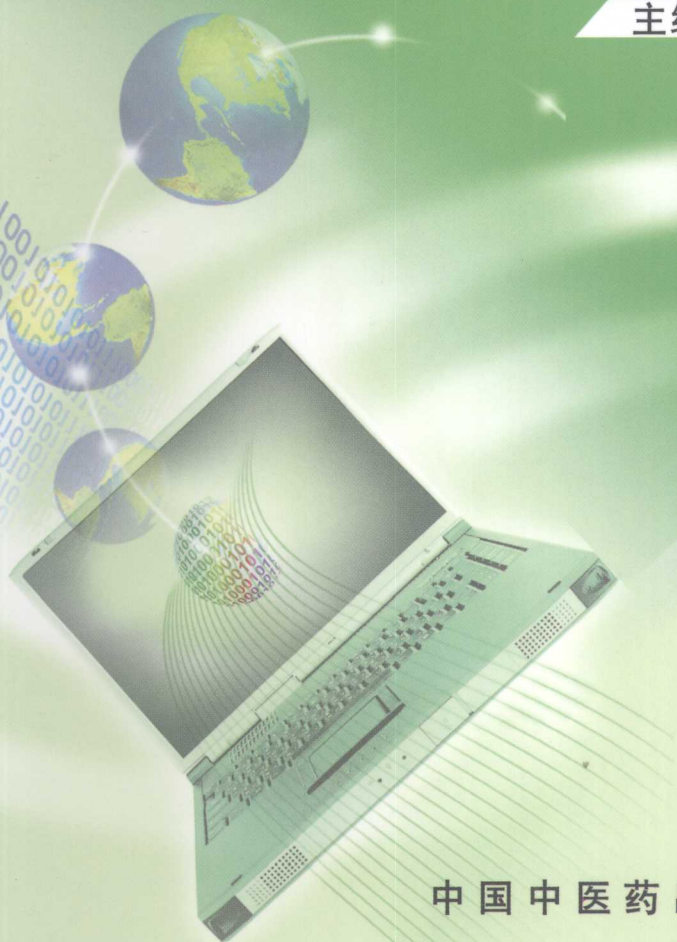


新世纪 全国高等中医药院校规划教材

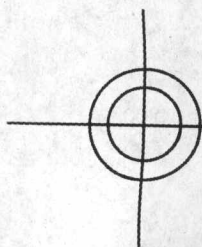


计算机技术在 医疗仪器中的应用

主编 潘礼庆



中国中医药出版社



新世纪全国高等中医药院校规划教材

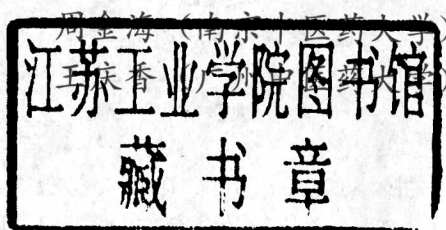
计算机技术在医疗 仪器中的应用

主 编 潘礼庆 (浙江中医药大学)

副主编 杨华元 (上海中医药大学)

章新友 (江西中医学院)

周金海 (南京中医药大学)



中国中医药出版社

• 北 京 •

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机技术在医疗仪器中的应用/潘礼庆主编. —北京: 中国中医药出版社, 2008. 4

