



高等学校仪器仪表及自动化类专业规划教材

# 电气控制基础与可编程 控制器应用教程

主 编 高 溥 孟建军  
副主编 祁文哲 汪 诤



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

高等学校仪器仪表及自动化类专业规划教材

# 电气控制基础与 可编程控制器应用教程

主 编 高 溥 孟建军

副主编 祁文哲 汪 诤

西安电子科技大学出版社

2007

## 内 容 简 介

本书从满足教学需要和实际工程应用出发,首先介绍了继电器接触器控制系统的基础知识,然后以西门子公司 S7-300 系列 PLC 为例,详细讲解了可编程控制器 S7-300 系列最新产品的工作原理、硬件结构、设计方法、指令系统和编程方法、通信与网络等,最后介绍了编程软件 STEP 7 的基本功能和使用方法。

与其他同类教材相比,本书主要有以下特点:以 S7-300 的最新产品为例来介绍 PLC 控制系统;在满足基本使用要求的前提下对传统电气控制系统内容做了大幅度的精简;在讲解各章节理论及指令的同时,给出了相应的实例,并在各章后面均配备了必要的思考题及习题;内容深入浅出,繁简得当,重点剖析了多个典型控制实例,对有广泛应用前景的联网控制做了较详细的介绍。

本书可作为高等院校测控技术与仪器、机电一体化、电气工程、机械设计制造及自动化等专业的教材及相关专业的教学参考书,也可供广大工程技术人员参考使用。

★ 本书配有电子教案,有需要的老师可与出版社联系,免费提供。

### 图书在版编目(CIP)数据

电气控制基础与可编程控制器应用教程 / 高溥, 孟建军主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2007. 8

高等学校仪器仪表及自动化类专业规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 1836 - 4

I. 电… II. ① 高… ② 孟… III. ① 电气控制—高等学校—教材 ② 可编程控制器—高等学校—教材 IV. TM921.5 TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 065416 号

责任编辑 王 瑛 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: [xdupfxb@pub.xaonline.com](mailto:xdupfxb@pub.xaonline.com)

经 销 新华书店

印刷单位 陕西兰力印务有限责任公司

版 次 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 18.5

字 数 435 千字

印 数 1~4000 册

定 价 24.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 1836 - 4/TN · 0373

**XDUP 2128001-1**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

# 前 言

可编程控制器(PLC)是综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术的一种通用自动控制装置,具有功能强大、可靠性高、使用灵活和易于编程等优点,近年来在工业自动化和传统产业的机电技术改造方面应用越来越广泛。

目前,PLC 控制系统的设计和应用,已经成为工业电气控制自动化的主要技术手段和方法。随着 PLC 的高速发展,出现了很多新产品和新技术。S7-300 系列 PLC 是西门子的中端产品,目前我国各行各业应用非常广泛。为了使读者能够尽快地学习并掌握 PLC,并且能够应用于生产实践,我们编写了本书。本书在总结有关资料和工程应用实践的基础上,结合我国高等工科院校学生学习特点和实验教学实际情况,通过大量的编程实例,给对学习 PLC 有兴趣的学生和工程技术人员提供有效的学习参考。

PLC 控制课程是一门实用性极强的专业课程,主要内容为如何利用 PLC 来控制电机和其他执行电器的动作和行为。本课程的教学任务是培养学生在掌握继电器接触器控制电路知识的基础上,初步具备 PLC 电气控制系统的工程设计和应用能力。具体要求如下:

(1) 掌握常用控制电器的结构、工作原理和用途;学习和掌握合理选择、使用常用电器元件的能力。

(2) 熟练掌握继电器接触器控制电路的各个基本环节,培养阅读和分析继电器接触器电气线路原理图的能力,并且具有初步的设计能力。

(3) 熟悉 PLC 的工作原理,熟练掌握 PLC 的基本指令、编程方法,具有根据具体的生产和技术要求初步设计 PLC 控制方案的能力。

(4) 熟悉 PLC 通信网络,熟练掌握 STEP 7 的基本使用方法。

(5) 熟悉典型的 PLC 电气控制系统,具有初步安装、调试、运用和维护基本设备模块的能力。

全书共分为 9 章。第 1 章为概述;第 2 章介绍了常用低压电器元件,主要介绍了各种接触器和继电器;第 3 章在电器元件的基础上介绍了通用控制电路,主要是三相异步电动机和典型机床的各种控制电路;第 4 章介绍了可编程控制器的原理,本章的学习应和计算机原理相结合;第 5 章介绍了 S7-300 系列 PLC 的结构特点以及各模块的作用和原理;第 6 章主要介绍了 S7-300 的寻址方式和梯形图指令系统,并介绍了基本的语句指令;第 7 章在第 6 章的基础上介绍了程序结构和程序设计方法,并讲解了几个实例;第 8 章主要介绍了 S7-300 的网络通信功能;第 9 章介绍了 STEP 7 软件的使用。

本书由高溥、孟建军任主编,祁文哲和汪净任副主编,最后由孟建军、汪净、杨泽青和吴庆立共同统稿。

本书第 1 章、第 3 章的 3.1~3.3 节和第 5 章由高溥教授编写;第 4 章、第 7 章和第 9 章由孟建军教授编写;第 6 章的 6.1~6.3 节和第 8 章由祁文哲副教授编写;第 2 章、第 6 章的 6.4 与 6.5 节由汪净老师编写;第 3 章的 3.4 节、第 6 章的 6.6 节由车军高工编写。

本书参考了国内外许多同行们的论著、应用成果和先进技术,在此谨致谢意。

在本书编写过程中，中南工业大学张舒原博士做了许多工作，并提出了宝贵意见。另外，殷达瑞、吴庆立、王丽文、段磊、杨泽青和杨成慧做了许多调试、绘图和校正工作，在此一并表示感谢。

