

# 医学仪器

## X 射线机

### 第二册

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》由施廷华同志主编。

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。

编 者

一九八五年六月 于 昆 明

# 目 录

第八章	限 时 器	1
第一节	发条式限时器	1
一、	手握发条式限时器的结构及工作原理	2
二、	电路	4
三、	防突波电阻	5
第二节	同步电动机限时器	7
一、	蔽极电动机	7
二、	磁阻式单相同步电动机	9
三、	频率对同步电动机的影响	10
四、	同步电动机限时器的结构	11
五、	同步电动机限时器的控制电路	12
六、	对数电动机式限时器	12
第三节	电子管限时器	14
一、	电容与电阻的延时作用	14
二、	三级电子管应用于限时器的一般原理	22
三、	电容器的充电电源	27
四、	曝光时间的选择方法	29
五、	电子管限时器电路分析实例	30
第四节	电子管毫安秒限时器	43
一、	毫安秒限时器的基本原理与作用	43
二、	毫安秒限时器的实际电路	44
第五节	辉光放电器式限时器	47
一、	基本工作原理	47
二、	F30-11B型辉光放电器限时器	49
第六节	闸流管限时器	51
一、	闸流管的特性	52
二、	闸流管限时器电路	55
第七节	电子同步限时器	59

一、移相器	59
二、KC-400型X射线机同步限时器电路	62
三、KC-400型X射线机限时器的调整	67
四、限时器中有关的绝缘表面注意点	83
五、DLX-500型X射线机同步限时器电路	85
第八节 光电管限时器	98
一、光电管限时器的基本原理	98
二、光电管限时器的基本结构和应用	98
三、光电管限时器的实例	99
第九节 电离室式限时器	107
一、电离室式限时器的基本原理	107
二、电离室式限时器实例	108
三、电离室式限时器的工作程序	113
第十节 晶体管与可控硅限时器	114
一、简单的晶体管控时电路	114
二、XG-200型X射线机晶体管控时电路	116
三、NSI-500型X射线可控硅控时器	117
第十一节 电动机和机械式限时器的一般常见故障	121
一、动力部分	121
二、传统系统	122
三、接点部分	123
第十二节 电子管限时器的一般故障	124
一、电容器	124
二、电阻器	127
三、高灵敏继电器	130
四、电子管的问题	130
五、几种电子管限时器的常见故障	132
第九章 高压整流电路	137
第一节 半波自整流电路	137
第二节 半波自整流机器中X射线管的电流和功率的计算	139
第三节 半波自整流机器中的电压降	147
第四节 逆电压衰减装置	153

第一节	逆电压衰减器的原理	153
第二节	逆电压衰减器的调整方法	154
第五节	初级电路中有整流管的半波线路	155
第六节	次级电路中有整流管的半波线路	158
第七节	两个X射线管的自整流线路	162
第八节	四整流管桥式整流线路	164
第九节	六整流管桥式整流线路	168
第十节	脉动倍压线路	173
第十一节	脉动倍压线路机器中的电流、X射线管功率以及电压降的计算	178
第十二节	恒电压倍压线路	184
第十三节	三倍增压线路	191
第十四节	多倍增压电路	197
第十五节	各种整流线路在X射线方面的比较	198
第十六节	高压整流管故障	203
一、	灯丝损坏	203
二、	阳极问题	204
三、	真空问题	205
四、	整流管真空度降低的原因	208
五、	高压电场作用的现象	208
第十七节	X射线机中的过电压	209
	第十章 仪 表	219
第一节	毫安表	219
一、	毫安表的基本原理	219
二、	毫安表的结构	222
三、	毫安表的电路和计算	225
第二节	毫安秒表	227
一、	毫安秒表的基本原理	227
二、	毫安秒表的结构	228
第三节	电压表	230
一、	磁电式电压表的基本原理	230

