

主编 廖常初

可编程序控制器 应用技术

(第四版)

重庆大学出版社

101

71252

226(4)

可编程序控制器应用技术

(第四版)

廖常初 主 编



A1055222

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书介绍了可编程序控制器(PLC)的工作原理、特点和硬件结构,以三菱的 FX_{2N} 系列 PLC 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,PLC 的型号选择与硬件配置的确定,提高 PLC 控制系统可靠性和降低硬件费用的方法,以及 PLC 的通信、现场总线在可编程序控制器中的应用,PLC 在模拟量闭环控制中的应用等内容,书中附有习题和实验指导书。

本书主要作为高等院校电气技术、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

可编程序控制器应用技术/廖常初主编. —4 版. 重庆:重庆大学出版社,2002. 7

ISBN 7-5624-2649-X

I. 可... II. 廖... III. 可编程序控制器 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 045357 号

可编程序控制器应用技术

(第四版)

廖常初 主 编

责任编辑:梁 涛

版式设计:梁 涛

责任校对:何建云

责任印制:张永洋

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400044

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆邮政印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:14 字数:349 千

1992 年 7 月第 1 版 2002 年 8 月第 4 版 2002 年 8 月第 12 次印刷

印数:68 001—73 000

ISBN 7-5624-2649 -X/TP·371

定价:18.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

第四版前言

《可编程序控制器应用技术》自 1992 年出版以来,在 1995 和 1998 年做了两次修订。本书得到了广大读者的厚爱和支持,已发行 7 万余册。目前三菱公司已用 FX 系列 PLC 取代了 F₁ 系列,为了让读者能跟上科技发展的步伐,根据可编程序控制器的最新发展动向和国内可编程序控制器应用的深入发展,作者对本书做了以下的补充和修改:

1. 以目前应用面广、功能强、容易入门的三菱公司的 FX 系列 PLC 为主要讲授对象,全面介绍了 FX 系列的硬件结构、编程元件和指令系统。

2. 为了照顾本书老用户(特别是使用本书的授课教师)的使用习惯,第 3 版中的程序实例基本上不变,只是改成了 FX 的指令系统,各编程元件的元件号与第 3 版中的元件号有某种对应关系。

3. 欧姆龙公司的指令系统中已增加了置位指令(SET)和复位指令(REST),可以将它们用于以转换为中心的编程方式和仿 STL 指令的编程方式,第 3 版中的使用锁存继电器的编程方式已经没有什么意义,所以删去了这部分内容。

4. 根据工业控制的发展趋势,加强了计算机联网通信的内容,介绍了 FX 的通信指令的使用方法,全面地介绍了欧姆龙公司的 PLC 串行通信的设置方法和硬件接线,还介绍了上位机链接通信协议、1 对 1 链接通信、PT 链接通信和 RS-232C 无协议通信。

5. 介绍了现场总线及其国际标准,以及现场总线在 PLC 中的应用。

6. 介绍了 PID 指令在模拟量闭环控制中的应用,以及 PLC 高级应用程序的设计、调试经验与技巧。

本书的重点是第 5 章和第 6 章中介绍的开关量控制系统的梯形图设计方法,特别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,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(包括有多种工作方式的系统)的梯形图。

与基本顺序指令相比,功能指令用得较少,读者只需对它们作一般性的了解。如果在工作中需要使用功能指令,可以仔细阅读书中有关的内容或查阅 PLC 的使用手册。

本书由廖常初主编并编写第 1 章、第 5 章、第 6 章、第 7 章

和附录,周林编写第4章,侯世英编写第3章,李远树编写第2章,廖亮绘制了书中的插图,罗盛波、关朝旺调试了书中的部分程序。

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:liaosun@cqu.edu.cn。)

