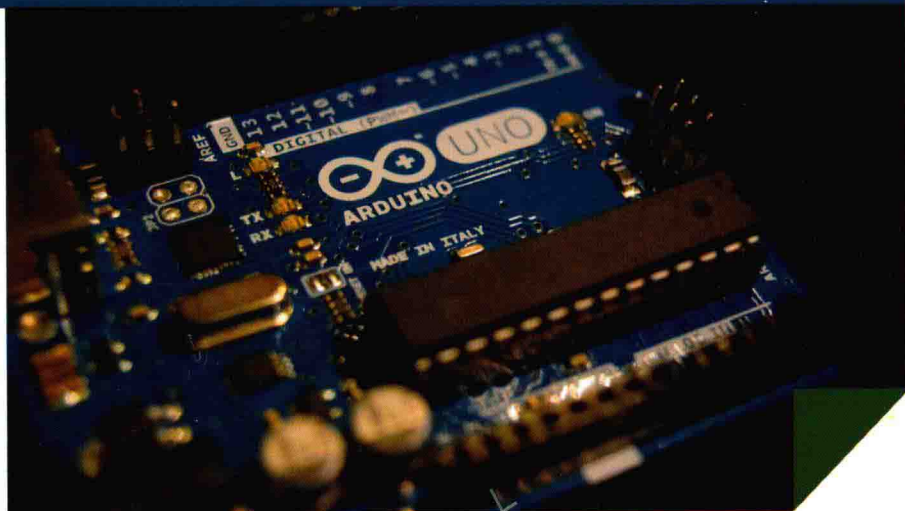




高等院校“十三五”规划教材·机电类

电气控制技术与 PLC应用(西门子)

DIANQI KONGZHI JISHU YU PLC
YINGYONG (XIMENZI)



主编 ◎ 王博 张磊



西北工业大学出版社

高等院校“十三五”规划教材·机电类

电气控制技术与 PLC 应用 (西门子)

主 编 王 博 张 磊

副主编 张建军 邓 成

姜秀玲 殷永生

霍彦东

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书包括基础能力和应用能力两个部分,共 9 个模块,主要内容分别为电动机单向连续运转控制电路的安装与调试、电动机的正反转控制电路的安装与调试、电动机的降压启动控制电路的安装与调试、电动机能耗制动控制电路的安装与调试、设计与调试(一)~(五)以及附录等。

本书可以作为高等院校以及高等职业院校机电类专业的教学用书,也可作为相关行业从业技术人员的参考、培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制技术与 PLC 应用(西门子)/王博,张磊主编. —西安:西北工业大学出版社, 2016.3

高等院校“十三五”规划教材. 机电类

ISBN 978-7-5612-4802-7

I. ①电… II. ①王… ②张… III. ①电气控制—高等职业教育—教材 ②PLC 技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 067783 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029) 88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印刷者:北京市彩虹印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:12.5

字 数:301 千字

版 次:2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷

定 价:34.00 元

前 言

本书是在多年高校教育教学改革与实践的基础上,经过对电气应用岗位群上岗人员能力要求的广泛调研,在专业建设委员会和企业工程技术人员、技术骨干等共同指导和参与下,为适应高等院校电气工程、自动化等相关专业教学改革的需要,以培养技能型人才为出发点,实现工学结合、“教、学、做”一体的教学模式而精心编写的特色教材。

本书采用基于典型工作过程的项目教学法,把课程的设计任务分解到各个能力模块中,以工作任务驱动为基础,把专业理论知识贯穿到实践任务之中,以学习目标→任务描述→相关知识→任务分析→任务实施→任务检查与评价为顺序对学习过程进行引导,强化学生动手实践能力的培养,充分调动学生学习的主动性和积极性,把高等教育要突出的以学生为中心的主线贯穿到课程教学的全过程,具体体现在以下几个方面:

(1) 内容设计从简单到复杂,从单一到综合,符合职业成长规律的要求,注重基本概念的阐述,降低理论分析的难度,重点强调基本理论的实际应用。

(2) 注重反映 PLC 控制技术在工业控制中的应用内容,并适当编入工程中较成熟的技术。

(3) 每个任务便于操作,任务完成后有项目考核和评价,并且评价参照了国家有关标准。

本书包括基础能力和应用能力两个部分,共 9 个模块,主要内容分别为电动机单向连续运转控制电路的安装与调试、电动机的正反转控制电路的安装与调试、电动机的降压起动控制电路的安装与调试、电动机能耗制动控制电路的安装与调试、设计与调试(一)~(五)以及附录等。

