

702634

57841

4934

笠松 勇 著  
佐野京亮

# 車 床 設 計

昆明理工大学图书馆  
基本藏书



玉溪机床厂研究所  
昆明工学院机械系

341  
34

# 车 床 设 计

赵 家 才 译

李 标 校

玉 溪 机 床 厂 研 究 所  
昆 明 工 学 院 机 械 系

## 译 者 序

本书译自笠松 勇和佐野京亮合著的1977年发行的第十二版《车床的设计制图》一书，是属日本《机械设计》丛书第6分册。

书中全面地介绍了车床各另、部件的简易设计计算方法，为了便于读者理解和应用，并在每章之末专门设了设计举例一节的内容。本书可供机制专业的机床课程设计及毕业设计参考，对从事机床设计的技术人员也均有参考价值。

本书在出版过程中，得到玉溪机床厂研究所等有关同志的热情支持和帮助。在此谨致谢意。

由于译者水平所限，时间又极为匆促，译文定有不妥和错误之处，诚恳欢迎读者批评指正。

译 者

一九八三年四月

# 原 序

在设计机床时，必须首先考虑下面三个条件：

- (1) 被加工工件的材料、尺寸、形状和重量。
- (2) 单位时间内的加工数量。
- (3) 加工精度。

第一个条件是用来确定所设计机床的类型、机床的大小和程序等。也就是说，在加工同一材料同一尺寸的工件时，最好确定为专用机床，而在加工有某些差异的尺寸、材料的工件时，就确定为通用机床。

由第二个条件定出机床的切削速度、进给速度、切削抗力以及电机的输出功率等，从而确定机械的必要力学条件。

由第三个条件定出机床主轴的回转精度、导轨面的精度等。根据所谓机床的复映原理 (Copying principle)，机械的精度能原封不动地直接影响工件的精度。另外，切削抗力、工件的重量以及机床本身的自重等能导致机床主要部件的挠曲变形和振动，影响工件的尺寸精度和加工表面质量。所以，工件的尺寸精度取决于主轴部件的结构、导轨面的精度以及床身的刚度等，而加工表面质量的好坏，除了上述各因素外，还取决于切削速度及进给速度等。

除此，机床还须具有良好的操作性能和价格低廉等条件。

近几年来，在机床中随着精密切削、高速切削、重切削的趋势及切削工具的迅速发展，从而促使机床的精度、强度、刚度、切削速度以及输出功率等显著地提高，对机床的传动机构、使用的材料及加工方法等新技术进行引入与开发。

本书，除了过去的理论与经验资料外，在新的理论中还增加了个人的见解，特别是参考了国内外各厂家的新产品，以简便的方法讲解了普通车床的合理设计方法。这样，就避开对机床全面的叙述。因为车床是机床中共同因素最多，是日常人们最熟悉的一种机床类型，而且对于切削理论的理解也是有利的。通过车床的设计来掌握切削理论、动力的传递、变速、进给以及导轨等各种机构，从而就比较容易地把这些理论和经验直接地应用到其它机床的设计上。

本书的理论和结构部分由笠松负责，设计举例和作图由佐野负责。在执笔时参考了有关书籍及机床设计的有关资料，在此，对其作者致以敬意，对本书发行费尽心力的原田社长表示深切的谢意。

笠 松 勇  
佐 野 京 亮

# 目 录

第一章 切削理论.....	( 1 )
1.1 切削刀具.....	( 1 )
1.2 刀头的形状.....	( 2 )
1.3 切屑的生成.....	( 3 )
1.4 切削速度 走刀量 吃刀深度.....	( 4 )
1.5 切削抗力.....	( 8 )
1.6 切削功率.....	( 10 )
第二章 总体设计.....	( 12 )
2.1 车床的技术规格.....	( 12 )
2.2 设计方针.....	( 14 )
2.3 主轴转速的选定.....	( 15 )
2.4 切削力及所需功率的计算.....	( 19 )
2.5 工件的重量.....	( 21 )
2.6 设计举例.....	( 21 )
第三章 主轴箱.....	( 24 )
3.1 主轴箱概述.....	( 24 )
3.2 变速机构.....	( 25 )
3.3 主轴.....	( 26 )
3.4 其他齿轮轴.....	( 29 )
3.5 主轴齿轮.....	( 31 )
3.6 主轴轴承.....	( 37 )
3.7 主轴箱.....	( 44 )
3.8 电动机 三角皮带 离合器 其他.....	( 45 )
3.9 设计举例.....	( 47 )
第四章 进给箱.....	( 65 )
4.1 进给传动系统.....	( 65 )
4.2 液压驱动 仿形装置.....	( 65 )
4.3 进给箱结构.....	( 68 )
4.4 进给范围 进给速度.....	( 69 )
4.5 螺纹切削.....	( 71 )
4.6 齿轮 齿轮轴.....	( 73 )
4.7 光杠 丝杠.....	( 73 )

