



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

PLC电气控制与组态设计

(第三版)

周美兰 周 封 徐永明 编著



科学出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

PLC 电气控制与组态设计

(第三版)

周美兰 周 封 徐永明 编著

李文娟 主审

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是将 PLC 电气控制系统设计与组态监控技术结合起来,用于 PLC 自动化系统设计教学的教材。全书共分为 7 章,介绍了 PLC 工作原理、指令系统、特殊功能及高级模块;PLC 的编程特点、原则、方法和步骤;PLC 编程工具及监控组态软件等。书中由浅入深地介绍了大量的应用实例,以使读者更好地掌握 PLC 的编程技巧。

虽然本书重点介绍了松下的 FP1 型 PLC,但书中给出的 PLC 实例和 PLC 组态仿真系统同样适用于松下的其他系列产品,如 FP0R 型 PLC。书中所有的 PLC 程序都用这两种机型进行了验证。

本书的电子资源包含精心制作的多媒体教学课件、全部的详细习题解答、PLC 控制组态仿真综合设计实例、PLC 组态仿真实验教学课件及多个带解说的演示课件。配套光盘中所带的 PLC 控制组态仿真课件已与力控 Force-Control 7.0 系统程序融为一体,可使读者在开发 PLC 控制系统时不需被控实物,只通过组态监控界面就可检验所编程序的执行结果正确与否。

本书可作为电气工程及其自动化、自动化、机械设计制造及其自动化、机械电子工程、机电一体化、测控技术与仪器等专业的本科生教材,也可作为从事工业自动化及 PLC 应用开发的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 电气控制与组态设计/周美兰,周封,徐永明编著.—3 版.—北京:科学出版社,2015.12

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

ISBN 978-7-03-046125-4

I. P… II. ①周…②周…③徐… III. ①plc 技术-高等学校-教材
IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 254391 号

责任编辑:余江 张丽花/责任校对:桂伟利

责任印制:霍兵/封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2015 年 12 月第 三 版 印张:17 1/2

2015 年 12 月第 12 次印刷 字数:423 000

定价:48.00 元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第三版前言

本书自 2003 年出版以来,得到了广大读者的关爱,被许多院校选为教材,在此深表谢意。2009 年出版了第二版,截至 2013 年年底本书共印刷 11 次。2012 年本书被教育部列为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。近年来,PLC 技术和组态技术得到了迅速发展,第二版的内容需要更新,有些新技术需及时补充进来。修改后继续保持精选内容力求结合实际、突出应用和通俗易懂便于自学的特点。主要改动有以下方面:

(1)全书由原来的 8 章调整成了 7 章。4.1 节介绍了松下电工新版本的 PLC 编程软件 FPWIN-GR 2.91,该编程软件增加了程序仿真功能,读者可以不用将编写好的程序传入实体 PLC 中,而可以在个人计算机中启动假设的 PLC,将编写好的程序下载到假设的 PLC 中,进行 PLC 动作的确认与调试,这对学习者是非常方便的;6.1 节通过构建一个工程实例简明扼要地介绍了最新版的力控监控组态软件 Force-Control 7.0 的特点和使用方法。

(2)在 2.3 节中增加了对 FP0R 机型的介绍而删去了对 FP0 机型的介绍。FP0R 是松下新一代超小型可编程控制器,其体积小、功能十分强大又有高度的兼容性,增加了许多大型机的功能和指令。以往的 FP0 型号可以轻松地使用 FP0R 型号予以替代,而且外部的电路和设备不需要做任何改动。FP0R 机型将在 PLC 的教学中得到越来越多的应用。

(3)6.3 节重新设计了 7 层楼电梯 PLC 控制组态仿真系统,该系统中的 PLC 程序较第二版 5 层楼电梯 PLC 程序思路更加清晰,逻辑关系更加明确。

(4)所有的组态仿真系统均采用 Force-Control V7.0 进行了重新设计和调试,从而使新的组态虚拟界面在保持原有风格的基础上更加逼真。

(5)组态设计中所有的 PLC 控制程序分别采用 FP1-C24 型和 FP0R-C32 型 PLC 装置调试通过,并利用相应的组态虚拟仿真系统进行了反复验证。

(6)第 6 章和第 7 章中部分复杂的 PLC 程序增加了注释。

(7)根据广大院校师生的要求,本书的第三版给出了全部详细习题解答。

(8)第三版多媒体教学课件已被用于 PLC 课程精品资源共享课的全程录像中。相对于第二版 PPT 课件来说,第三版 PPT 课件制作更加精细,在质量上也有很大改进,其内容比教材本身的内容还要丰富,增加了许多工程实例、习题讲解、工程应用媒体素材、PLC 调试技术等新内容。

