

继电器 矩阵式顺控线路的设计

蔡德泰 著



上海科学技术出版社

继电器矩阵式顺控 线路的设计

蔡德泰 著

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书首先介绍继电器矩阵式顺序控制线路的设计原理和 Design 方法,接着介绍单机的电气顺控设计以及生产自动线的电气顺控设计。这种继电器矩阵式顺控方式,线路简单,工作可靠,便于设计与维修,特别适用于加工对象不多变以及只要求完成逻辑运算与开关量控制的自动或半自动受控设备。

本书可供从事生产自动化的工人、技术人员和有关专业师生参考。

继电器矩阵式顺控线路的设计

蔡 德 泰 著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 浙江湖州印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5.5 字数 120,000

1980 年 8 月第 1 版 1980 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—5,000

书号: 15119·2077 定价: (科四) 0.54 元

前 言

自动化是生产技术领域中探索和研究的中心课题。自动化不仅可极大地提高劳动生产率,而且可减轻工人的劳动强度。实现生产过程的自动化,涉及到机械、电气控制、自动检测等许多技术领域。单就电气控制技术来说,因受控设备的不同,而需有各种不同的控制手段,例如继电器控制、步进选线器控制、顺序控制器控制、电子计算机控制等。

任何一种控制技术,总有它的最合适的应用对象。对某一个具体的受控设备,如果有几种控制技术都能使它达到预定的要求,人们总是选用其中结构最简单、工作最可靠、维修最方便的一种。生产领域中大多数受控设备的结构及复杂程度可能各不相同,在加工某些产品时,也会有各种不同的工艺过程。但就其加工过程中的每一个工步来说,它们的动作节拍却大多是不高的,很少有在一秒钟内需要完成多个工步的情况;而且就控制的要求来说,大多只需完成逻辑运算和实现开关量控制。它们所加工的产品也并不需要经常更改。这一类自动或半自动受控设备的数量,在国民经济中所占的比重较大,因此用于这类受控设备的电气自动控制技术,就一直成为人们关注的问题。

继电器具有抗干扰能力强、工作稳定、价格便宜、维修使用方便、动作看得见、易于排除故障等优点,所以在受控设备的电气自动控制方面,它一直是主要的控制元件之一。在国内、外研制的电子顺序控制器中,即使已应用了无触点的集成

元件,但控制信号的输出大部分还是采用继电器。

多年来,用继电器组成的传统式控制线路(有着各种联锁环节),有时被称为继电器联锁式控制线路,或称为继电器逻辑式控制线路。这种线路的工作可靠性较差。其次,须考虑前后照顾以及各继电器动作上的联锁,这就给设计工作带来不便。再次,当控制系统出现故障时,分析故障原因和寻找故障部位也比较困难。在调试过程中如须修改控制线路的部分内容,常有牵一发动全身的影响,甚至整个系统就得重新布置。由于上述种种问题,这种继电器逻辑式控制线路正逐渐为其他新的控制技术所代替。

本书所介绍的继电器矩阵式顺控技术,是对传统的继电器控制技术进行改造后所取得的成果。控制线路中,以中间继电器作为顺控元件,使继电器的动作规律化。在不需其他附加元件(如变压、变流等装置)的情况下,使交流强电(220伏或380伏)控制系统也可直接实现顺序控制。这种继电器矩阵式顺控技术,改革了继电器控制线路的设计、调试和线路图的表达方法,特别适用于加工对象不多变以及只要求完成逻辑运算与开关量控制的自动或半自动受控设备。实践证明,这种控制方式不仅线路简单、容易设计、工作可靠、运行稳定、节省投资,而且控制线路一旦发生故障,检修极为方便。

