

PLC应用案例解密

可编程控制器原理及应用

张俊明 王 强 王 强 王 强 王 强 王 强 王 强

机械工业出版社 (北京) 新华书店经销



机械工业出版社
地址: 北京市西城区百万庄大街24号
电话: (010) 68993823
网址: www.cmpbook.com

21 世纪高职高专规划教材

可编程控制器原理及应用

金龙国 主 编

陈 萌 李 健 副主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书以目前流行的 OMRON 高性能小型机 CPM1A 为背景,采用教、学、做相结合的教学模式,以理论够用、注重应用的原则,通过循序渐进、不断拓宽思路的方法讲述 PLC 应用技术所需的基础知识和基本技能。另外,为了及时反映 PLC 及其应用技术飞速发展的现状,本书以适当的篇幅介绍 PLC 网络通信技术,了解 PLC 技术的网络化潮流。本书内容包括:PLC 概述、CPM1A 系列可编程控制器的组成、体系结构和工作原理、CPM1A 系列可编程控制器的指令系统、编程器、可编程控制器应用系统设计举例、可编程控制器的网络及通信基础。本书附有习题和实验指导。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、成人高校、电大的工业电气自动化专业的教材,也适用于电气技术、机电一体化、计算机应用及其他相关专业。

本书配备电子教案,此教案用 PowerPoint 制作,可以任意修改。需要者可以从中国水利水电出版社网站 <http://www.waterpub.com.cn/softdown/> 下载。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及应用 / 金龙国主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2006

21 世纪高职高专规划教材

ISBN 7-5084-4115-X

I. 可... II. 金... 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 (2006) 第 119342 号

书 名	可编程控制器原理及应用
作 者	金龙国 主 编 陈 萌 李 健 副主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京蓝空印刷
规 格	787mm×1092mm 16 开本 11.25 印张 275 千字
版 次	2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	17.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

本书以目前流行的 OMRON 高性能小型机 CPM1A 为背景,采用教、学、做相结合的教学模式,以理论够用、注重应用的原则,通过循序渐进、不断拓宽思路的方法讲述 PLC 应用技术所需的基础知识和基本技能。另外,为了及时反映 PLC 及其应用技术飞速发展的现状,本书以适当的篇幅介绍 PLC 网络通信技术。本书内容包括:PLC 概述、CPM1A 系列可编程控制器的组成、体系结构和工作原理、CPM1A 系列可编程控制器的指令系统、编程器、可编程控制器应用系统设计举例、可编程控制器的网络及通信基础。

考虑到高等职业技术教育和专科教育的教学基本要求和教学规律,把本书的编写立意放在:注重与高职高专学生的知识、能力结构相适应上;根据高职高专人才培养规格和人才主要去向,确定本教材的内容,加强针对性和实用性;注意培养学生解决实际问题的能力,强化学生可编程控制器技术综合运用能力;正确处理与本科教材、中专教材的分工。

本书的特点是以 OMRON 高性能小型机 CPM1A 系列 PLC 为例,系统讲述可编程控制器的原理和应用,论述深入浅出,强调实用,多举实例,附有思考和练习题。本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、成人高校、电大的工业电气自动化专业的教材,也适用于电气技术、机电一体化、计算机应用及其他相关专业。

本书参考学时为 70 学时,具体安排如下:第 1 章 4 学时,第 2 章 8 学时,第 3 章 8 学时,第 4 章 16 学时,第 5 章 8 学时,第 6 章 14 学时,第 7 章 12 学时。使用者可根据具体情况增减学时。

金龙国教授对本书的编写思路与大纲进行了总体规划,指导全书的编写,并对全书统稿。陈萌和李健协助金龙国完成上述工作。具体由金龙国编写第 1、6 章以及附录,陈萌编写第 3、8 章,李健编写 2 章,杜晓妮编写第 4 章,马琳编写第 5 章,徐占鹏编写第 7 章。

由于时间紧迫和编者水平的限制,书中的错误和缺点在所难免,真诚欢迎各位读者对本书提出批评和建议。使用本教材的读者,如有什么疑问,请发邮件至 chenmeng_qd@126.com。

编者

2006 年 6 月

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 PLC 的基本概念	1
1.1.1 PLC 的产生与发展	1
1.1.2 PLC 的定义	3
1.1.3 PLC 的分类	3
1.1.4 PLC 的应用现状	6
1.2 PLC 的特点及主要功能	7
1.2.1 PLC 的特点	7
1.2.2 PLC 的主要功能	10
1.3 PLC 的编程语言	11
1.3.1 PLC 的编程语言	11
1.3.2 梯形图	12
1.3.3 语句表	14
1.3.4 逻辑功能图	15
1.3.5 顺序功能图	15
1.3.6 高级语言	15
1.4 PLC 的性能指标	16
1.5 PLC 的发展方向	16
思考与练习题	18
第 2 章 可编程控制器的结构及工作原理	19
2.1 PLC 的硬件组成	19
2.1.1 PLC 的基本结构	19
2.1.2 PLC 的各个组成部分及其作用	27
2.2 PLC 的基本工作原理	29
2.2.1 PLC 的等效工作电路	29
2.2.2 PLC 的工作过程	30
2.2.3 PLC 对输入/输出的处理过程	34
2.2.4 PLC 的滞后响应	34
思考与练习题	35
第 3 章 CPM1A 系列可编程控制器	36
3.1 CPM1A 系列 PLC 的特点与功能	36
3.2 CPM1A 系列 PLC 的基本组成	37

