



普通高等教育电气信息类规划教材



免费电子教案下载

www.cmpedu.com

机电传动控制

第②版

主 编 孙 蓓 张 志 义



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育电气信息类规划教材

机电传动控制

第2版

主 编 孙 蓓 张志义
 副主编 王 尧 白 岩
 肖 鹏 尹维生
 参 编 曹元勋 郑文岗

本书在编写过程中参考了国内外许多文献资料，对本书的错误及不妥之处，敬请读者指正。本书在编写过程中参考了国内外许多文献资料，对本书的错误及不妥之处，敬请读者指正。

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第094026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: 李 洋 封面设计: 李 洋

北京昌邑彩色印刷有限公司印刷

2012年8月第2版第1次印刷

184mm×260mm·22.75印张·262千字

0001-3000册

标准书号: ISBN 978-7-111-20188-8

定价: 49.80元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社负责调换

网络服务: 地址: www.cmpbook.com

服务热线: 010-88379833 机工官网: www.cmpbook.com

服务热线: 010-88379833 机工官博: weibo.com/cmp1932

客服热线: 010-88379833 机工官网: www.cmpedu.com

客服热线: 010-88379833 机工官网: www.golden-book.com



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、控制电路及软件编程。

本书共8章，内容包括继电器—接触器控制电路、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、基本指令及设计应用；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介绍。

本书在修订过程中将现在机械设备常用的控制技术及最新的数控系统西门子828D介绍给读者，并将部分内容做了更新和修改，以适应科技进步的要求。

本书可作为机械设计制造及其自动化专业本科生教材，也可作为高职、自学考试学生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/孙蓓, 张志义主编.—2版.—北京: 机械工业出版社, 2015.6

普通高等教育电气信息类规划教材

ISBN 978-7-111-50168-8

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第094056号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑: 时静 责任编辑: 时静 尚晨

责任校对: 刘怡丹 责任印制: 李洋

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2015年8月第2版第1次印刷

184mm×260mm·22.75印张·565千字

0001—3000册

标准书号: ISBN 978-7-111-50168-8

定价: 49.80元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88379833

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-88379649

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

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和设备，如软起动器、伺服电动机及驱动、PLC、数控系统工作原理及应用。

参加本书编写的有孙蓓（编写第1、3章），张志义（编写第4、5章及7.3节），王尧（编写第2章及附录A），白岩（编写第6章、8.3节及附录B），肖鹏（编写8.1~8.2节），尹维生（编写7.1~7.2节），曹元勋、郑文岗负责全书的图稿编辑加工。全书由孙蓓和张志义共同统稿。

