

KEBIAN CHENGXU KONGZHIQI YUANLI
YINGYONG YU SHIXUN

可编程序控制器 原理、应用与实训

王兆明 主 编
王治刚 副主编

本书以实际应用和便于教学为目的,以欧姆龙(OMRON)公司的C系列P型机为例,主要介绍了可编程序控制器(PLC)的原理、指令系统、梯形图及编程方法、PLC的应用、通信网络技术、PLC的安装与接线,以及其他类型的PLC和实训指导。章末附有小结和适量的习题与思考题。书后附录收录了P型PLC编程器及其应用、CXP编程软件。

本书的内容强化了基本技能的培养和训练,与当前流行的先进技术产品相结合,突出针对性、实用性和先进性。本书通俗易懂,内容由浅入深,注重理论和实际应用相结合,书中附有应用实例,所有程序均经调试运行。

本书可以用作自动化、电气技术、应用电子、机电一体化及相近专业的通用教材、培训班教材,也可供电气工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器原理、应用与实训/王兆明主编. —北京:机械工业出版社, 2008.1

ISBN 978-7-111-22894-3

I. 可… II. 王… III. 可编程序控制器 IV. TP332.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第182631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:靳平 版式设计:冉晓华 责任校对:张莉娟

封面设计:王伟光 责任印制:邓博

北京京丰印刷厂印刷

2008年1月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·15印张·368千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-22894-3

定价:26.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

前 言

作为工业自动化的重要支柱之一的可编程序控制器 (PLC) 以其高可靠性和操作简单等特点引导了当今工业自动化的潮流, 因此掌握 PLC 技术已成为大势所趋。

在世界众多 PLC 的生产厂家中, 欧姆龙 (OMRON) 公司是世界著名的几大 PLC 生产与开发的厂家之一, OMRON 公司的大、中、小、微型机各具特色, 各有所长, 在中国市场的占有率位居前列。特别是它的小型 P 型机在用户中享有很高的声誉。本书以 OMRON 公司的 C 系列 P 型机为例, 从应用的角度详实地介绍了可编程序控制器的原理、应用与实训内容。章后附有适量的习题, 通过习题和实验, 可以将读者的思维引向应用实践, 激发读者学习、推广应用可编程序控制器的兴趣和热情。

本书是根据“淡化理论, 够用为度, 培养技能, 重在应用”的原则, 并充分地考虑到可编程序控制技术的实际应用和发展情况, 突出应用性知识的学习和能力的培养, 力求使基础理论与工程实际紧密联系。在编写过程中以实际应用为目的, 与当前流行的先进技术产品相结合, 力求突出针对性、实用性和先进性。叙述方法深入浅出、主次分明、详略得当。

本书列举了可编程序控制器设计的常用方法, 使读者在应用可编程序控制器的基础上, 能根据要求设计梯形图。

本书中的可编程序控制器应用实例, 在重点分析技术与应用问题的基础上, 注重对读者分析问题和解决问题能力的培养。

总之, 本书以“必需”、“够用”为尺度, 强化基本技能的培养和训练, 使读者通过阅读本书能够掌握基本分析方法, 学会基本技能。

本书由吉林大学云建军任主审。其中, 第 1、2、8 章由吉林工程技术师范学院张立新编写; 第 3、4 章和第 5 章的 5.1、5.2 节由吉林大学王兆明编写; 第 5 章的 5.3 节和第 6 章由吉林大学王治刚编写; 第 7、9 章由水利部长春机械研究所于卓伟编写; 附录 A、附录 B 由吉林大学刘春宝编写。全书由王兆明统稿。

由于编者学识和水平有限, 书中难免存在缺点和错误, 敬请使用本书的师生和广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 概述	1
1.1 PLC的产生和发展	1
1.2 PLC的特点、分类和应用场合	3
习题与思考题	6
第2章 可编程序控制器的组成和 工作原理	7
2.1 PLC的基本结构	7
2.2 PLC的基本工作原理	9
2.3 PLC的技术性能和继电器 及其编号	12
本章小结	14
习题与思考题	15
第3章 可编程序控制器的指令系统	16
3.1 PLC基本指令及举例	16
3.1.1 一般指令	16
3.1.2 定时器和计数器指令	22
3.2 应用指令	26
3.2.1 分支与跳步指令	26
3.2.2 位移与TR继电器	30
3.2.3 微分与保持指令	33
3.3 数据处理指令	36
3.3.1 传送指令	36
3.3.2 比较与转换指令	39
3.3.3 加法与减法指令	42
3.3.4 译码与编码指令	46
3.3.5 高速计数器指令	49
3.4 OMRON公司C200H PLC	53
3.4.1 OMRON公司C200H系统的 组成	53
3.4.2 OMRON公司C200H的内部 器件	54
3.4.3 OMRON公司C200H的指令 系统	55
本章小结	58

习题与思考题	58
--------	----

第4章 梯形图及编程方法	61
4.1 基本编程方法——经验法	61
4.1.1 梯形图设计原则	61
4.1.2 编程技巧	63
4.1.3 常用基本电路举例	66
4.2 时序电路设计方法	71
4.2.1 触点控制规律	71
4.2.2 编程步骤	72
4.2.3 举例	72
4.3 用功能表图设计梯形图	76
4.3.1 功能表图及其组成	76
4.3.2 功能表图的结构形式	77
4.3.3 用功能表图设计顺序控制 梯形图	80
本章小结	83
习题与思考题	84
第5章 可编程序控制器的应用	86
5.1 应用设计步骤	86
5.1.1 评估控制任务	86
5.1.2 PLC的选型	87
5.1.3 系统设计	90
5.1.4 系统调试	91
5.2 应用程序举例	93
5.2.1 两种液体混合装置	93
5.2.2 十字路口交通信号灯控制	96
5.2.3 机械手步进控制	100
5.2.4 三层楼电梯PLC控制系统	103
5.2.5 钻床钻深精度控制	107
5.3 W05-A-1型恒温恒湿控制器 系统设计	111
5.3.1 设计要求	112
5.3.2 系统构成	113
5.3.3 系统硬件	113
5.3.4 系统软件设计	115
本章小结	125

