

21世纪高职高专系列规划教材

大中型PLC应用技术

罗庚兴 宁玉珊 编 著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

21世纪高职高专系列规划教材

大中型PLC应用技术

罗庚兴 宁玉珊 编 著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

大中型PLC应用技术/罗庚兴, 宁玉珊编著. —北京: 北京师范大学出版社, 2010.8

21 世纪高职高专系列规划教材

ISBN 978-7-303-11445-0

I. ①大… II. ①罗… III. ①可编程序控制器—控制系统—高等学校: 技术学校—教材 IV. ① TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 162197 号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 北京京师印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 184 mm × 260 mm

印 张: 14.5

字 数: 315 千字

版 次: 2010 年 8 月第 1 版

印 次: 2010 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 24.00 元

策划编辑: 庞海龙

责任编辑: 庞海龙

美术编辑: 高 霞

装帧设计: 华鲁印联

责任校对: 李 茵

责任印制: 李 丽

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

出版说明

随着我国经济建设的发展,社会对技术型应用人才的需求日趋紧迫,这也促进了我国职业教育的迅猛发展,我国职业教育已经进入了平稳、持续、有序的发展阶段。为了适应社会对技术型应用人才的需求和职业教育的发展,教育部对职业教育进行了卓有成效的改革,职业教育与成人教育司、高等教育司分别颁布了调整后的中等职业教育、高等职业教育专业设置目录,为职业院校专业设置提供了依据。教育部连同其他五部委共同确定数控技术应用、计算机应用与软件技术、汽车运用与维修、护理为紧缺人才培养专业,选择了上千家高职、中职学校和企业作为示范培养单位,拨出专款进行扶持,力争培养一批具有较高实践能力的紧缺人才。

职业教育的快速发展,也为职业教材的出版发行迎来了新的春天和新的挑战。教材出版发行为职业教育的发展服务,必须体现新的理念、新的要求,进行必要的改革。为此,在教育部高等教育司、职业教育与成人教育司、北京师范大学等的大力支持下,北京师范大学出版社在全国范围内筹建了“全国职业教育教材改革与出版领导小组”,集全国各地上百位专家、教授于一体,对中等高等职业院校的文化基础课、专业基础课、专业课教材的改革与出版工作进行深入的研究与指导。2004年8月,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”召开了“全国有特色高职教材改革研讨会”,来自全国20多个省、市、区的近百位高职院校的院校长、系主任、教研室主任和一线骨干教师参加了此次会议。围绕如何编写出版好适应新形势发展的高等职业教育教材,与会代表进行了热烈的研讨,为新一轮教材的出版献计献策。这次会议共组织高职教材50余种,包括文化基础课、电工电子、数控、计算机教材。2005年~2006年期间,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”先后在昆明、哈尔滨、天津召开高职高专教材研讨会,对当前高职高专教材的改革与发展、高职院校教学、师资培养等进行了深入的探讨,同时推出了一批公共素质教育、商贸、财会、旅游类高职教材。这些教材的特点如下。

1. 紧紧围绕教育改革,适应新的教学要求。过渡时期具有新的教学要

求,这批教材是在教育部的指导下,针对过渡时期教学的特点,以3年制为基础,兼顾2年制,以“实用、够用”为度,淡化理论,注重实践,消减过时、用不上的知识,内容体系更趋合理。

2. 教材配套齐全。将逐步完善各类专业课、专业基础课、文化基础课教材,所出版的教材都配有电子教案,部分教材配有电子课件和实验、习题指导。

3. 教材编写力求语言通俗简练,讲解深入浅出,使学生在理解的基础上学习,不囫圇吞枣,死记硬背。

4. 教材配有大量的例题、习题、实训,通过例题讲解、习题练习、实验实训,加强学生对理论的理解以及动手能力的培养。

5. 反映行业新的发展,教材编写注重吸收新知识、新技术、新工艺。

北京师范大学出版社是教育部职业教育教材出版基地之一,有着近20年的职业教育教材出版历史,具有丰富的编辑出版经验。这批高职教材的编写得到了教育部相关部门的大力支持,部分教材通过教育部审核,被列入职业教育与成人教育司高职推荐教材,并有25种教材列为“十一五”国家级规划教材。我们还将开发电子信息类的通信、机电、电气、计算机、工商管理等专业教材,希望广大师生积极选用。

教材建设是一项任重道远的工作,需要教师、专家、学校、出版社、教育行政部门的共同努力才能逐步获得发展。我们衷心希望更多的学校、更多的专家加入到我们的教材改革出版工作中来,北京师范大学出版社职业教育与教师教育分社全体人员也将备加努力,为职业教育的改革与发展服务。

