



# S7-200 PLC 编程及应用

朱文杰 编著

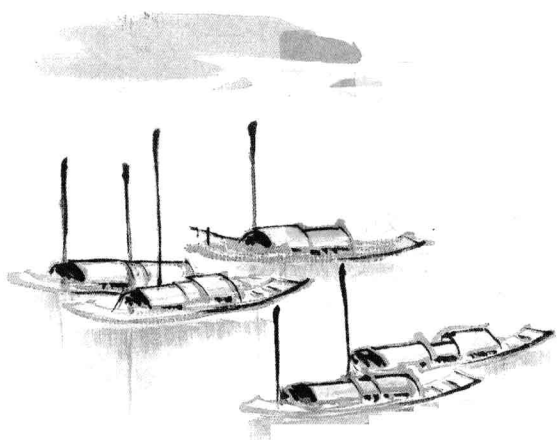


中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



# S7-200 PLC 编程及应用

朱文杰 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书以西门子 S7-200 PLC 为对象,介绍了 PLC 的原理、编程及应用。主要内容包括 PLC 的基本结构、工作原理与网络框架, S7-200PLC 硬件各单元的特性, STEP 7-Micro/WIN 编程软件的使用, S7-200PLC 的系统配置与编程软元件, S7-200PLC 的基本指令、功能及特殊功能指令详解, 构建了进行 PLC 控制系统设计的基础, 并通过作者长期积累的水轮发电机组生产控制的经验, 给出了 PLC 在实际控制系统中的设计案例。

本书遵循初学者的学习规律, 循序渐进、由浅入深、重点突出, 结构合理严谨, 概念清晰准确, 便于消化吸收, 从而应用于工程实践。

本书可作为 PLC 初学者的入门教材, 大专院校工业自动化、机电一体化、电气工程及其自动化、应用电子等专业的教材, 也可作为相关工程技术人员、电气工程师的参考用书。

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

S7-200PLC 编程及应用 / 朱文杰编著. —北京: 中国电力出版社, 2012.4

ISBN 978-7-5123-2956-0

I. ①S… II. ①朱… III. ①plc 技术 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 075733 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2012 年 9 月第一版 2012 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 18.125 印张 419 千字

印数 0001—3000 册 定价 38.00 元

### 敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

## 前 言

随着科学技术的进步和微电子技术的迅猛发展，PLC已广泛应用于各行各业的自动化控制领域，在现代新型工业的生产、加工与制造过程中起到了十分重要的作用。功能强大、可靠性高、操作简便的特点，尤其是和现场总线技术的完美结合，使PLC和计算机辅助设计/辅助制造(CAD/CAM)、机器人(Rob)、数控(NC)一起成为现代新型工业化的支柱。因此熟悉和掌握这一先进控制手段与方法，是从事电气自动化、机电一体化工程设计、运行的工程技术人员，以及高等院校师生的一项急切任务。

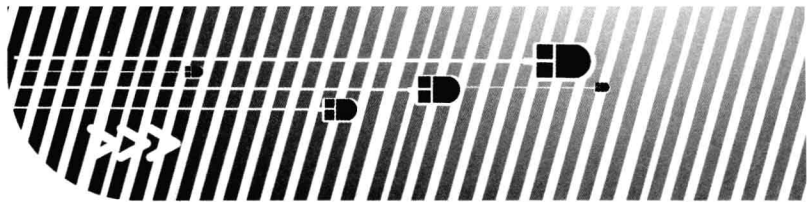
我国电力、水利、热网、汽车制造、矿产、钢铁、烟草、化工、饮料加工等行业，都有PLC的身影。本书以西门子S7-200 PLC为例，在作者长期教学科研工作的基础上撰写文稿，知识点以够用为原则，深入浅出，使读者不仅知其然，而且知其所以然，进而能触类旁通。

全书共分四章。第1章综述了可编程序控制器的产生、发展、基本结构、工作原理、网络框架、性能指标与设计规则；第2章细述了S7-200 PLC各组成单元(模块)的内外特性，STEP 7-Micro/WIN编程软件的安装与使用，S7-200 PLC的系统配置与编程软元件；第3章详解了S7-200 PLC的基本指令、功能指令及特殊功能指令，把握了机器的内在命脉；第4章在结合水轮机发电机组生产控制实际要求与作者多年研究成果的基础上，介绍了PLC控制系统的设计，给出了控制程序实例，以帮助读者举一反三、快速上手和应用提高。

由于作者水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2012年8月



# 目 录

前言

第 1 章	<b>PLC基础知识</b>	<b>1</b>
1.1	概述	1
1.1.1	PLC的产生和定义	1
1.1.2	PLC的主要功能及特点	2
1.1.3	PLC的分类	3
1.1.4	PLC的发展概况和发展趋势	4
1.2	PLC的基本结构和各部分作用	6
1.2.1	中央处理单元	6
1.2.2	存储器单元	7
1.2.3	电源单元	8
1.2.4	输入/输出单元	8
1.2.5	接口单元	12
1.2.6	外部设备	12
1.2.7	PLC的软件系统	13
1.3	PLC的工作原理	15
1.3.1	PLC对继电器控制系统的仿真	15
1.3.2	PLC循环扫描的工作方式	17
1.3.3	PLC的编程语言	22
1.4	PLC网络与通信	25
1.4.1	PLC网络的拓扑结构	25
1.4.2	S7-200 PLC的网络通信	26
1.5	PLC的性能指标	31
1.5.1	PLC的基本性能	31
1.5.2	S7-200 PLC性能指标体系	33
1.6	PLC控制系统设计的基本内容与步骤	37
1.6.1	PLC控制系统设计的基本原则	37
1.6.2	PLC控制系统设计的基本内容	37
1.6.3	PLC应用系统设计的一般步骤	38

