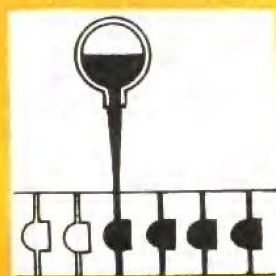
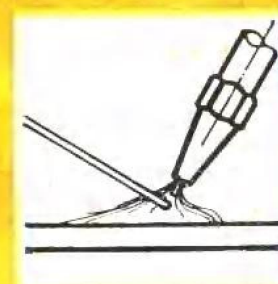
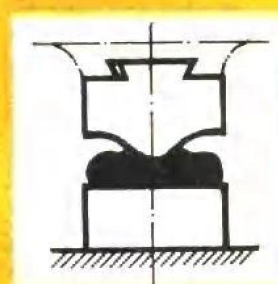
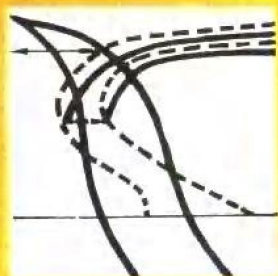


高等学校试用教材



铸造生产自动化

哈尔滨工业大学任天庆 主编



机械工业出版社

高等学校试用教材

铸造生产自动化

哈尔滨工业大学 任天庆 主编

6695/29



机械工业出版社

B 028809



铸造生产自动化

哈尔滨工业大学 任天庆 主编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印张25·字数560千字

1983年5月北京第一版·1983年5月北京第一次印刷

印数 0,001—6,000 ·定价2.55元

*

统一书号: 15033·5419

前 言

本书是根据1978年4月天津会议精神及同年6月长沙铸造专业教材会议拟订的教学大纲并经1981年5月广州铸造生产自动化教材审稿会修改通过的教学大纲编写的。

本书共分三篇，包括自动程序控制、自动检测及自动调节。

自动程序控制篇除介绍了常用电器元件、基本电器控制电路及顺控器外，重点讲述了继电器接点程控电路的设计步骤和方法，并联系铸造生产实际介绍了程控电路设计方法的具体应用。

自动检测篇系统地介绍了各种参量变换工作原理及常用的传感器，还较详尽地介绍了铸造生产工艺参数的自动检测原理和装置。

自动调节篇除联系铸造生产实际介绍了目前在铸造生产中应用的自动调节与控制系统外，以较多篇幅介绍了自动调节的基本原理、气动调节器和电动调节器工作原理及其结构。针对工业控制机在铸造生产中日益广泛的应用，本书单辟一章介绍工业控制机的系统特点及其应用。

本书由哈尔滨工业大学任天庆同志主编。沈阳机电学院陈士梁同志参加编写并担任主审。具体分工是，任天庆同志编写：第一、二、八、九、十、十一章，陈士梁同志编写第三、四、五、六、七章。一机部教编室周有德同志为责任编辑。

在本教材大纲制订、资料收集和教材编审过程中得到很多单位的大力支持和协助，在此表示衷心感谢。

铸造生产自动化教材自六十年代初编写和出版以来，至今没有再编写过，而且很多院校一直未开设过此课，因此这方面的教学和编写工作经验比较缺乏。尤其近十几年来，铸造生产自动化技术发展很快，很多新的控制方法与理论用于铸造生产，再加我们的业务水平所限，书中定有许多不足和错误之处，殷切希望各院校师生及广大读者提出宝贵意见。

目 录

绪论.....	1	§ 6-2 力及重量的测量.....	128
第一篇 自动程序控制		§ 6-3 温度的测量.....	135
第一章 继电器接点程序控制.....	4	§ 6-4 液压及气压的测量.....	150
§ 1-1 常用的电器控制元件	5	§ 6-5 流量的测量.....	158
§ 1-2 继电器—接触器控制的基本电路	16	第七章 铸造生产工艺参数的	
§ 1-3 继电器接点程控电路的		自动检测	165
逻辑线路设计法	23	§ 7-1 铸造车间的料位检测.....	165
§ 1-4 自动循环、调整及紧停等		§ 7-2 型砂的加料定量.....	170
功能线路	47	§ 7-3 炉料的自动称量.....	174
§ 1-5 程控电路的分组供电设计法	50	§ 7-4 型砂含水率及混砂质量的	
§ 1-6 继电器接点程序控制		自动检测.....	182
电路的转换	53	§ 7-5 金属熔液的定量.....	188
第二章 铸造设备步进式程序控制.....	61	第三篇 自动调节	
§ 2-1 步进器	63	第八章 自动调节原理基础	193
§ 2-2 步进式顺控器的基本功能	71	§ 8-1 自动调节原理的基本概念.....	193
§ 2-3 步进式顺控器的简单		§ 8-2 调节对象的动态特性.....	200
程序编制及实例.....	79	§ 8-3 调节系统的数学模型.....	207
第二篇 自动检测		§ 8-4 自调系统的分析.....	231
第三章 自动检测概述.....	84	第九章 校正装置与调节器	257
§ 3-1 铸造车间的自动检测系统	84	§ 9-1 校正装置.....	257
§ 3-2 检测装置的特性	86	§ 9-2 调节器的基本调节规律	
§ 3-3 显示和记录装置	90	及其选用.....	272
第四章 参量变换元件的基本型式.....	91	§ 9-3 工业调节器.....	287
§ 4-1 电阻式变换元件	91	第十章 工业控制机控制	348
§ 4-2 感应式变换元件	95	§ 10-1 概述	348
§ 4-3 电容式变换元件	98	§ 10-2 工业控制机控制原理	352
§ 4-4 压磁和压电变换元件.....	100	§ 10-3 工业控制机的过程通道	357
§ 4-5 光电变换元件.....	102	§ 10-4 计算机控制系统	365
§ 4-6 核辐射式变换元件.....	106	第十一章 铸造生产过程的	
第五章 检测装置的测量电路	109	控制与调节	374
§ 5-1 电桥测量电路.....	109	§ 11-1 砂处理过程的控制与调节	374
§ 5-2 电位计测量电路.....	118	§ 11-2 熔化工部生产过程的	
§ 5-3 测量电容与电感的电路.....	120	控制与调节	382
§ 5-4 几个测量电路实例.....	122	§ 11-3 加热炉温度调节系统	386
第六章 参数测量及传感器	125	§ 11-4 低压铸造液面加压控制与	
§ 6-1 位移及运动参数的测量.....	125	调节系统	390

