

清華大學交流講義

金屬切削機床

上 冊

北 京 航 空 學 院 譯
清華大學金屬切削教研組校

—僅供內部參考—

一九五三年度上學期印

金屬切削機床

第一章 基本規律

§1 金屬切削機床的分類：

机床一般係根據其加工性質的差異，而分為：鑽床、刨床、銑床等，但分類的原則並不是非常嚴格，因各机床製造的範圍，使其必需根據其他特徵來劃分机床的類別，例如：齒輪加工机床便歸到另一個特定的類別。屬於該類的如滾齒機、花齒機——等。

各類机床又可根據不同的特徵，分成各種型式。其中最主要的是机床的功用，加工特性，机床工作機構的互換位置，構造時英法諸如此類。金屬切削机床實驗科學研究所(ЭИИМЦ)所擬定的机床分類草案中，机床可分為下列各類(組)。

- 1 車床：這組机床係用來對各種不同的旋轉表面(內部和外部)進行加工，此時製品旋轉而刀具(一刀或多刀)作前進運動。
- 2 鑽床：這組机床係用以進行鑽孔加工，此時製品固定不動而刀具作旋轉及直線運動。
- 3 銑床用銑刀工作。
- 4 刨床：刀具對製品作相對往復運動。
- 5 磨床：使用磨輪作各種不同表面的加工。
- 6 齒輪切製机床：用於齒輪加工，其刀具種類繁多(側齒可以用鉋刀，插刀，銑刀等)。
- 7 剃床：用多面刀具——用刮削剃刀及推削剃刀對各種不同圓外表面進行加工。
- 8 研床及拋光床：用砂輪及磨粉等對各種不同形狀的工件進行加工。
- 9 螺紋机床：用以切製螺絲、螺絲、螺帽等的螺紋。
- 10 切料机床：切斷或能斷離壓過的材料。
- 11 輔助机床及其他机床：機器生產中使用的某些機器及儀器以及不屬於上述各類中的任何一種，都屬於此類，例如剃度機、平衡機——及其他等等。

不同類別的机床，根據其外形及型式的詳細分類，將在以下各章分述。

(续)

机床的編號

表格一

机床	型	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
自动半自动机床											
车床	1	卧式车床	多轴式	六角车床	能切新式	立式	多轴车床	多刀式	专用车床	各式	
经济型车床	2	卧式车床	半自动多轴式	半自动多轴式	踏床	扭臂床	扭床	扭床	扭床	各式	
立式铣床和精磨机床	3	立式铣床	立式铣床	立式铣床	立式铣床					立式铣床	使用砂轮的各式机床
专用立式组合机床	4	立式组合机床	立式组合机床	立式组合机床	立式组合机床						
磨床和切齿机	5	立式磨床	立式磨床	立式磨床	立式磨床	立式磨床	立式磨床	立式磨床	立式磨床	立式磨床	各种
铣床	6	立式铣床	立式铣床	立式铣床	立式铣床	立式铣床	立式铣床	立式铣床	立式铣床	立式铣床	各种
龙门铣											
立式铣床	7	立式铣床	立式铣床	立式铣床	立式铣床	立式铣床	立式铣床	立式铣床	立式铣床	立式铣床	各式
立式铣床											
切齿机	8	立式切齿机	立式切齿机	立式切齿机	立式切齿机	立式切齿机	立式切齿机	立式切齿机	立式切齿机	立式切齿机	
其他	9	立式机床	立式机床	立式机床	立式机床	立式机床	立式机床	立式机床	立式机床	立式机床	

§2. 机床編號

苏联机床製造業中所採用的机床编号系統，是以某些基數分類為基礎。1943年，编号系統又进行了某些修正。机床的号数是由三个数字组成。偶而也有四个数字的。在某些个别情况下，在第一或第二两个数字之前，或在数字之后追加一年份，例如5432，第一个数字表示所指的机床是属于那一类。这些数字例举在表(一)的整行内。第二个数字是表示机床的型别，例举在表(一)的横标题下面。第三个数字和四个数字通常与第四个数表示机床的大小尺寸有关，第四

個數字也用某表示其特性，例如高級精確度等，上列這出部的更完善的同類型同尺寸之机床或更改了舊式之構造時，在某一數字之數字之前加一零號。

例如第一種式樣之車床（六角車床）之型號為 1611 表示用吋，3—表示精確度，6—表示主軸孔之尺寸為 60mm，在構造改善後其號碼為 1825。

在數字後之增加之字母是表示主要基本型式的改良。

中心高度 175mm 和中心距離 750mm 的車床原用 161 表示，如把該車床的中心距離改為 1000 時那就應該用 161A, 161B —— 等號表示了。

