

普通高等教育“十一五”规划教材

数控机床PLC编程

陈贤国 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

TG659
52

普通高等教育“十一五”规划教材

数控机床 PLC 编程

陈贤国 编著

国防工业出版社

地址：北京市海淀区中关村大街8号
电话：(010) 88414433
网址：http://www.dgfw.com.cn

内 容 简 介

本书根据国家发展先进制造业,培养机电一体化专门人才的要求而编写的。本书以内置于FANUC数控系统和SINUMERIK 810D/840D数控系统的可编程控制器为对象,系统地阐述了其工作原理、指令系统及编程。全书共7章,内容包括可编程控制器的一般结构及其基本工作原理,FANUC PMC系列和SIMATIC S7系列性能规格及构成,编程软件,指令系统,编程,PMC顺序程序示例,PLC程序示例。

本书可作为普通高等学校和高职高专院校相关专业教材,还可作为数控行业技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床 PLC 编程/陈贤国编著. —北京:国防工业出版社,2010.1

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-118-06595-4

I. ①数... II. ①陈... III. ①可编程序控制器—应用—数控机床—高等学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 204244 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 24½ 字数 568 千字

2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 39.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

序 言

中国工程院院士

周勤之

上海机床厂有限公司董事长

许尔立

机床工业是我国装备制造业的重要基础,其产品技术及其自动化或智能化程度能直接或间接地体现出国内工业的现代化水平。当今,数字技术的迅猛发展不仅为机床产业的技术进步提供了条件,同时也为现代制造技术和数控技术发展以进一步满足市场需求提出了更高的要求。因此,注重机床数控系统及其相关控制技术的创新与研发,对从根本上改变我国数控机床产品技术水平相对落后的现状具有极其重要的意义。

可编程控制器(PLC)作为先进数控控制系统中的一个重要分支,近年来在工业自动化控制领域中的应用越来越广泛,尤其在控制能力、组机周期和硬件成本等方面所表现出来的综合优势,是其他工业控制系统所难以比拟的。随着 PLC 技术的不断发展,它在位置控制、过程控制和数据处理等方面的运用越来越多。可编程控制器在数控机床上的应用目前也已进入了一个新的阶段。它可以通过信号接口接受数控系统的指令来完成对机床复杂加工的过程控制,简便了机床的操作程序,从而达到提高精度和质量的目的。

上海第三机床厂副总工程师陈贤国是一位长期从事数控机床研究的技术专家。尤其是在机床电气自动化技术方面具有深厚的理论基础与实践经验,曾为本企业乃至上海机床行业的产品技术进步作出过许多重要贡献。这次,他所编写出版的《数控机床 PLC 编程》教材,可谓是 PLC 在数控机床上实际运用及经验的汇总或集成。它作为一本培养机电一体化人才和数控机床控制编程专业操作人员的实用教材,既具有教学上的理论深度,又能对实际控制操作起到指导作用,应该说,本书是迄今为止第一本较为系统和完善并可用于高等院校 PLC 教学的专业教科书。它不仅丰富了有关高校 PLC 编程的专业教材,更为我国数控机床的技术与制造创新,并进一步缩短或赶超国际先进水平奠定了一定的基础。从这个意义上来说,陈贤国花了巨大的精力所编就的这部教材,也体现了他为培养现代化数控机床专业人才不惜呕心沥血的无私奉献精神,以及振兴我国先进装备制造业的高度责任感。对此,我们向他表示由衷的敬意。

当今,世界数控机床新技术发展的特征越来越鲜明,它们集中在高速高效、高精度、高可靠性、复合化、多轴化、智能化和网络化等方面。譬如,在高精度上,超精密加工已经成为世界工业强国的发展方向,其精度已经从微米级到亚微米级,现在到了纳米级,并且应用范围日趋广泛。同样,作为数控机床发展趋势的编程自动化,也已经在数控加工中开始运用。这些新技术

及其发展趋势,其实已为国内数控机床的发展摆开了一个挑战的舞台。如何应对这一挑战,并争取赶上,这是每一个数控机床专业技术人员以及行业全体干部职工所面临的现实课题,也是肩负的神圣使命。

世界先进技术并非高不可攀,要能够正视困难和差距,从基础性科研和专业教学抓起,深化产学研合作,广泛积聚人才,致力于技术创新,并不断推出适应市场发展要求的高新技术产品。可以深信,在不久的将来,我国的机床制造业一定会步入一条高速发展的康庄大道,并跻身世界先进之林。

王德军

中国数控机床工业协会

王德军

中国数控机床工业协会

面对当前我国数控机床行业面临的挑战,我们必须清醒地认识到,我国数控机床行业在技术水平、产品质量、售后服务等方面与国外先进水平相比,还存在较大的差距。这种差距的存在,不仅影响了我国数控机床行业的竞争力,也制约了我国制造业的整体水平。因此,我们必须采取有效措施,加大技术创新力度,提高产品质量,完善售后服务,以缩小与国外先进水平的差距。

