



S7-1200 PLC 编程设计与案例分析

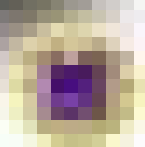
朱文杰○编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

S7-1200 PLC 编程设计

第2版



机械工业出版社

S7-1200 PLC

编程设计与案例分析

朱文杰 编著



机械工业出版社

本书介绍了西门子公司的新型 S7-1200 PLC。全书共分 6 章。第 1 章综述了 PLC 的基础知识以及 S7-1200 PLC 的部件、特点和安装；第 2 章详细描述了 S7-1200 PLC 及其各种模块的硬件特性、STEP 7 Basic 软件功能与组态；第 3 章详细解了 S7-1200 PLC 的编程指令；第 4 章深化了 S7-1200 PLC 的若干视点；第 5 章讲述了构建 PROFINET 通信网络的知识点；第 6 章给出了几段 S7-1200 PLC 控制水电站设备的实用程序，供读者参考、举一反三。

本书遵循教育规律，内容阐述循序渐进，深入本质，切中要害，结构合理严谨，概念准确，易读易懂。

本书可作为高职、高专及本科院校自动化专业的课程教材、毕业设计指导教材，也可供相关工程技术人员、注册工程师阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

S7-1200 PLC 编程设计与案例分析/朱文杰编著. —北京：机械工业出版社，2011.3

ISBN 978-7-111-33335-7

I. ①S… II. ①朱… III. ①可编程序控制器 - 程序设计
IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 018428 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：赵 任 责任编辑：任 鑫 版式设计：霍永明

责任校对：陈立辉 封面设计：陈 沛 责任印制：乔 宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2011 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 30.5 印张 · 755 千字

0001 - 3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-33335-7

定价：78.00 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

读者购书热线：(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着科学技术的进步和微电子技术迅猛发展，可编程序控制器（PLC）技术已广泛应用于各行业自动化控制领域，在现代工业企业的生产、加工与制造过程中起到了十分重要的作用。PLC 功能不断提升，并以其可靠性高、操作简便等特点，已经形成一种工业趋势，特别是具有网络功能的 PLC 更具优势。

2009 年 5 月，西门子中国公司推出了全新的小型 S7-1200 PLC。这种低端极具竞争力的控制器，灵活而易于扩展，并集成有 PROFINET 接口，可进行高速计数、脉冲输出、运动控制，与编程软件 STEP 7 Basic V10.5、KTP 精简系列形成统一工程系列，为自动化领域小型紧凑、复杂的自动化任务提供了整体解决方案。

西门子 PLC 广泛应用于我国各行各业，如水利、电力、热网、汽车制造、矿产、钢铁、烟草、化工、饮料加工等行业中。本书以西门子 S7-1200 PLC 为叙述对象，对其原理、硬件、软件、编程指令等进行了细致的解析，最后在作者多年教学与科研工作的基础上，初步设计了几段控制水电站设备的程序，供读者参考。

由于作者水平有限，本书难免存在各种不足与缺点，希望广大读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 PLC 基础知识与 S7-1200 PLC

