

PLC原理 及应用

张国德 李红 主编



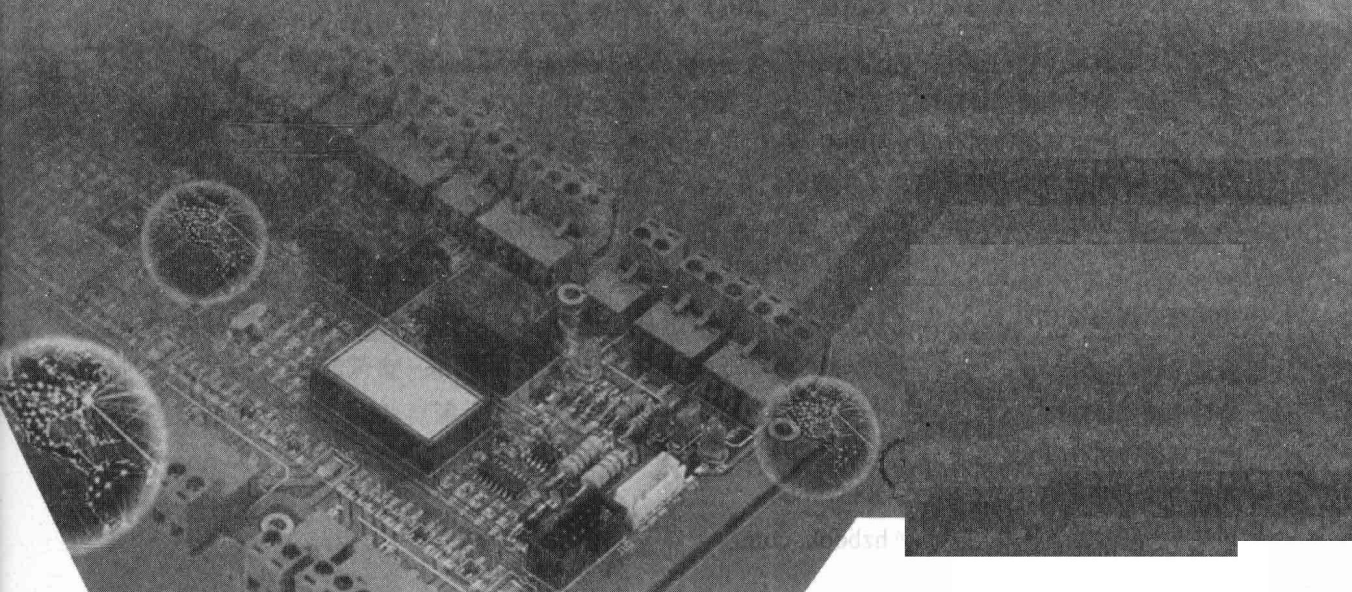
机械工业出版社
China Machine Press



21世纪高等院校电子信息
与电气学科系列规划教材

PLC原理 及应用

张国德 李红 主编
王燕 周政 关大陆 参编



本书为机械工业出版社高等院校电子信息与电气学科系列规划教材，以 S7-300 系列 PLC 为样本，介绍了 S7-300 系列 PLC 的组成结构、指令系统、开发方法通信联网模拟量处理及在过程控制领域中的应用等内容。

全书共分 8 章，并辅以多个实例，重点突出，语言简练，环环相扣，可作为大专院校相关专业的可编程控制器课程的教材，对现场工程技术人员也有一定的参考价值。

本书可供高等院校电子与电气信息类专业师生作为“可编程控制器”课程教材使用，也可供有关科技人员参考。

封底无防伪标均为盗版

版权所有，侵权必究

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 原理及应用/张国德, 李红主编. —北京: 机械工业出版社, 2010. 1
(21 世纪高等院校电子信息与电气学科系列规划教材)

ISBN 978-7-111-29221-0

I. P… II. ①张… ②李… III. 可编程序控制器—高等学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 224406 号

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 曾 珊

北京瑞德印刷有限公司印刷

2010 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 16 印张

标准书号: ISBN 978-7-111-29221-0

定价: 29.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991; 88361066

购书热线: (010) 68326294; 88379649; 68995259

投稿热线: (010) 88379604

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

PLC 从产生至今,不过几十年的时间,但是由于其具备独特的优点,使之在工业生产中广泛应用。随着科学技术的发展,尤其是随着计算机技术、通信技术的发展,PLC 技术也在高速发展,更新换代产品不断出现,功能越来越强,使用范围越来越广。

西门子公司 S7-300/400 系列 PLC 在工业控制领域中占有很大的市场份额,目前很多高校开设了相关课程,也存在多种多样的教材版本,但对于大专院校相关专业的学生来说,由于学时和相关基础的限制,过深过厚的教材并不适用,本书以“突出实践、够用为度”为原则,以 S7-300 系列 PLC 为样机,对 S7-300 系列 PLC 的硬件结构、组成原理、指令系统、编程软件、结构化编程、通信联网、模拟量处理等内容进行了介绍。本书既可以作为大专院校相关专业教材,也可为工程技术人员提供参考。

