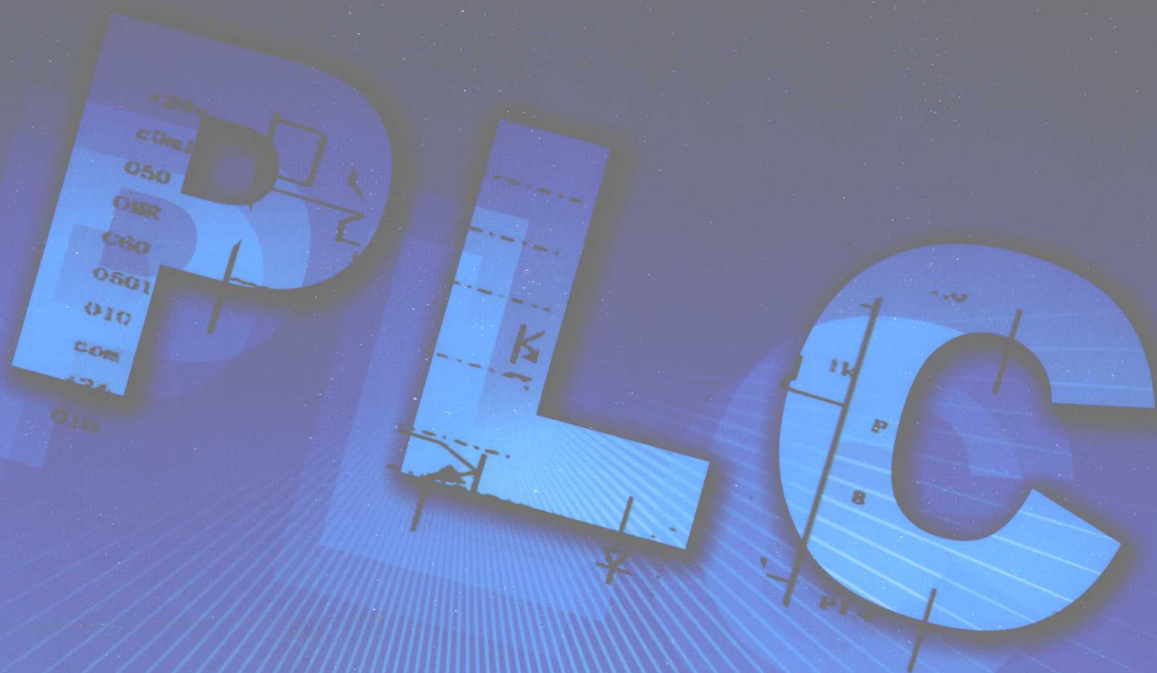


三菱Q系列PLC

原理与应用设计

满永奎 边春元 赵苏 王素贞 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



三菱 Q 系列 PLC 原理与应用设计

满永奎 边春元 赵 苏 王素贞 等编著



机械工业出版社

在众多的 PLC 产品中,三菱公司的 Q 系列 PLC 属于大中型 PLC 中应用较广且市场占有率较高的典型应用产品,系统地掌握 Q 系列 PLC 的知识对于 PLC 设计人员和广大高等院校相关专业的学生具有十分重要的意义。

全书内容共分 9 章,全面地介绍了三菱 Q 系列 PLC 的有关知识。本书在介绍 PLC 基本原理的基础上,重点对 Q 系列 PLC 的硬件、指令系统、编程环境、编程方法、程序结构、通信网络等方面作了较为系统深入的介绍,力图帮助读者全面掌握三菱 Q 系列 PLC 的相关内容。

本书既适用于初学者,同时又可作为工程技术人员的技术参考书和高校相关专业研究生的教材,也可以作为相关的 PLC 培训教材使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

三菱 Q 系列 PLC 原理与应用设计/满永奎等编著. —北京:机械工业出版社, 2009. 11

ISBN 978-7-111-28475-8

I. 三… II. 满… III. 可编程序控制器—程序设计 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 181123 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:张俊红 责任编辑:朱 林 版式设计:张世琴

封面设计:陈 沛 责任校对:陈立辉 责任印制:乔 宇

北京双青印刷厂印刷

2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 30.25 印张 · 749 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-28475-8

定价:66.00 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

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

可程序控制器 (PLC) 是以微处理器技术、电子技术、网络通信技术和先进可靠的工业手段为基础, 综合了计算机技术、网络通信和自动控制技术的一种新型的通用的自动控制装置。PLC 具有功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于编程以及适于在工业环境下应用等一系列优点, 因此在工业自动化、机电一体化、传统产业技术改造等方面的应用越来越广泛, 现在已成为现代工业控制的四大支柱 (可程序控制器技术、机器人技术、CAD/CAM 和数控技术) 之一。

三菱公司的 Q 系列属于大中型 PLC 中应用较广且市场占有率较高的典型产品。Q 系列及其编程软件 GX-Developer 和通信网络的功能强大, 程序结构复杂, 一本系统讲解 Q 系列软硬件知识及其应用的书籍成为广大工程技术人员和高等院校师生的迫切需求。

本书在介绍 PLC 基本原理的基础上, 重点对 Q 系列的硬件、指令系统、编程环境、编程方法、程序结构、通信网络等方面作了较为系统深入的介绍, 力图帮助读者全面掌握三菱 Q 系列 PLC 的相关内容。

