

普通高等教育



“十五”

PUTONG
GAODENG JIAOYU
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

规划教材

PLC应用技术

弭洪涛 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

普通高等教育



“十五”

PUTONG
GAODENG JIAOYU
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

规划教材

PLC 应用技术

编 著 弭洪涛
副主编 毕国忠 贾景贵
编 写 弭洪涛 毕国忠 贾景贵
程艳明 孙铁军 王 锴
主 审 李广鹏



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

MJ583/09

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十五”规划教材。

本书共分七章。第一章是 PLC 应用基础,介绍常用低压电器和典型继电器-接触线路设计,为 PLC 的学习和使用打下良好的基础;第二章介绍 PLC 的组成及工作原理;第三章介绍 PLC 的基本指令及其编程方法;第四章介绍 PLC 的右手指令及其应用,以及流程图编程方法;第五章介绍 PLC 的联网及通信;第六章介绍 PLC 的应用系统设计、安装及维护等内容;第七章是电器及 PLC 实验,介绍常用电器及线路以及 PLC 的接线设计、编程、调试等内容。

本书主要作为电气工程及其自动化、自动化、电子技术、测控技术与仪器、机械等专业的本科教材,也可作为信息类的本科、专科以及函授用的教材,同时,还可供从事相关领域技术工作的工程技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 应用技术/弭洪涛编著. —北京:中国电力出版社, 2004
普通高等教育“十五”规划教材

ISBN 7-5083-1694-0

I . P… II . 弭… III . 可程序控制器-高等学校-教材
IV . TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 002109 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

三河汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 2 月第一版 2004 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.5 印张 475 千字

印数 0001—3000 册 定价 29.80 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

序

由中国电力教育协会组织的普通高等教育“十五”规划教材，经过各方的努力与协作，现在陆续出版发行了。这些教材既是有关高等院校教学改革成果的体现，也是各位专家教授丰富的教学经验的结晶。这些教材的出版，必将对培养和造就我国 21 世纪高级专门人才发挥十分重要的作用。

自 1978 年以来，原水利电力部、原能源部、原电力工业部相继规划了一至四轮统编教材，共计出版了各类教材 1000 余种。这些教材在改革开放以来的社会主义经济建设中，为深化教育教学改革，全面推进素质教育，为培养一批批优秀的专业人才，提供了重要保证。原全国高等学校电力、热动、水电类专业教学指导委员会在此间的教材建设工作中，发挥了极其重要的历史性作用。

特别需要指出的是，“九五”期间出版的很多高等学校教材，经过多年的教学实践检验，现在已经成为广泛使用的精品教材。这批教材的出版，对于高等教育教材建设起到了很好的指导和推动作用。同时，我们也应该看到，现用教材中有不少内容陈旧，未能反映当前科技发展的最新成果，不能满足按新的专业目录修订的教学计划和课程设置的需要，而且一些课程的教材可供选择的品种太少。此外，随着电力体制的改革和电力工业的快速发展，对于高级专门人才的需求格局和素质要求也发生了很大变化，新的学科门类也在不断发展。所有这些，都要求我们的高等教育教材建设必须与时俱进，开拓创新，要求我们尽快出版一批内容新、体系新、方法新、手段新，在内容质量上、出版质量上有突破的高水平教材。

根据教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的精神，“十五”期间普通高等教育教材建设的工作任务就是通过多层次的教材建设，逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系。为此，中国电力教育协会在充分发挥各有关高校学科优势的基础上，组织制订了反映电力行业特点的“十五”教材规划。“十五”规划教材包括修订教材和新编教材。对于原能源部、电力工业部组织原全国高等学校电力、热动、水电类专业教学指导委员会编写出版的第一至四轮全国统编教材、“九五”国家重点教材和其他已出版的各类教材，根据教学需要进行修订。对于新编教材，要求体现电力及相关行业发展对人才素质的要求，反映相关专业科技发展的最新成就和教学内容、课程体系的改革成果，在教材内容和编写体系的选择上不仅要有

本学科（专业）的特色，而且注意体现素质教育和创新能力与实践能力的培养，为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。考虑到各校办学特色和培养目标不同，同一门课程可以有多本教材供选择使用。上述教材经中国电力教育协会电气工程学科教学委员会、能源动力工程学科教学委员会、电力经济管理学科教学委员会的有关专家评审，推荐作为高等学校教材。

