

医用X射线机 原理、构造与维修

医用X射线机编写组 主编

白智鹏 主审

中国医药科技出版社

临床医学工程(维修)专业教材

医用 X 射线机原理、构造与维修

主 编:《医用 X 射线机》编写组

主 审:白智鹏

编 委:沈 翔 李剑辉 郭维东

李曾豫 于 峰 王进亮

黄毅林 卢克坚 王瑞玉

中国医药科技出版社

登记证号:(京)075号

内 容 提 要

本书主要介绍X射线物理与防护、医用诊断X射线机的原理与构造、诊断X射线机的安装检验与维修。全书分三篇10章,内容包括有X射线的产生、X射线与物质相互作用、X射线防护、X射线管的结构与特性、X射线机主机系统与辅助系统、中频X射线机基础、X射线机整机分析、X射线机的安装、维护与检修。

本书的特点是内容丰富、系统完整、技术先进,具有较强的实用性。所选机型以国内三大厂家近几年推出的新型X射线机为主,同时也较详细地介绍了国内应用较多的国外进口X射线机。突出了理论与实践相结合,加大了X射线机维修理论与方法、X射线机故障分析与排除等内容。

本书既可作为高等院校临床医学工程(维修)专业或X射线机培训班专业教材,也可作为从事X射线机使用、维护、管理的工作人员学习和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

医用X射线机原理、构造与维修/《医用X射线机》编写组主编.—北京:
中国医药科技出版社,1997.8
临床医学工程(维修)专业教材
ISBN7-5067-1661-5

I. 医… II. 医… III. X光机 IV. TH774

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第04708号

中国医药科技出版社 出版
(北京海淀区文慧园北路甲22号)
(邮政编码 100088)
铁道部十六局印刷厂 印刷
全国各地新华书店 经销



开本 787×1092mm¹/₁₆ 印张 30.5 插页 1

字数 740 千字 印数 1—3000

1997年8月第1版 1997年8月第1次印刷

定价:60.00元

前 言

医用 X 射线机是各级医院最基本最常见的放射影像设备。近年来,随着科学技术的发展,大量高新科技在医用 X 射线设备上的应用,使得医用 X 射线设备已不再是一种简单的机电产品,而是集多学科知识、综合性科技于一体的复杂的医疗卫生装备,对于医用 X 射线设备的使用操作、维修和管理人员都提出了新的更高的要求,因而对上述人员的培训成了突出的问题。然而目前尚缺少高等院校临床医学工程(维修)专业医用 X 射线机的教材。为此,我们在总结十几年教学经验的基础上编写了这本书,以适应医学工程的飞速发展,满足广大读者的需要。

本书分三篇 10 章。其中第一篇(1~4 章)为 X 射线物理与防护,包括 X 射线的产生、X 射线与物质的相互作用和 X 射线防护;第二篇(5~7 章)为医用诊断 X 射线机原理与构造,包括 X 射线管的结构与特性、X 射线机主机系统和辅助系统、X 射线机整机分析等;第三篇(8~10 章)为诊断 X 射线机安装与维修,包括 X 射线机的安装、使用与维护、X 射线机的检修。

本书由北京医学高等专科学校医学工程系医学影像设备教研室编写,其中第 1~4 章由李曾豫、沈翔、王进亮执笔;第 5 章由沈翔、于峰执笔;第 6 章由郭维东执笔;第 7 章由郭维东、李剑辉、于峰执笔;第 8~10 章由李剑辉执笔。白智鹏任主审。参编人员还有黄毅林、卢克坚、王瑞玉等。

本书的编写以实用、够用为原则,力求系统完整、技术先进。论述深入浅出,通俗易懂,理论与实践并重,突出实践,加强了维修理论与方法、故障分析与排除等方面的内容,具有较强的使用性和实践指导意义。本书中的电路图除进口 X 射线机保持原图的电气符号外,其余的电路图均根据中国国家标准局 1987 年正式颁布的标准 GB6988、GB4728、GB5465、GB5094 等绘制而成,是一本按照新国标绘制电路图的医用 X 射线机教材。因此,本书适合于高等院校临床医学工程(维修)专业或 X 射线机培训班作为专业教材,也可供从事有关专业的技术人员学习和参考。

本书编写过程中得到了北京医学高等专科学校领导及有关业务部门领导的大力支持,以及许多同志的热情帮助,在此一并表示衷心的感谢!