绪 论

众所周知，铸造生产的特点是劳动强度高、环境温度高、粉尘量高。同时，铸造生产的产品质量不易保证，产品的产量也不容易提高。实现铸造生产过程的机械化与自动化，是提高铸造的劳动生产率，保证铸件质量，使铸造工人摆脱繁重体力劳动的关键性措施。

铸造生产的工序繁多，所用的机械化设备结构也各异，只有通过控制系统把它们联成一个整体才能充分发挥它们的作用。在生产线上各主机和辅机要求协调按节拍工作，其中一个环节出现故障，整条生产线即陷于停顿。因此在机械化生产线上要求系统的控制元件性能可靠，工作稳定；同时要求控制线路设计合理、维修方便；当某一环节发生故障时要立即发出故障报警，并显示出故障地点。因此为了使自动化单机或生产线正常生产，要求操作和管理人员熟悉和掌握自动程序控制方面的知识。

一个完整的单机或生产线，能保证正常运行只是它应尽的最基本的职能。在保证产品产量，即保证一定的劳动生产率的同时，还要满足产品的高质量要求。为此，生产中采用各种检测仪表，把生产过程中的重要生产过程工艺参数及时检测并记录下来，以便于对工艺过程进行分析，出现废品时可以有据可查。

为了保证生产过程的正常进行，经常要求一些生产机械按一定的工艺规范工作。如加热炉要求保持恒温，或按一定时间改变加热温度；又如金属液的浇注温度必须控制在一定温度范围内进行浇注；造型时要求型砂的含水率及其它性能控制在一定范围内，等等。这就是说，不仅要求能及时准确地检测与记录工艺参数，同时还要工艺参数保持一定的给定值，或者按一定的规律变化，即对工艺参数要求进行自动调节。

归纳起来，对控制系统有三方面的要求：1) 实现对生产过程的程序控制；2) 实现对生产过程工艺参数的自动检测；3) 实现对生产过程工艺参数的自动调节。把这三方面的要求综合起来就是生产自动化的基本内容。

在自动化技术中，还把仅实现程序控制的控制方式称为开环控制，把实现生产过程自动调节的控制方式称为闭环控制。闭环控制的主要特点是能实现信号的反馈，即把生产过程中的工艺参数，通过检测元件测量出来，并反馈到控制系统中的比较元件，如果比较后有偏差信号输出，控制系统相应地改变执行元件的工作状态，使工艺参数按预定值保持恒定或按给定的变化规律变化。开环控制中没有反馈信号作用，只是使工序按步进行。

在铸造生产中，由于工序繁多，大量地采用自动程序控制实现开环控制，如造型机、混砂机、加料机等单机自动化等等就是保证这些生产机械按已定的程序动作。实现程序控制的手段，根据生产机械的特点、生产规模大小等不同而采用不同的元件和装置。从最早使用的继电器接点控制发展到近代的计算机控制，使铸造生产的自动化水平提高到一个崭新阶段。

自动调节技术在铸造生产中也早已开始应用。如混砂机混砂过程中型砂含水率的控制早在50年代初期就用于生产，其它如冲天炉熔化、炉温控制、造型过程控制以及特种铸造

工艺过程的控制中都采用了调节技术。当然,与其它先进的科技领域相比,铸造中调节技术的应用还是初级的。但是可以预料,为了稳定产品质量,调节技术将会不断扩大在铸造生产中的应用。

本书第一篇介绍了继电器接点程序控制及顺控器的工作原理、设计方法及应用。掌握继电器接点程序控制电路的设计方法有助于扩大设计者与操作者的思路,使得有可能用较简单的电路实现由机械机构很难实现的自动化动作,这对于进行车间技术革新是很必要的。

在现代化车间中,过程调节技术已达到相当高的水平。不仅广泛采用了各种模拟式调节元件,而且广泛采用了计算机控制技术。如冲天炉配料、熔化过程、造型过程、混砂过程都采用了微处理机控制。

因此,本书着重介绍了调节原理的基础知识,为正确选用和使用调节器打下理论基础。在工业控制机一章中还对利用模拟调节器控制与微处理机控制进行了分析比较。

随着世界各国现代技术的不断向前发展,对铸造生产自动化技术将提出更高的要求,我国的铸造生产机械化自动化水平虽然有了一定基础,但还远不能满足国民经济发展的需要。可以预见,我国铸造行业的机械化自动化水平将会不断提高,铸造生产的落后面貌将会发生较根本性的改变。

