



“十三五”职业教育规划教材



浙江省“十一五”重点教材建设项目

机电设备 控制技术与应用

JIDIAN SHEBEI KONGZHI JISHU YU YINGYONG

俞秀金 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”职业教育规划教材

浙江省“十一五”重点教材建设项目

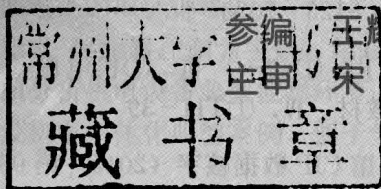
机电设备 控制技术与应用

JIDIAN SHEBEI KONGZHI JISHU YU YINGYONG

主编 俞秀金

参编 王耀军 宋丹

张伟中 丁明军



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十三五”职业教育规划教材。全书共分为九个项目,以继电-接触器控制为主线,结合液压控制部件,将机电设备控制系统有机地结合在一起,通过全面分析机电设备典型控制环节、常用机床电气控制、起重机械电气控制、数控机床电气控制及机电一体化典型案例,便于学生结合生产实际掌握机电设备控制系统。本书内容与维修电工国家职业技能标准中的国家职业资格四级、国家职业资格三级对接,在编写过程中力求由浅入深,由典型控制环节到系统分析,每个项目结束配以一定量的思考与练习题。

本书可作为高职高专院校、成人教育学院、技师院校的电气自动化技术、机电一体化技术、生产过程自动化技术、机械制造与自动化等相关专业的教材,也可作为从事机械设备和电气系统线路及器件等的安装、调试、维护、维修人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机电设备控制技术与应用/俞秀金主编. —北京:中国电力出版社, 2015. 6

“十三五”职业教育规划教材

ISBN 978-7-5123-7073-9

I. ①机… II. ①俞… III. ①机电设备-自动控制系统-高等职业教育-教材 IV. ①TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 087563 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](http://www.cepp.sgcc.com.cn))

三河市百盛印装有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 6 月第一版 2015 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.25 印张 396 千字

定价 33.00 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

本书是浙江省重点教材。本书从课程改革的角度出发,引入新产品新工艺,让教材与市场同步,与企业同步,增强学生的就业能力。在编写过程中,根据高职高专教材应以培养综合型、技术技能型人才为目标这一原则,在注重基础理论编写的同时,突出实践性教学环节,努力做到内容全面、语言简洁、通俗易懂、重点突出、图文并茂、实用性强,尽可能体现高职教育的特点。

在生产过程中,机电设备控制技术的应用十分广泛。作为机电一体化技术的核心课程,本教材内容包括常用的电气控制元件介绍、典型电气控制环节、典型液压控制环节、常用的机床电路分析、起重设备控制、数控机床电路分析、机电一体化典型案例分析和常见故障及排除方法等。每个项目模块内容相互关联但又相对独立,学校可以根据实际情况加以选择。

本书通过对典型机电设备的控制分析,将机械传动与控制、液压传动与控制、电气控制技术通过普通机床、起重设备、数控设备、打印机、洗衣机、机器人等有机地结合起来,体现机-电-液-气-光一体化控制的思想,通过这些项目的学习,使学生形成整体的机电一体化控制概念。在编写中结合机电一体化技术的职业、行业特点,融入了中、高级维修电工职业标准,可配合学生中、高级维修电工的取证训练。

全书共分为九个项目,以继电-接触器控制为主线,结合液压控制部件,将机电设备控制系统有机地结合在一起,全面分析机电设备典型控制环节、常用机床电气控制、起重机械电气控制、数控机床电气控制及机电一体化典型案例,便于学生结合生产实际掌握机电设备控制系统。

本书由浙江机电职业技术学院俞秀金(项目一、项目二、项目五、项目六)、张伟中(项目三、项目四、项目七)、王耀军(项目八)、丁明军(项目九)编写,俞秀金担任主编并对全书进行统稿,宋丹担任主审。

在本书的编写过程中,得到了戴一平教授、胡幸鸣教授、刘同文副教授、陈廷全高级工程师、朱玉堂高级工程师等的指点和帮助,在此表示衷心感谢!

由于编者水平所限,书中难免有不妥之处,恳请广大读者给予批评指正, E-mail: yxjinhz@163.com。

编 者

2015.3

目 录

前言

项目一 机电设备控制技术基础	1
模块一 电磁机构工作原理	1
模块二 刀开关与主令电器	8
模块三 接触器与继电器	15
模块四 熔断器与低压断路器	26
模块五 电磁执行机构	34
思考与练习	37
项目二 机电设备典型控制环节	38
模块一 电气原理图识读与绘制	38
模块二 三相异步电动机全压起动控制	41
模块三 三相笼型异步电动机减压起动控制	47
模块四 三相绕线转子异步电动机减压起动控制	52
模块五 三相异步电动机电气制动及调速控制	56
思考与练习	62
项目三 机电设备液压控制部件	63
模块一 液压动力元件	63
模块二 液压执行元件	68
模块三 液压控制阀	70
模块四 液压辅助元件	78
思考与练习	87
项目四 机电设备液压传动控制	88
模块一 方向控制回路	88
模块二 压力控制回路	90
模块三 速度控制回路	92
思考与练习	95
项目五 常用机床电气控制电路	96
模块一 车床电气控制	96
模块二 平面磨床电气控制	101
模块三 摇臂钻床电气控制	107
模块四 铣床电气控制	114
模块五 镗床电气控制	122

