

# 目 录

## 第一部分 车削用量选择

一、切削要素 .....	1
二、车削用量选择举例 .....	1
三、车削用量标准 .....	7
表 1 车刀刀杆及刀片尺寸的选择 .....	7
表 2 硬质合金刀片的性能及用途 .....	8
表 3 车刀切削部分的几何形状 .....	11
表 4 硬质合金及高速钢车刀粗车外圆和端面的 的进给量 .....	16
表 5 硬质合金及高速钢镗刀粗镗孔时的进给量 .....	18
表 6 硬质合金外圆车刀半精车时的进给量 .....	20
表 7 切断及切槽时的进给量 .....	20
表 8 成形车削时的进给量 .....	21
表 9 硬质合金刀片强度允许的进给量 .....	21
表 10 车刀的磨钝标准及耐用度 .....	22
表 11 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 .....	24
表 12 用 YG6 硬质合金车刀车削灰铸铁时的切削速度 .....	26
表 13 硬质合金车刀加工时的主切削力 .....	28
表 14 硬质合金车刀车削灰铸铁时的径向切削力 .....	30
表 15 硬质合金车刀车削钢料时的径向切削力 .....	32
表 16 硬质合金车刀车削钢料时的走刀力 .....	34
表 17 硬质合金车刀车削灰铸铁时的走刀力 .....	36
表 18 硬质合金车刀车削钢料时消耗的功率 .....	38
表 19 硬质合金车刀车削灰铸铁时消耗的功率 .....	40
表 20 车削时的入切量及超切量 .....	42
四、车削用量的计算公式 .....	42
表 21 车削时切削速度的计算公式 .....	42
表 21-1 钢和铸铁的强度和硬度改变时切削速 度的修正系数 $k_{Mn}$ .....	45

表21-2 耐热钢及合金物理机械性能改变时切削速度的修正系数 $k_{Mv}$	46
表21-3 铜合金物理机械性能改变时切削速度的修正系数 $k_{Mv}$	47
表21-4 铝合金物理机械性能改变时切削速度的修正系数 $k_{Mv}$	48
表21-5 毛坯表面状态改变时切削速度的修正系数 $k_{s_1}$	48
表21-6 刀具材料改变时切削速度的修正系数 $k_{s_2}$	48
表21-7 车刀主偏角 $\kappa_r$ 改变时切削速度的修正系数 $k_{\kappa_r}$	49
表21-8 车刀其它参数改变时切削速度的修正系数 (仅用于高速钢刀具)	49
表21-9 车削方式改变时切削速度的修正系数 $k_{A_1}$	49
表22 车削时切削力及切削功率的计算公式	50
表22-1 钢和铸铁的强度和硬度改变时切削力的修正系数 $k_{MP}$	52
表22-2 铜及铝合金的物理机械性能改变时切削力的修正系数 $k_{MP}$	52
表22-3 加工钢及铸铁时刀具几何参数改变时切削力的修正系数	53
表23 用硬质合金螺纹车刀车削公制及梯形螺纹时的走刀次数	54
表24 用高速钢螺纹车刀车削公制及梯形螺纹时的走刀次数	55
五、常用车床的技术资料	56
表25 C616型普通车床	56
表26 C620-1型普通车床	57
表27 CA6140型普通车床	58
表28 C630型普通车床	59

## 第二部分 孔加工切削用量选择

一、切削要素	60
二、钻削用量选择举例	60
三、钻削用量标准	62
表 1 高速钢钻头切削部分的形状	62

表 2	高速钢钻头的几何参数 .....	65
表 3	钴钢群钻切削部分几何参数 .....	66
表 4	铸铁群钻切削部分几何参数 .....	67
表 5	高速钢钻头钻孔时的进给量 .....	68
表 6	硬质合金 YG8 钻头钻灰铸铁时的进给量 .....	69
表 7	钻头强度所允许的进给量 .....	70
表 8	机床进给机构强度所允许的钻削进给量 .....	72
表 9	钻头的磨钝标准及耐用度 .....	74
表 10	高速钢钻头钻碳钢及合金钢时的切削速度 (使用切削液) .....	75
表 11	孔加工时钢的加工性分类 .....	76
表 12	高速钢钻头钻灰铸铁时的切削速度 .....	73
表 13	群钻加工钢时的切削用量 .....	79
表 14	群钻加工铸铁时的切削用量 .....	81
表 15	用 YG8 硬质合金钻头钻灰铸铁时的切削速度 .....	82
表 16	高速钢钻头钻孔时的轴向力 .....	83
表 17	高速钢钻头钻钢时的扭矩 .....	84
表 18	高速钢钻头钻铸铁时的扭矩 .....	86
表 19	高速钢钻头钻钢时消耗的功率 .....	88
表 20	高速钢钻头钻灰铸铁时消耗的功率 .....	90
表 21	用 YG8 硬质合金钻头钻 HB160~200 灰铸铁时的功率 .....	91
表 22	钻孔时的入切量和超切量 .....	91
四、	钻削用量的计算公式 .....	92
表 23	钻孔时切削速度的计算公式 .....	92
表 24	钻孔时轴向力、扭矩及功率的计算公式 .....	93
表 25	群钻的轴向力及扭矩的计算公式 .....	94
五、	扩孔和铰孔时的切削用量 .....	95
表 26	扩孔钻的几何参数 .....	95
表 27	高速钢和硬质合金扩孔钻扩孔时的进给量 .....	97
表 28	扩孔钻的磨钝标准及耐用度 .....	98
表 29	扩孔时切削速度的计算公式 .....	98
表 30	铰刀的几何参数 .....	99
表 31	机铰刀铰孔时的进给量 .....	100
表 32	铰刀的磨钝标准及耐用度 .....	101

表32 铰孔时切削速度的计算公式 .....	101
六、常用钻床的技术资料 .....	102
表34 Z525型立式钻床 .....	102
表35 Z535型立式钻床 .....	102
表36 Z550型立式钻床 .....	103
表37 Z35型摇臂钻床 .....	103

### 第三部分 铣削用量选择

一、铣削要素 .....	104
二、高速钢圆柱铣刀铣削用量选择举例 .....	104
三、硬质合金端铣刀铣削用量选择举例 .....	103
四、铣削用量标准 .....	110
表 1 铣刀直径的选择 (参考) .....	110
表 2 铣刀切削部分的几何形状 .....	111
表 3 高速钢端铣刀、圆柱铣刀和盘铣刀加工时的进给量 .....	114
表 4 高速钢立铣刀、角铣刀、半圆铣刀、切槽铣刀和切断 铣刀加工钢时的进给量 .....	115
表 5 硬质合金端铣刀、圆柱铣刀和圆盘铣刀加工平面和凸台 时的进给量 .....	118
表 6 硬质合金立铣刀加工平面和凸台时的进给量 .....	118
表 7 铣刀磨钝标准 .....	119
表 8 铣刀平均耐用度 .....	120
表 9 高速钢镶齿圆柱铣刀铣削钢料时的切削用量 (用切削液) .....	121
表10 高速钢细齿圆柱铣刀铣削钢料时的切削用量 (用切削液) .....	124
表11 高速钢镶齿圆柱铣刀铣削灰铸铁时的切削用量 .....	125
表12 高速钢细齿圆柱铣刀铣削灰铸铁时的切削用量 .....	129
表13 YT15硬质合金端铣刀铣削碳钢、铬钢及镍铬钢 的切削用量 .....	131
表14 YG6硬质合金端铣刀铣削灰铸铁的切削用量 .....	133
表15 高速钢圆柱铣刀铣削钢料时消耗的功率 .....	136
表16 高速钢圆柱铣刀铣削灰铸铁时消耗的功率 .....	133

表17 硬质合金端铣刀铣削钢材时消耗的功率 .....	149
表18 硬质合金端铣刀铣削灰铸铁时消耗的功率 .....	141
表19 圆柱铣刀铣削时的入切量及超切量 .....	143
表20 端铣刀铣削时的入切量及超切量 .....	143
<b>五、铣削用量计算公式 .....</b>	<b>151</b>
表21 铣削时切削速度的计算公式 .....	153
表22 铣削时铣削力、扭矩和功率的计算公式 .....	153
<b>六、常用铣床的技术资料 .....</b>	<b>157</b>
表23 X61W型万能铣床 .....	157
表24 X62W型万能铣床和X52K型立铣 .....	157
表25 X63W型万能铣床和X53K型立铣 .....	153

## 第四部分 齿轮加工切削用量选择

表 1 模数铣刀刀号与所切齿轮的齿数 .....	160
表 2 高速钢单头滚刀加工35*与45*钢 (HB156~207) 圆柱齿轮 的进给量 .....	160
表 3 模数铣刀加工35*与45*钢 (HB156~207) 圆柱齿轮的进给 量 .....	161
表 4 高速钢插齿刀加工35*与45*钢 (HB156~207) 圆柱齿轮的 进给量 .....	161
表 5 高速钢花键滚刀加工35*与45*钢 (HB156~207) 花键轴的 进给量 .....	162
表 6 加工材料机械性能改变时, 进给量的修正系数 .....	162
表 7 高速钢蜗轮滚刀加工灰铸铁(HB170~210)和青铜(HB120) 蜗轮的进给量 .....	163
表 8 高速钢齿轮刀具磨钝标准 .....	163
表 9 插齿时的超越行程值 .....	163
表10 齿轮刀具切削速度计算公式 .....	163
表11 高速钢滚刀滚齿时的切削速度(参考值) .....	166
表12 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 .....	167
表13 齿轮加工时切削功率计算公式 .....	167
<b>主要参考书 .....</b>	<b>169</b>

# 第一部分 车削用量选择

## 一、切 削 要 素

$v$ ——切削速度(m/s)

$$v = \frac{\pi d n}{1000}$$

$d$ ——工件外径 (mm);

$n$ ——工件每秒转数 (r/s);

$a_p$ ——切削深度(mm);

$f$ ——进给量(mm/r);

$T$ ——刀具耐用度(s)

## 二、车削用量选择举例

[已知]

加工材料——40Cr钢,  $\sigma_b = 0.685\text{GPa}(70\text{kgf/mm}^2)$ , 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  $= 280\text{mm}$ , 见图1-1;

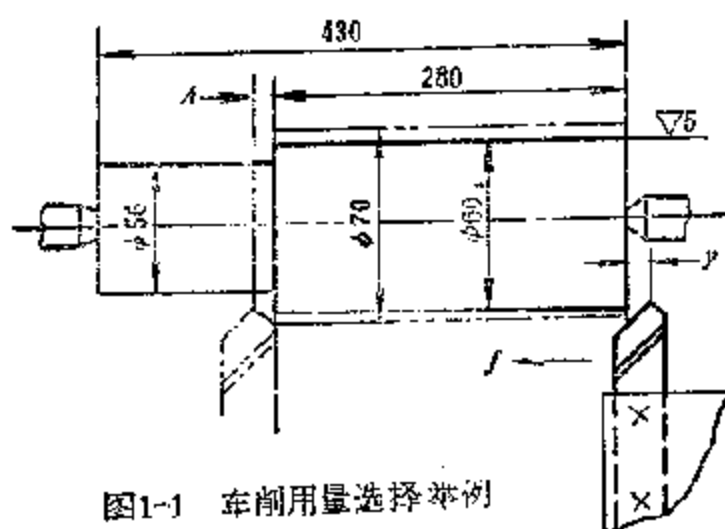


图1-1 车削用量选择举例

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

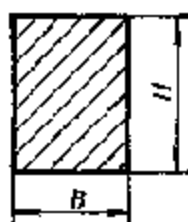
根据表20,  $y + d = 2\text{mm}$ , 故  $L = 280 + 2 = 282\text{mm}$

$$t_m = \frac{282}{12.8 \times 0.30} = 73.4\text{s}$$

### 三、车削用量标准

表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)							
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. 根据机床中心高选择刀杆尺寸

车床中心高 (mm)	150	180~200	250~300	350~400
刀杆横剖面 $B \times H$ (mm)	12×20	16×25	20×30	25×40

注: 方形刀杆尺寸同上

#### 3. 根据刀杆尺寸选择刀片尺寸

刀杆尺寸 $B \times H$ (mm)	10×16	12×20	16×25	20×30	25×40	30×45	40×60	50×80
刀片厚度 (mm)	3.0	3.5~4	4.5	4.5~5	5.5	6~8		
刀杆尺寸 $B \times H$ (mm)	25×25	25×40	30×45	40×60	50×80			
刀片厚度 (mm)	7	7~8.5	8.5~10	9.5~12	10.5			

