

电气控制与S7-300 PLC 工程应用技术

姜建芳 主编



本书相关资源下载网址： < < < < <

<http://olclass.sou.edu.cn>，在“教学资源”栏目中单击“西门子工业控制资料”按钮即可获得



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电气控制与 S7 - 300 PLC

工程应用技术

姜建芳 主编



机械工业出版社

本书以电气控制为技术基础,把西门子 S7-300 作为 PLC 应用技术教学目标机,用理论与工程应用技术相结合的方式讨论了工业自动化中的电气控制与 PLC 应用技术。本书力图把传统控制技术与先进自动化产品思想、理念相结合,将 PLC 控制系统工程设计思想和方法介绍给读者,使读者能通过本书内容学习、掌握、理解电气控制基础知识及 PLC 理论基础知识,自如地应用书中涉及的工程应用技术。

本书内容包括电气控制与 PLC 应用两部分。电气控制部分包括常用低压电器的工作原理及选型、电气控制电路的分析与设计等;PLC 应用部分包括 PLC 的组成及原理、S7-300 硬件结构、SIMATIC 管理器、程序结构、指令系统、编程语言及程序设计方法、故障诊断与排除、闭环控制的实现、PLC 控制工程实例等,使读者系统地掌握 PLC 知识,联系工程实际恰当地对 PLC 控制系统进行设计和维护。

本书可作为高等院校电气控制、机电工程、计算机控制、自动化等相关专业教学用书,也可作为专科学校学生及工程技术人员的培训和自学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制与 S7-300 PLC 工程应用技术/姜建芳主编. —北京:机械工业出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-111-45199-0

I. ①电… II. ①姜… III. ①电气控制-高等学校-教材 ②plc 技术-高等学校-教材 IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 304399 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:时 静

责任编辑:时 静 王寅生 张利萍

责任印制:乔 宇

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2014 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·28.25 印张·702 千字

0001—3500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-45199-0

定价:59.80 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

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

电气控制与 PLC 应用技术是工业自动化的重要技术，是高等院校电气控制、机电工程、计算机控制、自动化等相关专业的专业基础课程之一。本书融入了“学用结合”的教学理念，将理论与实际工程应用相结合，使读者从枯燥的理论学习中解脱出来，从工程应用的角度学习理论知识，达到学以致用目的。

可编程序控制器（Programmable Logic Controller, PLC）是集计算机技术、电子技术、通信技术和精良工艺制造技术为一体的先进工业控制装置。它具有可靠性高、稳定性高、实时处理快、联网功能强等特点，被广泛地应用于工业控制系统中，与工业自动化管理系统相融合。而 PLC 技术是基于传统的电气控制技术发展而来的，本书第一部分讨论了传统的电气控制基础知识。

本书在讨论传统电气控制技术基础上讨论了 PLC 的组成及工作原理、指令系统和 PLC 应用技术。本书注重把 PLC 控制系统的工程设计思想和方法及其工程实例融合到本书内容当中，在讨论理论基础知识的基础上，注重与工程实践相结合，使本书具有工程性与系统性等特点，便于读者在学习过程中理论联系实际，更好地掌握电气控制技术及 PLC 基础知识和工程应用技术。

全书共分 14 章，第 1 章绪论；第 2~4 章传统电气控制技术：第 2 章常用低压电器，第 3 章电气控制基础，第 4 章电气控制电路分析与设计；第 5~9 章为 PLC 基础理论知识：第 5 章可编程序控制器概述，第 6 章 SIMATIC 管理器，第 7 章 S7-300 硬件系统，第 8 章 S7-300 软件基础，第 9 章 S7-300 指令系统及编程；第 10~14 章为工程实践和工程设计部分：第 10 章程序结构与程序设计，第 11 章故障诊断，第 12 章 S7-300 PLC 模拟量闭环控制，第 13 章 PLC 控制系统设计，第 14 章 PLC 控制系统工程实例。

