

全国高等院校教材

供医学影像技术、生物医学工程类专业用

医学影像设备原理与维护

Principle and Maintenance
of Medical Imaging Equipment

主 编 郝利国

副主编 陈大同 王晓东 孟 鑫

许东滨 林悦铭



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

全 国 高 等 院 校 教 材

供医学影像技术、生物医学工程类专业用

医学影像设备 原理与维护

主 编 郝利国

副主编 陈大同 王晓东 孟 鑫

许东滨 林悦铭



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

医学影像设备原理与维护 / 郝利国主编. —杭州:
浙江大学出版社, 2017. 6
ISBN 978-7-308-16501-3

I. ①医… II. ①郝… III. ①影像诊断—医疗器械—
维修 IV. ①R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 314128 号

医学影像设备原理与维护

郝利国 主编

丛书策划 阮海潮(ruanhc@zju.edu.cn)

责任编辑 阮海潮

文字编辑 秦 瑕

责任校对 丁佳雯 王安安 潘晶晶

封面设计 姚燕鸣

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州星云光电图文制作有限公司

印 刷 杭州杭新印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 15.5

字 数 400 千

版 印 次 2017 年 6 月第 1 版 2017 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-16501-3

定 价 39.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行中心联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>

前 言

《医学影像设备原理与维护》是供医学影像技术专业和生物医学工程专业使用的高等院校教材,可以作为医学影像技术人员和影像设备维护人员的参考书或工具书。本教材在参考医学影像技术和生物医学工程专业培养目标的基础上,以培养学生的“三基”(基本理论、基本知识、基本技能)和“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性和实用性)为原则,着重讲述医学影像设备的日常维护和常见故障维修等方面的理论知识和实践技能。

全书共分为七章(不含绪论,绪论部分由郝利国编写),第一章模拟 X 线设备维护,主要介绍了模拟 X 线设备的常见故障及维护,由郝利国编写;第二章数字 X 线设备维护,主要介绍数字胃肠、乳腺等设备的常见故障现象及维护,由陈大同编写;第三章 CT 设备原理与维护,主要介绍 CT 设备的原理与常见故障分析,由王晓东编写;第四章 MR 成像原理与设备维护,介绍了 MR 设备原理与常见的故障分析,由孟鑫编写;第五章医用超声成像原理与仪器维护,介绍了常见的超声设备故障现象及分析,由许东滨编写;第六章核医学显像原理与设备维护,介绍了核医学设备的保养及维护方法,对 SPECT 的设备故障进行重点分析,由林悦铭编写;第七章医学影像设备质量控制,对各设备的质量控制分别进行总体介绍,由林悦铭编写完成。全书共计 40 万字,郝利国编写 10 万字,陈大同编写 6 万字,王晓东编写 6 万字,孟鑫编写 6 万字,许东滨编写 6 万字,林悦铭编写 6 万字。

为加强学生的基本理论学习,提高学生分析问题和解决问题的能力,本书在编写过程中力求做到内容丰富、重点突出,并参考了国内外大量相关书籍(详见参考文献),在此对各位编者表示衷心的感谢。

本教材在编写过程中得到了浙江大学出版社的鼎力相助,同时感谢齐齐哈尔医学院医学影像专业和生物医学工程专业学生为完成本书所做出的努力,特别是 2012 级医学影像专业的时阳、沈月、高涵、朱怡鸣、王柏志、沈丹丹、刘菲菲、庞舒译、李小光、吴晶、王梓旭、周蕾、陈曲同学为本书做了大量的文字校对工作,2014 级医学影像专业黄钰、申洪远同学为本书做了大量的图像处理工作,在此表示衷心的感谢。

