

医疗仪器维修专业试用教材

医用X线设备

中 册

中国人民

防

目 录

总 论

第一篇 X线的物理基础

第一章 X线的性质 ----- 19

第一节 X线的特性综述 ----- 19

第二节 阻止X线 ----- 28

- | | |
|----------------|----------------|
| 一. 阻止辐射的脉冲理论 | 二. X线强度在空间的分布 |
| 三. X线发生的另论及其发展 | 四. 关于连续线谱的若干问题 |

第三节 特性X线 ----- 54

- | | |
|--------------|--------------|
| 一. 特性X线的基本特点 | 二. 产生特性X线的理论 |
|--------------|--------------|

第四节 X线的折射、反射和衍射 ----- 62

- | | |
|----------------------|-----------------|
| 一. 布雷格方程 | 二. X线的折射和折射率的确定 |
| 三. X线的全反射和衍射及其用于波长测定 | |

第二章 X线与物质的相互作用 ----- 73

第一节 物质对X线的吸收 ----- 73

- | | |
|-----------|------------------|
| 一. 直线吸收系数 | 二. 电子吸收系数和另论吸收系数 |
| 三. 光电吸收 | 四. 散射吸收 |
| 五. 对子产生 | 六. 总吸收系数 |

第二节 X线特性在医学上的应用 ----- 89

- | | |
|---------|---------|
| 一. 物理作用 | 二. 化学作用 |
| 三. 生物作用 | |

第三章 X线的质和量 ----- 25

第一节 在诊断方面X线的质和量 ----- 95

第二节 在治疗方面X线的质和量 ----- 98

- | | |
|-----------------|------------|
| 一、治疗中X线的质 | 二、半价层及半价层 |
| 三、治疗中X线的量 | 四、表面反向散射 |
| 五、百分深度剂量和半价层的因素 | 六、等剂量和等剂量面 |

第四章 X线防护 ----- 3

第一节 X线对人体的危害 ----- 113

- | | |
|-------------|--------------|
| 一、影响辐射效应的因素 | 二、慢性外照射的放射病 |
| 三、辐射的远期效应 | 四、慢性小剂量的辐射效应 |

第二节 防护原理和防护措施 ----- 122

- | | |
|---------------|----------|
| 一、距离、时间和屏蔽的防护 | 二、常用防护措施 |
|---------------|----------|

第三节 放射防护的标准 ----- 124

- | | |
|---------------|-----------------|
| 一、防护标准的演变 | 二、国际放射防护委员会的新建议 |
| 三、我国有关放射防护的规定 | 四、X线防护的剂量控制 |

第四节 X线防护的计标 ----- 158

- | | |
|---------------|------------|
| 一、若干名词的解释 | 二、防护物厚度的计标 |
| 三、诊断X线设备的防护要求 | |

第五节 防护材料 ----- 156

- | | |
|-----------|---------------|
| 一、防护材料的特性 | 二、铅、含铅材料和其他材料 |
| 三、防护材料的选择 | |

第二篇 诊断X线设备的主机结构

第五章 诊断X线设备的主电路-----166

第一节 X线管-----166

- 一. X线管的基本结构
- 二. X线管的物理特性
- 三. X线管的测试
- 四. 三极X线管

第二节 高压整流元件和高压整流电路-----230

- 一. 高压整流管
- 二. 半导体高压整流
- 三. 自整流电路
- 四. 半波整流和逆电压衰减
- 五. 四管全波整流
- 六. 六管三相整流电路
- 七. 倍压整流电路

第三节 X线设备的寄生电容和高压波形的畸变-----262

- 一. 医用X线设备的寄生电容
- 二. 寄生电容对各种整流电路的影响
- 三. 寄生电容对高压波形的影响
- 四. 产生波形畸变的基本原因

第四节 高压变压器-----276

- 一. 高压变压器的作用原理
- 二. 高压变压器的调压方式
- 三. 高压变压器的设计
- 四. C型铁芯的高压变压器
- 五. 高压变压器的常规试验
- 六. 高压测试仪及其误差
- 七. 主电路中的过电压