为了便于读者学习和查阅相关技术参数和内容，书后附有 3 个附录，附录 A 为实验指导书，附录 B 为 S7-300 STL 指令速查，附录 C 为软件标准库速查。本书附有配套光盘，含有电子教案等。

本书由姜建芳主编，乔丙立、徐慧、袁凯、陆振先参加了编写工作。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点、错误，恳请广大读者批评指正。

作者 E-mail: jiangjianfang@mail.njust.edu.cn。

编者



本科电气精品教材推荐

21 世纪高等院校自动化专业系列教材

控制系统仿真与计算机辅助设计

书号: 15636 定价: 33.00 元

作者: 薛定宇 配套资源: 电子教案、源代码

获奖情况: 普通高等教育“十一五”国家级规划教材

推荐简言:

作者为国内仿真教育领域专家, 为 MATLAB 国内教育的先行者, 具有很高的知名度。本书以国际上最流行的 MATLAB/Simulink 语言为主要工具, 在全新的框架下对控制系统建模、仿真、分析与设计进行了较全面的介绍。

模拟电子技术基础

书号: 18185 定价: 41.00 元

作者: 陈大钦 配套资源: 电子教案

获奖情况: 普通高等教育“十一五”国家级规划教材

推荐简言:

本书是作者在多年教学实践和长期编写教材经验的基础上, 吸收了国内外电子技术优秀教材的特点编写而成的。本书采用新体系, 突出了集成运放及模拟集成电路的应用和综合应用能力、计算机应用能力的培养。教材中重点、难点内容都有相应例题, 力求做到通俗易懂, 便于教学。

电力拖动自动控制系统

书号: 24867 定价: 43.00 元

作者: 李华德 配套资源: 电子教案

获奖情况: 普通高等教育“十一五”国家级规划教材

推荐简言:

作者系北京科技大学资深教授, 本书由权威人士马小亮教授主审。本书全面、系统、深入地介绍了现代电力拖动(运动)自动控制系统的基本组成、基本原理、基本控制方法, 介绍了数字电力拖动(运动)自动控制系统的实现方法。

电力电子技术基础

书号: 25182 定价: 25.00 元

作者: 邢岩 配套资源: 电子教案

推荐简言:

本书涉及电力电子变换系统的基本原理和分析设计方法, 主要内容包括电力半导体器件; 功率变换电路的拓扑(DC-DC, AC-DC 和 DC-AC)、分析方法和参数设计; 开关器件的驱动和缓冲技术; 开关变换系统的调制、建模和闭环控制技术等。

计算机控制系统 第2版

书号: 26236 定价: 38.00 元

作者: 李正军 配套资源: 电子教案

获奖情况: 普通高等教育“十一五”国家级规划教材

推荐简言:

本书理论联系实际, 突出工程应用, 全面系统地介绍了计算机控制系统的各个重要组成部分, 是作者在多年教学与科研实践经验的基础上, 吸收了国内外计算机控制系统设计的最新技术编写而成的。书中还介绍了作者在计算机控制领域的最新研究成果。

智能控制 第2版

书号: 27339 定价: 26.00 元

作者: 李少远 配套资源: 电子教案

获奖情况: 普通高等教育“十一五”国家级规划教材

推荐简言:

作者系上海交大资深教授。本书从控制系统建模、控制与优化的本质要求出发, 系统地介绍了模糊推理、神经网络、现代优化理论和方法对控制系统的建模、控制与优化的作用。着重讨论了智能控制理论和方法对解决复杂系统控制问题的意义, 以及其在控制领域中的各种应用实例。



本科电气精品教材推荐

西门子工业自动化系列教材

西门子 S7-300/400PLC 编程与应用

书号：28666 定价：43.00 元
作者：刘华波 配套资源：DVD 光盘
推荐简言：

本书由浅入深全面介绍了西门子公司广泛应用的
大中型 PLC——S7-300/400 的编程与应用，注重示例，
强调应用。全书共分为 14 章，分别介绍了 S7 系统概述，
硬件安装与维护，编程基础，基本指令，符号功能，测
试功能，数据块，结构化编程，模拟量处理与闭环控制，
组织块，故障诊断，通信网络等。

