

# 太阳磁场望远镜扫描器驱动控制电路

陈志斌

(南京天文仪器厂)

恽嘉陵 谭作武 李威

(北京电工研究所) (北京天文台)

为了获得在太阳像面上，天文工作者所感兴趣的某区域的“黑子”磁图，本望远镜设计了机械扫描器。也就是，小方孔作机械扫描来逐点取信号，经过光电转换，信号接收处理来获得我们所需要的磁图。本文就扫描器驱动控制电路作一介绍。

## 一、小方孔扫描器

### 1. 要求：

小方孔孔径为  $2'' \times 2''$ ;  $4'' \times 4''$

要求逐点位移，重复性能好。

有四种工作方式，由表一来表示。

表 —

x 点数	y 行数	积分时间	分辨力	扫描区间
41	45	0.5 <sup>s</sup>	4'' × 4''	3' × 3'
41	45	1.5 <sup>s</sup>	4'' × 4''	3' × 3'
41	55	0.5 <sup>s</sup>	4'' × 4''	3' × 4'
81	55	0.5 <sup>s</sup>	2'' × 2''	3' × 3'

### 2. 扫描方式：

采用步进电机驱动扫描器。这样，扫描器作跳步式位移，而不是连续式位移，因此，有助于改善“走停”比例。我们可以使扫描器位移时间短，而停在各点的时间长，使各点积累的信号增强，提高了信噪比，为测量弱的太阳磁场信号创造了条件。例如，要求步进电机的最高带负载启动频率为 50Hz，因此，每步动作时间即为 20ms。实际上，扫描器最快速度为每步 0.5 秒，所以，在理论上“走停”比例为 1:25。由于电机制造上的问题，机械惯性等因素，实际“走停”比例要小一些。

### 3. 扫描路线：

示意图由图一表示：

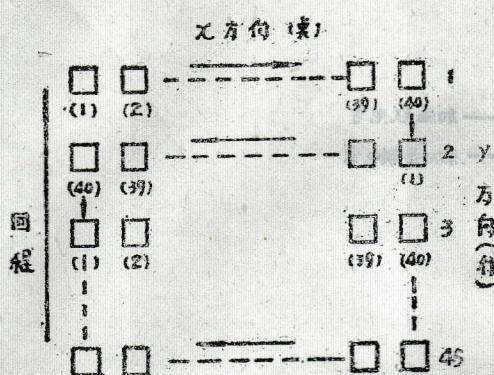


图 1

图一中，小方孔开始停留在第一行的(1)位置上。当x方向第1个脉冲信号来时，小方孔移动到位置(2)上，同时打印出位置(1)的信号，其余类推。为了得到位置整齐的打印结果和便于数据处理，利用y方向移行的第一个脉冲，把(40)位置上的信号也打印出来。这样，x方向的从(1)到(40)，这41个点的位置信号都打印下来了。利用y方向移行的第2个脉冲使打印机空走纸（行与行之间产生一个空行）。移行后，小方孔位于下一行的(1)位置上。x方向脉冲再来时，小方孔反向运行，其余动作过程相同，直到走满45行，y方向电机反转，小方孔回到原点。图二中，箭头所标的方向，为小方孔运行的路线。x方向和y方向各有一只相同的步进电机来驱动。

## 二、电机的选择

我们选用了中国科学院电工所研制的BY-50三相永磁步进电机。该电机的步距角为 $30^\circ/60^\circ$ 。经使用数年，证明其性能良好，满足使用要求。其矩频特性由图二表示：

该电机的工作原理是：电机由定子和转子二部份组成。转子为圆柱形磁钢制成，充成N, S二个极。定子由冲有齿槽的矽钢片迭装而成。电机的三相绕组按一定次序镶嵌在定子槽中。当改变定子绕组的通电次序，电流大小和方向时，定子磁轴位置也按一定的次序变化。因为定转子磁极的N, S极相吸，即定子磁轴总要吸引转子磁轴到同一方向上，这样就迫使转子也按一定的角度和顺序旋转。图三为其示意图。

