

目 录

第一部分 车削用量选择

一、切削要素	1	材料螺纹的切削用量	22
二、车削用量选择举例	1	表1.19 硬质合金车刀加工时的主切削力	23
三、车削用量标准	4	表1.20 硬质合金车刀车削钢料时的径向切削力	24
表1.1 车刀刀杆及刀片尺寸的选择	4	表1.21 硬质合金车刀车削钢料时的进给力	25
表1.2 硬质合金的应用范围分类和用途分组 (GB2075-87)	5	表1.22 硬质合金车刀车削灰铸铁时的径向切削力	26
表1.3 车刀切削部分的几何形状	6	表1.23 硬质合金车刀车削灰铸铁时的进给力	27
表1.4 硬质合金及高速钢车刀粗车外圆和端面的进给量	9	表1.24 硬质合金车刀车削钢料时消耗的功率	28
表1.5 硬质合金及高速钢镗刀粗镗孔的进给量	11	表1.25 硬质合金车刀车削灰铸铁时消耗的功率	29
表1.6 硬质合金外圆车刀半精车的进给量	13	表1.26 车削时的入切量及超切量	30
表1.7 切断及切槽的进给量	13	四、车削用量的计算公式	30
表1.8 成形车削时的进给量	14	表1.27 车削时切削速度的计算公式	30
表1.9 车刀的磨钝标准及寿命	14	表1.28 车削过程使用条件改变时的修正系数	31
表1.10 用 YT15 硬质合金车刀车削碳钢、铬钢、镍铬钢及铸钢时的切削速度	15	表1.29 车削过程切削力及切削功率的计算公式	37
表1.11 用 YG6 硬质合金车刀车削灰铸铁时的切削速度	16	表1.29-1 钢和铸铁的强度和硬度改变时切削力的修正系数 k_{MF}	38
表1.12 涂层硬质合金车刀的切削用量	17	表1.29-2 加工钢及铸铁时刀具几何参数改变时切削力的修正系数	39
表1.13 陶瓷车刀的切削用量	17	五、常用车床的技术资料	40
表1.14 立方氮化硼车刀的切削用量	19	表1.30 C620-1型卧式车床	40
表1.15 金刚石车刀的切削用量	20	表1.31 CA6140型卧式车床	41
表1.16 用高速钢螺纹车刀车削普通及梯形螺纹时的走刀次数	21		
表1.17 用硬质合金螺纹车刀车削普通及梯形螺纹时的走刀次数	21		
表1.18 高速钢及硬质合金车刀车削不同			

第二部分 孔加工切削用量选择

一、切削要素	42	表2.4 铸铁群钻切削部分几何参数	47
二、钻削用量选择举例	42	表2.5 扩孔钻的几何参数	48
三、钻、扩、铰用量标准	44	表2.6 铰刀的几何参数	49
表2.1 高速钢钻头切削部分的几何形状	44	表2.7 高速钢钻头钻孔时的进给量	50
表2.2 高速钢钻头的几何参数	46	表2.8 钻头强度所允许的进给量	51
表2.3 钴钢群钻切削部分几何参数	46	表2.9 机床进给机构强度所允许的钻削	

	进给量	52	(参考值)	65
表2.10	高速钢和硬质合金扩孔钻扩孔时的进给量	53	表2.25 硬质合金铰刀铰孔时的切削用量(参考值)	66
表2.11	高速钢及硬质合金机铰刀铰孔时的进给量	53	表2.26 硬质合金枪铰刀铰孔的切削用量	68
表2.12	钻头、扩孔钻和铰刀的磨钝标准及寿命	54	表2.27 金刚石枪铰刀铰孔的切削用量	68
表2.13	高速钢钻头钻碳钢及合金钢时的切削速度(使用切削液)	55	表2.28 立方氮化硼枪铰刀铰孔的切削用量	68
表2.14	孔加工时钢的加工性分类	55	表2.29 钻孔时的入切量和超切量	68
表2.15	高速钢钻头钻灰铸铁时的切削速度	57	四、钻、扩、铰削用量的计算公式	69
表2.16	群钻加工钢时的切削用量	57	表2.30 钻、扩和铰孔时切削速度的计算公式	69
表2.17	群钻加工铸铁时的切削用量	58	表2.31 钻、扩及铰孔时使用条件改变时切削速度的修正系数	70
表2.18	硬质合金钻头钻削不同材料的切削用量	59	表2.32 钻孔时轴向力、扭矩及功率的计算公式	77
表2.19	高速钢钻头钻孔时的轴向力	60	表2.33 加工条件改变时钻孔轴向力及扭矩的修正系数	77
表2.20	高速钢钻头钻钢时的扭矩	61	表2.34 群钻加工时轴向力及扭矩的计算公式	78
表2.21	高速钢钻头钻铸铁时的扭矩	62	五、常用钻床的技术资料	79
表2.22	高速钢钻头钻钢时消耗的功率	63	表2.35 Z525型立式钻床	79
表2.23	高速钢钻头钻灰铸铁时消耗的功率	64	表2.36 Z550型立式钻床	79
表2.24	高速钢铰刀铰孔时的切削用量			

第三部分 铣削用量选择

一、铣削要素	80	表3.7 铣刀磨钝标准	88
二、高速钢圆柱铣刀铣削用量选择		表3.8 铣刀平均寿命	89
举例	81	表3.9 高速钢镶齿圆柱铣刀铣削钢料时的切削用量(用切削液)	89
三、硬质合金端铣刀铣削用量选择		表3.10 高速钢细齿圆柱铣刀铣削钢料时的切削用量(用切削液)	91
举例	82	表3.11 高速钢镶齿圆柱铣刀铣削灰铸铁时的切削用量	92
四、铣削用量标准	84	表3.12 高速钢细齿圆柱铣刀铣削灰铸铁时的切削用量	93
表3.1 铣刀直径的选择(参考)	84	表3.13 高速钢立铣刀在钢料上铣槽的切削用量(用切削液)	93
表3.2 铣刀切削部分的几何形状	84	表3.14 高速钢立铣刀在灰铸铁上铣槽的切削用量	94
表3.3 高速钢端铣刀、圆柱铣刀和盘铣刀加工时的进给量	86	表3.15 YT15 硬质合金端铣刀铣削碳钢铬钢及镍铬钢的切削用量	95
表3.4 高速钢立铣刀、角铣刀、半圆铣刀、切槽铣刀和切齿铣刀加工时的进给量	87	表3.16 YG6 硬质合金端铣刀铣削灰铸铁的切削用量	96
表3.5 硬质合金面铣刀、圆柱铣刀和圆盘铣刀加工平面和凸台时的进给量	88		
表3.6 硬质合金立铣刀加工平面和凸台时的进给量	88		

表3.17 涂层硬质合金铣刀的切削用量.....98	表3.24 硬质合金端铣刀铣削灰铸铁时 消耗的功率105
表3.18 金刚石端铣刀端铣平面的切 削用量.....99	表3.25 圆柱铣刀铣削时的入切量及超 切量106
表3.19 高速钢圆柱铣刀铣削钢料时消 耗的功率100	表3.26 端铣刀铣削时的入切量及超切量 ...106
表3.20 高速钢圆柱铣刀铣削灰铸铁时 消耗的功率101	五、铣削用量计算公式.....107
表3.21 高速钢立铣刀铣削钢料时耗消 的功率102	表3.27 铣削时切削速度的计算公式107
表3.22 高速钢立铣刀铣削灰铸铁时消 耗的功率103	表3.28 铣削时铣削力、扭矩和功率的 计算公式110
表3.23 硬质合金端铣刀铣削钢料时消 耗的功率104	六、常用铣床的技术资料111
	表3.29 X61W型万能铣床111
	表3.30 XA6132型万能铣床和XA5032 型立铣床111

第四部分 齿轮加工切削用量选择

表4.1 模数铣刀刀号与所切齿轮的齿数.....112	HBS) 蜗轮的进给量115
表4.2 高速钢单头滚刀加工35与45钢(156~ 207HBS)圆柱齿轮的进给量113	表4.8 高速钢齿轮刀具磨钝标准.....115
表4.3 模数铣刀加工35与45钢(156~ 207HBS)圆柱齿轮的进给量113	表4.9 插齿时的超越行程值.....115
表4.4 高速钢插齿刀加工35与45钢 (156~207HBS)圆柱齿 轮的进给量.....114	表4.10 齿轮刀具切削速度计算公式115
表4.5 高速钢花键滚刀加工35与45钢 (156~207HBS)花键轴的 进给量.....114	表4.11 高速钢滚刀对碳钢齿轮(190HBS) 粗滚齿时的切削用量117
表4.6 加工材料力学性能改变时进给量 的修正系数.....114	表4.12 高速钢滚刀精加工预切出齿槽 的齿轮切削速度118
表4.7 高速钢蜗轮滚刀加工灰铸铁 (170~210HBS)和青铜(120	表4.13 高速钢插齿刀在立式插齿机上 插齿时的切削速度118
	表4.14 模数铣刀加工圆柱与圆锥齿轮 和蜗轮滚刀加工蜗轮的切削 速度119
	表4.15 齿轮加工时切削功率的计算公式 ...119
	参考文献120

第一部分 车削用量选择

一、切削要素

v_c ——切削速度 (m/min), $v_c = \frac{\pi d n}{1000}$

d ——工件外径 (mm);

n ——工件转数 (r/min);

a_p ——切削深度 (mm);

f ——进给量 (mm/r);

T ——刀具寿命 (min)。

二、车削用量选择举例

〔已知〕

加工材料——40Cr 钢, $\sigma_b = 700 \text{ MPa}$,
锻件, 有外皮;

工件尺寸——坯件 $D = 70 \text{ mm}$, 车削后
 $d = 60 \text{ mm}$, 加工长度 = 280 mm, 见图1-1;

加工要求——车削后表面粗糙度为 R_a
 $3.2 \mu\text{m}$;

车床——C620-1, 工件两端支承在
顶尖上。

〔试求〕

- 1) 刀具
- 2) 切削用量
- 3) 基本工时

〔解〕

由于工件是锻造毛坯, 加工余量达 5 mm, 而加工要求又较高 ($R_a 3.2 \mu\text{m}$), 故分两次走刀, 粗车加工余量取为 4 mm, 半精车加工余量取为 1 mm。

1. 粗车

(1) 选择刀具

1) 选择直头焊接式外圆车刀 (最好选择机夹可转位车刀, 这种刀具的结构及设计将在刀具设计中讲授)。

2) 根据表 1.1, 由于 C620-1 车床的中心高为 200 mm (表 1.30), 故选刀杆尺寸 $B \times H = 16 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$, 刀片厚度为 4.5 mm。

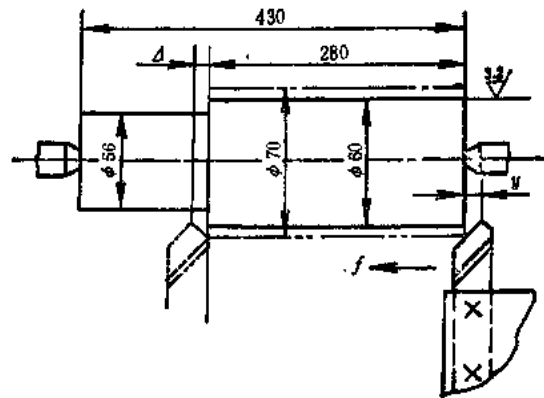


图1-1 车削用量选择举例

3) 根据表1.2, 粗车带外皮的锻件毛坯, 可选择 YT5 牌号硬质合金。

4) 车刀几何形状 (表1.3); 选择卷屑槽带倒棱前刀面, $\kappa_r = 60^\circ$, $\kappa'_r = 10^\circ$, $\alpha_o = 6^\circ$, $\gamma_o = 12^\circ$, $\lambda_s = 0^\circ$, $r_c = 1.0\text{mm}$, $\gamma_{o1} = -10^\circ$, $b_{r1} = 0.4\text{mm}$ 。卷屑槽尺寸为 $r_{Bn} = 5\text{mm}$, $W_{Bn} = 5\text{mm}$, $C_{Bn} = 0.7\text{mm}$ (卷屑槽尺寸根据以后选择的进给量确定)。

(2) 选择切削用量

1) 确定切削深度 a_p 。由于粗加工余量仅为4mm, 可在一次走刀内切完, 故

$$a_p = \frac{70 - 62}{2} \text{mm} = 4\text{mm}$$

2) 确定进给量 f 。根据表1.4, 在粗车钢料、刀杆尺寸为16mm×25mm、 $a_p = 3 \sim 5\text{mm}$ 以及工件直径为60~100mm时

$$f = 0.4 \sim 0.7\text{mm/r}$$

按 C620-1 车床说明书选择

$$f = 0.55\text{mm/r}$$

确定的进给量尚需满足车床进给机构强度的要求, 故需进行校验。

根据 C620-1 车床说明书, 其进给机构允许的进给力 $F_{\max} = 3530\text{N}$ 。

根据表 1.21, 当钢的强度 $\sigma_b = 680 \sim 810\text{MPa}$, $a_p \leq 4\text{mm}$, $f \leq 0.75\text{mm/r}$, $\kappa_r = 45^\circ$, $v_c = 65\text{m/min}$ (预计) 时, 进给力为 $F_f = 1820\text{N}$ 。

切削时 F_f 的修正系数为 $k_{v_oFf} = 1.0$, $k_{\lambda_oFf} = 1.0$, $k_{\kappa_rFf} = 1.11$ (见表1.29-2), 故实际进给力为

$$F_f = 1820 \times 1.11\text{N} = 2020\text{N}$$

由于切削时的进给力小于车床进给机构允许的进给力, 故所选 $f = 0.55\text{mm/r}$ 的进给量可用。

3) 选择车刀磨钝标准及寿命。根据表1.9, 车刀后刀面最大磨损量取为1mm, 车刀寿命 $T = 60\text{min}$ 。

4) 确定切削速度 v_c 。切削速度 v_c 可根据公式计算, 也可直接由表中查出。

根据表1.10, 当用 YT15 硬质合金车刀加工 $\sigma_b = 630 \sim 700\text{MPa}$ 钢料, $a_p \leq 7\text{mm}$, $f \leq 0.54\text{mm/r}$, 切削速度 $v_t = 109\text{m/min}$ 。

切削速度的修正系数为 $k_{t_v} = 0.65$, $k_{r_v} = 0.92$, $k_{a_v} = 0.8$, $k_{T_v} = 1.0$, $k_{k_v} = 1.0$ (均见表1.28), 故

$$v'_c = v_t k_v = 109 \times 0.65 \times 0.92 \times 0.8\text{m/min} = 52.1\text{m/min}$$

$$n = \frac{1000 v'_c}{\pi D} = \frac{1000 \times 52.1}{\pi \times 70} \text{r/min} = 237\text{r/min}$$

根据 C620-1 车床说明书, 选择

$$n_o = 230\text{r/min}$$

这时实际切削速度 v_c 为

$$v_c = \frac{\pi D n_o}{1000} = \frac{\pi \times 70 \times 230}{1000} \text{m/min} = 51\text{m/min}$$

切削速度的计算也可根据表1.27进行

$$v_c = \frac{C_v}{T^m a_p^{x_v} f y_v} k_v$$

式中 $k_v = k_{Mv} k_{tv} k_{sv} k_{TV} k_{kv}$

$$\begin{aligned} \text{故 } v_c &= \frac{242}{60^{0.2} \times 4^{0.15} \times 0.55^{0.35}} \times \frac{650}{700} \\ &\quad \times 0.65 \times 0.92 \times 0.8 \times 1 \times 1 \text{ m/min} \\ &= 47.5 \text{ m/min} \\ n &= \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 47.5}{\pi \times 70} \text{ r/min} = 216 \text{ r/min} \end{aligned}$$

按 C620-1 车床说明书, 选择 $n_c = 230 \text{ r/min}$, 与查表结果相同, 这时 $v_c = 51 \text{ m/min}$ 。

5) 校验机床功率 切削时的功率可由表查出, 也可按公式进行计算。

由表 1.24, 当 $\sigma_b = 580 \sim 970 \text{ MPa}$, $a_p \leq 4 \text{ mm}$, $f \leq 0.6 \text{ mm/r}$, $v_c \leq 57 \text{ m/min}$ 时, $P_o = 3.4 \text{ kW}$ 。

切削功率的修正系数 $k_{krP_o} = k_{krF_o} = 0.94$, $k_{v_oP_o} = k_{v_oF_o} = 1.0$ (表 1.29-2), 故实际切削时的功率为 $P_c = 3.4 \times 0.94 \text{ kW} = 3.2 \text{ kW}$ 。

切削功率也可根据公式计算, 这时 $P_o = F_o v_c / 6 \times 10^4$ (表 1.29)。式中 F_o 可由表 1.19 查出, 当 $\sigma_b = 580 \sim 970 \text{ MPa}$, $a_p \leq 4 \text{ mm}$, $f < 0.6 \text{ mm/r}$, $v_c \leq 55 \text{ m/min}$ 时, $F_o = 3630 \text{ N}$ 。切削力 F_o 的修正系数为 $k_{krF_o} = 0.94$, $k_{v_oF_o} = 1.0$ (表 1.28), $F_o = 3630 \times 0.94 \text{ N} = 3412 \text{ N}$, 故

$$P_o = F_o v_c / 6 \times 10^4 = (3412 \times 51 / 6 \times 10^4) \text{ kW} = 2.9 \text{ kW}$$

根据 C620-1 车床说明书, 当 $n_c = 230 \text{ r/min}$ 时, 车床主轴允许功率 $P_E = 5.9 \text{ kW}$, 因 $P_c < P_E$, 故所选择之切削用量可在 C620-1 车床上进行。

最后决定的车削用量为

$$a_p = 4 \text{ mm}, f = 0.55 \text{ mm/r}, n = 230 \text{ r/min}, v_c = 51 \text{ m/min}。$$

(3) 计算基本工时

$$t_m = \frac{L}{nf}$$

式中 $L = l + y + \Delta$, $l = 280 \text{ mm}$, 根据表 1.26, 车削时的入切量及超切量 $y + \Delta = 4.3 \text{ mm}$ 则 $L = 280 + 4.3 \text{ mm} = 284.3 \text{ mm}$, 故

$$t_m = \frac{284.3}{230 \times 0.55} \text{ min} = 2.25 \text{ min}$$

2. 半精车

(1) 选择刀具

车刀形状、刀杆尺寸及刀片厚度均与粗车相同。半精车的刀片牌号选为 YT15, 车刀几何形状为 (表 1.3): $\kappa_r = 45^\circ$, $\kappa'_r = 5^\circ$, $\gamma_o = 12^\circ$, $\alpha_o = 8^\circ$, $\lambda_s = 3^\circ$, $r_t = 1.0 \text{ mm}$, $\gamma_{o1} = -5^\circ$, $b_{v1} = 0.3 \text{ mm}$ 。卷屑槽尺寸为 $r_{Bn} = 4 \text{ mm}$, $W_{Bn} = 3.5 \text{ mm}$, $C_{Bn} = 0.4 \text{ mm}$ 。

(2) 选择切削用量

1) 决定切削深度 a_p

$$a_p = \frac{62 - 60}{2} \text{ mm} = 1 \text{ mm}$$

2) 决定进给量 f 半精加工进给量主要受加工表面粗糙度的限制。根据表 1.6, 当表面粗糙度为 $R_a 3.2 \mu\text{m}$, $r_c = 1.0 \text{ mm}$, $v > 50 \text{ m/min}$ (预计) 时, $f = 0.3 \sim 0.35 \text{ mm/r}$ 。

根据 C620-1 车床说明书, 选择 $f = 0.3 \text{ mm/r}$ 。

3) 选择车刀磨钝标准及寿命 根据表 1.9, 选择车刀后刀面最大磨损量为 0.4 mm , 刀具寿命 $T = 60 \text{ min}$ 。

4) 决定切削速度 v_c 。根据表 1.10, 当 $\sigma_b = 630 \sim 700 \text{ MPa}$, $a_p \leq 1.4 \text{ mm}$, $f \leq 0.38 \text{ mm/r}$ 时, $v_t = 156 \text{ m/min}$, 切削速度的修正系数均为 1, 故 $v'_c = 156 \text{ m/min}$ 。

$$n = \frac{1000 v'_c}{\pi D} = \frac{1000 \times 156}{\pi \times 62} \text{ r/min} = 801 \text{ r/min}$$

根据 C620-1 车床说明书, 选择

$$n_0 = 770 \text{ r/min}$$

这时实际切削速度 v_c 为

$$v_c = \frac{\pi D n_0}{1000} = \frac{\pi \times 62 \times 770}{1000} \text{ m/min} = 150 \text{ m/min}$$

5) 校验机床功率 根据表 1.24, 当 $\sigma_b = 580 \sim 970 \text{ MPa}$, $a_p \leq 2 \text{ mm}$, $f \leq 0.30 \text{ mm/r}$, $v_c \leq 162 \text{ m/min}$ 时, $P_c = 2.4 \text{ kW}$ 。

根据 C620-1 车床说明书, 当 $n_0 = 770 \text{ r/min}$ 时, 主轴允许功率为 5.5 kW 。由于 $P_c < P_E$, 故选择的切削用量可用, 即

$$a_p = 1 \text{ mm}, f = 0.3 \text{ mm/r}, n = 770 \text{ r/min}, v_c = 150 \text{ m/min}。$$

(3) 计算基本工时

$$t_m = \frac{L}{n f}$$

根据表 1.26, $g + \Delta = 2 \text{ mm}$, 故 $L = (280 + 2) \text{ mm} = 282 \text{ mm}$

$$t_m = \frac{282}{770 \times 0.30} \text{ min} = 1.22 \text{ min}$$

三、车削用量标准

表 1.1 车刀刀杆及刀片尺寸的选择

1. 刀杆尺寸								
断面形状	尺寸 $B \times H$ (mm × mm)							
矩形刀杆	10 × 16	12 × 20	16 × 25	20 × 30	25 × 40	30 × 45	40 × 60	50 × 80
方形刀杆	12 × 12	16 × 16	20 × 20	25 × 25	30 × 30	40 × 40	50 × 50	65 × 65
2. 根据车床中心高选择刀杆尺寸								
车床中心高 (mm)	150	180 ~ 200	260 ~ 300	350 ~ 400				
刀杆横断面 $B \times H$ (mm × mm)	12 × 20	16 × 25	20 × 30	25 × 40				

(续)

应用范围分类		用途分组		硬质合金牌号	性能提高方向		
代号	被加工材料	代号	被加工材料适应的加工条件		切削性能	材料性能	
K	短切屑的黑色金属、有色金属及非金属材料	红色	K01	特硬灰铸铁、硬度大于85HS的冷硬铸铁、高硅铝合金、淬火锅、高耐磨塑料、硬纸板、陶瓷	车削、精车、镗削、铣削、刮削	YG3, YG3X, YD05①, B60①, YG600②, YG610②	↑ 切削速度 ↑ 进给量 ↑ 耐用性 ↑ 切削性能
			K10	硬度大于220HBS的灰铸铁、可锻铸铁、淬火锅、硅铝合金、铜合金、塑料、玻璃、硬橡胶、硬纸板、瓷器、石材	车削、铣削、钻削、铰削、拉削、刮削	YG6X, YG6A, YD10①, YD16①, YDS15①, YM051①, YM052①, YM053①, YG616②, YG643②, YT726②, YG813②, YG532②	
			K20	硬度小于220HBS的灰铸铁、有色金属、铜、黄铜、铝	车削、铣削、刨削、铰削、拉削、要求韧性很好的硬质合金	YG6, YG8N, YDS15①, YG813②, YG532②	
			K30	低硬度灰铸铁、低强度钢、压缩木料	在不利条件下和允许具有大切削角的车削、铣削、刨削、切槽加工	YG8, YG8N, YS2①, YG640②, YG546②	
			K40	软木或硬木、有色金属	在不利条件下和允许具有大切削角的车削、铣削、刨削、切槽加工	YG640②, YG546②	

注：1. 不利条件系指原材料或带表皮的铸件或锻件，其硬度不均、切削深度不均、间断切削以及在有振动的情况下工作等。

2. 牌号后注有①者为株洲硬质合金厂产品，注有②者为自贡硬质合金厂产品。

表1.3 车刀切削部分的几何形状

1. 前刀面形状

高速钢车刀

名称	I型 平面型	II型 平面带倒棱型	III型 卷屑槽带倒棱型
简图			
应用范围	加工铸铁；在 $f \leq 0.2 \text{ mm/r}$ 时加工钢料；刃形复杂的车刀	在 $f > 0.2 \text{ mm/r}$ 时加工钢料	加工钢料时保证卷屑

硬质合金车刀

名称	I型 平面型	II型 平面带倒棱型	III型 卷屑槽带倒棱型
简图			
应用范围	当前角为负值时，在系统刚性很好时加工 $\sigma_b > 800 \text{ MPa}$ 的钢料；当前角为正值时，加工脆性材料；在吃刀量及进给量很小时精加工 $\sigma_b \leq 800 \text{ MPa}$ 的钢料	加工灰铸铁和可锻铸铁；加工 $\sigma_b \leq 800 \text{ MPa}$ 的钢料；在系统刚性较差时，加工 $\sigma_b > 800 \text{ MPa}$ 的钢料	在 $a_p = 1 \sim 5 \text{ mm}$ 、 $f \geq 0.3 \text{ mm/r}$ 时，加工 $\sigma_b \leq 800 \text{ MPa}$ 的钢料，保证卷屑

(续)

2. 车刀的前角及后角

高速钢车刀			
加工材料	前角 γ_0 (°)	后角 α_0 (°)	
钢和铸钢	$\sigma_b = 400 \sim 500 \text{MPa}$	25~30	8~12
	$\sigma_b = 700 \sim 1000 \text{MPa}$	5~10	5~8
加工材料	前角 γ_0 (°)	后角 α_0 (°)	
镍铬钢和铬钢 $\sigma_b = 700 \sim 800 \text{MPa}$	5~15	5~7	
灰铸铁	160~180HBS	12	6~8
	220~260HBS	6	6~8
可锻铸铁	140~160HBS	15	6~8
	170~190HBS	12	6~8
铜、铝、巴氏合金	25~30	8~12	
中硬青铜及黄铜	10	8	
硬青铜	5	6	
钨	20	15	
镍	20~25	12~15	
铝合金	30	10~12	
镁合金	25~35	10~15	
硬质合金车刀			
加工材料	前角 γ_0 (°)	后角 α_0 (°)	
结构钢、合金钢、铸钢	$\sigma_b < 800 \text{MPa}$	10~15	6~8
	$\sigma_b = 800 \sim 1000 \text{MPa}$	5~10	6~8
高强度钢及表面有夹杂的铸钢 $\sigma_b > 1000 \text{MPa}$	-5~-10	6~8	
不锈钢1Cr18Ni9Ti	15~30	8~10	
耐热钢 $\sigma_b = 700 \sim 1000 \text{MPa}$	10~12	8~10	
锻轧高温合金	5~10	10~15	
铸造高温合金	0~5	10~15	
钛合金	5~15	10~15	
淬硬钢40HRC以上	-5~-10	8~10	
高锰钢	-5~-5	8~12	
铬锰钢	-2~-5	8~10	
灰铸铁、青铜、脆青铜	5~15	6~8	
切黄铜	15~25	8~12	
紫铜	25~35	8~12	
铝合金	20~30	8~12	

(续)

加工材料	前角 γ_r (°)	后角 α_o (°)
纯铁	25~35	8~10
纯铸铁	5~15	8~12
纯铝铸件、烧结铝棒	15~35	6

3. 主偏角

工作条件	主偏角 κ_r (°)
在系统刚性特别好的条件下以小切削深度进行精车。工件硬度很高，车削冷硬铸铁及淬硬钢	10~30
在系统刚性较好($l/d < 6$)条件下加工，加工盘套之类工件	30~45
在系统刚性较差($l/d = 6 \sim 12$)条件下车削、刨削及镗孔	60~75
在毛坯上不留小凸柱的切断车刀	80
在系统刚性差($l/d > 12$)条件下加工，车阶梯表面、车端面、切槽及切断	90~93

4. 副偏角

工作条件	副偏角 κ'_r (°)
宽刃车刀及具有修光刃的车刀、刨刀	0
切槽及切断	1~3
精车，精刨	5~10
粗车，粗刨	10~15
粗镗	15~20
有中间切入的切削	30~45

5. 刃倾角

工作条件	刃倾角 λ_s (°)
精车及精镗	0~5
$\kappa_r = 90^\circ$ 车刀的车削及镗孔、切断及切槽	0
钢料的粗车及粗镗	0~-5
铸铁的粗车及粗镗	-10
带冲击的不连续车削、刨削	-10~-15
带冲击加工淬硬钢	-30~-45

6. 刀尖圆弧半径

车刀种类及材料	加工性质	车刀尺寸 $B \times H$ (mm × mm)					
		12 × 20	16 × 25 20 × 20	20 × 30 25 × 25	25 × 40 30 × 30	30 × 45 40 × 40以上	
		刀尖圆弧半径 r_s (mm)					
外圆车刀、 端面车刀、 镗刀	高速钢	粗加工	1~1.5	1~1.5	1.5~2.0	1.5~2.0	—
		精加工	1.5~2.0	1.5~2.0	2.0~3.0	2.0~3.0	—
	硬质合金	粗、精加工	0.3~0.5	0.4~0.8	0.5~1.0	0.5~1.5	1.0~2.0
切断及切槽刀		0.2~0.5					

(续)

7. 过渡刃尺寸		
车刀种类	过渡刃长度 b_g (mm)	过渡刃偏角 κ_{rB} ($^\circ$)
切槽刀	$\approx 0.25B$ ①	75
切断刀	0.5~1.0	45
硬质合金外圆车刀	≤ 2.0	$\approx \frac{1}{2}\kappa_r$

① B 表示切槽刀宽度。

8. 倒棱前角及倒棱宽度			
刀具材料	加工材料	倒棱前角 γ_{a1} ($^\circ$)	倒棱宽度 b_{γ_1} (mm)
高速钢	结构钢	0~5	$(0.8\sim 1.0)f$
硬质合金	低碳钢、不锈钢	-5~-10	$\leq 0.5f$
	中碳钢、合金钢	-10~-15	$(0.3\sim 0.8)f$
	灰铸铁	-5~-10	$\leq 0.5f$

9. 卷屑槽尺寸						
刀具材料	卷屑槽尺寸 (mm)	车刀尺寸 $B \times H$ (mm \times mm)				
		12 \times 20	16 \times 25 20 \times 20	20 \times 30 25 \times 25	25 \times 40 30 \times 30	
高速钢	圆弧半径 r_{Bn}	21~25	26~30	31~40	41~50	
	槽宽 W_{Bn}	5.5~7	7.5~8.5	9~10	11~13	
硬质合金	进给量 f (mm/r)	0.3	0.5	0.7	0.9	1.2
	倒棱宽 δ_{γ_1}	0.2	0.3	0.45	0.55	0.6
	圆弧半径 r_{Bn}	2.5	4	5	6.5	9.5
	槽宽 W_{Bn}	2.5	3.5	5	7	8.5
	槽深 C_{Bn}	0.3	0.4	0.7	0.95	1.0

表1.4 硬质合金及高速钢车刀粗车外圆和端面的进给量

加工材料	车刀刀杆尺寸 $B \times H$ (mm \times mm)	工件直径 (mm)	切削深度 a_p (mm)				
			≤ 3	$>3\sim 5$	$>5\sim 8$	$>8\sim 12$	12以上
			进给量 f (mm/r)				
结构钢、耐热合金	16 \times 25	20	0.3~0.4	—	—	—	—
		40	0.4~0.5	0.3~0.4	—	—	—
		60	0.5~0.7	0.4~0.6	0.3~0.5	—	—
		100	0.6~0.9	0.5~0.7	0.5~0.6	0.4~0.5	—
		400	0.8~1.2	0.7~1.0	0.6~0.8	0.5~0.6	—

(续)

加工材料	车刀刀杆尺寸 $B \times H$ (mm × mm)	工件直径 (mm)	切削深度 a_p (mm)				
			≤3	>3~5	>5~8	>8~12	12以上
			进给量 f (mm/r)				
碳素结构钢、合金结构钢、耐热钢	20 × 30 25 × 25	20	0.3~0.4	—	—	—	—
		40	0.4~0.5	0.3~0.4	—	—	—
		60	0.6~0.7	0.5~0.7	0.4~0.6	—	—
		100	0.8~1.0	0.7~0.9	0.5~0.7	0.4~0.7	—
		600	1.2~1.4	1.0~1.2	0.8~1.0	0.6~0.8	0.4~0.6
	25 × 40	60	0.6~0.9	0.5~0.8	0.4~0.7	—	—
		100	0.8~1.2	0.7~1.1	0.6~0.9	0.5~0.8	—
		1000	1.2~1.5	1.1~1.5	0.9~1.2	0.8~1.0	0.7~0.8
	30 × 45	500	1.1~1.4	1.1~1.4	1.0~1.2	0.8~1.2	0.7~1.1
	40 × 60	2500	1.3~2.0	1.3~1.8	1.2~1.6	1.1~1.5	1.0~1.5
铸铁、铜合金	16 × 25	40	0.4~0.5	—	—	—	—
		60	0.6~0.8	0.5~0.8	0.4~0.6	—	—
		100	0.8~1.2	0.7~1.0	0.6~0.8	0.5~0.7	—
		400	1.0~1.4	1.0~1.2	0.8~1.0	0.6~0.8	—
	26 × 30 25 × 25	40	0.4~0.5	—	—	—	—
		60	0.6~0.9	0.5~0.8	0.4~0.7	—	—
		160	0.9~1.3	0.8~1.2	0.7~1.0	0.5~0.8	—
	25 × 40	600	1.2~1.8	1.2~1.6	1.0~1.3	0.9~1.1	0.7~0.9
		60	0.6~0.8	0.5~0.8	0.4~0.7	—	—
		100	1.0~1.4	0.9~1.2	0.8~1.0	0.6~0.9	—
	30 × 45 40 × 60	1000	1.5~2.0	1.2~1.8	1.0~1.4	1.0~1.2	0.8~1.0
		500	1.4~1.8	1.2~1.6	1.0~1.4	1.0~1.3	0.9~1.2
		2500	1.6~2.4	1.6~2.0	1.4~1.8	1.3~1.7	1.2~1.7

注：1. 加工断续表面及有冲击地加工时，表内的进给量应乘系数 $k=0.75\sim 0.85$ 。

2. 加工耐热钢及其合金时，不采用大于 1.0mm/r 的进给量。

3. 加工淬硬钢时，表内进给量应乘系数 $k=0.8$ （当材料硬度为 $44\sim 56\text{HRC}$ 时）或 $k=0.6$ （当硬度为 $57\sim 62\text{HRC}$ 时）。

4. 可转位刀片的允许最大进给量不应超过其刀尖圆弧半径数值的 80% 。

表1.5 硬合金及高速钢镗刀粗镗孔的进给量

镗刀或镗杆 圆形镗刀 直径或方 形镗杆 伸出长度 尺寸 (mm)	加工材料										
	碳素结构钢、合金结构钢、耐热钢					铸铁、铜合金					
切削深度 a_p (mm)											
进给量 f (mm/r)											
	2	3	5	8	12	20	2	3	5	8	20

1. 车床和转塔车床

10	0.08	—	—	—	—	—	0.12~0.16	—	—	—	—
12	0.10	0.08	—	—	—	—	0.12~0.20	0.12~0.18	—	—	—
16	0.10~0.20	0.15	0.10	—	—	—	0.20~0.30	0.15~0.25	—	—	—
20	0.15~0.30	0.15~0.25	0.12	—	—	—	0.30~0.40	0.25~0.35	0.10~0.18	—	—
25	0.25~0.50	0.15~0.40	0.12~0.20	—	—	—	0.40~0.60	0.30~0.50	0.12~0.25	—	—
30	0.40~0.70	0.20~0.50	0.12~0.30	—	—	—	0.50~0.80	0.40~0.60	0.25~0.35	—	—
40	—	0.25~0.60	0.15~0.40	—	—	—	—	0.60~0.80	0.25~0.45	—	—
150	—	0.60~1.0	0.50~0.70	—	—	—	—	0.70~1.2	0.30~0.60	—	—
46×40	—	0.40~0.70	0.30~0.60	—	—	—	—	0.60~0.90	0.50~0.90	0.40~0.50	—
300	—	—	—	—	—	—	—	0.60~0.90	0.40~0.70	0.30~0.40	—
150	—	0.90~1.2	0.80~1.0	0.60~0.80	—	—	—	1.0~1.5	0.80~1.2	0.60~0.90	—
300	—	0.70~1.0	0.50~0.80	0.40~0.70	—	—	—	0.90~1.2	0.70~0.90	0.50~0.70	—
300	—	0.90~1.3	0.80~1.1	0.70~0.90	—	—	—	1.1~1.6	0.90~1.3	0.70~1.0	—
75×75	—	0.70~1.0	0.60~0.90	0.50~0.70	—	—	—	—	0.70~1.1	0.60~0.80	—
800	—	—	0.40~0.70	—	—	—	—	—	0.60~0.80	—	—

2. 立式车床

200	1.3~1.7	1.2~1.5	1.1~1.3	0.9~1.2	0.8~1.0	—	1.5~2.0	1.4~2.0	1.2~1.6	1.0~1.4	0.9~1.2
300	1.2~1.4	1.0~1.3	0.9~1.1	0.8~1.0	0.6~0.8	—	1.4~1.8	1.2~1.7	1.0~1.3	0.8~1.1	0.7~0.9
500	1.0~1.2	0.9~1.1	0.7~0.9	0.6~0.7	0.5~0.6	—	1.2~1.6	1.1~1.5	0.8~1.1	0.7~0.9	0.6~0.7
700	0.8~1.0	0.7~0.8	0.5~0.6	—	—	—	1.0~1.4	0.9~1.2	0.7~0.9	—	—