西门子人机界面（触摸屏）组态与应用技术 第 2 版

书号：19896 定价：40.00 元
作者：廖常初 配套资源：DVD 光盘

推荐简言：本书介绍了人机界面与触摸屏的工作原理
和应用技术，通过大量的实例，深入浅出地介绍了使用
组态软件 WinCC flexible 对西门子的人机界面进行组态
和模拟调试的方法，以及文本显示器 TD200 的使用方法。
介绍了在控制系统中应用人机界面的工程实例和用
WinCC flexible 对人机界面的运行进行离线模拟和在线
模拟的方法。随书光盘提供了大量西门子人机界面产品
和组态软件的用户手册，还提供了作者编写的与教材配
套的例程，读者用例程在计算机上做模拟实验。

西门子 S7-200PLC 工程应用技术教程

书号：31097 定价：55.00 元
作者：姜建芳 配套资源：DVD 光盘
推荐简言：

本书以西门子 S7-200 PLC 为教学目标机，在讨论
PLC 理论上，注重理论与工程实践相结合，把 PLC
控制系统工程设计思想和方法及其工程实例融合到本书
的讨论内容中，使本书具有了工程性与系统性等特点。
便于读者在学习过程中理论联系实际，较好地掌握 PLC
理论基础知识和工程应用技术。

西门子 S7-1200 PLC 编程与应用

书号：34922 定价：42.00 元
作者：刘华波 配套资源：DVD 光盘
推荐简言：

本书全面介绍了西门子公司新推出的 S7-1200 PLC
的编程与应用。全书共分为 9 章，分别介绍了 PLC 的基
础知识、硬件安装与维护、编程基础、基本指令、程序
设计、结构化编程、精简面板组态、通信网络、工艺功
能等。

工业自动化技术

书号：35042 定价：39.00 元
作者：陈瑞阳 配套资源：DVD 光盘

推荐简言：本书内容涵盖了工业自动化的核心技术，
即可编程控制器技术、现场总线网络通信技术和人机
界面监控技术。在编写形式上，将理论讲授与解决生产
实际问题相联系，书中以自动化工程项目设计为依托，
采用项目驱动式教学模式，按照项目设计的流程，详细
阐述了 PLC 硬件选型与组态、程序设计与调试、网络配
置与通信、HMI 组态与设计以及故障诊断的方法。

西门子 S7-300/400PLC 编程技术及工程应用

书号：36617 定价：38.00 元
作者：陈海霞 配套资源：电子教案

推荐简言：本书主要讲述 S7-300/400 的系统概述及
STEP 7 的使用基础；介绍了基于 IEC61131-1 的编程语
言及先进的编程技术思想、组织块和系统功能块的作用、
西门子通讯的种类及实现方法、工程设计步骤和工程实
例。通过大量的实验案例和真实的工程实例使学习和实
践能融会贯通；通过实用编程技术的介绍，提供易于交
流的平台和清晰的编程思路。随书光盘内容包括书中实
例和课件。

目 录

前言

第1章 绪论	1
第2章 常用低压电器	5
2.1 低压电器概述	5
2.1.1 定义与分类	5
2.1.2 发展趋势	6
2.2 低压电器基础知识	8
2.2.1 电磁式电器的组成	8
2.2.2 主要技术参数	14
2.2.3 产品型号规定	15
2.3 主令电器	16
2.3.1 控制按钮	16
2.3.2 行程开关	18
2.3.3 接近开关	19
2.3.4 万能转换开关	20
2.4 接触器	22
2.4.1 交流接触器	22
2.4.2 直流接触器	23
2.4.3 技术参数与选型	23
2.5 继电器	25
2.5.1 电磁式继电器	26
2.5.2 时间继电器	27
2.5.3 热继电器	31
2.5.4 速度继电器	33
2.5.5 固态继电器	34
2.6 开关与断路器	36
2.6.1 开关与熔断器	36
2.6.2 断路器	40
2.7 习题	43
第3章 电气控制基础	44
3.1 电气控制电路图绘制原则与国标符号	44
3.1.1 电气控制电路图绘制原则	44
3.1.2 电气控制电路图国标符号	47

