传感器的发展、使用和评价提供一些实用的见解,有助于临床和技术研究者、工程师、学生等理解在发展传感器应用过程中传感器面对的技术性与非技术性的挑战。本书第1章为引言,概述了全书的主要内容;第2~5章,主要介绍了传感器和创建一个点对点智能传感器应用所需要的硬件和软件知识;第6~8章,重点描述设计一个成功的传感器应用所需考虑的各种相关的非技术因素;第9~11章,主要内容是如何将这些传感器应用于医疗、健康和环境监测;第12章对全书进行了总结与展望。读者可以连续地阅读每个章节,也可以选择感兴趣的章节进行阅读。在整本书中,作者加入了与章节内容相关的辅助材料,从而让读者能更加深入地理解主题信息。作者从医疗、健康和环境监测的视角讨论这类特殊的传感技术,本书的核心内容同样也适用于其他类型的传感技术领域。

本书由浙江大学生物医学工程与仪器科学学院生物传感器国家专业实验室从事生物医学传感与检测技术的多位教师与研究生共同翻译完成,包括张希、邹莹畅、苏凯麒、秦臻、黎洪波、孙启永、屠佳伟、张斌、高凡、郭添添、孙斐,全书由胡宁、王君和王平统稿。他们结合各自的科研工作,除了对英文原文进行了忠实原著的翻译外,还对原著中部分专业叙述进行了相应的解读和说明,并对书中的个别错误进行了更正,使其便于国内的广大读者阅读和理解。本书可供从事该领域及传感器与生物医学交叉领域的研究人员和学生阅读使用。

本书内容所涉及的研究领域非常广泛,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。译者的联系邮箱为 cnpwang@zju.edu.cn(王平)。

胡宁 王君 王平

浙江大学生物医学工程与仪器科学学院
生物传感器国家专业实验室

2016年11月,杭州

原书作者简介



Michael J. McGrath 博士是欧洲英特尔实验室的高级研究员，已经在英特尔实验室工作 14 年，承担过多个项目的管理和研究工作。他的研究领域包括环境和穿戴式的传感器应用、网络技术、移动技术和数据管理技术。他曾担任独立生活科技研究中心（TRIL Centre）的项目负责人，主要研究方向是发展支持独立生活的技术。他与他人合著了《Wireless Sensor Networks for Healthcare Applications》（2009 年由美国 Artech House 出版社出版）。他于 1992 年获得爱尔兰都柏林城市大学分析科学专业的理学学士学位，1995 年获得都柏林城市大学传感器与仪器专业的博士学位，1999 年获得都柏林城市大学信息技术专业的研究生文凭，2004 年获得布兰察斯镇理工学院计算专业的研究生文凭，2007 年获得布兰察斯镇理工学院计算专业的硕士学位。

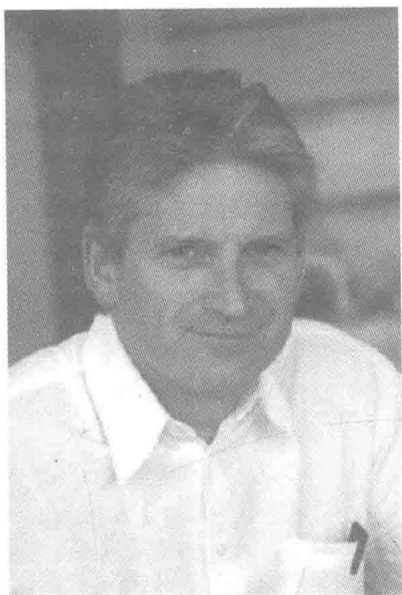


Cliodhna Ní Scanaill 博士是欧洲英特尔实验室的高级传感器应用工程师，她开发和使用大规模传感器系统用于环境监测。在 2006 年加入英特尔实验室前，她已经在独立生活科技研究中心致力于防跌倒的研究 5 年多时间，担任软件工程师、研究员和项目负责人。她的研究方向包括跌倒和老龄化、体育和健身传感技术、传感器网络的设计及其管理。她获得爱尔兰利默里克（Limerick）大学计算机工程专业的工程学士学位和生物医学电子学专业的博士学位。她的博士毕业论文是《使用短消息服务远程监护老年人》。



