

普通高等教育

电气信息类规划教材



免费下载电子教案

机电传动控制

主编 张志义 孙蓓



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TM921.5
52

TM921.5
52

普通高等教育电气信息类规划教材

机电传动控制

主 编 张志义 孙 蓓
副主编 王 尧 高兴华
尹维生 白 岩



机械工业出版社

本书以常规机床及数控机床的控制系统为主线,力求突出机电结合、电为机用的特点,从实际应用出发,详细介绍各种电器元件及控制电路。

本书共分8章,内容包括继电-接触器控制电路的元件、典型环节、常用机床电气控制线路分析;可编程序控制器的基础知识、基本指令系统及设计;伺服电动机原理及驱动、变频器原理及应用;数控机床电气控制系统及数控车床、铣床等电气控制系统介绍。

本书可作为机械设计制造及其自动化专业本科生的教材,也可作为高职、自考学生的教材,及相关专业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机电传动控制/张志义,孙蓓主编. —北京:机械工业出版社,2009.1
普通高等教育电气信息类规划教材
ISBN 978-7-111-25733-2

I. 机… II. ①张…②孙… III. 电力传动控制设备—高等学校—教材
IV. TM921.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第006694号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:郝建伟 版式设计:张世琴

责任校对:李秋荣 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(兴文装订厂装订)

2009年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·20.75印张·510千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-25733-2

定价:33.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379753 88379739

封面无防伪标均为盗版

前 言

“机电传动控制”课程是机械设计制造及其自动化专业的一门必修专业基础课，是机电一体化人才所需电气知识的结构基础。由于电力传动控制装置和机械设备是一个不可分割的整体，所以本书以常规机床和数控机床所需的控制元件及控制系统为主线，详细介绍了机电传动的基础知识、常规控制元件、典型控制线路及现代化机械设备中所需的先进控制技术，如伺服电动机及驱动、变频器、可编程序控制器、数控系统等工作原理、特性、应用和设计选用方法。

参加本书编写的有张志义（编写第4、5章及7.4、8.1节），孙蓓（编写第1、3章），王尧（编写第2章及附录A），高兴华（编写7.1~7.3、7.5、7.6节），尹维生（编写8.2~8.5节），白岩（编写第6章及附录B）。全书由张志义统稿。

本书在编写中参阅了许多国内外的教材和文献，在此向这些文献资料的作者致谢。对于本书的错误和不妥之处，请读者提出宝贵意见。

编 者

2008年10月

目 录

前言

第 1 章 常用低压电器	1
1.1 概述	1
1.1.1 常用低压电器的分类	1
1.1.2 我国低压电器发展概况	1
1.1.3 国内外低压电器发展趋势	2
1.2 刀开关	4
1.2.1 开启式刀开关	5
1.2.2 开启式负荷开关	5
1.2.3 封闭式负荷开关	6
1.2.4 组合开关	7
1.2.5 刀开关的图形符号和文字符号	8
1.3 熔断器	8
1.3.1 熔断器的结构及工作原理	8
1.3.2 常用低压熔断器	9
1.3.3 熔断器的图形符号和文字符号	11
1.3.4 熔断器的选用	11
1.4 断路器	12
1.4.1 断路器的分类	12
1.4.2 断路器的结构及工作原理	13
1.4.3 断路器的保护特性	13
1.4.4 常用典型断路器	14
1.4.5 断路器的图形符号和文字符号	14
1.4.6 断路器的选用	15
1.5 电磁执行机构	15
1.5.1 电磁机构	15
1.5.2 电磁铁	19
1.5.3 电磁阀	20
1.5.4 电磁制动器	21
1.6 接触器	22
1.6.1 交流接触器	22
1.6.2 直流接触器	24
1.6.3 接触器的图形符号和文字符号	25
1.6.4 接触器的选用	25
1.7 继电器	26
1.7.1 电磁式电流、电压和中间继电器	27

1.7.2 热继电器	30
1.7.3 速度继电器	33
1.7.4 时间继电器	33
1.7.5 干簧继电器	37
1.7.6 固态继电器	37
1.8 主令电器	40
1.8.1 控制按钮	40
1.8.2 行程开关	41
1.8.3 接近开关	41
1.8.4 主令控制器	42
1.8.5 万能转换开关	43
1.8.6 光电开关	44
1.8.7 指示灯	44
1.9 常用低压电器故障及排除	44
1.9.1 触头系统的故障及排除	44
1.9.2 电磁机构的故障及排除	45
1.10 习题	46
第 2 章 电气控制线路的基本环节	48
2.1 控制线路的原理图、安装图与互连图	48
2.1.1 控制线路的图形符号和文字符号	48
2.1.2 电气线路图的分类与作用	50
2.2 三相异步电动机的全压起动控制线路	52
2.2.1 刀开关控制线路	52
2.2.2 点动控制线路	53
2.2.3 自锁控制线路	53
2.2.4 正反转控制线路	54
2.2.5 顺序控制与多地控制线路	56
2.3 三相笼型异步电动机的减压起动控制线路	57
2.3.1 定子电路串电阻减压起动控制线路	57
2.3.2 星形-三角形减压起动控制线路	59
2.3.3 自耦变压器减压起动控制线路	60
2.3.4 延边三角形减压起动控制线路	62

