

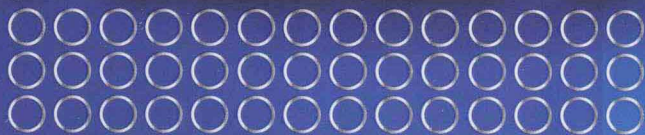


OMRON

欧姆龙CPIH系列

PLC

完全自学手册



陈忠平 编著



化学工业出版社

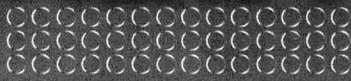


OMRON

欧姆龙CPIH系列

PLC

完全自学手册



陈忠平 编著



化学工业出版社

·北京·

本书从基础知识入门和实际工程应用出发,详细讲解了欧姆龙 CP1H 系列 PLC 技术。本书内容主要包括:PLC 的基础知识、欧姆龙 CP1H 的硬件系统、欧姆龙 CP1H 编程软件的使用方法、欧姆龙 CP1H 的基本指令、欧姆龙 CP1H 的常用功能指令、欧姆龙 CP1H 的高级功能指令、数字量控制系统梯形图的设计方法、欧姆龙 CP1H 模拟量功能与 PID 控制、欧姆龙 PLC 的通信与网络、欧姆龙 PLC 的安装与维护等。本书图文并茂、通俗易懂、实例丰富、实用性和针对性强,特别适合初学者使用,对有一定 PLC 基础的读者也有很大帮助。

本书可供 PLC 初学人员、PLC 工程师、PLC 维修人员以及自动控制工程师学习使用,也可作为大中专院校电气、自动化等相关专业的教材和参考用书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

欧姆龙 CP1H 系列 PLC 完全自学手册/陈忠平编著.

北京:化学工业出版社,2013.7

ISBN 978-7-122-16997-6

I. ①欧… II. ①陈… III. ①可编程序控制器-程序设计-教材 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 076036 号

---

责任编辑:李军亮 婁利娜

装帧设计:尹琳琳

责任校对:宋 夏

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 32½ 字数 814 千字 2013 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:88.00 元

版权所有 违者必究

日本欧姆龙 (OMRON) 公司推出的具有高度扩展性能的小型一体化可编程控制器——SYSMAC CP1H 集 CS/CJ (大、中型 PLC) 各种功能为一体, 通过内置的多种功能充实、强化其应用能力, 并且可以缩短追加复杂程序的设计时间, 拥有诸多的新增功能, 被广泛应用于纺织、包装、食品、印刷以及一些需要驱动功能 (如线缆等) 的工业控制场合。为便于读者学习和理解 SYSMAC CP1H 系列 PLC 控制系统的相关技术, 特编写此书。

#### 本书特点:

##### 1. 由浅入深, 循序渐进

本书在内容编排上采用由浅入深、由易到难的原则, 在介绍 PLC 的组成及工作原理、硬件系统构成、软件的使用等基础上, 在后续章节中结合具体的实例, 逐步讲解相应指令的应用等相关知识。

##### 2. 技术全面, 内容充实

全书重点突出, 层次分明, 注重知识的系统性、针对性和先进性。对于指令的讲解, 不是泛泛而谈, 而是辅以简单的实例, 使读者更易于掌握; 注重理论与实践相结合, 培养读者的工程应用能力。本书的大部分实例取材于实际工程项目或其中的某个环节, 对从事 PLC 应用和工程设计的读者具有较强的实践指导意义。

##### 3. 分析原理, 步骤清晰

对于每个实例, 都分析其设计原理, 总结其实现的思路和步骤。读者可以根据具体步骤实现书中的例子, 将理论与实践相结合。

##### 4. 软硬结合, 虚拟仿真

由于昂贵的培训费用和硬件价格, 一般人很难通过大量的 PLC 硬件进行 SYSMAC CP1H 系列 PLC 的实际操作学习。CX-Simulator 是 SYSMAC CP1H 系列 PLC 的仿真软件, 具有功能强大、使用方便等特点。书中大部分实例都是基于 CX-Programmer 编程软件和 CX-Simulator 仿真软件相结合的方式进行讲解, 使读者能够在快速学好这门技术的同时尽量减少花费。

#### 本书内容:

第 1 章 PLC 概述。介绍 PLC 的定义、基本功能与特点、应用和分类、欧姆龙 PLC, 还介绍 PLC 的组成及工作原理, 并将 PLC 与其他顺序逻辑控制系统进行比较。

第 2 章 欧姆龙 CP1H PLC 的硬件系统。主要介绍 CP1H PLC 的主机单元、扩展单元以及存储器的数据类型与地址指定。

第 3 章 欧姆龙 CP1H PLC 编程软件的使用。介绍 PLC 编程语言的种类、CX-One 软件程序包、CX-Simulator 仿真软件的使用, 重点讲解 CX-Programmer 编程软件的使用。

第 4 章 欧姆龙 CP1H 的基本指令。基本指令是 PLC 编程时最常用的指令。

介绍时序输入指令、时序输出指令、定时器指令、计数器指令和时序控制指令，并通过 3 个实例讲解基本指令的综合应用。

第 5 章 欧姆龙 CP1H 的常用功能指令。功能指令使 PLC 具有强大的数据处理和特殊功能。主要讲解数据处理指令、算术运算指令、浮点数运算指令、逻辑运算指令、表格数据处理指令、数据控制指令、显示功能指令、实时时钟指令、特殊指令及使用。