新世纪全国高等中医药院校规划教材

ISBN 978-7-80231-406-1

I. 计… II. 潘… III. 计算机应用—医疗仪器—中医学院—教材 IV. TH77—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 034846 号

(学大医中书) 主

(学大医中书) 主

中国中医药出版社出版
北京市朝阳区北三环东路 28 号易亨大厦 16 层

邮政编码 100013

(学大医中书) 主

(学大医中书) 主

北京鑫正大印刷有限公司印刷
各地新华书店经销

*

开本 850×1168 1/16 印张 17 字数 394 千字

2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-80231-406-1 册数 5000

*

定价 23.00 元

网址 www.cptcm.com

如有质量问题请与本社出版部调换

版权专有 侵权必究

社长热线 010 64405720

读者服务部电话 010 64065415 010 84042153

书店网址 csln.net/qksd/

全国高等中医药教材建设

专家指导委员会

- 名誉主任委员** 李振吉 (世界中医药学会联合会副主席兼秘书长)
邓铁涛 (广州中医药大学 教授)
- 主任委员** 于文明 (国家中医药管理局副局长)
- 副主任委员** 王永炎 (中国中医科学院名誉院长 教授 中国工程院院士)
高思华 (国家中医药管理局科技教育司司长)
- 委员** (按姓氏笔画排列)
- 马 骥 (辽宁中医药大学校长 教授)
王绵之 (北京中医药大学 教授)
王 键 (安徽中医学院院长 教授)
王 华 (湖北中医学院院长 教授)
王之虹 (长春中医药大学校长 教授)
王乃平 (广西中医学院院长 教授)
王北婴 (国家中医药管理局中医师资格认证中心主任)
王新陆 (山东中医药大学校长 教授)
尤昭玲 (湖南中医药大学校长 教授)
石学敏 (天津中医药大学教授 中国工程院院士)
尼玛次仁 (西藏藏医学院院长 教授)
龙致贤 (北京中医药大学 教授)
匡海学 (黑龙江中医药大学校长 教授)
任继学 (长春中医药大学 教授)
刘红宁 (江西中医学院院长 教授)
刘振民 (北京中医药大学 教授)
刘延楨 (甘肃中医学院院长 教授)
齐 昉 (首都医科大学中医药学院院长 教授)
严世芸 (上海中医药大学 教授)
杜 建 (福建中医学院院长 教授)
李庆生 (云南中医学院院长 教授)
李连达 (中国中医科学院研究员 中国工程院院士)

李佃贵 (河北医科大学副校长 教授)
 吴咸中 (天津中西医结合医院主任医师 中国工程院院士)
 吴勉华 (南京中医药大学校长 教授)
 张伯礼 (天津中医药大学校长 教授 中国工程院院士)
 肖培根 (中国医学科学院研究员 中国工程院院士)
 肖鲁伟 (浙江中医药大学校长 教授)
 陈可冀 (中国中医科学院研究员 中国科学院院士)
 周仲瑛 (南京中医药大学 教授)
 周 然 (山西中医学院院长 教授)
 周铭心 (新疆医科大学副校长 教授)
 洪 净 (国家中医药管理局科技教育司副司长)
 郑守曾 (北京中医药大学校长 教授)
 范昕建 (成都中医药大学校长 教授)
 胡之璧 (上海中医药大学教授 中国工程院院士)
 贺兴东 (世界中医药学会联合会 副秘书长)
 徐志伟 (广州中医药大学校长 教授)
 唐俊琦 (陕西中医学院院长 教授)
 曹洪欣 (中国中医科学院院长 教授)
 梁光义 (贵阳中医学院院长 教授)
 焦树德 (中日友好医院 主任医师)
 彭 勃 (河南中医学院院长 教授)
 程莘农 (中国中医科学院研究员 中国工程院院士)
 谢建群 (上海中医药大学常务副校长 教授)
 路志正 (中国中医科学院 研究员)
 颜德馨 (上海铁路医院 主任医师)

秘 书 长 王 键 (安徽中医学院院长 教授)
 洪 净 (国家中医药管理局科教司副司长)

办公室主任 王国辰 (中国中医药出版社社长)
办公室副主任 范吉平 (中国中医药出版社副社长)

新世纪全国高等中医药院校规划教材

《计算机技术在医疗仪器中的应用》编委会

主 编 潘礼庆 (浙江中医药大学)

副 主 编 杨华元 (上海中医药大学)

章新友 (江西中医学院)

周金海 (南京中医药大学)

王庆香 (广州中医药大学)

编 委 (以姓氏笔画为序)

卜朝晖 (上海理工大学)

吴 彦 (浙江中医药大学)

陈 强 (山东中医药大学)

张柯欣 (辽宁中医药大学)

赵 琰 (黑龙江中医药大学)

前言

新世纪全国高等中医药院校计算机课程规划教材是依据国家教育部关于普通高等教育教材建设与改革的意见的精神,在国家中医药管理局的规划指导下,由全国中医药高等教育学会、全国高等中医药教材建设研究会组织,全国高等中医药院校教师联合参加编写,中国中医药出版社出版的高等中医药院校本科系列行业规划教材。

