



21世纪高职高专系列教材

可编程序控制器 及其应用

中国机械工业教育协会 组编



机械工业出版社
China Machine Press

21 世纪高职高专系列教材

可编程序控制器及其应用

中国机械工业教育协会 组编

主 编 天津中德职业技术学院 吕景泉
副主编 辽宁工学院职业技术学院 刘玉梅
参 编 天津中德职业技术学院 孙海维
天津理工学院职业技术学院 仁兆香
武汉船舶职业技术学院 郭利霞
主 审 金华职业技术学院 王成福



机械工业出版社

21 世纪高职高专系列教材编委会名单

编委会主任 中国机械工业教育协会 郝广发

编委会副主任 (单位按笔画排)

山东工程学院 仪垂杰
大连理工大学 唐志宏
天津大学 周志刚
甘肃工业大学 路文江
江苏理工大学 杨继昌
成都航空职业技术学院 陈玉华

机械工业出版社 陈瑞藻 (常务)
沈阳工业大学 李荣德
河北工业大学 檀润华
武汉船舶职业技术学院 郭江平
金华职业技术学院 余党军

编委会委员 (单位按笔画排)

广东白云职业技术学院 谢瀚华
山东省职业技术教育师资培训中心 邹培明
上海电机技术高等专科学校 徐余法
天津中德职业技术学院 李大卫
天津理工学院职业技术学院 沙洪均
日照职业技术学院 李连业
北方交通大学职业技术学院 佟立本
辽宁工学院职业技术学院 李居参
包头职业技术学院 郑刚
北京科技大学职业技术学院 马德青
北京建设职工大学 常莲
北京海淀走读大学 成运花
江苏理工大学 吴向阳

合肥联合大学 杨久志
同济大学 孙章
机械工业出版社 李超群 余茂祚 (常务)
沈阳建筑工程学院 王宝金
佳木斯大学职业技术学院 王跃国
河北工业大学 范顺成
哈尔滨理工大学工业技术学院 线恒录
洛阳大学 吴锐
洛阳工学院职业技术学院 李德顺
南昌大学 肖玉梅
厦门大学 朱立秒
湖北工学院高等职业技术学院 吴振彪
彭城职业大学 陈嘉莉
燕山大学 刘德有

序

1999年6月中共中央、国务院召开第三次全国教育工作会议，作出了“关于深化教育改革，全面推进素质教育的决定”的重大决策，强调教育在综合国力的形成中处于基础地位，坚持实施科教兴国的战略。决定中明确提出要大力发展高等职业教育，培养一大批具有必备的理论知识和较强的实践能力，适应生产、建设、管理、服务第一线急需的高等技术应用性专门人才。为此，教育部召开了关于加强高职高专教学工作会议，进一步明确了高职高专是以培养技术应用性专门人才为根本任务；以适应社会需要为目标；以培养技术应用能力为主线设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案；以“应用”为主旨和特征来构建课程和教学内容体系；高职高专的专业设置要体现地区、行业经济和社会发展的需要，即用人的需求；教材可以“一纲多本”，形成有特色的高职高专教材系列。

“教书育人，教材先行”，教育离不开教材。为了贯彻中共中央、国务院以及教育部关于高职高专人才培养目标及教材建设的总体要求，中国机械工业教育协会、机械工业出版社组织全国部分有高职高专教学经验的职业技术学院、普通高等学校编写了这套《21世纪高职高专系列教材》。教材首批80余本（书目附书后）已陆续出版发行。

本套教材是根据高中毕业3年制（总学时1600~1800学时）、兼顾2年制（总学时100~1200学时）的高职高专教学计划需要编写的。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。基础理论课以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为重点；专业课加强了针对性和实用性，强化了实践教学。为了扩大使用面，在内容的取舍上也考虑到电大、职大、业大、函大等教育的教学、自学需要。

每类专业的教材在内容安排和体系上是有机联系、相互衔接的，但每本教材又有各自的独立性。因此各地区院校可根据自己的教学特点进行选择使用。

为了提高质量，真正编写出有显著特色的21世纪高职高专系列教材，组织编写队伍时，采取专门办高职的院校与办高职的普通高等院校相互协作编写并交叉审稿，以便实践教学和理论教学能相互渗透。

机械工业出版社是我国成立最早、规模最大的科技出版社之一，在教材编辑出版方面有雄厚的实力和丰富的经验，出版了一大批适用于全国研究生、大学本科、专科、中专、职工培训等各种层次的成套系列教材，在国内享有很高的声誉。我们相信这套教材也一定能成为具有我国特色的、适合21世纪高职高专教育特点的一系列教材。

中国机械工业教育协会

前 言

本书是 21 世纪高职高专系列教材之一，为高等职业技术教育工科类教学用书，是编者在多年从事可编程序控制技术的教学、培训及科研基础上编写而成的。本书适应面广，技术针对性强，可作为高职高专、高等工科院校电气工程类、机电一体化类、机械自动化类及电大、职大电类学生用书，也可作为工程技术人员的参考读物。

在本书编写过程中，编者以高等技术应用型人才培养目标为依据，确定编写的指导思想，同时、借鉴德国高职教材特点，以技能培养为本位，以基础理论够用为度、加强技术技能的培养和工程应用实例广泛作为本书的编写原则。本书重 PLC 技术，淡化 PLC 型号，使读者能够举一反三，掌握可编程序控制技术的关键能力。

