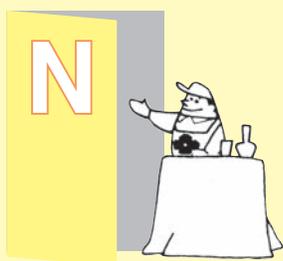


技术指导 资料

N

N9 ~ N39



技术指导

车削加工篇	N10
铣削加工篇	N15
立铣刀加工篇	N19
钻孔加工篇	N22
住友 CBN 篇	N27

一般资料篇

SI 单位换算表	N31
金属材料记号对照表 (节选)	N32
钢铁·非铁金属记号一览表 (节选)	N33
硬度对照表	N34
锥度规格	N35
常用配合的尺寸公差	N36
尺寸公差及配合	N38
表面粗糙度	N39

■ 切削速度的计算方法

① 由切削速度来求转速

$$n = \frac{1,000 \times v_c}{\pi \times D_m}$$

n : 转速 (min^{-1})
 v_c : 切削速度 (m/min)
 D_m : 工件外径 (mm)
 π : 圆周率 ≈ 3.14

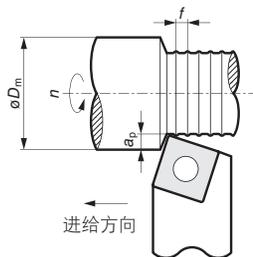
(例) 已知 $v_c=150\text{m/min}$, $D_m=100\text{mm}$

$$n = \frac{1,000 \times 150}{3.14 \times 100} = 478 \text{ (min}^{-1}\text{)}$$

② 由转速来求切削速度

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1,000}$$

记号说明与上表相同。



- n : 工件的转速 (min^{-1})
- v_c : 切削速度 (m/min)
- f : 每转进给量 (mm/rev)
- a_p : 切深 (mm)
- D_m : 工件外径 (mm)

■ 所需功率计算法

$$P_c = \frac{v_c \times f \times a_p \times k_c}{60 \times 10^3 \times \eta}$$

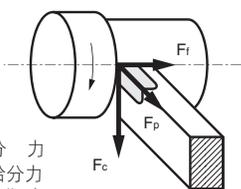
$$H = \frac{P_c}{0.75}$$

P_c : 所需功率 (kW)
 v_c : 切削速度 (m/min)
 f : 进给 (mm/rev)
 a_p : 切深 (mm)
 k_c : 比切削阻力 (MPa)
 H : 所需马力 (HP)
 η : 机械效率
 (0.70 - 0.85)

● k_c 的概略值

铝 : 800MPa
 普通钢 : 2,500 ~ 3,000MPa
 铸铁 : 1,500MPa

■ 切削阻力的3分力



F_c : 主分力
 F_f : 进给分力
 F_n : 法向分力

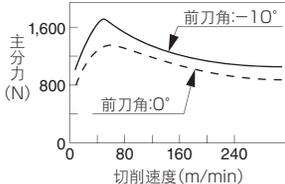
● 切削阻力的求法

$$P = \frac{k_c \times q}{1,000}$$

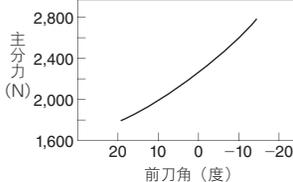
$$= \frac{k_c \times a_p \times f}{1,000}$$

P : 切削阻力 (kN)
 k_c : 比切削阻力 (MPa)
 q : 切屑面积 (mm^2)
 a_p : 切深 (mm)
 f : 进给量 (mm/rev)

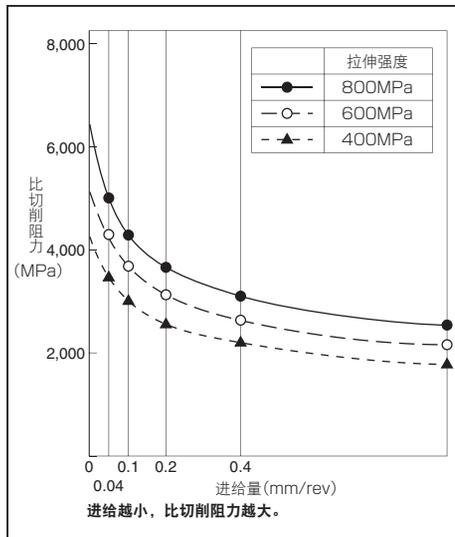
■ 切削速度和切削阻力



● 前刀角和切削阻力



■ 进给和比切削阻力 (所示为碳素钢的场合)

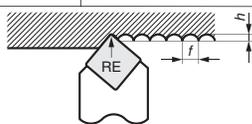


■ 表面粗糙度

● 理论 (几何学) 表面粗糙度

$$h = \frac{f^2}{8 \times RE} \times 10^3$$

h : 理论表面粗糙度 (μm)
 f : 每转进给量 (mm/rev)
 RE : 刀尖半径 (mm)



● 实际表面粗糙度

钢的场合:

理论粗糙度 $\times 1.5 \sim 3$ 倍

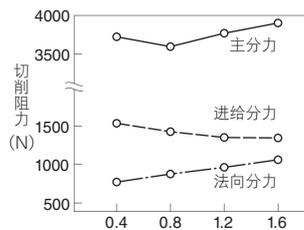
铸铁的场合:

理论粗糙度 $\times 3 \sim 5$ 倍

● 提高精加工面粗糙度的方法

- ① 加大刀尖半径
- ② 选择适当的切削速度和进给量 (以不发生积屑瘤的条件为佳)
- ③ 选择适当的刀片材质
- ④ 使用修光刃刀片

■ 刀尖半径和3分力



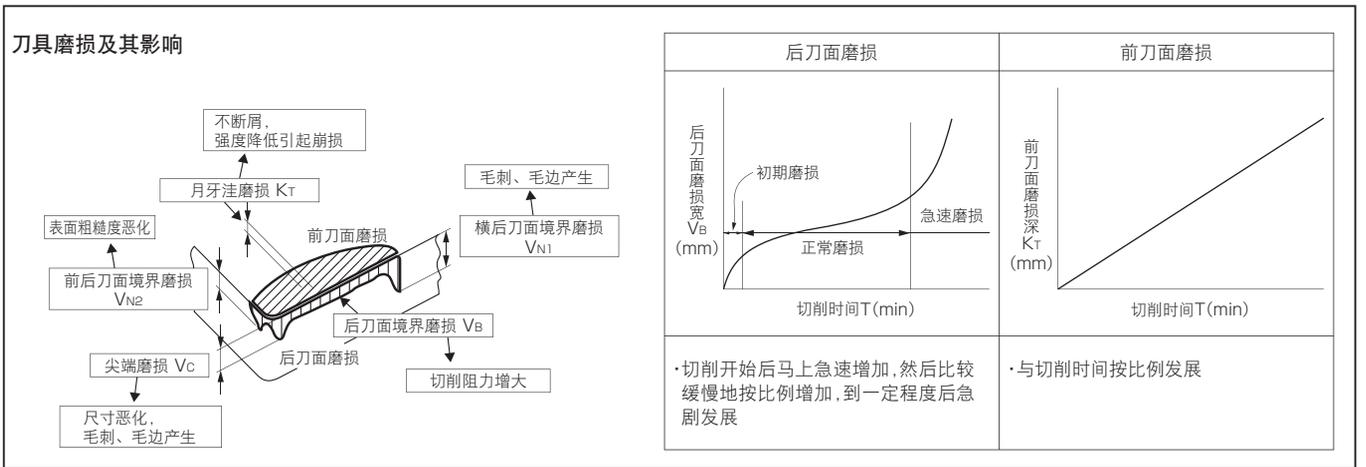
刀尖半径越大, 法向分力越大。

被削材 : SCM440 (38HS)
 刀片 : TNGA2204 ○○
 刀杆 : PTG NR2525-43
 切削条件: $v_c=100\text{m/min}$
 $a_p=4\text{mm}$
 $f=0.45\text{mm/rev}$

切刃损伤形态

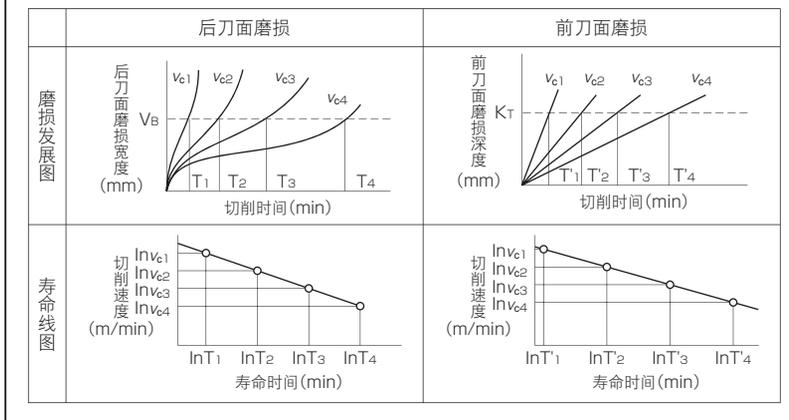
分类	No.	损伤形态名称	主要损伤的结构
引机械作用	①~⑤	后刀面磨损	工件中含有的硬颗粒的划擦作用导致磨损
	⑥	小崩口	因压着力大或发生振刀等因素产生小崩损
	⑦	崩损	因机械冲击使得刀尖的承受力度过大时发生的大型崩损
引热化学作用	⑧	前刀面磨损	由高温引发溶着扩散等导致刀具被合金化表面随切屑带走
	⑨	塑性变形	因高温导致刀尖软化引发变形
	⑩	热龟裂	伴随断续切削加热冷却循环变化发生热疲劳
	⑪	积屑瘤	被削材的一部分变成非常硬的变质物粘着、堆积在刀尖

磨损发展曲线

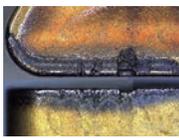
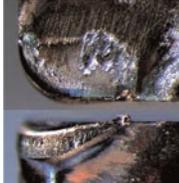


寿命曲线 (V-T 线图)

· 以不同的切削速度, 测定达到刀具额定磨损量的时间, 以时间为横轴, 切削速度为纵轴, 两数值的对数表示。



■ 刀片的损伤形态和对策

刀片损伤形态	原因	对策
后刀面磨损 	<ul style="list-style-type: none"> · 刀具材质的耐磨性不足 · 切削速度快 · 进给量极低 	<ul style="list-style-type: none"> · 变更为耐磨性更高的材质 P30 → P20 → P10 K20 → K10 → K01 · 增大前刀角 · 降低切削速度 · 增加进给量
月牙洼磨损 	<ul style="list-style-type: none"> · 刀具材质的耐月牙洼磨损性不足 · 前刀角过小 · 切削速度快 · 进给量和切深大 	<ul style="list-style-type: none"> · 变更为耐月牙洼磨损性更高的材质 · 增大前刀角 · 变更刀片断屑槽 · 降低切削速度 · 减小进给量和切深
切刃小崩口 	<ul style="list-style-type: none"> · 刀具材质的韧性不足 · 切屑粘附导致切刃脱落 · 切刃强度不足 · 进给量和切深大 	<ul style="list-style-type: none"> · 变更为韧性更高的材质 P10 → P20 → P30 K01 → K10 → K20 · 增大切刃的倒圆量 · 减小前刀角 · 减小进给量和切深
切刃崩损 	<ul style="list-style-type: none"> · 刀具材质的韧性不足 · 切刃强度不足 · 刀杆强度不足 · 进给量和切深过大 	<ul style="list-style-type: none"> · 变更为韧性更高的材质 P10 → P20 → P30 K01 → K10 → K20 · 选用切刃强度高的刀片断屑槽 · 选择大横切刃角的刀杆 · 选择刀柄尺寸大的刀杆 · 减小进给量和切深
粘着、积屑瘤 	<ul style="list-style-type: none"> · 选定的材质不合适 · 切刃锋利性差 · 切削速度过低 · 进给量过低 	<ul style="list-style-type: none"> · 变更为与被削材亲和性低的材质 涂层 / 金属陶瓷材质 · 选择平滑性高的涂层 · 增大前刀角 · 减小倒圆 · 提高切削速度 · 增加进给量
塑性变形 	<ul style="list-style-type: none"> · 刀具材质的耐热性不足 · 切削速度快 · 进给量和切深过大 · 切削油不够 	<ul style="list-style-type: none"> · 变更为耐月牙洼磨损性更高的材质 · 增大前刀角 · 降低切削速度 · 减小进给量和切深 · 充分供给切削油
境界损伤 	<ul style="list-style-type: none"> · 刀具材质的耐磨性不足 · 前刀角过小 · 切削速度快 	<ul style="list-style-type: none"> · 选择耐磨性高的材质 P30 → P20 → P10 K20 → K10 → K01 · 增大前刀角 · 改变使切深变动的边界位置

■ 切屑生成形态的分类

	流水型	剪断型	啃削型	龟裂型
形状				
状态	连续的切屑精加工面良好	以剪断面来剪断分离	表面呈啃削状的切屑	在切削点前已形成龟裂, 剥落
加工分类	钢, 轻合金的一般切削	钢及不锈钢的低速切削	钢, 铸铁的极低速微小进给切削	一般铸铁, 石墨切削
影响事项		大 ← 被削材的变形能 → 小 大 ← 前刀角 → 小 小 ← 切削深 → 大 大 ← 切削速度 → 小		

■ 切屑处理的分类

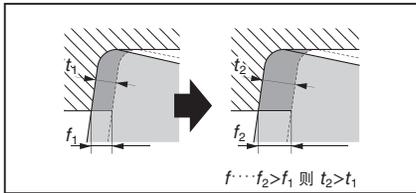
切屑形状的分类	切深	A	B	C	D	E
	大					
小						
评价	使用数控车床 (重视自动化) 使用通用车床 (重视安全)	×	×	○	○	△
		×	○	○	○~△	×

良好: C型, D型

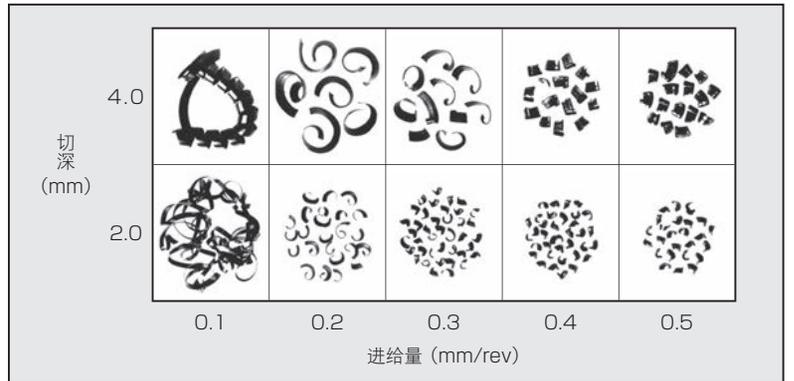
不良: A型: 发生与刀具和被削材的缠绕, 引发加工停止、已加工面质量差, 安全方面的问题
B型: 切屑自动运送机能低下、引发切刃小崩口
E型: 发生诸如切屑飞散, 振刀导致的精加工面不良、切刃脱落、切削阻力和切削热增大等事故

■ 提高切屑处理的要素及其影响

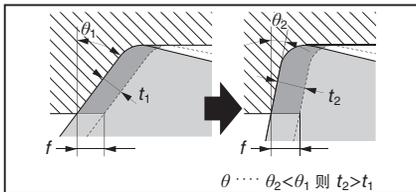
① 提高进给量 (f)



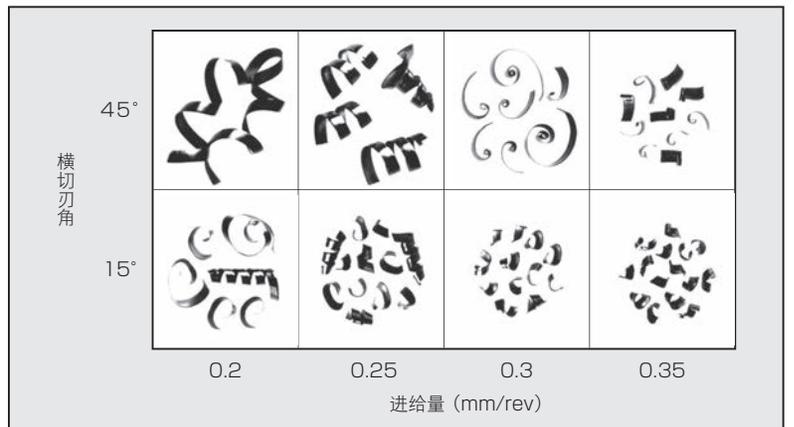
通过提高进给量使切屑厚度增大, 切屑处理改善。



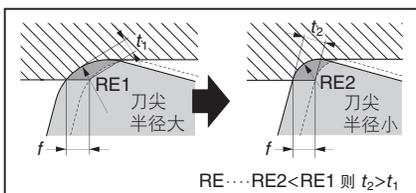
② 减小横切刃角 (θ)



进给量相同, 减小横切刃角使切屑厚度增大, 切屑处理性改善。



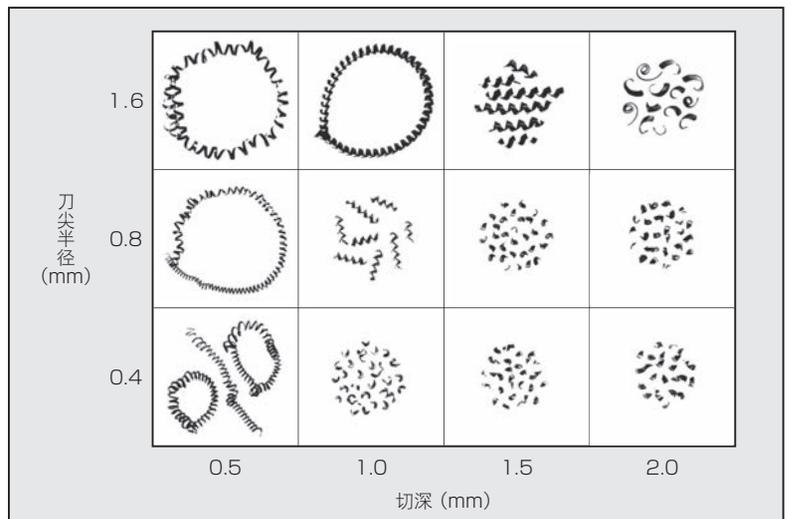
③ 减小刀尖半径 (RE)



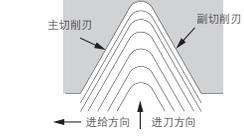
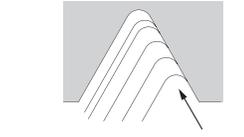
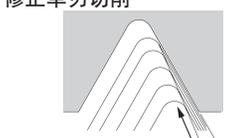
切深相同, 减小刀尖半径使切屑厚度增大, 切屑处理改善。

