



高职高专规划教材

机械设备 控制技术

● 栾居里 高 宇 主编



化学工业出版社



高职高专规划教材

机械设备 控制技术

● 栾居里 高 宇 主编

● 赵世友 主审

江苏工业学院图书馆
藏书章



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是机电类高职高专教育的专业课教材。其内容主要包括机械设备系统的机床电气控制和液压与气压传动的控制。教学内容以工程应用为目的,以理论适度、强化应用为重点,突出实用性和综合性,注重学生基本技能的训练和综合能力的培养。全书共分9章,内容包括电气控制线路的基本环节、典型电气控制系统、可编程控制器、数控机床电气控制、液压传动基础知识、液压元件、液压基本回路、典型液压传动系统、气压传动与控制等。在机床电气线路图形及液压与气压控制图形符号的绘制上,均采用最新的国家标准。

本书可作为三年制职业院校机电类专业的教材,也可供有关教师及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设备控制技术/栾居里,高宇主编. —北京:化学工业出版社, 2009.8
高职高专规划教材
ISBN 978-7-122-06062-4

I. 机… II. ①栾…②高… III. 机械设备-控制系统-高等学校:技术学校-教材 IV. TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第102260号

责任编辑:王金生

文字编辑:徐卿华

责任校对:凌亚男

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:北京市彩桥印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张11¼ 字数288千字 2009年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:22.00元

版权所有 违者必究

前 言

本书是根据高职高专职业教育机电类专业“机械设备控制技术”教学基本要求编写的。本书编写力求符合高职教育机电类专业的培养目标与方向,从实际应用角度,综合电气控制技术、液压与气动技术,以机械设备控制技术为主线,充分考虑实际应用和发展现状,编写内容上以实用为主、够用为度,着重作定性分析。

在本书编写过程中,我们注重机械设备控制的典型性、代表性、实用性和先进性,全书的重点放在控制元件的工作原理及应用,常见故障及排除方法;在电气控制方面既介绍了继电器-接触器控制技术,还专门介绍了近年来迅速发展的可编程控制器(PLC)的原理及应用;在液压与气压传动控制方面介绍了液压与气压系统的使用维护、安装调试、故障诊断和维修方面知识内容。书中的术语、图形符号均采用最新的国家标准;书中采用了较多的原理图、结构图、产品图片、系统图及表格,实现了文字、图表有机结合,达到图文并茂的效果,使教材具有直观性,便于学生深入理解和掌握课程内容,以提高学习效果。

本教材教学时数为42~60学时,主要内容有绪论、电气控制线路的基本环节、典型电气控制系统、可编程控制器、数控机床电气控制、液压传动基础知识、液压元件、液压基本回路、典型液压传动系统、气压传动与控制。对书中加“*”号的部分,不同专业可根据实际情况选用。

本书由沈阳职业技术学院栾居里、高宇担任主编,沈阳理工大学应用技术学院于丽君担任副主编,沈阳职业技术学院赵世友担任主审。栾居里编写绪论及第1、2章,高宇编写第3、4章,王强编写第5~7章,于丽君编写第8、9章。

本书在编写中参考了相关科技图书和教材,在此,编者对于在本书编写中给予支持和帮助的有关同志表示衷心感谢。由于水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见,以便修正。

编 者

2009年3月

目 录

绪论	1
第 1 章 电气控制线路的基本环节	3
1.1 常用低压电器	3
1.1.1 开关电器与主令电器	3
1.1.2 熔断器、接触器	7
1.1.3 继电器	10
1.1.4 低压电子电器	13
1.2 电气控制线路的基本环节	14
1.3 三相异步电动机的直接启动控制电路	16
1.3.1 电动机单向运转控制电路	16
1.3.2 三相异步电动机的正反转控制电路	19
1.3.3 三相异步电动机降压启动控制电路	21
1.4 三相异步电动机制动控制线路	24
1.4.1 机械制动控制线路	24
1.4.2 电力制动控制线路	25
1.5 三相异步电动机转速控制	26
复习思考题	28
第 2 章 典型电气控制系统	30
2.1 普通车床的电气控制线路	31
2.1.1 车床主要结构和运动形式	31
2.1.2 车床电气原理图分析	31
2.2 铣床的电气控制线路	33
2.2.1 铣床主要结构和运动形式	33
2.2.2 铣床的电气原理图分析	34
2.3 摇臂钻床的电气控制线路	39
2.3.1 摇臂钻床主要结构和运动形式	39
2.3.2 摇臂钻床的电气原理图分析	39
2.4 组合机床的电气控制线路	42
2.4.1 组合机床主要结构和运动形式	42
2.4.2 组合机床的电气原理图分析	43
2.5 机床电气维修方法	45
2.5.1 机床电气设备的维护与保养	45
2.5.2 机床控制线路的检修	45

