

# 蘇聯機器製造百科全書

第七卷

第二章 機器零件機械加工的切削用量

蘇聯機器製造百科全書編輯委員會編

機械工業出版社

17  
2



# 蘇聯機器製造百科全書

## 第七卷

### 第二章 機器零件機械加工的切削用量

格魯陀夫、茲薇烈夫、季欣、拉林、芬凱里、  
馬金、格蘭諾夫斯基、凱特羅夫著

江苏工业学院图书馆  
藏书章

機械工業出版社

1954

# 蘇聯機器製造百科全書

## 第七卷

### 第二章 機器零件機械加工的切削用量

格魯陀夫、茲薇烈夫、季欣、拉林、芬凱里、  
馬金、格蘭諾夫斯基、凱特羅夫著

機械工業出版社

1954

003407

---

## 出版者的話

蘇聯機器製造百科全書第七卷分爲十三章，專述機器零件的加工工藝。內容包括機器零件機械加工的基本工藝，切削用量，標準機器零件的生產工藝，機械加工的夾具，各種金屬加工的切削工具，金屬熱處理工藝，木材的機械加工工藝以及塑料製品的生產工藝。因爲篇幅較大，暫先分章出版。

本書是第二章。內容論述機器零件機械加工時所取的切削用量。舉凡車、鑽、銑、拉等等機械加工時的刀具磨損情況、切削深度、切削速度、進給量、加工時間、切削力及切削動力以及刀具耐用度等均有扼要的說明，並附有詳細表格、圖解及計算公式；高速切削用量也有論述。本書是高等學校學生及現場技術人員的一本良好參考資料。

---

本書根據蘇聯，‘Машиностроение Энциклопедический Справочник’  
(Машгиз 1948 年第一版)一書第七卷第二章 (П. П. Глудов, Е. К.  
Зверев, С. Д. Тишин, М. Н. Ларин, В. И. Финкель, А. Я. Малкин,  
Г. И. Грановский, С. М. Кедров 著)譯出

\* \* \*

編者：蘇聯機器製造百科全書編輯委員會

著者：格魯陀夫、茲薇烈夫、季欣、拉林、芬凱里、馬金、格蘭諾夫斯基、凱特羅夫

譯者：范國寶 文字編輯：陳心錄 責任校對：唐佩卿

---

1954 年 2 月發排 1954 年 6 月初版 0,001—6,300 冊

書號 0478-9-26 31×43<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 100 千字 27 印刷頁 定價 6,800 元(甲)

機械工業出版社(北京區甲廠 17 號)出版

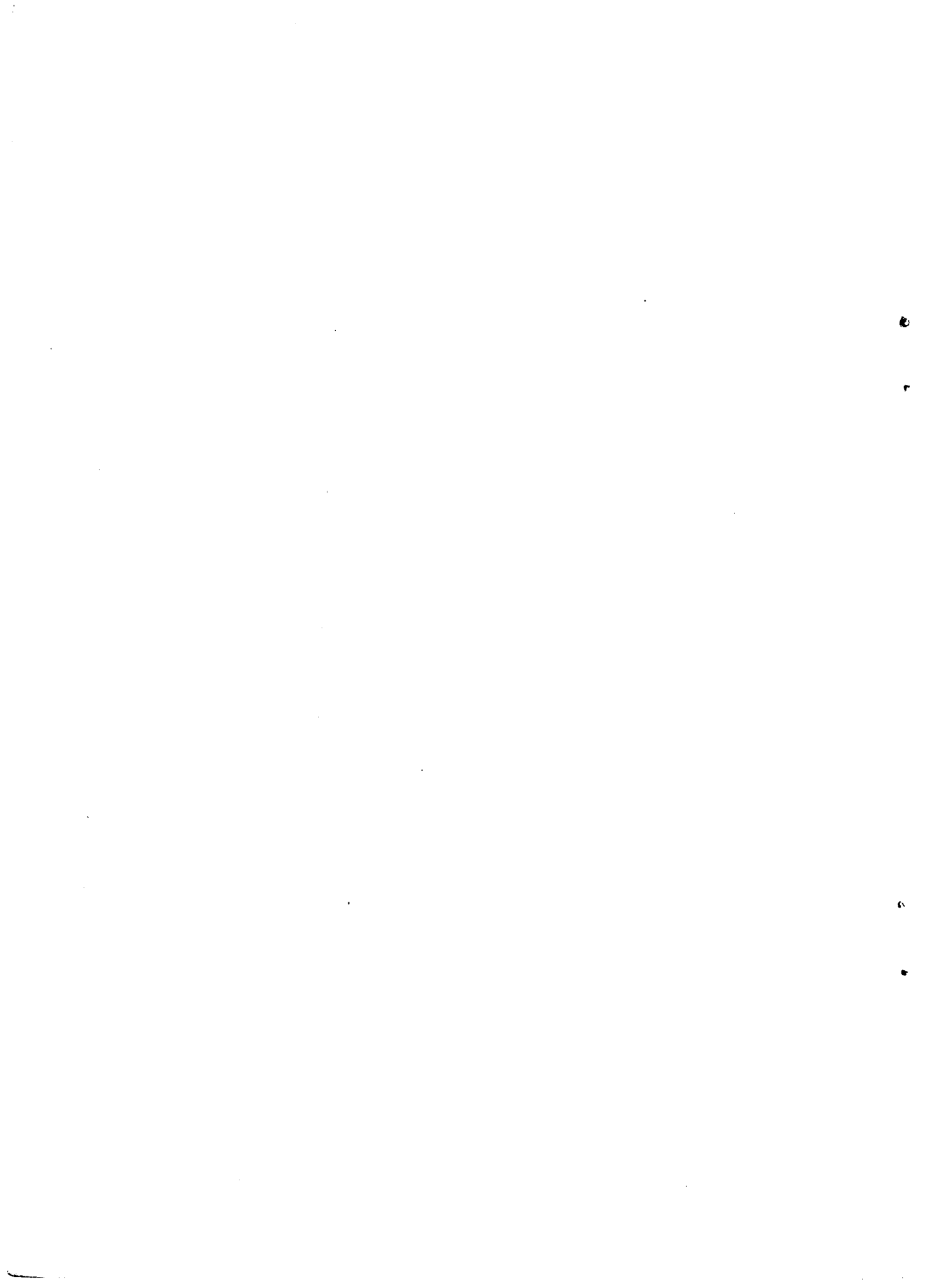
機械工業出版社印刷廠(北京泡子河甲 1 號)印刷

新華書店發行

# 目 次

## 第二章 機器零件機械加工的切削用量

高速鋼切刀及鑲上硬質合金刀片切刀的切削用量 (格魯陀夫 [П.П.Глулов] 和茲薇烈夫 [Е.К.Зверев]) .....	5
硬質合金切刀對淬火鋼的切削用量 (格魯陀夫 [П.П.Глулов]) .....	18
鑽孔、擴孔、鉸孔、埋頭鑽孔及魚眼鑽孔所用的切削用量 (季欣 [С.Д.Тишин]) .....	20
銑工切削用量 (拉林 [М.Н.Ларин] 和芬凱里 [В.И.Финкель]) .....	25
硬質合金端銑刀銑鋼時的高速切削用量 (格魯陀夫 [П.П.Глулов]) .....	32
齒輪切削用量 (馬金 [А.Я.Малкин]) .....	34
拉工切削用量 (馬金 [А.Я.Малкин]) .....	39
螺紋切削用量 (格蘭諾夫斯基 [Г.И.Грановский]) .....	42
磨工切削用量 (凱特羅夫 [С.М.Кедров]) .....	47
磨削時工件迴轉速度及砂輪經濟耐用度 .....	47
砂輪迴轉速度 .....	49
切削用量 .....	49
砂輪傳動動力 .....	51
中俄名詞對照表 .....	54