一些個別專用机床可用工廠的番號表示，在工廠號碼之前面加上該工廠之特有字母，例如 СТАНКОКОНСТРУКЦИЯ “机床製造” 工廠可用 A, КРАСНЫЙ ПРОМЛАНИ “紅色要產者工廠” 可用 K, “ЛЕНИН” “列寧工廠” 可用 L —— 等。

§3 机床內部運動之分類：

雖然金屬切削之這類型之構造尺時，高數甚多，但其机床中有許多共同及相似之部份，這將大大地增加研究此類機器之便利，同時可以給其中大部份之機器訂出共同的調整方法。

所謂机床調整，就是這要配合机床各機件的運動以便工作與刀具切線（刀刀）之間作必要之相對運動。在机床內的運動可分為如下：主要運動；主要運動之速度係根據所需要之切削速度而定。

机床絕大部份的功率都用在於主要運動系統，主要運動或其工件或其刀具相聯繫。例如，在車床組工件的旋轉為主運動，而在臥床鑽床磨床等組——刀具的旋轉為主運動。某些個別類型的机床，其主要運動是工件及刀具以不同的速度作相對運動，例如某些自動車床在切削螺紋時，不僅是工件旋轉而且側齒輪也以同樣旋轉，如欲在工件以原來的速度旋轉時，他們相對運動速度適當的減少，然後使用改變齒輪旋轉速度或方向的方法，使完成螺紋主被切削之工件上退出。大多數机床的主要運動是旋轉。僅僅在鉋床，刨床剃床及其他一些齒輪机床等組，主要運動是往復運動。

送進運動（走刀運動）：它的速度是由一個刀刀所刻下之切屑

* “主要運動” 亦作 “主體運動”

的截面某一尺寸(如厚度)表示定时。例如车床组进给运动是刀具对旋转之工件作缓慢的移动(一般是平行于或垂直于工件轴线)。被刀具削下的切屑厚度就取决于进给运动的速度。进给运动的进速上对工件作缓慢的移动。根据进给运动的速度, 刀具每转所削下的切屑厚度即可算出。

进给运动可限定连续不断的。如在车床、铣床、刨床及其他类型的机床(已开过新读的「週期性的」), 例如龙门刨床, 牛头刨床的进给与主运动时也就是当刀具在加工工件外面时, 由刀具作迅速反向转动产生。

某些机床的进给运动比较复杂, 例如外国磨床之进给运动是由工件的旋转运动(圆周进给)和工件或砂轮的轴向移动(轴向进给)两组运动而成。除此而外, 在每次纵向行程完了时还使砂轮稍稍移动, 移动的方向垂直于工件轴, 因此其大小决定加工层之厚度(横向运动)。刨床没有进给运动, 切屑之截面完全根据刀具尺寸及进给速度而定。

除去主要运动外——主要运动及进给运动, 在机床上还可遇到其他一些其运动与进给运动有直接关系的运动。其目的为使工件对刀具有正确的位置。在进给工件及刀具之间。若有这些运动而沒有密切联系的三台机床。

五个传动系统符号和符号

为了分析机床各机件的运动, 可以使用很简略的符号图。这些符号图不仅表示机床的运动方面, 而且在一定程度上在它们的构造方面都给我们以简单明确的概念。这些运动图的清楚精确程度和它们的使用有很大的关系。反遵守一定的规则并以认真的态度来绘制运动图时, 假如已经了解机床的工作原理, 就可以不加任何补充解释而能了解。

绘制运动图时所使用的全部符号 在有关机床说明书编号法专门章节中均已例举。

图二所例举的符号是比较重要及较常碰到之各机件及传动机件的符号。至于其他符号, 可在研究本号材料的过程中逐渐整理。在绘制运动图时或有可能将运动系统画到机床各主要投数之外廓及外形中, 但总要保持各机件之相对位置, 但不损害各轴之

清楚明确表示。

对机床运动线画出完全清楚的符号，这是运动线图的主要目的。其他一切也是属于这个目的。因此当绘製运动线图时，可以允许作某些变通，以便帮助了解及简化，但决不完全按其机床的实际构造进行。例如旋转的轴通常用直线表示，但有时在图上也可能用曲线表示。