入门..... 1

1.1 PLC 的产生与发展..... 1

1.1.1 PLC 的产生、定义..... 1

1.1.2 PLC 的主要功能及特点..... 2

1.1.3 PLC 的分类..... 4

1.1.4 PLC 的发展概况和发展趋势..... 6

1.2 PLC 的基本结构与工作原理..... 9

1.2.1 PLC 的基本结构和各部分作用..... 9

1.2.2 PLC 的工作原理..... 14

1.2.3 PLC 的编程语言..... 22

1.3 S7-1200 PLC 及其相关部件简介..... 25

1.3.1 S7-1200 PLC 具有多种

CPU 型号..... 26

1.3.2 扩展 CPU 的能力..... 27

1.3.3 HMI 显示面板..... 28

1.3.4 STEP 7 Basic 编程软件..... 29

1.3.5 在线信息和帮助系统..... 44

1.4 S7-1200 PLC 在同系列产品

中的优势..... 46

1.4.1 硬件的改进使 S7-1200 PLC

拥有强大功能..... 46

1.4.2 STEP 7 Basic V10.5 编程软件..... 50

1.5 S7-1200 PLC 的安装..... 56

1.5.1 布置与布局..... 56

1.5.2 安装和拆卸步骤..... 58

1.5.3 接线准则..... 64

第 2 章 S7-1200 PLC 的硬件、软件与

设备配置..... 67

2.1 S7-1200 PLC 的硬件..... 67

2.1.1 S7-1200 PLC 的 CPU..... 68

2.1.2 S7-1200 PLC 的信号板、信号

模块..... 85

2.1.3 S7-1200 PLC 的集成通信口与

通信扩展模块..... 102

2.1.4 存储卡..... 109

2.1.5 输入仿真器和电源模块..... 111

2.1.6 精简系列面板..... 112

2.2 STEP 7 Basic 编程软件..... 115

2.2.1 STEP 7 Basic 综述..... 115

2.2.2 安装 STEP 7 Basic 软件..... 116

2.2.3 初尝 TIA Portal 软件..... 122

2.3 S7-1200 PLC 的设备配置..... 154

2.3.1 添加 CPU 与检测未指定

CPU 的组态..... 154

2.3.2 组态 CPU 及模块的运行..... 156

2.3.3 创建网络连接并组态 IP 地址..... 159

2.4 创建简单锁存电路并完成用户程序..... 163

2.4.1 创建简单锁存电路..... 163

2.4.2 完成用户程序..... 170

2.4.3 使用监视表格进行监视..... 175

第 3 章 S7-1200 PLC 的编程指令..... 181

3.1 位逻辑指令..... 181

3.1.1 触点和线圈等基本元素指令..... 181

3.1.2 置位和复位指令..... 183

3.2 定时器与计数器指令..... 187

3.2.1 定时器指令..... 187

3.2.2 计数器指令..... 191

3.3 比较指令..... 198

3.3.1 大小比较指令..... 198

3.3.2 范围内和范围外指令..... 200

3.3.3 OK 和 NOT_OK 指令..... 200

3.4 数学运算指令与逻辑运算指令..... 201

3.4.1 数学运算指令..... 201

3.4.2 逻辑运算指令..... 206

3.5 移动指令与转换指令	209	4.3.3 对 PLC 变量进行强制	299
3.5.1 移动指令	209	4.4 创建 PID 控制	300
3.5.2 转换指令	212	4.4.1 定义 PID 控制器及其回路	300
3.6 程序控制指令和移位/循环指令	215	4.4.2 创建 PID 控制器的组织块	302
3.6.1 程序控制指令	215	4.4.3 创建工艺对象 PID 控制器	303
3.6.2 移位和循环指令	216	4.4.4 组态 PID 控制器	305
3.7 时钟和日历指令	218	4.4.5 在线模式下激活 PID 控制器	308
3.7.1 日期和时间指令	218	4.5 交叉参考表与程序信息	310
3.7.2 时钟指令	220	4.5.1 交叉参考表	310
3.8 字符串转换和字符串指令	222	4.5.2 分配表	315
3.8.1 String 数据概述	222	4.5.3 调用结构	319
3.8.2 字符串转换指令	222	4.5.4 附属结构与资源	322
3.8.3 字符串操作指令	227	4.6 将 HMI Basic Panel 的时间与	
3.9 扩展的程序控制指令和通信指令	233	S7-1200 PLC 同步	324
3.9.1 扩展的程序控制指令	233	4.6.1 创建一个时间函数	324
3.9.2 开放式以太网通信指令	236	4.6.2 组态 HMI Basic Panel	326
3.9.3 点对点通信指令	244	4.6.3 使用时间函数	333
3.10 中断、PID、脉冲、运动控制和		4.7 S7-1200 PLC 的模拟量处理	335
全局库指令	254	4.7.1 连接传感器到 S7-1200 PLC 的	
3.10.1 中断指令	254	模拟量模块	335
3.10.2 PID 控制和脉冲指令	259	4.7.2 使用模拟量 0~20mA 信号模块	
3.10.3 运动控制指令	263	和信号板测量 4~20mA	
3.10.4 全局库指令	267	信号	336
第 4 章 S7-1200 PLC 深化	272	第 5 章 构建 PROFINET 通信网络	340
4.1 国际标准与 S7-1200 PLC 的编程		5.1 通信网络的基础与国际标准	340
语言	272	5.1.1 开放系统互连模型的七层结构	340
4.1.1 工业自动化系统控制逻辑组态软件		5.1.2 IEEE 802 通信标准	345
标准 IEC 61131	272	5.1.3 现场总线及其标准	346
4.1.2 西门子 PLC 的几种编程语言	273	5.2 西门子工业自动化通信网络与	
4.1.3 S7-1200 PLC 的编程语言	275	S7-1200 PLC 的以太网通信	351
4.2 存储区、寻址、数据类型和		5.2.1 工业以太网与 PROFINET	351
用户程序	278	5.2.2 S7-1200 PLC 的以太网通信	360
4.2.1 S7-1200 PLC 的存储区与寻址	278	5.3 与编程设备、HMI 到 PLC 及 PLC	
4.2.2 S7-1200 PLC 支持的数据类型	280	到 PLC 的通信	372
4.2.3 用户程序的设计与执行	286	5.3.1 与编程设备的通信	372
4.3 S7-1200 PLC 的变量表	291	5.3.2 HMI 到 PLC 的通信	375
4.3.1 添加并修改 PLC 的变量表	291	5.3.3 PLC 到 PLC 的通信	376
4.3.2 设置 PLC 变量	295	5.3.4 多个通信设备的网络连接	378

