

国产医用X线机电路分析

(第一集)

《医用放射技术杂志》编辑部

国产医用X线机电路分析

(第一集)

责任主编：李天立

责任编辑：钟毅

参加编写人员

姚韵芳 黎式堂 薛宗儒



《医用放射技术杂志》编辑部

编 辑 说 明

一、《国产医用X线机电路分析》（第一集）同《国产医用X线机电路图集》（第一集）是姊妹篇。读者在阅读此书时，可互相参照对应（本书所讲的电路图均在《国产医用X线机电路图集第一集》里）。

二、本书在资料收集和编写的过程中，得到了中国医疗器械工业公司放射设备企业协会和国内各生产医用X线机厂家的大力协助，在此，特向这些单位及有关同志谨致谢意。

三、由于编者水平有限，时间仓促，可能存在许多差错，望广大读者给予指正。

编 者

一九八七年三月二十日

目 录

F10型10毫安携带式诊断X线机	(1)
F43—I型10毫安携带式诊断X线机	(5)
F10—2型10毫安携带式诊断X线机	(6)
F22—IV型10毫安牙科诊断X线机	(8)
JZF10—B型诊断X线机	(10)
JF10型X线机	(13)
F30型30毫安移动式诊断X线机	(13)
05—30型30毫安移动式诊断X线机	(16)
70—30型30毫安移动式诊断X线机	(18)
F50—I型固定式诊断X线机	(19)
F27—I型50毫安诊断X线机	(22)
F44—I型50毫安半固定式诊断X线机	(24)
F44—II型50毫安固定式诊断X线机	(28)
YZ—100型100毫安X线机	(31)
F30—II B型200毫安诊断X线机	(38)
F30—II D型200毫安诊断X线机	(45)
765—64型200毫安诊断X线机	(48)
FZ·X03—200/100型200毫安诊断X线机	(56)
FZXI—200型200毫安诊断X线机	(60)
F200—IA型200毫安诊断X线机	(67)
X200—II型200毫安诊断X线机	(73)
KE—200型200毫安诊断X线机	(79)
KF—200型200毫安诊断X线机	(83)
XG200型200毫安诊断X线机	(88)
XG200A型X线机	(98)
GxA—200型200毫安X线机	(102)
X200—II型200毫安诊断X线机	(104)
XSK2—300型300毫安诊断X线机	(106)
F78—II型300毫安(F101—I型400毫安)诊断X线机	(111)
FZX III—300型X线机	(115)
KB—400型400毫安诊断X线机	(118)
KC—400型400毫安诊断X线机	(129)
KD—400型400毫安X线机	(136)
C15诊视床、DST—II型点片电路	(142)
F99—I型500毫安诊断X线机	(147)
F34—I型固定式深部治疗X线机	(152)
XG3—125型300毫安诊断X线机	(156)
XG—800型800毫安诊断X线机	(158)
F101—I型400毫安(F78—III型300毫安)诊断X线机	(168)
X线机常见故障检修表	(172)

编辑：《医用放射技术杂志》编辑部

发行：《医用放射技术杂志》编辑部

出版：辽宁省医疗器械研究所

印刷：沈阳六〇一印刷厂

F10型10毫安携带式诊断X线机

(电路图见图集第1页)

全机重量共约25公斤,是一台完全防电击,防散射,单焦点自整流X射线机。

主要技术条件

- 1、最大额定容量: 75千伏(峰值)、10毫安、6秒。
- 2、电源条件: 电压: 182~240 伏交流, 电流: 透视 2 安(连续), 摄影 5 安(瞬时)。频率50~60周/秒。
- 3、X 线管型号: 1BDY1—75, 焦点尺寸1.5×1.5 毫米。
- 4、荧光屏尺寸: 203 毫米×254 毫米(8"×10")。
- 5、计时器: 0~6 秒。
- 6、焦点至荧光屏距离: 600 毫米。
- 7、机架上下移动幅度: 280毫米。
- 8、机架左右移动幅度: 130 毫米。

电 路 分 析

上海医用核子仪器厂生产的 F10 型 X 线机有四种电路,但基本相同,仅局部有所不同。现仅以 69 年至 70 年三月间产品的电路为例,进行分析。

1、用控制箱电路:

(1) 电源电路: 此电路是由插头插座经保险丝,电源调节器直接供电给自耦变压器。其回路是: 由电源(中)→插₁(1)→座₁(1)→自耦变压 B₁→电源调节器 S₁→保险丝 BA→座₁(3)→插₁(3)→电源(相)

接通电源后,旋动电源电压调节器 S₁,使其离开断位,自耦变压器 B₁即得电,此时电压表 V 应指示,旋动 S₁使电压表指在 220 伏。电压表的电路是以 B₁为电源,一端接 B₁的 220 伏抽头上,另一端接到 B₁的 0 伏抽头上。B₁得电后电源指示灯 ZD 即点亮。ZD 指示灯的电源是 B₁上一个单独的线圈,输出电压 3 伏,一端接地。