3.2.1 CPM1A 系列 PLC 的基本单元 (或主机单元、CPU 单元)	37
3.2.2 I/O 扩展单元	40
3.2.3 编程器	40
3.2.4 特殊功能单元	41
3.3 CPM1A 系列 PLC 的系统配置	43
3.3.1 内部继电器区 (IR)	43
3.3.2 特殊辅助内部继电器 (SR)	44
3.3.3 暂存继电器区 (TR)	46
3.3.4 保持继电器区 (HR)	46
3.3.5 辅助记忆继电器区 (AR)	46
3.3.6 链接继电器区 (LR)	48
3.3.7 定时器/计数器区 (TC)	48
3.3.8 数据存储区 (DM)	48
3.4 CPM1A 系列 PLC 的功能简介	49
3.5 CPM1A 系列 PLC 的通信功能简介	52
思考与练习题	54
第 4 章 CPM1A 系列可编程控制器的指令系统	56
4.1 概述	56
4.2 基本逻辑指令与常用的应用指令	56
4.2.1 常用的基本指令	56
4.2.2 AND LD 和 OR LD 指令	58
4.2.3 SET 和 RESET 指令	60
4.2.4 KEEP 指令	60
4.2.5 DIFU 和 DIFD 边沿微分指令	61
4.2.6 编程规则	62
4.2.7 常用的应用指令	63
4.2.8 数据传送和数据比较指令	68
4.2.9 数据移位和数据转换指令	70
4.2.10 数据运算指令	74
4.2.11 子程序控制指令	75
4.2.12 高速计数器控制指令	76
4.2.13 脉冲输出控制指令	77
4.2.14 中断控制指令	77
4.2.15 步进控制指令	79
4.2.16 特殊指令	79
4.3 常用基本程序举例	80
思考与练习题	82

第 5 章 PLC 的编程器	84
5.1 CQM1-PRO01 编程器的面板说明	84
5.2 CQM1-PRO01 编程器的使用	86
思考与练习题	99
第 6 章 可编程控制器应用系统设计实例	100
6.1 PLC 控制系统的总体设计	100
6.1.1 PLC 的机型选择	100
6.1.2 PLC 控制系统的设计原则及主要任务	102
6.1.3 PLC 控制系统的一般设计步骤	103
6.2 PLC 控制系统的可靠性设计	108
6.3 PLC 控制系统的设计举例	112
6.3.1 具有多种工作方式的 PLC 控制系统的设计	112
6.3.2 U 型板折板机的 PLC 控制	120
6.3.3 半精镗专用机床的 PLC 控制	124
思考与练习题	130
第 7 章 可编程控制器的网络及通信基础	131
7.1 数据通信基础	131
7.1.1 数据通信基础	131
7.1.2 网络的拓扑结构	137
7.2 OMRON PLC 通信系统简介	137
7.2.1 OMRON PLC 网络系统的结构体系	138
7.2.2 数据链接和信息通信	141
思考与练习题	143
第 8 章 可编程控制器实验指导	144
8.1 编程器的基本操作	144
8.2 CPM1A 系列 PLC 的常用指令实验之一	146
8.3 CPM1A 系列 PLC 的常用指令实验之二	148
8.4 三相异步电动机的 PLC 控制	152
8.5 彩灯的 PLC 控制	154
8.6 CPM1A 系列 PLC 的常用指令实验之三	155
8.7 CPM1A 系列 PLC 的常用指令实验之四	160
8.8 PLC 控制抢答器的程序设计与调试	163
8.9 PLC 控制自动码包机的程序设计与调试	165
附录 1 CPM1A 各种单元的规格	168
附录 2 CPM1A 的性能指标一览表	171
参考文献	173

第 1 章 概述

可编程控制器 (Programmable Controller, PC) 是综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术而发展起来的一种通用的工业自动控制装置, 其控制核心是微处理器。因为开始可编程控制器只能应用于定时、计数及开关量的逻辑控制领域, 所以也称为 PLC (Programmable Logic Controller), 即可编程逻辑控制器。它具有体积小、功能强、灵活通用与维护方便等一系列优点, 特别是它的高可靠性和较强的适应恶劣环境的能力, 备受用户的青睐, 因而在机电、冶金、石化、轻工、纺织、交通、电力等领域获得广泛的应用, 成为现代工业生产自动控制的三大支柱之一。