习题与思考题	125	8.1 德国西门子公司 PLC 简介	175
第 6 章 可编程序控制器的通信		8.1.1 SIMATIC S5 系列 PLC	175
原理及应用	127	8.1.2 S7-200 系列 PLC	178
6.1 概述	127	8.2 三菱公司 PLC 简介	181
6.1.1 信息层	127	8.2.1 F 系列 PLC	181
6.1.2 控制层	129	8.2.2 F ₁ 、F ₂ 系列 PLC	182
6.1.3 设备层	129	8.2.3 FX、MEISEC-A 系列 PLC	182
6.2 工业以太网通信	129	第 9 章 可编程序控制器实训指导	184
6.2.1 局域网	130	9.1 基本逻辑指令实训	184
6.2.2 广域网	132	9.2 定时器指令实训	185
6.3 Host Link 通信	134	9.3 计数器指令实训	185
6.3.1 概述	134	9.4 微分指令、锁存器指令实训	187
6.3.2 系统连接结构	134	9.5 位移指令实训	188
6.3.3 Host Link 通信接口	137	9.6 传送指令实训	189
6.3.4 Host Link 通信编程	137	9.7 BIN、BCD 指令实训	189
6.4 PC Link 通信	148	9.8 比较指令实训	190
6.4.1 1:1 PC Link 通信	149	9.9 译码指令实训	192
6.4.2 1:N PC Link 通信	150	9.10 编码指令实训	192
6.5 Controller Link 通信	154	9.11 笼型异步电动机 Y/Δ 减压 起动实训	193
6.5.1 概述	154	9.12 十字路口交通信号灯 控制实训	194
6.5.2 数据链接	156	9.13 两种液体混合装置控制 实训	197
6.5.3 信息通信	158	9.14 四层电梯控制实训	197
6.6 无协议通信	162	9.15 刀具库管理控制实训	201
6.6.1 概述	162	附录	203
6.6.2 串行设定指令	163	附录 A C 系列 P 型 PLC 编程器 及其应用	203
6.6.3 串行端口输出指令	163	A.1 编程器简介	203
6.6.4 串行端口接收指令	165	A.2 编程操作	205
6.7 PLC 与上位机串行 通信实例	167	A.3 监控操作	209
习题与思考题	170	附录 B CXP 编程软件简介	212
第 7 章 可编程序控制器的安装 与接线	171	B.1 界面	212
7.1 C 系列 P 型机的安装	171	B.2 脱机编程序	221
7.2 C 系列 P 型机的系统接线	172	B.3 联机调程序	223
7.2.1 电源与接地线	172	B.4 监控	223
7.2.2 输入端接线	173	B.5 设定	230
7.2.3 输出端接线	173	参考文献	233
习题与思考题	174		
第 8 章 其他类型的可编程序 控制器简介	175		

第 1 章 概 述

可编程序控制器 (Programmable Controller) 简称 PC, 为了不与个人计算机 (Personal Computer, PC) 混淆, 常称可编程序控制器为 PLC。1987 年 2 月国际电工委员会 (IEC) 颁布的可编程序控制器标准草案第三稿中, 对可编程序控制器的定义为“可编程序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。它采用可编程序的存储器, 用来在其内部存储和执行逻辑运算、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。可编程序控制器及其相关设备, 都应按易于与工业控制系统形成一个整体, 易于扩充其功能的原则设计”, 可编程序控制器是一种可存储程序的控制装置, 其控制功能是通过执行程序来实现的, 只要更改程序, 便可满足不同的控制要求。PLC 可直接使用于工业环境, 直接控制生产机械或生产过程, 因此 PLC 区别于传统的继电器—接触器控制和计算机。

1.1 PLC 的产生和发展

1. PLC 的产生

1968 年, 美国最大的汽车制造公司——通用汽车公司 (GM), 为适应生产小批量、多品种、低成本和高质量的市场需求, 增强市场竞争力, 提出研制 PLC 的基本构想: 直接用于工业环境, 无需改变控制装置组成, 在现场修改程序便可改变控制逻辑, 易于诊断和排除故障, 可靠性高于继电器控制装置等。

1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 研制出世界上第一台 PLC, 其型号为 PDP—14 型, 在 GM 公司装配线上试用成功。

这项新技术的使用, 在工业界产生了巨大的影响。从此 PLC 在世界各地迅速发展起来。1971 年, 日本从美国引进了这项新技术, 并很快地研制成功了日本第一台 PLC。1973 ~ 1974 年, 德国、法国也相继研制成功了他们的 PLC。我国从 1974 年开始研制, 1977 年研制成功了以 1 位微处理器 MC14500 为核心的 PLC, 并开始应用于工业生产控制。

从第一台 PLC 诞生至今, 从控制功能方面看, PLC 经历了以下四个发展阶段:

第一阶段, 从第一台 PLC 诞生到 20 世纪 70 年代中期, 是 PLC 的崛起阶段。首先在汽车工业中获得大量的应用, 继而在其他产业部门也开始应用。由于大规模集成电路的出现, 采用 8 位微处理器芯片作为 CPU, 推动了 PLC 技术的飞跃。这一阶段的产品主要用于逻辑运算和定时、计数运算, 控制功能比较简单。

