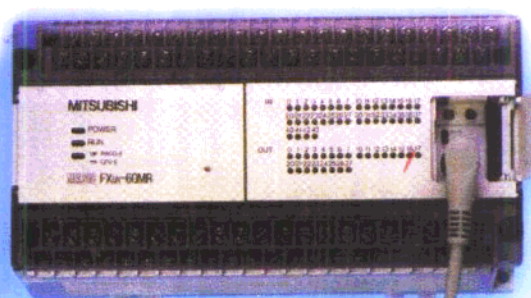


可编程序控制器 应用技术

(第三版)

廖常初 编著

KEBIAN CHENGXU KONGZHIQI
YINGYONG JISHU



华航20195052

重庆大学出版社

可编程序控制器应用技术

(第三版)

廖常初 编著

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书从工程应用的角度出发,介绍了可编程序控制器(PLC)的工作原理、特点和硬件结构,简要介绍了各著名 PLC 生产厂家的 PLC 产品的性能与硬件组成,以三菱的 F₁、FX₂ 系列和 OMRON 的 C 系列 P 型 PLC 为例,介绍了小型 PLC 的指令系统,还介绍了梯形图设计方法,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 的通信和位置控制,PLC 在模拟量闭环控制中的应用,中小型 PLC 的数字显示和数据输入方法等。书中附有习题和实验指导书。

本书介绍的以顺序功能图(SFC)为基础的梯形图顺序控制设计法和 6 种编程方式,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,大多数编程方式可以用于各种型号的 PLC。

本书主要作为大学本科、专科电气技术、工业自动化、机电一体化及其它有关专业的教材,也可以供工程技术人员自学和作为培训教材使用。

可编程序控制器应用技术

(第三版)

廖常初 编著

责任编辑 李淑芳

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆建筑大学印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:13.5 字数:337 千

1992 年 7 月第 1 版 1998 年 10 月第 3 版 2000 年 12 月第 10 次印刷

印数:60 001—64 000

ISBN 7-5624-1158-1/TP·81 定价:15.00 元

前 言

可编程序控制器(PLC)是以计算机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广泛应用,被誉为当代工业自动化的三大支柱之一。

本书自 1992 年面市以来,得到了广大读者的关心和支持。本书曾在 1995 年作了一次修订,根据 PLC 的最新发展趋势,作者又对本书作了以下补充和修改:

1. 介绍了 PLC 的最新发展趋势,在第三章中介绍了三菱公司和 OMRON 公司的新型 PLC,并增加了对 Rockwell(A-B)、GE Fanuc、西门子、Schneider、松下电工等几大主要生产厂家的新型 PLC 的性能简介。仍以目前应用较多、初学者比较容易入门的三菱公司的 F₁ 系列和 OMRON 公司的 C 系列 P 型 PLC 作为主要讲授对象。

2. 第四章介绍了 PLC 编程语言的国际标准 IEC1131—3。

3. 对第六章介绍的 6 种顺序控制编程方式作了一些改动,使这部分内容更便于讲授和学习;在“复杂的顺序功能图的编程方式”一节中增加了对选择序列和并行序列编程的简单的例子,便于读者由浅入深、循序渐进地进行学习;对具有多种工作方式的系统的编程方式作了较大的改进,使之更容易理解和掌握。

4. 第七章增加了 PLC 扫描周期的测量方法,使用一个输出点的事故障报警程序设计方法,以及 PLC 与上位计算机的通信程序设计实例,给出了用 C 语言编写的 PLC 与上位计算机的通信程序。

5. 用计算机精心绘制了书中的全部插图。

本书的重点是第五章和第六章中介绍的开关量控制系统的梯形图设计方法。这两章中的梯形图程序主要是用 F₁ 系列的基本顺序指令编写的,因此在学习 PLC 的指令系统时,应以 F₁ 的基本顺序指令作为重点。第五章介绍了两种梯形图设计方法,重点是以顺序功能图为基础的顺序控制设计法。第六章介绍了 6 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,其中有的编程方式是作者总结和开发的。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(包括有多种工作方式的系统)的梯形图,大多数编程方式可以用于各种型号的 PLC。