全国职业教育教材改革与出版领导小组
北京师范大学出版社

前 言

PLC 是集成了微电子技术、计算机技术和自动控制技术等新技术的新型工业控制装置。由于具有硬件配套齐全,功能完善,可靠性高,系统的设计、安装、调试和维修工作量少,维修方便,功耗低等一系列优点,PLC 在工业自动化中起着举足轻重的作用,在国内外已广泛应用于机械、冶金、石油、化工、轻工、纺织、电力、电子、食品、交通等行业。PLC 不仅适用于开关量、模拟量和数字量的控制,而且已进入过程控制和位置控制等领域,成为多功能、高可靠性、应用场合最多的工业控制装置。

本书从工业控制综合应用的角度出发,以“工业自动线控制系统的设计、安装、调试过程”为行动导向进行课程开发,设计了“传送带控制装置”、“自动线上料、搬运和存储装置”、“传送带速度监控”和“控制系统综合实训”四个学习情境,开发了 9 个子实训情境和 2 个综合性的实训情境。

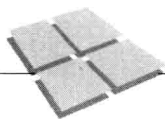
西门子公司的 S7-300/400 在大中型 PLC 中应用最广,市场占有率最高。本书以 CUP315-2DP 型 PLC 为样机,通过具体工程项目的实施,介绍了 S7-300/400 大中型 PLC 的“基础知识、逻辑指令、数据处理指令、数学运算指令、编程方法、组织块和 PID 控制”等内容;阐述了“工程项目创建与管理、工程项目总体设计、工程项目硬件设计、工程项目软件设计、项目整体调试”等内容和 STEP7 V5.4 版编程软件的基本使用方法,在综合项目中还介绍了 Wincc V6.0 组态监控软件的工程应用实例。

本书分 4 个学习情境。学习情境 1 由宁玉珊编写,学习情境 2 由田亚娟编写,学习情境 3 和学习情境 4 的综合实训 2 由罗庚兴编写,学习情境 4 的综合实训 1 由魏志丽编写。9 个子实训情境由罗庚兴设计并组织调试和编写。全书由罗庚兴和宁玉珊负责统稿。为了便于读者学习,我们收集、设计了一些习题,以便读者练习。

由于时间仓促,加之作者水平有限,书中的错误和不足之处在所难免,敬请读者批评指正,意见邮箱:luogengxing@163.com。

目录

学习情境 1 传送带控制装置	(1)	
1.1 PLC 基础知识	(1)	
1.1.1 认识各种 PLC	(1)	
1.1.2 PLC 的发展历程	(1)	
1.1.3 PLC 的结构特点	(4)	
1.1.4 PLC 的应用领域	(7)	
1.1.5 PLC 与 DCS、IPC 的比较	(8)	
1.1.6 PLC 的工作原理	(9)	
1.1.7 S7-300 系列 PLC 简介	(13)	
1.1.8 S7-400 系列 PLC 简介	(22)	
1.1.9 ET200 分布式 I/O	(23)	
1.1.10 习题 1	(24)	
1.1.11 实训情境 1 让 PLC 动起来	(29)	
1.1.12 习题 2	(40)	
1.2 基本逻辑指令	(41)	
1.2.1 S7-300/400 的编程语言	(41)	
1.2.2 STEP7 的数据类型	(43)	
1.2.3 CPU 的存储器	(46)	
1.2.4 触点指令	(48)	
1.2.5 线圈类指令	(49)	
1.2.6 脉冲指令	(51)	
1.2.7 影响 RLO 的指令	(52)	
1.2.8 影响 BR 位的指令	(52)	
1.2.9 跳转指令	(53)	
1.2.10 习题 3	(54)	
1.2.11 实训情境 2 传送带控制	(57)	
1.3 数据处理指令	(64)	
1.3.1 数据装载和传送指令	(64)	
1.3.2 比较指令	(65)	
1.3.3 数据转换指令	(66)	
1.3.4 习题 4	(69)	
1.4 计数器指令	(70)	
1.4.1 加计数器(S_CU)	(70)	
1.4.2 减计数器(S_CD)	(71)	
1.4.3 加减计数器(S_CUD)	(72)	
1.4.4 习题 5	(73)	
1.4.5 实训情境 3 传送带零件计数	(74)	
1.5 定时器指令	(78)	
1.5.1 定时器的时间格式	(78)	
1.5.2 接通延时定时器(SD)	(79)	
1.5.3 保持型接通延时定时器(SS)	(80)	
1.5.4 脉冲定时器(SP)	(80)	
1.5.5 扩展脉冲定时器(SE)	(81)	
1.5.6 关断延时定时器(SF)	(82)	
1.5.7 习题 6	(84)	
1.5.8 实训情境 4 传送带故障报警	(85)	
1.6 数学运算指令	(89)	
1.6.1 四则数学运算指令	(89)	
1.6.2 浮点数高级数学运算指令	(92)	



