



高 / 技 / 能 / 人 / 才 / 培 / 养 / 系 / 列 / 丛 / 书

可编程序控制系统设计师培训系列丛书

可编程序控制系统 设计技术

第 2 版
(FX系列)

吴启红○主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高技能人才培养系列丛书

可编程序控制系统设计师培训系列丛书

可编程序控制系统设计 技术 (FX 系列)

第 2 版

主编 吴启红

参编 彭旭昀 宋 建 黄伟明

李泽民 欧成友 朱国云



机械工业出版社

本书共分 11 章,系统地介绍了 PLC 的结构、工作原理、PLC 编程软件的使用技术、PLC 与外围设备控制技巧、PLC 与传感器应用技术、基本指令和功能指令的编程应用技巧、PLC 通信技术、PLC 过程控制设计技术、PLC 运动控制设计技术、PLC 与触摸屏和变频器综合应用设计技术等。配套工程实训 40 个。

本书可供培养可编程序控制系统设计师培训及考证时使用,也可供高等院校自动化专业课程使用,还可作为自动化技术人员解决问题的参考指南。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程序控制系统设计技术:FX 系列/吴启红主编. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2014. 5

(可编程序控制系统设计师培训系列丛书. 高技能人才培养系列丛书)

ISBN 978-7-111-46259-0

I. ①可… II. ①吴… III. ①plc 技术—技术培训—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 061403 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:罗 莉 责任编辑:罗 莉

版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:鞠 杨 责任印制:刘 岚

北京玥实印刷有限公司印刷

2014 年 5 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·25.75 印张·627 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-46259-0

定价:69.80 元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

深圳第二高级技工学校

高技能人才培养系列丛书编委会

主 任：王海龙

副主任：张 文 余野军 罗德超

委 员：方保平 江 健 陈 群 周 烨 尚 丽 古向明

郭黎勇 吴启红 罗 明 黄 鹏 朱国云 徐坤刚

李 熊 苏立军 杨秀英 张 宏 刘国娟 李 勇

蒋惠琳 马力可 （排名不分先后）

丛 书 序

“没有一流的技工，就没有一流的产品。”技能型人才在推进自主创新方面具有不可替代的重要作用。技工院校是培养高技能人才的重要渠道，是落实健全面向全体劳动者培训制度的重要载体。作为技工院校的一分子，我们深感使命之光荣，责任之重大。与此同时，随着我国经济社会的快速发展、自动化技术的飞速发展和产业结构的转型升级以及经济全球化的发展，我国已逐步成为世界的“制造中心”，使得符合企业需求的高技能人才的市场供给严重不足，而且正在成为影响我国经济进一步发展的瓶颈。为此国家推出了全面推进技能振兴和高技能人才培养工程计划。

在高技能人才培养的教学过程中，教材处于基础地位，是课程体系设计的核心。高质量培养高技能人才，以就业为导向、满足企业需求并结合自动化技术的发展情况，我们精心策划了这套《高技能人才培养系列丛书》，本系列丛书在编写时力争实现“三化”特色。

(1) 知识系列化——全书采用理论加技能的形式，重点培养工程技术人才应用设计操作能力。内容编排上，努力做到理论与实践紧密结合，侧重技能操作。理论知识成体系化，技能实训以培养掌握复杂操作和新技术应用的技能，并以培养增强分析、判断、排除各种实际故障能力为重点。

(2) 案例新颖化——全套书不同以往其他书籍，理论以够用，但又有拓展知识点。没有单一的理论，只有理论加技能的综合。编写内容新颖，配有大量的工程案例，案例全部来自生产实际，着重解决生产实际问题。书中内容突出一个“新”字，结合当前企业的生产实际，力求教学内容能反映现代新技术、新工艺的应用和新设备的使用，具有一定的广度和深度。

(3) 目标明确化——编写目标明确，以培养高技能人才为目标。教学中注重培养学生的职业能力，坚持高技能人才的培养方向，我们把相关知识点的学习与专业技能实训有机地结合起来，摒弃以往“就知识讲知识”的传统做法。

本系列教材的编者来自深圳第二高级技工学校从事教学一线的教师和企业内的专业人才，书中内容反映了国家职业新工种——可编程序控制系统设计师培训教学和社会化考核的方向，相信本书会受到高职类院校广大师生、广大高技能人才和自动化技术精英的欢迎。

编委会主任 王海龙

前 言

随着工业自动化技术的飞速发展，特别是以可编程序控制器为主体的工业控制系统广泛用于各行各业，可编程序控制系统设计技术人才严重奇缺。为此，国家人力资源和社会保障部正在大力推广新职业工种“可编程序控制系统设计师”。但是，培养这一工种高技能人才的教材又相当匮乏。为此，我们精心编写了本教材。

