

轻松学会

西门子S7-200PLC

隋振有 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

轻松学会

西门子S7-200PLC

隋振有 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书系统地介绍了西门子 S7-200 PLC 的基础知识、硬件结构、软件资源和 PLC 的选型安装、运行调试及维护。本书从实际应用出发,以 S7-200 为样机,探讨了其软、硬件配置和应用中的一些技术问题。以西门子推出的 STEP7-Micro/WIN32 为例,重点探讨了编程技术、编程技巧,为解决编写 PLC 应用程序提出“结合继电器工作原理展开图编制梯形图”这一有待深入讨论的课题,供读者参考。

本书可供广大电气工程技术人员、工控技术人员、维修电工以及相关专业师生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

轻松学会西门子 S7-200 PLC/隋振有编著. —北京:中国电力出版社, 2012. 11

ISBN 978-7-5123-3760-2

I. ①轻… II. ①隋… III. ①plc 技术 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 279676 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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 3 月第一版 2013 年 3 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.5 印张 601 千字
印数 0001—3000 册 定价 48.00 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



轻松学会西门子S7-200 PLC

前言

英国数学家布尔总结论述了逻辑代数，为研制二值逻辑元器件提供了理论基础和数学模型，为研发数字电子计算机（PC）、可编程序控制器（PLC）奠定了理论和物质基础。

PLC 是具有计算机功能的控制装置，其功能强大，性能优良，完全可以替代继电器控制应用的所有领域。它的问世，使自动控制技术进入了信息化智能控制时代。深入地学习掌握它，是更新技术的需要，是普及应用 PLC 的需要，是适应科学技术发展的需要。

随着可编程序控制器通信功能的增强，小型可编程序控制器在系统集成中的应用已越来越多，但主流应用依然以单机设备的自动化控制为主。且由于不同品牌的市场策略、系统集成能力，不同产品的市场定位和性能的不同，在各个设备制造业的应用表现也有不同。机床、电梯、印刷机械行业中主要是三菱；起重机械行业中主要是西门子、三菱；纺织行业中主要是西门子、欧姆龙、三菱；包装机械中主要是三菱、欧姆龙、西门子、松下；塑料、烟草机械中主要是西门子；橡胶机械中主要是欧姆龙、西门子、三菱。综合来看，西门子 S7-200 PLC 的应用仍是十分广泛的。

本书从西门子 S7-200 PLC 的基础知识入手，系统地介绍了 PLC 在硬件结构、软件资源以及选型安装、运行调试等方面技术。本书结合实际探讨了 S7-200 PLC 的软硬件配置、编程技术及应用技术，供读者参考。希望能帮助大家轻松学会 PLC 编程技术，触类旁通掌握 PLC 的应用。

本书面向广大技术工人、工程技术人员、工业控制专业的广大学生和高等职业学校的学生。

由于编写时间仓促，加上作者水平所限，书中难免存在错漏，还望广大读者批评指正。

编 者



目 录

前言

第 1 章

可编程序控制器基础知识

1.1	PLC 的工作原理和控制过程	1
1.1.1	PLC 的工作原理	1
1.1.2	PLC 的控制过程	2
1.2	PLC 的技术特性及其应用	4
1.2.1	PLC 与继电器控制电路相比较	5
1.2.2	PLC 与个人计算机 (PC) 相比较	5
1.2.3	PLC 的技术指标	6
1.2.4	PLC 系统主要的控制功能	7
1.2.5	PLC 的分类	8
1.2.6	PLC 的应用简述	9
1.3	PLC 的配置	10
1.3.1	系统基本配置	10
1.3.2	扩展功能模块的配置	12
1.3.3	系统冗余配置	13
1.3.4	系统附加配置	13
1.4	PLC 的技术术语	14
1.4.1	软件类术语	14
1.4.2	操作控制和硬件类术语	18

第 2 章

二进制与逻辑代数

2.1	数制和数制间的转换	21
2.1.1	数制	21
2.1.2	数制间的相互转换	22

2.1.3	二进制数的四则运算	25
2.1.4	二进制编码简介	27
2.2	二进制编码	29
2.2.1	常用的二—十进制编码	29
2.2.2	标准代码	31
2.3	逻辑代数	35
2.3.1	二值逻辑	35
2.3.2	基本逻辑代数及其运算方法	36
2.3.3	复合逻辑及其运算方法	37
2.3.4	逻辑代数的运算法则	39
2.3.5	逻辑代数的运算定律	40
2.3.6	逻辑代数的运算定理	44
2.4	逻辑函数及其表示方法	44