1.6.3	移位与循环移位指令	···	(93)
1.6.4	数字逻辑运算指令	·····	(94)
1.6.5	习题 7	·····	(95)
1.6.6	实训情境 5 数码管显示	·····	(96)

学习情境 2 自动线上料、搬运和存储

	装置	·····	(102)
2.1	经验编程方法	·····	(102)
2.2	继电器电路转换方法	·····	(104)
2.3	实训情境 6 上料传送控制	·····	(106)
2.4	顺序控制编程方法	·····	(111)
2.4.1	顺序控制设计法	·····	(111)
2.4.2	顺序功能图	·····	(111)
2.4.3	设计顺序控制梯形图的一些 基本问题	·····	(113)
2.4.4	应用举例	·····	(114)
2.5	习题 8	·····	(126)
2.6	实训情境 7 机械手控制	·····	(131)

学习情境 3 传送带速度监控

3.1	结构化编程	·····	(140)
3.1.1	用户程序的基本结构	·····	(140)
3.1.2	符号	·····	(144)
3.1.3	功能块的生成和调用	·····	(147)
3.1.4	功能的生成和调用	·····	(150)
3.1.5	习题 9	·····	(154)
3.1.6	实训情境 8 传送带速度 监视	·····	(158)

3.2	组织块	·····	(163)
3.2.1	组织块概述	·····	(163)
3.2.2	中断 OB	·····	(166)
3.2.3	习题 10	·····	(172)
3.3	PID 控制	·····	(173)
3.3.1	模拟量的输入/输出	·····	(173)
3.3.2	闭环控制与 PID 控制器	·····	(185)
3.3.3	连续 PID 控制器 SFB41(FB41)	·····	(187)
3.3.4	PID 控制器的参数整定方法	·····	(189)
3.3.5	习题 11	·····	(190)
3.3.6	实训情境 9 传送带速度 设定及位移控制	·····	(193)

学习情境 4 控制系统综合实训

		·····	(202)
4.1	工件自动分拣系统	·····	(202)
4.1.1	任务与目标	·····	(202)
4.1.2	控制系统组成及工作方式	·····	(202)
4.1.3	系统控制设计	·····	(204)
4.2	PLC 温度控制系统	·····	(213)
4.2.1	任务与目标	·····	(213)
4.2.2	控制系统组成	·····	(213)
4.2.3	PLC 控制设计	·····	(214)
4.2.4	Wincc 监控设计	·····	(221)
4.2.5	运行调试效果	·····	(223)
4.2.6	结语	·····	(223)

参考文献	·····	(224)
------	-------	-------

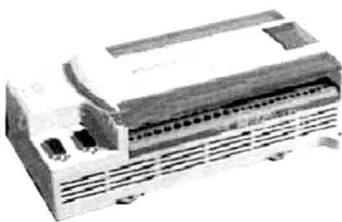
学习情境 1 传送带控制装置

1.1 PLC 基础知识

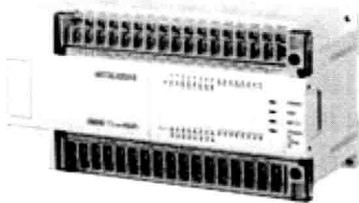
1.1.1 认识各种 PLC

1. 小型 PLC

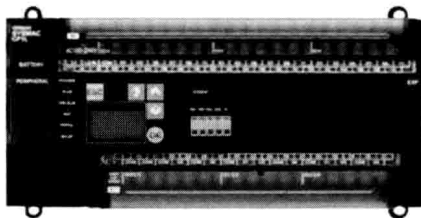
图 1.1 为国内外著名 PLC 生产厂家研制的各种小型 PLC。图 1.1(a)是国产小型 PLC，图 1.1(b)、(c)是日本生产的 PLC，图 1.1(d)是德国西门子公司的产品。其他在国内用得比较多的小型机还有日本松下公司的 FP 系列 PLC，日本东芝公司的 E 系列 PLC。



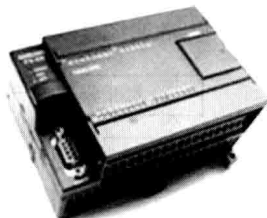
(a) 和利时 G3 系列



(b) 三菱 FX2N 系列



(c) 欧姆龙 CP1L 系列



(d) 西门子 S7-200 系列

图 1.1 常用小型 PLC

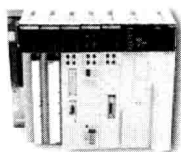
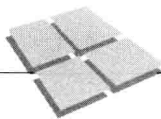
2. 大中型 PLC 简介