(2) 高压初级电路: a, 透视高压初级电路是以 B₁为电源,以高压变压器 B₂的初级线圈为负载。其回路是由自耦变压器 B₁(126 伏至 210 伏间任意抽头)→千伏调节 S₂→ $\begin{matrix} R_2 \\ RE \end{matrix}$ →座₃(1)→插₄(1)→插₄(4)→座₃(4)→座₂(2)→座₅(2)→B₂的 p₁→B₂的 0 伏→座₅(1)→座₂(1)→S₃的透视位→B₁的 29 伏。

b, 摄影高压初级电路: 由自耦变压器 B₁(126 伏至 210 伏任意抽头)→千伏调节 S₂→ $\begin{matrix} R_2 \\ RE \end{matrix}$ →座₃(1)→插₃(1—4)→座₃(4)→座₂(2)→座₅(2)→B₂的 p₁→B₂的 0 伏→座₅(1)→座₂(1)→S₃的摄影位→座₃(2)→插₃(2·3)→座₃(3)→B₁

的0伏。

插3为计时器用以控制摄影高压接通的时间。插4为脚闸用以控制透视时高压接通的时间。

(3) X线管灯丝加热初级电路：此回路内串联两只电阻 R_1 、 R_3 。电阻 R_1 供透视摄影公用， R_3 只供透视用。

由 B_1 / 透视→29V
摄影→OV→座₃(3)→插₃(3·2)→座₃(2) } S_3 →座₂(1)→座₅(1)→加热
变压器 B_3 的(O, F)→座₅(3)→座₂(3)→ R_1 → $\left\{ \begin{array}{l} \text{透视} \rightarrow R_3 \rightarrow S_3 \\ \text{摄影} \rightarrow S_3 \end{array} \right\}$ → B_1 的255V。

(4) 毫安表指示电路：由mA表一端→座₂(4)→座₅(4)→ B_2 次级线圈中心头M→X线管→ B_2 次级线圈中心接地点→座₅(5)→座₂(5)→mA表另一端→地。

2、不用控制箱电路：本机在战时环境或特殊情况时可不用控制箱即可进行透视，此时将电源的五线插座直接插在机头的五线插头上，将脚开关四线插头，插进机头四线插座内，踩下脚开关即曝光透视。当电源低于180V时因不能调节电压，影响清晰度。

(1) 高压初级电路：由电源插₁(1)→插₅(1)→ B_1 的(O, p_2)→座₄(1)→插₄(1, 4)→座₄(4) F座₅(3)→插₁(3)→电源。

(2) X线管灯丝加热初级电路：由电源插₁(1)→座₅(1)→ B_3 的(O, F)→座₅(3)→插₁(3)→电源。

(3) 毫安表指示电路：不用控制箱毫安表不指示，用电源插₁(4·5)接通形成回路。

下表为F10型10mA便携式诊断X线机(69年至70年3月产品)电路图内代号注解

代 号	名 称	规 格 及 型 号
X	X线管	1BDY1—75
BA	保险丝	BGXp, 5 A.
RE	硅整流器	2CZ 5 A, 150V.
S_1	刷形开关	KS30—1—8.
S_2	刷形开关	KS30—1—8.
S_3	开关	KN3—A 2×2.
R_1	线绕电阻	RXQ—T10W1K Ω .
R_2	线绕电阻	RXQ—T10W300 Ω .
R_3	瓷盘电位器	25W 500 Ω .

改进的电路

上海医用核子仪器厂产F10型目前有四种电路，但基本相同，仅局部有所不同，现将不同之处叙述如下：

1、70年至71年3月改进的电路与70年3月以前之电路相比较，主要是高压初级电路有所不同。

下表为F10型10mA携带式诊断X线机70年至71年3月产品电路图的代号注解

代 号	名 称	规 格 及 型 号
X	X线管	1BDY1—75
JX	继电器	JY—16
RE	硅整流器	2CZ, 5A, 150V
S ₁ , S ₂	刷形开关	KS30—1—8
S ₃	开关	KN ₃ —A2×2
R ₄	线绕电阻	RXQ—T ₃ W 200~150Ω
R ₅	电阻	RXYC 20W 24Ω
BA	保险丝	BGXP 5 A

(1) 由手闸和脚闸的接点直接控制高压初级电路的通断, 改为用继电器的接点控制高压初级电路的通断, 而手闸和脚闸所直接控制的是继电器JX的线圈。

(2) 多了一个防突波电阻R。

2、71年4月的电路是将透视摄影交换开关即电路图中的K₃, 由双刀双掷开关改为三刀双掷开关。

下表为F10型10mA携带式诊断X线机71年4月产品电路图注解

代 号	名 称	规 格 及 型 号	代号	规 格 及 型 号
V	交流电压表	85C ₁ —V	座6	插座CX1624FM ₁
MA	直流毫安表	85C.—A	座5	插座CX1624FM ₁
T ₃	灯丝变压器		座4	插座CX1625FG ₁
T ₂	高压变压器		座3	插座CX1625FM ₁
T ₁	自耦变压器		座2	插座CX1625FG ₁
ZD	指示灯	W6—3, 6 V罗口	座1	插座三相5 A220V
RD	保险丝	BGXP, 5 A	插6	插头CX1624FM ₁
ZB	硅整流器	2 CZ, 5 A, 150V	插5	插头CX1624FM ₁
J	继电器	JY—16ASRM45J374	插4	插头CX1625FG ₁
K ₃	开关	KNG3—1	插3	插头CX1625FM ₁
K ₂ , K ₁	刷形开关	KS30—1—8	插2	插头CX1625FG ₁
W	瓷盘电位器	25W ₁ KΩ	插1	插头单相三线5 A220V
R ₃	线绕电阻	RXYC20W—25Ω	X	X线管1 BDY1—75
R ₂	线绕电阻	RXQ—T10W620Ω		
R ₁	线绕电阻	RXQ—T10W150Ω		

