



国家数控技能型紧缺人才培养培训工程系列教材
高职高专数控专业规划教材

设备控制技术

Shebei Kongzhi Jishu

张群生 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国家数控技能型紧缺人才培养培训工程系列教材
高职高专数控专业规划教材

设备控制技术

主 编 张群生
副主编 白 柳
参 编 孔 红 胡生宁
陈晓云 韦瑞录
主 审 任有志



机械工业出版社

本书是根据《国务院批转教育部 2003—2007 年教育振兴行动计划的
通知》精神以及教育部高教司有关文件精神,按照高等职业教育“设备控制
技术”教学大纲编写的。

针对现代高等职业教育教学的特点,以职业岗位技能要求为出发点,
本书以设备的使用及维护为重点,系统介绍了继电器-接触器控制技术、
可编程控制器工作原理及应用技术、液压控制技术、气动控制技术及机
-电-液联合控制技术。

本书内容丰富、重点突出、通俗易懂、简明扼要、实用性强、新内容
多,对工厂机械设备的运行、维修,常见故障及电器元件的选择进行了分
析,突出了实践技能培养。全书均采用最新国家标准。

本书为数控技术应用专业教材,适用于高等职业院校、高等专科院校
和成人高等学校机制类、机电类专业使用,也可供其他有关专业师生及从
事现场工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

设备控制技术/张群生主编. —北京:机械工业出版社,2006.2

(国家数控技能型紧缺人才培养培训工程系列教材)

高职高专数控专业规划教材

ISBN 7-111-18465-3

I. 设... II. 张... III. 机械设备-自动控制系统-高等学校-技
术学校-教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 008171 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:汪光灿 版式设计:冉晓华 责任校对:王 欣

封面设计:张 静 责任印制:杨 曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 18.5 印张 · 434 千字

0 001—3 000 册

定价:27.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68326294

编辑热线(010) 68354423

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据《国务院批转教育部 2003—2007 年教育振兴行动计划的通知》精神以及教育部高教司有关文件精神,按照数控技术应用专业教学指导委员会审定的《设备控制技术》教学大纲编写的。本书主要突出以下特色。

1) 在内容上以设备控制技术为主线,以职业岗位技能要求为出发点,从应用的角度综述了电气控制技术、PLC 应用技术、液压技术、气动技术;以培养和提高学生的应用能力为目标,注重理论与实际应用的紧密结合,进行详尽而实用的阐述。

2) 在章节的编排上,力求简明扼要、言简意赅,并配备了大量图表,使教材图文并茂,便于记忆和理解。

3) 本书着重反映基本原理在现代工业技术上的应用,以典型的数控机床、加工中心等机电设备为实例。同时力求反映我国液压与气动行业的最新情况。

4) 为了便于读者加深理解和巩固所学的内容,在每章前面都有摘要,后面都附有小结和习题。小结列出了每章内容的主要知识点,以便读者掌握重点,习题包含填空、判断、选择、问答和分析计算题。所使用的图形符号及文字符号均采用最新国家标准。

全书共八章。第一、二、三章主要介绍了常用低压电器、继电器-接触器的基本控制环节,以及典型机床电气控制系统、机床电气控制电路的设计;第四章主要介绍了 PLC 的组成及工作原理、PLC 的指令系统及应用等;第五、六、七章主要介绍了液压传动的基本知识、液压元件及辅助装置、液压基本回路、典型液压传动系统和机-电-液联合控制技术及液压系统设计;第八章主要介绍了气压传动基本知识及典型气动系统工作原理。

参加本书编写的有山西工程职业技术学院孔红(第一章)、胡生宁(第二章)、广西机电职业技术学院陈晓云(第三章)、韦瑞录(第四章)、白柳(第五章、第八章)、张群生(第六、七章)。由广西机电职业技术学院张群生担任主编,山西工程职业技术学院白柳担任副主编,河北科技大学任有志教授担任主审。

本书为数控技术应用专业教材,适用于高等职业院校、高等专科学校和

IV

成人高等学校机制类专业及机电专业使用，对有关工程技术人员解决一些疑难问题，亦可起到重要的指导作用。

在本书编写过程中，曾得到有关工厂和兄弟学校的大力支持和帮助，编者在此一并表示感谢。由于编者水平有限，加之编写时间仓促，书中难免存在错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2005 年 10 月于南宁

目 录

前言

第一章 常用低压电器	1
第一节 低压电器概述	1
第二节 刀开关及主令电器	2
第三节 保护电器	6
第四节 交流接触器	8
第五节 继电器	11
小结	15
习题	15

第二章 继电器-接触器基本控制

环节

第一节 电气控制系统图	17
第二节 三相笼型异步电动机直接起动控制电路	20
第三节 三相异步电动机降压起动控制电路	23
第四节 三相异步电动机的制动控制电路	25
第五节 三相异步电动机调速电路	26
小结	27
习题	29

