


全国卫生院校高职高专教学改革实验教材

# 医学影像设备学

(医学影像技术专业用)

主编 付建国



 高等教育出版社

全国卫生院校高职高专教学改革实验教材

# 医学影像设备学

(医学影像技术专业用)

主 编 付建国

副主编 裴作升 黄泉荣

编 者 (以姓氏拼音为序)

陈本佳 遵义市卫生学校

樊先茂 雅安职业技术学院

方国才 襄樊职业技术学院

付建国 襄樊职业技术学院

龚跃华 云南医学高等专科学校

黄泉荣 浙江医学高等专科学校

罗烈斌 南阳医学高等专科学校

裴作升 襄樊职业技术学院

王贵勤 襄樊职业技术学院

张国明 遵义医学院

张佐成 山东省卫生学校

高等教育出版社

## 内容提要

《医学影像设备学》是高职高专医学影像技术专业主要专业课程之一。本教材由全国十余所高职高专院校 11 名长年在影像专业教学、临床一线工作的专业教师,根据专业培养目标,结合多年的教学实践经验编写而成。

本书内容包括:绪论,诊断用 X 射线管,X 射线设备高压部件,X 射线设备低压部件,诊断用 X 射线机,X 射线机主机基本电路,工频 X 射线机,中频 X 射线机,X 射线机故障分析与检查,X 射线电视系统,数字 X 射线成像设备,X 射线计算机体层成像设备,磁共振成像设备,超声成像设备,核医学成像设备,X 射线机的安装及维护,医用照相机与自动洗片机以及 28 个实验等。本书对常用医学影像设备的基本结构、基本电路、工作原理、基本技术、设备的安装和维修做了重点的阐述,可使本专业学生及从事医学影像技术人员掌握必要的基础知识,通过实验可培养他们的实际操作技能。

本教材可作为高职高专医学院校医学影像技术专业及医学影像诊断专业的专业教材,还适于作大专(函授)影像工程技术人员的在职培训用书,并可作为从事医学影像技术维修人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

医学影像设备学/付建国主编. —北京:高等教育出版社,2005. 11

(医学影像技术专业用)

ISBN 7-04-017637-8

I. 医… II. 付… III. 影像诊断-医疗器械学-高等学校:技术学校-教材 IV. R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 117522 号

策划编辑 秦致中 责任编辑 王莉莉 封面设计 王 睢 责任绘图 朱 静  
版式设计 胡志萍 责任校对 金 辉 责任印制 孔 源

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100011  
总 机 010-58581000

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 河北新华印刷一厂

开 本 787×1092 1/16  
印 张 30  
字 数 740 000

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landraco.com>  
<http://www.landraco.com.cn>

版 次 2005 年 11 月第 1 版  
印 次 2005 年 11 月第 1 次印刷  
定 价 46.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 17637-00

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

**反盗版举报电话：**(010) 58581897/58581896/58581879

**传 真：**(010) 82086060

**E - mail：**dd@hep.com.cn

**通信地址：**北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

**邮 编：**100011

**购书请拨打电话：**(010)58581118

# 前 言

为落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》中提出的“积极推进课程和教材改革,开发和编写新知识、新技术、新工艺、新方法,具有职业教育特色的课程和教材”的要求,2004年3月,教育部职成司颁布了“关于制定《2004—2007年职业教育教材开发编写计划》的通知”,根据“通知”中关于“积极开发编写新兴专业课程教材和教学改革试验教材”的要求,我们编写了本教材。

本教材共分17章,全面介绍了当今四大医学影像成像设备以及部分影像辅助设备。根据我国医学影像设备的发展现状,结合职业教育突出“必需”和“够用”的原则,坚持思想性、科学性、先进性、实用性的原则,结合多年医学影像技术专业“医学影像设备学”的职教经验,本教材重点突出以医用X射线诊断设备为主,并根据职业岗位实际需要增写了“X射线机故障分析与检查”、“X射线机的安装及维护”、“医用照相机与自动洗片机”等内容,对现代大型医学影像设备亦进行了适当的介绍。本教材的特色一是:理论知识介绍通俗易懂、由浅入深、条理清晰、实用性和可操作性强。每章节前编写有需掌握的重点内容和实际范例介绍,每章节后均有复习题和思考题。教材后并附有实验内容,规范了实验教学,对实验目的、实验器材、实验步骤和方法提出统一要求。本教材特色二是:重点突出基本理论、基本知识、基本技能,便于学生学习和掌握。本教材特色三是:直观性强,本教材采用了大量的方框图和线路图,便于学生识记和分析判断。

本教材与同类教材相比有以下特点:

编写内容全面详实、编排科学合理、重点突出、取舍适当、通俗易懂、强调“三基”、实用性及可操作性强,突出了以职业岗位的实际需求为需要,以就业为导向,理论以够用为度,以实践操作技能为主的原则。以弥补其他同类教材重理论轻实践、实用性和可操作性差的不足。

通过本教材的学习和实践,可使学生了解医学影像设备的发展史,全面熟悉现代各种医学影像设备,重点学会并掌握医学影像设备各部件的构造、性能及基本电路原理分析;整机的构造、性能和电路原理分析。具有对X射线机常见故障分析与检修以及X射线机的安装与维护的能力,具有一定的对其他常用影像设备常见故障判断、分析、检修的能力。