图 1.2 为国内外著名 PLC 生产厂家研制的各种大中型 PLC。图 1.2(a)是日本欧姆龙公司生产的 CVM1-CPU11，图 1.2(b)是中国和利时公司生产的 LK 系列，图 1.2(c)是德国西门子生产的 S7-400 系列，图 1.2(d)是德国西门子公司生产的 S7-300 系列，图 1.2(e)是美国 GE 公司与日本 FANUC 公司共同研制的 PLC 产品。其他在国内用得比较多的大中型机还有美国 A-B 公司、法国施耐德公司的 PLC。

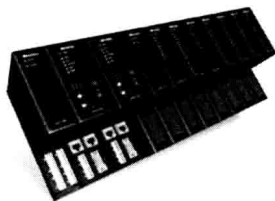
1.1.2 PLC 的发展历程

1. PLC 的产生

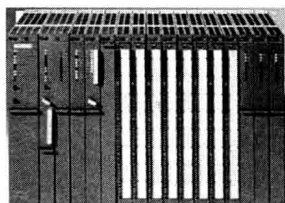
1968 年，美国通用汽车公司(GM)为了满足生产出小批量、多品种、多规格、低



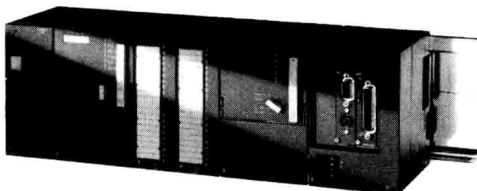
(a) 欧姆龙CVM1-CPU11



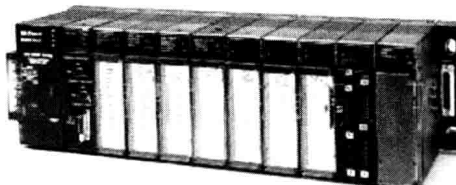
(b) 和利时LK



(c) 西门子S7-400



(d) 西门子 S7-300



(e) GE-FANUC S90-30

图 1.2 常用大中型 PLC

成本和质量产品的要求，适应汽车改型或改变工艺流程的生产要求，希望新的逻辑顺序控制装置具有以下功能特点。

- 1)用计算机代替继电器控制盘。
- 2)用程序代替硬件接线。
- 3)输入/输出电平可与外部装置直接连接。
- 4)结构易于扩展。

其具体设计思路如图 1.3 所示。

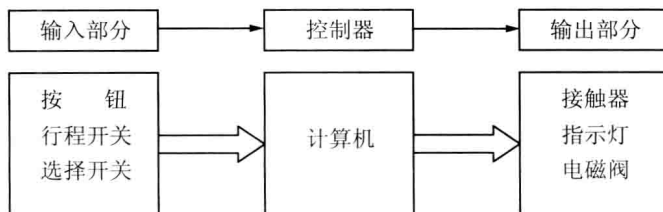


图 1.3 PLC 的设计构成

根据以上要求和设计思路，美国的数字设备公司(DEC)在 1969 年研制出了世界上第一台可编程序控制器，并在 GM 公司的汽车自动装配线上首次使用，获得成功。此后这项技术迅速发展，并推动世界各国对可编程序控制器的研制和应用。1971 年日本从美国引进技术很快就研制出了第一台可编程序控制器，1973 年西欧各国的各种可编程序控制器也相继研制成功，我国于 1974 年开始研制，1977 年开始工业应用。

2. PLC 的定义

早期的可编程序控制器在功能上只能进行逻辑控制，因此被称为可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller)，简称 PLC。随着计算机技术的飞速发展，微处理器被迅速用作可编程序控制器的中央处理单元，使可编程序控制器不仅可以进行逻辑

辑控制,也可以完成模拟量的控制,其功能和处理速度大大增强,而且具有通信功能和远程 I/O 能力。因此,在 20 世纪 80 年代~90 年代,可编程序控制器(Programmable Controller)简称为 PC。20 世纪 90 年代末以后,为了与个人计算机(Personal Computer)的简称 PC 相区别,可编程序控制器仍然简称为 PLC。

国际电工委员会(IEC)在 1985 年对 PLC 的定义如下,可编程序控制器是一种数字逻辑运算操作的电子系统,专为工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器,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、模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程序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。

3. 国际典型 PLC 生产厂家

经过三十多年的发展,目前世界上著名的 PLC 生产厂家及其 PLC 产品如下。

- 1) 美国 A-B 公司的 PLC 系列,美国 GE 公司的 GE 系列。
- 2) 德国西门子公司 LOGO、S7-200、S7-300/400 系列。
- 3) 法国施耐德公司的 Modicon TSX Micro 型 PLC。
- 4) 日本三菱电机公司的 FX 系列,欧姆龙公司的 C 系列和 CQM1 等,东芝公司的 EX20/40 系列和 V 系列等。