复习思考题	46
第 3 章 可编程控制器	47
3.1 概述	47
3.2 PLC 的结构及工作原理	48
3.2.1 PLC 的基本结构	48
3.2.2 PLC 的工作原理、工作方式	49
3.2.3 PLC 的技术性能	50
3.3 CPM1A 系列小型机简介	51
3.3.1 CPM1A 的规格与型号	51
3.3.2 主机的面板结构	52
3.3.3 CPM1A 的主要技术性能	53
3.3.4 CPM1A 的地址分配	53
3.4 可编程控制器指令系统	55
3.4.1 梯形图	56
3.4.2 CPM1A 的指令系统	57
3.5 PLC 的编程方法及编程器的使用	63
3.5.1 梯形图编程	63
3.5.2 编程器的结构和使用	65
3.5.3 PLC 的应用	67
复习思考题	68
* 第 4 章 数控机床电气控制	70
4.1 数控机床概述	70
4.2 数控机床 PLC	71
4.2.1 数控机床 PLC 的控制对象	71
4.2.2 数控机床 PLC 的形式	72
4.2.3 数控机床常用 I/O 元件	74
复习思考题	75
第 5 章 液压传动基础知识	76
5.1 概述	76
5.1.1 液压传动工作原理	76
5.1.2 液压系统的组成	77
5.1.3 液压传动系统的优缺点	78
5.2 液压油	78
5.2.1 液压油的性质	78
5.2.2 液压油的选用	79
5.3 液体力学	80
5.3.1 液体的静压力	80
5.3.2 流体动力学	81
复习思考题	85
第 6 章 液压元件	87
6.1 液压泵和液压马达	87

6.1.1 概述	87
6.1.2 液压泵的结构	89
6.1.3 液压泵常见故障及排除方法	94
6.1.4 液压马达	95
6.2 液压缸	96
6.2.1 活塞式液压缸	96
6.2.2 其他缸	98
6.2.3 液压缸的结构分析	100
6.3 液压控制元件	101
6.3.1 压力控制阀	101
6.3.2 流量控制阀	105
6.3.3 方向控制阀	106
6.3.4 其他控制阀	111
* 6.4 液压辅助元件	114
6.4.1 管道及管接头	114
6.4.2 油箱	115
6.4.3 蓄能器	116
6.4.4 过滤器	117
6.4.5 密封装置	119
复习思考题	121
第7章 液压基本回路	122
7.1 压力控制回路	122
7.1.1 调压回路	122
7.1.2 减压回路	123
7.2 速度控制回路	125
7.2.1 调速回路	125
7.2.2 快速运动回路	130
7.2.3 速度换接回路	131
7.3 方向控制回路	132
7.3.1 换向回路	132
7.3.2 锁紧回路	132
7.4 多缸动作控制回路	133
7.4.1 顺序动作回路	133
7.4.2 同步回路	134
7.4.3 互不干扰回路	135
复习思考题	136
第8章 典型液压传动系统	137
8.1 组合机床动力滑台液压系统	137
8.1.1 概述	137
8.1.2 YT4543 型动力滑台液压系统的工作原理	138
8.1.3 YT4543 型动力滑台液压系统的特点	139