目前,计算机课程在全国各高等中医药院校均开设多年,计算机课程的开设对于提高中医药人才的综合素质,培养实现中医药现代化的人才有着重要的意义,因此各校对于计算机课程教学的重视程度越来越高。尽管近年来各校已经陆续开始招收计算机专业的学生,但目前全国各高等中医药院校计算机课程教学的主体对象是非计算机专业的学生。各高等中医药院校非计算机专业学生学习计算机知识时由于教学计划以及培养目标与普通院校的学生有所不同,因此就决定了高等中医药院校的计算机课程教学与普通院校有所不同。自全国各高等中医药院校开设计算机课程教学以来,由于所用教材大多是由综合性院校编写的,而且版本众多,所以一直没有较统一的教学计划,在教学上难以体现高等中医药教育的特色。基于以上现状,全国高等中医药教材建设研究会在进行充分调研的基础上,应各高等中医药院校一线教师以及教学主管部门的呼吁,于2005年开始了编写全国中医药院校计算机课程规划教材的准备工作。

按照国家中医药管理局关于行业规划教材建设的精神,本套教材的编写组织工作仍然采用了“政府指导,学会主办,院校联办,出版社协办”的运作机制,对教材进行了整体规划。全国高等中医药教材建设研究会于2005年7月在北京召开了“全国高等中医药院校计算机课程教学与教材建设研讨会”,会上来自全国多家高等中医药院校计算机教学的专家以及管理人员一致认为编写一套适合教学的计算机课程规划教材是十分必要和急需的,并初步提出了规划教材目录。之后全国高等中医药教材建设研究会组织有关专家对规划教材的目录进行了多次讨论,最终确定了12门新世纪全国高等中医药院校计算机课程规划教材,其中大部分是供非计算机专业教学使用的计算机教材,也有部分供计算机专业教学使用并能体现中医药特色的教材。本套教材的具体书目为:《SAS统计软件》《SPSS统计软件》《多媒体技术与应用》《计算机基础教程》《计算机技术在医疗仪器中的应用》《计算机网络基础与应用》《计算机医学信息检索》《计算机应用教程》《网页制作》《医学数据仓库与数据挖掘》《医学图形图像处理》《医院信息系统教程》。

本套教材在组织编写过程中,严格贯彻国家中医药管理局提出的“精品战略”精神,从教材规划到教材编写、专家论证、编辑加工、出版,都有计划、有步骤地实施,层层把关,步步强化,使“精品意识”、“质量意识”贯彻全过程。每种教材均经历了编写会、审稿会、定稿会的反复论证,不断完善,重在提高内在质量。注意体现素质教育和创新能力、实践能

力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件;同时在编写过程中始终强调突出中医药人才的培养目标,在教材中尽量体现中医药特色。

本套教材从开始论证到最后编写工作的完成,始终得到了全国各高等中医药院校各级领导和教学管理部门的高度重视,各校在人力、物力和财力上均给予了大力支持。广大从事计算机教学的一线教师和管理人员在这套教材的编写工作中倾注了大量心血,充分体现了扎实的工作作风和严谨的治学态度。在此一并致以诚挚的谢意!

新世纪全国高等中医药院校计算机课程规划教材的编写是一项全新的工作,所有参与工作的教师都充分发挥了智慧和能力,通过教材建设工作对教学水平进行总结和提高,并进行了积极的探索。但是,一项创新性的工作难免存在一些不足之处,希望各位教学人员在使用过程中及时发现问题并提出宝贵意见,以便我们重印或再版时予以修改和提高,使教材质量不断提高,逐步完善,更好地适应新世纪中医药人才培养的需要。

全国中医药高等教育学会
全国高等中医药教材建设研究会

2007年8月

编写说明

近年来,教育随着世界经济的多元化发展,以计算机为基础的信息技术迅速扩展到各个领域,计算机技术和基于计算机的应用技术已经成为信息社会的重要基础设施,形成了各种学科之间的互相交叉,因此许多医学高等院校也都开设了计算机科学与技术等专业,同时计算机教育和培训也成为我国高等教育中一个重要的环节,计算机应用技术的教育也从普通的办公自动化走向更高层次的计算机应用教学,学生的计算机应用能力在不断地提高,培养学生既懂得自己的专业、又能掌握和深入开展本领域的计算机应用,提高学生的全面素质已成为当前计算机教学的新任务。