1.1 PLC 的基本概念

1.1.1 PLC 的产生与发展

在可编程控制器问世以前, 工业控制领域中是以继电器控制占主导地位的。这种由继电器构成的控制系统有着明显的缺点: 体积大、耗电多、维修麻烦、可靠性差、寿命短、运行速度不高, 尤其是对生产工艺多变的系统适应性更差, 一旦生产任务和工艺发生变化, 就必须重新设计, 并改变硬件结构, 这造成了时间和资金的严重浪费。因此, 人们迫切需要一种新的工业控制装置来取代传统的继电器控制系统, 使电气控制系统工作更可靠、更容易维修、更能适应经常变化的生产工艺要求。

首先提出 PLC 概念的是世界最大的汽车制造厂商美国通用汽车公司 (GM)。1968 年, 该公司首次提出用一种新型逻辑顺序控制装置替代传统继电器控制装置, 这种控制装置要把计算机的通用、灵活、功能完备等优点与继电器控制的简单、易懂、操作方便、价格便宜等特点结合起来, 而且要使那些不很熟悉计算机的人也能方便地使用。其目的是在每次汽车改型或改变工艺流程时不改动原有继电器柜内的接线, 以便降低生产成本, 缩短新产品的开发周期。通用汽车公司为该新型逻辑顺序控制装置的研制提出了如下 10 项招标技术指标。

(1) 可在生产现场以最短的时间, 迅速方便地对其控制的硬件和设备进行编程, 并重新进行程序设计。

(2) 装置的体积应小于原有继电器控制柜的体积, 它的能耗也应比较少。

(3) 系统的维修必须简单易行。在系统中应设计有状态指示器和插件式模块, 以便在最短的停车时间内进行维修和故障诊断。

(4) 所有系统单元的正常运行不需要苛刻的设备、硬件及环境条件。

(5) 必须具有数据通信功能, 能与中央数据采集处理系统进行通信, 以便监视系统的运行状态和运行情况。

(6) 输入开关量可以是已有的标准控制系统的按钮和限位开关的 AC115V 电压信号。

(7) 输出驱动信号必须能驱动交流电动机启动器和电磁阀线圈, 每个输出量将设计为可

开停和连续操纵具有 115V、2A 以下容量的电磁阀等负载设备。

(8) 在购买和安装费用上, 应比原有继电器控制和固态逻辑控制系统更具优势, 即具有较高的性价比。

(9) 具有灵活的扩展能力。必须能以系统最小的改动及最短的更换和停机时间进行扩展, 使原有装置从系统的最小配置扩展到系统的最大配置。

(10) 用户存储器容量至少可以扩展到 4KB 以上 (根据当时的汽车装配过程的要求提出)。

根据以上指标要求, 美国数字设备公司 (DEC) 于 1969 年研制出世界上第一台可编程控制器, 型号为 PDP-14, 并在 GM 公司的汽车生产线上首次应用成功, 取得了显著的经济效益。当时人们把它称为可编程逻辑控制器。

随着微电子技术的发展, 20 世纪 70 年代中期以来, 由于大规模集成电路 (LSI) 和微处理器在 PLC 中的应用, 使 PLC 的功能不断增强, 它不仅能执行逻辑控制、顺序控制、计时及计数控制, 还增加了算术运算、数据处理、通信等功能, 具有处理分支、中断、自诊断的能力, 使 PLC 更多地具有了计算机的功能。

可编程控制器这一新技术的出现, 受到各国工程技术界的极大关注, 纷纷投入力量研制。其后, 美国的 MODICON 公司也于 1969 年推出了世界首例商品化 PLC 产品, 即 084 控制器, 日本于 1971 年也推出了 DSC-8 控制器, 1973 年西欧各国的各种可编程控制器也相继研制成功, 我国于 1974 年也开始研制可编程控制器。从控制功能来分, 可编程控制器的发展可以分为四个阶段。

第一阶段, 从第一台可编程控制器问世到 20 世纪 70 年代中期, 是可编程控制器的初创阶段。逻辑运算和定时、计数为这一阶段产品的主要用途, 其 CPU 由中小规模的数字集成电路组成, 它的控制功能比较简单。这一阶段的典型产品有 MODICON 公司的 084, AB 公司的 PDQ II, DEC 的 PDP-14, 日立公司的 SCY-022 等。

第二阶段, 从 20 世纪 70 年代中期到末期, 是可编程控制器的扩展阶段。这一阶段产品的主要控制功能得到了较大的发展。它的发展主要来自两方面, 一是从可编程控制器发展而来的控制器, 它的主要功能是逻辑运算, 同时扩展了其他运算功能; 二是从模拟仪表发展而来的控制器, 其主要功能是模拟运算, 同时扩展了逻辑运算功能。这一阶段的产品有 MODICON 公司的 184、284、384, 西门子公司的 SYMATIC S3 系列, 富士电机公司的 SC 系列等。

第三阶段, 从 20 世纪 70 年代末期到 80 年代中期, 是 PLC 通信功能的实现阶段。与计算机通信的发展相联系, PLC 也在通信方面有了很大的发展, 初步形成了分布式的通信网络体系, 但是, 由于制造企业各自为政, 通信系统自成系统, 因此, 各产品互相通信是较困难的。在该阶段, 由于生产过程控制的需要, 对 PLC 的需求大大增加, 产品的功能也得到了发展, 数学运算的功能得到了较大的扩充, 产品的可靠性进一步提高。这一阶段的产品有西门子公司的 SYMATIC S6 系列, 富士电机公司的 MI-CREX 和德州仪器公司的 T1530 等。

