

顺 序 控 制 器

清华大学工业自动化系

北京市科学技术局情报组印

一九七四年五月

前 言

在批林批孔运动推动下，我校工农兵学员在毕业实践中，用实际行动回击了资产阶级右倾复辟势力对工农兵学员质量的污蔑。“顺序控制器”就是我系74届工农兵学员毕业实践的研究成果。

为开门办学，我们顺序控制器短训班小组与北京市技术交流站组织了“顺序控制器短训班”编写了SK-I和SK-II的两种类型的顺序控制器的原理和应用。由于顺序控制器还没有经过长期工业运行的考验，加上编者思想水平和业务水平的限制，它只能说是一个参考讲义，其中肯定还有许多不完善甚至错误的地方，希望广大工农兵同志以及其它读者提出宝贵的意见。

讲义共分三章。第一章介绍了SK-I顺序控制器的基本原理及其应用。这一章对从事过电器控制的电工师傅来说是不难掌握的，因为SK-I就是从继电器接触器系统演变而来的。其中用到一些逻辑代数，也仅仅是作为编排程序的一种工具，读者不要过分钻在逻辑代数这个牛角尖里去。

讲义第二章主要介绍了步进式顺序控制器SK-II。学习这一章时要紧紧抓住“步进”这个概念。当然，SK-II比SK-I要深入一步，它用到一些数字控制技术，例触发器、计数器、移位寄存器等。但这些东西也并不难，我们相信具有丰富实践经验的广大工农兵同志是一定能够很快掌握的。

讲义第三章是一些辅助材料，它专门给一些文化程度较低的老师傅补充一些电工、电子的基本知识，供学习时参考之用。

目 录

第一章 SK₁型顺序控制器

§ I—1	SK ₁ 顺序控制器的特点	(1)
§ I—2	SK ₁ 的结构简介	(2)
§ I—3	SK ₁ 的逻辑功能	(6)
§ I—4	基本的控制功能	(8)
§ I—5	步序控制	(9)
§ I—6	步进控制及时序控制	(12)
§ I—7	综合应用举例	(12)

第二章 SK₂型顺序控制器

§ II—1	SK ₂ 顺序控制器的原理	(17)
§ II—2	SK ₂ 顺序控制器的功能	(25)
§ II—3	SK ₂ 顺序控制器编制程序举例	(26)
§ II—4	SK ₂ 的装配和调试注意事项	(30)

第三章 顺序控制器装置有关电子知识

§ III—1	R C 电路的充放电特性	(33)
§ III—2	晶体二极管与晶体三极管的外特性	(34)
§ III—3	稳压管及其应用	(37)
§ III—4	门电路简介	(38)
§ III—5	集成脉冲电路	(40)
§ III—6	计数器及计时器	(42)
§ III—7	8421 码显示	(45)

第一章 SK₁ 型顺序控制器

- I - 1 SK₁ 顺序控制器的特点
- I - 2 SK₁ 的结构简介
- I - 3 SK₁ 的逻辑功能
- I - 4 基本的控制功能
- I - 5 步序控制
- I - 6 步进控制及时序控制
- I - 7 综合应用举例

I - 1 SK₁ 顺序控制器的特点

所谓“顺序控制器”是为了适应生产自动线中，电器控制需要而设计出来的一种通用性电器装置。

SK₁ 全名是顺序控制器第一型。S 取其顺序的“顺”字拼音字母第一个音。K 取其控制的“控”字拼音第一个音，以后为了方便在文章中叙述到顺序控制器时，我们都简称 SK₁ (SK₂ 也是这个意思，只是小脚字 2 为第二型的意思)。

一般电工师傅都比较熟悉在一些生产机械中常常可以应用继电器接触器进行一些控制机械配合动作。以实现自动地完成某些操作任务。而所谓生产自动线，则是很多生产机械（执行机构）在继电器接触器的控制下（实际上就是先合哪个开关、后合哪个开关的过程）实现有顺序、有条不紊地操作。

这种继电器系统，固然是能完成一些生产自动线比较简单动作配合要求，但它往往因为触点十分繁多，而显示出工作不可靠。另外，就其应用上说也很专一。一块继电器板，设计出来，需要化费很大的力气和时间。可是一旦工艺要变动，就完全报废不能用了。再则这种专一的装置也不能搞备用，对于生产的过程来说往往出了事故后，必须停产、检查、维修，影响生产。

无触点逻辑元件的出现，虽克服了继电器触点多，不可靠的弱点。但是，在应用通用性、灵活性上来说，还并没有得到解决。

后来，为了通用和扩大功能，有的厂开始使用电子计算机作控制器。但是由于目前计算机价格还很昂贵，对于一般简单的生产线来说，往往是大材小用，即其功能得不到充分发挥。另外，电子计算机的维护和使用也较复杂，所以阻碍了它的推广使用。

顺序控制器就是在继电器、逻辑元件系统太专一，计算机价格太昂贵的情况下，由工人师傅、工农兵学员和革命教师，通过较大量工艺调查的基础上共同设计，研制出来

的一种适应于生产自动线电器控制要求的简单装置。这种装置具有通用性和灵活性、可以用于其它任何一种生产过程自动化电气开关控制。

它和继电器控制系统相比有以下几个特点：

(1) 编制和检查顺序控制程序，集中在矩阵板上。不需要专门技术人员。专业以外人员只要能根据工艺，画出继电器线路，了解一些布尔代数基本知识，即可进行设计、制造、调试和运行。

(2) 从设计、制造到调试周期短。因为设计和制造可以同时进行，一旦设计有错误，也只要改一下矩阵板上二极管位置就可以了，而不影响其它设备结构。

(3) 灵活性强，适用于任何开关输入输出特性的控制对象和控制顺序。一台输入输出点不够用时可用数台并联运行。另外，如果控制 n 台机器，可买 $n+1$ 台SK。其中一台备用。则在 n 台中任一台出了事故，可迅速地把备用的那一台换上出事故的那一台的矩阵板，代替上去，可不影响生产。

