

S7-200 PLC

基础及应用

王东署 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

013050659

TM571.6

173

S7-200 PLC

基础及应用

王东署 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

TM571.6/173

823020310

内 容 提 要

本书由两部分组成,共14章。第一部分由第1~5章组成,介绍可编程控制器的原理与基础,从第2章开始,以S7-200系列PLC为对象,顺序介绍PLC的系统配置、指令系统、所用的编程软件以及PLC的通信与网络;第二部分由第6~14章组成,主要介绍了PLC在电动机控制系统、多种工业自动化设备、灯光控制、物料控制、制药行业以及人们日常生活中的应用等;最后介绍了PLC的变频器控制技术。

本书可作为高等学校自动化、电气技术及自动化等相关专业的电气控制方面的教材,也可作为专科层次或职业技术学院等相关专业的教材,并可作为电气技术、自动化技术方面工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

S7-200 PLC 基础及应用/王东署编著. —北京:中国电力出版社,2013.2

ISBN 978-7-5123-3967-5

I. ①S… II. ①王… III. ①可编程序控制器 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第005429号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013年6月第一版 2013年6月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 26.5印张 720千字

印数0001—3000册 定价49.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



可编程控制器是在继电器—接触器系统基础上发展起来的,其综合了继电器—接触器控制、计算机技术、通信技术以及自动化技术,在多种控制系统中得到了广泛的应用。随着科技的飞速发展,PLC技术已融入人们日常生活以及生产的方方面面,成为很多行业不可缺少的内容,本书在编写过程中力争反映西门子S7-200系列PLC在各种控制场所中的应用。

目前市面上关于西门子S7-200系列PLC的书籍很多,但很多都是关于PLC的理论介绍方面的,可操作性的书籍不多,难以满足培养应用型人才的需求。针对这一需求,本书以国内普遍使用的西门子S7-200系列PLC为对象,循序渐进地介绍了PLC控制涉及的诸多方面。本书内容由浅入深,从基本原理过渡到PLC应用系统设计,从指令学习、简单编程过渡到PLC综合应用程序开发,从单台PLC控制过渡到PLC的网络通信技术,使读者能够在较短时间内迅速掌握西门子S7-200系列PLC的实用技术。

本书从工程应用的角度出发,重点介绍了西门子S7-200系列PLC应用系统设计的相关内容。概括起来,本书具有以下特点:

(1) 内容丰富。本书覆盖了西门子S7-200系列PLC的常用理论和实用技术,综合实例覆盖了电气控制类应用、工业生产控制类应用、机电设备控制类应用以及在人们日常生活中的应用,覆盖了PLC应用的常见领域。

(2) 重点突出。西门子S7-200系列PLC需要学习的内容很多,如何让读者在较短时间内掌握其关键技术和内容,是本书在内容安排和编写纲目上考虑的重点。本书脉络清晰,重点突出,能引导读者快速入门、轻松进阶,使读者在掌握相关知识后能很容易进行扩展。

(3) 注重实践。以实例讲解功能是本书的一大特点,注重培养读者的应用能力。在选材上,本书多半篇幅用来介绍西门子S7-200系列PLC在多种工业控制场所以及人们日常生活中的应用,力争通过大量翔实、具体的控制实例,使读者迅速掌握PLC控制的基本原理和程序设计的基本思路,达到学以致用用的效果。

(4) 易学易用。通过由浅入深、循序渐进的方式对各种PLC控制实例进行阐述,尽可能将基本控制要求与控制流程的实践相结合,并穿插图片和表格,图文并茂,直观地将设计过程和思路呈献给读者,易于读者理解。

全书共分14章。第1章介绍了可编程控制器的产生与发展、功能与特点、软硬件组成、常用外设、工作原理以及其性能指标与分类。第2章介绍了S7-200系列PLC的系统配置,介绍了其主要组成、接口模块以及系统配置。第3章介绍了PLC的指令系统,介绍了PLC的编程基础、基本指令以及功能指令。第4章介绍了西门子S7-200系列PLC的编程软件STEP7-Micro/WIN32的基本情况,以及程序的调试和监控方法。第5章介绍了PLC的通信与网络,并给出了两个网络通信实例。第6章介绍了PLC控制系统设计的相关内容,并给出了一个PLC控制系统的设计实例。第7章介绍了PLC在电动机控制中的应用,包括电动机的启/停控制、正、反转控制、减压启动控制以及在步进电动机、交流伺服电动机、直流电动机等诸多电动机控制中的具体

应用。第8章介绍了PLC在机电系统中的应用,如在搬运机械手、加工中心、装配流水线、机床顺序控制以及多工步机床等设备中的应用。第9章介绍了PLC在灯光控制中的应用,如在十字路口交通灯、报警灯、节日彩灯以及楼梯灯光控制中的应用。第10章介绍了PLC在物料控制中的应用,主要介绍了PLC在液体混料罐以及恒压供水系统中的应用。第11章介绍了PLC在制药行业中的应用,介绍了PLC在造粒机摇振以及自动数粒机中的应用。第12章介绍了PLC在地铁排水、温度监测与控制、炉温控制等行业中的应用。第13章介绍了PLC在人们日常生活中的应用,如在洗衣机、空调、自动售货机、电梯等方面的应用。第14章介绍了PLC的变频器控制技术。

