

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



JIDIAN CHUANDONG KONGZHI

机电传动控制

唐中燕 主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



JIDIAN CHUANDONG KONGZHI

机电传动控制

主 编 唐中燕
编 写 陶善宏 贾桂红 刘崇伦
主 审 范孝良



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材。

全书共分4章, 主要内容包括机电传动及其控制的基本概念, 常用低压电器工作原理及使用, 电气基本控制线路分析, 电气控制系统设计, PLC组成与工作原理, 欧姆龙小型可编程控制器CPM2AH的指令系统、使用与编程, PLC控制系统设计。本书思路清晰、结构紧凑、图文结合、实例丰富、内容实用, 便于教学和自学。

本书可作为普通高等院校机械设计制造及其自动化专业的教材, 也可供有关专业师生以及工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机电传动控制/唐中燕主编. —北京: 中国电力出版社, 2009
普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-9647-7

I. 机… II. 唐… III. 电力传动控制设备-高等学校-教材
IV. TM921.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第199909号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009年12月第一版 2009年12月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 11.5印张 277千字

定价 19.80元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
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

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神，加强教材建设，确保教材质量，中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校，满足学科发展和人才培养的需求，坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

“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专业基础课，本书根据该课程教学大纲要求而编写。本书的编写原则为从机械类专业人才培养目标出发，内容体现机械类专业应用特点，力求内容清晰，结构紧凑，实用性强。

本书从机电传动自动控制这一观点出发，以机械设备的电气控制技术为主线，介绍了生产装置自动运行控制的基础知识和应用技术，内容包括机电传动系统的继电器接触器控制和可编程控制器两大部分。第一部分主要内容有：继电器接触器控制中常用控制电器、基本控制线路，电气控制系统的设计。第二部分主要内容有：可编程序控制器的组成结构、工作原理及工作过程，可编程序控制器的指令系统和编程，PLC控制系统的设计与应用。

本书一方面采用简单完整的实例，运用图解的方式，使初学者能够很快学会识读电气基本控制线路和 PLC 控制梯形图；另一方面重点体现知识点掌握与方法运用，并注重实际应用，使读者便于掌握电气控制系统及 PLC 控制系统的基本设计方法，易于将技术知识学习与实际应用相结合。

本书由唐中燕任主编并编写了绪论、第 3 章及第 1、2、4 章的部分内容。参加本书编写的还有陶善宏（参加了第 1 章的编写）、贾桂红（参加了第 4 章的编写）、刘崇伦（参加了第 2 章的编写）。全书由唐中燕统稿、定稿。华北电力大学范孝良教授对全书进行了认真的审阅，并提出许多宝贵意见。另外，本书在编写中还参阅了许多科教专家们的相关教材和文献，在此一并表示衷心的感谢。

限于编者的学识水平，本书难免存在疏漏和不妥之处，诚希使用本书的读者给予指正，在此我们表示衷心的感谢。

编 者

2009 年 8 月



目 录

前言

绪论	1
0.1 机电传动及其控制系统概述	1
0.2 机电传动及其控制系统的发展	1
0.3 课程的性质、内容及任务	3
第1章 继电器接触器控制	5
1.1 常用低压电器	5
1.2 电气原理图	21
1.3 三相异步电动机基本控制线路	22
1.4 其他常用基本控制线路	34
1.5 自动循环工作控制线路	37
习题一	41
第2章 电气控制线路设计	43
2.1 电气控制线路设计的基本原则	43
2.2 常用电器的选择	49
2.3 电气控制线路设计	55
习题二	63
第3章 可编程控制器	65
3.1 概述	65
3.2 PLC的基本组成与工作原理	72
3.3 PLC的性能指标与发展趋势	79
3.4 CPM2AH系列PLC简介及其编程元件	80
3.5 PLC的指令及其编程指导	86
3.6 PLC编程与应用举例	111
习题三	122
第4章 PLC控制系统设计	124
4.1 PLC控制系统的设计原则	124
4.2 PLC控制系统的设计内容与步骤	125
4.3 PLC的选择	126
4.4 PLC与I/O设备的连接	130
4.5 PLC程序设计与设计实例	133
4.6 PLC控制系统设计举例	144
习题四	148

轮和皮带分别拖动各生产机械。这种方式生产效率较低，劳动条件较差，一旦电动机发生故障，将造成成组的生产机械停车。

2. 单电动机拖动

以后改进的单机拖动，即一台电动机拖动一台生产机械。它克服了成组拖动能量传递路径长、损耗大、操作不便、安全性差等缺点，较之成组拖动简化了机械传动机构，缩短了传动线路，提高了传动效率。

3. 多电动机拖动

随着生产技术的发展，机器功能增多，结构更加复杂。为了简化机械传动系统，进而发展成为多机拖动，即多台电动机分别拖动生产机械的多个工作部件。这种拖动方式不仅大大简化了生产机械的传动机构，而且控制灵活，为生产机械的自动化提供了有利的条件。