模块六 组合机床电气控制.....	127
思考与练习.....	137
项目六 起重机械电气控制电路.....	140
模块一 桥式起重机电气控制.....	140
模块二 电动葫芦和梁式起重机电气控制.....	160
思考与练习.....	162
项目七 数控机床电气控制.....	163
模块一 计算机数控系统.....	163
模块二 伺服驱动系统.....	171
模块三 典型数控机床电气控制系统.....	179
思考与练习.....	183
项目八 机电一体化系统案例分析.....	185
模块一 打印机工作原理及电路分析.....	185
模块二 全自动洗衣机工作原理及电路分析.....	204
模块三 工业机器人原理及分析.....	225
思考与练习.....	242
项目九 电气控制系统故障维修与设计要求.....	244
模块一 电气控制系统故障查找与检修.....	244
模块二 电气控制系统设计的一般要求.....	247
思考与练习.....	252
参考文献.....	253

项目一 机电设备控制技术基础

低压电器是机电设备控制系统的一部分,是电力拖动自动控制系统的基本组成元件。机电设备控制系统的优劣与所用的低压电器直接相关。本项目通过学习电气控制电路中常用低压电器的工作原理、结构、选用原则等内容,为机电设备控制技术及应用打基础。

模块一 电磁机构工作原理

知识要求	技能要求
1. 了解铁芯和衔铁的材料、形状、结构; 2. 了解线圈材料,熟悉交流线圈、直流线圈、电流线圈、电压线圈; 3. 掌握短路环的工作原理与作用; 4. 了解触点系统及灭弧方法	1. 能识别直流线圈与交流线圈; 2. 能识别电压线圈与电流线圈; 3. 能观察短路环在铁芯中的位置与结构并做出判断

低压电器的基本结构由触点系统和电磁机构组成。触点系统存在接触电阻和电弧物理现象,对电器系统的安全运行影响较大。电磁机构的电磁吸力和反力是决定电器性能的主要因素之一。低压电器的主要技术性能指标与参数就是在此基础上制定的。因此,触点结构、电弧、灭弧装置及电磁吸力和反力等是低压电器的基本知识,也是研究电器元件结构和工作原理的基础。正确地选用和使用低压电器元件,对正确操作和电气安全运行是至关重要的。

一、电磁机构

电磁机构是电磁式继电器和接触器等的主要组成部件之一,其工作原理是将电磁能转换为机械能,从而带动触点动作。

1. 电磁机构的结构形式

电磁机构由吸引线圈(励磁线圈)和磁路两个部分组成。磁路包括铁芯、铁轭、衔铁和气隙。吸引线圈通以一定的电压或电流产生激励磁场及吸力,并通过气隙转换为机械能,从而带动衔铁运动使触点动作,以完成触点的断开或闭合。图1-1所示为常用电磁机构的形式。由图1-1可见,衔铁可以直动,也可以绕某一点转动。按磁系统形状分类,电磁机构可分为U形[见图1-1(c)]和E形[见图1-1(d)]两种。

吸引线圈按其中通电种类可分为交流电磁线圈和直流电磁线圈。对于交流电磁线圈,当通交流电时,为了减小因涡流造成的能量损耗和温升,铁芯和衔铁用硅钢片叠成。对于直流电磁线圈,铁芯和衔铁可以用整块电工软钢做成。

从结构上看,吸引线圈大致可分为有骨架和无骨架两种。交流电磁铁的线圈多为有骨架式,且线圈做成粗短形,这是考虑到铁芯中有磁滞损耗,便于散热。直流电磁铁的线圈则多

做成无骨架式，且线圈形状做成细长形。

线圈做成并联于电源工作的线圈，称为电压线圈，它的特点是匝数多，线径较小。线圈做成串联于电路工作的线圈，称为电流线圈，它的特点是匝数少，线径较大。

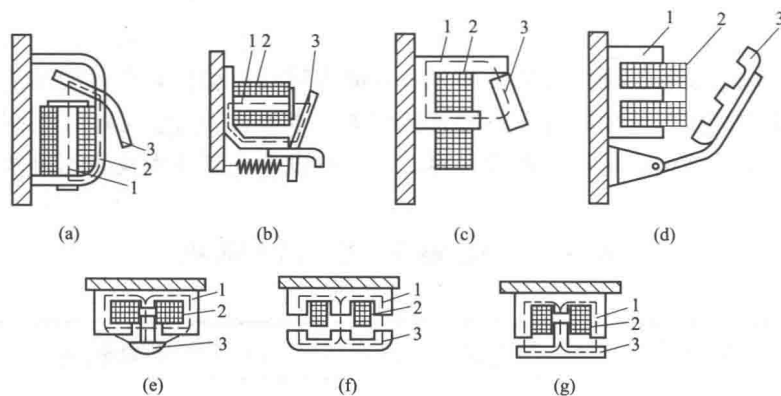


图 1-1 常用电磁机构的形式

1—铁芯；2—线圈；3—衔铁

2. 电磁机构的工作原理

电磁机构的工作特性常用吸力特性和反力特性来表达。电磁机构使衔铁吸合的力与气隙的关系曲线称为吸力特性。电磁机构使衔铁释放（复位）的力与气隙的关系曲线称为反力特性。

(1) 吸力特性。电磁机构的吸力与很多因素有关，其反映的是电磁吸力与气隙的关系，而励磁电流的种类不同，吸力特性也不一样。交流电磁机构吸力 F 与气隙 δ 的大小无关，实际上，考虑到漏磁通的影响，吸力 F 随气隙 δ 的减小略有增加，其吸力特性如图 1-2 所示。直流电磁机构的吸力 F 与气隙 δ 的平方成反比，其吸力特性如图 1-3 所示，它表明衔铁闭合前后吸力变化很大，气隙越小，吸力越大。