8.2 压力机液压系统	140
8.2.1 液压压力机概述	140
8.2.2 YB32-200 型压力机液压系统工作原理	140
8.2.3 YB32-200 型压力机液压系统的特点	142
* 8.3 数控机床液压系统	143
8.3.1 数控车床概述	143
8.3.2 MJ50 数控车床液压系统的工作原理	144
8.3.3 MJ50 数控车床液压系统的特点	145
8.4 液压设备的使用与维护	145
8.4.1 液压设备的使用要求	145
8.4.2 液压设备的维护和保养	145
8.5 液压系统常见故障的分析和排除方法	145
8.5.1 液压系统发生故障的规律	145
8.5.2 液压系统常见故障的分析和排除方法	146
复习思考题	147
* 第 9 章 气压传动与控制	148
9.1 气压传动基础	148
9.1.1 气压传动的特点	148
9.1.2 气压传动系统的组成	149
9.2 气源装置及气动辅件	149
9.2.1 气源装置	149
9.2.2 气动辅件	152
9.3 气动执行元件	153
9.3.1 气缸	153
9.3.2 气动马达	155
9.4 气动控制元件	156
9.4.1 压力控制阀	156
9.4.2 流量控制阀	158
9.4.3 方向控制阀	158
9.4.4 气动逻辑元件	160
9.5 气动基本回路	162
9.5.1 方向控制回路	162
9.5.2 压力控制回路	163
9.5.3 速度控制回路	163
9.5.4 其他常用基本回路	164
9.6 气压传动系统	167
9.6.1 气动机械手气压传动系统	167
9.6.2 工件夹紧气压传动系统	168
9.6.3 气液动力滑台气压传动系统	169
9.7 气压传动系统的安装调试和故障分析	169
9.7.1 气压传动系统的安装	169

9.7.2 气动系统的调试、使用维护	170
9.7.3 气动系统的故障诊断	170
复习思考题	174
附录	175
附录 1 电气图常用图形符号	175
附录 2 常用液压与气动元件图形符号	177
参考文献	180

绪 论

机械设备种类繁多,功能各异,大都是由工作机构、传动机构、原动机和控制系统四个部分组成。显然,生产中使用的各种设备,按照规定的加工与制造工艺的动作运行都离不开设备控制技术。机械设备控制技术是机械设备制造技术的主要内容,实现设备控制的手段是多种多样的,可以用电气的、机械的、液压的、气动的、数字的等方法来实现控制。机械设备控制技术主要涉及电气、数字控制技术和液压、气动控制技术。

(1) 机械设备控制技术课程的性质与任务

机械设备控制技术课程是机电专业的一门主干课程,其主要内容是机电设备的电气、数字控制和液压、气压传动控制原理及其应用。本课程主要介绍机床电气和液压控制的基本原理、实际控制线路及常见故障与排除方法,以控制元件的基本结构、作用、主要技术参数、应用范围、选用为基础,从应用角度出发,讲授上述几方面的内容,培养学生对机电设备控制系统进行日常维护、分析排除常见故障及正确选用常用元器件的基本能力。

本课程的主要学习内容一是电气、数字控制;二是液压、气压传动控制。具体学习任务如下。

① 了解常用低压电器元件的结构、工作原理、用途、型号,达到能正确选择和使用的目的。

② 掌握继电器、接触器控制线路基本组成环节的工作原理、维护常识、常见故障排除方法;具有阅读、分析一般机电设备电气控制电路图的能力,并初步具有设计简单电气控制系统的能力。

③ 了解可编程控制器的原理,具有使用可编程控制器的初步能力。

④ 了解数控机床电气控制工作原理,具有使用数控机床可编程控制器的初步能力。

⑤ 理解液压传动的基本概念,掌握液压系统基本回路的组成及工作原理,具有阅读机械设备说明书中液压传动系统图和分析、排除系统常见故障的初步能力。

⑥ 了解气压传动的基本知识,掌握气动基本回路的组成及工作原理,具有阅读机械设备说明书中气动系统图的能力;并具有分析、排除气动系统常见故障的初步能力。

(2) 机械设备控制技术的发展概况

最早的机械设备是采用手动控制,20世纪初由于电动机的出现,使得机械设备的拖动发生了变革,用电动机代替蒸汽机,机床的电气拖动随电动机的发展而发展,以后逐渐发展到用按钮、继电器、接触器和行程开关等电器组成的控制线路对电动机进行控制。由于这种控制简单,容易掌握,价格低廉,便于维修,所以得到了广泛应用。目前很多机械设备的电动机还是用这种方法控制。随着工业自动化和生产过程变动节奏的加快,电气控制逐步采用程序控制技术。所谓程序控制,就是对生产过程按预先规定的逻辑顺序自动地进行工作的一种控制。20世纪60年代出现了由分立元件组成的顺序控制器,可编程控制器(PLC)等已