第3章

PLC 的硬件

3.1	PLC 的主机模块	47
3.1.1	中央微处理器 (CPU)	47
3.1.2	存储器	49
3.1.3	PLC 的 I/O 通道	51
3.1.4	电源模块	53
3.1.5	主机输入/输出元器件	54
3.1.6	扩展功能模块	59
3.1.7	PLC 的外围硬件设备	60
3.1.8	通信网络元器件	63
3.2	S7-200 PLC 的硬件	66
3.2.1	S7-200 主机 CPU 模块	66
3.2.2	数字量输入/输出模块	82
3.2.3	模拟量输入/输出模块	90
3.2.4	EM253 位控模块	94
3.2.5	S7-200 的编程器和电源	96
3.2.6	S7-200 的附加硬件	97
3.2.7	S7-200 主机输入/输出的配置	100
3.3	S7-200 的通信网络	101
3.3.1	S7-200 CPU 的通信接口	101
3.3.2	S7-200 智能通信模块	102

第 4 章

PLC 的软件

4.1 PLC 的软件资源	108
4.1.1 数据	108
4.1.2 常量、变量和变量表	111
4.1.3 指令	111
4.1.4 程序	113
4.1.5 二进制编码	114
4.1.6 软继电器	114
4.2 其他软件	114
4.2.1 操作系统	114
4.2.2 时序图	115
4.2.3 通信软件	116
4.2.4 错误信息	119
4.3 S7-200 的软件资源	120
4.3.1 S7-200 的存储区中的信息	120
4.3.2 S7-200 特殊标志存储器 (SM)	125
4.3.3 变量存储器 (V) 存放的信息	136
4.3.4 S7-200 的特殊功能软件	143
4.3.5 S7-200 运行信息	147
4.3.6 变频器控制软件	164

第 5 章

PLC 的指令系统

5.1 位逻辑指令	167
5.2 逻辑堆栈指令	172
5.3 中断和中断指令	173
5.4 通信控制和通信指令	179
5.5 比较指令	186
5.6 转换指令	188
5.7 计数器指令	194
5.8 高速计数器 (HSC) 及其指令	195
5.9 高速脉冲输出指令	202
5.10 定时器及其指令	208
5.11 时钟指令	209

5.12	逻辑运算指令	210
5.13	数学运算指令	213
5.14	数学功能指令	219
5.15	PID 控制及指令	221
5.16	传送指令	223
5.17	移位和循环指令	225
5.18	程序控制指令	229
5.19	表功能指令	233
5.20	字符串 (STR) 指令	235

第 6 章

PLC 编程软件及其应用

6.1	S7-200 系列的编程软件	238
6.1.1	STEP7 - Micro/DOS	238
6.1.2	STEP7 - Micro/WIN32 (V3.1)	244
6.2	通信网络	249
6.2.1	设置网络参数时调用软件的过程	249
6.2.2	通信网络的最小配置	255
6.2.3	设置通信网络参数	256
6.3	离线编程和在线编程	256
6.3.1	离线编程	256
6.3.2	在线编程	258
6.4	S7-300/400 和 M7-300/400 的编程软件	266
6.4.1	STEP7 标准软件包	266
6.4.2	基本语言的输入规则	267
6.4.3	STEP7 中的逻辑块	269
6.4.4	不同厂家推出的编程软件之不同	271

第 7 章

PLC 编程技术

7.1	编程语言	272
7.1.1	梯形图 (LAD)	272
7.1.2	功能块图 (FBD)	274
7.1.3	语句表 (STL)	274
7.1.4	顺序功能图 (SFC)	274

7.1.5 高级语言	277
7.2 编程	277
7.2.1 编程须知	277
7.2.2 编程方法	281
7.3 编程技巧	284
7.3.1 经验性的编程技巧	284
7.3.2 结合展开图编制梯形图	288
7.3.3 掌握特殊设置和学习成功的程序	300
7.4 S7-200 的应用程序	300
7.4.1 定时器程序	300
7.4.2 计数器应用程序	302
7.4.3 中断程序	302
7.4.4 子程序	304
7.4.5 顺序控制程序	306
7.4.6 高速计数器 (HSC) 程序	308
7.4.7 高速脉冲输出程序	308
7.4.8 PID (比例、积分、微分) 控制程序	313
7.4.9 S7-200 通信程序	321