0.2.2 机电传动控制系统的发展

早期机械的控制手段为操作者手动控制。操作者通过眼、耳等感觉器官观察机械的运行状态，同时运用其经验和知识进行分析、判断、通过手脚操作机械。后来一些简单的机械控制机构代替了操作者的部分劳动，最后发展成为电气控制。自从以电动机作为原动机以来，伴随着电力拖动的发展，机电传动控制系统的发展经历了以下几个阶段。

1. 继电器接触器控制

对于开关量的自动控制，从20世纪20~30年代起，开始采用继电器、接触器和行程开关等控制电器，实现对控制对象的启动、停止以及有级调速等控制。这种继电器接触器控制装置适用于动作比较简单、控制规模小的场合，具有结构简单、价格低廉、维护方便、抗干扰强的特点，因此广泛应用于各类机床和机械设备上。采用这种控制装置可以方便地实现生产过程自动化，而且还可以实现集中控制和远程控制。继电器接触器控制线路的缺点是：由于是固定接线形式，故在进行程序控制时，改变控制程序不方便、灵活性差；采用有触点的开关动作，工作频率低、触点易损坏、可靠性差，另外它的控制速度慢、控制精度低。尽管如此，这种控制装置仍能满足在一定范围内的机械设备的自动控制。目前，继电器接触器控制仍然是机床和其他机械设备最基本的电气控制形式之一。

2. 顺序控制器控制

20世纪60年代电子计算机的出现及其在工业控制中的大量应用，大大提高了控制装置的通用性和灵活性，而且它还具有采样速度快和控制功能强等优点。但是，对于开关量的自动控制来说，它不需要复杂的数学运算，而要求编制程序简单，使用维修方便。如果采用通用的电子计算机来完成开关量的控制，则存在“大材小用”和不经济等问题。因此，需要一种比电气控制装置通用性和灵活性强，又比计算机控制装置简便而经济的开关量控制装置，顺序控制器就是顺应这样的需要而产生的。

顺序控制器是通过组合逻辑元件插接或编程来实现可编程序逻辑控制器，简称PLC线路功能的装置。顺序控制器的类型较多，它可以满足程序经常改变的控制要求，使程序可变、编程容易、可靠性高、使用和维护方便。但这种控制系统的输入/输出端数目往往受到矩阵板本身结构的限制，而且抗干扰性差，目前已较少应用。

3. 可编程控制器

目前，由于大规模集成电路的发展，以及微处理机的出现和迅速发展，所以采用微处理机组成的可编程控制器已获得了广泛的应用。可编程控制器的核心为可编程器序逻辑控制

器,简称 PLC。它是 1969 年才开始发展的。它是计算机技术与继电器接触器控制技术相结合的产品。它按照成熟而有效的继电器接触器控制概念和设计思想,利用不断发展的新技术、新电子器件,逐步形成了具有特色的各种系列产品。

4. 数字控制

数控技术在电气自动控制中占有十分重要的地位。1952 年,美国麻省理工学院研制成功世界上第一台三坐标数控铣床,它综合应用了当时电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等多方面的最新技术成就,成为一种新型的通用性很强的高效自动化机床,它标志着机械制造技术进入了一个新阶段。

5. 计算机数字控制

随着微电子技术的发展,由小型或微型计算机再加上通用或专用大规模集成电路组成的计算机数控装置(CNC)性能更为完善,几乎所有的机床品种都实现了数控化,出现了具有自动更换刀具功能的数控加工中心机床(MC),工件在一次装夹后可以完成多种工序的加工。数控技术还在绘图机械、坐标测量机、激光加工机、火焰切割机等设备上得到了广泛的应用,取得了良好的效果。

6. 柔性制造系统

20 世纪 70 年代出现了计算机群控系统,即直接数控(DNC)系统,由一台较大型的计算机控制与管理多台数控机床和数控加工中心,能完成多品种、多工序的产品加工。在此基础上增加刀具和工件在加工设备与储存装置之间的装卸输送系统及必要的检测设备,由计算机对整个系统进行控制和管理,这样就构成了柔性制造系统(FMS)。

7. 计算机集成制造系统

在柔性制造系统基础上,综合运用计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、智能机器人等多项高新技术,形成了从产品设计与制造的智能化生产的完整体系,这就是计算机集成制造系统(CIMS),它将自动制造技术推进到了更高的水平,是今后电气自动控制发展的方向。

0.3 课程的性质、内容及任务

“机电传动控制”是高等学校机械设计制造及其自动化专业的一门专业基础课。它从机电传动自动控制这一观点出发,主要介绍以电动机或其他执行装置为控制对象,控制生产装置自动运行的控制基础知识和应用技术。本课程的教学内容主要包括两大部分:机电传动系统的继电器接触器控制和可编程控制器(PLC)。

尽管机电控制已向无触点、连续控制、弱电化、微机化的方向发展,但由于继电器接触器控制系统所用的控制电器结构简单、价格便宜,能够满足生产设备一般生产的需要,目前仍然是机械设备最常用的电气控制方式;而且继电器接触器控制系统所用的低压电器正在向小型化、长寿命发展,出现了功能多样的电子式电器,使继电器接触器控制系统性能不断提高,因此它在今后的电气控制技术中仍然占有相当重要的地位。另一方面继电器接触器控制的设计方法是设计机械设备过程控制的基础,掌握了它的设计方法后,学习其他的控制方法便更容易。因而本书首先介绍的是继电器接触器控制技术。

