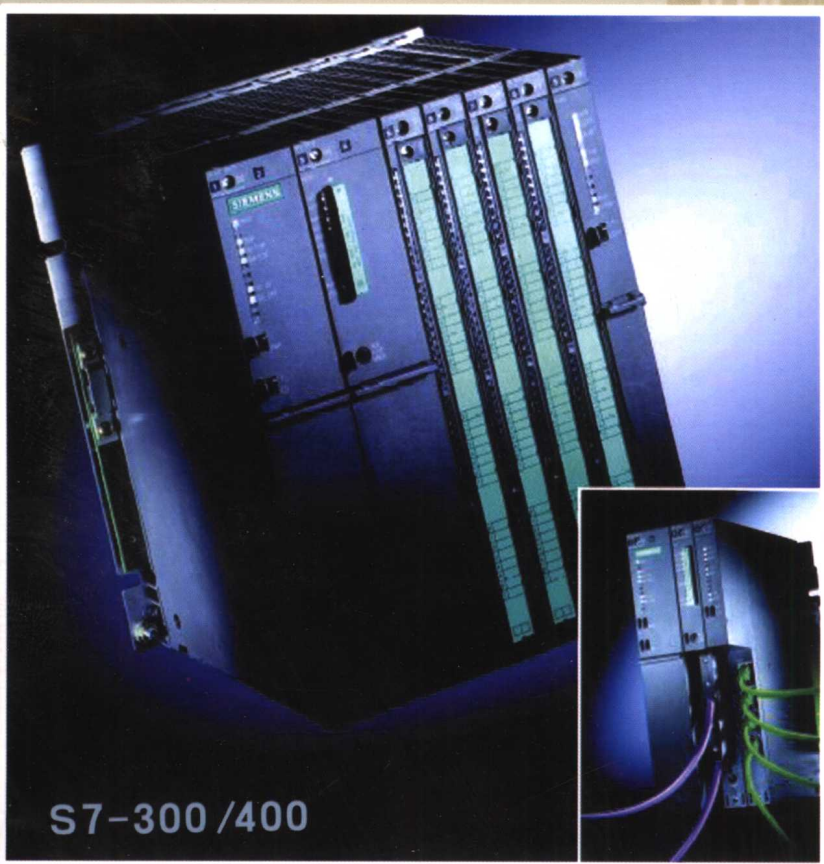


■ 高等学校适用教材

可编程控制器原理 及应用

李希胜 孙昌国 舒雄鹰 主编



PLC



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

高等学校适用教材

可编程控制器原理及应用

李希胜 孙昌国 舒雄鹰 主编

中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及应用/李希胜等主编. —北京:中国计量出版社, 2006. 4

高等学校适用教材

ISBN 7-5026-1939-9

I. 可… II. 李… III. 可编程控制器—高等学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 037329 号

内 容 提 要

本书从工程应用和教学的需要出发,以西门子 S7-300/400 大中型可编程控制器为背景机型,重点介绍了可编程控制器的工作原理、系统硬件、指令系统、编程软件、设计方法等内容。另外还简要介绍了可编程控制器的网络通信知识,并给出了 MPI、PROFIBUS-DP 网络组态实例。

本书语言简练、通俗易懂,内容由浅入深,注重理论和实践应用相结合。本书的写作原则是尽可能帮助读者系统了解可编程控制器的功能、原理。通过学会一种机型,达到举一反三的作用。同时选择在大中型控制系统获得广泛应用的 S7-300/400 可编程控制器作为背景机型,使读者迅速跟踪工业控制领域的潮流。

本书可作为高等学校工业自动化、电气工程及其自动化、测控技术与仪器等有关专业的教材,也可供有关工程技术人员阅读参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话(010)64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787 mm×1092 mm 16 开本 印张 12.5 字数 300 千字

2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷

*

印数 1—3 000 定价:24.00 元

前 言

可编程控制器(PLC)是一种新型的具有极高可靠性的通用工业自动化控制装置。它以微处理器为核心,有机地将计算机技术、自动控制技术及通信技术融为一体,具有控制能力强、可靠性高、配置灵活、编程简单、使用方便、易于扩展等优点。PLC 广泛应用于包括逻辑运算、数值运算、过程控制、网络通信等功能的控制领域,是当今及今后工业控制的主要手段和重要的自动化控制设备。

近年来,德国西门子(SIEMENS)公司的 SIMATIC-S7 系列 PLC,在我国已广泛应用于各行各业的生产过程的自动控制中。特别是西门子公司 S7-300/400 在大中型控制系统中应用最广,市场占有率最高。S7-300/400 及其编程软件 STEP 7 和通信网络的功能强大,程序结构复杂,其用户手册和编程手册繁多,有数十本之多,而相应的中文资料却很少。这就要求用户具有较高的计算机应用能力和英语水平,使初学者感觉到入门非常困难,不利于充分挖掘西门子公司 S7-300/400 大中型可编程控制器的功能。因此,相关专业的高等院校的师生和工程技术人员迫切需要一本浅显易懂的关于 S7-300/400 系列可编程控制器的书籍。正是考虑到这一现状,我们编写了这本以 S7-300/400 系列可编程控制器为背景机型的书籍。