(4) SK₁ 可以做成有触点无触点结合，也可以完全无触点化，便于取长补短。再则逻辑值“0”和“1”之间电平差值大，所以抗干扰能力强，可靠性高。

(5) 原理简单、易懂，初学者很容易掌握，便于推广使用。

下面我们从其结构、功能、应用三方面介绍 SK₁，看它为什么能有上述说的那些特点的。

I - 2 SK₁ 的结构简介

SK₁ 的结构是比较简单的。它主要有三个部分。输入部分、输出部分和矩阵板部分。见图 I - 1 框图和图 I - 2 原理图。

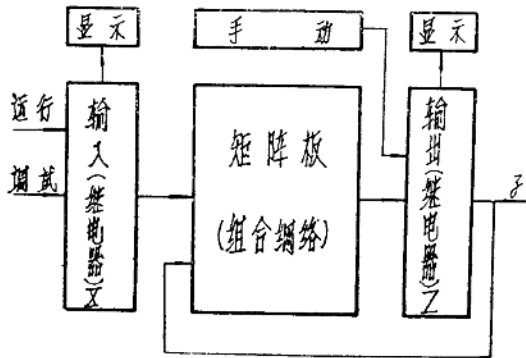


图 I - 1 SK₁ 的结构框图

1、SK₁ 的输入部分：主要是由继电器组成。一般输入讯号有多少个，继电器就需要多少个（有时被人称为机器的输入点）。输入部分的继电器主要是起了一个“转换站”的作用。即把反映工作机械情况的现场讯号（如行程开关的电位、光电开关等）统一变成矩阵板所能接受的开关讯号。因为这些开关讯号与行程开关状态对应（通断），所以为了说明时方便以后就用行程开关的“行”字拼音第一个音X来表示输入讯号。其线圈用大写字母X，常闭触点用x，常开触点用 $\bar{x}$ 来表示。

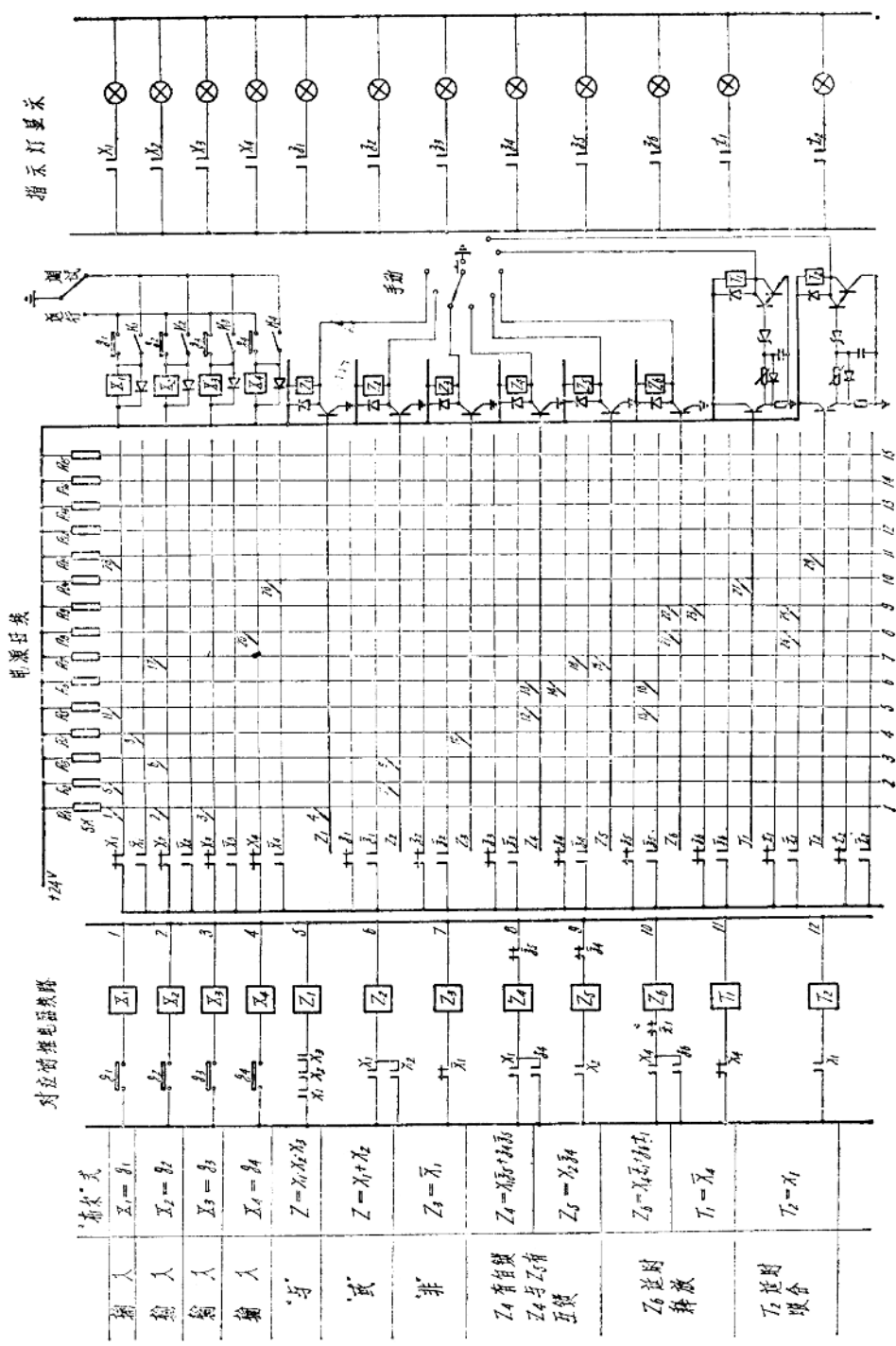


图 I - 2 SK₁ 总原理简图及基本功能实现

SK₁输入部分继电器用的是DZ-144型的。这种继电器有四对常开、四对常闭触点。我们把每一个输入继电器的一对常开触点，用来通断指示灯，以显示讯号有否。（有多少输入点，就有多少指示灯）一对常开和一对常闭触点，分别一头接地、一头引到矩阵板，接矩阵板的列母线。其余触点备用。

另外，我们在每个输入继电器电源处（即串接现场行程开关的输入端二端）还并了小开关，以便在上机运行前，可在实验室拨动开关，模拟现场行程开关。进行实验室调试、检查所编程序对不对。

2、SK₁矩阵板：在图 I - 1 结构框图上又称之为组合网络。它是用一块有四本书那么大面积的双面印刷电路板。腐蚀刻制成正面竖条（称行母线）反面横条（称列母线）的板。正面行母线和反面列母线是互不相接的。行母线和列母线上（留在板上的铜片条）都打了无数小孔，以供插焊二极管接通任一行母线和列母线，进行逻辑组合（以后如果工艺加工可能的话，行母线和列母线上不是打孔，而是做成无数个如耳塞机似的插头插孔。那么，对输入输出进行逻辑组合，就更方便了）。