本书概述了继电器矩阵式顺控线路的原理、设计方法及其在单机和生产自动线中的应用。由于作者水平有限,编写时间仓促,书中必然存在缺点和错误,请读者批评指正。

目 录

第一章 顺序步进器及输出矩阵.....	1
第一节 矩阵式直流弱电顺控的基本环节	1
第二节 活动结点式矩阵的结构和原理	6
第三节 静态顺序步进器	8
第四节 矩阵中电源反馈的防止	15
第五节 继电器矩阵式顺控线路的特点	18
第六节 继电器的选择	20
第二章 输出矩阵的设计.....	24
第一节 输出矩阵的设计过程	24
第二节 工步归并的原理	32
第三节 应用工步归并原理的矩阵设计	38
第四节 手动控制环节的设计	48
第三章 顺序步进器的起步和回零.....	53
第一节 顺序步进器的单拍工作	53
第二节 顺序步进器的自动再次循环	56
第三节 预先停车	58
第四节 起步条件	59
第四章 典型工艺流程的电气顺控设计.....	65
第一节 单机电气顺控系统的基本结构	65
第二节 链式工艺流程的电气顺控设计	68
第三节 树干式工艺流程的电气顺控设计	73
第四节 计数式工艺流程的电气顺控设计	81
第五节 继电器十进制计数器	90
第六节 受控设备电气顺控设计的步骤	96

第七节 受控设备电气顺控系统的调试	101
第五章 受控设备电气顺控设计实例	104
第一节 液压半自动车床的电气顺控设计实例	104
第二节 四工位组合机床的电气顺控设计实例	112
第三节 液料自动发货机的电气顺控设计实例	132
第六章 生产自动线的电气顺控设计	140
第一节 异步输送式自动线的电气顺控设计	142
第二节 全线总控及信号指示	148
第三节 同步输送式自动线的电气顺控设计	149
第四节 电气顺控自动线的故障与检修	163

第 一 章

顺序步进器及输出矩阵

人步行前往某一地点，总是一步一步地前进。一台自动机床在加工某一个机器零件时，也总是一个工步又一个工步地依次进行。上一工步结束了，它就自动开始下一工步，这就是通常说的步进动作。当控制过程的各个工步能按需要或规定顺序地循步进行，这就是顺序步进，整个控制系统就称为顺序步进控制系统。

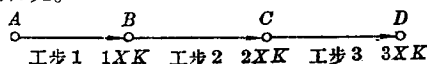


图 1-1 工步示意图

图 1-1 为某控制过程中的三个工步。动作从 A 开始。从 $A \rightarrow B$ 是工步 1 的工作行程，行程开关 $1XK$ 是工步 1 的动作完成信号。当 $1XK$ 被压合时，控制过程就允许进入工步 2，所以 $1XK$ 的压合是进入工步 2 的条件。同理，行程开关 $2XK$ 是工步 2 的动作完成信号， $2XK$ 的压合是控制过程进入工步 3 的条件。这就是说，只有在满足一定的条件时，控制过程才能从上一工步进入下一工步。若某一个控制过程有许多工步，而又设定了进入每一工步所必须满足的条件时，控制过程就能按照预先设定的程序和条件，一个工步又一个工步地顺序进行，从而保证受控设备能稳定而又可靠地工作。

第一节 矩阵式直流弱电顺控的基本环节

顺序控制(简称顺控)技术是自动化技术的一个基本领

域,也是机械设备、生产自动线等受控设备自动控制技术的发展方向之一。

图 1-2 画出了矩阵式直流弱电顺控器的基本环节。图中 $1CT$ 、 $2CT$ 、 $3CT$ 、 $4CT$ 等执行元件,可以是交流电器,也可以是直流电器。每一执行元件的得电或失电,都直接操纵着机构的运动状态。

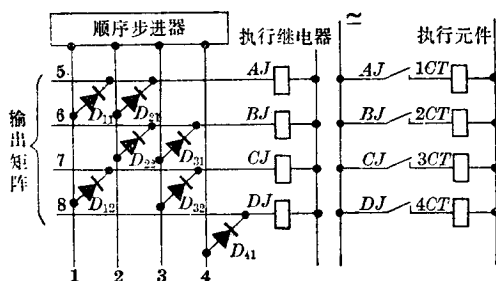


图 1-2 直流弱电顺控的基本环节

AJ 、 BJ 、 CJ 、 DJ 称为执行继电器。每只执行继电器控制着一个执行元件。例如,继电器 AJ 得电吸合时,只有受 AJ 控制的执行元件 $1CT$ 得电。继电器 CJ 得电时,只能使受 CJ 控制的执行元件 $3CT$ 得电。这就是说,在矩阵式直流弱电顺控系统中,执行继电器的数量应与执行元件数量相等。受控设备上执行元件数量越多,所需执行继电器的数量也越多。

