

PLC 实用技术指南

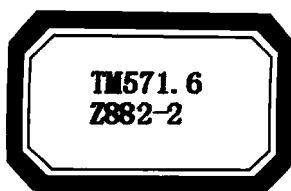
S7-200 PLC 编程 设计与案例分析

朱文杰 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS





PLC 实用技术指南

S7-200 PLC 编程 设计与案例分析

朱文杰 编著

TM571.6

Z882-2



机械工业出版社

本书以西门子公司的 S7-200 系列可编程序控制器为主要叙述对象,介绍了可编程序控制器的原理及其应用控制系统设计。主要内容为可编程序控制器的基础知识与工作原理, S7-200 系列 PLC 控制系统硬件的详细特性、其他组成部分, S7-200 系列 PLC 编程软元件及各种指令详解,应用控制系统设计的一般规则、主要内容与常用方法、编程软件 STEP 7-Micro/WIN, S7-200 系列 PLC 通信网络等。各章中穿插了丰富的编程实例,第 6 章还提供了 16 个 S7-200 系列 PLC 的工程应用案例。

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、本科、研究生各种自动化专业的课程教材、毕业设计教材,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

S7-200 PLC 编程设计与案例分析/朱文杰编著. —北京:机械工业出版社, 2009.9

(PLC 实用技术指南)

ISBN 978-7-111-28311-9

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 164102 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:靳平 责任编辑:阎洪庆 版式设计:霍永明

封面设计:赵颖喆 责任校对:陈延翔 责任印制:洪汉军

北京四季青印刷厂印刷 (三河市杨庄镇环伟装订厂装订)

2010年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·31.25印张·771千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-28311-9

定价:68.00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

读者服务部:(010)68993821

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的迅猛发展,可编程序控制器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。可编程序控制器的功能不断提升,并以其可靠性高、操作简便等特点,已经形成一种工业趋势。特别是随着工业控制网络化的进程与发展,可编程序控制器与现场总线技术获得了更加完美的结合,具有网络功能的可编程序控制器系统越发显示出在先进工业控制中的作用与优势。目前,可编程序控制器(PLC)、计算机辅助设计/计算机辅助制造(CAD/CAM)、机器人(Rob)和数控(NC)技术已发展成为工业自动化的四大支柱技术。因此熟悉和掌握先进控制手段与方法,学习和掌握可编程序控制器技术已成为高等院校相关专业和工程自动化技术人员的一项迫切任务。

西门子可编程序控制器广泛应用于我国各行各业,在水利、电力、热网、汽车制造、矿产、钢铁、烟草、化工、饮料加工等行业,都能看到西门子 PLC。本书以西门子 S7-200 系列 PLC 为主要叙述对象,在作者多年教学与科研工作的基础上,借鉴相关领域专家学者的研究成果撰写成稿。本书注重硬件特性和指令系统基础知识的叙述和讲解,注重编程思路的交代,配以应用性示例,使读者不仅知其然,而且知其所以然,并能举一反三。

全书共分 6 章,第 1 章综述了可编程序控制器的基础知识与工作原理,第 2 章细述了 S7-200 系列 PLC 及其各种模块的硬件特性、其他组成及系统组成,第 3 章详述了 S7-200 系列 PLC 的指令系统,图文讲解各指令用法并给出示例,第 4 章概述了 PLC 控制系统设计的一般规则、主要内容与常用方法、编程软件 STEP 7-Micro/WIN 的运用等,第 5 章讲述了 PLC 通信网络的基础知识,第 6 章选用 16 个 S7-200 系列 PLC 的工程应用案例,供广大读者参考应用。