在阅读本教材时,要掌握各种医学影像设备的基本构造、性能及电路原理。首先必须学习掌握X射线机各部件的构造、性能及基本电路原理,学会识记电路、元器件各种符号以及识图方法,然后从宏观上学习掌握整机的构造、性能及电路分析,方能对常见故障作出判断、分析和检修,才能掌握X射线机的安装、调试及维护。在学会认识和分析电路图的基础上,对其他影像设备的构造和性能进行学习和掌握,举一反三,触类旁通,可以起到事半功倍的作用。在实践中要理论联系实际,提高分析问题、解决问题的能力。勤动脑、多动手方能真正做到融会贯通。

本教材所采用的各型号设备电路图中,因产品生产时期不同,生产厂家不同,故使用的

元器件符号及标注方法也不相同,为便于学生在实际操作中与整机原理图对照,全书未对电路元器件符号及标注进行统一规范,但给出了最新国标的对照表,以供参考。

本书由付建国任主编,裴作升、黄泉荣任副主编,编写情况如下:第一章绪论、第三章由付建国副教授编写,第二章由方国才副教授编写,第四章、第十五章、第十七章由张国明主管技师编写,第五章、第九章由陈本佳高级讲师编写,第六章由樊先茂副教授编写,第七章由裴作升副教授编写,第八章、第十章由黄泉荣副教授编写,第十一章由龚跃华副教授编写,第十二章由王贵勤主管技师编写,第十三章由张佐成副教授编写,第十四章、第十六章由罗烈斌副教授编写。全书由付建国、裴作升负责进行了大量修定而成。

本教材建议学时 180 学时,其中理论课为 114 学时,实验课为 66 学时。各地院校可根据所办专业、培养目标以及当地岗位实际需要适当增减学时,其学时分配表如下:

课时建议表

章目	名称	理论	实验	学时合计
第一章	绪论	2		2
第二章	诊断用 X 射线管	6	2	8
第三章	X 射线设备高压部件	6	2	8
第四章	X 射线设备低压部件	8	4	12
第五章	诊断用 X 射线机	4	4	8
第六章	X 射线机主机基本电路	14	14	28
第七章	工频 X 射线机	14	14	28
第八章	中频 X 射线机	8	4	12
第九章	X 射线机故障分析与检查	6	6	12
第十章	X 射线电视系统	6	2	8
第十一章	数字 X 射线成像设备	10	2	12
第十二章	X 射线计算机体层成像设备	8	2	10
第十三章	磁共振成像设备	8	2	10
第十四章	超声成像设备	6	2	8
第十五章	核医学成像设备	2	2	4
第十六章	X 射线机的安装及维护	4	4	8
第十七章	医用照相机与自动洗片机	2		2
总合计(学时)		114	66	180

本书在编写过程中得到贵州遵义医学院顾元华教授的亲切关怀和指导,本教材的编辑、打印、制图方面得到襄樊市政府印刷厂的杨娟女士大力支持,在此特表示衷心的感谢!

付建国

2005 年 5 月 14 日

# 目 录

第一章 绪论 .....	1	三、组合机头 .....	24
第一节 医学影像设备发展史 .....	1	思考题 .....	25
一、常规 X 射线机设备时代 .....	1	第三章 X 射线设备高压部件 .....	26
二、大型现代医学影像设备时代 .....	2	第一节 高压变压器 .....	26
三、现代医学影像设备体系建立时代 .....	2	一、变压器原理 .....	26
四、我国医学影像设备发展简史 .....	3	二、高压变压器的结构 .....	28
第二节 医学影像设备分类 .....	4	三、高压变压器的特点 .....	30
一、医学影像诊断设备 .....	4	四、常见故障 .....	31
二、医学影像治疗设备 .....	7	第二节 灯丝加热变压器 .....	32
三、图像存储、传输系统和远程放射系统 .....	8	一、对灯丝加热变压器的要求 .....	32
第二章 诊断用 X 射线管 .....	9	二、灯丝加热变压器的构造 .....	32
第一节 固定阳极 X 射线管 .....	9	三、常见故障 .....	34
一、阳极 .....	9	第三节 高压整流元件 .....	34
二、阴极 .....	10	一、高压真空整流管 .....	35
三、玻璃壁 .....	11	二、高压硅整流管 .....	35
四、焦点 .....	11	三、常见故障 .....	36
第二节 旋转阳极 X 射线管 .....	13	第四节 高压交换闸 .....	37
一、靶盘与靶面 .....	14	一、继电器式高压交换闸 .....	37
二、转子 .....	14	二、电动机式高压交换闸 .....	37
三、轴承 .....	15	三、常见故障 .....	37
四、轴承的润滑 .....	15	第五节 高压电缆 .....	38
第三节 特殊 X 射线管 .....	15	一、高压电缆的构造 .....	38
一、金属陶瓷旋转阳极 X 射线管 .....	15	二、高压电缆的插头与插座 .....	40
二、三极 X 射线管 .....	16	三、高压电缆的故障 .....	42
三、软 X 射线管 .....	17	第六节 变压器油及常用绝缘材料 .....	42
四、CT 用 X 射线管 .....	18	一、变压器油 .....	43
第四节 X 射线管的特性与规格 .....	18	二、固体绝缘材料 .....	44
一、X 射线管特性 .....	18	思考题 .....	45
二、构造参数 .....	19	第四章 X 射线设备低压部件 .....	46
三、电参数 .....	19	第一节 自耦变压器 .....	46
第五节 X 射线管管套 .....	23	一、自耦变压器的作用 .....	46
一、固定阳极 X 射线管管套 .....	23	二、自耦变压器的结构 .....	46
二、旋转阳极 X 射线管管套 .....	24	三、自耦变压器变压的原理 .....	47

