



高等职业教育“十二五”规划教材
全国高等职业教育制造类专业系列规划教材

电气控制与PLC技术

潘芳伟 主编



科学出版社

高等职业教育“十二五”规划教材
全国高等职业教育制造类专业系列规划教材

电气控制与 PLC 技术

潘芳伟 主编

潘攀 副主编



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书的编写贯彻“一个中心，一个导向，三个嵌入”的原则，即以学生为中心，以就业为导向，在教学过程中进行考证体系、说明书教学体系、竞赛教学体系的嵌入。本书主要内容包括从简单到复杂的十六个项目，深入浅出地讲述了电气控制与 PLC 控制的基本原理、设计方法等基本知识，介绍了 PLC 与变频器、步进电动机、触摸屏等技术的综合应用。

本书可以作为高职高专电类、机电类、数控类等相关专业的教材，也可作为相关技术人员的技术参考书或培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 技术/潘芳伟主编. —北京: 科学出版社, 2013

(高等职业教育“十二五”规划教材·全国高等职业教育制造类专业系列规划教材)

ISBN 978-7-03-039039-4

I. ①电… II. ①潘… 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 (2013) 第 259897 号

责任编辑: 艾冬冬/责任校对: 王万红

责任印制: 吕春珉/封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年1月第一版 开本: 787×1092 1/16

2014年1月第一次印刷 印张: 19 1/2

字数: 440 000

定价: 39.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换<新科>)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62138978-8212

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

编委会名单

主 编 潘芳伟

副主编 潘 攀

主 审 卢菊洪 汪军明

编 委 王 科 关士岩 李军庆

杨邦军 韩春娟

前 言

本书以培养能从事机电一体化产品和系统初步设计、制造加工、调试、运行、维护、维修、技术改造及售后服务和营销能力的高技能应用型人才为目标。通过本课程的学习,学生要具有本课程必备的基础理论知识和专业知识,较强的实践技能,还要取得相应的职业资格证书——电工上岗证,中、高级维修电工等级证书,具备从事机电一体化及相关领域的技术应用工作能力。

本书有以下几个特点:

1) 注重学生的职业生涯发展以及职业素养的培养。在学习知识与技能的同时,注意培养学生的安全意识、成本意识、责任意识。

2) 以经典产品的开发为课程设计任务,采用项目导向、任务驱动的章节模式。本书以简单到复杂的工作任务为载体,根据各项工作任务的需要,将原理性知识内容分散在各项工作任务中,使学生通过项目的学习,具备相应的专业能力、方法能力、社会能力以及个人能力。

3) 围绕人才培养目标要求,在教学过程中嵌入中级、高级电工培训体系,把说明书教育带入教学中,增加学生的就业能力和自学能力,使学生通过本课程的学习,不仅可以获得基础知识和操作技能,同时具有独立分析、设计、实施、评价的能力,具有获取、分析使用信息和新技术的能力,具有自学能力、理解能力与表达能力。本书还注意培养学生的沟通协作意识、质量意识、安全意识、成本意识、责任意识。

本书共分为两大部分:电气控制部分与 PLC 控制部分。电气控制部分由电动机的起停控制、工作台的自动往返控制、电动机的降压起动控制、电动机的制动控制、电动机的调速控制、典型机床电气控制系统六大应用较广泛的项目组成,深入浅出地讲述了电动机、各类低压电器的结构原理、使用、选择方法,各类经典控制电路的设计方法和安装调试,各类常见机床的结构、电气控制电路、故障排查技巧等技能。PLC 控制部分由认识 PLC、基于 PLC 电动机起停控制、四路抢答器的 PLC 程序控制、基于 PLC 控制的昼夜报时系统、液体混合装置的 PLC 控制、霓虹彩灯的 PLC 控制、基于 PLC 控制的产品出入库数量监控系统、步进电动机的 PLC 控制、PLC 的模拟量扩展及通信、PLC 与触摸屏的综合应用十大典型项目为载体。本书以 S7-200 系列的 PLC 为例,系统地介绍了 PLC 的基本工作原理,编程软件、仿真软件、指令、编程技巧、PLC 控制系统的设计方法,综合了变频器、步进电动机、触摸屏等技术,讲解了 PLC 硬件和软件设计方法和系统安装调试技巧。

