

普通高等教育机电类规划教材

逻辑与可编程控制系统

四川大学 汪道辉 主编



机械工业出版社

本书较系统地介绍了自动控制领域中以继电器控制电路尤其是广泛使用的可编程控制器为基础的一类控制技术（即程序控制）。内容包括：继电器和可编程控制器逻辑控制的概念；典型继电器逻辑控制系统的原理和逻辑设计方法；PLC 的硬件组成及工作原理；PLC 执行用户程序的扫描工作方式；以 C200H 和 S7 系列为例的 PLC 指令系统；梯形图和功能表图程序设计为主的 PLC 程序设计方法；PLC 的硬件配置、功能扩展模块和通信及网络。

本书注重理论联系实际、深入浅出、循序渐进的原则，从最基本的继电器控制线路出发，再以简化初级 PLC 机的运行原理入手，立足于 PLC，并将其应用作为重点。本书力求向读者介绍对逻辑控制和 PLC 具有普遍意义的知识，避免单一类型 PLC 手册式的描述，以二种有代表性的 PLC 指令系统为例，点面结合，以使读者学习后能收到举一反三之效，能自如地运用 PLC 等设计程序控制系统。

图书在版编目（CIP）数据

逻辑与可编程控制系统/汪道辉主编. —北京：机械工业出版社，2001.7

普通高等教育机电类规划教材

ISBN 7-111-08493-4

I. 逻… II. 汪… III. ①逻辑控制—控制系统—高等学校—教材②可编程程序控制器—控制系统—高等学校—教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据 字 (2001) 第 45272 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：韩雪清 版式设计：张世琴 责任校对：申春香

封面设计：鞠 杨 责任印制：路 琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·7.625 印张·294 千字

0 001—5 000 册

定价：18.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话（010）68993821、68326677-2527

前 言

以继电器接点控制电路为基础的一类控制技术，尤其是现代控制技术领域中广泛使用的可编程序控制器（PLC）所体现的控制技术，即程序控制技术，在自动控制领域中过去、现在和将来都是并都将是应用最为广泛的一项控制技术。我们所培养的从事自动化控制工程的工程技术人材，显然应当掌握该项技术。本书即是为此目的而编写的。

本书首先阐述了逻辑控制的概念以及逻辑控制的控制思路，阐述了继电器、接触器及其工作原理、典型继电器逻辑控制系统的原理和逻辑设计方法以及包括联锁控制、变化参量控制（如按电流、电压、功率、转速等的变化参量控制和定时控制等）、程序控制（顺序控制）等典型逻辑控制的工程应用设计。以此为理论基础，再以一个虚拟的简化初级 PLC 机讲述 PLC 的硬件组成、软件及其运行的基本原理，以给予读者对于 PLC 的一个粗略的但具有本质意义的整体概念。在此基础上，讲述 PLC 的硬件组成及其工作原理、PLC 的各组成模块（其中以 CPU 模块和输入/输出模块为主），重点剖析 PLC 系统执行用户程序的扫描工作方式及其与输入、输出配合的工作过程。适当介绍系统功能扩展的模块，然后再以 C200H 和 S7-200 两种 PLC 的指令系统为例，讲述 PLC 的指令系统。读者可根据自己情况重点学习其中一种或两种同时都学，也可结合书中介绍的方法采用另外机型的手册自学相关指令系统的知识。对于程序设计，书中则以梯形图程序设计和功能表图程序设计为主，以语句表程序设计等方法为辅来阐述，同时也讲述了程序控制的程序设计方法。书中简单介绍了 PLC 的通信及网络，还以典型应用设计为线索，介绍了 PLC 的应用设计，以拓展知识、技能的成果。

本书编写过程中，我们充分考虑到作为教材的需要，突出了以下一些特点：

（1）范围和特点 由于逻辑控制与可编程序控制器技术涉及的内容繁多，在编写中不可能也不应当作面面俱到。按照实效性和量力性的原则，本书的编写从最基本的继电器接点控制线路出发，讲述清楚基本理论和继电逻辑控制的典型应用，再立足于 PLC，并将 PLC 在程序控制中的应用作为重点。历史沿革产生的如半导体逻辑元件电路、插销式二极管矩阵电路等诸多程序控制电路，本书只从发展历史角度简要介绍。PLC 在运动控制、过程控制、数据处理、数控系统、模拟量输入、输出方面的应用，一般只在例子中作简单介绍。对于开关量输入、输出则放在较主要的位置。