在医学领域内比较突出的是,计算机技术在现代医疗仪器中的应用越来越广泛,这种技术从广义上来讲,是以计算机为基础的能采集、存储、处理、管理和传输信息的技术,它由计算机技术、通信技术、微电子技术结合而成,也叫做“现代信息技术”。计算机技术的发展极大地带动了医疗仪器技术的发展,从医学的基础研究到临床诊断都将广泛地采用医用计算机技术。在医学领域,不仅大大改善了医学研究的手段,促进了医学研究的进程,而且提高了对疾病的诊断和治疗水平。

《计算机技术在医疗仪器中的应用》是一部规划教材,编写的主要目的是使医学院校的学生对现代医疗仪器设备与技术有初步的了解,拓宽知识领域和科研能力,熟悉医院的数字化仪器、设备,也便于学生有选择性、针对性地进行进一步学习,如使用现成的技术和应用模块,构建自己的医学仪器等;使与信息技术相关专业学生了解现代医疗仪器设备与本专业知识的联系,增强学生对专业课程学习的兴趣和学习积极性,建立计算机技术在医疗仪器领域中应用、开发和研究意识,培养具有医学背景的计算机应用人才。本书主要对医疗仪器中的计算机应用技术进行介绍,掌握这些计算机技术的特点、功能和应用方法,未对医疗仪器的设计和各种技术做详细论述。

全书共分9章。前两章介绍了医疗仪器的发展、现代医疗仪器系统的基本组成,后7章分别介绍了各种计算机技术及其在医疗仪器中的具体应用和实例。参加本书编写工作的有杨华元(绪论)、张柯欣(医疗仪器的基本结构)、赵琰(生物医学信号处理技术)、章新友(医学数字图像处理技术)、周金海(单片机技术)、卜朝晖(嵌入式系统技术)、王庆香(数字信号处理技术)、潘礼庆(虚拟仪器技术)、陈强(网络与通信技术),最后由潘礼庆同志定稿,吴彦同志协助完成统稿工作。

本书在编写过程中得到全国高等中医药教材建设研究会、中国中医药出版社和浙江中医药大学领导的关心和支持,广州中医药大学信息技术学院为本书编写的前期工作提供了帮助,以及全

国各兄弟院校领导和同行的支持与帮助，在此一并表示感谢。

由于计算机技术的飞速发展，新技术的不断涌现，同时本教材的编写也是一种新的大胆尝试，不足的地方和错误希望广大读者和教师提出宝贵意见，以便在再版中改正。

编者

2008年2月

随着计算机技术的飞速发展，新技术的不断涌现，同时本教材的编写也是一种新的大胆尝试，不足的地方和错误希望广大读者和教师提出宝贵意见，以便在再版中改正。

随着计算机技术的飞速发展，新技术的不断涌现，同时本教材的编写也是一种新的大胆尝试，不足的地方和错误希望广大读者和教师提出宝贵意见，以便在再版中改正。

随着计算机技术的飞速发展，新技术的不断涌现，同时本教材的编写也是一种新的大胆尝试，不足的地方和错误希望广大读者和教师提出宝贵意见，以便在再版中改正。

随着计算机技术的飞速发展，新技术的不断涌现，同时本教材的编写也是一种新的大胆尝试，不足的地方和错误希望广大读者和教师提出宝贵意见，以便在再版中改正。

随着计算机技术的飞速发展，新技术的不断涌现，同时本教材的编写也是一种新的大胆尝试，不足的地方和错误希望广大读者和教师提出宝贵意见，以便在再版中改正。

目 录

01	绪论	1
01	1.1 医疗仪器发展概况	1
81	1.1.1 诊断仪器的发展历史	1
02	1.1.2 治疗仪器的发展历史	4
02	1.2 中医诊疗仪器发展概况	5
02	1.2.1 中医诊断仪器	5
02	1.2.2 中医治疗仪器	6
12	1.3 计算机技术与医疗仪器	8
22	1.3.1 医学数字图像处理技术	9
22	1.3.2 生物医学信号处理技术	9
22	1.3.3 医学虚拟仪器技术	10
22	1.3.4 医用电子仪器	10
22	1.3.5 计算机辅助中医专家诊断系统	11
22	1.3.6 数字化医院	11
22	1.4 医疗仪器的发展趋势	12
22	小结	13
22	思考题	13
22	2 医疗仪器的基本结构	14
22	2.1 概述	14
10	2.2 医疗仪器的分类	14
20	2.2.1 医学检测仪器	14
10	2.2.2 医学治疗仪器	16
20	2.2.3 医学辅助仪器	18
20	2.3 医疗仪器的构成与原理	19
20	2.3.1 医疗仪器系统的基本组成	19
20	2.3.2 人体生理信息与治疗	20
20	2.3.3 医疗仪器的工作方式与设计	21
20	2.4 常用医用传感器介绍	31
15	2.4.1 应变式传感器	31
25	2.4.2 压电式传感器	33
25	2.4.3 光电、热敏传感器	35