因为编写时间短,覆盖面广,专业性强,本教材内容上可能会存在不足之处,衷心希望各位同行批评指正。

郝利国

2017 年 5 月 24 日

目 录

绪 论 医学影像设备的发展	(1)
一、X 线机的发展	(1)
二、计算机体层摄影设备的发明和发展	(1)
三、数字化放射科	(2)
四、磁共振成像设备的应用和发展	(3)
五、超声成像设备的发展	(3)
六、核医学设备的发展	(4)
第一章 模拟 X 线设备维护	(5)
第一节 高压部分	(5)
一、高压变压器的原理与常见故障	(5)
二、灯丝变压器的原理与常见故障	(5)
三、高压整流元件的工作原理与常见故障	(6)
四、高压电缆的工作原理与常见故障	(7)
五、高压交换闸的工作原理与常见故障	(8)
六、高压电路元件故障及维修	(8)
七、高压变压器初级电路的常见故障	(11)
八、高压变压器次级及管电流测量电路工作原理与常见故障	(11)
第二节 低压部分	(13)
一、谐振式磁饱和稳压器的原理与常见故障	(13)
二、空间电荷抵偿变压器的工作原理与常见故障	(13)
三、继电器与接触器的工作原理与常见故障	(14)
四、各种开关的工作原理与常见故障	(15)
五、限时器的工作原理与常见故障	(16)
六、延时器的工作原理与常见故障	(17)
七、低压电路元件故障及检修	(17)
八、稳压器常见故障	(20)
九、电源频率变化的影响	(20)
十、继电器的常见故障及检修	(20)
十一、机械式和电动机式限时器的故障及检修	(22)

十二、电子管的故障	(24)
十三、电子管限时器的故障及检修	(24)
十四、RC 电路的故障	(25)
十五、灵敏继电器和稳压电容的故障	(25)
十六、晶体管的故障	(26)
十七、故障检查举例	(27)
十八、旋转阳极启动装置的故障及检修	(28)
十九、活动滤线器的故障检修	(30)
二十、胃肠摄影装置的故障及检修	(31)
第三节 单元电路原理与故障	(32)
一、透视装置与诊视床的工作原理与常见故障	(32)
二、适时摄影装置的工作原理与常见故障	(33)
三、电源电路的工作原理与常见故障	(33)
四、X 线管灯丝加热电路的工作原理与常见故障	(34)
五、X 线管安全保护电路的工作原理与常见故障	(35)
第四节 X 线电视系统	(36)
一、检修条件与注意事项	(37)
二、检查故障的基本手段	(38)
三、判断故障的基本方法	(39)
四、X 线电视系统常见故障的检查程序	(41)
五、元件的更换	(43)
第五节 X 线机的通电试验	(44)
一、注意事项	(44)
二、电源电路	(45)
三、控制电路	(46)
四、高压电路	(50)
第六节 主要参量测试与调整	(51)
一、曝光时间	(52)
二、管电流	(54)
三、管电压	(57)
四、X 线电视系统	(59)
第七节 X 线机的维护与检修	(62)
一、维护	(62)
二、定期检查	(65)
三、检修	(67)
四、电路故障的判断及检查程序	(72)

第八节 X线机整机故障分析	(81)
一、故障分类与检测方法	(81)
二、工频 X线机单元电路	(83)
三、工频 X线机故障综合分析与检修	(83)
四、变频 X线机电路组成与故障维修	(86)
第二章 数字 X线设备维护	(94)
第一节 数字化 X线机的故障与维修	(94)
一、维修方法	(94)
二、故障产生的原因及故障特征	(95)
三、数字化 X线机的故障分析和维修	(98)
第二节 医用数字胃肠 X线机维修	(114)
一、维修方法	(114)
二、NAX 系列数字胃肠 X线机故障维修和设备维护	(114)
三、HX150ET-A 高频发生器维修和维护	(125)
四、TH-600 数字系统维修和维护	(127)
第三节 数字乳腺 X线机安装与调试	(130)
一、维修方法	(130)
二、PLAMED 系列乳腺 X线机故障维修和设备维护	(130)
第三章 CT 设备原理与维护	(142)
第一节 CT 设备故障分类与检测	(142)
一、故障分类	(142)
二、性能检测	(143)
第二节 CT 球管故障判断及原因分析	(143)
一、灯丝断路	(143)
二、管芯真空度下降或管芯玻壳破损	(143)
三、旋转阳极不转	(144)
四、CT 球管过热或油循环停止	(144)
五、管套内高压打火	(144)
六、CT 球管漏油	(144)
第三节 CT 设备电路分析	(144)
一、CT 设备单元电路	(144)
二、单排螺旋 CT 设备电路分析	(145)
第四节 常见的故障与维修	(154)
一、用软件维修	(154)
二、计算机故障维修	(154)