(续)

3. 卧式镗床

孔径 d (mm)	轴杆长度 L (mm)	加工材料									
		碳素结构钢、合金结构钢、耐热钢					铸铁、铜合金				
		切削深度 a_p (mm)									
		进给量 f (mm/r)									
		2	3	5	8	10	2	3	5	8	10
≤ 50	$L < 10d$	0.30~0.50	0.30~0.50	0.20~0.30	—	—	0.40~0.60	0.40~0.60	0.35~0.50	—	—
	$L = (10 \sim 20)d$	0.30~0.50	0.25~0.40	0.15~0.25	—	—	0.40~0.60	0.40~0.50	0.30~0.40	—	—
$> 30 \sim 150$	$L < 10d$	0.40~0.60	0.40~0.60	0.35~0.50	0.30~0.50	0.25~0.45	0.60~1.0	0.60~1.0	0.50~0.80	0.40~0.80	0.40~0.70
	$L = (10 \sim 20)d$	0.40~0.60	0.30~0.50	0.30~0.40	0.25~0.40	0.20~0.30	0.50~0.80	0.50~0.80	0.40~0.60	0.30~0.60	0.30~0.50
> 150	$L = (10 \sim 20)d$	—	0.40~0.60	0.40~0.60	0.30~0.50	0.20~0.30	—	0.60~1.0	0.50~0.80	0.40~0.80	0.40~0.70

最大切削深度 a_p (mm)

工件材料	键杆直径 (mm)					
	50	70	90	110	125	150
钢	3	5	8	10	12	15
灰铸铁	5	8	12	15	18	22

- 注: 1. 切削深度较小、加工材料强度较低时, 选给量取较大值; 切削深度较大、加工材料强度较高时, 选给量取较小值。
 2. 加工耐热钢及其合金钢时, 不采用大于 $1mm/r$ 的进给量。
 3. 加工断接表面及有冲击地加工时, 表内进给量乘系数 $0.75 \sim 0.85$ 。
 4. 加工淬硬钢时, 表内进给量乘系数 $k = 0.8$ (当材料硬度为 $44 \sim 56HRC$ 时) 或 $k = 0.5$ (当硬度为 $57 \sim 62HRC$ 时)。
 5. 卧式镗床的进给量适于单刃镗刀, 用双刃镗刀块加工时, 表内进给量乘系数 $1.4 \sim 1.6$ 。
 6. 可转位刀片的允许最大进给量不应超过其刀尖圆弧半径数值的 80% 。

表1.6 硬质合金外圆车刀半精车的进给量

工件材料	表面粗糙度 R_a (μm)	切削速度范围 (m/min)	刀尖圆弧半径 r_g (mm)		
			0.5	1.0	2.0
			进给量 f (mm/r)		
铸铁、青铜、铝合金	6.3	不 限	0.25~0.40	0.40~0.50	0.50~0.60
	3.2		0.15~0.25	0.25~0.40	0.40~0.60
	1.6		0.10~0.15	0.15~0.20	0.20~0.35
碳钢、合金钢	6.3	<50	0.30~0.50	0.45~0.60	0.55~0.70
		>50	0.40~0.55	0.55~0.65	0.65~0.70
	3.2	<50	0.18~0.25	0.25~0.30	0.3~0.40
		>50	0.25~0.30	0.30~0.35	0.35~0.50
	1.6	<50	0.10	0.11~0.15	0.15~0.22
		50~100	0.11~0.16	0.16~0.25	0.25~0.35
>100	0.16~0.20	0.20~0.25	0.25~0.35		

加工耐热合金及钛合金时进给量的修正系数($v > 50\text{m}/\text{min}$)

工 件 材 料	修正系数
TC5, TC6, TC2, TC4, TC8, TA6, BT14 Cr20Ni77Ti2Al, Cr20Ni77TiAlB, Cr14Ni70WMoTiAl(GH37)	1.0
1Cr13, 2Cr13, 3Cr13, 4Cr13, 4Cr14Ni14W2Mo, Cr20Ni78Ti, 2Cr23Ni18, 1Cr21Ni5Ti	0.9
1Cr12Ni2WMoV, 30CrNi2MoVA, 25Cr2MoVA, 4Cr12Ni8Mn8MoVNb, Cr9Ni2Mo10W5Co5Al5, 1Cr18Ni11SiTiAl, 1Cr15Ni35W3TiAl	0.8
1Cr11Ni20Ti3B, Cr12Ni22Ti3MoB	0.7
Cr19Ni9Ti, 1Cr18Ni9Ti	0.6
1Cr17Ni2, 3Cr14NiVBA, 18Cr3MoWV	0.5

注: 1. $r_g = 0.5\text{mm}$ 用于 $12\text{mm} \times 20\text{mm}$ 以下刀杆, $r_g = 1\text{mm}$ 用于 $30\text{mm} \times 30\text{mm}$ 以下刀杆, $r_g = 2\text{mm}$ 用于 $30\text{mm} \times 45\text{mm}$ 及以上刀杆。

2. 带修光刃的大进给切削法在进给量 $1.0 \sim 1.5\text{mm}/\text{r}$ 时可获得表面粗糙度 $R_a 3.2 \sim 1.6\mu\text{m}$; 宽刃精车刀的进给量还可更大些。

表1.7 切断及切槽的进给量

工件直径 (mm)	切刀宽度 (mm)	加 工 材 料	
		碳素结构钢、合金 结构钢及钢铸件	铸铁、铜合金及铝合金
		进给量 f (mm/r)	
≤ 20	3	0.06~0.08	0.11~0.14
>20~40	3~4	0.10~0.12	0.16~0.19
>40~60	4~5	0.13~0.16	0.20~0.24
>60~100	5~8	0.16~0.23	0.24~0.32
>100~150	6~10	0.18~0.25	0.30~0.40
>150	10~15	0.28~0.30	0.40~0.55

注: 1. 在直径大于 60mm 的实心材料上切断时, 当切刀接近零件轴线 0.5 倍半径时, 表中进给量应减小 $40\% \sim 50\%$ 。

2. 加工淬硬钢时, 表内进给量应减小 30% (当硬度 $< 60\text{HRC}$ 时) 或 50% (当硬度 $> 60\text{HRC}$ 时)。

3. 如切刀安装在六角头上时, 进给量应乘系数 0.3 。

表1.8 成形车削时的进给量

刀具宽度 (mm)	加工直径		
	20	25	>40
进给量 f (mm/r)			
8	0.03~0.08	0.04~0.09	0.040~0.090
10	0.03~0.07	0.04~0.085	0.040~0.085
15	0.02~0.055	0.035~0.075	0.040~0.080
20	—	0.03~0.060	0.040~0.080
30	—	—	0.035~0.070
40	—	—	0.030~0.060
≥50	—	—	(0.025~0.055)

注：1. 工件轮廓比较复杂且加工材料硬度较高时，取小的进给量；工件轮廓比较简单且加工材料硬度较低时，取大的进给量。

2. 括号内数值仅在加工直径≥60mm时采用。

表1.9 车刀的磨钝标准及寿命

磨钝标准	车刀类型	刀具材料	加工材料	加工性质	后刀面最大磨钝限度 (mm)
磨钝标准	外圆车刀、端面车刀、镗刀	高速钢	碳钢、合金钢、铸钢、有色金属	粗车	1.5~2.0
				精车	1.0
			灰铸铁、可锻铸铁	粗车	2.0~3.0
				半精车	1.5~2.0
			耐热钢、不锈钢	粗、精车	1.0
				硬质合金	碳钢、合金钢
		精车	0.4~0.6		
		铸铁	粗车		0.8~1.0
			精车		0.6~0.8
		耐热钢、不锈钢	粗、精车		0.8~1.0
		钛合金	精、半精车		0.4~0.5
		淬硬钢	精车		0.8~1.0
		切槽及切断刀	高速钢	钢、铸钢	—
灰铸铁	—			1.5~2.0	
硬质合金	钢、铸钢		—	0.4~0.6	
	灰铸铁		—	0.6~0.8	
成形车刀	高速钢	碳钢	—	0.4~0.5	
车刀寿命	刀具材料	硬质合金	高速钢		
		普通车刀	普通车刀	成形车刀	
	车刀寿命 T (min)	60	60	120	

注：以上为焊接车刀的寿命，机夹可转位车刀的寿命可适当降低，一般选为30min。

表1.12 涂层硬质合金车刀的切削用量

加工材料		硬 度 HBS	切削深度 a_p (mm)	进给量 f (mm/r)	切削速度 v_c (m/min)	加工材料		硬 度 HBS	切削深度 a_p (mm)	进给量 f (mm/r)	切削速度 v_c (m/min)
碳 钢	低 碳	125~225	1	0.18	260~290	高强度钢		225~350	1	0.18	150~185
			4	0.40	170~190				4	0.40	120~135
			8	0.50	135~150				8	0.50	90~105
	中 碳	175~275	1	0.18	220~240	高速钢		200~275	1	0.18	115~160
			4	0.40	145~160				4	0.40	90~130
			8	0.50	115~125				8	0.50	69~100
	高 碳	175~275	1	0.18	215~230	不 锈 钢	奥 氏 体	135~275	1	0.18	84~160
			4	0.40	145~150				4	0.40	76~135
			8	0.50	115~120				8	0.50	60~105
合 金 钢	低 碳	125~225	1	0.18	220~235	不 锈 钢	马 氏 体	175~325	1	0.18	120~260
			4	0.40	175~190				4	0.40	100~170
			8	0.50	135~145				8	0.50	76~135
	中 碳	175~275	1	0.18	185~200	灰 铸 铁		160~260	1	0.18	130~190
			4	0.40	135~160				4	0.40	105~160
			8	0.50	105~120				8	0.50	84~130
	高 碳	175~275	1	0.18	175~190	可 锻 铸 铁		160~240	1	0.25	185~235
			4	0.40	135~150				4	0.40	135~185
			8	0.50	105~120				8	0.50	105~145

表1.13 陶瓷车刀的切削用量

加工材料		硬 度 HBS	进 给 量 f (mm/r)	车 外 圆		镗 孔	
				切削深度 a_p (mm)	切削速度 v_c (m/min)	切削深度 a_p (mm)	切削速度 v_c (m/min)
碳 钢	低 碳	125~275	0.13	1	460~580	0.5	395~520
			0.25	4	320~425	3	260~365
			0.40	8	230~365	6	185~305
	中 碳	175~325	0.13	1	395~520	0.5	335~460
			0.25	4	230~365	3	185~305
			0.40	8	135~275	6	105~230
		325~425	0.102	1	305~365	0.5	245~305
			0.20	4	170~215	3	135~170
			0.30	8	105~135	6	76~105
高 碳	175~325	0.13	1	395~520	0.5	335~460	
		0.25	4	245~335	3	200~275	
		0.40	8	150~245	6	120~200	
	325~425	0.102	1	305~365	0.5	245~305	
		0.20	4	170~215	3	135~170	
		0.30	8	105~135	6	76~105	
合 金 钢	低 碳	125~325	0.13	1	395~580	0.5	335~520
			0.25	4	245~395	3	200~335
			0.40	8	185~335	6	135~275

(续)

加工材料		硬 度 HBS	进 给 量 f (mm/r)	车 外 圆		镗 孔	
				切削深度 a_p (mm)	切削速度 v_c (m/min)	切削深度 a_p (mm)	切削速度 v_c (m/min)
合 金 钢	低 碳	325~425	0.102	1	305~365	0.5	245~305
			0.20	4	170~215	3	136~170
			0.30	8	105~135	6	76~105
	中 碳	175~325	0.13	1	395~520	0.5	335~460
			0.25	4	235~360	3	185~295
			0.40	8	170~265	6	130~220
		325~425	0.102	1	305~365	0.5	245~305
			0.20	4	170~215	3	135~170
			0.30	8	105~135	6	76~105
	高 碳	45~56HRC	0.075	1	120~275	0.5	90~230
			0.15	4	76~135	3	46~105
		175~325	0.13	1	395~520	0.5	335~460
0.25			4	215~335	3	170~275	
0.40			8	150~245	6	120~200	
325~425		0.102	1	305~365	0.5	245~305	
	0.20	4	170~215	3	135~170		
	0.30	8	105~135	6	76~105		
45~56HRC	0.075	1	120~275	0.5	90~230		
	0.15	4	76~135	3	46~105		
高 强 度 钢	225~350	0.13	1	380~440	0.5	320~380	
		0.25	4	205~265	3	160~220	
		0.40	8	145~205	6	115~160	
	350~400	0.102	1	335	0.5	275	
		0.20	4	190	3	145	
		0.30	8	120	6	90	
	43~53HRC	0.075	1	185~275	0.5	135~230	
		0.15	4	105~135	3	76~105	
	52~58HRC	0.075	1	90~150	0.5	60~120	
		0.15	4	53~90	3	30~60	
	高 速 钢	200~275	0.13	1	420~460	0.5	360~395
			0.25	4	250~275	3	205~230
0.40			8	190~215	6	145~170	
不 锈 钢	奥 氏 体	135~275	0.13	1	365~425	0.5	305~365
			0.25	4	230~275	3	185~230
			0.40	8	135~185	6	105~135
	325~375	0.075	1	215	0.5	170	
		0.15	4	120	3	90	
		0.20	8	76	6	60	

(续)

加工材料		硬 度 HBS	进 给 量 f (mm/r)	车 外 圆		镗 孔		
				切削深度 a_p (mm)	切削速度 v_c (m/min)	切削深度 a_p (mm)	切削速度 v_c (m/min)	
不 锈 钢	马 氏 体	175~325	0.13	1	350~490	0.5	290~425	
			0.25	4	185~335	3	135~275	
			0.40	8	120~245	6	90~200	
		375~425	0.102	1	275	0.5	230	
			0.20	4	135	3	105	
			0.30	8	76	6	60	
	48~56HRC	0.075	1	120~200	0.5	90~150		
		0.15	4	76~105	3	46~76		
			8					
		灰 铸 铁	120~220	0.25	1	460~610	0.5	395~520
				0.40	4	305~460	3	245~395
				0.50	8	215~365	6	170~305
220~320	0.13		1	305~395	0.5	245~335		
	0.25		4	185~245	3	135~200		
	0.40		8	120~185	6	90~135		
可 锻 铸 铁	110~200	0.25	1	365~460	0.5	305~395		
		0.40	4	290~365	3	245~305		
		0.50	8	230~275	6	185~230		
	200~240	0.13	1	305	0.5	245		
		0.25	4	230	3	185		
		0.40	8	150	6	120		
白 口 铸 铁	400 (退火)	0.075	1	120	0.5	90		
		0.15	4	76	3	60		
		0.23	8	53	6	38		
	450~600HBW (铸造)	0.075	1	90	0.5	60		
		0.15	4	60	3	46		
		0.23	8	37	6	23		

注：陶瓷刀具应选用强度较高的组合陶瓷。

表1.14 立方氮化硼车刀的切削用量

组 别	加 工 材 料		切 削 深 度 a_p (mm)	进 给 量 f (mm/r)	切 削 速 度 v_c (m/min)
A 组 (CBN含量 40%~60%)	结构钢、合金钢、轴承钢、 碳素工具钢, 45~68HRC 合金工具钢45~68HRC		~0.5	~0.2	60~140
			~0.5	~0.2	50~100
	冷硬铸铁轧辊可锻 铸铁、铸钢等	50~75HS	~2.0	~1.0	70~150
		75~85HS	~2.0	~0.5	40~70
B 组 (CBN含量 65%~85%)	高速钢45~68HRC		~0.5	~0.2	40~100
	耐热合金	镍 钴 铁 基 基 它	~2.5	~0.15	~140
			~2.5	~0.15	~140
			~2.5	~0.15	~170
			~2.5	~0.15	~90
硬 质 合 金 铁 系 统 结 合 金		~1.0	~0.25	~30	
		~2.5	~0.25	~150	

表1.15 金刚石车刀的切削用量

加工材料		硬 度 HBS	切削深度 a_p (mm)	进 给 量 f (mm/r)	切削速度 v_c (m/min)	
					车 外 圆	镗 孔
铝合金	锻 轧	30~150	0.13~0.40	0.075~0.15	365~550	460
			0.40~1.25	0.15~0.30	245~365	305
			1.25~3.2	0.30~0.50	150~245	150
	铸 造	40~100	0.13~0.40	0.075~0.15	915	760
			0.40~1.25	0.15~0.30	760	610
			1.25~3.2	0.30~0.50	460	305
镁 合 金		40~90	0.13~0.40	0.075~0.15	305~610	365
			0.40~1.25	0.15~0.30	150~305	245
			1.25~3.2	0.30~0.50	90~150	120
铜合金	锻 轧	10~70HRB (退火)	0.13~0.40	0.075~0.15	460~1370	520~915
			0.40~1.25	0.15~0.30	245~760	275~520
			1.25~3.2	0.30~0.50	120~460	150~245
	铸 造	40~150	0.13~0.40	0.075~0.15	520~1460	670~1070
			0.40~1.25	0.15~0.30	305~855	365~670
			1.25~3.2	0.30~0.50	185~550	245~365
碳及石墨		40~100HS	0.13~0.40	0.075~0.15	305~1220	365~760
			0.40~1.25	0.15~0.30	150~610	215~460
			1.25~3.2	0.30~0.50	90~305	120~245
玻璃及陶瓷		全 部	0.13~0.40	0.075~0.15	760~1220	760
			0.40~1.25	0.15~0.30	460~760	460
			1.25~3.2	0.30~0.50	245~460	245
云 母		全 部	0.13~0.40	0.075~0.15	245~460	245
			0.40~1.25	0.15~0.30	150~245	185
			1.25~3.2	0.30~0.50	90~150	120
塑 料		50~125RM	0.13~0.40	0.075~0.15	305~460	460
			0.40~1.25	0.15~0.30	150~305	245
			1.25~3.2	0.30~0.50	90~150	120
硬 橡 胶		60HS	0.13~0.40	0.075~0.15	610~760	550
			0.40~1.25	0.15~0.30	460~610	395
			1.25~3.2	0.30~0.50	305~460	245
碳纤维复合材料		—	0.13~0.40	0.075~0.15	200	200
			0.40~1.25	0.15~0.30	170	170
			1.25~3.2	0.30~0.50	135	135
玻璃纤维复合材料		—	0.13~0.40	0.075~0.15	200	200
			0.40~1.25	0.15~0.30	170	170
			1.25~3.2	0.30~0.50	135	135
碳纤维复合材料		—	0.13~0.40	0.075~0.15	170	185
			0.40~1.25	0.15~0.30	135	150
			1.25~3.2	0.30~0.50	120	120
金、银		全 部	0.13~0.40	0.075~0.15	1525~2135	1220
			0.40~1.25	0.15~0.30	760~1525	610
			1.25~3.2	0.30~0.50	305~610	230
铂		全 部	0.13~0.40	0.075~0.15	915~1065	760
			0.40~1.25	0.15~0.30	610~915	460
			1.25~3.2	0.30~0.50	305~610	245

表1.16 用高速钢螺纹车刀车削普通及梯形螺纹时的走刀次数

螺 距 (mm)	碳素结构钢		合金结构钢及钢铸件		铸铁、青铜、黄铜	
	走 刀 次 数 i					
	粗加工	精加工	粗加工	精加工	粗加工	精加工
单 头 普 通 外 螺 纹						
1.25~1.5	4	2	5	3	4	2
1.75	5	3	6	4	5	3
2~3	6	3	7	4	6	3
3.5~4.5	7	4	9	5	6	3
6~5.5	8	4	10	5	6	4
6	9	4	12	5	6	4
单 头 梯 形 外 螺 纹						
4	10	7	12	8	8	6
6	12	9	14	10	9	7
8	14	9	17	10	11	7
10	18	10	22	12	14	8
12	21	10	25	12	17	8
16	28	10	33	12	22	8
20	35	10	42	12	28	8

- 注：1. 上述走刀次数适用于切削7级精度普通螺纹及中等精度梯形螺纹。车削6级精度普通螺纹及精确梯形螺纹时，需在切削速度为4m/min时增加2~3次精走刀。
 2. 在切削多头螺纹时，每一头增加1~2次走刀。
 3. 在切削内螺纹时，粗加工需增加走刀次数20%~25%。加工普通螺纹时需增加1次精走刀；加工梯形螺纹时需增加1次精走刀（当螺距小于或等于8mm）或2次精走刀（当螺距大于8mm）。

表1.17 用硬质合金螺纹车刀车削普通及梯形螺纹时的走刀次数

螺 距 P (mm)	碳素结构钢、合金结构钢				铸 铁			
	螺 纹 类 型							
	普通外螺纹		梯形外螺纹		普通外螺纹		梯形外螺纹	
	走 刀 次 数 i							
	粗加工	精加工	粗加工	精加工	粗加工	精加工	粗加工	精加工
1.5	3	2	—	—	—	—	—	—
2	3	2	—	—	2	2	—	—
3	5	2	5	3	3	2	4	3
4	6	2	6	3	4	2	5	3
5	7	2	7	4	4	2	6	3
6	8	2	8	4	5	2	7	4
8	—	—	10	5	—	—	9	4
10	—	—	12	5	—	—	10	5
12	—	—	14	6	—	—	12	5
16	—	—	18	6	—	—	14	5

- 注：1. 上述走刀次数适用于切削7级精度普通螺纹。车削6级精度螺纹时，需增加1~2次精走刀。车削5级精度螺纹时，需增加2~3次精走刀。
 2. 切削普通内螺纹时，需增加1次粗走刀。
 3. 在不锈钢1Cr18Ni9Ti上车削普通螺纹时，走刀次数要增加30%；加工淬硬钢螺纹时，则要增加1~2倍。

表1.18 高速钢及硬质合金车刀车削不同材料螺纹的切削用量

加工材料	硬度 HBS	螺纹直径 (mm)	每一走刀的横 向进给 (mm)		切削速度 (m/min)		备 注
			第一次 走 刀	最后 一次走刀	高速钢车刀	硬质合 金车刀	
易切碳钢、碳钢、碳钢铸件、 合金钢、合金钢铸件、高强度 钢、马氏体时效钢、工具钢、 工具钢铸件	100~225	≤25	0.50	0.013	12~15	18~60	高速钢车刀使用 W12Cr4V5Co6及 W2Mo9Cr4VCo8 等含钴高速钢
		>25	0.50	0.013	12~15	60~90	
	225~375	≤25	0.40	0.025	9~12	15~46	
		>25	0.40	0.025	12~15	30~60	
	375~535 HBW	≤25	0.25	0.05	1.5~4.5	12~30	
		>25	0.25	0.05	4.5~7.5	24~40	
易切不锈钢、不锈钢、不锈 钢铸件	135~440	≤25	0.40	0.025	2~6	20~30	
		>25	0.40	0.025	3~8	24~37	
灰铸铁	100~320	≤25	0.40	0.013	8~15	26~43	
		>25	0.40	0.013	10~18	49~73	
可锻铸铁	100~400	≤25	0.40	0.013	8~15	26~43	
		>25	0.40	0.013	10~18	49~73	
铝合金及其铸件 镁合金及其铸件	30~150	≤25	0.50	0.025	25~45	30~60	
		>25	0.50	0.025	45~60	60~90	
钛合金及其铸件	110~440	≤25	0.50	0.013	1.8~3	12~20	使用W12Cr4V5Co5及 W2Mo9Cr4VCo8等高速 钢
		>25	0.50	0.013	2~3.5	17~26	
铜合金及其铸件	40~200	≤25	0.25	0.025	9~30	30~60	
		>25	0.25	0.025	15~45	60~90	
镍合金及其铸件	80~360	≤25	0.40	0.025	6~8	12~30	使用W12Cr4V5Co5 及 W2Mo9Cr4VCo8 等含钴 高速钢
		>25	0.40	0.025	7~9	14~52	
高温合金及其铸件	140~230	≤25	0.25	0.025	1~4	20~26	
		>25	0.25	0.025	1~6	24~29	
	230~400	≤25	0.25	0.025	0.5~2	14~21	
		>25	0.25	0.025	1~3.5	15~23	

表1.19 硬质合金车刀加工时的主切削力

加工材料		切削深度 a_p (mm)															
铸件硬度 HBS	钢 σ_b (MPa)	160~245				250~320				330~400				410~480			
		0.30	0.47	0.60	0.75	0.30	0.47	0.60	0.75	0.30	0.47	0.60	0.75	0.30	0.47	0.60	0.75
进给量 f (mm/r)		0.37				0.47				0.60				0.75			
0.30	0.37	0.30	0.37	0.47	0.60	0.30	0.37	0.47	0.60	0.30	0.37	0.47	0.60	0.30	0.37	0.47	0.60
0.37	0.47	0.37	0.47	0.60	0.75	0.47	0.60	0.75	0.96	0.47	0.60	0.75	0.96	0.47	0.60	0.75	0.96
0.47	0.60	0.47	0.60	0.75	0.96	0.60	0.75	0.96	1.2	0.60	0.75	0.96	1.2	0.60	0.75	0.96	1.2
0.60	0.75	0.60	0.75	0.96	1.2	0.75	0.96	1.2	1.5	0.75	0.96	1.2	1.5	0.75	0.96	1.2	1.5
0.75	0.96	0.75	0.96	1.2	1.5	0.96	1.2	1.5	1.9	0.96	1.2	1.5	1.9	0.96	1.2	1.5	1.9
0.96	1.2	0.96	1.2	1.5	1.9	1.2	1.5	1.9	2.5	1.2	1.5	1.9	2.5	1.2	1.5	1.9	2.5
1.2	1.5	1.2	1.5	1.9	2.5	1.5	1.9	2.5	—	1.5	1.9	2.5	—	1.5	1.9	2.5	—
1.5	1.9	1.5	1.9	2.5	—	1.9	2.5	—	—	1.9	2.5	—	—	1.9	2.5	—	—
1.9	2.5	1.9	2.5	—	—	2.5	—	—	—	2.5	—	—	—	2.5	—	—	—
2.5	—	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

钢	切削速度 v_c (m/min)	主切削力 F_c (N)																				
		31	55	100	180	325	590	840	1000	1190	1420	1700	2010	2400	2890	3430	4120					
31	1640	1960	2350	2790	3330	3970	4750	5690	6770	8040	9610	11470	13730	15380	19620	23540	27960	33350	39730	47580	56900	67690
55	1500	1780	2110	2550	3040	3630	4310	5200	6180	7450	8830	10490	12550	15010	17850	21090	25500	30410	36290	43160	51990	61800
100	1370	1640	1960	2350	2790	3330	3970	4750	5690	6770	8040	9610	11470	13730	16380	19620	23540	27960	33350	39730	47580	56900
180	1250	1470	1780	2110	2550	3040	3630	4310	5200	6180	7450	8830	10490	12550	15010	17850	21090	25500	30410	36290	43160	51990
325	1140	1370	1640	1960	2350	2790	3330	3970	4750	5690	6770	8040	9610	11470	13730	16380	19620	23540	27960	33350	39730	47580
590	1050	1250	1470	1780	2110	2550	3040	3630	4310	5200	6180	7450	8830	10490	12550	15010	17850	21090	25500	30410	36290	43160
灰	840	1000	1190	1420	1700	2010	2400	2890	3430	4120	4900	5880	7060	8430	10000	11970	14220	17070	20110	24030	28940	34820

注：车刀前角及主偏角改变时，主切削力的修正系数 $k_{\text{前角}}$ 及 $k_{\text{主偏角}}$ 见表1.29-2或表1.28。

表1.25 硬质合金车刀车削灰铸铁时消耗的功率

灰铸铁 150~245HBS 切削深度 α (mm)	进 给 量 f (mm/r)														
	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	5.0	6.3
2.8	—	—	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	5.0	6.3
3.1	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	5.0
4.0	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9
4.8	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1
5.7	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5
6.8	—	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9
8.0	—	—	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5
9.7	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2
11.5	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96
14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75
16.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47

切削速度 v_c (m/min)	切 削 功 率 P_c (kW)																					
	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.3	10	12	14	17	20	24	29	34	
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
143	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
170	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
290	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：车刀车削时，切削功率的修正系数与主切削刃的修正系数相同，即 $K_{sp} = K_{sf}$ ，见表1.20-2。

表1.26 车削时的人切量及超切量

车刀类型	主偏角 κ_r (°)	切削深度 a_p (mm)											
		1	2	3	4	6	8	10	15	20	25	30	35
外圆车刀	30	2.8	4.5	7.0	9.0	13	16	20	30	39	47	56	65
	45	2.0	3.5	5.0	6.0	8.0	11	13	18	24	29	34	39
	60	1.6	2.7	3.8	4.3	5.5	7.6	8.7	10.6	15.5	18.5	21.5	24
	75	1.3	2.1	2.8	3.1	3.6	5.1	5.7	8.0	9.4	10.7	11.1	13.4
端面车刀	10	7.0	12.5	19.0	—								
	90	1.0		2.0									

四、车削用量的计算公式

表1.27 车削时切削速度的计算公式

计算公式							
$v_c = \frac{C_v}{T^{0.25} a_p^{0.75} f^{0.75}} \cdot k_v \quad (v_c \text{ 的单位: m/min})$							
公式中的系数及指数							
加工材料	加工型式	刀具材料	进给量	系数及指数			
				C_v	κ_v	γ_v	m
碳素结构钢 $\sigma_b = 650\text{MPa}$	外圆纵车 ($\kappa'_r > 0^\circ$)	YT15 (不用切削液)	$f \leq 0.30$	291	0.15	0.20	0.20
			$f \leq 0.70$	242		0.35	
			$f > 0.70$	235		0.45	
	外圆纵车 ($\kappa'_r = 0^\circ$)	YT15 (不用切削液)	$f \geq a_p$	198	0.30	0.15	0.18
			$f < a_p$	198	0.15	0.30	
			—	—	—	—	
切断及切槽	YT5 (不用切削液)	—	38	—	0.80	0.20	
	高速钢 (用切削液)	—	21	—	0.66	0.25	
成形车削	高速钢 (用切削液)	—	20.3	—	0.50	0.30	
不锈钢 1Cr18Ni9Ti 硬度141HBS	外圆纵车	YG8 (不用切削液)	—	110	0.20	0.45	0.15
		高速钢 (用切削液)	—	31		0.55	
淬硬钢50HRC $\sigma_b = 1650\text{MPa}$	外圆纵车	YT15 (不用切削液)	$f \leq 0.3$	53.5	0.18	0.40	0.10
灰铸铁 硬度190HBS	外圆纵车 ($\kappa'_r > 0^\circ$)	YG6 (不用切削液)	$f \leq 0.40$	189.8	0.15	0.20	0.20
			$f > 0.40$	158		0.40	
	外圆纵车 ($\kappa'_r = 0^\circ$)	YG6 (用切削液)	$f \geq a_p$	208	0.40	0.20	0.28
			$f < a_p$	208	0.20	0.40	

(续)

加工材料	加工型式	刀具材料	进给量	系数及指数			
				C_v	x_v	y_v	m
灰铸铁 硬度190HBS	切断及切槽	YG6 (不用切削液)	—	54.8	—	0.40	0.20
		高速钢(不用切削液)	—	18	—	—	0.15
可锻铸铁 硬度150HBS	外圆纵车	YG8 (不用切削液)	$f \leq 0.40$	206	0.15	0.20	0.20
			$f > 0.40$	140		0.45	
		高速钢 (用切削液)	$f \leq 0.25$	68.9	0.20	0.25	0.125
			$f > 0.25$	48.8		0.50	
切断及切槽	YG6 (不用切削液)	—	68.8	—	0.40	0.20	
	高速钢 (用切削液)	—	37.6	—	0.50	0.25	
中等硬度非均质铜合金 硬度100~140HBS	外圆纵车	高速钢(不用切削液)	$f \leq 0.20$	216	0.12	0.25	0.23
			$f > 0.20$	145.6		0.50	
硬青铜 硬度200~240HBS	外圆纵车	YG8 (不用切削液)	$f \leq 0.40$	734	0.13	0.20	0.20
			$f > 0.40$	648	0.20	0.40	
铝硅合金及铸造铝合金 $\sigma_b = 100 \sim 200 \text{MPa}$, 硬度 $\leq 65 \text{HBS}$, 硬铝 $\sigma_b = 300 \sim 400 \text{MPa}$, 硬度 $\leq 100 \text{HBS}$	外圆纵车	高速钢(不用切削液)	$f \leq 0.20$	388	0.12	0.25	0.28
			$f > 0.20$	262		0.50	

注: 1.内表面加工(镗孔、孔内切槽、内表面成形车削)时,用外圆加工的切削速度乘系数0.9。

2.用高速钢车刀加工结构钢、不锈钢及铸钢不用切削液时,切削速度乘系数0.8。

3.用YT5车刀对钢件切断及切槽使用切削液时,切削速度乘系数1.4。

4.成形车削深轮廓及复杂轮廓工件时,切削速度乘系数0.85。

5.用高速钢车刀加工热处理钢件时,切削速度应减小,正火——乘系数0.95;退火——乘系数0.9;调质——乘系数0.8。

6.其它加工条件改变时,切削速度的修正系数见表1.28。

表1.28 车削过程使用条件改变时的修正系数

(一) 与车刀寿命有关													
刀具材料	工件材料	车刀型式	工作条件	寿命指数 m	系数	寿命 $T(\text{min})$							
						30	60	90	120	150	240	360	
							修正系数						
硬 质 合 金	结构钢、碳钢、合金钢	$\kappa'_r > 0^\circ$ 外圆车刀、端面车刀、镗刀	不加切削液	0.20	k_{TV}	1.15	1.0	0.92	0.87	0.83	0.76	0.70	
					k_{TFc}	0.98	1.0	1.02	1.03	1.04	1.05	1.07	
	k_{TFa}	1.13		1.0	0.94	0.89	0.86	0.80	0.75				
	0.18	k_{TV}		1.13	1.0	0.93	0.88	0.85	0.78	0.73			
		k_{TFc}		0.98	1.0	1.02	1.03	1.04	1.05	1.07			
	k_{TFa}	1.11		1.0	0.95	0.91	0.88	0.82	0.78				
切断刀	不锈钢1Cr18Ni9Ti	外圆车刀、端面车刀、镗刀	0.20	$k_{TV} = k_{TFc}$	1.15	1.0	0.92	0.87	0.83	0.76	0.70		
			0.15	$k_{TV} = k_{TFc}$	1.11	1.0	0.94	0.90	0.87	0.81	0.76		
铸铁、青铜	$\kappa'_r > 0^\circ$ 外圆车刀、端面车刀、切断刀	外圆车刀	0.20	$k_{TV} = k_{TFa}$	1.15	1.0	0.92	0.87	0.83	0.76	0.70		
			0.28	$k_{TV} = k_{TFa}$	1.21	1.0	0.89	0.82	0.77	0.68	0.61		

(续)

刀具材料	工件材料	车刀型式	工作条件	寿命指数 m	系数	寿命 T (min)						
						30	60	90	120	150	240	360
高速钢	钢、可锻铸铁	外圆车刀、端面车刀、镗刀	加切削液	0.125	$k_{TV} = k_{TPc}$	1.09	1.0	0.95	0.92	0.90	0.85	0.80
		车槽刀、切断刀		0.25	$k_{TV} = k_{TPc}$	1.19	1.0	0.90	0.83	0.79	0.71	0.64
		样板刀		0.30	$k_{TV} = k_{TPc}$	—	—	1.09	1.0	0.93	0.81	0.72
	灰铸铁	外圆车刀、端面车刀、镗刀	不加切削液	0.1	$k_{TV} = k_{TPc}$	1.07	1.0	0.96	0.93	0.91	0.87	0.84
		车槽刀、切断刀		0.15	$k_{TV} = k_{TPc}$	1.11	1.0	0.94	0.90	0.87	0.81	0.76
	铜合金	所有车刀	0.23	$k_{TV} = k_{TPc}$	1.16	1.0	0.91	0.84	0.80	0.73	0.68	
铝合金、镁合金	除样板刀外的所有车刀	0.30	$k_{TV} = k_{TPc}$	1.23	1.0	0.88	0.81	0.75	0.66	0.68		

(二)与工件材料有关

类别	工件材料	力学性能			修正系数		
		布氏硬度的抗压直径 (mm)	布氏硬度 HBS	抗拉强度 σ_b (MPa)	切削速度 k_{Mv}	主切削力 k_{MFe}	功率 k_{MPo}