矩阵板行母线上面都有一个限流电阻，接电源+24V。它是作输出电流的讯号源的。列母线有作输入讯号、接在输入继电器触点上的。有作输出电流讯号的。有作输出反馈，接在输出继电器触点上的。

一般列母线的根数等于2乘输入点数加上3乘输出点数。用式子表达： $W = 2 \times m + 3 \times n$ ，其中m为输入讯号个数，m前的系数2是代表每个输入讯号都可能用到常开和常闭2种状态。n为输出讯号个数，n前的系数3是代表每一个输出都要有一根从矩阵中输出电流讯号的线和二根反映输出继电器自身动作情况的一对常开一对常闭状态，（用作互锁等），故有三条。

一般行母线根数没有确定数。视输出点个数和“或”项数多少而定。一般可作2乘输出点数或更多些。

3、SK₁的输出部分：主要也是继电器组成（DZ-144）一般要控制多少个机械，就需要多少个输出继电器（有时被人称为输出点数）它主要是把矩阵板送来的电讯号，变成开关讯号。用以控制执行机构（例如，接通气阀线圈使气缸动作，接通大接触器使电机主回路接通运转等）因为这些开关讯号是控制机的输出开关，以后为叙述简单把输出继电器简称为Z。取输出的“出”字第一个拼音字母。其线圈用大写Z。常闭触点用小写z，常开触点为 $\bar{z}$ 。

SK₁的输出继电器也是用DZ-144小型继电器。每一个输出都有一对常开接通一个指示灯，用以显示这输出已有否。一对常开和一对常闭触点分别一头接地，一头引到矩阵板接矩阵板的列母线，用以把输出动作与否，反馈回矩阵。主要在编程序时遇到要自锁、联锁时用。其余触点备用。

另外，在每一个输出继电器电源处（即输出放大器与继电器相接的那一端）引出线，接至波段开关的各定片。再把波段开关的动片通过一个常开按钮接地，以便在调试时检查。运行时点动用。

4、放大器和电子式延时继电器：对于输出继电器每一个前面都加了放大器。主要原因是由于矩阵板输出的电讯号太小。在矩阵板上是靠旁路原理实现的，所以矩阵板上

的限流电阻 $R_1 \sim \Omega$ 是不能太小的。否则电源在 R 上消耗功率太大对电源提出过高带负载要求。我们现在用的是 5 K 。但这样一来每一根行母线上能输出的电流讯号（即平时通过二极管被触点旁路掉的电流值）是 24 V 除 5 K ，约 5 mA 。这样小的输出电流讯号肯定将驱动不了继电器动作。因此在 SK_1 中加了一级晶体三极管放大。见图 I - 2 中 $Z_1 Z_2$ ……前面的三极管放大。

因为继电器动作电流是 30 mA ，故要求三极管电流放大倍数 β 等于 $30 \div 5 = 6$ 倍。另外，耐压大于 24 V 就行了。这种对三极管的要求是不难满足的（我们 SK_1 上用的是 $3\text{ DG } 27\text{ B}$ 、耐压 100 V 、 $\beta > 20$ 最大电流 500 mA 打了很大的余量）。

在放大器中还有一个与电源 24 V 、继电器反并的一个二极管。它的作用是防止三极管基极突然无基流、三极管突然截止，使继电器线圈（电感性）产生过电压，击穿三极管。加此二极管，就使电感性线圈有了续流回路，不至产生过电压。

在 SK_1 中输出部分还设计了几个电子式延时继电器。为了单元尽量统一起见，延时单元我们只做了延时吸合一种、延时释放以后靠编程序解决。延时吸合继电器见图 I - 3。它的工作原理是：当矩阵板中输出列母线送出电流讯号时，在射极输出级 T_1 三极管发射极电阻 R_1 上就马上产生电压。电压大小约为 5 K （限流电阻值）与 βR_1 （ β 为 T_1 管电流放大倍数）对 24 V 分压。

$$U_{R1} = \frac{\beta R_1}{5\text{ K} + \beta R_1} \cdot 24\text{ V}$$

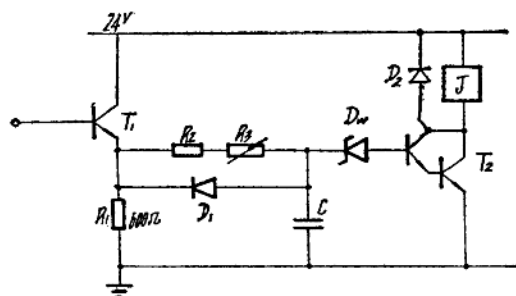


图 I - 3 a

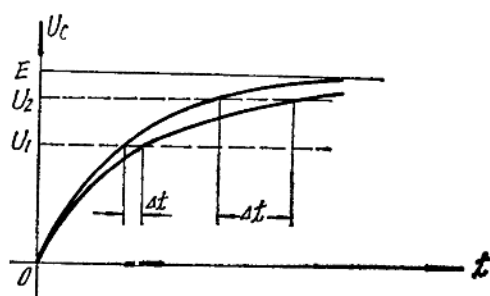


图 I - 3 b

图 I 3 电子式延时继电器及其选择稳压管稳压值不同时对延时准确度影响

该电压 U_{R1} 通过电阻 R_2 和可调电阻 R_3 向电容充电（此时二极管 D_1 由于呈反向接法，不起作用）当电容充电充到大于稳压管 D_w 击穿电压时， T_2 管导通 J 动作。这充电时间，即为延时动作时间。只要增大 $R_2 R_3$ 和 C 的值的大小，延时时间就可以增大。但 C 值增大了，必然增大体积。 $R_2 R_3$ 值增大了，流向 T_2 的基流 $\frac{U_{R1} - U_{DW}}{R_2 + R_3}$ 太小了，驱动不了 T_2 饱和导通，即 J 动作不了（为了增大 R_2 、 R_3 以增加延时时间， J_2 可用复合管加大 β ）。所以这种电子式延时继电器延时的时间是有局限的。一般约为 $1 \sim 20$ 秒。延时继电器在矩阵来的电流讯号一消失后， T_1 不通了。 U_{R1} 电压就小了，电容上电荷就可以通过二极管 D_1 和电阻 R_1 释放。因为 R_1 选得很小，因此电容电压下降得很迅速，即 T_2 开断很快。