作 者

2002 年 4 月于重庆大学

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 可编程序控制器的历史与发展	1
1.2 可编程序控制器的基本结构	2
1.3 可编程序控制器的特点与应用领域	4
1.4 可编程序控制器的发展趋势	10
习题	14
第 2 章 可编程序控制器的硬件与工作原理	15
2.1 可编程序控制器的物理结构	15
2.2 CPU 模块	16
2.3 开关量 I/O 模块	17
2.4 可编程序控制器的工作原理	20
2.5 FX 系列可编程序控制器性能简介	25
2.6 特殊 I/O 模块	31
2.7 编程器与数据存取单元	37
习题	39
第 3 章 可编程序控制器的编程语言与指令系统	40
3.1 可编程序控制器的编程语言概述	40
3.2 FX 系列可编程序控制器梯形图中的编程元件	43
3.3 FX 系列可编程序控制器的基本逻辑指令	52
习题	58
第 4 章 功能指令与简易编程器的使用方法	61
4.1 FX 系列可编程序控制器的功能指令概述	61
4.2 程序流向控制指令	63
4.3 比较与传送指令	67
4.4 算术运算与字逻辑运算指令	69
4.5 循环移位与移位指令	72
4.6 数据处理指令	75
4.7 高速处理指令	78
4.8 方便指令	83
4.9 外部 I/O 设备指令	89

4.10	外部设备(SER)指令	95
4.11	浮点数运算指令	98
4.12	时钟运算与格雷码变换指令	100
4.13	触点型比较指令	102
4.14	FX-20P-E 简易编程器的使用方法	103
	习题	116
第 5 章	梯形图程序的设计方法	117
5.1	梯形图的基本电路	117
5.2	梯形图的经验设计法	120
5.3	根据继电器电路图设计梯形图的方法	122
5.4	梯形图的顺序控制设计法	125
5.5	顺序控制设计法中的顺序功能图绘制	127
	习题	133
第 6 章	顺序控制梯形图的编程方式	135
6.1	使用起保停电路的编程方式	135
6.2	以转换为中心的编程方式	137
6.3	使用 STL 指令的编程方式与仿 STL 指令编程方式	139
6.4	复杂的控制系统的编程方式	142
6.5	各种编程方式的比较	153
6.7	具有多种工作方式的系统的编程方式	155
	习题	159
第 7 章	可编程序控制器在工业应用中的若干问题	161
7.1	可编程序控制器的型号选择与硬件配置的确定	161
7.2	可编程序控制器控制系统的设计调试步骤	165
7.3	降低可编程序控制器控制系统硬件费用的方法	167
7.4	提高可编程序控制器控制系统可靠性的措施	169
7.5	可编程序控制器与工厂自动化通信网络	175
7.6	现场总线在可编程序控制器中的应用	186
7.7	可编程序控制器在模拟量闭环控制中的应用	190
7.8	高级应用程序的设计、调试经验与技巧	197
	习题	200
附 录		201
附录 1	实验指导书	201

附录2	FX_{0S}, FX_{0N} 和 FX_{2N} 可以使用的功能指令	207
附录3	部分习题参考答案	210
参考文献		213

第 1 章

概 述

可编程序控制器 (Programmable Controller) 简称为 PC, 在办公自动化和工业自动化中广泛使用的个人计算机 (Personal Computer) 也简称为 PC, 为了避免混淆, 现在一般将可编程序控制器简称为 PLC (Programmable Logic Controller)。现代的可编程序控制器是以微处理器为基础的新型工业控制装置, 是将计算机技术应用于工业控制领域的崭新产品。1985 年国际电工委员会 (IEC) 的可编程序控制器标准草案第三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。”

可编程序控制器从诞生至今, 在短短的 30 来年里, 得到了异常迅猛的发展, 已经成为当代工业自动化的主要支柱之一。

1.1 可编程序控制器的历史与发展

多年来, 人们用电磁继电器控制顺序型的设备和生产过程。复杂的系统可能使用成百上千个各式各样的继电器, 它们由密如蛛网的成千上万根导线用很复杂的方式连接起来, 执行相当复杂的控制任务。作为单台装置, 继电器本身是比较可靠的, 但是对于复杂的控制系统, 如果某一个继电器损坏, 甚至某一个继电器的某一对触点接触不良, 都会影响整个系统的正常运行, 查找和排除故障往往是非常困难的, 有时可能会花费大量的时间。继电器本身并不太贵, 但是控制柜内部的安装、接线工作量极大, 因此整个控制柜的价格是相当高的。如果工艺要求发生变化, 控制柜内的元件和接线需要做相应的变动, 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。