为了保证内容的准确性和新颖性,本书编写时以英文资料为准,参考了西门子公司提供的和在西门子网站下载的大量的最新资料。书中介绍的各种组态、编程和监控操作都经过编程软件的检验。

本书第 1 章介绍了 PLC 的概况,包括:PLC 的产生、定义、分类、应用、功能、性能指标、发展趋势等内容。PLC 源于替代继电器-接触器控制,并且在电气控制领域有广泛的应用。因此,学习 PLC 技术,很有必要了解传统的电气控制技术。本书在第 2 章介绍了这一部分内容。本书第 3 章介绍了 PLC 的结构及工作原理。本书第 4 章至第 7 章以德国西门子公司 S7-300/400 大、中型 PLC 为目标机型对 PLC 的硬件结构、编程语言、指令系统、编程软件、用户程序结构等内容进行了介绍。在以上内容的基础上,第 8 章介绍了 PLC 控制系统设计的任务、要求及在设计过程中应注意一些问题,并以实例介绍了 PLC 在工程中的应用。通信是当今自动控制系统设计和应用的重点和难点。本书最后两章介绍了 S7-300/400 可编程控制器的通信网络。第 9 章介绍了 PLC 的网络通信技术,着重介绍了 PROFIBUS-DP 总线技术。第 10 章简要介绍了位于工厂自动化网络的最底层的 AS-I(执行器-传感器-接口)总线。

本书语言简练、通俗易懂,内容由浅入深,注重理论和实践应用相结合。本书的写作原则是尽可能读者系统了解可编程控制器的功能、原理。通过学会一种机型,达到举一反三的作用。同时选择在大、中型控制系统获得广泛应用的 S7-300/400 可编程控制器作为背景机型,使读者迅速跟踪工业控制领域的潮流。

本书可作为高等学校工业自动化、电气工程及其自动化、测控技术与仪器等有关专业的教

材,也可供有关工程技术人员阅读参考。

本书由李希胜、孙昌国、舒雄鹰共同主编,李希胜负责统稿,赵家贵负责主审,并对本书提出了许多宝贵的建议和意见,在此表示真挚的感谢!

在本书的编写过程中,还参阅了大量可编程控制器应用方面的中文文献。在此,谨对参考文献的作者,表示衷心的感谢!

由于编者的水平有限,编写时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

主 编 者

2006 年 3 月于北京

目 录

第 1 章 可编程控制器概述	(1)
1.1 可编程控制器的产生、定义、分类及应用	(1)
1.2 可编程控制器的编程语言	(6)
1.3 可编程控制器的性能指标	(10)
1.4 可编程控制器的发展趋势	(11)
第 2 章 电气控制系统基础	(13)
2.1 常用低压电器元件	(13)
2.2 典型的电气控制线路	(21)
2.3 电气控制系统的设计	(32)
第 3 章 可编程控制器的结构和工作原理	(35)
3.1 可编程控制器的硬件组成和各部分作用	(35)
3.2 可编程控制器的工作原理	(41)
第 4 章 S7 - 300/400 系列可编程控制器的硬件组成	(47)
4.1 S7 - 300 系列可编程控制器的硬件组成	(47)
4.2 S7 - 400 系列可编程控制器的硬件组成	(57)
第 5 章 S7 - 300/400 的编程语言与指令系统	(66)
5.1 STEP 7 中的编程语言	(66)
5.2 STEP 7 中的数据类型	(68)
5.3 S7 - 300/400 CPU 的存储区分配	(71)
5.4 S7 - 300/400 CPU 中的寄存器	(74)
5.5 指令格式与寻址方式	(76)
5.6 位逻辑运算指令	(79)
5.7 定时器与计数器指令	(83)
5.8 数据处理指令	(89)
5.9 数学运算指令	(94)
5.10 程序流控制指令	(99)
5.11 其他指令	(106)

第 6 章 STEP 7 编程软件使用方法	(110)
6.1 STEP 7 编程软件简介	(110)
6.2 硬件组态与参数设置	(111)
6.3 符号表与逻辑块	(117)
6.4 程序下载与上载	(119)
6.5 程序调试	(120)
6.6 参考数据	(122)
第 7 章 S7-300/400 可编程控制器的用户程序结构	(126)
7.1 用户程序的基本结构	(126)
7.2 组织块与中断处理	(128)
7.3 功能块与功能	(133)
7.4 数据块	(135)
第 8 章 基于可编程控制器的控制系统设计及应用	(138)
8.1 PLC 控制系统设计原则和步骤	(138)
8.2 PLC 控制系统应用程序设计	(140)
8.3 可编程控制器应用系统的可靠性措施	(150)
8.4 PLC 应用举例	(152)
第 9 章 现场总线 PROFIBUS-DP 技术及应用	(165)
9.1 数据通信的基本知识	(165)
9.2 计算机通信的国际标准	(167)
9.3 PROFIBUS 基础	(169)
9.4 SIMATIC S7 系统中的 PROFIBUS-DP	(171)
9.5 用 STEP7 进行网络组态	(175)
9.6 系统功能 SFC 在 PROFIBUS-DP 通信中的应用	(184)
第 10 章 AS-I 总线	(187)
10.1 概述	(187)
10.2 AS-I 系统组成	(189)
10.3 AS-I 主站	(191)
参考文献	(193)