第二阶段, 从 20 世纪 70 年代中期到 70 年代末期, 是 PLC 的成熟阶段。由于超大规模集成电路的出现, 16 位微处理器和 51 单片机相继问世, 使 PLC 向大规模、高速度、高性能的方向发展。这一阶段产品的功能扩展到数据传送、比较和运算, 以及模拟量的运算等。

第三阶段, 从 20 世纪 70 年代末到 80 年代中期, 是 PLC 在通信上获得应用和发展的阶段。由于计算机通信技术的发展, PLC 在通信方面的应用也有了较大的提高, 初步形成了发

布式的通信网络体系。但是,由于制造厂商各自为政,通信系统自成系统,因此各产品的互联是比较困难的。在该阶段,由于市场对 PLC 的需求量大大增加,它的数学运算功能得到了较大的扩充,可靠性也进一步提高。

第四阶段,从 20 世纪 80 年代中期至今是 PLC 由单机控制向系统化控制的加速发展阶段。国际知名公司不断地开发新的产品系列,并配备了符合国际现场总线标准的通信接口,实现不同系统的互联或与局部网络连成整体分布系统。这一阶段的产品规模增大,功能不断地完善,大中型的产品多数有 CRT 的显示功能,产品的扩展也因通信功能的改善而变得方便。不仅全面使用 16 位、32 位微处理器作为 CPU,内存容量也更大。可以直接用于一些规模较大的复杂控制系统;编程语言除了可使用传统的梯形图、流程图等外,还可使用高级语言;外设也更加多样化。

现在,PLC 已广泛地应用于工业控制的各个领域,PLC 技术、机器人技术、CAD/CAM 技术共同构成了工业自动化的三大支柱。在本书中,将以应用较广泛的日本 OMRON 公司的 C 系列 P 型 PLC 为背景机,介绍 PLC 的原理和应用。

2. PLC 的发展趋势

(1) 更快的处理速度,多 CPU 结构和容错系统

大型和超大型 PLC 正在向大容量和高速化发展,趋向采用计算能力更大,时钟频率更高的 CPU 芯片。采用多 CPU 能提高机器的可靠性,增加系统在技术上的生命力,提高系统处理能力、相应速度,以及模块化程度。容错系统也是多 CPU 技术的一个重要应用。

(2) PLC 具有计算机功能,编程语言与工具日趋标准化和高级化

国际电工委员会(IEC)在規定 PLC 的编程语言时,认为主要的程序组织语言是顺序执行功能表。功能表的每个动作和转换条件可以运用梯形图编程,这种方法使用方便,容易掌握,很受电工和电气技术人员的欢迎,也是 PLC 能迅速推广使用的一个重要因素。然而,它在处理较复杂的运算、通信和打印报表等功能时显得效率低、灵活性差,尤其用于通信时显得笨拙,所以在原梯形图编程语言的基础上加入高级语言,运用于 PLC 的高级语言有 BASIC、PASCAL、C、FORTRAN 等。

(3) 强化 PLC 的联网通信能力

近年来,加强 PLC 的联网能力成为 PLC 的发展趋势。PLC 的联网可分为两类:一类是 PLC 之间的联网通信,各制造厂家都有自己的数据通道;另一类是 PLC 与计算机之间的联网通信,一般都由各制造厂家制造专门的接口组件,当前发展最快的是 MAP,它是制造自动化的通信协议,是一种七层模拟式、宽频带、以令牌总线为基础的通信标准。现在越来越多的公司宣布与 MAP 兼容。

PLC 与计算机之间的联网能进一步实现工厂的自动化,为实现计算机辅助制造(CAM)和计算机辅助设计(CAD)打下基础。

(4) 记忆容量增大,采用专用的集成电路适用性增强

过去记忆容量最大为 64KB,现在已增加到 500KB 以上。过去具有记忆的芯片主要有 RAM、EPROM,现在有 E²PROM、UVEPROM、BATRAM、NVRWM 等。对 RAM 片可以涂改,对 ROM 片,断电时可以维持记忆的信息。

(5) 开发新型特殊功能的模块

I/O 组件可以提高 PLC 的智能化、高密集度和增大处理能力。智能 I/O 组件是一种带微

处理器的功能组件，一般执行预处理或闭环控制、开环控制，其运行参数往往由 PLC 下装，但工作节拍与 PLC 的扫描周期无关，所以又称为 I/O 的并行处理组件。智能 I/O 组件作为 PLC 的一个组成部分，使 PLC 能完成许多它本身解决不了的任务，促进了 PLC 发展成为一种分散控制的系统结构。

近年来 I/O 组件的密集度在不断提高，以节省空间、降低成本。大中型 PLC 在扩大处理功能的同时也在注意提高处理 I/O 总点数的容量。

(6) 向小型化、高机能的整体型发展

在提高系统可靠性的基础上，产品的体积越来越小，功能越来越强。同时，PLC 的制造厂商也开发了多种类型的高机能模块型产品，当输入/输出点数增加时，可根据过程控制的需求，采用灵活的组合方式进行配套，完成所需的控制功能。

1.2 PLC 的特点、分类和应用场合

1. PLC 的特点

由 PLC 的产生和发展过程可知，PLC 的设计是站在用户的立场，以用户需要为出发点，以直接应用于各种工业环境为目标，但又不断地采用先进技术求发展，因此 PLC 具有以下几个特点：

(1) 与继电器控制逻辑相比较

1) 控制逻辑。继电器控制逻辑采用硬接线逻辑，利用继电器机械触点的串联或并联及延时继电器的滞后动作等组合成控制逻辑，其连线多而复杂，体积大，功耗大，一旦系统构成后，想再改变或增加功能都很困难。另外，继电器触点数目有限，每只只有 4~8 对触点，因此灵活性和扩展性很差。而 PLC 采用存储逻辑，其控制逻辑以程序方式存储在内存中，要改变控制逻辑，只需改变程序，故称为“软接线”，其连线少，体积小，加之 PLC 中每只软继电器的触点数理论上无限制，因此灵活性和扩展性很好。PLC 由中大规模集成电路组成，功耗小。

