



电工技能**自学成才**系列

双色版

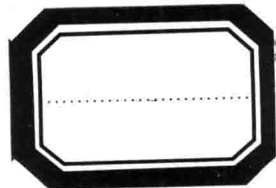
电动机控制线路

十日通

蔡杏山 主编



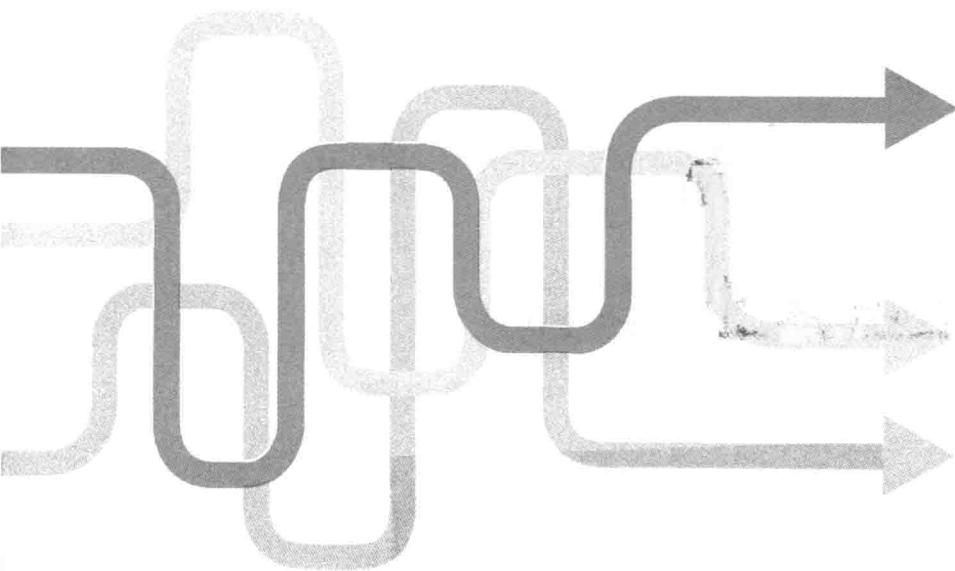
中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



电工技能自学成才系列

电动机控制线路 十日通

蔡杏山 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书将电动机及控制线路知识分为十天的学习内容讲述,可帮助读者快速入门。本书内容包括低压电器、三相异步电动机的控制线路、变频器与三相异步电动机的控制线路、直流电动机的控制线路、无刷直流电动机与单相异步电动机的控制线路、步进电动机与步进驱动器的控制线路、伺服电动机和伺服驱动器的控制线路、常用机床的电气控制线路。

本书语言通俗易懂、内容实用、图文并茂、章节篇幅合理,读者只要具有初中文化程度,就能通过阅读本书而快速掌握电动机及控制线路。本书可作为学习电动机控制线路的自学图书,也适合用做职业院校电类专业的电动机控制线路教材。

图书在版编目(CIP)数据

电动机控制线路十日通/蔡杏山主编. —北京:中国电力出版社, 2013. 9

(电工技能自学成才系列)

ISBN 978-7-5123-4377-1

I. ①电… II. ①蔡… III. ①电动机-控制电路
IV. ①TM320.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 086226 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http://www.cepp. sgcc. com. cn)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 10 月第一版 2013 年 10 月北京第一次印刷

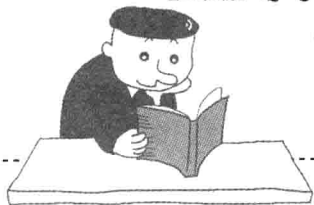
710 毫米×980 毫米 16 开本 14.75 印张 304 千字

印数 0001—3000 册 定价 35.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言

电工是一种热门工种，小到室内简单的照明线路安装，大到工厂大型复杂电气设备的安装检修，只要是用电场合，常常能见到电工人员的身影。正因为社会对电工人才需求量大，故很多人选择学习电工技能。学习电工技能主要有三种方式，分别是在社会上的职业培训机构学习、跟有经验的电工师傅学习和自学，不管哪种学习方式，都需要一本容易读懂且实用的学习图书。