本书在编写过程中参阅了许多国内外的教材及文献，在此向这些文献资料的作者致谢。对本书的错误及不妥之处，敬请读者提出宝贵意见。

编 者
2014年12月

目 录

前言	1	1.7.2 热继电器	31
第1章 常用低压电器	1	1.7.3 速度继电器	35
1.1 概述	1	1.7.4 时间继电器	35
1.1.1 常用低压电器的分类	1	1.7.5 干簧继电器	39
1.1.2 我国低压电器发展概况	2	1.7.6 固态继电器	40
1.1.3 国内外低压电器发展趋势	2	1.8 主令电器	42
1.2 刀开关	5	1.8.1 控制按钮	42
1.2.1 开启式刀开关	5	1.8.2 行程开关	43
1.2.2 开启式负荷开关	5	1.8.3 接近开关	44
1.2.3 封闭式负荷开关	6	1.8.4 主令控制器	44
1.2.4 组合开关	7	1.8.5 万能转换开关	45
1.2.5 刀开关的图形符号和文字符号	8	1.8.6 光电开关	46
1.3 熔断器	8	1.8.7 指示灯	46
1.3.1 熔断器的结构及工作原理	8	1.9 常用低压电器故障及排除	47
1.3.2 常用低压熔断器	9	1.9.1 触点系统的故障及排除	47
1.3.3 熔断器的图形符号和文字符号	12	1.9.2 电磁机构的故障及排除	48
1.3.4 熔断器的选用	12	1.10 练习题	48
1.4 断路器	13	第2章 电气控制线路的基本环节	50
1.4.1 断路器的分类	13	2.1 控制线路的原理图、安装图与互 连图	50
1.4.2 断路器的结构及工作原理	13	2.1.1 控制线路的图形符号和文字 符号	50
1.4.3 断路器的保护特性	14	2.1.2 电气线路图的分类与作用	52
1.4.4 常用典型断路器	15	2.2 三相异步电动机的全压起动控制 线路	54
1.4.5 断路器的图形符号和文字符号	15	2.2.1 刀开关控制线路	54
1.4.6 断路器的选用	16	2.2.2 点动控制线路	55
1.5 电磁执行机构	16	2.2.3 自锁(长动)控制线路	55
1.5.1 电磁机构	16	2.2.4 正反转控制线路	56
1.5.2 电磁铁	20	2.2.5 顺序控制与多地控制线路	58
1.5.3 电磁阀	21	2.3 三相笼型异步电动机的减压起动控制 线路	59
1.5.4 电磁制动器	23	2.3.1 定子电路串电阻减压起动控制 线路	59
1.6 接触器	23	2.3.2 星形-三角形减压起动控制线路	61
1.6.1 交流接触器	23	2.3.3 自耦变压器减压起动控制线路	62
1.6.2 直流接触器	25	2.3.4 延边三角形减压起动控制线路	64
1.6.3 接触器的图形符号和文字符号	27		
1.6.4 接触器的选用	27		
1.7 继电器	28		
1.7.1 电磁式电流、电压和中间继 电器	28		

2.3.5	软起动器控制线路	65	3.6.1	电动葫芦的结构	101
2.4	三相异步电动机的调速控制线路	67	3.6.2	电动葫芦的控制线路分析	102
2.4.1	笼型异步电动机多速控制线路	67	3.7	练习题	102
2.4.2	电磁转差离合器调速电动机控制线路	70	第4章 可编程控制器的结构及特点	103	
2.5	三相异步电动机的制动控制线路	73	4.1	可编程控制器概述	103
2.5.1	笼型异步电动机能耗制动控制线路	73	4.1.1	PLC的由来	103
2.5.2	笼型异步电动机反接制动控制线路	76	4.1.2	PLC的定义、分类及特点	104
2.6	行程控制线路	77	4.1.3	PLC的功能和应用	105
2.6.1	可逆行程控制线路	77	4.1.4	PLC的发展趋势	106
2.6.2	行程控制线路应用举例	78	4.1.5	PLC的组成与基本结构	106
2.7	电动机的综合保护	81	4.2	S7-200系列PLC介绍	110
2.8	练习题	82	4.2.1	S7-200系列PLC系统	110
第3章 典型机械设备电气控制线路	84		4.2.2	S7-200系列PLC的工作原理	112
3.1	绘制和阅读机械设备电气原理图的基本知识	84	4.3	S7-200 PLC的内部元件	113
3.2	卧式车床的电气控制线路	85	4.3.1	数据类型	113
3.2.1	CA6140型卧式车床的主要结构及运动形式	85	4.3.2	寻址方式	114
3.2.2	CA6140型卧式车床的电气控制线路分析	86	4.3.3	元件功能及地址分配	115
3.3	平面磨床的电气控制线路	87	4.4	STEP7-Micro/WIN V4.0编程软件的使用	118
3.3.1	M7120A型平面磨床的主要结构及运动形式	87	4.4.1	STEP7-Micro/WIN V4.0编程软件介绍	118
3.3.2	M7120A型平面磨床的电气控制线路分析	87	4.4.2	STEP7-Micro/WIN V4.0主要编程功能	119
3.4	钻床的电气控制线路	90	4.5	练习题	126
3.4.1	Z37型摇臂钻床的主要结构及运动形式	90	第5章 PLC基本指令的应用	127	
3.4.2	Z37型摇臂钻床的电气控制线路分析	91	5.1	PLC的编程语言与程序结构	127
3.4.3	Z37型摇臂钻床的电气故障分析	94	5.2	基本位逻辑指令及应用	129
3.5	万能铣床的电气控制线路	94	5.2.1	基本位逻辑指令	129
3.5.1	X6132型卧式万能铣床的主要结构及运动形式	94	5.2.2	基本位逻辑指令应用举例	136
3.5.2	X6132型卧式万能铣床的电气控制线路分析	95	5.3	定时器指令的应用	140
3.5.3	X6132型卧式万能铣床的电气故障分析	100	5.3.1	定时器指令	140
3.6	电动葫芦的电气控制线路	101	5.3.2	定时器指令应用举例	142
			5.4	计数器指令的应用	146
			5.4.1	计数器指令	146
			5.4.2	计数器指令应用举例	147
			5.5	梯形图的编辑方法	149
			5.6	练习题	150
			第6章 PLC的功能指令及其应用	153	
			6.1	程序控制类指令	153
			6.1.1	有条件结束(END)指令	153
			6.1.2	暂停(STOP)指令	153
			6.1.3	跳转(JMP)与标号(LBL)	

