

木材加工机床

(电力传动部分)

南京林学院木工教研組

1960.10.

第一編 木材加工机床的传动

第一章 木材加工机床的电力传动

§1-1 概 說

木材加工工业常用的电力传动有短皮带传动和电动机直接传动。

短皮带传动在车轴机床上采用极为普通，特别是用质量好的平皮带或三角皮带十分可靠，同时也最经济，多轴机床上它的使用范围就受到限制，因为会使主轴的装置移动及空行程，同时会使整台装置变得笨重。在新式机床上，特别是多轴机床上，多采用电动机直接传动。

§1-2 木材加工机床的电力传动

木材加工机床传动的电动机按功用分为下列三种：主体运动电动机、进给运动电动机和辅助运动电动机。

主体运动电动机当加工时用来实现主体运动工作机构的传动，例如切削机构。在木材加工机床上极大多数情况实现切削工具的传动；除了车床组，铣床机和刨床等这些机床实现加工工件的传动。

由于木材切削必须保持切削速度（20~100公尺/秒）因此木材切削机床上主体运动基本上利用具有3000转/分至24000转/分的电动机，除了有比较大的直径的切削工具或它的传动机构的机床，例如大功率的圆锯，带锯，某些磨床等，对于这种机床也采用具有较小转数（1500和1000）的电动机。

在主体运动传动方面，切削工具通常是直接与电动机轴联接。在某些情况采用提高电动机转数的中间传动装置，中间传动利用三角皮带传动和利用无级传动带传动。

绝大部分木材加工机床主体运动传动的主要特点是没有用来改变工作机构转数的装置。因此使传动结构简单，除车床、

锯床和某些铣床例外。

车床和某些铣床改变主运动传动机构的转速是有级的，而铣床机是连续的和无级的。

在铣床机床运动转速无级的改变性，按同一规律进行，目的是为了切削：切削速度，不仅必须直接按照它的切削程度的减小而减小。

电动机转速的选择必须以切削速度为优先条件

大多数木材加工机床主运动传动的工作机构转速的不变化和比较不大的传动功率给出广泛利用短路异步三相交流电动机的可能性。

异步电动机属于厂可调节转速的以及它的速度决定于交流频率和定子线圈的极对数。

已知交流电动机同步转速 n_1 （不考虑转差率 S ）从定相电流频率 f 和定子线圈的极对数 P ：

$$\text{同步转速 } n_1 = \frac{60f}{P}$$

异步转速

$$\text{异步转速 } n_2 = \frac{60f}{P} \times \left(\frac{100 - S}{100} \right)$$

电动机转子的转差率为 $S = 2 \sim 8\%$ 。

因此当供给电动机电流频率 $f = 50 \frac{\text{周}}{\text{秒}}$ 以及当 P 数值得由表1给出，获下列同步转速（参阅表1）。

交流电动机的同步转速

表 1

电动机	每分钟转数	电动机	每分钟转数
双极的	3000	八极的	750
四极的	1500	十极的	600
六极的	1000	十二极的	500

当供给标准频率电流时双极电动机获得的最大转速（3000转/分），对于很多木材加工机床，例如刨床，铣床，钻床和其不足。

藉增加切削工具直径增加切削速度至某些情况不可能(钻床), 而在另外情况(铣, 铣以及其他机床)不好, 因为这样引起切削部件尺寸总的增加。

切削工具转数增加到 3000 转/分以上能够实现的方法: 1) 在供给通常频率电流的电动机和切削工具之间采用中间传动装置。2) 采用供给提高频率的电流的电动机(高频电动机)。3) 采用特种型式电动机。

利用中间传动装置的传动普及于工作轴的转数具有 3000 转以上的木材加工机床, 那里因为某种缘故应用高频率或专门型式电动机不适宜的。作为中间传动装置最普遍应用的是平皮带和三角皮带传动, 皮带传动的传动比通常在 1.5 ~ 2 范围, 很少到 3。

用作高速主轴传动的高频率电动机在多轴机床上应用最普遍, 那里应用某些中间传动装置结构很复杂且增加了机床尺寸。

高频率电动机转数形成的级数确定于电流标准频率(参图表 2)

