

• 杨后川 等编著

三菱 PLC

应用100例

(第3版)

百例成才系列丛书

三菱 PLC 应用 100 例

(第 3 版)

杨后川 张学民 杜晓伟 高 涛 杨川江
陈 勇 陶 征 吴 勇 赵振峰 黄 阳 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以国内广泛使用的三菱 FX 系列 PLC 为主体,按基础知识、应用提高的结构体系,由浅入深、循序渐进地介绍了三菱 PLC 的结构原理及硬件知识、指令系统、基本控制编程、高级功能模块、PLC 系统通信、PLC 与人机界面、PLC 应用系统控制设计等综合内容,各部分内容既注重系统、全面、新颖,又力求叙述简练、层次分明、通俗易懂。所有实例均按“实例说明 实例实现 实例分析”的模式进行编写,理论知识和工程实际应用并重。本书具有极强的针对性、可读性和实用性,将是学习者不可多得的好书。

本书可供从事 PLC 控制系统设计、开发的广大科技人员阅读,也可作为各类高等学校工业自动化、电气工程及自动化、计算机应用、机电一体化、机械电子工程等相关专业学生的教学用书或者参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

三菱 PLC 应用 100 例 / 杨后川等编著. —3 版. —北京: 电子工业出版社, 2017.5
(百例成才系列丛书)
ISBN 978-7-121-31280-9

I. ①三… II. ①杨… III. ①PLC 技术 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 070993 号

策划编辑: 王敬栋 (wangjd@phei.com.cn)

责任编辑: 王敬栋

印 刷: 北京京科印刷有限公司

装 订: 三河市良远印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 27.25 字数: 698 千字

版 次: 2011 年 1 月第 1 版

2017 年 5 月第 3 版

印 次: 2017 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 69.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254590, wangjd@phei.com.cn。

前 言

可编程控制器 (PLC) 是一种以微处理器为核心, 用做数字控制的新型控制器, 专为在工业环境下应用而设计, 已成为现代工业自动化的三大支柱之一。它已广泛应用于机械制造、冶金、化工、电力、交通、采矿、建材、轻工、环保、食品等行业, 既可用于老设备的技术改造, 又可用于新产品的开发。因此, 对于从事工业控制研发技术人员来说, PLC 系统的设计与应用已经成为了必须掌握的一门专业技术。

本书自第 1 版、第 2 版问世以来, 以其实例翔实, 由浅入深, 易于学习上手, 实践指导性强而得到了广大读者的认可。本书再版时, 根据读者的建议和意见进行完善、充实, 并修正了书中出现的一些错误之处。

全书共分 9 章, 第 1 章介绍了可编程控制器的结构与分类、功能与特点、编程语言及发展; 第 2 章介绍了三菱 PLC 的硬件构成、工作原理、编程软件使用及程序开发过程; 第 3 章介绍了三菱 FX_{2N} 的基本指令、功能指令及使用等指令系统; 第 4 章介绍了编程规则与技巧、基本控制程序、电动机控制编程和简易梯形图程序设计; 第 5 章介绍了三菱 PLC 的状态转移图及步进指令编程应用; 第 6 章介绍了 PLC 的模拟量输入/输出、高速计数和凸轮控制器等功能模块; 第 7 章介绍了 PLC 通信知识和 PLC 与 PLC、PLC 与计算机等之间的通信; 第 8 章介绍了三菱 PLC 人机界面及组态应用; 第 9 章介绍了 PLC 控制系统设计的原则与步骤, 控制程序设计方法, 最后通过实例应用说明 PLC 控制系统的设计过程。各章内容既有联系, 又有一定的独立性, 并且每章均附有思考题。在编写风格上注意遵循由浅入深、循序渐进的认识规律, 便于读者自学。

本书由杨后川、张学民、杜晓伟、高涛、杨川江、陈勇、陶征、吴勇、赵振峰、高阳编著。本书由潘庆军博士和宋述稳副教授共同主审。他们仔细审阅了全部书稿, 提出了许多宝贵的意见和建议, 在此表示诚挚的谢意!

在编写过程中, 作者参阅和引用了三菱公司最新技术资料及有关院校、工厂、科研院所的一些教材、文献, 有些正式出版的文献已在书的参考文献中列出, 有些难免遗漏, 对未能列出的文献和资料, 编著者向其作者表示诚挚的感谢。