5.3.5 引用信息	379	6.1 利用 S7-1200 PLC 控制水电站油压 装置的初步设计	439
5.4 WinCC 通过 OPC 与 S7-1200 PLC CPU 的以太网通信	382	6.1.1 油压装置自动化的必要性与 控制要求	439
5.4.1 OPC 简介	382	6.1.2 油压装置 S7-1200 PLC 控制 系统的硬件设计	440
5.4.2 SIMATIC NET 软件介绍	383	6.1.3 油压装置 S7-1200 PLC 控制 系统的程序设计	441
5.4.3 SIMATIC NET 中 PC 站的组态 步骤	383	6.2 利用 S7-1200 PLC 控制水电站进水口 快速事故闸门的初步设计	446
5.4.4 WinCC 与 S7-1200 PLC CPU 的 OPC 通信	393	6.2.1 进水口快速闸门的液压系统与 自动控制要求	446
5.5 S7-1200 PLC 与 S7-200 PLC 间通过 S7 协议实现通信	395	6.2.2 进水口快速闸门 S7-1200 PLC 控制系统的程序设计	449
5.5.1 S7-1200 PLC 与 S7-200 PLC 连接 通信简介	395	6.3 利用 S7-1200 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	451
5.5.2 S7-1200 PLC 与 S7-200 PLC 连接 的组态	397	6.3.1 机组润滑和冷却系统的自 动化	451
5.5.3 检测 S7-1200 PLC 与 S7-200 PLC 的通信结果	404	6.3.2 机组制动系统的自动化	453
5.6 通过 S7 协议实现 S7-1200 PLC 与 S7-300 PLC 的通信	406	6.3.3 机组调相压水系统的自动化	455
5.6.1 S7-1200 PLC 与 S7-300 PLC 连接通信简介	406	6.4 利用 S7-1200 PLC 治理水力机 组甩负荷抬机	456
5.6.2 S7-1200 PLC 与 S7-300 PLC 连接的组态	407	6.4.1 治理水轮机甩负荷抬机的 必要性与正确思路	456
5.7 通过 TCP 及 ISO-on-TCP 实现 S7-1200 PLC 与 S7-300 PLC 的通信	415	6.4.2 治理水轮机甩负荷抬机的 S7-1200 PLC 控制系统设计	458
5.7.1 一般情况简介	415	6.4.3 治理甩负荷抬机与控制调相 压水合成为一个神经元	464
5.7.2 ISO-on-TCP 通信	416	6.5 S7-1200 PLC 控制水轮发电机组	467
5.7.3 TCP 通信	422	6.5.1 机组自动控制程序的拟定	467
5.8 S7-1200 PLC 与第三方设备实现 自由口通信	423	6.5.2 机组自动控制程序的解析	471
5.8.1 控制系统原理与软、硬件 需求	423	6.5.3 机组事故保护机故障信号 系统	477
5.8.2 组态 CPU 1214C 和超级 终端通信	423	参考文献	480
第 6 章 S7-1200 PLC 应用于水电站 的几个初步设计	439		

第 1 章 PLC 基础知识与 S7-1200 PLC 入门

可编程序控制器 (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、数字技术和通信网络技术而形成的一代新型通用工业自动控制装置。其最基本的目的是用来取代继电器, 执行逻辑、定时、计数等顺序控制功能, 建造柔性的程控系统。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 PLC 的产生与发展

1.1.1 PLC 的产生、定义

1. PLC 的产生

自 1836 年继电器问世, 人们就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。PLC 问世前, 工业控制领域中一直都是以继电器控制器占主导地位的。这种由继电器构成的控制系统有着明显的缺点: 体积大、耗电多、可靠性差、寿命短、运行速度慢, 尤其是对生产工艺多变的系统适应性更差, 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。这造成了时间和资金的严重浪费。

20 世纪 60 年代末, 为了使汽车改型或改变工艺流程时不改动原有继电器柜内的接线, 以便降低生产成本, 缩短新产品的开发周期, 满足生产的需求。美国通用汽车 (GM) 公司为在激烈竞争的汽车工业中占有优势, 1968 年提出了研制新型工业控制装置来替代继电器控制装置, 为此拟定 10 项公开招标技术要求, 其主要内容有:

- 1) 编程简单, 可在现场修改和调试程序;
- 2) 价格便宜, 性价比高于继电器控制系统;
- 3) 可靠性高于继电器控制系统;
- 4) 体积小于有继电器控制柜的体积, 能量消耗少;
- 5) 能与计算机系统数据通信;
- 6) 输入量是交流 115V 电压信号 (美国电网电压是 110V);
- 7) 输出量是交流 115V、2A 以上, 能直接驱动电磁阀等;
- 8) 只需对原系统做较小改动就能扩展;
- 9) 硬件维护方便, 最好是插入式模块结构;
- 10) 用户存储器容量至少可扩展到 4KB 以上 (根据当时的汽车装配过程的要求提出)。