本书在国内首次把 PLC 与组态软件有机结合,讲述现代电气控制系统设计方法。可编程控制器是自动控制技术、计算机技术和通信技术三者结合的高科技产品,它作为一种通用的工业自动化装置,在工业控制各个领域已得到了广泛的应用。由于 PLC 在工业自动化中的重要地位,目前全国各类学校的相关专业都已将 PLC 控制技术纳入教学,已有不少介绍 PLC 的技术图书出版。但这些书的综合实验部分都是以实物为基础的,这给 PLC 的实验教学带来了一定的困难。因为真实的被控对象一般都具有体积大、质量大、价格昂贵、维护困难等特点,很难在实验室配备,即使实验室配置了某些相对简单的设备,也因其易损坏、种

类少而远远不能满足为学生开设实验课的需要。

本书把组态软件应用到 PLC 的教学中,提出了 PLC 电气控制系统设计与组态监控技术相结合的新方法。将组态软件用于 PLC 的实验教学中,能够用虚拟仿真的样机代替实物,通过显示器的组态监控界面直接检验 PLC 控制结果的正确与否,达到与实物相当的教学效果,从而解决了 PLC 实验课开设难或无法开设的问题。从教学意义上来说,用计算机全真模拟被控对象,不但可以克服采用真实被控对象的缺点,而且可以用有限的设备、低廉的成本、多样化的程序,来丰富学生的实验课内容,大大增强了 PLC 实验课的教学效果。书中提供的虚拟仿真方法还可在科技人员的科研开发中发挥巨大的作用。

第三版电子资源包含多媒体教学课件、PLC 控制组态仿真综合设计实例、PLC 组态仿真实验教学课件及其 12 个演示课件(带解说)、PLC 控制组态虚拟系统开发演示课件(带解说)、PLC 组态仿真系统运行演示课件(带解说)。这些带解说的演示课件将对学生掌握开发 PLC 控制组态虚拟仿真系统及其运行方法提供很大帮助。另外,考虑到第二版教材用户的使用习惯,第三版光盘中保留了第二版光盘的所有资源。

光盘所提供的实验课件和组态综合设计实例中,所有的 PLC 梯形图程序及其对应的组态监控系统均经过上机调试通过,并在学生的 PLC 实验课中进行了多次使用。

北京三维力控科技有限公司的软件开发人员专门为本书定制了软件,即书中所开发的项目已与力控 Force-Control 7.0 系统程序融为一体,故将 Force-Control 7.0 系统程序安装完毕后,运行“力控 Force-Control V7.0”即可进入“工程管理器”程序,在打开的窗口中将看到本书所开发的组态仿真课件图标,选定某个课件图标即可进入相应的组态监控界面运行并检验所编 PLC 控制程序的正确与否,这给学习者带来很大的方便。

全书共 7 章。主要内容包括:可编程控制器的基本知识、松下电工 FP 系列可编程控制器介绍、FP1 的指令系统、PLC 的编程及应用、FP1 的特殊功能及高级模块、监控组态软件与 PLC 应用综合设计、实验及附录。可满足 PLC 课程 36~64 学时的要求。

本书的第 1 章、第 2 章、第 4 章及习题由周美兰编写;第 3 章、第 5 章由周封编写;第 6 章由徐永明编写;第 7 章及附录由周美兰和徐永明共同编写。光盘内容由周美兰、徐永明和吴晓刚共同完成。全书最后由周美兰统稿和定稿。

哈尔滨理工大学的李文娟教授审阅了全书和所有的光盘资料,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

在本书第三版出版之际,特别感谢在前两版编写中作出重要贡献的王岳宇老师,他在教材的建设中倾注了大量的心血,不少由他编写的精炼内容仍保留在本书中;还要感谢付东海、张雷、熊斌、马冬冬、李冰、国辉、寇智博,他们在前两版 PLC 控制仿真系统的制作及程序的调试过程中做了大量的工作。