图 1-2 中的竖线 1、2、3、4 称为程序线。每一根竖线代表一个程序,图中的四根程序线,代表控制系统有四个程序。在第一程序时,只有程序线 1 带电,其余程序线 2、3、4 都不带电。即在顺控系统工作时,每一程序只有一根程序线带电。

$D_{11}, D_{12}, \dots, D_{41}$ 为半导体两极管。在某一程序中如需某个执行元件动作, 只需在该程序的程序线与相应执行继电器的连接线交叉处接入一只两极管。例如第一程序中如需执行元件 $1CT$ 和 $3CT$ 得电动作, 可在程序线 1 与连接执行继电器 AJ 和 CJ 的横线 5 和 7 的交叉处分别接入一只两极管 (即图 1-2 中的 D_{11} 和 D_{12})。在顺控系统工作时, 得电的程序线都是高电位, 即带“+”电。这样当顺控系统进入第一程序时, 由于程序线 1 带“+”电, 连接在程序线 1 上的两极管 D_{11} 和 D_{12} 导通, 执行继电器 AJ 和 CJ 得电吸合, 执行元件 $1CT$ 和 $3CT$ 得电动作, 达到了预定的目的。又如在第四程序时, 如只需执行元件 $4CT$ 动作, 就应在程序线 4 与连接执行继电器 DJ 的横线 8 的交叉处接入一只两极管 D_{41} , 当程序线 4 带“+”电时, 两极管 D_{41} 导通, 继电器 DJ 得电吸合, 执行元件 $4CT$ 得电动作。

从上述可见, 一个执行元件在某一程序中是否动作, 是由执行继电器控制的, 而执行继电器是否吸合, 又是由该程序中是否接入两极管来决定的, 故利用两极管就可安排受控设备的自动控制全过程。

接在矩阵中的两极管称为记忆元件。它记忆着设计所规定的每一程序的工作内容, 即记忆着每一程序应使哪些执行元件得电动作。例如在图 1-2 所示矩阵的第一程序中, 由于接有两极管 D_{11} 和 D_{12} , 它就记忆了第一程序中应有 $1CT$ 和 $3CT$ 得电动作, 此后, 凡是顺控系统进入第一程序, 就只有 $1CT$ 和 $3CT$ 得电动作。

选择两极管作为记忆元件, 可以防止电源在各程序线之间的反馈串通。从图 1-2 可见, 当顺控系统进入第二程序时, 程序线 2 得电而程序线 1 失电, 这时只有两极管 D_{21} 和 D_{22} 导

通, 横线 5 和 6 都带上了“+”电(继电器 AJ 和 BJ 得电吸合), 这时接在横线 5 上的另一只两极管 D_{11} 由于两极管的单向导电作用而不会导通, 这样电源就不会经 D_{11} 反馈到程序线 1 上去。如果电源反馈到程序线 1, 两极管 D_{12} 又导通, 继电器 CJ 又得电吸合, 将会造成在第二程序中 $3CT$ 又得电的误动作。

从上述可知, 由于每一程序中只有一根程序线带电, 而且只有这一程序步的输出才是有效的, 而其他各程序的输出则被全部撤消。根据这个原理, 在编排受控设备的输出矩阵时, 程序前进一步, 就只须考虑这一步应输出的控制信号(即应在哪些位置接入两极管), 而不必纵观全局。

如果前一程序的输出需在下一程序中继续保持, 可在下一程序中重新给出。图 1-2 中的 $1CT$ 在第一及第二程序中都要得电, 则在程序线 1 上须接入两极管 D_{11} , 在第二程序中还应接入两极管 D_{21} 。

