

589

TM571.6
L56

可编程序控制器 的编程方法与工程应用

廖常初 主 编

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书介绍了可编程序控制器(简称为 PLC)的工作原理、特点与硬件结构,以三菱公司的 FX_{2N} 系列为例,介绍了 PLC 的编程元件与指令系统、梯形图的经验设计法、根据继电器电路图设计梯形图的方法、以顺序功能图为基础的顺序控制设计法和 4 种顺序控制编程方式,这些设计方法很容易被初学者掌握,用它们可以得心应手地设计出任意复杂的开关量控制系统的梯形图。

本书还介绍了 PLC 控制系统的设计和调试方法,提高 PLC 控制系统可靠性和降低硬件费用的方法,以及 PLC 的联网通信,PLC 在模拟量闭环控制中的应用,用 PLC 控制变频器的方法等。书中附有习题和实验指导书,附录中简要介绍了各主要生产厂家的 PLC 产品的性能指标与硬件组成,可供选型时参考。

本书可作为大专院校电气工程及其自动化、工业自动化、应用电子、计算机应用、机电一体化及其他有关专业的教材,也可供工程技术人员自学和作为培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器的编程方法与工程应用 / 廖常初编著. —重庆:重庆大学出版社, 2001.2

ISBN 7-5624-2234-6

I. 可... II. 廖... III. 可编程序控制器—基本知识 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 03156 号

可编程序控制器的编程方法与工程应用

廖常初 主 编

责任编辑 李淑芳 梁 涛

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆电力印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 13.25 字数: 331 千

2001 年 2 月第 1 版 2001 年 2 月第 1 次印刷

印数: 1—5 000

ISBN 7-5624-2234-6 / TP · 265 定价: 16.00 元

前 言

可编程序控制器(PLC)是以计算机技术为核心的通用自动控制装置,它的功能强,可靠性极高,编程简单,使用方便,体积小巧,近年来在工业生产中得到了广泛的应用,被誉为当代工业自动化的主要支柱之一。

笔者编著的《可编程序控制器应用技术》(重庆大学出版社出版)在编程方法上形成了独特完整的体系,提供了一整套极容易掌握的编程方法,深受广大读者的喜爱,自1992年出版以来,已修订两次。该书以三菱公司的F₁系列可编程序控制器为主要讲述对象。

因为F₁系列有被已在国内广泛使用的FX系列代替的趋势,所以本书比较详细地介绍了三菱公司的FX系列可编程序控制器的性能指标、硬件组成和指令系统。介绍的重点是近年来推出的具有很高性能价格比的FX_{2N}系列可编程序控制器。

本书的重点(也是可编程序控制器应用中的难点)是开关量控制系统的梯形图设计方法。第5章介绍了梯形图的经验设计法和顺序控制设计法,重点是以顺序功能图为基础的顺序控制设计法。第6章介绍了4种根据顺序功能图设计梯形图的方法,即顺序控制梯形图的编程方式,包括具有多种工作方式(如连续、单周期、单步、自动返回初始状态和手动等工作方式)的系统的编程方式,其中有的编程方式是笔者总结和开发的,教学实践表明,它们很容易被初学者接受和掌握,用它们可以得心应手地设计出任意复杂的控制系统的梯形图。大多数编程方式可以用于任意型号的可编程序控制器。

本书还介绍了许多可编程序控制器应用中的实际问题,如可编程序控制器的选型与确定可编程序控制器硬件配置的原则,可编程序控制器控制系统的设计和调试步骤,提高可编程序控制器控制系统可靠性的措施,降低可编程序控制器控制系统硬件费用的方法,可编程序控制器在模拟量闭环控制中的应用,可编程序控制器与工厂自动化通信网络,用可编程序控制器控制变频器的方法等。

为了方便教学和读者自学,各章配有习题,并附有实验指导书。

自学本书的读者可以先学以下部分:1.2, 2.1, 2.2及2.3中有关FX_{2N}系列的部分、第3章、第5章、第6章、7.1, 7.2。有条件的读者可以在自学指令系统与编程方法时做一些上机实验。

本书由廖常初主编并编写第1章、第5章、第6章和附录,周林为副主编并编写第2章和第4章,侯世英编写第3章和第7章。

因作者水平有限,书中难免有错漏之处,恳请读者批评指正。

通讯地址:廖常初,重庆大学电气工程学院,邮编400044,电话023-65104154(H), E-mail: chchliao@163.com。

廖常初

2000年8月于重庆大学电气工程学院

目 录

1	概述	1
1.1	可编程序控制器的历史	1
1.2	可编程序控制器的特点与应用领域	2
1.3	可编程序控制器的发展趋势	4
	习题	10
2	可编程序控制器的硬件与工作原理	11
2.1	可编程序控制器的组成	11
2.2	可编程序控制器的工作原理	17
2.3	FX 系列可编程序控制器性能简介	22
2.4	特殊功能模块	28
2.5	编程器与外部设备	34
	习题	38
3	可编程序控制器的编程语言与基本逻辑指令	39
3.1	可编程序控制器的编程语言	39
3.2	FX 系列可编程序控制器梯形图中的编程元件	42
3.3	FX 系列可编程序控制器的基本逻辑指令	51
	习题	57
4	功能指令与简易编程器的使用方法	60
4.1	FX 系列可编程序控制器的功能指令概述	60
4.2	程序流向控制指令	61
4.3	比较与传送指令	65
4.4	算术运算与字逻辑运算指令	68
4.5	循环移位与移位指令	70
4.6	数据处理指令	73
4.7	高速处理指令	76
4.8	方便指令	81
4.9	外部 I/O 设备指令	86
4.10	外部设备 (SER) 指令	92
4.11	浮点数运算指令	95
4.12	时钟运算与格雷码变换指令	97
4.13	触点型比较指令	99
4.14	FX-20P-E 简易编程器的使用方法	100
	习题	112
5	梯形图程序的设计方法	114

