

岛津 XHD150B-10型 800毫安X线机主电路分析

曲 国 珉 编

《医用放射技术杂志》编辑部

前 言

岛津 XHD150B-10 型800毫安 X线机是我国目前引进国外X线机中数量较多的一种，对于它的结构与电路分析有助于对国外X线机更进一步的了解。

XHD150B-10型800毫安X线机是属于综合性的诊断X线机，它可以配带岛津各种型号的遥控诊断床、多轨迹断层床。如果带第三管球时，还可以和另一部X线机进行血管造影正侧位快速摄影，机器功能比较齐全，主机的电路设计比较新颖。控制系统全部采用晶体管、运算放大器、可控硅、PUT等元件，因此机器经久耐用。机械的设计与布局比较合理，是一部较理想的诊断X线机。

主机电路分析是根据本人讲课稿编写而成的，初学者如果有一定的电工基础，通过25~30学时的系统学习，能够初步掌握该机的原理、构造和性能，能独立地分析电路和查找故障。

由于该机控制系统使用大量的运算放大器，所以在分析电路之前增加了运算放大器的简单原理和本机使用的典型电路，以便更好地理解与分析电路。同时，为使与原电路一致性，在分析电路的改写插图中，使用的元器件符号、画法与原电路中使用的符号、画法完全一样。

由于编写的时间比较仓促，可能有些错误和不够完善的地方，望同行批评指正。

编 者

一九八七年二月十日

目 录

第一讲 运算放大器的工作原理和本机使用的典型电路	(1)
第一节 运算放大器工作性能	(1)
第二节 该机应用的几种典型电路	(4)
第二讲 岛津XHD150B—10型800毫安X线机的主机电路分析	(8)
第一节 主电路	(8)
第二节 摄影管电压控制电路	(15)
第三节 透视管电压控制电路	(20)
第四节 管电流控制电路	(23)
第五节 N-40型及N-41型限时器电路	(47)
第六节 毫安秒表电路	(63)
第七节 过载保护电路	(68)
第八节 自动摄影控制电路	(71)
第九节 曝光方式 I	(80)
第十节 技术选择电路	(85)
第十一节 原电路图部分错误更正	(90)

注：附分图见《进口医用X线机电路图集》（第一集）

编辑：《医用放射技术杂志》编辑部 出版：辽宁省医疗器械研究所
发行：《医用放射技术杂志》发行组 印刷：沈阳六〇一印刷厂

辽宁省期刊登记内字第76号

出版时间：一九八七年三月一日

第一讲 运算放大器的工作原理

和本机使用的典型电路

运算放大器(简称运放)是一个已经装配好的高增益直接耦合放大器。它作为一个具有放大器功能的元件,加接反馈网路后,就组成了运算放大电路(简称运放电路)。运放电路的输入—输出关系仅仅决定于反馈网路,只要选择合适的反馈网路就能实现所需要的运算。

第一节 运放的工作性能

在电路中,运放是由一个三角形符号表示,从应用的角度,可以暂不管它的内部结构、主要关心其引出端(管脚)的用途和性能。

1. 引出端:

每个运放有五个输出端(见图1),它们的用途与使用条件如下

(1) 电源端,
通常由正负双电源 V_+ 和 V_- 供电,
典型电压为 ± 15

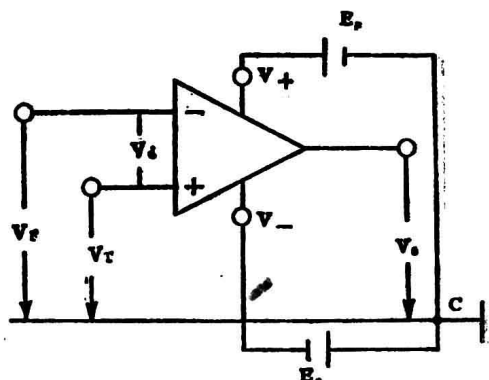


图1 运放的引线端

V 、 $\pm 12V$ 、 $\pm 6V$ 。

(2) 输出端，运放只有一个输出端，称单端输出。在输出端与地（正负电源公共端）之间获得输出电压 V_o ，为了保证运放的正常工作，输出电压、电流都有一定的限制，最大输出电流为 $5mA$ 或 $10mA$ ，最大输出电压一般比电源电压低 $1 \sim 2V$ 。