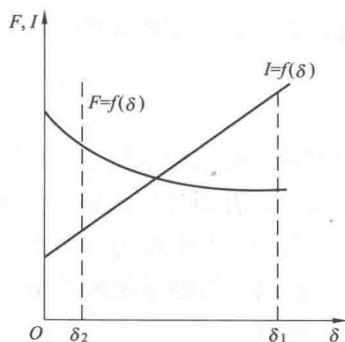


图 1-2 交流电磁机构的吸力特性

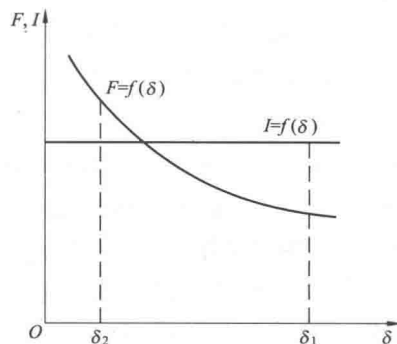


图 1-3 直流电磁机构的吸力特性

(2) 反力特性。电磁机构使衔铁释放的力一般有两种：一种是利用弹簧的反力，如图 1-1(b) 所示；另一种是利用衔铁的自身重力，如图 1-1(d) 所示。

(3) 剩磁吸力特性。由于铁磁物质有剩磁，它使电磁机构的励磁线圈失电后仍有一定的磁

性吸力存在,剩磁的吸力随气隙 δ 的增大而减小。剩磁吸力特性如图1-4中曲线4所示。

(4) 吸力特性与反力特性的配合。电磁机构欲使衔铁吸合,在整个吸合过程中,吸力必须始终大于反力,但也不能过大,否则会影响电器的机械寿命。反映在特性图上,就是要保证吸力特性在反力特性的上方。当切断电磁机构的励磁电流以释放衔铁时,其反力特性必须大于剩磁吸力,才能保证衔铁可靠释放。所以在特性图上,电磁机构的反力特性必须介于电磁吸力特性和剩磁吸力特性之间,如图1-4所示。

在实际使用中,无论是直流操作还是交流操作,只要线圈两端电压大于释放电压,闭合状态的电磁机构都必须产生大于弹簧反力的吸力。直流电磁机构在这方面毫无问题,但对于交流电磁铁来说,铁芯中的磁通量及吸力是一个周期函数,为

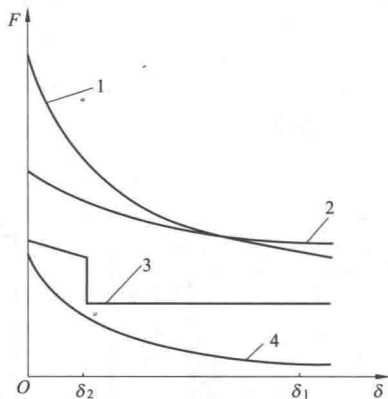


图 1-4 吸力特性和反力特性

1—直流吸力特性；2—交流吸力特性；
3—反力特性；4—剩磁吸力特性

$$\begin{aligned} F &= 4B^2 S \times 10^5 \\ &= 4S \times 10^5 B_m^2 \sin^2 \omega t \\ &= 2B_m^2 S (1 - \cos 2\omega t) \times 10^5 \end{aligned}$$

式中 F ——电磁吸力, N;

B ——气隙磁感应强度, T;

S ——决定电磁吸力的衔铁端面面积, m^2 。

(5) 短路环的作用。电磁吸力 F 是一个周期函数,包括两个分量,即直流分量和频率为电网频率 2 倍的交流分量。吸力总是正的,在磁通每次过零时,即 $\omega t = 0, \pi/2, T$ (T 为磁通的周期) 时,吸力为零,此时弹簧反力大于电磁吸力,电磁机构释放;而在 $\pi/2 \sim T$ 之间,吸力大于反力,动铁芯(衔铁)克服原先的分离运动,使电磁机构重新吸合。这样,在 $f = 50\text{Hz}$ 时,每周期内衔铁吸力要两次过零,电磁机构就出现了频率为 100Hz 的持续抖动与撞击,使得铁芯迅速损坏,并产生难以忍受的噪声,这种现象是不允许存在的。为了避免衔铁振动,通常在铁芯端面上安装一个用铜制成的短路环或称分磁环,如图 1-5 所示。顾名思义,短路环就像是一匝两端接在一起的线圈,一般镶嵌在静铁芯端面的槽内。短路环把端面 S 分成两部分,即环内部分 S_1 与环外部分 S_2 ($S = S_1 + S_2$)。短路环仅包围了主磁通 Φ 的一部分。这样,铁芯中有两个不同相位的磁通 Φ_1 和 Φ_2 ,电磁机构的总吸力将是 F_1 和 F_2 之和,只要此合力始终大于反力,衔铁的振动现象就会消除。如图 1-5(b) 所示,加短路环后, Φ_1 产生的电磁吸力为 F_1 , Φ_2 产生的电磁吸力为 F_2 , F_1 和 F_2 合成的电磁吸力见曲线 F ,最大电磁吸力为 $F_{\max}$,最小电磁吸力为 $F_{\min}$,反作用弹簧产生的反力为 F_r ,由图 1-5(b) 可见,合成电磁吸力的最小值 $F_{\min}$ 在反力 F_r 的上方,避免了衔铁振动。