由于作者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

作 者

目 录

前言

第 1 章 PLC 基础知识 1

1.1 PLC 的基本结构及其各部分的作用 1

1.1.1 中央处理单元 1

1.1.2 存储器单元 2

1.1.3 电源单元 3

1.1.4 输入/输出单元 3

1.1.5 接口单元 4

1.1.6 外部设备 4

1.1.7 PLC 的软件系统 5

1.2 PLC 的工作原理 5

1.2.1 PLC 对继电器控制系统的仿真 6

1.2.2 PLC 循环扫描的工作方式 8

1.2.3 PLC 的编程语言 14

1.3 PLC 的硬件基础 16

1.3.1 PLC 的接口模块 17

1.3.2 PLC 的配置 20

1.4 PLC 的软件基础 22

1.4.1 系统监控程序 22

1.4.2 用户程序 23

1.5 PLC 的主要性能指标 24

1.5.1 硬件指标体系 24

1.5.2 软件指标体系 24

1.5.3 S7-200 系列 PLC 的主要技术性能指标体系示例 25

第 2 章 S7-200 PLC 系统的组成 29

2.1 S7-200 系列 PLC 的硬件组成 29

2.1.1 S7-200 PLC 基本单元 29

2.1.2 S7-200 PLC 扩展单元 43

2.2 S7-200 PLC 系统的其他组成 63

2.2.1 个人计算机或编程器 64

2.2.2 编程/通信电缆及人机界面 64

2.3 S7-200 PLC 的系统配置 68

2.3.1 允许主机所带模块的数量 68

2.3.2 CPU 输入、输出映像区的大小 68

2.3.3 内部电源的负载能力 68

2.3.4 S7-200 PLC 系统的详细配置 70

第 3 章 S7-200 PLC 的指令系统及

编程 73

3.1 S7-200 PLC 的编程基础 73

3.1.1 编程语言 73

3.1.2 数据类型 74

3.1.3 存储器区域 76

3.1.4 寻址方式 83

3.1.5 用户程序的结构 84

3.2 S7-200 PLC 的基本指令及

编程 85

3.2.1 位逻辑指令 87

3.2.2 定时器和计数器指令 96

3.2.3 顺序控制继电器指令 105

3.2.4 移位寄存器指令 116

3.2.5 比较操作指令 117

3.3 S7-200 PLC 的功能指令 120

3.3.1 数据传送指令 120

3.3.2 数学运算指令 122

3.3.3 逻辑运算指令 129

3.3.4 移位操作指令 133

3.3.5 数据转换操作指令 137

3.3.6 表操作指令 147

3.3.7 程序控制指令 150

3.4 S7-200 PLC 的特殊功能指令 156

3.4.1 中断操作指令 156

3.4.2 通信操作指令 164

3.4.3 高速计数器操作指令 180

3.4.4 高速脉冲指令 187

3.4.5 PID 操作指令 199

3.4.6 时钟操作指令 208

第4章 PLC 控制系统设计与运用**STEP 7-Micro/WIN 编程****软件** 210**4.1 PLC 控制系统程序设计** 2104.1.1 PLC 控制系统设计的基本要求与
基本原则 2104.1.2 PLC 控制系统的设计步骤及
内容 211

4.1.3 PLC 程序设计的一般方法 225

**4.2 运用 STEP 7-Micro/WIN
编程软件设计程序** 2334.2.1 安装 STEP7-Micro/WIN 编程
软件 2334.2.2 STEP 7-Micro/WIN 编程软件的
功能 2344.2.3 STEP 7-Micro/WIN 编程软件的
基本操作 2384.2.4 STEP 7-Micro/WIN 用于用户
程序调试及运行监控 247

4.2.5 S7-200 PLC 的出错代码 253

**4.3 STEP 7-Micro/WIN 组态
S7-200 PLC 运动控制** 256

4.3.1 三种方式的运动控制 256

4.3.2 使用位控向导进行组态 257

4.3.3 位控模块的示例程序 265

4.3.4 EM 253 控制面板与 PID 整定
控制面板 270**4.4 PLC 控制系统的可靠性设计** 2734.4.1 影响 PLC 控制系统可靠性的
因素 2744.4.2 PLC 控制系统工程应用的抗
干扰设计 2754.4.3 提高 PLC 控制系统可靠性的
硬件措施 2764.4.4 提高 PLC 控制系统可靠性的
软件措施 279**第5章 S7-200 PLC 的通信网络** 285**5.1 S7-200 PLC 的网络协议** 285

5.1.1 网络主站与从站 285

5.1.2 使用 PPI 协议进行网络通信 287

5.1.3 使用 MPI 协议进行网络通信 289

5.1.4 使用 PROFIBUS 协议进行
网络通信 290

5.1.5 自由口通信方式 300

5.1.6 使用 MODBUS 协议进行
网络通信 3015.1.7 使用 USS 协议进行 MicroMaster
驱动通信 304**5.2 S7-200 PLC 的通信网络部件** ... 315

5.2.1 通信端口 316

5.2.2 PC/PPI 网络电缆 316

5.2.3 PROFIBUS 网络电缆 319

5.2.4 网络连接器 320

5.2.5 网络中继器 322

5.2.6 EM 227 PROFIBUS-DP 模块 323

5.3 网络参数 324

5.3.1 通信接口的安装和删除 324

5.3.2 通信参数的选择和修改 325

5.3.3 通信网络的测试 327

**5.4 在网络中使用 Modem 和 STEP
7-Micro/WIN** 328

5.4.1 配置一个 Modem 连接 329

5.4.2 配置远端 Modem 330

5.4.3 配置 PPI 多主站电缆 331

5.4.4 用 RS232/PPI 多主站电缆
连接无线 Modem 334**第6章 S7-200 PLC 控制系统案例** 335**6.1 S7-200 PLC 移位寄存器指令用于
水力发电站技术供水系统** 335**6.2 S7-200 PLC 控制水力发电站压缩
空气系统** 3376.2.1 压缩空气装置自动控制系统
的任务与要求 3376.2.2 压缩空气装置自动控制系统
的硬件配置 337