与基本顺序指令相比,PLC 的功能指令使用得较少,读者只需对它们作一般性的了解。如果在工作需要使用功能指令,可以查阅有关的使用手册。

为了方便教学和读者自学,各章配有适量的习题,并附有实验指导书。自学本书的读者可以按以下顺序学习:第一章、第二章;F₁ 系列的性能简介、编程元件和基本逻辑指令;第五章、第六章、§ 7-1、§ 7-2,第六章中的编程方式可以先学一种,如先学最通用的、使用起保停电路的编程方式。有条件的读者可以在自学四章、五章、六章时做一些上机实验。

因作者水平有限,错误和不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正。作者的通讯地址为重庆大学电气工程系,邮政编码 400044。

作者

1998 年 2 月于重庆大学

目 录

第一章 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	3
§ 1-3 可编程序控制器的特点与应用领域	5
§ 1-4 可编程序控制器的发展趋势	11
习题	15
第二章 可编程序控制器的硬件与工作原理	16
§ 2-1 可编程序控制器的结构特点	16
§ 2-2 CPU 模块	17
§ 2-3 开关量 I/O 模块	20
§ 2-4 可编程序控制器的工作原理	23
§ 2-5 模拟量 I/O 模块	28
§ 2-6 特殊 I/O 模块	29
§ 2-7 编程器	33
§ 2-8 外部设备	35
习题	36
第三章 常见可编程序控制器性能简介	37
§ 3-1 三菱公司的 F ₁ 、F ₂ 系列可编程序控制器性能简介	37
§ 3-2 三菱公司的 FX 系列可编程序控制器性能简介	41
§ 3-3 三菱公司的 A 系列可编程序控制器性能简介	45
§ 3-4 OMRON 公司的可编程序控制器性能简介	47
§ 3-5 Rockwell 公司的可编程序控制器性能简介	52
§ 3-6 GE Fanuc 公司的可编程序控制器性能简介	57
§ 3-7 西门子公司的可编程序控制器性能简介	59
§ 3-8 Schneider 自动化公司的可编程序控制器性能简介	62
§ 3-9 松下电工的可编程序控制器性能简介	64
第四章 可编程序控制器的编程语言与指令系统	66
§ 4-1 可编程序控制器的编程语言概述	66
§ 4-2 F ₁ 系列 PLC 梯形图中的编程元件	69
§ 4-3 F ₁ 系列 PLC 的基本顺序指令	75
§ 4-4 F ₁ -20P 简易编程器的使用方法	81
§ 4-5 F ₁ 系列 PLC 的功能指令简介	87
§ 4-6 FX ₂ 系列 PLC 指令系统简介	92
§ 4-7 OMRON 公司 C 系列 P 型 PLC 指令系统简介	97

习题.....	104
第五章 梯形图程序的设计方法.....	107
§ 5-1 梯形图的基本电路	107
§ 5-2 梯形图的经验设计法	111
§ 5-3 根据继电器电路图设计梯形图的方法	113
§ 5-4 梯形图的顺序控制设计法	117
§ 5-5 顺序控制设计法中的顺序功能图绘制	118
§ 5-6 顺序控制设计法中的状态表绘制	125
习题.....	126
第六章 顺序控制梯形图的编程方式.....	127
§ 6-1 使用起保停电路和锁存继电器的编程方式	127
§ 6-2 以转换为中心的编程方式	130
§ 6-3 使用 STL 指令的编程方式与仿 STL 指令编程方式	132
§ 6-4 使用移位寄存器的编程方式	135
§ 6-5 复杂的控制系统的编程方式	137
§ 6-6 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.....	161
第七章 可编程序控制器在工业应用中的若干问题.....	163
§ 7-1 可编程序控制器的型号选择与硬件配置的确定	163
§ 7-2 可编程序控制器控制系统的设计调试步骤	167
§ 7-3 降低可编程序控制器控制系统硬件费用的方法	169
§ 7-4 提高可编程序控制器控制系统可靠性的措施	173
§ 7-5 可编程序控制器的维护与故障诊断	175
§ 7-6 可编程序控制器与工厂自动化通信网络	176
§ 7-7 中小型可编程序控制器的数字显示与数据输入	183
§ 7-8 可编程序控制器在模拟量闭环控制中的应用	190
§ 7-9 可编程序控制器在位置控制中的应用	195
习题	196
附录一 实验指导书.....	197
实验一 F ₁ -20P 简易编程器的键盘操作练习	197
实验二 抢答显示程序的编程实验.....	199
实验三 彩灯控制程序的编程实验.....	200
实验四 人行道按钮控制交通灯的编程实验.....	201
实验五 简单的顺序控制程序的编程实验.....	203
实验六 复杂的顺序控制程序的编程实验.....	203
附录二 部分习题参考答案.....	205
参考文献.....	208