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1997 年 5 月

目 录

绪论	(1)
一、X射线的发现	(1)
二、X射线的性质	(1)
三、X射线在医学中的应用	(2)
四、医用X射线设备的发展简史	(3)
第一篇 X射线物理与防护	(6)
第一章 产生X射线的原理	(6)
第一节 产生X射线的条件	(6)
第二节 产生X射线的机理	(6)
一、电离与激发	(7)
二、特征辐射	(7)
三、连续辐射	(9)
第三节 X射线的辐射谱线	(10)
一、X射线强度与连续X射线谱	(10)
二、特征X射线谱	(11)
三、影响X射线辐射谱线的因素	(13)
第四节 X射线的产生效率	(15)
第五节 X射线的空间分布	(17)
一、薄靶周围X射线的空间分布	(17)
二、厚靶周围X射线的空间分布	(17)
第二章 X射线与物质的相互作用	(19)
第一节 五种基本相互作用	(19)
一、不变散射	(19)
二、康普顿效应	(20)
三、光电效应	(21)
四、电子对效应	(22)
五、光蜕变	(22)
第二节 各种相互作用发生的相对概率(差别吸收)	(23)
一、X射线与物质相互作用的总结	(23)
二、差别吸收	(23)
三、原子序数 Z 和光子能量 $h\nu$ 与三种基本作用的关系	(27)
四、在诊断X射线中各种相互作用发生的相对概率	(28)

第三节 X 射线的衰减规律	(29)
一、X 射线强度衰减的两种方式	(29)
二、物质对 X 射线的吸收	(29)
第三章 X 射线辐射的质和量	(36)
第一节 物理方面 X 射线的质和量	(36)
第二节 诊断方面 X 射线的质和量	(36)
第三节 治疗方面 X 射线的质和量	(37)
一、常用的 X 射线辐射量及单位	(37)
二、半价层	(37)
第四节 影响 X 射线质和量的因素	(38)
一、影响 X 射线量的因素	(38)
二、影响 X 射线质的因素	(38)
第四章 X 射线的防护	(40)
第一节 X 射线对人体的危害	(40)
一、辐射损伤机理	(40)
二、影响辐射损伤的因素	(40)
第二节 X 射线防护标准与防护原则	(42)
一、X 射线防护标准	(42)
二、X 射线防护原则	(44)
第三节 实际工作中的防护	(45)
一、X 射线诊断工作中的防护	(45)
二、X 射线治疗工作中的防护	(46)
三、安装维修工作中的防护	(47)
第二篇 医用 X 射线机原理与构造	(48)
概述	(48)
一、诊断用 X 射线机的分类	(48)
二、诊断用 X 射线机的组成	(49)
三、诊断用 X 射线机的基本电路	(49)
第五章 X 射线机主机系统	(52)
第一节 X 射线管	(52)
一、固定阳极 X 射线管	(52)
二、旋转阳极 X 射线管	(56)
三、特殊 X 射线管	(57)
四、X 射线管管室	(58)
五、X 射线管的规格参数	(60)
六、X 射线管的特性	(60)
第二节 自耦变压器与电源电路	(67)