在本次修订中,研究生徐泽卿、李昀昭、赵强、田小晨、孙宏达和赵丽萍在材料的收集与整理、演示课件的录制、PLC 控制组态虚拟仿真系统的开发及程序的调试过程中做了大量的工作;刘端增高级实验师在实验课件的制作过程中也给予了大力的帮助和支持;郭金梅老师在本书的习题解答上也作了一定的工作。在此深表谢意。

在本书 6.1 节的编写和组态项目的开发、调试及软件的定制过程中,北京三维力控科技有限公司的科技人员韩杨、冯鹤、姚庆刚等给予了大力的帮助和支持,在此一并致谢。

本书在编写过程中参考了很多优秀教材和著作。在此向收录于参考文献中的各位作者

表示真诚的谢意。

本书虽然经过多年的使用和修改,但由于作者水平有限,书中难免会有疏漏和不足,恳切希望读者提出宝贵意见,以便进一步修正。联系信箱:zhoumeilan001@163.com。

作 者

2015年4月于哈尔滨

目 录

第三版前言

第 1 章 可编程控制器的基本知识	1
1.1 可编程控制器的产生和发展	1
1.2 可编程控制器的特点及分类	2
1.2.1 PLC 的主要特点	2
1.2.2 PLC 的分类	3
1.3 可编程控制器的应用场合和发展趋势	5
1.3.1 PLC 的应用场合	5
1.3.2 PLC 的发展趋势	6
1.4 可编程控制器的基本结构	6
1.4.1 PLC 的系统结构	6
1.4.2 PLC 各部分的作用	7
1.5 可编程控制器的工作原理及技术性能	10
1.5.1 PLC 的基本工作原理	10
1.5.2 PLC 的主要技术指标	11
1.5.3 PLC 的内存分配	12
1.6 可编程控制器的几种编程语言	13
1.6.1 梯形图语言	13
1.6.2 指令助记符语言	14
1.7 软 PLC 简介	14
1.7.1 软 PLC 的概念和特点	14
1.7.2 软 PLC 产品简介	15
1.7.3 软 PLC 系统结构和技术实现	15
1.7.4 软 PLC 的技术优势及其发展的制约因素	16
小结	17
习题	18
第 2 章 松下电工 FP 系列可编程控制器	19
2.1 FP1 系列可编程控制器及技术性能	19
2.1.1 FP1 系列 PLC 的类型及构成	19
2.1.2 FP1 系列 PLC 的技术性能	22
2.2 FP1 的内部寄存器及 I/O 配置	23
2.2.1 FP1 的内部寄存器配置	23
2.2.2 FP1 的 I/O 地址分配	27

2.3	FP 系列小型机的其他机型简介	29
2.3.1	微型可编程控制器 FP0R 机型介绍	29
2.3.2	FP0R 系列可编程控制器产品规格及技术性能	30
2.3.3	微型可编程控制器 FP Σ 机型简介	32
2.3.4	FP-M 单板式可编程控制器简介	33
	小结	34
	习题	34
第 3 章	FP1 的指令系统	36
3.1	概述	36
3.1.1	继电器系统与 PLC 指令系统	36
3.1.2	FP1 指令系统分类	37
3.2	FP1 的基本指令	38
3.2.1	基本顺序指令	38
3.2.2	基本功能指令	45
3.2.3	控制指令	52
3.2.4	比较指令	63
3.3	高级指令概述	65
3.3.1	高级指令的类型	65
3.3.2	高级指令的构成	66
3.3.3	高级指令的操作数	66
3.3.4	使用高级指令应注意的问题	67
3.4	FP1 的高级指令	67
3.4.1	数据传送指令	68
3.4.2	算术运算指令	73
3.4.3	数据比较指令	78
3.4.4	逻辑运算指令	81
3.4.5	数据转换指令	81
3.4.6	数据移位指令	86
3.4.7	位操作指令	90
3.4.8	特殊指令	92
	小结	95
	习题	96
第 4 章	PLC 的编程及应用	99
4.1	松下电工 PLC 编程工具简介	99
4.1.1	松下电工 PLC 编程软件	99
4.1.2	FP 编程器 II	109
4.2	PLC 编程特点和原则	111
4.2.1	PLC 的编程特点	112
4.2.2	PLC 的编程原则	113

