

机械电气自动控制

何国金 主编著



A1025863

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书共分8章,内容包括:常用低压电器及基本控制电路、电气逻辑控制系统分析、可编程序控制器(PLC)原理及应用技术、电气逻辑控制系统设计及模拟调试、直流电动机调速原理、交流电动机调速原理及应用技术、数字控制原理及应用技术。

本书内容全面、新颖,收编的PLC应用的典型功能电路先进、实用,介绍的顺序控制系统分析、设计和模拟调试方法简便、直观,变频器选择、应用和数控编程有实例参考。本书内容的阐述深入浅出,便于自学和实践。

本书可作为机械工程及自动化、机械电子工程、机械制造工艺及设备、机械设计以及相近专业的教材,也可供从事机械设计和电气自动控制的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械电气自动控制/何国金主编著. —重庆:重庆大学出版社,2002.3

机械设计制造及其自动化专业本科系列教材

ISBN 7-5624-2429-2

I. 机... II. 何... III. 机械设备-电气控制:自动控制-高等学校-教材 IV. TH—39

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第001141号

机械电气自动控制

何国金 主编著

责任编辑:谭 敏

版式设计:谭 敏

责任校对:廖应碧

责任印制:张永洋

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400044

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆通信学院印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:11.5 字数:287千

2002年6月第1版 2002年6月第1版

印数:1—5 000

ISBN 7-5624-2429-2/TH·94

定价:15.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

前言

本书是机械工程及自动化专业主干课程的教材之一。为了适应 21 世纪机械设备电气自动控制技术发展的需要,本书的内容在吸取现有同类教材长处的基础上做了重大的更新,收编了近年来有关电气逻辑控制方面的新技术,如电气逻辑控制系统的分析、设计和模拟调试新方法;先进、实用的 PLC 典型的功能电路等。其中相当一部分是编著者多年来在教学、科研和工程设计等方面所取得的成果。

本书共分 8 章。第 1 章为绪论,第 2 章为常用低压电器及基本控制电路,第 3 章为电气逻辑控制系统分析,第 4 章为可编程序控制器原理及应用技术,第 5 章为电气控制系统设计及模拟调试,第 6 章为直流电动机调速原理,第 7 章为交流电动机调速原理及应用技术,第 8 章为数字控制原理及应用技术。

本书有以下几个方面的特点:(1)第 2 章虽然主要介绍传统的基本控制电路,但其中的异步电动机 Y- Δ 降压起动电路和异步电动机正反转行程控制电路,采用了比现有同类教材所介绍的更安全可靠、更简单实用的新电路。此外,首次对“互锁”和“联锁”这两个电气控制概念给出了确切的定义以及各自的电路结构;(2)第 3 章的内容取材侧重于自动化程度比较高的组合机床、工业机械手、变频调速和集选控制电梯等机械设备的电气控制系统。内容上体现了“新”和“自动控制”。此外,该章突出介绍了有章可循和步骤具体的顺序逻辑控制系统的逻辑分析方法* (“★”号为编著者的科研成果)。用这种方法分析顺序逻辑控制系统,能有效地确定控制系统是否存在逻辑错误;(3)第 4 章对 PLC 编程元件的物理意义,从微机原理的角度作了全面、深入的阐述。此外,介绍了 7 类 20 种(其中的 10 种属于“★”)PLC 应用的典型功能电路。经过工业实际应用验证表明其是先进、实用和可靠的。这些电路的应用就像应用本书第 2 章所介绍的低压电器基本控制电路那样,PLC 用

户只需根据自己的设计要求,选择有关的典型功能电路,在其基础上进行适当修改、补充和组合,就能设计出符合要求的PLC控制系统;(4)第5章重点介绍了简便、直观的继电器顺序控制电路的简易逻辑设计法*、PLC顺序控制系统的设计*、逻辑控制系统模拟调试板的结构及模拟调试方法*。此外还介绍了一种绘制电气系统接线图的新方法*,这种接线图线条交叉少,能清晰地表示各个电器元件的接线和线路走向,即使是复杂的电气控制系统,用这种方法绘制的接线图仍很简洁、明了;(5)第7章除了阐述交流电动机的调速原理和各种调速系统外,比较详细地介绍了变频器的选择、应用技术参数的编程设置方法和应用实例详解。第8章不仅阐明了数控原理,而且还有手工编程和自动编程的实例供读者参考。

本书的第1、3、4、5章由广西大学何国金编写,第2章由甘肃工业大学胡世军编写(其中的2.2.1、2.2.2、2.2.3中的异步电动机Y- Δ 降压起动电路、2.2.4中的异步电动机正反转行程控制电路、2.2.7中的互锁环节和联锁环节由何国金编写),第6章由渝州大学刘宵惠编写,第7章由昆明理工大学王庭有编写,第8章由广西大学朱江新编写(其中的8.4由何国金编写)。全书由何国金统稿。

由于编著者水平有限,错漏在所难免,恳请批评指正。

编著者

2001年11月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 机械设备电气自动控制的目的是任务	1
1.2 机械设备电气自动控制的分类	1
1.3 机械设备电气自动控制技术的发展	2
第2章 常用低压电器及基本控制电路	5
2.1 常用低压电器与执行电器	5
2.2 机械设备电气控制的基本电路	12
思考与练习题	23
第3章 电气逻辑控制系统分析	25
3.1 概述	25
3.2 C620—2 型卧式车床电气控制系统	26
3.3 组合机床电气控制系统	28
3.4 工业机械手电气控制系统	34
3.5 电梯电气控制系统	40
思考与练习题	48
第4章 可编程序控制器原理及应用技术	49
4.1 概述	49
4.2 PLC 的组成和工作方式	49
4.3 常用 PLC 机型的指令系统及编程基本操作	54
4.4 PLC 的编程语言及顺序功能流程图	66
4.5 PLC 应用的典型功能电路	68
4.6 梯形图程序设计规则及技巧	78
4.7 使用 PLC 时应注意的问题	81
思考与练习题	82
第5章 电气控制系统设计及模拟调试	83
5.1 机械设备电气控制系统设计内容及要求	83
5.2 机械设备逻辑控制系统设计	86
5.3 机械设备电气系统常用电器元件的选择	93
5.4 机械设备电气系统原理图和接线图的绘制	97
5.5 逻辑控制系统的模拟调试	101
思考与练习题	103