在技术创新方面,我们要加大研发投入,加强与高校、科研院所的合作,攻克一批关键技术。在产品质量方面,我们要严格执行国家标准,加强质量管理体系建设,提高产品的一致性和可靠性。在售后服务方面,我们要建立健全售后服务网络,提高服务效率,增强客户满意度。通过这些措施的实施,我们相信,我国数控机床行业一定能够迎头赶上,实现高质量发展。

同时,我们也要看到,我国数控机床行业在取得成绩的同时,也面临着一些困难和问题。例如,行业集中度不高,企业规模偏小,创新能力不足等。针对这些问题,我们要采取有效措施,加大行业整合力度,提高行业集中度。同时,我们也要鼓励企业加大研发投入,提高自主创新能力,推动行业整体水平的提升。只有这样,我国数控机床行业才能在激烈的国际竞争中站稳脚跟,实现可持续发展。

总之,我国数控机床行业面临着巨大的挑战,但只要我们坚定信心,迎难而上,就一定能够化挑战为机遇,实现行业的跨越式发展。我们要以更加饱满的热情和更加务实的作风,为推动我国数控机床行业的高质量发展而努力奋斗。

前言

随着微电子技术和计算机技术的飞速发展,在工业领域以单机自动控制到生产线的自动化乃至整个工厂的自动化,从柔性制造系统到工业机器人,可编程控制器无处不在。它是“先进国家三大支柱”之首的工业自动化理想控制装置,已被广泛应用于现代工业自动化各个领域,起着越来越重要的作用。

数控机床集计算机技术、自动控制技术、自动检测技术和精密制造技术与一体,是各种精密机械部件、数控系统、伺服系统、可编程控制器等其他系统的集合,是一种典型的机电一体化精密加工设备。

本书主要以内置于日本 FANUC 数控系统和 SINUMERIK 810D/840D 数控系统的可编程控制器为对象,阐述其结构、指令、编程方法和数控系统接口信号。书中包含大量的可应用于数控机床的程序示例,以培养学生养成逻辑分析能力的习惯,提高学生的学习兴趣。程序设计的过程可以千变万化,但程序设计的结果应该是唯一的。本书强调 PLC 程序的清晰性和易读性。

本书可作为高等院校 PLC 编程教学的专业教科书,适用于大专院校机电一体化专业和自动化专业学习的学生,使他们在了解和学习 PLC 技术的同时能更快、更好地了解 and 掌握数控技术,能真正地熟悉并掌握数控机床 PMC/PLC 程序的编写方法和技巧。

在本书的编写过程中,我要特别感谢周勤之院士(中国工程院)和许郁生先生(上海电气机床集团党委书记)为该书所写的序言;特别感谢在我长期工作中给予我支持和鼓励的领导周哲伟(上海电气重工集团党委书记)、袁建平(上海电气机床集团执行副总裁)和侯佩勇(上海第三机床厂厂长)等,使我有机会在企业这个工作大舞台上得到实践和锻炼;非常感谢上海师范大学信息与机电工程学院、林军老师、西门子(中国)有限公司 DT MC(SCB7 层)的张敬毅、西门子工业自动化与驱动技术集团北京培训中心的于涛老师、北京发那科机电有限公司的侯长合在本书编写过程中所给予我的支持、帮助和指导。

由于编写时间较仓促,加之本人的技术水平和编写水平有限,书中难免会有错误之处,恳请广大师生读者提出宝贵的意见。

作者

目 录

第 1 章 可编程控制器的一般结构及基本工作原理	1
1.1 可编程控制器的产生、特点、应用及其发展	1
1.1.1 可编程控制器的产生	1
1.1.2 可编程控制器的特点	2
1.1.3 可编程控制器的应用领域	4
1.1.4 可编程控制器国内外现状及发展趋势	5
1.2 可编程控制器的一般结构及基本工作原理	7
1.2.1 可编程序控制器的一般结构	7
1.2.2 可编程控制器的基本工作原理	9
1.3 可编程控制器的基本技术性能指标	11
1.4 可编程控制器在数控机床上的应用	12
1.5 可编程控制器的应用设计	13
1.5.1 程序设计方法	13
1.5.2 程序设计步骤	14
1.5.3 程序设计技巧	15
1.5.4 程序设计注意事项	15
思考题与习题	16
第 2 章 FANUC PMC 和 SIMATIC S7 系列性能规格及构成	17
2.1 概述	17
2.1.1 数控系统	17
2.1.2 伺服系统	18
2.1.3 可编程控制器	18
2.2 PMC 系列的性能规格和构成	19
2.2.1 PMC 顺序程序处理	20
2.2.2 PMC 指令分类	22
2.3 S7 系列的性能规格和构成	23
2.3.1 可编程控制器组成	26
2.3.2 内置 PLC 组成	26
2.3.3 内置 PLC 程序处理	27
2.3.4 PLC 指令分类	28