第四阶段, 从 20 世纪 80 年代中期开始, 是 PLC 的开放阶段。由于开放系统的提出, 使 PLC 也得到了较大的发展。主要表现为通信系统的开放, 使各制造企业的产品可以互相通信, 通信协议的标准化使用户得到了好处。在这一阶段, 产品的规模增大, 功能不断完善, 大中型产品多数有 CRT 屏幕的显示功能, 产品的扩展也因通信功能的改善而变得方便, 此外, 还采用了标准的软件系统, 增加了高级编程语言等。这一阶段的产品有西门子公司的 SYMATIC-S5 和 SYMATIC-S7 系列, AB 公司的 PLC-5 等。

我国从1974年开始仿制美国的第二代PLC产品,但因生产工艺和技术水平所限未能推广。直到1977年,我国才研制出第一台具有实用价值的PLC,并开始批量生产和应用于工业过程的控制。由于使用1位单片微处理器,因此,应用的规模较小,主要的控制方式是开关量控制。

随着我国生产力水平的快速发展,从1982年开始,一些城市的企业和科研单位与美国、德国、日本等国的PLC制造企业进行了合资或引进技术、生产流水线等,使我国PLC的应用有了较大的发展。一些大中型的工程项目采用PLC以后,取得了明显的经济效益,也反过来促进了PLC的发展。这一阶段的主要特点是以产品的引进、技术的消化、应用的普及为目标。应用的产品以8位微处理器为主,应用的规模在1000点以下。

可编程控制器从产生到现在,尽管只有三十多年的时间,由于其编程简单、可靠性高、使用方便、维护容易、价格适中等优点,使其得到了迅猛的发展,在冶金、机械、石油、化工、纺织、轻工、建筑、运输、电力等部门得到了广泛的应用。无数成功应用经验表明,PLC是大有发展前途的工业控制装置,它与监控和数据采集(Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)和集散控制系统(Distribution Control System, DCS)相互集成、相互补充、综合应用,将对我国的工业过程控制领域产生巨大的影响。

1.1.2 PLC 的定义

由于PLC在不断发展,因此,对它的定义也是发展和变化的。1980年,美国电气制造商协会(NEMA)将可编程控制器正式命名为Programmable Controller,简称为PC。

关于可编程控制器的定义,因其仍在不断发展,所以国际上至今还未能对其下最后的定义。1980年,NEMA将可编程控制器定义为:“可编程控制器是一种带有指令存储器,数字的或模拟的输入/输出接口,以位运算为主,能完成逻辑、顺序、定时、计数和算术运算等功能,用于控制机器或生产过程的自动控制装置。”

1985年1月,国际电工技术委员会(IEC)在颁布可编程控制器标准草案第二稿时,又对PLC作了明确定义:“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。它采用可编程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算和顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字的或模拟的输入和输出接口,控制各种类型的机器设备或生产过程。可编程控制器及其有关设备的设计原则是应易于与工业控制系统连成一个整体和具有扩充功能。”

该定义强调了可编程控制器是“数字运算操作的电子系统”,它是一种计算机,是“专为工业环境下应用而设计”的工业控制计算机。

虽然可编程控制器简称为PC,但它与近年来人们熟知的个人计算机(Personal Computer, 也简称为PC)是完全不同的概念。为加以区别,国内外很多杂志以及在工业现场的工程技术人员,仍然把可编程控制器称为PLC。为了照顾到这种习惯,在后续章节的介绍中,仍称可编程控制器为PLC。

1.1.3 PLC 的分类

PLC具有多种分类方式,了解这些分类方式有助于PLC的选型及应用。

1. 按I/O点数分类

为了适应不同工业生产应用的要求,可编程控制器能够处理的输入/输出信号数是不

一样的。一般将一路信号叫做一个点，将输入点数和输出点数的总和称为机器的点数。

按照点数的多少，可将 PLC 分为超小（微）、小、中、大、超大型等五种类型。

(1) 超小（微）型 PLC。I/O 点数小于 64 点，内存容量为 256B~1KB 的，称为超小（微）型 PLC。如 OMRON 公司的 CPM1A 型。

(2) 小型机。I/O 点数（总数）在 64~256 点以下的，称为小型机，内存容量为 1KB~3.6KB，一般只具有逻辑运算、定时、计数和移位等功能，适用于小规模开关量的控制，可用它实现条件控制、顺序控制等。有些小型 PLC（如立石的 P 型机、三菱的 F1 系列、西门子的 S5-100U 等），也增加了一些算术运算和模拟量处理等功能，能适应更广泛的需要。目前的小型 PLC 一般也具有数据通信等功能。