◆ 第2章 S7-200PLC的硬件、软件与系统配置 39

2.1 S7-200 PLC的硬件.....	39
2.1.1 S7-200 PLC的基本单元.....	39
2.1.2 S7-200 PLC的扩展单元.....	43
2.1.3 S7-200 PLC的其他组成.....	61
2.2 STEP 7-Micro/WIN编程软件.....	65
2.2.1 安装STEP7-Micro/WIN编程软件.....	65
2.2.2 STEP 7-Micro/WIN编程软件的功能.....	66
2.2.3 STEP 7-Micro/WIN编程软件的基本操作.....	69
2.2.4 STEP 7-Micro/WIN用于用户程序调试及运行监控.....	78
2.2.5 出错代码.....	83
2.3 S7-200 PLC的系统配置.....	86
2.3.1 允许主机所带模块的数量.....	87
2.3.2 CPU输入/输出映像区的大小.....	87
2.3.3 内部电源的负载能力.....	88
2.3.4 系统配置.....	89
2.4 S7-200 PLC编程基础.....	92
2.4.1 编程语言的国际标准.....	92
2.4.2 数据类型.....	93
2.4.3 存储器区域.....	94
2.4.4 寻址方式.....	102
2.4.5 用户程序的结构.....	104

◆ 第3章 S7-200 PLC的编程指令 105

3.1 S7-200 PLC的基本指令及编程.....	105
3.1.1 位逻辑指令.....	106
3.1.2 定时器和计数器指令.....	115
3.1.3 顺序控制继电器指令.....	123
3.1.4 移位寄存器指令、比较操作指令.....	134
3.2 S7-200 PLC的功能指令.....	139
3.2.1 数据传送指令.....	139
3.2.2 数学运算指令.....	141
3.2.3 逻辑运算指令.....	149
3.2.4 移位操作指令.....	153
3.2.5 数据转换操作指令.....	158
3.2.6 表操作指令.....	168
3.2.7 程序控制指令.....	172

3.3 S7-200 PLC的特殊功能指令 .....	177
3.3.1 中断操作指令 .....	177
3.3.2 通信操作指令 .....	185
3.3.3 高速计数器操作指令 .....	199
3.3.4 高速脉冲指令 .....	205
3.3.5 PID操作指令 .....	216
3.3.6 时钟操作指令 .....	226

**◆ 第4章 S7-200PLC编程案例** 228

4.1 使用S7-200 PLC控制水电站油压装置的初步设计 .....	228
4.1.1 油压装置自动化的必要性与控制要求 .....	228
4.1.2 油压装置S7-200 PLC控制系统的硬件设计 .....	229
4.1.3 油压装置S7-200 PLC控制系统的程序设计 .....	230
4.2 使用S7-200PLC控制水电站进水口快速事故闸门的初步设计 .....	234
4.2.1 进水口快速闸门的液压系统与自动控制要求 .....	234
4.2.2 进水口快速闸门S7-200 PLC控制系统的程序设计 .....	237
4.3 使用S7-200 PLC控制水轮发电机组润滑、冷却、制动及调相压 水系统的初步设计 .....	240
4.3.1 机组润滑和冷却系统的自动化 .....	240
4.3.2 机组制动系统的自动化 .....	245
4.3.3 机组调相压水系统的自动化 .....	247
4.4 使用S7-200 PLC进行治理水力机组甩负荷抬机并与控制调相压 水系统合成 .....	249
4.4.1 治理水轮机组甩负荷抬机的必要性与正确思路 .....	249
4.4.2 治理水轮机组甩负荷抬机的S7-200 PLC控制系统设计 .....	251
4.4.3 治理甩负荷抬机与控制调相压水合成为一个神经元 .....	257
4.5 使用S7-200 PLC控制水轮发电机组 .....	267
4.5.1 水轮发电机组自动控制程序的拟定 .....	267
4.5.2 机组自动控制程序的解析 .....	275
4.5.3 机组事故保护及故障信号系统 .....	280

## PLC 基础知识

可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 是以传统的顺序控制器为基础, 综合了计算机技术、微电子技术、自动控制技术、数字技术和网络通信技术而形成的一代新型通用工业自动控制装置, 最基本的目的是用来取代继电器, 完成顺序逻辑与定时 / 计数等顺序控制功能, 建立柔性的程控系统。PLC 具有适应工业环境、操作编程简单、可靠性高、配置灵活、面向过程、面向用户等优点, 是现代工业控制的重要支柱。

## 1.1 概述

### 1.1.1 PLC的产生和定义

#### 1. PLC的产生

自 1836 年继电控制器问世以来, 人们开始用导线将它同开关器件巧妙地连接, 构成用途各异的逻辑控制或顺序控制, 成为 PLC 问世前工业控制领域中的主导。由于继电器体积大、耗电多、可靠性差、寿命短、运行速度不高, 尤其对生产工艺多变的系统适应性差, 一旦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, 造成时间和资金的严重浪费。

1968 年, 美国通用汽车公司 (GM) 提出研制新型工业控制装置来替代继电器控制装置, 为此拟定十项招标技术要求, 美国数字设备公司 (DEG) 据此于 1969 年研制出世界上第一台型号为 PDP-14 的 PLC 并试用成功, 此程序化手段用于电气控制开创了工业控制的新纪元, 从此这一新的控制技术迅速发展。1970 年美国的 084 控制器、1971 年日本的 DCS-8PLC 相继问世, 1973 ~ 1974 年德国和法国也研制成功了自己的 PLC, 我国于 1977 年将 MC14500 微处理器为核心的 PLC 应用于工业。