本书的另一个特色是，针对当前市场上众多的 PLC 产品型号，选取了当今应用最广泛的两个世界著名 PLC 厂商 SIEMENS 和 OMRON 的产品为重点进行介绍，同时，在编写中增加了程序设计指导和项目练习单元，使读者不仅能掌握指令，而且还能够利用指令完成实际控制中的任务，并给出程序设计的思路，打破了此类书籍的纯技术手册的模式。

本书结合编者的多年工程实际经验，给出了许多深入浅出的工程实例，让读者更好地开阔眼界，了解 PLC 技术的应用。

全书共 8 章，总课时为 80 学时，各院校可依据实际情况决定内容的取舍。

参加编写的单位和人员有：

第 1、7、8 章，天津中德职业技术学院 吕景泉；第 2 章，天津中德职业技术学院 孙海维、天津理工学院职业技术学院 仁兆香；第 3 章，辽宁工学院职业技术学院 刘玉梅、天津理工学院职业技术学院 仁兆香、天津中德职业技术学院 吕景泉；第 4 章，天津中德职业技术学院 孙海维；第 5 章，武汉船舶职业技术学院 郭利霞、天津中德职业技术学院 孙海维；第 6 章，天津中德职业技术学院 孙海维、吕景泉。

本书由吕景泉副教授主编并统稿，他提出了全书的总体构思及编写的指导思想，刘玉梅副教授任副主编。金华职业技术学院王成福副教授担任主审。

在本书的编写过程中得到了天津中德职业技术学院领导的大力支持，在此表示感谢。

限于作者水平，书中难免有缺点和不当之处，敬请专家、同仁和广大读者给予批评指正。

编 者

目 录

序 前言

第 1 章 可编程序控制器 (PLC) 概述

1.1 引言	1
1.2 PLC 的分类及特点	3
1.2.1 PLC 的分类	3
1.2.2 PLC 的特点	4
1.3 PLC 的结构与工作原理	7
1.3.1 PLC 的基本组成	7
1.3.2 PLC 的工作原理	8
1.4 PLC 与其它工控器的比较	10
1.4.1 PLC 与继电-接触器控制 (系统) 的比较	10
1.4.2 PLC 与集散控制系统的比较	10
1.4.3 PLC 与工业控制计算机的比较	11
1.5 PLC 的应用	11
复习思考题	12

第 2 章 可编程序控制器 的配置及编址

2.1 欧姆龙 PLC 的配置及编址	14
2.1.1 P 型机的配置及编址	14
2.1.2 CPM1A 型机的系统构成及编址	19
2.2 欧姆龙 PLC 的编程器	26
2.2.1 编程器键盘	26
2.2.2 方式开关	28
2.3 西门子 PLC 的配置及编址	28
2.3.1 S5-100U PLC 的配置及编址	28
2.3.2 S7-300 PLC 的配置及编址	31
2.4 西门子 PLC 的编程器	34
2.4.1 PG615 编程器	34
2.4.2 PG720 编程器	38
复习思考题	44

第 3 章 欧姆龙 PLC 的基本 指令及应用

3.1 PLC 的逻辑指令及应用	45
3.1.1 编程语言	45
3.1.2 常用的内部寄存器	45
3.1.3 欧姆龙 PLC 的逻辑指令	46
3.1.4 欧姆龙 PLC 的逻辑 指令应用举例	65
3.2 程序设计指导	68
3.2.1 编程的基本原则	68
3.2.2 编程技巧	69
3.3 项目练习	72
3.4 计时功能及应用	76
3.4.1 计时功能	76
3.4.2 应用举例	78
3.5 计数功能及应用	78
3.5.1 计数功能	78
3.5.2 应用举例	81
复习思考题	83

第 4 章 西门子 PLC 的基本 指令及应用

4.1 PLC 的逻辑运算指令及应用	87
4.1.1 逻辑运算指令及功能	87
4.1.2 逻辑运算指令的应用	89
4.1.3 中间标志及其应用	91
4.2 置位复位指令及应用	94
4.3 计时功能及应用	97
4.3.1 计时指令及功能	97
4.3.2 计时功能的应用	99
4.3.3 数据传送指令	102
4.4 计数功能、比较功能及 算术运算功能	103
4.4.1 计数指令及功能	103
4.4.2 比较指令及功能	104

