

21st CENTURY
规划教材

高等院校信息与电子技术类规划教材
University Textbooks of Information Technology

可编程控制器与 现场总线网络控制

Programmable Controller and Profibus Network Control

骆德汉 主编



21st CENTURY



科学出版社
www.sciencep.com

—
高等院校信息与电子技术类规划教材

可编程控制器 与现场总线网络控制

骆德汉 主编
唐露新 王荣辉 副主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书综述可编程控制器(PLC)的基本原理和结构,详细介绍西门子S7-200 PLC 软硬件结构及编程软件的使用方法,择要阐述 S7-300 PLC 软硬件结构特点和编程指令,并在此基础上介绍基于西门子 PLC 的现场总线与网络控制系统设计方法和应用。全书内容分 4 个层次:基础层次——PLC 共性的基础知识;专门层次——西门子 S7-200 PLC 和 S7-300 PLC 软硬件结构及编程软件;系统层次——基于西门子 PLC 的现场总线与网络控制系统;应用层次——PLC 单机控制系统和网络控制系统设计与应用举例。

本书层次结构分明,内容兼顾广度和深度,重点突出,并配有习题,以适应不同层次读者使用,可作为电气控制、工业自动化、光机电一体化、测控技术与仪器等专业的大学本科生及研究生教材,也可供相关领域的科技工作者和工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器与现场总线网络控制/骆德汉主编. —北京:科学出版社, 2005

(高等院校信息与电子技术类规划教材)

ISBN 7-03-016100-9

I. 可… II. 骆… III. ①可编程序控制器-高等学校-教材②总线-自动控制系统-高等学校-教材 IV. ①TP332.3②TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 089697 号

责任编辑:李 伟 陈砾川/责任校对:刘彦妮

责任印制:吕春珉/封面设计:飞天创意

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2005年8月第一次印刷 印张:20 3/4

印数:1—3 000 字数:471 000

定价:27.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62138978-8001(HI01)

高等院校信息与电子技术类规划教材

编 委 会

主 任 吴黎明 (广东工业大学信息工程学院副院长、教授)

副主任 贺前华 (华南理工大学电子与信息学院副院长、教授)

委 员 (按姓氏笔画排序)

马文华 (广东外语外贸大学信息学院副教授)

汤 庸 (中山大学信息科学与技术学院副院长、教授)

杨振野 (广东技术师范学院电子系教授)

吴正光 (广州大学实验中心副主任、高级工程师)

周美娟 (湛江海洋大学信息学院院长、教授)

洪添胜 (华南农业大学信息学院院长、教授)

徐 杜 (广东工业大学信息工程学院院长、教授)

颜国正 (上海交通大学电子信息与电气工程学院测控系主任、
教授)

前 言

生产自动化的网络控制和网络管理是现代工业自动化的核心技术，而可编程控制器（PLC）和计算机是实现这个核心技术的重要工具和手段。前者提供面向设备的生产自动化单机控制或多机网络控制；后者提供面向生产系统的管理和网络集成，它们将设备级控制和生产线网络控制与企业的生产管理融为一体，构成了企业生产自动化的网络控制和网络管理系统。

可编程控制器自从 20 世纪 70 年代诞生以来，经过多年的发展，其功能和性能已有了极大的提高。现在的 PLC 集数据处理、程序控制、参数调节和数据通信功能于一体，可以满足绝大多数工业生产控制应用的要求。它具有结构简单、性能优越、可靠性高、灵活通用、易于编程、使用方便等优点，在现代工业设备的单机自动化控制和由多机组成的自动化网络控制中得到了极为广泛的应用。