(3) 输入端，常有两个输入端（标记为 $+$ ， $-$ ），称为双端输入。个别的只有一个输入端，可理解为 $(+)$ 端接地， $(-)$ 端输入。我们规定， $(+)$ $(-)$ 端之间电位差 V_d 的正方向是从 $(+)$ 端到 $(-)$ 端，输出 V_o 的正方向是从输出端到地。 V_o 的极性决定于 V_d ： $V_d > 0$ 时 $V_o > 0$ ； $V_d < 0$ 时 $V_o < 0$ 。因此， $(+)$ 端称为同相输入端， $(-)$ 端称为反相输入端。

根据下面两式，同相输入电位 V_T 和反相输入电位 V_F 可以分解为两个分量的迭加，

$$V_F = \frac{V_T + V_F}{2} - \frac{V_T - V_F}{2} = V_c - \frac{V_d}{2}$$

$$V_T = \frac{V_T + V_F}{2} + \frac{V_T - V_F}{2} = V_c + \frac{V_d}{2}$$

式中， $V_d = V_T - V_F$ ，即是 $(+)$ $(-)$ 端电位差，称为差模输入电压； $V_c = \frac{V_T + V_F}{2}$ ，即是 $(+)$ $(-)$ 端电位的平均值，称为共模输入电压，运放对 V_d 和 V_c 具有不同的放大能力。

任何一个运放，允许承受的 V_d 和 V_c 都具有一定限制。制造厂规定了运放的最大差模输入电压和最大共模输入电

压，使用时如果超出规定的允许范围，运放将不能正常工作，甚至造成永久性损坏。

除了上述主要引出端以外，运放还有用于输出调零、相位补偿的引出端，在一般原理图中没有划出。在许多电路中，往往连电源端边也不划，把运放看作只有输入、输出的三端器件。

2. 基本特性：在研究信号源、运放、负载之间可以用图2所示的模型来代表。对信号源来讲，运放相当于一个等效电阻 V_i ，称为输入电阻；对负载来讲，运放可以看作一个由电压源和内阻 V_o （称为输出电阻）串连起来的等效电源。

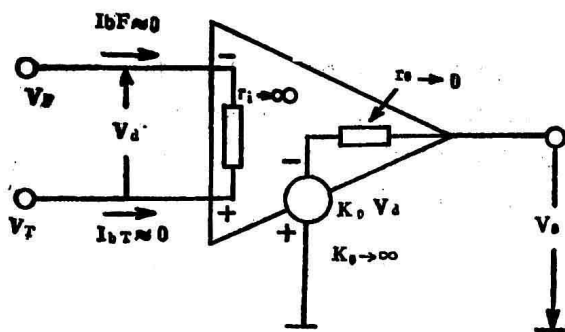


图2 运放简化模型

它具有以下基本性能：

(1)、(+)、(-) 端的输入电流很小，通常小于 $1\mu A$ ，可认为 $I_{bF} \approx 0$ ， $I_{bT} \approx 0$ 。不言而喻，在信号电压作用下它们的变化也极小，所以运放的输入电阻趋于无穷大，即 $r_i \rightarrow \infty$ 。

(2)、负载变化时输出电压 V_o 几乎不变。这表明输出

电阻很小, $r_o \rightarrow 0$ 。

(4) 输入、输出之间具有下列关系:

$V_o = K_o V_d = K_o (V_T - V_F)$ 式中 K_o 是运放的电压增益 (绝对值)。

如果 $V_T = V_F = 0$ 则 $V_o = 0$ 这表明零输入时零输出。

如果 $V_T = V_F = V_c$ 则 $V_d = 0$ 、 $V_o = 0$ 这说明运放对共模输入电压 V_c 没有放大能力。

通常 K_o 很大 ($K_o \rightarrow \infty$)，约 80-120db (即 $10^4 \sim 10^6$ 倍)，而 V_o 又受到最大输出电压的限制，只要运放工作在放大状态，就一定具有 $V_d \approx 0$ 这个特征。运放虽然对 V_c 没有放大作用，但并不是说 V_c 可以是任意值， V_c 的大小必须限制在共模输入范围内，否则不能正常工作。