本书可作为高等学校自动化、电气技术及自动化等相关专业的电气控制方面的教材,也可作为专科层次或职业技术学校等相关专业的教材,并可作为电气技术、自动化技术方面工程技术人员的参考书。

在编写过程中,编者参阅了国内许多专家以及同行的教材、著作和论文,以及西门子(中国)有限公司提供的技术资料。对此,谨致编者诚挚的谢意。同时,本书的研究工作还得到了国家自然科学基金资助:非均匀采样系统若干控制问题的研究(编号:61174085)。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请广大读者批评指正。

编 者

2013年3月



前言

基础篇

第 1 章 可编程控制器的原理与基础	2
1.1 可编程控制器概述	2
1.2 可编程控制器的组成	8
1.3 可编程控制器的工作原理	13
1.4 可编程控制器的性能指标与分类	15
第 2 章 S7-200 PLC 的系统配置	18
2.1 S7-200 PLC 系统的基本组成	18
2.2 S7-200 PLC 的接口模块	22
2.3 S7-200 PLC 的系统配置	33
第 3 章 S7-200 PLC 的指令系统	35
3.1 S7-200 PLC 编程基础	35
3.2 S7-200 PLC 的基本指令及编程方法	47
3.3 S7-200 PLC 的功能指令及编程方法	80
第 4 章 STEP7-Micro/WIN32 编程软件	125
4.1 编程软件的安装与设置	125
4.2 编程软件的功能	128
4.3 编程软件的使用	131
4.4 程序的调试与运行监控	135
第 5 章 PLC 的通信与网络	140
5.1 通信与网络基础	140
5.2 S7-200 PLC 的通信指令	147
5.3 S7-200 PLC 网络通信实例	156

应用篇

第 6 章 PLC 控制系统设计	166
6.1 PLC 控制系统设计的原则与步骤	166
6.2 PLC 控制系统的硬件设计	172

6.3	PLC 控制系统的软件设计	177
6.4	PLC 控制程序的典型环节及设计技巧	180
6.5	提高 PLC 控制系统可靠性的措施	192
6.6	PLC 的维护与故障诊断	199
6.7	PLC 控制系统设计实例	203
第 7 章	PLC 在电动机控制中的应用	205
7.1	电动机的正、反转控制	205
7.2	电动机的启/停控制	210
7.3	电动机Y- Δ 减压启动控制	212
7.4	多台电动机的顺序启/停控制	215
7.5	PLC 在步进电动机控制系统中的应用	220
7.6	PLC 在交流伺服电动机运动控制中的应用	225
7.7	PLC 在直流电动机速度控制系统中的应用	228
7.8	PLC 在双向变极调速感应电动机控制系统中的应用	232
第 8 章	PLC 在机电系统控制中的应用	236
8.1	PLC 在搬运机械手控制系统中的应用	236
8.2	PLC 在加工中心控制系统中的应用	244
8.3	PLC 在装配流水线控制系统中的应用	252
8.4	PLC 在机床顺序控制中的应用	259
8.5	PLC 在多工步机床控制系统中的应用	264
第 9 章	PLC 在灯光控制中的应用	273
9.1	十字路口交通信号灯的控制	273
9.2	闪光报警系统	277
9.3	节日彩灯的 PLC 控制	280
9.4	装饰灯光控制系统	282
9.5	楼梯灯的 PLC 定时控制	286
第 10 章	PLC 在物料控制中的应用	288
10.1	PLC 在液体混合装置控制系统中的应用	288
10.2	PLC 在恒压供水控制系统中的应用	292
10.3	PLC 在液压控制系统中的应用	297
第 11 章	PLC 在制药行业中的应用	304
11.1	PLC 在造粒机摇振控制系统中的应用	304
11.2	PLC 在自动数粒机中的应用	309
第 12 章	PLC 在其他行业中的应用	314
12.1	PLC 在地铁排水控制系统中的应用	314
12.2	PLC 在温度监测与控制系统中的应用	322
12.3	PLC 在除尘室除尘控制中的应用	327
12.4	PLC 在电炉温度控制系统中的应用	330
12.5	PLC 在炉窑温度控制系统中的应用	337

第 13 章 PLC 在日常生活中的应用	347
13.1 PLC 在全自动洗衣机控制系统中的应用	347
13.2 PLC 在中央空调控制系统中的应用	359
13.3 PLC 在饮料自动售货机控制系统中的应用	369
13.4 PLC 在汽车自动清洗机控制系统中的应用	377
13.5 PLC 在电梯控制系统中的应用	380
第 14 章 S7 - 200 PLC 的变频器控制技术	384
14.1 西门子 MM440 变频器使用简介	384
14.2 变频器 PLC 控制的基本要求	387
14.3 变频器多段调速	390
14.4 变频器模拟量调速	393
14.5 变频器的通信调速	396
14.6 变频器的 PLC 控制实例	401
附录 A 特殊寄存器 (SM) 标志位	404
附录 B 错误代码信息	408
附录 C S7 - 200 可编程控制器指令集	411
参考文献	416

