

XIANDAI DAXING YIYONG SHEBEI

现代大型医用设备

原理 · 结构 · 临床应用

◆主编 潘屏南 李树祥 林意群

中国医药科技出版社

现代大型医用设备

(原理、结构和临床应用)

主 编 潘屏南 李树祥 林意群

主 审 李果珍 李 铁 俎栋林
陈盛祖 刘明远 李志辉

中国医药科技出版社

登记证号: (京) 075 号

内 容 提 要

1995 年国家卫生部部长陈敏章签署颁发了第 43 号部长令《大型医用设备配置与应用管理暂行办法》。卫生部对大型医用设备 X-射线计算机体层摄影装置 (CT) 等八个品种, 在全国实行“三证”管理 (大型医用设备配置许可证、大型医用设备应用质量合格证、大型医用设备上岗人员合格证)。

为配合国家卫生部在全国范围内对所颁布的大型医用设备实行“三证”管理而撰写的《现代大型医用设备》(原理、结构和临床应用) 专著, 全书共 10 篇 130 余万字, 数百幅插图, 本专著包括了卫生部先后两批所颁布实行“三证”管理的全部大型医用设备, 即: X-射线计算机体层摄影装置 (CT)、超高速 X-射线计算机体层摄影装置 (UFCT)、磁共振成像装置 (MRI)、单光子发射计算机断层成像装置 (SPECT)、正电子发射计算机断层成像装置 (PET)、医用直线加速器、爱克司刀 (X-刀)、伽玛刀 (γ -刀)、医用准分子激光治疗仪等。书中就各种设备的工作原理、结构组成、临床应用及相关新技术等作了较全面阐述, 对现代许多高科技所构成的先进医学装备及其在医学诊断与治疗领域的应用, 作了全面介绍, 具有较强的先进性和实用性。

本书是全国医疗卫生系统进行大型医用设备的合理引进、配置、正确使用、良好维护、技术培训等工作的很好的参考书籍, 对贯彻“三证”管理工作提供了技术支持。是从事大型医用设备管理、临床应用、医学工程和医学影像等专业人员的技术指导书籍, 亦可作为高等院校生物医学工程专业和医学影像学专业师生的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代大型医用设备: 原理、结构和临床应用/潘屏南等主编. —北京: 中国医药科技出版社, 2001.11

ISBN 7-5067-2530-4

I. 现… II. 潘… III. ① 医疗器械—基础理论 ② 医疗器械—临床应用
IV. R197.39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 066082 号

中国医药科技出版社 出版
(北京市海淀区文慧园北路甲 22 号)
(邮政编码 100088)

北京农大印刷厂·印刷
全国各地新华书店 经销

*

开本 787×1092mm $\frac{1}{16}$ 印张 54 $\frac{1}{8}$
字数 1384 千字 印数 1 3000

2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月第 1 次印刷

定价: 280.00 元

本社图书如存在印装质量问题, 请与本社联系调换 (电话: 62244206)

掌握現代高新技術
發展我國醫療事業

祝賀現代大型醫用設備專著出版

吳階平題



主 编	潘屏南	李树祥	林意群
主 审	李果珍	李 铁	俎栋林
	陈盛祖	刘明远	李志辉

编著者 (按姓氏笔画为序)

王志远	吕庆文	刘自来	刘娅琴
许志新	江贵平	李国庆	李绍林
李树祥	李德军	杨俊洁	余晓锸
陈 堤	陈超敏	陈燕萍	周凌宏
郑理华	林意群	洪德明	唐志宏
康立丽	彭武和	潘屏南	