近年来,PLC 技术已广泛应用于自动化控制领域,因其具有控制能力强、可靠性高、

配置灵活、编程简单、使用方便、易于扩展等优点，使得使用 PLC 进行控制成为了一种工业控制趋势。所以本书在第二部分介绍 PLC 控制技术。

本课程的作用和任务是使学生了解机电传动及其控制的基本知识，掌握机电传动电器控制和 PLC 控制的基本技术和方法。本课程的目标是培养学生应用电气控制技术的能力。其具体要求为：

(1) 了解机电传动及其控制的基本概念。

(2) 熟悉常用控制电器的工作原理、作用、特点、表示符号，能合理选择、使用主要控制电器。掌握基本控制线路的构成和工作原理，学会分析较复杂的控制线路，掌握继电器接触器控制系统的一般设计方法。

(3) 理解 PLC 基本组成、工作原理、特点，掌握一种中小型 PLC 的指令系统和编程方法，掌握 PLC 控制系统的一般设计方法，了解 PLC 控制系统的应用。

2) 主令电器。主令电器是指用于自动控制系统中发送动作指令的电器,如按钮、行程开关、万能转换开关等。

3) 保护电器。保护电器是指用于保护电路及用电设备的电器,如熔断器、热继电器、各种保护继电器、避雷器等。

4) 执行电器。执行电器是指用于完成某种动作或传动功能的电器,如电磁铁、电磁离合器等。

5) 配电电器。配电电器是指用于电能的输送和分配的电器,如高压断路器、隔离开关、刀开关、低压断路器(自动空气开关)等。

(4) 按工作原理分类:

1) 电磁式电器。电磁式电器是指依据电磁感应原理工作的电器,如接触器、电磁式继电器等。

2) 非电量控制电器。非电量控制电器是指依靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器,如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、温度继电器等。

(5) 按控制的对象分类:

1) 低压配电电器。低压配电电器用于低压配电系统,在系统发生故障的情况下切断对故障区域的供电,要求动作准确、工作可靠,有足够的热稳定性和动稳定性。如刀开关、熔断器和断路器等。

2) 低压控制电器。低压控制电器用于电气传动系统,要求使用寿命长、工作可靠、维修方便,如接触器、控制继电器、启动器、主令电气等。

2. 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、快慢速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、电网或其他非电量参数进行测量,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参数和非电量参数进行调整,以满足用户的要求,如柴油机油门的调整、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,如绝缘监测等。

(6) 转换作用,在用电设备之间转换或对低压电器、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,低压电器的作用远不止上述作用,随着科学技术的深化发展,新功能、新设备会不断出现。

1.1.2 接触器

接触器是一种用来自动接通或断开大电流电路的自动电器,主要用来接通或断开带有负载的交流、直流主电路或大容量控制电路,但不能切断短路电流。它可以频繁地接通或分断交流、直流电路,并可实现远距离控制。接触器的主要控制对象是电动机,也可用于电热设

备、电焊机、电容器组等其他负载。它具有低电压释放保护功能，还具有控制容量大、过载能力强、寿命长、设备简单经济和价格便宜等特点，是电力拖动、自动控制线路中使用最广泛的电器。

按照主触点所控制线路的种类，接触器可分为交流接触器和直流接触器两大类。按主触点的极数分，直流接触器有单极和双极两种，交流接触器有三极、四极和五极三种。按线圈的励磁方式分，接触器有直流励磁方式（直流电磁机构）和交流励磁方式（交流电磁机构）两种。

