

21世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

可编程控制器 应用教程

Programmable Logic Controller

王卫红 于艳秋 李艳杰 李佳锋 等编著

- 以德国西门子S7-200系列PLC为主线
- 内容由浅入深，图文并茂，讲解透彻
- 工程应用实例丰富，实用性参考性强



高校系列



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

52
21世纪高等学校计算机专业教材

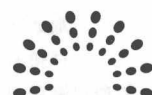
21st Century University Planned Textbook

ence

可编程控制器 应用教程

Programmable Logic Controller

王卫红 于艳秋 李艳杰 李佳锋 等编著



高校系列

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器应用教程 / 王卫红等编著. — 北京 :
人民邮电出版社, 2010.2

21世纪高等学校计算机规划教材. 高校系列

ISBN 978-7-115-21667-0

I. ①可… II. ①王… III. ①可程序控制器—高等
学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第012229号

内 容 提 要

本书结合工程实际应用,从一般的工业控制电路出发,介绍了西门子公司可编程控制器 S7-200 控制系统的工作原理、基本指令和实际应用。全书共分 9 章,内容包括一般工业控制回路、可编程控制器概述、PLC 硬件结构、数制与编码、PLC 指令系统及应用、PLC 通信与网络、PLC 编程软件、PLC 工程应用和 PLC 实验。

每章后附有思考题和习题,书后附有一些实用资料。

本书内容由浅入深,指令讲解除功能说明外,还带有大量的应用实例。编程软件部分图文并茂,讲解透彻,工程应用部分实用性强。本书可作为大专院校、高职高专和电视大学等院校计算机、电气工程、工业自动化、机电一体化、数控等相关专业的教材,也可供广大工程技术人员参考。

21 世纪高等学校计算机规划教材——高校系列

可编程控制器应用教程

◆ 编 著 王卫红 于艳秋 李艳杰 李佳锋等
责任编辑 蒋 亮

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 15.75

字数: 408 千字

印数: 1—3 000 册

2010 年 2 月第 1 版

2010 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-21667-0

定价: 28.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

出版者的话

现今社会对人才的基本要求之一就是应用计算机的能力。在高等学校,培养学生应用计算机的能力,主要是通过计算机课程的体制改革,即计算机教学分层、分类规划与实施;密切联系实际,恰当体现与各专业其他课程配合;教学必须以市场需求为导向,目的是培养高素质创新型人才。

人民邮电出版社经过对教学改革新形势充分的调查研究,依据目前比较成熟的教学大纲,组织国内优秀的有丰富教学经验的教师编写一套体现教学改革最新形势的“高校系列计算机教材”。在本套教材的出版过程中,我社多次召开教材研讨会,广泛听取了一线教师的意见,也邀请众多专家对大纲和书稿做了认真的审读与研讨。本套教材具有以下特点。

1. 覆盖面广,突出教改特色

本套教材主要面向普通高等学校(包括计算机专业和非计算机专业),是在经过大量充分的调研基础上开发的计算机系列教材,涉及计算机教育领域中的所有课程(包括专业核心骨干课程与选修课程),适应了目前经济、社会对计算机教育的新要求、新动向,尤其适合于各专业计算机教学改革的特点特色。

2. 注重整体性、系统性

针对各专业的特点,同一门课程规划了组织结构与内容不同的几本教材,以适应不同教学需求,即分别满足不同层次计算机专业与非计算机专业(如工、理、管、文等)的课程安排。同时本套教材注重整体性的策划,在教材内容的选择上避免重叠与交叉,内容系统完善。学校可根据教学计划从中选择教材的各种组合,使其适合本校的教学特点。

3. 掌握基础知识,侧重培养应用能力

目前社会对人才的需要更侧重于其应用能力。培养应用能力,须具备计算机基础理论、良好的综合素质和实践能力。理论知识作为基础必须掌握,本套教材通过实践教学与实例教学培养解决实际问题的能力和知识综合运用能力。

4. 教学经验丰富的作者队伍

高等学校在计算机教学和教材改革上已经做了大量的工作,很多教师在计算机教育与科研方面积累了相当多的宝贵经验。本套教材均由有丰富教学经验的教师编写,并将这些宝贵经验渗透到教材中,使教材独具特色。

5. 配套资源完善

所有教材均配有 PPT 电子教案,部分教材配有实践教程、题库、教师手册、学习指南、习题解答、程序源代码、演示软件、素材、图书出版后要更新的内容等,以方便教与学。

我社致力于优秀教材的出版,恳请大家在使用的过程中,将发现的问题与提出的意见反馈给我们,以便再版时修改。

人民邮电出版社

前言

可编程控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 是一种以微处理器为核心, 专为工业现场应用而设计的自动化控制装置。随着计算机技术、网络通信技术、微电子技术、自动控制技术和继电器控制技术的不断进步, PLC 也在不断地发展进步。随着 PLC 性能价格比的不断提高, 其应用领域不断扩大。