三相绕组的通电状态由环行分配器控制。当环行分配器工作状态是：ABC→BCD→CDE→DEF→EFA→FAB，磁轴为 $60^\circ$ 间隔，电机每步走 $60^\circ$ 。当环行分配器的工作状态是：ABC→BC→BCD→CD→CDE→DE→DEF→EF→EFA→FA→FAB→AB时，磁轴为 $30^\circ$ 间隔，电机每步走 $30^\circ$ 。

应用在这台望远镜上具有以下优点：

1. 由于步进电机在一整圈运行中无累积误差，步距精度为 $60^\circ \pm 1.5^\circ$ ，在一幅图象扫描结束后，（例如2255个点），扫描器仍回到起始点。因此，正常工作时，扫描器不需要校零点。
2. 电机的重复性能好，基本能实现幅与幅磁图的点点对应。
3. 定位准确。在实验室带扫描器负载时，行的定位精度在1~2丝。
4. 由于采用了大步距，可相应减少了机械传动比，使之结构简单，同时也使电路控制简化。

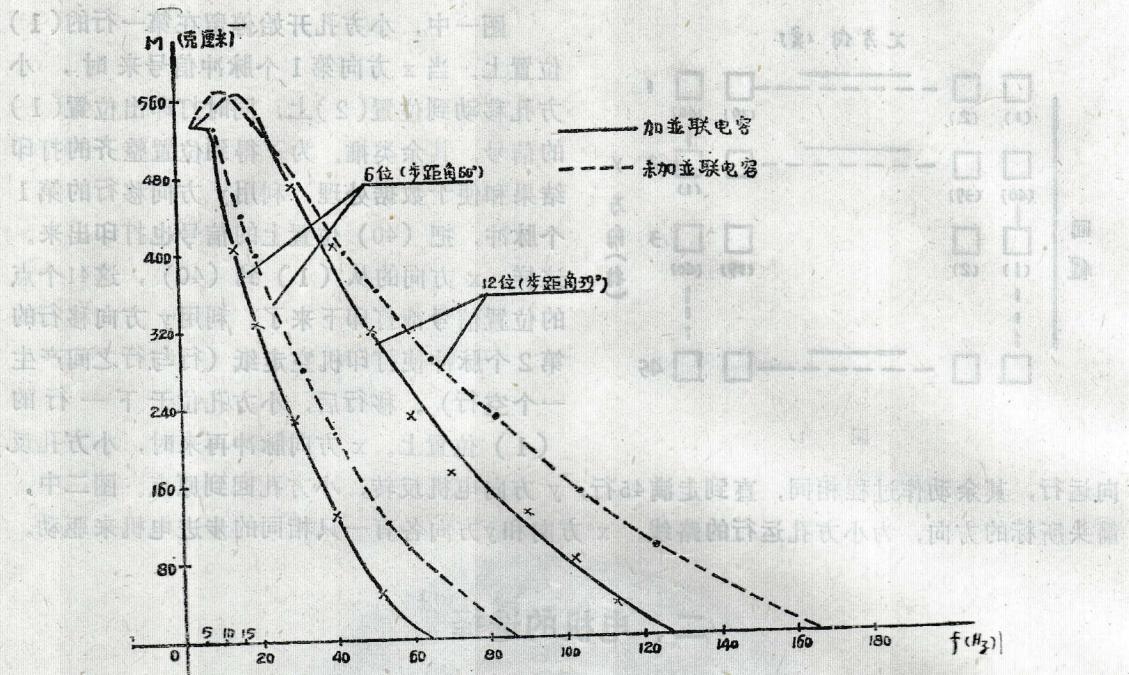


图 2 步进电机转矩与频率的关系

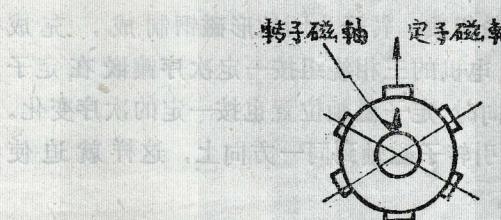