表2 硬质合金刀片性能及用途

牌 号	物理机械性能			使用性能	用 途	相当的 ISO 牌号
	比 重 ( $g/cm^3$ )	抗弯强度 (GPa) ( $kgf/mm^2$ )	硬度 HRA			
YG3X	15.0 ~15.3	1.08 (110)	91.5	是 YG 类硬质合金中耐磨性最好的一种, 但冲击韧性较差。	适于对铸铁、有色金属及其合金的精车、精镗等。也可用于对合金钢、淬硬钢及铜、铝等的精加工。	K01
YG3	14.9 ~15.3	1.08 (110)	91	在 YG 类硬质合金中, 耐磨性仅次于 YG3X, YG6A, 能使用较高的切削速度, 对冲击和振动比较敏感。	适于对铸铁、有色金属及其合金与非金属材料(橡胶、纤维、塑料、板岩、玻璃、石墨电极等)连续切削时的精车、半精车及精车螺纹。	K01
YG6	14.6 ~15.0	1.42 (145)	89.5	耐磨性较高, 但低于 YG3, 对冲击和振动没有 YG3 敏感, 能使用较 YG8 高的切削速度。	适于对铸铁、有色金属及其合金与非金属材料连续切削时的粗车、间断切削时的半精车、精车、小断面精车、粗车螺纹、旋风车丝、连续断面的半精铣与精铣、孔的扩孔与精扩。	K20
YG6X	14.6 ~15.0	1.37 (140)	91	属细晶粒碳化钨硬质合金, 耐磨性较 YG6 高, 使用强度接近于 YG6。	适于加工冷硬铸铁、合金铸铁、耐热钢及合金钢, 也适于对普通铸铁的精加工, 并可用于制造仪器仪表工业用的小型刀具。	K10
YG6A (YA6)	14.6 ~15.0	1.37 (140)	91.5	属细晶粒碳化钨硬质合金, 耐磨性和使用强度与 YG6X 相似。	适于对硬铸铁、球墨铸铁、有色金属及其合金的半精加工, 也可用于对高锰钢、淬硬钢及合金钢的半精加工及精加工。	K10
YG3	14.5 ~14.9	1.47 (150)	89	使用强度较高, 抗冲击和抗振动性能较 YG6 好, 耐磨性和允许的切削速度较低。	适于对铸铁、有色金属及其合金与非金属材料加工中不平整断面和间断切削时的粗车、粗刨、粗铣、一般孔和深孔的钻孔、扩孔。	K30



(续)

牌 号	性 能			用 途	相当的 ISO 牌号	
	物理机械性能		使用性能			
	比 重 (g/cm <sup>3</sup> )	抗弯强度 (GPa) (kgf/mm <sup>2</sup> )	硬度 HRA			
YT5	12.5~ 13.2	1.37(140)	89.5	在YT类硬质合金中,强度最高,抗冲击和抗振动性能最好,不易崩刃,但耐磨性较差。	适于对碳钢及合金钢包括钢锻件、冲压件及铸件的表皮加工,以及不平整断面和间断切削时的粗车、粗刨、半精刨,不连续面的精铣及钻孔等。	P30
YT14	11.2~ 12.0	1.18(120)	90.5	使用强度高,抗冲击性能和抗振动性能好,但较YT5稍差,耐磨性及允许的切削速度较YT5高。	适于对碳钢及合金钢的不平整断面和连续切削时的粗车,间断切削时的半精车和精车,连续面的粗铣,铸孔的扩钻等。	P20
YT15	11.0~ 11.7	1.13(115)	91	耐磨性优于YT14,但抗冲击韧性稍差。	适于对碳钢及合金钢加工中连续切削时的粗车、半精车及精车,间断切削时的小断面精车,旋风车丝,连续面的半精铣与精铣,孔的精扩。	P10
YT30	9.3~ 9.7	0.833(90)	92.5	耐磨性及允许的切削速度较YT15高,但使用强度和冲击韧性差,焊接及刃磨时极易产生裂纹。	适于对碳钢及合金钢的精加工,如小断面精车、粗镗、精扩等。	P01

(续)

牌 号	性 能			用 途	相 当 的 ISO 牌 号	
	物理机械性能					
	比 重 (g/cm <sup>3</sup> )	抗弯强度 (GPa) (xgf/mm <sup>2</sup> )	硬度 HRA			
YW1	12.6~ 13.0	1.18(129)	91.5	红硬性较好, 能承受一定的冲击负荷, 通用性较好。	适于耐热钢、高温合金、不锈钢等难加工钢材的精加工和半精加工, 也适于对一般钢材和普通铸铁及有色金属的精加工和半精加工。	M10
YW2	12.4~ 13.5	1.32(135)	90.5	耐磨性稍次于YW1, 但使用强度较高, 能承受较大的冲击负荷。	适于耐热钢、高温合金、不锈钢及高级合金钢等难加工钢材的粗加工和半精加工, 也适于对一般钢材和普通铸铁及有色金属的粗加工、半精加工。	M20
YN10	6.3	1.08(112)	62	耐磨性和红硬性较高, 抗冲击和抗振动性能差。焊接性能及无屑性能均较YT30为好。	适于碳素钢、合金钢、工具钢及淬硬钢的连续面精加工。对于较长零件和表面光洁度要求高的工件, 加工效果尤佳。	P05
YT05	12.5~ 12.8	1.18(120)	92.5	耐磨性高, 红硬性良好, 具有足够的高温硬度和韧性。	适于碳素钢、合金钢和高强度钢的精加工和半精加工; 亦适于淬硬钢及含钴较高的合金加工。	P05

(续)

加工材料		前角 $\gamma^\circ$	后角 $\alpha^\circ$
镍铬钢和铬钢 $\sigma_s=0.688\sim0.784\text{GPa}$		5~15	5~7
灰铸铁	HB=160~180	12	6~8
	HB=220~260	6	6~8
可锻铸铁	HB=140~160	15	6~8
	HB=170~190	12	6~8
铜、铝、巴氏合金		15~30	8~12
中硬青铜及黄铜		10	8
硬青铜		5	6
钨		20	15
钼		20~25	12~15
铝合金		30	13~12
镁合金		25~35	10~15
硬质合金车刀			
加工材料		前角 $\gamma^\circ$	后角 $\alpha^\circ$
结构钢, 合金钢及铸钢	$\sigma_s \leq 0.784\text{GPa}$	10~15	6~8
	$\sigma_s = 0.784 \sim 0.981\text{GPa}$	5~10	6~8
高强度钢及表面有淬层的铸钢 $\sigma_s > 0.981\text{GPa}$		-5~-10	3~8
不锈钢 1Cr18Ni9Ti		15~30	8~10
耐热钢 $\sigma_s = 0.688 \sim 0.981\text{GPa}$		10~12	8~10
锻造高温合金		5~10	10~15
铸造高温合金		0~5	15~15
钛合金		5~15	10~15
淬硬钢 HRC40 以上		-5~-10	8~10
高锰钢		-5~5	8~12
铬锰钢		-2~-5	8~10

(续)

加工材料	前角 $\gamma^\circ$	后角 $\alpha^\circ$
灰铸铁、青铜、脆黄铜	5~15	6~8
韧黄铜	15~25	8~12
紫铜	25~35	8~12
铝合金	20~30	8~12
纯铁	25~35	8~10
纯钨钴钎	5~15	8~12
纯钼钴钎及烧结钼棒	15~35	0

## 3. 主偏角

工作条件	主偏角 $\kappa^\circ$
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，加工套筒之类工件	30~45
在系统刚性较差( $l/d = 8 \sim 12$ )条件下车削及镗孔	60~75
在毛坯上不留小凸柱的切断车刀	80
在系统刚性差( $l/d > 12$ )的条件下加工，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 $\kappa'_\circ$
宽刃车刀及具有修光刃的车刀	0°
切槽及切断	1°~3°
精车	5°~10°
粗车，刨削	10°~15°
粗镗	15°~20°
有中间切入的切削	30°~45°

(续)

## 5. 刀倾角

工 作 条 件	刀倾角 $\lambda$ :
轿车及精镗	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 $B \times H(\text{mm})$				
			12×20	16×25	20×30	25×40	30×45
				20×20	25×25	30×30	30×40以上
		刀尖圆弧半径 $r_s(\text{mm})$					
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	2~3.0	2~3.0	—
	硬质合金	粗、精加工	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~1.0	0.5~1.5	1.0~2.0
切断及切槽刀		0.2~0.5					

## 7. 过渡刃尺寸

车 刀 种 类	过渡刃长度 $l_s(\text{mm})$	过渡刃偏角 $\kappa'_s$
切槽刀	$\approx 0.25B^*$	75
切断刀	0.5~1.0	45
硬质合金外圆车刀	$\leq 2.0$	$=\frac{1}{2}\kappa_r$

注:  $B$ 表示切槽刀宽度

(续)

8. 倒棱前角及倒棱宽度			
刀具材料	加工材料	倒棱前角 $\rho_{a1}$	倒棱宽度 $b_{p1}(mm)$
高速钢	结构钢	0~5	$(0.8 \sim 1.0)f$
	低碳钢, 不锈钢	-5~-10	$\leq 0.5f$
硬质合金	中碳钢, 合金钢	-10~-15	$(0.8 \sim 0.8)f$
	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)				
		12×20	16×25	20×35	25×40	
高速钢	圆弧半径 $R$	21~25	26~30	31~40	41~50	
	槽宽 $W_s$	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 $b_{p1}$	0.2	0.3	0.45	0.55	0.8
	圆弧半径 $R$	2.5	4	5	6.5	9.5
	槽宽 $W_s$	2.5	3.5	5	7	9.5
	槽深 $d_s$	0.3	0.4	0.7	0.95	1.0

表4 硬质合金及高速钢车刀粗车外圆和端面时的进给量

加工材料	车刀刀 杆尺寸 $B \times H$ (mm)	工 件 直 径 (mm)	切 削 深 度 $a_p$ (mm)				
			$\leq 3$	$> 3 \sim 5$	$> 5 \sim 8$	$> 8 \sim 12$	$> 12$ 以上
			进 给 量 $f$ (mm/r)				
碳素结构钢和合金结构钢	16×25	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	—
	20×30 25×25	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	—
	25×40	60	0.5~0.8	0.4~0.7	—	—	—
		100	0.6~0.9	0.5~0.8	0.4~0.7	—	—
		1600	0.8~1.2	0.7~1.1	0.6~0.9	0.5~0.8	—
	30×45 40×60	500	1.1~1.4	1.1~1.4	1.0~1.2	0.8~1.2	0.7~1.1
		2500	1.3~2.0	1.3~1.8	1.2~1.5	1.1~1.5	1.0~1.5

(续)

加工材料	车刀刀 杆尺寸 $B \times H$ (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)				
铸 铁 及 铜 合 金	$16 \times 25$	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	—
	$20 \times 30$	40	0.4~0.5	—	—	—	—
		60	0.6~0.9	0.5~0.8	0.4~0.7	—	—
		100	0.9~1.3	0.8~1.2	0.7~1.0	0.5~0.8	—
		600	1.2~1.8	1.2~1.6	1.0~1.3	0.9~1.1	0.7~0.9
	$25 \times 40$	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	—
		1000	1.5~2.0	1.2~1.8	1.0~1.4	1.0~1.2	0.8~1.0
	$30 \times 45$	500	1.4~1.8	1.2~1.6	1.0~1.4	1.0~1.3	0.9~1.2
	$40 \times 60$	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的加工时，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  $1.0 \text{ mm/r}$  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 HRC44~56 时）或  $k=0.5$ （当硬度为 HRC57~62 时）。



表 5 硬质合金及高速钢镗

镗刀或镗杆		加 工				
圆形镗刀 直径或方 形镗杆 尺寸 (mm)	镗刀或 镗杆伸 出长度 (mm)	碳素结构钢、合金结构钢、耐热钢				
		切 削				
		2	3	5	8	12
		进 给				

车 床 年 六

10	50	0.03	—	—	—	—
12	60	0.10	0.03	—	—	—
16	80	0.10~0.20	0.15	0.10	—	—
20	100	0.15~0.30	0.15~0.25	0.12	—	—
25	125	0.25~0.50	0.15~0.40	0.12~0.20	—	—
30	150	0.40~0.70	0.20~0.50	0.12~0.30	—	—
40	200	—	0.25~0.60	0.15~0.40	—	—
40×40	150	—	0.60~1.0	0.50~0.70	—	—
	300	—	0.40~0.70	0.30~0.60	—	—
60×60	150	—	0.90~1.2	0.80~1.0	0.60~0.80	—
	300	—	0.70~1.0	0.50~0.80	0.40~0.70	—
75×75	300	—	0.90~1.3	0.80~1.1	0.70~0.90	—
	500	—	0.70~1.0	0.60~0.90	0.50~0.70	—
	800	—	—	0.40~0.70	—	—