第一篇 自动程序控制

程序控制系统在生产中获得了广泛的应用。铸造生产中由于生产工艺方法繁多,而且人工劳动强度大,生产环境比较恶劣,更加促进了采用自动程序控制的迫切性。

程序控制的形式很多,一般可按下列特点分类。

1. 按控制方式分为:手动控制、机械化控制、半自动控制及自动控制;
2. 按控制系统采用的能源种类分为:电控、气控、机械控制、电-气控制、电-液控制等;
3. 按控制方法分为:继电器接点控制、无触点逻辑控制、顺控器控制、计算机控制。

电控的主要特点是控制速度快,电路系统简单,适用于远距离控制,容易实现动作间的连锁及保护。电控是控制系统中最有发展前途的方法。自从生产中采用无触点逻辑控制及电子计算机控制后,更加显出它的优越性。

但是电控要求控制元件经常处于干燥、无灰尘的环境中,而且电控元件不能在易爆易燃的气氛中工作,即电控元件比较娇气。而且一般工厂购买不到时自己厂又很难制造。

基于上述原因,在一些工厂的铸造车间里,生产线或单机上都较广泛地采用了气控。气控的主要特点是元件要求工作条件不象电控元件那样严格,如气控元件不怕潮湿,对有灰尘环境也不象电控元件那样敏感,同时大多数工厂必要时均可自行制造,而不需等待外购,元件的维护及修理也较容易。但是气控元件控制速度不如电控快,管路系统也较复杂,不适于远距离控制。

当前控制系统的发展趋势之一是采用联合控制方式,如电-气控制、电-液控制、电-机-气-液联合控制等。这样可发挥每种控制方式的长处并克服其短处。如某厂在造型生产线上,从工作地到中央控制室采用电控实现远控,而控制室内大量采用射流元件控制。

如上所述,在控制系统所用能源中以电控应用最为广泛。

电控在工业中的应用也经历了不同的阶段。最早的电控方式是采用继电器接点控制,它的优点是结构简单、造价低、抗干扰能力强,调整维护容易,但它也存在严重的缺点,即由于采用有触点开关,故允许的工作频率较低;触点断开时触头之间要产生电弧,触点容易损坏;另外,当生产机械的工艺流程改变时就需要重新配线。

随后发展起来的无触点逻辑控制,虽然解决了继电器接点控制中的触点损坏及工作频率低等不足,但工艺流程改变时还要重新配线。

因此上述两种电控方式适合于工艺程序较少,而且工艺流程固定的单机与生产线。

顺序控制器是由继电器接点控制系统发展起来的,是六十年代末出现的一种新技术。所谓顺序控制器就是能够根据工艺预先安排好的程序,一步一步顺序地进行工作的自动控制装置,其特点是:程序可以灵活改变,通用性强。另外,由于采用晶体管、集成电路等电子元件,使其体积大大缩小,缺点是抗干扰能力差,价格较高。

顺控器按其功能大小可分为:矩阵式顺控器和可编程序控制器两种。

可编程序控制器的功能齐全, 控制范围广, 程序编制灵活, 它相当于一台专用计算机, 区别在于: 1) 删去了小型计算机中一些用不着的功能, 如数据处理功能, 因此指令系统简单, 线路简化; 2) 程序编制简单, 因只有十几条指令, 便于推广利用; 3) 有接口电路, 可直接用于过程控制。

但是当程序数达到百条以上时, 采用顺控器将使结构变得庞大, 系统复杂。另外, 当控制系统不仅要完成简单的程序动作(包括时控), 还要求进行工艺参数间的逻辑运算时, 顺控器就很难胜任。

自从1971年第一台微处理器问世以来, 其发展速度极其迅速。微处理器的集成度几乎每两年增加一倍。到今天微处理器已从原来的大规模集成电路发展到超大规模集成电路, 随之发展起来的微计算机已应用于生产过程的控制。

当生产过程中的程序数目超过百点以上, 而且工艺参数间要求有较复杂的逻辑运算时, 采用微计算机控制就显出其独特的优越性。

本书第一篇着重介绍继电器接点控制、无触点逻辑控制及顺控器。而计算机的工作原理、性能分析、程序编制等内容不属本书的范围, 不作介绍, 但在第十章则重点讲述工业控制机的应用。

可编程序控制器就其工作原理、程序编制等与一般电子计算机相近, 故不在此讲述。

第一章 继电器接点程序控制

继电器接点程序控制系统在生产实际中被广泛应用。所谓接点程控系统, 就是由开关元件组成的断续作用的程序控制系统。这是因为开关元件具有“接通”和“断开”两种截然不同的状态, 不能反映控制信号的变化, 因此它所能实现的控制必然是断续的。具有“接通”和“断开”两种状态的开关元件可以采用继电器、接触器, 也可以采用晶体管以及数字集成电路等。

在铸造生产所用设备中, 要求按断续方式控制的设备很多。如造型机上完成的工艺过程一般是: 工作台上升、加砂、紧实、起模、工作台下降等; 又如混砂机上完成的工艺程序常为: 加砂、干混、加水、湿混、卸料等。这些设备的工作特点是, 在现场开关信号的作用下, 启动某机构动作, 启动后的这一机构在执行任务中发出另一现场开关信号, 从而又启动另一机构动作, 如此按步进行下去, 直至全部工艺过程结束。这种由开关元件控制的按步控制方式, 一般称为程序控制。

由继电器、接触器等构成的程控线路优点是, 结构简单、造价低、抗干扰能力强、调整维护容易等。采用这种控制线路不仅可以实现生产过程自动化, 而且还可以实现集中控制和远距离控制。因此, 继电器-接触器控制线路是目前工业生产中最基本的控制型式之一。这种控制线路的缺点是, 由于采用有触点的开关, 允许的工作频率低, 当工作频率超过每分钟数千次时, 这种开关就根本不能动作。另外, 当触点打开时, 经常产生电弧, 触点容易损坏, 使开关动作不可靠。