4.8 设计举例	( 74 )
第五章 溜板箱	( 90 )
5.1 溜板箱的传动系统	( 90 )
5.2 齿轮的尺寸 轴径	( 91 )
5.3 滑动轴承 开合螺母	( 93 )
5.4 操纵手柄	( 95 )
5.5 进给的离合	( 95 )
5.6 过载保险机构	( 96 )
5.7 设计举例	( 98 )
第六章 刀架	(105)
6.1 刀架概述	(105)
6.2 床鞍的结构	(105)
6.3 床鞍的尺寸	(106)
6.5 托板	(109)
6.5 刀架的结构	(110)
6.6 刀架的尺寸	(112)
6.7 方刀座	(113)
6.8 进刀杆	(115)
6.9 设计举例	(115)
第七章 尾座	(121)
7.2 尾座的结构	(121)
7.2 尾座体及其底座	(122)
7.3 尾座套筒	(123)
7.4 丝杆	(124)
7.5 手轮	(125)
7.6 法兰盘螺钉	(125)
7.7 钻夹头	(127)
7.8 设计举例	(127)
第八章 床身 床腿	(130)
8.1 床身与床腿的概述	(130)
8.2 床身的长度与度宽	(131)
8.3 床身的刚度与强度	(131)
8.4 导轨面	(133)
8.5 床腿	(134)
8.6 设计举例	(135)
附录	(137)

# 第一章 切削理论

## 1.1 切削刀具

在切削刀具中，有在车床上和刨床上使用的车刀和刨刀 (bite)，铣床上的铣刀 (milling cutter)，钻床上用的钻头 (drill)，锯床上用的锯片 (Saw)，磨床上用的砂轮 (grinding wheel) 等许多类型。

近年来，随着机床的发展，耐热、耐磨损性切削刀具材料的惊人改良，高速切削技术正在迅速地进步。在车刀中使用的主要材料有：高速钢、烧结硬质合金、铸造硬质合金以及非金属材料等。它们各自的特点如下：

### (1) 高速钢 (high Speed Steel)

有代表性的是18%W—4%Cr—1%V，即18—4—1型，当温度升达600°C时，其硬度不变 ( $H_{RC} = 60—65$ )，耐磨损性能比碳素工具钢还高。

### (2) 硬质合金 (Sintered hard metal)

是烧结碳化钨系列的合金，有WC+6%Co。(G类)和WC+15%TiC+6%Co。(S类)等，即使当温度升达1000°C时仍具有 $H_{RC} = 75—80$ 左右的硬度，可用于高速切削，其速度为高速钢的5—10倍，但性脆怕冲击，故宜用于振动小刚性好的机床。G类适宜切削铸铁、铜合金、轻合金、玻璃及合成树脂等材料；S类适宜切削钢。通常是把刀片焊接在钢制刀杆上使用。东芝、住友、三菱、Widia及美国的Carboloy等均属于此。

### (3) 铸造硬质合金 (Cast nonferrous metal)

Co—Cr—W系列的Stellite (美国、钨铬钴合金) 是此类代表性的材料。当温度升达700°C时仍具有 $H_{RC} = 60$ 左右的硬度，在切削软钢或铸铁时，其能力约为高速钢的一倍，但不宜用来加工性质极脆、抗拉强度为120kg/mm<sup>2</sup>以上的合金结构钢或冷硬铸铁。

### (4) 非金属材料刀具

是目前正在进入适用阶段的一种刀具材料，以Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为主体的Selamic (烧结钢玉)，是代表性的非金属材料，当切削速度为180m/min以上，其耐热性，红硬性及耐磨损性优于前述三种材料。缺点是耐冲击性小，重磨性差。

