

21

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN DIANZI JISHU GUIHUA JIAOCAI
世纪高职高专电子技术规划教材

电气控制与 可编程控制器

吴跃东 杨 威 主编
刘铁生 副主编

- 引入工程实践
- 突出基本概念
- 注重技能训练

免费提供
电子教案
习题解答

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高职高专电子技术规划教材

电气控制与可编程控制器

吴跃东 杨 威 主编
刘铁生 副主编

人 民 邮 电 出 版 社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制与可编程控制器 / 吴跃东, 杨威主编. —北京: 人民邮电出版社, 2007.8

21 世纪高职高专电子技术规划教材

ISBN 978-7-115-16269-4

I. 电... II. ①吴...②杨... III. ①电气控制—高等学校: 技术学校—教材②可编程序控制器—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM921.5 TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 081420 号

内 容 提 要

本书以欧姆龙 CPM2A 为背景介绍可编程序控制器 (PLC) 的结构组成、工作原理、指令系统、编程软件使用、程序设计及应用举例。为便于非自动化专业教学, 解决与先修课程的衔接, 第 1 章对电气控制系统做较详细的介绍。为适应高职高专院校对操作技能和实际能力的需要, 本书提供较多的实例以增强对理论知识的理解, 最后提供实验内容, 供教学选用。

本书可作为高职高专院校有关专业的教材, 也可作为 PLC 培训班的教材和从事 PLC 应用开发技术人员的参考书。

21 世纪高职高专电子技术规划教材

电气控制与可编程控制器

-
- ◆ 主 编 吴跃东 杨 威
副 主 编 刘铁生
责任编辑 赵慧君
 - ◆ 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>
三河市海波印务有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 14.25
字数: 337 千字 2007 年 8 月第 1 版
印数: 3 001—4 000 册 2007 年 8 月河北第 2 次印刷

ISBN 978-7-115-16269-4/TP

定价: 28.00 元

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

丛书出版前言

遵照教育部提出的以就业为导向, 高职高专教育从专业本位向职业岗位和就业为本转变的指导思想, 人民邮电出版社协同一些高职高专院校和相关企业共同开发了 21 世纪高职高专电子技术规划教材。

随着职业教育在我国不断深化, 各高职高专院校越来越关注人才培养的模式与专业课程设置, 越来越关心学生将来的就业岗位, 并开始注重培养学生的职业能力。但是我们看到, 高职高专院校所培养的人才与市场上需要的技术应用型人才仍存在差距。那么如何在保证知识体系完整性的同时, 能在教材中体现正在应用的技术、正在发展的技术和前沿的技术成了本套教材探讨的重点, 为此我们在如下几个方面做了努力和尝试。

1. 针对电子类专业基础课程较经典, 及知识点又相对统一、固定的特点, 采取本科老师与高职高专老师合作编写的方式, 借助本科老师在理论方面深厚的功底, 在写作质量上进行把关, 高职高专老师则发挥其熟悉职业教育教学需求的优势把握教材的广度与深度, 力图达到专业基础课程理论与应用相结合的目的。

2. 高职高专教育培养的人才面向生产、管理第一线的技术型人才, 基础课程的教学应以必需、够用为原则, 以掌握概念、强化应用为教学重点, 注重岗位能力的培养。本套教材在保证基本知识点讲解的同时, 掌握“突出基本概念, 注重技能训练, 强调理论联系实际, 加强实践性教学环节”的原则, 在内容安排上避免复杂的数学推导和计算。

3. 专业课程引入工程实例, 强化培养职业能力。让学生了解在实际工作中利用单片机和 PLC 做项目的流程, 并通过一系列小的实例逐步让学生产生学习兴趣, 并了解开发过程, 最后通过一个大的完整案例对学生进行综合培训, 从而达到对职业能力的培养。

以上这些仅是高职高专教材出版的初步。如何配合学校做好为国家培养人才的工作, 出版高质量的教材将是我们不断追求和奋斗的目标。

我们衷心希望, 关注高等职业教育的广大读者能对本套教材的不当之处给予批评指正, 提出修改意见, 同时也热切盼望从事高等职业教育的老师、企业专家和我们联系, 共同探讨相关专业的教学方案和教材编写等问题。来信请发至 zhaohuijun@ptpress.com.cn。

21 世纪高职高专电子技术规划教材编委会

2005 年 8 月

编者的话

可编程序控制器(PLC)是一种以微处理器为核心,带有指令存储器和输入、输出接口,将自动化技术、计算机技术和通信技术融为一体的新型工业控制装置。在短短几十年中发展异常迅猛,制造成本不断下降,功能却大大增强。