一、自耦变压器·····	(68)
二、X 射线机电源电路举例·····	(69)
第三节 高压发生器与高压次级电路·····	(76)
一、高压发生器·····	(76)
二、高压整流电路·····	(86)
第四节 高压初级电路与管电压补偿·····	(92)
一、管电压的调节·····	(92)
二、管电压的控制·····	(96)
三、管电压预示与管电压补偿·····	(100)
四、高压初级电路举例·····	(103)
第五节 X 射线管灯丝加热电路与管电流调节·····	(108)
一、谐振式磁饱和稳压器·····	(109)
二、空间电荷补偿装置·····	(110)
三、X 射线管灯丝加热电路举例·····	(112)
四、X 射线机管电流自动补偿原理·····	(119)
第六节 管电流测量电路与电容电流补偿·····	(121)
一、管电流测量方法·····	(121)
二、电容电流的补偿·····	(122)
第七节 延时器与延时电路·····	(126)
一、延时器的作用·····	(126)
二、延时器的种类·····	(126)
三、延时电路举例·····	(128)
第八节 限时器与限时电路·····	(129)
一、机械限时器·····	(130)
二、电子限时器·····	(130)
三、自动曝光限时器·····	(139)
第九节 旋转阳极启动与保护电路·····	(144)
一、旋转阳极的启动与保护·····	(144)
二、旋转阳极启动电路举例·····	(145)
第十节 X 射线管安全保护电路·····	(149)
一、参数连锁式瞬时负载保护电路·····	(149)
二、负荷率计式瞬时负载保护电路·····	(155)
三、降落负载式瞬时负载保护电路·····	(157)
第十一节 X 射线机主机控制电路与系统·····	(158)
一、控制系统概念·····	(158)
二、X 射线机主机控制电路·····	(159)
三、X 射线机控制电路举例·····	(161)
第十二节 中频 X 射线机基础·····	(172)

一、概述	(172)
二、中频逆变的基本原理	(173)
三、中频电源输出功率和电压的调节	(176)
四、中频机的结构原理	(177)
五、中频机的优势	(179)
第六章 X 射线机辅助系统	(182)
第一节 诊视床及其控制电路	(182)
一、通用床	(182)
二、遥控床	(182)
三、导管床	(184)
四、诊视床控制电路	(184)
第二节 胃肠摄影装置	(190)
一、胃肠摄影装置的结构及使用	(190)
二、胃肠摄影装置的种类	(191)
三、胃肠摄影的特点	(192)
四、透视和胃肠摄影电路	(193)
五、胃肠摄影时注意事项	(195)
第三节 滤线器摄影装置	(195)
一、滤线栅	(195)
二、滤线器的种类及构造	(196)
三、暗条效应及防止	(199)
第四节 断层摄影装置	(200)
一、断层摄影的基本原理	(200)
二、断层的模糊度	(201)
三、断层厚度	(201)
四、断层摄影的运动形式	(202)
五、断层摄影装置的结构	(203)
第五节 医用 X 射线电视	(209)
一、概述	(209)
二、影像增强器	(212)
三、平板型 X 射线影像增强透视系统(PET 系统)	(218)
四、光学系统	(221)
五、X 射线电视摄像管	(223)
六、影响 X 射线电视像质的主要因素	(228)
第六节 心血管造影设备	(228)
一、X 射线机组	(229)
二、快速换片机	(229)
三、高压注射器	(234)