机床结构基本标准符号

名 称	符 号
1. 轴	
2. 皮带传动	
3. 链传动	
4. 三角皮带传动	
5. 正齿轮 A. 有键 B. 有键 B. 在键上滑动 Z. 按键	
6. 离合器 A. 片式(鼓式) B. 鼓式 B. 鼓式	
7. 齿条传动	
8. 轴承	
9. 蜗轮 A. 有键 B. 在键上滑动	
10. 螺桿传动(螺桿和蜗輪)	
11. 螺桿和螺帽	
12. 棘輪传动(南太及棘輪)	

(续)

机床说明书内绘製简明正顺之运动简图是主要工作之一。

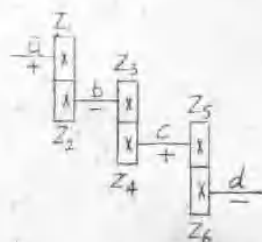
§5 传动比(速比)

假如已知轴a与轴d间之传动，由若干组齿轮组成(图一)并且已知轴a之转速 n_a 那麽轴d之转速 n_d 能按公式求得：

$$n_d = n_a \cdot \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} \cdot \frac{Z_5}{Z_6} = n_a \cdot i_{da}$$

式子

$$i_{da} = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} \cdot \frac{Z_5}{Z_6} \quad \text{称为由a至d}$$



传动系统之传动比(或速比)轴d转速

图一. 六个齿轮的传动

$$n_d = n_a \cdot i_{da}$$

假如上述传动中已知者不是转速 n_a 而是 n_d 则其计算公式依照下式进行

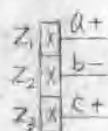
$$n_a = n_d \cdot \frac{Z_6}{Z_5} \cdot \frac{Z_4}{Z_3} \cdot \frac{Z_2}{Z_1} = n_d \cdot i_{ad}$$

此地 $i_{ad} = \frac{Z_6}{Z_5} \cdot \frac{Z_4}{Z_3} \cdot \frac{Z_2}{Z_1}$ 是由d至a传动系统之传动比非即有英

$$i_{ad} = \frac{1}{i_{da}}$$

现在根据图二分析由三个齿轮所组成的传动，在该情况下

$$n_b = n_a \cdot \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_3} = n_a \cdot \frac{Z_1}{Z_2}$$



由此可见中间轮(过桥轮) Z_2 并不影响c轴的转速。

这组中间轮就称为惰轮，不论惰轮的数目多少总可得出同样的结果。

图二 有惰轮之传动

现在我们将研究在齿轮传动中，轴与齿轮的转向问题。

由两个齿轮(Z_1 及 Z_2)所组成的传动，各齿轮向相反之方向旋转。顺时针旋转之方向用(+)号表示，逆时针旋转之方向以(-)号表示。如在第二组之传动中，设齿轮 Z_1 的旋转方向是+，那麽惰轮 Z_2 的旋转方向将否(-)，而齿轮 Z_3 的方向否(+)，因此惰轮 Z_2 虽不影响齿轮 Z_3 的转速，但改变了後者的旋转方向。

為了判斷幾個正齒輪所組成之傳動系統中的某一齒輪的旋轉方向，我們製出一個一般的法則。為此我們可使用 (-1) 之偶次方為 $(+1)$ ，奇次方則為 (-1) 的原理。此時求轉數的公式可以寫成如下的形式

$$n_d = n_a \cdot \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} \cdot \frac{Z_5}{Z_6} (-1)^m$$

此處 m 為啮接的數目

將公式運用到齒一之傳動時，得出

$$n_d = n_a \cdot \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} \cdot \frac{Z_5}{Z_6} (-1)^3 = -n_a \cdot \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} \cdot \frac{Z_5}{Z_6}$$

因為在此種情況下，軸 a 和軸 d 向相反方向旋轉，所以現成如此。假如某台電動機把齒一傳動系統的軸 a 帶動旋轉時，那麼齒輪 Z_1 稱為主動輪而齒輪 Z_2 稱為被動輪，齒輪 Z_3 和 Z_5 同樣為主動輪，齒輪 Z_4 和 Z_6 為被動輪。