可编程控制器技术是实践的技术,本书不涉及高深的理论,书中提供的例子都是在实际 S7-300PLC 系统中调试通过的实例,为了不使读者产生望而生畏的观感,从内容安排上由浅入深、环环相扣,能达到快速入手的效果。但应该指出的是,对于在工业控制领域中占有重要地位的 PLC 产品来说,一本教材是不可能涵盖其所有内容,教材的使用者多为没有任何基础的学生,所以从内容的选择上尽量挑选那些在实际使用中所占比重较大的内容作为教学内容,通过合理安排,希望本书内容能起到抛砖引玉,让读者融会贯通的作用。

随着科学技术的发展,可编程控制器不仅在传统的开关量及数字量控制领域继续独占鳌头,在冶金、化工等流程工业中的过程控制领域也扮演着重要的角色。本书从内容上加强了 PLC 在过程控制领域中的应用部分的内容。在多数现行 PLC 教材上,此部分内容或者没有涉及或者涉及过少,本书对 PLC 的模拟量处理功能专设一章,辅以自己编写的部分实例,使读者能很快掌握该部分内容。

在具体学习过程中,如果所在学校没有专门的 S7-300 系列 PLC 实验设备,则相关实验程序可以直接在 PLCSIM 仿真软件上进行调试开发,书中专门对这种软件进行了介绍。

本书由张国德、李红主编,王燕、关大陆、王广威参加了编写工作。本书第 1 章由王燕编写,第 2 章由关大陆、王燕共同编写,第 3、4 章由李红编写,第 5 章由关大陆编写,第 6、8 章由张国德编写,第 7 章由王广威编写,在此向在本书编写过程中帮助做了很多工作的周政老师致谢。全书由张国德、李红负责统稿审核。书中内容参考了西门子公司相关技术手册及其他一些文献,详细内容见参考文献,在此谨向所有参考文献的作者表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错漏不妥之处,恳请读者不吝批评指正。

编者

2009 年 11 月

教学内容	学习要点及教学要求	课时安排	
		全部讲授	部分选讲
第1章 概 述	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解可编程控制器的产生；理解可编程控制器的分类；掌握可编程控制器的定义 2. 了解可编程控制器的一般特点；理解可编程控制器与继电器逻辑控制系统的比较、与其他控制系统的比较；掌握可编程控制器的主要功能 3. 了解可编程控制器的应用现状；理解可编程控制器的发展趋势 	2	2
第2章 可编程控制器的组成 和工作原理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解 S7-300 PLC 的整体结构 2. 掌握 S7-300 PLC 的 CPU 模块的分类及面板组成功能 3. 掌握 S7-300 PLC 的数字量输入/输出模块的特点、结构及使用 方法 4. 掌握 I/O 模块的地址确定方法 5. 了解 S7-300 PLC 的其他模块的种类及功能 6. 掌握 S7-300 PLC 基本工作原理，循环扫描工作过程 	4~6	2~4
第3章 S7-300PLC 编程软件	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解 STEP 7 软件的组成及特点 2. 掌握 CPU 存储区的组成及特点；掌握 STEP 7 中的数制、数据类型、系统存储区结构及 S7-300 PLC 中的寄存器的功能特点 3. 了解 STEP 7 中使用的寻址方式 4. 掌握 S7-300 PLC 的程序组成及其包括的程序模块 5. 掌握在 STEP 7 中编写及调试程序的基本方法，学会创建项目、硬件组态和参数设置的基本方法 6. 掌握创建 OB1 程序及编辑符号表的方法；掌握用程序状态功能调试程序及用变量表调试程序的方法 7. 掌握 S7 仿真软件的主要功能及使用方法 	6~8	4~6
第4章 S7-300PLC 的指令 系统及编程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握位逻辑指令、定时器指令的启动、运行及使用，计数器指令的启动、运行及使用 2. 掌握数据装入与传送指令、数据转换指令的格式及使用 3. 掌握整数运算指令、浮点数运算指令、字逻辑运算指令、比较指令、移位指令、累加器指令格式及使用方法 4. 掌握逻辑控制指令、程序控制指令及数据块指令的格式及使用方法 	16~20	12~16

(续)

教学内容	学习要点及教学要求	课时安排	
		全部讲授	部分选讲
第5章 S7-300PLC的组织块 及中断处理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 组织块概述: 了解组织块的分类; 理解组织块的含义; 掌握组织块的组成 2. 组织块与中断处理: 理解中断的概念; 掌握循环执行的组织块、定期执行的组织块、事件驱动的组织块等的使用方法 	4~6	2~4
第6章 结构化程序设计	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握结构化编程的基本思想 2. 掌握功能与功能块变量声明表的建立过程、掌握FC结构化编程的实现、FB与FC的区别、数据块的定义与调用、FB结构化编程的实现方法 3. 通过书中给出的两个实例进一步掌握结构化编程的方法及解决问题的过程 	6~8	4~6
第7章 PLC通信网络 技术及应用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解计算机通信基本概念 2. 掌握S7-300的通信网络结构 3. 掌握PLC中的工业以太网的网络方案、网卡与通信处理器的使用方法 4. 掌握PROFIBUS应用方法及与其相关的各种硬件设备 5. 掌握总线系统的通信连接及配置方法 	6~8	4~6
第8章 S7-300PLC在模拟量 处理中的应用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解模拟量调节的基本概念 2. 掌握S7-300PLC中的模拟量输入/输出模块的结构、功能及特性, 掌握模拟量模块的地址分配及量程确定方法、模拟量的表示方式和分辨率、模拟量与转换后的数值之间的比例关系 3. 掌握连续PID控制器SFB41的参数及使用方法 4. 掌握步进控制功能块SFB42及脉冲宽度调制器SFB43 5. 通过模拟量编程举例进一步掌握PLC在模拟量调节中的使用方法 	4~6	2~4
	教学总学时建议	48~64	32~48