第七章 诊断 X 射线机整机电路分析	(236)
第一节 F78-Ⅱ型 X 射线机电路分析	(236)
一、概述	(236)
二、电源电路和千伏高压预示电路	(237)
三、高压电路	(239)
四、透视及摄影控制电路	(242)
五、X 射线管灯丝变压器初级电路	(247)
六、旋转阳极启动及保护电路	(249)
七、容量保护电路	(251)
八、限时电路及限时保护电路	(252)
九、诊视床控制电路	(254)
十、全机控制电路工作程序	(256)
第二节 KB-500 型 X 射线机电路分析	(259)
一、概述	(259)
二、电源电路	(260)
三、主电路	(261)
四、V/kV 表电路	(262)
五、X 射线管灯丝加热电路	(263)
六、旋转阳极启动电路	(266)
七、控制电路	(269)
八、限时电路	(272)
九、mA/mAs 表电路	(277)
十、过载保护电路	(278)
十一、保护、指示灯电路	(280)
十二、高压次级和滤线器电路	(281)
十三、主机工作程序	(283)
第三节 岛津 XHD150B-10 型 X 射线机电路分析	(286)
一、概述	(286)
二、主电路	(288)
三、摄影千伏控制电路及电机控制电路	(292)
四、透视千伏控制电路	(294)
五、管电流控制电路	(300)
六、限时器控制电路	(308)
七、毫安秒表电路	(316)
八、过载保护电路	(317)
九、自动曝光控制电路	(319)
十、曝光控制电路	(323)
十一、技术选择电路	(326)

第四节 西门子 Polydoros 100 型 X 射线机主机系统工作原理	(328)
一、概述	(328)
二、X 射线机工作原理	(335)
三、旋转阳极启动器 N81 简介	(363)
第五节 电容充放电式 X 射线机	(370)
一、概述	(370)
二、电容充放电式 X 射线机基本构造原理	(371)
三、电容充放电式 X 射线机主机控制电路	(372)
第三篇 X 射线机的安装、检验与维修	(378)
第八章 X 射线机的安装与检验	(378)
第一节 安装准备	(378)
一、机房的选择	(378)
二、电源要求	(380)
三、接地装置的要求	(384)
第二节 机械部件的检验与安装	(387)
一、开箱检验	(387)
二、X 射线机房的布局	(388)
三、X 射线管头支持装置的安装	(389)
四、检查床的安装	(392)
五、其它部件的安装	(393)
第三节 X 射线机的通电试验	(393)
一、通电试验的注意事项	(393)
二、低压电路的通电试验	(394)
三、高压电路的通电试验	(399)
第四节 X 射线机主要参数的检测与调整	(400)
一、曝光时间的检测与调整	(401)
二、管电流的检测与调整	(403)
三、管电压的检测与调整	(406)
四、断层摄影装置性能的检测与调整	(411)
五、增强电视系统的检测与调整	(419)
六、X 射线管焦点测试	(421)
第九章 X 射线机的使用与维护	(426)
第一节 X 射线机的使用和日常维护	(426)
一、X 射线机的正常使用	(426)
二、X 射线机的日常维护	(427)
第二节 X 射线机主要部件的维护	(427)
一、机械部件的维护	(427)

二、控制台的维护	(428)
三、高压发生器及组合机头的维护	(428)
四、高压电缆的维护	(428)
五、X 射线管的维护	(429)
第三节 X 射线机的定期检查	(429)
一、机械部件的检修	(429)
二、电气部分的检修	(430)
第十章 X 射线机的检修	(431)
第一节 X 射线机故障检修的方法	(431)
一、X 射线机故障的分类	(431)
二、故障产生的原因及故障特征	(432)
三、检修原则及注意事项	(433)
四、X 射线机故障检查的常用方法	(434)
第二节 低压电路器件故障及检修	(436)
一、自耦变压器的故障及检修	(436)
二、磁饱和稳压器的故障及检修	(438)
三、继电器的故障及检修	(439)
四、限时器的故障及检修	(440)
五、旋转阳极启动装置的故障及检修	(442)
六、电动诊视床的故障及检修	(443)
七、活动滤线器的故障及检修	(443)
八、胃肠摄影装置的故障及检修	(444)
九、断层摄影装置的故障及检修	(445)
十、X 射线电视的常见故障及检修	(446)
第三节 高压电路器件故障及检修	(446)
一、X 射线管的常见故障	(447)
二、X 射线管管套的故障及检修	(451)
三、X 射线管的更换	(452)
四、高压电缆常见故障及检修	(454)
五、高压整流器件的常见故障	(457)
六、高压变压器的故障及检修	(457)
七、灯丝变压器的故障及检修	(459)
八、高压发生器与机头内的静电放电	(460)
九、变压器油的耐压试验与过滤	(460)
第四节 电路故障的检查	(462)
一、电源电路故障现象及检查	(462)
二、X 射线管灯丝电路故障现象及检查	(464)
三、透视及点片摄影控制电路故障现象及检查	(465)