2) 工作方式。当电流接通时，继电控制线路中各继电器都处于受约状态，即该吸合的都应吸合，不该吸合的都因受某种条件限制而不能吸合。而 PLC 的控制逻辑中，各继电器都处于周期性循环扫描接通之中，从宏观上看，每个继电器受制约接通的时间是短暂的。

3) 控制速度。继电控制逻辑依靠触点的机械动作实现控制，工作频率低。触点的开闭动作一般在毫秒数量级。另外，机械触点还会出现抖动问题。而 PLC 是由程序指令控制半导体电路来实现控制的，速度极快，一般一条用户指令的执行时间在微秒数量级。PLC 内部还有严格的同步控制，不会出现抖动问题。

4) 限时控制。继电控制逻辑利用时间继电器的滞后动作进行限时控制。时间继电器一般分为空气阻尼式、电磁式、半导体式等，其定时精度不高，且有定时时间易受环境湿度和温度变化的影响，调整时间困难等问题。有些特殊的时间继电器结构复杂，不便维护。

PLC 使用半导体集成电路作定时器，时基脉冲由晶体振荡器产生，精度相当高，定时范围一般从 0.1s 到若干分钟甚至更长，用户可根据需要在程序中设定定时值，然后由软件和硬件计数器来控制定时时间，定时精度小于 10ms。定时时间不受环境的影响。

5) 计数控制。PLC 能实现计数功能，而继电控制逻辑一般不具备计数功能。

6) 设计与施工。使用继电控制逻辑完成一项控制工程,其设计、施工、调试必须依次进行,周期长,而且修改困难。工程越大,这一点就越突出。而用 PLC 完成一项控制工程,在系统设计完成以后,现场施工和控制逻辑的设计(包括梯形图和程序设计)可以同时进行,周期短,且调试和修改都很方便。

7) 可靠性和可维护性。继电控制逻辑使用了大量的机械触点,连线也多。触点开闭时会受到电弧的损坏,并有机机械磨损,寿命短,因此可靠性和可维护性差。而 PLC 采用微电子技术,大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成,它体积小、寿命长、可靠性高。PLC 还配备有自检和监督功能,能检查出自身的故障,并随时显示给操作人员,还能动态地监视控制程序的执行情况,为现场调试和维护提供了方便。

8) 价格。继电控制逻辑使用机械开关、继电器和接触器,价格比较便宜。而 PLC 使用中大规模集成电路,价格比较昂贵。

从以上几个方面的比较可知:PLC 在性能上比继电控制逻辑优异,特别是可靠性高、设计施工周期短、调试修改方便,而且体积小、功耗低、使用维护方便,但价格高于继电控制。

(2) 与微型计算机相比较

1) 应用范围。微机除了用在控制领域外,还大量用于科学计算、数据处理、计算机通信等方面。而 PLC 主要用于工业控制。

2) 使用环境。微机对环境要求较高,一般要在干扰小,具有一定的温度和湿度要求的机房内使用。而 PLC 适应于工程现场的环境。

3) 输入/输出。微机系统的 I/O 设备与主机之间采用微电联系,一般不需要电气隔离。而 PLC 一般控制强电设备,需要电气隔离,输入/输出均用“光—电”耦合,输出还采用继电器,晶闸管或大功率晶体管进行功率放大。

4) 程序设计。微机具有丰富的程序设计语言,例如汇编语言、FORTRAN 语言、COBOL 语言、PASCAL 语言、C 语言等,其语句多,语法关系复杂,要求使用者必须具有一定水平的计算机硬件和软件知识。而 PLC 提供给用户的编程语句数量少,逻辑简单,易于学习和掌握。

5) 系统功能。微机系统一般配有较强的系统软件,例如操作系统,能进行设备管理、文件管理、存储器管理等。它还配有许多应用软件,以方便用户。而 PLC 一般只有简单的监控程序,能完成故障检查,用户程序的输入和修改、用户程序的执行与监视等功能。

6) 运算速度和存储容量。微机运算速度快,一般为微秒级。因有大量的系统软件和应用软件,故存储容量大。而 PLC 因接口的响应速度慢而影响数据处理速度。一般接口响应速度为 2ms,PLC 巡回检测每千字的速度为 8ms。PLC 的软件少,编程也简短,故内存容量小。

7) 价格。微机是通用机,功能完善,故价格较高。而 PLC 是专用机,功能较少,其价格是微机的十分之一左右。

从以上几个方面的比较可知:PLC 是一种用于工业自动化控制的专用微机控制系统,结构简单,抗干扰能力强,易于学习和掌握。价格也比一般的微机系统便宜。

(3) 与单片机比较

单片机具有结构简单、使用方便、价格比较便宜等优点,一般用于数字采集和工业控

制。但由于单片机不是专门针对工业现场的自动化控制而设计的，因此与 PLC 相比有以下缺点：

1) 不如 PLC 容易掌握。单片机一般要用机器指令或其助记符编程，这就要求设计人员有一定的计算机硬件和软件知识，对于只熟悉机电控制的技术人员来说，需要相当一段时间的学习才能掌握。

PLC 本身是微机系统。提供给用户使用的是电控人员所熟悉的梯形图语言，使用的术语仍然是“继电器”一类的术语，大部分指令与继电器触点的串联、并联、串并联、并串联等相对应，这就使得熟悉机电控制的工程技术人员一目了然。对于使用者来说，不必去关心微机的一些技术问题，而只要用较短的时间去熟悉 PLC 的指令系统及操作方法，就能应用到工程现场。

