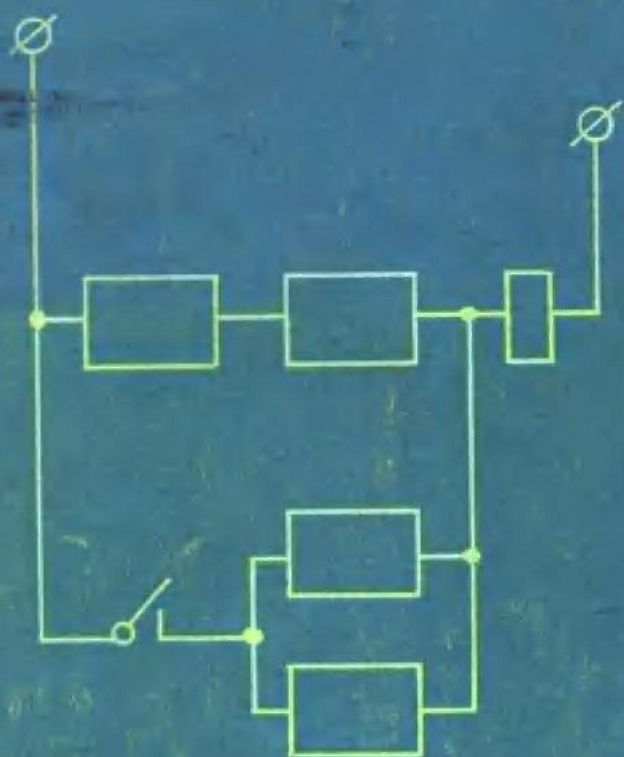


继电器接点控制线路的逻辑设计



蒋孝良 胡铭发 臧亨 编著

上海科学技术出版社

87.4

继电器接点控制线路的逻辑设计

蒋孝良 胡铭发 臧亨 编著

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 上海市印刷四厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 12.5 字数 298,000

1979 年 11 月第 1 版 1979 年 11 月第 1 次印刷

印数 1—60,000

书号: 15119·2005 定价: 1.20 元

前 言

目前,虽然利用 T. T. L、H. T. L、MOS 集成电路元件组成的无触点开关控制线路应用已日益普遍,但在生产实践中,仍有许多组合机床、专用机床以及生产自动线的电气控制采用继电器接点控制线路。这是由于继电器接点开关线路具有可靠、稳定、维修方便等优点。广大电气工人和有关技术人员迫切需要掌握这类线路的设计方法。编写此书的目的是要介绍一种比较系统的设计方法,以满足上述人员的要求。

本书共分六章:

第一章和第二章介绍了有关逻辑设计方法的基础知识和基本技巧。

第三章介绍了逻辑设计方法的步骤及一些典型情况的设计特点。

第四章介绍了四种常用的步进控制方式以及一种关于受控元件线圈得电的新的控制方式——旁路原理,这些都是目前常见的通用程控器的基础。

第五章介绍了控制线路特殊环节的设计原则。

第六章对影响控制线路工作可靠性的主要因素——竞争现象作了较深入的讨论。

逻辑代数是本书用到的主要数学工具。我们未专列一章来介绍,而是随着讨论的深入安插在第一、第二章中逐步介绍的。另外,关于竞争现象,我们放在第六章讨论,前几章只作概要的介绍和说明,目的是为了在前几章中集中分析、介绍逻辑设计方法。我们认为这样处理对初学者是有利的。

应该说明:本书介绍的方法主要适用于具有固定程序的控制系统的设计,这对大多数常用的自动机械的控制来说是够用的;然而对于输入信号具有随机性质的控制系统来说,由于不能使用本书所介绍的转换表,相应的设计方法就不适用了。本书介绍的方法所得到的结果一般都表述为逻辑变量的“与/或”函数形式,这是由于我们最终都将以接点的串、并联形式来实现线路;实际上,将得到的“与/或”函数经适当的变换(例如用二次求反法变换为“与/非-与/非”函数形式)是不难采用相应的集成电路组件来实现线路的。

由于我们的水平有限,必然存在许多错误和不足之处,希望读者予以指正。

编著者于上海市业余工业大学

1978年12月

目 录

前 言

第一章 继电器接点控制线路的基本概念, 逻辑变量, 检测元件状态表	1
第一节 继电器接点控制线路的一些概念	1
第二节 逻辑变量, 逻辑函数	5
第三节 检测元件状态表	8
第四节 介绍一种分析线路的方法	12
第二章 逻辑函数及开关函数的列写	17
第一节 逻辑函数和逻辑运算	17
第二节 有记忆作用元件的开关逻辑函数——继电器开关函数的列写	22
第三节 有多次通断的继电器开关函数的列写	36
第四节 无记忆作用元件的开关函数	40
第五节 逻辑代数基本定律和公式, 开关函数的化简	47
第六节 继电器的开关时间	53
第三章 控制线路的逻辑设计方法	59
第一节 中间记忆元件——继电器的设置方法	59
第二节 逻辑设计方法的步骤	68
第三节 关于逻辑设计方法的补充讨论	75
第四节 具有以时间原则作程序转换主令的控制线路的逻辑设计	79
第五节 使用接近开关和速度继电器的控制线路的逻辑设计	87
第六节 逻辑设计方法的小结	95
第四章 步进式控制方式及旁路原理	98
第一节 双序步进控制方式	98
第二节 右移码步进控制方式	100
第三节 台阶形步进控制方式	107
第四节 链形步进顺序控制方式	110
第五节 步进式控制方式设计举例	112
第六节 利用旁路原理的继电器接点控制线路	118
第五章 继电器接点控制线路的特殊环节	126
第一节 单拍——自动循环的实现	126
第二节 重复 n 次工作循环的线路设计	131
第三节 调整线路的实现	136
第四节 预开、预停和紧停环节	141