本书为浙江省教育科学规划 2013 年度课题研究成果(编号 SCG354)。本书在编写过程中得到浙江亚龙教育装备股份有限公司的支持和帮助。本书由丽水职业技术学院潘芳伟担任主编,丽水职业技术学院潘攀担任副主编,丽水职业技术学院王科、关士岩、李军庆、杨邦军以及东北石油大学秦皇岛分校韩春娟参与编写。但限于编者水平,书中难免存在不足之处,恳请各位同仁及读者批评指正。

电动机控制

第1部分 电气控制

项目



电动机的起停控制

项目学习目标

知识目标

1. 认识电动机、接触器、开关类电器等常见低压电器元件的结构、原理、参数、符号、选用方法。
2. 掌握安全用电的基本知识和方法。
3. 学习和熟悉常用电工仪表的使用。
4. 通过项目的训练，初步认识电气原理图，能够合理地布置元器件，掌握简单电气原理图的接线。
5. 掌握电气控制线路中的保护措施。



1.1 项目的提出

在工农业生产中,生产机械的运动部件的运动是由驱动设备带动的,最常用的驱动设备是三相笼形异步电动机。随着科技水平的提高,机床电气控制系统也在不断地进步。从最开始的手动控制,到后来的接触器、继电器控制,以及本书将要介绍的 PLC (programmable logic controller) 控制。由于接触器、继电器控制系统具有结构简单、价格低廉、维护方便、抗干扰能力强等优点,接触器、继电器控制系统在机床控制中得到了广泛和长期的应用。

网络调查题: 在机床刀具的进给过程中,电动机的运动发生了哪些变化?

1.2 项目的引入

1.2.1 三相电动机相关知识

交流电动机可分为同步电动机和异步电动机两种。同步电动机的转速(转子转速)等于旋转磁场的转速(即同步转速 $n=60f/p$, 其中 f 指电源频率, p 指磁极对数); 异步电动机的转速(转子转速)小于旋转磁场的转速。

同步电动机和异步电动机均有单相和三相之分,在本项目中,主要讨论三相异步电动机。

三相交流电动机的优点是,结构简单,制造方便,价格低廉;与同容量的直流电动机比较,价格为其 $1/3$, 质量为其 $1/2$ 。

三相交流电动机相对于直流电动机的缺点是,起动转矩小,调速性差,调速范围很小。由于交流电动机的特性使其在拖动系统中得到广泛使用。

1.2.2 三相异步电动机的结构

三相异步电动机主要由两大部分组成,一是固定不动的部分(简称定子),二是可以自由旋转的部分(简称转子)。定子与转子之间有一个很小的气隙。此外,三相异步电动机还有机座、端盖、轴承、接线盒、风扇等其他部分。

异步电动机根据转子绕组的不同结构形式,可分为笼形异步电动机(见图 1-1)和绕线转子异步电动机(见图 1-2)两种。鼠笼形异步电动机的转子绕组本身自成闭合回路,整个转子形成一个坚实的整体,其结构简单牢固、运行可靠、价格便宜,应用较为广泛,小型异步电动机绝大部分属于这类。绕线转子异步电动机的结构比笼形异步电机复杂,但启动性能较好,需要时还可以调节电动机的转速。