小型机的特点是价格低，体积小，适用于控制自动化单机设备，开发机电一体化产品。

(3) 中型机。I/O 点数在 256~1024 点之间的，称为中型机，内存容量为 3.6KB~13KB。它除了具备逻辑运算功能，还增加了模拟量输入输出、算术运算、数据传送、数据通信等功能，可完成既有开关量又有模拟量的复杂控制。中型机的软件比小型机丰富，在已固化的程序内，一般还有 PID（比例、积分、微分）调节，整数/浮点运算等功能模块。

中型机的特点是功能强，配置灵活，适用于具有诸如温度、压力、流量、速度、角度、位置等模拟量控制和大量开关量控制的复杂机械以及连续生产过程控制场合。

(4) 大型机。I/O 点数在 1024 点以上的，称为大型机，内存容量为 13KB 以上。大型 PLC 的功能更加完善，具有数据运算、模拟调节、连网通信、监视记录、打印等功能。大型机的内存容量超过 640KB，监控系统采用 CRT 显示，能够表示生产过程的工艺流程、各种曲线、PID 调节参数选择图等，能进行中断控制、智能控制、远程控制等。

大型机的特点是 I/O 点数特别多，控制规模宏大，组网能力强，可用于大规模的过程控制，构成分布式控制系统或整个工厂的集散控制系统。

2. 按硬件的结构类型分类

从结构类型上看，PLC 可分为一体化整体式 PLC、结构化模块式 PLC 及分散式 PLC 三种形式。

(1) 一体化整体式 PLC。一般的超小（微）型、小型机多为整体式结构。这种结构 PLC 的电源、CPU、I/O 部件都集中配置在一个箱体中，有的甚至全部装在一块印刷电路板上。

如图 1-1 所示 OMRON 公司的 CPM1A 型机即为整体式结构。

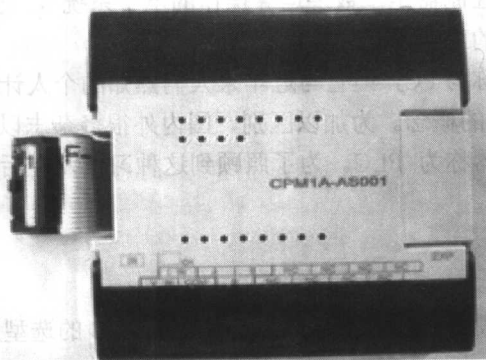


图 1-1 OMRON 公司的 CPM1A 整体式结构的 PLC

整体式 PLC 结构紧凑, 体积小, 重量轻, 价格低, 容易装配在工业控制设备的内部, 比较适合于生产机械的单机控制。

整体式 PLC 的缺点是主机的 I/O 点数固定, 使用不够灵活, 维修也较麻烦。

(2) 结构化模块式 PLC。模块式结构的 PLC 如图 1-2 所示。

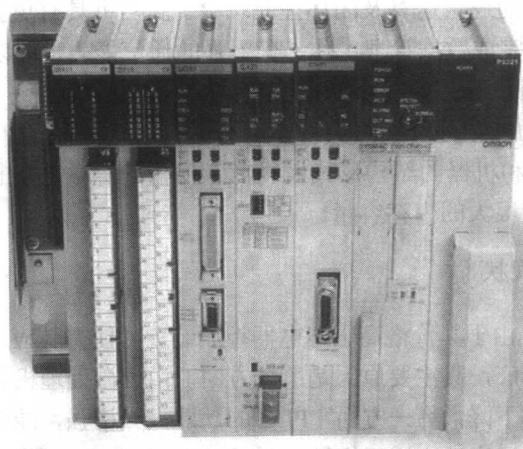


图 1-2 OMRON 公司的 CVM1 模块式结构的 PLC

这种形式的 PLC 各部分以单独的模块分开设置, 如电源模块、CPU 模块、输入模块、输出模块及其他智能模块等。这种 PLC 一般设有机架底板 (也有的 PLC 为串行连接, 没有底板), 在底板上有若干插槽, 使用时, 各种模块直接插入机架底板即可。这种结构的 PLC 配置灵活, 装配方便, 维修简单, 易于扩展, 可根据控制要求灵活配置所需模块, 构成功能不同的各种控制系统。一般大、中型 PLC 均采用这种结构。

模块式 PLC 的缺点是结构较复杂, 各种插件模块多, 因而增加了造价。

(3) 分散式 PLC。所谓分散式的结构就是将可编程控制器的 CPU、电源、存储器集中放置在控制室, 而将各 I/O 模板分散放置在各个工作站, 由通信接口进行通信连接, 由 CPU 集中指挥。