近20年来,可编程序控制器在我国已得到了极其广泛的应用,它不仅应用在国家重大工程项目中,而且其应用领域已遍及各大、中、小型企业。在汽车生产线、彩电、冰箱生产线、灌装饮料生产线以及制药、化工等领域都取得了明显的经济效益。

随着PLC技术的普及,企业对PLC技术人才的需求明显增加。目前我国许多高校将PLC技术列入教学计划,已在自动化专业、机电一体化专业、电气控制技术等专业开设此课程。为满足教学的需要,我们结合高职院校的具体情况,编写了本书。

根据高等职业教育“淡化理论,够用为度,培养技能,重在应用”的原则,在编写本书的过程中,力求体现如下特点。

(1) 内容连贯,语言通俗。考虑学生现有的自学能力及基础知识,鼓励学生主动学习,力求做到结合实际,突出应用,便于教学。

(2) 考虑到一些非自动化专业不开设“电气控制技术”相关的课程,本书在第1章介绍这部分的内容,以解决与先修课的衔接。

(3) 使用较大的篇幅介绍PLC的指令系统,突出指令的功能、特点及其应用,并介绍了一些具有实际意义的单元梯形图,有利于学生了解指令的具体应用。

(4) 本书介绍了目前欧姆龙使用的较通用的CX-Program编程软件,这对于学生掌握上机编程软件具有较大的帮助。

(5) 本书以欧姆龙CPM2A系列PLC作为主要机型,同时简单介绍PLC的通信技术和其他公司的PLC产品,以拓宽知识面,增加对PLC的全面了解。

本书由吴跃东(南昌理工学院)、杨威主编,刘铁生、胡花、冯小玲参与了本书的编写工作。由于编者水平有限,书中存在错误和不足在所难免,请读者指正。

编者
2007年4月

目 录

第 1 章 电气控制系统	1
1.1 概述	1
1.2 常用低压电器	2
1.2.1 低压电器的基本知识	2
1.2.2 电气的图形符号和文字符号	2
1.2.3 电气图的分类与作用	4
1.2.4 按钮及开关	5
1.2.5 接触器、继电器	9
1.3 基本控制线路	11
1.3.1 单向运动控制线路	11
1.3.2 多地控制线路	12
1.3.3 双向（可逆）运动控制线路	13
1.3.4 顺序控制线路	14
1.3.5 行程开关控制线路	16
1.4 电动机启动控制	17
1.4.1 定子串电阻启动控制线路	17
1.4.2 电动机的 Y— Δ 启动控制线路	18
1.4.3 自耦变压器降压启动控制线路	19
1.4.4 三相交流绕线式异步电动机的启动控制	19
1.5 三相鼠笼式异步电动机制动控制电路	21
1.5.1 反接制动控制线路	21
1.5.2 能耗制动控制线路	22
1.6 三相交流异步电动机调速控制线路	24
本章小结	26
习题	26
第 2 章 可编程序控制器的基本知识	28
2.1 可编程序控制器（PLC）的历史与发展	28
2.1.1 可编程序控制器的定义	28
2.1.2 PLC 的产生与发展	29
2.1.3 PLC 的发展趋势	29
2.2 PLC 的特点及应用领域	30
2.2.1 PLC 的特点	30
2.2.2 PLC 的应用领域	31

2.3	PLC 的一般构成和基本工作原理	32
2.3.1	PLC 的一般构成	32
2.3.2	PLC 的基本工作过程	35
2.3.3	PLC 的 I/O 滞后现象	36
2.4	可编程序控制器的编程语言	36
2.4.1	梯形图语言	37
2.4.2	助记符语言	38
2.4.3	逻辑功能图	38
2.4.4	高级语言	38
2.5	PLC 的主要性能指标和分类	38
2.5.1	PLC 的主要性能指标	39
2.5.2	PLC 的分类	39
	本章小结	41
	习题	41
第 3 章	CPM2A 系列可编程序控制器	43
3.1	CPM2A 系列 PLC 的基本组成	43
3.1.1	CPM2A 系列 PLC 的主机	43
3.1.2	I/O 扩展单元	44
3.2	CPM2A 的一般规格指标和主要性能指标	46
3.3	CPM2A 系列 PLC 的内部资源分配	49
3.3.1	内部继电器 (IR) 区	49
3.3.2	特殊辅助继电器 (SR) 区	49
3.3.3	暂存继电器 (TR) 区	51
3.3.4	保持继电器 (HR) 区	51
3.3.5	辅助记忆继电器 (AR) 区	51
3.3.6	链接继电器 (LR) 区	53
3.3.7	定时器/计数器 (TC) 区	53
3.3.8	数据存储 (DM) 区	53
3.4	CPM2A 系列 PLC 功能简介	57
3.5	CPM2A 系列 PLC 的通信功能	60
3.5.1	HOST Link 通信	60
3.5.2	NT Link 通信	60
3.5.3	1:1 PLC Link 通信	62
3.5.4	CompoBus/S I/O 链接通信	62
	本章小结	64
	习题	64
第 4 章	CPM2A 可编程序控制器的指令系统	65
4.1	概述	65
4.2	基本指令	66