3、68年产品的电路不同点是机器未通高压前, 灯丝加热电压较低, 即在R₁上降压一部分当踩下脚闸或按下手闸后继电器得电动作, 继电器将R₁上电压降减小, 提高了灯丝加热电压, 这样可以延长X线管使用寿命, 其它电路与71年4月份产品相同。

各变压器线圈数据

1、高压变压器线圈数据：（1）次级线圈：由两个线圈组成，在绕制工艺上采用阶梯形式，每个线圈分为二级绕制，如下表所示：

级 数	每 级 匝 数	层 数
第 一 级	64000	60
第 二 级	45500	27
共 计	109500	87

两线圈总匝数为：2×109500匝

用QZ薄皮高强度漆包线，线径0.05毫米，起始和结尾用线径0.09毫米漆包线绕

（2）高压初级线圈：高压初级线圈匝数为360匝+80匝。其中360匝用线径

0.77毫米漆包线，80匝用线径0.35毫米漆包线。

2、X线管灯丝加热变压器线圈数据：

（1）初级线圈：匝数为4000匝，共绕4层，用QZ型漆包线，线径为0.2毫米。初级电压260V。

（2）次级线圈：匝数为58匝，共绕2层，用QZ型漆包线，线径为0.8毫米。次级电压3.5V。

3、自耦变压器线圈数据图表：

F10型10mA携带式诊断X线机自耦变压器线圈数据表

接线板序号	本栏系 69 年产品			
	匝 数	电压 (伏)	匝 数	电压 (伏)
1	672	0	840	0
2	556	29	695	29
3	168	126	210	126
4	112	140	140	140
5	56	154	70	154
6	0	168	0	168
6	0 ₁	168	0 ₁	168
7	56	182	70	182
8	100	193	125	193
9	136	202	170	202
10	168	210	210	210
11	208	220	260	220
12	248	230	310	230
13	288	240	360	240
14	348	255	560	280
15	0 ₂	0	0 ₂	0
16	16	4	15	3

注：匝数栏内 0₁、0₂、0、均系统组的起始端

F43—I型10毫安携带式诊断X线机

(电路图见图集第3页)

主要技术条件

- 1、最大额定容量: 75KVp、10mA、6秒。
- 2、电源条件: 频率 50 赫, 额定电压 220V, 电源电压变化幅度在 170~250V 可以使用, 使用汽油发电机容量须大于750瓦。
- 3、X线管: 75KVp, 10mA。
- 4、机头外壁最高允许使用温度 65℃, 夏季连续使用 20~30 分钟后, 应检查机头温度, 以免过热造成损坏。
- 5、额定透视条件为 65KVp, 3mA, 千伏值有三挡: 55、65、75KVp。
- 6、计时器: 手持计时器: 0—10秒, 但摄影时如用 75KVp, 最长允许曝光时间为 6秒, 每次曝光完毕应间隔 3—5 分钟。
- 7、使用环境气温应在 -15~+35℃, 相对湿度不大于85%。
- 8、在特殊情况下可不用控制台。

电 路 分 析

1、电源电路: 此电路包括电源线, 电源电压调节器 XK_1 , 保险丝 RD 和电源补偿开关 K_1 , 自耦变压器 B_1 。当电源接通后, B_1 即得电, 其回路为:

电源 $\rightarrow \left[\begin{array}{l} CZ_{1-1} - CT_{1-1} \\ CZ_{1-8} - CT_{1-8} \end{array} \right] \rightarrow XK_1 \rightarrow B_1 \text{ 的 } 170V \text{ 至 } 250V \text{ 之间的任一抽头} \rightarrow B_1 \rightarrow$
 $\left[\begin{array}{l} OV \rightarrow K_{1(1-21)(2-22)} \\ 5V \rightarrow K_{1(1-11)(2-12)} \end{array} \right] \rightarrow RD \rightarrow \left[\begin{array}{l} CT_{1-4} \rightarrow CZ_{1-4} \\ CT_{1-11} \rightarrow CZ_{1-11} \end{array} \right] \rightarrow \text{电源}。$

K_1 为电源补偿开关也即电源电压细调节开关, 可增或减 5V。 B_1 得电后, 电压表 V 即有指示。

2、高压初级电路: 高压初级线圈是两个线圈并联在一起的, 线路图中线圈两端所标明的始和末, 是在绕制线圈时的起头与末头。并联时要注意线圈的方向, 如接反则磁场互相抵消, 电源电流将剧烈增长, 在线路图中是阳极端线圈的起头与阴极端线圈的末头连接在一起, 接在控制台插座 2 的第一脚, 而阳极端线圈的末头与阴极端线圈的起头连接在一起。

透视高压初级电路是从自耦变压器 B_1 的 30 伏抽头 $\rightarrow$ 透视摄影选择开关 K_2 的透视位 $\rightarrow$ 高压初级线圈一卷的起端与另一卷的末端 $\rightarrow$ 高压初级线圈一卷的末端与另一卷的起端 $\rightarrow$ 脚闸接点 $K_3 \rightarrow$ 逆电压衰减器 D 与 $R_1 \rightarrow$ 千伏调节器 $XK_2 \rightarrow$ 自耦变压器的 185V, 205V, 220V 这三个抽头中的任意一个抽头。