四、摄影控制电路故障现象及检查	(467)
五、高压电路故障现象及检查	(467)
第五节 典型电路故障检修	(469)
一、F78-Ⅱ型 300mAX 射线机电路故障的检修	(469)
二、KB-500 型 500mAX 射线机电路故障的检修	(471)
三、岛津 XHD150B-10 型 800mAX 射线机故障的检修	(473)

参考文献	(476)
------------	-------

附图

绪 论

一、X 射线的发现

1895 年德国物理学家伦琴(W. C. Röntgen)在研究阴极射线管中气体放电现象时,用一只嵌有两个金属电极(一个叫做阳极,一个叫做阴极)的密封玻璃管,在电极两端加上几万伏的高压电,用抽气机从玻璃管内抽出空气。为了遮住高压放电时的光线(一种弧光)外泄,在玻璃管外面套上一层黑色纸板。他在暗室中进行这项实验时,偶然发现距离玻璃管两米远的地方,一块用铂氰化钡溶液浸洗过的纸板发出明亮的荧光。再进一步试验,用纸板、木板、衣服及厚约两千页的书,都遮挡不住这种荧光。更令人惊奇的是,当用手去拿这块发荧光的纸板时,竟在纸板上看到了手骨的影像。

当时伦琴认定:这是一种人眼看不见、但能穿透物体的射线。因无法解释它的原理,不明它的性质,故借用了数学中代表未知数的“X”作为代号,称为“X”射线(或称 X 射线或简称 X 线)。这就是 X 射线的发现与名称的由来。此名一直延用至今。后人为纪念伦琴的这一伟大发现,又把它命名为伦琴射线。

X 射线的发现在人类历史上具有极其重要的意义,它为自然科学和医学开辟了一条崭新的道路,为此 1901 年伦琴荣获物理学第一个诺贝尔奖金。

科学总是在不断发展的,经伦琴及各国科学家的反复实践和研究,逐渐揭示了 X 射线的本质,证实它是一种波长极短,能量很大的电磁波。它的波长比可见光的波长更短(约在 $0.001 \sim 100\text{nm}$,医学上应用的 X 射线波长约在 $0.001 \sim 0.1\text{nm}$ 之间),它的光子能量比可见光的光子能量大几万至几十万倍。因此,X 射线除具有可见光的一般性质外,还具有自身的特性。

二、X 射线的性质

(一) 物理效应

1. 穿透作用 穿透作用是指 X 射线通过物质时不被吸收的能力。X 射线能穿透一般可见光所不能透过的物质。可见光因其波长较长,光子具有的能量很小,当射到物体上时,一部分被反射,大部分为物质所吸收,不能透过物体;而 X 射线则不然,因其波长短,能量大,照在物质上时,仅一部分被物质所吸收,大部分经由原子间隙而透过,表现出很强的穿透能力。

X 射线穿透物质的能力与 X 射线光子的能量有关,X 射线的波长越短,光子的能量越大,穿透力越强。X 射线的穿透力也与物质密度有关,密度大的物质,对 X 射线的吸收多,透过少;密度小者,吸收少,透过多。利用差别吸收这种性质可以把密度不同的骨骼、肌肉、脂肪等软组织区分开来。这正是 X 射线透视和摄影的物理基础。