第五节	预选网络	144
第六节	线路跳序功能的实现	148
第七节	专用机床控制线路的逻辑设计	159
第六章	继电器接点控制线路中的竞争现象	175
第一节	一、二次信号取值组合在相邻稳态转换时的变化规律	175
第二节	有关竞争现象的概念和推论	180
第三节	发现临界竞争的方法	184
第四节	消除临界竞争的方法	191

第一章

继电器接点控制线路的基本概念, 逻辑变量, 检测元件状态表

第一节 继电器接点控制线路的一些概念

为了明确起见, 我们将主要围绕一个“自驱式攻丝动力头”的例子来说明有关概念。关于符号的意义, 我们规定如下: J_1 、 J_2 和 CJ_z 、 CJ_F 分别表示继电器 1、2 和正、反转接触器或它们的线圈; $2XK$ 、 $3XK$ 和 QA 分别表示行程开关 2、3 和启动按钮; $4DT$ 、 $5DT$ 表示电磁阀 4、5 或它们的线圈。

同一符号还表示该电气元件提供的接点, 无杠号者表示常开接点, 有杠号者表示常闭接点。例如: J_1 、 $\overline{J_1}$ 、 CJ_z 、 $\overline{CJ_z}$ 、 $5XK$ 、 $\overline{5XK}$ 分别表示继电器 1 的常开、常闭接点, 正转接触器的常开、常闭接点, 行程开关 5 的常开、常闭接点等。

继电器、接触器线圈保持得电的范围用箭头表示; 电磁阀线圈保持得电的范围用“+”表示。

一、工步与程序

我们来分析一个自驱式攻丝动力头的工作循环过程。该动力头按装着若干攻丝丝锥, 以完成对工件的“攻丝”加工过程。攻丝丝锥是通过机械传动机构从主轴电动机获得转矩的。整个动力头固定地按装在可作平移运动的滑台上, 滑台运动的动力由液压系统给出。当人工启动后, 开始进行下列“攻丝”加工过程:

滑台快进——处于原始位置 ($1XK$) 的滑台快速平移以接近工件; 当快进到一定位置 ($2XK$), 停止快进, 并转入滑台慢进。

滑台慢进——滑台以慢速继续平移, 使攻丝丝锥较准确地进入攻丝位置, 当慢进到攻丝位置 ($3XK$), 滑台停留 (一般以死挡铁抵住) 并转入动力头正转攻丝。

动力头正转攻丝——主轴电动机正转使攻丝丝锥获得转矩, 从其原始位置 ($5XK$) 开始正转攻丝加工; 攻丝时丝锥将深入工件 (滑台不动); 当攻丝到一定深度位置 ($4XK$), 主轴电动机随即停转, 并转入动力头反转退出。

动力头反转退出——主轴电动机反转, 攻丝丝锥即从已达到的攻丝深度位置 ($4XK$) 反转退出; 直到退回攻丝原始位置 ($5XK$), 主轴电动机停转, 并转入滑台快退。

滑台快退——滑台从慢进到位置 ($3XK$) 作快速后退运动, 直到退回滑台原始位置 ($1XK$), 滑台停止运动。至此完成了一个“攻丝”工作循环。

图 1-1 简单表示了上述工作循环的进程, 后面我们将介绍它的作法。

由此可见, 自动机械的一个工作循环的过程, 总是分成若干步骤逐步进行的。在每个步骤中, 自动机械进行着特定的机械动作。在机械工程中把这种进行特定机械动作的步骤称为工步。一般经常用特定机械动作来命名该工步。例如上述“攻丝”工作循环可划分成“快

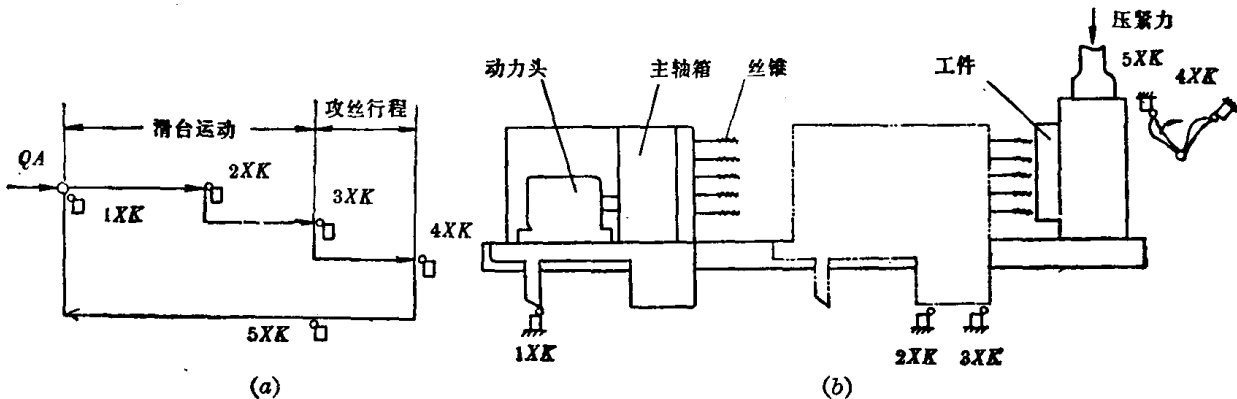


图 1-1 攻丝动力头的工作循环图和检测元件布置示意图
a—工作循环图; b—检测元件布置示意图

进”、“慢进”、“攻丝”、“攻丝退出”、“快退”五个工步。

通常情况下,每一工步输出的特定的机械动作是由电控线路中的执行机构所控制的。电控的执行机构可以由电磁阀、电磁铁、接触器等元件组成。仍以上述“攻丝”工作循环为例:图 1-2 所示线路中,1DT、3DT 电磁铁得电,给出了“快进”的特定机械动作;电磁铁 1DT 得电、3DT 失电,给出了“慢进”的特定机械动作,接触器 DJ_z 得电(1DT、3DT 失电)给出了“攻丝”的特定机械动作等。表 1-1 列出了对应各工步的执行元件的通断情况,我们称为执行元件动作节拍表。表 1-1 中与电磁铁对应的部分就是大家所熟悉的“电磁阀节拍表”。