1. 高速钢车刀

1	易切削钢 Y12、Y20、Y30、Y40Mn	5.70~5.08	107~138	400~500	2.64	—	—
		<5.08~4.62	>138~169	>500~600	2.04	—	—
		<4.62~4.26	>169~200	>600~700	1.56	—	—
		<4.26~3.98	>200~230	>700~800	1.20	—	—
		<3.98~3.75	>230~262	>800~900	0.96	—	—
2	结构碳钢 ($w_c \leq 0.6\%$), 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60	6.60~5.70	77~107	300~400	1.39	0.78	1.08
		<5.70~5.08	>107~138	>400~500	1.70	0.96	1.46
		<5.08~4.62	>138~169	>500~600	1.31	0.92	1.21
		<4.62~4.26	>169~200	>600~700	1.0	1.0	1.0
		<4.26~3.98	>200~230	>700~800	0.77	1.13	0.87
3	工具钢、碳钢、铬钼钢、镍铬钼钢等 ($w_c > 0.6\%$) 65, 70, T7, T8, T9, T10, T12, T13, 35CrMoA, 0CrMo, 32CrNiMo, 35CrNiMo, 40CrNiMoA, 0CrNi3Mo, 35CrMoA1A, 38CrMoA1A, 35CrA1A, 18CrNiWA, 18CrNiMA, 18Cr2Ni4MoA, 15CrMnNiMoA, 20CrNiVA, 45CrNiMoVA, 25CrNiWA	4.56~4.23	169~203	600~700	0.73	1.0	0.73
		<4.23~3.99	>203~230	>700~800	0.62	1.13	0.70
		<3.99~3.76	>230~262	>800~900	0.53	1.23	0.66
		<3.76~3.58	>262~288	>900~1000	0.45	1.32	0.60
		<3.58~3.42	>288~317	>1000~1100	0.40	1.44	0.58
4	锰钢 15Mn, 20Mn, 30Mn, 40Mn, 50Mn, 60Mn, 65Mn, 70Mn, 80Mn2, 35Mn2, 40Ma2, 45Mn2, 50Mn2	4.70~4.27	160~200	400~700	1.30	0.86	1.11
		<4.27~4.10	>200~233	>500~600	0.97	0.92	0.89
		<4.10~3.80	>233~260	>600~700	0.74	1.0	0.74
		<3.80~3.65	>260~275	>700~800	0.61	1.13	0.70
		<3.65~3.58	>275~286	>800~900	0.53	1.23	0.62
		<3.58~3.40	>286~292	>900~1000	0.44	1.32	0.58
		<3.40~3.23	>317~345	>1100~1200	0.37	1.44	0.53
					0.31	1.53	0.48

(续)

类别	工件材料	力学性能			修正系数				
		布氏硬度的 压坑直径 (mm)	布氏硬度 HBS	抗拉强度 σ_b (MPa)	切削速度 v_c	主切削力 F_{MFC}	功率 P_{MPa}		
5	铬钢、铬铬钢及镍钢 15Cr, 20Cr, 30Cr, 35Cr, 40Cr, 45Cr, 50Cr, 20CrNi, 40CrNi, 15CrNi, 50CrNi, 12CrNi2, 12CrNi2A, 12CrNi3, 12CrNi3A, 20CrNi3A, 30CrNi3, 37CrNi3A, 12Cr2Ni4, 12Cr2Ni4A, 20Cr2Ni4, 20Cr2Ni4A, 25Ni, 30Ni, 40Ni, 25Ni3	5.54~4.95	116~146	400~500	1.55	0.86	1.33		
		<4.95~4.56	>146~174	>500~600	1.15	0.92	1.06		
		<4.56~4.23	>174~203	>600~700	0.88	1.0	0.88		
		<4.23~3.99	>203~230	>700~800	0.74	1.13	0.84		
		<3.99~3.76	>230~260	>800~900	0.54	1.23	0.67		
		<3.76~3.58	>260~288	>900~1000	0.51	1.32	0.67		
		<3.58~3.42	>288~317	>1000~1100	0.44	1.44	0.63		
		<3.42~3.28	>317~345	>1100~1200	0.37	1.53	0.57		
6	铬锰钢、铬硅钢、硅锰钢及铬硅锰钢 15CrMn, 20CrMn, 40CrMn, 35CrMn2, 33CrSi, 35CrSi, 37CrSi, 19Cr2Mn, 25SiMn, 27SiMn, 35SiMn, 50SiMn, 20CrMnSi, 25CrMnSi, 30CrMnSi, 35CrMnSi	1.95~4.56	146~174	500~600	0.85	0.92	0.78		
		<4.56~4.23	>174~203	>600~700	0.65	1.0	0.65		
		<4.23~3.99	>203~230	>700~800	0.54	1.13	0.61		
		<3.99~3.76	>230~260	>800~900	0.44	1.23	0.54		
		<3.76~3.58	>260~288	>900~1000	0.38	1.32	0.50		
		<3.58~3.42	>288~317	>1000~1100	0.33	1.44	0.48		
		<3.42~3.28	>317~345	>1100~1200	0.27	1.53	0.41		
		7	高速工具钢 W18Cr4V, W9Cr4V	4.56~4.23	174~203	600~700	0.55	1.0	0.55
<4.23~3.99	>203~230			>700~800	0.47	1.13	0.53		
<3.99~3.76	>230~260			>800~900	0.40	1.23	0.49		
<3.76~3.58	>260~288			>900~1000	0.34	1.32	0.45		
<3.58~3.42	>288~317			>1000~1100	0.30	1.44	0.43		
<3.42~3.28	>317~345			>1100~1200	0.23	1.53	0.35		
8	灰铸铁 HT100, HT150, HT200, HT250, HT300, HT350	5.05~4.74	140~160	—	1.51	0.88	1.33		
		<4.74~4.48	>160~180	—	1.21	0.94	1.14		
		<4.48~4.26	>180~200	—	1.00	1.00	1.00		
		<4.26~4.08	>200~220	—	0.85	1.06	0.90		
		<4.08~3.91	>220~240	—	0.72	1.11	0.80		
		<3.91~3.76	>240~260	—	0.63	1.16	0.73		
9	可锻铸铁 KTH300-06, KTH330-08, KTH350-10, KTH370-12	5.87~5.42	100~120	—	1.76	0.84	1.48		
		<5.42~5.06	>120~140	—	1.28	0.92	1.18		
		<5.06~4.74	>140~160	—	1.00	1.00	1.00		
		<4.74~4.48	>160~180	—	0.80	1.07	0.86		
		<4.48~4.26	>180~200	—	0.66	1.14	0.75		
10	铜合金	高硬度的	ZCuAl9Fe4Ni4Mn2, QA110-4-4, QA110-3-1.5	—	150~200	—	0.70	0.75	0.53
		中等硬度的	QA19-1, QA19-2, HS189-3, ZCuZn40Mn3Fe1, ZCuZn25Al6Fe3Mn3, ZCuSn10Zn2, ZCuZn31Al2	—	100~140	—	1.0	1.0	1.0
	合金	非均质	ZCuSn16Zn2, ZCuAl9Mn2, ZCuZn40Mn2, ZCuZn32Mn2Pb2	—	70~80	—	1.70	0.65~0.70	1.1~1.13
		铝合金							

(续)

类别	工件材料		力学性能			修正系数		
			布氏硬度的 压坑直径 (mm)	布氏硬度 HBS	抗拉强度 σ_b (MPa)	切削速度 k_{Mv}	主切削力 k_{MFe}	功率 k_{MPc}
10	铜 合金	均质合金	—	60~90	—	2.0	1.8~2.2	3.6~4.4
		含铅不足10% 的均质合金	—	60~80	—	4.0	0.65~0.70	2.6~2.8
	铜	—	70~80	—	8.0	1.7~2.1	13.6~16.8	
	含铅>15% 的合金	—	35~45	—	12.0	0.25~0.45	3.0~5.4	
11	铝 合金	铝硅合金、铸造合金	—	>65(淬火的)	200~300	0.8	1.0	0.8
		硬铝	—	>100 (淬火的)	400~500		2.75	2.2
		铝硅合金、铸造合金	—	≤65	100~200	1.0	1.0	1.0
		硬铝	—	≤100	300~400		2.0	2.0
		硬铝	—	—	200~300		1.2	1.5

2. 硬质合金车刀

1	碳钢、合金钢(铬钢、镍铬钢及铸钢)	≤5.10	≤137	400~500	1.44	0.83	1.20	
		5.00~4.56	143~174	>500~600	1.18	0.92	1.09	
		<4.56~4.23	>174~207	>600~700	1.0	1.0	1.0	
		<4.23~4.00	>207~229	>700~800	0.87	1.07	0.93	
		<4.00~3.70	>229~267	>800~900	0.77	1.14	0.88	
		<3.70~3.50	>267~302	>900~1000	0.69	1.20	0.83	
		<3.50~3.40	>302~320	>1000~1100	0.62	1.26	0.78	
2	灰铸铁	<3.40~3.30	>320~350	>1100~1200	0.57	1.32	0.75	
		5.05~4.74	140~160	—	1.36	0.91	1.23	
		<4.74~4.48	>160~180	—	1.15	0.96	1.10	
		<4.48~4.26	>180~200	—	1.0	1.0	1.0	
		<4.26~4.08	>200~220	—	0.89	1.04	0.93	
		<4.08~3.91	>220~240	—	0.79	1.08	0.85	
8	铜 合金	<3.91~3.76	>240~260	—	0.71	1.11	0.79	
		非均质的 高硬度的	—	200~240	—	1.0	1.0	1.0
		非均质的 中等硬度的	—	100~140	—	1.43	1.33	1.90
		非均质铝合金	—	70~90	—	2.43	0.83	2.02
		均质合金	—	60~90	—	2.86	2.7	7.7
	含铅不足10%的均质合金	—	60~80	—	5.72	0.90	5.15	

(续)

类别	牌 号	σ_b (MPa)	k_{Mv}	牌 号	σ_b (MPa)	k_{Mv}
4 不锈钢、耐热钢、耐热合金	1Cr18Ni9Ti	550	1.0	Cr15Ni9Al	1300	0.75
	1Cr12Ni2WMoV	1100~1460	0.8~0.3	Cr20Ni78	780	0.75
	20Cr15Ni3MoA	1100~1460	0.7~0.3	Cr20Ni75Mo2NbTiAl	—	0.53
	25Cr2MoVA	750~900	0.75	Cr24Ni60W	750	0.48
	30CrNi2MoVA	1100~1450	0.4~0.15	Cr20Ni77Ti2Al	850~1000	0.40
	1Cr17Ni2	80~130	1.0~0.75	Cr20Ni77Ti2AlB	850~1000	0.28
	1Cr12WNi	650	1.1	Cr15Ni35W3Ti3	950	0.50
	13Cr14NiWVBA	700~1200	0.5~0.4	GH37	1000~1250	0.25
	20Cr3MoWV	—	1.5~1.1	Cr15Ni70W5Mo4Al2Ti	—	0.23
	4Cr12Ni8Mn8MoVNb	—	0.95~0.72	Cr10Ni55Co15MoTiAl	1000~1250	0.25
	4Cr14Ni14W2Mo	700	1.06	CrNi58WMoCoAlB	900~1000	0.20
	Cr12Ni20Ti3B	720~800	0.85	Cr15Ni35W3Ti3Al	900~950	0.22
	1Cr21Ni5Ti	820~1000	0.65	Cr20Ni40W8	500~600	0.30
	Cr23Ni18	600~620	0.80	TC5, TC6	950~1200	0.40
	3Cr19Ni9MoWNbTi	600~620	0.40	TA6, TC2	750~950	0.70
	1Cr18Ni12Si4TiAl	730	0.50	TC4, TC8	900~1200	0.35
	0Cr14Ni28W3Ti3AlB	900	0.20	1Cr13, 2Cr13	600~1100	1.5~1.2
	GH130	900	0.35	3Cr13, 4Cr13	850~1100	1.3~0.9
	Cr17Ni5Mo3	1300	1.00			

(三)与毛坯表面状态有关

无 外 皮	有 外 皮				
	棒 料	锻 件	铸 钢 及 铸 铁		铜及铝合金
一 般			带砂外皮		
修 正 系 数 $k_{Mv} = k_{Mv}$					
1.0	0.9	0.8	0.8~0.85	0.5~0.6	0.9

(四)与刀具材料有关

加工材料	修 正 系 数 $k_{Mv} = k_{Mv}$					
结构钢、铸钢	YT5	YT14	YT15	YT30	YG8	—
	0.65	0.8	1.0	1.4	0.4	
耐热钢、合金	YG8	YT5	YT15	W18Cr4V W6Mo5Cr4V2	—	
	1.0	1.4	1.9	0.3		

(续)

加工材料	修正系数 $K_{LV} = K_{TPC}$					
淬硬钢	35~50HRC					
	YT15	YT30	YG6	YG8		
	1.0	1.25	0.85	0.83		
灰铸铁、可锻铸铁	YG8	YG6		YG3		
	0.83	1.0		1.15		
铜、铝合金	W18Cr4V W6Mo5Cr4V2			YG6	9SiCr, CrWMn	T12A
	1.0			2.7	0.6	0.5

(五)与车削方式有关

车削方式	外圆纵车	横 车 d:D			切 断	切 槽 d:D	
		0~0.4	0.5~0.7	0.8~1.0		0.5~0.7	0.8~0.95
系数 $k_{sv} = k_{aPc}$	1.0	1.24	1.18	1.04	1.0	0.96	0.84

(六)镗孔时相对于外圆纵车的修正系数

镗 孔 直 径 (mm)		75	150	250	>250	
修正系数	用硬质合金车刀加工未淬硬钢	k_{gv}	0.8	0.9	0.95	1.0
		k_{gPc}	1.03	1.01	1.01	1.0
		k_{gPc}	0.82	0.91	0.96	1.0
	加工其它金属	$k_{gv} = k_{aPc}$	0.8	0.9	0.95	1.0

(七)与车刀主偏角有关

主 偏 角 κ_r (°)		30	45	60	75	90
系数 k_{sv}	加工结构钢、可锻铸铁	1.13	1.0	0.92	0.86	0.81
	加工耐热钢	—	1.0	0.87	0.73	0.70
	加工灰铸铁、铜合金	1.20	1.0	0.88	0.83	0.73
系数 k_{svPc}	硬质合金刀具	1.08	1.0	0.94	0.92	0.89
	高速钢刀具	1.08	1.0	0.98	1.03	1.08

注：根据不同刀具材料加工不同工件材料 $k_{svPc} = k_{sv} k_{svPc}$

(八)与车刀的前角有关

刀具材料	工 件 材 料	前 角 γ_0 (°)									
		+30	+25	+20	+12	+10	+8	0	-10	-20	
		系 数 $k_{\gamma_0 Pc} = k_{\gamma_0 Pc}$									
高速钢	钢 σ_b (MPa)	<500	0.94	1.0	1.06	—	—	—	—	—	—
		>500~800	—	0.94	1.0	1.10	—	—	—	—	—
		>800~1000	—	—	0.91	1.0	1.03	1.06	—	—	—
		>1000~1200	—	—	—	0.94	0.97	1.0	—	—	—

(续)

刀具材料	工件材料		前 角 $\gamma_r(^{\circ})$								
			+30	+25	+20	+12	+10	+8	0	-10	-20
			系 数 $k_{\gamma_0 P_0} - k_{\gamma_0 P_0}$								
高速钢	铸铁、铜合金的硬度	<150HBS	—	—	1.0	1.10	—	—	—	—	—
		150~200HBS	—	—	0.91	1.0	1.03	1.06	—	—	—
		200~260HBS	—	—	—	0.94	0.97	1.0	—	—	—
硬质合金	钢 σ_b (MPa)	≤ 800	—	—	0.94	1.0	1.04	1.07	1.15	1.25	1.35
		> 800	—	—	0.9	0.96	1.0	1.03	1.10	1.20	1.30
	灰铸铁、可锻铸铁、青铜的硬度	<220HBS	—	—	—	1.0	1.02	1.04	1.12	1.22	1.33
		>220HBS	—	—	—	0.96	0.98	1.0	1.08	1.18	1.28

(九)与车刀其它参数有关 (仅用于高速钢刀具)

副偏角 $\kappa'_r (^{\circ})$	10	15	20	30	45	
系数 $k_{\kappa'_r P_0} = k_{\kappa'_r P_0}$	1.0	0.97	0.94	0.91	0.87	
刀尖圆弧半径 r_{θ} (mm)		1	2	3	5	
系 数	$k_{r_{\theta} v}$	0.94	1.0	1.03	1.13	
	$k_{r_{\theta} P_0}$	0.93	1.0	1.04	1.1	
	$k_{r_{\theta} P_0}$	0.87	1.0	1.07	1.24	
刀杆尺寸 $B \times H$ (mm × mm)	12 × 20 16 × 16	16 × 25 20 × 20	20 × 30 25 × 25	25 × 40 30 × 30	30 × 45 40 × 40	40 × 60
系数 $k_{B, H} = k_{B, H}$	0.93	0.97	1.0	1.04	1.08	1.12

表1.29 车削过程切削力及切削功率的计算公式

	计 算 公 式	单 位
主切削力 F_c	$F_c = C_{F_c} a_p^{x_{F_c}} f^{y_{F_c}} v_c^{z_{F_c}} k_{F_c}$	N
径向切削力 F_p	$F_p = C_{F_p} a_p^{x_{F_p}} f^{y_{F_p}} v_c^{z_{F_p}} k_{F_p}$	N
进给力 (轴向力) F_f	$F_f = C_{F_f} a_p^{x_{F_f}} f^{y_{F_f}} v_c^{z_{F_f}} k_{F_f}$	N
切削时消耗的功率 P_c	$P_c = \frac{F_c v_c}{60 \times 1000}$	kW

公 式 中 的 系 数 及 指 数

(续)

加工材料	刀具材料	加工型式	公式中的系数及指数											
			主切削力 F_c				径向力 F_D				进给力 F_f			
			C_{Fc}	x_{Fc}	y_{Fc}	n_{Fc}	C_{FD}	x_{FD}	y_{FD}	n_{FD}	C_{Ff}	x_{Ff}	y_{Ff}	n_{Ff}
结构钢、铸钢 $\sigma_b = 650\text{MPa}$	硬质合金	外圆纵车、横车及镗孔	2795	1.0	0.75	-0.1*	1940	0.90	0.6	-0.3	2880	1.0	0.5	-0.4
		外圆纵车 ($\kappa'_r = 0^\circ$)	3570	0.9	0.9	-0.15	2845	0.60	0.9	-0.3	2050	1.05	0.2	-0.4
		切槽及切断	3600	0.72	0.3	0	1390	0.73	0.67	0	—	—	—	—
不锈钢 (Cr18Ni9Ti) 的硬度141HBS	高速钢	外圆纵车、横车及镗孔	1770	1.0	0.75	0	1100	0.9	0.75	0	590	1.2	0.65	0
		切槽及切断	2160	1.0	1.0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
		成形车削	1855	1.0	0.75	0	—	—	—	—	—	—	—	—
灰铸铁硬度 190HBS	硬质合金	外圆纵车、横车、镗孔	900	1.0	0.75	0	530	0.9	0.75	0	450	1.0	0.4	0
		外圆纵车 ($\kappa'_r = 0$)	1205	1.0	0.85	0	600	0.6	0.5	0	235	1.05	0.2	0
	高速钢	外圆纵车、横车、镗孔	1120	1.0	0.75	0	1165	0.9	0.75	0	500	1.2	0.65	0
可锻铸铁硬度 150HBS	硬质合金	外圆纵车、横车、镗孔	795	1.0	0.75	0	420	0.9	0.75	0	375	1.0	0.4	0
		外圆纵车、横车、镗孔	980	1.0	0.75	0	865	0.9	0.75	0	390	1.2	0.35	0
	高速钢	切槽、切断	1376	1.0	1.0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
中等硬度不均质合金 120HBS	高速钢	外圆纵车、横车、镗孔	540	1.0	0.66	0	—	—	—	—	—	—	—	—
		切槽、切断	735	1.0	1.0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
高硬度青铜硬度 200~240HBS	硬质合金	外圆纵车、横车、镗孔	405	1.0	0.66	0	—	—	—	—	—	—	—	
铝、铝硅合金	高速钢	外圆纵车、横车、镗孔	390	1.0	0.75	0	—	—	—	—	—	—	—	
		切槽、切断	490	1.0	1.0	0	—	—	—	—	—	—	—	

- 注：1.成形切削深度不大、形状不复杂的轮廓时，切削力减小10%~15%。
 2.加工钢和铸铁的力学性能改变时，切削力的修正系数 k_{MF} 可按表1.29-1计算。
 3.车刀的几何参数改变时，切削分力的修正系数见表1.29-2。
 4.切削条件改变时，切削力及功率的修正系数见表1.28。

表1.29-1 钢和铸铁的强度和硬度改变时切削力的修正系数 k_{MF}

加工材料	结构钢和铸钢		灰 铸 铁		可 锻 铸 铁	
系数 k_{MF}	$k_{MF} = \left(\frac{\sigma_b}{650}\right)^{n_F}$		$k_{MF} = \left(\frac{\text{HBS}}{190}\right)^{n_F}$		$k_{MF} = \left(\frac{\text{HBS}}{150}\right)^{n_F}$	
上列公式中的指数 n_F						
加工材料	车削时的切削力			钻孔时的轴向力 F_f 及扭矩 M		铣削时的圆周力 F_c
	F_c	F_D	F_f			
	刀 具 材 料					
	硬质合金	高速钢	硬质合金	高速钢	硬质合金	高速钢
	指 数 n_F					
结构钢及铸钢： $\sigma_b \leq 600\text{MPa}$ $\sigma_b > 600\text{MPa}$	0.75	0.35 0.75	1.35	2.0	1.0	1.5
灰铸铁、可锻铸铁	0.4	0.55	1.0	1.3	0.8	1.1

表1.29-2 加工钢及铸铁时刀具几何参数改变时切削力的修正系数

参 数		刀具材料	修 正 系 数			
名 称	数 值		名 称	切 削 力		
				F_c	F_p	F_f
主偏角 φ_r (°)	30	硬质合金	$k_{\varphi r F}$	1.08	1.30	0.78
	45			1.0	1.0	1.0
	60			0.94	0.77	1.11
	75			0.92	0.62	1.13
	90			0.89	0.50	1.17
	30	高速钢		1.08	1.63	0.7
	45			1.0	1.0	1.0
	60			0.98	0.71	1.27
	75			1.03	0.54	1.51
	90			1.08	0.44	1.82
前角 γ_o (°)	-15	硬质合金	$k_{\gamma_o F}$	1.25	2.0	2.0
	-10			1.2	1.8	1.8
	0			1.1	1.4	1.4
	10			1.0	1.0	1.0
	20			0.9	0.7	0.7
	12~15	高速钢		1.15	1.6	1.7
20~25	1.0		1.0	1.0		
刃倾角 λ_s (°)	+5	硬质合金	$k_{\lambda_s F}$		0.75	1.07
	0				1.0	1.0
	-5			1.0	1.25	0.85
	-10				1.5	0.75
	-15				1.7	0.65
刀尖圆弧半径 r_B (mm)	0.5	高速钢	$k_{r_B F}$	0.87	0.66	1.0
	1.0			0.93	0.82	
	2.0			1.0	1.0	
	3.0			1.04	1.14	
	5.0			1.1	1.33	

五、常用车床的技术资料

表1.30 C620-1卧式车床

级数	转数 n	效率	根据传动 功率的当 量转矩 M_e (N·m)	主轴允许 的转矩 M_s (N·m)	考虑效率 的主轴功 率 P_{E1} (kW)	根据最薄 弱环节的 主轴功率 P_{E2} (kW)	纵进给量		横进给量	
	(r/min)						(mm/r)	(mm/r)	(mm/r)	(mm/r)
1	11.5	0.75	3885	1177	5.9	1.42	0.082	0.80	0.027	0.27
2	14.5	0.75	3855	1177	5.9	1.79	0.088	0.91	0.029	0.30
3	19	0.75	2943	1177	5.9	2.35	0.10	0.96	0.033	0.32
4	24	0.75	2325	1177	5.9	2.95	0.11	1.00	0.038	0.33
5	30	0.75	1864	1177	5.9	3.7	0.12	1.11	0.040	0.37
6	37.5	0.75	1491	1177	5.9	4.6	0.13	1.21	0.042	0.40
7	46	0.75	1216	1177	5.9	5.7	0.14	1.28	0.046	0.41
8	58	0.75	961	961	5.9	5.9	0.15	1.46	0.050	0.48
9	76	0.75	736	736	5.9	5.9	0.16	1.59	0.054	0.52
10	96	0.75	579	579	5.9	5.9	0.18		0.058	
11	120	0.75	466	466	5.9	5.9	0.20		0.067	
12	150	0.75	373	373	5.9	5.9	0.23		0.075	
13	184	0.75	304	304	5.9	5.9	0.24		0.079	
14	230	0.75	240	240	5.9	5.9	0.25		0.084	
15	305	0.75	184	184	5.9	5.9	0.28		0.092	
16	330	0.75	145	145	5.9	5.9	0.30		0.10	
17	480	0.75	118	118	5.9	5.9	0.33		0.11	
18	600	0.70	87	87	5.5	5.5	0.35		0.12	
19	370	0.82	167	167	6.4	6.4	0.40		0.13	
20	460	0.80	132	132	6.2	6.2	0.45		0.15	
21	610	0.75	92	92	5.9	5.9	0.48		0.16	
22	770	0.70	69	69	5.5	5.5	0.50		0.17	
23	960	0.67	52	52	5.2	5.2	0.55		0.18	
24	1200	0.63	39	39	4.9	4.9	0.60		0.20	
							0.65		0.22	
							0.71		0.23	

中心高 $H = 200\text{mm}$ 中心距 $L = 750\text{mm}, 1000\text{mm}, 1500\text{mm}$

工件最大加工直径:

1) 在床面上 $D = 400\text{mm}$ 2) 在刀架上 $D = 210\text{mm}$ 3) 棒料 $D = 38\text{mm}$ 工件最大加工长度 $l = 650\text{mm}, 900\text{mm}, 1400\text{mm}$ 车刀刀杆最大尺寸 $B \times l = 25\text{mm} \times 25\text{mm}$

进给机构允许最大抗力:

1) 纵走刀 $F_{max} = 3530\text{N}$ 2) 横走刀 $F_{max} = 5100\text{N}$ 主电动机功率 $P_E = 7.5\text{kW}$

表1.31 CA6140型卧式车床

中心高 $H = 200\text{mm}$		工件最大加工长度 $l = 650\text{mm}, \Phi 30\text{mm}, 1400\text{mm}, 1900\text{mm}$											
中心距 $L = 750\text{mm}, 1000\text{mm}, 1500\text{mm}, 2000\text{mm}$		车刀刀杆最大尺寸 $B \times H = 25\text{mm} \times 25\text{mm}$											
工件最大加工直径:		主电动机功率 $P_E = 7.5\text{kW}$											
1) 在床面上 $D = 400\text{mm}$													
2) 在刀架上 $D = 210\text{mm}$													
级数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
转数 $n(\text{r/min})$	10	12.5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	
级数	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
转数 $n(\text{r/min})$	160	200	250	320	400	500	450	560	710	900	1120	1400	
纵进给量 (mm/r)	标准 进给	0.08, 0.09, 0.10, 0.11, 0.12, 0.13, 0.14, 0.15, 0.16, 0.18,											
		0.20, 0.23, 0.24, 0.26, 0.28, 0.30, 0.33, 0.36, 0.41, 0.46,											
		0.48, 0.51, 0.56, 0.61, 0.66, 0.71, 0.81, 0.86, 0.91, 0.94,											
0.96, 1.02, 1.03, 1.09, 1.12, 1.15, 1.22, 1.29, 1.47, 1.69													
	细进给	0.028, 0.032, 0.036, 0.039, 0.043, 0.046, 0.050, 0.054											
	粗进给	1.71, 1.87, 2.05, 2.16, 2.28, 2.57, 2.93, 3.16, 3.42, 3.74,											
		4.11, 4.32, 4.56, 5.14, 5.87, 6.33											
横进给量 (mm/r)	标准 进给	0.04, 0.045, 0.050, 0.055, 0.060, 0.065, 0.070, 0.075,											
		0.080, 0.09, 0.10, 0.11, 0.12, 0.13, 0.14, 0.15, 0.16, 0.17,											
		0.20, 0.22, 0.24, 0.25, 0.28, 0.30, 0.33, 0.35, 0.40, 0.45,											
		0.48, 0.50, 0.56, 0.61, 0.43, 0.47, 0.51, 0.54, 0.57, 0.64,											
		0.72, 0.79											
	细进给	0.014, 0.016, 0.018, 0.019, 0.021, 0.023, 0.025, 0.027											
	粗 进 给	0.86, 0.94, 1.02, 1.08, 1.14, 1.28, 1.46, 1.58, 1.72, 1.88,											
		2.04, 2.16, 2.28, 2.56, 2.92, 3.16, 3.42, 3.74, 4.11, 4.32,											
		4.56, 5.14, 5.87, 6.33, 1.71, 1.87, 2.05, 2.16, 2.28, 2.57,											
		2.93, 3.16											

第二部分 孔加工切削用量选择

一、切削要素

v_c ——切削速度 (m/min), $v_c = \frac{\pi d_o n}{1000}$;

d_o ——刀具直径 (mm);

n ——刀具 (或工件) 每分转数 (r/min);

a_p ——切削深度 (mm);

f ——进给量 (mm/r);

T ——刀具寿命 (min)。

二、钻削用量选择举例

〔已知〕加工材料——40钢, $\sigma_b = 640\text{MPa}$, 热轧钢。

工艺要求——孔径 $d = 20\text{mm}$, 孔深 $l = 80\text{mm}$, 通孔, 精度为 H12~H13, 用乳化液冷却。

机床——Z525型立式钻床。

〔试求〕(1) 刀具; (2) 切削用量; (3) 基本工时。

〔解〕

1. 选择钻头

选择高速钢麻花钻头, 其直径 $d_o = 20\text{mm}$ 。

钻头几何形状为 (表 2.1 及表 2.2): 双锥修磨横刃, $\beta = 30^\circ$, $2\phi = 118^\circ$, $2\phi_1 = 70^\circ$, $b_c = 3.5\text{mm}$, $\alpha_o = 12^\circ$, $\psi = 65^\circ$, $b = 2\text{mm}$, $l = 4\text{mm}$ 。

2. 选择切削用量

(1) 决定进给量 f

1) 按加工要求决定进给量: 根据表 2.7, 当加工要求为 H12~H13 精度, 钢的强度 $\sigma_b < 800\text{MPa}$, $d_o = 20\text{mm}$ 时, $f = 0.35 \sim 0.43\text{mm/r}$ 。

由于 $l/d = 80/20 = 4$, 故应乘孔深修正系数 $k_{lf} = 0.95$, 则

$$f = (0.35 \sim 0.43) \times 0.95\text{mm/r} = 0.33 \sim 0.41\text{mm/r}$$

2) 按钻头强度决定进给量: 根据表 2.8, 当 $\sigma_b = 640\text{MPa}$, $d_o = 20\text{mm}$, 钻头强度允许的进给量 $f = 1.11\text{mm/r}$ 。

3) 按机床进给机构强度决定进给量: 根据表 2.9, 当 $\sigma_b \leq 640\text{MPa}$, $d_o \leq 20.5\text{mm}$, 机床进给机构允许的轴向力为 8330N (Z525 钻床允许的轴向力为 8830N, 见表 2.35) 时, 进给量为 0.53mm/r 。

从以上三个进给量比较可以看出,受限制的进给量是工艺要求,其值为 $f = 0.33 \sim 0.41 \text{ mm/r}$ 。根据 Z525 钻床说明书,选择 $f = 0.36 \text{ mm/r}$ 。

由于是加工通孔,为了避免孔即将钻穿时钻头容易折断,故宜在孔即将钻穿时停止自动进给而采用手动进给。

机床进给机构强度也可根据初步确定的进给量查出轴向力再进行比较来校验。

由表 2.19 可查出钻孔时的轴向力,当 $f = 0.36 \text{ mm/r}$, $d_o \leq 21 \text{ mm}$ 时,轴向力 $F_f = 6090 \text{ N}$ 。轴向力的修正系数均为 1.0,故 $F_f = 6090 \text{ N}$ 。

根据 Z525 钻床说明书,机床进给机构强度允许的最大轴向力为 $F_{\max} = 8830 \text{ N}$,由于 $F_f < F_{\max}$,故 $f = 0.36 \text{ mm/r}$ 可用。

(2) 决定钻头磨钝标准及寿命 由表 2.12,当 $d_o = 20 \text{ mm}$ 时,钻头后刀面最大磨钝量取为 0.6 mm ,寿命 $T = 45 \text{ min}$ 。

(3) 决定切削速度 由表 2.14, $\sigma_b = 640 \text{ MPa}$ 的 40 钢加工性属 5 类。

由表 2.13,当加工性为第 5 类, $f = 0.36 \text{ mm/r}$,双横刃磨的钻头, $d_o = 20 \text{ mm}$ 时, $v_t = 17 \text{ m/min}$ 。

切削速度的修正系数为: $k_{T_v} = 1.0$, $k_{c_v} = 1.0$, $k_{l_v} = 0.85$, $k_{i_v} = 1.0$, 故

$$v = v_t k_v = 17 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.85 \text{ m/min} = 14.4 \text{ m/min}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi d_o} = \frac{1000 \times 14.4}{\pi \times 20} \text{ r/min} = 229.3 \text{ r/min}$$

根据 Z525 钻床说明书,可考虑选择 $n_c = 272 \text{ r/min}$,但因所选转数较计算转数为高,会使刀具寿命下降,故可将进给量降低一级,即取 $f = 0.28 \text{ mm/r}$;也可选择较低一级转数 $n_c = 195 \text{ r/min}$,仍用 $f = 0.36 \text{ mm/r}$,比较这两种选择方案:

1) 第一方案 $f = 0.28 \text{ mm/r}$, $n_c = 272 \text{ r/min}$

$$n_c f = 272 \times 0.28 \text{ mm/min} = 76.16 \text{ mm/min}$$

2) 第二方案 $f = 0.36 \text{ mm/r}$, $n_c = 195 \text{ r/min}$

$$n_c f = 195 \times 0.36 \text{ mm/min} = 70.2 \text{ mm/min}$$

因为第一方案 $n_c f$ 的乘积较大,基本工时较少,故第一方案较好。这时 $v_c = 17 \text{ m/min}$, $f = 0.28 \text{ mm/r}$ 。

(4) 检验机床扭矩及功率

根据表 2.20,当 $f \leq 0.33 \text{ mm/r}$, $d_o \leq 21 \text{ mm}$ 时, $M_t = 53.86 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。扭矩的修正系数均为 1.0,故 $M_c = 53.86 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。根据 Z525 钻床说明书,当 $n_c = 272 \text{ r/min}$ 时, $M_m = 144.2 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。

根据表 2.23,当 $\sigma_b = 570 \sim 680 \text{ MPa}$, $d_o = 20 \text{ mm}$, $f \leq 0.32 \text{ mm/r}$, $v_c = 17.4 \text{ m/min}$ 时, $P_c = 1.1 \text{ kW}$ 。

根据 Z525 钻床说明书, $P_E = 2.8 \times 0.81 = 2.26 \text{ kW}$ 。

由于 $M_c < M_m$, $P_c < P_E$,故选择之切削用量可用,即

$f = 0.28 \text{ mm/r}$, $n = n_c = 272 \text{ r/min}$, $v_c = 17 \text{ m/min}$ 。

3. 计算基本工时

$$t_m = \frac{L}{nf}$$






式中, $L = l + y + \Delta$, $l = 80\text{mm}$, 入切量及超切量由表2.29查出 $y + \Delta = 10\text{mm}$ 。

故

$$t_m = \frac{80 + 10}{272 \times 0.28} \text{min} = 1.18\text{min}$$

三、钻、扩、铰用量标准

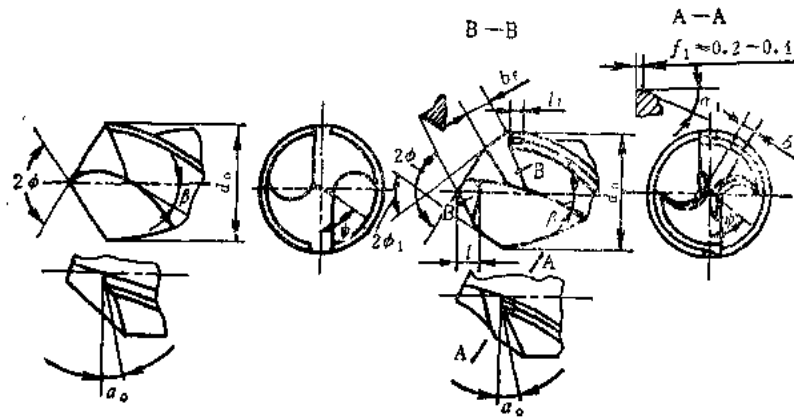
表2.1 高速钢钻头切削部分的几何形状

1.刃磨形状				
钻头直径 d_0 (mm)	刃 磨 形 状			加工材料
	名 称	标 记	简 图	
0.15~12 ^①	标 准	标 准		钢、钢铸件、铸铁
12~80	修磨横刃	横		钢、钢铸件 (带外皮) $\sigma_b \leq 500\text{MPa}$
	修磨棱带及横刃	棱、横		钢、钢铸件 (不带外皮) $\sigma_b \leq 500\text{MPa}$
	双锥、修磨横刃	双 横		钢、钢铸件 (带外皮) $\sigma_b > 500\text{MPa}$ 铸铁(带外皮)
	双锥、修磨横刃、棱带	双横、棱		钢及钢铸件 (不带外皮) $\sigma_b > 500\text{MPa}$ 铸铁(不带外皮)

①小批生产中直径大于12mm的钻头,也可以不修磨。

(续)

2. 切削部分的尺寸



(mm)

钻头直径 d_0	后角 $\alpha_0(^{\circ})$	双重磨法 二重刃长度 b_e	横 刃		棱带长度 l_1
			横刃长度 b	弧面长度 l	
0.25~0.6	25±3	—	—	—	—
>0.6~1.0	22±3				
>1.0~1.6	20±3				
>1.6~2.95	17±3				
>2.95~8.0	16±3				
>8.0~10	12±3	—	1	2	—
>10~12					
>12~16	11±3	2.5	1.5	3	1.5
>16~20		3.5	2	4	
>20~25		4.5	2.5	5	2
>25~32		5.5	3	6	
>32~40		7	3.5	7	3
>40~50		9	5	9	
>50~63		11	6	11	4
>63~70		13	7	13	
>70~80		15	8	15	

注：1. 其余刃磨角度： $2\phi = 118^{\circ} \pm 3^{\circ}$ ； $2\phi_1 = 70^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ；横刃斜角 ψ 对 $d_0 = 0.25 \sim 2.95\text{mm}$ 时不规定；对 $d_0 > 2.95\text{mm}$ 时， $\psi = 40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。