※ 切削阻力与被削材的接触长度是按比例增大的, 因此, 刀尖半径大的由于法向分力的增大, 容易发生振动现象。

进给量相同, 刀尖半径小的精加工面变粗糙。



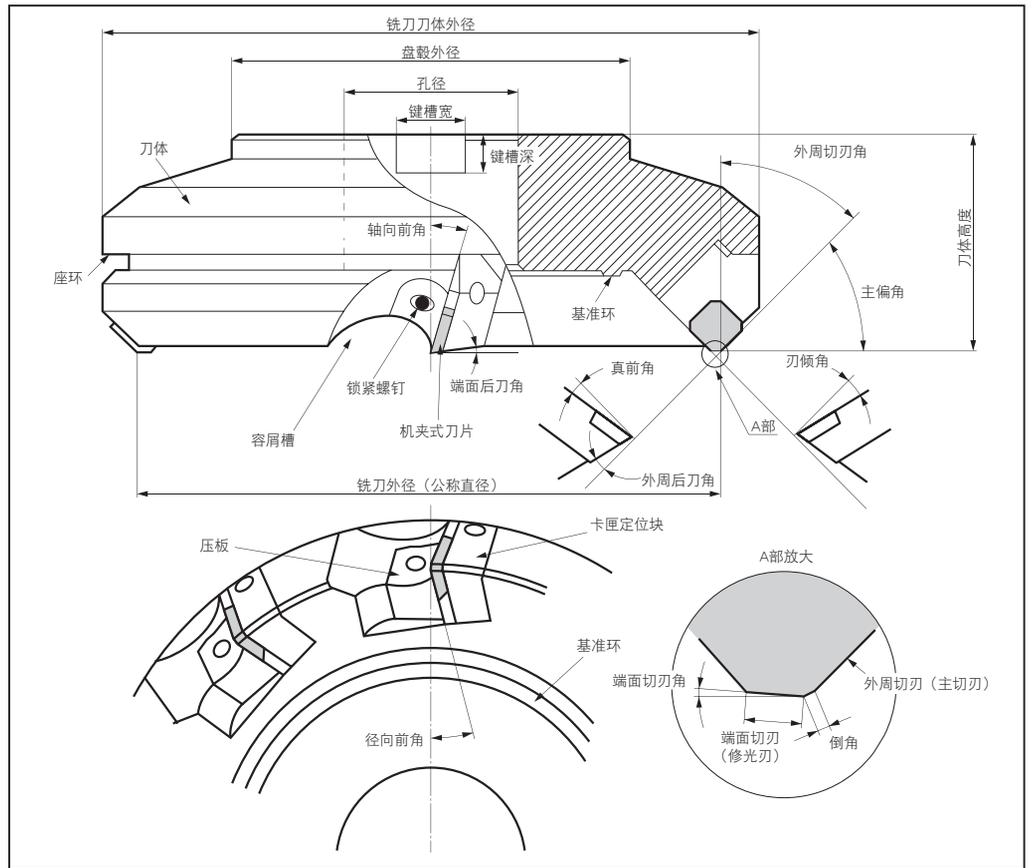
■ 螺纹加工的切入方法

切入方法	特 长
弧度切削 	<ul style="list-style-type: none"> · 用于较小螺距加工的最一般的加工方法。 · 切深等切削条件的容易变更。 · 因接触长度变大, 容易产生振动。 · 切屑处理较难。 · 副切削刃口端的损伤很容易变大。
单刃切削 	<ul style="list-style-type: none"> · 对大螺距螺纹和韧性大的被削材有效。 · 因切屑的走向单一, 切屑处理性好。 · 副切削刃口侧为擦碰状态, 后刀面磨损容易进一步发展。
修正单刃切削 	<ul style="list-style-type: none"> · 对大螺距螺纹和韧性大的被削材有效。 · 因切屑的走向单一, 切屑处理性好。 · 抑制副切削刃口端的后刀面磨损。
交互单刃切削 	<ul style="list-style-type: none"> · 对大螺距螺纹和韧性大的被削材有效。 · 左右切削的磨损均衡。 · 因为交互使用各刀口, 所以有时很难进行切屑处理。

■ 车螺纹加工的问题和对策

问 题	原 因	对 策	
切 刃 的 损 伤	切刃的极端磨损	<ul style="list-style-type: none"> · 刀具材质 · 切削条件 	<ul style="list-style-type: none"> · 使用耐磨损性更高的刀具材质 · 降低切削速度 · 适当的冷却液量, 浓度 · 变更走刀次数
	左右磨损不均	· 刀具的安装	<ul style="list-style-type: none"> · 针对螺纹的导程角, 确认切刃倾角是否合适 · 确认是否正确装夹了刀具
		· 切削条件	<ul style="list-style-type: none"> · 变更为修正单刃切削或交互单刃切削
	小崩口	· 切削条件	<ul style="list-style-type: none"> · 粘附有积屑瘤时, 提高切削速度
	崩损	· 切屑的嵌入	<ul style="list-style-type: none"> · 向刃先大量供给切削油
· 切削条件		<ul style="list-style-type: none"> · 增加走刀次数, 减少每次走刀的切深量。 · 粗加工和精加工时刀具分开。 	
形 状 、 精 度	精加工面粗糙度不好	· 切削条件	<ul style="list-style-type: none"> · 低速加工中有剥裂情况时, 提高切削速度 · 发生振动时, 降低切削速度 · 最后一次走刀的切深量小时, 增大切深量
		· 刀具材质	<ul style="list-style-type: none"> · 使用耐磨损性更高的刀具材质
		· 不适当的切刃倾角	<ul style="list-style-type: none"> · 为确保刀片侧面的后刀角, 选择正确的垫片
	螺纹形状差	· 刀具的安装	<ul style="list-style-type: none"> · 确认是否正确装夹了刀具
	螺纹深度不够	· 切深量小	<ul style="list-style-type: none"> · 切深量的确认
· 刀具的磨损		<ul style="list-style-type: none"> · 确认刀具的刃先损伤状态 	

■ 各部位名称



■ 铣削加工的计算公式

● 切削速度的计算法

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1,000}$$

$$n = \frac{1,000 \times v_c}{\pi \times DC}$$

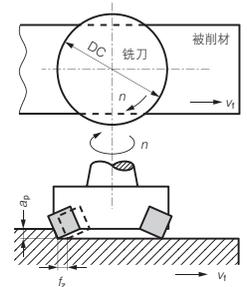
v_c : 切削速度 (m/min)
 π : 圆周率 ≈ 3.14
 DC : 铣刀公称直径 (mm)
 n : 转数 (min^{-1})

● 进给计算法

$$v_f = f_z \times z \times n$$

$$f_z = \frac{v_f}{z \times n}$$

v_f : 每分钟的进给速度 (mm/min)
 f_z : 每刃进给量 (mm/t)
 z : 刃数



● 所需动力计算

$$P_c = \frac{a_e \times a_p \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6 \times \eta} = \frac{Q \times k_c}{60 \times 10^3 \times \eta}$$

● 所要马力计算

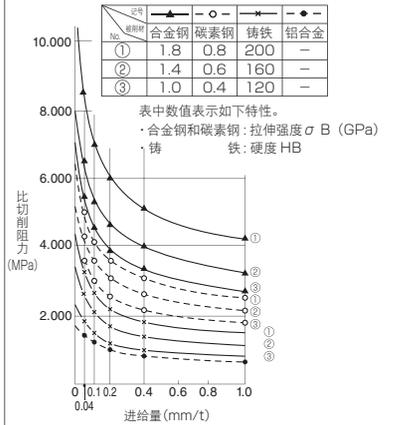
$$H = \frac{P_c}{0.75}$$

● 切屑排出量计算

$$Q = \frac{a_e \times a_p \times v_f}{1,000}$$

P_c : 所需功率 (kw)
 H : 所需马力 (HP)
 Q : 切屑排出量 (cm^3/min)
 a_e : 切削宽 (mm)
 v_f : 每分钟的进给速度 (mm/min)
 a_p : 切深 (mm)
 k_c : 比切削阻力 (MPa)
 概略值 (钢: 2,500~3,000MPa)
 (铸铁: 1,500MPa)
 (铝: 800MPa)
 η : 机械功率 (0.75左右)

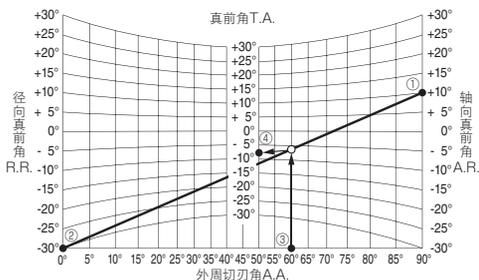
● 根据进给各被削材的比切削阻力线图



■ 刃口各角度的名称和功能

名称	略号	功能	效果
① 轴向前角 ② 径向前角	A.R. R.R.	决定切屑排出的方向、熔着、轴向力等	有从正到负(大~小)各种前角。正和负、正和正、负和负是典型组合
③ 外周切刃角(主偏角)	A.A.	决定切屑的厚度、排出方向	角度大时...切屑厚度减少 切削负荷缓和
④ 真前角(刀具前倾角)	T.A.	发挥实效的前刀角	角度为正(大)时...切削性好,不易粘着,切刃强度变低 角度为负(小)时...切刃强度变高,但容易粘着
⑤ 切刃倾角	I.A.	决定切屑排出的方向	角度为正(大)时...排出良好,切削阻力小,刀角部强度变差
⑥ 端面切刃角(相角)	F.A.	决定精加工表面粗糙度	角度小时...表面粗糙度提高
⑦ 后刀角(间隙角)		决定刃尖强度、刀具寿命、振动等	

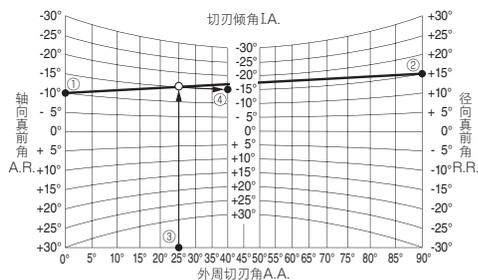
真前角(T.A)一览表



(例) ① A.R. (轴向前角) = +10°
② R.R. (径向前角) = -30°
③ A.A. (外周切刃角) = 60° } 时的 ④ T.A. (真前角) = -8°

< 计算式 > $\tan T.A. = \tan R.R. \cdot \cos A.A. + \tan A.R. \cdot \sin A.A.$

切刃倾角(I.A)一览表



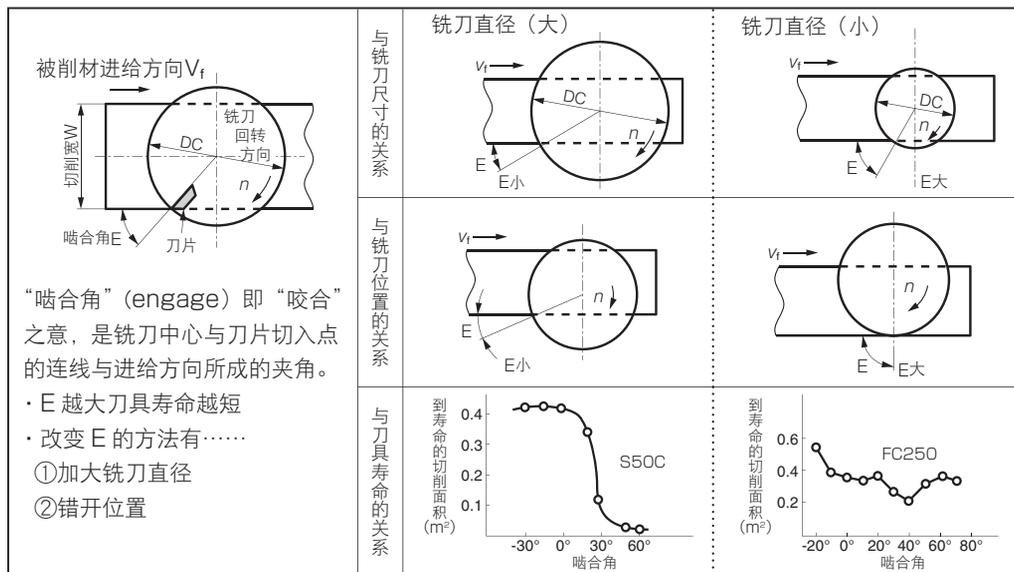
(例) ① A.R. (轴向前角) = -10°
② R.R. (径向前角) = +15°
③ A.A. (外周切刃角) = 25° } 时的 ④ I.A. (切刃倾角) = -15°

< 计算式 > $\tan I.A. = \tan A.R. \cdot \cos A.A. - \tan R.R. \cdot \sin A.A.$

■ 主要角度的组合及特征

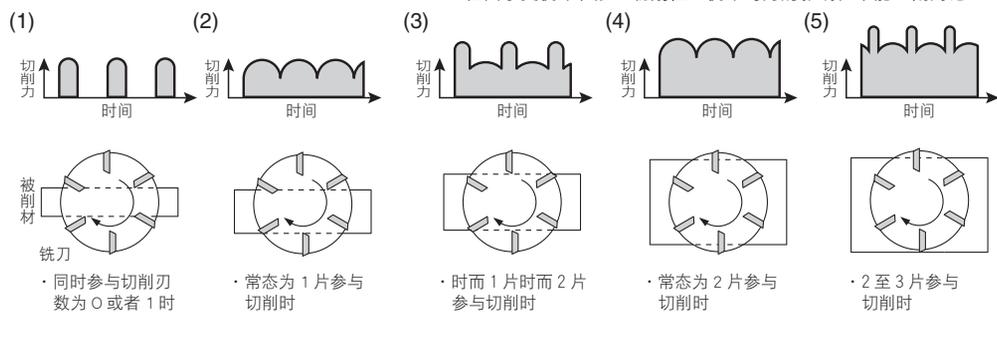
组合略图及切屑排出	双正型铣刀	正负型铣刀	双负型铣刀
刀具形状的 组合略图及切屑排出 (A.R.: 轴向倾角 R.R.: 径向倾角 A.A.: 主偏角 ↗: 切屑排出方向 ↻: 刀盘转向)	A.A. (15~30°) 正型 正型	A.A. (30~45°) 正型 负型	A.A. (15~30°) 负型 负型
优点	锋利度好	切屑形状排出良好 锋利度好	刀片两边均可使用, 经济、 刃尖强度大
缺点	切刃强度弱 刀片仅可用单面	刀片仅可用单面	锋利度不好
用途	钢的一般铣削加工 易发生振刀的材料加工	钢和铸铁外, 也适用干不锈钢、 模具钢等加工	铸铁切削及钢的量产轻切削
型式	DPG 型	WGX 型、UFO 型	DGC 型、DNX 型
切屑(例)			
(被削材: SCM435 · $v_c=130\text{m/min}$ · $f_z=0.23\text{mm/t}$ · $a_p=3\text{mm}$)			

■ 啮合角和刀具寿命



● 同时参与切削的刃数与切削力变动的关系

通常切削宽度如 (4) 的状态，铣刀直径在 70~80% 较恰当，但由于受机床和加工物刚性、机床马力的影响，不能一概而论。



■ 提高精加工面粗糙度的方法

① 带修光刃的一般刀片

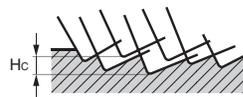
所有刀片带有修光刃，其中最凸出且跳动值相近的刀片可起修光作用（相移法消减波峰波谷值）。

- 带直线型修光刃的刀片（前刀角：约 15'~1°）
- 带曲线型修光刃的刀片（曲率 ≈ R500（例））

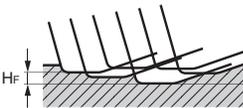
② 组合修光刃刀片的方式

在多数刀片中，1~2 片呈圆滑曲线型的修光刃刀片比其他刀片稍稍突出，起到修光工件表面作用的方法。（适用 WGX 型、DGC 型等型号）

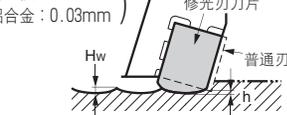
● 不使用修光刃切刃的粗糙度



● 使用带直线型修光刃切刃的粗糙度



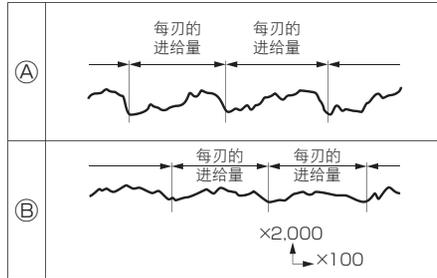
h: 修光刃刀片突出量
（铸铁：0.05mm）
（铝合金：0.03mm）



f: 每刃进给 (mm/rev)

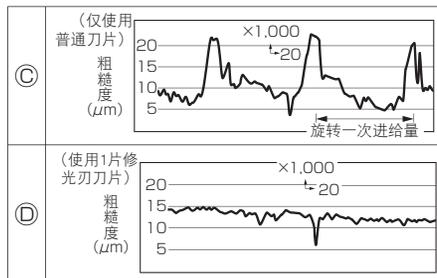
Hc: 仅使用普通刀片的精加工粗糙度
Hw: 使用修光刃刀片的精加工粗糙度

● 采用修光刃方式（不同前刀角）情况下的表面粗糙度



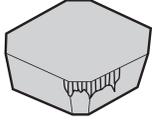
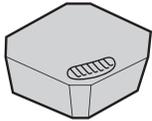
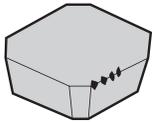
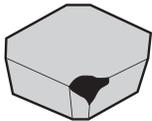
· 被削材: SCM435
· 铣刀: DPG5160R (1片)
· $v_c = 154\text{m/min}$
· $f_z = 0.234\text{mm/t}$
· $a_p = 2\text{mm}$
· 正面切刃角
①: 28'
②: 6'