现代社会要求制造业对市场需求做出迅速的反应, 生产出小批量、多品种、多规格、低成本和高质量的产品, 老式的继电器控制系统已经成为实现这一目标的巨大障碍。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) 能用于工业现场;
- 2) 能改变其控制“逻辑”,而不需要变动组成它的元件和修改内部接线;
- 3) 出现故障时易于诊断和维修。

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。限于当时的元器件条件和计算机技术的发展水平,早期的可编程序控制器主要由分立元件和中小规模集成电路组成。它简化了计算机的内部电路,为了适应工业现场环境,对接口电路作了一些改进。

20 世纪 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,使可编程序控制器的功能增强、工作速度加快、体积减小、可靠性提高、成本下降。可编程序控制器还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、联网通信等功能。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的工业部门。

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 1.1)。

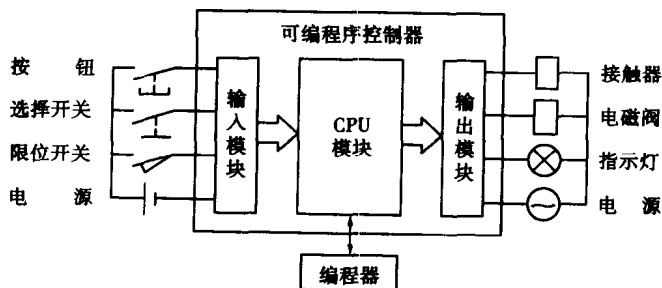


图 1.1 PLC 控制系统示意图

可编程序控制器实际上是一种工业控制计算机,它的硬件结构与一般微机控制系统相似,甚至与之无异。可编程序控制器主要由 CPU(中央处理单元)、存储器(RAM 和 EPROM)、输入/输出模块(简称为 I/O 模块)、编程器和电源五大部分组成。

1.2.1 CPU 模块

CPU 模块又叫中央处理单元或控制器,它主要由微处理器(CPU)和存储器组成。

CPU 的作用类似于人的大脑和心脏。它采用扫描方式工作,每一次扫描要完成以下工作:

- 1) 输入处理:将现场的开关量输入信号和数据分别读入输入映像寄存器和数据寄存器。
- 2) 程序执行:逐条读入和解释用户程序,产生相应的控制信号去控制有关的电路,完成数据的存取、传送和处理工作,并根据运算结果更新各有关寄存器的内容。
- 3) 输出处理:将输出映像寄存器的内容送给输出模块,去控制外部负载。

可编程序控制器的存储器分为系统程序存储器和用户程序存储器。系统程序相当于个人计算机的操作系统,它使可编程序控制器具有基本的智能,能够完成可编程序控制器设计者规定的各种工作。系统程序由可编程序控制器生产厂家设计并固化在 ROM 内,用户不能直接存取。可编程序控制器的用户程序由用户设计,它决定了可编程序控制器的输入信号与输出信号之间的具体关系。用户程序存储器的容量一般以字(每个字由 16 位二进制数组成)为单位,日本的可编程序控制器一般以步为单位,每一步储存一条指令。

1.2.2 I/O 模块

I/O 模块是系统的眼、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,所以 CPU 模块不能直接与外部输入/输出装置相连。I/O 模块除了传递信号外,还有电平转换与噪声隔离的作用。

1.2.3 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梯形图中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,将它取下来后可编程序控制器也可以运行。一般只在程序输入、调试阶段和检修时使用,一台编程器可供多台可编程序控制器公用。