所以这种电子式延时线路，在释放时是瞬时间的。

为了使电容 C 上电压充到一定值后，才让继电器 J 动作，即增加延时调节时间，

我们加了稳压管 D_w 。一般选稳压管的击穿电压为 U_{R_1} 上可能得到的最大电压的 60% 左右。这时充电延时时间约为 $\eta = RC$ 秒，线性度好。调整好以后，每一次延时时间都较准确。60% 的选择原因是因为 D_w 击穿电压选得太小，延时时间太短。 D_w 击穿电压选得太大，则在其它参数（例温度变化使电阻、电容值）发生变化而使充电轨迹有一些不一样时，电容上电压同样充到稳压管击穿电压值，时间就差得很大（在线性段，差得就较少）见图 I - 3 (b) 中选两种击穿电压，不同轨迹时 Δt ，可以比较得出来。

I - 3 SK_1 的逻辑功能

我们的 SK_1 是从继电器系统发展而来的，看它能否替代原有继电器系统，实际上也就是看它能否完成继电器线路所能完成的任务。

我们说，它是完全可能的。因为从机器结构来说，它和继电器盘相比并没有什么很大不同处。所不同的就是多了一块矩阵板。而矩阵板实际上就是一些竖横的铜片和无数个小孔。在矩阵板上按插二极管实质上就是起了代替继电器配线工作。矩阵板起了一个集中、方便配线的作用、二极管起了一个组合逻辑的作用。其装置最主要优点——通用。也就是在于应用了矩阵板这个可供“任意配线”的导线网。

调查了解原来继电器系统所能完成的功能，亦即生产自动线对电器控制的要求。我们可以看出无非就是与、或、非的组合，以及延时吸合、延时断开的要求（自锁、联锁则是与、或、非的特殊形式）下面我们分别介绍一下，这些控制要求，在 SK_1 上是如何实现的。

(1) 与功能：

“与”的意思就是某一执行机构在几个讯号都有时才动作（即这个与那个讯号都有时才动作）。用继电器实现的方法就是如图 I - 2 左边继电器线路的第 5 回路。把各个讯号常开触点串联后和控制执行机构动作的继电器线圈 Z_1 串接在一起。显然必须 X_1 、 X_2 、 X_3 得电，即讯号都有了， x_1 、 x_2 、 x_3 触点才能都闭合，使 Z_1 得电动作。

我们有时为了分析方便，常常利用逻辑代数式子，也叫布尔式子来表示输入输出的与关系： $Z_1 = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$ 。中间“ $\cdot$ ”号并不表示小数点，也不表示乘法，而是“与”的意思。

在 SK_1 上实现的方法是见图 I - 2 中第 1 根行母线和二极管第 1、2、3、4 号。在第 1 根行母线上，电源母线通过限流电阻 R_1 有电流流下来。但如果 X_1 、 X_2 、 X_3 没得电即讯号没有，那么其常闭触点 x_1 、 x_2 、 x_3 就不动作，所以流下来的电流都通过二极管 1、2、3 被讯号的常闭触点旁路了。电流也就不可能通过二极管 4 流向 Z_1 的放大器三极管基极，从而使三极管导通， Z_1 动作。讯号如果不是都有，即 X_1 、 X_2 、 X_3 不是都有，使其常闭触点都打开， Z_1 就总不能动作。只有 x_1 与 x_2 与 x_3 都有了（都打开） Z_1 才能动作。

在这里可以看出一个输出不管有多少个与条件，行母线都只用一条。

(2) 或功能：

“或”的意思就是某一执行机构对于几个讯号，只要其中一个讯号有了，就能动作（即或者这个，或者那个有时就能动作），用继电器实现的方法就是如图 I - 2 左边

继电器线路第6回路。把各个讯号常开触点“并联”后和控制执行机构动作的继电器线圈 Z_2 串接在一起。显然，只要 X_1 或 X_2 有一个有了， Z_2 就能得电动作。

我们有时为了分析方便，利用布尔式子表示 $Z_2 = x_1 + x_2$ ，中间“+”号并不表示加法，而是“或”的意思。

在 SK_1 上实现该逻辑关系的方法是，见图I-2中第2、3根行母线和二极管5、6、7、8号。在第2根行母线和第3根行母线中，电源母线通过限流电阻 R_2 和 R_3 都有电流流下来，但如果 X_1 、 X_2 没得电，即讯号没来。则流下来的电流就通过二极管5号6号和常闭触点 $\bar{x}_1\bar{x}_2$ 旁路到地，不可能使 Z_2 动作。但如果 X_1 或 X_2 有一个有了，则电流就有可能从7或者8流向 Z_2 的放大器三极管基极，从而使其三极管导通， Z_2 动作。讯号如果都有，当然更能使 Z_2 动作了。

在这里看出，输出有多少个“或条件”，行母线就得有多少条。

(3) “非”功能：

“非”（有时也称“反”）的意思就是某一执行机构，对于讯号来说正好相反。讯号没来执行机构可以动作，讯号来了执行机构反而不能动作。用继电器实现的方法就是如图I-2左边继电器线路第7个回路。也就是把讯号的常闭触点与控制执行机构继电器的线圈接联在一起。显然，只要 X_1 没有（不得电）， Z_3 就能动作。而只要 X_1 一有，其常闭触点就打开， Z_3 就不动作了。

我们有时为了分析方便，利用布尔式子表示 $Z_3 = \bar{x}_1$ ， $\bar{x}_1$ 上面的一横就是表示“非”的意思。

在 SK_1 上实现的方法是见图I-2中右边第4根行母线和第9、10号二个二极管。在第4根行母线中，电流从电源母线通过限流电阻 R_4 流下来，平时 $\bar{x}_1$ 没有动作，电流不被旁路，可以通过二极管10号送到 Z_3 放大器三极管基极，使 Z_3 动作。但只要讯号1一来， X_1 得电，常开触点 $\bar{x}_1$ 一吸合，则电流讯号就被旁路， Z_3 就不能动作了。

上面三个功能是逻辑功能中最基本的。

在这儿我们还附带作几个说明，以便大家进一步了解 SK_1 。

第一，从上面叙述三种逻辑功能时，我们看到同样是要使 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 动作，同样是用讯号 X_1 、 X_2 、 X_3 。可是总是这种情况，即继电器线路上如果用常开触点， SK_1 上就用常闭触点。而继电器线路上如果用常闭触点， SK_1 上就用常开触点。为什么目的的一样，使用讯号触点却正好相反呢？这原因就在于，我们事先规定了讯号线圈 X 得电为有讯号，失电为无讯号。在继电器中是利用讯号来“接通”执行机构电路，而在 SK_1 中是利用讯号来“旁路”执行机构电路。