说明: 1. 本教材为“可编程控制器”课程教材。由于不同学校不同专业教学内容不同, 所制定的教学计划也有所区别, 故本表给出的为建议学时, 不同专业根据专业培养目标的不同可对内容进行适当的取舍。

2. 本教材理论授课学时数为48~64学时, 其中包含习题课、课堂讨论等必要的课内教学环节。各专业可根据具体情况酌情考虑实验学时。如有专门针对本课程的实训环节, 可考虑减少部分实验学时。

3. 第3章中所讲的仿真软件, 由于部分高校实验条件好, 不需要仿真, 可由学生自学完成, 对不具备实际PLC设备的学校, 本部分为必讲内容。

4. 第8章有关模拟量调节的内容, 有些专业可能不学, 可以在指令部分及结构化编程部分增加学时。

出版说明	2.4 I/O 模块地址分配	20
前言	2.5 S7-300 PLC 的其他模块	21
教学建议	2.6 S7-300 PLC 基本工作原理	23
第 1 章 概述	小结	26
1.1 可编程控制器的产生	习题 2	26
1.2 可编程控制器的分类	第 3 章 S7-300 PLC 编程软件	27
1.3 可编程控制器的特点	3.1 STEP 7 简介	27
1.4 可编程控制器的应用	3.2 CPU 的存储区	29
1.5 可编程控制器的发展	3.2.1 数制	29
1.5.1 可编程控制器产品的	3.2.2 数据类型	30
主要流派	3.2.3 系统存储区结构	31
6	3.2.4 系统存储器区	32
1.5.2 我国 PLC 的发展	3.2.5 S7300 PLC 的寄	
7	存器	34
1.5.3 可编程控制器的	3.2.6 寻址方式	36
发展趋势	3.3 S7-300 PLC 的程序组成	36
7	3.4 创建项目	37
1.6 可编程控制器的软件及	3.5 硬件组态和参数设置	40
编程语言	3.5.1 插入硬件站	40
8	3.5.2 启动硬件组态	
1.6.1 系统软件	软件包	41
8	3.5.3 产生硬件设定组态	42
1.6.2 应用软件	3.5.4 参数设置	43
9	3.5.5 CPU 属性	43
小结	3.5.6 可变寻址和 I/O	
12	符号表	46
习题 1	3.5.7 硬件组态的保存、	
12	下载和上载	48
第 2 章 可编程控制器的组成和	3.6 创建 OB1 程序及编辑	
工作原理	符号表	49
13	3.6.1 创建 OB1 程序	49
2.1 S7-300 PLC 的整体结构		
13		
2.2 S7-300 PLC 的 CPU 模块		
15		
2.2.1 CPU 分类		
15		
2.2.2 CPU 面板		
16		
2.3 S7-300 PLC 的信号模块		
17		
2.3.1 数字量输入模块		
17		
2.3.2 数字量输出模块		
18		
2.3.3 数字量输入/输出		
模块		
19		

3.6.2 编辑符号表	50	习题4	109
3.7 用程序状态功能调试程序	50	第5章 S7-300 PLC的组织块及	
3.8 用变量表调试程序	52	中断处理	110
3.9 S7 仿真软件的应用	56	5.1 组织块与中断处理	110
3.9.1 S7-PLCSIM 主要		5.1.1 组织块概述	110
功能	57	5.1.2 中断过程与中断管理	111
3.9.2 S7-PLCSIM 与真实 PLC		5.2 组织块的变量声明表	112
的差别	57	5.3 日期时间中断组织块	112
3.9.3 S7-PLCSIM 的使用		5.4 循环中断组织块	116
方法	58	5.5 延时中断组织块	117
小结	60	5.6 硬件中断组织块	119
习题3	60	5.7 启动时使用的组织块	122
第4章 S7-300 PLC的指令系统及		5.8 错误处理组织块	123
编程	61	5.8.1 异步故障中断组织块	
4.1 位逻辑指令	61	OB80 ~ OB87	124
4.2 定时器指令	69	5.8.2 同步故障组织块	
4.2.1 定时器组成	69	OB121 和 OB122	131
4.2.2 定时器启动和运行	70	5.9 背景组织块	134
4.2.3 定时器应用举例	78	小结	134
4.3 计数器指令及应用	79	习题5	135
4.3.1 计数器的结构	79	第6章 结构化程序设计	136
4.3.2 计数器指令	80	6.1 结构化编程的实现	136
4.3.3 计数器应用举例	83	6.1.1 功能与功能块变量声	
4.4 数据处理指令	85	明表的建立	136
4.4.1 数据装入与传送		6.1.2 FC 结构化编程的	
指令	85	实现	138
4.4.2 数据转换指令	87	6.1.3 FB 与 FC 的区别	142
4.5 数学运算指令	93	6.1.4 数据块的定义与	
4.5.1 整数运算指令	93	调用	142
4.5.2 浮点数运算指令	95	6.1.5 FB 结构化编程的	
4.5.3 字逻辑运算指令	96	实现	150
4.5.4 比较指令	98	6.2 结构化编程实例	151
4.5.5 移位指令	101	6.2.1 交通灯控制的结构化	
4.5.6 累加器指令	103	编程	151
4.6 逻辑控制指令	104	6.2.2 三层电梯控制的	
4.7 程序控制指令	106	结构化编程	159
4.8 数据块指令	107	小结	170
小结	109	习题6	170

