

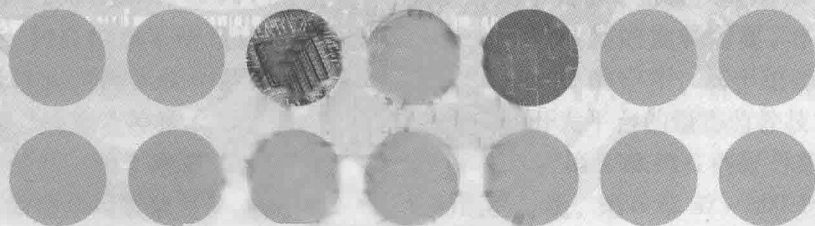
普通高等教育电气与自动化专业理实一体化“十三五”规划教材

主 编◎刘星平

副主编◎张 铸 徐祖华 陈铁军

电气控制 及PLC应用技术

DIANQI KONGZHI JI PLC YINGYONG JISHU



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

前 言

随着科学技术的发展,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接触器控制系统(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,本书把电气控制技术与可编程序控制器这两门课程内容合并,本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。它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。本书的编写结合作者多年的工程应用实践和教学经验,在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来讲课和学习。

本书从应用的角度出发,系统地介绍了电气控制的基本组成要素、基本控制规律,电液控制的基本组成及动力滑台的控制应用,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 SMART 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。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,文本显示器 TD400C 的应用,基于组态软件 WinCC flexible 的触摸屏组态监控技术的应用,基于组态王 6.55 开发平台的组态监控技术的应用等。

全书共分 9 章。第 1 章概述,第 2 章电控制系统基础,第 3 章 PLC 的硬件组成与工作原理,第 4 章可编程序控制器编程基础,第 5 章 PLC 的编程方法,第 6 章 S7-200 PLC 在模拟量控制系统中的应用,第 7 章 S7-200 PLC 控制系统的设计与应用,第 8 章 HMI 的组态与应用,第 9 章实验。本书每章后附有习题,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和学时选用或供应用时参考。

本书由湖南工程学院刘星平任主编,湖南科技大学张铸、南华大学徐祖华、湘潭技师学院陈铁军任副主编。全书由刘星平统稿。

本书获 2016 年湖南省普通高等学校教学改革项目(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,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2018 年 1 月

目 录

| | |
|--------------------------------|------|
| 第1章 概述 | (1) |
| 1.1 继电器控制系统的发展简介 | (1) |
| 1.1.1 电器与电气控制的概念 | (1) |
| 1.1.2 继电器控制系统经历的两个阶段 | (1) |
| 1.2 PLC系统的发展概况 | (2) |
| 1.2.1 PLC的产生及其定义 | (2) |
| 1.2.2 PLC的发展 | (2) |
| 1.3 PLC的分类 | (3) |
| 1.3.1 按I/O点数分类 | (3) |
| 1.3.2 按结构分类 | (3) |
| 1.4 PLC的特点 | (4) |
| 1.5 PLC的应用领域 | (5) |
| 习 题 | (7) |
| 第2章 电气控制系统基础 | (8) |
| 2.1 电气控制系统的基本单元 | (8) |
| 2.1.1 电磁式继电器 | (9) |
| 2.1.2 接触器 | (9) |
| 2.1.3 热继电器 | (10) |
| *2.1.4 时间继电器 | (11) |
| 2.1.5 速度继电器 | (12) |
| 2.1.6 按钮 | (13) |
| 2.1.7 万能转换开关 | (13) |
| 2.1.8 接近开关 | (13) |
| 2.1.9 红外线光电开关 | (14) |
| 2.2 电气控制系统常用的一些概念及基本控制方式 | (15) |
| 2.2.1 点动控制 | (15) |
| 2.2.2 长动控制 | (16) |