S7-200 PLC基础及应用

基础篇

第1章 可编程控制器的原理与基础

1.1 可编程控制器概述

1.1.1 可编程控制器的产生与发展

1. PLC 的产生

可编程控制器 (Programming Logic Controller, PLC) 是随着科学技术的进步与生产方式的转变, 为适应多品种、小批量生产的需要而产生、发展起来的一种新型工业控制装置。

在制造业和过程工业中, 除了以模拟量为被控对象的反馈控制外, 还存在着大量的以开关量 (数字量) 为主的逻辑顺序控制, 这一点在以改变几何形状和机械性能为特征的制造业中尤为突出。它要求控制系统按照逻辑条件和一定的顺序、时序产生控制动作, 并能够对来自现场的大量开关量、脉冲、计时、计数以及模拟量的超限报警等数字信号进行监视和处理。这些工作在早期是由继电器—接触器电路来实现的, 继电器—接触器控制系统的结构简单、生产成本低、抗干扰能力强、故障检查直观方便、使用范围广, 可以满足大容量、远距离控制的要求, 直到今天仍是工业自动化控制领域基本的控制系统之一。

继电器—接触器控制系统的控制元器件 (继电器、接触器) 均为独立元器件, 系统的逻辑顺序控制功能只能通过元器件之间的不同连接实现, 所以存在以下不足之处:

(1) 通用性、灵活性差。当生产流程或工艺发生变化, 需要更改控制要求时, 必须更改接线或增、减控制元器件, 有时甚至需要重新设计, 难以适应多品种、小批量生产的要求。

(2) 体积大, 材料消耗多。继电器—接触器控制系统的逻辑控制需要通过电器与电器间的连接来实现, 变换电器需要大量的空间, 连接电器需要大量的导线, 控制系统的体积大、材料消耗大。

(3) 运行费用高, 噪声大。继电器、接触器均为电磁元器件, 系统工作时需要消耗较多的电能, 继电器、接触器的通/断会产生较大的噪声, 影响工作环境。

(4) 功能局限性大。继电器—接触器控制系统在精确定时、计数等方面的功能不完善, 只能用于定时要求不高、计数简单的场合。

(5) 可靠性较低。顺序逻辑控制需要通过触点的通/断实现, 工作频率低, 工作电流大, 长时间使用易损坏触点或产生接触不良现象, 影响系统可靠性。

(6) 不具备现代工业控制所需要的数据通信、网络控制等功能, 难以满足现代生产过程的集成化、网络化要求。

为了解决继电器—接触器控制系统存在的问题, 20 世纪 50 年代末, 人们开始考虑利用计算机功能完善、通用性、灵活性强的特点来解决上述问题。但由于当时的计算机原理复杂, 成本高, 编程难度大, 加上工业控制需要大量的外围接口设备, 可靠性问题突出, 这一设想最终未能实现。

20 世纪 60 年代末, 人们设想能否把计算机通用、灵活、功能完善的特点与继电器—接触器控制系统的简单易懂、使用方便、生产成本低的特点结合起来, 生产出一种面向生产过程顺序控制, 可利用简单语言编程, 让完全不懂计算机的人也能方便使用的控制器呢?

1968 年, 美国通用汽车公司为了适应汽车市场多品种、小批量的生产要求, 需要解决汽车

生产线继电器—接触器控制系统中普遍存在的通用性、灵活性差的问题，提出了研究新型控制器的设想，总结提出了新型控制器应该具有的 10 大要求，并面向社会进行招标，这 10 项技术指标具体如下：

- (1) 编程方便，可以在现场方便地编辑、修改控制程序；
- (2) 价格便宜，性价比要高于继电器系统；
- (3) 体积要明显小于继电器控制系统；
- (4) 可靠性要明显高于继电器控制系统；
- (5) 具有数据通信功能；
- (6) 输入为交流 115V；
- (7) 输出驱动能力在交流 115V/2A 以上，能直接驱动电磁阀、继电器等；
- (8) 硬件维护方便，最好是插件式；
- (9) 系统功能扩展时，对原有系统改变最小；
- (10) 用户存储器容量至少可扩展至 4KB。

根据以上要求，美国数字设备公司（DEC）在 1969 年率先研制出了世界上第一台新型控制器，型号为 PDP-14，并称之为可编程序逻辑控制器，该样机在通用汽车公司的应用获得成功后，PLC 开始被广泛应用于各种开关量逻辑控制的场合。它的开创性意义在于引入了程序控制功能，为计算机技术在工业控制领域的应用开辟了空间。

早期的 PLC 硬件主要为分立元器件与小规模集成电路，指令系统、软件功能较简单，一般只能进行逻辑控制，但计算机的内部结构得到了简化，可靠性得到了提高，并能与工业环境相适应。