因此，以后我们如果能设计出继电器线路或者已有某自动线的继电器线路，要使用 SK_1 就很方便了。我们只要按下面原则，就可以很快编出 SK_1 中插焊二极管的方案。

其原则是：继电器线路中条件讯号用常开，那么 SK_1 上就用常闭（正条件、写作 x ）；继电器线路中条件讯号用常闭，那么 SK_1 上就用常开（反条件、写作 $\bar{x}_1$ ）；继电器线路中条件触点串联（与）则 SK_1 上在一根行母线上对条件插二极管。继电器线路中条件触点并联（或），则 SK_1 上在几根行母线上分别对条件插二极管，有多少个或项，就需多少条行母线。

第二个说明：在图 I - 2 中二极管 7、8 号如果换成导线 7、8 来联接就完成不了“或”的功能了。这时假设 x_1 打开 x_2 不打开，那么从电源母线流下的电流虽然不会通过二极管 $5 \rightarrow x_1$ 旁路，但也会通过 $7 \rightarrow 8 \rightarrow 6 \rightarrow x_2$ 旁路。所以插二极管而不插导线的原因是因为二极管除了引流通路外，还起了电路隔离作用。

再有一点说明：我们在上述过程中，输出 Z_1 、 Z_2 都用到了讯号 x_1 、 x_2 ，要是在继电器中，讯号用到几次就得要几个触点，触点不够用时还要加中间继电器。而 SK_1 中由于用了二极管矩阵，一个讯号不管用到几次，其触点都只用了一双。这样，不但可以做到结构简单，体积小成本低，而且可以使内部触点少，接线少运行可靠，维修方便。

I - 4 基本的控制功能

下面我们再介绍一下自锁、联锁、延时释放，延时吸合的功能，在 SK_1 上是如何实现的。

(1) 自锁和联锁：

其实自锁和联锁是与、或、非的特殊形式。

例图 I - 2 中左边继电器线路，第 8、第 9 回路的 Z_4 和 Z_5 。 Z_4 线圈回路就是自锁和联锁都有的一个继电器线路。当讯号 x_1 一来， z_4 就合上。这时即使 x_1 讯号消失， Z_4 靠自己的触点接通还保持通路得电。这种利用输出继电器自身的触点，保持自己得电状态的线路称为自锁线路。另外，对于输出 Z_4 来说，只要 Z_5 一动作， Z_4 就不能动作了。这种继电器线圈 Z_4 受另一个输出继电器触点所控制的线路，我们称之为联锁线路（这里 Z_5 也是联锁线路，它被 Z_4 的触点 z_4 所控制）。

从继电器线路上，我们可以看出，它们也无非是触点串并联的线路，只是其中 z_4 是输出继电器 Z_4 本身的触点， z_5 是输出继电器 Z_5 的触点而不是输入讯号的触点罢了。

利用布尔代数来表示，我们可以写成： $Z_4 = x_1 \bar{z}_5 + z_4 z_5$ 。（也可以写成 $Z_4 = (x_1 + z_4) \cdot z_5$ ） $Z_5 = x_2 z_4$ 。

知道了布尔式子，我们就可以很方便地设计出二极管在 SK_1 矩阵板上插焊的位置了。 Z_4 那个式子用二根行母线。见图 I - 2 中第 5、第 6 两条行母线，插上二极管 12、13 号以作讯号电流通路。每根行母线都有与条件。第 5 根行母线为 $x_1 \bar{z}_5$ ，插上二极管 11、15 号。第 6 根行母线为 $z_4 z_5$ ，插上二极管 14、16 号。到此， SK_1 上的 Z_4 功能即为继电器线路中第 8 回路一样了。

Z_5 式子在 SK_1 上如何实现，同志们可自行分析。

(2) 延时吸合和延时释放：

在工艺上往往有这种需要，当讯号来以后输出继电器线圈不马上得电动作（延时吸合）。或者讯号来以后输出继电器线圈能马上动作，但讯号消失以后输出继电器线圈不马上失电，而继续吸合着一段时间，而后释放（延时释放）。

要达到延时吸合，在 SK_1 中是很简单的。它从逻辑组合角度看还是和其它输出一样，只是在条件满足后，延时一段时间才有输出。我们是利用 SK_1 中电子式延时器作输出继电器的。见图 I - 2 中第 11 根行母线和二极管 28、29 号。 T_2 即对于讯号 x_1 的延时吸合继电器。

如果我们在 SK_1 中做好几个电子式延时释放继电器，延时释放就好办了，那么和延时吸合的插焊二极管就没有什么不一样了。但是为了尽量减少单元种类，在 SK_1 中我们只做了电子式延时吸合的一种。为此要达到讯号一消失延时释放的要求，就必须在编制程序（即设计矩阵板中二极管位置）时加以考虑。

参考原有继电器线路中，利用延时吸合继电器达到延时释放控制目的线路，我们可以很快列出布尔式，从而按排出 SK_1 矩阵上插焊二极管的位置。见图 I - 1 左边继电器线路第10第11回路，其中 T_1 是延时继电器，它由讯号的常闭触点控制，即讯号消失（没有时） T_1 才开始延时。 Z_0 作输出继电器，其中 x_4 讯号来后即可使 Z_0 动作， Z_0 是 z_0 自身触点为 x_4 讯号消失后能自保一段时间。在 T_1 延时完成后，即 $\bar{t}_1$ 常闭打开后， Z_0 线圈才失电释放。这里 T_1 是起了中间继电器的作用，它并不作输出（但它和 T_2 作输出的继电器线路上完全一样只是起了其触点不引出控制执行机构，而起了为 Z_0 服务的作用）写出 Z_0 和 T_1 的布尔式是：

$$Z_0 = X_4 \bar{t}_1 + Z_0 t_1$$

$$T_1 = \bar{x}_4$$

有了布尔代数式，在 SK_1 上编排程序就很简单了。见图 I - 2 右边矩阵板上。 T_1 用了第 10 根行母线。 Z_0 用了第 8 第 9 根行母线。 Z_0 的触点作输出控制机械动作。则讯号 x_4 一来 Z_0 就可以动作。而 x_4 一失电， Z_0 可延时 T_1 秒时间，才失电释放。