以上三种形式的可编程控制器的外观结构示意图如图 1-3 所示。

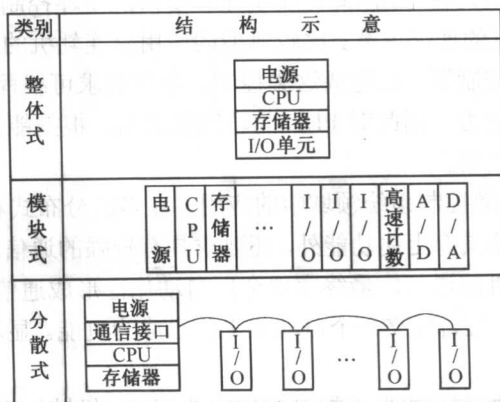


图 1-3 可编程控制器外观结构示意图

上述划分方式并不十分严格，也不是一成不变的。随着 PLC 的不断发展，划分标准已有过多次修改。

可编程控制器还可以按功能分为低档机、中档机和高档机。低档机以逻辑运算为主，具有定时、计数、移位等功能。中档机一般有整数及浮点运算、数制转换、PID 调节、中断控制及连网功能，可用于复杂的逻辑运算及闭环控制场合。高档机具有更强的数字处理能力，可进行矩阵运算、函数运算，完成数据管理工作，有更强的通信能力，可以和其他计算机构成分布式生产过程综合控制管理系统。

可编程控制器的按功能划分及按点数规模划分是有一定联系的。一般来说，大型机、超大型机都是高档机。机型和机器的结构形式及内部存储器的容量一般也有一定的联系，大型机一般都是模块式机，都有很大的内存容量。

1.1.4 PLC 的应用现状

在 PLC 的发展初期，由于其价格高于继电器控制装置，使得其应用受到限制。但最近几年来，PLC 的应用面越来越广，其主要原因是：一方面，由于微处理机芯片及有关元件的价格大大下降；使得 PLC 的成本下降；另一方面，PLC 的功能大大增强，能解决复杂的计算和通信问题。目前，PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、采矿、水泥、石油、化工、电力、机械制造、汽车、装卸、造纸、纺织、环保和娱乐等行业。PLC 的应用领域主要包括以下几个方面。

(1) 逻辑顺序控制领域中的应用。早期的可编程控制器主要用于取代继电器控制电路，完成如顺序、联锁、计时和计数等开关量的控制，因此逻辑顺序控制是可编程控制器最基本的控制功能，也是可编程控制器应用最多的场合。比较典型的应用如自动电梯的控制、自动化仓库的自动存取、各种管道上的电磁阀的自动开启和关闭、皮带运输机的顺序启动、自动化生产线的多机控制等，这些都是逻辑顺序控制。要完成这类控制，不要求可编程控制器有太多的功能，只要有足够数量的 I/O 点即可，因此可选用低档的可编程控制器。

(2) 闭环过程控制领域中的应用。对于闭环控制系统，除了要用开关量 I/O 点实现逻辑顺序控制外，还要有模拟量的 I/O 点，以供采样输入和调节输出，实现过程控制中的 PID 调节，形成闭环过程控制系统。而中档的可编程控制器由于具有数值运算和处理模拟量信号的功能，可以设计出各种 PID 控制器。现在随着可编程控制器控制规模的增大，PLC 可控制的回路数已从几个增加到几十个甚至几百个，因此可实现比较复杂的闭环控制系统，实现对温度、压力、流量、位置、速度等物理量的连续调节。比较典型的应用有连轧机的速度和位置控制、锅炉的自动给水、加热炉的温度控制等。要完成这类控制，不仅要求可编程控制器有足够数量的 I/O 点，还要有模拟量的处理能力，因此对 PLC 的功能要求高，根据能处理的模拟量的多少，至少应选用中档的可编程控制器。

(3) 多级分布式和集散控制系统领域中的应用。在多级分布式和集散控制系统中，除了要求所选用的可编程控制器具有上述功能外，还要求具有较强的通信功能，以实现各工作站之间的通信、上位机与下位机的通信，最终实现全厂自动化，形成通信网络。由于近期的 PLC 都具有很强的通信和连网功能，建立一个自动化工厂已成为可能。显然，能胜任这种工作的可编程控制器为高档 PLC。

(4) 机械加工的数控控制和机器人控制领域中的应用。机械加工行业也是 PLC 广泛应用的领域，可编程控制器与 CNC (Computer Numerical Control) 技术有机地结合起来，可以进

行数值控制。由于 PLC 的处理速度不断提高和存储器容量的不断扩大,使 CNC 的软件不断丰富,用户对机械加工程序编制越来越方便。随着人工视觉等高新技术的不断完善,各种性能的机器人相继问世,很多机器人制造公司也选用 PLC 作为机器人的控制器,因此 PLC 在这个领域的应用也将越来越多。

另外,根据不同的行业,可列举出如下 PLC 的应用实例:

(1) 发电厂:输煤系统控制,锅炉燃烧管理,灰渣和飞灰处理系统,汽轮机和锅炉的启停程序控制,化学补给水、冷凝水和废水的程序控制,锅炉缺水报警控制,水塔水位远程控制等。