图 3

### 三、驱动控制原理

扫描器电驱动控制原理方框图由图四表示。简要说明如下：

通电后，首先清零，使双稳态触发器 $C_1 \sim C_8$ 均置零，形成如图四所示的各状态。脉冲由 $6A_{11}$ 加入，加在单与非门1和单与非门3的输入端。当启动信号加入后，触发器 $C_1$ 翻转，门1被打开，驱动脉冲加入x方向，经单与非功率门2输出后，此脉冲一路加在x环行分配器、x功率放大器，使x方向电机运行；另一路经延迟110ms后，加在十进可逆计数器2上，（延迟的目的是为了使打印点数与实际标号相符）。这样x方向电机一步一步走，可逆计数器1和2也在不断正计数，当计满41点时，与或非门14便产生一个负的跳变脉冲（其逻辑和状态请看图五和表二）。该负跳变脉冲，一方面使 $C_1$ 翻转，将门1关闭；另一方面使 $C_2$ 翻转，门3被打开。门3被打开后，经功率门4输出的第1个脉冲，一方面使y方向环行分配

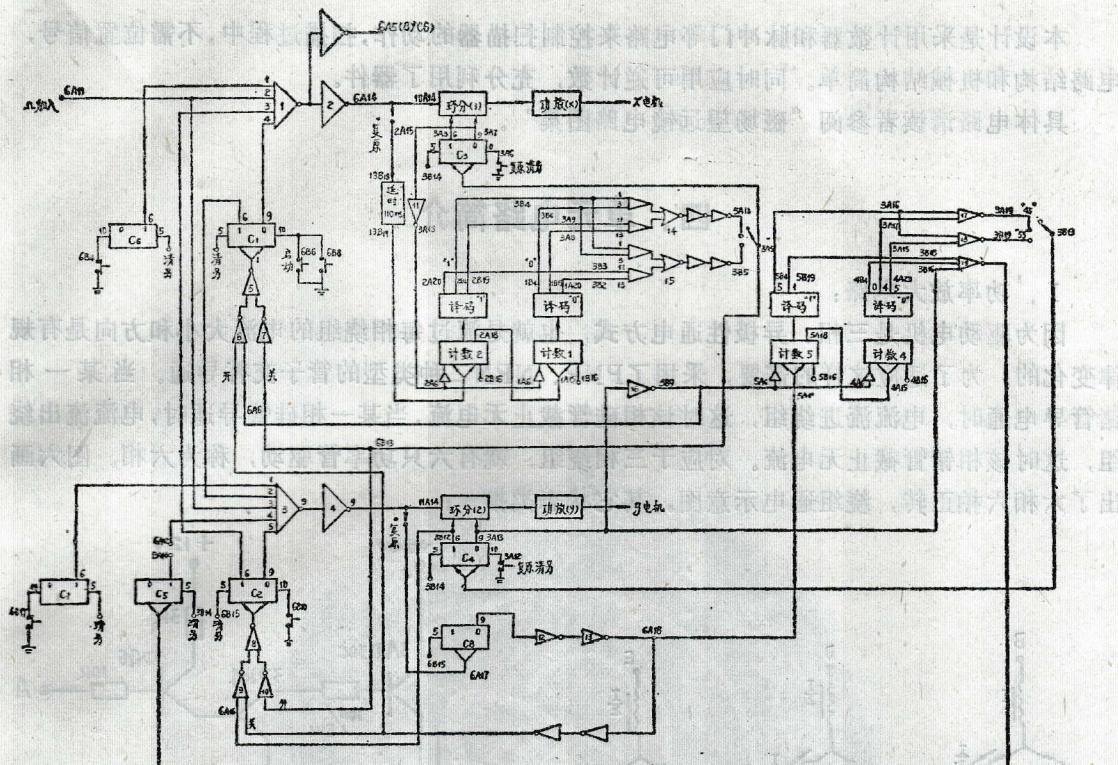
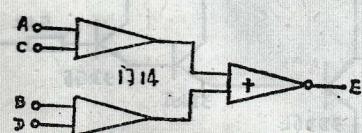