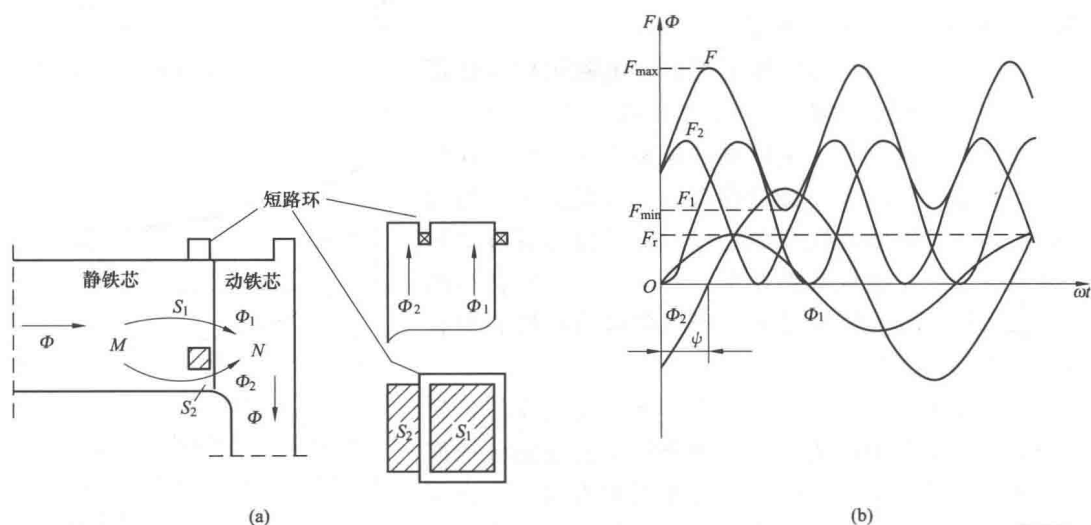


图 1-5 加短路环后的磁通和电磁力

(a) 磁通分布示意；(b) 电磁吸力波形示意

二、电器的触点和电弧

1. 电器的触点

触点是电器的主要执行部分，起接通和分断电路的作用。在有触点的电器元件中，电器元件的基本功能是靠触点来执行的，要求触点的导电、导热性能良好。触点的接触形式及结构形式很多，通常按其接触形式归为三种，即点接触、线接触和面接触。触点的结构形式有指形触点、桥式触点等。图 1-6(c) 所示为线接触，常做成指形触点结构，如图 1-6(e) 所示，它的接触区是一条直线。图 1-6(f)、(g) 分别为小型继电器中常用的分裂触点和片簧形式，这种结构有利于继电器提高通断的可靠性。

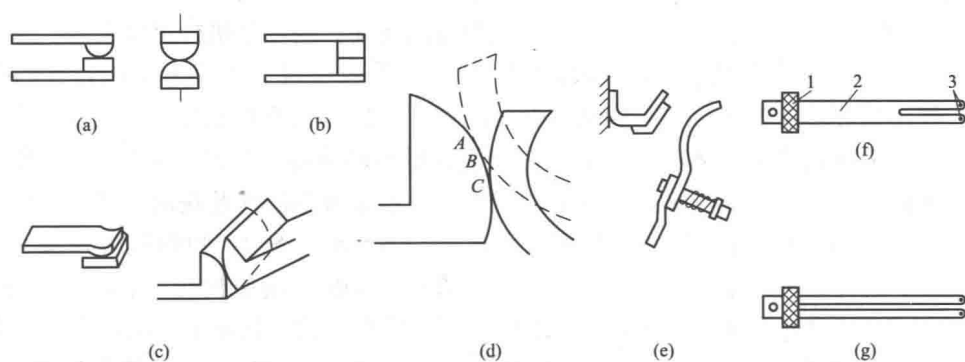


图 1-6 触点的接触形式

(a) 点接触；(b) 面接触；(c) 线接触；(d) 线接触触点的接触过程；

(e) 指形触点；(f) 分裂触点；(g) 片簧

1—固定件；2—簧片；3—两个接点

触点按其原始状态可分为动合触点和动断触点。原始状态时（即线圈未通电）断开，线圈通电后闭合的触点称为动合触点。原始状态闭合，线圈通电后断开的触点称为动断触点。线圈断电后所有触点复原。触点按其控制的电路分为主触点和辅助触点。主触点用于接通或断开主电路，允许通过较大的电流。辅助触点用于接通或断开控制电路，只能通过较小的电流。

2. 电弧的产生及灭弧

(1) 电弧的产生及基本灭弧方法。在自然环境中切断电路时，如果被切断电路的电流（电压）超过某一数值，根据触点材料的不同其值为 $0.25 \sim 1\text{A}$ 、 $12 \sim 20\text{V}$ ，则触点间隙中会产生电弧。电弧实际上是触点间气体在强电场作用下产生的放电现象。所谓气体放电，就是触点间隙中的气体被游离，产生大量的电子和离子，在强电场作用下，大量的带电粒子做定向运动，于是绝缘的气体就变成了导体。电流通过这个游离区时所消耗的电能转换为热能和光能，发出光和热的效应，产生高温并发出强光，使触点烧损，并使电路的切断时间延长，甚至不能断开，造成严重事故。电弧对电器的影响主要有以下几个方面：

- 1) 触点虽已打开，但由于电弧的存在，要断开的电路实际上并没有断开。
- 2) 电弧的温度很高，严重时可使触点熔化。
- 3) 电弧向四周喷射，会使电器及其周围物质损坏，甚至造成短路，引起火灾。