3.2	电气控制常用技术	50
3.2.1	点动控制	50
3.2.2	自锁控制	51
3.2.3	多地控制	52
3.2.4	互锁控制	52
3.2.5	联锁控制	53
3.2.6	点动与连续控制	53
3.2.7	限位控制	54
3.3	三相异步电动机减压起动控制	55
3.3.1	定子串电阻减压起动控制	55
3.3.2	Y- Δ 转换减压起动控制	55
3.3.3	自耦变压器减压起动控制	56
3.4	三相异步电动机制动控制	57
3.4.1	反接制动控制	57
3.4.2	能耗制动控制	58
3.5	习题	60
第4章	电气控制电路分析与设计	62
4.1	电气控制电路分析	62
4.1.1	电气控制电路分析基础	62
4.1.2	C650型卧式车床电气控制电路分析	63
4.2	电气控制电路设计	67
4.2.1	电气控制电路设计原则	67
4.2.2	电气控制电路经验设计法	70
4.2.3	电气控制电路逻辑设计法	73
4.2.4	电气控制电路的综合设计法	81
4.3	习题	81
第5章	可编程序控制器概述	82
5.1	工业自动化与全集成自动化	82
5.2	PLC的定义及特点	83
5.2.1	PLC的定义	83
5.2.2	PLC的特点	83
5.3	PLC的组成和工作原理	85
5.3.1	PLC的组成	85
5.3.2	PLC的工作原理	87
5.4	PLC在工业自动化中的地位和作用	92
5.5	获取资料、软件和帮助	92
5.6	习题	92
第6章	SIMATIC管理器	93
6.1	SIMATIC管理器简介	93

6.1.1	SIMATIC 管理器概述	93
6.1.2	STEP 7 的安装	94
6.1.3	STEP 7 的通信连接	96
6.2	项目的管理与创建	97
6.2.1	STEP 7 自动化项目解决方案	97
6.2.2	STEP 7 项目的创建	98
6.3	符号表与逻辑块	100
6.3.1	符号表的创建与管理	100
6.3.2	逻辑块的插入与编辑	102
6.4	硬件组态	106
6.4.1	硬件组态的任务	106
6.4.2	硬件组态实例	107
6.4.3	CPU 模块的参数设置	108
6.4.4	数字量 I/O 模块的参数设置	114
6.4.5	模拟量 I/O 模块的参数设置	116
6.5	网络组态	118
6.5.1	网络组态的任务	118
6.5.2	网络组态工具 NetPro	118
6.5.3	网络组态的方法	119
6.5.4	连接表	123
6.6	程序调试工具 PLCSIM	125
6.6.1	PLCSIM 概述	125
6.6.2	PLCSIM 仿真实例	126
6.7	程序的下载、上传与调试	129
6.7.1	程序的下载与上传	129
6.7.2	程序的调试	134
6.8	故障诊断	142
6.9	参考数据功能	143
6.9.1	参考数据的作用	143
6.9.2	参考数据的生成与显示	143
6.9.3	程序结构	145
6.9.4	赋值表	147
6.9.5	未使用的符号	148
6.9.6	没有在符号表中定义的地址	148
6.9.7	在程序中快速查找地址的位置	148
6.10	习题	150
第 7 章	S7-300 硬件系统	151
7.1	S7-300 硬件简介	151
7.2	S7-300 机架	151