#### 2. PLC的定义

最早的专用于替代传统继电器控制装置的可编程控制器, 只有逻辑运算、定时 / 计数等开关量控制功能, 故名可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)。后来, PLC 增加了模拟量闭环控制、运动位置控制及网络通信等功能, 美国电气制造商协会 (NEMA) 于 1980 年将其命名为 Programmable Controller, 为区别于个人计算机 (Personal Computer) 的简称 PC, 英文缩写名仍为 PLC 并给出定义: PLC 是一种数字式的自动化控制装置, 带有指令存储器、数字的或模拟的输入 / 输出接口, 以位运算为主, 能完成逻辑、顺序控制、定时、计数和算术运算等功能, 用于控制机器或生产过程。

国际电工委员会 (International Electrical Committee, IEC)、美国电气和电子工程师协



会 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)、日本电气控制学会及中国科学院都定义过 PLC。

### 1.1.2 PLC的主要功能及特点

#### 1. PLC 的主要功能

(1) 顺序逻辑控制功能。“与”、“或”、“非”等逻辑控制或称位处理, 替代继电器进行开关控制, 完成触点的串联、并联连接, 是 PLC 最基本的功能。PLC 中逻辑位的状态可以无限次地使用, 使逻辑关系的修改、变更十分方便。

(2) 定时/计数控制功能。PLC 提供若干定时器与计数器。定时器替代继电器线路中的时间继电器, 设定值(定时时间)可编程设定、修改。计数器计数到编程设定、修改的设定值时产生状态变化, 以完成对某个工作过程的计数控制。对高频信号计数时, 可选择高速计数器。

(3) 步进控制功能。步进电动机输出的角位移或直线位移与输入脉冲数成正比, 转速  $n$  或线速度  $v$  与脉冲频率成正比, 通常作为定位控制和定速控制的参数, 广泛应用于数控机床、打印机等控制系统中。控制步进脉冲的个数, 可以对电动机精确定位; 控制步进脉冲信号的频率, 可以对电动机精确调速。

(4) 运动控制功能。运动控制是指对直线或圆周运动的控制, 也称为位置控制。世界上各主要 PLC 厂家的产品几乎都有运动控制功能, 包括脉冲输出功能、模拟量输出等, 广泛用于各种机械、机床、机器人、电梯等的控制场合。

(5) 过程控制功能。过程控制是指在工业生产中对温度、压力、流量、液位等连续变化的物理量(即模拟量)的闭环控制。目前, PLC 采用相应的 A/D 和 D/A 转换模块及编制各种各样的控制算法程序, 来处理模拟量, 完成闭环控制。简单而优秀的 PID 调节是一般闭环控制系统中用得较多的调节方法, 如 PID 模块、PID 子程序在冶金、化工、热处理、锅炉等过程控制场合有非常广泛的应用。

(6) 数据处理功能。现代 PLC 具有数学运算(含矩阵、函数、逻辑运算)、数据传送、移位、数制转换、排序、查表、位操作、编码和译码等功能, 可以完成数据的采集、分析及处理工作。数据处理一般用于大型过程控制系统, 如无人柔性制造系统。

(7) 通信联网功能。PLC 具有通信联网的功能, 使 PLC 间、PLC 与计算机及其他智能设备间能够交换信息, 形成一个统一整体, 实现分散集中控制。随着计算机控制技术的发展, 工厂自动化网络飞速发展。

(8) 其他功能。PLC 设置了较强的监控功能, 为调试和维护提供极大的方便。PLC 还有一个停电记忆功能。

#### 2. PLC 的特点

可靠、安全、灵活、方便、经济的 PLC 能迅速发展, 被广泛应用, 决定于它的以下突出特点。

(1) 可靠性高、抗干扰能力强。PLC 采取一系列软件和硬件的抗干扰措施, 可承受幅值为 1000V、上升时间为 1ns、脉冲宽度为 1 $\mu$ s 的干扰脉冲, 具有很强的抗干扰能力, 平均无故障工作时间可达几十万小时。

(2) 控制功能强。现代 PLC 不仅有逻辑运算、计时、计数、顺序控制等功能, 还具有

数字和模拟量的输入/输出、功率驱动、通信、人机对话、自检、记录显示等功能。既可用 PLC 控制一台生产机械、一条生产线，又可控制一个生产过程，还可通过通信联网实现分散控制与集中管理。

(3) 用户维护工作量少。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灵活方便地配置，组成不同功能、不同规模的系统，安装接线也很方便。硬件配置确定后，只需通过修改用户程序，就能适应工艺条件的变化。

(4) 编程简单、使用方便。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，并用它来编制用户程序。编程人员在熟悉工艺流程、熟练掌握 PLC 指令的情况下，语句编程会变得十分简单。

(5) 设计、安装、调试周期短。PLC 的软件功能替代继电器控制系统中大量中间继电器、时间继电器等，使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少，缩短了施工周期。用户程序可先在实验室模拟调试，再在生产现场进行安装和接线，统调过程中发现的问题一般通过修改程序就可以解决。

(6) 易于实现机电一体化。PLC 体积小、重量轻、功耗低、抗振防潮和耐热能力强，这些功能使之易于安装在机器设备内部，制造出机电一体化产品。目前，以 PLC 来控制 CNC 设备和机器人已成为典型的应用方式。

### 1.1.3 PLC 的分类

PLC 的种类繁多，为有利于选型，可多方位对 PLC 进行分类：一是按控制规模大小；二是按控制性能高低；三是按结构形式。另外，还可按流派、产地、厂家进行分类。

#### 1. 按控制规模、点数和功能来分类

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数，简称 I/O 点数。按照点数的多少可将 PLC 分为微型机、小型机、中型机、大型机和超大型机等。PLC 在发展，它的 I/O 点数域、内存容量域也在发展，以下另类仅供参考。