本书内容共分成 9 章。第 1 章介绍了 PLC 发展、特点、组成及简单工作原理; 第 2 章分析了 Q 系列 PLC 的硬件系统及内部资源; 第 3 章介绍了 Q 系列 PLC 的指令系统, 并结合实例重点讲解了语句表 (STL) 及梯形图 (LAD) 指令的使用方法; 第 4 章介绍了 GX-Developer 软件的编程环境及 PLC 应用系统设计的内容和方法; 第 5 章介绍了 GX Simulator 模拟仿真功能及应用; 第 6 章讲解了 PLC 的网络通信基本原理和基本知识; 第 7 章介绍了 MELSECNET/H 通信模块的硬件、通信协议以及应用功能等; 第 8 章介绍了 CC-Link 通信的现场网络硬件、协议及其应用; 第 9 章介绍了三菱 Q 系列 Web 网站模块 QJ71WS96。

本书主要由东北大学满永奎博士、边春元博士、赵苏和王素贞编写, 参与部分章节编写、资料收集整理以及调试工作的还有任双艳、史洪林、宋崇辉、王志强、沈辉、宋进良、李五一、唐巍、陈光、杜强、梁日军、姜善春、姜海燕、张博、程显奎、田雪、陈海涛、王涛、姜春和、成海毅、朱磊和蒋建新等。另外, 要特别感谢沈阳理工大学机械工程学院液压教研室、东北大学信息学院电力系统与电气传动研究所和电气自动化研究所的全体老师对本书编写过程中的指导和技术支持。

本书既适用于初学者, 同时又可作为工程技术人员的技术参考书和高校相关专业研究生的教材, 也可以作为相关的 PLC 培训教材使用。

因编者水平有限, 书中难免有错漏之处, 恳请读者批评指正, 联系信箱为 buptzjh@163.com。

编者

参考文献

- [1] 弭洪涛, 王忠礼, 等. PLC 实用技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [2] Q 系列以太网系统用户参考手册 (基础篇/应用篇).
- [3] 凌志浩. 现场总线与工业以太网 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [4] 龚仲华, 史建成, 孙毅. 三菱 FX/Q 系列 PLC 应用技术 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [5] 张兴国. 可编程序控制器技术与应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [6] 廖常初. S7-300/400 PLC 应用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [7] 边春元, 任双艳, 满永奎. S7-300/400 PLC 实用开发指南 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [8] 王阿根. 电气可编程控制原理与应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [9] 舒志兵, 等. 交流伺服运动控制系统 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [10] 姚舜才, 温志明, 黄刚, 等. 运动控制系统分析与应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [11] MITSUBISHI Q172CPU 运动控制器培训教材. 2004.
- [12] MITSUBISHI Q172CPU 运动控制器 Q 系列 SV13/SV22 (实模式)-Q172CPUN 编程手册. 2004.
- [13] MITSUBISHI Q172CPU 运动控制器 Q 系列 SV22 (虚模式)-Q172CPUN 编程手册. 2004.
- [14] MITSUBISHI Q172CPU 运动控制器 Q 系列 SV13/SV22 (运动 SFC)-Q172CPUN 编程手册. 2004.
- [15] 陈启军, 覃强, 余有灵. CC-Link 控制与通信总线原理及应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 PLC 的发展概况	1
1.1.1 PLC 的由来	1
1.1.2 PLC 的发展简史	2
1.1.3 PLC 的发展趋势	2
1.2 PLC 的功能及应用	3
1.2.1 PLC 的功能	3
1.2.2 PLC 的应用	4
1.3 PLC 的分类和特点	5
1.3.1 PLC 的分类	5
1.3.2 PLC 的特点	7
1.4 PLC 的组成及工作原理	8
1.4.1 PLC 的基本组成	9
1.4.2 PLC 的简单工作原理	11
1.5 三菱 Q 系列 PLC 概述	13
1.6 PLC 控制系统设计的原则、内容和步骤	14
第 2 章 三菱 Q 系列 PLC 的硬件系统及内部资源	17
2.1 Q 系列 PLC 的硬件系统 PLC 的基本组成	17
2.1.1 综述	17
2.1.2 Q 系列 PLC 的组成	18
2.1.3 Q 系列 PLC 的结构	23
2.2 各种 CPU 模块及性能特点	27
2.2.1 基本型 CPU	27
2.2.2 高性能 CPU	30
2.2.3 多 CPU 系统	34
2.2.4 冗余系统	36
2.3 Q 系列 CPU 的系统参数	38
2.3.1 系统设定	39
2.3.2 系统保护	42
2.3.3 数据锁存及清除	45
2.3.4 系统监控	47

