

机床微型计算机控制系统

黄安南 殷壁昆 王晓澎 编著

张振宇 审

电子工业出版社

内 容 简 介

本书共三章,第一章先介绍机床总体要求和机床各部间的配合关系,然后引出数控机床和如何用微型计算机控制机床。第二章为机床微机控制系统的设计,它由浅入深地讲述一般控制和微型计算机控制的设计方法及设计步骤,着重提出微型计算机在机床控制系统中的作用及与一般机床控制元件(器件)的共同之处和不同之处。最后介绍一些典型机床微型机控制系统的电路设计、程序设计。第三章先介绍微机改造旧机床时应该考虑的问题,然后介绍几个改造实例。

机床微型计算机控制系统

黄安南 殷壁昆 王晓澎 编著

张振宇 审

责任编辑:邓又强

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

山东电子工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 10.5 字数: 255千字

1988年6月第1版 1988年6月第1次印刷

印数: 1—10000 定价: 2.85元

ISBN7-5053-0228-0/TP·25

前 言

根据计算机技术与培训网教材编审委员会要求,我们编写了此书,它是从事机床总体设计(或改造)的机械专业人员、从事机床电气控制系统设计人员培训的教材。本书根据一般从事机床设计(或改造)的专业人员已具备的基础知识,从传统的控制方法逐步引入微机控制方法,尽可能采用微机控制和一般控制对比的方式来写,力图通俗易懂,便于自学。

本书主编是中国计算机技术服务公司四川分公司黄安南同志。

本书第一章由殷壁昆同志(四川计算机公司)写,第二章由王晓澎同志(四川计算机公司)写,第三章由殷壁昆同志、王晓澎同志合写。黄安南同志对本书进行了修改和补充,并对全书进行了统编。

本书主审是张振宇同志(中国科学院沈阳计算所)。他对本书的编写始终给予了积极的支持和帮助。北京工业大学宗德忠同志和山东分公司的何积功同志,对全书进行了初审及文字上的修改,参加审稿会的所有同志都提出了很好的修改意见。我们表示衷心地感谢。

本书的编写和出版工作得到了周明德、王亚明、邵祖英等同志的大力支持,并提了宝贵意见,我们在此表示感谢。

由于本书编写方法不同于一般介绍微机控制的书籍,我们也是初次尝试,水平有限,难免出现不少缺点和错误,恳切希望读者给予指正。

编 者

一九八六年十月

概 述

现代科学技术的高速发展使微型计算机得到了广泛应用。从自动控制,数值计算到信号处理各个领域,微型机都发挥着积极的作用。它以体积小,可靠性高,价格便宜和使用方便等优势,不断地渗透到国民经济和社会生活的各个角落。

当前机械制造技术发生着重大的变革,进入了一个新的发展时期。摆在我国机械工业面前的任务是如何结合我国机械制造业的现状,用较少的资金迅速改变机械制造业落后的生产面貌。

我国现有机床三百多万台,居世界第二位。但大部份机床比较陈旧,性能落后。其机床役龄10年以上的占50~60%,20年以上的占25%,并且大多数是50年代产品的水平。因此,提高机床的自动化程度,减轻工人的劳动强度,对原有机床进行技术改造,是当前面临的一个迫切而重大的任务。

目前机床生产(或改造)中,一般是由从事多年的机械科技人员担任总体设计工作。他们具有实际工作经验,对机床的性能、特点比较熟悉,对原来控制系统也有所了解,但对微型机工作原理及其运用知识较为缺乏。

一台完整的机床总体设计范围包括较宽。在电气控制系统中,计算机要控制各个执行机构的动作及其在不同时刻的配合;在运行过程中,遇到故障能自动处理等。这些功能靠软件设计和硬件设计相互配合来完成。

不论是软件还是硬件的设计,都要相互配合地进行。也就是说硬件设计人员要了解软件的设计方法和技巧,软件设计人员同样要了解硬件设计方法和技巧。对于一个小型的机床微机控制系统,往往要求硬件和软件都由一个人来设计,这就要求设计人员的知识面较宽。对较大的数控机床控制系统,硬件、软件的设计要由数人来承担,这就需要相互配合,尽可能把设计方法和思路统一起来。特别是与微机接口的地方,对接口电路(如PIO、CTC、ADC、DAC等)的功能,编程和使用方法,都必须熟练掌握,这样才能设计出最佳的控制系统。

机床总体设计是整个机床设计的核心和总体方案。

设计者对整个机床的机械、液压、计算机软件、硬件及驱动系统都要全面了解,统一考虑。因此,本书根据从事机床总体设计人员的知识结构,在第一章里讲述电气、机械、液压三者间的关系,提出了电气控制系统在机床中的地位。比较一般控制系统和微机控制系统的共同之处和不同之处,提出了微型机作为一个特殊控制部件引入机床控制系统,介绍了微机的性能和使用方法。第二章讲述微型机控制系统的方案选定,控制程序的设计,给出了常用的接口电路和插补运算程序,并以两个实际机床控制系统的设计着手,详细介绍了系统的设计步骤,硬件和软件的联系。使读者对机床控制系统的整个设计过程有一定的了解。第三章讲述微机用于旧机床改造时,原机械和电气的取舍考虑,如何取代原控制电路和元件以及如何降低费用等。