主 编 简 介

潘屏南 教授，中国医学装备协会执行理事长、国家医疗器械评审专家委员会委员、全国大型医用设备专家评审委员会委员、全军医学科学委员会医学工程专业委员会顾问、《医疗装备杂志》主任编委、《中国医疗器械信息杂志》副主任编委。1990 年在国家卫生部等国务院有关部、局支持下，参与主持组建中国医学装备协会（原《中国医疗装备应用与维修技术协会》）国家一级专业学术团体，在国家卫生部领导下组织及推动我国医学装备专业发展。从 1990 年至今参与主持召开九届《全国医学装备学术研讨会》并担任各届学术研讨会《论文集》主任编委。从事放射医学及医学工程专业 40 余年，编著《医用 X 线电视装置》、《医用 X 线录相装置（译著）》、《医疗卫生设备管理与应用（主审）》及参加编著《医用电子仪器（手册）》等数部著作，曾参加毛泽东主席、周恩来总理等医疗组，从事相关工作。

李树祥 教授，博士生导师，曾任第一军医大学生物医学工程系主任，全国医学图像学会理事长、全军医学工程学会理事长、广东省图像图形学会理事长。美国乔治华盛顿大学客座教授。

1982~1985 年留学美国，1985 年回国后先后创建了国防科技大学模式识别与智能控制教研室和第一军医大学医学图像教研室（全军重点实验室）。1996 年研制成功首台国产 X-刀，1994 年主持研制成功国产数字减影血管造影系统，1990 年提出测量血流速度的时-空域分析法，首创测量出单个白细胞的运动速度，把微循环研究推进到细胞水平，获得国家发明奖。1988 年研制成功具有多种功能的三维机器人视觉系统，多年来组织领导理工医结合的生物医学工程人才培养模式的研究。

林意群 第一军医大学生物医学工程系教授，博士生导师，长期从事医学影像工程的教学和研究工作。1988~1989 年在日本熊本大学医学部进行磁共振成像血流速度测定的研究。1990 年负责“磁共振成像表面线圈”国家自然科学基金课题的研究。1996 年以来从事大型医用设备应用质量检测技术的研究，组建了全军大型医用设备应用质量检测研究中心。2000 年参与了全国高等医药院校医学影像学专业教材“医学影像设备学”的编写。

序

现代科学技术已广泛地应用到医学领域。近 20 年来, 医学诊断、治疗的仪器设备数量日益增加, 质量不断提高。这些先进的现代化的医疗仪器设备已经逐步装备到不同类型的医疗卫生单位, 在医疗、教学、科研工作中发挥着重要作用, 促进了医学科学技术水平和防治质量的不断提高, 在卫生事业发展中占有越来越重要的位置。医院现代化离不开医疗装备的现代化, 医学上重大的成就和突破, 很多是同先进的医疗仪器设备技术的应用分不开的, 一项新的医疗仪器设备的出现, 必将促进医学新技术、新业务的发展, 医学工程专业已经可以影响和推动医学领域其他学科的发展。

医学工程专业已成为一门新的综合性学科, 医疗仪器设备品种的多样性, 决定了它涉及众多的学科, 例如涉及到医学、电子、机械、生物医学工程、数学、生物学、声学、光学、磁学、精密仪器、射线、自动控制、生物物理、放射物理、生物化学、微电子技术、计算机技术、超声、微波、激光、红外、光纤、超导、成像、信息处理、传感和软件技术等诸多学科。它的跨学科、跨部门的特点, 以及医疗仪器设备新产品日新月异, 新技术层出不穷和它的发展高速性, 又要求从事医学工程专业人员, 更需要掌握一系列坚实的理论知识技能, 具有现代化智能结构, 不断更新知识, 学习新技术, 新业务。

为了促进医疗卫生事业发展, 保障人民健康, 合理配置和有效利用大型医用设备, 发挥卫生资源综合效益, 卫生部于 1995 年颁布《大型医用设备配置与应用管理暂行办法》, “暂行办法”中所称大型医用设备是指在医疗卫生工作中所应用的具有高技术水平、大型、精密、贵重的仪器设备。卫生部对全国大型医用设备的配置、应用和上岗人员实行三证管理, 并本着安全、有效、适宜的原则, 建立大型医用设备技术经济效益评价和有关配置、技术、人员管理制度、标准。目前已颁布二批大型医用设备实行三证管理, 即: X 射线计算机体层摄影装置 (CT)、磁共振成像装置 (MRI)、爱克司刀 (X-刀)、伽玛刀 (γ -刀)、超高速 X 射线计算机体层摄影装置 (UFCT)、正电子发射断层成像装置 (PET)、医用准分子激光治疗仪、医用直线加速器等。