限于编者的理论水平和实际开发经验, 书中的缺点和不足之处在所难免, 恳请读者和相关专家批评指正。

编著者

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市海淀区万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第 1 章 可编程控制器 (PLC) 概述 与电气技术基础	1
1.1 可编程控制器的产生与发展	1
1.1.1 PLC 的产生及定义	1
1.1.2 PLC 的发展	2
1.2 PLC 的特点与功能	4
1.2.1 PLC 的特点	4
1.2.2 PLC 的功能	6
1.3 PLC 的结构与分类	7
1.3.1 PLC 的结构	7
1.3.2 PLC 的分类	11
1.4 PLC 的编程语言	11
1.4.1 梯形图	12
1.4.2 语句表	14
1.4.3 顺序功能图	14
1.4.4 功能块图	15
1.4.5 结构文本	15
1.5 电气技术基础	15
1.5.1 常用低压电器简介	16
1.5.2 电气控制线路的绘图规则	22
1.5.3 电气控制线路的保护类型	24
思考题	27
第 2 章 认识三菱 PLC	28
2.1 认识三菱 PLC 的硬件	28
实例 1: 单输入/单输出控制	28
2.1.1 三菱 PLC 的基本结构	28
2.1.2 三菱 FX 系列 PLC 的主机 模块	31
2.1.3 三菱 PLC 的 I/O 接线	34
2.2 理解三菱 PLC 的工作原理	35
实例 2: 加电输出禁止程序	35
2.2.1 PLC 的工作原理	36
2.2.2 用户程序循环扫描执行	40
2.3 三菱 PLC 的程序开发过程	40
实例 3: 电动机的启/停控制	40
2.3.1 PLC 的程序开发环境	41
2.3.2 电动机启/停控制程序的开发 过程	45
2.4 编程器的使用	56
2.4.1 编程器简介	56
2.4.2 编程器的基本操作	59
2.4.3 编程器对程序的监视	62
思考题	65
第 3 章 三菱 FX _{2N} 的指令系统	66
3.1 FX _{2N} 的软元件	66
3.1.1 输入继电器	66
3.1.2 输出继电器	67
3.1.3 辅助继电器	67
3.1.4 状态继电器	69
3.1.5 定时器	70
3.1.6 计数器	71
3.1.7 数据寄存器	75
3.1.8 变址寄存器	76
3.1.9 指针	76
3.1.10 常数	77
3.2 FX _{2N} 的基本逻辑指令	77
3.2.1 逻辑取及线圈驱动指令	77
实例 4: 逻辑取及线圈驱动指令的 应用	78
3.2.2 触点串联指令	79
3.2.3 触点并联指令	79
实例 5: 触点串联指令和触点并联 指令的应用	80
3.2.4 串联电路块并联指令	81
3.2.5 并联电路块串联指令	82
实例 6: 串联电路块并联指令和并联 电路块串联指令的应用	82
3.2.6 边沿检测脉冲指令	83

实例 7: 边沿检测脉冲指令的应用	84	应用	122
3.2.7 置位与复位指令	85	实例 26: 移位写入和移位读出指令的应用	124
实例 8: 置位与复位指令的应用	86	3.3.6 数据处理指令	125
3.2.8 脉冲输出指令	87	实例 27: 区间复位指令的应用	126
实例 9: 脉冲输出指令的应用	87	实例 28: 译码和编码指令的应用	127
3.2.9 取反指令	88	实例 29: 置 1 位数总和和置 1 位判断指令的应用	129
3.2.10 栈操作指令	89	实例 30: 信号报警器置位和信号报警器复位指令的应用	130
实例 10: 栈操作指令的应用	90	实例 31: 平均值和平方根指令的应用	131
3.2.11 主控触点指令	91	实例 32: 浮点数转换指令的应用	132
实例 11: 主控触点指令的应用	92	3.3.7 高速处理指令	132
3.2.12 空操作指令	93	实例 33: 输入/输出刷新指令的应用	133
3.2.13 程序结束指令	94	实例 34: 刷新和调整滤波时间常数调整指令的应用	134
3.3 FX _{2N} 的功能指令	94	实例 35: 高速计数器置位、复位和区间比较指令的应用	135
3.3.1 功能指令的基本规则	95	实例 36: 速度检测指令的应用	136
3.3.2 程序流程指令	97	实例 37: 脉宽调制指令和可调速脉冲输出指令的应用	138
实例 12: 条件跳转指令的应用	98	3.3.8 方便指令	139
实例 13: 子程序调用和返回指令的应用	99	实例 38: 初始化状态指令与数据搜索指令的应用	139
实例 14: 中断指令的应用	101	实例 39: 绝对值式凸轮顺控指令的应用	140
实例 15: 主程序结束指令的应用	103	实例 40: 增量式凸轮控制指令的应用	142
实例 16: 警戒时钟指令的应用	104	实例 41: 示教定时器指令的应用	143
实例 17: 循环指令的应用	105	实例 42: 特殊定时器指令的应用	144
3.3.3 数据传送和比较指令	106	实例 43: 交替输出指令的应用	145
实例 18: 比较指令和区间比较指令的应用	108	实例 44: 旋转台控制指令的应用	146
实例 19: 各种传送指令的应用	110	3.3.9 外围设备 I/O 指令	147
实例 20: 数据交换和数据变换指令的应用	112		
3.3.4 算术和逻辑运算指令	113		
实例 21: 加法、减法、乘法和除法指令的应用	115		
实例 22: 加 1 和减 1 指令的应用	117		
实例 23: 逻辑与、或和异或指令的应用	118		
3.3.5 循环与移位指令	119		
实例 24: 循环移位指令的应用	120		
实例 25: 位右移和位左移指令的			