目 录

第一章 机床一般控制系统与微机控制系统	(1)
第一节 控制系统在机床中的地位	(1)
一、机床主要部件的功能	(1)
二、电气、机械、液压(气压)三者间的配合关系	(3)
三、控制系统的作用	(3)
第二节 机床一般控制系统	(5)
一、常用控制元件、控制电路	(5)
二、控制系统的分类	(9)
三、控制系统的选择	(11)
四、数控技术的引入	(12)
第三节 机床微机控制系统	(24)
一、微型机(TP-801)简介	(24)
二、系统的组成	(27)
第四节 一般控制系统和微机控制系统的比较	(36)
一、典型液压进给环节的两种控制系统	(36)
二、自行车车圈冲孔机床的两种控制系统	(37)
三、一般控制系统与微机控制系统的比较	(39)
第二章 机床微机控制系统的设计	(41)
第一节 控制方案的选定	(41)
第二节 控制程序的设计	(41)
一、程序设计的步骤	(42)
二、程序预计的一般方法和技巧	(43)
第三节 控制系统中进给环节接口电路和程序设计	(44)
一、取代步进电机进给系统中环行分配器的电路和程序设计	(44)
二、可判原步状态和控制正、反、停转的步进程序设计	(46)
第四节 插补运算程序设计	(52)
一、直线插补程序设计	(52)
二、圆弧插补程序设计	(66)
三、插补运算程序的建立和通用主程序的设计	(96)
四、具有自动换象功能程序的使用	(101)
第五节 三座标二联动数控铣床控制系统的设计	(107)
第三章 机床传统控制系统的改造	(119)
第一节 微机改造旧机床的一般方法	(119)
第二节 汽车凸轮轴淬火机床的改造	(121)
一、原控制系统的设计构思	(122)

二、用微型机取代原控制电路.....	(122)
三、原器件的替换和代用.....	(127)
第三节 高精度内圆磨床进给系统的改造.....	(127)
附录一 TP-801单板机使用说明.....	(140)
附录二 Z80 指令表.....	(143)

第一章 机床一般控制系统与微机控制系统

第一节 控制系统在机床中的地位

一、机床主要部件的功能

一台机床主要由主机(机械)、液压和电气三部份组成。

1. 主机(机械)部份

主机是机床的主体部份,主机是由各种不同功能的机械部件所组成。由于机床的类型很多,主机根据加工零件的要求不一样,机械部件种类和功能差别也很大。

车床、刨床、铣床、钻床、磨床、插齿机床等这类金属切削机床都包括床身、床头、工作台、刀架及各种进给机构等部件。非金属切削机床一般都没有刀架。不论怎样,要对工件进行加工,进给机构的动作要求、进给量的控制及操作方便等问题都是主机设计时必须考虑的。

机床的主轴旋转,工作台的进给量通常是由电动机驱动,通过中间传动机构(如齿轮、凸轮、齿轮齿条、内带、轴等)把运动传递给主轴或工作台。因此,控制电机的转动就直接控制了主轴旋转和工作台的进给。

2. 液压部份

如上所述,由机械传动件做为传动机构的传动方式称为机械传动。液压传动和机械传动是不同的,它是靠以液体为传动件(介质)。它克服了机械传动可能造成的传动件受拉、弯或扭等产生的变形。图1-1是简化了的液压传动模型。它由1、2两个缸,3、4两个活塞组成,两缸工作腔通过油管5互相连通。活塞和缸配合很好,既能滑动又不渗漏液体。缸工作腔和管5都充满液体并与大气隔绝。当活塞3向左运动时,缸1左腔的体积减少,液体受压,其中的液体只好通过管5挤入缸2的右腔,进入缸2右腔的液体推动活塞4向左运动,这样就把活塞3的运动传给了活塞4,可见这种传动是靠充满缸、管而又与外界隔绝的液体,而不是靠其它的机械部件来传动的。

