

机床程序控制译文集

科学出版社

机床程序控制译文集

И. А. 伏里夫松等 著

成都工学院机械系 译

科 学 出 版 社

1 9 6 0

內 容 簡 介

广泛采用新技术,实现生产过程的机械化、自动化是社会主义和共产主义建設的一个重要课题,而金属切削机床的程序控制是有效的解决单件小批生产中实现自动化的一个重要方法。为此选译了“Электрооборудование металлорежущих станков”, “Автоматизация в машиностроении”, “Aircraft production”, “Metalworking production”, “Machinery”等九种书刊共十五篇文章;其中属于综合性論述的三篇;属于用程序控制的个别机床論述的八篇;对程序控制个别元件和个别部分加以专门論述的四篇,以供机器制造厂、設計院、研究所工程技术人员和高等学校师生科学研究和教学参考之用。

机 床 程 序 控 制 译 文 集

И. А. 伏里夫松等 著
成都工学院机械系 译

*

科学出版社出版 (北京朝阳门大街 117 号)
北京市书刊出版业营业许可证出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

*

1960 年 3 月第 一 版	书号: 2086 字数: 365,000
1960 年 3 月第一次印刷	开本: 787 × 1092 1/27
(京) 0001—6,000	印张: 16 10/27 插图: 4

定价: 2.10 元

目 录

译序.....	(i)
自动化机床.....	(1)
31种点到点的数字控制定位系统(I).....	(15)
31种点到点的数字控制定位系统(II).....	(87)
31种点到点的数字控制定位系统(III).....	(141)
机床的程序控制.....	(176)
經生产验证了的数字控制：从蓝图到零件的三个步骤.....	(276)
自动加工.....	(299)
自动数字控制.....	(328)
数字控制的比利时車床.....	(345)
座标的自动調整.....	(354)
自动化应用于小量生产.....	(377)
“电点”(“Electropoint”)系統驱动轉塔钻床.....	(383)
座标钻床使用穿孔带.....	(389)
应用計算系統使机床和机器的控制自动化.....	(399)
感应同步器(Inductosyn)在 E. M. I. 机床定位控制系统 中的应用.....	(417)
数字控制正在展开它的羽翼.....	(422)
机床的自动控制系统.....	(427)

自动化机床*

Ernst Salje

将人们从经常重复的相同操作中解放出来的每种措施都属于自动化。使工作过程简化和加速的一切措施也看作自动化。

起初,在这方面设计师只能用机械的方法来自动化,后来,又有了电气的和液压的方法可以利用,一种新的发展方向趋向于使万能机床自动化。即使少数相同的零件,在某些情况下甚至是单件零件,自动化机床也能经济地加工。这种机床首先利用电子设备。

机床控制和调节中的情报过程

由图纸到机床的情报(输入量)

对自动化设备的工作方式和费用起主要作用的是情报携带器的种类,它包含理论值,即输入量。严格说来,情报总是从零件工作图或方程式开始。因为这样的情报多半不能为机床所“了解”,所以必须把它转变为机床所能了解的一种情报形式。为此,有很多种可能性。

最简单的情报为用手安装在导杆上的挡铁(凸轮)。安装或调节在制造零件以前进行。

首先准备一个样件,然后其余的工件可按“反馈系统”或复制的方法加工。

曲线盘或样板也往往用作情报携带器。然而,它们必须特别地制造,并且与凸轮和挡铁一样是最老式的情报类型。可用“形状储存器”这个术语来总括这一切情报携带器。

* 节译自 VDI 1, July, 1958. No. 16.