第7章 PLC 通信网络技术及应用 …	171	7.6.5 PROFINet	190
7.1 计算机通信方式与串行通信接口	171	7.7 基于组态的 PROFIBUS 通信实例	191
7.1.1 计算机的通信方式	171	小结	209
7.1.2 串行通信接口的标准	172	习题7	209
7.2 计算机通信的国际标准	173	第8章 S7-300 PLC 在模拟量处理中的应用	210
7.2.1 开放系统互连模型	173	8.1 S7-300 中的模拟量输入输出模块	211
7.2.2 IEEE802 通信标准	174	8.2 模拟量模块的地址分配及量程确定	216
7.2.3 现场总线及其国际标准	175	8.2.1 模拟量模块的地址分配	216
7.3 工业自动化网络与 S7-300/400 的通信网络	176	8.2.2 模拟量模块的量程设置	217
7.3.1 工业自动化网络结构	176	8.3 模拟量的表示方式、分辨率和比例关系	218
7.3.2 S7-300/400 的通信网络	176	8.3.1 模拟量的表示方式和分辨率	218
7.4 工业以太网	178	8.3.2 模拟量与转换后的数值之间的比例关系	219
7.4.1 工业以太网概述	178	8.4 连续 PID 控制器 SFB41	220
7.4.2 工业以太网的网络方案	179	8.4.1 定值与过程变量的处理	220
7.4.3 工业以太网的网卡与通信处理器	180	8.4.2 PID 控制算法	222
7.4.4 工业以太网组态简单示例	180	8.4.3 控制器输出值的处理	222
7.5 PROFIBUS 现场总线通信技术及其应用	181	8.4.4 SFB41 的参数	223
7.5.1 PROFIBUS 的简介	181	8.5 模拟量转换编程举例	225
7.5.2 PROFIBUS 的组成	181	8.6 PID 控制编程实例	228
7.5.3 PROFIBUS 的物理层	182	8.6.1 SFB41 应用实例	228
7.5.4 PROFIBUS-DP 设备的分类	184	8.6.2 模拟量结构化编程实例	230
7.5.5 PROFIBUS 通信处理器	185	8.7 其他控制功能块	234
7.6 PROFIBUS 的通信协议	185	8.7.1 步进控制功能块 SFB42“CONT_S”	234
7.6.1 PROFIBUS 的数据链路层	185	8.7.2 脉冲宽度调制器 SFB43	237
7.6.2 PROFIBUS-DP	187	小结	242
7.6.3 PROFIBUS-PA	189	习题8	242
7.6.4 PROFIBUS-FMS	189	参考文献	243

概 述

1.1 可编程控制器的产生

可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 是在自动控制技术、计算机技术及通信技术的基础上发展起来的一种工业自动控制装置, 具有结构简单、性能优越、易于编程、使用方便等优点。PLC 从诞生至今虽然只有近 40 年的历史, 但它的发展却异常迅猛, 其技术和产品日趋先进, 代表了当前电气程序控制的最高水平。发展至今, PLC 不仅继续在电气控制领域占据统治地位, 在过程控制、机电一体化等领域也得到了广泛应用。

早期的可编程控制器主要用来代替继电器实现逻辑控制。随着科学技术的发展, 这种装置的功能已经远远超出逻辑控制的领域, 因此改称为可编程控制器 (Programmable Controller, PC), 为了避免与个人计算机 (Personal Computer, PC) 的名称混淆, PLC 的称谓沿用至今。

在可编程控制器诞生前, 继电器控制系统广泛应用于顺序控制生产过程中。传统的继电器接触器控制系统, 是通过电器元件的固定接线来实现其控制的。由于其结构简单, 价格便宜, 容易掌握, 几十年来已获得广泛应用。但在一个复杂的控制系统中, 可能要使用成百上千的继电器, 其设备体积大, 在复杂控制系统中可靠性低, 维护不方便, 特别是由于接线复杂, 其控制电路是专为某一控制对象所设计制造的, 当生产工艺或对象改变时必须改变接线, 通用性和灵活性较差。如果控制工艺及要求发生变化, 则控制柜内的继电器和接线也要做相应的变化, 有时这种变化是非常大的, 其改造的费用高、工期长、容易出错, 甚至不得不做新的继电器控制柜。

20 世纪 60 年代末期, 美国的汽车制造业发展迅速、竞争激烈, 汽车更新换代快, 相应的汽车生产线改变, 整个生产线的继电器控制系统就必须重新设计、重新安装。为了尽可能地减少重新设计继电器控制系统和接线所需的费用和时间, 1968 年美国通用汽车公司 (GM) 公开招标研制新的工业控制器, 并提出了 10 条指标, 即:

- 编程方便, 可在现场修改程序;
- 维护方便, 最好是插件式;
- 可靠性高于继电器控制柜;
- 体积小于继电器控制柜;
- 可将数据直接送入管理计算机;

- 在成本上可与继电器控制柜竞争；
- 输入为交流 115V；
- 输出为交流 115V/2A 以上，能直接驱动电磁阀、接触器等；
- 在扩展时原有系统改变最少；
- 用户程序存储器至少可扩展到 4KB。

