

数控机床

上册

前 言

数字程序控制是一门新技术，它产生于二十世纪四十年代末，五十年代初期，到今天不过二十多年的历史，却已经在很多部门中得到了广泛地应用。据某些资料报导，有些资本主义国家，每年生产的数控机床有几千台。但是，在阶级社会中，存在着新技术掌握在哪个阶级手里，为哪个阶级服务的问题，这就使得新技术带有鲜明的阶级性。毛主席早就指出：**美国确实有科学，有技术，可惜抓在资本家手里，不抓在人民手里，其用处就是对内剥削和压迫，对外侵略和杀人。**帝国主义、社会帝国主义发展数控技术，或者是为了追求高额利润，或者是为了更多地制造杀人武器，给全世界人民，首先是给本国的劳动人民带来的是痛苦和灾难。

在我国，数控机床的发展也是经历了两个阶级、两条路线的激烈斗争。在伟大领袖毛主席提出的：“**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义**”的总路线的鼓舞下，从一九五一年开始在我国有很多工厂、高等院校，科学研究机关开展了数控技术的研制工作。在短短的一两年的时间内就取得了很大的进展。但是，叛徒、内奸、工贼刘少奇和反革命修正主义分子林彪一伙，忽而推行它的洋奴哲学、爬行主义，忽而推行它的反动的“电子中心论”。其罪恶目的，就是企图使我国数控技术的发展纳入资本主义轨道。

无产阶级文化大革命的全面胜利，排除了修正主义的干扰。随着社会主义革命和社会主义建设高潮的兴起，数控技术又有了突飞猛进的发展。在“鞍钢宪法”指引下，工农兵成了技术革新的生力军，广大革命干部、革命知识分子与工农兵群众相结合，遵照伟大领袖毛主席关于“**中国人民有志气、有能力、一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平**”的伟大教导，努力学习马克思主义、列宁主义、毛泽东思想，狠批“洋奴哲学”“爬行主义”。狠批反动的“电子中心论”。深入调查研究，大搞群众运动。到今天为止又有很多部门的很多单位，研制成功了多种型号的数控机床。

为了适应工农业发展的需要，我们编写了“数控机床”讲义。主要目的是作为我校“数控机床进修班”的教材。分上下两册。上册为数控基础部分，下册包括控制机和拖动以及其他方面的内容。有关液压传动的一部分基础内容，我校另编写了“液压传动”讲义。这本讲义的重点主要是控制机。

由于我校进修班着重学习数控机床的维护和使用，又考虑到选用的材料应保持统一，因此讲义中以正逻辑系统为主，但也讨论一些负逻辑系统，采用的符号统一。

由于我们对毛主席的教育革命思想学习的不够，思想水平、业务水平，仓促，肯定有不少错误和缺点，恳切希望同志们提出宝贵的意见。

数控机床上册目录

第一章 概 论	1
一、什么是数字程序控制	1
二、什么是行程程序控制	2
三、开环数字控制系统	4
四、半闭环控制系统	6
五、闭环控制系统	8
六、点位控制系统	9
七、直线插补控制	10
八、曲线插补控制	13
九、简要小结	13
第二章 计数法	16
§ 2—1 概述	16
§ 2—2 二进制计数法	17
一、二进制数码的分配规律	18
二、二进制计数法的运算	20
三、正负数的表示法	21
四、十进制与二进制之间的转换	24
§ 2—3 二——十进制计数法	25
一、加权二——十进制计数法	26
二、循环码二——十进制计数法	28
三、自反二——十进制计数法	34
四、自补二——十进制计数法	34
§ 2—4 其他计数方法	36
第三章 逻辑运算的基本概念	38
§ 3—1 基本定义	38
§ 3—2 逻辑运算的基本方法	39
§ 3—3 逻辑运算的举例	44
第四章 逻辑电路	48
§ 4—1 二极管门电路	48
一、二极管正“与”门电路	48

二、二极管正“或”门电路	50
三、逻辑门电路的符号	51
四、二极管“与或”门电路	52
§4-2 射极输出器	54
§4-3 反向器	54
§4-4 正“与非”门电路	55
一、正“与非”门电路的工作原理	56
二、DTL集成电路正“与非”门	56
三、TTL集成电路正“与非”门	58
§4-5 正“或非”门电路	59
§4-6 “与或非”门电路	59
§4-7 晶体管分离元件触发器	63
一、触发器的工作原理	63
二、触发器的作用	64
三、XK535 机床用的触发器电路	70
§4-8 集成电路触发器	71
一、R·C 触发器	71
二、D 型触发器	72
三、T 型触发器	74
四、J·K 触发器	74
第五章 辑逻辑部件	76
§5-1 寄存器	76
一、数码寄存器	76
二、移位寄存器	79
§5-2 译码器	80
§5-3 计数器	84
一、二进制计数器	85
1) 二进制加法计数器	85
2) 二进制减法计数器	89
3) 二进制可逆计数器	89
二、二——十进制计数器	91
1) 脉冲反馈型加权二——十进制计数器	91
2) 阻塞反馈型加权二——十进制计数器	97
3) 自补码二——十进制计数器	100
4) 自反码计数器	101
5) 二——十进制减法计数器	102
6) 二——十进制可逆计数器	103
三、其他类型的计数器	103

§ 5—4	分频器	104
§ 5—5	同步脉冲发生器	109
§ 5—6	循环移位计数器	110
§ 5—7	循环码计数器	115
§ 5—8	分配器	117
§ 5—9	数码显示	118
	一、二进制计数的数码显示	118
	二、用十进制数字管的数码显示	119
§ 5—10	符合线路	121
第六章 运算方法及运算器		124
§ 6—1	加法运算	124
	一、串行加法器	124
	二、串行加法运算	127
	三、并行累加器	129
	四、“加一”运算	130
§ 6—2	减法运算	132
§ 6—3	乘法运算及乘法器	134
	一、二进制乘法运算	134
	二、乘法器	137
§ 6—4	乘方及开方	138
	一、乘方器	138
	二、开方器	140
§ 6—5	积分器	142
	一、积分的几何意义	142
	二、积分器的结构原理	143

第一章 概 论

一、什么是数字程序控制

生产过程的机械化和自动化,对于改善劳动条件,提高产品质量,提高劳动生产率和降低产品成本,有着非常重要的作用。但是通常的自动化机床和自动生产线,只有在产品的生产量足够大时,使用才是合理的。这主要是因为当产品型式改变以后,必须将原有的自动化机床或自动生产线进行调整。而在一般情况下,这种重新调整的工作量又是非常之大。因此只有在大批和大量生产的情况下,使用通常的自动机床或自动生产线才是合理的。