三、计算机外围设备故障的维修	(155)
四、阵列处理器、图像显示系统故障的维修	(155)
五、数据采集系统故障的维修	(157)
六、扫描架、床机械运动系统故障的维修	(160)
七、滑环故障的维修	(166)
八、X线系统故障的维修	(167)
九、散热系统故障的维修	(169)
十、相机故障的维修	(170)
十一、配电箱、操作台故障的维修	(172)
第五节 CT设备维修实例	(172)
一、ELSCINT 2000 CT设备故障检修	(172)
二、CT球管质量不佳现象分析与检修	(178)
三、多排螺旋CT设备电路故障分析与检修	(179)
四、VCT组成与电路框图分析	(183)
第四章 MR成像原理与设备维护	(188)
第一节 MR图像伪影与故障	(188)
一、硬件	(188)
二、射频脉冲	(188)
三、外磁场与梯度磁场	(189)
第二节 MR设备整机故障分析	(190)
一、主计算机系统	(191)
二、射频子系统	(191)
三、梯度子系统	(192)
第三节 MR设备单元电路与故障检修	(192)
一、线圈	(192)
二、梯度磁场电源	(193)
三、3.0T磁共振设备电路与故障检修	(193)
四、激光相机、PACS系统在MR上的设置与调整	(195)
第五章 医用超声成像原理与仪器维护	(196)
第一节 超声设备安装和调试	(196)
一、设备结构组成	(196)
二、安装与拆卸	(196)
第二节 医用超声设备的维修	(199)
一、维修方法	(199)
二、超声设备维修	(202)
三、保养与故障分析	(206)

第三节 B 超设备单元电路与故障分析	(208)
一、B 超设备电路	(208)
二、B 超设备故障检修	(209)
第六章 核医学显像原理与设备维护	(214)
第一节 核医学成像设备的保养	(214)
一、保养内容	(214)
二、保养时间表	(215)
三、使用注意事项	(215)
第二节 核医学成像设备的维修	(216)
一、设备故障	(216)
二、设备故障对影像的影响	(217)
三、故障检修	(217)
第三节 SPECT 设备电路与故障检修	(219)
一、工作过程	(219)
二、电路分析	(219)
三、故障分析与维修	(220)
第七章 医学影像设备质量控制	(222)
第一节 医学影像成像质量控制	(222)
一、评价与控制	(222)
二、CR 的伪影与质控	(222)
三、DR、DSA 质控参数	(224)
四、CT 图像处理与质控	(224)
五、CT 图像质量评价	(226)
六、MR 图像质量控制	(227)
七、SPECT 设备的质量控制	(228)
第二节 医学影像设备质量控制的检测参数与仪器	(229)
一、X 线机检测参数	(229)
二、CR、DR 测定参数	(231)
三、DSA 测试参数	(231)
四、CT 检测仪器	(232)
五、MR 质控检测系统	(233)
六、US 检测仪器	(234)
七、SPECT、PET 设备检测仪器	(236)
八、 γ 刀检测参数	(237)
参考文献	(238)

绪 论 医学影像设备的发展

一、X 线机的发展

迄今,X 线管(X-ray tube)经历了四次重大发展:①由早期的充气管到真空管的发展,提高了 X 射线机(以下简称 X 线机)的可控性(1913 年);②从固定阳极发展到旋转阳极,提高了 X 线管的输出功率和图像质量(1929 年);③高速旋转阳极和复合材料阳极靶面的开发应用,进一步提高了 X 线管的输出功率和连续使用能力(20 世纪 60 年代);④整管旋转、阳极盘直接油冷却、电子束定位方式,使 X 线管连续使用能力提高到一个更高水平(2003 年)。

X 线机的高压部分早期使用感应线圈供电,采用裸高压线、裸 X 线管方式,1910 年发展为工频升压真空管高压整流方式。1928 年制成高压电缆,X 线机发展到具备防电击、防辐射功能。到 20 世纪六七十年代,自动控制、程序控制技术应用到 X 线机中,大型 X 线机变得十分复杂,但总体上仍属于电工元器件产品。1982 年,采用逆变方式的 X 线高压发生装置实用化,逆变频率不断提高,加之计算机技术的应用,X 线高压发生系统进入完全电子产品时代,并进行了由繁到简、脱胎换骨的进化。