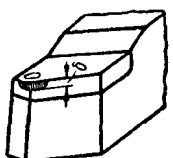
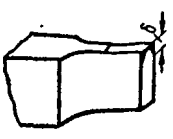
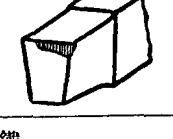
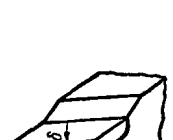

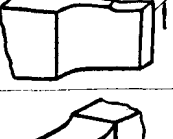
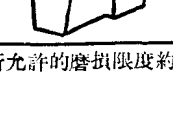



## 第二章 機器零件機械加工的切削用量

### 高速鋼切刀及鑲上硬質合金刀片切刀的切削用量

**切刀磨損** 切刀根據切削部分的材料及使用條件，具有各種不同的磨損。表1及表2分別列出了高速鋼切刀及鑲上硬質合金刀片切刀後面所允許的磨損限度 $\delta$ 。

表1 高速鋼切刀的磨損限度

切刀型式	使用條件	所允許的磨損限度 $\delta$ (公厘)	磨損形狀	變鈍象徵
鋼、鑄鋼、可鍛鑄鐵				
車刀(外圓車刀, 沉割車刀及鏟刀)	用冷却液	1.5~2.0		切削表面上發現光亮或黃色條紋
	不用冷却液	0.3~0.5		
鉋刀(平面鉋刀及沉割鉋刀)	不用冷却液	1.5~2.0		加工表面光潔度顯著惡化
插刀(平面插刀)		0.3~0.5		
車刀(切槽車刀及切斷車刀)	用冷却液	0.8~1.0		加工表面光潔度顯著惡化
	不用冷却液	0.3~0.5		
鉋刀(切槽鉋刀及切斷鉋刀)	不用冷却液	0.8~1.0		加工表面發生波紋
插刀(切槽插刀及切斷插刀)		0.8~1.0		
寬頭車刀及寬頭鉋刀	不用冷却液	—		切削刃上發現缺口及加工表面光潔度惡化
灰 鑄 鐵				
車刀(外圓車刀)	粗 車	3.0~4.0		在切削表面上發現黑色鱗片及加工表面光潔度顯著惡化 工件直徑增大0.1公厘
	半 精 車	1.5~2.5		
鉋刀(平面鉋刀)	在龍門鉋床上使用	3.0~4.0		在切削表面上發現黑色鱗片及加工表面光潔度顯著惡化
	在牛頭鉋床上使用	1.5~2.0		
插刀(平面插刀)	在插床上使用	0.8~1.0		在切削表面上發現黑色鱗片及加工表面光潔度惡化
車刀(外圓車刀)	在車床上使用	1.5~2.0		加工表面光潔度顯著惡化
鉋刀(沉割鉋刀)	在鉋床上使用			
車刀(切槽車刀及切斷車刀)	在車床上使用	1.5~2.0		加工表面發生波紋
鉋刀(切槽鉋刀及切斷鉋刀)	在鉋床上使用			
插刀(切槽插刀及切斷插刀)	在插床上使用	1.5~2.0		加工表面發生波紋
寬頭車刀及寬頭鉋刀	在車床及鉋床上精加工	—		切削刃上發現缺口及加工表面光潔度惡化

附註：鑄件表皮(帶硬皮及挾砂者)上加工深度達3公厘時，所允許的磨損限度約為表內所列數值的1.5倍。

表內所列切刀的磨損限度數值符合於黑色金屬加工的經濟及工藝條件。

假使切刀的磨損限度超過了表內所列數值，則會使加工品質劣化，切刀刃磨次數降低，以及引起崩刃現象。

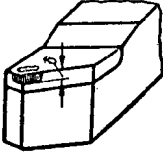
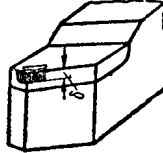
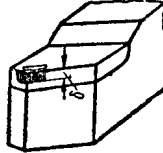
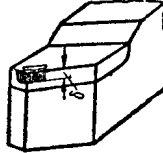
**刃磨角度** 切刀切削部分幾何參數的選擇必須根據ГОСТ 2320-43及高速切削所用的主要材料決

定，一般是 $\gamma = -5 \sim -10^\circ$ ； $\lambda = 5 \sim 15^\circ$ 及 $r = 0.5 \sim 1$ 公厘。

**切削深度** 在粗切時，切削深度 $t$ 決定於加工餘量。假使機床動力及剛性不能一次切掉所有的加工餘量，則可以分幾次切掉。

在精切時，值得把加工餘量分幾次切掉。每次切削深度根據實際情況決定。

表 2 鑲上硬質合金刀片的切刀磨損限度

切刀型式及硬質合金牌號	使用條件	所允許的磨損限度 $\delta$ (公厘)	磨損形狀	變鈍象徵	
鋼, 鑄鋼, 有色金屬及輕合金					
鑲上鈦鉻硬質合金的車刀 (牌號 T5K10, T5K6 及 T21K8 等)	$s \geq 0.3$	1.5~2.0		切削表面上發現黑色或黃色條紋並且在加工表面上發現黑色切屑黏附 在加工表面上發現白色凸出帶及細小黑色切屑	
	$s \leq 0.3$	0.8~1.0			
鑲上鎢鉻硬質合金的車刀 (牌號 BK8)	$s \geq 0.3$	0.4~0.6			切削表面上發現輝黃色條紋。切削刃局部崩掉 (崩刃不嚴重)
	$s \leq 0.3$	0.5~0.7			
鑄鐵					
鑲上鎢鉻硬質合金的車刀 (牌號 BK6 及 BK8)	$s \geq 0.3$	0.8~1.0			崩刃並在切削表面上發現輝黃色條紋 (進給量大時)
	$s \leq 0.3$	1.4~1.7		加工表面不平度顯著增大	
鑲上鎢鉻硬質合金的鉋刀 (牌號 BK8)	$s \geq 0.4$	1.0~1.2			切削表面上發現黃色條紋
	$s \leq 0.4$	1.5~2.0			

**進給量** 加工時，必須用最少的機動時間和最大的進給量。同時，假使為了要使加工表面達到所指定的光潔度，則進給量可從下式算出

$$s = \frac{C_H \cdot H_{最大}^{Y_H} \cdot r^{U_H}}{X_H \cdot \varphi^{Z_H} \cdot \varphi_1^{Z_1}} \text{ 公厘, (1)}$$