第 6 章 欧姆龙 CP1H 的高级功能指令。主要介绍子程序指令、I/O 单元用指令、中断控制及指令、高速计数器控制、脉冲输出控制、快速响应输入功能等内容。

第 7 章 数字量控制系统梯形图的设计方法。介绍梯形图的设计方法、顺序控制设计法与顺序功能图、常见的顺序控制编写梯形图的方法、CP1H 顺序控制，并通过多个实例重点讲解了单序列的 CP1H 顺序控制、选择序列的 CP1H 顺序控制、并行序列的 CP1H 顺序控制的应用。

第 8 章 欧姆龙 CP1H 模拟量功能与 PID 闭环控制。介绍模拟量的基本概念、CP1H 系列的内置模拟量输入/输出单元、CP1H 系列的扩展模拟量输入/输出单元、PID 闭环控制等内容。

第 9 章 欧姆龙 PLC 的通信与网络。介绍数据通信的基础知识、计算机网络的基础知识、欧姆龙 PLC 通信系统、CP1H 系列 PLC 的串行通信等内容。

第 10 章 欧姆龙 PLC 的安装与维护。讲解 PLC 的安装方法、主机单元和扩展 I/O 单元的接线、PLC 的维护和维修等内容。

#### **本书读者对象：**

- PLC 初学人员
- 自动控制工程师、PLC 工程师、硬件电路工程师及 PLC 维护人员
- 大中专院校电气、自动化等相关专业的师生

本书由湖南工程职业技术学院的陈忠平编著，参与本书编写工作的还有湖南涉外经济学院的侯玉宝和高金定、衡阳技师学院的胡彦伦、湖南航天诚远精密机械有限公司的刘琼、湖南科技职业技术学院的高见芳、湖南工程职业技术学院的李锐敏、周少华、龙晓庆和龚亮、湖南三一重工集团的王汉其等。全书由湖南工程职业技术学院的陈建忠教授主审。

由于编者知识水平和经验的局限性，书中难免有疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编著者

<b>第 ① 章 PLC 概述</b> .....	1
1.1 PLC 简介 .....	1
1.1.1 PLC 的定义 .....	1
1.1.2 PLC 的基本功能与特点 .....	1
1.1.3 PLC 的应用和分类 .....	3
1.1.4 欧姆龙 PLC 简介 .....	5
1.2 PLC 的组成及工作原理 .....	7
1.2.1 PLC 的组成 .....	7
1.2.2 PLC 的工作原理 .....	12
1.3 PLC 与其他顺序逻辑控制系统的比较 .....	13
1.3.1 PLC 与继电器控制系统的比较 .....	13
1.3.2 PLC 与微型计算机控制系统的比较 .....	14
1.3.3 PLC 与单片机控制系统的比较 .....	15
1.3.4 PLC 与 DCS 的比较 .....	15
<b>第 ② 章 欧姆龙 CP1H PLC 的硬件系统</b> .....	17
2.1 主机单元 .....	17
2.1.1 主机单元的命名及性能 .....	17
2.1.2 主机单元的外形及面板说明 .....	19
2.1.3 主机单元的 I/O .....	23
2.2 扩展单元 .....	25
2.2.1 CPM1A 扩展单元 .....	25
2.2.2 CJ 扩展单元 .....	27
2.3 存储器的数据类型与寻址方式 .....	29
2.3.1 数制及数据格式 .....	29
2.3.2 I/O 存储器区域及通道编号 .....	29
2.3.3 地址指定 .....	34
<b>第 ③ 章 欧姆龙 CP1H PLC 编程软件的使用</b> .....	35
3.1 PLC 编程语言 .....	35
3.1.1 梯形图语言 .....	35
3.1.2 语句表 .....	37
3.1.3 顺序功能图语言 .....	38
3.2 CX-One 软件包 .....	38
3.2.1 CX-One 软件包介绍 .....	38
3.2.2 CX-One 软件包的安装 .....	39

3.2.3	CX-One 软件包的卸载 .....	40
3.3	CX-Programmer 编程软件的使用 .....	41
3.3.1	CX-Programmer 的窗口组件 .....	41
3.3.2	新工程的创建 .....	59
3.3.3	程序的编写与编辑 .....	61
3.3.4	程序的编译 .....	67
3.3.5	在线工作 .....	67
3.4	CX-Simulator 仿真软件的使用 .....	71