实例 45: 数据输入指令的应用	147
实例 46: 数字译码指令的应用	150
实例 47: 打印输出指令的应用	151
实例 48: 读、写特殊功能模块指令的应用	152
3.3.10 外围设备 (SER) 指令	153
实例 49: 串行通信指令的应用	155
实例 50: 模拟量输入指令的应用	156
3.3.11 触点比较指令	156
实例 51: 触点比较指令 (OR=) 的应用	158
思考题	158
第 4 章 PLC 系统的基本控制编程	160
4.1 编程规则与技巧	160
4.1.1 继电器线路可使用、梯形图不能 (不宜) 使用的情况	160
4.1.2 梯形图能使用、继电器线路不能实现的情况	161
4.1.3 梯形图程序的优化	162
4.2 基本控制程序	165
4.2.1 自锁、互锁与连锁控制	165
实例 52: 自锁、互锁与连锁控制	165
4.2.2 时间控制	168
实例 53: 瞬时接通/延时断开控制	168
实例 54: 延时接通/延时断开控制	169
实例 55: 长延时控制	170
实例 56: 点动计时控制	172
实例 57: 时钟控制	173
4.2.3 脉冲触发控制	174
实例 58: 用定时器实现周期脉冲触发控制	174
实例 59: 用定时器实现脉宽可控的脉冲触发控制	175
4.2.4 分频控制	176
实例 60: 二分频控制	176

4.2.5 报警控制	178
实例 61: 故障报警控制	178
4.2.6 计数控制	180
实例 62: 扫描计数控制	180
实例 63: 6 位数计数控制	181
4.2.7 顺序控制	182
实例 64: 用定时器实现顺序控制	182
实例 65: 用计数器实现顺序控制	183
实例 66: 用移位指令实现顺序控制	185
4.2.8 循环控制	186
实例 67: 彩灯闪亮循环控制	186
4.3 常用电动机控制	188
4.3.1 三相异步电动机	188
实例 68: 电动机双重锁正、反转控制	188
实例 69: 电动机 Y— Δ 减压启动控制	190
实例 70: 电动机串电阻启动控制	192
4.3.2 直流电动机控制	195
实例 71: 并励、串励直流电动机正、反转控制	195
4.3.3 同步电动机控制	199
实例 72: 同步电动机启动控制	199
4.3.4 步进电动机控制	201
实例 73: 步进电动机正、反转控制	201
4.4 简易梯形图程序设计	205
实例 74: 车间排风系统状态监控	205
思考题	207
第 5 章 顺序功能图和步进梯形图	208
5.1 基本概念	208
5.1.1 顺序功能图的基本要素	208
5.1.2 顺序功能图的结构形式	212
5.2 顺序功能图设计方法	213

5.2.1 使用启—保—停电路的设计方法	214	模型	272
5.2.2 使用置位/复位的设计方法	216	7.2 PLC 与 PLC 之间的通信	273
5.2.3 使用 STL/RET 的设计方法	218	7.2.1 N : N 连接通信	273
实例 75: 运料车装卸料控制	221	实例 83: 3 台 FX _{2N} PLC 通过 N : N 通信网络配置及通信程序	275
实例 76: 大、小球分类选择控制	226	7.2.2 双机并行连接通信	277
实例 77: 双面钻孔机床运动控制	234	实例 84: 两台 FX _{2N} PLC 通过 1 : 1 并行连接通信	278
5.3 各种顺序控制方法比较	240	7.3 计算机连接与无协议数据传输	279
思考题	241	7.3.1 串行通信协议的格式	279
第 6 章 PLC 的功能模块	243	7.3.2 计算机连接通信协议	281
6.1 功能模块概述	243	实例 85: 通信端口初始化	283
6.1.1 特殊功能模块的类型及用途	243	7.3.3 无协议数据传输	286
6.1.2 特殊功能模块的安装及应用	245	实例 86: PLC 与三菱公司的变频器的无协议通信应用	288
6.2 模拟量输入模块	246	思考题	290
实例 78: FX _{2N} —4AD 模拟量输入模块应用	250	第 8 章 人机界面	291
实例 79: FX _{2N} —4AD 模拟量输入模块的调整应用	251	8.1 三菱人机界面概述	291
6.3 模拟量输出模块	252	8.1.1 触摸屏的工作原理及特点	291
实例 80: FX _{2N} —2DA 模拟量输入模块的应用	254	8.1.2 触摸屏的分类	292
6.4 高速计数模块	255	8.1.3 触摸屏发展趋势	295
实例 81: 高速计数器模块 FX _{2N} —1HC 的应用	259	8.1.4 三菱触摸屏	296
6.5 定位控制模块和脉冲输出模块	261	8.2 人机界面 (HMI) 的设计	299
实例 82: 凸轮控制器 FX _{2N} —1RM—SET 的应用	264	8.2.1 人机界面设计的过程和步骤	299
思考题	267	8.2.2 人机界面的设计技术	300
第 7 章 PLC 系统通信	268	8.2.3 人机界面设计的原则	300
7.1 PLC 通信的基本知识	268	8.3 组态软件使用	301
7.1.1 数据通信系统构成	268	8.3.1 组态软件简介	302
7.1.2 数据通信方式及传输速率	268	8.3.2 GT—Designer2 Version2 组态软件的使用	304
7.1.3 串行通信接口标准	271	实例 87: GT Designer2 组态项目的创建	307
7.1.4 开放式系统互连参考		实例 88: 电动机交替控制组态	311
		8.3.3 组态王软件的使用	314
		实例 89: 利用组态王进行通风系统运行状态监控的组态	318
		思考题	325

