



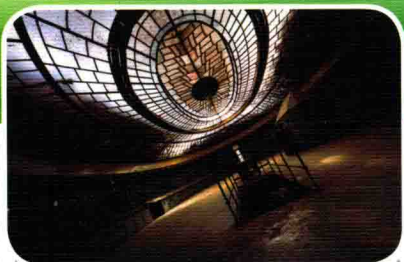
高等职业教育“十三五”规划教材 >>>> 新能源课程群

技能型人才培养特色名校建设规划教材

# 电气控制及PLC 应用技术

主 编 ◆ 王东霞 梁 强  
副主编 ◆ 陈圣林 宋晓鸣 董圣英

GO GREEN



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

高等职业教育“十三五”规划教材（新能源课程群）

# 电气控制及 PLC 应用技术

主 编 王东霞 梁 强

副主编 陈圣林 宋晓鸣 董圣英



中国水利水电出版社

[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

## 内 容 提 要

本书是为了适应高等职业教育发展的需要,在现场调研和聘请现场技术专家,共同对电气控制技术与 PLC 应用课程的能力层次和知识层次进行全面分析和探讨的基础上,经过反复修订而编写的。本书以西门子 S7-200 系列可编程控制器为代表,突出应用性、针对性,加强实践能力培养,以任务驱动式为特色,分九个项目介绍 PLC 的基本知识及应用技术。在介绍过程中,以任务描述→相关知识→任务分析→任务实施→能力考评→知识拓展为顺序对学习过程进行引导,始终体现“以学习者为中心”的教学理念。

本书的九个项目各自独立,又相互衔接,逐层提高,可以满足不同专业、不同层次学习者的学习需要,本书可作为高职院校自动化等电类专业及机电类专业的教学用书,也可作为 PLC 技术的培训教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

电气控制及PLC应用技术 / 王东霞, 梁强主编. --  
北京: 中国水利水电出版社, 2016. 5  
高等职业教育“十三五”规划教材. 新能源课程群  
ISBN 978-7-5170-4275-4

I. ①电… II. ①王… ②梁… 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. 2②TM571. 6

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第080178号

策划编辑: 祝智敏

责任编辑: 李 炎

封面设计: 李 佳

书 名	高等职业教育“十三五”规划教材(新能源课程群) 电气控制及 PLC 应用技术
作 者	主 编 王东霞 梁 强 副主编 陈圣林 宋晓鸣 董圣英
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	184mm×240mm 16开本 11.75印张 255千字
版 次	2016年5月第1版 2016年5月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	26.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换  
版权所有·侵权必究

## 丛书编委会

主任：陈章侠 殷淑英

副主任：梁 强 静国梁 王记生 董兆广

于洪水 姜金国 陈圣林

委员：（按姓氏笔画排序）

王东霞 王冬梅 王 伟 方冬稳

曲道宽 闫学敏 李 飞 杨春民

肖晓雨 吴朝晖 邵在虎 郜 峰

黄小章 崔青恒 崔 健 彭 波

董圣英 景悦林 裴勇生

秘 书：祝智敏

# I

# 序 言

第三次科技革命以来，高新技术产业逐渐成为当今世界经济发展的主旋律和各国国民经济的战略性先导产业，各国相继制定了支持和促进高新技术产业发展的方针政策。我国更是把高新技术产业作为推动经济发展方式转变和产业结构调整的重要力量。

新能源产业是高新技术产业的重要组成部分，能源问题甚至关系到国家的安全和经济命脉。随着科技的日益发展，太阳能这一古老又新颖的能源逐渐成为人们利用的焦点。在我国，光伏产业被列入国家战略性新兴产业发展规划，成为我国为数不多的处于国际领先地位，能够在与欧美企业抗衡中保持优势的产业，其技术水平和产品质量得到越来越多国家的认可。新能源技术发展日新月异，新知识、新标准层出不穷，不断挑战着学校专业教学的科学性。这给当前新能源专业技术人才培养提出极大挑战，新教材的编写和新技术的更新也显得日益迫切。

在这样的大背景下，为解决当前高职新能源应用技术专业教材的匮乏，新能源专业建设协作委员会与中国水利水电出版社联合策划、组织来自企业的专业工程师、部分院校一线教师，协同规划和开发了本系列教材。教材以新能源工程实用技术为脉络，依托来自企业多年积累的工程项目案例，将目前行业发展中最实用、最新的新能源专业技术汇集进专业方案和课程方案，编写入专业教材，传递到教学一线，以期各高职院校的新能源专业教学提供更多的参考与借鉴。

