



普通高等学校
电类规划教材

PLC 原理及应用

西门子 S7-200

◎刘星平 主编

◎赖指南 唐勇奇 王明东 副主编

 中国工信出版集团

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



普通高等学校
电类规划教材

PLC 原理及应用

西门子 S7-200

◎刘星平 主编

◎赖指南 唐勇奇 王明东 副主编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

PLC原理及应用 / 刘星平主编. -- 北京: 人民邮电出版社, 2017.1
普通高等学校电类规划教材
ISBN 978-7-115-44514-8

I. ①P… II. ①刘… III. ①PLC技术—高等学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第316078号

内 容 提 要

本书系统地讲解 PLC 原理及应用, 共分 10 章。第 1 章概述、第 2 章继电器控制系统基础、第 3 章 PLC 的硬件组成与工作原理、第 4 章可编程控制器编程基础、第 5 章 S7-200 PLC 的编程方法、第 6 章 S7-200 PLC 的功能指令及其应用、第 7 章 S7-200 PLC 在模拟量控制系统中的应用、第 8 章 S7-200 PLC 控制系统的设计与应用、第 9 章 HMI 的组态与应用、第 10 章 PLC 的网络控制。每章后附有习题, 供读者练习与上机实践。书中标有*号的章节可根据教学的要求进行选用。

本书可作为普通高等学校自动化、电气工程及自动化、机械设计及自动化、测控技术等专业的课程教材, 高职高专也可根据需要选讲其中部分内容。本书还可供工程技术人员自学或培训使用。

-
- ◆ 主 编 刘星平
 - 副 主 编 赖指南 唐勇奇 王明东
 - 责任编辑 张孟玮
 - 执行编辑 李 召
 - 责任印制 沈 蓉 彭志环

 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷

 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18.25 2017 年 1 月第 1 版
字数: 446 千字 2017 年 1 月河北第 1 次印刷
-

定价: 48.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

教育部为贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010-2020年）》和《国家中长期人才发展规划纲要（2010-2020年）》，于2010年开始实施“卓越工程师教育培养计划”（简称“卓越计划”）。作为首批实施高校之一，湖南工程学院为推进“卓越计划”，对相关专业的专业课程进行了整合，本书即是在对相关专业开设的《电气控制与PLC》课程内容进行整合的基础上编写而成的。

本书是以S7-200系列PLC为主进行编写的，为适应PLC的最新发展与应用，增加了触摸屏控制、S7-200 SMART系列PLC等一些新内容，主要章节最后都有与工程实际应用相对应的项目实例，章节的编排上遵循深入浅出的学习顺序和规律。

随着技术的发展，可编程序控制器的功能也越来越强大，所以原来很多由继电器控制系统（俗称电气控制技术）实现的功能可以很容易地由可编程序控制器来实现，正是基于这一考虑，所以把电气控制技术与可编程序控制器这两门课程合并，书中只保留了继电器控制系统的经典知识及基本应用。

可编程序控制器简称PLC，是以微处理器为核心的工业自动控制通用装置。它具有控制功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于扩展、通用性强等一系列优点，不仅可以取代继电器控制系统，还可以进行复杂的生产过程控制和应用于工厂自动化网络，被誉为现代工业生产自动化的三大支柱之一。因此，学习和掌握PLC应用技术已成为工程技术人员的紧迫任务。

本书编写时力求由浅入深、通俗易懂、理论联系实际、注重应用，充分体现教材内容的适用性和先进性。结合作者多年的工程应用实践和教学经验，书中的相关章节列举了大量的工程实例，所列举的例子都可以作为教学案例。

本书从应用的角度出发，系统地介绍了PLC硬件组成、工作原理和性能指标，以国内使用西门子公司S7-200系列PLC为样机，详细介绍了其指令系统及应用、PLC程序设计的方法与技巧、PLC控制系统设计应注意的问题等。为了适应新的发展需要，本书还介绍了PLC在模拟量过程控制系统中的应用、触摸屏或计算机对PLC控制系统的组态监控设计、PLC的网络通信与控制、高速计数及脉冲输出的编程应用等。