6.2.3 压缩空气装置自动操作程序 338

**6.3 S7-200 PLC 控制水力发电站油压
装置** 3416.3.1 油压装置自动化的必要性与
控制要求 341

6.3.2 PLC 控制系统的硬件设计 342

6.3.3 PLC 控制系统的程序设计 344

6.4	S7-200 PLC 控制水力机组润滑和冷却系统	349	控制系统	396
6.4.1	水力机组润滑和冷却系统的简介与控制要求	349	6.10.1	电梯控制系统
6.4.2	自动化元件配置、控制点数统计及 PLC 选型	350	6.10.2	AS-I 总线技术在电梯控制系统中的应用
6.4.3	PLC 控制系统的程序设计	351	6.10.3	基于西门子 PLC 的电梯远程监控系统
6.4.4	程序说明与小结	353	6.10.4	综合指标分析
6.5	S7-200/300 PLC 在水力发电站自动化系统 LCU 中的应用	353	6.11	S7-200 PLC 与计算机在自由口模式下通信
6.5.1	现地控制单元的介绍	354	6.11.1	S7-200 PLC 通信概述
6.5.2	控制系统的构成举例	356	6.11.2	通信协议
6.5.3	控制系统的功能	358	6.11.3	指令格式定义
6.6	S7-200 PLC 治理水力机组用负荷抬机	361	6.11.4	指令中 ASCII 码的使用
6.6.1	水力机组抬机治理的正确思路	361	6.11.5	PLC 程序执行过程
6.6.2	治理水力机组用负荷抬机的 PLC 控制系统硬件与控制程序	362	6.11.6	PLC 寄存器地址分配
6.7	S7-200 PLC 控制调相压水系统与治理用负荷抬机合成的神经元	369	6.11.7	程序清单
6.7.1	自动化元件配置、I/O 统计、PLC 及扩展模块选择、内存地址分配	369	6.12	S7-200 PLC 应用于电力无功补偿
6.7.2	程序设计	370	6.12.1	无功补偿控制器的结构
6.7.3	调相压水与治理用负荷抬机合成神经元数理分析	379	6.12.2	无功补偿控制器的功能
6.8	水力发电机组操作自动化分解与 PLC 控制系统设计	380	6.12.3	技术参数
6.8.1	水力发电机组自动操作输入/输出配置	381	6.12.4	人机界面
6.8.2	水力发电机组自动操作的 PLC 系统设计	384	6.13	S7-200 PLC 与 S7-300 PLC 实现自由口无线通信
6.8.3	水力发电机组自动操作的 PLC 程序设计	385	6.13.1	工程项目简介
6.9	S7-200 PLC 用于变电站交流配电盘	387	6.13.2	监控系统的硬件及网络结构
6.9.1	配电盘系统结构与配置简介	387	6.13.3	通信功能的实现
6.9.2	配电盘系统应用 S7-200 PLC 的创新之处	389	6.13.4	电台选型和故障判断
6.10	基于 S7-200CN PLC 的电梯		6.13.5	小结
			6.14	FBZ-2610 型 GIS 智能汇控柜
			6.14.1	系统主要特点
			6.14.2	工作环境
			6.14.3	系统构成
			6.14.4	系统功能
			6.15	利用 S7-224 CPU DC/DC/DC 脉冲输出演奏音乐
			6.15.1	概述
			6.15.2	硬件要求
			6.15.3	程序和注释
			6.15.4	利用 S7-224 CPU 输出脉冲演奏音乐的另一种方案

6.16 S7-224 CPU 集成脉冲输出		
通过步进电动机的定位控制 ...	462	
6.16.1 概述	462	
6.16.2 硬件要求	462	
6.16.3 程序框图	462	
6.16.4 程序和注释	463	
附录	470	
附录 A 特殊存储器 (SM)		
标志位	470	
附录 B 中断事件的优先级顺序	479	
附录 C 西门子 S7-200 PLC 的 CPU		
存储器范围及特性	480	
附录 D 高速计数器 HSC0、HSC3、		
HSC4 和 HSC5	481	
附录 E 高速计数器 HSC1 和		
HSC2	482	
附录 F 西门子 S7-200 PLC 指令一		
览表	483	
参考文献	489	

第 1 章 PLC 基础知识

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通用工业自动控制装置。PLC 具有适应工业环境、操作与编程简单、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 的基本结构及其各部分的作用

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 I/O 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，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。