4.2.1 常用的基本指令	66
4.2.2 PLC 的基本编程规则和编程方法	73
4.3 常用的应用指令	76
4.3.1 IL/ILC 指令	76
4.3.2 暂存继电器	77
4.3.3 JMP/JME 指令	78
4.3.4 使用 IL/ILC 指令和 JMP/JME 指令的区别	79
4.3.5 定时器/计数器指令	79
4.4 数据传送和数据比较指令	84
4.4.1 数据传送指令	84
4.4.2 数据比较指令	87
4.5 数据移位和数据转换指令	89
4.5.1 数据移位指令	89
4.5.2 数据转换指令	94
4.6 数据运算指令	102
4.6.1 STC (40) 和 CTC (41) 指令	102
4.6.2 十进制运算指令	102
4.6.3 二进制运算指令	107
4.6.4 逻辑运算指令	109
4.7 子程序控制指令	112
4.7.1 子程序调用、子程序定义和子程序返回指令	113
4.7.2 宏指令	114
4.8 高速计数器控制指令	115
4.8.1 高速计数器的计数功能	115
4.8.2 高速计数器的中断功能	116
4.8.3 高速计数器的控制指令	117
4.9 中断控制指令	122
4.9.1 外部输入中断功能	122
4.9.2 间隔定时器的中断功能	123
4.9.3 中断的优先级	124
4.9.4 中断控制指令	124
本章小结	128
习题	129
第 5 章 计算机编程软件 CX-P	133
5.1 CX-P 简介	133
5.2 CX-P 的使用	134
5.2.1 CX-P 的启动	134
5.2.2 CX-P 工程	136
5.2.3 CX-P 视图	142

5.2.4	在 CX-P 中使用 Microsoft Windows 特性	146
5.2.5	其他常用操作	147
5.3	CX-P 编程	150
5.3.1	生成符号和地址	151
5.3.2	程序编辑	152
5.3.3	程序编译	156
5.3.4	在线工作	157
	本章小结	159
	习题	159
第 6 章	PLC 机型的选择和安装	161
6.1	PLC 机型的选择	161
6.1.1	采用 PLC 控制的一般条件	161
6.1.2	PLC 机型的选择	161
6.2	PLC 的安装	163
6.2.1	PLC 的安装要求	163
6.2.2	系统的接线	164
6.3	PLC 与输入/输出设备的连接	166
	本章小结	167
	习题	168
第 7 章	PLC 的程序设计及应用举例	169
7.1	PLC 程序设计步骤及编程技巧	169
7.1.1	PLC 程序设计基本步骤	169
7.1.2	程序设计技巧	169
7.2	基本应用程序	171
7.2.1	启动、保持、停止控制	172
7.2.2	互锁控制和互控控制	172
7.2.3	时间控制	173
7.3	应用程序设计举例	174
7.3.1	电动机正、反转控制	174
7.3.2	三相异步电动机的点动、长动控制	176
7.3.3	送料小车控制	177
7.3.4	十字路口交通灯控制	179
7.3.5	PLC 在机械手控制中的应用	183
	本章小结	191
	习题	191
第 8 章	PLC 实验技术	193
8.1	常用指令练习一	193
8.2	常用指令练习二	194
8.2.1	TIM/CNT 指令练习	194

8.2.2 CNTR 指令练习	194
8.2.3 DIFU 和 DIFD 微分指令练习	195
8.2.4 KEEP 指令练习	195
8.3 三相异步电动机的 PLC 控制	196
8.3.1 三相异步电动机的直接起、停控制	196
8.3.2 三相异步电动机的顺序控制	197
8.4 常用指令练习三	197
8.4.1 IL/ILC 和 JMP/JME 指令练习	197
8.4.2 数据传送指令练习	198
8.4.3 彩灯的 PLC 控制	199
8.5 常用指令练习四	200
8.5.1 十进制运算指令练习	200
8.5.2 二进制逻辑运算指令练习	201
8.6 常用指令练习五	202
8.6.1 子程序控制指令练习	202
8.6.2 中断控制指令练习	203
8.7 数据处理与显示	205
8.8 抢答器设计	207
附录 CPM2A 指令一览表	210
参考文献	214