本书以德国西门子公司生产的 S7-200 系列 PLC 为主线, 系统介绍 S7-200 PLC 的基础知识、编程方法及其在工业中的应用与开发。S7-200 PLC 是一种小型模块化 PLC, 具有功能强大、体积小、价格低、有较强的通信与网络功能等优点, 既适用于简单的控制场合, 又适用于复杂的自动检测及控制系统, 还可组成网络控制系统, 一经推出便受到广大工程技术人员的青睐。

本书内容立足于教学和实际应用, 并融入编者的经验和成果。全书语言流畅、叙述清楚、讲解详细, 力求做到理论性和实践性并重。全书共分 9 章。第 1 章介绍了常用工业低压电气的结构、工作原理以及使用等知识, 介绍了基本控制线路; 第 2 章简要介绍了可编程控制器的组成、功能、特点及工作原理; 第 3 章介绍了 S7-200 PLC 的硬件结构及基本编程方法; 第 4 章介绍了进位计数制及 S7-200 PLC 中常用信息的编码; 第 5 章详细介绍了 S7-200 PLC 的指令集及其简单的应用; 第 6 章介绍了 S7-200 PLC 网络通信的基础知识; 第 7 章介绍了 S7-200 PLC 的编程软件 STEP 7-Micro/WIN 的安装、编程、调试及监控等内容, 并简要介绍了 STEP 7-Micro/WIN 仿真软件的使用方法; 第 8 章重点介绍了 S7-200 PLC 在实际开发中硬件、软件设计、故障处理、编程方法等内容, 并以多个工程应用实例为主线, 阐述了 PLC 控制系统的一般设计思路和过程。实例中包含了编者多年的实践经验, 具有很高的参考价值。需要说明的是, 书中的实例程序作为教学例子已对系统功能及程序编写做了大量简化, 不能直接应用于工业现场。第 9 章为 PLC 实验, 读者可以根据教学进程灵活选用。

本书内容丰富、系统全面、实例丰富, 涉及范围广, 具有较强的实用性和参考性。本书既可作为大专院校、高职高专和电视大学等院校计算机、电气工程、工业自动化、机电一体化、数控等相关专业的教材, 也可供广大工程技术人员参考。

本书由王卫红任主编, 于艳秋、李艳杰、李佳锋任副主编。其中中钢集团鞍山热能研究院王卫红、李佳锋负责编写第 1 章、第 6 章、第 8 章; 鞍山广播电视大学于艳秋、辽宁工业大学姜悦岭负责编写第 4 章和第 7 章; 沈阳理工大学李艳杰、刘红军、任双艳负责编写第 3 章、第 5 章、第 9 章及附录整理工作。参与部分章节编写的还有姜雪松、韩丽琴、李松岩、张伟涛、朱磊和李晓凯。全书由任双艳主审。这里对他们的辛勤劳动表示衷心感谢。