表 2

电流频率 (周/秒)	75	100	125	150	200	300	400
电动机转数 (周/分)	4500	6000	7500	9000	12000	18000	24000

最普遍的是供给电流频率 100 周/秒的电动机, 因为切削工具每分钟接近 6000 转 (一般 5800 ~ 5850 当 $S = 0.034 \sim 0.035$ 时) 对于大多数的工具保证了必须的切削速度。

电流频率的改变采用变频器。变频器是由二个交流电机组成: 一个是短路交流电动机以及第二个具有线绕式转子的发电机。

短路电动机 (参 1-1)

是这个变频机的反动机, 用来开动变频机的发电机以转子的运动, 由发电机电刷取下提高频率的电流是在那种情况, 当把正常频率电流引

入转子的输入接线柱时。

变频器设计成为直接安置在机床旁边的单独设备出现，而对小功率传动甚至直接在机床上。用来传动装备几个高频电动机的一些机床采用适当的变频器组。变频器功率总是应该大于高频电动机的功率。

供给电流频率 100 周/秒机床的电气设备总的容量比机床电动机额定功率提高 2.5 倍，这个增加在电气设备上消耗很显著。

目前生产变频机的功率由 40 到 125 瓩。

特种型式电动机。在木材加工机床设计方面有时应用供给正常频率电流的带增加转数的电动机。二转子和三转子电动机以及整流子电动机属于上述电动机。

一转子电动机的转子通常是一个安装在另一个裡面（参看图 1-2），由于那样它仍有较大直径这一特点。外面的转子 2

图 1-2

在供给频率为 50 周/秒电流的定子内旋转，它具有速度不超过 3000 转/分。在转子 2 上，有绕组 3，利用有电刷 4 的集流环同样供给它正常频率的电流，由于这个原因，当绕组 3 为二极时里面的转子 5 每分钟以 3000 转速度旋转相对于转子 2 或每分钟 6000 转相对于转子 1。

三转子电动机的二个转子是5和双重的0.7安置在同一轴心，即位于第三转子8内。三转子电动机好像由二个电机组成：变频器2, 3, 6, 7和工作电动机4, 5（图1-28）。

当通过接线柱9的集流环供给变频器电动机线圈7和变频机的线圈6以正常频率电流时外部转子8被起动旋转。线圈7和6借固定的空心轴不动的套装在三转子电动机外壳1的轴上。由于这样结果提高频率的电流感应与变频器绕组3上，电流频率决定于转子8旋转速度和变频器绕组3, 6的极数。因此三转子电动机轴的转数理论上无限制的。

提高频率的电流从变频器绕组3进入工作电动机绕组4，由于这个结果转子5开始具有与电动机绕组4内电流频率相适应的速度旋转。如果二转子和三转子电动机的绕组进行不同极数变换，那末它们的工作轴转数可以改变。

设备的复杂性属于这种设计存在的缺点，因此限制了它们的普及。

交流电整流子电动机当供给正常频率电流时保证高的转数，例如12000—20000转/分。但是它们被制造成只是不大的功率通常不超过0.3匹以及被采用作为手持电气化工具和最轻型机床的高速传动。

进给机构电动机。木材加工机床进给机构与主体运动机构之间的差别几乎总是要求改变各种不同速度的调整，各种速度决定于加工零件的尺寸、木材品种、取下切屑厚度等。工作机构进给速度改变在大多数情况可以分级实现，特别是进给级数选择足够的話，例如6, 8或更多。但是随着机床切削速度和功率增加，尤其是机床自动化程度增加要求进给速度调整机构增大。由于这个缘故采用进给速度无级改变机构的地方不断地扩大。

木材加工机床进给机构另一不同特点它们有比较不大的速度，进给机构的工作构件（进给滚筒，传动履带和传送带的轴等）总是应该完成2~3转/分当最小速度时，到100~150转/分而当最大速度时。

现代木材加工机床进给机构传动由单独的电动机实现，因此简化了机床传动系统和机构的联锁装置。为了简化用于进给机构的中间传动装置，希望采用转速不大的电动机，例如1500