2.4	三相异步电动机的调速控制线路	63	3.6.2	电动葫芦的控制线路分析	97
2.4.1	笼型异步电动机多速控制线路	63	3.7	习题	97
2.4.2	电磁转差离合器调速电动机控制线路	66	第4章 可编程序控制器的基础知识	99	
2.5	三相异步电动机的制动控制线路	68	4.1	概述	99
2.5.1	笼型异步电动机能耗制动控制线路	69	4.1.1	PLC的产生和定义	99
2.5.2	笼型异步电动机反接制动控制线路	71	4.1.2	PLC的发展状况和趋势	100
2.6	行程控制线路	72	4.2	PLC的主要功能和特点	100
2.6.1	可逆行程控制线路	72	4.2.1	PLC的主要功能	100
2.6.2	行程控制线路应用举例	73	4.2.2	PLC的特点	101
2.7	电动机的综合保护	75	4.3	PLC的工作原理和基本组成	102
2.8	习题	77	4.3.1	PLC的工作原理	102
第3章 典型机械设备电气控制线路	79		4.3.2	PLC控制与继电器控制的区别	104
3.1	绘制和阅读机械设备电气原理图的基本知识	79	4.3.3	PLC的基本组成和各部分的作用	105
3.2	卧式车床的电气控制线路	80	4.4	S7-200系列PLC的组成	106
3.2.1	CA6140型卧式车床的主要结构及运动形式	80	4.4.1	S7-200系列PLC的技术指标	106
3.2.2	CA6140型卧式车床的电气控制线路分析	81	4.4.2	I/O接口	109
3.3	平面磨床的电气控制线路	82	4.5	S7-200系列PLC的编程软元件	110
3.3.1	M7120型平面磨床的主要结构及运动形式	82	4.5.1	类型及功能	110
3.3.2	M7120型平面磨床的电气控制线路分析	82	4.5.2	数据类型	112
3.4	钻床的电气控制线路	85	4.5.3	寻址方式	113
3.4.1	Z37型摇臂钻床的主要结构及运动形式	85	4.6	习题	114
3.4.2	Z37型摇臂钻床的电气控制线路分析	86	第5章 S7-200系列PLC的指令系统	115	
3.4.3	Z37型摇臂钻床的电气故障分析	89	5.1	PLC编程语言	115
3.5	万能铣床的电气控制线路	89	5.2	PLC的指令介绍	116
3.5.1	X62W型卧式万能铣床的主要结构及运动形式	90	5.2.1	S7-200系列PLC基本逻辑控制指令	116
3.5.2	X62W型卧式万能铣床的电气控制线路分析	90	5.2.2	梯形图的编辑方法	125
3.5.3	X62W型卧式万能铣床的电气故障分析	96	5.2.3	功能指令	128
3.6	电动葫芦的电气控制线路	96	5.3	习题	133
3.6.1	电动葫芦的结构	96	第6章 PLC控制系统设计	136	
			6.1	PLC控制系统软件设计	136
			6.1.1	系统设计的基本步骤	136
			6.1.2	PLC软件系统的设计方法	137
			6.2	PLC硬件系统设计	138
			6.2.1	PLC的基本性能指标	138
			6.2.2	PLC的分类	139
			6.2.3	PLC的选型	139
			6.3	PLC软件编程	142
			6.3.1	安装STEP7-Micro/WIN32编程软件	142

6.3.2	STEP7-Micro/WIN32 编程软件的主要功能	142	7.5	习题	233
6.3.3	主界面各部分功能	143	第8章	数控机床电气控制系统	235
6.3.4	STEP7-Micro/WIN32 编程软件的使用	145	8.1	机床数控系统基本结构及连接	235
6.4	PLC 软件编程实例	153	8.1.1	机床数控系统结构	235
6.5	习题	166	8.1.2	计算机数控系统的总体结构及各部分功能	239
第7章	伺服电动机及驱动、变频器原理与应用	168	8.1.3	伺服电动机的特性及选型	242
7.1	步进电动机的驱动与控制	168	8.1.4	数控系统的部件连接	244
7.1.1	步进电动机概述	168	8.1.5	基本控制逻辑的设计及调试	251
7.1.2	步进电动机驱动电路	172	8.2	数控系统基本参数的调试	265
7.1.3	三相步进电动机的控制	177	8.2.1	调试前的准备工作	265
7.1.4	四相步进电动机的控制	185	8.2.2	数控系统的初次通电	267
7.2	直流伺服电动机及驱动	188	8.2.3	PLC 应用程序的调试	268
7.2.1	直流伺服电动机的结构及原理	188	8.2.4	驱动器参数配置	268
7.2.2	基本驱动控制电路	191	8.2.5	驱动器定位参数和坐标控制使能参数	270
7.2.3	直流电动机控制实例	194	8.2.6	机械传动系统参数设定	272
7.3	交流伺服电动机及驱动	197	8.2.7	数控系统的数据保护与数据备份	281
7.3.1	交流伺服电动机概述	197	8.3	数控机床举例	284
7.3.2	交流伺服电动机的驱动	200	8.3.1	数控车床控制系统	284
7.3.3	IR2132 高性能集成交流伺服电动机驱动器	201	8.3.2	数控铣床控制系统	297
7.3.4	智能功率模块	206	8.4	习题	305
7.4	变频器原理及应用	210	附录		306
7.4.1	变频器的基本构成及原理	210	附录 A	电气图中常用图形符号和文字符号新旧对照表	306
7.4.2	变频器的类别与选择	213	附录 B	西门子 S7-200 系列 PLC 指令表	313
7.4.3	变频器的应用实例	219	参考文献		323
7.4.4	变频器的可靠性与抗干扰措施	226			