另外，本书的出版得到了西安电子科技大学出版社与研创电子科技有限公司的关心和大力支持，在此深表谢意。

由于编者水平有限，书中难免会有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2007年3月

## 欢迎选购西安电子科技大学出版社教材类图书

### ~~~~~ 国家级、部级重点教材 ~~~~~

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 计算机系统结构(第三版)(统编)   | 22.00 |
| 离散数学(第三版)(统编)(乔维声) | 16.00 |
| 雷达对抗原理(统编)         | 15.00 |
| 雷达原理(第三版)          | 23.00 |
| 通信网的安全——理论与技术      | 42.00 |
| 模拟电子线路基础(傅丰林)      | 16.00 |
| 移动通信(第三版)(统编)(郭梯云) | 26.00 |
| 智能控制理论和方法          | 18.00 |

### ~~~ 全国信息技术水平考试指定教材 ~~~

|                  |       |
|------------------|-------|
| 计算机网络信息安全理论与实践教程 | 32.00 |
| 网页设计与网站开发基础教程    | 54.00 |
| 中小校园网络管理基础教程     | 19.00 |
| 中小校园网络管理实验教程     | 25.00 |

### ~~~~~ 计算机提高普及类 ~~~~~

|                                                |       |
|------------------------------------------------|-------|
| 计算机应用基础(第三版)(丁爱萍)                              | 19.00 |
| 计算机组装与维护(高职)(杜飞明)                              | 22.00 |
| 计算机组装与维护实用教程<br>(第二版)(高职)                      | 29.00 |
| 计算机应用基础(Windows 2000<br>& Office 2002版)(教育部高职) | 23.00 |
| 《计算机应用基础》实践技能训练<br>与案例分析(教育部高职)                | 11.00 |
| 计算机综合能力实训教程(高职)                                | 10.00 |
| 办公自动化技术及应用教程                                   | 22.00 |
| 办公自动化设备的使用和维护<br>(第二版)(高职)                     | 18.00 |
| 网络办公自动化技术及应用(高职)                               | 21.00 |

### ~~~~~ 计算机网络类 ~~~~~

|                        |       |
|------------------------|-------|
| Internet基础与使用(第二版)(高职) | 13.00 |
| 计算机网络安全(高职)            | 15.00 |
| 计算机网络管理                | 20.00 |
| 网络安全技术(高职)             | 17.00 |
| 网络安全与保密                | 24.00 |
| 网络信息安全技术               | 17.00 |
| 网站建设与维护(崔良海)           | 18.00 |
| 网站建设与维护(廖常武)           | 19.00 |
| Internet技术及其应用教程       | 15.00 |
| Windows 网络程序设计         | 26.00 |
| 嵌入式系统原理与开发             | 21.00 |
| 计算机图形图像与网页制作(高职)       | 19.00 |
| 互联网实用技术与网页制作(高职)       | 14.00 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| 局域网组建、管理与维护(高职) | 20.00 |
| 综合布线技术(高职)      | 18.00 |
| 计算机网络技术导论       | 16.00 |
| 计算机网络(第二版)(袁家政) | 26.00 |
| 计算机网络技术(刘敏涵)    | 20.00 |
| 计算机网络(第二版)(蔡皖东) | 18.00 |
| 计算机网络(第二版)(雷振甲) | 21.00 |
| 计算机网络工程         | 20.00 |
| 计算机网络实验教程       | 14.00 |
| 计算机组网实验教程       | 23.00 |
| 计算机网络学习辅导及习题详解  | 23.00 |
| 网络工程设计与实践       | 29.00 |
| 网络应用程序设计        | 21.00 |
| 现代网络技术          | 24.00 |
| 网络计算            | 19.00 |

### ~~~~~ 计算机技术类 ~~~~~

|                                                     |       |
|-----------------------------------------------------|-------|
| 计算机系统结构(陈智勇)                                        | 22.00 |
| 计算机系统设计——概念与技术(洪龙)                                  | 18.00 |
| 计算机组成原理<br>与系统结构实验教程(杨小龙)                           | 12.00 |
| 计算机系统安全                                             | 22.00 |
| 电子政务理论与实务                                           | 20.00 |
| 电子商务概论(李晓燕)                                         | 17.00 |
| 电子商务概论(宋沛军)                                         | 20.00 |
| 电子商务基础与应用(第四版)(含盘)                                  | 34.00 |
| 电子商务基础与实务(第二版)(高职)                                  | 16.00 |
| 数据结构(C)(第二版)(杨秀金)                                   | 20.00 |
| 《数据结构》算法实现及解析<br>——配合严蔚敏的《数据结构》(C语言版)<br>(含光盘)(第二版) | 35.00 |
| 数据结构——使用C++语言(第二版)                                  | 23.00 |
| 数据结构(高职)(周岳山)                                       | 15.00 |
| 计算方法与实习(高职)                                         | 11.00 |
| 算法设计与分析                                             | 15.00 |
| 编译原理教程                                              | 15.00 |
| 《编译原理教程》习题解析与上机指导                                   | 12.00 |
| 离散数学(蔡英)                                            | 19.00 |
| 《离散数学》学习指导书                                         | 16.00 |
| 离散数学(马光思)                                           | 22.00 |
| 离散数学(乔维声)                                           | 21.00 |
| 软件工程(第二版)                                           | 22.00 |
| 软件工程与数据库概论                                          | 14.00 |
| 信息系统分析与设计(卫红春)                                      | 19.00 |