● 修光刃刀片的效果例

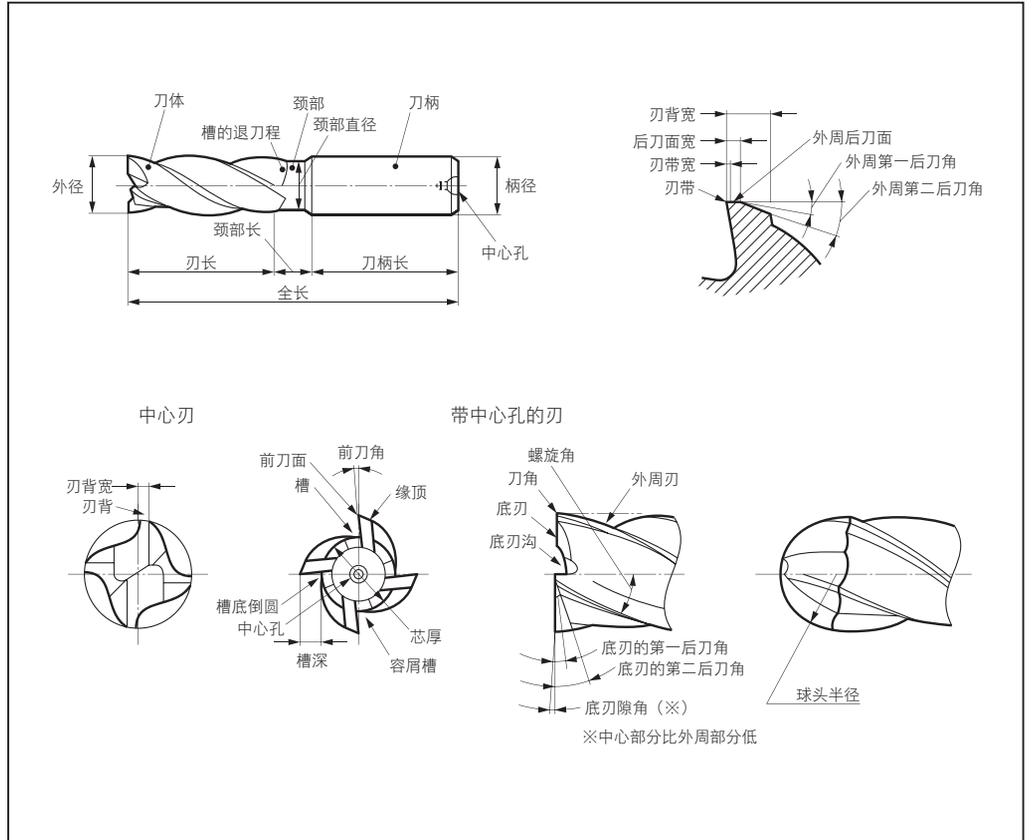


· 被削材: FC250
· 铣刀: DPG4100R
· 刀片: SPCH42R
· 正面跳动: 0.015mm
· 外周跳动: 0.04mm
· $v_c = 105\text{m/min}$
· $f_z = 0.29\text{mm/t}$
· (1.45 mm/rev)
①: 仅使用普通刀片
②: 使用1片修光刃刀片

■ 铣削加工的问题与对策

问 题		基 本 对 策		对 策 的 具 体 事 例																		
切 刃 损 伤	极端后刀面磨损 	刀具材质 硬质合金 (P30 → P20) → { 涂层 K20 → K10 } → 金属陶瓷	· 选用耐磨性好的材质 · 降低切削速度。提高进给量	· 推荐刀片材质 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>钢</th> <th>铸 铁</th> <th>轻合金</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>精加工</td> <td>T250A, T4500A (金属陶瓷)</td> <td>ACK100 (涂层) BN700 (住友 CBN)</td> <td>DA1000 (住友金刚石)</td> </tr> <tr> <td>粗加工</td> <td>ACP100 (涂层)</td> <td>ACK200 (涂层)</td> <td>DL1000 (涂层)</td> </tr> </tbody> </table>					钢	铸 铁	轻合金	精加工	T250A, T4500A (金属陶瓷)	ACK100 (涂层) BN700 (住友 CBN)	DA1000 (住友金刚石)	粗加工	ACP100 (涂层)	ACK200 (涂层)	DL1000 (涂层)			
		钢	铸 铁	轻合金																		
	精加工	T250A, T4500A (金属陶瓷)	ACK100 (涂层) BN700 (住友 CBN)	DA1000 (住友金刚石)																		
	粗加工	ACP100 (涂层)	ACK200 (涂层)	DL1000 (涂层)																		
极端月牙洼磨损 	刀具材质 刀具设计	· 选用耐月牙洼磨损性好的材质 · 降低切削速度。降低切深 × 进给量	· 推荐刀片材质 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>钢</th> <th>铸 铁</th> <th>轻合金</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>精加工</td> <td>T250A, T4500A (金属陶瓷)</td> <td>ACK100 (涂层)</td> <td>DA1000 (住友金刚石)</td> </tr> <tr> <td>粗加工</td> <td>ACP100 (涂层)</td> <td>ACK200 (涂层)</td> <td>DL1000 (涂层)</td> </tr> </tbody> </table>					钢	铸 铁	轻合金	精加工	T250A, T4500A (金属陶瓷)	ACK100 (涂层)	DA1000 (住友金刚石)	粗加工	ACP100 (涂层)	ACK200 (涂层)	DL1000 (涂层)				
	钢	铸 铁	轻合金																			
精加工	T250A, T4500A (金属陶瓷)	ACK100 (涂层)	DA1000 (住友金刚石)																			
粗加工	ACP100 (涂层)	ACK200 (涂层)	DL1000 (涂层)																			
小崩口 	刀具材质 刀具设计	· 选用韧性更高的材质 P10 → P20 → P30 K01 → K10 → K20 · 采用外周切削角大的 (主偏角小的) 负正刃形的铣刀 · 切刃的强化 (钝化处理) · 改变刀片形状 (G → H) · 降低进给量	· 推荐刀片材质 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>钢</th> <th>铸 铁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>精加工</td> <td>ACP200 (涂层)</td> <td>ACK200 (涂层)</td> </tr> <tr> <td>粗加工</td> <td>ACP300 (涂层)</td> <td>ACK300 (涂层)</td> </tr> </tbody> </table> · 推荐铣刀：SEC- 波刃铣刀 WGX 型 · 切削条件：参考 H20					钢	铸 铁	精加工	ACP200 (涂层)	ACK200 (涂层)	粗加工	ACP300 (涂层)	ACK300 (涂层)							
	钢	铸 铁																				
精加工	ACP200 (涂层)	ACK200 (涂层)																				
粗加工	ACP300 (涂层)	ACK300 (涂层)																				
崩损 	刀具材质 刀具设计	· 对是由于过低速及微小进给情况，选用不易与切屑粘着的材质 · 因热龟裂而产生开裂的情况，使用耐热冲击性强的材质 · 采用外周切削角大的 (主偏角小的) 负正刃形 (或负型刃形) 的铣刀 · 切刃的强化 (钝化处理) · 改变刀片断屑槽 (G → H) · 增大刀片的尺寸 (特别是厚度) · 选择适应工况的切削条件	· 推荐刀片材质 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>钢</th> <th>铸 铁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>粗加工</td> <td>ACP300 (涂层)</td> <td>ACK300 (涂层)</td> </tr> </tbody> </table> · 推荐铣刀：SEC- 波刃铣刀 WGX 型 · 刀片厚度：3.18 → 4.76mm · 选择更适用的刀片：通用 → 刃尖强化型 · 切削条件：参考 H20					钢	铸 铁	粗加工	ACP300 (涂层)	ACK300 (涂层)										
	钢	铸 铁																				
粗加工	ACP300 (涂层)	ACK300 (涂层)																				
其 他	精加工面不良	刀具材质 硬质合金 → 金属陶瓷 刀具设计 · 调好轴向刀片跳动度 (使用跳动精度好的铣刀) (正确的刀片装夹方式) · 使用修光刀片 · 使用精加工专用铣刀	· 提高切削速度	· 推荐铣刀和刀片材质 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th></th> <th>钢</th> <th>铸 铁</th> <th>轻合金</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>通用</td> <td>铣刀 刀片</td> <td>WGX 型* ACP200 (涂层)</td> <td>DGC 型 ACK200 (涂层)</td> <td>RF 型* H1 (硬质合金) DL1000 (涂层)</td> </tr> <tr> <td>精加工 专用</td> <td>铣刀 刀片</td> <td>WGX 型 T4500A (金属陶瓷)</td> <td>FMU 型 BN7000 (住友 CBN)</td> <td>RF 型 DA1000 (住友金刚石)</td> </tr> </tbody> </table> 带 * 印记的铣刀可安装修光刃刀片						钢	铸 铁	轻合金	通用	铣刀 刀片	WGX 型* ACP200 (涂层)	DGC 型 ACK200 (涂层)	RF 型* H1 (硬质合金) DL1000 (涂层)	精加工 专用	铣刀 刀片	WGX 型 T4500A (金属陶瓷)	FMU 型 BN7000 (住友 CBN)	RF 型 DA1000 (住友金刚石)
			钢	铸 铁	轻合金																	
	通用	铣刀 刀片	WGX 型* ACP200 (涂层)	DGC 型 ACK200 (涂层)	RF 型* H1 (硬质合金) DL1000 (涂层)																	
	精加工 专用	铣刀 刀片	WGX 型 T4500A (金属陶瓷)	FMU 型 BN7000 (住友 CBN)	RF 型 DA1000 (住友金刚石)																	
	发生振刀	刀具设计 切削条件 其他	· 使用锋利性好的铣刀 · 使用不等分铣刀 · 降低进给量 · 铣刀及工件切实装夹	· 推荐铣刀 钢用：SEC- 波刃铣刀 WGX 型 铸铁用：SEC- 住友双刃铣刀 DGC 型 轻合金用：铝用高速铣刀 RF 型																		
切屑处理不良	刀具设计	· 采用排屑性能好的铣刀 · 减少刀片数量 · 增大刀片容屑槽	· 推荐铣刀：SEC- 波刃铣刀 WGX 型																			
工件产生小缺口	刀具设计 切削条件	· 增大外周切削角 (减小主偏角) · 改变刀片断屑槽 (G → L) · 减小进给量	· 推荐铣刀：SEC- 波刃铣刀 WGX 型																			
产生毛刺	刀具设计 切削条件	· 采用锋利性好的铣刀 · 提高进给量 · 使用毛刺对策刀片	· 推荐铣刀：SEC- 波刃铣刀 WGX 型 + FG 断屑槽 SEC- 住友双刃铣刀 DGC 型 + FG 断屑槽																			

各部位的名称



切削条件的计算法 (平头立铣刀)

● 切削速度的计算法

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1,000} \quad n = \frac{1,000 \times v_c}{\pi \times DC}$$

● 进给速度、进给量的计算法

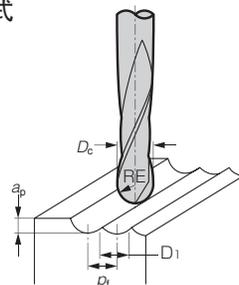
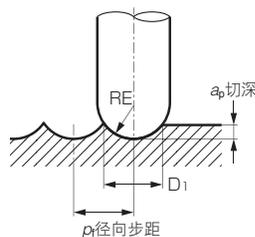
$$v_f = n \times f \quad f = \frac{v_f}{n}$$

$$v_f = n \times f_z \times z \quad f_z = \frac{f}{z} = \frac{v_f}{n \times z}$$

● 切削境界部 (D₁) 的计算法

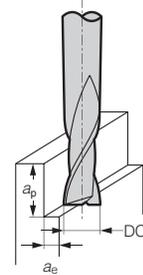
$$D_1 = 2 \times \sqrt{2 \times RE \times a_p - a_p^2}$$

● 切削速度和进给速度、进给量按照与通用平头立铣刀相同的公式计算。

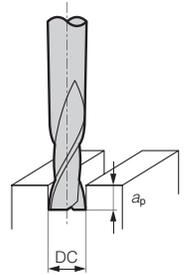


- v_c : 切削速度 (m/min)
- π : 圆周率 ≈ 3.14
- DC : 立铣刀直径 (mm)
- n : 转速 (min⁻¹)
- v_f : 进给速度 (mm/min)
- f : 每转进给量 (mm/rev)
- f_z : 每刃进给量 (mm/t)
- z : 刃数
- a_p : 轴向切深 (mm)
- a_e : 半径方向的切深 (mm)
- RE : 球头半径

侧面切削

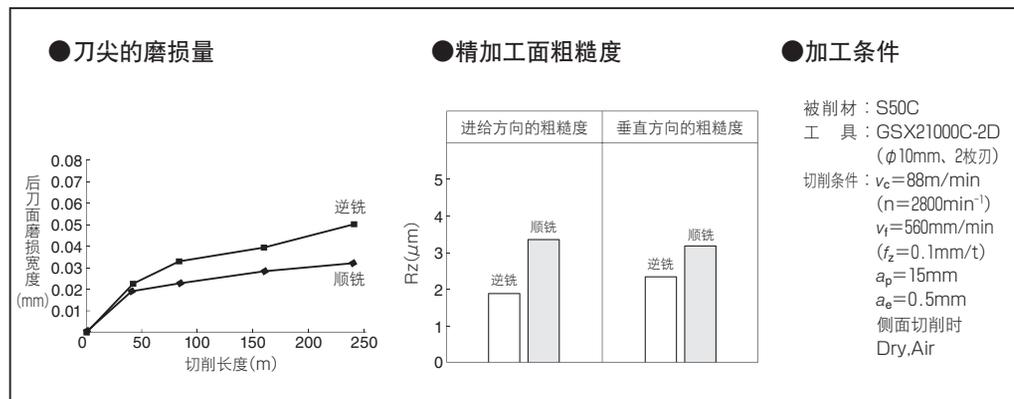
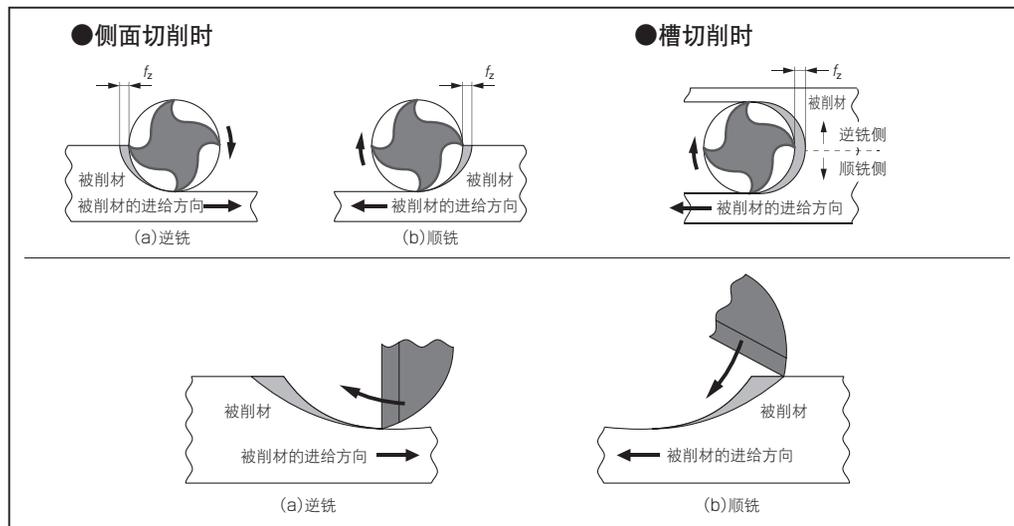


槽切削



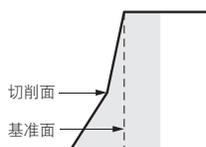
(球头立铣刀)

■ 顺铣和逆铣



■ 切削条件和方式与切削面偏斜的关系

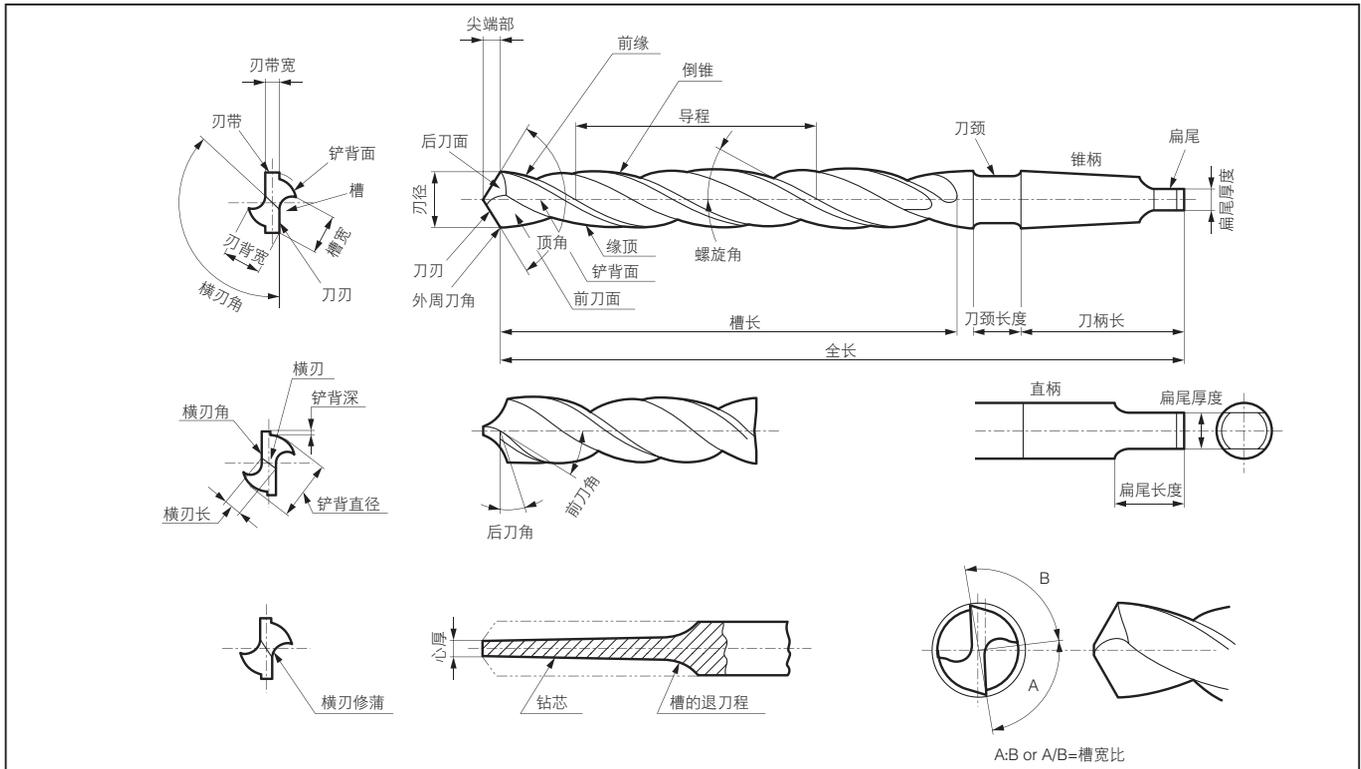
立铣刀式样			侧面切削				槽切削			
			进给量		进给量		进给量		进给量	
种类	刃数	螺旋角	0.16mm/rev		0.11mm/rev		0.05mm/rev		0.03mm/rev	
			方式		方式		方式		方式	
			逆铣	顺铣	逆铣	顺铣	逆铣	顺铣	逆铣	顺铣
GSX20800S-2D	2枚	30°								
GSX40800S-2D	4枚	30°								
结果			<ul style="list-style-type: none"> · 顺铣时, 刀具前端有向外的倾斜。 · 4 刃的刚性高, 后倾量少。 				<ul style="list-style-type: none"> · 逆铣侧的沟槽侧面有向槽底内侧的倾斜。 · 4 刃的刚性高, 倾斜小。 			



