

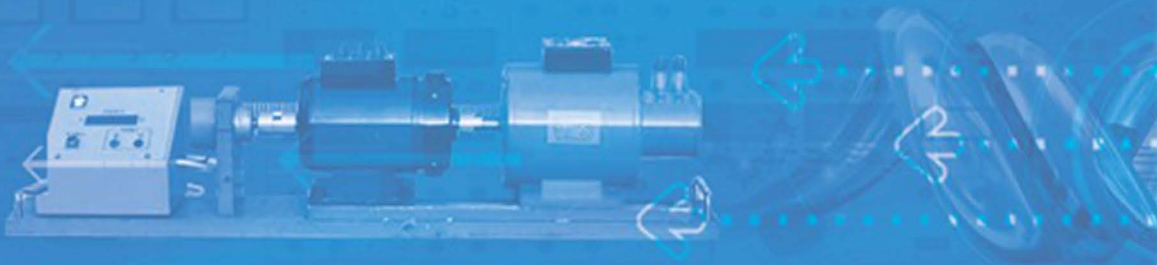


高职高专院校规划教材·精品与示范系列

# 电机拖动与控制

DIANJI TUODONG YU KONGZHI

张晓娟 李俊涛 主编



 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 电机拖动与控制

主 编 张晓娟 李俊涛  
副主编 钱海月 于秀娜 王海浩  
李宏健  
参 编 张丽娟 单立清 付占敏  
主 审 李 颖

版权专有 侵权必究

---

图书在版编目 (CIP) 数据

电机拖动与控制 / 张晓娟, 李俊涛主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2016. 2  
(2016. 3 重印)

ISBN 978-7-5682-1906-8

I. ①电… II. ①张…②李… III. ①电机-电力传动-高等学校-教材②电机-控制系统-高等学校-教材 IV. ①TM30

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 032626 号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)  
(010) 82562903 (教材售后服务热线)  
(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 15.25

字 数 / 360 千字

版 次 / 2016 年 2 月第 1 版 2016 年 3 月第 2 次印刷

定 价 / 38.00 元

责任编辑 / 李志敏

文案编辑 / 李志敏

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

本书根据高等职业教育“淡化理论，够用为度，培养技能，重在应用”的原则，结合了高职院校职业教育课程改革的最新经验，并通过教学实践的反馈，力争做到重点突出、概念清楚、层次清晰、深入浅出、学用一致。本书内容实用、语言简练、习题丰富，并配有电子教学参考资料，便于教和学。

本书根据高职学生的学习特点，以简单的常用低压电器引入课程学习，对复杂的电机原理及特性以够用为度。根据专业教学的要求，从实用的角度出发，在内容上简化了一些与生产实际应用关系不大的理论分析和计算，并兼顾当前电机拖动与控制技术的发展，以更好地为专业培养目标服务。本书按照学生的学习心理规律来编写。在每章内容之前，先列出本章的学习目标，介绍本章的主要内容，使学生在进行学习新知识前，既明确学习内容，又明确学习目标。

全书共分为7章，内容包括：常用的低压电器；基本电气控制线路；直流电动机及其控制线路；三相异步电动机及其控制线路；特殊电动机及其控制线路；典型机床控制线路与故障检修；变压器。

本书内容新颖、结构合理、通俗易懂，既可作为高职高专院校自动化类专业、机电一体化专业等相关课程的教材，也可作为企业培训人员、电控设备安装与维修人员，以及工厂技术人员的学习用书。

本书由吉林电子信息职业技术学院张晓娟、李俊涛担任主编，吉林电子信息职业技术学院钱海月、于秀娜、王海浩，长春信息技术职业学院李宏健担任副主编，吉林电子信息职业技术学院张立娟、单丽清，长春信息技术职业学院付占敏也参与了本书的编写。全书由张晓娟统稿，由李颖高级工程师担任主审。在编写本书的过程中，作者参考了多位同行的编著和文献，在此也向他们真诚致谢。

