

Kebiancheng kongzhiqi jiaocheng

可编程控制器教程

张凯 主编

东南大学出版社

高职高专教材

可编程控制器教程

张 凯 主编

东南大学出版社
·南京·

内 容 提 要

本书简要介绍了可编程控制器和电气控制的基本知识,分析了可编程控制器的组成原理,以三菱微型可编程控制器 FX_{2N} PLC 为例,系统地介绍了 PLC 的内部资源、指令系统和编程方法,并从高职的教学特点出发,把理论内容与实验内容整合在一本书里,有利于一体化教学的实施,有利于学生实践能力的培养,是一本非常实用的教材。

本书可作为高职的机电一体化、工业自动化、SMT、数控技术、电气技术和计算机控制等专业的教材,也可作为高专和中等职业学校的教材和教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器教程/张凯主编. —南京:东南大学出版社,2005.2

ISBN 7-81089-853-1

I. 可... II. 张... III. 可编程序控制器-高等学校:技术学校-教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 131025 号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 丹阳人民印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:12.5 字数:304 千字

2005 年 2 月第 1 版 2005 年 2 月第 1 次印刷

印数:1—1 000 定价:20.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向发行部调换。电话:025-83792327)

前 言

可编程控制器(PLC)目前已成为工业控制领域中广泛应用的自动化装置。与一般的计算机系统相比,在工业现场应用 PLC 实现自动控制,操作方便,可靠性高,易于编程,受到广大技术人员的重视和欢迎。可以这样说,在现代化的工厂里,无论是一台自动生产设备,还是连续的生产过程控制系统,其中若没有通常所说的计算机系统,就必定有 PLC 在发挥核心作用。PLC 与机器人、CAD/CAM 被称为工业生产自动化的三大支柱。PLC 技术已经作为许多工科专业学生(如:机电一体化、工业自动化、电气技术和计算机控制等)必修的专业课程。

本书从电气控制和可编程控制器的基础知识出发,以比较有代表性的日本三菱微型可编程控制器 FX_{0S} PLC 和由其组成的 PLC 85000 系列实验系统(南京数控中心生产)为例,系统介绍了 PLC 的组成及内部资源,基本指令与编程,步进指令,功能指令和设计应用等内容,并从高职的教学特点出发,把实验内容及其指导书整合在一本教材中,有利于学生实际应用能力的培养。本书有两个特点:

(1) 实用性。教学内容与实验设置相适应,并按照教学的顺序编排,可以讲练结合,边讲边练,有利于实现理论与实践的一体化教学。

(2) 先进性。所选日本三菱 FX 系列可编程控制器机型在自动化领域正在使用。

本书由南京信息职业技术学院张凯副教授主编,谌鹏参与编写了第 1 章和第 3 章,其余由张凯编写并统稿。书中部分内容是主编多年来在教学、实验和科研等方面的成果。

全书得到南京工程学院郁汉琪高级工程师审阅,在此表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促,加之水平所限,不足之处难免,恳请专家和广大读者给予批评指正。

编 者

2004 年 10 月

目 录

1 PLC 概述	(1)
1.1 PLC 的产生与定义	(1)
1.2 PLC 的特点	(2)
1.3 PLC 的分类	(3)
1.4 PLC 的功能与应用	(4)
1.5 PLC 的发展趋势	(4)
习题	(6)
实验 1-1 PLC 认识实验(演示)	(6)
2 电气控制基础知识	(7)
2.1 控制电器概述	(7)
2.2 电气控制线路简介	(14)
2.3 基本控制线路	(17)
习题	(23)
实验 2-1 电动机的启停、点动控制实验	(24)
实验 2-2 电动机的正转、反转及多点控制实验	(27)
实验 2-3 模拟工作台自动往返循环控制实验	(29)
3 PLC 的组成原理	(32)
3.1 PLC 的硬件结构	(32)
3.2 系统软件与应用程序	(38)
3.3 PLC 的工作过程	(43)
3.4 PLC 的应用开发要素	(45)
3.5 PLC 采用的基本技术	(46)
习题	(48)
4 三菱 FX 系列 PLC 与编程器	(50)
4.1 概述	(50)
4.2 FX 系列 PLC 的系统配置	(51)
4.3 FX 系列 PLC 的内部资源	(53)
4.4 FX 系列 PLC 编程器及其使用	(61)
习题	(77)
实验 4-1 PLC 实验箱的使用及编程器操作训练	(77)
5 基本指令与编程	(85)
5.1 基本逻辑指令	(85)
5.2 复杂逻辑指令	(86)