这 10 项指标实际上就是当今 PLC 最基本的功能, 已具备了 PLC 的特点。

美国数字设备 (DEG) 公司根据上述要求于 1969 年研制出世界上第一台型号为 PDP-14 的 PLC, 并在 GM 公司的汽车生产线上获得了成功。这一新技术用于电气控制开创了工业控制的新纪元, 并在工业发达国家迅速发展。1970 年美国 MODICON 公司研制出 084 控制器;

1971 年日本研制成功 DCS-8PLC；1973 ~ 1974 年德国、法国也研制出了自己的 PLC；1977 年我国也研制成功以 MC14500 微处理器为核心的 PLC 并开始在工业中应用。

2. PLC 的定义

由于 PLC 不断发展，因此很难对它进行确切定义。最早的 PLC 专用于替代传统继电器控制装置，功能上只有逻辑计算、计时、计数以及顺序控制等，只能进行开关量控制，故取名为可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller, PLC）。后来随着电子科技的发展及产业应用的需要，控制功能远远超出逻辑控制的范畴；PLC 的功能也日益强大，增加了模拟量、位置控制及网路等功能。1976 年美国电气制造商协会（National Electrical Manufacturers Association, NEMA）经历 4 年调查，于 1980 年将这种新型控制装置正式命名为可编程序控制器（Programmable Controller, PC），为区别于个人计算机（Personal Computer, PC），人们仍习惯称之为 PLC。NEMA 给 PLC 作如下定义：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）于 1982 年 11 月颁布了 PLC 标准草案第一稿，于 1985 年 1 月发表草案第二稿，并在 1987 年 2 月草案第三稿中给 PLC 作如下定义：“PLC 是一种数字运算的电子系统，专为工业环境下应用而设计。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、顺序运算、定时、计数和算术运算等操作的指令，并能通过数字式或模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关的外围设备，都应按照易于与工业控制系统形成一个整体、易于扩展其功能的原则而设计”。

美国电气和电子工程师协会（Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE）将 PLC 定义为：具有编程能力的固态控制系统，类似于继电器根据一定的逻辑而构成的控制系统。继电器逻辑或梯形图，名称的由来是因为使用继电器控制工业设备。不同于硬连线（hard-wired）系统，它具有更强的简易性。继电器逻辑多被用于设计电机线路和继电器整体控制盘。继电器逻辑被称为梯形图逻辑是因为编写出来的程序像是梯子，这与其他高级编程语言如 C++ 或 BASIC 等大不相同，高级语言采用的是文字数字式的字符。

日本电气控制学会对 PLC 的定义是：PLC 是将逻辑运算、顺序控制、时序和计数以及算术运算等控制程序，用一串指令的形式存放到存储器中，然后根据存储的控制内容，经过模拟、数字等输入/输出部件，对生产设备和生产过程进行控制的装置。

以上定义表明，PLC 是一种能直接应用于工业环境的数字电子装置，是以微处理器为基础，结合计算机技术、自动控制技术和通信技术，用面向控制过程、面向用户的“自然语言”编程的一种简单易懂、操作方便、可靠性高的新一代通用工业控制装置。PLC 是基于计算机技术和自动控制理论发展而来的，它既不同于普通的计算机，又不同于一般的计算机控制系统。作为一种特殊形式的计算机控制装置，它在系统结构、硬件组成、软件结构以及 I/O 通道、用户界面诸多方面都有其特殊性。

1.1.2 PLC 的主要功能及特点

1. PLC 的主要功能

(1) 开关逻辑和顺序控制

这是 PLC 应用最广泛、最基本的场合。它的主要功能是完成开关逻辑运算和进行顺序逻辑控制，从而实现各种控制要求。

(2) 模拟控制 (A/D 和 D/A 控制)

在工业生产过程中，有许多连续变化的需要进行控制的物理量，如温度、压力、流量、液位等，都属于模拟量。过去，PLC 长于逻辑运算控制，对于模拟量的控制主要依靠于仪表或分布式控制系统。目前大部分 PLC 产品都具备处理这类模拟量的功能，而且编程和使用非常方便。

(3) 定时/计数控制

PLC 具有很强的定时、计数功能，它可以为用户提供数十甚至上百个定时器与计数器。对于定时器，定时间隔可以由用户加以设定；对于计数器，如果需要对频率较高的信号进行计数，则可以选择高速计数器。