表 1-1 执行元件动作节拍表

程序	名 称	1DT	2DT	3DT	CJ _z	CJ _f
0	原 始	-	-	-		
1	滑 台 快 进	+	-	+		
2	滑 台 慢 进	+	-	-		
3	动力头正转攻丝	-	-	-	↓	
4	动力头反转退出	-	-	-		↓
5	滑 台 快 退	-	+	+		
0	原 始	-	-	-		

↑—————电磁阀节拍表—————↑

由此可见,电气执行元件的各种不同工作状态(通、断)的组合就决定了各个不同的特定机械动作的输出。从电控的角度来看,自动机械工作循环的过程就是电气执行元件的各种工作状态的组合,有顺序地逐步地进行切换的过程。

我们规定:

- (1) 电控线路对应于各电气执行元件工作状态的一种组合工作状态,称为电控线路的一个程序;一般常根据对应于某程序的特定的机械动作来命名该程序。
- (2) 当两个程序虽然对应着同一组执行元件工作状态的组合,然而它们却被其他程序所间隔(即占有不同的时间段落)时,我们仍认为是两个不相同的程序。
- (3) 对应于所有执行元件都失电的组合情况,我们仍认为是一个程序,特别是电控线路

开始工作前的原始状态,所有执行元件就应处于失电情况,经常我们称它为“零程序”。

根据以上规定,可以看到电控中的“程序”概念和机械工艺中的“工步”概念是有差别的。当电控执行元件工作状态组合情况不变而单纯由于机械原因(例如凸轮位置改变)引起机械动作输出变更时,就机械工艺的“工步”而言是发生了转换,而就电控中的“程序”而言则认为并未发生变化。

执行元件动作节拍表集中反映了自动机械对电气控制的要求,它是由机械工艺所确定的。从电控线路设计的角度来说,该节拍表可以认为是已知的。

二、电控线路的组成部分

图 1-2 是上述“攻丝”动力头的一种电控线路,通过这个线路,我们来说明电控线路的组成部分。

(一)输入机构 输入机构主要由主令元件、检测元件组成。

主令元件——主要是指手动按钮、开关、凸轮控制器等,它的功能是实现开机、关机、调试或发生应急情况而停机等的控制需要。例如图 1-2 中的启动按钮 QA 就是一个主令元件。

主令元件给出的控制信号就称为主令信号。

检测元件主要是指行程开关、压力继电器、速度继电器、热继电器、过电流继电器等元件。它的主要功能是检测一些物理量(行程距离,压力,速度,热量,电流等)在自动机械工作进程中的状态,以作为电控线路进行程序转换的控制信号,例如图 1-2 中的行程开关 $1XK$ 、 $2XK$ 等。

检测元件还可包括时间继电器,它的主要功能是检测某程序进行的时间,以作为电控线路进行定时切换程序的控制信号。

检测元件给出的控制信号称为现场检测信号,因为它们一般都是从工作现场检测得到的,以后我们简称为检测信号。

主令信号和检测信号即构成控制线路的输入信号。

(二)中间记忆机构 中间记忆机构主要是由中间记忆元件所组成。中间记忆元件在继电器接点控制线路中为继电器所承当。

中间记忆元件最主要、最基本的功能是用来记忆输入信号的变化,以达到使各程序可两两相区分的目的,关于这一点我们在第三章中再详细说明。在这个意义上相应的继电器可称为记忆继电器。

(三)执行机构 执行机构主要由执行元件组成。

执行元件可分成有记忆功能的和无记忆功能的两种。有记忆功能的执行元件有各种容量的接触器、继电器等。例如图 1-2 中的 CJ_Z 、 CJ_F 。无记忆功能的执行元件有电磁阀、电磁铁、微电机、灯光负载、音响负载等,例如图 1-2 中的 $1DT$ 、 $2DT$ 、 $3DT$ 。

执行元件的主要功能是直接控制生产机械的运动部件进行工作(移动,转动,升降,电动

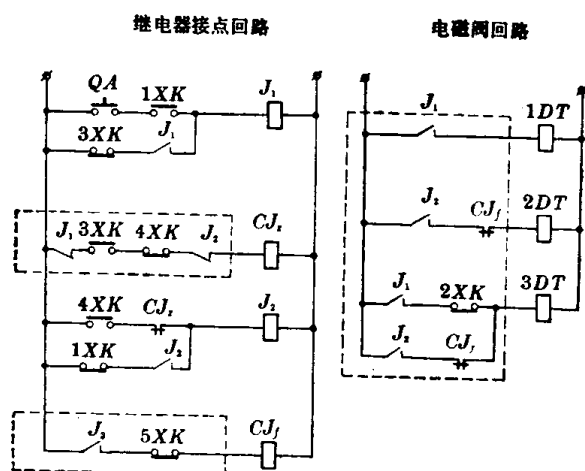


图 1-2 攻丝动力头的一种电控线路

机正、反转等), 以满足工步的要求, 完成加工任务。

(四)组合网络 组合网络可分成组合网络 I 和组合网络 II 两部分。组合网络 II 是和电气执行元件的线圈相联结起来的网络, 例如图 1-2 所示电控线路中用虚线框出的部分。这部分组合网络的作用是保证电气执行元件在各程序中的通断情况完全符合节拍表的要求, 因此可称它为电控线路的动作输出组合网络或动作输出译码网络(环节)。

组合网络 I 是和中间记忆元件的线圈相联结起来的网络, 例如图 1-2 所示电控线路中未被虚线框出的部分。组合网络 I 的作用是保证中间记忆元件通断情况完全符合设计指定的要求, 因此, 称它为中间记忆元件译码网络。事实上, 电控线路逻辑设计的中心问题就是如何合理地设计组合网络 I。