每章后附有习题，供读者练习与上机实践。书中标有*号的章节可根据教学的要求进行

选用。主要章节的习题参考答案请登录人邮教育社区 www.ryjiaoyu.com。

本书由湖南工程学院刘星平担任主编，湖南工程学院赖指南、唐勇奇、昆山佰奥智能装备股份有限公司的王明东担任副主编，全书由刘星平统稿。

本书获得 2016 年湖南省普通高等学校教学改革研究项目（基于翻转课堂的 PLC 课程项目化教学的改革与实践）（湘教通【2016】400 号）的资助。

由于编者水平有限，书中难免有不足和错误之处，恳请读者批评指正。



编者

2017 年 2 月

目 录

第 1 章 概述	1	2.2.3 点动+长动复合控制	14
1.1 继电器控制系统的发展简介	1	2.2.4 点动+延时复合控制	15
1.1.1 电器与电气控制的概念	1	2.2.5 多地控制	15
1.1.2 继电器控制系统经历的两个阶段	1	2.2.6 正反向接触器的联锁控制	15
1.2 PLC 控制系统的发展概况	2	2.2.7 三相异步电动机起动控制电路的相关保护	16
1.2.1 可编程控制器的产生及其定义	2	*2.3 电液控制	17
1.2.2 可编程控制器的发展	2	2.3.1 电磁换向阀	17
1.3 PLC 的分类	2	2.3.2 电液控制的应用举例	17
1.3.1 按 I/O 点数分类	2	2.4 项目实例：设计一个运料小车继电器控制系统	18
1.3.2 按结构分类	3	习题	19
1.4 PLC 的特点	4	第 3 章 PLC 的硬件组成与工作原理	20
1.5 PLC 的应用领域	5	3.1 PLC 的组成	20
习题	6	3.2 PLC 的输入输出接口电路	22
第 2 章 继电器控制系统基础	7	3.2.1 输入接口电路	22
2.1 继电器控制系统的基本单元	7	3.2.2 输出接口电路	24
2.1.1 电磁式继电器	7	3.3 PLC 的工作原理	25
2.1.2 接触器	8	3.3.1 PLC 控制系统的等效电路	25
2.1.3 热继电器	9	3.3.2 扫描工作方式	26
*2.1.4 时间继电器	9	3.3.3 扫描周期	28
2.1.5 速度继电器	10	3.3.4 输入/输出滞后时间	28
2.1.6 按钮	11	习题	29
2.1.7 万能转换开关	11	第 4 章 可编程控制器编程基础	30
2.1.8 接近开关	12	4.1 S7-200 可编程控制器的硬件组成	30
2.1.9 红外线光电开关	12	4.1.1 S7-200 PLC 的 CPU 模块	31
2.2 继电器控制系统常用的控制方式	13	4.1.2 S7-200 PLC 的扩展模块	33
2.2.1 点动控制	13	4.2 S7-200 (CN) PLC 的编程元件	33
2.2.2 长动控制	13		

4.2.1	编程元件的地址编号表示	34	5.1.1	应用可编程控制器实现对三相异步电动机的点动及连续运转控制	70
4.2.2	S7-200 (CN) 的编程元件	34	5.1.2	应用可编程控制器实现异步电动机的 Y/ Δ 启动控制	72
4.3	STEP7-Micro/WIN V4.0 编程软件的使用与安装	38	5.1.3	定时器、计数器的应用程序	73
4.3.1	SIMATIC S7-200 编程软件的基本功能	38	5.1.4	常闭触点输入信号的处理	75
4.3.2	编程软件的安装 (安装方法)	40	5.2	梯形图的经验设计法	75
4.3.3	建立与 S7-200 CPU 的通信	41	5.3	顺序控制设计法与顺序功能图	76
4.3.4	程序编制	42	5.3.1	顺序控制设计法	76
4.3.5	程序的监视、运行、调试	43	5.3.2	步与动作	77
4.4	S7-200 PLC 的编程语言及程序结构	43	5.3.3	有向连线与转换	79
4.4.1	S7-200 编程语言	43	5.3.4	顺序功能图的基本结构	79
4.4.2	程序结构	45	5.3.5	顺序功能图中转换实现的基本规则	82
4.5	S7-200 PLC 的数据类型及寻址方式	45	5.3.6	绘制顺序功能图的注意事项	82
4.5.1	数据类型、范围	45	5.3.7	顺序控制设计法的本质	83
4.5.2	常数表示	46	5.3.8	设计顺序控制程序的基本方法	83
4.5.3	S7-200 PLC 的寻址方式	46	5.4	使用起、保、停程序结构的顺序控制梯形图编程方法	84
4.6	基本编程指令及其应用	48	5.4.1	单序列的编程方法	84
4.6.1	位操作指令	48	5.4.2	选择序列的编程方法	86
4.6.2	取非和空操作指令	49	5.4.3	并行序列的编程方法	86
4.6.3	边沿触发指令 (脉冲生成)	49	5.4.4	仅有两步的闭环处理	86
4.6.4	置位和复位指令	50	5.4.5	应用举例	87
4.6.5	复杂逻辑指令	52	5.5	以转换为中心的顺序控制梯形图程序编程方法	90
4.6.6	定时器指令	55	5.5.1	单序列的编程方法	90
4.6.7	计数器指令	57	5.5.2	选择序列的编程方法	91
4.6.8	比较指令	60	5.5.3	并行序列的编程方法	92
4.6.9	数据传送指令	61	5.5.4	应用举例	92
4.7	梯形图程序的执行原理及编程规则	63	5.6	使用 S7-200 PLC 的顺序控制指令的编程方法	94
4.7.1	梯形图程序的执行原理	63	5.6.1	顺序控制继电器指令	94
4.7.2	梯形图程序编程规则	63	5.6.2	单序列的顺序功能图 SCR 指令编程方法	94
4.8	S7-200 系列 PLC 仿真软件及其应用	64	5.6.3	有选择和并行序列的顺序功能图的 SCR 指令编程方法	95
4.9	项目实例: 用 PLC 实现多台电动机顺序启动、逆序停止控制	65	5.7	具有多种工作方式的系统的编程方法	97
习题		68			
第 5 章	S7-200 PLC 的编程方法	70			
5.1	梯形图的基本电路	70			