4.3 PLC 基本编程电路	116
4.3.1 AND 电路	116
4.3.2 OR 电路	116
4.3.3 自锁(自保持)电路	117
4.3.4 互锁电路	117
4.3.5 分频电路	118
4.3.6 时间控制电路	118
4.3.7 其他电路	123
4.4 PLC 应用编程实例	124
4.4.1 电动机正反转控制	124
4.4.2 流水灯控制	127
4.4.3 设备顺序启动-循环控制	128
4.4.4 多台电动机顺序启动与逆序停止控制	130
4.4.5 锅炉点火和熄火控制	131
4.4.6 房间灯的控制	134
4.4.7 多地点控制	135
4.4.8 易拉罐自动生产线计数控制	137
4.4.9 查找最大数	138
4.4.10 中断控制电路	139
小结	140
习题	140
第 5 章 FP1 的特殊功能和高级模块	145
5.1 FP1 的特殊功能	145
5.1.1 脉冲输出	145
5.1.2 高速计数功能(HSC)	145
5.1.3 可调输入延时滤波功能	150
5.1.4 输入窄脉冲捕捉功能	151
5.1.5 特殊功能占用输入端优先权排队	152
5.1.6 其他功能	152
5.2 FP1 的高级模块	152
5.2.1 A/D 转换模块	152
5.2.2 D/A 转换模块	156
5.3 FP1 的通信功能	158
5.3.1 通信的有关基本概念	160
5.3.2 FP1 的通信接口	161
5.3.3 FP1 的通信方式	162
5.3.4 PLC 与触摸屏之间的通信	164
5.3.5 基于人机界面的 PLC 控制系统的仿真	164
5.3.6 专用通信协议 MEWTOCOL	165

11	小结	165
11	习题	166
第 6 章	监控组态软件与 PLC 应用综合设计	167
11	6.1 监控组态软件简介	167
11	6.1.1 监控组态软件简介	167
11	6.1.2 力控监控组态软件简介	168
11	6.1.3 力控组态软件实例入门	170
11	6.2 自动售货机 PLC 控制与监控组态设计	179
11	6.2.1 自动售货机功能分析	179
11	6.2.2 设计任务的确定	180
11	6.2.3 程序设计部分	181
11	6.2.4 售货机仿真界面的设计	188
11	6.2.5 售货机仿真界面中各变量的定义	190
11	6.2.6 数据连接	196
11	6.2.7 自动售货机 PLC 控制梯形图	199
11	6.3 7 层楼电梯 PLC 控制与监控组态设计	202
11	6.3.1 电梯的基本功能	202
11	6.3.2 电梯实际运行中的情况分析	203
11	6.3.3 电梯控制 PLC 编程	205
11	6.3.4 7 层楼电梯 PLC 控制参考程序	211
11	小结	211
11	习题	215
第 7 章	实验	216
11	7.1 指令系统实验	216
11	实验一 基本顺序指令练习	216
11	实验二 定时指令和计数指令的应用	218
11	实验三 几种数据移位指令的应用	220
11	实验四 算术运算指令的应用	221
11	实验五 子程序调用指令的应用	222
11	实验六 A/D、D/A 模块的应用	223
11	7.2 PLC 控制组态软件综合仿真实验	225
11	实验一 运货小车 PLC 控制组态仿真实验	226
11	实验二 一维位置 PLC 控制组态仿真实验	229
11	实验三 十字路口交通指挥灯 PLC 控制组态仿真实验	231
11	实验四 红酒装箱自动生产线组态仿真实验	235
11	实验五 LED 数码显示 PLC 控制组态仿真实验	239
11	实验六 霓虹灯 PLC 控制组态仿真实验	242
11	实验七 溶液混合 PLC 控制组态仿真实验	246
	参考文献	250

附录	251
附录一 特殊内部继电器表	251
附录二 特殊数据寄存器表	253
附录三 FP1 系统寄存器表	255
附录四 基本指令表	258
附录五 高级指令表	262

第 1 章 可编程控制器的基本知识

1.1 可编程控制器的产生和发展

可编程序控制器问世于 1969 年。20 世纪 60 年代末期,当时美国的汽车制造工业非常发达,竞争也十分激烈。各生产厂家为适应市场需求不断更新汽车型号,这必然要求相应的加工生产线随之改变,整个继电器控制系统也就必须重新设计和配置。这样不但造成设备的极大浪费,而且新系统的接线也十分费时。在这种情况下,采用继电器控制显出过多的不足。正是从汽车制造业开始了对传统继电器控制的挑战,1968 年美国 General Motors (GM)公司,为了适应产品品种的不断更新、减少更换控制系统的费用与周期,要求制造商为其装配线提供一种新型的通用程序控制器,并提出以下 10 项招标指标:

- (1) 编程简单,可在现场修改程序;
- (2) 维护方便,最好是插件式;
- (3) 可靠性高于继电器控制柜;
- (4) 体积小于继电器控制柜;
- (5) 可将数据直接送入管理计算机;
- (6) 在成本上可与继电器控制柜竞争;
- (7) 可直接用交流 115V 输入(注:美国电网电压为 110V);
- (8) 输出为交流 115V、2A 以上,能直接驱动电磁阀、交流接触器等;
- (9) 在扩展时,原系统只需很小变更;
- (10) 用户程序存储器容量至少能扩展到 4KB。

这就是著名的 GM 10 条。如果说各种电控制器、电子计算机技术的发展是可编程序控制器出现的物质基础,那么 GM 10 条就是可编程序控制器出现的直接原因。

1969 年,美国数据设备公司(DEC)研制出世界上第一台可编程控制器,并成功地应用在 GM 公司的生产线上。其后日本、原联邦德国等相继引入,使其迅速发展起来。但这一时期它主要用于顺序控制,虽然也采用了计算机的设计思想,但当时只能进行逻辑运算,故称为可编程逻辑控制器,简称 PLC(programmable logic controller)。

20 世纪 70 年代初期诞生的微处理器和微型计算机,经过不断地开发和改进,软、硬件资源和技术已经十分完善,价格也很低廉,因而渗透到各个领域。可编程序控制器的设计和制造者及时吸收了微型计算机的优点,引入了微处理器和其他大规模集成电路,诞生了新一代的可编程序控制器。70 年代后期,随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展,PLC 从开关量的逻辑控制扩展到数字控制及生产过程控制领域,真正成为一种电子计算机工业控制装置,故称为可编程控制器,简称 PC(programmable controller)。但由于 PC 容易和个人计算机(personal computer)相混淆,故人们仍习惯地用 PLC 作为可编程控制器的缩写。

1985 年 1 月国际电工委员会(IEC)对可编程序控制器给出如下定义:“可编程序控制器是一种数字运算的电子系统,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,都应按易于与工业控制系统联成一个整体,易于扩充的原则设计。”

PLC 从诞生至今,其发展大体经历了三个阶段:从 20 世纪 70 年代至 80 年代中期,以单机为主发展硬件技术,为取代传统的继电器-接触器控制系统而设计了各种 PLC 的基本型号。到 80 年代末期,为适应柔性制造系统(FMS)的发展,在提高单机功能的同时,加强软件的开发,提高通信能力。90 年代以来,为适应计算机集成制造系统(CIMS)的发展,采用多 CPU 的 PLC 系统,不断提高运算速度和数据处理能力。

据有关数据统计显示,1987 年世界 PLC 的销售额为 25 亿美元,此后每年以 20%左右的速度递增。进入 20 世纪 90 年代以来,世界 PLC 的年平均销售额在 55 亿美元以上,其中我国约占 1%。当前,PLC 在国际市场上已成为最受欢迎的工业控制畅销产品,用 PLC 设计自动控制系统已成为世界潮流。

1.2 可编程控制器的特点及分类

1.2.1 PLC 的主要特点

1) 可靠性高、抗干扰能力强

为保证 PLC 能在工业环境下可靠工作,在设计和生产过程中采取了一系列硬件和软件的抗干扰措施,主要有以下几个方面:

(1) 隔离,这是抗干扰的主要措施之一。PLC 的输入、输出接口电路一般采用光电耦合器来传递信号。这种光电隔离措施,使外部电路与内部电路之间避免了电的联系,可有效地抑制外部干扰源对 PLC 的影响,同时防止外部高电压串入,从而减少故障和误动作。

(2) 滤波,这是抗干扰的另一个主要措施。在 PLC 的电源电路和输入/输出电路中设置了多种滤波电路,用以对高频干扰信号进行有效抑制。

(3) 对 PLC 的内部电源还采取了屏蔽、稳压、保护等措施,以减少外界干扰,保证供电质量。另外使输入/输出接口电路的电源彼此独立,以避免电源之间的干扰。

(4) 内部设置了连锁、环境检测与诊断、Watchdog(“看门狗”)等电路,一旦发现故障或程序循环执行时间超过了警戒时钟(WDT)规定时间(预示程序进入了死循环),立即报警,以保证 CPU 可靠工作。

