

ADVANCED LOW-COST MEDICAL TECHNOLOGIES

先进低成本医疗技术

刘 静 饶 伟 贾得巍 著



科学出版社
www.sciencep.com

先进低成本医疗技术

张 强 王 伟 张 伟 等 著



人民卫生出版社
人民卫生出版社

先进低成本医疗技术

Advanced Low-cost Medical Technologies

刘 静 饶 伟 贾得巍 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

低成本医疗技术是旨在缩小大众间医疗卫生服务水平差距的普惠型健康技术,相应研究正成为国内外生物医学工程发展的热点和前沿。为推进这一领域的系统性探索,并促成相关基础与应用研究的突破,本书深入提炼了构成先进低成本医疗技术的基本特征,阐述了以网络、PC 及手机等量大面广的电子媒介为载体的健康管理及诊疗技术的低成本途径,并剖析了实现移动治疗及对几类重大疾病实施低成本诊疗的富有启发性的方法,构建了用以缩短医疗装备研发与制造周期从而降低终端产品成本的计算机集成技术体系,在此基础上探寻新的医疗卫生服务架构、管理模式及产业化机制,对由低成本医疗引申出的未来发展方向予以评述,提出了有待解决的一系列关键科学与技术问题。

本书可供生物医学工程、临床医学、信息技术、微系统技术、纳米技术、物理、电子、机械等领域的研究人员、工程师以及大专院校有关专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

先进低成本医疗技术: Advanced Low-cost Medical Technologies / 刘静, 饶伟, 贾得巍著. —北京: 科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-028414-3

I. ①先… II. ①刘… ②饶 ③贾 III. ①疾病—诊疗 IV. ①R4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 144881 号

责任编辑: 张 静 杨 然 / 责任校对: 张 林

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社编务公司排版制作

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 8 月第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)

2010 年 8 月第一次印刷 印张: 13 1/2

印数: 1—2 500 字数: 270 000

定价: 48.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

如何解决医疗卫生发展水平的不平衡,以保证最大多数人群的公平就医问题,并满足普通大众的健康维护需求,是当今世界所面临的重大课题。造成医疗成本日益攀升的极重要因素之一可以归结到设备及医药本身。突破这种困境的关键环节之一在于着力构建性能卓越而成本低廉的尖端医疗器械。当前,借助于日渐成熟的纳米技术、信息技术、微电子学、微加工技术和计算机科学等方面的成果,将各类现代最先进的诊断、治疗及健康维护系统在保持甚至提升其性能的前提下,全面实现低成本化、高效化、数字化及便捷化正成为可能。这种有别于传统医疗装备模式的系统的全面普及,将促成诊断、治疗及健康维护的个性化和即时性,并催生出新的普惠型医疗卫生服务体系,特别是将为解决慢性病病人的长期监护和治疗提供不可替代的工具。

低成本医疗技术由于可在确保提升诊疗水平的同时大幅降低就医成本,所以,正成为当前学术界和工业界关注的焦点。作为在医疗技术领域的长期探索者和实践者,本书作者一直对各种医疗费用居高不下的状况深感忧虑,在长期思索后,我们2006年7月于学术期刊《科技导报》撰文呼吁,应将全面部署低成本医疗技术研究提升到战略层面。此后,作者欣喜地看到,大力发展普惠型健康技术逐渐成为共识。从这一系列重要事件的发展中可以看出:中国科学院高瞻远瞩地发出了向低成本医疗进军的号角,多个发达国家的科研机构如美国NIH等先后启动相关研究,多家国际知名企业也相继参与有关产品的研发。由于低成本医疗技术在现代医疗卫生服务体系中具有重大价值,世界各国正加紧新一轮的战略部署,不少新成立的研究机构,纷纷将此方向研究列为新的突破口。实际上,我国生物医学工程界前辈们早在多年前就明确指出,中国的生物医学工程应该是省钱的生物医学工程。今天,这种呼唤更加迫切和具体。