5.1	梯形图的基本电路	114
5.2	梯形图的经验设计法	117
5.3	根据继电器电路图设计梯形图的方法	118
5.4	梯形图的顺序控制设计法	121
5.5	顺序功能图	123
	习题	128
6	顺序控制梯形图的编程方式	130
6.1	使用 STL 指令的编程方式	130
6.2	使用起保停电路的编程方式	139
6.3	以转换为中心的编程方式与仿 STL 指令的编程方式	144
6.4	具有多种工作方式的系统的编程方式	149
	习题	158
7	可编程序控制器在工业中的应用	160
7.1	可编程序控制器控制系统的设计和调试步骤	160
7.2	可编程序控制器的选型与硬件配置的确定	162
7.3	节省可编程序控制器输入输出点数的方法	164
7.4	可编程序控制器控制系统的可靠性措施	166
7.5	可编程序控制器与工厂自动化通信网络	172
7.6	可编程序控制器在模拟量闭环控制中的应用	178
7.7	用可编程序控制器控制变频器的方法	184
7.8	高级应用程序的设计调试经验与技巧	187
	习题	190
附录 1 实验指导书		191
	实验 1 简易编程器的使用	191
	实验 2 自动往返的小车控制程序的编程实验	193
	实验 3 彩灯控制程序的编程实验	194
	实验 4 顺序控制程序的编程实验	194
	实验 5 复杂的顺序控制程序的编程实验	195
	实验 6 具有多种工作方式的系统的编程实验	196
附录 2 FX _{0S} , FX _{0N} 和 FX _{2N} 可以使用的功能指令		197
附录 3 一些公司的可编程序控制器性能简介		200
	附录 3.1 三菱公司的 A 系列可编程序控制器性能简介	200
	附录 3.2 OMRON 公司的可编程序控制器性能简介	201
	附录 3.3 Rockwell 公司的可编程序控制器性能简介	202
	附录 3.4 GE Fanuc 公司的可编程序控制器性能简介	203
	附录 3.5 西门子公司可编程序控制器性能简介	204
参考文献		206

1 概 述

现代社会要求制造业对市场需求作出迅速的反应,生产出小批量、多品种、多规格、低成本和高质量的产品,为了满足这一要求,生产设备和自动生产线的控制系统必须具有极高的可靠性和灵活性,可编程序控制器正是顺应这一要求出现的,它是以微处理器为基础的新型工业控制装置,已经成为当代工业自动化的主要支柱之一。

可编程序控制器(Programmable Controller)本来应简称为 PC,为了与个人计算机(Personal Computer)的简称 PC 相区别,现在一般将可编程序控制器简称为 PLC(Programmable Logic Controller)。

1.1 可编程序控制器的历史

可编程序控制器的产生和发展与继电器控制系统有很大的关系。继电器已有上百年的历史,它是一种用弱电信号控制强电信号的电磁开关。在复杂的继电器控制系统中,故障的查找和排除是非常困难的,可能会花费大量时间,严重地影响生产。如果工艺要求发生变化,控制柜内的元件和接线需要作相应的变动,这种改造的工期长、费用高,以至于有的用户宁愿扔掉旧的控制柜,另外制作一台新的控制柜。

显然,需要寻求一种新的控制装置来取代老式的继电器控制系统,使电气控制系统的工作更加可靠、更容易维修、更能适应经常变动的工艺条件。

1968 年,美国最大的汽车制造厂家——通用汽车公司(GM)提出了研制可编程序控制器的基本设想,即:

- (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竞争;
- (6) 可将数据直接送入计算机;
- (7) 可直接使用 115V 交流输入电压;
- (8) 输出采用 115V 交流电压,能直接驱动电磁阀、交流接触器等负载;
- (9) 通用性强,扩展方便;
- (10) 能存储程序,存储器容量可扩展到 4KB。

1969 年,美国数字设备公司(DEC)研制出了世界上第一台可编程序控制器。

70 年代初期出现了微处理器,它的体积小、功能强、价格便宜,很快被用于可编程序控制器,使它的功能增强、工作速度加快、体积减小、可靠性提高、成本下降。可编程序控制器借鉴微型计算机的高级语言,采用极易为工厂电气人员掌握的梯形图编程语言。现代可编程序控制器不仅能实现对开关量的逻辑控制,还具有数学运算、数据处理、运动控制、模

拟量 PID 控制、通信联网等功能。在发达的工业化国家,可编程序控制器已经广泛地应用在所有工业部门,其应用已扩展到楼宇自动化、家庭自动化、商业、公用事业、测试设备和农业等领域。

1985 年 1 月,国际电工委员会(IEC)的可编程序控制器标准草案第 2 稿对可编程序控制器作了如下定义:“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、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有关设备,都应按易于使工业控制系统形成一个整体,易于扩充其功能的原则设计。”

在全世界上百个可编程序控制器制造厂中,有几家举足轻重的公司。它们是美国 Rockwell 自动化公司所属的 A-B(Allen & Bradley)公司、GE-Fanuc 公司,德国的西门子(Siemens)公司和总部设在法国的施耐德(Schneider)自动化公司,日本的三菱公司和欧姆龙(OMRON)公司。这几家公司控制着全世界 80%以上的可编程序控制器市场,它们的系列产品有其技术广度和深度,从微型可编程序控制器到有上万个 I/O(输入/输出)点的大型可编程序控制器应有尽有。