Dawn Nafus 博士是欧洲英特尔实验室的高级研发科学家，她负责人类学研究用于激发新产品开发及其策略。她获得英国剑桥大学人类学专业的博士学位，曾经是英国埃塞克斯大学（University of Essex）的研究员。她在学术杂志发表了很多有关技术和社会的文章，并与公共政策制定者和行业领导者一同解决问题，例如扩大公众在开源社区参与度。她的研究方向包括时代经历、技术和现代化相关的信仰、评估全球技术应用的政治、数字人类学。

原书技术审阅人简介



Dermot Diamond 分别在 1987 年和 2002 年获得英国北爱尔兰的贝尔法斯特女王大学 (Queen's University Belfast) 化学传感器专业的博士学位和互联网规模传感技术专业的理学博士学位, 曾于 2002 ~ 2004 年任都柏林城市大学的副校长。他在国际期刊上发表了 300 多篇论文, 是 18 项专利的发明人, 4 本书籍的合著者和编辑。他是都柏林城市大学国家传感器研究中心 (www.ncsr.ie) 的主任和创始人之一, 爱尔兰科学基金支持的传感器网络技术 CLARITY 中心 (www.clarity-centre.com) 的项目负责人, 爱尔兰科学基金支持的 INSIGHT 中心的研究员 (www.insight-centre.org)。他于 2002 年在伦敦获得英国皇家化学学会授予的首枚传感器研究银

质奖章, 基于出色的研究成果于 2006 年获得都柏林大学校长奖。他的研究方向主要包括刺激响应性高分子基础科学、未来自主化学传感技术平台发展、使用分析装置和传感器提供信息构建无线网络系统; 建立数字和分子世界相互联系。研究相关的信息详见 www.dcu.ie/chemistry/asg。



Chris Nugent 获得英国北爱尔兰阿尔斯特大学 (University of Ulster) 电子学系统专业的工程学士学位和生物医学工程专业的博士学位。他现任阿尔斯特大学生物医学工程专业的教授。他的研究涵盖智能环境下移动和普遍技术的设计、发展和评价, 这些工作已经被应用于环境辅助生活相关领域。他的研究成果广泛地发表于跨越理论、临床、生物医学工程等众多领域。现在, 他是智能环境研究团队的负责人, 该研究团队目标是采用集成的和多学科的研究方法, 发展家庭人体监护和远程监护系统研究。

原 书 序

生命的数学

你是否通过电子显微镜观察过岩石样本分子的形貌？是否使用红外相机看过沥青的黑色？是否采用微型摄像药丸检测过你的肠道？是否检查过五个月后会出生的宝宝的脚趾？这个世界充满了神秘感，超越了我们传统的五大感官能够感知的范围。

现在，新的时代已经到来，我们可以看到和感受到超越我们自身的、内在和外在的神奇。人体内部和人体外部的传感技术在讲述着揭示、发现和康复的故事，讲述着我们在捕捉心脏跳动信号，测量血氧水平，检测电脉冲信号，给我们的肌肉和神经带来生命和活力，或者使我们的呼吸和体液述说着我们现在和未来的快乐与悲伤的故事。我们能感知和叙说这些快乐与悲伤，并把它们尽可能地利用起来。

生物传感器能感知我们的健康和幸福，它们已经融入我们的日常生活。我所说的生物传感器的定义非常广泛，作为传感器检测我们的身体属性和居住环境。因此，我们的计划是使用生物传感器检测健康的可见的和不可见的物质，加强测量的准确性，并用传感技术为人们做出快速响应和预警。