经开始在一系列机械设备中得到应用，它集自动技术、计算机技术、通信技术于一身，具有编程灵活、功能齐全、使用方便、体积小及抗干扰能力强等一系列优点。它不但可以进行开关量控制，而且还具有逻辑和算术运算、数据传递以及对模拟量进行采集和控制的功能，为机械设备控制技术的发展开辟了广阔的前景。

自18世纪末，英国制成世界上第一台水压机算起，液压技术已有二百多年的历史，但其真正的发展是在第二次世界大战后五十余年内，在机床、工程机械、农业机械、汽车行业中逐步得到推广。近年来，液压技术得到了很大的发展，液压技术与传感技术、微电子技术密切结合，出现了许多诸如电液比例阀、数字阀、电液伺服液压缸等机（液）电一体化元件，使液压技术正向高压、高速、大功率、高效、低噪声、低能耗、经久耐用、高度集成化方向迅速发展。液压技术在机械设备控制技术中的作用越来越重要。

气动传动技术在科技飞速发展的当今世界，其发展更加迅速。随着工业的发展，气动技术的应用领域已从汽车、采矿、钢铁等行业迅速扩展到化工、轻工、食品、军事工业等各行各业。气动技术已发展成为包含传动、控制与检测在内的自动化技术。气动元件当前发展的特点和研究方向主要是节能化、小型化、轻量化、位置控制高精度化以及与电子技术相结合的综合控制技术。

随着科学技术的不断发展，机械设备控制技术也在不断进步，生产技术和生产力的高速发展，要求机器具有更高的精度、更高的效率、更多的品种、更高的自动化程度及可靠性。机械设备技术的发展在控制方法上，主要是从手动控制到自动控制；在控制功能上，从简单到复杂；在操作规程上，由笨重到轻巧；从控制系统组成上，由单一的电气控制、液压控制和气动控制转向电、液联合控制或电、气联合控制；从控制原理上，由电气、液压、气动元件组成的硬件控制系统转向以微处理器为中心的软件控制系统。随着新的控制理论和新型电气、液压、气动元件的出现，机械设备控制技术的发展将日新月异。

近年来出现的各种机电一体化产品，如数控机床、机器人、柔性制造单元及系统等均是控制技术现代化的硕果。现代企业的生产水平、产品质量和经济效益等各项指标，在很大程度上取决于生产设备的先进性和控制的自动化程度。可见机械设备控制技术对于现代机床的发展有极其重要的作用，机电类专业的学生以及从事机电设备操作的工程技术人员都必须掌握机械设备控制的理论和方法。

第1章 电气控制线路的基本环节

机械设备一般都由电动机来拖动，为了达到各种工艺要求，对电动机的控制方式也是多种多样的，而多数采用继电-接触器控制方式，尤其是由三相异步电动机拖动的系统更是如此。

继电-接触器控制电路是由各种继电器、接触器、熔断器、按钮、行程开关等元件组成，实现对电力拖动系统的启动、调速、制动、反向等的控制与保护，以满足生产工艺对拖动控制的要求。

各种机床控制电路是多种多样的，有的比较简单，有的就很复杂，但再复杂的电路都是由一些基本的简单环节组合而成。本章在对常用电器元件简述的基础上，介绍一些电气控制电路的基本环节及控制电路。

1.1 常用低压电器

常用低压电器是根据外界信号（机械力、电动力和其他物理量）自动或手动接通或断开电路，实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节用的电气元件或设备。电器一般由两个基本部分，即检测部分与执行部分组成。检测部分接收外界信号并进行物理量的转换、放大；执行部分则根据检测部分的输出执行相应的动作，从而接通或断开线路，实现控制的目的。

电器的种类繁多，按电压分为低压电器和高压电器；低压电器通常是指在交流额定电压1200V、直流额定电压1000V及以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器产品。这类电器品种繁多，功能多样，应用十分广泛。常用低压电器产品有开关、主令电器、熔断器、接触器、继电器等。图1-1所示为各种电器元件图片。

1.1.1 开关电器与主令电器

开关电器是指低压电器中作为不频繁地手动接通或断开电路的开关，或作为机床电路中电源的引入开关。它包括刀开关、组合开关、自动开关等。刀开关结构简单，手动操作，常用于低压控制柜中作电源引入开关。在机床中组合开关和自动开关比刀开关应用得更广泛。主令电器是用来闭合或分断控制电路以发出命令的电器，它也可以用于生产过程的程序控制。常用主令电器有控制按钮、行程开关等。