1969 年美国数字设备公司（DEC）根据这 10 条指标，研制出世界上第一台可编程控制器，并在 GM 公司汽车生产线上应用，获得成功。从此，可编程控制器技术就迅速发展起来。

最初 PLC 只具备逻辑控制、定时、计数等功能，主要是用来取代继电器控制。现在所说的可编程序控制器是 1980 年以来，美、日、德等国由先前的 PLC 进一步发展而来。1971 年日本从美国引进了这项新技术，很快研制出了日本第一台 PLC。1973 年，西欧国家也研制出它们的第一台 PLC。我国从 1974 年开始研制，于 1977 年开始工业应用。

1985 年 1 月，国际电工委员会（IEC）对可编程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。”

从某种意义上说，PLC 是专为工业环境应用而设计制造的计算机。它具有丰富的输入/输出接口，并且具有较强的驱动能力。但可编程控制器产品并不针对某一具体工业应用，在实际应用时，其硬件需根据实际需要进行选用配置，其软件需根据控制要求进行设计编制。

1.2 可编程控制器的分类

通常按 I/O 点数、结构形式对 PLC 进行分类。

1. 根据 I/O 点数分类

根据 PLC I/O 点数的多少，可将 PLC 分为小型、中型和大型三类。

(1) 小型 PLC

I/O 点数 < 256 点；单 CPU、8 位或 16 位处理器、用户存储器容量 4KB 以下。

如：GE-I 型，美国通用电气（GE）公司；TI100，美国德州仪器公司；F、F1、F2，日本三菱电气公司；C20、C40，日本立石（欧姆龙）公司；S7-200，德国西门子公司；EX20、EX40，日本东芝公司；SR-20/21，中外合资无锡华光电子工业有限公司。

(2) 中型 PLC

I/O 点数 256 ~ 2048 点；双 CPU，用户存储器容量 2 ~ 8KB。

如：S7-300，德国西门子公司；SU-5、SU-6，德国西门子公司；C-500，日本立石公司；GE-III，GE 公司。

(3) 大型 PLC

I/O 点数 > 2048 点；多 CPU，16 位、32 位处理器，用户存储器容量 8 ~ 16KB。

如：S7-400，德国西门子公司；GE-IV，GE 公司；C-2000，立石公司；K3，三菱公司等。

2. 根据结构形式分类

(1) 整体式

整体式又称为单元式或箱体式，它的特点是将 PLC 的基本部件，如 CPU 模块、I/O 模块和电源等紧凑地安装在一个标准机壳内，组成 PLC 的一个基本单元或扩展单元。

整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 接口等部件都集中装在一个机箱内，具有结构紧凑、体积小、价格低的特点。小型 PLC 一般采用这种整体式结构。整体式 PLC 由不同 I/O 点数的基本单元（又称主机）和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 接口、与 I/O 扩展单元相连的扩展口，以及与编程器或 EPROM 写入器相连的接口等。扩展单元内只有 I/O 和电源等，没有 CPU。基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接。整体式 PLC 一般还可配备特殊功能单元，如模拟量单元、位置控制单元等，使其功能得以扩展。

(2) 模块式

模块式结构又称为积木式。模块式 PLC 是将 PLC 各组成部分，分别做成若干个单独的模块，如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块（有的含在 CPU 模块中）以及各种功能模块。模块式 PLC 由框架或基板和各种模块组成。模块装在框架或基板的插座上。这种模块式 PLC 的特点是配置灵活，可根据需要选配不同规模的系统，而且装配方便，便于扩展和维修。大、中型 PLC 一般采用模块式结构。

还有一些 PLC 将整体式和模块式的特点结合起来，构成所谓叠装式 PLC。叠装式 PLC 其 CPU、电源、I/O 接口等也是各自独立的模块，但它们之间是靠电缆进行连接，并且各模块可以一层层地叠装。这样，不但系统可以灵活配置，还可做得体积小巧。

1.3 可编程控制器的特点

工业生产中存在多种不同的控制装置，如继电器控制系统、计算机、各种智能控制仪表，PLC 与其他装置相比，有其独特的特点。

传统的继电器控制系统已经逐渐被 PLC 取代，继电器控制系统针对特定的生产工艺设计，只能完成既定的逻辑控制，一旦生产工艺改变，则必须重新设计、重新装配。而 PLC 各种控制功能通过软件实现，只要改变程序和改动少量的接线端子，就可以适应生产工艺的改变，从适应性、可靠性以及设计、安装、维护等方面都具有明显的优势。

可编程控制器从某种意义上来说也是一种计算机，它同样由 CPU、RAM、ROM、I/O 接口等构成，但又不同于计算机，从硬件结构、软件资源等方面都有很多的不同。计算机硬件兼容性强，软件资源丰富，特别是在操作系统的支持下，对模型复杂且计算工作量大的工业控制中占有优势，但软件开发相对复杂，对开发人员的软件编程能力要求高。

PLC 主要是针对顺序控制发展而来，软件开发提供了电气工程人员熟悉的梯形图语言，只需稍加熟悉，就可以很快入手。此外由于 PLC 专为工业控制设计，强大的抗干扰措施使其可靠性优于计算机。随着 PLC 技术的发展，PLC 的模拟信号处理、数值运算等方面有了很大的提高，应用领域也不再局限于逻辑控制，应用面越来越广。