第1章 可编程控制器概述

可编程控制器(Programmable Controller,缩写为PC,通常称为PLC以区别于个人微型计算机 Personal Computer 即PC),是在继电器控制的基础上,综合了计算机技术、半导体技术、自动控制技术、数字技术和通信网络技术发展起来的一种以微处理器为核心的通用工业自动控制装置。在使用中面向控制过程、面向用户的编程语言,并专为工业环境应用而设计,其具有操作方便、可靠性高、抗干扰能力强等特点。PLC已经成为现代工业的三大支柱(PLC 机器人和 CAD/CAM)之一。同时,PLC 装置还已成为自动化系统的基本装置。

1.1 可编程控制器的产生、定义、分类及应用

1.1.1 PLC 的产生

可编程控制器的产生和发展源于工业生产的实际需要。

在可编程控制器产生以前,电气控制系统以各种继电器为主要元件。一个复杂的控制系统可能由成百上千只各种继电器组成,这些继电器需要安装在控制柜内,并且要根据控制任务的要求(控制逻辑)用成千上万根导线将它们连接起来。不过继电器控制系统有着十分明显的缺点,如:体积大、耗电多、可靠性差、寿命短、运行速度慢、适应性差。系统的维护工作量大,有时会因某个继电器的损坏甚至触点接触不良导致整个系统不能正常运行等。该系统出现故障后,检查和排除故障需全靠现场电气技术人员长期积累的技能和经验。尤其是在生产工艺有所变化时,就必须重新设计、重新安装,造成时间和资金的严重浪费。因此,人们迫切需要一种新型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、维修更容易、更能适应经常变化的生产工艺要求。

1968年,美国最大的汽车制造商——通用汽车公司(GM)为适应汽车型号不断更新的市场需求,及适应汽车生产工艺不断更新的需要,将汽车的生产方式由大批量、少品种转变为小批量、多品种,以求在激烈竞争的汽车工业中占有优势。要解决因汽车不断改型而重新设计汽车装配线上各种继电器的控制线路问题,需要一种比继电器更可靠,响应速度更快、功能更强大的通用工业控制器。GM公司拟定了在PLC发展史上具有里程碑意义的著名的10条技术指标公开招标,要求控制设备制造商为其装配线提供一种新型的通用工业控制器。这10条技术要求的内容为:

- ① 编程简单方便,可在现场修改程序;
- ② 硬件维护方便,最好是插件式结构;
- ③ 可靠性要明显高于继电器控制系统;
- ④ 体积要明显小于继电器控制柜;
- ⑤ 价格便宜,其性能价格比要高于继电器控制系统;

- ⑥ 输入可以是 AC 115 V;
- ⑦ 输出为 AC 115 V, 2 A 以上, 能直接驱动电磁阀;
- ⑧ 具有数据通信功能;
- ⑨ 扩展时, 原有系统只需做很小改动;
- ⑩ 用户程序存储器容量至少可以扩展到 4 kB。

根据招标要求, 1969 年, 美国数字设备公司(DEC)研制出世界上第一台可编程控制器, 型号为 PDP-14, 并在 GM 公司自动装配生产线上试用成功, 从而开创了工业控制的新时期。从此, 可编程控制器这一新的控制装置及其应用技术迅速地发展起来。当时人们把它称为可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, 简称 PLC)。

可编程控制器这一新技术的出现, 受到工程技术界的极大关注, 纷纷投入力量研制。1969 年美国的哥德公司(GOULD)继数字设备公司之后第一个把 PLC 商品化。1971 年, 日本从美国引进了这项新技术, 研制出日本第一台 PLC。1973~1974 年, 德国和法国也都相继研制出自己的可编程控制器, 德国西门子公司(SIEMENS)于 1973 年研制出欧洲第一台 PLC。我国从 1974 年开始研制, 1977 年开始在工业生产中应用。

PLC 的发展与计算机技术、半导体技术、控制技术、数字技术和通信网络技术等高新技术的发展息息相关, 这些高新技术的发展大大推进了 PLC 的发展, 而 PLC 的发展又对这些高新技术提出了更高、更新的要求, 促进了这些技术的发展。这些高新技术和 PLC 之间这种相互促进发展进程还会继续下去。目前为止, 可以将 PLC 的发展分为四个阶段。如表 1-1 所示。