在各种镗床上,可以把工作台所需座标的情报记在数字盘或转盘等等上(用数字控制的点到点的定位系统),当数值“数字上”确定了的时候,这可通过一套直接输入情报(例如触头)的传动机构来实现。在另外一些情况下,理论值必须在一个数字-模拟转换器中转换为模拟值,例如电压等,这时其余的调节及操纵系统也要模拟地工作。

穿孔卡、穿孔带或照象片构成很大一组情报携带器。用这些方法时,情报可以用各式各样的方法输入,最简单情况为用简单设备用手冲出孔来,这特别适用于穿孔卡;穿孔带也可用手打孔。用机器打孔更快,这特别适用于穿孔带。

与情报内容很丰富的穿孔带相反,穿孔卡是情报内容相当小的情报携带器。除此之外,在穿孔带中有可能将情报直接由计算机传达给穿孔带。

在简单的机械情报种类中,一般都储备工作台运动所需的理论值,而用穿孔卡(特别是用穿孔带)还可储备辅助信号。这种信号可以用来调节转速或控制辅助设备,如冷却液泵等等。在用穿孔卡控制的镗床中,使用着各式各样的方法,在某些情况下,每个孔用一个穿孔卡,并且还往往用一个穿孔卡给出辅助信号,在另外一些情况下,则把一个工件的所有座标合并于一个穿孔卡上(此时这里也用一个穿孔卡储备辅助信号)。

单位面积所能储备的信号数是情报携带器的一个重要的特

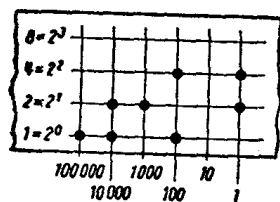


图1 混合二-十进位系统

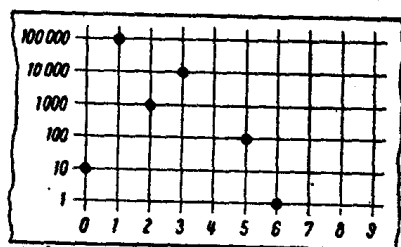


图2 十进位系统

性。由于很难保管过长的穿孔带,所以就应在单位面积上储备尽可能多的信号。因此,就这方面来说,混合的二-十进位系统(图1)

就比十进位系統(图2)更好一些。

图 1 及 2 表示 132506 这个数目的穿孔带。

此外尚可用磁带、磁盘、磁鼓等来作为命令器官。

由情报(輸入量)到操作

从作为理論值的情报(輸入量)可以发出間断或連續的命令。这两种命令之間有很大差別。在間断命令时,可利用比較少的信号,在第二种情况下,就要无穹多的命令。对于座标鏜床,一个間断的命令就够了,各孔是点到点定位的。反之,如果要在車床上加工一个形状复杂的輪廓,則必須用連續行程控制。

因此,为什么直到目前为止,現有的电子控制自动化机床主要都是間断定位的道理就很明显了。最近汉諾威的机床展覽会清楚地指出了这点。

数字情报携带器(穿孔卡或穿孔带)仅能用于間断工作,如果要用这种命令器管作連續加工,則必須在足够多的相邻各点之間插入点子,这种插值可用一次方程或二次方程进行。連續加工的費用要高得多。

此外,还应考虑到

1. 在什么座标中操縱或控制:

- a) 在直角座标中或极座标中;
- b) 用多少座标;

2. 这些座标是否必須互相关联或无关。

座标种类(直角或极座标),即用于直綫运动或用于旋轉运动,对个别的构件首先是测量元件有影响。費用随着控制或調节的座标数目而变,如果座标是相互关联的,則困难还要大。

最后,还应该知道要控制或調节的是主要过程还是輔助过程,除掉一个主要过程外,其余的过程如工件的送进,夹紧,测量等等,都属于輔助过程。

在运动学上解决輔助过程比解决主要过程简单得多,因此輔助过程的自动化也简单得多。仅在极少数情况下,輔助过程才需要調节,除此而外,輔助过程的运动距离也可有較大的公差,例如