2. 棱带部分修磨宽度 $f_1 = 0.2 \sim 0.4\text{mm}$ ，后角 $\alpha_1 = 6^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 。

表2.2 高速钢钻头的几何参数

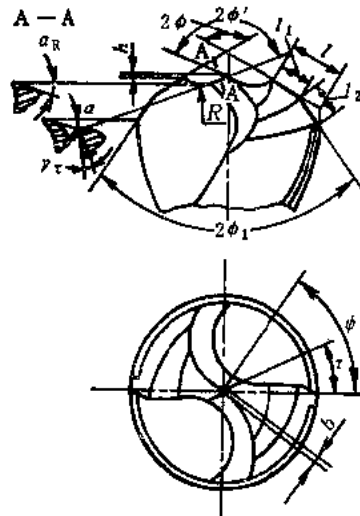
被加工材料	硬度 HBS	$2\phi(^{\circ})$	$\phi(^{\circ})$	$\alpha_o(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$
结构钢	170~196	118		12~15	
工具钢	240~400	118~150	45~55	7~15	24~32
不锈钢、耐热钢及合金	—	127	50~55	12~14	31~35
铸铁	100~400	90~150	45~55	7~15	24~32
钛合金	—	135~140	50~55	12	30
铜	80~85	100~118	45~55	12~15	28~40
铜合金	—	118~150	50~55	12~15	10~40
铝及铝合金	—	90~110	45~55	12~17	24~50
镁合金	—	70~118	45~60	12	10~50
胶木	—	80~90	45~55	12~15	10~20
粉末塑料	—	30~35			
纤维塑料	—	45~50	45~55	14~16	8~20
层状塑料	—	70~80			

注：1.加工不锈钢、耐热钢及合金时，钻头应比标准钻头具有较高的强度及刚性。其钻心厚度应增大为 $(0.3\sim 0.4)d_o$ ，切削部分长度应减小至 $10d_o$ 。

2.加工材料越硬， 2ϕ 应取较大值， α_o 则取较小值。

3.表中螺旋角用于新设计钻头，对标准钻头， β 为一定值。

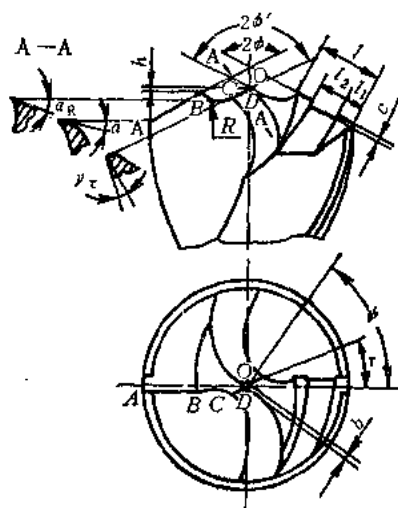
表2.3 钴钢群钻切削部分几何参数



钻头直径 d_o	尖高 h	圆弧半径 R	外刃长 l	槽距 l_1	槽宽 l_2	槽刃长 b	槽深 c	槽数 z	外刃锋角 2ϕ	内刃锋角 $2\phi'$	横刃斜角 ϕ	内刃前角 γ_r	内刃斜角 τ	外刃后角 α	圆弧后角 α_R
(mm)									(°)						
5~7	0.24	0.75	1.3	—	—	0.24	—	—							
>7~10	0.34	1.0	1.9	—	—	0.34	—	—					20	11	18
>10~15	0.5	1.5	2.7	—	—	0.5	—	—							
>15~20	0.7	1.5	5.5	1.4	2.7	0.7	—	—							
>20~25	0.9	2	7	1.8	3.4	0.9	—	—							
>25~30	1.10	2.5	8.5	2.2	4.2	1.1	1	1	125	135	65	-15	25	8	15
>30~35	1.3	3	10	2.5	5	1.3	—	—							
>35~40	1.5	3.5	11.5	2.9	5.8	1.5	—	—							
>40~45	1.7	4	13	2.2	3.25	1.70	—	—							
>45~50	1.9	4.5	14.5	2.5	3.6	1.9	1.5	2					30	6	12
>50~60	2.2	5	17	2.9	4.25	2.2	—	—							

注：上述某些数据的近似比例如下： $h \approx 0.4d_o$ ， $R \approx 0.1d_o$ ， $l \approx 0.2d_o$ ($d_o \leq 15$)， $l \approx 0.3d_o$ ($d_o > 15$)， $b \approx 0.03d_o$ 。

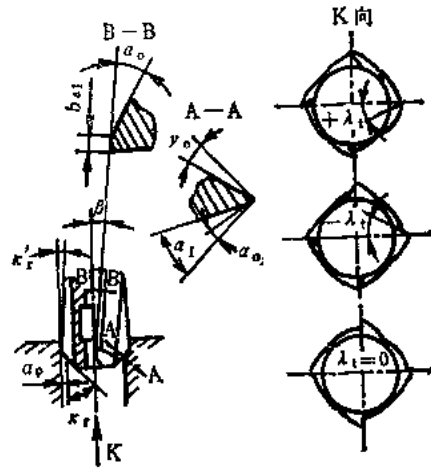
表2.4 铸铁群钻切削部分几何参数



钻头直径 d_0	尖高 h	圆弧半径 R	横刃长 b	总外刃长 l	分外刃长	外刃锋角 2ϕ	第二锋角 $2\phi'$	内刃锋角 $2\phi'$	横刃斜角 ϕ	内刃前角 γ_r	内刃斜角 τ	外刃后角 α	圆弧后角 α_x
	(mm)					(^{\circ})							
5~7	0.2	0.75	0.2	1.9									
>7~10	0.3	1.25	0.3	2.6							20	14	20
>10~15	0.4	1.75	0.4	4									
>15~20	0.5	2.25	0.5	5.5									
>20~25	0.6	2.75	0.6	7									
>25~30	0.75	3.5	0.75	8.5	$l_1 = l_2$	120	70	135	65	-10	25	10	18
>30~35	0.9	4	0.9	10									
>35~40	1.05	4.5	1.05	11.5									
>40~45	1.15	5	1.15	13									
>45~50	1.3	6	1.3	14.5							30	8	15
>50~60	1.45	7	1.45	17									

注：上述某些数据的近似比例如下： $h \approx 0.03d_0$ ， $R \approx 0.12d_0$ ， $b \approx 0.03d_0$ ， $l \approx 0.3d_0$ 。

表2.5 扩孔钻的几何参数



加工材料	切削部分前角 $\gamma_n(^{\circ})$		α_n ($^{\circ}$)	κ_r ($^{\circ}$)	κ_{re} ($^{\circ}$)	β ($^{\circ}$)	b_{e1} (mm)
	高速钢 扩孔钻	硬质合金 扩孔钻					
钢、铸钢, 硬度 $\leq 180\text{HBS}$	15~20	—	8~10	60	30	25~30	0.8~2
硬度=180~ 225HBS	12~15	0				10~20	
硬度=225~ 270HBS	5~10	0~-5					
硬度>270HBS	—	-10					
不锈钢、耐热钢	0~3	—	6~15	30~45	15~20	15~20	0.5~1
淬硬钢HRC51 ($\sigma_b = 1600 \sim 1800$ MPa)	—	-15	10	60	15	10~20	0.8~2
耐热合金	0~3	—	8~10	30	—	10~20	0.5~1
钛合金	4~6	—	9~11	45	—	20	0.3~0.5
铸铁: 硬度 $\leq 150\text{HBS}$	10~12	8	8~10	30~60	30	10	0.8~2
硬度=150~ 200HBS	6~8	5					
硬度>200HBS	—	0					
铝合金、铜合金	25~30	10~20	10	60	—	10~20	0.5~1
镁合金	—	—	—	45~60	—	20~25	

注: 1. 为提高扩孔钻寿命, 必须:

- 1) 磨出长度 $l = 3\alpha_p$ 、偏角为 κ_{re} 的过渡刃; 2) 在高速钢扩孔钻前端长度为 1.5~2mm 处修磨棱带; 3) 齿背磨成两个

(续)

- 平面：在长度为0.6~1.5mm处磨出 $\alpha_0 = 8^\circ \sim 10^\circ$ ，其余部分磨出 $\alpha_1 = 15^\circ \sim 20^\circ$ ；在加工铸铁的硬质合金扩孔钻上， $\alpha_0 = 10^\circ \sim 17^\circ$ ， $\alpha_1 = 20^\circ \sim 25^\circ$ 。
2. 硬质合金扩孔钻上的负前角是在前刀面宽1.5~3mm处形成的。
3. 刃倾角如下选用：
 $\lambda_1 = 0$ 用于加工钢、铸铁和青铜；
 $\lambda_1 = -3^\circ \sim -5^\circ$ 用于使切屑易于排出；
 $\lambda_1 = -12^\circ \sim -20^\circ$ 用于加强硬质合金扩孔钻的切削刃。
4. 加工硬的材料时， α_0 、 β 取小值，加工软的材料时则取大值。
5. 对高速钢及硬质合金装配式扩孔钻，建议， $\gamma_n = 3^\circ$ ， $\alpha_0 = 6^\circ \sim 8^\circ$ ， $\alpha_1 = 15^\circ \sim 20^\circ$ ；对高速钢扩孔钻， $\kappa_r = 45^\circ \sim 60^\circ$ ， $\beta = 20^\circ$ ；对硬质合金扩孔钻， $\kappa_r = 60^\circ$ ， $\kappa_{ra} = 30^\circ$ ， $\beta = 12^\circ \sim 15^\circ$ 。
6. 加工断续表面的内孔时， $\beta = 20^\circ \sim 30^\circ$ （与加工材料无关）。

表2.6 铰刀的几何参数

加工材料	铰刀切削部分材料				齿背倾斜角 $\alpha_1 (^\circ)$
	高速钢	硬质合金	高速钢	硬质合金	
	前角 $\gamma_0 (^\circ)$		后角 $\alpha_0 (^\circ)$		
未淬硬钢	0	0~5	6~12	6~8	10~20
淬硬钢50HRC($\sigma_b = 1600 \sim 1800\text{MPa}$)	—	-10~-15	—	6	10~15
不锈钢、耐热钢	0	—	5~8	—	10~15
耐热合金	0	—	6~10	—	10~15
钛合金	0	0	8~10	10	10~15
铸 铁	0	0~5	6~8	10~17	15~20
铝合金、铜合金、镁合金	0	—	10~12	—	15~20

注：1. 前角：加工钢粗铰刀的 $\gamma_0 = 5^\circ \sim 10^\circ$ ；加工高韧性材料（如不锈钢等）， $\gamma_0 = 8^\circ \sim 12^\circ$ ；加工铜合金， $\gamma_0 = 0^\circ \sim 5^\circ$ ；加工镁合金 $\gamma_0 = 5^\circ \sim 8^\circ$ ；加工铝及铝合金、镍及镍合金， $\gamma_0 = 5^\circ \sim 10^\circ$ ；加工黄铜， $\gamma_0 = 5^\circ$ ；锅炉铰刀， $\gamma_0 = 12^\circ \sim 15^\circ$ 。

对于硬质合金铰刀，负前角是在宽度为0.2~0.3mm（铰淬硬钢则为2~3mm）棱边上形成的，其余部分乃为 $\gamma_0 = 0^\circ$ 。

2. 后角：粗铰刀和小直径铰刀取表中较大值，精铰刀则取较小值。对可调硬质合金铰刀及锅炉铰刀，后面磨出两个角度，在0.3~1.5mm宽度上磨出 $\alpha_0 = 5^\circ \sim 8^\circ$ ，其余部分磨出 $\alpha_1 = 10^\circ \sim 20^\circ$ 。

校准齿上圆柱形棱边宽度：机用铰刀为0.05~0.3mm（加工韧性金属为0.05~0.08mm）；手用铰刀为0.15~0.18mm，锅炉铰刀为0.2~0.3mm。校准齿上的后角与切削齿同。

3. 主偏角（切削锥角）：加工通孔时，对手用铰刀， $\kappa_r = 0.5^\circ \sim 1.5^\circ$ ；加工韧性金属的机铰刀 $\kappa_r = 12^\circ \sim 15^\circ$ ；加工脆性金属、硬金属及难加工金属及其合金的铰刀， $\kappa_r = 3^\circ \sim 5^\circ$ ；加工不锈钢及钛合金的铰刀， $\kappa_r = 15^\circ \sim 30^\circ$ ；锅炉铰刀， $\kappa_r = 1.5^\circ \sim 3^\circ$ 。加工盲孔时，对所有金属加工，手用铰刀： $\kappa_r = 45^\circ$ ；机用铰刀： $\kappa_r = 60^\circ$ ；硬质合金铰刀通常取 $\kappa_r = 15^\circ$ 前端带 45° 倒角。为了减小加工孔的表面粗糙度，硬质合金铰刀可做三重锥角 45° 、 15° 及 $2^\circ \sim 5^\circ$ （长度为0.8~2mm）。加工淬硬钢时，硬质合金铰刀的 $\kappa_r = 15^\circ$ 并带有长度为1.5~2mm， $\kappa_{re} = 1.5^\circ \sim 2^\circ$ 的过渡刃。对可调铰刀，加工钢时 $\kappa_r = 45^\circ$ ，加工铸铁时 $\kappa_r = 5^\circ$ 。

4. 刀齿螺旋角：标准铰刀一般为直槽（ $\beta = 0$ ）。为了提高孔的精度及减小表面粗糙度值，在加工有纵向槽的内孔时，铰刀做成螺旋齿。加工灰铸铁及硬钢， $\beta = 7^\circ \sim 8^\circ$ ；加工可锻铸铁、软钢及中硬钢， $\beta = 12^\circ \sim 20^\circ$ ；加工铝合金及其它轻合金， $\beta = 35^\circ \sim 45^\circ$ ；锅炉铰刀， $\beta = 25^\circ \sim 30^\circ$ ，可调铰刀， $\beta = 3^\circ$ 。

表2.7 高速钢钻头钻孔时的进给量

钻头直径 d (mm)	钢 σ_b (MPa)			铸铁、铜、铝合金硬度	
	<800	800~1000	>1000	$\leq 200\text{HBS}$	>200HBS
	进 给 量 f (mm/r)				
≤ 2	0.05~0.06	0.04~0.05	0.03~0.04	0.09~0.11	0.05~0.07
> 2 ~ 4	0.08~0.10	0.06~0.08	0.04~0.06	0.18~0.22	0.11~0.13
> 4 ~ 6	0.14~0.18	0.10~0.12	0.08~0.10	0.27~0.33	0.18~0.22
> 6 ~ 8	0.18~0.22	0.13~0.15	0.11~0.13	0.36~0.44	0.22~0.26
> 8 ~ 10	0.22~0.28	0.17~0.21	0.13~0.17	0.47~0.57	0.28~0.34
>10~13	0.25~0.31	0.19~0.23	0.15~0.19	0.52~0.64	0.31~0.39
>13~16	0.31~0.37	0.22~0.28	0.18~0.22	0.61~0.75	0.37~0.45
>16~20	0.35~0.43	0.26~0.32	0.21~0.25	0.70~0.86	0.43~0.53
>20~25	0.39~0.47	0.29~0.35	0.23~0.29	0.78~0.96	0.47~0.57
>25~30	0.45~0.55	0.32~0.40	0.27~0.33	0.9~1.1	0.54~0.66
>30~60	0.60~0.70	0.40~0.50	0.30~0.40	1.0~1.2	0.70~0.80

注：1. 表列数据适用于在大刚性零件上钻孔，精度在H12~H13级以下（或自由公差），钻孔后还用钻头、扩孔钻或铰刀加工。在下列条件下需乘修正系数：

1) 在中等刚性零件上钻孔（箱体形状的薄壁零件、零件上薄的突出部分钻孔）时，乘系数0.75；2) 钻孔后要用铰刀加工的精确孔、低刚性零件上钻孔、斜面上钻孔以及钻孔后用丝锥攻螺纹的孔，乘系数0.50。

2. 钻孔深度大于8倍直径时应乘修正系数：

钻孔深度（孔深以直径的倍数表示）	$3d_0$	$5d_0$	$7d_0$	$10d_0$
修正系数 k_{ct}	1.0	0.9	0.8	0.75

3. 为避免钻头损坏，当刚要钻穿时应停止自动走刀而改用手动走刀。

表2.8 钻头强度所允许的进给量

加工材料		钻头直径 d_0 (mm)																	
可锻铸铁 硬度 HBS	灰铸铁 硬度 HBS	钢		16	20	25	31	39	48	60	13	16	20	25	31	39	48	60	
		σ_b (MPa)	硬度 HBS																
—	—	380~460	110~131	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	470~560	135~160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<133	<168	570~680	163~194	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
133~168	168~218	690~820	197~234	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
>168	>213	830~990	237~283	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	1000~1200	285~343	2.2	2.7	3.4	4.3	5.4	6.7	8.4	10.5	13	16	20	25	31	39	48	60
		进给量 f (mm/r)																	
钢		0.11	0.13	0.16	0.19	0.23	0.27	0.32	0.38	0.46	0.55	0.65	0.78	0.93	1.11	1.32	1.6	1.9	>2
灰铸铁、可锻铸铁		0.21	0.25	0.3	0.35	0.42	0.50	0.60	0.72	0.86	1.0	1.22	1.45	1.75	>2	>2	>2	>2	>2

注：表中数值已考虑了钻头磨损后力的增大。

表2.10 高速钢和硬质合金扩孔钻扩孔时的进给量

扩孔钻直径 d_0 (mm)	加工不同材料时的进给量 f (mm/r)		
	钢、铸钢	铸铁、铜合金、铝合金	
		HB \leq 200	HB $>$ 200
≤ 15	0.5~0.6	0.7~0.9	0.5~0.6
$> 15\sim 20$	0.6~0.7	0.9~1.1	0.6~0.7
$> 20\sim 25$	0.7~0.9	1.0~1.2	0.7~0.8
$> 25\sim 30$	0.8~1.0	1.1~1.3	0.8~0.9
$> 30\sim 35$	0.9~1.1	1.2~1.5	0.9~1.0
$> 35\sim 40$	0.9~1.2	1.4~1.7	1.0~1.2
$> 40\sim 50$	1.0~1.3	1.6~2.0	1.2~1.4
$> 50\sim 60$	1.1~1.3	1.8~2.2	1.3~1.5
$> 60\sim 80$	1.2~1.5	2.0~2.4	1.4~1.7

- 注：1.加工强度及硬度较低的材料时，采用较大值，加工强度及硬度较高的材料时，采用较小值。
 2.在扩盲孔时，进给量取为0.3~0.6mm/r。
 3.表列进给量用于，孔的精度不高于H12~H13级，以后还要用扩孔钻和铰刀加工的孔，还要用两把铰刀加工的孔。
 4.当加工孔的要求较高时，例如H8~H11级精度的孔，还要用一把铰刀加工的孔，用丝锥攻螺纹前的扩孔，则进给量应乘系数0.7。

表2.11 高速钢及硬质合金机铰刀铰孔时的进给量

(mm/r)

铰刀直径 (mm)	高速钢铰刀				硬质合金铰刀			
	钢		铸 铁		钢		铸 铁	
	$\sigma_b \leq 900$ MPa	$\sigma_b > 900$ MPa	硬度 ≤ 170 HBS 铸铁、铜、铝合金	硬度 > 170 HBS	未淬硬钢	淬硬钢	硬度 ≤ 170 HBS	硬度 > 170 HBS
≤ 5	0.2~0.5	0.15~0.35	0.6~1.2	0.4~0.8	—	—	—	—
$> 5\sim 10$	0.4~0.9	0.35~0.7	1.0~2.0	0.65~1.3	0.35~0.5	0.25~0.35	0.9~1.4	0.7~1.1
$> 10\sim 20$	0.65~1.4	0.55~1.2	1.5~3.0	1.0~2.0	0.4~0.6	0.30~0.40	1.0~1.5	0.8~1.2
$> 20\sim 30$	0.8~1.8	0.65~1.5	2.0~1.0	1.3~2.6	0.5~0.7	0.35~0.45	1.2~1.8	0.9~1.4
$> 30\sim 40$	0.95~2.1	0.8~1.8	2.5~5.0	1.6~3.2	0.6~0.8	0.40~0.50	1.3~2.0	1.0~1.5
$> 40\sim 60$	1.3~2.8	1.0~2.3	3.2~6.4	2.1~4.2	0.7~0.9	—	1.6~2.4	1.25~1.8
$> 60\sim 80$	1.5~3.2	1.2~2.6	3.75~7.5	2.6~5.0	0.9~1.2	—	2.0~3.0	1.5~2.2

- 注：1.表内进给量用于加工通孔。加工盲孔时进给量应取为0.2~0.5mm/r。
 2.最大进给量用于在钻或扩孔之后，精铰孔之前的粗铰孔。
 3.中等进给量用于：
 ①粗铰之后精铰H7级精度的孔；②精铰之后精铰H7级精度的孔；③对硬质合金铰刀，用于精铰H8~H9级精度的孔。
 4.最小进给量用于：
 ①抛光或珩磨之前的精铰孔；②用一把铰刀铰H8~H9级精度的孔；③对硬质合金铰刀，用于精铰H7级精度的孔。

表2.12 钻头、扩孔钻和铰刀的磨钝标准及寿命

磨钝限度	刀具材料	加工材料	钻 头		扩 孔 钻		铰 刀		
			直 径 d_0 (mm)						
			≤ 20	> 20	≤ 20	> 20	≤ 20	> 20	
			后刀面最大磨损限度 (mm)						
高 速 钢	钢		0.4~0.8	0.8~1.0	0.5~0.8	0.8~1.2	0.3~0.5	0.5~0.7	
	不锈钢、耐热钢		0.3~0.8		—		—		
	钛合金		0.4~0.5		—		—		
	铸 铁		0.5~0.8	0.8~1.2	0.6~0.9	0.9~1.4	0.4~0.6	0.6~0.9	
	硬 质 合 金	钢(扩钻)、铸铁		0.4~0.8	0.8~1.2	0.6~0.8	0.8~1.4	0.4~0.6	0.6~0.8
		淬硬钢		—		0.5~0.7		0.3~0.35	

刀 具 寿 命 (单刀加工)	刀具类型	加工材料	刀具材料	刀 具 直 径 d_0 (mm)									
				<6	6~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~80		
				刀 具 寿 命 T (min)									
钻 头 (钻孔及 扩钻)	结构钢及钢铸件	高速钢	15	25	45	50	70	90	110	—			
			6	8	15	25	—		—				
	不锈钢及耐热钢 、 铸铁、铜合金、铝 合金	高速钢	20	35	60	75	110	140	170	—			
		硬质合金											
扩孔钻 (扩孔)	结构钢及铸钢, 铸 铁、铜合金及铝合 金	高速钢、硬质合金	—	—	30	40	50	60	80	100			
铰 刀 (铰孔)	结构钢、铸钢	高速钢	—	—	40	80		120					
		硬质合金	—	20	30	50	70	90	110	140			
	铸铁、铜合金、铝 合金	高速钢	—	—	60	120		180					
		硬质合金	—	—	45	75	105	135	165	210			

刀 具 寿 命 (多刀加工)	刀 具 数 量				
	3	5	8	10	≥ 15
	刀 具 寿 命 T (min)				
	50	80	100	120	140
	80	110	140	150	170
	100	130	170	180	200
120	160	200	220	250	
150	200	240	260	300	

注: 在进行多刀加工时, 如扩孔钻及刀头的直径大于60mm, 则随调整复杂程度的不同, 刀具寿命取为 $T = 150 \sim 300 \text{min}$ 。

表2.13 高速钢钻头钻碳钢及合金钢时的切削速度(使用切削液)

加工性分类		进 给 量 f (mm/r)												
1	0.20	0.27	0.36	0.49	0.66	0.88	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49	0.66	0.88	—	—	—	—	—	—	—
3	0.13	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49	0.66	0.88	—	—	—	—	—	—
4	0.11	0.13	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49	0.66	0.88	—	—	—	—	—
5	0.09	0.11	0.13	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49	0.66	0.88	—	—	—	—
6	—	0.09	0.11	0.13	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49	0.66	0.88	—	—	—
7	—	—	0.09	0.11	0.13	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49	0.66	0.88	—	—
8	—	—	—	0.09	0.11	0.13	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49	0.66	0.88	—
9	—	—	—	—	0.09	0.11	0.13	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49	0.66	0.88
10	—	—	—	—	—	0.09	0.11	0.13	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49	0.66
11	—	—	—	—	—	—	0.09	0.11	0.13	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49

刃磨形式	钻头直径 d_0 (mm)	切 削 速 度 v_c (m/min)													
双横	20	33	33	30	26	22	19	17	14	12	11	9	8	6.5	5.8
	30	33	33	33	30	26	22	19	17	14	12	11	9	8	6.5
	60	33	33	33	33	30	26	22	19	17	14	12	11	9	8
标准	4.6	26	22	19	17	14	12	11	9	8	6.5	5.8	5.0	4.3	3.6
	9.6	30	26	22	19	17	14	12	11	9	8	6.5	5.8	5.0	4.3
	20	33	30	26	22	19	17	14	12	11	9	8	6.5	5.8	5.0
	30	33	33	30	26	22	19	17	14	12	11	9	8	6.5	5.8
	60	33	33	33	30	26	22	19	17	14	12	11	9	8	6.5

注: 1. 钢的加工性分类见表2.14。

2. 加工条件改变时切削速度的修正系数见表2.31。

表2.14 孔加工时钢的加工性分类

钢 的 牌 号	钢 的 力 学 性 能 及 加 工 性 分 类							
易 切 削 钢 Y12、Y15、Y15Mn、 Y20、Y30、Y35	σ_b (MPa)	410~460	470~540	550~630	640~720	730~830	840~960	
	硬度HBS	117~131	132~154	155~180	181~205	206~237	238~274	—
	k_p	2.1	1.8	1.56	1.34	1.16	1.0	—
	加工性分类	1	2	3	4	5	6	—
结 构 碳 钢 ($w_c < 0.6\%$) 08F、10、15、20、25、30、35、 40、45、55、60 Q195、Q215、Q235、Q255	σ_b (MPa)	300~350	360~410	420~500	510~570	580~680	690~810	820~960
	硬度HBS	84~99	100~117	118~140	141~163	164~194	195~232	233~274
	k_p	0.86	1.0	1.16	1.34	1.16	1.0	0.86
	加工性分类	7	6	5	4	3	2	1

(续)

钢 的 牌 号	钢 的 力 学 性 能 及 加 工 性 分 类							
铬钢: 15Cr, 20Cr, 30Cr, 35Cr, 40Cr, 50Cr, 镍钢: 25Ni, 30Ni, 镍铬钢: 20CrNi, 40CrNi, 45CrNi, 50CrNi, 12CrNi2, 12CrNi3, 30CrNi3, 12Cr2Ni4, 20Cr2Ni4, 20CrNi3A, 37CrNi3A	σ_b (MPa)	370~430	440~510	520~610	620~720	730~850	860~1000	1010~1190
	硬度HBS	110~127	128~146	147~174	175~205	206~243	244~285	286~341
	k_v	1.56	1.34	1.16	1.0	0.86	0.75	0.64
	加工性分类	3	4	5	6	7	8	9
加工性较差的结构钢 65, 70, 18CrNiWA, 25CrNiWA, 18Cr2Ni4MoA, 18CrNiMoA, 20CrNiVA, 45CrNiMoVA	σ_b (MPa)	—	—	540~630	640~750	760~880	890~1040	1050~1230
	硬度HBS	—	—	154~180	181~214	215~251	252~299	300~350
	k_v	—	—	1.0	0.86	0.75	0.64	0.55
	加工性分类	—	—	6	7	8	9	10
锰钢: 15Mn, 20Mn, 30Mn, 40Mn, 50Mn, 60Mn, 65Mn, 70Mn, 30Mn2, 10Mn2, 35Mn2, 40Mn2, 45Mn2, 50Mn2 铬钼钢及相近的钢 12CrMo, 20CrMo, 30CrMo, 35CrMo, 38CrMoA1A, 35CrA1A, 32CrNiMo, 40CrNiMoA 铬锰钢及相近的钢 15CrMn, 20CrMn, 40CrMn, 40Cr2Mn, 35CrMn2, 33CrSi, 37CrSi, 35SiMn, 20CrMnSi, 25CrMnSi, 30CrMnSi, 35CrMnSi	σ_b (MPa)	400~460	470~550	560~650	660~770	780~910	920~1080	1090~1260
	硬度HBS	114~131	132~159	160~186	187~221	222~260	261~309	310~350
	k_v	1.16	1.0	0.86	0.75	0.64	0.55	0.48
	加工性分类	5	6	7	8	9	10	11

表2.15 高速钢钻头钻灰铸铁时的切削速度

铸铁硬度HBS		进 给 量 f (mm/r)											
140~152	0.20	0.24	0.30	0.40	0.53	0.70	0.95	1.3	1.7	—	—	—	—
153~166	0.16	0.20	0.24	0.30	0.40	0.53	0.70	0.95	1.3	1.7	—	—	—
167~181	0.13	0.16	0.20	0.24	0.30	0.40	0.53	0.70	0.95	1.3	1.7	—	—
182~199	—	0.13	0.16	0.20	0.24	0.30	0.40	0.53	0.70	0.95	1.3	1.7	—
200~217	—	—	0.13	0.16	0.20	0.24	0.30	0.40	0.53	0.70	0.95	1.3	1.7
218~240	—	—	—	0.13	0.16	0.20	0.24	0.30	0.40	0.53	0.70	0.95	1.3

刃磨形式	钻头直径 d_0 (mm)	切 削 速 度 v_c (m/min)												
修磨双键及横刃	20	35	35	31	28	25	22	20	18	16	14	12	11	10
	>20	35	35	35	32	28	25	23	20	18	16	14	12	11
标准钻头	3.2	26	23	20	18	16	14	13	11	10	9	8	7	6
	8	29	26	23	20	18	16	14	13	11	10	9	8	7
	20	33	29	26	23	20	18	15	14	13	11	10	9	8
	>20	35	34	30	27	24	21	19	17	15	14	12	10	9

注：加工条件改变时切削速度的修正系数见表2.31。

表2.16 群钻加工钢时的切削用量

加工材料			深径比 l/d_0	切 削 用 量	直 径 d_0 (mm)								
碳 钢 (10, 15, 20, 35, 40, 45, 50等)	合 金 钢 (40Cr, 38CrSi, 60Mn, 35CrMo, 20CrMnTi等)	其它钢种			8	10	12	16	20	25	30	35	40
硬度<207HBS正火 或 $\sigma_b < 600$ MPa	硬度<143HBS或 $\sigma_b < 500$ MPa	易切钢	≤ 3	进给量 f (mm/r)	0.24	0.32	0.40	0.5	0.6	0.67	0.75	0.81	0.9
				切削速度 v_c (m/min)	20	20	20	21	21	21	22	22	22
				转速 n (r/min)	800	640	530	420	335	270	230	200	175
				进给量 f (mm/r)	0.2	0.26	0.32	0.38	0.48	0.55	0.6	0.67	0.75
				切削速度 v_c (m/min)	16	16	16	17	17	17	18	18	18
				转速 n (r/min)	640	510	420	335	270	220	190	165	145
硬度170~229HBS或 $\sigma_b = 600 \sim 800$ MPa	硬度143~207HBS 或 $\sigma_b = 500 \sim 700$ MPa	碳素工具钢、铸钢	≤ 3	进给量 f (mm/r)	0.2	0.28	0.35	0.4	0.5	0.56	0.62	0.69	0.75
				切削速度 v_c (m/min)	16	16	16	17	17	17	18	18	18
				转速 n (r/min)	640	510	420	335	270	220	190	165	145
				进给量 f (mm/r)	0.17	0.22	0.28	0.32	0.4	0.45	0.5	0.56	0.62
				切削速度 v_c (m/min)	13	13	13	13.5	13.5	13.5	14	14	14
				转速 n (r/min)	520	420	350	270	220	170	150	125	110

(续)

加工材料			深径比 l/d_0	切削用量	直径 d_0 (mm)								
碳 钢 (10, 15, 20, 35, 40, 45, 50等)	合 金 钢 (40Cr, 38CrSi, 60Mn, 35CrMo, 20CrMnTi等)	其它 钢种			8	10	12	16	20	25	30	35	40
硬度229~285HBS 或 $\sigma_b = 800 \sim 1000$ MPa	硬度207~255HBS 或 $\sigma_b = 700 \sim 900$ MPa	合铸 钢、易 切不 锈钢 合金 钢	≤ 3	进给量 f (mm/r)	0.17	0.22	0.28	0.32	0.4	0.45	0.5	0.56	0.62
				切削速度 v_c (m/min)	12	12	12	12.5	12.5	12.5	13	13	13
				转速 n (r/min)	480	380	320	250	200	160	140	120	90
			$3 \sim 8$	进给量 f (mm/r)	0.13	0.18	0.22	0.26	0.32	0.36	0.4	0.45	0.5
				切削速度 v_c (m/min)	11	11	11	11.5	11.5	11.5	12	12	12
				转速 n (r/min)	440	350	290	230	185	145	125	110	115
硬度285~321HBS 或 $\sigma_b = 1000 \sim 1200$ MPa	硬度255~302HBS 或 $\sigma_b = 900 \sim 1100$ MPa	奥氏 体不 锈钢	≤ 3	进给量 f (mm/r)	0.18	0.22	0.26	0.32	0.36	0.40	0.45	0.56	0.62
				切削速度 v_c (m/min)	9	9	9	10	10	10	11	11	11
				转速 n (r/min)	360	285	240	190	160	130	115	100	90
			$3 \sim 8$	进给量 f (mm/r)	0.12	0.15	0.18	0.22	0.26	0.3	0.32	0.38	0.41
				切削速度 v_c (m/min)	9	9	9	10	10	10	11	11	11
				转速 n (r/min)	360	285	240	190	160	130	115	100	90

注: 1. 钻头平均寿命60~120min。
2. 当钻床一刀具系统刚性低, 钻孔精度要求高和排屑、冷却不良时, 应适当降低进给量 f 和切削速度 v_c 。
3. 全部使用切削液。

表2.17 群钻加工铸铁时的切削用量

加工材料		深径比 l/d_0	切削用量	直径 d_0 (mm)								
灰 铸 铁	可锻铸铁、锰铸铁			8	10	12	16	20	25	30	35	40
硬度163~229HBS (HT100, HT150)	可 锻 铸 铁 (硬度 ≤ 229 HBS)	≤ 3	进给量 f (mm/r)	0.3	0.4	0.5	0.6	0.75	0.81	0.9	1	1.1
			切削速度 v_c (m/min)	20	20	20	21	21	21	22	22	22
			转速 n (r/min)	800	640	530	420	335	270	230	200	175
		$3 \sim 8$	进给量 f (mm/r)	0.24	0.32	0.4	0.5	0.6	0.67	0.75	0.81	0.9
			切削速度 v_c (m/min)	16	16	16	17	17	17	18	18	18
			转速 n (r/min)	640	510	420	335	270	220	190	165	143
硬度170~269HBS (HT200以上)	可 锻 铸 铁 (硬度197~269HBS) 锰 铸 铁	≤ 3	进给量 f (mm/r)	0.24	0.32	0.4	0.5	0.6	0.67	0.75	0.81	0.9
			切削速度 v_c (m/min)	16	16	16	17	17	17	18	18	18
			转速 n (r/min)	640	510	420	335	270	220	190	165	148
		$3 \sim 8$	进给量 f (mm/r)	0.2	0.26	0.32	0.38	0.48	0.55	0.6	0.67	0.75
			切削速度 v_c (m/min)	13	13	13	14	14	14	15	15	15
			转速 n (r/min)	520	420	350	270	220	170	150	125	110

注: 1. 钻头平均寿命120min。
2. 应使用乳化液冷却。
3. 当钻床一刀具系统刚性低, 钻孔精度要求高和钻削条件不好时(如带铸造黑皮), 应适当降低进给量 f 与切削速度 v_c 。