|                        |       |                               |       |
|------------------------|-------|-------------------------------|-------|
| 信息系统分析与设计(高职)(卫红春)     | 18.00 | 《微型计算机原理》学习与实验指导              | 18.00 |
| 信息系统分析与设计(第二版)(陈圣国)    | 14.00 | 微型计算机原理及接口技术(新世纪)             | 25.00 |
| 人工智能技术导论(第二版)          | 18.00 | 80X86 微机原理与接口技术               | 26.00 |
| ~~~~~计算机辅助技术类~~~~~     |       |                               |       |
| 电子工程制图(含习题集)(高职)       | 25.00 | 单片机原理及接口技术                    | 15.00 |
| 工程制图(含习题集)(高职)         | 22.00 | 单片机应用实训教程(高职)                 | 22.00 |
| 机械制图与计算机绘图(含习题集)(高职)   | 24.00 | 新编单片机原理与应用(第二版)               | 22.00 |
| 计算机绘图(第二版)(许社教)        | 25.00 | 可编程序控制器原理及应用(第二版)             | 22.00 |
| DSP应用技术(高职)            | 25.00 | 计算机控制技术(高职)(温希东)              | 12.00 |
| 现代DSP技术                | 22.00 | 计算机外部设备(第二版)                  | 17.00 |
| 电子电路CAD程序及其应用(高职)      | 16.00 | 微机外围设备的使用与维护(高职)              | 19.00 |
| 电子线路CAD实用教程(第二版)       | 22.00 | ~~~~~数据库及计算机语言类~~~~~          |       |
| 电子工艺与电子CAD(高职)         | 14.00 | 数据库原理(第二版)(郭盈发)               | 16.00 |
| 电子电路EDA技术              | 15.00 | 数据库原理(高荣芳)                    | 18.00 |
| EDA技术及应用(第二版)          | 24.00 | Visual FoxPro 6.0数据库原理与应用(高职) | 21.00 |
| EDA技术综合应用实例与分析         | 22.00 | 基于VFP和SQL的数据库技术及应用            | 16.00 |
| EDA技术与数字系统设计(高职)       | 14.00 | SQL Server 2000应用基础与实训教程(高职)  | 19.00 |
| 数字电路EDA设计(高职)          | 19.00 | Oracle数据库SQL和PL/SQL实例教程(高职)   | 17.00 |
| ~~~~~操作系统类~~~~~        |       |                               |       |
| 计算机操作系统(第二版)(高职)(颜彬)   | 17.00 | 数据库技术及应用(高职)                  | 14.00 |
| 计算机操作系统(修订版)(汤子瀛)      | 24.00 | 网络数据库技术及应用(高职)                | 20.00 |
| 《计算机操作系统》学习指导与题解       | 16.00 | C++程序设计语言                     | 20.00 |
| 计算机操作系统(王津)            | 16.00 | 《C++程序设计语言》经典题解与实验指导          | 13.00 |
| 计算机操作系统(孙雅如)           | 15.00 | 新编C语言程序设计教程(第二版)              | 22.00 |
| 计算机操作系统(方敏)            | 28.00 | 《新编C语言程序设计教程(第二版)》            |       |
| 计算机操作实训教程(高职)(张晓云)     | 18.00 | 习题解答与实验指导                     | 15.00 |
| 操作系统教程——Linux实例分析(孟庆昌) | 21.00 | C++ Builder 6.0 程序设计(高职)      | 19.00 |
| Linux操作系统实用教程(高职)      | 20.00 | Visual Basic 程序设计(第二版)        | 20.00 |
| Linux实训指导教程(高职)        | 13.00 | Visual Basic·NET程序设计教程(高职)    | 18.00 |
| ~~~~~图形处理类~~~~~        |       |                               |       |
| 多媒体技术及应用(王坤)           | 21.00 | 汇编语言程序设计(第二版)(韩海)             | 18.00 |
| 多媒体软件设计技术(第二版)         | 20.00 | 汇编语言程序设计(李强)                  | 23.00 |
| 多媒体技术与应用(第二版)(傅献祯)     | 16.00 | 汇编语言程序设计(李革新)                 | 19.00 |
| 多媒体技术教程(杨安琪)           | 20.00 | 微型计算机汇编语言程序设计(龚尚福)            | 23.00 |
| 计算机图形学(张义宽)            | 20.00 | 面向对象程序设计与VC++实践               | 22.00 |
| 计算机图形学(丁爱玲)            | 14.00 | 面向对象程序设计与C++语言                | 17.00 |
| 计算机图形学(研究生系列)(璩柏青)     | 26.00 | 面向对象程序设计教程                    | 19.00 |
| 计算机图形学——图形的计算与显示原理     | 22.00 | 面向对象程序设计——JAVA(第二版)           | 32.00 |
| 数字图像处理                 | 20.00 | JAVA语言程序设计教程                  | 18.00 |
| 3DS MAX 6.0实用教程(高职)    | 23.00 | JAVA程序设计(高职)                  | 18.00 |
| ~~~~~微机与控制类~~~~~       |       |                               |       |
| 微型计算机原理与应用(第二版)(本科)    | 33.00 | ~~~~~电子技术类~~~~~               |       |
| 《微型原理及应用》(第二版)学习指导     | 18.00 | 测试与计量技术基础                     | 19.00 |
| 微型计算机原理(第四版)           | 29.00 | 测试技术基础                        | 15.00 |
| 《微型计算机原理》(第四版)学习指导书    | 14.00 | 传感器原理及工程应用(第二版)               | 18.00 |
|                        |       | 模拟电子技术(第二版)(教育部高职)            | 17.00 |
|                        |       | 模拟电子电路基础(王卫东)                 | 23.00 |
|                        |       | 模拟电子技术(第二版)(江晓安)              | 18.00 |
|                        |       | 《模拟电子技术》学习指导与题解               | 12.00 |