(4) 步进控制

PLC 为用户提供了一定数量的移位寄存器，使用它可以方便地完成步进控制功能。

(5) 运动控制

在机械加工行业中，PLC 与计算机数控 (CNC) 集成在一起，用以完成机床的运动控制。

(6) 数据处理

大部分 PLC 都具有不同程度的数据处理能力，它不仅能进行算术运算、数据传送，而且还能进行数据比较、数据转换、数据显示打印等操作，有些 PLC 还可以进行浮点运算和函数运算。

(7) 通信联网

PLC 具有通信联网的功能，它使 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机以及其他智能设备之间能够交换信息，形成一个统一的整体，实现分散集中控制。

2. PLC 的特点

前述国际电工委员会 (IEC) 对 PLC 的定义完全道出了 PLC 的特点与应用领域，PLC 之所以迅速发展、被广泛应用，是由其突出的特点、优越的性能决定的。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。其主要特点如下：

(1) 可靠性高、抗干扰能力强

可靠性指的是 PLC 平均无故障工作时间 (或叫平均故障间隔时间)。软故障是由于外界恶劣环境 (如电磁干扰、超高温、超低温、过电压、欠电压等) 引起的未损坏系统硬件的暂时性故障；硬故障是由多种因素导致的元器件损坏。由于 PLC 采取了一系列硬件 (如 CPU 甚至更多模块冗余设计、CPU 与 I/O 间光电隔离、供电及线路采用滤波) 和软件 (如循环扫描工作方式、设置故障检测与诊断程序、软件故障时封闭存储器) 等抗干扰措施，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，可承受幅值为 1000V、上升时间为 1ns、脉冲宽度为 1 μ s 的干扰脉冲，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) 控制功能强

一台小型 PLC 内有成百上千个可供用户使用的编程元件，可以实现非常复杂的控制功能。与相同功能的继电器控制系统相比，它具有很高的性价比。PLC 还可以通过通信联网，

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,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,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) 编程简单、使用方便

梯形图是 PLC 使用最多的编程语言,其电路符号、表达方式与继电器电路图非常相似。梯形图语言形象、直观、简单、易学,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编程语言,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,语句编程也十分简单。

(5) 设计、安装、调试周期短

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,缩短了施工周期。PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试,模拟调试后再将 PLC 控制系统在生产现场进行安装和接线。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,大大缩短了设计和投运周期。

(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,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 作为控制器的计算机数控 (CNC) 设备和机器人装置已成为典型 PLC 应用范例。

一言以蔽之,PLC 系统的基本特点是可靠、方便、通用、廉价。

1.1.3 PLC 的分类

PLC 随现代化生产需要而产生,其分类必然要符合现代化生产需求。一般来说可以从多个角度对 PLC 进行分类。其一是按 PLC 的控制规模大小分类;其二是按 PLC 的性能优劣分类;其三是按 PLC 的结构特点分类。另外,还可从流派、产地、厂家去分类。目前 PLC 的种类非常多,型号和规格也不统一,了解 PLC 的分类有助于 PLC 的选型和应用。

1. 按控制规模、点数和功能分类

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 (I/O) 信号数是不一样的。一般将一路信号叫做一个点,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。一般来说,点数多的 PLC,功能也就越强。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 点数值域、内存容量值域也在发展。

1) 微型机: I/O 点数为 64 点以内,单 CPU,内存容量为 256 ~ 1000B。如我国台湾广成公司生产的 SPLC。

2) 小型机: I/O 点数为 64 ~ 256,单 CPU,内存容量为 1 ~ 3.6KB。如欧姆龙公司的 CQM1 (D192 点、A44 路、3.2 ~ 7.2KB、0.5 ~ 10ms/1K 字),西门子公司的 S7-200 (D248 点、A35 路、2KB、0.8 ~ 1.2ms/1K 字)、S7-1200,三菱电气公司的 F、F1、F2,无锡华光公司的 SR-20/21 等。

小型及微型 PLC 在结构上一般是一体化整体式，主要用于小型设备的开关量控制，具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制、通信等功能，适合用于单机控制或小型系统的控制。

3) 中型机：I/O 点数为 256 ~ 2048，双 CPU，内存容量为 3.6 ~ 13KB。如西门子的 S7-300 (D1024 点、A128 路、32KB、0.8 ~ 1.2ms/1K 字)，欧姆龙公司的 C200HG (D1184 点、15.2 ~ 31.2KB、0.15 ~ 0.6ms/1K 字、MPI)，无锡华光公司的 SR-400，GE 公司的 GE-III 等。

中型 PLC 除具有小型、微型 PLC 的功能外，还增加了数据处理能力，可用于对设备进行直接控制，也可以对多个下一级的 PLC 进行监控。它适用于中小规模的综合控制系统。