(2) 难点和解决方案 本书所面临的一个关键问题是 PLC 具有相当多的类型, 本书不可能包罗所有这些类型 PLC 的内容, 但也必须避免单一类型 PLC 手册式的描述。本书从众多类型 PLC 中抽取具有普遍意义的精髓给予阐述, 并以两种有代表性的 PLC 指令系统为例, “点”、“面”结合, 以使读者学习后能收举一反三之效。

(3) 深入浅出, 循序渐进的原则 在大的内容的安排上, 先讲述基本继电器逻辑控制电路, 再有机地导出逻辑控制的相关基本理论和一般设计方法, 然后落实到典型逻辑控制系统的应用设计上, 再转至 PLC 这个重点。由于 PLC 涉及的知识面太广, 是硬件体系和软件体系的复杂综合体, 因此, 找出一个知识的切入点在这里显得尤为重要。本书是先甩开繁杂的各种技术问题, 用一个虚拟的最简化的初级 PLC 机, 用较少篇幅, 将其硬件、软件和工作原理介绍给读者, 让读者有一个粗略的但带本质意义的整体概念, 再引导读者深入一个个“局部”并不断将各局部与这个“整体”融汇起来, 最终获得一个完整的整体概念。这就是“从整体到局部, 再从局部回到整体”螺旋式升华的教与学的方法。

(4) 理论性与实效性相结合的原则 撰写中注意了理论知识的传授, 但不是命题式理论的简单罗列。较多结合了实例, 然后因势利导地加以概括、总结, 使理论有较强的可读性和可操作性。关键之处在于: 对每一个所选的实例都加以了甄别, 看其是否“胜任角色”。

(5) 简繁得体现 知识点尽可能不简单重复。在讲述中尽可能提供更多有用信息, 如在举例中既注意对所讲述知识点的映证, 又注意“顺手牵羊”——对其它知识点的扩充。

本书由汪道辉主编。书中第一、二、三、四章和第六章的一部分由汪道辉编写, 第五章和第六章的一部分由佘松宜编写, 第六章的大部分由张行、王波编写。本书的图稿由汪一旻、刘丽君绘制。本书得以出版发行, 还要感谢全国高等学校工业自动化专业教学指导小组全体专家、学者的关心和全力支持, 他们给本书的撰写提出了大量卓有见地的建议。

囿于编者知识水平和经验的局限, 以及编撰过程时间的窘迫, 书中谬误、疏漏之处在所难免, 恳请读者赐教, 于编者、于读者都大有裨益。

编 者

2001 年 6 月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 逻辑与可编程控制的基本概念	1
一、逻辑与可编程控制技术的概念	1
二、逻辑控制的特点和控制要素	2
第二节 逻辑与可编程控制器	3
一、程序控制器的概念	3
二、程序控制器的分类	3
第三节 逻辑与可编程控制技术国内外发展及应用概况	5
习题及思考题	6
第二章 继电器逻辑控制技术	8
第一节 继电器逻辑控制电路	8
一、继电器逻辑控制电路的概念	8
二、继电器逻辑控制电路的主要组成部分	8
三、基本继电器逻辑控制线路	12
四、继电器接触式控制系统的设计	14
第二节 逻辑控制系统的逻辑设计方法	15
一、逻辑代数与开关电路的逻辑函数	15
二、逻辑控制系统的逻辑设计	18
第三节 典型逻辑控制电路	23
一、联锁控制电路	23
二、变化参量控制电路	24
三、程序控制电路	26
习题及思考题	28
第三章 可编程控制器的组成及原理	30
第一节 可编程控制器概述	30
一、可编程控制器的概念	30
二、可编程控制器的特点	30
三、可编程控制器的应用领域	31
四、常用可编程控制器简介	32
第二节 可编程控制器的基本组成和基本工作原理	34