无疑,掌控各个时代的关键技术是一个国家始终确保处于领先地位的前提,反之则会陷入极大的被动。中国能否在未来先进医疗装备市场的世界格局中起到主导作用,在很大程度上可以通过在量大面广的尖端低成本医疗仪器领域的作为来得到大幅提升,这类技术很有可能会在今后不长的时间内发展成人们日常生活中不可或缺的消费品,因而相应研究的战略价值十分明显。当前,在低成本医疗技术的相关理论与应用问题研究方面,国内外尚比较缺乏相对系统的著作。为促进这一领域的快速发展,作者希望基于实验室的前期积累,围绕新兴的低成本医

疗技术亟待全面拓展的紧迫需求,结合国内外医疗卫生服务体系变革的特点,试图剖析典型低成本医疗技术的一些基本特征、理论与应用问题,并构建系列通向先进低成本医疗装备的技术路线。我们相信,随着相应研究与应用的全面推进,今后世界各地的医疗卫生服务水平可能会进入无差别时代。作者出版本书的目的,就是希望读者能从中明了低成本医疗技术的重要价值,洞悉一些重大疾病的超常规解决方案,迅速掌握相关生物医疗仪器研制开发的基本思想和研究前沿,从而寻找到学科发展的突破口。

值得指出的是,低成本医疗技术涉及的范畴无疑相当广泛,其今后的突破在很大层面上也将有赖于医药生物学方面的进展。不过,限于本书主题,作者的论述将更多地着墨于医学工程学方面,且以技术和仪器为重点,其中低成本化又是全书的核心和主干线。对此的考虑一方面源于生物医学工程学本身对技术的贡献程度,另一方面也源于作者的工程学背景。当然,即便如此,本书掀开的画面也仅仅是低成本医疗技术领域中的冰山之一角。在未来该领域的发展道路上,存在着巨大的空间亟待拓展。

在本书成稿过程中,第一作者指导的多名学生先后参与了其中一些内容的研究和撰写工作,他们是:饶伟、贾得巍、陈柏炜、韩萌、王昊、张声威、谢巧闽、金超、邓月光等,特别是饶伟和贾得巍两位同志还参与了本书多个章节的整理。此外,书中部分内容和素材自2006年春季学期起,就在第一作者于清华大学医学院生物医学工程系开设的“微/纳米生物医学技术与仪器”课程中讲解,经数届学生的积极参与,使本书不断得到丰富和完善。其间,本书所涉及内容的部分研究工作,还得到了清华-裕元医学科学研究基金及中国科学院医疗仪器创新基金的资助。作者在此谨一并致谢。

限于作者水平,书中难免有不妥及疏漏之处,恳请读者批评指正。

刘 静

2010年4月于中关村

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 导言	1
1.2 医疗卫生体系的发展沿革	1
1.3 世界各国的医疗卫生现状对比	2
1.4 中国的医疗卫生现状	3
1.5 低成本医疗技术的提出	5
1.6 低成本医疗装备技术的发展战略	6
1.7 本书内容和框架	7
参考文献	8
第 2 章 低成本化微全医院系统装备技术	10
2.1 导言	10
2.2 微全医院系统概念的提出	10
2.3 微全医院系统的内涵及意义	12
2.3.1 新型医院的特点	12
2.3.2 发展微全医院系统的重要意义	13
2.4 微全医院系统管理模式	13
2.5 实现微全医院系统装备的典型技术途径	14
2.5.1 功能检查与监测设备的微型化及全面集成化	14
2.5.2 医学影像设备的全面微型化	16
2.5.3 微创化治疗技术与设备	23
2.5.4 微创诊断技术与仪器	25
2.6 小结	26
参考文献	26
第 3 章 现代家庭医疗系统及其装备技术	29
3.1 导言	29
3.2 家庭医学的起源与现状	29
3.3 新一代家庭医疗系统构建	30
3.4 家用检测仪器的微创化	31