第9章 PLC应用系统控制设计	326	系统移植设计为PLC	
9.1 PLC控制系统设计的基本		控制系统	355
原则与步骤	326	9.3.4 顺序功能图设计法	361
9.1.1 设计的基本原则	326	9.4 PLC控制系统应用设计	361
9.1.2 设计的步骤与内容	327	实例 94: 交通灯控制	361
9.2 PLC控制系统的硬件设计	334	实例 95: 机械手的PLC控制	365
9.2.1 I/O端子数的简化	334	实例 96: 某直升机起落架撑杆作动	
9.2.2 主回路与控制回路设计	337	筒检测系统控制	372
9.3 PLC系统控制程序设计		实例 97: 组合机床控制	379
方法	342	实例 98: PLC与变频器控制电动机	
9.3.1 经验设计法	343	正、反转	388
实例 90: PLC控制送料小车的经验		实例 99: 载货电梯控制系统	392
设计	344	实例 100: 抢答器程序设计	407
9.3.2 逻辑设计法	345	思考题	417
实例 91: 通风系统运行状态		附录 A 三菱FX系列PLC基本	
监控	347	指令	419
实例 92: 电动机交替运行控制	352	附录 B 三菱FX系列PLC功能	
9.3.3 移植设计法	354	指令	420
实例 93: 某卧式镗床继电器控制		参考文献	425

第 1 章 可编程控制器 (PLC) 概述 与电气技术基础

PLC 是在继电器控制技术、计算机技术和现代通信技术的基础上逐步发展起来的一项控制技术。随着大规模、超大规模集成电路技术和数字通信技术的进步和发展,以及可编程控制器自身技术的不断提高,其在工业生产中已获得极其广泛的应用。PLC 技术与 CAD/CAM 技术、机器人技术被誉为现代工业自动化的三大支柱。

1.1 可编程控制器的产生与发展

可编程控制器 PC (Programmable Controller) 是由美国电气制造商协会 (NEMA) 命名的,但由于近年来 PC 又可表示为个人计算机 (Personal Computer),为了加以区别,人们常把可编程控制器称为可编程逻辑控制器 PLC (Programmable Logic Controller)。PLC 是以微处理器为基础,在传统的继电器控制技术基础上,综合了计算机技术、半导体集成技术、自动控制技术、数字技术和通信网络技术而发展起来的新型控制器,是用做数字控制的专用计算机,由用户编写程序进行逻辑控制、定时、计数和算术运算等,再通过数字量和模拟量的输入/输出 (I/O) 来控制各种生产过程。

1.1.1 PLC 的产生及定义

20 世纪 60 年代以前,用以对工业生产进行自动控制的装置是继电器—接触器控制系统。该系统存在一些缺陷。例如,系统的能耗较多,噪声大;通用性、灵活性差,工艺流程的更新需要大量的人力、物力;因系统通过各种硬件接线的逻辑控制来实现系统的运行,导致机械触点较多,系统运行的可靠性较差;不具备现代工业控制所需的数据通信、网络控制等功能。到了 20 世纪 60 年代以后,美国汽车制造业为适应市场需求不断更新汽车型号,要求及时改变相应的加工生产线。而汽车生产流水线基本上都采用传统的继电器—接触器控制,所以整个系统就必须重新设计和配置。汽车生产流水线的更换越来越频繁,原有的继电器—接触器控制系统就经常需要重新设计安装,这不但造成极大的浪费,而且新系统的接线也非常费时,从而延长了汽车的设计生产周期。在这种情况下,采用传统的继电器—接触器控制就有许多不足。

1968 年,美国 GM (General Motors) 公司首次公开招标,要求制造商为其装配线提供一种新型的通用程序控制器,并提出了著名的十项招标指标,即著名的“GM 十条”。

- (1) 编程简单,可在现场修改程序。
- (2) 系统的维护方便,采用插件式结构。
- (3) 体积小于继电器控制柜。
- (4) 可靠性高于继电器控制柜。

- (5) 成本较低, 在市场上可以与继电器控制柜竞争。
- (6) 可将数据直接送入计算机。
- (7) 可直接用交流 115V 输入(注: 美国电网电压是 110V)。
- (8) 输出采用交流 115V, 可以直接驱动电磁阀、交流接触器等。
- (9) 通用性强, 扩展方便。
- (10) 程序可以存储, 存储器容量可以扩展到 4KB。