一、可编程控制器的基本组成	34
二、一个虚拟的可编程控制器初级机的基本工作原理	35
第三节 可编程控制器的分类	41
一、根据规模和功能分类	41
二、根据结构特点分类	42
第四节 常用可编程控制器的组成与工作原理	43
一、常用可编程控制器的组成	43
二、常用可编程控制器的工作原理	47
第五节 可编程控制器的基本硬件模块	53
一、CPU 模块	53
二、开关量 I/O 模块	54
三、模拟量 I/O 模块	56
四、编程器	56
五、电源及外围设备	59
第六节 可编程控制器功能扩展模块简介	60
习题及思考题	61
第四章 可编程控制器的指令系统与程序设计	62
第一节 可编程控制器的指令系统	62
一、可编程控制器的指令系统概说	62
二、C200 系列 PLC 的指令系统	63
三、S7 系列 PLC 的指令系统	96
第二节 可编程控制器的程序设计	118
一、程序设计方法概述	118
二、继电器梯形图程序设计	121
三、顺序控制梯形图程序设计及功能表图程序设计	132
习题及思考题	152
第五章 可编程控制器的通信及网络	158
第一节 可编程控制器的网络通信原理概述	158
一、通信方式	158
二、通信介质的选择	165
三、通信访问控制协议	166
四、网络拓扑结构	167
五、网络协议	169
第二节 可编程控制器的典型网络结构及典型网络简介	171
一、典型网络结构	171
二、典型网络简介	173
习题及思考题	190

第六章 可编程控制器的应用	191
第一节 可编程控制器的应用设计	191
一、确定控制对象和控制范围	192
二、控制方案的确定	192
三、根据控制要求选择 PLC 机型	193
四、硬件设计与程序设计	194
五、总装与调试	196
第二节 可编程控制器的应用举例	196
一、例 1 十字路口交通灯控制系统	196
二、例 2 薄板开卷自动剪切 PLC 控制系统	205
三、例 3 可编程控制器在火电厂输煤控制系统中的应用	212
四、例 4 微机控制的相分段自动转换装置	221
五、例 5 PLC (S7-200) 在锦纶厂聚合工艺中的应用	225
六、例 6 S7-200PLC 在高压水除磷系统中的应用	231
参考文献	235

第一章 绪 论

第一节 逻辑与可编程控制的基本概念

逻辑与可编程控制技术作为在自动控制领域林林总总的众多控制技术中的一朵奇葩，自它问世以来，便受到了控制界的广泛认同和青睐。近 30 多年来，这种技术异军突起，已经发展成为现代自动化技术的一个主要支柱。

一、逻辑与可编程控制技术的概念

在生产过程中，很大一部分控制问题是解决诸如电动机的起停，电磁阀的开关，电磁离合器的离合等这样一类开关量的控制。这些控制的实施，通常都是通过继电器、接触器、晶闸管等器件的接通（ON）或断开（OFF）来实现的。而对这些控制的决策，往往又是在对诸如行程开关、接近开关、按钮、接触器触点、继电器触点等开关量状态的检测后，按照预先规定好的一种处理规则作出的。这类控制，就是我们将要述及的逻辑控制或称程序控制。

换一种方式说，逻辑控制是指在对生产过程运行状态检测的基础上，依据预先编制好的操作规则，对输入状态进行逻辑运算、或计数、或定时、或对某些变化参量进行判断等，然后根据这些结果作出控制决策，控制执行机构协调动作，完成以开关量控制为主的生产过程的自动控制。逻辑控制中的一个关键问题是采用了预先编制好的操作规则，这些操作规则在大量教科书上称之为“程序”，故逻辑控制又有“程序控制”之称。不过需注意，这里所称的“程序”，与计算机软件技术中的“程序”既有联系，又可能是完全不同的，后面的论述将谈及。

程序控制与我们经常接触的反馈控制是自动控制领域内两个并列的、相辅相成的重要范畴。反馈控制究其目标而言是定量控制，而程序控制更偏重于定性控制。反馈控制是闭环控制，而程序控制多半是开环控制。