虽然各种型号的 PLC 在硬件尺寸和结构上不尽相同，编程语言和支持软件也不一样，但它们的硬件构成原理和软件基本指令类型是相似的。本书在综述可编程控制器基本原理和结构的基础上，重点介绍西门子 S7-200 PLC 和 S7-300 PLC 软硬件结构及编程软件的使用方法，阐述基于西门子 PLC 的现场总线与网络控制系统的设计方法和应用。全书共 9 章，可分 3 个部分。第 1 部分（1~5 章）为基础部分，其中第 1 章介绍可编程控制器的基本构成、工作原理及特点，第 2~5 章介绍 S7-200 PLC 软硬件结构和编程方法；第 2 部分（6~7 章）为扩展部分，介绍 S7-300 PLC 软硬件结构、现场总线技术和网络控制功能；第 3 部分（8~9 章）为应用部分，介绍基于 S7-200、S7-300 PLC 的单机、多机控制系统和网络控制系统的设计方法和应用举例。三部分具有相对独立性，具有四个不同层次（基础层次、专门层次、系统层次和应用层次）的深度，读者可根据不同层次对象和不同学时选学。

本书由广东工业大学骆德汉（第 1、2、3、4 章）、广东工业大学唐露新（第 6、7 章）、湛江海洋大学王荣辉（第 5、8、9 章）编写。广东工业大学张泽勇和谢斌为本书的出版也做了很多工作，对他们付出的艰辛劳动在此表示衷心感谢。在本书编写过程中，引用了一些相关资料，已将主要的文献列于书末的参考文献中，在此一并向这些资料的作者致以真诚的谢意。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和错误之处，恳请广大读者不吝赐教，批评斧正。

目 录

第 1 章 可编程控制器基础知识	1
1.1 可编程控制器的发展与特点	1
1.1.1 可编程控制器的产生与现状	1
1.1.2 可编程控制器的特点	3
1.1.3 可编程控制器的性能指标	4
1.1.4 可编程控制器的分类	5
1.1.5 可编程控制器的发展趋势	6
1.2 可编程控制器的基本结构与工作原理	8
1.2.1 PLC 程序控制的基本概念	8
1.2.2 PLC 工作原理	10
1.2.3 PLC 基本结构	13
1.3 西门子 SIMATIC 控制器简介	20
1.3.1 西门子 SIMATIC 系统	20
1.3.2 西门子 SIMATIC 控制器	21
习题	22
第 2 章 S7-200 系列 PLC 系统硬件结构	23
2.1 S7-200 系列 PLC 基本单元	23
2.1.1 基本单元特点	24
2.1.2 基本单元的 I/O	25
2.1.3 CPU 工作方式	30
2.1.4 基本单元工作电源	32
2.1.5 基本单元模拟电位器	33
2.1.6 基本单元通信接口	34
2.2 S7-200 系列 PLC 扩展模块	36
2.2.1 扩展模块	36
2.2.2 扩展模块工作电源	39
2.3 S7-200 系列 PLC 辅助设备	39
2.3.1 编程器	40
2.3.2 文本显示器	41
2.3.3 程序存储卡	41
2.3.4 锂电池卡及断电保护	43

习题	43
第3章 S7-200 系列 PLC 软元件结构	44
3.1 S7-200 PLC 存储空间及地址分配	44
3.1.1 存储器与存储空间	44
3.1.2 数据存储空间	45
3.1.3 数据空间地址分配方法	45
3.2 S7-200 PLC 内部软元件	47
3.2.1 I/O 软继电器	47
3.2.2 变量寄存器	49
3.2.3 内部标志位寄存器	50
3.2.4 特殊标志位寄存器	50
3.2.5 局部寄存器	56
3.2.6 定时器和计数器	56
3.2.7 高速计数器	57
3.2.8 累加器	57
3.2.9 顺序控制软继电器	58
3.2.10 S7-200 软元件一览表	58
3.3 S7-200 PLC 其他功能	59
3.3.1 中断功能	59
3.3.2 自由口通信功能	60
3.3.3 输入信号滤波与捕捉功能	60
习题	61
第4章 S7-200 编程语言及指令系统	62
4.1 S7-200 编程语言与指令操作数范围	62
4.1.1 编程语言	62
4.1.2 指令操作数范围	64
4.1.3 梯形图设计规则	66
4.2 S7-200 基本指令	67
4.2.1 逻辑位标准操作指令	68
4.2.2 逻辑位立即操作指令	74
4.2.3 定时器指令	76
4.2.4 计数器指令	80
4.2.5 比较指令	82
4.2.6 基本指令编程实例	84
4.3 S7-200 程序控制指令	87
4.3.1 跳转、标号指令	88
4.3.2 子程序调用、子程序入口和返回指令	88
4.3.3 STOP、WDR、END 和 MEND 指令	89