在計算機床傳動並某些個別齒輪 軸的轉數時，不管將何者作為主動輪，何者作為被動輪所得結果完全相同。又計算中的傳動方向可以和實際方向相同，也可以和實際方向相反，但所得結果都是一樣。這可由上述傳動運動的一般公式中看出。

蝸齒輪： 蝸齒輪所組成之傳動鏈的傳動比，其公式和上述公式完全相同

$$n_d = n_a \cdot \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} \cdot \frac{Z_5}{Z_6}$$

但是判斷個別軸的旋轉方向，如直接使用上述之法則，已不可能。

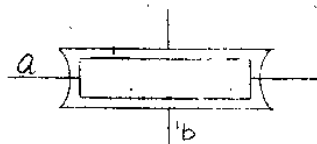
蝸桿傳動： 蝸桿傳動比可用以下公式表示

(齒三)

$$i_{ba} = \frac{k}{Z}$$

而蝸輪的轉數

$$n_b = n_a \cdot \frac{k}{Z}$$



齒三 蝸桿傳動

此處 k —— 蝸桿螺紋頭數 (螺紋數) Z —— 蝸輪齒數

蝸輪之旋轉方向不僅取決於蝸桿之旋轉方向並且還取決於蝸桿的螺紋方向——右旋還是左旋。

在蝸桿傳動中，蝸桿是主動機件，蝸輪是被動機件，在大多數情況下，由蝸輪到蝸桿的傳動運動，因其制動關係而不可能實現。

(关)

这情况其不能按照上述公式根据蜗轮(n_b)的已知转速作蜗杆转速(n_a)的计算, 该公式能写成下面的形式:

$$n_a = n_b \cdot \frac{Z}{K}$$

能得出又结果, 能组成一适合所有齿轮传动之法则。

任何各轮齿和蜗杆所组成的传动链的传动比, 等于整个传动链中各个传动部份之传动比的乘积

例如: 对于第四之传动链

$$n_e = n_a \cdot \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} \cdot \frac{Z_5}{Z_6} \cdot \frac{Z_7}{Z_8} = n_a \cdot i_{ea}$$

$$n_a = n_e \cdot \frac{Z_8}{Z_7} \cdot \frac{Z_6}{Z_5} \cdot \frac{Z_4}{Z_3} \cdot \frac{Z_2}{Z_1} = n_e \cdot i_{ae}$$

齿轮和齿条: 这机械件(第五)用来改变旋转运动为直线运动, 或是相反把直线运动变为旋转运动。

齿条之齿距, 也就是齿轮上按齿圆量出之齿距用 t mm 表示, 齿轮的齿数用 Z 表示, 齿轮转 n 转时齿条移动的距离为 S mm, 该距离可按下式计算

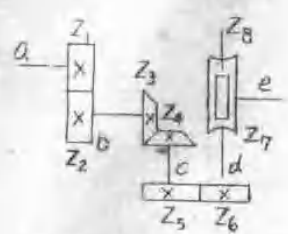
$$S = n \cdot Z \cdot t \text{ mm}$$

由此如已知齿条的行程 S 而需要求得齿轮转数 n 时, 那末

$$n = \frac{S}{Z \cdot t}$$

例: 齿条行程 $S = 125 \text{ mm}$ $Z = 20$ $t = 15.7 \text{ mm}$ 求齿轮的转数 n :

$$n = \frac{S}{Z \cdot t} = \frac{125}{20 \cdot 15.7} = 0.398 \text{ 转}$$



图四. 不同齿轮所组成之传动



图五. 齿轮传动



图六. 蜗杆及齿条传动

蜗杆和齿条, 这机械件(第六)

比前者使用的较少, 其作用是使旋转运动变为直线运动。



图七. 螺旋传动

金属切削机床

用 K 表示蜗桿之螺紋頭數, t_{mm} 表示齒條齒距, 在蜗桿之 n 轉數中齒條移動的距離為 $S = n \cdot K \cdot t_{mm}$ 。

螺桿和螺帽: 這般機構 (卷七) 用來改變旋轉運動為直線運動, 而很少用來改變直線運動為旋轉運動。後者僅僅在螺紋的導角相等時 (具有適當值) 而傳動機構不致因已止動時才可實現。