### (5) 金刚石刀具

虽然过去就使用着，但因价格昂贵，刀头脆弱，重磨困难，所以除了特殊情况外，一般是敬而远之。但是，由于近来高速切削的刺激及其刀头耐磨性高使加工表面光滑和尺寸精度高，当前已被重新认识。把金刚石铆接在钢杆上，用100~300m/min的切削速度来加工轻合金、玻璃及合成树脂。



## 1.2 刀头的形状

如果将车刀的刀头部份看作二维的话，那么就如图1·1所示那样。虽然车刀的楔角 $\gamma$ 是一定的，但前角 $\alpha$ 、后角 $\beta$ 、切削角 $\delta$ 是随刀具的安装角和工作状况而变化。这些角度的最佳值是取决于被加工工件和车刀的材料、吃刀深度等切削条件、以及车刀的寿命等，根据切削理论和实验首先确定切削角 $\delta$ ，其它角度也就随之定出。

通常，切削角 $\delta$ 为 $70^\circ \sim 80^\circ$ ，若选定了后角 $\beta$ 并令 $\beta = \delta - \gamma$ ，则楔角 $\gamma$ 就被确定。但 $\beta$ 角是为了防止工件的已加工表面跟刀具的后刀面接触而损伤工件表面以及摩擦热增大，所以， $\beta$ 角不必取得太大。一般如表1·1所示，为 $4^\circ - 10^\circ$ 。

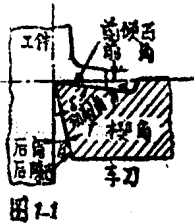


图 1-1

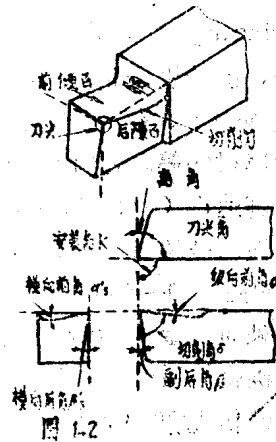


图 1-2

实际的刀头形状是根据工作条件和工件的形状而不同。图1·2是作为一个复杂的立体刀头的例子。图中，除了表示二维断面的角度外，还有横向前角、主后角及安装角等，这些角度是根据工作条件确定的。

表1.1 车刀刀头

工件材料	高 速 钢 车 刀				硬 质 合 金 车 刀				
	副后角 $\beta$	横向后 角 $\beta_s'$	纵向前 角 $\alpha$	横向前 角 $\alpha_s'$	副后角 $\beta$	横向后 角 $\beta_s'$	纵向前 角 $\alpha$	横向前 角 $\alpha_s'$	
铸 铁	软	8	10	5	12	4—6	4—6	0—6	0—10
	硬	8	10	5	12	4—10	4—10	0—6	0—12
可锻铸铁					4—8	4—8	0—6	0—10	



碳 钢	硬	8	10	8—12	12—14	5—10	5—10	0—10	4—12
	软	8	12	12—16 <sup>1/2</sup>	14—22	6—12	6—12	0—15	8—15
易 切 钢		8	12	12—16 <sup>1/2</sup>	18—22	6—12	6—12	0—15	8—15
合 金 钢	硬	8	10	8—10	12—14	5—10	5—10	0—10	4—12
	软	8	10	10—12	12—14	6—12	6—12	0—15	8—15
青铜, 黄铜	硬	8	10	0	-2—0	4—6	4—6	0—5	4—8
	软	8	10	0	-4—0	6—8	6—8	0—10	4—16
铜		12	14	16 <sup>1/2</sup>	20	7—10	7—10	6—10	15—25
铝		8	12	85	15	6—10	6—10	5—15	8—15
塑 料		8—10	12—15	5—16 <sup>1/2</sup>	0—10	6—10	6—10	0—10	8—15

### 1.3 切屑的生成

切屑(Chip)的形成状态是随刀具的几何参数、工件的材料和其它切削条件而不同,但 Rosenhain 和 Sturney 两人提出可将切屑形状分为带状形、挤裂形和粒状形三种。

#### (1) 带状形(flow type)

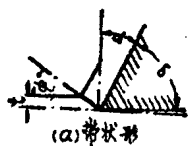


图1.3(a)所示是形成带状切屑的形式,通过与前倾面成直角方向的剪切力,切屑从刀尖向斜上方向产生滑动,因其几乎是连续发生,故切削作用非常圆滑地进行,从而形成切屑连续流动的形式。