第 6 章 直流电动机调速原理	104
6.1 机械设备对电气自动调速系统技术指标的要求	104
6.2 直流电动机的基本调速方式及调速特性	106
6.3 晶闸管-直流电动机无级调速系统	111
6.4 直流电动机的脉宽调制调速原理	119
思考与练习题	121
第 7 章 交流电动机调速原理及应用技术	122
7.1 异步电动机的调速方式	122
7.2 电磁转差离合器调速系统	123
7.3 交流调压调速系统	124
7.4 线绕式异步电动机的串级调速	128
7.5 交流异步电动机的变频调速	131
7.6 矢量变换的变频调速	139
7.7 通用变频器的应用	141
思考与练习题	149
第 8 章 数字控制原理及应用技术	150
8.1 数控系统的组成及功能	150
8.2 数控系统的分类	151
8.3 数控编程	154
8.4 数控加工程序预处理	165
8.5 插补原理	170
8.6 基于 PC 机的开放式数控系统简介	176
思考与练习题	177
参考文献	178

第 1 章

绪 论

1.1 机械设备电气自动控制的目的是任务

机械设备电气自动控制,是指利用电气自动控制系统,在无人工直接参与(或少量参与)的情况下,使被控机械设备按预定的工作程序,自动完成电动机的启动、停止、正转、反转、调速或液压传动系统、气压传动系统的工作循环。如组合机床、专用机械手和其他工艺过程相对固定的自动化生产机械,在启动后便自动地按预定的动作顺序、行程和速度一步一步地完成其工作循环;又如数控机床,按照编制的程序,自动地按预定的速度、位移、走刀轨迹和动作顺序进行形状复杂零件的加工;再如客运电梯,也是按照乘客所触发信号可能构成的各种逻辑关系预先设计电路,编制程序,电梯按控制程序自动地完成乘客要求的不同起点和终点的载运任务。所有这些都是依靠电气自动控制来实现的。

随着社会经济的不断发展、市场需求产品数量的增大和质量的不断提高,对机械设备的技术性能要求也越来越高。例如,用于大批量生产的机械设备及其自动生产线,既要求自动化程度和加工效率高,又要求加工质量好,自动生产线还要求统一控制和管理;对于机械加工中心一类精密机床,要求的加工精度达几微米,表面粗糙度很低,自动化程度很高;对电梯和升降机之类的载运机械设备则要求起动和制动平稳,并能准确地停靠在预定的位置。诸如此类的机械设备都有共同的要求,即提高生产率和加工质量或运行质量,降低生产成本,改善劳动条件。要达到这些要求,除了提高机械设备本身的设计水平和制造质量外,在很大程度上取决于电气自动控制系统的完善功能和优良性能。

1.2 机械设备电气自动控制的分类

机械设备电气自动控制一般分为电力拖动、逻辑控制、数字控制 3 种类型。

1.2.1 电力拖动

电力拖动是指电气控制装置对驱动机械设备运动机构的电动机进行启动、停止、正转、反转、有级变速、定值调速和无级调速的自动控制。通常,电力拖动的研究对象主要是电动机的定值调速和无级调速。而电动机的启动、停止、正转、反转、有级变速则属于逻辑控制的范畴。

1.2.2 逻辑控制

逻辑控制是指输入和输出信号都是开关量的自动控制。它分为组合逻辑控制和顺序逻辑控制两种类型。

(1) 组合逻辑控制

输出的开关状态仅取决于输入开关状态的即时逻辑组合的自动控制称为组合逻辑控制。例如,普通机床和电梯之类的机械设备,其运动机构的动作是随机的,当满足某一输入开关信号的逻辑组合时,便进行相应的动作,不满足时就没有相应的动作。这类机械设备的自动控制属于组合逻辑控制。

(2) 顺序逻辑控制

输出开关状态不仅取决于输入开关状态的即时逻辑组合,而且也与输入开关的历史状态有关,这种自动控制称为顺序逻辑控制。例如,组合机床和其他许多专用生产机械一般都有多个运动机构,各运动机构都按照预定的动作顺序、行程或时间来完成其工作循环。每一步动作不仅要满足本步工艺所要求的输入开关逻辑组合状态,而且还要求上一步动作必须完成,若上一步动作未完成,则下一步动作无法进行。这类机械设备的自动控制属于顺序逻辑控制。

1.2.3 数字控制

数字控制是指由数字控制装置、顺序控制装置和伺服机构组成控制系统,用数字化信号对伺服机构的顺序动作、位移、速度和运动轨迹所进行的自动控制。例如,具有车、铣、钻、刨、磨等金属切削功能的各类数控机床、机械加工中心,还有其他功能的电火花线切割机、电火花成型机、激光切割机、快速原型机、三坐标测量机、数控冲床和工业机器人等机械设备,都是采用数字控制。

1.3 机械设备电气自动控制技术的发展

1.3.1 电力拖动技术的发展

20 世纪初出现电动机后,生产机械的拖动由电动机代替了蒸汽机。起初由一台电动机通过一根天轴和多组皮带传动机构拖动多台生产机械,称为成组拖动。到 20 世纪 20 年代,发展为一台生产机械的多个运动机构由单台电动机拖动,称为单机拖动。至今,不少中小型普通机床仍采用这种单机拖动方式。