所以，必须采取措施熄灭或减小电弧，其基本方法有以下几种：

- 1) 速拉灭弧法：迅速拉长电弧，以降低电场强度。
- 2) 冷却灭弧法：用电磁力使电弧在冷却介质中运动，降低弧柱周围的温度。
- 3) 窄缝灭弧法：将电弧挤入绝缘壁组成的窄缝中以冷却电弧。
- 4) 长弧切短法：将电弧分成许多串联的短弧，增加维持电弧所需的临界电压降的要求。

5) 真空灭弧法：将电弧密封于高压或真空的容器中。

(2) 常用的灭弧方法和灭弧装置。常用的灭弧方法和灭弧装置有以下几种：

1) 桥式结构双断口灭弧。图 1-7 所示为一种桥式结构双断口触点，流过触点两端的电流方向相反，将产生互相排斥的电动力。当触点打开时，在断口中产生电弧。电弧电流在两个电弧之间产生磁场，根据左手定则，电弧电流要受到一个指向外侧的电动力 F 的作用，使电弧向外运动并拉长，使它迅速穿越冷却介质而加快电弧冷却并熄灭。此外，这种方法也具有将一个电弧分为两个来削弱电弧的作用。这种灭弧方法效果较弱，故一般多用于小功率的电器中。但是，当配合栅片灭弧后，这种方法也可用于大功率的电器中。交流接触器常采用这种灭弧方法。

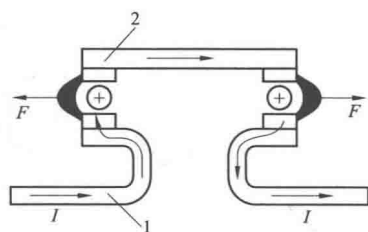


图 1-7 桥式结构双断口触点灭弧原理
1—静触点；2—动触点

2) 栅片灭弧。图 1-8 所示为栅片灭弧示意。灭弧栅一般由多片镀铜薄钢片（称为栅片）和石棉绝缘板组成，它们安放在电器触点上方的灭弧室内，彼此之间互相绝缘，片间距离为 $2 \sim 5\text{mm}$ 。当触点分断电路时，在触点之间产生电弧，电弧电流产生磁场，由于钢片磁阻比空气磁阻小得多，因此，电弧上方的磁通非常稀疏，而下方的磁通却非常密集。这种上疏下密的磁场将电弧拉入灭弧罩中，当电弧进入灭弧栅后，被分割成数段串联的短弧。这样

每两片灭弧栅片可以看作一对电极，而每对电极间都有 $150\sim 250\text{V}$ 的绝缘强度，使整个灭弧栅的绝缘强度大大加强，而每个栅片间的电压不足以达到电弧的燃烧电压，同时栅片吸收电弧热量，使电弧迅速冷却而很快熄灭。

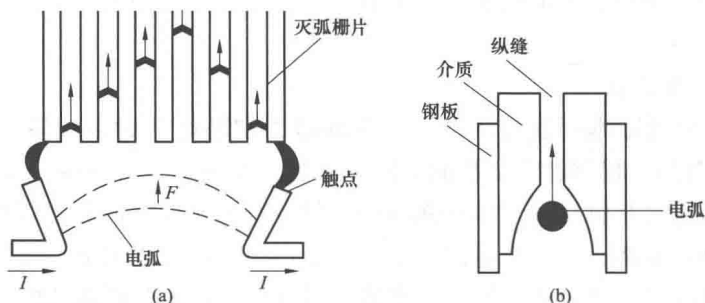


图 1-8 栅片灭弧原理

(a) 电弧进入栅片被分割；(b) 灭弧栅片的形状

当触点上加的电压是交流时，交流电产生的交流电弧要比直流电弧容易熄灭。因为交流电在每个周期有两次过零点，显然电压为零时，电弧容易熄灭，因此灭弧栅装置常用作交流灭弧。

3) 磁吹灭弧。磁吹灭弧方法是利用电弧在磁场中受力，将电弧拉长，并使电弧在冷却的灭弧罩窄缝隙中运动，产生强烈的消电离作用，从而将电弧熄灭。其原理如图 1-9 所示，它广泛应用于直流灭弧装置中（如直流接触器中）。

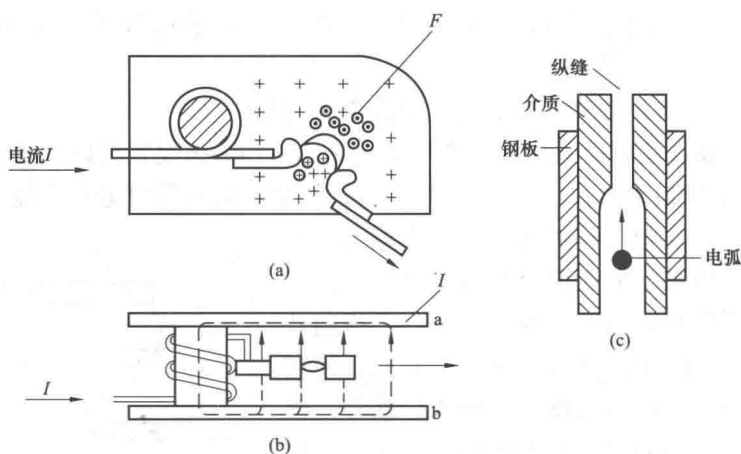


图 1-9 磁吹灭弧原理

(a) 磁吹线圈向电弧产生推力；(b) 俯视图；(c) 窄缝灭弧介质

三、电气控制技术中的图形符号和文字符号

1. 图形符号

电气控制电路图是工程技术的通用语言，由各种电器元件的图形、文字符号组成。为便于交流与沟通，国家标准局参照国际电工委员会（IEC）颁布的有关文件，制定了我国电气设备的有关国家标准，颁布了 GB/T 4728.1~4728.5—2005、GB/T 4728.6~4728.13—2008《电气