指令	154	事项	235
6.1.4 循环指令 (FOR、NEXT)	154	7.3 变频器原理及应用	235
6.1.5 子程序指令	155	7.3.1 变频器概述	235
6.2 步进顺序控制指令	159	7.3.2 变频器的基本结构组成和原理	237
6.2.1 功能流程图简介	159	7.3.3 变频器的应用	241
6.2.2 顺序控制指令	159	7.3.4 变频器的使用注意事项	260
6.2.3 顺序功能图的基本结构	160	7.4 练习题	261
6.2.4 顺序控制系统的编程应用举例	161	第8章 数控机床电气控制系统	262
6.3 功能指令	171	8.1 机床数控系统基本结构及概述	262
6.4 PLC 应用的若干问题	179	8.1.1 机床数控系统结构	262
6.4.1 控制系统的设计与调试步骤	179	8.1.2 计算机数控系统的总体结构及各部分功能	266
6.4.2 节省 PLC 输入输出点的方法	180	8.1.3 伺服电动机的特性及选型	269
6.4.3 控制系统抗干扰措施	181	8.1.4 数控系统的部件连接	271
6.4.4 PLC 的安全保护	182	8.2 数控系统基本参数的调试	285
6.5 PLC 的通信与自动化通信网络	183	8.2.1 调试前的准备工作	285
6.6 S7-200 PLC 的通信功能	185	8.2.2 数控系统的初次通电	287
6.7 S7-200 PLC 的串行通信网络	188	8.2.3 系统初始化	288
6.8 S7-200 PLC 的通信指令	189	8.2.4 PLC 应用程序的设计与调试	291
6.9 使用自由端口模式的计算机与 PLC 的通信	190	8.2.5 驱动器的调试	297
6.10 练习题	193	8.2.6 NC 调试	304
第7章 伺服电动机及变频器原理与应用	196	8.3 数控系统举例: 碳电极自动加工系统 (车外圆专机)	328
7.1 步进电动机	196	8.3.1 碳电极自动加工系统	328
7.1.1 步进电动机概述	196	8.3.2 系统调试	333
7.1.2 步进电动机结构和工作原理	197	8.3.3 伺服控制系统特殊功能调试	336
7.1.3 步进电动机驱动	201	8.4 练习题	339
7.1.4 三相步进电动机的使用注意事项	207	附录	341
7.2 交流伺服电动机	207	附录 A 电气图中常用图形符号和文字符号新旧对照表	341
7.2.1 交流伺服电动机概述	207	附录 B 西门子 S7-200 系列 PLC 指令表	348
7.2.2 交流伺服电动机结构和工作原理	209	参考文献	358
7.2.3 交流伺服电动机的驱动	215		
7.2.4 交流伺服电动机的使用注意			

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。电器就是控制电的器具，即凡是用来分、合电路，能够实现对电路或非电路对象切换、控制、保护、检测、变换和调节目的元件称为电器。

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于交流频率50Hz或60Hz，交流电压1200V及其以下或直流电压1500V及其以下电路中的电器；高压电器是指工作于交流电压1200V及以上或直流电压1500V及以上电路中的电器。

本章主要介绍几种常用的低压电器，并通过对它们的结构、工作原理、型号、有关技术参数、图形和文字符号、选用原则及使用注意事项等几方面的内容进行介绍，为以后正确选用电器打好基础。