图 1-1 为交流接触器的外形与结构示意图。由图 1-1 可知，接触器由电磁机构、触点系统、灭弧装置、其他部件四部分组成。

1. 电磁机构

电磁机构由线圈、动铁芯（衔铁）和静铁芯组成，其作用是将电磁能转换成机械能，产生电磁吸力带动触点闭合或断开。图 1-2 所示为接触器的电磁机构结构形式示意图。

(1) 交流接触器常用的动、静铁芯结构。交流接触器常用的动、静铁芯结构如图 1-2 所示。衔铁的运动方式有三种：

1) 衔铁绕磁轭棱角转动的拍合式铁芯，多用于要求频繁操作的交流接触器中，线圈通直流电，如图 1-2 (a) 所示。

2) 衔铁绕轴转动的拍合式铁芯，其铁芯形状有 E 形和 U 形两种。这种形式多用于触点容量较大的交流接触器中，如图 1-2 (b) 所示。

3) 衔铁直线运动的双 E 形直动式铁芯，多用于交流接触器、继电器中，如图 1-2 (c) 所示。

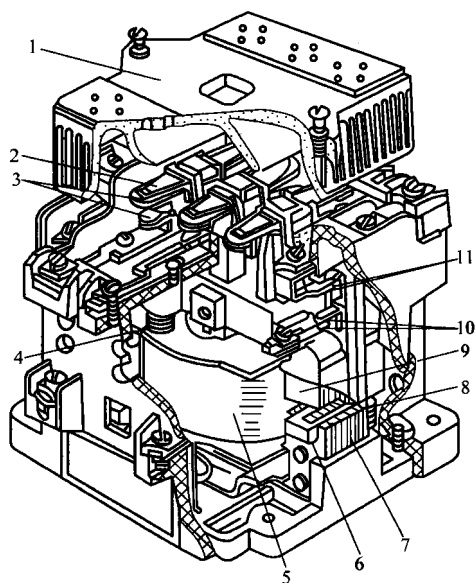


图 1-1 CJ10-20 型交流接触器外形与结构示意图

- 1—灭弧罩；2—触点压力弹簧片；3—主触点；
4—反作用弹簧；5—线圈；6—短路环；7—静铁芯；8—弹簧；9—动铁芯；10—辅助常开触点；11—辅助常闭触点

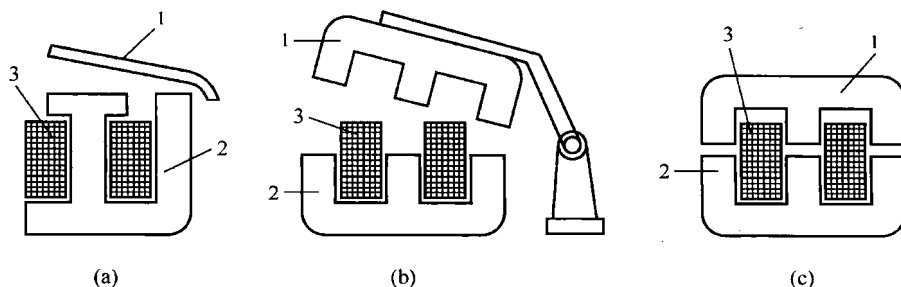


图 1-2 接触器电磁机构结构形式

(a) 绕磁轭棱角转动方式；(b) 绕轴转动方式；(c) 直线运动方式

1—衔铁；2—铁芯；3—线圈

交流电磁机构和直流电磁机构的铁芯有所不同，直流电磁机构的铁芯为整体结构，以增加磁导率和增强散热能力；交流电磁机构的铁芯采用硅钢片叠制而成，目的是减少在铁芯中产生的涡流，使铁芯发热。此外交流电磁机构的铁芯有短路环，以防止电流过零时（滞后 90° ）电磁吸力不足使衔铁振动。

(2) 线圈：按通电种类，线圈可分为直流线圈和交流线圈两种。

交流线圈一般用铜线绕成。由于交流接触器的吸引线圈电阻较小（主要靠感抗限制线圈电流），故铜线引起的发热量不多。为增加铁芯的散热面积，线圈设有骨架，使铁芯与线圈隔离并将线圈制成粗而短的圆桶状。

直流线圈的匝数多、电阻大、自身发热，因此线圈做成长而薄的圆桶状，且不设线圈骨架，使线圈与铁芯直接接触，以便良好散热。

2. 触点系统

触点是接触器的执行元件，起分断和接通电路的作用，接触器的触点不但要求能通过大电流，而且要能耐机械磨损和电弧烧蚀，因此要求触点要有良好的导电性能、耐高温、强度高，一般多用铜钨合金材料制成。

接触器的触点有主触点和辅助触点、常开触点和常闭触点之分。当线圈不带电时，动、静触点是分开的称为常开触点（也称动合触点）；当线圈不带电时，动、静触点是闭合的称为常闭触点（也称动断触点）。主触点用于通断主电路，允许通过较大的电流，通常为三对（极）常开触点。辅助触点用于控制电路，只允许通过较小的电流，起电气连锁作用，故又称连锁触点，一般常开、常闭各两对。

也有单极、双极、三极、四极和五极主触点的接触器。单极接触器主要用于单相负荷，如照明负荷、焊机等，在电动机能耗制动中也可采用；双极接触器用于绕线式异步电动机的转子回路中，启动时用于短接启动绕组；三极接触器用于三相负荷，在电动机的控制及其他场合中使用最为广泛；四极接触器主要用于三相四线制的照明线路，也可用来控制双回路电动机负载；五极交流接触器用来组成自耦补偿启动器或控制双笼型电动机，以变换绕组接法。