另一方面,根据机械加工生产的实际情况的调查,在一般机械工业中,产量在10—100件的中小批生产的零件的品种,约占整个产品品种的70%左右,而航空工业的生产中这种中小批生产的比重又比一般机械工业的比重要高,约占80%以上。这样就产生了一个生产过程自动化的要求和生产量又多数是中小批生产之间的矛盾,这个矛盾的发展,促使人们去创造快速调整的自动化机床。

程序控制机床就是快速调整自动化机床发展起来的。为了说明程序控制机床的意义,现分析图1—1所示的例子。

图中要求车削一根简单的台阶轴,用普通机床车削时,刀具快速接近工件,对表面1—2,2—3,3—4进行切削,然后在切削完毕后,刀具退回等一系列的动作,都是用人工手动的操作方法来完成的。

在与普通机床不同的自动机床上,这些动作多数是用凸轮轴上的凸轮或其他专门机构来控制。当零件的尺寸改变时,必须重新更换凸轮、调整尺寸。因此重新调整的工作量是非常之大的。

但近几年来,找到了另一条途径,就是把机床上的各种典型动作,如刀具快速接近工件,纵向进刀,横向进刀,退刀等等,加以归纳综合,定出一些标准动作,然后用一个程序控制板,(通常为插销板)依照所需的加工顺序加以适当的调整,使某一动作完成以后,自动转入另一动作,各种动作之间的依次转换可以用程序控制板很方便地加以调整。这就是程序控制机床。

上述的程序控制机床,由于控制动作的数量受到一定的限制,同时加工尺寸也多用挡

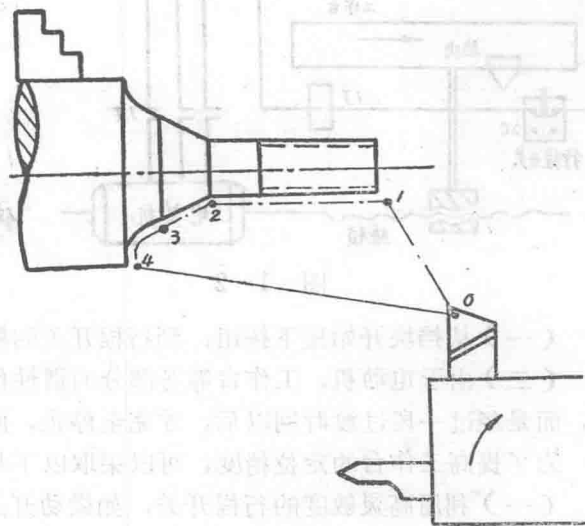


图 1—1

块行程开关等来保证，因而工作范围就受到一定的限制，而且尺寸的调整也比较麻烦，精度也不易保证。这就又进一步地促使程序控制机床发展成为数字程序控制机床。所谓数字程序控制机床就是把机床的各种动作和控制的尺寸，都用数字的形式表示出来，再经过专用电子计算机的变换，发出相应的指令去控制机床的动作。由于数字控制是采用电子计算机控制，因此在目前的发展阶段中，它的万能性和自动化程度都比较高，而且调整也很方便。数字程序控制，又称数字控制，简称数控，有可能应用到各种类型的金属切削机床。但目前的发展阶段中，这种技术主要还是应用在车床，钻镗床和铣床等方面。

二、什么是行程程序控制

行程程序控制的实现多数是采用继电器、行程开关等通用自动化元件构成。这种以通用自动化元件所组成的简易自动控制形式，由于它的线路简单，调整方便，已经在很多场合下得到应用。图 1—2 就是这种线路的最简单的型式。

按下启动按钮时，电磁铁 $1J$ 动作，接通电动机，同时将线路自锁。电动机带动丝杠转动，工作台沿箭头方向移动；当工作台移动至某位置时，挡块压下行程开关的按钮，使原来常闭的触点断开，电磁铁打开，电动机停止运转。用这种结构的行程控制，定位的精度不可能很高。造成精度不高的主要原因是：

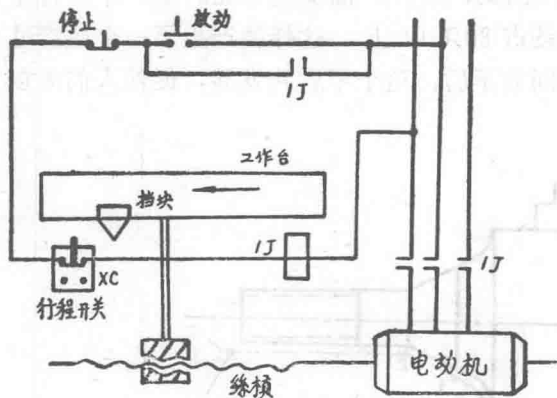


图 1—2

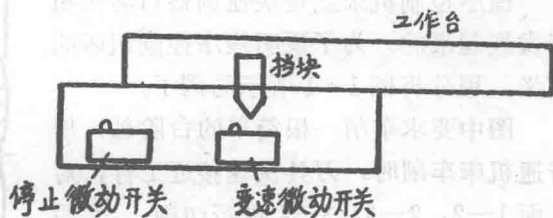


图 1—3

（一）从挡块开始压下按钮，到行程开关的触点开始脱开的一段时间并不是不变的。

（二）由于电动机、工作台等各部分的惯性作用，电路断电以后，系统并不马上停止动作，而是经过一段过渡时间以后，才完全停止，而这段时间的长短又受很多因素的影响。

为了提高工作台的定位精度，可以采取以下几种措施：

（一）利用高灵敏度的行程开关，如微动开关。

（二）利用两个或两个以上的微动开关，使工作台逐步减速，如图 1—3 所示。当工作台碰到第一个开关时（即变速微动开关），工作台并不立即停止动作，而是使工作台减速，直到碰到最后一个开关时（即停止微动开关），工作台才停止动作。

（三）由分析运动系统的各个环节可知，电动机转子的惯量，对系统惯性的影响较大。为了减小电动机转子惯量的影响，可以在电动机与丝杠之间用电磁离合器联结。在行程开关切断电动机电源的同时，将离合器打开。

（四）加装制动装置。

上述行程控制线路，仅控制了机床工作台一个方向的动作。下面再介绍一种可以控制机

床工作台纵、横两个方向的运动，以完成某种加工循环的线路，这种线路用在铣床上，只要适当地调整挡块的位置，就可以加工各种尺寸的正方形和长方形零件。其工作循环如下（如图1—4所示）：