(5) 利用系统软件定期进行系统状态、用户程序、工作环境和故障检测,并采取信息保护和恢复措施。

(6) 对用户程序及动态工作数据进行电池备份,以保障停电后有关状态或信息不丢失。

(7) 采用密封、防尘、抗振的外壳封装结构,以适应工作现场的恶劣环境。

(8) 以集成电路为基本元件,内部处理过程不依赖于机械触点,以保障高可靠性。而采用循环扫描的工作方式,也提高了抗干扰能力。

通过以上措施,保证了 PLC 能在恶劣的环境中可靠地工作,使平均故障间隔时间(MTBF)指标高,故障修复时间短。目前,MTBF 一般已达到 $(4\sim 5)\times 10^4\text{h}$ 。

2) 可实现三电一体化

三电是指电控、电仪、电传。根据工业自动化系统的分类,对于开关量的控制,即逻辑控

制系统,继电器控制装置为电控装置。对于慢的连续控制,即过程控制系统,采用的是电动仪表控制,为电仪装置。对于快的连续量控制,即运动控制系统,采用的是电传装置。PLC集电控、电仪和电传于一体。一台控制装置既有逻辑控制功能,又有过程控制功能,还有运动控制功能,可以方便、灵活地适应各种工业控制的需要。

3) PLC与传统的继电器逻辑相比所具有的优点

(1) 由于采用了大规模集成电路和计算机技术,因此可靠性高、逻辑功能强,且体积小。

(2) 在需要大量中间继电器、时间继电器及计数继电器的场合,PLC无须增加硬设备,利用微处理器及存储器的功能,就可以很容易地完成这些逻辑组合和运算,大大降低了控制成本。

(3) 由于PLC采用软件编制程序来完成控制任务,所以随着要求的变更对程序进行修改显得十分方便,具有很好的柔性。继电器线路则是通过许多真正的“硬”继电器和它们之间的硬接线达到的,要想改变控制功能,必须变更硬接线,重新配置,灵活性差。

(4) 新一代PLC除具有远程通信功能以及易于与计算机接口实现群控外,还可通过附加高性能模块对模拟量进行处理,实现各种复杂的控制功能,这对于布线逻辑的继电器控制系统是无法做到的。

4) PLC与工业控制计算机相比所具有的特点

(1) PLC继承了继电器系统的基本格式和习惯,以继电器逻辑梯形图为编程语言,梯形图符号和定义与常规继电器展开图完全一致,可以视为继电器系统的超集,所以,对于有继电器系统方面知识和经验的人来说,尤其是现场的技术人员,学习起来十分方便。

(2) PLC是从针对工业顺序控制并扩大应用而发展起来的,一般是由电气控制器的制造厂家研制生产,其硬件结构专用,标准化程度低,各厂家的产品不通用。工业控制计算机(简称工控机)是由通用计算机推广应用发展起来的,一般由微机厂、芯片及板卡制造厂开发生产。它在硬件结构方面的突出优点是总线标准化程度高,产品兼容性强,并能在恶劣的工业环境中可靠运行。

(3) PLC的运行方式与工控机不同,它特别适合于逻辑顺序控制,虽也能完成数据运算、PID调节等功能,但微机的许多软件还不能直接使用,须经过二次开发。工控机可使用通用微机的各种编程语言,对要求快速、实时性强、模型复杂的工业对象的控制占有优势。

(4) PLC和工控机都是专为工业现场应用环境而设计的。PLC在结构上采取整体密封或插件组合型,并采取了一系列的抗干扰措施,使其具有很高的可靠性。工控机对各种模板的电气和力学性能也有严格的考虑,因而可靠性也较高。