为什么？为什么是现在？因为我们已经准备好了，因为我们必须这样做。我们准备好了，是因为主要的技术发展趋势正在发生融合：信息革命包括全球网络、流行的计算和作为商品的计算机程序（“应用程序”）；与此同时，纳米技术的进步为使用合适的传感器铺平了道路。我们必须这样做，是因为存在急需解决的问题，从而满足生活的多方面需要。

我们很幸运地生活在这样一个时代，一个军事、医疗和工业进步在排队加入智能手机革命的时代，它并不是火箭科学或者心脏手术，而是可能在全球普及并适应我们日常生活的相关需求。

数字生活

对我来说，这些都是我发自内心的感受。我是一个糖尿病患者，正是科技才能使我活下去——感谢葡萄糖传感器的30多年的发展。传感技术在我日常生活中的作用已经帮助我成为全球技术先驱公司的一名生物传感技术决策者。

糖尿病是一个被信息技术控制状态的最好例子。从本质上讲，状态是碳水化合物消耗、药物摄入和运动之间相互影响——作为个人监测的生物传感器。基于相互影响，我可以做一个计算：如果我食用的蛋卷冰淇淋拥有28g的碳水化合物，我把它除以4（我自身的特定系数），然后注射7个单位的胰岛素。如果我的生物传感器，也就是葡萄糖测定仪测量的结果100个单位太高，我就将碳水化合物除以50

后再注射2个单位的胰岛素。如果葡萄糖测定仪的读数小于70个单位，我就吃25g的糖。有点复杂，但这就是它如何工作的，而且确实这样工作。

目前，有成千上万的葡萄糖测定仪。最近医疗保健系统的一大发展就是持续的血液监测，对于那些有糖尿病的人、医生、其他纳税人来说，这绝对是革命性变化。我们不仅能高分辨率地管理血糖，更好地模仿我们受损的新陈代谢，而且可以让我们见到日常血糖的情况，给我们新的令人兴奋的见解和实践，减少日常管理的负担。我们能够认识到我们行为的直接原因和影响，最终改善我们的生活，降低医疗保健费用。如今很多专家承认，这对护理人员 and 患者来说是一个神秘的世界。

固执己见的信息技术专家容易将期望寄托于最后的前沿——“人工胰腺”。这不是一个植入器官，而是一个软件，输入连续的血糖测量和计算说明至胰岛素泵。有热情的医疗技术员会乐意遵循相似的发展路线提出其他几个条件。

力量的神奇转变

你会感到惊讶：今天医疗系统正在经历一场大的转变，糖尿病患者可以自己控制药物摄入。是的，实际上我们一旦稍微过量使用了胰岛素就会有致命的危险。

人们期望的是，生物传感技术的故事也是力量神奇转变的故事。21世纪为我们提供了认识自己，看到以前无法看见的，超越我们传统认知观点，并打破之前少数人控制的巨大而又昂贵仪器。记住数码相机和拍照手机记录下了怎样的世界？我们正奔向一个广泛的领域——医疗和保健、食品和饮食、水、电、环境监测和家庭护理。传感技术将通过提供按需实现健康状况来在医疗服务质量方面发挥关键作用。传感器还可以通过获得新的个人模式护理和服务使服务创新，这些直到现在一直是少数人的特权。

揭示生命的奥秘

生命的奥秘都在我们的眼皮底下，而生物传感器为我们感知周围和现实提供了新的方法。“生物传感技术遍及日常生活”时代，我们每天都会面对很多新的数据；它可能是我们自己的，我们会利用和分享我们认可的数据。我们的传感器将始终开启并始终连接在一起；它们将与其他生物传感器一起工作，通过众包（crowdsourcing）数据，在发生和复发时间、空间和不同人群中产生新的意义，提取新的模式。这能使我们增加对自己的自省和了解；它也会让我们与所爱的人产生更多亲密的互动，增加我们对周围世界的认识。