思考题与习题	34
第3章 编程软件	35
3.1 FAPT LADDER-Ⅲ编程软件	35
3.1.1 安装/卸载 FAPT LADDER-Ⅲ	36
3.1.2 FAPT LADDER-Ⅲ应用	38
3.2 STEP 7 编程软件	46
3.2.1 安装/卸载 STEP 7	48
3.2.2 STEP 7 应用	53
思考题与习题	59
第4章 指令系统	60
4.1 PMC 指令	60
4.1.1 功能指令的功能分类	60
4.1.2 功能指令的功能描述	63
4.2 PLC 指令	91
4.2.1 指令的功能分类	91
4.2.2 指令的功能描述	99
思考题与习题	206
第五章 编程	207
5.1 PMC 编程	207
5.1.1 编程方式	208
5.1.2 编程语言	209
5.1.3 地址	210
5.1.4 数据类型	221
5.1.5 指令应用	222
5.2 PLC 编程	236
5.2.1 编程方式	237
5.2.2 编程语言	239
5.2.3 地址	241
5.2.4 数据类型	248
5.2.5 PLC 指令应用	250
思考题与习题	260
第6章 PMC 顺序程序示例	261
6.1 基本顺序程序	262
6.1.1 急停处理	262
6.1.2 调用子程序	264

6.2	子程序	264
6.2.1	操作方式(SUB1)	264
6.2.2	系统功能(SUB2)	268
6.2.3	进给速度/主轴转速修调(SUB3)	276
6.2.4	进给轴控制(SUB4)	281
6.2.5	手轮控制(SUB5)	285
6.2.6	主轴控制(SUB6)	286
6.2.7	辅助电机控制(SUB7)	293
6.2.8	寻找刀具(SUB10)	294
6.2.9	刀具交换(SUB11)	305
6.2.10	M/T 命令完成(SUB12)	309
6.2.11	用户报警信息(SUB20)	310
6.2.12	M 代码的译码(SUB30)	312
	思考题与习题	313
第 7 章	PLC 程序示例	314
7.1	主程序(OB1)	316
7.2	子程序	319
7.2.1	机床启动/停止(FC100)	319
7.2.2	返回参考点(FC101)	324
7.2.3	主轴转速换挡(FC111)	326
7.2.4	转台控制(FC113)	332
7.2.5	用户报警信息(FC120)	334
	思考题与习题	335
附录 A	接口信号表(FANUC 0i 系列)	336
附录 B	接口信号表(SINUMERIK 810D/840D)	354
附录 C	PLC 基本程序块分配(SINUMERIK 810D/840D)	381
	参考文献	383

第1章 可编程控制器的一般结构及基本工作原理

1.1 可编程控制器的产生、特点、应用及其发展

1.1.1 可编程控制器的产生

在可编程控制器问世前，传统的继电器控制在工业控制领域占主导地位。传统的继电器控制系统是按预先设定好的时间或条件采用固定的硬件接线逻辑方式并行工作。一旦生产工艺过程发生变化，想要改变控制的顺序就难以适应，必须重新设计控制线路来改变控制系统的硬件接线逻辑。因此，传统的继电器控制系统设计周期长、成本高、体积大、耗电量多、响应速度慢，而且可靠性、通用性、灵活性和适应性都较差，不利于产品的更新换代。

20 世纪 60 年代，计算机技术开始应用于工业控制领域。随着小型计算机的出现和大规模生产以及多机群控的发展，人们曾试图用小型计算机来实现工业控制，代替传统的继电器硬件连线控制。但是由于采用小型计算机实现工业控制价格昂贵、编程技术复杂、编程难度大，且输入输出电路不相匹配，抗干扰能力难以适应恶劣工业环境等原因而未能在工业控制领域得到推广和应用。

20 世纪 60 年代末期，美国汽车制造业竞争激烈。1968 年，美国最大的汽车制造商——通用汽车公司(GM)为了适应生产工艺不断更新的需要，首先公开招标对控制系统提出了具体要求，以寻找开发一种比继电器控制更可靠、功能更齐全、响应速度更快；将继电器控制的硬线逻辑转变为计算机的软逻辑编程，将计算机的编程方法和程序输入方式加以简化，较计算机编程更简单易学，使不熟悉计算机的人们也能方便操作使用的面向控制过程、面向用户的“指令”编程；将继电器控制的简单易懂、使用方便、价格低廉的优点与计算机的系统功能完善性、灵活性、通用性强的优点系统结合起来的新型工业控制器。

从用户角度提出开发新一代控制器的主要内容包括：

- (1) 编程方便，易在现场修改程序；
- (2) 维修方便，采用插件式结构；
- (3) 可靠性高，具有较强的抗干扰能力；
- (4) 通用性强，易于功能扩充；
- (5) 适应性强，输入输出可为市电，输出触点容量要求 2A 以上，可直接驱动接触器；
- (6) 存储方便，数据可直接送入管理计算机，用户存储器大于 4KB；
- (7) 性价比高，完全可与继电器控制竞争。