本书可以作为高等院校以及高等职业院校机电类专业的教学用书,也可作为相关行业从业技术人员的参考、培训用书。

本书由江苏大学王博、河南城建学院张磊担任主编,由江西应用工程职业学院殷永生、长治职业技术学院张建军、安徽粮食工程职业学院邓成、大连海洋大学姜秀玲担任副主编。具体编写分工如下:王博负责编写模块 7;张磊负责编写模块 5;张建军负责编写模块 6 和模块 8;邓成负责编写模块 1 和模块 2;姜秀玲负责编写模块 3 和模块 4;殷永生负责编写模块 9;国网阜新供电公司霍彦东负责编写附录部分;全书由王博、张磊统稿。

我们力求将实践和理论相结合,科研和教学相结合,先进和实用相结合,编写出高水平的教材,但由于水平有限,加之可编程逻辑控制器领域日新月异,书中难免出现不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2016 年 1 月

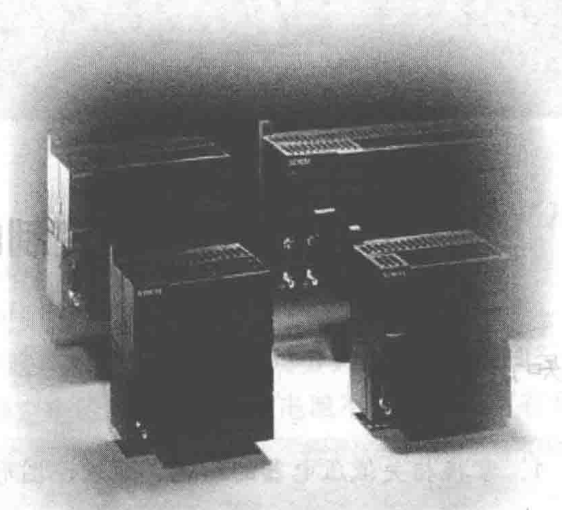
目 录

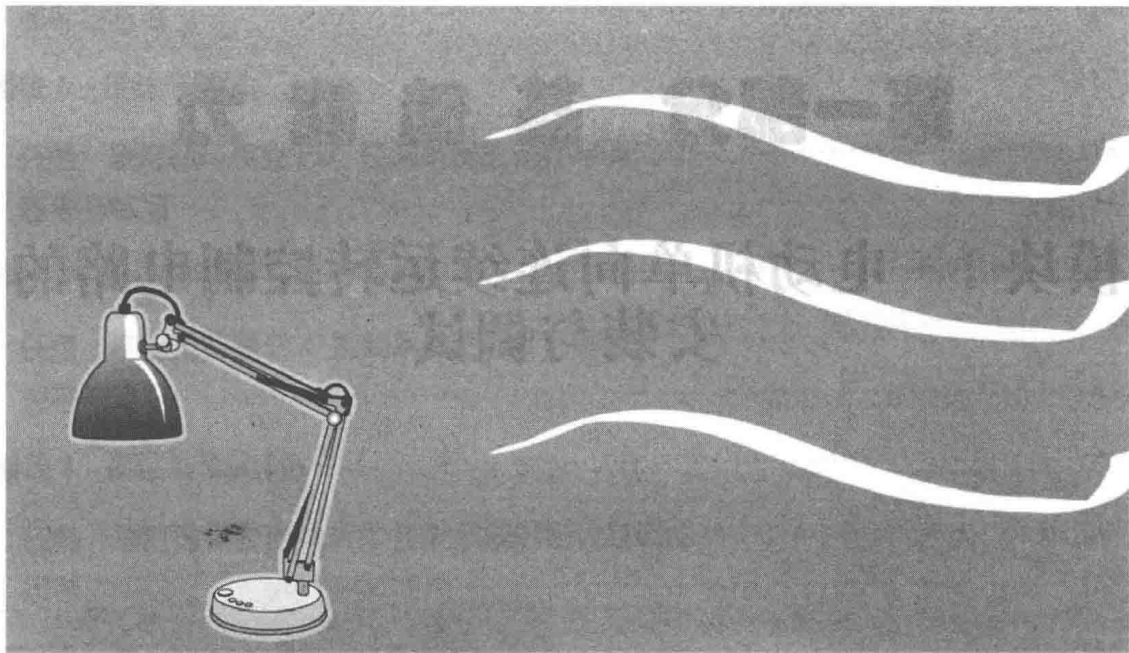
第一部分 基础能力	1
模块 1 电动机单向连续运转控制电路的安装与调试	1
任务 1.1 接触器控制的电动机连续运转电路.....	2
思考与练习.....	18
任务 1.2 认识 PLC.....	19
思考与练习.....	28
模块 2 电动机的正反转控制电路的安装与调试	29
任务 2.1 接触器控制的电动机正反转控制电路.....	30
思考与练习.....	44
任务 2.2 电动机正反转的 PLC 控制.....	45
思考与练习.....	61
模块 3 电动机的降压起动控制电路的安装与调试	63
任务 3.1 接触器控制的电动机 Y- Δ 降压起动电路.....	64
思考与练习.....	75
任务 3.2 电动机的 Y- Δ 降压起动的 PLC 控制.....	76
思考与练习.....	91
模块 4 电动机能耗制动控制电路的安装与调试	93
任务 4.1 接触器控制的电动机能耗制动电路.....	94
思考与练习.....	100
任务 4.2 电动机的能耗制动 PLC 控制电路的安装与调试.....	101
思考与练习.....	104
第二部分 应用能力	105
模块 5 设计与调试(一)	105
任务 多种液体的混合装置 PLC 控制电路的设计与调试.....	106