在“十五”教材规划的组织实施过程中，得到了教育部、国家经贸委、国家电力公司、中国电力企业联合会、有关高等院校和广大教师的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

教材建设是一项长期而艰巨的任务，不可能一蹴而就，需要不断完善。因此，在教材的使用过程中，请大家随时提出宝贵的意见和建议，以便今后修订或增补。（联系方式：100761 北京市宣武区白广路二条1号综合楼9层 中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416222）

中国电力教育协会

二〇〇二年八月

前言

可编程控制器 (PLC) 自 20 世纪 70 年代诞生以来, 以极高的发展速度遍布全世界, 在各行各业都得到了广泛的应用。它综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术, 是一种新型的、通用的自动控制装置。它以功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于编程以及适应在工业环境下应用等一系列优点, 成为现代工业控制的三大支柱之一 (三大支柱为 CAD/CAM、机器人、PLC)。

近年来, 可编程控制器发展很快, 新产品、新技术不断涌现, 为了适应这种情况, 本书在内容选择上增加了继电-接触控制和联网通信等内容, 并且以较新的 OMRON CQM1 为基础进行系统介绍, 其指令系统与 CPM、C200H、C1000H 等 OMRON C 系列机兼容, 有较强的实用性。

本书力求体系完整、通俗易懂, 使读者能正确理解 PLC 应用技术。书中系统讲述了 PLC 应用基础——继电接触控制、PLC 工作原理、PLC 系统配置、指令系统及编程方法、应用系统设计等内容; 同时, 专门安排了一章可编程序控制器实验, 使读者通过自己动手, 更深入的了解 PLC 的使用方法 & 技巧。

全书由弭洪涛主编, 毕国忠、贾景贵任副主编, 李广鹏主审。其中, 第一、三章由弭洪涛编写, 第二章由贾景贵编写, 第四、六章由毕国忠编写, 第五章由程艳明编写, 第七章由孙铁军和王锴编写。

本书在编写过程中, 参阅了大量文献和资料, 曲萍萍、马惜萍等同志做了大量工作, 在此对相关人士一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限, 加之时间仓促, 书中难免存在不当和谬误之处, 恳请有关专家和广大读者不吝赐教。

编 者

2003 年 9 月

目 录

序	1
前言	1
绪论	1
第一章 PLC应用基础	3
第一节 概述	3
第二节 常用控制电器	8
第三节 电气控制线路设计基础	25
第四节 典型继电-接触控制线路	39
习题	51
第二章 PLC的结构及特点	52
第一节 PLC控制与继电-接触控制的比较	52
第二节 PLC的工作原理	54
第三节 CQM1型PLC的系统配置	60
第四节 OMRON-PLC编程软件	76
习题	77
第三章 PLC的基本指令及编程	79
第一节 编程原理	79
第二节 梯形图指令	83
第三节 基本右手指令	90
第四节 解析法编程	106
第五节 波形图法编程	117
第六节 用PLC改造原继电-接触设备	120
习题	125
第四章 PLC功能指令及其应用	129
第一节 数据处理指令	129

第二节	数据运算指令	165
第三节	流程控制指令	179
第四节	特殊指令	185
第五节	用流程图法编程	202
	习题	208
第五章	PLC 联网与通信	210
第一节	概述	210
第二节	上位链接系统	218
第三节	同位链接系统	231
第四节	CompoBus 通信系统	238
	习题	245
第六章	PLC 应用系统设计、调试及维护	246
第一节	系统设计	246
第二节	系统调试与检查	258
第三节	PLC 的安装及维护	267
	习题	269
第七章	电气及 PLC 实验	270
第一节	典型继电-接触控制线路	270
第二节	编程器的操作	276
第三节	基本指令实验	285
第四节	功能指令实验	288
第五节	综合运用实验	291
附录 1	简易编程器操作一览表	297
附录 2	CQM1 指令系统一览表	301
附录 3	CQM1 内部器件	306
附录 4	CQM1 特殊继电器一览表	307
附录 5	CQM1 链接继电器一览表	309
附录 6	CQM1 软设置一览表	313
参考文献	318