| | | |
|--------------|---------------------------------|-------------|
| 2.2.3 | 点动 + 长动复合控制 | (16) |
| 2.2.4 | 点动 + 延时复合控制 | (18) |
| 2.2.5 | 多地控制 | (18) |
| 2.2.6 | 电动机正反转控制 | (19) |
| 2.2.7 | 按顺序原则的电气控制 | (19) |
| 2.2.8 | 按位置原则的电气控制 | (20) |
| 2.2.9 | 按速度原则的电气控制 | (21) |
| 2.2.10 | 三相异步电动机启动控制电路的相关保护 | (22) |
| 2.3 | 电气系统图的绘制原则及标准 | (23) |
| 2.3.1 | 绘制电气原理图的基本原则 | (23) |
| 2.3.2 | 电气安装接线图 | (24) |
| *2.4 | 电液控制 | (25) |
| 2.4.1 | 电磁换向阀 | (25) |
| 2.4.2 | 电液控制的应用举例 | (26) |
| | 习 题 | (27) |
| 第 3 章 | PLC 的硬件组成与工作原理 | (28) |
| 3.1 | PLC 的组成 | (28) |
| 3.2 | PLC 的输入输出接口电路 | (30) |
| 3.2.1 | 输入接口电路 | (30) |
| 3.2.2 | 输出接口电路 | (32) |
| 3.3 | PLC 的工作原理 | (33) |
| 3.3.1 | PLC 控制系统等效电路 | (33) |
| 3.3.2 | 扫描工作方式 | (34) |
| 3.3.3 | 扫描周期 | (36) |
| 3.3.4 | 输入/输出滞后时间 | (37) |
| | 习 题 | (37) |
| 第 4 章 | 可编程控制器编程基础 | (38) |
| 4.1 | S7-200 SMART 可编程控制器的硬件组成 | (38) |
| 4.1.1 | S7-200 SMART PLC 的 CPU 模块 | (38) |
| 4.1.2 | S7-200 SMART PLC 的扩展模块 | (42) |
| 4.2 | S7-200 SMART PLC 的编程元件 | (42) |
| 4.2.1 | 编程元件的地址编号表示 | (42) |
| 4.2.2 | S7-200 SMART PLC 的编程元件 | (43) |
| 4.3 | SIMATIC S7-200 编程软件的使用与安装 | (46) |
| 4.3.1 | 编程软件的安装(安装方法) | (46) |
| 4.3.2 | STEP7-Micro/WIN SMART 编程软件的基本功能 | (47) |
| 4.3.3 | 编程软件的基本应用方法 | (48) |

| | | |
|--------------|-----------------------------------|-------------|
| 4.4 | S7-200 SMART PLC 的编程语言及程序结构 | (52) |
| 4.4.1 | S7-200 编程语言 | (52) |
| 4.4.2 | 程序结构 | (53) |
| 4.5 | S7-200 PLC 的数据类型及寻址方式 | (54) |
| 4.5.1 | 数制 | (54) |
| 4.5.2 | 数据类型、范围 | (55) |
| 4.5.3 | PLC 中的常数 | (55) |
| 4.5.4 | S7-200 PLC 的寻址方式 | (56) |
| 4.6 | 基本编程指令及其应用 | (58) |
| 4.6.1 | 位操作指令 | (58) |
| 4.6.2 | 取非和空操作指令 | (59) |
| 4.6.3 | 边沿触发指令(脉冲生成) | (59) |
| 4.6.4 | 置位和复位指令 | (60) |
| *4.6.5 | 复杂逻辑指令 | (63) |
| 4.6.6 | 定时器指令 | (65) |
| 4.6.7 | 计数器指令 | (68) |
| 4.6.8 | 比较指令 | (72) |
| 4.6.9 | 数据传送指令 | (74) |
| 4.6.10 | 移位指令 | (76) |
| 4.6.11 | 移位寄存器位指令 | (77) |
| 4.6.12 | 系统控制类指令 | (78) |
| 4.6.13 | 跳转、循环指令 | (79) |
| 4.6.14 | 子程序调用指令(SBR) | (80) |
| 4.6.15 | 中断 | (82) |
| 4.7 | 梯形图程序的执行原理及编程规则 | (85) |
| 4.7.1 | 梯形图程序的执行原理 | (85) |
| 4.7.2 | 梯形图程序编程规则 | (85) |
| 4.8 | S7-200 系列 PLC 仿真软件及其应用 | (86) |
| | 习 题 | (88) |
| 第 5 章 | PLC 的编程方法 | (90) |
| 5.1 | 基本的梯形图程序 | (90) |
| 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 | (90) |
| 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 | (92) |
| 5.1.3 | 定时器、计数器的应用程序 | (94) |
| 5.1.4 | 常闭触点输入信号的处理 | (95) |
| 5.2 | 梯形图程序的经验设计法 | (95) |
| 5.3 | 顺序控制设计法与顺序功能图 | (97) |
| 5.3.1 | 顺序控制设计法 | (97) |