随着生产的发展,生产机械动作也相应增多,除了主运动外还有各种辅助运动,单机拖动已经不适应这种需要,于是出现了一台生产机械的多个运动机构,由多台电动机分别拖动,称

为多机拖动。这种拖动方式具有结构简单、传动效率高、易于实现自动控制等优点,是现代机械设备的常用拖动方式。

对于由电动机拖动实现的往复运动,传统的方法是通过一套传动机构将电动机的旋转运动转换成执行机构的往复运动。为了省去这些传动机构、提高传动效率和速度,80年代发展了直线电动机,实现了往复运动的直接电力拖动,已成功地应用在机床的直线往复运动部件上。对于旋转运动机构的电力拖动,近年又推出了称为电主轴的直接拖动方式,即运动机构的主轴和电动机轴融为一体,省去了中间传动机构,实现了对运动机构的高效和高速电力拖动。不少机械加工中心已应用了电主轴,其转速高达每分钟6万转。

在电气调速方面,30年代出现了直流发电机-直流电动机的直流调速系统。60年代以后,随着电力电子元件的出现及其应用技术的发展,出现了采用大功率晶体管、晶闸管和大功率整流技术的直流调速系统,取代了直流发电机-直流电动机的直流调速系统。80年代开始,发展了大功率半导体变流技术,使交流电动机调速技术取得突破性进展,以交流异步电动机为对象和以交流变频调速器为控制器的交流调速系统目前已经得到广泛的应用。由于脉宽调制技术和矢量控制技术的发展和其在交流调速系统中的应用,交流调速系统的性能已与直流调速系统相媲美,并有取代直流调速系统的趋势。

1.3.2 逻辑控制技术的发展

逻辑控制技术始于20世纪20年代,最初采用按钮和开关进行手动控制,后来出现了继电器、接触器及其控制系统,用于控制生产机械的启动、停止、有级变速以及自动工作循环。由于这种控制装置结构简单、直观易懂、维护方便、价格低廉,所以在机械设备控制上得到广泛的应用,而且一直应用至今。但其缺点是:控制系统难以改变控制程序,由机械触点实现开关控制,触点容易出现松动和电磨损,若控制系统稍为复杂一些,则可靠性较低。

由于制造工艺成组技术的出现,同一台自动机床常常要加工同类工艺的不同结构的零件,这就需要经常改变控制程序,于是60年代中期出现了顺序控制器。这种控制器由逻辑门电路和继电器组成,利用二极管矩阵或二极管矩阵插销板编制程序,改变程序方便。

随着计算机技术和自动控制技术的飞速发展,60年代中期推出了以微处理器为核心的可编程序控制器,其英文缩写为PLC。由于PLC具有逻辑控制、定时、计数、算术运算、编程和存储的功能,而且具有编制和修改程序容易、输入输出接线简单、通用灵活、抗干扰能力强、适用于工业环境、工作可靠性高、体积小等一系列优点,所以一问世就显示出强大的生命力。到20世纪80年代中期,PLC已被广泛地应用到各行各业的机械设备的自动控制上,成为工业自动化领域的主流控制器。目前,PLC正向3个方向发展,其一是微型、简易、廉价。目前市场上已经有香烟盒一般大,价格不到每台1000元人民币的微型PLC;其二是大容量、高速、高性能、远程控制。这种PLC的输入输出点数多达几万个,其扫描周期短到只有一两百微秒,除了具有上述功能外,还能实现各种模拟量的控制、多轴运动控制、智能控制,通过光缆传输信号,可以对几百米以外的机械设备进行远程控制;其三是PLC与大型计算机一体化。90年代中期奥地利推出了可编程计算机控制器,英文缩写为PCC。PCC不仅具有大型高性能PLC的各种控制功能,而且也具有计算机高速处理数据的强大功能,特别适用于大型集散控制系统的自动控制和信息处理。

1.3.3 数字控制技术的发展

1952 年美国研制成功世界上第 1 台数控三坐标直线插补立式铣床,于 1955 年进入实用阶段,但仅局限在航空工业中应用。到了 60 年代,由于晶体管在数控技术上的应用,使数控系统提高了可靠性,而且价格开始下降,一些民用工业开始发展数控机床,其中多数为具有点位控制功能的钻床和冲床。从 70 年代中期开始,随着微电子技术的发展,数控系统的功能由硬件数控进入了软件数控的新阶段,出现了计算机数控系统,英文缩写为 CNC 系统。这种 CNC 系统用改变用户数控程序的方法来改变被控伺服机构的运动状态和运动参数,有很大的柔性。目前,各种数控设备上应用的数控系统绝大多数是 CNC 系统。

CNC 系统虽然具有很大的柔性,但是它的硬件和系统软件是专用的,用户无法了解,也不可能根据自己的数控加工工艺要求,对硬件和软件进行二次开发。随着数控技术的发展,近年来推出了开放式数控系统。这种系统以 PC 机或工控机为核心,按不同的数控加工工艺要求,在其总线插槽上插上通用的不同轴数的运动控制板卡 and 不同要求的辅助功能板卡,再配上各种板卡相应的软件包,便可构成功能不同、规格各异的模块式数控系统,以满足用户对种类繁多的数控系统的需求。用户可以在购置的数控系统的基础上增加或减少功能板卡,进行数控系统的二次开发,也可以自行组装新的数控系统。如果数控设备技术要求提高了,只须更换数控系统部分板卡和相应的软件,更新换代很容易,避免了一般设备更新换代时废弃整台旧设备所造成的浪费。开放式数控系统代表了数控技术的发展方向。

第 2 章

常用低压电器及基本控制电路

在机械设备电气自动控制中,无论采用传统的继电器-接触器逻辑控制系统、直流调速系统、硬件数控系统,还是采用现代的 PLC 控制系统、交流变频调速系统、计算机数控系统,均离不开电源的通断、电路的切换、电力拖动用电机的起动、停止、正转、反转的控制及控制电路的保护。要实现这些功能必须依赖于低压电器及其基本控制电路。