第 8 章

PLC 的选用

8.1 PLC 的选型、安装与调试	326
8.1.1 选用 PLC 时应遵守的技术规范	326
8.1.2 PLC 的选型	328
8.1.3 PLC 的安装	329
8.1.4 S7-200 的安装工艺	330
8.1.5 通信网络元器件的安装	332
8.1.6 PLC 系统的调试	333
8.2 PLC 系统的运行	334
8.2.1 检查默认的运行参数	335
8.2.2 S7-200 的运行操作	335
8.2.3 S7-200 PLC 的运行监视及其测控	337
8.2.4 PLC 运行故障处理及其维护	338
8.2.5 应用 PLC 时应注意的事项	340
附录 S7-200 语句表指令表	342
参考文献	348

可编程序控制器基础知识

可编程序控制器是以计算机为基础的专用控制装置，自 1966 年，美国通用汽车（GM）公司委托美国数据设备公司（DEC）研制成功第一台可编程序控制器以来，近 50 年，可编程序控制器得到迅速发展。至今，生产厂商已有 200 多家，400 余种规格的产品。在美国、日本、德国等发达国家所生产的可编程序控制器，质量优良，功能强大，专用性突出，各有特长，被应用在电力生产、电力拖动、机床控制、石油化工、交通运输、汽车制造工业等领域的控制技术中。

1987 年，国际电工委员会（IEC）颁布的《可编程序控制器标准草案》第三版中，对可编程序控制器给出如下定义。

可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为工业环境下应用设计。它采用可编程的存储器，存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作指令，并通过数字式、模拟式输入/输出，控制各类机械和生产过程。可编程序控制器和它的有关设备，应按易于和工业控制系统联成一体，并易于扩充功能的原则设计。

1980 年美国电气制造商协会（NEMA）给它起了个名字叫 Programmable Controller，简称 PC。由于我国已经把个人计算机称为 PC，为了避免学术名词的混淆，则把可编程序控制器称为 Programmable Logic Controller，简称“PLC”。

可编程序控制器（PLC）的产品达几百种。在机型上，有微型 PLC、小型 PLC、中型 PLC 和大型 PLC。机型不同，功能不同。随着机型的增大，功能也不断增强。对于同一种机型，比如都为小型机，却因生产厂家不同，设计理念不同，在功能上存在一定的差异。但是，它们的基本结构、工作原理和基本功能是相同的。只要能熟练地应用一种型号的 PLC，对其他型号的 PLC 也就能基本理解，做到触类旁通，举一反三。

除微型 PLC 是一块高度集成的电路板，小型乃至中型以上的 PLC 都已模块化，则以主机模块为基本的控制系统，然后，再根据功能的需要，配置扩展功能模块。

1.1 PLC 的工作原理和控制过程

1.1.1 PLC 的工作原理

从逻辑电路角度看，PLC 是由定时器、计数器、中间继电器、输入寄存器、输出寄存器等器件组成的。这些器件由存储器及其中的信息构成，有许多常开触点、常闭触点和线圈，通过程序语言编程，使它们成为功能各异的继电器，并将它们连接成内部逻辑控制电路。



从控制信息来看, PLC 是一种数字电子操作系统, 它更是一种数字化的信息装置。数字化的信息装置, 要将受控器件受控后的状态信息, 如触点的接通或断开, 线圈的得电或失电, 以及由程序决定的它们应受到的逻辑控制信息, 予以输入和存储, 调用和处理, 以及暂存和输出。即按逻辑控制要求, 在执行程序中, 用“1”和“0”构成的编码控制内部的逻辑电路, 实现控制目的。

在 PLC 系统中, 无论是系统程序, 还是用户程序, 都是按控制的需要, 以一定的顺序存放在程序存储器中, PLC 以循环扫描的方式, 从第 1 条指令开始, 顺序执行程序, 直到遇到程序结束指令, 才又返回第 1 条指令。如此周而复始, 不断地循环。

因此, PLC 工作是在硬件支持下, 在软件的控制下, 以循环扫描的方式, 采集信号, 集中输入, 经映像存储, 逻辑处理, 对应暂存, 集中输出, 执行控制任务。

进一步来讲, PLC 系统在内部时钟和控制器共同发出的控制信号控制下, 以严格的时序执行程序中的每一条指令, 以及组成指令的每一个信号; 当发生系统规定的中断事件时, 相关部件向 CPU 发出中断请求, 在 CPU 的统一控制下, 进行中断排队, 在每一个扫描周期末尾的某一时刻, 按照中断优先级, 有顺序地集中处理中断。在每一个扫描周期以及中断处理时都要对输入/输出 (I/O) 进行刷新。从而, 确保控制数据的正确性。

简言之, PLC 的工作是以循环扫描方式, 以数字化的控制信息实现逻辑性很强的通信控制。

1.1.2 PLC 的控制过程

在系统硬件的支持和系统软件的控制下, PLC 按固定的周期时间循环扫描, 按用户程序中指令的顺序, 一条一条地执行程序中的指令。在每一个扫描周期内, PLC 顺次地执行自诊断, 初始化, 执行用户程序, 通信服务等任务。