第 1 章

电气控制系统

电气控制系统实际上是继电器接触器控制系统。继电器接触器控制是一门重要的控制技术，尤其在电力拖动等领域中，应用得十分广泛。本章先对继电器接触器控制作一概述；然后介绍常用的低压电器，包括它们的基本构成及构成原理，并从应用的角度出发，介绍常用的基本控制电路，为今后学习可编程序控制器打下坚实的基础。

1.1 概 述

自动生产线、各种功能的机械手和多工位、多工序自动机床等设备，在自动控制的过程中大多以电动机作为动力。电动机是通过某种控制方式接受控制的。其中，以各种有触点的继电器、接触器、行程开关等自动控制电器组成的控制方式称为继电器接触器控制方式。

继电器接触器控制经历了较长的发展历史。我国从 20 世纪 50 年代开始对新建的工业控制采用这种控制方式，随着电力拖动、自动控制的发展，继电器接触器控制方式得到迅速推广，对当时我国工业建设起到了巨大的推动作用，直至 20 世纪 80 年代我国大部分自动控制仍然采用这种方式。随着自动化水平的不断提高，控制系统更加复杂，继电器接触器控制的缺点就明显显现出来。一个大型的控制系统可能会使用成百上千个各式各样的继电器、接触器，使接线和安装工作量很大；而最大的问题是控制线路的专一性。在生产过程中，可能会需要改变生产工艺，这就要求改变控制程序。此外，在生产过程的试运转期间，控制程序也经常发生变更，这就意味着要改动控制柜内的电器和接线。这种改变往往费用高、工期长，以至于有的用户宁愿扔掉旧的控制柜去制作新的控制柜。这些缺点，给日新月异的工业生产带来不可逾越的障碍。

20 世纪 70 年代开发了新型控制装置—顺序控制器，它采用的是晶体管无触点的逻辑控制，通过在矩阵板上插接晶体管实现编程。它的主要特点是：可以满足程序经常变更的要求，比继电器接触器控制增加了灵活性、通用性，而且可靠性提高，使用操作比较方便。但它属于硬件组成的顺序控制装置，程序更改不很方便。随着 PLC 的出现，顺序控制器很快退出市场。PLC 以软件形式完成顺序逻辑控制，用计算机手段实施操作，程序的更改十分方便。加上得益于类似计算机的高可靠性和高运算速度，PLC 一出现就立即得到广泛应用，而且逐渐取代复杂的继电器接触器控制。由于构成继电器接触器控制的各种低压电器的特殊性，继电

器接触器控制不可能完全被取代。这不仅仅因为它是一种成熟、完善的技术，而且因为它是 PLC 的基础。此外，几乎所有的 PLC 的输入、输出仍然必须与这些电器相连接，通过它们将输入信号送给 PLC，再通过它们将 PLC 的输出信号传送给负载，带动执行机构动作。因此，学习常用的低压电器，掌握一些常用的继电器接触器控制线路是十分重要的。

1.2 常用低压电器

在电能的生产、输送与使用过程中，电路中需装有多种电气元件来通断电路，以达到控制、调节和保护的目的。

电器的功能多，用途广，品种规格繁多。按工作电压等级分为高压电器（用于交流电压 1 200V、直流电压 1 500V 以上电路中的电器）和低压电器（用于交流 50Hz、额定电压 1 200V 以下、直流额定电压 1 500V 以下电路中的电器）。

1.2.1 低压电器的基本知识

1. 低压电器的分类

低压电器的种类繁多，分类方法也有很多种。

按工作方式可分为手控电器和自控电器。手控电器是依靠外力（如人工）直接操作来进行切换的电器，如刀开关、按钮等。自控电器是依靠指令或物理量（如电流、电压、时间、速度等）变化而自动动作的电器，如接触器、继电器等。

按用途可分为低压控制电器和低压保护电器。低压控制电器主要是用于低压配电系统及动力设备中起控制作用，如刀开关、低压断路器等。低压保护电器主要用于低压配电系统及动力设备中起保护作用，如熔断器、热继电器等。