触点按其接触形式与结构形式不同可分为以下三种，如图 1-3 所示。

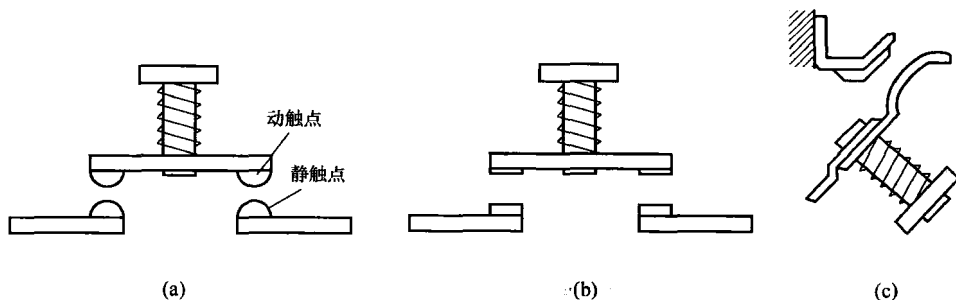


图 1-3 接触器触点的接触与结构形式

(a) 点接触桥式触点；(b) 面接触桥式触点；(c) 线接触指形触点

(1) 点接触桥式触点。点接触形式用于通过的电流较小且触点压力小的地方，如接触器的辅助触点。

(2) 面接触桥式触点。两个触点串于一条电路中，电路的接通与断开是由两个触点共同完成的。面接触形式用于通过的电流较大的地方，如接触器的主触点。

(3) 线接触指形触点。线接触指形触点的接触区域为一条直线，触点的闭合过程中产生滚滑接触，闭合时从触点的顶部滚滑到触点的根部，断开时，从触点的根部滚滑到触点的顶部，然后断开。因为闭合和断开均在顶部，使得正常部位（根部）不致受电弧烧蚀，从而保持良好的接触导电性能。同时在滚滑过程中还能磨去导电性能不良的金属氧化层，有利于触点工作。线接触形式适用于接电次数较多、电流中等的地方，如接触器的主触点。

为使触点更紧密接触，减少接触电阻，消除开始接触瞬间产生的振动，在触点上装有触点弹簧，使触点在刚刚接触时产生初压力，并随触点闭合增大触点互压力。

3. 灭弧装置

当触点切断电路的瞬间，如果电路的电流（电压）超过某一数值，则在动、静触点间将产生强烈的弧光放电现象，称为电弧。电弧的出现会对电器产生以下影响：①触点虽然已经断开，但是由于电弧的存在，使需要断开的电路实际上并未真正断开，降低了接触器工作的可靠性；②电弧的高温可能灼伤、氧化触点，增大触点间接触电阻，降低导电性能；严重时造成触点黏结，损坏接触器；③电弧向周围喷射，损坏电器及周围物质，严重时造成短路，引起火灾。电流容量在10A以上的接触器都设灭弧装置。对于小容量的接触器，常采用双断口触点灭弧、电动力灭弧、相间弧板隔弧及陶土灭弧罩灭弧；对于大容量的接触器，采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧。

4. 其他部件

其他部件包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构及外壳等。

图1-4所示为交流接触器原理示意图，按照图1-4所示，电磁式接触器的工作原理为：线圈通电后，在铁芯中产生磁通及电磁吸力。此电磁吸力克服弹簧反力使得衔铁吸合，带动触点机构动作，常闭触点断开，常开触点闭合，互锁或接通电路。线圈失电或线圈两端电压显著降低时，电磁吸力小于弹簧反力，使得衔铁释放，触点机构复位，常闭触点闭合，常开触点断开，断开线路或解除互锁。接触器触点机构动作有一定的动作时间，从线圈开始通电瞬间起到触点可靠接触/分开瞬间为止的时间间隔称为吸合时间；从线圈开始断电瞬间起到触点可靠分开/接触瞬间为止的时间间隔称为释放时间。

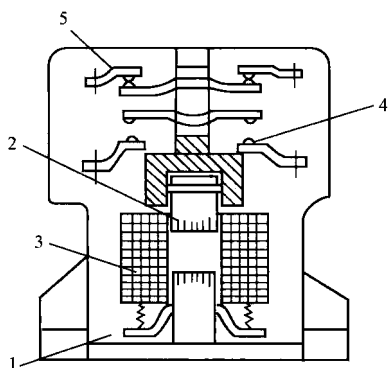


图 1-4 交流接触器原理示意图

1—静铁芯；2—衔铁；3—线圈；
4—常开触点；5—常闭触点

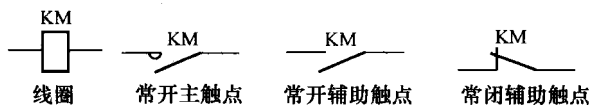


图 1-5 接触器的图形、文字符号

1.1.3 继电器

继电器是一种根据某种输入信号的变化，接通或断开控制电路（小电流电路），实现自动控制和保护电力装置的自动电器，其输入量可以是电流、电压等电气量，也可以是转速、时间、温度、压力等非电量。

根据继电器的作用，要求继电器反应灵敏准确、动作迅速、工作可靠、结构坚固、控制

路数多、使用寿命长等。

继电器的种类很多,按输入信号的性质分为电压继电器、电流继电器、时间继电器、热继电器、速度继电器、压力继电器等;按工作原理可分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、热继电器和电子式继电器等;按输出形式可分为有触点和无触点两类;按用途可分为控制用与保护用继电器等。