1. 自诊断

自诊断就是给自己看病。PLC 启动后, CPU 调用开机处理程序、监视程序等, 进行系统的自诊断控制。

PLC 启动后, 监视程序就从首地址 (0000H) 开始, 逐区逐单元逐位地进行监测。同时, 调用开机处理程序和内部管理程序, 监视电源、I/O 通道、存储器、总线等硬件的状态, 诊断软件是否存在语法错误、逻辑错误。具体方法和步骤如下。

(1) 监测调整工作电压。首先, 禁止工作电压故障引起的中断和关闭内部锂电池。调用电压调整子程序, 反复测试工作电压, 进行电压调整, 使电源电压符合系统需要。由于禁止中断, 一旦电压不正常, 不会转入中断服务子程序。而是反复执行电压测试程序段, 进行电压调整, 直到电压完全正常。接着, 关闭输出继电器, 对工作寄存器赋值, 调用相关子程序, 为系统进入正常工作做好准备。

(2) 求和校验。采用求和校验方法, 对 RAM、I/O 总线进行检查。所谓求和校验是把程序存储器的内容求和与编程结束求和相比较, 如两者结果一致, 说明 RAM 中存放的程序是正确的。

1) 编程检查。编程检查时, 把编程器或计算机的工作方式开关从编程方式改变为监控方式 (Program 改为 Monitor), 对所编辑的在线常数或任何一个程序的存储区内容进行求和, 而在运行时, 接通电源后, 工作方式开关也要置监控方式, 系统对所执行的程序的存储区内容求和。

2) 语法检查。语法检查包括检查输入元器件号码、程序语法是否有逻辑错误。如元器件号码没有定义、指令和元器件号码配置不当等。若程序中语句全部正确, 且在运行 (RUN) 方式下, PLC 就可进入运行管理。若发现语法错误, 则必须停止运行中相关操作, 如“写入”、“插入”等。转入编程或待机编程状态, 清除错误信息, 写入正确信息。



(3) 选择运行方式。选择运行方式时, 监控程序首先命令运行信号灯亮, 然后进入开机处理程序。先输入采样信号, 进入语句执行准备程序。取语句、分析语句和执行语句, 直到结束指令为止。同时, 进行两个运行中的判别。一是判别标志寄存器中的信息, 是否允许输出。如允许, 调用输出刷新程序; 如不允许, 调用关闭输出程序, 运行处理结束。二是判别是否要关机; 如要关机, 监控转入停机处理; 如不停机, 又进入运行管理。在停机处理中, 关闭运行指示信号灯, 保护内存内容, 关闭输出, 启用判别工作方式程序, 以便响应用户对工作方式的选择。

(4) 选择编程工作方式。选择编程工作方式时, 监控程序先进行编程准备, 进行编程初始化, 进行键盘操作准备工作。调用键盘操作入口程序; 调用显示程序; 调用键盘扫描程序; 调用按键译码、分类、处理程序, 进行在线编程。编程结束, 返回到开机处理程序。

(5) WDT。在硬件系统中设置了时间监视器(WDT, 又称看门狗)来辅助自诊断。在每次扫描前, WDT 均复位。如果 CPU 出现故障, 或用户程序执行时间超时, 即超过 WDT 对扫描周期时间的设定值, PLC 就不能进行复位操作, 则说明了系统硬件或用户程序发生了故障, 使扫描周期超时, WDT 自动发出故障报警信号, PLC 停止运行。

WDT 监视时间设定值一般为扫描周期时间的 2~3 倍, 约为 100~200ms, 用户可根据实际运行时间予以设定。

2. 初始化

为了确保 PLC 系统能够正常地投入运行, 每次启动后, 除调用监视程序, 进行监控测试、开机处理和内部管理, 还要调用初始化程序。通过初始化, 恢复系统中各个元器件的原始状态, 适应运行方式的需要, 为适应新的工作方式和运行用户程序做好准备。

初始化的过程

输入/输出寄存器清零, 使寄存器中无任何信息, 准备为新的运行方式缓冲暂存。

辅助继电器复位, 恢复系统为默认状态, 准备执行新的控制任务。

定时继电器预置设定值。

特殊标志继电器, 将特殊存储区以 1 位、8 位或 16 位设定的特殊标志继电器按系统默认值进行标志, 以便监视判定系统运行状态。

查询扩展单元, 使其保持入驻时的原始状态。

3. 执行用户程序

执行用户程序一般分为三个阶段: 采样输入、程序处理和输入/输出刷新。

(1) 采样输入: PLC 采用循环扫描, 集中输入, 对输入端进行采样。循环扫描就是在执行用户程序过程中, 一次又一次地对输入端周期性的进行反复扫描, 将前一次未采集到的状态信号集中输入, 经滤波处理, 功率放大, 缓冲暂存, 集中输入映像存储器。