由于编者水平有限，时间仓促，书中疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

第 1 章 常用的低压电器	1
1.1 低压电器的分类与作用	1
1.1.1 低压电器的分类	2
1.1.2 低压电器的作用	3
1.2 低压开关	4
1.2.1 刀开关	4
1.2.2 组合开关	7
1.3 接触器	9
1.3.1 交流接触器的结构和工作原理	9
1.3.2 接触器的型号含义及电气符号	12
1.3.3 接触器的主要技术参数	14
1.3.4 接触器的选用	15
1.4 熔断器	16
1.4.1 熔断器的结构及保护特性	16
1.4.2 熔断器的型号含义及电气符号	17
1.4.3 熔断器的主要技术参数	17
1.4.4 熔断器的选择与维护	19
1.5 继电器	20
1.5.1 电磁式继电器	20
1.5.2 时间继电器	24
1.5.3 热继电器	26
1.5.4 速度继电器	29
1.6 低压断路器	31
1.6.1 低压断路器的结构和工作原理	31
1.6.2 低压断路器的型号含义和符号	33
1.6.3 低压断路器的选用	33
1.7 主令电器	34
1.7.1 控制按钮	34
1.7.2 行程开关	35
思考与练习 1	37

<b>第 2 章 基本电气控制线路</b> .....	39
2.1 电气控制线路的绘制原则及标准 .....	39
2.1.1 电气图的一般特点 .....	40
2.1.2 电气图的图形符号和文字符号 .....	40
2.1.3 电气原理图 .....	41
2.1.4 电气元件布置图 .....	44
2.1.5 电气安装接线图 .....	44
2.2 基本电气控制线路 .....	45
2.2.1 点动控制 .....	46
2.2.2 连续运行控制 .....	46
2.2.3 多地控制 .....	48
2.2.4 正反转控制 .....	49
2.2.5 位置控制 .....	52
2.2.6 顺序控制 .....	53
思考与练习 2 .....	54
<b>第 3 章 直流电动机及其控制线路</b> .....	56
3.1 直流电机的基本工作原理 .....	56
3.1.1 概述 .....	56
3.1.2 直流电动机的工作原理 .....	58
3.2 直流电机的基本结构与铭牌 .....	58
3.2.1 直流电机的基本结构 .....	58
3.2.2 直流电机的铭牌及额定值 .....	62
3.2.3 直流电机的类型 .....	63
3.2.4 直流电机的主要系列简介 .....	64
3.3 直流电动机的机械特性 .....	65
3.3.1 直流电动机的电枢电动势和电磁转矩 .....	65
3.3.2 直流电动机的机械特性 .....	66
3.4 他励直流电动机的启动和调速 .....	70
3.4.1 他励直流电动机的启动 .....	71
3.4.2 他励直流电动机的反转 .....	73
3.4.3 他励直流电动机的调速方法 .....	73
3.5 他励直流电动机的制动 .....	79
3.5.1 能耗制动 .....	79
3.5.2 反接制动 .....	82
3.5.3 回馈制动 .....	85
3.6 直流电动机控制线路 .....	86
3.6.1 他励直流电动机启动控制线路 .....	86
3.6.2 他励直流电动机正、反转控制线路 .....	87
3.6.3 直流电动机制动控制 .....	88