7.3	S7-300 电源模块	152
7.4	S7-300 CPU 模块	153
7.5	S7-300 接口模块	155
7.6	S7-300 信号模块	155
7.6.1	数字量输入模块	156
7.6.2	数字量输出模块	157
7.6.3	模拟量输入模块	157
7.6.4	模拟量输出模块	160
7.6.5	其他信号模块	164
7.7	S7-300 功能模块	164
7.8	S7-300 通信模块	165
7.9	ET 200 分布式 I/O	165
7.9.1	ET 200 分布式 I/O 简介	165
7.9.2	ET 200 分类	166
7.10	S7-300 模块的安装与扩展	167
7.11	习题	168
第 8 章	S7-300 软件基础	169
8.1	IEC 61131-3 国际标准简介	169
8.2	S7-300 PLC 编程语言简介	171
8.3	变量、数制与编码	174
8.4	数据类型	177
8.4.1	基本数据类型	177
8.4.2	复合数据类型	178
8.4.3	参数数据类型	180
8.4.4	用户自定义数据类型	181
8.5	S7-300 PLC 编程资源及其编址	182
8.5.1	S7-300 PLC 编程资源	182
8.5.2	PLC 存储区的划分	184
8.5.3	S7-300 模块的编址	185
8.6	S7-300 寻址方式	187
8.6.1	寻址方式简介	187
8.6.2	立即寻址	188
8.6.3	直接寻址	188
8.6.4	存储器间接寻址	189
8.6.5	寄存器间接寻址	189
8.6.6	POINTER 与 ANY 数据类型指针	191
8.7	习题	191
第 9 章	S7-300 指令系统及编程	192
9.1	位逻辑指令	192

9.1.1	触点与线圈	193
9.1.2	基本逻辑指令	194
9.1.3	取反指令	195
9.1.4	SAVE 指令	196
9.1.5	置位与复位指令	196
9.1.6	RS 和 SR 触发器指令	197
9.1.7	边沿检测指令	198
9.2	定时器指令	200
9.2.1	定时器简介	200
9.2.2	定时器功能指令	202
9.2.3	定时器线圈指令	209
9.2.4	IEC 定时器	212
9.3	计数器指令	215
9.3.1	计数器简介	215
9.3.2	计数器功能指令	216
9.3.3	计数器线圈指令	220
9.3.4	IEC 计数器	220
9.4	数据处理指令	224
9.4.1	装入指令和传送指令	224
9.4.2	比较指令	226
9.4.3	移位和循环指令	229
9.4.4	字逻辑运算指令	232
9.5	运算指令	234
9.5.1	转换指令	234
9.5.2	数学运算指令	237
9.6	程序控制指令	241
9.6.1	跳转指令	241
9.6.2	状态位指令	244
9.6.3	主控继电器指令	245
9.6.4	数据块指令	247
9.7	库分类及应用	247
9.7.1	库的分类	247
9.7.2	库的应用	248
9.7.3	库的生成	249
9.7.4	库中 FC、FB、SFC 及 SFB 的使用	250
9.8	习题	250
第 10 章	程序结构与程序设计	251
10.1	系统程序 and 用户程序	251
10.2	用户程序结构	251

10.2.1	用户程序编程方法	251
10.2.2	用户程序分层调用	252
10.2.3	用户程序使用的堆栈	253
10.3	组织块	254
10.3.1	组织块的分类及优先级	254
10.3.2	组织块的变量声明表	255
10.3.3	启动组织块	256
10.3.4	循环执行组织块	257
10.3.5	时间中断组织块	258
10.3.6	事件驱动组织块	260
10.3.7	背景组织块	265
10.3.8	其他组织块	265
10.4	功能和功能块	266
10.4.1	发动机控制系统的程序结构	266
10.4.2	符号表与变量声明表	267
10.4.3	功能与功能块的生成	268
10.4.4	功能与功能块的调用	270
10.4.5	时间标记冲突与一致性检查	271
10.5	数据块	272
10.5.1	数据块的生成	272
10.5.2	数据块的访问	274
10.6	多重背景	275
10.6.1	生成多重背景功能块	275
10.6.2	生成多重背景数据块	277
10.6.3	在 OB1 中调用多重背景	278
10.6.4	FC、FB 与 OB 的区别	278
10.7	系统块	278
10.8	标准库中的 FC、FB	280
10.9	程序设计	280
10.9.1	图解法	280
10.9.2	经验设计法	281
10.9.3	状态表程序设计法	281
10.9.4	顺序功能图设计方法	285
10.10	PLC 典型常用程序	288
10.10.1	位逻辑指令应用实例	288
10.10.2	定时器/计数器指令应用实例	291
10.10.3	移位指令应用实例	297
10.10.4	跳转指令应用实例	299
10.10.5	运算指令应用实例	299