(1) 微型机：I/O 点数在 64 点以内，单 CPU，内存容量为 256 ~ 1000 字节。如兰州全志电子公司的 RD100 (D9+4 点、A2 路) 系列 PLC。

(2) 小型机：I/O 点数在 64 ~ 256 范围内，单 CPU，内存容量为 1 ~ 3.6KB。如兰州全志电子公司的 RD200 (D64 点、A12 路) 系列 PLC，欧姆龙的 CQM1 (D192 点、A44 路、3.2 ~ 7.2KB、0.5 ~ 10ms/KB)，西门子的 S7-200 (D248 点、A35 路、2KB、0.8 ~ 1.2ms/KB)，三菱的 FX[OS、ON1S、1N、2N(C)、3U(C)、3G]，无锡华光的 SR-20/21 等。

(3) 中型机：I/O 点数在 256 ~ 2048 范围内，双 CPU，内存容量为 3.6 ~ 13KB。如西门子的 S7-1200 (D286 点、A52 路、50KB)、S7-300 (D1024 点、A128 路、32KB、0.8 ~ 1.2ms/KB)，欧姆龙的 C200HG (D1184 点、15.2 ~ 31.2KB、0.15 ~ 0.6ms/KB、MPI)，无锡华光的 SR-400，GE 的 GE-III。

(4) 大型机：I/O 点数在 2048 以上，多 CPU，内存容量为 13KB 以上。如西门子的 S7-400 (12672 点、512KB、0.3ms/KB)、S5-155U，AEG 公司的 A500 (5088 点、62KB/64KB、1.3ms/KB)，富士公司的 F200 (3200 点、32KB、2.5ms/KB)，欧姆龙的 CV2000 (2048 点、62KB、0.125ms/KB)，三菱的 Q 系列。

### 2. 按控制性能来分类

PLC 可以分为低档机、中档机和高档机。

(1) 低档机。低档 PLC 具有基本的控制功能和一般的运算能力, 工作速度比较低, 能带的输入 / 输出模块的数量比较少。比如欧姆龙的 C60P 属于这一类。

(2) 中档机。中档 PLC 具有较强的控制功能和较强的运算能力, 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, 能带的 I/O 模块的数量比较多, 种类也比较多。比如西门子的 S7-200、S7-300 属于这一类。

(3) 高档机。高档 PLC 具有强大的控制功能和强大的运算能力, 不仅能完成逻辑运算、三角函数运算、指数运算和 PID 运算, 还能进行复杂的矩阵运算, 工作速度很快, 能带的 I/O 模块的数量很多, 种类也很全面。这类 PLC 可以完成规模很大的控制任务, 在联网中一般作为主站使用。比如西门子的 S7-400 属于这一类。

### 3. 按结构形式来分类

从 PLC 硬件结构形式上可将其分为整体式结构、模块式结构和叠装式结构。

(1) 整体式结构。一般的小型及微型 PLC 多为整体式结构, 这种 PLC 是把 CPU、RAM、ROM、I/O 接口及与编程器或 EPROM 写入器相连的接口、I/O 端子、电源、指示灯等都装配在一起的整体装置。其优点是结构紧凑、体积小、成本低, 安装方便, 缺点是主机的 I/O 点数固定, 使用不灵活。GE 的 GE-I/J 系列 PLC 为整体式结构。

(2) 模块式结构。模块式结构又叫积木式结构, 其特点是把 PLC 的每个工作单元都制成独立的模块, 按控制系统需要选取模块并插到实质为总线的母板上, 即构成一个完整的 PLC。这种结构非常灵活, 安装、扩展、维修都很方便, 缺点是体积比较大。常见的模块式结构的 PLC 产品有 OMRON 公司的 C200H、C1000H、C2000H, SIEMENS 公司的 S5-115U、S7-300、S7-400 系列等。

(3) 叠装式结构是将整体式和模块式结合起来, 它除基本单元外还有扩展模块和特殊功能模块, 配置比较方便。西门子的 S7-200、S7-1200 系列 PLC 为叠装式。

### 4. 按生产厂家分类

美国、欧洲、日本三个流派中比较有影响的厂家有: ①生产 C 系列 PLC 的日本欧姆龙 (OMRON) 公司; ②生产 F、F1、F2、FX2 系列 PLC 的日本三菱 (MITSUBISHI) 公司; ③生产 FP1 系列 PLC 的日本松下 (PANASONIC) 电工公司; ④生产 GE 系列 PLC 的美国通用电气 (GE) 公司; ⑤生产 PLC-5 系列 PLC 的美国艾论 - 布拉德利 (A-B) 公司; ⑥生产 S5、S7 系列 PLC 的德国西门子 (SIEMENS) 公司; ⑦生产 A300、500 系列 PLC 的德国 AEG 公司; ⑧生产 TSX7-40 系列 PLC 的法国施耐德电气公司。

#### 1.1.4 PLC的发展概况和发展趋势

##### 1. 国外 PLC 发展概况

PLC 自问世以后经过五十多年的发展, 在美国、德国、日本等工业发达国家已成为重要的产业之一, 其世界总销售额不断上升、生产厂家不断涌现、品种不断翻新, 产量产值大幅度上升而价格则不断下降。