立 式

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

- 注：1. 切削深度较小，加工材料强度较低时，进给量取较大值；切削深度较大，加工耐热钢及其合金时，不采用大于1mm/r的进给量。
2. 加工淬硬钢时，表内进给量应乘系数0.75~0.85。
3. 加工断续表面及有冲击的加工时，表内进给量应乘系数0.75~0.85。
4. 加工淬硬钢时，表内进给量应乘系数  $k=0.8$ （当材料硬度为HRC44~

刀粗镗孔时的进给量

材 料						
铸铁、铜合金						
深 度		$a$ (mm)				
20	2	3	5	8	12	20
进 给		$f$ (mm/r)				
角 车 床						
—	0.12~0.16	—	—	—	—	—
—	0.12~0.20	0.12~0.18	—	—	—	—
—	0.20~0.30	0.18~0.25	0.10~0.18	—	—	—
—	0.30~0.40	0.25~0.35	0.12~0.25	—	—	—
—	0.40~0.60	0.30~0.50	0.25~0.35	—	—	—
—	0.50~0.80	0.40~0.60	0.25~0.45	—	—	—
—	—	0.60~0.80	0.30~0.60	—	—	—
—	—	0.70~1.2	0.50~0.90	0.40~0.60	—	—
—	—	0.80~0.90	0.40~0.70	0.30~0.40	—	—
—	—	1.0~1.5	0.80~1.2	0.60~0.90	—	—
—	—	0.90~1.2	0.70~0.90	0.50~0.70	—	—
—	—	1.1~1.6	0.90~1.3	0.70~1.0	—	—
—	—	—	0.70~1.1	0.60~0.80	—	—
—	—	—	0.60~0.80	—	—	—
车 刀						
0.8~1.0	—	1.2~2.0	1.4~2.0	1.2~1.6	1.0~1.4	0.9~1.2
0.6~0.8	—	1.4~1.8	1.2~1.7	1.0~1.3	0.8~1.1	0.7~0.9
0.5~0.6	—	1.2~1.3	1.1~1.5	0.8~1.1	0.7~0.9	0.6~0.7
—	—	1.0~1.4	0.9~1.2	0.7~0.9	—	—

大、加工材料强度较高时，进给量取较小值。

58时)或 $h=0.5$ (当硬度为HRC57~62时)。

表 6 硬质合金外圆车刀半精车时的进给量

工件材料	光洁度等级	切削速度 范 围 (m/s)	刀尖圆弧半径 $r_n$ (mm)		
			0.5	1.0	2.0
			进 给 量 $f$ (mm/r)		
铸铁、青铜和 铝合金	$\nabla 4$	不限	0.25~0.40	0.40~0.50	0.50~0.60
	$\nabla 5$		0.12~0.25	0.25~0.40	0.40~0.60
	$\nabla 6$		0.10~0.15	0.15~0.20	0.20~0.35
碳素结构钢和 合金结构钢	$\nabla 4$	$\leq 0.84$	0.30~0.50	0.45~0.50	0.55~0.70
		$> 1.33$	0.40~0.55	0.55~0.65	0.65~0.70
	$\nabla 5$	$\leq 0.84$	0.20~0.25	0.25~0.30	0.30~0.40
		$> 1.33$	0.25~0.30	0.30~0.35	0.35~0.40
	$\nabla 6$	$\leq 0.84$	0.10~0.11	0.11~0.15	0.15~0.20
		$> 1.33$	0.10~0.20	0.16~0.25	0.25~0.35

注: 1. 加工耐热钢及其合金、钛合金, 切削速度大于 0.84m/s 时, 表中进给量应乘系数 0.7~0.6。

2. 带修光刃的大进给切削法在进给量 1.0~1.5mm/r 时可获得  $\nabla 5 \sim \nabla 6$  表面光洁度; 宽刃精车刀的进给量还可更大些。

表 7 切断及切槽时的进给量

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)	
$\leq 20$	3	0.08~0.08	0.11~0.14
$> 20 \sim 40$	3~4	0.10~0.12	0.16~0.16
$> 40 \sim 60$	4~5	0.13~0.16	0.20~0.24
$> 60 \sim 100$	5~8	0.16~0.23	0.24~0.32
$> 100 \sim 150$	6~10	0.18~0.26	0.30~0.40
$> 150$	10~15	0.28~0.36	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达 0.5 倍半径时, 表中进给量应减小 40~50%。

2. 加工淬硬钢时, 表内进给量应减小 30% (当 HRC $\leq 50$  时) 或 50% (当 HRC $> 50$  时)。

3. 如切刀安装在六角头上时, 进给量应乘系数 0.8。

表 8 成形车削时的进给量

刀具宽度 (mm)	加工直径		
	20	25	40及更大
	进给量 $f$ (mm/r)		
8	0.030~0.080	0.040~0.090	0.040~0.090
10	0.030~0.070	0.040~0.085	0.040~0.085
15	0.020~0.055	0.035~0.075	0.040~0.080
20	—	0.030~0.050	0.040~0.080
30	—	—	0.035~0.070
40	—	—	0.030~0.060
50及更大	—	—	(0.025~0.055)* <sup>1</sup>

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

2. \*1仅在加工直径为80mm或更大时采用。

表 9 硬质合金刀片强度允许的进给量

刀片厚度 $C$ (mm)	切削深度 $a_p$ (mm)				说 明
	$\leq 4$	$>4$ $\sim 7$	$>7$ $\sim 13$	$>13$ $\sim 22$	
	进给量 $f$ (mm/r)				
4	1.3	1.1	0.9	0.8	1. 当钢的强度不同时, 表内进给量应乘下列修正系数: $\sigma_b=0.470\sim 0.627\text{GPa}$ , $k=1.2$ ; $\sigma_b=0.627\sim 0.852\text{GPa}$ , $k=1.0$ ; $\sigma_b=0.852\sim 1.147\text{GPa}$ , $k=0.85$ . 2. 加工铸铁时, 表内进给量应乘系数 $k=1.6$ . 3. 当主偏角 $k_r$ 不同时, 表内进给量应乘下列修正系数: $k_r=30^\circ$ , $k=1.4$ ; $k_r=45^\circ$ , $k=1.0$ ; $k_r=60^\circ$ , $k=0.6$ ; $k_r=90^\circ$ , $k=0.4$ . 4. 当有冲击时, 进给量应减小20%.
6	2.6	2.2	1.8	1.5	
8	4.2	3.6	3.0	2.5	
10	6.1	5.1	4.2	3.6	

表 10 车刀的磨钝标准及耐用度

车 刀 的 磨 钝 标 准				
车刀类型	刀具材料	加工材料	加工性质	后刀面最大磨损限度 (mm)
外圆车刀、 端面车刀、 铰刀	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	粗车	1.0~1.4
			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	1.0
		钛合金	精、半精车	0.4~0.5
		淬硬钢	精车	0.8~1.0

(续)

车 刀 的 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)
切槽及切断刀	高 速 钢	钢、铸钢	—	0.8~1.0
		灰 铸 铁		1.5~2.0
	硬质合金	钢、铸钢		0.4~0.8
		灰 铸 铁		0.6~0.8
成形车刀	高 速 钢	碳 钢	—	0.4~0.5

车 刀 耐 用 度

刀具材料	硬 质 合 金	高 速 钢	
	普通车刀	普通车刀	成形车刀
车刀耐用度 $T'(s)$	3600	3600	7200

注：以上为焊接车刀的耐用度，机夹可转位车刀的耐用度可适当降低，一般选为1800s。

表11 用YT15 硬质合金车刀车削碳钢、铬

钢 $\sigma_s$ (GPa)								进
0.491~ 0.481	0.490~ 0.539	0.549~ 0.608	0.618~ 0.696	0.696~ 0.775	0.785~ 0.873	0.883~ 0.981	> 0.981	
切 削 深 度				$a_p$ (mm)				
1.4	—	—	—	—	—	—	—	0.25
3	1.4	—	—	—	—	—	—	0.14
7	3	1.4	—	—	—	—	—	—
15	7	3	1.4	—	—	—	—	—
—	15	7	3	1.4	—	—	—	—
—	—	15	7	3	1.4	—	—	—
—	—	—	15	7	3	1.4	—	—
—	—	—	—	15	7	3	1.4	—
—	—	—	—	—	15	7	3	—
—	—	—	—	—	—	15	7	—
—	—	—	—	—	—	—	15	—
加 工 性 质								切
外 圆 车 削								4.17

加工条件改变时切削

## 1. 车刀耐用度

耐用度 $T(s)$	1800	2700	3600	5400	7200	10300
系数 $k_{T_{01}}$	1.15	1.06	1.0	0.92	0.87	0.83

2. 车刀主偏角改变时切削速度的修正系数 $k_{K_{02}}$ 见表21-7。
3. 硬质合金牌号改变时切削速度的修正系数 $k_{K_{03}}$ 见表21-6。
4. 毛坯表面状态改变时切削速度的修正系数 $k_{K_{04}}$ 见表21-5。
5. 加工方式改变时切削速度的修正系数 $k_{K_{05}}$ 见表21-9。
6. 表内黑框系文中举例所引用的数据, 其余表均同。

钢、镍铬钢及铸钢时的切削速度

给							量 $f$ (mm/r)									
0.38	0.54	0.75	0.97	1.27	1.65	2.15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.25	0.38	0.54	0.75	0.97	1.27	1.65	2.15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.14	0.25	0.38	0.54	0.75	0.97	1.27	1.65	2.15	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0.14	0.25	0.38	0.54	0.75	0.97	1.27	1.65	2.15	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0.14	0.25	0.38	0.54	0.75	0.97	1.27	1.65	2.15	—	—	—	—	—	—
—	—	—	0.14	0.25	0.38	0.54	0.75	0.97	1.27	1.65	2.15	—	—	—	—	—
—	—	—	—	0.14	0.25	0.38	0.54	0.75	0.97	1.27	1.65	2.15	—	—	—	—
—	—	—	—	—	0.14	0.25	0.38	0.54	0.75	0.97	1.27	1.65	2.15	—	—	—
—	—	—	—	—	—	0.14	0.25	0.38	0.54	0.75	0.97	1.27	1.65	2.15	—	—
—	—	—	—	—	—	—	0.14	0.25	0.38	0.54	0.75	0.97	1.27	1.65	2.15	—
—	—	—	—	—	—	—	—	0.14	0.25	0.38	0.54	0.75	0.97	1.27	1.65	2.15
—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.14	0.25	0.38	0.54	0.75	0.97	1.27	1.65
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.14	0.25	0.38	0.54	0.75	0.97	1.27
速							度 $v$ (m/s)									
3.71	3.30	2.93	2.60	2.31	2.05	1.82	1.62	1.44	1.28	1.14	1.01	0.90	0.80	0.71	—	—

速度的修正系数



表12 用YG6硬质合金车刀车削

灰 铸 铁 HB						注		
150~164	165~181	182~199	200~219	220~241	242~265			
切 削 深 度 $a_p$ (mm)								
0.8	—	—	—	—	—	0.23	0.42	0.56
1.8	0.8	—	—	—	—	0.14	0.23	0.42
4	1.8	0.8	—	—	—	—	0.14	0.23
9	4	1.8	0.8	—	—	—	—	0.14
20	9	4	1.8	0.8	—	—	—	—
—	20	9	4	1.8	0.8	—	—	—
—	—	20	9	4	1.8	—	—	—
—	—	—	20	9	4	—	—	—
—	—	—	—	20	9	—	—	—
—	—	—	—	—	20	—	—	—
加 工 性 质						切		
外 圆 纵 干						2.71	2.41	2.13
加工条件改变时切削								

## 1. 车刀耐用度

耐用度 $t$ (s)	1800	2700	3600	5400	7200	10800
系数 $k_r$	1.15	1.06	1.0	0.92	0.87	0.80

2. 车刀主偏角改变时切削速度的修正系数 $k_{\alpha_r}$ 见表21-7。
3. 硬质合金牌号改变时切削速度的修正系数 $k_{\alpha_1}$ 见表21-6。
4. 毛坯表面状态改变时切削速度的修正系数 $k_{\alpha_2}$ 见表21-5。
5. 加工方式改变时切削速度的修正系数 $k_{\alpha_3}$ 见表21-8。