在 PLC 的发展过程中，20 世纪 70 年代初期曾出现过一些由二极管矩阵、集成电路等组成的顺序控制器；20 世纪 70 年代末期曾出现过以 MC14500 工业控制单元（Industrial Control Unit, ICU）为核心，由 8 通道数据选择器（MC14512）、指令计数器（MC14516）、8 位可寻址双向锁存器（MC14599）、存储器（2732）等组成的“ICU 可编程控制器”等产品。这些产品与 PLC 相比，虽具有一定的价格优势，但由于可靠性、功能等多方面的原因，未能得到进一步的发展，而 PLC 则以其优良的性价比，成为当代工业自动控制技术的重要支柱技术之一。

推动 PLC 技术发展的动力主要来自两个方面，其一是企业对高性能、高可靠性自动控制系统的客观需要，如关于 PLC 最初的性能指标就是由用户提出的。其次，大规模及超大规模集成电路技术的飞速发展，微处理器性能的不断f提高，为 PLC 技术的发展奠定了基础并开拓了发展空间。这两大因素的结合，使得当今的 PLC 控制器已经在所有性能指标上大大超越了前述的 10 项指标。

PLC 技术的发展大致可分为如下 4 个阶段。

(1) 1970~1980 年：结构定型阶段，在此阶段，各种类型的顺序控制器不断出现，如逻辑电路型、1 位机型、通用计算机型、单板机型等，但均被迅速淘汰，最终以微处理器为核心的现有 PLC 结构形式得到了市场的认可，得以迅速发展与推广；PLC 的原理、结构、软件、硬件趋向统一与成熟；应用领域也开始由最初的小范围、有选择地使用向机床、生产线领域拓展。

(2) 1980~1990 年：普及与系列化阶段，在此阶段，PLC 的生产规模日益扩大，价格不断降低，PLC 迅速普及，各 PLC 生产厂家的产品开始形成系列，相继出现了固定 I/O 点型、基本单元加扩展型和模块化型这 3 种延续至今的基本结构；PLC 的应用范围开始遍及顺序控制的全部领域。在该阶段，西门子公司以最早的 S3 系列 PLC 产品为主；1978 年后的产品逐渐被 S5 系列产品所取代，S5 系列 PLC 包括了大、中、小型各种规格的产品。

(3) 1990~2000年：高性能与小型化阶段，在此阶段，随着微电子技术的进步，CPU的运算速度大幅上升，位数不断增加，用于各种特殊功能的功能模块不断开发出来，PLC的功能日益增强，应用范围由单一的顺序控制向现场控制领域延伸；同时，PLC的体积大幅缩小，出现了多种小型化、微型化的PLC。在该阶段，西门子公司的PLC产品开始从S5系列向S7系列过渡，1995年后陆续推出了S7-200/300/400等小、中、大型PLC系列产品。

(4) 2000年至今：高性能与网络化阶段。在该阶段，为了适应信息技术的发展与工厂自动化的需要，PLC的功能被不断开发和完善。PLC的生产厂家在继续提高CPU运行速度、位数的同时，开发了适用于过程控制、运动控制的特殊功能与模块，应用范围开始扩展到工厂自动化的全部领域；与此同时，为了适应IT技术的发展，PLC的网络与通信功能得到迅速发展，PLC不仅可以连接传统的编程与I/O设备，还可以通过各种现场总线构成网络系统，为工厂自动化奠定了基础。

2. PLC的发展趋势

在组成结构上，PLC具有一体化结构和模块式结构两种模式。一体化结构的PLC追求功能的完善、性能的提高，体积越来越小，有利于安装。模块化结构的PLC则利用单一功能的各种模块拼装成一台完整的PLC，用户在设计自己的PLC控制系统时拥有极大的灵活性，并使设备的性价比达到最优。同时，模块化的结构也有利于系统的维护、换代和升级，并使系统的扩展功能大大加强。

在控制规模上，PLC向小型化和大型化两个方向发展。大型PLC是基于满足大规模、高性能控制系统的要求而设计的，在规模上，可带的I/O点数（通道数量）达到数千甚至上万点。

从产品技术性能上看，当前PLC的发展趋势可概括为小型化、高性能化与网络化等几个方面，具体可阐述如下：

(1) 小型化。体积的小型化是微电子技术发展的必然结果。现代PLC无论从内部组成元器件还是硬件、软件结构都已经与早期的PLC有很大的不同，体积大幅度缩小。

以西门子公司的S5-115系列（CPU942）与S7-300系列（CPU315）PLC产品为例，CPU模块与I/O模块的外形尺寸比较如表1-1所示。从该表可以看出，与S5-115相比，同规格的S7-300系列PLC产品，其体积只有S5-115系列的1/4左右。

表 1-1 S5-115 系列 PLC 与 S7-300 系列 PLC 产品外形比较

主要参数	S5-115 系列			S7-300 系列		
	CPU	32 点输入	32 点输出 (0.5A)	CPU	32 点输入	32 点输出 (0.5A)
宽度 (mm)	43	43	43	40	40	40
高度 (mm)	302.6	302.6	302.6	125	125	125
厚度 (mm)	187	187	187	130	120	120

(2) 高性能化。PLC的性能主要包括CPU性能和I/O性能两方面，而CPU性能又可分为基本性能、逻辑运算能力和数据处理能力三方面；I/O性能可分为过程I/O、功能模块与系统接口三个部分，每部分还包括相应的项目。