第三章 典型机床电气控制系统

第一节 卧式车床电气控制系统	31
第二节 铣床电气控制系统	37
第三节 设备电气控制电路的设计	43
小结	50
习题	50

第四章 可编程序控制器及应用

第一节 可编程序控制器概述	51
第二节 PLC 系统的组成与工作原理	54

第三节 PLC 的编程语言	59
第四节 三菱 FX 系列 PLC 简介	61
第五节 西门子系列 PLC 简介	93
第六节 PLC 的编程规则及应用示例	95
第七节 PLC 控制系统设计与应用	102
小结	116
习题	117

第五章 液压传动基础

第一节 液压传动的工作原理和组成	121
第二节 液压油	124
第三节 液体静力学基础	129
第四节 液体动力学基础	131
第五节 液体流动中的压力损失	133
第六节 液体流经小孔及缝隙的性质	134
小结	137
习题	137

第六章 液压元件及辅助装置

第一节 液压泵	141
第二节 液压马达	150
第三节 液压缸	152
第四节 液压控制阀	158
第五节 液压辅助装置	177
小结	184
习题	185

第七章 液压基本回路及液压系统

第一节 液压基本回路	192
第二节 典型液压系统	205
第三节 机、电、液联合控制技术	210
第四节 液压系统设计	216
小结	223
习题	224

第八章 气压传动	229	附录	253
第一节 气压传动工作原理	229	附录 A 电气图常用图形符号与文字 符号	253
第二节 气源装置	231	附录 B FX _{2N} 系列可编程序控制器功能指 令总表	256
第三节 气动执行元件	234	附录 C S7 系列 PLC 指令系统	265
第四节 气动控制阀	240	附录 D 常用液压与气动元（辅）件图形 符号	282
第五节 气动基本回路	246	参考文献	289
第六节 气动系统实例	248		
小结	251		
习题	251		

第一章 常用低压电器

本章主要介绍常用低压电器的分类、结构、工作原理、型号、规格及应用，以常用的低压电器为主线，以控制电器为重点，较为详细地介绍常用低压电器的共性问题，并介绍低压电器的图形符号和文字符号。

第一节 低压电器概述

低压电器通常是指工作在交流电压小于 1200V 或直流电压小于 1500V 的电路中起接通、断开、保护、控制或调节作用的电器设备。

一、低压电器的分类

低压电器的用途广泛，作用多样，品种规格繁多，原理结构各异，按用途可分为低压配电电器与低压控制电器。

1. 低压配电电器

低压配电电器主要用于低压供配电系统中，如：刀开关、低压断路器和熔断器等。对此类电器的要求是工作可靠，有足够的动稳定性和热稳定性。

2. 低压控制电器

低压控制电器主要用于电力拖动自动控制系统中，如：接触器、继电器、控制器、控制按钮、行程开关等。要求这类电器工作准确可靠，操作频率高、寿命长。

二、低压电器的基本结构

从结构上看，各种电器一般都由感受部分和执行部分两个基本部分组成，感受部分接受外界输入的信号，并通过转换、放大与判断作出有规律的反应，使执行部分动作，输出相应的指令，实现控制的目的。对于有触点的电磁式电器，感受部分大都是电磁机构，执行部分是触点系统。

1. 电磁机构

电磁机构通常采用电磁铁的形式，由吸引线圈、铁心和衔铁三部分组成。其结构形式如图 1-1 所示，按铁心形式分有单 E 形、单 U 形、甲壳螺管形、双 E 形等；按动作方式有直动式、转动式等。

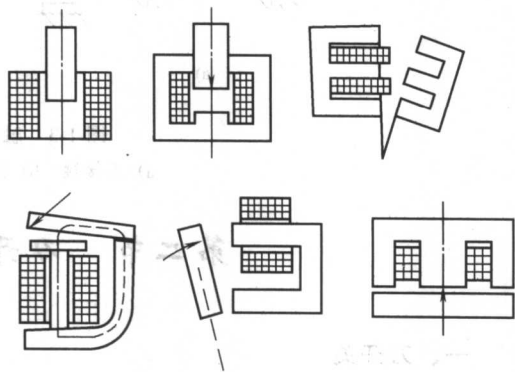


图 1-1 电磁铁铁心的结构形式

电磁铁的工作原理如图 1-2 所示,当吸引线圈 1 通入电流后,产生磁场,磁通经铁心 5、衔铁 4 和工作气隙形成闭合回路 2,产生电磁吸力,将衔铁吸向铁心,同时,衔铁还要受到反作用弹簧 3 的拉力,只有当电磁吸力大于弹簧反力时,衔铁才能可靠地被铁心吸住。