本教材编写目的旨在解决以下四个方面的问题：

- 1) 帮助工厂自动化技术从业人员提高工业自动化技术设计水平；
- 2) 帮助高技能人才顺利通过可编程序控制系统设计师工种的技能鉴定；
- 3) 作为自动化工程技术人员在生产一线提供解决问题的参考指南；
- 4) 通过本书让广大读者实现从入门到提高、精通可编程序控制系统应用设计技术，实现独立解决可编程序控制系统设计技术问题。

本书可供培养可编程序控制系统设计师培训及考证时使用，也可供高等院校自动化专业课程使用，还可作为自动化技术人员解决问题的参考指南。

本书共分11章，系统地介绍了PLC的结构、工作原理、编程软件的使用技术、PLC与外围设备控制技巧、PLC与传感器应用技术、基本指令和功能指令的编程应用技巧、PLC通信技术、PLC过程控制设计技术、PLC运动控制设计技术、PLC与触摸屏和变频器综合应用设计技术等，配套工程实训40个。

本书在编写过程中力争做到产品系列化、知识体系化、指令案例化、设计案例实用化、技术新颖化。基本上涵盖了三菱FX系列PLC设计技术。

彭旭昀编写了第1章，朱国云编写第2章，黄伟明编写第3章的3.1~3.4节，宋建编写了第4章，欧成友编写第10章，李泽民编写了11章，吴启红编写了第3章的3.5、3.6节、第5~9章及附录，文字录入由陈卫兰同志负责，全书由吴启红统稿。

本书在编写过程中，得到了华南理工大学宋建高级工程师、广东省自动化与信息技术转移中心黄伟明高级工程师的大力支持和精心指点，在此一并表示感谢。同时参考了相关图书和资料，在此向原作者们表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免有错误和不当之处，恳请读者批评指正，请将意见反馈至邮箱 qhongw@126.com，为谢！

编 者

目 录

丛书序

前言

第1章 PLC 基础知识 1

- 1.1 PLC 的产生及定义 1
- 1.2 PLC 的优、缺点 2
- 1.3 PLC 的分类 3
- 1.4 PLC 的性能指标 4
- 1.5 PLC 的发展趋势及应用领域 5

第2章 PLC 的结构与工作原理 7

- 2.1 PLC 的硬件组成 7
- 2.2 PLC 的软件组成 14
- 2.3 PLC 的工作原理 15
- 2.4 FX 系列 PLC 产品简介 17
- 2.5 FX2N 系列 PLC 的软元件 18
- 2.6 PLC 常用数制与码制 34
 - 2.6.1 数制 34
 - 2.6.2 码制 35

第3章 PLC I/O 现场设备 38

- 3.1 开关、按钮 38
- 3.2 传感器 39
 - 3.2.1 接近开关 40
 - 3.2.2 光电传感器 42
 - 3.2.3 光纤传感器 44
 - 3.2.4 磁感应传感器 45
 - 3.2.5 传感器接线 46
- 3.3 旋转编码器 48
 - 3.3.1 概述 48
 - 3.3.2 工作原理 48
 - 3.3.3 性能指标 49
 - 3.3.4 PLC 与旋转编码器之间的连接 49
- 3.4 气动元件 50
 - 3.4.1 普通气缸 50
 - 3.4.2 电磁阀 50
 - 3.4.3 PLC 应用设计事项 54
- 3.5 变频器 54
 - 3.5.1 变频器简单工作原理 54
 - 3.5.2 变频器的基本构成 56
 - 3.5.3 FR-A700 变频器的接线 57