PLC 采样方式一般分为实时采样或定时采样。采用何种采样方式由机型决定。

在小型 PLC 系统中, 输入点比较少。为了提高输入信号的抗干扰性, 采用定时采样, 集中输入, 对采样信号批处理, 将提高信号的质量, 防止畸变, 缓冲锁存, 输入映像。

在大中型 PLC 系统中, 输入点比较多, 运行周期比较长。为了在某一特定时刻得到程序规定的控制信号, 分时地在相关的输入端子处, 及时地采集到现场控制信号, 则采用实时采样。从而缩短扫描周期时间, 提高大中型 PLC 在控制上的实时性。

比如, 几个相关信息需要在几个现场, 同时采集到, 进行逻辑组合时, 则要在几个现场的输



入端子处实时地采集到相关的信号。

采集到的信号有的是模拟量。对模拟量在用于逻辑运算之前，要进行模拟量/数字量（A/D）转换，才能在 PLC 系统运行过程中被采用。

PLC 输入信号过程中，通过光电隔离电路、滤波处理和功率放大对采集输入的信号进行处理。光电隔离能消除现场强电磁干扰。滤波处理能够滤除无用的畸形波，保持脉冲信号的原形。功率放大能把微弱的信号加以放大，增大脉冲幅度，增强驱动能力。

（2）程序处理：执行用户程序，用程序中的指令调用映像区中的信息对系统的逻辑部件进行组合，进行相关的算术/逻辑运算。并且，在整个处理过程中，对系统运行情况进行监视，对用户程序的执行情况加以监测，把操作运算的中间结果存入相应的存储区，把最终结果存入输出映像区，等待调用。

（3）输入/输出（I/O）刷新：为了保证输入/输出信号的正确性和实时性，在每一扫描周期内要对输入/输出进行刷新。输入刷新就是刷新内存中的输入位，使它存放的信息与外部设备（如传感器、光电开关）等的输入状态一致。输出刷新就是使送到外部的设备的输出状态与保存在内存中的输出状态一致。如输出端的继电器、晶体管、晶闸管的状态与内存中的输出状态保持一致。其中，输入刷新是在每一次扫描开始都要对输入端采样，输入原来的或新的控制信号存入内存。输出刷新是每一个扫描周期末尾对输出进行刷新，从内存将原来或新的控制信号输出给输出端。数字信号在传输给输出电路前须进行 D/A 转换，以使用模拟量控制输出端的设备。

输出电路将输出信号进行光耦合或继电器隔离，经输出继电器、输出端子、输出电源、输出负载元器件和输出公共端构成输出回路，输出脉冲驱动负载，完成刷新和控制负载的任务。

4. 通信服务

通信服务是 PLC 应用于自动控制系统时必备的功能，无论是编程，还是运行用户程序；无论是本地控制，还是远程控制，都需要通信服务。

与编程器交换信息。PLC 与编程器交换信息时，必须把 PLC 转换为编程方式，编程器中的 CPU 为主机，来调度指挥 PLC 中的 CPU，系统把控制权交给编程器。通过编程器编制用户程序、调试用户程序、修改用户程序并把用户程序下载到 PLC 中。

在 PLC 内部交换信息是 PLC 的基本控制功能。在 PLC 切换为运行方式下，执行用户程序。在每个扫描周期中，对用户程序按照逻辑顺序，逐步扫描处理，且反复循环。

与数字处理器（DPU）交换信息。在大中型 PLC 网络中，设主处理器和从处理器。主处理器负责处理字操作指令，控制系统总线，统一管理各种输入/输出单元和接口。从处理器负责处理位操作指令，并与主处理器定时交换信息，协调工作。从而，提高了整个网络处理数据的能力，加快了传输信息的速度。

PLC 与编程器（或计算机等外部设备）进行通信时，都是通过定型的外部接口、通信电缆等网络元器件连接成通信网络进行通信服务。

1.2 PLC 的技术特性及其应用

PLC 是一个数字电子控制系统，显然，PLC 最主要的技术特性是在 PLC 内部将参与控制的数据数字化、信息化。

数字化即把参与控制的指令、指令的操作数及相关的数字都变成二进制的代码，并将这些代码变成电子信息，存放在相对应的系统程序区、数据区和用户程序区中。在控制过程中，CPU 按一定的时钟节拍，发出具有一定能量的脉冲，去激活相应存储区中的电子信息，共同形成控制