以西门子公司的S5-115系列PLC与S7-300系列PLC产品为例，其主要性能的比较如表1-2所示。从表1-2可见，与S5-115系列相比，在CPU基本性能方面，S7-300系列PLC的运算速度提高了16倍，基本存储器容量提高了12倍，最大存储器容量更是提高了近200倍，并可以使用多种编程方式。在逻辑运算功能上，运算速度提高，辅助继电器/特殊继电器、数据寄存器、定时器/计数器的数量均大幅度增加，还具备了函数运算的功能。

表 1-2

S5-115 系列 PLC 与 S7-300 系列 PLC 性能比较

主要参数		S5-115 系列 (CPU942)	S7-300 系列 (CPU315)
CPU 参数	基本指令运行时间 (μs)	1.6	0.1
	数据运算指令执行时间 (μs)	约 200	约 6
	基本存储器容量 (KB)	10	128
	最大存储器容量	42KB	8MB
	DB 数量	254	1024
	FB 数量	256	2048
	PB/FC 数量	256	2048
	OB 数量	256	2048
	编程语言	CSF/STL/LAD	LAD/FBD/STL/SCL/GRAPH/HiGraph
	辅助继电器 (标志 M)	2048 点	16384 点
	定时器	128 个	256 个
	计数器	128 个	256 个
	指令集	约 170 条	约 350 条
I/O 性能	可以直接控制的最大 I/O 点数	1024 点	1024 点
	最大可扩展机架数	4 个	4 个
	每机架最大可安装模块数	8 个	8 个
	开关量 I/O 扩展模块	约 22 种	约 40 种
	特殊功能模块	约 21 种	约 47 种

在 I/O 性能上,除开关量 I/O 性能外,最主要是体现在可通过 PLC 模块(功能模块)与系统通信接口上。前者体现了 PLC 的功能扩展能力,后者反映了 PLC 的集中控制与网络连接能力。

1) 发展智能模块:不断开发满足各种不同控制要求的智能 PLC 控制模块,是 PLC 发展的主要方向之一,智能模块以微处理器为核心,与 PLC 的 CPU 并行工作,完成特定功能,大量节省主 CPU 的时间和资源,对提高用户程序的扫描速度和完成特殊的控制要求非常有利。S7 系列 PLC 可以使用的智能模块包括温度测量、温度调节、高速计数、通信模块、位置控制、模糊逻辑控制模块等,控制功能与 S5-115 系列 PLC 相比有了很大提高。

2) 高可靠性:PLC 广泛采用自诊断技术,向用户提供故障分析的信息和提示。同时,大力发展冗余技术、容错技术及模块的热插拔功能,保证 PLC 能够长时间可靠运行。

3) 编程软件标准化:长期以来,PLC 的生产厂家各自为战,各产品在硬件结构和软件体系上都是封闭的,不对外开放,导致硬件互不通用,软件互不兼容,给用户带来很大的不便。为此,国际电工委员会(IEC)制定了 IEC1131 标准,引导 PLC 向标准化方向发展。该标准包含 5 个部分:PLC 的定义等一般信息、装备与测试、编程语言、用户导则和通信规范等,力图通过一系列的标准来规范各厂家的产品。目前,很多厂家都推出了符合 IEC 1131—3 标准的软件系统,如西门子公司的 STEP 7 软件包等。

编程软件和语言向高层次发展。PLC 的编程语言在原有的梯形图、顺序功能图、指令表语言的基础上,不断丰富并向高层次发展。大部分厂商都提供可在个人计算机上运行的开发软件包,开发环境完备且友好,可向开发人员提供丰富的帮助信息及调试、诊断、模拟仿真等功能。

例如, 西门子公司 STEP7 软件包, 运行在 Windows 环境下, 在编程的过程中可随时查询指令, 其内容与详细程度与编程手册相同。

(3) 网络化。这是 PLC 的一个重要发展趋势, 伴随着现场总线技术的应用, 由多个 PLC、多个分布式 I/O 模块、人机界面、编程设备相互连接成的网络, 与工业计算机和以太网等构成整个工厂的自动控制系统。PLC 采用了计算机信息处理技术、网络通信技术和图形显示技术, 使得 PLC 系统的生产控制功能和信息管理功能融为一体。

PLC 的网络控制主要有 I/O 网、设备内部网和系统网 3 类。I/O 网是 PLC 与远程 I/O 模块间的互联网, 实质是通过通信的手段, 对 PLC 的 I/O 连接范围进行的延伸和扩展, 可以省去大量的连接电缆与导线, 所以有时又称“省配线网”。设备内部网是指 PLC 与设备内部其他控制装置之间的互连 (或互连网络), 如 PLC 与变频器、伺服驱动器、温度自动控制与调节装置、现场控制设备的连接均属于设备内部网的范畴。系统网是指生产现场多台设备、多种控制装置之间的互连 (或互连网络), 它可以通过通信的手段对生产现场众多独立的设备和控制装置 (包括 PLC) 进行集中与统一的管理, 构成 FMC、FMS、CIMS 等工厂自动化控制系统。