1951 年,出现了影像增强器(image intensifier, I. I),此前荧光屏式透视一直是在暗室中进行的,I. I 的诞生,使电视技术被引入 X 线领域,X 线电视系统(X-ray television, X-TV)使医生从暗室检查和辐射现场中解脱出来,使 X 线机发生了一次划时代的革命,是 X 线机发展史上的一个里程碑。1961 年,隔室操作多功能检查床出现,并于 20 世纪 70 年代后得到广泛应用,胃肠透视检查进入遥控时代。由于 I. I 的使用,X-TV 透视已成为基本的检查手段。20 世纪 60—90 年代,动态器官检查的影像记录手段是心血管专用机的主要记录方式。21 世纪初,随着平板探测器(flat panel detector, FPD)广泛应用于采集动态和静态图像,X-TV 在 X 线领域的应用也将成为历史。

二、计算机体层摄影设备的发明和发展

电子计算机断层扫描(computed tomography, CT)设备于 1972 年问世,由英国 EMI 公司工程师 Hounsfield 发明。CT 设备的诞生使 X 线的应用进入了数字、断层影像时代,是 X 线在医学中应用的一次重大革命。CT 设备现已发展成为一种主要的影像诊断设备。

CT 设备的发展方向是:①提高扫描速度;②改善图像质量;③扩展功能。CT 设备自诞生以来,经历了四个发展阶段。20 世纪 70 年代是 CT 设备发展的初期阶段。扫描时间由初期的数分钟发展到数秒钟,由单纯头颅扫描发展到全身扫描。20 世纪 80 年代主要是 CT 设备扫描速度和图像质量的提高阶段,扫描时间缩短到 1s,后期出现了滑环技术,并有滑环 CT 设备面市,这为螺旋 CT(helical CT)设备的诞生奠定了基础。20 世纪 90 年代是螺旋 CT 设备的发展阶段。螺旋 CT 设备采用容积数据采集,可以在任意位置回顾性重建断面图像,此时后处理技术受到重视,螺旋扫描 CT 技术获得重大发展。扫描时间在 20 世纪 90 年代末已

缩短到 0.5s。多层螺旋 CT(multi slice helical CT, MSCT)设备首创于 1998 年,发展于 21 世纪。其重大进步在于实现了各向同性,使后处理图像质量大幅度提高,并使图像后处理成为 CT 图像观察的主要手段。MSCT 提高了扫描速度和时间分辨力,使血管成像分期明确,进一步扩大了它的使用范围。

三、数字化放射科

在 CT 设备诞生前的 70 余年里,X 线成像一直采用模拟成像方式。透视、摄影是观察人体内部结构的唯一手段。作为图像记录的胶片,集影像的探测、显示、传输、存储功能于一身。数字影像将这些功能逐一分解开,并使之最优化,相关技术因此得到了广泛应用,使各环节的潜能得到了充分发挥。

计算机 X 线摄影(computed radiography, CR)利用成像板(image plate, IP)采集 X 线摄影信息(1982 年),经计算机处理后获得图像。数字化 X 线摄影(digital radiography, DR)利用平板探测器采集信息(1997 年),经计算机处理后获得图像。它们均使用数字存储、网络传输、专用监视器显像,计算机技术得到了充分应用,数字影像设备将影像设备推向高科技的前沿。

数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)诞生于 1980 年。数字化的 DSA 可使医生实时观察、记录心血管造影结果,不必等待快速换片机的胶片冲洗,更不必等待复杂的电影胶片冲洗过程。这对心血管造影是十分可贵的。DSA 诞生后很快受到医生的欢迎,并得到了大力发展。这之前,心血管专用 X 线机是最复杂、庞大的机组。DSA 的软件功能代替了笨重的快速换片机和控制、使用都十分复杂的电影摄影机。心血管专用 X 线机从此得以简化。平板显示器(flat panel display, FPD)的应用使心血管专用 X 线机的结构得到了进一步简化,功能得到了较大的提升。

数字存储媒介的发展为数字影像的存储提供了方便,软盘、硬盘、磁光盘、光盘都在影像设备中得到了广泛应用。

在医学影像数字化的今天,照片还是必需的。最先是使用多幅相机印制照片。多幅相机应用平板监视器显示影像,用光学镜头使此影像在胶片上曝光成像,因一幅 14 英寸(in)×17 英寸(1in=2.54cm)胶片上可容纳十几甚至几十幅图像,故称为多幅相机。但由于其成像环节多,故图像质量受到限制。20 世纪 90 年代初发明了用密度信号调制激光束,直接使胶片感光成像的相机,称作激光相机。初期的激光相机采用湿式显像,后期出现了干式(热)显像的激光相机。同时出现的还有一种直接热成像相机,它设有激光环节,热敏头直接使胶片显像。