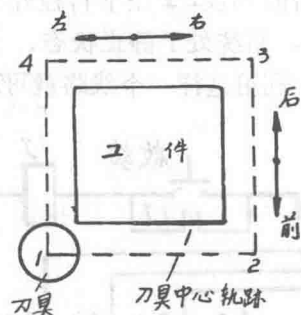


图 1—4

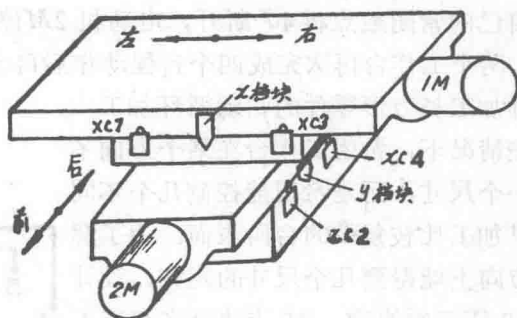


图 1—5

从原始位置1开始， X 方向工作台先向右移动，到点2以后， X 方向停止动作。然后 Y 方向工作台向后移动，到点3以后， Y 方向停止动作。然后 X 方向工作台再向左移动，至点4以后， X 方向停止动作。然后 Y 方向工作台向前移动，最后回到了原始位置点1。机床工作完毕。

为了实现上述的工作循环，分别在 X, Y 两个方向的固定部分，安装了四个行程开关 XC_1, XC_2, XC_3, XC_4 ，并在 X, Y 两个工作台的活动部分，固定了两个挡块 XT, YT 。（如图1—5所示）

这种结构的原理线路图如图1—6所示。当按下启动按钮时，电磁铁 $1J$ 接通，电动机 $1M$ 正转。由于电磁铁 $1J$ 的互锁触头已经闭合，所以松开启动按钮，电磁铁 $1J$ 不会断开。

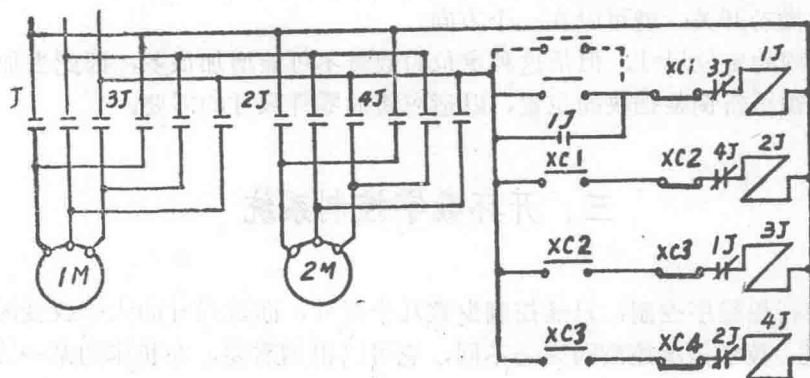


图 1—6

当 X 方向工作台向左移动至某一位置时， X 方向的挡块 XT 压下行程开关 XC_1 ，此开关用自己的常闭触点将 $1J$ 断开，用自己的常开触点将 $2J$ 闭合，结果 X 方向的电动机 $1M$ 停转。 X 方向的送进动作停止； Y 方向的电动机 $2M$ 开始正转，工作台开始向前移动。

当 Y 方向的工作台向前移动至某一位置时， Y 方向的挡块 YT 压下行程开关 XC_2 ，此开关用自己的常闭触点将 $2J$ 断开，用常开触点将 $3J$ 闭合，结果 Y 方向停止动作， X 方向的电动机 $1M$ 反转。 X 方向工作台向右移动。

当 X 方向的工作台向右移动至某一位置时, X 方向工作台的挡块 XT 压下行程开关 XC_3 ,此开关用自己的常闭触点,将 $3J$ 断开,用自己的常开触点将 $4J$ 闭合,结果 X 方向停止动作, Y 方向电动机 $2M$ 反转, Y 方向工作台向后移动。

当 Y 方向工作台向后移动到某一位置时, Y 方向工作台的挡块 YT 压下行程开关 XC_4 ,此开关用自己的常闭触点将 $4J$ 断开,电动机 $2M$ 停止转动,系统处于静止状态。当重新启动按钮时,两个工作台再次完成四个行程动作后自动停止。利用这样一个线路就可以在铣床上完成一种加工长方形零件的自动循环加工。

在有些情况下,希望工作台在某个方向上不仅能控制一个尺寸,而是希望能控制几个不同的尺寸,以加工比较复杂的台阶表面。为了解决在一个方向上能得到几个尺寸的定位,设计了如图1-7所示的线路。其方法是在机床工作台的活动部分装了四对挡块。而在工作台的固定部分上,相应地装了四个微动开关 XC_1, XC_2, XC_3, XC_4 。

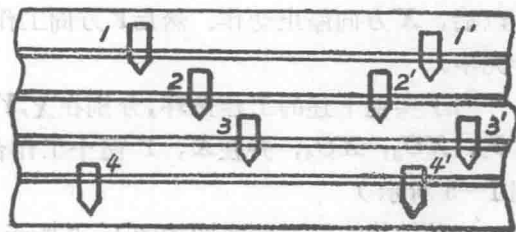
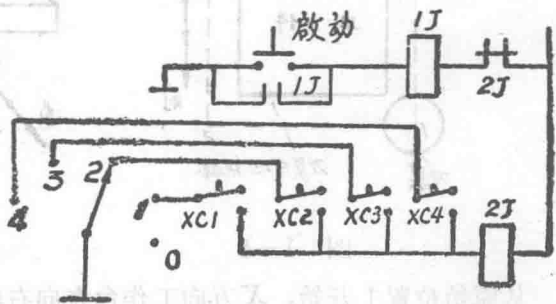


图 1-7

从线路图中可以看出,当波段开关搬到位置0时,四个微动开关都不起作用,搬到位置1时 XC_1 起作用,搬到位置2,3,4时, XC_2, XC_3, XC_4 分别起作用。这样可以将八个挡块的位置事先调好,根据需要,将工作台停止在其中任意一个可控制的位置上。这样就可以在一个方向得到四个不同的定位尺寸。如果多安装几排挡块和微动开关,就可以在一个方向得到更多一些不同的定位尺寸。但是这种定位的数量不可能增加很多,因此当加工的产品型式改变以后,必须重新调整挡块的位置,以适应新的零件尺寸的需要。

三、开环数字控制系统

前面介绍的行程程序控制,只能控制少数几个尺寸,而且尺寸的大小改变时,必须重新调整挡块的位置。数字程序控制则完全不同,它可以根据需要,在机床的某一方向控制任意的尺寸。