本章在简述机械设备常用低压电器元件的基础上,介绍由低压电器构成的基本控制电路及基本控制环节。

2.1 常用低压电器与执行电器

低压电器是指工作电压在交流 1 000V 或直流 1 200V 以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器。这类电器品种规格繁多、构造各异、功能多样,应用十分广泛。除此以外,在机械设备电气自动控制系统中还常用到电磁铁、电磁离合器等执行电器。

2.1.1 电源开关

(1) 组合开关

组合开关又称转换开关,主要用于接通和分断电气系统电源,也可用来直接控制小容量异步电动机不频繁的起动和停止。其结构示意图如图 2.1 所示。它由动触头 1、静触头 2、方轴 3、手柄 4、定位机构及外壳等组成。动、静触头叠装在数层绝缘壳内,按 90° 或 180° 分布。图中为断电位置,当手柄顺时针转动 90° 时,方轴带动各层动触头一起转动,使各个静触头与动触头接合,接通电源。

组合开关有单极、双极和多极之分。图 2.1 所示为三相三极开关。组合开关的图形符号与文字标记如图 2.2 所示。

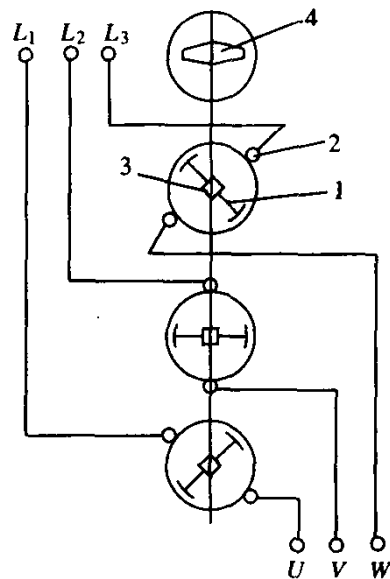


图 2.1 组合开关结构示意图

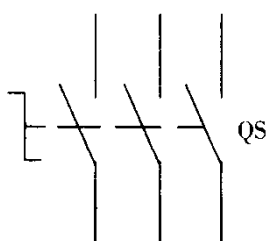


图 2.2 组合开关符号图

(2) 自动开关

自动开关又称自动空气开关或断路器,主要用于接通和分断电气系统的电源,它是低压电路常用的具有保护环节的开关电器。当电路发生过载、短路和失压等故障时,能自动切断故障电路,有效地保护串接在它后面的电气设备。

图 2.3 是自动开关的结构原理图,图中处于合闸位置,手动合闸操纵机构未画出。当电路短路时,衔铁 11 吸合;欠电压时,衔铁 7 释放;过载时双金属片 10 向上弯曲。三者都通过杠杆 5 使搭钩 3 脱开,由主触头 1 切断电路。

自动开关的图形符号及文字标记如图 2.4 所示。

2.1.2 主令电器

主令电器是自动控制系统起动、停止或工作状态切换时发指令的电器,它可以直接作用于控制电路,也可通过电磁式继电器的转换对电路实现控制。其主要类型有按钮、主令开关、行程开关等。

(1) 按钮

按钮是一种结构简单,应用广泛的主令电器。在低压控制电路中,用于手动发出控制信号。图 2.5 为其结构示意图。它由按钮帽、复位弹簧、桥式触头和外壳等组成。普通按钮的触头为一常开和一常闭,有的按钮为两常开和两常闭。

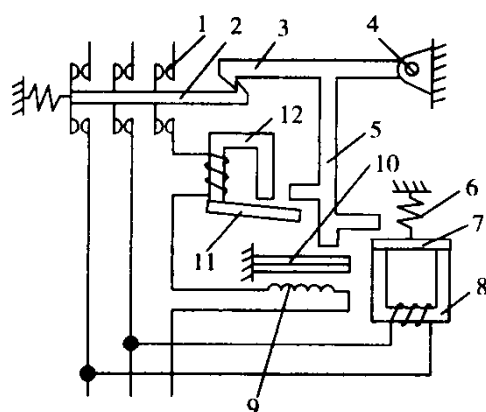


图 2.3 自动开关结构原理图

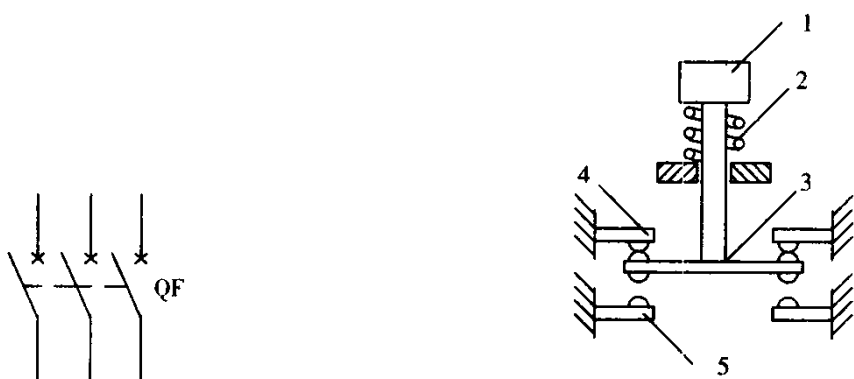


图 2.5 按钮结构示意图

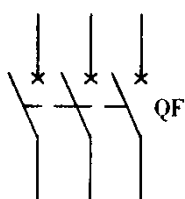


图 2.4 自动开关符号图

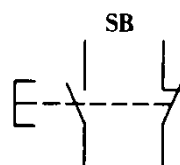


图 2.6 按钮符号图

按钮的图形符号及文字标记见图 2.6。

(2) 主令开关

主令开关是一种人工操作的主令电器。主要用于切换控制电路的工作状态,如自动和手动之间的切换。其结构示意图和符号图如图 2.7 所示。当手柄尖端处于左位时,导电块接通电路 1 和 2;当手柄顺时针转到中位时,接通电路 2 和 3;转到右位时,接通电路 3 和 4。通常的用法是将接线柱 2 和 3 短路连接,实现电路 2、3—1 与 2、3—4 之间的切换。