3.5 家用监测仪器的集成化	34
3.6 家用医学影像设备的微型化	35
3.7 家用治疗仪器的智能化	35
3.8 定量诊断软硬件的开发	36
3.9 蓝牙通信方式的采用	36
3.10 家庭医院装备系统的成本分析和策略	37
3.11 小结	38
参考文献	39
第 4 章 以 PC 及网络为载体的低成本健康检测 DIY 技术	41
4.1 导言	41
4.2 低成本健康检测 DIY 技术的提出	41
4.3 以计算机及网络为载体的低成本健康检测 DIY 技术概念	42
4.4 DIY 检测环节数据采集终端的低成本化问题	43
4.5 健康检测 DIY 对计算机硬件、软件的要求	48
4.6 网络传输问题	50
4.7 现有技术与 DIY 结合分析	52
4.8 基于 PC 的低成本多生理参数即时 DIY 采集案例	54
4.9 低成本获取人体生理参数的事后评估方案	56
4.10 人体生理信息 DIY 检测中远程调用硬件主体模式	59
4.11 前景与展望	59
4.12 小结	61
参考文献	61
第 5 章 基于手机的低成本诊疗技术	64
5.1 导言	64
5.2 手机生物医学工程的兴起	64
5.3 手机生物医学工程学国内外研发态势	65
5.4 手机医疗的基本特征	67
5.5 基本生理参数的手机监测技术	68
5.5.1 测温手机	68
5.5.2 手机心电监测技术	69
5.5.3 糖尿病手机监测技术	69
5.5.4 高血压手机监测技术	70
5.5.5 血液流动参数的手机测量技术	70
5.6 手机生物医学图像技术	72
5.6.1 手机医学影像技术学科的兴起	72

5.6.2	传统生物医学影像技术的不足及手机医学影像的独特性	72
5.6.3	手机直接获取光学图像技术	73
5.6.4	手机光学成像技术的发展前景	78
5.6.5	手机直接功能成像技术	79
5.6.6	手机功能图像技术发展前景	82
5.6.7	手机无线图像获取技术	84
5.6.8	手机生物医学图像技术发展路线图	85
5.7	基于声学信号的手机健康监测技术	87
5.7.1	利用发声诊断疾病	87
5.7.2	睡眠障碍的非接触式手机监测方法	87
5.7.3	听诊型手机	90
5.8	多模式手机监测技术	90
5.9	环境手机监测与健康提示技术	90
5.10	具备特定医疗功能的手机技术	91
5.10.1	用于健康管理的手​​机振动模块	91
5.10.2	营养跟踪手机	91
5.10.3	人体运动或自然状态的手机监测技术	92
5.11	小结	93
	参考文献	94
第 6 章	低成本化可穿戴式治疗技术	99
6.1	导言	99
6.2	慢性病治疗态势及可穿戴治疗技术的兴起	99
6.3	设备的可穿戴式设计	100
6.4	可穿戴式检测系统发展概况	101
6.5	可用于可穿戴式治疗系统的治疗机理	102
6.5.1	电疗	102
6.5.2	磁疗	102
6.5.3	超声疗法	102
6.5.4	透皮给药	103
6.6	典型可穿戴式治疗系统	103
6.6.1	穿戴式低频电疼痛治疗仪	103
6.6.2	声波加速体内激素分泌器	104
6.6.3	基于 Bio-MEMS 的手腕式血糖控制仪	104
6.6.4	可穿戴除颤器	105
6.6.5	可穿戴中风康复器	106