最简单的数字控制系统是开环步进系统,它的工作原理如图1-8所示。在机床工作台的某一端装上一只步进马达(又称脉冲马达),再将步进马达的转子与机床的丝杠直接连接起来,或通过传动齿轮连接起来。步进马达有这样一个特性,就是每输入一个电脉冲,它的转子就转动一固定的角度,通常称为步距角 α 。步距角的大小与步进马达的结构有关,常见的

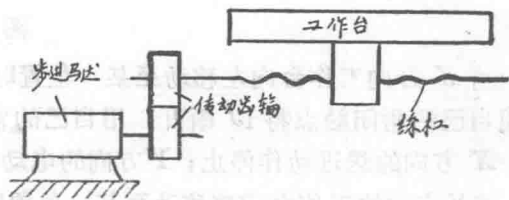


图 1-8

有： 1.2° ， 1.5° ， 3° ， 6° 等。在没有脉冲讯号输入时，步进马达的转子保持原来的位置不动。若向步进马达输入一个脉冲，转子就转一个角度。如果连续不断地向步进马达输入脉冲，步进马达就不停地旋转，但总的转角与输入脉冲的数量成比例。例如当步距角 $\alpha=3^\circ$ 时，输入30个脉冲，步进马达转 90° ；输入120个脉冲，步进马达转 360° ；输入240个脉冲，步进马达恰好转两转。

假定丝杠的螺距为6毫米，传动齿轮的传动比为1:1，那么每当步进马达旋转一转，工作台就会移动6毫米。因此只要我们控制输入脉冲的数目，就可以达到控制机床工作台位移的目的。为了控制输入给工作台的脉冲数目可以采用图1-9所示的结构。脉冲发生器按机床移动的速度要求不停地发出脉冲，这些脉冲通过控制门去控制步进马达转动。如果脉冲发生器发出的脉冲频率高时，工作台就移动得快些，如果发出的脉冲频率低时，工作台就移动得慢些。脉冲发生器向步进马达输送脉冲的同时，也向计数器输送脉冲，使计数器做减法计数。

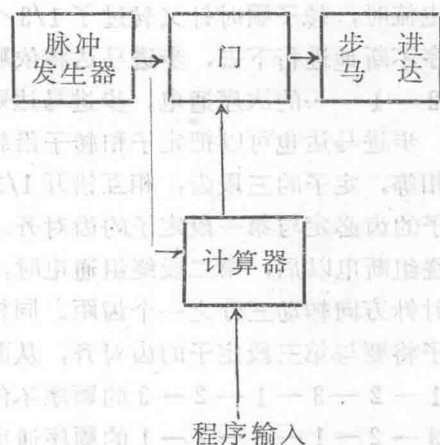


图 1-9

在计数器中事先记入工作台需要移动的数字。例如需要工作台移动6毫米，步进马达的步距角 $\alpha=3^\circ$ ，则需要向步进马达输送120个脉冲，这样就事先在计数器中记入数字120。当脉冲发生器向步进马达恰好输送120个脉冲的时候，计数器的数字减为“0”，称为全“0”状态。每当计数器出现全“0”状态时，控制门便关闭，使发生器的脉冲不能通过，因此步进马达停止转动，保证了工作台移动6毫米以后就准确地停止。

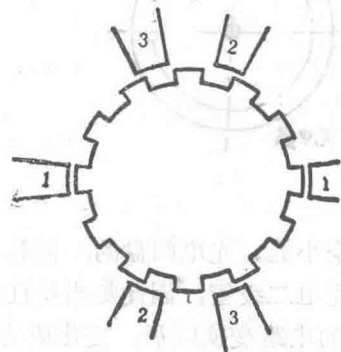


图 1-10

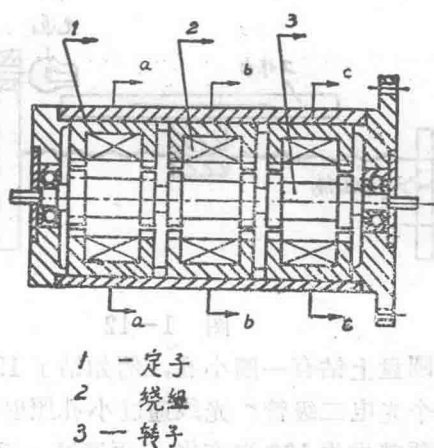


图 1-11

怎样保证步进马达的转子每输入一个脉冲就旋转一个步距呢？首先研究一个步进马达的模型，如图1-10所示，图中a是转子，b是定子，在定子上有三个绕组：绕组1、绕组2、

绕组3。当绕组1有电流流过而绕组2、绕组3没有电流流过时，转子的齿将会与绕组1的齿对齐。当绕组2有电流流过而绕组1、绕组3没有电流流过时，转子的齿将会与绕组2的齿对齐。当绕组3有电流流过而绕组1、绕组2没有电流流过时，转子的齿将与绕组3的齿对齐。又因为定子绕组的齿不是在圆周上均布的，而是相互错开 $1/3$ 个齿距。因此从绕组1有电流变为绕组2有电流时，转子顺时针旋转了 $1/3$ 个齿距。从绕组2有电流变为绕组3有电流时，转子顺时针又转过了 $1/3$ 个齿距。因此如果依照1—2—3—1—2—3……的次序不断地进行下去，步进马达将依顺时针方向不停地转动。反之，如果依3—2—1—3—2—1……的次序通电，步进马达则依反时针方向旋转。

步进马达也可以把定子和转子沿轴向做成三段，如图1—11所示，转子与定子的齿数完全相等，定子的三段齿，相互错开 $1/3$ 个齿距。开始先使第一段定子绕组通电，这时第一段转子的齿必定与第一段定子的齿对齐。而第二段第三段的齿都错开了三分之一齿距。当第一段绕组断电以后，第二段绕组通电时，第二段转子将要与第二段定子的齿对齐，从而使转子顺时针方向转动三分之一齿距。同样当第二段绕组断电以后，第三段绕组通电时，第三段转子将要与第三段定子的齿对齐，从而又使转子顺时针方向再转动三分之一齿距。这样依照1—2—3—1—2—3的顺序不停地通电断电，转子就依顺时针方向不停地转动。如果按3—2—1—3—2—1的顺序通电断电，转子就依反时针方向不停地转动。除三段式的步进马达以外还有四段式，五段式的步进马达，其工作原理与三段式步进马达完全相同。