(5) PLC一般具有模块结构,可以针对不同的对象进行组合和扩展,其结构紧密、体积小,易于装入机械设备内部,是实现机电一体化的理想控制设备。

1.2.2 PLC的分类

目前PLC生产厂家的产品种类众多,型号规格也不统一,其分类也没有统一的标准,通常可有3种形式分类。

1. 按结构形式分类

根据结构形式不同PLC可分为整体式、模块式和单板式三种。

1) 整体式

整体式是把 PLC 的各组成部分(I/O 接口电路、CPU、存储器等)安装在一块或少数几块印刷电路板上,并连同电源一起装在机壳内形成一个单一的整体。输入、输出接线端子及电源进线分别在机箱的上、下两侧,并有相应的发光二极管显示输入/输出状态。面板上留有编程器的插座、扩展单元的接口插座等。其特点是简单紧凑、体积小、重量轻、价格较低。通常小型或超小型 PLC 常采用这种结构,如松下电工的 FP1 型产品。整体式 PLC 的主机可通过扁平电缆与 I/O 扩展单元、智能单元(如 A/D、D/A 单元)等相连接。这类机适合于单机控制的场合。

2) 模块式

模块式是把 PLC 的各基本组成部分做成独立的模块,如 CPU 模块(包含存储器)、输入模块、输出模块、电源模块等。其他各种智能单元和特殊功能单元也制成各自独立的模块。然后以搭积木的方式将它们组装在一个具有标准尺寸并带有若干个插槽的机架内构成完整的系统。框架上有电源及开关,对整个系统供电。每个模块都有弹性锁扣将模块固定在框架中。框架上有地址开关,以便系统识别。通常中型或大型 PLC 常采用这种结构,如 FP3 型产品(FP3 型 PLC 为松下电工已开发的中型控制单元)就采用了模块式结构。此种结构的 PLC 具有组装灵活、对现场的应变能力、便于扩展和维修方便等优点,用户可根据需要灵活方便地将各种功能模块及扩展单元(如 A/D、D/A 单元和各种智能单元等)插入机架底板的插槽中,以组合成不同功能的控制系统。

3) 单板式

松下电工单板式 PLC 有 FPM 和 FP-C 两大系列。单板式 PLC 在编程上完全与整体式或模块式的 PLC 相同,只是结构更加紧凑,体积更加小巧,价格也相对便宜,是松下公司功能完备而且独特的产品,非常适用于安装在空间很小或成本要求很严的场合,如大批量生产的轻工机械等产品。

2. 按功能分类

按 PLC 所具有的功能不同,可分为高、中、低三档。

1) 低档机

低档机具有逻辑运算、定时、计数、移位及自诊断、监控等基本功能,有些还有少量模拟量输入/输出(即 A/D、D/A 转换)、算术运算、数据传送、远程 I/O 和通信等功能,常用于开关量控制、定时/计数控制、顺序控制及少量模拟量控制等场合。由于其价格低廉、实用,是 PLC 中量大面广的产品。

2) 中档机

中档机除具有低档机的功能外,还有较强的模拟量输入/输出、算术运算、数据传送与比较、数制转换、子程序调用、远程 I/O 以及通信联网等功能,有些还具有中断控制、PID 回路控制等功能。适用于既有开关量又有模拟量的较为复杂的控制系统,如过程控制、位置控制等。

3) 高档机

高档机除了进一步增加以上功能外,还具有较强的数据处理、模拟调节、特殊功能的函数运算、监视、记录、打印等功能,以及更强的通信联网、中断控制、智能控制、过程控制

等功能,可用于更大规模的过程控制系统,构成分布式控制系统,形成整个工厂的自动化网络。高档 PLC 因其外部设备配置齐全,可与计算机系统结为一体,可采用梯形图、流程图及高级语言等多种方式编程。它是集管理和控制于一体,实现工厂高度自动化的重要设备。

3. 按 I/O 点数分类

PLC 按 I/O 点数可分为小型机、中型机和大型机 3 类,见表 1-1。I/O 点数小于 64 点的为超小型机,I/O 点数超过 8192 点的为超大型机。

在实际中,一般 PLC 功能的强弱与其 I/O 点数的多少是相互关联的,即 PLC 的功能越强,其可配置的 I/O 点数就越多。

表 1-1 PLC 分类

分 类	I/O 点数
小型机	<256
中型机	256~2048
大型机	>2048

1.3 可编程控制器的应用场合和发展趋势

1.3.1 PLC 的应用场合

随着微电子技术的快速发展,PLC 的制造成本不断下降,而其功能却大大增强。目前在先进工业国家中 PLC 已成为工业控制的标准设备,应用面几乎覆盖了所有工业领域,如钢铁、冶金、采矿、水泥、石油、化工、轻工、电力、机械制造、汽车、装卸、造纸、纺织、环保、交通、建筑、食品、娱乐等各行各业。特别是在轻工行业中,因生产门类多,加工方式多变,产品更新换代快,所以 PLC 广泛应用在组合机床自动线、专用机床、塑料机械、包装机械、灌装机械、电镀自动线、电梯等电气设备中。PLC 日益跃居工业自动化三大支柱[即 PLC、机器人(robot)和计算机辅助设计/制造(CAD/CAM)]的首位。