4.4.3 算术运算指令及功能	105	6.1.2 星-三角减压起动控制电路	153
4.5 数据块及其应用	106	6.1.3 电动机反接制动控制电路	153
4.6 程序设计指导	108	6.1.4 延边三角形减压起动控制 电路	155
4.7 综合项目练习	112	6.1.5 顺序控制电路工步控制	157
4.8 编程器操作	113	6.1.6 电动机能耗制动控制电路	157
4.8.1 编程器与 PLC 的 连接及系统复位	113	6.1.7 自动往返控制电路	160
4.8.2 编程器的程序输入、 显示及修改操作	114	6.1.8 绕线转子异步电动机 串电阻起动控制	160
4.8.3 程序测试	116	6.1.9 电动机变极调速控制 电路 (Δ/YY 控制电路)	163
4.8.4 其它特殊功能介绍	116	6.2 PLC 在顺序控制中的应用	164
复习思考题	117	6.2.1 顺序控制方式与程序结构	164
第 5 章 可编程序控制器 的指令系统	118	6.2.2 顺序控制系统程序设计实例	168
5.1 欧姆龙 CPM1A 指令介绍	118	6.3 PLC 的模拟量控制	173
5.1.1 基本功能指令	118	6.3.1 S5 系列 PLC 的模拟量处理	173
5.1.2 特殊功能指令	119	6.3.2 欧姆龙系列 PLC 的 模拟量处理	177
5.2 欧姆龙 CPM1A 常见指令及 应用	123	复习思考题	179
5.2.1 数据移位	124	第 7 章 可编程序控制器控制系统 的设计与现场维护	181
5.2.2 数据传送	125	7.1 PLC 控制系统的总体设计	181
5.3 西门子 STEP5 指令系统	127	7.1.1 可编程序控制器的选型 问题	181
5.3.1 西门子 STEP5 基本指令	128	7.1.2 用 PLC 构成控制系统的 一般设计步骤	184
5.3.2 西门子 STEP5 扩展指令	129	7.1.3 PLC 控制系统的总体 设计原则	188
5.3.3 西门子 STEP5 系统指令	134	7.2 PLC 控制系统的可靠性设计	189
5.4 西门子 STEP5 常见指令及 应用	135	7.3 PLC 控制系统的故障 特性及故障诊断	193
5.4.1 循环控制组织块 OB1	135	7.3.1 故障特性	193
5.4.2 再起动控制 组织块 OB21 及 OB22	142	7.3.2 故障诊断	194
5.4.3 时间控制组织块 OB13	143	7.4 PLC 控制系统故障诊断 及工程应用实例	195
5.4.4 OB2、OB34 及 OB31	144	7.4.1 PLC 控制系统常见故障 的自动检测方法	195
5.4.5 PID 控制算法 OB251	146	7.4.2 PLC 控制系统中首发 故障的程序测试	197
5.4.6 功能块及应用	148	7.4.3 PLC 控制系统中信号灯的 处理及控制方式	198
复习思考题	150		
第 6 章 可编程序控制器的 应用	151		
6.1 常用控制电路的 PLC 实现	151		
6.1.1 正反转控制电路	151		

7.4.4 PLC 控制系统中离散量 信号的采样滤波	200	8.1.1 PLC 的发展趋势	207
7.4.5 PLC 的边沿信号检测方法	202	8.1.2 我国 PLC 的发展阶段和 前景	208
7.4.6 欧姆龙 PLC 计时器的扩展 方法	203	8.2 PLC 的新技术	209
7.4.7 PLC 时间中断的设定方法 与应用	205	8.2.1 西门子 PLC 的网络	209
复习思考题	206	8.2.2 PROFIBUS 现场总线	213
第 8 章 可编程序控制器 技术的展望	207	8.2.3 PLC 的操作与监视系统	217
8.1 重新认识 PLC	207	8.2.4 PLC 在自动化调节 领域中的应用	220
		复习思考题	224
		参考文献	225

第 1 章 可编程序控制器 (PLC) 概述

1.1 引言

可编程序控制器的起源可以追溯到 20 世纪 60 年代。20 世纪 60 年代末, 由于市场的需要, 工业生产开始从大批量、少品种的生产方式转变为小批量、多品种的生产方式。这种生产方式在汽车生产中得到充分的体现, 而当时汽车组装生产线的控制都是采用继电-接触器控制(系统)控制系统的。但这种控制系统体积大、耗电多, 特别是改变生产程序很困难。为了改变这种状况, 1968 年, 美国通用汽车(GM)公司对外公开招标, 要求用新的电气控制装置取代继电-接触器控制(系统)控制系统, 以便适应迅速改变生产程序的要求。该公司为新的控制系统提出 10 项指标:

- 1) 编程方便, 可现场修改程序。
- 2) 维修方便, 采用插件式结构。
- 3) 可靠性高于继电器控制装置。
- 4) 体积小于继电器控制装置。
- 5) 数据可直接送入管理计算机。
- 6) 成本可与继电器控制装置竞争。
- 7) 输入可为市电。
- 8) 输出可为市电, 容量要求在 2A 以上, 可直接驱动接触器等。
- 9) 扩展时原系统改变最少。
- 10) 用户存储器大于 4KB。

这 10 项指标实际上就是现在可编程序控制器的最基本的功能。其核心要求可归结为 4 点:

- 1) 用计算机代替继电器控制装置。
- 2) 用程序代替硬接线。
- 3) I/O 电平可与外部装置直接相连。
- 4) 结构易于扩展。

1969 年美国 DEC 公司研制出第一台 PDP-14 可编程序控制器, 用在 GM 公司生产线上获得成功, 立即引起了开发热潮。其后日本、德国等相继加入, 1971 年, 日本从美国引进了这项新技术, 很快研制成了日本第一台 DCS-8 可编程序控制器。1973 年, 德国也研制出他们的第一台可编程序控制器。我国从 1974 年开始研制, 1977 年开始工业应用。可编程序控制器迅速发展起来。但这一时期主要用于顺序控制, 虽然也采用了计算机的设计思路, 但实际只能进行逻辑运算, 故称为可编程逻辑控制器, 简称 PLC (Programmable Logic Controller)。

进入 20 世纪 80 年代, 随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展, 可编程序控制器才有了突飞猛进的发展。其功能已远远超出逻辑控制、顺序控制的范围, 故称为可编程序控制器, 简称 PC (Programmable Controller)。但由于 PC 容易和个人计算机(Personal Computer)混

淆，故人们仍习惯地用 PLC 作为可编程序控制器的缩写。

那么，什么是可编程序控制器（PLC）呢？可编程序控制器是一种数字运算、数字操作的电子系统，专为工业环境下应用而设计的。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，控制各种机械或生产过程。可编程序控制器及其有关外部设备都是按易于与工业控制系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计的。