表2.18 硬质合金钻头钻削不同材料的切削用量

加工材料	抗拉强度 σ_b (MPa)	硬度 HBS	进给量 <i>f</i> (mm/r)			切削速度 <i>v_c</i> (m/min)			钻尖角 (°)	切削液	
			$d_0=3\sim 8$ mm	$d_0=8\sim 20$ mm	$d_0=20\sim 40$ mm	$d_0=3\sim 8$ mm	$d_0=8\sim 20$ mm	$d_0=20\sim 40$ mm			
工具钢、 热处理钢	850~ 1200		0.02~0.04	0.04~0.08	0.08~0.12	25~32	30~38	35~40	115~120	非水溶性 切削油	
	1200~ 1800		0.02	0.02~0.04		10~15	12~18		115~120		
淬硬钢		≥50 HRC	0.01~0.02	0.02~0.03		8~10	10~12		120~140		
高锰钢(12% 14%Mn)				0.03~0.05			10~16		120~140		
铸钢	≥700		0.02~0.05	0.05~0.12	0.12~0.18	25~32	30~38	35~40	115~120		
不锈钢			0.08~0.12	0.12~0.2		25~27	27~35		115~120		
耐热钢			0.01~0.05	0.05~0.1		3~6	5~8		115~120		
镍铬钢	1000	300	0.08~0.12	0.12~0.2		35~40	40~45		115~120		
	1400	420	0.04~0.05	0.05~0.08		15~20	20~25				
灰铸铁		≤250	0.04~0.08	0.08~0.16	0.16~0.3	40~60	50~70	60~80	115~120		干切或 乳化液
合金铸铁	250~350		0.02~0.04	0.03~0.08	0.06~0.16	20~40	25~50	30~60	115~120		非水溶性 切削油或 乳化液
	350~450		0.02~0.04	0.03~0.06	0.05~0.1	8~20	10~25	12~30			
冷硬铸铁		65~ 85HS	0.01~0.03	0.02~0.04	0.03~0.06	5~8	6~10	8~12	120~140		
可锻铸铁、 球墨铸铁			0.03~0.05	0.05~0.1	0.1~0.2	40~45	45~50	50~60	115~120		
黄铜			0.06~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	80~100	90~110	100~120	115~125	干切或 乳化液	
铸造青铜			0.06~0.08	0.08~0.12	0.12~0.2	50~70	55~75	60~80	115~125		
磷青铜			0.15~0.2	0.2~0.5		50~85	80~85		115~125		
铝合金		≥80	0.06~0.1	0.1~0.18	0.18~0.25	100~120	110~130	120~140	115~120	乳化液或 水溶性切削油	
硅铝合金 (14%以上Si)			0.03~0.06	0.06~0.08	0.08~0.12	50~60	55~70	60~80	115~120		
硬质纸			0.08~0.12	0.12~0.18	0.18~0.25	60~100	80~120	100~140	90		
热固性树脂 (加入充填物)			0.04~0.06	0.06~0.12	0.12~0.2	60~80	70~90	80~100	80~130		
玻璃			手进	手进	手进	9~10	10~11	11~12	玻璃锥	煤油、水	
陶瓷器			手进	手进	手进	5~8	7~10	9~12	90		
大理石、石 板、砖			手进	手进	手进	18~24	21~27	24~30	大理石锥		
硬质岩混凝土			手进	手进	手进	3~5	4~6	5~8	90	水	
塑料、胶木			手进	手进	手进	50~55	55~60	60~70	118		
硬橡胶			0.05~0.06	0.06~0.15	0.12~0.22	18~21	21~24	24~26	60~70		
硬质纤维			0.2~0.4			80~150			140		
酚醛树脂			0.2~0.4			100~120			70~80		
玻璃纤维 复合材料			0.063~0.127			198			118~130		
贝壳			手进			30~60			60~70		

注：硬质合金牌号按ISO选用K10或K20对应的国内牌号。

表2.19 高速钢钻头钻孔时的轴向力

钢 $\sigma_b = 650\text{MPa}$												
钻头直径 d_0 (mm)	进 给 量 f (mm/r)											
	0.10	0.13	0.17	0.22	0.28	0.36	0.47	0.60	0.78	1.0	1.3	1.7
轴 向 力 F_t (N)												
10.2	1240	1480	1770	2120	2520	3000	3580	4280	—	—	—	—
12	1480	1770	2120	2520	3000	3580	4280	5120	6090	—	—	—
14.5	1770	2120	2520	3000	3580	4280	5120	6090	7330	8740	—	—
17.5	2120	2520	3000	3580	4280	5120	6090	7330	8740	10420	—	—
21	2520	3000	3580	4280	5120	6090	7330	8740	10420	12360	—	—
25	3000	3580	4280	5120	6090	7330	8740	10420	12360	14830	—	—
30	3580	4280	5120	6090	7330	8740	10420	12360	14830	17660	21190	25160
35	4280	5120	6030	7330	8740	10420	12360	14830	17660	21190	25160	30020
42	—	6090	7330	8740	10420	12360	14830	17660	21190	25160	30020	36200
50	—	7330	8740	10420	12360	14830	17660	21190	25160	30020	36200	42380
60	—	8740	10420	12360	14830	17660	21190	25160	30020	36200	42380	51210

灰铸铁硬度190HBS, 可锻铸铁硬度150HBS

钻头直径 d_0 (mm)	进 给 量 f (mm/r)											
	0.17	0.21	0.26	0.33	0.41	0.51	0.64	0.8	1.0	1.3	1.6	2.0
轴 向 力 F_t (N)												
12	1230	1470	1760	2110	2500	2990	3580	4270	—	—	—	—
14.5	1470	1760	2110	2500	2900	3580	4270	5100	6080	—	—	—
17.5	1760	2110	2500	2900	3580	4270	5100	6080	7260	8630	—	—
21	2110	2500	2900	3580	4270	5100	6080	7260	8630	10300	—	—
25	2500	2900	3580	4270	5100	6080	7260	8630	10300	12260	14720	—
30	2990	3580	4270	5100	6080	7260	8630	10300	12260	14720	17560	21090
35	3580	4270	5100	6080	7260	8630	10300	12260	14720	17560	21090	25020
42	—	—	—	—	8630	10300	12260	14720	17560	21090	25020	29920
50	—	—	—	—	—	12260	14720	17560	21090	25020	29920	35810
60	—	—	—	—	—	14720	17560	21090	25020	29920	35810	42680

加工条件改变时轴向力的修正系数

加 工 材 料	σ_b (MPa)	400~500	500~600	600~700	700~800	800~900	900~1000	1000~1100	1100~1200	1200~1300
		钢	110~140	>140 ~170	>170 ~200	>200 ~230	>230 ~260	>260 ~290	>290 ~320	>320 ~350
	系数 k_{MF}	0.75	0.88	1.0	1.11	1.22	1.33	1.43	1.54	1.63
灰铸铁	硬度HBS	<164			164~220			>220		
	系数 k_{MF}	0.85			1.0			1.2		
可锻铸铁	硬度HBS	<129			129~172			>172		
	系数 k_{MF}	0.85			1.0			1.2		

(续)

刃磨	刃磨形式	标准	双棱、双横棱
	系数 k_{PF}	1.33	1.0
磨损	磨损情况	新的	磨钝了的
	系数 k_{WF}	0.9	1.0

表2.20 高速钢钻头钻钢时的扭矩

钻头直径 d_2 (mm)	进给量 f (mm/c)											
	0.14	0.17	0.21	0.26	0.33	0.41	0.51	0.64	0.8	1.0	1.3	1.6
	扭矩 M_c (N·m)											
11.1	7.68	9.18	10.94	13.24	15.89	18.54	22.07	—	—	—	—	—
12.2	9.18	10.94	13.24	15.89	18.54	22.07	26.49	31.76	—	—	—	—
13.3	10.94	13.24	15.89	18.54	22.07	26.49	31.78	37.96	—	—	—	—
14.5	13.24	15.89	18.54	22.07	26.49	31.78	37.96	45.03	—	—	—	—
16	15.89	18.54	22.07	26.49	31.78	37.96	45.03	53.86	—	—	—	—
17.5	18.54	22.07	26.49	31.78	37.96	45.03	53.86	64.45	—	—	—	—
19	22.07	26.49	31.78	37.96	45.03	53.86	64.45	76.81	—	—	—	—
21	26.49	31.78	37.96	45.03	53.86	64.45	76.81	91.8	109.4	—	—	—
22.5	31.78	37.96	45.03	53.86	64.45	76.81	91.8	109.4	130.7	—	—	—
25	37.96	45.03	53.86	64.45	76.81	91.8	109.4	130.7	156.3	—	—	—
27	45.03	53.86	64.45	76.81	91.8	109.4	130.7	156.3	185.4	—	—	—
30	53.86	64.45	76.81	91.8	109.4	130.7	156.3	185.4	220.7	264.9	317.8	379.7
32	64.45	76.81	91.8	109.4	130.7	156.3	185.4	220.7	264.9	317.8	379.7	450.3
35	76.81	91.8	109.4	130.7	156.3	185.4	220.7	264.9	317.8	379.7	450.3	538.6
38	—	—	—	—	185.4	220.7	264.9	317.8	379.7	450.3	538.6	644.5
42	—	—	—	—	—	264.9	317.8	379.7	450.3	538.6	644.5	768.1
46	—	—	—	—	—	—	379.7	450.3	538.6	644.5	768.1	918.2
50	—	—	—	—	—	—	450.3	538.6	644.5	768.1	918.2	1095
55	—	—	—	—	—	—	—	644.5	768.1	918.2	1095	1307
60	—	—	—	—	—	—	—	768.1	918.2	1095	1307	1563

加工条件改变时扭矩的修正系数

加工材料	σ_b (MPa)	400~500	500~600	600~700	700~800	800~900	900~1000	1000~1100	1100~1200	1200~1300	
	硬度HRS	110~140	>140~170	>170~200	>200~230	>230~260	>260~290	>290~320	>320~350	>350~380	
	系数 k_{MM}	0.75	0.88	1.0	1.11	1.22	1.33	1.43	1.54	1.63	
磨损	磨损情况	新的					磨钝了的				
	系数 k_{WM}	0.87					1.0				

表2.21 高速钢钻头钻铸铁时的扭矩

钻头直径 d_0 (mm)	进 给 量 f (mm/r)											
	0.17	0.21	0.26	0.33	0.41	0.51	0.64	0.8	1.0	1.3	1.6	2.0
	扭 矩 M_c (N·m)											
11.1	6.18	7.35	8.82	10.49	12.55	15	17.85	21.58	—	—	—	—
12.2	7.35	8.82	10.49	12.55	15	17.85	21.58	25.5	30.41	—	—	—
13.3	8.82	10.49	12.55	15	17.85	21.58	25.5	30.41	36.29	—	—	—
14.5	10.49	12.55	15	17.85	21.58	25.5	30.41	36.29	43.16	—	—	—
16	12.55	15	17.85	21.58	25.5	30.41	36.29	43.16	51.99	—	—	—
17.5	15	17.85	21.58	25.5	30.41	36.29	43.16	51.99	61.8	73.57	—	—
19	17.85	21.58	25.5	30.41	36.29	43.16	51.99	61.8	73.57	88.29	104.96	—
21	21.58	25.5	30.41	36.29	43.16	51.99	61.8	73.57	88.29	104.96	125.56	—
22.5	25.5	30.41	36.29	43.16	51.99	61.8	73.57	88.29	104.96	125.56	150	—
25	30.41	36.29	43.16	51.99	61.8	73.57	88.29	104.96	125.56	150	178.54	215.82
27	36.29	43.16	51.99	61.8	73.57	88.29	104.96	125.56	150	178.54	215.82	255
30	43.16	51.99	61.8	73.57	88.29	104.96	125.56	150	178.54	215.82	255	304.1
32	51.99	61.8	73.57	88.29	104.96	125.56	150	178.54	215.82	255	304.1	362.9
35	61.8	73.57	88.29	104.96	125.56	150	178.54	215.82	255	304.1	362.9	431.6
38	—	—	—	125.56	150	178.54	215.82	255	304.1	362.9	431.6	519.9
42	—	—	—	—	178.54	215.82	255	304.1	362.9	431.6	519.9	618
46	—	—	—	—	—	255	304.1	362.9	431.6	519.9	618	735.7
50	—	—	—	—	—	304.1	362.9	431.6	519.9	618	735.7	883
55	—	—	—	—	—	—	431.6	519.9	618	735.7	883	1049
60	—	—	—	—	—	—	519.9	618	735.7	883	1049	1255

加工材料改变时扭矩的修正系数

灰 铸 铁	硬 度 HBS	<164	164~220	>220
	系 数 k_{Mn}	0.85	1.0	1.2
可 锻 铸 铁	硬 度 HBS	<129	129~172	>172
	系 数 k_{Mn}	0.85	1.0	1.2

表2.22 高速钢钻头钻钢时消耗的功率

钢的强度 σ_b (MPa) HBS		进 给 量 f (mm/r)		切 削 功 率 P_c (kW)		切 削 速 度 v_c (m/min)	
		钻 头 直 径 d_0 (mm)					
<400/40~470/480~560/570~680/690~820/830~980/990~1200		15	13.2	8.7	0.38	1.1	10
		17.4	15	10	0.32	1.3	11.5
<114/114~185/137~160/163~194/197~234/237~280/283~343		20	17.4	11.4	0.27	1.3	13.2
		23	20	13.2	0.22	1.5	15.1
		26.5	23	15	0.19	1.7	17.4
		30	26.5	17.4	0.19	1.9	20
		34.5	30	20	0.19	2.2	23
		40	34.5	23	0.22	2.5	26.4
		46	40	26.5	0.22	2.9	30
		52	46	30	0.22	3.3	35
		60	60	40	0.22	3.8	40
		60	60	46	0.22	4.4	46
		7.5	7.5	6.6	0.38	1.1	10
		8.7	7.5	7.5	0.32	1.3	11.5
		10	8.7	8.7	0.27	1.3	13.2
		11.4	10	10	0.22	1.5	15.1
		13.2	11.4	11.4	0.19	1.7	17.4
		15	13.2	13.2	0.19	1.9	20
		17.4	15	15	0.19	2.2	23
		20	17.4	17.4	0.22	2.5	26.4
		23	20	20	0.22	2.9	30
		26.5	23	23	0.22	3.3	35
		30	26.5	26.5	0.22	3.8	40
		34.5	30	30	0.22	4.4	46
		40	34.5	34.5	0.22	5.0	52
		46	40	40	0.22	5.8	60
		52	46	46	0.22	6.6	60
		60	60	60	0.22	7.6	60

表2.24 高速钢铰刀铰孔时的切削用量(参考值)

加工材料	硬 度	铰刀直径 d_0 (mm)	切削深度 a_p (mm)	进给量 f (mm/r)	切削速度 v_c (m/min)	切 削 液
钢、铸钢	软	<5	0.05~0.1	0.2~0.3	7~10	非水溶性切削油、含硫极压切削油
		5~20	0.1~0.15	0.3~0.5		
		20~50	0.15~0.25	0.5~0.6		
		>50	0.25~0.5	0.6~1.2		
	中	<5	0.05~0.1	0.2~0.3	5~7	
		>50	0.25~0.5	0.6~1.2		
硬	<5	0.05~0.1	0.2~0.3	3~5		
	5~20	0.1~0.15	0.3~0.5			
	20~50	0.15~0.25	0.5~0.6			
	>50	0.25~0.5	0.6~1.2			
特殊合金、锻钢	软	<5	0.05~0.1	0.1~0.2	3~5	非水溶性切削油
		5~20	0.1~0.15	0.2~0.4		
		20~50	0.15~0.25	0.4~0.5		
		>50	0.25~0.5	0.5~0.8		
	硬	<5	0.05~0.1	0.1~0.2	2~3	
		>50	0.25~0.5	0.5~0.8		
铸 铁	软	<5	0.05~0.1	0.3~0.5	8~14	干切
		5~20	0.1~0.15	0.5~1.0		
		20~50	0.15~0.25	1.0~1.5		
		>50	0.25~0.5	1.5~3.0		
	硬	<5	0.05~0.1	0.3~0.5	4~8	
		>50	0.25~0.5	1.5~3.0		
可锻铸铁、青铜	软	<5	0.05~0.1	0.2~0.3	5~8	煤油、水溶性切削油
		5~20	0.1~0.15	0.3~0.5		
		20~50	0.15~0.25	0.5~0.6		
		>50	0.25~0.5	0.6~1.2		
	硬	<5	0.05~0.1	0.2~0.3	3~5	
		>50	0.25~0.5	0.6~1.2		
黄 铜		<6	0.05~0.1	0.3~0.5	10~18	矿物油、植物油
		5~20	0.1~0.15	0.5~1.0		
		20~50	0.15~0.25	1.0~1.5		
		>50	0.25~0.5	1.5~3.0		

(续)

加工材料	硬度	铰刀直径 d_0 (mm)	切削深度 a_p (mm)	进给量 f (mm/r)	切削速度 v_c (m/min)	切削液
镁、镁合金		<5	0.05~0.1	0.4~0.5	3~15	矿物油
		5~20	0.1~0.15	0.5~1.2		
		20~50	0.15~0.25	1.2~2.0		
		>50	0.25~0.5	2.0~3.0		
铝、铝合金	软	<5	0.05~0.1	0.3~0.5	14~16	煤油
		5~20	0.1~0.15	0.5~1.0		
		20~50	0.15~0.25	1.0~1.5		
		>50	0.25~0.5	1.5~3.0		
	中	<5	0.05~0.1	0.3~0.5	10~14	
		5~20	0.1~0.15	0.5~1.0		
		20~50	0.15~0.25	1.0~1.5		
		>50	0.25~0.5	1.5~3.0		
	硬	<5	0.05~0.1	0.3~0.5	8~10	
		5~20	0.1~0.15	0.5~1.0		
		20~50	0.15~0.25	1.0~1.5		
		>50	0.25~0.5	1.5~3.0		

表2.25 硬质合金铰刀铰孔时的切削用量(参考值)

加工材料	抗拉强度 σ_b (MPa)	硬度 HBS	铰刀直径 d_0 (mm)	切削深度 a_p (mm)	进给量 f (mm/r)	切削速度 v_c (m/min)	切削液
钢	≤ 1000	—	<10	0.02~0.05	0.15~0.25	8~12	水溶性切削油
			10~25	0.05~0.12	0.2~0.4		
			25~40	0.12~0.2	0.3~0.5		
			>40	0.2~0.4	0.4~0.8		
	1000~1400	—	<10	0.02~0.05	0.12~0.2	6~10	
			10~25	0.05~0.12	0.15~0.3		
			25~40	0.12~0.2	0.2~0.4		
			>40	0.2~0.4	0.3~0.6		
铸钢	400~500	—	<10	0.02~0.05	0.15~0.25	8~12	
			10~25	0.05~0.12	0.2~0.4		
			25~40	0.12~0.2	0.3~0.5		
			>40	0.2~0.4	0.4~0.8		
	500~700	—	<10	0.02~0.05	0.12~0.2	6~10	
			10~25	0.05~0.12	0.15~0.3		
			25~40	0.12~0.2	0.2~0.4		
			>40	0.2~0.4	0.3~0.6		

(续)

加工材料	抗拉强度 σ_b (MPa)	硬 度 HBS	铰刀直径 d_n (mm)	切削深度 a_p (mm)	进 给 量 f (mm/r)	切削速度 v_c (m/min)	切削液	
铸 铁	—	≤ 200	<10	0.03~0.06	0.2~0.3	8~12	干	
			10~25	0.06~0.15	0.3~0.5	10~15		
			25~40	0.15~0.25	0.4~0.7			
			>40	0.25~0.5	0.5~1.0			
—	>200	<10	0.03~0.06	0.15~0.25	6~10	切		
		10~25	0.06~0.15	0.2~0.4	8~12			
		25~40	0.15~0.25	0.3~0.5				
		>40	0.25~0.5	0.4~0.8				
球墨铸铁、 可锻铸铁	—	—	<10	0.02~0.05	0.15~0.2	8~12	—	
			10~25	0.05~0.12	0.2~0.45			
			25~40	0.12~0.2	0.3~0.5			
			>40	0.2~0.4	0.4~0.8			
铜	—	—	<10	0.04~0.08	0.3~0.5	20~30	水溶 性切 削油	
			10~25	0.08~0.2	0.4~0.8			
			25~40	0.2~0.3	0.5~1.0			25~40
			>40	0.3~0.6	0.6~1.2			
黄铜、铸造黄铜	—	—	<10	0.03~0.06	0.2~0.3	15~25	干	
			10~25	0.06~0.15	0.3~0.5			
			25~40	0.15~0.25	0.4~0.7	20~30	切	
			>40	0.25~0.5	0.5~1.0			
铝 合 金	—	—	<10	0.03~0.06	0.2~0.3	15~25	水溶 性切 削油	
			10~25	0.06~0.15	0.3~0.5			
			25~40	0.15~0.25	0.4~0.7			20~30
			>40	0.25~0.5	0.5~1.0			
热固性树脂 (加入填充材料)	—	—	<10	0.04~0.08	0.3~0.6	15~25	干	
			10~25	0.08~0.2	0.4~0.8			
			25~40	0.2~0.3	0.5~1.0	20~30	切	
			>40	0.3~0.6	0.6~1.2			

注：1. 硬质合金牌号按ISO选用K20（加工铜、铜合金、铝合金）或K10（加工其余材料）对应的国内牌号。

2. 粗铰（ $R_a 3.2 \sim 1.6 \mu m$ ）钢和灰铸铁时，切削速度也可增至60~80m/min。

表2.26 硬质合金枪铰刀铰孔的切削用量

工件材料	切 削 用 量									
	$\phi 4 \sim \phi 6$		$\phi 6 \sim \phi 8$		$\phi 8 \sim \phi 10$		$\phi 10 \sim \phi 15$		$\phi 15$ 以上	
	v_c (m/min)	f (mm/r)	v_c (m/min)	f (mm/r)	v_c (m/min)	f (mm/r)	v_c (m/min)	f (mm/r)	v_c (m/min)	f (mm/r)
普通铸铁	40	0.03	40	0.01	40	0.01	50	0.05	50	0.05
球墨 铸铁 QT500-6	40	0.03	40	0.04	40	0.01	50	0.05	50	0.05
QT600-2	30	0.02	30	0.03	30	0.01	40	0.04	40	0.04
QT700-2	30	0.02	30	0.03	30	0.03	40	0.04	40	0.04
烧结合金	30	0.02	30	0.03	30	0.03	40	0.04	40	0.04
铝合金	80	0.02	90	0.03	100	0.03	120	0.04	140	0.04
铜合金	60	0.02	70	0.03	80	0.03	100	0.04	100	0.04

表2.27 金刚石枪铰刀铰孔的切削用量

工件材料	切削速度 v_c (m/min)	进 给 量 f (mm/r)		
		$d_o < 10\text{mm}$	$d_o = 10 \sim 20\text{mm}$	$d_o = 20 \sim 30\text{mm}$
铝合金	100~200	0.02~0.01	0.03~0.06	0.04~0.07
铜合金	80~180	0.02~0.01	0.03~0.06	0.04~0.07

表2.28 立方氮化硼枪铰刀铰孔的切削用量

工件材料	切削速度 v_c (m/min)	进 给 量 f (mm/r)		
		$d_o < 10\text{mm}$	$d_o = 10 \sim 20\text{mm}$	$d_o = 20 \sim 30\text{mm}$
普通铸铁	80~150	0.02~0.04	0.03~0.05	0.04~0.06

表2.29 钻孔时的入切量和超切量

加工性质		钻头直径 d_o (mm)											
		3	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
		入 切 量 及 超 切 量 $\gamma + \Delta$ (mm)											
钻 通 孔	标准钻头	2	2.5	5	7	8	10	12	15	18	23	—	—
	双锥磨法	—	—	6	8	10	12	15	18	22	27	—	—
钻 孔 至 挡 块		1.5	2	4	6	7	9	11	14	17	21	—	—

四、钻、扩、铰削用量的计算公式

表2.30 钻、扩和铰孔时切削速度的计算公式

计 算 公 式							
$v_c = \frac{C_v d_0^{z_v}}{T^{m_v} a_p^{x_v} f^{y_v}} k_v (v_c \text{ 的单位: m/min})$							
公 式 中 的 系 数 和 指 数							
加工类型	刀 具 材 料	进 给 量 f (mm/r)	公 式 中 的 系 数 和 指 数				
			C_v	z_v	x_v	y_v	m
加工碳素结构钢及合金结构钢, $\sigma_b = 650\text{MPa}$							
钻 孔	高速钢 (用切削液)	≤ 0.2	4.8	0.4	0	0.7	0.2
		> 0.2	6.6			0.5	
扩 钻	高速钢 (用切削液)	—	11.1	0.4	0.2	0.5	0.2
	YG8 (用切削液)	—	8.0	0.6	0.2	0.3	0.25
扩 孔	高速钢 (用切削液)	—	18.8	0.3	0.2	0.5	0.3
	YT15 (用切削液)	—	16.5	0.6	0.2	0.3	0.25
铰 孔	高速钢 (用切削液)	—	12.1	0.3	0.2	0.65	0.4
	YT15 (用切削液)	—	115.7	0.3	0	0.65	0.7
加工淬硬钢, $\sigma_b = 1600 \sim 1800\text{MPa}$, 49~54HRC							
扩 孔	YT15 (用切削液)	—	10	0.6	0.3	0.6	0.45
铰 孔		—	14	0.4	0.75	1.05	0.85
加工不锈钢1Cr18Ni9Ti, 硬度141HBS							
钻 孔	高速钢 (用切削液)	—	3.57	0.5	0	0.45	0.12
加工灰铸铁, 硬度190HBS							
钻 孔	高速钢 (不用切削液)	≤ 0.3	9.5	0.25	0	0.55	0.125
		> 0.3	11.1			0.4	
	YG8 (不用切削液)	—	22.2	0.45	0	0.3	0.2
扩 钻	高速钢 (不用切削液)	—	15.2	0.25	0.1	0.4	0.125
	YG8 (不用切削液)	—	37	0.5	0.15	0.45	0.4
扩 孔	高速钢 (不用切削液)	—	18.8	0.2	0.1	0.4	0.125
	YG8 (不用切削液)	—	68.2	0.4	0.15	0.45	0.4
铰 孔	高速钢 (不用切削液)	—	15.6	0.2	0.1	0.5	0.3
	YG8 (不用切削液)	—	109				0

(续)

加工类型	刀具材料	进给量 (mm/r)	公式中的系数和指数				
			C_v	z_v	x_v	y_v	m
加工可锻铸铁, 150HBS							
钻 孔	高速钢 (用切削液)	≤ 0.3	14.1	0.25	0	0.55	0.125
		> 0.3	16.4			0.4	
	YG8 (不用切削液)	—	26.2	0.45	0	0.3	0.2
扩 钻	高速钢 (用切削液)	—	22.4	0.25	0.1	0.4	0.125
		—	50.3	0.5	0.15	0.45	0.4
扩 孔	高速钢 (用切削液)	—	27.9	0.2	0.1	0.4	0.125
		—	93	0.4	0.15	0.45	0.4
铰 孔	高速钢 (用切削液)	—	23.2	0.2	0.1	0.5	0.3
		—	148				0
加 工 铜 合 金							
钻 孔 (加工中等硬 度非均质铜合 金硬度100~ 140HBS)	高速钢 (不用切削液)	≤ 0.3	28.1	0.25	0	0.55	0.125
		> 0.3	32.6			0.4	
扩 孔	高速钢 (不用切削液)	—	56	0.2	0.1	0.4	0.125
		—	28	0.2	0.1	0.4	0.125
		—	48	0.3	0.2	0.5	0.3
加工铝硅合金及铸造铝合金, $\sigma_b = 100 \sim 200 \text{MPa}$, 硬度 $\leq 65 \text{HBS}$; 硬铝, $\sigma_b = 300 \sim 400 \text{MPa}$, 硬度 $\leq 100 \text{HBS}$							
钻 孔	高速钢 (不用切削液)	≤ 0.3	36.3	0.25	0	0.55	0.125
		> 0.3	40.7			0.4	
扩 孔	高速钢 (不用切削液)	—	80	0.3	0.2	0.5	0.3

注: 加工条件改变时切削速度的修正系数见表2.31。

表2.31 钻、扩及铰孔时使用条件改变时切削速度的修正系数

(一)用高速钢钻头及扩孔钻加工

1. 与刀具寿命有关

实际寿命 = $\frac{T_R}{T}$ 标准寿命			0.25	0.5	1	2	4	6	8	10	12	18	24
系 数	加工钢及 铝合金	钻、扩钻	1.32	1.15	1.0	0.87	0.76	0.70	0.66	0.63	0.61	0.58	0.53
		扩 孔	1.31	1.23	1.0	0.81	0.66	0.58	0.53	0.50	0.47	0.42	0.39
K_T	加工铸铁 及铜合金	钻、扩钻、扩孔	1.7	1.09	1.0	0.91	0.84	0.79	0.76	0.75	0.73	0.69	0.66

(续)

2. 与加工材料有关

加工材料 的名称		钢及铝合金的力学性能											
		硬 度 HBS											
		—	—	—	110~140	140~170	170~200	200~230	230~260	260~290	290~320	320~350	350~380
		σ_b (MPa)											
		100~200	200~300	300~400	400~500	500~600	600~700	700~800	800~900	900~1000	1000~1100	1100~1200	1200~1300
		修正系数 k_M											
易切削钢	Y12, Y15, Y20, Y30, Y35	—	—	—	0.87	1.39	1.2	1.06	0.94	—	—	—	—
结构碳钢 ($w_C \leq 0.6\%$)	08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60	—	—	0.57	0.72	1.16	1.0	0.88	0.78	—	—	—	—
铬 钢 镍 钢 镍 铬 钢	15Cr, 20Cr, 30Cr, 35Cr, 40Cr, 45Cr, 50Cr, 25Ni, 30Ni, 12Cr2Ni4, 20Cr2Ni4, 20CrNi3A, 37CrNi3A	—	—	—	—	1.04	0.9	0.79	0.70	0.64	0.58	0.54	0.49
碳工具钢及 结构碳钢 ($w_C > 0.6\%$)	T8, T8A, T9, T9A, T10, T10A, T12, T12A, T13, T13A, T8Mn, T8MnA, T10Mn, T10MnA	—	—	—	—	—	0.8	0.7	0.62	0.57	0.52	0.48	—
镍铬钨钢及 它近似的钢	18CrNiWA, 25CrNiWA, 18Cr2Ni4MoA, 18CrNiMoA, 20CrNiVA, 45CrNiMoVA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
锰 钢	15Mn, 20Mn, 30Mn, 40Mn, 50Mn, 60Mn, 65Mn, 70Mn, 10Mn2, 30Mn2, 35Mn2, 40Mn2, 45Mn2, 50Mn2	—	—	—	—	0.82	0.7	0.67	0.57	0.5	0.46	0.42	0.39
铬钼钢及与 它近似的钢	12CrMo, 20CrMo, 30CrMo, 35CrMo, 38CrMoAlA, 35CrAlA, 32CrNiMo, 40CrNiMoA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(续)

		钢及铝合金的力学性能												
		硬 度 HBS												
加工材料 的名称	材 料 牌 号	—	—	—	110~140	140~170	170~200	200~230	230~260	260~290	290~320	320~350	350~380	
		100~200	200~300	300~400	400~500	500~600	600~700	700~800	800~900	900~1000	1000~1100	1100~1200	1200~1300	
		修正系数 k_{Mv}												
铬锰钢及与 它近似的钢	15CrMn, 20CrMn, 40CrMn, 40Cr2Mn, 55CrMn2,33CrSi, 37CrSi,35SiMn, 30CrMnSi, 35CrMnSi	—	—	—	—	0.82	0.7	0.62	0.55	0.5	0.46	0.42	0.39	
高速工具钢	W18Cr4V	—	—	—	—	—	0.6	0.53	0.47	0.43	0.39	0.36	0.33	
铝硅合金, 铸铝合金	—	1.0	0.8	—	—	—								
硬 铝	—	—	1.2	1.0	0.8	—								
		铸 铁 及 铜 合 金 硬 度 HBS												
材 料 名 称	材 料 牌 号	35~65	70~80	60~80	60~90	70~90	100~120	120~140	140~160	160~180	180~200	200~220	220~240	240~260
		修正系数 k_{Mv}												
灰 铸 铁	HT100													
	HT150													
	HT200													
	HT250	—	—	—	—	—	—	—	1.36	1.16	1.0	0.88	0.78	0.70
	HT300													
	HT350													
可 锻 铸 铁	KTH300-06													
	KTH330-08													
	KTH350-10	—	—	—	—	—	1.5	1.2	1.0	0.85	0.74	—	—	—
	KTH370-12													

(续)

材料名称		材料牌号	铸铁及铜合金硬度 HBS												
			55~65	70~80	60~80	60~90	70~90	100~120	120~140	140~160	160~180	180~200	200~220	220~240	240~260
				修正系数 k_{HV}											
铜合金	非均质合金	高硬度的 ZCuAl8Mn13Fe3-Ni2 及其它	-	-	-	-	-	-	-	0.70	0.70	0.70	-	-	-
		中等硬度的 QA19-4, HSi80-3 及其它	-	-	-	-	-	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-
		非均质铅合金 ZCuSn10Pb5, ZCuZn38Mn2Pb2 及其它	-	-	-	-	1.7	-	-	-	-	-	-	-	-
		均质合金 QA17, QSn6.5-0.1 及其它	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		含铅<10%的均质合金 ZCuSn5Pb5Zn5, QSn4-4-2.5及其它	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		铜 Cu-4, Cu-5	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		含铅>10%的合金 ZCuPb17Sn4Zn4, ZCuPb30及其它	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3. 与钻孔时钢料状态有关

钢料状态	轧材及已加工的孔		热处理			铸件, 冲压 (扩孔用)	
	冷拉的	热轧的	正火	退火	调质	未经过酸蚀的	经过酸蚀的
系数 k_s	1.1	1.0	0.95	0.9	0.8	0.75	0.95

4. 与扩孔时加工表面的状态有关

加工表面状态	已加工的孔	铸孔 $\frac{a_{DR}}{a_p} \geq 3$
系数 k_w	1.0	0.75

5. 与刀具材料有关

刀具材料牌号	W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2	9CrSi
系数 k_{t_0}	1.0	0.6

6. 与钻头刃磨形状有关

刃磨形状		双横	标准
系数 k_{z_0}	加工钢及铝合金	1.0	0.87
	加工铸铁及铜合金	1.0	0.84

(续)

7. 与钻孔深度有关

孔深 (以钻头直径为单位)	$\leq 3d_0$	$4d_0$	$5d_0$	$6d_0$	$8d_0$	$10d_0$
系数 k_{lv}	1.0	0.85	0.75	0.7	0.6	0.5

8. 与扩孔的切削深度有关

实际切削深度 / 标准切削深度 = $\frac{a_{PR}}{a_D}$		0.5	1.0	2.0
系数 k_{nD}	加工钢及铝合金	1.15	1.0	0.87
	加工铸铁及铜合金	1.08	1.0	0.93

(二) 用硬质合金钻头和扩孔钻加工

1. 与刀具寿命有关

实际寿命 / 标准寿命 = $\frac{T_x}{T}$		0.25	0.5	1	2	4	6	8	10	12	18	24
系数 K_{TV}	加工钢	1.41	1.19	1.0	0.84	0.71	0.64	0.60	0.56	0.54	0.49	0.45
	加工铸铁	1.74	1.32	1.0	0.76	0.57	0.49	0.43	0.40	0.37	0.31	0.28

2. 与加工材料有关

加工材料名称		钢 的 力 学 性 能											
		硬度 HBS	1	110~140	140~170	170~200	200~230	230~260	260~290	290~320	320~350	350~380	
		σ_b (MPa)	300~400	400~500	500~600	600~700	700~800	800~900	900~1000	1000~1100	1100~1200	1200~1300	
		修 正 系 数 k_{Mv}											
易切削钢、碳钢、铬钢、镍铬钢		1.74	1.39	1.16	1.0	0.88	0.78	0.71	0.65	0.6	0.55		
碳素工具钢、锰钢、铬镍钨钢、铬钼钢、铬锰钢		1.3	1.04	0.87	0.75	0.66	0.58	0.53	0.49	0.45	0.41		
加工材料名称		铸 铁 硬 度 HBS											
		100~120	120~140	140~160	160~180	180~200	200~220	220~240	240~260				
		修 正 系 数 k_{Mv}											
灰 铸 铁		—	—	—	1.15	1.0	0.88	0.70	0.70				
可 锻 铸 铁		1.5	1.2	1.0	0.85	0.74	—	—	—				

(续)

3.与毛坯的表面状态有关		
表面状态	无外皮	铸造外皮
系数 k_{sv}	1.0	0.8

4.与刀具材料有关					
刀具材料	加工钢		加工铸铁		
	YT15	YT5	YG8	YG6	YG3
系数 k_{lv}	1.0	0.65	1.0	1.2	1.3~1.4

5.与使用切削液有关				
工作条件	加工钢		加工铸铁	
	加切削液	不加切削液	不加切削液	加切削液
系数 k_{sv}	1.0	0.7	1.0	1.2~1.3

6.与钻孔深度有关					
孔深(以钻头直径为单位)	$\leq 3d_0$	$4d_0$	$5d_0$	$6d_0$	$10d_0$
系数 k_{lv}	1.0	0.85	0.75	0.6	0.5

7.与扩孔的切削深度有关				
$\frac{\text{实际切削深度}}{\text{标准切削深度}} = \frac{a_{DP}}{a_D}$		0.5	1.0	2.0
系数 k_{DP}	加工钢	1.15	1.0	0.87
	加工铸铁	1.11	1.0	0.93

(三)用高速钢铰刀加工

1.与刀具寿命有关												
$\frac{\text{实际寿命}}{\text{标准寿命}} = \frac{T_R}{T}$		0.25	0.5	1.0	2	4	6	8	10	12	18	24
系数 k_{T_1}	加工钢及铝合金	1.74	1.32	1.0	0.76	0.57	0.49	0.43	0.40	0.37	0.31	0.2*
	加工铸铁及铜合金	1.51	1.23	1.0	0.81	0.66	0.58	0.53	0.50	0.47	0.42	0.39

2. 与加工材料有关

加工材料		钢 及 铝 合 金 的 力 学 性 能										
		硬 度 HBS										
		—	—	110~140	140~170	170~200	200~230	230~260	260~290	290~320	320~350	350~380
加工材料		σ_b (MPa)										
		≥ 300	300~400	400~500	500~600	600~700	700~800	800~900	900~1000	1000~1100	1100~1200	1200~1300
		修 正 系 数 k_{Mv}										
易切削钢、碳钢、铬钢、镍铬钢	—	—	0.9	1.0	1.0	0.88	0.78	0.71	0.65	0.6	0.55	
碳素工具钢、合金钢、铬镍钨钢、铬铝钢及铬锰钢	—	—	—	0.75	0.75	0.66	0.58	0.53	0.49	0.45	0.41	
硬铝合金	1.2	1.0	0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	
加工材料		铸 铁 及 铜 合 金 的 硬 度 HBS										
		60~80	60~90	70~90	100~120	120~140	140~160	160~180	180~200	200~220	220~240	240~260
		修 正 系 数 k_{Mv}										
灰 铸 铁	—	—	—	—	—	—	1.16	1.0	0.88	0.78	0.70	
可 锻 铸 铁	—	—	—	1.5	1.2	1.0	0.85	0.74	—	—	—	
铜 合 金	4.0	2.0	1.7	1.0	1.0	0.70	0.70	—	—	—	—	