对于这种形式来说,因切削力变动小,工件表面质量好。所以应尽可能产生这种形状的切屑。在加工软料时,应选用大前角的刀具,小的吃刀深度,大的切削速度以及适当的切削液。



#### (2) 挤裂状(Shear type)

切屑在与前倾面成直角方向上的滑动间隔比带状形切屑稍大。它是发生在前角 $\alpha = 10^\circ$ 左右、切深比较小的情况下。如图1.3(b)所示,刀头间断地挤压切屑,在斜上方向沿着切屑面而剪断。所以,当切削力变动大时使

加工表面产生凸凹。这种形状的切屑一般是产生在铸铁的切削中。

#### (3) 粒状形(tear type)

如果用小前角的车刀切削韧性材料时,那么,切屑就会粘结在刀尖上使切屑难以流动。

随着车刀的推进粘结更加严重,最后导致难于切削刀头前面的材料而产生裂缝。然

而，由于这种裂缝的出现使切屑在斜上方向上的滑动变得容易，所以就形成图1.3(c)所示的切屑。结果，在加工表面上留下挤裂痕迹，使加工表面粗糙及切削力的变动增大，所以必须避免这种形式。

此外，大越氏还发现有崩碎状(Crack type)的情况。由于崩碎状是在车刀前角小、低速时来切削铸铁类似的脆性材料时发生的，随着车刀推进的瞬间在工件上产生裂碎，使加工表面相当恶化。

图1.4和表1.2是工件为软钢情况下三种切屑形式的形成条件和结果。

表1.2 各种切屑形状的形成条件与结果

条件和结果		切屑的形状		
		带状	挤裂状	粒状
形成条件	前角	大	中	小
	切削速度	大	中	小
	吃刀深度	小	中	大
	前倾面的摩擦	小	中	大
结果	加工表面光洁度	良	中	差
	切削阻力的变动	小	中	大

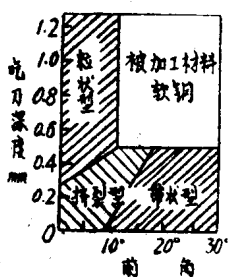


图1.4

#### (4) 切削瘤(built-up edge)

由于在切削过程中产生高温、高压，切屑粘附在刀尖上，形成硬度很高的非晶质的楔块，我们就把这个楔块称为切削瘤(图1.5)。切削瘤在某种程度上能起保护刀刃的作用，但大到一定程度便脱落，使加工表面粗糙及使前刀面磨损。切削瘤生成一脱落的周期为0.1—0.5秒，大小为0.05—0.1mm左右。

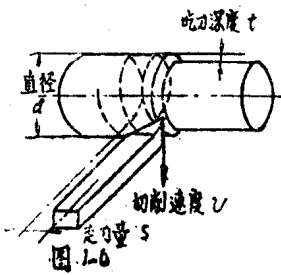
在切削软钢，不锈钢及铝等有粘结性软层的材料时易于产生，若增加切削速度就使切削瘤难于产生。当切削软钢时，切削速度在120—150m/min以上就消失。



图1.5

### 1.4 切削速度 走刀量 吃刀深度

#### (1) 切削速度(Cutting Speed)



所谓切削速度，是指刀具与工件间的相对运动的速度，一般用  $m/mn$  表示。如果工件的直径为  $d$  (mm)，每分钟转速为  $n$  (rpm)，则车削时的切削速度  $V$  为 (图1.8)

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad m/mn \quad \dots\dots(1.1)$$

(2) 走刀量(feed)

进给运动的速度叫走刀量，对车削加工来说，是采用主轴每转1转车刀的进给长度，用  $mm/rev$  表示；对刨削来说，是刀具每1往复的走刀量，用  $mm/stroke$  表示；对铣削来说，

除了用  $mm/mn$ 、 $mm/rev$  表示外，还用铣刀的每1齿的进给量，即  $mm/tooth$  表示。

(3) 吃刀深度 (depth of cut)

工件的已加工表面与待加工表面间的垂直距离，即刀具的吃刀深度，用  $mm$  表示。

(4) 切屑面积(Cutting of Chip)