电磁铁有直流电磁铁与交流电磁铁之分,两者在结构上也不相同。直流电磁铁在稳定状态下通过恒定磁通,铁心中没有磁滞损失与涡流损失,所以直流电磁铁线圈没有骨架,且成细长形。而在交流电磁铁中,铁心中有磁滞损失和涡流损失。为此,一方面铁心由硅钢片叠制而成;另一方面线圈做成粗短形并有线圈骨架将线圈与铁心隔开,以免铁心发热传给线圈使其过热而烧毁。

为了消除振动和噪声,单相交流电磁铁在铁心表面装有分磁环(又称短路环)。即在铁心端部开一个槽,槽内嵌以铜环。

2. 触点系统

触点系统是一切有触点电器的执行部件,这些电器就是通过触点的动作来接通与分断电路的。因此,触点工作的好坏直接影响整个电器的工作性能。触点系统的结构形式有点接触、面接触和指形接触等,如图 1-3 所示。其中点接触常采用桥式结构,应用于电流及触点压力小的情况;而面接触形式应用于电流及触点压力大的情况;指形接触形式触点的接通和断开都在触点的端部,有利于减轻触点的电气磨损,并且能擦除触点表面的氧化膜,对触点的工作十分有利,应用于电流大、触点动作频繁的情况。

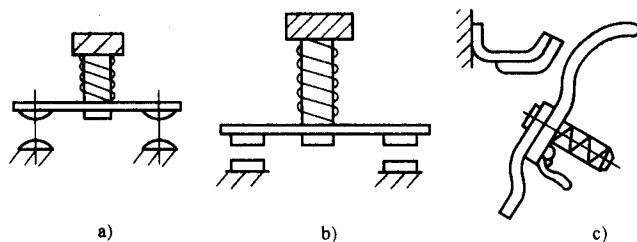


图 1-3 触点的结构形式

a) 点接触 b) 面接触 c) 指形接触

第二节 刀开关及主令电器

一、刀开关

图 1-4 所示为刀开关的典型结构。它由操作手柄 1、触刀 2、静夹座 3、铰链支座 4、出线座 5、绝缘底板 6 和进线座 7 组成,是结构最简单的一种手动电器。推动手柄使动触

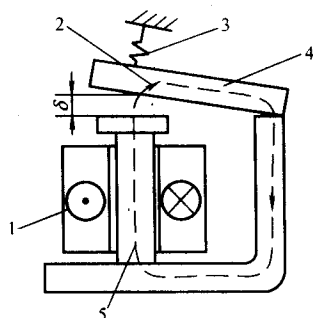


图 1-2 电磁铁工作原理

1—吸引线圈 2—闭合回路 3—反作用弹簧 4—衔铁 5—铁心

刀插入静夹座中，电路就会被接通。图 1-5 为刀开关的图形符号，刀开关的种类很多，这里只介绍两种带有熔断器的常用刀开关。

1. 开启式负荷开关

开启式负荷开关又名胶盖瓷底刀开关，它由刀开关和熔断器串联组合而成，均装在瓷底板上。这种开关结构简单，价格低廉，常用于频率为 50Hz、电压小于 380V、电流小于 60A 的电力线路中，作为一般照明、电热等回路的控制开关；也可用做分支线路的配电开关。三极胶盖刀开关适当降低容量时，可以直接用于不频繁地控制小型电动机，并借助于熔丝起过载保护作用。但这种开关易被电弧烧坏，因此不宜带重负载接通或分断电路。

安装和使用时应注意下列事项。

1) 电源进线应接在进线座上（进线座应在上方），用电设备应接在出线端。这样当开关断开时，闸刀和熔丝均不带电，以保证更换熔丝时的安全。

2) 在合闸状态下手柄应该向上，不能倒装和平装，以防止手柄松动落下而引起误合闸。

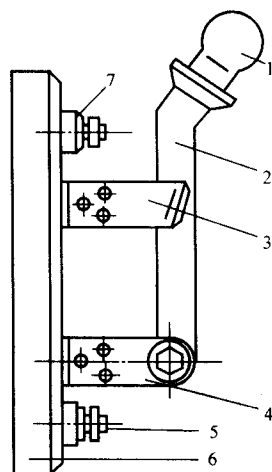


图 1-4 刀开关的典型结构

1—操作手柄 2—触刀 3—静夹座
4—铰链底座 5—出线座 6—绝缘
底板 7—进线座

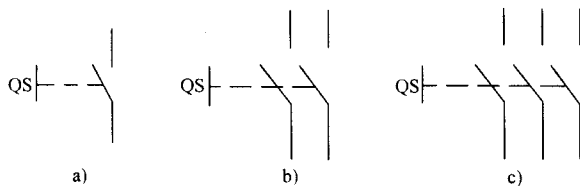


图 1-5 刀开关图形符号

a) 单极 b) 双极 c) 三极

2. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关，原名铁壳开关。图 1-6 所示为常用的 HH 系列封闭式负荷开关的结构与外形，它由刀开关、熔断器、灭弧装置、操作机构和钢板（或铸铁）做成的外壳构成。三把触刀固定在一根绝缘方轴上，由手柄操纵。