表 1-1 PLC 发展的四个阶段

阶段	时期	主要特点		
		硬件	软件	应用
初创期	1969~1972 年	CPU 采用中、小规模集成电路, 只是逻辑控制器	采用汇编语言等初级语言编程, 只具备逻辑、计时、计数和顺序控制功能	大型设备或自动化生产线
成熟期	1973~1978 年	CPU 采用微处理器, 除完善原有逻辑、计时、计数功能外, 还具有数值(字)运算、数据处理和传送、模拟量接口等硬件功能	开发出面向用户的梯形图编程方法	进入实用化阶段
大发展期	1978~1984 年	CPU 采用 8 位、16 位微处理器, 运算速度提高, 接口功能增强	编程方法进一步完善, 形成 PLC 的特有编程方法	广泛应用于各个工业领域
继续发展期	1985 年至今	CPU 采用 32 位乃至专用高速微处理器, 接口更加丰富, 网络功能大大增强	编程语言除传统的梯形图、流程图、语句表外, 还能采用高级语言及数控语言编程, 面向对象编程功能日趋完善	成为与工业控制计算机(IPC)、集散控制系统(DCS)相并列的重要控制装置, 广泛应用于各种自动化系统

可编程控制器从产生到现在, 尽管只有 40 余年的时间, 已经发展成为一种具有编程简单、可靠性强、使用方便、维护容易、价格适中等优点的独立控制装置, 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。

1.1.2 PLC 的定义

1980年,美国电气制造商协会(National Electronic Manufacture Association 简称 NEMA)将可编程控制器正式命名为 Programmable controller,简称为 PLC 或 PC。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、数字或模拟的输入/输出接口,以运算为主,能完成逻辑、顺序、定时、计数和算术运算等功能,并用于控制机器或生产过程的自动控制装置。”

国际电工委员会(International Electro-technical Commission 简称 IEC)于 1982 年 11 月颁发了可编程控制器标准草案第一稿,后来又分别于 1985 年 1 月、1987 年 2 月颁发了草案第二稿、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、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字式或模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外围设备,都应按便于与工业系统联成一个整体,便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,它还具有“数字量或模拟量的输入和输出控制”的能力,并且非常容易与“工业控制系统联成一体”,便于“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。这也是区别于一般微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”方面有质的区别。由于 PLC 引入了微处理器及半导体存储器等新一代电子器件,并用规定的指令进行编程,能灵活地修改,即用软件方式来实现“可编程”的目的。虽然可编程控制器的简称为 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,在本书中,我们仍称可编程控制器为 PLC。

1.1.3 PLC 的分类

可编程控制器具有多种分类方式,了解这些分类方式有助于 PLC 的选型及应用。

1.1.3.1 根据控制规模分类

PLC 的控制规模是以所配置的输入/输出点数来衡量的。PLC 的输入/输出点数表明了 PLC 可从外部接收多少个输入信号和向外部发出多少个输出信号,实际上也就是 PLC 的输入、输出端子数。根据 I/O 点数的多少可将 PLC 分为小型机、中型机和大型机。一般来说,点数多的 PLC,功能也相应较强。

(1) 小型机

I/O 点数(总数)在 256 点以下的,称为小型机,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 (如欧

姆龙的 C 系列,三菱的 F1 系列,西门子的 S7-200 系列等),也增加了过去中型机才具有的一些算术运算和模拟量处理等功能,能适应更广泛的需要,但执行指令的速度相对较慢。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。

(2) 中型机 I/O 点数在 256~1024 点之间的,称为中型机。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,执行指令的速度较快。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)控制等功能模块。中型机的功能逐渐接近大型机。

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及连续生产过程控制场合。

(3) 大型机 I/O 点数在 1024 点以上的,称为大型机。大型 PLC 的功能更加完善,具有数据运算、模拟调节、联网通信、监视记录、打印等功能。

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。有些大型机还具有双机热备份功能,使系统的可靠性得到完全保证。

1.1.3.2 根据结构形式分类

从结构上看,PLC 可分为整体式、模块式及分布式 3 种形式。

(1) 整体式

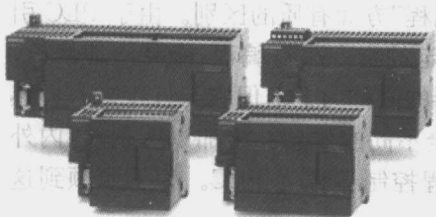


图 1-1 S7-200 的结构外观图

一般小型机多为整体式结构,PLC 的电源,CPU,I/O 部件都集中安装在一个机壳中,有的甚至全部装在一块印刷电路板上。图 1-1 所示的 SIEMENS 公司的 S7-200 型 PLC 即为整体式结构。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,比较适合于机械生产的单机控制。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) 模块式