为配合卫生部在全国范围内推动上述品目实行三证管理, 由潘屏南、李树祥、林意群三位教授和有关临床及医学工程专家撰写的《现代大型医用设备》(原理、结构和临床应用) 一书, 著述现代高科技在医学的应用, 先进性、实用性较强, 是目前国内对这些品目现代大型医用设备较

为全面论述的医学书籍。这本书的问世，对提高现代大型医用设备的引进、管理、应用和维护水平，对提高疾病诊断和治疗质量，对促进医学和医学工程学的进一步结合，对加速医学科学技术的发展，将起到积极的推动作用。

陈敏章

前 言

1995 年国家卫生部部长陈敏章签署颁发了第 43 号部长令《大型医用设备配置与应用管理暂行办法》，在全国实行大型医用设备“三证”管理（大型医用设备配置许可证、大型医用设备应用质量合格证、大型医用设备上岗人员合格证）。为贯彻卫生部在全国范围内对所颁布的大型医用设备实行“三证”管理，在国家卫生部和解放军总后勤部卫生部支持与帮助下，由《中国医学装备协会》（属国家卫生部领导）与《全军医学工程学会》（属解放军总后勤部卫生部领导）组织国内医学工程及相关临床学科专家撰写《现代大型医用设备》（原理、结构和临床应用）一书，此专著包括了卫生部前后二批所颁布实行“三证”管理的全部大型医用设备，书中就各种设备的工作原理、结构组成、临床应用及相关新技术作了较全面阐述。

这项工作得到我国著名医学科学家、两院（中国科学院、中国工程院）院士、全国人大吴阶平副委员长的大力支持与帮助，并亲自为本书题词：“掌握现代高新技术、发展我国医疗事业。”陈敏章部长审阅了书稿提纲并为本书写了序言，精辟地分析了医院现代化与医疗装备现代化的关系，高新技术医学仪器设备对医学发展的重要性，以及医学工程学科在医学领域的重要地位和作用等。

本书在撰写组稿中得到各相关学科领域专家精心审阅与亲切指导，他们是：李果珍（北京医院放射科主任、教授、北美放射学会荣誉会员、欧洲放射学会荣誉会员、医学影像学杂志副主编、中华放射学杂志主编（1984~1988），李铁（全国大型医用设备专家评审委员会委员、国家卫生部医疗影像装备专家组成员、中国科技大学研究生院教授、中华放射学杂志编委、中国医学基金会国际交流合作中心顾问、北京医院医学工程科主任），俎栋林（北京大学技术物理系教授、北京大学重离子物理研究所 MRI 课题组长、美国物理学会 APS 匹配会员、CT 理论与应用研究杂志编委），陈盛祖（全国大型医用设备专家评审委员会委员、中华医学会核医学分会副主任委员、中国协和医科大学教授、博士生导师，中国医学科学院肿瘤医院核医学科主任），刘明远（北京医院放疗科主任、教授、中华放射肿瘤学杂志编委），李志辉（北京医科大学附属北京同仁医院副院长、眼科教授、主任医师）。

王子华、郭群恩、韩振北同志，葛遗林高级工程师，对本书的出版给予许多帮助。杨克桢、彭明艳、蔡丽蓉同志参加部份文字输入和插图绘制工作。

全书编写过程始终得到国家卫生部，中国人民解放军总后勤部卫生部领导的关怀与支持，同时还得到中国人民解放军第一军医大学、中国人民解放军总医院、中国人民解放军第三〇五医院、中国人民解放军南京军区南京总医院、中国人民解放军广州军区广州总医院等单位的帮助与支持。