## 2. 技术发展动向

(1) 产品规模向大、小两个方向发展。PLC 大型化如西门子的 S7-400、S5-155U，主要表现在大中型 PLC 向高功能、大容量、智能化、网络化方向发展，I/O 点数可达几十万（如 GE90-70 有 24K 数字点+8K 模拟量，S7-417-4 有 256K 数字点+8K 模拟量）、微处理器为 32 位、多个 CPU 并行工作、扫描速度高速化（0.1ms/千步），与计算机组成集成综合控制系统。

PLC 小型化的表现：性能、可能性越来越高；体积越来越小、功能越来越强；应用专业性使控制质量大大提高；小型模块化结构增加了配置的灵活性并降低了成本。我国台湾广成公司生产的超小型 PLC，其外观尺寸为 20mm×26mm×30mm，由 24 个零件组成，功能集成于一个芯片，整合 16 种器件，命名为 SPLC。

(2) PLC 在闭环过程控制中应用日益广泛。当今自动控制技术都是基于反馈的概念，在对温度、压力、流量等模拟量进行控制的闭环控制系统中（过程控制），通过 PLC 能编制简单易行的 PID 调节控制算法程序。PID 控制器的输入  $e(t)$  与输出  $u(t)$  的关系为

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

它的传递函数为

$$G_0(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

使用它时，只需根据过程的动态特性及时整定三个参数（ $K_p$ 、 $K_i$  和  $K_d$ ）或使用其中之一（比例）到两个单元即可。对非线性或时变的工业过程，简化成基本线性和动态特性不随时间变化的系统，就可用 PID 控制了。

(3) 网络通信功能不断增强。PLC 具有计算机集散系统（DCS）的功能，它的网络化和强化通信能力使多个 PLC、多个 I/O 模块相连，并与工业计算机、以太网等构成整个工厂的自动控制系统，现场总线（Field Bus）及智能化仪表的控制系统（Field Bus Control System, FCS）将逐步取代 DCS。计算机信息处理技术、网络通信技术和图形显示技术，使生产控制功能和信息管理功能融为一体。

(4) 新器件和模块不断推出。高档的 PLC 除了具有处理速度提高的 CPU 外，还有带微处理器的多种多样的专用化模块，使 PLC 在实时性精度、分辨率、人机对话等方面进一步得到改善和提高。研制检测占 PLC 系统故障总量 80% 的外部故障的专用智能模块，使系统的可靠性进一步提高。

新型的可编程序自动化控制器（PAC），用于描述结合了 PLC 和 PC 功能的新一代工业控制器。可编程计算机控制器（PCC）的控制周期可以在 CPU 运算能力允许的前提下，按照用户的实际要求进行调整。

(5) 编程工具丰富多样，功能不断提高，编程语言多样化、标准化。编程器或编程软件采用梯形图、功能图、语句表等语言可作过程模拟仿真，面向顺序控制的步进编程语言、顺序功能图（SFC）标准化语言、面向过程控制的流程图语言、与计算机兼容的高级语言（BASIC、PASCAL、C、FORTRAN 等）等得到应用。基于 Windows 的 Visual C++、Visual Basic 等可视化编程软件，组态软件（如全集成的 STEP 7 Basic 等）使编程简单化且工作量小。多种编程语言的并存、互补与发展是 PLC 进步的一种趋势。

(6) 发展容错技术等以提高控制系统可靠性。人们将自诊断技术、冗余技术、容错技术应用用于 PLC 中，推出了高可靠性的冗余系统，并采用热备用或并行工作、多数表决的工作方式。

(7) 实现硬件、软件的标准化。IEC 在其下设 TC65 的 SC65B 中，专设 WGT 工作组制定 PLC 国际标准，对 PLC 未来发展制定一种方向或框架，如 IEC 1131—1、2、3、4、5。系统的开放使第三方的软件能方便地在符合开放系统标准的 PLC 上得到移植，标准化硬件、标准化软件缩短了系统的开发周期。80% 的 PLC 应用可利用 20 条梯形逻辑指令集来解决，称为“80-20”法则。

### 3. 国内发展及应用概况

我国的 PLC 产品的研制和生产经历了三个阶段：1973 ~ 1979 年，顺序控制器阶段；1979 ~ 1985 年，以位处理器为主的工业控制器阶段；1985 年以后，8、16、32 至 64 位微处理器的 PLC 阶段。在对外开放政策的推动下，大量国外 PLC 产品进入我国市场，一部分随成套设备进口。如宝钢一、二、三期工程，还有咸阳显像管厂、秦皇岛煤码头、汽车厂等。国产的 PLC 有兰州全志电子公司的 RD100/RD200、上海东屋电器有限公司的 CF、杭州机床集团有限公司的 DKK 及 D、大连机床集团有限公司的 S、苏州电子计算机厂的 YZ 等系列 PLC。

可以预料，随着我国现代化进程的深入，PLC 发展的天地将更加广阔，技术含量将越来越高。随着西部及广大地区水力发电的大规模开发，全面建设基于 PLC 控制的分层分布式计算机监控系统的水力发电控制工程，是一个生机盎然的领域。高功能、高速度、高集成度、容量大、体积小、成本低、通信联网功能强将是 PLC 的发展趋势。

## 1.2 PLC的基本结构和各部分作用

PLC 是微型计算机技术和继电器常规控制概念相结合的产物。在广义上，PLC 也是一种计算机系统，更强的与工业过程相连接的 I/O 接口、更适用于控制要求的编程语言，更适用于工业环境的抗干扰性能，由硬件系统和软件系统两大部分组成。其硬件系统结构与微型计算机硬件系统基本相同，主要由中央处理单元、存储器、电源、输入/输出单元、接口单元及处理设备组成，如图 1-1 所示。