综上所述，理想化的运放具有 $J_{bT} = I_{bF} = 0$ ， $r_i = \infty$ 、 $r_o = 0$ 、 $K_o = 0$ ， $K_c = 0$ (K_c 对共模输入的增益)、无失调 (即零输入时零输出) 等一系列特点，实际的集成运放当然不可能如此，但又很接近。

第二节 该机应用的几种典型电路

1. 同相输入运放

电路 (图3):

由于 $I_{bT} = 0$ ，所以

$$V_T = V_i$$

同时 $I_{bF} = 0$ ，所以

$$V_F = V_o \frac{R_1}{R_1 + R_2}, \text{ 故}$$

$$V_o = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot V_F \text{ 其增益 } K = \frac{R_1 + R_2}{R_1}。$$

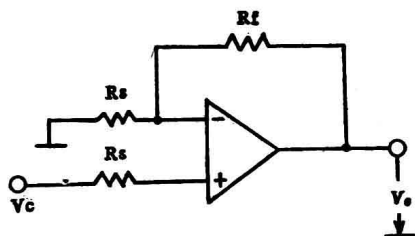


图3 同相输入运放电路

2. 反相输入运放电路

(图4)：所谓反相输入是指输入信号电压从反相输入端输入的，它和同相输入有些类似，输出信号电压

$$V_o = -\frac{R_f}{R_s} \cdot V_i; \text{ 其增益}$$

$$K = \frac{R_f}{R_s}, \text{ 如果 } R_f = R_s \text{ 时,}$$

$V_o = -V_i$ 这意味着输出信号电压和输入信号电压绝对值相等，符号相反。

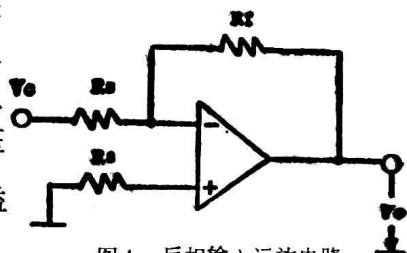


图4 反相输入运放电路

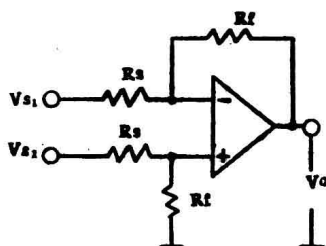


图5 差动运放电路

3. 差动运放电路 (图5)

差动运放电路的输出电压仅仅决定于两个输入电压 (V_{s1} 和 V_{s2}) 之差，而不决定于 V_{s1} 和 V_{s2} 本身的大小。

$$V_o = \frac{R_f}{R_s} (V_{s2} - V_{s1})$$

当 $R_f = R_s$ 时，放大率为 1，故 $V_o = V_{s2} - V_{s1}$ 。

4. 电压比较器 (图6)：本机应用的电压比较器是一个简单的单门限比较器，它主要是用来鉴别输入信号电平的相对大小，它的输出仅有两个电位，不是高电压就是低电位，这种高、低电位的获得完全取决于同相端和反相端电位的相对大小。如图6所示同相输入端加进一个正弦波电压信号，而反相端输入端加进一个直流电压信号，那么输出端输出一个高、低电压交错的电压信号。就是图6中的矩形波电压信号。

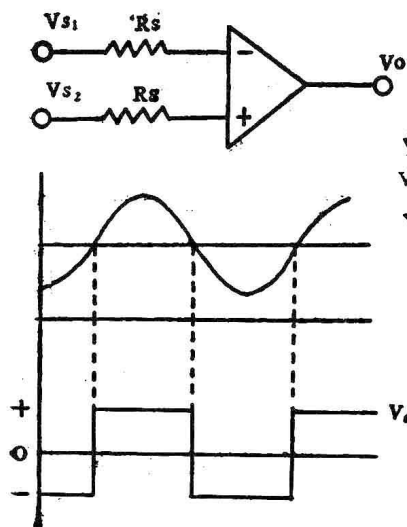


图6 电压比较器

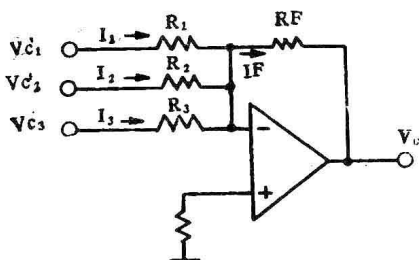


图7 加法运算电路

5. 加法和减法运算电路: 图7所示是一个具有三个输入的加法电路。由于, (-) 端虚地, $V_F = 0$, 各个输入电压产生的电流分别为 $I_1 = \frac{V_{i1}}{R_1}$, $I_2 = \frac{V_{i2}}{R_2}$, $I_3 = \frac{V_{i3}}{R_3}$, 这些电流全部流入 R_F , 组成 I_F , I_F 在 R_F 上的压降就是输出电压 V_o 。