如果说电子技术和电气控制技术是可编程逻辑控制器出现的物质基础, “GM 十条”就是可编程逻辑控制器出现的技术要求基础, 也是当今 PLC 最基本的功能。

1969 年, 美国数字设备公司(DEC)根据这十项技术指标的要求研制出了第一台可编程逻辑控制器——PDP-14, 并成功地应用在 GM 公司的生产线上。第一台 PLC 采用计算机的初级语言编写应用程序, 其 CPU 采用中、小规模集成电路组成, 以逻辑运算为主, 它实质上是一台专用的逻辑控制计算机。1971 年, 日本引进了这项技术, 并开始生产自己的 PLC。1973 年, 欧洲一些国家也生产出自己的 PLC。1974 年, 我国开始了 PLC 技术的研究, 并在 1977 年研制出第一台具有实用价值的 PLC。

在这一时期, PLC 主要用于顺序控制。随着半导体技术, 尤其是微型计算机技术的发展, 到了 20 世纪 70 年代中期, PLC 广泛采用微处理器作为中央处理器, 并且在外围的输入/输出(I/O)电路中逐渐使用了大规模和超大规模集成电路, 这时的 PLC 已经不仅具有逻辑判断功能, 还同时具有数据处理、PID(Proportion Integral Differential)调节和通信联网功能。

1987 年 2 月, 在国际电工委员会(IEC)颁布的可编程控制器标准草案中对 PLC 做了如下定义: “可编程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。它采用了可程序的存储器, 用来在其内部存储程序、执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术运算操作等指令, 并通过数字式和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外围设备, 都应按易于与工业控制系统联成一个整体, 易于扩充其功能的原则设计”。

1.1.2 PLC 的发展

1. PLC 的发展历程

PLC 产生至今, 历经 40 余载, 其发展大体经历了如下 4 个主要阶段。

(1) 1970—1980 年, PLC 结构定型阶段。在这一阶段, 由于 PLC 刚诞生, 各种类型的顺序控制器不断出现(如逻辑电路型、1 位机型、通用计算机型、单板机型等), 但都被迅速淘汰。最终以微处理器为核心的现有 PLC 结构形式取得了市场认可, 得以迅速发展、推广。本阶段为 PLC 原理、结构、软件、硬件趋向统一与成熟的阶段, PLC 的应用领域也开始由最初的小范围逻辑控制、有选择使用, 逐步开始向机床、生产线领域拓展。

(2) 1980—1990 年, PLC 普及与系列化阶段。在这一阶段, PLC 的生产规模日益扩大, 价格不断下降, PLC 被迅速普及。各 PLC 生产厂家产品的规模、品种开始系列化, 并且形成了固定 I/O 端子型、基本单元加扩展模块型、模块化结构型这三种延续至今的基本结构模式。PLC 的应用范围开始向顺序控制的全部领域拓展。

在本阶段, 三菱公司以最早的 F 系列 PLC 产品为主, 包括了小、中、大型各规格的产品。

(3) 1990—2000 年, PLC 高性能与小型化阶段。在这一阶段, 随着工业电气自动化程度的提高和微电子技术的进步, PLC 的功能日益增强, PLC 由单 CPU 转向多 CPU, 16 位和 32 位微处理器被大量应用于 PLC 中, 使其运算速度、图像显示和数据处理功能都大大增强。许多公司在加强各种特殊控制功能模块研制的同时, 还加强了软件技术的开发, PLC 的体积被大幅度缩小, 出现了各种类型的小型化、微型化 PLC。PLC 的应用范围由单一的顺序控制向现场控制拓展。

在本阶段, 三菱公司的 PLC 产品开始从 F 系列向 FX 系列过渡, 而后陆续推出了 Q/K 型小、中、大型系列产品。

(4) 2000 年至今, PLC 功能开发与网络化阶段。在本阶段, 为了适应信息技术的发展与工厂自动化的需要, PLC 的各种功能不断开发与完善。一方面, PLC 在继续提高 CPU 运算速度、位数的同时, 开发了适用于过程控制、运动控制的特殊功能与模块, 使 PLC 的应用范围开始涉及工业自动化的全部领域。同时随着通信联网技术的发展, 新通信协议的不断产生, PLC 的网络与通信功能得到迅速发展, PLC 不仅可以连接传统的编程与通用输入/输出设备, 还可以通过各种总线构成网络系统, 为工厂自动化奠定了基础。PLC 已经真正成为具有逻辑控制、过程控制、运动控制、数据处理和联网通信等功能的多功能控制器。

在本阶段, 三菱公司的 PLC 产品仍然以 Q/K 系列为主要产品, 只是其性能在不断完善与进一步提高, 并陆续有新的 CPU 模块推出。

2. PLC 的发展趋势

从世界上第一台 PLC 诞生至今, PLC 技术得到了迅猛的发展。PLC 的应用领域从最初单一的逻辑控制发展到包括模拟量控制、数字控制及机器人控制等在内的各种工业控制场合, 成为工业控制领域中占主导地位的基础自动化设备。PLC 的发展趋势主要表现为以下四个方面。