5.3 特殊输出指令	(89)
5.4 其他指令	(91)
5.5 PLC 编程注意事项	(91)
5.6 PLC 基本控制环节的编程	(93)
5.7 PLC 梯形图程序设计方法	(96)
习题	(99)
实验 5-1 基本逻辑指令实验	(101)
实验 5-2 基本逻辑指令应用(抢答器)实验	(105)
实验 5-3 栈及主控指令实验	(109)
实验 5-4 置位/复位及脉冲指令实验	(112)
实验 5-5 定时器/计数器实验	(116)
实验 5-6 舞台艺术灯控制实验	(120)
实验 5-7 交通信号灯控制实验	(123)
实验 5-8 驱动步进电动机控制实验	(125)
6 状态转移图与步进指令	(128)
6.1 状态转移图	(128)
6.2 步进指令	(129)
6.3 步进指令的应用示例	(132)
习题	(136)
实验 6-1 状态转移图和步进顺控实验	(137)
实验 6-2 分支及汇合实验	(140)
实验 6-3 机械手模拟控制实验	(144)
7 功能指令简介	(147)
7.1 功能指令的通则	(147)
7.2 常用功能指令简介	(150)
7.3 功能指令汇总表	(173)
习题	(178)
8 课程设计指南	(179)
8.1 PLC 系统的设计步骤	(179)
8.2 PLC 的选型	(180)
8.3 PLC 实际应用中的问题	(181)
8.4 PLC 课程设计课题	(185)
参考文献	(191)

1 PLC 概述

1.1 PLC 的产生与定义

可编程控制器(Programmable Logic Controller, PLC)于 20 世纪 60 年代首先诞生于美国,当时叫可编程逻辑控制器,目的是用来取代继电器电气控制系统,以执行逻辑判断、计时、计数等顺序控制功能。随着技术的不断发展,其功能逐渐扩大,不再是原来意义上的以逻辑控制为主的功能,后来就把“逻辑”二字去掉了,叫做可编程控制器(Programmable Controller),曾经一度简称为 PC,但是为了避免与个人计算机的简称 PC(Personal Computer)相混淆,现在仍然把可编程控制器简称为 PLC。

提出 PLC 概念的是美国通用汽车公司。当时,根据汽车制造生产线的需要,希望用电子化的新型控制器替代继电器控制柜,以减少汽车改型时重新设计制造继电器控制柜的成本和时间。通用汽车公司对新型控制器提出以下 10 项指标:

- (1) 编程简单,可在现场修改程序;
- (2) 维护方便,采用插件式结构;
- (3) 可靠性高于继电器控制柜;
- (4) 体积小于继电器控制柜;
- (5) 成本可与继电器控制柜相竞争;
- (6) 可将数据直接送入计算机;
- (7) 可直接采用 115V(民用电)交流输入;
- (8) 输出采用交流 115V,能直接驱动电磁阀、交流接触器等;
- (9) 通用性强,扩展时很方便;
- (10) 程序要能存储,内存容量可扩展 4K 字节。

这 10 点要求几乎成为当时各自动化仪表厂生产 PLC 的基本规范,至今也是 PLC 的基本功能。概括起来,PLC 的基本设计思想有以下 4 个方面:

- (1) 把计算机功能完善、灵活、通用等优点和继电器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来。
- (2) 控制器的硬件是标准的、通用的。
- (3) 根据实际应用对象,将控制内容编成软件写入控制器的用户程序内存里。
- (4) 控制器和被控对象连接方便。

随着微处理器和微型计算机技术的发展,70 年代中期以后,PLC 已广泛地用微处理器作为中央处理器,输入/输出模块和外围电路也都采用了中、大规模甚至超大规模的集成电路,这时的 PLC 已不再是仅具有逻辑(Logic)判断功能,同时还具有数据处理、PID 调节和数据通信、联网等功能。PLC 一直处于发展之中,因此直到现在也未能对其下个最后的定义。

国际电工委员会(IEC)1987年颁布了可编程控制器标准草案,并作了如下的定义:可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境下应用而设计,它采用了可编程序的内存,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字式和模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外围设备,易于与工业控制联成一个整体,易于扩充其功能的设计。

从 IEC 对 PLC 的定义中,我们可以从以下 3 个方面对 PLC 进行界定或加以理解:

(1) PLC 的本质是“数字运算操作的电子系统”,目前已经是“微计算机系统”,“专为在工业环境下应用而设计”,PLC 又属于工业控制计算机。

(2) PLC 用于取代传统的继电器系统,是一种无触点设备,其编程的思想来源于继电器梯形图,它又属于电气控制范畴。

(3) 从应用领域来看,PLC 用于“控制各种类型的机械或生产过程”,改变程序即可改变生产工艺,因此可在初步设计阶段选用 PLC,在实施阶段再确定工艺过程,从制造生产 PLC 的厂商角度看,在制造阶段不需要根据用户的订货要求专门设计控制器,适合批量生产。PLC 是一种通用的自动化装置,其初衷是工业自动化控制,现在的应用已经发展到控制领域的各个方面。