2.3.5 中断系统	48
2.3.6 I/O 响应	50
2.4 Q 系列功能模块及地址分配	52
2.4.1 I/O 模块	52
2.4.2 特殊功能模块	53
2.4.3 通信模块	58
2.4.4 I/O 地址分配	70
2.5 Q 系列 PLC 的内部资源	71
2.5.1 软元件概述	71
2.5.2 内部用户软元件	72
2.5.3 内部系统软元件	74
2.5.4 特殊功能软元件	76
2.5.5 指针与中断指针	78
2.5.6 嵌套结构	79
2.5.7 其他软元件	79
2.5.8 软元件的使用	79
第 3 章 三菱 Q 系列 PLC 的指令系统	81
3.1 编程语言及程序结构	81
3.1.1 编程语言概述	81
3.1.2 Q 系列 PLC 的程序结构	82
3.1.3 存储器的构成	85
3.1.4 程序文件的构成	87
3.2 Q 系列 PLC 指令系统的基本知识	87
3.2.1 Q 系列 PLC 指令系统的数据类型	87
3.2.2 Q 系列 PLC 指令系统的数据类型使用方法	90
3.2.3 指令执行结构	93
3.2.4 指令执行条件	94
3.3 计算步数	95
3.4 Q 系列 PLC 的指令系统	95
3.4.1 指令类型	95
3.4.2 顺序指令	97
3.4.3 基本指令	106

3.4.4 应用指令	129
3.4.5 数据链接指令	163
3.4.6 QCPU 指令	168
3.4.7 冗余系统指令	172
3.5 特殊说明	173
3.5.1 索引修改	173
3.5.2 间接指定	174
3.5.3 子集处理	175
3.6 编程注意事项	176
3.7 编程警告	178
3.7.1 文件寄存器警告	178
3.7.2 闪存警告	180
第4章 GX Developer 编程环境及 PLC	
应用系统设计	181
4.1 GX Developer 概述	181
4.1.1 软件简介	181
4.1.2 软件安装	182
4.1.3 操作界面	186
4.2 梯形图的编辑和程序标准化	187
4.2.1 梯形图的创建	187
4.2.2 梯形图的编辑	188
4.2.3 程序的标准化	191
4.3 参数设定	194
4.3.1 PLC 参数设定	194
4.3.2 网络参数设定	200
4.3.3 设置远程口令	202
4.3.4 设置冗余参数	203
4.4 软元件注释及内存设置	203
4.4.1 创建软元件注释	203
4.4.2 删除软元件注释	204
4.4.3 设置注释类型	204
4.4.4 设置注释范围	205
4.4.5 软元件的内存设置	205
4.5 程序的读取/写入、调试及运行	
监视	207
4.5.1 PLC 的连接设置	207
4.5.2 程序的读取/写入	207
4.5.3 程序的调试	207
4.5.4 程序的运行监视	211
4.6 故障诊断	216
4.6.1 CPU 诊断	216
4.6.2 网络诊断	217

4.6.3 CC-Link、CC-Link/LT 诊断	222
4.6.4 以太网诊断	224
4.6.5 系统监视	227
4.6.6 在线模块更换	228
第5章 GX Simulator 模拟功能及	
应用	230
5.1 GX Simulator 概要	230
5.1.1 GX Simulator 的特点	230
5.1.2 GX Simulator 的功能	230
5.1.3 GX Simulator 的运行环境	231
5.1.4 GX Simulator 的注意事项	231
5.2 GX Simulator 的基本操作	233
5.2.1 从安装到调试的过程	233
5.2.2 GX Simulator 初始化	233
5.2.3 GX Simulator 初始操作画面	234
5.2.4 GX Simulator 的结束方法	234
5.2.5 GX Simulator 的原理流程图	234
5.3 模拟外部机器运行的 I/O 系统	
设定功能	236
5.3.1 I/O 系统设定流程图	238
5.3.2 I/O 系统设定窗口的基本操作	239
5.3.3 时序图输入设定	240
5.3.4 软元件值输入设定	249
5.3.5 I/O 系统设定的执行	251
5.3.6 模拟外部 I/O 系统设定的其他	
操作	252
5.3.7 I/O 系统设定示例	254
5.4 串行通信功能	256
5.4.1 串行通信功能的操作顺序	256
5.4.2 串行通信功能的基本操作	256
5.4.3 串行通信功能的窗口构成	256
5.4.4 传送规格	258
5.4.5 通信状态	259
5.5 软元件监测功能	260
5.5.1 软元件内存监测功能的基本	
操作	260
5.5.2 软元件监视功能	260
5.5.3 时序图的监测	262
5.5.4 其他操作	264
5.5.5 时序图中软元件的可用性	265
5.5.6 监测示例	265
5.6 工具功能	268