- 3.5.4 变频器的运行操作模式 59

- 3.5.5 变频器参数 60

- 3.5.6 FR-A740 变频器的操作 62

- 3.5.7 变频器项目实训 66

- 实训1 变频器参数设置与操作实训 66

- 实训2 输入、输出信号应用实训 68

- 实训3 PLC 与变频器控制电动机正、反转运行 68

- 3.6 MELSEC-GOT 触摸屏技术 69

- 3.6.1 触摸屏的工作原理 69

- 3.6.2 GT-Designer2 画面设计软件的使用 70

- 3.6.3 GT Simulator 2 仿真软件的使用 78

- 3.6.4 触摸屏应用项目实训 78

- 实训4 触摸屏与 PLC 应用工程画面制作实训 82

- 实训5 触摸屏与变频器的通信控制 84

第4章 三菱全系列编程软件 GX Developer Ver. 8 的使用 87

- 4.1 软件概述 87

- 4.2 软件安装 87

- 4.2.1 运行环境安装 87

- 4.2.2 编程环境安装 88

- 4.2.3 模拟调试软件环境安装 89

- 4.3 软件菜单使用介绍 90

- 4.4 工程项目 91

- 4.5 程序的制作 94

- 4.5.1 梯形图制作时注意事项 94

- 4.5.2 梯形图程序制作 94

- 4.5.3 SFC 程序创建 96

- 4.6 工程描述 102

- 4.7 运行监控 104

- 4.8 GX Simulator Ver. 6 仿真软件的使用 106

- 4.8.1 启动 GX Simulator Ver. 6 106

- 4.8.2 初期画面的表示内容 106

第5章 FX 系列 PLC 基本指令设计技术 109

5.1 FX 系列 PLC 编程语言	109	7.2.5 循环区域指令	170
5.2 FX 系列 PLC 基本指令的使用	110	7.2.6 程序流控设计实例	171
5.3 基本指令的编程设计技巧	120	7.2.7 实训项目	172
5.3.1 编程的基本要求	120	实训 16 带式输送线 PLC 控制	172
5.3.2 基本编程环节	121	7.3 数据传送、处理指令	174
5.3.3 编程案例	125	7.3.1 数据传送指令	174
案例 1 三速电动机 PLC 控制	125	7.3.2 数据处理指令	181
案例 2 电动机 Y- Δ 起动控制	126	7.3.3 实训项目	186
5.4 基本指令应用实训	127	实训 17 多站小推车自动控制	186
实训 6 多台电动机倒计时运行控制	128	7.4 比较类指令	190
实训 7 简易三层电梯 PLC 控制	130	7.4.1 比较指令 CMP	190
第 6 章 FX 系列 PLC 步进控制设计		7.4.2 区间比较指令 ZCP	192
技术	133	7.4.3 触点式比较指令 (线上比较指令)	193
6.1 FX 系列 PLC 的步进顺控指令	133	7.4.4 高速比较指令	196
6.1.1 步进顺控指令	133	7.4.5 实训项目	198
6.1.2 步进指令软元件	134	实训 18 简易四层货梯控制	198
6.2 步进顺控编程方法	135	实训 19 带编码器的三层电梯控制	202
6.2.1 状态转移图	135	7.5 四则及逻辑运算	205
6.2.2 步进梯形图	135	7.5.1 四则运算指令	205
6.2.3 STL 指令编程要点	136	7.5.2 四则运算指令编程应用技巧	209
6.3 SFC 功能图块的编程	137	7.5.3 逻辑运算指令	210
6.3.1 SFC 功能图块的编程方法	137	7.5.4 逻辑运算指令编程技巧	212
6.3.2 SFC 的流程	140	7.5.5 实训项目	213
6.4 基本技能实训	143	实训 20 物业停车场车位控制	213
实训 8 简易机械手控制	143	实训 21 自助洗车机控制设计	216
实训 9 十字路口交通灯控制	145	7.6 循环移位、移位指令	218
实训 10 广场音乐喷泉控制	146	7.6.1 循环移位 (左移/右移)	218
实训 11 电镀生产线 PLC 控制	147	7.6.2 位左/右移指令	221
6.5 综合技能实训	149	7.6.3 字左/右移指令	223
实训 12 工业洗衣机控制 1 (变频器程序运行控制)	149	7.6.4 移位写入/移位读出指令	224
实训 13 工业洗衣机控制 2 (变频器多段速度控制)	154	7.6.5 实训项目	227
实训 14 中央空调冷却水泵节能控制	156	实训 22 灯光广告牌 PLC 控制	227
实训 15 恒压供水 (多段速度) 控制	159	实训 23 物业地下室排水控制系统设计	229
第 7 章 FX 系列 PLC 功能指令应用		实训 24 机工社招牌灯箱控制系统	231
设计技术	163	7.7 方便指令	232
7.1 功能指令使用基本知识	163	7.7.1 初始化状态 (IST)	232
7.2 程序流控制指令	165	7.7.2 数据搜索 (SER)	233
7.2.1 条件跳转	165	7.7.3 示教定时器指令 (TTMR)	234
7.2.2 子程序	167	7.7.4 特殊定时器 (STMR)	235
7.2.3 中断程序控制指令	169	7.7.5 交替输出 (ALT)	235
7.2.4 看门狗定时器	170	7.7.6 旋转工作台控制 (ROTC)	235
		7.7.7 数据排序 (SORT)	236
		7.7.8 实训项目	237