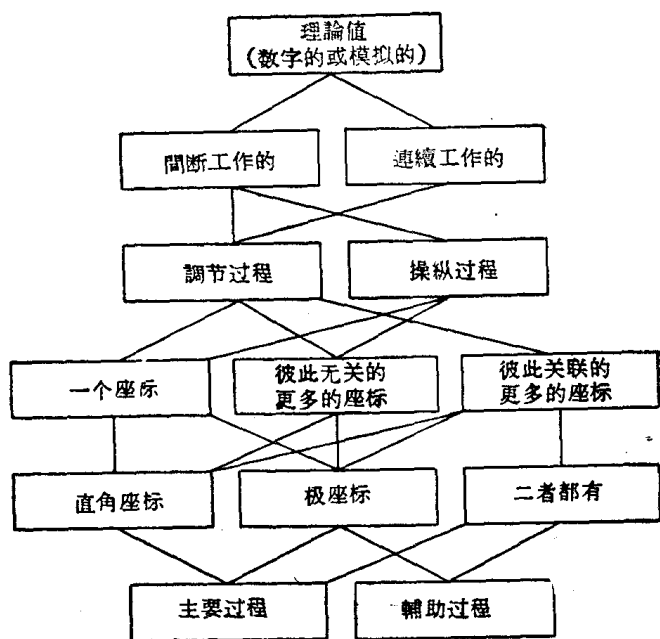


图 3

工件的质量就与切削力没有多大关系；从快速行程转变为进力运动也可以有很大的公差。因此，辅助过程的情报携带器也极为简单。

与此相反，主要过程要求刀具和工件之间的相对运动有严格的公差。不正确的运动就会使工件报废。（座标镗床上调整座标当然应该看成是辅助过程，不过这种工作过程应看成是上面说法的一个主要的例外，这时所调整的座标精度将对工件质量有很大影响，测量也同样属于辅助过程，但工件质量也与它有密切关系。）

图 3 说明了自动化的各种可能性。

把数字值变为模拟值的方法

如果一台镗床的间断座标是用数字调整的或以数字储备起来的，而其余的调整环路模拟式地工作，那就必须采用转换器，把数字值变为模拟量（例如电压）。

简单的转换可用机械传动来得到，工作台和实际值旋转反馈

发訊器①之間的传动是直綫性的,見图4(旋轉发訊器将在以后測量元件中叙述)。理論值旋轉发訊器可以由几个数字盘組成,这些圆盘指出个位、十位及百位值,图5及6。这种把数字值变为模拟值的簡單方法有些缺点,例如,經常只能調整一个值,而下一个值則不能事先选择,还必须用手調整。

采用选择性地按十位轉換或按穿孔卡工作的数字模拟轉換器可以避免这些缺点。

这种装置产生一个模拟規定数值的电压,如图7所示,图

7为由穿孔卡产生一位数的装置。根据需要而按1:10的比例降压的輸入变压器的二次繞組有十个这样的插头。与由导电抽头面

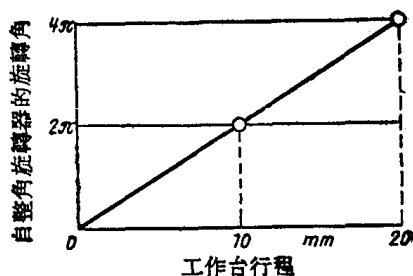


图4 工作台行程和自整角旋轉器轉動角之間的綫性关系。

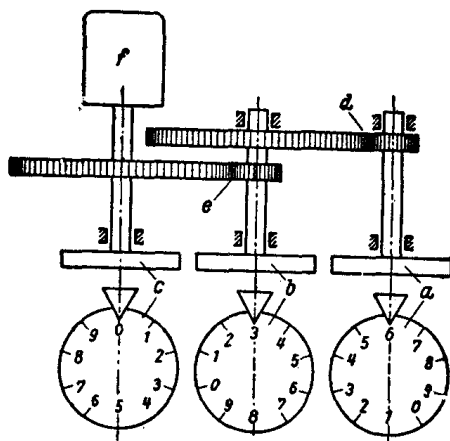


图5及6 用于三位数的带数字字的旋轉发訊器

- a ——个位盘; d ——由个位变为十位的传动10:1;
 b ——十位盘; c ——由十位变为百位的传动10:1;
 c ——百位盘; f ——旋轉发訊器。