按种类可分为刀开关、刀形转换开关、熔断器、低压断路器、接触器、继电器、主令电器和自动开关等。

2. 低压电器的基本结构与特点

低压电器一般都有两个基本部分。一是感受部分，它感受外界的信号，做出有规律的反应。在自控电器中，感受部分大多由电磁机构组成；在手控电器中，感受部分通常为操作手柄。另一个是执行部分，如触点连同灭弧系统，它根据指令进行电路的接通或切断。

1.2.2 电气的图形符号和文字符号

继电器接触器控制系统由各种电器元件连接而成。为了便于设计、分析以及安装维修，绘制电气控制线路图必须采用统一规定的图形符号和文字符号。电气控制线路的表示方法一般有两种，即电气原理图和电气安装接线图。电气原理图是为了便于阅读和理解电气控制线路的工作原理；电气安装接线图是为了便于安装和检修电气控制设备。

在电气控制线路中，代表电动机、各种电气元件的图形符号应按照国家电气图用符号标准 GB4728 的规定绘制，该标准与国家电气制图标准 GB6980 于 1990 年 1 月 1 日正式贯彻执行。国家标准已与国际电工委员会（IEC）颁布的有关标准基本相同。文字符号应符合国家标准 GB7159-87《电气技术中文字符号制订通则》中所规定的要求。

1. 电气中的图形符号

图形符号通常是指用图样或其他文件表示一个设备或概念的图形、标记或字符。图形符号由符号要素、一般符号及限定符号构成。

(1) 符号要素。符号要素是一种具有确定意义的简单图形，必须同其他图形组合才能构成一个设备或概念的完整符号。例如，三相异步电动机是由定子、转子及各自的引线等几个符号要素构成的，这些符号要求有确切的含义，但一般不能单独使用，其布置也不一定与符号所表示的设备的实际结构相一致。

(2) 一般符号。用于表示同异类一类产品和此类产品特性的一种简单的符号，它们是各类元器件的基本符号。例如，一般电阻器、电容器和具有一般单向导电性的二极管的符号。一般符号不但广义上代表各类元器件，也可以表示没有附加信息或功能的具体元件。

(3) 限定符号。限定符号是用于提供附加信息的一种加在其他符号上的符号。例如，在电阻器一般符号的基础上，加上不同的限定符号就可组成可变电阻器、光敏电阻器、热敏电阻器等具有不同功能的电阻器。也就是说，使用限定符号以后，可以使图形符号具有多样性。限定符号一般不能单独使用。一般符号有时也可以作为限定符号。例如，电容器的一般符号加到二极管的一般符号上就构成变容二极管的符号。

图形符号的几点问题如下所述。

① 所有符号均应按无电压、无外力作用的正常状态。如按钮未按下。

② 在图形符号中，某些设备元件有多个图形符号，在选用时，应该尽可能选用优选形。在能够表达其含义的情况下，尽可能采用简单形式，在同一图中使用时，应采用同一形式。图形符号的大小和线条的粗细应基本一致。

③ 为适应不同需求，可将图形符号根据需要放大和缩小，但各符号相互间的比例应该保持不变。图形符号绘制时方位不是强制的，在不改变符号本身含义的前提下，可将图形符号根据需要旋转或成镜像放置。

④ 图形符号中导线符号可以用不同宽度的线条表示，以突出和区分某些电路或连接线。一般常将电源或主信号线用加粗的实线表示。

2. 电气图中的文字符号

电气图中的文字符号是用于标明电气设备、装置和元器件的名称、功能、状态和特征，可在电气设备、装置和元器件上或近旁使用，以表明电气设备、装置和元器件种类的字母代码和功能字母代码。电气技术中的文字符号分为基本文字符号和辅助文字符号。

(1) 基本文字符号。基本文字符号分为单字母符号和双字母符号两种。

单字母符号用拉丁字母将各种电气设备、装置和元器件划分为 23 大类，每一类用一个字母表示。例如，“R”代表电阻器；“M”代表电动机；“C”代表电容器等。

双字母符号是由一个代表种类的单字母符号与另一字母组成，并且是单字母符号在前，另一字母在后。双字母中在后的字母通常选用该类设备、装置和元器件的英文名词的首位字母。这样，双字母符号可以较详细和更具体地表述电气设备、装置和元器件的名称。例如“RP”代表电位器；“RT”代表热敏电阻；“MD”代表直流电动机；“MC”代表鼠笼型异步电动机。

(2) 辅助文字符号。辅助文字符号是用于表示电气设备、装置和元器件以及线路的功能、

状态和特征，通常也是由英文单词的前一两个字母构成的。例如，“DC”（Direct Current）代表直流；“IN”（Input）代表输入；“S”（Signal）代表信号。