5.6.1 保存软元件存储器/缓冲存储器 内容	268	7.4.6 控制站返回的设置	317
5.6.2 读取软元件存储器/缓冲存储器 内容	268	7.4.7 固有参数的设置	317
5.7 应用举例	269	7.4.8 网络刷新参数	318
第 6 章 PLC 的通信与网络	276	7.4.9 参数设置举例	319
6.1 通信的基本概念和功能	276	7.4.10 其他站存取时的有效模块	321
6.2 数据通信	277	7.4.11 待机站对应模块功能	323
6.2.1 数据传输方式的分类	278	7.5 应用功能	323
6.2.2 线路通信方式和传输速率	279	7.5.1 直接访问链接软元件	323
6.2.3 差错控制方式和检错码	281	7.5.2 交互链接数据传送功能	323
6.2.4 传输介质	282	7.5.3 低速循环传送功能	324
6.2.5 串行通信接口标准	282	7.5.4 瞬时传送功能	324
6.2.6 PLC 的通信协议	285	7.5.5 中断设置	326
6.3 PLC 网络概述	286	7.5.6 多路传送功能	328
6.3.1 计算机网络简介	286	7.5.7 专用链接指令介绍	329
6.3.2 计算机网络系统功能	286	7.6 故障诊断及其测试方法	332
6.4 局域网的基本知识	287	7.6.1 网络模块的离线测试	332
6.4.1 网络拓扑结构	287	7.6.2 在 GX Developer 中进行离线 测试	333
6.4.2 通信网络协议	288	7.6.3 在 GX Developer 中进行在线 测试	335
6.4.3 PLC 网络系统	292	7.6.4 网络诊断	337
第 7 章 MELSECNET/H 通信模块	294	7.7 MELSECNET/H 远程 I/O 网络	338
7.1 MELSECNET/H 概述	294	7.7.1 远程 I/O 网络的特点	338
7.1.1 MELSECNET/H 的特点	294	7.7.2 远程 I/O 网络的配置	339
7.1.2 本章中文字、表格和图表中使用 的缩写	295	7.7.3 参数设置	340
7.2 MELSEC-Q 网络系统	295	7.7.4 应用功能	341
7.2.1 单个网络系统	295	7.8 MELSEC 通信协议	351
7.2.2 多网络系统	296	7.8.1 网络类型	351
7.2.3 多 PLC 系统	297	7.8.2 通信帧传输文件格式	352
7.3 MELSECNET/H 网络模块	298	第 8 章 CC-Link 通信	360
7.3.1 连接方式	298	8.1 CC-Link 通信的硬件	360
7.3.2 MELSECNET/H 网络模块的 规格	299	8.1.1 CC-Link 的特点	360
7.3.3 MELSECNET/H 功能	301	8.1.2 CC-Link 的系统结构要素及连线 器件	362
7.3.4 数据发送/接收的处理时间	303	8.1.3 CC-Link 的规格规范	365
7.4 网络模块的参数设置	310	8.1.4 CC-Link 的基本功能	368
7.4.1 网络模块的外部名称和设置	310	8.2 CC-Link 的通信协议	375
7.4.2 模块数的设置	312	8.2.1 通信协议概述	375
7.4.3 网络的设置	312	8.2.2 物理层	376
7.4.4 公用参数的设置	314	8.2.3 数据链路层	377
7.4.5 辅助设置	316	8.2.4 应用层	382

8.3 CC-Link 通信在用户程序中的实现	387	9.4.4 拨号设置	426
8.3.1 主站和远程 I/O 站的通信	387	9.4.5 账户设置	428
8.3.2 主站和远程设备站之间的通信 ...	393	9.4.6 IP 过滤设置	430
8.3.3 主站和本地站之间的通信	398	9.4.7 访问目标 CPU 设置	433
8.3.4 主站和备用主站之间的通信	403	9.4.8 智能功能模块开关设置	435
8.4 CC-Link 的应用实例	410	9.4.9 自诊断功能设置	437
8.4.1 实例概述	410	9.5 Web 浏览器的功能	437
8.4.2 硬件设置	411	9.5.1 监视功能	437
8.4.3 参数设置	411	9.5.2 标签功能	443
8.4.4 程序编写	413	9.5.3 日志功能	447
8.4.5 系统运行结果	417	9.5.4 事件监视功能	447
第 9 章 Web 模块 QJ71WS96	418	9.5.5 E-mail 功能	447
9.1 Web 模块 QJ71WS96 的特点	418	9.5.6 诊断功能	447
9.2 Web 服务器模块的外部结构	418	附录	448
9.3 Web 服务器模块的线路连接	419	附录 A 顺序指令	448
9.3.1 10BASE-T/100BASE-TX 的连接	420	附录 B 比较操作指令	450
9.3.2 RS-232 的连接	421	附录 C 数据转换和传送指令	453
9.4 Web 浏览器的设置	421	附录 D 应用指令	456
9.4.1 标准屏幕的显示	421	附录 E 数据链接指令	471
9.4.2 标准屏幕的一般操作	422	附录 F QCPU 指令	473
9.4.3 系统设置	424	附录 G 冗余系统指令	474
		参考文献	475

第1章 绪 论

可编程序控制器 (Programmable Controller, PC) 在其早期主要应用于开关量的逻辑控制, 因此也称为 PLC (Programmable Logic Controller), 即可编程序逻辑控制器。可编程序控制器是以微处理器为基础, 综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术而发展起来的一种通用的工业自动控制装置。它具有体积小、编程简单、功能强、抗干扰能力强、可靠性高、灵活通用与维护方便等优点, 目前在冶金、化工、交通、电力等工业控制领域获得了广泛的应用, 成为了现代工业控制的四大支柱 (可编程序控制器技术、机器人技术、CAD/CAM 和数控技术) 之一。为了避免与个人计算机 (Personal Computer) 的简称 PC 混淆, 本书中可编程序控制器均简称为 PLC。

1.1 PLC 的发展概况

1.1.1 PLC 的由来

在可编程序控制器问世以前, 工业控制领域中是以继电器-接触器控制系统占主导地位。这种由继电器-接触器构成的控制系统虽有结构简单、生产成本低、故障诊断容易的优点, 但存在明显的缺点: 体积大、耗电多、通用性和灵活性差、可靠性差、寿命短、运行速度不高、不具备数据通信和网络控制的功能, 尤其是对生产工艺多变的系统适应性更差, 功能局限。如果生产任务和工艺发生变化, 就必须重新设计, 并改变硬件结构, 这不仅影响了产品更新换代的周期, 而且对于比较复杂的控制系统来说, 不但设计制造困难, 而且其可靠性不高, 查找和排除故障也往往是费时和困难的。