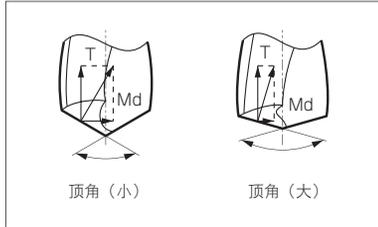
■ 立铣刀加工的问题和对策

问 题		原 因		对 策
切 刃 的 损 伤	极端磨损	切 削 条 件 刀 具 形 状 刀 具 材 质	<ul style="list-style-type: none"> · 切削速度快 · 进给速度快 · 外周后刀角小 · 耐磨损性差 	<ul style="list-style-type: none"> · 降低切削速度、进给速度 · 选用适当的外周后刀角 · 选用耐磨损性高的母材 · 选用涂层刀片
	小崩口	切 削 条 件 机 械 周 边	<ul style="list-style-type: none"> · 进给速度快 · 切深量大 · 刀片悬伸量长 · 被削材夹持弱 · 刀具安装不稳定 	<ul style="list-style-type: none"> · 降低进给速度 · 减小切深量 · 减少悬伸量 · 牢固固定被削材 · 提高刀具的夹持强度
	折损	切 削 条 件 刀 具 形 状	<ul style="list-style-type: none"> · 进给速度快 · 切深量大 · 刀体悬伸量长 · 顺铣切削 · 芯厚小 	<ul style="list-style-type: none"> · 降低进给速度 · 减小切深量 · 尽量减小悬伸量 · 选择刀刃短的刀具 · 选用适当的芯厚
其 他	壁面塌陷	切 削 条 件 刀 具 形 状	<ul style="list-style-type: none"> · 进给速度快 · 切深量大 · 刀片悬伸量长 · 顺铣切削 · 螺旋角大 · 芯厚薄 	<ul style="list-style-type: none"> · 降低进给速度 · 减小切深量 · 减少悬伸量 · 选用逆铣 · 使用螺旋角小的铣刀 · 使用适当芯厚的铣刀
	精加工面的不良	切 削 条 件	<ul style="list-style-type: none"> · 进给速度快 · 切屑的嵌入 	<ul style="list-style-type: none"> · 降低进给速度 · 实施气冷 · 加大底刃的凹角
	切削中的振动	切 削 条 件 刀 具 形 状 机 械 周 边	<ul style="list-style-type: none"> · 切削速度快 · 逆铣切削 · 刀片悬伸量长 · 前刀角大 · 被削材夹持弱 · 刀具安装不稳定 	<ul style="list-style-type: none"> · 降低切削速度 · 选用顺铣 · 减少悬伸量 · 选用适当的前刀角 · 牢固固定被削材 · 提高刀具的夹持强度
	切屑阻塞	切 削 条 件 刀 具 形 状	<ul style="list-style-type: none"> · 进给速度快 · 切深量大 · 刃数多 · 切屑的嵌入 	<ul style="list-style-type: none"> · 降低进给速度 · 减小切深量 · 减少刃数 · 实施气冷

■ 麻花钻各部位名称

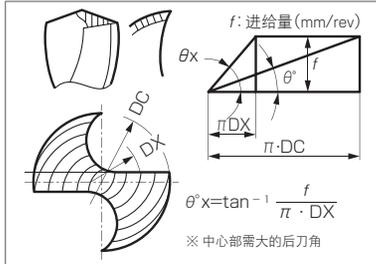


● 顶角与阻力

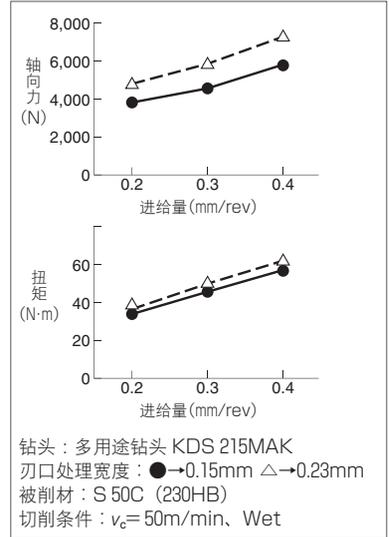


顶角越大，轴向力变大，但扭矩变小。

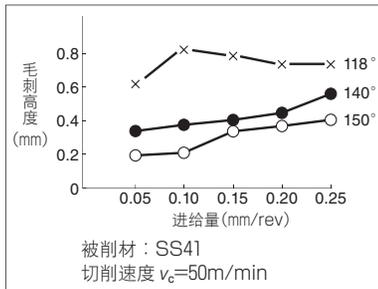
● 钻头所需最小后刀角



● 刀尖处理宽度与切削阻力

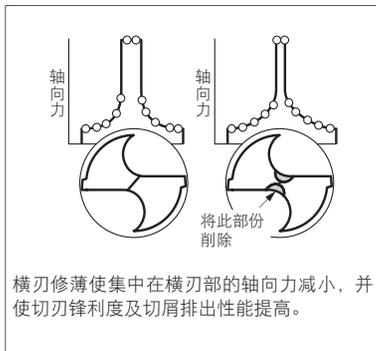


● 顶角与毛刺

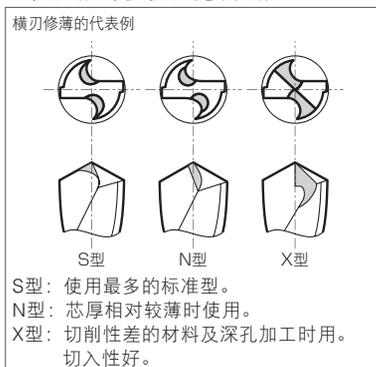


顶角越大，毛刺高度变小。

● 心厚与轴向力



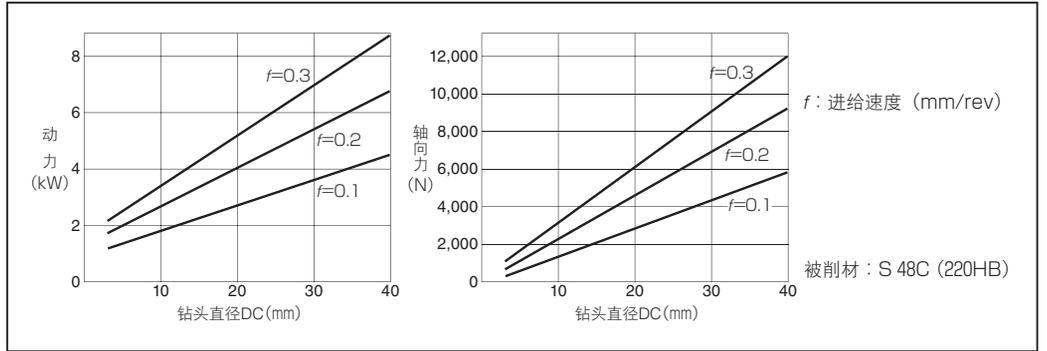
● 横刃修薄使横刃宽度减少



技术指导 孔加工基础

孔加工篇

■ 多用途钻头所需功率与轴向力的标准



■ 切削条件的选择

● 切削阻力的调整— 对应低刚性机床

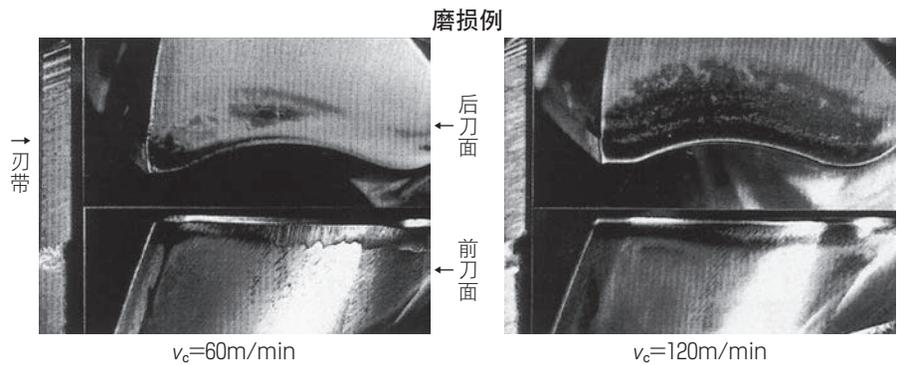
钻头刃口处理量与切削阻力有如下关系。如果由于切削阻力的原因导致故障发生时可以采用降低进给速度，或者减小钻头刃口处理量等对策加以解决。

切削条件		钻头的刃口处理宽度			
		0.15mm		0.05mm	
v_c (m/min)	f (mm/rev)	扭矩 (N·m)	轴向力 (N)	扭矩 (N·m)	轴向力 (N)
40	0.38	12.8	2,820	12.0	2,520
50	0.30	10.8	2,520	9.4	1,920
60	0.25	9.2	2,320	7.6	1,640
60	0.15	6.4	1,640	5.2	1,100

钻头: $\phi 10$ mm
被削材: S 50C (230HB)

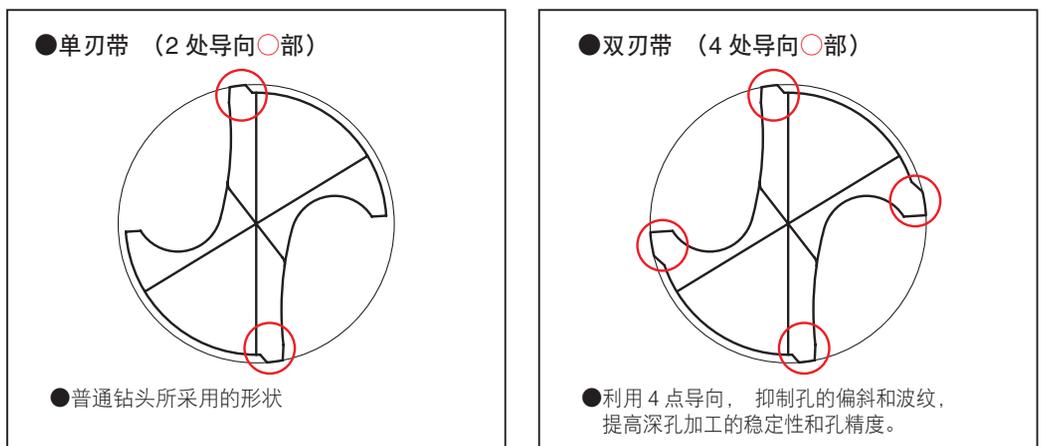
● 高速加工的推荐

当使用动力充足、高刚性的机床时，加工时完全没有问题的话，即使高效率化，也能够确保刀具寿命。这种情况下，必须供给充分的切削油。



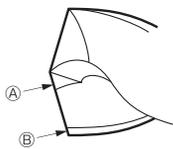
被削材: S50C (230HB)
切削条件: $f=0.3$ mm/rev
 $H=50$ mm
寿命: 加工 600 孔后 (切削长度 30m)

■ 刃带说明 (单刃带 / 双刃带的差异)

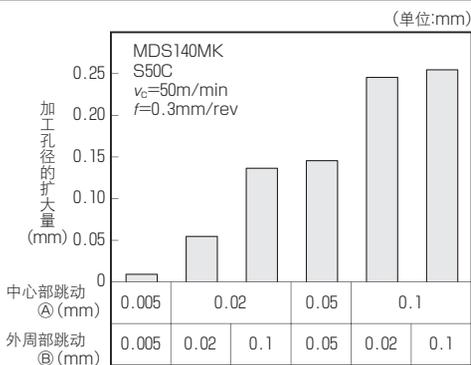


■ 钻头的跳动精度

有横刃修薄的钻头，不仅刃角高度差ⓐ的跳动重要，横刃修薄后的跳动ⓑ也很重要。



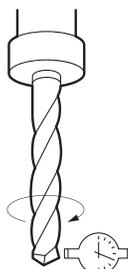
ⓐ：横刃修薄后的跳动
ⓑ：铲背加工后的跳动（外周刃角高度差）



■ 钻头装夹后的外周跳动精度（刀具旋转时）

● 刀具旋转时

请将装夹后的外周跳动精度控制在 0.03mm 以内。如果超过这个范围，可能因加工孔径扩大、水平方向上的切削阻力增大导致钻头折损。



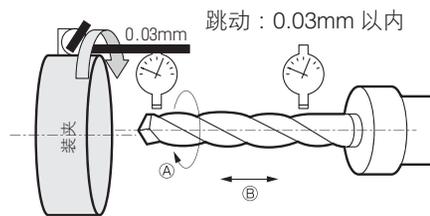
跳动：0.03mm 以内

外周跳动 (mm)	孔径扩大		切削阻力*	
	0	0.05(mm)	0	10 (kg)
0.005	~0.01	~0.02	~0.5	~1.0
0.09	~0.05	~0.10	~5.0	~10.0

* 切削阻力表示的是水平方向上的力。
钻头：MDS120MK 被削材：S50C (230HB)
切削条件： $v_c=50\text{m/min}$ 、 $f=0.3\text{mm/rev}$ 、 $H=38\text{mm}$
水溶性切削油

● 被削材旋转时

除了钻头切削处ⓐ的外周跳动，请将ⓑ的直线度也调整至 0.03mm 以内。

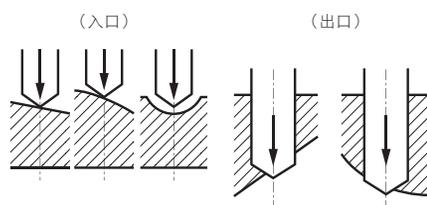


跳动：0.03mm 以内

■ 被削面的状态与钻头的性能

● 有倾斜、凹凸面的场合

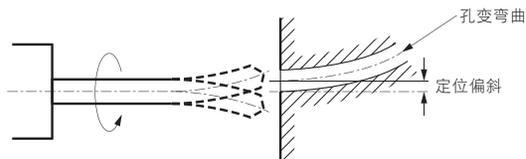
孔的入口或出口的形状不同时，请把进给速度下调至推荐切削条件的 1/3 ~ 1/2 左右。



■ 长钻头的使用方法

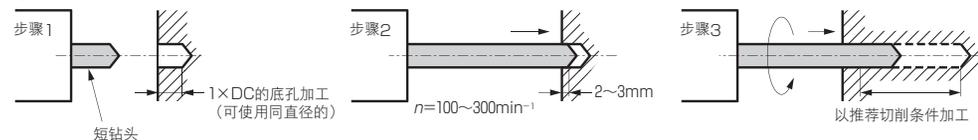
● 问题点

使用长钻头（XHGS 型）、DAK 型、SMDH-D 型、SMDH-12.5D 型时，如果在高速旋转的状态下进行钻孔加工，会出现如右图所示的钻头前端跳动大，孔口钻入的位置偏差的情况，所以会发生孔体弯曲、钻头折损等事故。



● 对策

方法 1



方法 2 * 可抑制低速旋转时因钻头离心力导致的弯曲。



■ 钻头的装夹

① 夹具的选择和检查

- 请确保不会发生振动。对于使用弹簧卡头装夹方式（推力轴承式），其锁持力强，可以放心使用。

（钻头夹头和无开口夹头由于锁持力弱，不适合用于多用途钻头）

● 请在钻头更换时，定期清洗被油污的弹簧卡头的内外部，除去切屑微粉。若有划伤请用油石处理。

② 钻头的装夹

- 请将钻头的装夹外周跳动控制在0.03mm以内。
- 请绝对不要将钻头沟槽部夹进卡头。

（若钻头沟部夹进卡头内部，会妨碍切屑的排出令钻头破损）

弹簧卡头夹持方式 钻头夹持方式

弹簧卡头

有划伤请用油石修理，或更换新品

外周跳动在0.03mm以内 钻头的槽部不能装夹

■ 切削油的使用方法

① 切削油的选择方法

- 切削速度达到40mm/min以上时，推荐使用冷却效果和切屑处理优异，并加入极压添加剂浸透性好的水溶性切削油JISW1种2号或相当品。
- 切削速度为40mm/min以下，优先考虑刀具寿命时，推荐使用有润滑效果的非水溶性切削油：活性硫化盐化油JISA1种1号。

※使用非水溶性切削油会有火灾发生的危险。为了防止火灾，需使用大油量来压制油烟。

② 冷却方法

- 外冷的场合
 - 外部的切削油需充分供给给孔的入口。
 - 油压:0.3~0.5MPa
 - 油量:以3~10ℓ/min为标准
- 内冷的场合(例:HK型)
 - φ4以下时:冷却孔小,所以必须有1.5MPa以上的油压。
 - 超过φ6时:当孔深为孔径的3倍以下时需0.5~1.0MPa,超过3倍时推荐1~2Mpa以上。

● 外冷供油式

- 立式的场合
 - 对准孔的入口处供高压油 更安心!
- 卧式的场合
 - 对准孔的入口处供高压油

● 内冷供油式

- 外转内(旋转)冷却装置
- 从机床内部冷却

■ 功率和轴向力的计算公式

● 切削速度的计算法

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1,000}$$

$$n = \frac{1,000 \times v_c}{\pi \times DC}$$

● 进给速度、进给量的计算法

$$v_f = n \times f$$

$$f = \frac{v_f}{n}$$

● 加工时间的计算方法

$$T = \frac{H}{v_f}$$

● 功率和轴向力的计算公式

所需功率 (kW) = $HB \times DC^{0.68} \times v_c^{1.27} \times f^{0.59} / 36,000$

轴向力 (N) = $0.24 \times HB \times DC^{0.95} \times f^{0.61} \times 9.8$

※在设计配备机床时，请以上述公式求出所需功率值的1.6倍，轴向力的1.4倍为标准。

vc : 切削速度 (m/min)
π : 圆周率≈3.14
DC : 钻头的刃径 (mm)
n : 转速 (min⁻¹)
vf : 进给速度 (mm/min)
f : 每转进给量 (mm/rev)
H : 钻孔深度 (mm)
T : 加工时间 (min)
HB : 布氏硬度

■ 工件的夹持

进行高效率钻孔加工时，会产生很大的轴向力，所以必须有支撑，防止因扰度产生的崩损。另外，会有很大的扭矩和水平方向的切削力，能够承受这些力而不发生振动的夹持是非常重要的。

特别是大直径钻头时

挠曲→崩损 需要支撑!