式中  $H_{最大}$ —表面不平度最大的數值 (公忽)； $r$ —相連後面半徑 (公厘)； $\varphi$ —主偏角 (度)； $\varphi_1$ —副偏角 (度)。

係數  $C_H$  及指數  $X_H$ 、 $Y_H$ 、 $Z_H$  及  $U_H$  的數值見表 3。

表 3

加工金屬	$s$ (公厘)	$C_H$ ①	$X_H$	$Y_H$	$Z_H$	$U_H$
鋼及鑄鋼	$\leq 1.75$	0.008	0.30	1.40	0.35	0.70
同上	$\geq 1.75$	0.17	0.12	0.60	0.15	0.30
鑄鐵	$\leq 1.60$	0.045	0.25	1.25	0.50	0.75
同上	$\geq 1.60$	0.290	0.12	0.60	0.25	0.35

①  $C_H$  值僅當切刀磨損  $\delta = 2$  公厘時適用；當  $\delta = 0.5$  公厘時， $C_H$  必須增加 25~35%。

車削細長工件時，為了要避免工件彎曲及變成桶形，而取得圓柱形起見，進給量的數值必須滿足下列不等式

$$s \leq \left( \frac{P_{允許}}{C_Z \cdot t^{X_{pz}} H_B^{n_{pz}}} \right)^{\frac{1}{Y_{pz}}} \text{ 公厘, (2)}$$

式中  $P_{允許}$ —所允許的切削力 (公斤) (按表 4 所列公式計算)； $H_B$ —布氏硬度。係數  $C_Z$  及指數  $X_{pz}$ 、 $Y_{pz}$  及  $n_{pz}$  等的數值見表 35~37。

假使加工表面尺寸不受表面光潔度及精確度限制，則最大進給量根據承受最大載荷的機床斷面強度決定。

各種不同粗加工所用的進給量的平均數值見表 5~8。

各種不同半精加工 (其中包括磨前加工) 所用的進給量的平均數值見表 9。

當用刀頭寬度  $B = 0.6a^{0.5}$  公厘的切刀切槽或切斷時，各種不同進給量的平均數值見表 10。

**冷却** 為了有效地車削鋼、鑄鋼、可鍛鑄鐵、銅、鋁及鎂合金 (指在車床，花盤車床，立式車床及銼床



表 4

$P_{允許} = \frac{768EI\dot{f}}{7L^3}$	$P_{允許} = \frac{48EI\dot{f}}{L^3}$	$P_{允許} = \frac{3EI\dot{f}}{L^3}$

表 5 縱橫粗車及沉割時的進給量

工件直徑 (公厘)	切削深度 t (公厘)			
	≤5	5~8	8~12	12~30
	進給量(公厘/轉)			
10~18	≤0.25	—	—	—
18~30	0.20~0.50	—	—	—
30~50	0.40~0.80	0.20~0.60	—	—
50~80	0.60~1.20	0.50~1.00	—	—
80~120	1.00~1.60	0.70~1.30	0.50~1.00	—
120~180	1.40~2.00	1.10~1.80	0.80~1.50	—
180~260	1.80~2.60	1.50~2.00	1.10~2.00	1.00~1.50
260~360	2.30~3.20	2.50~2.80	1.50~2.50	1.30~2.00
>360	—	2.80~3.50	2.00~3.00	1.50~2.50

附註：1. 當  $\frac{L}{D} < 6$  (使用頂尖) 及當  $\frac{L}{D} < 2$  (使用卡盤)

加工軟鋼時，進給量可取較大；而當加工硬鋼及鑄鐵時，可取較小。

2. 橫向車削及沉割時，表內所列進給量數值必須減少 30~50%。

3. 表內所列進給量數值只在粗車後，尚有一次或數次半精車的條件下適用。

上車削)，往往使用 3~5% 的乳化液作冷却劑。在車削有色輕合金時，也可以使用石油及煤油的混合液或特殊乳化液作冷却劑。灰鑄鐵加工時，則不用冷却劑。

插削和鉋削時不用冷却劑。

切刀耐用度 刀具的經濟耐用度  $T_{經濟}$  (使用集中刃磨時) 可按下式決定

$$T_{經濟} = \frac{1-m}{m} \cdot \frac{t_c u_c + t_s u_s + \frac{u_p}{n+1}}{u_c} \text{分。} \quad (3)$$

最大生產率的刀具壽命  $T_{最大生產率}$  可按下式決定：

$$T_{最大生產率} = \frac{1-m}{m} t_c \text{分，} \quad (4)$$

式中  $m$ —相對耐用度指數； $t_c$ —更換刀具及調整尺寸所需時間(分)； $u_c$ —機床工作者 1 分鐘的工資(戈比)，包括雜費在內； $t_s$ —刃磨的時間定額(分)； $u_s$ —刃磨工人 1 分鐘的工資(戈比)，包括雜費在內； $u_p$ —刀具價格(戈比)； $n$ —所允許的刃磨次數。

表 6 鑲上硬質合金 T5K10 的切刀縱橫粗車及沉割時所用的進給量 s (公厘/轉)

加工金屬硬度 $H_B$	刀片厚度(公厘)					
	1.5~3.0	3~4.5	4.5~6	6~8	8~10	10~12
115	0.2~0.45	0.45~0.7	0.7~1.2	1.2~1.8	1.8~2.7	2.7~3.6
115~170	0.15~0.4	0.4~0.6	0.6~0.95	1.95~1.5	1.5~2.2	2.2~2.8
170~230	0.1~0.3	0.3~0.5	0.5~0.8	0.8~1.25	1.25~1.8	1.8~2.3
230~285	0.1~0.26	0.25~0.45	0.45~0.7	0.7~1.1	1.1~1.6	1.6~2.1
285~340	0.08~0.23	0.23~0.4	0.4~0.60	0.60~1.0	1.0~1.4	1.4~1.8
340~400	0.08~0.2	0.2~0.35	0.35~0.55	0.55~0.9	0.9~1.3	1.3~1.7

附註：1. 使用牌號 T15K6 及 T21K8 的硬質合金時，進給量必須減少 10~20%，並且最大進給量不許超過 1.5 公厘/轉。

2. 若使用牌號 BK8 的硬質合金，進給量當加工鑄鐵及有色金屬時，可提高 50%。

表7 用圓形截面的切刀粗鏜時的進給量  $s$  (公厘/轉)(切刀伸出長度  $l=5d$ )

加工材料	切削深度(公厘)	切刀截面直徑 $d$ (公厘)						
		10	12	16	20	25	30	40
鋼及鑄鋼	2	<0.08	≤0.10	0.08~0.20	0.15~0.40	0.25~0.70	0.50~1.00	—
	3	—	<0.08	≤0.12	0.10~0.25	0.15~0.40	0.20~0.50	0.25~0.60
	5	—	—	≤0.08	≤0.10	0.08~0.20	0.12~0.30	0.13~0.40
鑄鐵	2	0.08~0.12	0.12~0.20	0.25~0.40	0.50~0.80	0.90~1.50	—	—
	3	≤0.08	0.08~0.12	0.15~0.25	0.30~0.50	0.50~0.80	0.90~1.20	—
	5	—	≤0.08	0.08~0.12	0.15~0.25	0.25~0.50	0.50~0.70	—