摄影高压初级电路是通过透视摄影选择器 K_2 的②刀改换成摄影位, 接通自耦变压器的 OV 抽头, 将电压提高 30V, 另一端是通过手闸接点 X_5 接通电路, 其它与透视高压

初级电路相同。

自耦变压器的180V抽头是55KV，205V抽头是65KV，220V抽头是75KV，由XK₂千伏调节器进行调节。

手闸与脚闸共用一个插孔，根据透视和摄影的需要换装。

3、X线管灯丝加热电路：透视灯丝加热电路是从自耦变压器B₁的240伏抽头→K₂(1—21)→R₂→灯丝变压器B₃初级线圈的末端→B₃的始端→插头5第1脚→K₂(2—22)→B₁的30V抽头。

摄影灯丝加热电路是通过透视摄影选择开关将一端改换到B₁的0V抽头，另一端从透视毫安调节器改换到摄影灯丝电阻R₃。

修 理 注 意 要 点

1、本机的高压初级线圈是两组并联在一起的，在检修中应注意每卷引出线的始末端不要接错。

2、本机的高压变压器在单独进行空载试验时，高压初级线圈如果在并联状态下（抽引2与3相连、抽头1与5相连），通以50赫220伏正弦交流电压时，正常的空载电流将达9—10安，因此空载试验应迅速，且不宜以50赫超压进行空载试验。在负荷时高压变压器的负荷电流远比空载电流小，在5~6安范围内。

3、逆电压衰减器的二极管应注意极性。

各变压器线圈数据

1、高压变压器初级线圈数据：分两个绕组，一个绕780匝，另一个也绕780匝，在220匝处抽头。线径用 $\phi 0.44\text{mm}$ 漆包线。

高压变压器次级线圈数据：共两个绕组，每个绕组117000匝，分三阶梯绕制。线径用的 $\phi 0.06\text{mm}$ 漆包线绕。

2、X线管灯丝变压器线圈数据：

初级线圈匝数：3000匝，用 $\phi 0.19\text{mm}$ 漆包线绕制。

次级线圈匝数：65匝，用 $\phi 1.12\text{mm}$ 漆包线绕制。

初次级间绝缘：4mm环氧树脂，0.1mm电缆纸，0.05mm聚脂薄膜混合5层。

F10—2型10毫安携带式诊断X线机

（电路图见图集第2页）

主 要 技 术 条 件

1. 输出容量：

（1）透视：电压：60KVp.65KVp.70KVp.75KVp.

电流：2—3mA.连续可调，

时间：可连续使用1小时（工作时间与间隙时间2：1）

(2) 照相: 电压: 60KVp.65KAp.70KVP.75KVp.

电流: 照相mA值可调, 可在6—10mA 任意选择。时间: 最长不超过6秒。

2、电源条件: 单相220V.50赫交流电源电压范围在 180V 至240V 间。电源电阻在 2Ω以下。

3、整机高度: 670mm. 4、X线管: 1BDY1—75.

电 路 分 析

1、电源电路: T_1 为自耦变压器, S_1 为电源电压调节器, 当电源接通 S_1 的调节刀, 置于离开“断”的任一挡位时, T_1 即得电。其回路为: 电源→ S_1 → T_1 的 (+20V 至 -40V 的任一抽头) → T_1 220V → 保险丝 F → 电源。

T_1 得电后, 电压表 V 即有指示, 电压为 220V, 同时 RL 电源指示灯点亮。

2、高压初级电路: T_2 为高压变压器, L 为高压继电器, S_2 为千伏调节器。

透视高压初级电路: 先将透视摄影交换开关 S_3 置于透视位后, L 高压继电器得电后, 透视高压初级即接通电源, 其回路为: T_1 → 15V → S_3 透视位 → T_2 初级线圈的 6 端 → T_2 初级线圈的 5 端 → 逆电压衰减器 R_4 与 E → L 的动接点 (先经熄弧接点和 R_2) → 千伏调节器 S_2 → T_1 的 178V 至 220V 之间任一抽头。

当摄影时, 先将 S_3 置于摄影位, 这时摄影高压初级电路的电压则比透视高压初级电路高出 20V, 从 T_1 的 +5V 取得电压。其回路为: T_1 的 +5V → S_3 摄影位 → T_2 初级线圈的 6、5 端 → R_4 与 E → L 动接点 → S_2 → T_1 的 178V 至 220V 之间任一抽头。

3、X 线管灯丝加热电路: T_3 为 X 线管灯丝加热变压器, R_3 、 R_1 为 mA 调节电阻。

透视灯丝加热电路: 将 S_3 置于透视位, 接通电源时则灯丝点亮, 其回路为: T_1 的 155V → R_1 → S_3 透视位 → R_3 (这时 R_3 与 R_1 的一小段并联) → T_3 初级线圈 4、6 → S_3 透视位 → T_1 的 -15V。

当 L 高压继电器得电后, 动接点闭合, 将 R_1 的一段电阻短路, 使灯丝电压稍为提高, 这对延长 X 线管寿命有好处。

摄影灯丝加热电路: 将 S_3 置于摄影位, 接通电源时则灯丝点亮, 其电压比透视时高出 20V。其回路为: T_1 的 +5V → S_3 摄影位 → T_3 初级线圈 6、4 → R_3 (R_3 与 R_1 的一段并联) → S_3 摄影位 → R_1 → T_1 的 155V。