1969 年，美国数字设备公司(DEC)根据上述要求研制出世界首台可编程控制器 PDP-14，并在美国通用汽车公司的生产线上首次试用，取得了满意的效果，成功实现了产品生产的自动控制，可编程控制器自此诞生。

1971 年,日本从美国引进了该项新技术,很快就研制出了日本首台可编程控制器。1973 年—1974 年,联邦德国和法国也相继研制出了本国的首台可编程控制器。我国从 1974 年开始研制,1977 年开始应用于工业生产。各国的相继引入,使可编程控制器应用得到了迅速发展。

鉴于当时可编程控制器虽然采用了计算机的设计思想,但还仅仅只能进行逻辑运算,故将其称为可编程逻辑控制器,简称 PLC (Programmable Logic Controller)。

20 世纪 70 年代后期,随着微电子技术和计算机技术的迅速发展,微电子技术被应用于可编程逻辑控制器中,使其具有了更多的计算机功能,不仅能用软逻辑编程取代继电器控制的硬线逻辑,还增加了运算、逻辑判断处理和数据传送等功能,真正做到了小型化和超小型化,成为了一种新型的电子计算机工业控制装置。1980 年,美国电气制造商协会 (National Electrical Manufacturers Association, NEMA) 给可编程控制器作了如下的定义:“可编程控制器是一个数字式的电子装置,它使用了可编程序的记忆以存储指令,用来执行诸如逻辑、顺序、计时、计数和演算等功能,并通过数字或模拟的输入和输出,以控制各种机械或生产过程。一部数字电子计算机若是用来执行 PLC 之功能者,亦被视同为 PLC,但不包括鼓式或机械式顺序控制器”。NEMA 给了可编程序控制器一个新的名称 Programmable Controller,简称“PC”。但是 PC 容易与个人计算机 (Personal Computer) 混淆,因此,为了避免造成名词术语混乱,人们仍习惯地用 PLC 表示可编程序控制器的缩写。由此可知,可编程序控制器已并非意味着仅仅只具有逻辑运算功能了。

1982 年,国际电工委员会 (IEC) 专门为可编程控制器下了严格定义。曾于 1982 年 11 月颁发了可编程控制器标准草案第一稿,1985 年 1 月又颁发了第二稿,1987 年 2 月颁发了第三稿。草案中对可编程控制器的定义是:“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。它采用了可编程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术操作等面向用户的指令,并通过数字式或模拟式的输入/输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外围设备,都按易于工业系统联成一个整体,易于扩充其功能的原则设计”。此定义强调了可编程控制器是“数字运算操作的电子系统”,即它也是一种计算机。它是“专为在工业环境下应用而设计”的计算机。这种工业计算机采用“面向用户的指令”,因此编程方便。它能完成逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术操作,还具有“数字量或模拟量的输入/输出控制”的能力,并且非常容易与“工业控制系统联成一体”,易于“扩充”。定义还强调了可编程控制器直接应用于工业环境,它必须具有很强的抗干扰能力、广泛的适应能力和应用范围。这也是区别于一般计算机控制系统的一个重要特征。应该强调的是,可编程控制器与以往所讲的鼓式、机械式的顺序控制器在“可编程”方面有本质的区别。由于可编程控制器引入了微处理器及半导体存储器等新一代电子器件,并按规定的指令进行程序编制,能灵活地对其修改,即用软件方式来实现“可编程”的目的。

日本电气控制学会也曾对可编程控制器定义:“可编程控制器是将逻辑运算、顺序控制、时序和计数以及数值运算等控制程序,用一串指令的形式存放到存储器中,然后根据存储的控制内容,经过模拟、数字等输入输出部件,对生产设备和生产过程进行控制的装置”。

由于可编程控制器一直在不断发展,到目前为止还未能对其下最后的定义。

1.1.2 可编程控制器的特点

可编程控制器采用一种可编程的存储逻辑,将控制过程以程序方式存放在存储器内部,执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与数值运算等面向用户的指令,并通过数字或模拟式输入/输出来控制。存储逻辑的优点是具有较大的灵活性和可扩展性。通过修改存储器中的程序指令

即可对控制逻辑作必要的修改,就能改变生产工艺的控制过程,而修改程序要比修改硬件连线逻辑容易得多,使硬件真正软件化。可编程序控制器的优点在于“可”字。从软件上讲,它的程序可编,也不难编。从硬件上讲,它的配置可变且也易变。可编程控制器主要特点如下:

1. 编程方便、简单易学

可编程控制器的最大特点之一就是大多数采用了易学易懂的梯形图编程语言,它是以计算机软件技术构成了人们惯用的继电器控制电路图为基础的形象编程语言。梯形图符号和定义与传统的继电器控制电路图非常类似。可编程控制器内部没有实际的继电器、时间继电器、计数器,但是它们通过程序(软件)与系统内存而实实在在地存在着,其数量之多是继电器控制系统难以想象的。它们内部的入出点可无限次地使用,且不是靠物理过程,而是通过软逻辑来传递入出相关信息的一个过程。信息有其自身的规律,它便于处理、传递、存储、移植及再使用。在学习了解了可编程控制器的工作原理和特点后就可以较快地掌握编程技术,在熟悉其编程指令后就能应用于实际控制过程中。今天,计算机知识和应用已经非常普及,可编程控制技术和传统的电气控制技术之间已不会再存在专业上的“鸿沟”。