|                      |       |                      |       |
|----------------------|-------|----------------------|-------|
| 多媒体通信技术(王汝言)         | 23.00 | 电气控制与 PLC 原理及应用(常文平) | 17.00 |
| 现代通信系统               | 24.00 | 工程力学(高职)(皮智谋)        | 12.00 |
| 通信电路(沈伟慈)            | 18.00 | 工程力学(高职)(史艺农)        | 23.00 |
| 通信电源(高职)             | 14.00 | 工程材料与热加工技术(高职)(程晓宇)  | 20.00 |
| 通信系统(修订版)(王秉钧)       | 22.00 | 机械工程基础(高职)(李茹)       | 26.00 |
| 现代通信系统导论(高职)         | 18.00 | 机械设计基础(高职)(赵冬梅)      | 21.00 |
| 现代通信网概论              | 25.00 | 机械设计基础(高职)(张京辉)      | 24.00 |
| 现代通信理论与技术导论          | 25.00 | 机械设计基础(高职)(郭红星)      | 20.00 |
| 现代通信技术与网络应用          | 23.00 | 机械基础(周家泽)            | 17.00 |
| 现代通信新技术              | 20.00 | 机械 CAD/CAM 技术(方新)    | 20.00 |
| 现代通信原理与技术            | 26.00 | 机械制图(高职)(刘家平)        | 32.00 |
| 通信工程专业英语             | 12.00 | 机械制造工艺装备(高职)(吴秀佳)    | 19.00 |
| 微波技术与天线              | 17.00 | 机械制造技术(高职)(邵堃)       | 24.00 |
| 锁相技术                 | 14.80 | 机械加工技术(高职)(魏康民)      | 24.00 |
| 计算机通信网(沈金龙)          | 24.00 | 计算机辅助机械设计(秦汝明)       | 19.00 |
| 计算机通信网(修订版)(刘后铭)     | 18.00 | 数控机床原理与编程(陈富安)       | 20.00 |
| 计算机数据通信教程(张燕)        | 15.00 | 数控加工与编程(高职)          | 19.00 |
| 纠错码——原理与方法(王新梅)      | 35.00 | 数控加工工艺(高职)(赵长旭)      | 22.00 |
| 编码理论                 | 19.00 | 数控编程与操作(高职)(秦启书)     | 16.00 |
| 现代通信新技术              | 20.00 | 数控技术及应用(高职)(马一民)     | 17.00 |
| 现代交换技术               | 20.00 | 数控机床故障分析与维修(高职)(潘海丽) | 19.00 |
| 程控交换技术实用教程(高职)(李正吉)  | 11.00 | 数控机床电气控制(高职)(姚勇刚)    | 21.00 |
| 程控数字交换原理学习指导与习题解析    | 12.00 | 机电一体化技术(高职)          | 17.00 |
| 自动控制原理(赵四化)          | 16.00 | 机床电器 PLC(高职)(李伟)     | 14.00 |
| 自动控制原理(薛安克)          | 19.00 | 电机及拖动基础(高职)(孟宪芳)     | 17.00 |
| 《自动控制原理》学习指导与题解(方斌)  | 22.00 | 电机拖动与控制(高职)(刘保录)     | 25.00 |
| 自动控制原理及其应用(高职)       | 15.00 | 电切削加工技术(高职)(詹华西)     | 13.00 |
| 智能化仪器原理及应用(曹建平)      | 16.00 | 金属切削与机床(高职)(聂建武)     | 22.00 |
| 楼宇自动化(高职)            | 14.00 | 模具制造技术(高职)(刘航)       | 22.00 |
| 电梯原理及逻辑排故(高职)        | 22.00 | 液压与气动技术(高职)(朱梅)      | 19.00 |
| ~~~~~ 家用电器与机电类 ~~~~~ |       |                      |       |
| 电视原理与系统(赵坚勇)         | 16.00 | 特种加工技术(高职)(周旭光)      | 10.00 |
| 电视原理与电视机检修(高职)       | 16.00 | 汽车电工电子技术(高职)(袁建华)    | 20.00 |
| 数字电视技术               | 20.00 | 互换性与技术测量(高职)(杨好学)    | 16.00 |
| 电器原理与技术(裴昌幸)         | 24.00 | 车工基本技能训练(高职)(武建荣)    | 6.00  |
| 调音技术(高职)             | 16.00 | 钳工基本技能训练(高职)(彭彦)     | 5.00  |
| 音响技术                 | 13.00 | 焊接基本技能训练(高职)(王红英)    | 6.00  |
| 现代音响与调音技术            | 19.00 | 建筑管道工基本技能训练(高职)(陈斐明) | 8.00  |
|                      |       | 铣工基本技能训练(高职)(韩振武)    | 4.00  |

~~~~~  
欢迎来函索取本社最新书目和教材介绍, 欢迎投稿!

从邮局或银行汇款邮购者, 汇款单上务必写清收书人姓名、地址、邮编、电话。款到后我社将挂号发书, 加收5元包装邮寄费(一次购书30元以上者可免收邮费)。

通信地址: 西安市太白南路2号      西安电子科技大学出版社发行部      邮 编: 710071

电 话: (029) 88201467

传 真: (029) 88213675

主 页: <http://www.xduph.com>

E-mail: [xdupfb@pub.xaonline.com](mailto:xdupfb@pub.xaonline.com)





# 目 录

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 第 1 章 概述 .....                    | 1  |
| 1.1 电气控制的基本知识 .....               | 1  |
| 1.1.1 控制过程的种类和控制系统的组成 .....       | 1  |
| 1.1.2 控制系统的概述和发展过程 .....          | 2  |
| 1.1.3 继电器接触器控制系统 .....            | 3  |
| 1.2 PLC 的基本知识与应用 .....            | 5  |