总之，可编程序控制器是一台计算机，是专为工业环境应用而设计制造的计算机。它具有丰富的 I/O 接口，并且具有较强的驱动能力。但可编程序控制器产品并不是针对某一具体工业应用设计的，在实际应用时，其硬件需要根据实际需要选用配置，其软件则需要根据控制要求进行设计。

可编程序控制器问世以来，经过 30 年的发展，现已发展到第四代产品。其发展过程大致为：

第一代：1969 ~ 1972 年。特点是：

- 1) 功能简单，主要是逻辑运算、定时、计数。
- 2) 机种单一，没有形成系列。
- 3) 与继电器控制相比，可靠性有一定提高。
- 4) CPU 由中、小规模集成电路组成，存储器为磁心存储器。

典型产品有：美国 MODICON 公司的 084，美国 DEC 公司的 PDP-14/L，美国 ALLEN-BRADLEY 公司的 PDQ-II；日本富士电机公司的 USC-4000，日本立石电机公司的 SCY-022，日本北辰电机公司的 HOSC-20，日本横河电机公司的 YODIC' S。

第二代：1973 ~ 1975 年。特点是：

- 1) 功能增加。增加了数字运算、传递、比较等功能，能完成模拟量的控制。
- 2) 初步形成系列。
- 3) 可靠性进一步提高，开始具备自诊断功能。
- 4) 存储器采用 EPROM。

典型产品有：美国 MODICON 公司的 184、284、384，美国 GE 公司的 LOGISTROT；德国 SIEMENS 公司的 SIMATIC S3 系列和 S4 系列；日本富士电机公司的 SC 系列。

第三代：1976 ~ 1983 年。特点是：

- 1) 将微处理器及 EPROM、EAROM、CMOSROM 等 LSI 用在 PLC 中，而且向多微处理器发展，使 PLC 的功能和处理速度大大增加。
- 2) 具有通信功能和远程 I/O 能力。
- 3) 增加了多种特殊功能，如浮点数运算、平方、三角函数、相关数、查表、列表、脉宽调制变换等。
- 4) 自诊断功能及容错技术发展迅速。

典型产品有：美国 GOULD 公司的 M84、484、584、684、884；德国 SIEMENS 公司的 SIMATIC S5 系列；美国 TI 公司的 PM550、TI510、520、530；日本三菱公司的 MELPLAC-50、550；日本富士电机公司的 MICREEX。

第四代：1983 年到现在。特点是：

- 1) 能完成对整个车间的监控，可在 CRT 上显示多种多样的现场图像，CRT 的画面可代

替仪表盘的控制，能做各种控制和管理操作，十分灵活方便。最大内存为 896KB，为第 3 代 PLC 的 20 倍左右。

2) 有的采用 32 位微处理器（型号为 NS16032），可以将多台 PLC 连接起来再与大系统连成一体，网络资源可以共享。

3) 编程语言除了传统的梯形图、流程图、语句表等以外，还有用于算术运算的 BASIC 语言，用于机床控制的数控语言等。

典型产品有：美国 GOULD 公司的 A5900 及 MODULAR SYSTEMS RESEARCH 公司的 IAC 系统；德国 SIEMENS 公司的 S7 系列。

目前，为了适应大中小型企业不同需要，进一步扩大 PLC 在工业自动化领域的应用范围，PLC 正朝着以下两个方向发展：

1) 低档 PLC 向小型、简易、廉价方向发展，使之能更加广泛地取代继电器控制。例如：LOGO 是西门子公司开发的通用逻辑控制器，其尺寸仅为 72mm × 90mm × 55mm，可提供 6 个输入和 4 个输出，具有计时、计数、加减等各种程序功能和 PLC 电缆接口，其外形图如图 1-1 所示。

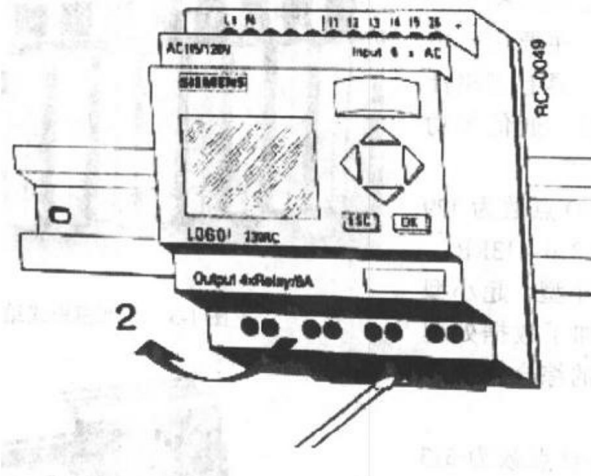


图 1-1 西门子 LOGO PLC

2) 中、高档 PLC 向大型、高速、多功能方向发展，使之能取代工业控制微机的部分功能，对大规模、复杂系统进行综合性的自动控制。

从 PLC 的发展趋势看，PLC 控制技术将成为今后工业自动化的主要手段。在未来的工业生产中，PLC 技术、机器人技术、CAD/CAM 技术和数控技术将成为实现工业自动化化的四大支柱技术。

1.2 PLC 的分类及特点

1.2.1 PLC 的分类

可编程序控制器发展很快，全世界有几百家工厂正在生产几千种不同型号的 PLC。从组成结构形式上可以将这些 PLC 分为两类：一类是一体化整体式结构 PLC，如图 1-2 所示；另一类是标准模板式结构的 PLC，如图 1-3 所示。欧姆龙公司的 C20P、C40P、C60P；三菱电机公司的 F1 系列；东芝公司的 EX20/40 系列等都属于前者。其特点是电源、中央处理器