思考与练习	115
模块 6 设计与调试(二)	117
任务 彩灯循环点亮 PLC 控制系统的设计与调试	118
思考与练习	134
模块 7 设计与调试(三)	135
任务 四组抢答器 PLC 控制系统的设计与调试	136
思考与练习	145
模块 8 设计与调试(四)	146
任务 彩灯循环左移的 PLC 控制系统的设计与调试	147
思考与练习	155
模块 9 设计与调试(五)	156
任务 箱体输送 PLC 控制系统的设计与调试	157
思考与练习	173
附录	174
附录 A1 STEP 7-Micro/WIN 编程软件介绍	175
附录 A2 S7-200 的特殊存储器(SM)标志位	189
参考文献	193

第一部分 基础能力

模块 1 电动机单向连续运转控制电路的 安装与调试





【知识目标】

1. 掌握相关低压电器的结构、原理、图形符号、文字符号及选用;
2. 掌握电动机连续运转控制电路的工作原理;
3. 了解电气控制电路的装配工艺。

【技能目标】

1. 正确选用和使用低压电器;
2. 电动机连续运转控制电路的装配。

【任务提出】

在实际生产过程中,生产设备的运行与停止都需要对拖动电动机进行起动、停止控制;有些生产设备为了实现位置调整还需要对电动机进行点动控制。

对电动机的起动、停止控制,是通过运用一些电气器件、按照控制要求组成的控制电路来实现的。要实现对电动机的控制,需要掌握常用低压电器的结构、原理,以及阅读和分析电气控制电路图的方法等相关知识。

【相关知识】

1.1.1 常用低压电器

电器是能够根据外界施加的信号和要求自动或手动地断开或接通电路,连续或断续地改变电路参数,以实现对电量或非电量对象的切换、控制、检测、保护、变换和调节的电工器件。

工作电压在交流 1 200V、直流 1 500V 及以下的电器,称为低压电器,其用途是对供电、用电系统进行通断、控制、保护和调节。根据控制对象的不同,低压电器可分为低压配电电器和控制电器两大类。

1. 闸刀开关

(1) 功能。闸刀开关又称为开启式负荷开关,适用于照明、电热设备及小容量(5.5kW 及以下)动力电路中,供手动不频繁地接通和断开电路,并具有短路保护作用。

(2) 结构。HK1 系列闸刀开关的外形及结构如图 1-1 所示。

闸刀开关主要有操作手柄、触刀、触点座和底座组成。按闸刀数可分为单极、双极和三极。

(3) 选用。用于照明和电热负载时,选用额定电压 250V,额定电流不小于电路所有负载额定电流之和的双极开关。开关用于控制电动机直接起动和停止时,选用额定电压 380V 或 500V,额定电流不小于电动机额定电流 3 倍的三极开关。