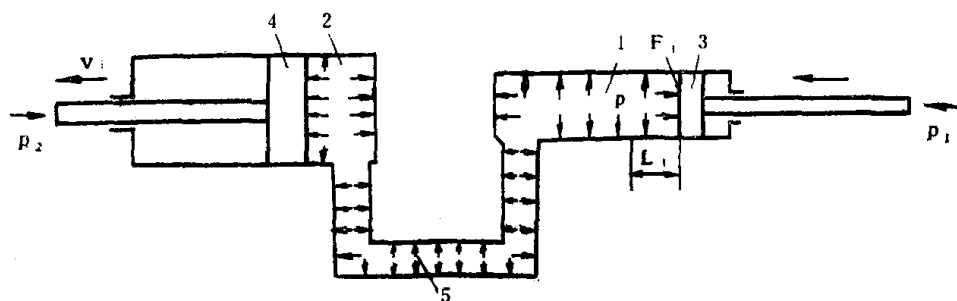


图1-1 液压传动模型

1、2.油缸 3、4.活塞 5.油管

为了说明机床液压传动系统与控制系统的关系，我们首先分析一种简单平面磨床工作台液压传动系统。

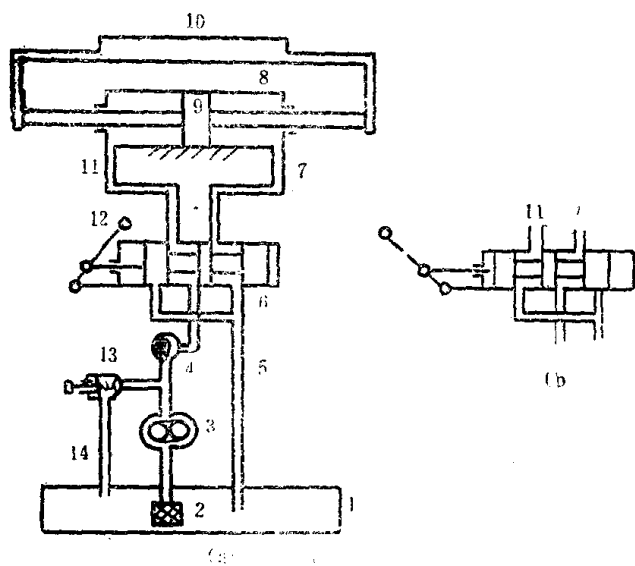


图1-2 简单磨床工作台液压系统原理

1. 油箱 2. 滤油器 3. 油泵 4. 节流阀
5. 油管 6. 换向阀 7. 油管 8. 油缸
9. 活塞 10. 工作台 11. 管路 12. 换向
开关 13. 溢流阀 14. 油管

如图1-2所示，电动机带动油泵3从油箱1吸油，并将有压力的油送入管路。压力油首先经节流阀4，再经过换向阀6，然后进入油缸8，当换向阀处于图1-2(a)所表示的位置时，压力油经过阀芯左边的环槽，再经管路11进入油缸8的左腔。油缸8是固定在床身上不动的，因此在压力油的推动下，活塞9带动工作台10向右运动。在这同时，油缸右腔的油被排出，经油管7换向阀右边的环槽和油管5流回油箱。

磨床磨削工件时，根据加工要求不同，工作台运动速度必须可以调整，同时为了连续进行磨削，工作台要作往复运动。上述节流阀4换向阀6就是为了满足这些要求而设置的。节流阀作用和水龙头类似，改变节流阀

开口大小，就能控制通过节流阀油液的流量，从而控制工作台运动速度。换向阀控制油液流入油缸的左腔或者右腔，使工作台相应是右行或左行。图1-2(a)所示工作台是向右行，图(b)工作台左行。

一个完整的液压系统是由下面几部份组成的：

(1) 动力元件——油泵。它供给压力油，将电动机(或其它动力源)的机械能变为液体压力能；

(2) 执行机构(液动机)——油缸或油马达。用它来带动机器的工作部件，它将液体的压力能转变为使工作部件运动的机械能；

(3) 控制元件——各种阀。如压力阀(溢流阀等)，流量控制(节流阀等)，方向控制阀(换向阀、单向阀等)。各有一定作用互相配合完成机械运动的要求；

(4) 传动介质——油液。用来传递能量；

(5) 辅助装置——如油箱、滤油器、管路、管接头和压力表等。

上述第(4)和第(5)部份与电气控制系统无关。第(1)部份动力元件只要电气系统在规定时候接通油泵电机电源，使液压系统具有工作的必要条件就行了。第(2)部份执行机构和电气控制系统只是间接关系，没有直接关系。第(3)部份控制元件，是电气控制系统的主要控制对象。特别是方向控制阀的阀芯动作一般是靠阀芯电磁线圈的得电、失电来控制的。以后我们所讲的电磁铁都是直接与各种阀芯联系在一起的。

3. 电气部份

根据机床动作要求和加工精度要求不同，电气系统的复杂程度也不一样。它由主回

路系统及一些控制回路系统组成。

回路系统的功能是对机床的各个动力元件(水泵电机、工作台运行电机、主轴旋转电机、各进给机构电机、液压油泵电机等)及控制元件(各种电磁铁、接触器、可控硅等)的工作状态进行控制,以满足不同的工作环节的动作要求。它在控制回路的配合下使整个机床满足工艺程序要求。

二、电气、机械、液压(气压)三者之间的配合关系

正如上面所述,主机部分是整个机床的主体部份。为解决主机各部件的动力传输和动作引入液压控制系统。

液压传动具有运动平稳,调速简单方便等优点,在机床中经常被用来控制各运动机械部件的运动。液压力由电动机带动油泵旋转而形成。同时,压力油流动的方向和压力的大小及流量多少决定了机械各部件的运动方向和速度。而液压油的方向又基本上是由电气系统来控制的。因此,最终对机械各部件的运行控制还是由电气控制系统来完成。

机床总体设计者在设计之前,首先根据机械各部件的结构情况,提出各运动部件采用的传动方式。选定传动方式时,应该从总体的角度上来考虑问题。在保证满足要求的前提下,哪一种传动方式方便就选用哪一种,不一定整个机床各运动部件的传动方式都要统一。

机床采用液压传动主要取决于无级调速、便于自动化、无间隙传动、实现频繁往复运动、便于机床布局以及可以简化结构等优点。但也要考虑液压传动有漏油、传动效率低、液压元件中有些另件质量要求较高等缺点。

另外,有时机械(或液压)作一些小的改动,就会使电气控制系统简化。反过来电气控制系统多加一些控制功能也会使机械(或液压)部份简化。

因此,机械、液压、电气三者如何配合应反复权衡各种设计方案的利弊,最后选定最佳方案。随着目前自控系统及微机的使用,电气控制系统日趋复杂化,而机械和液压系统日趋简单化。凡可用电气系统实现的功能,尽量使用电气系统,而不使用机械系统。其道理就是机械加工工艺复杂,加工周期长,维修操作不方便,见效慢。