第五节 主电路的压降及其补偿-----314

- 一. 诊断X线设备的外在特性
- 二. 主电路中的各种电阻
- 三. 主电路中的电压降
- 四. KV补偿的设置
- 五. KV补偿(瞬时压降)的预计
- 六. KV补偿的准确性
- 七. KV补偿的调査

第六节	自耦变压器的电流电路	340
一.	自耦变压器的基本原理	
二.	自耦变压器的设计	
三.	电流电路的设置	
第六章	X线管的灯丝加热电路	361
第一节	灯丝加热变压器	361
一.	灯丝加热变压器的结构	
二.	加热变压器的设计	
三.	灯丝加热变压器的测试	
第二节	X线管灯丝加热电路的设置	364
	(附: 高压全流管灯丝加热电路)	
第三节	空间电荷补偿装置	371
一.	空间电荷补偿器的补偿原理	
二.	空间电荷的几种补偿方法	
第四节	磁放大器及其在灯丝电路的应用	379
一.	磁放大器的基本原理	
二.	磁放大器在灯丝电路的作用	
第五节	管电流的自动补偿机构	385
一.	断层摄影的管电流自动补偿	
二.	X线电视的管电流自动补偿	
三.	间接摄影的管电流自动补偿	
第六节	跌落负载的基本原理	389
第七节	X线管灯丝电压稳定器	393
I	谐振式磁饱和稳压器	
一.	磁饱和稳压器的物理过程	
二.	磁饱和稳压器的数学分析	
三.	磁饱和稳压器的频率补偿	
四.	磁饱和稳压器的设计	