5.8 项目实例：具有多种工作方式的系统的编程设计	98	7.1.3 闭环控制反馈极性的确定	150
习题	104	7.1.4 变送器的选择	151
第6章 S7-200 PLC 功能指令及其应用	107	7.2 S7-200 PLC 的模拟量输入输出模块	151
6.1 功能指令概述	107	7.2.1 PLC 的模拟量输入接口	151
6.2 运算指令	107	7.2.2 PLC 的模拟量输出接口	152
6.2.1 算术运算指令	107	7.2.3 模拟量扩展模块的功能	152
6.2.2 数学函数指令	111	7.2.4 S7-200 PLC 模拟量扩展模块的分类	153
6.2.3 增 1/减 1 指令	113	7.2.5 根据模拟量输入模块的输出值计算对应的物理量	155
6.2.4 逻辑运算	113	7.3 数字 PID 控制器	156
6.3 移位/移位寄存器指令	114	7.3.1 PID 控制	156
6.3.1 移位指令	114	7.3.2 PID 算法	156
6.3.2 移位寄存器位指令	115	7.4 S7-200 PLC 的 PID 控制及其应用	158
6.4 数据转换指令	116	7.4.1 PID 功能	158
6.4.1 数据类型转换指令	116	7.4.2 PID 向导	166
6.4.2 编码与译码指令	117	7.4.3 PID 自整定	169
6.4.3 段译码指令	117	7.5 项目实例：自动称量混料系统的 PLC 控制设计	171
6.5 时钟指令	118	习题	174
6.5.1 写实时时钟指令	118	第8章 S7-200 PLC 控制系统的设计与应用	176
6.5.2 读实时时钟指令 TODR	118	8.1 PLC 控制的系统设计	176
6.6 程序控制类指令	120	8.1.1 系统设计的原则	176
6.6.1 系统控制类指令	120	8.1.2 PLC 控制系统的设计和调试步骤	177
6.6.2 跳转、循环指令	120	8.2 PLC 应用系统的可靠性措施	179
6.6.3 子程序调用指令 (SBR)	122	8.2.1 S7-200 PLC 使用中应注意的问题	179
6.6.4 中断	123	8.2.2 安装和布线的注意事项	180
6.7 高速计数器指令	126	8.2.3 控制系统的接地	181
6.7.1 高速计数器	126	8.2.4 抑制电路的使用	181
6.7.2 高速计数器的工作模式	128	8.2.5 强烈干扰环境中的隔离措施	181
6.7.3 高速计数指令	131	8.2.6 故障的检测与诊断	182
6.7.4 高速计数器的使用方法	131	8.3 节省 PLC 输入输出点数的方法	182
6.8 高速脉冲输出指令	133	8.3.1 减少所需输入点数的方法	183
6.9 项目实例：基于步进电机的正反转控制	139	8.3.2 减少所需输出点数的方法	183
习题	147		
第7章 S7-200 PLC 在模拟量控制系统中的应用	148		
7.1 模拟量闭环控制的基本概念	148		
7.1.1 模拟量闭环控制系统的组成	148		
7.1.2 闭环控制的主要性能指标	150		