(3) 有触头行程开关

有触头行程开关是一种利用生产机械的运动部件挡块触动

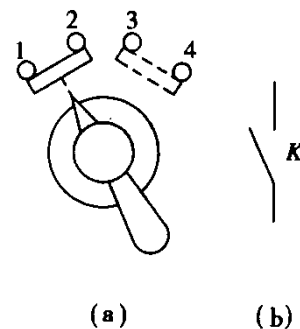


图 2.7 主令开关结构示意图
(a)结构示意图 (b)触头符号

触头动作,发出控制信号的主令电器。主要用来控制生产机械的运动方向、行程和超行程保护。

行程开关按其结构可分为直动式、杠杆滚轮式和微动式3种。直动式行程开关的结构与按钮相似。其缺点是触头的分合速度取决于挡块的移动速度,当挡块移动速度低于 0.4m/min 时,触头分断太慢,易受电弧烧坏,这时应选用有瞬动机构的滚轮式或微动式行程开关。图2.8~图2.9所示是行程开关外形图、原理图及图形符号。

(4) 无触头行程开关

无触头行程开关是一种非机械挡块触发信号的主令电器,通常称为接近开关。它有高频振荡型、电容型、感应电桥型、永久磁铁型、霍尔效应型等多种。它们的工作原理都是由装在运动部件上的一块金属片移近或离开接近开关的感应元件,并由感应元件来发出控制信号的。

接近开关使用寿命长、操作频率高、工作可靠,故得到了广泛应用。

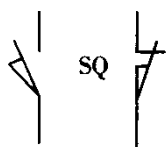


图 2.9 行程开关符号图

2.1.3 接触器

接触器是借助电磁铁的吸合和释放来驱动触头闭合或分断大电流电路（主电路及大容量控制电路）的一种自动切换电器。它具有欠压或失压的保护功能,并能实现远距离控制。其主要控制对象是电动机,也可用于控制电力电容组、电炉、电镀槽、电解槽、路灯等其他大容量用电设备,但多数用于电压 380V 、电流 600A 以下的交流电路中,控制交流电动机频繁起动和停止。

接触器按其主触头通过的电流种类分为直流接触器和交流接触器。它主要由电磁机构、触头系统、灭弧装置等部分组成。图2.10为常用的CJ20系列交流接触器结构原理图,它有3对主触头,2对常开辅助触头,2对常闭辅助触头。

(1) 电磁机构

电磁机构是接触器的驱动元件,由铁心、衔铁（动铁心）、电磁线圈和释放弹簧几部分组成。当电磁线圈接通交流电时,产生吸引力,使衔铁带动触头组件动作。为减少涡流及磁滞损耗,铁心与衔铁皆采用薄矽钢片叠制而成。在铁心吸合面上设有短路环,以减少衔铁交流振动噪声。电磁线圈是在短方筒状骨架上绕制而成。

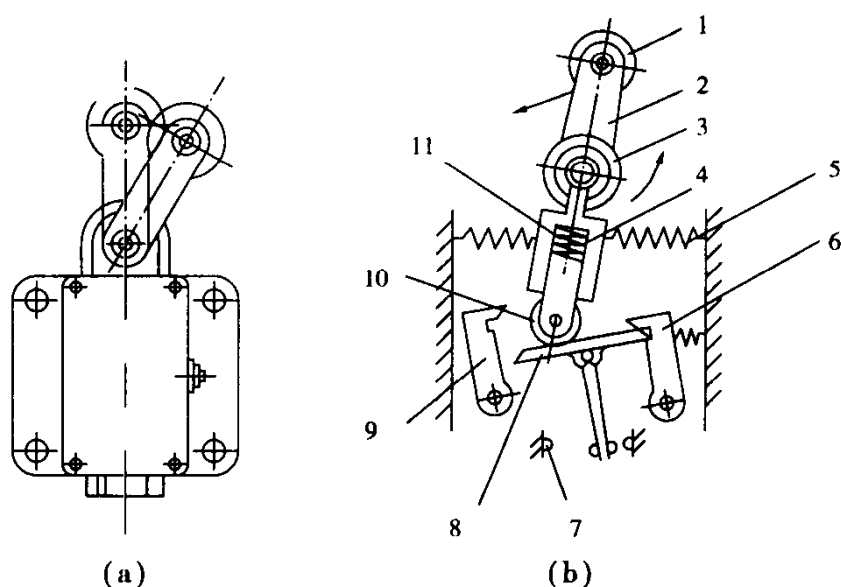


图 2.8 滚轮式行程开关

(a) 外形图 (b) 原理图

1—滚轮 2—上转臂 3、5、11—弹簧 4—套架
6、9—压板 7—触头 8—触头推杆 10—小滑轮

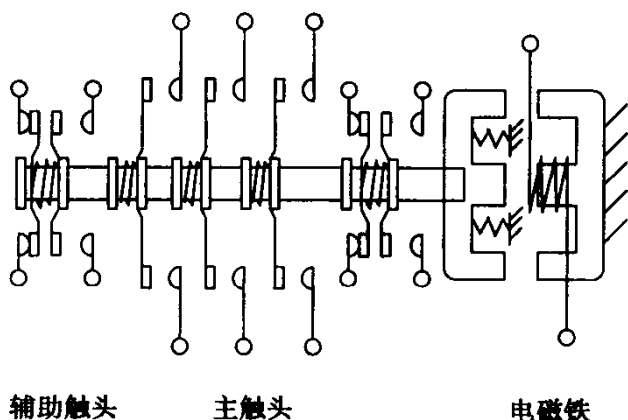


图 2.10 交流接触器结构原理图

(2) 触头组件与灭弧装置

触头组件是接触器的执行元件,起闭合与分断电路的作用。因此,要求触头接触电阻小,

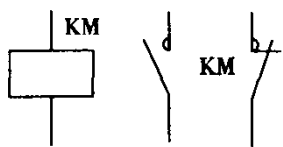


图 2.11 接触器符号图

导电性能良好,工作可靠。触头分主触头与辅助触头,主触头用于通断主电路,辅助触头用来通断控制电路。触头采用双断点桥式触头结构(见图 2.10),用良导体纯银(工作电流小的)或者银基粉末冶金材料(工作电流大的)制成。在触头组件中设有缓冲弹簧,以避免触头闭合时产生冲击跳动而导致电弧烧损或熔焊;为使触头开始闭合时形成初压力,还设有触头弹簧。