一个受控设备的工艺过程都是由许多工步组成的。在矩阵式直流弱电顺控系统中, 通常都把每一个工步列为一个程序步。换句话说, 当受控设备的工艺过程由 n 个工步组成时, 顺控系统就必须有 n 个程序步。

图 1-2 所示的两极管矩阵, 图形清晰, 每一程序中应动作的执行元件项目表达清楚。在调试过程中, 如因工艺变动而需修改某一程序的工作内容, 只需更改那个程序中两极管的位置。

如在矩阵中的各横线与竖线交叉处都接入一只插座, 并把两极管直接安装在插头内部, 则在把插头插入某只插座时, 就相当于在这个位置接入一只两极管。这样, 编排各程序的输出就更为灵活、机动。这一方法在许多插销板式的顺序控

制器中得到广泛的应用。

在直流弱电顺控系统中, 如果它是步进型的顺控系统, 就设有顺序步进器的控制环节。它的功能主要在于转换程序。当前一程序的动作确已完成, 进入下一程序的条件已经满足时, 顺序步进器就能把顺控系统从上一程序自动地转入下一程序。

顺序步进器结构的类型, 有用无触点集成元件构成的与有用有触点电器(如步进选线器等)构成的顺序步进器两类。

图 1-2 所示的矩阵式直流弱电顺控系统可以实现下列工作过程: 顺控系统起步后首先是程序线 1 得电, 两极管 D_{11} 、 D_{12} 导通, 继电器 AJ 和 CJ 得电吸合, 执行元件 $1CT$ 和 $3CT$ 得电动作。当受 $1CT$ 、 $3CT$ 操纵的机构运动到达预定位置压合行程开关 $1XK$ 时, 顺序步进器就进入了第二程序。顺控系统进入第二程序后, 第一程序的输出就因程序线 1 的失电而被撤消。程序线 2 得电后, 接在程序线 2 上的两极管 D_{21} 、 D_{22} 导通, 继电器 AJ 、 BJ 得电吸合, 即执行元件 $1CT$ 保持得电, 执行元件 $2CT$ 开始得电。当某机构在 $2CT$ 的操纵下到达预定位置压合行程开关 $2XK$ 时, 顺序步进器进入第三程序。这里 $1XK$ 的压合就是步进器进入第二程序的条件, $2XK$ 的压合就是步进器进入第三程序的条件(各步进条件与步进器之间的连接在图 1-2 中均未画出)。步进器从上一程序进入下一程序的条件, 可以是一个, 也可以是多个, 它常在设计顺控系统时根据实际需要确定。

凡在满足必要条件时才能实现步进的叫做条件步进。各程序的步进条件通常都是由受控设备的现场检测信号(如行程开关、压力继电器、光电继电器等)构成。在某些顺控系统中, 也有以预先设定的时间作为步进器转换程序的依据, 这就

是所谓时间步进。当步进器进入某一程序时，计时单元开始计时。经过预定的延时后，不论受控设备的工作结果是否达到预定的要求，步进器就进入下一个程序。由于现场工作结果得不到检测，常降低控制系统的可靠性。这种以时间为依据的步进方式，除在某些机构上确实无法安装现场检测信号（如行程开关等）、或机构即使出现误动作也不会造成设备事故的情况外，一般都应优先考虑采用条件步进的方式，或采用条件和时间相结合的方式。

第二节 活动结点式矩阵的结构和原理

图 1-3 画出了由继电器触点构成的活动结点式矩阵的原理图。1CT、2CT、3CT、4CT、5CT 分别为操纵各机构运动的执行元件。竖线 1、2、3、4 称为程序线，它的数量代表了程序步数。接在矩阵中的各继电器的常开触点既是控制元件，又是记忆元件（即记忆着规定的每一程序的工作内容）。在图形上与图 1-2 所示两极管矩阵中的两极管相似，只是图