3.6.4 并励直流电动机正反转控制线路	89
思考与练习 3	90
<b>第 4 章 三相异步电动机及其控制线路</b>	<b>92</b>
4.1 三相异步电动机的工作原理	92
4.1.1 三相定子绕组的旋转磁场	92
4.1.2 三相异步电动机的工作原理	94
4.2 三相异步电动机的基本结构和铭牌	97
4.2.1 三相异步电动机的基本结构	97
4.2.2 异步电动机的铭牌	100
4.2.3 三相异步电动机的主要系列简介	102
4.3 三相异步电动机的运行	103
4.3.1 电磁转矩	103
4.3.2 空载运行和负载运行	104
4.3.3 机械特性	105
4.4 三相异步电动机的启动	108
4.4.1 三相笼型异步电动机的启动	108
4.4.2 三相绕线转子异步电动机的启动	112
4.5 三相异步电动机调速	113
4.5.1 变极调速	113
4.5.2 变频调速	115
4.5.3 变转差率调速	117
4.6 三相异步电动机的制动	119
4.6.1 能耗制动	119
4.6.2 反接制动	121
4.6.3 回馈制动	123
思考与练习 4	124
<b>第 5 章 特殊电动机及其控制线路</b>	<b>126</b>
5.1 伺服电动机及其控制线路常见故障排查	126
5.1.1 直流伺服电动机	127
5.1.2 交流伺服电动机	128
5.1.3 进给伺服系统中伺服电动机的常见故障排查	132
5.2 步进电动机及其控制线路常见故障排查	135
5.2.1 步进电动机结构	135
5.2.2 步进电动机工作原理	135
5.2.3 主要技术指标和运行特性	137
5.2.4 步进电动机的控制	138
5.2.5 步进电动机的特点及应用	138
5.2.6 打印机中步进电动机的常见故障排查	138
思考与练习 5	139

<b>第 6 章 典型机床控制线路与故障检修</b> .....	142
6.1 机床电气故障检修的一般步骤及方法 .....	142
6.1.1 机床电气故障分类 .....	142
6.1.2 机床电气故障检修的一般步骤 .....	143
6.1.3 电气故障检修的一般方法 .....	143
6.1.4 机床电气故障检修技巧 .....	144
6.1.5 常用的机床电路故障检修方法 .....	146
6.2 普通车床电气控制线路分析 .....	151
6.2.1 卧式车床的结构及工作要求 .....	151
6.2.2 对电力拖动与控制的要求 .....	152
6.2.3 卧式车床电气控制系统分析 .....	152
6.3 磨床电气控制线路分析 .....	155
6.3.1 磨床的结构及工作要求 .....	155
6.3.2 对电力拖动与控制的要求 .....	156
6.3.3 平面磨床电气控制系统分析 .....	156
6.4 铣床电气控制线路分析 .....	159
6.4.1 铣床的结构及工作要求 .....	159
6.4.2 对电力拖动和控制的要求 .....	160
6.4.3 卧式万能铣床的电气控制系统分析 .....	160
6.4.4 X62W 型万能铣床典型故障分析 .....	164
6.5 钻床电气控制线路分析 .....	167
6.5.1 摇臂钻床的结构及工作要求 .....	167
6.5.2 摇臂钻床的电力拖动和控制要求 .....	168
6.5.3 摇臂钻床电气控制系统分析 .....	168
6.5.4 Z3040 摇臂钻床典型故障分析 .....	170
6.6 镗床电气控制线路分析 .....	172
6.6.1 卧式镗床的结构及工作要求 .....	173
6.6.2 卧式镗床的电力拖动和控制要求 .....	174
6.6.3 卧式镗床的电气控统分析 .....	174
6.7 桥式起重机电气控制线路分析 .....	177
6.7.1 桥式起重机的主要结构和运动形式 .....	177
6.7.2 桥式起重机的电气控制线路 .....	183
思考与练习 6 .....	195
<b>第 7 章 变压器</b> .....	198
7.1 变压器的基本工作原理和结构 .....	198
7.1.1 变压器的基本工作原理及分类 .....	198
7.1.2 变压器的基本结构与额定值 .....	200
7.2 单相变压器的运行原理及特性 .....	205
7.2.1 单相变压器空载运行 .....	205



7.2.2	单相变压器负载运行 .....	207
7.2.3	变压器参数的测定 .....	208
7.2.4	变压器的运行特性 .....	212
7.3	三相变压器 .....	214
7.3.1	三相变压器的磁路系统 .....	215
7.3.2	三相变压器的电路系统—联接组别 .....	216
7.4	其他常用变压器 .....	220
7.4.1	自耦变压器 .....	220
7.4.2	仪用互感器 .....	221
7.4.3	电焊变压器 .....	223
7.5	技能训练 .....	223
7.5.1	单相变压器运行特性 .....	223
7.5.2	三相变压器的连接组别 .....	227
	思考与练习 7 .....	231