2.4.4	超声传感器	40
2.4.5	生化传感器	41
2.4.6	智能传感器	43
	小结	44
	思考题	45
3	生物医学信号处理技术	46
3.1	概述	46
3.1.1	信号与生物医学信号	46
3.1.2	生物医学信号的产生和特点	48
3.1.3	生物医学信号的传输介质	50
3.1.4	生物医学信号处理	50
3.2	生物医学信号的测量和信号放大	50
3.2.1	生物医学信号测量的范围	50
3.2.2	生物医学信号测量的基本特点	51
3.2.3	信号调理电路	52
3.2.4	生物医学信号的放大器	53
3.2.5	生物医学信号测量中的干扰与噪声	55
3.3	生物医学信号的数字化处理	55
3.3.1	采样定理	55
3.3.2	采样/保持	56
3.3.3	模/数转换器	57
3.3.4	数/模转换器	58
3.3.5	数据采集系统	58
3.4	生物医学信号的测量与分析	59
3.4.1	心血管系统电信号数字处理	59
3.4.2	神经和肌电信号的测量与处理	61
3.4.3	声音信号处理	63
3.4.4	压强信号处理	64
3.4.5	经络电阻测量	65
	小结	68
	思考题	68
4	医学数字图像处理技术	69
4.1	概述	69
4.1.1	数字图像处理的研究内容	69
4.1.2	计算机图像处理技术的发展	71
4.2	医学图像处理技术简介	73
4.2.1	图像处理技术	73

4.2.2	医学图像重建技术	74
4.3	图像处理技术在医学领域的应用	78
4.3.1	常用医学图像成像	78
4.3.2	外科手术导航系统	82
4.3.3	舌色诊断仪	87
	小结	90
	思考题	90
5	单片机技术	91
5.1	概述	91
5.1.1	单片机技术的发展简史	91
5.1.2	单片机技术的发展方向	92
5.1.3	单片机技术的应用特点及意义	92
5.1.4	单片机技术的应用领域	94
5.2	单片机基础知识	95
5.2.1	单片机的内部结构	95
5.2.2	单片机的基本工作原理	98
5.3	单片机介绍	101
5.3.1	常用单片机	101
5.3.2	新型单片机	105
5.4	单片机开发与调试	105
5.4.1	单片机开发系统的功能	105
5.4.2	单片机开发系统及调试	108
5.4.3	单片机开发板	110
5.5	单片机医疗仪器介绍	110
5.5.1	脉象血压仪系统	110
5.5.2	数码四参数监护仪	113
5.5.3	移动急救呼吸机	114
	小结	119
	思考题	119
6	嵌入式系统技术	120
6.1	概述	120
6.1.1	嵌入式系统的发展	120
6.1.2	嵌入式系统的概念	122
6.1.3	嵌入式系统的组成	123
6.1.4	嵌入式处理器介绍	125
6.2	嵌入式操作系统介绍	131
6.2.1	嵌入式操作系统的基本概念	131