限于编者的理论水平和实际开发经验, 书中难免存在一些不足之处或者错误, 恳望广大读者批评指正。

编 者

2010 年 2 月

目 录

第1章 一般工业控制回路 1

1.1 概述 1

1.1.1 低压电器的作用 1

1.1.2 低压电器的分类 2

1.2 常用低压电器 3

1.2.1 接触器 3

1.2.2 控制继电器 4

1.2.3 主令电器 5

1.3 常用控制回路 6

1.3.1 电气控制图的绘制及读图 6

1.3.2 基本控制线路 7

小结 9

习题 9

第2章 可编程控制器概述 10

2.1 PLC的产生与发展 10

2.1.1 PLC的产生 10

2.1.2 PLC的发展 11

2.2 PLC的特点与功能 11

2.2.1 PLC的特点 11

2.2.2 PLC的基本功能 13

2.3 PLC的基本结构与分类 14

2.3.1 PLC的基本结构 14

2.3.2 PLC的分类 15

2.4 PLC的工作原理 16

2.4.1 PLC的基本工作原理 16

2.4.2 PLC与继电器控制系统的异同 17

2.4.3 PLC与计算机控制系统的异同 18

2.4.4 PLC的主要技术指标 18

2.5 西门子PLC的编程语言 19

2.5.1 梯形图 19

2.5.2 语句表 20

2.5.3 功能块图 20

2.5.4 顺序功能图 20

2.5.5 结构化文本 21

2.6 PLC的应用及发展趋势 21

2.6.1 PLC的应用领域 21

2.6.2 PLC的国内外现状 22

2.6.3 PLC的发展趋势 22

2.7 西门子公司PLC产品简介 23

小结 23

习题 24

第3章 PLC硬件结构 25

3.1 S7-200概述 25

3.2 S7-200 PLC的基本单元 26

3.3 S7-200 PLC的扩展模块 28

3.4 S7-200 PLC的I/O配置及地址分配 30

3.4.1 S7-200 PLC的最大I/O配置 30

3.4.2 S7-200 PLC的地址分配与编址方法 31

3.5 S7-200系列PLC的编程软元件及寻址方式 34

3.5.1 S7-200系列PLC的编程软元件 34

3.5.2 S7-200系列PLC的寻址方式 39

小结 39

习题 40

第4章 数制与编码 41

4.1 计数制 41

4.1.1 十进制 41

4.1.2 二进制 41

4.1.3 八进制和十六进制 42

4.2 不同进制数据的相互转换	42	5.6.3 递增/递减指令	72
4.2.1 十进制与其他进制的相互转换	42	5.6.4 逻辑运算指令	73
4.2.2 二进制与八进制的互相转换	45	5.6.5 表功能指令	74
4.2.3 二进制与十六进制的互相转换	45	5.7 传送和比较指令及其应用	78
4.3 S7-200 中的数据表示	46	5.7.1 传送指令	78
4.3.1 逻辑数据和开关量的表示	46	5.7.2 比较指令	80
4.3.2 字符数据的表示	46	5.7.3 移位和循环指令	81
4.3.3 常数的表示	46	5.8 字符串指令及其应用	85
小结	48	5.9 转换指令	87
习题	48	5.9.1 数据类型转换指令	87
第 5 章 PLC 指令系统及应用	49	5.9.2 段译码指令	89
5.1 逻辑指令及其应用	49	5.9.3 编码和译码	91
5.1.1 逻辑取及线圈驱动指令	49	5.9.4 字符串转换	91
5.1.2 逻辑堆栈操作指令	53	5.9.5 ASCII 转换指令	94
5.2 计数器指令及其应用	55	5.10 程序控制指令及其应用	95
5.2.1 计数器指令及格式	55	5.10.1 结束与暂停指令	95
5.2.2 计数器指令的简单应用	56	5.10.2 看门狗复位指令	95
5.3 定时器指令及其应用	58	5.10.3 跳转及标号指令	96
5.3.1 定时器的分类	58	5.10.4 循环指令	97
5.3.2 定时器指令及工作原理	59	5.10.5 子程序指令	97
5.3.3 定时器的刷新方式	61	5.10.6 顺序控制指令	99
5.4 高速计数器指令及其应用	62	5.11 中断指令	99
5.4.1 高速计数器简介	62	5.11.1 中断概述	99
5.4.2 高速计数器工作模式	62	5.11.2 中断指令格式及功能	101
5.4.3 高速计数器的外部输入信号	63	小结	103
5.4.4 定义高速计数器指令	63	习题	103
5.4.5 高速计数器的编程指令	64	第 6 章 PLC 通信与网络	105
5.4.6 高速计数器的状态字	64	6.1 数据通信的基础知识	105
5.4.7 高速计数器的控制字	65	6.1.1 数据通信的基本概念及主要指标	105
5.4.8 高速计数器的当前值及预设值	66	6.1.2 数据信号的编码技术	106
5.5 时钟指令及其应用	66	6.1.3 数据通信方式	107
5.6 运算指令及其应用	67	6.1.4 多路复用技术	108
5.6.1 数学运算指令	67	6.1.5 差错控制方法	109
5.6.2 函数运算指令	70		

6.1.6 串行通信接口标准	110	7.7.1 仿真软件简介	152
6.2 局域网技术	110	7.7.2 仿真软件的使用	152
6.2.1 计算机网络基本知识	110	小结	154
6.2.2 网络体系结构	112	习题	155
6.2.3 现场总线	114	第 8 章 PLC 工程应用	156
6.3 S7-200 PLC 的通信部件	116	8.1 PLC 控制系统设计的原则和内容	156
6.3.1 通信口	116	8.1.1 设计原则	156
6.3.2 网络连接器的	117	8.1.2 设计内容	156
6.3.3 PPI 多主站电缆	118	8.1.3 设计步骤	157
6.3.4 CP 通信卡	118	8.2 PLC 控制系统的硬件设计	160
6.3.5 网络中继器	118	8.2.1 PLC 的选型	160
6.3.6 通信模块	118	8.2.2 CPU 的选择	160
6.4 S7-200 PLC 的通信功能	119	8.2.3 内存容量的估算	161
6.4.1 S7-200 PLC 的通信协议	119	8.2.4 I/O 模块的选择	162
6.4.2 S7-200 PLC 的通信功能	120	8.2.5 通信方式的选择	164
小结	121	8.2.6 通道分配	166
习题	122	8.2.7 PLC 接线设计方式	166
第 7 章 PLC 编程软件—— STEP 7—Micro/WIN	123	8.3 PLC 控制系统软件设计	172
7.1 编程软件概述	123	8.3.1 程序设计方法	172
7.2 编程软件的安装	124	8.3.2 程序设计前的准备工作	172
7.3 编程软件的界面及各部分功能	126	8.3.3 编写程序	173
7.4 创建工程及程序编写	129	8.3.4 程序调试	177
7.4.1 项目的组成	129	8.4 PLC 控制系统的抗干扰设计	177
7.4.2 程序的编写	129	8.4.1 PLC 抗干扰的硬件措施	177
7.4.3 数据块	135	8.4.2 PLC 抗干扰的软件措施	178
7.4.4 系统块	136	8.5 常用电动机的基本控制环节及控制 实现	179
7.5 程序调试及运行监控	143	8.5.1 电动机的起停保控制	179
7.5.1 通信网络的配置	143	8.5.2 电动机正、反转	180
7.5.2 程序的下载及上载	146	8.5.3 两台电动机轮序控制	181
7.5.3 程序的运行调试	147	8.5.4 电动机往复运行	183
7.6 帮助功能的使用及程序的出错处理	151	8.6 数字量的控制	185
7.6.1 帮助功能的使用	151	8.7 模拟量控制	192
7.6.2 程序的出错处理	151	8.7.1 控制系统的设计	192
7.7 STEP 7-Micro/WIN 仿真软件指南	152		