笼形异步电动机的结构如图 1-3 所示。

绕线转子异步电动机绕组(见图 1-4)的 3 个出线端子接到固定在转轴上的三铜环上,通过电刷引出。

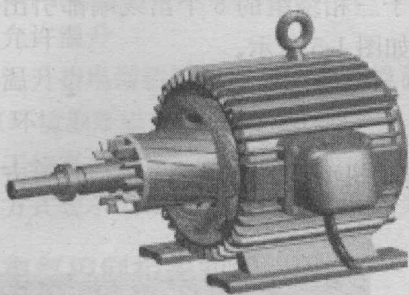


图 1-1 笼形异步电动机

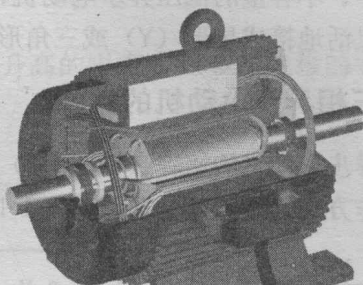


图 1-2 绕线转子异步电动机

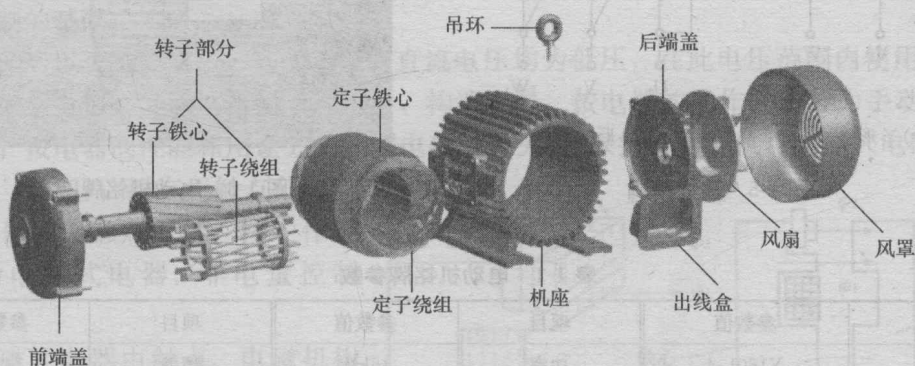


图 1-3 笼形异步电动机的结构

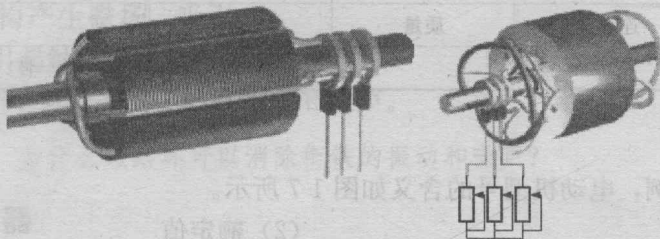


图 1-4 绕线转子异步电动机转子结构

1.2.3 三相异步电动机的工作原理

要使异步电动机工作，首先要有旋转磁场。理论与实践证明，三相对称绕组中通入三相对称电流后，空间能产生一个旋转磁场，且极性、大小、转速均不变。

三相对称绕组指 A、B、C 三相绕组匝数相等，空间上互差 120° 。

三相对称电流指 A、B、C 三相电流大小相等，时间上互差 120° 。

当磁场以同步转速 ($n=60f/p$) 转动的时候，转子在磁场中相对定子运动，切割磁场，形成感应电动势。转子铜条是短路的，有感应电流产生。转子铜条有电流，在磁场中受到力的作用，转子就会旋转起来。



对于中、小容量的低压异步电动机，通常定子三相绕组的6个出线端都引出，这样可根据需要灵活地接成星形（Y）或三角形（ Δ ），如图1-5所示。

1.2.4 三相异步电动机的铭牌

三相异步电动机的铭牌（见图1-6）上标有电动机型号、电压额定值、连接方法、绝缘等级、工作方式、厂家等信息，如表1-1所示。

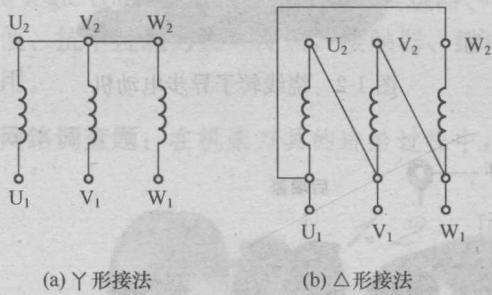


图1-5 接线结构

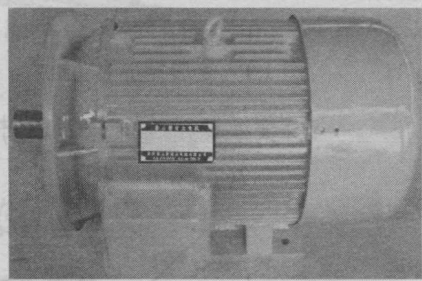


图1-6 电动机铭牌

表1-1 电动机铭牌参数

项目	参数值	项目	参数值	项目	参数值
型号	Y160L-4	功率	15kW	频率	50Hz
电压	380V	电流	30.3A	连接方法	Δ
转速	1440r/min	温升	80℃	绝缘等级	B
工作方式	连续	质量	45kg		