1.1.2 可编程控制器的特点与功能

PLC 虽然生产厂家众多, 功能各异, 但作为面向工业控制领域的专用设备, 与其他类型的工业控制装置相比, 具有以下几个共同特点:

(1) 可靠性高, 抗干扰能力强。作为一种通用的工业控制器, PLC 必须能够在各种不同的工业环境中正常工作。对工作环境的要求低、抗干扰能力强、平均无故障工作时间长是 PLC 在多个行业得到广泛应用的主要原因之一。在抗干扰性能方面, PLC 在结构设计、内部电路设计、系统程序执行等方面都给予了充分的考虑。一般来说, 国外 PLC 的生产厂家通常都是大型、著名企业, 技术力量雄厚、生产设备先进、工艺要求严格、质量控制与保证体系健全, 从而从根本上保证了产品的质量。

1) 在硬件设计上, 为提高抗干扰性能, 在输入/输出通道采用光电隔离, 有效抑制外部干扰源对 PLC 的影响; 采用滤波器等电路 (如 LC 滤波器、RC 滤波器、数字滤波器等) 增强 PLC 对电噪声、电源波动、振动以及电磁波等的干扰, 确保 PLC 在高温、高湿以及空气中存在各种强腐蚀物质粒子的恶劣工业环境下能稳定地工作; 对 CPU 和存储器等主要部件采用具有良好的导电、导磁材料进行屏蔽, 以减少电磁干扰; PLC 一般采用开关电源, 对电网的要求较低, 可在电网大范围波动时可靠地工作; PLC 的主要元器件一般都采用高可靠性的产品, 如 ROM、EPROM、EEPROM、Flash EPROM 等, 为系统的正常工作提供了基本保证; 同时其内部还设置连锁、环境监测与诊断、看门狗等电路, 具有故障诊断、防止系统死循环等功能。

2) 在软件设计上, PLC 采用了特殊的循环扫描工作方式, 对输入信号进行一次性采样, 在 PLC 程序循环周期内, 即使实际输入信号的状态发生变化, 也不会影响到 PLC 程序的正确执行, 从而大大提高了程序执行的可靠性; PLC 的监视定时器可用于监视执行用户程序的专用运算处理器的延迟, 保证在程序出错和程序调试时, 避免因程序错误而出现死循环, 在程序的编译过程中, 还可以对语法、重复线圈等错误进行自动检查, 保证了用户程序的正确性; PLC 程序采用的是面向用户的专用编程语言, 如梯形图、语句表等, 程序编制简单、直观、方便; PLC 的用户程序与系统程序相对独立, 用户程序通常很难影响系统程序的运行, 因此, PLC 一般不会出现计算机中常见的死机等故障; 当 CPU、电池、输入/输出接口、通信等出现异常时, PLC 的自诊断功能可以检测到这些错误, 并采取相应的措施, 以防止故障扩大; 停电后, 后备电池会正常工作。

(2) 灵活性强, 编程简单, 使用方便。当生产工艺和流程进行局部调整和改动时, 通常只需要对 PLC 的程序进行改动, 或者对外围电路进行局部调整即可实现对控制系统的改进; 可以根

据应用的规模进行容量、功能和应用范围的扩展，甚至可以通过与集散控制系统或其他上位机的通信来扩展功能，并与外围设备进行数据交换。

梯形图语言是 PLC 最重要也是最普及的一种编程语言，其电路符号和表达方法与继电器—接触器电路原理图相似，广大电气技术人员非常熟悉、易于掌握，易于推广。对于企业中一般的电气技术人员和技术工人，也可以很容易学会程序设计。

(3) 控制系统易于实现，开发工作量小，周期短。由于 PLC 的系列化、模块化、标准化以及良好的扩展性和联网性能，在大多数情况下，PLC 系统是较好的选择。它不仅能完成多数情况下的控制要求，还能够大量节省系统设计、安装、调试的时间和工作量。

(4) 功能完善，通用性好。PLC 发展至今，已形成了大、中、小多种规模的系列化产品，并将逻辑控制、过程控制和运动控制集于一体，可方便、灵活地组合成多种不同规模 and 要求的工业控制系统。大多数 PLC 都采用了基本单元加扩展或模块化的结构形式，I/O 信号的数量、形式、驱动能力等都可以根据实际控制要求选择与确定，需要时还可以随时更换或增减 I/O 模块。另外，PLC 所提供的软元件的触点（如软继电器）可以无限次使用，方便地实现复杂的控制功能。

近年来，满足不同控制要求的特殊功能模块（如位置控制模块、温度控制模块等）越来越多，PLC 的使用更加灵活与多变，应用范围日益扩大。随着 PLC 通信能力的增强和人机界面技术的发展，使用 PLC 组成各种自动控制系统变得非常容易。同时，PLC 所具有的通信联网功能，使相同或不同厂家和类型的 PLC 可进行联网，有利于实现分散控制、远程控制、集中管理等功能。