图 1-2 所示的 SIEMENS 公司的 S7-300 型 PLC 即为模块式结构。将 PLC 各部分分成若干单独的模块,如电源模块、CPU 模块、输入/输出模块、功能模块及通信模块等。这种 PLC 一般设有机架底板(也有的 PLC 模块间为串联,没有底板),在底板上有若干插座,使用时,各种模板直接插入机架底板即可。这种结构的 PLC 配置灵活,装备方便,维修简单,便于扩展,可根据控制要求灵活配置所需模块,构成各种控制系统。一般大、中型 PLC 均采用这种结构。模板式 PLC 的缺点是结构较复杂,各种插件多,因而增加了造价。

(3) 分布式

所谓分布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,通过通信网络实现连接。

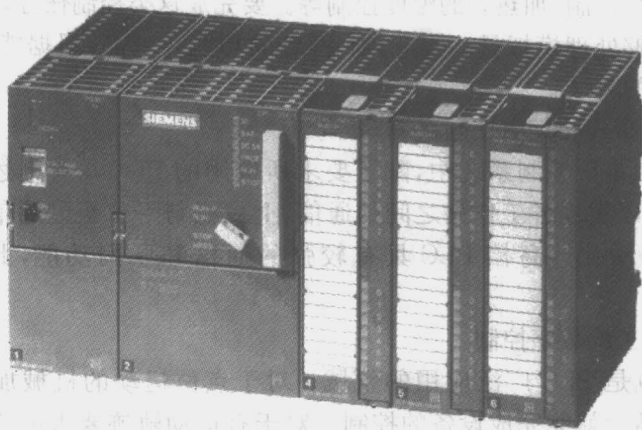


图 1-2 S7-300 的结构外观图

以上 3 种形式的可编程控制器的外观结构示意图如图 1-3 所示。

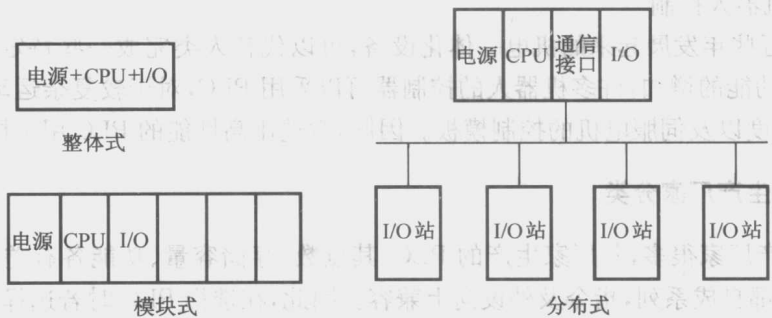


图 1-3 可编程控制器结构外观示意图

1.1.3.3 根据用途分类

(1) 用于顺序逻辑控制

早期的 PLC 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控制任务。因此,顺序逻辑控制是 PLC 的最基本的控制功能,也是 PLC 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,或者自动化生产线的多机控制等,这些都是顺序逻辑控制。顺序逻辑控制不要求 PLC 有太复杂的功能,只要有足够数量的 I/O 回路即可,可选用低档的 PLC。

(2) 用于闭环过程控制

对于闭环控制系统,除了要用开关量 I/O 点实现顺序逻辑控制外,还要有模拟量的 I/O 回路,以采集温度、压力、流量等过程参数并输出控制量,实现 PID 控制功能,形成闭环过程控制系统。中型的 PLC 由于具有较强的数值运算和处理模拟量信号的功能。因此,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,可实现比较复杂的闭环控制系统。比较典型的应用例如连轧机组的

速度和位置控制、锅炉控制、加热炉的温度控制等。要完成这类控制任务,不仅要求 PLC 能够处理数字量,还要能够处理模拟量。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 PLC。

(3) 用于多级分布式和集散控制系统

在多级分布式和集散控制系统中,除了要求所选用的 PLC 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,最终形成通信网络,实现全工厂的自动化。高档 PLC 具有较强的通信和联网功能,此类应用可选用高档 PLC。

(4) 用于机械加工的数控控制

机械加工行业也是 PLC 广泛应用的领域。对于点位运动的机械加工设备,采用 PLC 与运动驱动装置的结合就能完成设备的控制。对于有运动轨迹要求的机械加工设备,则需要和轨迹控制装置结合,在这类应用中,除了要有足够的开关量 I/O,模拟量 I/O 外,还要有一些特殊功能的模板,如速度控制、位置控制、步进电机控制、伺服电机控制、单轴控制、多轴控制等特殊功能模板,以适应特殊工作需要。完成这些任务需要功能较强的 PLC。

(5) 用于机器人控制

机器人是近些年发展起来的机电一体化设备,可以代替人类完成一些特定的工作。随着 PLC 的性能和功能的增加,许多机器人的控制器可以采用 PLC,对于较复杂运动的机器人,需要增加位置、速度以及伺服电机的控制模板。因此,常选用高性能的 PLC 用于机器人控制。