当 L 继电器得电, 吸合动接点后, 将 R_1 的一小段短路, 从而提高了灯丝电压。

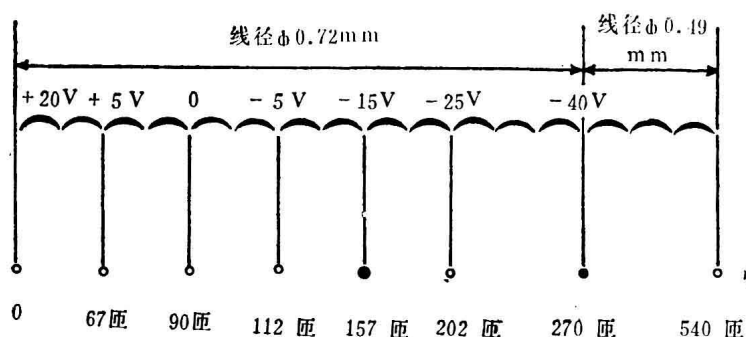
4、控制电路: L 为高压继电器, S_4 为计时器, S_5 为脚闸, S_3 置于透视位, 踩下脚闸或 S_3 置于摄影位按下计时器时, L 继电器均得电, 接通了高压。其 L 继电器线圈的回路为:

T_1 的 0V $\left\{ \begin{array}{l} \text{摄影时} \rightarrow S_4 \rightarrow S_3 \text{ 摄影位} \\ \text{透视时} \rightarrow S_5 \rightarrow S_3 \text{ 透视位} \end{array} \right\} \rightarrow L \text{ 继电器线圈} \rightarrow T_1 \text{ 的 220V。}$

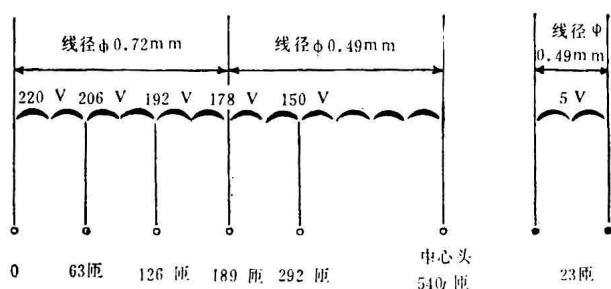
各变压器线圈数据

1、自耦变压器线圈数据: 由线包 1、线包 2 组成。

线包1:



线包2:



高压线包绕制表

级数	每级层数	每层匝数	每级匝数	轴向长度
1	35	1345	49680	98
2	31	1265	37750	88
3	13	1105	14520	78
总计			101950	

2、高压变压器线圈数据:

初级线圈:

初级线圈为: 359匝, 分三层绕制, 第一层: 125匝, 第二层: 121匝, 第三层113匝。用线径 $\phi 0.72\text{mm}$ 油性漆包线绕制。

次级线圈共有二组线圈组成, 每组线圈匝数为101950匝分三级绕制。次级线圈始端第一层线和末端最后一层线使用 $\phi 0.09\text{mm}$, 有效绕组用 $\phi 0.06\text{mm}$ 漆包线。

3、X线管灯丝加热变压器线圈数据:

初级线圈: 共2800匝。用 $\phi 0.19\text{mm}$ 高强度漆包线绕。

次级线圈: 共89匝, 用 $\phi 0.8\text{mm}$ 漆包线, 分二层绕于线架中间40mm处。

F22—IV型10毫安牙科诊断X线机

(电路图见图集第4页)

主要技术条件

- 1、额定容量: 60KVp、8~12mA、0—8秒
- 2、电源条件: 电压: 200—240伏, 单相交流。
- 3、X线管型号: IB EY1—75。4、机头的允许使用最高温度是60℃。

电路分析

1、电源电路: K_1 为电源开关, F_1 为保险丝, K_2 为电源电压校正开关, B_1 为自耦变压器。

接通电源，将 K_1 置于通的位置， B_1 即得电，电压表CB即有指示，如电压表指示过高或过低时可调节 K_2 ，使CB指示到接近220V。其 B_1 的回路为：电源→ K_1 （1—2）→ F_1 → K_2 → B_1 → K_1 （3—4）→电源。

2. 高压初级电路：当 B_1 得电后，按下手持限时器XS，高压初级则得电，其回路为： B_1 （210V—230V的某一抽头，出厂时根据管子型号已调好）→逆电压衰减器 R_1 与 Z_1 ← B_2 高压变压器初级线圈→手持限时器XS→ B_1 的OV。

预定摄影时间到后，XS的动接点，1—2打开，曝光终止。

3. X线管灯丝加热电路：此机没有单独的X线管灯丝加热变压器，其灯丝电源取自于高压变压器的次级抽头，这就是灯丝，高压一同得电。因此需注意在更换X线管后，调整X线管的管电流时要和控制台配合在一起进行，否则会因为电路损耗不同，而使机器的输出有很大差异。在mA值有出入时，可调Vx位置，高压次级灯丝抽头，及适当改变 R_1 之值来校正。