若用 t_B 表示螺桿之螺距。當螺絲旋轉 n 轉數時, 只能作直線移動的螺帽之向前移動

$$S = n \cdot t_B$$

假如已知螺帽的行程 S , 並要求出與其相啮合的螺桿轉數 n , 由此可得出

$$n = \frac{S}{t_B} \text{ 轉數}$$

此處 S 和 t_B —— 為同一長度單位

例如: 螺帽行程 $S = 2.5 \text{ mm}$, 螺桿之螺距 $= 10 \text{ mm}$, 螺桿轉數

$$n = \frac{S}{t_B} = \frac{2.5}{10} = 0.25 \text{ 轉數}$$

皮帶傳動和鏈條傳動: 如果不計皮帶之滑動, 則閉式或交叉式皮帶之傳動比:

$$i_{21} = \frac{d_1}{d_2} \text{ 由此 } n_2 = n_1 \cdot \frac{d_1}{d_2} \text{ 或 } n_1 = n_2 \cdot \frac{d_2}{d_1}$$

此處 d_1 和 d_2 為皮帶輪之直徑。

在閉式皮帶傳動中, 兩個皮帶輪向同一方向旋轉, 在交叉式傳動中則為反方向旋轉。

鏈條傳動:

$$i_{21} = \frac{Z_1}{Z_2}; n_2 = n_1 \cdot \frac{Z_1}{Z_2} \text{ 和 } n_1 = n_2 \cdot \frac{Z_2}{Z_1}$$

此處 Z_1 和 Z_2 為鏈輪輪齒數目, 兩鏈輪旋轉方向相同。

§6. 机床主軸的轉速級數: (註: 轉速指每分鐘的轉數)

帶動工件 (車床) 或帶動刀具 (銑床, 鑽床, 磨床) 的主軸轉速, 可根據下式計算

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \text{ 轉/分}$$

此處 n 是主軸每分鐘的轉數

(关)

V 切削速度，公尺/分

d 工件或刀具之直径以公厘表示。

因为机床的功用是给不同直径不同材料的工件进行加工，而刀具（车刀、钻头及其他等）同样是用不同的材料制成，并且也可以有不同的直径（因此在新式机床中 V 和 d 的变化范围很大，尤其是 d 值）。所以机床之主轴必须依据 V 和 d，给以不同的转数 n，每个机床都须有一定的转速级数，该级数决定于该机床的功用和使用范围。机床主轴最大转速和最小转速之比值

$$\frac{n_{max}}{n_{min}} = C$$

此数值称之为机床转速范围。这个比值，在某种程度上表示机床的运用程度其给出一些可在该机床上进行加工之件（或应用刀具）的尺寸的变化范围的概念。

高张（通用）机床为加工各种工件范围 $C \approx 30$ 至 80。加工工件变化范围较窄的专用机床，其范围仅 5 到 30。机床的专用性愈小，它的转速范围自然也愈小。

例如高张车床 11—200 型（1.5 匹 62）其转数范围

$$C = \frac{600}{12} = 50$$

此种机床可用来加工直径由 20 至 400 mm 之各种不同材料的工件 11/18 型车削自动专用车床的转速范围

$$C = \frac{3200}{550} = 5.83$$

因在该自动车床上加工的材料，其直径限制在 $\varnothing 2 - 180$ mm 的狭小范围内。

如上所述，在大多数情况下，机床不是随意的在最小至最大的范围内拥有任何转速，而是拥有规定的转速级数。目前绝大多数的机床都安装了齿轮变速或液压调速机构。这些机构内使用特种之流体电力或机械等装置。关于这些机构将在以后叙述。分档变速的主轴转速，普通机构为几何级数。在某些专业技术书籍中还列举其他机床转速级数（例如算术级数和反对数级数）。但是它们在实保

的机床製造中还没有广泛采用，因而也未能代替主軸轉速的几何分級法。

主軸轉速按其增長次序用以下表示：

$$n_1, n_2, n_3, \dots, n_k$$

至於由它組成的几何級數之公比則以下表示。根據几何級數之規律

$$n_k = n_1 \cdot \varphi^{k-1}$$

此處 k —— 速度級數也就是主軸各級不同轉速的數目。

茲列出下列各數間之關係： $k, \varphi, n_{\min} = n_1$ 和 $n_{\max} = n_k$

由公式 $n_k = n_1 \cdot \varphi^{k-1}$ 可得出下式

$$\varphi^{k-1} = \frac{n_k}{n_1} = C \text{ 和 } \varphi = \sqrt[k-1]{\frac{n_k}{n_1}} = \sqrt[k-1]{C}$$