年 月 日 编号 ××电机厂

(1) 型号

以 Y160L-4 为例，电动机型号的含义如图1-7所示。

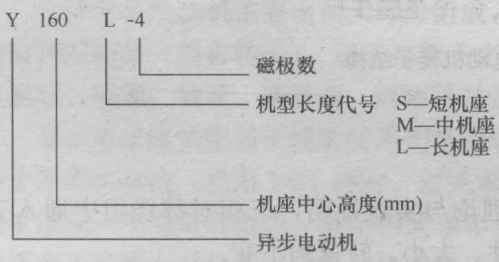


图1-7 电动机型号含义

(2) 额定值

- 1) 额定电压: $U_N(V)$ ，电动机在额定电压下运行时，规定加在定子绕组上的线电压。
- 2) 额定电流: $I_N(A)$ ，电动机在额定电流下运行时，规定加在定子绕组上的线电流。
- 3) 额定功率: $P_N(kW)$ ，电动机在额定功率下运行时，电动机的输出功率。
- 4) 额定转速: $a_n(r/min)$ ，电动机以额定转速运行时，电动机的转子转速。

5) 额定频率: $f_{ind}(Hz)$ ，规定的电源频率是50Hz。

(3) 绝缘等级

绝缘等级指电动机所用绝缘材料的耐热等级，分A、E、B、F等级。常用B级绝缘材



料的允许最高温度为 120°C 左右。

(4) 允许温升

允许温升指电动机的温度与周围环境温度相比升高的限度，如 B 级绝缘的电动机温升为 80°C （环境温度以 40°C 为标准）。

(5) 工作方式

工作方式表示电动机的运行方式，分为连续、短时、断续 3 种。

1.2.5 电气控制相关知识

电气控制系统中的基本组成元件是低压电器，即使是可编程控制器系统也需要大量的低压电器相互配合，才能组成一个完整的控制系统。低压电器是学习电气控制与可编程控制器控制的基础。

1200V 以下交流电压、1500V 以下直流电压均为低压，在此电压范围内使用的电器元件统称低压电器。低压电器的品种繁多，构造各异，按电器的动作性质分为手动电器、自动电器；按电器的性能和用途分为控制电器（开关）、保护电器、执行电器（电磁铁）、主令电器（按钮）；按有无触点分为有触点电器、无触点电器；按工作原理分为电磁式电器、非电量控制电器。

电磁式电器由触点、电磁机构组成。如图 1-8 所示，电磁机构由线圈、铁心、衔铁组成。当线圈通交流电时，电磁机构产生磁场，吸引衔铁动作，进而引起触点发生动作。

铁心上面有短路环，用来消除衔铁的振动和噪声。

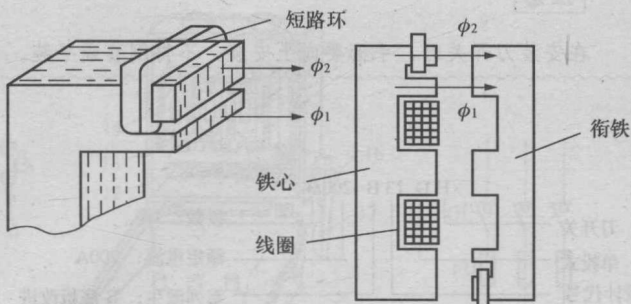


图 1-8 电磁机构

网络调查题：为什么短路环可以消除衔铁的振动和噪声？

1.2.6 开关电器

开关电器主要用于电源的隔离、转换以及接通和断开电路。

1. 刀开关

刀开关也称隔离开关，用于不频繁地手动接通、断开电路和隔离电源。常用的刀开关有 HD 型单投刀开关、HS 型双投刀开关、HR 型熔断器式刀开关、HZ 型组合开关、HK 型闸刀开关、HY 型倒顺开关等，如图 1-9 所示。