| 1.2.1 PLC 的概念与工作原理 .....          | 5  |
| 1.2.2 PLC 的结构和应用 .....            | 6  |
| 1.3 PLC 的特点与发展趋势 .....            | 8  |
| 思考题与习题 .....                      | 9  |
| 第 2 章 常用低压电器 .....                | 10 |
| 2.1 低压电器简介 .....                  | 10 |
| 2.1.1 低压电器的分类 .....               | 10 |
| 2.1.2 低压电器的发展过程 .....             | 11 |
| 2.2 常用低压电器 .....                  | 12 |
| 2.2.1 刀开关 .....                   | 12 |
| 2.2.2 熔断器 .....                   | 13 |
| 2.2.3 控制按钮 .....                  | 15 |
| 2.2.4 接触器 .....                   | 16 |
| 2.2.5 继电器 .....                   | 19 |
| 2.2.6 组合开关 .....                  | 24 |
| 2.2.7 低压断路器 .....                 | 25 |
| 2.2.8 位置开关 .....                  | 27 |
| 2.3 电子电器 .....                    | 28 |
| 2.3.1 固态继电器 .....                 | 28 |
| 2.3.2 电子开关 .....                  | 31 |
| 思考题与习题 .....                      | 33 |
| 第 3 章 继电器接触器控制系统 .....            | 35 |
| 3.1 电气控制系统图 .....                 | 35 |
| 3.1.1 电气图中的图形符号、文字符号和接线端子标记 ..... | 35 |
| 3.1.2 电气原理图 .....                 | 36 |
| 3.1.3 电器元件布置图 .....               | 37 |
| 3.1.4 电气接线图 .....                 | 38 |
| 3.2 三相异步电动机的基本控制电路 .....          | 39 |

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| 3.2.1 三相异步电动机的直接启动控制电路 .....                 | 39        |
| 3.2.2 点动和长动控制电路 .....                        | 40        |
| 3.2.3 三相异步电动机的正反转控制电路 .....                  | 41        |
| 3.2.4 自动往复控制电路 .....                         | 42        |
| 3.2.5 顺序控制电路 .....                           | 43        |
| 3.2.6 三相异步电动机 Y- $\Delta$ 启动控制电路 .....       | 45        |
| 3.2.7 鼠笼式电动机能耗制动控制电路 .....                   | 46        |
| 3.3 继电器接触器控制电路的读图方法 .....                    | 46        |
| 3.4 典型机床电气控制电路 .....                         | 48        |
| 3.4.1 车床电气控制电路 .....                         | 48        |
| 3.4.2 铣床电气控制电路 .....                         | 51        |
| 思考题与习题 .....                                 | 55        |
| <b>第4章 可编程控制器的结构与工作原理 .....</b>              | <b>56</b> |
| 4.1 可编程控制器的产生与发展 .....                       | 56        |
| 4.1.1 可编程控制器的产生 .....                        | 56        |
| 4.1.2 可编程控制器的发展历程 .....                      | 57        |
| 4.1.3 可编程控制器的应用 .....                        | 58        |
| 4.1.4 现代可编程控制器的发展趋势 .....                    | 59        |
| 4.2 可编程控制器的特点与分类 .....                       | 62        |
| 4.3 可编程控制器的组成 .....                          | 63        |
| 4.4 可编程控制器的软件系统 .....                        | 69        |
| 4.4.1 系统程序 .....                             | 69        |
| 4.4.2 用户程序 .....                             | 69        |
| 4.5 可编程控制器的工作原理和工作过程 .....                   | 72        |
| 4.5.1 可编程控制器的工作原理 .....                      | 72        |
| 4.5.2 可编程控制器的工作过程 .....                      | 73        |
| 4.5.3 可编程控制器的输入/输出响应滞后现象 .....               | 76        |
| 4.6 可编程控制器的主要技术指标 .....                      | 77        |
| 思考题与习题 .....                                 | 78        |
| <b>第5章 SIMATIC S7-300 系列 PLC 的硬件系统 .....</b> | <b>79</b> |
| 5.1 S7-300 系列 PLC 的特点和构成 .....               | 79        |
| 5.1.1 S7-300 系列 PLC 的特点 .....                | 80        |