2. 电离作用 物质受 X 射线照射时,使核外电子脱离原子轨道,这种作用叫电离作用。在光电效应和散射过程中,出现光电子和反冲电子脱离其原子的过程叫一次电离,这些光电子或反冲电子在行进中又和其它原子碰撞,使被击原子逸出电子叫二次电离。在固体和液体中,电离后的正、负离子将很快复合,不易收集。但在气体中的电离电荷却很容易收集起来,利用电离电荷的多少可测定 X 射线的照射量,X 射线测量仪器正是根据这个原理制成的。

由于电离作用,使气体能够导电;某些物质可以发生化学反应;在有机体内可以诱发各种生物效应。电离作用是 X 射线损伤和治疗的基础。

3. 荧光作用 由于 X 射线波长很短,因此是不可见的。但它照射到某些化合物如磷、铂氰化钡、硫化锌镉、钨酸钙等时,由于电离或激发使原子处于激发状态,原子回到基态过程中,由于价电子的能级跃迁而辐射出可见光或紫外线,这就是荧光。X 射线使物质发生荧光的作用叫荧光作用。荧光强弱与 X 射线量成正比。这种作用是 X 射线应用于透视的基础。在 X 射线诊断工作中利用这种荧光作用可制成荧光屏,增感屏,影像增强器中的输入屏等。荧光屏用作透视时观察 X 射线通过人体组织的影像,增感屏用作摄影时增强胶片的感光量。

4. 热作用 物质所吸收的 X 射线能,大部分被转变成热能,使物体温度升高,这就是热作用。

5. 干涉、衍射、反射、折射作用 这些作用与可见光一样。在 X 射线显微镜、波长测定和物质结构分析中都得到应用。

(二) 化学效应

1. 感光作用 同可见光一样,X 射线能使胶片感光。当 X 射线照射到胶片上的溴化银时,能使银粒子沉淀而使胶片产生“感光作用”。胶片感光的强弱与 X 射线量成正比。当 X 射线通过人体时,因人体各组织的密度不同,对 X 射线量的吸收不同,致使胶片上所获得的感光度不同,从而获得 X 射线的影像。这就是应用 X 射线作摄片检查的基础。

2. 着色作用 某些物质如铂氰化钡、铅玻璃、水晶等,经 X 射线长期照射后,其结晶体脱水而改变颜色,这就叫做着色作用。

(三) 生物效应

当 X 射线照射到生物机体时,生物细胞受到抑制、破坏甚至坏死,致使机体发生不同程度的生理、病理和生化等方面的改变,称为 X 射线的生物效应。不同的生物细胞,对 X 射线有不同的敏感度。利用 X 射线可以治疗人体的某些疾病,如肿瘤等。另一方面,它对正常机体也有伤害,因此要注意对人体的防护。X 射线的生物效应归根结底是由 X 射线的电离作用造成的。

由于 X 射线具有如上种种特性,因而在工业、农业、科学研究等各个领域,获得了广泛的应用,如工业探伤,晶体分析等。在医学上,X 射线技术已成为对疾病进行诊断和治疗的专门学科,在医疗卫生事业中占有重要地位。

三、X 射线在医学中的应用

(一) X 射线诊断

X 射线应用于医学诊断, 主要依据 X 射线的穿透作用、差别吸收、感光作用和荧光作用。由于 X 射线穿过人体时, 受到不同程度的吸收, 如骨骼吸收的 X 射线量比肌肉吸收的量要多, 那么通过人体后的 X 射线量就不一样, 这样便携带了人体各部密度分布的信息, 在荧光屏上或摄影胶片上引起的荧光作用或感光作用的强弱就有较大差别, 因而在荧光屏上或摄影胶片上(经过显影、定影)将显示出不同密度的阴影。根据阴影浓淡的对比, 结合临床表现、化验结果和病理诊断, 即可判断人体某一部分是否正常。于是, X 射线诊断技术便成了世界上最早应用的非创伤性的内脏检查技术。