## 第 4 章 欧姆龙 CP1H 的基本指令 ..... 73

4.1	时序输入指令 .....	73
4.1.1	基本输入指令 .....	73
4.1.2	电路块操作指令 .....	76
4.1.3	连接型微分指令 .....	77
4.1.4	位测试类指令 .....	80
4.2	时序输出指令 .....	83
4.2.1	基本输出指令 .....	83
4.2.2	微分输出指令 .....	84
4.2.3	置位/复位指令 .....	85
4.2.4	存储/保持指令 .....	87
4.3	定时器指令 .....	90
4.3.1	通用定时器指令 .....	91
4.3.2	高速定时器及超高定时器指令 .....	92
4.3.3	累计定时器指令 .....	93
4.3.4	长时间定时器指令 .....	95
4.3.5	多输出定时器指令 .....	96
4.4	计数器指令 .....	98
4.4.1	减法计数器指令 .....	99
4.4.2	可逆计数器指令 .....	101
4.4.3	定时/计数器复位指令 .....	102
4.5	时序控制指令 .....	103
4.5.1	结束与空操作指令 .....	103
4.5.2	互锁指令 .....	104
4.5.3	转移指令 .....	109
4.5.4	循环指令 .....	113
4.6	CP1H 基本指令的应用 .....	115
4.6.1	三相交流异步电动机的星-三角降压启动控制 .....	115
4.6.2	用 4 个按钮控制 1 个信号灯 .....	118
4.6.3	简易 6 组抢答器的设计 .....	120

5.1 数据处理指令 .....	125
5.1.1 数据传送指令 .....	125
5.1.2 数据比较指令 .....	136
5.1.3 数据移位指令 .....	151
5.1.4 数据转换指令 .....	167
5.2 算术运算指令 .....	183
5.2.1 加法运算指令 .....	183
5.2.2 减法运算指令 .....	187
5.2.3 自加/自减指令 .....	191
5.2.4 乘法运算指令 .....	193
5.2.5 除法运算指令 .....	195
5.3 浮点数运算指令 .....	199
5.3.1 浮点转换指令 .....	200
5.3.2 浮点比较指令 .....	204
5.3.3 浮点运算指令 .....	204
5.3.4 弧度、三角函数指令 .....	205
5.3.5 双精度浮点数运算指令 .....	206
5.3.6 特殊运算指令 .....	207
5.4 逻辑运算指令 .....	212
5.4.1 逻辑“与”指令 .....	212
5.4.2 逻辑“或”指令 .....	213
5.4.3 逻辑“异或”指令 .....	214
5.4.4 逻辑“同或”指令 .....	215
5.4.5 逻辑“取反”指令 .....	216
5.5 表格数据处理指令 .....	217
5.5.1 堆栈指令 .....	217
5.5.2 表格处理指令 .....	223
5.6 数据控制指令 .....	230
5.6.1 限位、死区/静区控制指令 .....	230
5.6.2 时分割比例输出指令 .....	232
5.6.3 缩放指令 .....	235
5.6.4 数据平均化指令 .....	238
5.7 显示功能指令 .....	239
5.7.1 消息显示指令 .....	239
5.7.2 LED 数码管显示/控制指令 .....	241
5.8 实时时钟指令 .....	244
5.8.1 日历加/减法指令 .....	244
5.8.2 时钟转换指令 .....	246
5.8.3 时钟校正指令 .....	247
5.9 特殊指令 .....	248



5.9.1	进位指令	248
5.9.2	周期时间的监视时间设定指令	248
5.9.3	状态标志指令	249

## 第 6 章 欧姆龙 CP1H 的高级功能指令 250

6.1	子程序指令	250
6.1.1	子程序调用/进入/返回指令	250
6.1.2	全局子程序调用/进入/返回指令	255
6.2	I/O 单元用指令	257
6.2.1	七段解码器指令	257
6.2.2	七段显示指令	259
6.2.3	数字式开关指令	262
6.2.4	10 键输入指令	264
6.2.5	16 键输入指令	267
6.2.6	矩阵键盘输入指令	269
6.3	中断控制及指令	271
6.3.1	CP1H 的中断功能	271
6.3.2	中断控制指令	273
6.3.3	直接模式中中断控制	274
6.3.4	计数器模式中中断控制	277
6.3.5	定时器模式中中断控制	279
6.4	高速计数器控制	282
6.4.1	高速计数器简介	282
6.4.2	高速计数器指令	287
6.4.3	高速计数器的使用步骤及设置	291
6.4.4	高速计数器的中断应用	291
6.5	脉冲输出控制	298
6.5.1	脉冲输出简介	298
6.5.2	脉冲输出指令	302
6.5.3	脉冲输出的使用步骤及设置	309
6.5.4	脉冲输出的应用	309
6.6	快速响应输入功能	313
6.6.1	快速响应输入分配	313
6.6.2	快速响应输入的系统设定	315
6.6.3	快速响应的使用步骤	315

## 第 7 章 数字量控制系统梯形图的设计方法 316

7.1	梯形图的设计方法	316
7.1.1	根据继电器-接触器电路图设计梯形图	316
7.1.2	用经验法设计梯形图	318
7.2	顺序控制设计法与顺序功能图	321