## 一、整体规划全面系统，紧贴技术发展和应用要求

新能源应用技术系列教材主要包括光伏技术应用，课程的规划和内容的选择具有体系化、全面化的特征，涉及到光电子材料与器件、电气、电力电子、自动化等多个专业学科领域。教材内容紧扣新能源行业和企业工程实际，以新能源技术人才培养为目标，重在提高专业工程实践能力，尽可能吸收企业新技术、新工艺和案例，按照基础应用到综合的思路进行编写，循序渐进，力求突出高职教材的特点。

## 二、鼓励工程项目形式教学，知识领域和工程思想同步培养

倡导以工程项目的形式开展教学，按项目、分小组、以团队方式组织实施；倡导各团队成员之间组织技术交流和沟通，共同解决本组工程方案的技术问题，查询相关技术资料，组织小组撰写项目方案等工程资料。把企业的工程项目引入到课堂教学中，针对工程中实际技能组织教学，让学生在掌握理论体系的同时，能熟悉新能源工程实施中的工作技能，缩短学生未来在企业工作岗位上的适应时间。

## 三、同步开发教学资源，及时有效更新项目资源

为保证本系列课程在学校的有效实施，丛书编委会还专门投入了大量的人力和物力，为系列课程开发了相应的、专门的教学资源，以有效支撑专业教学实施过程中的备课授课，以及项目资源的更新、疑难问题的解决，详细内容可以访问中国水利水电出版社万水分社的万水书苑网站，以获得更多的资源支持。

本系列教材的推出是出版社、院校教师和企业联合策划开发的成果。教材主创人员先后数次组织研讨会开展交流、组织修订以保证专业建设和课程建设具有科学的指向性。来自皇明太阳能集团有限公司、力诺集团、晶科能源有限公司、晶科电力有限公司、越海光通信科技有限公司、山东威特人工环境有限公司、山东奥冠新能科技有限公司的众多专业工程师和产品经理于洪水、彭波、黄小章、姜金国等为教材提供了技术审核和工程项目方案的支持，并承担全书的技术资料整理和企业工程项目的审阅工作。山东理工职业技术学院的静国梁、曲道宽，威海职业学院的景悦林，菏泽职业学院的王记生，皇明太阳能职业中专的董兆广等都在教材成稿过程中给予了支持，在此一并表示衷心感谢！

本书规划、编写与出版过程历经三年时间，在技术、文字和应用方面历经多次的修订，但考虑到前沿技术、新增内容较多，加之作者文字水平有限，错漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

丛书编委会

# II

## 前 言

本书是作者在多年高等职业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、技术骨干等的共同指导和参与下，为适应高等职业院校电气自动化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项目中，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，把高职教育要突出“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电工标准。

本书由德州职业技术学院王东霞、梁强主编，陈圣林、宋晓鸣、董圣英任副主编，李建、郭云、李飞、裴勇生、李建勇、张媛媛、韩焯华、施秉旭参加编写。项目一、二由王东霞编写，项目三、四由梁强、陈圣林编写，项目五、六由宋晓鸣、董圣英编写，项目七由李建勇、裴勇生编写，项目八由张媛媛、韩焯华编写，项目九由李飞、施秉旭编写，全书的修改定稿由王东霞负责。

本书在编写过程中得到了德州亨达利电气设备有限公司李庆昌、林成名等现场技术专家的指导，在此表示感谢！

由于编者水平有限，书中难免出现不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2016年2月

# III

## 目 录

序言	
前言	
项目一 电动机单向连续运转控制电路的	
安装与调试	1
任务一 接触器控制的电动机连续运转电路	1
【任务描述】	1
【相关知识】	2
【任务实施】	14
【能力考评】	16
思考与练习	16
任务二 认识 PLC	17
【任务描述】	17
【相关知识】	17
思考与练习	26
项目二 电动机的正反转控制电路的	
安装与调试	27
任务一 接触器控制的电动机正反转控制	
电路	27
【任务描述】	27
【相关知识】	28
【任务实施】	38
【能力考评】	39
思考与练习	40
任务二 电动机正反转的 PLC 控制	40
【任务描述】	40
【相关知识】	41
【任务分析】	53
【任务实施】	55
【能力考评】	56
思考与练习	56
项目三 电动机的降压起动控制电路的	
安装与调试	58
任务一 接触器控制的电动机 Y- $\Delta$ 降压	
起动控制电路	58
【任务描述】	58
【相关知识】	59
【任务实施】	67
【能力考评】	68
思考与练习	69
任务二 电动机的 Y- $\Delta$ 降压起动的	
PLC 控制	70
【任务描述】	70
【相关知识】	70
【任务分析】	77