4. 本机没有毫安表：毫安指示是用氖泡代替，曝光时次级电流通过电阻 R_2 产生压降，使 G_2 点燃，这只氖泡是110伏的，更换时要注意按原规格选购。

各变压器线圈数据

1. 自耦变压器线圈数据：

由线圈一和线圈二组成，见图1所示。

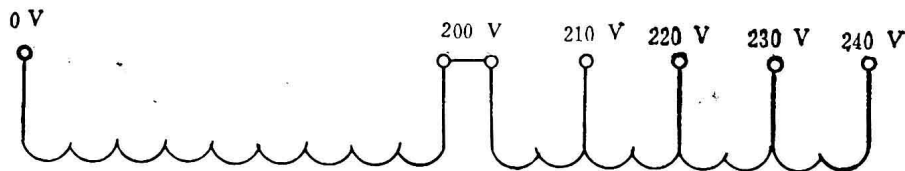


图1 F22—IV型自耦变压器线圈

线圈一共1460匝，无中间抽头，用 $\phi 0.4\text{mm} \sim 0.45\text{mm}$ 漆包线绕。

线圈二共292匝，（从200V抽头算0匝起）。0匝（200V）73匝（210V）146匝（220V）219匝（230V）292匝（240V）用 $\phi 0.9\text{mm}$ 漆包线绕。

空载电流：小于1A。

2. 高压变压器线圈数据：

（1）初级绕组是二只并联式运用，每只圈数780圈，漆包线线径用 $\phi 0.44\text{mm}$ ，检修时，注意线圈接法，切勿并反。

（2）次级绕组：由二只绕组组成。

每只绕组为94500圈，分三个台阶。

第一台阶：共绕40000圈，绕34层。

第二台阶：共绕30000圈，绕28层。

第三台阶：共绕24500圈，绕25层。

导线直径 $\phi 0.061\text{mm}$ 油性漆包线（外径 $\phi 0.075\text{mm}$ ）。

首末层用 $\phi 0.1\text{mm}$ 漆包线加固。

（3）灯丝初级线圈抽头，见图2所示。用 $\phi 0.6\text{mm}$ 漆包线绕制。

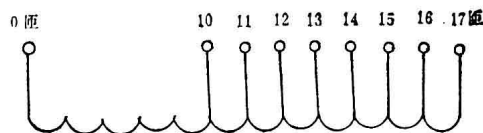


图2 F22—IV型灯丝线圈

JZF10—B型诊断X线机

(电路图见图集第2页)

JZF10—B型X线机使用交流50周220伏电源时，电路原理同一般小型X线机。使用直流24伏电源时，经可控硅并联逆变器变频升压为400周/秒220伏中频交流电源，供高压机头产生X射线。

下面重点叙述可控硅并联逆变器基本原理及其在医用小型X线机应用上的特殊性。

1. 直流电变压的条件：变压器对直流电是不能简单变压的，只有把直流电变换成交流电方能实现变压。在图中， $W_1 = W_2$ 绕制方向相同，当 K_1 和 K_2 交替开和关时，必然在绕组 W_1 和 W_2 中流过两个大小相等方向相反的电流，从而产生变化的磁通，在变压器T次级感应出和 K_1 、 K_2 变化规律相同的电压。 K_1 、 K_2 的变化速度，就决定了感应电压的频率。

2. 简单可控硅逆变线路：在图中，由二个可控硅元件 SCR_1 与 SCR_2 代替了图中的 K_1 和 K_2 。在叙述该机工作情况前，首先了解可控硅的两个重要特性。

第一，可控硅的导通必须同时具备两个条件，只有在阳极接正电位，阴极接负电位（此时称正向阳极电压），控制极和阴极间接有控制触发信号，并且触发信号的正极加在控制极一端（此时称正向控制电压）时，可控硅才导通。第二，可控硅导通后，控制触发信号就失去作用，要使其关断，必须把正向阳极电压降低到一定值，断开或在可控硅阳极与阴极间加反向电压。

图中两个可控硅都处在正向阳极状态，因此，只要在它们控制极与阴极间加交替出现的正向控制电压，两个可控硅就有可能交替工作，起到 K_1 、 K_2 的开关作用。

假设触发信号，首先加在可控硅 SCR_1 控制极上， SCR_1 即将导通，此时主电流 I_1 经 W_1 、 SCR_1 、L至电源负极构成回路。如果忽略 SCR_1 的正向压降，在绕组 W_1 两端将得到一个近似于电源电压的感应电压（ $E_1 = Ea$ ），极性如图所示。

在绕组 W_2 中也产生与 E_1 同极性的感应电压 E_2 （ $E_1 = E_2$ ），不难看出，在电容C二端便有一个 $E = E_1 + E_2 = 2Ea$ 的电压对电容C充电，因而使C二端最终将达到 $V_c = 2Ea$ 的电压。

此时，如果加在 SCR_1 上的控制触发信号消失；而同时在 SCR_2 控制极上加以正触发信号， SCR_2 将即刻导通，很显然电容C二端已充至 $2Ea$ 的电压将加在 SCR_1 两端，并且 $2Ea$ （ V_c ）的正电位加在 SCR_1 的阴极，负电位加在 SCR_1 的阳极，迫使 SCR_1 立即关断，从而完成一次电流换向开关动作。变压器绕组 W_2 流过与 W_1 大小相等，方向相反的电流 I_2 （ $I_2 = I_1$ ），电容器C被反向充电，准备下一次换向，依此循环不止，这样由电源来的直流电，经电路转换后，便可经变压器变压。由于电容C的转换作用，故称之为换向电容。