封闭式负荷开关的操作机构具有以下两个特点：一是设有联锁装置，保证开关在合闸状态下开关盖不能开启，而当开启时又不能合闸，以保证操作安全；二是采用储能分合闸方式，操作机构中在手柄转轴与底座间装有速动弹簧，使刀开关的接通与断开速度与手柄操作速度无关，这样有利于迅速灭弧。

封闭式负荷开关使用注意事项如下。

1) 封闭式负荷开关不允许随意放在地面上使用。

2) 操作时要在铁壳开关的手柄侧，不要面对开关，

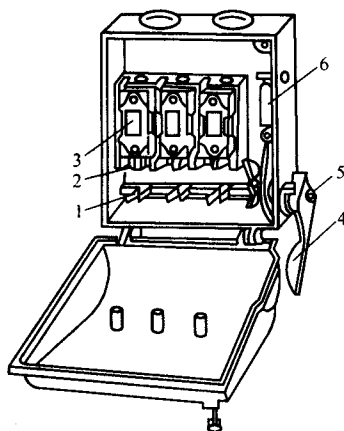


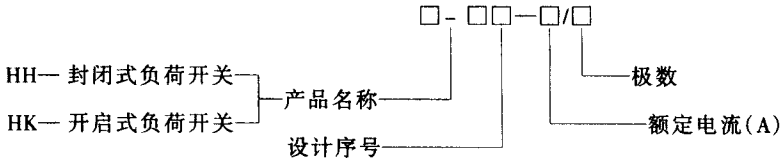
图 1-6 HH 系列封闭式负荷开关的结构与外形

1—触刀 2—夹座 3—熔断器
4—手柄 5—转轴 6—速动弹簧

以免意外故障使开关爆炸，铁壳飞出伤人。

3) 开关外壳应可靠接地，防止意外漏电造成触电事故。

负荷开关的型号及其含义如下：



二、主令电器

主令电器是在自动控制系统中发出指令或信号的电器，故称为主令电器，主要用来接通和分断控制电路以达到发号施令的目的。主令电器应用广泛，种类繁多，最常见的有按钮、行程开关、接近开关、万能转换开关、主令开关和主令控制器等。

1. 控制按钮

按钮是一种手动且一般可以自动复位的主令电器。一般情况下它不直接控制主电路的通断，主要用于远距离发出手动指令或信号去控制接触器、继电器等电器，再由它们去控制主电路；也可用于电气联锁等线路中。

按钮开关的结构示意图、符号如图 1-7 所示。按钮开关的结构一般都是由按钮帽 1、复位弹簧 2、桥式动触点 3、静触点 4 和 5、外壳及支柱连杆等组成。按钮根据静态时触点分合状况，可分为常开按钮（启动按钮）、常闭按钮（停止按钮）及复合按钮（常开、常闭组合一体）。

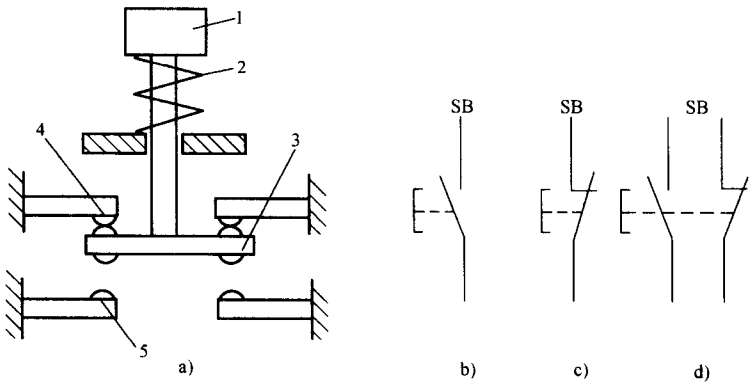
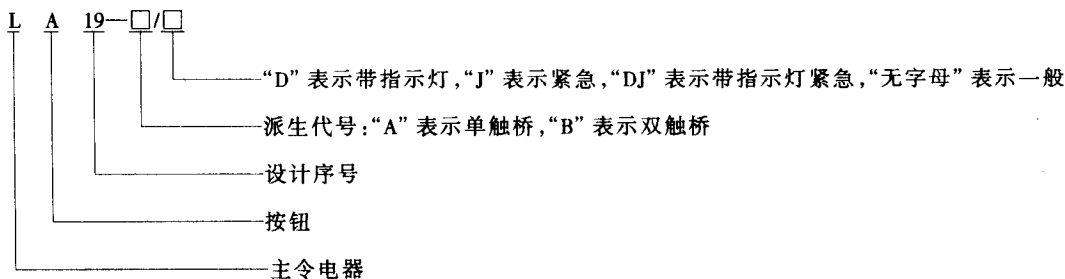