8.4 S7-200 SMART 系列 PLC 及其应用	184	10.1.1 PLC 网络控制的类型	230
8.4.1 S7-200 SMART PLC 的组成	184	10.1.2 网络层次结构	231
8.4.2 S7-200 SMART PLC 的编程软件	185	10.2 S7-200 PLC 的网络控制	232
8.4.3 S7-200 SMART 系列 PLC 的应用	187	10.2.1 S7-200 PLC 通信类型及协议	232
8.5 项目实例 1: 直流电动机转速自动控制	189	10.2.2 通信设备	235
8.6 项目实例 2: 基于 PLC 的伺服电机控制系统设计与应用	195	10.2.3 网络的建立	236
习题	202	10.3 网络读写	239
第 9 章 HMI 的组态与应用	204	10.3.1 网络指令	239
9.1 人机操作界面	204	10.3.2 控制寄存器和传送数据表	240
9.1.1 HMI 设备的组成及工作原理	204	10.3.3 使用网络读写向导编程	243
9.1.2 HMI 设备的功能	205	10.4 自由口通信	245
9.1.3 HMI 设备	205	10.4.1 相关寄存器及标志	246
9.2 文本显示器的组态与应用	205	10.4.2 自由口指令	247
9.2.1 概述	205	10.4.3 自由口通信发送指令 (XMT) 的应用	247
9.2.2 TD400C 监控的设计及应用	206	10.4.4 自由口通信接收指令 (RCV) 的应用	250
9.3 触摸屏的组态与应用	210	10.5 S7-200 PLC 的 PROFIBUS-DP 通信	253
9.3.1 触摸屏组态软件 WinCC flexible 的特点	210	10.5.1 PROFIBUS 从站模块 EM 277	253
9.3.2 组态软件的应用方法	211	10.5.2 EM 277 的 PROFIBUS 通信的数据交换	253
9.4 基于 PC 的组态与应用	215	10.5.3 从站模块 EM 277 的组态应用举例	254
9.4.1 组态王简介	215	10.6 S7-200 PLC 与变频器的 USS 协议通信	257
9.4.2 WinCC 监控软件	216	10.6.1 USS 通信协议	257
9.4.3 MCGS 组态软件	217	10.6.2 USS 指令	258
9.5 组态软件对 S7-200 PLC 的监控应用举例	219	习题	264
9.5.1 编写 PLC 的控制程序	219	附录	265
9.5.2 建立组态王应用工程	219	附录 A 存储器类型和属性	265
9.6 项目实例: PLC 及触摸屏在变频调速控制系统中的应用	223	附录 B S7-200 PLC 的 CPU 模块的技术性能指标	266
习题	229	附录 C 可编程控制器的精简指令集	266
第 10 章 PLC 的网络控制	230	附录 D 实验	270
10.1 PLC 网络控制概述	230	参考文献	284

第 1 章 概述

电气控制包括继电器控制和 PLC (programmable logic controller) 控制, 继电器控制是经典、传统的电气控制方法, 一般把继电器控制叫作继电控制系统 (或电气控制技术)。而 PLC 控制系统除了可以代替继电器控制系统中的控制电路外, 还能实现比较复杂的控制功能, 所以继电器控制系统是 PLC 控制系统的基础。

1.1 继电器控制系统的发展简介

1.1.1 电器与电气控制的概念

电器是对电能的生产、输送、分配和应用起控制、调节、检测及保护等作用的工具之总称, 如开关、熔断器、变阻器等都属于电器。简言之, 电器就是一种能控制电的工具。电器的控制作用就是手动或自动地接通、断开电路, 因此, “开” 和 “关” 是电器最基本、最典型的功能。

电气是以电能、电气设备和电气技术为手段来创造、维持与改善限定空间和环境的一门科学。电气是一种利用电产生能量的方式。如电气设备、铁路电气化、工业电气自动化。

由电器元件按照一定的控制要求而组成的控制系统, 称为电气控制系统。所使用的电器元件, 主要指的是控制类电器元件, 如按钮、转换开关、继电器、接触器和行程开关等。控制要求, 指的是为使控制对象完成某一动作而提出的要求, 如夹具的夹紧与松开; 某一运动部件的前进与后退; 转轴的正转与反转; 电动机的启动与停止等。

1.1.2 继电器控制系统经历的两个阶段

手动控制阶段: 每一条控制命令都需要操作工人通过按钮等电器元件发出。有系统结构简单、造价低廉的优点。但操作麻烦、费时、效率不高, 不能实现生产的自动化。

自动控制阶段: 除启动命令外, 所有的其他命令都可以由控制装置按照事先设计好的逻辑控制关系自动有序地发出, 系统操作方便, 效率高, 可实现生产的自动化。但 (1) 对于复杂的自动化系统, 控制系统结构复杂, 造价较高; (2) 复杂控制系统的安装、接线工作量大, 制作周期长; (3) 控制系统的接线固定, 程序更改不方便, 因此通用性、适应性差, 不能适应瞬息万变的商品生产的需要; (4) 复杂控制系统的线路越复杂, 则故障点越多, 工作的可靠性越差, 查找故障点越困难; (5) 控制系统的体积大、重量大、耗电量大。

目前主要应用于控制程序不是很复杂、所需继电器数量不是很多、对工作的可靠性和动作速度的要求不是很高、控制程序比较固定的场合, 如传统的车床、铣床、钻床、磨床、刨

床等机床上使用的控制系统主要是继电器控制系统。

1.2 PLC 控制系统的发展概况

1.2.1 可编程控制器的产生及其定义

1. 可编程控制器的产生

1968 年, 由美国通用汽车公司 (GE) 提出了研制可编程序控制器 (即可编程控制器) 的基本设想, 希望尽量减少重新设计和更换继电器控制系统的硬件和接线、减少系统维护和升级时间、降低成本。希望将计算机的优点与继电器控制系统简单易懂、操作方便、价格便宜等优点相结合, 设计一种通用的控制装置来满足生产需求。