## 灰铸铁时的切削速度

给 进				$f$ (mm/r)									
0.75	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.50	0.75	1.0	1.34	1.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.42	0.56	0.75	1.0	1.34	1.8	2.5	3.3	—	—	—	—	—	—
0.23	0.42	0.56	0.75	1.0	1.34	1.8	2.5	3.3	—	—	—	—	—
0.14	0.23	0.42	0.56	0.75	1.0	1.34	1.8	2.5	3.3	—	—	—	—
—	0.14	0.23	0.42	0.56	0.75	1.0	1.34	1.8	2.5	3.3	—	—	—
—	—	0.14	0.23	0.42	0.56	0.75	1.0	1.34	1.8	2.5	3.3	—	—
—	—	—	0.14	0.23	0.42	0.56	0.75	1.0	1.34	1.8	2.5	3.3	—
—	—	—	—	0.14	0.23	0.42	0.56	0.75	1.0	1.34	1.8	2.5	3.3
—	—	—	—	—	0.14	0.23	0.42	0.56	0.75	1.0	1.34	1.8	2.5
—	—	—	—	—	—	0.14	0.23	0.42	0.56	0.75	1.0	1.34	1.8
前 速				度 $v$ (m/s)									
1.90	1.69	1.50	1.33	1.18	1.05	0.94	0.83	0.74	0.66	0.59	0.52	0.47	0.41

速度的修正系数

表13 硬质合金车刀加

加工材料															
铸铁 HB	钢 $\sigma_b$ (GPa)			切 削											
160~ 245	<0.569	0.569~ 0.951	>0.951												
进 给 量 $f$ (mm/r)															
0.30	0.37	0.30	—	2.8	3.4	4.0	4.8	5.7	6.8	8.0	9.7	11.5	14		
0.37	0.47	0.37	0.30	2.4	2.8	3.4	4.0	4.8	5.7	6.8	8.0	9.7	11.5		
0.47	0.60	0.47	0.37	2.0	2.4	2.8	3.4	4.0	4.8	5.7	6.8	8.0	9.7		
0.60	0.75	0.60	0.47	—	2.0	2.4	2.8	3.4	4.0	4.8	5.7	6.8	8.0		
0.75	0.96	0.75	0.60	—	—	2.0	2.4	2.8	3.4	4.0	4.8	5.7	6.8		
0.96	1.2	0.96	0.75	—	—	—	2.0	2.4	2.8	3.4	4.0	4.8	5.7		
1.2	1.6	1.2	0.96	—	—	—	—	2.0	2.4	2.8	3.4	4.0	4.8		
1.6	2.0	1.6	1.2	—	—	—	—	—	2.0	2.4	2.8	3.4	4.0		
2.0	2.5	2.0	1.6	—	—	—	—	—	—	2.0	2.4	2.8	3.4		
2.5	—	2.5	1.9	—	—	—	—	—	—	—	2.0	2.4	2.8		
—	—	—	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	2.0	2.4		
				主 切											
钢				0.518	1640	1960	2350	2790	3330	3970	4750	5690	6770	8040	
				0.916	1509	1780	2110	2550	3040	3630	4310	5200	6180	7450	
				1.66	1370	1640	1960	2350	2790	3330	3970	4750	5690	6770	
				3.00	1250	1470	1780	2110	2550	3040	3630	4310	5200	6180	
				5.41	1140	1370	1640	1960	2350	2790	3330	3970	4750	5690	
				9.83	1050	1250	1470	1780	2110	2550	3040	3630	4310	5200	
灰 铸 铁				840	1000	1190	1420	1700	2010	2400	2890	3430	4120		

注：车刀前角及主偏角改变时主切削力的修正系数 $K_{p, \gamma}$ 及 $K_{p, \beta}$ ，见表22-3。

## 工时的主切削力

深 度  $a_p$  (mm)

16.5	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	16.5	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11.5	14	16.5	20	—	—	—	—	—	—	—	—
9.7	11.5	14	16.5	20	—	—	—	—	—	—	—
8.0	9.7	11.5	14	16.5	20	—	—	—	—	—	—
6.8	8.0	9.7	11.5	14	16.5	20	—	—	—	—	—
5.7	6.8	8.0	9.7	11.5	14	16.5	20	—	—	—	—
4.8	5.7	6.8	8.0	9.7	11.5	14	16.5	20	—	—	—
4.0	4.8	5.7	6.8	8.0	9.7	11.5	14	16.5	20	—	—
3.4	4.0	4.8	5.7	6.8	8.0	9.7	11.5	14	16.5	20	—
2.8	3.4	4.0	4.8	5.7	6.8	8.0	9.7	11.5	14	16.5	20

削 力  $F_z$  (N)

9610	11470	13730	16330	19620	23540	27960	33350	39730	47580	56900	67600
8830	10490	12550	15010	17850	21090	25500	30410	36290	43160	51990	61800
8040	9610	11470	13730	16380	19820	23540	27960	33350	39730	47580	56900
7450	8830	10490	12550	15010	17850	21090	25500	30410	36290	43160	51990
6770	8040	9610	11470	13730	16380	19620	23540	27960	33350	39730	47580
6180	7450	8830	10490	12550	15010	17850	21090	25500	30410	36290	43160
4900	5880	7060	8430	10000	11970	14220	17070	20110	24030	28940	34820

表14 硬质合金车刀车削灰

灰 铸 铁 HB											
140~173 174~207 208~248			进 给								
切削深度 $a_p$		(mm)									
3.8	3.2	—	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9
4.6	3.8	3.2	—	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5
5.6	4.6	3.8	—	—	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2
6.9	5.6	4.6	—	—	—	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96
8.4	6.9	5.6	—	—	—	—	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75
10.0	8.4	6.9	—	—	—	—	—	0.3	0.37	0.47	0.6
12.5	10.0	8.4	—	—	—	—	—	—	0.3	0.37	0.47
15	12.5	10.0	—	—	—	—	—	—	—	0.3	0.37
18	15	12.5	—	—	—	—	—	—	—	—	0.3
22	18	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	22	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—
径 向 切 削											
主偏角 $\kappa_r=45^\circ$			490	590	700	830	990	1180	1410	1690	2070

注：车刀前角、主偏角及刃倾角改变时径向切削力的修正系数  $k_{\gamma, \gamma\gamma}$ 、 $k_{\kappa, \kappa\kappa}$  及

## 铸铁时的径向切削力

量  $f$  (mm/r)

2.5	3.1	3.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.9	2.5	3.1	3.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	—	—	—	—	—	—	—	—
0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	—	—	—	—	—	—	—
0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	—	—	—	—	—	—
0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	—	—	—	—	—
0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	—	—	—	—
0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	—	—	—
0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	—	—
—	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	—
—	—	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9

力  $F_r$  (N)

2400	2840	3430	4120	4910	5890	6970	8340	9910	11770	14130	16870	20110	24030
------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------

 $k_{1,2}$  见表 22-3。

表15 硬质合金车刀车

钢 $\sigma_s$ (GPa)												
0.530 ~ 0.598	0.608 ~ 0.677	0.686 ~ 0.785	0.794 ~ 0.892	0.902 ~ 1.03	进 给							
切削深度 $a_p$ (mm)												
3.8	—	—	—	—	0.22	0.3	0.41	0.55	0.75	1.0	1.3	1.8
4.5	3.8	—	—	—	—	0.22	0.3	0.41	0.55	0.75	1.0	1.3
5.6	4.6	3.8	—	—	—	—	0.22	0.3	0.41	0.55	0.75	1.0
6.8	5.6	4.6	3.8	—	—	—	—	0.22	0.3	0.41	0.55	0.75
8.4	6.9	5.6	4.6	3.8	—	—	—	—	0.22	0.3	0.41	0.55
10.0	8.4	6.9	5.6	4.6	—	—	—	—	—	0.22	0.3	0.41
12.5	10.0	8.4	6.9	5.6	—	—	—	—	—	—	0.22	0.3
15	12.5	10.0	8.4	6.9	—	—	—	—	—	—	—	0.22
18	15	12.5	10.0	8.4	—	—	—	—	—	—	—	—
22	18	15	12.5	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—
—	22	18	15	12.5	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	22	18	15	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	22	18	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	22	—	—	—	—	—	—	—	—
					径 向 切							
主偏角 $\kappa_r = 45^\circ$	切削速度 $v$ (m/s)	0.916	580	690	825	985	1170	1390	1670	2010		
		1.66	490	580	690	825	985	1170	1390	1670		
		3.00	415	490	580	690	825	985	1170	1390		
		5.41	345	415	490	580	690	825	985	1170		

注：车刀前角、主偏角及刃倾角改变时径向切削力的修正系数  $k_{r\phi\gamma}$ 、 $k_{\phi\gamma\phi}$  及  $k_{\phi\gamma\phi}$  按

# 削钢料时的径向切削力

量  $f$  (mm/r)

2.4	3.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.8	2.4	3.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.3	1.8	2.4	3.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.0	1.3	1.8	2.4	3.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.75	1.0	1.3	1.8	2.4	3.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.55	0.75	1.0	1.3	1.8	2.4	3.3	—	—	—	—	—	—	—	—
0.41	0.55	0.75	1.0	1.3	1.8	2.4	3.3	—	—	—	—	—	—	—
0.3	0.41	0.55	0.75	1.0	1.3	1.8	2.4	3.3	—	—	—	—	—	—
0.22	0.3	0.41	0.55	0.75	1.0	1.3	1.8	2.4	3.3	—	—	—	—	—
—	0.22	0.3	0.41	0.55	0.75	1.0	1.3	1.8	2.4	3.3	—	—	—	—
—	—	0.22	0.3	0.41	0.55	0.75	1.0	1.3	1.8	2.4	3.3	—	—	—
—	—	—	0.22	0.3	0.41	0.55	0.75	1.0	1.3	1.8	2.4	3.3	—	—
—	—	—	—	0.22	0.3	0.41	0.55	0.75	1.0	1.3	1.8	2.4	3.3	—
—	—	—	—	—	0.22	0.3	0.41	0.55	0.75	1.0	1.3	1.8	2.4	3.3

削力  $F_r$  (N)

2350	2840	3380	4070	4860	5790	6870	8240	9810	11670	13930	16680	20110	23540	28450
2010	2350	2840	3380	4070	4860	5790	6870	8240	9810	11670	13930	16680	20110	23540
1670	2010	2350	2840	3380	4070	4860	5790	6870	8240	9810	11670	13930	16680	20110
1390	1670	2010	2350	2840	3380	4070	4860	5790	6870	8240	9810	11670	13930	16680

及  $F_r$  见表22-3.





表17 硬质合金车刀车削灰

灰 铸 铁 11B										
<170	170~212	>212	进 给							
切削深度 $a_p$ (mm)										
2.8	—	—	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8	2.8	4.4	
3.4	2.8	—	—	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8	2.8	
4.0	3.4	2.8	—	—	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8	
4.8	4.0	3.4	—	—	—	0.3	0.48	0.75	1.2	
5.7	4.8	4.0	—	—	—	—	0.3	0.48	0.75	
6.8	5.7	4.8	—	—	—	—	—	0.3	0.48	
8.0	6.8	5.7	—	—	—	—	—	—	0.3	
9.7	8.0	6.8	—	—	—	—	—	—	—	
11.5	9.7	8.0	—	—	—	—	—	—	—	
14	11.5	9.7	—	—	—	—	—	—	—	
16.5	14	11.5	—	—	—	—	—	—	—	
20	16.5	14	—	—	—	—	—	—	—	
—	20	16.5	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	
			走 刀 力							
主 偏 角 $\kappa_r=45^\circ$			500	670	900	950	1140	1350	1620	

注：车刀前角、主偏角及刃倾角改变时走刀力的修正系数  $k_{\gamma P_K}$ 、 $k_{\kappa P_K}$  及  $k_{\lambda P_K}$

## 铸铁时的走刀力

量  $f$  (mm/r)

—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.8	4.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.8	2.8	4.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.2	1.8	2.8	4.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.75	1.2	1.8	2.8	4.4	—	—	—	—	—	—	—	—
0.48	0.75	1.2	1.8	2.8	4.4	—	—	—	—	—	—	—
0.3	0.48	0.75	1.2	1.8	2.8	4.4	—	—	—	—	—	—
—	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8	2.8	4.4	—	—	—	—	—
—	—	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8	2.8	4.4	—	—	—	—
—	—	—	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8	2.8	4.4	—	—	—
—	—	—	—	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8	2.8	4.4	—	—
—	—	—	—	—	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8	2.8	4.4	—
—	—	—	—	—	—	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8	2.8	4.4