由于这些特点,PLC 问世以后受到工业控制界的欢迎,并得到迅速发展。目前,PLC 已成为工厂自动化的有力工具,得到广泛普及和推广应用。在工厂里被称为“蓝领计算机”。

1.2 PLC 的特点

PLC 是面向用户的专用工业控制计算机,具有许多明显的特点。

(1) 可靠性高,抗干扰能力强。PLC 是专为工业控制而设计的,除了对器件的严格筛选外,在硬件和软件两个方面还采用了屏蔽、滤波、隔离、诊断和自动恢复等措施,使 PLC 具有很强的抗干扰能力,其平均无故障时间达到 $(3\sim 5)\times 10^4\text{h}$ 以上。

(2) 编程直观、简单。PLC 是面向用户、面向现场的。考虑到大多数电气技术人员熟悉电气控制线路的特点,它没有采用微型计算机中常用的汇编语言,而是采用了一种面向控制过程的梯形图语言。梯形图语言与继电器原理图类似,形象直观,易学易懂。电气工程师和具有一定知识的电工、工艺人员都可以在短时间内学会,使用起来得心应手。计算机技术和传统的继电器控制技术之间的隔阂在 PLC 上完全不存在。世界上许多国家的公司生产的 PLC 把梯形图语言作为第一用户程序。

(3) 适应性好。PLC 是通过程序实现控制的。当控制要求发生改变时,只要修改程序即可。由于 PLC 产品已标准化、系列化、模块化,因此能够灵活方便地进行系统配置,组成规模不同、功能不同的控制系统,适应能力非常强。故既可控制一台单机,一条生产线,又可控制一个复杂的群控系统;既可以现场控制,又可以远距离控制。

(4) 功能完善,接口能力强。目前 PLC 不仅具有开关量的逻辑控制功能,而且还具有数字量和模拟量的输入/输出、算术运算、定时、计数、顺序控制、通信、人机对话、自检、记录和显示等功能,使设备控制水平大大提高。接口大功率驱动极大地方便了用户,常用的开关量输入/输出接口,就电源而言有 110V、220V 交流和 5V、24V、48V 直流等多种;负载能力可在 0.5~5A 的范围内变化;模拟量的输入/输出有 $\pm 50\text{mV}$ 、 $\pm 10\text{mV}$ 和 $(0\sim 10)\text{mA}$ 、 $(4\sim$

20)mA 等多种规格。可以很方便地将 PLC 与各种不同的现场控制设备顺序连接,组成应用系统。例如,输入接口可直接与各种开关量和传感器进行连接,输出接口在多数情况下也可直接与各种传统的继电器、接触器及电磁阀等相连接。

表 1-1 是 PLC、继电器控制系统、微机控制系统比较表。

表 1-1 PLC、继电器控制系统、微机控制系统比较表

项 目	PLC	继电器控制系统	微机控制系统
功能	用程序可以实现各种复杂控制	用大量继电器布线逻辑实现顺序控制	用程序实现各种复杂控制,功能最强
改变控制内容	修改程序较简单	改变硬件接线性逻辑、工作量大	修改程序,技术难度较大
可靠性	平均无故障工作时间长	受机械触点寿命限制	一般比 PLC 差
工作方式	顺序扫描	顺序控制	中断处理,响应最快
接口	直接与生产设备连接	直接与生产设备连接	要设计专门的接口
环境适应性	可适应一般工业生产现场环境	环境差,会降低可靠性和寿命	要求有较好的环境,如机房、实验室、办公室
抗干扰性	一般不用专门考虑抗干扰问题	能抗一般的电磁干扰	要专门设计抗干扰措施,否则易受干扰影响
维护	现场检查、维护方便	定时更换继电器,维修费时	技术难度高
系统开发	设计容易、安装简单、调试周期短	图样多、安装接线工作量大、调试周期长	系统设计较复杂、调试技术难度大,需要有系统的计算机知识
通用性	较好,适应面广	一般是专用	要进行软、硬件改造才能作其他用
硬件成本	比微机控制系统高	少于 30 个继电器的系统成本最低	一般比 PLC 低

1.3 PLC 的分类

目前市场上能买到的 PLC,按照输入(Input)和输出(Output) (简称 I/O)点数多少可分为表 1-2 所示的 5 种类型。这个分界线不是固定不变的,它会随 PLC 的发展而改变。

PLC 按结构形式分类可分为整体式和模块式两种。整体式又称单元或箱体式。整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 部件都集中装在一个机箱内,其结构紧凑,体积小、价格低。一般微型、小型 PLC 采用这种结构,它由不同 I/O 点数的基本单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 和电源,扩展单元内只有 I/O 和电源。基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接。整体式 PLC 一般配备有特殊功能单元,如模拟量单元、位置控制单元等,使机器的功能得以加强。