以单投刀开关为例，其型号含义如图 1-10 所示，其中，设计代号有多种，如 11 表示中央手柄式，12 表示侧方正面杠杆操作机构式，13 表示中央正面杠杆操作机构式，14 表示侧面手柄式。

刀开关主要由操作手柄、触刀、触电座、底座组成，依靠手动来实现控制，其图形符号如图 1-11 所示。在选择刀开关时，应使其额定电压等于或大于电路的额定电压，其额定

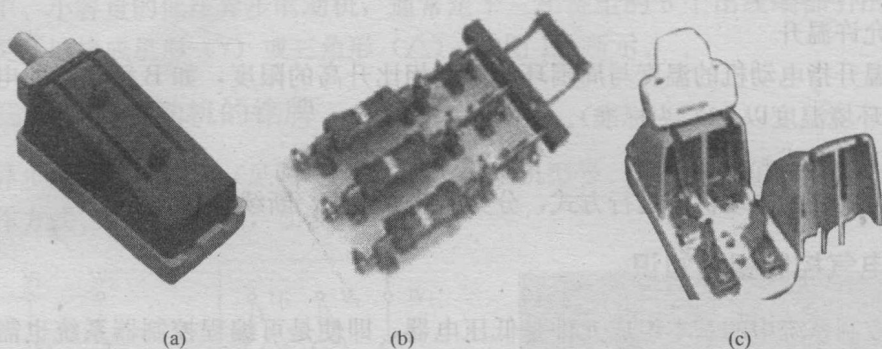


图 1-9 刀开关

电流等于或大于电路的额定电流。当用刀开关控制电动机时，其额定电流要大于电动机额定电流的 3 倍。

注意

在安装刀开关时，手柄要向上安装，不得倒装或平装。

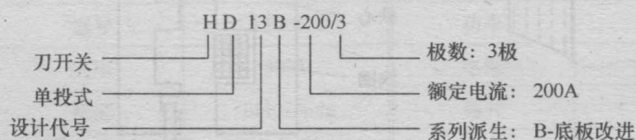


图 1-10 单投刀开关型号含义

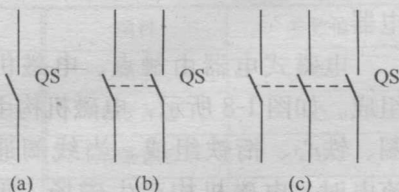


图 1-11 刀开关的图形符号

2. 组合开关

组合开关（见图 1-12）又称转换开关，控制的容量一般比较小，通常用于空间比较狭小的场合，如机床和配电箱等。组合开关一般用于电气设备的非频繁操作、切换电源和负载以及控制小容量感应电动机和小型电器。

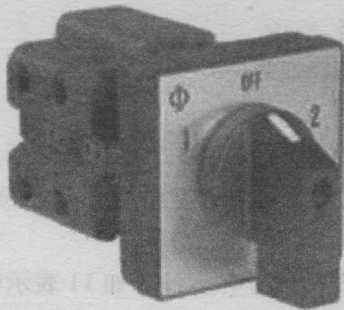


图 1-12 组合开关

如图 1-13 所示，组合开关由动触点、静触点、绝缘连杆转轴、手柄、定位机构及外壳等部分组成。其中，动触点、静触点分别叠装于数层绝缘壳内，当转动手柄时，每层的动触片随转轴一起转动。