(1) 向微型化、网络化、开放性方向发展。微型化、网络化、开放性是 PLC 未来发展的主要方向。随着微电子技术的发展, 新型器件的性能与功能的提高, PLC 的结构将更紧凑、更小巧, 其功能更强, 安装和操作使用更方便。随着 PLC 控制组态软件的进一步完善和发展, PLC 组态软件和 PC-based 控制系统的逐步增长, 金字塔结构的多级网络工业控制技术的成熟, 要求计算机与 PLC 之间, 以及各种 PLC 之间增强联网和通信能力, 越来越多的 PLC 将具有以太网 (Ethernet) 接口, 使得 PLC 在网络化、开放性方面将得到长足的发展。

(2) 向系列化、标准化、模块化方向发展。每个生产 PLC 的公司几乎都有自己的系列化产品, 同一系列的产品指令及使用向上兼容, 以满足新机型的推广和使用。为了推动技术标准化的进程, 一些国际性组织, 如国际电工协会 (IEC), 不断为 PLC 的发展制定一些新的标准, 如编程语言的标准化、网络通信功能标准化等。PLC 的编程语言主要有梯形图、功能块图和语句表等, 但随着复杂的大规模的控制系统增加, 这些语言难以满足控制要求。面向顺序控制的功能指令和面向过程控制系统的流程图语言, 与计算机兼容的高级语言 (如 BASIC、C 语言及汇编语言), 还有专用的高级语言等相继出现, 然而由于各个生产厂家的 PLC 表达方式各不相同, 不同品牌的 PLC 互不兼容, 因此编程语言的标准化方面还有待进一步完善, 以使其具有良好的兼容性。由于目前各 PLC 生产公司的总线、扩展接口及通信功能均是各自独立制定的, 其通信协议往往是专用的, 还没有一个适合所有公司

产品的统一标准。在通信接口上,虽然大多数产品采用了标准化接口,但在通信功能上却是非标准化的。近年来,许多 PLC 生产厂家都在努力使自己的产品与制造自动化协议(MAP)兼容,这将使不同机型的 PLC 之间、PLC 与计算机之间能方便地进行通信与联网,实现资源共享。因此,需要制定统一的、规范化的总线和标准化的 PLC 扩展接口。模块式结构使系统的构成更加灵活、方便,有助于主机通过通信设备向模块发布命令和测试状态,提升 PLC 的功能,简化控制系统设计。一般的 PLC 可分为主模块、扩展模块、I/O 模块及各种高性能模块等,每种模块的体积都较小,相互连接方便,使用更简单,通用性更强。功能明确化,专用化的复杂功能由专门模块来完成,如一些厂家开发专用智能 PID 控制群、智能模拟量 I/O 模块、智能位置控制模块、语音处理模块、专用数控模块、智能通信与计算模块等。这些模块本身带有 CPU,能独立工作,无论在速度、精度、适应性、可靠性等各方面都对 PLC 做了极好的补充,有助于克服 PLC 扫描算法的局限性,完成许多 PLC 本身无法完成的功能。总之,系列化、标准化、模块化是 PLC 今后发展的必然趋势。

(3) 向高速度、大容量、高性能方面发展。大型 PLC 采用多微处理器系统。例如,有的采用了 32 位微处理器,可同时进行多任务操作,处理速度提高,存储容量大大增加。PLC 的功能进一步加强,以适应各种控制需要,使计算、处理功能进一步完善,特别是增强了过程控制和数据处理的功能。另外,PLC 可以代替计算机进行管理、监控。智能 I/O 组件也将进一步发展,用来完成各种专门的任务(如位置控制、PID 调节、远程通信等)。因此,高速度、大容量、高性能是 PLC 未来发展的重要方面。

(4) 向自诊断、容错性、高可靠性方面发展。根据分析,在可编程控制器的故障中,CPU 板占 5%,I/O 接口单元占 15%,传感器占 45%,执行器占 30%,接线占 5%。除前两项共 20%的故障可由 CPU 本身的硬件、软件检测外,其他的 80%都不能通过自诊断查出。因此,各厂家都在开发专门用于检测外部故障的专用智能模块。国外一些主要的 PLC 生产厂家在其生产的 PLC 中增加了容错功能,如自动切换 I/O 双机表决(当输出状态与 PLC 的逻辑状态相比较出错时,会自动断开该输出)和 I/O 三重表决(对 I/O 的状态进行软硬件表决,取两个相同的),以大幅度提高 PLC 控制系统的可靠性。

1.2 PLC 的特点与功能



1.2.1 PLC 的特点

PLC 技术的高速发展,除得益于工业自动化的客观需求外,主要是由于它具有许多独特的优点。PLC 是传统的继电器技术和现代的计算机技术相结合的产物。而在工业控制方面,PLC 还具有继电器控制或计算机控制所无法比拟的优点。

1. 可靠性高,抗干扰能力强

可靠性高、抗干扰能力强是 PLC 最重要的特点之一。这主要是由于它采用了一系列特有的硬件和软件措施。

(1) 硬件方面:在输入/输出(Input/Output, I/O)通道采用光隔离,有效地抑制了外部干扰源对 PLC 的影响;在设计中采用滤波器等电路增强 PLC 对电噪声、电源波动、振动、