早期的逻辑控制多以继电器、接触器作为主要控制装置来构成逻辑控制系统，故习惯上称为继电器逻辑控制或继电器接点控制或继电器接触控制。其显著特征是系统的操作规则（亦即控制程序）是以元、器件的某种联接方式来体现的。这种控制系统要改变控制程序，非得改变这种“联接”方式不可，极大地阻碍了逻辑控制技术的发展。随着计算机技术的发展，一种全新的逻辑控制诞生了，这就是可编程控制技术。其操作规则，即控制程序，是用软件技术的方式存储在可编程控制器的存储器中，其显著优点，是用户可以依据需要方便地改写这

些软件程序，并重新存入可编程控制器的相应存储器中，从而实现更改操作规则（即控制程序）的目的。

本教材拟以继电器逻辑控制技术的基本理论为主线，以可编程控制器 PLC（Programmable Logic Controller）为技术手段，引导读者掌握逻辑控制系统（尤其是可编程控制系统）的基本知识、工程设计方法与技能。

二、逻辑控制的特点和控制要素

1. 逻辑控制的特点

逻辑控制，按其输入、输出信号的特点来说，是以开关量 ON 或 OFF 的状态为主，故输入、输出信号的表达，以及控制逻辑的表述、化简等，都可以用布尔代数为基础的一整套理论和方法。后面我们也将看到，先进的可编程控制器，其输入、输出的信号已远远不止开关量信号，而可能涉及到大量的物理参数，如温度、流量、压力、速度、加速度以及大量的数据信息。但对开关量的处理，仍是逻辑控制系统主要的和重要的任务。本教材限于篇幅，也是以对开关量控制的研究作为主要的内容。

逻辑控制，就其操作规则（即控制程序）的特点来说，其控制方法虽然千差万别，但归纳起来通常不外乎以下三种：

（1）顺次控制 即以前一步动作的完成作为信号，从而起动后一步动作的程序控制方式。逻辑控制中，这种控制方式运用相当普遍。在如图 1-1 所示的简单例子中，进给装置可以在进给电动机（未画出）正转或反转带动下前进或后退。进给装置上装有一台钻孔电动机，它驱动钻头对工件钻孔。该例中的这部分逻辑控制装置的任务是在对工件钻孔时保证一定的

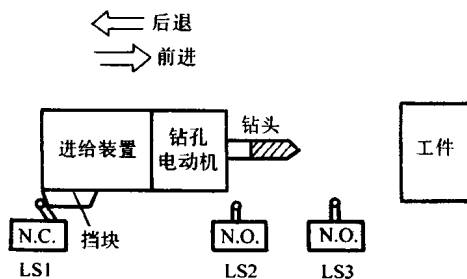


图 1-1 一个逻辑控制的例子

注：N.O.—常开；N.C.—常闭

的深度。在某一控制信号的启动下，进给装置向前运动，释放 LS1 行程开关，这是第一步动作。当进给装置上的挡块压下 LS2 行程开关闭合其常开触点，第一步动作完成，并启动第二步动作开始运行，即进给装置继续前进，同时钻孔电动机开始旋转。在这里，LS2 常开触点的闭合作为第一步动作结束和第二步动作开始的转换信号。在第二步中，进给装置前进、钻头旋转，在某一时刻开始了对工件的钻孔工作。当挡块使 LS3 闭合时，第二步动作结束，第三步动作开始：钻头继续旋转，而进给装置后退。当挡块再次使 LS2 闭合时，工作由第三步转换到第四步：钻孔电动机停止旋转而进给装置继续后退，当挡块压下 LS1 使其常闭触点断开时，进给装置停止后退，第四步动作结束。

后面将要讲述到的联锁控制（如互锁、自锁），是顺次控制方式的一种特例。

(2) 条件控制 以某一个或某几个动作所产生的综合结果作为信号来启动下一步动作（而无论前面的一个或几个动作是在执行延续过程中还是已经执行结束）的程序控制方式。这里所指的综合结果或称条件，可以是控制过程中的计数值（如对传送带中越过某一检测位的工件的计数值），也可以是电压、电流、功率、行程、位置、速度以至于温度、压力、流量等生产过程中的物理量。所谓条件控制，就是当上述这些计数值或物理量等参量达到条件规定的量值时，就启动下一步动作运行。起重机电动机在高速运转中如果其功率超过一定量值，则电动机在逻辑控制系统控制下自动退到低一档级的速度下运转，就是这种条件控制的一例。后面将要讲述到的变化参量控制，也可归属到这一类控制方法中。