2) 不如 PLC 使用简单。用单片机来实现自动控制，一般要在 I/O 接口上做大量的工作。例如要考虑现场与单片机的连接，接口的扩展、输入/输出信号的处理、接口工作方式也比较麻烦。而 PLC 的 I/O 口已经做好，输入接口可以与输入信号直接连线，非常方便，输出接口具有一定的驱动能力，例如继电器输出，其输出触点容量可达 220V、2A。且 I/O 口均有光电耦合环节，抗干扰能力强。

3) 不如 PLC 可靠。用单片机做工业控制，突出的问题就是抗干扰性能差。而 PLC 是专门应用于工程现场的自动控制装置，在系统硬件和软件上都采取了抗干扰措施。例如光电耦合、自诊断、多个 CPU 并行操作、冗余控制技术等。

当然，PLC 在数据采集、数据处理等方面不如单片机。总之，PLC 用于控制，稳定可靠，抗干扰能力强，使用方便，但单片机的通用性和适应性较强。

从以上 PLC 和微机及单片机比较可以看出：

从适用范围来说，PLC 是专用机，微机是通用机。

从工业控制角度来说，PLC 是控制通用机，而单片机是可以做成某一控制设备的专用机。

从长远来看，由于 PLC 的功能不断增强，更多地采用微机技术，而微机也为了适应用户需要，更耐用、更易维护的计算机将投放市场。这样两者相互渗透，使 PLC 和微型计算机的界限会变得越来越模糊，两者将长期共存，各用所长，共同发展。

(4) 与集散控制系统比较

1) PLC 是由继电控制逻辑发展而来的，而集散控制系统 (TDCS) 是由回路仪表控制发展而来。但两者的发展均与计算机控制技术有关。

2) 早期的 PLC 在开关量控制、顺序控制方面有一定优势，而集散控制系统在回路调节、模拟量控制方面有一定优势。

今天，两者相互渗透、互为补充。PLC 与 TDCS 的差别已不明显，它们都能构成复杂的分级控制。从趋势来看，两者的归宿和统一将是全分布式计算机控制系统。

2. 可编程序控制器的分类

PLC 的种类很多，其功能、内存容量、控制规模、外形等方面差异较大，因此 PLC 的分类标准也不统一，但仍可按其 I/O 点数、结构形式、实现功能进行大致的分类。

(1) 按 I/O 点数分类

PLC 按 I/O 的总点数分类可分为：小于 256 点的为小型机，257 ~ 2048 点的为中型机，

超过 2048 点的为大型机。

OMRON 公司主推 C 系列可编程序控制器，分超小型（也称袖珍型）、小型、中型和大型四个档次。

OMRON 公司超小型 PLC 为 SP 系列，体积不到拳头大小，但指令速度极快，超过了大型 PLC。型号有：SP10、SP16、SP20 等。

(2) 按结构形式分类

PLC 按硬件的结构形式可分为整体式 PLC 和组合式 PLC。整体式 PLC 的 CPU、存储器、I/O 接口安装在同一机体内，其结构紧凑、体积小、价格低，但灵活性较差。组合式 PLC 在硬件上具有较高的灵活性，其模块可以像拼积木一样进行组合，构成不同的控制规模和功能 PLC，因此又被称为积木式 PLC。

(3) 按实现的功能分类

按照 PLC 所能实现的功能的不同，可将 PLC 分为低档、中档和高档三类。低档机具有逻辑运算、定时、计数、移位、自诊断、监控等基本功能和一定的算术运算、数据传送、比较、通信功能以及模拟量处理功能。中档机除具有低档机的功能以外，还具有较强的算术运算、数据传送、比较、通信、子程序、中断处理和回路控制功能。高档机则在中档机的基础之上加强了带符号数的运算、矩阵运算以及函数、表格、CRT 显示、打印等功能。

一般来说，低档机多为小型 PLC，采用整体结构；中档机可为大、中、小型 PLC，且中、小型 PLC 多为整体结构，大、中型 PLC 为组合式结构；高档机多为大型 PLC，采用组合式结构。目前，得到广泛应用的多是中、低档机。

OMRON 公司 C 系列 PLC 按处理器档次分为普及机、P 型机及 H 型机。普及机的型号尾部不加字母，如 C20、C120、C500 等，它的特点是价格低廉、功能简单。P 型机的型号尾部加字母 P，如 C20P、C40P、C60P 等。P 型机是普及机的增强型，增加了许多功能。H 型机的尾部加字母 H，如 C1000H、C2000H 等。它的处理器比 P 型机更好，速度更快。

习题与思考题

- 1.1 什么是可编程序控制器？它有哪些主要特点？
- 1.2 PLC 如何分类？
- 1.3 PLC 与继电器—接触器系统的区别是什么？
- 1.4 简述当代 PLC 的发展动向。

第2章 可编程序控制器的组成和工作原理

2.1 PLC 的基本结构

PLC 是用微处理器实现的许多电子式继电器、定时器和计数器的组合体，其内部结构框图如图 2-1 所示。

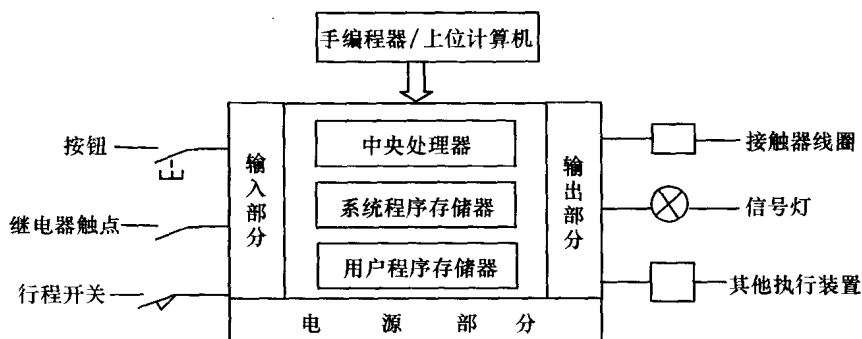


图 2-1 PLC 结构框图

1. 中央处理器

中央处理器（CPU）是 PLC 的“大脑”，它一般由控制电路、运算器和寄存器组成，这些电路一般都集成在一块芯片上。CPU 通过地址总线、数据总线和控制总线与存储器单元、输入/输出（I/O）接口电路连接。