绪 论

在冶金、机械、矿山等工业部门普遍采用电力拖动生产机械，这些生产机械受自动控制系统的控制，使被控对象按一定规律进行工作，这些系统称为自动控制系统。按其控制方式可分为断续控制与连续控制两大类。断续控制是有级控制，其系统所用的主要元件是继电器、接触器等低压电器。断续控制与控制对象的物理变化过程无关，而只考虑其跳变值，所以控制元件都是两态元件。连续控制反映物理量变化的整个过程，被控对象也是连续量。继电接触控制系统属于断续控制系统。其特点是采用硬接线逻辑，即通过触点、线圈等的不同接线来完成不同的逻辑功能。其最大缺点是不便于现场修改控制逻辑。

20世纪60年代末，随着现代工业生产自动化水平的日益提高及微电子技术的飞速发展，对工业控制器的要求也越来越高。1968年，美国通用汽车公司（GM）要求制造商为其装配线提供一种新型的通用程序控制器，并提出10项招标指标：①编程简单，可在现场修改程序；②维护方便，最好是插件式；③可靠性高于继电器控制柜；④体积小于继电器控制柜；⑤可将数据直接送入管理计算机；⑥在成本上可与继电器控制柜竞争；⑦输入可以是交流115V；⑧输出为交流115V、2A以上，能直接驱动电磁阀等；⑨在扩展时，原系统只需很小变更；⑩用户程序存储器容量至少能扩展到4K。这就是著名的GM10条。如果说各种电控制器、电子计算机技术的发展是可编程控制器出现的物质基础，那么GM10条就是可编程控制器出现的直接原因。

GM10条提出后，美国数字设备公司（DEC）经过一年多的努力，研制出第一台这种控制器，并在GM的汽车生产线上首次应用成功。当时，把这种控制器称为可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller），简称PLC，用来取代继电器控制柜，功能仅限于执行继电器逻辑、定时和计数控制等。

1971年，日本从美国引进了这项技术，很快研制成类似的控制器，即DSC—8。又过了两年，西欧国家也制成这样的控制器。随着微电子技术的发展，70年代中期出现了微处理器和微型计算机。在1975~1976年，美国、日本、联邦德国等一些国家把微处理器用作可编程控制器的中央处理单元（Central Processing Unit简称CPU），用集成电路的存储器代替磁芯存储器，使得可编程控制器实现更大规模的集成化，从而使之工作更为可靠，更能适应工业环境，功能也大大加强了。随着成本的大幅度下降，这种控制器

逐渐进入了实用阶段。我国于1974年开始研制，1977年开始工业应用。这种控制器出现后，其名称和定义不统一。为此，美国电气制造商协会（National Electrical Manufacturers Association，简称NEMA）于1980年正式命名其为可编程控制器（Programmable Controller），简称PC。定义为：PC是一种数字式电子装置，它使用了可编程序的存储器以存储指令，用以执行诸如逻辑、顺序、定时、计数及算术运算等功能，并通过数字的或模拟的输入、输出接口控制生产机械或生产过程。

1987年2月，国际电工委员会颁布了可编程控制器标准草案第三稿，该草案中对可编程控制器给出的定义是：“可编程控制器是一种数字运算操作系统，专为工业环境下应用而设计。它采用了可编程序的存储器，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，并通过数字式或模拟式的输入和输出，控制各种类型的生产机械和生产过程。可编程控制器及其有关外围设备，都按易于与工业系统连成一个整体、易于扩充其功能的原理设计。”按照以上定义，PLC是一种工业用计算机，因而它必须有很强的抗干扰能力，这是与一般的微机系统不同的。其存储器可存储执行多种操作的指令，是可以通过软件编程序的控制器，所以又与以往继电接触控制装置有质的区别。它具有控制能力强、操作方便灵活、价格便宜、可靠性高等特点，不仅可以取代传统的继电接触控制系统，还可以构成复杂的工业过程控制网络，是一种适应现代工业发展的新型控制器。

由于个人计算机（Personal Computer）的缩写也为PC，为避免混淆，国内外一些刊物和资料仍将可编程控制器简称为PLC。本书下面除特殊情况外，亦采用PLC这种简称。