4.3.4 FOR 与 NEXT 循环指令	90
4.4 S7-200 数学运算指令	91
4.4.1 数学逻辑运算指令	91
4.4.2 四则运算指令	95
4.4.3 数学函数指令	100
4.5 S7-200 数据操作指令	101
4.5.1 数据移位指令	101
4.5.2 数据循环移位指令	103
4.5.3 数据传送指令	105
4.5.4 数据转换指令	109
4.5.5 编码和译码指令	116
4.5.6 七段码显示指令	117
4.6 S7-200 PID 指令	118
4.6.1 PID 算法	118
4.6.2 回路输入的转换及归一化处理	121
4.6.3 回路输出转换为工程量标定的整数值	122
4.6.4 变量范围与出错情况	122
4.6.5 PID 指令	123
4.7 S7-200 其他操作指令	124
4.7.1 高速计数器操作指令	125
4.7.2 表功能指令	129
4.7.3 通信指令	133
4.7.4 中断指令	136
4.7.5 USS 协议指令	141
习题	147
第 5 章 S7-200 编程软件 STEP 7-Micro/Win32	150
5.1 STEP 7-Micro/Win32 的安装与工作组件	150
5.1.1 STEP 7-Micro/Win32 编程软件的安装	150
5.1.2 STEP 7-Micro/Win32 编程软件的工作界面及功能	150
5.2 通信连接及参数设置	152
5.2.1 通信接口的安装与删除	153
5.2.2 PC/PPI 电缆参数设置	153
5.3 用 STEP 7-Micro/Win32 编程软件进行编程	155
5.3.1 建立项目	155
5.3.2 程序编制	155
5.4 操作模式的选择及程序的下载与上装	161
5.4.1 选择操作模式	161
5.4.2 程序的下载	161

5.4.3 程序的上装	161
5.5 程序的监视与调试	161
5.5.1 程序编辑器监视	162
5.5.2 状态图监视和调试	163
5.5.3 选择扫描次数	164
第6章 S7-300 PLC 系统及编程	166
6.1 S7-300 PLC 的硬件构成	166
6.1.1 CPU 模块	166
6.1.2 信号模块	174
6.1.3 通信处理器模块	177
6.1.4 功能模块	178
6.1.5 接口模块	181
6.1.6 电源模块	182
6.2 S7-300 的扩展及 I/O 地址分配	182
6.2.1 S7-300 PLC 的基本结构	182
6.2.2 S7-300 的扩展	182
6.2.3 S7-300 的 I/O 地址分配	183
6.3 S7-300 指令系统	184
6.3.1 位逻辑指令	184
6.3.2 比较指令	188
6.3.3 转换指令	189
6.3.4 计数器指令	191
6.3.5 打开数据块指令	192
6.3.6 跳转控制指令	193
6.3.7 整数算术运算指令	194
6.3.8 浮点算术运算指令	195
6.3.9 赋值指令	197
6.3.10 主控继电器指令	198
6.3.11 移位和循环指令	199
6.3.12 状态位指令	200
6.3.13 定时器指令	201
6.3.14 字逻辑指令	206
6.3.15 STL 指令系统	206
6.4 STEP 7 编程简介	207
6.4.1 STEP 7 编程软件简介	207
6.4.2 STEP 7 程序结构	207
6.4.3 STEP 7 中的数据类型	213
6.4.4 符号编程	216