4) 大型机：I/O 点数在 2048 以上，多 CPU，内存容量为 13KB 以上。如西门子公司的 S7-400 (12672 点、512KB、0.3ms/1K 字)、S5-155U，AEG 公司的 A500 (5088 点、62KB/64KB、1.3ms/1K 字)，富士公司的 F200 (3200 点、32KB、2.5ms/1K 字)，欧姆龙公司的 CV2000 (2048 点、62KB、0.125ms/1K 字)，三菱电气的 K3 等。

大型 PLC 功能更加完善，不仅能完成较复杂的算术运算，还能进行复杂的矩阵运算；不仅可用于对设备进行直接控制，还可以对多个下一级的 PLC 进行监控，多用于大规模过程控制、集散控制和工厂自动化网络。

2. 按控制性能分类

PLC 可以分为低档机、中档机和高档机。

(1) 低档机

这类 PLC 具有基本的控制功能和一般的运算能力，工作速度比较慢，能带的 I/O 模块的数量比较少。比如欧姆龙公司生产的 C60P 就属于这一类。

(2) 中档机

这类 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、种类都比较多。比如西门子公司生产的 S7-300 就属于这一类。

(3) 高档机

这类 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。比如西门子公司生产的 S7-400 就属于这一类。

3. 按结构形式分类

从 PLC 硬件结构形式上可将其分为整体式、模块式和叠装式。

(1) 整体式结构

一般小型及微型 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、电源、指示灯等都装配在一起的整体装置。它的优点是结构紧凑、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 公司的 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。这种结构形式的特点是把 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，另外设备上还有一块

带有插槽的母板,实质上就是计算机总线。把这些模块按控制系统需要选取后,都插到母板上,就构成了一个完整的 PLC。这种结构的 PLC 的特点是系统构成非常灵活,安装、扩展、维修都很方便,缺点是体积比较大。常见产品有欧姆龙公司的 C200H、C1000H、C2000H,西门子公司的 S5-115U、S7-300、S7-400 系列等。

(3) 叠装式结构

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。西门子公司的 S7-200 和 S7-1200 系列 PLC 均为叠装式。

4. 按生产厂家分类

世界上有 200 多家 PLC 厂商、400 多个 PLC 品种,其点数、容量、功能虽各有差异,但都自成系列。按地域有美国、欧洲、日本三个流派,各流派的 PLC 都各具特色。如美国、欧洲长于大中型,影响广大;日本主要发展中小型,其小型 PLC 在世界市场占有重要地位。

世界上比较有影响的厂家有:

- 1) 日本立石(欧姆龙)公司的 C 系列 PLC;
- 2) 日本三菱(MITSUBISHI)公司的 F、F1、F2、FX2 系列 PLC;
- 3) 日本松下(PANASONIC)电工公司的 FP1 系列 PLC;
- 4) 美国通用电气(GE)公司的 GE 系列 PLC;
- 5) 美国艾论-布拉德利(AB)公司的 PLC-5 系列 PLC;
- 6) 德国西门子(SIEMENS)公司的 S5、S7 系列 PLC。
- 7) 德国 AEG 公司的 A300、500 系列 PLC。
- 8) 法国 TE (Telemecanique) 公司的 TSX7-40 系列 PLC。

西门子 PLC 包括:①S7 系列:传统意义的 PLC 产品,S7-200 是针对低性能要求的小型 PLC;S7-300 是模块式中小型 PLC,最多可以扩展 32 个模块;S7-400 是大型 PLC,可以扩展 300 多个模块;S7-1200 是全新小型 PLC。它们都可以组成 MPI、PROFIBUS 和工业以太网等。②M7-300/400:采用与 S7-300/400 相同的结构,可作为 CPU 或功能模块使用,具有 AT 兼容计算机的功能,可采用 C、C++ 或 CFC 等高级语言来编程。③C7:由 S7-300 PLC、HMI(人机接口)操作面板、I/O 接口、通信和过程监控系统组成。④WinAC:基于 Windows 和标准的接口(ActiveX, OPC),提供软件 PLC 或插槽 PLC。

1.1.4 PLC 的发展概况和发展趋势

1. 国外 PLC 发展概况

PLC 问世以来经历 40 多年的发展,在美国、德国、日本等工业发达国家中已成为重要的产业之一,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。世界上 200 多个 PLC 生产厂家中较著名的有美国 AB、通用电气、莫迪康等公司;日本三菱、富士、欧姆龙、松下电工等公司;德国西门子、AEG 等公司;法国 TE、施耐德公司;韩国三星、LG 等公司。

2. 技术发展动向

(1) 产品规模向大、小两个方向发展

PLC 向大型化方向发展,如西门子公司的 S7-400、S5-155U,主要表现在大中型 PLC 高性能、大容量、智能化、网络化,使之能与计算机组成集成控制系统,对大规模、复杂系统