第一章

PLC 应用基础

工矿企业拥有大量的继电器接触控制线路，它们安装在现场、电磁站或控制室。运行起来其电器触点冲击噪声高，维护工作量大，可靠性低。随着半导体技术、计算机技术的发展和应用，继电器接触控制线路将被无触点系统所取代，更有被可编程控制器所替换的可能。但 PLC 的工作原理是建立在继电器-接触控制线路基础上的，因此，本章在简要介绍 PLC 的一般概念的同时，学习常用电器和典型继电器-接触线路原理，为 PLC 梯形图编程及 PLC 应用打好基础，也是为采用可编程控制器改造原有控制系统或设计新系统作好准备。

第一节 概 述

PLC 是按继电器-接触线路原理设计的，其等效的内部电器及线路与继电器接触线路相同。由 PLC 定义可知，它与一般计算机的结构相似，也有中央处理单元（CPU）、存储器（MEMORY）、输入/输出（INPUT/OUTPUT）接口、电源部件及外部设备接口等。但是由于 PLC 是专为在工业环境下应用而设计的，为便于接线、便于扩充功能、便于操作及维护，它的结构及组成又与一般计算机有所区别。

一、PLC 的组成

常见的 PLC 有整体式和模块式两类。不论哪种结构，其内部组成都是相似的，其结构框图见图 1-1。

1. 中央处理单元（CPU）

CPU 是 PLC 的“大脑”，它控制所有其它部件的操作，一般由控制电路、运算器、寄存器等组成，通过地址总线、数据总线和控制总线与存储器、I/O 接口电路连接。中央处理单

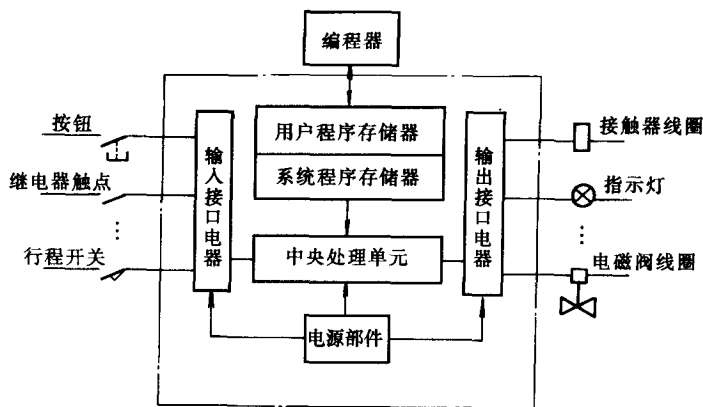


图 1-1 PLC 的组成

元主要完成以下任务：

(1) 从存储器中读取指令。CPU 从地址总线上给出指令的存储地址，从控制总线上给出读命令，从数据总线上得到读出的指令，并存放到 CPU 内的指令寄存器中。

(2) 执行指令。对存放在指令寄存器中的指令操作码进行译码，执行指令规定的操作。例如，读取输入信号，取操作数，执行逻辑运算和算术运算，将结果输出等。

(3) 准备取下一条指令。CPU 执行完一条指令后，能根据条件产生下一条指令的地址，以便取出和执行下一条指令。在 CPU 的控制下，程序的指令既可以顺序执行，也可以进行分支或转移处理。

(4) 处理中断。有些 PLC 除了顺序执行程序外，还提供了中断处理功能。CPU 通过接收 I/O 接口或内部的中断请求信号，进行中断处理。处理完毕后，再返回原地址，继续顺序执行。这种控制方式提高了 PLC 的处理速度。

2. 存储器

存储器是具有记忆功能的半导体电路。PLC 的存储器包括系统程序存储器和用户程序存储器。所谓系统程序，是指控制和完成 PLC 各种功能的程序，这些程序是由 PLC 的制造厂家用微机的指令系统编写的，并固化到只读存储器（ROM）中；所谓用户程序，就是使用者根据工程现场的生产过程和工艺要求编写的控制程序。用户程序由使用者通过编程器输入到 PLC 的读写存储器（RAM）中，允许修改，由用户启动运行。