表 1-2 PLC 规模分类表

类 型	I/O 点数	内存容量(KB)	机 型 举 例
微 型	64 以下	1~2	三菱 FX、欧姆龙 SP20
小 型	64~128	2~4	三菱 F1-60、欧姆龙 C60H
中 型	128~512	4~16	三菱 A 系列、欧姆龙 C1000H
大 型	512~8 192	16~64	莫迪康 984A、西门子 SU-135
超大型	大于 8 192	64~128	莫迪康 984B、西门子 SU-155

模块式结构是将 PLC 各部分制成若干个单独的模块,如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块和各种功能模块。模块式 PLC 由框架和各种模块组成,模块插在框架的插座上。有的 PLC 没有框架,各种模块式结构,其装配方便,便于扩展和维修。一般大中型 PLC 都采用模块式结构,有的小型 PLC 也采用这种结构。

有的 PLC 将整体式和模块式结合起来,称为叠装式 PLC。它除基本单元和扩展单元外,还有扩展模块和特殊功能模块,配置更加灵活。

1.4 PLC 的功能与应用

PLC 在国内外广泛应用于钢铁、石化、机械制造、汽车装配、电力、轻纺、电子信息等各行各业。目前典型的 PLC 功能与应用如下:

(1) 顺序控制。这是 PLC 应用最广泛的领域,取代了传统的继电器顺序控制,例如注塑机、印刷机械、订书机械、切纸机、组合机床、磨床、装配生产线、包装生产线、电镀流水线及电梯控制等。

(2) 智能控制。在工业生产过程中,有许多连续变化的量,如温度、压力、流量、液体、速度、电流和电压等,称为模拟量。PLC 有 A/D 和 D/A 转换模块,这样,PLC 可以作模拟控制用于智能控制。

(3) 数据处理。一般 PLC 都设有四则运算指令,可以很方便地对生产过程中的数据进行处理。用 PLC 可以构成监控系统,进行数据采集和处理,控制生产过程。较高档次的 PLC 都有位置控制模块,用于控制步进电动机,实现对各种机械的位置控制。

(4) 通信联网。某些控制系统需要多台 PLC 连接起来使用或者由一台计算机与多台 PLC 组成分布式控制系统。PLC 的通信模块可以满足这些通信联网的要求。

(5) 显示打印。PLC 还可以连接显示终端和打印机等外围设备,从而实现显示和打印的功能。

1.5 PLC 的发展趋势

随着 PLC 应用领域的不断扩大,PLC 本身也在不断发展,PLC 技术发展的特点为高速、大容量、系列化、模块化、多品种。PLC 的编程语言、编程工具多样化,通信联网能力、故障检查能力越来越强。

1) 在过程控制领域的发展

从 20 世纪 80 年代初开始,就有一些化工、医药、石油和天然气公司将 PLC 用于过程控制任务。随着微处理机和软件技术的发展,操作接口的使用、PLC 网络的开发,PLC 已成为低成本实现分散控制的一种技术。

用于过程控制的 PLC 往往对存储容量和速度要求较高,为此,开发了高速模拟量输入模块,专用独立 PID 控制器,热电耦、RTD 直接输入模块、多路转换器等,使得数字技术和模拟量技术在 PLC 中得到统一。采用软、硬件相结合的方法,使得编程和接线都比过去用常规仪表控制方便得多。

2) 通信与联网功能的发展

通信与联网功能的发展是 PLC 发展的一个重要特征。PLC 的联网和通信可分为两类:一类是 PLC 之间的联网通信,各个制造厂商都有自己的专有联网手段;另一类是 PLC 与计算机之间的联网通信,一般 PLC 都有通信模块用于与计算机通信。在网络中要有通用的通信标准,否则在一个网络中就不能连接许多厂商的产品。美国通用汽车公司在 1983 年提出的制造自动协议(Manufacture Automation Protocol,MAP)是众多通信标准中发展最快的一个。MAP 的主要特点是提供以开放性为基础的局部网络,使来自许多厂商的设备可以通过相同的通信协议而相互连接。由于 MAP 的出现,推动了通信标准化的进程。

1982 年有网络功能的 PLC 只占销售总量的 11%,而 1987 年则增加到了 65%,现在几乎所有的厂家都宣称其生产的 PLC 可与 MAP 网相连。

由于可用 PLC 构成网络,因此,各种个人计算机、图形工作站、小型机等都可以作为 PLC 的监控主机或工作站。这些装置的结合能够提供屏幕显示、数据采集、记录保持、回路面板显示等功能。这其实就是实现了分散型控制系统的功能。大量的 PLC 连到通信链路上接入信息网络,及不同厂家生产的 PLC 兼容性增加,这就使得无论对于分散控制或集中管理都能轻易地实现了。