(1) 刀开关 刀开关又称刀闸开关，主要用于隔离电源和不频繁地接通或分断电路。其结构简单，是应用相当广泛的一种手动控制电器。

刀开关的主要类型有大电流刀开关、负荷开关、熔断器式开关。刀开关安装时，手柄向上装，不得倒装或者平装，否则手柄可能因自动下落而引起误合闸，从而可能造成人身和设备的安全事故。刀开关接线时，应将电源进线接在刀开关上端，负载端的引出线接在下端，



图 1-1 各种电器元件

这样才能保证拉闸后刀片与电源真正隔离。图 1-2 所示为 HK 系列开启式负荷开关的结构图及符号。

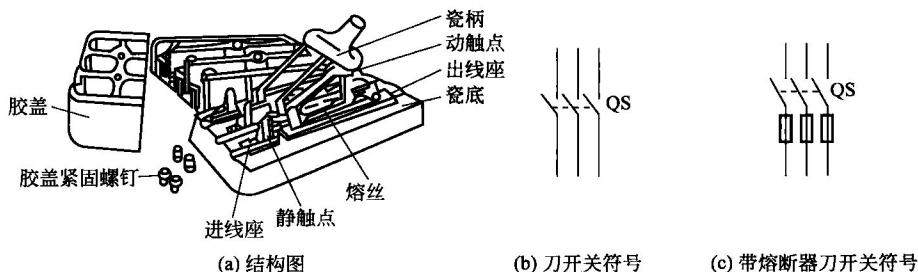


图 1-2 HK 系列开启式负荷开关

刀开关的选择原则是：在一般照明电路中，可选用额定电压为 220V、额定电流不小于电路最大工作电流的双极刀开关；小容量电力拖动控制系统中，可选用额定电压为 380V、额定电流不小于电动机额定电流 3 倍的三极刀开关。

(2) 组合开关 组合开关又叫转换开关，是由多组结构相同的触点组件组合而成的控制电器。它和刀开关一样都属于手动控制电器。

组合开关由动触点、静触点、方形转轴、手柄、定位机构及外壳等主要部件组成。它的动、静触点分别叠装于数层绝缘壳内，当转动手柄时，每层的动触点随方形转轴一起转动，并使动触片插入或转出相应的静触片，使电路接通或断开。图 1-3 所示为 HZ10—25/3 型三极组合开关结构示意图和图形文字符号。

组合开关应根据电源种类、电压等级、所需触点的数目和额定电流进行选用。常用的

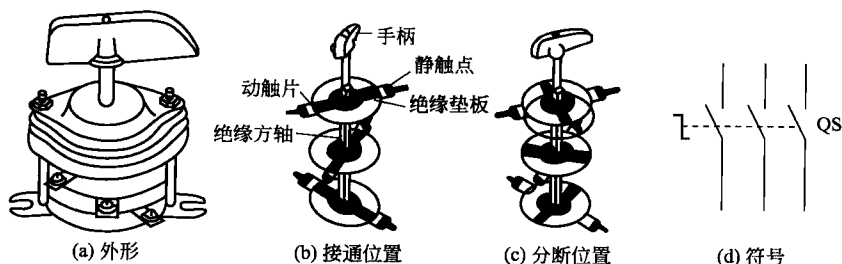


图 1-3 HZ10-25/3 型三极组合开关

HZ10 系列普通类型组合开关的额定电压为交流 380V，额定电流有 10A、25A、60A、100A 四种，极数有 1~4 极四种。

组合开关由于安装尺寸小，操作方便，被广泛地用作电源隔离开关（通常不带负载时操作）。有时也用作负荷开关，接通和断开小电流电路，例如直接启动冷却液泵电动机，控制机床照明等。

(3) 自动开关 自动开关又称断路器，它集控制和多种保护功能于一身，除能完成接通和分断电路外，还能对电路或电气设备发生的短路、严重过载及失压等进行保护。

自动开关具有操作安全、使用方便、工作可靠、安装简单、动作值可调、分断能力高、兼顾多种保护功能、保护动作后不需要更换元件等优点。

图 1-4 为 DZ5-20 型自动开关的外形和结构图。自动开关的结构为立体布置，外壳顶部突出红色停止按钮和绿色接通按钮，通过储能弹簧连同杠杆机构实现开关的接通和分断；上、下分别装有电磁脱扣器和热脱扣器，用来检测被控电路的电流；主触点系统在操作机构的下面，由动触点和静触点组成，用来接通和分断大电流。该产品还装有一对动合（常开）和动断（常闭）触点，可作为信号指示或用于控制电路。