或 1000 转/分。一定型式的相同功率电动机之尺寸、重量和价格与较高速度的电动机比较小，即随着电动机转数降低显著的增加尺寸重量和价格，因此低速电动机在小功率传动上应用往往是不经济的。

在现代木材加工机床上为了实现由进给电动机到工作构件的中间传动装置通常利用减速箱，减速箱的输出轴直接通过齿轮或链的传动与进给机械工作构件连接。

现代木材加工机床进给速度的有级改变，最普遍利用二种方法获得；机械的——利用改变减速箱的传动比和电力的——利用改变多速交流电动机的磁极。

很早普及的有级皮带传动由于换速不方便不采用，但在换速次数很少的情况下可以容忍，因为它经济。

多速异步交流电动机与一般型式异步电动机相似，它们区别在于定子绕组利用特种方法完成且有增加输出接线柱的数量，借不同接线柱的联接可以在一定范围内改变电动机的磁极数。这种电动机产生 2、3 和 4 种速度决定于可变换的磁极数。标准化的多速电动机当供给电流频率 50 周/秒时，具有下列同步转速：

二速的	三速的	四速的
500—1000	500—750—1000	500—750—1000—1500
750—1500	500—750—1200	500—750—1500—3000
1500—3000	750—1000—1500	500—1000—1500—3000
	750—1500—3000	
	1000—1500—3000	

当多速电动机转速改变时它的磁极数不变，因此它的转矩矩保持不变。电动机的功率当转速降低时减小，由于这个缘故多速电动机，特别是转速为 500 或 750 的，与普通电动机比较显著的区别是它有较大尺寸、重量和价格。因此采用它的合理性应当利用在各种不同方案中电动机和变速箱价格的比较来鉴定。

属于多速电动机传动的缺点，除了它比较高的价格外是它的进给速度数值由电动机转数而定。也采用机械的和电的变换的联合系统，虽然增加了速度的级数然而同样没有给出通常需要的级数。不管上述缺点多速电动机在木材加工机床的进给机

构传动上获得普及。

无级变速系统

应用直流电动机为主体运动（在铣床机上）和进给的无级变速电气系统也很普遍，特别是用于重型机床（铣床机、车联）。应用直流电力传动调节的合理性由技术——经济条件而定。

在并激直流电动机上转数的无级调节可以达到没有一点本质的损失。这个调节利用磁通（分流调节）的改变实现且是低功率的调节。但是为了避免（由于在高速时转矩减少）引起电动机的尺寸，重量和价格的过分增加并激直流电动机分流调节区域通常不超过4:1。

发电机——电动机系统。发电机——电动机系统属于普及的无级变速系统之列，在这系统上速度的调节利用在直流发电机电端子上电压的改变获得。

系统由四个电机组成（图1-3）：异步交流电动机AD，直流发电机G，激磁机B（同样是直流发电机，但是功率不大）和直流电动机D。第一根轴把三个列举机械联接在一起，而直流电动机D的轴与机床传动轴联接在一起。利用激磁机的电流供给发电机G和电动机D的激磁线圈，由发电机G电刷取的电压U引入电动机D的电刷。在发电机和电动机的激磁电路内接入变阻器1和3，固定电阻2和5，开关4和换向开关6。

电动机轴的转数调节利用变阻器1和3实现。变阻器3改变引到电动机电枢的电压U。当不改变变阻器1时转数调节由改变电压实现而磁通不变（固定转矩调节），这个给出获得中并功率电动机满意的机械特性，调节范围达5:1，而对于1功率电动机（功率达1千瓦）调节范围达3:1或4:1。

利用变阻器1改变电动机D磁通（固定功率的分流调节）。在这种情况下调节范围为3:1。因此总的速度调节范围可以达到10-15。附加电阻5和开关4当启动时用来发电机强制激磁，而电阻2和开关6用作电动机制动。