3. 输入/输出接口电路

输入/输出接口电路用来连接 PLC 主机与外部设备。为了提高抗干扰能力，一般的输入、输出接口均有光电隔离装置，应用最广泛的是由发光二极管和光电三极管组成的光电隔离器。

来自现场的指令元件、检测元件的信号经输入接口进入到 PLC。指令元件的信号是指由用户在控制台、操作台或控制键盘上发出的控制信号，如启动、停止、转换、调整、急停等；检测元件的信号是指用检测元件如各种传感器、继电器触点、限位开关、行程开关等对

生产过程中的参数,如压力、流量、温度、速度、位置、行程、电流、电压等进行检测时发出的信号。这些信号有的是开关量,有的是模拟量,有的是直流信号,有的是交流信号,要根据输入信号的类型选择合适的输入接口。

由 PLC 产生的各种输出控制信号经输出接口去控制和驱动负载,如指示灯的亮灭,电动机的起停和正反转,设备的转动、平移、升降,阀门的开闭等。与输入接口一样,输出接口的负载有的是数字量,有的是模拟量,要根据负载性质选择合适的输出接口。

根据现场执行部件的不同需要,输出接口的功率放大环节又分为继电器型、双向硅型和晶体管型三种形式。继电器容量大,交、直流通用,响应时间为毫秒级;可控硅只能带交流负载,响应时间为微秒级;晶体管只能带直流负载,响应速度最快,为纳秒级。半导体器件的寿命可以说是永久的,而新型继电器的寿命也可达 10^{10} 次。

4. 编程器

编程器可分为简易编程器和图形编程器两种。图形编程器可直接输入梯形图程序,操作方便,功能强,且可脱机编程,有液晶显示(GPC)的便携式和阴极射线(CRT)式两种,价格一般较高;简易编程器价格低,但功能较少,一般需将梯形图变为指令编码的形式输入,通常需联机工作。

目前,很多 PLC 都可以利用微型计算机作为编程工具,这时应配上相应的编程软件及接口。由于微机的强大功能,使 PLC 的编程和调试更为方便。

5. 电源部件

电源部件用来将外部供电电源转换成供 PLC 的 CPU、存储器、I/O 接口等电子电路工作所需要的直流电源,使 PLC 能正常工作。

PLC 的电源部件有很好的稳压措施,因此对外部电源的要求不高。直流 24V 供电的机型,允许电压为 16~32V;交流供电的机型,允许电压为 85~264V,频率为 47~53Hz。

一般情况下,交流供电的 PLC 还为用户提供 24V 直流电源作为输入电源或负载电源。

6. 其他接口电路

除 I/O 接口外,许多 PLC 还配置了其它一些接口,使 PLC 能满足更多的需要。主要有以下几种:

(1) I/O 扩展接口。用于扩展输入、输出点数,当用户的 PLC 系统所需的输入、输出点数超过主机的输入、输出点数时,就要通过 I/O 扩展接口将主机与 I/O 扩展单元连接起来。

(2) 智能 I/O 接口。它是带有独立的微处理器和控制软件的特殊 I/O 接口,可以独立地工作。为适应和满足更加复杂控制功能的需要,PLC 生产厂家均生产了各种不同功能的智能 I/O 接口。

在众多的智能 I/O 接口中,常见的有能满足位置控制需要的位置闭环控制接口模块;有能实现快速 PID 调节闭环控制接口模块;有满足计数频率高达 100MHz 的高速计数器接口模块等。

(3) 通信接口。是专用于数据通信的一种智能模块,主要用于人一机对话或机—机对话。PLC 通过通信接口可以与打印机、监视器等外部设备相连,也可与其他 PLC 或上位计算机相连,构成多机局部网络系统或多级分布式控制系统,或实现管理与控制相结合的综合系

统。

通信接口有串行接口和并行接口两种，它们都在专用系统软件的控制下，遵循国际上多种规范的通信协议来工作。用户应根据不同的设备要求选择相应的通信方式，并配置合适的通信接口。