8.7.2 控制系统梯形图程序及程序 注释	196
8.8 PLC 与仪表用 Modbus 协议通信	201
8.9 PLC 与变频器通信	203
小结	207
习题	207
第 9 章 PLC 实验	209
9.1 SIMATIC 指令的使用方法和 PLC 的 应用练习	209
9.2 定时器实验	210
9.3 计数器实验	212
9.4 PLC 循环控制实验	214
9.5 PLC 综合控制实验——自动冲压控制 实验	215
9.6 PLC 综合控制实验——自动送料小车 控制实验	216

附录	218
附录 A 字符的 ASCII 编码	218
附录 B 错误代码	220
附录 C 系统常见故障	222
附录 D 中断事件的优先级顺序	225
附录 E 特殊存储器 (SM) 各标志位的 功能	226
附录 F S7-200 系统电源数据简表	237
附录 G 最大 I/O 扩展能力 (纯 I/O 模块 时)	239
附录 H LAD 指令集	240

参考文献	242
-------------	-----

第 1 章

一般工业控制回路

当前 PLC 已经成为电气自动控制系统中应用最为广泛的核心装置,但是 PLC 的输入、输出仍然与低压电器密切相关,因此掌握低压电器的基本知识是学习和掌握 PLC 应用技术所必需的基础。本章主要对常用的低压电器结构、工作原理,以及选型做了简单介绍,并介绍了几种常用的控制回路。

1.1 概 述

一套电气控制系统可以划分为若干个控制部分,每个部分分别控制不同的用电设备。电气控制系统不仅要各个部分的用电设备进行独立控制,还要对各个部分之间的联锁、互动进行控制。对于生产过程较为复杂的系统,还要对影响产品质量的各种工艺参数,如温度、压力、流量、速度、时间等进行测量和调节,这样才构成了一套功能相对完善的电气自动控制系统。低压电器在电气控制系统中不仅是控制元件,也是检测元件和执行元件。

低压电器通常是指工作在交流电压为 1000V 或直流 1500V 以下电路中起通断保护、控制或调节作用的电器设备。

1.1.1 低压电器的作用

低压电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求,自动或手动地改变电路的状态、参数,实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。低压电器的主要作用如下:

1. 控制作用

利用低压电器,使用电设备按照给定的指令运行,例如电动机的起动、停止。

2. 保护作用

利用低压电器,防止用电设备在运行过程中对设备本身、人或其他设备造成危害,例如电动机的过载保护、电网的短路保护、漏电保护等。

3. 测量作用

利用仪器、仪表,对用电设备、电网、工作介质等进行参数测量,例如电流、电压、温度、流量等。

4. 调节作用

利用低压电器,对一些电量和非电量参数进行调整,例如电机起动过程中的电流、电压调整、工作介质的压力、流量调整等。

5. 指示作用

利用低压电器, 显示被检测设备的运行状况和电气电路工作情况, 例如设备的运行指示、故障指示、绝缘监测等。

6. 转换作用

利用低压电器, 在用电设备或控制回路之间进行切换, 以实现功能转换, 例如双电源互投的切换、两地操作的切换、手动与自动的转换等。

1.1.2 低压电器的分类

1. 按用途或控制对象分

(1) 低压配电电器: 开关、熔断器、断路器等。

(2) 低压控制电器: 接触器、继电器等。

2. 按动作方式分

(1) 自动切换电器: 接触器、继电器。

(2) 非自动切换电器: 刀开关、转换开关、按钮。

3. 按执行结构分

(1) 有触点电器: 接触器、按钮。

(2) 无触点电器: 接近开关、电子式时间继电器。

4. 按工作原理分

(1) 电磁式电器: 交直流接触器、各种继电器。

(2) 非电量控制电器: 压力、速度、温度继电器。

常用低压电器的主要种类和用途如表 1-1 所示。

表 1-1

常见低压电器的主要种类及用途

分类名称		主要品种	用途
配电电器	断路器	万能空气断路器、塑壳断路器、限流断路器、漏电保护断路器等	用于线路中的过负荷保护、短路或欠电压保护以及漏电保护、也可用于不频繁通断的操作电路
	熔断器	有填料熔断器、无填料熔断器、快速熔断器、自复熔断器	主要用交、直流线路和设备的短路和过载保护
	刀开关	熔断器式刀开关、大电流刀开关、负荷开关	主要用于电路隔离, 也能接通与分断电路额定电流
	转换开关	组合开关、换向开关	主要用于电源切换, 也可用于负荷通断或电路的切换
控制电器	接触器	变流接触器、直流接触器	主要用于远距离频繁起动的负荷或控制交、直流电动机以及接通分断正常工作的主电路
	控制继电器	电流继电器、电压继电器、时间继电器、中间继电器、过热继电器	主要用于控制电路中, 将被控制量转换成控制电路所需电量或开关信号
	起动器	电磁起动器、三角起动器、自耦减压起动器	主要用于交流电动机的起动或正反转控制
	控制器	凸轮控制器、平面控制器	主要用于控制回路的切换
	主令电器	按钮、限位开关、微动开关、接近开关、万能转换开关	主要用于接通、分断控制电路, 以发布命令或作用于程序控制