1968 年, 美国通用汽车 (GM) 公司根据市场形势与生产发展的需要, 提出了“多品种、小批量、不断翻新汽车品牌型号”的战略。为了尽可能地减少重新设计和重新接线的工作, 从而降低成本、缩短周期, 提出了研制新型逻辑顺序控制装置来取代继电器控制装置。GM 公司对该新型控制装置的研制提出了以下 10 项技术指标要求:

- 1) 编程方便, 现场可修改程序;
- 2) 维修方便, 采用模块化结构;
- 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) 具有数据通信功能;
- 6) 成本可与继电器控制装置竞争;
- 7) 可直接用 115V 交流输入;
- 8) 输出为 115V、2A 以上, 能直接驱动电磁阀、接触器等;
- 9) 通用性强, 易于扩展;
- 10) 用户程序存储器容量可扩展到 4KB。

这 10 项技术指标也就是当今可编程序控制器最基本的功能。美国数字设备公司 (DEC) 于 1969 年研制出了第一台可编程序逻辑控制器, 并将其应用到美国通用汽车公司的自动装配生产线上, 并取得了极大的成功。此后 PLC 得到了极大的发展, 并逐步被广泛地应用于开关量逻辑运算与处理的场合。

1.1.2 PLC 的发展简史

PLC 的发展与计算机技术、半导体集成技术、控制技术、数字技术、通信网络技术等高新技术的发展息息相关。这些高新技术的发展推动了 PLC 的发展, 而 PLC 的发展又对这些高新技术提出了更高、更新的要求, 同时促进了它们的发展。从 PLC 的控制功能来分, PLC 的发展经历了以下 4 个阶段:

第一阶段, 从第一台 PLC 问世到 20 世纪 70 年代中期, 是 PLC 的初创阶段。

该时期的 PLC 产品主要用于逻辑运算、定时和计数, 它的 CPU 由中小规模的数字集成电路组成, 它的控制功能比较简单。

第二阶段, 从 20 世纪 70 年代中期到末期, 是 PLC 的实用化发展阶段。

该时期 PLC 产品的主要控制功能得到了较大的发展。随着多种 8 位微处理器的相继问世, PLC 技术发生了飞跃。在逻辑运算功能的基础上, 增加了数值运算、闭环调节功能, 提高了运算速度, 扩大了输入/输出规模。

第三阶段, 从 20 世纪 70 年代末期到 80 年代中期, 是 PLC 通信功能的实现阶段。

与计算机通信的发展相联系, PLC 也在通信方面有了很大的发展, 初步形成了分布式的通信网络体系, 但是, 由于生产厂家各自为政, 通信系统自成系统, 因此, 各产品互相通信是比较困难的。在该阶段, 由于生产过程控制的需要, 对 PLC 的需求大大增加, 产品的功能也得到了发展, 数学运算的功能得到了较大的扩充, 产品的可靠性进一步提高。

第四阶段, 从 20 世纪 80 年代中期开始至今, 是 PLC 的开放阶段。

由于开放系统的提出, 使 PLC 也得到了较大的发展。主要表现为通信系统的开放, 使各生产厂家的产品可以互相通信, 通信协议的标准化使用户得到了好处。在这一阶段, 产品的规模增大, 功能不断完善, 大、中型产品多数有 CRT 屏幕的显示功能, 产品的扩展也因通信功能的改善而变得方便。此外, 还采用了标准的软件系统, 增加了高级编程语言等。

1.1.3 PLC 的发展趋势

PLC 从诞生至今, 凭借着使用灵活、编程方便、可靠性高, 性价比高等优点, 发展势头十分迅猛。如今, PLC 已经应用到工业自动化的各个领域。随着技术的发展和市场需求的增加, PLC 的结构和功能得到不断改进, 生产厂家不断推出功能更强的 PLC 产品, 平均 3 ~ 5 年更新换代一次。今后, PLC 的发展可归纳于以下几个方面。

1. 小型化、低成本

随着微电子技术的发展, 新型器件被大幅度地提高功能和降低价格。PLC 的功能不断加强, 将原来大、中型 PLC 才有的功能移植到小型 PLC 上。PLC 结构更为紧凑、小巧, 体积更小, 而安装和操作使用十分简便。由于 PLC 中主要部件成本的不断下降, 这样在大幅度提高 PLC 功能的同时, 也大幅度降低了 PLC 的整体成本。价格的不断下降, 使得 PLC 真正成为继电器控制系统的替代产品。

2. 标准化、模块化

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, 如国际电工委员 (IEC), 不断为 PLC 的发展制定一些新的标准, 对各种类型的产品作一定的归纳或定义, 对 PLC 未来的发展制定了一种方向 (或框架)。模块式结构使系统的构成更加灵活、方便; 功能明确化, 专用化的复杂功能由专门模块来完成。一般的 PLC 可分为主模块、扩展模块、I/O 模块以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。主机仅仅通过通信设备向模块发布命令和测试状态, 这使得 PLC 的系统功能进一步增强, 控制系统设计进一步简化。