| | | |
|--------------------------------------|----------------------------|--------------|
| 5.3.2 | 步与动作 | (98) |
| 5.3.3 | 有向连线与转换 | (99) |
| 5.3.4 | 顺序功能图的基本结构 | (100) |
| 5.3.5 | 顺序功能图中转换实现的基本规则 | (102) |
| 5.3.6 | 绘制顺序功能图的注意事项 | (103) |
| 5.3.7 | 顺序控制设计法的本质 | (103) |
| 5.3.8 | 设计顺序控制程序的基本方法 | (104) |
| 5.4 | 使用启保停程序结构的顺序控制梯形图编程方法 | (104) |
| 5.4.1 | 单序列的编程方法 | (104) |
| 5.4.2 | 选择序列的编程方法 | (106) |
| 5.4.3 | 并行序列的编程方法 | (107) |
| 5.4.4 | 仅有两步的闭环的处理 | (108) |
| 5.4.5 | 应用举例 | (109) |
| 5.5 | 使用置位复位指令的顺序控制梯形图编程方法 | (112) |
| 5.5.1 | 单序列的编程方法 | (112) |
| 5.5.2 | 选择序列的编程方法 | (113) |
| 5.5.3 | 并行序列的编程方法 | (114) |
| 5.5.4 | 应用举例 | (115) |
| 5.6 | 使用 S7-200 PLC 的顺序控制指令的编程方法 | (116) |
| 5.6.1 | 顺序控制继电器指令 | (116) |
| 5.6.2 | 单序列的顺序功能图 SCR 指令编程方法 | (116) |
| 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 | (117) |
| 5.7 | 具有多种工作方式的系统的编程方法 | (119) |
| 5.7.1 | 设计顺序控制梯形图程序的一些基本问题 | (119) |
| 5.7.2 | 多种工作方式机械手控制系统的应用举例 | (120) |
| 5.7.3 | 使用置位复位指令的编程方法 | (126) |
| | 习 题 | (126) |
| 第 6 章 S7-200 PLC 在模拟量控制系统中的应用 | | (130) |
| 6.1 | 模拟量闭环控制的基本概念 | (130) |
| 6.1.1 | 模拟量闭环控制系统的组成 | (130) |
| 6.1.2 | 闭环控制的主要性能指标 | (131) |
| 6.1.3 | 闭环控制反馈极性的确定 | (131) |
| 6.1.4 | 变送器的选择 | (132) |
| 6.2 | S7-200 PLC 的模拟量输入输出模块 | (132) |
| 6.2.1 | PLC 的模拟量输入接口 | (132) |
| 6.2.2 | PLC 的模拟量输出接口 | (133) |
| 6.2.3 | 模拟量扩展模块的功能 | (134) |
| 6.2.4 | S7-200 PLC 模拟量扩展模块的分类 | (134) |

