

医学仪器

X射线机

第三册

云南省卫生干部进修学院

放射仪器教研组 编

施廷华 主编

云南省卫生干部进修学院印刷

一九八五年六月

前 言

这套书是根据我校《医疗仪器专业》（招收应届高中毕业生三年制）的教学需要而编辑的。全套书包括《X射线机》五册共26章；《医用电子仪器》四册共22章；《理疗仪器》二册共19章。主要内容为各类仪器的结构原理、线路分析和安装修理。

因目前医学仪器种类繁多，更新换代很快，从而技术资料十分广泛。在处理不断出现的新仪器和基本内容的矛盾时，我们采取了以收集目前我国各医院最普遍应用的仪器为主，并加入适当先进仪器的编辑方法。

鉴于医学仪器所涉及的基础知识很广，在处理基础知识广而篇幅不能过大的矛盾时，我们只有让教材在学完理工科中等专业以上的数理、化、电工和电子技术基础的课程之后采用，使该书在涉及基础部分的篇幅尽量从简。

本教材《X射线机》部分由施廷华同志主编；《医用电子仪器》部分由上官绍武、刘辉和施廷华同志主编；《理疗仪器》由罗树华同志主编。

特别提出的是，本教材除收集了编者整理、翻译的国内外大量技术资料外，还整理收编了国内前辈和同行编著中的不少资料，在此特对有关作者深切致谢。

本书除可供医疗仪器专业作为大专、中专教材试用外，尚可供生物医学工程技术人员，医疗卫生人员和医学管理人员学习参考。

由于我们对医学仪器的知识了解有限，又缺乏一定的教学实践，书中必然存在不少缺点和错误，殷切希望批评指正。

38415

编 者

一九八五年六月 于 昆 明

X 射线机 第三册

目 录

第十五章 电路分析举例	1
第一节 电路图分析的方法	1
1. 电源电路	1
2. 高压初级电路	1
3. X射线管灯丝加热初级电路	1
4. 整流管灯丝加热初级电路	1
5. 控制电路	2
6. 高压次级电路	2
7. 管电流测量电路	2
8. 附属装置电路	2
第二节 电路中常用的符号与注字	2
第三节 国产 F78-1 型 300 毫安 100 千伏 X 射线机电路分析举例	5
1. 电源电路和高压预示电路	5
2. 高压初、次级电路	5
3. 诊视床、摄影床切换电路	9
4. 透视控制电路	9
5. 普通摄影控制电路	10
6. 点片摄影控制电路	10
7. 滤线器摄影控制电路	11
8. 断层摄影控制电路	12
9. 容量限制控制电路	12
10. 旋转阳极启动及保护电路	14
11. 限时电路	18
12. X射线管灯丝加热电路	19
13. 诊视床控制电路	21

第四节	荷兰 Super 100 型 1000 毫安 150 千伏 X 射线机电 路分析及说明	23
1.	电源电路	26
2.	电源电压自动调节电路	29
3.	摄影千伏调节电路	31
4.	高压初级电路	36
5.	高压次级电路	39
6.	X 射线管灯丝加热初级电路	41
7.	自动管负荷闸轮控制电路	44
8.	控制电路	46
9.	旋转阳极启动保护电路	55
10.	三用表电路	57
11.	电子限时器电路	61
12.	毫安·秒 (mAs) 指示电路	64
13.	双管同时运用电路及简要说明	66

第十六章 X 射线机的常用附属装置 73

第一节 诊断机中常用的附属装置 73

1.	荧光屏	73
2.	增感屏	77
3.	聚光筒	79
4.	缩光器	81
5.	脚闸	83

第二节 专用性的附属装置 85

1.	胃肠摄影装置	85
2.	滤线器	86
3.	记波摄影装置	92
4.	荧光摄影装置	99
5.	断层摄影装置	107
6.	纵断体层装置的校准	114
7.	异物定位装置	122