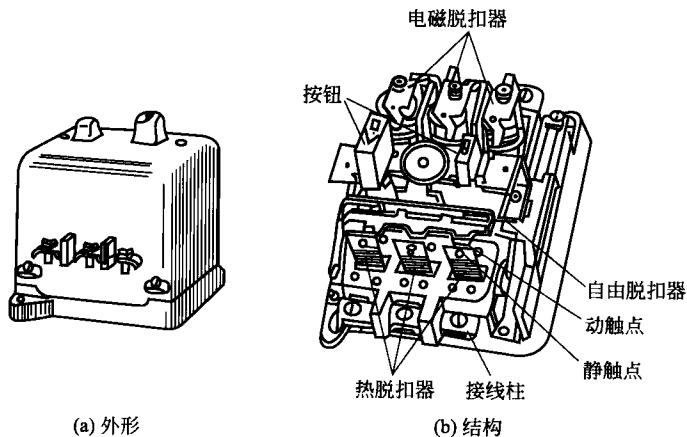


图 1-4 DZ5-20 型自动开关

图 1-5 是自动开关原理及符号图，图中主触点串联在被控制的三相电路中，当按下接通按钮时，外力使锁扣克服压力弹簧的斥力，将固定在锁扣上的动触点与静触点闭合，并由锁扣锁住搭钩，使开关处于接通状态。

当线路发生短路或严重过电流时，短路电流超过瞬时脱扣电流整定值，电磁脱扣器产生足够大的吸力，将衔铁吸合并撞击杠杆，使搭钩绕转轴座向上转动与锁扣脱开，锁扣在压力弹簧的作用下，将主触点分断，切断电源。

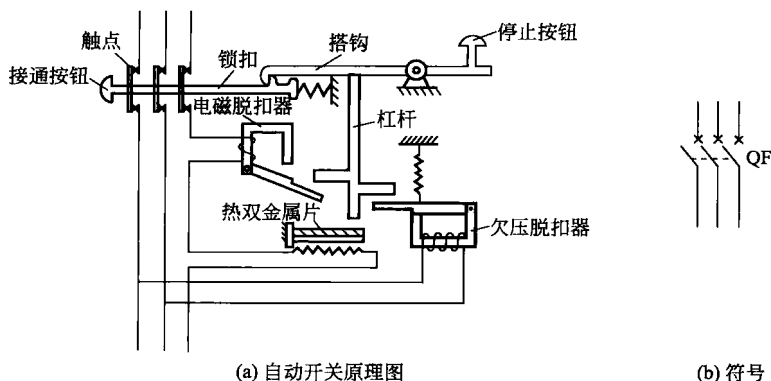


图 1-5 自动开关原理图和符号

当线路发生一般性过载时，过载电流虽不能使电磁脱扣器动作，但能使热元件产生一定的热量，促使双金属片受热向上弯曲，推动杠杆使搭钩与锁扣脱开，将主触点分断。

欠压脱扣器的工作过程与电磁脱扣器恰恰相反。当线路电压正常时，欠压脱扣器产生足够的吸力，克服拉力弹簧的作用将衔铁吸合，衔铁与杠杆脱离，锁扣与搭钩才得以锁住，主触点方能闭合。当线路上电压全部消失或电压下降到某一数值时，欠压脱扣器吸力消失或减小，衔铁被拉力弹簧拉开并撞击杠杆，主电路电源被分断。同理，在无电源电压或电压过低时，自动开关也不能接通电源。

常用塑壳式自动开关有 DZ5、DZ10、DZ20 等。

选用自动开关时的一般原则如下。

- ① 自动开关的额定电压不低于线路的额定电压。
- ② 自动开关的额定电流应不小于负载电流。
- ③ 热脱扣器的整定电流应不小于负载额定电流。
- ④ 极限分断能力应不小于线路中最大短路电流。
- ⑤ 电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于负载电路正常工作时的最大电流。保护电动机时，电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流为电动机启动电流的 1.7 倍。
- ⑥ 欠压脱扣器额定电压应等于线路额定电压。