# 第1章

## 常用的低压电器



### 学习目标

低压电器是电力拖动与自动控制系统的基本组成元件，控制系统的优劣与所用低压电器的性能有直接的关系。作为电气工程技术人员，必须掌握常用低压电器的结构与工作原理，掌握其使用与维护等方面的知识和技能。

学习完本章后，你将能够：

- 掌握常用低压电器的结构、基本工作原理和作用。
- 掌握常用低压电器的主要技术参数和典型产品。
- 掌握常用低压电器的应用场合。
- 能识别常用低压电器。
- 能够识别常用低压电器的符号。
- 能正确选择和使用常用低压电器。
- 能维护常用低压电器。

### 1.1 低压电器的分类与作用

电器就是广义的电气设备。它可以很大、很复杂，比如一套自动化装置；它也可以很小、很简单，比如一个开关。在工业应用中，电器是一种能够根据外界信号的要求，自动或手动地接通或断开电路，断续或连续地改变电路参数，实现电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节作用的电气设备。简言之，电器就是一种能控制电的工具。

电器按其工作电压等级可分为高压电器和低压电器。低压电器通常是指工作在交流额定电压 1 200 V 以下、直流额定电压 1 500 V 及以下的电路中，起通断、保护、控制或调节作用的电器产品。常用的低压电器主要有刀开关、接触器、继电器、控制按钮、行程开关、断路器等。

### 1.1.1 低压电器的分类

低压电器的种类繁多，构造各异，通常有如下分类。

#### 1. 按动作方式分类

(1) 手动电器。由人工直接操作才能完成任务的电器称为手动电器。例如，刀开关、按钮和转换开关等。

(2) 自动电器。不需要人工直接操作，按照电的或非电的信号自动完成接通、分断电路任务的电器称为自动电器。例如，低压断路器、接触器和继电器等。

#### 2. 按用途或控制对象分类

(1) 低压配电电器：主要用于低压配电系统，要求系统发生故障时准确动作、可靠工作，在规定条件下具有相应的动稳定性与热稳定性，使电器不会被损坏。例如，刀开关、低压断路器、转换开关和熔断器等。

(2) 低压控制电器：主要用于电力拖动控制系统，要求寿命长、体积小、重量轻、动作迅速与准确、性能可靠。例如，接触器、继电器、启动器、主令控制器和万能转换开关等。

#### 3. 按工作原理分类

(1) 电磁式电器：根据电磁感应原理来工作的电器。例如，交直流接触器、各种电磁式继电器、电磁铁等。

(2) 非电量控制电器：依靠外力或其他非电的信号（如速度、压力、温度等）的变化而动作的电器。例如，刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、压力继电器和温度继电器等。

#### 4. 按执行功能分类

(1) 有触点电器：有可分离的动触点、静触点，并利用触点的接通和分断来切换电路。例如，接触器、刀开关、按钮等。

(2) 无触点电器：没有可分离的触点，主要利用电子元件的开关效应，即导通和截止来实现电路的通、断控制。例如，接近开关、电子式时间继电器等。表 1.1 列出了常用低压电器的详细分类和用途。

表 1.1 常用低压电器的分类和用途

种类	名称	主要品种	用途
配电 电器	刀开关	负荷开关 熔断器式开关 板形刀开关	主要用于电路的隔离，也能接通和分断额定电流
	转换开关	组合开关 换向开关	用于两种以上电源和负载的转换、接通或分断电路
	低压断路器	塑壳式低压断路器 框架式低压断路器 限流式低压断路器 漏电保护开关	用于线路过载、短路或欠电压保护，也可用作不频繁接通和断开电路
	熔断器	无填料式熔断器 有填料式熔断器 快速熔断器 自动熔断器	用于电气设备的过载和短路保护
	接触器	交流接触器 直流接触器	用于远距离频繁启动和控制电动机，接通和分断正常工作的电路