实训 25 机械手控制 (应用方便指令) ...	237	8.8 FX 系列 PLC 与三菱变频器通信	284
7.8 外部设备 I/O	238	8.8.1 通信接线	284
7.8.1 人机界面指令	238	8.8.2 通信协议	285
7.8.2 ASCII 码指令	244	8.8.3 与变频器通信的相关参数	289
7.8.3 格雷码变换指令	244	8.8.4 实训案例	291
7.8.4 实训项目	245	实训 30 PLC 与变频器 RS-485 通信	
实训 26 简易电子计算器设计	245	控制	291
7.9 实时时钟处理	247	8.9 网络通信知识	297
7.9.1 时钟比较指令	247	8.9.1 网络通信系统的协议模型	297
7.9.2 时钟运算指令	247	8.9.2 三菱 PLC 的网络通信简介	299
7.9.3 时钟读写指令	249	8.9.3 FX PLC 作为 CC-Link 主站	
7.9.4 实训项目	251	通信	301
实训 27 别墅智能管理系统设计	251	第 9 章 PLC 过程控制应用设计	
实训 28 带时段控制的交通灯控制系统		技术	304
设计	254	9.1 过程控制模块概述	304
第 8 章 FX 系列设备通信设计技术	257	9.1.1 概述	304
8.1 PLC 通信基础	257	9.1.2 模拟量模块工作原理	305
8.2 串行数据通信	258	9.1.3 模块扩展连接的原则	305
8.2.1 数据通信的概念	259	9.2 PLC 过程控制编程指令	307
8.2.2 串行通信的通信方式	259	9.2.1 BFM 读/写指令	307
8.2.3 串行通信数据传送方向	261	9.2.2 模拟量模块读/写	308
8.2.4 串行通信接口标准	261	9.2.3 变量指令	309
8.3 FX 系列可编程通信接口模块	265	9.2.4 PID 控制指令	309
8.3.1 FX2N-232BD 通信接口模块	265	9.3 模拟量 I/O 模块	315
8.3.2 FX-485BD 通信模块	266	9.3.1 FX2N-4AD-PT 模拟量输入	
8.4 PLC 与工控设备之间的通信连接	267	模块	315
8.5 FX 系列 PLC 的 1:1 通信	268	9.3.2 FX2N-2DA 模拟量输出模块	317
8.5.1 通信规格	268	9.3.3 A-D、D-A 转换一体化模块	320
8.5.2 相关软元件分配	268	9.3.4 FX2N-5A 一体化模块	322
8.5.3 通信布线	269	9.4 实训案例	325
8.5.4 编程控制实例	269	实训 31 水箱水位 PID 控制	326
8.6 FX 系列 PLC N:N 网络通信	273	实训 32 中央空调冷冻泵节能运行综合	
8.6.1 N:N 网络特点	273	控制	328
8.6.2 链接的软元件	273	实训 33 PLC 恒压供水 (PID) 控制	331
8.6.3 通信连接	274	实训 34 中央空调冷冻水系统设计	338
8.6.4 实训案例	275	第 10 章 PLC 运动控制设计技术	343
实训 29 三台电动机的 PLC N:N 网络		10.1 运动控制技术概述	343
控制	275	10.1.1 PLC 运动控制技术	343
8.7 FX 系列 PLC 无协议通信		10.1.2 PLC 运动控制系统组成	343
(RS 指令)	278	10.2 运动控制设备	345
8.7.1 通信功能	278	10.2.1 三菱伺服电动机及其驱动	345
8.7.2 RS 指令通信相关软元件	278	10.2.2 步进电动机	352
8.7.3 PLC 的通信格式	279	10.3 运动控制指令使用技巧	355
8.7.4 串行通信编程指令	280	10.3.1 脉冲输出控制指令	355

10.3.2 定位控制指令	358	实训 38 自动分拣生产线 PLC 监控系统 设计	376
10.4 运动控制技术综合实训	362	实训 39 工作姿态调整自动线控制系统 设计	383
10.4.1 运动控制实训平台简介	363	实训 40 中央空调水泵冷、热方式节能 运行控制	388
10.4.2 实训案例	364	附录	392
实训 35 滚珠丝杆移位控制	364	附录 A 可编程序控制系统设计师（三级） 应知模拟题样卷	392
实训 36 伺服移位角控制	368	附录 B 可编程序控制系统设计师（三级） 应会模拟题样卷	398
实训 37 定位机械手控制	371	参考文献	400
第 11 章 可编程序控制系统综合设计 技术	373		
11.1 控制系统的设计	373		
11.2 PLC 硬件选型	374		
11.3 综合应用控制系统设计	375		

第1章 PLC 基础知识

1.1 PLC 的产生及定义

1. PLC 的发展史

在 PLC（可编程逻辑控制器或可编程序控制器）诞生之前，继电器广泛应用于工业生产控制领域中，继电器在传统的工业中曾经起着举足轻重的作用。随着生产规模的不断扩大、市场竞争的日益激烈，继电器控制系统已经不能满足日益发展的需要。因为继电器针对某一固定动作或生产工艺而设计，仅限于逻辑、定时、计数等简单的控制，一旦动作顺序或工艺发生变化，就必须重新设计、布线、装配、调试等，这样就很难满足工业发展的需要，因此 PLC 应运而生了。