7.2.1	步与动作 .....	322
7.2.2	有向连线与转换 .....	323
7.2.3	顺序功能图的基本结构 .....	323
7.3	常见的顺序控制编写梯形图的方法 .....	324
7.3.1	启保停方式的顺序控制 .....	325
7.3.2	转换中心方式的顺序控制 .....	326
7.4	CP1H 顺序控制 .....	327
7.4.1	CP1H 顺控指令 .....	327
7.4.2	顺控指令方式的顺序功能图 .....	329
7.5	单序列的 CP1H 顺序控制应用实例 .....	330
7.5.1	液动力滑台的 PLC 控制 .....	330
7.5.2	PLC 在注塑成型生产线控制系统中的应用 .....	334
7.5.3	PLC 在简易机械手中的应用 .....	341
7.6	选择序列的 CP1H 顺序控制应用实例 .....	348
7.6.1	LED 灯控制 .....	348
7.6.2	多台电动机的 PLC 启停控制 .....	353
7.6.3	大小球分拣机的 PLC 控制 .....	360
7.7	并行序列的 CP1H 顺序控制应用实例 .....	370
7.7.1	人行道交通信号灯控制 .....	370
7.7.2	双面钻孔组合机床的 PLC 控制 .....	375
<b>第 8 章 欧姆龙 CP1H 模拟量功能与 PID 闭环控制 .....</b>		<b>387</b>
8.1	模拟量的基本概念 .....	387
8.1.1	模拟量处理流程 .....	387
8.1.2	模拟量的表示及精度 .....	388
8.1.3	模拟量输入方法 .....	390
8.1.4	模拟量输出方法 .....	390
8.2	CP1H 系列的内置模拟量输入/输出单元 .....	391
8.2.1	CP1H 内置模拟量输入/输出的功能 .....	391
8.2.2	CP1H 内置模拟量输入/输出的使用 .....	393
8.2.3	模拟电位器与外部模拟设定输入 .....	397
8.3	CP1H 系列的扩展模拟量输入/输出单元 .....	398
8.3.1	CPM1A-AD041 扩展模拟量输入单元 .....	399
8.3.2	CPM1A-DA041 扩展模拟量输出单元 .....	404
8.3.3	CPM1A-MAD01 扩展模拟量输入/输出单元 .....	409
8.3.4	CPM1A-MAD11 扩展模拟量输入/输出单元 .....	415
8.4	PID 闭环控制 .....	420
8.4.1	模拟量闭环控制系统的组成 .....	420
8.4.2	PID 控制原理 .....	420
8.4.3	PID 功能指令 .....	424

<b>第 9 章 欧姆龙 PLC 的通信与网络</b>	<b>429</b>
9.1 数据通信的基础知识	429
9.1.1 数据传输方式	429
9.1.2 串行通信的分类	429
9.1.3 串行通信的数据通路形式	431
9.1.4 串行通信的接口标准	432
9.1.5 通信介质	435
9.2 计算机网络的基础知识	436
9.2.1 网络拓扑结构	436
9.2.2 网络协议	437
9.2.3 PLC 的数据通信	438
9.3 欧姆龙 PLC 通信系统	440
9.3.1 欧姆龙 PLC 网络结构体系	440
9.3.2 欧姆龙 PLC 网络类型	440
9.4 CP1H 系列 PLC 的串行通信	441
9.4.1 无协议通信	442
9.4.2 上位链接通信	447
9.4.3 Modbus-RTU 简易通信	452
9.4.4 工具总线通信	456
9.4.5 串行 PLC 链接	456
9.4.6 NT 链接通信	462
<b>第 10 章 欧姆龙 PLC 的安装与维护</b>	<b>465</b>
10.1 PLC 的安装	465
10.1.1 PLC 安装注意事项	465
10.1.2 安装方法	465
10.1.3 扩展单元的安装	467
10.2 接线	468
10.2.1 接线注意事项	468
10.2.2 主机单元的电源接线	469
10.2.3 主机单元的接线	470
10.2.4 CPM1A 扩展 I/O 单元的接线	473
10.3 PLC 的维护和维修	474
10.3.1 检查和维护	474
10.3.2 异常及其处理	475
<b>附录</b>	<b>479</b>
附录 1 指令速查集	479
附录 2 特殊辅助继电器一览表	493
<b>参考文献</b>	<b>509</b>

# PLC概述

自 20 世纪 60 年代末期世界上第一台 PLC 问世以来, PLC 发展十分迅速,特别是近些年来,随着微电子技术和计算机技术的不断发展, PLC 在处理速度、控制功能、通信能力及控制领域等方面都有新的突破。PLC 将传统的继电-接触器的控制技术和现代计算机信息处理技术有机结合起来,成为工业自动化领域中最重要、应用最广的控制设备之一,并已成为现代工业生产自动化的重要支柱。

## 1.1 PLC 简介

### 1.1.1 PLC 的定义

可编程控制器是在继电器控制和计算机控制的基础上开发出来的,并逐渐发展为以微处理器为基础,综合计算机技术、自动控制技术和通信技术等现代科技为一体的新型工业自动控制装置。目前广泛应用于各种生产机械和生产过程的自动控制系统中。

因早期的可编程控制器主要用于代替继电器实现逻辑控制,因此将其称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller),简称 PLC。随着技术的发展,许多厂家采用微处理器 (Micro Processor Unit,即 MPU) 作为可编程控制的中央处理单元 (Central Processing Unit,即 CPU),大大增强 PLC 功能,使它不仅具有逻辑控制功能,还具有算术运算功能和对模拟量的控制功能。据此美国电气制造协会 (National Electrical Manufacturers Association,即 NEMA) 于 1980 年将它正式命名为可编程序控制器 (Programmable Controller),简称 PC,且对 PC 进行如下定义:“PC 是一种数字式的电子装置,它使用了可编程序的存储器以存储指令,能完成逻辑、顺序、计时、计数和算术运算等功能,用以控制各种机械或生产过程”。