234	二、电磁式电压表的基本原理	234
238	第四节 安培表	238
239	第五节 管电流测量电路和电容电流抵偿	239
239	一、管电流的测量	239
240	二、管电流的测量电路	240
242	三、用毫安秒表测量管电流及其电路	242
243	四、电容电流及抵偿方法	243
246	五、高压变压器潜布电容电流抵偿电路	246
248	第六节 管电流测量电路的故障	248
248	一、毫安表的故障	248
248	二、全波整流或恒倍压整流机器毫安表整流器的故障	248
249	三、防电涌装置的损坏	249
250	四、毫安表测量系统中的断线问题	250
250	五、接错线的问题	250
251	六、电容电流抵偿器的故障	251
251	七、毫安表的其他故障	251
251	八、静电影响	251
252	第七节 磁电式电流表的修理方法	252
252	一、故障的检查和修理	252
256	二、灵敏度和内阻的测定	256
259	第十一章 控制线路	259
259	第一节 管电压的控制方法	259
259	一、用继电器控制初级电路的方法	259
260	二、用可控硅控制初级电路的方法	260
263	三、初、次级配合控制的方法	263
263	四、三级X射线管控制次级电路的方法	263
265	第二节 透视摄影控制线路	265
265	一、透视控制线路	265
266	二、摄影控制线路	266
268	第三节 摄影控制线路中的延时器	268

308 一、热控式延时器	268
308 二、热膨胀丝式延时器	269
308 三、电容器式延时器	270
018 四、充气二级管式延时器	272
318 五、三级管式延时器	272
318 六、电动机式延时器	274
第四节 旋转阳极启动电路	274
一、电路原理	274
318 二、旋转阳极启动电路实例一	275
三、旋转阳极启动电路实例二	277
四、旋转阳极启动电路实例三	278
第五节 滤线器摄影的控制电路	281
一、油泵式滤线器摄影控制电路	281
二、凸轮式滤线器控制电路	282
三、振动式滤线器摄影控制电路	284
第六节 胃肠(点片)摄影控制电路	285
一、胃肠摄影控制电路的特点	285
二、KB-400型X射线机的胃肠摄影控制电路	286
第七节 体层(断层)摄影控制电路	287
第八节 控制电路的故障修理	289
一、延时电路中的常见故障	289
二、旋转阳极启动电路中的常见故障	291
第十二章 仟伏补偿	297
第一节 仟伏补偿的原理	297
一、电压降的产生	297
二、X线管两端的电压降	298
三、仟伏补偿与胶片感光效应的关系	298
四、试验方法	301
第二节 仟伏预示方法	302

823	一、用曲线对照表预示仟伏补偿	303
868	二、用电压表间接指示仟伏	308
078	三、设置仟伏补偿电路	309
878	四、测量补偿的方法	310
第五节	仟伏补偿电路与高压初级电路	312
478	一、利用电阻进行仟伏补偿的高压初级电路	312
478	二、利用辅助变压器进行补偿	313
478		
818	第十三章 X射线管灯丝和整流管灯丝电路	316
878		
818	第一节 X射线管灯丝电路	316
868	一、X射线管灯丝加热电路	316
108	二、有稳压装置的双焦点X射线管灯丝电路	317
848	第二节 有空间电荷补偿的灯丝电路	319
868	一、用变压器补偿	320
888	二、用电阻补偿	321
508	三、用变压器和电阻组成的联合补偿电路	322
888	第三节 管电流的几种特殊补偿	326
788	一、X射线电视系统管电流的自动补偿原理	326
868	二、断层摄影管电流自动补偿原理	327
788	三、间接摄影管电流自动补偿原理	328
868	第四节 管电流自动接续降落负载原理	329
868	第五节 整流管灯丝变压器初级电路	333
788	第十四章 X射线管安全使用保护电路	337
	第一节 机械联锁保护电路	337
108	第二节 电子管保护电路	338
	第三节 晶体管保护电路	340
088	第四节 可控硅保护电路	342



## 第八章 限时器

限时器是控制X射线曝光时间的。最简单的方法是将限时器的控制开关串接到X射线机高压初级电路上。利用限时器的机械作用或电磁作用，使控时开关接通或者断开高压初级电路，如图8-1所示。 $T_1$ 为高压变压器，S为控时开关。当S接通时则 $T_1$ 有电，X射线发生。