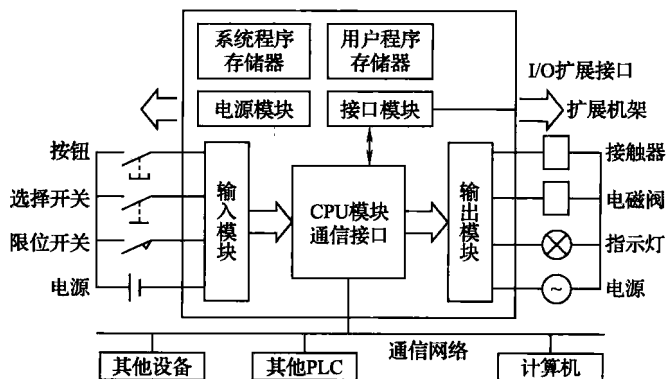


图 1-1 PLC 的组成

1.1.1 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。

微处理器能够实现逻辑运算，协调控制系统内部各部分的工作。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 以及警戒定时器的状态，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，并分别存入输入映像区或数据寄存器，然后从内存读取用户程序和数据，经命令解释后按指令的规定执行逻辑或算术运算，结果送入输出映像区或数据寄存器内。所有的用户程序执行完毕后，将输出映像区各输出状态或输出寄存器内的数据传送到相应的输出装置，产生相应的控制信号，去启动或关闭有关控制电路，分时、分渠道地执行数据的存取、传送、比较和变换等处理过程，完成用户程序所设计的逻辑或算术运算任务，并根据运算结果控制输出设备。PLC 常用的微处理器主要有通用微处理器、单片机、位片式微处理器。近年来，对 PLC 采用双 CPU 构成冗余系统，或采用三个 CPU 构成表决系统，有些 PLC 中多达八个 CPU，这进一步提高了系统的可靠性，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以上。

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可靠的信息交换和最佳的时序配合。

1.1.2 存储器单元

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 RAM (Random Access Memory) 和只读存储器 ROM (Read Only Memory)。随机存储器 RAM 最为重要，其存取速度最快，这种存储器可以进行读、写操作，主要用来存储输入/输出状态和计数器、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 一般存放基本程序和数据。在制造 ROM 时，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。只读存储器有两种：一种是不可擦除的 ROM，这种 ROM 只能写入一次，不能改写；另一种是可擦除 ROM，经擦除后还可以重写，其中 EPROM 芯片的上面有一个透明窗口，经紫外线照射后能擦除芯片内的全部内容。E²PROM 也称为 EEPROM，是可以电擦除的可编程只读存储器，可方便地实现在系统擦除和写入。这两种存储器的信息可保留 10 年左右。

相对于其他类型的半导体技术而言，铁电存储器具有一些独一无二的特性，能兼容 RAM 的一切功能，并和 ROM 技术一样，是一种非易失性的存储器。铁电存储器在这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 存储空间按用途都可分为三个区域：

1. 系统程序存储区

系统程序存储区中存放着 PLC 厂商编写的系统程序，包括系统监控程序、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，它和硬件一起决定了该 PLC 的性能。系统程序相当于 PC 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。

1) I/O 映像区：由于 PLC 投入运行后，只是在输入采样阶段才依次读入各输入状态和数据，在输出刷新阶段才将输出的状态和数据送至相应的外部设备（以下简称外设）。因此，它需要一定数量的存储单元（RAM）以存放 I/O 的状态和数据，这些单元称作 I/O 映像区。一个开关量 I/O 占用存储单元中的一位（bit），一个模拟量 I/O 占用存储单元中的一个字（16bit），整个 I/O 映像区可看作由两个部分组成：开关量 I/O 映像区；模拟量 I/O 映像区。

2) 参数区：参数区存放 CPU 的组态数据，如输入/输出 CPU 组态、设置输入滤波、脉冲捕捉、输出表配置、定义存储区保持范围、模拟电位器设置、高速计数器配置、高速脉冲输出配置、通信组态等，这些数据不断变化、不需长久保存，采用随机存储器（RAM）。

3) 系统软设备存储区：包括 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。该存储区又分为具有失电保持的存储区域和无失电保持的存储区域，前者在 PLC 断电时，由内部的锂电池供电，数据不会丢失；后者当 PLC 断电时，数据被清零。

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，其作用类似于电气控制电路中的继电器，另外不同的 PLC 还提供数量不等的特殊逻辑线圈，具有不同的功能。

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），不同的 PLC 提供数量不等的特殊数据寄存器，具有不同的功能。

3. 用户程序存储区

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

1.1.3 电源单元

电源单元（Supply Unit）是 PLC 的电源供给部分，它把外部供应的电源变换成系统内部各单元所需的电源。一般允许工作交流电压波动在 10%~15% 范围内，可以不采取其他措施（如不间断电源 UPS），而将 PLC 直接连接到交流电网上去。

PLC 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，允许工作交流输入电压范围一般比较宽，抗干扰能力比较强。

除需要交流电源外，PLC 还需要直流电源。一般直流 5V 供 PLC 内部使用，直流 24V 供 I/O 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。应注意设计选择时保证直流不过载。

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

PLC 的电源一般采用开关电源，其特点是输入电压范围宽、体积小、质量轻、效率高、抗干扰性能好。

1.1.4 输入/输出单元

输入/输出单元（Input/Output Unit, I/O）由输入模块、输出模块和功能模块构成，是 PLC 的 CPU 与现场 I/O 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过程的状态或信息读入 CPU，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有驱动能力的 I/O 模块，以及各种用途的 I/O 组件供用户选用，包括：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、其他功能模块。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、隔离、电平转换等，变换为 CPU 能接受和识别的低电压信号，送交 CPU 进行运算。输出模块则将 CPU 输出的低电压信号变换、放大为能为控制器件接受的电压、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