(5) 易于安装、调试和维护。PLC 用软件功能取代了继电器—接触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，大大减少了控制设备外部的接线。安装时，由于 PLC 的 I/O 接口已经接好，因此可以直接和外部设备相连，而不再需要专用的接口电路，所以硬件安装上的工作量大幅减少。用户程序可以在实验室模拟调试，调试完成后再进行生产现场联机调试，使控制系统设计及制造的周期缩短。

PLC 还能够通过多种方法直观地反映控制系统的运行状态，如内部工作状态、通信状态、I/O 状态和电源状态等，非常有利于维护人员对系统的工作状态进行监视。此外，PLC 还具有完善的故障诊断功能，可以根据装置上的发光二极管和软件提供的故障信息，方便地查明故障来源。而由于 PLC 的体积小，并且有些采用模块化结构，可以通过更换模块迅速排除故障，使系统迅速恢复运行。有些 PLC，如奥地利贝加莱公司的 PLC 还允许带电插拔 I/O 模块。

(6) 体积小，能耗低。由于 PLC 的内部电路主要采用微电子技术设计，因此具有结构紧凑、体积小、重量轻的特点，由软件实现的逻辑控制，可以大量节省继电器、定时器的数量，一台小型的 PLC，只相当于几个继电器的体积。同时 PLC 一般采用低压供电，硬件耗电少，与传统的继电器相比能耗更低。

可编程控制器的主要功能如图 1-1 所示。

1. 基本功能

逻辑控制功能是 PLC 的基本功能。本质上说，这是一种以计算机二进制位运算为基础，按照程序的要求，通过对开关量信号（如按钮、行程开关、接触器触点等）的逻辑运算

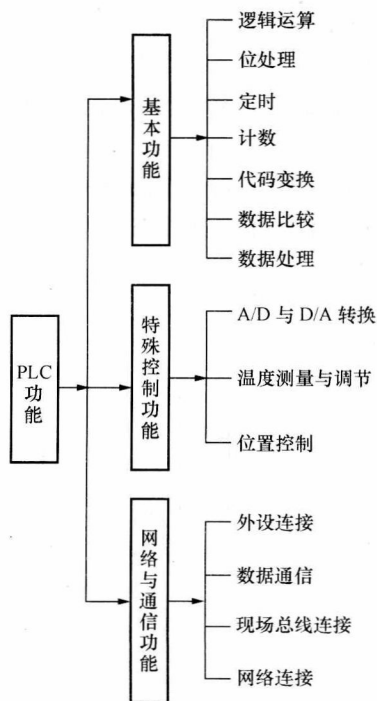


图 1-1 PLC 主要功能组成图

处理,控制执行元器件(如指示灯、电磁阀、接触器线圈等)通/断的功能。在早期的 PLC 上,顺序控制所需要的定时、计数功能需要通过定时模块与计数模块实现,目前已成为 PLC 的基本功能之一。此外,逻辑控制中常用的代码转换、数据比较和处理等,也是 PLC 常用的基本功能。

2. 特殊控制功能

特殊控制功能是指除基本逻辑处理以外的其他功能,包括模/数转换,数/模转换,温度、流量、压力的调节与控制,位置、速度的控制等,这些特殊控制功能一般需要通过 PLC 的特殊功能模块实现。

模/数转换和数/模转换多用于过程控制和闭环调节系统,通过特殊功能模块与功能指令,PLC 可以对过程控制中的温度、压力、流量、速度、位移、电压、电流等连续变化的物理量进行数字优化处理,并通过相应的运算(如 PID)实现闭环自动调节。PLC 的速度、位置控制一般是通过应用指令与位置控制模块实现。位置控制模块一般以脉冲的形式输出,并通过变频器、伺服驱动器、步进驱动器、异步驱动电动机、伺服电动机以及步进电动机实现闭环速度与位置的控制。

3. 网络与通信功能

随着信息技术的发展,网络与通信在工业控制中显得越来越重要。PLC 早期的通信,一般局限于 PLC 与外部设备(编程器或编程计算机等)之间的简单通信。现代 PLC 不仅可以进行 PLC 与外设之间的通信,而且可以在 PLC 与 PLC 之间、PLC 与其他工业控制设备之间、PLC 与上位机之间、PLC 与工业网络之间通信。通过现场总线、网络总线组成系统,PLC 可以方便地进入工厂自动化系统。

1.2 可编程控制器的组成

PLC 作为工业控制用的特殊计算机,在设计理念上,是计算机技术与继电器—接触器控制电路相结合的产物,其本质仍然是一台适用于工业控制的微型计算机,与一般的微型计算机系统类似,具有相应的硬件结构和软件系统。

1.2.1 可编程控制器的硬件组成

目前,PLC 的生产厂家很多,产品结构各不相同,但基本结构大致相同:以中央处理器(CPU)为核心,在系统程序(相当于操作系统)的管理下运行。PLC 与各个被控对象的接口由专门设计的 I/O 部件来完成,通常还配以专用的供电电源及其他专用功能模块,其基本组成部件如图 1-2 所示。