医学影像存档与通信系统(picture archiving and communication system, PACS)为医学图像存储、传输而开发的专用系统。获得的医学图像可立即经 PACS 传输到各个部门,为会诊、术中参考、教学、科研提供了方便,避免了照片借阅、归档的麻烦和丢失的烦恼。PACS 的广泛应用将使胶片成为历史,并拉近了医学与工程的距离。目前完整的 PACS 成本较高,并且典型图像无控制地复制也造成了侵犯“知识产权”、“隐私权”等问题,这给影像管理提出了新课题。

数字影像还可通过光缆、通信网络传向外院、外地。医生无论在何处,只要有计算机和网络就可接收影像进行诊断,为及时处理危重病患者提供了极大方便,使偏远地区也能享受

到最高水平的医疗服务。数字影像已成为医学影像学发展的新平台,是现代化高效诊断所必需的。

四、磁共振成像设备的应用和发展

20 世纪 80 年代,核磁共振(nuclear magnetic resonance, NMR)设备应用于临床。其物理基础是磁共振技术,它通过测量人体组织中质子的磁共振(magnetic resonance, MR)信号,实现人体任意层面成像。

磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)设备的组织分辨力高,能显示体内器官及组织的形态、成分和功能。MR 信号含有较丰富的组织生理、生化特征信息,可提供器官组织或细胞新陈代谢方面的信息。

MRI 设备可分为低场 MRI 设备和高场 MRI 设备。低场 MRI 设备主要以开放式永磁体为主,主要用于基层医院。高场 MRI 设备具有成像信噪比(signal to noise ratio, SNR)高、成像速度快、空间分辨力高、功能多等特点,除具有低场 MRI 设备的常规功能外,还能进行人体器官功能成像及机体代谢变化的观察。

MRI 设备实现了由显示解剖结构信息向显示功能信息的发展,灌注加权成像、弥散加权成像、脑血氧水平依赖成像、频谱成像等多器官功能成像已广泛应用于临床和科研。

MRI 设备的应用实现了由宏观向微观的发展,适用于分子影像学的发展,极大地拓宽了医学影像设备的应用范围。

0.5T 以下的 MRI 设备多为永磁或常导磁体,1.0T 以上的 MRI 设备都为超导磁体。目前,3.0T 的 MRI 设备已大量用于临床,9.0T 的 MRI 设备也正在临床试验中。

磁体结构由封闭型向开放型发展,由长磁体向短磁体发展。开放型磁体消除了病人的幽闭感,也为开展介入治疗提供了条件。梯度线圈在工作中随着梯度场的变化会发出振动噪声,现在硬件降噪技术和软件降噪技术已广泛应用。这些在很大程度上减轻了患者的恐惧感,提高了患者的舒适度。

迄今为止,由于尚未见到 MRI 检查对人体危害的报道,因此在 MRI 引导下进行介入治疗不必顾及对人体的负面影响。

五、超声成像设备的发展

超声成像设备是利用超声波(ultrasound)的透射和反射现象,对人体组织器官形态结构进行观察的检查设备。它具有实时、无创、简单易行、可移动等优点,临床应用十分广泛。超声成像设备可与其他医学影像设备形成互补。

超声成像设备于 20 世纪 50 年代初期应用于临床,20 世纪 70 年代实时超声成像设备得到应用。期间,超声成像设备由早期的幅度调制型(A 型)超声诊断仪发展为二维显示的 B 型超声诊断仪。20 世纪 80 年代声学多普勒效应开始应用于超声诊断仪(D 型)。20 世纪 90 年代三维超声诊断仪和介入超声诊断仪实现临床使用。现在已经有了多种多样的超声诊断仪供临床应用。近年来超声造影技术发展迅速,这对于鉴别病变性质、评估肿瘤的治疗效果具有重大的意义。

随着超声医学工程技术的进步,超声扫描方式由机械扫描发展到线阵和凸阵扫描、相控阵扫描,改善了图像质量。超声探头向宽频带、中心频率可变方向发展,拓展了探头的应用

范围,改善了图像质量。由体外探头发展到各种腔内、管内探头,扩展了超声成像设备的应用范围。由早期的灰阶显示、彩阶显示发展到彩色显示,提高了对回声的识别能力。超声技术还由单纯诊断扩展到治疗领域,主要有体外冲击波碎石、高强度聚焦超声等。高强度聚焦超声是向癌组织发射聚焦高能超声,组织吸收声能产热,利用局部升温来抑制或杀死癌细胞。