四、常用自耦变压器的类型 .....	47	二、X 射线电视式透视用 X 射线机 .....	75
<b>第二节 谐振式磁饱和稳压器</b> .....	48	<b>第三节 摄影用 X 射线机</b> .....	78
一、稳压器的作用 .....	48	一、X 射线管支持装置 .....	78
二、谐振式磁饱和稳压器的结构 .....	48	二、摄影床 .....	80
三、谐振式磁饱和稳压器的工作原理 .....	49	三、滤线器 .....	81
<b>第三节 空间电荷抵偿器</b> .....	50	<b>第四节 心血管造影用 X 射线机</b> .....	82
一、空间电荷抵偿器的作用 .....	50	一、心血管造影用 X 射线机专用设备 及特点 .....	83
二、空间电荷抵偿器的构造 .....	50	二、心血管造影用 X 射线机 .....	87
三、空间电荷抵偿器的原理 .....	51	<b>第五节 其他专用 X 射线机</b> .....	87
<b>第四节 接触器与继电器</b> .....	52	一、牙科 X 射线机 .....	88
一、接触器与继电器的原理 .....	52	二、床边 X 射线机 .....	88
二、接触器与继电器的构造 .....	52	三、乳腺摄影 X 射线机 .....	89
三、X 射线机常用的接触器与继电器 .....	55	四、手术 X 射线机 .....	89
四、继电器的常见故障 .....	57	五、口腔全景摄影 X 射线机 .....	90
<b>第五节 常用控制开关</b> .....	58	<b>思考题</b> .....	93
一、按钮开关 .....	58	<b>第六章 X 射线机主机基本电路</b> .....	94
二、组合开关 .....	59	<b>第一节 概述</b> .....	94
三、手开关 .....	59	一、对主机电路的要求 .....	94
四、脚开关 .....	59	二、整机电路的组成 .....	95
五、微动开关 .....	60	<b>第二节 电源电路</b> .....	96
六、转换开关与刷形开关 .....	60	一、电源电路 .....	96
七、琴键开关 .....	61	二、常见电源电路举例 .....	97
八、触摸开关 .....	62	<b>第三节 X 射线管灯丝加热电路</b> .....	99
九、遥控开关 .....	62	一、灯丝加热电路 .....	100
十、计算机程序按钮 .....	62	二、常见 X 射线管灯丝初级电路举例 .....	101
<b>第六节 X 射线机常用仪表</b> .....	62	<b>第四节 高压变压器初级电路</b> .....	107
一、电源电压表 .....	63	一、高压初级电路 .....	107
二、kV 表 .....	63	二、常见高压初级电路举例 .....	112
三、mA 表 .....	63	<b>第五节 高压变压器次级及管电流 测量电路</b> .....	115
四、mAs 表 .....	64	一、高压次级及管电流测量电路 .....	116
<b>思考题</b> .....	68	二、常见高压次级及管电流测量 电路举例 .....	122
<b>第五章 诊断用 X 射线机</b> .....	69	<b>第六节 旋转阳极启动、延时与 保护电路</b> .....	125
<b>第一节 概述</b> .....	69	一、旋转阳极启动、延时与保护电路的 工作程序 .....	125
一、按应用范围分类 .....	69		
二、按结构特点分类 .....	69		
三、按最大输出功率分类 .....	70		
<b>第二节 透视用 X 射线机</b> .....	71		
一、荧光屏式透视用 X 射线机 .....	72		