到此，我们已把 SK_1 的基本功能介绍完了。当然真正能否让 SK_1 用到生产实践中去，还必须考虑到生产自动线的全局，多用多练才能熟能生巧。

在下面一节我们将结合某些厂具体例子介绍如何编制 SK_1 的程序。即如何在 SK_1 矩阵板上按排插焊二极管。

I - 5 步序控制

根据行程开关的顺序控制，它的继电器线路图如图（I - 4）所示，按起动按钮后 Z_0 接通， Z_0 闭合。在初始位置时，行程开关 X_1 是闭合的，于是 Z_1 动作，执行第一步工序。当 X_2 闭合时，第一步工序完成，第二步工序应该开始。因此利用 $\bar{x}_2$ 去断开 Z_1 ，利用 X_2 去接通 Z_2 ，并利用 $\bar{z}_1$ 以保证只有在 Z_1 断开后， Z_2 才接通，依此类推， X_3 闭合时，

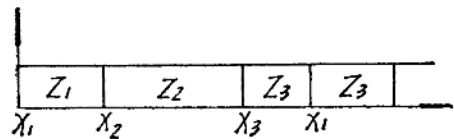
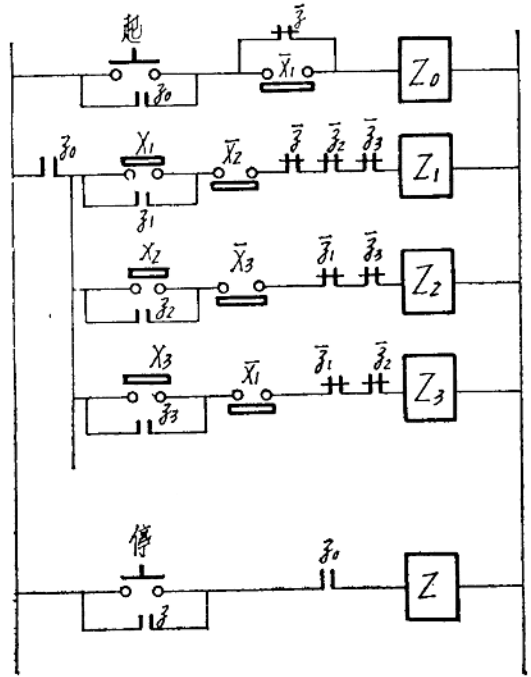


图 I - 4 步序控制的继电器线路

第二步工序完成, 第三步开始, 因此利用 $\bar{x}_3$ 去断开 Z_2 , 利用 x_3 去接通 Z_3 。为了确保每次只有一个继电器动作, Z_1 、 Z_2 、 Z_3 之间都有互锁。例如 Z_1 与 $\bar{Z}_2$ 、 $\bar{Z}_3$ 串联, Z_2 与 $\bar{Z}_1$ 、 $\bar{Z}_3$ 串联。按下停止按钮后 Z 动作, 这样回到初始位置时 $\bar{x}_1$ 才把 Z_0 断开, 于是全部停止工作。也就是按下停止按钮后, 只是在一个完整的循环之末才停止工作。在矩阵板上的程序编排见图 I - 5。

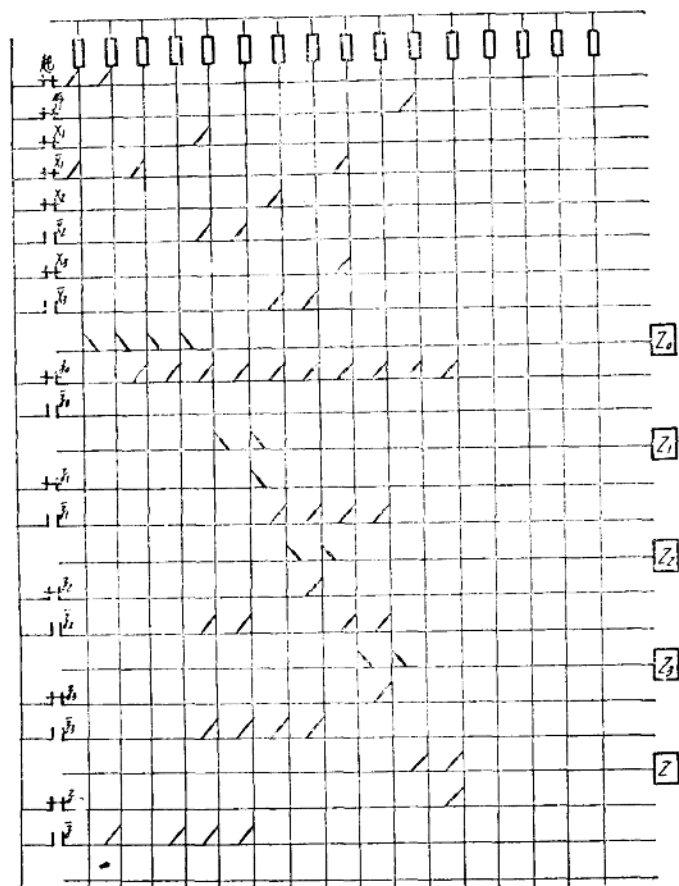


图 I - 5 SK₁ 的步序控制

图 I - 4 的原理图只是步序控制的基本原理, 具体应用时联锁条件可能不同。现举例说明如下, 图 I - 6 是铸造线的落砂机工段, 它的控制线路如图 I - 7。按起动按钮, Y 接通使输送带起动, Z_0 接通并自保为后面的工序做好准备。当输送带上的砂箱到位从而碰到行程开关 x_1 时, 如果冲头在上限位 (x_{2a} 闭合) 以及推箱 2 在后限位 (x_{3a} 闭合), 于是 Z_1 通电推箱 1 开始推动砂箱。当冲头下的砂箱被推到行程开关 x_2 位时, Z_1 断电, 推箱 1 自动返回, 同时 Z_{22} 接通, 冲头向下, 这时只要提升在下限位 (x_{4a} 闭合) 以及 x_5 是空位即 $\bar{x}_5$ 闭合, 于是 Z_{21} 接通, 推箱 2 前进。冲头走到下限位, $\bar{x}_{21}$ 断开, 于是 Z_{22} 断电, 冲头自动返回。当砂箱碰到行程开关 x_3 时, Z_{21} 断电, 推箱 2 返回, 同时为提升作好准备。只要 x_5 是空位, 分箱在下限位, x_{5a} 闭合, 提升就开始动作, 提升到达