为了让读者能够轻松、快速学好电工技能，我们推出了“电工技能自学成才系列”丛书，它们适合作自学图书，也适合作培训教材。本套丛书主要有以下特点：

- ◆ 基础起点低。读者只需具有初中文化程度即可阅读本套丛书。
- ◆ 语言通俗易懂。书中少用专业化的术语，遇到较难理解的内容用形象比喻说明，尽量避免复杂的理论分析和烦琐的公式推导，图书阅读起来会感觉十分顺畅。
- ◆ 内容解说详细。考虑到自学时一般无人指导，因此在编写过程中对书中的知识技能进行详细解说，让读者能轻松理解所学内容。
- ◆ 采用图文并茂的表现方式。书中大量采用读者喜欢的直观形象的图表方式表现内容，使阅读变得非常轻松，不易产生阅读疲劳。
- ◆ 内容安排符合认识规律。本书按照循序渐进、由浅入深的原则来确定各章节内容的先后顺序，读者只需从前往后阅读本书，便会水到渠成。
- ◆ 章节篇幅分配合理。每本分册都分为十章（即十天的学习内容），各章内容篇幅力求相同，方便读者安排学习进度。
- ◆ 突出显示知识要点。为了帮助读者掌握书中的知识要点，书中用文字加粗的方法突出显示知识要点，指示学习重点。
- ◆ 网络免费辅导。读者在阅读时遇到难理解的问题，可登录易天教学网：www.eTV100.com，观看有关辅导材料或向老师提问进行学习，读者也可以在该网站了解本套丛书的新书信息。

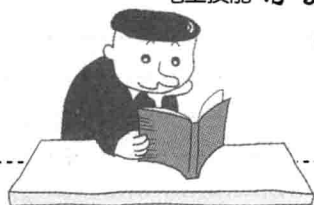
《电动机控制线路十日通》为本套丛书的一本，主要内容包括低压电器、三相异步电动机的控制线路、变频器与三相异步电动机的控制线路、直流电动机的控制线路、无刷直流电动机与单相异步电动机的控制线路、步进电动机与步进驱

动器的控制线路、伺服电动机和伺服驱动器的控制线路、常用机床的电气控制线路。

本书在编写过程中得到了许多教师的支持，其中蔡玉山、詹春华、黄勇、何慧、黄晓玲、蔡春霞、邓艳姣、刘凌云、刘海峰、刘元能、邵永亮、蔡理锋、朱球辉、何彬、蔡任英和邵永明等参与了资料的收集和部分章节的编写工作，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中的错误和疏漏在所难免，望广大读者和同仁予以批评指正。

编 者



目录

前言

第1日 低压电器

一 开关.....	1
(一) 开启式负荷开关	1
(二) 封闭式负荷开关	2
(三) 组合开关	3
(四) 倒顺开关	4
(五) 按钮开关	4
(六) 行程开关	5
(七) 接近开关	6
(八) 万能转换开关	8
二 熔断器和断路器.....	8
(一) 熔断器	8
(二) 断路器	11
三 接触器	13
(一) 交流接触器	13
(二) 直流接触器	14
(三) 接触器的选用	15
四 继电器	15
(一) 热继电器	15
(二) 电流继电器	17
(三) 电压继电器	18
(四) 中间继电器	19
(五) 时间继电器	20
(六) 速度继电器	22
(七) 压力继电器	23