图 4

表 2

	A C	B D	E
处于01状态时	1 1	0 0	0
开始计数后	0 0	0 0	1
计到45状态时	0 0	1 1	0

图 5



器，y方向功率放大器动作，使y方向电机运行，走一步；一方面使C<sub>8</sub>翻转一次。当y方向第二个脉冲来后，y方向电机又走一步，C<sub>8</sub>又翻转一次，这时，C<sub>8</sub>输出负跳变脉冲，这个脉冲使行计数器5加1，同时经延迟0.3μs后，关C<sub>2</sub>门，和重新开C<sub>1</sub>门，这样y电机走过二步后停下，x方向电机又一步步走，重复上述过程。由于门14给出的负跳变脉冲也使C<sub>8</sub>翻转，触发器C<sub>8</sub>控制了x环行分配器的可逆运行，因此x方向电机正转、反转间隔进行，x电机和y电机轮流工作（此时，y电机不改变方向）。当行计数器4和5，计满45行时，其译码电路给出一个正脉冲，该脉冲使C<sub>4</sub>翻转（为y电机反转作准备），从而使门9和门6封锁，保持y电机仍处在开的位置，x电机仍处在关的位置。再来脉冲时，y方向电机反转会程，可逆计数器4和5做减法，从45开始减，直减到01时，经译码电路又输出一个脉冲，此脉冲使C<sub>5</sub>翻转，将门3关闭，y方向电机停，扫描器已回到原点，一幅图象扫完。第二次扫描时，应先清零，其它动作相同。

本设计是采用计数器和脉冲门等电路来控制扫描器的动作，扫描过程中，不需位置信号，电路结构和机械结构简单。同时应用可逆计数，充分利用了器件。

具体电路请读者参阅“磁场望远镜电路图集”。

#### 四、单元电路简介

##### 1. 功率放大电路：

因为驱动电机是三相、异极性通电方式，也就是流过每相绕组的电流大小和方向是有规律变化的。为了适应这样的需要，采用了PNP、NPN两种类型的管子交替导通。当某一相功率管导通时，电流流进绕组，这时该相硅管截止无电流，当某一相硅管导通时，电流流出绕组，这时该相功率管截止无电流。对应于三相绕组，就有六只功率管驱动，称为六相。图六画出了六相六拍正转，绕组通电示意图。其它状态类推。

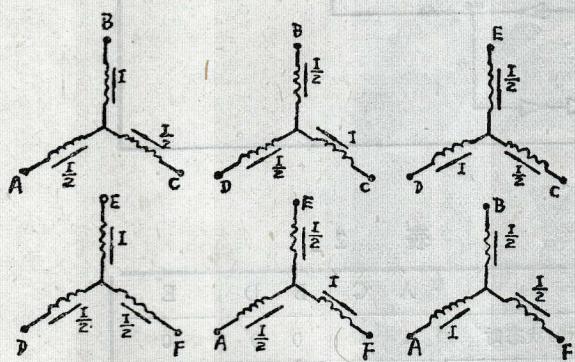


图 6

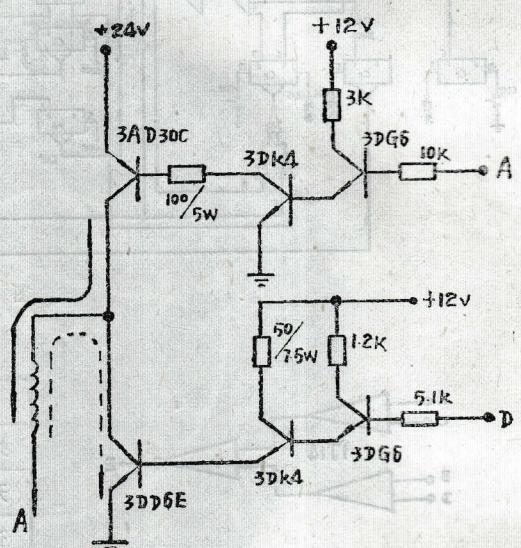


图 7

图七画出了供给一个绕组电流的功率放大电路。A、D点为环行分配器的D型触发器输出。当A、D点为高电位时(+3.5V左右)，功率管3AD3OC或3DD6E为导通状态，反之为截止状态。为了推动功率管，中间加了一级复合型晶体管的电流放大。由图七看出，当3AD3OC导通时，电流流进A相绕组(实践所示)。当3DD6E导通时，电流由A相绕组流出(由虚线所示)。