1.2 常用低压电器

下面简要介绍几种常用低压电器的结构、工作原理，以及如何选择。

1.2.1 接触器

接触器主要是用来控制电动机等电力负载，它可以频繁地接通和分断交、直流主电路，并可实现远距离控制。

接触器的主触点一般是常开接点，位于灭弧罩内，可利用主触点开闭动力电路；辅助触点一般是具有常开和常闭功能的接点，位于接触器的两侧，利用辅助触点可接通控制电路。交流接触器结构示意图如图 1-1 所示。

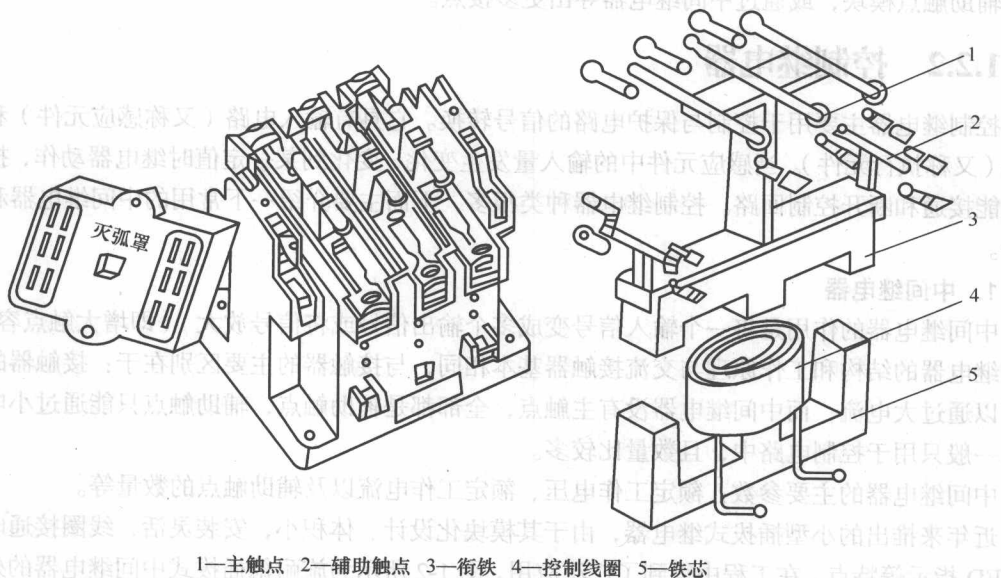


图 1-1 接触器结构图

接触器的工作原理是，通过控制线圈得电，利用电磁场作用，吸引衔铁，使动触点（与衔铁相连）和静触点吸合，从而使接触器上下两端的静触点接通。

接触器的安装方式有螺钉安装和利用卡轨快速卡装两种。

接触器的主要参数：主触点的额定工作电流、控制线圈的额定电压、辅助触点的额定电流。

选择接触器时还要考虑下列因素：

(1) 用电设备的类型：是交流负载还是直流负载。交流负载应选用交流接触器；控制直流负载则选用直流接触器。

(2) 使用类别：根据不同的负载条件和负载类别，交流接触器分为 AC-1、AC-2、AC-3、AC-4 等，直流接触器分 DC-1、DC-3、DC-5 等。接触器常用使用类别及其代号如表 1-2 所示。

表 1-2

接触器常用使用类别及其代号

使用类别代号		用 途
交流	AC-1	无感或微感负载、电阻炉
	AC-2	绕线式电动机的起动、分断
	AC-3	鼠笼电动机的起动、运转中分断
	AC-4	鼠笼电动机的起动、反向与反接制动
直流	DC-1	无感或微感负载、电阻炉
	DC-3	并励电动机的起动、反向与反接制动、点动，电动机的动力分断
	DC-5	串励电动机的起动、反向与反接制动、点动，电动机的动力分断

* 引自 IEC 60947-4-1 接触器使用类别

(3) 触点数量：主触点和辅助触点的数量应能满足控制系统的需要。当辅助触点不够时，可另配辅助触点模块，或通过中间继电器导出更多接点。

1.2.2 控制继电器

控制继电器主要用于控制与保护电路的信号转换。它具有输入电路（又称感应元件）和输出电路（又称执行元件）。当感应元件中的输入量发生变化，变化到某一定值时继电器动作，执行元件便能接通和断开控制回路。控制继电器种类很多，下面主要介绍一下常用的中间继电器和热继电器。