第2日	三相异步电动机	25
一	电磁基础	25
	(一) 磁铁与磁性材料	25
	(二) 导体通电后产生磁场的规律	26
	(三) 通电导体在磁场中的受力分析	27
	(四) 如何让导体在磁场中产生电流	28
	(五) 磁路	30
二	三相交流电	31
	(一) 三相交流电的产生	31
	(二) 三相交流电的3种供电方式	32
三	三相异步电动机	33
	(一) 基本工作原理	33
	(二) 外形与结构	36
	(三) 两种接线方式	38
	(四) 铭牌的含义说明	39
第3日	三相异步电动机的基本控制线路之一	42
一	正转控制线路	42
	(一) 简单的正转控制电路	42
	(二) 点动式正转控制电路	43
	(三) 自锁正转控制线路	44
	(四) 带过载保护的自锁正转控制线路	46
	(五) 连续与点动混合控制线路	47
二	正、反转控制线路	48
	(一) 倒顺开关正、反转控制线路	48
	(二) 接触器联锁正、反转控制线路	49
	(三) 按钮联锁正、反转控制线路	50
	(四) 按钮、接触器双重联锁正反转控制线路	52
三	限位控制线路	53
	(一) 行程开关	53
	(二) 限位控制线路	54
四	自动往返控制线路	55
五	顺序控制线路	57
	(一) 顺序控制线路一	57
	(二) 顺序控制线路二	58
六	多地控制线路	59

七	降压起动控制线路	60
	(一) 定子绕组串接电阻降压起动控制线路	60
	(二) 自耦变压器降压起动控制线路	62
	(三) 星形-三角形 (Y-Δ) 降压起动控制线路	67
	(四) 延边三角形降压起动控制线路	71
第4日	三相异步电动机的基本控制线路之二	74
一	绕线转子电动机起动控制线路	74
	(一) 绕线转子电动机转速调速与起动方式	74
	(二) 转子绕组串接电阻起动控制线路	76
	(三) 转子绕组串接频敏变阻器起动控制线路	79
	(四) 凸轮控制器起动、调速和正反转控制线路	81
二	制动控制线路	84
	(一) 机械制动线路	84
	(二) 电力制动线路	87
三	多速异步电动机调速控制线路	93
	(一) 双速异步电动机调速控制线路	94
	(二) 三速异步电动机调速控制线路	97
第5日	变频器与三相异步电动机的控制线路	100
一	变频器的原理、结构和使用	100
	(一) 变频器的调速原理与基本组成	100
	(二) 变频器的结构与接线说明	102
	(三) 变频器操作面板的使用	106
	(四) 变频器的使用举例	110
二	变频器与三相异步电动机的控制线路	113
	(一) 正转控制线路	113
	(二) 正、反转控制线路	116
	(三) 工频与变频切换控制线路	118
	(四) 多挡转速控制线路	121
第6日	直流电动机及控制线路	125
一	直流电动机的工作原理、结构和种类	125
	(一) 工作原理	125
	(二) 外形与结构	126
	(三) 种类与特点	127
二	并励直流电动机的控制线路	130

(一) 起动控制线路	130
(二) 转向控制线路	132
(三) 制动控制线路	134
(四) 调速控制线路	137
三 串励直流电动机的控制线路	139
(一) 起动控制线路	139
(二) 转向控制线路	141
(三) 制动控制线路	142
(四) 调速控制方法	146

第7日 | 无刷直流电动机与单相异步电动机的控制线路 148

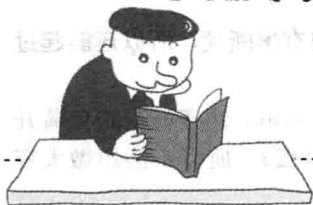
一 无刷直流电动机	148
(一) 外形	148
(二) 结构与工作原理	148
二 无刷直流电动机的控制线路	150
(一) 星形连接三相半桥控制线路	151
(二) 星形连接三相桥式控制线路	151
(三) 三角形连接三相桥式控制线路	152
三 单相异步电动机	153
(一) 分相式单相异步电动机	153
(二) 罩极式单相异步电动机	158
四 单相异步电动机的控制线路	159
(一) 转向控制线路	159
(二) 串联电抗器调速线路	160
(三) 串联电容器调速线路	161
(四) 自耦变压器调速线路	161
(五) 抽头调速线路	162
(六) 晶闸管调速线路	162

第8日 | 步进电动机与步进驱动器的控制线路 165

一 步进电动机	165
(一) 外形	165
(二) 结构与工作原理	165
二 步进驱动器	169
(一) 外形	169
(二) 内部组成与原理	169
(三) 步进驱动器的接线及说明	170