续表

种类	名称	主要品种	用途
控制 电路	继电器	热继电器 中间继电器 时间继电器 电流继电器 电压继电器 速度继电器	主要用于控制系统，用作控制其他电器或做主电路的保护
	启动器	电磁启动器 减压启动器	主要用于电动机的启动和正反转控制
	控制器	轮控制器 主令控制器	主要用于电气设备中转换主电路或励磁回路的接法，完成换向和调速
	主令电器	按钮 限位开关 万能转换开关 微动开关	主要用于接通和分断控制电路
	变阻器	励磁变阻器 启动变阻器 频敏变阻器	用于发电机及电动机降压启动和调速
	电磁铁	起重电磁铁 牵引电磁铁 制动电磁铁	用于起重、操纵或牵引机械装置

### 1.1.2 低压电器的作用

低压电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求，自动或手动地改变电路的状态、参数，实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。低压电器的作用有：

(1) 控制作用：如电梯的上下移动、快慢自动切换与自动停层等。

(2) 保护作用：能根据设备的特点，对设备、环境以及人身实行自动保护，如电动机的过热保护，电网的短路保护、漏电保护等。

(3) 测量作用：利用仪表及与之相适应的电器，对设备、电网或其他非电参数进行测量，如电流、电压、功率、转速、温度、湿度等。

(4) 调节作用：低压电器可对一些电量和非电量进行调整，以满足用户的需求，如柴油机门的调整、房间温湿度的调节、照度的自动调节等。

(5) 指示作用：利用低压电器的控制、保护等功能，检测出设备运行状况与电气电路工作情况，如绝缘监测、掉牌指示等。

(6) 转换作用：在用电设备之间或对低压电器、控制电路分时投入运行，以实现功能切换，如励磁装置手动与自动的转换、供电的市电与自备电的切换等。

当然，低压电器作用远不止这些，随着科学技术的发展，新功能、新设备会不断出现，其作用也会更广泛。

## 1.2 低压开关

低压开关主要用于隔离、转换以及接通和分断电路。大多作为机床电路的电源开关、局部照明电路的控制，有时也可用于小容量电动机的启动、停止和正反转控制。

低压开关一般为非自动切换电器，常用的主要类型有刀开关、转换开关和自动空气开关等。

### 1.2.1 刀开关

刀开关是低压配电电器中结构最简单、应用最广泛的电器，主要用在低压成套配电装置中，用于不频繁地手动接通和分断交直流电路或作为隔离开关使用。也可以用于不频繁地接通与分断额定电流以下的负载，如小型电动机等。

#### 1. 刀开关的结构和用途

刀开关由手柄、触刀、静插座和底板组成。刀开关的触刀应垂直安装，手柄要向上为合闸状态，向下为分闸状态，不得倒装或平装，避免由于重力自动下落，引起误动合闸。接线时，应将电源线接在上端，负载线接在下端。这样在分断后刀开关的刀片与电源隔离，既便于更换熔丝，又可防止可能发生的意外事故。

为了使用方便和减小体积，往往在刀开关上安装熔丝或熔断器，组成兼有通断电路和保护作用的开关电器，如开启式负荷开关、封闭式负荷开关、熔断器式刀开关等。

#### 1) 开启式负荷开关

开启式负荷开关俗称胶盖瓷底刀开关，由于其结构简单，价格便宜，使用维修方便，故应用广泛。开启式负荷开关主要适用于交流频率 50 Hz 交流电，额定电压单相 220 V、三相 380 V，额定电流在 100 A 以下的电路中，作为不频繁地接通和分断有负载电路以及小容量线路短路保护的开关，也可作为分支电路的配电开关使用。