辅助文字符号一般放在单字母文字符号后面，构成组合双字母符号。例如，“Y”是电气操作机械装置的单字母符号，“B”是代表制动的辅助文字符号，“YB”代表制动电磁铁的组符号。辅助文字符号也可单独使用，例如，“ON”代表闭合，“N”代表中性线。

1.2.3 电气图的分类与作用

电气图包括电气原理图、电气安装和接线图。

1. 电气原理图

电气原理图是根据工作原理绘制的，一般不表示电器元件的空间位置关系，因此不反映电器元件的实际安装位置 and 实际接线情况。原理图具有线路简单、层次分明、易于掌握的特点。原理图一般分为主电路和控制电路两部分。

主电路主要包括：电动机以及和电源相连接的刀开关、熔断器、接触器的触点、热继电器的发热元件等。主电路一般画在线路图的左侧。控制电路即为控制主电路的那部分电路，主要包括：按钮、接触器线圈、热继电器的触点等。控制电路一般画在线路图的右侧。在一张完整的电气原理图中常包含照明电路、保护电路等有关线路，一般和控制电路画在一起。图 1-1 所示为三相鼠笼交流电动机单向运行电气原理图。在电气原理图中，同一符号的触点和线圈属于同一电器元件，但为绘图简便常常不画在一起。因此应注意电路中各元件之间的配合动作，明确它们之间的关系。线路图中的各电路触点状态都按未通电或没有外界作用时的情况画出。对于接触器、继电器等，是指其线圈未加电压；对于按钮、行程开关等，是指其未被压合。

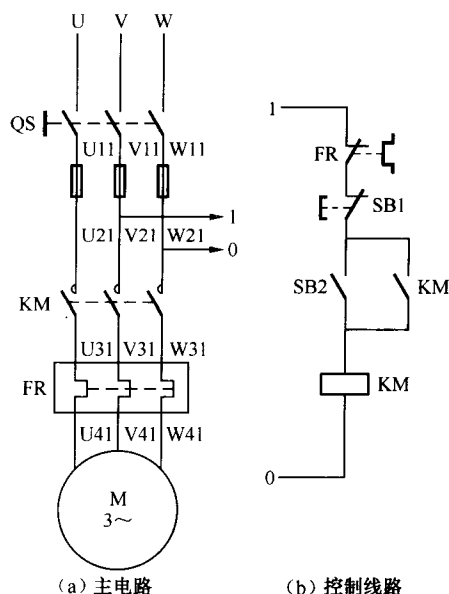


图 1-1 三相鼠笼交流电动机单向运行电气原理图

2. 电气安装图

电气安装图表示各种电气设备在机械设备和电气控制柜中的实际安装位置，它提供了电气设备各个单元的布局 and 安装工作所需数据的图样。一般电气元件应放在电气控制柜中，图 1-2 所示为三相鼠笼异步电动机可逆运行控制线路安装图。

在绘制电气安装图时应注意以下几点。

(1) 按电气原理图的要求，应将动力、控制和信号电路分开布置，并各自安装在相应的位置，以便于操作和维护。

(2) 电气控制柜中各元件之间，上、下、左、右之间的连线应保持一定的间距，并且应考虑器件的发热和散热因素，应便于布线、接线和检修。

(3) 给出部分元器件型号和参数。

(4) 图中的文字符号应与电气原理图和电气设备清单一致。

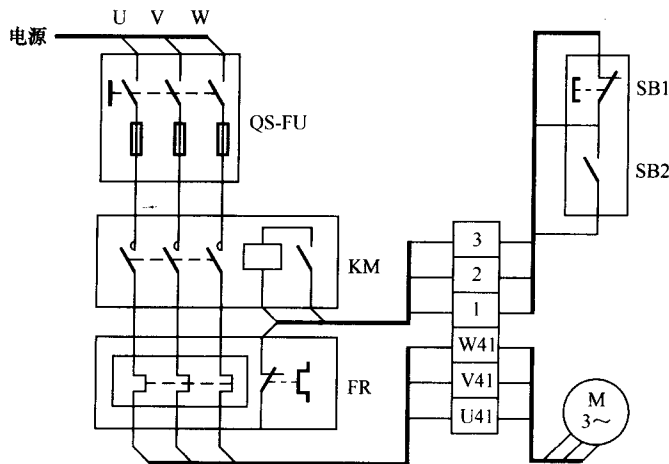


图 1-2 三相鼠笼异步电动机单向运行控制线路安装图

1.2.4 按钮及开关

按钮及开关是用来改变控制系统工作状态的电器，主要包括按钮、刀开关、行程开关等。

1. 按钮

按钮是手动开关，通常用来短间接通或断开小电流控制的电路。在结构上一般分为掀钮式、紧急式、钥匙式和旋钮式。其中紧急式表示紧急操作，按钮上装有蘑菇形钮帽，颜色为红色，一般安装在操作台（控制柜）明显位置上。按钮分为常开按钮、常闭按钮及常开、常闭按钮封装在一起的复合按钮。图 1-3 所示为按钮结构示意图及符号。