6.2.2	典型的嵌入式操作系统	134
6.3	嵌入式医疗仪器设备介绍	141
6.3.1	基于嵌入式技术的远程多参数监护仪	141
6.3.2	基于 PDA 的移动医护信息管理系统	144
	小结	148
	思考题	148
7	数字信号处理技术	150
7.1	概述	150
7.1.1	数字信号处理的发展历程	150
7.1.2	数字信息处理器的功能与特点	152
7.1.3	现代数字信号处理器的发展趋势与前景	158
7.2	DSP 芯片	159
7.2.1	DSP 芯片的基本概念和特点	159
7.2.2	DSP 芯片的硬件结构	159
7.2.3	DSP 指令及编程	162
7.2.4	DSP 芯片的综合优点	163
7.2.5	DSP 芯片的分类	163
7.2.6	DSP 芯片的选择	164
7.2.7	DSP 芯片的主要应用领域	166
7.3	数字信号处理在医学领域的应用	167
7.3.1	数字式助听器	167
7.3.2	基于 DSP 的便携式心电监护仪	172
	小结	177
	思考题	177
8	虚拟仪器技术	178
8.1	概述	178
8.1.1	虚拟仪器的发展历程	178
8.1.2	虚拟仪器及其特点	178
8.1.3	虚拟仪器的基本功能和构成	179
8.1.4	虚拟仪器硬件和软件系统	180
8.2	虚拟医学仪器	182
8.2.1	虚拟医学仪器及其特点	182
8.2.2	虚拟医学仪器的构成和设计	183
8.2.3	虚拟医学仪器的基本组成	183
8.2.4	虚拟医学仪器常用软件	184
8.3	虚拟仪器的发展趋势	185
8.3.1	外挂式虚拟仪器	185

8.3.2	PXI 型高精度集成虚拟仪器测试系统	186
8.3.3	网络化虚拟仪器	186
8.4	虚拟仪器软件介绍	186
8.4.1	Labview 简介	186
8.4.2	Labview 的特点	187
8.4.3	Labview 的主要功能	187
8.4.4	Labview 的主要优点	188
8.4.5	Labview 工作环境和 VI 基本组成	189
8.4.6	Labview 创建虚拟仪器的过程	196
8.5	虚拟医学仪器应用实例	197
8.5.1	基于虚拟仪器技术的医学图像采集和数据管理系统	197
8.5.2	虚拟仪器技术在神经传导检测中的应用	199
8.5.3	虚拟仪器技术在中医脉象测试中的应用	203
	小结	211
	思考题	211
9	网络与通信技术	212
9.1	通信网络基础概念	212
9.1.1	计算机网络基本概念	212
9.1.2	有线通信网	213
9.1.3	无线通信网络	219
9.2	网络技术与数字化医院	225
9.2.1	医疗仪器网络化	225
9.2.2	数字化医疗发展阶段	229
9.3	网络与通信技术在医学领域的应用	229
9.3.1	医院 PACS 系统	229
9.3.2	病房监护系统	240
9.3.3	远程医疗	247
	小结	252
	思考题	252
	参考文献	254

1 绪 论

随着社会的发展、科学的进步,尤其是微电子技术快速发展,计算机技术在医疗仪器方面的应用越来越广泛,已成为医疗仪器设备的核心技术。计算机技术在医疗仪器中的应用具有分辨率高、可数字化传输、存储实现无胶片化、可网络化等优点。现在,无论是高、精、尖的大型医疗仪器,例如多功能扫描仪、X射线透视仪、核磁共振、螺旋CT、直线加速器等,还是最简单的血压仪、血糖仪、血球分析仪、生化分析仪等都广泛地应用了计算机技术。

本章主要介绍医疗仪器设备的发展情况和医学仪器应用领域中的计算机相关技术。

1.1 医疗仪器发展概况

医疗仪器与设备是人们用于进行疾病诊断和治疗的设备仪器,可提高疾病的诊断率和治愈率,关系到人类的生命健康。它的起源可以追溯到新石器时代,人们采用医用石器,如热敷、按摩、叩击体表、割刺脓疮、放血等不同的石器工具。直到19世纪末科学的重大发现和工业文明的出现,医疗仪器设备才得到了逐渐的发展。

1.1.1 诊断仪器的发展历史

1. 计算机X线断层扫描仪

医学的发展始终伴随着科学技术前进的脚步。1895年德国物理学家伦琴应用克鲁克斯管放电研究,无意中发现了X射线,获得了第一个诺贝尔物理学奖,并引发一系列重大的发现。随后1896年,人们运用X射线造出了世界上第一台X光机,开创了医疗仪器发展的新纪元。X光机的出现,对帮助医生发现病人的病因并做出有效治疗起到了十分重要的作用。由于普通X光机只能把人体内部形态投影在二维平面上,因此会引起成像器官、骨骼等的前后重叠,造成影像模糊。为了克服这一缺点,有人把计算机技术应用进来,建立了X射线计算机断层图像重建技术(Computed Tomography, CT)。英国ENI公司的工程师豪恩斯菲尔德(G. N. Hounsfield)运用美国物理学家科马克(Cormack)于1963年发表的图像重建数学模型,推出了第一台CT装置,并于1977年9月在英国Ackinson Morleg医院投入运行。1979年该项技术的发明者Hounsfield和Cormack因此获得了诺贝尔医学奖。CT的出现是X射线成像技术的一个重大突破,它成为医学影像设备与计算机相结合的里程碑。目前,CT已获得广泛的应用,可诊断脊柱和头部损伤、颅内肿瘤、脑中血凝块,及机体软组织损伤、胃肠疾病、腰部和骨盆恶性病变等等。20世纪70年代继CT之后,又开发了数字减影血管造影(Digital Subtraction Angiography, DSA)技术。DSA是用电子计算机