① 旋轉反饋发訊器指的是自整角机、旋轉变压器等——譯者。

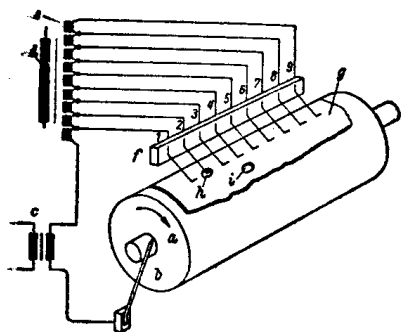


图7 用触头接入相应电压值
以翻译穿孔卡的示意图

- a —— 金属棒;
- b —— 电流输入;
- c —— 接收规定电压值的输出变压器;
- d —— 输入变压器的初级绕组;
- e —— 输入变压器的次级绕组, 有由1到9九个端点, 可得1到9伏的交流电压;
- f —— 有由1到9触头点的导板;
- g —— 穿孔卡;
- h —— 相应于数字2的孔, 变压器c可通过这个孔得到2伏的电压;
- i —— 相应于数字4的孔, 变压器c已通过这个孔得到4伏的电压。

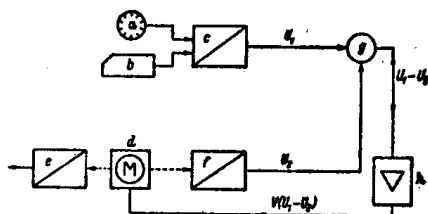


图8 具有数字模拟转换器的
随动系统(封闭的调节线路)

- a —— 数字盘;
- b —— 穿孔卡;
- c —— 理论值的数字-模拟转换器;
- d —— 马达;
- e —— 操纵工作台的旋转发讯器;
- f —— 实际值的数字-模拟转换器;
- g —— 电压比较器;
- h —— 放大器;
- U_1 —— 理论电压;
- U_2 —— 实际电压;
- V —— 放大系数。

加入的电压一起可得模拟所需工作台行程的电压 U_1 (图8)。电压 U_1 供给马达 d , 该马达带动理论值旋转发讯器。这个马达同时还要带动一个控制机构 f , 以产生电压 U_2 。一当 U_2 与规定电压 U_1 相同时, 马达就断电, 理论值旋转发讯器就停止在相应于规定数值的位置。全部过程是自动进行的, 只须压一下按钮, 则穿孔卡就产生一个相应于下一位置的电压, 在本例中则得更多的座标。

插值的方法

如果穿孔带的信号用来作连续控制, 则必须插值。例如当要铣削飞机的机翼时, 则可在四个间断点子的区域内用二阶插值法。通过插值所得的“理论值曲线”就是实际轮廓的近似形状。各给定点间的距离对插值精度有影响, 当精度要求高时, 各点必须相距很近。

插值可用电气机械法实现。为此，可在要制造的輪廓上紧固一个細的靠模尺并触测，用这样的插值法可省去整体模型的制造。

另外一种可能的插值为用自动计算机，这种机器能用二阶的插值算出和儲备任何中間值。

測量元件和測量系統

当要調节或操縱工作台的运动时，必須很精确地測量出工作台的位置。控制綫路或調节系統的结构以及所需的費用，都与測量元件的类型有关。

数字測量法

工作台的位置可以用数字盘很簡單地測出来。在这个数字盘上，紧固有控制开关的凸块。但是，只有当所有各位数字盘的开关触头都閉合时，才能使一个繼电器发生作用以停止进刀馬达。数字盘上的凸块調整到相应于所需工作台位置的数字处。但是这样的安排方法不宜用来作調节用，因为在調节过程中，要求在理論值和实际值之間有連續的对比。

在另外一种控制方法中，每一位数都用两个数字盘(理論值及实际值)。所有的实际值圓盘都是由工作台帶动的。当所有的理論值及实际值相同时，就断电。現在已可以用一种适当的安排来得到逐漸分級的停止，这样可以得到更高的精度，当最高位数的理論值和实际值相符时，一个繼电器就把手工作台传动机构从快速行程轉到較低的速度。同时，下一位数的圓盘就通电。同样地当它的理論值和实际值相符时，工作台就停止。由快速行程下降到較低速度的这样一种过程，还可以按更多的等級进行。