10.10.6	模拟量采集滤波实例	302
10.11	习题	303
第 11 章 故障诊断		304
11.1	故障诊断基础知识	304
11.1.1	故障分类	304
11.1.2	故障诊断机理	305
11.1.3	故障诊断方法	305
11.2	LED 故障诊断	306
11.3	SIMATIC 诊断软件	307
11.4	STEP 7 故障诊断	308
11.4.1	诊断符号	308
11.4.2	故障诊断过程	309
11.4.3	模块信息	310
11.4.4	硬件诊断	311
11.4.5	Monitor/Modify Variables	311
11.4.6	参考数据	314
11.4.7	其他诊断功能	315
11.5	OB 和 SFC 故障诊断	317
11.6	重新接线功能的应用	317
11.6.1	重新接线功能	317
11.6.2	SIMATIC Manager 重新接线	318
11.6.3	地址与符号优先重新接线	319
11.6.4	源程序优先程序接线	320
11.7	习题	322
第 12 章 S7-300 PLC 模拟量闭环控制		323
12.1	模拟量闭环控制基础	323
12.1.1	模拟量闭环控制系统的组成	323
12.1.2	闭环控制的主要性能指标	324
12.1.3	闭环控制反馈极性的确定	324
12.2	数字 PID 控制器	325
12.2.1	PID 控制器的优点	325
12.2.2	PID 控制器数字化	325
12.3	S7-300 模拟量闭环控制功能	326
12.3.1	S7-300 实现闭环控制方法	326
12.3.2	使用闭环控制软件包中的功能块实现闭环控制	327
12.3.3	模拟量输入及数值整定	327
12.3.4	输入量软件滤波	328
12.3.5	模拟量输出及整定	330
12.4	连续 PID 控制器 FB41	330

12.4.1	设定值和过程变量的处理	330
12.4.2	PID 控制算法	332
12.4.3	控制器输出值的处理	332
12.4.4	FB41 的参数	333
12.5	步进 PI 控制器 FB42	334
12.5.1	步进控制器的结构	334
12.5.2	PI 控制算法	335
12.5.3	FB42 的参数	336
12.6	脉冲发生器 FB43	337
12.6.1	脉冲发生器的工作原理	338
12.6.2	三级控制器	340
12.6.3	二级控制器	341
12.6.4	FB43 的参数	341
12.7	PID 参数整定	342
12.7.1	PID 参数与系统性能的关系	342
12.7.2	PID 参数的整定方法	343
12.8	S7-300 PLC 模拟量闭环控制应用实例	344
12.9	习题	355
第 13 章	PLC 控制系统设计	356
13.1	PLC 控制系统的设计原则及流程	356
13.2	被控对象的分析与描述	357
13.3	PLC 控制系统的总体设计	358
13.4	PLC 控制系统的硬件设计	359
13.4.1	传感器与执行器的确定	359
13.4.2	PLC 控制系统的模块的选择	360
13.4.3	控制柜设计	361
13.4.4	I/O 模块原理图设计	361
13.5	PLC 控制系统软件设计	362
13.5.1	控制软件设计	362
13.5.2	监控软件设计	362
13.6	PLC 控制系统的调试	363
13.6.1	模拟调试	363
13.6.2	现场调试	363
13.7	习题	363
第 14 章	PLC 控制系统工程实例	364
14.1	MPS 虚拟仿真系统——供料站	364
14.1.1	被控对象分析与描述	364
14.1.2	系统总体设计	365
14.1.3	系统硬件设计	366