五. 磁饱和稳压器的调查

II. 电子交流稳压器

一. 电子交流稳压器的
工作原理

二. 电子交流稳压器的设计
要点

第七章 控制电路-----415

第一节 控制系统的组成和发展-----415

一. 控制系统的基本组成和
发展概况

二. 控制系统的分类

三. X线管特性的调制

四. 摄影条件的稳定和调节

第二节 管电压、管电流和曝光时间的调节系统-----420

一. 三钮制X线设备的调节
系统

二. 二钮和单钮调节系统的
布局

第三节 控制电路的设置-----425

第四节 限时器和延时器-----431

一. 机械限时器

二. 同步电机限时器

三. 一般电子限时器

四. 零序控制的电子限时器

五. 光电限时器

六. 电阻器限时器

七. 可控硅限时器

八. 毫安秒限时器

九. 延时器

第五节 X线管过载保护电路-----432

一. 过载保护的目和手段

二. 几个典型的过载保护电
路

第八章 毫安测量电路-----437

第一节 电容电流及其补偿-----437

第二节 毫安测量电路的设置-----500

第九章 附属电路-----长恩荣：附录Q5

第一节 旋转阳极启动电路-----505

- 一. 旋转阳极的启动原理 二. 具体电路举例

第二节 诊断床的控制电路-----526

- 一. 诊断床控制电路的设置 二. 床台电机的选用和计算

第三篇 诊断X线设备的辅助装置

第十章 滤线器和胃肠摄影装置-----长恩荣：附录2

第一节 滤线器-----532

- 一. 滤线栅的构造原理 二. 活动滤线器
三. 暗条效应及其防止

第二节 胃肠摄影装置-----537

第十一章 断层摄影装置-----长恩荣：附录47

第一节 断层摄影的原理-----547

第二节 断层的厚度-----549

第三节 断层的模糊度-----552

第四节 断层摄影装置的种类-----554

- 一. 纵向断层摄影装置 二. 横向断层摄影装置
三. 多层断层摄影装置 四. 多轨迹断层摄影装置

第十二章 影象增强装置-----长恩荣：附录577

第一节 影象增强管概述-----577

- 一. 影象增强管的发展史 二. 影象增强管的构造
三. 影象增强管的亮度增益
原理

第二节 影象增强管的种类-----583

第三节 X线摄影的调制传递函数理论 585

- 一. 调制传递函数的概念 二. 调制传递函数的数学分析

第四节 影象增强管的特性和测试 594

- 一. 影象增强管的特性 二. 影象增强管的测试

第五节 影象增强管的应用 599

第十三章 X线电视装置 601

第一节 X线电视的种类 601

第二节 X线电视的摄像管 604

- 一. 正析摄像管 二. 超正析摄像管
三. 视象(摄像)管 四. 光导摄像管

第三节 显象管的结构原理 619

第四节 影响X线电视象质的主要因素 620

第五节 X线电视装置的主要电路 621

- 一. 摄像机的电路 二. X线电视的主电路

第十四章 X线电影装置 637

第一节 X线电影的光学系统 637

- 一. 透镜的特性 二. 透镜的选择

第二节 脉冲放射和同步曝光 641

- 一. 遮光口和同步曝光 二. 脉冲放射

第三节 电影胶片 644

第四节 X线电影的监视 646

第五节 变速X线电影的基本结构 647

第十五章 电子计算机断层扫描

装置(C、T)简介 650

第一节	CT的发明和发展	650
第二节	线性衰减系数	658
第三节	图象的重建	661
一.	直接反投影法	
二.	代数重建技术	
三.	傅立叶重建技术	
第四节	CT的电子计算机	671
第五节	图象质劣和病人剂量	674
一.	描述图象质劣的参数	
二.	剂量、噪声和X线束几何尺寸间的关系	
三.	噪声与空间分辨率的关系	
四.	与CT值矩阵重建无关的图象质劣问题	
第六节	各代扫描机中X线束的几何结构	682
第七节	CT扫描装置及其应用	691
	第十六章 荧光摄影装置	706
第一节	荧光摄影的成象方法	706
第二节	荧光摄影装置举例	711
	第十七章 心脏记波摄影装置	713
第一节	记波摄影的基本原理	713
第二节	X线记波摄影装置	715
第三节	电记波描记装置	718
	第十八章 血管造影装置	720
第一节	造影技术及其应用	720
一.	对诊断X线设备主机的要求	
二.	造影技术的应用	

第二节	血管造影及高压注射机	723
一.	高压注射机的基本结构	二. ZSK-781型电动高压注射机

第三节	血管造影的快速换片机	728
一.	国内产品介绍	二. AOT-P型快速换片机

第十九章	诊断X线设备的总体认识	745
------	-------------	-----

第一节	电路分析的基本方法	743
-----	-----------	-----

第二节	读图举例	747
-----	------	-----

一.	80/50型X线机	二. KF-200型X线机
三.	78-1型300毫安X线机	四. 大型设备说明图纸的阅读方法

第四篇 治疗X线设备

第二十章	KV级治疗X线机	760
------	----------	-----

第一节	浅部治疗X线机(暂缺)
-----	-------------

第二节	深部治疗X线机	760
-----	---------	-----

一.	主电路的基本结构	二. 灯丝电路和管电流的稳定
三.	控制电路和油循环的延时	四. 深部治疗X线机的测定

第二十一章	高能X线和对设备的要求	770
-------	-------------	-----

第二十二章	医用加速器简介	776
-------	---------	-----

第一节	医用加速器的又作原理	776
-----	------------	-----

一.	电子回旋加速器	二. 电子直线加速器
----	---------	------------

三. 相聚焦

第二节 国产医用加速器介绍 ----- 782

- 一. BJ-10型行波电子直线加速器 二. BZ-4型驻波电子直线加速器

- 三. SL-75/20反馈式电子直线加速器

第三节 国外医用加速器介绍 ----- 786

- 一. 美国 Varian 公司驻波边耦合电子直线加速器
二. Siemens 公司电子感应加速器
三. Mevatron 医用电子直线加速器

第五篇 医用X线设备的安装、使用和维修

第二十三章 X线设备的安装 ----- 791

第一节 安装设计 ----- 791

- 一. 机房要求和机房设置 二. 电源要求
三. 地线要求 四. 防护要求

第二节 机械部件的安装 ----- 815

- 一. 小型X线机的机械安装 二. 大、中型X线机的机械安装
三. 治疗X线机的机械安装 四. 机械性能的检查

第三节 电路联接和常规试验 ----- 822

- 一. 主机的电路联接和试验 二. 主机和辅助装置的联接

第四节 在机检测和校准 ----- 829

- 一. 管电流及有关电路的调在 二. 管电压的测量和KV补偿的校准
三. 曝光时间的校准 四. 治疗X线设备的剂量测量
五. 在机性能的试验

第二十四章 X线机的使用和维护 ----- 839

- 第一节 医用X线设备的使用 ----- 839
- 一. 千伏和毫安对焦点大小的影响
 - 二. 使用上若干注意事项
- 第二节 X线管的生热和冷却 ----- 842
- 一. 瞬时负载
 - 二. 连续负载
 - 三. 断续使用
 - 四. X线管使用举例
- 第三节 X线设备的维护 ----- 856
- 一. 机械部件的维护
 - 二. 低压部件的维护
 - 三. 高压部件的维护