安装闸刀开关时,应注意将电源线装在静触点上,将用电负荷接在开关的下出线端上。闸刀在合闸状态时,手柄应向上,不可倒装或平装。

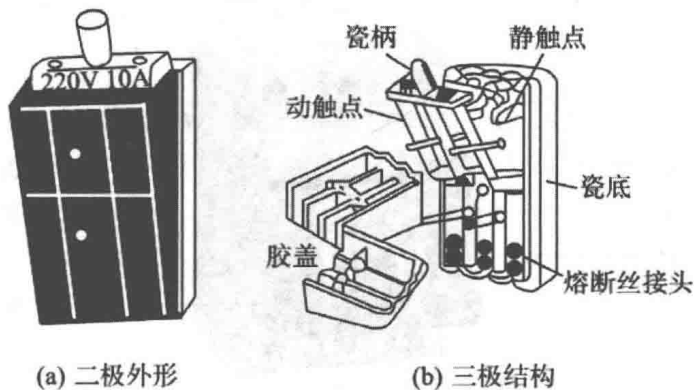


图 1-1 胶盖闸刀(HK1 系列)开关外形及结构

(4) 符号。刀开关的图形及文字符号如图 1-2 所示。

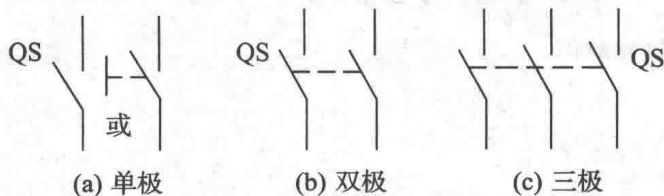


图 1-2 刀开关的图形、文字符号

2. 低压断路器

低压断路器又称自动空气开关或自动空气断路器，按其结构不同分为装置式和万能式两种。

(1) 功能。低压断路器在低压电路中，用于分断和接通负荷电路，控制电动机运行和停止。当电路发生过载、短路、失压、欠压等故障时，能自动地切断故障电路，保护电路和用电设备的安全。

(2) 结构及工作原理。低压断路器的外形图如图 1-3 所示。

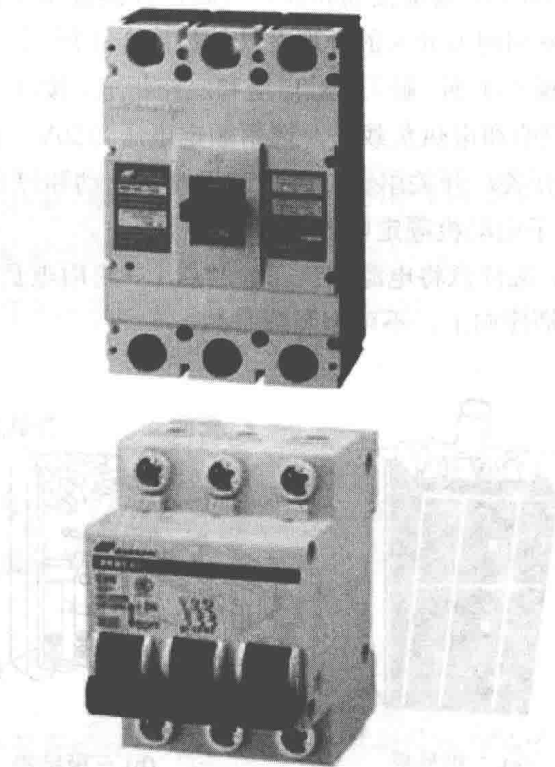


图 1-3 低压断路器外形图



低压断路器主要由触点、启动按钮和各种脱扣器组成。脱扣器包括过电流脱扣器、欠电压脱扣器、热脱扣器、分励脱扣器和自由脱扣器，它们是断路器的感受元件，当电路出现故障时，脱扣器检测到故障信号后，由脱扣机构带动断路器主触点分断，从而断开主电路。低压断路器的结构示意图如图 1-4 所示。