■ 使用后钻头的再修磨

● 何时修磨

除了发生崩口外，当边缘刃带部出现1~2根进给痕迹及刀角的磨损达到刃带宽度时即已达到钻头的使用限度。需尽快修磨。

● 如何修磨

推荐再修磨+再涂层。
在单做再修磨，而被削材为钢件时，会出现寿命低下。为避免此情况发生，请务必实施再修磨+再涂层。此外，由于采用新涂层技术，请向本公司及本公司认可的再修磨合作公司提出修磨要求。

● 自行修磨

本公司备有多用途钻头的再修磨要领，自行再修磨时请向本公司或交易商索取。

● 寿命判定

1~2根磨损筋

○ 正常寿命

过度的磨损筋

× 使用过度

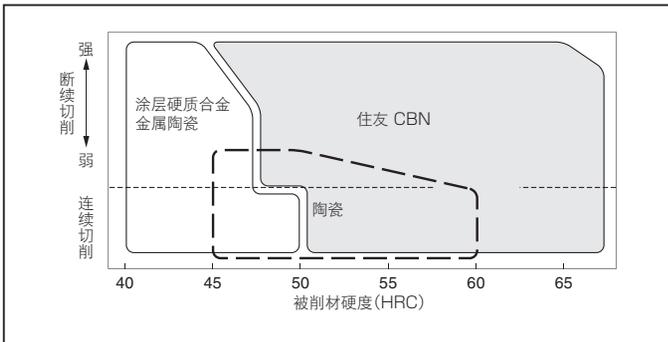
技术指导 孔加工的问题和对策

孔加工篇

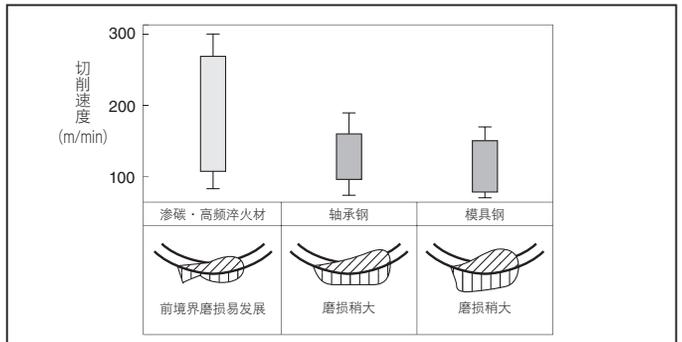
■ 孔加工的问题和对策

问题	原因	基本对策	对策具体例	
钻头损伤	前刀面磨损	· 切削条件不合适	· 在高速领域中使用 · 提高进给量	· 按住友电工切削工具样本中推荐的上限切削条件 · 按住友电工切削工具样本中推荐的上限切削条件
		· 切削油剂不当	· 内冷钻的场合，减少供油吐油量 · 使用高润滑性切削油	· 1.5MPa以下(深孔L/D=2以下时，要进行外部供油) · 使用相当于 JIS A1 种 1 号
	横刃部的崩损	· 切入性差	· 降低钻入口处的进给量 · 追加前加工工序，平面咬合	· $f=0.08 \sim 0.12\text{mm/rev}$ · 用立铣刀进行平面加工
		· 设备及被切削材料等的刚性不足	· 变更切削条件，减小阻力 · 提高被削材夹持强度	· 增大 v_c ，减小 f (减小轴向力)
		· 刃尖强度不够	· 增大横刃宽度 · 增大切削口的钝化处理量	· 凿宽为 0.1 ~ 0.2 mm · 中心部的扭转部为现行宽度的 1.5 倍
	切刃外周部的崩损	· 加工条件不合适	· 降低切削速度 · 降低进给量	· 按住友电工切削工具样本中推荐的下限切削条件 · 按住友电工切削工具样本中推荐的下限切削条件
		· 切削油剂不当	· 使用高润滑性切削油	· 使用相当于 JIS A1 种 1 号
		· 设备及被切削材料等的刚性不足	· 提高被削材夹持强度	
		· 刃尖强度不够	· 增大切削口的钝化处理量 · 减小前后刀角	· 切刃外周部为现行宽度的 1.5 倍 · 前后刀角比现行的减小 2 ~ 3°
		· 来自切刃外周的咬合	· 增大刃带宽度 (W 刃带规格)	· 刃带宽度为现行的 2 ~ 3 倍
		· 贯通时的断续切削	· 降低进给量 · 加大切削口的钝化处理量 · 减小前后刀角	· 按住友电工切削工具样本中推荐的下限切削条件 · 切刃外周部为现行宽度的 1.5 倍 · 前后刀角比现行的减小 2 ~ 3°
	刃带部的磨损	· 加工条件不合适	· 降低切削速度	· 按住友电工切削工具样本中推荐的下限切削条件
		· 切削油剂不当	· 使用高润滑性切削油 · 增加切削油的供给量	· 使用相当于 JIS A1 种 1 号 · 若是外部供油，则变更为内部供油式
		· 刃带残留磨损	· 及早进行再次研磨，以确保倒锥度	· 刃带损伤在 1mm 以下时，再次进行研磨
		· 工具设计不当	· 加大倒锥度 · 减小刃带宽度	· 倒锥度为 0.5/100 · 刃带宽度为现行的 2/3 左右
	钻头刀体的折断	· 切屑堆积	· 使用最适合的切削条件和工具 · 增加切削油的供给量	· 参照住友硬质合金切削工具产品目录上所登载的推荐条件表 · 若是外部供油，则变更为内部供油式
		· 固定工具夹持强度不足	· 使用强度高的固定工具	· 弹簧夹头若有损伤则进行更换 · 使用尺寸大 1 号的弹簧刀杆
		· 设备及被切削材料等的刚性不足	· 提高被削材夹持强度	
加工精度不良	孔径扩大量大	· 切入性差	· 降低钻入口处的进给量 · 降低切削速度 · 追加前加工工序，平面咬合	· $f=0.08 \sim 0.12\text{mm/rev}$ · 按住友电工切削工具样本中推荐的下限切削条件 · 用立铣刀进行平面加工
		· 钻头的刚性不足	· 使用最适合于深孔的钻头 · 提高钻头的整体刚性	· 参照住友硬质合金切削工具产品目录 · 心厚大 · 槽宽比小
		· 钻头的跳动	· 提高钻头的安装精度 · 提高钻头的夹持刚性	· 弹簧夹头若有损伤则进行更换 · 使用尺寸大 1 号的弹簧刀杆
		· 设备及被切削材料等的刚性不足	· 提高被削材夹持强度	
	精加工面粗糙度不良	· 切削条件不合适	· 提高切削速度 · 降低进给量。	· 按住友电工切削工具样本中推荐的上限切削条件 · 按住友电工切削工具样本中推荐的下限切削条件
		· 切削油剂不当	· 使用高润滑性切削油	· 使用相当于 JIS A1 种 1 号
	直线度不良	· 切入性差	· 提高进给量	· 按住友电工切削工具样本中推荐的上限切削条件
		· 钻头安装不良	· 提高钻头的安装精度 · 提高钻头的夹持刚性	· 弹簧夹头若有损伤则进行更换 · 使用尺寸大 1 号的弹簧刀杆
		· 设备及被切削材料等的刚性不足	· 提高被削材夹持强度 · 制作成双刃带	· 参照住友硬质合金切削工具产品目录
	切屑处理不良	切屑堵塞	· 加工条件不合适	· 提高切削速度 · 提高进给量
· 切屑排出不良			· 内冷钻的场合，增加供油吐油量	
不断屑		· 加工条件不合适	· 提高进给量 · 提高切削速度	· 按住友电工切削工具样本中推荐的上限切削条件 · 按住友电工切削工具样本中推荐的上限切削条件
		· 冷却效果好	· 内冷钻的场合，减少供油吐油量	· 内部供油时，喷出压力为 1.5 MPa 以下
· 切刃锋利性差	· 减小切削口的钝化处理量	· 减少现行宽度的 2/3 左右		