严格地说，应是已切削跟应被切削部分的断面面积，但为方便起见，就用切屑上的断面面积来表示，即

$$q = s \cdot t \quad mm^2 \quad \dots\dots(1.2)$$

(5) 切削效率(cutting efficiency)

机床的切削效率是用单位时间内切出的切屑数量表示。若设切屑的比重为  $\gamma$  (一般折算为钢时， $\gamma = 7.85 \times 10^{-3} g/mm^3$ )，则单位时间内的切屑量的计算公式如下：

$$\left. \begin{aligned} w &= v \cdot s \cdot t \times 10^3 \quad mm^3/mn \\ \text{或 } w &= v \cdot s \cdot t \cdot \gamma \quad g/mn \end{aligned} \right\} \dots\dots(1.3)$$

另外，也有用机床每1PS的切屑量表示。如果假定机床所需功率为  $NPS$ ，则此机床的切削效率  $\eta$ 。就可由下式算出。

$$\eta_0 = \frac{v \cdot s \cdot t}{N} \times 10^3 \quad mm^3/mn.ps \quad \dots\dots(1.4)$$

JSME 表1.3 机床的切削效率

机 床	工 件 材 料	切 削 刀 具	切 削 效 率 $mm^3/mn.ps$
车 床	钢	高速钢车刀	$21.8 \times 10^3$
车 床	铸 铁	高速钢车刀	$34.3 \times 10^3$
钻 床	软 钢	高速钢钻头	$10.2 \times 10^3$
铣 床	软 钢	高速钢铣刀	$19.0 \times 10^3$

表1.3表示了机床的切削效率。

(6) 经济切削速度 (economical Cutting Speed)

用最大切削速度及最低加工费的条件求出。为了提高切削效率，最好选用高切削速度，大进给量和大的吃刀深度。但此时却增加了机床的功率和降低了刀具寿命。

刀具寿命 (life of tool) 的判定方法虽然有许多种，但对高速钢刀具来说，是用在加工表面上出现闪光的亮带时的时间来表示，或者用切削抗力的主切削力或走刀抗力剧烈增加时的时间来表示；对于硬质合金刀具来说，多数是使用在与加工表面相对的后刀面 (flak) 上所产生的磨损宽度为0.8mm时的时间来表示。在一般加工中，是把刀具的寿命定为60分钟，特别是需要重磨、安装、调整等较多时间与费用高的情情下，有时也有定为480分钟的。

表1.4所示为加工各种材料时，由进给量和吃刀深度组合的概略标准切削速度。如表中所示，当用高速钢车刀切钢时，切削速度为20—90m/mn的范围；当用硬质合金车刀切钢时，切削速度为90—200m/mn的范围。但根据近年来的研究表明：在1000m/min以上的超高速切削下，反而摩擦减小，同时切削抗力与温升下降。显然，就使高效率的切削成为可能。当然，要进行这种超高速切削，就必需使用具有足够功率、振动和变形很小、结构非常坚固的机床。

JSME 1.4 车床的标准切削速度 单位m/mn

工件材料	SAE钢材代号其他	刀具材料	吃刀深度	吃刀深度	吃刀深度	吃刀深度	吃刀深度
			0.13—0.88	0.88—2.4	2.4—4.7	4.7—9.5	9.5—19
			进给量	给进量	进给量	进给量	进给量
			0.051—0.18	0.18—0.38	0.38—0.76	0.76—1.8	1.8—2.3
易切钢	1112(SUMIA), X1112	(1)	280—460	75—105	55—75	25—45	16—20
	1120(SUM3), 1815等	(2)		185—230	135—185	105—135	55—105
低碳钢 低合金钢	1010(S10C)	(1)	215—365	70—90	45—60	20—40	18—20
	1025(S25C)	(2)		165—215	120—165	90—210	45—90
中碳钢	1080(S80C)	(1)	185—300	60—85	40—55	20—35	10—20
	1050(S50C)	(2)		135—185	105—135	75—105	40—75
碳钢	1060, 1095	(1)	150—230	55—75	40—55	20—30	10—15
	1850	(2)		120—150	90—120	60—90	30—90
镍钢	2380	(1)	165—245	60—85	40—55	20—35	18—20
	2350	(2)		130—195	100—130	70—100	60—70
铬钢 镍铬钢	8120 8450	(1)	180—165	45—60	30—40	15—20	6—15
	5140(SC,4)52100	(2)		100—130	75—100	55—75	20—55