由图 1-3 可知，常开按钮平时触点分开，手按下时触点闭合，手抬起时触点断开。常闭按钮的工作过程与其相反。

按钮主要依据所需的触点数、使用场合及颜色来选择。为避免按钮误操作，通常将按钮帽做成红、绿、黑、黄、蓝、白、灰等颜色。按照国标 GB5226-85 规定，“停止”和“急停”按钮必须用红色；“启动”按钮用绿色；“启动”与“停止”交替动作的按钮用黑色、白色或灰色，不能用红色或绿色；“点动”按钮用黑色等。

常用按钮的型号有 LA2、LA10、LA18、LA19、LA20 及新型号 LA25；除此之外，还引进了国外其他系列产品。

按钮一般适用于交流电压 500V 以下，直流电压 440V 以下，额定电流 5A 以下的控制线路中。

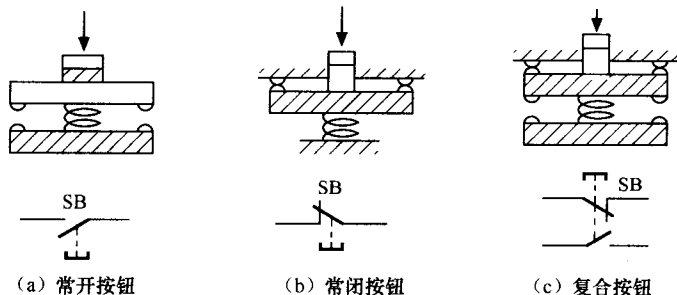


图 1-3 按钮结构示意图及符号

2. 刀开关

刀开关又称闸刀，主要用来接通或断开长期工作设备的电源，也可以对小容量电动机（小于 7.5kW）作不频繁的直接启动。

刀开关根据工作原理、使用条件和结构形式不同，可分为带熔断器的开启式负荷开关（胶盖开关）、带灭弧装置和熔断器的封闭式负荷开关（铁壳开关）、组合开关等。

根据刀的极数不同，刀开关可分为单极、双极和三极。刀开关主要根据电源种类、所需极数、额定电压、电流值、电动机容量及使用场合来选择。选择的极数与电源进线数相同，刀开关的额定电压应大于所控制线路的额定电压，刀开关的额定电流应大于负载的额定电流。刀开关结构及图形符号如图 1-4 所示。

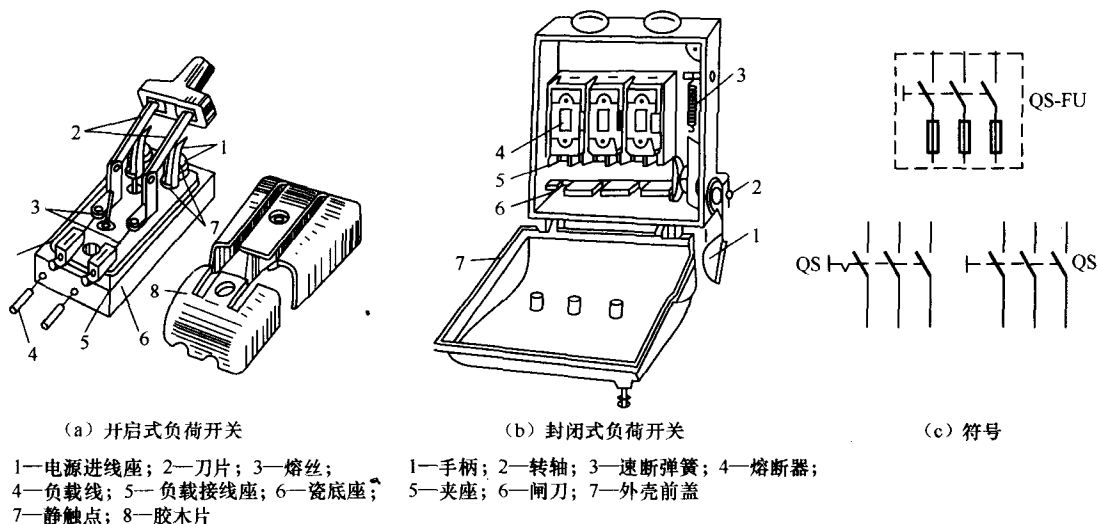


图 1-4 刀开关结构及图形符号

刀开关可靠工作的关键之一是触刀与静插座之间有着良好的接触，这就要求它们之间有一定的接触压力。对于额定电流较小的刀开关，静插座使用硬紫铜制成，利用材料的弹性来产生所需的接触压力；对于额定电流较大的刀开关，静插座采用两侧加弹簧的方法进一步增大接触压力。