6.6.6 带反馈系统小儿理疗矫正靴	106
6.6.7 可穿戴式触摸心理治疗	107
6.6.8 可穿戴式交变电场治疗脑瘤	108
6.6.9 “灵敏液体”肌肉理疗仪	108
6.6.10 帕金森光刺激视觉提示眼镜	109
6.7 机遇与挑战	109
6.8 小结	110
参考文献	111
第 7 章 大型医疗装备的低成本发展策略	113
7.1 导言	113
7.2 大型医疗装备分类及性价问题	113
7.3 技术替换的低成本化策略	116
7.4 突破原理的低成本化策略	118
7.4.1 可低成本化的成像技术	118
7.4.2 治疗设备的绿色化低成本变革	121
7.5 模式创新的低成本化策略	122
7.5.1 大型装备的组件化	122
7.5.2 组件功能的专业化	123
7.6 小结	124
参考文献	124
第 8 章 肿瘤治疗超低成本化的技术策略	127
8.1 导言	127
8.2 肿瘤发展态势及治疗现状	127
8.3 突破常规肿瘤治疗的消融设备的设计理念	129
8.4 肿瘤消融技术的困境及新思路	133
8.4.1 传统肿瘤治疗模式与典型消融技术的成本分析	133
8.4.2 消融技术的理想特征	134
8.4.3 高强度靶向热化学方法的提出	135
8.5 基于酸碱中和反应的高强度肿瘤靶向热消融法	135
8.5.1 基本原理	135
8.5.2 酸碱中和释热反应热疗原理性实验	136
8.5.3 酸碱中和反应热消融方法的发展态势	138
8.6 具有局部高强度释热效应的碱金属热消融方法	139
8.6.1 碱金属热消融原理	139
8.6.2 碱金属热消融法升温特性典型实验	141

8.6.3 碱金属热消融的化学效应原理与作用机制	142
8.6.4 碱金属热消融法的发展态势	144
8.7 肿瘤治疗中疗效与低价化矛盾的对立统一	145
8.8 小结	145
参考文献	146
第9章 医学影像诊断的低成本策略——以远红外热成像技术为例	149
9.1 导言	149
9.2 肿瘤早期检测现状及典型医学影像技术	150
9.3 远红外影像诊断方法及其优势和不足	150
9.4 远红外医学影像数据库的医学价值	151
9.5 人体远红外医学影像数据库系统构成	152
9.5.1 乳腺热图数据库结构	153
9.5.2 人体远红外图像数据库系统模块设计及功能描述	154
9.6 人体远红外图像检索及比对分析	155
9.6.1 人体远红外图像病灶区或感兴趣区特征信息	155
9.6.2 功能实现	156
9.7 常见病筛查中的低成本化远红外监测途径	157
9.8 肿瘤微创治疗监测与术后评估的低成本化远红外影像技术	160
9.9 局部热疗中的红外热图引导方法	160
9.9.1 浅表肿瘤热疗中的红外热图监控	160
9.9.2 红外热图引导下的激光热疗手术	162
9.10 全身热疗中的红外监控技术	163
9.11 引导冷冻治疗过程的红外热图监控方法	163
9.12 冷热治疗效果的红外热影像快速评估方法	165
9.13 远红外成像设备的低成本化问题	166
9.14 低成本化获取人体体表温度图像的替代方法	167
9.15 小结	169
参考文献	170
第10章 降低终端医疗产品研发与制造成本的计算机集成技术体系	173
10.1 导言	173
10.2 终端医疗产品低成本快速研发对策	173
10.3 影响医疗产品研发成本的多因素机制	175
10.4 以数据库为核心的集成研发平台	177
10.4.1 集成研发平台的数据库组成	177
10.4.2 集成研发平台的数据库工作机制	178

10.4.3	集成研发平台数据库的更多功能	179
10.5	按医疗装备分类确定的技术设计元件库组成	180
10.5.1	诊断监护型医疗设备的设计元素	181
10.5.2	参数型诊护设备研发	181
10.5.3	描述型诊护设备研发	182
10.5.4	治疗与康复问题	183
10.5.5	可植入设备设计元件库	184
10.5.6	预防与保健设备设计	185
10.6	医疗装备集成研发关键技术组件解构	187
10.6.1	微创手术	187
10.6.2	显示系统	188
10.6.3	操纵系统	189
10.7	远程医疗范式	192
10.7.1	传感器模块	193
10.7.2	无线通信模块	194
10.7.3	网络结点电源模块	195
10.7.4	控制技术和嵌入式模块	197
10.8	集成研发平台架构和保障体系	197
10.9	从研发到生产的案例——IWBH 计算机集成研发链条	199
10.10	小结	201
	参考文献	202