可编程序控制器的推广应用在我国得到了迅猛的发展,可编程序控制器已经大量应用在引进设备和国产设备中,我国不少厂家引进或研制了一批可编程序控制器,各行各业也涌现出大批应用可编程序控制器改造设备的成果,机械行业生产的设备越来越多地采用可编程序控制器作控制装置。了解可编程序控制器的工作原理,具备设计、调试和维护可编程序控制器控制系统的能力,已经成为现代工业对电气技术人员和工科学生的基本要求。

1.2 可编程序控制器的特点与应用领域

1.2.1 可编程序控制器的特点

1. 编程方法简单易学

梯形图是使用得最多的可编程序控制器的编程语言,其电路符号和表达方式与继电器电路原理图相似,梯形图语言形象直观,易学易懂,熟悉继电器电路图的电气技术人员只要花几天时间就可以熟悉梯形图语言,并用来编制用户程序。

梯形图语言实际上是一种面向用户的高级语言,可编程序控制器在执行梯形图程序时,用解释程序将它“翻译”成汇编语言后再去执行。与直接用汇编语言编写的用户程序相比,它的执行时间要长一些,由于可编程序控制器运算速度的不断提高,对于一般的控制设备来说,执行速度完全能满足要求。

2. 功能强,性能价格比高

一台小型可编程序控制器内有成百上千个内部继电器、几十到几百个定时器和计数器、几十个特殊用途继电器,有很强的功能,可以实现非常复杂的控制功能。与相同功能的继电器系统相比,它具有很高的性能价格比。一台可编程序控制器可以同时控制几台设备,也可以通过联网通信,实现分散控制,集中管理。

3. 硬件配套齐全,用户使用方便,适应性强

可编程序控制器产品已经标准化、系列化、模块化,配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用,用户能灵活方便地进行系统配置,组成不同功能、不同规模的系统。可编程序控

制器的安装接线也很方便，一般用接线端子连接外部接线。可编程序控制器有较强的带负载能力，可以直接驱动一般的电磁阀和交流接触器。

硬件配置确定后，可以通过修改用户程序，方便快速地适应工艺条件的变化。

4. 无触点免配线，可靠性高，抗干扰能力强

传统的继电器控制系统中使用了大量的中间继电器、时间继电器。触点和接线一多，难免接触不良，因此容易出现故障。可编程序控制器用软件代替大量的中间继电器和时间继电器，仅剩下与输入和输出有关的少量接线，一般为继电器控制系统接线的十分之一到百分之一，因触点接触不良造成的故障减少了很多。

可编程序控制器采取了一系列硬件和软件抗干扰措施，如滤波、隔离、屏蔽、自诊断、自恢复等，使之具有很强的抗干扰能力，平均无故障时间达到数万小时以上，可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场，可编程序控制器已被广大用户公认为最可靠的工业控制设备之一。

5. 系统的设计、安装、调试工作量少

可编程序控制器用软件功能取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件，使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少。

可编程序控制器的梯形图程序一般采用顺序控制设计法。这种编程方法很有规律，很容易掌握。对于复杂的控制系统，设计梯形图所花的时间比设计继电器系统电路图花的时间要少得多。

可编程序控制器的用户程序可以在实验室模拟调试，输入信号用小开关来模拟，输出信号的状态可以观察可编程序控制器上有关的发光二极管，调试好后再将可编程序控制器安装在现场统调。调试过程中发现的问题一般通过修改程序就可以解决，调试的时间比继电器系统少得多。

6. 维修工作量大小，维修方便

可编程序控制器的故障率很低，并且有完善的自诊断和显示功能。可编程序控制器或外部的输入装置和执行机构发生故障时，可以根据可编程序控制器上的发光二极管或编程器提供的信息迅速地查明故障的原因，用更换模块的方法可以迅速地排除故障。

7. 体积小，能耗低

对于复杂的控制系统，使用可编程序控制器后，可以减少大量的中间继电器和时间继电器，而可编程序控制器的体积仅相当于几个继电器的大小，因此可将开关柜的体积缩小到原来的 $1/2 \sim 1/10$ 。

可编程序控制器的体积小、重量轻，以三菱公司的 $FX_{0S}-14$ 型超小型可编程序控制器(14个输入/输出点)为例，其底部尺寸为 $90mm \times 60mm$ ，只有卡片大小。由于体积小，很容易装在机械设备内部，是实现机电一体化的理想控制设备。

可编程序控制器的配线比继电器控制系统的配线少得多，故可以省下大量的配线和附件，减少大量的安装接线工时，加上开关柜体积的缩小，可以节约大量的费用。

1.2.2 可编程序控制器的应用领域

在发达的工业国家可编程序控制器已经广泛地应用在不同的工业部门，随着其性能价格比的不断提高，应用范围不断扩大，主要有以下几个方面：

1. 开关量逻辑控制

可编程序控制器具有“与”、“或”、“非”等逻辑指令，可以实现触点和电路的串、并联，代替继电器进行组合逻辑、定时控制与顺序逻辑控制。开关量逻辑控制可以用于单台设备，也可以用于自动生产线，如机床电气控制、冲压机械、铸造机械、运输带、包装机械的控制，电梯的控制，化工系统中各种泵和电磁阀的控制，冶金系统的高炉上料系统、轧机、连铸机、飞剪的控制，各种生产线的控制等。

2. 运动控制

可编程序控制器使用专用的运动控制模块，对直线运动或圆周运动的位置、速度和加速度进行控制，可实现单轴/双轴/3 轴位置控制，使运动控制与顺序控制功能有机地结合在一起。可编程序控制器的运动控制功能广泛地用于各种机械，如金属切削机床、金属成形机械、装配机械、机器人、电梯等。