简图用图形符号》和 GB 7159—1987《电气技术中的文字符号制订通则》。GB 7159—1987 已于 2005 年废除, 目前没有相应的替代标准, 在识图中仍可看到以该标准绘制的电气图, 绘图时文字符号可以参照 GB/T 50786—2012《建筑电气制图标准》。

电气图用图形符号是按照功能组合图的原则, 由一般符号、符号要素或一般符号加限定符号组合成为特定的图形符号、方框符号等。

一般符号是一种用以表示一类产品和此类产品特征的通常很简单的图形符号。

符号要素是一种具有确定意义的简单图形, 用于与其他图形符号组合而构成一个设备或概念的完整符号, 不能单独使用。例如, 不同功能、类型的主令开关是由开关的一般符号与不同功能的符号要素组成的, 因此, 按钮开关、紧急开关和旋钮开关的符号是不一样的。

限定符号是一种用以提供附加信息的加在其他符号上的图形符号, 通常不能单独使用, 如“×”是表示断路器功能的限定符号。但一般符号有时也可用作限定符号, 例如, 电动机的一般符号加到其他一些符号上即构成电动式器件, 若加到一般阀的符号上就构成电动阀门的符号等。

方框符号是一种用以表示元件、设备等的组合及其功能, 既不给出元件、设备的细节, 也不考虑所有连接的简单的图形符号。方框符号通常在使用单线表示法的图中, 也可用在表示出全部输入接线和输出接线的图中。在绘制电气图时应使用国家标准《电气简图用图形符号》规定的一般符号、方框符号、示例符号及符号要素、限定符号和常用的其他符号。《电气简图用图形符号》中已经给出的各种符号都不允许对其进行修改或重新进行派生, 但允许按功能组合图的原则派生《电气简图用图形符号》中未给出的各种符号。

2. 文字符号

国家标准规定电气技术中的文字符号分为基本文字符号(单字母或双字母)和辅助文字符号。GB 7159—1987《电气技术中的文字符号制订通则》中单字母符号等同采用 IEC 750《电气技术中项目代号》标准中的种类代号, 双字母符号等同采用 IEC 204《项目代号、图解、简图、表格和说明举例》中的双字母代码。因此, 上述单字母符号和双字母符号在国际上是通用的。

基本文字符号中的单字母符号是按拉丁字母将各种电气设备、装置和元器件划分为 23 大类, 每大类用一个专用单字母符号表示。例如, K 表示继电器、接触器类, F 表示保护器件类等。单字母符号应优先采用。双字母符号由一个表示种类的单字母符号与另一字母组成, 其组合形式应以单字母符号在前、另一字母在后的次序列出。只有当用单字母符号不能满足要求、容易混淆, 需要将大类进一步划分时, 才采用双字母符号, 以便较详细和更具体地表述电气设备、装置和元器件。例如, F 表示保护器件类, 而 FU 表示熔断器, FR 表示热继电器等。文字符号可以参照 GB/T 50786—2012《建筑电气制图标准》。

辅助文字符号是用于表示电气设备、装置和元器件及电路的功能、状态和特征的。例如, AC 表示交流, PE 表示保护接地, RD 表示红色等。辅助文字符号也可放在表示种类的单字母符号后边组成双字母符号, 例如, P 表示压力, SP 表示压力传感器。为简化文字符号, 若辅助文字符号由两个以上字母组成, 则允许只采用其第一位字母进行组合。例如, MS 表示同步电动机, 是 M 和 SYN 的组合等。辅助文字符号还可以单独使用, 例如, ON

表示接通，N 表示中性线，RST 表示复位等。

文字符号适用于电气技术领域图纸和技术文件的编制，也可表示在电气设备、装置和元器件上或其近旁，以标明它们的名称、功能、状态或特征；可作为电气技术中项目代号中的种类字母代码和功能字母代码，也可作为限定符号与电气图用图形符号中一般符号组合使用，以派生各种新的图形符号。

模块二 刀开关与主令电器

知识要求	技能要求
1. 了解刀开关的种类； 2. 掌握刀开关的工作原理； 3. 掌握刀开关的参数	1. 能识别刀开关； 2. 能根据电路要求选择合适的刀开关

一、刀开关

在对电气设备的带电部分进行维修时，应使这些部分一直处于无电状态，所以必须将电气设备从电网脱开并隔离，能起这种隔离电源作用的开关电器称为隔离器。隔离器一般属于无载通断电器，只能接通或分断“可忽略的电流”（指套管、母线、连接线和电缆等的分布电容电流和电压互感器或分压器的电流），但有一定的载流能力。也有一些隔离器产品有一定的通断能力，能在非故障条件下接通和分断电气设备或成套设备中的某一部分，这时其通断能力应和其所需通断的电流相适应。

1. 刀开关分类

刀开关（刀形转换开关）是一种结构简单、应用广泛的手动电器，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点间不会出现明显极间电压的条件下用于接通或分断电路。刀开关有时也可用来通断较小工作电流，作为照明设备和小型电动机做不频繁操作的电源开关。当能满足隔离功能要求时，刀开关也可用作电源隔离开关。当刀开关有灭弧罩，并用杠杆操作时也可接通或分断额定电流。