3. 与刀具材料有关

刀具材料牌号	W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2	9CrSi
系 数 k_{Mv}	1.0	0.85

4. 与铰孔的切削深度有关

$\frac{\text{实际切削深度}}{\text{标准切削深度}} = \frac{a_{pR}}{a_p}$		0.5	1.0	2.0
系 数 $k_{a_{pR}}$	加工钢和铝合金	1.15	1.0	0.87
	加工铸铁和铜合金	1.08	1.0	0.93

表2.32 钻孔时轴向力、扭矩及功率的计算公式

计 算 公 式			
名 称	轴 向 力 (N)	扭 矩 (N·m)	功 率 (kW)
计算公式	$F_t = C_F d_0^{z_F} f \nu k_M$	$M_c = C_M d_0^{z_M} f \nu k_M$	$P_c = \frac{M_c \nu_c}{30 d_0}$

公式中的系数和指数

加 工 材 料	刀 具 材 料	系 数 和 指 数					
		轴 向 力			扭 矩		
		C_F	z_F	ν_F	C_M	z_M	ν_M
钢, $\sigma_b = 650\text{MPa}$	高速钢	600	1.0	0.7	0.305	2.0	0.8
不锈钢1Cr18Ni9Ti	高速钢	1400	1.0	0.7	0.492	2.0	0.7
灰铸铁, 硬度190HBS	高速钢	420	1.0	0.8	0.206	2.0	0.8
	硬质合金	410	1.2	0.75	0.117	2.2	0.8
可锻铸铁, 硬度150HBS	高速钢	425	1.0	0.8	0.206	2.0	0.8
	硬质合金	320	1.2	0.75	0.098	2.2	0.8
中等硬度非均质铜合金, 硬度100~140HBS	高速钢	310	1.0	0.8	0.117	2.0	0.8

注: 1.当钢和铸铁的强度和硬度改变时, 切削力的修正系数 k_{MF} 可按表1.29-1计算。

2.加工条件改变时, 切削力及扭矩的修正系数见表2.33。

3.用硬质合金钻头钻削未淬硬的结构碳钢、铬钢及镍铬钢时, 轴向力及扭矩可按下列公式计算:

$$F_t = 3.48 d_0^{1.4} f^{0.8} \sigma_b^{0.75} \quad M_c = 5.87 d_0^2 f \sigma_b^{0.7}$$

表2.33 加工条件改变时钻孔轴向力及扭矩的修正系数

1.与加工材料有关											
钢	力学性能	硬度HBS	110~140	>140~170	>170~200	>200~230	>230~260	>260~290	>290~320	>320~350	>350~380
		$\sigma_b(\text{MPa})$	400~500	>500~600	>600~700	>700~800	>800~900	>900~1000	>1000~1100	>1100~1200	>1200~1300
	$k_{MF} = k_{MM}$		0.75	0.88	1.0	1.11	1.22	1.33	1.43	1.54	1.63
铸	力学性能	硬度HBS	100~120	120~140	140~160	160~180	180~200	200~220	220~240	240~260	—
铁	系数	灰铸铁	—	—	—	0.94	1.0	1.06	1.12	1.18	—
		可锻铸铁	0.83	0.92	1.0	1.08	1.14	—	—	—	—

2.与刃磨形状有关		
刃 磨 形 状	标 准	双横、双横棱、棱、横棱
系 数	k_{rF}	1.33
	k_{rM}	1.0

3.与刀具磨钝有关		
切 削 刃 状 态	尖 锐 的	磨 钝 的
系 数	k_{hF}	1.0
	k_{hM}	1.0

表2.34 群钻加工时轴向力及扭矩的计算公式

计 算 公 式		
名 称	轴 向 力 (N)	扭 矩 (N·m)
计 算 公 式	$F_z = C_F d_s^{z_F} f r^{\gamma_F} v_c^{n_F} k_F$	$M_T = C_M d_s^{z_M} f r^{\gamma_M} v_c^{n_M} k_M$

公式中的系数及指数

加 工 材 料	系 数 和 指 数							
	轴 向 力				扭 矩			
	C_F	z_F	γ_F	n_F	C_M	z_M	γ_M	n_M
Q235钢, 107~146HBS	552	0.839	0.832	0.15	0.415	1.887	0.896	-0.018
45钢, 189~215HBS	1192	0.867	0.772	-0.124	0.438	1.828	0.901	0.034
T10A钢, 179~193HBS	1637	0.7	0.757	-0.039	0.576	1.829	0.88	-0.016
40Cr钢, 246~260HBS	1239	0.821	0.717	-0.055	0.652	1.76	0.023	0.059
20CrMnTi钢, 245~253HBS	2395	0.623	0.768	-0.073	0.680	1.743	0.916	0.037
45CrNiMoV钢, 214~219HBS	1114	0.745	0.681	0.116	0.559	1.811	0.796	0.039
35CrMnSi钢, 36~37HRC	1692	0.641	0.867	0.136	0.640	1.784	0.818	-0.022
1Cr18Ni9Ti钢, 218~231HBS	444.4	1.147	0.606	-0.102	0.325	1.947	0.79	0.024
钛合金TC4, 290~292HBS	542.5	0.96	0.697	-0.038	0.314	1.964	0.983	0.016
铜Cu-4, 73~81HBS	502	0.916	0.599	0.105	1.197	1.599	0.788	-0.022
黄铜HPb59-1, 94~96HBS	126.5	0.569	0.668	0.172	0.157	1.842	0.874	0.017
铸造铝合金ZAlSi7Mg, 41~43HBS	320.8	0.842	1.046	0.082	0.161	1.785	1.022	0.092
灰铸铁HT200, 173~182HBS	365.9	0.661	1.217	0.361	0.281	1.783	1.043	0.077

注：加工材料改变时轴向力及扭矩均应乘修正系数 $k_{MF} = k_{MM}$

加 工 材 料	钢								铸 铁	
	90~156	143~207	170~229	207~269	229~285	269~302	285~321	321~375	163~229	170~241
硬 度 HBS										
$k_{MF} = k_{MM}$	0.6	0.75	0.85	0.9	1.0	1.05	1.1	1.2	1.0	1.1

五、常用钻床的技术资料

表2.35 Z525型立式钻床

最大钻孔直径 $d = 25\text{mm}$
 进给机构允许最大抗力 $F_{\text{max}} = 8830\text{N}$
 主电动机功率 $P_E = 2.8\text{kW}$
 机床效率 $\eta = 0.81$

级数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
主轴转速 $n(\text{r/min})$	97	140	195	272	392	545	680	950	1360
主轴能传递的扭矩 $(\text{N}\cdot\text{m})$	294.3	203.1	195.2	144.2	72.6	52	42.2	29.4	20.6
主轴进给量 (mm/r)	0.1, 0.13, 0.17, 0.22, 0.28, 0.36, 0.48, 0.62, 0.81								

表2.36 Z550型立式钻床

最大钻孔直径 $d = 50\text{mm}$
 进给机构允许最大抗力 $F_{\text{max}} = 24520\text{N}$
 主电动机功率 $P_E = 7\text{kW}$
 机床效率 $\eta = 0.85$

级数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
主轴转速 $n(\text{r/min})$	32	47	63	89	125	185	250	351	500	735	996	1400	
主轴能传递扭矩 $(\text{N}\cdot\text{m})$	按传动系统	222.7	1510.7	1128.1	814.2	570	384.6	363	203	142.2	97.1	71.6	51
	按薄弱环节	814.2	814.2	814.2	814.2	570	384.6	284.5	203	142.2	97.1	71.6	51
主轴进给量 (mm/r)	0.12, 0.19, 0.28, 0.4, 0.62, 0.9, 1.17, 1.8, 2.64												

第三部分 铣削用量选择

一、铣削要素

v_c ——铣削速度 (m/min), $v_c = \frac{\pi d_o n}{1000}$;

d_o ——铣刀外径 (mm);

n ——铣刀转数 (r/min);

f ——铣刀每转工作台移动距离, 即每转进给量 (mm/r);

f_z ——铣刀每齿工作台移动距离, 即每齿进给量 (mm/z);

v_f ——进给速度 (mm/min);

$$v_f = fn = f_z zn$$

z ——铣刀齿数;

a_e ——铣削宽度 (mm);

a_p ——铣削深度 (mm);

T ——刀具寿命 (min)。

有关铣削要素见图3-1。

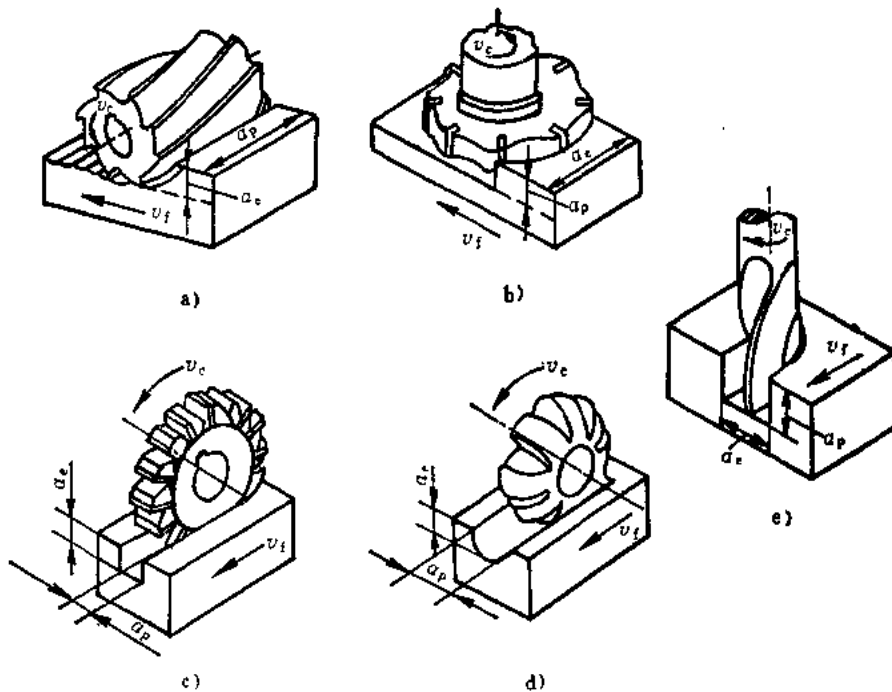


图3-1 不同铣削加工的切削要素

a) 圆柱铣刀铣平面 b) 端铣刀铣平面 c) 盘铣刀铣槽 d) 成形铣刀铣槽 e) 立铣刀铣槽

二、高速钢圆柱铣刀铣削用量选择举例

〔已知〕

加工材料——40Cr钢， $\sigma_b = 700\text{MPa}$ ，锻件，有外皮；

工件尺寸——宽度为75mm，长度 $l = 300\text{mm}$ 的平面，如图3-2所示；

加工要求——用标准镶齿圆柱铣刀粗铣，加工余量 $h = 3\text{mm}$ ，用乳化液冷却；

机床——XA6132型卧式铣床。

〔试求〕

- (1) 刀具；
- (2) 切削用量；
- (3) 基本工时。

〔解〕

1. 选择刀具

1) 铣刀直径的大小直接影响切削力、扭矩、切削速度和刀具材料的消耗，不能任意选取，表3.1可作为初步参考。根据表3.1，铣削宽度 $a_o \leq 5\text{mm}$ 时，直径为 $d_o = 80\text{mm}$ ， $a_p \leq 70\text{mm}$ 。但已知铣削深度为 $a_p = 75\text{mm}$ ，故应根据铣削深度 $a_p \leq 90\text{mm}$ ，选择 $d_o = 100\text{mm}$ 。由于采用标准镶齿圆柱铣刀，故齿数 $Z = 8$ （表3.9）；

2) 铣刀几何形状（表3.2）： $\gamma_n = 15^\circ$ ， $\alpha_o = 12^\circ$ 。

2. 选择切削用量

1) 决定铣削宽度 a 。由于加工余量不大，故可在一次走刀内切完，则

$$a_o = h = 3\text{mm}$$

2) 决定每齿进给量 f_z 。根据XA6132型铣床说明书（见六、常用铣床的技术资料，表3.30），其功率为7.5kW，中等系统刚度。

根据表3.3， $f_z = 0.12 \sim 0.20\text{mm/z}$ ，现取

$$f_z = 0.20\text{mm/z}$$

3) 选择铣刀磨钝标准及刀具寿命。根据表3.7，铣刀刀齿后刀面最大磨损量为0.6mm，镶齿铣刀（ $d_o = 100\text{mm}$ ），刀具寿命 $T = 180\text{min}$ ，（表3.8）；

4) 决定切削速度 v_c 和每分钟进给量 v_{fz} 。切削速度 v_c 可根据表3.27中的公式计算，也可直接由表中查出。

根据表3.9，当 $d_o = 100\text{mm}$ ， $z = 8$ ， $a_p = 41 \sim 130\text{mm}$ ， $a_o = 3\text{mm}$ ， $f_z \leq 0.24\text{mm/z}$ 时， $v_t = 19\text{m/min}$ ， $n_t = 62\text{r/min}$ ， $v_{ft} = 104\text{mm/min}$ 。

各修正系数为， $k_{Mv} = k_{Mn} = k_{Mv} = 0.69$

$$k_{sv} = k_{sn} = k_{sv} = 0.8$$

故

$$v_c = v_t k_v = 19 \times 0.69 \times 0.8\text{m/min} = 10.5\text{m/min}$$

$$n = n_t k_n = 62 \times 0.69 \times 0.8\text{r/min} = 34\text{r/min}$$

$$v_{fz} = v_{ft} k_v = 104 \times 0.69 \times 0.8\text{mm/min} = 57.4\text{mm/min}$$

根据XA6132型铣床说明书，选择 $n_c = 37.5\text{r/min}$ ， $v_{fc} = 60\text{mm/min}$ 。

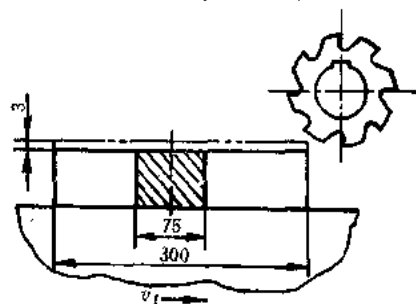


图3-2 高速钢圆柱铣刀铣削用量选择举例

因此实际切削速度和每齿进给量为

$$v_c = \frac{\pi d_0 n_c}{1000} = \frac{3.14 \times 100 \times 37.5}{1000} \text{ m/min} = 118 \text{ m/min}$$

$$f_{zc} = \frac{v_{fc}}{n_c z} = \frac{60}{37.5 \times 8} \text{ mm/z} = 0.20 \text{ mm/z}$$

5) 检验机床功率 根据表 3.15, 当 $f_z = 0.18 \sim 0.32 \text{ mm/z}$, $a_p = 84 \text{ mm}$, $a_e \leq 3.5 \text{ mm}$, $v_f \leq 60 \text{ mm/min}$ 时, $P_{ct} = 1.1 \text{ kW}$ 。

切削功率的修正系数 $k_{MPc} = 1$, 故实际的切削功率为

$$P_{cc} = P_{ct} = 1.1 \text{ kW}$$

根据 XA6132 型铣床说明书, 机床主轴允许的功率为

$$P_{cM} = 7.5 \times 0.75 \text{ kW} = 5.63 \text{ kW}$$

故 $P_{cc} < P_{cM}$, 因此所决定的切削用量可以采用, 即 $a_e = 3 \text{ mm}$, $v_f = 60 \text{ mm/min}$, $n = 37.5 \text{ r/min}$, $v_c = 118 \text{ m/min}$, $f_z = 0.20 \text{ mm/z}$ 。

3. 计算基本工时

$$t_m = \frac{L}{v_f}$$

式中, $L = l + y + \Delta$, $l = 300 \text{ mm}$ 。根据表 3.25, 入切量及超切量 $y + \Delta = 19 \text{ mm}$, 则 $L = (300 + 19) \text{ mm} = 319 \text{ mm}$, 故

$$t_m = \frac{319}{60} \text{ min} = 5.31 \text{ min}$$

三、硬质合金端铣刀铣削用量选择举例

〔已知〕

加工材料——45钢, $\sigma_b = 670 \text{ MPa}$, 锻件, 有外皮;

工件尺寸——宽度 $a_e = 70 \text{ mm}$, 长度 $l = 600 \text{ mm}$ 的平面, 如图 3-3 所示;

加工要求——用标准硬质合金端铣刀铣削, 加工余量 $h = 3.7 \text{ mm}$;

机床——XA5032 型立铣。

〔试求〕

- (1) 刀具;
- (2) 切削用量;
- (3) 基本工时。

〔解〕

1. 选择刀具

1) 根据表 1.2, 选择 YT15 硬质合金刀片。

根据表 3.1, 铣削深度 $a_p \leq 4 \text{ mm}$ 时, 端铣刀直径 d_0 为 80 mm , a_e 为 60 mm 。但已知铣削宽度 a_e 为 70 mm , 故应根据铣削宽度 $a_e \leq 90 \text{ mm}$, 选择 $d_0 = 125 \text{ mm}$ 。由于采用标准硬质合金端铣刀, 故齿数 $z = 4$ (表 3.13)。

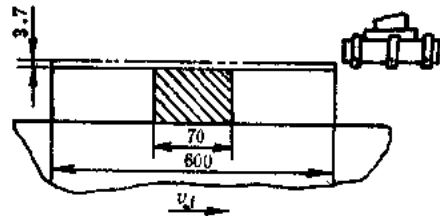


图 3-3 硬质合金端铣刀铣削用量选择举例

2) 铣刀几何形状 (表3.2): 由于 $\sigma_b \leq 800\text{MPa}$, 故选择 $\kappa_r = 60^\circ$, $\kappa_{r2} = 30^\circ$, $\kappa_r' = 5^\circ$, $\alpha_o = 8^\circ$ (假定 $a_{e\max} > 0.08\text{mm}$), $\alpha_o' = 10^\circ$, $\lambda_s = -15^\circ$, $\gamma_o = -5^\circ$ 。

2. 选择切削用量

1) 决定铣削深度 a_p 由于加工余量不大, 故可在一次走刀内切完, 则

$$a_p = b = 3.7\text{mm}$$

2) 决定每齿进给量 f_z 采用不对称端铣以提高进给量。根据表3.5, 当使用 YT15, 铣床功率为 7.5kW (表3.30, XA5032型立铣说明书) 时,

$$f_z = 0.09 \sim 0.18\text{mm/z}$$

但因采用不对称端铣, 故取

$$f_z = 0.18\text{mm/z}$$

3) 选择铣刀磨钝标准及刀具寿命 根据表3.7, 铣刀刀齿后刀面最大磨损量为 0.8mm , 由于铣刀直径 $d_o = 125\text{mm}$, 故刀具寿命 $T = 180\text{min}$ (表3.8)。

4) 决定切削速度 v_c 和每分钟进给量 v_f 切削速度 v_c 可根据表3.27中的公式计算, 也可直接由表中查出。

根据表3.13, 当 $d_o = 125\text{mm}$, $z = 4$, $a_p \leq 5\text{mm}$, $f_z \leq 0.24\text{mm/z}$ 时, $v_t = 123\text{m/min}$, $n_t = 313\text{r/min}$, $v_{ft} = 263\text{mm/min}$ 。

各修正系数为: $k_{Mv} = k_{Mn} = k_{Mv} = 1.0$

$$k_{sv} = k_{sn} = k_{sv} = 0.8$$

故 $v_c = v_t k_v = 123 \times 1.0 \times 0.8\text{m/min} = 98.4\text{m/min}$

$$n = n_t k_n = 313 \times 1.0 \times 0.8\text{r/min} = 250\text{r/min}$$

$$v_f = v_{ft} k_{vt} = 263 \times 1.0 \times 0.8\text{mm/min} = 210.4\text{mm/min}$$

根据 XA5032型立铣说明书 (表3.30) 选择

$$n_c = 300\text{r/min}, v_{fc} = 235\text{mm/min}$$

因此实际切削速度和每齿进给量为

$$v_c = \frac{\pi d_o n}{1000} = \frac{3.14 \times 125 \times 300}{1000}\text{m/min} = 117.8\text{m/min}$$

$$f_{zc} = \frac{v_{fc}}{n_c z} = \frac{235}{300 \times 4}\text{mm/z} = 0.20\text{mm/z}$$

5) 校验机床功率 根据表3.23, 当 $\sigma_b = 560 \sim 1000\text{MPa}$, $a_c \leq 72\text{mm}$, $a_p \leq 4.2\text{mm}$, $d_o = 125\text{mm}$, $z = 4$, $v_f = 235\text{mm/min}$, 近似为

$$P_{cc} = 4.1\text{kW}$$

根据 XA5032型立铣说明书 (表3.30), 机床主轴允许的功率为

$$P_{cM} = 7.5 \times 0.75\text{kW} = 5.63\text{kW}$$

故 $P_{cc} < P_{cM}$, 因此所选择的切削用量可以采用, 即

$$a_p = 3.7\text{mm}, v_f = 235\text{mm/min}, n = 300\text{r/min}, v_c = 117.8\text{m/min}, f_z = 0.20\text{mm/z}$$

6) 计算基本工时

$$t_m = \frac{L}{v_f}$$

式中, $L = l + y + \Delta$, $l = 600\text{mm}$, 根据表3.26, 不对称安装铣刀, 入切量及超切量 $y + \Delta = 40\text{mm}$, 则 $L = (600 + 40)\text{mm} = 640\text{mm}$, 故

$$t_m = \frac{640}{235} \text{min} = 2.72\text{min}$$

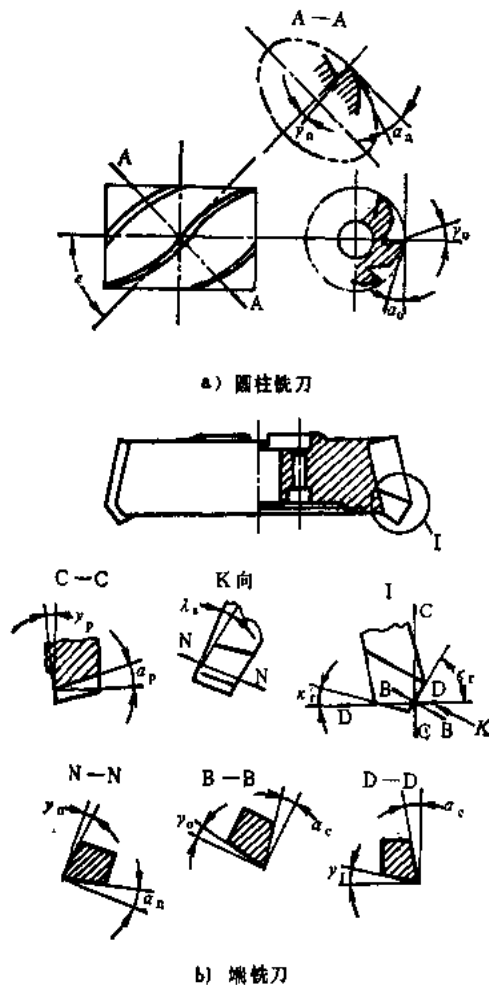
四、铣削用量标准

表3.1 铣刀直径的选择(参考)

名称	高速钢圆柱铣刀			硬质合金端铣刀					
	≤ 70	~ 90	~ 100	≤ 4	~ 6	~ 6	~ 6	~ 8	~ 10
铣削深度 a_p (mm)	≤ 5	~ 8	~ 10	≤ 60	~ 90	~ 120	~ 180	~ 260	~ 350
铣削宽度 a_e (mm)	~ 80	$80 \sim 100$	$100 \sim 125$	~ 80	$100 \sim 125$	$100 \sim 200$	$200 \sim 250$	$320 \sim 400$	$400 \sim 500$

注: 如 a_p , a_e 不能同时与表中数值统一, 而 a_p (圆柱铣刀) 或 a_e (端铣刀) 又较大时, 主要应根据 a_p (圆柱铣刀) 或 a_e (端铣刀) 选择铣刀直径。

表3.2 铣刀切削部分的几何形状



(续)

高速钢铣刀前角 $\gamma_0(^{\circ})$		
加工材料		r_0 (螺旋齿圆柱铣刀为 r_p)($^{\circ}$)
钢 σ_b (MPa)	<600	20
	600~1000	15
	>1000	10~12
铸铁硬度HBS	≤ 150	5~15
	>150	5~10
铝 镁 合 金		15~35

注: 切削变形系数 $\xi < 0.45$ 时, 平均取 $\gamma_0 = 20^{\circ}$; $\xi = 0.45 \sim 0.5$ 时, $\gamma_0 = 15^{\circ}$; $\xi > 0.55$ 时, $\gamma_0 = 10^{\circ}$ 。

后角 $\alpha_0(^{\circ})$			
铣刀类型	铣刀特征	$\alpha_0(^{\circ})$	
		周 齿	端 齿
圆柱铣刀和端铣刀	细 齿	16	8
	粗齿和镶齿	12	
双面刃和三面刃盘铣刀	直 细 齿	20	6
	直粗齿和镶齿	16	
	螺旋细齿	12	
	螺旋粗齿和镶齿	12	
立铣刀和角铣刀 (柱柄和锥柄) 套装角铣刀	$d_0 < 10\text{mm}$	25	8
	$d_0 = 10 \sim 20\text{mm}$	20	
	$d_0 > 20\text{mm}$	16	
切槽铣刀 切断铣刀(圆锯片)	—	20	—

偏 角				
铣刀类型	铣刀特征	主偏角	过渡刃偏角	副偏角
		κ_r	κ_{rc}	κ'_r
端 铣 刀 双面刃和三面刃盘铣刀		30~90	15~45	1~2
		—	—	1~2
切 槽 铣 刀	直径 $d_0 = 40 \sim 50\text{mm}$ 宽度 $B = 0.6 \sim 0.8\text{mm}$ $B > 0.8\text{mm}$	—	—	0°15' 0°30'
	$d_0 = 75\text{mm}$ $B = 1 \sim 3\text{mm}$ $B > 3\text{mm}$	—	—	1°30' 1°30'
切断铣刀(圆锯片)	$d_0 = 75 \sim 110\text{mm}$ $B = 1 \sim 2\text{mm}$ $B > 2\text{mm}$	—	—	0°30' 1°
	$d_0 > 110 \sim 200\text{mm}$ $B = 2 \sim 3\text{mm}$ $B > 3\text{mm}$	—	—	0°15' 0°30'

注: 端铣刀主偏角 κ_r 主要按工艺系统刚性选取, 系统刚性较好, 铣削较小余量时, 取 $\kappa_r = 30^{\circ} \sim 45^{\circ}$; 中等刚性而余量较大时, 取 $\kappa_r = 60^{\circ} \sim 75^{\circ}$; 加工相互垂直表面的端铣刀和盘铣刀, 取 $\kappa_r = 90^{\circ}$ 。

(续)

刀齿螺旋角 β ($^{\circ}$)			
铣刀类型	β ($^{\circ}$)	铣刀类型	β ($^{\circ}$)
圆柱铣刀 粗齿 细齿 组合齿	40~60	双面刃和三面 刃盘铣刀	10~20
	30~35		10~20
	55	端铣刀 整体 镶齿	10~20
立铣刀	20~45		

硬质合金铣刀

加工材料	铣刀刃磨角度 ($^{\circ}$)									
	端铣刀 铣刀前角 γ_0	后角 α_0		端铣刀 副后角 α'_0	刀齿斜角 λ_s		偏角			过渡刃宽度 b_t (mm)
		$a_{0,max}$ >0.08 (mm)	$a_{0,max}$ ≤0.08 (mm)		端铣刀	三面刃 盘铣刀	主刃 κ_r	过渡刃 κ_{re}	副刃 κ'_r	
钢, σ_b (MPa)										
$\sigma_b < 650$	+5				-5~ -15	-10~ -15	20~75	10~40	5	1~1.5
$\sigma_b = 650 \sim 800$										
$\sigma_b = 850 \sim 950$	-5	6~8	8~12	8~10						
$\sigma_b = 1000 \sim 1200$	-10									
铸铁硬度 < 200HBS	+5				-10	-				
200~250HBS	0				-20					

注: 1. 半精铣和精铣钢($\sigma_b = 600 \sim 800$ MPa)时, $\gamma_0 = -5^{\circ}$, $\alpha_0 = 5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 。
 2. 在上等工艺系统刚性下, 铣削余量小于3mm时, 取 $\kappa_r = 20^{\circ} \sim 30^{\circ}$; 在中等刚性下, 余量为3~6mm时, 取 $\kappa_r = 45^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 。
 3. 端铣刀对称铣削, 初始切削厚度 $a_e = 0.06$ mm时, 取 $\lambda_s = -15^{\circ}$; 非对称铣($a_e < 0.45$ mm)时, 取 $\lambda_s = -5^{\circ}$ 。当以 $\kappa_r = 45^{\circ}$ 的端铣刀铣削铸铁时, 取 $\lambda_s = -20^{\circ}$; 当 $\kappa_r = 60^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 时, 取 $\lambda_s = -10^{\circ}$ 。

表3.3 高速钢端铣刀、圆柱铣刀和盘铣刀加工时的进给量

铣床(铣头)功率 (kW)	工艺系统 刚性	粗齿和镶齿铣刀				细齿铣刀			
		端铣刀与盘铣刀		圆柱铣刀		端铣刀与盘铣刀		圆柱铣刀	
		每齿进给量 f_z (mm/z)							
		钢	铸铁及铜合金	钢	铸铁及铜合金	钢	铸铁及铜合金	钢	铸铁及铜合金
>10	上等	0.2~0.3	0.3~0.45	0.25~0.35	0.35~0.50				
	中等	0.15~0.25	0.25~0.40	0.20~0.30	0.30~0.40				
	下等	0.10~0.15	0.20~0.25	0.15~0.20	0.25~0.30				
5~10	上等	0.12~0.20	0.25~0.35	0.15~0.25	0.25~0.35	0.08~0.12	0.20~0.35	0.10~0.15	0.12~0.20
	中等	0.08~0.15	0.20~0.30	0.12~0.20	0.20~0.30	0.05~0.10	0.15~0.30	0.06~0.10	0.10~0.15
	下等	0.06~0.10	0.15~0.25	0.10~0.15	0.12~0.20	0.04~0.08	0.10~0.20	0.06~0.08	0.08~0.12
<5	中等	0.04~0.06	0.15~0.30	0.10~0.15	0.12~0.20	0.04~0.06	0.12~0.20	0.05~0.08	0.06~0.12
	下等	0.04~0.06	0.10~0.20	0.06~0.10	0.10~0.15	0.04~0.06	0.08~0.15	0.03~0.06	0.03~0.10

注: 1. 表中大进给量用于小的铣削深度和铣削宽度; 小进给量用于大的铣削深度和铣削宽度。
 2. 铣削耐热钢时, 进给量与铣削钢时相同, 但不大于0.3mm/z。
 3. 上述进给量用于粗铣, 半精铣按下表选取。

(续)

		半精铣时每转进给量					
要求表面粗糙度	端齿铣刀	圆柱铣刀					
		铣刀直径 d_0 (mm)					
R_a (μm)	直齿铣刀	40~50	100~125	160~250	40~50	100~125	160~250
		钢及铸钢			铸铁、铜及铝合金		
		每转进给量 f (mm/r)					
6.3	1.2~2.7	—					
3.2	0.5~1.2	1.9~2.7	1.7~3.8	2.3~5.0	1.0~2.3	1.4~3.0	1.9~3.7
1.6	0.23~0.5	0.6~1.5	1.0~2.1	1.3~2.8	0.6~1.3	0.8~1.7	1.1~2.1

表3.4 高速钢立铣刀、角铣刀、半圆铣刀、切槽铣刀和切屑铣刀加工钢时的进给量

铣刀直径 d_0 (mm)	铣刀类型	铣削宽度 a_p (mm)									
		3	5	6	8	10	12	15	20	30	
		每齿进给量 f_z (mm/z)									
16	立铣刀	0.08~0.06~	0.05	0.03	—	—	—	—	—	—	—
20		0.10~0.07~	0.06	0.04	—	—	—	—	—	—	—
25		0.12~0.09~0.08~	0.07	0.05	0.04	—	—	—	—	—	—
32	立铣刀	0.16~0.12~0.10~	0.10	0.07	0.05	—	—	—	—	—	
	半圆铣刀和角铣刀	0.08~0.07~0.06~	0.04	0.05	0.04	—	—	—	—	—	
40	立铣刀	0.20~0.14~0.12~0.08~	0.12	0.08	0.07	0.05	—	—	—	—	
	半圆铣刀和角铣刀	0.09~0.07~0.06~0.06~	0.05	0.05	0.03	0.03	—	—	—	—	
	切槽铣刀	0.009~0.007~0.01~	0.005	0.003	0.007	—	—	—	—	—	
50	立铣刀	0.25~0.15~0.15~0.10~	0.15	0.10	0.08	0.07	—	—	—	—	
	半圆铣刀和角铣刀	0.1~0.08~0.07~0.06~	0.06	0.05	0.04	0.03	—	—	—	—	
	切槽铣刀	0.01~0.008~0.012~0.012~	0.006	0.004	0.008	0.008	—	—	—	—	
63	半圆铣刀和角铣刀	0.10~0.08~0.07~0.06~0.05~	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	—	—	—	
	切槽铣刀	0.013~0.01~0.015~0.015~0.015~	0.008	0.005	0.01	0.01	0.01	—	—	—	
	切屑铣刀	—	—	0.025~0.022~0.02~	0.015	0.012	0.01	—	—	—	
80	半圆铣刀和角铣刀	0.12~0.10~0.09~0.07~0.06~	0.08	0.06	0.05	0.05	0.04	0.06~0.03	—	—	
	切槽铣刀	—	0.015~0.005	0.025~0.01	0.022~0.01	0.02~0.01	0.017~0.008	0.015~0.007	—	—	
	切屑铣刀	—	—	0.03~0.015	0.027~0.012	0.025~0.01	0.022~0.01	0.02~0.01	—	—	
100	半圆铣刀和角铣刀	0.12~0.12~0.11~0.10~0.09~	0.07	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05~0.03	0.07~0.03	0.05~0.03	
	切屑铣刀	—	—	0.03~0.02	0.023~0.016	0.027~0.015	0.023~0.015	0.022~0.012	0.023~0.013	—	
125	切屑铣刀	—	—	0.03~0.025	0.03~0.03	0.03~0.02	0.025~0.02	0.025~0.02	0.025~0.015	0.02~0.01	
160		—	—	—	—	—	—	0.03~0.02	0.025~0.015	0.02~0.01	

注：1. 铣削铸铁、铜及铝合金时，进给量可增加30%~40%。

2. 表中半圆铣刀的进给量适用于凸半圆铣刀，对于凹半圆铣刀，进给量应减少40%。

3. 在铣削宽度小于5mm时，切槽铣刀和切屑铣刀采用细齿；铣削宽度大于5mm时，采用粗齿。

表3.5 硬质合金面铣刀、圆柱铣刀和圆盘铣刀加工平面和凸台时的进给量

机床功率 (kW)	钢		铸铁、铜合金	
	不同牌号硬质合金的每齿进给量 f_z (mm/z)			
	YT15	YT5	YG6	YG8
5~10	0.09~0.18	0.12~0.18	0.14~0.24	0.20~0.29
>10	0.12~0.18	0.16~0.24	0.18~0.28	0.25~0.38

注：1. 表列数值用于圆柱铣刀铣削深度 $a_p \leq 30\text{mm}$ ；当 $a_p > 30\text{mm}$ 时，进给量应减少30%。

2. 用盘铣刀铣槽时，表列进给量应减小一半。

3. 用端铣刀加工时，对称铣时进给量取小值；不对称铣时进给量取大值。主偏角大时取小值；主偏角小时取大值。

4. 加工材料的强度或硬度大时，进给量取小值；反之取大值。

5. 上述进给量用于粗铣。精铣时铣刀每转进给量按下表选择：

要求达到的表面粗糙度 R_a (μm)	3.2	1.6	0.8	0.4
每转进给量 (mm/r)	0.5~1.0	0.4~0.6	0.2~0.3	0.15

表3.6 硬质合金立铣刀加工平面和凸台时的进给量

铣刀类型	铣刀直径 d_o (mm)	铣削宽度 a_e (mm)			
		1~3	5	8	12
	每齿进给量 f_z (mm/z)				
带整体刀头的立铣刀	10~12	0.03~0.025	—	—	—
	14~16	0.06~0.04	0.04~0.03	—	—
	18~22	0.08~0.05	0.06~0.04	0.04~0.03	—
镶螺旋形刀片的立铣刀	20~25	0.12~0.07	0.10~0.05	0.10~0.03	0.08~0.05
	30~40	0.18~0.10	0.12~0.08	0.10~0.06	0.10~0.05
	50~60	0.20~0.10	0.16~0.10	0.12~0.08	0.12~0.06