附註: 1. 較大值用於軟質金屬; 小值用於硬質金屬。

2. 加工有色金屬時, 表內所列數值應提高 20~30%。

表8 用懸樑式鏜桿粗鏜時的進給量  $s$ 

加工材料	鏜桿伸出長度(公厘)	切削深度(公厘)	鏜桿直徑(公厘)				
			50	60	70	80	100
鋼及鑄鋼	300	3	0.30~0.70	0.60~1.20	—	—	—
		5	0.15~0.30	0.30~0.70	—	—	—
		8	0.10~0.20	0.15~0.40	—	—	—
	400	3	0.10~0.20	0.25~0.60	0.60~1.20	—	—
		5	<0.10	0.15~0.30	0.30~0.70	—	—
		8	—	0.10~0.15	0.15~0.40	0.30~0.60	—
	500	3	—	0.10~0.20	0.25~0.60	0.40~1.00	—
		5	—	<0.10	0.15~0.30	0.25~0.50	0.70~1.50
		8	—	—	0.10~0.15	0.15~0.25	0.50~1.00
	750	3	—	—	—	0.10~0.20	0.30~0.70
		5	—	—	—	<0.10	0.15~0.70
		8	—	—	—	—	0.10~0.20
鑄鐵	300	3	0.80~1.20	—	—	—	—
		5	0.40~0.70	0.90~1.20	—	—	—
		8	0.20~0.30	0.60~0.80	—	—	—
	400	3	0.30~0.40	0.70~1.00	—	—	—
		5	0.15~0.25	0.35~0.50	0.80~1.20	—	—
		8	≤0.10	0.20~0.30	0.50~0.70	1.00~1.50	—
	500	3	—	0.50~0.80	0.70~1.00	—	—
		5	—	0.30~0.40	0.40~0.50	0.70~1.00	—
		8	—	0.15~0.25	0.20~0.30	0.40~0.60	1.00~1.50
	750	3	—	—	0.12~0.20	0.25~0.40	0.80~1.20
		5	—	—	≤0.10	0.12~0.20	0.50~0.80
		8	—	—	—	≤0.10	0.25~0.35

附註: 1. 較大值用於軟質金屬; 小值用於硬質金屬。

2. 加工有色金屬時, 以及用鏜桿前後加工時, 表內所列數值應提高 20~30%。

3. 表8內所列進給量的數值, 用於粗加工後, 半精加工時。

表9 各種不同加工方法所用的進給量  $s$

工件直徑 $d$ (公厘)	用一般切刀縱橫車削及沉割		用寬頭刀縱車	用一般切刀鏜削		用刀頭鏜削
	粗	精	半精	粗	半精	半精
	加工光潔度					
	$\nabla_2-\nabla_3$	$\nabla\nabla_4$	$\nabla\nabla_4$	$\nabla_2-\nabla_3$	$\nabla\nabla_4-\nabla\nabla_5$	$\nabla\nabla_4-\nabla\nabla_5$
	切削深度 $t$ (公厘)					
	$> 2$	$\leq 2$	0.2~0.5	$> 2$	$\leq 2$	0.3~1.0
進給量 $s$ (公厘/轉)						
$\leq 30$	0.15~0.25	0.08~0.13	0.30~0.80	0.10~0.15	0.04~0.08	0.15~0.25
30~50	0.25~0.35	0.10~0.15	0.70~1.50	0.15~0.25	0.06~0.10	0.20~0.40
50~80	0.30~0.45	0.13~0.20	1.20~2.00	0.25~0.35	0.08~0.13	0.30~0.50
80~120	0.40~0.60	0.18~0.25	1.80~2.50	0.30~0.45	0.10~0.15	0.40~0.60
120~180	0.50~0.70	0.20~0.30	2.0~3.0	0.40~0.60	0.12~0.18	0.50~0.80
180~260	0.60~0.80	0.25~0.35	2.5~3.5	0.50~0.70	0.15~0.20	0.70~1.0
260~360	0.70~1.00	0.30~0.45	3.0~4.0	0.60~0.75	0.18~0.25	0.90~1.2
$> 360$	0.90~1.20	0.35~0.55	3.5~5.0	0.70~1.00	0.20~0.30	1.0~1.5
插削和鉋削						
切刀型式	加工方式		光潔度符號	切削深度(公厘)	走刀量 $s$ (公厘/行程)	
普通刀	粗		$\nabla_3$	$\leq 0.3$	0.20~0.60	
	半精		$\nabla\nabla_4$		0.10~0.30	
寬頭刀	磨前		$\nabla\nabla_4$	0.2~0.5	$(0.3\sim 0.5) B$	
	最後一次		$\nabla\nabla_5$		$(0.2\sim 0.3) B$	

附註：1. 在牛頭鉋床及在插床上用較大切削深度加工鋼及鑄鋼時，進給量較小；在龍門鉋床上用較小切削深度加工鑄鐵時，進給量較大。

2. 寬頭刀的進給量不許超過刀寬  $B$  的 0.3~0.4 倍

表10 用切槽刀及切斷刀加工時的進給量  $s$  (公厘/轉)

工件直徑 $d$ (公厘)	刀寬 $B$ (公厘)	加工金屬				
		鋼、鑄鋼、鋁及鎂合金布氏硬度			鑄鐵及有色金屬布氏硬度	
		$\leq 150$	150~230	230~340	$\leq 180$	180~260
10~18	2	0.07~0.09	0.05~0.07	0.04~0.06	0.09~0.12	0.07~0.10
18~30	3	0.09~0.11	0.07~0.09	0.06~0.07	0.12~0.15	0.10~0.12
30~50	3~4	0.11~0.13	0.09~0.11	0.07~0.09	0.15~0.18	0.12~0.15
50~80	4~5	0.13~0.15	0.11~0.13	0.09~0.11	0.18~0.22	0.15~0.18
80~120	5~7	0.15~0.18	0.13~0.15	0.11~0.13	0.22~0.25	0.18~0.20
120~180	7~8	0.18~0.22	0.15~0.18	0.13~0.15	0.25~0.30	0.20~0.25
180~260	8~10	0.22~0.25	0.18~0.20	0.15~0.17	0.30~0.35	0.25~0.28
260~360	10~12	0.25~0.30	0.20~0.25	0.17~0.20	0.35~0.40	0.28~0.32
$> 360$	12~15	0.30~0.35	0.25~0.28	0.20~0.22	0.40~0.45	0.32~0.38