(二) X 射线治疗

X 射线应用于治疗, 主要依据其生物效应, 应用不同能量的 X 射线对人体病灶部分的细胞组织进行照射时, 即可使被照射的细胞组织受到破坏或抑制, 从而达到对某些疾病, 特别是肿瘤的治疗目的。

(三) X 射线防护

在利用 X 射线的同时, 人们发现了导致病人脱发、皮肤烧伤、工作人员视力障碍、白血病等射线伤害的问题, 为防止 X 射线对人体的伤害, 必须采取相应的防护措施。

以上构成了 X 射线应用于医学方面的三大环节——诊断、治疗和防护。

四、医用 X 射线设备的发展简史

自 1895 年以来, X 射线诊断与治疗技术有了飞速的发展, 主要进展可分为以下几个阶段:

(一) 离子 X 射线管阶段(1895~1912)

这是 X 射线设备的早期阶段。当时 X 射线机的结构非常简单, 使用效率很低的含气式冷阴极离子 X 射线管, 运用笨重的感应线圈发生高压, 裸露式的高压机件, 更没有精确的控制装置。X 射线机装置容量小、效率低、穿透力弱、影像清晰度不高、缺乏防护。据资料记载, 当时拍摄一张 X 射线骨盆像, 需长达 40~60min 的曝光时间, 结果照片拍成之后, 受检者的皮肤却被 X 射线烧伤。

(二) 电子 X 射线管阶段(1913~1928)

随着电磁学、高真空技术及其他学科的发展, 1910 年美国物理学家 W. D. Coolidge 发表了钨灯丝 X 射线管制造成功的报告。1913 年开始实际使用, 它的最大特点是靠钨灯丝加热到白炽状态以提供管电流所需的电子, 所以调节灯丝的加热温度就可以控制管电流, 从而使管电压和管电流可以分别独立调节, 而这正是提高影像质量所需要的。

1913 年滤线栅的发明, 部分地消除了散射线, 提高了影像的质量。1914 年制成了钨酸镭荧光屏, 开始了 X 射线透视的应用。1923 年发明了双焦点 X 射线管, 解决了 X 射线摄影的需要。X 射线管的功率可达几千瓦, 矩形焦点的边长仅为几毫米, X 射线影像质量大大提高。同时, 造影剂的逐渐应用, 使 X 射线的诊断范围也不断扩大。它不再是一件单纯拍摄骨骼影像的简单工具, 却已成为对人体组织器官中那些自然对比差(对 X 射线吸收差小)的胃肠道、支气管、血管、脑室、肾、膀胱等也能检查的重要的医学诊断设施了。与此同时, X 射

线在治疗方面也开始得到应用。

(三) 旋转阳极 X 射线管阶段(1929)

当电子 X 射线管已能适应日常的透视、摄影和治疗的工作后,人们又在为如何提高影像质量而进行大量的研究工作。

阻碍影像清晰度提高的主要因素是运动模糊度和几何模糊度。克服运动模糊度需缩短曝光时间,这就意味着需增加 X 射线管功率。而几何模糊度起因于非点光源问题,要求减小焦点尺寸。而增大功率和减小焦点本身就是矛盾的。

静止阳极 X 射线管中,焦点面大时影像清晰度却低,焦点面小时又限制了输出功率,两者互相牵制,不能兼顾。解决的办法是让阳极旋转起来,扩大实际焦点面积以加大功率;减小有效焦点面积以提高清晰度。

1927 年 Bowers 首先研制成功、1929 年荷兰 Philips 公司首先制成的旋转阳极 X 射线管,很好地解决了上述矛盾,使 X 射线技术发展到一个新阶段。