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。常见的低压电器的分类见表1-1。

表 1-1 常用低压电器的分类

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	接触器、继电器、按钮等
	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	开启式负荷开关、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、模数化、智能化等
	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
	主令电器	用于向控制系统发号施令	按钮、行程及接近开关、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

近年来,我国低压电器行业出现了巨大的变化,低压电器产品发展到了一个崭新的阶段。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,自行开发设计的统一设计产品阶段,以CJ10、DZ10、DW10为代表,约29个系列;20世纪70年代后期到80年代,完成了更新换代,同时引进国外技术生产产品阶段。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,以DW40、DW45、DZ40、CJ40、S系列等为代表的10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

现代设计技术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成设计、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,并在此基础上自动生成工程图样,大幅度缩短开发周期与开发费用,提高产品性能与缩小体积。它的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气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CM1系列高分断性能的塑壳断路器获得成功,产品由于优异的性能,加上极短的开发周期,一方面很快占领了市场,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,除建立必需的数据、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、电磁机构和触点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点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分析灭弧过程中电弧等离子体微观参数等。

(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(PLC))及网络元件四部分组成。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,而且实现了信息化,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。实现区域联锁,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(Electro Magnetic 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,共七层,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提供条件,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,一个元件发生故障将可能导致整个系统瘫痪。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,对低压开关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开关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,实现开关电器“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”以提高开关电器分断能力;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面发展。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以下三种方案。

- 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,传统低压电器也不断更新换代,目前正向着以下几个方面发展:高性能、高可靠性、小型化、模数化、模块化、组合化和零部件通用化。

模块化使电器制造过程大为简便,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,在接触器主体的上下左右侧可根据需要加装机械联锁、延时元件、辅助触点和瞬态过电压抑制元件等模块,以实现不同的功能要求。

组合化使不同功能的电器组合在一起,有利于使电器结构紧凑,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,一方面是电器本身的尺寸要小;另一方面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零飞弧。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,主要供无负载通断电路用,即在不分断负载电流或分断时各极两触点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。

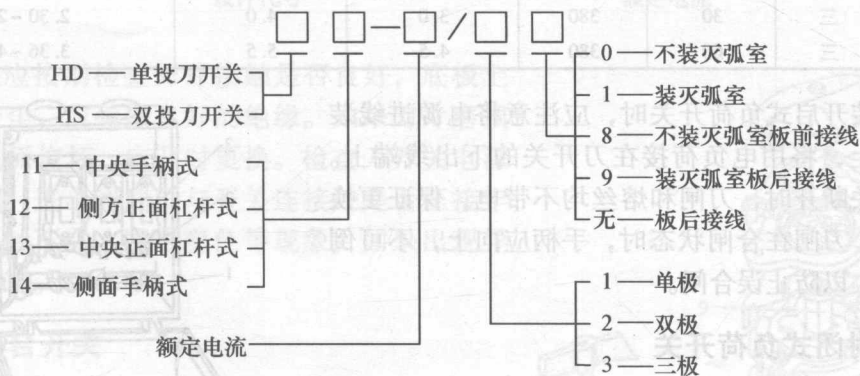
根据工作条件和用途的不同,刀开关的结构形式也不同(如开启式刀开关、开启式负荷开关、封闭式负荷开关、组合开关等),但工作原理基本相似。刀开关按极数可分为单极、双极、三极和四极刀开关;按切换功能可分为单投和双投刀开关;按灭弧罩可分有、无灭弧罩;按操纵方式分为中央手柄式和带杠杆机构操纵式等。

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、绝缘底板和灭弧罩等组成,一般在额定电压交流 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:



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,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,以减轻电弧对刀片和触座的灼伤。

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。

这种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、

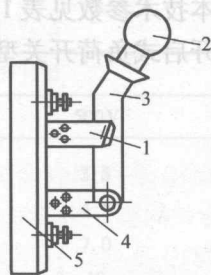


图 1-1 刀开关结构

1—静插座 2—手柄 3—动触刀
4—铰链支座 5—绝缘底座

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 3 倍的三极开关。开启式负荷开关的基本技术参数见表 1-2。