限时器的种类很多，其精确度也不一样。大容量的X射线机要求精确度在千分之几秒以内，小容量的X射线的限时器误差不应超过十分之一秒。现将限时器分类如下：

发条式限时器；

同步电动机限时器；

电离室限时器；

电子管限时器；

毫安·秒式限时器；

辉光放电管（稳压管）限时器；

闸流管限时器；

光电管限时器等。

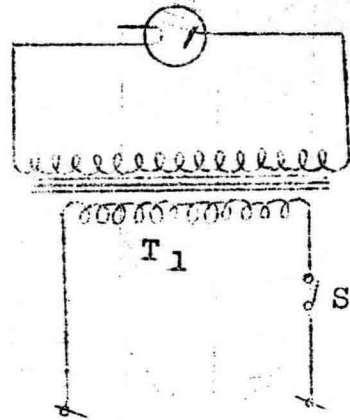


图8-1 最简单的限时器控制电路

### 第一节 发条式限时器

发条式限时器是机械限时器中比较简单的一种。它利用盘紧的发条，制动一系列齿轮装置控制接触点S，由此而达到控制曝光时间的目的。我们常见的手握发条式限时器，其限时范围在10秒以内，限时的精确度为 $\frac{1}{10}$ 秒。图8-2为限时器的外形。

## 1. 手握发条式限时器的结构及工作原理

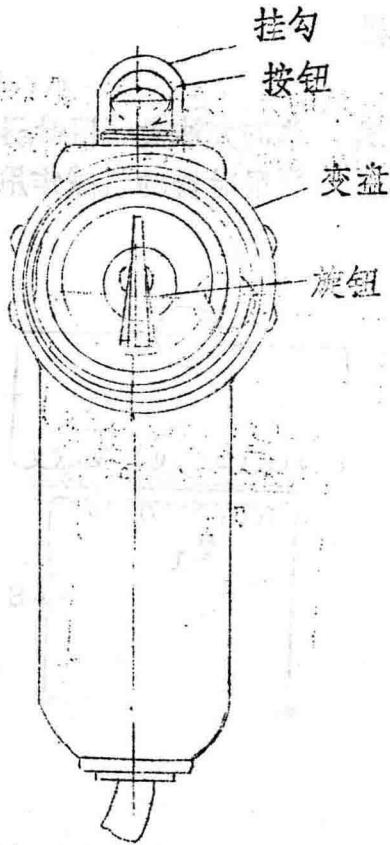


图8—2 手控限时器外形

手握发条式限时器结构，如图8—3所示。

手握限时器的工作情况：

把时间选择钮8，拨至预定的曝光时间刻度板10的指数上。由于定时器26与时间选择钮8是联动的，所以当时间选择钮8拨动后，定时器26也相应地转动一个角度，这个角度的大小，决定曝光时间的长短（当时间选择钮8，指在曝光时间刻度板10的零位时，定时器26顶着金属片31，曝光按钮1就会压不下去，因而接点16就不能接通，X线就不能发生）。

摄影时，按下曝光按钮1，通过联杆24和连杆22，作用于电木压迫器21上，使接点16接通。接点16控制X射线机的高压初级电路，因而曝光开始。

压迫器23、联杆24、连杆22、电木压迫器21是联动的机件，受曝光按钮1控制。按下曝光按钮1的同时，压迫器23顶开弯曲金属板30，使擒纵轮销注7离开擒纵轮5，发条14开始作用于齿轮12上使之转动，带动其它齿轮一起转动，开始计时。

定时器26与齿轮12是同轴联动的，它带动定时器26向它原来的位置转动，到预定时间后，把金属片31打向一边，使压迫器23离开阻挡板25，连杆22借助弹簧27的拉力，向上拉起，带动电木压迫器21离开接点16，接点16断开，切断了高压初级电路。