(2) 机械制造业:数控机床,自动装卸机,移送机械,工业用机器人控制,自动仓库控制,铸造控制,热处理,输送带控制,自动电镀生产线程序控制等。

(3) 汽车工业:移送机械控制,自动焊接控制,装配生产线控制,铸造控制,喷漆流水线控制等。

(4) 冶金工业:加热炉控制,高炉上料、配料控制,钢板卷取控制,飞剪控制,料场进料、出料自动分配控制,包装和搬运控制,翻砂造型控制等。

(5) 化学工业:化学反应槽批量控制,化学水净化处理,自动配料,化工流程控制,汽囊硫化机控制,煤气燃烧控制,V带单鼓成型机控制等。

(6) 食品工业:发酵罐过程控制,配比控制,净洗控制,包装机控制,搅拌控制等。

(7) 造纸工业:纸浆搅拌控制,抄纸机控制,卷取机控制等。

(8) 轻工业:玻璃瓶厂炉子配料及自动制瓶控制,注塑机程序控制,搪瓷喷花控制,制鞋生产线控制,啤酒瓶贴标机控制等。

(9) 纺织工业:手套机程序控制,落纱机控制,高温高压染缸群控,羊毛衫针织横机程控等。

(11) 建材工业:水泥生产工艺控制,水泥配料及水泥包装等。

(12) 公共事业:大楼电梯控制,大楼防灾机械控制,剧场、舞台灯光控制,隧道排气控制,新闻转播控制等。

(13) 交通运输业:电动轮胎起重机控制,交通灯控制,汽车发电机电力和转速校验,电梯控制等。

(14) 木材加工工业:单板干燥机控制,人造板生产线控制,胶板热压机控制等。

通过以上介绍,我们看到了可编程控制器应用的发展速度之快,应用范围之广。PLC 控制技术代表了当今电气控制技术的世界先进水平,它已与 CAD/CAM、工业机器人并列为工业自动化三大支柱。

1.2 PLC 的特点及主要功能

1.2.1 PLC 的特点

PLC 能如此迅速发展的原因,除了工业自动化的客观需要外,还有许多独特的特点和优点。它较好地解决了工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题。因此,可编程控制器的种类虽然千差万别,但为了在工业环境中使用,它们都有许多共同的特点:

(1) 编程方便。可编程控制器的设计是面向工业企业中一般电气工程技术人员的,它采

用易于理解和掌握的梯形图语言,以及面向工业控制的简单指令。这种梯形图语言既继承了传统继电器控制线路的表达形式(如线圈、触点、动合、动断),又考虑到工业企业中的电气技术人员的读图习惯和微机应用水平。因此,梯形图语言对于企业中熟悉继电器控制线路图的电气工程技术人员的非常亲切的,它形象、直观,简单、易学,尤其是对于小型 PLC 而言,几乎不需要专门的计算机知识,只要进行短暂几天甚至几小时的培训,就能基本掌握编程方法。因此,无论是在生产线的设计中,还是在传统设备的改造中,电气工程技术人员的都特别欢迎和愿意使用 PLC。

(2) 抗干扰能力强,可靠性极高。工业生产对电气控制设备的可靠性的要求是非常高的,它应具有很强的抗干扰能力,能在很恶劣的环境下(如温度高、湿度大、金属粉尘多、距离高压设备近、有较强的高频电磁干扰等)长期连续可靠地工作,平均无故障时间(Mean Time Between Failures,缩写为 MTBF)长,故障修复时间短。而 PLC 是专为工业控制设计的,能适应工业现场的恶劣环境。可以说,没有任何一种工业控制设备能够达到可编程控制器的可靠性。在 PLC 的设计和制造过程中,采取了精选元器件及多层次抗干扰等措施,使 PLC 的平均无故障时间 MTBF 通常在几万小时以上,有些 PLC 的平均无故障时间可以达到几十万小时以上,如三菱公司的 F1、F2 系列 PLC 的 MTBF 可达到 30 万小时,有些高档机的 MTBF 还要高得多,这是其他电气设备根本做不到的。

绝大多数的用户都将可靠性作为选取控制装置的首要条件,因此 PLC 在硬件和软件方面均采取了一系列的抗干扰措施。

在硬件方面,首先是选用优质器件,采用合理的系统结构,加固简化安装,使它能抗振动冲击。对印刷电路板的设计、加工及焊接都采取了极为严格的工艺措施。对于工业生产过程中最常见的瞬间强干扰,主要采用隔离和滤波技术。PLC 的输入和输出电路一般都用光电耦合器传递信号,作到电浮空,使 CPU 与外部电路完全切断了电的联系,有效地抑制了外部干扰对 PLC 的影响。在 PLC 的电源电路和 I/O 接口中,还设置多种滤波电路,除了采用常规的模拟滤波器(如 LC 滤波和 π 型滤波)外,还加上了数字滤波,以消除和抑制高频干扰,同时也削弱了各种模板之间的相互干扰。用集成电压调整器对微处理器的 +5V 电源进行调整,以适应交流电网的波动和过电压、欠电压的影响。在 PLC 内部还采用了电磁屏蔽措施,对电源变压器、CPU、存储器、编程器等主要部件采用导电、导磁良好的材料进行屏蔽,以防外界干扰。