信号,按一定的逻辑规律进行处理,对中间结果给予存储,等待调用,将最终结果输出。也就是说,用脉冲信号去激活系统程序,由系统程序控制整个 PLC 系统,进行自诊断、初始化,执行用户程序以及通信服务。

如果通过比较来鉴别,则更能看出 PLC 独有的技术特性。

1.2.1 PLC 与继电器控制电路相比较

可编程序控制器是在继电器控制理论上发展起来的。与继电器控制电路有诸多相同之处,也有不同的地方。

PLC 的梯形图与继电器电路的比较

(1) 图形符号相似。二者都以触点和线圈符号组成电路,且符号相似,组成的电路相似。

(2) 继电器的触点是有形的物理触点,触点有一定的数量限制,在同一个控制系统中只能使用一次。梯形图的触点是无形的逻辑触点,虽然也有一定的数量,但是,对于每一个触点来说是可以使用任意次的数字信息,可以存储,且可以刷新。

(3) 继电器是通过硬导线的连接,构成控制电路,来实现它的控制逻辑。PLC 是通过指令的组合,构成控制程序,并在硬件支持下,实现它的控制逻辑。

(4) 继电器电路的控制功能是专一的,一旦形成就固定不变。PLC 的控制程序是随受控对象的变动而变化,可随机编辑。

(5) 继电器的线圈和触点是继电器的物理结构部件。一旦得电,线圈励磁,触点几乎与线圈同时动作。PLC 中的触点和线圈是两个功能不同的逻辑元器件。按照在梯形图中的位置顺序,随着循环扫描分时动作。继电器元器件是依据它们在电路中的连锁关系动作的,PLC 程序中的元素是依据它们在程序中的顺序随着扫描的进程而动作的。

1.2.2 PLC 与个人计算机(PC)相比较

可编程序控制器与个人计算机都是数字电子设备。但是,PLC 是专门用于工业控制的计算机。PLC 与 PC 相比较,有相同之处,也有不同的地方。

(1) PLC 和 PC 都是数字电子设备,它们的数字电路都是由逻辑电路组成的。因此,对数字信息能够存储,能够判断和处理。

(2) 在数字控制系统中,PC 是通用型的;PLC 是专门用于工业控制的计算机。在工业控制中,PLC 的功能是强大的。

(3) 工作控制方式不同。PC 是采用等待命令的方式工作。CPU 发出命令,系统投入工作。没有命令,计算机处于等待状态。在同一时间内,计算机可以同时执行几种操作,而互不干扰,如存盘、打印、通信操作,可同时进行。PLC 采用循环扫描的方式工作,CPU 发出扫描脉冲,循环地激活系统程序,系统程序按固定的顺序来控制用户程序。在同一个时间只能执行一种操作。

当发生中断请求时,计算机以中断嵌套的形式停止正在执行的操作,马上进行中断处理。中断处理结束,返回原中断点,继续执行原来的操作。发生中断请求时,PLC 不是马上处理中断,而是进行中断排队,待每一个扫描周期末尾集中处理中断。



(4) 输出与输入在控制中的响应速度方面, 计算机的输出响应速度快, 可编程序控制器的输出存在滞后现象, 响应速度比较慢, 时间为毫秒 (ms) 级。

(5) 计算机采用高级语言编写程序。高级语言有很多种, 编程人员必须有比较丰富的编程经验, 才能熟练地编写用户程序。可编程序控制器通常采用梯形图、功能块图或语句表三种语言中的一种进行编程。尤其, 梯形图是图形语言, 直观、简单、易学, 适应于广大工程技术人员和技术工人使用。程序编制、调试周期短。当装载到控制网络中, 用于控制时, 系统抗干扰能力高, 易于操作, 易于监控, 易于修改。

1.2.3 PLC 的技术指标

PLC 主要的技术指标包括 I/O 点数、内存容量、扫描速度、编程语言和指令条数、系统软件配备和配置扩展功能模块的数量。

概括地说, PLC 的技术指标表明了 PLC 的控制能力。

1. I/O 点数

输入/输出 (I/O) 点数是确定 PLC 机型的一项指标。其中, 微型机至多有 32 个 I/O 点; 小型机最多有 128 个 I/O 点; 中型机最多有 1024 个 I/O 点; 大型机最多有 2048 个 I/O 点; 超大型机 I/O 点数可达 8192 及以上个点。不言而喻, I/O 点数越多, 输入/输出能力越强。对 A/D、D/A 转换能力越强, 处理逻辑控制的能力越大。其原因很简单。比如, 如果 PLC 采用 16 位的 CPU, 一路 A/D 或 D/A 就占用 16 个 I/O 点。如果 PLC 采用 32 位的 CPU, 一路 A/D 或 D/A 就占用 32 个 I/O 点。I/O 点越多, A/D 或 D/A 的能力越强。I/O 点数应满足需要且留有余地。