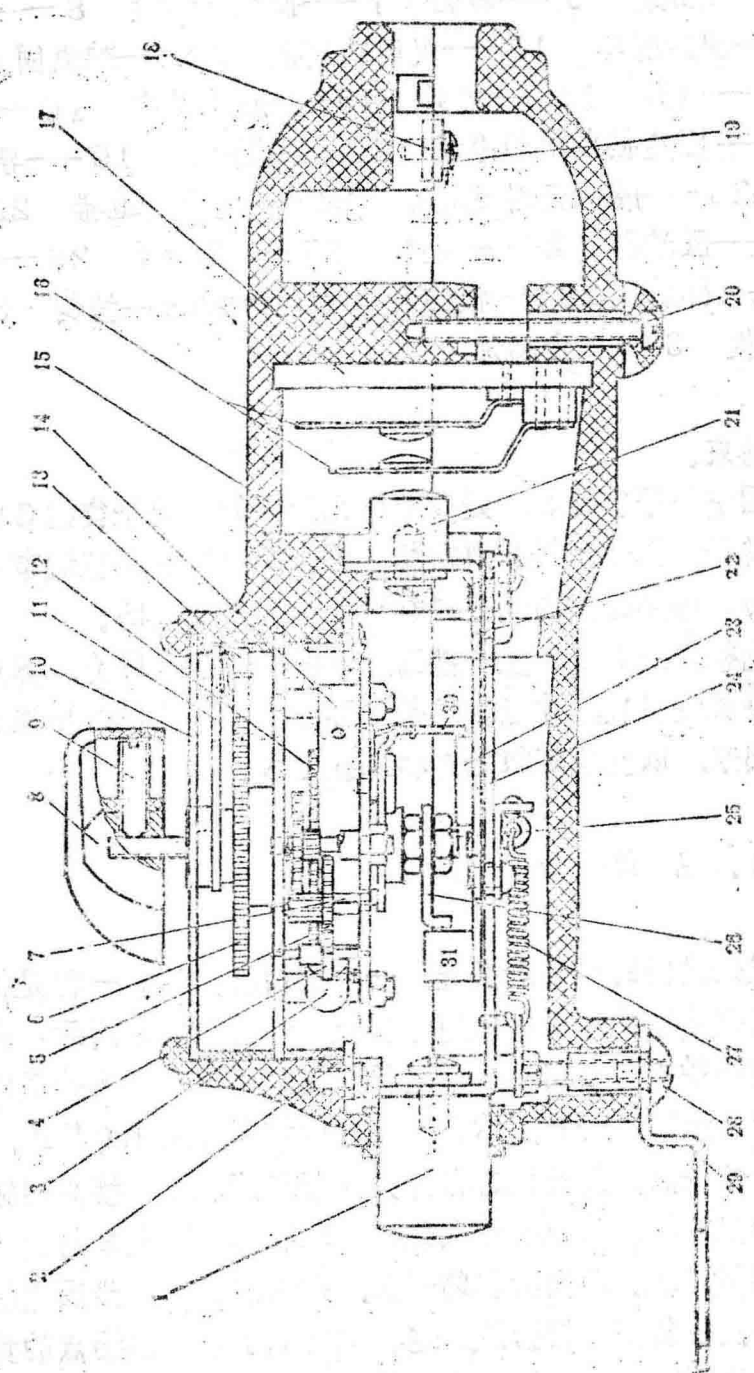


图 8-3 手操定时器的剖视图

1——暴光按钮 2——固定环压圈 3——平衡锤 4——摆动器  
 5——擒纵轮 6——棘轮 7——擒纵轮销柱 8——时间选举钮  
 9——固定螺丝 10——限时刻度板 11——棘爪固定器  
 12——棘爪 13——发条 14——胶木外壳 15——接点  
 16——固定接点用绝缘板 17——绝缘垫 18——导丝线固定  
 螺 20——胶木壳固定螺丝 21——电木压迫器 22——连杆  
 23——压迫器 24——联杆 25——阻挡板 26——定时器  
 27——弹簧 28——挂钩固定螺丝 29——挂钩 30——弯曲  
 金属板 31——金属片

曝光结束。

图中的平衡锤3，是调节曝光时间的。把平衡锤3向后拉，曝光时间增长；把平衡锤3向前推，曝光时间缩短，但调节时间的范围是不大的。曝光时间的调整是靠发条14来完成的。

先将发条14上一些劲，使其有适当的弹力，然后再进行调整，有时要反复多次，才能把发条的弹力校准。调整时要注意发条不要突然放出来，以免损坏棘轮6和棘爪13。

## 2. 电 路

发条式限时器的开关连，一般有两种方法：一种是将限时器的接触点直接串联到高压初级电路里上，如图8—4所示；另一种是将限时器的接触点串接到高压继电器线圈电路中，再通过继电器去控制高压初级，如图3—5所示。前一种的控制方法比较简单，但这种控制法有一个缺点，就是限时器开关通断速度较慢，接点间容易引起电弧，而把接点烧坏。为免去此项缺点，现在各种类型X射线机多数采用间接的控制方法。即限时器的开关，控制继电器的线圈电源，再由继电器的接点控制变压器初级，这样就减低了限时器接点的负荷量（因为继电器线圈通过的电流是很小的），延长了限时器接点的使用寿命。