第一章 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)。本书将可编程序控制器简称为 PLC。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 1 月,国际电工委员会(IEC)的可编程序控制器标准草案第二稿对 PLC 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。”

PLC 从诞生至今,在短短的 30 多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。

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,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 PLC 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。

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 PLC,使 PLC 的功能增加,工作速度加快,体积减小,可靠性提高,成本下降。PLC 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 PLC 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,PLC 已经广泛地应用在所有的工业部门。

据美国《控制工程》1991 年 4 月号报道,在美国登记的 PLC 生产厂家为 88 家,其中外国公司 34 家,产品达 377 种。

据“美国市场信息”的世界 PLC 以及软件市场报告称,1995 年全球 PLC 及其软件的市场经济规模约 50 亿美元,预计到 1998 年可达 74 亿美元。

在日本,PLC 的市场经济规模已超过 1300 亿日元,近年来以 20%~30% 的年增长率增长,今后将继续保持增长的势头。

在全世界上百个 PLC 制造厂中,有 7 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,现在属于施耐德(Schneider)自动化公司的美国的 Modicon 公司,同属于施耐德自动化公司的法国的 TE(Telemecanique)公司,日本的三菱公司和立石(OMRON)公司。这 7 家公司控制着全世界 80% 以上的 PLC 市场,它们的系列产品有其技术广度和深度,从最小的售价为 100 美元左右的微型 PLC 到大型的有上千个 I/O(输入/输出)点的大型 PLC 应有尽有。

美国的 Rockwell(罗克威尔)国际公司由 A-B(Allen-Bradley)、S+S、瑞恩电气、Rockwell 软件、道奇等公司组成。A-B 公司是世界上首屈一指的 PLC 制造公司,1989 年在美国市场的占有率为 39%;GE-Fanuc 公司为 11.5%;Modicon 公司为 13.5%;TI(Texas Instruments)为 9.2%;Square D 公司为 5.5%。

1987 年的日本小型 PLC 市场占有率三菱为 33%,立石为 27%,日立为 10%;大型 PLC 市场占有率三菱为 42%,立石为 22%,日立为 16%,东芝为 6%。

近几年 PLC 的推广应用在我国得到了迅猛的发展。我国近年来引进的设备中,很大一部分是由 PLC 控制的,国外厂家的 PLC 产品已打入我国市场。我国不少厂家引进或研制了一批 PLC,各行各业也涌现出大批应用 PLC 改造设备的成果,机械行业生产的设备越来越多地采用 PLC 作控制装置。据国内某齿轮厂报道,该厂近几年购进的机床中 85% 用 PLC 控制,专用机床则全部用 PLC 控制。

北京机械工业自动化研究所 1992 年对 75 家轴承行业的重点骨干企业进行了调查,这些厂家可以用微电子技术改造的设备共 11026 台,已经用 PLC 改造了 4605 台(占 41.8%)。改造以后的经济效益非常可观,故障率一般下降了 90%,单机生产率可以提高 10%,平均每年每台可以减少几百小时的维修工时,一般 3~6 个月便可以收回投资。改用 PLC 后,把工艺规定的工序和加工时间写入了软件,杜绝了人为因素的影响,提高了产品的质量。