钼钢	4180	(1)		50—65	85—40	20—52	10—15
	4815	(2)	145—200	105—145	85—105	60—85	80—60
不锈钢	6120, 6150	(1)		80—45	25—80	50—20	9—15
	6195	(2)	115—150	90—115	75—90	55—75	20—55
钨钢	7260退火	(1)		85—45	20—85	12—20	7—12
		(2)	100—120	75—100	60—70	45—61	15—45
特殊 钢材	12—14%锰钢 硅钢板用钢锭等	(1)	62—75	40—60	20—40	15—20	
		(2)	120—150	90—120	60—90	45—60	
		(1)	800—870	245—305	185—245	150—185	
		(2)					
铸      铁	软质铸铁	(1)		85—45	25—85	20—25	10—15
		(2)	185—185	105—185	75—105	60—75	80—60
	中质铸铁,可锻铸铁	(1)		85—45	25—85	20—25	9—20
		(2)	105—185	75—105	60—75	45—60	20—45
	硬质合金铸铁	(1)		25—40	18—25	12—20	6—12
		(2)	75—90	45—75	30—45	20—30	15—20
	冷硬铸铁	(1)	8—5				
		(2)	9—15	8—9			
铜    合  金	易切铅黄铜及青铜	(1)		90—120	70—90	45—75	80—45
		(2)	300—880	245—305	200—245	155—200	90—150
	黄铜及青铜	(1)		85—105	70—85	45—70	20—45
		(2)	215—245	185—215	150—185	120—150	60—120
	硬锡青铜,锰青铜,	(1)		80—45	20—30	15—20	10—15
	其他	(2)	150—185	120—150	90—120	60—90	80—60
轻   合  金	镁	(1)	150—280	105—150	85—105	60—85	40—60
		(2)	380—610	245—380	185—245	150—185	90—150
	铝	(1)	105—150	70—105	45—70	45—70	15—80
		(2)	215—300	185—215	90—185	90—185	80—60
塑料	热可塑性,热硬化性等	(1)					
		(2)	200—300	120—200	75—120	45—75	

备注: 1. ( )表示在SAE规格中接近于JIS规格的钢材。2. 刀具材料: (1)表示高速钢, (2)表示硬质合金。3. 切削速度中小数字表示粗车, 大数字表示精车。

## 1.5 切削抗力

### (1) 切削抗力 (resistance force of cut)

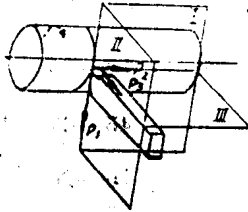


图 1-7

切削抗力，一般可分为图 1.7 所示的相互垂直的三个分力。其中，主切削力  $P_1$  最大，动力的大部分被消耗于此。

通常，就把主切削力  $P_1$  简称为切削抗力 (Cutting resistance) 或者是切削力 (Cutting force)，其大小是随工件的材料或组织而不同，与刀具材料大致无关，但随车刀的安装角  $K$  及前角  $\alpha$  的增大而减小 (图 1.8)，随切屑面积  $q$  的增加而增大 (图 1.9)，在实用范围内，切削速度对其无显著影响。

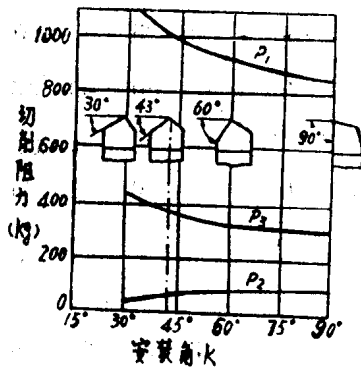


图 1-8

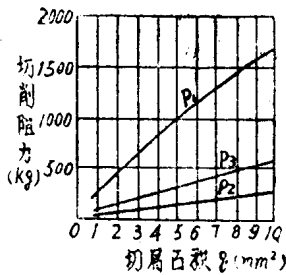


图 1-9

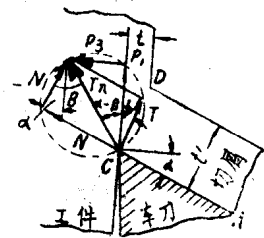


图 1-10

近年来，虽然从材料的塑性理论研究切削抗力比较盛行，但尚未得出切削抗力的定论。

切削的最基本形式如图 1.10 那样，走刀抗力  $P_2$  和吃刀抗力  $P_3$  一起转变成主切削力  $P_1$  和吃刀抗力  $P_3$  两个分力的形式，我们就把此切削形式称为二维切削。一般的切削是三维切削，但对车床的一般车削或刨削来说，可以把其作为近似二维的切削来分析。