1. 中间继电器

中间继电器的作用是将一个输入信号变成多个输出信号或将信号放大（即增大触点容量）。中间继电器的结构和工作原理与交流接触器基本相同，与接触器的主要区别在于：接触器的主触点可以通过大电流，而中间继电器没有主触点，全部都是辅助触点，辅助触点只能通过小电流，所以一般只用于控制电路中，且数量比较多。

中间继电器的主要参数：额定工作电压、额定工作电流以及辅助触点的数量等。

近年来推出的小型插拔式继电器，由于其模块化设计、体积小，安装灵活，线圈接通时还具有 LED 指示等特点，在工程中得到了广泛应用。图 1-2 所示为施耐德插拔式中间继电器的外形及组成图。



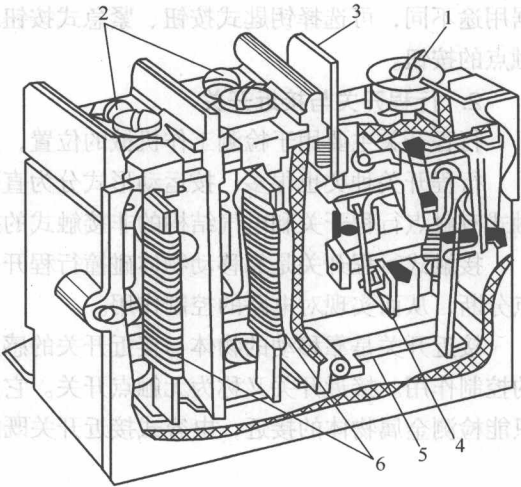
图 1-2 中间继电器

2. 热继电器

热继电器作为电动机的过载保护元件，常用于电动机的保护电路中。

热继电器结构图如图 1-3 所示。

热继电器工作原理是，由流入热元件的电流产生热量，使具有不同膨胀系数的双金属片发生形变。在电动机正常运行时，热元件产生的变形不会使触点动作，当电动机过载时，流过热元件的电流增大，热元件变形达到一定程度时，就推动连杆动作，使热继电器的触点动作。通常将热继电器的常闭触点串接在接触器控制线圈电路中，当触点动作时，控制电路断开，从而使接触器失电，主电路断开，实现电动机的过载保护。故障排除后，按手动复位按钮，热继电器触点复位，可以重新接通控制电路。



1—电流整定装置 2—主电路接线柱 3—复位按钮
4—常闭触点 5—动作机构 6—热元件

图 1-3 热继电器结构图

热继电器的主要技术参数：热继电器的额定电流、热元件的额定电流、整定电流。

热继电器的额定电流是指热继电器中，可以安装的热元件的最大整定电流值。

热元件的额定电流是指热元件的最大整定电流值。

整定电流是元件能够长期通过而不致引起热继电器动作的最大电流值。热继电器的整定值可按电动机额定电流的 0.95~1.05 倍调整，或者取热继电器整定电流等于电动机的额定电流，然后再进行调整。

1.2.3 主令电器

主令电器是用来发布命令、改变控制系统工作状态的电器，其主要类型有控制按钮、行程开关、万能转换开关，主令控制器等。

1. 控制按钮

按钮是最常用的主令电器，其颜色通常有红、绿、黑、黄、蓝、白、灰等。国标 GB 5226.1-2002 对按钮的颜色及其含义作出规定，如表 1-3 所示。

表 1-3 按钮的颜色及其含义

颜 色	含 义	说 明
红	紧急	危险或紧急情况时操作
黄	异常	异常情况时操作
绿	正常	起动正常情况时操作
蓝	未赋予特定含义	除急停以外的一般功能的起动
白		
灰		
黑		

按钮的种类很多,根据使用场合不同,可选择开启式按钮、防水式按钮或防腐式按钮等;根据用途不同,可选择钥匙式按钮、紧急式按钮或带灯式按钮;按控制回路的需要,可选择带多对触点的按钮。

2. 行程开关与接近开关

行程开关主要用于检测工作机械的位置,发出命令以控制其运动方向或行程长短。

行程开关种类也很多,按运动形式分为直动式、旋转式、微动式;按结构分为机械结构的接触式有触点行程开关和电气结构的非接触式的接近开关。

接触式行程开关是靠移动物体碰撞行程开关的操作头而使行程开关的常开触点接通和常闭触点分断,从而实现对电路的控制作用。

接近开关是靠移动的物体与接近开关的感应头接近时,其输出一个电信号,从而实现对电路的控制作用。接近开关又称为无触点开关。它又分为电容式和电感式两种形式,电感式接近开关只能检测金属物体的接近,电容式接近开关既能检测金属,又能检测非金属及液体。

1.3 常用控制回路

1.3.1 电气控制图的绘制及读图

1. 电气控制图的绘制

电气控制系统是由许多电气元件按照一定功能连接而成的。为了表达电气控制系统的组成结构、原理等设计意图,以及满足安装、调试、使用等的需要,需要用统一的工程语言,即用工程图的形式来表达,这种工程图即是电气图。为了提高电气工程图的通用性,我国标准局参照国际电工委员会 IEC 颁布的有关文件,制定了相应的国家标准。