3. 闭环过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。可编程序控制器通过模拟量 I/O 模块，实现模拟量(Analog)和数字量(Digital)之间的 A/D 转换和 D/A 转换，并对模拟量实行闭环 PID(比例-积分-微分)控制。现代的大中型可编程序控制器一般都有 PID 闭环控制功能，这一功能可以用 PID 子程序来实现，更多的是使用专用的智能 PID 模块。可编程序控制器的模拟量 PID 控制功能已经广泛地应用于塑料挤压成形机、加热炉、热处理炉、锅炉等设备，以及轻工、化工、机械、冶金、电力、建材等行业。

4. 数据处理

现代的可编程序控制器具有数学运算(包括四则运算、矩阵运算、函数运算、字逻辑运算以及求反、循环、移位、浮点数运算)、数据传送、转换、排序和查表、位操作等功能，可以完成数据的采集、分析和处理。这些数据可以与储存在存储器中的参考值比较，也可以用通信功能传送到别的智能装置，或者将它们打印制表。数据处理一般用于大型控制系统，如无人柔性制造系统，也可以用于过程控制系统，如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

5. 通信联网

可编程序控制器的通信包括主机与远程 I/O 之间的通信、多台可编程序控制器之间的通信、可编程序控制器和其他智能控制设备(如计算机、变频器、数控装置)之间的通信。可编程序控制器与其他智能控制设备一起，可以组成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统。

必须指出，并不是所有的可编程序控制器都具有上述全部功能，有些小型可编程序控制器只具有上述的部分功能，但是价格较低。

1.3 可编程序控制器的发展趋势

1.3.1 向高性能、高速度、大容量发展

大型可编程序控制器大多采用多 CPU 结构，不断向高性能、高速度和大容量方向发展。三菱的 AnA 系列可编程序控制器使用了世界上第一个在一块芯片上实现可编程序控制器全部功能的 32 位微处理器，即顺序控制专用芯片，其扫描时间为 $0.15\mu\text{s}$ 每条基本指令。

松下公司的 FP10SH 系列可编程序控制器采用 32 位 5 级流水线 RISC 结构的 CPU，可

以同时处理 5 条指令, 顺序指令的执行速度高达 $0.04\mu\text{s}/\text{步}$, 高级功能指令的执行速度也有很大的提高。在有 2 个通信接口、256 个 I/O 点的情况下, FP10SH 总的扫描时间为 $0.27\sim 0.42\text{ms}$ 。

在模拟量控制方面, 除了专门用于模拟量闭环控制的 PID 指令和智能 PID 模块, 某些可编程程序控制器还具有模拟量模糊控制、自适应、参数自整定功能, 使调试时间减少, 控制精度提高。

用于监控、管理和编程的人机接口和图形工作站的功能日益加强。如西门子公司的 TISTAR 和 PCS 工作站使用的 APT(应用开发工具)软件, 是面向对象的组态设计、系统开发和管理工具软件, 它使用工业标准符号进行基于图形的组态设计。自上而下的模块化和面向对象的设计方法, 大大地提高了组态效率, 降低了工程费用, 系统的设计开发自始至终体现了高度结构化的特点。APT 的程序检测和模拟功能减少了安装和开发需要的时间, APT 根据用户确定的控制策略自动生成组态程序。可以认为这是控制设计领域的重大革新, 是过程控制的 CAD(计算机辅助设计)。TISTAR 的命令均为组态方式, 不需要任何编程工作, 大大简化了控制系统的建立和调试工作。

1.3.2 大力发展微型可编程序控制器, 不断增强微型可编程序控制器的功能

微型可编程序控制器一般指 I/O 点数小于等于 256 的可编程序控制器, 大多采用整体式结构。微型可编程序控制器的价格便宜, 性能价格比不断提高, 很适合于单机自动化或组成分布式控制系统。

有些微型可编程序控制器的体积非常小, 被称为“手掌上的可编程序控制器”。如三菱公司的 FX_{ON} , FX_{OS} , $\text{FX}_{2\text{N}}$ 均为超小型可编程序控制器, 与该公司的 F_1 系列相比, 其体积只有前者的 $1/3$ 左右。OMRON 公司的 CPM1A 系列可编程序控制器的尺寸与 FX 系列差不多, A-B 公司的 Micro Logix 1000 系列只有随身听大小。

微型可编程序控制器的体积虽小, 功能却很强, 有的微型可编程序控制器移植了大型可编程序控制器的高级功能, 如 PID 回路调节、中断、高速计数器、PWM 脉宽调制、温度控制、双精度数学运算等。如 $\text{FX}_{2\text{N}}$ 的基本指令执行速度高达 $0.08\mu\text{s}/\text{步}$, 有功能很强的 128 种 298 条功能指令, 可以作 16 位或 32 位二进制数运算, 具有数据传送、比较、四则运算、转移、循环、子程序调用、多层嵌套主控等功能。 $\text{FX}_{2\text{N}}$ 为用户提供了大量的编程元件, 如 3000 多点辅助继电器、1000 点状态、256 点定时器、200 多点计数器、8 点内附高速计数器、8000 多点数据寄存器、128 点跳步指针和 15 点中断指针。配上特殊扩展模块可实现模拟量控制、定位控制、温度控制、可编程凸轮控制和模拟量设定。FX 系列可编程序控制器可以通过串行通信接口与个人计算机和三菱公司的 A 系列可编程序控制器联网, FX 系列可编程序控制器也可以组成 RS-485 通信网络。

Schneider 公司的微型可编程序控制器 Modicon TSX Nano 提供全套内置的通信能力, 如 Modbus slave, UNI-TELWAY 和 ASCII 接口, 能与其他智能设备, 如计算机、变频器和其他可编程序控制器通信。

富士公司的 FLEX-NB 系列可编程序控制器使用以一点为单位的插接式 I/O 模块(5 种输入模块, 8 种输出模块), 这种模块宽约 10mm, 高约 30mm, 且直流输入滤波时间可以以点为单位设定, 输入点和输出点的比例是任意的, 在一台可编程序控制器上可以安装不同电压