心率和步伐、阳光的紫外线、环境污染、大脑活动、细菌——这一切都会被新一代的传感技术消费者所利用，消费者将超过移动时代去开拓新兴功能。

随着技术难度的降低和变得方便使用，这些信号的价格会进一步降低。数据将变得更加容易获得。不需要再通过抽取血液或者其他体液，我们将采用非侵入式的方法——声、光、电、呼吸嗅探和服装来检测这些微小的变化。前人考虑我们身体周围的预兆，尽管采用不同的和更有用的感官，但是生物传感器将证明它们是正确的。

本书是一本介绍传感器及其应用的书，使我们能够拥有更大的权利监测自己的健康、保健和居住环境。我们被引向了未来，一个可以让我们每个人都前所未有清晰地看清人体复杂性，看到我们自己身体的预兆并且可以记录它，使它成为个人或者公共认知的基础。作者提供了令人兴奋的见解，同时希望得到大家的宣传和指正。

生物传感器正在走近我们——欢迎来探究这本展现了时代惊奇、具有权威性、充满奥秘的技术指导工具书。

David Gordon
英特尔集团战略规划总监

原 书 前 言

健康是一切幸福的基础。

——李·亨特 19 世纪英国诗人

当我们刚开始打算写一本关于传感器及其应用的书时，我们还对书的主题和形式有一点犹豫。尽管有一些优秀的关于传感器及其功能的书籍，但是我们还是觉得这是一个机遇，给传感器的发展、使用和评价提供一些实践性的见解。在英特尔数字健康集团和独立生活科技研究中心的六年合作中，我们涉足为数以百计的爱尔兰老人开发和利用医疗技术。在那段时间，我们在多学科交叉的团队中工作，获得了很多病人和临床专家的深入见解，学到了很多有价值的知识。这些经验有助于我们更好地理解传感器技术如何能被成功应用和外部因素如何能影响真实世界的传感器应用。在本书中，我们采用实践和容易理解的方式分享了我们了解的知识。我们介绍的主题包括设备规范、管理传感器的使用、数据形象化和社会因素，这些都是现代传感器应用的基础，很少在传感器或相关领域专业书籍中讨论。我们还讨论了这些技术的发展趋势，比如智能手机和平板电脑的众多应用，影响着传感器在消费市场中应用的扩展。

我们关注医疗、保健、环境监测领域，因为它们是我们 21 世纪中面对的最大全球挑战。传感技术在这些领域中扮演着重要的角色，使我们了解影响我们生活的各种因素，包括我们的健康状况、生活习惯、饮食和饮用水、呼吸的空气和居住的生活环境质量。在这个传感技术越来越多的世界，我们想要写一本简单易懂的书，有助于临床和技术研究者、工程师、学生和那些对传感器好奇的人理解在发展传感器应用过程中传感器面对的技术性与非技术性的挑战。我们希望本书也有助于相关领域专家，如临床医生和工程师，从而更加全面地了解传感器的应用。

本书第 1 章为引言，概述了全书的主要内容；第 2~5 章描述了传感器和创建一个点对点智能传感器应用所需要的硬件和软件组成；第 6~8 章描述了设计一个成功的传感器应用所需考虑的非技术因素；第 9~11 章描述了传感器在健康、保健和环境监测中的应用；第 12 章对全书进行了总结与展望。读者可以连续阅读每个章节，也可以选择感兴趣的章节进行阅读。在整本书中，我们加入了参考文献和外部材料，从而让读者能更加深入地理解主题信息。尽管我们从健康、保健和环境监测的视角讨论传感技术，但我们相信本书的核心内容适用于所有传感技术领域。