图 1-3

低的效率从0.65到0.2（下限为小功率系统）和高价格
是发电机——电动机系统的主要缺点。系统的价格高于一个同
功率异步电动机价格7—8倍。

正交磁堵电力扩大器。在电力传动上获得比较普通的正交
磁堵电力扩大机 $\gamma M \gamma$ 是利用交流电动机转动的直流电机，它
具有若干激磁线圈和一对电刷。二个电刷的短路联接允许从短
路电刷取下大于输入功率很多倍的输出功率，输入功率引入 γ
 $M \gamma$ 激磁线圈。被称作 $\gamma M \gamma$ 扩大系数的输出和输入功率的比
值可以达到10000。这样为

了调节输出功率允许采用很
小功率的电力等级设备，而

功率的级数成为这一系统主
要的优点。应用 $\gamma M \gamma$ 显著
地扩大发电机——电动机系
统速度调节范围的可能性。

用直流电机 γ 激磁的 γ
 $M \gamma$ 的电力传动典型控制系
统引证在图1-4。利用由激
磁机 B 供给直流电的三位变
阻器改变控制线圈1 $\gamma M \gamma$

图 1-4

上电流的方向和大小。由于这样相应的改变发电机 γ 旋转方向
和速度，因此机座的电动机也随之改变。

为了电动机 D 工作稳定和它的调速范围扩大在发电机轴上
安装辅速发电机 $T \gamma$ ，转速发电机是小功率的直流电机，它的
电动势与它的旋转速度成比例。

由于具有从转速发电机引入回馈电流的 $2 \gamma M \gamma$ 线圈磁化
力选择的数值和方向合理性造成电动机 D 稳定的旋转速度回复。
电动机 D 速度的改变引起发电机电压相应改变。

字母 K 表示改善电力扩大器工作的补偿线圈。

在图1-5引证有 $\gamma M \gamma$ 没有转速发电机可调节电力传动的
简化系统。在这里 $\gamma M \gamma$ 作为直接供给电动机 D 的发电机，电
动机 D 旋转速度自动稳定在这种情况下利用二个激磁线圈 $2 \gamma M \gamma$
和 $3 \gamma M \gamma$ 达到， $2 \gamma M \gamma$ 和 $3 \gamma M \gamma$ 按照以电流方向反馈速
度的线路连接，因此线圈1 $\gamma M \gamma$ 和 $2 \gamma M \gamma$ 磁化力方向相同

而线圈3通过MVA磁化力相反于它的作用。

目前带四只激磁线圈的电力扩大器已制造的功率为1到5匹。

电子——离子调节的传动 (ЭЛНП). 直流电动机速度的电子——离子调节与发电机——电动机系统的线路相似，是用双重的方法来进行的，既用改变加在电动机上电压的方法，又用借助于变阻器 $R_{\text{变阻}}$ 以改变电动机磁通

图 1-5

的方法，用改变电压方法的调速范围为30:1，用改变磁通方法的调速范围为3:1或4:1，则总的调速范围接近于100:1。

图 1-6 所示为电子——离子调节传动的简化线路图，从图中可以看出这种调节系统的工作原理。

工作电动机 M 是由交流网路经具有三极管的整流器来供电的。这种整流器能获得两个半周期的整流，也就是能利用交流电压的两个半波的整流。

第一个半周期，变压器的次级线圈的点1具有正电位，而其点2则具有负电位。在第二个半周期，点1处于负电位，而点2则处于正电位。结果三极管 I 和 III 或 II 和 IV 依次工作。在第一个半周期电流将从点1经三极管 I 传到电动机的电枢，并且经

图 1-6

三极管Ⅲ传动电动机的激磁线圈。在第二个半周期电枢和激磁线圈将受由三极管Ⅱ和Ⅲ来供电。因此三极管Ⅰ和Ⅱ是用来给电枢供电的，而三极管Ⅲ和Ⅳ是用来给激磁线圈供电的。因为电流在整个周期中都从同一个方向流过载荷，因而在一个周期中整流电流的平均值比一个半周期的线路大一倍。供给电动机电枢电压的调节是用各种栅极操纵的线路来进行。栅极的操纵通常是靠栅极和阳极电压 $U_{\text{栅}}$ 和 $U_{\text{阳}}$ 间的相移来实现的。改变阳极和栅极电压间的相移角就可以改变在每个正半周期内三极管通电的持续时间，因而就改变了加在工作电动机片上的电枢上的电压。栅极电压相位的改变是靠专门的相位调节器来实现的。