(4) 按钮、行程开关 按钮又称按钮开关，它被用来接通和断开控制电路，是电气控制中最常用的一种主令电器。

按照按钮的用途和触点的配置情况，可把按钮分为动合按钮、动断按钮和复合按钮三种。按钮在停按后，一般能自动复位。

按钮的外形如图 1-6(a) 所示，图形符号如图 1-6(b) 所示，文字符号为 SB。

复合按钮有两对触点，桥式动触点和上部两个静触点（1、2）组成一对动断触点，而下部两个静触点（3、4）组成一对动合触点；停按后，在弹簧的作用下自动复位。复合按钮如果只使用一对触点，即成为动合触点或动断触点。

按钮主要根据使用场合、触点数和颜色等因素选用。

行程开关又称限位开关，是用来反映运动部件的行程位置而发出命令以控制其运动方向和行程大小的主令电器。它的作用主要是限定运动部件的行程。

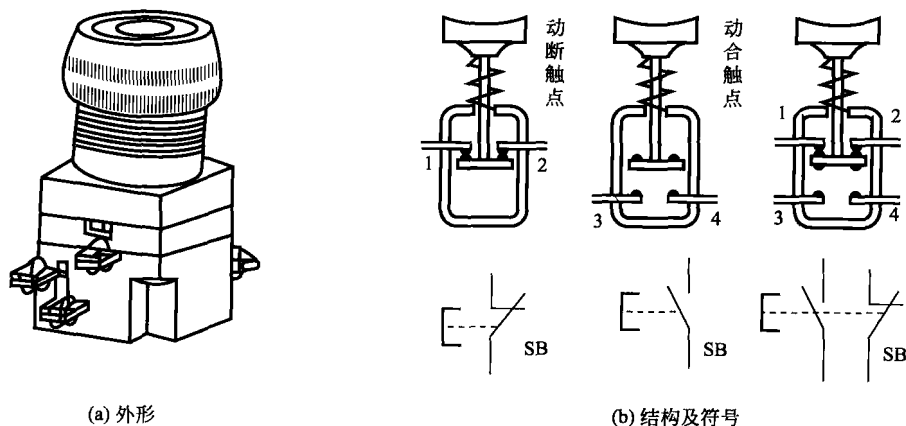


图 1-6 按钮

行程开关的种类很多，它的结构和符号如图 1-7 所示，常见的有 JLXK1-111 型，它是单滚轮、自动复位式组合电器，内装有微动开关。所谓微动开关是一种反应很灵敏的开关，只要它的推杆有微量位移，就能使触点快速动作，它的结构如图 1-7(c) 所示。行程开关的动作原理如下：当工作台边上的挡铁压到行程开关的滚轮上时，杠杆连同轴一起转动，并推动撞块移动，当撞块移动到一定位置时，便触动微动开关，先使其动断触点分断，再使其动合触点闭合，当滚轮上的挡铁移开以后，复位弹簧使触点复位。行程开关的图形符号如图 1-7(b) 所示。

行程开关主要根据应用场合所需的触点数、触点的形式、操作方式进行选择，广泛应用于各类机床和起重机械设备上。

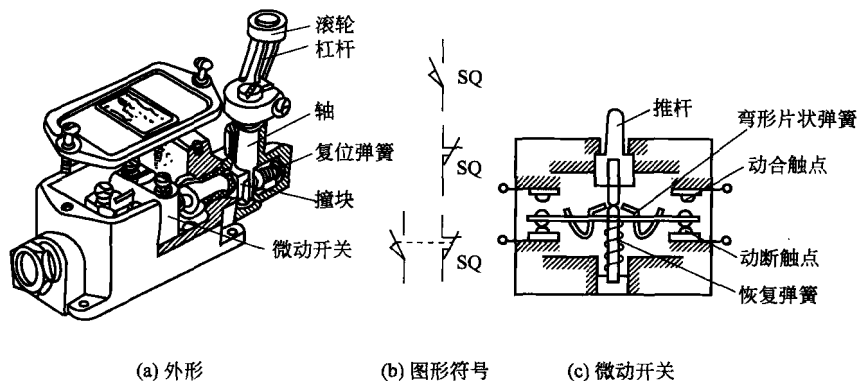


图 1-7 行程开关

1.1.2 熔断器、接触器

(1) 熔断器 熔断器又称保险丝，它是一种简单而有效的保护电器，主要用来保护电源免受短路的损害。熔断器串联在被保护的电路中，在正常情况下相当于一根导线，当发生短路或过载而使电路电流增大时被熔断，切断电路，从而保护电路。