聚焦技术由早期的固定聚焦发展到多段聚焦。世纪之交,又出现了数字化波束形成器,由单纯发射聚焦发展到接收环节的连续动态聚焦。该技术优化了超声波声束,减少了噪声及旁瓣效应,提高了图像的分辨力和成像速度。

六、核医学设备的发展

核医学设备是通过测量人体某一脏器或组织对标记有放射性核素药物的选择性吸收、储聚和排泄等情况,观察其代谢功能,实现人体功能成像的装置。其主要有 γ 相机、单光子发射型 CT(single photon emission CT, SPECT)和正电子发射型 CT(positive emission CT, PET)。

γ 相机可对脏器进行静态或动态照相检查。动态照相主要用于心血管疾病的检查。

SPECT 具有 γ 相机的全部功能,并具有断层成像功能,明显提高了诊断病变的定位能力,在临床上得到日益广泛的应用。SPECT 能做动态功能成像检查,从而用于早期疾病诊断,但图像质量和空间定位不如 X 线 CT。一般情况下,核医学成像检查时要使用放射性药物,其横向分辨力很难达到 1.0cm。PET 适合做人体生理和功能方面的研究,尤其是对脑神经功能的研究,与 X 线成像具有互补作用。PET-CT 就是这两种检查技术有机结合的产物。

第一章 模拟 X 线设备维护

第一节 高压部分

一、高压变压器的原理与常见故障

(一) 高压变压器的工作原理

变压器是变换交流电压、电流和阻抗的器件,当初级线圈中通有交流电流时,铁芯(或磁芯)中便产生交流磁通,使次级线圈中感应出电压(或电流)。

变压器由铁芯(或磁芯)和线圈组成,线圈有两个或两个以上的绕组,其中接电源的绕组叫初级线圈,其余的绕组叫次级线圈。

(二) 高压变压器的常见故障

高压变压器是高压电路中最主要的部件,工作电压很高,常见故障有下列几种:

1. 对地高压击穿或两线圈之间高压击穿

故障现象:高压变压器一般分两个线圈,由于一个线圈始端直接接地,另一个线圈始端经毫安表之后才接地,所以故障现象有所不同。

(1)经毫安表后接地线圈的末端(称高压端)对地高压击穿时,全波整流电路内,毫安表指针冲至满刻度;自整流 X 线机内,毫安表指针在零附近颤动,毫安表很容易因大电流通过而烧毁;同时电压表和管电压表指针下降,机器过载声很大,保险丝熔断,无 X 线产生或 X 线甚微。

(2)直接接地线圈的末端对地高压击穿时,故障现象同上,但毫安表无指示或指示甚微。

2. 高压变压器次级线圈局部短路

故障现象:高压线圈局部短路后,透视时荧光屏亮后慢慢暗下来,X 线穿透力不足,毫安表指示比正常稍低或无异常,高压初级电流增大,机器过载“嗡嗡”声大,短路严重时,保险丝熔断,无 X 线产生。

3. 高压变压器次级线圈断路

故障现象:高压变压器次级线圈断路后,工作时高压通过断线头放电,可有“吱吱”响声,荧光屏荧光闪动,毫安表指示不稳;若断口距离较大,则无 X 线产生,毫安表无指示。

二、灯丝变压器的原理与常见故障

(一) 灯丝变压器的工作原理

X 线机中的灯丝变压器,分为 X 线管灯丝变压器和高压真空整流管灯丝变压器两种。其工作原理与结构相同,只是容量和体积有所区别,它们都是降压变压器,一般功率为 100W

左右。灯丝变压器的次级绕组与 X 线管的阴极相连,当 X 线管工作时,灯丝变压器次级绕组的电位与阴极千伏高压等电位,这就要求灯丝变压器初、次级间具有良好的绝缘,绝缘程度不能低于高压变压器最高输出电压的一半。