第二十五章 X线机常见故障的检修 ----- 860

- 第一节 X线机常见故障的分析方法 ----- 860
- 第二节 主电路的常见故障 ----- 864
- 一. X线管和管套的故障
 - 二. 高压电缆的故障
 - 三. 高压整流管的故障
 - 四. 半导体高压整流管的故障
 - 五. 高压变压器的故障
 - 六. 变压器油的试验和处理
 - 七. 高压初级电路的故障
 - 八. 自耦变压器的故障
 - 九. 电流电路的故障
 - 十. 毫安测量电路的故障
- 第三节 灯丝加热电路的常见故障 ----- 887
- 一. 灯丝加热电路的故障
 - 二. 灯丝加热变压器的故障
 - 三. 稳压器的故障
 - 四. 整流管灯丝电路的故障
- 第四节 控制电路的故障 ----- 895
- 一. 限时器的故障
 - 二. 延时器的故障
 - 三. 过载保护电路的故障
 - 四. 继电器电路的故障

- 第五节 附属电路的常见故障-----901
- 一. 旋转阳极启动电路的故障 二. 诊断床控制电路的故障
- 第六节 辅助装置的常见故障-----904
- 一. 胃肠摄影装置的故障 二. 滤线器的故障
- 三. 断层摄影装置的故障 四. X线电视装置的故障
- 五. 快速换片机的故障

主要参考资料

- | | |
|--------------------------|---------------------------------------|
| 放射物理讲义 | 陈玉人等编 |
| X线机结构学 | 孟炎、林栖鹤、邵振华、李宗纯、
<u>宣大中</u> 、李春山、等编 |
| 医用X线的防护 | 郑钧正编 |
| X射线机 | 中国人民解放军总后勤部卫生部 |
| 医用X线机的结构、安装和维修 | 雷成斌编 |
| 医用诊断X线机设备与维修 | 顾元华编 |
| 计算机断层技术 | 荷兰 F.W. Eonneveld 杨秀琼、何养元译 |
| “医疗机械”杂志 | 上海医疗机械研究所 |
| “医疗与工程技术”杂志 | 北京医疗机械研究所 |
| 医用X线机综述 | 北京东方红医疗机械厂研究室 |
| 电工学 | 哈尔滨工业大学电工教研组 |
| 晶体管开关电路 | 上海市业余工业大学编 |
| 晶体管脉冲数字电路 | 清华大学编 |
| 200 300毫安X线机主要部件全国统一设计资料 | |
| 有关情报资料 | 杨午、耿质兴、孙逊、双令等 |

第六章 X线管灯丝加热电路

第一节 灯丝加热变压器

一、灯丝变压器的结构

X线管和高压整流管的灯丝加热变压器，是一种降压变压器，其工作原理与一般变压器相同，初级电压约100—200V，次级电压约15—20V；X线管灯丝变压器的功率约数十瓦，整流管灯丝变压器的初功率约100—150瓦，功率都不大。灯丝变压器的主要特点是次级线圈与高压相联，故对地和对初级线圈的绝缘强度要求很高。加热电压的调节，通常是通过改变初级电压进行的。

灯丝加热变压器的结构如图6-1所示，它的磁路大多采用叠铁式，也有采用C型铁芯的，为便于安置，往往做成矩形。在设计上，磁芯应强度不宜取得多大，取大了将使初级磁化电流增大，给稳压电路增加无功负载，势必增加稳压电路的设计功能；通常磁芯应强度取在11—15千高斯范围内。它的级间绝缘常用有机材料（如聚丙稀、聚矾等）塑料制成型，为了增加高压对地的距离以提高耐压能力，级间绝缘筒往往做成马鞍形的。次级线圈取用纱包线，不用层间绝缘；初级线圈是低压，层间绝缘用普通绝缘