常用的组合开关产品有 HZ5、HZ10 和 HZ15 系列。HZ5 系列是类似万能转换开关的产品，其结构与一般转换开关有所不同；组合开关有单极、双极和多极之分。

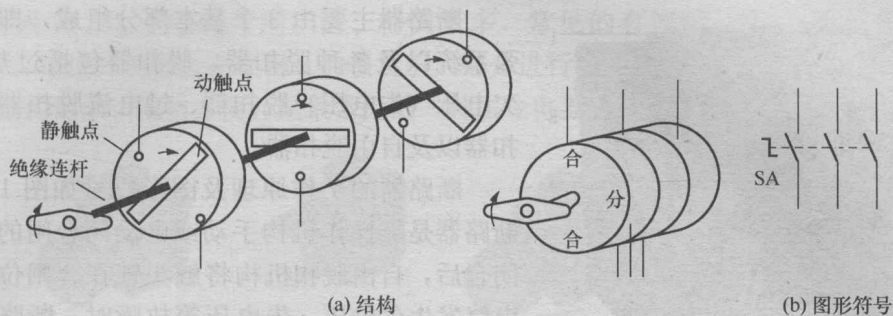


图 1-13 组合开关结构及其图形符号

3. 负荷开关

开启式负荷开关和封闭式负荷开关是一种手动电器，常用于电气设备中作为隔离电源用，有时也用于直接起动小容量的笼形异步电动机。

负荷开关结构及其图形符号如图 1-14 所示。

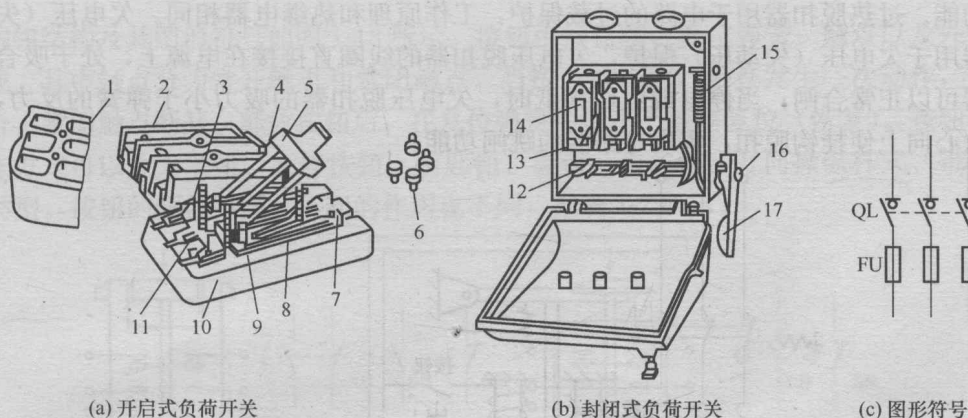


图 1-14 负荷开关及其图形符号

- 1—上胶盖；2—下胶盖；3—插座；4—触刀；5—操作手柄；6—固定螺母；7—进线端；8—熔丝；
9—触点座；10—底座；11—出线端；12—触刀；13—插座；14—熔断器；15—速断弹簧；
16—转轴；17—操作手柄

网络调查题：在安装刀开关时，为什么手柄要向上安装，不得倒装或平装？

4. 低压断路器

低压断路器俗称自动开关或空气开关，用于低压配电电路的不频繁通断控制。低压断路器在电路发生短路、过载或欠电压等故障时能自动切断电路，是一种既具有控制作用，也具有保护作用的低压电器。其结构如图 1-15 所示。

断路器的种类繁多，根据其用途和结构特点可分为 DW 型框架式断路器、DZ 型塑料外壳式断路器、DS 型直流快速断路器和 DWX 型、DWZ 型限流式断路器等。框架式断路器主要用做配电电路的保护开关，而塑料外壳式断路器除可用做配电电路的保护开关外，还可用做电动机、照明电路及电热电路的控制开关。