习题	219
第7章 西门子系列 PLC 的网络控制	221
7.1 自动化控制系统概述	221
7.2 SIMATIC PCS7 控制系统简介	223
7.3 西门子工业通信网络简介	224
7.3.1 西门子工业通信网络概述	224
7.3.2 通信技术说明	226
7.4 PPI 协议通信	227
7.4.1 PPI 通信基本概念	227
7.4.2 PPI 通信应用举例	229
7.5 自由口协议通信	231
7.5.1 自由口通信基本概念	231
7.5.2 自由口通信的简单应用	233
7.6 MPI 协议通信	235
7.6.1 MPI 通信基本概念	235
7.6.2 MPI 通信设置	236
7.6.3 PLC 之间的 MPI 通信	238
7.6.4 PLC 与 TP/OP 的 MPI 通信	244
7.7 PROFIBUS-DP 协议通信	245
7.7.1 PROFIBUS-DP 通信基本概念	245
7.7.2 PROFIBUS-DP 通信设置	248
7.7.3 S7-300 PLC 与 S7-200 PLC 的 DP 通信	248
7.7.4 PROFIBUS-DP 主站与 TP/OP 的通信	252
7.7.5 S7-300 与变频器 MM440 的 DP 网络通信	253
7.8 USS 协议通信	259
7.8.1 USS 协议通信概述	259
7.8.2 USS 通信设置与操作	261
7.8.3 S7-200 与变频器的 USS 通信	264
习题	269
第8章 基于 S7 系列 PLC 单机控制系统设计	271
8.1 PLC 应用系统设计原则、内容与步骤	271
8.1.1 设计的原则	271
8.1.2 设计的内容	271
8.1.3 系统设计和调试的主要步骤	272
8.2 PLC 应用系统的硬件设计	274
8.2.1 PLC 选型	274
8.2.2 PLC 容量估算	275
8.2.3 I/O 模块的选择	276

8.2.4 安全回路设计	277
8.3 PLC 应用系统的软件设计	278
8.3.1 PLC 应用软件设计的内容	278
8.3.2 PLC 应用系统的软件设计步骤	278
8.4 S7 系列 PLC 应用系统设计举例	280
8.4.1 基于 S7-200 PLC 应用系统设计	280
8.4.2 基于 S7-300 PLC 应用系统设计	293
第 9 章 基于现场总线的网络控制系统设计	297
9.1 PROFIBUS 的设计方法	297
9.1.1 典型的 PROFIBUS-FMS 系统	300
9.1.2 典型的 PROFIBUS-PA 系统	301
9.1.3 典型的 PROFIBUS-DP 系统	303
9.2 基于现场总线的应用案例	303
9.2.1 在制药中的应用	303
9.2.2 在刨花板生产中的应用	307
9.2.3 PROFIBUS 在污水处理控制系统中的应用	311
9.2.4 基于 PROFIBUS-DP 网络的锅炉控制系统	314
9.2.5 PROFIBUS 在切丝机电控系统中的应用	315
参考文献	318

第1章 可编程控制器基础知识

本章首先介绍可编程逻辑控制器 (programmable logic controller, PLC) 的发展概况, 然后阐述其一般结构和工作原理, 重点介绍 PLC 共性的基础知识, 对不同 PLC 产品所具有的共性内容进行归纳性介绍, 以便读者在学习西门子 S7 系列 PLC 的同时, 也能对其他 PLC 有概括性的了解, 这不仅有利于学习西门子 S7 系列 PLC, 而且也可读者学习和运用其他 PLC 打下一定的基础。

1.1 可编程控制器的发展与特点

1.1.1 可编程控制器的产生与现状

可编程控制器是一种新型的工业控制器, 它是以微处理器为核心的工业生产自动控制装置。早期的 PLC 只能实现工业生产的顺序控制, 而当今的 PLC 不仅能实现顺序控制, 还能实现工业生产的各种过程控制和网络控制。