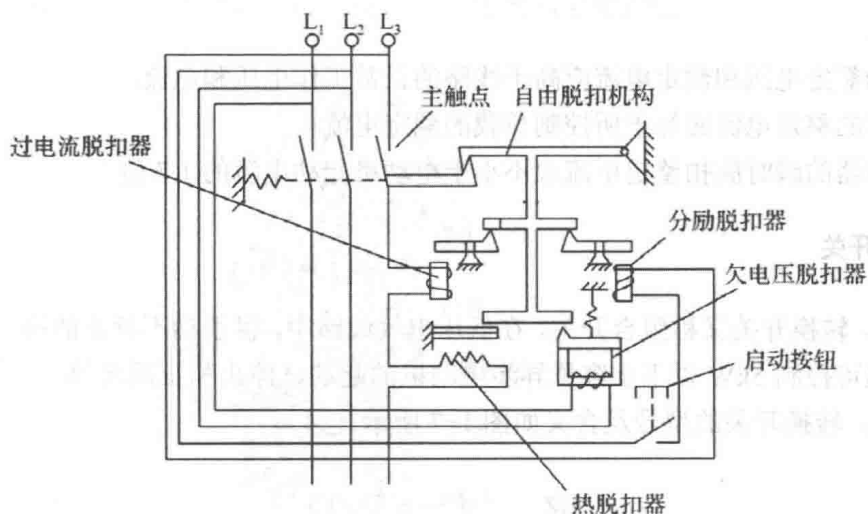


图 1-4 低压断路器的结构示意图

(3) 符号。低压断路器的图形及文字符号如图 1-5 所示。

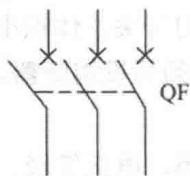


图 1-5 低压断路器的图形及文字符号

(4) 型号。低压断路器的型号及含义如图 1-6 所示。

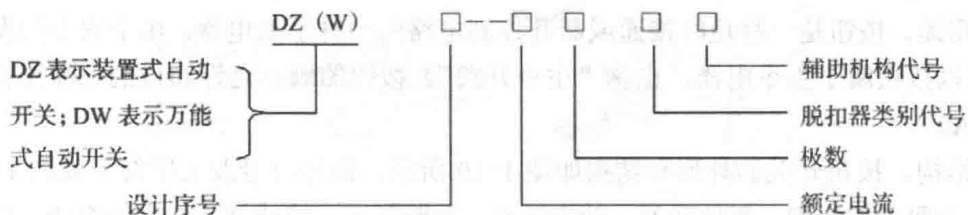


图 1-6 低压断路器的型号及含义

(5) 主要参数。

额定电压：断路器在电路中长期工作时所允许施加的电源电压。

额定电流：脱扣器允许长期通过的电流。

断路器的分断能力：在规定的操作条件下，断路器能接通和断开短路电流的能力。

分断时间：断路器切断故障电流所需的时间。

(6) 选用。

断路器的额定电压和额定电流应高于线路的正常工作电压和电流。

热脱扣器的整定电流应等于所控制负载的额定电流。

电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应不小于电动机起动电流的 1.7 倍。

3. 转换开关

(1) 功能。转换开关又称组合开关，在低压电气线路中，供手动不频繁的接通和断开电路、换接电源，也可控制 5kW 以下小容量异步电动机的起动、停止和正反转等。

(2) 型号。转换开关的型号及含义如图 1-7 所示。

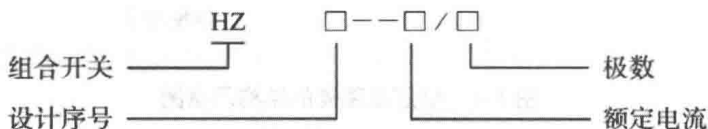


图 1-7 转换开关的型号及含义

(3) 结构。组合开关实质上是一种刀开关，体积小、接线方式多、操作方便。组合开关本身不带熔断器，需要用作短路保护时必须另设熔断器。组合开关的结构示意图如图 1-8 所示，图形及文字符号如图 1-9 所示。

(4) 选择。转换开关应根据电源种类、电压等级、所需触点数、接线方式和负载容量进行选择。用于直接控制异步电动机的起动和正反转时，开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