1969 年, 由美国数字设备公司 (DEC) 研制成功世界上第一台可编程控制器, 有逻辑运算、定时、计算功能, 称为 PLC。

1980 年后, 由于计算机技术的发展, PLC 采用通用微处理器为核心, 功能扩展到各种算术运算, PLC 运算过程控制可与上位机通信, 实现远程控制。

2. 可编程控制器的定义

国际电工委员会 (IEC) 1985 年颁布的可编程逻辑控制器的定义如下: “可编程逻辑控制器是专为在工业环境下应用而设计的一种数字运算操作的电子装置, 是带有存储器、可以编制程序的控制器。它能够存储和执行命令, 进行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作, 并通过数字式和模拟式的输入输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关的外围设备, 都应按易于工业控制系统形成一个整体、易于扩展其功能的原则设计”。

可编程序控制器是一种用程序来改变控制功能的工业控制计算机, 它是以微处理器为基础的通用工业控制装置。

1.2.2 可编程控制器的的发展

可编程控制器最初是用于替代继电器控制系统的新型控制器, 现在的 PLC 功能更加完善, 除了在开关逻辑控制的场合能够大显身手外, 在要求有模拟量闭环控制、运动控制的场合, PLC 也能完成。而且 PLC 更适用于工业生产现场环境, 具有更高的可靠性及较好的电磁兼容性。

近年来, 可编程控制器发展很快, 几乎每年都推出不少新的系列产品, 其功能已远远超出了定义的范围, 已成为自动化工程的核心设备。PLC 成为现代工业自动化的三大技术支柱 (PLC、机器人、CAD (Computer Aided Design) /CAM (Computer Aided Manufacturing)) 之一。

1.3 PLC 的分类

PLC 的生产厂家有很多, 除了美国的一些生产厂家之外, 还有欧洲一些国家的生产厂家 (如德国西门子的系列 PLC、法国施耐德的系列 PLC、日本的生产厂家 (如三菱的系列 PLC、欧姆龙系列 PLC)、中国台湾的生产厂家 (如台达系列 PLC、永宏系列 PLC), 此外在中国大陆也有许多 PLC 生产厂家 (如大工计控的系列 PLC、上海香岛机电公司的系列 PLC) 等。一般可将 PLC 按输入输出点数 (I/O 点数) 和结构进行分类。

1.3.1 按 I/O 点数分类

按 I/O 点数可分为微、小、中、大型四大类。

(1) 微型 PLC: I/O 点数在 64 点以下, 主要用于单台设备的控制。

(2) 小型 PLC: I/O 点数在 256 点以下, 主要用于小型自动化设备或机电一体化设备的控制。

(3) 中型 PLC: I/O 点数在 256~1024 点之间, 主要用于有大量开关量控制的综合性设备的控制, 可以实现较简单的模拟量闭环控制。

(4) 大型 PLC: I/O 点数在 1024 点以上。主要用于大规模过程控制、集散控制系统和工厂自动化网络等。能进行远程控制和智能控制, 控制规模大, 组网能力强。

以上划分不包括模拟量 I/O 点数, 且划分界限不是固定不变的。

1.3.2 按结构分类

可编程控制器从结构上可分为整体式和模块式。

(1) 整体式: 又称单元式或箱体式。整体式 PLC 一般为小型机 (24 点、40 点、64 点等), 整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 部件都集中装在一个机箱内。整体式 PLC 由不同 I/O 点数的基本单元 (又称主机) 和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 接口、与 I/O 扩展单元相连的扩展口, 以及与编程器或计算机相连的接口等。基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接。

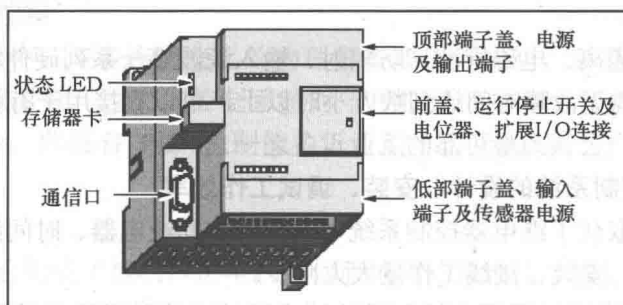


图 1-1 整体式 PLC

(2) 模块式: 将 PLC 各部分分成若干个单独的模块, 如电源模块、CPU 模块、输入/输出模块、A/D, D/A 模块、通信模块、各种功能模块等, 模块装在框架或基板的插座上, 组合灵活, 可根据需要选配不同模块组成一个系统, 而且装配方便, 便于扩展和维修。可组成中型机 (128~512 点)、大型机 (>512 点), 如图 1-2 所示。