所以, $V_o = -I_F \cdot R_F = - (I_1 + I_2 + I_3) \cdot R_F = -$

$$\left(\frac{R_F}{R_1} V_{i1} + \frac{R_F}{R_2} V_{i2} + \frac{R_F}{R_3} V_{i3} \right)$$

当 $R_1 = R_2 = R_3 = R_F$ 时 $V_o = - (V_{i1} + V_{i2} + V_{i3})$ 。

从上述可以看出输出电压等于分路电压之和, 符号相反, 这仅仅是反相输入加法电路, 当然还有正相输入加法电

路，只是符号相同。典型的减法电路就是对称差动放大器如图5所示，其工作原理不再重复。

6. 积分运算电路

(图8)：积分运算电路是对输入信号实现积分运算。该机电路中经常见到基本积分电路的，一旦输 V_i 以后，输出电压将在初始输出的基础上随时间而变化，其变化量的大小则正比于输入电压的积分。

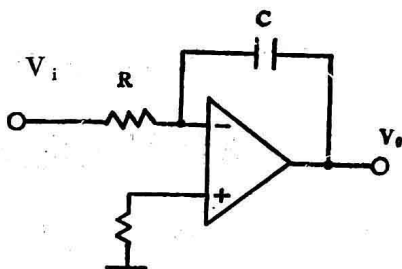


图8 积分运算电路

当零初始条件时，
$$V_o = -\frac{1}{Rc} \int V_i dt$$

如果 $V_i = \text{常数}$ 时，那么
$$V_o = -\frac{V_i}{Rc} t$$

第二讲 XHD150B-10型800毫

安X线机主电路分析

第一节 主电路（见分图501—06824M）

主电路是XHD150B-10型800毫安X线机的主体，所谓主体是指X线机电源回路、透视千伏摄影千伏的主控制回路。同时还有一些补助电路，在讲其他电路时，还要详细分析这些补助电路。

1. 主电路：（1）透视千伏主电路（见图9），它是由电源、自耦变压器、主可控硅等组成。电源是由三相200V进

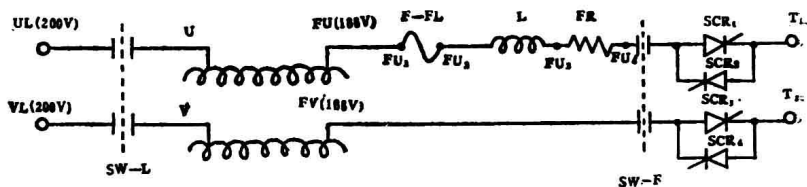


图9 透视高压主电路

电，经过电源继电器 SW-L三对常开接点到自耦变压器，在自耦变压器抽166V固定电压，那就是图中的 FU(166V)、FV(166V)。其中FU相→FU₁→熔断丝F-FL→FU₂→电感线圈L→FU₃→电源电阻FR(120W0.5Ω)→FU₄→透视予

上闸SW-F的另一组常开接点→主可控硅SCR₁、SCR₂→T₁（高压变压器初级）。FV相→透视予上闸SW-F的另一组常开接点→主可控硅SCR₃、SCR₄→T₂（高压变压器初级）。从分析中不难看出，高压变压器的初级供电固定在FU（166V）、FV（166V）两端上，因此电源是不能调节的，那么透视的仟伏调节完全是依靠改变电源电压的导通角来完成的，同时采用单相供电，这和摄影仟伏的调节完全不一样。图中的UL（200V）、VA（200Y）、WL（200V）是进电三相电源，但我国是采用三相380V供电，所以该机还需配上三相降压变压器，使三相380V降为200V，那就是图中所标的UL、VL、WL。