1.1.3.4 根据生产厂家分类

PLC 的生产厂家很多,各厂家生产的 PLC,其点数、存储容量、功能各有差异。但每个厂家生产的 PLC 都自成系列,指令及外设向上兼容。因此,在选择 PLC 时若选择同一系列的产品,则可以使系统构成容易、操作人员使用方便,备品备件的通用性及兼容性好。比较有代表性的有:日本欧姆龙(OMRON)公司的 C 系列,三菱(MITSUBISHI)公司的 F 系列,东芝(TOSHIBA)公司的 EX 系列,美国通用电气(GE)公司的 GE 系列,美国 A-B 公司的 PLC-5 系列,德国西门子(SIEMENS)公司的 S7 系列等。

1.2 可编程控制器的编程语言

1.2.1 可编程控制器的软件

可编程控制器是微型计算机技术在工业控制领域的重要应用,而计算机离不开软件。可编程控制器的软件也可分为系统软件和应用软件。

1.2.1.1 系统软件

所谓可编程控制器的系统软件就是 PLC 的系统监控程序,也可称之为可编程控制器的操作系统。它是每台可编程控制器都必须包括的部分,是由 PLC 的制造厂家编制的,用于控制可编程控制器本身的运行,一般来说,系统软件对用户是不透明的。

系统监控程序通常可分为 3 个部分。

(1) 系统管理程序

系统管理程序是监控程序中最重要的一部分,它要完成如下任务。

① 负责系统的运行管理,控制可编程控制器的输入、输出、数值运算、自检、通信等操作,进行时间上的分配管理。

② 负责存储空间的管理,即生成用户环境,由它规定各种参数、程序的存放地址,将用户使用的数据参数存储地址转化为实际的数据格式,以及物理存放地址。它将有限的资源变为用户可直接使用的很方便的编程元件。例如,它将有限个数的 CTC 扩展为几十个、上百个用户时钟(定时器)和计数器。通过这部分程序,用户看到的就不是实际机器存储地址和 PIO, CTC 的地址,而是按照用户数据结构排列的元件空间和程序存储空间。

③ 负责系统自检,包括系统出错检验、用户程序语法检验、句法检验、警戒时钟运行等。有了系统管理程序,整个可编程控制器就能在其管理控制下,有条不紊地进行各种工作。

(2) 用户指令解释程序

在可编程控制器中采用梯形图语言编程,再通过用户指令解释程序,将梯形图语言逐条地翻译成 CPU 可执行的机器语言。

(3) 标准程序模块和系统调用

这部分是由许多独立的程序块组成的,各自能完成不同的功能,如输入、输出、运算或特殊运算等。可编程控制器的各种具体工作都是由这部分程序完成的,这部分程序的多少,决定了可编程控制器性能的强弱。

整个系统监控程序是一个整体,它质量的好坏,很大程度还决定了可编程控制器的性能。如果能够改进系统的监控程序,就可以在不增加任何硬设备的情况下,大大改善可编程控制器的性能。

1.2.1.2 应用软件

可编程控制器的应用软件是指用户根据自己的控制要求编写的用户程序。由于可编程控制器的应用场合是工业现场,它的主要用户是电气技术人员,所以其编程语言,与通用的计算机相比,具有明显的特点,它既不同于高级语言,又不同于汇编语言,它要满足易于编写和易于调试的要求,还要考虑现场电气技术人员的接受水平和应用习惯。因此,可编程控制器通常使用梯形图语言,又叫继电器语言,更有人称之为电工语言。另外,为满足各种不同形式的编程需要,根据不同的编程器和支持软件,还可以采用语句表、逻辑功能图、顺序功能图、流程图及高级语言进行编程。

1.2.2 PLC 的编程语言

1.2.2.1 梯形图

梯形图是一种图形编程语言,是面向控制过程的一种“自然语言”,它沿用继电器的触点(触点在梯形图中又常称为接点)、线圈、串并联等术语和图形符号,同时也增加了一些继电器—接触器控制系统中没有的特殊功能符号。梯形图语言比较形象、直观,对于熟悉继电器控制线路的电气技术人员来说,很容易被接受,且不需要学习专门的计算机知识,因此在 PLC 应用中,是使用的最基本、最普遍的编程语言。但这种编程方式只能用图形编程器直接编程。

PLC 的梯形图虽然是从继电器控制线路图发展而来的,但与其又有一些本质的区别。

① PLC 梯形图中的某些编程元件沿用了继电器这一名称,例如:输入继电器、输出继电器、中间继电器等。但是,这些继电器并不是真实的物理继电器,而是“软继电器”。这些继电器中的每一个,都与 PLC 用户程序存储器中的数据存储区中的元件映像寄存器的一个具体存储单元相对应。如果某个存储单元为“1”状态,则表示与这个存储单元相对应的那个继电器的“线圈得电”。反之,如果某个存储单元为“0”状态,则表示与这个存储单元相对应的那个继电器的“线圈断电”。这样,我们就能根据数据存储区中某个存储单元的状态是“1”还是“0”,判断与之对应的那个继电器的线圈是否“得电”。