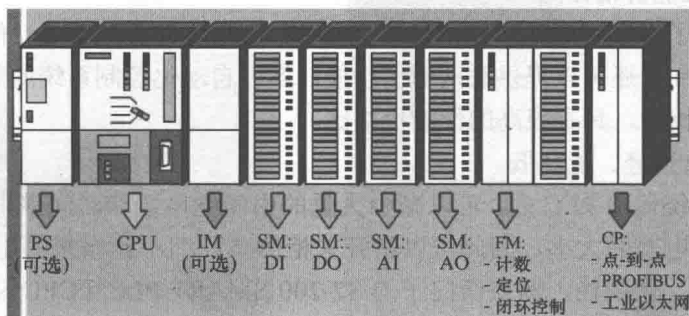


图 1-2 模块式 PLC

1.4 PLC 的特点

1. 编程简单、使用方便

“可编程”是 PLC 应用最重要的特点，由于大多数 PLC 编程系统均采用类似于继电器-接触器控制线路的梯形图编程语言，与常用的计算机语言相比，更容易为一般工程技术人员所理解和掌握。同时，PLC 编程软件或简易编程器的操作与使用也比较简单，现场可修改程序。

2. 维修工作量少，维护方便

可编程序控制器的故障率很低，并且有完善的自诊断和显示功能。可编程序控制器或外部的输入装置和执行机构发生故障时，可以根据可编程序控制器上的发光二极管或编程器提供的信息迅速地查明故障的原因，用更换模块的方法可以迅速地排除故障。

3. 可靠性高，抗干扰能力强

传统的继电器控制系统使用了大量的中间继电器、时间继电器。由于触点接触不良，容易出现故障。PLC 用软件代替了中间继电器和时间继电器，只剩下与输入和输出有关的少量硬件元件，接线可减少到继电器控制系统的十分之一以下，大大减少了因触点接触不良造成的故障。另外，PLC 有较强的带负载能力，可以直接驱动大多数电磁阀和中小型交流接触器的线圈。

PLC 采用了光电隔离、电磁屏蔽、防辐射、输入滤波等一系列硬件和软件抗干扰措施，提高抗干扰能力，平均无故障时间达到数万小时以上，可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场，PLC 被广大用户公认为最可靠的工业设备之一。

4. 大大提高了控制系统的设计、安装、调试工作效率

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。

PLC 的梯形图程序可以用顺序控制设计法来设计。这种设计方法很有规律，很容易掌握。对于复杂的控制系统，用这种方法设计程序的时间比设计继电器系统电路图的时间要少得多。

大多数的 PLC 可以用仿真软件来模拟 CPU 模块的功能，用它来调试用户程序。在现场调试过程中，一般通过修改程序就可以解决发现的问题，系统的调试时间比继电器系统少得多。

5. 功能强，性能价格比高

PLC 内部提供了许多可供用户使用的编程元件，有很大的存储容量，能实现非常复杂的控制功能。另外，PLC 还可以提供联网通信功能，实现自动化控制系统的集成。与相同的硬件继电器控制系统相比，具有很高的性能价格比。

6. 体积小、重量轻、能耗低

复杂的控制系统使用 PLC 后，可以减少大量的中间继电器和时间继电器，小型 PLC 的体积相当于几个继电器的大小，因此可以将开关柜的体积缩小到原来的 $1/2 \sim 1/10$ 。可编程序控制器的体积小、重量轻，例如西门子的 S7-200 SMART PLC (CPU SR20 型)，其底部尺寸为 $90\text{mm} \times 100\text{mm}$ ，只有卡片大小，输入点数可达 14 点，输出为 8 点，重量为 367.3g，正常功耗为 14W。由于体积小，很容易装在机械设备内部，是实现机电一体化的理想控制

设备。

7. 硬件配套齐全, 通用性强, 适用性强

PLC 一般都配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用, 产品已经标准化、系列化、模块化, 使用者可以灵活方便地进行系统配置, 组成不同功能、不同规模的控制系统。硬件配置确定后, 通过修改用户程序, 就可以快速方便地适应工艺条件的变化。

1.5 PLC 的应用领域

PLC 已迅速渗透到工业控制的各个领域, 应用范围也越来越广。当前, PLC 在国内外已广泛应用于机械制造、钢铁、装卸、造纸、纺织、环保、风力发电、采矿、水泥、石油、化工、电子、汽车、船舶、娱乐等各行各业。

PLC 的应用范围大致可分为以下几个大类。

1. 顺序控制 (开关量逻辑控制)

这是 PLC 最广泛应用的领域, PLC 具有逻辑控制功能, 特别适用于开关量控制系统, 可以实现各种通断控制。它取代传统的继电器顺序控制。PLC 应用于单机控制、多机群控制、生产自动线控制, 如组合机床、磨床、装配生产线、包装生产线、电镀流水线及电梯控制、注塑机、切纸机械、印刷机械、订书机械等。

2. (闭环) 过程控制

在工业生产过程中, 许多连续变化的物理量需要进行控制, 如温度、压力、流量、液位等, 这些都属于模拟量。过去, 控制系统对于模拟量的控制主要靠仪表。现在的 PLC 都具有闭环控制功能, 即具有 PID 控制能力, 可用于过程控制, 而且编程和使用都比较方便。