	(四) 步进电动机的接线及说明	172
	(五) 细分设置	173
	(六) 工作电流的设置	174
	(七) 静态电流的设置	175
	(八) 脉冲输入模式的设置	175
三	步进电动机正反向定角循环运行的控制线路及编程	176
	(一) 明确控制要求	176
	(二) 控制线路及说明	177
	(三) 细分、工作电流和脉冲输入模式的设置	178
	(四) 编写 PLC 控制程序	178
	(五) PLC 控制程序详解	180
四	步进电动机定长运行的控制线路及编程	181
	(一) 控制要求	181
	(二) 控制线路及说明	181
	(三) 细分、工作电流和脉冲输入模式的设置	183
	(四) 编写 PLC 控制程序	183
	(五) PLC 控制程序详解	183
第9日	伺服电动机与伺服驱动器的控制线路	187
一	交流伺服系统的三种控制模式	187
	(一) 交流伺服系统的位置控制模式	187
	(二) 交流伺服系统的速度控制模式	188
	(三) 交流伺服系统的转矩控制模式	188
二	伺服电动机和编码器	188
	(一) 伺服电动机	188
	(二) 编码器	190
三	伺服驱动器	193
	(一) 伺服驱动器的内部结构及说明	193
	(二) 伺服驱动器与外围设备的接线	195
	(三) 伺服驱动器的接头引脚功能及内部接口电路	196
四	伺服电动机与伺服驱动器的控制线路	197
	(一) 工作台往返限位运行的伺服电动机控制线路	197
	(二) 卷纸机恒张力收卷的伺服电动机控制线路	199
	(三) 工作台往返定位运行的伺服电动机控制线路	201
第10日	常用机床的电气控制线路	204
一	车床的控制线路	204

(一) CA6140 车床简介	204
(二) CA6140 车床的控制线路	205
二 磨床的控制线路	207
(一) M7130 型平面磨床介绍	207
(二) M7130 型磨床的控制线路	208
三 钻床的控制线路	210
(一) Z3050 型钻床介绍	210
(二) Z3050 型钻床的控制线路	211
四 铣床的控制线路	214
(一) X62W 型铣床介绍	214
(二) X62W 型万能铣床的控制线路	215
五 镗床的控制线路	219
(一) T68 型镗床介绍	219
(二) T68 型镗床的控制线路	220
六 刨床的控制线路	225
(一) 常见刨床的特点	225
(二) B690 型刨床的控制线路	225



低 压 电 器

低压电器通常是指在交流电压 1200V 或直流电压 1500V 以下工作的电气器件。电动机控制线路中常见的低压电器有开关、熔断器、接触器和继电器等,进行电气线路安装时,在电源和负载(如电动机)之间用低压电器连接起来,可以实现接通、切断、保护等控制功能。

一 开 关

开关是电气线路中使用最广泛的一种低压电器,它的作用是接通、切断电气线路或者用来发出控制命令。开关的种类很多,用来控制电气主电路通断的开关有开启式负荷开关、封闭式负荷开关、组合开关等,用来接通和断开控制电路的开关有按钮开关、行程开关、接近开关和万能转换开关等。