在由 PLC 构成的网络中,各机之间的通信仍然如同一台 PLC 内部通信一样简捷方便,这本身又促进了网络的大量发展和应用。

3) 智能输入/输出模块

为了进一步简化在专用控制领域的系统设计及编程,专用智能输入/输出模块越来越多,如专用智能 PID 控制器,智能模拟量输入/输出模块,智能位置控制模块,语音处理模块,专用数控模块,智能通信、计算模块等。这些模块的一个特点就是本身具有 CPU,能独立工作。它们与 PLC 主机并行操作,无论在速度、精度、适应性、可靠性各方面都对 PLC 做了极好的补充。它们与 PLC 紧密结合,有助于克服 PLC 扫描算法的局限,完成 PLC 本身无法完成的许多功能。

这些模块的编程、接线都与 PLC 一致,使用非常方便,甚至有些模块内部还包含了一台中型 PLC 主机的功能,因此,我们都可将其视为专用 PLC。

4) 编程语言

梯形图编程虽然方便直观,但对于逻辑控制以外的控制领域,编程难免不便。当今 PLC 已发展出了许多编程语言,有面向顺序控制的步进顺控语言和面向过程控制系统的流程图语言,流程图语言是一种面向功能块的语言,能够表示过程中动态变量与信号的相互联结。还有与计算机兼容的高级语言,如 BASIC、C 语言及汇编语言。另外还有专用的高级

语言,例如三菱的 MELCAP,它采用编译的方法将语句变为梯形图程序。也有采用布尔逻辑语言的,CPU 能直接执行 AND、OR、NOT 操作,这种语言执行速度很快,但不很直观。

当今的 PLC 往往是将上述各种语言综合使用,各取所长,相互调用,相互补充。各种语言是不能相互替代的,因此,多种语言并存,互补不足将是发展的趋势。

5) 增强外部故障检测能力

根据分析,在 PLC 的故障中,CPU 板占 5%,I/O 板占 15%,传感器占 45%,执行器占 30%,接线占 5%,除了前两项共 20%的故障可由 CPU 本身的软、硬件检测以外,其他的 80%都不能通过自诊断查出。因此,各厂家都在发展专门用于检测外部故障的专用智能模块,进一步提高 PLC 系统的可靠性。

习 题

- 1-1 列举可以应用 PLC 的地方,并说明理由。
- 1-2 请查阅资料,了解我国 PLC 的发展趋势。
- 1-3 列出数种你所知道的国内外 PLC 的型号、I/O 点及其主要性能。

实验 1-1 PLC 认识实验(演示)

一、实验目的

- (1) 使学生了解 PLC 的组成及作用。
- (2) 增强学生对 PLC 课程学习的兴趣。

二、实验器材

- | | |
|---------------------|-----|
| (1) 85000 型 PLC 实验箱 | 1 台 |
| (2) 计算机或编程器 | 1 台 |
| (3) 编程电缆 | 1 根 |
| (4) 连接导线 | 若干 |

三、实验内容和方法

教师上课前编写 2~3 个 PLC 典型应用程序储存在计算机里,演示时将程序下载到 PLC,将 PLC 控制的演示板用实验导线连接好,运行演示。

2 电气控制基础知识

随着自动化技术的不断发展,新的自动化器件和装置不断涌现,它们在工业控制的现代化进程中发挥着越来越重要的作用。然而,在目前的工业生产现场,许多传统的控制电器,如按钮、各种开关和继电器、接触器等,仍然在继续使用且不可能完全被替代。

本章所述的电气控制基础知识,其内容包括:一是关于基本控制电器的性能与使用,一些要求不高的加工机械电气控制基本上仍是由这一类控制电器来实现的;二是如何组织有关的器件,构成适合于各种基本应用的典型电气控制线路。本章除了给读者补充有关的基本知识之外,更进一步的目的是为后续的 PLC 的编程打下基础。

2.1 控制电器概述

随着电气自动化领域的不断扩大,电器的概念也越来越广泛。在生产机械以及生产过程的自动控制中,我们把对电能的生产和传输起控制作用的电器称为控制电器,操作人员通过这些电器对用电设备的电源进行通断控制。本节介绍的就是这类用于开关控制的控制电器。

如上所述,我们所关心的主要是那些用于开关控制的控制电器,所以将其视为一种具有二值的逻辑元件,即开关器件。在输入条件的控制下无论是自动的还是非自动的,其输出要么使外电路完全导通(记作 ON),要么使外电路完全断开(记作 OFF)。虽然,控制电器的应用范围极为广泛,品种规格非常丰富,但仍可以按以下一些原则进行大致的分类。