从上分析还可看到 SCR_1 的关断是在 SCR_2 导通之后，（同样 SCR_2 的关断是在 SCR_1 导通之后），因此换向过程中，就存在着 SCR_1 和 SCR_2 同时导通这一瞬时（一般为几十微秒，取决于将要关断那支可控硅的关断时间），尽管时间很短，但它使变压器T

二端短路，导致很大的冲击电流，这就必须用电感 L 来限制这个换向过程中的冲击电流，以保证逆变器的正常运行。故称 L 为换向电感。

3. 逆变器在小型X线机应用中的特殊性：为了适应小型X线机的特点，本机实际应用的逆变线路如图所示。

JZF10—B型X线机同其它小型X线机一样，高压组合式机头采用半波自整流形式，只有在X线管处于正向电压状况下的半周，X线管才产生X射线。因对逆变器而言，是一个具有直流分量的负载。在图的可控硅逆变线路中，因次级负载直流分量占据一定铁心面积，从而增大了激磁电流，使初级电压降低，致使电容 C 向变压器绕组放电，如果直流分量足够大，将使电容 C 二端电压低到不能可靠地保证换向进行。要其正常工作，势必要增加换向电容 C 的容量。隔离二极管 D_1 、 D_2 即避免了电容 C 对变压器一次绕组端的放电，从而充分利用了电容 C ，用较小的电容就保证了高千伏，大毫安发生X线时逆变器的正常运行。当 SCR_1 导通时，充电回路则经 W_2 、 D_2 、 C 、 SCR_1 、 L 回电源负极。

又由于 10mA 小型X线机最高电压达七万五千伏，透视和摄影都是瞬间突变性，因此要求逆变器输出特性要硬，电压自动补偿要快。 D_3 、 D_4 就是利用硅整流二极管的伏安特性来进行深度负反馈补偿的。 D_3 和 D_4 有两个作用，一是能量反馈作用，二是负反馈自动调整作用。

如图所示，设计使：

$U_3 = U_{D1} + U_{D3} + U_{SCR}$ 式中 U_{D3} 为 D_3 或 D_4 正向导通起点电压值， U_{D1} 为 D_1 或 D_2 正向压降值， U_{SCR} 为 SCR_1 或 SCR_2 正向压降值， $E_a = 24$ 伏，

$$\begin{aligned} \text{必 } U_1 = U_2 &= 24 - (U_{SCR} + U_{D1}) \\ &= 24 - (U_{SCR_2} + U_{D2}) \end{aligned}$$

以 SCR_1 导通为例来说明。设计最大负载正常工作时， U_3 电压值使二极管 D_3 处于其伏安特性拐点A处，即 $(U_1 + U_3) - E_a = [E_a - (U_{SCR_1} + U_{D1}) + U_3] - E_a$

$$\begin{aligned} &= U_3 - (U_{SCR_1} + U_1) \\ &= U_{D3} \end{aligned}$$

使 D_3 处在正向导通起点电压值，有个不大的 I_0 电流（此时 $I = I_A$ ）在 D_3 中流通，其能量是返回电源的。

当逆变器空载（不发生X射线）或负载减小（千伏，毫安减小）时，反映到主逆变器初级必定 $U_1' > U_1$ ，亦使 U_3 增加到 $U_3 > U_{D1} + U_{D3} + U_{SCR_1}$ ，此时 I 由 I_A 增加到 I_B ，同时经 D_1 、 SCR_1 、 L 、 D_3 产生环流 I 环，起去磁作用，限制次级电压的提高，使其基本上保持在 U_1 不变，从而改善了输出特性。环流最大时，出现负载最轻。 ΔU_3 吸收的大部分能量返回电源，一部份产生环流损耗掉。

由于隔离二极管 D_1 和 D_2 及反馈二极管 D_3 和 D_4 的存在，致使并联逆变线路性能大大改善，满足了小型X线机的电源需要

4. 控制触发电路：控制触发线路是可控硅并联逆变器的指挥中心，故要求线路受控利落，抗干扰强，频率在一定范围内稳定。同时，由于X线机是一个具有大量电感的

阻抗负载, 因此希望触发脉冲宽度 $L \geq \frac{T}{4}$ 。

又由于 X 线机运用区域广, 南北地区气温变化大, 因此要求触发线路温度适应范围大。

本机触发线路由单结晶体管振荡器和典型双稳态线路组成。

单结晶体管是一种特殊的晶体管, 它由一个发射极 E 和两个基极 B_1 、 B_2 组成一个 P—N 结, 故叫单结晶体管, 又叫双基极二极管, 由于其发射极具有一个特殊的伏安特性, 使它很容易组成张弛振荡产生脉冲, 并且线路简单, 能量损耗小, 温度补偿性能好, 又能给出大的峰值电流, 所以在可控硅触发线路中应用很多。