3. 运动控制

目前许多 PLC 已提供了拖动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制的功能或专用位置控制模块。可以实现由 PLC 对伺服电机或步进电机的位置和速度进行控制, 图 1-3 所示为 PLC 对单个电机的控制示意图, 图 1-4 所示为 PLC 对 3 个伺服电机的控制示意图, 运动控制的编程可用 PLC 的编程语言完成。

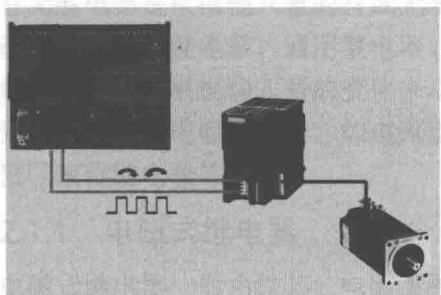


图 1-3 PLC 对单个伺服电机的控制

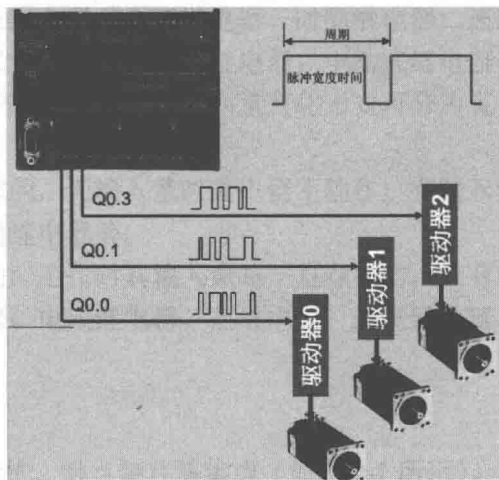


图 1-4 PLC 对 3 轴伺服电机的控制

相对来说,位置控制模块比 CNC 装置体积更小、价格更低、速度更快、操作更方便。

4. 数据处理

现代的 PLC 有较强的数据处理能力,具有数学运算和数据传送、转换、排序和查表、位操作、数据显示和打印等功能。可以完成数据的采集、分析和处理,进行函数运算、浮点运算等。

5. 通信和联网

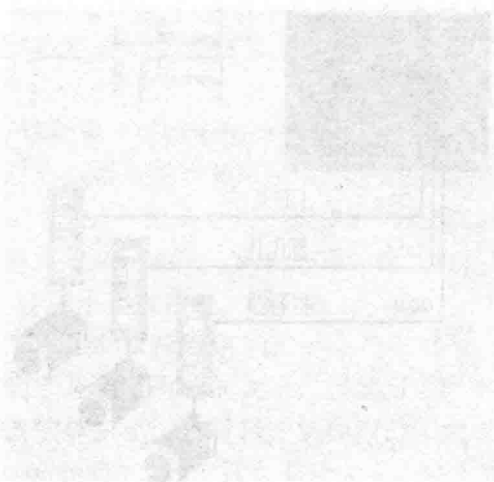
为了适应国外近几年来兴起的工厂自动化 (FA) 系统、柔性制造系统 (FMS) 及集散系统等发展的需要,现在的 PLC 还具有与其他智能控制设备之间、PLC 和上级计算机之间、PLC 与 PLC 之间的通信功能。使用 PLC 可以很方便地组成集中管理、分散控制的分布式控制系统。

总之,PLC 已经广泛应用于各种机电自动化设备和生产过程的自动控制系统中,在其他领域,例如在民用和家用自动化设备控制系统中也得到了迅速的发展。

习 题

1-1 继电器控制系统有哪些优缺点?

1-2 什么是可编程控制器?它的特点是什么?



第 2 章 继电器控制系统基础

PLC 是从继电器控制系统发展而来的。它的梯形图程序与继电器控制系统的电路图相似，所以梯形图中的某些编程元件也沿用了继电器这一名称。

这种用计算机程序实现的软继电器，与继电器控制系统中的物理继电器在功能上有某些相似之处。先回顾一下继电器控制系统的基本知识。

任何一种继电器控制系统的控制线路，都是由一些最基本的单元所组成。为了便于理解控制电路的组成及工作原理，本章将首先介绍一些最常用的有触点的控制电器，然后就普遍应用的三相鼠笼式异步电动机的一些典型控制电路进行扼要的介绍。

2.1 继电器控制系统的基本单元

继电器控制系统的核心是继电器，继电器在电气自动化工业中起到“开关”的作用。继电器用于控制电路，电流小，没有灭弧装置，可在电量或非电量的作用下动作。它具有控制系统（又称输入回路）和被控系统（又称输出回路），通常应用于自动控制电路中，它实际上是用较小的电流去控制较大电流的一种“自动开关”。

继电器具有逻辑记忆功能，能组成复杂的逻辑控制电路，继电器用于将某种电量（如电压、电流）或非电量（如温度、压力、转速、时间等）的变化量转换为开关量，以实现电路的自动控制功能。