可编程控制器所具有的功能,使它既可用于开关量控制,又可用于模拟量控制;既可用于单机控制,又可用于组成多级控制系统;既可控制简单系统,又可控制复杂系统。它的应用可大致归纳为如下几类。

1) 逻辑控制

PLC 在开关逻辑控制方面得到了最广泛的应用。用 PLC 可取代传统继电器系统和顺序控制器,实现单机控制、多机控制及生产线自动控制,如各种机床、自动电梯、高炉上料、注塑机械、包装机械、印刷机械、纺织机械、装配生产线、电镀流水线、货物的存取、运输和检测等的控制。

2) 运动控制

运动控制是通过配合 PLC 使用的专用智能模块,可以对步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴系统实现位置控制,从而使运动部件能以适当的速度或加速度实现平滑的直线运动或圆弧运动。可用于精密金属切削机床、成型机械、装配机械、机械手、机器人等设备的控制。

3) 过程控制

过程控制是通过配用 A/D、D/A 转换模块及智能 PID 模块实现对生产过程中的温度、

压力、流量、速度等连续变化的模拟量进行单回路或多回路闭环调节控制,使这些物理参数保持在设定值上。在各种加热炉、锅炉控制以及在化工、轻工、食品、制药、建材等许多领域的生产过程中有着广泛的应用。

4) 机械加工的数控控制

PLC 和计算机数控(CNC)装置组合成一体,可以实现数值控制,组成数控机床。现代的 PLC 具有数字运算、数据传输、转换、排序、查表和位操作等功能,可以完成数据的采集、分析和处理。预计今后几年 CNC 系统将变成以 PLC 为主体的控制和管理系统。

5) 机器人控制

随着工厂自动化网络的形成,使用机器人的领域将越来越广泛,应用 PLC 可实现对机器人的控制。德国西门子制造的机器人就是采用该公司生产的 16 位 PLC 组成的控制装置进行控制的。一台控制设备可对具有 3~6 轴的机器人进行控制。

6) 多级控制

多级控制是指利用 PLC 的网络通信功能模块及远程 I/O 控制模块实现多台 PLC 之间的连接、PLC 与上位计算机的连接,以达到上位计算机与 PLC 之间及 PLC 与 PLC 之间的指令下达、数据交换和数据共享,这种由 PLC 进行分散控制、计算机进行集中管理的方式,能够完成较大规模的复杂控制,甚至实现整个工厂生产的自动化。

1.3.2 PLC 的发展趋势

目前 PLC 技术发展总的趋势是系列化、通用化和高性能化,主要表现在以下几方面。

1) 在系统构成规模上向大、小两个方向发展

发展小型(超小型)化、专用化、模块化、低成本 PLC,以真正替代最小的继电器系统;发展大容量、高速度、多功能、高性能价格比的 PLC,以满足现代化企业中那些大规模、复杂系统自动化的需要。

2) 功能不断增强,各种应用模块不断推出

大力加强过程控制和数据处理功能,提高组网和通信能力,开发多种功能模块,以使各种规模的自动化系统功能更强、更可靠,组成和维护更加灵活方便,使 PLC 应用范围更加扩大。

3) 产品更加规范化、标准化

PLC 厂家在使硬件及编程工具换代频繁、丰富多样、功能提高的同时,日益向 MAP(制造自动化协议)靠拢,并使 PLC 基本部件,如输入/输出模块、接线端子、通信协议、编程语言和工具等方面的技术规格规范化、标准化,使不同产品间能相互兼容、易于组网,以方便用户真正利用 PLC 来实现工厂生产的自动化。

1.4 可编程控制器的基本结构

1.4.1 PLC 的系统结构

目前 PLC 种类繁多,功能和指令系统也都各不相同,但实质上是一种为工业控制而设计的专用计算机,所以其结构和工作原理都大致相同,硬件结构与微机相似。主要包括中央处理器(central processing unit,CPU)、存储器 RAM 和 ROM、输入/输出接口电路、电源、