3. 组合开关

组合开关（又称转换开关）实质上也是一种刀开关。只不过刀开关操作手柄是在垂直于其安装面的平面内向上或向下转动，而组合开关的操作手柄是在平行于其安装面的平面内向左或向右转动。组合开关一般用于电气设备中作为非频繁地接通或分断电路、转接电源或负载、测量三相电压及控制小容量异步电动机的正反转和星形—三角形降压启动。

组合开关的结构及图形符号如图 1-5 所示。

4. 自动开关

自动开关又称低压断路器、空气开关或空气断路器，在自动控制中有着广泛应用。它不仅可以用来频繁地接通和断开电路以及对电动机实施控制，而且其本身具有过载、短路及欠压、失压的保护作用，在分断故障电流后无需更换零部件。自动开关的结构有框架式和装置式。框架式为敞开式结构，适用大容量配电装置；装置式有塑料外壳封闭，广泛用于工业自

动控制及建筑物内作电源线路保护。

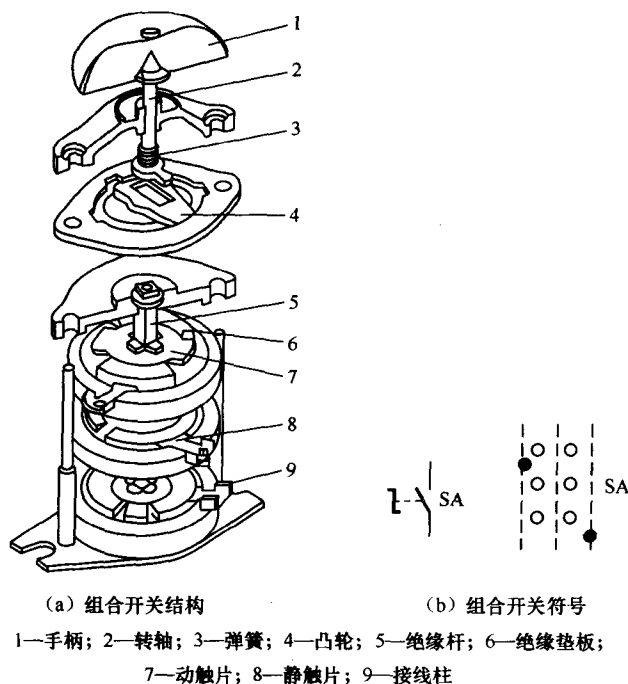


图 1-5 组合开关结构及图形符号

选择自动开关主要考虑额定工作电压、电流、极数及允许切断的极限电流。极限电流至少要等于电路的最大短路电流，以保证分断的安全可靠。自动开关的外形结构及符号如图 1-6 所示。

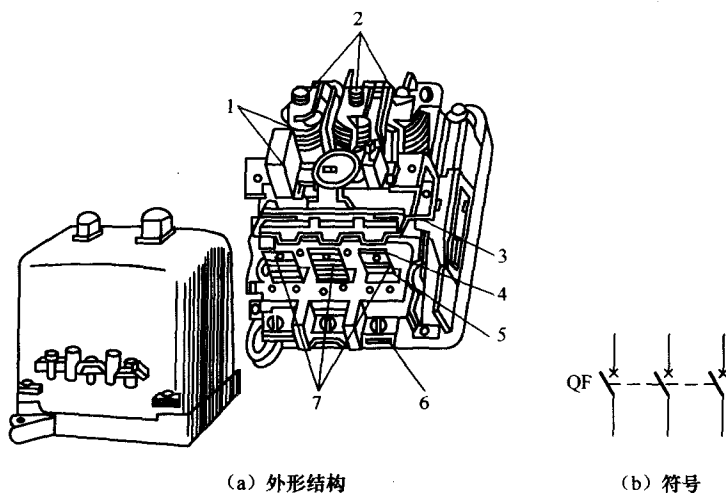


图 1-6 自动开关外形结构及图形符号