| | | |
|--------------|--------------------------------|--------------|
| 6.2.5 | 根据模拟量输入模块的输出值计算对应的物理量 | (136) |
| 6.3 | 数字 PID 控制器 | (138) |
| 6.3.1 | PID 控制的特点 | (138) |
| 6.3.2 | PID 算法 | (139) |
| 6.4 | PLC 的 PID 控制及其应用 | (141) |
| 6.4.1 | PID 指令及应用 | (141) |
| 6.4.2 | PID 向导 | (147) |
| 6.4.3 | PID 自整定 | (150) |
| | 习 题 | (152) |
| 第 7 章 | S7-200 PLC 控制系统的设计与应用 | (153) |
| 7.1 | PLC 控制的系统设计 | (153) |
| 7.1.1 | 系统设计的原则 | (153) |
| 7.1.2 | PLC 控制系统的设计和调试步骤 | (154) |
| 7.2 | S7-200 PLC 应用系统的可靠性措施 | (156) |
| 7.2.1 | S7-200 PLC 使用中应注意的问题 | (156) |
| 7.2.2 | 安装和布线的注意事项 | (157) |
| 7.2.3 | 控制系统的接地 | (158) |
| 7.2.4 | 抑制电路的使用 | (158) |
| 7.2.5 | 强烈干扰环境中的隔离措施 | (159) |
| 7.2.6 | 故障的检测与诊断 | (159) |
| 7.3 | 节省 PLC 输入输出点数的方法 | (160) |
| 7.3.1 | 减少所需输入点数的方法 | (160) |
| 7.3.2 | 减少所需输出点数的方法 | (161) |
| 7.4 | 设计实例一: 三工位旋转工作台的 PLC 控制 | (161) |
| 7.4.1 | 系统描述 | (161) |
| 7.4.2 | 制订控制方案 | (162) |
| 7.4.3 | 系统配置及输入输出对照表 | (162) |
| 7.4.4 | 设计 PLC 外部接线图 | (162) |
| 7.4.5 | 设计功能流程图 | (163) |
| 7.4.6 | 设计梯形图程序 | (165) |
| 7.5 | 设计实例二: 根据水管道压力对 4 台水泵进行恒压供水控制 | (165) |
| 7.5.1 | 控制要求 | (165) |
| 7.5.2 | 控制方案 | (165) |
| 7.5.3 | PLC 的输入输出点数确定及接线图 | (165) |
| 7.5.4 | 控制程序的设计 | (166) |
| 7.6 | 设计实例三: 应用 PLC 实现水箱水位的 PID 闭环控制 | (167) |
| 7.6.1 | 控制要求 | (167) |
| 7.6.2 | 控制方案及系统配置 | (168) |

| | | |
|--------------|----------------------------------|--------------|
| 7.6.3 | 控制程序设计 | (168) |
| | 习 题 | (171) |
| 第 8 章 | HMI 的组态与应用 | (173) |
| 8.1 | 人机操作界面 | (173) |
| 8.1.1 | HMI 设备的组成及工作原理 | (173) |
| 8.1.2 | HMI 设备的功能 | (174) |
| 8.1.3 | HMI 设备 | (174) |
| 8.2 | 文本显示器的组态与应用 | (175) |
| 8.2.1 | 概述 | (175) |
| 8.2.2 | TD400C 监控的设计及应用 | (175) |
| 8.3 | 触摸屏的组态与应用 | (181) |
| 8.3.1 | 触摸屏组态软件 WinCC flexible 的特点 | (181) |
| 8.3.2 | 组态软件 WinCC flexible 的应用示例一 | (181) |
| 8.3.3 | 组态软件 WinCC flexible 的应用示例二 | (186) |
| 8.4 | 基于 PC 的组态与应用 | (191) |
| 8.4.1 | 组态王简介 | (191) |
| 8.4.2 | WinCC 监控软件 | (192) |
| 8.5 | 组态王软件对 S7-200(CN) PLC 的监控应用示例一 | (193) |
| 8.5.1 | 编写 PLC 的控制程序 | (193) |
| 8.5.2 | 建立组态王应用工程 | (193) |
| 8.6 | 组态王软件对 S7-200 SMART PLC 的监控应用示例二 | (198) |
| 8.6.1 | 编写 PLC 的控制程序 | (198) |
| 8.6.2 | 建立组态王应用工程 | (198) |
| | 习 题 | (203) |
| 第 9 章 | 实 验 | (204) |
| 实验一 | 可编程控制器的基本编程练习 | (204) |
| 实验二 | 自动往返小车控制程序的编程实验 | (207) |
| 实验三 | 十字路口交通灯控制 | (209) |
| 实验四 | 液体混合装置控制的模拟 | (211) |
| 实验五 | 机械手动作的模拟 | (213) |
| 实验六 | 天塔之光模拟控制 | (215) |
| 实验七 | 喷泉控制 | (217) |
| 实验八 | 温度 PID 实验(实物) | (220) |
| | 附 录 | (222) |
| | 参 考 文 献 | (227) |