对在本书出版与编写中给予支持与帮助的以上单位、专家和个人，以及书内引用的国内外相关书刊、资料、图表等的原作者，在此一并表示衷心感谢。

本书对全国医疗卫生系统在现代大型医用设备的管理、引进、配置、正确使用、良好维护、

技术培训等方面具有很好的指导意义，对贯彻“三证”管理工作提供技术支持，是从事现代大型医用设备管理、临床使用、医学工程和医学影像等专业人员的技术参考书籍。

《现代大型医用设备》（原理、结构和临床应用）一书是国家及军队卫生领导部门交给全体编著人员的一项使命，大家在制定编写提纲、收集资料、修改文稿、精心制图等工作中付出了巨大的努力。由于这样全面系统介绍现代大型医用设备的书籍在国内尚属首次，所涉及的学科众多，知识面广，同时大型医用设备发展日新月异，换代改型快，技术复杂，加之作者水平与时间有限，书中难免有疏漏之处，诚恳地希望各有关专家和广大读者提出批评与指正，以便再版时修改和完善。

编 者

2001 年 5 月

目 录

第一篇 X 射线计算机体层摄影装置 (CT)

第一章 CT 机设备概论	(3)
第一节 CT 的研究历史	(3)
第二节 各代 CT 扫描机	(6)
一、第一代 (平移 + 旋转扫描方式)	(6)
二、第二代 (平移 + 旋转扫描方式)	(6)
三、第三代 (旋转 - 旋转扫描方式)	(7)
四、第四代 (旋转 - 静止)	(7)
五、第五代 (静止 - 静止)	(8)
第三节 CT 技术的发展方向	(9)
一、快速扫描速度	(9)
二、提高图像质量	(9)
三、方便简化操作	(10)
四、提高工作效率	(10)
五、紧凑的机器结构	(10)
第四节 CT 新技术的应用	(10)
一、CT 血管造影 (CTA)	(10)
二、三维图像重建	(10)
三、介入 CT	(11)
四、CT 仿真内窥镜	(11)
五、CT 在放射治疗的应用	(11)
第五节 CT 的优缺点	(11)
一、CT 与普通 X 射线机的比较	(11)
二、CT 与 MRI 的比较	(12)
第二章 CT 扫描成像的物理基础	(13)
第一节 CT 图像的形成过程	(13)
一、图像扫描阶段	(13)
二、图像重建阶段	(14)
三、图像显示阶段	(14)
第二节 X 射线的本质	(15)
第三节 X 射线的特性	(15)

一、穿透作用	(15)
二、电离作用	(15)
三、荧光作用	(15)
第四节 X 射线与物质的相互作用	(16)
一、干涉散射	(16)
二、光电效应	(16)
三、康普顿效应	(16)
第五节 在诊断 X 射线中各种基本作用发生的相对几率	(17)
第六节 物质对 X 射线的吸收规律	(17)
第七节 几个基本概念	(19)
一、照射剂量单位	(19)
二、体素	(21)
三、像素	(21)
四、CT 值	(21)
第三章 CT 扫描成像系统	(22)
第一节 系统构成	(22)
第二节 X 射线管	(23)
一、球管的发展	(23)
二、X 射线管构造特点	(24)
三、球管技术指标	(25)
四、X 射线管的高压电源	(25)
第三节 探测器	(27)
一、功能	(27)
二、探测器的特性	(27)
三、探测器的类型	(29)
四、探测器的布局	(33)
第四节 准直器 (collimator)	(35)
一、准直器的作用	(35)
二、准直器的原理	(37)
三、准直器的材料选择	(37)
第五节 滤过器	(37)
一、滤过器的作用	(37)
二、滤过器的形状	(37)
第六节 数据采集系统 (DAS)	(38)
一、DAS 的作用	(38)
二、DAS 的基本组成	(38)
第七节 多幅照相机	(41)