目前国产的 PLC 不论从质上还是从数量上均远远不能满足国内日益增长的市场需要,因此不得不大量依赖进口,尤其是大中型 PLC,更是国外产品的一统天下。总的来说,国产的小型 PLC(I/O 点数 ≤ 256)已形成一定的批量,有的形成了系列产品,年销售量已超过万台,在整机可靠性和抗干扰性方面已经有了长足的进步。但生产布点多,批量不大,机型又比较多,至今还形成不了主流产品,特别是在功能上和国外的小型 PLC 相差甚远,运算速度亦比较慢,一般

为 2~5ms/千条指令。中型 PLC(I/O 点在 1024 点以上)的开发才刚刚起步。

从产品结构来说,我国自主研制和引进技术生产的 PLC,大多属于中小型低档产品,而且由于种种原因,我国至今还没有形成主流产品或完整的系列产品。

国产小型 PLC 的生产厂家及其产品有上海东屋电器有限公司(原上海起重电器厂)生产的 CF 系列,上海工业自动化研究所生产的 TCMS-300/D,杭州机床电器厂生产的 DKK、D 系列,杭州通灵控制电脑公司生产的 HZK 系列,苏州电子计算机厂生产的 YZ 系列,苏州机床电器厂生产的 CYK 系列,大连组合机床研究所生产的 S 系列,机械部北京自动化所生产的 MPC、KB 系列,此外还有天津自动化仪表厂 PLC 分厂(现名诺迪亚 PLC 有限公司)、联想计算机集团公司、中国科学院自动化所、上海机床电器厂、四川仪表十五厂、珠海春海电子设备厂、深圳科用开发公司、北京恒达志机电技术发展公司等。

中型 PLC 已有机械部北京自动化所和天津自动化仪表厂联合开发的 1024 个 I/O 点的 PLC,以及大连组合机床研究所开发的 1152 个 I/O 点的 S50PLC。

中外合资的 PLC 生产厂有上海香岛斯迈克有限公司、华光电子工业有限公司,引进生产线生产的有辽宁无线电二厂,外商独资的有厦门 A-B 公司等。

§ 1-2 可编程序控制器的基本结构

PLC 主要由 CPU 模块、输入模块、输出模块和编程器组成(见图 1-1)。

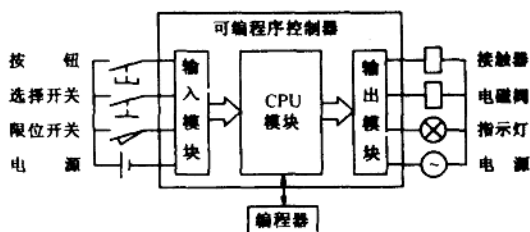


图 1-1 PLC 控制系统示意图

PLC 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。

日本三菱公司的 F 系列 PLC 的硬件方框图如图 1-2 所示。由图可见,PLC 主要由 CPU(中央处理单元)、存储器、输入/输出模块(简称 I/O 模块)、编程器和电源五大部分组成。

一、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 and 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:将输出映象寄存器的内容送给输出模块,去控制外部负载。

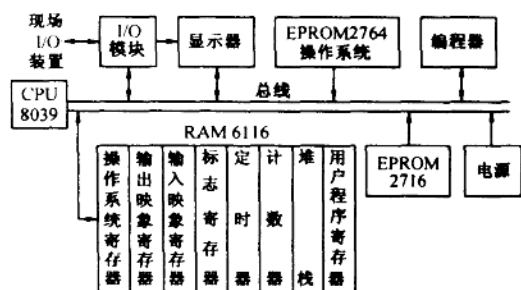


图 1-2 F 系列 PLC 硬件结构图

16 位组成)为单位,有的 PLC 将字称为步,每一步贮存一条指令。

二、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。

PLC 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,PLC 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 PLC 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 PLC 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。

三、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 PLC 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 PLC 上,将它取下来后 PLC 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 PLC 公用。

四、电源

PLC 一般使用 220V 交流电源。PLC 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 PLC 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。

PLC 的存储器分为系统程序存储器 and 用户程序存储器。系统程序相当于单板机的监控程序或个人计算机的操作系统,它使 PLC 具有基本的智能,能够完成 PLC 设计者规定的各种工作。系统程序由 PLC 生产厂家固化在 ROM 内,用户不能直接存取。PLC 的用户程序由用户设计,它决定了 PLC 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(每个字由二进制的