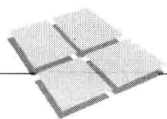
1994 年,美国 ARC 的商情调查表明,世界最大的 5 家 PLC 制造商依次是:德国西门子公司、美国 A-B 公司、法国施耐德公司、日本三菱电机公司和欧姆龙公司。

4. 中国 PLC 应用现状

- 1) 机械行业 80% 以上的设备仍采用传统的继电器和接触器进行控制。
- 2) 现代企业普遍采用了先进的自动化系统对生产过程进行控制;加入 WTO 后,越来越多的小型企业将采用经济、实用的自动化产品对生产过程进行控制,以提高企业的经济效益和竞争实力。
- 3) 中国正在努力成为世界新的制造业基地,制造业的控制主要以离散控制为主,PLC 是该领域控制系统的首选。
- 4) 欧美公司在大中型 PLC 领域占有绝对优势,日本公司在小型 PLC 领域占据十分重要的位置,中国 PLC 市场 95% 以上市场份额被国外产品占领。

5. 国产 PLC 厂商

- 1) 北京和利时公司: LK 大型 PLC、LM 系列小型 PLC。
- 2) 北京安控公司: Rock E20 系列 PLC、DemoEC11 系列 PLC。
- 3) 深圳德维森公司: ATCS PPC11、PPC22、PPC31 系列 PLC。
- 4) 上海正航公司: A 系列、M 系列、R 系列、U 系列 PLC。
- 5) 台安(无锡)公司: TP03 系列 PLC。
- 6) 北京凯迪恩公司: KDN-K3 系列小型一体化 PLC。
- 7) 南京冠德公司: JH200 系列、CA2 系列 PLC。
- 8) 无锡信捷公司: XC 系列 PLC、FC 系列 PLC。



1.1.3 PLC 的结构特点

1. PLC 的基本结构

PLC 主要由 CPU 模块、输入/输出接口、存储器和电源模块五部分组成，其结构如图 1.4 所示。

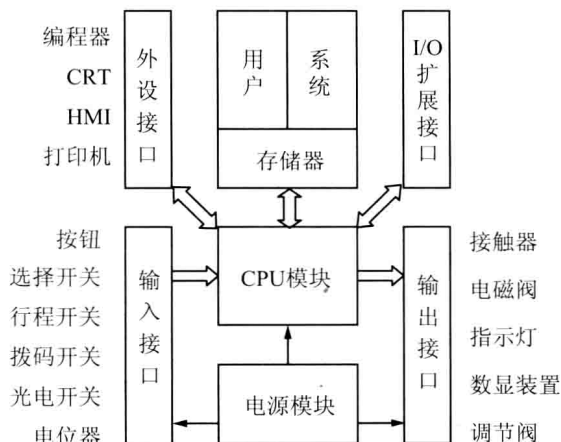


图 1.4 PLC 的基本结构示意图

2. 各组成部分的作用

1) CPU 模块。CPU 模块是 PLC 的核心，起神经中枢的作用，相当于人的大脑。它接收并存储用户程序和数据，不断地用扫描的方式采集输入信号，执行用户程序，刷新系统输出以及诊断 PLC 内部电路的工作状态和编程过程中的语法错误。

2) 存储器。存储器用于存放系统程序、用户程序和运行数据。它包括只读存储器 (ROM) 和随机存取存储器 (RAM)。

只读存储器 (ROM) 用来存放监视程序、管理程序、命令解释程序、功能子程序、系统诊断程序等系统程序，不能被用户随意改变。系统程序也常用 PROM 或 EPROM 来存放。

随机存取存储器 (RAM) 用来存放用户编制的应用程序和各种系统参数，如 I/O 映像、定时、累加数据等。

3) 输入/输出接口。输入/输出接口也称为 I/O 接口、I/O 模块，是 CPU 与现场 I/O 装置或设备通信的桥梁，PLC 与电气回路的接口，是通过输入/输出部分 (I/O) 完成的。I/O 分为开关量输入 (DI)，开关量输出 (DO)，模拟量输入 (AI)，模拟量输出 (AO) 等模块。

常用的 I/O 分类如下。

开关量模块，按电压水平分，有 220VAC、110VAC、24VDC；按隔离方式分，有继电器隔离和晶体管隔离。

模拟量模块，按信号类型分，有电流型 (4mA~20mA，0mA~20mA)、电压型 (0V~10V，0V~5V，-10V~10V) 等，按精度分，有 12bit、14bit、16bit 等。

特殊 I/O 模块，如热电阻、热电偶、脉冲等模块。

4) 电源模块。PLC 一般使用 AC220V 或 DC24V 电源。内部的开关型电源模块，将

其转换成 DC5V、DC $\pm$ 12V、DC24V 的电压供 CPU、存储器和接口电路使用。开关型电源具有输入电压范围宽、体积小、质量轻、效率高、抗干扰性能好等优点。