将含碘浓度低的血管影像提高、增强到肉眼可见水平,并消除造影血管以外的组织影像,便于研究血管疾病或其他原因疾病所致异常。在 80 年代,除了 X 射线以外,超声、磁共振、单光子、正电子等的断层成像技术和系统大量出现,其技术各有所长,互相补充,能为医生做出确切诊断提供愈来愈详细和精确的信息。1981 年 6 月在布鲁塞尔召开的第 15 届国际放射学会学术会议上,首次提出了数字化 X 线成像技术的物理概念及临床应用结果,使医学影像技术步入了数字化的新纪元。90 年代随着计算机和网络技术的飞速发展,现有医学影像设备延续了几十年的数据采集和成像方式,已经远远无法满足现代医学的发展和临床的需求,因此医学影像存储与传输系统(Picture Archiving and Communication System, PACS)应运而生。PACS 的产生标志着网络影像学和无胶片时代的到来。另外,Weissleder 于 1999 年提出了“分子影像学”的概念,即活体状态下在细胞及分子水平应用影像学对生物过程进行定性和定量研究。分子成像的出现,为新的医学影像时代带来曙光。这就是 21 世纪的影像学。

2. 超声波诊断仪

作为影像诊断的另一种技术,超声波在临床诊断中也发挥着重要作用。19 世纪末至 20 世纪初,物理学上相继发现了压电效应和逆压电效应,为临床诊断超声技术的发展奠定了基础。1927 年声呐与定位技术被成功地用于探测水下潜艇。1928 年出现了金属探伤技术,使工作的超声频率提高到 MHz 级。它有两个优点:其一易于获得束向性很强的声波,其二可对较少数量媒质的声传播参数进行精确测量。这就导致了检测声学、分子声学和生物医学超声学等声学分支的相继出现。20 世纪 40 年代,工业探伤技术被用于探查人体,从而研制出了 A 型超声诊断仪;50 年代,又相继研制出 M 型超声心动图及连续波超声多普勒诊断仪,同时开始了 B 型二维成像原理的探索;1967 年实时 B 型超声显像仪问世,这是 B 超成像技术的重大进步。70 年代以后,以 B 超显像为代表的超声诊断技术发展极为迅速,特别是数字扫描变换器与处理器(DSC 与 DSP)的出现,把 B 超显像技术推向了以计算机数字图像处理为主导的、功能强、自动化程度高、图像质量好的新水平。1980 年,由于美国投入临床使用的超声显像仪数量开始超过 X 光机,从而结束了 X 射线统治图像诊断的近百年历史,而进入了“超声医学年”。80 年代以来,双功超声诊断仪及彩色血流成像仪相继被推出,多功能超声显像设备与各种专用显像设备竞相发展,超声探头结构及声束时空处理技术发展迅速,使超声诊断设备重新换代日趋频繁。介入超声、全数字化电脑超声显像、三维成像及超声组织定位不断取得进展,使整个超声诊断技术和设备呈现持续发展的热潮。

3. 核磁共振波谱仪

20 世纪 50 年代开始,核磁共振成像技术(Nuclear Magnetic Resonance Spectrometer, NMR)也走向成熟。1946 年,美国哈佛大学的 Purcell 学派和史坦福大学的 Bloch 学派各自独立观察到一般状态下物质的核磁共振(NMR)现象。可是,这一重大发现当时并未引起人们的足够重视,因为这种实验技术除了用于测定原子核磁矩外,尚不知有别的用途。直到 1949~1951 年间,化学位移和自旋耦合的相继发现,NMR 讯号才与化学结构联系起来,成为解决化学问题的一种有用工具,并发现在其他领域也有广阔的应用前景。因此 Purcell 和