(二)灯丝变压器的常见故障

X 线管灯丝变压器的次级线圈与高压连线,使用中常出现高压击穿等故障。

1. 灯丝变压器次级线圈对地或对初级线圈击穿

故障现象:击穿时,高压初级电流增大,主电路电流增大,电源电压表、管电压表指针下降,机器过载“嗡嗡”声很大,保险丝熔断,毫安表指针冲至满刻度。

2. 灯丝变压器次级线圈引出线接触不良或断路

故障现象:①接触不良时,可见 X 线管灯丝亮度不够,灯丝电压低于正常值,严重接触不良可致断路,灯丝不亮;②如 X 线管灯丝变压器次级公用线断路,则 X 线管大、小焦点同时点亮。

3. 灯丝变压器次级线圈短路

故障现象:灯丝变压器次级线圈轻微短路,灯丝亮度不足;变压器初级电流增大,毫安调节电阻压降增大,温度升高,初级电压降低。若严重短路,则灯丝电路保险丝熔断,灯丝不亮。

4. 灯丝变压器初级线圈断路

故障现象:X 线管灯丝变压器初级线圈断路,可见 X 线管灯丝不亮,无 X 线产生。

5. 灯丝变压器初级线圈短路

故障现象:灯丝变压器初级线圈严重短路,保险丝立即熔断;如为局部短路,即初级线圈匝数减少,而变压器初级电压未变,灯丝变压器次级电压可升高很多,灯丝亮度增加,有烧毁 X 线管灯丝的危险。

三、高压整流元件的工作原理与常见故障

(一)高压整流元件的工作原理

高压整流器是一种将高压变压器次级输出的交流高压变成脉动直流高压的电子元件。

高压变压器次级输出的交流高压,如果直接加到 X 线管两端,那么在正半周时,灯丝发射的电子能飞向阳极产生 X 线;在负半周时,阳极比阴极电位低,灯丝发射的电子飞不到阳极 X 线管,不产生 X 线。这种利用 X 线管本身的整流作用整流的 X 线机,称为自整流 X 线机。显然,自整流 X 线机不能充分发挥 X 线管的额定容量。同时,因负半周无 X 线产生,逆电压很高,容易导致高压元器件的击穿损坏。除小型 X 线机采用自整流方式外,现代大、中型 X 线机都设有高压整流电路,利用高压整流元件将高压变压器输出的交流高压变成脉动直流高压的正极加到 X 线管的阳极,而其负极加到 X 线管的阴极。这样,无论正半周还是负半周,X 线管都能产生 X 线,克服了自整流 X 线机仅在正半周产生 X 线的缺点。

(二)高压整流元件的常见故障

1. 高压整流硅堆断路

(1)全波整流 X 线机,若一只高压整流硅堆断路,即变成半波整流,控制台毫安表指示减半,透视荧光屏暗淡。

(2)若两只高压整流硅堆断路,则这两只高压整流硅堆由于所处位置的不同而有不同现象,如图 1-1 所示,若 D_1 、 D_3 (或 D_2 、 D_4) 高压整流硅堆断路,则毫安表无指示,无 X 线产生。

2. 高压整流硅堆击穿

故障现象:在全波整流电路中,一只高压整流硅堆击穿,加高压后,由于击穿后的高压整流硅堆内阻很小、电流很大,这时发生与 X 线管真空度降低时相同的现象,毫安表指针满刻度,无 X 线产生。当高压整流硅堆损坏时,可用 2500V 摇表($M\Omega$ 表)进行检查,也可用拆下硅堆互相替换位置的方法确定已损坏的硅堆。

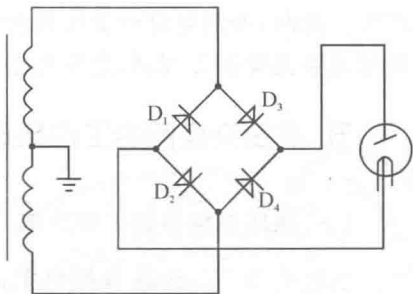


图 1-1 高压整流硅堆电路

四、高压电缆的工作原理与常见故障

(一)高压电缆的工作原理

大、中型 X 线机的高压发生装置和 X 线管是分开组装的,两者之间通过两根特制的电缆线连接在一起,即高压电缆。它的作用是将高压发生装置产生的高压输送到 X 线管的两端,同时把灯丝加热电压输送到 X 线管的阴极。高压电缆的结构为导电芯线、高压绝缘层、半导体层、金属屏蔽层以及保护层。