在无切屑瘤的带状切屑情况下，若将 CD 面叫作剪切面， $\phi$  叫作剪切角，那么就可以认为切屑在这个面上作滑移变形。现假定  $t$  为切削前的切屑厚度 (吃刀深度)、 $t'$  为切削后的厚度、 $S$  为切屑宽度、 $\tau$  为工件材料的抗剪强度，那么，使切屑作滑移变形的力为

$$T = \frac{\tau}{\sin \phi} \cdot t \cdot s \quad \dots\dots (1.5)$$

力  $T$  是由车刀的前倾面上的垂直反力  $N$  以及由反力  $N$  引起的摩擦力  $\mu N$  产生的，在 CD 面上再转化成垂直的  $T_n$  力作用。由此，主切削力  $P_1$  和吃刀抗力  $P_3$  可用下式求出：

$$P_1 = \frac{\tau \cdot t \cdot s \cdot \cos(\beta - \alpha)}{\sin \phi \cdot \cos(\phi + \beta - \alpha)}, \quad P_3 = \frac{\tau \cdot t \cdot s \cdot \sin(\beta - \alpha)}{\sin \phi \cdot \cos(\phi + \beta - \alpha)} \quad \dots\dots (1.6)$$

式中， $\alpha$  是前角， $\beta (= \tan^{-1} \mu)$  是摩擦角，剪切角  $\phi$  是通过测定的切削厚度  $t$ ，和  $t'$ 、

摩擦角系数 $\mu$ 是通过测定材料的布氏硬度 $H_B$ 分别由下式求出：

$$\phi = \tan^{-1} \left\{ \frac{\frac{t}{t'} \cos \alpha}{1 - \frac{t}{t'} \sin \alpha} \right\} \dots\dots (1.7)$$

$$\mu = (0.5-0.7) \frac{200}{H_B},$$

$$\mu = 0.55 \cdot \frac{200}{H_B} \text{ (碳钢的情况)} \dots\dots(1.8)$$

从而只要知道材料的抗剪强度 $\tau$ 、摩擦系数 $\mu = 0.5-1.0$  ( $\beta = 25^\circ-45^\circ$ )、前角 $\alpha$ 和 $t$ ,  $t'$ 和 $S$ , 那么就可求出切削抗力 $P_t$ 。

(2) 比切削力 (Coefficient of cutting force)

单位面积切屑上的主切削力叫比切削力, 是切削加工中切削力的计算基础。

在二维切削情况下, 如果按照式1.6求比切削力 $K_s$ , 就变成下面的式(1.9)。若令吃刀深度为 $t$ 、走刀量为 $S$ , 因为切屑的断面面积是 $q = t \cdot s$ , 所以

$$K = \frac{P_t}{q} = \frac{P_t}{t \cdot s} = \frac{\tau \cdot \cos(\beta - \alpha)}{\sin \phi \cdot \cos(\phi + \beta - \alpha)} \dots\dots (1.9)$$

另外, 在给出的比切削力的实验式中, 有海老原——益子、益子, Kronenberg 及 American Society of mechanical engineering等, 但是, 如果把他们的结论综合起来, 就变成下面的式子:

$$K_s = K_a \cdot K_t \cdot P_s \dots\dots (1.10)$$

式中,  $K_a$ 是把车刀的切削角 $\delta$ 作为常数, 然后由切屑的形状来确定的(表1.5);  $K_t$ 是把安装角 $K$ 作为常数, 然后由工件的材料来确定的(表1.6);  $P_s$ 是由工件的材料和走刀量 $S$ 来确定其数值。表1.7所示, 是 $\delta = 90^\circ$ 、 $K = 90^\circ$ 时的比切削力 $P_s$ 的数值。