图 1-7 按钮开关的结构示意图和图形符号

a) 结构示意图 b) 动合触点 c) 动断触点 d) 复合触点
1—按钮帽 2—弹簧 3—动触点 4、5—静触点

按钮的主要技术要求有规格、结构形式、触点对数和按钮的颜色。通常所选用的规格为交流额定电压 500V、允许持续电流为 5A。

按钮帽的颜色有红、绿、黑、黄以及白、蓝等多种，供不同场合选用。全国统一设计的按钮新型号为 LA25 系列，其他常用的有 LA2、LA10、LA18、LA19、LA20 等系列。



2. 行程开关

行程开关又称限位开关。它是利用生产设备某些运动部件的机械位移而碰撞位置开关,使其触点动作,将机械信号变为电信号,接通、断开或变换某些控制电路的指令,借以实现对机械的电气控制要求,常用来限制机械运动的位置或行程,使运动机械按一定位置或行程自动停止、反向运动或自动往返运动等。

行程开关的结构形式很多,基本上是以某种位置开关元件为基础,装置不同的操作形式,按结构形式可分为直动式、滚动式和微动式;按运动形式分为直动式和转动式;按触点性质可分为有触点式和无触点式。行程开关的主要技术参数是额定电压和额定工作电流。

(1) 直动式行程开关 图 1-8 所示为直动式行程开关结构图。其动作与控制按钮类似,利用运动部件上的挡块来压下行程开关的推杆。这种行程开关结构简单,成本较低,但触点的分合速度取决于撞块的移动速度。若挡块移动太慢,则触点就不能瞬时切断电路,使电弧在触点上停留时间过长,容易烧蚀触点。常用的行程开关有 JLXK1、LX19、LX32、LX33 等系列。

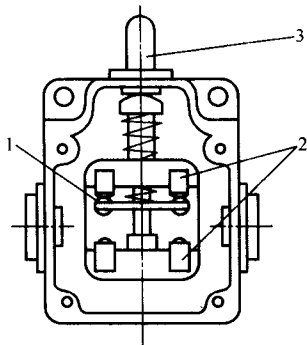


图 1-8 直动式行程开关

1—动触点 2—静触点 3—推杆

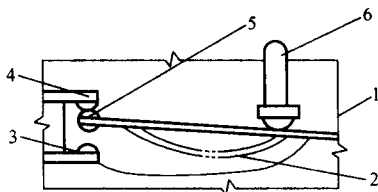


图 1-9 微动开关结构图

1—壳体 2—弓簧片 3—常开触点
4—常闭触点 5—动触点 6—推杆

(2) 微动开关 图 1-9 所示为微动开关结构图,其采用具有弯片状弹簧的瞬动机构,当推杆被压下时,弹簧片发生变形,储存能量并产生位移,当达到预定的临界点时,弹簧片连同动触点产生瞬时跳跃,从而导致电路的接通、分断或转换。同样,减小操作力时,弹簧片会向相反方向跳跃。这种微动开关体积小、动作灵敏,克服了直动式行程开关的缺点,适用于小型机构中。常用的微动开关有 LX31、LXW—11、JLXK1—11、LXK3

等系列。

3. 接近开关

接近开关（又称无触点开关）是一种非接触式的检测装置，具有定位精度高、操作频率高、寿命长和功率消耗低等优点，近年来得到广泛应用。图 1-10 所示为高频振荡型接近开关的原理图。它由感应头、高频振荡器、放大器、输出部分组成。其工作原理是当装在设备上的金属检测体接近感应头时，由于感应的作用，高频振荡器使振荡回路参数发生变化，振荡减弱以至停止，通过放大、输出电路而输出控制信号，从而达到位置控制的作用。

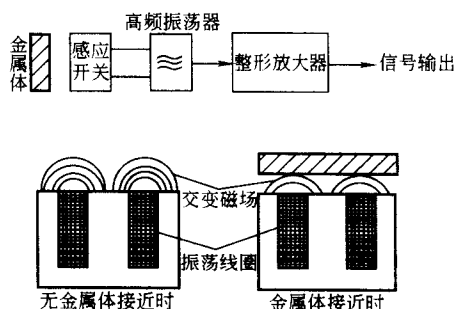


图 1-10 高频振荡型接近开关原理图

第三节 保护电器

一、熔断器

低压熔断器是在低压线路及电动机控制电路中主要起短路保护作用的元件。熔断器主要由熔体、安装熔体的熔管和熔座三部分组成，熔体串联在线路中，当线路或电器设备发生短路或过载时，通过熔断器的电流超过规定值一定时间后，以其自身产生的热量使熔体熔化而自动分断电路，使线路或电器设备脱离电源，起到保护作用。