7. PLC 的外部设备

PLC 的生产厂家为用户提供的设备主要有：

(1) 打印机。打印机在用户程序编制阶段用来打印带注解的梯形图程序或指令语句表程序，这些程序对用户的维修及系统的改造是非常有价值的。在系统的实时运行过程中，打印机用来提供运行过程中发生事件的硬记录，如记录系统运行过程中报警的时间和类型等。这对于分析事故原因和系统改进是非常重要的。在日常管理中，打印机可以定时或非定时打印各种生产报表。

(2) 外存储器。PLC 的 CPU 模块内的半导体存储器称为内存，可用来存放系统程序和用户程序。有时将用户程序存储在外置的 EPROM 上，或盒式录音机的磁带上及磁盘驱动器的磁盘中，作为程序备份或改变生产工艺流程时调用。这些存储装置都称为外存。如果 PLC 内存中的程序被破坏或丢失，可再次将存储在外存中的程序重新装入。

在使用可离线开发用户程序的编程器时，外存特别有用。被开发的程序一般存储在外存中。

(3) EPROM 写入器。EPROM 写入器用于将用户程序写入 EPROM 中。它提供了一个非易失性的用户程序保存方法。同一个 PLC 系统的各种不同应用场合的用户程序可以分别写入几片 EPROM 中，在改变系统的工作方式时，只需要更换 EPROM 芯片即可。

二、PLC 的一般特点

1. 通用性强

PLC 是一种工业控制计算机，其控制操作功能可以通过软件编制确定，在生产工艺改变或生产线设备更新时，不必改变 PLC 硬件设备，只需改变编程程序就可实现不同的控制方案，具有良好的通用性。

2. 编程方便

大多数 PLC 可采用类似继电控制电路图形式的“梯形图”进行编程，控制线路清晰直观，稍加培训即可进行编程，受到普遍欢迎。PLC 与个人计算机联成网络或加入到集散控制系统之中时，通过在上位机上用梯形图编程，使编程更容易、更方便。

3. 功能完善

由于计算机有很强的运算处理能力，故以计算机为核心的现代 PLC 不仅有逻辑运算、定时、计数等控制功能，还能完成 A/D 转换、D/A 转换、模拟量处理、高速计数、联网通信等功能，还可以通过上位机进行显示、报警、记录，进行人-机对话，使控制水平大大提高。

4. 扩展灵活

PLC 产品均带有扩展单元，可以方便地适应不同输入/输出点数及不同输入/输出方式的需求。模块式 PLC 的各种功能模块制成插板，可以根据需要灵活配置，从几个输入/输出点的最小系统到几千个点的超大型系统均可轻易实现，扩展灵活，组合方便。

5. 系统构成简单, 安装调试容易

当需要组成控制系统时, 用简单的编程方法将程序存入存储器内, 接上相应的输入、输出信号, 便可构成一个完整的控制系统, 不需要继电器、转换开关等, 它的输出可直接驱动执行机构(负载电流一般可达 2A), 中间一般不需要设置转换单元, 因此大大简化了硬件的接线, 减少设计及施工工作量。同时 PLC 又能事先进行模拟调试, 更减少了现场的调试工作量, 并且 PLC 的监视功能很强, 模块化结构大大减少了维修量。

6. 可靠性高

可编程控制器采用大规模集成电路, 可靠性要比有触点的继电器接触系统高很多。在其自身的设计中, 采用了冗余措施和容错技术。另外, 输入/输出采用了屏蔽、隔离、滤波、电源调整与保护等措施, 提高了抗工业环境干扰的能力, 使 PLC 适合于在工业环境下使用, 可靠性大大提高。

由于可编程控制器具备以上特点, 它把微型计算机技术与开关量控制技术很好地融合在一起, 还把连续量直接数字控制 DDC (Direct Digital Control) 技术加进去并且有与监控计算机联网的功能, 因此应用十分广泛, 几乎覆盖各个工业领域, 正成为新一代机电一体化产品。它与目前应用于工业过程的各种顺序控制设备相比较, 具有明显的优势。

三、PLC 的发展趋势

随着 PLC 技术的推广、应用, PLC 将进一步向以下几个方向发展。

1. 标准化

每个生产 PLC 的厂家都有自己的系列化产品, 指令兼容, 外设易于扩展; 但不同厂家生产的 PLC, 梯形图、指令及各种配件均有一些差异, 不利于 PLC 的普及。因此, 使 PLC 像个人计算机(PC)那样互相兼容, 是 PLC 发展的重要方向, 也是 PLC 研究中的一个艰巨的课题。