等级和种类的这种模块。

三菱公司 1999 年春季推出的 ALPHA 系列 PLC 是面向民用的超小型、一体化的可编程序控制器，它采用整体式结构，I/O 点数分别为 6，10 和 20，带有实时钟，使用插接式端子板，可选用直流电源或交流电源。可用装置面板上的小型液晶显示屏和 6 个键来编程，采用功能块图(FBD)编程语言，内存为 64 个功能块或 1500 字节 EEPROM 存储器，可使用 EEPROM 存储器卡盒，继电器输出型最大输出电流为 10A，备有专用的 Windows95/NT 编程软件。ALPHA 系列的体积小，6 点和 10 点的产品尺寸为 71.2mm×90mm×55mm。有的产品有 6 个或 8 个通道的 8 位模拟量输入。

ALPHA 系列可编程序控制器可用于以下领域：

- (1) 楼宇自动化：控制照明、空调、窗户、闸门和保安系统；
- (2) 家庭自动化：如家用电器的开关控制；
- (3) 商业领域：停车场、仓库、加油站、酒店的设备管理；
- (4) 公共场合：机场、火车站、医院、道路交通灯等；
- (5) 测试设备：检测设备、衡器等；
- (6) 展览场地：照明和场地设施管理；
- (7) 农业：农场、温室、动物饲养的温度控制、定时浇水等；
- (8) 消遣：模型制作、园艺与木工制作；
- (9) 工业自动化：可用于自动化设备、设备改造和管理。

1.3.3 可编程序控制器编程语言的标准化

与个人计算机相比，可编程序控制器的硬件、软件体系结构都是封闭的而不是开放的。在硬件方面，各厂家的 CPU 模块和 I/O 模块互不通用，各公司的总线、通信网络和通信协议一般也是专用的。编程语言虽然多用梯形图，但具体的指令系统和表达方式并不一致，因此各公司的可编程序控制器互不兼容。为了解决这一问题，IEC(国际电工委员会)1994 年 5 月公布了可编程序控制器标准(IEC1131)，其中的第 3 部分(IEC1131-3)是可编程控制器的编程语言标准。标准中共有五种编程语言，其中的顺序功能图(SFC)是一种结构块控制程序流程图，梯形图和功能块图是两种图形语言，此外还有两种文字语言——指令表和结构文本。除了提供几种编程语言可供用户选择外，标准还允许编程者在同一程序中使用多种编程语言，这使编程者能够选择不同的语言来适应特殊的工作。

几乎所有的可编程序控制器厂家都表示在将来完全支持 IEC1131-3 标准，但是不同厂家的产品之间的程序转换仍有一个过程。

Schneider 自动化公司的 PL7 Micro 软件提供了符合 IEC1131-3 标准的指令表、梯形图和 Grafset (顺序功能图)编程语言。该公司已作出规划，准备以个人计算机为基础，在 Windows 平台上开发符合 IEC1131-3 标准的全新一代开放体系结构的可编程序控制器。

1.3.4 可编程序控制器与其他工业控制产品相互融合

可编程序控制器与个人计算机、分布式控制系统(DCS，又称集散控制系统)和计算机数控(CNC)在功能和应用方面互相渗透，互相融合，使控制系统的性能价格比不断提高。在这种系统中，目前的趋势是采用开放式的应用平台，即网络、操作系统、监控及显示均采用国际标准或工业标准，如操作系统采用 UNIX，MS-DOS，Windows，OS2 等，这样可以把不

同厂家的可编程序控制器产品连接在一个网络中运行。

1. 可编程序控制器与个人计算机(PC)的融合

个人计算机的价格便宜, 有很强的数据运算、处理和分析能力。目前个人计算机主要用作可编程序控制器的编程器、操作站或人/机接口终端。

将可编程序控制器与工业控制计算机有机地结合在一起, 形成了一种称之为 IPLC (Integrated PLC, 即集成可编程序控制器) 的新型控制装置, 其典型代表是 1988 年 10 月 A-B 公司与 DEC 公司联合开发的金字塔集成器(Pyramid Integrator), 它是可编程序控制器工业成熟的一个里程碑。它由 A-B 公司的大型可编程序控制器(PLC-5/250)和 DEC 公司的 Micro VAX 计算机组合而成, 放在同一块 VME 总线底板上。

西门子、三菱公司也推出了 IPLC 产品, MODICON 公司的 AM-0984-MC0 是将 984 可编程序控制器做成一块单板插在 IBM PC 机的插槽内。可以认为 IPLC 是能运行 DOS 或 Windows 操作系统的可编程序控制器, 也可以认为它是能用梯形图语言以实时方式控制 I/O 的计算机。

2. 可编程序控制器与集散控制系统的融合

集散控制系统又叫分布式控制系统(Distributed Control System, 简称为 DCS), 主要用于石油、化工、电力、造纸等流程工业的过程控制。它是用计算机技术对生产过程进行集中监视、操作、管理和分散控制的一种新型控制装置, 是由计算机技术、信号处理技术、测量控制技术、通信网络技术和人机接口技术竞相发展、互相渗透而产生的, 既不同于分散的仪表控制技术, 又不同于集中式计算机控制系统, 而是吸收了两者的优点, 在它们的基础上发展起来的一门技术。

集散控制系统由集中管理部分、分散控制监控部分和通信部分组成。集中管理部分又可以分为工程师站、操作员站和管理计算机。工程师站主要用于编程组态和维护, 操作员站用来监视和操作, 管理计算机用于全系统的信息管理和优化控制。分散控制监测部分按功能可以分为控制站、监测站或现场控制站。通信部分主要由数据通道和各个站的通信模块组成, 它连接系统的各个分布部分, 完成数据、指令及其他信息的传递, 一般具有自诊断功能和双机功能, 可以实现高可靠性的数据通信。集散控制系统的软件由实时多任务操作系统、数据库管理系统、数据通信软件、组态软件和各种应用软件组成。使用组态软件可以生成用户要求的应用程序。