5) I/O 扩展接口。I/O 扩展接口是 PLC 扩展输入/输出点数和类型的部件,有并行接口、串行接口等多种形式。

6) 外设接口。外设接口是 PLC 实现人机对话、机机对话的通道,一般采用 RS232C 或 RS422A 串行通信接口。PLC 通过它们可以和编程器、彩色图形显示器(CRT)、打印机、人机界面(如 OP3、OP27、TP27、TP37 等)、其他 PLC 或上位机 PC 等连接。

7) 外围设备。PLC 的外围设备有编程器、彩色图形显示器、人机界面、打印机、存储卡等。

编程器是 PLC 的最重要的外围设备。利用编程器将用户程序写入 PLC 的存储器,还可以用编程器检查程序、修改程序、监视 PLC 的工作状态。编程器一般分为简易型和智能型两类。简易型只能联机编程,且往往需要将梯形图转化为助记符号(语句表)。例如,FX-20P-E 用于三菱 FX 全系列 PLC 编程;C200H-PR027 用于欧姆龙的 C * * H/C200H/C200HS/CPM1/CQM1 系列 PLC 编程。智能型编程器(又称图形编程器)不但可以联机编程,而且还可以脱机编程,操作方便且功能强大。目前一般用计算机(运行编程软件)充当编程器。

最简单的人机界面是指示灯和按钮。目前液晶屏(或触摸屏)式的一体式操作员终端应用越来越广泛,由计算机(运行组态软件)充当人机界面非常普及。

3. PLC 的分类

(1) 按结构形式分

1) 整体式 PLC: 把 CPU 模块、存储器、I/O 接口、电源等都装配在一起的整体装置。一个箱体就是一台完整的 PLC。早期产品和小型低档机多采用这种结构。其结构紧凑、体积小、成本低、安装方便。这类产品有欧姆龙公司的 C20P、C40P、C60P,三菱公司的 F1、F2、FX2 系列,东芝公司的 EX20/40 系列,西门子公司的 LOGO、S7-200 系列,和利时公司的 G3 系列等。

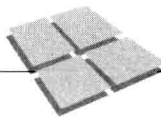
2) 模块式 PLC: 把 PLC 的每个工作单元都制成独立的模块,通过带有插槽的母板或机架,把这些模块按控制系统需要选取后,都插到母板或机架上,构成一台完整的 PLC。这种结构的 PLC 系统构成非常灵活,安装、扩展、维修很方便。常见的产品有欧姆龙公司的 C200H、C2000H,三菱公司的 A 系列,东芝公司的 V 系列,西门子公司的 S7-300/400 系列,GE 公司的 S90-30 等。

(2) 按 I/O 点数及内存容量分

一般将一路信号叫做一个点,将输入点数和输出点数的总和称为机器的点。按照点数和存储容量来分,PLC 大致可分为大、中、小型三种。

1) 小型 PLC: I/O 点数小于 256 点,单 CPU 模块,8 或 16 位处理器,用户存储器容量在 2kB 以下,如 GE-I 型、FX1S/FX2N、C20/C40、LOGO/S7-200、EX20/EX40。

小型 PLC 在结构上一般是整体式的,主要用于中等以下容量的开关量控制,具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制、通信等功能。



2) 中型 PLC: I/O 点数在 256~1024 点, 单(双)CPU 模块, 用户存储器容量在 2kB~8kB, 如 S7-300、GE-Ⅲ、C-500、三菱基本型 QCPU。

中型 PLC 属于模块式结构, 除具有小型 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。

3) 大型 PLC: I/O 点数在 1024 点以上, 用户存储器容量达 8kB 字以上。属于模块式结构, 主要用于多级自动控制和大型分布式控制系统。如 S7-400、GE-Ⅳ、C-2000、三菱高性能型 QCPU。

(3) 按功能分

PLC 按功能可以分为低档机、中档机和高档机。低档机以逻辑运算为主, 具有定时、计数、移位等功能。中档机一般具有整数及浮点运算、数制转换、PID 调节、中断控制及联网功能, 可用于复杂的逻辑运算及闭环控制场合。高档机具有更强的数字处理能力, 可进行矩阵运算、函数运算, 完成数据管理工作, 有更强的通信能力, 可以和其他计算机构成分布式生产过程综合控制管理系统。

4. PLC 的特点

(1) 硬件配套齐全, 功能完善, 适应性强

PLC 已经形成了大、中、小型各种规模的系列化产品。用户不必自己再设计和制作硬件装置。用户在硬件方面的设计工作只是确定 PLC 的硬件配置和 I/O 的外部接线。控制对象的硬件配置确定后, 可以通过修改用户程序, 方便快速地适应工艺条件的变化。一台小型 PLC 内有成百上千个可供用户使用的编程元件, 有很强的功能, 可以用于各种规模的工业控制场合。PLC 不仅可以实现逻辑运算、定时、计数、顺序控制, 而且还可以对模拟量实现 PID 控制、数值运算和数据处理等功能。近年来 PLC 的功能单元大量涌现, 使 PLC 渗透到了位置控制、温度控制、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 采用的一系列的硬件和软件抗干扰措施, 具有很强的抗干扰能力, 平均无故障时间达到数万小时以上, 可直接用于有强烈干扰的工业生产现场。