所谓顺序控制是指按生产工艺要求编制相应程序, 在各输入信号的作用下, 控制系统的各个执行机构按一定规律自动进行工作。

在 PLC 之前的传统顺序控制系统是由导线、继电器、接触器、开关及触点等器件按一定的逻辑关系连接起来的继电—接触器控制系统, 这种继电—接触器连线方式又称为布线逻辑, 具有电路图直观形象、价格低廉、容易操作等优点, 但它是有点触点的控制系统, 组合复杂、维修不便、可靠性差, 而且系统接线固定, 没有通用性和灵活性。因此, 这种控制系统只能用于要求不高的专用逻辑控制场合。

随着工业生产的迅速发展, 市场竞争日趋激烈, 产品更新换代的周期日趋缩短, 这就要求生产机械、加工规范和生产加工线也必须随之改变, 其控制系统经常需要做新的配置和调整。但继电—接触器控制系统采用的是布线连接方式, 其系统不易变更、功能不易扩展, 特别是当控制对象比较复杂时, 由于系统的器件多、体积庞大, 其可靠性和可扩充性难以满足实际生产的要求。从而, 需要有一种先进的自动控制装置以满足迅速发展的工业生产要求。在 20 世纪 60 年代出现了半导体元件逻辑控制装置, 该装置是利用半导体二极管、三极管和中小规模集成电路构成的一种无触点逻辑顺序控制器, 它与继电—接触器控制系统相比, 具有体积小、无触点、可靠性较高、反应速度较快、寿命长等优点, 当时曾在一定范围内获得了应用。但由于半导体无触点逻辑顺序控制器的控制规模较小、编制程序不够灵活、对使用环境要求较高, 因此不能得到广泛应用。市场仍在不断寻求功能齐全、工作可靠、编程方便的新型工业控制器。随着大规模集成电路和计算机技术的迅速发展, 1969 年, 新一代工业控制设备——可编程逻辑控制器应运而生。

世界上第一台 PLC 是美国数字设备公司 (DEC) 于 1968 年根据美国通用汽车公司 (GM) 提出的技术指标而开始研制的, 并于 1969 年成功地应用到美国通用汽车公司的生产线上, 取得了满意的效果。它既具有继电—接触器控制系统的外部特性, 又有计算机的可编程性、通用性和灵活性的优点。它开创了自动控制设备的新局面, 标志了 PLC 的诞生。但由于当时技术所限, 第一台 PLC 使用的器件集成度不高、数量多、体积大, 只能用来取代继电—接触器系统, 在功能上仅限于执行逻辑控制。

20 世纪 70 年代中期, 随着大规模集成电路和微型计算机技术的发展, 美国、日本、德国等把微处理器引入 PLC, 使其具有更多的计算机功能, 不仅用软件编程取代了硬件连线逻辑, 还增加了计数、定时以及数字运算、数据处理和数据通信等功能, 并且做到小型化。在编程方面采用了面向生产、面向用户的语言, 打破了编程困难的局面, 广大工程技术人员容易接受, 从而使其得到了迅速的发展。

20 世纪 80 年代, 国外工业界把引进了微处理器的 PLC 正式命名为可编程控制器 (programmable controller, PC), 以表明含有微处理器的 PLC 不再仅仅是一种逻辑控制器, 而是一种功能广泛的可编程控制器。但部分技术人员为了将可编程控制器的简称 PC 与个人计算机 (personal computer) 的简称 PC 区别开来, 仍把可编程控制器简称为 PLC。在本教材中, 为便于区别, 同样采用这一简称。

1985 年 1 月国际电工委员会 (IEC) 对 PLC 给出如下定义: “可编程控制器是一种数字运算的电子系统, 专为工业环境下的应用而设计。它采用可程序的存储器存储执行逻辑运算、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, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关设备, 都应按易于与工业控制系统联成一个整体, 易于扩充的原则设计。” 由此明确界定了 PLC 的功能, 标志其已进入成熟的应用阶段。