接触器主触头在分断电路时,触头间会产生电弧而造成触头烧损,并使电路的分断时间延长,严重时还会引起火灾。为使电弧迅速熄灭,额定电流为 20A 以上的交流接触器均设有灭弧装置。

接触器的图形和文字标记见图 2.11。

2.1.4 继电器

继电器是一种根据电量(电压、电流)或非电量(压力、温度、转速、时间等)的变化,实现信号转换和开闭控制电路的控制电器。继电器的种类繁多,按输入信号的种类分为:电流继电器、电压继电器、速度继电器、压力继电器、热继电器、时间继电器等;按工作原理可分为:电磁式、感应式、电动式、电子式等类型的继电器;按用途可分为:控制用和保护用继电器。

(1) 中间继电器

中间继电器属于电压继电器,按其线圈电流的种类分为直流和交流两种。它具有触头对数多(多达 8 对)、触头开闭时间短(小于 0.05s)、触头容量较大(额定电流 5~10A)、体积小等特点。

其用途之一是记忆瞬态主令信号(按钮、行程中途上的行程开关等主令电器发出的信号),由中间继电器的自锁电路实现这种信号的记忆;用途之二是当主令电器的触头数量或触头容量不够用时,可用中间继电器来扩展或放大。

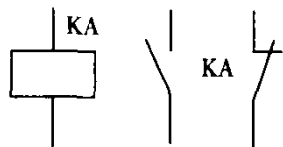


图 2.12 中间继电器符号图

中间继电器的图形符号和文字标记如图 2.12 所示。

(2) 固态继电器

固态继电器是由集成电路、晶体管、光电耦合器、可控硅等电子元件组成,它是一种新型的无触头开关电器,可取代电磁继电器驱动电磁阀、电动机等。固态继电器也有直流和交流两种,交流又分为过零型和非过零型两种,目前应用较多的为过零型,其额定电流达 1A 到数百安。

(3) 热继电器

热继电器是一种保护电器,专门用来对连续运行的电动机进行过载及断相保护。

热继电器的结构及工作原理如图 2.13 所示,主要由双金属片、热元件、动作机构、触头组件、整定电流调整装置及手动复位装置等组成。

双金属片作为温度检测元件,由两种膨胀系数不同的金属片压焊而成。当热元件受热时,由于两层金属片热膨胀率不同而弯曲。热元件串接在电动机定子绕组电路上,在电动机正常运行时,热元件产生的热量不足以使触头组件动作;当电动机过载,流过热元件的电流超过整定电流时,经过一定的时间,热元件产生的热量使双金属片达到一定的弯曲程度,通过导板推动常闭触头分断控制电路,使电动机主电路断电。排除过载故障后,按手动复位按钮,使热继

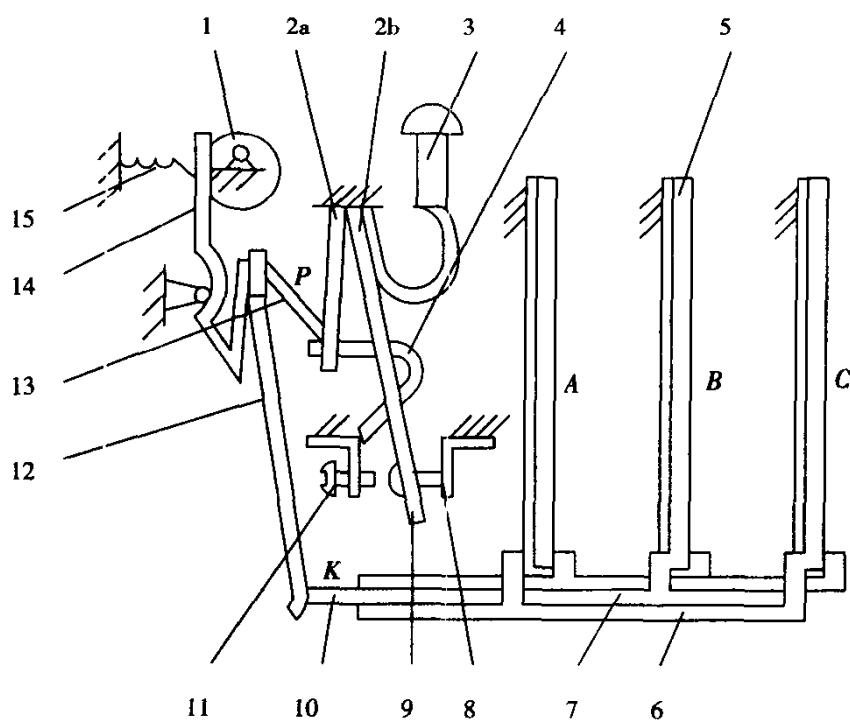


图 2.13 JR16 型系列热继电器结构原理图

- 1—电流调节凸轮 2a、2b—簧片 3—手动复位按钮 4—弓簧 5—主双金属片
6—外导板 7—内导板 8—常闭静触点 9—动触点 10—杠杆
11—复位调节螺钉 12—补偿双金属片 13—推杆 14—连杆 15—压簧