我们希望在读完本书后，你们不仅会分享我们对传感技术和传感器应用的认识，你们也会分享我们对传感器应用和这些微小设备快速进化使我们的生活变得更加美好的好奇和惊讶。

Michael J. McGrath
Clíodhna Ní Scanail
英特尔欧洲实验室

目 录

译者序

原书作者简介

原书技术审阅人简介

原书序

原书前言

第1章 引言	1
1.1 本书的主要内容	2
1.2 传感器的历史概述	3
1.3 传感器应用的驱动力	5
1.3.1 健康与健身	5
1.3.2 人口老龄化	7
1.3.3 个性化医疗	7
1.3.4 公共卫生	8
1.3.5 技术交互	9
1.3.6 国家安全	10
1.3.7 物联网	10
1.3.8 水和食物	11
1.3.9 环境挑战	12
1.4 传感器应用面临的挑战	12
1.5 传感器实现创新	13
参考文献	14
第2章 传感技术与传感器基础	16
2.1 传感器和传感技术的定义	16
2.2 主要传感模式介绍	17
2.3 机械传感器	19
2.3.1 MEMS 传感器	21
2.3.2 加速度计	21
2.3.3 陀螺仪	22
2.4 光学传感器	22
2.4.1 光电传感器	23
2.4.2 红外传感器	23

XII 智能传感器：医疗、健康和环境的关键应用

2.4.3 光纤传感器	24
2.4.4 干涉仪	25
2.5 半导体传感器	25
2.5.1 气体传感器	26
2.5.2 温度传感器	26
2.5.3 磁传感器	27
2.5.4 光学传感器	27
2.5.5 离子选择性场效应晶体管	28
2.6 电化学传感器	29
2.6.1 电位型传感器	29
2.6.2 电流型传感器	29
2.6.3 电量传感器	29
2.6.4 电导传感器	30
2.7 生物传感器	30
2.7.1 生物传感器的换能器	32
2.7.2 生物传感器的主要特性	33
2.8 应用领域	34
2.8.1 环境监测	34
2.8.2 医疗	37
2.8.3 保健	38
2.9 传感器特性	40
2.9.1 检测范围	40
2.9.2 传递函数	40
2.9.3 线性和非线性	42
2.9.4 灵敏度	42
2.9.5 环境影响	43
2.9.6 输入修正	43
2.9.7 输入干扰	43
2.9.8 迟滞	43
2.9.9 分辨率	44
2.9.10 准确度	44
2.9.11 精度	44
2.9.12 误差	45
2.9.13 统计特性	47
2.9.14 可重复性	47
2.9.15 公差	47
2.9.16 动态特性	47
2.10 小结	48
参考文献	48

第3章 传感器关键技术：硬件和软件概述	52
3.1 智能传感器	52
3.2 传感器系统	53
3.3 传感器平台	54
3.3.1 Arduino I/O 板	54
3.3.2 Shimmer	55
3.3.3 智能手机和平板电脑	56
3.4 智能传感器的微控制器	57
3.4.1 CPU	58
3.4.2 常用微控制器	62
3.5 接口和嵌入式通信	63
3.5.1 嵌入式数字接口和协议	63
3.5.2 模拟接口	65
3.6 传感器通信	66
3.6.1 标准有线接口	66
3.6.2 中短距离无线通信标准	69
3.6.3 专有无线协议	71
3.7 电源管理和能量采集	72
3.7.1 电源管理	72
3.7.2 能量采集	73
3.8 微控制器的软件和调试	75
3.8.1 IDE	75
3.8.2 开发语言	76
3.8.3 测试代码	77
3.9 小结	77
参考文献	78
第4章 传感器网络拓扑理论及设计	80
4.1 传感器网络构成要素	80
4.1.1 传感器节点	82
4.1.2 信息汇聚器、基站及网关	82
4.2 传感器网络拓扑结构	85
4.3 传感器网络的应用	87
4.3.1 个人局域网	87
4.3.2 家庭传感器网络	88
4.3.3 广域网	89
4.4 传感器网络的特征和挑战	90
4.4.1 安全	92