附註：1. 當工件及刀具緊固不牢時，當需要表面光潔度及用手進給時，進給量必須降低 30~40%，而在特殊切斷機床上加工時，可提高 30~40%。

2. 為了要取得一光潔的表面，並且要防止刀具向工件中心陷落  $1/2$  的工件半徑，而使工件表面材料擠出，進給量必須比最初所用的減少一半。

表11 耐用度指數  $m$

切刀型式	加工方法	切刀耐用度指數 $m$		
		高速鋼	鈦鈷硬質合金	鎢鈦硬質合金
加工材料—鋼, 鑄鋼, 可鍛鑄鐵				
平刀, 沉割刀及鏟刀	粗加工及半精加工			
	用冷却液	0.125	0.125	0.15
切槽刀及切斷刀	不用冷却液	0.100	0.125	0.15
	用冷却液	0.250	—	0.15
	不用冷却液	0.200	—	0.15
	不用冷却液	0.200	—	0.15
加工材料—灰鑄鐵				
平刀, 沉割刀及鏟刀	粗加工及半精加工	0.100	0.125	0.20
	同上	0.150	—	0.20
切槽刀及切斷刀	同上	0.150	—	0.20
	同上	0.150	—	0.20
加工材料—銅合金				
各種刀	粗加工及半精加工			
	用冷却液	0.150	—	0.20
	不用冷却液	0.150	—	0.20
	不用冷却液	0.150	—	0.20
加工材料—鋁及鎂合金				
各種刀	粗加工及半精加工			
	用冷却液	0.300	—	0.30
	不用冷却液	0.300	—	0.30
	不用冷却液	0.300	—	0.30

指數  $m$  的數值見表 11。

根據切刀尺寸而定的切刀耐用度的平均數值見表 12。

表12 切刀耐用度及其尺寸的關係

切刀材料	切刀截面 $a$ (公厘)				
	16×25	20×30	25×40	40×60	60×90
	切刀耐用度 $T_{\text{耐用}}$ (分)				
高速鋼	60	60	90	120	150
硬質合金	90	90	120	150	180

切削速度 車削外圓及用龍門鉋床鉋削時, 切削速度可按下式決定

$$v_T = \frac{C_{vT}}{X_v S Y_v} \left( \frac{H_B}{200} \right)^{n_v} \quad (5)$$

$$C_{vT} = C \cdot K_{\Gamma_v} \cdot K_{M_v} \cdot K_{C_v} \cdot K_{C_{nv}} \cdot K_{q_v} \cdot K_{H_v} \cdot K_{q_v} \cdot K_{\Gamma_v} \cdot K_{r_v}$$

式中  $C_{vT}$ —表示工作條件的係數;  $C$ —表示後角、前角及其他因素影響的係數, 在本公式內並不是互不相關的;  $K_{\Gamma_v}$ —表示切刀耐用度影響的係數;  $K_{M_v}$ —表示金屬材料影響的係數;  $K_{C_v}$ —表示金屬條件的係數;  $K_{C_{nv}}$ —表示毛坯表面條件影響的係數;  $K_{q_v}$ —

表13 指數  $C_{vT}$ ,  $X_v$ ,  $Y_v$  的數值

切刀材料	加工材料	加工方法	工作條件					
			用冷却液			不用冷却液		
			$C_{vT}$	$X_v$	$Y_v$	$C_{vT}$	$X_v$	$Y_v$
PΦ1 高速鋼	鋼, 鑄鋼, 鋁及鎂合金	$s \leq 0.25$ 公厘/轉	57.20	0.25	0.33	34.80	0.25	0.50
		$s \geq 0.25$ 公厘/轉	36.20	0.25	0.66	27.80	0.25	0.66
	可鍛鑄鐵	$s \leq 0.25$ 公厘/轉	39.90	0.20	0.25	28.20	0.20	0.40
		$s \geq 0.25$ 公厘/轉	28.20	0.20	0.50	24.50	0.20	0.50
	灰鑄鐵及銅合金	半精加工	—	—	—	22.60	0.15	0.30
		$\delta = 2$ 公厘 $\delta = 4$ 公厘	—	—	—	21.60	0.15	0.40
T15K6 硬質合金	鋼, 鑄鋼, 鋁及鎂合金	$s \leq 0.3$ 公厘/轉	146.3	0.18	0.20	138	0.18	0.20
		$s = 0.3 \sim 0.75$ 公厘/轉	167.2	0.18	0.35	152	0.18	0.35
		$s \geq 0.75$ 公厘/轉	162.5	0.18	0.45	147.7	0.18	0.45
BK8 硬質合金	鋼, 鑄鋼, 鋁及鎂合金	$s \leq 0.3$ 公厘/轉	67.8	0.22	0.40	64	0.22	0.40
		$s \geq 0.3$ 公厘/轉	62.7	0.22	0.50	57	0.22	0.50
	鑄鐵及銅合金	$s \leq 0.4$ 公厘/轉	—	—	—	67.3	0.13	0.20
$s \geq 0.4$ 公厘/轉		—	—	—	59.5	0.20	0.40	

附註: 1. 係數  $C_{vT}$  的數值常用截面面積為 20 公厘 × 30 公厘,  $\alpha, \gamma, \lambda$  按 ГОСТ 2320-43,  $\varphi = 45^\circ, \varphi_1 = 10^\circ$  (高速鋼) 及  $15^\circ$  (硬質合金); 刀尖半徑  $r = 2$  公厘具有平前面的切刀來加工硬度  $H_B = 190 \sim 210$  無表皮的金屬時適用。其磨損量及耐用度可按表 1, 2 及 12 決定。  
2. 當用高速鋼配上冷却液來加工合金鋼及鑄鋼時, 按公式 (5) 計算所得之切削速度數值必須減少 10%。  
3. 當用硬質合金刀來加工鋼, 鑄鐵及其他金屬時, 建議不用冷却液。  
4. 使用寬頭刀切削時, 切削速度必須在 12~24 公尺/分的限度內。

一表示切刀截面影響的係數； $K_{H_0}$ —表示切刀材料影響的係數； $K_{\varphi_0}$ —表示主偏角影響的係數； $K_{\varphi_{10}}$ —表示副偏角影響的係數； $K_{r_0}$ —表示切刀幾何參數影響的係數； $K_{r'_0}$ —表示刀尖半徑影響的係數。

係數 $C_{vT}$ 及指數 $X_v$ 及 $Y_v$ 等的數值見表 13。  
指數 $n_v$ 及表示切刀布氏硬度對其切削速度影響的係數 $K_{H_0} = \frac{1}{(H_B)^{n_v}}$ 的數值見表 14。

表14 指數 $n_v$ 及係數 $K_{H_0}$ 的數值

加工金屬	指數 $n_v$	硬度 $H_B$									
		90~110	111~130	131~150	151~170	171~190	191~210	211~230	231~250	251~270	271~290
		校正係數 $K_{H_0}$									
碳鋼	當 $H_B < 130$ 時為1.0 當 $H_B \geq 130$ 時為1.75	1.62	1.96	1.82	1.45	1.20	1.00	0.85	0.73	0.63	0.55
合金鋼	1.5	—	—	1.70	1.38	1.18	1.00	0.88	0.77	0.67	0.60
鑄鐵及銅合金	1.75	3.30	2.40	1.82	1.45	1.20	1.00	0.85	0.73	0.63	0.55