【任务实施】 .....	78	【任务分析】 .....	117
【能力考评】 .....	79	【任务实施】 .....	120
【知识拓展】 .....	80	【知识拓展】 .....	121
思考与练习 .....	86	思考与练习 .....	125
项目四 电动机能耗制动控制电路的		项目七 四组抢答器 PLC 控制系统设计与调试 ..	126
安装与调试 .....	87	【任务描述】 .....	126
任务一 接触器控制的电动机能耗制动电路 ..	87	【相关知识】 .....	127
【任务描述】 .....	87	【任务分析】 .....	129
【相关知识】 .....	88	【任务实施】 .....	133
【任务实施】 .....	91	【能力考评】 .....	134
【能力考评】 .....	92	思考与练习 .....	135
思考与练习 .....	93	项目八 彩灯循环左移的 PLC 控制系统设计	
任务二 电动机的能耗制动 PLC 控制电路		与调试 .....	136
的安装与调试 .....	93	【任务描述】 .....	136
【任务描述】 .....	94	【相关知识】 .....	137
【任务分析】 .....	94	【任务分析】 .....	140
【任务实施】 .....	95	【任务实施】 .....	143
【能力考评】 .....	96	【能力考评】 .....	143
思考与练习 .....	97	思考与练习 .....	144
项目五 多种液体的混合装置 PLC 控制电路的		项目九 箱体输送 PLC 控制系统安装与调试 .....	145
设计与调试 .....	98	【任务描述】 .....	145
【任务描述】 .....	98	【相关知识】 .....	146
【相关知识】 .....	99	【任务分析】 .....	152
【任务分析】 .....	102	【任务实施】 .....	154
【任务实施】 .....	106	【能力考评】 .....	156
【能力考评】 .....	107	【知识拓展】 .....	156
思考与练习 .....	107	思考与练习 .....	161
项目六 彩灯循环点亮 PLC 控制系统设计		附录 A STEP 7-Micro/WIN 编程软件介绍 .....	162
与调试 .....	109	附录 B S7-200 的特殊存储器 (SM) 标志位 ..	176
【任务描述】 .....	109	参考文献 .....	179
【相关知识】 .....	110		

# 1

## 电动机单向连续运转控制电路 的安装与调试

### 任务一 接触器控制的电动机连续运转电路

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。

#### 【任务描述】

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】

### 一、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。

工作在交流 1200V、直流 1500V 电压及以下的电器,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。

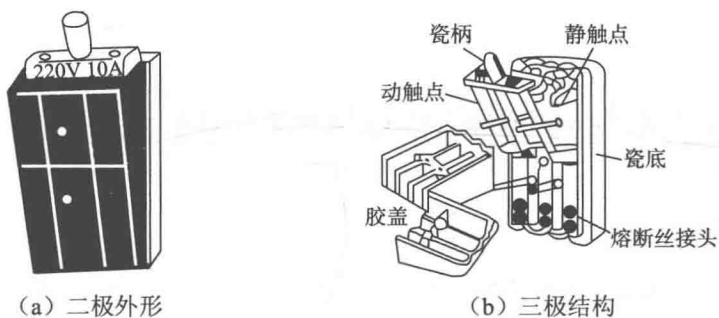


图 1-1 胶盖闸刀开关外形及结构

闸刀开关主要由操作手柄、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:

①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两极开关。

②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。

③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。闸刀在和闸状态时,手柄应向上,不可倒装或平装。

(4) 符号: 刀开关的图形及文字符号如图 1-2 所示。

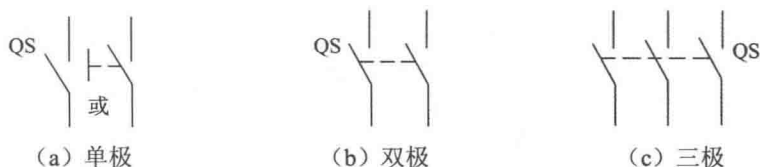


图 1-2 刀开关的图形、文字符号

## 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，按其结构不同分类，有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。