应该明确的是 PLC 只是控制设备中的一种，科学技术发展到今天，任何一种控制设备都有其最适合的应用领域。掌握各种控制装置的异同，在实际生产中选择合适装置使其效果最佳。

可编程控制器得以在生产中高速发展，正是因为其具有如下特点：

1. 配套齐全、功能完善、适用性强

PLC 发展到今天,除了逻辑处理功能外,还具有完善的数据运算能力,已经形成了大、中、小各种规模的系列化产品,可以用于各种规模的工业控制场合。近年来 PLC 的各种功能模块大量涌现,产品逐渐实现系列标准化,使 PLC 渗透到了位置控制、过程控制、计算机数控(Computer Numerical Control, CNC)等各种工业控制中。加上 PLC 通信能力的增强及人机界面技术的发展,使用 PLC 组成各种控制系统变得非常容易。

2. 可靠性高、抗干扰能力强

PLC 由于采用现代大规模集成电路技术,其生产工艺严格,内部电路采用了先进的抗干扰技术。PLC 具有硬件故障的自我检测功能,出现故障时可及时发出报警信息,具有很高的可靠性。例如三菱公司生产的 F 系列 PLC 平均无故障时间高达 30 万小时,一些使用冗余 CPU 的 PLC 的平均无故障工作时间则更长。从 PLC 的机外电路来说,使用 PLC 构成控制系统,和同等规模的继电器控制系统相比,电气接线及开关接点已减少到原来的数百甚至数千分之一,故障也将随之大大降低。

3. 易学易用、深受工程技术人员欢迎

PLC 的编程大多采用类似于继电器控制线路形式的梯形图编程,形象直观,容易被一般工程技术人员所理解和掌握。除了梯形图语言以外,PLC 还可以采用其他形式的编程语言,如 STL(语句表)语言、功能块图(FBD)、顺序功能图(SFC)以及高级语言进行编程。

4. 系统设计周期短、改造容易

在 PLC 构成的控制系统中,只需在 PLC 的端子上接入相应的输入、输出信号即可,不需要诸如继电器之类的固体电子器件和大量繁杂的接线电路。在生产工艺流程改变,或生产线设备更新,或系统控制要求改变,需要变更控制系统的功能时,一般不必改变或很少改变 I/O 通道的外部接线,只要改变存储器中的控制程序即可,这在传统的继电器控制时是很难想象的。更重要的是,它使同一设备经过改变程序来改变生产过程成为可能,因此,很适合用在多品种、小批量的生产场合。

5. 具有自诊断功能、维护方便

PLC 具有很强的自诊断能力,能随时检查出自身的故障,并将异常信息显示给操作人员,因此,当 PLC 或外部的输入装置及执行机构发生故障时,操作人员能迅速检查、判断故障原因,确定故障位置,以便采取迅速有效的措施。如果是 PLC 本身故障,在维修时只需要更换相应的模块或其他易损件即可,既方便又减少了影响生产的时间。

6. 通信联网能力越来越强

PLC 的通信包括 PLC 与 PLC、PLC 与上位计算机、PLC 与其他智能设备之间的通信,PLC 系统与通用计算机可直接或通过通信处理单元、通信转换单元相连构成网络,以实现信息的交换,并可构成“集中管理、分散控制”的多级分布式控制系统,满足工厂自动化(Factory Automation, FA)系统发展的需要。PLC 联网、通信能力很强,不断有新的联网结构推出。PLC 和 PLC 可通信,即可一对一通信,也可几个甚至多到几十、几百个 PLC 通信。PLC 和计算机之间进行通信,可用计算机参与编程及对 PLC 进行控制管理,使 PLC 使用更加方便。PLC 与智能仪表、智能执行装置也可联网通信、交换数据、相互操作。PLC 可与个人计算机通信,可用计算机参与编程及对 PLC 进行控制的管理,使 PLC 用起来更方

便。PLC 与智能仪表、智能执行装置（如变频器），也可联网通信，交换数据，相互操作。

联网、通信，正适应了当今计算机集成制造系统（Computer Integrated Manufacturing System, CIMS）及智能化工厂发展的需要。它可使工业控制从点到线再到面，使设备级的控制、生产线的控制、工厂管理层的控制联成一个整体，进而可创造更高的效益。

1.4 可编程控制器的应用

早期 PLC 主要用于开关量的逻辑控制。随着生产和科学技术技术的进步，PLC 的应用领域不断扩大。如今，PLC 不仅用于开关量控制，还用于模拟量及数字量的控制。可采集与存储数据，可对控制系统进行监控；可以联网、通信，实现大范围、跨地域的控制与管理。

一般来讲，工业生产过程可分为两种类型：连续型生产过程（如冶金、化学工业）及非连续型，即离散型生产过程（如机械制造业）。前者生产对象是连续的，分不出件的；后者为离散的，一件件的。由于 PLC 有上述几个方面的应用，而且控制的规模又可大、可小，所以，这两种类型的生产过程都有其用武之地。事实上，PLC 已广泛应用于工业生产的各个领域。从行业看，冶金、机械、化工、轻工、食品、建材等，几乎没有不用到它的。不仅工业生产用它，一些非工业过程，如楼宇自动化、电梯控制也用到它。农业的大棚环境参数调控，水利灌溉也用到它。PLC 广泛的应用，是 PLC 自身特点决定的，也是 PLC 技术不断完善的结果。