§ 1-1 常用的电器控制元件

控制系统发展初期, 由手动电器, 如闸刀开关、转换开关等组成。随着生产的发展, 手动电器组成的控制系统已远远不能满足生产的要求, 从而出现了继电器、接触器等自动控制电器和相应的电器控制线路。

控制电器的种类繁多。按控制功能特点来进行分类时可分为以下几类:

1. 接触器 用于远距离、频繁接通和关断正常工作的大电流, 它适用于交流与直接电动机的频繁启动和控制。接触器又分交流接触器和直流接触器两种。
2. 控制继电器 用来控制其它电器的动作, 它分中间继电器、电流继电器、电压继电器、热继电器等。
3. 控制器 用来换接电路中的电阻, 从而实现电动机的启动、制动、反向和调速控制, 它分鼓形控制器和凸轮控制器等。
4. 主令电器 用于在控制电路中发控制信号, 它包括按钮、万能转换开关、主令控制器等。
5. 电阻器 用来限制和调节电路中的电流和电压, 它分铸铁电阻、瓷管式电阻、框架式电阻等。

一、接触器

图 1-1 为电磁式交流接触器的原理图。

当接触器的线圈上加上交流电压时, 线圈中产生交变电流, 于是在衔铁和静铁芯组成的磁路中产生磁铁, 从而产生电磁吸力。当电磁吸力大于反力弹簧等的反作用力时, 衔铁被吸合, 使常闭触头打开, 常开触头吸合。当外加电压消失时, 电磁力消失, 衔铁在反力弹簧的作用下释放而恢复原位, 使触点系统恢复原状。

电磁力计算: 根据麦克斯威尔公式, 可知

$$F = \frac{0.5\phi^2}{\mu_0 S}$$

式中 F ——每一个气隙的吸力;

ϕ ——磁极极面的磁通;

S ——磁极表面的面积;

μ_0 ——空气导磁系数。

磁通是按正弦规律变化的, 即

$$\phi = \phi_m \sin \omega t \quad (1-1)$$

式中 ϕ_m ——最大磁通量;

ω ——角频率;

t ——时间。

因此, 电磁吸力的瞬时值为:

$$F_t = \frac{0.5\phi_m^2}{\mu_0 S} \sin^2 \omega t = \frac{0.5\phi_m^2}{2\mu_0 S} (1 - \cos 2\omega t)$$

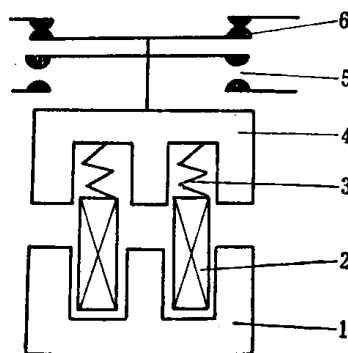


图1-1 电磁式交流接触器原理图

1—静铁芯 2—线圈 3—反力弹簧 4—衔铁
5—常开触头 6—常闭触头

又可写成:

$$F_t = \frac{0.5\phi_m^2}{2\mu_0 S} - \frac{0.5\phi_m^2}{2\mu_0 S} \cos 2\omega t = F_p - F_g \quad (1-2)$$

由上式可以看出, 电磁吸力由两部分组成, 其中恒定部 F_p (即平均吸力) 为:

$$F_p = \frac{0.5\phi_m^2}{2\mu_0 S} \quad (1-3)$$

平均吸力 F_p 的大小和磁通最大值的平方成正比, 与空气导磁系数 μ_0 和磁极表面面积成反比。另一部分为交变部分 F_g , 其值为:

$$F_g = \frac{-0.5\phi_m^2}{2\mu_0 S} \cos 2\omega t \quad (1-4)$$

根据式 (1-1) 和 (1-2) 可绘制出图 1-2 所示的曲线。由图 1-2 看出, 虽然磁通是交变的 (有正有负), 但其所产生的吸力 F_t 的方向是不变的, 即在零和最大值之间变化, 变化的角频率为 2ω 。当吸力 F_t 大于反作用力 F_r 时, 衔铁被吸合; 但当 F_t 小于 F_r 时, 衔铁要释放。由于作用力 F_t 的变化很快 (当电源电压频率为 50 周/秒时, F_t 的变化频率为 100 周/秒), 故衔铁不会完全释放, 而处于抖动状态, 这将使触头抖动, 产生电弧, 容易使触点烧坏。另外, 衔铁的抖动将发出震耳的噪声, 影响工作人员工作。因此必须消除这种抖动现象。具体办法是在静铁芯或衔铁上装置一短路环, 使电磁吸力在任何时间都大于反作用力。

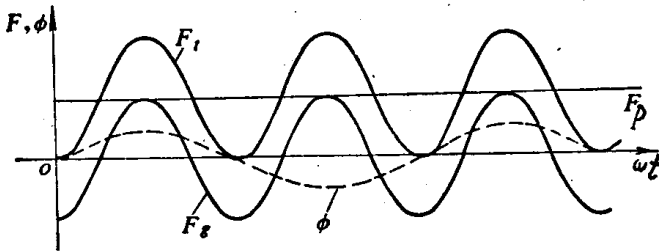


图1-2 磁力、磁通随时间变化曲线

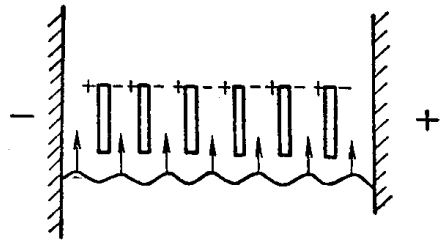


图1-3 灭弧栅灭弧原理

触头在切断通电的电路时, 如果触头间电压在 10~20 V 以上, 电流在 80~100 mA 以上, 则在触头打开的间隙中可能产生电弧。

电弧对电器的影响有三方面:

1. 触头打开时, 由于电弧的存在, 使要断开的电路实际上并没有断开;
2. 电弧的温度很高, 严重时可使触头熔化;
3. 电弧向四周喷射, 会引起电器和周围物质的损坏, 还会造成相间短路, 甚至造成火灾。所以必须采取措施熄灭或减小电弧。

下面介绍一种常用的灭弧装置—灭弧栅。

灭弧栅就是钢质栅片。当电弧在触头间隙中形成后, 由于铁质栅片是铁磁体, 它对电弧电流有吸力, 将电弧很快拉入灭弧栅。电弧进入灭弧栅后就被分割成许多串联的短弧, 此时栅片就成短弧的电极 (图 1-3)。每两个小电极间要维持电弧燃烧必须有一定的电压, 一般为 10~20 V。如果这些串联短弧压降的总和大于电源电压, 就不能维持这些短弧的继续燃烧。另外由于钢质栅片吸收了电弧的热量, 加强了游离的作用, 故使电弧迅速熄灭。交

流电所产生的电弧要比直流电所产生的电弧容易熄灭。因为交流电压每个周期有两次过零，显然电压为零时电弧容易熄灭。

控制电器的触点在切断具有电感负载（如电磁铁线圈）的电路时，由于电流由某一稳定值突然降为零，电流的变化率 $\frac{di}{dt}$ 很大，就会在触点间隙中产生较大的电压，此电压超过 270~300 V 时，就会在触点间隙产生火花放电现象。火花放电与电弧不同之处是，火花放电的电压高，电流小。火花放电将使触点产生磨损以至缩短它的寿命。另外火花放电造成的高频干扰信号将影响无线电通讯和干扰弱电控制系统的正常工作。为此常在电路系统中采用熄火花电路，消除由于过电压引起的火花放电现象。

交流接触器一般有三副主触头和四副辅助触头（二个常开、二个常闭）。主触头的作用是接通和断开主回路。辅助触头一般接在控制回路中，完成电路的各种控制要求。

一般设备上主要选用 CJ10 系列交流接触器，供交流频率为 50Hz、最大电压为 500 V、最大电流 150 A 电力电路的远距离接通与切断之用，并适用于一般电动机的启动和停止。CJ10 系列接触器的技术数据列于表 1-2 表中。

表1-1 CJ10系列接触器的技术数据

型 号	额定电流 (A)	辅助触头额定电流 (A)	电动机最大功率 (kW)	
			220 (V)	380 (V)
CJ10-5	5	5	1.2	2.2
CJ10-10	10	5	2.2	4
CJ10-20	20	5	5.5	10
CJ10-40	40	5	11	20
CJ10-60	60	5	17	30
CJ10-100	100	5	30	50
CJ10-150	150	5	43	75

接触器选择方法 主触头的额定电流应大于电动机的额定电流。吸引线圈的电压可根据控制回路的电压等级选择。CJ10 系列接触器的吸引线圈的电压等级有 36、110、220 及 380 V 四种。对于经常需要正反转的生产机械，选用交流接触器容量可适当放大，或者最好能选用 CJ10Z 型接触器，它的触头采用了新型粉末冶金材料，因此在大电流的使用条件下具有较长的寿命。

二、中间继电器

中间继电器主要用于控制回路，其切断的电流较小，电压也较低，故不带熄弧装置，其工作原理与上述接触器工作原理相同。中间继电器的触头较多，它可担任主令记忆、信号传递、多路控制和驱动电气执行元件等任务。

常用的中间继电器型号有 JZ7、JZ8 二种系列。表 1-2 中列出 JZ7 系列中间继电器的技术数据。

JZ8 系列为交直流两用的继电器，其线圈电压有交流：110 V、127 V、220 V、380 V；直流：12 V、24 V、48 V、110 V、220 V。触头有 6 常开 2 常闭、4 常开 4 常闭、2 常开 6 常闭等。触头的额定电流为 5 A。此外，若把触头簧片反装就可使常开、常闭触头相互转换，而不受上述常开、常闭触头比例的限制。

表1-2 JZ7 系列中间继电器技术数据

型 号	触头额定电压 (V)	触头额定电流 (A)	触 头 数 目		吸引线圈电压 (V)
			常 开	常 闭	
JZ7-44	500	5	4	4	12, 24, 36, 48, 110, 127, 220, 380, 420, 440, 500,
JZ7-62	500	5	6	2	
JZ7-80	500	5	8	0	