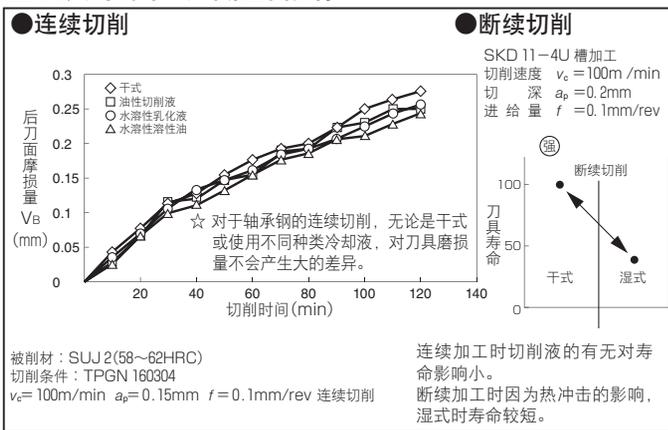
按工件硬度及形状分类的住友 CBN 推荐领域



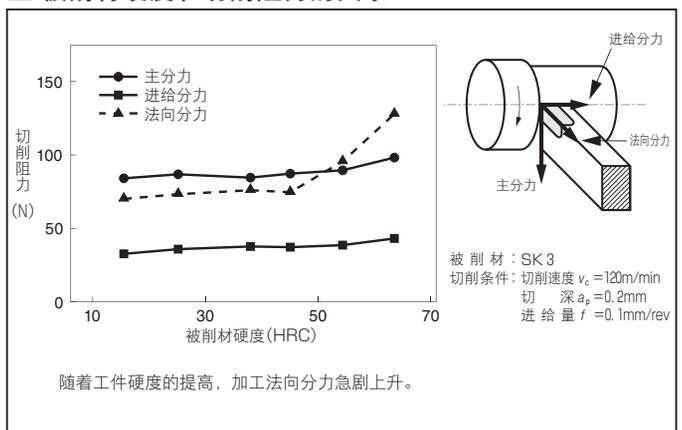
按被削材质分类的推荐切削速度



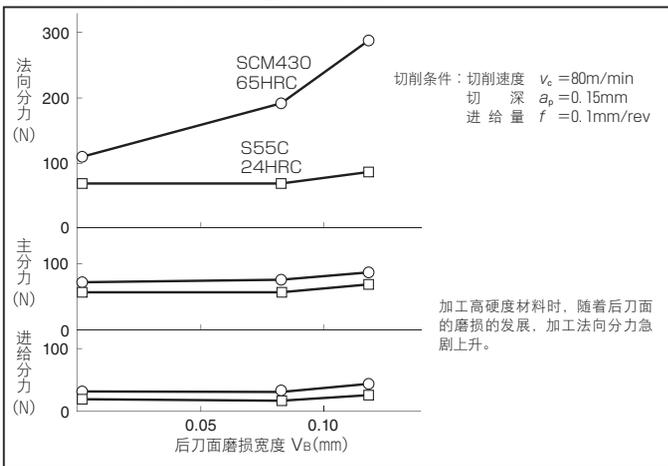
刀具寿命和冷却液的影响



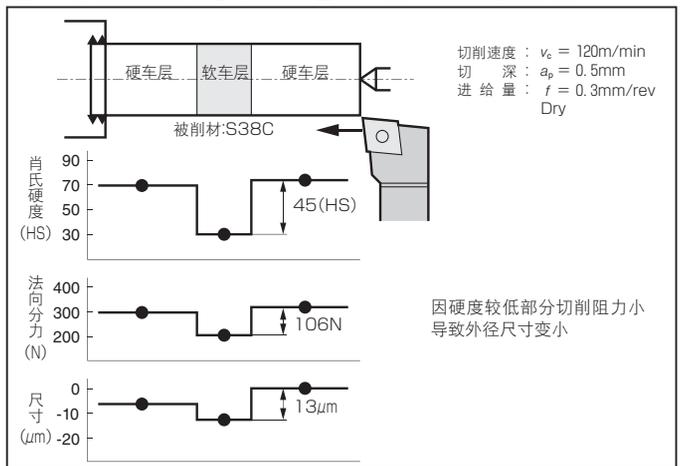
被削材硬度和切削阻力的关系



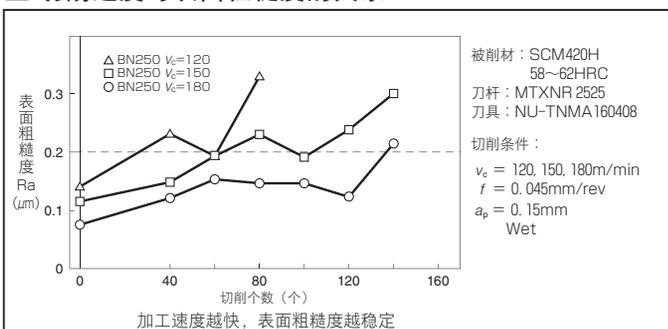
后刀面磨损与切削阻力的关系



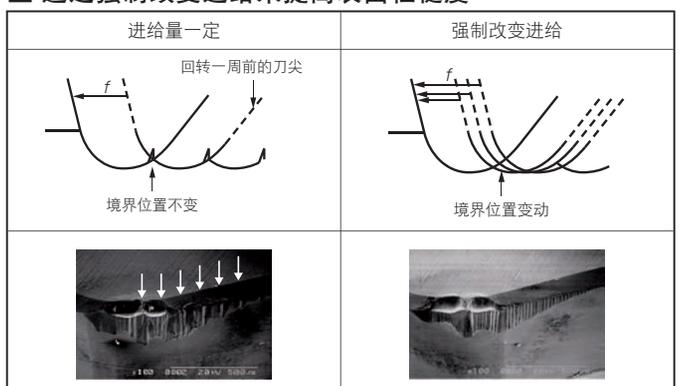
工件硬度的变化对切削阻力、加工精度的影响



切削速度与表面粗糙度的关系

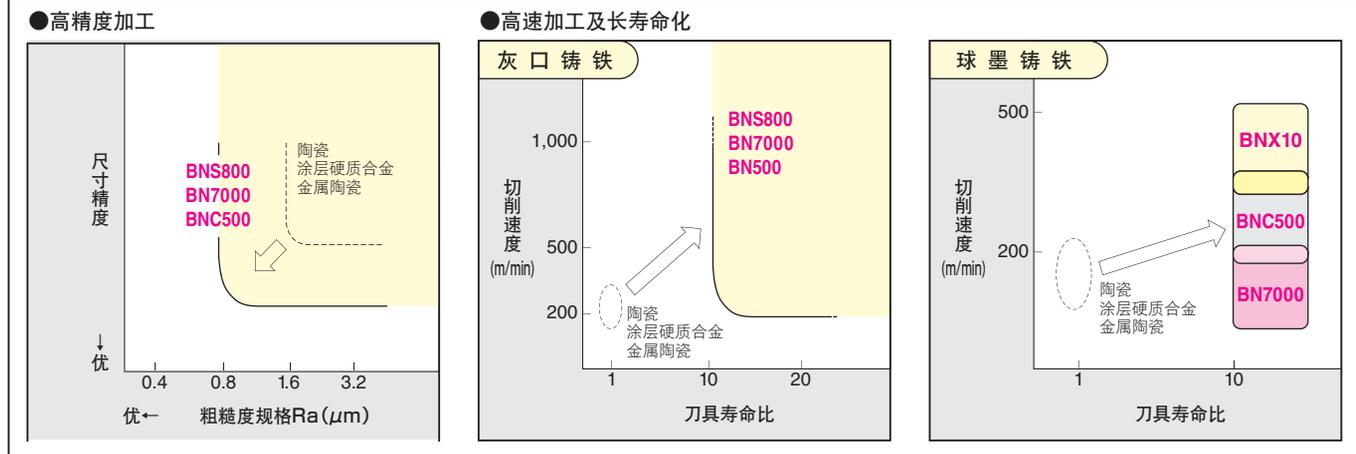


通过强制改变进给来提高表面粗糙度

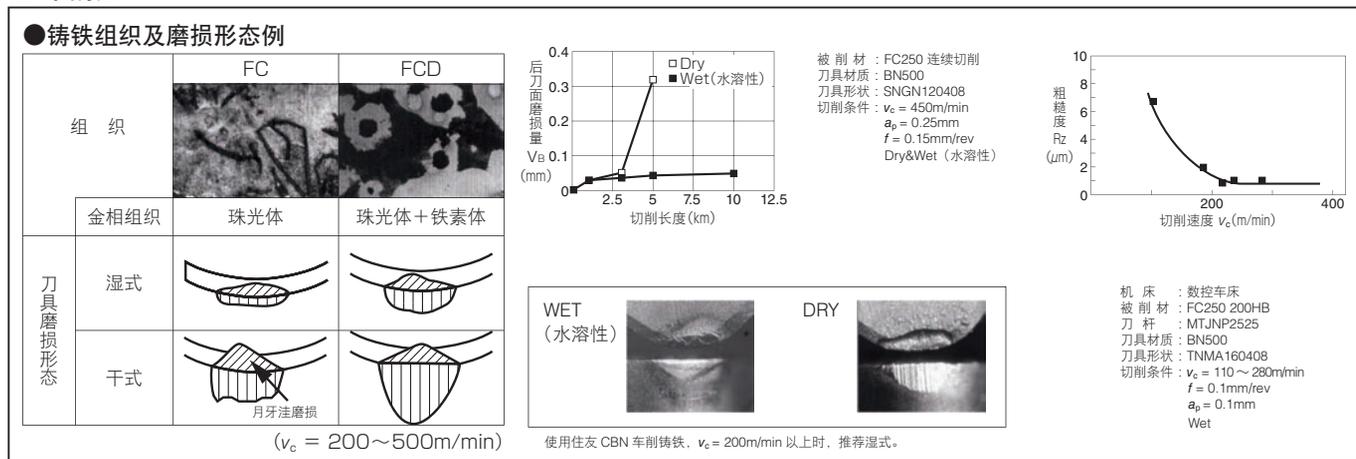


☆ 通过人为的调整进给来改变前境界部的位置。
→ 达到抑制前境界磨损, 使工件上的进给痕高度稳定的目的。

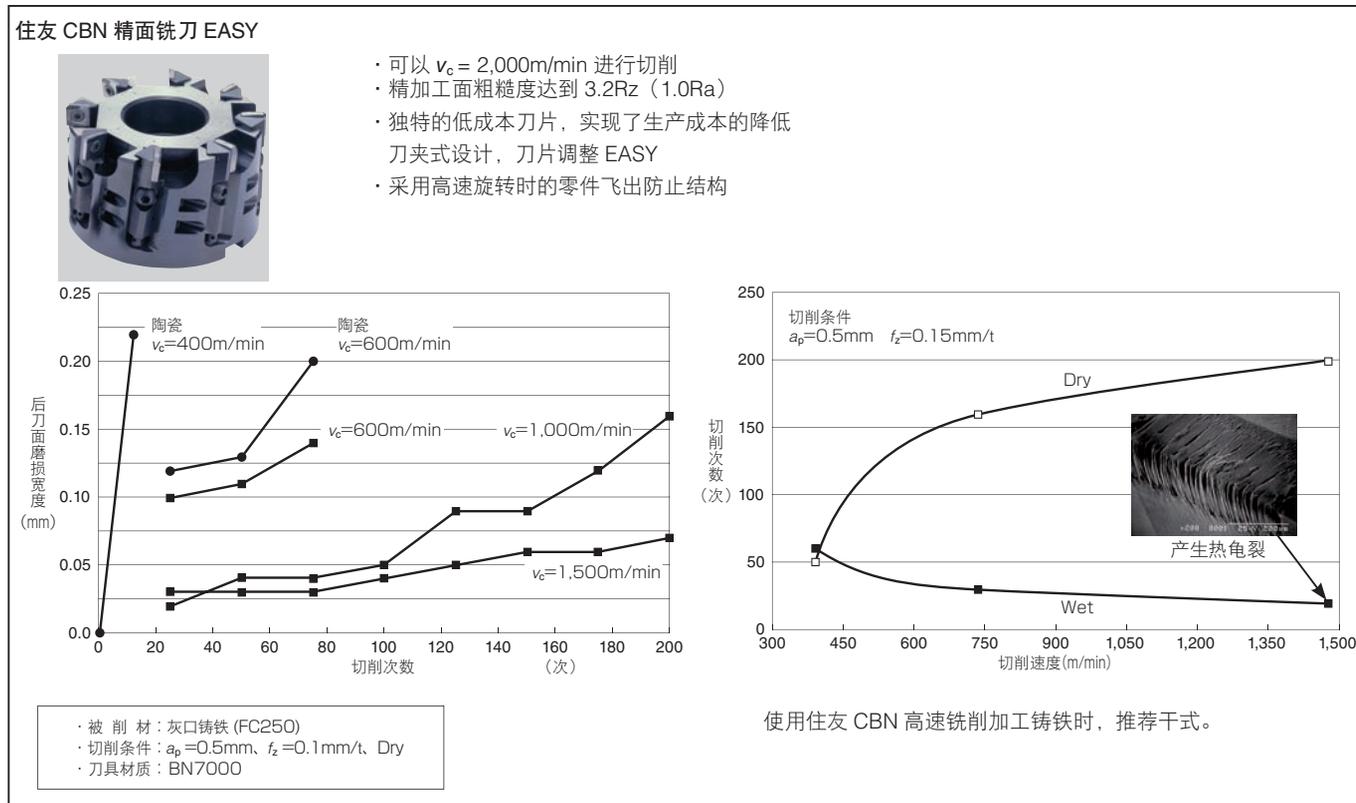
■ 使用住友 CBN 加工铸铁的优点



■ 车削加工

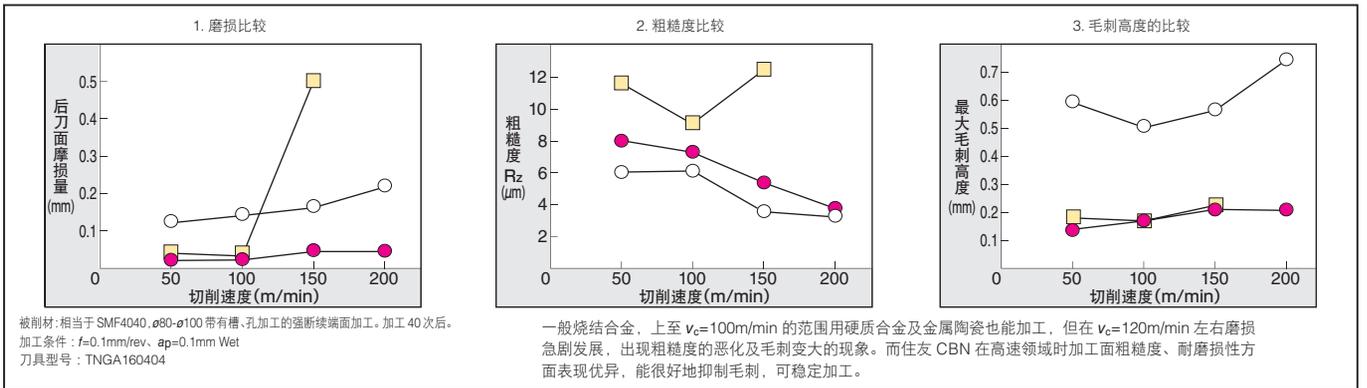


■ 铣削加工

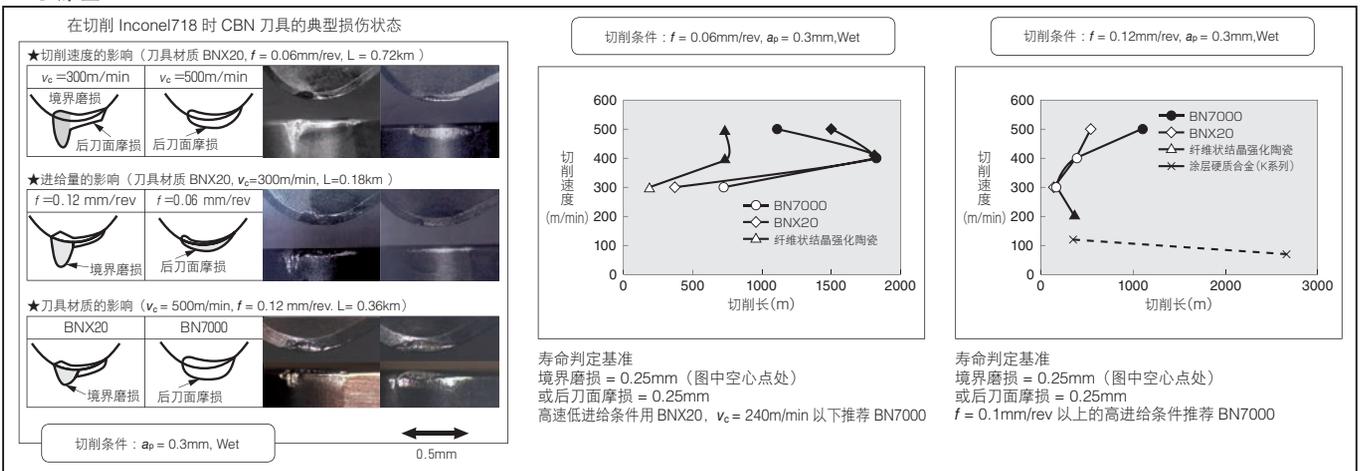


■ 烧结合金

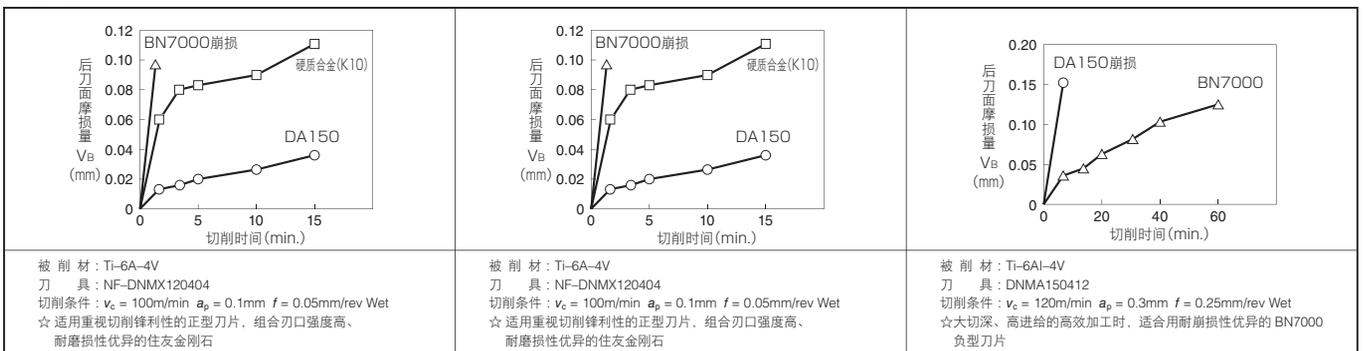
● 住友CBN ■ 硬质合金 ○ 金属陶瓷



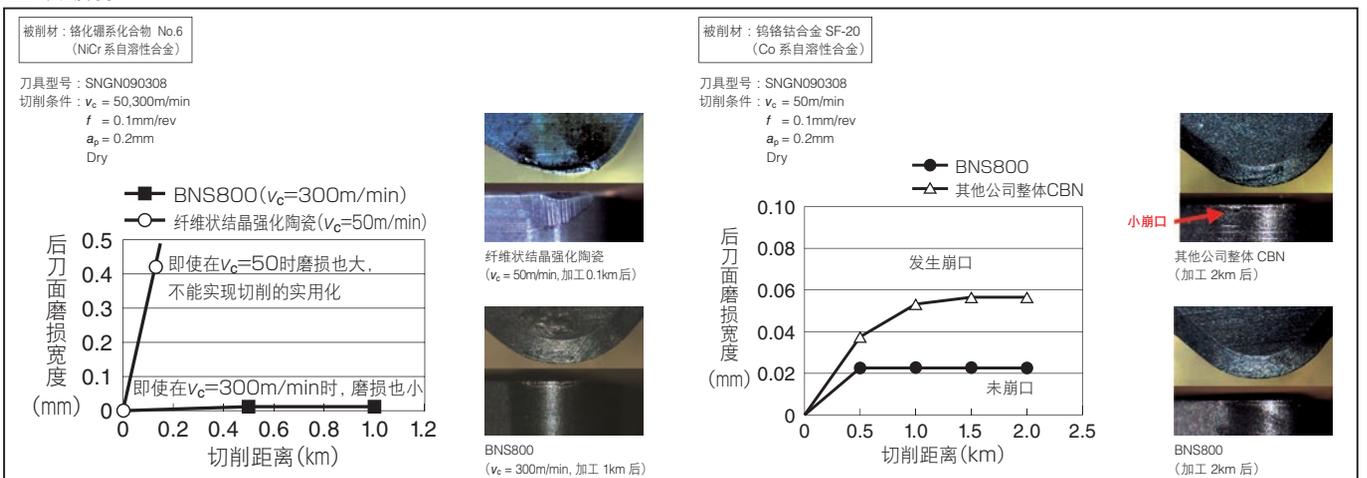
■ 耐热合金 ● 镍基

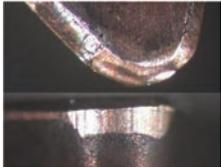
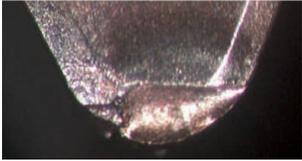
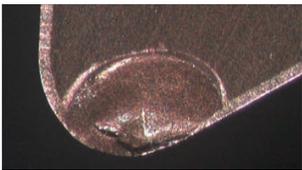
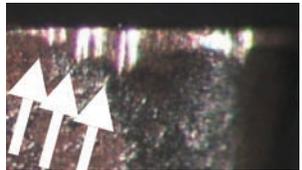
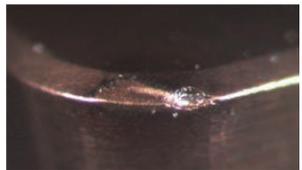


● 钛基



■ 喷镀材



刀片损伤形态	原因	对策
后刀面磨损 	<ul style="list-style-type: none"> · 刀具材质的耐磨性不足 · 切削速度过高 	<ul style="list-style-type: none"> · 变更为耐磨性高的材质 (BNC2010, BN1000, BN2000) · 减低切削速度 下降至$v_c = 200\text{m/min}$以下 (提高进给量, 减小加工距离也有效) · 增大后刀角
月牙洼磨损耗 	<ul style="list-style-type: none"> · 刀具材质的耐磨性不足 · 切削速度过高 	<ul style="list-style-type: none"> · 变更为高效加工用材质 (BNC2010, BNX25, BNX20) · 减低切削速度, 增大进给量 (低速高进给) 下降至$v_c = 200\text{m/min}$以下 (提高进给量, 减小加工距离也有效)
月牙洼崩损 		
前刀面崩损 	<ul style="list-style-type: none"> · 刀具材质的韧性不足 · 法向分力高 	<ul style="list-style-type: none"> · 选用韧性更高的材质 (BNC2020、BN2000) · 提高刃尖强度 (加大负倒棱角度、取倒圆) · 材质的韧性足够时, 提高锋利性
境界磨损的发展 	<ul style="list-style-type: none"> · 界面部分的应力大 	<ul style="list-style-type: none"> · 变更为耐境界磨损的材质 (BNC2010、BN2000) · 提高切削速度 (150m/min以上) · 变更为按一定加工数变更进给量的“调整进给加工法” · 加大负倒棱角度、取倒圆
前境界小崩口 	<ul style="list-style-type: none"> · 对刃尖 (前刃口) 的冲击大、次数多 	<ul style="list-style-type: none"> · 变更为高耐崩损性微粒系材质 (BNC300、BN350) · 增加进给量 (断续冲击次数减少, 可期待抑制崩口) · 提高刃尖强度 (加大负倒棱角度、取倒圆)
横境界小崩口 	<ul style="list-style-type: none"> · 对刃尖 (横切刃) 的冲击大、次数多 	<ul style="list-style-type: none"> · 变更为高耐崩损性材质 (BN350、BNC300) · 降低进给量 · 增大横切刃角 · 增大刀尖半径R · 提高刃尖强度 (加大负倒棱角度、取倒圆)
热龟裂 	<ul style="list-style-type: none"> · 热冲击大 	<ul style="list-style-type: none"> · 湿式、有残留切削液的加工场合, 推荐干式加工 · 使用热传导率好的材质 · 降低v_c、f、a_p, 减轻加工负荷

技术指导 一般资料篇

SI 单位换算表

■ SI (国际单位制) 基本单位

● SI 基本单位

量	名称	记号
长度	米	m
质量	千克	kg
时间	秒	s
电流	安培	A
温度	开尔文	K
物质的量	摩尔	mol
发光强度	坎德拉	cd

● 有专有名称及记号基本单位 (摘录)

量	名称	记号
周波数	赫兹	Hz
力	牛顿	N
压压力、应力	帕斯卡	Pa
能、功、热量	焦耳	J
功率	瓦特	W
电压	伏特	V
电阻	欧姆	Ω

■ SI 词头

● 与 SI 单位组合以 10 的整数倍表示的词头

系数	名称	记号	系数	名称	记号	系数	名称	记号
10 ²⁴	尧	Y	10 ⁹	千	k	10 ⁻⁹	纳	n
10 ²¹	泽	Z	10 ⁶	百	h	10 ⁻¹²	皮	p
10 ¹⁸	艾	E	10 ³	十	da	10 ⁻¹⁵	非	f
10 ¹⁵	拍	P	10 ²	分	d	10 ⁻¹⁸	阿	a
10 ¹²	太	T	10 ¹	厘	c	10 ⁻²¹	仄	z
10 ⁹	吉	G	10 ⁰	毫	m	10 ⁻²⁴	幺	y
10 ⁶	兆	M	10 ⁻¹	微	μ			

■ 主要 SI 单位换算表 (部分根据 SI 导出的单位)

● 力

N	kgf
1	1.01972 × 10 ⁻¹
9.80665	1

● 应力

Pa (N/m ²)	MPa(N/mm ²)	kgf/mm ²	kgf/cm ²	kgf/m ²
1	1 × 10 ⁻⁶	1.01972 × 10 ⁻⁷	1.01972 × 10 ⁻⁵	1.01972 × 10 ⁻¹
1 × 10 ⁶	1	1.01972 × 10 ⁻¹	1.01972 × 10	1.01972 × 10 ⁶
9.80665 × 10 ⁶	9.80665	1	1 × 10 ²	1 × 10 ⁸
9.80665 × 10 ⁴	9.80665 × 10 ⁻²	1 × 10 ⁻²	1	1 × 10 ⁴
9.80665	9.80665 × 10 ⁻⁶	1 × 10 ⁻⁶	1 × 10 ⁻⁴	1

1Pa = 1N/m², 1MPa = 1N/mm²

● 压力

Pa (N/m ²)	kPa	MPa	GPa	bar	kgf/cm ²	mmHg 或者 Torr
1	1 × 10 ⁻³	1 × 10 ⁻⁶	1 × 10 ⁻⁹	1 × 10 ⁻⁵	1.01972 × 10 ⁻⁵	7.50062 × 10 ⁻³
1 × 10 ³	1	1 × 10 ⁻³	1 × 10 ⁻⁶	1 × 10 ⁻²	1.01972 × 10 ⁻²	7.50062
1 × 10 ⁶	1 × 10 ³	1	1 × 10 ⁻³	1 × 10	1.01972 × 10	7.50062 × 10 ³
1 × 10 ⁹	1 × 10 ⁶	1 × 10 ³	1	1 × 10 ⁴	1.01972 × 10 ⁴	7.50062 × 10 ⁶
1 × 10 ⁵	1 × 10 ²	1 × 10 ⁻¹	1 × 10 ⁻⁴	1	1.01972	7.50062 × 10 ²
9.80665 × 10 ⁴	9.80665 × 10	9.80665 × 10 ⁻²	9.80665 × 10 ⁻⁵	9.80665 × 10 ⁻¹	1	7.35559 × 10 ²
1.33322 × 10 ²	1.33322 × 10 ⁻¹	1.33322 × 10 ⁻⁴	1.33322 × 10 ⁻⁷	1.33322 × 10 ⁻³	1.35951 × 10 ⁻³	1

1Pa = 1N/m²

● 功、能量、热量

J	kW · h	kgf · m	kcal
1	2.77778 × 10 ⁻⁷	1.01972 × 10 ⁻¹	2.38889 × 10 ⁻⁴
3.60000 × 10 ⁶	1	3.67098 × 10 ⁵	8.60000 × 10 ²
9.80665	2.72407 × 10 ⁻⁶	1	2.34270 × 10 ⁻³
4.18605 × 10 ³	1.16279 × 10 ⁻³	4.26858 × 10 ²	1

1J = 1W · s, 1J = 1N · m

● 功率 (动力) 热流

W	kgf · m/s	PS	kcal/h
1	1.01972 × 10 ⁻¹	1.35962 × 10 ⁻³	8.60000 × 10 ⁻¹
1 × 10 ³	1.01972 × 10 ²	1.35962	8.60000 × 10 ²
9.80665	1	1.33333 × 10 ⁻²	8.43371
7.355 × 10 ²	7.5 × 10	1	6.32529 × 10 ²
1.16279	1.18572 × 10 ⁻¹	1.58095 × 10 ⁻³	1

● 比热

J/ (kg · K)	1kcal (kg · °C) cal/ (g · °C)
1	2.38889 × 10 ⁻⁴
4.18605 × 10 ³	1

● 热传导率

1W = 1J/s, PS : 马力

W/ (m · K)	kcal/ (h · m · °C)
1	8.60000 × 10 ⁻¹
1.16279	1

● 转速

min ⁻¹	rpm
1	1

1min⁻¹ = 1rpm

一般资料篇

金属材料记号对照表 (节选)