1968 年，美国最大的汽车制造商通用汽车（GM）公司，为了适应汽车型号不断更新的需要，提出了 10 条技术指标在社会上公开招标（通称 GM10 条），制造一种新型的工业控制装置。

GM 10 条主要内容有：容易编程、采用模块式结构、成本可与继电器控制系统相竞争、具有数据通信功能、输入/输出电源使用市电、能在恶劣环境下工作、存储设备可扩充至 4K 个存储字节、系统扩展时原系统只需很小的改动、可靠性高于继电器控制系统、设备体积小于继电器控制柜（其实 GM 10 条就是覆盖了继电器控制系统的缺点）。

1969 年，美国数字设备公司（DEC）根据招标的要求，研制出世界上第一台 PLC，并在 GM 公司汽车生产线上首次成功应用。

1969 年美国研制出世界上第一台 PLC 以后（一般公认世界上第一台 PLC 是 1969 年美国制造的），日本、德国、法国等国相继研制了各自的 PLC。20 世纪 70 年代中期，PLC 进入了实用化阶段；70 年代末和 80 年代初，PLC 进入了成熟阶段；80 年代后期进入了飞速发展时期。

日本生产 PLC 的厂家有 40 余家，如三菱电机（MITSUBISHI ELECTRIC）、欧姆龙（OMRON）；欧洲 PLC 的厂家有 60 余家，如西门子（Siemens）；美国 PLC 发展得最快，著名厂家如 A-B（Allen-Bradley）。

我国在 1974 年开始研制 PLC，1977 年开始用于生产控制，遗憾的是到目前为止国产 PLC 在市场占有份额不高。

2. PLC 的定义

随着微电子技术的发展，PLC 的功能不断扩展和完善，其功能远远超出了逻辑控制和顺序控制的范围，具备了模拟量控制、过程控制以及远程通信等强大功能，所以美国电气制造商协会（NEMA）将其正式命名为可编程序控制器（Programmable Controller，PC）。随着个人计算机的飞速发展，为了和个人计算机（Personal Computer）的简称相区别，将可编程序控制器称为 PLC。那么，PLC 的定义是什么呢？

国际电工委员会（IEC）于 1987 年对 PLC 定义如下：

PLC 是专为在工业环境下应用而设计的一种数字运算操作的电子装置,是一种带有存储器,并可以编制程序的控制器。它能够存储和执行指令,进行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术等操作,并通过数字式和模拟式的输入/输出,控制各种类型的机械和生产过程。PLC 及其有关的外围设备,都应按易于与工业控制系统形成一体,易于扩展其功能的原则设计。

事实上,PLC 就是以嵌入式 CPU 为核心,配以输入、输出等模块,可以方便地用于工业控制领域的装置。因此 PLC 实际上就是“工业专用计算机”。

1.2 PLC 的优、缺点

1. 硬件方面的优点

(1) 体积小、能耗低

对于复杂的控制系统,使用 PLC 后,可以减少大量的中间继电器和时间继电器,小型 PLC 的体积仅相当于几个继电器的大小,因此可将开关柜的体积缩小到原来的 $1/10 \sim 1/2$ 。

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。

(2) 配套齐全,用户使用方便,适应性强

PLC 产品已经标准化、系列化、模块化。并配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用,用户能灵活、方便地进行系统配置,组成不同功能、不同规模的系统。PLC 的安装接线也很方便,一般用接线端子连接外部接线。PLC 有较强的带负载能力,可以直接驱动一般的电磁阀和交流接触器。

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。

(3) 可靠性高,抗干扰能力强

传统的继电器控制系统中使用了大量的中间继电器、时间继电器。由于触点接触不良,容易出现故障。PLC 用软件代替大量的中间继电器和时间继电器,仅剩下与输入和输出有关的少量硬件,接线可减少到继电器控制系统的 $1/100 \sim 1/10$,因触点接触不良造成的故障大为减少。

PLC 采取了一系列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,可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场,PLC 已被广大用户公认为最可靠的工业控制设备之一。

2. 软件方面的优点

(1) 编程方法简单易学

梯形图是使用得最多的 PLC 编程语言,其电路符号和表达方式与继电器电路原理图相似。梯形图语言形象直观、易学易懂,熟悉继电器电路图的电气技术人员只要花几天时间就可以熟悉梯形图语言,并用来编制用户程序。

(2) 功能强,性价比高

一台小型 PLC 内有成百上千个可供用户使用的编程组件,有很强的功能,可以实现非常复杂的控制功能。与相同功能的继电器系统相比,具有很高的性价比。PLC 可以通过通信联网,实现分散控制、集中管理。