第十七章 X射线机的特殊附属装置	127
第一节 心血管造影设备	127
1. 对X射线机的要求	127
2. 快速换片器	132
3. AOT-P PGQ-1P 电路分析	138
4. 高压注射器	147
第二节 X射线影像增强器	152
1. 影像增强器的发展史	152
2. 影像增强管的结构	153
3. 影像增强管的工作原理	156
4. 影像增强管的亮度增益原理	157
5. 影像增强器的影像质量	158
6. 影像增强器的优点	160
7. 影像增强器与电视、电影的组合	162
8. 新型的影像增强管	165
9. X射线电视	165
第三节 X射线电影	167
1. 结构	167
2. X射线电影机透镜的选择	170
3. X射线照射量	172
4. 电影检查的监视	174
5. 电影胶片	175
6. 帧频率	177
7. 病人的照射量	178
8. 点片摄影机	179
9. 电影放映机	183
第十八章 X射线机的安装	185
第一节 安装前的准备	185
1. 电源电阻	187
2. 电源容量	190

3. 电源电压	191
4. 电源频率	192
5. 电源导线	192
对地线的要求	195
1. 接地的意义	195
2. “地”的概念和对地电压	196
3. 接触电压和跨步电压	195
4. 对接地装置的要求	196
对机房与防护的要求	197
1. 机房的位置	197
2. 机房的面积	198
3. 机房的高度	200
物品的准备	203
第二节 机械部件的安装	203
1. 携带式 X 射线机机械部件的安装	204
2. 半固定式 X 射线机机械部件的安装	207
3. 中型以上 X 射线机机械部件的安装	209
机械部件性能检查	214
第三节 电路连接与测试	214
1. 电源电路的连接与测试	216
2. 控制电路的连接与测试	218
3. X 射线管灯丝初级电路的测试	220
4. 高压整流管灯丝电路的测试	221
第四节 X 射线管的高压训练	224
1. 训练前的准备工作	224
2. 训练的步骤	224
第十九章 X 射线机的校准	227
第一节 电源电阻的测量与校验	227
第二节 地线电阻的测量	231
1. 摇表测量法	231

2. 安培表—伏特表法	232
第三节 仪表的校验	233
1. 电压表的校验	233
2. 毫安表的校验	234
3. 毫安秒 (mAS) 表的校验	235
第四节 仟伏补偿电压的测量	236
第五节 旋转阳极启动电压和运转电压的测量	238
第六节 旋转阳极转速的测定	240
第七节 限时器的校验	243
1. 秒表法	243
2. 频率法	243
3. 定标器法	246
4. 示波器测量法	247
5. 限时器的校准要求	249
第八节 整流管灯丝加热电压调整	250
第九节 真空射线管管电压的校准	256
1. 静电电压表法	256
2. 电阻法	259
3. 反回输法	260
4. 铅梯摄影法	262
第十节 X射线管管电流的校准	265
1. 透视管电流的校准	265
2. 照像管电流的校准	266
3. KE-200型 X射线机管电流的校准	269
4. 管电流预示式 X射线机的管电流校准之一	270
5. 管电流预示式 X射线机的管电流校准之二	271
6. 空间电荷的补偿与调整	272
7. 校准管电流时的注意事项	273
第十一节 X射线机特殊附属装置的校准	273
第二十章 X射线机在使用中的一般维护	275

第一节	机械部件的维护	275
第二节	控制台的维护	276
第三节	高压发生器及组合机头的维护	277
第四节	高压电缆的维护	279
第五节	X射线管的维护	279
第二十一章	X射线机常见的故障及检修方法	281
1.	机械部分故障	281
2.	电路部分故障	281
第一节	X射线机故障检修的基本知识	282
X射线机检修中应注意的事项		282
X射线机故障检查的基本方法		283
1.	感触方法	283
2.	仪表测量检查法	284
3.	代换改接方法	284
4.	切除法	284
第二节	X射线机各种操作技术常见故障检修一览表	284
1.	透视时常见故障现象及检修	284
2.	一般摄影时常见故障现象及检修	287
3.	胃肠点片摄影时常见故障现象及检修	289
4.	滤线器摄影时常见故障现象及检修	291
5.	断层摄影时常见故障现象及检修	292
6.	X射线电视常见故障现象及检修	294
7.	X射线深部治疗机各种常见故障现象及检修	295
第三节	X射线机几种常见故障检查程序	299
1.	无X射线发生	299
2.	透视荧光强度减弱, 摄影效果降低	301
3.	透视时X射线管管套容易发烫	303
4.	旋转阳极不转动	304
5.	电源保险丝熔断或过载闸跳开	305
第四节	各国X射线使用X射线管型号明细表	308