图 I - 6 落砂机工序

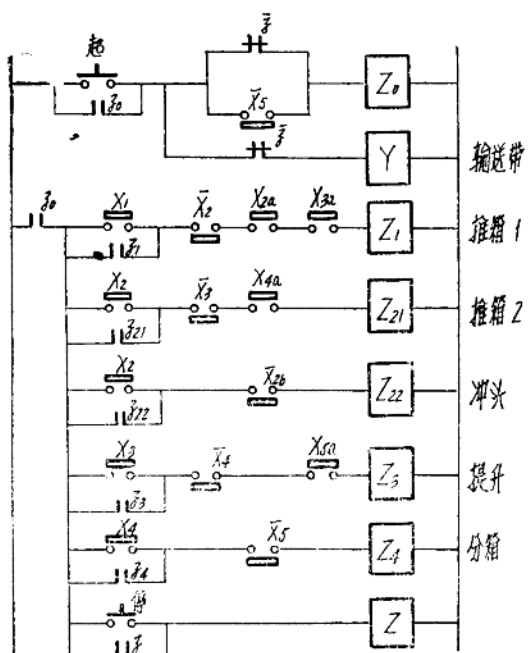
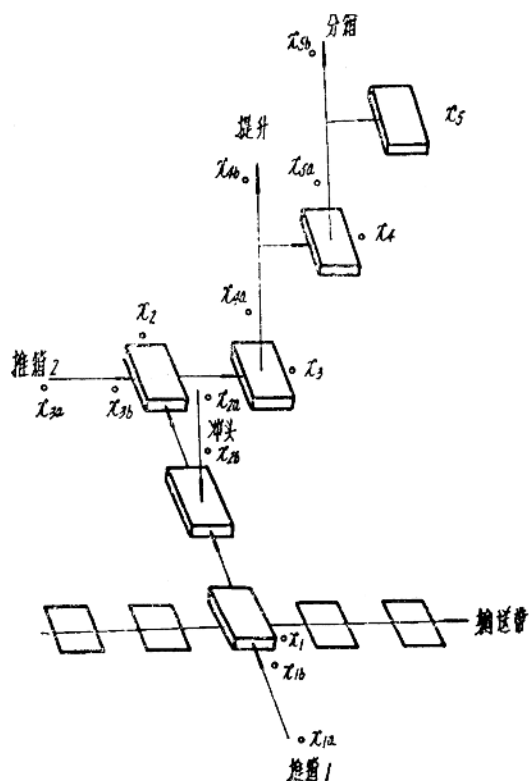


图 I - 7 落砂机的继电器控制线路

上限位并把砂箱输送到 x_4 位时 $\bar{x}_4$ 断开, Z_3 断电,提升返回。这时如果 x_5 是空位,则 Z_4 接通,分箱上升。把砂箱输送到 x_5 时, Z_4 断电,分箱自动返回。根据继电器线路图就不难在矩阵板上编排二极管了。

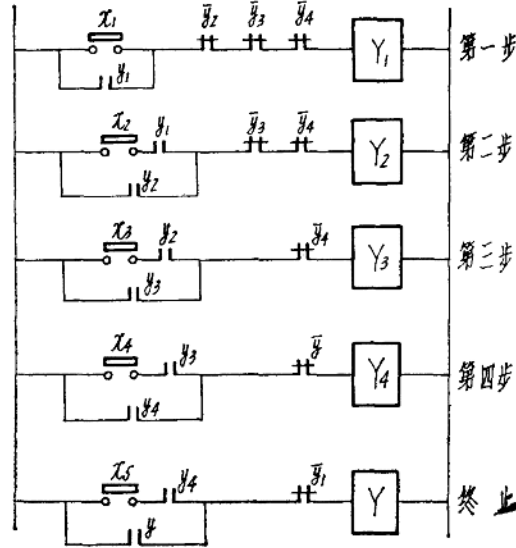


图 I - 8 步进控制的继电器电路

I - 6 步进控制及时序控制

步进控制的继电器线路如图 I - 8 所示。原理如下：第一步 x_1 闭合，于是 Y_1 接通，开始第一步工序，同时 $\bar{y}_1$ 闭合为第二步工序作好准备。第一步终了，也就是第二步工序开始时 x_2 闭合，于是 Y_2 接通，开始第二步工序，同时使 Y_1 断电，即前一步结束。依次类推，循序步进，这种顺序控制的矩阵程序如图 I - 9 所示。

从图可知， Y_1 有电时第一步母线出现高电位，这样任意安排二极管的位置就可以使第一步工序有一定组合的输出。同样第二步工序时，可以有另外一种组合的输出。应该指出，每一步也可以是几条行母线，而不是只有一条。另外，还可以有其他的输入条件以控制输出，图上的输出矩阵部分为了简明的原故而只画了一个局部，实际上它是完整的矩阵板的一部分。

所谓时序控制就是按时间间隔的顺序控制。如果图 I - 8 中的继电器例如 Y_2 ， Y_3 等都是延时吸合的继电器，同时没有 x_2 ， x_3 ， x_4 ， x_5 等（即直接接通），就组成了时序控制。