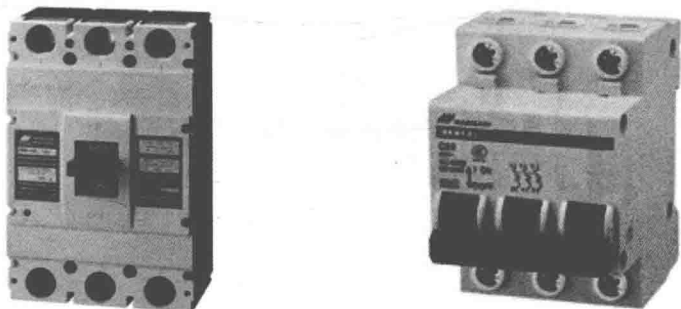


图 1-3 低压断路器外形图

低压断路器主要由触点、灭弧装置和各种脱扣器组成。脱扣器包括过流脱扣器、失压脱扣器、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。

(3) 符号：低压断路器的图形及文字符号如图 1-5 所示。

(4) 型号：低压断路器的型号及含义如图 1-6 所示。

(5) 主要参数有：

- 额定电压：指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：指脱扣器允许长期通过的电流。
- 断路器的分断能力：指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。

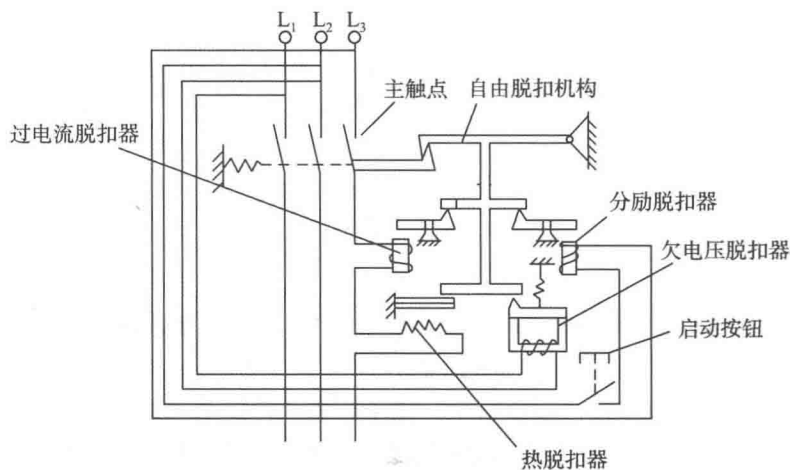


图 1-4 低压断路器的结构示意图

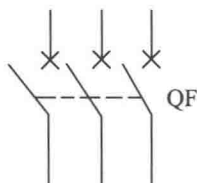


图 1-5 低压断路器的图形及文字符号

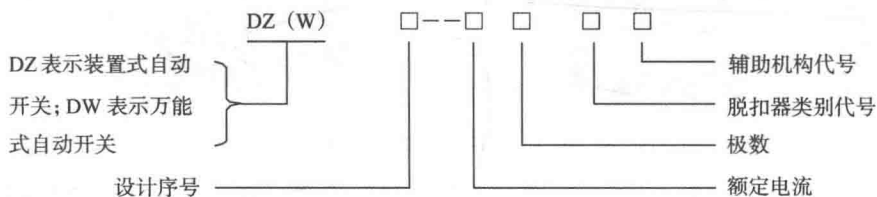


图 1-6 低压断路器的型号及含义

(6) 选用:

- ①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。
- ②热脱扣器的整定电流应等于所控制负载的额定电流。
- ③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, 供手动不频繁地接通和断开电路、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。