步进系统各个部分之间没有反馈联系，因此它是一个典型的开环系统。

四、半闭环控制系统

半闭环控制系统与步进系统不同，为了说明半闭环控制系统的原理，首先分析一下图1—12的结构。在机床工作台的某一端装上一只拖动马达带动丝杠转动。在丝杠的另一端装

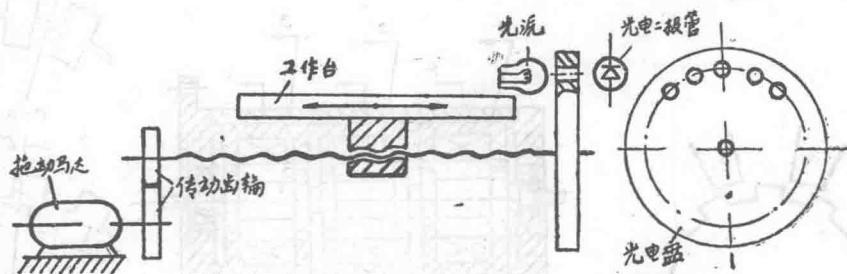


图 1—12

上一个光电圆盘，光电圆盘上钻有一圈小孔，例如钻了120个小孔。光电圆盘的一侧装了一个光源，另一侧装了一个光电二极管。光线通过小孔照射着光电二极管，因此每当丝杠旋转一转，光电二极管的阻值就发生120次变化，再通过一系列的电路变换以后，变化成为120个脉冲信号。这样就可以从光电二极管发出的信号数目判断丝杠的转角。为了控制工作台能在某一方向移动任意尺寸，可以采用如图1—13所示的结构。如果事先在计数器中记入工作台需要移动的数字，然后启动拖动马达使工作台开始运动，这时反馈发讯器就会向计数器发出反馈脉冲信号，使计数器做减法记数。当计数器出现全“0”状态时，发出停止信号，使

拖动马达停转或脱开马达与丝杠之间的离合器，停止工作台的移动。这样就完成了在某一方
向移动一定尺寸的目的。这种控制系统，从系统本身来看是闭环的，但由于反馈信号不是取
自工作台的实际位移大小，而是间接利用丝杠的转角，因此又称为半闭环系统。

上述圆盘式的半闭环系统，虽然从原理上说是可以实现的，但实际上由于反馈发讯器的
分辨能力较差，所以不可能保证高的定位精度。因此在实用上多数采用比较精确的反馈发讯
器。利用旋转变压器作反馈发讯器的相位比较系统，可以测量 0.01 毫米以上的精度。

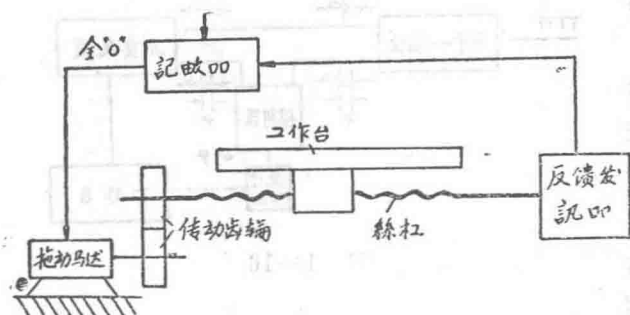


图 1-13

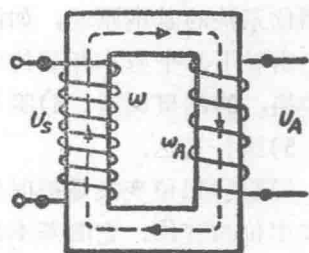


图 1-14

现在介绍一下什么是旋转变压器。从电工学中知道，平行放置的两个线圈，如图 1-14 所
示，其中一个接入交流电源，则产生交变磁通。交变磁通使另一线圈产生感应电势，感应电
势与输入电压之比与两线圈的匝数有关，即

$$\frac{U_s}{U_A} = \frac{\omega_s}{\omega_A}$$

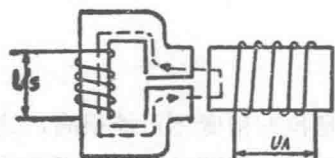
其中 U_s 为输入电压；

U_A 为感应电势；

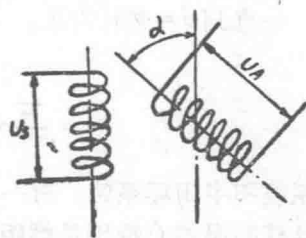
ω_s 为主线圈匝数；

ω_A 为副线圈匝数。

现在再将线圈及铁芯改成如图 1-15a 所示的形式，当接入交流电源时，产生的交变磁
通，不会在副线圈中产生感应电势，即 $U_A = 0$ 。



(a)



(b)

图 1-15

一般的讲，当副线圈旋转 α 角以后（图 1-15b），副线圈产生的感应电势与 $\cos \alpha$ 有关：

$$U_A = K U_s \cos \alpha$$

其中 K —变压器的变比

当 $\alpha = 0^\circ$ 时， $\cos \alpha = 1$ ，有 $U_A = K U_s$ ； $\alpha = 90^\circ$ 时， $\cos \alpha = 0$ ，有 $U_A = 0$ 。

旋转变压器就是利用上述的原理构成的。旋转变压器的外形很象一个小电机。通常以定子绕组作为主圈，转子绕组作为副圈， U_s 与 U_A 之间的互感有如下关系：

$$U_A = K U_s \cos \alpha$$

α —转子的转角

如果将旋转变压器与机床的丝杠装到一起，当丝杠旋转时，旋转变压器的转子亦发生转动。利用 U_A 便可以测量出旋转角 α 的大小。

在实用上又多数利用旋转变压器接成相位系统来应用。

相位系统的基本原理，如图 1—16 所示，它由以下几个基本环节构成：1) 数字相位变换。2) 测量反馈。3) 鉴相器。4) 放大器。5) 执行马达。

(一) 数字相位变换是把时序脉冲数目转变成相位的变化。它的基本部分是用两个计数器构成的。标准脉冲发生器以固定的频率同时向两个计数器输送脉冲，计数器的两个输出得到了两个完全同步的方波信号。如果在标准脉冲发生器向两个计数器输送脉冲的同时，由另一条通道向某一个计数器多送一个脉冲，那么计数器输出的两个方波信号便产生一个相位差，这个相位差与多送的脉冲数目成正比关系。这样就可以把一串时序脉冲，转变成与脉冲成正比例的相位变化 θ 。