附註：假使金屬的機械性質用其抗拉強度 $\sigma_b$ 以公斤/公厘<sup>2</sup>來表示時，則 $H_B$ 需重算(見第三卷，第一章)。

校正係數 $K_{T_v}$ 、 $K_{M_v}$ 、 $K_{C_v}$ 、 $K_{Cn_v}$ 、 $K_{q_v}$ 、 $K_{H_0}$ 、 $K_{T_v}$ 、 $K_{\varphi_0}$ 、 $K_{\varphi_{10}}$ 及 $K_{r_0}$ 的數值見表 15~24。

表15 係數 $K_{T_v}$ 的數值

耐用度指數 $m$	耐用度 $T'$ (分)					
	30	60	90	120	150	180
0.10	1.07	1.00	0.96	0.93	0.91	0.90
0.125	1.09	1.00	0.95	0.92	0.90	0.88
	1.15	1.05	1.00	0.97	0.95	0.93
0.15	1.11	1.00	0.94	0.90	0.87	0.85
	1.18	1.06	1.00	0.96	0.93	0.90
0.20	1.15	1.00	0.92	0.86	0.82	0.80
	1.24	1.08	1.00	0.94	0.90	0.87
0.25	1.19	1.00	0.90	0.83	0.79	0.75
	1.23	1.00	0.88	0.81	0.76	0.72
0.30	1.40	1.14	1.00	0.92	0.86	0.82

附註：此係數按下列公式計算

$$K_{T_v} = \left( \frac{T'}{T'_{\text{經濟}}} \right)^m \quad (6)$$

式中  $T'$ —耐用度，分(對高速鋼而言， $T'=60$ 分；對硬質合金而言， $T'=90$ 分)。

表16 係數 $K_{C_v}$ 的數值

金屬條件	$K_{C_v}$
冷加工	1.10
熱軋，正火及熱處理(淬火而用高溫回火)	1.0
退火	0.90

表17 係數 $K_{q_v}$ 的數值

切刀截面(公厘)	$K_{q_v}$	
	鋼及鑄鋼	鑄鐵及銅合金
6×6	0.70	0.89
10×10; $\phi 10$ ; $\phi 12$	0.87	0.93
12×12; 10×16	0.90	0.95
16×16; 12×12; $\phi 16$	0.93	0.97
20×20; 16×25; $\phi 20$ ; $\phi 25$	0.97	0.98
20×30; 25×25; $\phi 30$	1.08	1.0
30×30; 25×40; $\phi 40$	1.04	1.02
30×45; 40×40	1.08	1.04
40×60	1.12	1.06
60×90	1.19	1.09

附註：此係數數值可按下式計算

$$K_{q_v} = \left( \frac{q}{20 \times 30} \right)^{P_v} \quad (7)$$

式中 當加工鋼及鑄鋼時， $P_v=0.08$ ；當加工鑄鐵時， $P_v=0.04$ 。

表18 係數 $K_{M_v}$ 的數值

加工金屬	$K_{M_v}$
自動機用鋼	1.20
碳鋼 $C \leq 0.6\%$	1.00
碳鋼 $C > 0.6\%$	0.85
鉻鋼、鉻鎳鋼、鉻錳鋼、鉻鎳錳鋼、鉻鋼、鉻鎳鉻鋼、鉻鎳鉻鋼、鉻鎳鉻鋼、及鉻鎳鉻鋼	1.10



(表18續)

加工金屬	$K_{Mv}$
錳鋼、鉻錳鋼、鉻鉍鋼、鉻錳鈦鋼、矽錳鋼、矽鉻錳鋼、矽鉻鉍鋼、鉻鉍錳鋼、鉻鉍鉍鋼及鉻鉍鋼.....	0.90
鉻及鉬工具鋼.....	0.75
低及高合金、高速鋼、高鉻工具鋼、不銹鋼及氣門鋼.....	0.65
甘非里特鋼.....	0.50
可鍛鑄鐵.....	1.00
灰鑄鐵及銅合金.....	1.00
鋁及矽鋁合金.....	5.00
硬鋁 $\sigma_b=25$ 公斤/公厘 <sup>2</sup> .....	6.00
$\sigma_b=35$ 公斤/公厘 <sup>2</sup> .....	5.00
$\sigma_b=35$ 公斤/公厘 <sup>2</sup> .....	4.00
電爐鋼 $\sigma_b=16$ 公斤/公厘 <sup>2</sup> .....	6.50

附註：加工鋁及鎂合金時，切削速度可按公式(5)計算，如計算硬度  $H_B=200$  的碳鋼 ( $C \leq 0.6\%$ ) 一樣，但係數  $K_{Mv}$  的數值仍須相稱。

表19 係數  $K_{CAv}$  的數值

加工金屬	毛坯表面條件	$K_{CAv}$
鋼及鑄鋼	酸浸後表皮無浮渣.....	1.0
	表皮帶浮渣.....	0.90
鑄鐵	無硬皮.....	1.0
	有硬皮，硬度布氏 $H_B=160$ .....	0.70
	$H_B=160 \sim 200$ .....	0.80
	$H_B > 200$ .....	0.90

表20 係數  $K_{Hv}$  的應用範圍及數值

切刀		加工材料	應用範圍	$K_{Hv}$
材料	牌號			
高速鋼	P $\Phi$ 1	各種金屬	各種的金屬切削	1.00
	P			0.95
	PO			0.90
	ЭН-262			1.00
	ЭН-184			硬度 $H_B < 200$ 的各種金屬

(表20續)

切刀		加工材料	應用範圍	$K_{Hv}$
材料	牌號			
硬質合金	T5K10	鋼及鑄鋼	用不定切削深度粗切，間斷切削	0.75
	T5K6		同上	用一定切削深度切削，切斷及特形車削
	T15K6	同上	半精車	1.00
	T15K6y	同上	同上	1.10
	T15K6c	同上	同上	1.15
	BK8	鑄鐵及青銅	用不定切削深度粗切，間斷切削，切斷及特形車削	1.00
	BK6	鑄鐵、青銅及塑料	用一定切削深度粗切及半精加工	1.1

表21 係數  $K_{\Phi 1v}$  的數值

切刀材料	副偏角 $\Phi_1$ (度)				
	10	5	20	30	45
高速鋼.....	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87
硬質合金.....	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90

附註：此係數數值可按下式計算

$$K_{\Phi 1v} = \left( \frac{10}{\Phi_1} \right)^{0.09} \text{ (用於高速鋼),} \quad (9)$$

$$\text{及 } K_{\Phi 1v} = \left( \frac{15}{\Phi_1} \right)^{0.09} \text{ (用於硬質合金).} \quad (10)$$

表22 係數  $K_{\Phi v}$  的數值

加工材料	切刀材料	主偏角 $\Phi$ (度)			
		30	45	60	90
		係數 $K_{\Phi v}$			
鋼、鑄鋼、鋁及鎂合金	高速鋼.....	1.26	1.00	0.84	0.66
	硬質合金(鈹鈷類)	1.13	1.00	0.92	0.81
鑄鐵及青銅合金	高速鋼及BK8硬質合金.....	1.20	1.00	0.88	0.73