集散控制系统具有通用性强、系统组态灵活、控制功能完善、数据处理方便、显示操作集中、人机界面友好、安装调试方便、运行安全可靠等特点。

可编程序控制器日益加速渗透到以多回路控制为主的分布式控制系统, 这是因为可编程序控制器已经能够提供各种类型的多回路模拟量输入、输出和 PID 闭环控制功能, 以及高速数据处理能力和高速数据通信联网功能。可编程序控制器长于开关量逻辑控制, DCS 长于模拟量回路控制, 二者相结合, 可以优势互补。

西门子公司的 SIMATIC PCS 是具有可编程序控制器功能的新型集散控制系统, 该系统集电气控制、过程控制和系统管理于一身, 把批量控制、连续控制、高速逻辑控制、高级运算以及管理集成于一体。其灵活的系统扩展性、基于 UNIX 操作系统和 X-Windows 的图形环境、开放的“客户/服务器”结构, 使用户可以根据过程本身的特点, 而不是根据控制设备的功能来选择控制方式。符合工业标准的通信方式和窗口式的操作环境, 能直接迅速地获

取和处理从现场到管理全方位的信息。SIMATIC PCS 系统为工厂自动化提供了各种功能,它具有简便的控制和组态环境、功能很强的批处理工具、紧凑集成的控制器、实时报告和文档记录功能,以及灵活的结构。

实时关系数据库管理系统(RDBMS)是 PCS 系统的核心,通过它可以实现全系统的数据共享,并提供连接 Oracle 的接口,将控制系统和管理信息系统(MIS)集成在一个系统中,实现管理控制一体化。

SIMATIC PCS 系统还有其他一些功能,如多配方、捕捉批处理信息、管理报警和记录过程结果等,用户可以通过实时关系数据库系统调用这些功能。

3. 可编程序控制器与 CNC 的融合

计算机数控(CNC)已受到来自可编程序控制器的挑战,目前可编程序控制器已用于控制各种金属切削机床、金属成形机械、装配机械、机器人、电梯和其他需要位置控制和速度控制的场合。过去控制几个轴的内插补是可编程序控制器的薄弱环节,而现在已经有一些公司的可编程序控制器能实现这种功能。例如三菱公司的 A 系列和 AnS 系列大中型可编程序控制器均有单轴/双轴/3 轴位置控制模块,集成了 CNC 功能的 IPCL620 可以完成 8 轴的插补运算。

1.3.5 大力开发智能型 I/O 子系统

智能 I/O 模块是以微处理器和存储器为基础的功能部件,它们的 CPU 与可编程序控制器的主 CPU 并行工作,占用主 CPU 的时间很少,有利于提高可编程序控制器的扫描速度。它们本身就是一个小的微型计算机系统,有很强的信息处理能力和控制功能,有的模块甚至可以自成系统,单独工作。它们用一对通信线与主机相连,可以完成可编程序控制器难以兼顾的功能,它们简化了某些控制领域的系统设计和编程,提高了可编程序控制器的适应性和可靠性。智能 I/O 模块主要有模拟量 I/O、高速计数输入、中断输入、机械运动控制、热电偶输入、热电阻输入、条形码阅读器、多路 BCD 码输入/输出、模糊控制器、PID 回路控制、通信等模块。

1.3.6 可编程序控制器与现场总线相结合

现场总线(Fieldbus)是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、双向传输、多分支结构的通信网络,它是当前工业自动化的热点之一。现场总线以开放的、独立的、全数字化的双向多变量通信代替 0~10mA 或 4~20mA 现场电动仪表信号。现场总线 I/O 集检测、数据处理、通信为一体,可以代替变送器、调节器、记录仪等模拟仪表,它不需要框架、机柜,可以直接安装在现场导轨槽上。现场总线 I/O 的接线极为简单,只需一根电缆,从主机开始,沿数据链从一个现场总线 I/O 连接到下一个现场总线 I/O。使用现场总线后,自控系统的配线、安装、调试和维护等方面的费用可以节约三分之二左右,现场总线 I/O 与可编程序控制器可以组成廉价的 DCS 系统。

我国对现场总线及其开放自动化系统的规划提出了 2005 年应达到的发展目标:基于现场总线的工业自动化仪表及系统的品种数超过 200 个,产值超过 60 亿元,产量产值占工业自动化仪表行业的 80%以上,国产产品的市场占有率大于 60%,出口 6 000 万美元。由此不难看出现场总线仪表在未来工业自动控制中的地位和发展前景。

现场总线控制系统将 DCS 的控制站功能分散给现场控制设备,仅靠现场总线设备就可

以实现自动控制的基本功能。例如将电动调节阀及其驱动电路、输出特性补偿、PID 控制和运算、阀门自校验和自诊断功能集成在一起，再配上温度变送器就可以组成一个闭环温度控制系统，有的传感器中也植入了 PID 控制功能。

使用现场总线后，操作员可以在中央控制室实现远程监控，对现场设备进行参数调整，还可以通过现场设备的自诊断功能预测故障和寻找故障点。

由于历史的原因，现在有多种现场总线标准并存，简介如下：

1. 基金会现场总线(Foundation Fieldbus)

现场总线基金会(FF)是国际公认的惟一不依附于某个公司或企业集团的非商业化的国际标准化组织，它致力于建立国际上统一的现场总线协议，基金会现场总线(FF)标准无专利许可要求，可供所有的生产厂家使用，其总线标准、产品检验等信息全部公开。FF 得到了世界上几乎所有的著名仪表控制生产厂家的支持。