工作原理方面, PLC 采用循环扫描工作方式, 集中采样和集中输出, 避免了触点竞争; 执行用户程序过程中与外界隔绝, 大大减少了外界干扰。

硬件方面, PLC 的 I/O 电路与 CPU 之间采用光电隔离措施, 有效地抑制了外部干扰源对 PLC 的影响, 同时可防止外部高电压窜入 CPU 模块; 在 PLC 电源和 I/O 模块中, 设置了多种滤波电路, 有效地抑制了高频干扰信号; 采用开关电源, 具有自动调整与保护性能; CPU 模块用良好的导电材料进行屏蔽, 消除了空间电磁干扰的影响; 此外, I/O 电路还设置了输出联锁、故障诊断与显示电路。

软件方面, 设置了故障检测与诊断程序, 信息保护与恢复程序等功能。PLC 在扫描时, 检测系统硬件是否正常, 检测锂电池电压是否过低, 外部环境是否正常(如交流电源是否漏电、输入电压是否超过允许值等); 此外, PLC 还要检查用户程序的语法错误。发现问题后, 立即自动做出相应的处理, 如报警、保护数据、封锁输出等。

(3) 编程方法简单易学

PLC 作为通用工业控制计算机,是面向工矿企业的工控设备,编程语言易于为工程技术人员接受。梯形图语言是 PLC 使用最多的编程语言,其图形符号与表达方式和继电器电路图相当接近,只用 PLC 的少量开关量逻辑控制指令就可以方便地实现继电器电路的功能。为不熟悉电子电路、不懂计算机原理和汇编语言的人使用计算机从事工业控制打开了方便之门。

(4) 系统的设计、安装、调试和维修工作量少,维修方便

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,使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少。

PLC 的梯形图一般采用顺序控制设计法。这种编程方法很有规律,容易掌握。对于复杂的控制系统,梯形图的设计时间比继电器系统电路图的设计时间要少得多。

PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试,输入信号用小开关来模拟,通过 PLC 模块上的发光二极管可观察输出信号的状态。完成了系统的安装和接线后,在现场的统调过程中发现的问题一般通过修改程序就可以解决,系统的调试时间比继电器系统要少得多。

PLC 的故障率很低,且有完善的自诊断和显示功能。PLC 或外部的输入装置或执行机构发生故障时,可以根据 PLC 上的发光二极管或编程器上提供的信息迅速地查明产生故障的原因,用更换模块的方法迅速地排除故障。

(5) 体积小,能耗低

PLC 是集成了微电子技术、计算机技术和自动控制技术等新型工业控制装置,其结构紧凑、坚固,体积小,重量轻,功耗低。例如, S7200 CPU224,外形尺寸(长×高×宽)为 120.5mm×80mm×62mm;又如 S7300 CPU314/315,其外形尺寸(长×高×宽)为 130mm×125mm×80mm,重量 530g,功耗仅为 8W;其扩展模块,如 SM321 外形尺寸(长×高×宽)为 117mm×125mm×40mm,重量 200g,功耗仅为 3.5W,SM322 的功耗为 5W。

常见部分 PLC 和扩展模块的体积、重量和功耗如表 1.1 所示。

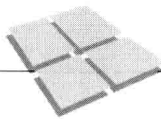
此外,PLC 的配线比继电器控制系统的配线少得多,故可以省下大量的配线和附件,减少大量的安装接线工时,加上开关柜体积的缩小,可以节省大量的费用。

表 1.1 常见部分 PLC 和扩展模块的体积、重量和功耗

型号	尺寸(长×高×宽)/ (mm×mm×mm)	重量/g	功率/W
F1-30MR	275×90×90	1900	22
LOGO	72×90×55		
CPU224	120×80×62		
CPU315-2DP	80×125×130	530	8
SM321	40×125×117	200	3.5
SM322	40×125×117	200	5

1.1.4 PLC 的应用领域

微电子技术运用到 PLC 中,元器件的集成度越来越高,使得 PLC 的性能价格比不



断提高,应用范围也不断扩大。PLC 在工业自动化中起着举足轻重的作用,在国内外已广泛应用于机械、冶金、石油、化工、轻工、纺织、电力、电子、食品、交通等行业。经验表明,80%以上的工业控制可以使用 PLC 来完成。在日本,凡 8 个以上中间继电器组成的控制系统都已采用 PLC 来取代。以微处理器为核心的 PLC,不仅适用于模拟量和数字量的控制,而且已进入过程控制和位置控制等领域,成为多功能、高可靠性、应用场合最多的工业控制微型计算机。