图八为功率管的保护电路。保护电路由二组按星形联接的二极管组成。例如：F相的硅功率管3DD6E导通时，C相绕组的电流方向是向上，当3DD6E突然截止时，在这变化瞬间，C相绕组上会产生高于供给电压几倍的反电势，如图示上正下负。如不加保护，有可能使硅管3DD6E击穿损坏。加了二极管后，此电势经过二极管，绕组线圈，形成放电回路(图中有箭头表示)。这样就达到保护的目的。

图九中， $C_1-C_6$ 的接法，目的是为了消除振荡，特别是 $30^\circ$ 时振荡，并接电容后，振荡

基本消除。图中二只电容的正反并接是为了代替无极性电容，电容外壳请不要短接。

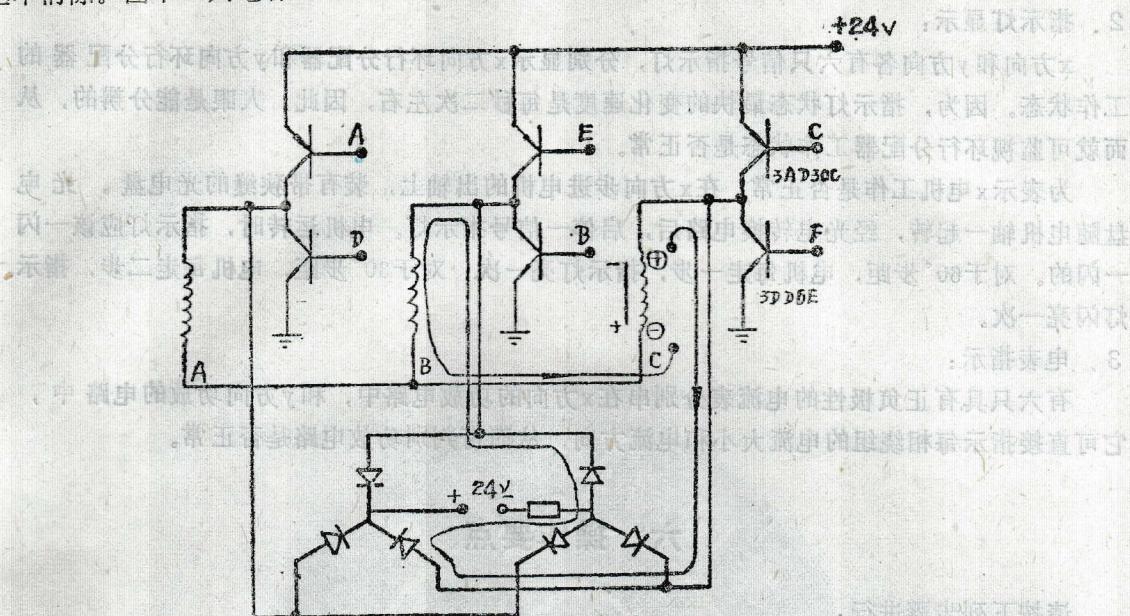


图 8

## 2. 环行分配器电路：

该电路是由六只TTLD型触发器和六只TTL与或非门组成。电路中有 $60^{\circ}$ 正转控制线、 $60^{\circ}$ 反转控制线、 $30^{\circ}$ 正转控制线、 $30^{\circ}$ 反转控制线四根。通过适当连接，可实现其中一种状态的工作。例如，要实现 $60^{\circ}$ 正转，可将 $60^{\circ}$ 正转控制线接高电位，其它三根控制线接地或低电位。其余类推。在电路图集中，有该电路的详细电路图和状态表，工作原理读者可自行分析。