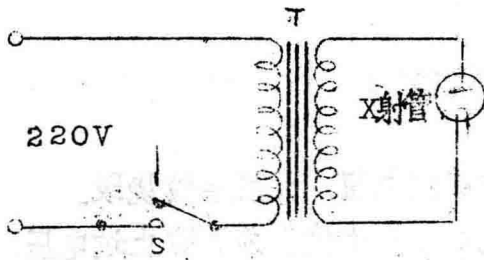


图 8-4 限时器接点直接控制高压初级电路

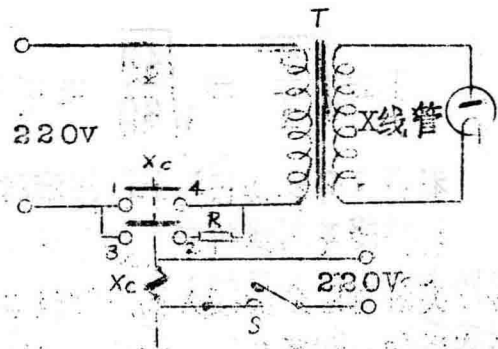


图 8-5 限时器接点间接控制高压初级电路

### 3. 防突波电阻

防突电阻是为了防止当开关或继电器接点接通或断开瞬间（主要是断开的瞬间），在接点间产生的高频电流（即突波），如果让这种电流输入到高压初级绕组内，则使次级绕组的感应电压突然升高（因为变压器的感应电压和频率成正比），使变压器产生的电压超过该变压器的额定电压的许多倍，可能使变压器击穿，X射线管的玻璃被击裂或者其它高压元件被击坏。为消除因突波引起的过电压，利用一个电阻，接到开关电路上（或用电容器跨接到变压器初级两端，使高频电流被旁路入地），使接点在接通（或断开）的瞬间先通过电阻，产生一个电压降，以此避免过电压。

防突波电阻在电路上的连接如图 8-5 所示。防突波电阻 R 与接点 2、3 相串连，与 1、4 相并联。当开关（或继电器接点）动作时，首先使 2、3 接点接通，在这短暂的时间里，使电阻 R 串入电路中，在 R 电阻上产生一个电压降，防止了过电压。1、4 接点接通，此时将 R 电阻短路，电流不再经过电阻，而经过接点 1、4。当切断时，接点 1、4 先离开，电阻又再起作用，后再使 2、3 切断。

防突波电阻一般为 15~40 欧，10~50 瓦；要看 X 射线机的容量而定。电流流过防突波电阻的时间不允许过长，否则电阻即被烧坏。例如一只 40 瓦 20 欧的防突波电阻，所能允许最大电流为：

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{40}{20}} = 0.71 \text{ 倍} \times 2$$

若以 10 安培电流长时间流过防突波电阻，无疑会被烧毁。

在治疗 X 射线机中（如 150~400 千伏）为了防止过电压，将防突波电阻分段接入高压初级电路。这种分段接入法，是用继电器来实现的。如图 8-6 所示，当运用闸 GB 拨至抽头 3 时，主继电器  $K_1$  工作接点 4~5、6-7、8-9、10-11 接通，这时电流由  $A \rightarrow 8/9 \rightarrow T_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_1 \rightarrow 6/7 \rightarrow B$ 。 $K_1$  的 10/11 接点，接通  $K_2$  继电器的供电。 $K_2$  继电器工作，这时电流  $A \rightarrow K_1 8/9 \rightarrow T_1 \rightarrow R_1 \rightarrow K_2 12/13 \rightarrow K_1 4/5 \rightarrow B$ 。 $K_2$  的 14/15 接，接通  $K_3$  继电器的供电， $K_3$  继电器工作，这时电流

$\langle K_1 8/9 \rightarrow K_2 20/21 \rangle \rightarrow T_1 \rightarrow K_3 16/17 \rightarrow K_1 4/5 \rightarrow B$ 。