第五节	常用 X 射线管主要参数表	311
第六节	常用高压整流管主要参数及其换用	314
第七节	国产 X 射线机各变压器线圈数据	217
第八节	国产几种 X 射线机磁饱和稳压器线圈绕制数据	319
第九节	各国生产之多轨迹断层床主要规格表	319

第十五章 电路分析举例

当我们接触一台中、大型 X 射线机，将控制台及控制立柜打开，会看到里面排列各种机件，导线五颜六色。但要知道每一机件的作用各部件的互相关系，是很困难的。特别是安装一台新 X 射线机或当机器发生故障要进行检修时，更是无从着手，这就必须研究它的线路图。只有彻底熟悉电路图，才有可能完全掌握它的性能，或进行检修。

如果电路图弄清楚了，再对照实际机器的各个部件，就容易明白各部件的工作关系。研究 X 射线机电路图是一件很有趣味的工作，但也需付出艰巨的劳动，必须掌握一定的方法和步骤。最好是将全图按照不同的工作性能加以分析，并按照各个部件的工作关系绘制出分图即为电路分析图。

第一节 电路图分析的方法

各国工厂的线路图，均有其习惯的布置及绘法，符号也不完全统一。但电路的原理大同小异的，通常可按一定的步骤与方法分成下列八大部分：

1、电源电路 包括墙上电闸、电源过载保护、电源补偿器及选择器、半固定电源电阻器、自耦变压器、电源电压表、地线、控制电源的接通及切断按钮、电源接触器等。描绘时应由电源进线开始绘起直至自耦变压器两端为止。

2、高压初级电路 包括管电压调节、千伏指示表及补偿电路、高压接触器接触点及高压初级、空间电荷补偿器等，绘图时应由高压初级两端回至自耦变压器之管电压调节器止。如透视与摄影电路分开者，应分别绘出。

3、X 射线管灯丝加热初级电路 包括加热电压稳压器、补偿器、加热调节电阻及有关加热联动调节机件等。绘图时由加热变压器回至自耦变压器或稳压器。有些 X 射线机这部分亦较复杂，应按照大小焦点，毫安选择分别绘出。

4、整流管灯丝加热初级电路 一般比较简单，可如同 X 射线管

灯丝加热那样绘出，如系用硅堆整流器，这部分就可省略。

5. 控制电路 此线路是X射线机最复杂的一部分，包括高压控制电路、限时器控制及各种安全电路、X射线管容量限制电路，由被控制线圈回至自耦变压器为止。复杂而又可独立的部分，应按其工作原理及所控制的接点分别绘出线路分析图，例如电子限时器可独立绘制。

6. 高压次级电路 包括X射线管、整流管及加热次级变压器线圈与高压交换闸及其所控制的接点等。

7. 管电流测量电路 包括毫安表量限的切换、整流器及电容电流补偿器等，由高压次级中心抽头引至毫安表两端，如配用毫安·秒表者，同时绘出。

8. 附属装置电路 这一部分常不一定，可包括旋转阳极启动电路、电动床控制电路、指示灯电路、制动电路等。目前一个大、中型X射线机多半是一机多用；如用一个高压发生器供两个X射线管，或两个床，有双管或双床者，亦有单管单床者，还有一床双管者除除此之外，可能设置一些其他附属装置，如断层摄影、间接摄影、快速换片等装置。这些装置均须与控制系统相连接，其相应电路也很复杂，尤其近代X射线机采用数控模拟电路、逻辑电路、运算放大器电路等很难一一述及，只有在实践中逐步掌握。本章仅对一般X射线机具体电路的某一设备加以说明。