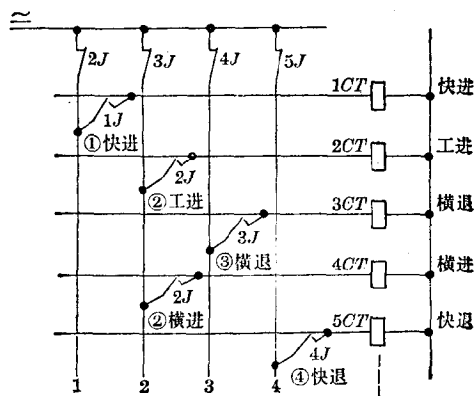


图 1-3 活动结点式矩阵原理图

1-3 中的各记忆元件是一个个活动的结点。故如图 1-3 那样的矩阵称为活动结点式矩阵。

在顺控系统工作时,继电器 $1J$ 、 $2J$ 、 $3J$ 、 $4J$ 是依次轮流吸合的。当继电器 $1J$ 吸合时,只有受 $1J$ 控制的执行元件 $1CT$ 得电,其他执行元件都不得电。当继电器 $2J$ 吸合时,它的常闭触点切除了程序线 1 的电源,第一程序的输出就因程序线 1 的失电而被撤消。这时只有受继电器 $2J$ 控制的执行元件 $2CT$ 和 $4CT$ 得电,其他各执行元件都不得电。当继电器 $3J$ 吸合时,它的常闭触点又切除了程序线 2 的电源,第二程序的输出就随着程序线 2 的失电而被撤消,执行元件 $2CT$ 、 $4CT$ 全部失电。这时只有受继电器 $3J$ 控制的 $3CT$ 得电,其余都不得电。由上述可见,在顺控系统工作时,总是只有一只继电器的控制才是有效的。

在图 1-2 所示的两极管矩阵中,当顺控系统没有工作时,各程序线全部失电,在顺控系统工作时,则是各程序线依次轮流带电,而在图 1-3 所示的活动结点式矩阵中却正好相反,在顺控系统没有工作时,各程序线全部带电。由于每一程序线中都接有后一程序继电器的常闭触点,所以在顺控系统工作时,各程序线就依次轮流失电。这是活动结点式矩阵的结构特点之一。

编排受控设备的矩阵结构,可根据它的加工工艺流程进行。在某个程序中如需某个执行元件动作,可在矩阵中的相应位置接入该程序继电器的一对常开触点。如与图 1-2 所示的两极管矩阵比较,凡两极管矩阵中原需接入两极管的位置,在活动结点式矩阵中就可接入继电器的常开触点,所以在进行受控设备的程序设计时,设计活动结点式矩阵与两极管矩阵同样方便。

如果控制对象是 24 伏直流阀用电磁铁, 由于它的吸持电流较大(达 0.8 安左右), 为防止继电器常闭触点切断程序线电源(即断开执行元件负荷)时出现火花, 应在每对常闭触点上并联一只电容量为 1.5 微法 (60 伏) 的纸介电容器或电解电容器。

图 1-3 所示的活动结点式矩阵图形简洁、清晰。每一程序应该得电的执行元件表达清楚, 查阅方便。若在各记忆元件下标以工步序数及动作名称的文字说明, 图纸就更为清楚易懂。

第三节 静态顺序步进器

图 1-4 画出了能使各继电器实现顺序动作的原理图。图中每只继电器代表一个程序, 所以称它们为程序继电器。由图可见, 在按下按钮 A_1 时, 继电器 $1J$ 得电自锁。它的一对常开触点 $1J_2$ 闭合, 为继电器 $2J$ 的动作准备了条件。在按下按钮 A_2 时, 继电器 $2J$ 得电自锁, 这时继电器 $1J$ 继续得电吸合。继电器 $2J$ 的常开触点 $2J_2$ 的闭合, 又为继电器 $3J$ 的动作准备了条件。在按下按钮 A_3 时, 继电器 $3J$ 得电自锁, 它的常闭触点 $3J_3$ 断开, 继电器 $1J$ 的电源被切除, 继电器 $1J$ 就失电而释放。这时继电器 $2J$ 仍继续保持得电吸合。继电