选择熔断器一般应从以下几个方面考虑。

- 1) 熔断器的类型应根据线路的要求、使用场合及安装条件进行选择。
- 2) 熔断器的额定电压必须等于或高于熔断器工作点的电压。
- 3) 熔断器的额定电流必须等于或高于所装熔体的额定电流。
- 4) 熔断器的额定分断能力必须大于电路中可能出现的最大故障电流。
- 5) 熔断器的选择需考虑电路中其他配电电器、控制电器之间的选择性配合等要求，应使上一级熔断器的熔体额定电流比下一级支线的的大 1~2 个级差。

熔断器所装熔体额定电流的具体选择情况如下。

- 1) 对于照明线路等没有冲击电流的负载，应使熔体的额定电流 I_{FU} 等于或稍大于电路的工作电流 I ，即

$$I_{FU} \geq I$$

- 2) 对于电动机类负载，要考虑起动冲击电流的影响，应按下式计算：

$$I_{FU} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N$$

- 3) 对于多台电动机由一个熔断器保护时，熔体额定电流应按下式计算：

$$I_{FU} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{N_{\max}} + \sum I_N$$

式中， $I_{N_{\max}}$ 为容量最大的一台电动机的额定电流， $\sum I_N$ 为其余电动机的额定电流的总和。

4) 降压起动的电动机选用熔体的额定电流等于或略大于电动机的额定电流。

二、热继电器

热继电器是利用电流热效应原理来工作的保护电器。它在电路中主要用于电动机过载或断相时的自动保护。

1. 热继电器的结构及工作原理

图 1-11a 为热继电器的结构原理图。它主要由双金属片、发热元件、动作机构、触点系统、整定调整装置及温度补偿元件等组成。双金属片由两种线膨胀系数不同的金属片压焊而成，受热后，两层金属片因伸长率不同而弯曲。

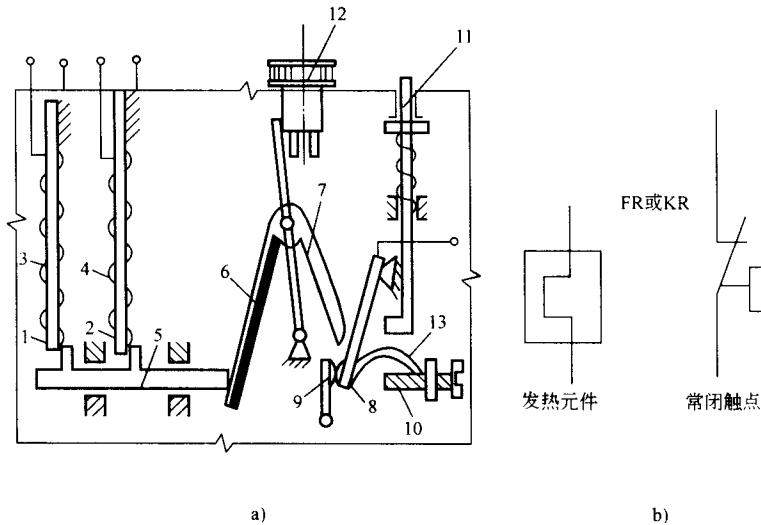


图 1-11 热继电器原理和图形符号

a) 热继电器原理图 b) 图形符号

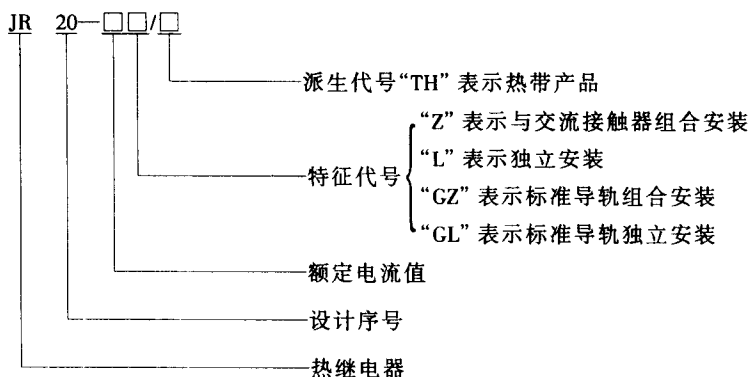
1、2—主双金属片 3、4—发热元件 5—导板 6—温度补偿片 7—推杆
8—动触点 9—静触点 10—螺钉 11—复位按钮 12—凸轮 13—弓簧