XIV 智能传感器：医疗、健康和环境的关键应用

4.4.2 传感器网络面临的挑战 96

4.5 小结 97

参考文献 97

第5章 传感器数据处理和增强 98

5.1 数据认知 99

5.2 物联网 99

5.3 传感器和云 101

5.4 数据质量 102

5.4.1 解决数据质量问题 103

5.5 传感器数据融合 104

5.6 数据挖掘 105

5.7 数据可视化 108

5.8 大传感数据 111

5.9 小结 113

参考文献 113

第6章 法规与标准：传感器技术的注意事项 116

6.1 医疗设备法规 116

6.1.1 CE 认证 117

6.1.2 美国食品药品监督管理局 118

6.1.3 其他医疗设备监管者 120

6.2 医疗设备的标准 121

6.2.1 行业标准和认证 121

6.2.2 质量管理体系标准 122

6.2.3 临床研究标准 123

6.2.4 数据互操作性标准 124

6.3 环境传感器的法规 124

6.3.1 环境噪声 125

6.3.2 环境空气质量 126

6.3.3 室内空气质量 128

6.3.4 饮用水 130

6.3.5 射频频谱的监管和分配 130

6.4 挑战 132

6.4.1 针对具体国家的监管程序 132

6.4.2 移动健康应用程序 133

6.4.3 个性化医疗 135

6.4.4 大众科学 135

6.5 小结	136
参考文献	136
第7章 生物传感器的数据经济	138
7.1 论证的基础	142
7.2 为什么基于“应该”的技术开发难有成效	144
7.3 基于“应该”设计的后果	152
7.4 为什么设计需要考虑种种“可能因素”	153
7.5 “可能因素”数据经济的要求	157
7.6 小结	160
参考文献	160
第8章 家庭与社区传感器的使用	162
8.1 医疗领域的挑战	162
8.2 研究设计	163
8.2.1 提出研究问题	164
8.2.2 临床群体特征	165
8.3 家庭使用传感器	166
8.3.1 家用与社区使用的传感技术	166
8.3.2 穿戴式传感器的评估应用	167
8.3.3 周围环境监测传感技术	168
8.3.4 用户设备入口	168
8.3.5 用户反馈	170
8.4 家用传感器的管理	170
8.5 远程使用传感器结构	171
8.6 样机设计过程	172
8.6.1 与用户共同设计	172
8.6.2 与多学科团队成员共同设计	173
8.7 数据分析与智能数据处理	174
8.8 案例研究	175
8.8.1 案例一：量化计时起走（QTUG）测试	175
8.8.2 案例二：日常活动和步态速度的环境监测评估	179
8.8.3 案例三：专注生活训练	180
8.9 经验总结	181
8.9.1 安装过程	181
8.9.2 关键传感器的隐藏	181
8.9.3 数据质量	183
8.9.4 用户参与	183
8.10 小结	184

参考文献	184
第9章 医疗应用的穿戴式、周围环境监测与用户使用的传感技术	186
9.1 改变我们医疗工作的方式	186
9.2 传感器检测的背景信息在医疗中的应用	189
9.3 基于医院和社区的传感技术用于评估和诊断	190
9.3.1 监测生命体征	190
9.3.2 心率	191
9.3.3 血压	191
9.3.4 体温	193
9.3.5 呼吸速率	195
9.3.6 血氧的监测	195
9.4 社区应用的传感技术	196
9.5 基于家庭的临床应用	197
9.5.1 慢性疾病管理	200
9.5.2 用于研究的不定期监测	201
9.5.3 活动和行为的监测	202
9.5.4 生物力学康复	205
9.5.5 聚合与管理	206
9.5.6 智能手机作为医疗平台	207
9.6 自我护理诊断试剂盒	209
9.6.1 酶/免疫学检测	210
9.6.2 酶试纸	211
9.6.3 色谱湿法化学	212
9.6.4 家庭检测市场	212
9.6.5 家庭基因测试	215
9.7 关键驱动因素和挑战	215
9.7.1 医疗系统方面的驱动因素和挑战	216
9.7.2 技术驱动因素和挑战	216
9.7.3 消费者驱动因素和挑战	217
9.8 基于传感器医疗应用的未来	218
9.9 小结	220
参考文献	220
第10章 保健、健身及生活方式传感技术的应用	223
10.1 驱动力与阻力：运动与健身传感技术	224
10.1.1 运动与健身传感技术的驱动力	224
10.1.2 运动与健身传感技术的障碍	226
10.2 运动与健身传感技术的应用	227