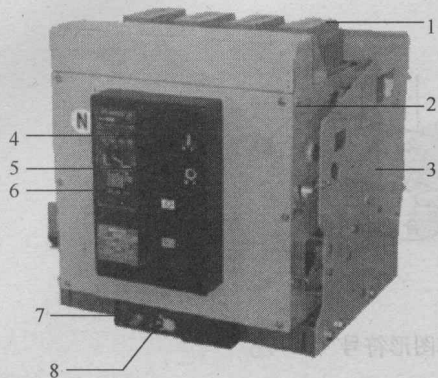


图 1-15 低压断路器

1—灭弧罩；2—开关本体；3—抽屉座；4—合闸按钮；5—分闸按钮；6—智能脱扣器；7—摇匀柄插入位置；8—连接/试验/分离指示

断路器主要由 3 个基本部分组成，即触头、灭弧系统以及各种脱扣器。脱扣器包括过热脱扣器、欠电压（失电压）脱扣器、过电流脱扣器、分励脱扣器以及自由脱扣器。

断路器的工作原理及图形符号如图 1-16 所示。断路器是靠操作机构手动或电动闭合闸的。其触头闭合后，自由脱扣机构将触头锁在合闸位置上。当电路发生欠电压、失电压等故障时，断路器会通过各自的脱扣器使自由脱扣机构动作，完成自动跳闸以实现各种保护作用。其中，分励脱扣器的作用是远距离控制分断电路。过电流脱扣器用于电路的短路和过电流保护，当电路的电流大于整定的电流值时，过电流脱扣器所产生的电磁力使挂钩脱扣，动触头在弹簧的拉力作用下迅速断开，实现断路器的跳闸功能。

过热脱扣器用于电路的过载保护，工作原理和热继电器相同。欠电压（失电压）脱扣器用于欠电压（失电压）保护，欠电压脱扣器的线圈直接接在电源上，处于吸合状态，断路器可以正常合闸；当停电或电压很低时，欠电压脱扣器的吸力小于弹簧的反力，弹簧使动铁心向上使挂钩脱扣，实现断路器的跳闸功能。

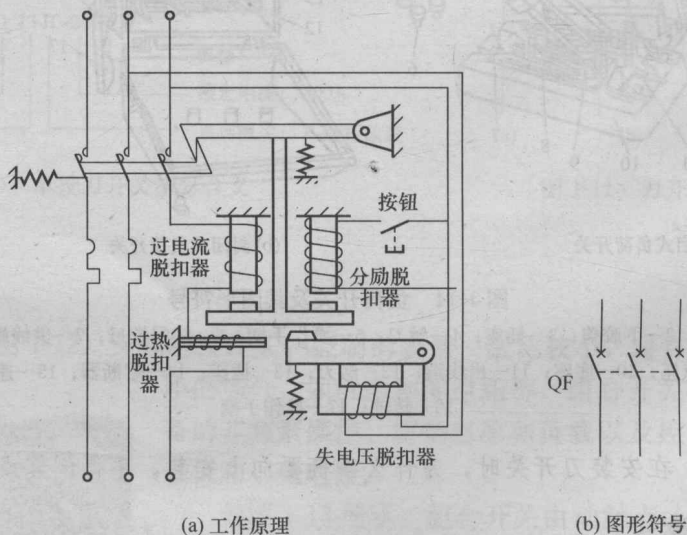


图 1-16 断路器工作原理图及图形符号

不同型号的断路器，其保护作用是不同的，使用时要根据需要进行选用。断路器的型号含义，以 DW17-400/3 为例：DW 表示万能自动空气断路器，17 表示设计代号，400 表示额定电流 (A)，3 表示 3 极。