三、控制系统的作用

控制系统是机床正常工作的保证。

为了提高工作效率,减轻工人的劳动强度,保证加工工件的精度和机床的稳定性,应尽量提高机床的自动化程度。

自动化程度可以用机床自动工作时间与全部工作时间的比值来表示。根据自动化的程度,机床一般被分为普通机床,半自动机床和全自动机床。具有完整的工作循环(包括自动装卸工件,能连续不断工作)的机床称为全自动机床。一般来讲全自动机床都配有机械手。机械手的动作有简单的、复杂的,有动作范围宽和动作范围窄的。一般只要能解决自动上下料,都可称全自动机床。半自动机床的要求仍然是要能完成一个工件的全部加工过程,但不包括自动装卸工件。因此不能连续工作。普通机床虽然也有一些自动化装置,但它不能自动完成一个完整的工作循环。这些功能都由控制系统完成。

要提高机床的生产率(机床的生产率通常是指在单位时间内机床所能加工的工件数量)。必须缩短加工节拍时间(每个工件加工所用的时间叫工件节拍时间)。其中包括缩短切削加工时间,上、下工件时间,辅助时间以及每个工件的准备时间。在合理的工艺流程下采用先进刀具提高机床的切削速度,大进给、多刀多刃和成形切削、自动换刀等都能提高生产率。

数控机床的出现,能很方便地准确地按人们事先安排的工艺流程实现上述的加工动作。这样不但使生产率提高,而工件的加工精度也大大提高。

影响机床加工精度的因素很多。例如,机床的几何精度,传动精度,运动精度和刚度等。几何精度取决于机床主要部件的几何形状和相互位置。传动精度取决于传动系统中机件的制造精度和装配以及传动系统设计的合理性。运动精度是指机床在空载的条件下,以工作速度运转时的精度。

控制方式有时对精度也会有一定的影响。例如,在步进电机进给系统中,步进电机实际步进量与给定量之间的误差,步进电机的特性均会影响精度和光洁度。

机床的工艺可能性是指机床适应不同生产要求的能力。主要包括的内容:(1)机床可以完成的工序种类;(2)加工零件的类型,材料和尺寸范围;(3)毛坯的种类等。工艺可能性主要根据生产批量,也就是根据工序要分散还是要集中而定的。在大批量生产中,为了提高生产率,工序往往是分散的,一台机床只担负几道甚至某一道工序的加工。这样,工艺可能性就降低了。在小批量生产中,产品多变,工序应适当集中,使一台机床能完成尽可能多的工序。因此,用于小批量零件生产的通用机床,要适应不同的加工要求,工艺可能性就应宽一些。例如应具有较宽的变速范围和较充裕的尺寸参数,以及配有较多的附件等,以保证机床的应用范围。自动换刀数控机床可以在一次安装的情况下完成较多的工序加工,并达到很高的精度,它的工艺可能范围是相当宽的。

综上所述,机床的自动化程度、生产率、工艺可能性范围以及加工工件的精度、光洁度等,都与控制系统密切相关。在机床总体设计中,电气控制系统的设计是一个重要的环节,控制系统的先进性、合理性决定了机床的先进性。

由于全自动机床,都包含了一些调整功能,这样就使得控制系统的复杂性增高。因此在机床总体设计时应考虑调整的必要性和控制系统复杂性之间的矛盾,应考虑控制系统的维修以及机床的造价等问题。要根据实际情况决定机床的自动化程度及实现自动化所采取的手段。有的机床运用范围较宽,工件品种变化较大,不易实现全面的自动化,也应尽可能实现局部的自动循环。另一方面对于各加工面之间相对误差要求较高,不易经常改换及装卸的加工零件,在设计机床时应尽量考虑采用自动换刀控制系统。

数控机床的出现,为提高加工复杂的、品种多变的零件的生产率,开辟了很好的前景。许多较复杂的零件,一次就能加工成形。工件尺寸和形状的改变,只要适当变化对应的控制程序就可以了。这就是由于微型机的出现,使用了大量的软件程序,实现了需要许多硬件电路难以实现的复杂工艺,提高了机床的自动化性能,大大降低了数控电路的硬件成本。微型机的出现,为数控机床开辟了广阔的前景。

第二节 机床一般控制系统

一、常用控制元件、控制电路

1. 控制元件(器件)

任何控制系统都是由各种控制元器件组成。各种控制元器件的不同组合或各种不同排列的控制电路,都将起到不同的控制效果。机床中使用的控制元器件,也是随着科学技术的发展而不断更新和完善的。

在传统的机床控制系统中使用的控制元件,一般是有触点控制元件,即是靠控制元件触头的闭合(或断开)来对电路进行控制。

控制元件触头能流过较大的电流,可以直接接入系统主回路,控制执行元件工作。它运用起来简单、方便。同时,这类元件抗干扰能力较强,适用于在环境比较恶劣,干扰源较多的场合。这类控制元件就是我们经常使用的中间继电器和接触器,它具有多组常开,常闭触点供设计人员选用,使用起来很灵活方便,另外,这类控制元件目前已经产品化,系列化。有直流,交流、各种电压型号、各种电流型号,根据控制的对象直接选用就可以了。