我们应该注意到在象图 1-2 所示的那种常见的电控线路中, 各元件的接点不可分割地混合在组合网络的结构中, 就是说, 若从组合网络中除去所有接点, 剩下的只是各不相关的导线所构成的网络“空架”而已, 这个事实反映了这种以接点直接控制方式构成的电控线路的固有弱点——不能灵活地变更程序。很明显, 对这种线路若要变更程序就非得将接点重新联结以构成新的组合网络。

三、程序的切换

自动机械在电控线路的控制下进行有顺序地工作, 可用图 1-3 所示方框图来描述。

其过程为: 自动机械在开机前全部电气执行元件处于失电状态, 即处于“零程序”, 得人工指令信号或有关设备的联系信号后, 电控线路即给出一组电气执行元件的工作状态, 从而推动自动机械的受控对象进行一定的机械动作。电控线路从“零程序”切换到第一个程序。受控对象在工作行进的现场使某一个物理量到达镇定值时, 相应的检测元件的状态就发生翻转(电控线路的

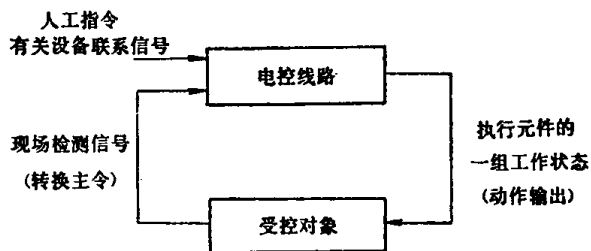


图 1-3 电控线路程序切换示意框图

输入信号发生变化), 进而由电控线路执行元件给出一组新的工作状态, 受控对象也就跟着进行新的机械动作。电控线路又从第一程序切换到第二程序。如此各程序依次切换下去, 直到结束。

当一个输入信号的变化将引起程序切换时, 就称它为转入该程序的转换主令信号。

若转换主令信号是反映距离、速度、压力等物理量状态的变更时, 我们就称由此引起的程序切换是按状态原则进行切换的。特别是用行程开关这个检测元件的信号来作为转换主令信号时, 常称为以行程原则进行切换。显然, 这是状态原则的一个特殊情况。

若转换主令信号是反映时间的到达时, 我们就称是按时间原则进行切换程序。

由此可见, 转换主令信号是程序进行切换的必要条件, 因为转换主令信号反映了前一程序已经完成的信息。

四、工作循环图

为了简明地展示自动机械的整个工作进程, 经常作出工作循环图。习惯上, 在工作循环图中, 用箭头表示一个程序的来处和去向; 两箭头首尾相联点表示程序切换处, 可在其近旁标以转换主令信号; 原始状态或某些停留状态可用空心圆表示。这些首尾相联的箭头的次序表示了各程序相继出现的顺序。由于是周期性电路, 因此工作循环图必然是封闭形的。图

1-1a 即为自驱式攻丝动力头“攻丝”部分的工作循环图。

有时还可作出如图 1-1b 所示的检测元件布置示意图。我们觉得将它和工作循环图结合起来, 能更清楚地展视工作进程。事实上, 绘制上述两图的过程也是进一步了解机械工作进程的性能要求的过程。这就要求我们进行充分的调查研究, 特别应该和机械方面的工人、设计人员共同讨论决定。只有如此, 电控线路的设计才真正建立在切实可行的合理的基础上。

第二节 逻辑变量, 逻辑函数

为设计一个可靠、经济、合理的继电器接点控制线路, 需要用一种新的数学工具, 叫做逻辑代数(又称开关代数, 布尔代数或双值代数)。本节主要介绍逻辑代数中关于逻辑变量和逻辑函数的概念。

一、逻辑变量

分析一下图 1-4 所示三个繁简不同的继电器接点控制线路, 可以看到它们有一个共同特征: 所有受控元件和所有表征控制信号的接点(触头)都只有两个对立的稳定的物理状态。例如:

- 继电器线圈是得电(通)或是失电(断);
- 行程开关是受压还是未受压;
- 电磁铁线圈是得电(通)或是失电(断);
- 灯泡是亮或是灭;
- 开关是合上或是断开;
- 接点是吸合或是释放。

所谓“对立”是指: 这两个物理状态有着非此即彼、互为依存并能相互转化的关系。所谓“稳定”是指: 从控制要求的角度来看, 我们关心的只是两个物理状态已达稳定的情况, 而不考虑这两个稳定物理状态相互转化时的具体物理过程。

在逻辑代数中, 把这种具有两个对立的稳定的物理状态的量称为逻辑变量。

每一个开关元件都具有受激或者原始(未受激)这两种对立的稳定的物理状态, 因此它们都相应于一个逻辑变量。对继电器、接触器、电磁阀等开关元件来说, 受激或原始状态是指其线圈得电或失电状态; 对行程开关这类开关元件来说, 受激或原始状态则是指其受压或未受压状态。例如: J 、 CJ 、 XK 和 DT 分别表示继电器、接触器、行程开关和电磁阀所对应的逻辑变量。

每一个接点信号也相应于某一个逻辑变量。我们明确规定: 用 J 、 CJ 、 XK 分别表示继电器、接触器、行程开关的常开接点及其相应的逻辑变量; 用 $\bar{J}$ 、 $\bar{CJ}$ 、 $\bar{XK}$ 分别表示继电器、接触器、行程开关的常闭接点及其相应的逻辑变量。

由于任一逻辑变量都只具有两个对立的状态, 因此我们可以用两个数字或符号来表示这两个对立的状态。通常我们采用“0”和“1”来表示。这个“0”和“1”可读作逻辑 0 和逻辑 1, 或读作(逻辑)0 状态和(逻辑)1 状态。就是说任一逻辑变量仅有“1”、“0”两种取值的可能性。任何一个逻辑问题中, 0 状态和 1 状态所代表的意义必须作出明确的规定。继电器接