注：1. 大进给量用于在大功率机床上铣削深度较小的粗铣；小进给量用于在中等功率的机床上铣削深度较大的铣削。

2. 表列进给量可得到 $R_a 6.3 \sim 3.2 \mu\text{m}$ 的表面粗糙度。

表3.7 铣刀磨钝标准

铣刀类型	高速钢铣刀						
	后刀面最大磨损限度 (mm)						
	钢、铸钢		耐热合金钢		铸 铁		
	粗加工	精加工	粗加工	精加工	粗加工	精加工	
圆柱铣刀和盘铣刀	0.4~0.6	0.15~0.25	0.5	0.20	0.50~0.80	0.20~0.30	
端铣刀	1.2~1.8	0.3~0.5	0.70	0.50	1.5~2.0	0.30~0.50	
立铣刀	$d_o \leq 15\text{mm}$	0.15~0.30	0.1~0.5	0.50	0.40	0.15~0.20	0.10~0.15
	$d_o > 15\text{mm}$	0.30~0.50	0.20~0.25	—	—	0.30~0.50	0.20~0.25
切槽铣刀和切屑铣刀	0.15~0.20	—	—	—	0.15~0.20	—	
成形铣刀	尖 齿	0.60~0.70	0.20~0.30	—	—	0.6~0.7	0.2~0.3
	铲 齿	0.30~0.4	0.20	—	—	0.3~0.4	0.2

(续)

硬质合金铣刀

铣刀类型	后刀面最大磨损限度(mm)					
	铝、铸铜		耐热合金钢		铸 铁	
	粗加工	精加工	粗加工	精加工	粗加工	精加工
圆柱铣刀	1.0~1.2	0.3~0.5	—	—	1.0~1.2	0.3~0.5
盘铣刀	1.0~1.2	0.3~0.5	—	—	1.0~1.5	0.3~0.5
立铣刀	0.8~1.0	0.3~0.5	—	—	1.0~1.2	0.3~0.5
端铣刀	1.0~1.2	0.3~0.5	0.9	0.2~0.4	1.0~1.5	0.3~0.5
带整体刀头立铣刀	0.6~0.8	0.2~0.3	—	—	0.6~0.8	0.2~0.4

注：1. 上表适于加工钢的YT5、YT14、YT15和加工铸铁的YG8、YG6与YG3硬质合金铣刀。
2. 铣削奥氏体不锈钢时，许用的后刀面最大磨损量0.2~0.4mm。

表3.8 铣刀平均寿命

铣刀类型	刀具寿命 T(min)											
	铣刀直径 d ₀ (mm)											
	≤25	≤40	≤63	≤80	≤100	≤125	≤160	≤200	≤250	≤315	≤400	
高 速 钢	细齿圆柱铣刀	—	120	180	—						—	
	细齿圆柱铣刀	—				180			—			
	盘铣刀	—	100	120		150	180	240	—			
	端铣刀	—	180				240		—			
	立铣刀	60	90	120	—						—	
	切槽铣刀与切屑铣刀	—		60	75	120	150	180	—			
	成形铣刀与角铣刀	—	120		180		—					
	端铣刀	—			180			240	300	420	—	
	圆柱铣刀	—			180			—				
	立铣刀	60	90	120	—						—	
硬 质 合 金	盘铣刀	—			120	150	180	240	—			

表3.9 高速钢镶齿圆柱铣刀铣削钢料时的切削用量(用切削液)

刀具寿命T(min)	d ₀ (mm)	a _p (mm)	a _e (mm)	铣刀每齿进给量 f _z (mm/z)																				
				0.05 0.1 0.13 0.18 0.24 0.33 0.44																				
				切 削 用 量																				
				v _a	n	v _f	v _c	n	v _f	v _c	n	v _f	v _c	n	v _f	v _c	n	v _f	v _c					
180	80	12~	3	33	130	32	29	116	52	26	103	71	23	92	85	20	81	102						
			5	28	117	28	25	99	44	22	89	61	20	79	73	17	70	88	—	—	—			
		40	8	25	97	21	22	86	39	19	77	53	17	68	64	15	61	76						
			3	29	115	28	26	102	46	23	91	63	20	81	76	18	72	91						
	6	41~	5	25	99	25	22	88	40	20	79	54	17	70	65	16	62	77	—	—	—			
			8	22	86	21	19	76	34	17	68	47	15	61	56	13	53	67						
		130	3	33	130	32	29	116	52	26	103	71	23	92	85	20	81	102						
			5	28	117	28	25	99	44	22	89	61	20	79	73	17	70	88						

(续)

刀具寿命 T (min)	d_0 z	a_0 (mm)	a_e (mm)	铣刀每齿进给量 f_z (mm/z)																				
				0.05			0.1			0.13			0.19			0.24			0.33			0.44		
				切 削 用 量																				
				v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f
180	100	12~40	3	35	112	37	31	100	59	28	39	82	25	79	98	22	70	117						
			5	30	96	32	27	85	51	24	76	70	21	68	84	19	60	101						
			8	26	83	28	23	74	44	21	66	61	19	59	73	16	52	88						
	8	41~130	3	31	99	32	28	88	53	25	79	72	22	70	86	19	62	104						
			5	27	85	28	23	76	45	21	67	62	19	60	74	17	53	89						
			8	23	74	24	20	65	39	19	58	54	16	52	64	14	46	77						
180	125	12~40	3	39	99	32	35	88	53	31	79	72	28	70	86	24	62	104	22	55	123			
			5	34	85	28	29	76	45	26	67	62	23	60	74	21	53	89	19	47	106			
			8	29	74	24	26	65	39	23	58	54	20	52	64	18	46	77	16	41	92			
	8	10	27	69	23	54	61	37	22	55	50	19	49	60	17	43	72	15	38	86				
				3	34	87	29	31	77	47	27	70	64	24	65	75	22	55	92	19	49	109		
				5	29	75	25	26	67	40	23	59	58	21	53	65	19	47	79	16	42	94		
180	160	12~40	3	43	85	35	38	75	56	34	67	77	30	59	92	26	53	110	23	47	131			
			5	37	73	30	32	64	48	29	58	66	26	51	79	23	45	95	20	40	113			
			8	31	63	26	28	56	42	26	50	58	22	44	69	20	39	82	17	35	78			
	10	13	28	55	22	24	49	36	22	43	50	19	38	59	17	31	71	15	30	85	13			
				3	38	75	31	34	67	50	30	59	68	26	53	82	23	47	98	21	41	116	19	
				5	32	64	26	29	57	43	26	51	58	23	45	70	20	40	84	18	35	97	16	
10	130	8	28	56	23	25	49	37	22	44	51	20	39	61	17	35	73	16	31	86	14			
			13	24	48	20	22	22	32	19	38	44	17	34	53	15	30	63	13	27	75	12		
			21	41	159	18	35	137	16	31	119	13	26	103	19	37	141	16	31	121	14	27		

加工条件改变时切削用量的修正系数

钢的类型和力学性能	钢的力学性能	σ_b (MPa)	380~435	440~510	511~590	591~700	701~800	801~930	931~1070	1071~1240
	性能	HBS	111~126	127~146	147~169	170~200	201~228	229~266	267~306	307~354
	钢的种类	系 数 $k_{Mv} = k_{M\sigma} = k_{Mvf}$								
	碳素钢 ($w_C < 0.6\%$)	0.92	1.06	1.17	1.0	0.87	0.75	0.57	0.43	
铬 钢	—	1.32	1.09	0.85	0.69	0.57	0.46	0.37		
镍铬钢	—	1.39	1.19	0.95	0.78	0.71	0.53	0.43		
碳素钢 ($w_C > 0.6\%$)	—	—	0.82	0.80	0.69	0.60	0.52	0.45		
锰钢和铬镍钨钢	—	—	—	0.80	0.69	0.60	0.52	0.45		
铬锰钢	—	—	0.83	0.70	0.61	0.52	0.46	0.39		
毛坯表面状态	表面状态	无外皮	有 外 皮							
			轧 件	锻 件	铸 件					
					一 般	带 砂 的				
	系 数 $k_{sv} = k_{sn} = k_{svf}$	1.0	0.9	0.8	0.8~0.85	0.5~0.6				
铣刀寿命	实际寿命与标准寿命之比 T_{Kf} / T	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0			
	系 数 $k_{sv} = k_{svf}$	1.58	1.26	1.0	0.67	0.8	0.69			

(续)

加工类型	加工类型		粗加工			精加工			
	系数		1.0			0.8			
	铣刀实际齿数与标准齿数之比 z_R/z		0.25	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	2.0
	系数	$k_{zv} = k_{zn}$	1.15	1.05	1.02	1.0	0.96	0.93	0.9
铣刀齿数		k_{zv}	0.3	0.5	0.82	1.0	1.4	2.0	2.7

表3.10 高速钢细齿圆柱铣刀铣削钢料时的切削用量(用切削液)

刀具寿命 $T(n_{min})$	$\frac{d_o}{z}$	a_p (mm)	a_e (mm)	铣刀每齿进给量 f_z (mm/z)														
				0.03			0.05			0.1			0.13			0.15		
				切削用量														
				v_c	n	v_f	v_o	n	v_f	v_n	n	v_f	v_o	n	v_f	v_o	n	v_f
120	$\frac{50}{8}$	12~40	1.8	38	245	45	34	218	72	31	194	115	27	173	160	24	154	191
			3.0	33	211	39	29	188	62	26	167	98	23	148	137	21	132	165
			5.0	28	181	33	25	161	53	22	143	85	20	127	118	18	113	140
		41~75	1.8	34	217	40	31	193	64	27	172	102	24	152	142	22	139	160
			3.0	29	186	34	26	166	55	23	148	87	20	131	122	19	116	145
			5.0	25	160	29	22	142	47	20	127	75	17	112	104	16	100	124
120	$\frac{63}{10}$	12~40	1.8	42	211	49	37	188	77	33	167	124	29	149	172	26	133	205
			3.0	36	181	42	32	161	66	28	143	106	25	128	148	22	113	176
			5.0	31	155	36	28	139	57	25	123	91	22	109	127	19	97	151
		41~90	1.8	37	187	43	33	167	68	29	142	110	26	131	152	23	117	181
			3.0	32	160	37	28	143	59	25	127	94	22	113	131	20	100	155
			5.0	27	137	32	24	122	50	22	109	80	19	97	112	17	86	134
180	$\frac{80}{12}$	12~40	1.8	40	159	44	35	142	70	32	126	112	28	112	156	25	100	185
			3.0	34	137	38	31	122	60	27	104	96	24	96	131	22	86	159
			5.0	29	117	32	26	104	52	23	93	82	21	82	115	19	73	136
		41~110	1.8	35	141	39	32	120	62	28	112	99	25	99	134	22	88	161
			3.0	31	121	34	27	107	53	24	95	85	22	86	107	19	76	140
			5.0	26	104	29	23	92	46	20	82	73	19	73	101	16	65	121
180	$\frac{100}{14}$	12~40	1.8	44	139	44	39	124	71	34	110	114	31	97	158	27	87	188
			3.0	37	119	38	33	106	61	29	94	98	26	83	136	23	71	161
			5.0	32	102	33	29	91	52	25	81	84	23	72	116	20	61	139
		41~130	1.8	38	122	40	34	109	63	31	97	101	27	86	140	24	77	167
			3.0	33	105	34	29	94	54	26	83	86	23	74	120	20	66	143
			5.0	28	90	29	25	80	46	22	71	74	20	64	103	18	56	122
			8.0	27	79	25	22	70	40	19	62	61	17	55	89	16	49	107

注：切削用量修正系数参看表3.9“加工条件改变时切削用量的修正系数”。

表3.11 高速钢镶齿圆柱铣刀铣削灰铸铁时的切削用量

刀具寿命 $T(\text{min})$	d_0/z	a_p (mm)	a_e (mm)	铣刀每齿进给量 $f_z(\text{mm}/z)$															
				0.06		0.15		0.2		0.27		0.36		0.49					
				切 削 用 量															
v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f		
180	80/6	40~70	2.8	26	103	25	22	86	49	19	73	76	16	61	86				
			3.9	22	87	21	19	73	41	16	62	65	19	52	73				
			5.6	18	73	17	16	61	35	13	52	54	11	43	61	—	—	—	—
			8.0	15	61	14	13	51	29	11	43	45	9	36	51				
180	100/8	40~70	2.8	28	88	28	23	74	56	20	62	88	17	53	93				
			3.9	23	74	24	20	63	47	17	53	74	14	44	83				
			5.6	20	62	20	16	52	40	14	44	62	11	37	70	—	—	—	—
			8.0	16	52	17	14	44	33	11	37	52	10	31	58				
180	125/8	40~70	2.8	32	82	26	27	69	53	23	58	82	19	49	92	16	41	103	
			3.9	28	70	22	23	59	44	19	50	70	16	42	78	14	35	88	
			5.6	23	58	19	19	49	37	16	41	58	14	35	65	11	29	73	—
			8.0	19	49	16	16	41	31	14	35	49	11	29	54	10	25	61	—
			11.5	16	41	13	13	34	26	11	29	40	10	24	45	8	20	51	—
180	160/10	40~70	2.8	36	71	29	30	60	57	26	51	89	22	43	100	18	36	112	15
			3.9	31	61	24	26	51	49	22	43	75	18	36	85	15	30	95	13
			5.6	26	50	20	22	43	40	18	36	63	15	30	70	13	25	79	11
			8.0	21	42	17	18	35	34	15	30	53	13	25	56	11	21	67	9
			11.5	18	35	14	15	29	28	13	25	44	11	21	49	9	17	55	7
			16.0	15	30	12	13	25	24	11	21	37	9	18	41	8	15	47	7

加工条件改变时切削用量的修正系数

铸铁的硬度	铸铁硬度 HBS	<157	157~178	179~202	203~224	铣刀寿命	实际寿命与标准寿命之比 T_R/T	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
	系数 $k_{Mv} = k_{Mn} = k_{Mvf}$	1.25	1.12	1.0	0.9		系数 $k_{Tv} = k_{Tn} = k_{Tvf}$	1.41	1.19	1.0	0.9	0.84	0.76

加工条件改变时切削用量的修正系数

毛坯表面状态	表面状态	有外皮的		加工类型	粗加工				精加工				
		无外皮的	一般		带砂的	1.0				0.8			
	系数 $k_{sv} = k_{su} = k_{svf}$	1.0	0.8~0.85	0.5~0.6	铣刀齿数	加工类型		实际齿数与标准齿数之比 Z_R/Z			实际齿数与标准齿数之比 Z_R/Z		
						系数 $k_{sv} = k_{svf}$	系数 $k_{sv} = k_{svf}$	0.25	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0
					系数 $k_{sv} = k_{svf}$	1.5	1.2	1.07	1.0	0.9	0.8	0.7	
					系数 k_{svf}	0.4	0.6	0.85	1.0	1.35	1.62	2.1	

表3.12 高速钢细齿圆柱铣刀铣削灰铸铁时的切削用量

刀具寿命 $T(\text{min})$	$\frac{d_0}{z}$	a_p (mm)	a_e (mm)	铣刀每齿进给量 f_z (mm/z)								
				0.06			0.15			0.20		
				切 削 用 量								
				v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f
120	50 8	40~70	1.4	26	170	54	23	142	109	19	121	168
			2.0	22	142	46	19	119	91	16	101	141
			2.8	19	120	38	16	101	77	13	85	119
			3.9	16	101	32	13	85	65	11	73	101
			5.6	13	85	27	11	66	55	—	—	—
120	63 10	40~70	1.4	29	148	59	25	124	119	21	106	184
			2.0	25	124	50	20	104	97	17	86	154
			2.8	21	104	42	17	88	85	15	74	130
			3.9	17	89	35	15	74	71	13	63	110
			5.6	14	74	29	12	62	59	—	—	—
180	80 12	40~70	1.4	29	118	56	25	99	114	21	84	175
			2.0	25	98	47	21	83	95	17	70	146
			2.8	21	83	40	17	70	80	15	59	124
			3.9	18	71	34	15	59	68	13	50	105
			5.6	15	59	28	13	49	57	11	42	88
180	100 14	40~70	1.4	33	105	59	28	88	115	23	75	182
			2.0	28	88	49	23	74	100	20	63	153
			2.8	23	74	41	20	62	84	17	53	129
			3.9	20	64	35	17	53	71	14	45	109
			5.6	17	53	29	14	44	59	12	37	91
180	100 14	40~70	1.4	33	105	59	28	88	115	23	75	182
			2.0	28	88	49	23	74	100	20	63	153
			2.8	23	74	41	20	62	84	17	53	129
			3.9	20	64	35	17	53	71	14	45	109
			5.6	17	53	29	14	44	59	12	37	91
180	100 14	40~70	1.4	33	105	59	28	88	115	23	75	182
			2.0	28	88	49	23	74	100	20	63	153
			2.8	23	74	41	20	62	84	17	53	129
			3.9	20	64	35	17	53	71	14	45	109
			5.6	17	53	29	14	44	59	12	37	91
180	100 14	40~70	1.4	33	105	59	28	88	115	23	75	182
			2.0	28	88	49	23	74	100	20	63	153
			2.8	23	74	41	20	62	84	17	53	129
			3.9	20	64	35	17	53	71	14	45	109
			5.6	17	53	29	14	44	59	12	37	91
180	100 14	40~70	1.4	33	105	59	28	88	115	23	75	182
			2.0	28	88	49	23	74	100	20	63	153
			2.8	23	74	41	20	62	84	17	53	129
			3.9	20	64	35	17	53	71	14	45	109
			5.6	17	53	29	14	44	59	12	37	91
180	100 14	40~70	1.4	33	105	59	28	88	115	23	75	182
			2.0	28	88	49	23	74	100	20	63	153
			2.8	23	74	41	20	62	84	17	53	129
			3.9	20	64	35	17	53	71	14	45	109
			5.6	17	53	29	14	44	59	12	37	91
180	100 14	40~70	1.4	33	105	59	28	88	115	23	75	182
			2.0	28	88	49	23	74	100	20	63	153
			2.8	23	74	41	20	62	84	17	53	129
			3.9	20	64	35	17	53	71	14	45	109
			5.6	17	53	29	14	44	59	12	37	91
180	100 14	40~70	1.4	33	105	59	28	88	115	23	75	182
			2.0	28	88	49	23	74	100	20	63	153
			2.8	23	74	41	20	62	84	17	53	129
			3.9	20	64	35	17	53	71	14	45	109
			5.6	17	53	29	14	44	59	12	37	91
180	100 14	40~70	1.4	33	105	59	28	88	115	23	75	182
			2.0	28	88	49	23	74	100	20	63	153
			2.8	23	74	41	20	62	84	17	53	129
			3.9	20	64	35	17	53	71	14	45	109
			5.6	17	53	29	14	44	59	12	37	91
180	100 14	40~70	1.4	33	105	59	28	88	115	23	75	182
			2.0	28	88	49	23	74	100	20	63	153
			2.8	23	74	41	20	62	84	17	53	129
			3.9	20	64	35	17	53	71	14	45	109
			5.6	17	53	29	14	44	59	12	37	91

注：切削用量修正系数参看表3.11加工条件改变时切削用量的修正系数。

表3.13 高速钢立铣刀在钢料上铣槽的切削用量(用切削液)

刀具寿命 $T(\text{min})$	$\frac{D}{z}$	槽宽 a_p (mm)	槽深 a_e (mm)	铣刀每齿进给量 f_z (mm/z)																		
				0.045		0.06		0.07		0.09		0.12		0.15								
				切 削 用 量																		
				v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	
60	16	16	10~25	23	458	55	20	398	63	18	358	69	16	318	76	14	279	88	—	—	—	
	3			16	2.2	438	105	19	378	119	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	6			2.2	438	105	19	378	119	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
60	20	20	10~30	22	350	42	20	318	50	17	270	53	15	239	57	14	223	70	12	191	77	
	3			20	21	334	80	18	287	90	16	255	99	—	—	—	—	—	—	—	—	
	6			21	334	80	18	287	90	16	255	99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
60	25	25	10~30	22	280	34	19	242	38	17	217	42	15	191	46	14	178	56	13	166	67	
	3			25	21	268	64	18	229	72	16	203	79	14	178	85	13	166	105	12	153	124
	6			21	268	64	18	229	72	16	203	79	14	178	85	13	166	105	12	153	124	

(续)

刀具寿命 $T(\text{min})$	$\frac{D}{z}$	槽宽 a_e (mm)	槽深 a_p (mm)	铣刀每齿进给量 f_z (mm/z)																	
				0.045		0.06		0.07		0.09		0.12		0.15							
				切削用量																	
				v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f			
90	$\frac{32}{4}$	32	10~30	18	179	29	16	159	33	14	139	36	13	125	40	11	109	46	10	100	54
	$\frac{32}{8}$			17	169	54	15	149	63	13	129	67	12	119	76	—	—	—	—	—	—

注：表内切削用量能达到表面粗糙度 $R_a 3.2 \mu\text{m}$ 。

加工条件改变时切削用量的修正系数

钢的类型和力学性能	σ_b (MPa)	380~440	450~510	520~590	600~700	710~800	810~930	940~1070	1080~1240
	HBS	111~126	127~146	147~169	170~200	201~229	230~266	267~300	307~354
钢的种类	系数 $k_{Mv} = k_{Mn} = k_{Mvf}$								
碳钢和镍钢	1.06	1.21	1.34	1.15	1.0	0.86	0.66	0.49	
铬钢和镍铬钢	—	1.6	1.34	1.08	0.9	0.75	0.56	0.42	
钴镍钨钢	—	—	1.07	0.92	0.8	0.69	0.53	0.39	
锰钢	—	—	1.0	0.86	0.75	0.65	0.5	0.37	
铬锰钢	—	—	0.94	0.81	0.7	0.61	0.46	0.34	
毛坯表面状态	表面状态	无外皮	轧件	有外皮					
	系数 $k_{sv} = k_{sn} = k_{svf}$	1.0	0.9	0.8	锻件		铸件		
铣刀寿命	实际寿命与标准寿命之比 $T_R : T$	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0		
	系数 $k_{Tv} = k_{Tn} = k_{Tv f}$	1.32	1.16	1.0	0.92	0.87	0.80		
加工类型	加工类型	粗加工			精加工				
	系数 $k_{Dv} = k_{Dn} = k_{Dv f}$	1.0			0.80				

表3.14 高速钢立铣刀在灰铸铁上铣槽的切削用量

刀具寿命 $T(\text{min})$	$\frac{D}{z}$	槽宽 a_e (mm)	槽深 a_p (mm)	铣刀每齿进给量 f_z (mm/z)																	
				0.04		0.05		0.07		0.10		0.13		0.18							
				切削用量																	
				v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f			
60	$\frac{16}{3}$	16	10~25	18	358	32	17	338	46	16	318	57	15	299	76	14	279	96	—	—	—
	$\frac{16}{6}$			15	289	54	14	279	75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	$\frac{20}{3}$	20	10~30	19	303	27	18	287	39	17	271	49	16	255	65	13	239	82	14	223	108
	$\frac{20}{6}$			15	239	43	14	223	60	13	207	75	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(续)

刀具寿命 $T(\text{min})$	f_z z	槽宽 a_e (mm)	槽深 a_s (mm)	铣刀每齿进给量 f_z (mm/z)																																			
				0.04						0.05						0.07						0.10						0.13						0.18					
				切 削 用 量																																			
v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f																			
60	25	25	10~30	20	255	23	18	228	31	17	217	32	16	203	52	15	191	56	14	178	63																		
	9			16	203	37	15	191	52	14	178	64	13	166	85	12	153	106	—	—	—	—																	
90	32	32	10~30	23	229	27	13	159	29	15	119	36	14	139	47	13	129	59	—	—	—																		
	4			15	149	36	14	139	50	13	129	62	12	119	81	—	—	—	—	—	—	—																	

注：表内切削用量能达到表面粗糙度 $R_a \leq 3.2 \mu\text{m}$ 。

加工条件改变时切削用量的修正系数

铸 铁	铸铁硬度					毛坯表面状态	表面状态	无外皮	有外皮		
	HBS	<157	157~178	179~202	203~204				硬度 HBS		
铁	系数	1.25	1.12	1.0	0.9	系数 $k_{sv} = k_{sn} = k_{sv}$	1.0	0.70	0.75	0.80	
	实际寿命与标准寿命之比 $T_R : T$	系数	0.25	0.5	1.0		1.5	2.0	3.0	粗加工	
铣刀寿命	系数	1.41	1.10	1.0	0.9	0.84	0.76	1.0		0.80	

表3.15 YT15硬质合金端铣刀铣削碳钢、铬钢及镍铬钢的切削用量

刀具寿命 $T(\text{min})$	d_c z	a_e (mm)	铣刀每齿进给量 f_z (mm/z)																																			
			0.07						0.1						0.13						0.18						0.24						0.33					
			切 削 用 量																																			
v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f																		
180	100	1.5	229	727	218	203	649	259	173	551	331	154	491	393	139	441	463	124	393	550																		
	5	5.0	203	645	193	181	575	230	154	511	293	137	436	349	123	391	410	109	348	488																		
180	125	1.5	229	582	140	203	518	166	173	441	212	154	393	251	139	353	296	124	314	352																		
	4	5.0	203	516	124	181	460	147	154	391	188	137	349	223	123	313	263	109	278	312																		
240	160	5	203	403	145	181	359	172	154	305	220	137	272	262	123	244	309	109	218	365																		
	6	16	181	359	129	161	320	154	137	272	196	123	242	233	109	217	274	97	134	326																		
240	200	5	191	304	146	170	271	173	145	231	221	129	206	263	116	184	310	103	164	368																		
	8	16	170	271	130	152	242	155	129	205	197	115	183	235	103	164	276	92	146	328																		
300	250	5	191	244	117	170	217	139	145	185	177	129	164	211	116	148	248	103	131	295																		
	8	16	170	217	104	152	193	174	129	164	158	115	146	187	103	131	221	92	117	267																		
420	315	5	183	185	111	163	165	132	139	140	168	124	125	200	111	117	235	99	100	240																		
	10	16	163	164	99	145	146	118	124	125	149	110	111	178	98	100	209	88	89	249																		
420	400	5	171	136	98	152	121	116	130	103	149	116	92	176	104	82	208	92	73	217																		
	12	16	152	121	87	136	108	104	115	92	132	102	82	157	92	73	185	82	65	220																		

加工条件改变时切削用量的修正系数

钢的力学性能	σ_b (MPa)	<560	561~620	621~700	701~789	790~889	890~1000
	硬度HBS	<160	160~177	180~200	203~226	228~255	257~285
	系数 $k_{Mv} = k_{Mn} = k_{Mvf}$	1.27	1.13	1.0	0.89	0.79	0.69
实际寿命与标准寿命之比	比值 $T_R : T$	0.5	1.0	1.5	2	3	4
	系数 $k_{Tv} = k_{Tn} = k_{Tvf}$	1.15	1.0	0.92	0.87	0.8	0.76
常用硬质合金牌号	牌 号	YT5		YT14	YT15	YT30	
	系 数 $k_{tv} = k_{tn} = k_{tvf}$	0.65		0.8	1.0	1.4	

加工条件改变时切削用量的修正系数

毛坯表面状态	表面状态	无外皮	有 外 皮					
			轧 件	锻 件	铸 件			
					一 般	带 砂 的		
	系数 $k_{sv} = k_{sn} = k_{svf}$	1.0	0.9	0.8	0.8~0.85	0.5~0.6		
铣削宽度与铣刀直径之比	比值 $a_p : d_0$	<0.45		0.45~0.8		>0.8		
	系数 $k_{sev} = k_{sen} = k_{sevf}$	1.13		1.0		0.89		
主 偏 角	主偏角 κ_r (°)	90	60	45	30	15		
	系 数 $k_{krv} = k_{kkn}$	0.87	1.0	1.1	1.25	1.6		
	数 k_{krvf}	0.7	1.0	1.1	1.65	2.9		
铣刀实际齿数与标准齿数之比	比值 $z_R : z$	0.25	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0
	系 数 $k_{zv} = k_{zn}$	1.0						
	数 k_{zvf}	0.25	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0

表3.16 YG6硬质合金端铣刀铣削灰铸铁的切削用量

刀具寿命	d_0 z	a_p (mm)	铣刀每齿进给量 f_z (mm/z)								
			0.1			0.13			0.18		
T(min)			切 削 用 量								
			v_a	n	v_f	v_a	n	v_f	v_a	n	v_f
180	$\frac{80}{10}$	1.5	124	494	395	110	439	492	—	—	—
		3.5	109	436	349	97	387	433	—	—	—
		7.5	98	388	311	87	345	386	—	—	—
	$\frac{100}{10}$	1.5	124	395	316	110	352	394	98	322	430
		3.5	109	349	278	97	310	347	86	275	432
		7.5	98	311	248	87	276	310	77	245	385
	$\frac{125}{12}$	1.5	124	316	304	110	281	378	98	250	471
		3.5	109	278	268	97	248	333	86	220	415
		7.5	98	248	239	87	221	297	103	196	376
	$\frac{160}{14}$	1.5	124	247	277	110	220	344	98	195	429
		3.5	109	218	244	97	194	304	86	172	378
		7.5	98	194	217	87	173	271	77	154	337

(续)

刀具寿命	$\frac{d_o}{z}$	a_p (mm)	铣刀每齿进给量 f_z (mm/z)								
			0.1			0.13			0.18		
			切 削 用 量								
T (min)			v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f
240	$\frac{200}{16}$	1.5	113	181	231	101	160	287	89	142	358
		3.5	100	159	203	89	141	253	79	125	315
		7.5	89	142	181	79	126	226	70	112	281
	$\frac{250}{20}$	3.5	100	127	203	89	113	253	79	100	315
		7.5	89	113	181	79	101	226	70	89	281
		16	79	101	162	71	90	202	63	80	251
300	$\frac{315}{22}$	3.5	93	94	165	83	83	206	73	74	256
		7.5	83	84	148	74	74	184	65	66	229
		16	74	75	131	66	67	164	58	59	204
420	$\frac{400}{28}$	3.5	83	67	148	74	59	185	66	62	230
		7.5	74	59	133	66	53	165	59	47	206
		16	67	53	118	59	47	148	52	42	184

刀具寿命	$\frac{d_o}{z}$	a_p (mm)	铣刀每齿进给量 f_z (mm/z)											
			0.26			0.36			0.5			0.7		
			切 削 用 量											
T (min)			v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f	v_c	n	v_f
180	$\frac{80}{10}$	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		3.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		7.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	$\frac{100}{10}$	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		3.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		7.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	$\frac{125}{12}$	1.5	87	222	586	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		3.5	77	196	517	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		7.5	68	175	461	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	$\frac{160}{14}$	1.5	87	173	535	77	154	668	—	—	—	—	—	—
		3.5	77	153	470	68	136	588	—	—	—	—	—	—
		7.5	68	136	420	61	121	524	—	—	—	—	—	—
240	$\frac{200}{16}$	1.5	80	127	446	71	112	557	63	100	689	—	—	—
		3.5	70	117	392	62	99	490	55	88	607	—	—	—
		7.5	62	100	350	55	88	437	49	79	541	—	—	—
	$\frac{250}{20}$	3.5	70	89	392	62	79	490	55	71	607	49	63	750
		7.5	62	80	350	55	71	437	49	63	541	44	58	689
		16	56	71	313	49	63	391	44	56	483	40	50	597
300	$\frac{315}{22}$	3.5	65	66	319	58	58	398	52	52	493	41	46	610
		7.5	58	59	284	52	52	356	46	46	440	41	41	544
		16	52	52	254	46	47	317	41	41	392	37	37	485
420	$\frac{400}{28}$	3.5	59	47	287	52	41	359	46	37	444	41	33	548
		7.5	52	41	256	46	37	320	41	33	396	37	29	490
		16	47	37	229	41	33	286	37	29	348	33	26	437

加工条件改变时切削用量的修正系数								
铸铁的硬度	硬度HBS	<150	150~164	165~181	182~199	200~219	220~240	
	系数 $k_{Mv} = k_{M0} = k_{Mvf}$	1.42	1.26	1.12	1.0	0.89	0.79	
实际寿命与标准寿命之比	比值 $T_R : T$	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	
	系数 $k_{Lv} = k_{L0} = k_{Lvf}$	1.25	1.0	0.88	0.8	0.7	0.64	
常用硬质合金牌号	牌 号	YG8		YG6	YG3			
毛坯表面状态	系数 $k_{Lr} = k_{L0} = k_{Lrf}$	0.83		1.0	1.15			
	表面状态	无 外 皮			有 外 皮			
系数 $k_{sv} = k_s = k_{svf}$		1.0			0.8~0.85		0.5~0.6	
		一 般		带 砂 的				
铣削宽度与铣刀直径之比	比值 $a_e : d_0$	<0.45		0.45~0.8		>0.8		
	系数 $k_{sv} = k_{sv0} = k_{svf}$	1.13		1.0		0.89		
主 偏 角	主偏角 κ_r (°)	90	60	45	30	15		
	系 数	$k_{\kappa r} = k_{\kappa r0}$		0.87	1.0	1.1	1.25	1.6
铣刀实际齿数与标准齿数之比	比值 $z_B : z$	0.25	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0
	系 数	1.0						
系数 $k_{zv} = k_{zv0} = k_{zvf}$		0.25	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0

表3.17 涂层硬质合金铣刀的切削用量

加工材料	硬 度 HBS	状 态	铣削深度 a_p (mm)	端 铣 平 面		三面刃铣刀铣侧面及槽	
				每齿进给量 f_z (mm/z)	切削速度 v_c (m/min)	每齿进给量 f_s (mm/z)	切削速度 v_c (m/min)
钢	低碳 125~225	热轧, 正火, 退火或冷拉	1	0.20	275~335	0.13	205~250
			4	0.30	200~225	0.18	145~170
			8	0.40	160~175	0.23	115~135
	中碳 175~225	冷拉	1	0.20	355	0.13	190
			4	0.30	190	0.18	140
			8	0.40	150	0.23	110
	高碳 175~225		1	0.20	245	0.13	185
			4	0.30	180	0.18	135
			8	0.40	140	0.23	105
合金钢	低碳 125~225	热轧, 正火, 退火或冷拉	1	0.20	265~305	0.13	200~230
			4	0.30	205~225	0.18	150~170
			8	0.40	155~175	0.23	115~130
	中碳 175~225		1	0.20	250	0.13	160
			4	0.30	175	0.18	125~130
			8	0.40	135	0.23	90~105
高碳 175~225		1	0.20	235	0.13	175	
		4	0.30	160	0.18	120	
		8	0.40	120	0.23	90	

(续)

加工材料	硬 度 HBS	状 态	铣削深度 a_p (mm)	端 铣 平 面		三面刃铣刀铣削侧面及槽	
				每齿进给量 f_z (mm/z)	切削速度 v_c (m/min)	每齿进给量 f_z (mm/z)	切削速度 v_c (m/min)
高强度钢	300~350	正火	1	0.13	185	0.10~0.13	135
			4	0.18	120	0.13	90
			8	0.23	95	0.15	70
高 速 钢	200~275	退火	1	0.18	135~150	0.10~0.12	100~115
			4	0.25	87~100	0.15	66~76
			8	0.36	67~79	0.20	50~59
不 锈 钢	奥氏体 135~185	退火	1	0.20	200~215	0.13	130~185
			4	0.30	130~145	0.18	84~120
			8	0.40	100~105	0.23	64~95
马氏体	135~225	退火	1	0.20	235~245	0.13	150~160
			4	0.30	150~160	0.18	100~105
			8	0.40	100~115	0.22	64~72
灰 铸 铁	190~260	铸后状态珠光体或珠光体+游离碳化物	1	0.18	200~235	0.10~0.12	145~150
			4	0.25	130~155	0.15	100
			8	0.36	100~120	0.20	73~79
可锻铸铁	160~200	初化并热处理	1	0.20	250	0.13	215
			4	0.30	165	0.18	175
			8	0.40	130	0.23	165

注：表中铣削深度，对端铣平面和三面刃铣刀铣侧面而言，为轴向铣削深度，对三面刃铣刀铣槽而言，为径向铣削深度。

表3.18 金刚石端铣刀端铣平面的切削用量

加工材料		硬 度 HBS	状 态	铣削深度 a_p (mm)	每齿进给量 f_z (mm/z)	切削速度 v_c (m/min)
铝合金	锻 轧	30~50	各种状态	0.25~0.75	0.13	610
				0.75~1.25	0.25	425
				1.25~2.50	0.40	305
铸 造	40~100	铸后状态	0.25~0.75	0.13	1000	
			0.75~1.25	0.25	840	
			1.25~2.50	0.40	550	
铁合金, 锻 轧	40~90	各种状态	0.25~0.75	0.13	610	
			0.75~1.25	0.25	365	
			1.25~2.50	0.40	230	
铜合金	锻 轧	10~70HRB	退 火	0.25~0.75	0.13	1000~1130
				0.75~1.25	0.25	535~570
				1.25~2.50	0.40	280~320
		10~100HRB	冷 拉	0.25~0.75	0.13	1035~1495
				0.75~1.25	0.25	565~885
				1.25~2.50	0.40	365~595

(续)

加工材料		硬度 HBS	状态	切削深度 a_p (mm)	每齿进给量 f_z (mm/z)	切削速度 v_c (m/min)
铜合金	铸造	40~150	铸后状态	0.25~0.75	0.13	1220
				0.75~1.25	0.25	610
				1.25~2.50	0.40	305
碳和石墨		40~100HS	模制或压制	0.25~0.75	0.13	975
玻璃和陶瓷	各种硬度	各种硬度		0.25~0.75	0.13	1280
				0.75~1.25	0.25	625
				1.25~2.50	0.40	535
云母	各种硬度	各种硬度		0.25~0.75	0.13	506
				0.75~1.25	0.25	290
				1.25~2.50	0.40	230
塑料	50~125RM	各种硬度		0.25~0.75	0.13	825
				0.75~1.25	0.25	366
				1.25~2.50	0.40	200
硬橡胶	60HS	各种硬度		0.25~0.75	0.13	790
				0.75~1.25	0.25	640
				1.25~2.50	0.40	505
碳纤维复合材料	各种硬度	各种硬度		0.25~0.75	0.13	230
				0.75~1.25	0.25	185
				1.25~2.50	0.40	150
玻璃纤维复合材料	各种硬度	各种硬度		0.25~0.75	0.13	230
				0.75~1.25	0.25	185
			1.25~2.50	0.40	150	
碳纤维复合材料	各种硬度	各种硬度	0.25~0.75	0.13	200	
			0.75~1.25	0.25	150	
			1.25~2.50	0.40	135	
金、银	各种硬度	各种硬度	0.25~0.75	0.13	2285	
			0.75~1.25	0.25	1585	
			1.25~2.50	0.40	840	
铂	各种硬度	各种硬度	0.25~0.75	0.13	1110	
			0.75~1.25	0.25	975	
			1.25~2.50	0.40	670	