2. 小型化

从 PLC 出现以来, 小型机的发展速度大大高于中、大型 PLC。随着微电子技术的进一步发展, 小型机的功能将进一步完善, PLC 的结构必将更为紧凑, 体积更小, 使安装和使用更为方便。

3. 模块化

采用模块式结构, 使系统的构成更加灵活、方便。而且小型机也有向模块化发展的趋势(如 CQM1 型 PLC), 使 PLC 的使用更简单, 扩展更方便, 通用性更强。

4. 低成本

随着新型器件的不断涌现, 主要部件成本的不断下降, 在大幅度提高 PLC 功能的同时, 也将大幅度降低 PLC 自身的成本, 使 PLC 在经济上能与继电器电路抗衡, 真正成为继电器的替代品。

5. 高功能

PLC 的功能将进一步加强, 以适应各种控制需要; 同时, 计算、处理功能的进一步完善, 使 PLC 可在一定范围内代替计算机进行管理、监控。智能 I/O 组件也将进一步发展, 用来完成各种专门的任务, 如位置控制、温度控制、中断控制、PID 调节、远程通信、音响输出等。

最后还应指出：PLC 的普及是机电一体化的必然趋势。也就是说，实现机电一体化，也是 PLC 发展的一个重要方向。

可编程控制器是工业控制中的重要装置，它将促进我国对传统电气设备的改造，缩小设备体积，提高系统性能。现有的控制室和操作站，都有大量继电器、接触器的盘箱柜，运行起来噪声大，故障多，维护工作量大，如果这些盘箱柜中的继电器逻辑控制线路用 PLC 代替，功率驱动部分用无触点开关代替，可以想象：此时控制室或操作站将是无声的，而且故障少，维护也容易。工艺改变时，也只要修改 PLC 用户程序或参数，就可很容易地改变其控制方式和参数，可以取得很好的效益。今后 PLC 技术将会在我国取得越来越广泛的应用。

第二节 常用控制电器

掌握常用控制电器的原理及使用方法，是学习和应用 PLC 的重要基础。常用控制电器种类很多，按其工作电压可分为低压电器和高压电器。所谓低压电器是指它的工作电压低于 1200V 的电器。常用控制电器按其功能作用分为接触器、继电器、按钮、开关等。

一、接触器

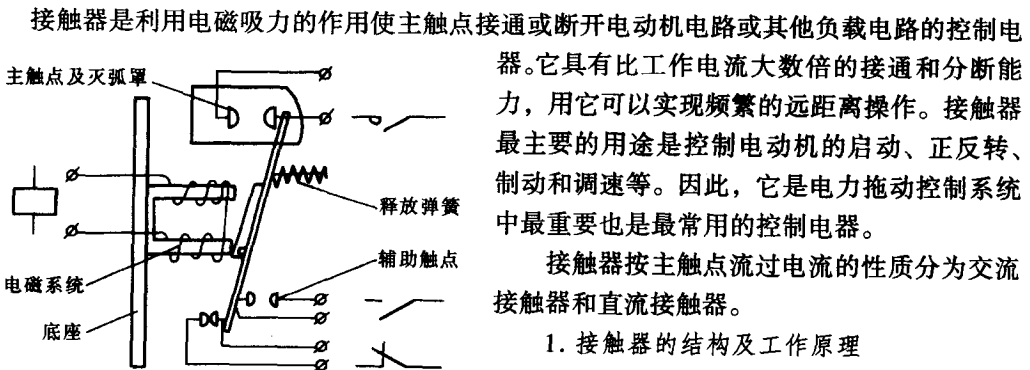


图 1-2 接触器工作原理

接触器是利用电磁吸力的作用使主触点接通或断开电动机电路或其他负载电路的控制电器。它具有比工作电流大数倍的接通和分断能力，用它可以实现频繁的远距离操作。接触器最主要的用途是控制电动机的启动、正反转、制动和调速等。因此，它是电力拖动控制系统中最重要也是最常用的控制电器。