熔断器由熔体、熔断管（座）及导电部分组成，主要元件是熔体（熔丝或熔片）。常用的熔体材料有铅锡合金、铅锡合金、铜等，制成以后标以额定电流以便选用。常用的熔断器有瓷插式和螺旋式两种，它们的形状、结构和图形符号如图 1-8 所示。

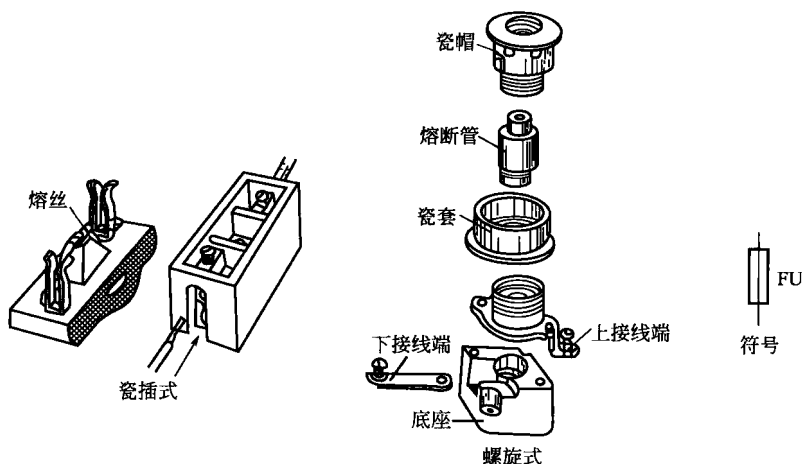


图 1-8 熔断器

瓷插式熔断器结构简单，将瓷插件拔下即可更换熔体，比较方便。螺旋式的底座好像一个螺纹口灯座，瓷帽内装一个瓷管（熔断管），管内放置熔体。像装灯泡一样将瓷帽拧入底座，电路即接通。在瓷帽上间隔一层玻璃，可看到瓷管一端的色点，它附在熔体上，一旦熔体熔断，色点即消失，可便于检查。

在一般电路中，可根据电路的工作电流选择熔体。对于保护异步电动机的熔断器，因异步电动机的启动电流很大，为避免这一短时的冲击电流使熔体熔断，所以要按异步电动机的额定电流的 1.5~2.5 倍来选择。这使得异步电动机电路上所装的熔断器，只在出现短路故障，电流远远超过额定值时才起保护作用，一般过载时不起作用。因此异步电动机的过载保护不能依靠熔断器，而应另外采取措施。

(2) 接触器 接触器是一种应用广泛的电磁式自动控制电器。它通过电磁力作用下的吸合和反向弹簧力作用下的释放，使触点闭合和分断，控制电路的接通和关断。用来频繁地接通或断开电压为 500V 以下的交直流主电路和大容量电动机的控制电路。接触器还具有欠电压与零电压保护功能，是机械设备中电力拖动控制系统最重要的控制电器之一。

接触器按主触点接通或分断电流性质的不同，可分为直流接触器和交流接触器两类。按接触器电磁线圈励磁方式不同，可分为直流励磁、交流励磁两种。按主触点极数不同，可分为单极、双极，交流有三极、四极、五极三种。

接触器主要由电磁系统、触点系统、灭弧装置和其他部分组成。接触器分为直流和交流两类，结构大致相同。下面以交流接触器为例，分析接触器的组成、作用和工作原理，图 1-9 所示为交流接触器的外形和结构图。

① 电磁系统 电磁系统由衔铁、铁芯和励磁线圈组成，其中铁芯与吸引线圈固定不动，衔铁可以移动。图 1-10 所示为常用的电磁系统结构图。

励磁线圈的作用是将电能转换为磁场能量。通入交流电的为交流励磁线圈；通入直流电的为直流励磁线圈。

② 触点系统 触点系统包括三对主触点和四对辅助触点。三对主触点接在主电路中，起接通和断开主电路的作用，允许通过较大的电流；辅助触点接在控制电路中，只允许通过小电流，可完成一定的控制要求如自锁、互锁等。触点除有主、辅之分外，还可分成动合和