胶盖瓷底刀开关由操作手柄、熔丝、触刀、触刀座和底座等组成，其外形和结构如图 1.1 所示。这种刀开关装有熔丝，可起短路保护作用。

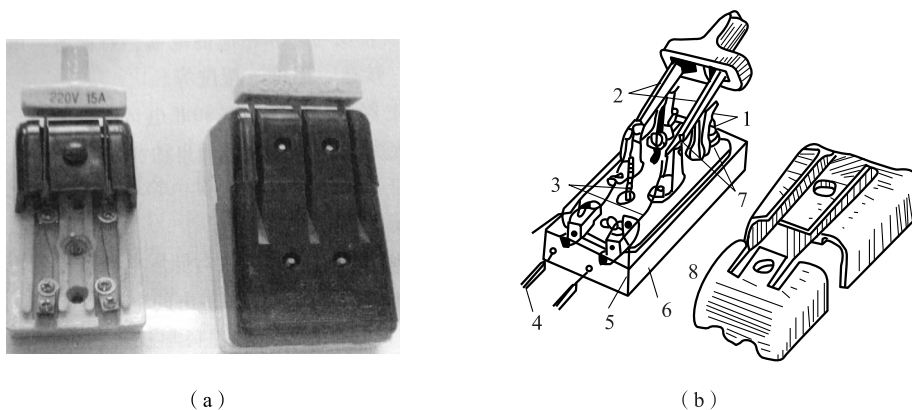


图 1.1 胶盖瓷底刀开关的结构

(a) 外形；(b) 结构

1—电源进线座；2—刀片；3—熔丝；4—负载线；5—负载接线座；

6—瓷底座；7—静触点；8—胶木片

## 2) 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关又称铁壳开关。一般用于电力排灌、电热器、电气照明线路的配电设备中，用于不频繁地接通与分断电路，也可以直接用于异步电动机的非频繁全电压启动控制。

封闭式负荷开关主要由钢板外壳、触刀、操作机构、熔丝等组成，其外形和结构如图 1.2 所示。

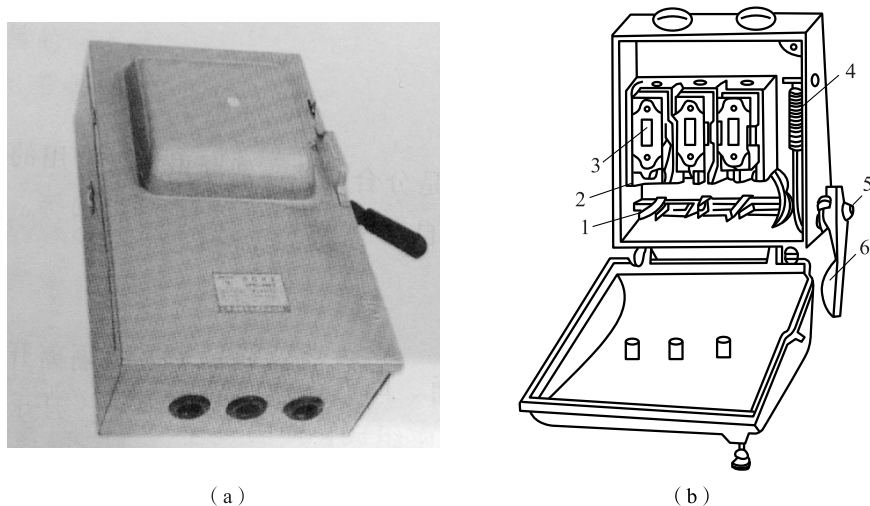


图 1.2 封闭式负荷开关

(a) 外形；(b) 结构

1—触刀；2—夹座；3—熔断器；4—速断弹簧；5—转轴；6—手柄

封闭式负荷开关的操作结构有两个特点：一是采用储能合闸方式，即利用一根弹簧以执行合闸和分闸之功能，使开关闭合和分断时的速度与操作速度无关。它既有助于改善开关的动作性能和灭弧性能，又能防止触点停滞在中间位置；二是设有联锁装置，以保证开关合闸后便不能打开箱盖，而在箱盖打开后，不能再合开关。