(CPU)、I/O 接口都集成在一个机壳内。欧姆龙公司的 C200H, C1000H, C2000H; 西门子公司 S5-110U、S5-115U、S7-300、S7-400 PLC 则都属于后者。它们的电源模块、CPU 模块、开关量 I/O 模块、模拟量 I/O 模块等在结构上是相互独立的, 可根据具体的应用要求, 选择合适的模块, 安装在固定的机架或导轨上, 构成一个完整的 PLC 应用系统。

按 I/O 点数及内存容量可将 PLC 分为以下几类:

(1) 超小型 PLC I/O 点数小于 64 点, 内存容量为 256B ~ 1KB。

(2) 小型 PLC I/O 点数为 65 ~ 128 点, 内存容量为 1 ~ 3.6KB。

小型及超小型 PLC 在结构上一般是一体化整体式的, 主要用于中等容量的开关量控制, 具有逻辑计算、计时、计数、顺控、通信等功能。

(3) 中型 PLC I/O 点数为 129 ~ 512 点, 内存容量为 3.6 ~ 13KB。

中型 PLC 除具有小型、超小型 PLC 的功能外, 还增加了数据处理能力, 适用于小规模的综合控制系统。

(4) 大型 PLC I/O 点数为 513 ~ 896 点, 内存容量在 13KB 以上。

(5) 超大型 PLC I/O 点数在 896 点以上, 内存容量在 13KB 以上。

大型和超大型 PLC 除具有中、小型 PLC 的功能外, 还增强了编程终端的处理能力和通信能力, 适用于多级自动控制 and 大型分散控制系统。西门子公司 S5 系列 PLC 外形如图 1-4 所示, 西门子公司 S5 系列 PLC 专用编程器如图 1-5 所示。

1.2.2 PLC 的特点

PLC 之所以高速发展, 除了工业自动化的客观需要外, 还有许多独特的优点, 它能较好地解决工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便和经济等问题, 其主要特点如下:

1. 可靠性高、抗干扰能力强 PLC 是专为工业控制而设计的, 可靠性好、抗干扰能力

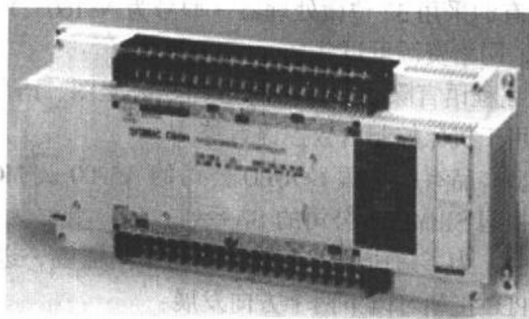


图 1-2 整体式结构 PLC

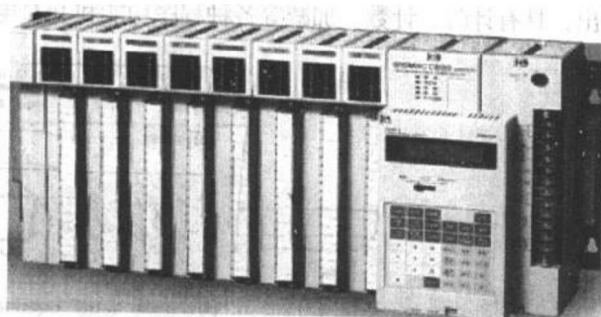


图 1-3 标准模板式结构 PLC

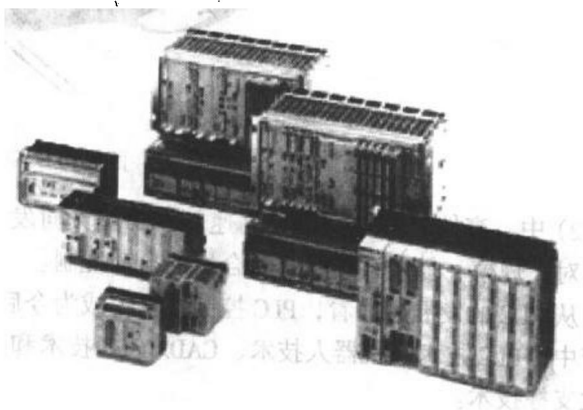


图 1-4 西门子 S5 系列 PLC 外形



图 1-5 西门子 SS 系列 PLC 的编程器家族

强是其最重要的特点之一。PLC 的平均故障间隔时间可达几十万小时。

一般由程序控制的数字电子设备所产生的故障有两种：一种是软故障，由于外界恶劣环境，如电磁干扰、超高温、超低温、过电压、欠电压等引起的未损坏系统硬件的暂时性故障；另一种是由多种因素而导致元器件损坏引起的故障，称为硬故障。

PLC 的循环扫描工作方式能在很大程度上减少软故障的发生。一些高档 PLC 可采用双 CPU 模块并行工作，即使有一个 CPU 模块出现故障，系统也能正常工作，同时可修复或更换故障 CPU 模块。例如：欧姆龙的 C2000H PLC 的双机系统在环境极为苛刻而又非常重要的控制中，提供了完全的热备冗余。双机系统中的第 2 台 CPU 与一个可靠的切换单元连在一起，而这个切换单元能完成真正的无扰动切换，使控制可平缓地转到第 2 台 CPU 上，如图 1-6 所示。西门子 S5-115H PLC 不仅 CPU 模块是冗余的，系统中用的所有模块也都可以是冗余的，这样就极大地增加了应用系统的整体可靠性。除此之外，PLC 采用了如下一系列的硬件和软件的抗干扰措施：