例如在 ДМТ — 200 之机床 $k=18, n_1=12, n_k=600, C=50$
和 $\varphi = \sqrt[17]{50} = 1.26$

現在將解釋机床主軸的轉速級數，採用几何級數之原理。在此我們需要熟習一種「線圈」。此種線圈對机床的使用者具有很大的意義，故該線圈刻在鋼板上並固定於機座箱的外壁上。

線圈：當知道直徑 d mm 及速度之切削速度 V 分/分，線圈可以使我們很快的求出主軸的轉數 n ，我們將用數舉例說明該圈的画法。

茲給出車床主軸轉速。

$n_1 = 17.8;$	$n_5 = 112.5;$
$n_2 = 28.7;$	$n_6 = 180;$
$n_3 = 44.6;$	$n_7 = 280;$
$n_4 = 71;$	$n_8 = 450;$

假定机床主軸以任何一定轉速旋轉，例如

$$n_3 = 44.6$$

在這個轉速下的工件圓周速度（即切削速度）將僅由工件的直徑

(关)

决定, 即:

$$V = \frac{\pi d n_3}{1000} = \frac{\pi n_3}{1000} \cdot d$$

使

$$\frac{\pi n_3}{1000} = a_3; \quad \text{这时 } V = a_3 d$$

後一公式表示切削速度係其直径大小 d 成正比。这种关系, 可用通过垂直(笛卡儿)坐标零点的直线表示之。因为

$$d=0 \text{ 时 } V=0$$

同理, 可为其他主轴转速 $n_1, n_2, \dots$ 得出 $V = a_1 d, V = a_2 d$ 等方程式。在垂直坐标上表示出这些公式後, 我们可以得出通过坐标零点的许多直线——绿圈。

若八代表上述转速级数的绿圈。

根据给出的转速, 兹简单说明他的画法如下:

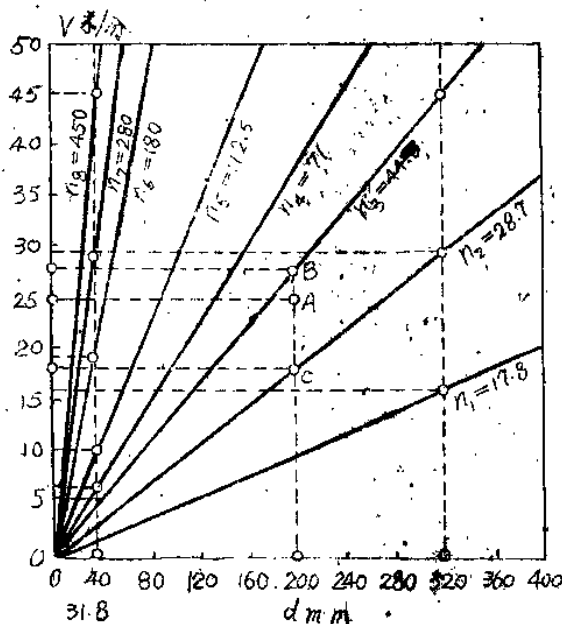
因为图中之线条均穿过坐标点, 所以直线上的一点是已知的。当绘製直线时, 该直线尚需知道穿过之另一点, 适合於主轴 n 转速之直线公式在笛卡儿坐标上, 为:

$$V = \frac{\pi \cdot n}{1000} d = \frac{n}{318} \cdot d$$

由此可以看出, 假如我们令直径 $d = 318 \text{ mm}$, 那麽後一公式将变成

$$V = n$$

即切削速度, 公尺/分, 将由每分钟内主轴之转速决定。例如直径 $d = 318 \text{ mm}$, 当 $n_1 = 17.8$ 转/分, $V = 17.8$ 公尺/分; 当 $n_2 = 29.8$ 转/分,



图八 绿圈

$V=28.7$ 米/分 ----- 号号。

在线图、图八)上作垂直线 $d=318$ ，垂在此线取纵坐标为 $17.8=28.7$ 和 44.6 端点。假如将这些点其坐标连起，便得出 17.8 、 28.7 和 44.6 号转数之直线。用相同方法可以绘出主轴其他转数之直线。但线条尺寸不允许在直线上标出 $d=318$ 号之纵坐标 71 、 112.5 ----- 450 ；因此绘出这些直线时可利用以下方法。