(3) 时序控制 即以时间为基准来决定每一步动作的运行或停止的程序控制方式。例如，某加热控制系统采用加热 5s，再停止加热 15s 反复交替的控制方式，即是时序控制的一个典型例子。时序控制亦可看作特殊意义下的变化参量控制，只是这里的变化参量是“时间”。

各种各样的逻辑控制实际上都是按照上述三种控制方式组合起来的，因此，三种控制方式体现了逻辑控制在控制程序规则上的特点。

2. 逻辑控制的控制要素

无论是哪一种程序控制方法，在控制过程中均包含了两个控制要素：一是根据按生产工艺要求所预先确定的顺序，依据输入信号或延时、计数等中间信号，控制前一步动作和后一步动作的转换（或称交替）；二是在每一步中根据各工序预先安排好的要求，准确地控制执行机构完成规定的动作。

简而言之，即逻辑控制过程中包含了两个控制要素：动作的转换和动作的执行。前者解决的是如何由前一步转换至后一步的问题，后者解决的是在每一步中干什么的问题。

第二节 逻辑与可编程控制器

一、程序控制器的概念

采用继电器、接触器、半导体逻辑元件，甚至加上微处理器等器件组成的，能完成逻辑控制（即程序控制）任务的装置，我们称为程序控制器（Program Controller）。

二、程序控制器的分类

程序控制器的种类很多，按照不同的着眼点，有很多分类方法。国内外对装置名称的叫法也不尽相同。这里仅就组成器件和存储控制顺序规则这两点进行一些讨论。

按照组成程序控制器的主要器件来分类，可以分为：

(1) 机电式程序控制器 例如早期使用的凸轮及鼓式控制器、穿孔纸带（或穿孔卡）控制器。

(2) 继电器程序控制器 将一个个继电器、接触器按一定逻辑关系用导线连接起来构成的。又常称为触点程序控制器。

(3) 半导体逻辑元件程序控制器 把二极管、晶体管、功率器件、集成电路等按一定逻辑关系组合在印制电路板上构成的。又常称为无触点程序控制器。

随着自动化技术的深入发展，对控制的要求越来越高，于是在原来继电器和半导体逻辑元件程序控制器的基础上，又发展出二极管矩阵式程序控制装置。其特点是可以利用二极管门电路自由地组合成具有各种顺序控制逻辑的程序控制逻辑电路。

(4) 存储式程序控制器 此类控制器的关键，是引入了只读存储器（ROM 或 EPROM）和随机存取存储器（RAM）。将顺序控制的程序预先存储在其中，在运行中再逐条取出按照程序规定的顺序对生产过程有条不紊地实施控制。这个种类中最典型的代表，即后面将要重点讲述的可编程控制器 PC（Programmable Controller）或称 PLC（Programmable Logic Controller）。

按照“存储”控制顺序规则（亦即控制程序）的方法来分类，目前常用的又分为以下三种（不讨论早期机电式的装置）：

(1) 继电器及半导体逻辑元件程序控制器 这类装置“存储”控制程序的方法，是用导线或用印制电路板，按照控制的逻辑关系，将继电器、接触器或二极管、晶体管、功率器件、集成电路固定联结起来。这种控制器的优点是结构简单，价格便宜，编制程序直观，缺点是控制程序一旦编定就很难变动，并且检错、维修很不方便。

(2) 矩阵式程序控制器 矩阵式程序控制器存储控制程序的方法，是在由互相绝缘的若干行线与列线组成的矩阵板中，按照输入、输出信号的逻辑关系，用二极管联结这些信号。这种控制器又分为两种，即逻辑式程序控制器和步进式程序控制器。这种控制器的优点是结构简单、价格便宜，可以用于逻辑关系较复杂的场合，而且所编制的程序很容易通过在矩阵板上改插二极管的方式变动，这也是这种控制器最大的优点，但它与可编程控制器比较，输入、输出点数则受到较大的限制，功能亦不如后者强。