在图 1-11 中，主双金属片 1、2 与两个发热元件 3、4 串接在接触器负载端（即主电路）。动触点 8 与静触点 9 接于控制电路中。当负载电流超过整定电流值并经过一定时间后，发热元件所产生的热量足以使双金属片受热向右弯曲，推动导板 5 向右移动一定距离，导板又推动温度补偿片 6 与推杆 7，使动触点 8 与静触点 9 分断，从而使接触器线圈断电释放，切断电路保护电动机。当电源切断后，电流消失，双金属片逐渐冷却，经过一段时间后恢复原状，于是动触点在推动作用力的情况下，靠自身弓簧 13 的弹性自动复位与静触点闭合。

这种热继电器也可手动复位，将螺钉 10 向外调节到一定位置，使动触点弓簧的转动超过一定角度推动反弹性，在此情况下，即使主双金属片冷却复原，动触点也不能自动复位，必须按下复位按钮 11 使动触点弓簧恢复到具有弹性的角度，使之与静触点恢复闭合。这在某些要求故障未被消除而防止带故障再投入运行的场合是必要的。双金属片式热继电器结构简单，体积小，成本低。

热继电器的主要技术数据是整定电流,所谓整定电流是指长期通过发热元件而不动作的最大电流。当电流超过整定电流 20% 时,热继电器应当在 20min 内动作,超过的数值越大,则发生动作的时间越短。整定电流的大小可在一定范围内额定电流值调节,选用热继电器时应使整定电流等于电动机的额定电流。热继电器的图形符号如图 1-11b 所示。

2. 热继电器的型号及其含义如下:



第四节 交流接触器

接触器是一种用来接通或分断带有负载的交流、直流主电路或大容量控制电路的自动化电器。它主要控制的对象是电动机、变压器等电力负载。可以实现远距离接通或分断电路,操作频繁,工作可靠,还具有零压保护、欠压释放保护等作用。

接触器按其流过触点工作电流的种类不同,可分为交流接触器(CJ型)和直流接触器(CZ型)两类。

1. 交流接触器

交流接触器主要由电磁机构、触点系统、灭弧装置及其他部分组成,如图 1-12 所示。

(1) 电磁系统 电磁系统用来操纵触点的闭合和分断,它由静铁心、线圈及衔铁三部分组成。

(2) 触点系统 接触器的触点用来接通和断开电路。按其接触情况可分为点接触式、线接触式和面接触式三种。根据用途不同,触点分为主触点和辅助触点两种。主触点用以通断电流较大的主电路,一般由接触面较大的常开触点组成。辅助触点用以通断小电流的控制电路,它由常开和常闭触点成对组成。

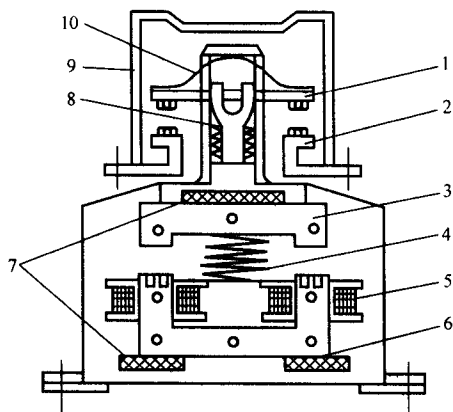


图 1-12 CJ 型交流接触器

- 1—动触桥 2—静触点 3—衔铁
4—缓冲弹簧 5—电磁线圈 6—静铁心
7—垫圈 8—触点弹簧 9—灭弧罩
10—触点压力簧片

当接触器未工作时处于断开状态的触点称为常开（或动合）触点；当接触器未工作时处于接通状态的触点称为常闭（或动断）触点。

(3) 灭弧装置 交流接触器在分断大电流电路时，常会在动、静触点之间产生很强的电弧，即触点间气体在强电场作用下产生的放电现象。电弧一方面会烧伤触点，另一方面会使电路的切断时间延长，甚至会引起其他事故。所以必须采取灭弧措施。

交流接触器的工作原理是当电磁线圈通电后，产生磁场，使静铁心产生足够的吸力，使衔铁克服反作用弹簧与动触点压力弹簧片的反作用力，将衔铁吸合，同时带动传动杠杆使动触点和静触点的状态发生改变，其中三对常开主触点闭合，常闭辅助触点首先断开，接着，常开辅助触点闭合。当电磁线圈断电后，由于铁心电磁吸力消失，衔铁在反作用弹簧作用下释放，各触点也随之恢复原始状态。

2. 接触器常见故障与维修

(1) 触点接触不良

- 1) 铜触点表面日久氧化或因维护不当产生积垢，因此要刮掉氧化层或清除积垢。
- 2) 触点过热导致压力弹簧变形，应在消除过热原因后更换触点压力弹簧。
- 3) 触点因电弧温度过高使触点金属气化等原因造成触点磨损，必须更换触点。

(2) 触点过热 触点过热的原因主要是接触电阻过大，其主要诱因如下。

- 1) 触点压力不够。更换损坏变形的触点弹簧或磨损触点后，重新调整触点压力。
- 2) 触点表面氧化或产生积垢应对症处理。
- 3) 触点容量不够。必须更换一个触点容量较大的接触器。