(一) 开启式负荷开关

开启式负荷开关俗称闸刀开关,又称瓷底胶盖刀开关,它可分为两极闸刀开关和三极闸刀开关。

1. 外形与结构

开启式负荷开关的外形、结构与符号如图 1-1 所示。

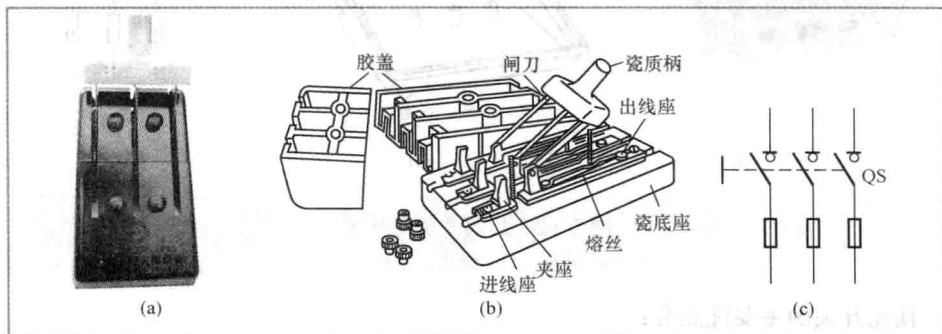


图 1-1 开启式负荷开关
(a) 外形; (b) 结构; (c) 符号

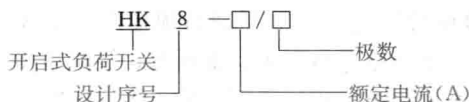
开启式负荷开关除了能接通、断开电源外，由于内部接有熔断丝，所以还能起过流保护作用。

开启式负荷开关需要垂直安装，进出线不能接反，以免触电，由于开启式负荷开关没有灭电弧装置（闸刀接通或断开时产生的电火花称为电弧），所以不能用做大容量负载的通断控制。

开启式负荷开关一般用在照明、电热设备电路中，也可以用在非频繁启动/停止的小容量电动机（5kW 以下）控制线路中。当用在电动机控制线路中时，其额定电流应大于所有负载电流之和的 3 倍。

2. 型号含义

开启式负荷开关的型号含义说明如下：



(二) 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关又称铁壳开关，封闭式负荷开关是在开启式负荷开关的基础上进行改进而设计出来的。

1. 外形、结构和特点

铁壳开关的外形、结构和符号如图 1-2 所示。

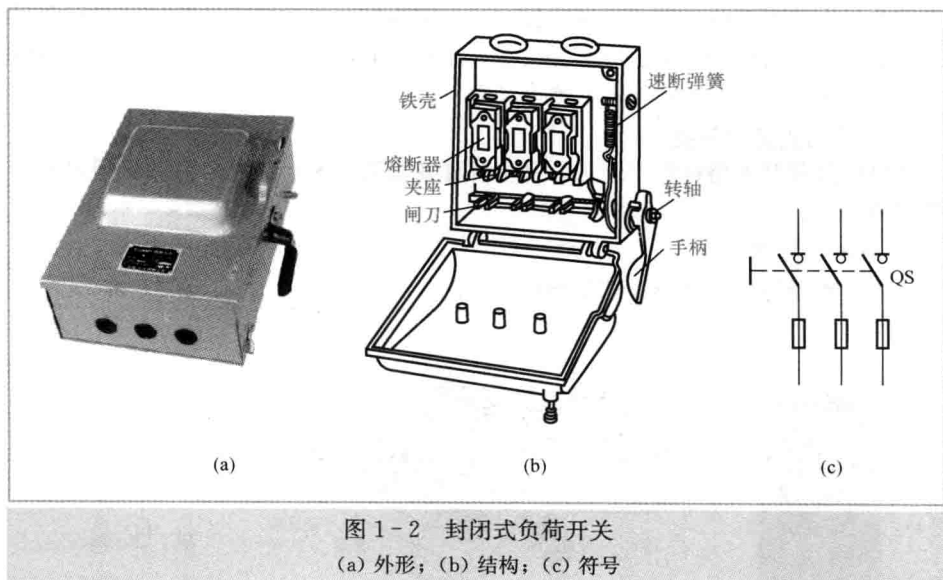


图 1-2 封闭式负荷开关
(a) 外形；(b) 结构；(c) 符号

铁壳开关的主要优点有：

(1) 在封闭式负荷开关内部有一个速断弹簧，在操作手柄打开或关闭开关外盖时，依靠弹簧的作用力，可以使开关内部的闸刀迅速断开或合上，这样能有效地减少电弧。

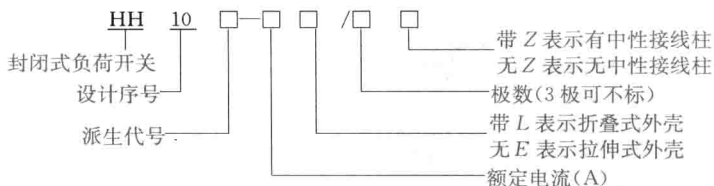


(2) 封闭式负荷开关内部具有联锁机构，当外盖打开时手柄无法合闸，当手柄合闸后，外盖无法打开，这样保证了操作安全。

封闭式负荷开关常用在农村和工矿的电力照明、电力排灌等配电设备中，封闭式负荷开关可用在 15kW 以下非频繁启动/停止的电动机控制线路中，其额定电流应大于电动机额定电流的 1.5 倍。