(1) 按工作电压的高低,以交流 1 000V、直流 1 200V 为界,可以分为高压电器和低压电器两大类。对于一般生产机械来说,国内主要使用的是 380V 以下的交流电源。在安全用电要求高的场合,电压还必须降至 36V 以下。因此低压电器的应用十分广泛。高压电器主要应用于电能的远距离传输以及超大功率用电设备的控制系统中。

(2) 按电能的性质,可以分为直流电器和交流电器。由于交流电的传输、变换比较方便,所以应用十分广泛。但随着应用技术的发展,小功率的直流电器使用越来越广泛,一些微型直流控制电器就直接装在印刷电路板上。

(3) 按操作的动力,可以分为自动和非自动控制电器。自动控制电器大多采用电磁感应原理设计,即用一个功率较小的电信号去控制一组电磁执行机构,然后由相应的开关器件对外实现 ON/OFF 控制。非自动控制电器又可分为手动和非手动两种。手动的控制电器大多为安装在操作面板上供操作人员使用的主令电器。非手动的控制电器则广泛地应用于工作机械或介质的状态反馈。

(4) 按触点的结构形式,可以分为有触点和无触点两种。这实际上是由所使用的开关元器件决定的。原有的各种开关、继电器、接触器多采用机械接触方式来控制电器的通断,即是有触点的。新型的开关元器件(如功率晶体管、晶闸管等)以及新的控制方法的出现使开关信号能够以无触点的方式实现。一般来说,有触点的控制电器工作频率不宜太高,工作

寿命也较短,且在通断过程中会产生较大的噪声。无触点的控制电器,如接近开关、固态继电器,在中小功率的电器控制中有较大的发展。

(5) 按控制电器在电气控制系统中所起的作用,可以分为手控电器、执行电器及状态反馈控制电器三类。手控电器即手动的控制电器。执行电器都是自动电器。状态反馈电器则有自动的也有非自动的。其中,状态反馈控制电器品种规格繁多,并随着科学技术的发展不断推出更新换代产品。

本书不介绍各类控制电器的设计原理和结构上的细节,而是着眼于从应用的角度了解并掌握各种控制电器的主要性能、结构特点及基本用法。因此,本节将着重介绍如上所述的三类常用典型控制电器。读者在学习时应尽可能结合生产实践或参观实物,以增加对它们的感性认识。

1) 开关

开关是一种最常用的手控操作电器,以操作者的动作为输入,以触点的通断为输出。

(1) 开关的类型和使用要求

在电气控制屏和机床操作面板上常用的有:闸刀开关、钮子开关、盘形转换开关等。它们常用来接通电源或设置控制系统的工作状态或方式。图 2-1 示出各种开关的外形和结构简图。

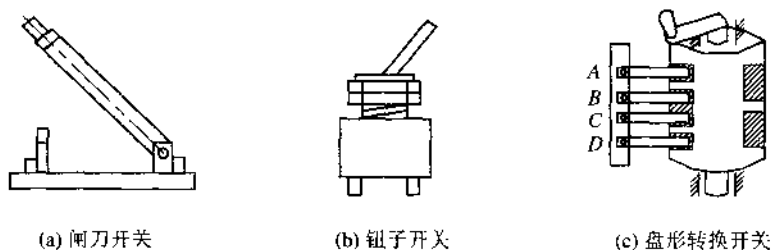


图 2-1 开关外形和结构简图

这些开关,按能同时接触电路的个数可分为单刀和多刀;按可能有的工作位置数又可以分为若干“掷数”。例如:三刀单掷闸刀开关,可同时通断三个电路,只有通断两个状态;而单刀三掷闸刀开关,能同时通断三个电器,仍只有通断两个状态;而单刀三掷钮子开关有四个接线端,当钮子拨动时,其中的一个活动端可与其余三端之一接通。

对于多刀开关,应保证各路开关同时通断;对于多掷开关,应保证转换迅速、接触可靠。

刀开关安装时,手柄要向上,不得倒装或平装。倒装时,手柄有可能因自动下滑而引起误合闸,造成人身伤害事故。

从电气性能指标来看,每种开关都有额定的工作电压和工作电流。用于主回路的开关,往往要求处于高压和大电流的工作环境,因此对其材料和结构的要求比较高。额定工作电压高,则触点分开时的间隙必须大,元件的绝缘强度要高,安全保护措施较复杂。额定工作电流大,则触点接触面积要大,材料的导电和耐腐蚀性能要好。