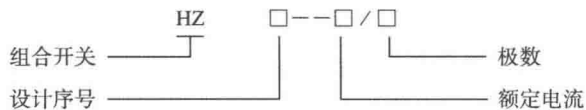


图 1-7 转换开关型号及含义

(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。

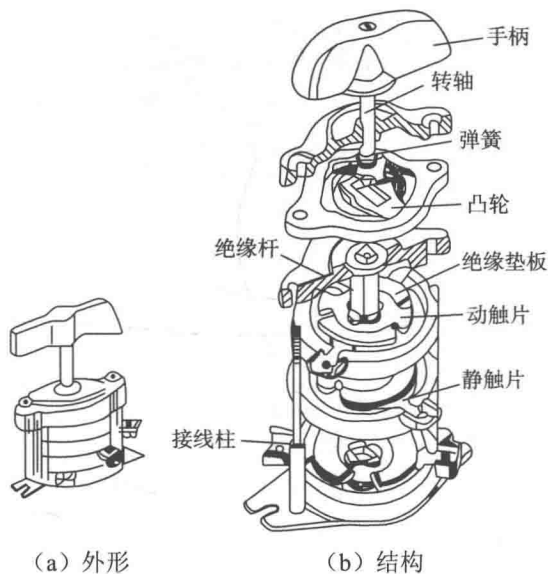


图 1-8 组合开关的结构示意图



图 1-9 组合开关的图形、文字符号

(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。

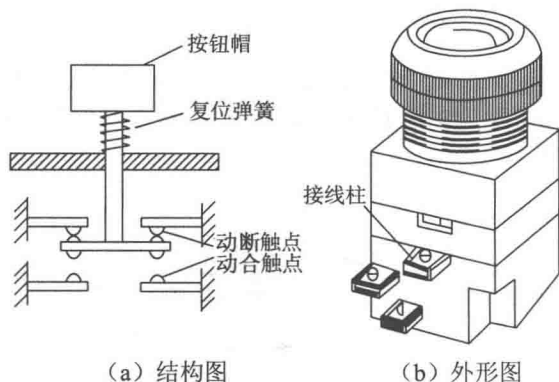


图 1-10 LA19 系列按钮开关结构及外形图



图 1-11 按钮的图形、文字符号

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。

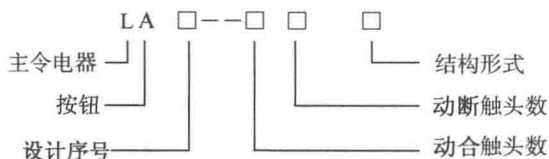


图 1-12 按钮型号的含义

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避免误操作，通常在按钮帽上涂以不同的颜色加以区别，以红色表示停止按钮，绿色表示起动按钮。

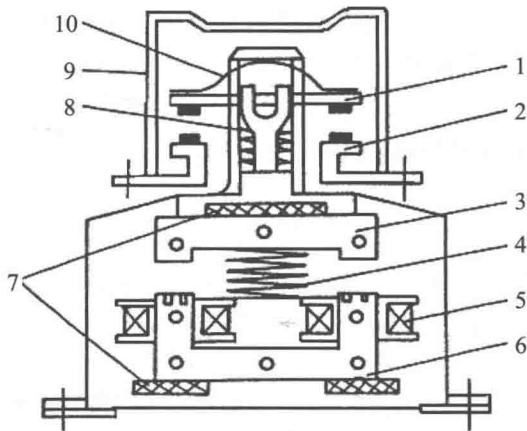
## 5. 接触器

(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控制电器，具有零压和欠压保护功能。

(2) 结构：接触器的外形如图 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



1—动触桥；2—静触点；3—衔铁；4—缓冲弹簧；5—电磁线圈；  
6—静铁心；7—垫毡；8—触点弹簧；9—灭弧罩；10—触点压力弹簧

图 1-14 接触器的结构示意图

①电磁系统。交流接触器的电磁系统由线圈、静铁心、动铁心（衔铁）等组成，其作用是操纵触点的闭合与分断。

②触点系统。接触器的触点按功能不同分为主触点和辅助触点两类。主触点用于接通和分断电流较大的主电路，体积较大，一般由三对动合触点组成；辅助触点用于接通和分断小电



流的控制电路，体积较小，有动合和动断两种。

③灭弧装置。交流接触器在分断较大电流时，在动、静触点间将产生较强的电弧。电弧不仅会灼伤触点，使电路切断时间延长，严重时还会造成相间短路。因此在容量稍大接触器（10A 以上）均加装灭弧装置用于熄灭电弧。

④其他部件。交流接触器除上述三个主要部分外，还包括反作用弹簧、复位弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构、接线柱、外壳等部件。

### （3）工作原理。

根据电磁感应原理，当接触器电磁线圈接通电源时，线圈电流产生磁场，使静铁心产生足以克服弹簧反作用力的吸力，将动铁心向下吸合，使动合主触点和辅助触点闭合，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。

当线圈断电时，静铁心吸力消失，动铁心在反力弹簧的作用下复位，各触点也随之复位，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：

①额定电压。即接触器正常工作时，主触点所允许施加的电源电压。交流接触器的电压等级为：36V、127V、220V、380V、500V、660V 等。

②额定电流。即主触点允许长期通过的负荷电流。目前常用的电流等级为 6.3~800A。

③线圈的额定电压。即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如下：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：国产常用交流接触器有 CJ0、CJ10、CJ12、CJ20 等系列产品，其型号的含义如图 1-16（a）所示。

除国产交流接触器，我国还引进了德国西门子公司的 3TB 系列、BBC 公司的 B 型系列等产品。CJX1 系列交流接触器型号的含义如图 1-16（b）所示。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。