14.1.4	系统软件设计	367
14.1.5	系统调试	369
14.1.6	技术文档整理	369
14.2	电厂废水处理控制系统	369
14.2.1	被控对象分析与描述	369
14.2.2	系统总体设计	370
14.2.3	系统硬件设计	370
14.2.4	系统软件设计	383
14.2.5	系统调试	393
14.2.6	技术文档整理	395
14.3	习题	395
附录		396
附录 A 实验指导书		396
A.1	电气控制实验	396
A.2	S7-300 PLC 基础实验	398
A.3	S7-300 PLC 应用实验	404
A.4	S7-300 PLC 综合实验	409
A.5	S7-300 PLC 控制系统设计实验	411
附录 B S7-300 STL 指令速查		421
附录 C 软件标准库速查		427
C.1	软件标准库 FC、FB 速查	427
C.2	软件标准库 SFC、SFB 速查	431
参考文献		438

第1章 绪 论

本章学习目标：

了解电气控制与 PLC 的发展历程，理解电器与电气的概念及其二者的区别，明确本课程的学习目标。

随着电力电子技术和计算机技术的快速发展及生产工艺的要求不断提高，电气控制技术也进入快速发展的通道，经历了从手动控制到自动控制、从简单控制到复杂控制、从有触点的硬接线控制到以计算机为中心的存储控制的不断变革。现在，电力电子技术和计算机技术已经融入到电气控制技术中，使得电气控制技术更加精准、简单。各行业逐渐发现了电气控制技术的可靠、安全、反应快速、节能等优点，所以越来越多的行业开始引入电气控制系统，小至家用电器，大到航空航天，电气控制技术都被广泛地应用。因此，掌握电气控制技术尤为重要。

1. 电器与电气

电器与电气是两个不同的概念，由于在使用中容易混淆，下面对其进行说明：

电器是所有电工器械的简称，是指能根据外界施加的信号和要求自动或手动接通和断开电路，断续或连续地改变电路参数，并能对电路或非电对象进行切换、控制、保护、检测、变换和调节的电工器械。电器单指设备，如继电器、接触器、互感器、开关、熔断器、变阻器等。电器的控制作用就是手动或自动地接通、断开电路，因此，“分断”和“闭合”是电器最基本、最典型的功能。简言之，电器就是一种能控制电的工具。

电气是电能的生产、传输、分配、使用和电工装备制造等学科或工程领域的统称。它是以电能、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，涵盖电能的转换、利用和研究三方面，包括基础理论、应用技术、设施设备等。电气是广义词，指一种行业，一种专业，也可指一种技术，而不具体指某种产品。

2. 电气控制技术概述

电气控制主要分为两大类：一种是传统的以继电器、接触器等为主搭接起来的逻辑电路，即继电-接触器控制；另一种是基于 PLC（Programmable Logic Controller，可编程序控制器）的弱电控制强电的系统——PLC 控制。

(1) 基本概念

1) 继电-接触器控制。继电-接触器控制技术属于传统电气控制技术，继电-接触器控制系统是由接触器、继电器、主令电器和保护电器等元件用导线按一定的控制逻辑连接而成的系统。它主要采用硬接线逻辑，利用继电器触点的串联或并联，延时继电器的滞后动作等组成控制逻辑，从而实现电动机或其他机械设备的起动、停止、反向、调速及多台设备的顺序控制和自动保护等功能。

继电-接触器控制系统具有结构简单、控制电路成本低廉、维护容易、抗干扰能力强等优点，但这种控制系统采用固定的接线方式，若控制方案改变，则需拆线，重新再接线，乃至更换元器件，灵活性差，系统体积较大，工作频率低，触点易损坏，可靠性差，且控制装置是专用的，通用性差。

2) PLC 控制。PLC 控制技术属于现代电气控制技术，它是计算机技术与继电-接触器控制技术相结合的控制技术，同时 PLC 的输入、输出仍与低压电器密切相关。PLC 控制以微处理技