电气图一般有三种:电气控制原理图、电器布置图、电气安装接线图。

电气控制原理图在实际工作中应用最为广泛,可简称为“电气原理图”。它主要用于表达电路及电气控制系统的组成部分和连接关系。通过电气原理图,可详细地了解电路、电气控制系统的组成和工作原理,并可在测试和故障寻找时提供足够的信息,同时电气原理图也是编制电气安装接线图的重要依据。

在电气原理图的绘制过程中,需要注意以下几点。

(1) 电气原理图分为主电路和控制电路两部分。主电路是设备的驱动电路,是在控制电路的作用下,由电源向用电设备供电的电路。控制电路是由接触器和继电器线圈、各种电器的动合、动断触点组合构成的控制电路,以实现所需要的控制功能。例如,电动机的受电为主电路,接触器吸引线圈的通路为控制电路。此外还有信号电路、照明电路等。

(2) 在电气原理图中,各电器元件不画实际的外形图,而采用国家规定的统一标准,文字符号也要符合国家规定,同一电器的各个部件可根据需要画在不同地方,但必须用相同的文字符号标注。例如,接触器的主触点通常画在主电路中,而吸引线圈和辅助触点则画在控制电路中,但它们都用 KM 表示,如图 1-4 所示。

(3) 电气原理图中所有电器元件的可动部分通常按电器在非激励或不工作的状态和位置表示。例如,接触器和各种继电器,常态是指未通电时的状态;对按钮、行程开关等,则是指未受外力作用时的状态。

(4) 电气原理图中的电路可水平布置或垂直布置。水平布置时,电源线垂直画,其他电路水平画,控制电路中的耗能元件画在电路的最右端;垂直布置时,电源线水平画,其他电路垂直画,控制电路中的耗能元件画在电路的最下端。电气原理图中,无论是主电路还是辅助电路,各电气元件一般按动作顺序从上到下、从左到右依次排列,可水平布置或者垂直布置。

(5) 电气原理图中,有直接电气联系的交叉导线连接点,要用黑圆点表示。无直接电气联系的交叉导线连接点不画黑圆点。

2. 电气控制原理图的读图步骤

在阅读电气原理图之前,必须对控制对象有所了解,尤其对于机械、液压(或气压)、电配合得比较密切的生产机械,单凭电气线路图往往不能完全看懂其控制原理,只有了解了有关的机械传动和液压(气压)传动后,才能搞清全部控制过程。

阅读电气原理图的步骤是一般先看主电路,再看控制电路,最后看显示及照明等辅助电路。先看主电路有几台电动机,各有什么特点,例如是否有正反转,采用什么方法起动,有无调速和制动等;看控制电路时,一般从主电路的接触器入手,按动作的先后次序一个一个分析,搞清楚它们的动作条件和作用。控制电路一般都由一些基本环节组成,阅读时可把它们分解出来,先进行局部分析,再完成整体分析。此外还要看电路中有哪些保护环节。

在电气工程使用的图纸上所列表的电气元件图符合标注应该按国家电气制图标准中所规定的图形符号、文字符号绘制。

电气图纸中使用的图形符号详见“GB/T 4728.11 2005”。

电气技术中使用的文字符号制定通则详见“GB 7159-87”。

1.3.2 基本控制线路

工业上用的生产机械动作是各式各样的,因而满足生产机械动作要求的继电—接触器控制电路也是多种多样的,但各种控制电路一般都由一些基本控制环节按照一定要求连接而成。下面以工业生产中最常用的鼠笼式异步电动机的控制电路为例,说明控制的基本环节及其原理。

1. 点动控制

所谓点动控制,是指按下按钮时电动机动作,放开按钮时,电动机即停止工作。生产机械在进行试车和调整时常要求点动控制。

图 1-4 所示为点动控制电路图,它由断路器 QF、熔断器 FU、按钮 SB、接触器 KM 和电动机 M 组成。当电动机需要点动时,先合上 QF,再按下 SB,使接触器 KM 的吸引线圈通电,铁芯吸合,于是接触器的三对主触点闭合,电动机与电源接通而运转。松开 SB 后,接触器 KM 的线圈失电,动铁芯在弹簧力作用下释放复位,主触点 KM 断开,于是电动机就停转。

2. 起、停、保控制

图 1-5 所示为起、停、保控制电路图示意图。为了在按钮按过以后能保持连续运转,需要用接触器的一对辅助常开触点与按钮并联,当按下起动按钮 SB₂ 以后,接触器线圈 KM 通电,其主触点 KM 闭合,电动机运转。同时辅助触点 KM 也闭合,它给线圈 KM 另外提供了一条通路,这时松开按钮 SB₂,线圈仍能保持通电,电动机可连续运行。在这个控制电路中,按钮 SB₂ 不再具有点动作用,它只在起动时起作用,因此称 SB₂ 为起动按钮。另外,在电路中还串接了一个按钮 SB₁,当需要电动机停转时,按下 SB₁ 使常闭触点断开,线圈 KM 失电,主触点和自锁触点同时断开,电动机便停转,因此称 SB₁ 为停止按钮。接触器用自己的常开辅助触点“锁住”自己的线圈电路,这种作用称为自锁,此时该触点称为自锁触点。