2. 内存容量

PLC 内存直接衡量其存放信息数据的能力。PLC 中的存储器大致用于两个方面。一是存放系统程序和所需要的数据, 是只读 (ROM) 存储器, 由 PLC 生产商在出厂时就设定, 用户一般不需要知道它的容量, 也无权访问 ROM。二是存放用户程序的随机存储器 (RAM)。RAM 因机型大小不同, 配置的容量也不同。其中, 微型机为 1KB; 小型机为 2KB; 中型机为 4~8KB; 大型机为 12~32KB; 超大型机为 64~1000KB。

3. 扫描速度

PLC 是以扫描方式实施控制。PLC 主机 CPU 的扫描速度由其内部的石英晶体时钟的振荡频率决定。CPU 随晶体频率发送控制脉冲。频率越高, 单位时间内发出的脉冲次数越多, PLC 的扫描速度越快, I/O 信号变换的速度越快, 控制精度越高, 控制复杂程序的能力越大。扫描速度单位为毫秒/千步、微秒/步或纳秒/步。

4. 编程语言和指令条数

当前, PLC 使用的编程语言有梯形图、功能块图和语句表。由于地域关系, 美国的产品多采用梯形图。日本的产品多采用梯形图和语句表的编程语言。而德国的产品对三种编程语言都可以应用。

PLC 生产商不同所用的编程语言也不同。即或采用相同的编程语言, 也互不兼容, 所研制的指令结构及其功能存在一定的差异, 有的差异却很大, 条数亦不一样。

编程语言及其指令应简明易懂, 易于使用。尤其应配备对应的编程软件, 作为用户编程时的得力工具。

5. 系统软件

系统软件是 PLC 生产厂商为其产品配备的系统程序。系统程序包括输入/输出程序、驱动程序、监测程序、编译 (解释) 程序、程序管理程序以及通信程序和一些成功的子程序及中断程序等。这些程序存储在 ROM 中, 用户看不到, 但通过 PLC 运行可以反映出它们的存在。系统软



件配置得越多, PLC 的控制功能越全面。系统软件升级的版本越高, 控制的功能越强大、越完善。

6. 配置扩展功能模块数量

各家 PLC 生产商对其产品都配置相应的扩展功能模块。比如速度控制模块、温度控制模块、位置控制模块、通信模块以及高级语言编辑模块。扩展功能模块都自身带有 CPU, 具有智能性。它与主机的 CPU 构成主从关系, 由主机 CPU 统一指挥, 协调工作, 定期通信。因此, 配置扩展功能模块的种类越多, 该 PLC 的功能越全面, 配置扩展功能模块的块数越多, 其控制能力越强。但是, 每一种 PLC 配置扩展功能模块的数量及种类是有限制的, 则由其电源负载能力、I/O 点数等因素决定。多数厂家对这一点都有明确的规定。

1.2.4 PLC 系统主要的控制功能

如前所述, PLC 是一种数字运算操作的电子系统, 这个系统所有的功能都是通过程序控制实现的。

PLC 所配备的程序有两部分: 一部分是系统程序; 另一部分是应用程序。系统程序包括操作系统、编译(解释)程序、监视检查程序、自诊断程序、初始化程序、程序管理程序、通信管理程序以及编程软件等。系统程序由 PLC 生产厂商编制, 可谓是 PLC 系统中的一级程序。应用程序是根据受控对象控制的需要, 由用户编制的, 可谓是二级程序。为了发挥程序的控制功能, 对程序, PLC 系统采取统一管理、存储记忆、逻辑控制、时序控制、可中断运行以及通信控制等控制措施, 使 PLC 成为数字化、信息化的高性能数字控制系统。

1. 统一管理

PLC 系统及系统中的配置的程序由中央处理器(CPU)统一管理, 统一指挥, 统一调度。对所有的程序及系统所需要的数据先存储记忆, 后调用处理。以严格的时序, 相应的逻辑规律, 以通信的形式传输控制命令、运算逻辑和所需要的数据。

2. 存储记忆

存储记忆是数字电子装置最突出的特性和最基本的功能。PLC 能够实现智能控制的基本因素之一是能够存储记忆。它能够像大脑一样, 将程序和数据分区记忆, 定时刷新, 长期保存, 反复调用。