(2) 电气符号

刀开关在电气控制线路里的图形符号与文字符号如图 2-2 所示;转换开关的图形符号与文字符号如图 2-3 所示。

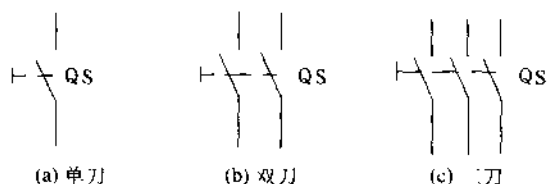


图 2-2 刀开关的图形符号与文字符号

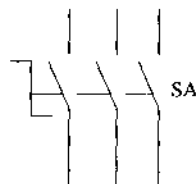


图 2-3 转换开关的图形符号与文字符号

图 2-4 为刀熔开关的图形符号与文字符号。刀熔开关的熔丝起短路保护作用。接线时,应将电源线接在上端,负载接在熔丝下端。这样,拉闸后刀开关与电源隔离,便于更换熔丝。

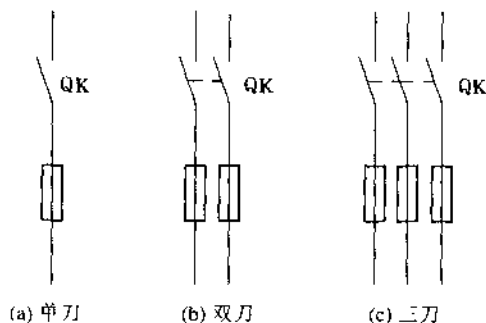


图 2-4 刀熔开关的图形符号与文字符号

2) 按钮

按钮是一种手动的主令电器,常用来发布各种命令,如启动、停止等。用于工业控制的按钮通常是自复位的。即按下时,与其相连的触点产生转换;待松开后,动作自动复位,触点恢复原状。

(1) 按钮的结构原理

按钮的基本结构如图 2-5 所示。在外部按压按钮帽之后,其内部的静触点和动触点之间就产生闭合或断开的操作。通常,称按钮没有被按下时,其内部断开的触点为常开(动合)触点;而按钮被按下后,内部断开的触点为常闭(动断)触点。可以看到,图中的动触点采用“桥形”结构,因此同一对触点在通断中同时有两个触点在动作。

从具体的结构形式看,一个按钮通常可以带一对常开触点和一对常闭触点,且这两对触点在机械操作中是联动的。对于特殊需要的按钮,还可选多对触点的。图 2-5 的按钮帽是下陷式的,常用于启动;有的按钮帽呈蘑菇状,常用于紧急停机;有的按钮用彩色透明材料做成,可内装指示灯,以显示当前工作和操作状态;有的按钮采用钥匙开启方式,以便于专人管理。在许多现代化自动控制装置的操作面板上,制作精巧的按钮成组地排列起来,组成键盘的形式。一些在工业现场使用的键盘,为了防止灰尘或其他异物进入面板内部,用彩色的塑料盖板置于按键之上,操作者仅需触摸盖板上标示的相应部位,就能发出相关的操作指令。

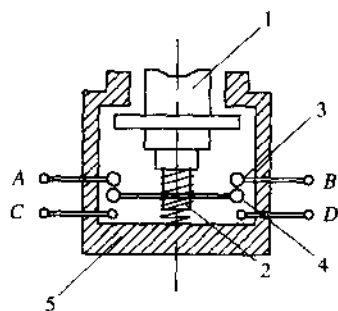


图 2-5 按钮结构简图

1—按钮帽;2—恢复弹簧;3—静触点;
4—动触点;5—底座

(2) 按钮的电气符号

按钮在电气控制线路里的图形符号与文字符号如图 2-6 所示。

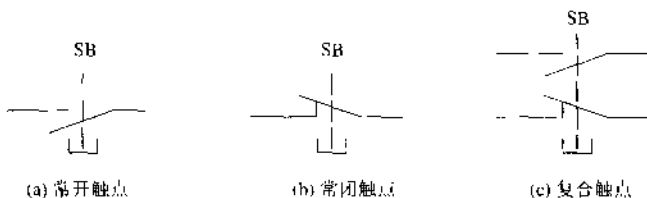


图 2-6 按钮的图形符号与文字符号

3) 中间继电器

(1) 中间继电器的结构原理

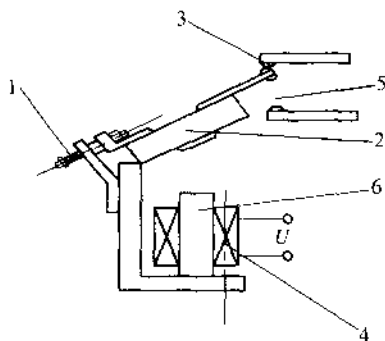


图 2-7 中间继电器结构简图

- 1—弹簧；2—衔铁；3—常闭触点；
4—线圈；5—常开触点；6—铁心

中间继电器可对系统内部的控制信号进行传递和组合，也有一定的功率放大作用。其核心部分是一组电磁执行机构，如图 2-7 所示。在外部电压 U 的控制下，当线圈通电后，磁路激磁而使铁心产生吸动衔铁的磁力。当磁力大于弹簧的弹力时，衔铁动作使常闭触点断开、常开触点闭合。当电压 U 消失，则线圈失电，电磁力也相应消失，衔铁在弹簧的作用下复位，由其牵动的一组触点也复位。