（2）摄影仟伏主电路（见图10）：摄影仟伏主电路也是由电源、自耦变压器、主可控硅等元件组成。高压变压器初

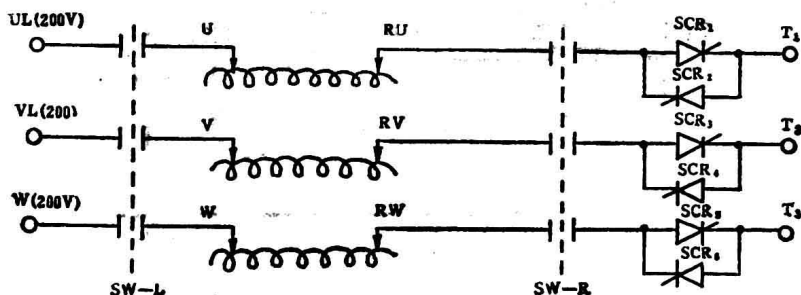


图10 摄影高压主电路

级T₁、T₂、T₃是由RU、RV、RW在自耦变压上取得电压的，而且是连续可调的，通过改变RU、RV、RW电压的高低可以改变摄影仟伏的高低。它和透视仟伏控制完全是两个独立控制系统。其中U相→自耦变压器→RU→摄影予上闸SW-R常开接点1、2→U→主可控硅SCR₁、SCR₂→T₁。V相

→自耦变压器←RV→摄影予上闸SW-R常开接点5.6→主可控硅 SCR_3 、 SCR_4 → T_2 。W相→自耦变压器→RW→摄影予上闸常开接点3.4→主可控硅 SCR_5 、 SCR_6 → T_3 。

2. 补助电路: (1) 补零电路(见图11)是由两个变压器 T_1 、 T_2 组成,代替了稳压电路。 T_2 是主变压器,初级 A_0 、 A_{200} 分别接自耦变压器U200、V200, A_0 、 A_{100} 、 A_{125} 、 A_{150} 、 A_{200} 、 A_{220} 供给较大容量的电源,如换片机AOT、PUK。因此线径比较粗,也不需要稳压。但次级侧的 L_0 、 L_{100} 、 L_{125} 、 L_{200} 、 L_{220} 是供给控制电路用的电源,因

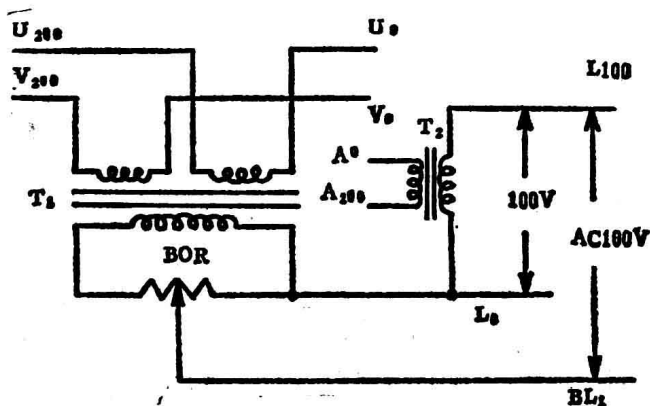


图11

此需要稳压,其稳压的工作原理是:在负载大的情况下,电源电压降比较大,初级 A_0 、 A_{200} 电压偏低,所以次级 L_{100} 、 L_0 就低于AC100V,为了保证在各种负载下使 L_{100} 、 L_0 始终稳定在AC100V,需要一个电流补偿变压器 T_1 , T_1 初级有两组线圈并分别串接在电源U200和V200上,其次级电压的高低取决于初级电流的大小,当初级电流大时 L_0 、 BL_1 电压

大，因为 $L_{100}BL_1 = L_{100}L_0 + BL_1$ ，即使 $L_{100}L_0$ 电压降低，但 L_0BL_1 电压增高。所以， $L_{100}BL_1$ 保持在一个稳定值。

(2) 磁予调结构：磁予调结构是岛津X线机的特点之一，因为高压变压器铁蕊在交流电流作用下反复地磁化和去磁，这样就有磁滞损失，这就是铁蕊特有的磁滞回线（见图12），磁滞回线所包含的面积越大，能量损耗也越大， H 为磁场强度， B 为磁感应强度，我们总是希望 B_m （剩磁）尽可能的减小，一般有两种办法可以减小 B_m ；