另外一种数字測量法可用有槽圓盘来得到。这个圓盘可由工作台 *a* (图 9) 通过齿条 *b* 及一套精确传动 *d* 来帶动。如果圓盘上有 100 个槽子，而且在工作台移动 1 公厘时轉一轉，則可測得长为 10μ 的长度，槽盘放在光源和光电管之間，所以当工作每月前进 10μ 时，光电管就通过一个槽子照亮一次，并发出一次电流脉冲。

某一英国公司所用的測量原理也是按数字法工作的，它用了

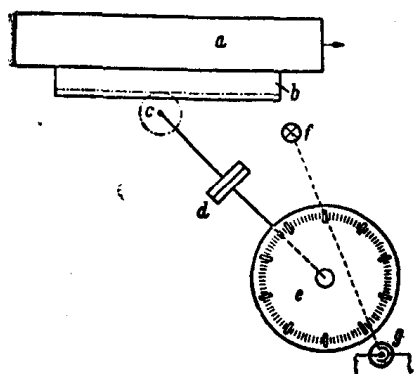


图 9 用槽盘作工作台位置的数字测量

- a——工作台；
- b——齿条；
- c——小齿轮；
- d——精确传动；
- e——圆周上有 100 个槽子的槽盘；
- f——光源；
- g——光电管。

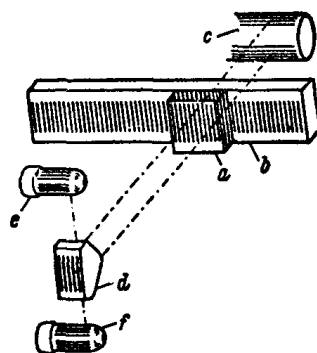


图 10 用折光栅作工作台的数字测量

- a——固定尺；
- b——移动尺；
- c——光源；
- d——反射三棱镜；
- e, f——光电管。

一个有很细刻度的绕射光栅(图 10)。最高精度约为 $\pm 1\mu$ 。用这种方法时,直接用直线运动来测量而不必转变为旋转运动,因此就可以消除一些误差来源。在刻度尺 *a* 及滑尺 *b* 之后,有一个光源 *c*, 这个光源的光通过刻度尺、滑尺及三棱镜 *d* 投射在两个光电管 *e* 及 *f* 上。通过刻度尺及滑尺的光量决定于它们的相互位置,因此就作为工作台位移的函数而变化。光电管上变化的光量使电流强度发生变化,该项变化就被记录下来。为了控制工作台的运动方向,滑尺及刻度尺上的刻度系统是彼此倾斜的,以便使两个光电管上的照明强度的变化是不同相位的,它们的相位关系就相应于工作台的运动方向。但用这种方法也有一些困难,例如由于抗电压、静电等产生的困难。

另外一种数字系统由图 11 所示的带一套块规的一些轮鼓组成。每个轮鼓包含用于一位数的块规。转动这些轮鼓,就可使块规组合起来而使其总和值相应于所要求的工作台运动行程。

另外一种测量系统是由 W. H. 克利佛耳作成的。

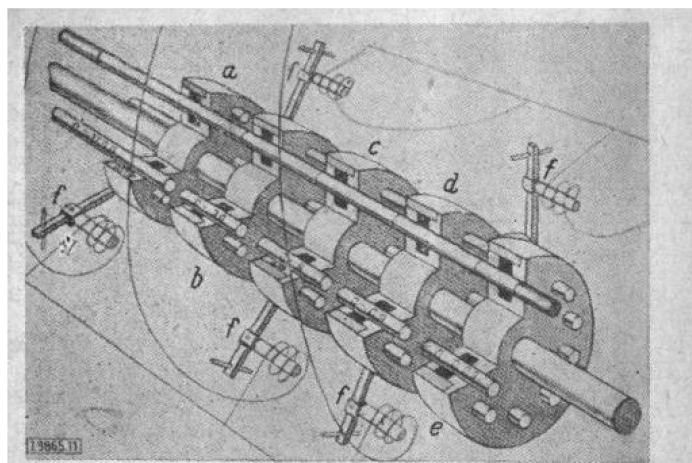


图 11 通过块规的组合来作工作台位置的数字测量

- a——带有由 0 到 1100 的块规的轮鼓；
- b——带有由 0 到 90 的块规的轮鼓；
- c——带有由 0 到 9 的块规的轮鼓；
- d——带有由 0 到 0.9 的块规的轮鼓；
- e——带有由 0 到 0.09 的块规的轮鼓；
- f——电气控制的调节横杆用来调整轮鼓。