| 5.1.2 S7-300 系列 PLC 编程软件和工具软件 .....          | 81        |
| 5.1.3 S7-300 系列 PLC 的硬件构成 .....              | 83        |
| 5.2 S7-300 系列 PLC 的模块性能简介 .....              | 83        |
| 5.2.1 电源模块(PS307) .....                      | 83        |
| 5.2.2 CPU 模块 .....                           | 85        |
| 5.2.3 信号模块 .....                             | 92        |

|                                           |            |
|-------------------------------------------|------------|
| 5.2.4 接口模块 .....                          | 106        |
| 5.2.5 通信模块 .....                          | 107        |
| 5.2.6 功能模块 .....                          | 107        |
| 5.3 S7-300 的配置 .....                      | 108        |
| 思考题与习题 .....                              | 111        |
| <b>第 6 章 西门子 S7-300 系列 PLC 基本指令 .....</b> | <b>112</b> |
| 6.1 可编程控制器的指令结构和指令系统 .....                | 112        |
| 6.1.1 指令简介 .....                          | 113        |
| 6.1.2 数据类型 .....                          | 114        |
| 6.1.3 操作数和存储区功能 .....                     | 116        |
| 6.1.4 寻址方式 .....                          | 122        |
| 6.1.5 CPU 的寄存器 .....                      | 124        |
| 6.2 位逻辑指令 .....                           | 125        |
| 6.2.1 位逻辑运算和输出指令 .....                    | 126        |
| 6.2.2 置位/复位指令 .....                       | 132        |
| 6.2.3 位测试指令 .....                         | 135        |
| 6.2.4 立即读/立即写操作 .....                     | 138        |
| 6.3 定时器和计数器指令 .....                       | 141        |
| 6.3.1 定时器指令 .....                         | 141        |
| 6.3.2 计数器指令 .....                         | 152        |
| 6.4 数据处理功能指令 .....                        | 158        |
| 6.4.1 比较指令 .....                          | 158        |
| 6.4.2 移位和循环移位指令 .....                     | 161        |
| 6.4.3 数据转换指令 .....                        | 168        |
| 6.5 数据运算指令 .....                          | 182        |
| 6.5.1 整数算术运算指令 .....                      | 183        |
| 6.5.2 实数算术运算指令 .....                      | 188        |
| 6.5.3 字逻辑算术运算指令 .....                     | 192        |
| 6.6 控制指令 .....                            | 199        |
| 6.6.1 跳转指令 .....                          | 199        |
| 6.6.2 程序控制指令 .....                        | 201        |
| 6.6.3 数据块调用 .....                         | 205        |
| 思考题与习题 .....                              | 206        |
| <b>第 7 章 S7 系列 PLC 程序结构与程序设计 .....</b>    | <b>209</b> |
| 7.1 STEP 7 的程序结构 .....                    | 209        |
| 7.2 程序块和数据块 .....                         | 210        |
| 7.2.1 组织块 .....                           | 211        |
| 7.2.2 功能块、功能及系统功能块 .....                  | 211        |
| 7.2.3 功能块编程及调用 .....                      | 212        |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 7.2.4 背景数据块和共享数据块 .....              | 214        |
| 7.3 S7-300 系列 PLC 的应用系统设计 .....      | 216        |
| 7.3.1 PLC 应用系统设计的内容和步骤 .....         | 216        |
| 7.3.2 PLC 应用系统的硬件设计 .....            | 220        |
| 7.3.3 PLC 应用系统的软件设计 .....            | 221        |
| 7.4 应用实例设计 .....                     | 222        |
| 7.4.1 双门通道控制实例 .....                 | 222        |
| 7.4.2 传送带控制实例 .....                  | 227        |