(二) 测量反馈。利用上面介绍的旋转变压器，加以适当的处理，就可以得到一种与机床工作台的移动成正比例变化的相位变化。如图 1—16 所示，当输入给测量元件一个标准信号，那么输出端就得到一个与标准信号有某种相位差 φ 的输出信号。相位差 φ 与机床的位移成正比。

(三) 鉴相器。将数字相位变换器的输出，与测量反馈的输出，同时输入给鉴相器，如果两个输出讯号相对于基准信号的相位差 θ 和 φ 的大小完全相同，则鉴相器的输出为“0”，如果 $\theta \neq \varphi$ ，则鉴相器输出不为“0”。

(四) 把鉴相器的输出经放大以后，去控制执行马达，马达拖动机床工作台位移，改变 φ 值的大小，一直到 $\theta = \varphi$ 时为止。

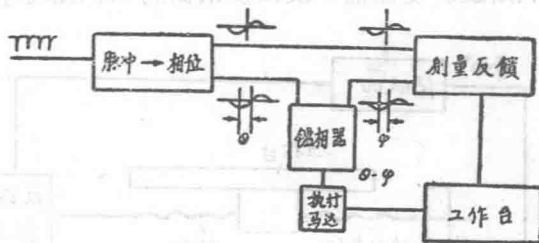


图 1—16

五、闭环控制系统

开环系统和半闭环系统，有一个共同性的缺点，就是控制精度不可能很高，这主要的原因是由于丝杠的误差（特别是螺距误差）。丝杠与丝母之间的间隙以及机械系统的弹性变形所造成的误差，都会影响工作台的定位精度。为了克服上述的缺点，在需要高度准确地控制机床工作时，都是采用直接测量工作台位移的反馈发讯器，构成所谓闭环系统。闭环系统的原理与半闭环系统基本相同，只是采用的测量反馈的具体元件不同而已。目前常用的直接测量工作台位移的反馈发讯器有感应同步器和光栅反馈装置等。

感应同步器是旋转变压器的一种发展，在两块平板上刻有如图 1—17 的线路，其中一块为激磁板，一块为感应板，两块板之间的刻线完全对准，感应出的电势最大，当两块板之

间有相对位移时，感应电势则发生变化，其感应电势的大小，与位移的大小有关，这样利用感应电势的变化，可以测量出工作台位移的大小。这种感应同步器可以测出 0.005 毫米的位移量，误差可在 0.001 毫米以下。

除感应同步器外，还可以用光栅直接测量工作台的位移量，如图 1—18 所示，在透明的基体上，用光刻或其它的工艺方法刻出一条条的明线和暗线，称为光栅。当两片光栅倾斜安装时，由于光线的衍射作用，在纵向产生一条条的明暗条纹。

倾角大时，线条密集，倾角小时，线条稀疏。当两片光栅有相对移动时，每移动一格，明暗线变化一个周期。如果将两片光栅，一片装在工作台的固定部分，一片装在活动部分。光栅的一边安装光源，另一边安装一支光电二极管，则每当工作台移动一格，照射在光电二极管上的光线闪烁一次，利用这种光电变化，发出一个信号，表示工作台移动了一格的距离。如果光栅的条纹每毫米为一百条，则每当工作台移动 0.01 毫米时，就会发出一个反馈信号。

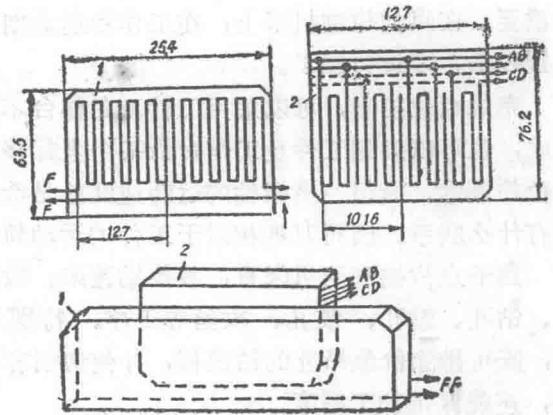


图 1—17

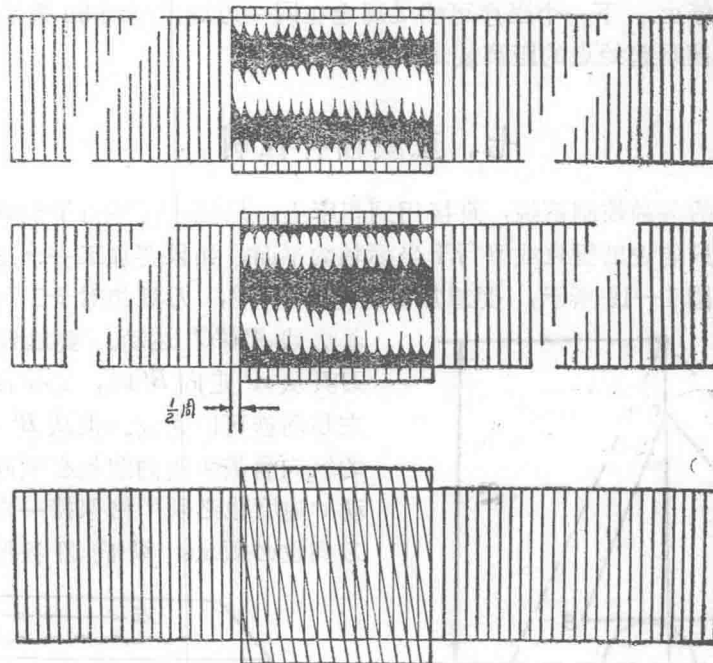


图 1—18

六、点位控制系统

点位控制系统指机床的工作台从某一位置移动到另一位置是采用数字控制的方法来完成的。在点位控制系统中，只是控制起点到终点的坐标距离。至于刀具相对工件运动的轨迹并

不重要。在点位控制机床上，在工作台运动期间，并不进行切削加工，在工作台到达规定的位置以后，才进行加工。

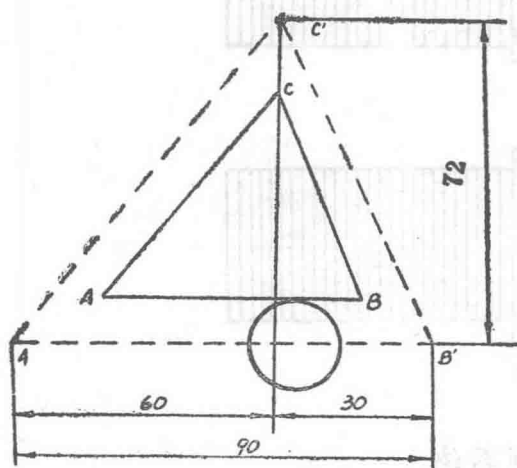
完成点位控制，可以采用工件及工作台不动，刀具沿几个坐标移动到某个位置的方法来完成，也可以采用工件及工作台沿某个坐标移动，刀具沿另一个坐标移动的方法来完成，在点位控制中，沿每一坐标轴的运动速度总是希望尽可能地大。而且几个坐标方向的运动之间没有什么联系。因而刀具相对于工件的运动轨迹只可能粗略地估计。