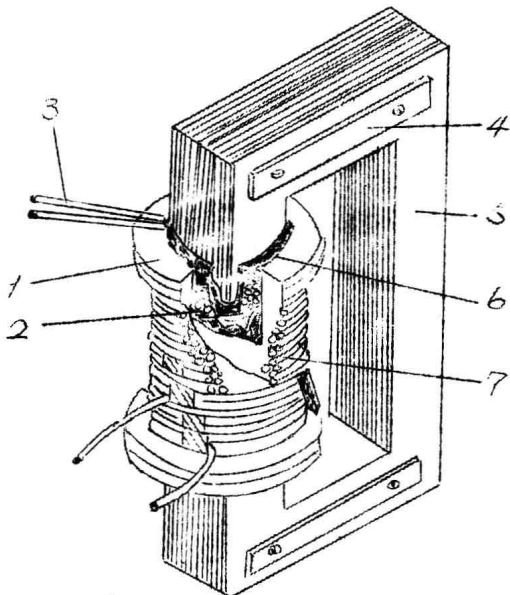


图6-1 灯丝变压器

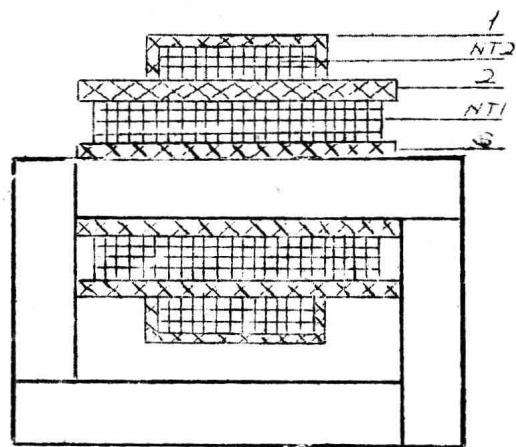


图6-1 灯丝变压器结构剖面图

- 1.初级线圈绝缘套筒 2.初级线圈 3.初级线圈引出线 4.铁芯固定
5.铁芯 6.低压绝缘套筒 7.次级线圈 8.扼铁

即可。初、次级线圈的电流密度：一般取在2.5—4安/平方毫米范围内。图6-1中 NT_1 是灯丝变压器的初级绕组， NT_2 是它的次级绕组。

二、灯丝变压器的设计

灯丝变压器有以下两特点：其一，长时间运用的小功率降压变压器，其二，次级绕组处于高压下，故其级间绝缘要求很高。在设计中应依此二特点入手。

1. 设计条件：

①空载电压：由于灯丝变压器在负载时的压降较大，故次级的空载电压要比负载电压略高；但在使用中次级电压是通过改变初级电压作较大范围调节的，故设计的次级电压的精确度要求是不高的，只要确定最高空载电压并按下式关系选定。（初级电压视调节的要求而定）即可；

$$E_{f2} = k U_{f2} \quad \text{----- (6-1)}$$

式中 k 是压降系数，约为1.1左右，即考虑10%的压降。

②满载电流：满载次级电流由X线管或整流管的灯丝加热规格所确定。一般X线管约3—5安，整流管约在7—15安左右。

灯丝加热变压器的设计功率为：

$$P(\text{伏安}) = E_{2e}(\text{伏}) \cdot I_{2e}(\text{安}) \quad \text{----- (6-2)}$$