由于触点的动作(闭合和断开)是机械动作,这样元件本身因疲损降低了控制效果。另外这些元件的得失电过程,往往也会产生一些复杂的干扰信号,这些信号对触点元件一般不会起作用,但对附近的电子器件正常工作无疑也是一种干扰。

这类控制元件最常用的有中间继电器、时间继电器、接触器等。

晶体管控制元件和器件不存在机械疲损,运行频率也很高。在机床控制系统中最常用的晶体管控制元件是晶体二极管、晶体三极管和可控硅等。这类元件一般称为无触点控制元件。在机床控制系统中主要是用于逻辑控制电路中,要求能确保管子可靠地工作在开通或断开状态。随着科学技术的提高,大量无触点的大功率开关器件正在不断地被设计人员所重视和采纳。特别是用来作为微机控制系统的末级放大。为了使用方便,具有一定控制功能的晶体管组件目前很多,可以直接选用。

2. 基本控制电路

机床控制系统中的控制电路一般分为:

主控制回路——它是直接控制或驱动执行元件工作的控制电路。如电机启动、停止控制电路,电磁铁控制电路等。

中间控制电路——它不直接驱动执行元件的动作,但控制着整个系统工作,也决定着主电路的工作状态,是机床控制中的核心控制电路。

信号显示控制电路——它是整个控制系统的状态指示,一般安装在控制柜的面板上,供操作者了解电路的工作状态和运行情况。

控制电路可以根据情况使用不同的控制元器件来组成。要达到同一种控制目的,有时可以使用不同的控制元件来完成,并且电路组成的形式也可各不相同,灵活性较大,各有优缺点。

由于机床要控制的对象和方式比较固定,现在一些常用的控制电路也趋近成熟。比如最常用的电机启、停,制动控制电路,不论是使用有触点控制元件还是使用无触点控制元件都有标准的控制电路。

(1) 步进电机及控制电路

步进电机控制系统普遍应用于机床控制中。控制步进电机的环形分配器和驱动电路是目前机床控制系统中常用的电路。

步进电机工作原理：一般电机是连续旋转的，而步进电机是一步一步转动的，每输入一个脉冲，它就转过一个固定的角度(称为步距)，这说明步进电机与一般电机工作原理是不相同的。它的工作原理实际上就是电磁铁作用原理，当某相绕组通电，定子就产生磁场，并与转子形成磁路，如果这时定子齿与转子齿没有对齐，则由于磁场的作用，就带动转子使定子齿与转子齿对齐。

以SE-3型步进电机为例，该电机的三对定子磁极是由A、B和C三组相绕供电，转子无绕组，但铣有四十个齿，每个齿的宽度和间隔都是一样的。因此，齿与齿之间的夹角是 9° 。定子的三对磁极是均匀地分布在圆周上的，相邻磁极间的夹角是 60° ，磁极有五个齿，每齿的宽度和间隔都是一样。对一个磁极来说，相邻两个齿的夹角也是 9° 。定子与转子的剖面示意图如图1-3所示。

根据图1-3所示，我们来看步进电机是如何转动的。设开始A相通电，B、C两相均不通电，由于磁场的作用，要使转子转动到转子齿与A相磁极的齿都对齐为止。我们以此作为起始状态，看看此时B相磁极的齿与转子之间的相对位置。因为B相磁极与A相磁极在空间上相差 120° ，那么转子现在应是第几个齿出现在 120° 处(令A相磁极的中心线对应的齿是第0个齿)呢？显然是不可能有一个转子齿正好在 120° 处。而是第 $120^\circ/9^\circ$ 个齿靠近 120° ，与 120° 相差 3° ，即当A相磁极的齿与转子齿对齐时，则B相磁极的齿必定与转子齿相错开，而小于 3° 。同样可以得出C相的齿和转子齿也相错开 3° ，不过它是大于 3° 。综上所述，可以得出这样的结论，错齿是步进电机的主要矛盾。它是推动步进电机旋转根本原因，也是它区别于其它电机的主要根据，若不错齿也就不成其为步进电机了。抓住了步进电机错齿这一主要矛盾，我们只要使它的定子、转子间依一定规律错齿，就可以制造出各种不同的步进电机。因此，除了上面介绍的这种单段式(即单段定子)步进电机外，还有多段式的步进电机，如五段式的步进电机，是把定子分成五段，段与段之间互相错开 $1/5$ 齿，每段定子各由一相绕供电，这样可以使步距做得很小。