出厂时, PLC 生产厂商编制完善齐备的系统程序, 配备在 PLC 系统中, 存放在只允许 CPU 读取的只读存储器(ROM)中。选用时, 用户运用编程指令, 编制应用程序, 存放在既可以存, 又可以取的随机存储器(RAM)中, 为了扩充存储器容量, 还可以外设硬磁盘、软磁盘, 把相关的控制程序、应用技术程序装入虚拟存储器中, 可使存储记忆不受容量的限制。

在 PLC 用于控制系统时, CPU 调用存储的系统程序, 去控制用户的应用程序, 调用存储的数据, 参与程序控制。总之, 对控制中的每一步, 都采取存储记忆。

在输入控制信号时, 把采集的信号集中输入, 输入映像寄存器。CPU 对输入的信号进行处理后, 将中间结果存入相应的存储区, 将最终结果存入输出映像寄存器, 等待输出调用。

PLC 数字电子操作系统对所有的程序及其数据都以内码的形式存放在相应的存储区中, 需要时, 由 CPU 调度。先存储记忆, 后调度处理, 定时刷新再现, 长期存储, 反复调用。如同大脑, 具有理想的记忆功能。

3. 逻辑控制

逻辑控制是数字电子装置的基本功能, 尤其, 在 PLC 系统中表现得尤为突出。

当阅读 PLC 的梯形图时, 可以看到它是由各种形式的逻辑组成的。例如: 两个并联的触点是或逻辑关系。当并联的触点相同时, 是同或。当并联的触点不同时, 是异或。两个相同触点串



联时是与逻辑。两个不同触点串联时，是非逻辑。常开的非是常闭，而常闭的非是常开。在所有的逻辑控制中，前边的是实现后边控制的条件，后边的是前边控制的结果。因此，在梯形图中形成各种各样的组合逻辑，如与或非，或与非等。梯形图、功能块图如此，语句表也如此。它们的逻辑严谨，规律性极强。因此，控制性能十分可靠。

总之，通过一系列的逻辑控制，将输入信号整形放大，逻辑处理，在能流的驱动下，传输给输出端。其中，逻辑控制是最关键的一环。

4. 时序控制

时序控制是 CPU 对每一条指令在执行时间上的控制，程序中的每一条指令可能包括若干个基本操作。比如，读操作、写操作等。

中央处理器 CPU 中有一个由时序发生器、指令译码器等元器件构成的操作控制器。PLC 运行时，时序发生器不断地发出时序信号，指令译码器把取出的指令进行译码，共同形成操作信号，启动系统程序，调用用户程序，按照发生脉冲在时间上的规律来控制 I/O、算术/逻辑运算以及通信等功能的操作。

指令操作对应的脉冲波状态规律

- 置位操作在脉冲波的上升沿及高电平阶段；
- 复位操作在脉冲波的下降沿及低电平阶段；
- 上微分操作在脉冲波的上升沿及高电平阶段；
- 下微分操作在脉冲波的下降沿及低电平阶段；
- 移位操作在脉冲的上升沿及高电平阶段；
- 凡输入操作在上升沿开始；
- 凡输出操作都在两个上升沿之间。

用指令操作与时间对应的脉冲波的状态绘制的顺序图称为时序图。时序图体现了指令操作具有严格的时序逻辑。也就是说，指令是按严格的时间规律执行的。

5. 中断控制

PLC 在运行时，可能发生硬件故障或软件错误时，CPU 要接受中断请求。在系统通信时，要定时产生中断请求。对于中断控制方式，PLC 与 PC 不同。PC 是在发生中断时，形成中断嵌套，马上去处理中断，处理中断结束，返回原中断点，继续执行原来的程序。PLC 则不同，PLC 是在每个扫描周期末尾集中处理中断，当发生中断事件，要按中断优先级进行排队，等待在扫描周期末尾时处理。

6. 通信控制

在编程或控制与被控装置构成控制网络时，PLC 系统处于一个通信网络中，其控制是通过通信实现的。网络通信由相应的通信硬件构成通信网架。由通信协议、通信参数构成控制通信的软件。通信网架和控制通信的软件构成通信系统。

通信系统是由 CPU 调用通信程序工作的，该程序控制发送和接收两方面网站的工作，按照规定的规则和设定的参数进行通信。用通信的方式来指挥现场的 PLC 执行控制任务。

以上是 PLC 的几种主要控制技术。除此，PLC 系统对程序的执行有自诊断，自我监测的功能。在此，不再赘述。在后边的章节中会提及。

1.2.5 PLC 的分类

可编程控制器（PLC）的分类方法主要有两种。一种是按结构分类，另一种是按控制能力