属于点位控制的机床有：数控钻镗床、数控冲床等加工机床。即在不同的位置实行冲孔、钻孔、镗孔、铰孔、攻丝等工序。特别是当孔与孔之间的距离要求精确时，用数控加工，既可排除价值昂贵的钻模板，并使切削容易流出，又可以提高生产率，降低工人劳动强度，还能保证加工精度。

在点位控制中，还有所谓绝对坐标控制和相对坐标控制。绝对坐标控制是指工作台的位移是从固定的基准点起算的。例如，假使程序规定工作台沿 X 轴线移动，移动的距离为离固定基准点 200 毫米，那么不管工作台在接到命令前处于什么位置，它接到命令后总是沿 X 轴线移动到距固定基准点 200 毫米处才停止。相对坐标控制是指工作台的位移是从工作台现有位置开始计算，在这里，对每一坐标轴线，虽然也有一个起始的基准点，但是它只在工作台第一次移动时才有意义，以后的移动，则是以工作台前一次的终点作为起始的基准点，例如，假设第一个程序规定工作台沿 X 轴线移动，移动距离是离起点 200 毫米。那么工作台就移动到 200 毫米处停止。下一个程序可能是规定在同一方向再移动 50 毫米，那么机床在完成第二个程序以后离原起始点的距离就是 250 毫米了。

七、直线插补控制

利用前面介绍的各种控制系统，直接用到机床上，只能进行平行于坐标轴的切削加工。例如用到铣床上，只能铣削垂直或平行于坐标轴的平面。如果要加工一个三角形的工件，就不能直接铣出。如图 1—19 所示，要想加工出轮廓 ABC ，刀具相对于工件的移动轨迹应沿着虚线 $A'B'C'$ 运动。要达到上述的要求，当刀具从 A' 走向 B' 时，工作台沿 X 轴线由右向左移动就可以完成。但从 B' 到 C' 时，工作台的纵向溜板和横向溜板必须同时移动，并且移动的速度也必须严格保持一定的比例，移动的方向也必须是：纵向溜板保证工作台由左向



右，横向溜板由后向前。当刀具从 C' 到 A' 时，两溜板的移动速度必须严格保持另一种比例，移动的方向是：纵向溜板保证工作台由左向右，横向溜板保证工作台由前向后。

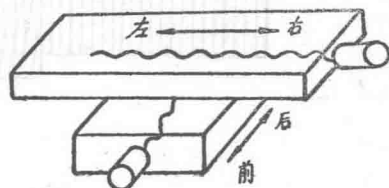


图 1—19

右，横向溜板由后向前。当刀具从 C' 到 A' 时，两溜板的移动速度必须严格保持另一种比例，移动的方向是：纵向溜板保证工作台由左向右，横向溜板保证工作台由前向后。

非常明显，用普通铣床，摇动手柄加工斜面，要保持速比不变是困难的。采用数控机床以后，这个速比就可以得到保持。例如在机床的两个工作台上装上两套步进式的数控系统。假定步进马达的步距角是 3° ，丝杠的螺距是 6 毫米，当加工表面 BC 时，工作台在 X 方向应移动 30 毫米，步进马达应转 5 转，需要输入 600 个脉冲。工作台在 Y 方向应移动 72 毫米，步进马达应转 12 转，需要输入 1440 个脉冲。同样，加工表面 CA 时，刀具应从 C' 移到 A' ，此时工作台在 X 方向应移动 60 毫米，步进马达应转 10 转，需要输入 1200 个脉冲。工作台在 Y 方向应移动 72 毫米，步进马达应转 12 转，需要输入 1440 个脉冲。

这样一来，问题就归结为如何根据零件尺寸的要求，按比例地、均匀地向 X 、 Y ，各个方向的步进马达输送脉冲信号。只要这些信号的数量和规律是符合要求的，铣床就能正确的加工出所需要的零件轮廓。在数字程序控制系统中，这个任务是由一种称为插补器的装置来完成的。

图 1—20 就是 $BK-110$ 直线插补器的基本原理结构。标准信号发生器不停地向分频器输送脉冲信号，在脉冲分频器的若干输出口将以图 1—21 的规律输出脉冲，例如当脉冲发生架输送 99 个脉冲时，分频器的第一级输出为 50 个，第二级为 20 个，第三级为 10 个，第四级为 10 个，第五级为 5 个，第六级为 2 个，第七级为 1 个，第八级为 1 个。

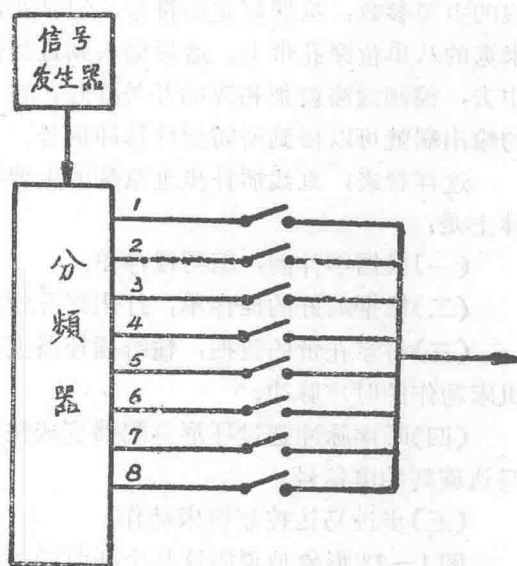


图 1—20

如果根据需要，将某些输出口接通，就可以得到某种数量的脉冲，而且这些脉冲的分布，基本上是均匀的。例如要得到 42 个脉冲，就可以将 2, 3, 4, 6 四个通道接通，叠加后的脉冲分布情况如图 1—21a。又如需要得到