从 1968 年到现在, PLC 的发展经历了 5 代: 第 1 代 PLC 采用一位微处理器和磁性材料存储器, 只有逻辑控制功能; 第 2 代 PLC 采用 8 位微处理器和半导体存储器, 具有逻辑控制、计数、定时等功能; 第 3 代 PLC 采用 8 位微处理器和位片式 CPU 及半导体存储器, 控制功能和处理速度大大提高; 第 4 代 PLC 采用 16 位、32 位微处理器, 并采用多处理器并行处理方式, 具有逻辑控制功能、过程控制功能、运动控制功能、数据处理控制功能和通信控制功能; 第 5 代 PLC 诞生于 20 世纪末, 其突出的特点是在第 4 代 PLC 基础上, 增加了现场总线的结构标准, 从而为网络控制系统提供了开放式接口, 使其应用更为灵活和方便。

当今 PLC 的发展相当迅速, 产品更新换代周期为 3 年左右, 其结构不断改进、功能日益增强、性能价格比越来越高。目前全世界 PLC 制造商有 200 多家, 产品有 400 多个系列。按地域影响力可分为三大流派, 即欧洲产品以西门子 (SIEMENS) PLC 为代表; 美国产品以 A-B (Allen-Bradley) PLC 为代表; 日本产品以欧姆龙 (OMRON) 和三菱 FX 系列 PLC 为代表。它们在我国得到广泛使用。在我国设备技术改造和国产设备生产中大多使用上述公司的 PLC。

目前, PLC 的应用几乎覆盖我国轻工食品、冶金、机械加工、汽车制造、石油化工、烟草加工、能源、交通等工业领域。现代机械设备的自动控制大多选用第 5 代

PLC, 采用现场总线技术构成网络控制系统, 使生产控制系统更容易实现管理和控制一体化。

1.1.2 可编程控制器的特点

现代工业产品复杂多样, 并且更新快、周期短, 这就要求生产设备控制系统能灵活多变, 以适应产品结构的快速调整。由于 PLC 具有如下特点, 因此, 它在现代化工业生产中得到越来越广泛的应用。

1. 功能齐全

PLC 的基本功能包括开关量 I/O 控制、模拟量 I/O 控制、提供内部中间继电器、延时继电器、锁存继电器、主控继电器、计时器、计数器、移位寄存器等, 并具有四则运算、比较、二—十进制转换、程序跳转及强制 I/O 等功能。它的扩展功能有现场总线、网络通信、批数据传送、矩阵运算、PID 闭环回路控制、排序查表功能、中断控制及特殊功能函数运算等。此外, 它还具有自诊断、报警、监控等功能。因此, PLC 的适用性极强, 几乎能满足所有的控制系统要求。

2. 抗干扰能力强、可靠性高

由于 PLC 采用了微电子技术, 使传统的继电—接触器控制系统中的大量开关触点动作由无触点的半导体器件来完成, 从而减少了控制系统触点的电弧干扰和电磁辐射干扰及机械磨损; 另外, 其硬件一般都采用电磁屏蔽技术、电源采用多级滤波技术、在 CPU 和 I/O 接口电路之间采用光电隔离技术等。在软件方面, PLC 一般都具有程序自恢复和故障自诊断等功能, 因此, 其抗干扰能力强、可靠性高, 能适应在各种恶劣的环境下工作。

3. 控制系统组合灵活

PLC 通常采用模块式结构, 由本机模块和功能扩展模块组成。一般功能扩展模块品种多、产品均成系列化、组合扩展方便, 因此能根据生产控制的不同要求, 快速组合成各种规模 and 不同功能的控制系统, 以满足实际生产结构调整的需要。

4. 现场信号接线简单

针对不同的现场信号 (如直流和交流、开关量与模拟量、电压或电流、脉冲或电位、强电或弱电等), PLC 有相应的 I/O 模块可与现场的工业设备部件 (如按钮、行程开关、传感器、变换器、电磁阀、电机启动装置、控制阀等) 直接连接, 并通过数据总线与微处理器模块相连接。由于其内部采用了多种形式的抗干扰技术, 因此对现场环境的要求不高, 使用时只需将输入/输出设备连向接线端口即可, 系统接线简单、方便、可靠。