刀开关按极数分，有单极、双极、三极和四极刀开关；按操作方式分，有直接手柄操作、正面旋转手柄操作、杠杆操作和电动机操作；按转换方式分，有单投、双投（转换开关）。另外，还有一种采用叠装式触点元件组成旋转操作的称为组合开关。

兼有开关作用的隔离器称作隔离开关，它具备一定的电路接通能力。

隔离器和熔断器串联组合成一个单元，隔离器的动触点由熔断体或带熔断体的载熔件组成时，即为隔离器式熔断器组，或称为熔断器式隔离器。刀开关和熔断器串联组合成负荷开关，刀开关的动触点由熔断体组成时，即为熔断器式刀开关。上述含有熔断器的组合电器统称为熔断器组合电器。熔断器组合电器一般能进行有载通断，并有一定的短路保护功能。

刀开关和隔离器根据工作条件和用途的不同，主要有以下几类：开启式刀开关、封闭式负荷开关（铁壳开关）、开启式负荷开关（胶盖瓷底刀开关）、熔断器式刀开关、熔断器式隔离器等，产品种类很多，尤其是近几年不断出现新产品、新型号，本节主要介绍

常用的几种产品。隔离器、刀开关和负荷开关的图形符号分别如图 1-10(a)、(b)、(c) 所示, 图中分别是隔离器、刀开关和负荷开关的三线三极表示法, 文字符号单字母为 Q, 双字母为 QS。

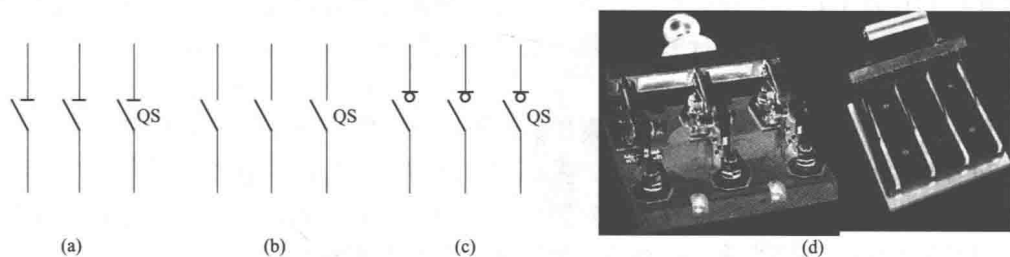


图 1-10 隔离器、刀开关、负荷开关的图形符号和文字符号

(a) 隔离器; (b) 刀开关; (c) 负荷开关; (d) 外形图

(1) 开启式负荷开关。开启式负荷开关俗称胶盖瓷底刀开关, 是一种结构简单、应用最广泛的手动电器, 常用作交流额定电压 380/220V、额定电流至 100A 的照明配电线路的电源开关和小容量电动机非频繁起动的操作开关。

开启式负荷开关由操作手柄、熔丝、触刀、触点座和底座组成, 如图 1-11 所示。胶壳的作用是防止操作时电弧飞出灼伤操作人员, 并防止极间电弧造成电源短路, 因此操作前一定要将胶壳安装好再操作。熔丝主要起短路和严重过电流保护作用。

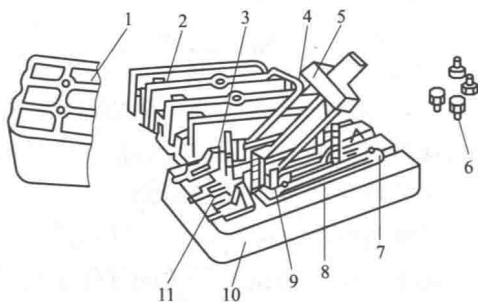


图 1-11 HK 系列开启式负荷开关结构示意图

1—上胶盖; 2—下胶盖; 3—触刀座; 4—触刀; 5—瓷柄; 6—胶盖紧固螺帽;
7—出线端子; 8—熔丝; 9—触刀铰链; 10—瓷底座; 11—进线端子

(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, 供手动不频繁地接通和分断电路, 以及作为线路末端的短路保护之用。交流 50Hz、380V、60A 及以下等级的开关, 还可作为异步电动机的非频繁全电压起动的控制开关。

封闭式负荷开关主要由触点及灭弧系统、熔断器和操作机构构成, 它们共装于同一防护外壳(铁盒)之内。常用的封闭式负荷开关型号有 HH3、HH4 两个系列, 其中, HH4 系列为全国统一设计产品, 可取代同容量的其他系列老产品。

HH3 和 HH4 系列封闭式负荷开关采用灭弧装置, 有瓷质 E 形灭弧室与由钢纸板夹上去离子栅片构成的灭弧室两种。配用的熔断器, 额定电流为 60A 及以下者, 为瓷插式熔断

器；额定电流为 100A 及以上者，为无填料封闭管式熔断器。封闭式负荷开关的操作机构具有两个特点：一是采用储能合闸方式，即利用一根弹簧执行合闸和分闸机能，使开关的闭合速度和分断速度同操作速度无关，这既有利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上；二是设有连锁装置，它可以保证开关合闸时不能打开防护铁盖，而当防护铁盖打开时，不能将开关合闸，这样既有助于充分发挥外壳的防护作用，又保证了更换熔断器等操作的安全。

(3) 熔断器式隔离器。熔断器式隔离器是一种新型电器，有多种结构形式，一般由填料熔断器和刀开关组合而成，广泛应用于开关柜或与终端电器配套的电器装置中，作为线路或用电设备的电源隔离开关及严重过载和短路保护之用。在回路正常供电的情况下接通和切断电源由刀开关来承担，当线路或用电设备过载或短路时，熔断器的熔体熔断，及时切断故障电流。其结构如图 1-12 所示。