§ 1-3 可编程序控制器的特点与应用领域

一、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,PLC 中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 PLC 的 20 来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 PLC 的使用手册或接受短期培训,电气技术人员或电气技术工人只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 PLC 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 PLC 的硬件和编程语言,并用汇编语言设计 PLC 的系统程序,使 PLC 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,PLC 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

PLC 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 PLC 的硬件配置和设计外部接线图而已。PLC 的安装接线也很方便,PLC 一般用接线端子连接外部接线。

PLC 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 PLC 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。PLC 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。例如三菱的 F 系列 PLC 在幅度为 1000V、宽度 1 μ s 的脉冲干扰下能可靠地工作,其工作环境温度 0~55℃,不需要强迫风冷。从实际的使用情况来看,用户对 PLC 的可靠性都相当满意。

可以说 PLC 是可靠性最高的工业控制设备,例如三菱公司的 F₁ 系列 PLC 的平均无故障时间高达 30 万小时。如果使用多 CPU 冗余系统,可靠性还可以进一步提高。事实上,在 PLC 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。

PLC 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 PLC 具有高可

可靠性的主要原因之一。除此之外,PLC 还采取了一系列抗干扰、提高可靠性的措施。

PLC 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。PLC 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。PLC 还要检查用于保持存贮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等。在写入、编辑用户程序时,还要检查正在写入的用户程序的语法错误。发现问题后,PLC 自动作出相应的反应,如报警、封锁输出等。

分析表明,PLC 控制系统的大部分故障是由 PLC 外部的传感器和执行器引起的,采用最新的诊断技术,不但可以诊断出 PLC 本身的故障,还可以诊断出与 PLC 的 I/O 模块相连的传感器和执行器的故障。诊断时给每一个执行器分别发送一个电压脉冲,然后测量流过执行器的电流,对于大多数执行器,该电流应在某一范围内,如果超出这一范围,就可以判断出执行器处于开路或短路故障状态。所送的电压脉冲应足够窄,以保证执行器不会真正动作。传感器也可以用类似的方法进行检查。

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 PLC 内部。瞬时出现的干扰脉冲可能使 PLC 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,PLC 采取了很多硬件措施,以切断干扰进入 PLC 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 PLC 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,PLC 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 PLC 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 PLC 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 PLC 的 CPU 模块,使 PLC 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)使 PLC 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 PLC 的最大扫描周期。PLC 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 PLC 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 PLC 恢复正常工作。这一自恢复过程所用的时间是很短的(约为 0.1~0.2s),对系统的正常工作不会有什么影响。

干扰有可能使 PLC 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 PLC 运行时,CPU 周期性地将用户存贮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 自动作出相应的处理。

PLC 与别的设备通信时,用奇偶校验来检查传送的信息是否出错。所谓奇偶校验,就是预

先约定传送的每一字节信息中“1”的个数是奇数或是偶数,并在通信时检查接收到的信息是否合乎规定。

由于采取了以上抗干扰措施,PLC 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

PLC 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。

PLC 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。

PLC 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 PLC 上有关的发光二极管,调试好后再将 PLC 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

PLC 的故障率很低,并且有完善的诊断和显示功能。PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时,可以根据 PLC 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 PLC 的故障。

7. 体积小,能耗低

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

二、可编程序控制器与其它计算机控制装置的比较

在我国计算机应用的初期,有很多单位将单板计算机(单板机)用于工业控制。单板机价格便宜,但是开发能力弱,抗干扰能力差,功能有限,需要由用户设计制作 I/O 接口电路,现在在工业控制中已经很少使用。

个人计算机(即 IBM PC/AT、IBM PC/AT286、IBM PC/AT386、IBM PC/AT486、IBM PC/AT586 系列及其兼容机)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,一般不适用于工业现场使用。

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 STD 总线和 PC 总线工控机,后者与个人计算机兼容,有的工控机用单片机作 CPU。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 接线一般都多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。