表1.5  $K_s$  值

前角 $\alpha^\circ$	40	30	20	10	0
	切削角 $\delta^\circ$				
工件材料及切屑的形状	50	60	70	80	90
钢、铜、轻合金等的带状	0.66	0.75	0.84	0.92	1.00
铸铁、黄铜、青铜等的挤裂状, 粒状	0.59	0.69	0.80	0.90	1.00



表 1.6  $K_k$  值

工件 \ 安装角 $K^\circ$	80	45	60	90
钢	1.27	1.16	1.09	1.00
铸铁	1.21	1.18	1.07	1.00
铝	1.15	1.09	1.05	1.00
黄铜、青铜	1.10	1.06	1.04	1.00

JSME 表1.7 单位面积的切削阻力 $P_s$  kg/mm<sup>2</sup>

(切削角 $90^\circ$ , 安装角 $90^\circ$ )

工件材料 \ 进给 $S$ (mm/rev) (切削厚度)		0.04	0.1	0.2	0.4	1.0
		碳钢 (S15C程度)	抗拉强度 $40\text{kg/mm}^2$	850	290	250
" (S40C)"	" $60\text{kg/mm}^2$	480	356	300	255	212
" (S55C)"	" 80 "	500	410	350	300	245
合金钢	" 100 "	550	450	385	330	270
"	" 140 "	650	530	460	395	320
"	" 180 "	855	700	600	510	420
铸铁	布氏硬度 120	185	142	118	97	75
铸铁 (FC10程度)	" 160	260	200	166	137	105
" (FC20)"	" 200	340	260	215	178	137
铝合金	" 80	138	115	97	88	68
铝	—	107	89	75	65	53

### 1.6 切削功率

机床的切削功率 $N$ ，因为有效切削功率 $N_c$ 、消耗在由于机床运转引起各部的摩擦上的功率 $N_r$ ，以及进给功率 $N_f$ 的和，所以，切削时所需功率是

$$N = N_c + N_r + N_f \quad \dots\dots(1.11)$$

如果令主切削力为 $P_1$ (Kg)、走刀分力为 $P_2$ (Kg)、切削速度为 $v$ (m/min)，进给量为 $S$ (mm/rev)、进给量为 $S$ 时的主轴转速为 $n$ (rpm)，则

$$\left. \begin{aligned}
 N_c &= \frac{P_1 \cdot v}{60 \times 75} \text{ PS} = \frac{P_1 \cdot v}{60 \times 102} \text{ KW} \\
 N_f &= \frac{P_2 \cdot n \cdot S}{60 \times 75 \times 10^3} \text{ (PS)}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots(1.12)$$

$N_f$  一般是  $N_c$  的 2~5% 左右,  $N_f$  是取决于机床的结构、负荷的大小及导轨面的良否。  $N_f$  的大小是用有效功率 ( $N_c + N_f$ ) 与切削功率  $N$  的比值表示。我们就把这个比值叫作机床的机械效率 (mechanical—efficiency of machinery)  $\eta$ , 它大约是表 1.8 中的数值。

$$\eta = \frac{N_c + N_f}{N} \times 100\% \quad \dots\dots(1.13)$$

为了要完全利用安装在机床上的电机的输出功率, 当切屑面积为  $q$ 、工件的比切削力为  $K_s$  时的切削速度  $v$  必须按下式计算:

$$v = \frac{60 \times 75 \times \eta \cdot N \text{ (PS)}}{q \cdot K_s} \quad \dots\dots(1.14)$$

因此, 如果通过所用车刀的切屑面积跟经济的切削速度的条件求出  $q$ , 那么, 这个  $q$  就是有效利用机床输出功率时的最大切屑面积。当切屑面积比  $q$  大时, 就需将切削速度减小, 但在切削面积小的情况下, 因为不能增大切削速度, 所以输出功率就出现了剩余的现象。当然, 在用不着经济速度切削的情况下, 可以提高切削速度有效地利用机床的输出功率。

JSM E 表 1.8 机床的机械效率  $\eta$  (%)

机 床	$\eta$	机 床	$\eta$
车 床 (塔 轮 驱 动)	98	龙 门 刨 床 (皮 带 驱 动)	20~85
车 床 (齿 轮 驱 动)	70~85	龙 门 刨 床 (电 机 直 接 连 结)	40
钻 床	45~60	铣 床	58~80