4. 按钮

(1) 用途。按钮是一种短时接通或断开控制电路的一种手动电器。由于它专门发送命令或信号，所以按钮属于主令电器，也称“主令开关”。按钮的触点允许通过的电流比较小，一般不超过 5A。

(2) 结构。按钮开关的外形和结构如图 1-10 所示，图形符号及文字符号如图 1-11 所示。

按钮主要由按钮帽、复位弹簧、动合触点、动断触点、接线柱、外壳等组成。按钮在未受到外力作用时，在复位弹簧作用下已闭合的触点称为动断触点，断开的触点称为动合触点。当按下按钮时，动断触点先断开，动合触点后闭合；按钮松开后，在复位弹簧作用下，触点又复

位，即动断触点闭合，动合触点断开。

(3) 型号。按钮的型号及含义如图 1-12 所示。

为满足不同用途和操作的需要，可选择不同结构形式的按钮，如开启式、防护式、防水式、隔爆式、旋钮式、钥匙式等。为了识别各个按钮的作用以避免误操作，通常在按钮帽上涂不同的颜色加以区别，一般以红色表示停止按钮，绿色表示起动按钮。

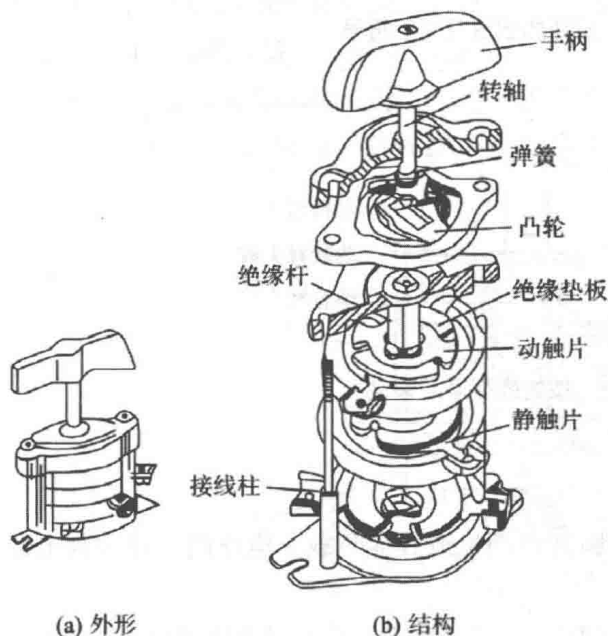


图 1-8 组合开关的结构示意图

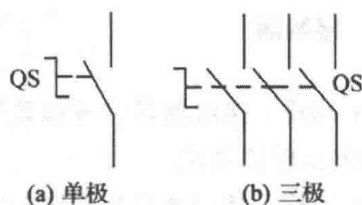


图 1-9 组合开关的图形、文字符号

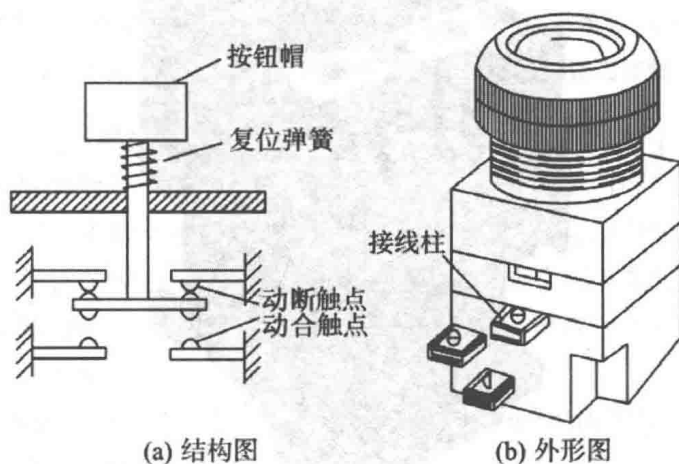


图 1-10 按钮开关的结构及外形图

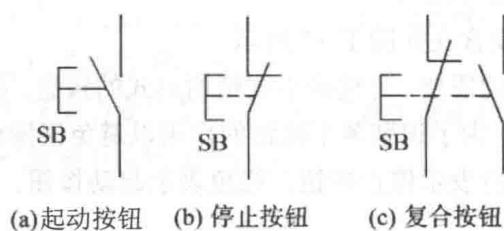


图 1-11 按钮的图形及文字符号

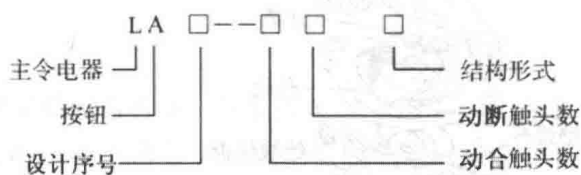