第 1 章 常用低压电器

1.1 概述

生产机械不仅需要电动机拖动，而且还需要一套控制装置即各类电器，用以实现各种工艺要求。凡是用来接通、断开电路，能够实现对电路或非电路对象进行切换、控制、保护、检测、变换或调节的元件称为电器。

电器按其工作电压等级可分为高压电器和低压电器。低压电器通常指工作在交流电压 1200V 及以下或直流电压 1500V 及以下电路中的电器。

1.1.1 常用低压电器的分类

低压电器的种类繁多，结构各异，分类方法也很多。常见低压电器的分类如表 1-1 所示。

表 1-1 常见低压电器的分类

类别	用途	举例	
按用途分类	控制电器	用于控制各种电路和控制系统	手动电器：按钮、刀开关、转换开关等；自动电器：接触器、继电器、电磁阀等；自动保护电器：热继电器、熔断器等
	配电电器	用于电能的传送和分配	刀开关、熔断器、断路器等
	执行电器	用于完成某种动作或传送功能	电磁铁、电磁离合器等
	其他电器		变频调速器、可编程序控制器、软启动器等
按电气传动控制系统常用低压电器分类	刀开关	用于不频繁手动通断交直流电路	胶盖闸刀开关、组合开关等
	熔断器	用于短路或严重过载保护	插入式、螺旋式、有（无）填料式、快速式等
	断路器	用于手动或自动通断电路，短路、严重过载或欠电压保护	万能框架式、装置式等
	接触器	用于频繁自动通断交直流电路	交（直）流接触器、真空接触器等
	继电器	用于自动控制和保护电力拖动装置	电磁式、电子式、双金属片式、特种继电器等
	主令控制器	用于向控制系统发号施令	按钮、行程开关、接近开关、主令控制器等
	电器安装附件		插头插座、接线端子、行线槽等

1.1.2 我国低压电器发展概况

我国低压电器产品的发展大致可分为以下几个阶段：20 世纪 50 年代的全面仿苏阶段；20 世纪 60 年代初至 70 年代初的自行开发设计阶段，其产品以 CJ10、DZ10、DW10 为代表，约 29 个系列；20 世纪 70 年代后期到 80 年代，完成产品的更新换代，并引进国外技术阶段，更新的产品以 CJ20、DZ20、DW15 系列为代表，共 56 个系列；20 世纪 90 年代跟踪国外新技术、新产品，自行开发、设计、研制生产阶段，其产品以 DW40、DW45、DZ40、CJ40、S

系列等为代表，共十多个系列；最近研发的具有性能优良、工作可靠、体积小、组合化、模块化等特点的智能化可通信电器，其总体技术性能达到或接近国外 20 世纪 90 年代水平。

1.1.3 国内外低压电器发展趋势

1. 相关新技术的发展与应用

(1) 现代设计技术

设计技术的现代化主要表现在如下三个方面：

- 三维计算机辅助设计系统与制造软件系统的引入；
- 电器开关特性的计算机模拟和仿真；
- 现代化的样机测试手段。

(2) 三维计算机辅助设计系统的应用

三维计算机辅助设计系统，集设计、制造和分析于一体（CAD/CAM/CAE），能实现设计与制造的自动化与优化，从零件设计、装配到产品总装、仿真运行等均可在计算机上完成，并能让设计者在三维空间完成零部件设计和装配，在此基础上自动生成工程图样，大幅度缩短开发周期、缩减开发费用，提高产品性能并缩小体积。辅助制造部分能自动完成零件的模具设计和加工工艺，并生成相应的数控代码、直接带动数控机床。分析仿真部分能进行产品的应力分析、热场甚至电磁场的计算、机构的静态和动态特性分析，并能通过分析使产品的设计优化，获得最佳的性能和最小的体积。目前国外一些著名的电器公司已广泛采用三维设计系统来开发产品，国内在 20 世纪 90 年代初首先由常熟开关厂依靠 UG 三维设计系统开发了 CMI 系列高分断性能塑壳断路器并获得成功，产品由于优异的性能，加上极短的开发周期，很快占领了市场，使工厂取得显著的经济效益；另一方面也带动其他工厂纷纷引进这种新技术，目前该技术已广泛采用。

(3) 低压电器专用计算机应用软件

上述的 CAD/CAM/CAE 系统一般是指通用软件，为完善设计和提高设计效率，除建立必须的数据、符号、标准元件库外，还需要一些专用分析、计算软件，如电磁系统三维分析、计算软件包、电器开关特性的计算机模拟和仿真、低压电器接通和分断过程动态仿真、电磁机构和触头系统运动过程动态仿真、电弧产生与熄灭过程的动态仿真、样机测试等。用 ANSYS 有限元分析软件可进行触头灭弧系统和脱扣器的磁场分析及电器机壳的强度分析；用 ADAMS 软件可进行操纵机构的动态特性分析；用 CFX-F3D 三维流体计算软件可进行灭弧过程中电弧等离子体微观参数分析等。