| 思考题与习题 .....                         | 231        |
| <b>第 8 章 可编程控制器的通信和网络组成</b> .....    | <b>232</b> |
| 8.1 计算机的数据通信 .....                   | 232        |
| 8.1.1 计算机的通信方式 .....                 | 232        |
| 8.1.2 通信中的传输速率与传输介质 .....            | 234        |
| 8.1.3 PLC 通信中常用的接口标准 .....           | 235        |
| 8.2 现场总线与 PROFIBUS 总线 .....          | 237        |
| 8.2.1 现场总线的基本知识 .....                | 237        |
| 8.2.2 PROFIBUS 总线概况及组成 .....         | 238        |
| 8.2.3 PROFIBUS 总线在工厂自动化系统中的位置 .....  | 241        |
| 8.2.4 PROFIBUS 总线的存取协议与传输技术 .....    | 242        |
| 8.2.5 S7-300/400 的通信网络 .....         | 244        |
| 8.2.6 PROFIBUS 特点综述 .....            | 246        |
| 8.3 S7-300 的通信与参数设置 .....            | 246        |
| 8.3.1 S7-300 的通信功能与分类 .....          | 246        |
| 8.3.2 S7-300 的通信方式及硬件选择 .....        | 247        |
| 8.3.3 S7-300 的通信网络部件 .....           | 248        |
| 8.3.4 通信接口在编程软件中的安装与删除 .....         | 250        |
| 8.3.5 计算机使用的通信接口参数的设置 .....          | 251        |
| 8.3.6 使用自由端口通信功能和 PC/PPI 电缆的通信 ..... | 252        |
| 思考题与习题 .....                         | 253        |
| <b>第 9 章 STEP 7 编程软件的使用方法</b> .....  | <b>254</b> |
| 9.1 STEP 7 编程软件简介 .....              | 254        |
| 9.1.1 STEP 7 概述 .....                | 254        |
| 9.1.2 STEP 7 的硬件接口 .....             | 254        |
| 9.1.3 STEP 7 的授权 .....               | 255        |
| 9.1.4 STEP 7 的编程功能 .....             | 256        |
| 9.1.5 STEP 7 的硬件组态与诊断功能 .....        | 257        |
| 9.2 硬件组态与参数设置 .....                  | 258        |
| 9.2.1 项目的创建与项目的结构 .....              | 258        |
| 9.2.2 硬件组态 .....                     | 260        |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 9.2.3 CPU 模块的参数设置 .....               | 262 |
| 9.3 符号表与逻辑块 .....                     | 267 |
| 9.3.1 符号表 .....                       | 267 |
| 9.3.2 逻辑块 .....                       | 269 |
| 9.4 程序的下载与上传 .....                    | 272 |
| 9.4.1 装载存储器与工作存储器 .....               | 272 |
| 9.4.2 建立在线连接 .....                    | 273 |
| 9.4.3 上传和下载 .....                     | 274 |
| 9.5 用变量表调试程序 .....                    | 277 |
| 9.5.1 系统调试的基本步骤 .....                 | 277 |
| 9.5.2 变量表的基本功能 .....                  | 278 |
| 9.5.3 变量表的生成 .....                    | 278 |
| 9.5.4 变量表的使用 .....                    | 279 |
| 思考题与习题 .....                          | 282 |
| 附录 所有梯形逻辑指令一览表(按英文助记符分类的 LAD 指令)..... | 283 |
| 参考文献.....                             | 287 |

# 第1章 概 述

## 主要内容:

(1) 了解电气控制的概念和基本知识。

(2) 了解 PLC 的概念和基本知识。

控制是日常生活中经常接触到的问题,可以说,现代生活离不开控制。有些控制是由人直接实现的,有些是通过简单的电器元件来实现的,有些是通过微处理器及其附件甚至是通过网络来实现的。本章主要研究的是在工业生产过程中遇到的控制问题及其解决方案,实现控制使用的设备和系统,人为干预的方式和策略,以及在实施控制系统的过程中将会遇到的问题和解决这些问题的方法等。

## 1.1 电气控制的基本知识

电气控制技术是随着计算机科学技术的不断发展和生产工艺的不断改进而飞速发展的。历经多年的发展,取得了很大的进步:在控制方法上,已从最早的手动控制发展到自动控制;在控制功能上,从简单控制发展到复杂控制;在操作方式上,由笨重发展到轻巧;在控制原理上,则由单一的有触点硬接线的继电器接触器控制系统发展到以计算机为核心的“软”控制系统。随着新型电器及电子元件的出现,电气控制技术还将不断得到发展。

### 1.1.1 控制过程的种类和控制系统的组成

#### 1. 控制过程的种类

按照工业生产过程变量的时间连续性和幅度连续性,工业生产的典型过程可以分为三种,即连续过程(Continuous Process)、离散过程(Discrete Process)和批量过程(Batch Process)。

##### 1) 连续过程

连续过程指的是这样一种工业过程:其产品一般都是流体,如液体、气体等;过程的输入/输出变量为时间连续和幅度连续的量,并且过程一旦建立,只产出一种产品。连续过程的变量一般是温度、压力、流量、质量及液位等。石油炼制、化肥等生产过程都是连续过程。以连续过程为主要特征的生产行业,习惯性地被称为流程工业。