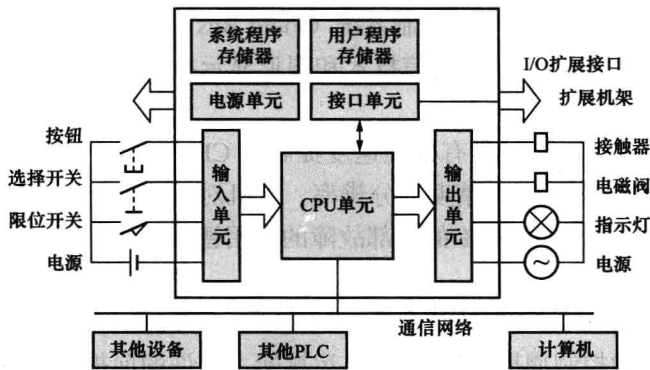


图 1-1 PLC 的组成

PLC 也是一种计算机系统，更强的与工业过程相连接的 I/O 接口、更适用于控制要求的编程语言，更适用于工业环境的抗干扰性能，由硬件系统和软件系统两大部分组成。其硬件系统结构与微型计算机硬件系统基本相同，主要由中央处理单元、存储器、电源、输入/输出单元、接口单元及处理设备组成，如图 1-1 所示。

### 1.2.1 中央处理单元

与通用微型计算机一样，中央处理单元（Central Processing Unit, CPU）又称为微处理机，是 PLC 的核心部分、控制中枢，由微处理器和控制接口电路组成，包括三个部分：时序控制电路、算术逻辑运算器、存储器。但 CPU 中的存储器指的是暂存器（Register），而不是 RAM 或 ROM。CPU 接至外部的线路有控制、地址、数据三种线路，CPU 处理来自输入单元的资

料, 处理完毕后再交由输出单元输出。CPU 风扇用来散热, 增加 CPU 的执行效率。

PLC 常用的微处理器主要有通用微处理器 (Z80、8086、80286)、单片微处理器 (8031、8096)、位片式微处理器 (AMD29W) 三类, 一般小型 PLC 多采用 8 位微处理器或单片机 (Z80A、8085、8031); 中型 PLC 多采用 16 位微处理器或单片机 (Intel8086、Intel96); 大型 PLC 多采用高速位片式微处理器或 32 位字长的单片机。PLC 可由双 CPU 构成冗余系统、三 CPU 构成表决系统, 甚至于由 8 个 CPU 进一步提高系统的可靠性, 即使某个 CPU 出现故障, 整个系统仍能正常运行, 平均无故障工作时间达几十万小时。

控制接口电路是微处理器与主机内部其他单元进行联系的部件, 主要有数据缓冲、单元选择、信号匹配、中断管理等功能。微处理器通过它来实现与各个内部单元之间的可靠的信息交换和最佳的时序配合。

暂存器 (Register) 设于 CPU 内部的存储器中, 用来暂存资料; 累加器用来存放运算的结果; 程式计数器用来存放下一个要执行指令的位置; 指令暂存器用来暂存从存储器中提取的运算码, 以便送到解码; 旗标暂存器用来显示 CPU 的状态或运算结果; 存储器地址暂存器用来储存要存取的指令或资料的地址; 存储器资料暂存器用来储存由主存储器存入或取出的资料。

在 PLC 中, CPU 按系统程序赋予的功能指挥 PLC 有条不紊地进行工作。

## 1.2.2 存储器单元

存储器 (内存) 一般采用半导体存储器单元 (Memory Unit), 它的参数有存储容量和存取时间, 按照物理性能分为随机存储器 (Random Access Memory, RAM) 和只读存储器 (Read Only Memory, ROM)。存储器主要用于存放系统程序、用户程序及工作数据。

随机存储器 (RAM, 读/写存储) 最为重要, 存取速度最快, 是由一系列寄存器阵组成的, 每位寄存器可以代表一个二进制数, 在刚开始工作时, 它的状态是随机的, 只有经过置“1”或清“0”的操作后, 它的状态才确定。若关断电源, 则状态丢失, 这种存储器可以进行读、写操作, 主要用来存储 I/O 状态和计数器、定时器以及系统组态的参数。为防止断电后数据丢失, 可由锂电池支持进行数据保护, 一般可存 5 年, 电池电压降低时欠电压指示灯发光, 提醒用户更换电池。

只读存储器 (ROM) 是一种只能读取而不能写入资料的记忆体, 一般存放基本程序和数据。在制造 ROM 的时候, 信息 (数据或程序) 就被存入并永久保存, 即使机器掉电, 这些数据也不会丢失, 信息可保留 10 年左右。只读存储器有两种, 一种是不可擦除 ROM, 信息只能写入一次、不能改写; 另一种是信息可擦除并重写 ROM, 如 EPROM, 紫外线照射 EPROM 芯片透明窗口, 能擦除其全部内容还有一种 E<sup>2</sup>PROM, 也称为 EEPROM, 可实现系统电擦除和写入。

铁电存储器 (Ferroelectric Random Access Memory, FRAM), 是利用铁电晶体的铁电效应实现数据存储的非易失性存储器。铁电存储器独一无二, 能兼容 RAM 的一切功能, 能够像普通 ROM 一样使用, 具有非易失性的存储特性。它在两类存储类型间搭起了一座跨越沟壑的桥梁, 是一种非易失性的 RAM。

各种 PLC 的最大寻址空间是不同的, 但 PLC 存储空间按用途不同都可分为以下三个区域。

### 1. 系统程序存储区

系统程序存储区中存放着 PLC 厂商编写的系统监控程序, 包括系统管理程序、用户指

令解释程序、供系统调用的标准程序模块、功能子程序、系统诊断子程序以及各种系统参数等，由制造厂商将其固化在 EPROM 中，用户不能直接存取。系统程序相当于 PLC 的操作系统，和硬件一起决定了 PLC 的性能。