## 3) 熔断器式刀开关

熔断器式刀开关又称刀熔开关，是刀开关与熔断器组合而成的开关电器。采用这种刀开关，可以简化配电装置的结构，目前广泛用于低压动力配电箱中。

### 2. 刀开关的型号和符号

刀开关按极数分为单极、双极和三极；按操作方式分为直接手柄操作式、杠杆操作机构式和电动操作机构式；按刀开关转换方向分为单投和双投等；按灭弧结构分为带灭弧罩式和不带灭弧罩式。常用的产品有：HD11~HD14 和 HS11~HS13 系列刀开关，HK1、HK2 系列胶盖瓷底开关，HH3、HH4 系列铁壳开关。

#### 1) 型号

刀开关的型号标志组成及其含义如图 1.3 所示。

#### 2) 电气符号

刀开关的图形符号及文字符号如图 1.4 所示。

### 3. 刀开关的主要技术参数

刀开关的主要技术参数有额定电压、额定电流、通断能力、动稳定电流、热稳定电

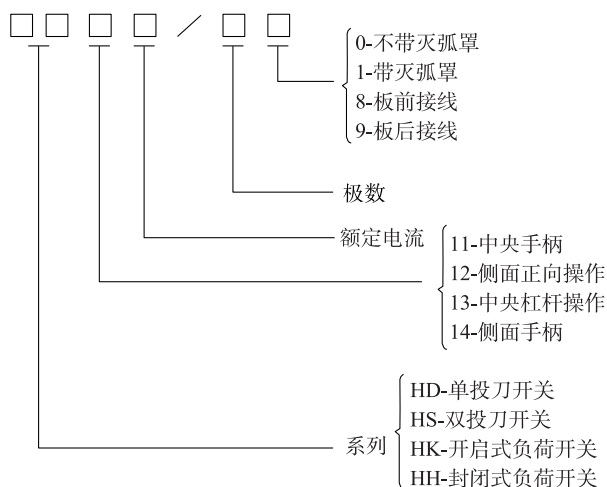


图 1.3 刀开关的型号含义

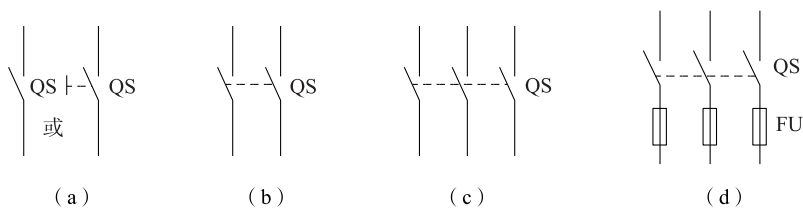


图 1.4 刀开关的图形符号及文字符号

(a) 单极；(b) 双极；(c) 三极；(d) 三极刀熔开关

流等。

(1) 刀开关的额定电压应大于或等于控制回路的工作电压。

(2) 刀开关的额定电流可根据负载的额定电流来选择。使用刀开关控制电动机时，考虑其起动电流可达 4~7 倍的额定电流，选择刀开关的额定电流，宜选为电动机额定电流的 3 倍左右。

(3) 通断能力是指在规定条件下，能在额定电压下接通和分断的电流值。

(4) 动稳定电流是指当电路发生短路故障时，刀开关并不因短路电流产生的电动力作用而发生变形、损坏或触刀自动弹出之类的现象。这一短路电流峰值即为刀开关的动稳定电流，可高达额定电流的数十倍。

(5) 热稳定电流是指当电路发生短路故障时，刀开关在一定时间（通常为 1 s）内通过某一短路电流，并不会因温度急剧升高而发出熔焊现象，这一最大短路电流称为刀开关的热稳定电流。刀开关的热稳定电流亦可高达额定电流的数十倍。

表 1.2 列出了 HK2 系列负荷开关的技术数据，表 1.3 列出了 HH10、HH11 系列负荷开关的技术数据。

#### 4. 刀开关的选用原则

(1) 根据使用场合，选择刀开关的类型、极数及操作方式。

(2) 刀开关的额定电压应大于或等于线路电压。

表 1.2 HK2 系列负荷开关的技术数据

额定电压 /V	额定电流 /A	极数	熔断体极限分断 能力/A	控制电动机功率 /kW	机械寿命 /次	电寿命 /次
250	10	2	500	1.1	10 000	2 000
	15		500	1.5		
	30		1 000	3.0		
380	15	3	500	2.2	10 000	2 000
	30		1 000	4.0		
	60		1 000	5.5		