国际电工委员会 (IEC) 在 1985 年颁布的标准中,对可编程序控制器作如下定义:“可编程序控制器是一种专为工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子系统。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,控制各种机械或生产过程。”

PC 可编程序控制器在工业界使用了多年,但因个人计算机 (Personal Computer) 也简称为 PC,为了对两者进行区别,现在通常把可编程序控制器简称为 PLC,所以本书中也将其称为 PLC。

### 1.1.2 PLC 的基本功能与特点

#### (1) PLC 的基本功能

① 逻辑控制功能 逻辑控制又称为顺序控制或条件控制,它是 PLC 应用最广泛的领

域。逻辑控制功能实际上就是位处理功能，使用 PLC 的“与”（AND）、“或”（OR）、“非”（NOT）等逻辑指令，取代继电器触点的串联、并联及其他各种逻辑连接，进行开关控制。

② 定时控制功能 PLC 的定时控制，类似于继电-接触器控制领域中的时间继电器控制。在 PLC 中有许多可供用户使用的定时器，这些定时器的定时时间可由用户根据需要进行设定。PLC 执行时根据用户定义时间长短进行相应限时或延时控制。

③ 计数控制功能 PLC 为用户提供了多个计数器，PLC 的计数器类似于单片机中的计数器，其计数初值可由用户根据需求进行设定。执行程序时，PLC 对某个控制信号状态的改变次数（如某个开关的动合次数）进行计数，当计数到设定值时，发出相应指令以完成某项任务。

④ 步进控制功能 步进控制（又称为顺序控制）功能是指在多道加工工序中，使用步进指令控制在完成一道工序后，PLC 自动进行下一道工序。

⑤ 数据处理功能 PLC 一般具有数据处理功能，可进行算术运算、数据比较、数据传送、数据移位、数据转换、编码、译码等操作。中、大型 PLC 还可完成开方、PID 运算、浮点运算等操作。

⑥ A/D、D/A 转换功能 有些 PLC 通过 A/D、D/A 模块完成模拟量和数字量之间的转换、模拟量的控制和调节等操作。

⑦ 通信联网功能 PLC 通信联网功能是利用通信技术，进行多台 PLC 间的同位链接、PLC 与计算机链接，以实现远程 I/O 控制或数据交换。可构成集中管理、分散控制的分布式控制系统，以完成较大规模的复杂控制。

⑧ 监控功能 监控功能是指利用编程器或监视器对 PLC 系统各部分的运行状态、进程、系统中出现的异常情况进行报警和记录，甚至自动终止运行。通常小型低档 PLC 利用编程器监视运行状态；中档以上的 PLC 使用 CRT 接口，从屏幕上了解系统的工作状况。

## （2）可编程控制器的特点

① 可靠性高、抗干扰能力强 继电-接触器控制系统使用大量的机械触点，连接线路比较繁杂，且触点通断时有可能产生电弧和机械磨损，影响其寿命，可靠性差。PLC 中采用现代大规模集成电路，比机械触点继电器的可靠性要高。在硬件和软件设计中都采用了先进技术以提高可靠性和抗干扰能力。比如，用软件代替传统继电-接触器控制系统中的中间继电器和时间继电器，只剩下少量的输入输出硬件，将因触点接触不良造成的故障大大减少，提高了可靠性；所有 I/O 接口电路采用光电隔离，使工业现场的外电路与 PLC 内部电路进行电气隔离；增加自诊断、纠错等功能，使其在恶劣工业生产现场的可靠性、抗干扰能力得到提高。

② 灵活性好、扩展性强 继电-接触器控制系统由继电器等低压电器采用硬件接线实现，连接线路比较繁杂，而且每个继电器的触点数目有限。当控制系统功能改变时，需改变线路的连接。所以继电-接触器控制系统的灵活性、扩展性差。而由 PLC 构成的控制系统中，只需在 PLC 的端子上接入相应的控制线即可，减少了接线。当控制系统功能改变时，有时只需编程器在线或离线修改程序，就能实现其控制要求。PLC 内部有大量的编程元件，能进行逻辑判断、数据处理、PID 调节和数据通信功能，可以实现非常复杂的控制功能，若元件不够时，只需加上相应的扩展单元即可，因此 PLC 控制系统的灵活性好、扩展性强。

③ 控制速度快、稳定性强 继电-接触器控制系统是依靠触点的机械动作来实现控制的，其触点的动断速度一般为几十毫秒一次，影响控制速度，有时还会出现抖动现象。PLC

控制系统由程序指令控制半导体电路来实现, 响应速度快, 一般执行一条用户指令在很短的微秒级内即可, PLC 内部有严格的同步, 不会出现抖动现象。

④ 延时调整方便, 精度较高 继电器-接触器控制系统的延时控制是通过时间继电器来完成的, 而时间继电器的延时调整不方便, 且易受环境温度和湿度的影响, 延时精度不高。PLC 控制系统的延时是通过内部时间元件来完成的, 不受环境的温度和湿度的影响, 定时元件的延时时间只需改变定时参数即可, 因此其定时精度较高。