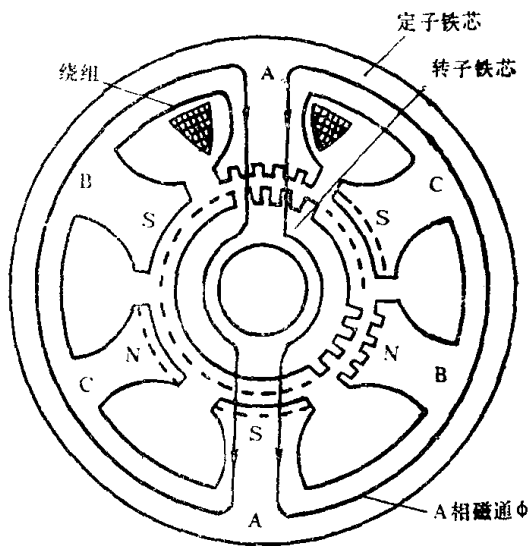


图1-3 步进电机定子与转子剖面示意图

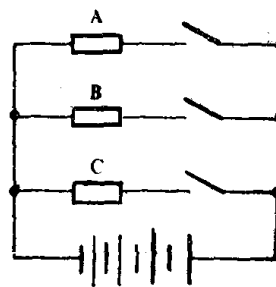


图1-4 步进电机得电指意图

若把步进电机按图1-4所示接上电源。当A相停止通电,而B相通电时,磁力使转子按顺时针方向转动 3° 。若不是B相通而是C相通电,电机就按反时针方向转动 3° 。因此若按A、B、C依次给定子绕组通电,电机就会按顺时针方向一步一步地转动 3° 。若按C、B、A依次通电,电机则按反时针方向转动。这就是所谓三相三状态(或叫三相三拍)工作方式。当然也可以每次同时两相通电即AB、BC、CA或AC、CB、BA,这种供电的方式,步距也是 3° 。现在常用的三相六拍供电方式,即按A→AB→B→BC→C→CA→A…的顺序通电,这种方式的步距是 1.5° 。

五段式的步进电机有五相五拍五相十拍供电方式。如何实现对这些供电方式,是属于步进电机的控制问题。

步进电机的输入信号是一系列的脉冲。要控制步进电机就需要对输入脉冲加以控制,也就是用变化的脉冲使步进电机的绕组按要求,顺序循环通电的电路,即环形分配器来控制。环形分配器的组成由步进电机绕组通电方式来决定,下面我们以三相六拍环形分配器为例,加以介绍。

步进电机A、B、C三个绕组按A→AB→B→BC→C→CA或A→AC→C→CB→B→BA的顺序通电称为三相六拍工作方式。前者的通电方式使电机顺时针转动,后者的通电方式使电机逆时针转动。

这种步进电机的环形分配器有三个输出端,由三个触发器组成,设触发器C1、C2和C3的输出端Q1、Q2和Q3分别控制A、B、C三相绕组。输入脉冲到来之前,分配器置于100状态,即C1为1, C2和C3为0。在正转、反转两种情况下,分配中触发器的状态如表1-1所示。表中0、1、2、3、4、5、6是指输入脉冲个数。

表1-1

正 转	C1	C2	C3	
0	1	0	0	6
1	1	1	0	5
2	0	1	0	4
3	0	1	1	3
4	0	0	1	2
5	1	0	1	1
6	1	0	0	0
	C3	C2	C1	反 转

正转的起始状态(即未输入脉冲前的状态)为100,也正是反转时输入第六个脉冲的状态,正转时输入第三个脉冲后的状态即是反转时输入第四个脉冲后的状态。

由表1-1可知,正转时分配器状态变化的规律为C1的反状态(C1)送给C3, C3的反状态送给C2, C2的反状态送给C1,即C1→C3, C3→C2, C2→C1。

反转时分配器状态的变化规律为C1的反状态送给C2, C2的反状态送给C3, C3的反状态送给C1,即C1→C2, C2→C3, C3→C1。

根据正反转时分配器状态变化的规律,可用D触发器组成正反转分配器。图1-5所示是正转的环形分配器,图1-6所示是反转环形分配器。

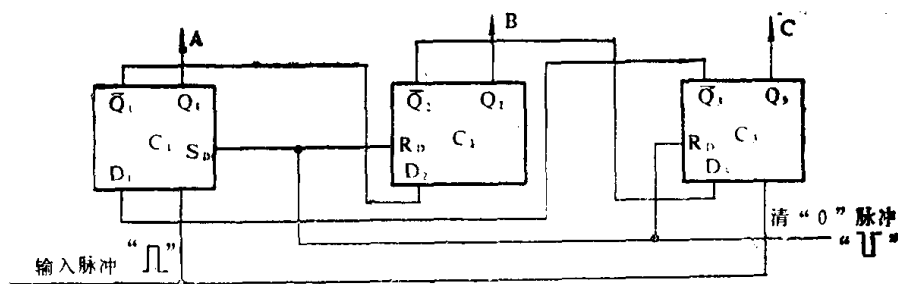


图1-5 正转环行分配器

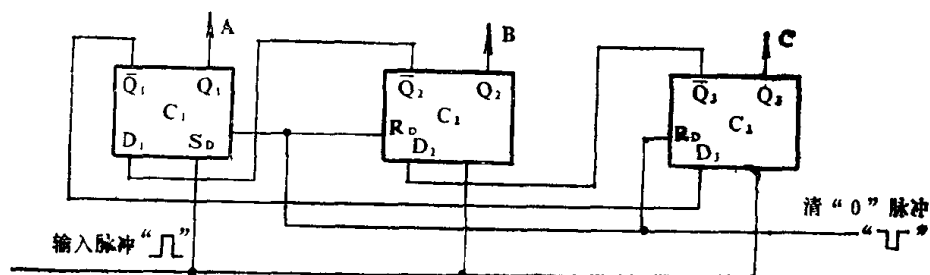


图1-6 反转环行分配器

随着集成电路的发展，现在已有集成在一片上的正反转环形分配器。根据情况接入控制电路就可以了。

用微型机控制步进环节，同样可以使用环形分配器。软件编程只用来实现对电机正、反转控制，如取消环形分配器原来有的一条脉冲输入线，现在用软件控制则要三条（对三相步进电机而言）独立的输入控制线，但取消了原来的正、反控制线和清零线。这些在以后的章节中再详细介绍。