●机械结构用碳素钢钢材

JIS	AISI	DIN
S10C	1010	C10
S15C	1015	C15
S20C	1020	C22
S25C	1025	C25
S30C	1030	C30
S35C	1035	C35
S40C	1040	C40
S45C	1045	C45
S50C	1049	C50
S55C	1055	C55

●镍铬钼合金钢钢材

JIS	AISI	DIN
SNCM220	8620	21NiCrMo2
SNCM240	8640	—
SNCM415	—	—
SNCM420	4320	—
SNCM439	4340	—
SNCM447	—	—

●铬钢钢材

JIS	AISI	DIN
SCr415	—	—
SCr420	5120	—
SCr430	5130	34Cr4
SCr435	5132	37Cr4
SCr440	5140	41Cr4
SCr445	5147	—

●铬钼合金钢钢材

JIS	AISI	DIN
SCM415	—	—
SCM420	—	—
SCM430	4131	—
SCM435	4137	34CrMo4
SCM440	4140	42CrMo4
SCM445	4145	—

●机械结构用锰钢及锰铬合金钢钢材

JIS	AISI	DIN
SMn420	1522	—
SMn433	1534	—
SMn438	1541	—
SMn443	1541	—
SMnC420	—	—
SMnC443	—	—

●碳素工具钢

JIS	AISI	DIN
SK1	—	—
SK2	W1-11 1/2	—
SK3	W1-10	C105W1
SK4	W1-9	—
SK5	W1-8	C80W1
SK6	—	C80W1
SK7	—	C70W2

●高速工具钢钢材

JIS	AISI	DIN
SKH2	T1	—
SKH3	T4	S18-1-2-5
SKH10	T15	S12-1-4-5
SKH51	M2	S6-5-2
SKH52	M3-1	—
SKH53	M3-2	S6-5-3
SKH54	M4	—
SKH56	M36	—

●合金工具钢

JIS	AISI	DIN
SKS11	F2	—
SKS51	L6	—
SKS43	W2-9 1/2	—
SKS44	W2-8	—
SKD1	D3	X210Cr12
SKD11	D2	—

●灰口铸铁品

JIS	AISI	DIN
FC100	No 20B	GG-10
FC150	No 25B	GG-15
FC200	No 30B	GG-20
FC250	No 35B	GG-25
FC300	No 45B	GG-30
FC350	No 50B	GG-35

●球墨铸铁品

JIS	AISI	DIN
FCD400	60-40-18	GGG-40
FCD450	—	GGG-40.3
FCD500	80-55-06	GGG-50
FCD600	—	GGG-60
FCD700	100-70-03	GGG-70

●不锈钢 (铁素体)

JIS	AISI	DIN
SUS405	405	X10CrAl13
SUS429	429	—
SUS430	430	X6Cr17
SUS430F	430F	X7CrMo18
SUS434	434	X6CrMo17 1

●不锈钢 (马氏体)

JIS	AISI	DIN
SUS403	403	—
SUS410	410	X10Cr13
SUS416	416	—
SUS420J1	420	X20Cr13
SUS420F	420F	—
SUS431	431	X20CrNi17 2
SUS440A	440A	—
SUS440B	440B	—
SUS440C	440C	—

●不锈钢 (奥氏体)

JIS	AISI	DIN
SUS201	201	—
SUS202	202	—
SUS301	301	X12CrNi17 7
SUS302	302	—
SUS302B	302B	—
SUS303	303	X10CrNiS18 9
SUS303Se	303Se	—
SUS304	304	X5CrNiS18 10
SUS304L	304L	X2CrNi19 11
SUS304NI	304N	—
SUS305	305	X5CrNi18 12
SUS308	308	—
SUS309S	309S	—
SUS310S	310S	—
SUS316	316	X5CrMo17 12 2
SUS316L	316L	X2CrNiMo17 13 2
SUS316N	316N	—
SUS317	317	—
SUS317L	317L	X2CrNiMo18 16 4
SUS321	321	X6CrNiTi18 10
SUS347	347	X6CrNiNb18 10
SUS384	384	—

●耐热钢

JIS	AISI	DIN
SUH31	—	—
SUH35	—	—
SUH36	—	X53CrMnNi21 9
SUH37	—	—
SUH38	—	—
SUH309	309	—
SUH310	310	CrNi2520
SUH330	N08330	—

●耐热钢 (铁素体)

JIS	AISI	DIN
SUH21	—	CrAl1205
SUH409	409	X6CrTi12
SUH446	446	—

●耐热钢 (马氏体)

JIS	AISI	DIN
SUH1	—	X45CrSi9 3
SUH3	—	—
SUH4	—	—
SUH11	—	—
SUH600	—	—

一般资料篇

■ 钢铁·非铁金属记号一览表 (节选)

● 钢铁类

分类	名称	记号	记号意义
结构用钢	焊接结构用轧制钢材	SM	Marine 船的 M、船的焊接处多
	再生钢材	SRB	Rerolled 再轧制的 R 和 Bar 棒的 B
	一般结构用轧制钢材	SS	Steel 的 S 和 Structure 结构的 S
	一般结构用轻量形钢	SSC	SS 后是 Cold 冷作的 C
薄钢板	热轧软钢板及钢带	SPH	Plate 板的 P 和 Hot 热作的 H
管	配管用碳素钢管	SGP	GasPipe 的 GP
	锅炉、热交换器用碳素钢管	STB	Tube 的 T、Boiler 的 B
	高压气体容器用无缝钢管	STH	ST 后是 High Pressure 的 H
	一般结构用碳素钢管	STK	ST 后是 Kozo(构造的日音)的 K
	机械结构用碳素钢管	STKM	STK 后是 Machine 的 M
	结构用合金钢管	STKS	STK 后是 Special 的 S
	配管用合金钢管	STPA	STP 后是 Alloy 的 A
	压力配管用碳素钢管	STPG	ST 后是 Piping 的 P、General 的 G
	高温配管用碳素钢管	STPT	ST 后是 Temperature 的 T
	高压配管用碳素钢管	STS	ST 后是 Special 的 S
	配管用不锈钢管	SUS-TP	SUS 后是 Tube 的 T、Piping 的 P
	机械结构用钢	机械结构用碳素钢材	SxxC
铝铬铝合金钢材		SACM	Al 的 A、铬的 C、钼的 M
铬钼合金钢材		SCM	铬的 C、钼的 M
铬钢材		SCr	Steel 的 S 后是铬的 Cr
镍铬合金钢材		SNC	镍的 N、铬的 C
镍铬钼合金钢材		SNCM	SNC 后是钼的 M
机械结构用锰钢及锰铬合金钢材		SMn SMnC	锰的 Mn SMn 后是铬的 C
碳素工具钢		SK	Kogu(工具的日音)的 K
特殊用途钢	中空钢材	SKC	SK 后是 Chisel 的 C
	合金工具钢	SKS SKT	SK 后是 Special 的 S SK 后是 Die 的 D SK 后是 Tanco 的 T
	高速工具钢钢材	SKH	SK 后是 High Speed 的 H
	含硫易削钢	SUM	SU 后是 Machinability 的 M
	高碳铬轴承钢	SUJ	SU 后是 Jikuuke 的 J
	弹簧钢	SUP	SU 后是 Spring 的 P
	不锈钢	SUS	SU 后是 Stainless 的 S
	耐热钢	SUH	Special Use 的 U、Heat 的 H
	耐热钢棒	SUH-B	SUH 后是 Bar 的 B
	耐热钢板	SUHP	SUH 后是 Plate 的 P
锻钢	碳素钢锻钢品	SF	Forging 锻造的 F
	碳素钢锻钢品用钢片	SFB	SF 后是 Billet 钢片的 B
	铬钼合金钢锻钢品	SFCM	SF 后是铬的 C、钼的 M
	镍铬钼合金钢锻钢品	SFNCM	SFCM 中是镍的 N
铸铁	灰口铸铁品	FC	Ferrum 铸铁的 F、Casting 的 C
	球墨铸铁品	FCD	FC 后是 Ductile 的 D
	黑心可锻铸铁品	FCMB	FC 后是 Malleable 的 M、Black 的 B
	白心可锻铸铁品	FCMW	FCM 后是 White 的 W
	珠光体可锻铸铁品	FCMP	FCM 后是 Parlite 的 P
铸钢	碳素钢铸钢品	SC	Casting 的 C
	不锈钢铸钢品	SCS	SC 后是 Stainless 的 S
	耐热钢铸钢品	SCH	SC 后是 Heat 的 H
	高锰钢铸钢品	SCMnH	SC 后是锰的 Mn、High 的 H

● 非铁金属系

分类	名称	记号
伸铜品	铜及铜合金的板和条材	CxxxxP
		CxxxxPP
		CxxxxR
	铜及铜合金的焊接管	CxxxxBD
		CxxxxBDS
		CxxxxBE
铝及铝合金形变材	铝及铝合金的板和条材	AxxxxP
		AxxxxPC
	铝及铝合金的棒和线材	AxxxxBE
		AxxxxBD
		AxxxxW
	铝及铝合金的挤压形材	AxxxxS
		AxxxxFD
	铝及铝合金的锻造品	AxxxxFH
		镁合金板
	镍材料	镍铜合金板
镍铜合金棒		NCuB
钛形变材	钛棒	TB
铸件	黄铜铸件	YBsCx
	高力黄铜铸件	HBsCx
	青铜铸件	BCx
	磷青铜铸件	PBCx
	铝合金青铜铸件	AlBCx
	铝合金铸件	AC
	镁合金铸件	MC
	锌合金压铸件	ZDCx
	铝合金压铸件	ADC
	镁合金压铸件	MDC
	白金属	WJ
轴承用铝合金铸件	AJ	
轴承用铜·铝合金铸件	KJ	

一般资料篇

■ 硬度对照表

● 与钢的布氏硬度近似的换算值

布氏硬度 3,000kgf HB	洛氏硬度				维克斯 硬度 50kgf HV	肖氏 硬度 HS	拉伸 强度 (GPa)
	A 标度 60kgf brale 压块 HRA	B 标度 100kgf 1/10in 球 HRB	C 标度 150kgf brale 压块 HRC	D 标度 100kgf brale 压块 HRD			
—	85.6	—	68.0	76.9	940	97	—
—	85.3	—	67.5	76.5	920	96	—
—	85.0	—	67.0	76.1	900	95	—
767	84.7	—	66.4	75.7	880	93	—
757	84.4	—	65.9	75.3	860	92	—
745	84.1	—	65.3	74.8	840	91	—
733	83.8	—	64.7	74.3	820	90	—
722	83.4	—	64.0	73.8	800	88	—
712	—	—	—	—	—	—	—
710	83.0	—	63.3	73.3	780	87	—
698	82.6	—	62.5	72.6	760	86	—
684	82.2	—	61.8	72.1	740	—	—
682	82.2	—	61.7	72.0	737	84	—
670	81.8	—	61.0	71.5	720	83	—
656	81.3	—	60.1	70.8	700	—	—
653	81.2	—	60.0	70.7	697	81	—
647	81.1	—	59.7	70.5	690	—	—
638	80.8	—	59.2	70.1	680	80	—
630	80.6	—	58.8	69.8	670	—	—
627	80.5	—	58.7	69.7	667	79	—
601	79.8	—	57.3	68.7	640	77	—
578	79.1	—	56.0	67.7	615	75	—
555	78.4	—	54.7	66.7	591	73	2.06
534	77.8	—	53.5	65.8	569	71	1.98
514	76.9	—	52.1	64.7	547	70	1.89
495	76.3	—	51.0	63.8	528	68	1.82
477	75.6	—	49.6	62.7	508	66	1.73
461	74.9	—	48.5	61.7	491	65	1.67
444	74.2	—	47.1	60.8	472	63	1.59
429	73.4	—	45.7	59.7	455	61	1.51
415	72.8	—	44.5	58.8	440	59	1.46
401	72.0	—	43.1	57.8	425	58	1.39
388	71.4	—	41.8	56.8	410	56	1.33
375	70.6	—	40.4	55.7	396	54	1.26
363	70.0	—	39.1	54.6	383	52	1.22
352	69.3	(110.0)	37.9	53.8	372	51	1.18
341	68.7	(109.0)	36.6	52.8	360	50	1.13
331	68.1	(108.5)	35.5	51.9	350	48	1.10

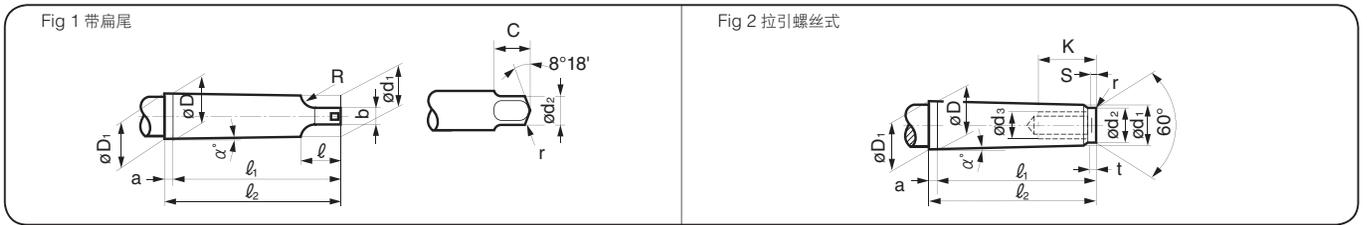
布氏硬度 3,000kgf HB	洛氏硬度				维克斯 硬度 50kgf HV	肖氏 硬度 HS	拉伸 强度 (GPa)
	A 标度 60kgf brale 压块 HRA	B 标度 100kgf 1/10in 球 HRB	C 标度 150kgf brale 压块 HRC	D 标度 100kgf brale 压块 HRD			
321	67.5	(108.0)	34.3	50.1	339	47	1.06
311	66.9	(107.5)	33.1	50.0	328	46	1.03
302	66.3	(107.0)	32.1	49.3	319	45	1.01
293	65.7	(106.0)	30.9	48.3	309	43	0.97
285	65.3	(105.5)	29.9	47.6	301	—	0.95
277	64.6	(104.5)	28.8	46.7	292	41	0.92
269	64.1	(104.0)	27.6	45.9	284	40	0.89
262	63.6	(103.0)	26.6	45.0	276	39	0.87
255	63.0	(102.0)	25.4	44.2	269	38	0.84
248	62.5	(101.0)	24.2	43.2	261	37	0.82
241	61.8	100.0	22.8	42.0	253	36	0.80
235	61.4	99.0	21.7	41.4	247	35	0.78
229	60.8	98.2	20.5	40.5	241	34	0.76
223	—	97.3	(18.8)	—	234	—	—
217	—	96.4	(17.5)	—	228	33	0.73
212	—	95.5	(16.0)	—	222	—	0.71
207	—	94.6	(15.2)	—	218	32	0.69
201	—	93.8	(13.8)	—	212	31	0.68
197	—	92.8	(12.7)	—	207	30	0.66
192	—	91.9	(11.5)	—	202	29	0.64
187	—	90.7	(10.0)	—	196	—	0.62
183	—	90.0	(9.0)	—	192	28	0.62
179	—	89.0	(8.0)	—	188	27	0.60
174	—	87.8	(6.4)	—	182	—	0.59
170	—	86.8	(5.4)	—	178	26	0.57
167	—	86.0	(4.4)	—	175	—	0.56
163	—	85.0	(3.3)	—	171	25	0.55
156	—	82.9	(0.9)	—	163	—	0.52
149	—	80.8	—	—	156	23	0.50
143	—	78.7	—	—	150	22	0.49
137	—	76.4	—	—	143	21	0.46
131	—	74.0	—	—	137	—	0.45
126	—	72.0	—	—	132	20	0.43
121	—	69.8	—	—	127	19	0.41
116	—	67.6	—	—	122	18	0.40
111	—	65.7	—	—	117	15	0.38

1) 表中, () 的数值一般不使用。
 2) 洛氏硬度 A、C、D 的压块 (brale) 是用金刚石制成的
 3) 本表节选自 JIS 钢铁手册 (1980)。

一般资料篇

■ 锥度规格

● 莫氏锥度



(单位: mm)

莫氏锥度型	氏度号	锥度 ⁽¹⁾		锥度角度(α)	圆锥部						扁尾部				Fig		
		D	a		D ₁ ⁽²⁾ (约)	d ₁ ⁽²⁾ (约)	l ₁ (最大)	l ₂ (最大)	d ₂ (最大)	b	C(最大)	e(最大)	R	r			
0	1	19.212	0.05205	1°29'27"	9.045	3	9.2	6.1	56.5	59.5	6.0	3.9	6.5	10.5	4	1	1
1	1	20.047	0.04988	1°25'43"	12.065	3.5	12.2	9.0	62.0	65.5	8.7	5.2	8.5	13.5	5	1.2	
2	1	20.020	0.04995	1°25'50"	17.780	5	18.0	14.0	75.0	80.0	13.5	6.3	10	16	6	1.6	
3	1	19.922	0.05020	1°26'16"	23.825	5	24.1	19.1	94.0	99.0	18.5	7.9	13	20	7	2	
4	1	19.245	0.05194	1°29'15"	31.267	6.5	31.6	25.2	117.5	124.0	24.5	11.9	16	24	8	2.5	
5	1	19.002	0.05263	1°30'26"	44.399	6.5	44.7	36.5	149.5	156.0	35.7	15.9	19	29	10	3	
6	1	19.180	0.05214	1°29'36"	63.348	8	63.8	52.4	210.0	218.0	51.0	19.0	27	40	13	4	
7	1	19.231	0.05200	1°29'22"	83.058	10	83.6	68.2	286.0	296.0	66.8	28.6	35	54	19	5	

莫氏锥度型	氏度号	锥度 ⁽¹⁾		锥度角度(α)	圆锥部						螺纹部				Fig	
		D	a		D ₁ ⁽²⁾ (约)	d ₁ ⁽²⁾ (约)	l ₁ (最大)	l ₂ (最大)	d ₂ (最大)	d ₃	K(最小)	t(最大)	r			
0	1	19.212	0.05205	1°29'27"	9.045	3	9.2	6.4	50	53	6	—	—	4	0.2	2
1	1	20.047	0.04988	1°25'43"	12.065	3.5	12.2	9.4	53.5	57	9	M 6	16	5	0.2	
2	1	20.020	0.04995	1°25'50"	17.780	5	18.0	14.6	64	69	14	M10	24	5	0.2	
3	1	19.922	0.05020	1°26'16"	23.825	5	24.1	19.8	81	86	19	M12	28	7	0.6	
4	1	19.254	0.05194	1°29'15"	31.267	6.5	31.6	25.9	102.5	109	25	M16	32	9	1	
5	1	19.002	0.05263	1°30'26"	44.399	6.5	44.7	37.6	129.5	136	35.7	M20	40	9	2.5	
6	1	19.180	0.05214	1°29'36"	63.348	8	63.8	53.9	182	190	51	M24	50	12	4	
7	1	19.231	0.05200	1°29'22"	83.058	10	83.6	70.0	250	260	65	M33	80	18.5	5	