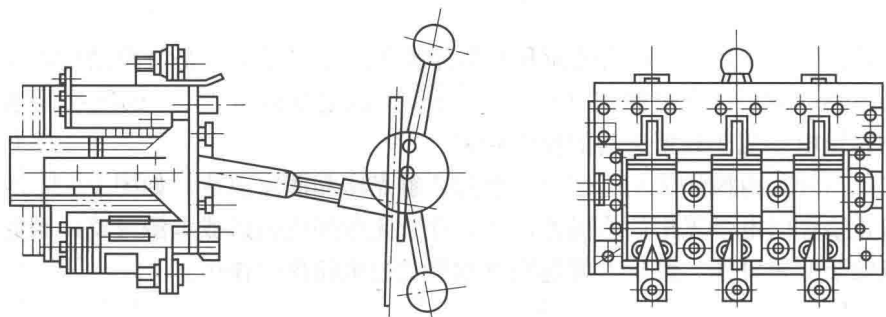


图 1-12 熔断器式隔离器

安装刀开关时，手柄要向上，不得倒装或平装。倒装时，手柄有可能会自动下滑而引起误合闸，造成人身伤害事故。接线时，应将电源进线端接在上端端子上，负载接在下端端子上。这样，拉开刀闸后，刀开关与电源隔离，便于检修。

(4) 组合开关。组合开关实质上也是一种刀开关，只不过一般刀开关的操作手柄是在垂直于其安装面的平面内向上或向下转动，而组合开关的操作手柄是在平行于其安装面的平面内向左或向右转动而已。组合开关由若干分别装在数层绝缘件内的双断点桥式动触片、静触片（与盒外的接线相连）组成。动触片装在附加有手柄的绝缘方轴上，方轴随手柄而旋转，于是动触片也随方轴转动并变更其与静触片分、合位置。所以，组合开关实际上是一个多触点、多位置式、可以控制多个回路的电器，也称转换开关。

组合开关一般用于电气设备中，作为非频繁地接通和分断电路、换接电源和负载、测量三相电压及控制小容量异步电动机的正反转和星形-三角形起动等用。

在选择组合开关时，其额定电流应等于或大于被控制电路中各负载电流的总和，若用于控制电动机，其额定电流一般选择为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。组合开关的通断能力较低，故不可用来分断故障电流。当用于控制电动机做可逆运转时，必须在电动机完全停止转动后，才允许反向接通。

组合开关的结构与外形如图 1-13 所示。

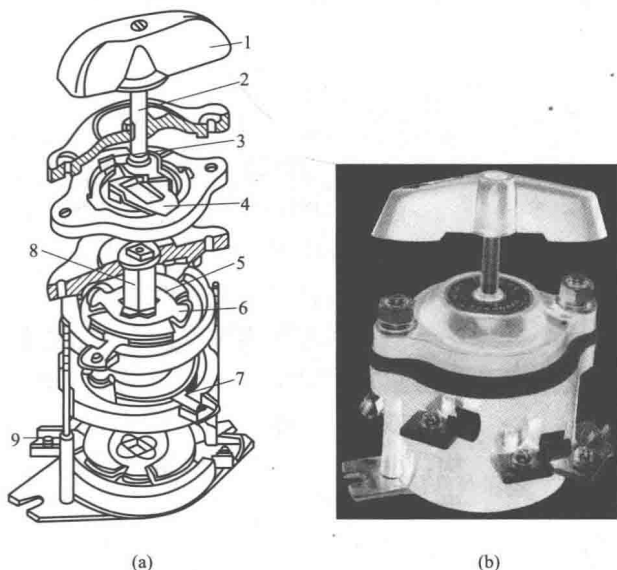


图 1-13 组合开关

(a) 结构示意图; (b) 外形图

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—绝缘方轴; 9—接线柱

2. 隔离器、刀开关等的选用原则

隔离器、刀开关的主要功能是隔离电源。在满足隔离功能要求的前提下,选用的主要原则是保证其额定绝缘电压和额定工作电压不低于线路的相应数据,额定工作电流不小于线路的计算电流。若要求有通断能力,则须选用具备相应额定通断能力的隔离器;若需接通短路电流,则应选用具备相应短路接通能力的隔离开关。

选择隔离器、刀开关时,主要根据线路对电路特性的要求决定电路数、触点种类和数量。有些产品是可以改装的,制造厂可在一定范围内按订货要求满足不同的需要。

目前隔离器、刀开关(含刀形转换开关)产品的绝缘电压大多数为交流 500V、直流 440V,故安装刀开关(或刀形转换开关)的电路的额定电压不应超过交流 500V 或直流 440V。电路的计算电流也不应超过其额定工作电流。刀开关的极数、位置和操纵方式可根据实际需要选定。

当用刀开关直接通断小负载时,应注意选择相应的通断能力。特别是当直接控制小型电动机等感性负载时,应考虑其接通和分断过程中的电流特性(如起动电流、起动时间等)。

隔离器、刀开关在按上述原则选择后,均需进行短路性能校验以保证其具体安装位置上的预期短路电流不超过电器的额定短时耐受电流(当电路中有短路保护电器时可为额定极限短路电流)。

选用熔断器组合电器时,需在上述隔离器对开关的选用要求之外再考虑熔断器的特点(参见熔断器的选用原则)。

二、主令电器

主令电器是电气自动控制系统中用于发送或转换控制指令的电器,是一种用于辅助电路