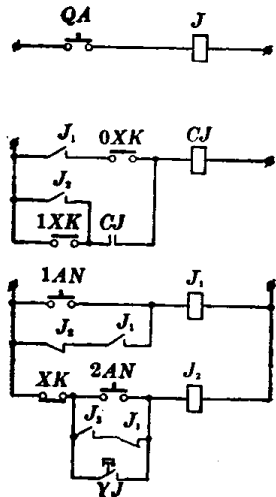


图 1-4 用于说明逻辑变量的继电器接点线路

点控制线路的逻辑设计工作中, 我们明确规定:

开关元件的受激状态(继电器线圈得电、行程开关受压状态)为“1”状态;

开关元件的原始状态(继电器线圈失电、行程开关未受压状态)为“0”状态。

接点的闭合状态为“1”状态;

接点的断开状态为“0”状态。

有了上述规定, 下列各式就有了十分明确的意义:

$J=1$ ——继电器线圈处于得电状态;

$J=0$ ——继电器线圈处于失电状态。

$CJ=1$ ——接触器线圈处于得电状态;

$CJ=0$ ——接触器线圈处于失电状态。

$J=1$ ——继电器常开接点处于受激吸合状态;

$J=0$ ——继电器常开接点处于原始断开状态。

$\bar{J}=1$ ——继电器常闭接点处于原始闭合状态;

$\bar{J}=0$ ——继电器常闭接点处于受激断开状态。

$QA=0$ ——启动按钮常开接点处于原始断开状态;

$QA=1$ ——启动按钮常开接点处于受压闭合状态。

$\overline{QA}=0$ ——启动按钮常闭接点处于受压断开状态;

$\overline{QA}=1$ ——启动按钮常闭接点处于原始闭合状态。

由此可见, 逻辑代数中逻辑变量取“0”值或“1”值的意义与普通代数中变量取“0”值或“1”值的意义完全不同。普通代数中“1”表示数量上的一个单位, 例如 1 本书, 1 匹马等, “0”则表示数量上的没有。逻辑代数中的“0”和“1”则完全没有数量上多少的概念, 如前所述, 这个“0”和“1”只是表示该逻辑变量所处的是哪一种状态。

十分明显, 开关元件本身状态的“1”、“0”取值和它的常开接点的“1”、“0”取值一致, 而其常闭接点的“1”、“0”取值相反。

二、逻辑函数

在继电器接点控制线路中, 通常把表征接点状态的逻辑变量称为输入逻辑变量, 把表征受控元件线圈状态的逻辑变量称为输出逻辑变量。例如图 1-5a 中输入和输出逻辑变量分别是 QA_1 、 QA_2 和 J ; 图 1-5b 中输入和输出逻辑变量分别是 J_1 、 J_2 、 J_3 和 CJ 。

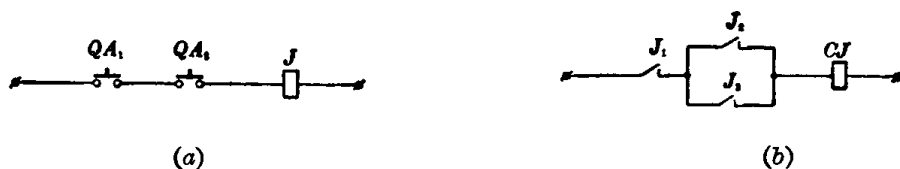


图 1-5 说明输入、输出逻辑变量用图

十分明显, 输出逻辑变量的取值是随各输入逻辑变量取值变化而变化的。图 1-6a、b 中表格分别给出了相应线路中输出逻辑变量的取值(0 或 1)随各输入逻辑变量取值(0 或 1)的组合而变化的情况。

输入、输出逻辑变量的这种相互关系, 用数学语言来说就是一种函数关系, 通常我们称输出逻辑变量是各输入逻辑变量的逻辑函数。例如上例中 J 是 QA_1 、 QA_2 的逻辑函数, CJ 是 J_1 、 J_2 、 J_3 的逻辑函数, 并可分别记为:

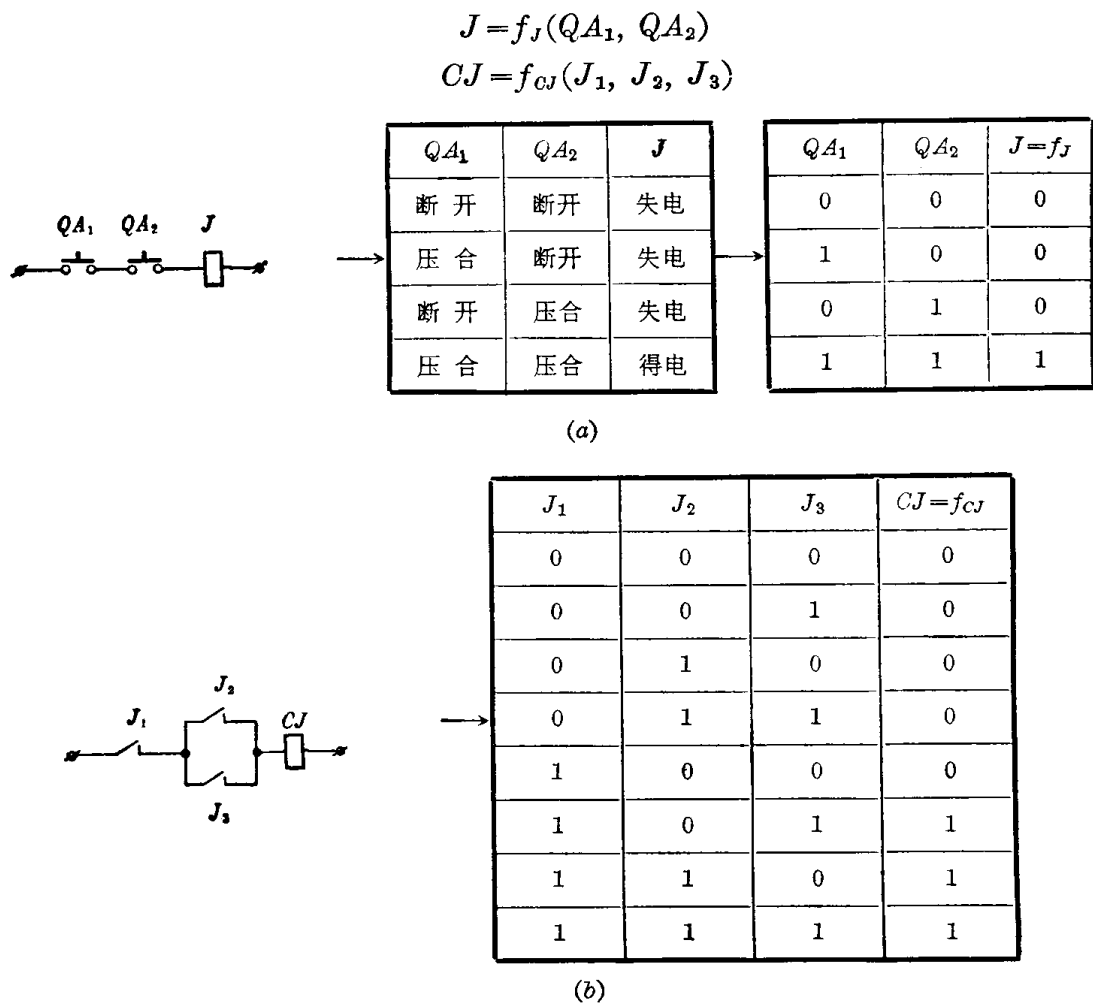


图 1-6 从已知线路作出逻辑函数真值表

三、真值表

图 1-6a、b 中表格称为逻辑函数的真值表。真值表的特点如下：

- (1) 逻辑函数的输入逻辑变量越多，则真值表的行数越多，一般地说，若逻辑函数有 n 个输入逻辑变量，则它的真值表就有 2^n 行。例如逻辑函数 $J=f_J(QA_1, QA_2)$ 有两个输入逻辑变量 QA_1 、 QA_2 ，它的真值表(见图 1-6a)就有 $2^2=4$ 行。逻辑函数 $CJ=f_{CJ}(J_1, J_2, J_3)$ 有三个输入逻辑变量，它的真值表(见图 1-6b)就有 $2^3=8$ 行。
- (2) 真值表每一行前 n 列给出了 n 个输入逻辑变量 0 或 1 取值的一种组合，这 2^n 行就完全给出了 n 个输入逻辑变量 0 或 1 取值组合的全部可能情况，也就是说，完全给出了 n 个接点闭合或断开的组合情况的各种可能性。
- (3) 真值表的最后一列给出了该逻辑函数的 0、1 取值随其输入逻辑变量 0、1 取值组合的变化而变化的情况，实际上就是该受控元件线圈得电、失电状态随各接点闭合、断开状态组合的变化而变化的情况。

例如，对上述逻辑函数 $J=f_J(QA_1, QA_2)$ 而言，它的真值表的最后一列只有第四行 $J=1$ ，前三行 $J=0$ ，说明只有当 $QA_1=1$ 、 $QA_2=1$ ，即只有 QA_1 和 QA_2 都受压闭合的情况下， J 才为得电状态；在 QA_1 、 QA_2 闭合、断开的其余组合情况下， J 都为失电状态。

由于真值表全面地展示了逻辑函数的取值与其输入逻辑变量取值的对应情况，因此真值表是一种表示逻辑函数的基本方法。

第三节 检测元件状态表

本节介绍的检测元件状态表,无论对于线路的逻辑设计还是对于线路的分析,都有十分重要的意义。所谓检测元件状态表就是将各检测元件在各程序中的状态列成表格形式,以便清楚地审察各检测元件状态变更的全貌。表 1-2 是前述“攻丝”加工过程的检测元件状态表。该表中还并列了执行元件的动作节拍表。

表 1-2 攻丝加工工作循环的检测元件状态表

程序	名 称	执行元件动作节拍					检 测 元 件 状 态 表						转换主令	注*
		1DT	2DT	3DT	JC _z	JC _F	1XK	2XK	3XK	4XK	5XK	QA		2XK
0	原 始	-	-	-			1	0	0	0	1	0		0
1	滑台快进	+	-	+			1	0	0	0	1	1	QA	0
							0					φ		
2	滑台慢进	+	-	-			0	1	0	0	1	φ	2XK	1 0
3	动力头正转攻进	-	-	-	↓		0	1	1	0	1 0	φ	3XK	0
4	动力头反转退出	-	-	-		↓	0	1	1	1 0	0	φ	4XK	0
5	滑台快退	-	+	+			0	1	1	0	1	φ	5XK	
								0	0					1
0	原 始	-	-	-			1	0	0	0	1	0	1XK	0

* 本栏是考虑采用短挡块、2XK 能自动复位的行程开关时在一个工作循环中 2XK 状态转换的情况。

该表是通过对照工作循环图检测元件布置图逐次分析各程序中检测元件状态变化的情况来列写的,其规则为:

- (1) 在一个程序中检测元件处于原始状态,则在该元件所占格子中填以“0”;若处于受激状态则填以“1”。
- (2) 作为程序转换主令信号的检测信号,它的状态的转换标志着电控线路转入新的程序,我们在相应的程序分界线上划以粗线表示;并专门列出“转换主令”一栏,以记入转入各程序的转换主令信号。
- (3) 在一个程序中检测元件的状态发生变化(从 0→1 或 1→0),则在相应的格子中填写清楚并用线条划分。例如表 1-2 中 1XK 在第一程序中的情况。
- (4) 在一个程序中某检测元件的状态可能不定,此时在对应的格子中应填以 φ。例如:液动力头同时进行纵横退时,反映动力头于纵横原位的限位开关 XK_纵、XK_横都将从 0→1,但是转换先后可能不一定,则在 XK_纵、XK_横=1 之前(即在转入下程序前)应记以