(1) 硬件方面的抗干扰措施 隔离是抗干扰的主要手段之一。在微处理器与 I/O 电路之间，采用光电隔离措施，可有效地抑制外部干扰源对 PLC 的影响，同时还可以防止外部高电压进入 CPU 模块。滤波是抗干扰的又一主要措施。对供电系统及输入线路采用多种形式的滤波，可消除或抑制高频干扰。用良好的导电、导磁材料屏蔽 CPU 等主要部件可减弱空间电磁干扰。此外，对有些模块还设置了连锁保护、自诊断电路等。

(2) 软件方面的抗干扰措施

1) 设置故障检测与诊断程序。PLC 在每一次循环

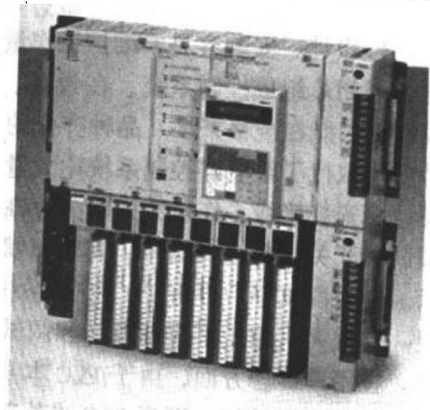


图 1-6 具有冗余功能的欧姆龙 C2000H PLC

扫描过程的内部处理期间，检测系统硬件是否正常，锂电池电压是否过低，外部环境是否正常，如断电、欠电压等。

2) 当软故障条件出现时，立即把现状态重要信息存入指定存储器，软硬件配合封锁存储器，禁止对存储器进行任何不稳定的读写操作，以防存储信息被冲掉。这样，一旦外界环境恢复正常，便可回到故障发生前的状态，继续原来的程序工作。

由于采取了以上抗干扰措施，PLC 的可靠性、抗干扰能力大大提高，可以承受幅值为 1000V、上升时间为 1ns、脉冲宽度为 1 μ s 的干扰脉冲。

2. 编程简单、使用方便 这是 PLC 的又一重要特点。考虑到企业中一般电气技术人员和技术工人的读图习惯和应用微机的实际水平，目前大多数的 PLC 采用继电器控制形式的梯形图编程方式，这是一种面向生产、面向用户的编程方式，与常用的微机语言相比更容易被操作人员所接受并掌握。通过阅读 PLC 的使用手册或短期培训，电气技术人员可以很快地熟悉梯形图语言（见图 1-7），并用来编制一般的用户程序。配套的简易编程器的操作和使用也很简单，这也是 PLC 近年来获得迅速普及和推广的原因之一。

一些 PLC 厂商还针对具体问题设计了诸如步进梯形指令、功能图及功能指令、语句表等程序语言，进一步简化了编程，如图 1-8 和图 1-9 所示。

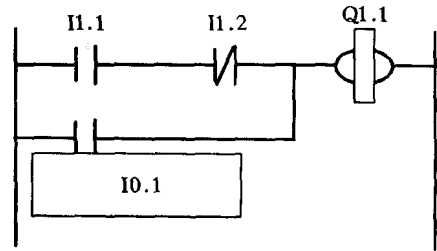


图 1-7 PLC 梯形图语言

A	I1.1
AN	I1.2
O	
A	I0.1
=	Q1.1

图 1-8 PLC 语句表语言

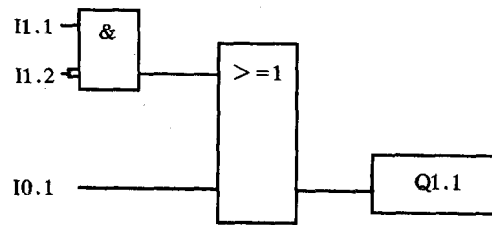


图 1-9 PLC 功能图语言

3. 设计、安装容易，维护工作量少 由于 PLC 已实现了产品的系列化、标准化和通用化，用 PLC 组成控制系统，在设计、安装、调试和维修等方面，表现出了明显的优越性。设计部门能在规格繁多、品种齐全的 PLC 系列产品中，选出高性能价格比的产品。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，控制柜的设计、安装接线工作量大为减少。PLC 的用户程序大部分可以在实验室进行模拟调试，用模拟试验开关代替输入信号，其输出状态可通过 PLC 上的发光二极管指示得知，如图 1-10 所示。模拟调试好后再将 PLC 控制系统安装到生产现场，进行联机调试，既安全，又快捷方便。这就大大缩短了应用设计和调试周期，特别是在老厂控制系统的技术改造中更能发挥优点。在用户维修方面，由于 PLC 本身的故障率极低，维修工作量很小；并且 PLC 有完善的自诊断和显示功能，即当 PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时，可以根据 PLC 上的发光二极管或在线编程器上提供的信息，迅速地查明原因，如果是 PLC 本身的故障，可以用更换模块的方法迅速排除，因此维修极为方便。