2. 型号含义

封闭式负荷开关的型号含义说明如下：



(三) 组合开关

组合开关又称转换开关，它是一种由多层触点组成的开关。

1. 外形、结构与符号

组合开关的外形、结构与符号如图 1-3 所示。

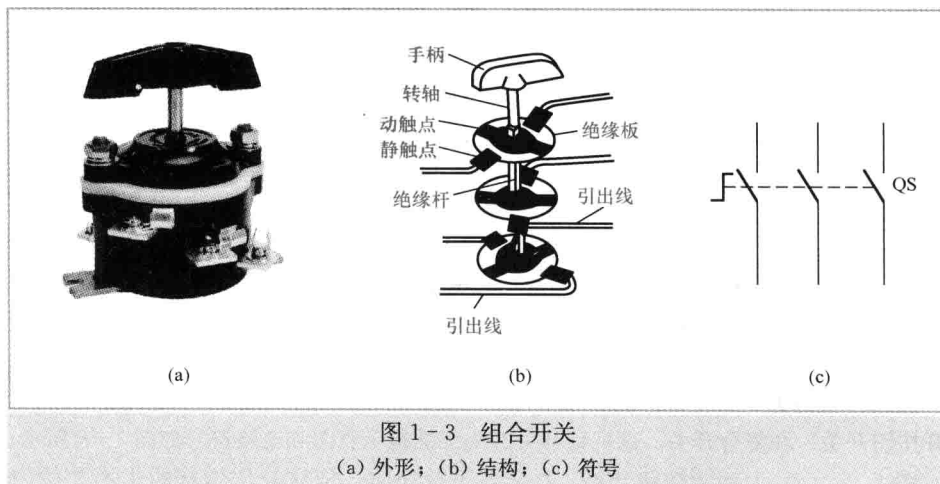
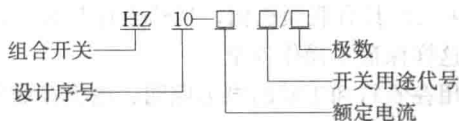


图 1-3 中的组合开关由三层动、静触点组成，当旋转手柄时，可以同时调节三组动触点与三组静触点之间的通断，为了有效地灭弧，在转轴上装有弹簧，在操作手柄时，依靠弹簧的作用可以迅速接通或断开触点。

组合开关常用于交流 380V 以下或直流 220V 以下的电气线路中，它不宜用于频繁的转换操作，可用来控制 5kW 以下的小容量电动机。组合开关用于直接控制电动机启动、停止和正反转时，其额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

2. 型号含义

组合开关的型号含义说明如下：



(四) 倒顺开关

倒顺开关又称可逆转开关，属于较特殊的组合开关，专用来控制小容量三相异步电动机正转和反转。倒顺开关的外形与符号如图 1-4 所示。

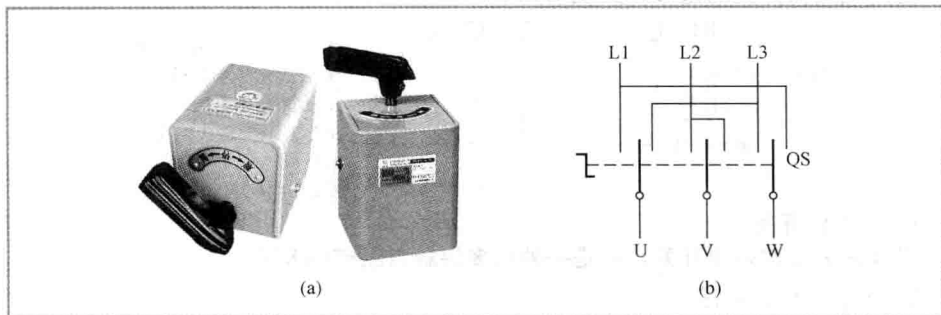


图 1-4 倒顺开关

(a) 外形；(b) 符号

倒顺开关有“倒”、“停”、“顺”三个位置，当开关处于“停”位置时，动触点与静触点均处于断开状态，如图 1-4 (b) 所示，当开关由“停”旋转至“顺”位置时，动触点 U、V、W 分别与静触点 L1、L2、L3 接触，当开关由“停”旋转至“倒”位置时，动触点 U、V、W 分别与静触点 L3、L2、L1 接触。