一、CRT 型多幅照相机的投照原理	(41)
二、激光型照相机的投照原理	(41)
三、激光型照相机的优点	(42)
第八节 CT 机的计算机	(43)
第四章 CT 图像重建	(43)
第一节 由投影重建 CT 图像	(43)
第二节 几种图像重建方法	(44)
一、累接变换法	(44)
二、矩阵逆转法	(46)
三、反投影法	(47)
四、滤波反投影法	(50)
五、傅里叶变换重建法	(53)
六、迭代法 (iterative reconstruction)	(60)
第三节 各种数学方法的比较	(62)
一、速度	(63)
二、准确性	(63)
第五章 X 射线硬化效应及其误差校正	(63)
第一节 硬化效应对 CT 图像的影响	(63)
第二节 X 射线的光谱	(65)
第三节 射线硬化效应经典校正方法	(65)
一、校正的基本原理	(65)
二、光谱制约法 (滤过法)	(66)
三、物质制约法	(66)
第四节 用迭代法对射线硬化效应误差进行校正	(67)
一、迭代法概述	(67)
二、从 CT 数中导出误差信息	(68)
三、收敛性能和程序考虑	(68)
四、实际效果	(69)
第六章 螺旋 CT	(69)
第一节 概述	(69)
第二节 螺旋扫描特点	(70)
一、螺旋扫描的优点	(70)
二、螺旋扫描的缺点	(70)
第三节 螺旋扫描中有关的参数	(71)
第四节 螺旋扫描技术的基础——滑环技术	(72)
一、传统 CT 扫描机的馈电方式——电缆连接	(72)
二、滑环技术 (slip-ring transmission-technic)	(73)

三、低压滑环	(74)
四、高压滑环	(75)
第五节 螺旋扫描技术对螺旋 CT 的硬件和软件的要求	(75)
第六节 螺旋 CT 的扫描方式	(76)
一、螺旋扫描方式与传统扫描方式的比较	(76)
二、螺旋扫描的几种方式	(77)
第七节 螺旋扫描的数据流程	(77)
第八节 原始数据插值	(78)
第九节 螺旋 CT 图像质量	(81)
一、图像分辨力	(81)
二、图像噪声	(86)
三、优化扫描螺距	(87)
第十节 临床关注问题	(88)
一、层厚	(88)
二、成像间隔	(88)
三、扫描条件	(88)
四、螺旋扫描在临床的应用	(88)
第十一节 多层面 CT 机	(89)
一、概述	(89)
二、多层面 CT 机部分概念的新内涵	(91)
三、性能参数评价	(93)
四、多层面 CT 机的优点	(94)
五、软件的升级和使用的简易性	(95)
第七章 CT 机的质量保证	(95)
第一节 CT 机质量保证的概述	(95)
一、质量保证的定义	(95)
二、CT 机质量保证的意义	(95)
三、CT 机质量保证的发展概况	(96)
四、质量保证与计量关系	(97)
五、质量保证的组织管理	(97)
六、CT 机性能测试类型	(97)
第二节 CT 机的主要参数	(98)
一、图像性能参数	(98)
二、机械部件性能参数	(116)
第八章 CT 的临床应用	(118)
第一节 CT 检查方法	(118)
一、检查前准备	(118)

二、扫描方法·····	(118)
第二节 CT 图像分析与诊断原则 ·····	(119)
第三节 CT 检查的适应症及限度 ·····	(120)
第四节 CT 在颅脑疾病的应用 ·····	(121)
一、颅脑肿瘤·····	(121)
二、脑血管疾病·····	(121)
三、颅脑外伤·····	(122)
四、颅内感染性病变·····	(122)
五、脑先天发育畸形·····	(123)
六、脱髓鞘疾病·····	(123)
第五节 CT 在五官疾病的应用 ·····	(123)
一、眼部·····	(123)
二、耳部·····	(123)
三、鼻咽及鼻窦·····	(123)
第六节 CT 在胸部的应用 ·····	(124)
一、胸壁及胸膜病变·····	(124)
二、肺内病变·····	(124)
三、肺门肿块·····	(124)
四、纵隔病变·····	(125)
五、心包病变·····	(125)
六、介入性 CT 在肺、纵隔及胸壁病变的应用 ·····	(125)
第七节 CT 在腹部的应用 ·····	(125)
一、肝脏疾病·····	(125)
二、胆道疾病·····	(126)
三、胰腺疾病·····	(126)
四、肾脏疾病·····	(126)
五、肾上腺及腹膜后病变·····	(127)
六、胃肠道·····	(127)
七、盆腔·····	(127)
第八节 CT 在脊柱的应用 ·····	(128)