I - 7 综合应用举例

下面以一个环形加热炉的机械手为例，介绍 SK - 1 型顺序控制器的程序编制。

环形加热炉有一个入料口和一个出料口，冷钢从入料口由入料机械手送入，热钢从出料口由出料机械手取出，每送取一次，加热炉转动一格。

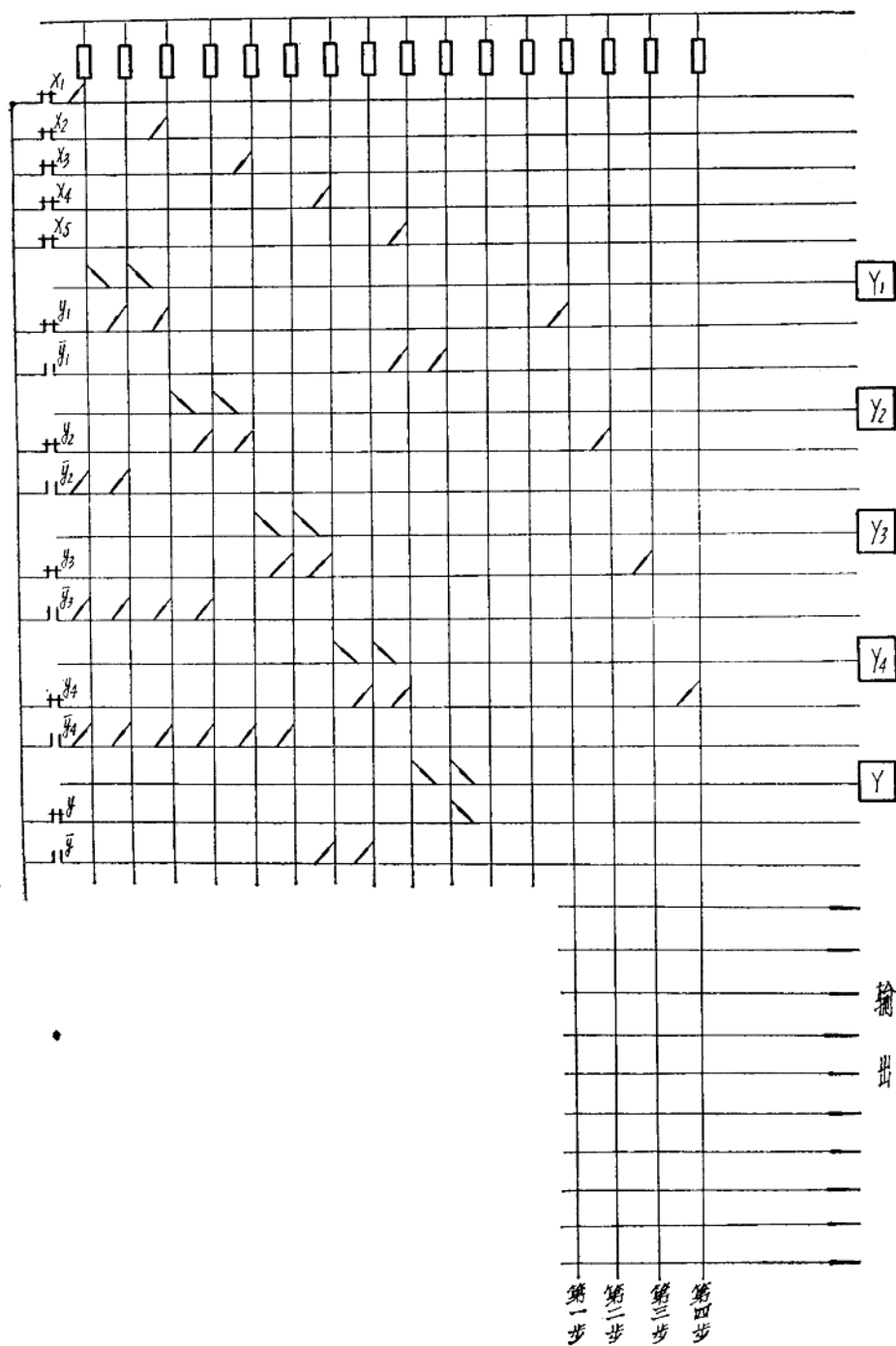


图 I - 9 SK₁ 的步进控制

入料机械手的工艺如下：在初始状态，机械手处于后停位置，已夹紧一条冷钢，抬头待命。接到入料信号 x_1 时，机械手前进 (Z_1)。到达前停位置时接到前停信号 x_2 就前停，并开始延时 T_1 。延时后 t_1 使机械手低头并开始 T_2 的延时。 t_2 使机械手放松并开始 T_3 的延时，延时后 t_3 使机械手抬头并开始 T_4 的延时。延时后 t_4 使机械手后退，后退的条件是前停、放松及抬头。接到后停信号 x_3 时就后停，并开始 T_1 的延时。延时后 t_1 使机械手低头并开始 T_5 的延时。 t_5 使机械手夹紧并开始 T_3 的延时，延时后 t_3 使机械手抬头。此时入料机械手已夹紧一条冷钢，抬头待命，只要“要料”信号 x_1 一到，就进行下一次循环。

顺序控制的流程图以及实现这种顺序的继电器线路图如图 I - 10 所示，根据继电器图就不难排列出矩阵板上的程序，见图 I - 11。

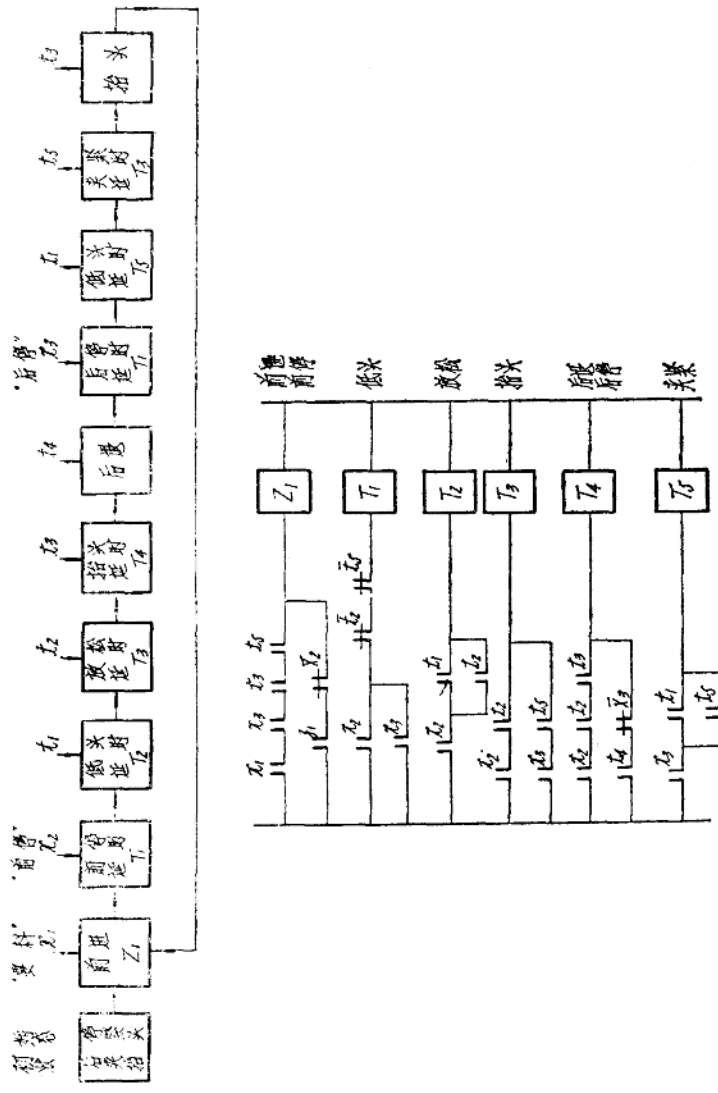


图 I - 10 环形加热炉入料机械手工序及其控制