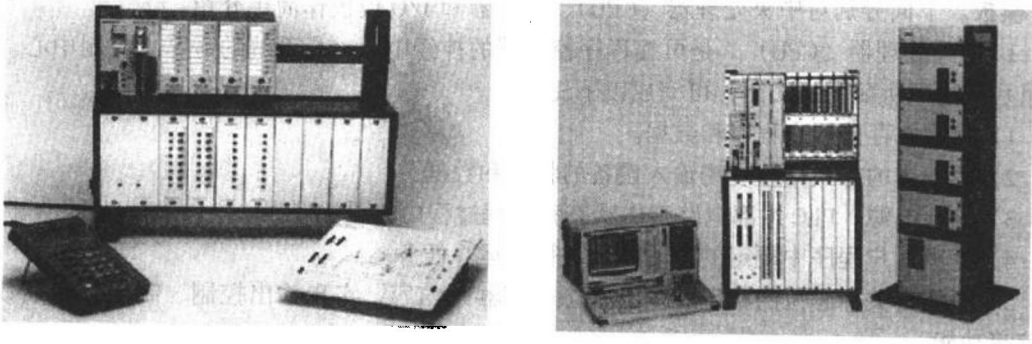


图 1-10 带培训模拟器的 PLC

4. 功能完善、功用性强 现代 PLC 不仅具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制等功能, 而且还具有 A/D 和 D/A 转换、数值运算和数据处理等功能。因此, 它既可对开关量进行控制, 又可对模拟量进行控制; 既可以控制单台设备, 又可控制一条生产线或全部生产工艺过程。PLC 还具有通信联网功能, 可与相同或不同类型的 PLC 联网, 并可与上位机通信构成分布式控制系统。由于 PLC 产品的系列化和模块化, PLC 配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用, 可以组成能满足各种控制要求的控制系统。

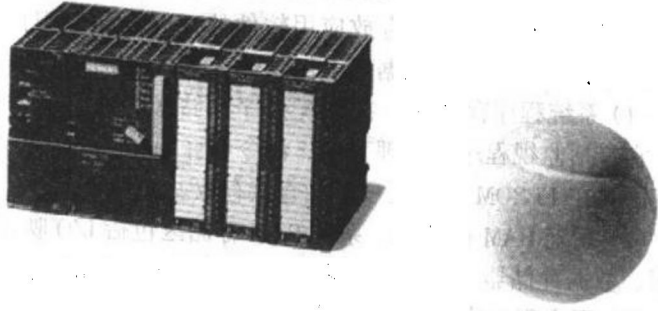


图 1-11 网球与 PLC

5. 体积小, 能耗低 以西门子中小型 S7-300 PLC 为例, 314 CPU 模块可以扩展为 512 点开关量, 64 路模拟量, 其外形尺寸为 $80\text{mm} \times 125\text{mm} \times 130\text{mm}$, 重量仅 0.53kg , 消耗功率为 8W 。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, 如图 1-11 所示。

6. 性能价格比高

总之, PLC 系统的基本特点是: 可靠、方便、通用、价廉。

1.3 PLC 的结构与工作原理

通过前面的讨论可知, PLC 实质上是一种专用于工业控制的计算机, 它的硬件结构基本上与微型计算机 (PC) 相同, 但其工作过程则与 PC 有些差异。

1.3.1 PLC 的基本组成

可编程序控制器构成的基本控制系统结构简图如图 1-12 所示。其中可编程序控制器的基本组成为电源、中央处理器 (CPU)、存储器和

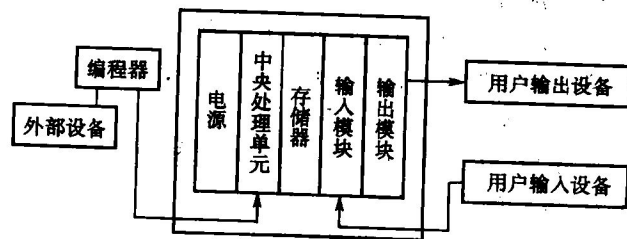


图 1-12 PLC 控制系统结构简图

I/O 模板。下面分别对中央处理器 (CPU)、存储器和 I/O 模板作简单介绍。

1. 中央处理器 (CPU) 是可编程序控制器的神经中枢, 是系统的运算、控制中心。它按照系统程序所赋予的功能, 可完成以下任务:

- 1) 接收并存储用户程序和数据。
- 2) 用扫描的方式接收现场输入设备的状态和数据。
- 3) 诊断电源、PLC 内部电路工作状态和编程过程中的语法错误。
- 4) 完成用户程序中规定的逻辑运算和算术运算任务。
- 5) 更新有关标志位的状态和输出状态寄存器的内容, 实现输出控制、制表打印或数据通信等功能。

2. 存储器 存储器是一种记忆部件。它用来存储数据或程序, 主要包括随机存取存储器 (RAM) 和 EPROM。RAM 中的用户程序可以用 EPROM 写入器写入到 EPROM 芯片中。写入了用户程序的 EPROM 又可以通过外部接口与主机连接, 然后让主机按 EPROM 中的程序运行。EPROM 是可擦写可编程的只读存储器, 如果存储的内容不需要时, 可以用紫外线擦出器擦除, 重新写入新的程序。

由于 PLC 的软件由系统软件和应用软件构成, 因此 PLC 的存储器可分为系统程序存储器和用户程序存储器。把存放应用软件的存储器称为用户程序存储器。不同类型的 PLC 其存储容量各不相同, 但根据其工作原理, 其存储空间一般包括以下三个区域:

(1) 系统程序存储区 在系统程序存储区中, 存放着相当于计算机操作系统的系统程序。它包括监视程序、管理程序、命令解释程序、功能子程序、系统诊断程序等。由制造商将其固化在 EPROM 中, 用户不能直接存取。