1.2.4 电源

可编程序控制器一般使用 220V 交流电源。可编程序控制器内部的直流稳压电源为各模

块内的元件提供直流电压。某些可编程序控制器可以为输入电路和少量的外部电子检测装置(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。

1.3 可编程序控制器的特点与应用领域

1.3.1 可编程序控制器的特点

(1) 编程方法简单易学

考虑到企业中一般电气技术人员和技术工人的传统读图习惯,可编程序控制器配备了他们易于接受和掌握的梯形图语言。梯形图语言的电路符号和表达方式与继电器电路原理图相当接近,只用可编程序控制器的二十几条开关量逻辑控制指令就可以实现继电器电路的功能。通过阅读可编程序控制器的使用手册或接受短期培训,电气技术人员或技术工人只需要几天时间就可以熟悉梯形图语言,并用来编制用户程序。简易编程器的操作和使用也很简单。上述特点是可编程序控制器近年来获得迅速普及的原因之一。

这种编程语言的出现,促进了一次新的社会分工,即由计算机专业人员研制可编程序控制器的硬件和编程语言,并用汇编语言设计可编程序控制器的系统程序,使可编程序控制器成为一种通用的控制装置;工厂的自控和电气人员根据被控设备的具体情况,用他们最容易掌握的梯形图语言编制用户程序。因此,即使不熟悉电子线路、不懂计算机原理和汇编语言的人,在自动化领域也大有用武之地,在计算机时代也可以大显身手。

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,执行时间要长一些,但是对于大多数控制设备来说,这是微不足道的。

(2) 硬件配套齐全,用户使用方便

可编程序控制器配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用,用户不必自己设计和制作硬件装置。用户在硬件方面的设计工作,只是确定可编程序控制器的硬件配置和设计外部接线图而已。可编程序控制器的安装接线也很方便,各种外部接线都有相应的接线端子。

可编程序控制器的输入/输出端可以直接与 AC 220V 或 DC 24V 的强电信号相接,它还具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的线圈。

(3) 通用性强,适应性强

由于可编程序控制器的系列化和模块化,硬件配置相当灵活,可以组成能满足各种控制要求的控制系统。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) 可靠性高,抗干扰能力强

绝大多数用户都将可靠性作为选择控制装置的首要条件。可编程序控制器采取了一系列硬件和软件抗干扰措施,可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场。例如 FX 系列可编程序控制器在幅度为 1 000V、宽度 1 μ s 的脉冲干扰下能可靠地工作。从实际的使用情况来看,用户对可编程序控制器的可靠性都相当满意。

可以说,可编程序控制器是可靠性最高的工业控制设备,可编程序控制器的平均无故障时间可达 30 万小时。如果使用冗余控制系统,可靠性还可以进一步提高。事实上,在可编程序

控制器控制系统中发生的故障,绝大部分都是由可编程序控制器外部的开关、传感器和执行元件引起的。

可编程序控制器用软件取代了继电器系统中容易出现故障的大量触点和接线,这是可编程序控制器具有高可靠性的主要原因之一。除此之外,可编程序控制器还采取了一系列抗干扰、提高可靠性的措施。

可编程序控制器的故障分为永久性故障和可以恢复的故障。由于外部或内部的原因,系统的某些元器件损坏或失效引起的不可恢复的故障称为永久性故障。可编程序控制器周期性地检测系统的硬件,发现永久性故障时,查明故障的种类,自动地采取相应的措施,尽可能减轻故障对系统的影响,同时通知操作人员。可编程序控制器还要检查用于保持存储器中的信息的锂电池电压是否过低,交流电源是否掉电,输入、输出电路的电源电压是否超过允许的范围等。在写入、编辑程序时,还要检查正在写入的用户程序的语法错误,发现问题后,可编程序控制器自动做出相应的反应,如报警、封锁输出等。