ϕ。又如考虑到启动按钮 QA 是安装在控制箱的面板上，容易发生误按，QA 在工作循环的一些程序中亦应记以 ϕ。

读者应该特别注意规则(2)、(3)的区别，即必须注意在程序分界线近傍几个元件都将发生状态转换时的先后次序关系。图 1-7a 示出了表 1-2 中第 0、1 程序分界线 A 近傍 QA、1DT、3DT、1XK 状态先后发生转换的实际次序：QA 受激转换发生在 A 线之前；1DT、3DT 必在 QA 受激转换后经历一段电磁过渡过程的时间 Δt' 后才有“-”→“+”的受激转换；1XK 由 1→0 的返回转换则一定发生在 1DT、3DT 受激转换完成(进入第 1 程序中)之后，即 1XK 状态必在 1DT、3DT 取定“+”并经历一段克服机械运动部分的机械惯性时间 Δt'' 后才发生返回转换。显然，Δt''≫Δt'。图 1-7b 简明地表示了这种情况，其中：QA 在 A 线处划以粗线[规则(2)]表征了 Δt' 的存在；1XK 的返回转换线以实线画在第 1 程序中，则表征了 Δt'' 的存在。

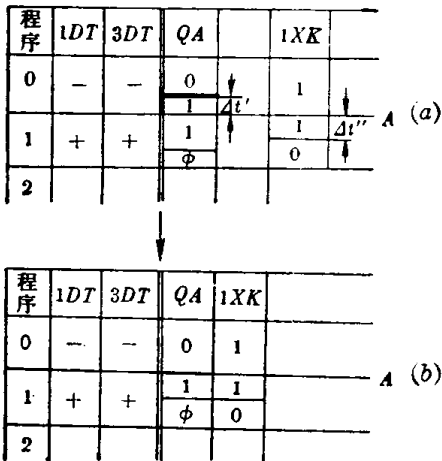


图 1-7 在程序分界域近傍元件状态转换先后次序的说明

在实际列写检测元件状态表时，我们可运用上列三条规则，按下列步骤进行：

1. 首先填写原始第 0 程序各检测元件的状态。此时应注意到各运动部件都处于静止待命状态。对本例我们有：

名 称	1XK	2XK	3XK	4XK	5XK	QA
原 始	1	0	0	0	1	0

其中：1XK→1——反映滑台在原位；
 5XK→1——反映攻丝锥在原位；
 而 2XK、3XK、4XK、QA 均填为 0，因为它们在原始 0 程序中均未受激。

2. 逐个分析每个检测元件在一个工作循环中状态变化的情况，按上述规则进行填写，我们以表 1-3～表 1-8 分别说明如下。

表 1-3 检测元件 QA 状态表填写说明

程序编号	程 序 名 称	QA	说 明
0	原 始	0	程序 0 与 1 之间划粗线，表示 QA 按合从 0→1，这正是第 0 程序切换到第 1 程序的转换主令信号
1	滑 台 快 进	1 ϕ	QA 在第一程序中短时为 1，又从 1→0，表示 QA 是瞬动信号，按后放开复原 ϕ 表示 QA 随时可能被误按
2	滑 台 慢 进	ϕ	ϕ 表示 QA 随时可能被误按
3	动力头正转攻丝	ϕ	同 上
4	动力头反转退出	ϕ	同 上
5	滑 台 快 退	ϕ	同 上
0'	原 始	0	

表 1-4 检测元件 1XK 状态表填写说明

程序编号	程 序 名 称	1XK	说 明
0	原 始	1	
1	滑 台 快 进	1	由于 1XK 是反映滑台原位的行程开关, 它一定是在滑台发生快进运动后才会离开原位, 即 1XK 由 1→0 必发生在第 1 程序的过程中
		0	
2	滑 台 慢 进	0	由于在这程序中滑台均离开原位, 因此 1XK 必处于原始(未受压)的 0 状态
3	动力头正转攻丝	0	同 上
4	动力头反转退出	0	同 上
5	滑 台 快 退	0	同 上
0'	原 始	1	在程序 5 与 0' 之间划粗线, 表示由于滑台快退終了又压下 1XK, 使 1XK 由 0→1, 这正是由第 5 程序切换到第 0' 程序的转换主令信号

表 1-5 检测元件 2XK 状态表填写说明

程序编号	程 序 名 称	2XK	说 明
0	原 始	0	由于 2XK 是反映滑台快进位置到达的行程开关, 在此两程序中未受压而处于原始零状态
1	滑 台 快 进	0	同 上
2	滑 台 慢 进	1	程序 1 与 2 之间划粗线, 这是由于 2XK 由 0→1 是前程序滑台快进的结果, 正是转入本程序滑台慢进的转换主令信号。由于采用长挡块, 因此在滑台慢进时, 2XK 常受压
3	动力头正转攻丝	1	由于采用了长挡块此时滑台停止运动, 2XK 仍受压
4	动力头反转退出	1	同 上
5	滑 台 快 退	1	快退发生之后由于滑台后退, 2XK 由 1→0
		0	
0'	原 始	0	

表 1-6 检测元件 3XK 状态表填写说明

程序编号	程 序 名 称	3XK	说 明
0	原 始	0	由于 3XK 是反映滑台慢进位置到达的行程开关, 在这程序中, 没有受压而处于原始 0 状态
1	滑 台 快 进	0	同 上
2	滑 台 慢 进	0	同 上 程序 2 与 3 之间划粗线, 是因为 3XK 是反映滑台慢进到达的行程开关, 是转入第 3 程序的转换主令信号
3	动力头正转攻丝	1	滑台停止运动, 停留在 3XK 位置, 3XK 必处在受压的 1 状态
4	动力头反转退出	1	同 上
5	滑 台 快 退	1	快退运动发生后, 由于滑台后退, 3XK 与 2XK 一样, 由 1→0 (在时间上 3XK 变化先于 2XK)
		0	
0'	原 始	0	