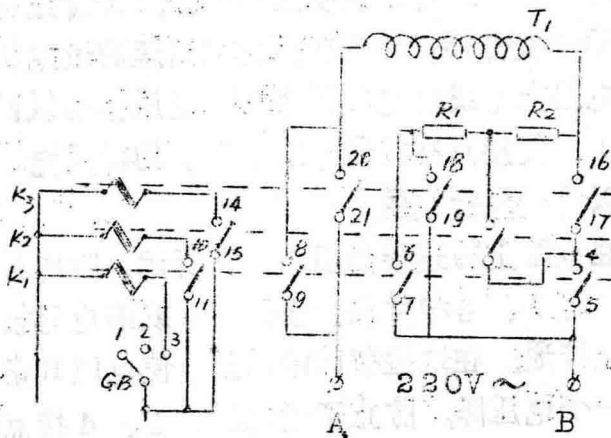


图 8-6 分段接入法

切断的过程，主继电器  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$  动作程序恰好与闭合时的情况相反。F34-1 深部治疗 X 射线机即采用三段加压电路，每隔 1.5~3 秒，放电管自动把继电器接通电源拨除高压初级电路上串联的电

阻，以消除突波的作用。

## 第二节 同步电动机限时器

电动机的种类很多，在限时器中是采用同步电动机。一般常见的同步电动机有两种，即蔽极电动机和磁阻式单相同步电动机。现将这两种电动机的一般原则介绍如下：

### 1. 蔽极电动机

当电动机的转子在磁场中旋转时，其速度始终保持恒定，这是同步电动机最主要的特点。一般交流感应电动机做不到这一点，因为定子线圈通的是正弦波交变电流，电流波的正负最大值和零值变化，必定引起磁场也出现正负最大值和零值的变化，故其转子的旋转也和磁场的变化一致。由于同步电动机具有恒定速度的特点才保证测量时间的准确性（因为时间的变迁是按正弦波的连续变化）为了保证转子的旋转恒定，须在定子上增加一个蔽极线圈，就能使转子恒定的旋转。图8-7所示，即为蔽极电动机的工作原理。图中：1—定子凸极。2—蔽极；3—转子。

当主线圈接通正弦波交变电流后，主线圈电流和磁场由零值开始上升时，如图8-8甲所示。根据楞次定律，蔽极短路线圈中感应电动势和感应电流的方向，和线圈电流方向相反，阻止磁力线的增加，结果使有蔽极线圈部分只有磁力线，大部分磁力线是通过没有蔽极线圈部分。这时磁场的中心接近没有蔽极部分中心。当主线

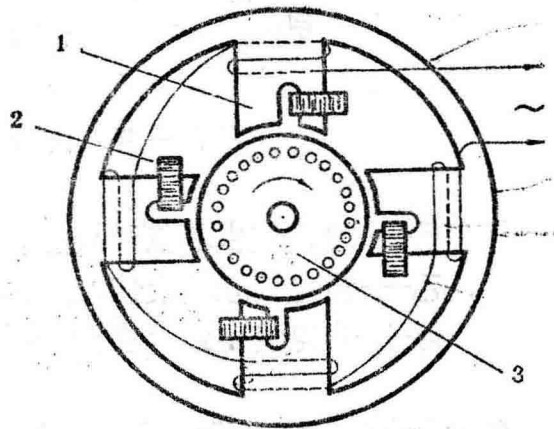


图8-7 蔽极电动机

圈电流由零逐渐上升到最大值时，如图 8-3 乙所示，由于电流增长的速度已逐渐减少，因此短路线圈中感应电动势和感应电流的数值也跟着逐渐减少，这时主线圈所产生的磁场可以使整个磁极中通过均匀的磁力线，磁场的中心便逐渐移向整个磁极的中心。当主线圈电流由最大减低时，如图 8-3 丙所示，整个磁极的磁力线也跟着减少，根据楞次定律，短路线圈中感应电动势和感应电流的方向是阻止磁力线的减少，也就是和主线圈电流的方向相同，可以使有蔽极部分维持较