不同型号的 PLC 可能使用不同的 CPU 部件，制造厂家使用 CPU 部件的指令系统编写系统程序，并固化在只读存储器（ROM）中。CPU 按系统程序赋予的功能，接收用户程序和数据，存入随机存取存储器（RAM）中，CPU 按扫描方式工作，从 0000 首地址存放的第一条用户程序开始，到用户程序的最后一个地址，不停地周期性扫描，每扫描一次，用户程序就执行一次。

CPU 的主要功能有以下几点：

- 1) 从存储器中读取指令。CPU 从地址总线上给出存储地址，从控制总线上给出读命令，从数据总线上得到读出的指令，并存入 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，如读取输入信号、读取操作数、进行逻辑运算或算术运算，将结果输出给有关部分。
- 3) 准备取下一条指令。CPU 执行完一条指令后，根据条件可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，也可以分支执行或跳转执行。

2. 存储器

存储器是具有记忆功能的半导体电路，用来存放系统程序、用户程序、逻辑变量和其他一些信息。

系统程序是用来控制和完成 PLC 各种功能的程序，这些程序是由 PLC 制造厂家用相应 CPU 的指令系统编写的，并固化到 ROM 中。

用户程序存储器用来存放由编程设备输入的用户程序。用户程序是指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，可通过编程设备修改或增删。

在 PLC 中使用的两种类型存储器为 ROM 和 RAM。

(1) ROM

只读存储器 ROM 中的内容是由 PLC 的制造厂家写入的系统程序，并且永远驻留（PLC 去电后再加电，ROM 内容不变）。系统程序一般包括以下几部分：

1) 检查程序。PLC 加电后，首先由检查程序检查 PLC 各部件操作是否正常，并将检查结果显示给操作人员。

2) 翻译程序。将用户输入的控制程序变换成由微型计算机指令组成的程序，然后再执行，还可以对用户程序进行语法检查。

3) 监控程序。相当于总控程序。根据用户的需要调用相应的内部程序，例如用手编程器选择 PROGRAM 编程工作方式，则总控程序就调用“键盘输入处理程序”，将用户输入的程序送到 RAM 中。若选择 RUN 运行工作方式，则总控程序将起动程序。

(2) RAM

随机存储器 RAM 是可读可写存储器，读出时，RAM 中的内容不被破坏；写入时，刚写入的信息就会消除原有的信息。为防止断电后 RAM 中的内容丢失，PLC 使用了专用电池对部分 RAM 供电，这样在 PLC 断电后，它仍有电池供电，使得 RAM 中的信息保持不变。RAM 中一般存放以下内容：

1) 用户程序。在编程时，通过编程设备输入的程序经过预处理后，存放在 RAM 中的 0000 开始的地址区。

2) 逻辑变量。在 RAM 中有若干个存储单元用来存放逻辑变量，用 PLC 的术语来说这些逻辑变量就是指输入继电器、输出继电器、内部辅助继电器、保持继电器、定时器、计数器和移位继电器等。

3) 供内部程序使用的工作单元。不同型号的 PLC 存储器的容量是不相同的，在技术说明书中，一般都给出与用户编程和使用有关的指标，如输入继电器和输出继电器的数量、保持继电器的数量、内部辅助继电器的数量、定时器和计数器的数量、允许用户程序的最大长度等。这些指标都间接地反映了 RAM 的容量，而 ROM 的容量与 PLC 的复杂程度有关。

3. 电源部件

电源部件将交流电源转换成供 PLC 的中央处理器、存储器等电子电路工作所需要的直流电源，使 PLC 能正常工作，它的好坏直接影响 PLC 的功能和可靠性。因此，目前大部分 PLC 采用开关式稳压电源供电，用锂电池作停电时的后备电源。

4. 输入/输出部分

输入/输出部分是 PLC 与被控设备相连接的接口电路。现场设备输入给 PLC 的各种控制信号，如限位开关、操作按钮、选择开关、行程开关以及其他一些传感器输出的开关量或模拟量（要通过模数转换进入机内）等，通过输入接口电路将这些信号转换成中央处理器能

够接收和处理的信号。输出接口电路将中央处理器送出的弱电控制信号转换成现场需要的强电信号输出，以驱动电磁阀、接触器等被控设备的执行元件。

(1) 输入接口电路

现场输入接口电路一般是由光电耦合电路和微型计算机输入接口电路组成的。

采用光电耦合电路与现场输入信号相连的目的是为了防止现场的强电干扰进入 PLC。光电耦合电路的关键器件是光耦合器，一般由发光二极管和光敏晶体管组成。

光耦合器的信号传感原理是在光耦合器的输入端加上变化的电信号，发光二极管就产生与输入信号变化规律相同的光信号。光敏晶体管在光信号的照射下导通，导通程度与光信号的强弱有关。在光耦合器的线性工作区，输出信号与输入信号呈线性关系。

光耦合器的抗干扰性能很好，这是由于输入和输出端是靠光信号耦合的，在电气上是完全隔离的，因此，输出端的信号不会反馈到输入端，也不会产生地线干扰或其他串扰。

由于发光二极管的正向阻抗值较低，而外界干扰源的内阻一般较高，根据分压原理可知，干扰源能馈送到输入端的干扰噪声很小。正是由于 PLC 在现场信号的输入环节采用了光耦合器，才增强了抗干扰能力。