⑤ 系统设计安装快、维修方便 继电器-接触器实现一项控制工程, 其设计、施工、调试必须依次进行, 周期长, 维修比较麻烦。PLC 使用软件编程取代继电器-接触器中的硬件接线而实现相应功能, 使安装、接线工作量减小, 现场施工与控制程序的设计还可同时进行, 周期短、调试快。PLC 具有完善的自诊断、履历情报存储及监视功能, 对于其内部工作状态、通信状态、异常状态和 I/O 点的状态均有显示, 若控制系统有故障时, 工作人员通过它即可迅速查出故障原因, 及时排除故障。

### 1.1.3 PLC 的应用和分类

#### (1) 可编程控制器的应用

以前由于 PLC 的制造成本较高, 其应用受到一定的影响。随着微电子技术的发展, PLC 的制造成本不断下降, 同时 PLC 的功能大大增强, 因此 PLC 目前已广泛应用于冶金、石油、化工、建材、机械制造、电力、汽车、造纸、纺织、环保等行业。从应用类型看, 其应用范围大致归纳为以下几种。

① 逻辑控制 PLC 可进行“与”、“或”、“非”等逻辑运算, 使用触点和电路的串、并联代替继电器-接触器系统进行组合逻辑控制、定时控制、计数控制与顺序逻辑控制。这是 PLC 应用最基本、最广泛的领域。

② 运动控制 大多数 PLC 具有拖动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置的专用运动控制模块, 灵活运用指令, 使运动控制与顺序逻辑控制有机结合在一起, 广泛用于各种机械设备, 如对各种机床、装配机械、机械手等进行运动控制。

③ 过程控制 现代中、大型 PLC 都具有多路模拟量 I/O 模块和 PID 控制功能, 有的小型 PLC 也具有模拟量输入输出模块。PLC 可将接收到的温度、压力、流量等连续变化的模拟量, 通过这些模块实现 A/D 转换, 并对被控模拟量进行闭环 PID 控制。这一控制功能广泛应用于锅炉、反应堆、水处理、酿酒等方面。

④ 数据处理 现代 PLC 具有数学运算(如矩阵运算、函数运算、逻辑运算等)、数据传送、转换、排序、查表、位操作等功能, 可进行数据采集、分析、处理, 同时可通过通信功能将数据传送给别的智能装置, 如 PLC 对计算机数值控制 CNC 设备进行数据处理。

⑤ 通信联网控制 PLC 通信包括 PLC 与 PLC、PLC 与上位机(如计算机)、PLC 与其他智能设备之间的通信。PLC 通过同轴电缆、双绞线等传输介质与计算机进行信息交换, 可构成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统, 以满足工厂自动化 FA 系统、柔性制造系统 FMS、集散控制系统 DCS 等发展的需要。

#### (2) 可编程控制器的分类

PLC 种类繁多, 性能规格不一, 通常根据其结构形式、性能高低、控制规模等方面进行分类。

① 按结构形式进行分类 根据 PLC 的硬件结构形式, 将 PLC 分为整体式、模块式和混

合式三类。

a. 整体式 PLC。整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 接口等部件集中配置装在一个箱体  
内，形成一个整体，通常将其称为主机或基本单元。采用这种结构的 PLC 具有结构紧凑、  
体积小、重量轻、价格较低、安装方便等特点，但主机的 I/O 点数固定，使用不太灵活。  
一般小型或超小型的 PLC 通常采用整体式结构。

b. 模块式 PLC。模块式结构 PLC 又称为积木式结构 PLC，它是将 PLC 各组成部分以  
独立模块的形式分开，如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块及各种功能模块。模  
块式 PLC 由框架或基板和各种模块组成，将模块插在带有插槽的基板上，组装在一个机架  
内。采用这种结构的 PLC 具有配置灵活、装配方便、便于扩展和维修。大、中型 PLC 一般  
采用模块式结构。

c. 混合式 PLC。混合式结构 PLC 是将整体式的结构紧凑、体积小、安装方便和模块式  
的配置灵活、装配方便等优点结合起来的一种新型结构 PLC。例如西门子公司生产的 S7-  
200 系列 PLC 就是采用这种结构的小型 PLC，西门子公司生产的 S7-300 系列 PLC 也是采用  
这种结构的中型 PLC。

② 按性能高低进行分类 根据性能的高低，将 PLC 分为低档 PLC、中档 PLC 和高档  
PLC 这三类。

a. 低档 PLC。低档 PLC 具有基本控制和一般逻辑运算、计时、计数等基本功能，有的  
还具有少量模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、通信等功能。这类 PLC 只适合  
于小规模简单控制，在联网中一般作为从机使用。

b. 中档 PLC。中档 PLC 有较强的控制功能和运算能力，它不仅能完成一般的逻辑运  
算，也能完成比较复杂的三角函数、指数和 PID 运算，工作速度比较快，能控制多个输入/  
输出模块。中档 PLC 可完成小型和较大规模的控制任务，在联网中不仅可作从机，也可作  
主机，如西门子公司生产的 S7-300 就属于中档 PLC。

c. 高档 PLC。高档 PLC 有强大的控制和运算能力，不仅能完成逻辑运算、三角函数、  
指数、PID 运算、还能进行复杂的矩阵运算、制表和表格传送操作。高档 PLC 可完成中型  
和大规模的控制任务，在联网中一般作主机，如西门子公司生产的 S7-400 就属于高档 PLC。