② PLC 梯形图中仍然保留了常开(动合)触点和常闭(动断)触点的名称,这些触点的接通或断开,取决于其线圈是否得电(对于熟悉继电器控制线路的电气技术人员来说,这是最基本的概念)。在梯形图中,当程序扫描到某个继电器触点时,就去检查其线圈是否“得电”,即去检查与之对应的那个存储单元的状态是“1”还是“0”。如果该触点是常开触点,就取它的原状态;如果该触点是常闭触点,就取它的反状态。例如:如果对应输出继电器 Q0.0 的存储单元中的状态是“1”(表示线圈得电),当程序扫描到 Q0.0 的常开触点时,就取它的原状态“1”(表示常开触点接通),当程序扫描到 Q0.0 的常闭触点时,就取它的反状态“0”(表示常闭触点断开)。反之亦然。

③ PLC 梯形图中的各种继电器触点的串并联连接,实质上是将对应这些基本单元的状态依次取出来,进行“逻辑与”、“逻辑或”等逻辑运算。而计算机对进行这些逻辑运算的次数是没有限制的,因此可在编制程序时无限次使用各种继电器的触点,且可根据需要采用常开(动合)或常闭(动断)的形式。

但需要注意的是,在梯形图程序中同一个型号继电器的线圈一般只能使用一次。

④ 在继电器控制线路图中,左、右两侧的母线为电源线,在电源线中间的各个支路上都加有电压,当某个或某些支路满足接通条件时,就会有电流流过触点和线圈。而在 PLC 梯形图,左侧(或两侧)的垂线为逻辑母线,每一个支路均从逻辑母线开始,到线圈或其他输出功能结束。在梯形图中,其逻辑母线上不加什么电源,元件和连线之间也并不存在电流,但它确实在传递信息。为形象化起见,我们说,在梯形图中是有信息流或假想电流在流通,即在梯形图中流过的电流不是物理电流,而是“能流”,是用户程序表达方式中满足输出执行条件的形象表达方式,“能流”只能从左向右流动。

⑤ 在继电器控制线路图中,各个并联电路是同时加电压,并行工作的,由于实际元件动作的机械惯性,可能会发生触点竞争现象。在梯形图中,各个编程元件的动作顺序是按扫描顺序依次执行的,或者说是按串行的方式工作的,在执行梯形图程序时,是自上而下,从左到右,串行扫描,不会发生触点竞争现象。

⑥ PLC 梯形图中的输出线圈只对应存储器中的输出映像区的相应位,不能用该编程元件(如中间继电器的线圈、定时器、计数器等)直接驱动现场机构,必须通过指定的输出继电器,经 I/O 接口上对应的输出单元(或输出端子)才能驱动现场执行机构。

1.2.2.2 语句表

类似于计算机的汇编语言,采用助记符来表达 PLC 的各种功能。这种编程语言可使用简易编程器编程。通常每条指令由地址、操作码(指令)和操作数(数据或器件编号)3 部分组成。编程设备简单,逻辑紧凑、系统化,连接范围不受限制,能够实现一些不能用梯形图及逻辑功能

图等其他编程语言表示的功能,但比较抽象,一般与梯形图语言配合使用,互为补充。目前,大多数 PLC 都有指令语句编程功能。而且可以在线进行梯形图语言程序到语句表语言程序的转换。

1.2.2.3 逻辑功能图

这是一种由逻辑功能符号组成的功能块图来表达命令的图形语言,这种编程语言基本上沿用了半导体逻辑电路的逻辑方块图。对每一种功能都使用一个运算方块,其运算功能由方块内的符号确定。常用“与”、“或”、“非”等逻辑功能表达控制逻辑。和功能方块有关的输入画在方块的左边,输出画在方块的右边。采用这种编程语言,不仅能简单明确地表现逻辑功能,还能通过对各种功能块的组合,实现加法、乘法、比较等高级功能,所以,它也是一种功能较强的图形编程语言。对于熟悉逻辑电路和具有逻辑代数基础的人来说,是非常方便的。