令 $d=318 \text{ mm}$ ，在此情况下

$$V' = \frac{\pi}{318} \cdot 31.8 = \frac{\pi}{10}$$

此表方法

$$d = 31.8 \text{ mm}$$

当

$$n_4 = 71$$

$$V = 7.1$$

$$n_5 = 112.5$$

$$V = 11.25$$

$$n_6 = 180$$

$$V = 18$$

$$n_7 = 280$$

$$V = 28$$

$$n_8 = 450$$

$$V = 45$$

在图八绘出直线 $d=31.8$ 在线上标出几点，其纵坐标为 7.1 、 11.25 、 18 、 25 和 45 。将得出各点纵坐标点连接起来，即可得出主轴其他转数的直线。

现在由实例例子来说明线图如何使用。假设加工之工件 $d=200 \text{ mm}$ 并且希望使用切削速度 $V=25$ 米/分。我们利用线图即可求得这一切削速度的主轴转速。在图八取出一夹其横坐标 $d=200 (\text{mm})$ ，纵坐标 $V=25$ (米/分)，这一夹 A 在 A 线 $n_3=44.6$ 和 $n_2=28.7$ 之间。假如当横坐标 $d=200 \text{ mm}$ 时，我们在车床上使用其 B 夹相符之主轴转速 $n_3=44.6$ ，那么切削速度将等于 $V=27.5$ 米/分。过深而言，将切削速度增加至高出於规定数值 ($V=25$ 公尺/分) 是不允许的或不希望的。故必须使用相当於 C 夹的转速 $n_2=28.7$ 转/分工作。即其切削速度 $V=18$ 米/分。在这情况下不得而称同速度 $V=18$ 米/分，这比所希望的小，因为机床不具備这种当直径 $d=200 \text{ mm}$ 时切削速度恰为 25 米/分之主轴速度。(这转数等于下式所求之值，即图中之 A 夹)

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{3.14 \cdot 200} = 39.8$$

----- 13 -----

(关)

根据线图能够解释，是什么原因使主轴之转速几何级数在机床製造中獲得如此廣泛的使用，而其他別的級數則不然。假如我們繪製轉速幾何級數的線圖（圖九），則可在圖中找到他的特性。先任意引一水平線與圖線相交，並從得出之交點 2, 3（除第一條線之交點 1 外）引出垂線使其相鄰之直線相交於 2', 3', 4' 諸點。不難看出這些點均處在同一水平線上。因此我們就能根據既有之線圖很容易並且很快的檢查，机床的轉速是否構成幾何級數。現在我們證明，上述之線圖的特性是任何轉速幾何級數所固有的。茲舉一例予：圖九有二條線 n_3 和 n_2 ，還有點 3 和點 3'

設：

$$\text{點 } 3 \quad V_3 = \frac{\pi \cdot d_{II} \cdot n_3}{1000}$$

$$\text{點 } 3' \quad V_2 = \frac{\pi \cdot d_{II} \cdot n_2}{1000}$$

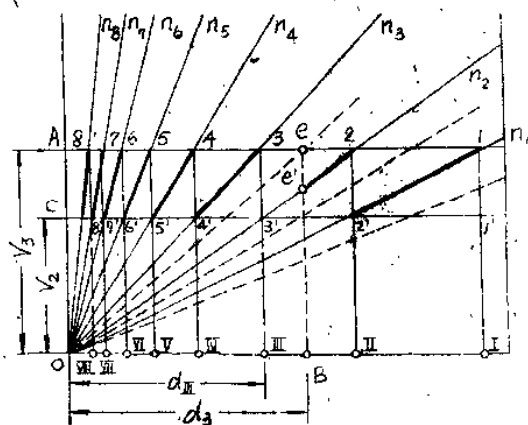
$$\text{由此} \quad \frac{V_2}{V_3} = \frac{n_2}{n_3} = \frac{1}{\varphi}$$

$$\text{或} \quad \frac{V_3 - V_2}{V_3} = \frac{\varphi - 1}{\varphi}$$

$$\text{但是 } V_3 - V_2 = AC, V_3 = AO. \text{ 即 } \frac{AC}{AO} = \frac{\varphi - 1}{\varphi} \text{ 和 } AC = AO \cdot \frac{\varphi - 1}{\varphi}$$