电子——离子传动的最大优点是工作过程中不需要看管。它的缺点是它受有较复杂的安装线路，并且真空管的使用期限有限（约1000小时）及功率系数低。这就限制了电子——离子传动的功率只在10千瓦以下。

这种传动比发电机——电动机系统的优越性是没有电磁惯性，这就提供了使电动机很快加速和减速的可能性。

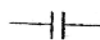
电子——离子传动系统推荐应用于机床进给运动链的传动。同样也用来传动功率不大的机床主体运动。目前电子——离子传动主要应用于转台式铣床进给运动链。

§1-3 木材加工机床电力操纵的器械和线路

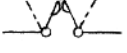
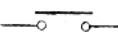
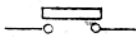
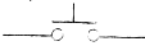
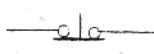
在机床电力设备的线路中所采用的符号列表如下：

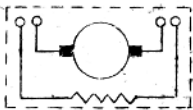
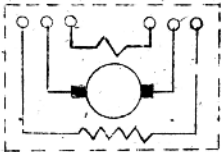
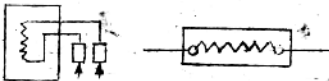
线路图元件的符号

表3

名 称	符 号
电 阻	
接 地	
电磁驱动的触头 a) 常开式	

电磁吸动的触头 δ) 常闭式	
延时闭合触头 α) 常开式	
δ) 常闭式	
延时打开触头 α) 常开式	
δ) 常闭式	
接触器线圈	
继电器线圈	
电磁铁(螺管线圈)	
带铁心线圈	
热继电器发热元件	
电磁吸动的触头 α) 带有热敏线圈的常开式	

热继电器的触头 (常闭式)	 
行程开关的触头 a) 常开式	 
δ) 常闭式	 
三相闸刀开关	
转换开关 (合式开关)	 
熔断器 a) 一般符号	 
δ) 管式的	
ε) 插入式的	
按钮触头 a) 常开的	
δ) 常闭的	
主控制器触头	
三相短路电动机	
电机电刷的接点	

直流电机 a) 並激式的	
b) 複激式的	
电磁离合器	
接触器线图	

机床电力设备手动操纵的器械和线路

手动操纵器械包括闸刀开关、盒形开关、转换开关、控制器、手动控制器。

闸刀开关根据闸刀的数目做成单极的、双极的和三极的。为了预防触电，闸刀开关做成有外壳并有侧面手柄的。为了使闸刀开关的线路迅速打开，而加装有弹簧装置。

盒形开关（或称转换开关）是比闸刀开关较为紧凑而方便。盒形开关本身是一套彼此叠在一起的圆环（叠片）圆环采用绝缘材料制成，在圆环上都配置有单板的旋转开关，开关用一根公共的转轴来操纵。盒形开关可作为使机床接入网路或从网路中断开之用，或用来起动接通次数不多的电动机等。

鼓轮式和凸轮式的控制器（转换开关）可用来转换和操纵几个电路。鼓轮式的控制器如图 1-7 所示，它有两个工作位置 I 和 II 及一个不工作位置 0。它有轴 1，其上固定着由绝缘材料制成的鼓轮 2。在鼓轮上配置着铜片 3，彼此连成一定线路。安装在用绝缘材料制成的条板 5 上的触指 4 紧靠着鼓轮。转动鼓轮，使各组铜片 3 依次地与触指 4 连接，并由触指 4 与线路的导线相连。鼓轮的每一个位置相应于一定连接的线路。

图 1-7

图 1-8

图 1-8 所示为双速异步电动机鼓轮式控制器的线路。这个控制器有三个位置：0——电动机从线路中断开；I——三角形连接（电动机低速）；II——双星形连接（电动机的高速）。

在控制器的位置 I 时，分布于轴中左边垂直线 I 上的铜片与右边的触指相连。在位置 II 时，触指与分布于右边和左边垂直线 II 上的铜片相连。在位置 0 时，控制器的铜片不与触指相接触。