可以恢复的故障由电磁干扰引起,干扰往往以窄脉冲的形式从电源线或 I/O 引线进入可编程序控制器内部。瞬时出现的干扰脉冲可能使可编程序控制器偏离正常的程序执行路线,将内存空间中某一随机的区域中的内容当作程序来执行,一般不能自动返回正常的程序执行路线,从外部看,系统处于瘫痪状态。

为了削弱和消除干扰对系统的影响,可编程序控制器采取了很多硬件措施,以切断干扰进入可编程序控制器的途径。滤波是最主要的措施之一,在电源电路和 I/O 模块中设置了大量的滤波电路,如 RC、RL 和 π 形滤波电路,它们对高频干扰信号有良好的抑制作用。电源是干扰进入可编程序控制器的主要途径之一,对于微处理器用的直流 5V 电源,采取了多级滤波和稳压的措施。

隔离是抗干扰的另一主要措施,可编程序控制器的输入、输出电路一般用光电耦合器来传递信号,继电器型输出模块则用继电器实现隔离。采用以上隔离措施后,使外部电路与 CPU 模块之间完全没有电路上的联系,有效地抑制了外部干扰源对可编程序控制器的影响,还可以避免外部电路的高电压窜入 CPU 模块。

在工业环境中,往往存在着强烈的空间电磁干扰,为了消除其影响,用导电导磁材料屏蔽可编程序控制器的电源变压器,并用良好的导电材料屏蔽易受空间电磁波干扰影响的 CPU 模块。

即使采取了以上措施,强干扰仍然可能进入可编程序控制器的 CPU 模块,使可编程序控制器偏离正常的程序运行路线。作为一种补救措施,用监控定时器(Watch Dog,俗称看门狗)使可编程序控制器自动恢复正常的工作状况。监控定时器是一种硬件定时器,它的定时时间大于可编程序控制器的最大扫描周期。可编程序控制器在正常工作时,每一次扫描都将它复位,使它重新开始定时,它不会因定时时间到而动作。如果干扰使可编程序控制器不再执行正常的扫描程序,监控定时器不再被周期性地复位,当它的定时时间到时,它产生的输出脉冲重新启动系统,使可编程序控制器恢复正常工作。这一自恢复过程所用的时间是很短的(小于 1s),对系统的正常工作不会有什么影响。

干扰有可能使可编程序控制器中的用户程序遭到破坏,求和检查(Sum Check)可以诊断这种故障。在可编程序控制器运行时,CPU 周期性地将用户存储器各字节中的数相加,并与运行开始时的值相比较,如果总数变化,可以断定用户程序遭到破坏,CPU 自动做出相

应的处理。

由于采取了以上抗干扰措施,可编程序控制器具有用户完全可以信赖的极高的可靠性。

(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,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,调试花费的时间比继电器系统少得多。

(6) 维修工作量小,维修方便

可编程序控制器的故障率很低,并且有完善的诊断和显示功能。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可编程序控制器的故障。

(7) 体积小,能耗低

以 OMRON 的 CPM1A 型超小型可编程序控制器(10 个 I/O)点为例,其底部尺寸仅为 90mm×67mm,功耗≤30VA。由于体积小,可编程序控制器很容易装入机械设备内部,是实现机电一体化的理想的控制设备。

1.3.2 可编程序控制器与其他计算机控制装置的比较

个人计算机有很强的数据处理功能和图形显示功能,有丰富的软件支持,但是它们是为办公室自动化和家庭设计的,对环境的要求很高,抗干扰能力不强,一般不适于在工业现场使用。

单片机只是一片集成电路,不能直接将它与外部 I/O 信号相连。要将它用于工业控制,还要附加一些配套的集成电路和 I/O 接口电路,硬件设计、制作和程序设计的工作量相当大,要求设计者具有较强的计算机领域的理论知识和实践经验。