### 2. 系统 RAM 存储区

系统 RAM 存储区包括 I/O 映像区、参数区以及系统各类软设备，如逻辑线圈、数据寄存器、定时器、计数器、变址寄存器、累加器等存储区。

(1) I/O 映像区：存储单元 (RAM) 中存放 I/O 状态和数据的区域称作 I/O 映像区，一个开关量 I/O 占用存储单元中的一个位 (bit)，一个模拟量 I/O 占用存储单元中的一个字 (16bit)。整个 I/O 映像区包括开关量 I/O 映像区、模拟量 I/O 映像区。

(2) 参数区：存放 CPU 的组态数据，如果在编程软件或其他编程工具上未进行 CPU 的组态，则系统以默认值进行自动配置。

(3) 系统软设备存储区：PLC 内部各类软设备如逻辑线圈、数据寄存器、定时器、计数器、变址寄存器、累加器等存储区，分为失电保持存储区和无失电保持存储区。

逻辑线圈与开关输出一样，每个逻辑线圈占用系统 RAM 存储区中的一个位，但不能直接驱动外设，只供用户在编程中使用，类似于继电控制中的中间继电器。数据寄存器与模拟量 I/O 一样，每个数据寄存器占用系统 RAM 存储区中的一个字 (16 bit)。

### 3. 用户程序存储区

用户程序存储区存放用户编写的控制被控对象的应用程序，为调试、修改方便，先存放在随机存储器 (RAM) 中，经运行考核、修改完善，达到设计要求后，再固化到 EPROM 中，替代 RAM。

#### 1.2.3 电源单元

电源单元 (Supply Unit) 是 PLC 的电源供给部分，把外部供应的电源转换成系统内部各单元所需的电源。一般交流电压波动在 +10% (或 15%) 范围内，可以不采取其他措施 (如 UPS) 而将 PLC 直接连接到交流电网上去。电源的交流输入端一般都设有脉冲 RC 吸收电路或二极管吸收电路，交流输入电压范围一般比较宽，抗干扰能力比较强。

PLC 还需要直流电源。一般直流 5V 供 PLC 内部使用，直流 24V 供输入 / 输出端和各种传感器使用，有的还向开关量输入单元连接的现场无源开关提供直流电源，设计选择时应注意保证直流不过载。

电源单元还包括掉电保护电路 (配有大容量电容) 和后备电池电源，以保证 RAM 在外部电源断电后存储的内容还可保持 50h。

#### 1.2.4 输入/输出单元

输入 / 输出单元 (Input/Output Unit) 由输入模块、输出模块和功能模块构成，是 PLC 的 CPU 与现场输入、输出装置或其他外部设备之间的连接接口部件。PLC 通过输入模块把工业设备或生产状态或信息读入中央处理单元，通过用户程序的运算与操作，把结果通过输出模块输出给执行单元。PLC 提供了各种操作电平与驱动能力的 I/O 模块，以及各种用途的 I/O 组件：I/O 电平转换、电气隔离、串 / 并行转换、数据传送、A/D 转换、D/A 转换、误码校验等。I/O 模块可与 CPU 放在一起，也可远程放置，通常 I/O 模块上还具有状

态显示和 I/O 接线端子排。I/O 模块及其接口的主要类型有：数字量（开关量）输入、数字量（开关量）输出、模拟量输入、模拟量输出等。

输入模块将现场的输入信号经滤波、光耦合隔离、电平转换等，变换为中央处理器能接收的和识别的低电压信号并锁存，送交中央处理器进行运算；输出模块则将中央处理器输出的低电压信号变换、光耦合、放大为能被控制器件接收的电压、电流信号，以驱动信号灯、电磁阀、电磁开关等。I/O 电压一般为 1.6 ~ 5V，低电压能解决耗电过大和发热过高的问题。

如图 1-2 所示，PLC 输入电路按外接电源的类型不同，可分为直流输入电路、交流输入电路和交直流输入电路；按 PLC 输入模块公共端（COM 端）电流的流向不同，可分为源输入电路和漏输入电路；按光耦发光二极管公共端的连接方式不同，可分为共阳极和共阴极输入电路。

图 1-3 所示为直流输入电路的一种形式（只画出一路输入电路），当外部线路开关闭合时，PLC 内部光耦的发光二极管点亮，光敏晶体管饱和导通，该导通信号再传送给处理器，从而 CPU 认为该路有信号输入；外界开关断开时，光耦中的发光二极管熄灭，光敏晶体管截止，CPU 认为该路没有信号。

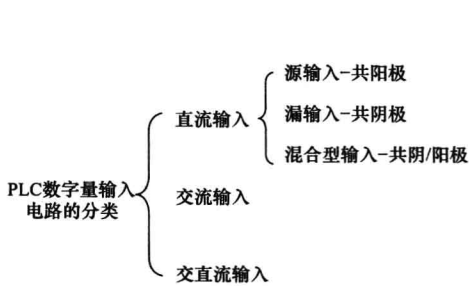


图 1-2 PLC 输入电路的分类

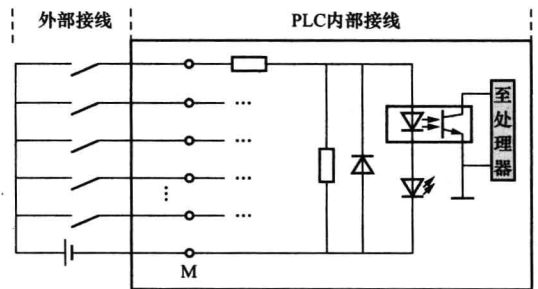


图 1-3 直流输入电路

交流输入电路如图 1-4 所示，可以看出，它与直流输入电路的主要区别是增加了一个整流的环节。交流输入的输入电压一般为交流 120V 或交流 230V。交流电经过电阻 R 的限流和电容 C 的隔离（去除电源中的直流成分），再经过桥式整流变为直流电，其后工作原理和直流输入电路一样，不再赘述。