从单结晶体管 UTT 发射极特性看出, 当接通直流电压时, 电容器 C_4 将经过电阻 R_{10} 、 R_{11} 充电, 电容电压按充电指数曲线缓慢增长在电容器 C_4 电压较小时, 发射极电流 (由发射极流向第一基极) 较小, 此时单结晶体管处在截止状态。当电容器 C_4 上充电电压达到峰点电压 $U_p = \eta U_{BB} + U$ (η 为分压比, 是与电源电压和温度无关的系数, 对于每个单结晶体管是个固定常数, 一般地 η 在 $0.47 \sim 0.75$ 之间。 U_{BB} 为加在第一、二基极间的电压) 以后, 单结晶体管发射极与第一基极间阻抗由很大变到很小 (约从几十个欧到几十欧) 发射极电流突然增大 (此时流过发射极的电流称为峰值电流, 以 I_p 表示), 电容器 C_4 迅速经脉冲变压器 T_3 一侧放电。由于瞬变的 I_p 突加在脉冲变压器 T_3 的初级, 因此在脉冲变压器 T_3 次级便得到一个输出脉冲信号, 此极陡的尖脉冲电压分别经 D_6 、 D_7 触发双稳态翻转。由于放电回路阻抗非常小, 故时间常数很小, 电容 C_4 上电压迅速下降, 当其小于单结晶体管谷点电压 U_r 时, 发射极与第一基极间又恢复到阻断状态, 电容器 C_4 又继续充放电, 周而复始产生振荡, 输出一系列脉冲, 使双稳态线路按单结晶体管振荡频率工作, 从而在双稳态线路 BG_1 、 BG_2 两集电极脉冲变压器次级分别输出交替工作的脉冲信号, 供作逆变线路中可控硅的触发信号脉冲电压。

$$\text{单结振荡周期为 } T = \frac{1}{f} = RC \quad \ln \frac{1}{1-\eta} = 2.3 \log \frac{1}{1-\eta}$$

可见, 脉冲周期只和 RC 有关, 受温度和电源电压影响不大。改变 R_{11} , 就改变了电容器 C_4 的充电时间, 从而改变了可控硅并联逆变线路工作频率。本机调节使频率 $f = 400$ 赫。

双稳态脉冲变压器输出端与可控硅相接后, 其触发波形为矩形波。

5. 保护电路: 逆变器在起动或发生故障时, (如: X 射线机高压击穿, X 线管含气, 短路现象……等), 常因逆变换向失败而产生很大的电流, 极易使可控硅损坏。保护线路的目的, 就在于逆变失败后瞬间, 切断主电路, 以保护逆变线路中可控硅等元件和直流电源。保护线路如图所示。

逆变器工作正常时, 主电路通过的电流小, 由于 R_{13} 欧姆数极小, 故主电路电流在 R_{13} 上压降极微, 其令二极管 D_{11} 处于伏安特性正向导通起点电压值, 使 BG_3 集电极与发射极间内阻较大, 此内阻与 R_{12} 分压使 BG_4 处于正向偏置, 并工作在饱和工作状态, 从而使直流继电器 J 可靠吸动工作。

当逆变器工作异常或逆变换流失败时, 主电路通过 R_{13} 的电流很大, 在 R_{13} 两端产

生的电压降使BG₃得到较大的瞬间突变正向偏置信号而饱和（即BG₃之U_{oc}=0），导致BG₄立即关断，直流继电器J失电，其常开接点J₁、J₂均断开，切断主电路和起动电路，从而起到了保护作用。

JF10型X线机

（电路图见图集第3页）

插上电源，打开S₁，自耦变压器B₁通电，调节S₁电源调节旋钮使电压表指在220伏，ZD电源指示灯亮。以B₁为电源，高压变压器B₂的初级线圈为负载，调节千伏调节S₂，通过熄弧电阻R₃，逆电压衰减电路（R₂，RE）送到高压变压器的初级线圈。高压变压器初级线圈得电后，次级将感应出不同的高压供给X线管。逆电压衰减二极管极性不能接反，接反后磁化电流增加，在透视时，荧光亮度很暗。R₂的阻值须调整好，否则不能起到合乎要求的衰减作用。调整方法是在高压初级电路里串联一只电流表，调整R₂，使电流表指数最低，荧光量度最强即可。

X线管灯丝加热电路，透视时从自耦变压器B₁的13抽头→S₃（透视转换开关一组接点）→R₃→R₁→灯丝变压器B₃的初级线圈→通过透视，摄影转换开关另一组接点接到B₁的2抽头上。摄影灯丝加热电路通过透视，摄影选择开关将一端改换到B₁的0抽头，另一端从透视毫安调节改换到摄影灯丝电阻R₁。

F30型30毫安移动式诊断X线机

（电路图见图集第5页）

主要技术条件

1. 本机是一部完全防电击、防散射、单焦点，半波自整流X线机。
2. 最大额定容量：85千伏（峰值），30毫安，8秒。
3. 电源条件：电压：240伏—185伏（交流）、频率：50周/秒、电流：透视2安（连续）、摄影15安（瞬时）。
4. 荧光屏尺寸：280毫米×355毫米。
5. 计时器控制范围：0—8秒。
6. 焦点至荧光屏距离：700毫米。
7. 运载架上下移动幅度：1400毫米。
8. 运载架左右移动幅度：160毫米。
9. 运载架组合件转动角度：45度。
10. 控制器及附件箱转动角度：80度。
11. 使用X线管型号：3BDM1—90。

特 点

1. 本机有极简便的点片摄影装置：点片摄影时，固定为30mA、85KVp。