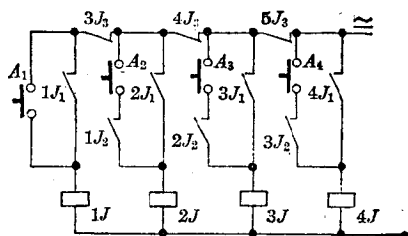


图 1-4 继电器顺序动作的原理图

器 $3J$ 的常开触点 $3J_2$ 的闭合, 又为继电器 $4J$ 的动作准备了条件。这种继电器线路有下列几个特点:

(1) 各继电器能实现依次的顺序动作。前一继电器没有吸合, 后一继电器就不可能得电动作。由图可见, 当继电器 $1J$ 没有吸合时, 常开触点 $1J_2$ 没有闭合, 即使按下按钮 A_2 , 继电器 $2J$ 仍不会得电吸合。同理, 在继电器 $2J$ 没有吸合时, 继电器 $3J$ 也不会得电。故这种继电器线路只能按 $1J \rightarrow 2J \rightarrow 3J \rightarrow 4J$ 的次序得电动作。

(2) 除第一程序外, 每一程序中总有相邻两只继电器同时得电吸合。后一继电器得电吸合时, 前一继电器继续处在得电吸合状态。表 1-1 为各继电器的动作表(表中有符号“+”表示继电器得电, 无此符号者表示继电器失电)。从表 1-1 可见, 各继电器的得电动作顺序为: $1J \rightarrow 1J$ 、 $2J \rightarrow 2J$ 、 $3J \rightarrow 3J$ 、 $4J \rightarrow \dots$ 。

表 1-1 继电器动作表

继 电 器	程 序			
	1	2	3	4
$1J$	+	+		
$2J$		+	+	
$3J$			+	+
$4J$				+

每一程序中虽有相邻两只继电器同时得电吸合, 但只有后一继电器的控制才是有效的。从图 1-3 所示的矩阵可见, 程序线 1 中接有后一继电器 $2J$ 的常闭触点, 在后一继电器 $2J$ 得电吸合时, 程序线 1 的电源即被继电器 $2J$ 的常闭触点切除。这样, 即使继电器 $1J$ 继续得电吸合, 由于程序线 1 的

电源已被切除,继电器 $1J$ 的控制作用也就随之消失,执行元件 $1CT$ 就不会在第二程序中继续得电。

在图 1-4 所示的继电器线路中,继电器 $1J$ 得电吸合称为起步。继电器的动作从前一程序进入后一程序称为步进。各继电器的全部失电称为回零。继电器在步进过程中发生不正常的回零称为失步。

各继电器的常开触点 $1J_2$ 、 $2J_2$ 、 $3J_2$ 、……称为步进的导引触点,起着使各继电器实现顺序动作的导引作用。图 1-4 中的各程序继电器就是在这些触点的导引下,才实现了依次的顺序动作。

按钮 A_2 、 A_3 、 A_4 起着使各继电器动作的触发作用,所以称为步进触发信号,或称为步进条件。当继电器一经触发动作并自锁后,这些触发信号就不再起作用。即使它们继续处在闭合位置,也不会影响各继电器进行正常的步进动作。例如在继电器 $1J$ 吸合时,按下按钮 A_2 可使继电器 $2J$ 得电吸合。若按钮 A_2 继续处在闭合位置,不会影响其他继电器的正常步进动作。当按下按钮 A_3 时继电器 $3J$ 得电吸合,这时继电器 $1J$ 的电源被常闭触点 $3J_3$ 切除,继电器 $1J$ 失电而释放,常开触点 $1J_2$ 复位断开,这样即使 A_2 继续闭合,也不会再对继电器 $2J$ 起任何作用。

由步进导引触点与步进触发信号串接而成的电路,起着触发各继电器动作的作用,所以把这条支路称为步进触发电路。例如图 1-4 中,按钮 A_2 与常开触点 $1J_2$ 的串接就是继电器 $2J$ 的步进触发电路;按钮 A_3 与常开触点 $2J_2$ 的串接就是继电器 $3J$ 的步进触发电路。

切除各程序继电器自锁的常闭触点 $3J_3$ 、 $4J_3$ 、 $5J_3$ 都被接在电源干线中。如把它们如图 1-5 那样接在继电器的自锁