5. 编程简单

PLC采用面向控制过程、面向问题的“自然语言”编程，一般使用与继电—接触器控制电路原理图相似的梯形图编程方式，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，使得程序简单、形象、修改方便，易于现场操作人员理解和掌握。近年来又发展了面向对象的顺序功能图（sequential function chart）语言，编程变得更加简单快捷。

6. 维修维护方便

PLC有完善的自诊断功能，其内部状态、通信状态、I/O接口工作状态及异常状态均有记录和显示，维护人员通过分析这些状态可迅速查出故障原因，进行及时处理。

1.1.3 可编程控制器的性能指标

对PLC的性能评价有多种参数指标，通常用以下几个主要指标来综合表述PLC的性能。

1. 编程语言与指令条数

PLC可使用的编程语言种类表示了该PLC编程功能的强弱。编程语言种类多，则编程就灵活方便。常用PLC编程语言有梯形图、语句表、控制流程图或功能图等。不同的PLC可能采用不同的编程语言，同一种PLC也可能将多种编程语言混合使用。另外，各种语言所具有的指令数也不同。某种语言的指令种数越多，表明其功能越强，应用PLC编程时越方便。

2. 用户程序存储容量

用户程序存储器用于保存通过编程器输入的用户程序，其存储容量通常是以字节为单位来计算。约定8位二进制数为一个字节，每1024个字节为1KB。中、小型的PLC存储容量一般在8KB以下，大型的PLC存储量有的已达到256KB~2MB。一般中、大型PLC可扩展专用的存储器模块。在编程时，每一条指令所占的存储容量是1个或2个字节。一般的逻辑操作指令，每条指令占1个字节；计时/计数指令、移位指令，每条指令占2个字节；一般的数据操作指令，每条指令占2个字节。PLC的用户程序存储器容量越大，表示其能容纳的用户程序越长、执行的功能越多、可满足的编程要求越复杂。

3. I/O接口总数

PLC的I/O量有开关量和模拟量两种。对于开关量I/O接口，其总数用最大I/O点数表示；对于模拟量I/O接口，其总数用最大I/O通道数表示。通常小型PLC的I/O点数及通道数在256点以下，中、大型PLC的I/O点数及通道数在256点以上。PLC的I/O点数及通道数越多，表示它能控制的对象越多、可实现的控制功能越强。

4. 扫描速度

PLC 的 CPU 执行程序的速度以 ms/KB 来表示。例如, 扫描速度为 10ms/KB, 表示 CPU 执行 1KB 的用户程序所需的时间为 10ms。PLC 的程序扫描速度代表了它对瞬时信号的控制能力, 是衡量其性能的重要指标之一。扫描速度越快, CPU 执行用户程序的周期越短、对外界 I/O 响应越迅速、控制瞬态信号的能力越强。用户在实现快速变量控制时, 更需要重视该参数的选择。

5. 内部软继电器

PLC 内部软继电器的种类和点数是标志其功能强弱的指标, 它包括辅助继电器(无断电记忆和带断电记忆)、计时器、计数器、移位寄存器、特殊功能继电器等。软继电器的种类和点数越多, 其功能越强、编程越方便。

评价 PLC 的性能, 除以上几个基本的指标外, 对于不同的 PLC, 还可以列出一些其他指标, 例如系统扩展能力、I/O 方式、特殊功能模块、自诊断功能、网络通信及远程 I/O 能力、监控功能等。

1.1.4 可编程控制器的分类

目前, 现代工业控制系统中使用的 PLC 品种繁多, 型号和规格也不统一。各种产品的结构形式、I/O 方式、I/O 点数、CPU 的种类、存储器的类型和容量以及功能范围等都各不相同, 因此很难详细地划分它们的类别。通常只能从结构形式、I/O 点数以及功能强弱 3 个方面大致分类。