电器触头复位,便可重新起动控制系统。

热继电器的整定电流是指热继电器在长期工作而触头不动作的情况下热元件通过的最大电流值。其值通常按电动机的额定电流而定。手动调节整定电流旋钮,驱动偏心轮机构,调整双金属片与导板的距离,即可在一定范围内调节整定电流值。

热继电器的符号见图 2.14。

(4) 时间继电器

时间继电器是一种将定时信号变换为开关信号的继电器,它能够按设定时间开闭控制电路。时间继电器有空气式、电动式、电子式等多种。

1) 空气式时间继电器

图 2.15 是一种空气式时间继电器,图中(a)为通电延时型,(b)为断电延时型。它们由电磁机构、微动开关及气室三部分组成。电磁线圈 1 通电后,将衔铁吸下,于是顶杆 6 与衔铁间出现一个空隙,当与顶杆相连的活塞在塔形弹簧 7 作用下由上向下移动时,在橡皮膜上端形成负压气室,橡皮膜受到空气的向上托力,使活塞受阻而不能迅速下降。随着空气从可调节流孔 11 进入气室,橡皮膜推动顶杆 6 缓慢下降,到一定位置时,杠杆 15 使微动开关 14 动作(常开触头闭合,常闭触头分断)。当线圈断电时,电磁铁复位弹簧和塔形弹簧使衔铁、顶杆和活塞复位,微动开关随之瞬时复位。通过旋动螺钉 10 调整节流孔的空气通流截面积的大小,即可调节顶杆的下降速度,从而调节延时时间的长短。

断电延时型时间继电器与通电延时型时间继电器的不同之处是二者的电磁机构吸合方向相反。

2) 电动式时间继电器

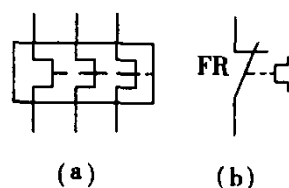


图 2.14 热继电器符号

(a) 元件符号

(b) 触头符号

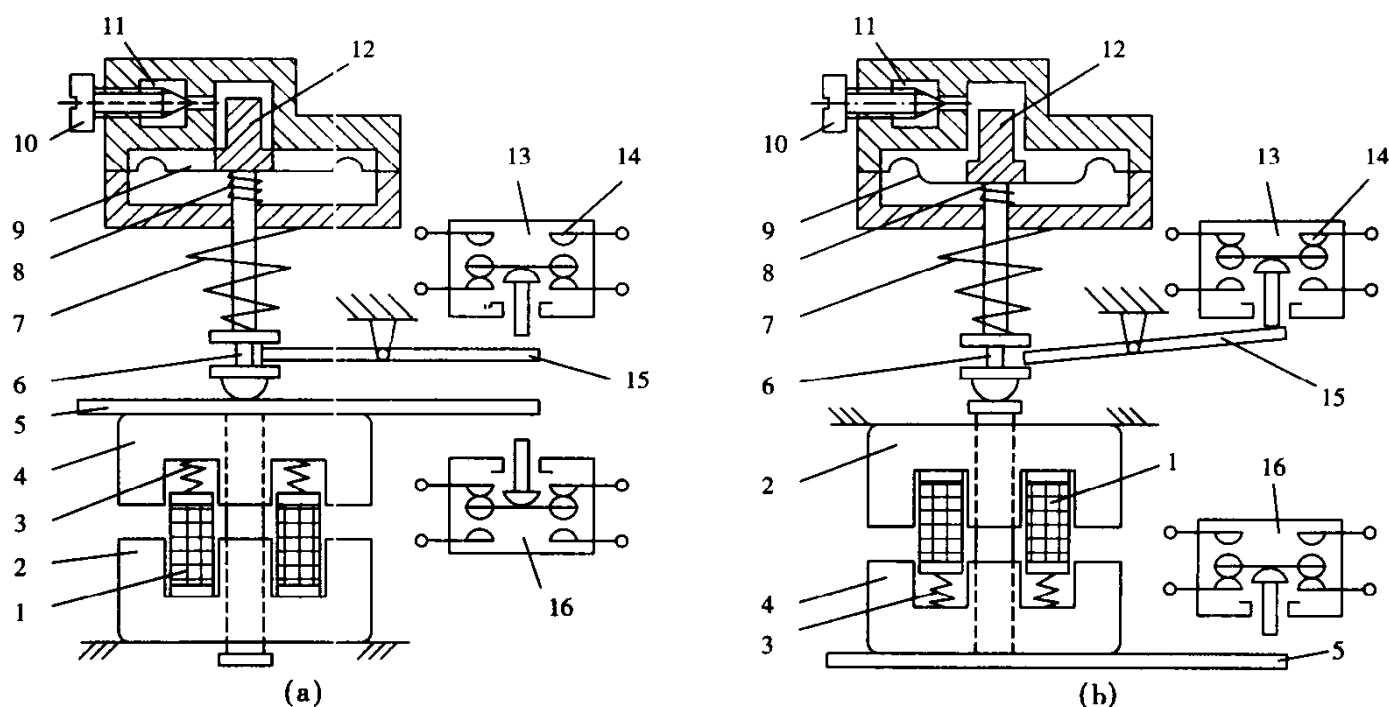


图 2.15 空气式时间继电器结构原理图

(a) 通电延时 (b) 断电延时

1—线圈 2—静铁心 3、7—弹簧 4—衔铁 5—推板 6—顶杆 8—弹簧 9—橡皮膜 10—螺钉
11—进气孔 12—活塞 13、16—微动开关 14—延时触头 15—杠杆