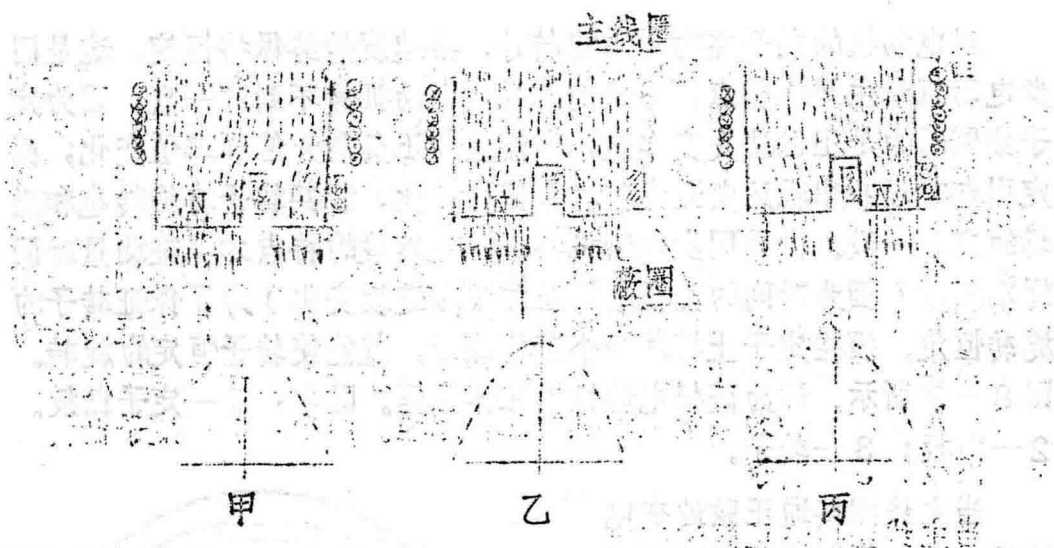


图 8-3 线圈电流和磁场变化情况

甲——当电流由零值开始上升时，电极上磁场的分布。

乙——当电流至最大值时，电极上磁场的分布。

丙——当电流由最大值开始下降时，电极上磁场的分布。

多的磁力线。这时没有蔽极部分的磁力线减少，所以磁场中心便移向蔽极部分，当下半周的反方向电流在主线圈中通过的时候，反方向磁力线(S)也可以发生连续向前移动的磁场。根据以上所述，蔽极线



圈好象一个自动补偿绕组。当主绕组电流减少的时候，蔽极线圈则产生一个维持电流，以补偿磁场强度减弱，保证了转子的恒定旋转。

蔽极电动的起动原理和割相电容器起动相似。如果电动机用串联电容器（或电阻）来提起动绕组电流的相位。蔽极电动机利用短路线圈来延迟蔽极部分磁场变动，这二种方法可以使转子获得起动转矩。

## 2. 磁阻式单相同步电动机

磁阻式单相同步电动机的启动，和蔽极电动机相同。图 8-9 a 所示为限时器内的单相同步电动机，在定子子轭 1 上

绕着一个匝数很多的主场线圈，用来给定子以交磁场。定子铁芯 2 是由许多矽钢片迭成，有一对凸出的磁极 3，在极面上嵌有蔽极线圈 4，使极面产生和旋转磁场作用相似的移动磁场。转子是几个紧压在转轴上的硬钢圆盘，沿圆盘横档的磁阻最小。当电动机开始起动的

时候，由定子极面所产生的移动磁场，可以使各转子圆盘中感应回路的电流，这和前面谈过的蔽极电动机一样，在转子中产生小量的起动转矩，达到接近于同步的转速。当转子还没有达到同步转速的时候，由于旋转磁场和转子间有着一定的转差速度，转子和定子磁场，并不是经常保持着最小的磁阻，由于定子磁场具有使磁力线在磁阻最小的地方通过的性质。所以与磁阻逐阻减少到最小的时候，也就是说转子达到沿圆盘横档的地方，定子磁场可使转子的转速上升，达到和定子磁场相等的同步转速，彼此间经常保持最小磁阻，这种同步电动机的转速很高（在 50 周/秒标准频率时，每分钟 3000 转）必须通过一套齿轮，使之减速，如图 8-9 b 所示。

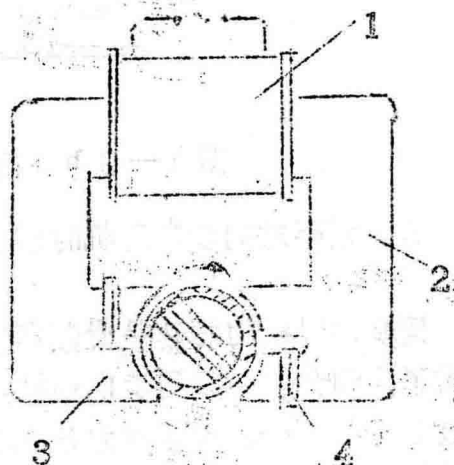


图 8-9 a 磁阻式同步电动机

1. 减速齿轮 2. 转子 4. 蔽极线圈