随着高档可编程序控制器的数据处理、模拟量闭环控制功能和通信联网功能的不断增强,高档可编程序控制器和工控机将越来越难以区分。

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。

三、可编程序控制器与继电器控制系统的比较

PLC 与继电器均可用于开关量逻辑控制。PLC 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 PLC 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,PLC 的控制功能主要是用软件(即程序)实现的。

2. 功能

PLC 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均非常困难,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。PLC 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。PLC 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。PLC 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。PLC 有大量用软件实现的继电器和定时器、计数器、移位寄存器等编程元件供梯形图的设计者使用,在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(见第五章、第六章)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。

PLC 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。

PLC 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 PLC 用软件实现计数功能,为用户提供了大量的计数器。

四、PLC 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、造纸等流程的工业过程控制。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、指令及其它信息的传递,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。

五、可编程序控制器的应用领域

在发达的工业国家,PLC 已经广泛地应用在所有的工业部门,随着 PLC 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 PLC。PLC 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 PLC 最基本最广泛的应用。PLC 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 PLC 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

PLC 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 PLC 厂家生产的 PLC 几乎都有运动控制功能。PLC 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。PLC 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 PLC 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。PLC 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 PLC 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。这些数据可以与贮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,如无人控制的柔性制造系统;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

PLC 的通信包括 PLC 之间的通信、PLC 和其它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 PLC 生产厂商都推出了自己的网络系统。

并不是所有的 PLC 都具有上述全部功能,有些小型 PLC 只具有上述的部分功能,但是价格较低。

PLC 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,帘布压延机控制;在公用事业中,用于电梯控制,大楼防灾系统控制,剧场舞台灯光配光控制,新闻传播控制。

§ 1-4 可编程序控制器的发展趋势

一、发展迅速,更新换代快

近年来,PLC的结构和功能不断改进,应用范围迅速扩大,PLC生产厂家不断推出功能更强的新产品,更新换代的周期大约为3~5年。如三菱公司在小型PLC方面先后推出了F、F₁、F₂、FX₂、FX₁、FX₀、FX_{0N}、FX_{2C}等系列,它们的性能价格比越来越高。例如FX₂系列有很强的数学运算功能,有大量的供用户使用的编程元件,用户程序存储器容量为8K步,具有转移、循环、子程序调用、多层嵌套主控等许多过去大型PLC才有的功能,扫描速度高达0.75μs/步,超过了许多大型PLC。

二、向高性能、高速度、大容量发展

大型PLC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PLC使用了世界上第一个在一块芯片上实现PLC全部功能的32位微处理器,即顺序控制专用芯片Mitsubishi Sequence processor(MSP),其扫描时间缩短为每条基本指令0.15μs。西门子公司最近推出的TI555PLC采用多微处理器,每条基本指令的处理时间仅为0.068μs,由于编程器和通信处理不占CPU的时间,使系统的扫描周期进一步缩短。

西门子公司SIMATIC S5 155U系列PLC有4只CPU,同时执行不同的任务,用户存储器有2M字节的RAM/EPROM,并可以增用20M字节的硬盘,存储容量可以扩至100M字节,可以处理8192个开关量I/O和384个模拟量I/O,最多可以扩至10万个I/O点。该机可以使用西门子的多种PLC通信网络,如SINECH1(10Mbit/s的符合IEEE802.3标准的以太网)和SINECL1。该机还可以将C语言加入到西门子的STEP 5编程语言中。

松下公司的FP10SH系列PLC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0.04μs/步,高级功能指令的执行速度也有很大的提高。

在PLC发展的初期,它只能完成开关量逻辑控制。随着PLC技术的发展,出现了模拟量I/O模块和专门用于模拟量闭环控制的智能PID模块。某些PLC的过程控制还具有模糊控制、自适应、参数自整定功能,使调试时间减少,控制精度提高。使用个人计算机的操作员接口与PLC网络相结合,使系统具有屏幕显示、数据处理与文字处理、函数运算、浮点数运算、矩阵运算、多段斜坡曲线生成、批处理、故障搜索与自诊断、可调扫描时间、线性插补、数据采集、记录打印等功能。

在提高可靠性方面,A-B公司、MODICON公司推出了具有冗余(热备用)功能的PLC,