表3.19 高速钢圆柱铣刀铣削钢料时消耗的功率

铣刀每齿进给量 f_z (mm/z)				铣削宽度 a_e (mm)													
0.05~0.09	0.10~0.17	0.18~0.32	0.33~0.6	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—	—	—	—	—	—
铣削深度 a_p (mm)				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	41	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—	—	—	—	—	—
—	—	41	49	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—	—	—	—	—
—	41	49	59	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—	—	—	—

(续)

铣刀每齿进给量 f_z (mm/z)				铣 削 宽 度 a_e (mm)															
0.05~ 0.09	0.10~ 0.17	0.18~0.32	0.33~0.6																
铣削深度 a_p (mm)																			
41	49	59	70	—	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—	—	—	—	—
49	59	70	84	—	—	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—	—	—	—
59	70	84	100	—	—	—	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—	—	—
70	84	100	120	—	—	—	—	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—	—
84	100	120	—	—	—	—	—	—	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—
100	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12

每分钟进给量 v_f (mm/min)	切 削 功 率 P_c (kW)																				
50	—	—	—	—	—	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3					
60	—	—	—	—	—	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4				
72	—	—	—	—	—	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4	7.6			
84	—	—	—	—	—	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4	7.6	9.1		
102	—	—	—	—	—	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4	7.6	9.1	11	
120	—	—	—	—	—	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4	7.6	9.1	11	13
144	—	—	—	—	—	1.1	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4	7.6	9.1	11	13	15.5
174	—	—	—	—	—	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4	7.6	9.1	11	13	15.5	18.5
204	—	—	—	—	—	1.5	1.8	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4	7.6	9.1	11	13	15.5	18.5	—
246	—	—	—	—	—	1.8	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4	7.6	9.1	11	13	15.5	18.5	—	—
294	—	—	—	—	—	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4	7.6	9.1	11	13	15.5	18.5	—	—	—
348	—	—	—	—	—	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4	7.6	9.1	11	13	15.5	18.5	—	—	—	—
420	—	—	—	—	—	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4	7.6	9.1	11	13	15.5	18.5	—	—	—	—	—
498	—	—	—	—	—	3.8	4.5	5.3	6.4	7.6	9.1	11	13	15.5	18.5	—	—	—	—	—	—

钢的力学性能改变时切削功率的修正系数

抗拉强度 σ_b (MPa)	<550	550~1000	>1000
硬 度 HBS	<160	160~285	>285
系 数 k_{MPc}	0.84	1.0	1.2

表3.20 高速钢圆柱铣刀铣削灰铸铁时消耗的功率

铣刀每齿进给量 f_z (mm/z)				铣 削 宽 度 a_e (mm)															
0.08~ 0.13	0.14~ 0.22	0.23~0.36	0.37~ 0.6																
铣削深度 a_p (mm)																			
—	—	—	41	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	41	49	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—	—	—	—	—	—	—
—	41	49	59	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—	—	—	—	—	—
41	49	59	70	—	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—	—	—	—	—
49	59	70	84	—	—	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—	—	—	—
59	70	84	100	—	—	—	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—	—	—
70	84	100	—	—	—	—	—	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—	—
84	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—

(续)

每分钟进给量 v_f (mm/min)	切 削 功 率 P_c (kW)															
	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	3.8	4.5	5.4				
71	—	—	—	—	—	—	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	
86	—	—	—	—	—	—	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	3.8
101	—	—	—	—	—	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	3.8	4.5
121	—	—	—	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	3.8	4.5	5.4	
144	—	—	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	3.8	4.5	5.4	6.4	
172	—	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	3.8	4.5	5.4	6.4	7.7	
205	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	3.8	4.5	5.4	6.4	7.7	9.2	
245	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	3.8	4.5	5.4	6.4	7.7	9.2	—	
295	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	3.8	4.5	5.4	6.4	7.7	9.2	—	—	
350	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	3.8	4.5	5.4	6.4	7.7	9.2	—	—	—	
420	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	3.8	4.5	5.4	6.4	7.7	9.2	—	—	—	—	
498	1.9	2.2	2.7	3.2	3.8	4.5	5.4	6.4	7.7	9.2	—	—	—	—	—	

铸铁硬度改变时切削功率的修正系数

铸铁硬度HBS	<160	160~220	>220
修正系数 k_{MP0}	0.83	1.0	1.20

表3.21 高速钢立铣刀铣削钢料时消耗的功率

每齿进给量 f_z (mm/z)		槽 深 a_p (mm)												
0.05~0.09	0.10~0.17													
槽 宽 a_e (mm)														
—	11	18	21	25	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	13	15	18	21	25	30	—	—	—	—	—	—	—	—
13	16	12	15	18	21	25	30	—	—	—	—	—	—	—
16	19	10	12	15	18	21	25	30	—	—	—	—	—	—
19	23	—	10	12	15	18	21	25	30	—	—	—	—	—
23	27	—	—	10	12	15	18	21	25	30	—	—	—	—
27	32	—	—	—	10	12	15	18	21	25	30	—	—	—
32	—	—	—	—	—	10	12	15	18	21	25	30	—	—
每分钟进给量 v_f (mm/min)		切 削 功 率 P_c (kW)												
32	—	—	—	—	—	—	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	—	—	—
45	—	—	—	—	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	—	—	—
65	—	—	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	3.0	3.6	—	—	—
78	—	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	3.0	3.6	4.3	—	—	—
93	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	3.0	3.6	4.3	5.1	—	—	—
110	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	3.0	3.6	4.3	5.1	6.1	—	—	—
132	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	3.0	3.6	4.3	5.1	6.1	7.3	—	—	—
157	1.5	1.8	2.1	2.5	3.0	3.6	4.3	5.1	6.1	7.3	8.7	—	—	—
188	1.8	2.1	2.5	3.0	3.6	4.3	5.1	6.1	7.3	8.7	10	—	—	—
225	2.1	2.5	3.0	3.6	4.3	5.1	6.1	7.3	8.7	10	—	—	—	—
265	2.5	3.0	3.6	4.3	5.1	6.1	7.3	8.7	10	—	—	—	—	—
320	3.0	3.6	4.3	5.1	6.1	7.3	8.7	10	—	—	—	—	—	—
380	3.6	4.3	5.1	6.1	7.3	8.7	10	—	—	—	—	—	—	—

(续)

钢的力学性能改变时切削功率的修正系数			
抗拉强度 σ_b (MPa)	<56	50~100	100
硬 度 HBS	<160	160~285	1~285
系 数 k_{MPc}	0.84	1.0	1.20

表3.22 高速钢立铣刀铣削灰铸铁时消耗的功率

每齿进给量 f_z (mm/z)		槽 深 a_p (mm)											
0.05~0.09	0.10~0.15												
槽 宽 a_e (mm)													
—	11	18	21	25	30	—	—	—	—	—	—	—	—
11	13	15	18	21	25	30	—	—	—	—	—	—	—
13	16	12	15	18	21	25	30	—	—	—	—	—	—
16	19	10	12	15	18	21	25	30	—	—	—	—	—
19	23	—	10	12	15	18	21	25	30	—	—	—	—
23	27	—	—	10	12	15	18	21	25	30	—	—	—
27	32	—	—	—	10	12	15	18	21	25	30	—	—
32	—	—	—	—	—	10	12	15	18	21	25	30	—

每分钟进给量 v_f (mm/min)	切 削 功 率 P_c (kW)											
54	—	—	—	—	—	—	—	—	0.9	1.1	1.3	1.6
78	—	—	—	—	—	—	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3
110	—	—	—	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.2	3.9
132	—	—	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.2	3.9	4.6
157	—	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.2	3.9	4.6	5.5
184	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.2	3.9	4.6	5.5	6.5
225	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.2	3.9	4.6	5.5	6.5	7.8
265	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.2	3.9	4.6	5.5	6.5	7.8	9.4
320	1.6	1.9	2.3	2.7	3.2	3.9	4.6	5.5	6.5	7.8	9.4	—
380	1.9	2.3	2.7	3.2	3.9	4.6	5.5	6.5	7.8	9.4	—	—
455	2.3	2.7	3.2	3.9	4.6	5.5	6.5	7.8	9.4	—	—	—

铸铁硬度改变时切削功率的修正系数			
铸铁硬度 HBS	<160	160~220	>220
系 数 k_{MPc}	0.83	1.0	1.20

表3.25 圆柱铣刀铣削时的入切量及超切量

铣削宽度 a_p (mm)	铣 刀 直 径 d_0 (mm)								
	40	50	63	80	100	125	160	200	250
	入切量及超切量 $\gamma + \Delta$ (mm)								
0.5	6	7	8	9	10	11	12	12	13
1.0	8	9	10	11	13	14	16	16	17
1.5	10	11	12	13	15	17	18	19	20
2.0	11	12	13	15	17	19	21	22	23
3.0	12	14	16	17	20	22	25	26	28
4.0	14	16	17	20	23	25	24	29	32
5.0	15	17	19	21	25	27	30	32	36
6.0	16	18	21	23	27	29	33	36	40
8.0	18	21	23	26	30	33	37	41	45
10.0	20	22	25	28	33	36	41	46	50
12.0	—	24	27	30	36	39	44	49	55
15.0	—	—	—	33	39	43	49	54	61
18.0	—	—	—	35	41	46	52	59	66
20.0	—	—	—	—	43	48	55	62	69
25.0	—	—	—	—	—	52	60	68	76
30.0	—	—	—	—	—	—	65	73	83
35.0	—	—	—	—	—	—	—	78	88

表3.26 端铣刀铣削时的入切量及超切量

1.对 称 安 装 铣 刀

铣削宽度 a_p (mm)	铣 刀 直 径 d_0 (mm)							
	80	100	125	160	200	250	315	400
	入切量及超切量 $\gamma + \Delta$ (mm)							
10	4	—	—	—	—	—	—	—
15	4	—	—	—	—	—	—	—
20	5	—	—	—	—	—	—	—
25	6	—	—	—	—	—	—	—
30	8	—	—	—	—	—	—	—
40	12	7	7	7	6	—	—	—
50	18	9	9	9	9	8	—	—
60	—	12	11	11	9	8	—	—
80	—	20	17	15	13	11	10	—
100	—	35	27	23	18	15	13	11
120	—	—	44	34	24	20	16	14
140	—	—	—	50	33	26	22	18
160	—	—	—	—	44	33	27	21
180	—	—	—	—	60	42	33	26
200	—	—	—	—	—	64	40	32
220	—	—	—	—	—	71	47	38
240	—	—	—	—	—	94	59	45
280	—	—	—	—	—	—	72	53
280	—	—	—	—	—	—	88	61
300	—	—	—	—	—	—	110	72
320	—	—	—	—	—	—	—	84
340	—	—	—	—	—	—	—	100

(续)

2. 不对称安装铣刀									
C _v	数 值	铣 刀 直 径 d ₀ (mm)							
		80	100	125	160	200	250	315	400
		入切量及超切量 $\gamma + \Delta$ (mm)							
0.03d ₀		29	36	47	53	70	87	110	137
0.05d ₀		25	31	40	46	60	74	95	117

注：精铣时， $\gamma + \Delta$ 取与铣刀直径相等。

五、铣削用量计算公式

表3.27 铣削时切削速度的计算公式

1. 计 算 公 式

$$v_c = \frac{C_v d_0 q_v}{T^{1/a_v} f_z^{1/x_v} a_p^{1/y_v} u_v^{1/z_v}} k_v$$

式中 k_v ——切削条件改变时切削速度修正系数； v_c 的单位为m/min。

2. 公式中的指数及系数

铣刀类型	刀具材料	a _p (mm)	a _e (mm)	f _z (mm/z)	公式中的指数和系数						
					C _v	q _v	x _v	y _v	u _v	p _v	m
加工碳素结构钢 $\sigma_b = 650\text{MPa}$											
端铣刀	YT15	—	—	—	186	0.2	—	0.4	0.2	0	0.2
	高速钢 (用切削液)	—	—	<0.1	41	0.25	0.1	0.2	—	—	
		>0.1	26	0.4	0.15			0.1			
圆柱铣刀	YT15	≤2	≤35	≥0.15	240	0.17	-0.03	—	0.19	0.1	0.33
		>2			280			0.38			
		≤2	379		0.28			0.19			
		>2	431		0.08			0.38			
	高速钢 (用切削液)	—	—	≤0.10	28.5	0.45	0.1	0.2	—	0.3	
		>0.1	18	0.4	—						
键齿盘铣刀	铣平面与凸台	—	—	<0.12	600	0.21	0	0.12	0.4	0	0.35
				≥0.12	332			0.4			
	铣槽			<0.06	715			0.12			
				≥0.06	270			0.1			

(续)

铣刀类型	刀具材料	a_o (mm)	a_p (mm)	f_s (mm/z)	公式中的指数和系数						
					C_v	q_v	x_v	y_v	u_v	p_v	m
镶齿盘铣刀及槽	高速钢 (用切削液)	—	—	≤ 0.1	48	0.25	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2
				> 0.1	31			0.4			
整体盘铣刀	高速钢 (用切削液)	—	—	—	43	0.25	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2
立铣刀	高速钢 (用切削液)	—	—	—	21.5	0.45	0.1	0.5	0.5	0.1	0.33
切槽和切屑铣刀					24.4	0.25	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2
凸半圆铣刀					27	0.45	0.1	0.2	0.3	0.1	0.33
凹半圆和角铣刀					22.8	0.45	0.1	0.2	0.3	0.1	0.33
带整体刀头的立铣刀	YT15	—	—	—	145	0.44	0.1	0.26	0.24	0.13	0.37
镶螺旋形刀片的立铣刀					144						

加工合金结构钢 $\sigma_b = 660\text{MPa}$

带整体刀头的立铣刀	YT15	—	—	—	200	0.65	0.18	0.28	0.32	0.23	0.5
镶螺旋形刀片的立铣刀					175						

加工不锈钢 1Cr18Ni9Ti (退火状态)

端铣刀	YG6	—	—	—	108	0.2	0.06	0.3	0.2	0	0.32
	高速钢				45	0.15	0.2				
圆柱铣刀	高速钢 (用切削液)	—	—	—	22	0.29	0.1	0.34	0.3	0.1	0.24
立铣刀					18	0.35	0.21	0.48	0.21	0.1	0.27

加工灰铸铁硬度190HBS

端铣刀	YG6	—	—	—	245	0.2	0.15	0.35	0.2	0	0.32
	高速钢 (不用切削液)				18.9		0.1	0.4	0.1		
圆柱铣刀	YG6	< 2.5	—	≤ 0.2	508	0.37	0.23	0.19	0.13	0.14	0.42
				> 0.2	323			0.47			
	高速钢 (不用切削液)	—	—	≤ 0.15	20	0.7	0.3	0.2	0.5	0.3	0.25
				> 0.15	9.5			0.6			
镶齿盘铣刀	高速钢 (不用切削液)	—	—	—	35	0.2	0.1	0.4	0.5	0.1	0.15
整体盘铣刀					25	0.2	0.1	0.4	0.5	0.1	0.15
立铣刀					25	0.7	0.3	0.2	0.5	0.3	0.25
切槽与切屑铣刀					10.5	0.2	0.2	0.4	0.5	0.1	0.15

(续)

铣刀类型	刀具材料	a_e (mm)	a_p (mm)	f_s (mm/齿)	公式中的指数和系数						
					C_v	q_v	x_v	y_v	u_v	p_v	m
加工可锻铸铁硬度150HBS											
端铣刀	YG8	—	—	≤ 0.18	784	0.22	0.17	0.1	0.22	0	0.33
				> 0.18	548			0.32			
	高速钢 (用切削液)	—	—	≤ 0.1	63.4	0.25	0.1	0.2	0.15	0.1	0.2
				> 0.1	43.1			0.4			
圆柱铣刀	—	—	—	≤ 0.1	47	0.45	0.1	0.2	0.3	0.1	0.33
				> 0.1	49.5			0.4			
镶齿盘铣刀	高速钢 (用切削液)	—	—	≤ 0.1	74	0.25	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2
				> 0.1	47.6			0.4			
整体盘铣刀	—	—	—	—	67	0.25	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2
立铣刀	—	—	—	—	61.7	0.45	0.1	0.2	0.3	0.1	0.33
切槽与切断铣刀	—	—	—	—	30	0.25	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2

加工中等硬度非均质的铜合金硬度100~140HBS

端铣刀	—	—	—	≤ 0.1	82	0.25	0.1	0.2	0.15	0.1	0.2
				> 0.1	56			0.4			
圆柱铣刀	—	—	—	≤ 0.1	57	0.45	0.1	0.2	0.3	0.1	0.33
				> 0.1	40			0.4			
镶齿盘铣刀	高速钢 (不用切削液)	—	—	≤ 0.1	95	0.25	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2
				> 0.1	66			0.4			
整体盘铣刀	—	—	—	—	86	0.25	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2
立铣刀	—	—	—	—	72	0.45	0.1	0.2	0.3	0.1	0.33
切槽与切断铣刀	—	—	—	—	45	0.25	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2

加工铝硅合金及铸造铝合金 $\sigma_b = 100 \sim 200 \text{MPa}$, 硬度 $\leq 65 \text{HBS}$,硬铝 $\sigma_b = 300 \sim 400 \text{MPa}$, 硬度 $\leq 100 \text{HBS}$

端铣刀	—	—	—	≤ 0.1	123	0.25	0.1	0.2	0.15	0.1	0.2
				> 0.1	85			0.4			
圆柱铣刀	—	—	—	≤ 0.1	104	0.45	0.1	0.2	0.3	0.1	0.33
				> 0.1	73.5			0.4			
镶齿盘铣刀	高速钢 (不用切削液)	—	—	≤ 0.1	156	0.25	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2
				> 0.1	110			0.4			
整体盘铣刀	—	—	—	—	142	0.25	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2
立铣刀	—	—	—	—	130	0.45	0.1	0.2	0.3	0.1	0.33
切槽与切断铣刀	—	—	—	—	80	0.25	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2

切削速度修正系数					
主偏角 $\kappa_r(^{\circ})$	15	30	45	60	90
系数 k_{rv}	1.6	1.25	1.1	1.0	0.87

- 注: 1. 端铣刀的切削速度是按 $\kappa_r = 60^{\circ}$ 计算的, 当 κ_r 改变时, 切削速度应乘修正系数 k_{rv} 。
 2. 硬质合金铣刀均不用切削液。
 3. 加工材料的强度和硬度改变时, 切削速度修正系数 k_{Mrv} 见车削部分, 表 1.28。
 4. 毛坯状态改变时, 切削速度修正系数 k_{rv} 见车削部分表 1.28。
 5. 硬质合金牌号改变时的切削速度修正系数 k_{rv} 见车削部分表 1.28。

表 3.28 铣削时切削力、扭矩和功率的计算公式

1. 计算公式		
圆周力 (N)	扭矩 (N·m)	功率 (kW)
$F_s = \frac{C_{Fv} a_{p1}^x f_r^y a_{e1}^z}{d_0^w r^{n^v}} k_{rc}$	$M = \frac{F_s d_0}{2 \times 10^3}$	$P_s = \frac{F_s v_s}{1000}$

式中 k_{rc} —— 切削条件改变时, 切削力修正系数。

1. 公式中的系数及指数

铣刀类型	刀具材料	公式中的系数及指数					
		C_F	x_F	y_F	u_F	w_F	q_F
加工碳素结构钢 $\sigma_b = 650\text{MPa}$							
端铣刀	硬质合金	7900	1.0	0.75	1.1	0.2	1.3
	高速钢	788	0.95	0.8	1.1	0	1.1
圆柱铣刀	硬质合金	967	1.0	0.75	0.88	0	0.87
	高速钢	650	1.0	0.72	0.86	0	0.86
立铣刀	硬质合金	119	1.0	0.75	0.85	-0.13	0.73
	高速钢	650	1.0	0.72	0.86	0	0.86
盘铣刀、切槽及切断铣刀	硬质合金	2500	1.1	0.8	0.9	0.1	1.1
	高速钢	650	1.0	0.72	0.86	0	0.86
凹、凸半圆铣刀及角铣刀	高速钢	450	1.0	0.72	0.86	0	0.86
加工不锈钢 1Cr18Ni9Ti 硬度 141HBS							
端铣刀	硬质合金	218	0.92	0.78	1.0	0	1.15
立铣刀	高速钢	82	1.0	0.6	0.75	0	0.86
加工灰铸铁 硬度 190HBS							
端铣刀	硬质合金	54.5	0.9	0.74	1.0	0	1.0
圆柱铣刀		58	1.0	0.8	0.9	0	0.9
圆柱铣刀、立铣刀、盘铣刀、切槽及切断铣刀	高速钢	30	1.0	0.65	0.83	0	0.83

(续)

铣刀类型	刀具材料	公式中的系数及指数					
		C_F	α_F	γ_F	μ_F	ψ_F	q_F
加工可锻铸铁硬度150HBS							
端铣刀	硬质合金	491	1.0	0.75	1.1	0.2	1.3
圆柱铣刀、立铣刀、盘铣刀、切槽及切断铣刀	高速钢	30	1.0	0.72	0.86	0	0.86
加工中等硬度非均质铜合金硬度100~140HBS							
圆柱铣刀、立铣刀、盘铣刀、切槽及切断铣刀	高速钢	22.6	1.0	0.72	0.86	0	0.86

注：1. 铣削铝合金时，圆周力 F_c 按加工碳钢的公式计算并乘系数0.25。

2. 表列数据按锐刀求得。当铣刀的磨钝量达到规定的数值时， F_c 要增大。加工软钢，增加75%~90%；加工中硬钢、硬钢及铸铁，增加30%~40%。

3. 加工材料强度和硬度改变时，切削力的修正系数 k_{MFc} 见车削部分表1.28。

六、常用铣床的技术资料

表3.29 X61W型万能铣床

工作台最大纵向行程	650mm
工作台工作面积，长×宽	1000mm×250mm
进给机构允许的最大抗力	15000N
主电动机功率	4.5kW
进给电动机功率	1.7kW
机床效率	$\eta=0.75$
主轴转数 $n(r/min)$	65, 80, 100, 125, 160, 210, 255, 300, 380, 490, 590, 725, 945, 1225, 1500, 1800
纵向进给量 $v_f(mm/min)$	35, 40, 51, 65, 85, 106, 125, 165, 205, 250, 300, 390, 510, 618, 755, 980

表3.30 XA6132型万能铣床和XA5032型立铣床

工作台最大纵向行程	680mm
工作台工作面积，长×宽	1250mm×320mm
进给机构允许的最大抗力	15000N
主电动机功率	7.5kW
进给电动机功率	1.7kW
机床效率	$\eta=0.75$
主轴转数 $n(r/min)$	30, 37.5, 47.5, 60, 75, 95, 118, 150, 190, 235, 300, 375, 475, 600, 750, 950, 1180, 1500
纵向进给量 $v_f(mm/min)$	23.5, 30, 37.5, 47.5, 60, 75, 95, 118, 150, 190, 235, 300, 375, 475, 600, 750, 950, 1180

注：原X62W型万能铣床和X52K型立铣主要参数与此表相近。

第四部分 齿轮加工切削用量选择

用切削方法制造齿轮仍然是广泛应用的一种加工方法，其中滚齿、插齿最为普遍。齿轮加工切削用量的选择应根据工艺系统刚性、工件要求精度及表面粗糙度、工件材料以及模数等因素综合考虑。

齿轮加工切削用量的选择可按下列步骤进行。

1) 决定切齿深度和走刀次数。滚齿时，一般中等模数的齿轮多采用一次走刀切至全齿深。但模数大于4mm的齿轮，或者机床功率不足，或者工艺系统刚性较差时，可以分两次走刀切削。第一次切齿深度取为 $1.4m$ (m 为齿轮模数)，第二次再切至全齿深。当模数大于7mm时，就要分三次切至全齿深。

2) 决定进给量。齿轮滚刀、模数铣刀、插齿刀、花键滚刀和蜗轮滚刀加工的进给量见表4.2~4.7。

3) 决定切削速度。齿轮加工时的切削速度可按表4.10公式计算，也可参考表4.11~4.13选取，并按机床说明书找出适当的每分钟转数（滚齿或铣齿）或每分钟往复次数（插齿），然后再按此速度求出实际切削速度。

4) 决定切削功率并校核机床动力。切削功率可按表4.15公式计算，求出后再按机床动力校核，检查所选切削用量是否合适。

5) 计算基本工时。与其它加工方法一样，齿轮加工时，刀具行程也有超越量 $y + \Delta$ (mm)，计算基本工时，滚齿的超越量取为：入切量

$$y \approx \sec\beta \sqrt{a_p(d_0 - a_p)}$$

式中 β ——滚刀螺旋角 ($^\circ$)；

a_p ——切齿深度 (mm)；

d_0 ——滚刀直径 (mm)。

超越量取 $\Delta = 2 \sim 3$ mm。

插齿时的超越量见表4.9。

表4.1 模数铣刀刀号与所切齿轮的齿数

铣刀号码 №		1	1 _齿	2	2 _齿	3	3 _齿	4	4 _齿
被切齿 轮齿数	8把刀一套的	12~13	—	14~16	—	17~20	—	21~25	—
	15把刀一套的	12	13	14	15~16	17~18	19~20	21~22	23~25
铣刀号码 №		5	5 _齿	6	6 _齿	7	7 _齿	8	
被切齿 轮齿数	8把刀一套的	26~34	—	35~54	—	55~134	—	≥135	
	15把刀一套的	26~29	30~34	35~41	42~54	55~79	80~134	≥135	

表4.2 高速钢单头滚刀加工35与45钢(156~207HBS)
圆柱齿轮的进给量

模数 m (mm)	工件每转滚刀进给量 f (mm/r)								
	粗加工					精加工			
	滚齿机功率 (kW)					对实体材料		对预加工齿	
	1.5~2.8	3~4	5~9	10~14	15~22	要求表面粗糙度 R_a (μm)			
					6.3~3.2	1.6	6.3~3.2	1.6	
≤ 1.5	0.8~1.2	1.4~1.8	1.6~1.8	—	—	1.0~1.2	0.5~0.8	—	
$> 1.5 \sim 2.5$	1.2~1.6	2.4~2.8	2.4~2.8		—	1.2~1.8	0.8~1.0	—	
$> 2.5 \sim 4$	1.6~2.0	2.6~3.0	2.6~3.0		—	—			
$> 4 \sim 6$	1.2~1.4	2.2~2.6	2.4~2.8	2.6~3.0	2.6~3.0				
$> 6 \sim 8$	—	2.0~2.2	2.2~2.6	2.4~2.8	2.4~2.8				
$> 8 \sim 12$	—	—	2.0~2.4	2.2~2.6	2.4~2.8				
$> 12 \sim 16$	—	—	1.8~2.2	2.0~2.4	2.2~2.6				
$> 16 \sim 22$	—	—	1.5~2.0	1.8~2.2		3.0~4.0	1.0~1.2	—	
$> 22 \sim 26$	—	—	—	1.2~1.8	1.5~2.0	—			

- 注: 1.粗加工170~210HBS铸铁齿轮时, 进给量增加10%。
2.多头滚刀进给量应减少: 双头减少25%, 三头减少35%。
3.顺铣时, 进给量增加20%~25%。
4.加工斜角为 β 的斜齿轮时, 进给量乘以 $\cos\beta$ 。

表4.3 模数铣刀加工35与45钢(156~207HBS)圆柱齿轮的进给量

模数 m (mm)	同时工作的 铣刀数目	铣刀每转 进给量 f (mm/r)	模数 m (mm)	同时工作的 铣刀数目	铣刀每转 进给量 f (mm/r)	
铣齿机和卧式铣床			$> 18 \sim 22$	高速钢铁刀	1.5~2.8	
2~4	硬质合金铣刀	1.2~2.0	$> 22 \sim 26$	1	1.4~2.5	
$> 4 \sim 6$	1	0.6~1.0	$> 12 \sim 14$	高速钢铁刀	1.6~2.8	
$> 6 \sim 12$		0.5~0.8	$> 14 \sim 18$		1.4~2.5	
铣齿机			$> 18 \sim 22$		2	1.2~2.2
$> 12 \sim 14$	高速钢铁刀	2.0~3.5	$> 22 \sim 26$			1.1~2.8
$> 14 \sim 18$	1	1.7~3.1				

- 注: 1.加工硬度170~210HBS铸铁齿轮时, 进给量增加75%。
2.加工斜角为 β 的斜齿轮时, 进给量乘以 $\cos\beta$ 。

表4.4 高速钢插齿刀加工35与45钢(156~207HBS)
圆柱齿轮的进给量

加工性质	模数 <i>m</i> (mm)	圆周进给量 f_v (mm/双行程)			
		插齿机功率 (kW)			
		1.0~1.5	1.6~2.5	2.6~5.0	>5.0
精插前一次	≤ 4	0.35~0.40	0.40~0.45	—	—
走刀粗插	>4~6	0.15~0.20	0.30~0.40	0.40~0.50	—
	>6~8	—	—	0.30~0.40	0.40~0.50
表面粗糙度 $R_a 1.6\mu m$ 精加工:					
对实体材料	≤ 3		0.25~0.30		
对预加工齿	>3~8		0.22~0.25		

- 注: 1.加工硬度170~210HBS铸铁齿轮时, 进给量增加10%。
 2.两次走刀粗加工时, 进给量增加20%。
 3.剃齿前粗加工, 进给量减少20%; 磨齿前粗加工, 减少10%。
 4.表中大进给量用于加工齿数大于25的齿轮, 小进给量用于加工齿数25以内的齿轮。
 5.径向进给量(切入进给量)取为圆周进给量的10%~30%。

表4.5 高速钢花键滚刀加工35与45钢(156~207HBS)花键轴的进给量

加工性质	花键轴直径 D (mm)	花键高度 h (mm)	工件每转滚刀进给量 f (mm/r)
磨齿前粗加工	14~25	1.5~3	1.8~2.0
	54~82	3~5	2.2
	90~125	5~6.5	2.4~2.5
实体材料上精加工 $R_a 1.6\mu m$	14~52	1.5~3	0.6
	54~82	3~5	0.8
	90~125	5~6.5	1.2

注: 用带角花键滚刀粗加工时, 进给量减少15%。

表4.6 加工材料力学性能改变时进给量的修正系数

碳素结构钢			合金结构钢					
35	45	50	35Cr 40Cr	12CrNi4A, 20CrNiMo, 18CrMnTi, 12CrNi3,20Cr	30CrMnTi	18CrNiWA, 5CrNiMo, 6CrNiMo, 38CrMoAlA		
系 数 k_{MF}								
硬 度 HBS								
156~187	170~207	≤ 241	170~229	156~207	156~229	156~207	156~229	229~285
1.0		0.9		1.0	0.9		0.8	0.7

表4.7 高速钢蜗轮滚刀加工灰铸铁(170~210HBS)和
青钢(120HBS)蜗轮的进给量

模数 m (mm)	滚刀直径 d (mm)	工件每转进给量 (mm/r)		模数 m (mm)	滚刀直径 d_0 (mm)	工件每转进给量 (mm/r)	
		径向 f_r	切向 f_t			径向 f_r	切向 f_t
3	70	0.60~0.90	1.4~1.6	8	145	0.45~0.78	1.1~1.2
4	80	0.55~0.95	1.3~1.5	10	164	0.40~0.74	—
5	90	0.50~0.90	1.2~1.4	12	171	0.60~0.70	
6	125	0.50~0.85	1.2~1.3				

注：加工多头蜗轮时，进给量应按头数成比例地减少。

表4.8 高速钢齿轮刀具磨钝标准

刀具类型	后刀面最大磨损限度(mm)	
	粗加工	精加工
齿轮滚刀	0.5~0.8	0.2~0.4
模数铣刀	0.8~1.0	
粗加工专用模数铣刀	1.0~1.4	—
插齿刀	0.8~1.0	0.08~0.12

表4.9 插齿时的超越行程值

被加工齿轮总宽度(mm)	25	50	75	100	125
两端超越值之和($y + \Delta$) (mm)	5	9	12	16	19

表4.10 齿轮刀具切削速度计算公式

(一) 计算公式

模数铣刀、齿轮滚刀和插齿刀切削速度：

$$v_s = \frac{C_v}{T^{0.4} f^{0.7} m^{0.7}} k_v$$

式中， v_s 的单位：m/min。

花键滚刀切削速度：

$$v_s = \frac{C_v z_w^{\alpha}}{T^{0.4} f^{0.7} h^{0.7}} k_v$$

式中 T ——刀具寿命(min)；

f ——对齿轮滚刀与花键滚刀为工件每转滚刀进给量(mm/r)；

对插齿刀为圆周进给量 $f = f_k$ (mm/双行程)；

对模数铣刀为每齿进给量 $f = f_z$ (mm/z)；

m ——齿轮模数(mm)；

h ——花键轴花键高度(mm)；

z_w ——花键轴花键数；

v_s 的单位：m/min。

(二)公式中的指数及系数

刀具类型	加工材料	加工性质	模数 m (mm)	系数及指数					刀具寿命 T (min)
				C_v	γ_v	x_v	q_v	m_v	
单头齿轮滚刀	45钢 207HBS	粗加工	1.5~6	281	0.5	0	—	0.33	480
			7~26	315		0.10			
	精加工	1.5~3	364	0.85	-0.5	0.5		240	
		灰铸铁 170~210 HBS	粗加工	1.5~26	178	0.3		0.15	0.2
	精加工			1.5~3	152	0.4		-0.4	0.3
	修缘齿轮滚刀	45钢 207HBS	粗加工	4~6	270	0.33		0	0.33
7~26	322			0.33	0.1				
插齿刀	45钢 207HBS	粗加工	1.6~8	49	0.5	0.3	0.2	400	
				90		0		0.3	240
	灰铸铁 170~210 HBS	粗加工		54	0.25	0.15	0.2	400	
				精加工	113		0	0.3	240
外径定心花键滚刀 (不带角)	45钢 207HBS	粗加工	—	780	0.5	1.28	0.37	0.4	600
				精加工					390
内径定心花键滚刀 (带角)		粗加工		663					600
				精加工				331	
齿轮铣刀		粗加工	14~26	49	0.45	0	—	0.33	480
模数 (mm)	≤4	>4~6	>6~8	>8~12	>12				
系数 k_r	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0				

注: 1. 各种滚刀随模数不同, 其寿命修正系数见下表:

2. 表中插齿刀和花键滚刀寿命的数值只适于该表中相应的尺寸。

(三)加工条件改变时的切削速度修正系数

1. 加工材料力学性能的修正系数

加工材料	硬度 HBS	系数 k_{Mv}
35钢	156~187	1.1
45钢	170~207	1.0
	230~241	0.8
50钢	170~229	0.9
35Cr, 40Cr	166~207	1.0
12CrNi4A, 20CrNiMo, 18CrMnTi, 12CrNi3, 20Cr	156~229	0.9
30CrMnTi	156~207	0.8
18CrNiWA, 38CrMoAlA,	156~229	0.8
5CrNiMo, 6CrNiMo, 0CrNi3Mo	229~285	0.6

(续)

2. 刀具结构特点及其它因素的修正系数

影响切削速度的因素	刀具名称	影响因素数值及系数值						
		头数 z_T	1	2	3	—		
滚刀头数	齿轮滚刀	系数 k_{z_T}	1.0	0.85	0.75	—		
刀具轴向移动	齿轮滚刀与花键滚刀	滚刀移动次数 n_{11}	0	1	2	3	>3	
		系数 $k_{n_{11}}$	1.0	1.1	1.2	1.3		
刀具精度	齿轮滚刀加工钢	精度等级	C	B	A	—		
		系数 k_{F_v}	1.0		0.8	—		
滚刀齿形	花键滚刀	滚刀齿形	带角	不带角	—			
		系数 k_{P_v}	0.85	1.0	—			
花键轴花键数		花键数 z_w	4	6	8	10	16	20
		系数 k_{z_w}	0.85	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5
齿轮齿向	齿轮滚刀与插齿刀	轮齿斜角 ω (°)	0	15	30	45	60	—
		系数 k_{ω}	1.0		0.9	0.8	0.7	—
齿轮齿数	插齿刀	齿轮齿数 z_w	12	20	40	80	120	—
		系数 k_{z_w}	0.95	1.0	1.1	1.2		—
走刀次数	齿轮滚刀	走刀次数 i	一次		两次			—
		系数 k_{i_v}	1.0				第一次	第二次

表4.11 高速钢滚刀对碳钢齿轮(190HBS)粗滚齿时的切削用量

模数 m (mm)	滚刀寿命 T (min)	工件每转滚刀进给量 f (mm/r)						
		0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
		切削速度 v_s (m/min)						
2 3 4	480	51	36	30	26	20	18	16
5 6		47	33	27	24	19	17	14
8 10		45 44	32 31	26	23	18	17 16	—
12		44	31	23	22	17	16	—
16 20		37 36	28 25	22	19	15	—	—
24		34	23	18	15	—	—	—

注：1. 钢的种类和力学性能改变时切削速度修正系数见表4.10。

2. 实际滚刀寿命 T_R 与表中滚刀寿命 T 之比变化时切削速度修正系数见下表：