3. 系统方面的优点

(1) 系统的设计、安装、调试工作量少

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 的梯形图程序一般采用顺序控制设计法。这种编程方法很有规律,很容易掌握。对于复杂的控制系统,梯形图的设计时间比设计继电器系统电路图的时间要少得多。

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 上的发光二极管可观察输入、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少得多。

(2) 维修工作量小,维修方便

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

因此,有人将数控技术、机器人、CAM/CAD (计算机辅助制造/计算机辅助设计)、PLC 称为现代工业的四大支柱。

当然 PLC 也存在一些缺点,主要因为各厂家的产品不同而导致,具体如下:

1) 主要是 PLC 的软、硬件体系结构是封闭的而不是开放的:如专用总线、专家通信网络及协议,I/O (输入/输出)模板不通用,甚至连机柜、电源模板亦各不相同。

2) 编程语言虽多数是梯形图,但组态、寻址、语言结构均不一致,因此各公司的 PLC 互不兼容。

1.3 PLC 的分类

严格来说,PLC 分类并无确切的标准,只是人们为了工作上的方便,从结构、I/O 点数或功能等方面来进行分类。

1. 按结构形式来分

PLC 按结构形式分类可分为整体式和模块式两种。

(1) 整体式

整体式又称单元式或箱体式。整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 部件都集中装在一个机箱内,其结构紧凑、体积小、价格低。一般小型 PLC 采用这种结构。整体式 PLC 一般配备有特殊功能单元,如模拟量单元,位置控制单元等,使机器的功能得以加强。一般小型 PLC 采用这种结构,如图 1-1 所示。

(2) 模块式

模块式结构是将 PLC 各部分分成若干个单独的模块,如 CPU 模块、I/O 模块,电源模块和各种功能模块。模块式 PLC 由框架和各种模块组成,模块插在框架的插座上。模块式 PLC 实物如图 1-2 所示,模块式结构如图 1-3 所示。有的 PLC 没有框架,各种模块安装在底板上。模块式结构,其配置灵活、装配方便、便于扩展和维修。一般大、中型 PLC 都采用模块式结构,有的小型 PLC 也采用这种结构。一般大、中型 PLC 采用模块式结构,但也有小型 PLC 也采用这种结构的。

另外,有的 PLC 将整体式和模块式结合起来,称为叠装式 PLC。它除基本单元和扩展

单元外，还有扩展模块和特殊功能模块，配置更加灵活。

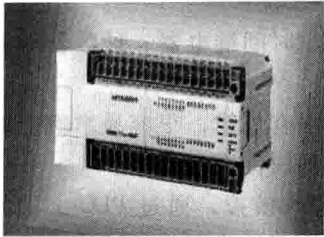


图 1-1 整体式 PLC（FX 系列）

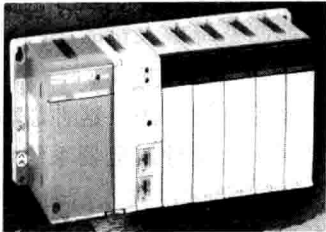


图 1-2 模块式 PLC 实物

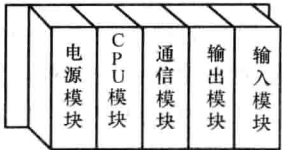


图 1-3 模块式 PLC 结构图

2. 按 I/O 点数来分

全世界有几百家工厂正在生产几千种不同型号的 PLC，按照输入（Input）和输出（Output）（简称 I/O）点数多少可分为表 1-1 所示的 4 种类型。这个分类界线不是固定不变的，它会随 PLC 的发展而改变。

表 1-1 I/O 点数分类表

类 型	I/O 点数	存储器容量	应 用 领 域
小 型	128 点以下	4 KB	单机控制和小型控制系统
中 型	129 ~ 512 点	4 ~ 16KB	多机控制系统和小型控制网络系统
大 型	512 ~ 1024 点	16 ~ 64KB	多机控制系统和大型控制网络系统
超大型	大于 1024 点	64KB 以上	分布式控制和工厂的集散控制网络

3. 按功能分类

- 1) 低档机：具备基本控制功能和简单的运算能力；
- 2) 中档机：具备基本功能，能进行三角函数、PID（比例积分微分）运算，能处理模拟量等信号。
- 3) 高档机：具备以上功能，还具备网络控制和远程控制等功能。

1.4 PLC 的性能指标

1. 硬件指标

硬件指标主要包括输入和输出特性等。由于 PLC 是专门为适应工业环境而设计的，因此 PLC 一般都能满足以上硬件指标的要求。表 1-2 所示为 FX2N 系列 PLC 一般性能指标。