(五) 按钮开关

按钮开关用来在短时间内接通或断开小电流电路，主要用在电气线路的控制电路中。按钮开关允许流过的电流较小，一般不能超过 5A。

1. 结构

按钮开关分为三种类型：动断按钮开关（又称常闭按钮开关）、动合按钮开关（又称常开按钮开关）和复合开关。这三种开关的内部结构示意图和电路符号如图 1-5 所示。

图 1-5 (a) 为动断按钮开关，在未按下按钮时，依靠复位弹簧的作用力使内部的金属动触点将动断静触点 a、b 接通，当按下按钮时，动触点与动断静触点脱离，a、b 断开。

图 1-5 (b) 为动合按钮开关，在未按下按钮时，金属动触点与动合静触点 a、b 断开，当按下按钮时，动触点与动合静触点接通。

图 1-5 (c) 为复合按钮开关，在未按下按钮时，金属动触点与动断静触点 a、b 接通，而与动合静触点断开，当按下按钮时，动触点与动断静触点断开，而与动合静触点接通。

有些按钮开关内部有多对动合、动断触点，它可以在接通多个电路的同时切断多

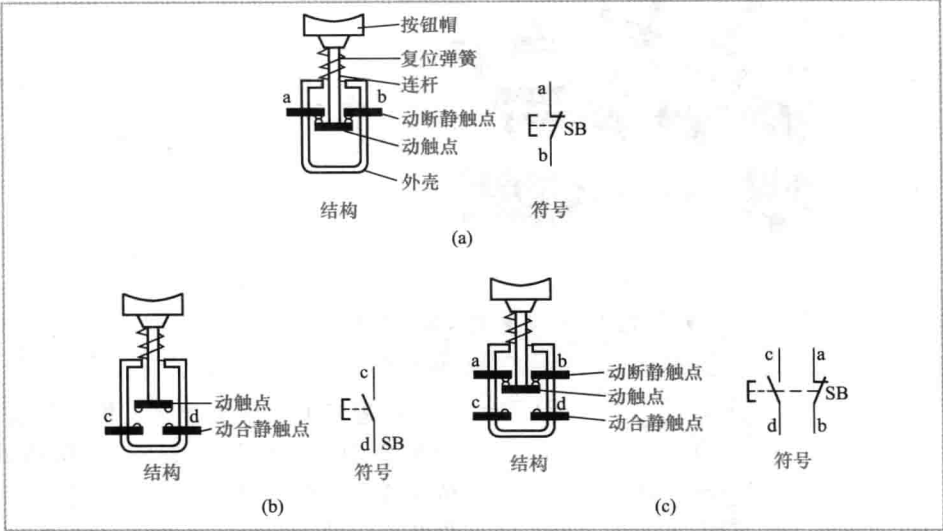


图 1-5 三种按钮开关的结构与符号

(a) 动断按钮开关；(b) 动合按钮开关；(c) 复合按钮开关

个电路。

2. 外形

常见的按钮开关实物外形如图 1-6 所示。

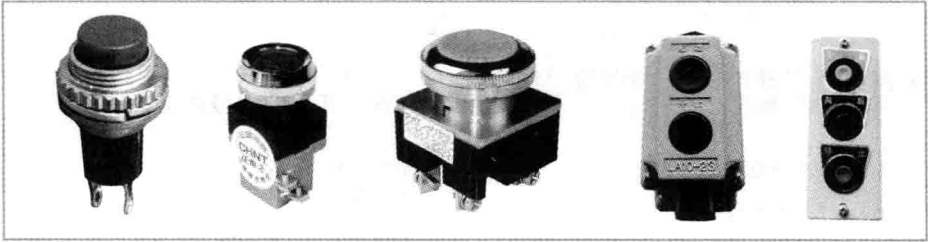
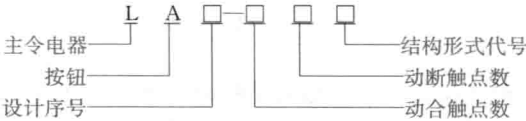