(3) 可编程控制器 这是迄今为止在功能、性能上都更优良的程序控制器。这种控制器较全面地应用了计算机技术，存储控制程序可以方便地运用计算机存储程序的所有方法。因此，这种控制器更具编程和运行的灵活性和通用性，编程、运行的操作也异常简便、快捷、易懂易学，输入输出点数可以大幅度的扩充。突出缺点是一次性投资较大。

从以上所述可以看出,可编程控制器在当代自动控制领域中应当具有很强的生命力,故本书将着重讲述它。

第三节 逻辑与可编程控制技术国内外发展及应用概况

程序控制技术是 60 年代末发展起来的通用控制技术,到目前其发展和应用仍方兴未艾。在 20 世纪 20 到 30 年代,继电器、接触器开始被广泛用于开关量的程序控制系统中。这种控制系统结构简单,费用较省。但对于规模较大,控制逻辑较为复杂的场合,这种系统就明显暴露出其局限性。加之触点接触可靠性极差,以及由固定接线所导致的通用性、灵活性很差,维修极不方便等问题,使其在控制技术的进一步发展应用中受到了极大的制约。20 世纪 50 年代中出现的半导体无触点逻辑元件,代替继电器用于程序控制器,较好地解决了可靠性问题。但由于仍是固定接线方式,所以通用性、灵活性差的问题,仍未得以大幅度改善。60 年代电子数字计算机的出现,给程序控制技术解决通用性灵活性的问题带来了曙光。但电子计算机强大的功能、宠杂的结构和昂贵的价格对程序控制器来说显得过于臃肿且不实惠,而其所必需的强电功率输出等部分又显得异常苍白和单薄。由于这样,在继电接触控制系统与计算机之间寻求一种综合二者优势的技术的需求,就显得非常迫切。在这种形势下,程序控制器就应运而生了。

1968 年,日本首先研制出二极管插销矩阵板式顺序控制器。60 年代末美国通用汽车公司(GM)为了摆脱其销售窘境,制定了多品种小批量生产,以不断翻新车型来吸引顾客的策略。但是,由于其自动生产线的控制系统当时是以继电接触控制系统组成的,每改换一种车型,必须对数以千万计、密如蛛网的固定联线重新改接,这显然是不允许的。为此,GM 公司于 1968 年提出了具有可编程控制器最初轮廓的控制系统研制的招标。1969 年,美国数据设备公司(DEC)研制出了世界上第一台可编程逻辑控制器 PLC(Programmable Logic Controller),在 GM 公司的汽车装配线上,一举试车成功。此后,美国、日本以及欧洲各厂商在程序控制器的商品化方面展开了强劲的角逐。首先登台亮相的是美国哥德公司(GOULD MODICON),随着商海沉浮,莫迪康取哥德而代之。1971 年,日本日立公司研制了日本第一台 PLC。1973 年,西门子(SIEMENS)公司在欧洲开了 PLC 的先河。1980 年以来,美国、日本等国进一步扩大了 PLC 的功能,如算术运算功能、模拟输入输出功能、联机通信功能等,并由国际电工委员会(IEC)将其命名为 PC(Programmable Controller)。80 年代以来,PLC 的发展更为突飞猛进。在不到 20 年的时间内,世界各大厂家都已将其系列产品更新换代过多次,几乎每 3~5 年就更新换代一次,年年都有更新。究其发展的特点,可以总结出以下几点:工作速度越来越快、可靠性越来越高、控制规模越来越大、

内存容量越来越多、指令系统越来越强大、外围设备越来越丰富、智能模块越来越多、支持软件越来越丰富、性能价格比越来越高、联网功能越来越强、……, 总之, 其发展的深度和广度越来越显现。同时, 随着 PLC 技术的深入发展, PLC 技术与 IPC (即工业控制机) 技术、DCS (即分散控制系统) 技术、现场总线技术、NC (数字控制) 技术以及通信技术等先进技术的交叉和融合也日益发展。