在控制器位置 I 时，导线 A_1 与电动机绕组的点 1 相连，导线 A_2 ——绕组的点 3，导线 A_3 ——绕组的点 5。此时，电动机接成三角形线路。在位置 II 时，导线 A_1, A_2, A_3 相应的转换到绕组中的点 6, 2 和 4。绕组上的点 1, 3 和 5 借助于下面的二个铜片和下面的触指 1, 3 和 5 接成短路并成为双星形的

另点。这样一来，电动机便接成双星形的线路。

一、接触操纵的器械

接触操纵的作用原理和接触器的示意图表示于图 1-9。电动机的主（工作）电路（参阅图 1-9 a 的粗线 I, II, III）利用三个主触头 1, 2, 3 断开。触头固定在公共的绝缘心棒 4 上。心棒与电磁铁心 8 相接合。除了主触头心棒还装有辅助联锁触头 5；联锁触头用于操纵电路的联锁，操纵电路在图上用细线表示。

操纵线路与工作线路电线 II 连接在点 16 上，而在点 15 上与电线 III 连接。操纵线路在点 14 分支成通过启动按钮或通过联锁触头 7, 5, 6。电磁铁 8 的线圈在二种情况处于通电作用之下。

图 1-9

当按操纵线路启动按钮时弱电流按线路 $A_3 - 15 - 14 - 13 - 12 - 11 - 10 - 8 - 9 - 16 - A_2$ ，这样引起电磁铁 8 的磁化。因此磁铁心棒即带有触头 1, 2, 3, 5 的心棒沿箭头方向移动。当主触头 1, 2, 3 接通时电动机的主线路 I, II, III 被接通即电动机开始工作。当联锁触头 5, 6, 7 接通时形成 $A_3 - 15 - 14 - 7 - 5 - 6 - 12 - 11 - 10 - 8 - 9 - 16 - A_2$ 操纵线路，由于这样当

按钮松开时通过这一线路的电流对电磁铁 8 线圈继续作用。

为了停止电动机必须停止 6 电磁铁 8 线圈内电流，可以利用断绝操纵线路在 10, 11 线上“停止”按钮。

电磁铁和带触头的心棒通常设计成如图 1-9 所示。电磁铁磁化即把衔铁吸引近自己，衔铁与带触头的轴刚性连接。轴 4 的转动闭合工作电流线路的主触头 1, 2, 3 和操纵线路联锁触头。

接触器通常具备不只是一个而是几个联锁触头，联锁触头用于操纵线路的联锁。具有三个主触头 2, 接触器电磁铁线圈 3 和 4 个联锁触头 1 和 4 的接触器符号图表示在图 1-9 中。当接触器动作时触头 1 接通而触头 4 断开。当接触器断电时断开的触头称作常开 (H. 3.)。当接触器断电时闭合的触头称作常闭的 (H. 3.)。

接触器接通的时间为 0.05~0.1 秒，断开时间 0.03~0.05 秒。每小时最大接通次数不应超过 200，这个在某些情况对于高生产率的水工机床显示不足。

继电器

继电器是一种电器，当相当小的电功率，机械功率或其他功率对它作用时，它所控制的电路便自动地闭合或断开。在电力驱动线路内，用继电器来控制接触器的运用，可是在容量很小的电动机继电器可以直接闭合或断开电动机的电路。

按照功用的不同，继电器有保护继电器和控制继电器的区别，前者用来保护机械和电动机使不受到过载或意外，后者用来开、关、通、断、闭合及其他的任务。有些继电器是瞬时动作的，可。另有一种继电器是具备可以调节的时滞作用。

按照作用原理，继电器可分做：(1) 电磁的，(2) 感应的，(3) 电动的，(4) 热的，(5) 电子和离子的，(6) 机械的等。

图 1-10 所示，是用来保护电动机免得受到过热的热继电器的线路图。电动机的电流 I 流经发热元件 1 时使双金属片 2 发热。这片是由两个金属片沿全表面焊合而成，下面的金属片具有较大的线膨胀系数。片 2 的一端是固定的，另一自由端抵住弹簧 4 所拉紧的杆 3。在控制电路内电流 I_y 通过线圈 5 时线圈将它的芯子 5 吸进，从而保持主要电路内触头 6 的闭合。