③ 按控制规模进行分类 根据 PLC 控制器的 I/O 总点数的多少可分为小型机、中型机  
和大型机。

a. 小型机。I/O 总点数在 256 点以下的 PLC 称为小型机，如 CP1H 系列 PLC。小型  
PLC 通常用来代替传统继电器-接触器控制，在单机或小规模生产过程中使用，它能执行逻辑  
运算、定时、计数、算术运算、数据处理和传送、高速处理、中断、联网通信及各种应用指  
令。I/O 总点数等于或小于 64 点的称为超小型或微型 PLC。

b. 中型机。I/O 总点数在 256~2048 点之间的 PLC 称为中型机，如 CQM1H 系列  
PLC。中型 PLC 采用模块化结构，根据实际需求，用户将相应的特殊功能模块组合在一起，  
使其具有数字计算、PID 调节、查表等功能，同时相应的辅助继电器增多，定时、计数范围  
扩大，功能更强，扫描速度更快，适用于较复杂系统的逻辑控制和闭环过程控制。

c. 大型机。I/O 总点数在 2048 点以上的 PLC 称为大型机，如 CS1 系列 PLC。I/O 总  
点数超过 8192 点的称为超大型 PLC 机。大型 PLC 具有逻辑和算术运算、模拟调节、联网通  
信、监视、记录、打印、中断控制、远程控制及智能控制等功能。目前有些大型 PLC 的使  
用 32 位处理器，多 CPU 并行工作，具有大容量的存储器，使其扫描速度高速化，存储容量

大大加强。

#### 1.1.4 欧姆龙 PLC 简介

在全球 PLC 制造商中,根据美国 Automation Research Corp (ARC) 调查,世界 PLC 五大厂家分别为 Siemens (西门子) 公司、Allen-Bradley (A-B) 公司、Schneider (施耐德) 公司、Mitsubishi (三菱) 公司、Omron (欧姆龙) 公司,他们的销售额约占全球总销售额的三分之二。

日本欧姆龙公司生产的 PLC 产品以其良好的性价比被广泛地应用于化学工业、食品加工材料处理和工业控制过程等领域,其产品在日本的销量仅次于三菱公司,居第二位,在我国也是应用非常广泛的 PLC 之一。

对于 PLC 而言,一般应从基本性能、特殊功能及通信联网三个方面考察其性能。基本性能包括指令系统、工作速度、控制规模、程序容量、PLC 内部器件、数据存储容量等;特殊功能指中断、A/D、D/A、温度控制等,模块式 PLC 的特殊功能是由智能单元完成的;通信联网是指 PLC 与各种外设通信及 PLC 组成各种网络,这一功能通常由专用通信板或通信单元完成。

欧姆龙公司从 20 世纪 80 年代至今,产品多次更新换代。20 世纪 80 年代初期,欧姆龙的大、中、小型机分别为 C 系列的 C2000、C1000、C500、C120、C20 等。这些型号的 PLC 指令少,而且指令执行时间长,内存也小,内部器件有限,PLC 体积大。例如,C20 仅 20 条指令,基本指令执行时间为  $4\sim 80\mu\text{s}$ 。上述产品目前已基本被淘汰。

随后小型机换代出现 P 型机,替代了 C20 机。P 型机 I/O 点数最多可达 148 点,指令增加到 37 条,指令执行的速度加快了,基本指令执行时间为  $4\mu\text{s}$ ,体积也明显缩小。P 型机有较高的性能价格比,且易于掌握和使用,因而具有较强的竞争力,在当时的小型机市场上独占鳌头。

20 世纪 80 年代后期,欧姆龙开发出 H 型机,大、中、小型对应由 C2000H/C1000H、C200H、C60H/C40H/C28H/C20H。大、中型机为模块式结构,小型机为整体式结构。H 型机的指令增加较多,有 100 多种,特别出现了指令的微分执行,一条指令可顶多条指令使用,为编程提供了方便。H 型机指令的执行速度也加快了,大型 H 机基本指令执行时间才  $0.4\mu\text{s}$ ,而 C200H 机也只有  $0.7\mu\text{s}$ 。H 型机的通信功能增强了,甚至小型 H 机也配有 RS232C 口,与计算机可以直接通信。大型机 C2000H 的 CPU 可进行热备配置,其一般的 I/O 单元还可在线插拔。中型机 C200H 的特殊功能模块很丰富,结构合理,功能齐全,为当时中型机中较优秀的机型,获得了非常广泛的应用。C200H 曾用于太空实验站,开创了业界先例。

另外,欧姆龙还开发出微型机 SP20/SP16/SP10。这类机型点数少,最少 10 点,但可自身联网 (PLC Link),最多可达 80 点。它的体积很小、功能单一、价格较低,特别适合于安装空间小、点数要求不多的继电控制场合。