第二节 电路图中常用的符号与注字

由于X射线机的种类和规格较多，加之国别不同，在电路图中元件符号很难统一。现就常用符号列表如下：但由于习惯上的使用，还见不少个人甚至工厂仍用旧符号。近十余年来，进口大型X线机不少由于新型半导体器件的引用，在旧符号的基础上，又出现了很多的新符号，兹将近代电路常用的元件符号列表15-1和15-2供参考。表15-3为X射线机电路接线常用注字表。

表 15-1 X射线机电路元件的常见符号

符号	意义	符号	意义
	连接与接线版		电容器
	可折连接		继电器吸引线圈
	接地与地线		继电器动接点
	单刀单、双刀双掷开关		继电器静接点
	保险丝		指示灯
	按钮		多头插销与插座
	多档选择闸		金属或半导体整流器
	变压器		脚闸手闸
	抽头式自耦变压器		尖端放电器
	炭轮式自耦变压器		摄影与透视
	固定阻值的丝绕电阻		滤波器与脱扣线圈
	可变阻值的丝绕电阻		二极管
	不同功率的炭阻		真空三极四极与双三极管
	电位器		高压整流管
	晶体三极管		电动机限时器
	毫安、千伏、电压表		旋转阳极X线管
	静止阳极X线管		油泵与伺服电动机
	电动机		

表15-2 X射线机电路常用新元件符号表

符 号	意 义	符 号	意 义
	蜂 鸣 器		隧 道 二 极 管
	负温度系数电阻 "NTC"		齐 纳 二 极 管
	光 敏 电 阻		阴 极 控 制 可 控 硅 SCR
	同 轴 导 线		阳 极 控 制 可 控 硅 PUT, SCR
	计 数 器		稳 压 管
	负 与 门		整 流 管
	正 与 门		pnp 晶 体 管
	反 相 器		npn 晶 体 管
	负 或 门		场 效 应 管
	正 或 门		单 结 晶 体 管
	负 或 非 门		荧 光 管
	正 或 非 门		光 电 倍 增 管
	放 大 器		扬 声 器
	三 极 X 线 管		稳 压 管
	双 向 可 控 硅		退 磁 磁 头
	或 门		录 像 磁 头
	与 门		光 电 二 极 管
	测 量 点		按 序 数 编 码 连 接

表 15-3 X 射线机电路接线常用注字表

注字 电路 国名	电源进线	高压初线	X 线管灯丝 加热初级	整流管灯丝 加热初级	高压中心端 至毫安表
中 国	L ₁ , L ₂	P ₁ , P ₂	F ₁	K ₁ , K ₁	M
	001 , 002	V ₁ , V ₂	F ₁ , F ₂	K ₂ , K ₃	
英、美	L ₁ , L ₂	P ₁ , P ₂	F ₁ , F ₁ , F ₂	C (英用)	M ₁ , M ₂
	M ₁ , M ₂	A , A	R ₀ , R ₁ , R ₂	K ₁ , K ₂ , K ₃	MAG
苏 联	П ₁ , П ₁	a	T ₀	K ₁	X
	П ₂ , П ₃	b	T ₁ , T ₂	K ₁ , K ₂	
西 德	N ₁ , N ₂	M	H ₁ , H ₂	350 , 360	9100 , 9180
	150 , 170	V	250 , 260 280	370 , 380	E , J , X , Y
日 本	L ₁ , L ₂	H ₁ , H ₂	C ₀	K ₀ , K ₁	N , E
	S ₁ , S ₂	L ₁ , L ₂	C ₁ , C ₂	K ₂ , K ₂	N , NE
捷 克	Y , X	1 , 11	120 , 22 , 23	4 , 5 , 6	A ₂₃ , A ₂
	Z		36 , 35 , 37	7 , 8 , 9 , 10	S ₁ , S ₂
匈牙利	R	U ₀	R , R	V , VH ₁	+
	S , T	V ₃ , V ₆	R ₂₂ , R ₂₁ , R ₁₁	VH ₂ , VH ₃	-