(4) 计算机网络系统的应用

微处理器技术和计算机技术的引入及计算机网络技术和信息通信技术的应用，一方面使低压电器智能化；另一方面使智能化电器与中央控制计算机可进行双向通信。进入 20 世纪 90 年代，随着计算机通信网络的发展，低压电器与控制系统已统一形成了智能化监控、保护与信息网络。它由智能化电器、监控器、中央计算机（包括可编程序控制器）及网络元件 4 部分组成。监控器在网络中起参数测量与显示、某些保护功能、通信接口等作用，并代替传统的指令电器、信号电器和测量仪表；网络元件用于形成通信网络，主要有现场总线、操作器与传感器接口、地址编码器及寻址单元等。

计算机网络系统的应用，不仅提高了低压配电与控制系统的自动化程度，并且实现了信

息化，使低压配电、控制系统的调度、操作和维护实现了四遥（遥控、遥信、遥测、遥调），提高了整个系统的可靠性；实现区域连锁，使选择性保护匹配合理；采用新型监控元件，使可提供的信息量大幅度增加，实现信息共享，减少信息重复和信息通道，简化二次控制线路，接线简单，安装方便，提高了工作可靠性。随着计算机网络的应用，对低压电器产品提出了新的要求，如：

- 如何实现低压电器元件与网络的连接；
- 用户和设备之间的开放性和兼容性；
- 标准化的通信规约（协议）以及可靠性问题；
- 电磁兼容性（Electromagnetic Compatibility, EMC）要求等。

在计算机网络中，为了保证数据通信的双方能正确自动地进行通信，必须制定一套关于信息传输的顺序、信息格式和信息内容的约定，即通信协议。国际标准化组织制定了开放系统互联 ISO/OSI 参考模型，共 7 层，包括传输规程和用户规程等。一些国家和公司按照 ISO/OSI 参考模型相继推出了各自的现场总线标准，如欧洲标准 ProfiBus、我国的《低压电器数据通信规约（V1.0）》等。由于现场总线技术的出现，不但为构造分布式计算机控制系统创造了条件，而且即插即用、扩充性好、维护方便。因此由智能化电器与中央计算机通过接口构成的自动化通信网络正从集中式控制向分布式控制发展，目前这种技术已成为国内外关注的热点。

（5）可靠性技术

随着低压电器和控制系统的大型化、复杂化、系统元件越来越多，一个元件发生故障可导致整体系统瘫痪。因此，国内外重点研究以下几个方面：

- 可靠性物理研究，即产品失效机理研究；
- 可靠性指标与考核方法研究；
- 可靠性实验装置研究；
- 提高可靠性研究。

（6）新的灭弧系统和限流技术

由于电力系统发展的需要，对低压电器提出了高性能和小型化的要求，传统意义上的灭弧系统已不能满足对低压电器分断能力的要求，因此，国内外致力于研究新的灭弧系统和限流技术，实现电器“无飞弧”。如采用一种三维磁场集中驱弧技术来提高塑壳断路器的分断性能；采用旋转式双断点的限流结构，并在前后级保护特性配合方面实现“能量匹配”以提高电器的分断能力；采用新的绝缘材料，抑制由于电极的金属蒸气扩散至绝缘器壁上形成的金属粒子堆积，加强对电弧的冷却作用等。

2. 我国主要低压电器产品总体发展方向

低压电器发展方向，取决于国民经济的发展和现代工业自动化发展的需要，以及新技术、新工艺、新材料的研究与应用。随着我国电力系统的飞速发展，低压配电系统网络化迫在眉睫，大力发展有通信功能的低压电器、实现与低压配电网络通信是实现低压配电系统网络化、提高低压配电系统自动化程度及信息化的基础。目前我国低压电器的总体发展方向大致如下：

（1）可通信低压电器的发展

随着计算机网络的发展与应用，要求低压电器能与上位机或中央控制计算机进行通信。

为了实现低压电器的双向通信功能，低压电器必须向电子化、集成化、智能化及机电一体化方向发展。对可通信低压电器的基本要求是：带通信接口、通信规约标准化、可以直接挂在总线上及符合低压电器标准和相关 EMC 要求。因此，各种可通信低压电器一般采用三种方案：

- 带通信接口电路，通过外部设备可与通信网络及其他电器连接；
- 传统电器上派生或增加联网接口和通信接口；
- 直接带计算机接口和通信接口功能的电器。

(2) 传统低压电器的发展

随着科学技术的进步，新技术、新材料、新工艺不断出现，传统低压电器也在不断更新换代，目前正向着以下几个方向发展：高性能、高可靠性、模块化、组合化、小型化、模数化和零部件通用化。

模块化使电器制造过程大为简洁，通过不同模块积木式的组合，使电器可获得不同的附加功能，例如新一代小容量接触器都设计成多功能组合模块式结构，在接触器主体的各侧可根据需要加装机械联锁、延时元件、辅助触头和瞬态过电压抑制元件等模块，以实现不同的功能。

组合化使不同功能的电器组合在一起，有利于电器结构紧凑，减少线路中所需元件品种，并使保护特性得到良好匹配。我国自行开发生产的 KBO 型控制与保护开关电器 (CPS)，就是一种典型的组合化低压电器，它兼有接触器、断路器和过载继电器功能。组合化是实现多功能的重要途径，一般有两种方式：