微型计算机的输入接口电路一般由数据输入寄存器、选通电路和中断请求逻辑电路构成，这些电路集成在一块芯片上。现场的输入信号通过光耦合器送到输入数据寄存器，再通过数据总线送给 CPU。

(2) 输出接口电路

输出接口电路一般由微型计算机输出接口电路和功率放大电路组成。

微型计算机输出接口电路一般由输出数据寄存器、选通电路和中断请求电路集成而成。CPU 通过数据总线将要输出的信号放到输出数据寄存器中。功率放大电路是为了适应工业控制的要求，将微型计算机输出的信号加以放大。PLC 一般采用继电器输出，也有的采用晶闸管或晶体管输出。

5. 编程方式

PLC 的编程方式有两种：一种是手编程器，它是由键盘、显示器和工作方式选择开关等组成，主要用于调试简单程序、现场修改参数及监视 PLC 自身的工作情况；另一种是利用上位计算机中的专业编程软件，它主要用于编写较大型的程序，并能灵活地修改、安装程序及在线调试程序，它的应用较前者更为广泛。

2.2 PLC 的基本工作原理

1. PLC 中的梯形图与继电器

梯形图是从继电器控制的电气原理图演变而来的，继电器控制电路的元件图如图 2-2a 所示；PLC 梯形图所用器件与此类似，如图 2-2b 所示。

图 2-3 所示为三相笼型异步电动机起停控制电路，若改用 C 系列 P 型 PLC 实现控制，按控制要求可设计成如图 2-4 所示梯形图和对应的指令表程序。

指令表程序如下：

序号	指令	数据
0000	LD	0000

```
0001    OR      0500
0002    AND-NOT 0001
0003    AND-NOT 0002
0004    OUT     0500
0005    END     —
```

2. PLC 的工作原理

PLC 实现某一用户程序的工作过程如图 2-5 所示，可分为三个阶段：输入采样阶段、程序执行阶段和输出处理阶段。

(1) 输入采样阶段

CPU 将全部现场输入信号，如按钮、限位开关、速度继电器等的状态（通/断）经 PLC 的输入端子，读入映像寄存器，这一过程称为输入采样或扫描阶段。进入下一阶段即程序执行阶段时，输入信号若发生变化，输入映像寄存器也不予理睬，只有等到下一扫描周期输入采样阶段时才被更新。这种输入工作方式称为集中输入方式。

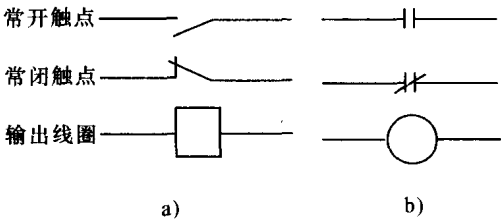


图 2-2 PLC 梯形图器件与继电器控制电路元件的对应关系
a) 继电器原理图 b) PLC 梯形图

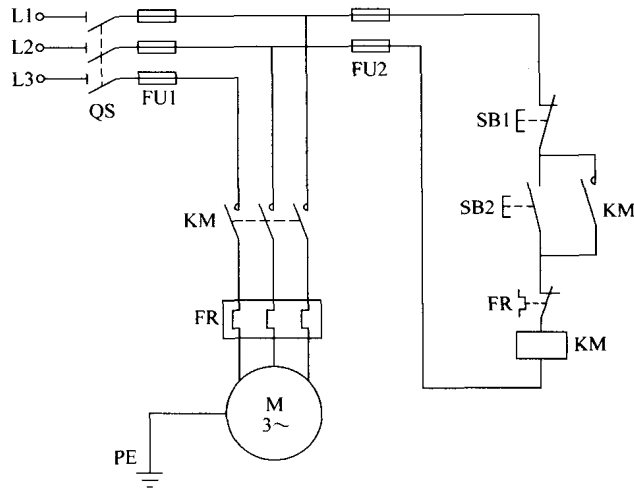


图 2-3 三相笼型异步电动机起停控制电路

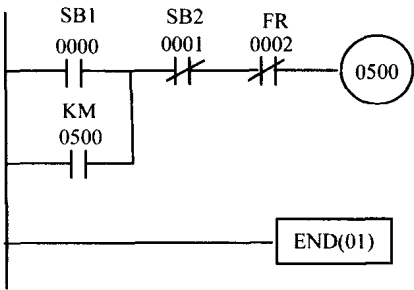


图 2-4 PLC 控制的梯形图

(2) 程序执行阶段

CPU 从 0000 地址的第一条指令开始，依次逐条执行各指令，直到执行到最后一条指令。PLC 执行指令程序时，要读入输入映像寄存器的状态（ON 或 OFF，即 1 或 0）和其他编程元件的状态，除输入继电器外，一些编程元件的状态随着指令的执行不断更新。CPU 按程序给定的要求进行逻辑运算和算术运算，运算结果存入相应的元件映像寄存器，把将要向外输出的信号存入输出映像寄存器，并由输出锁存器保存。程序执行阶段的特点是依次顺序执行指令。