2. 功能丰富

可编程控制器具有非常丰富的功能:

- (1) 丰富处理信息的指令可进行复杂的逻辑处理和进行各种数据类型的处理与运算;
- (2) 可扩展的输入输出模块及数量可观的内部继电器、计数器、定时器等可进行大规模入出信息变换的控制;
- (3) 具有较强的监控和自检功能,可以时时显示异常状态和自身的故障诊断;
- (4) 丰富的外部设备可建立友好的人机界面,以进行信息交换;
- (5) 具有的通信接口可为工业系统自动化、智能化及其远程控制、诊断创造条件。

3. 操作方便

1) 硬件配置方便

可编程控制器硬件是由各专门制造商按一定的标准和规格生产的,因此,可以做到产品的系列化和模块化,配备有品种齐全的各种硬件模块,可供用户根据实际需要灵活配置和扩展选用。

2) 硬件安装方便

模块式结构的可编程控制器各个模块体积都较小,硬件安装简单,组装容易,相互连接非常方便;内部也不需要接线和焊接,只需要编写用户控制程序;可以通过修改用户程序,方便、快速地适应生产工艺条件的变化。

3) 使用方便

程序中的地址可以无数次的使用而不受限制,因此设计人员在设计硬件电路控制时,除必要的硬件控制和互锁外,只需要考虑输入输出点的个数,这给前期的设计工作带来了极大的方便。在设计编制用户控制程序时,由于可编程序控制器具有非常丰富的处理信息的指令系统、存储信息的内部器件资源丰富、共享和内部继电器接点可无数次使用而不受限制等便利,给后期的用户控制程序编制工作又带来了极大的方便。

4) 改用方便

模块式结构的可编程控制器可以重复利用,一旦控制的设备不再使用,而它的一些功能模块仍可以作为备件或通过改编用户程序用于其他的控制设备,重复使用率高。

5) 维护方便

可编程控制器具有较强的监控和自检功能,能时时监控、显示异常状态;用户可以在线监

控可编程控制器执行程序的过程,检查输入输出信号状态;通过通信接口,可以进行远程网络诊断,给现场维护、故障诊断提供了较强的检测手段,减轻了设备维护的工作强度,提高了设备的使用效率。

4. 运行稳定可靠

可编程控制器是专门为工业控制而设计的。在设计和制造过程中,可编程控制器制造商从硬件和软件方面特别考虑了它在恶劣的工业环境使用条件下的适应性和抗干扰等多层次相应措施,以确保其运行工作的稳定性、信息入出的可靠性和较高的实时性及较强的抗干扰能力。

在硬件方面,采用了光电隔离,这是抗干扰的主要措施之一。可编程控制器的输入输出电路一般通过光电耦合器来传递信号、建立联系,使外部电路与内部 CPU 之间无直接的电路联系,有效地抑制了外部干扰源对它的影响。同时,还可以防止外部高电压窜入 CPU 模块。滤波是抗干扰的另一主要措施,在其电源电路和输入输出模块中,设置了多种滤波电路,对高频干扰信号有良好的抑制作用,可确保控制程序的运行不受外界的干扰。可编程控制器是以集成电路为基本元器件的电子设备,元器件多为无触点的,内部处理不依赖于接点,也为其可靠工作运行提供了物质基础。

在软件方面,设置了故障检测与监控诊断程序。可编程控制器的工作方式为扫描加中断,既可保证它能有序正常地运行工作,避免出现“死循环”,而且又能处理急于处理的信息,保证了在应急情况下的及时响应,使其能更可靠地运行。通常,可编程控制器整机的平均无故障率可达 2 万 h~5 万 h,甚至更高。

5. 设计施工周期短

可编程控制器丰富的、可以共享的内部资源取代了传统继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等部件,使电气控制柜的设计和安装接线工作量大为减少。如果使用可编程序控制器,在产品硬件控制系统设计完成后用户控制程序通常可以先在实验室进行模拟调试,然后再到生产现场进行整机联动的统调,可以使产品调试周期大大缩短。由于控制逻辑程序的可复制性,可以大大缩短设计施工周期和降低时间成本,尤其对批量的控制设备和生产线,具有更明显的经济效益和社会效益。

1.1.3 可编程控制器的应用领域

如今,在科技发达的工业国家,可编程控制器已经广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机电一体化、汽车、轻纺、交通运输、环保及文化娱乐等各行各业。随着可编程控制器制造技术、控制技术的不断发展和进步,性能价格比的不断提高,已日益成为工业控制中一个重要的理想控制工具。它的应用大致可归纳为以下几个方面:

1. 开关量的逻辑控制

可编程控制器取代了传统的继电器控制系统,对开关量实现逻辑控制,这是可编程控制器在各领域中最基本、最广泛的控制应用,如机床电气控制,数控机床、铸造机械、运输带输送、包装机械的控制,注塑机的控制,化工系统中各种泵和电磁阀的控制,冶金企业的高炉上料系统、轧机、连铸机、飞剪的控制,电镀生产线、啤酒灌装生产线、汽车配装线、电视机和收音机的生产线控制等。

2. 位置控制

可编程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与执行机构,现在一般使用专用的位置运动控制模块。目前,世界上各主要可编程控制

器制造商生产的可编程控制器几乎都具有位置控制功能。可编程控制器的位置控制功能可以广泛地应用于各种金属切削机床、金属成型机械、机器人和电梯等。

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。可编程控制器通过模拟量 I/O 模块实现模拟量与数字量之间的 A/D、D/A 转换,并对模拟量进行闭环比例、积分、微分 (Proportional、Integrating、Differentiation) 控制,即 PID 控制,可用 PID 子程序来实现,也可使用专用的 PID 模块。可编程控制器的模拟量控制功能已经广泛应用于塑料挤压成型机、加热炉、热处理炉、锅炉等设备,还广泛应用于轻工、化工、机械、冶金、电力和建材等行业。

4. 数据采集处理

现代的可编程控制器具有数学运算、数据传送、格式转换、位操作、排序和查表等功能,完成数据的采集、分析和处理。这些数据可以与存储在存储器中的参考值比较,也可以通过数据通信接口传送到其他智能装置。数据处理一般可以用于大、中型控制系统,如柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System, FMS)、过程控制系统等。

5. 机器人控制

机器人作为工业过程自动生产线中的重要设备,已成为未来工业生产自动化的三大支柱之一。目前,许多机器人制造公司选用可编程控制器作为机器人的智能控制器来控制完成各种机械动作。随着可编程控制器体积的进一步缩小、智能化功能的进一步增强,它在机器人控制中的应用必将会越来越普遍。

6. 通信连网

可编程控制器具有通信连网的功能,依靠先进的工业网络技术与上位计算机和其他智能设备之间通信可以通过双绞线、同轴电缆或光缆将其连成网络,迅速有效地收集、传送生产和管理数据,以实现信息的交换,构成“分散集中控制”的分布式控制系统。目前,可编程控制器之间通信还未能实现互操作性,可编程控制器之间的通信网络还是各制造厂家专用的。可编程控制器与计算机之间的通信多数可以通过它们都具有的 RS-232 接口和一些内置有支持各自通信协议的接口进行。一些可编程控制器生产商正采用工业标准总线向标准通信协议靠拢。

1.1.4 可编程控制器国内外现状及发展趋势

可编程控制器自问世以来发展极为迅速。1971 年,日本开始生产可编程控制器。1973 年,欧洲开始生产可编程控制器。20 世纪 70 年代末和 80 年代初,可编程控制器已成为世界先进工业国家工业控制领域占主导地位的基础自动化设备,它的应用几乎覆盖了所有的工业领域。可编程控制器自身所具有的模块化结构、智能化功能、较高性价比以及开发容易、操作方便、性能稳定和运行可靠等特点使其在工业生产控制过程中占有越来越重要的地位。随着集成电路的发展和网络时代的到来,可编程控制器的应用前景越来越广泛,必将成为当今世界先进控制技术之一,并受到业界的青睐。到目前为止,世界各国的一些著名电气公司几乎都在生产可编程控制器。作为工业自动化的三大支柱 (可编程控制器技术、机器人和计算机辅助设计与制造) 之一的可编程控制器技术,将会处于当代电气控制装置主导地位。

可编程控制器从诞生到现在大致经历了 4 次换代:

1. 第一代

1969 年—1973 年是可编程控制器的初创时期。在这个时期,可编程控制器从有触点不可编

程的硬接线顺序控制器发展成为小型机的无触点可编程逻辑控制器, 可靠性比以往的继电器控制系统有较大提高, 灵活性也有所增强。其主要功能仅限于逻辑运算、计时、计数和顺序控制等, 1 位微处理器由中小规模集成电路组成, 存储器为磁芯存储器。

2. 第二代

1974 年—1977 年是可编程控制器的发展中期。在这个时期, 由于 8 位单片 CPU 和集成存储器芯片的出现, 可编程控制器得到了迅速发展和完善, 普遍应用于工业生产过程控制。除了原有第一代功能外, 可编程控制器又增加了数值运算、数据的传递和比较、模拟量的处理以及自诊断等功能, 可靠性进一步得到提高, 产品逐步趋向实用性, 实现了系列化。