这类电磁式的中间继电器，按线圈供电形式的不同可以分为交流和直流两种，且额定电压也有多种规格。其所带的触点对数较多，通常在二对以上。在 PLC 的输出模块中采用的微型继电器电压为 12V 或 24V 的直流电源，只有一对常开触点，所以体积很小，可直接安装在印刷线路板上。

一般来说，中间继电器的控制功率较小，其触点开断负载电流的容量约为几百毫安到几个安培。同时，由于电磁机械存在机电时间常数，从线圈通电到触点动作会有一个时间延迟，这是中间继电器的重要参数：吸合时间和释放时间。吸合时间是指从线圈接受电信号到衔铁完全吸合所需的时间；释放时间是指从线圈失电到衔铁完全释放所需的时间。一般继电器的吸合时间与

释放时间为 0.05~0.15s，快速继电器为 0.005~0.05s，它的大小影响继电器的操作频率。

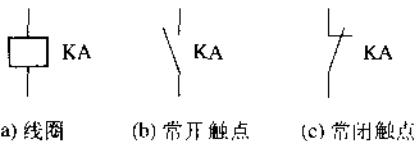


图 2-8 中间继电器的图形符号与文字符号

(2) 中间继电器的电气符号

中间继电器在电气控制线路里的图形符号与文字符号如图 2-8 所示。

1) 接触器

(1) 接触器的结构原理

接触器主要有电磁系统、触点系统和灭弧装置组成，结构简图如图 2-9 所示。电磁系统包括动铁心、静铁心和电磁线圈三部分，作用是将电磁能转换成机械能，产生电磁吸力带动触点动作；触点是接触器的执行元件，用于接通或断开被控制电路；灭弧装置是保证电路和电器元件工作安全的装置。

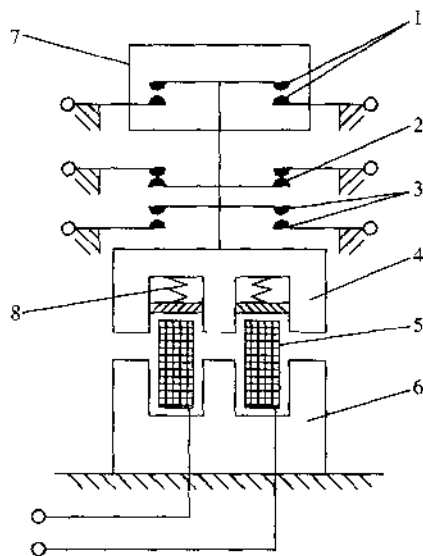


图 2-9 接触器结构简图

1—主触点；2—常闭辅助触点；3—常开辅助触点；4—衔铁；
5—电磁线圈；6—静铁心；7—灭弧罩；8—复位弹簧

接触器的工作原理是：当电磁线圈通电后，线圈电流产生磁场，使静铁心产生电磁吸力吸引衔铁，并带动触点动作。常闭触点断开，常开触点闭合，两者是联动的。当线圈断电时，电磁吸力消失，衔铁在释放弹簧的作用下释放，使触点复原。常开触点断开，常闭触点闭合。

接触器也有直流和交流之分，电动机的控制多用 380V 的交流接触器。

(2) 接触器的电气符号

接触器在电气控制线路里的图形符号与文字符号如图 2-10 所示。

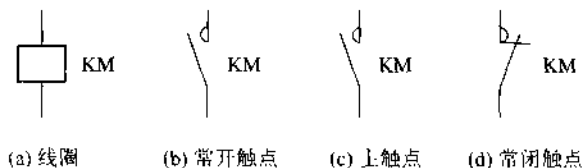


图 2-10 接触器的图形符号与文字符号

5) 行程开关

(1) 有触点行程开关

这类开关品种很多，它们用来反映运动机械的位置，即把运动机械的位置信号转变成相应触点的通断信号。图 2-11(a)是按钮式 LX19K 型行程开关结构图。当外部的运动机械按压其顶杆后，在触点簧片的作用下，动、静触点的通断转换是瞬时型，即触点动作的速度与外部操作无关，从而提高了检测和分断的准确性。

除了这种直动式的行程开关之外，还有单滚轮转动式，当外力消除后，它们都是自动复位的。有一种双滚轮行程开关，滚轮可以双向动作，但不能自动复位，见图 2-11(b)。