表 1-2 FX2N 系列 PLC 一般性能指标

项 目	指 标
环境温度/湿度	0 ~ 55℃/35% ~ 89% RH(不结露)
耐压	AC 500V 1min(各端子与接地端子之间)
抗冲击	JISCO912 标准 10kg 3 轴方向 3 次
抗噪声干扰	用噪声仿真器产生电压 1000V、噪声脉冲宽度 1μs、周期为 30 ~ 100Hz,在此噪声干扰下 PLC 工作正常
绝缘电阻	5MΩ 以上(各端子与接地端子之间)
接地	采用第 3 种接地。不能接地时,也可悬空
使用环境	禁止腐蚀性气体,严禁尘埃

2. 软件指标

PLC 的软件指标通常用以下 7 项来描述：

1) 编程语言: 不同机型的 PLC, 具有不同的编程语言。常用的编程语言有梯形图、指令表、控制系统流程图 3 种。

2) 用户存储器容量和类型: 用户存储器用来存储用户编程输入的程序。其存储容量通常以字或步为单位计算。常用的用户程序存储器类型有 RAM、EEPROM、EPROM 3 种。

3) I/O 总数: PLC 有开关量和模拟量两种输入、输出。对开关量 I/O 总数, 通常用最大 I/O 点数表示; 对模拟量 I/O 总数, 通常用最大 I/O 通道数表示。

4) 指令数: 用来表示 PLC 的功能。一般指令数越多, 其功能越强。

5) 软元件的种类和点数: 指辅助继电器、定时器、计数器、状态寄存器、数据寄存器和各种特殊继电器等。

6) 扫描速度: 以“ $\mu\text{s}/\text{步}$ ”表示。例如 $0.74\mu\text{s}/\text{步}$ 表示扫描一步用户程序所需的时间为 $0.74\mu\text{s}$ 。PLC 的扫描速度越快, 其输出对输入的响应越快。

7) 其他指标: 如 PLC 的运行方式、输入/输出方式、自诊断功能、通信连网功能、远程监控等。

1.5 PLC 的发展趋势及应用领域

1. PLC 的发展趋势

PLC 的发展趋势主要表现在硬件、软件和通信等方向。

(1) 硬件发展方向

1) 大力发展微型 PLC。微型 PLC 的价格便宜, 性价比不断提高, 很适合于单机自动化或组成分布式控制系统。

2) 向高性能、高速度、大容量发展。大型 PLC 大多采用多 CPU 结构, 不断地向高性能、高速度和大容量方向发展。CPU 处理速度达到 ns 级, 内存 2MB。

3) 大力开发智能型 I/O 模块和分布式 I/O 子系统。

(2) 软件发展方向

1) 个人计算机的编程软件取代手持式编程器。

2) PLC 的软件化与 PC 化。

个人计算机 (PC) 的价格便宜, 有很强的数学运算、数据处理、通信和人机交互的功能。过去 PC 主要用作 PLC 的编程器、操作站或人机接口终端, 如果用于工业控制现场, 必须使用加固型的工业控制计算机。

(3) 通信发展方向

通信发展方向主要表现在 PLC 通信的易用化和“傻瓜化”、组态软件引发的上位计算机编程革命、PLC 与现场总线相结合等方面。

2. PLC 应用领域

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、汽车制造、建筑、环保、公用事业等各行各业。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。

PLC 按其不同的控制类型, 已成功应用于以下 5 个方面:

(1) 开关量逻辑控制

这是 PLC 最广泛的应用领域,也是 PLC 最基本的控制功能,可用来取代继电器控制。它既可用于单台设备的控制,也可用于多机群控和自动化生产线的控制。比如香烟包装生产线、采矿的带式运输机、汽车装配生产线、电镀流水线、冰箱生产线、电梯控制以及组合机床的电气控制等。

(2) 慢连续量的过程控制

慢连续量的过程控制是指对温度、压力、流量和速度等慢连续变化的模拟量的闭环控制。PLC 通过模拟量 I/O 模块,实现 A-D 和 D-A 转换,并通过专用的智能 PID 模块实现对模拟量的闭环控制,使被控变量保持为设定值。PLC 的这一功能已广泛应用在电力、冶金、化工、轻工、机械等行业。例如,锅炉控制、加热炉控制、磨矿分级过程控制、水处理控制、酿酒控制等。

(3) 快连续量的运动控制

PLC 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,通过这些模块可实现直线运动或圆周运动的控制。如今,运动控制已是 PLC 不可缺少的功能之一,它已广泛应用于各种机械,例如机器人、金属成形机械、装配机械等。

(4) 数据处理

PLC 提供了各种数学运算、数据传送、数据转换、数据排序以及位操作等功能,可以实现数据的采集、分析和处理。这些数据可通过通信系统传送到其他智能设备,也可利用它们与存储器中的参考值进行比较,或利用它们制作各种要求的报表。数据处理功能一般用于造纸、冶金、食品、柔性制造等行业中的一些大型控制系统。