二、常见旋转阳极启动、延时与保护 电路举例 .....	126	九、过载保护与指示电路 .....	203
第七节 X射线管容量保护电路 .....	131	十、电动诊视床控制电路 .....	206
一、X射线管容量保护的类型 .....	131	十一、全机电路 .....	209
二、常见X射线管容量保护电路举例 .....	132	思考题 .....	211
第八节 限时电路 .....	138	<b>第八章 中频X射线机</b> .....	212
一、限时器的类型及电路 .....	138	第一节 中频X射线机概述 .....	212
二、常见限时电路举例 .....	140	一、中频X射线机 .....	212
第九节 操作控制电路 .....	144	二、中频机的发展现状 .....	212
一、F <sub>30</sub> 型30 mA X射线机操作控制 电路分析 .....	145	三、中频机的特点 .....	213
二、F <sub>30</sub> -II D型200 mA X射线机操 作控制电路分析 .....	145	四、直流逆变的基础知识 .....	215
三、KB-500型500 mA X射线机 操作控制电路分析 .....	148	第二节 直流逆变电源 .....	217
思考题 .....	152	一、直流电源 .....	217
<b>第七章 工频X射线机</b> .....	154	二、直流逆变电源原理 .....	217
第一节 F <sub>78</sub> -III型X射线机 .....	154	三、逆变电源功率和电压的控制 .....	223
一、概述 .....	154	四、中频机的原理结构 .....	225
二、电源电路 .....	156	第三节 电路分析举例 .....	226
三、高压初级与管电压预示电路 .....	157	一、开/关机电路 .....	226
四、X射线管灯丝加热电路 .....	161	二、低压直流稳压电源 .....	226
五、高压次级与管电流测量电路 .....	162	三、计算机控制电路 .....	229
六、旋转阳极启动及保护电路 .....	163	四、键操作及显示电路 .....	231
七、限时电路 .....	165	五、阳极启动电路 .....	231
八、X射线管容量限制电路 .....	169	六、采样调整电路 .....	233
九、控制电路 .....	170	七、晶闸管触发电路 .....	237
十、电动诊视床电路 .....	174	八、曝光控制电路 .....	238
十一、全机电路 .....	177	九、诊视床参量选择电路 .....	241
第二节 XG-500型X射线机 .....	179	十、高压变压器组件电路 .....	243
一、概述 .....	179	第四节 工作程序流程 .....	244
二、电源电路 .....	180	一、初始化程序 .....	244
三、高压初级与管电压预示电路 .....	181	二、主程序 .....	244
四、X射线管灯丝加热电路 .....	184	三、中断服务程序 .....	245
五、高压次级与管电流测量电路 .....	189	四、曝光准备程序 .....	246
六、旋转阳极启动控制电路 .....	191	五、曝光程序 .....	247
七、控制电路 .....	192	第五节 国产HF-50R高频 机简介 .....	248
八、摄影曝光控时电路 .....	196	一、主要特点 .....	248
		二、使用工作条件 .....	248
		三、主要技术参数 .....	249
		四、电路工作原理简介 .....	250

五、故障显示代码的内容 .....	252	第五节 黑白电视监视器 .....	290
思考题 .....	253	一、监视器的基本组成 .....	291
<b>第九章 X 射线机故障分析与检查</b> .....	254	二、黑白显像管的结构 .....	291
第一节 电路故障与检查方法 .....	254	三、显像工作过程(屏幕上光栅形成) .....	293
一、电路故障 .....	254	思考题 .....	294
二、检查方法 .....	255	<b>第十一章 数字 X 射线成像设备</b> .....	295
三、注意事项 .....	256	第一节 概述 .....	295
第二节 低压电路故障分析与检查 .....	256	第二节 计算机 X 射线摄影系统 .....	296
一、电源电路常见故障与检查 .....	257	一、IP .....	297
二、X 射线管灯丝初级电路常见故障与检查 .....	259	二、CR 系统的读取装置介绍 .....	299
三、X 射线管高压初级电路常见故障与检查 .....	261	三、存储与记录 .....	300
四、限时电路常见故障与检查 .....	262	四、工作原理与方法 .....	303
五、控制电路常见故障与检查 .....	263	五、X 射线影像的计算机处理 .....	304
第三节 高压电路故障分析与检查 .....	265	第三节 数字 X 射线摄影系统 .....	308
一、高压电路故障表现 .....	265	一、DR(数字 X 射线成像系统)的基本结构 .....	308
二、高压电路故障检查 .....	265	二、X 射线数字图像成像链 .....	309
三、实际机型举例 .....	265	三、直接放射成像技术 DDR .....	310
第四节 整机综合故障分析与检查 .....	266	第四节 数字减影血管造影系统 .....	314
一、整机综合故障表现 .....	266	一、DSA 图像形成原理 .....	314
二、整机综合故障检查 .....	267	二、DSA 图像的处理 .....	317
三、实际机型举例 .....	267	三、DSA 系统介绍及操作程序 .....	319
思考题 .....	268	四、数字减影血管造影(DSA)设备的进展 .....	323
<b>第十章 X 射线电视系统</b> .....	269	思考题 .....	325
第一节 X 射线电视概述 .....	269	<b>第十二章 X 射线计算机体层成像设备</b> .....	326
一、X 射线电视的优点 .....	269	第一节 概述 .....	326
二、X 射线电视系统的组成 .....	270	一、X 射线-CT 机的发展简史 .....	326
第二节 X 射线影像增强器 .....	270	二、CT 技术的发展趋势 .....	329
一、X 射线影像增强管 .....	270	第二节 X 射线-CT 扫描机的基本组成 .....	330
二、管套 .....	274	一、数据采集系统 .....	331
三、小高压电源 .....	275	二、计算机和图像重建系统 .....	338
四、光分配器(也称分光器) .....	275	三、图像显示、记录和存储系统 .....	341
第三节 X 射线电视原理 .....	276	第三节 螺旋 CT .....	342
第四节 X 射线电视摄像机 .....	280	一、概述 .....	342
一、光导型真空管摄像机 .....	281	二、螺旋扫描装置 .....	345
二、CCD 摄像机 .....	284		
三、CMOS 摄像机 .....	288		