注 (1) 锥度用分数表示。

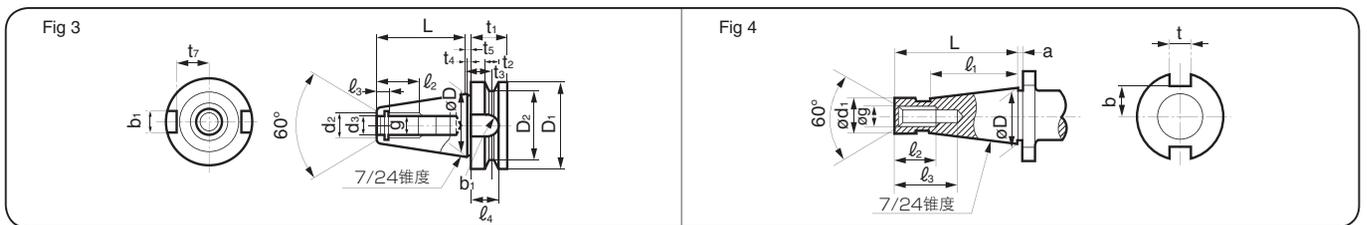
(2) 直径 D₁ 及 d₁ 可由直径 D、锥度、a 及 l₁ 计算得出, 取小数点后一位数。

备注 1. 锥度用 JIS B 3301 的环规检查, 准确率为 75% 以上。

2. 螺纹 JIS B 0205 的公制日标螺纹, 精度为 JIS B 0209 的 3 级。

● BT 锥度

● 美国标准锥度 (国家标准锥柄)



● BT 锥度

(单位: mm)

型号	D(基本尺寸)	D ₁	D ₂	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	d ₂	d ₃	L	l ₂	l ₃	l ₄	g	b ₁	t ₇	Fig
BT30	31.75	46	38	20	8	13.6	2	2	14	12.5	48.4	24	7	17	M12	16.1	16.3	3
BT35	38.10	53	43	22	10	14.6	2	2	14	12.5	56.4	24	7	20	M12	16.1	19.6	
BT40	44.45	63	53	25	10	16.6	2	2	19	17	65.4	30	8	21	M16	16.1	22.6	
BT45	57.15	85	73	30	12	21.2	3	3	23	21	82.8	36	9	26	M20	19.3	29.1	
BT50	69.85	100	85	35	15	23.2	3	3	27	25	101.8	45	11	31	M24	25.7	35.4	
BT60	107.95	155	135	45	20	28.2	3	3	33	31	161.8	56	12	34	M30	25.7	60.1	

● 美国标准锥度 (国家标准锥柄)

(单位: mm)

NT 型号	公称尺寸	D	d ₁	L	l ₁ (最小)	l ₂ (最小)	l ₃ (最小)	g	a	t	b	Fig
30	1 1/4"	31.750	17.4	68.4	48.4	24	34	1/2"	1.6	15.9	16	4
40	1 3/4"	44.450	25.3	93.4	65.4	32	43	5/8"	1.6	15.9	22.5	
50	2 3/4"	69.850	39.6	126.8	101.8	47	62	1"	3.2	25.4	35	
60	4 1/4"	107.950	60.2	206.8	161.8	59	76	1 1/4"	3.2	25.4	60	

技术资料
指标

一般资料篇

■ 常用配合的尺寸公差 (摘自JIS B 0401(1999))

● 常用配合下所使用的尺寸允许公差

基准尺寸的区分 (mm)		轴的公差带等级																						单位 μ m												
		超过	以下	b9	c9	d8	d9	e7	e8	e9	f6	f7	f8	g5	g6	h5	h6	h7	h8	h9	js5	js6	js7				k5	k6	m5	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6
—	3	-140 -165	-60 -85	-20 -34	-20 -45	-14 -24	-14 -28	-14 -39	-6 -12	-6 -16	-8 -20	-2 -6	-2 -8	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	±2	±3	±5	±4	±6	±5	+4 0	+6 0	+6 +2	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—	+24 +18	+26 +20	
3	6	-140 -170	-70 -100	-30 -48	-30 -60	-20 -32	-20 -38	-20 -50	-10 -18	-10 -22	-10 -28	-4 -9	-4 -12	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	±2.5	±4	±6	±6	±9	±6	+6 +1	+9 +1	+9 +4	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—	+31 +23	+36 +28	
6	10	-150 -186	-80 -116	-40 -62	-40 -76	-25 -40	-25 -47	-25 -61	-13 -22	-13 -28	-13 -35	-5 -11	-5 -14	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	±3	±4.5	±7.5	±7	±10	±7	+7 +1	+10 +1	+12 +6	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—	+37 +28	+43 +34	
10	14	-150 -193	-95 -138	-50 -77	-50 -93	-32 -50	-32 -59	-32 -75	-16 -27	-16 -34	-16 -43	-6 -14	-6 -17	0 -8	0 -11	0 -18	0 -27	0 -43	±4	±5.5	±9	±9	±12	±9	+9 +1	+12 +1	+15 +7	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	—	+44 +33	+40 +45	
14	18																																			+51 +40
18	24	-160 -212	-110 -162	-65 -98	-65 -117	-40 -61	-40 -73	-40 -92	-20 -33	-20 -41	-20 -53	-7 -16	-7 -20	0 -9	0 -13	0 -21	0 -33	0 -52	±4.5	±6.5	±10.5	±11	±15	±11	+11 +2	+15 +2	+17 +8	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	—	+54 +41	+67 +64	
24	30																																			+56 +45
30	40	-170 -232	-120 -182	-80 -119	-80 -142	-50 -75	-50 -89	-50 -112	-25 -41	-25 -50	-25 -64	-9 -20	-9 -25	0 -11	0 -16	0 -25	0 -39	0 -62	±5.5	±8	±12.5	±13	±18	±13	+13 +2	+18 +2	+20 +9	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48	+76 +60	—	
40	50	-180 -242	-130 -192																																	+86 +70
50	65	-190 -264	-140 -214	-100 -146	-100 -174	-60 -90	-60 -106	-60 -134	-30 -49	-30 -60	-30 -76	-10 -23	-10 -29	0 -13	0 -19	0 -30	0 -46	0 -74	±6.5	±9.5	±15	±15	±21	±15	+15 +2	+21 +2	+24 +11	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41	+72 +53	+85 +66	+106 +87	—	
65	80	-200 -274	-150 -224																																	+121 +102
80	100	-220 -307	-170 -257	-120 -174	-120 -207	-72 -107	-72 -126	-72 -159	-36 -58	-36 -71	-36 -90	-12 -27	-12 -34	0 -15	0 -22	0 -35	0 -54	0 -87	±7.5	±11	±17.5	±18	±25	±18	+18 +3	+25 +3	+28 +13	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51	+93 +71	+113 +91	+146 +124	—	
100	120	-240 -327	-180 -267																																	+166 +144
120	140	-260 -360	-200 -300																																	+147 +122
140	160	-280 -380	-210 -310	-145 -208	-145 -245	-85 -125	-85 -148	-85 -185	-43 -68	-43 -83	-43 -106	-14 -32	-14 -39	0 -18	0 -25	0 -40	0 -63	0 -100	±9	±12.5	±20	±21	±28	±21	+21 +3	+28 +3	+33 +15	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+90 +65	+125 +100	+159 +134	—	—	
160	180	-310 -410	-230 -330																																	+171 +146
180	200	-340 -455	-240 -355																																	+151 +122
200	225	-380 -495	-260 -375	-170 -242	-170 -285	-100 -146	-100 -172	-100 -215	-50 -79	-50 -96	-50 -122	-15 -35	-15 -44	0 -20	0 -29	0 -46	0 -72	0 -115	±10	±14.5	±23	±24	±33	±24	+24 +4	+33 +4	+37 +17	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+109 +80	+159 +130	—	—	—	
225	250	-420 -535	-280 -395																																	+169 +140
250	280	-480 -610	-300 -430	-190 -271	-190 -320	-110 -162	-110 -191	-110 -240	-56 -88	-56 -108	-56 -137	-17 -40	-17 -49	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	±11.5	±16	±26	±27	±36	±27	+27 +4	+36 +4	+43 +20	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126 +94	—	—	—	—	
280	315	-540 -670	-330 -460																																	+130 +98
315	355	-600 -740	-360 -500	-210 -299	-210 -350	-125 -182	-125 -214	-125 -265	-62 -98	-62 -119	-62 -151	-18 -43	-18 -54	0 -25	0 -36	0 -57	0 -89	0 -140	±12.5	±18	±28.5	±29	±40	±29	+29 +4	+40 +4	+46 +21	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144 +108	—	—	—	—	
355	400	-680 -820	-400 -540																																	+150 +114
400	450	-760 -915	-440 -595	-230 -327	-230 -385	-135 -198	-135 -232	-135 -290	-68 -108	-68 -131	-68 -165	-20 -47	-20 -60	0 -27	0 -40	0 -63	0 -97	0 -155	±13.5	±20	±31.5	±32	±45	±32	+32 +5	+45 +5	+50 +23	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+166 +126	—	—	—	—	
450	500	-840 -995	-480 -635																																	+172 +132

一般资料篇

尺寸公差及配合 (摘自JIS B 0401(1999))

常用的基孔制配合

基准孔	轴的公差带等级																						
	间隙配合				过渡配合				过盈配合														
H6					g5	h5	js5	k5	m5														
					f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6*	p6*											
H7					f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6*	r6*	s6	t6	u6	x6						
					e7	f7	h7	js7															
H8					f7	h7																	
					e8	f8	h8																
H9					d9	e9																	
					d8	e8	h8																
H10					c9	d9	e9	h9															
	b9	c9	d9																				

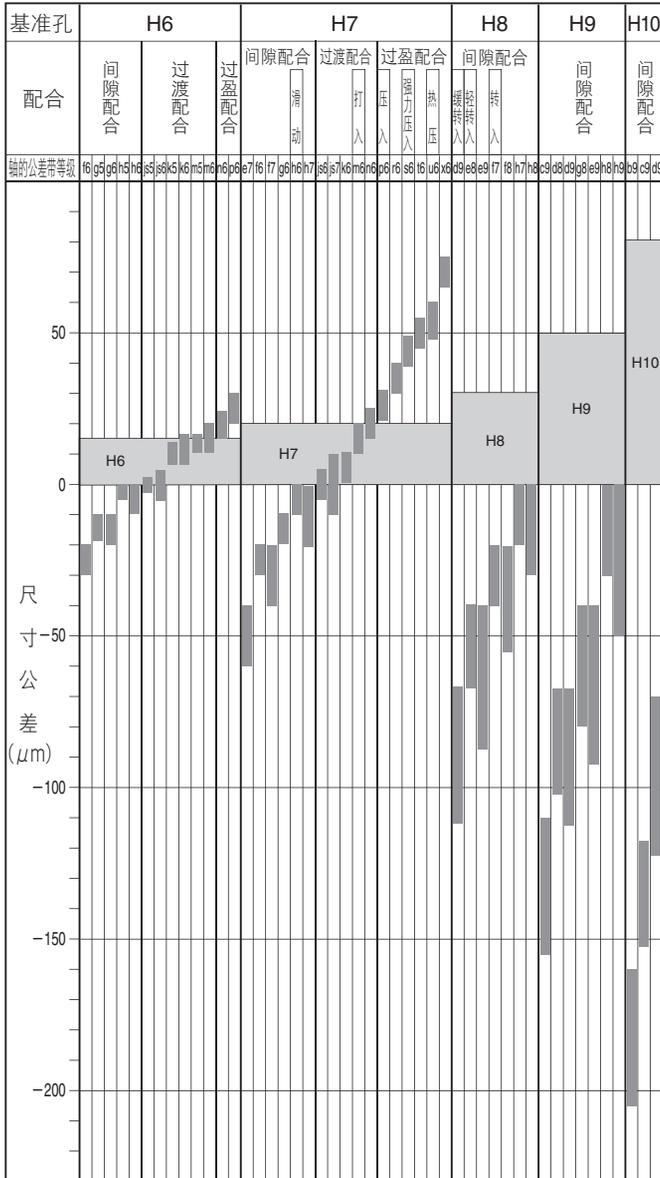
(注)* 此类配合因尺寸区分而存在例外的情况。

常用的基轴制配合

基准轴	孔的公差带等级																						
	间隙配合				过渡配合				过盈配合														
h5									H6	JS6	K6	M6	N6*	P6									
									F6	G6	H6	JS6	K6	M6	N6	P6*							
h6									F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7*	R7	S7	T7	U7	X7		
									E7	F7	H7												
h7									F8	H8													
									D8	E8	F8	H8											
h8									D9	E9		H9											
									D8	E8		H8											
h9									C9	D9	E9	H9											
									B10	C10	D10												

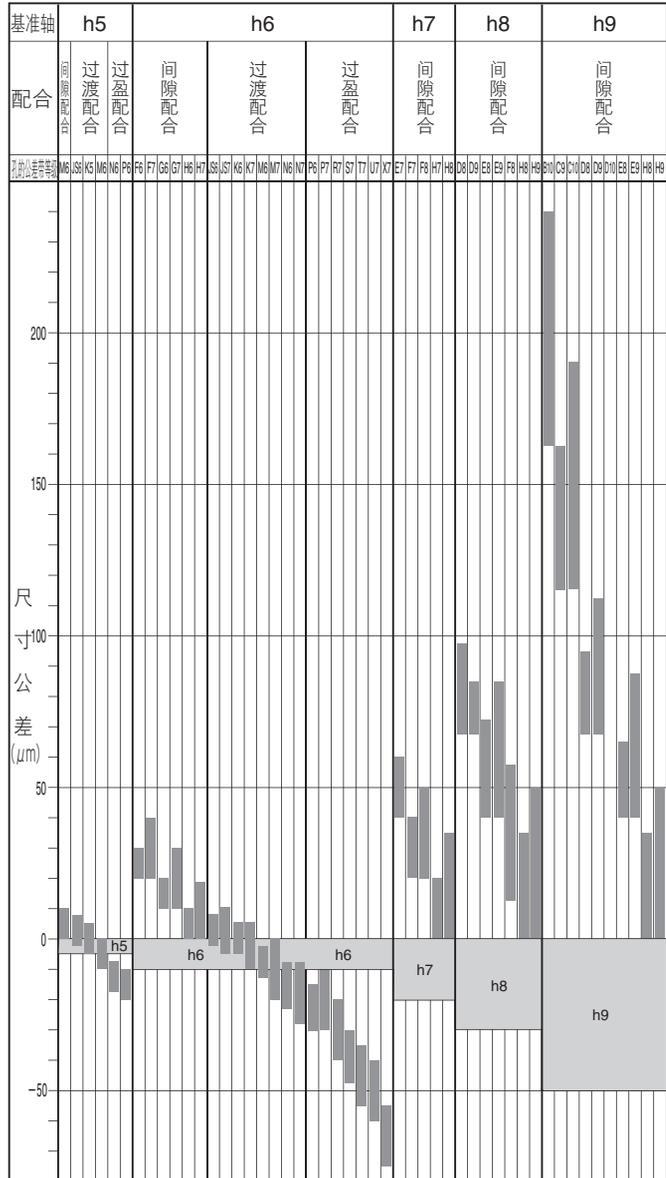
(注)* 此类配合因尺寸区分而存在例外的情况。

常用基孔制配合中公差带的相互关系



(注) 上表是基准尺寸为18mm至30mm时的情况。

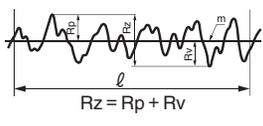
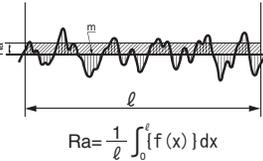
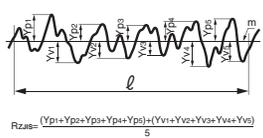
常用基轴制配合中公差带的相互关系



(注) 上表是基准尺寸为18mm至30mm时的情况。

■ 表面粗糙度

● 有代表性的表面粗糙度的种类和定义

种类	记号	求法	说明图
最大高度	※1) Rz	从粗曲线上沿平均线方向选取基准长度，选取部分中的波峰值和波谷值的和。以微米(μm)表示。 备注：测量 Rz 时，从没有波峰波谷的部分选取基准长度。	
算术平均值	Ra	从粗曲线上沿平均线方向选取基准长度，把中心线方向看成 X 轴方向。于其垂直的为 Y 轴方向。粗曲线表示为 y=f(x)，Ra 可由右侧公式求出，以微米(μm)表示。	
十点平均值	※2) RzJIS	从粗曲线上沿平均线方向选取基准长度，在选取的部分中，分别算出 5 个连续波峰绝对值的平均值(Yp)和 5 个连续波谷绝对值的平均值(Yv)，然后相加，以微米(μm)表示。	

右表列出了最大值 Rz^{※1)}、十点平均值 RzJIS^{※2)}、算术平均值 Ra 的各等级数值、基准长度 M 的标准值以及三角记号。

※1) 最大高度记号 Rz 遵从 JIS B 0601:2001。(旧规格是 Ry)

※2) 十点平均值记号 RzJIS 按照 JIS B 0601:2001 的新规定。(旧规格中为 Rz)

● 三角符号表示的关系

最大高度 ※1) Rz 的等级数值	算术平均 值 Ra 的等级数值	十点平均值 ※2) RzJIS 的等级数值	标准长度 ℓ 的标准值	※ 三角记号
(0.05) 0.1 0.2 0.4	(0.012) 0.025 0.05 0.10	(0.05) 0.1 0.2 0.4	0.25	▽▽▽▽
0.8	0.20	0.8	0.8	▽▽▽
1.6 3.2 6.3	0.40 0.80 1.6	1.6 3.2 6.3		
12.5 (18) 25	3.2 6.3	12.5 (18) 25		
(35) 50 (70) 100	12.5 25	(35) 50 (70) 100	8	▽
(140) 200 (280) 400 (560)	(50) (100)	(140) 200 (280) 400 (560)	—	—

[备考] () 内的等级数值，除非十分必要，请尽量不要使用。
※ 鉴于 JIS 在 1994 年进行的修订，
废止了三角形 (J) 和波形 (~) 这两个精加工符号。

技术指导的编制

主要参考了以下资料。

- 加工技术数据文件 (财) 机械振兴协会 编
- JIS 手册工具 日本规格协会 编
- 硬质工具用语集 硬质工具协会 编
- 机械工作手册 工作机械研究会 编
- 切削加工技术便览 切削加工技术便览编辑委员会 编
- 孔加工手册 切削油技术研究会 编