1. 开关量逻辑和顺序控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域,它取代传统的继电器电路,实现逻辑控制、顺序控制,既可用于单台设备的控制,也可用于多机群控及自动化流水线,如注塑机、印刷机、订书机械、组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等。

2. 运动控制

PLC 使用专用的运动控制模块,对直线运动或圆周运动的位置、速度和加速度进行控制,可实现单轴、双轴、3 轴和多轴位置控制,使运动控制与顺序控制功能有机地结合在一起。PLC 的运动控制功能广泛地用于各种机械,如金属切削机床、装配机械、机器人、电梯等。

3. 闭环过程控制

闭环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。作为工业控制计算机,PLC 能编制各种各样的控制算法程序,完成闭环控制。PID 调节是一般闭环控制系统中用得较多的调节方法。大中型 PLC 都有 PID 模块,目前许多小型 PLC 也具有此功能模块。PID 处理一般是运行专用的 PID 子程序。过程控制在冶金、化工、热处理、锅炉控制等场合有非常广泛的应用。

4. 数据处理

现代 PLC 具有数学运算(含矩阵运算、函数运算、逻辑运算)、数据传送、数据转换、排序、查表、位操作等功能,可以完成数据的采集、分析及处理。这些数据可以与存储在存储器中的参考值比较,完成一定的控制操作,也可以利用通信功能传送到别的智能装置,或将它们打印制表。数据处理一般用于大型控制系统,如无人控制的柔性制造系统;也可用于过程控制系统,如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

5. 通信联网

PLC 的通信包括主机与远程 I/O 之间的通信、多台 PLC 之间的通信、PLC 和其他智能控制设备(如计算机、变频器、数控装置)之间的通信。PLC 与其他智能设备一起,可以组成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统(DCS)。

1.1.5 PLC 与 DCS、IPC 的比较

基础自动化(一般称为设备控制级)是生产过程自动化中最底层、最基础的部分,由各种电子、液压、气动控制装置组成,承担各种生产工艺参数的计量检测和设备控制。基础自动化级普遍采用各种可编程控制器(PLC)、分布式控制系统(DCS)和成套工业控制机(IPC)。它们对设备级的控制发挥重要作用。目前它们的应用基本上可以达到 94%以上。生产工艺控制愈复杂,基础自动化的程度就愈高,高炉系统甚至接近 100%,连铸、轧钢达到 99%。

截止到 2003 年 6 月,在钢铁企业的烧结、炼铁、炼钢、连铸、轧钢等主要生产工序和流程中基本上普及了基础自动化。PLC、DCS 和 IPC 在我国重点钢铁企业的应用情况如表 1.2。

表 1.2 PLC、DCS 和 IPC 我国重点钢铁企业的应用情况

产品类型	PLC	DCS	IPC
数量/台	7726	1280	4791

PLC、DCS 和 IPC 近几年在国际市场的占有情况如表 1.3。

表 1.3 PLC、DCS 和 IPC 在国际市场的占有情况

年份	PLC	DCS	IPC
1993	39 亿美元(41%)	26.4 亿美元(31%)	10.2 亿美元(12%)
2003	76 亿美元(50%)	41 亿美元(27%)	21.3 亿美元(14%)
2005	57%	26%	17%

PLC 在各种行业的应用情况如表 1.4。

表 1.4 PLC 的行业应用情况

行业	汽车	粮食加工	化学/制药	金属/矿山	纸浆/造纸	其他
占有率	22.6%	16.4%	14.6%	11.5%	11.3%	23.6%

2005 年控制产品在塑料机械上的应用情况如表 1.5。

表 1.5 控制产品在塑料机械上的应用情况

产品名称	PLC	IPC	嵌入式微机	继电器
占有率	63%	8%	25%	4%

1.1.6 PLC 的工作原理

1. PLC 的逻辑运算

在数字量(或开关量)控制系统中,变量仅有两种相反的工作状态——高电平和低电平。高电平用 1 表示,例如,线圈得电、常开触点接通等,均为逻辑变量 1。低电平用 0 表示,例如,线圈断电、常开触点断开等,均为逻辑 0。

使用继电器电路或 PLC 的梯形图都可以实现数字量的逻辑运算。基本逻辑运算的 PLC 表示方法如表 1.6 所示。

表 1.6 基本逻辑运算的 PLC 表示方法

逻辑关系	与	或	非
逻辑式	$Q4.0 = I0.0 \times I0.1$	$Q4.1 = I0.2 + I0.3$	$Q4.2 = \overline{I0.4}$