第 1 章 绪 论

1.1 导 言

医疗卫生事业是人类赖以生存和发展的重要支撑。随着全球经济的蓬勃发展以及人类物质文化生活水平的不断提高,人们对先进医疗装备技术的需求日趋显现。然而从世界范围看,发达与发展中国家之间在医疗卫生服务水平上的差距正日益拉大;而在中国,城市与农村医疗资源分布存在严重的不平衡。本章剖析了这一严峻现实,阐述了国内外医疗卫生事业的发展态势,论述解决该困境的关键技术途径之一在于着力发展先进低成本医疗技术,以期大幅降低医患成本,并催生出新的医疗卫生服务体系。文中归纳出了一些推进低成本医疗的战略发展路线,提炼出这一领域基本的技术特征和发展原则,同时通过对几类有代表性的生动案例的剖析阐述了实现低成本医疗技术的具体思路,最后介绍了本书的内容及框架。

1.2 医疗卫生体系的发展沿革

医疗卫生关乎人类的生存发展与生活质量。古今中外,医院系统的形式并非一成不变,始终在随着各个时代人群的需求而不断演变^[1,2]。我国早期的医院类似于慈善组织,大多出于非赢利目的;其形式从简单的寻医问药起步,到收容残疾人及患者的患坊,直至发展到有专门管理和护理人员的机构。在国外,早期的医院主要服务于宗教,后来逐步独立,演变为贫民院与临终者之家。19 世纪末,随着医学知识体系逐步建立,医院作为医学技术的中心,要求配备相应的设备,因而医疗设备逐渐向医院集中,近代医院得以成型。而此时,基于新技术的医疗装备成本较为高昂,医院更多地承担着为社会中上层人士服务的角色,其间甚至演化出私人医院。20 世纪 70 年代以来,随着医疗诊断技术和医院管理体制的日臻完善,近代医院开始向现代医院转化。现代医院既是一个多方位、多层次、多功能的健康管理单位,又是科技及知识密集型的集成系统。

现代医学中,借助各种医疗设备以获取客观数据进行诊断和治疗是其重要特征。中医传统中的“望(察言观色)、闻(闻气味)、问(听声音)、切(手感探病)”诊治手段已逐渐被各种标准化的测试仪器所取代。同时,大量的医学影像技术如计算机 X 射线断层扫描(X-CT)、磁共振成像(MRI)、正电子发射断层显像(PET)以及

内窥镜诊疗等技术的应用,使得疾病诊断更加精确、治疗更为有效。然而,随着这类精密医疗装备的引入和采用,患者负担日渐加重,突出地表现为医院的投资成本和运行费用大为增加,患者看病吃药越来越困难。进入 21 世纪后,无论是综合医院还是小型专科医院,设备投资成倍增长。例如,国内一个中等规模的专科医院所需医疗设备的价值总额往往在千万元以上^[3],而大型综合性三甲医院的医疗设备固定资产则高达上亿元,平均每个床位占有的医疗仪器金额在 15.5 万元左右,分别高出 1986 年的近 30 倍与 15 倍左右^[4]。由于医院的经营体制随社会体制的发展也发生了深刻的变化,医院已由早期的纯公益性公众服务机构变成了自负盈亏,兼具公益性与经营性的实体。那么,能否在确保大幅度提升诊疗水平的同时降低就医成本,已成为当前迫切需要解决的重大课题。

1.3 世界各国的医疗卫生现状对比

1978 年,阿拉木图宣言向全世界提出了挑战,要求“充分实现人人享有保健并缩短发展中与发达国家之间卫生状态的差距”。如今,全球整体卫生水平虽取得长足发展,但据 2003 年世界卫生报告^[5]指出,世界卫生系统实际上已陷入不公平的困境。具体表现为各国之间卫生水平差距继续拉大。