表 1-7 检测元件 4XK 状态表填写说明

程序编号	程 序 名 称	4XK	说 明
0	原 始	0	由于 4XK 是反映攻丝深度到达的行程开关，因此在滑台以及正转攻丝运动的过程中没有受压
1	滑 台 快 进	0	同 上
2	滑 台 慢 进	0	同 上
3	动力头正转攻丝	0	同 上 划粗线是由于攻丝深度到达，4XK 由 0→1，是第 3 程序转换到第 4 程序的转换主令信号
4	动力头反转退出	1 0	由于在反转退出运动发生后，丝锥退离攻丝深度，4XK 由 1→0
5	滑 台 快 退	0	
0'	原 始	0	

表 1-8 检测元件 5XK 状态表填写说明

程序编号	程 序 名 称	5XK	说 明
0	原 始	1	5XK 是反映攻丝锥在原位的行程开关，在本程序中，丝锥在原位，5XK 被压下
1	滑 台 快 进	1	同 上
2	滑 台 慢 进	1	同 上
3	动力头正转攻丝	1 0	由于攻丝锥正转运动后离开其原位，因此 5XK 由 1→0
4	动力头反转退出	0	同 上 在程序 4、5 间划粗线，这是由于攻丝加工结束丝锥退回原位，5XK 由 0→1，是切换到第 5 程序的转换主令信号
5	滑 台 快 退	1	由于滑台快退过程中，攻丝锥一直停在它的原位，故为“1”状态
0'	原 始	1	

3. 填写完毕应进一步检查两项内容:

(1) 看看转换主令信号是否齐备，也就是说每一程序切换处都应有一个划以粗线的转换主令信号，并把它们记入“转换主令”栏，如表 1-2 所示。

(2) 检查一下在同一程序中发生状态转换的几个检测元件，它们状态转换次序是否符合实际情况。例如 2XK 和 3XK 在第 5 (滑台快退) 程序中都要从 1→0，但 3XK 转换在 2XK 之前，故应填成如表 1-2 中第 5 程序行的形式，因为这反映了在发生滑台快退运动后，必是先离开“慢进到位置”(3XK)，然后才离开“快进到”位置的实际情况。

显然，填写检测元件状态表的过程亦是进一步熟悉自动机械工作进程的过程。以后将看到：该表是进行电控线路逻辑设计的重要依据，应该特别审慎、细致，力求正确。

应该特别强调指出：当一个控制线路的控制要求和检测元件的选择、布置已经确定以后，那末反映一个工作循环中各检测元件状态变化全貌的检测元件状态表就是不变的，它和

选用什么具体形式的执行元件以及采用什么方式设置继电器无关。这一点是具有固定程序控制线路的重要特征。这是由于对一个已经确定的控制要求来说,其工作循环的每一程序中进行的加工内容——带动机械部件的加工动作就是不变的、有顺序地出现的,因此现场检测元件的受激或返回转换情况也是不变的、有顺序地出现的;考虑到检测元件选择、布置亦已确定的条件,我们就不难确信“检测元件状态表是不变的”这一论断。至于执行元件的选用形式和继电器的设置方式只是影响以什么方式带动机械部件实现指定的加工运动,而不会影响机械部件加工运动的内容(这是由机械设计确定了的)。

当然,选用不同形式的机械挡块和选用不同形式的行程开关时,相应的检测元件状态表就有所不同。例如,对上述攻丝加工过程而言,表 1-2 是在选用长挡块、行程开关全部选用可自动复位形式的情况下获得的;若采用短挡块而行程开关又全部选用可自动复位时, $2XK$ 状态转换情况就如表 1-2“表注”栏所示(第 5 程序中 $2XK$ 要在滑台快退过程中短时受激);若采用短挡块,而 $2XK$ 选用不能自动复位形式、其余行程开关选用可自动复位形式时,其检测元件状态表仍如表 1-2 所示*。

前已指出:任一元件提供的常开接点的状态取值总是与元件本身的状态取值一致,而其常闭接点的状态取值则情况相反。因此,检测元件状态表中某行程开关取“1”值的范围,完全可理解为该行程开关的常开接点闭合接通(可以驱动受控线圈受激)的范围;反之,某行程开关取“0”值的范围,正是该行程开关的常闭接点闭合接通(可以驱动受控线圈受激)的范围。这个事实虽然十分简单,但却是一个很基本的技巧:根据检测元件状态表可以方便地获取在指定程序段落中应予闭合(或断开)的接点信号。例如:希望获取在上述攻丝工作循环中的第 2、3、4 程序都保持闭合接通的接点信号,参照表 1-2 可见, $\overline{1XK}$ 和 $2XK$ 均能符合要求。又若希望获取在第 4、5 程序都保持闭合接通的接点信号,参照表 1-2 可见:只有 $\overline{1XK}$ 符合要求。为简明起见,我们约定:往后检测元件状态表中除原始程序外,字符“0”一律省略(空白即为“0”)。

第四节 介绍一种分析线路的方法

大家知道,通常分析一个已知线路的方法为:熟悉控制要求,首先设想按合启动按钮,记住各检测元件、继电器的状态,然后查对线路,记住在这些元件的状态下,它们的接点信号是如何带动执行元件动作的;进而设想机械运动的结果将使哪个检测元件的状态发生变化,又引起哪些继电器状态发生变化,再查对线路,记住执行元件将如何动作;这样,一直分析到一个工作循环的结束,即所谓将线路全部“兜通”为止。显然,对于较复杂的控制线路,这个分析过程比较麻烦易错,叙述起来亦比较冗长。造成这些困难的原因在于:缺乏全面展示各检测元件、继电器和执行元件在整个工作循环进程中状态变化情况以及这种状态变化之间的联系、制约关系的手段和方法。本节所介绍的分析线路的方法的核心在于首先要作出一张《转换表》,这张《转换表》就是一种全面展示该线路全部元件状态变化的情况、状态变化之间的联系、制约关系的极为有效而形象的方法。正由于这个原因,我们觉得本节介绍的方法将比通常的方法简明、清晰。

* 后文中若无特殊说明,行程开关均作能自动复位的情况处理。