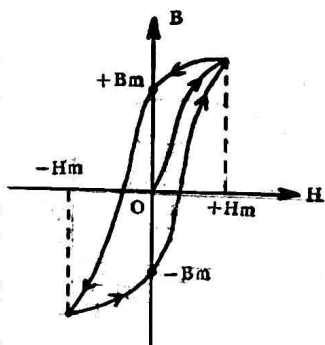


图12 磁滞回线

①选择磁滞回线狭小的软磁材料，如在高频电子电路中采用铁氧体等软性材料。

②采用磁予调办法，也就是本电路所采取的方法。在高压变压器初级电路中预先加上直流反向电压进行反向瞬间去磁，以抵消变压器剩磁，图13就是磁予调电路。

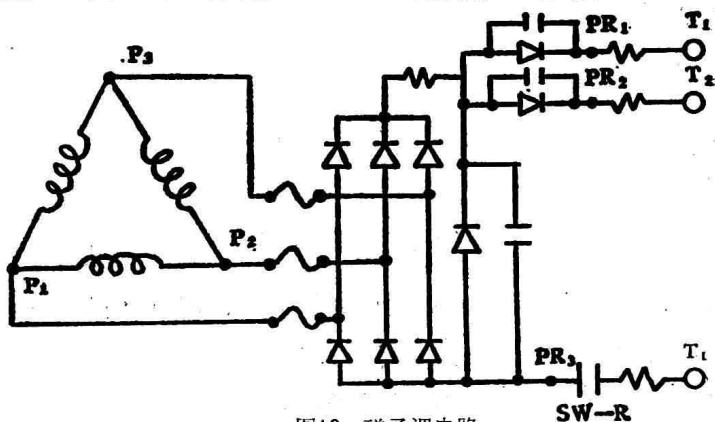


图13 磁予调电路

从图13中可以看出，在摄影时，摄影予上闸SW-R常开接点闭合，高压变压器初级 T_1 对 T_2 、 T_3 有一个-20V直流电压进行反向充磁以抵消交流电压所产生的剩磁。在透视时，因为负载小，而且采用单相供电，所以磁予调结构不起作用。 P_1 、 P_2 、 P_3 是绕在自耦变压器上的三组线圈，是三角形接法。

(3) 保护电路:

a. 防止过电压保护装置 (见图14)：在高压变压器初级 T_1 、 T_2 、 T_3 与地之间加三组对接稳压二极管，其效果相当一个齐纳二极管，其公用端与地之间还加上一组电源继电器SW-L常开接点，在接通电源时过载保护装置才被接入电路中，以防止高压初级电压过高。

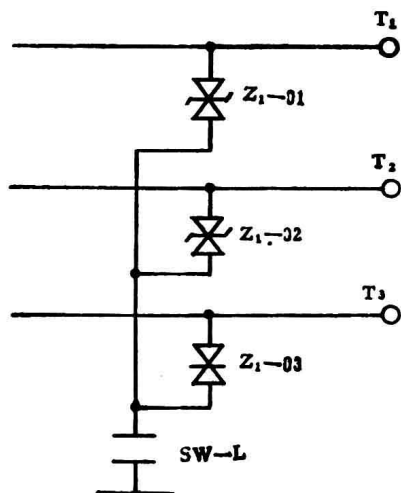


图14 过电压保护电路

b. 防止主可控硅损坏
的保护电路见图15当高压初级主可控硅 SCR_1 、 SCR_2 、 SCR_3 、 SCR_4 、 SCR_5 和 SCR_6 其中有一个或多个损坏时，此电路开始工作，以达到切断高压初级电路保护X线管不受损坏。在看此电路时，外接线端子10S的 NT_2 、 NT_1 到501-068160分图的时间控制电路的10s，因此是和时间限时电路有联系，图中UA、VA、WA为自耦变压器三组线圈， TR_1 、 TR_2 、 TR_3 为高压初级保护电路的平衡电阻，实际上已构成了一个电