2002 年的世界卫生组织统计数字表明^[5],不同国家和地区之间在儿童死亡率上存在着重大差别。在塞拉利昂出生的婴儿死亡率可能比印度高 3.5 倍,比冰岛或新加坡高 100 多倍。在 2002 年死亡的 5700 万人中(具体分布见图 1.1),1050 万

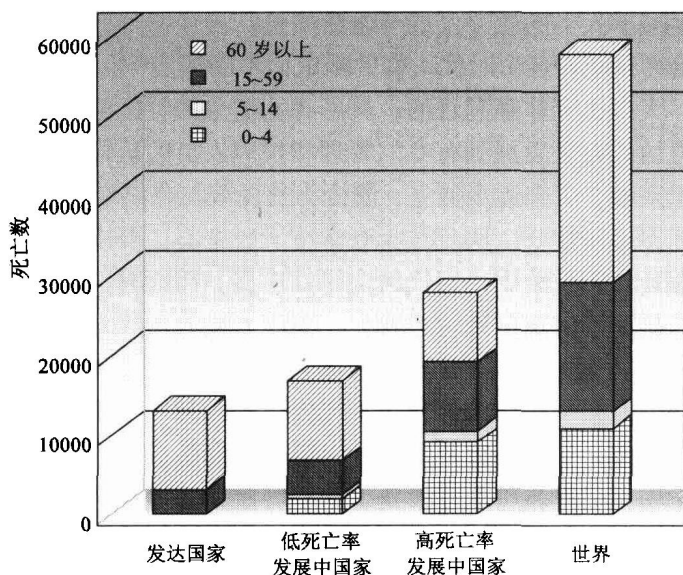


图 1.1 全球死亡率年龄分布^[5]

是 5 岁以下儿童, 其中 98% 以上发生在发展中国家。对比分析一下全球态势就不难看出, 第一世界和第三世界出生的孩子在期望寿命、营养水平、疾病预防、治疗及医疗保险等方面的差距大相径庭。而成人死亡率在各国之间的差距也越来越大, 表现为低死亡率地区成人死亡率连续下降, 高死亡率发展中国家则继续上升, 15~60 岁的成年人在低死亡率和高死亡率国家间的差距在 2002 年增加到了每千人 340 人。发达国家人口 60% 死亡年龄在 70 岁以上, 自然死亡的比例较高, 而发展中国家仅占 30%, 多数人死于疾病。显然, 不同国家之间的经济水平、社会保障及医疗投入等综合因素造成了上述差异。

1.4 中国的医疗卫生现状

我国当前的医疗卫生现状突出的表现为医患矛盾日益加剧。中国在由计划经济向市场经济转变的过程中, 由于区域经济战略调整等因素, 各地发展及城乡居民收入差距逐渐扩大^[6]。经济因素制约了医疗卫生事业的健康发展, 农村医疗环境及服务质量差、规模小, 因病致贫、返贫的现象较为严重。而在医疗装备相对完善的大中型城市, 大型医院看病不仅一号难求, 而且手续繁多, 大型医疗设备数量非理性膨胀也使得各项检查费用高昂。看病难、看病贵成为制约社会和谐发展的瓶颈。寻根究底, 医疗体制及医疗保障制度的不健全是造成此症结的主要原因。

长期以来, 中国医疗资源在城乡结构上一直存在着严重的不平衡。占总人口 70% 的广大农村, 仅拥有全国卫生资源的 20%, 导致农村卫生资源严重短缺。由于医疗卫生资源长期分布不均衡, 基层医疗机构建设不完善, 患者倾向于前往大城市的大医院就诊。尽管基层医疗机构诊疗水平在提高, 但由于心理上对大医院的信任, 仍使得一部分患者涌入大医院进行常见病的检查和治疗。我国三级甲等医院为医院总数的 3.2%, 但医院诊疗人次却占总人次的 28.6%, 医院入院人数占 20.9%^[7], 资源利用不尽合理。除此之外, 由于政府投入规模的制约, 公立医院的公益性质逐渐淡化, 医院的运行机制向着市场化、商业化转变, 医院的运行和发展越来越依赖于患者的诊疗费, “以药养医”正是在此背景下所产生的畸形机制。