由于旋转阳极 X 射线管的广泛应用,X 射线管焦点面可以做成大焦点: $1 \times 1\text{mm}$ 以上;小焦点: $1 \times 1 \sim 0.6 \times 0.6\text{mm}$;微焦点: $0.5 \times 0.5 \sim 0.1 \times 0.1\text{mm}$;超微焦点: $0.05 \times 0.05 \sim 0.01 \times 0.01\text{mm}$,几何模糊度大大减少。照像时间可以毫秒(ms)计,使运动模糊度减到最小。30 年代以来,X 射线设备已发展到比较完善的程度,进入了防电击、防散射、高功率、多功能的新时期。

(四) X 射线影像增强器和 X 射线电视、电影阶段(1952)

在传统的透视条件下,荧光屏的亮度很低,一般仅为满月下显物亮度的 20% ~ 30% 以下,医生必须在暗室中操作,由于影像的细微结构可见度很差、分辨率不高容易造成漏诊。另外,医生、病人接受的 X 射线剂量也较大。因此白光透视成为世界各国研究的中心课题。

二次大战期间,曾利用红外线转变为可见光的技术制成变像管进行夜间侦察,战后人们在医学上应用了这种转换原理,研制成功影像增强器,引起了荧光透视图像转换系统的革命性变化。它不但能使亮度增加 6 千到 1 万倍,实现白光透视,而且灵敏度高,提高了分辨能力。同时,形成清晰影像所需 X 射线辐射剂量却只有原来的 1/10,大大减少了患者接受的剂量。

自 50 年代初开始,很快形成了影像增强器、电视系统和 X 射线机的组合,改变了 X 射线影像的显示方法,实现了 X 射线电视透视、电影摄影以及影像的贮存和再现。这一新的成就使 X 射线机发生了一次大的飞跃。X 射线机主机电路和机械结构以及辅助装置都有了巨大的改进。控制电路采用了新型电子器件、数字技术、集成电路、自动监视、检测装置以及计算机系统等,实现了半自动和全自动控制,以及遥控透视和摄影等。由于自动化和遥控的实现,进一步扩大了 X 射线在医学领域中的应用,减少了辐射线的危害。

(五) X 射线计算机断层扫描装置(X-CT)(1972)

自从 1895 年伦琴发现 X 射线以来,获得医用 X 射线影像的方法一直没有改变:基本上就是利用 X 射线敏感材料记录出 X 射线束透过病人后衰减变化反映出的密度分布情况。这种方法的不足主要有三:

1. 把一个三维影像成像在一张二维的胶片上,将造成影像的前后重叠,丢失了大量信息。

2. 一张胶片或一个荧光屏作为一种记录装置,由于本身灵敏度不高及不均匀所产生的噪声限制了分辨率,不可能记录或显示透过射线的微小差别。

3. 散射线的干扰进一步降低了影像质量。

1972 年 CT 技术的发明从根本上解决了上述不足。它是利用高度集中的 X 射线束和高信噪比的探测器,通过快速断层扫描获取大量的信息,运用数学的方法重建出密度分辨率极高的断层影像。

这种新设备的出现,被誉为 70 年代 X 射线诊断学的一次革命。发明者 Cormack 和 Hounsfield 荣获了 1979 年度诺贝尔医学奖和其他许多奖誉。

X-CT 实际上是把 X 射线发生器、横断体层、光电倍增设备、图像贮存与处理技术、电子计算机、精密机械、扫描技术、自动控制等部分有机地结合起来,构成了一台大型、精密、多学科的、高度自动化的医学诊断设备,目前已发展到了第六代。X-CT 的发展必将给 X 射线诊断开辟更为广阔的前景。

今后辐射技术的发展,首先是要降低剂量以减少对病人的损害,重点发展无伤害检查技术:磁共振成像装置、超声诊断仪、热成像等。其次是提高影像质量以达到早期诊断、显微探查的目的。第三是诊断上要从定性向定量,从形态学向生理学的方向发展。

各种新的诊断方法(X-CT, MRI, E-CT 等)与现有常用诊断方法(超声诊断仪, γ -照像机,常规 X 射线机等)要相互配合,取长补短,才能取得更好的诊断效果。