2. ProfiBus (过程现场总线)

ProfiBus (Process Field Bus) 是作为德国国家标准和欧洲标准的现场总线。它由 3 个系列组成：ProfiBus – DP 用于分散的外部设备和自控设备之间的高速数据传输；ProfiBus – FMS 适用于一般自动化的中速数据传输；ProfiBus – PA 用于过程自动化的低速数据传输。

3. LonWorks(局域操作网络)

LonWorks(Local Operating Network)采用符合 ISO/OSI 模型全部 7 层标准的 LonTalk 通信协议，它被封装在被称为 Neuron(神经元)的芯片中。该芯片有 3 个 8 位的 CPU，第一个是介质访问控制处理器，第二个为网络处理器，第三个是应用处理器，执行用户程序及其调用的操作系统服务。Neuron 芯片还固化了 34 种 I/O 控制对象，目前已有几千家公司推出了 LonWorks 产品。

4. CAN(控制器局域网络)

CAN(Controller Area Network)总线的总线规范已被国际标准化组织(ISO)制定为国际标准(ISO11898)。Intel, Motorola, Philips, NEC 等公司生产带 CAN 通信协议的 CAN 单片机、CAN 控制器和 CAN I/O 器件等支持 CAN 总线的芯片。

5. HART(可寻址远程变送器数据通路协议)

HART 总线可以在现有的模拟传输线上实现数字通信，在模拟系统向数字系统转换的过渡时期具有较强的市场竞争力。HART 总线在 DC 4 ~ 20mA 的模拟信号上叠加了调频数字信号，分别用 2200Hz 和 1200Hz 来表示逻辑 0 和逻辑 1。

一些主要的可编程序控制器厂家将现场总线作为可编程序控制器控制系统中的底层网络，如 Rockwell 公司的 PLC 5 系列可编程序控制器安装了 Profibus 协处理器模块后，能与其他厂家支持 Profibus 通信协议的设备，如传感器、执行器、变送器、驱动器、数控装置和个人计算机通信。Siemens 公司的可编程序控制器也可以连接 Profibus 网络，如该公司的 S7-215 型 CPU 模块能提供 Profibus-DP 接口，传输速率可达 12M 波特 (bit/s)，可选双绞线或光纤电缆，连接 127 个节点，传输距离 23.8km (光纤电缆)/ 9.6km (双绞线)。Schneider 公司的 Modicon TSX Quantum 控制系统的 LonWorks 模块可用于实时性要求不高的场合，如楼宇自动化控制。

可编程序控制器与现场总线相结合，可以组成价格便宜、功能强大的分布式控制系统。随着现场总线国际标准的制定和现场总线 I/O 的迅猛发展和价格的下降，可编程序控制器的

功能可能在某些领域(如过程控制领域)被现场总线 I/O 部分取代。

1.3.7 增强通信联网能力

可编程序控制器的通信联网功能使可编程序控制器与个人计算机之间以及与其他智能控制设备之间可以交换数字信息, 形成一个统一的整体, 实现分散控制和集中管理。可编程序控制器通过双绞线、同轴电缆或光纤联网, 信息可以传送到几十 km 远的地方。可编程序控制器网络大多是各厂家专用的, 但是它们可以通过主机, 与遵循标准通信协议(如 MAP 或以太网)的大网络联网。

Rockwell 自动化公司的三级通信网络将控制系统中的设备有机地结合为一个整体, 过程控制数据与信息可以方便可靠地在可编程序控制器、人机接口、变频器和 DCS(集散控制系统)之间交换传递。最上面一层网络是信息网(Ethernet, 以太网), 用来连接数据高速公路和厂区的通信网络; 中间一层是控制网络(DH, ControlNet), 又叫过程网, 用来实现可编程序控制器与计算机之间的通信; 最下面一层网络是设备网络(R I/O, DeviceNet), 用来实现可编程序控制器与现场设备之间的通信。

西门子的可编程序控制器可以通过 SINEC H1, SINEC L2 (Profibus)或 SINEC L1 进行通信。SINEC H1 是一种符合 IEEE802.3 标准的以太网, 可连接 1 024 个节点, 传输距离 4.6km, 传输速率 10Mbit/s。SINEC L1 是一种速度较低的廉价网络。

Schneider 公司的 Modicon TSX Quantum 控制系统也可以使用多层网络, 最上面一层是符合 TCP/IP 协议的以太网, 通过厂内的局域网、公司的广域网, 甚至 Internet, 均可以实现与可编程序控制器的通信, 可以通过标准的 PC Web 浏览器来跨洋获取控制系统的状态和诊断信息; 中间一层是双电缆的 Modbus Plus 网络; 最下面一层是远程 I/O 网络。

在网络中, 个人计算机、图形工作站、小型机等可以作为监控站或工作站, 它们能够提供屏幕显示、数据采集、分析整理、记录保持和回路面板显示等功能。

习 题

- 1-1 简述可编程序控制器的定义。
- 1-2 可编程序控制器有哪些主要特点?
- 1-3 与一般的计算机控制系统相比, 可编程序控制器有哪些优点?
- 1-4 与继电器控制系统相比, 可编程序控制器有哪些优点?
- 1-5 可编程序控制器可以用在哪些领域?