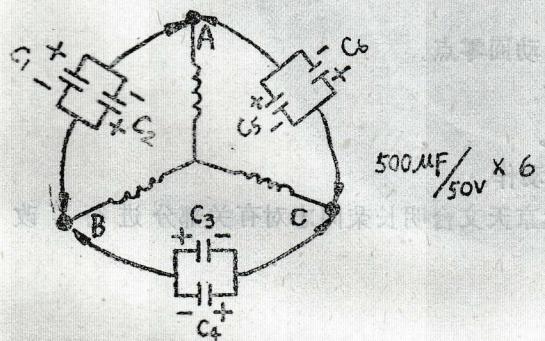


图 9

## 3 其它电路：

其它电路有同步型十进可逆计数器，脉冲发生器、光电扫描电路、报警电路等，这里不再一一赘述。

## 五、显 示

扫描器在扫一幅图象时，不允许有漏步、跳步的现象。否则，这幅图象就失去作用。因此，判断扫描器工作是否正常是很重要的。一幅图象的扫描有时要半小时以上，天文工作者也希望知道某一时刻扫描器工作在哪一点，哪一行上。在仪器调试时，也需知道扫描器所处位置。因此，显示是必要的。下面就显示作一简要说明：

### 1. 数码管显示：

四只半进位的数码管分别显示了x方向点数和y方向行数，同时，也表示了正扫描、反

扫描、移行、回程，使用者一目了然。这个显示也监视了十进可逆计数器工作是否正常。

### 2. 指示灯显示：

x方向和y方向各有六只信号指示灯，分别显示x方向环行分配器和y方向环行分配器的工作状态。因为，指示灯状态最快的变化速度是每秒二次左右，因此，人眼是能分辨的，从而就可监视环行分配器工作状态是否正常。

为表示x电机工作是否正常，在x方向步进电机的出轴上，装有带狭缝的光电盘。光电盘随电机轴一起转，经光电转换电路后，启停一信号指示灯。电机运转时，指示灯应该一闪一闪的。对于 $60^\circ$ 步距，电机每走一步，指示灯亮一次；对于 $30^\circ$ 步距，电机每走二步，指示灯闪亮一次。

### 3. 电表指示：

有六只具有正负极性的电流表分别串在x方向的功放电路中，和y方向功放的电路中，它可直接指示每相绕组的电流大小和电流方向，从而可判别功放电路是否正常。

## 六、操作要点

请按下列步骤进行：

1. 按观察要求，将面板上直键开关打入相应的位置。
2. 开+5V电源。
3. 清零。
4. 开+24V电源。
5. 启动。扫描器按规定路线扫完一幅图象后自动回零点。
6. 机器不停，继续扫描时，应先清零，再启动。
7. 关机时，应先关+24V电源，再+5V电源。  
不扫描时，注意将+24V电源关掉，以免误动作。

此项工作于1980年进入观察室正式使用，北京天文台明长荣同志对有关部分进行了改进，在此表示感谢。

## THE CONTROL CIRCUIT FOR THE DRIVING OF THE X-Y SCANNER

Chen Zhibin

(Nanjing Astronomical Instrument Factory)

Yun Jialing, Tan Zuowu.

(Beijing Electrical Engineering Institute)

Li Wei

(Beijing Observatory)

When the photoelectric detective system is worked, a  $3 \times 4'$  solar region

is scanned by a stepmotor driven pinhole and sampled point by point with a position accuracy of 0.02mm. The time ratio of stop to motion is 1/10. In some cases, a region smaller than  $3 \times 4'$  is scanned for shortening the observing time, so the number of lines and points could be reduced as desired. The position of scanning pinhole is digitally displayed for monitoring, the system working condition is showed by indicating lamps and volt meters. besides, the zero-point adjustment and trouble warning are provided as well.