选用中间继电器时, 主要考虑电压等级与控制电路一致, 同时还应使继电器的触头类别、数量及容量满足电器线路的要求。

三、时间继电器

电器控制线路中经常采用时间继电器。时间继电器的作用是, 当其线圈在接受信号以后 (通电或失电), 相应的触头使某一控制回路延时断开或闭合。

时间继电器的种类很多, 按其工作原理可分为: 空气阻尼式、电磁式、电磁摆式、电动机式和半导体时间继电器等。

1. 空气阻尼式时间继电器

图 1-4 所示为 JS7 型空气阻尼式时间继电器的原理图。它主要由电磁系统、工作触头 (微动开关)、气室及传动机构等组成, 它是利用空气阻尼作用而达到动作延时的目的。当线圈 1 通电后将动铁心 2 吸下, 使动铁心与活塞杆 3 之间有一段距离。在释放弹簧 4 的作用下, 活塞杆向下移动。在伞形活塞 5 的表面固定有一层橡皮膜 6。因此, 当活塞向下移动时, 在膜上面造成空气稀薄的空间, 活塞受到下面空气的压力, 不能迅速下降。当空气由进气孔 7 进入时, 活塞才逐渐下移。移动到最后一位置时, 杠杆 8 使微动开关 9 动作。延时时间为自电磁铁线圈通电时刻起到微动开关动作时为止的这段时间。通过调节螺钉 10, 调节进气孔的大小即可调节延时时间。

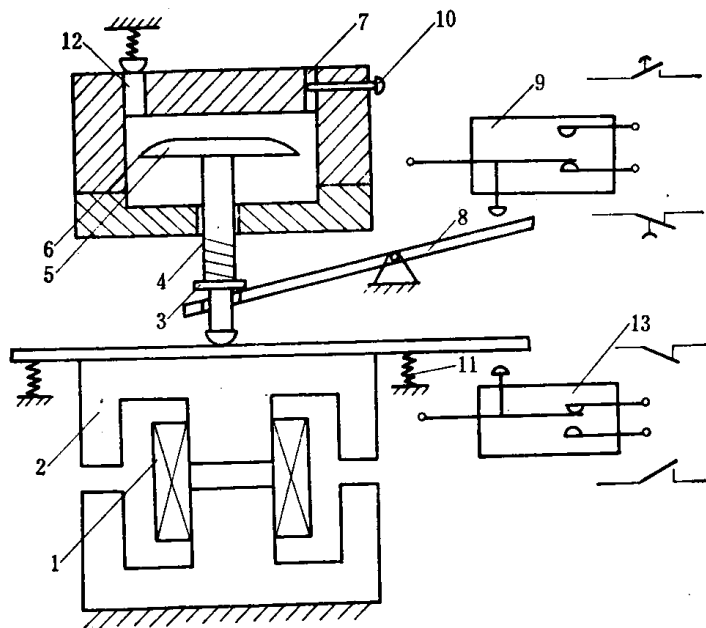


图1-4 空气阻尼式时间继电器

- 1—线圈 2—动铁心 3—活塞杆 4—释放弹簧 5—伞形活塞 6—橡皮膜 7—进气孔
8—杠杆 9、13—微动开关 10—调节螺钉 11—复位弹簧 12—出气孔

线圈1断电后,依靠复位弹簧11的作用而复原。空气经由出气孔12被迅速排出。

图1-4中所示时间继电器为通电延时。有两个延时触头,一个是延时断开的常闭触头,一个是延时闭合的常开触头。此外,它还有两个瞬时触头,即通电后微动开关13瞬时动作。

时间继电器也可做成断电延时,这是把铁心倒装做成。

时间继电器的触头形式列于表1-3中。

不同型号的JS7-A型时间继电器具有不同的延时触头,如图1-5所示。

表1-3 触头形式及功能

触 头 功 能	形 式
延时闭合的常开触头	
延时闭合的常闭触头	
延时断开的常开触头	
延时断开的常闭触头	

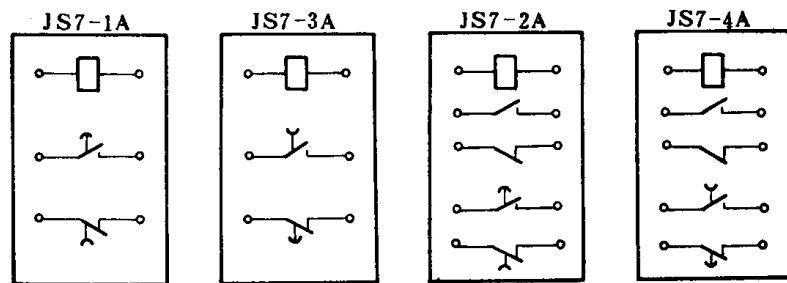


图1-5 JS7-A型时间继电器的触头系统

JS7-A型继电器选用时主要注意选择的型号,它具有的瞬动触头、延时触头,应满足控制线路中所要求的延时触头、瞬动触头数。其次注意控制回路电压等级与时间继电器线圈电压要一致。JS7型延时范围分为0.4~60秒和0.4~180秒二种。

空气阻尼式时间继电器的优点是延时调节平滑,通用性强,既可用于交流,也可用于直流,而且还可以做到通电延时或断电延时。另外,它结构简单、价格便宜。它的缺点是,延时误差大(可达 $\pm 10\%$ 以上)。当环境温度、湿度变化时,延时时间要变化,另外延时时间不能做得更长些。

2. 电磁式时间继电器

图1-6为电磁式时间继电器原理图。当继电器的线圈通电时,产生电磁吸力克服弹簧的反作用力使衔铁吸合,于是其常闭触点打开,常开触点闭合。当线圈断电时,磁路中的磁通要消失,根据楞次定律可知,变化的磁通要在铜制(或铝制)的短路圈中感生电势和电流,此电流产生的磁通阻碍磁路中磁通的消失,从而使磁通慢慢减小(图1-7)。当磁通减小到释放磁通 ϕ_{F1} 时(对应 ϕ_{F1} 时磁通产生的电磁吸力小于弹簧的作用力),衔铁释放,使触点系统恢复原状。从继电器的线圈断电到触点系统恢复原状所经过的时间 t_1 即为时间继电器的延时时间。