如果選定之各轉速為一幾何級數，則 φ 對於任何轉數 n 均相同，因此 $33' = 22' = 44'$ AC 線段 AC 表示該幾何級數所採

用切削速度 V_3 之速度損失的可能最大値。我們可以看見到該机床上共有几種不同直徑 $d_I = OI, d_{II} = OII, d_{III} = OIII \dots$ 等。對於這些直徑，可以在机床上得出所擬定的切削速度 V_3 (1, 2, 3 點)。但對其他直徑，則該机床不可能給出這樣的切削速度。因此，當加工這樣尺寸的工件時，或大或小的



圖九 線圖之性能

速度損失是不可避免的。例如，取出直徑 O, B (B 點位於 II 和 III 之間)，不得不採用主軸轉速 n_2 工作 (C' 點)。因此，切削速度和預定的速度比較則損失 C' 。若 B 點越接近 III 時，線段 CC' 也就越長，他的極限值等於 $3'3'' = AC$ 。可以看到假如 B 點不是位於 III 與 II 之間，而是在 III、IV 之間或 IV、V 之間。顯然，當主軸轉速構成幾何級數時，在所有的階段中，其最大的可能損失都是同樣的。這就是機床主軸轉速選擇幾何級數的基本原因。

有時把線圖稱為“鋸齒形圖”(圖九)。在幾何級數時，“鋸齒”落在同一高度。假如機床主軸轉速的值沒有組成幾何級數時：那麼，“鋸齒”是在不同的高度。這意味着對於不同之直徑間隔，其切削速度的可能最大損失是不相同的。

切削速度的可能最大損失可用願得切削速度的百分數表示之。

$$A = 100 \cdot \frac{V_3 - V_2}{V_3} \% = 100 \cdot \frac{\varphi - 1}{\varphi} \%$$

這個百分數稱為速度降落。例如 當 $\varphi = 1.41$

$$A = 100 \cdot \frac{1.41 - 1}{1.41} = 29\%$$

根據以上對線圖的分析，可以看出主軸轉速的分级數目 K 的意義。假如在規定之主軸轉速 n_{min} 和 n_{max} 範圍內，將級數 K 增加一倍。那麼線圖內的直線數也增加一倍，而“鋸齒”則大約降低了一半。(圖九虛線所示)，因而切削速度的可能最大損失也減小了一半。但是我們並不希望儘量增加主軸轉速的分级數目，因為這將引起機床變速箱成本的增加。由此可見我們不得不限制 K 值而容忍切削速度的某些損失。從機床的使用觀來看，主軸轉速能作無級調節者最為有利。在這種情況下我們可以得到任何主軸轉速(當然是在規定範圍之內)因而其切削速度的損失可能降低至零。

用普通正坐標所繪出之線圖在使用上有某些缺點。例如表示高轉數之圖線，其坡度太陡，且排列極緊，這可引起計算的錯誤。因此表示 V 、 α 和 n 關係的線圖，經常用對數坐標繪出。圖十所示即一般機床說明書中所使用的對數線圖。此處縱坐標代表直徑之對數；橫坐標代表切削速度的對(通常以 m/min 表示)。兩軸上之數字相當於所取對數目的原數，因此計算並不困難。和前述線圖比較

區別在于這組綫圈的轉數與綫圈均係相互平行。假如這些轉速構成幾何級數，那麼所有直綫孔間之距離均應相同。

对数坐标残图的习惯方法。其通常所述残图没有什么差别。图1中的轨迹和A, B, C, 各点均其图1相当。两相邻轨迹之直线面。沿插坐标量出之距离, 在几何级数情况中, 等於2倍 σ 。

三、二轴速度级数增加时，直线间之距离将减小，即假如速度级数

C 本邊所級數比較值漸減小。

标准通号：机床主轴转速几何级数的公比时已标准化。其数值见表二。表三说明了中值级数 10 和 2 以及切削速度的最大可能损失数值间的关系。速度损失 $A = 100 \frac{q-1}{q} \%$ 。表中取其近似整数。

不僅準確，而且机床主轴每分钟之轉速，也業已標準化，這些數值構成上述標準級數公比 ϕ 的幾何級數（見表四）。

个值不是任意选择，而是快文恒彼此之间以及 α 与 β 之间维持一定关系，这种办法的优点可归结如下：

因为中值函数与10有关，级数中每个数在相邻组内一定数目按将增大到10倍。例如在一组数中有数28，那么便可遇到28，280和2800。这种规律并不适用于 $q=1.41$ ， $q=1.78$ 和 $q=2$ 之级数。

因为中值其数与15有关，经组内一定数目后，级数中每相