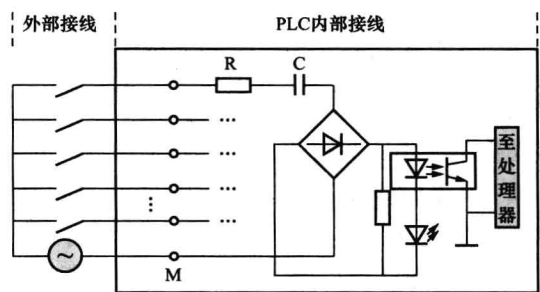


图 1-4 交流输入电路

由于交流输入电路中增加了限流、隔离和整流三个环节，因此输入信号的延迟时间要比直流输入电路的要长，这是其不足之处。但由于其输入端是高电压，因此输入信号的可靠性要比直流输入电路要高。一般交流输入方式用于有油雾、粉尘等恶劣环境中，对响应性要求不高的场合，而直流输入方式用于环境较好，电磁干扰不严重，对响应性要求高的场合。



源型输入——共阳极电路如图 1-5 所示，此时电流从 PLC 公共端（COM 端或 M 端）流进，而从输入端流出，即 PLC 公共端外接外接直流电源的正极。在多路输入情况下，所有输入的二极管阳极相连，就构成了共阳极电路。

图 1-6 所示的电路是漏型输入——共阴极电路的形式，此时电流的流向正好和源型电路相反。漏型输入电路的电流是从 PLC 的输入端流进，而从公共端流出，即公共端外接外接电源的负极。如果所有输入回路的二极管的阴极相连，就构成了共阴极电路，如图 1-6 所示。

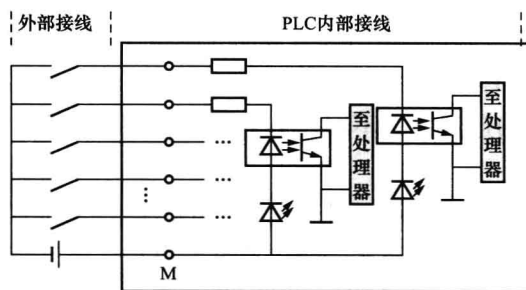


图 1-5 源型输入——共阳极电路

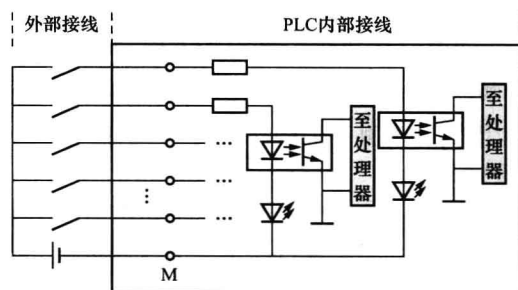


图 1-6 漏型输入——共阴极电路

还有一种混合型输入电路，PLC 公共端既可以流出电流，也可以流出电流（即 PLC 公共端既可以接外接电源的正极，也可以接负极，例如 S7-200），同时具有源输入电路和漏输入电路的特点，把这种输入电路称为混合型输入电路。作为源输入时，公共端接电源的正极；作为漏输入时，公共端接电源的负极。

需要说明的是，西门子和三菱关于“源输入”和“漏输入”电路的划分正好相反，以上介绍的是西门子的划分方法，在应用过程中应注意。西门子 S7-300/400 系列 PLC 的直流输入模块大多为漏型输入（公共端接外部电源的负极）。在 S7-300 系列 PLC 中，只有 SM321-IBH50-0AA0 输入模块为源输入（公共端接正），S7-400 系列 PLC 中则没有源输入模块。小型 PLC S7-200 的输入模块则全部为混合型输入形式，大项目中不建议使用，因其输入形式虽然接线方便，但容易造成电源的混乱。

PLC 的输出模块类型有继电器、晶体管、双向晶闸管三种方式。继电器输出的价格便宜，既用于驱动交流负载，又用于直流负载，适用的电压范围较宽、导通压降小，同时承受瞬时过电压和过电流的能力较强，但属于有触点元件，动作速度较慢（驱动感性负载时触点动作频率不得超过 1kHz）、寿命较短、可靠性较差，只能适用于不频繁通断的场合；对于频繁通断的负载，应选用晶闸管输出或晶体管输出，它们属于无触点元件，晶闸管输出只能用于交流负载，而晶体管输出只能用于直流负载。

直流输出模块的电路原理图如图 1-7 所示，其输出电路采用晶体管驱动，所以也称晶体管输出模块。其输出方式一般为集电极输出，外加直流负载电源，带负载的能力一般每一个输出点为 0.75A 左右。因为晶体管输出模块为无触点输出模块，所以使用寿命比较长。

直流输出模块的工作原理是，当 CPU 根据用户程序的运算把输出信号送入 PLC 的输出映像区后，通过内部总线把输出信号送到输出锁存器中。输出锁存器的对应位为“1”时，其对应的晶体管 VT 导通，发光二极管 LED 发光。其中，发光二极管指示该位的输出为 ON 状态，晶体管 VT 则把负载 L 和电源隔断，使得负载 L 不会获得电流。当晶体管由导通变为截