(二)高压电缆的常见故障

1. 电缆击穿

电缆击穿是指高压电缆线的绝缘层被高压击穿,使电缆芯线的高压与接地的金属屏蔽层短路。击穿部位多发生在高压插头附近。

故障现象:①击穿时高压次级电路的电流增大,毫安表根据不同的接线情况、不同的整流电路可出现指针满刻度、不稳或倒退现象;②由于高压初级电流相应增大,电源压降增大,管电压表指针下跌,机器过载“嗡嗡”声过大,电源过载保护继电器可能工作,保险丝熔断;③透视时荧光屏荧光暗淡,摄影时影像清晰度和对比度显著降低,甚至出现白片;④在电缆附近可闻到臭氧或橡胶烧焦的气味。

2. 高压电缆插头击穿

故障现象:当电缆插头击穿时,故障现象与电缆击穿相同。

3. 高压电缆芯线短路

故障现象:芯线短路的高压电缆,在阳极端可正常使用,在阴极端则依短路情况的不同而有不同的现象。轻微短路可使 X 线管灯丝加热电压降低,曝光时毫安表指示偏低或不稳定;严重短路可使 X 线管灯丝不亮,无 X 线产生。用万用表测量,灯丝变压器初级电压比正常值低,毫安调节电阻温度异常升高。拔出高压电缆,用万用表测量,可见短路芯线的两个插脚导通。

4. 高压电缆芯线断路

故障现象:电缆三根芯线同时断路的故障很少见,多是一根芯线断路。若小焦点芯线断路,则透视时 X 线管灯丝不亮,无 X 线产生;若大焦点芯线断路,则大焦点摄影时 X 线管灯丝不亮,无 X 线产生;若公用线断路,则 X 线管大、小焦点灯丝同时亮,但亮度很暗,无 X 线

产生。此时,若测量灯丝变压器次级,大、小焦点均有电压。若芯线断路不完全,时接时断,则可见荧光屏荧光闪动,毫安表指示不稳。

五、高压交换闸的工作原理与常见故障

(一)高压交换闸的工作原理

在较大功率的诊断 X 线机中,多备有两个或两个以上的 X 线管,以适应一机多用的需要。但由于几个 X 线管又不能同时工作,所以高压变压器产生的高压必须经过交换装置分别送到不同用途的 X 线管上,这种交换装置称为高压交换闸。

(二)高压交换闸的常见故障

1. 触点接触不良

由于提供灯丝的加热电压较低,若触点接触不良,将发生毫安表不稳或 X 线管灯丝不亮,荧光屏亮度降低、闪烁或无 X 线产生的现象。

2. 引线断路

阴极端引线断路时的故障现象与灯丝加热变压器引线断路相同。当阳极端引线断路时,无 X 线产生。

六、高压电路元件故障及维修

在高压电路中,各元件在产生 X 线时,都要承受很高的电压,虽然元件出厂时都经过严格的耐压试验,但在长期使用时,由于自然寿命、元件质量和技术操作方面的问题,其故障时有发生。

在高压电路元件故障的检修中,应特别谨慎,防止故障扩大和发生高压电击事故。

(一)X 线管灯丝断路

1. 故障现象

(1)曝光继电器工作时,无 X 线产生,毫安表无指示。

(2)检查中可见 X 线管灯丝不亮。

(3)对 X 线管灯丝变压器初级线圈进行测量,其电流很小,但电压高于正常值。

2. 原因分析

(1)灯丝加热电压过高:如灯丝变压器初级线圈局部短路,或电流调节电阻短路,造成加热电压过高。

(2)错误地调节灯丝加热电压:如电缆插头插座接触不良,摄影电流不足时,为了获得足够的电流(mA),盲目地调高初级电压,而在工作过程中,一旦插头插座恢复良好的接触,灯丝就会因电压过高而烧断。又如,更换高压电缆插头时,大、小焦点连线错误,把大焦点灯丝变压器的电压引至小焦点灯丝,使小焦点灯丝烧断。

(3)灯丝老化:X 线管经长期使用后,由于灯丝蒸发变细、电子发射率降低,要想达到原来的电流(mA),必然要提高灯丝加热电压,这样,灯丝也易烧断。

(4)X 线管进气:X 线管大量进气,通电后灯丝迅速氧化烧断,形成淡黄色氧化物粉末。