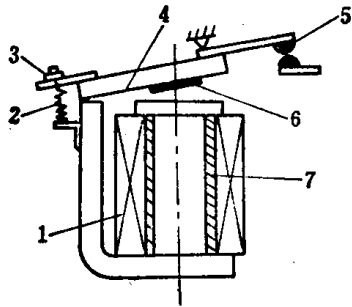


图1-6 电磁式时间继电器

1—线圈 2—释放弹簧 3—调节螺帽 4—衔铁
5—触头 6—铜片 7—短路铜套

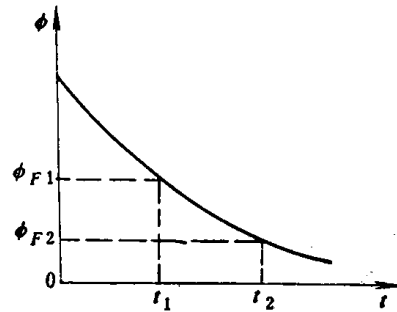


图1-7 磁通衰减曲线

电磁式时间继电器延时时间的调节方法有两种，一种是改变弹簧的松紧。若将弹簧调松，则弹簧的反作用力减小，如图1-7，减小为 ϕ_{F2} ，磁通减小到释放磁通 ϕ_{F2} 所需的时间就长，延时为 t_2 。同理，若将弹簧调紧，则延时时间就缩短。

另一种方法是改变衔铁和铁心之间的非磁性垫片—铜片的片数。若此铜片数目增加，则在继电器吸合时磁路中的磁阻就加大，相应产生的磁通就小，故在线圈断电后磁通衰减的曲线Ⅱ（见图1-8）就低于原来的曲线Ⅰ，这样对应同一释放磁通 ϕ_F 的延时时间就减小到 t_4 。在调节延时时间时，一般用调节弹簧的松紧作细调，而调节非磁性垫片的片数作粗调。

由于电磁式时间继电器只能在线圈断电时获得延时，因此它只能有两种延时触头，即延时打开的常开触点和延时闭合的常闭触头。

电磁式时间继电器的延时范围为0.2~10秒，其优点是，结构简单，加到线圈上的电压必须是直流电压，而且只能是断电时获得延时。

3. 半导体时间继电器

半导体时间继电器可以用三极管、单结晶体管或场效应管等配合电阻、电容等组成。虽然所用的元件各不相同，但它们的延时原理则一样，都是利用电容的充放电来获得延时的。

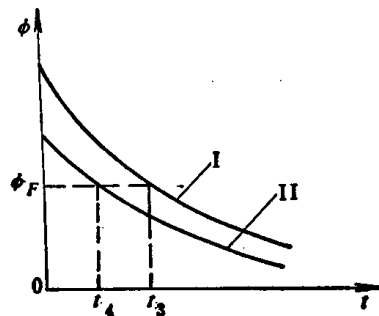


图1-8 非磁性垫片的影响

Ⅰ—原磁通衰减曲线 Ⅱ—加垫片后磁通衰减曲线

JSB系列半导体时间继电器的延时范围为5~300秒。半导体时间继电器的优点是，延时范围广，调节方便，体积小，消耗功率小，寿命长，制造工艺简单；缺点是延时时间受温度和电源电压波动的影响较大。

除上面介绍的空气阻尼式、电磁式和半导体时间继电器外，还有DS-110和DS-120系列电磁摆式时间继电器和JS10系列电动机式时间继电器。后者优点为延时的准确度高，延时范围广，从0.5秒到几小时；缺点是结构复杂，价格昂贵。

四、热继电器

电动机工作时，正常的温升是允许的，但是如果电动机在过载情况下工作，就会过度发热造成绝缘材料迅速老化，使寿命降低，严重时使电机损坏。为了防止上述情况发生，

常采用热继电器 RJ 做电动机的过载保护。

图 1-9 所示为 JR10 热继电器的原理图，其中双金属片 3 是主要组成部分。双金属片是由二种不同膨胀系数的金属（一般用铜和黄铜）焊合而成。使用时，发热元件串联在主电路内，常闭触头串联在控制线路内。当发热元件 4（电阻丝）中的电流大到一定值并经过一定时间后，发热元件发出的热量使双金属片 3 向左弯曲，带动连动片 5 向左移动。同时温度补偿片 6 在连动片 5 的作用下，以 A 点为中心顺时针转动，温度补偿片 6 的上部弯曲部分离开凸盘 7，凸盘在弹簧 2 的作用下顺时针转动，使常闭触点 8 打开，常开触点 9 闭合。随后，当发热元件中的电流小于额定电流时，发热元件发出的热量减少，双金属片恢复原位，温度补偿片 6 在弹簧 1 的作用下要恢复原位，但此时被凸盘 7 的凸起部分挡住，不能复位，即故障消除后，热继电器的触点不能自动复位，要复位必须按下再扣装置 10，使凸盘逆时针转动，凸盘的凸起部分抬起，温度补偿片 6 在弹簧 1 的作用下恢复原位。同时，触点也恢复原状，为下次工作做好准备。