随着我国改革开放的进程不断深入, 一大批 PLC 商品源源不断地涌入我国技术市场。其中有代表性的是美国 A - B (Allen & Bradley)、通用电气 (GE)、莫迪康 (MODICON)、德州仪器 (TI)、西屋 (Westing House)、霍尼威尔 (Honeywell) 公司, 日本的 OMRON、三菱、东芝、富士等公司, 德国的西门子公司, 法国的 TE 等公司。

我国自 1973 年开始研制逻辑式和步进式顺序控制器。1974 年开始研制可编程序控制器。1980 年研制成功一位微处理器及其配套器件, 并同时开始研制以一位微处理器为核心的微型可编顺序控制器。近年来, 我国在可编程控制器的国产化方面, 取得了不小的进展, 但是由于半导体器件生产工艺尚不够先进这个瓶颈以及表面安装技术尚不完善等条件的制约, 可编程控制器的自力更生之路, 还显得步履维艰。为我们自己的程序控制器打出一个新天地, 自然成为我辈祖国儿女责无旁贷的职责。

习题及思考题

1.1 什么叫逻辑控制?

1.2 逻辑控制技术与其它类型的控制技术相比较, 有哪些主要特征?

1.3 参照本章对图 1-1 所表述的逻辑控制例子中控制过程的分析方法, 请你分别举出 (1) 顺次控制方式; (2) 条件控制方式; (3) 时序控制方式的逻辑控制的实际例子, 并阐述其控制过程 (如有必要, 应画图说明)。

1.4 在一配料系统中, 使用螺旋卸料器将高位料仓中的粉料输送至秤斗中称量, 待达到规定重量后, 停止进料 (不考虑落料误差), 并打开秤斗卸料阀卸料至秤斗下的小车, 这种过程周而复始不断运行。驱动螺旋卸料器的电动机采用的是 Δ/Y 接法可换接的双速电动机, 系统中用了两个接触器去驱动这台电动机, 即是说, 一个接触器采用 Δ 接法而另一个则采用 Y 联结。这样做的目的是当向秤斗进料时先快速进料, 待重量达规定值的 95% 时改为慢速进料, 以保证称重的精度。须注意的是, 由于接触器触点和时序失配的问题, 不能将电动机直接进行快/慢速切换, 否则极易造成短路, 故中间要留下 2s 的延迟时间。由此, 程序控制共分为 6 个工步: (1) 快速进料; (2) 延迟 2s; (3) 慢速进料; (4) 打开秤斗卸料阀卸料至小车 (该工步结束条件是卸料阀压下 LS1 限位开关); (5) 延迟 5s (卸料时间); (6) 关闭秤斗卸料阀 (该工步结束条件是卸料阀压下 LS0 限位开关)。请根据课本中关于控制要素的讨论, 填写下表。

工 步	1	2	3	4	5	6
工步中的动作						
工步交替 的依据						
工步交替 时的动作						

1.5 就你了解的情况，请你谈谈我国在程序控制技术方面的优势和与国际上现状的差距，并提出你的建议。

第二章 继电器逻辑控制技术

第一节 继电器逻辑控制电路

在人们的日常生活和生产活动中，利用开关以实行在电路中“开”和“关”各种用电器及生产设备，或改变它们的工作方式，这种控制方式是极其普遍的。但对于加工生产线这样大规模的电路，其电动机等设备少则几十台，多则数以百计，同时，这种电路中的各种用电器往往要按照某种规律来安排它们的“开”和“关”的顺序，因此若在这种场合下仍要由人来操纵一个接一个的开关，显然是难于实现的。在这些场合下，继电器逻辑控制电路则派上了它的用场。本节将对继电器及继电器逻辑控制电路进行一些研究。

一、继电器逻辑控制电路的概念

继电器逻辑控制电路是根据外界输入的特定信号和某种要求，自动地接通和断开电路，断续地或连续地改变电路参数或运行状态，实现对电路或非电对象的切换、控制、调节和保护的一种自动控制电路。