表 1.3 HH10、HH11 系列负荷开关的技术数据

型号	额定电流 /A	接通与分断能力			熔断器极限分断能力				
		1.1U <sub>N</sub> 时的 电流/A	cosφ	次	瓷插式		管式		次
					电流/A	cosφ	电流/A	cosφ	
HH10	10	40	0.4	10	500	0.8	5 000	0.35	3
	20	80			1 500				
	30	120			2 000				
	60	240			4 000				
	100	250			4 000				
HH11	100	300	0.8	3			5 000	0.25	3
	200	600							
	300	900							
	400	1 200							

(3) 刀开关的额定电流应稍大于或等于电路工作电流。对于电动机负载,开启式刀开关的额定电流可按电动机额定电流的 3 倍选取;封闭式刀开关的额定电流可按电动机额定电流的 1.5 倍选取。

### 1.2.2 组合开关

组合开关又称为转换开关。它实际上也是一种特殊的刀开关,只不过一般刀开关的操作手柄是在垂直安装面的平面内向上或向下转动,而组合开关的操作手柄则是平行于安装面的平面内向左或向右转动而已。它是一种多触点、多位置式开关,可控制多个回路的电器。一般用于电气设备中非频繁地通断电路、换接电源和负载、测量三相电压,以及控制小容量感应电动机。

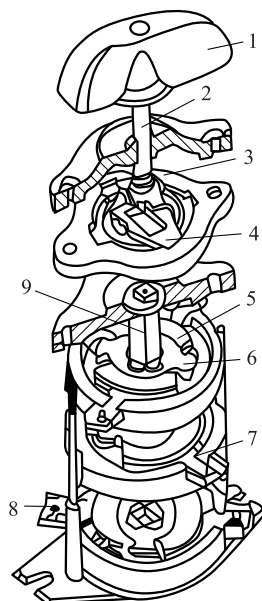
#### 1. 组合开关的结构

组合开关由动触点(动触片)、静触点(静触片)、转轴、手柄、定位机构及外壳等部分组成。其动触点、静触点分别叠装于数层绝缘垫板之间,各自附有连接线路的接线柱。组合开关的外形及结构示意图如图 1.5 所示。当转动手柄时,每层的动触点随方形转轴一起转动,从而实现对电路的接通、断开控制。





(a)



(b)

图 1.5 组合开关

(a) 外形图；(b) 结构图

1—手柄；2—转轴；3—弹簧；4—凸轮；5—绝缘垫板；6—动触点；7—静触点；8—接线柱；9—绝缘方轴

## 2. 组合开关的型号和符号

### 1) 型号

组合开关的型号及含义如图 1.6 所示。

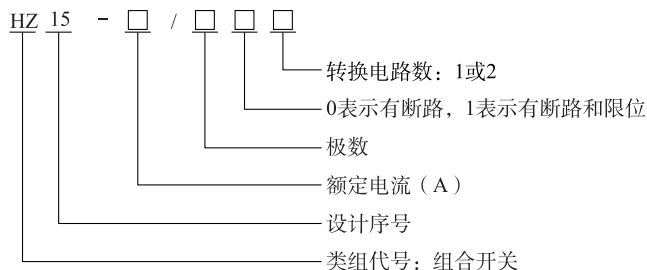


图 1.6 组合开关的型号

### 2) 电气符号

组合开关在电路中的表示方法有两种：一种是触点状态图结合通断表；另一种与手动刀开关图形符号相似，但文字符号不同。具体如图 1.7 所示。

### 3. 组合开关的主要技术参数

组合开关的主要技术参数有额定电压、额定电流、极数等。其中额定电流有 10 A、25 A、60 A 等级别。常用组合开关型号有 HZ5、HZ10、HZ15 等系列，其中 HZ15 为新型的全国统一设计的更新换代产品。表 1.4 为 HZ15 系列组合开关的技术数据。