(2) 系统 RAM 存储区 系统 RAM 存储区包括 I/O 映像区以及各类软设备 (如各种逻辑线圈、数据存储器、计时器、累加器、变址寄存器等) 存储区。

(3) 用户程序存储区 用户程序存储区存放用户编制的应用控制程序, 不同类型的 PLC, 其存储容量各不相同。有些 PLC 的存储容量可以根据用户的需要加以改变, 如三菱电机公司的 FX2 系列 PLC, 其用户程序存储器除了主机单元已有的 2KB 的 RAM 以外, 用户还可以根据需要选用 4KB 或 8KB 的 RAM、EPROM 加以扩展。

3. I/O [输入/输出 (I/O)] 模块 是 CPU 与现场 I/O 设备或其它外部设备的桥梁。PLC 提供了具有各种操作电平与输出驱动能力的 I/O 模块和各种用途的功能模块供用户选用。

一般 PLC 均配置 I/O 电平转换及电气隔离。输入电平转换是用来将输入端不同电压或电流信号源转换成微处理器所能接收的低电平信号; 输出电平转换是用来将微处理器控制的低电平信号转换为控制设备所需的电压或电流信号; 电气隔离是在微处理器与 I/O 回路之间采用的防干扰措施。

I/O 模块既可以与 CPU 放置在一起, 又可远程放置。一般 I/O 模块具有 I/O 状态显示和接线端子排。另外, 有些 PLC 还具有一些其它功能的 I/O 模块, 如串/并行变换、数据传递、A/D 或 D/A 转换及其它功能控制等。

4. 电源 PLC 配有开关式稳压电源模块, 用来对 PLC 的内部电路供电。

1.3.2 PLC 的工作原理

由于 PLC 具有比计算机更强的与工业过程相连的接口, 具有更适应于控制要求的编程语言, 因此, PLC 可视为一种特殊的工业控制计算机。但由于有特殊的接口器件及监控软

件，其外形不像计算机，编程语言、工作原理与计算机相比有一定的差别。另一方面，它作为继电器控制装置的替代物，由于其核心为计算机芯片，因而与继电器控制逻辑的工作过程也有很大差别。

PLC的工作过程一般可分为3个主要阶段：输入采样阶段、程序执行阶段和输出刷新阶段，如图1-13所示。

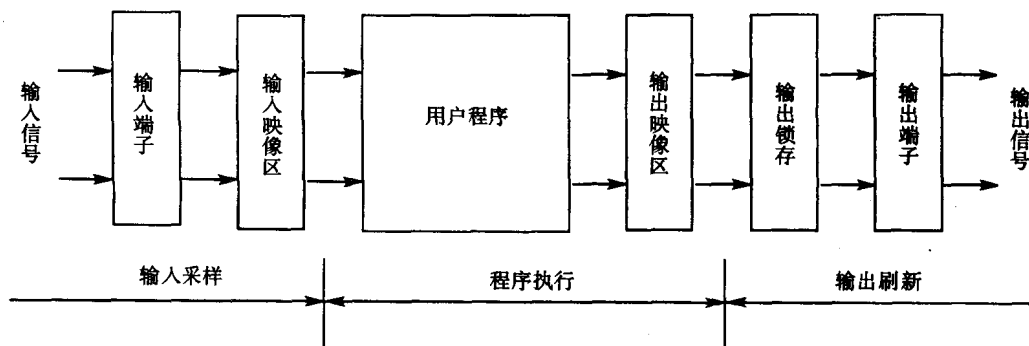


图 1-13 PLC 工作过程

1. 输入采样阶段 PLC以扫描工作方式，按顺序将所有信号读入到寄存输入状态的输入映像寄存器中存储，这一过程称为采样。在本工作周期内，这个采样结果的内容不会改变，而且这个采样结果将在PLC执行程序时被使用。

2. 程序执行阶段 PLC按顺序对程序进行扫描，即从上到下、从左到右地扫描每条指令，并分别从输入映像寄存器和输出映像寄存器中获得所需的数据进行运算、处理，再将程序执行的结果写入寄存执行结果输出映像寄存器中保存。但这个结果在整个程序未执行完毕之前不会送到输出端口上。

3. 输出刷新阶段 在执行完用户所有程序后，PLC将映像寄存器中的内容送入到寄存输出状态的输出锁存器中，再去驱动用户设备，这就是输出刷新。

PLC重复执行上述三个阶段，每重复一次的时间称为一个扫描周期。PLC在一个工作周期中，输入扫描和输出刷新的时间一般为4ms左右，而程序执行时间可因程序的长度不同而不同。PLC一个扫描周期一般在40~100ms之间。

PLC的一个工作周期主要有上述三个阶段，但严格来说还应包括下述四个过程，但这四个过程都是在输入扫描过程之后进行的。

- 1) 系统自监测。检查程序执行是否正确，如果超时则停止中央处理器工作。
- 2) 与编程器交换信息，这在使用编程器输入和调试程序时才执行。
- 3) 与数字处理器交换信息，这只有在PLC中配置有专用数字处理器时才执行。
- 4) 网络通信。当PLC配置有网络通信模块时，应与通信对象（如磁带机、其它PLC或计算机等）进行数据交换。

当PLC投入运行后，重复完成以上三个阶段的工作，即采取循环扫描工作过程，其扫描工作方式如图1-14所示。PLC工作的主要特点是输入信号集中批处理，执行过程集中批处理和输出控制也集中批处理。PLC的这种“串行”工作方式，可以避免继电器、接触器控制系统中触点竞争和时序失配的问题。这是PLC可靠性高的原因之一，但是又导致输出对