2. 铁芯和线圈的计算：

①铁芯截面积：X线管灯丝变压器的铁芯截面积常取正方形，而在个磁路则是矩形的。在流管灯丝变压器的铁芯截面，为了减少铁芯片的规格数，常取X线管灯丝变压器的铁芯宽的规格，故往往是矩形的。计算时用下述经验公式求得其截面积：

$$S(\text{平方厘米}) = 1.2 \sqrt{P(\text{伏安})} \quad \text{----- (6-3)}$$

②每匝电势（指每匝空载电压）；如果磁通密度取11千高斯左右，则每匝电势按下列经验公式计算：

$$e = \frac{S(\text{平方厘米})}{41} \quad \text{----- (6-4)}$$

③ 电流密度和导线截面：如果电流密度取 $j = 3.5$ 安/平方毫米，则导线截面可按下列式计算：

$$S = \frac{I}{j} \quad \text{-----} \quad (6-5)$$

式中 I 分别是初、次级电流的有效值。 j 为电流密度， S 为导线截面。

三、灯丝变压器的测试

1. 变压比的测试：如图 6-2 采用双电压表法进行测试。

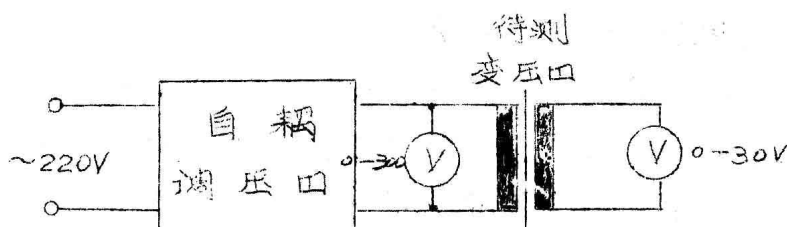


图 6-2 灯丝变压器变比测量电路

2. 线圈直流电阻测试：用双臂电桥测试。

3. 绝缘电阻的测试：用 1000 V 兆欧表分别测试初、次级线圈对铁芯的绝缘电阻。

4. 外施高压试验：

① 灯丝变压器高压绝缘筒耐压试验：内外衬铜箔施加直流脉动电压 > 5 KVP，15 分钟应无异常。（在变压器油中进行），即为合格。

② 初级对地施加 1500 V 电压 1 分钟应无异常。（在空气中进行），即可合格。

5. 空载试验：

将灯丝变压器输入电压由 110 V 每隔 10 V 测一点，升至 220 V，测出相应每点的空载电流 I_0 ，最大空载电流一般不超过 1 安。

（图 6-3 接下一页）

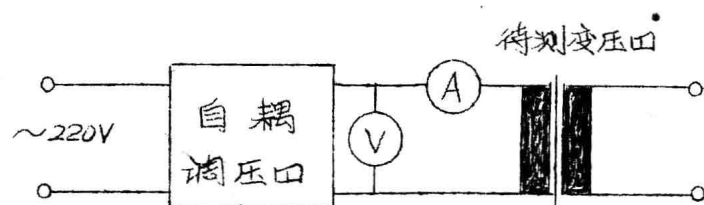


图6-3 灯丝变压器空载试验的电路

6. 短路试验；调整灯丝变压器输入电压，使次级短路为0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6A，记录相应各点的初级电压 U_{IK} ，初级电流 I_{IK} ，和短路损耗 P_K ，以考查是否符合设计要求，对于修理的变压器，则是用以参考修理质量的，但必须了解它的设计参数。

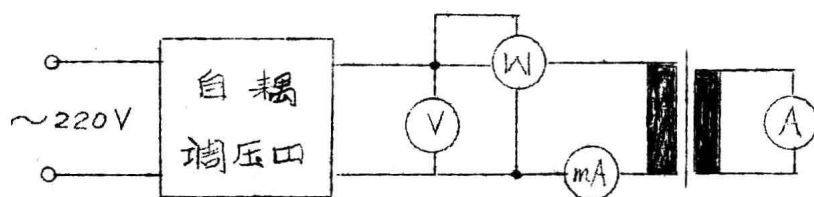


图6-4 灯丝变压器短路试验电路

数，方能进行对比。

第三节 X线管灯丝加热电路

管电流的大小决定于灯丝加热的温度，加热温度的高低，决定于灯丝电压；在灯丝电路中供电方式是由初级电压进行调节的，而调节灯丝初级电压的方法，几乎所有机种都采用串联半固定电阻进行选择 and 调节的，这种方法简单易行，造价便宜；串联电阻调大时，其上压降大，灯丝变压器初级的电压低，灯丝温度也低，故管电流也小。调节串联电阻，以控制管电流，并可按曲线和对照表或实验结果分档予以指示。图6-5，为常见的简单的灯丝加热电路。