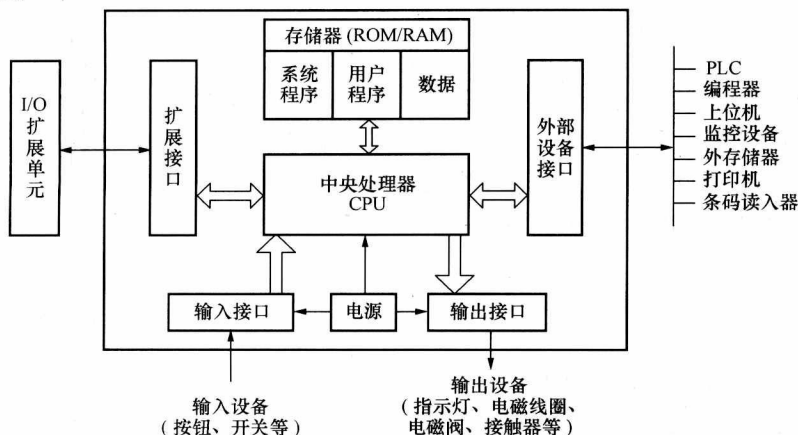


图 1-2 PLC 的基本组成

1. 中央处理器 CPU

CPU 是 PLC 的核心部件,也是 PLC 的运算和控制中心,负责完成逻辑运算、数字运算以及协调系统内各部分的工作。CPU 由运算器、控制器和寄存器等组成,通过地址总线、数据总线和控制总线与存储器、I/O 接口电路连接。PLC 常用的 CPU 有通用微处理器、单片机和位片式微处理器。目前大多数 PLC 多采用 16 位或 32 位微处理器作为 CPU,有些高档的 PLC 还采用微处理器冗余技术,多个 CPU 并行工作,当主 CPU 正常工作时,其他 CPU 处于热备用状态,随时可接替发生故障的 CPU 的工作,大大提高了系统的可靠性。其主要功能如下:

(1) 采集由现场输入装置传送的状态或数据,通过输入接口存入输入映像寄存器或数据寄存器中,用扫描方式接收输入装备的状态信号,并存入相应的输入映像寄存器。

(2) 按用户程序存储器中存放的先后次序逐条读取指令,完成各种数据的运算、传递和存储等功能,刷新输出映像,将输出映像内容送至输出单元。

(3) 检测诊断电源故障及 PLC 内部电路工作状态,诊断用户程序的语法错误。

(4) 根据数据处理的结果,刷新有关标志位的状态和输出状态寄存器的内容,响应各种外围设备,如编程器、打印机、上位机、图形监控系统等的工作请求,以实现输出控制、制表打印或数据通信等功能。

2. 存储器

存储器是 PLC 存放系统程序、用户程序和运行数据的单元,由系统程序存储器和用户程序存储器两部分组成。系统程序存储器用于存放 PLC 生产厂家编写的系统程序,系统程序在出厂时已经被固化在 PROM 或 EPROM 中,这部分存储器用户不能访问。用户程序存储器是为用户程序提供存储的区域,存储器容量的大小决定了用户程序的大小和复杂程度,从而决定了用户程序所能完成的功能和任务的大小。因此这部分存储器容量的大小才是用户真正关心的,通常情况下,厂家提供的 PLC 存储器容量,若无特别说明,均指用户程序存储器容量。PLC 的用户存储器一般包括几个部分,每部分都有特定的功能和用途。

(1) 只读存储器 (Read Only Memory, ROM) 一般用来存放 PLC 的系统程序,其内容可读,但数据存储后不可再写或更改。大多数 PLC 采用了程序固化的运行方式,不仅将系统启动、自检及基本的 I/O 驱动程序写入 ROM 中,而且将各种控制、检测功能模块、用户组态的应用程序及所有固化参数也全部固化在 ROM 中。因此,在 PLC 的存储器中,ROM 占有较大的比例。只要接通电源,PLC 就可以正常运行,所以 ROM 基本不受掉电、电噪声等的干扰。

(2) 可编程只读存储器 (Programmable Read Only Memory, PROM) 存入 PROM 中的程序是用户一次性写入的,不能再更改。PLC 很少使用 PROM 作为应用存储器,一般在使用这类存储器时需要用 RAM 作为永久备份。

(3) 可擦除可编程只读存储器 (Erasable Programmable Read Only Memory, EPROM) 是特制的 PROM,也是非易失的,兼有 ROM 的非易失性和 RAM 的随机存取的优点。EPROM 可视作半永久性存储器,可永久的存储某一程序直到需要修改。EPROM 的永久存储能力及易修改的 RAM 特性使其构成一个适宜的存储系统。

(4) 电可擦可编程只读存储器 (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory, EEPROM) 是非易失性存储器,具有与 RAM 同样的编程灵活性。EEPROM 的存储内容由用户写入,并可反复写入。写入新的内容时,原来存储的内容会自动清除。

(5) 随机访问存储器 (Random Access Memory, RAM) 又称读/写存储器,在 PLC 中作为用户程序和数据的存储器。用户可通过编程器读出 RAM 中的内容,也可以将用户程序写入 RAM。RAM 为程序运行提供了存储实时数据与计算中间变量的空间,用户在线操作时需要修改的参数