模拟测量方法

现有很多种模拟测量系统,这里只能列出几种。模拟测量仪把工作台的行程改变为另一种模拟量,例如模拟电压,然后再加以放大并用于模拟或调节过程。

模拟测量技术中最简单的一种为线性电位计,如果把不变电压供给这个电位计,则由活动点上抽出的电压,将决定于活动点的位置,即与行程成正比(如果载荷电阻大于电位计电阻),这样一种测量电位计的行程电压特性曲线在足够细的电阻丝和足够高的电阻输出时,接近于直线形,当电阻绕得相当粗时,则为一根阶梯曲线。

现在电位计的精度已经达到 1 到 0.1%,但是这对于机床所需的公差来说,在很大范围内是不够的。为了可以用电位计作为测量元件来加工,必须把测量范围分细一些。

模拟技术中用得很多的测量元件为旋转发讯器(自整角机、同

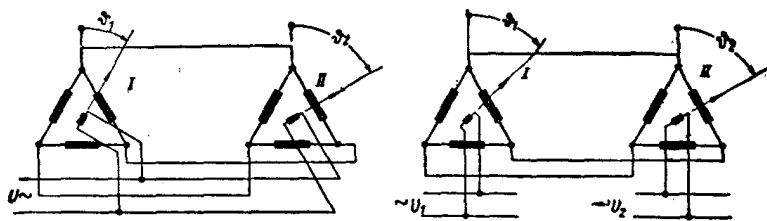


图 12 及 13 旋轉发訊器的接綫法

I——发送器； II——接受器；

ϑ_1 ——轉子 I 的轉角； ϑ_2 ——轉子 II 的轉角。

图 12 作为电軸的接綫法

U ——輸入电压。

图 13 随动調节的接綫法

U_1 ——輸入电压；

U_2 ——轉子 II 中的感应电压。

步电动机, mag slip 等等), 这种旋轉发訊器作成微型双极交流发电机, 旋轉发訊器的轉子具有单相繞阻, 而其靜子則有三相繞阻。一般要用两个相同的旋轉发訊器; 一个用来作发送器, 另一个用来作接收器, 旋轉发訊器可按不同的方法来接綫, 图 12 表示用来传达扭矩的电軸接綫法, 图 13 则表示用来作随动調节的接綫法, 因此也就可以用来测量。

按图 13 接綫的旋轉发訊器的轉子, II 的位置相应于工作台的实际值, 这个轉子的轉动角 ϑ_2 一定要与工作台运动作机械联系, 即通过精密齿条与齿輪或精密絲杆来联系。轉子 I 供以交流电压 U (多半是 50 或 400 周波)。

当轉子 I 的轉动角 ϑ_1 一定时, 在轉子 II 上就产生一个输出电压 U_2 , 当 $\vartheta_2 = \vartheta_1$ 时, $U_2 = U_1$ 。如果現在轉子 II (实际值发送器) 由工作台带动, 則 U_2 的振幅 U_{20} 将按正弦函数变化:

$$U_2 = U_1 \cos (\vartheta_2 - \vartheta_1) = U_1 \cos \epsilon,$$

$$U_2 = U_{20} \sin \omega t = U_{10} \cos \epsilon \sin \omega t,$$

式中 ω 为頻率, t 为時間。图 14 示电压 U_2 随誤差角 $\epsilon = \vartheta_2 - \vartheta_1$ 而变的函数曲綫图, 图 15 示电压 U_2 的振幅图。