工业控制计算机(简称工控机)也是为工业控制设计的。目前比较流行的是 PC 总线工控机,它与个人计算机兼容。工控机采用总线式结构,各厂家产品的兼容性强。工控机一般是在通用微机的基础上发展起来的,有实时操作系统的支持,因此在要求快速、实时性强、功能复杂的领域中占有优势。工控机的价格较高,将它用于开关量控制以取代继电器系统有些大材小用。工控机的外部 I/O 接线一般都用多芯扁平电缆和插头、插座,直接从印刷电路板上引出,不如可编程序控制器的接线端子那样方便可靠。

以上各种计算机用于控制的程序一般都是用汇编语言编写的,不像可编程序控制器的梯形图语言那样易于被工厂的电气人员掌握。

可编程序控制器是专为工厂现场应用环境设计的,结构上采取整体密封或插件组合型,对印刷板、电源、机架、插座的制造和安装,均采取了严密的措施。可编程序控制器由于具有前述的各种优点,在工业控制领域具有不可比拟的竞争力。

1.3.3 可编程序控制器与继电器控制系统的比较

可编程序控制器与继电器均可用于开关量逻辑控制。可编程序控制器的梯形图与继电器电路图对逻辑关系的表达方式相同,它们所用的很多电路元件符号也很相似,有的可编程序控制器生产厂家将梯形图中的编程元件称为继电器,如输入继电器、输出继电器等。

(1) 工作原理

继电器控制系统的控制功能是用硬件继电器(或称物理继电器)实现的,可编程序控制器的控制功能主要是用软件(即程序)实现的。

(2) 功能

可编程序控制器采用了计算机技术,具有顺序控制、定时、计数、运动控制、数据处理、闭环控制和通信联网等功能。继电器控制也可以实现顺序控制,但是它的功能有限。

(3) 可靠性与可维护性

继电器系统的可靠性差,复杂的继电器系统,其故障的诊断与排除非常困难,平均修复时间长。梯形图程序中的输出继电器等是一种“软继电器”,它们的功能是用软件实现的,因此没有硬件继电器那样的易于被电弧烧伤而导致接触不良的缺点。可编程序控制器的可靠性高,故障率极低,并且很容易诊断和排除故障。

(4) 灵活性

继电器的控制功能被固定在线路之中,其功能单一,不易修改,灵活性差。可编程序控制器的控制方式灵活,有很强的柔性,仅需修改梯形图就可以改变控制功能。

(5) 响应速度

继电器控制是靠触点的机械动作来实现的,触点的动作时间一般约几十 ms,使用的继电器越多,反应速度越慢,此外还存在触点动作时的抖动问题。可编程序控制器的响应速度一般比继电器系统快得多。

(6) 设计与调试

至今还没有一套通用的容易掌握的继电器电路设计方法,为了保证控制的安全可靠,设置了许多复杂的连锁电路。为了降低成本,又力求减少使用的继电器及其触点的数量,因此设计复杂的继电器电路既困难又费时,设计出的电路也很难阅读和理解。可编程序控制器有大量用软件实现的继电器和定时器、计数器等编程元件供梯形图的设计者使用,梯形图中这些编程元件的触点使用次数不受限制,多用一些编程元件和触点不会增加硬件成本,软件工作量也不会增加多少,这就为使用先进的顺序控制设计法(见第5、6章)来设计梯形图创造了条件。设计复杂控制系统的梯形图,比设计相同功能的继电器电路图花费的时间要少得多。

继电器系统要在硬件安装、接线全部完成后才能进行调试,发现问题后修改电路花的时间也很多。可编程序控制器控制系统的开关柜制作、现场施工和梯形图设计可以同时进行,梯形图可以在实验室模拟调试,发现问题后修改起来非常方便。

(7) 定时与计数

继电器系统用时间继电器来定时,时间继电器有空气阻尼式、电磁式、半导体时间继电器等。它们一般存在着体积大、可靠性差、调整不方便、精度较差等缺点,定时精度受温度、湿度的影响也较大。