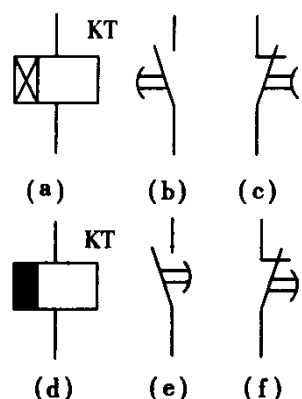


图 2.16 时间继电器符号

电动式时间继电器由同步电动机、减速齿轮机构、电磁离合装置及执行机构组成。其特点是延时时间长,可达数十小时,延时精度高,但结构复杂,体积较大。

3) 电子式时间继电器

早期的电子式时间继电器产品多数是阻容式,近年推出的产品多数为数字式,又称计数式。其结构是由脉冲发生器、计数器、数字显示器、放大器及执行机构组成。具有延时时间长、调节方便、精度高的优点,已逐渐取代阻容式、空气式、电动式等时间继电器。

时间继电器的元件符号和文字标记如图 2.16 所示,其中,(a)为通电延时线圈,(b)为通电延时闭合,断电瞬时分断的常开触头,(c)为通电延时分断,断电瞬时闭合的常闭触头,(d)为断电延时线圈,(e)为通电瞬时闭合,断电延时分断的常开触头,(f)为通电瞬时分断,断电延时闭合的常闭触头。

(5) 速度继电器

速度继电器是将旋转速度信号转换为开关信号的一种控制电器,主要用于鼠笼式异步电动机的反接制动控制,所以亦称反接制动继电器。

图 2.17 为速度继电器的结构原理示意图。它主要由与被控电动机同轴线连接的圆柱形永久磁铁转子(用矽钢片叠制而成)、装有笼形绕组的空心圆环定子以及触头三部分组成。当电动机转动时,速度继电器的转子随之转动,定子内的短路导体便切割磁场而产生感应电势和电流,此电流与旋转

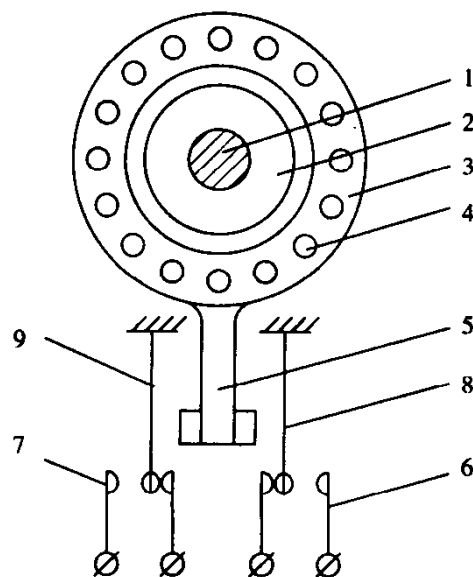


图 2.17 速度继电器原理示意图

1—转轴 2—转子 3—定子
4—绕组 5—摆锤 6、7—静触头
8、9—簧片

的转子磁场作用产生转矩,使定子转动。当转到一定角度时,装在定子轴上的摆锤拨动簧片式动触头动作,使常闭触头分断,常开触头闭合。当电动机转速低于某一数值(一般为 100r/min),所产生的转矩减小到一定程度时,簧片式触头复位。



图 2.18 速度继电器符号图

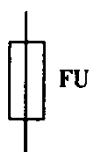
速度继电器的图形及文字标记如图 2.18 所示。

2.1.5 其他低压电器

(1) 熔断器

熔断器是一种电气系统短路及严重过载的保护电器。使用时,将它串接在要保护的电路中。

熔断器主要由熔体和安装熔体的熔管(或熔座)两部分组成。熔体由易熔金属铅、锡、锌、铜、银及其合金制成,通常呈丝状或片状,熔管是装熔体的外壳,由陶瓷、绝缘钢纸或玻璃纤维制成,在熔体熔断时兼有灭弧作用。



当电路正常工作时,熔断器的熔体允许通过 1.2 倍额定电流而不熔断。当电路发生短路或严重过载时,熔体中流过很大的短路电流,所产生的高温达到熔体的熔点而使熔体熔断,将电路切断,从而达到保护目的。

图 2.19 熔断器
符号

熔断器的图形符号及文字标记见图 2.19。

(2) 控制变压器

当电气控制系统某些控制电路或辅助电路的额定电压低于市电电压(220V)时,必须采用控制变压器降压后提供电源。大多数国产控制变压器的输入电压为交流 380V 或 220V,输出电压有 127V、36V、24V、12V、6.3V。

(3) 信号灯

信号灯是用于电源指示、信号指示、电路运行状态指示等的显示电器。其品种规格繁多,大小不等。外形有方型、短圆柱型和球头型。按照光源的种类分为白炽指示灯、氖泡指示灯、发光二极管指示灯。前两种有红、绿、蓝、黄、橙、紫等多种颜色,发光二极管目前仅有红、绿管和红光无色管。

2.1.6 执行电器

(1) 电磁铁

电磁铁广义上是一种把电磁能转换为机械能的电器。而低压电器中的电磁铁是指将电流信号转换成机械位移的执行电器。它由静铁心、动铁心(衔铁)和线圈组成。

电磁铁按线圈电压的种类分为交流电磁铁和直流电磁铁。交流电磁铁吸合动作快,但工作时有振动和噪音,当吸合面有脏物时振动和噪音更大,严重时甚至因气隙过大导致线圈电流过大而烧毁。而直流电磁铁工作时没有振动和噪音,即使吸合面夹有异物,气隙较大,也不会导致线圈过热烧毁,但其吸合动作不如交流电磁铁快。

电磁铁按用途分为阀用电磁铁、普通牵引电磁铁和制动电磁铁。在机械设备自动控制系统中,最常见的是阀用电磁铁及与电动机配套用的制动电磁铁。

(2) 电磁离合器

电磁离合器是利用表面摩擦或电磁感应原理,在传动机构主动轴与从动轴之间传递转矩的执行电器。主要用于电动机连续运行,而其驱动的机械传动系统要求频繁自动起停或自动