当 $\epsilon = \frac{\pi}{2}$ 时, U_2 就改变其符号, U_2 的相位就与 U_1 相反, 因此就有 U_1 及 U_2 同相的区域, 也有 U_1 与 U_2 反相的区域, 当 $\epsilon = 2\pi$ 时, U_2 又与 $\epsilon = 0$ 时的值相同。

为了可以进行精确测量,就要使尽可能小的工作台行程相应于 0 与 2π 之间的角度 ϵ 。但是为了避免图 14 所示的多值情况,就要在信号 U_2 之上加一个大信号 U_2^* , 这个信号很少随工作台行程而变。把 U_2 和 U_2^* 加和起来,可得一个电压,这个电压是一个工作台行程的单值函数,并可用于调节过程中。

用于调节,必须在相位上整流电压 U_2 及 U_2^* 。相敏整流器在 $-\frac{\pi}{2} < \epsilon < +\frac{\pi}{2}$ 的范围内把调制过的输出交流电压 U_2 变成正值,而在 $+\frac{\pi}{2} < \epsilon < +\frac{3\pi}{2}$ 的范围内变成负值。这个电压就用来操纵伺服电动机。

在用磁带控制的机床中,不仅有将与图 15 相符的调幅交流电

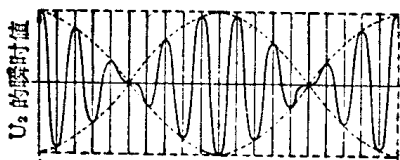


图 14 电压 U_2 的瞬时值

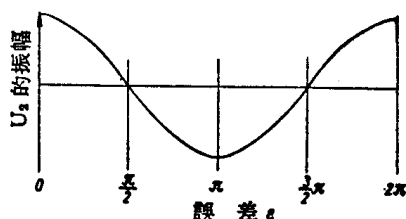


图 15 电压 U_2 的振幅 U_{20}

图 14 及 15 作为误差角 ϵ 的函数而变的转子 II (图 13) 的电压图
(当转子 II 以不变速度旋转而转子 I 则静止不动时)

压输入磁带或由磁带输出的情形,而且还有按调相工作的情形。旋转发讯器的静子由一个三相发电机供电。转子就产生一个振幅不变的交流电压,其相位随工作台位置而定。这个交流电压通过一个多谐振荡器变为矩形脉冲,把这个矩形脉冲加以选分,这样产生的负脉冲就消去了(消去效果)。因此,输出信号就是尖峰脉冲,这个脉冲就通过录音头记录于磁带上。两个脉冲之间的距离相应于转子的一整转,用这种转变脉冲的方法的优点为这样的脉冲电压的相位角可以作为正弦电压而更精确地测量。这个相位角相应于要测量的工作台行程的一段。两个脉冲之间的时间可用脉冲计数器来决定。

在某些測量問題中，旋轉發訊器有一個缺點，即直線運動（如工作台）要通過或多或少有誤差的傳動變為一個角度變化。一種“展開”旋轉發訊器可避免這個缺點。在要測量的工作台上裝有一個尺，這個尺由導體組成，這種導體很精確地印在玻璃杆上。導線形成一個雙極繞阻系統；其間距是這樣選擇的，即一個線圈相當於0.1"。有一個滑尺在這個定尺上移動，定尺供以大約10000周波的交流電。由感應而產生在滑尺中的電壓振幅有與圖15所示相似的特性。

伺 服 馬 達

要調整或控制位置的工作台是由一個伺服馬達帶動的，所以伺服電動機必須有足夠的功率。對於機床來說，最常用的是電氣或液壓伺服馬達。一般說來，油馬達的轉動力矩對轉動慣量的比值較直流電動機的更好些，即油馬達起動較快而制動更簡單。但是，在用電氣信號控制和液壓伺服馬達時，必須把電氣值變為液壓值，這可用信號圈控制器或伺服油閥來達到。可是由於這種機構的時間延滯，快速起動伺服馬達的優點在某些情況下又消失了。用液壓馬達時，溫度變化要比用電氣馬達時大得多；這就會產生誤差，這種誤差在調節方面就叫做擾亂值。此外，還要提到伺服馬達的轉數範圍及其勻調性（特別是在低轉數時），最後還必須注意到液壓和機械系統中對於擾力變化的缺點。