 $F_s$  (N)

1930	2310	2750	3290	3920	4710	5590	6670	8040	9520	11380	13540	16190
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------

见表 22-3。

表18 硬质合金车刀车削

钢 $\sigma_s$ (GPa) HB			进 给												
$\sigma_s$ <0.569	0.569~ 0.951	>0.951													
HB<185	185~277	>277													
切削深度 $a_p$ (mm)															
2.0	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5		
2.4	2.0	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9		
2.8	2.4	2.0	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5		
3.4	2.8	2.4	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2		
4.0	3.4	2.8	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96		
4.8	4.0	3.4	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96		
5.7	4.8	4.0	—	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75		
6.8	5.7	4.8	—	—	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6		
8.0	6.8	5.7	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47		
9.7	8.0	6.8	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37		
11.5	9.7	8.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.3		
14.0	11.5	9.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25		
16.5	14	11.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
20	16.5	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
—	20	16.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
			切 削												
			0.267	—	—	—	—	—	—	—	1.0	1.2	1.4		
			0.334	—	—	—	—	—	—	1.0	1.2	1.4	1.7		
			0.4	—	—	—	—	—	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0		
			0.501	—	—	—	—	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4		
			0.618	—	—	—	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9		
			0.768	—	—	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4		
			0.952	—	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1		
			1.17	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9		
			1.43	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8		
			1.77	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0		
			2.18	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.0		
			2.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.0	10		
			3.34	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.0	10	12		
			4.09	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.0	10	12	14		
			5.01	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.0	10	12	14	17		
			6.17	4.1	4.9	5.8	7.0	8.0	10	12	14	17	20		
			7.68	4.9	5.8	7.0	8.0	10	12	14	17	20	24		
			9.51	5.8	7.0	8.0	10	12	14	17	20	24	29		

注：车刀前角及主偏角改变时切削功率的修正系数与主切削力的修正系数相同。

## 钢料时消耗的功率

量  $f$  (mm/r)

3.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.5	3.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.9	2.5	3.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.6	1.9	2.5	3.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.2	1.6	1.9	2.5	3.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.96	1.2	1.6	1.9	2.5	3.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.75	0.96	1.2	1.6	1.9	2.5	3.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.6	0.75	0.96	1.2	1.6	1.9	2.5	3.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.6	1.9	2.5	3.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.6	1.9	2.5	3.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.6	1.9	2.5	3.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.6	1.9	2.5	3.1	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.6	1.9	2.5	3.1	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.6	1.9	2.5	3.1	—	—	—	—	—	—
—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.6	1.9	2.5	3.1	—	—	—	—	—
—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.6	1.9	2.5	3.1	—	—	—	—

功 率  $P_m$  (kW)

1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.0	10	12	14	17	20	24
2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.0	10	12	14	17	20	24	29
2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.0	10	12	14	17	20	24	29	34
2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.0	10	12	14	17	20	24	29	34	—
3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.0	10	12	14	17	20	24	29	34	—	—
4.1	4.9	5.8	7.0	8.0	10	12	14	17	20	24	29	34	—	—	—
4.9	5.8	7.0	8.0	10	12	14	17	20	24	29	34	—	—	—	—
5.8	7.0	8.0	10	12	14	17	20	24	29	34	—	—	—	—	—
7.0	8.0	10	12	14	17	20	24	29	34	—	—	—	—	—	—
8.0	10	12	14	17	20	24	29	34	—	—	—	—	—	—	—
10	12	14	17	20	24	29	34	—	—	—	—	—	—	—	—
12	14	17	20	24	29	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	17	20	24	29	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	20	24	29	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	24	29	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	29	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

即  $k_{y_0} P_m = k_{y_0} F_s$ ,  $k_x P_m = k_x F_s$  见表22-3.

表19 硬质合金车刀车削

灰 铸 铁 HB=160~245		进 给 量											
切削深度 $a_p$ (mm)													
2.8	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	
3.4	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	
4.0	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	
4.8	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	
5.7	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	
6.8	—	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	0.96	
8.0	—	—	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	0.75	
9.7	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	0.6	
11.5	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	0.47	
14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.3	0.37	
16.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.3	
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	
切 削 功													
切 削 速 度 $v$ (m/s)	0.233	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.0	1.2	
	0.283	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.0	1.2	1.4
	0.334	—	—	—	—	—	—	—	—	1.0	1.2	1.4	1.7
	0.400	—	—	—	—	—	—	—	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0
	0.483	—	—	—	—	—	—	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4
	0.584	—	—	—	—	—	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9
	0.684	—	—	—	—	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4
	0.818	—	—	—	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1
	0.985	—	—	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9
	1.16	—	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8
(m/s)	1.40	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0
	1.67	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.3
	2.00	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.3	10
	2.37	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.3	10	12
	2.83	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.3	10	12	14
	3.34	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.3	10	12	14	17
	4.00	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.3	10	12	14	17	20
	4.84	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.3	10	12	14	17	20	24

注：车刀主偏角改变时切削功率的修正系数与主切削力的修正系数相同。

## 灰铸铁时消耗的功率

$f$ (mm/r)													
3.9	5.0	6.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.1	3.9	5.0	6.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.5	3.1	3.9	5.0	6.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.9	2.5	3.1	3.9	5.0	6.3	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	5.0	6.3	—	—	—	—	—	—	—
1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	5.0	6.3	—	—	—	—	—	—
0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	5.0	6.3	—	—	—	—	—
0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	5.0	6.3	—	—	—	—
0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	5.0	6.3	—	—	—
0.47	0.6	0.75	0.96	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.9	5.0	6.3	—	—
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	—
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

率  $P_m$  (kW)

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
1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.3	10	12	14	17
2.0	2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.3	10	12	14	17	20
2.4	2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.3	10	12	14	17	20	24
2.9	3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.3	10	12	14	17	20	24	29
3.4	4.1	4.9	5.8	7.0	8.3	10	12	14	17	20	24	29	34
4.1	4.9	5.8	7.0	8.3	10	12	14	17	20	24	29	34	—
4.9	5.8	7.0	8.3	10	12	14	17	20	24	29	34	—	—
5.8	7.0	8.3	10	12	14	17	20	24	29	34	—	—	—
7.0	8.3	10	12	14	17	20	24	29	34	—	—	—	—
8.3	10	12	14	17	20	24	29	34	—	—	—	—	—
10	12	14	17	20	24	29	34	—	—	—	—	—	—
12	14	17	20	24	29	34	—	—	—	—	—	—	—
14	17	20	24	29	34	—	—	—	—	—	—	—	—
17	20	24	29	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	24	29	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	29	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

即  $k_{K,PM} = k_{K,PI}$  见表22-3.

表20 车削时的入切量及超切量

车刀类型	主偏角 $K^\circ$	切 削 深 度 $a_p$ (mm)											
		1	2	3	4	6	8	10	15	20	25	30	35
入切量及超切量 $\psi + \Delta$ (mm)													
外圆车刀	30	2.8	4.5	7.0	9.0	13	15	20	30	38	47	56	65
	45	2.0	3.5	5.0	5.0	8.0	11	13	18	24	29	34	39
	60	1.0	2.7	3.8	4.3	5.5	7.6	8.7	10.8	15.5	19.6	21.5	24
	75	1.3	2.1	2.8	3.1	3.6	5.1	5.7	8.0	9.4	13.7	14.1	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 21 车削时切削速度的计算公式

计 算 公 式

$$v = \frac{C_v}{60^{1-\alpha_p} T^m a_p^{1-\alpha_p} f^{1-\alpha_f}} k, \text{ (m/s)}$$

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			
				$C_v$	$\alpha_p$	$\alpha_f$	$m$
碳素结构钢 $\sigma_s = 0.557$ GPa	外圆纵车	YT15 (不用切削液)	$f \leq 0.30$	291	—	0.20	0.20
			$f \leq 0.70$	242	0.15	0.35	
			$f > 0.70$	235	—	0.45	
		W18Cr4V (用切削液)	$f \leq 0.25$	67.2	—	0.33	0.125
			—	—	0.25	—	
			$f > 0.25$	43	—	0.66	
	切屑及切槽	YT5 (不用切削液)	—	30	—	0.80	0.20
		W18Cr4V (用切削液)	—	21	—	0.68	0.25
	成形车削	W18Cr4V (用切削液)	—	20.3	—	0.50	0.30



(续)

加工材料	加工型式	刀具材料	进给量	系数及指数			
				C	$x$	$y$	$m$
碳素结构钢 $\sigma_s = 0.637$ GPa	车削三角 螺纹	W18Cr4V (用切削液)	粗 $f_1 \leq 2$	11.3	0.70	0.30	0.11
			切 $f_1 > 2$	24	0.60	0.25	0.08
			精切	33.4	0.45	0.30	0.13
	车削梯形 螺纹	W18Cr4V (用切削液)	粗切	26	0.60	0.20	0.14
			精切	38	0.50	0	0.18
		YT15 (不用切削液)	—	169	0.23	0.30	0.20
不锈钢 1Cr18Ni9Ti HB=141	外圆纵车	YG8 (不用切削液)	—	110	—	0.45	—
		W18Cr4V (用切削液)	—	31	0.20	—	0.16
	外圆纵车	YG8 (不用切削液)	$f \leq 0.40$	189.8	—	0.20	—
			$f > 0.40$	158	0.15	0.40	0.20
		W18Cr4V (不用切削液)	$f \leq 0.25$	24	—	0.30	—
			$f > 0.25$	22.7	0.15	0.40	0.1
灰铸铁 HB=190	切断及切槽	YG8 (不用切削液)	—	68.5	—	—	0.20
		W18Cr4V (不用切削液)	—	18	—	0.40	0.15
	车削三角螺 纹	YG8 (不用切削液)	—	83	0.45	0	0.33
			—	—	—	—	—
	外圆纵车	YG8 (不用切削液)	$f \leq 0.40$	317	—	0.20	—
			$f > 0.40$	215	0.15	0.45	0.20
可锻铸铁 HB=150	切断及切槽	YG8 (不用切削液)	—	86	—	0.40	0.20
			—	—	—	—	—
	外圆纵车	W18Cr4V (用切削液)	$f \leq 0.25$	68.9	—	0.25	—
			$f > 0.25$	48.8	0.20	0.50	0.125
		W18Cr4V (用切削液)	—	37.6	—	0.50	0.25
			—	—	—	—	—
中等硬度非均 质铜合金 HB=100~ 140	外圆纵车	W18Cr4V (不用切削液)	$f \leq 0.20$	216	—	0.25	—
			$f > 0.20$	145.6	0.12	0.50	0.23

(续)

加工材料	加工型式	刀具材料	进给量	系数及指数			
				$C_v$	$x_v$	$y_v$	$m$
铝硅合金及铸造铝合金 $\sigma_b = 0.088 \sim 0.108$ GPa, HB $\leq 85$ ; 硬铝 $\sigma_b = 0.294 \sim 0.392$ GPa, HB $\leq 100$	外圆纵车	W18Cr4V (不用切削液)	$f \leq 0.20$	485	0.12	0.25	0.28
			$f > 0.20$	328		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, 切削速度应减少: 正火——乘系数0.95; 退火——乘系数0.9; 调质——乘系数0.8。
6. 其他加工条件改变时, 切削速度的修正系数见表21-1~21-8。
7. 加工螺纹时切削速度的计算公式如下:

$$\text{用硬质合金车刀加工三角螺纹 } v = \frac{C_v N_v^{x_v}}{60^{1-m} T^m f_1^{y_v}} k_v \quad (\text{m/s})$$

$$\text{用高速钢车刀加工三角及梯形螺纹 } v = \frac{C_v}{60^{1-m} T^m a_p^{x_v} f_1^{y_v}} k_v \quad (\text{m/s})$$

式中  $N_v$ ——走刀次数, 见表23~24

$f_1$ ——螺纹螺距;

$a_p$ ——每次走刀的切削深度。

切削速度的修正系数  $k_v = k_M \cdot k_{f_1} \cdot k_{a_p}$

$k_M$  见表21-1~21-4

$k_{f_1}$  见表21-6

$k_{a_p}$  是与切削方法有关的修正系数, 粗、精车螺纹用同一把刀时,  $k_{a_p} = 0.75$ 。

用粗车刀和精车刀分别粗、精车螺纹时,  $k_{a_p} = 1.0$ 。

表21-1 钢和铸铁的强度和硬度改变时切削速度的修正系数  $k_{Mv}$ 

加工材料	刀具材料	
	硬质合金	高速钢
	计算公式	
碳素结构钢、合金结构钢和铸钢	$k_{Mv} = \frac{0.637}{\sigma_s}$	$k_{Mv} = C_M \left( \frac{0.637}{\sigma_s} \right)^{n_v}$
灰铸铁	$k_{Mv} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{1.25}$	$k_{Mv} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{n_v}$
可锻铸铁	$k_{Mv} = \left( \frac{150}{HB} \right)^{1.25}$	$k_{Mv} = \left( \frac{150}{HB} \right)^{n_v}$