1.2.7 按钮

主令电器在控制电路中起到发布控制命令、控制电路通断，从而控制电路执行响应的



控制任务的作用。主令电器应用广泛、种类繁多，常见的有按钮、行程开关、接近开关（行程开关、接近开关将会在项目 2 的项目引入部分进行讲解）等。

按钮结构简单、控制方便，是最常见的一种主令电器，如图 1-17 所示。

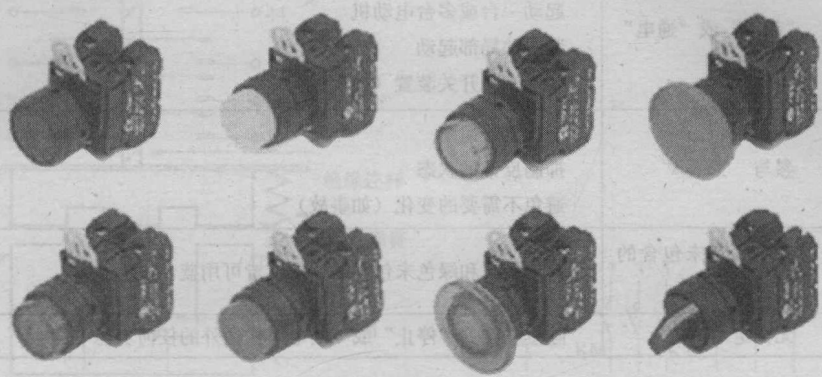


图 1-17 按钮

按钮结构及其图形符号如图 1-18 所示。按钮由按钮帽、复位弹簧、触点以及外壳等部分组成。其中触点分为常开触点和常闭触点。当按下按钮时，触点发生一次动作，常开触点闭合，常闭触点断开。释放按钮后，在复位弹簧的作用下触点复位（恢复）。按钮按外形和操作方式可以分为平钮、急停按钮、钥匙钮、旋钮、拉式钮、万向操纵杆式、带灯式等多种类型。按钮的颜色不同，所起的作用也不同，如表 1-2 所示。

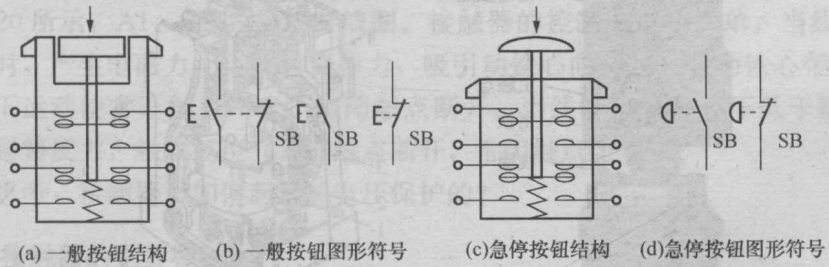


图 1-18 按钮结构及其图形符号

表 1-2 按钮颜色的含义

颜色	含义	举 例
红	处理事故	紧急停机 扑灭燃烧
	“停止”或“断电”	正常停机 停止一台或多台电动机 装置的局部停机 切断一个开关 带有“停止”或“断电”功能的复位



续表

颜色	含义	举 例
绿	“起动”或“通电”	正常起动 起动一台或多台电动机 装置的局部起动 接通一个开关装置（投入运行）
黄	参与	防止意外情况 抑制反常的状态 避免不需要的变化（如事故）
蓝	上述颜色未包含的任何指定用意	凡红、黄和绿色未包含的用意，皆可用蓝色
黑、灰、白	无特定用意	除单功能的“停止”或“断电”按钮外的任何功能

1.2.8 接触器

接触器主要用于频繁地接通或断开交直流主电路，实现远距离的自动控制。接触器的主要控制对象是电机。接触器配合各种继电器可以实现对电机的定时操作、联锁控制、各种定量控制以及对线路进行失电压、欠电压保护。

接触器有交流接触器和直流接触器两大类型，其结构如图 1-19 和图 1-20 所示。

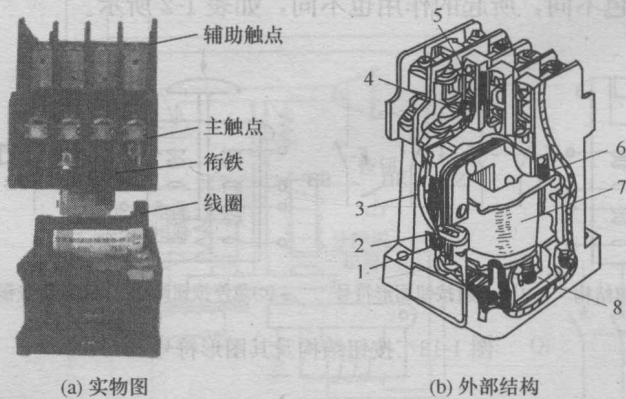


图 1-19 交流接触器及其外部结构

1—静铁心；2—短路环；3—衔铁；4—常开触点；5—常闭触点；
6—反作用弹簧；7—线圈；8—缓冲弹簧

1. 交流接触器的结构

交流接触器主要由以下几部分组成。

- 1) 电磁机构：由线圈、动铁心（衔铁）和静铁心组成。
- 2) 触点系统：交流接触器的触点系统包括主触点和辅助触点。主触点用于通断主电路，有 3 对或 4 对常开触点；辅助触点用于控制电路，起电气联锁或控制作用，通常有两对常开触点两对常闭触点。