3. 高速化、高性能化

大型 PLC 采用多微处理器系统, 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 还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)。

4. 网络化

网络链接功能是当代 PLC 最大的发展趋势, 这是信息技术发展对自动化设备提出的新要求, 是实现工厂自动化与进行现代化管理的需要, 是计算机集成化制造的基础。计算机与 PLC 之间, 以及各个 PLC 之间的联网和通信能力的不断增强, 使工业网络可以有效地节省资源、降低成本、提高系统可靠性和灵活性, 使网络的应用有普遍化的趋势。工业中普遍采用金字塔结构的多级工业网络。与可编程序控制器硬件技术的发展相适应, 工业软件的发展非常迅速, 它使系统应用更加简单易行, 大大方便了 PLC 系统的开发人员和操作使用人员。

1.2 PLC 的功能及应用

1.2.1 PLC 的功能

随着计算机技术、工业控制技术、电子技术和通信技术的发展, PLC 已从小规模的单机顺序控制发展到包括过程控制、位置控制等场合的所有控制领域, 能组成工厂自动化的 PLC 综合控制系统。现在的 PLC 一般具有如下主要功能。

1. 开关量逻辑控制功能

这是 PLC 的最基本功能之一。逻辑控制功能实际上就是位处理功能, 它用 PLC 的与、或、非指令取代继电器触点串联、并联和其他逻辑连接, 实现开关控制、逻辑控制和顺序控制。它既可用于单机控制或多机控制, 又可用于自动化生产线的控制。PLC 可根据操作按钮、限位开关及其他现场给出的指令信号或检测信号, 控制机械运动部件进行相应的动作。

2. 定时/计数控制功能

定时/计数 (TIM/CNT) 控制功能是指利用 PLC 提供的定时器、计数器指令实现对某种操作的定时或计数控制, 以取代时间继电器和计数继电器。定时器和计数器的设定值可以在编程时设定, 也可以在运行过程中根据需要进行修改, 使用方便灵活。

3. 数据处理功能

数据处理功能是指 PLC 能进行数据传送、数据比较、数据移位、数制转换、算术运算与逻辑运算以及编码和译码等操作。大、中型 PLC 数据处理功能更加齐全，可完成开方、PID 运算、浮点运算等操作，还可以和 CRT、打印机相连，实现程序、数据的显示和打印。

4. 监控、故障诊断功能

PLC 设置了较强的监控、故障诊断功能。利用编程器或监视器，操作人员可监视 PLC 各部分的运行状态和进程；也可以在线调整和修改控制程序中定时器、计数器的设定值或强制置 I/O 的状态。PLC 可以对系统构成、某些硬件状态、指令的合法性等进行自诊断，发现异常情况，发出报警并显示错误类型，如遇严重错误则自动中止运行。PLC 的故障自诊断功能，大大提高了 PLC 控制系统的安全性和可维护性。

5. 步进控制功能

步进控制功能是用步进指令来实现有多道工序的控制，只有前一道工序完成后，才能进行下一道工序操作的控制，以取代由硬件构成的步进控制器。PLC 为用户提供了多个移位寄存器，可以实现由时间、计数或其他指定逻辑信号为转步条件的步进控制。PLC 能通过移位寄存器方便地完成步进控制功能。有些 PLC 专门设有步进控制指令，使得编程更为方便。此功能在进行顺序控制时非常有效。

6. A/D、D/A 转换功能

有些 PLC 具有 A/D、D/A 转换功能，可以方便地完成对模拟量的控制和调节。一般情况下，模拟量为 4~20mA 的电流，或 0~5V、0~10V 的电压；数字量为 8 位或 12 位的二进制数。通过 A/D、D/A 转换功能可对温度、压力、速度、流量等连续变化的模拟量进行控制，而且编程和使用都很方便。大、中型 PLC 还具有 PID 闭环控制功能，运用 PID 子程序或使用专用的智能 PID 模块，可以实现对模拟量的闭环过程控制。

7. 停电记忆功能

PLC 内部的部分存储器所使用的 RAM 设置了停电保持器件（如备用电池等），以保证断电后这部分存储器中的信息能够长期保存。利用某些记忆指令可以对工作状态进行记忆，以保持 PLC 断电后的数据内容不变。PLC 电源恢复后，可以在原工作状态基础上继续工作。

8. 远程 I/O 功能

远程 I/O 功能是指通过远程 I/O 单元将分散在远距离的各种输入、输出设备与 PLC 主机相连接，进行远程控制，接收输入信号、传出输出信号。

9. 通信联网功能

新一代的 PLC 具有通信功能。PLC 的通信包括 PLC 相互之间、PLC 与上位计算机间的通信，PLC 与其他智能设备间的通信。PLC 系统与计算机可以直接或通过通信处理单元、通信转接器相连构成网络，从而实现信息的交换，也可构成“集中管理，分散控制”的分布式控制系统，满足工厂自动化系统的发展要求。