上列公式中的系数  $C_M$  及指数  $n_v$ 

加工材料	修正系数 $n_v$			
	$C_M$	车削	钻孔	铣削
钢:				
碳钢( $C \leq 0.6\%$ )	1.0	1.75*	0.9**	0.9**
易切钢	1.2	1.75	1.05	—
镍钢	1.0	1.75	0.9	1.0
铬钢	0.8	1.75	0.9	1.45
镍铬钢	0.9	1.50	0.9	1.35
碳钢( $C > 0.6\%$ )、锰钢及镍铬钨钢	0.8	1.75	0.9	1.0
铬钼钢、镍铬钼钢、钨钼钢、铬钨钼钢及其相近的钢	0.7	1.25	0.9	1.0
铌锰钢、铬锰钢、铬钨锰钢、镍铬锰钢及其相近的钢	0.7	1.50	0.9	1.0
高速钢	0.6	1.25	0.9	1.0
灰铸铁	—	1.7	1.3	0.85
可锻铸铁	—	1.7	1.3	0.85

注: \*当  $\sigma_s < 0.441 \text{ GPa}$  时,  $n_v = 1.0$ 。\*\*当  $\sigma_s < 0.539 \text{ GPa}$  时,  $n_v = -0.9$ 。

表21-2 耐热钢及合金物理机械性能改变时切削速度的修正系数 $k_{M_2}$ 

牌 号	$\sigma_b$ (GPa)	$k_{M_1}$	牌 号	$\sigma_b$ (GPa)	$k_{M_2}$
1Cr18Ni9Ti	0.539	1.0	Cr15Ni9Al	1.275	0.75
1Cr12Ni2WMoV	1.079 ~1.432	0.8 ~0.9	Cr20Ni78	0.765	0.75
20Cr15Ni3MoA		0.7 ~0.9	Cr20Ni75Mo2NbTiAl	—	0.63
25Cr2MoVA	0.735 ~0.883	0.75	Cr24Ni60W	0.735	0.48
30CrNi2MoVA	1.079 ~1.422	0.4 ~0.15	Cr20Ni77Ti2Al	0.834 ~0.981	0.40
1Cr17Ni2	0.785 ~1.275	1.0 ~0.75	Cr20Ni77Ti2AlB		0.26
1Cr12WNi	0.837	1.1	Cr15Ni35W3Ti3	0.832	0.50
13Cr14NiWVBA	0.887 ~1.177	0.5 ~0.4	GH37	0.981 ~1.227	0.25
20Cr3MoWV	—	1.5 ~1.1	Cr15Ni70W5Mo4Al2Ti	—	0.23
4Cr12Ni8Mn8MoVNB	—	0.95 ~0.72	Cr10Ni55Co15MoTiAl	0.981 ~1.227	0.25
4Cr14Ni14W2Mo	0.687	1.05	CrNi58WMoCoAlB	0.883 ~0.981	0.20
Cr12Ni20Ti3B	0.706 ~0.735	0.85	Cr15Ni35W3Ti3Al	0.883 ~0.932	0.22
1Cr21Ni5Ti	0.804 ~0.981	0.65	Cr20Ni40W8	0.491 ~0.589	0.30
Cr23Ni18	0.588 ~0.608	0.80	TC5, TC6	0.932 ~1.177	0.40
3Cr18Ni9MoWNBti	0.588 ~0.608	0.40	TA5, TC2	0.735 ~0.932	0.70
1Cr18Ni12Si4TiAl	0.716	0.50	TC4, TC8	0.883 ~1.177	0.35
4Cr14Ni20W3Ti3AlB	0.883	0.20	1Cr13, 2Cr13	0.589 ~1.079	1.5 ~1.2
GH130		0.35	3Cr13, 4Cr13	0.834 ~1.079	1.3 ~0.9
Cr17Ni5Mo3	1.275	1.30			

表21-3 铜合金物理机械性能改变时切削速度的修正系数  $K_{Mv}$

非均质的		铜合金类别			
高硬度 HB>140	中等硬度 HB=100~140	非均质的铅合金 HB=70~90	均质合金 HB=80~90	含铅不足10% 的均质合金 HB=60~80	铜 HB=70~80
QA1 12-6-3	QA1 9-4	ZQPh 12-3	QSi 3-1	QSn 4-4-2.5	Cu-3
QA1 10-4-4	QA1 9-2	ZQA1 7-1.5-1.5	QSi 1-5	QSn 4-4-4	Cu-4
QA1 10-3-1.5	ZQSn 10	ZQPb 10-10	QA1 7	ZQSn 6-6-3	
	ZQSn 10-1	ZHMc 58-2-2	QA1 5		
	ZQSn 10-2	ZHSi 80-3-3	QSn 4-3		
	ZQSn 8-4	ZHMc 58-2-2-2	QSn 6.5-0.1		
	HSi 80-3		QSn 6.5-0.4		
	ZHA1 66-3-3-2				
	ZHA1 67-2.5				
	ZHMc 52-4-1				

系 数  $K_{Mv}$

0.7	1.0	1.5	2.0	4.0	8.0	12.0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

表21-4 铝合金物理机械性能改变时切削速度的修正系数 $k_{Mu}$ 

铝 合 金 类 别		
铝镁合金及铸造合金 $\sigma_b=0.196\sim0.294\text{GPa}$ , HB>65(淬火的); 硬铝 $\sigma_b$ $=0.392\sim0.49\text{GPa}$ , HB> 100 (淬火的)	铝硅合金及铸造合金 $\sigma_b=0.098\sim0.196\text{GPa}$ , HB<65; 硬铝 $\sigma_b=0.294\sim$ $0.392\text{GPa}$ , HB<100	硬铝 $\sigma_b=0.190\sim$ $0.294\text{GPa}$
系 数 $k_{Mu}$		
0.8	1.0	1.2

表21-5 毛坯表面状态改变时切削速度的修正系数 $k_{ru}$ 

毛 坯 表 面 状 态					
无 外 皮	与 外 皮				钢及铝合金
	棒 料 锻 件	铸 钢 及 铸 铁			
		一 般	带砂外皮		
修 正 系 数 $k_{ru}$					
1.0	0.9	0.8	0.8~0.85	0.5~0.6	0.9

表21-6 刀具材料改变时切削速度的修正系数 $k_{fu}$ 

加工材料	不同刀具牌号切削速度的修正系数 $k_{fu}$				
结构钢及铸钢	YT5	YT14	YT15	YT30	YG8
	0.65	0.8	1.0	1.4	0.4
耐热钢及合金	YG3	YT5	YT15	W18Cr4V	
	1.0	1.4	1.9	0.3	
HRC35~50					
淬 硬 钢	YT15	YT30	YG6	YG8	
	1.0	1.25	0.85	0.33	
灰铸铁及 可锻铸铁	YG3	YG3		YG3	
	0.83	1.0		1.15	
铜及铝合金	W18Cr4V			YG6	9SiCr, CrWMn
	1.0			2.7	0.6
					T12A
					0.6

表21-7 车刀主偏角 $\kappa_r$ 改变时, 切削速度的修正系数 $k_{\kappa_r}$ 

主 偏 角 $\kappa_r^\circ$		30	45	60	75	90
结构钢, 可锻铸铁	$k_{\kappa_r}$	1.13	1.0	0.92	0.86	0.81
耐热钢		—	1.0	0.87	0.79	0.73
灰铸铁及铜合金		1.20	1.0	0.83	0.83	0.73

表21-8 车刀其它参数改变时切削速度的修正系数  
(仅用于高速钢刀具)

副偏角 $\kappa'_r, ^\circ$	10	15	20	30	45	
系数 $k_{\kappa'_r}$	1.0	0.97	0.94	0.91	0.87	
刀尖圆弧半径 $r_s(\text{mm})$		1	2	3	5	
系数 $k_{r_s}$		0.94	1.0	1.03	1.13	
刀杆尺寸 $B \times H$ (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 $k_{B_r}$	0.93	0.97	1.0	1.04	1.06	1.12

表21-9 车削方式改变时切削速度的修正系数 $k_{\text{方式}}$ 

车削方式		横 车 d:D			切 断	切 槽 d:D	
外圆纵车		0~0.4	0.5~0.7	0.8~1.0		0.5~0.7	0.8~0.95
系数 $k_{\text{方式}}$	1.0	1.24	1.18	1.01	1.0	0.98	0.84

表22 车削时切削力及切削功率的计算公式

计算公式	
主切削力 $F_z$	$F_z = 9.81 \times 60^{n_{Fz}} C_{Fz} a_p^{x_{Fz}} f^{y_{Fz}} v^{n_{Fz}} k_{Fz} (N)$
径向切削力 $F_y$	$F_y = 9.81 \times 60^{n_{Fy}} C_{Fy} a_p^{x_{Fy}} f^{y_{Fy}} v^{n_{Fy}} k_{Fy} (N)$
走刀力 (轴向力) $F_x$	$F_x = 9.81 \times 60^{n_{Fx}} C_{Fx} a_p^{x_{Fx}} f^{y_{Fx}} v^{n_{Fx}} k_{Fx} (N)$
切削时消耗的功率 $P_n$	$P_n = F_x v \times 10^{-3} (kW)$

公式中的系数及指数	
公式中的系数及指数	
主切削力 $F_z$	
径向力 $F_y$	
走刀力 $F_x$	

加工材料	刀具材料	切工型式	公式中的系数及指数													
			主切削力 $F_z$			径向力 $F_y$			走刀力 $F_x$			走刀力 $F_x$				
			$C_{Fz}$	$x_{Fz}$	$y_{Fz}$	$n_{Fz}$	$C_{Fy}$	$x_{Fy}$	$y_{Fy}$	$n_{Fy}$	$C_{Fx}$	$x_{Fx}$	$y_{Fx}$	$n_{Fx}$		
结构钢及铸钢 $\sigma_s = 0.637 GPa$	硬质合金	外圆纵车、横车及端面	270	1.0	0.75	-0.15	199	0.90	0.6	-0.3	204	1.0	0.5	-0.4		
		切槽及切断	367	0.72	0.6	0	142	0.73	0.67	0	—	—	—	—		
		切螺线	133	—	1.7	0.71	—	—	—	—	—	—	—	—		
		外圆纵车、横车及端面	180	1.0	0.75	0	94	0.9	0.75	0	54	1.2	0.65	0		
高速钢		切槽及切断	222	1.0	1.0	0	—	—	—	—	—	—	—	—		
		成形车削	191	1.0	0.75	0	—	—	—	—	—	—	—	—		
不锈钢 1Cr13Ni9Ti HB=141	硬合金	外圆纵车、横车及端面	204	1.0	0.75	0	—	—	—	—	—	—	—	—		



	硬质合金	外圆纵车、横车及镗孔	92	1.0	0.75	0	54	0.9	0.75	0	48	1.0	0.4	0
灰铸铁 HB=190	合金切螺旋		133	--	1.8	0.32	--	--	--	--	--	--	--	--
		外圆纵车、横车及镗孔	114	1.0	0.75	0	119	0.9	0.75	0	51	1.2	0.65	0
	高速钢	切槽及切断	158	1.0	1.0	0	--	--	--	--	--	--	--	--
		外圆纵车、横车及镗孔	81	1.0	0.75	0	45	0.9	0.75	0	38	1.0	0.4	0
可锻铸铁 HB=150	合金切螺旋		100	1.0	0.75	0	88	0.9	0.75	0	40	1.2	0.65	0
		外圆纵车、横车及镗孔	133	1.0	1.0	0	--	--	--	--	--	--	--	--
	高速钢	切槽及切断	55	1.0	0.66	0	--	--	--	--	--	--	--	--
		外圆纵车、横车及镗孔	76	1.0	1.0	0	--	--	--	--	--	--	--	--
中等硬度不均质 铜合金 HB=120	合金切螺旋		40	1.0	0.75	0	--	--	--	--	--	--	--	--
		外圆纵车、横车及镗孔	50	1.0	1.0	0	--	--	--	--	--	--	--	--
	高速钢	切槽及切断	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		外圆纵车、横车及镗孔	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
铝及铝硅合金	合金切螺旋		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		外圆纵车、横车及镗孔	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	高速钢	切槽及切断	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		外圆纵车、横车及镗孔	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