图 1-12 按钮的型号、含义

5. 接触器

(1) 用途。接触器是一种频繁接通、断开电动机或其他负载主电路的一种控制电器，具有零压和欠压保护功能。

(2) 结构。接触器的外形图如图 1-13 所示，接触器的结构示意图如图 1-14 所示。



图 1-13 接触器的外形图

流的控制电路，体积较小，有动合和动断两种。

(10A 以上), 均加装灭弧装置用于熄灭电弧。

彈簧、触点壓力彈簧、傳動機構、接線柱、外殼等部件。

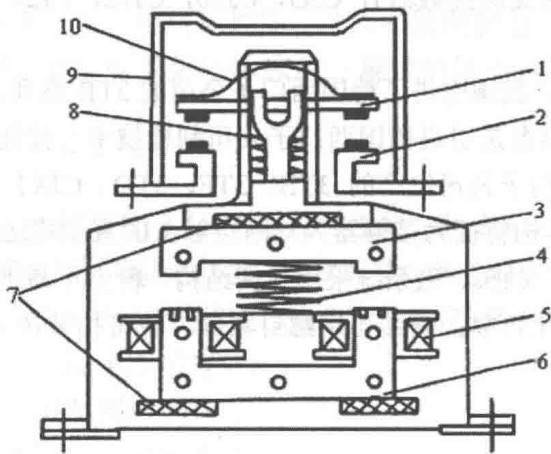


图 1-14 接触器的结构示意图

1—动触桥；2—静触点；3—衔铁；4—缓冲弹簧；5—电磁线圈；6—静铁芯；

7—垫毡；8—触点弹簧；9—灭弧罩；10—触点压力弹簧

合, 动断辅助触点断开。主触点将主电路接通, 辅助触点则接通或分断与之相连的控制电路。

实现主电路和控制电路分断，因此，接触器具有失压和欠压释放保护功能。

(4) 接触器的主要技术参数。

级为 36V, 127V, 220V, 380V, 500V, 660V 等。

2) 额定电流: 主触点允许长期通过的负荷电流。目前常用的电流等级为 $6.3 \sim 800\text{A}$ 。

3) 线圈的额定电压: 接触器线圈正常工作应施加的电压值。交流接触器的常用电压等级

为 36V, 127V, 220V, 380V。

(5) 符号。接触器的图形符号和文字符号如图 1-15 所示。

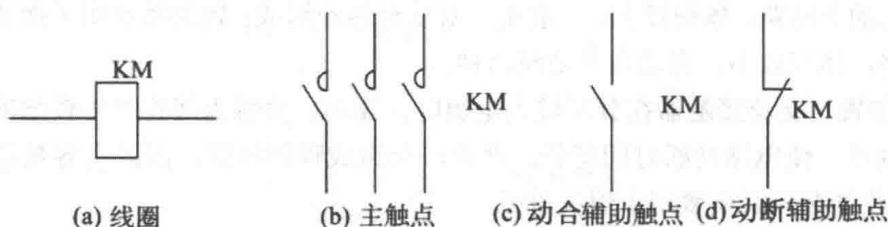
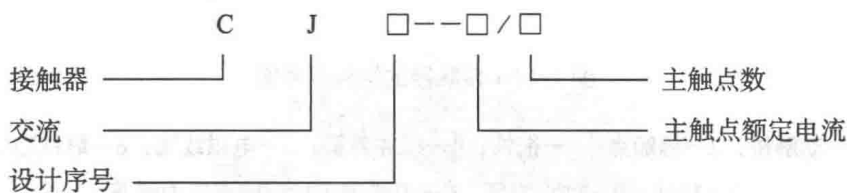