2 可编程序控制器的硬件与工作原理

2.1 可编程序控制器的组成

2.1.1 可编程序控制器的基本结构

可编程序控制器主要由 CPU 模块、输入模块、输出模块和编程器组成(见图 2.1)。

1. CPU 模块

CPU 模块主要由微处理器(CPU 芯片)和存储器组成。在可编程序控制器控制系统中, CPU 模块相当于人的大脑和心脏, 它不断地采集输入信号, 执行用户程序, 刷新系统的输出; 存储器用来储存程序和数据。

2. I/O 模块

输入 (Input) 模块和输出

(Output)模块简称为 I/O 模块, 它们是系统的眼、耳、手、脚, 是联系外部现场和 CPU 模块的桥梁。输入模块用来接收和采集输入信号, 输入信号有两类: 一类是从按钮、选择开关、数字拨码开关、限位开关、接近开关、光电开关、压力继电器等来的开关量输入信号; 另一类是由电位器、热电偶、测速发电机、各种变送器提供的连续变化的模拟量输入信号。

可编程序控制器通过输出模块控制接触器、电磁阀、电磁铁、调节阀、调速装置等执行器, 可编程序控制器控制的另一类外部负载是指示灯、数字显示装置和报警装置等。

CPU 模块的工作电压一般是 5V, 而可编程序控制器的输入/输出信号电压一般较高, 如直流 24V 和交流 220V。从外部引入的尖峰电压和干扰噪声可能损坏 CPU 模块中的元器件, 或使可编程序控制器不能正常工作。在 I/O 模块中, 用光电耦合器、光电可控硅、小型继电器等器件来隔离外部输入电路和负载, I/O 模块除了传递信号外, 还有电平转换与隔离的作用。

3. 编程器

编程器除了用来输入和编辑用户程序外, 还可以用来监视可编程序控制器运行时各种编程元件的工作状态。

编程器可以永久地连接在可编程序控制器上, 将编程器取下来后系统也可以运行。一般只在程序输入、调试和检修时使用编程器, 一台编程器可供多台可编程序控制器公用。

4. 电源

可编程序控制器使用 220V 交流电源或 24V 直流电源。可编程序控制器内部的直流稳压

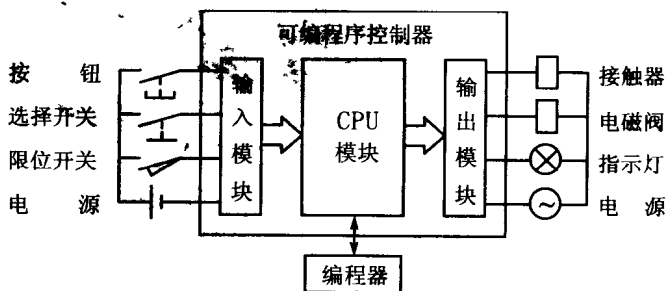


图2 1 PLC控制系统示意图

电源为各模块内的电路供电。某些可编程序控制器可以为输入电路和外部电子检测装置(如接近开关)提供 24V 直流电源, 驱动现场执行机构的直流电源一般由用户提供。

2.1.2 可编程序控制器的物理结构

根据硬件结构的不同, 可以将可编程序控制器分为整体式、模块式和叠装式。

1. 整体式可编程序控制器

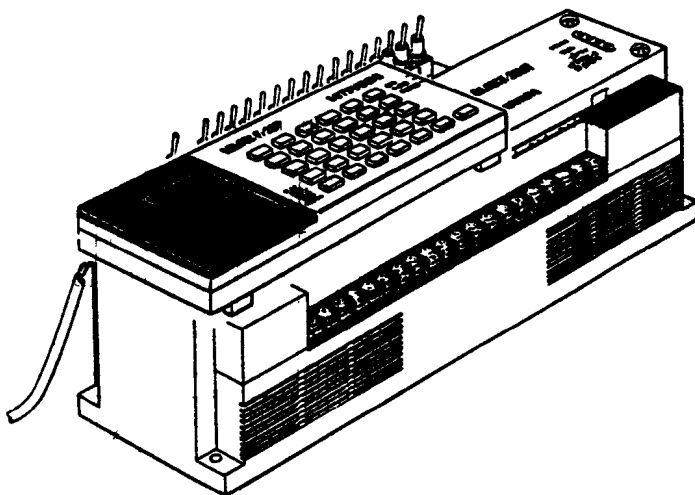


图 2.2 整体式可编程序控制器

整体式又叫做单元式或箱体式, CPU 模块、I/O 模块和电源装在一个箱状机壳内, 结构非常紧凑。它的体积小、价格低, 小型可编程序控制器一般采用整体式结构。图 2.2 中示出三菱公司的 F₁ 系列整体式可编程序控制器, 上面是编程器, 后面的小开关是模拟调试用户程序用的。整体式可编程序控制器提供多种不同 I/O 点数的基本单元和扩展单元供用户选用, 基本单元内有 CPU 模块、I/O 模块和电源, 扩展单元内只有 I/O 模块和电源, 基本单元和扩展单元之间用扁平电缆连接。各单元的输入点与输出点的比例一般是固定的(如 3:2), 有的可编程序控制器有全输入型和全输出型的扩展单元。选择不同的基本单元和扩展单元, 可以满足用户的不同要求。

整体式可编程序控制器一般配备有许多专用的特殊功能单元, 如模拟量 I/O 单元、位置控制单元、数据输入输出单元等, 使可编程序控制器的功能得到扩展。

2. 模块式可编程序控制器

大、中型可编程序控制器和部分小型可编程序控制器采用模块式结构。模块式可编程序控制器用搭积木的方式组成系统, 它由框架和模块组成(见图 2.3)。模块插在模块插座上, 后者焊在框架中的总线连接板上。可编程序控制器厂家备有不同槽数的框架供用户选用, 如果一个框架容纳不下所选用的模块, 可以增设一个或数个扩展框架, 各框架之间用 I/O 扩展电缆相连。有的可编程序控制器没有框架, 各种模块安装在基板上。

用户可以选用不同档次的 CPU 模块、品种繁多的 I/O 模块和特殊功能模块, 对硬件配