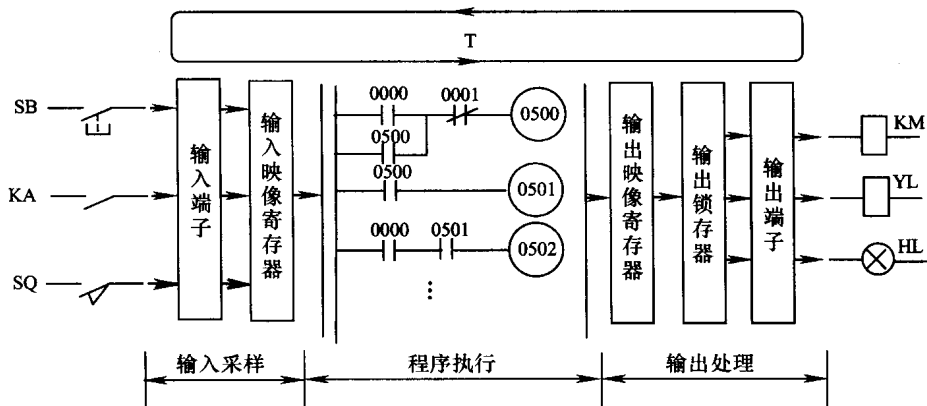


图 2-5 PLC 工作原理示意图

(3) 输出处理阶段

CPU 将输出映像寄存器的状态经输出锁存器和 PLC 的输出端子，传送到外部去驱动接触器、电磁阀和指示灯等负载。这时，输出锁存器的内容要等到下一个扫描周期的输出阶段到来时才会被刷新。这种输出工作方式称为集中输出方式。

下面以图 2-3 和图 2-4 中所示的电动机起停控制为例，说明 PLC 的工作过程。

(1) 输入采样阶段

CPU 将外设 SB1、SB2 和 FR 的状态经输入端子 0000、0001、0002 读入对应的输入映像寄存器。

(2) 程序执行阶段

CPU 逐条执行指令。执行 0000 地址指令时，将输入映像继电器 0000 的数（1 或 0）取出，存入结果寄存器 R。执行 0001 地址的第二条指令时，将输出映像继电器 0500 的内容与运算结果寄存器中的内容相“或”，运算结果存入结果寄存器 R。执行 0002 地址指令时，将输入映像寄存器 0001 的内容取出与结果寄存器 R 的内容相“与”，结果存入结果寄存器 R。执行 0003 地址指令时，将输入映像寄存器 0002 的内容取出与结果寄存器 R 的内容相“与”，结果存入结果寄存器 R。执行 0004 地址指令时，将结果寄存器的内容传送给输出映像寄存器。

(3) 输出处理阶段

将输出映像寄存器的内容传送给输出锁存器，经输出端子去驱动外负载。若输出锁存器的内容为 1，则输出继电器的状态为 ON，接触器得电。反之，若输出锁存器的内容为 0，则输出继电器的状态为 OFF，接触器失电。

由以上分析可知，PLC 与继电器控制的重要区别之一就是工作方式不同。继电器控制是按“并行”方式工作的，即同时执行方式工作的，只要形成电流通路，就可能有几个电器同时动作。而 PLC 采用循环扫描的工作方式，这种工作方式是在系统软件控制下，顺次扫描各输入点的状态，按用户程序进行运算处理，然后顺序向各输出点发出相应的控制信号，任一时刻它只能执行一条指令，这就是说 PLC 是以“串行”方式工作的，由彼此串

行的三个阶段可构成一个扫描周期，输入处理和输出处理阶段采用集中扫描工作方式。只要 CPU 置于“RUN”，完成一个扫描周期工作后，将自动转入下一个扫描周期，反复循环地工作，这与继电器控制是大不相同的，它能有效地避免继电器接触器控制系统中易出现的触点竞争和时序失配的问题。

CPU 完成一次包括输入处理阶段、程序执行阶段和输出处理阶段的扫描循环所占用的时间称为 PLC 的一个扫描周期。其中，输入处理阶段和输出处理阶段时间很短，约为 1ms。程序执行时间与指令种类和 CPU 扫描速度相关。OMRON 公司 C 系列 P 型机的 CPU 每条指令执行的平均时间约为 10 μ s。一个扫描周期只有几毫秒至几十毫秒。

2.3 PLC 的技术性能和继电器及其编号

1. PLC 的基本技术性能

PLC 的技术指标很多，作为使用 PLC 的用户，对其中主要技术指标应了解清楚。

(1) 输入/输出点数 (I/O 点数)

I/O 点数是指 PLC 外部输入/输出端子总数，这是 PLC 的最重要的一项指标。一般按可编程序控制器点数多少来区分机型的大小，小型机的 I/O 点数在 256 以下（无模拟量），中型机的 I/O 点数为 256 ~ 2048（模拟量 64 ~ 128 路），大型机的 I/O 点数为 2048（模拟量 128 ~ 512 路）以上。

(2) 扫描速度

扫描速度一般以执行 1000 步指令所需时间来衡量，故单位为 ms/千步，也有以执行一步指令的时间计算，例如 μ s/步。

(3) 指令条数

指令条数是衡量 PLC 软件功能强弱的主要指标。PLC 具有的指令种类越多，说明其软件功能越强。

(4) 内存容量

内存容量是指 PLC 内有效用户程序的存储器容量。在 PLC 中，程序指令是按“步”存放的（一条指令往往不止一步），一步占用一个地址单元，一个地址单元一般占用两个字节。

(5) 高功能模块

PLC 除了主机模块外，还可以配接各种高功能模块。主机模块实现基本控制功能，高功能模块则可以实现某一种特殊的专门功能。衡量 PLC 产品水平高低的主要指标是它的高功能模块的多少、功能的强弱。常见的高功能模块主要有 A/D 转换模块、D/A 转换模块、高速计数模块、速度控制模块、温度控制模块、位置控制模块、轴定位模块、远程通信模块、高级语言编辑模块以及各种物理量转换模块等。

高功能模块使 PLC 不仅能进行开关量控制，而且还能进行模拟量控制，可进行精确的定位和速度控制，可以和计算机进行通信，可以直接用高级语言进行编辑，给用户提供了强有力的工具。

2. C 系列 P 型 PLC 的继电器及其编号

C 系列 P 型 PLC 设置有：输入继电器 (X)、输出继电器 (Y)、内部辅助继电器