直流 1.6~5V, 低电压能解决耗电过大和发热过高的问题。

所有 I/O 模块均带有光耦合电路, 其目的是把 PLC 与外部电路隔离开来, 以提高 PLC 的抗干扰能力。为了滤除信号的噪声和便于 PLC 内部对信号的处理, 输入模块还有滤波、电平转换、信号锁存电路; 输出模块也有输出锁存器、显示、电平转换等电路, 还有功率放大电路。

通常 PLC 输入模块的类型有直流、交流、交直流三种。PLC 输出模块类型有继电器、晶体管、双向晶闸管三种。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, 但其属于有触点器件, 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, 它们属于无触点器件, 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。

此外, PLC 提供的功能模块实际上是一些智能型 I/O 模块, 如温度检测模块、位置检测模块、位置控制模块、PID 控制模块、高速计数模块、运动控制模块、中断控制模块等。智能模块有自己独立的 CPU、系统程序、存储器, 通过总线在 PLC 的协调管理下独立进行工作。

CPU 与 I/O 模块的连接是由输入接口和输出接口完成的。

1.1.5 接口单元

接口单元包括扩展接口、存储器接口、编程接口与通信接口。

扩展接口是用于扩展 I/O 模块, 它使 PLC 的控制规模配置得更加灵活。这种扩展接口实际上为总线形式, 可以配置开关量的 I/O 模块, 也可配置模拟量、高速计数等特殊 I/O 模块及通信适配器等。

存储器接口是为了扩展存储区而设置的, 用于扩展用户程序存储区和用户数据参数存储区, 可以根据使用的需要扩展存储器, 其内部也是接到总线上的。

编程接口是连接编程器或 PC 的, PLC 本体不带编程装置或软件。为了能对 PLC 编程及监控, 在 PLC 上专门设有编程接口, 通过这个接口可以连接各种形式的编程装置或 PC, 还可以利用此接口做通信与监控。通信接口是为了在 PLC 与 PLC、PLC 与 PC 或其他智能设备之间建立通信网络而设立的接口, 可实现 PLC 间的通信及 PLC 与 PC 或其他智能设备间的通信。新近生产的 PLC 都具有通信接口, 通信非常方便。

1.1.6 外部设备

外设 I/O 接口是 PLC 主机实现人机对话、机机对话的通道。通过它, PLC 可以和编程器、彩色图形显示器、打印机等外部设备相连, 也可以与其他 PLC 或上位计算机连接。外设 I/O 接口一般是 RS232C 或 RS422A 串行通信接口。该接口的功能是进行串行/并行数据的转换、通信格式的识别、数据传输的出错检验、信号电平的转换等。对于一些小型 PLC, 外设 I/O 接口中还有与专用编程器连接的并行数据接口。

1. 编程设备

简单的为简易编程器, 多为助记符编程, 个别的也可为图形编程 (如日本东芝公司的

EX 型 PLC 带的编程器)。复杂一点的图形编程器,可用梯形图编程。目前多采用先进编程软件在 PC 上操作,可用其他高级语言编程。编程器或 PC 除了用于编程外,还可对系统做一些设定,以确定 PLC 的控制方式或工作方式。编程器或 PC 还可监控 PLC 以及 PLC 控制系统的工作状况,以进行 PLC 用户程序的调试。

2. 监控设备

小的监控设备有数据监视器,可监视数据;大的监控设备有图形监视器,可通过画面监视数据。监控设备除了不能改变 PLC 的用户程序,编程器能做的它都能做。高性能的 PLC,越来越多地配置这种外设。

3. 存储设备

它用于永久性地存储用户数据,使用户程序不丢失,如存储卡、存储磁带、软磁盘或 ROM。而为实现这些存储,相应的就有存卡器、磁带机、软驱或 ROM 写入器,以及相应的接口部件,各种 PLC 大体都有这方面的配套设施。

4. 输入/输出设备

它用以接收信号或输出信号,以便于与 PLC 进行人机对话。输入的有条形码读入器、输入模拟量的电位器等;输出的有打印机、文本显示器等。

总之,外设已发展成为 PLC 系统不可缺少的一个部分,有关它的情况,也是选择 PLC 必须了解的一个方面,也应把它列为 PLC 性能的内容。

1.1.7 PLC 的软件系统

PLC 除了上述硬件系统外,还需要软件系统支持,它们相辅相成、缺一不可,共同构成 PLC。PLC 的软件系统由系统程序(又称系统软件)和用户程序(又称应用软件)两大部分组成。

1. 系统程序

系统程序由 PLC 厂商编制,固化于 PROM 或 EPROM 中,安装在 PLC 上,随产品提供给用户。系统程序包括系统管理程序、系统诊断程序、输入处理程序、用户指令解释程序、编译程序、信息传送程序、监控程序和供系统调用的标准程序模块等。

2. 用户程序

用户程序是根据生产过程控制的要求,由用户根据厂商提供的编程语言而自行编制的应用程序。用户程序包括开关量逻辑控制程序、模拟量运算程序、闭环控制程序和操作站系统应用程序等。