第四节 超高速 CT .....	350	二、低温技术 .....	384
一、概述 .....	350	三、超导环境的建立与失超保护 .....	386
二、超高速 CT 的结构 .....	352	第八节 磁场的屏蔽 .....	388
思考题 .....	355	一、磁场与环境的相互影响 .....	388
<b>第十三章 磁共振成像设备 .....</b>	<b>356</b>	二、主磁体屏蔽 .....	389
第一节 概述 .....	356	三、射频屏蔽 .....	390
一、磁共振成像的发展简史 .....	356	第九节 磁共振一般操作程序 .....	391
二、磁共振成像的主要特点及 临床应用 .....	356	思考题 .....	391
三、磁共振成像的主要技术参数 .....	359	<b>第十四章 超声成像设备 .....</b>	<b>392</b>
四、磁共振成像设备的组成 .....	359	第一节 概述 .....	392
第二节 主磁体系统 .....	361	一、脉冲回波法 .....	392
一、主磁体的性能指标 .....	361	二、多普勒法 .....	392
二、主磁体的种类与特点 .....	363	三、透射法 .....	392
三、磁体的匀场技术 .....	367	第二节 换能器 .....	392
第三节 梯度磁场系统 .....	368	一、换能器的基本结构 .....	392
一、梯度磁场的作用 .....	369	二、换能器各组成部分的作用 .....	393
二、梯度磁场的性能指标 .....	369	第三节 超声诊断仪的基本电路 .....	393
三、梯度线圈 .....	370	一、脉冲回波法超声诊断仪的结构与 原理 .....	393
四、梯度场发生系统 .....	371	二、灵敏度时间补偿 .....	394
五、保障系统 .....	371	三、脉冲回波法超声诊断仪脉冲 周期和回波 .....	394
第四节 射频场系统 .....	372	第四节 A 型及 M 型超声诊断仪 .....	395
一、射频脉冲 .....	372	一、A 型超声诊断仪 .....	395
二、射频线圈 .....	373	二、A 型超声诊断仪工作原理 .....	395
三、射频脉冲发射系统 .....	376	三、M 型超声诊断仪 .....	395
四、射频信号接收系统 .....	377	四、M 型超声诊断仪工作原理 .....	396
第五节 信号采样与量化 .....	378	第五节 B 型超声诊断仪及操作 程序 .....	396
一、信号采样和采样保持 .....	378	一、B 型超声诊断仪基本电路 .....	396
二、量化和量化误差 .....	380	二、B 型超声诊断仪操作程序 .....	400
三、信号采集系统的构成 .....	380	第六节 超声多普勒系统 .....	401
第六节 计算机影像重建与控制 系统 .....	381	一、多普勒效应 .....	401
一、主计算机系统 .....	381	二、多普勒效应应用原理 .....	401
二、主计算机系统中运行的软件 .....	381	三、彩色血流成像系统 .....	401
三、数据处理与影像重建 .....	382	第七节 超声诊断设备新技术 .....	402
四、影像显示 .....	382	一、探头技术 .....	402
第七节 超导及低温系统 .....	383	二、数字化技术 .....	402
一、超导性与超导体 .....	383		

三、成像技术 .....	402	四、电源内阻 .....	421
思考题 .....	402	五、电源变压器容量的计算 .....	422
<b>第十五章 核医学成像设备</b> .....	404	<b>第三节 X射线机的接地装置</b> .....	423
<b>第一节 概述</b> .....	404	一、接地分类 .....	423
一、核医学成像设备发展史 .....	404	二、接地装置与供电制式 .....	423
二、设备的分类及应用特点 .....	405	三、接地电阻 .....	424
<b>第二节 <math>\gamma</math>照相机</b> .....	406	四、接地电阻的测量 .....	424
一、 $\gamma$ 照相机的基本结构及工作原理 .....	406	五、接地装置的要求 .....	424
二、准直器 .....	409	<b>第四节 机件安装</b> .....	425
三、闪烁晶体 .....	411	一、核对装箱单 .....	425
四、光电倍增管 .....	411	二、安装过程 .....	425
<b>第三节 单光子发射型计算机体层</b>		三、连线 .....	427
<b>设备</b> .....	412	四、机件改进 .....	428
一、单光子发射型计算机体层设备的		<b>第五节 通电调试</b> .....	428
基本结构与工作原理 .....	412	一、调试准备工作 .....	428
二、探测器 .....	412	二、控制电路的调试 .....	429
三、机架 .....	413	三、诊视床的调试 .....	430
四、控制台 .....	413	四、冷高压试验 .....	431
五、计算机 .....	413	五、X射线管负荷试验 .....	431
六、附属设备 .....	414	<b>第六节 X射线机主要参量的检测与</b>	
七、主要技术指标 .....	414	<b>调整</b> .....	432
<b>第四节 正电子发射型计算机体层</b>		一、X射线管管电压测量方法 .....	432
<b>设备</b> .....	415	二、曝光时间的测量 .....	433
一、正电子发射型计算机体层设备的		三、管电流的测量 .....	434
基本结构与工作原理 .....	415	四、容量保护的调整 .....	434
二、探测器 .....	417	五、透视高压初级供电检查 .....	435
三、机架 .....	417	六、管电流调整 .....	435
四、计算机与外围设备 .....	417	<b>第七节 影像设备的维护</b> .....	435
思考题 .....	417	一、X射线设备的维护原则 .....	436
<b>第十六章 X射线机的安装及维护</b> .....	419	二、CR设备的维护原则 .....	436
<b>第一节 X射线机机房</b> .....	419	三、DR设备的维护原则 .....	436
一、机房一般要求 .....	419	四、DSA设备的维护原则 .....	436
二、常用建筑材料的铅当量 .....	419	五、X射线-CT设备的维护原则 .....	437
三、机房门、窗防护要求 .....	420	六、超声设备的维护原则 .....	437
<b>第二节 X射线机的供电电源</b> .....	420	七、MRI设备的维护原则 .....	437
一、供电制式 .....	420	八、核医学成像设备的维护原则 .....	437
二、电源电压和频率 .....	420	思考题 .....	438
三、电源相序 .....	421	<b>第十七章 医用照相机与自动洗片机</b> .....	439