附註：1. 此係數數值可按下式計算

$$K_{\Phi v} = \left( \frac{45}{\Phi} \right)^{Z_v} \quad (8)$$

在此情形下，指數  $Z_v$  具有下列數值：

- a) 用高速鋼切刀加工鋼、鑄鋼、鋁及鎂合金時， $Z_v = 0.60$ ；用鈹鈷硬質合金切刀時， $Z_v = 0.30$ ，用BK8硬質合金切刀時， $Z_v = 0.45$ ；
- b) 用高速鋼及BK8硬質合金切刀加工鑄鐵時  $Z_v = 0.45$ 。

2. 係數  $K_{\Phi v}$  的數值適用於  $s \geq 0.25$  公厘時，而用硬質合金切刀加工鑄鐵時，進給量  $s \geq 0.3$  公厘。

表23 係數  $K_{r_v}$  的數值

後面半徑 $r$ (公厘)	加工金屬			
	鋼, 鑄鋼, 鋁及鎂合金		鑄鐵及銅合金	
	粗加工	半精加工	粗加工	半精加工
1	0.94	0.86	0.90	0.94
2	1.00	1.00	1.00	1.0
3	1.03	1.09	1.06	1.03
5	—	1.21	—	1.07

附註: 1. 此係數數值按下式計算

$$K_{r_v} = \left(\frac{r}{2}\right)^{U_v} \quad (11)$$

在此情況下  $U_v$  指數如下:

加工金屬			
鋼, 鑄鋼, 鋁及鎂合金		鑄鐵及銅合金	
粗加工	半精加工	粗加工	半精加工
0.10	0.20	0.1	0.08

2. 當加工鋼及鑄鋼時, 此種關係可用到  $r=4$  公厘。若再增大半徑, 則會使速度降低, 並且只有等到  $r=10$  公厘時, 切削速度才又開始上昇。

表24 係數  $K_{r_v}$  的數值

按ГОСТ 2320-43 所得的前面形狀	$K_{r_v}$
平面.....	1.00
弧面.....	1.05
平面或弧面, 但具有倒稜.....	1.15
平面但具有前角 $\gamma = -5 \sim -10^\circ; \lambda = 5 \sim 12^\circ$ .....	1.20

根據磨損限度  $\delta$  所定的高速鋼切刀切削速度的校正係數見圖 1。

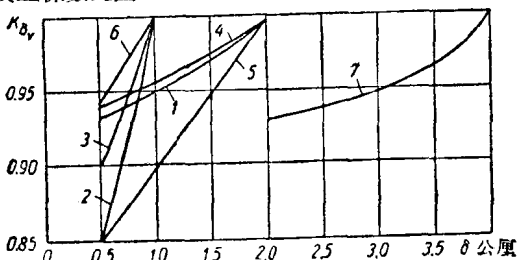


圖1 根據磨損限度  $\delta$  所定的高速鋼切刀切削速度的校正係數  $K_{\delta_v}$ 。

鋼, 鑄鋼, 及可鍛鑄鐵: 1—車削, 使用冷却液, 鉋削不用冷却液; 2—切斷或切槽, 使用冷却液; 3—切斷或切槽, 不用冷却液; 4. 車削或鉋削, 不用冷却液。  
灰鑄鐵: 5—切斷或切槽, 不用冷却液; 6—插削, 不用冷却液; 7—車削或鉋削, 不用冷却液。

假使在機床上不可能採用獲得經濟切削速度  $v_{經濟}$  的轉數  $n_{經濟}$ , 則轉數必須如下決定:

a) 根據兩相鄰轉數比

$$\varphi_n = \frac{n_x + 1}{n_x} \quad (12)$$

及機床主軸經濟轉數  $n_{經濟}$  對較小近似轉數  $n_x$  之比例  $a$  來考慮:

$$a = \frac{n_{經濟}}{n_x} \quad (13)$$

6) 主軸所允許減少的最小經濟轉數  $a_k$  根據下式決定

$$a_k = \left( \frac{m}{1-m} \cdot \frac{m\varphi}{m-1} - m \right) \quad (14)$$

或按表 25 決定。

假使計算後  $a$  較  $a_k$  為小, 則必須取主軸近似較小轉數, 而當  $a > a_k$  時, 取近似較大轉數。

表25 主軸所允許減少的最小經濟轉數

兩相鄰轉數比	耐用度指數 $m$			
	0.25	0.15	0.125	0.08
1.12	1.06	1.06	1.06	1.06
1.26	1.13	1.13	1.14	1.14
1.33	1.16	1.17	1.18	1.19
1.41	1.20	1.21	1.22	1.24
1.58	1.28	1.30	1.33	1.36

鏜削時的切削速度  $v_D$  或橫向車削時的切削速度  $v_n$  可按(5)式再乘以校正係數:

$$v_D = v_m \cdot K_{p_v} \text{ 公尺/分}; \quad (15)$$

$$v_n = v_m \cdot K_{n_v} \text{ 公尺/分}; \quad (16)$$

式中  $v_m$ —外圓車削時的切削速度;  $K_{p_v}$ —表示被鏜圓孔直徑大小所產生影響的係數;  $K_{n_v}$ —表示橫向車削時工作條件所產生影響的係數。

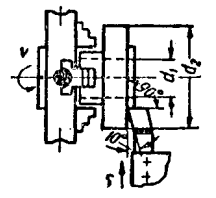
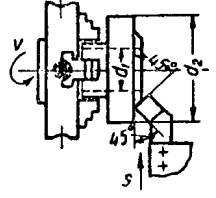
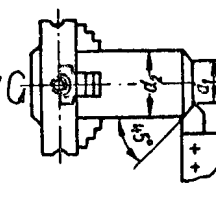
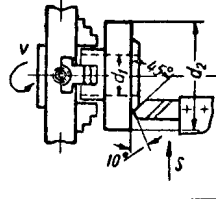
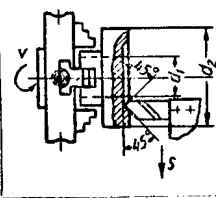
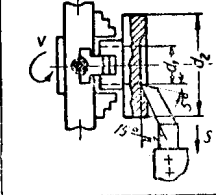
橫向車削時, 切削速度必須按加工外徑決定。

係數  $K_{p_v}$  及  $K_{n_v}$  的數值見表 26 及 27。

表26 係數  $K_{p_v}$  的數值

加工方式	$K_{p_v}$
外圓車削.....	1.00
鏜削:	
$\leq \phi 75$ 公厘.....	0.80
$\phi 76 \sim 150$ 公厘.....	0.90
$\phi 151 \sim 250$ 公厘.....	0.95
$\phi > 250$ 公厘.....	1.00

表27 係數  $K_{n_v}$  的數值

切削方向及切刀型式	$\frac{d_2 - d_1}{d_2}$			
	0.20	0.60	0.80	1.0
	係數 $K_{n_v}$			
用端面車刀正車 	0.65	0.68	0.71	0.92
用右切彎頭刀正車 	0.78	0.80	0.84	1.04
外圓車削 	1.00	1.00	1.00	1.00
用左切直頭刀正車 	1.03	1.05	1.08	1.29
用右切直頭刀反車 	1.16	1.18	1.22	1.43
用沉割刀反車 	1.47	1.49	1.53	1.74