在软件方面,PLC 也采取了很多特殊措施,设置了监视内部定时器 WDT (Watching Dog Timer),系统运行时对 WDT 定时刷新,一旦程序出现死循环,使之能立即跳出,重新启动并发出报警信号。还设置了故障检测及诊断程序,用以检测系统硬件是否正常,用户程序是否正确,便于自动地做出相应的处理,如报警、封锁输出、保护数据等。当 PLC 检测到故障时,立即将现场信息存入存储器,由系统软件配合对存储器进行封闭,禁止对存储器的任何操作,以防存储信息被破坏。这样,一旦检测到外界环境正常后,便可恢复到故障发生前的状态,继续原来的程序工作。

这些有效的措施保证了可编程控制器的高可靠性。

(3) 使用方便。虽然 PLC 种类繁多,由于其产品的系列化和模块化,并且配有品种齐全的各种软件,用户可灵活组合成各种规模和要求不同的控制系统,用户在硬件设计方面,只是确定 PLC 的硬件配置和 I/O 通道的外部接线。在 PLC 构成的控制系统中,只需在 PLC 的端子上接入相应的输入、输出信号即可,不需要诸如继电器之类的固体电子器件和大量繁杂的硬接

线电路。在生产工艺流程改变、生产线设备更新、系统控制要求改变,需要变更控制系统的功能时,一般不必改变或很少改变 I/O 通道的外部接线,只要改变存储器中的控制程序即可,这在传统的继电器控制时是很难想象的。PLC 的输入、输出端子可直接与交流 220V、直流 24V 等强电相连,并有较强的带负载能力。

在 PLC 运行过程中,在 PLC 的面板上(或显示器上)可以显示生产过程中用户感兴趣的各种状态和数据,使操作人员做到心中有数,即使在出现故障甚至发生事故时,也能及时处理。

(4) 维护方便。PLC 的控制程序可通过编程器输入到 PLC 的用户程序存储器中。编程器不仅能对 PLC 控制程序进行写入、读出、检测、修改,还能对 PLC 的工作进行监控,使得 PLC 的操作及维护都很方便。PLC 还具有很强的自诊断能力,能随时检查出自身的故障,并显示给操作人员,如 I/O 通道的状态、RAM 的后备电池状态、数据通信异常、PLC 内部电路异常等信息。正是通过 PLC 的这种完善的诊断和显示能力,当 PLC 机或外部的输入装置及执行机构发生故障时,使操作人员能迅速检查、判断故障原因,确定故障位置,以便采取迅速有效的措施。如果是 PLC 本身故障,在维修时只需要更换插入式模块或其他易损件即可,既方便又减少了影响生产的时间。

(5) 易于实现机电一体化。因为可编程控制器的结构紧凑,体积小,重量轻,可靠性高,抗振防潮和耐热能力强,使之易于安装在机器设备内部,制造出机电一体化产品。随着集成电路制造水平的不断提高,可编程控制器体积将进一步缩小,而功能却进一步增强,与机械设备有机地结合起来,在 CNC 和机器人的应用中必将更加普遍,以 PLC 作为控制器的 CNC 设备和机器人装置将成为典型的机电一体化的产品。

(6) 设计、施工、调试周期短。用可编程控制器完成一项控制工程时,由于其软、硬件齐全,设计和施工可同时进行。由于用软件编程取代了继电器硬接线实现控制功能,使得控制柜的设计及安装接线工作量大为减少,缩短了施工周期。同时,由于用户程序大都可以在实验室模拟调试,模拟调试好后再将 PLC 控制系统在生产现场进行联机统调,使得调试方便、快速、安全,因此大大缩短了设计和投运周期。

另外,PLC 与其他工业控制系统相比较,有如下优势:

(1) PLC 与继电器控制系统的比较。几十年来,继电器控制系统为工业控制的发展起到了巨大的作用,而且目前仍然在工业领域中被大量应用,然而其控制性能与自身的功能已无法满足与适应工业控制的要求和发展,传统的继电器控制系统被 PLC 取代已是必然趋势。继电器控制柜是针对一定的生产机械、固定的生产工艺设计的,采用硬接线方式装配而成,只能完成既定的逻辑控制、定时、计数等功能,一旦生产工艺过程改变,控制柜必须重新设计、重新配线。而 PLC 由于应用了微电子技术和计算机技术,各种控制功能都是通过软件实现的,因此只要改变程序并改动少量的接线端子,就可适应生产工艺的改变。从适应性、可靠性、方便性及设计、安装、维护等各方面进行比较,PLC 都有显著的优势。因此在用微电子技术改造传统产业的过程中,传统的继电器控制系统大多数将被 PLC 所取代。

(2) PLC 与工业控制计算机的比较。工业控制计算机是通用微型计算机适应工业生产控制要求发展起来的一种控制设备。硬件结构方面总线标准化程度高、兼容性强,并且软件资源丰富,特别是有实时操作系统的支持,故对要求快速、实时性强、模型复杂、计算工作量大的工业对象的控制占有优势。但是,使用工业控制机控制生产工艺过程,要求开发人员具有较高的计算机专业知识和微机软件编程的能力。