(5) 通信

PLC 的通信主要有以下 4 种情况:

1) PLC 之间的通信: PLC 之间可一对一通信,也可在多达几十甚至几百台 PLC 之间进行通信。既可在同型号 PLC 之间进行通信,也可在不同型号的 PLC 之间进行通信。例如可以将三菱 FX 系列 PLC 作为三菱 A 系列 PLC 的就地控制站,从而可简单地实现生产过程的分散控制和集中管理。

2) PLC 与各种智能控制设备之间的通信: PLC 可与条形码读出器、打印机以及其他远程 I/O 智能控制设备进行通信,形成一个功能强大的控制网络。

3) PLC 与上位计算机之间的通信:可用计算机进行编程,或对 PLC 进行监控和管理。通常情况下,采用多台 PLC 实现分散控制,由一台上位计算机进行集中管理,这样的系统称为分布式控制系统。

4) PLC 与 PLC 的数据存取单元进行通信: PLC 提供了各种型号不一的数据存取单元,通过此数据存取单元可方便地对设定数据进行修改,对各监控点的数据或图形变化进行监控,还可对 PLC 出现的故障进行诊断等。

近几年来,随着计算机控制技术和通信网络技术的发展,已兴起工厂自动化 (FA) 网络系统。PLC 的连网,通信功能正适应了智能化工厂发展的需要,它可使工业控制从点到线再到面,到设备级的控制,生产线的控制和工厂管理层的控制连成一个整体,从而创造更高的效益。

PLC 的应用领域越来越广泛,几乎可以说凡是有控制系统存在的地方都需要 PLC。在发达国家,PLC 已广泛应用于所有的工业部门,随着 PLC 性价比的不断提高,PLC 的应用范围将不断扩大。

第2章 PLC的结构与工作原理

2.1 PLC的硬件组成

PLC的硬件部分由中央处理单元（CPU模块）、存储模块、输入/输出（I/O）模块、电源模块、通信模块、编程器等部分组成，如图2-1所示。

1. CPU模块

(1) CPU的作用

CPU含有和PC内部同样类型的微处理器，CPU是PLC的核心部件，相当于人的大脑。CPU能够执行系统的操作、信息存储、输入监控、用户逻辑（梯形图）评价和正确的输出信号，并对整机进行控制。

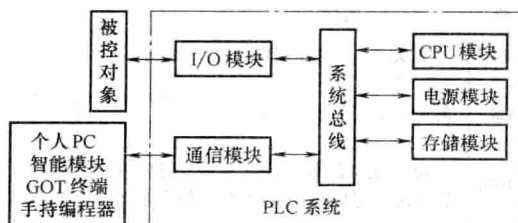


图2-1 PLC的硬件组成

(2) CPU的构成

PLC常用的CPU主要有通用微处理器、单片机或位片式微处理器。

一般来说，在小型PLC中，大多采用8位微处理器或单片机，如Z80A、8031、8085等，价格低、普及通用好。在中型PLC中，大多采用16位微处理器或单片机，如8086、80286、80386、8096，集成度高、运算速度快、可靠性高。在大型PLC中，大多采用高速位片式微处理器。如AMD 2900，灵活性强、速度快、效率高。

2. 电源模块

PLC电源有交、直流两种，但一般都采用交流电源，有115V/230V两档（用户可通过跨接线或短路片来选择。在接线时，一定要十分注意厂商提供的电源接线图，以免损坏设备）。通过开关电源降压整流提供CPU、存储器、I/O接口等所需要的内部供电电源（如 $\pm 5V$ 、 $\pm 15V$ 等）。为输入电路和少量的外部电子检测装置（如接近开关）提供24V直流电源。另外还有独立的锂电池作为存储器的备用电源。

3. 存储器模块

(1) 存储器的作用

存储器是CPU用来存储和处理程序文件、数据文件的一块物理空间。它用来存储系统程序和用户程序，分为系统程序存储器和用户程序存储器。

系统程序存储器用来存储不需要用户干预的系统程序。例如，PLC的操作系统程序、用户逻辑解释程序、系统诊断程序、通信管理程序以及各种系统参数等。系统程序用来告诉PLC“怎么做”，它使PLC具备了基本的智能，能够完成PLC设计者所要求的各种工作。PLC产品在出厂时，厂家已经把这些系统程序固化在ROM或EPROM存储器内，用户不需要了解这些程序，也不能更改这些程序。

用户程序存储器用来存储通过编程器输入的用户程序。通常将用户程序存储器分为程序存储区和数据存储器，程序存储区用来存储用户程序，数据存储器用来存储运算