术为核心,综合应用计算机技术、自动控制技术、电子技术以及通信技术等,以软件手段实现各种控制功能。

PLC 控制具有如下优点:可靠性高,抗干扰能力强;适用性强,在需要改变设备的控制功能时,只要修改程序,稍稍修改接线即可完成,应用灵活;编程方便,易于应用;功能强大,扩展能力强;系统设计、安装、调试方便;体积小,重量轻,易于实现机电一体化。但其价格相对继电器-接触器控制系统较高,在一定程度上限制了 PLC 的发展,应用 PLC 控制技术需要一定的电气专业知识和计算机知识。

两种控制技术既有区别又有联系,在进行电气控制设计时,应充分考虑它们各自的优缺点,选择相应的控制技术,使系统控制效果好,成本低,以达到最高的性价比。

继电器-接触器控制系统主要用于动作简单、控制规模比较小的电气控制系统中,至今仍是机床和其他许多机械设备广泛采用的电气控制形式,而 PLC 控制系统则用于相对较复杂的控制电路,实现设备的简便连接,根据实际要求自动控制设备按程序运行。继电器-接触器控制系统在简单控制系统中经济性方面明显优于 PLC 控制系统,在不太重要的场合可以考虑使用,而可靠性方面 PLC 控制系统则明显优于继电器-接触器控制系统。

(2) 电气控制技术的发展历程

早在 1831 年,英国科学家法拉第发现了电磁感应现象,奠定了发电机的理论基础。科学家们根据这一发现,从 19 世纪 60~70 年代起对电作了深入的探索和研究,出现了一系列电气发明。

1866 年西门子提出了发电机的工作原理,并由西门子公司工程师完成了人类第一台具有应用价值的发电机。19 世纪 70 年代,实际可用的发电机问世。这一时期,西门子发明出第一台直流电动机,使电能可以转化为机械能。电力开始用于带动机器,成为补充和取代蒸汽动力的新能源。随后,电灯、电车、电钻、电焊等电气产品如雨后春笋般地涌现出来。

但是,要把电力应用于生产,还必须解决远距离输送问题。1882 年,法国人德普勒发现了远距离输电的方法,美国科学家爱迪生建立了美国第一个火力发电站,把输电线连接成网络。电力是一种优良而价廉的新能源。它的广泛应用,推动了电力工业和电器制造业等一系列新兴工业的迅速发展。

19 世纪末到 20 世纪初为生产机械电力拖动的初期,常以一台电动机拖动多台设备,或者使一台电动机拖动一台机床的多个运动部件,称为集中拖动。集中拖动开始于瓦特的蒸汽机时代,一个车间使用一台蒸汽机提供动力,通过天轴、齿轮和传送带系统将动力分配到各个纺织机械。此拖动系统传动机构较为复杂,不能满足生产机械自动控制的需要。随后出现了单机拖动,至 20 世纪 30 年代发展成为分散拖动,即各运动部件分别用不同的电动机拖动,不仅简化了机械传动机构,提高了传动效率,也为生产机械各部分能够选择最合理的运行速度和自动控制创造了良好条件。因此,目前绝大多数生产机械都采用分散控制。

20 世纪 20~30 年代产生了继电器-接触器控制,最初采用一些手动控制电器,通过人力操作实现对电动机的控制。后来发展为采用继电器、接触器、主令电器和保护电器等组成的自动控制方式,这种控制方式由操作者发出信号,通过主令电器接通继电器和接触器电路,控制电动机。生产企业为了提高生产效率,采用机械化流水作业的生产方式,对不同类型的产品分别组成生产线。但随着产品的更新换代,生产线承担的加工对象也随之改变,这时就需要改变控制程序,使生产线的机械设备按新的工艺过程运行,由于继电器-接触器控制系统采用固定接线方式,若工艺流程改变,则需要重新设计生产线,开发周期长。特别是对于一些大型生产线的控制系统,使用的继电器、接触器等数量很多,降低了系统的可靠性,进行故障检测的难度较大。

20 世纪 60 年代出现了矩阵式顺序控制器和晶体管逻辑控制系统来代替继电器-接触器控制系