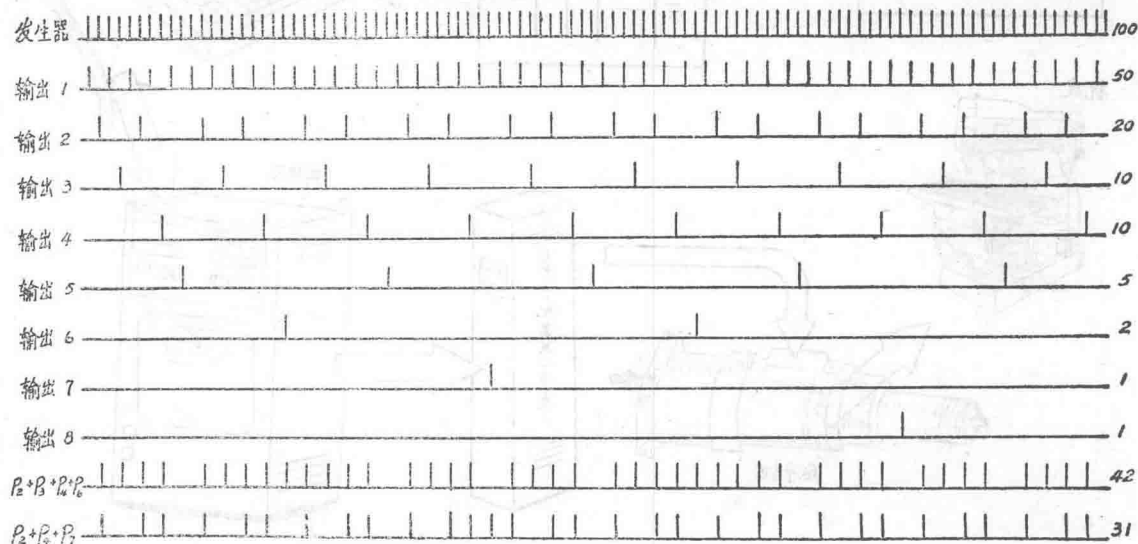


图 1—21

31个脉冲, 就可以将2, 4, 7三个通道接通, 叠加后的脉冲分布情况如图1—21b。

进一步将图1—20的结构变成图1—22的形式, 在图1—22中, X 、 Y 两个方向有两个输出口。适当地改变开关 X_i , Y_j , 就可以在两个输出端得到两串成某种比例关系的、均匀分布的脉冲。

开关 X_i , Y_j 的开启, 通常都是用一系列的电子控制线路来控制。因此直线插补器实际上就是一台专用的电子计算机, 只要把需要加工的直线的主要参数, 按照规定的符号, 记录在25.4毫米宽的八单位穿孔带上。然后输入到直线插补器中去, 控制线路就把相应的开关打开, 在 X 、 Y 的输出端就可以得到所需要的脉冲信号。

这样看来, 直线插补步进系统的主要环节大体上是:

- (一)根据零件图, 编写程序单。
- (二)根据编好的程序单, 打出穿孔带。
- (三)将穿孔带的数据, 输给插补器变成控制机床动作的时序脉冲。
- (四)时序脉冲通过环形分配器变成控制步进马达旋转的电信号。
- (五)步进马达控制机床动作。

图1—23形象地说明这几个环节的关系。

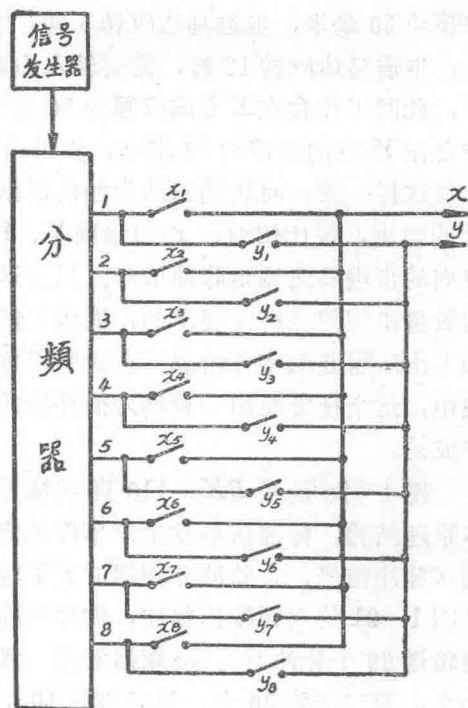


图 1—22

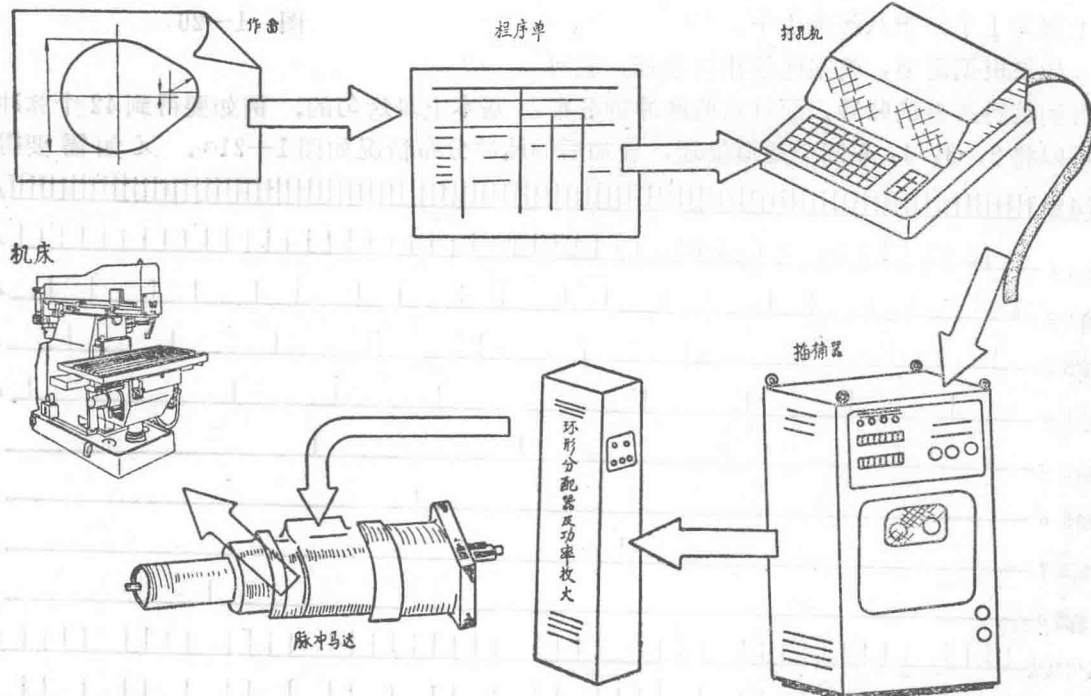


图 1—23