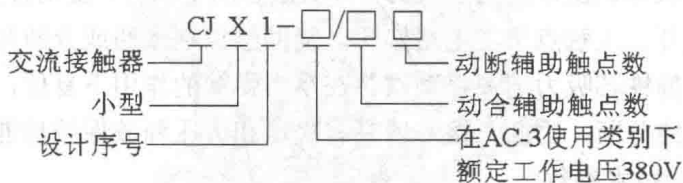
图 1-15 接触器的图形符号和文字符号

(6) 型号。国产常用的交流接触器有 CJO, CJ10, CJ12, CJ20 等系列产品, 其型号的含义如图 1-16(a)所示。

除了国产交流接触器, 我国引进了德国西门子公司生产的 3TB 系列、BBC 公司的 B 型系列产品。CJX1 系列交流接触器是引进德国西门子公司制造技术, 性能等同于 3TB, 3TF, 特性及安装尺寸等同于德国西门子公司生产的 3TB, 3TF, 3TD。CJX1 系列交流接触器型号的含义如图 1-16(b)所示。其结构特征为接触器为双断点触头的直动式运动结构, 动作机构灵活, 手动检查方便, 结构紧凑; 触头、磁系统采用封闭结构, 粉尘不易进入, 能提高寿命; 接线端均有防护罩覆盖, 使用安全可靠; 安装可用螺钉紧固, 也可扣装在 35mm 的安装轨上, 装卸迅速、方便。



(a) CJ 系列接触器的型号



(b) CJX1 系列交流接触器的型号

图 1-16 交流接触器的型号

(7) 选用。

- 1) 接触器主触点的额定电压应大于或等于被控制电路的最高电压。
- 2) 接触器主触点的额定电流应大于被控制电路负载的最大工作电流。
- 3) 接触器线圈的额定电压应与控制电路的电压一致。
- 4) 接触器的触点数量和种类应满足主电路和控制电路的要求。

1.1.2 电气控制系统图的识图

电气控制线路是用导线将电动机、电器、仪表等电器元件连接起来并实现某种要求的电气线路。为了表达电气控制线路的组成、原理等设计意图,同时也为了便于电器元件的安装、接线、调试、运行及维护,将电气控制线路中各电器元件的连接用统一的工程语言即工程图的形式来表示,这种图就是电气控制系统图。

电气控制系统图主要有三种：电气原理图、电器布置图和电气安装接线图。为了便于阅读，在绘制电气控制系统图时，必须采用国家统一规定的图形符号、文字符号和绘图方法。

1. 常用电气图形符号和文字符号

随着我国经济的发展,近年来我国从国外引进大量的先进设备,为便于掌握引进的先进技术和设备,加强国际交流和满足国际市场的需要,国家标准局参考国际电工委员会(IEC)颁布的相关文件,对原有的电气制图标准做了大量的修改,颁布了一系列国家标准,主要有以下几种:

- | | |
|-------------|-------------------------------|
| GB4728—1985 | 《电气图用图形符号》 |
| GB6988—1986 | 《电气制图》 |
| GB5094—1985 | 《电气技术中的项目代号》 |
| GB7159—1987 | 《电气技术中的文字符号制定通则》 |
| GB4026—1983 | 《电器接线端子的识别和用字母数字符号标志接线端子的通则》。 |

(1) 图形符号。GB4728—1985 中的图形符号通常用于图样或其他文件，以表示一个设备或概念的图形、标记或字符等，它由一般符号、符号要素、限定符号等组成。

1) 一般符号。用来表示一类产品或此类产品特征的一种通常很简单的符号，称为一般符号，如电动机的一般符号为“*”，“*”用“M”代替表示电动机，用“G”代替表示发电机。

2) 符号要素一种具有确定意义的简单图形, 必须同其他图形组合以构成一个设备或概念的完整符号如电动机的符号“”, 就是由表示装置的符号要素“”加上电动机的英文名称的字首“M”组合而成。

3) 限定符号用来提供附加信息的一种加在其他符号上的符号,称为限定符号。限定符号不能单独使用,它可使图形符号更具多样性。如在电阻器一般符号的基础上分别加上不同的限定符号,就可得到可变电阻器、压敏电阻器和热敏电阻器。

(2) 文字符号。GB7159—1987 中文字符号适用于电气技术领域中文文件的编制，也可表示在电气设备、装置和元器件上或其近旁，以标明电气设备、装置和元器件的名称、功能和特征。