在 PLC 的应用中,最重要的是用 PLC 的编程语言来编写用户程序,以实现控制的目的。PLC 的编程语言多种多样,如梯形图语言、语句表语言、逻辑图语言、功能表图语言(CFC 语言或称状态转移图语言)、高级语言(Basic、C、Pascal)等。

1.2 PLC 的工作原理

PLC 是一种专用的工业控制计算机,其工作原理与计算机控制系统的工作原理基本相同。PLC 是采用周期循环扫描的工作方式,CPU 连续执行用户程序和任务的循环序列称为扫描。

1.2.1 PLC 对继电器控制系统的仿真

开辟 I/O 映像区,用存储程序控制替代接线程序控制,是包括水力发电生产在内的所有工业控制领域的新纪元。

1. 仿真继电器控制的编程方法

在一个电气电路控制整体方案中,根据任务与功能的不同,可明显分出主电路(完成主攻任务的那部分电路,表象是大电流)和辅助电路(完成控制、保护、信号等任务的那些电路,表象是小电流),辅助电路又可分为控制电路、保护电路、信号电路等。我们用 PLC 替代继电器控制系统一般是指替代辅助电路那部分,而主电路部分基本保持不变。主电路中如含有大型继电器仍可继续使用,PLC 可以用内部的“软继电器”或称“虚拟继电器”去控制外部的电路开关继电器。PLC 的出现不是要“消灭”继电器,而是用它替代辅助电路中的起控制、保护、信号作用的那些继电器,以达到节能降耗这一目标。

对于控制、保护、信号等辅助电路构成的电气控制系统,可以分解为三个组成部分:①输入部分;②逻辑控制部分;③输出部分,如图 1-2 所示。电气控制系统是根据操作指令及被控对象发出的信号,由控制电路按规定的动作要求决定执行什么动作或动作的顺序,然后驱动输出设备去实现各种操作。由于控制电路是采用硬接线而将各种继电器及触点按一定的要求连接而成的,所以接线复杂且故障点多,同时不易灵活改变。

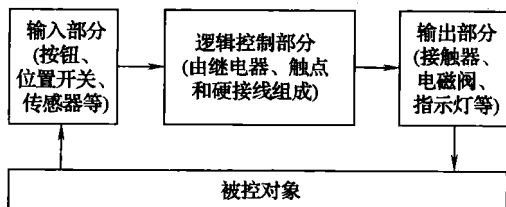


图 1-2 电气控制系统的组成

输入部分由电路中各种输入设备(如控制按钮、操作开关、位置开关、传感器)和全部输入信号构成,这些输入信号来自被控对象上的各种开关量信息及人工指令。

逻辑控制部分是按照控制要求设计的,由各种主令电器、继电器、接触器等电器及其触点用导线连接成具有一定逻辑功能的控制电路,各电器触点之间以固定的方式接线,其控制逻辑就编制在硬接线中,这种固化的程序不能灵活变更。PLC 的应用将克服这些缺点。

输出部分是由各种输出设备(如接触器、电磁阀、指示灯等执行元件)组成。

PLC 的基本组成也大致可分为三部分:①输入部分;②逻辑控制部分;③输出部分。这与继电器控制系统极为相似,如图 1-3 所示,其输入部分、输出部分与继电器控制系统大致相同,所不同的是 PLC 中输入、输出部分多了 I/O 模块,增加了光耦合、电平转换、功率放大等功能。PLC 的逻辑控制部分是由微处理器、存储器组成,由计算机软件替代继电器构成的控制、保护与信号电路,实现“软接线”或“虚拟接线”,可以灵活编程,这是 PLC 节能降耗之外的又一个突出优点。

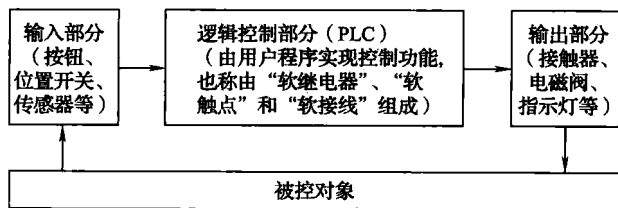


图 1-3 PLC 控制系统的组成

我们从控制方式、控制速度、延时控制等三个方面综述一下 PLC 控制系统与继电器控制系统的差异。

(1) 控制方式

继电器控制系统是采用硬件接线实现的,是利用继电器机械触点的串联或并联及延时继电器的滞后动作等组合形成控制逻辑,只能完成既定的逻辑控制。PLC 控制系统采用存储逻辑,其控制逻辑是以程序方式存储在内存中,要改变控制逻辑,只需改变程序,即改变“软接线”或“虚拟接线”。

(2) 控制速度

继电器控制系统逻辑是依靠触点的机械动作实现控制的,工作频率低,为毫秒级,机械触点有抖动现象。PLC 控制系统是由程序指令控制半导体电路来实现控制的,速度快,为微秒级,严格同步,无抖动。