3. 第三代

1978 年—1983 年, 可编程控制器进入了成熟阶段。在这个时期, 微型计算机行业已出现了高性能 16 位微处理器及位片式微处理器, MCS251 系列单片机也由 Intel (英特尔) 公司推出, 使可编程控制器也开始朝着大规模、高速度和高性能方向发展。可编程控制器在产量上每年以 30 % 的递增量迅速增长; 在结构上, 除了采用微处理器及 EPROM、EEPROM、CMOS RAM 等 LSI (Large Scale Integration) 电路外, 还向多微处理器发展, 使其处理速度大大提高; 在功能上又增加了浮点运算、平方、三角函数、脉宽调制变换等多种功能; 在通信上初步形成了分布式可编程控制器的网络系统, 具有了连网通信功能和远程 I/O 处理能力; 在编程语言上逐步规范化、标准化。此外, 自诊断功能及容错技术发展迅速, 使可编程控制器系统的可靠性得到了进一步提高。

4. 第四代

1984 年以后, 可编程控制器的规模更大, 存储器的容量又提高了 1 个数量级(最高可达 896KB), 有些可编程控制器已采用了 32 位微处理器及高性能位片式微处理器。多台可编程控制器可与大系统一起连成整体的分布式控制系统, 在编程软件方面, 有的已可以与通用计算机系统兼容。除了传统的梯形图、语句表外, 编程语言还有用于机床控制的数控语言等。在人机接口方面, 采用了更为直观的 LCD (液晶显示器), 使用户的编程和操作更加方便、灵活。从硬件上发展了具有自带微处理器智能功能的 PLC 输入/输出模块, 加快发展生产高集成度的输入/输出模块, 以节省空间、降低系统的生产成本。另一方面, 可扩展输入输出的点数进一步增大, 以适应控制范围的增大和在系统中使用 A/D 或 D/A 通信及其他特殊功能模块的需要。

随着近年来数字电子技术的飞速发展, 可编程控制器的 CPU 芯片集成度越来越高、新型大容量存储器不断更新换代, 使其运算速度、运算精度以数量级提高, 工作速度越来越快, 产品功能越来越强, 操作使用越来越方便。特别是远程通信功能可以实现可编程控制器之间和可编程控制器与管理计算机之间的通信网络, 形成多层分布控制系统或整个工厂的自动化网络, 适应了加工对象变换 (柔性) 的自动化机械制造系统 (FMS), 为工业自动化提供了有力的工具, 加速了机电一体化的进程。国外一些著名的大公司推出的各种紧凑型 and 微型的可编程控制器新品, 不仅体积小, 而且功能大有提高, 将原来的大中型可编程控制器才具有的功能如模拟量处理、数据通信等移植到小型可编程控制器上, 使其价格不断下降, 真正成为了继电器的替代物。大中型可编程控制器更是向高运算速度、高运算精度、大容量、智能化和网络化等方面发展, 以适应不同控制系统的要求。新一代的可编程控制器真正具有了名副其实的逻辑运算、运动控制、数据处理、通信连网、智能化等功能。

近十几年来, 我国的可编程控制器研制、生产、应用也迅速发展, 特别是应用方面, 在引进一些成套设备的同时, 也配套引进了不少可编程控制器。例如, 上海宝钢第一期工程和第二

期工程、秦川电站、北京吉普车生产线、西安的彩色和冰箱生产线等都采用了可编程控制器进行控制。

但是，我国生产和制造的可编程控制器工艺技术还有待提高，与主要的可编程控制器厂商如日本和美国等发达国家相比还有差距。在引进、吸收和消化国外可编程控制器技术的同时，还必须通过集成创新，加快发展我国可编程控制器产品的步伐，努力使我国的工业自动化程度提高到一个新水平。

随着集成电路的发展和网络时代的到来，今天的可编程控制器逐步形成一门较为独立的新兴技术和具有特色的工业控制系列产品，逐步发展成为解决自动化控制最有效、便捷的控制手段和途径，可编程控制器应用领域必将会越来越广阔。

1.2 可编程控制器的一般结构及基本工作原理

1.2.1 可编程序控制器的一般结构

可编程序控制器是基于计算机技术、自动控制技术和通信技术发展而来的，是一种以微处理器为核心的用于工程自动控制的新型工业自动控制装置，其本质是一台工业控制专用计算机，既不同于普通的计算机，又不同于一般的计算机控制系统。作为一种特殊形式的专用计算机控制装置，它在系统结构、硬件组成、软件结构以及 I/O 通道、用户界面诸多方面都有其特殊性。

虽然各种可编程控制器内部结构和功能的组成不尽相同，但是主体结构形式还是基本相同的。其硬件主要由 CPU (中央处理器)、内存储器、I/O 单元、电源和其他可选部件包括编程器、外存储器、通信接口、扩展接口等组成。在其内部或与外部组件之间的信息交换，均在一个总线系统支持下进行的，如图 1-1 所示。