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器控制系统,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

电器可以泛指所有用电的器具,如家用电器、电机、配电电器、控制电器等,从专业的角度来说,电器应是指对于电能的生产、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。电气也指一种技术,比如电气自动化专业,包括工厂(工业)电气(如变压器、供电线路)、建筑电气、电气设备、铁路电气化等。

电器的范围要窄一些,而电气更为宽广,与电有关的一切相关事物都可用电气表述,而电器一般是指保证用电设备与电网接通或关断的开关器件。电器侧重于个体,是元件和设备,而电气则涉及整个系统或者系统集成。电气是广义词,指一种行业,一种专业,不具体指某种产品。电器是实物词,指一种具体的物质,比如电视机、空调等。

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。其所使用的电器元件,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,例如,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

1. 手动控制阶段

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,具有系统结构

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。

2. 自动控制阶段

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。其特点为: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,不能适应多种多样的商品生产的需要。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。

因此,继电器控制系统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,如传统经典的车床、铣床、钻床、磨床、刨床等机床上使用的控制系统主要都是继电器控制系统。

1.2 PLC 系统的发展概况

1.2.1 PLC 的产生及其定义

1. PLC 控制器的产生

1968 年美国通用汽车公司(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,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 运算过程控制并可与上位机通信,实现远程控制。

2. PLC 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,都应按易于使工业控制系统形成一个整体、易于扩展其功能的原则设计。”

PLC 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 PLC 的发展

PLC 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,除了在有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 都能完成。而且 PLC 更适用工业生产现场环境,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、计算机辅助设计 CAD(computer aided design)/计算机辅助制造 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 PLC 的厂家之外,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(如三菱集团的系列 PLC、欧姆龙的系列 PLC),还有中国台湾的生产厂家(如台达集团的系列 PLC、永宏的系列 PLC),此外在中国大陆也有许多 PLC 生产厂家(如大连理工计算机控制工程有限公司的系列 PLC、上海香岛机电制造有限公司的系列 PLC 等)。一般可将 PLC 按输入输出点数(I/O 点数)和结构来进行分类。

1.3.1 按 I/O 点数分类

如图 1-1 所示,PLC 按 I/O 点数可分为大型、中型、小型、微型四大类。通常可定义为:

(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,主要用于有大量开关量控制的综合性设备,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。

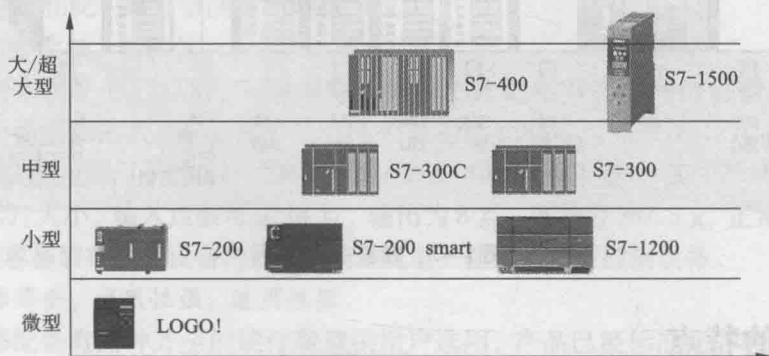


图 1-1 西门子 S7 系列 PLC

1.3.2 按结构分类

PLC 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,如图 1-2 所示。整体式 PLC 一般为小型机(24 点、40 点、64 点等),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(或插座插头)连接。