第一节 多幅照相机.....	439	实验十三 F <sub>78</sub> -Ⅲ型或 XG-500 型 X 射线机控制台内部结 构识别.....	454
一、阴极射线管(CRT)多幅照相机 .....	439	实验十四 F <sub>78</sub> -Ⅲ型或 XG-500 型 X 射线机电源电路的连 接与测试.....	455
二、激光照相机 .....	439	实验十五 F <sub>78</sub> -Ⅲ型 X 射线机 X 射 线管灯丝加热电路的实 验 .....	456
三、热敏照相机 .....	442	实验十六 旋转阳极启动、延时和制 动电路实验 .....	457
第二节 自动洗片机.....	443	实验十七 X 射线机综合故障检修.....	458
一、基本结构及作用 .....	443	实验十八 中频机电路关键点的测 量与分析.....	459
二、洗片过程 .....	443	实验十九 X 射线电视系统结构与 测量 .....	459
三、优点 .....	443	实验二十 见习 CR 系统 .....	460
思考题.....	445	实验二十一 DSA 系统相关模拟操作 观察 .....	460
实验 .....	446	实验二十二 X 射线-CT 扫描机的 操作 .....	461
实验一 高压发生器结构与测试 .....	446	实验二十三 参观医院超声诊断室.....	462
实验二 高压部件单独测量与判断.....	447	实验二十四 多普勒超声听诊器的 使用 .....	462
实验三 谐振式磁饱和稳压器 稳压实验 .....	448	实验二十五 参观医院核医学成像 设备 .....	463
实验四 接触器与继电器的动 作试验 .....	449	实验二十六 冷高压试验 .....	463
实验五 常用控制开关的结构 .....	449	实验二十七 X 射线管负荷试验 .....	465
实验六 X 射线机电源电路的认识 与测试 .....	450	实验二十八 X 射线-CT 机基本组 件认识.....	466
实验七 X 射线机灯丝初级电 路的认识与测试 .....	450	参考文献 .....	467
实验八 X 射线机高压初级 kV 控制电路的认识 .....	451		
实验九 X 射线机容量保护电路 的认识与测试 .....	451		
实验十 晶体管限时电路的认识 与测试 .....	452		
实验十一 X 射线机操作控制电 路的认识.....	453		
实验十二 F <sub>78</sub> -Ⅲ型或 XG-500 型 X 射线机控制台操 作练习 .....	453		

# 第一章 绪 论

## 学习要点 医学影像设备学概念 发展史 分类

通过本章学习,重点掌握医学影像设备学概念,了解医学影像设备发展史,熟悉医学影像设备分类。

“医学影像设备学”是研究各种医学影像设备的基本构造、电路原理、性能以及安装和维修的科学。“医学影像设备学”源于20世纪X射线发现并逐步形成的“X射线机构造及维修学”。随着科学技术飞速发展,新材料、新工艺以及电子技术的兴起,医学影像设备不断得到发展和创新,逐步形成了包括现代医学影像设备在内的“医学影像设备学”。本章将对医学影像设备的发展史做概括性回顾,对各类医学影像设备的分类、成像及应用特点等做简要的叙述,对图像存储、传输系统(Picture Archiving and Communicating System, PACS)和远程放射系统(teleradiology system)知识也作适当介绍。

## 第一节 医学影像设备发展史

### 一、常规X射线机设备时代

1895年11月8日,德国物理学家伦琴(W. C. Rontgen)在做阴极射线实验时,意外地发现了一种肉眼不可见、具有很强贯穿物体能力并能使荧光物质发光和胶片感光的射线,即X射线,或称伦琴射线。这一伟大发现震撼了世界,掀开了科技史上的重要一页,1896年很快用于临床人体检查,为临床放射学的建立奠定了基础。为此,伦琴于1901年12月10日荣获首次诺贝尔物理学奖。