第三节 国产 F7S-1 型 300 毫安 100 千伏 X 射线机电路分析举例

1. 电源电路和高压预示电路 图 15-1 中虚纵左侧是用户自备的墙上闸刀开关和保险盒。开关容量为 100A 220V 或 60A / 380V。保险丝规格为 60A / 220V 或 40A / 380V。

墙上开关作为电源总闸使用，每日上下班开关一次。在控制台和诊视床上都装有开关按钮，合上墙闸后，可以方便地就近开关机器电源。

开机后，电源电压表 $L.V$ 应有指示，注意调整炭轮 $B1-10$ ，即：控制台上电源调节钮（符号为 ∞ ），使电压表指示 Δ 处。保证各处正常的供电电压。

KV_1 装在诊视床上控制盒内，预示点片摄影的千伏电压。

KV_2 表装在控制台上，预示摄影床的千伏电压， B_{12} 是千伏补偿变压器，它的初级抽头适应不同的毫安档，而次级抽头适应不同的电源内阻，因为 B_{12} 初级和高压变压器 B_2 初级并联，所以调节炭轮 $B1-12$ 改变高压时， KV_2 能作相应指示。

变阻器 R_4 的活动刷和电源调节钮同轴，因而电源电压变化时，调整 $B1-10$ 也就同时调整了预示的千伏电压。 $B1(-15$ 伏) 是补偿电压，其相位和 B_{12} 相反。

一般情况下，建议用 330 伏电源，进线接在 $DZ1-3$ 和 $DZ1-5$ 两端，短接线 $DZ1-2$ 改接至 $DZ1-4$ 。

如果电源条件较好，也可用 220 伏电源，进线应改接至 $DZ1-5$ 和 $DZ1-4$ 两端，短接线 $DZ1-2$ 改接至 $DZ1-4$ 。

电阻 R_4 跨接在千伏预示变压器 B_{12} 次级端，以适应不同的电源电阻（见表 15-4）。

如果电源条件甚差，则应适当降低使用机器所允许的最高条件。

2、高压初、次级电路 高压变压器次级经过 4 个高压硅柱整流后供给 X 线管的直流高压。由于使用高压硅柱，从而简化了高压发生器的结构，高压切换用 JD_7 或 JD_8 的工作决定 X 射线管 XG_1 或 XG_2 进行工作。 XG_1 管球为诊视床的管球， XG_2 为摄影床上管球，高压交换闸设有一对辅助接点，以保证其有可靠的切换。

高压变压器次级中性点 M_1 、 M_2 经过整流器 D_3 供给 mA 表指示 X 线管的管电流平均值，放电管 EG_1 的作用是当 mA 表线路一旦发生断路时，防止高压电击穿和袭击控制台，同时也保护硅整流器 D_3 不致因过电压而被击穿。