1. 用于开关量控制

开关量控制是目前 PLC 应用最广泛的领域，它取代传统的继电器顺序控制。PLC 控制开关量的能力是很强的。所控制的入出点数，少的十几点、几十点，多的可到几百、几千，甚至几万点。由于它能联网，点数几乎不受限制，不管多少点都能控制。所控制的逻辑问题可以是多种多样的：组合的、时序的；即时的、延时的；不需计数的，需要计数的；固定顺序的，随机工作的……都可进行。PLC 的硬件结构是可变的，软件程序是可编写、修改的，用于控制时，非常灵活。必要时，可编写多套，或多组程序，依需要调用。它很适应于工业现场多工况、多状态变换的需要。

用 PLC 进行开关量控制实例是很多的，冶金、机械、轻工、化工、纺织等，几乎所有工业行业都需要用到它。目前，PLC 首用的目标，也是别的控制器无法与其比拟的，就是它能方便并可靠地用于开关量的控制。

2. 用于模拟量控制

模拟量，如电流、电压、温度、压力等，它的大小是连续变化的。工业生产，特别是连续型生产过程，常要对这些物理量进行控制。作为一种工业控制电子装置，PLC 若不能对这些量进行控制，那将是一大缺憾。为此，各 PLC 厂家都在这方面进行大量的开发。目前，不仅大型、中型机可以进行模拟量控制，就是小型机，也能进行这样的控制。PLC 进行模拟量控制，要配置有模拟量与数字量相互转换的 A/D、D/A 单元。它也是 I/O 单元，不过是特殊的 I/O 单元。A/D 单元是把外电路的模拟量，转换成数字量，然后送入 PLC。D/A 单元，是把 PLC 的数字量转换成模拟量，再送给外电路。

PLC 能对温度、压力、速度和流量等模拟量进行闭环控制。PID 模块使 PLC 具有了闭环控制的功能，即一个具有 PID 控制能力的 PLC 可用于过程控制，当由于控制过程中某个

变量出现偏差时，PID 控制算法会计算出正确的输出，把变量保持在设定值上。大、中型 PLC 都具有多路模拟量 I/O 模块和 PID 控制功能，有的小型 PLC 也具有模拟量输入/输出。所以 PLC 可实现模拟量控制，而且具有 PID 控制功能的 PLC 可构成闭环控制，用于过程控制。这一功能已广泛用于锅炉、反应堆、水处理、酿酒以及闭环位置控制和速度控制等方面。

3. 用于数字量控制

实际的物理量，除了开关量、模拟量，还有数字量，如机床部件的位移，常以数字量表示。数字量的控制，有效的办法是 NC (Numerical Control, 数字控制) (专用计算机数控系统，俗称硬件数控) 技术。这是 20 世纪 50 年代诞生于美国的基于计算机的控制技术。当今已很普及，也很完善。目前，先进国家的金属切削机床，数控化的比率非常高。PLC 也是基于计算机的技术，并日益完善，故它也完全可以用于数字量控制。PLC 可接收计数脉冲，可用多种方式接收这脉冲，还可多路接收。有的 PLC 还有脉冲输出功能，脉冲频率范围很大。有了这两种功能，加上 PLC 有数据处理的功能，可利用计算机的原理实现种种控制。

高、中档的 PLC，还开发有 NC 单元，或运动单元，可实现点位控制。运动单元还可实现曲线插补，可控制曲线运动。所以，若 PLC 配置了这种单元，则完全可以用 NC 的办法进行数字量的控制。新开发的运动单元，甚至还发行了 NC 技术的编程语言，为更好地用 PLC 进行数字控制提供了方便。

4. 运动控制

早期 PLC 的运动控制直接用开关量 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，如驱动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。大多数 PLC 都有拖动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。这一功能广泛用于各种机械设备，如对各种机床、装配机械、机器人等进行运动控制。PLC 制造商目前已提供了拖动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块，PLC 把描述目标位置的数据送给模块，模块移动一轴或数轴到目标位置，当每个轴移动时，位置控制模块保持适当的速度和加速度，以使运动平滑。

5. 数据处理

现代的 PLC 都具有数学运算、数据传送、转换、排序和查表等功能，可进行数据的采集、分析和处理，同时可通过通信接口将这些数据传送给其他智能装置，如计算机数字控制 (CNC) 设备，进行处理。随着 PLC 技术的发展，其数据存储区越来越大。庞大的数据存储区，可以存储大量数据。数据采集可以用计数器，累计记录采集到的脉冲数，并定时地转存到 DM 区中去。数据采集也可用 A/D 单元，当模拟量转换成数字量后，再定时地转存到 DM 区中去。PLC 还可配置上小型打印机，定期把 DM 区的数据打出来。PLC 也可与计算机通信，由计算机把 DM 区的数据读出，并由计算机再对这些数据作处理。这时，PLC 即成为计算机的数据终端。

1.5 可编程控制器的发展

1.5.1 可编程控制器产品的主要流派

可编程控制器自问世以来，发展极为迅速。目前的 PLC 产品可按地域分成三大流派：

美国产品、欧洲产品和日本产品。美国和欧洲的 PLC 技术是在相互隔离情况下独立研究开发的, 因此它们的产品有明显的差异性。而日本的 PLC 技术是由美国引进的, 对美国的 PLC 产品有一定的继承性, 但又有所不同, 美国和欧洲以大中型 PLC 而闻名, 而日本则以小型 PLC 著称。