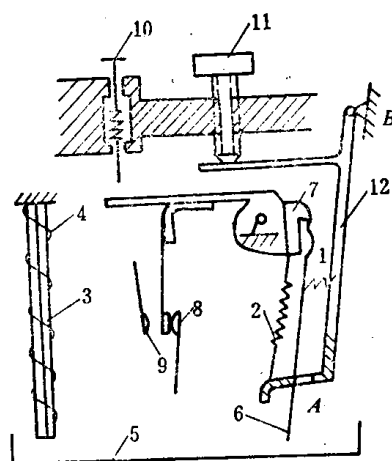


图1-9 JR10热继电器

- 1、2—弹簧 3—双金属片 4—发热元件 5—连动片
6—温度补偿片 7—凸盘 8—常闭触点 9—常开触点
10—再扣装置 11—电流调节盘 12—支架

电流调节盘 11 是用来调节热继电器的动作电流的。当电流调节盘逆时针转动时，电流调节盘上移，支架 12 在弹簧 2 的作用下以 B 为支点向左转动，温度补偿片在弹簧 1 作用下也向左转动。这样，温度补偿片 6 和连动片 5 凸起部分间的距离就加大。此时，只有在流过发热元件的电流更大时，即双金属片向左弯曲得更大时，连动片才能带动温度补偿片动作，使触点动作。与此相反，当电流调节盘顺时针转动时，热继电器的动作电流就要减小。

温度补偿片的另一个重要作用是用作温度补偿。当周围介质的温度升高时，补偿片和双金属片一样，产生相同的弯曲。因此，双金属片和温度补偿片间的相对位置不变，从而保证了热继电器的动作电流与周围介质的温度无关。

热继电器主要是用来保护电动机的，因此热继电器周围温度也是影响保护效果的重要问题。当电动机工作的环境温度和热继电器工作的环境温度不同时，如电动机装在接近高温的地方，而热继电器是装在室温较低的控制柜内，且通风较好。这对于电动机来说，周围的温度高，不容易散热，电动机可能在没有达到规定的过载电流时，其温升已超过允许值；而热继电器由于电动机流过的电流（即发热元件中的电流）并没达到预定的值，热继电器并不动作，因此有可能使电动机因过热而烧坏。同样，当热继电器的环境温度高于电动机的工作环境温度时，热继电器将过早动作，使电动机的过载能力不能充分发挥。

根据上述情况，为了使热继电器可靠而又合理地保护电动机，应尽量使热继电器和电动机周围温度一样。若实际有困难，则在电动机比热继电器的环境温度高 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 时，选用小一号的发热元件（其电阻值较大）；在电动机比热继电器的环境温度低 $15\sim 25^{\circ}\text{C}$ 时，选用

大一号的发热元件（其电阻值较小）。

常用的热继电器有 JRO 系列和 JR10 系列两种。JRO-20/3 热继电器的技术数据见表 1-4。这种型号的热继电器按允许通过的最大电流，即表中热元件额定电流从 0.35 A 起到 22 A，分为 12 个等级供选择，而且每一等级的额定电流可以在一定范围内调节，因为电动机的额定工作电流不会正好等于热继电器的额定电流，调节到两者基本相等，可以更好地起到过载保护作用。选择时应使正常工作电流小于或等于某一等级热元件的额定电流。例如，正常工作电流为 1.3 A 的线路，其热继电器应选择额定电流为 1.6 A 这一等级的热元件。

表 1-4 JRO-20/3 热继电器技术数据

型 号	额定电流	热 元 件 等 级	
		额定电流 (A)	刻度电流调节范围 (A)
JRO-20/3	20	0.35	0.25~0.35
		0.50	0.32~0.50
		0.72	0.45~0.72
		1.1	0.68~1.1
		1.6	1.1~1.6
		2.4	1.5~2.4
		3.5	2.2~3.5
		5	3.2~5
		7.2	4.5~7.2
		11	6.8~11
		16	10~16
		22	14~22

五、速度继电器

速度控制可以用速度继电器来实现。

图 1-10 为感应式速度继电器的原理图。其结构和工作原理与鼠笼式感应电动机相似，它的转子是圆柱形铁镍合金制成的永久磁铁，转子的外面有一个圆环，圆环内装有如鼠笼式电动机转子的短路绕组。此圆环装在另一套轴承上，可以转动一定的角度。当速度继电器的转子旋转时，永久磁铁的磁通切割圆环内的短路绕组，在绕组内产生感应电势和电流。此电流和永久磁铁的磁场作用产生转矩，使继电器的定子柄向旋转方向转动，拨动簧片，

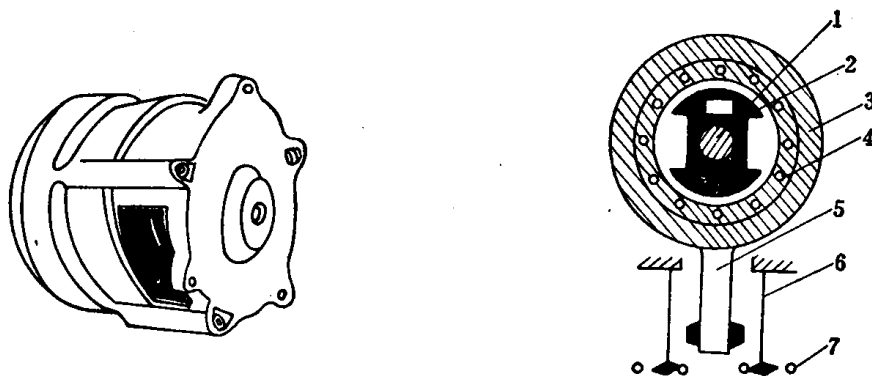


图 1-10 感应式速度继电器

1—电动机轴 2—转子 3—定子 4—绕组 5—定子柄 6—簧片 7—触头