1. 电磁式继电器

(1) 电磁式继电器的结构与工作原理。电磁式继电器是应用得最早、最多的一种型式,其结构及工作原理与接触器大体相同。电磁式继电器由电磁系统、触点系统和释放弹簧等组成,电磁式继电器原理示意图如图 1-6 所示。由于继电器用于控制电路,流过触点的电流比较小(一般 5A 以下),故不需要灭弧装置,也无主、辅触点之分。

电磁式继电器有直流和交流两类,常用的电磁式继电器有电压继电器、电流继电器和中间继电器。电磁式继电器的图形、文字符号如图 1-7 所示。

(2) 电磁式继电器的特性。继电器的主要特性是输入-输出特性,又称继电特性,继电特性曲线如图 1-8 所示。当继电器输入量 X 由零增至 X_2 以前,继电器输出量 Y 为零。当输入量 X 增加到 X_2 时,继电器吸合,输出量为 Y_1 ;若 X 继续增大, Y 保持不变。当 X 减小到 X_1 时,继电器释放,输出量由 Y_1 变为零,若 X 继续减小, Y 值均为零。

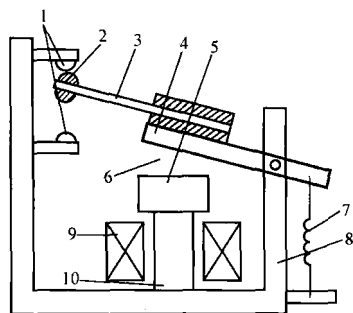


图 1-6 电磁式继电器原理示意图

- 1—静触点; 2—动触点; 3—簧片; 4—衔铁;
5—极靴; 6—空气间隙; 7—反力弹簧;
8—铁轭; 9—线圈; 10—铁芯

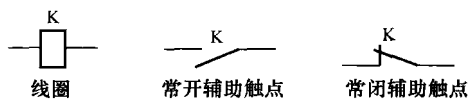


图 1-7 电磁式继电器的图形、文字符号

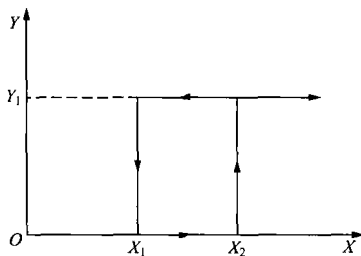


图 1-8 继电特性曲线

图 1-8 中, X_2 称为继电器吸合值,欲使继电器吸合,输入量必须等于或大于 X_2 ; X_1 称为继电器释放值,欲使继电器释放,输入量必须等于或小于 X_1 。

$K_f = X_1/X_2$ 称为继电器的返回系数,它是继电器重要参数之一。 K_f 值是可以调节的。例如一般继电器要求低的返回系数, K_f 值应在 0.1~0.4 之间,这样当继电器吸合后,输入量波动较大时不致引起误动作;欠电压继电器则要求高的返回系数, K_f 值在 0.6 以上。设某继电器 $K_f = 0.66$,吸合电压为额定电压的 90%,则电压低于额定电压的 50%时,继电器释放,起到欠电压保护作用。

另一个重要参数是吸合时间和释放时间。吸合时间是指从线圈接受电信号到衔铁完全吸合所需的时间;释放时间是指从线圈失电到衔铁完全释放所需的时间。一般继电器的吸合时间与释放时间为 0.05~0.15s,快速继电器的吸合时间与释放时间为 0.005~0.05s,它的大小影响继电器的操作频率。

(3) 常用电磁式继电器。

1) 电压继电器。

电压继电器(KV)用于机电传动系统的电压保护和控制。触点的动作与线圈所加电压大小有关,使用时其线圈并联接入主电路,感测主电路的线路电压,触点接于控制电路,为执行元件。电压继电器反映的是电压信号的大小。按吸合电压的大小,电压继电器可分为过电压继电器和欠电压继电器两种。

过电压继电器($U>$)用于线路的过电压保护,其吸合电压整定值一般为被保护线路额定电压的1.05~1.2倍。当被保护的线路电压正常时,衔铁不动作;当被保护线路的电压高于额定值,达到过电压继电器的整定值时,衔铁吸合,触点机构动作,控制电路断电,控制接触器及时断开被保护电路。

欠电压继电器($U<$)用于线路的欠电压保护,其释放电压整定值为线路额定电压的0.1~0.6。当被保护线路电压正常时,衔铁可靠吸合;当被保护线路电压降至欠电压继电器的释放整定值时,衔铁释放,触点机构复位,控制接触器及时断开被保护电路。

2) 中间继电器。中间继电器实质上是一种欠电压继电器。它的特点是触点数目较多,电流容量可增大,起到中间放大(触点数目和电流容量)的作用。

若主继电器的触点容量不足,或为了同时接通和断开几个回路需要多对触点时,或一套装置有几套保护需要用共同的出口继电器时,一般采用中间继电器。

3) 电流继电器。电流继电器(KA)用于机电传动系统的电流保护和控制。触点的动作与线圈通过的电流大小有关,使用时其线圈串联接入主电路,用来感测主电路的线路电流变化;触点接于控制电路,为执行元件。电流继电器反映的是电流信号大小。按吸合电流的大小,电流继电器有欠电流继电器和过电流继电器两种。