電氣伺服馬達

異步電動機 最簡單的伺服馬達無疑地是異步電動機。通過繼電器與電磁离合器的組合可以得到間斷的轉數等級或者甚至可得相當小的旋轉角度變化（通過迅速轉換而一級一級地進行），圖16示一種离合器轉換的齒輪傳動。控制信號作為直流或交流信號送到放大器，然後放大器再去使离合器動作。但在控制功率相當小的离合器時也可不用放大器。這會產生很短時的高速運轉時間。用圖16所示的傳動時，通過周期的操縱脈沖，可按或大或小的等級（決定於脈沖延續時間即決定於离合器動作時間）在兩個方向

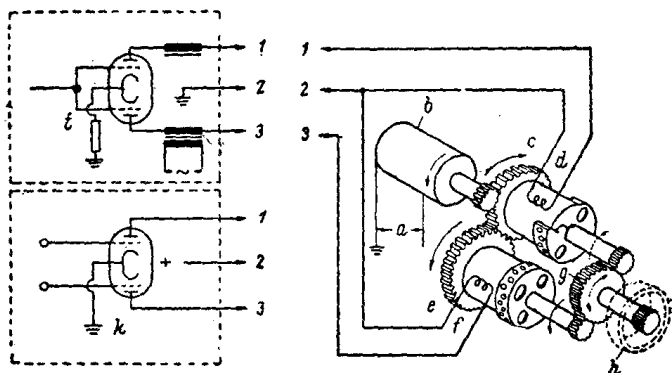


图 16 离合器轉換传动

- | | |
|------------------------|------------------------|
| <i>a</i> ——輸入传动功率； | <i>f</i> ——左旋传动的离合器綫圈； |
| <i>b</i> ——主动馬达； | <i>g</i> ——可反向齿輪； |
| <i>c</i> ——右旋传动； | <i>h</i> ——传动器； |
| <i>d</i> ——右旋传动的离合器綫圈； | <i>i</i> ——交流电压放大器； |
| <i>e</i> ——左旋传动； | <i>k</i> ——直流电压放大器。 |

調节所选择的轉数。

SIR 馬达 SIR 馬达的构造也是同样相当简单的(图 17),其磁場是經常激磁的,电枢上有綫圈的端点則接出到三个滑环上。如果通过特殊触头把电枢电压短路,則馬达将瞬时起动。据称对于

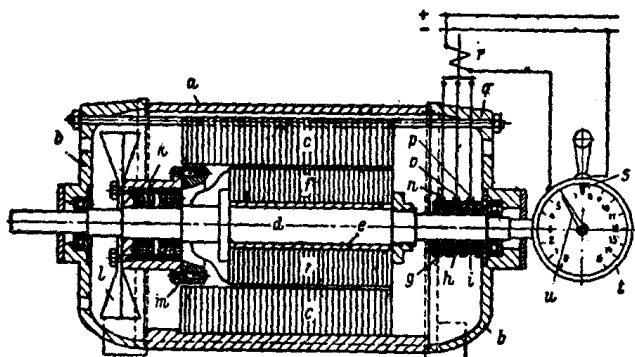


图 17 带滑环的 SIR 馬达用触头轉数表来調节轉数

- | | | | |
|---------------------------|------------------|--------------------------|----------------------|
| <i>a</i> ——馬达外壳； | <i>b</i> ——軸承支架； | <i>c</i> ——靜子； | <i>d</i> ——电枢軸 |
| <i>e</i> ——Pertinax 制的套管； | <i>f</i> ——电枢； | <i>g, h, i</i> ——滑环； | <i>k</i> —— |
| 滾珠軸承支架； | <i>l</i> ——風扇； | <i>m</i> ——鼠籠,可与电枢軸无关地轉动 | |
| <i>n, o, p</i> ——电刷； | <i>q</i> ——常閉触头； | <i>r</i> ——繼电器； | <i>s</i> ——带触头的調节槓桿； |
| <i>t</i> ——轉速器； | <i>u</i> ——指針。 | | |