1. 按结构形式分类

根据 PLC 的结构形式不同, 可将其分为整体式和模块式两类。

(1) 整体式 PLC

把 CPU、存储器及 I/O 接口等基本部件装在一块电路板上, 并连同电源装成一个整体。它的优点是结构紧凑、体积较小, 缺点是主机的 I/O 点数固定并且很少、使用不够灵活、维修也比较麻烦。

(2) 模块式 PLC

把 CPU (包括存储器) 单元、电源单元、I/O 单元等做成独立的模块, 即做成 CPU 模块、电源模块、I/O 模块等, 然后组装在一个框架 (机架) 内。模块式 PLC 的优点是 I/O 模块及 I/O 点数可根据用户需要灵活组合, 扩展能力强、使用方便、便于维修。缺点是结构较复杂、插件较多, 影响工作的可靠性, 并且价格较高。

2. 按 I/O 点数分类

按 PLC I/O 点数不同, 可分为小型、中型、大型 3 类。

(1) 小型 PLC

I/O 点数为 256 点以下 (包括 256 点), 如 S7-200 等。

(2) 中型 PLC

I/O 点数为 256 点以上、2048 点以下, 如 S7-300 等。

(3) 大型 PLC

I/O 点数为 2048 点以上 (包括 2048 点), 如 S7-400 等。

值得注意的是, 根据上述规定, 将 PLC 分为大、中、小型的方法只是按照多数人的习惯, 其划分并无严格界线, 各厂家在认识上也不统一, 读者可根据具体产品的配置来考虑。

3. 按功能强弱分类

按 PLC 功能的强弱, 可将其分为低档、中档和高档 3 类。

(1) 低档 PLC

低档 PLC 只具有逻辑运算、计时、计数、移位及自诊断、监控等基本功能, 能实现最基本的逻辑控制, 但有些低档 PLC 也具备少量模拟量 I/O (A/D、D/A 转换) 的扩展能力和进行算术四则运算、数据转送等功能, 例如 S5-95U 系列和 S7-200 系列等。

(2) 中档 PLC

中档 PLC 除具有低档 PLC 的基本功能外, 还具有更多的数字 I/O 点数和较强的模拟量 I/O 接口, 并具有中断控制、数据传送和比较、数制转换、远程 I/O、网络通信等功能。还可增设智能模块实现过程控制和运动控制等功能。如 S5-115U 系列和 S7-300 系列等。

(3) 高档 PLC

高档 PLC 除具有中档 PLC 的功能外, 还增设有带符号的算术运算 (32 位双精度加、减、乘、除和比较)、矩阵运算、位逻辑运算 (置位、清除、右移、左移)、平方根运算以及其他特殊功能函数的运算和表格传送等功能。它具有更强的扩展能力和网络通信功能, 有的采用现场总线结构方式, 可用于大规模的过程控制场合, 构成 PLC 的分布式控制, 实现整个工厂的自动化网络控制系统, 易于实现企业生产的管控一体化。

1.1.5 可编程控制器的发展趋势

随着 PLC 应用领域的不断扩大, 它本身也在不断发展, 其发展趋势主要体现在以下几个方面。

1. 在过程控制领域的发展

从 20 世纪 80 年代初开始, 随着微处理器和软件技术的发展, PLC 就不再仅仅用于逻辑控制及简单的顺序控制和运动控制领域。特别是随着高速模拟量输入模块、专用 PID 控制模块、热电偶控制模块、RTD 直接输入模块、多路转换器等不断推出, PLC 在数字技术和模拟量技术两个方面得到了互补, 从而能完成多种过程控制任务, 可对许多工业参数变量 (如温度、压力、流量、速度等) 进行闭环控制, 促进了它在化工、医药、石油等领域的应用。由于 PLC 要比常规控制仪表方便、可靠, 特别是随着现场总线应用和网络通信功能的加强以及数据处理速度的提高, 它在过程控制领域中正获得愈