(3) 延时控制

继电器控制系统是靠时间继电器的滞后动作来实现延时控制,而时间继电器的定时精度不高,受环境影响大,调整时间困难。PLC 控制系统用半导体集成电路作定时器,时钟脉冲由晶体振荡器产生,精度高,调整时间方便,不受环境影响。

尽管 PLC 与继电器控制系统的逻辑控制部分组成元器件不同,但在控制系统中所起的逻辑控制条件作用是一致的。因而可以把 PLC 内部看作有许多“软继电器”,或“虚拟继电器”,如“输入继电器”、“输出继电器”、“中间继电器”、“时间继电器”等。这样就可以仿真继电器控制系统的编程方法,仍然按照设计继电器控制电路的形式来编制程序,这就是梯形图编程方法。使用梯形图编程时,完全可以不考虑微处理器内部的复杂结构,也不必使用计算机语言。因此,梯形图是与继电器控制电路图相呼应的,使用起来极为方便。由于 PLC 的 I/O 部分与继电器控制系统大致相同,因而在安装使用时也完全可按常规的继电器控制设备那样进行。

总之,PLC 控制系统的 I/O 部分和电气控制系统的 I/O 部分基本相同,但控制部分是采用“可编程”的 PLC,而不是实际的继电器线路。因此除节能降耗外,PLC 控制系统可以方便地通过改变用户程序,来实现各种控制功能,从根本上解决了继电器控制系统控制电路难以改变的问题以及其他问题。同时,PLC 控制系统不仅能实现了逻辑运算控制,还具有数值运算及过程控制等复杂的控制功能,是对电气控制系统的崭新超越。

2. 接线程序控制、存储程序控制与建立 PLC 的 I/O 映像区

接线程序控制就是按接线的程序反复不断地依次检查各个输入开关的状态,根据接线的程序把结果赋值给输出。

1946 年“计算机之父”美籍匈牙利数学家冯·诺依曼(John Von Neuman, 1903—1957)提出“存储程序控制”原理,其基本内容是:

- 1) 采用二进制形式表示数据和指令;
- 2) 将程序(数据和指令序列)预先存放在主存储器中,使计算机在工作时能够自动高速地从存储器中取出指令,并加以执行;
- 3) 由运算器、存储器、控制器、输入设备、输出设备五大基本部件组成计算机系统,并规定了这五大部件的基本功能。

上述冯·诺依曼思想实际上是电子计算机设计的基本原理,确定了现代电子计算机的基本结构和工作方式,开创了程序设计的新时代。

PLC 的工作原理与接线程序控制十分相近,所不同的是,PLC 的控制由与计算机一样

的“存储程序”来实现的。首先在 PLC 存储器内开辟 I/O 映像区, I/O 映像区的大小与系统控制的规模有关。对于系统的每一个输入点总有输入映像区的某一位与之对应, 对于系统的每一个输出点都有输出映像区的某一位与之对应。系统的 I/O 点的编址号与 I/O 映像区的映像寄存器地址号相对应。

PLC 工作时, 将采集到的输入信号状态存放在与输入映像区对应的位上, 将执行用户程序的运算结果存放到与输出映像区对应的位上。PLC 在执行用户程序时所需的“输入继电器”、“输出继电器”的数据取自于 I/O 映像区, 而不直接与外部设备发生关系。I/O 映像区的建立, 使 PLC 工作时只和内存有关地址单元内所存的信息状态发生关系, 而系统输出也是只给内存某一地址单元设定一个状态。这样不仅加速了程序执行, 而且还使 PLC 控制系统与外界隔离开来, 提高了 PLC 控制的抗干扰能力。同时控制系统远离实际被控对象, 为 PLC 硬件标准化生产创造了条件。

1.2.2 PLC 循环扫描的工作方式

PLC 循环扫描的工作方式有周期扫描方式、定时中断方式、输入中断方式、通信方式等。它最主要的工作方式是周期扫描方式。PLC 是采用“顺序扫描, 不断循环”的方式进行工作的, 即在 PLC 运行时, CPU 根据用户按控制要求编制好并存于用户存储器中的程序, 按指令步序号(或地址号)做周期性循环扫描, 如无跳转指令, 则从第一条指令开始逐条顺序执行用户程序, 直至程序结束, 然后重新返回第一条指令, 开始新一轮新的扫描。在每次扫描过程中, 还要完成对输入信号的采样和对输出状态的刷新等工作。

1. PLC 的工作过程

PLC 上电后, 就在系统程序的监控下, 周而复始地按一定的顺序对系统内部的各种任务进行查询、判断和执行, 这个过程实质上是按顺序循环扫描的过程。PLC 的工作完全是在 CPU 的系统监控程序的指挥下进行的。执行一个循环扫描过程所需的时间称为扫描周期, 一般约为 0.1~100ms。PLC 的工作过程如图 1-4 所示。

(1) 上电初始化

PLC 上电后首先进行系统初始化处理, CPU 进行的初始化工作包括清除内部继电器区、复位定时器等, 并进行自诊断, 对电源、PLC 内部电路、用户程序的语法进行检查。设该过程占用时间为 T_0 。