图1-7所示是某机床中用来驱动步进电机绕组的功率放大电路。一般触发器只能给出几毫安电流，但是步进电机绕组却需要几安才能驱使电机转动，这就是功率放大所要解决的问题。这个放大器共分三级：第一级作为前级功率放大；第二级作为中功率放大，第三级为末级放大，直接驱动电机绕组。

放大电路的输入信号来自脉冲分配器。采用几相的步进电机，必须配几组同样的驱动电路。

功率放大电路种类较多，根据不同功率的步进电机，采用的放大级数和放大管也不一样。目前，为了使电机绕组中能得到一个恒定的电流，常使用恒流功率放大电路。其工作原理和上面介绍的基本相同，只是把BG3输出的电流大小值经取样、比较后反馈到电路的输入端，从而稳定输出电流。

(2) 可控硅开关电路

可控硅元件作开关作用时（工作于全开通或全关断两种极限状态），称为可控硅开关，可分为交流开关和直流开关两种。

可控硅开关是无触点开关，动作快、体积小，适合用于动作频繁或快速的机床控制

系统中。特别是由于可控硅开关可以输出大电流，负载能力很强，因此常作为终端控制元件。

这里主要介绍可控硅直流开关电路。在直流电路中，使用可控硅作无触点开关时，接通是很简单的，因为它已满足正向阳极电压的条件。只要在控制极上加入一个正向控制电压，即可导通。但关断就不那么容易了，必须使阳极和阴极间的正向电压等于或小于零。

在机床控制中，经常采用的电路如图1-8所示。

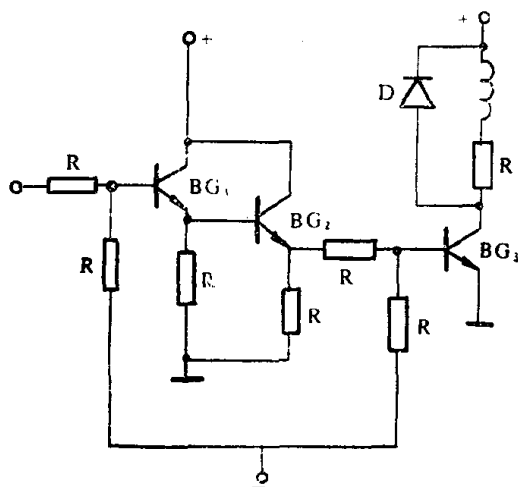


图1-7 步进电机绕组功率放大电路

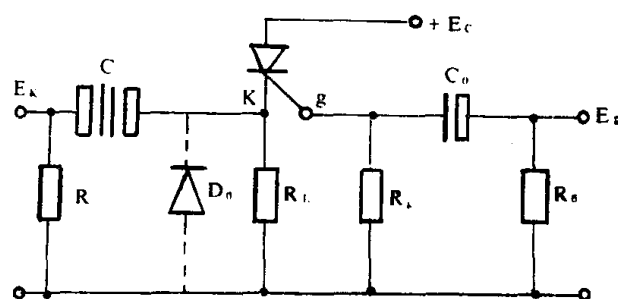


图1-8 可控硅开关电路

当可控硅SCR的触发端加上触发电压 E_g ，在触发端就会出现一个瞬时电压使SCR导通，电流 I_d 经SCR流过负载 R_L （ R_L 可以是电磁阀线圈，也可以是继电器或别的控制元件）。同时经 R 对电容充电。直到 K 点电位充到近似 E_C （除去SCR正向压降）。这时 E_g 不论有无，可控硅都是导通的。

加上可控硅关断电压 E_K ，这时瞬间电压 $V_K = E_K + E_C$ ，SCR阴极电压高于阳极电压使其截止，开关为关闭状态。 R_L 中无电流流过。

要再次触发可控硅前， E_g 电压必须断开一次，电容器 C_0 经 R_0 放电。然后再加上触发电压 E_g ，可控硅就再次导通了。

一般为了保证避免可控硅频繁开关时，造成可控硅损坏（特别当大电感负载时），可在负载两端并接一个二极管 D_0 。

E_g 和 E_K 做为可控硅导通（开）和截止（关）的控制信号，决定 V_K 是否有高电位输出。表1-2为逻辑功能表。

表中格内的“1”、“0”表示状态。开始为“1”，下一个状态来之前必须为“0”。

表1-2

E_g	E_K	输出 V_K
0	10	0
10	0	1

二、控制系统的分类

机床控制系统分类较多，但一般可以按以下三种方式来分：按控制方式分，按系统的特点分，按系统的复杂程度分。

1. 按控制方式分

按控制方式分为开环控制系统、闭环控制系统、“死挡铁”定位控制系统、混合控

制系统。

(1) 开环控制系统

开环控制不对控制的结果(即被控量)进行任何测量和检验,只是根据输入信号进行控制,在控制过程中,对控制结果可能出现的偏差没有进行修正的能力。比如,在干扰的作用下,执行部件的误差,控制系统不能反映出来,从而造成控制误差。这就是开环系统突出的缺点。但是,由于它不对被控量进行检测,因此,系统结构简单。在被控量很难进行测量的地方,而控制精度又不一定要求很高的时候,开环系统还是常常用到的。