过电流继电器($I>$)在电路正常工作时不动作,当被保护线路的电流高于额定值,达到过电流继电器的整定值时,衔铁吸合,触点机构动作,控制电路通电,从而控制接触器及时断开电路。

过电流继电器主要用于频繁启动的场合,作为电动机或主电路的过载和短路保护。一般的交流过电流继电器调整在(110%~350%) I_N 动作,直流过电流继电器调整在(70%~300%) I_N 动作。

欠电流继电器($I<$)用于线路的欠电流保护,在电路正常工作时,衔铁是吸合的,只有当电流降低到某一整定值时,继电器释放,控制电路通电,从而控制接触器及时断开电路。

继电器的动作值与释放值可用调整反力弹簧的方法来整定,旋紧弹簧,反作用力增大,吸合电流(电压)和释放电流(电压)都升高;反之,旋松弹簧,反作用力减小,吸合电流(电压)和释放电流(电压)都降低。另外,调整夹在铁芯柱与衔铁和端面之间的非磁性垫片的厚度也能改变继电器的释放电流(电压),垫片越厚,磁路的气隙和磁阻就越大,与此相应产生同样吸力所需的释放电流(电压)要大些。

2. 时间继电器

时间继电器是一种利用电磁原理或机械动作原理实现触点延时接通或断开的自动控制电器,即从得到输入信号(线圈的通电或断电)开始,经过一定的延时后才输出信号(触点的闭合或断开)的继电器。

时间继电器的延时方式有两种:①通电延时,接受输入信号后延迟一定的时间,输出信

号才发生变化；当输入信号消失后，输出瞬时复原。②断电延时，接受输入信号时，瞬时产生相应的输出信号；当输入信号消失后，延迟一定的时间，输出才复原。

时间继电器种类很多，常用的有电磁式、空气阻尼式、电动式和晶体管式等。

(1) 直流电磁式时间继电器。在直流电磁式电压继电器的铁芯上增加一个阻尼铜套，或在铁芯上再套一个匝数较少、截面积大且两端短接的线圈，即可构成时间继电器，其结构示意图如图 1-9 所示。当电源切断时，吸引线圈中电流将减小，根据楞次定律在阻尼铜套中将感应出一个电动势，并产生感应电流，形成一个与原磁通方向相同的磁通，以维持衔铁吸引；由于阻尼套筒内有电阻，维持磁通的作用逐渐减弱，磁场能量转化为电能，再变为热能而逐渐消耗，当电磁力不足以克服弹簧反力时，衔铁释放。

图 1-9 带阻尼铜套的铁芯示意图

- 1—铁芯；2—阻尼铜套；
3—绝缘层；4—吸引线圈

当继电器通电时，由于衔铁处于释放位置，气隙大，磁阻大，磁通小，铜套阻尼作用相对也小，因此衔铁吸合时延时不显著，故延时一般忽略不计。

当继电器断电时，磁通变化量大，铜套阻尼作用也大，使衔铁延时释放而起到延时作用。因此，这种继电器仅用作断电延时。

这种时间继电器延时较短，而且准确度较低，一般只用于要求不高的场合。

(2) 空气阻尼式时间继电器。空气阻尼式时间继电器结构示意图如图 1-10 所示，它是利用空气阻尼原理获得延时的。它由电磁系统、延时机构和触点三部分组成，电磁机构为直动式双 E 形，触点系统是借用 LX5 型微动开关，延时机构采用气囊式阻尼器。

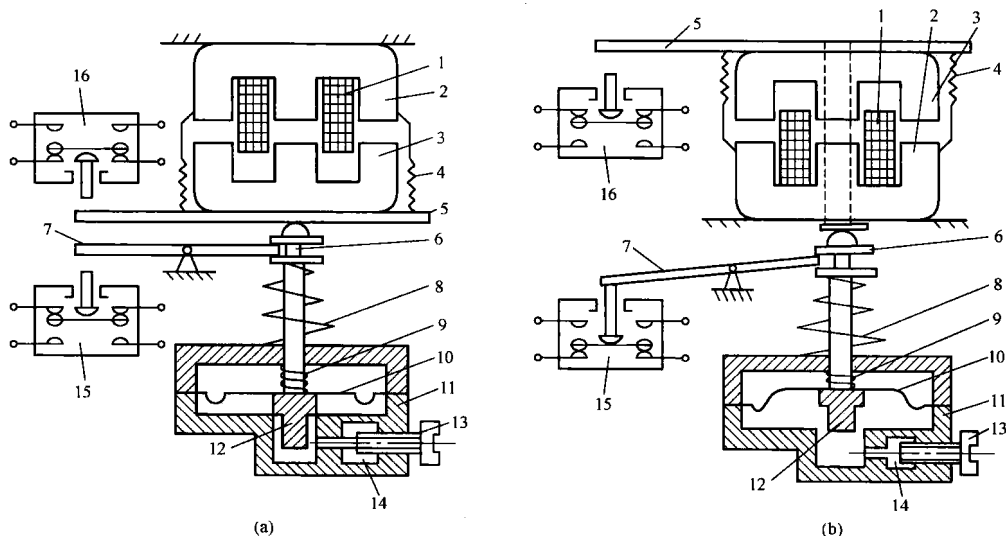


图 1-10 空气阻尼式时间继电器结构示意图

(a) 通电延时型；(b) 断电延时型

- 1—线圈；2—铁芯；3—衔铁；4—反力弹簧；5—推板；6—活塞杆；7—杠杆；8—塔形弹簧；9—弱弹簧；
10—橡皮膜；11—空气室；12—活塞；13—调节螺钉；14—进气孔；15、16—微动开关