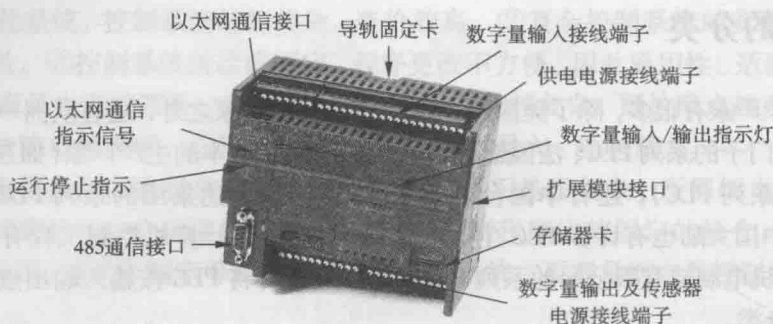


图 1-2 整体式 PLC

(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, 通信模块及各种功能模块等, 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 1-3 所示。

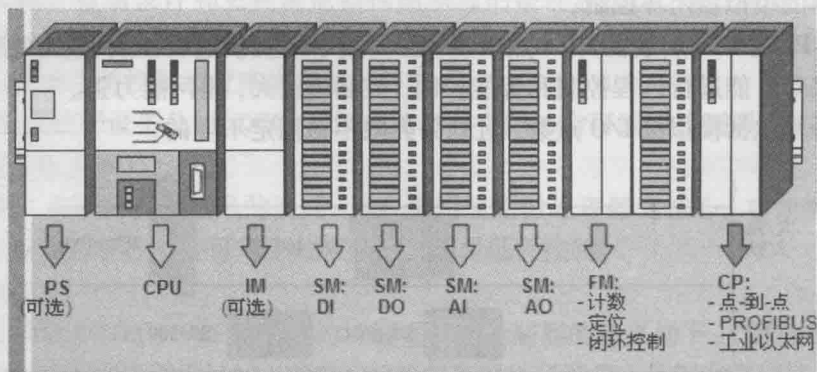


图 1-3 模块式 PLC

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 编程系统均采用了类似于继电器-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

PLC 的故障率很低, 并且有完善的自诊断和显示功能。PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时, 可以根据 PLC 上的发光二极管或编程器提供的信息迅速地查明导致故障的原

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,提高了抗干扰能力,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被广大用户公认为是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 $1/10 \sim 1/2$ 。PLC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367.3 g,正常功耗为14 W。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,应用面也越来越广。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、娱乐等行业。

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)

顺序控制是 PLC 应用最广泛的领域, PLC 具有逻辑控制功能, 特别适用于开关量控制系统。它可以实现各种通断控制, 取代了传统的继电器顺序控制。PLC 广泛应用于单机控制、多机群控制、生产自动线控制, 例如组合机床、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, 以此实现由 PLC 对伺服电机或步进电机的位置和速度进行控制, 图 1-4 所示为 PLC 对单个电机的控制示意图, 图 1-5 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。