接触器按主触点流过电流的性质分为交流接触器和直流接触器。

1. 接触器的结构及工作原理

电磁式接触器包括以下几部分，如图 1-2 所示。

(1) 触点。触点有主触点和辅助触点之分。主触点尺寸较大，并附有灭弧装置，接在主电路，用于控制主电路通断；辅助触点用于控制辅助电路的通断，通过较小的电流。

主触点是用来接通和分断被控电路。触点由动触点与静触点构成，其结构型式主要有桥式触点和指形触点，如图 1-3 所示。

为了使动、静触点接触紧密，减少接触电阻，在触点上装有弹簧以增加触点间的压力。桥式触点有两个断口，增加了断弧距离，利用触点回路产生的电动力拉长电弧，使电弧易于

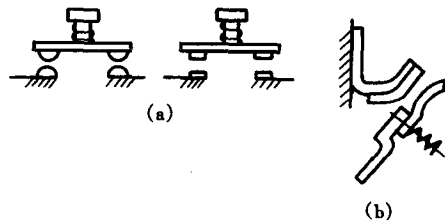


图 1-3 触点结构型式
(a) 桥式触点；(b) 指形触点

熄灭。指形触点在动、静触点的接触过程中有一个滚动过程，可使触点表面的氧化层脱落，所以接触电阻小，可以通过较大的电流。

触点按其动作状态可分为常开触点和常闭触点。常开触点是指在其线圈不通电状态下，该触点是断开状态，当其线圈通电时，该触点就闭合。故常开触点又称动合触点。另一种是常闭触点，指线圈在不通电状态是闭合的，当其线圈通电时，该触点断开。常闭触点又称动断触点。

(2) 灭弧装置。当接触器触点切断电路时，如果电路中电压超过 10~12V 或电流超过 100mA，此时两个触点之间就将产生火花，形成气体放电现象，通常称为电弧。所谓气体放电，就是气体中大量带电质点作定向运动。当触点分离瞬间触点间形成很强的电场强度，就会引起冲撞电离，甚至产生热电子发射和热电离，产生电子流，从而形成电弧。电弧可能灼伤触点表面，甚至使触点熔焊而不能正常工作。

为减少电弧的危害，常采用灭弧装置，使电弧迅速熄灭。在直流接触器中常在主触点电路中串入吹弧线圈，形成磁吹式灭弧装置；在交流接触器中常采用桥式触点的电动力灭弧及灭弧罩、灭弧栅、多点灭弧等。

(3) 电磁机构。电磁机构由线圈、铁心和衔铁组成。

交流电磁铁在铁心中存在磁滞和涡流损耗（铁损），引起铁心发热。为了减少磁滞和涡流损耗，铁心用硅钢片叠铆而成；直流电磁铁线圈通直流电，无磁滞和涡流损耗，铁心不发热，可以用整块软钢或工程纯铁制成。

交流线圈匝数少、电阻小（靠感抗限制线圈电流），铜损小，为增加铁心散热面积，线圈制成短而粗的形状，且带有骨架。直流线圈匝数多、电阻大（靠电阻限流），铜损大，线圈本身发热，因此制成长而薄的形状，且不带骨架（线圈与铁心直接接触），利于线圈散热。电磁机构的吸力特性可以用下式表示

$$F = 4 \times 10^5 B^2 S \quad (1-1)$$

式中 B ——气隙磁感应强度，T；

S ——气隙截面积， m^2 。

对于直流电磁铁来说，线圈电流 I 不变，则有

$$\Phi = \frac{NI}{R_c} \propto \frac{1}{R_c} \quad (1-2)$$

式中 R_c ——闭合磁路磁阻，等于铁心磁阻与气隙磁阻 R_0 之和。

而 $R_c \approx R_0 \propto \delta$ ，其中， δ 为气隙长度。因此有

$$F \propto \Phi^2 \propto \frac{1}{R_c^2} \propto \frac{1}{\delta^2}$$

可得到如下结论：

- 1) 直流电磁铁电磁吸力与气隙的平方成反比；
- 2) 直流电磁铁线圈电流 I 与气隙 δ 无关。

可见，直流电磁机构适于频繁操作。

对于交流电磁铁来说，由于 $B = B_m \sin \omega t$ ，于是