从电路结构上来看，继电器逻辑控制电路一般都具有两个基本组成部分：决策部分与执行部分。决策部分检测外界输入的信号，通过转换、放大、判断，按照预先规定的控制规则通过逻辑运算，作出相应的控制决策，指挥执行部分动作，以实现控制的最终目的。就控制角度而言，这里决策部分起了关键的作用。而决策部分所体现的控制规则，实际是通过继电器逻辑控制电路各部分预先按控制规则的要求的固定联结来实现的。即是说，其控制规则是以硬件的固定联结来实现的。这也是继电器逻辑控制电路有别于后面章节我们将述及的可编程控制器（PLC）的主要特征。

继电器逻辑控制电路的电路组成中，通常包含主令电器、检测器件、继电器、接触器等部分。下面章节对这些部分作一简要介绍。

二、继电器逻辑控制电路的主要组成部分

如上所述，继电器逻辑控制电路一般是由决策部分与执行部分组成的。而决策部分（即逻辑运算部分）又可再分为逻辑输入部分和逻辑记忆部分。

1. 逻辑输入部分

逻辑输入部分主要由主令电器和检测器件组成。

（1）主令电器 主要是指手动按钮、开关、转换器、凸轮控制器等，它们的

主要功能是完成开机、关机、切换、应急停机或调试等的控制操作。主令电器给出的控制信号称为主令信号。

主令电器中最常用的还是按钮，按钮又分为常开按钮和常闭按钮。常开按钮在不按下时触点分开，在按下时触点合上。常闭按钮在不按下时触点闭合，在按下时触点分开。将常开触点和常闭触点装在一起的则是复合按钮。

(2) 检测器件 主要是指行程开关、接近开关、压力继电器、速度继电器、热继电器、过电流继电器等器件。它们的主要功能是检测运动机件的行程或位置、压力、速度、热量、电流等这样一些物理量在自动控制过程中的状态，以此作为继电器逻辑控制电路按照控制规则进行决策的主要依据。

检测器件还可包括时间继电器，它是一种特殊的检测器件，它的主要功能是检测某过程执行的时间，以此作为继电器逻辑控制电路按照控制规则进行决策的又一特殊的依据。

检测器件给出的控制信号称为现场检测信号，简称检测信号。

行程开关是将运动部件的行程位置转换为输入检测信号的检测器件。其工作原理与按钮类似，当加工机械的运动部件运动到相应位置，碰撞压下行程开关的顶杆时，则输出开关信号。与按钮不同的是，它是靠机械的外加力量使触点输出信号的，而按钮完全是靠人工手动完成的。由此可知，按钮反映的是人的意志，而行程开关反映的是控制过程中的状况。微动开关也是一种行程开关。

接近开关是一种非接触式的、电子式的运动部件行程位置检测装置。其作用与行程开关相同，但它实现了无触点化。它除了用于替代行程开关外，还可用作高速脉冲发生器、高速计数器等。

主令信号和检测信号即构成控制线路的输入信号。

2. 逻辑记忆部分

逻辑记忆部分主要是由继电器组成。逻辑记忆部分主要的功能是用来记忆逻辑输入信号的变化，以及各逻辑输入信号经过某种逻辑运算后所得信号的变化。

继电器是一种依据某种形式的输入信号而动作，从而输出开关信号的自动控制电器，其输出开关信号的触点通常接在控制电路中。而输入信号包括了电量（如电压、电流）和非电量（如转速、温度、时间）。继电器的种类很多，最常见的是电磁继电器，此外还有干簧继电器、热继电器和时间继电器等。

(1) 电磁继电器 电磁继电器是一种最常见、用途最广泛的继电器，这类继电器的典型结构如图 2-1 所示。它主要由线圈、铁心、衔铁（即动铁心）、返回弹簧及动触点、静触点等构成。当线圈两端加上一定量的电压或线圈中通以一定量的电流时，铁心磁化，衔铁（即动铁心）就会在磁力的作用下克服返回弹簧的拉力，吸向静铁心。这样就导致衔铁上的动触点和静触点闭合或断开。线圈未通电时处于断开状态的一对动、静触点称为常开触点，反之则称为常闭触点。线圈