此外, 政府财政投入不足也在一定程度上影响到百姓的基本医疗保障^[7]。2004 年第三次国家卫生服务调查结果显示, 过去 5 年中, 城市居民年均收入增长 8.9%, 农村增长 2.4%; 但城市、农村的年医疗卫生支出却分别增长了 13.5% 和 11.8%。由于缺乏补偿, 医院为获取经济效益, 大量引进利润高、风险小的医疗设备。目前, 各级医院诊断与治疗设备配置比例严重失调, 心电图、B 超、核磁共振等诊断设备数量远高于内外科手术、治疗类等设备, 许多本可以通过常规诊断的病例, 医生却过分依赖设备, 非理性开单检查, 大大加重了患者的经济负担。同时, 我

国医疗保险保障力度不大,也给低收入人群、尤其是广大农村人口带来就医困难。调查发现^[7],在收入水平有限、医疗费用大幅度上升、医疗风险增大等因素的制约下,经诊断应该住院治疗而未住院的人数,在城市比例为 27.8%,农村比例为 30.3%。近 10 年来,公众对医疗体系满意度大大降低,这从图 1.2^[8]给出的统计数据即可略见一斑。

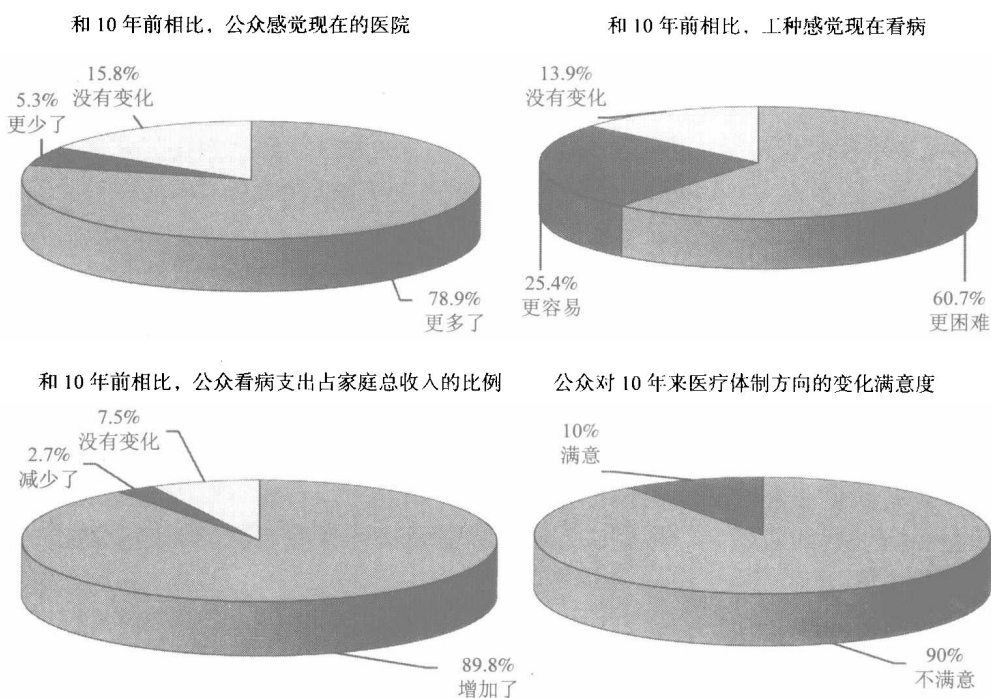


图 1.2 中国 10 年间关于医疗问题的调查结果^[8]