(2) CPU 自诊断

PLC 在每个扫描周期都要进入 CPU 自诊断阶段, 以确保系统可靠运行。自诊断程序定期检查用户程序存储器是否正常, 扫描周期是否过长, I/O 单元的连接、I/O 总线是否正常, 定期复位监控定时器(Watch Dog Timer, WDT)等, 发现异常情况时, 根据错误类别发出报警输出或者停止 PLC 运行。设该过程占用时间为 T_1 。

(3) 通信信息处理

在每个通信信息处理扫描阶段, 进行 PLC 与计算机间的以及 PLC 与 PLC 间的信息交换, 也进行 PLC 与所属智能 I/O 模块间的通信。在多处理器系统中, CPU 还要与数字处理

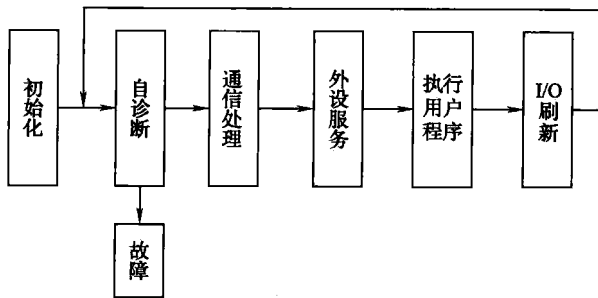


图 1-4 PLC 的工作过程

器 (DPU) 交换信息。设该过程占用时间为 T_2 。

(4) 与外部设备交换信息

PLC 接有外部设备 (如终端设备、编程器、彩色图文显示器、打印机等) 时, 在每个扫描周期内都要与外部设备交换信息。编程器或 PC 是人机交互的设备, 通过它用户可以进行程序的编制、编辑、调试和监视等操作, 用户把应用程序输入到 PLC 中, PLC 与编程器或 PC 进行信息交换。当在线编程、在线修改、在线运行监控时, 也要求 PLC 与编程器或 PC 进行信息交换。每个扫描周期内都要执行此项任务。设该过程占用时间为 T_3 。

(5) 用户程序执行

PLC 在运行状态下, 每一个扫描周期都要执行用户程序。执行用户程序时, 以扫描的方式按顺序逐句扫描处理, 扫描一条执行一条, 并把运算结果存入输出映像区对应位中。

更为详细的说法是: 该过程执行用户存储器所存的一系列指令, 从输入映像寄存器和其他软元件的映像寄存器中读出有关元件的通/断状态, 从程序 000 步开始按顺序运算, 每次结果都写进对应的输出映像寄存器中。因此除输入元件外, 输出各元件的映像寄存器的内容随着程序的执行在不断变化, 输出继电器的内部触点的动作由输出映像寄存器的内容决定。

设该过程占用时间为 T_4 , 显然执行用户程序的时间 T_4 主要取决于 PLC 的运行速度、用户程序所用指令的多少、指令的种类。

(6) I/O 刷新过程

PLC 在运行状态下, 每一个扫描周期都要进行 I/O 信息处理, 以扫描的方式把外部输入信息的状态存入输入映像区, 将运算处理后的结果存入输出映像区, 直至传送到外部被控设备。这个过程可分为输入信号刷新和输出信号刷新, 输入信号刷新为输入处理过程, 输出信号刷新为输出处理过程。

输入处理过程将 PLC 全部输入端子的通/断状态读进输入映像寄存器, 在程序执行过程中, 即使输入状态发生变化, 输入映像寄存器的内容也不会发生改变, 直到下一扫描周期的输入处理阶段才读入这一变化。此外, 输入触点从通 (ON) 到断 (OFF) 或从断 (OFF) 到通 (ON) 变化直至处于确定状态为止, 输入滤波器还有一个响应延迟时间。

输出处理过程将输出映像寄存器的通/断状态向输出锁存寄存器传送, 成为 PLC 的实际输出。PLC 内的对外输出触点相对输出元件的实际动作有一个响应时间, 需要一定的延迟才能动作。

设输入信号刷新和输出信号刷新过程占用时间为 T_5 , 显然 T_5 主要取决于 PLC 所带的 I/O 模块的种类和点数的多少。

PLC 周而复始地巡回扫描, 执行上述整个过程, 直至停机。可以看出, PLC 的扫描周期 $T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5$ 。扫描周期 T 在 PLC 控制过程中是一个比较重要的技术指标, T 约为 0.1~100ms, 扫描一次所需的 T 越长, 要求输入信号的宽度也越大, 同时控制的速度会降低。

2. 用户程序的循环扫描

PLC 的工作过程与 CPU 的操作方式有关。CPU 有两个操作方式: STOP 与 RUN。在扫描周期内, STOP 方式与 RUN 方式的差别在于是否执行用户程序。下面对 RUN 方式下执行用户程序的过程进行详尽的讨论, 以便让读者对 PLC 循环扫描的工作方式有更深入的了解。当 PLC 运行时, 是通过执行反映控制要求的用户程序来完成控制任务的, 需要执行