电磁波等干扰的滤除, 确保 PLC 在高温、高湿及空气中存有各种强腐蚀物质粒子的恶劣工业环境下能稳定地工作; 对于中央处理器 (Central Processing Unit, CPU) 等重要部件, 采用具有良好的导电、导磁性能的材料进行屏蔽, 以减少电磁干扰; 同时其内部还设置连锁、环境监测与诊断、看门狗 (Watchdog) 等电路, 发生故障自动报警, 防止系统发生死循环。

(2) 软件方面: PLC 的监控定时器可用于监视执行用户程序的专用运算处理器的延迟, 以避免在程序出错和程序调试时因程序错误而出现死循环; 当 CPU、电池、输入/输出接口、通信等出现异常时, PLC 的自诊断功能可以检测到这些错误, 并采取相应的措施, 以防止故障扩大; 停电时, 后备电池会正常工作。

2. 应用灵活, 编程方便

PLC 的方便灵活性主要体现在以下两个方面。

(1) 编程的灵活性: PLC 采用与实际电路非常接近的梯形图方式编程, 广大电气技术人员非常熟悉, 易于掌握, 易于推广。对于企业中一般的电气技术人员和技术工人, 也可以很容易地学会程序设计。这种面向生产、面向用户的编程方式, 与常用的计算机语言相比更易于接受, 故梯形图被称为面向“蓝领的编程语言”, PLC 也被称为“蓝领计算机”。

(2) 扩展的灵活性: PLC 可以根据应用的规模进行容量、功能和应用范围的扩展, 甚至可以通过与分布式控制系统 (DCS)、其他上位机或 PLC 等的通信来扩展功能, 并与外围设备进行数据交换。

3. 功能完善, 适用性强

PLC 发展至今, 已形成了大、中、小各种规模的系列化产品, 并将电控 (逻辑控制)、电仪 (过程控制) 和电结 (运动控制) 三电集于一体, 可以方便、灵活地组合成各种不同规模和要求的工业控制系统。PLC 除具有逻辑运算、算术运算、数制转换及顺序控制功能外, 还具备模拟运算、显示、监控、打印及报表生成等功能, 可用于各种数字控制领域。此外, PLC 还具有较完善的自诊断、自测试功能。

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。由于 PLC 通信功能的增强及人机界面技术的发展, 使用 PLC 组成各种自动控制系统变得非常容易。

PLC 还具有强大的网络功能。它所具有的通信联网功能, 使相同或不同厂家和类型的 PLC 可进行联网, 并与上位机通信构成分布式控制系统, 使其不仅能做到远程控制、PLC 内部或与上位机进行通信, 还具备专线上网、无线上网等功能。这样, PLC 就可以组成远程控制网络。

4. 易于安装、调试、维修

PLC 用软件功能取代了继电器—接触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, 大大减少了控制设备外部的接线。在安装时, 由于 PLC 的 I/O 接口已经做好, 可以直接和外围设备相连, 而不再需要专用的接口电路, 因此硬件安装上的工作量大幅减小。用户程序可以在实验室进行模拟调试, 调试完成后再进行生产现场联机调试, 使控制系统设计及建造的周期大为缩短。

PLC 还能够通过各种方式直观地反映控制系统的运行状态, 如内部工作状态、通信状

态、I/O 状态和电源状态等，非常有利于维护人员对系统的工作状态进行监视。另外，PLC 的模块化结构可以使维护人员很方便地检查、更换故障模块，当控制功能改变时能及时更改系统的结构和配置。而且各种模块上均有运行状态和故障状态指示灯，便于用户了解运行情况和查找故障。一旦其中某个模块发生故障，用户可通过更换模块的办法，使系统迅速恢复运行。有些 PLC 还允许带电插/拔 I/O 模块。

5. 体积小、质量轻、能耗低

由于 PLC 是专为工业控制而设计的，其内部电路主要采用微电子技术设计，因此具有结构紧凑、体积小、质量轻的特点，易于装入机械设备内部，组成机电一体化的设备。同时 PLC 一般采用低电压供电，硬件耗电少，与传统的继电器相比能耗更低。

1.2.2 PLC 的功能

PLC 作为工业控制的多功能控制器，不仅能满足一般工业控制需要，而且能适应工业控制的特殊控制要求，并可实现联网和通信控制。虽然不同类型 PLC 的性能、价格有差异，但其主要功能是相近的，如图 1-1 所示。