进行综合的自动控制。其 I/O 点数达 14336 点、32 位微处理器、多个 CPU 并行工作、大容量存储器、扫描速度高速化（如有的 PLC 达 0.1ms/千步）。PLC 向小型化方向发展，如三菱 α 系列、欧姆龙 CQM1，主要表现在为了减小体积、降低成本，向高性能的整体型发展；在提高系统可靠性的基础上，产品的体积越来越小，功能越来越强；应用的专业性，使得控制质量大大提高；向小型模块化结构发展，增加了配置的灵活性，降低了成本。

我国台湾广成公司生产的超小型 PLC，外观尺寸为 W20mm \times D26mm \times H30mm，有 24 颗零件，采用 9~36V 的工作电压，功能容于一颗芯片，将常用的计数器、延时器、闪烁器软件化，并用计算机配线方式取代传统电线配线。其整合器件有中间继电器、多段限时继电器、正逆转继电器、闪烁继电器、可预设限时继电器、双时间范围限时继电器、边缘感应继电器、交替继电器、触发继电器、可预设计数器、双设定计数器、时间计数器、锁存继电器、循环延时继电器、相位检知继电器、断电延时继电器等 16 种，命名为 SPLC。它是一种集合单片机与标准 PLC 的新概念 PLC，具有 3 输入、3 输出、5 双向输出/输入，Lvnet_L 架构单向连接，简单的梯形图编辑软件作编码技术，能执行逻辑控制、顺序控制、定时、记数等操作，适合于机床、楼宇、小型机械、广告霓虹灯等小型控制。

(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基于反馈的概念，测量关心的变量，与期望值相比较，并用这个误差纠正调节控制系统的响应。这个理论和应用自动控制的关键是，做出正确的测量和比较后，如何才能更好地纠正系统。对温度、压力、流量等模拟量的闭环控制称为过程控制，PLC 能编制各种各样的控制算法程序，完成闭环控制。PID 调节是一般闭环控制系统中用得较多的调节方法。大中型 PLC 都有 PID 模块，许多小型 PLC 也具有此功能模块。简单而优秀的 PID 控制不论现在还是将来都是应用最广泛的工业控制。PID 控制简单易懂，使用中不需精确的系统数学模型，因而应用最为广泛。PID 控制器输入 $e(t)$ 与输出 $u(t)$ 的关系为

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

它的传递函数为

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

由于它用途广泛、使用灵活，已有系列化产品，在使用中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) 即可。在很多情况下，并不一定需要全部三个单元，可取其中一到两个单元，但比例控制单元是必不可少的。虽然很多工业过程是非线性或时变的，但通过对其简化，可以变成基本线性和动态特性不随时间变化的系统，这样就可进行 PID 控制了。

(3) 网络通信功能不断增强

PLC 将具有集散控制系统 (DCS) 的功能。网络化和强化通信能力是 PLC 的一个重要发展趋势，PLC 构成的网络有多个 PLC、多个 I/O 模块，并可与工业计算机、以太网等构成整个工厂的自动控制系统。根据国际电工委员会 IEC 61158 的定义，安装在制造或过程区域的现场装置与控制室内的自动控制装置之间的数字式、串行、多点通信的数据总线称为现场总线，有 40 余种，全球最流行的有 FF (Fieldbus Foundation) 总线、PROFIBUS、WorldFI、ControlNet/DeviceNet、CAN、Modbus 等。现场总线 (Fieldbus) 技术在工业控制中得到越加

广泛的应用,现场总线控制系统(Fieldbus Control System, FCS)逐步取代DCS。PLC采用计算机信息处理技术、网络通信技术和图形显示技术,使得PLC系统的生产控制功能和信息管理功能融为一体,从而满足现代化大生产的控制与管理的需求。

(4) 新器件和模块不断推出

高档的PLC除了提高CPU处理速度外,还有带微处理器的EPROM或RAM的智能I/O模块、通信模块、位置控制模块、快速响应模块、闭环控制模块、模拟量I/O模块、高速计数模块、数控模块、计算模块、模糊控制模块、语言处理模块、远程I/O模块等专用化模块,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,使系统可靠性得到了进一步提高。

由于PC和PLC在技术上的差别越来越小,且随着PLC采用商业化(COTS)硬件以及PC采用实时操作系统,从而出现了一种新类型的控制器——PCC(可编程序自动化控制器)。它用于描述结合了PLC和PC功能的新一代工业控制器,它将成为未来的工业控制的方式。