桥电路,在正常情况下AB之间没有电流,因此继电器 K_2 -BU

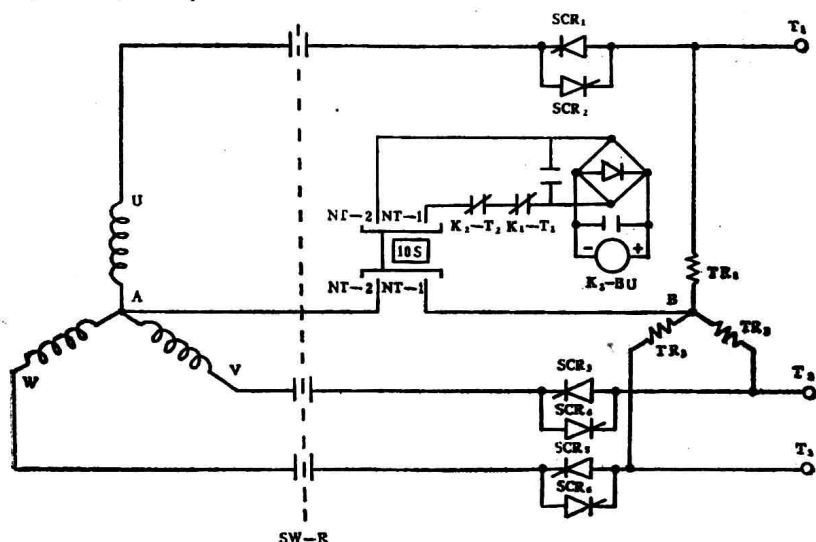


图15

是不工作的,但在主可控硅 SCR_1 - SCR_6 有一个或多个损坏时,平衡电桥已经破坏,AB之间有电流产生, K_2 -BU得电而工作,切断曝光回路,并且切断SW-R线圈电路,这样就起到了保护作用。从图中还可见到 K_2 - T_2 、 K_1 - T_1 的常闭接点串连在电路中,在曝光时继电器 K_2 - T_2 、 K_1 - T_1 是工作的,如果在曝光过程中主可控硅损坏时,那么此电路是不起保护作用的只有曝光前电路才起保护作用。

(4) 外接线端子: 岛津X线机的电路图不是采用一张完整的电路图,因为电路比较多,也比较复杂,所以采用分图,而分图之间接线端子连接起来,要想分析好电路图,必

须熟悉接线端子的来向与去向。常用符号 $\boxed{\quad}$ 表示，并注明从那张图来到那张图去，符号 $\boxed{\quad}$ 中的字母有一个简单的规律，如 $\boxed{S}$ 是从限时器控制电路图来的， $\boxed{M}$ 是从毫安表电路图来的， $\boxed{C}$ 是从毫安选择电路图来的， $\boxed{P}$ 是从过荷保护电路图来的， $\boxed{F}$ 是从透视仟伏控制电路图来的， $\boxed{K}$ 是从摄影仟伏控制电路图来的， $\boxed{R}$ 是从电机控制电路图来的， $\boxed{E}$ 是从稳压电源电路图来的……只要记住 $\boxed{\quad}$ 中的字母就能大概知道它的去向。下面就以主电路图的符号加以说明： $\boxed{12C}$ 中 CT_1 、 CT_2 、 CT_3 、 CT_4 是降压变压器初次级接线头，它们是从 501-06825M 2/2 分图毫安控制电路图中来的，是毫安检测变压器。 $\boxed{7C}$ 是到毫安控制电路去的， C_1 、 C_2 是 X 线管灯丝电源， CP 、 C_1 是大焦点低温加热电源。 $\boxed{5C}$ 是到毫安控制电路中的毫安衰减电阻。 $\boxed{18E}$ 是供给稳压电源电路电源电压。 $\boxed{6E}$ 是稳压电源电路来的，供给旋转阳极启动器电路的直流电压。 $\boxed{16E}$ 是电源供给电路的交流电源。 $\boxed{6F}$ 是供给透视仟伏控制电路中的驱动电路电源。

$\boxed{1F}$ 是从透视仟伏控制电路来的触发信号，触发主可控硅。 $\boxed{9F}$ 是到透视仟伏控制电路去的检测变压器电源。

$\boxed{2F}$ 是透视仟伏控制电路的电源整形电源。 $\boxed{1B}$ 到曝光方式 1。 $\boxed{2S}$ 是限时器控制电路的曝光控制信号。 $\boxed{10S}$ 是