图 1-4 为实现三相异步电动机起停控制的 3 种编程语言的表达方式。

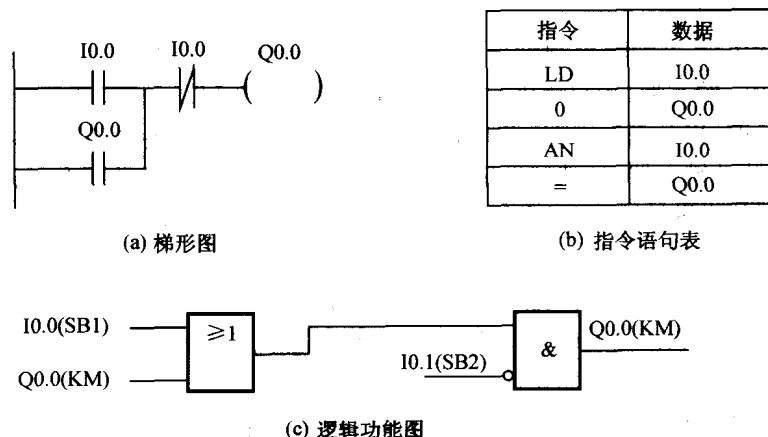


图 1-4 3 种编程语言举例

1.2.2.4 顺序功能图(SFC)

顺序功能图编程方式采用画工艺流程图的方法编程,只要在每一个工艺方框的输入和输出端,标上特定的符号即可。对于在工厂中搞工艺设计的人来说,用这种方法编程,不需要很多的电气知识,非常方便。

不少 PLC 的新产品采用了顺序功能图,有的公司已生产出系列的,可供不同的 PLC 使用的 SFC 编程器,原来十几页的梯形图程序, SFC 只用一页就可完成,比如西门子的 S7 系列 PLC。另外,由于这种编程语言最适合从事工艺设计的工程技术人员。因此,它是一种效果显著、深受欢迎、前途光明的编程语言。

1.2.2.5 高级语言

在一些大型 PLC 中,为了完成一些较为复杂的控制,采用功能很强的微处理器和大容量存储器,将逻辑控制、模拟控制、数值计算与通信功能结合在一起,配备 BASIC, Pascal, C 等计算机语言,从而可像使用通用计算机那样进行结构化编程,使 PLC 具有更强的功能。

目前,各种类型的 PLC 基本上都同时具备两种以上的编程语言。其中,以同时使用梯形图和语句表的占大多数。不同厂家、不同型号的 PLC,其梯形图及语句表都有些差异,使用符号及功能不尽相同。因此,不同厂家、不同系列的可编程控制器通常是互不兼容的,但编程的方法和原理是一致的。

1.3 可编程控制器的性能指标

性能指标是用户评价和选购机型的依据。目前,国内市场上销售的和在企业中使用的可编程控制器,绝大多数是国外生产的产品。各种机型种类繁多,各个厂家在说明其性能指标时,技术项目也不尽相同。如何评价一台可编程控制器的档次高低,规模大小,适用场所,没有统一的标准。但是当用户在进行 PLC 的选型时,可以参照生产厂商提供的技术指标,从以下几个方面综合考虑。

(1) CPU 技术指标

CPU 技术指标是可编程控制器各项性能指标中最重要的性能指标,在这部分技术指标中,应反映出 CPU 的类型、用户程序存储器容量、可连接的 I/O 点数(开关量多少点,模拟量多少路)、指令长度、指令条数、扫描速度(ms/千字)。有的 PLC 还给出了其内部的各个通道配置,如内部的辅助继电器,特殊辅助继电器,暂存器,保持继电器,数据存储器,定时器/计数器及高速计数器的配置情况,以及存储器的后备电池寿命、自诊断功能等。

(2) I/O 模板技术指标

对于开关量输入模板,要反映出输入点数/块、电源类型、工作电压等级,以及 COM 端、输入电路等情况。有的 PLC 还给出了其他有关参数:如输入模板供应的电源情况,输入电阻,以及动作延时情况。

对于开关量输出模板,要反映出输出点数/块、电源类型、工作电压等级,以及 COM 端、输出的电路情况。一般可编程控制器的输出形式有 3 种:继电器输出、晶体管输出、双向晶闸管输出,要根据不同的负载性质选择 PLC 机输出电路的形式。有的 PLC 还给出了其他有关参数,如工作电流、带载能力、动作延迟时间等。

对于模拟量 I/O 模板,要反映出它的输入/输出路数、信号范围、分辨率、精度、转换时间、外部输入或输出阻抗、输出码、端子连接、信号隔离方式、电源等情况。

(3) 编程器及编程软件

反映这部分性能指标有编程器的型式(简易编程器、图形编程器或通用计算机)、运行环境(即计算机的操作系统如 Windows 2000, Windows XP 等)、编程软件等。

(4) 通信功能

随着 PLC 控制功能的不断增强和控制规模的不断扩大,使得通信和联网的能力成为衡量现代 PLC 的重要指标。反映这部分指标主要有通信接口、通信模块、通信协议及通信指令等。PLC 的通信可分为两类:一类是通过专用的通信设备和通信协议,在同一生产厂家的各个 PLC 之间进行的通信,另一类是通过通用的通信接口和通信协议,在 PLC 与上位机或其他智能设备之间进行的通信。

(5) 扩展性

PLC 的可扩展性是指 PLC 的主机配置扩展模块的能力,它体现在两个方面,一个是 I/O