10. 扩展功能

扩展功能是指通过连接 I/O 扩展单元模块来增加 I/O 点数，也可通过附加各种智能单元及特殊功能单元来提高 PLC 的控制能力。

1.2.2 PLC 的应用

PLC 产生初期，由于其价格高于继电器控制装置，使得其应用受到限制。但最近几年

来,随着 PLC 性能价格比的不断提高,PLC 的应用面越来越广,其主要原因是:一方面由于微处理器芯片及有关元器件的价格大大下降,使得 PLC 的成本下降;另一方面 PLC 的功能大大增强,使它也能解决复杂的计算和通信问题。目前,PLC 已广泛用于工业控制的各个领域,包括从单机自动化到工厂自动化;从机器人、柔性制造系统到工业局部网络。

从 PLC 的功能来分,PLC 的应用领域主要有以下几方面。

1. 开关量逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域,它完全取代了传统的继电器-接触器等顺序控制装置。开关量逻辑控制可以代替继电器完成组合逻辑控制、定时与顺序逻辑控制,它既可用于单机控制,又可用于多机群控以及生产线的自动控制,并广泛应用于电力、机械制造、钢铁、石油、化工、采矿、汽车、造纸、纺织等各行各业,如机床电气控制、包装机械的控制、运输带与电梯的控制、汽车装配生产线及自动生产线中各种泵和电磁阀的控制等。

2. 运动控制

利用配合 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。在多数情况下,PLC 把描述目标位置的数据传送给模块,模块驱动轴系到目标位置。当每个轴转动时,位置控制模块使其保持适当的速度和加速度,确保运动平滑。例如对具有多轴的机器人进行控制,自动地处理它的机械运动。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。

3. 过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量实现的闭环控制。现代的 PLC 一般都有 PID 闭环控制功能。当控制过程中某一个输出变量出现偏差时,PLC 按照 PID 控制算法计算出正确的输出,使输出变量保持在设定值上。PLC 的过程控制功能已经广泛地应用在化工、机械、轻工、冶金、电力、建材等行业。

4. 机械加工机床的数字控制

PLC 和计算机数控(CNC)装置组合成一体,可以实现数字控制,组成数控机床。现代的 PLC 具有数字运算、数据传送、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. 通信、网络化

近些年来,随着计算机网络和计算机控制技术的发展,工厂自动化(FA)网络系统正在兴起。通过网络系统,PLC 可与远程 I/O 进行通信,多台 PLC 之间,以及 PLC 和其他智能设备(如计算机、变频器、数控装置等)之间也可相互交换数字信息,形成一个统一的整体,实现分散控制或集中控制。近年来开发的 PLC 都增强了通信功能,即使是小型 PLC 也具备了 PLC 与主计算机通信联网的功能。

1.3 PLC 的分类和特点

1.3.1 PLC 的分类

PLC 种类很多,其功能、内存容量、控制规模、外形等方面均存在较大差异,且还没有一个权威的统一分类标准,准确分类也是困难的。目前,一般按照控制规模、结构形式和实

现的功能进行大致分类。

1. 按控制规模分类

为了适应不同工业生产过程的应用要求, PLC 能够处理的输入/输出信号数是不一样的。一般将一路信号称为一个点, 将输入点数和输出点数的总和称为机器的点。PLC 按控制规模分类主要以开关量计数, 模拟量的路数可折算成开关量的点数, 一般一路相当于 8 点或 16 点。根据最大 I/O 点数的多少, 可将 PLC 分为小型 PLC、中型 PLC 和大型 PLC。

(1) 小型 PLC

按照一般的规定, 最大 I/O 点数在 256 点以下的 PLC 称为小型 PLC, 小型 PLC 的结构常为整体式和基本单元加扩展。由于小型 PLC 的 I/O 点数较少, 体积小, 适用于自动化仪器仪表等的单机控制。如欧姆龙公司的 CPM1A、CPM2A、CQM1I、CQM1H 系列, 松下电工有限公司的 FP 系列, 三菱公司的 F1 系列等。小型 PLC 主要用于中等容量的开关量控制, 具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制、通信等功能, 是代替继电器-接触器控制的理想控制器, 应用非常广泛。

(2) 中型 PLC

可控最大 I/O 点数在 256 ~ 1024 点之间, 中型 PLC 几乎都采用模块结构, 因此有配置灵活、功能强、通信能力强等特点, 常用于大型机电一体化设备、生产线、生产过程等的控制。例如, 欧姆龙公司的 C200H, 其普通配置可达 200 多点, 最多可达 1084 点; 三菱公司的 Q01 最多可达 1024 点。中型 PLC 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

可以控制的最大 I/O 点数在 1024 点以上。大型 PLC 都采用模块结构, 可用于大型自动化、生产过程等的控制。例如, 欧姆龙公司的 C2000H、CV2000、CS1 本地点可达 2048 点; 松下电工有限公司的 2 本地点配置可达 1600 点, FP3、FP10、FP10SH 使用远程 I/O 可达 2048 点; 三菱公司的 Q02H 的最大 I/O 点数多达 4096 点。大型 PLC 用于大规模过程控制或分布式控制系统。

上述划分方式并不十分严格, 也不是一成不变的。随着 PLC 的不断发展, 划分标准已有过多次的修改。

2. 按结构形式分类

PLC 发展很快, 目前, 全世界有几百家工厂正在生产几千种不同型号的 PLC。为了便于在工业现场安装, 便于扩展, 方便接线, 其结构与普通计算机有很大区别。通常从组成结构形式上将这些 PLC 分为两类: 整体式和模块式。