在如图 1-5 所示的电路中,当需要对电动机或电路进行检查、维修时,需要将断路器 QF 断开,隔离电源,确保安全。热继电器 FR 在电路中起过载保护作用,当发生过载事故时,热继电器 FR 的常闭点断开,控制电路断电,交流接触器 KM 线圈断电,其常开主触点断开,电动机停转。

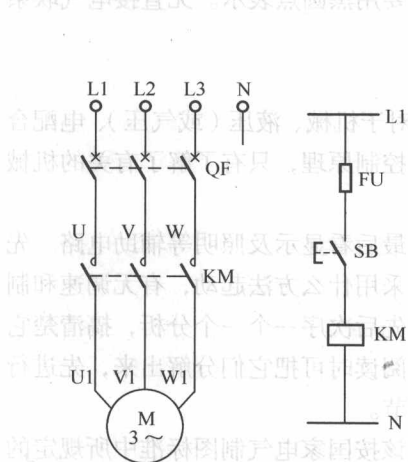


图 1-4 点动控制电路图

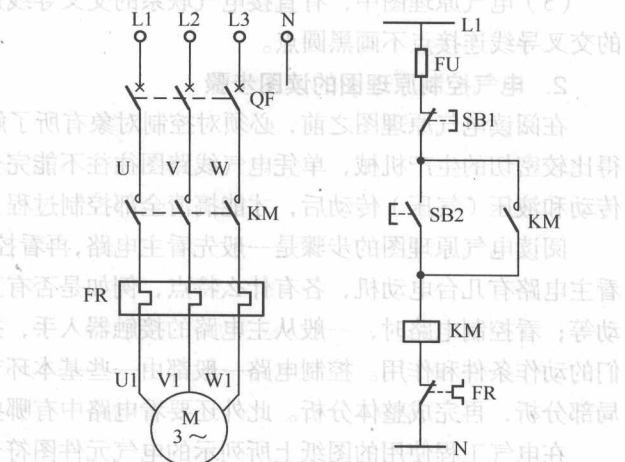


图 1-5 起、停、保控制电路图

3. 鼠笼式异步电动机的正反转控制

许多设备在工作时都需要正、反两个方向的运动,例如行走小车的前进和后退,吊车的上升和下降等,都要求电动机能够正反转。那么如何实现三相异步电动机的正、反转呢?只要将接到电源的三根连线中的任意两根对调即可。我们可以利用两个接触器和三个按钮组成正反转控制电路,如图 1-6 所示。

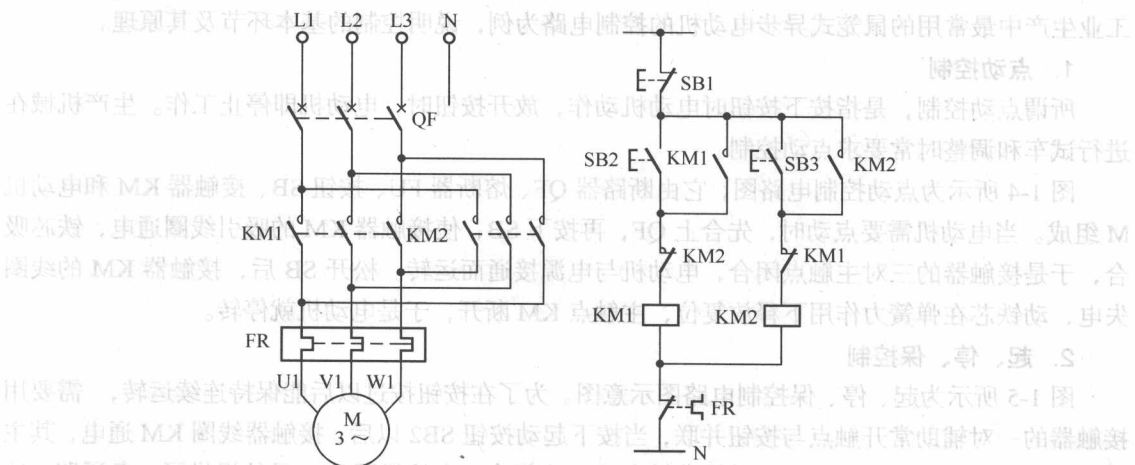


图 1-6 鼠笼电动机正、反转控制图

如图 1-6 所示, KM1 为正转接触器, KM2 为反转接触器, SB2 为正转按钮, SB3 为反转按钮。正转接触器 KM1 的三对主触点把电动机按相序 L1—U1、L2—V1、L3—W1 与电源相接;反转接触器 KM2 的三对主触点把电动机按相序 L3—U1、L2—V1、L1—W1 与电源相接。因此,当按下正转按钮 SB2 时, KM1 接通并自锁,电动机正转;如果按下反转按钮 SB3,则 KM2 接通并自锁,