开启式负荷开关型号意义如下：

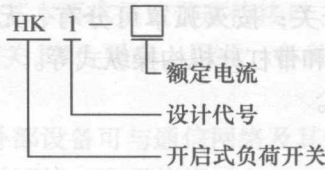


表 1-2 HK1 系列开启式负荷开关基本技术参数

型号	极数	额定电流 /A	额定电压 /V	可控制电动机最大容量/kW		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

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，刀闸和熔丝均不带电，保证更换熔丝安全。刀闸在合闸状态时，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

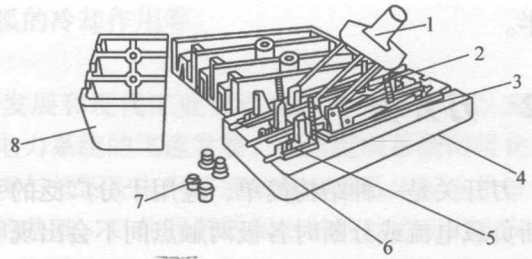


图 1-2 开启式负荷开关

1—瓷柄 2—动触点 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

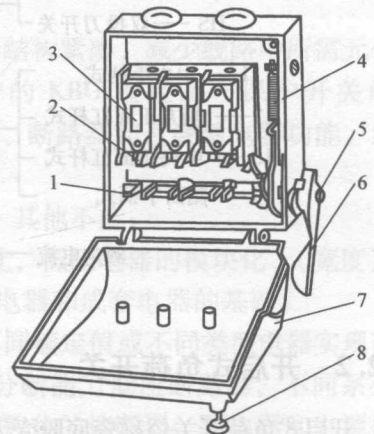


图 1-3 封闭式负荷开关

1—U 形动触点 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

械连锁装置，当箱盖打开时，不能合闸；合闸后，箱盖不能打开。

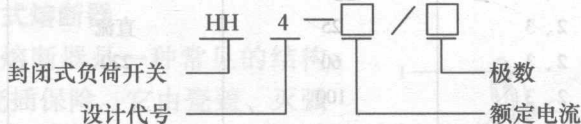
封闭式负荷开关用来控制照明线路时，开关的额定电流可按该电路的额定电流选择。用来控制起动不频繁的小容量电动机时，可按表 1-3 进行选择，但不适宜用 60A 以上的开关来控制电动机，否则可能发生电弧灼伤手等事故。

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连锁是否正常，速断弹簧有无锈蚀变形，压线螺钉是否完好，发现问题应及时修复或更换。

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：



刀开关应定期检查刀片接触是否良好，底板上是否积有灰尘，应确保良好的绝缘。如果刀片磨损严重或被电弧烧坏，应及时更换。检查刀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，比刀开关轻巧而且组合性强，能组成各种不同的线路。它有单极、双极和多极之分。组合开关的外观及结构如图 1-4 所示。

图中所示的组合开关有三个静触点，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，三个动触点是由两个磷铜片或硬纯铜片和消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，

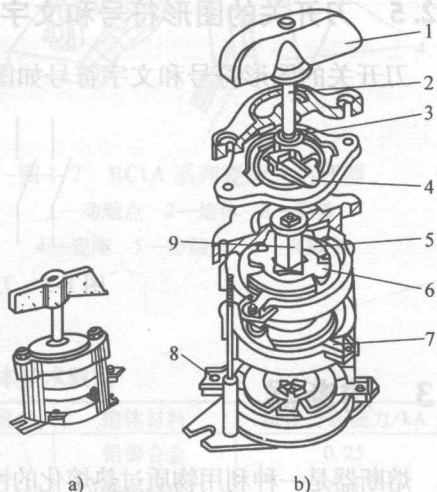


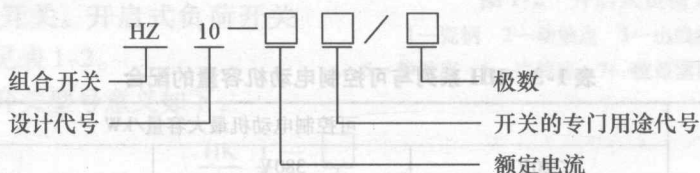
图 1-4 组合开关

- 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

手柄每次转动 90°, 带动三个动触片分别与三对静触片接通和断开, 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启动, 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:



HZ10 系列组合开关是根据电源种类、电压等级、所需触点数、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见表 1-4。

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		
HZ10—25	2、3	25	直流	交流
HZ10—60	2、3	60	220	380
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。

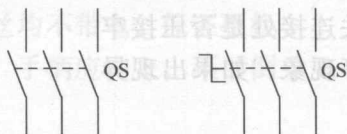


图 1-5 刀开关的图形符号和文字符号

1.3 熔断器

熔断器是一种利用物质过热熔化的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, 从而切断电路, 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。即电流为额定值时长期不熔断，过载电流或短路电流越大，熔断时间就越短。电流与熔断时间的关系曲线称为安秒特性，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，主要用于电路的短路保护。

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。

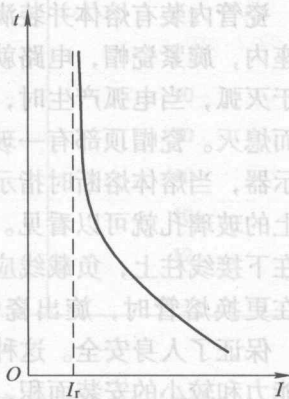


图 1-6 熔断器的安秒特性（反时限特性）

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，俗称瓷插保险。它由瓷盖、灭弧室、瓷座、熔体、动触点和静触点 6 部分组成，外观及结构如图 1-7 所示。

瓷盖和瓷座均为电工瓷制成；电源线和负载线可分别接在瓷座两端静触点上，熔丝接在瓷盖的动触点上。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，以加强熄弧效果。

RC1A 系列熔断器结构简单，价格便宜，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数据见表 1-5。

表 1-5 RC1A 系列熔断器的基本技术数据

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

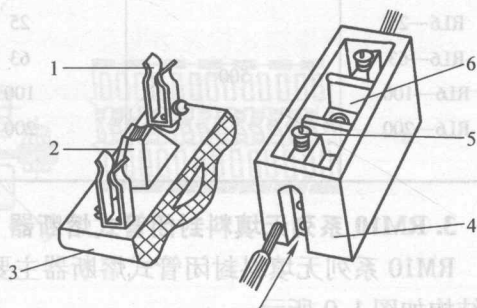


图 1-7 RC1A 系列瓷插式熔断器

1—动触点 2—熔体 3—瓷盖
4—瓷座 5—静触点 6—灭弧室

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,保证了人身安全。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。

RL6 系列熔断器基本技术数据见表 1-6。

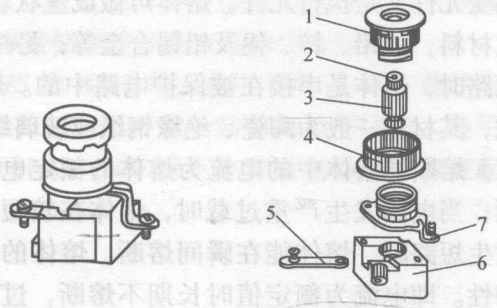


图 1-8 RL6 系列螺旋式熔断器

- 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

表 1-6 RL6 系列熔断器基本技术数据

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。

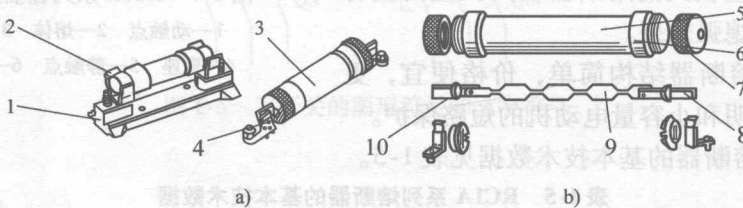


图 1-9 RM10 系列无填料封闭管式熔断器

- 1—底座 2—夹座 3—熔管 4—夹座 5—钢管 6—黄铜套管 7—黄铜帽 8—夹座 9—熔体 10—插刀

RM10 系列无填料封闭管式熔断器的夹座钉装于绝缘底板上。熔管由钢纸纤维制成,管的两端由黄铜帽封闭,管内不充填料。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。