X射线发现后随即用于临床外科的骨折与脱位以及体内异物的诊断,并逐步发展到用于人体各系统的检查。与此同时,X射线机设备相继出现,并逐步得到发展和改进。1896年,德国西门子公司研制出世界上第一支X射线球管。20世纪10~20年代,生产出常规X射线机;其后X射线机的机械、电路、元器件及人造造影剂接连得以开发和利用,尤其是体层装置、快速换片机、高压注射器、影像增强器、电视、电影、录像机的应用逐步得以推广。20世纪60年代中期,已形成了较完整的学科体系,称之为放射诊断学(diagnosis radiology)。

放射诊断学,即通过摄片和透视用两类设备与技术,用于人体全身各系统的检查。通过荧光屏和X射线片获得人体组织器官的图像,以对疾病作出诊断和治疗,使之成为临床医学中重要的组成部分。常规X射线机属技术密集型产品,是医学影像设备中最基本、最常用设备,至今仍是有效的影像检查设备之一,尤其对骨骼系统、呼吸系统、胃肠道以及心血管系统疾病的诊断,仍然起着重要和主导作用。

## 二、大型现代医学影像设备时代

1972年由英国工程师豪斯菲尔德(G. N. Hounsfield)研制出世界上第一台头部CT扫描机(Computed Tomography, CT)。它是将电子技术、计算机技术和X射线技术相结合的新型放射成像设备。CT机的问世为医学影像设备学奠定了基础,是放射诊断学发展史上又一新的里程碑,它为现代医学影像诊断学形成起到了很重要的作用。CT机使横断图像数字化,图像更清晰,无前后重叠,解剖关系明确,从而大大提高了病变的检出率和准确率。由于这一贡献,使Hounsfield于1979年获得了医学生物学诺贝尔奖。近30多年来,CT设备不断得到更新,由头部CT发展到全身CT,由普通全身CT发展成螺旋CT,由单层螺旋CT发展到多层螺旋CT和超高速CT等,使CT扫描时间由最初3~5 min缩短至亚秒(0.8 s),空间分辨率亦越来越高,扩大了检查的范围并缩短了病人的检查时间,因此,CT设备与技术在医学影像诊断中占有十分重要地位,尤其对颅脑、胸部、腹部、盆腔、脊柱等部位病变的诊断占有主导地位。

20世纪80年代初,医学影像设备中又增添了一种新型的无电离辐射式影像成像设备,即磁共振成像(Magnetic Resonance Imaging, MRI)设备。MRI设备成像参数多,图像分辨率高,可获得数字化三维图像(横、矢、冠状断面),“流空效应”可获得心脏大血管的图像;对中枢神经系统、软组织及关节、心脏大血管显示明显优于CT。MRI设备的不足之处正在不断得到改进和完善,其扫描时间越来越短。套筒式设备改进为开放式设备,消除了病人的恐惧心理。当前,MRI已广泛用于临床全身各系统疾病的检查,尤其对中枢神经系统、心血管系统、四肢关节和盆腔检查效果最佳,腹部诊断效果已接近和达到CT水平,成为医学影像设备中重要的组成部分。MR波谱分析(MRS)可用于疾病早期诊断,发展前景广阔,MRI与MRS相结合的临床运用和研究,将会引起医学诊断学上一个新的突破。

数字减影血管造影(DSA)、计算机X射线摄影(CR)、直接数字X射线成像(DR)以及数字胃肠机等大型X射线成像设备是20世纪80年代开发运用的新型医学影像设备。DSA具有少创、实时成像,对比分辨率高、安全、简便等特点,从而扩大了血管造影的应用范围,并为“介入放射学”提供了可靠保证。CR、DR以及数字胃肠机具有曝光量小、宽容度大、图像清晰度高等优点,更重要的是数字化图像存储方便,可纳入PACS或远程传输。

20世纪60年代,超声和核显像设备相继出现,并不断完善和创新。80年代初研制成了高端超声及核医学显像设备,并运用于临床。尽管这些设备的成像原理、检查方法各不相同,但都是利用图像进行诊断,极大地丰富了医学影像诊断学内容,同时为医学影像设备学丰富了内涵。

## 三、现代医学影像设备体系建立时代

随着医学影像诊断设备的不断发展,20世纪60年代介入放射学影像设备系统兴起并逐步用于临床,近年来介入治疗技术及设备发展迅速,越来越广泛地用于临床治疗,介入治疗科室已于1989年被卫生部正式批准为临床科室。介入治疗技术因其具有安全、简便、经济、治疗疗效好等优点,深受医生和病人的普遍重视和欢迎。20世纪90年代立体定向放射外科学设备与技术的发展,使其不用开颅而治疗一些脑疾患,如 $\gamma$ -刀或x-刀。介入放射学与立体定向放射外科学系统,都是利用影像学设备与技术作引导或定位来实施治疗的设备,均属医学

影像设备范畴。

综上所述四大成像医学影像设备(X射线成像设备、MRI设备、超声成像设备、核医学成像设备)、热成像设备、光学成像设备、医用内镜设备、 $\gamma$ -刀或x-刀以及PACS信息放射和远程放射设备,共同构成了现代医学影像设备体系。