通电延时型工作原理：当线圈 1 通电后，衔铁 3 连同推板 5 被铁芯 2 吸引向上吸合，压下微动开关 16，使微动开关触点迅速转换。同时在空气室 11 内与橡皮膜 10 相连的活塞杆 6

在弹簧 8 作用下也向上移动, 由于橡皮膜下方的空气稀薄形成负压, 起到空气阻尼的作用, 因此活塞杆只能缓慢向上移动, 移动速度由进气孔 14 的大小而定, 可通过调节螺钉 13 调整。经过一段延时后, 活塞 12 才能移到最上端, 并通过杠杆 7 压动开关 15, 使其常开触点闭合, 常闭触点断开。而另一个开关 16 是在衔铁吸合时, 通过推板 5 的作用立即动作, 故称开关 16 为瞬动触点。

当线圈断电时, 衔铁在反力弹簧 4 的作用下, 将活塞推向下端, 这时橡皮膜下方气室内的空气通过橡皮膜 10、弹簧 8 和活塞 12 的肩部所形成的单向阀, 迅速将空气排掉, 使开关 15、16 触点复位。

空气阻尼式时间继电器, 既具有由空气室中的气动机构带动的延时触点, 也具有由电磁机构直接带动的瞬动触点, 可以做成通电延时型, 也可做成断电延时型。电磁机构可以是直流的, 也可以是交流的。

空气阻尼式时间继电器的延时时间为 0.4~180s, 但精度不高。

(3) 半导体时间继电器。电子式时间继电器在时间继电器中已成为主流产品, 电子式时间继电器是采用晶体管或集成电路和电子元件等构成。目前已有采用单片机控制的时间继电器。电子式时间继电器具有延时范围广、精度高、体积小、耐冲击和耐振动、消耗功率小、调节方便及寿命长等优点, 所以发展很快, 应用广泛。延时方式有通电延时和断电延时两种。

半导体时间继电器的输出形式有两种: 有触点式和无触点式, 前者是用晶体管驱动小型电磁式继电器, 后者是采用晶体管或晶闸管输出。

时间继电器的图形、文字符号如图 1-11 所示。

3. 其他非电磁式继电器

非电磁式继电器的感测元件接受非电量信号(如温度、转速、位移及机械力等)。常用的非电磁式继电器有热继电器、速度继电器、压力继电器等。

(1) 热继电器。热继电器主要用于机电传动系统中电动机的过载保护。

电动机在实际运行中, 常会遇到过载情况, 但只要过载不严重、时间短, 绕组温度不超过允许的温升, 这种过载是允许的。但如果过载情况严重、时间长, 则会加速电动机绝缘的老化, 缩短电动机的使用年限, 甚至烧毁电动机, 因此必须对电动机进行过载保护。

热继电器主要由热元件、双金属片和触点等组成, 三相式热继电器原理示意图如图 1-12

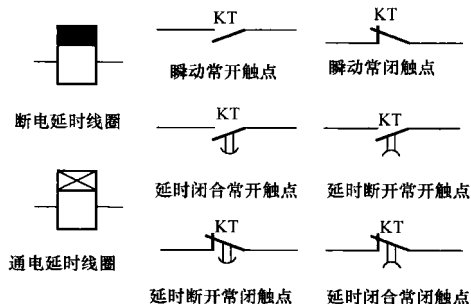


图 1-11 时间继电器的图形、文字符号

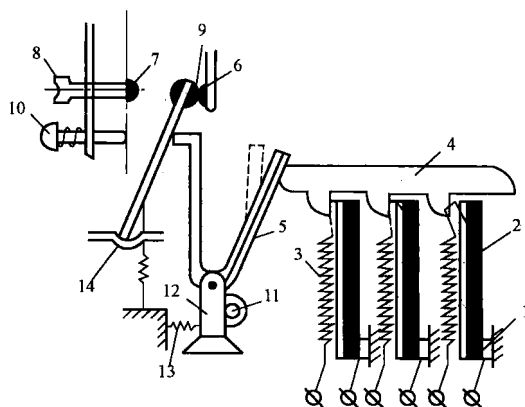


图 1-12 三相式热继电器原理示意图
1—支架；2—双金属片；3—热元件；4—导板；5—补偿双金属片；6、9—触点；7—常开触点；8—复位螺钉；10—复位按钮；11—调节旋钮；12—支撑杆；13—压簧；14—推杆