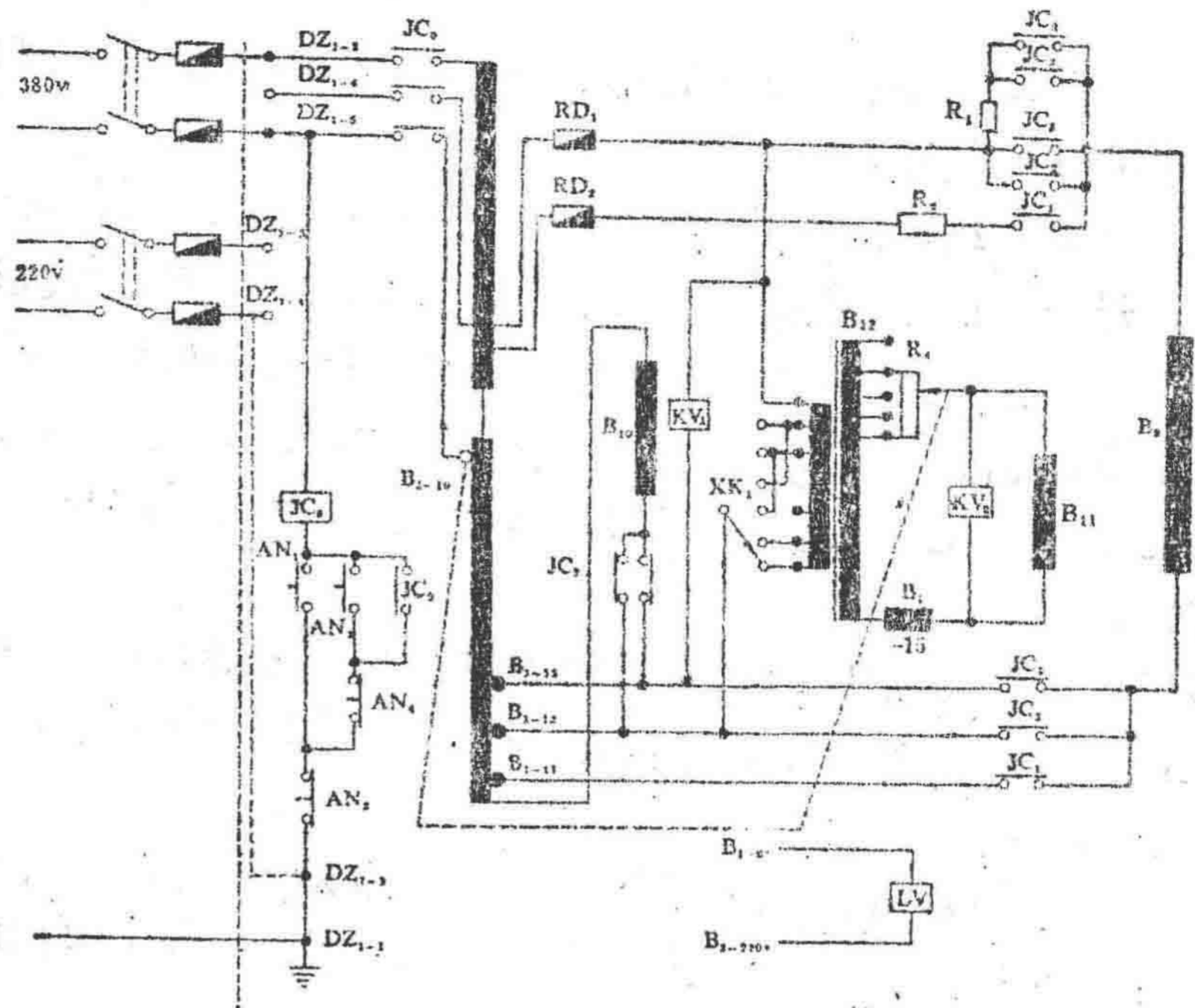


图 15-1 电源和高压预示电路

表 15-4

电源电压	电源内阻	R ₄ 接至 B _{1,2} 次级
380V 220V	0.6Ω 0.2Ω	13-19两端
380V 220V	0.9Ω 0.3Ω	14-19两端
380V 220V	1.2Ω 0.4Ω	13-18两端

因为透视检查和摄影诊断在机器结构上有着不同的要求，因此在电路设计上作了分别处理。

透视：透视 X 射线的产生由接触器 JC 控制， R_2 是透视保护电阻，透视千伏调节炭轮 B1-11 可在负载情况下随意移动。透视千伏值就直接表示在控制台板上，不再利用千伏表。由于高压电路内的分布电容所产生的电容电流也流经毫安表，造成不真实的透视 mA 指数，为此在电路上设置了分流电阻 R_3 、 R_4 进行补偿，使毫安表指数中减去了电容电流的成分。

点片摄影：接触器 JC₂ 控制点片摄影时高压和 X 射线的发生， R_1 为突波电阻，调节炭轮 B1-13 可以改变点片摄影时的千伏值，并预示在诊视床控制盒的千伏表上。