20 世纪 90 年代以来,依靠慈善医疗基金和地方政府财政支持而兴办的慈善医院曾缓解了一部分失业人口、弱势群体的就医问题,但由于救助对象大多无力承担全部医疗费用,而慈善医院的运行经费有限,其经营状况总体不太乐观^[9]。卫生部于 2006 年 1 月初提出普及“平价医院”的倡议,在全国上下一度反响强烈^[8]。平价医院主要靠减少中间环节来降低药价,政府的扶持也从一定程度上缓解了医院的成本负担^[10]。但从全国范围来看,慈善医院、平价医院目前所占比例较小,这类惠民医院的力量面对广大的就医人群而言,实际上是杯水车薪。

综上所述,如何解决医疗卫生发展水平的极度不平衡,以保证最大多数人群的公平就医问题,已成为一个全球性的重大课题。诚然,这必然涉及政治、经济、文化等多方面的综合因素,但作为社会发展的强劲动力——科学技术,则无疑担负着最重要的角色。本书作者于 2006 年就撰文明确指出,除继续加强减少贫穷和社会经济发展不平衡性的努力外,构建一个成本低廉、技术精良而种类齐全的微

全医疗卫生系统^[11]，可能会为此作出重要贡献。在随后的数年中，本书第一作者带领研究生围绕这一重要主题中的若干理论与技术问题，开展了一系列深入的探索和尝试，在此基础上逐步形成了相对全面的发展先进低成本医疗技术的总体思路。考虑到这一新兴领域国内外尚缺乏可供借鉴的系统性资料和参考著作，我们不揣冒昧，希望通过对实验室前期中酝酿而成的一些学术思想的传播，能够为推动我国低成本医疗技术的研发与产业化进程尽些微薄之力。

1.5 低成本医疗技术的提出

毫无疑问，造成医疗成本日益高昂的极重要因素之一可以归结到设备及医药本身。此方面，唯有依靠科学发展及技术革新才能得到改变。其中，突破这种困境的关键环节之一在于着力构建性能卓越而成本低廉的尖端医疗器械^[11]。低成本医疗技术即是借助于日渐成熟的纳米技术、微电子学、微加工技术、信息技术和计算机科学等方面的成果，将各类现代最先进的诊断、治疗及健康维护系统在保持甚至提升其性能的前提下，全面实现低成本化、高效化、智能化、数字化及便捷化的医学诊疗技术，从而为最广泛地维护、改善及促进人类健康作出贡献。由低成本医疗技术集成的医院系统，可望大幅降低诊疗成本及仪器的运行管理费。这种有别于传统医疗装备模式系统的全面普及，将促成诊断、治疗及健康维护的个性化和即时性，并催生出崭新的医疗卫生服务体系，尤其将为解决慢性患者的长期监护和治疗提供不可替代的工具。

低成本医疗技术的前景在于有望在确保提升诊疗水平的同时大幅降低医患成本，因此成为学术界和工业界关注的焦点，引申出了大量迫切需要解决的重大课题。作为在医疗技术领域的长期探索者和实践者，本书作者一直对医疗费用居高不下的状况深感忧虑，在长期思索的情况下，我们于2006年6月在《科技导报》上撰文呼吁在我国全面部署低成本医疗技术的研究；中国科学院2007年前后高瞻远瞩地吹响了向这一领域进军的号角，并随后确立了普惠健康重大研究方向，所属多个研究所的中坚力量迅速投入相关课题研究；清华大学医学院也通过有关课题组的教学和科研工作，积极响应并支持；国际上则有多个发达国家先后宣布投身低成本医疗技术研究。以上态势反映出学术研究和社会需求的共识。实际上，我国生物医学工程界的前辈们早在多年前就明确指出，中国的生物医学工程应该是省钱的生物医学工程。今天，这种呼唤更加迫切和具体。种种态势表明，围绕医疗卫生服务体系中对低成本医疗技术显而易见的重大需求，世界各国正加紧新一轮的战略部署。由于低成本医疗技术在现代医疗卫生体系中的重大价值，国内外近期新成立的一些研究机构，均纷纷将此方向研究列为新的突破口。预计，今后5~10年中先进低成本医疗技术的研究和普及应用将会渐入佳境，人类会因此而