图 1-6 常见的按钮开关实物外形

3. 型号含义

按钮开关的型号含义说明如下：



(六) 行程开关

行程开关是一种利用机械运动部件的碰压使触点接通或断开的开关。

1. 外形、符号与结构

行程开关的外形与符号如图 1-7 所示。

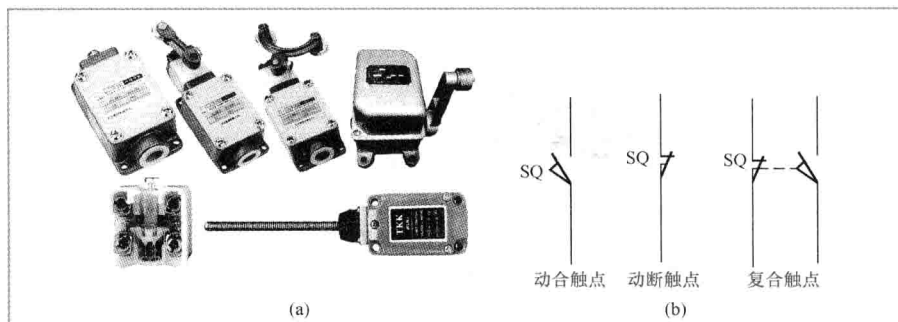


图 1-7 行程开关的外形与符号

(a) 外形; (b) 符号

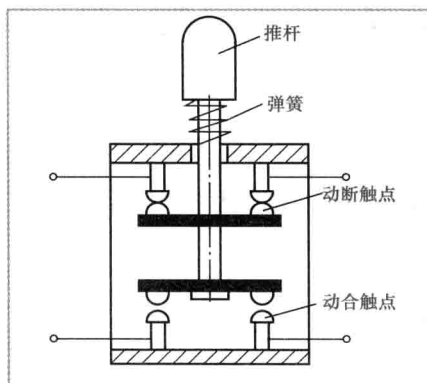
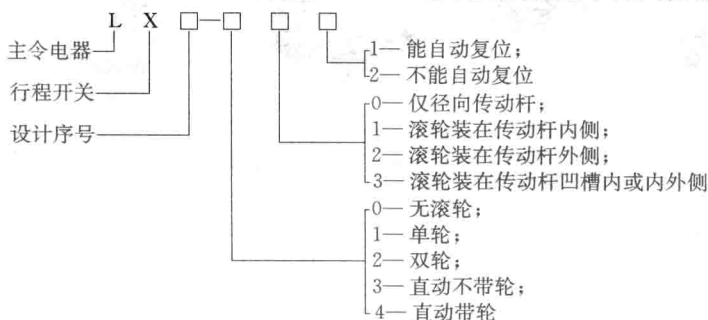


图 1-8 直动式行程开关的结构示意图

行程开关的种类很多, 根据结构可分为直动式 (或称按钮式)、旋转式、微动式和组合式等。图 1-8 是直动式行程开关的结构示意图。从图 1-7 中可以看出, 行程开关的结构与按钮开关基本相同, 但将按钮改成推杆。在使用时将行程开关安装在机械部件运动路径上, 当机械部运动到行程开关位置时, 会撞击推杆而让动断触点断开、动合触点接触。

2. 型号含义

行程开关的型号含义说明如下:



(七) 接近开关

接近开关又称无触点位置开关, 当运动的物体靠近接近开关时, 能感知物体的存在而发出控制信号。接近开关可以用在运动机械设备中进行行程控制和限位保护外, 还可以用做高速计数、测速、检测物体大小等。

1. 外形与符号

接近开关的外形和符号如图 1-9 所示。