摄影床摄影：高压由接触器 JC₃ 控制。调节炭轮 B1-12 可以改变千伏值，并预示在控制台 KVP 表上。 R_1 是突波电阻，起到抑制电弧作用。

高压初、次级电路见图 15-2 所示。

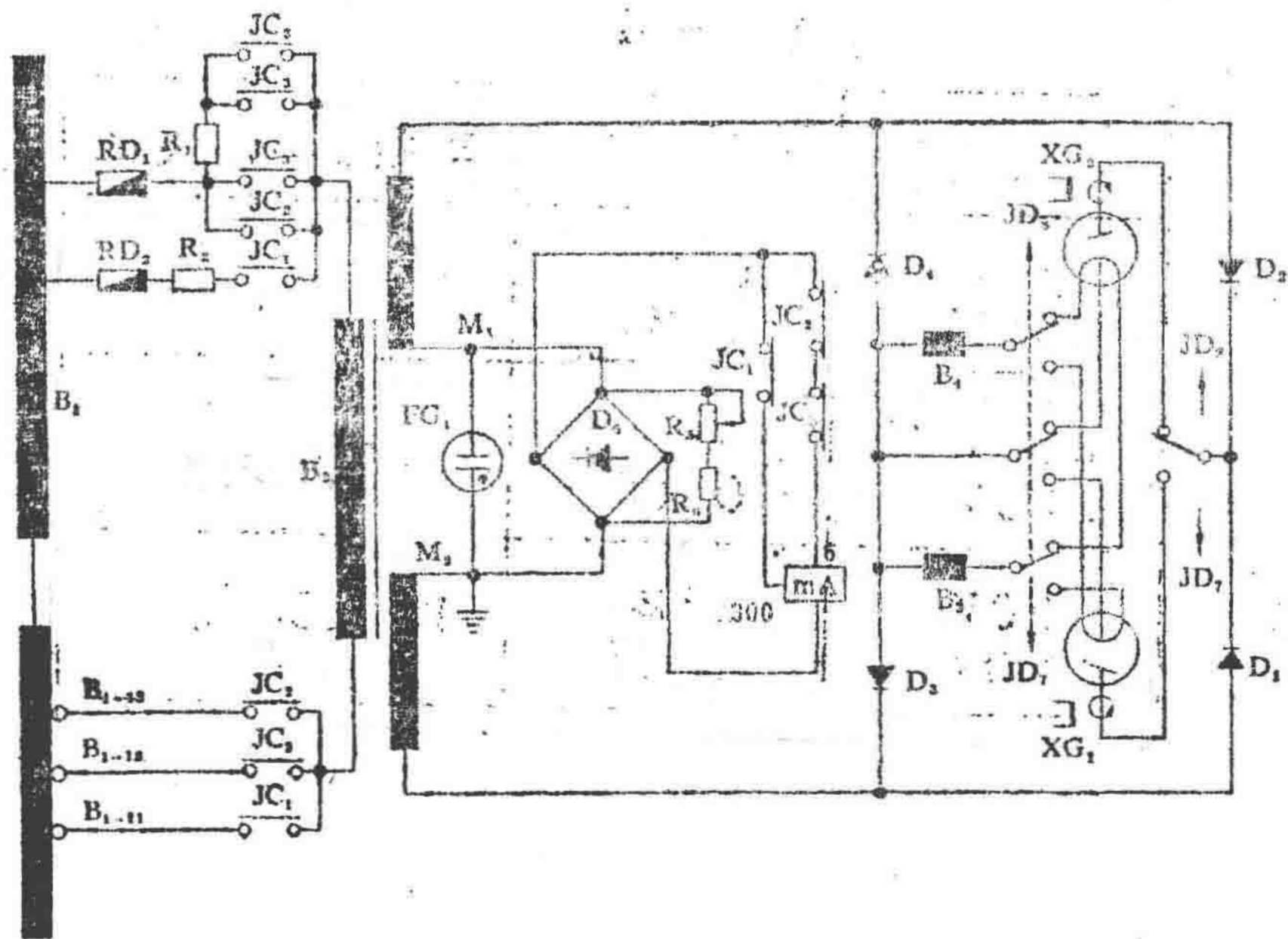


图 15-2 高压初、次级电路