用切斷及切槽刀切削時的切削速度可按下式決定

$$v_T' = \frac{C'_{v_T}}{s^{Y_v} \left(\frac{HB}{200}\right)^{n_v}} \frac{2R}{\phi}; \quad (17)$$

$$C'_{v_T} = C \cdot K_{T_v} \cdot K_{M_v} \cdot K_{C_v} \cdot K_{CA_v} \\ \times K_{H_v} \cdot K_{d_v} \cdot K_{h_v} \cdot K_{CM_v}$$

式中  $K_{d_v}$ —表示外徑  $d_2$  及切到底之直徑  $d_1$  間的差數對外徑之比所發生影響的係數； $K_{v}$ —表示槽深所發生影響的係數； $K_{CM_v}$ —表示機床型式所發生影響的係數。

其他係數所代表的意義見公式5。

公式17中各係數及指數的數值見表14~18、20、28~31。

表28 係數  $C'_{v_T}$  及指數  $Y_v$  的數值

切刀材料	加工材料	工作條件			
		用冷却液		不用冷却液	
		係數及指數			
		$C'_{v_T}$	$Y_v$	$C'_{v_T}$	$Y_v$
高速鋼PΦ1	鋼、鑄鋼、鋁及鎂合金	7.60	0.66	—	—
	可鍛鑄鐵	8.10	0.50	—	—
	灰鑄鐵及銅合金	—	—	8.94	0.40
硬質合金 T15K6	鋼、鑄鋼、鋁及鎂合金	41.40	0.35	37.60	0.35
硬質合金 BK8	鋁及鎂合金	17.10	0.5	15.50	0.50
	鑄鐵及銅合金	—	—	15.00	0.40

附註：1. 各係數的數值適用於用平前面切刀加工硬度為  $H_B=190\sim 210$  的金屬。切刀角度  $\alpha, \gamma$  及  $\varphi_1$  按ГОСТ 2323-43 制定。所允許的磨損限度見表1及表2。耐用度見表12。

2. 用高速鋼切刀加以冷却液車削合金鋼及鑄鋼時，切削速度按公式17減少10%計算。

表29 係數  $K_{d_v}$  的數值

機床型式	$\frac{d_2 - d_1}{d_2}$	$K_{d_v}$
主要運動係迴轉式	1.00	1.00
	0.50	0.97
	0.25	0.93
	0.10	0.89
	$\leq 0.05$	0.86
主要運動係往復式	—	1.00

表30 係數  $K_{h_v}$  的數值

機床型式	槽深(公厘)	$K_{h_v}$
主要運動係往復式	2~8	1.46~1.05
	10	1.00
	15	0.92
	20	0.87
	40	0.76
主要運動係迴轉式	—	1.00

附註：係數數值按下式計算

$$K_{h_v} = \left(\frac{10}{h}\right)^{0.20} \quad (18)$$

表31 係數  $K_{cm_v}$  的數值

機床型式	$K_{cm_v}$
主要運動係迴轉式	1.00
主要運動係往復式，刀具夾頭可放下	0.60
同上，但刀具夾頭不可放下	0.50

牛頭鉋床及插床加工時所用的切削速度可按下列式計算：

$$v_{60}'' = \frac{C_{v_{60}}''}{t^{x_v} s^{y_v} \left(\frac{H_B}{200}\right)^{n_v}} \quad \text{公厘/分}; \quad (19)$$

$$C_{v_{60}}'' = C \cdot K_{T_v} \cdot K_{M_v} \cdot K_{C_v} \cdot K_{r_v} \cdot K_{CA_v} \cdot K_{H_v} \cdot K_{\varphi_v} \cdot K_{\varphi_{1v}} \cdot K_{q_v} \cdot K_{l_v} \cdot K'_{cm_v}$$

式中  $K_{l_v}$  一表示切刀行程及超過空程所產生影響的係數[其他係數所指意義見公式(5)及公式(17)]。

公式 19 內所指係數及指數數值見表 14~24 及 32~34。

表32 係數  $K_{l_v}$  的數值

切刀行程 $l_0$ (公厘)	超過空程 $l_n$ (公厘)	$K_{l_v}$
50	35	1.18
75	35	1.09
100	50	1.11
150	50	1.02
200	60	1.00
300	60	0.96
300	75	0.96
500	75	0.87

附註：此係數數值按下式計算

$$K_{l_v} = \left(\frac{200l_n}{60l_0}\right)^{0.2} \quad (20)$$

表33 係數  $C_{v_{60}}''$  及指數  $X_v''$  及  $Y_v''$  的數值

加工材料	$C_{v_{60}}''$	$X_v''$	$Y_v''$
鋼，鑄鋼，鋁及鎂合金	28.60	0.25	0.50
可鍛鑄鐵	23.00	0.20	0.40
灰鑄鐵及銅合金	21.00	0.15	0.40

附註：1. 係數  $C_{v_{60}}''$  的數值是在加工硬度  $H_B=190\sim 210$  的金屬時決定。所用切刀為高速鋼  $P\Phi 1$ ，帶平前面，截面 20 公厘  $\times$  30 公厘，角  $\alpha, \gamma$ ，及  $\lambda$  按ГОСТ 2320-43 決定， $\varphi=45^\circ, \varphi_1=10^\circ$  (鉋刀) 及  $45^\circ$  (插刀)，半徑  $r=2$  公厘，允許磨損限度  $\delta$  按表 1，耐用度按表 12 決定。加工時不用冷卻液，並不沿表皮切削。超過空程為 60 公厘而切刀行程為 200 公厘。

2. 硬質合金切刀的切削速度可按公式 5 計算，而乘一係數 0.85。

表34 係數  $K'_{cm_v}$  的數值

機床型式	$K'_{cm_v}$
牛頭鉋床	1.0
插床(刀夾可放下)	0.75
同上(刀夾不可放下)	0.60

切削力 各切削力可按下列式計算：

$$P_z = C_r t^{x_{pz}} s^{y_{pz}} H_B^{n_{pz}} \text{ 公斤}; \quad (21)$$

$$C_z = C_1 \cdot K_M \cdot K_{\varphi_{pz}} \cdot K_{r_{pz}} \cdot K_{T_{pz}} \cdot K_{\delta_{pz}};$$

$$P_y = C_y t^{x_{py}} s^{y_{py}} H_B^{n_{py}} \text{ 公斤}; \quad (22)$$

$$C_y = C_2 K_M \cdot K_{\varphi_{py}} \cdot K_{r_{py}} \cdot K_{T_{py}} \cdot K_{\delta_{py}};$$

$$P_x = C_x t^{x_{px}} s^{y_{px}} H_B^{n_{px}} \text{ 公斤}; \quad (23)$$

$$C_x = C_2 K_M \cdot K_{\varphi_{px}} \cdot K_{r_{px}} \cdot K_{\delta_{px}};$$