PCC与常规PLC相比较,最大的特点在于分时多任务操作系统和多样化的应用软件的设计。这样应用程序的运行周期与程序长短无关,而是由操作系统的循环周期决定,由此它将应用程序的扫描周期同真正外部的控制周期区别开来,满足了真正实时控制的要求。当然,这种控制周期可以在CPU运算能力允许的前提下,按照用户的实际要求,任意调整。基于这样的操作系统,PCC的应用程序由多任务模块构成,这样给项目应用软件的开发带来了很大的便利,因为这样可以方便地按控制项目中各部分不同的功能要求,如数据采集、报警、PID调节运算、通信控制等,分别编制出控制程序模块(任务)。这些模块既相互独立运行,而数据间又保持一定的相互关联。这些模块经过分步骤的独立编制和调试完成之后,可一同下载至PCC的CPU中,在多任务操作系统的调度管理下,并行运行,共同实现项目的控制要求。

(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

在PLC系统结构不断发展的同时,PLC的编程语言也越来越丰富,功能也在不断提高。为了适应各种控制要求,各种简单或复杂的编程器及编程软件都采用梯形图、功能图、语句表等编程语言,且可作过程模拟仿真。亦有些高档指令系统,符合IEC 61131标准的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)等也得到应用。在Windows操作系统下,使用Visual C++、Visual Basic等可视化编程软件设计程序比较复杂,而组态软件使编程简单化且工作量小,使系统应用更加简单易行,方便了PLC系统开发人员和操作人员。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

由于控制系统的可靠性日益受到人们的重视,一些公司将自诊断技术、冗余技术、容错技术广泛应用到现有产品中,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。S7-400 PLC即使在恶劣、不稳定的工作环境下,其坚固、全密封的模板依然可正常工作,在操作运行过程中模板还可热插拔。

(7) 实现硬件、软件的标准化

以前PLC的研制走的是专门化道路,各厂家硬件、软件封闭而不开放,模块互不通用、语言指令差异很大、PLC互不兼容。为此IEC在其下设TC65的SC65B中,专设WG(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 61131-1 ~ IEC 61131-5。越来越多的厂商推出了符合 IEC 61131-3 标准的 PLC 指令系统或在个人计算机(PC)上运行的软件包。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、软件大大缩短系统开发周期。PLC 不断地发展,80%的 PLC 应用可利用 20 条的梯形逻辑指令集来解决,被称之为“80-20”法则。同时标准化经受了实际应用的考验,它的可靠性也在明显提高。

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大致 3 个阶段:1973 ~ 1979 年顺序控制器阶段;1979 ~ 1985 年以处理器为主的工业控制器阶段;1985 年以后 8、16、32 位微处理器为主的 PLC 阶段。在改革开放政策的推动下,国外 PLC 产品大量进入我国市场,一部分随成套设备进口,如宝钢一、二期工程就引进了 500 多套,还有咸阳显像管厂、秦皇岛煤码头、汽车厂等。我国有不少科研单位和工厂研制生产 PLC,如上海东屋电气有限公司生产的 CF 系列、杭州机床电器厂生产的 DKK 及 D 系列、大连组合机床研究所生产的 S 系列、苏州电子计算机厂生产的 YZ 系列等 PLC,这其中多种产品已具备一定规模并在工业产品中获得应用。此外,辽宁无线电二厂、无锡华光电子公司、上海香岛电机制造公司、厦门 A-B 公司等中外合资企业也是我国比较著名的 PLC 生产厂家。可以预期,随着我国现代化进程的深入,PLC 在我国将有更广阔的应用天地,技术含量也将越来越高。

总之,PLC 总的发展趋势是高功能、高速度、高集成度、大容量、小体积、低成本、强通信联网功能。

1.2 PLC 的基本结构与工作原理

1.2.1 PLC 的基本结构和各部分作用

PLC 是微机技术和继电器常规控制概念相结合的产物,从广义上讲,PLC 也是一种计算机系统,只不过它比一般计算机具有更强的与工业过程相连接的输入/输出接口,具有更适用于控制要求的编程语言,具有更适应于工业环境的抗干扰性能。因此,PLC 是一种专用于工业控制的计算机,其实际组成与一般微型计算机系统基本相同,也是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基本相同,可分为 6 个部分,即 CPU 模块、存储器、电源模块、输入/输出模块、接口模块、外部设备,如图 1-1 所示。

1. 中央处理单元

与通用微机一样,中央处理单元(Central Processing Unit, CPU)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。

微处理器由大规模或超大规模的集成电路微处理芯片构成的逻辑运算单元、控制单元和存储单元等组成,逻辑运算和控制单元中包括一些用于 CPU 在处理数据过程中数据暂时保存的寄存器,共同完成运算和控制任务。

微处理器能够实现逻辑运算,并能协调控制系统内部各部分的工作。它接收并存储从外部输入的用户程序和数据;检查电源、存储器、I/O 以及报警定时器的状态,并能诊断用户程序中的语法错误;PLC 进入运行状态后,用扫描方式接收现场各输入装置的状态或数据,