- 功能组合，由各种功能组合而成，主单元可独立，其他不能；
- 组合功能，把两种及以上的电器组合在一起。因此，低压电器的模块化、(宽度)模数化、(安装)导轨化、外形尺寸一致、功能协调是组合电器和成套电器的基础。

模数化使电器外形尺寸规范化，便于安装和组合，不同额定值或不同类型电器实现部件通用化，例如以 C45 系列为代表的各种品牌的小型化高分断能力低压断路器，不同系列不同额定值的低压断路器均可安装在统一的 35mm 安装轨上，并可与模数化的熔断器、隔离器和电源插座等组合安装在一个安装平面上。

开关电器小型化有两种含义，一是电器本身的尺寸要小；二是减小喷弧距离或实现“无飞弧”以缩小安装这种电器的开关柜尺寸。近几年国内做了不少工作来实现断路器的“无飞弧”，我国新设计的 S 系列和 TM30 系列塑壳断路器及 DW45 系列框架断路器都已做到了无飞弧，这种断路器结构紧凑，体积小，其体积仅相当于同容量框架断路器的一半。

1.2 刀开关

刀开关是一种结构简单、应用十分广泛的手动电器，主要供无载通断电路用，即在不分断负载电流或分断时各极两触头间不会出现明显极间电压的条件下接通或分断电路用。有时也可用来通断较小工作电流，作为照明设备或小容量电动机作不频繁操作的电源开关用。

根据工作条件和用途的不同，刀开关的结构形式也不同（如开起式刀开关、开起式负荷开关、封闭式负荷开关、组合开关等），但工作原理基本相同。刀开关按极数可分为单极、双极、三极和四极刀开关；按切换功能可分为单投和双投刀开关；按灭弧罩可分为有、

无灭弧罩；按操纵方式可分为中央手柄式和带杠杆机构操纵式等。

下面介绍几种常用的刀开关。

1.2.1 开启式刀开关

开启式刀开关由手柄、动触刀、静插座、铰链支座、绝缘底板和灭弧室等组成，一般用于额定电压交流 380V、直流 440V，额定电流 1500A 的配电设备中作电源隔离用，依靠手动来实现动触刀插入插座与脱离插座的控制。开启式刀开关的结构如图 1-1 所示。

开启式刀开关型号意义如下：

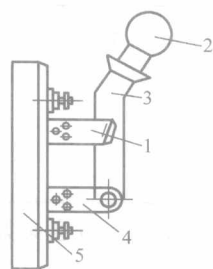
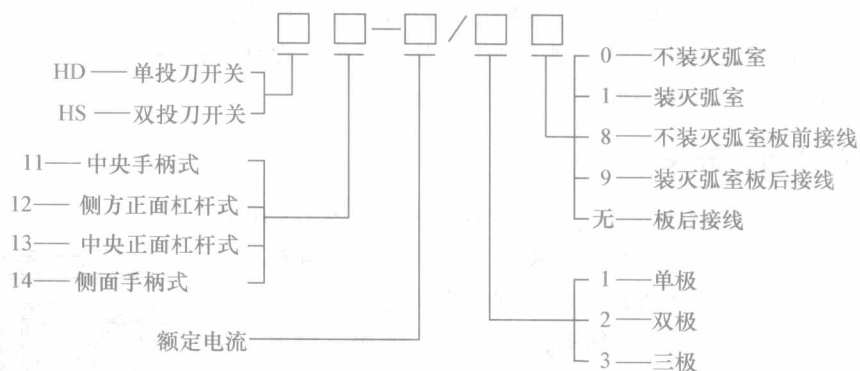


图 1-1 开启式刀开关

1—静插座 2—手柄 3—动触刀
4—铰链支座 5—绝缘底板

1.2.2 开启式负荷开关

开启式负荷开关俗称瓷底胶壳刀开关，是一种结构简单、应用最为广泛的手动电器，其结构如图 1-2 所示。HK 系列刀开关不设专门的灭弧设备，而用胶木盖防止电弧灼伤人手。操作者在拉闸和合闸时，要求动作迅速，使电弧较快熄灭，以减轻电弧对触头的灼伤。

开启式负荷开关因其内部装设了熔丝，当它所在电路发生短路故障时，可通过熔丝的熔断迅速切断电路，从而保护电路中其他的电器设备。

开启式负荷开关分有两极和三极两种，两极的额定电压为 220V 或 250V，额定电流有 10A、15A 和 30A 三种；三极的额定电压为 380V 或 500V，额定电流有 15A、30A 和 60A 三种。用于照明电路时，可选用额定电压为 250V、额定电流等于或大于电路最大工作电流的两极开关；用于电动机直接起动时，可选用额定电压为 380V 或 500V、额定电流等于或大于电动机额定电流三倍的三极开关。开启式负荷开关的基本参数见表 1-2。

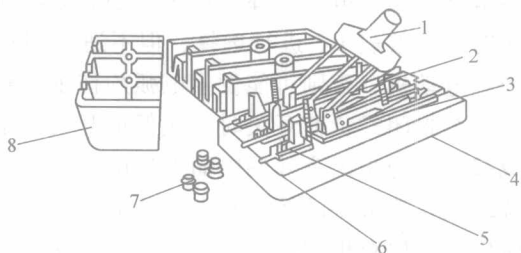


图 1-2 开启式负荷开关

1—瓷柄 2—动触头 3—出线座 4—瓷底 5—静触座
6—进线座 7—胶盖紧固螺钉 8—胶盖

表 1-2 HK1 系列开启式负荷开关基本技术参数

型 号	极 数	额定电流 /A	额定电压 /V	可控制电动机最大容量		熔丝线径 Φ /mm
				220V	380V	
HK1-15	二	15	220	—	—	1.45~1.59
HK1-30	二	30	220	—	—	2.30~2.52
HK1-60	二	60	220	—	—	3.36~4.00
HK1-15	三	15	380	1.5	2.2	1.45~1.59
HK1-30	三	30	380	3.0	4.0	2.30~2.52
HK1-60	三	60	380	4.5	5.5	3.36~4.00