在开环系统中,系统发出的信号是单向地去控制执行部件,没有对工件的检测装置和反馈元件。因而线路简单,调整方便。但是精度取决于执行部件和机床质量,故精度较差,只适用于一般要求的中小型机床。步进电机控制就属于这种开环控制。

(2) 闭环控制系统

闭环控制系统是指从输出端取出一定的变化量与输入量进行比较,产生一个偏差信号对系统进行控制。因此,闭环系统和开环控制系统的本质差别在于前者是以最终效果为准,后者是不管控制的最终效果,只根据输入信号进行控制。

闭环控制系统的机床工作台的移动位置有检测和反馈装置,控制装置发出的信号和实际移动量之间的差值通过执行机构进行校正。这类机床的特点是可以得到较高的加工精度(主要由检测装置的误差决定)。但这一系统把机械系统包含在闭环之内因此往往由于机床的爬行、共振造成不稳现象。因而在这类系统中对机床要求很高(如加强机床刚性、减少扭力和挠度、减轻轨面的重量等),这种系统适用于高精度机床。

目前尚有一种半闭环系统,它是为了取得开环系统的优点,但又能适当提高精度,而避免把机械包含在闭环之中,因而可以减少调整上的麻烦和不稳定性。其办法是用检测装置测脉冲马达的轴的转角,而不是象闭环系统那样去测工作台的移动。

(3) “死挡铁”定位控制系统

“死挡铁”定位在机床控制中是最常用的。从形式上看来,它和闭环系统很相似。因为它不管外界干扰,只控制最终运动部件的移动位置。但是它和闭环系统不同之处就是在高精度控制方案中往往不能采用,其原因是它排开了工作机构本身的传递误差(不是传动机构误差)和工件安装误差。如上所述的工作台定位,在需要控制的地方安上“死挡铁”,只要工作台进到规定位置,压住“死挡铁”,就发出控制信号使运行机构停止进给。但是由于工作台本身的刚度不好,或是刀具本身的磨损等都可能造成加工另件的误差。因此这种控制系统也被称为开环控制系统。

(4) 混合控制系统

在机床的整体控制系统中,有的局部系统或局部环节是闭环的,有的环节是开环的或“死挡铁”控制的,这种控制系统就称为混合控制系统。实际上,很多复杂机床控制系统,也并不是对所有环节都采用闭环方式。

2. 按系统特点分

(1) 定值控制——进给速度、进给量、刀具的转动速度等都是恒定的,不需调整。

(2) 程序控制——进给角度、进给量、刀具的转动速度等都是按预先给定的程序要求变化。

3. 按复杂程度分

- (1) 简单系统——一般指单回路系统和单支路系统
- (2) 复杂系统——一般指多回路系统和多支路系统

三、控制系统的选择

机床控制系统采用哪一种控制方案(即什么样的结构, 什么样的定值方式等), 要根据具体情况而定。一般需考虑以下几个因素:

- (1) 机床的先进性;
- (2) 被加工零件的精度和节拍要求;
- (3) 加工零件的毛坯尺寸和安装位置;
- (4) 测量方法是否简单。

控制方案定了以后就要考虑采取什么样的控制电路来满足控制方案。

在机床控制中, 控制电路一般分有触点控制和无触点控制。也有把用这种电路构成的控制系统分别称为有触点控制系统和无触点控制系统。

但是一个机床控制系统, 往往用了无触点电路也用了有触点电路, 这时就需注意不要混淆它们的含义。

有触点控制电路一般是指采用触头接通或断开来传递控制信号的电路。在机床控制中用得最多的触点控制元件是继电器, 所以有触点控制电路就是指继电器控制电路(其实有触点控制元件还很多, 如交流接触器, 直流接触器, 行程开关, 测量仪器的机械触头等)。有触点控制电路是靠机械力使电路接通或断开。由于有机械“疲损”, 触点磨损, 在频繁动作或用时时间过长, 电路可能出现误动作。但是正因为它是靠机械力接通、断开电路, 所以来自外界的电干扰几乎对它没有影响。加上触头可流过较大电流, 负载能力强, 因此, 在一般机床控制电路中经常被使用。

无触点控制电路是由无触点元件所组成的控制电路。常由晶体二极管, 晶体三极管, 可控硅及具有各种控制功能的集成电路所组成。它的特点是控制速度快, 运行频率快, 工作可靠等。

无触点控制电路包括的范围很宽。要达到对机床的同一控制要求, 往往可以采用很多种控制电路。选择哪一种控制电路, 还要根据具体情况来定。必须注意, 在满足控制要求的前提下, 控制电路越简单越好, 这将对安装、调试、维修带来极大方便。但必不可少环节和必要的控制保护电路不能随便减掉。

在一个控制电路中, 为了保证控制电路的可靠和减小系统的体积, 采用了无触点控制电路。但是常常又为了克服无触点控制电路的缺点, 比如负载能力差。又使用了有触点控制元件的动作, 再由触点元件去带别的负载。有时又用触点控制元件的触头去接通或断开无触点控制电路, 达到对整个电路的控制。比如, 机床中常用的典型的晶体管时间继电器, 是利用晶体管的截止或导通控制继电器的吸合或断开, 再由继电器的动作去控制别的电路工作。

控制电路定了, 控制元件的选用基本上也定了。这里所讲的元件选择主要是对元件参数的选择。

对于有触点控制元件的选择比较简单, 一般考虑触头对数是否够用, 触头允许流过