可编程序控制器为用户提供了几十个甚至数百个用软件实现的定时器,它们的精度高、定

时范围宽、定时时间调整方便,并且不受环境的影响,一旦调整好,就不会改变。

继电器系统要实现计数功能一般是很困难的,而可编程序控制器用软件实现计数功能,为用户提供了大量的计数器。

1.3.4 可编程序控制器与集散控制系统的比较

集散控制系统又叫做分布式控制系统(Distributed Control System, 简称为 DCS),在我国已习惯于称之为集散控制系统,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相互发展、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。

可编程序控制器是由继电器逻辑控制发展而来的,所以它在开关量处理、顺序控制方面具有一定的优势,发展初期主要侧重于开关量顺序控制。集散控制系统则是由回路仪表系统发展而来,它在回路调节、模拟量控制方面具有一定的优势,发展初期主要侧重于回路调节功能。

随着计算机技术的发展,可编程序控制器增加了数值运算、PID 闭环调节功能,并开始与个人计算机或小型计算机联网,可编程序控制器本身也可以构成网络系统,组成分级控制,实现集散控制系统所完成的功能。集散控制系统也加强了开关量顺序控制功能,使用梯形图语言。由此可见,可编程序控制器与集散控制系统在发展过程中始终互相渗透,互为补充,彼此越来越接近,实际上很多工业生产过程既可以用可编程序控制器控制,也可以用集散系统控制。就自动化控制系统的发展趋势来看,全分布式计算机控制系统必然会得到迅速的发展,它将综合可编程序控制器和集散控制系统各自的优势,并把二者有机地结合起来,形成一种新型的全分布式计算机控制系统。

1.3.5 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所有工业部门,随着可编程序控制器的性能价格比的不断提高,过去许多使用专用计算机的场合也可以使用可编程序控制器。可编程序控制器的应用范围不断扩大,主要有以下几个方面:

(1) 开关量逻辑控制

这是可编程序控制器最基本最广泛的应用,可编程序控制器的输入信号和输出信号都是

只有通/断状态的开关量信号,这种控制与继电器控制最为接近,可以用价格较低,仅有开关量控制功能的可编程序控制器作为继电器控制系统的替代物。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、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,电镀生产线、啤酒灌装生产线、汽车装配生产线、电视机和收音机生产线的控制等。

(2) 运动控制

可编程序控制器可用于对直线运动或圆周运动的控制。早期直接用开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机构,现在一般使用专用的运动控制模块,世界上各主要可编程序控制器厂家生产的可编程序控制器几乎都有运动控制功能。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 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(包括矩阵运算、函数运算、逻辑运算)、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

可编程序控制器的通信包括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之间的通信。随着计算机控制的发展,近年来国外工厂自动化通信网络发展得很快,各著名的可编程序控制器生产厂商都推出了自己的网络系统。

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。

可编程序控制器在各行各业中得到了广泛的应用,下面仅仅列举一些例子:在电力工业中,用于输煤系统,锅炉燃烧系统,灰渣、飞灰处理系统,汽轮机、水轮机和锅炉的起动、停车系统,锅炉的化学水处理系统,冷凝水、废水处理系统,发电机、变压器监控系统。在冶金工业中,用于轧钢机、高炉冶炼、配料、制氧机、钢板卷取控制,料场进料、出料控制,包装、搬运控制。在机械工业中,用于数控机床、传送机械、机器人、自动仓库控制,铸造、电镀生产线控制,热处理控制。在汽车工业中,用于传送机械、自动焊接控制,装配生产线、铸造、喷漆流水线控制。在造纸工业中,用于纸浆搅拌控制,抄纸机、卷取机控制。在食品工业中,用于发酵罐过程控制,原料配方、洗净控制,罐头制罐机控制,饮料灌装生产线控制,搅拌机控制,产品包装控制。在轻工业中,用于玻璃炉配料、燃烧控制,自动制瓶机控制,搪瓷喷花控制。在化学工业中,用于化学反应槽、罐过程控制,自动配料控制,轮胎成型机、橡胶硫化机控制,轮胎胎面压出机控制,