20 世纪 90 年代初期,欧姆龙推出无底板模块式结构的小型机 CQM1。CQM1 控制 I/O 点数最多可达 256 点。CQM1 的指令已超过 100 种,它的速度较快,基本指令执行时间为  $0.5\mu\text{s}$ ,比中型机 C200H 还要快。CQM1 的 DM 区增加很多,虽为小型机,但 DM 区可达 6K,比中型机 C200H 的 2K 大很多。CQM1 共有 7 种 CPU 单元,每种 CPU 单元都带有 16 个输入点 (称为内置输入点),有输入中断功能,都可接增量式旋转编码器进行高速计数,



计数频率单相 5kHz、两相 2.5kHz。CQM1 还有高速脉冲输出功能，标准脉冲输出可达 1kHz。此外，CPU42 带有模拟量设定功能，CPU43 有高速脉冲 I/O 端口，CPU44 有绝对式旋转编码器端口，CPU45 有 A/D、D/A 端口。CQM1 虽然是小型机，但采用模块式结构，像中型机一样，也由 A/D、D/A、温控等特殊功能单元和各种通信单元。CQM1 的 CPU 单元除 CPU11 外都自带 RS232C 通信口。

在 CQM1 推出之前，欧姆龙推出大型机 CV 系列，其性能比 C 系列大型 H 机有显著的提高，它极大地提高了欧姆龙在大型机方面的竞争实力。1998 年底，欧姆龙推出了 CVM1D 双极热备系统，它具有双 CPU 单元和双电源单元，不仅 CPU 可热备，而且电源也可热备。CVM1D 继承了 CV 系列的各种功能，可以使用 CV 的 I/O 单元、特殊功能单元和通信单元。CVM1D 的 I/O 单元可在线插拔。

值得注意的是进入 20 世纪 90 年代后，欧姆龙更新换代的速度明显加快，特别是后 5 年，欧姆龙在中型机和小型机上又有不少技术更新。

中型机从 C200H 发展到 C200HS。C200HS 于 1996 年进入中国市场，到了 1997 年全新的中型机 C200H $\alpha$  又来了。它的性能比 C200HS 又有显著提高。除基本性能比 C200HS 提高外， $\alpha$  机突出特点是它的通信组网能力强。例如，CPU 单元除自带的 RS232C 口外，还可插上通信板，板上配有 RS232C、RS422/RS485 口， $\alpha$  机使用协议宏功能指令，通过上述各种串行通信口与外围设备进行数据通信。 $\alpha$  机可加入欧姆龙的高层信息网 Ethernet（以太网），还可加入中层控制网 Controller Link 网，而 C200H、C200HS 不可以。

1999 年欧姆龙在中国市场上又推出比  $\alpha$  机功能更加完善的 CS1 系列机型，虽然 CS1 兼容了  $\alpha$  机的功能，但不能简单地看做是  $\alpha$  机的改进，而是一次质的飞跃，它的性能突飞猛进。CS1 代表了当今 PLC 发展的最新动向。

欧姆龙在小型机方面也取得了长足的进步。1997 年，欧姆龙在推出  $\alpha$  机的同时，就推出 P 型机的升级产品，即小型机 CPM1A。与 P 型机相比，CPM1A 体积很小，只及同样 I/O 点数 P 型机的 1/2，但是它的性能改进很大，例如，它的指令有 93 种、153 条，基本指令执行时间为  $0.72\mu\text{s}$ ，程序容量达 2048 字，单相高速计数达 5kHz（P 型机为 2kHz）、两相为 2.5kHz（P 型机无此功能），有脉冲输出、中断、模拟量设定、子程序调用、宏指令功能等。通信功能也增强了，可实现 PLC 与 PLC 链接、PLC 与上位机通信、PLC 与 PT 链接。

1999 年，欧姆龙公司在推出 CS1 系列的同时，在小型机方面相继推出 CPM2A/CPM2C/CPM2AE、CQM1H 等机型。

CPM2A 是 CPM1A 之后的另一系列机型。CPM2A 的功能比 CPM1A 有新的提升，例如，CPM2A 指令的条数增加、功能增强、执行速度加快，可扩展的 I/O 点数、PLC 内部器件的数目、程序容量、数据存储器容量等也都增加了；所有 CPM2A 的 CPU 单元都自带 RS232C 口，在通信联网方面比 CPM1A 改进不少。

CPM2C 具有独特的超薄、模块化设计。它由 CPU 单元和 I/O 扩展单元，也有模拟量 I/O、温度传感和 CompoBus/S I/O 链接等特殊功能单元。CPM2C 的 I/O 采用 I/O 端子台或 I/O 连接器形式。每种单元的体积都极小，仅有  $90\text{mm}\times 65\text{mm}\times 33\text{mm}$ 。CPU 单元使用 DC 电源，共有 10 种型号，输出是继电器或晶体管形式，有的 CPU 单元带时钟功能。CPM2C 的 I/O 扩展单元共有 10 种型号，输出有继电器或晶体管形式，有的 CPU 单元带时钟功能。CPM2C 的 I/O 扩展单元共有 10 种型号，输出有继电器或晶体管形式。CPM2C 最多可扩展到 140 点，单元之间通过侧面的连接器相连。CPU 单元由 RS232C 口。CPM2C 使