1. CPU(中央处理器)

CPU 是可编程控制器的硬件核心，它的性能决定了可编程控制器的工作速度、控制规模等重要特性。CPU 主要由运算器、控制器和寄存器等组成。运算器负责用于对数据进行数值运算和逻辑运算，即数据的加工处理；控制器负责用于对程序规定的控制信息进行分析、控制并协调输入/输出操作或内存访问；寄存器用于临时存储指令、地址、数据和运算的中间结果，CPU 和内存储器等构成了可编程控制器的主机。CPU 通过地址总线、数据总线和控制总线与存储单元、接口和输入输出单元相连接，诊断和监控可编程控制器的硬件状态；CPU 按系统程序赋予的功能接受用户程序和数据，读取、解释并执行用户程序；CPU 按扫描方式工作，从存储器地址所存放的第一条用户程序开始，在无中断或跳转控制的情况下，按存储号地址递增的顺序逐条扫描用户程序直到程序结束，然后再从头开始周而复始的地周期性扫描。每扫描完一次，用户程序就被执行一次，按时序接收输入状态，更新输出状态，与外部设备交换信息。CPU 实现了对整个可编程控制器的控制和管理，起到了大脑中枢神经的作用。

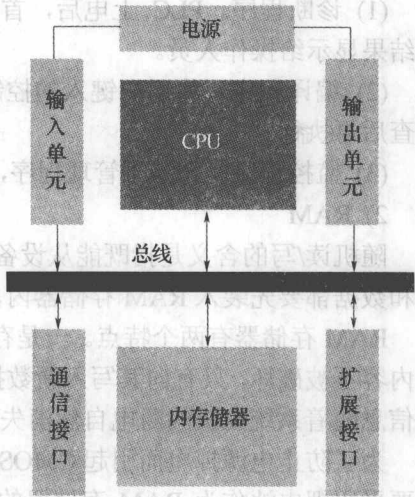


图 1-1 PLC 基本单元

衡量 CPU 性能主要有如下五个方面:

- (1) 输入输出点的扩展能力;
- (2) 指令的执行速度;
- (3) 工作内存容量;
- (4) 通信能力;
- (5) CPU 上所集成的能力。

2. 内存储器

内存储器是由半导体器件构成具有记忆功能的一种存储器,一般容量不是很大,但存取速度较快。内存储器的形式有 CMOS RAM、EPROM 和 EEPROM 等。按存储功能分,内存储器通常可以分为只读存储器(Read Only Memory, ROM)和随机读/写存储器(Random Access Memory, RAM)两类。它直接与 CPU 相联系的存储设备,是可编程控制器不可缺少的组成单元。

1) ROM

ROM 是指用户只能从设备中读取数据,而不能往里写数据的存储器。它的特点就是系统断电后存储器中的内容依然存在。ROM 主要负责存放可编程控制器的系统程序,而系统程序则由可编程控制器制造商事先在研制系统时用相应 CPU 指令系统编好的程序并固化到 ROM 中,当然,还包括固化一些固定参数。因此,用户是不能随意修改存储器中的内容。系统程序主要控制和完成可编程控制器各种功能,主要包括以下几方面:

(1) 诊断程序。PLC 上电后,首先由程序检查可编程控制器各部件操作是否正常,并将检查结果显示给操作人员。

(2) 编译程序。将用户键入的控制程序语言编译成机器语言,并可以对用户程序进行语法检查后再执行。

(3) 监控程序。相当于管理程序,可以根据用户需要调用相应的内部程序进行在线监控。

2) RAM

随机读/写的含义是指既能从设备中读取数据,也可以向该设备写入数据。一切要执行的程序和数据都要先装入 RAM 存储器内,工作时 CPU 可以直接从 RAM 中读取数据。

RAM 存储器有两个特点。一是存储器中的数据可以反复使用。从 RAM 存储器读出数据时其内容不被破坏,只有向其写入新数据时 RAM 存储器中的内容才被刷新。二是 RAM 存储器中的信息随着系统主机的断电自然消失, RAM 存储器是主机处理数据的临时存储区。

为了防止电源掉电而引起 CMOS RAM 存储器中的数据丢失,以确保控制系统的可靠运行,主要采用锂电池作为 RAM 存储器的后备电源的一种预防保护措施,保证掉电时不会丢失用户程序和部分工作数据等信息。RAM 存储器中一般存放以下内容:

(1) 用户程序。由用户根据控制对象生产工艺要求而编制的应用程序。为了便于调试、修改、扩充和完善,用户程序一般存储在用户内存中。

(2) 逻辑变量。在可编程控制器运行过程中经常变化、经常存取的一些工作数据。这些工作数据状态都是由用户程序初始设置和运行情况而定存放于 RAM 中。

3. 电源

可编程控制器的电源单元主要包括系统的电源和备用电池。系统电源由交流输入电源转换成供可编程控制器中主要电子电路(CPU、内存储器等)工作所需要的直流电源。电源的工作稳定性直接影响到可编程控制器的性能,关系到其可靠性。因此,一般交流输入端都设计了一种尖峰脉冲的吸收电路,以提高抗干扰能力,保证可编程控制器能正常工作。备用电池通常选