(3) 触点烧毛或熔焊 触点在闭合或分断时产生电弧，使触点表面形成许多凸出的小点，而后小点面积扩大，这就是烧毛。触点闭合时，如果跳动，电弧会将触点熔化而导致熔焊。触点烧毛要用整形锉整修，触点熔焊需更换触点。

(4) 接触器线圈通电后不能完全吸合 其主要原因是动铁心被卡住、反作用弹簧反力过大、电源电压太低等，应查清原因及时处理。

(5) 接触器线圈断电后衔铁不释放

1) E形铁心中柱端面与底面之间的气隙应为 $0.05 \sim 0.2\text{mm}$ ，若因多次吸合碰撞变形导致气隙减小，使剩磁太大，线圈虽断电，但仍能吸住衔铁，只要将中柱端面锉去少许，保持与底面的距离在吸合时为 $0.05 \sim 0.2\text{mm}$ 内即可。

2) 反作用弹簧因疲劳变形造成弹力不足。更换反作用弹簧。

3) 可动部分被卡住，对症修理。

4) 触点熔焊，更换新触点。

(6) 接触器吸合后噪声过大

1) 动、静铁心的端面接触不良或有油垢。前者要在细砂布上磨平端面，使之接触面在 80% 以上，后者要用汽油或四氯化碳清洗。

2) 铁心上的短路环断裂。按原样更换或将断裂处焊接上。

3) 电源电压太低。提高电源电压到额定值。

4) 铁心卡住不能完全吸合。此时不仅噪声大，而且线圈中电流增大，温度升高，如不及时处理，将会烧毁线圈。找出铁心卡住的原因，使铁心完全吸合，即可消除噪声。

(7) 接触器线圈过热或烧毁 流过线圈的电流过大, 其诱因如下。

- 1) 线圈匝间短路。更换新的线圈即可。
- 2) 动、静铁心不能完全吸合。处理方法同前。
- 3) 电源电压低, 吸力不足而使衔铁振动。调整电压到额定值。
- 4) 操作频繁。要减少接触器闭合和断开频率, 以免产生频繁的大电流冲击。

(8) 灭弧困难: ①灭弧罩受潮, 设法烘干; ②灭弧罩破碎, 更换新的灭弧罩; ③灭弧线圈匝间短路, 更换新线圈; ④灭弧栅片脱落或损坏, 可用铁板制作予以更换。

3. 接触器的选用

为了保证系统正常工作, 必须根据以下原则正确选择接触器, 使接触器的技术参数满足控制线路的要求。

(1) 接触器类型的选择 接触器的类型应根据电路中负载电流的种类来选择, 即交流负载应选用交流接触器, 直流负载应选用直流接触器。

根据使用类别选用相应系列产品, 接触器产品系列是按使用类别设计的, 所以应根据接触器负担的工作任务来选择相应的使用类别。若电动机承担一般任务, 其接触器可选 AC3 类; 若承担重任务可选用 AC4 类。若选用 AC3 类用于重任务时, 应降低容量使用。常见接触器的类别及其典型用途见表 1-1。

表 1-1 常见的接触器使用类别及典型用途

电流种类	使用类别代号	典型用途
AC (交流)	AC1	无感或微感负载、电阻炉
	AC2	绕线型电动机的起动和中断
	AC3	笼型电动机的起动和运转中分断
	AC4	笼型电动机起动、反接制动、反向和点动
DC (直流)	DC1	无感或微感负载、电阻炉
	DC3	并励电动机的起动、反接制动、反向和点动
	DC5	串励电动机的起动、反接制动、反向和点动

(2) 接触器主触点的额定电压选择 接触器主触点的额定电压应大于或等于负载的额定电压。

(3) 接触器主触点额定电流的选择 对于电动机负载, 接触器主触点额定电流按下式计算:

$$I_N = \frac{P_N \times 10^3}{\sqrt{3} U_N (\cos \varphi) \eta} \quad (1-1)$$

式中, P_N 是电动机功率 (kW); U_N 是电动机额定线电压 (V); $\cos \varphi$ 是电动机功率因数, $\cos \varphi = 0.85 \sim 0.9$; η 是电动机的效率, $\eta = 0.8 \sim 0.9$ 。

在选用接触器时, 其额定电流应大于计算值, 也可以根据电器设备手册给出的被控电动机的容量和接触器额定电流对应的数据选择。

例如, CJ20—63 型交流接触器在 380V 时的额定工作电流为 63A, 故它在 380V 时能控制的电动机的功率为

$$P_N = \sqrt{3} \times 380V \times 63A \times 0.9 \times 0.9 \times 10^{-3} \approx 33(kW)$$