开启式负荷开关型号意义如下：



在安装开启式负荷开关时，应注意将电源进线装在静触座上，将用电负荷接在刀开关的下出线端上。这样当开关断开时，闸刀和熔丝均不带电，保证更换熔丝安全。闸刀在合闸状态时，手柄应向上，不可倒装或平装，以防止误合闸。

1.2.3 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关俗称铁壳开关，其外观及结构如图 1-3 所示。

封闭式负荷开关的手柄转轴与底座之间装有一个速断弹簧，用钩子扣在转轴上，当扳动手柄分闸或合闸时，开始阶段 U 形双刀片（动触头）并不移动，只拉伸了弹簧，储蓄了能量；当转轴转到一定角度时，弹簧力使 U 形双刀片迅速从夹座拉开或将刀片迅速嵌入夹座，电弧被很快熄灭。为了保证用电安全，铁壳上装有机锁装置，当箱盖打开时，不能合闸；闸刀合闸后，箱盖不能打开。

封闭式负荷开关用来控制照明线路时，开关的额定电流可按该电路的额定电流选择；用来控制起动不频繁的小容量电动机时，可按表 1-3 进行选择，但不适宜用 60A 以上的开关来控制电动机，否则可能发生电弧灼伤手等事故。

在安装封闭式负荷开关时，应保证开关的金属外壳可靠接地或接零，防止因意外漏电而发生触电事故。接线时，应将电源线接在静触座的接线端上，负荷接在熔断器一端。在运行时应注意检查机械联锁是否正常，速断弹簧有无锈蚀变形，锁紧螺钉是否完好，发现问题应及时修复或更换。

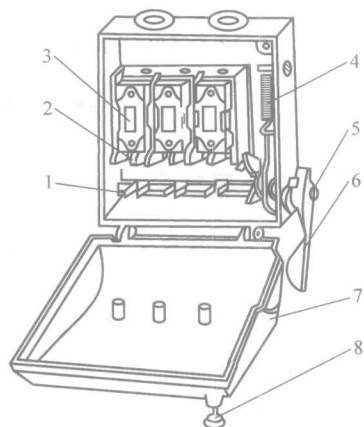


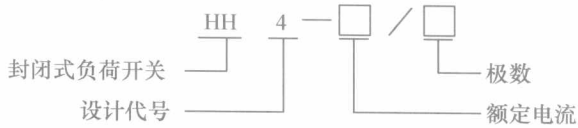
图 1-3 封闭式负荷开关

- 1—U 形动触头 2—静触座 3—瓷插式熔断器 4—速断弹簧 5—转轴
6—操作手柄 7—开关盖
8—开关盖锁紧螺钉

表 1-3 HH 系列与可控制电动机容量的配合

额定电流/A	可控制电动机最大容量/kW		
	220V	380V	500V
10	1.5	2.7	3.5
15	2.0	3.0	4.5
20	3.5	5.0	7.0
30	4.5	7.0	10
60	9.5	15	20

封闭式负荷开关型号意义如下：



封闭式负荷开关应按期检查刀片接触是否良好，底板上是否积有灰尘，以确保良好的绝缘。如果刀片磨损严重或被电弧烧坏，应及时更换。检查开关电源侧和负荷侧，进出线端子与开关连接处是否压接牢固，有无接触不良、过热变色等现象，如果出现异常应及时处理。

1.2.4 组合开关

组合开关又称转换开关，属于刀开关类型，其结构特点是刀片是转动式的，比一般刀开关轻巧而且组合性强，能组成各种不同的线路。有单极、双极和多级之分，其外观及结构如图 1-4 所示。

图 1-4 所示的组合开关有三个静触片，分别安装在三层绝缘垫板上，并附有接线柱，伸出盒外，以便和电源及用电设备相接；三个动触片是由两个磷铜片或硬纯铜片和灭弧性能良好的绝缘钢纸板铆合而成的，和绝缘垫板一起套在附有手柄的绝缘杆上。手柄每次转动 90° ，带动三个动触片分别与三个静触片接通和断开。顶盖部分由凸轮、弹簧及手柄等零件构成操作机构，这个机构由于采用了弹簧储能使开关快速闭合及分断。

组合开关有许多系列，如 HZ1、HZ2、HZ4、HZ5 和 HZ10 等，其中 HZ1 至 HZ5 是已淘汰产品，HZ10 系列是全国统一设计产品，具有寿命长、使用可靠、结构简单等特点，适用于交流 50Hz-380V 以下和直流 220V 及以下的电源引入，5kW 以下小容量电动机的直接起动，电动机的正反转控制及机床照明控制电路中。