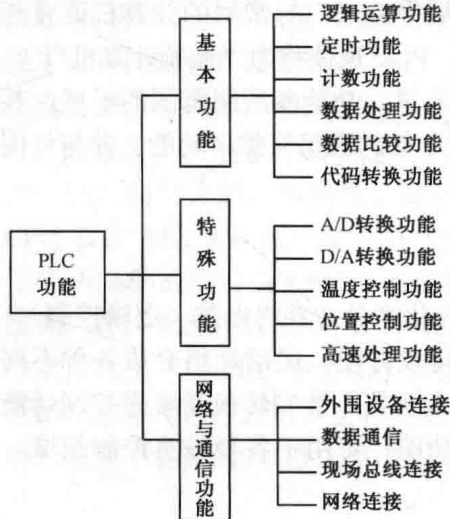


图 1-1 PLC 的功能组成

1. 基本功能

逻辑运算功能是 PLC 必备的基本功能。本质上说，它以计算机“位”运算为基础，按照程序的要求，通过对来自设备外围的按钮、行程开关、接触器触点等开关量（也称数字量）信号进行逻辑运算处理，并控制外围指示灯、电磁阀、接触器线圈的通/断。

在早期的 PLC 上，顺序控制所需要的定时、计数功能需要通过定时模块与计数模块来实现，但是，目前它已经成为 PLC 的基本功能之一。此外，逻辑控制中常用的代码转换、数据比较与处理等，也是 PLC 常用的基本功能。

2. 特殊功能

PLC 的特殊控制功能包括模/数（A/D）转换、数/模（D/A）转换、温度控制、位置控制、高速处理等。这些特殊控制功能的实现一般需要 PLC 的特殊功能模块来完成。

A/D 转换与 D/A 转换多用于过程控制或闭环调节系统。在 PLC 中，通过特殊的功能模块与功能指令，可以对过程中的温度、压力、流量、速度、位移、电压、电流等连续变化的物理量进行采样，并通过必要的运算（如 PID）实现闭环自动调节，必要时也可以对这些物理量进行各种形式的显示。

位置控制一般通过对 PLC 的特殊应用指令的写入与状态的读取，对位置控制模块的位移量、速度、方向等进行控制。位置控制模块一般以位置给定指令脉冲的形式输出，指令脉冲再通过伺服驱动器或步进驱动器、驱动伺服电动机或步进电动机带动进给传动系统实现闭环位置控制。

高速处理功能一般通过 PLC 的特殊应用指令和高速处理模块,如高速计数、快速响应模块等实现,PLC 通过高速处理命令的写入与状态的读取,对高速变化的位置、速度、流量等值进行处理控制。高速计数模块可以对数十千赫甚至上百千赫的脉冲进行计数处理,保证负载信息的及时处理并驱动。快速响应模块将输入量的变化较快地反映到输出量上。总之,PLC 的高速处理功能对变化快、脉冲宽度小于 PLC 扫描周期的输入/输出信号进行处理,避免了丢失部分关键信号,从而影响控制过程的及时性和准确性。

3. 网络与通信功能

PLC 早期的通信一般仅局限于 PLC 与外围设备(编程器或编程计算机等)间的简单串行口通信。现代工业控制中的网络与通信已经是工业控制中不可缺少的重要内容,随着工业信息技术的发展,现代 PLC 的通信不仅可以进行 PLC 与外围设备间的通信,而且可以在 PLC 与 PLC 之间、PLC 与其他工业控制设备之间、PLC 与上位机之间、PLC 与工业网络之间进行通信,并可以通过现场总线、网络总线组成系统,从而使得 PLC 可以方便地进入工厂自动化系统。

1.3 PLC 的结构与分类



1.3.1 PLC 的结构

从硬件结构形式上可以将 PLC 分为整体式固定 I/O 型、基本单元加扩展型、模块式 PLC、集成式 PLC 和分布式 PLC 五种结构形式。

1. 整体式固定 I/O 型 PLC

整体式固定 I/O 型 PLC 是一种整体结构、I/O 点数固定的小型 PLC(也称微型 PLC),如图 1-2 所示。整体式固定 I/O 型 PLC 的处理器、存储器、电源、输入/输出接口、通信接口等都安装在同一个机体内,I/O 点数比较固定,并且无 I/O 扩展模块接口。

整体式固定 I/O 型 PLC 的特点是结构紧凑、体积小、安装简单,适用于 I/O 控制要求固定、点数较少(10~30 点)的机电一体化设备或仪器的控制,价格相对便宜,性价比高。此类 PLC 一般可以安装少量的通信接口、显示单元、模拟量输入单元等微型功能选件,以增加必要的功能。

整体式固定 I/O 型 PLC 品种、规格较少,比较常用的有日本 MITSUBISHI(三菱)的 FX_{1S}-10/14/20/30 系列等。

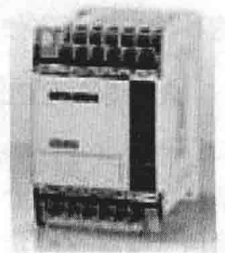


图 1-2 整体式固定 I/O 型 PLC

2. 基本单元加扩展型 PLC

基本单元加扩展型 PLC 是一种由整体结构固定 I/O 点数的基本单元、可选择扩展 I/O 模块构成的小型 PLC,如图 1-3 所示。PLC 的处理器、存储器、电源、固定数量的输入/输出接口、通信接口等安装在同一个机体内,称为基本单元。通过其扩展接口,可以连接扩展 I/O 模块与功能模块,进行 I/O 点数与控制功能的扩展。