继电器的种类很多，按输入量可分为电压继电器、电流继电器、时间继电器、速度继电器、压力继电器等；按工作原理可分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、电子式继电器等；按用途可分为控制继电器、保护继电器等；按输入量变化形式可分为有无继电器和量度继电器。

有无继电器是根据输入量的有或无来动作的，无输入量时继电器不动作，有输入量时继电器动作，如中间继电器、通用继电器、时间继电器等。

量度继电器是根据输入量的变化来动作的，工作时其输入量是一直存在的，只有当输入量达到一定值时继电器才动作，如电流继电器、电压继电器、热继电器、速度继电器、压力继电器、液位继电器等。

2.1.1 电磁式继电器

电磁式继电器一般由铁芯、电磁线圈、衔铁、触点簧片等组成（如图 2-1 所示）。只要在线圈两端加上一定的电压，线圈中就会流过一定的电流，从而产生电磁效应，衔铁就会在电

磁力吸引的作用下克服返回弹簧的拉力吸向铁芯，从而带动衔铁的动触点与静触点（常开触点）吸合。当线圈断电后，电磁的吸力也随之消失，衔铁就会在弹簧的反作用力作用下返回原来的位置，使动触点与原来的静触点（常闭触点）吸合。这样吸合、释放，从而达到了在电路中的导通、切断的目的。从继电器的工作原理可以看出，它是一种机电元件，通过机械动作来实现触点的通断，是有触点元件。

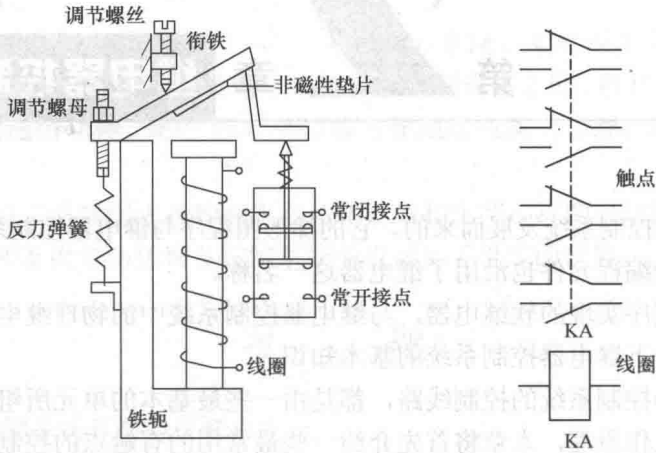


图 2-1 电磁式继电器组成示意图及图文符号

2.1.2 接触器

接触器的结构和工作原理与继电器的基本相同，接触器也是利用电磁吸力的原理工作的，主要由触头系统、电磁系统、灭弧装置、支架底座、外壳组成。用于主电路，电流大，有灭弧装置，一般只能在电压作用下动作。电磁机构通常包括吸引线圈、铁芯和衔铁三部分。图 2-2 所示为交流接触器的结构图以及图形与文字符号。

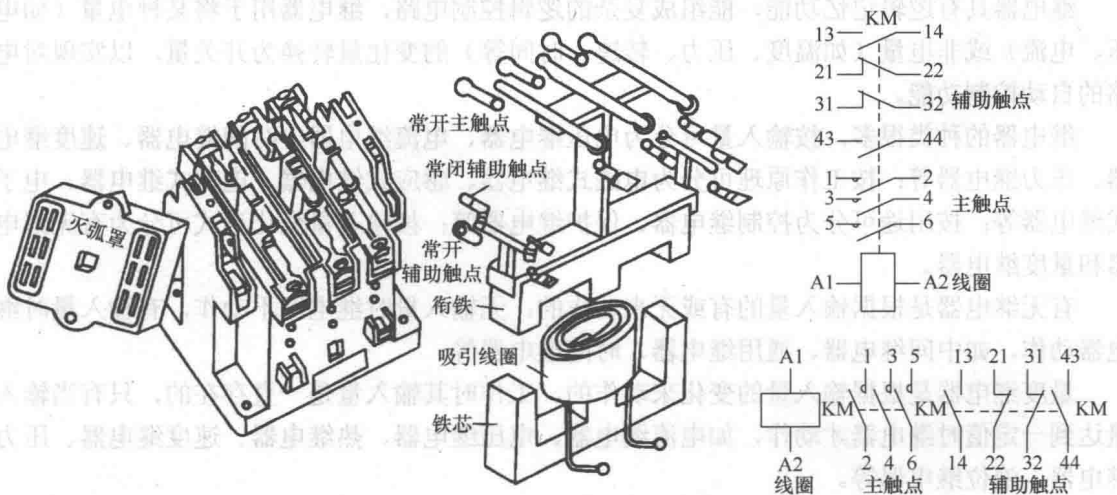


图 2-2 交流接触器结构图及图文符号

接触器是一种用来自动接通或断开大电流电路的电器。它可以频繁地接通或分断交直流电路，并可实现远距离控制。其主要控制对象是电动机，也可用于电热设备、电焊机、