(1) 整体式

整体式 PLC 是将其电源、CPU、存储器、I/O 单元和等指示灯集中安装在一个箱体体内, 构成主机, 另外还有 I/O 扩展单元配合主机使用, 用电缆将 I/O 扩展单元接在主机上, 可以扩展 I/O 点数。如欧姆龙公司的 CPM1A、CPM2A 系列, 松下电工有限公司的 FP 系列, 三菱公司的 F1 系列, 东芝公司的 EX20/40 系列等。整体式 PLC 的特点是结构紧凑, 体积小, 价格低, 安装方便, I/O 点数固定, 实现的功能和控制规模固定, 灵活性较低。小型机常采用这种结构, 适应工业生产中的单机控制。

(2) 模块式

模块式又叫积木式或组合式。模块式 PLC 是把 PLC 的每个工作单元都制成独立的模块,

如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块、通信模块等。模块式 PLC 为总线结构，总线做成总线板，上面有若干个总线槽，每个总线槽可以安装一个 PLC 模块。PLC 的 CPU 和存储器做成一个模块，该模块在总线板的安装位置一般是固定的。根据控制系统的需要选取好模块后，都插到总线板上，就构成了一个完整的 PLC。模块式 PLC 的特点是配置灵活，安装、扩展、维修都很方便，缺点是体积比较大。一般中型和大型 PLC 常采用这种结构，可以构成不同控制规模 and 不同控制功能的 PLC 控制系统，但价格较高。

3. 按功能分类

按 PLC 功能强弱来分，可大致分为低档机、中档机和高档机 3 种。

(1) 低档机

低档机 PLC 具有逻辑运算、定时、计数等功能，有的还增设模拟量处理、算术运算、数据传送等功能，可实现逻辑、顺序、计时计数控制等。

(2) 中档机

中档机 PLC 除具有低档机的功能外，一般有整数及浮点运算、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。

(3) 高档机

高档机 PLC 除具有中档机的功能外，可进行函数运算、矩阵运算，完成数据管理工作，有更强的通信能力，还具有模拟调节、联网通信、监视、记录和打印等功能，使 PLC 的功能更多、更强，能进行智能控制、远程控制、大规模控制，构成分布式生产过程综合控制管理系统，成为整个工厂的自动化网络。

PLC 按功能划分及按点数规模划分是有一定联系的。一般来说，大型机、超大型机都是高档机。机型和机器的结构形式及内部存储器的容量一般也有一定的联系，大型机一般都是模块式机，有很大的内存容量。

1.3.2 PLC 的特点

PLC 能如此迅速发展的原因，除了工业自动化的客观需要外，还因其有许多独特的优点。它较好地解决了工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题。它具有以下主要特点。

1. 可靠性高

PLC 作为一种通用的工业控制器，高可靠性是其最突出的特点之一。由于工业生产需要在各种不同的工业环境中昼夜不停的连续工作，一般的生产装置要几个月、甚至几年才大修一次，这就对用于工业生产过程的控制器提出了高可靠性的要求。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 采用微电子技术，尤其是光耦合器件的应用使 PLC 的内部电路与外部电路实现电隔离，从而消除了外部电磁干扰对 PLC 内部所产生的扰动，同时大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成，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 $1/10 \sim 1/100$ ，因触点接触不良造成的故障大为减少。此外，PLC 还采取了屏蔽、滤波、隔离、故障检测与诊断等抗干扰措施，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是最可靠的工业控制设备之一。

2. 编程、操作简易方便、程序修改灵活

PLC 采用面向控制过程、面向问题的“自然语言”编程，容易掌握。例如，目前 PLC 大多数均采用的梯形图语言编程方式，既继承了传统控制线路的清晰直观感，又考虑到大多数电气技术人员的读图习惯及应用微型计算机的水平，很容易被技术人员所接受，易于编程，程序改变时也易于修改。近几年发展起来的其他编程语言（如功能图语言、汇编语言和 BASIC 等计算机通用语言）也都使编程更加方便，并且适宜于不同人员。

3. 硬件配套齐全，用户使用方便，适应性强

PLC 产品已经标准化、系列化、模块化，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 具有丰富的 I/O 接口，对不同的工业现场信号（如交流、直流、电压、电流、开关量、模拟量、脉冲等），有相应的 I/O 模块与工业现场的器件或设备（如按钮、行程开关、接近开关、传感器及变送器、电磁线圈、电动机起动器、控制阀等）直接连接。另外有些 PLC 还有通信模块、特殊功能模块等。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。

4. 易于系统的设计、安装、调试和维修

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，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 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。可编程序控制器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、质量轻、功耗低、响应快

由于 PLC 是将微电子技术应用于工业控制设备的新型产品，其体积小、质量轻、功耗低、响应快。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。传统继电器节点的响应时间一般需要几百毫秒，而 PLC 的节点反应很快，内部是微秒级的，外部是毫秒级的。

1.4 PLC 的组成及工作原理

在讲 PLC 的基本组成之前，先介绍一下传统继电器控制系统和 PLC 控制系统的组成。

传统的继电器控制系统通常由输入设备、继电器控制盘和输出设备三大部分组成，如图 1-1 所示。输入设备通常由被控对象的各种开关、按钮、传感器等构成。继电器控制盘通常