##### 2) 离散过程

与连续过程相对应,离散过程指的是这样一种工业过程:其产品是“固态”的、按件计量的;过程的输入/输出变量为时间离散和幅度离散的量,如产品的数量、开关的状态等。

以离散过程为主要特征的生产行业，习惯性地被称为制造业。

### 3) 批量过程

所谓批量过程，指的是一种间歇性多品种生产过程，即利用同样的生产装置，在不同的时间段，根据不同的配方和生产工艺生产出不同的产品。这类过程的特点是连续过程和离散过程交替进行。配方的切换和生产工艺的改变是离散过程，而在确定了配方和生产工艺后的生产过程又是一个连续过程。

一个完整的生产过程，一般都是连续过程和离散过程的混合体，如在啤酒的生产过程中，发酵过程是一个连续过程，但啤酒最后罐装成瓶的过程又是离散过程。在批量过程中，由于涉及设备的启、停控制，因此一般也都包含离散过程。

## 2. 控制系统的组成

从广义的方面来说，在一个控制系统中，必不可少的组成部分有三个，即被控对象、控制装置(设备)和参与控制的人。在这三部分中，生产过程是被控对象，要使生产过程效率高，产品质量好，产品灵活性大，采取的措施之一就是采用功能强大的控制装置。控制装置是控制系统的核心。控制装置的性能好坏决定了控制目标是否可以实现。而现实情况是现在还不可能造出一种单一功能的控制装置来适应各行各业的控制要求，目前采用的较好的技术是根据控制装置的不同功能要求，制造独立的完成不同功能的控制模块(单元)，使用通信技术，将各控制模块组成一个有机的整体。人是整个控制系统的灵魂，主要体现在两个方面：一是控制系统的思想是由人赋予的；二是人直接干预控制系统的运行。

## 1.1.2 控制系统的概述和发展过程

### 1. 现代电气控制系统的概述

控制系统是由现场的回路控制部分、集中控制室中的人机界面和连接这两部分的信号电缆三大部分组成的。从基地式仪表发展到单元式组合仪表，从单一的控制装置发展到控制系统，引起这个根本变化的因素是信号传输。也就是说，信号的传输技术造成了功能上的分工与配合，使控制装置演变成了控制系统。

信号传输标准的演变：气动单元组合仪表的信号传输标准是  $20\sim 100\text{ kPa}$ ，II 型电动单元组合仪表的信号传输标准是  $0\sim 10\text{ mA}$ ，III 型电动单元组合仪表的信号传输标准是  $4\sim 20\text{ mA}$ ，而近年来控制系统由模拟技术推进到数字技术后，虽然还没有形成一个统一的标准，但现场总线标准已经受到了广泛的关注。目前，在很多情况下均采用  $4\sim 20\text{ mA}$  的电流或者  $0\sim 5\text{ V}$  的电压标准。

### 2. 控制系统的发展过程

控制系统的发展经历了过程控制、离散控制和计算机控制等过程，其中最先得到发展的是用于过程控制的控制装置，它的主要功能是进行回路控制。过程控制装置的主要发展过程经历了机械控制器、基地式仪表、气动单元组合仪表、电动单元组合仪表、数字式回路调节器、芯片控制的控制单元及分布式控制系统。

离散控制装置的主要功能是进行逻辑顺序控制。离散控制装置的主要发展过程经历了继电器逻辑控制器、电子逻辑控制器、可编程逻辑控制器。

计算机控制将各个单元的控制功能集中起来，借助计算机强大的运算处理功能来实现

各种复杂的控制。其主要发展过程经历了计算机监督控制系统和计算机直接数字控制系统。它是通过传感器、变送器、A/D(D/A)转换器、电子开关(执行器)等与控制对象进行连接的。

从上面的发展过程可以看出,无论是过程控制、离散控制还是计算机控制,它们都担当着控制装置的角色。随着通信网络技术的发展,各个功能单元不再只是完成自身的功能,而是与其他单元组成一个整体来完成更强大、更复杂的控制功能。

在控制系统的发展过程中,为了满足控制系统对实时性、可靠性方面的要求及系统规模的扩展和性能的提高,在网络技术的支持下,经过多年的探索,诞生了分布式控制系统(DCS),它较好地解决了各功能单元之间的相互关系问题。

可以肯定的是,无论是哪一种类型的控制装置,今后的发展趋势一定是功能越来越强,体积越来越小,并且是自治功能单元,既可独立工作,又可以与其他单元组成功能更强的系统,不同种类的控制装置能相互渗透发展,在一种体系结构下协同工作,完成更复杂的控制功能。

需要特别指出的是,PLC只是众多控制装置中的一种,它既可以单独组成系统,也可以与其他装置协同工作。控制系统的结构依赖于控制理论的发展。

### 1.1.3 继电器接触器控制系统

#### 1. 继电器接触器控制系统简介

进入20世纪以来,随着流水线生产、社会化大生产蓬勃发展,继电器控制系统已被广泛地应用于工业生产的各个领域,创造了一个个成功的控制系统范例,并且对一些典型的逻辑控制关系建立了固定的继电器逻辑控制组合(也称功能单元)。一般的继电器控制系统可以看成由输入电路、继电器控制电路、输出电路和控制对象4个部分组成。其中输入电路是由一些能完整表明控制对象状态的按钮、行程开关、限位开关及各类传感器等组成的,由它们向控制系统提供被控对象的信息。输出电路由接触器、电磁阀等执行元器件构成,用以控制电机、电炉、阀门等,以此来保证被控对象处于安全、合理、有序的运行状态。继电器控制电路是整个控制系统的核心,不同的逻辑控制功能都是由它来完成的。继电器控制系统结构如图1-1所示。

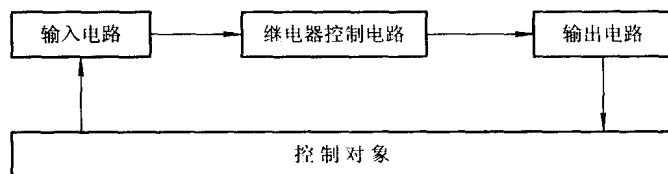


图 1-1 继电器控制系统结构图

#### 2. 继电器控制电路图

为了说明继电器的控制功能是如何实现的,下面简要介绍继电器接触器控制系统电路的基本知识。

##### 1) 常开按钮

常开按钮触点的平常工作状态是断开状态。用手按下时,触点闭合,变为连通状态;手离开按钮时,触点断开,恢复为断开状态。



## 2) 常闭按钮

常闭按钮触点的平常工作状态是连通状态。用手按下时, 触点断开, 变为断开状态; 手离开按钮时, 触点闭合, 恢复为连通状态。

常开、常闭按钮的原理图及图形符号如图 1-2 所示。

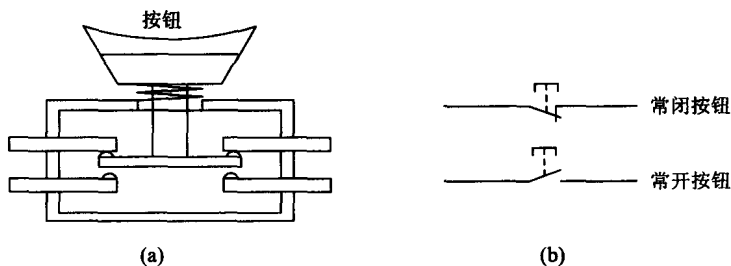


图 1-2 常开、常闭按钮的原理图及图形符号

(a) 原理图; (b) 图形符号

## 3) 常开触点

常开触点的平常工作状态是断开状态。当继电器线圈通电时, 触点闭合, 为连通状态; 当继电器线圈断电时, 触点断开, 恢复断开状态。

## 4) 常闭触点

常闭触点的平常工作状态为连通状态。当继电器线圈通电时, 触点断开, 为断开状态; 当继电器线圈断电时, 触点闭合, 恢复闭合连通状态。

## 5) 继电器线圈

当控制连接该线圈的所有触点都闭合时, 继电器线圈通电, 衔铁吸合, 使常开触点闭合, 常闭触点断开; 当线圈失电时, 常开触点断开, 常闭触点闭合。继电器的原理图及触点和继电器线圈的图形符号如图 1-3 所示。

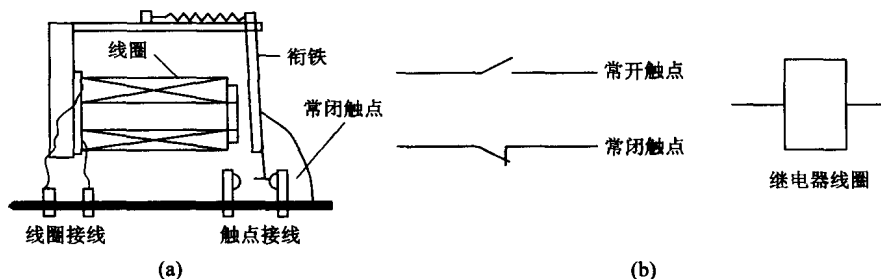


图 1-3 继电器的原理图及触点和继电器线圈的图形符号

(a) 原理图; (b) 图形符号

图 1-4 所示是一个简单的继电器控制电路(启、保、停)图。其工作过程如下: 按钮 1 按下时, 通过按钮 2 使继电器 1 得电, 继电器 1 的常开触点闭合, 通过按钮 2 维持继电器 1 继续得电, 启动设备工作。需要停车时, 按下按钮 2, 按钮 2 断开, 继电器 1 失电, 设备关机。整个继电器控制系统的核心都是由这样一些基本的控制功能电路组成的。