组合开关型号意义如下：

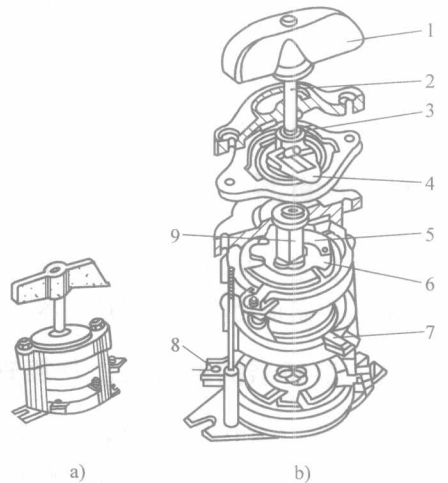
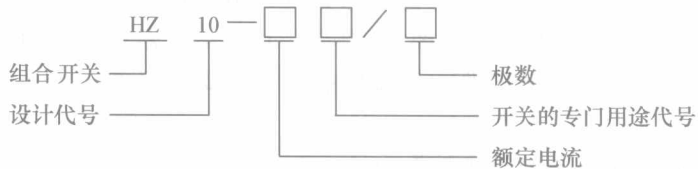


图 1-4 组合开关

- 1—手柄 2—转轴 3—弹簧
4—凸轮 5—绝缘垫板 6—动触片
7—静触片 8—接线柱 9—绝缘杆

HZ10 系列组合开关是根据电源种类、电压等级、所需触头数、电动机的容量进行选用的。开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

HZ10 系列组合开关额定电压及电流如表 1-4 所示。

表 1-4 HZ10 系列组合开关额定电压及电流

型 号	极 数	额定电流/A	额定电压/V	
HZ10-10	2、3	6, 10	直流 220	交流 380
HZ10-25	2、3	25		
HZ10-60	2、3	60		
HZ10-100	2、3	100		

1.2.5 刀开关的图形符号和文字符号

刀开关的图形符号和文字符号如图 1-5 所示。



图 1-5 刀开关图形符号和文字符号

1.3 熔断器

熔断器是一种利用物质过热熔化性质制作的保护电器。当电路发生严重过载或短路时，将有超过限定值的电流通过熔断器而将熔断器的熔体熔断而切断电路，达到保护的目。

1.3.1 熔断器的结构及工作原理

熔断器主要由熔体和安装熔体的熔管或熔座两部分组成。其中熔体是主要部分，它既是感受元件又是执行元件。熔体可做成丝状、片状、带状或笼状，其材料有两类：一类为低熔点材料，如铅、锌、锡及铅锡合金等；另一类为高熔点材料，如银、铜、铝等。熔断器接入电路时，熔体是串接在被保护电路中的。熔管是熔体的保护外壳，可做成封闭式或半封闭式，其材料一般为陶瓷、绝缘钢纸或玻璃纤维。

熔断器熔体中的电流为熔体的额定电流时，熔体长期不熔断；当电路发生严重过载时，熔体在较短时间内熔断；当电路发生短路时，熔体能在瞬间熔断。熔体的这个特性称为反时限特性。电流与熔断时间的关系称为安秒特性，如图 1-6 所示。由于熔断器对过载反应不灵敏，所以不宜用于电路的过载保护，而主要用于电路的短路保护。

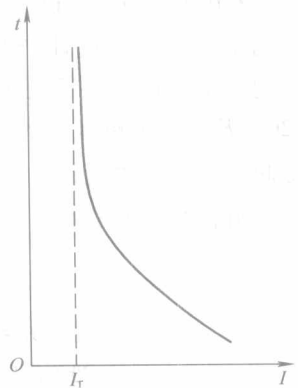


图 1-6 熔断器的安秒特性

图 1-6 中的电流 I_r 为熔体的最小熔断电流。当通过熔体的电流等于或大于 I_r 时，熔体熔断；当通过熔体的电流小于 I_r 时，熔体不能熔断。根据对熔断器的要求，熔体在额定电流 I_N 时绝对不应熔断，即 $I_r > I_N$ 。熔断器的主要技术参数有额定电压、额定电流、熔体的额定电流和极限分断能力等。

1.3.2 常用低压熔断器

1. RC1A 系列瓷插式熔断器

RC1A 系列瓷插式熔断器是一种常见的、结构简单的熔断器。它由瓷盖、瓷座、熔丝、灭弧室、动触头和静触头 6 部分组成，外观及结构如图 1-7 所示。

瓷盖和瓷座均用电气瓷制成；电源线和负载线可分别接在瓷座两端静触头上，熔丝接在瓷盖的动触头上。瓷座中间有一空腔与瓷盖突出部分构成灭弧室。容量较大的熔断器在灭弧室内垫有石棉垫，以加强灭弧效果。

RC1A 系列熔断器结构简单、价格低廉、更换方便，用于照明和小容量电动机的短路保护。

RC1A 系列熔断器的基本技术参数如表 1-5 所示。

表 1-5 RC1A 系列熔断器的基本技术参数

型 号	额定电压 /V	额定电流 /A	熔体额定电流 /A	熔体材料	极限分断能力 /kA
RC1A-5	380	5	2, 4	铅锡合金	0.25
RC1A-10		10	6, 10	铅锡合金	0.5
RC1A-15		15	15	铅锡合金	0.5
RC1A-30		30	20, 25, 30	铜	1.5
RC1A-60		60	40, 50, 60	铜	3
RC1A-100		100	80, 100	铜	3
RC1A-200		200	120, 150, 200	变截面紫铜	3