第二篇 超高速 X 射线计算机体层摄影装置 (UFCT)

第一章 超高速 CT 机的工作原理 ·····	(133)
第一节 概况·····	(133)
第二节 工作原理·····	(133)
第三节 技术性能·····	(134)

第二章 超高速 CT 机的结构 (135)

 第一节 计算机系统..... (135)

 第二节 电子枪系统..... (136)

 第三节 高压系统..... (137)

 一、高压控制柜..... (137)

 二、初始直流高压..... (137)

 三、精密高压输出..... (138)

 第四节 偏转控制系统..... (139)

 第五节 真空系统..... (140)

 第六节 数据收集系统 (data acquisition system, DAS) (141)

 第七节 图像重建系统..... (142)

 第八节 电子束监视系统..... (143)

 第九节 运动控制系统 (MCS) (144)

 第十节 内锁安全系统..... (144)

 第十一节 医学影像工作站..... (145)

 第十二节 软件诊断系统..... (146)

第三章 超高速 CT 机的临床应用 (147)

 第一节 心血管病的诊断..... (147)

 第二节 胸、腹部脏器的诊断..... (147)

 第三节 关节运动..... (147)

 第四节 其他..... (147)

第三篇 磁共振成像装置 (MRI)

第一章 磁共振的基本原理..... (152)

 第一节 核自旋角动量和自旋磁矩..... (152)

 一、核自旋角动量..... (152)

 二、自旋磁矩..... (153)

 三、核磁矩在静磁场中所受的力矩和势能..... (154)

 第二节 核磁矩在静磁场中的进动..... (155)

 一、在 L 系中求解进动问题 (156)

 二、在 R 系中求解进动问题 (157)

 第三节 在射频场作用下的核磁共振现象..... (159)

 第四节 原子核系的静磁化强度..... (162)

 第五节 磁化强度的弛豫过程..... (164)

 第六节 磁化强度的运动方程—Bloch 方程 (166)

 一、Bloch 方程 (166)

二、Bloch 方程的稳态解	(166)
三、稳态条件下样品对射频场能量的吸收	(169)
四、样品产生的感应信号	(171)
第七节 自由感应衰减信号	(171)
第八节 自旋回波	(173)
第二章 磁共振成像基础	(174)
第一节 射频 (RF) 脉冲	(175)
一、sinc 型 CR 脉冲	(175)
二、高斯射频脉冲	(175)
第二节 空间编码	(176)
一、选层	(178)
二、频率编码	(179)
三、相位编码	(182)
第三节 k 空间	(185)
一、 k 空间概念	(185)
二、 k 空间特性	(185)
三、 k 空间填充模式	(187)
四、填充部分 k 空间	(188)
第四节 自旋回波、受激回波与梯度回波	(190)
一、自旋回波 (spin echo, SE)	(190)
二、受激回波 (stimulated spin echo, SSE)	(190)
三、梯度回波 (gradient echo, GRE)	(192)
第五节 MRI 图像对比度特性	(194)
一、定义	(194)
二、质子密度加权像	(194)
三、 T_1 加权像	(195)
四、 T_2 加权像	(196)
第三章 磁共振成像方法及脉冲序列	(196)
第一节 点、线、面及三维成像方法	(197)
一、点成像方法	(197)
二、线扫描方法	(197)
三、面成像方法	(197)
四、三维成像方法	(199)
第二节 MR 基础脉冲序列	(199)
一、饱和恢复、部分饱和恢复、IR 脉冲序列	(200)
二、标准 SE 脉冲序列与自旋扭曲脉冲序列	(202)
第三节 快速自旋回波 (FSE)	(203)