美国是 PLC 生产大国, 著名的有 A - B (Allen - Bradley) 公司、通用电气 (GE) 公司、莫迪康 (MODICON) 公司、德州仪器 (TI) 公司、西屋公司等, 其中 A - B 公司是美国最大的 PLC 制造商, 其产品规格齐全、种类丰富, 主推的大、中型 PLC 产品是 PLC - 5 系列。

德国的西门子 (SIEMENS) 公司、AEG 公司、法国的 TE 公司是欧洲著名的 PLC 制造商。西门子公司的电子产品以性能精良而久负盛名, 该公司在中、大型 PLC 产品领域与美国的 A - B 公司齐名。西门子 PLC 主要产品是 S7、M7、C7 系列。

日本的小型 PLC 最具特色, 在小型机领域中颇具盛名, 某些用欧美的中型机或大型机才能实现的控制, 日本的小型机就可以解决, 在开发较复杂的控制系统方面明显优于欧美的小型机, 所以格外受用户欢迎。日本有许多 PLC 制造商, 如三菱、欧姆龙、松下、富士、日立、东芝等。三菱公司的 PLC 是较早进入中国市场的产品, 其 FX 系列产品在小型机领域占有很大市场份额。

1.5.2 我国 PLC 的发展

PLC 自 20 世纪 70 年代后期进入中国以来, 应用增长十分迅速。最初 PLC 进入中国时是从成套设备引进应用, 由于 PLC 价格昂贵, 引进的 PLC 主要用于冶金、电力、自动化生产线等大型设备和系统。在引进国外 PLC 产品的过程中, 我国也曾组织了相关单位消化、吸收 PLC 的关键技术, 试图对 PLC 进行国产化。到 80 年代, 在上海、北京、西安、广州、长春等 20 多家科研单位、大专院校和工厂研制和生产 PLC 产品, 具体的单位有: 北京机械工业自动化研究所、上海工业自动化仪表研究所、大连组合机床研究所、成都机床电器研究所、中科院北京计算机所及自动化所、长春一汽、上海起重电器厂、上海香岛机电公司、上海自力电子设备厂等单位。但终因缺乏资金和后续研究力量、生产技术相对落后, 都没有成功实现产业化, PLC 产品运作是否成功不是由简单的一两种因素决定的。

目前国产 PLC 厂商众多, 主要集中于台湾、北京, 浙江、江苏和深圳, 台湾的品牌有: 永宏、台达、盟立、士林、丰炜、智国、台安。

各个厂商规模也不一样, 北京和利时和浙大中控都是在 DCS 系统具有优势之后, 再渗透 PLC 市场, 和利时已于 2000 年开始推广 PLC, 现在在国内已经有一定知名度, 浙大中控从最近两年开始推广 PLC, 杭州还有浙大中自生产 PLC。

但是无论是从规模还是产品系列上都无法与国际大厂商抗衡, 而且国产 PLC 生产厂商生产的 PLC 主要集中于中小型 PLC (大部分为小型), 其中生产中型 PLC 的厂商主要有盟立、南大傲拓等, 深圳欧辰和亿维都是做西门子 PLC 的配套 IO 模块, 黄石科威生产嵌入式 PLC。真正自主研发生产的企业只是其中的一部分, 国产厂商中台湾厂商比大陆厂商做得好, 其中大陆厂商中 PLC 销售额达到两三千万都是比较好的。

1.5.3 可编程控制器的发展趋势

为满足各种自动化控制系统的要求, 各生产厂家近年来不断推陈出新, 开发出各种功能

模块,如高速计数模块、温度控制模块、远程 I/O 模块、通信和人机接口模块等。

1. 开放和基于工业 PC 控制

PLC 制造商已经开始重视基于工业 PC 控制技术所带来的强大冲击。在高端应用方面,将很难进一步区分 PLC 控制系统和工业 PC 控制系统之间的差异,因为这两者均采用了同样类型的微处理器和内存芯片。

2. 进一步加强网络通信功能

当前,在所有过程控制领域中最大的发展趋势之一就是 Ethernet 技术的扩展。PLC 也不例外,现在,越来越多的 PLC 供应商开始提供 Ethernet 接口部件。在最近的几年间,我们已经看到,发展比现有普通小、快、灵 PLC 更加强大的 PLC 是种趋势。

3. 更强大的软件工具

工业用户只需要关心其性能和价格方面的内容即可。当前,越来越多的 PLC 用户希望能够寻找到更多的软件工具和集成工具,以便能够进一步提高 PLC 硬件的性能。

4. 向高速度、大容量、低成本、多功能方向发展

工业生产规模越来越大、越来越复杂,追求高速度、大容量、低成本、多功能是任何一种智能控制装置永恒的目标。更高的响应速度、更大的存储容量、更低的成本以及更多的功能将是 PLC 发展不变的主题。

1.6 可编程控制器的软件及编程语言

可编程控制器的软件由系统软件和应用软件组成。

1.6.1 系统软件

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。它是由 PLC 的制造厂家编制,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。

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,控制可编程控制器何时输入、何时输出、何时运算、何时自检、何时通信等,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

任何一台计算机,无论应用何种语言,最终只能执行机器语言,而用机器语言编程无疑