关于医学影像设备发展概况表见1-1。

表1-1 医学影像设备发展概况

分类	19世纪	20世纪					
		10~40年代	50年代	60年代	70年代	80年代	90年代
X射线成像设备	发现X射线(1895) X射线球管(1896)	X射线机(10~20年代) 增感屏(1930) 旋转阳极X射线管(1938)	荧光增强器(1954)	X射线TV(1960) 六脉冲高压发生器(1963) 介入放射学系统	X射线CT(1972) DR(1976)	F、DSA(1980) CR(1982) PASS(1982) 螺旋扫描CT(1983) UFCT(1983)	多层CT 组合式CT 旋转DSA DDR
超声成像设备		发射超声成功(1917) A超(1942)	B超(1954)		超声CT(1974)	多普勒图像(1982)	
MRI设备		发现磁共振现象(1946)			MRI(1979)	超导MRI(1985)	开放型MR FMR
核医学成像设备	发现铀的放射性(1896)		闪烁扫描(1951) $\gamma$ 相机(1957)		电子扫描(1975) 小型回旋加速器(1978) SPECT、PET(1979)		微型摄像机 全数字闪烁相机 $\gamma$ -刀 x-刀
光学成像设备		电子显微镜(1932)	纤维胃镜(1958)			超声内镜(1980) 电子内镜(1983)	CT内镜
热成像设备							

#### 四、我国医学影像设备发展简史

19世纪末,由美国传教士将X射线知识传入我国,在他编译的中文讲义《光学摘要》中编入了关于X射线内容。

1911年,由英籍医生肯特(H. B. Kent)捐赠给河北省中华医院(今开滦医院)一台小型X射线机。到1915年,上海少数医院也有了X射线机用于临床。

1951年,上海精密医疗器械厂试制成功首台四管单相全波整流X射线机,1953年起以“和平号”命名批量生产。1954年,上海复旦大学试制成功固定阴极X射线管。同年上海精密医疗



器械厂试制成功钨酸钙增感屏。1958年,X射线胶片在上海感光胶片厂试制成功并批量生产。20世纪60年代,国产旋转阳极X射线管在上海医疗器械九厂诞生。

1973年,上海第二医院附属瑞金医院与有关研究单位合作、试制成功钨靶软组织X射线摄影机。1978年,上海医疗器械研究所与有关工厂、医院合作研制成功稀土增感屏,在第一届全国科技大会上获重大科技成果奖。

我国X射线机制造业起步于20世纪50年代,但由于我国当时信息及技术一直处于封闭状态,尽管1960年生产出1000 mA大容量X射线机,而与之相关的技术和功能,仍处于缓慢发展时期。改革开放后,随着科技进步、国民经济的飞速发展,加强了科技领域的国际间交流,使我国在医学影像设备的研制与开发方面得到了长足的进步和发展。1983年,第一台颅脑CT机试制成功。1988年,第二代颅脑CT机问世。1990年,第三代全身CT装置研制成功,并开始与国外大公司合作批量生产,国产X射线管得到使用,使CT机的国产化率达到80%,标志着我国自行研制生产大型X射线CT机的能力有了大幅度提高。近年,我国又先后开发出永磁型和超导型MRI设备、x-刀、全身 $\gamma$ -刀设备等。

总之,国内医学影像设备的开发和运用,对缩小我国与发达国家医学影像设备和诊断、科研水平的差距起到了重要作用。我国虽起步较晚,但进展迅速,其制造业已初具规模,并在某些方面有了新的突破。

## 第二节 医学影像设备分类

现代医学影像设备共分两大类,即医学影像诊断设备和医学影像治疗设备。

### 一、医学影像诊断设备

医学影像诊断设备,是指用于临床诊断疾病的各种影像设备,按照影像信息的载体来分,影像诊断设备主要有6种类型:① X射线成像设备;② 磁共振成像设备;③ 超声成像设备;④ 核医学成像设备;⑤ 热成像设备;⑥ 光学成像设备。

#### (一) X射线成像设备

X射线成像是利用X射线穿过人体后的衰减值来成像的。它反映的是人体组织的密度变化,此类设备主要有X射线机、数字X射线机(DSA、CR、DR等)和X射线计算机断层设备等。

常规X射线机是利用X射线穿透人体不同密度和厚度的组织后达到荧光屏及X射线胶片的X射线使荧光物质发光和使胶片感光而成像的;而数字X射线机和CT装置则是通过测量透射人体的X射线量来实现人体成像的。

以X射线作为医学影像信息的载体,出于两方面的考虑,即分辨率和衰减系数。从分辨率来看,为了获得有价值的影像,辐射波长应小于1.0 cm。另外,当辐射波通过人体时,呈现衰减特性。若衰减过大,当测量透过人体的辐射波时,由于噪声的存在,很可能导致测量结果失去意义;反之,若辐射透过人体无衰减,则无法实现测量而失效。对于波长为 $1 \times 10^{-12} \sim 5 \times 10^{-11}$  m的X射线,光子能量为1.0 MeV~250 keV,该波长比所需求的图像分辨率短得多;射线沿直线传播,穿过人体不同组织后呈现明显的衰减,这一波长范围的X射线较适合成像而被广泛用于X射线诊断之中。