2. RL6 系列螺旋式熔断器

RL6 系列熔断器由带螺纹的瓷帽、熔管、瓷套、上接线柱、下接线柱及底座组成，外形及结构如图 1-8 所示。

瓷管内装有熔体并装满石英砂，将熔管置于底座内，旋紧瓷帽，电路就可接通。管内石英砂用于灭弧，当电弧产生时，电弧在石英砂中因冷却而熄灭。瓷帽顶部有一玻璃圆孔，内装有熔断指示器，当熔体熔断时指示器弹出脱落，透过瓷帽上的玻璃孔就可以看见。在装接时，电源线应接在下接线柱上，负载线应接在上接线柱上，这样在更换熔管时，旋出瓷帽后螺纹壳上不会带电，保证人身安全。这种熔断器具有较高的分断能力和较小的安装面积，常用于机床控制线路中以保护电动机。

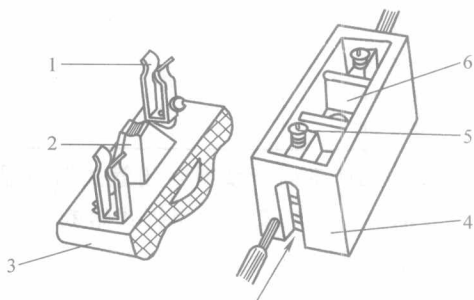


图 1-7 瓷插式熔断器

1—动触头 2—熔体 3—瓷盖 4—瓷座
5—静触头 6—灭弧室

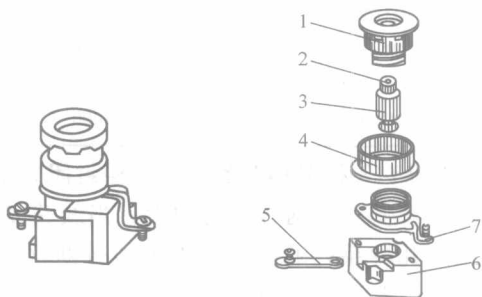


图 1-8 螺旋式熔断器

1—瓷帽 2—熔断指示器 3—熔管 4—瓷套
5—下接线柱 6—底座 7—上接线柱

RL6 系列熔断器基本技术参数如表 1-6 所示。

表 1-6 RL6 系列熔断器基本技术参数

型 号	额定电压/V	额定电流/A	熔体额定电流/A	极限分断能力/kA
RL6-25	500	25	2, 4, 6, 10, 16, 20, 25	50
RL6-63		63	35, 50, 63	
RL6-100		100	80, 100	
RL6-200		200	125, 160, 200	

3. RM10 系列无填料封闭管式熔断器

RM10 系列无填料封闭管式熔断器主要由熔管、熔体、插刀、夹座等部分组成，其外观及结构如图 1-9 所示。

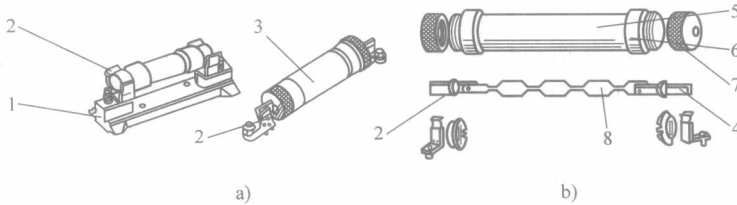


图 1-9 无填料封闭管式熔断器

1—底座 2—夹座 3—熔管 4—插刀 5—钢纸管 6—黄铜套管 7—黄铜帽 8—熔体

RM10 系列无填料封闭管式熔断器的夹座装于绝缘底座上。熔管由钢纸纤维制成，管的两端由黄铜帽封闭，管内无填料。熔体为变截面的锌片，用螺钉固定于熔断器两端的插刀上，并装于熔管内。熔体熔断时，电弧在管内不会向外喷出。这种熔断器的优点是更换熔体方便、使用安全，适用于电气设备的短路保护和电缆的过载保护。

RM10 系列无填料封闭管式熔断器基本技术参数如表 1-7 所示。

表 1-7 RM10 系列无填料封闭管式熔断器基本技术参数

型 号	额定电流/A	熔体额定电流/A	极限分断能力/kA
RM10-15	15	6, 10, 15	1.2
RM10-60	60	15, 20, 25, 35, 45, 60	3.5
RM10-100	100	60, 80, 100	10
RM10-200	200	100, 125, 160, 200	10
RM10-350	350	200, 225, 260, 300, 350	10
RM10-600	600	350, 430, 500, 600	10
RM10-1000	1000	600, 700, 850, 1000	12

4. RT12 和 RT14 系列有填料封闭式熔断器

随着低压电网容量的增大，当线路发生短路故障时，短路电流常高达 25 ~ 50kA。上面介绍的几种系列的熔断器都不能分断这么大的电流，必须采用 RT12 和 RT14 系列有填料封闭式熔断器，其外观及结构如图 1-10 所示。

RT12 系列熔断器为瓷质管体，管体两端的铜帽上焊有偏置式连接板，可用螺钉安装在母线排上。管内装有边界面熔体。在管体的正面、侧面或背面有一指示用的红色小珠，熔体熔断时，红色小珠就弹出。这种熔断器的极限分断能力可达 80kA。