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

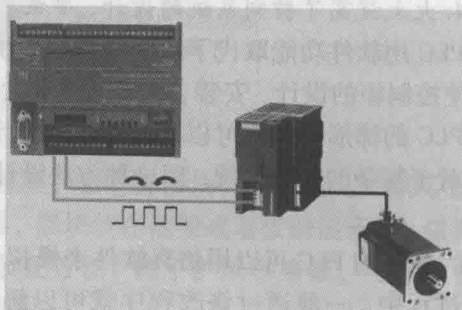


图 1-4 PLC 对单个伺服电机的控制

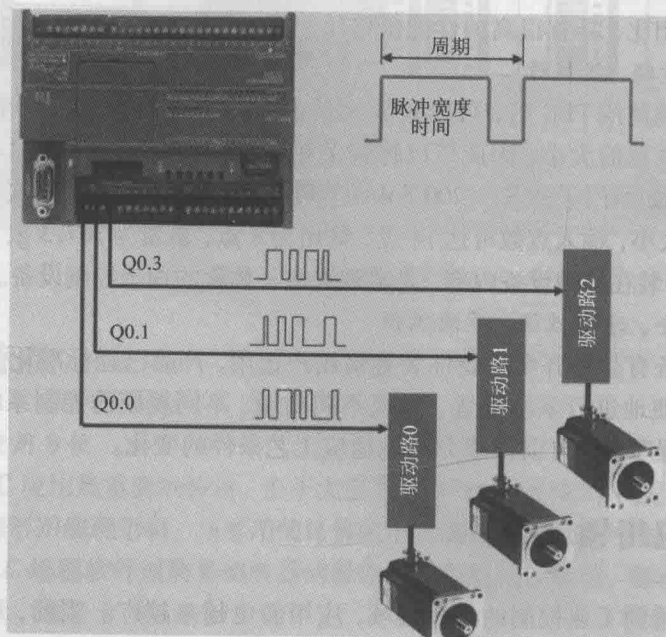


图 1-5 PLC 对 3 轴伺服电机的控制

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、分析和处理工作,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 已经广泛地应用在各种机电自动化设备和生产过程的自动控制系统中,PLC 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?

1-3 PLC 的应用范围大致可分为哪几大类?

第 2 章 电气控制系统基础

PLC 是从经典的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。下面首先介绍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作扼要的介绍。

2.1 电气控制系统的基本单元

构成电气控制系统常用的基本单元有中间继电器、接触器、时间继电器、速度继电器、热继电器及开关按钮等。

电气控制系统的核心是继电器,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)和被控制系统(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(图2-1)。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到原来的位置,使动触点与原来的静触点(常闭触点)吸合。这样吸合、释放,形成了电路的导通、切断。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。

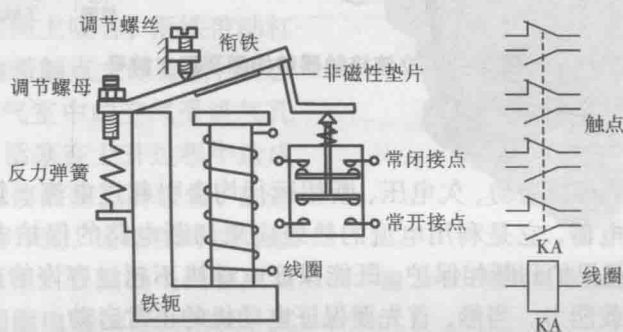


图2-1 电磁式继电器组成示意图及图文字符号

2.1.2 接触器

接触器主要由触头系统、电磁系统、灭弧装置、支架底座、外壳组成。用于主电路、电流大、有灭弧的装置,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为交流接触器的实物外形图,图2-3为交流接触器的结构图形与文字符号。

接触器的结构和工作原理与继电器基本相同,接触器也是利用电磁吸力的原理工作的,当线圈通电时,铁芯被磁化,吸引衔铁向下运动,使得常闭触头断开,常开触头闭合。当线圈断电时,磁力消失,在反力弹簧的作用下,衔铁回到原来位置,使触头恢复到原来状态。

交流接触器的主触点一般为常开触头,在主电路中用来自动接通或断开大电流电路,辅助触头有常开的也有常闭的,用于控制电路中。

接触器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、电容器组等其他负载。按照所控制电路的种类,接触器可分为交流接触器和直流接触器两大类。

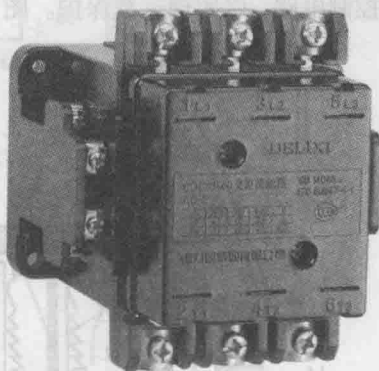


图2-2 交流接触器的外形图