注：1. 成形车削深度不大，形状不复杂的轮廓时，切削力减小10~15%。

2. 切螺旋时切削力按下式计算

$$F_z = \frac{0.81 C_{F_z} t_1^{0.75}}{N_0^{0.75}} (N)$$

式中  $t_1$ ——螺距； $N_0$ ——走刀次数，见表23~24。

3. 加工条件改变时，切削力的修正系数见表22-1~22-3。

表22-1 铜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 $k_{MF}$	$k_{MF} = \left( \frac{\sigma_b}{0.637} \right)^{n_F}$	$k_{MF} = \left( \frac{HB}{190} \right)^{n_F}$	$k_{MF} = \left( \frac{HB}{160} \right)^{n_F}$

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 $F$ 及扭 矩 $M$	铣削时的副 周力 $F_c$	
	$F_z$		$F_v$		$F_x$				
	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	硬 质 合 金	高 速 钢	
	指 数 $n_F$								
结构钢及铸钢:									
$\frac{\sigma_b \leq 0.588 \text{ GPa}}{\sigma_b > 0.588 \text{ GPa}}$	0.75	0.35 0.75	1.35	2.0	1.0	1.5	0.75	0.3	
灰铸铁及可锻铸铁	0.4	0.65	1.0	1.3	0.8	1.1	0.6	1.0	0.55

表22-2 铜及铝合金的物理机械性能改变时切削力的修正系数 $k_{MF}$

铜 合 金 的 系 数 $k_{MF}$						铝 合 金 的 系 数 $k_{MF}$			
非均质的 中等硬度 高硬度	非均质的 合金和 含铅10% 的合金	态 质 合 金	铜	含铅大 于15% 的合金		铝及铝 硅合金	硬 铝		
							$\sigma_b = 0.245 \text{ GPa}$	$\sigma_b = 0.343 \text{ GPa}$	$\sigma_b > 0.343 \text{ GPa}$
1.0	0.75	0.65 ~0.70	1.8 ~2.2	1.7 ~2.1	0.25 ~0.45	1.0	1.5	2.0	2.75

表25 用硬质合金螺纹车刀车削公制及梯形螺纹时的走刀次数

螺 距 (mm)	碳素结构钢及合金结构钢				铸 铁			
	螺 纹 类 型							
	公制外螺纹		梯形外螺纹		公制外螺纹		梯形外螺纹	
	走 刀 次 数 No							
	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	6	2	5	3	3	2	4	3
4	6	2	6	3	4	2	6	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	6
16	—	—	18	6	—	—	14	5

- 注: 1. 上述走刀次数适用于切削7级精度(相当于旧标准3级精度)公制螺纹。车削6级精度(相当于旧标准2级精度)螺纹时,需增加1~2次精走刀。车削5级精度(相当于旧标准1级精度)螺纹时,需增加2~3次精走刀。
2. 切削公制内螺纹时,需增加1次粗走刀。
3. 在不锈钢1Cr18Ni9Ti上车削公制螺纹时,走刀次数要增加30%,加工淬硬钢螺纹时,则要增加1~2倍。

表24 用高速钢螺纹车刀车削公制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、青铜及黄铜	
	走 刀 次 数 No					
	粗加工	精加工	粗加工	精加工	粗加工	精加工
单 头 公 制 三 角 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	8	3
5~8.5	8	4	10	5	8	4
6	9	4	12	5	8	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	23	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(相当于旧标准3级精度)公制螺纹及中等精度梯形螺纹。车削6级精度(相当于旧标准2级精度)公制螺纹及精确梯形螺纹时, 需在切削速度为0.067m/s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%。加工公制螺纹, 需增加1次精走刀; 加工梯形螺纹, 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)。

## 五、常用车床的技术资料

表25 C616型普通车床

中心高 $H=160\text{mm}$ 工件最大加工长度 $l=700\text{mm}$ 中心距 $L=750\text{mm}$ 车刀刀杆最大尺寸 $B\times H=20\times 20\text{mm}$ 

工件最大加工直径:

进给机构允许最大抗力:

(1)在床面上 $D=320\text{mm}$ (1)纵走刀 $F_{\max}=2990\text{N}(305\text{kgf})$ (2)在刀架上 $D=175\text{mm}$ (2)横走刀 $F_{\max}=8090\text{N}(825\text{kgf})$ (3)棒料 $D=20\text{mm}$ 主电动机功率 $P_E=4.5\text{kW}$ 

级数	转速 $n$ (r/s)(r/min)	效率	根据传动 功率的扭 矩 $M$ (N·m)	主轴允许 的扭矩 $M$ (N·m)	考虑效率 的主轴功 率 $P_E$ (kW)	根据最薄 弱环节的 主轴功率 $P_E$ (kW)	纵进给量 (mm/r)	横进给量 (mm/r)
1	0.75(45)	0.84	779	819	3.61	3.82	0.06 0.47	0.04 0.78
2	1.1(66)	0.83	533.7	571	3.57	3.82	0.07 0.53	0.05 0.07
3	1.67(104)	0.81	380	394.4	3.49	3.82	0.10 0.60	0.08 0.08
4	2.0(120)	0.80	269.8	297.2	3.44	3.82	0.12 0.85	0.09 0.10
5	2.88(173)	0.79	195	208	3.40	3.82	0.15 0.74	0.11 0.13
6	4.13(248)	0.75	122.6	145.2	3.29	3.82	0.21 0.93	0.15 0.15
7	6.0(360)	0.64	97	103	3.61	3.82	0.23 1.07	0.17 0.19
8	8.83(530)	0.83	87	71.6	3.57	3.82	0.27 1.30	0.22 0.26
9	12.5(750)	0.81	45.3	56	3.48	3.82	0.30 1.67	0.30 0.30
10	15.97(958)	0.80	33.8	37.6	3.44	3.82	0.33 1.86	0.35 0.39
11	23.0(1380)	0.77	22.6	25	3.31	3.82	0.37 2.60	0.44 0.44
12	33.0(1980)	0.69	14.1	16.1	2.87	3.82	0.42 3.34	0.62 0.61





表28 C630 型普通车床

中心高 $H=300\text{mm}$ 工件最大加工长度 $l=1310, 2810\text{mm}$ 中心距 $L=1500, 3000\text{mm}$ 车刀刀杆最大尺寸 $B \times H=30 \times 30\text{mm}$ 

工件最大加工直径

进给机构允许最大抗力:

(1)在床面上 $D=615\text{mm}$ (1)纵走刀 $F_{\text{max}}=5720\text{N}(583\text{kgf})$ (2)在刀架上 $D=345\text{mm}$ (2)横走刀 $F_{\text{max}}=7980\text{N}(814\text{kgf})$ (3)棒料 $D=58\text{mm}$ 主电动机功率 $P_M=10\text{kW}$ 

级数	转速 $n$ (r/s) (r/min)	效率	根据传 动功率 的扭矩 $M$ (N·m)	主轴允 许的扭 矩 $M$ (N·m)	考虑效 率的主 轴功率 $P_E(\text{kW})$	根据最 薄弱环 节的主 轴功率 $P_E(\text{kW})$	纵进给量 (mm/r)	横进给量 (mm/r)
1	0.23(14)	0.733	4778	1991	7.36	2.95	0.15	0.05
2	0.36(18)	0.733	3836	1952	7.36	3.71	0.16	0.05
							0.19	0.03
3	0.40(24)	0.733	2923	1923	7.36	4.87	0.21	0.07
							0.24	0.03
4	0.50(30)	0.733	2325	1923	7.36	6.08	0.27	0.09
							0.30	0.10
5	0.63(38)	0.733	1864	1893	7.36	7.36	0.33	0.11
							0.38	0.16
6	0.80(48)	0.736	1472	1472	7.36	7.36	0.42	0.13
							0.48	0.20
7	1.0(30)	0.733	1197	1197	7.36	7.36	0.54	0.22
							0.60	0.25
8	1.25(75)	0.733	961	961	7.36	7.36	0.66	0.28
							0.75	0.32
9	1.58(95)	0.733	731	731	7.36	7.36	0.84	0.36
							0.96	0.40
10	1.96(118)	0.733	579	579	7.36	7.36	1.07	0.45
							1.20	0.50
11	2.5(150)	0.733	465	465	7.36	7.36	1.33	0.50
							1.50	0.58
12	3.17(190)	0.733	373	370	7.36	7.36	1.70	0.64
							1.90	0.72
13	3.83(230)	0.730	297	297	7.36	7.36	2.15	0.81
							2.40	0.90
14	4.83(290)	0.733	240	240	7.36	7.36	2.65	
15	6.33(380)	0.733	183	183	7.36	7.36		
16	7.83(470)	0.736	145	145	7.36	7.36		
17	10(600)	0.733	116	116	7.36	7.36		
18	12.5(750)	0.736	92	92	7.36	7.36		



## 第二部分 孔加工切削用量选择

### 一、切削要素

$v$ ——切削速度(m/s)

$$v = \frac{\pi d_o n}{1000}$$

$d_o$ ——刀具直径(mm);

$n$ ——刀具(或工件)每秒转数(r/s);

$a_p$ ——切削深度(mm);

$f$ ——进给量(mm/r);

$T$ ——刀具耐用度(s)

### 二、钻削用量选择举例

[已知]加工材料——40号碳钢,  $\sigma_b = 0.628 \text{ GPa} (64 \text{ kgf/mm}^2)$ ,  
热轧钢

工艺要求——孔径 $d = 20 \text{ mm}$ , 孔深 $l = 80 \text{ mm}$ , 通孔, 7级精度(相当于GB1801-79的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。

[求法]

#### 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1及表2): 双锥修磨横刃,  $\beta = 30^\circ$ ,  $2\phi = 118^\circ$ ,  $2\phi_1 = 70^\circ$ ,  $b_c = 3.5 \text{ mm}$ ,  $\alpha_v = 12^\circ$ ,  $\psi = 55^\circ$ ,  $\delta = 2 \text{ mm}$ ,  $l = 4 \text{ mm}$ 。

#### 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5当加工要求为7级精度, 钢的强度  $\sigma_b < 0.784 \text{ GPa}$ ,  $d_o = 20 \text{ mm}$  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

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

(2) 按钻头强度决定进给量: 根据表7, 当  $\sigma_b = 0.628 \text{ GPa}$ ,  $d_o = 20 \text{ mm}$ , 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8, 当  $\sigma_b \leq 0.628 \text{ GPa}$ ,  $d_o \leq 20.5 \text{ mm}$ , 机床进给机构允许的轴向力为  $8830 \text{ N}$  (Z525钻床允许的轴向力为  $8830 \text{ N}$ , 见表34) 时, 进给量为  $0.53 \text{ mm/r}$ 。

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 机床说明书, 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16可查出钻孔时的轴向力, 当  $f = 0.36 \text{ mm/r}$ ,  $d_o \leq 21$  时, 轴向力  $F_t = 6090 \text{ N}$ 。

轴向力的修正系数均为1.0, 故  $F_o = 6090 \text{ N}$ 。

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  $F_o < F_{\max}$ , 故  $f = 0.36 \text{ mm/r}$  可用。

## 2) 决定钻头磨钝标准及耐用度

由表9, 当  $d_o = 20 \text{ mm}$  时, 钻头后刀面最大磨损量取为  $0.6 \text{ mm}$ , 耐用度  $T = 2700 \text{ s}$ 。

## 3) 决定切削速度

由表11,  $\sigma_b = 0.628 \text{ GPa}$  的40号碳钢加工性属5类。

由表10, 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,  $v_s = 0.45 \text{ m/s}$ 。

切削速度的修正系数为:  $k_{rv}=1.0$ ,  $k_{cv}=1.0$ ,  $k_{ts}=0.85$ ,  $k_{lv}=1.0$

故  $v=v_t k_v=0.46 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.85=0.39 \text{ m/s}$

$$n=\frac{1000v}{\pi d_o}=\frac{1000 \times 0.39}{\pi \times 20}=6.2 \text{ r/s}$$

根据Z325钻床说明书, 可考虑选择 $n_c=6.53 \text{ rps}$ , 但因所选转数较计算转数为高, 会使刀具耐用度下降, 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 $n_c=4.53 \text{ r/s}$ , 仍用 $f=0.36 \text{ mm/r}$ 。比较这两种选择方案:

(1) 第一方案  $f=0.28 \text{ mm/r}$ ,  $n_c=6.53 \text{ r/s}$ ,

$$n_c f=6.53 \times 0.28=1.83$$

(2) 第二方案  $f=0.36 \text{ mm/r}$ ,  $n_c=4.53 \text{ r/s}$ ,

$$n_c f=4.53 \times 0.36=1.63$$

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。

#### 4) 检验机床功率及扭矩

根据表17, 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 $M_o=53.86 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。根据Z525钻床说明书, 当 $n=6.53 \text{ r/s}$ 时,  $M_m=72.6 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。

根据表19, 当 $\sigma_b=0.559 \sim 0.669 \text{ GPa}$ ,  $d_o=20 \text{ mm}$ ,  $f \leq 0.32 \text{ mm/r}$ ,  $v=0.44 \text{ m/s}$ 时,  $P_m=1.7 \text{ kW}$ 。

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

由于 $M_o < M_m$ ,  $P_m < P_s$ , 故选择之切削用量可用, 即

$f=0.28 \text{ mm/r}$ ,  $n=6.53 \text{ r/s}=392 \text{ r/min}$ ,  $v=0.41 \text{ m/s}=24.6 \text{ m/min}$

#### 3. 计算基本工时




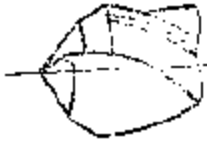

$$t_m=\frac{L}{nf}$$

式中  $L=l+y+A$ ,  $l=80 \text{ mm}$ , 入切量及超切量由表22查出 $y+A=10 \text{ mm}$ 。

故  $t_{\text{总}} = \frac{80+10}{0.28 \times 6.53} = 49.2 \text{ s}$

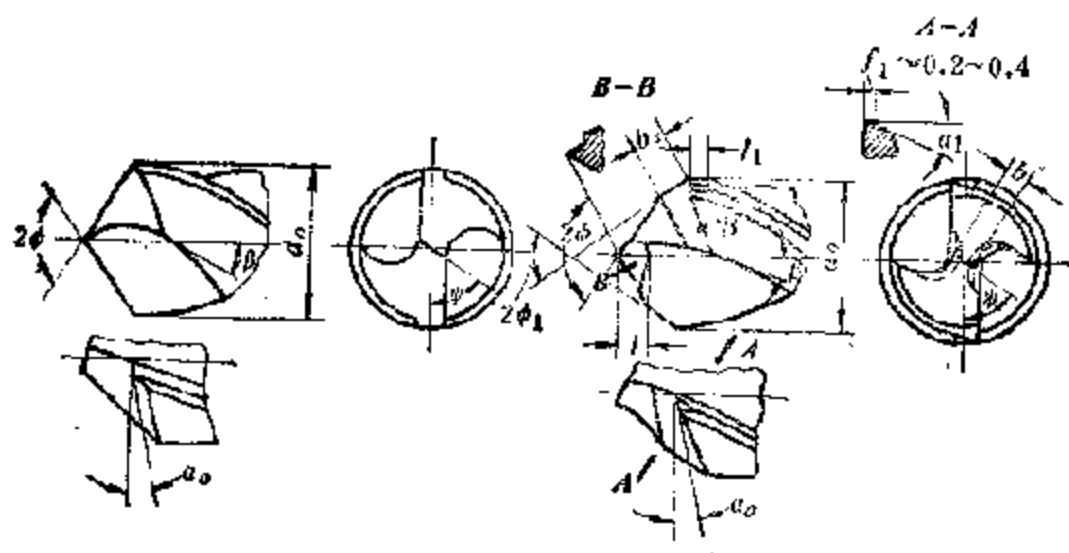
### 三、钻削用量标准

表1 高速钢钻头切削部分的形状

I. 刃 磨 形 状				
钻头直径 $d_0$ (mm)	名 称	标 记	简 图	加 工 材 料
0.15~12*	标 准	标 准		钢、钢铸件、铸铁
12~80	修磨横刃	横		钢及钢铸件 (带外皮) $\sigma_s \leq 0.491 \text{ GPa}$
	修磨棱边 及横刃	棱、横		钢及钢铸件 (不带外皮) $\sigma_s \leq 0.491 \text{ GPa}$
	双锥，修 磨横刃	双横		钢及钢铸件 (带外皮) $\sigma_s > 0.491 \text{ GPa}$ 铸铁(带外皮)
	双锥，修 磨横刃、 棱边	双、横 棱		钢及钢铸件 (不带外皮) $\sigma_s > 0.491 \text{ GPa}$ 铸铁(不带外皮)

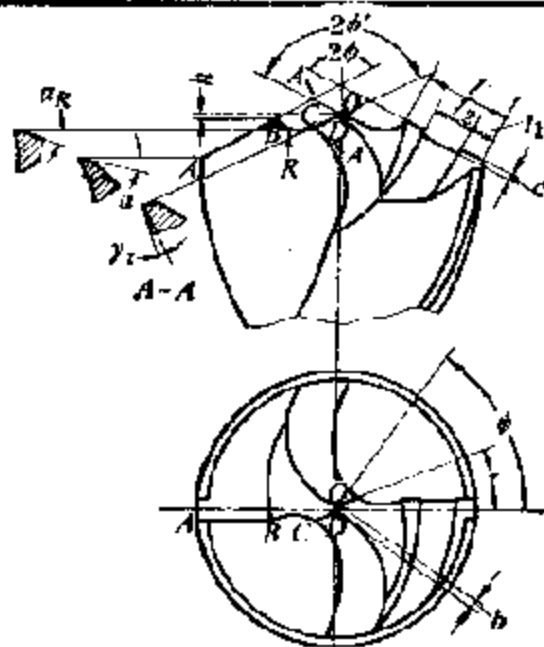
\* 小批生产中直径大于12mm的钻头，也可以不修磨。

## I 切削部分的尺寸



钻头直径 $d_0$ (mm)	后角 $\alpha^\circ$	双重磨法 切削刃长度 $b_e$ (mm)	横刃长度 $b$ (mm)	侧面长度 $l$ (mm)	棱带长度 $l_1$ (mm)
0.25~0.6	25±3	—	—	—	—
>0.6~1.0	22±3				
>1.0~1.6	20±3				
>1.6~2.95	17±3				
>2.95~6.0	16±3				
>6.0~10	12±3	2.5	1	2	1.5
>10~12			—	—	
>12~16			1.5	3	
>16~20	11±3	3.5	2	4	2
>20~25		4.5	2.5	5	
>25~32		5.5	3	6	
>32~40		7	3.5	7	
>40~50		9	5	9	

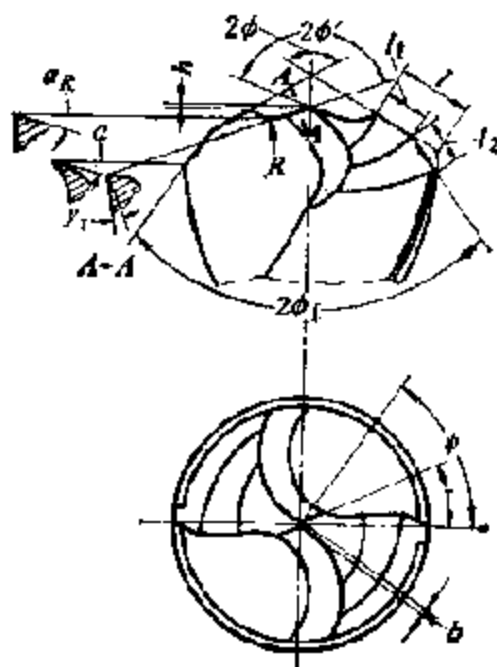
表3 钻钢群钻切削部分几何参数



钻头直径 $d$	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 $2\phi$	内刃锋角 $2\phi'$	横刃斜角 $\psi$	内刃前角 $\gamma_t$	内刃斜角 $\tau$	外刃后角 $\alpha$	圆弧后角 $\alpha_r$
	(mm)			(条)					(度)						
5~7	0.24	0.76	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	1.3	3.4	0.9			125	135	65	—15			
> 25~30	1.10	2.5	8.5	2.2	4.2	1.1	1	1					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	4.6	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： $h \approx 0.4d$ ； $R \approx 0.1d$ ； $l \approx 0.2d$ （ $d \leq 15$ ）， $l \approx 0.3d$ （ $d > 15$ ）； $b \approx 0.03d$ 。

表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 $2\phi$	第二锋角 $2\phi_1$	内刃锋角 $2\phi_2$	横刃斜角 $\psi$	内刃前角 $\gamma_1$	内刃斜角 $\tau$	外刃后角 $\alpha$	圆弧后角 $\alpha_R$
	(mm)											(度)	
5~7	0.2	0.75	0.2	1.9									
> 7~10	0.3	1.35	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	$l_1/2$	120	70	135	65	-10	25	10	18
> 30~35	0.9		0.9	10									
> 35~40	1.05	4.5	1.05	11.5									
> 40~45	1.15		1.15	13									
> 45~50	1.3		1.3	14.5							30	8	15
> 50~60	1.45		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5 高速钢钻头钻孔时的进给量

钻头直径 $d$ (mm)	钢 $\sigma_s$ (GPa)			铸铁、铜及铝合金 HB	
	$<0.784$	$0.784\sim0.981$	$>0.981$	$\leq 200$	$> 200$
进 给 量 $f$ (mm/r)					
$<2$	0.05~0.06	0.04~0.05	0.03~0.04	0.09~0.11	0.06~0.07
$> 2\sim 4$	0.08~0.10	0.06~0.08	0.04~0.06	0.18~0.22	0.11~0.13
$> 4\sim 6$	0.14~0.18	0.10~0.12	0.08~0.10	0.27~0.33	0.18~0.22
$> 6\sim 8$	0.18~0.22	0.13~0.16	0.11~0.13	0.36~0.44	0.22~0.26
$> 8\sim 10$	0.22~0.28	0.17~0.21	0.13~0.17	0.47~0.57	0.28~0.34
$> 10\sim 13$	0.25~0.31	0.19~0.23	0.15~0.19	0.52~0.64	0.31~0.39
$> 13\sim 16$	0.31~0.37	0.22~0.28	0.18~0.22	0.61~0.75	0.37~0.46
$> 16\sim 20$	0.35~0.49	0.20~0.32	0.21~0.26	0.70~0.86	0.43~0.53
$> 20\sim 25$	0.39~0.47	0.29~0.36	0.23~0.29	0.78~0.96	0.47~0.57
$> 25\sim 30$	0.45~0.55	0.32~0.40	0.27~0.33	0.9 ~1.1	0.54~0.66
$> 30\sim 80$	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 7 级以下 (相当于 GB1801-79 的 H12~H13) (或自由公差), 钻孔后还用钻头、铰钻或铰刀加工。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, 钻孔后用丝锥攻螺纹的孔, 乘系数 0.50。

2. 钻孔深度大于 3 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 $k_{11}$	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6 硬质合金YG8钻头钻灰铸铁时的进给量

钻头直径 $d_0$  (mm)	铸 铁 硬 度 HB			
	$\leq 200$		$> 200$	
	工 艺 要 求 分 类			
	I	II	III	IV
	进 给 量 $f$ (mm/r)			
$\leq 8$	0.22~0.26	0.18~0.22	0.18~0.22	0.13~0.17
$> 8 \sim 12$	0.30~0.36	0.22~0.28	0.25~0.30	0.18~0.22
$> 12 \sim 16$	0.35~0.40	0.25~0.30	0.28~0.34	0.20~0.25
$> 16 \sim 20$	0.40~0.48	0.27~0.33	0.32~0.38	0.23~0.28
$> 20 \sim 24$	0.45~0.55	0.33~0.38	0.38~0.43	0.27~0.32
$> 24 \sim 28$	0.50~0.60	0.37~0.44	0.40~0.46	0.32~0.38
$> 28 \sim 30$	0.55~0.65	0.40~0.50	0.45~0.50	0.36~0.44

注: 1. I类进给量用于在大刚性零件上钻孔, 精度在7级(相当于 GB1801-79 的H12~H13)以下或自由公差, 钻孔后还用钻头、铰钻或铰刀加工。

II类进给量用于在中等刚性条件下, 钻孔后用铰刀加工的精确孔, 钻孔后用丝锥攻螺纹的孔。

2. 钻孔深度大于3倍直径时应乘修正系数:

孔 深	$3d_0$	$5d_0$	$7d_0$	$10d_0$
修正系数 $k_{f1}$	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7 钻头强度所

加工材料											
可锻铸铁	灰铸铁	钢		钻头							
HB	HB	$\sigma_s$ (GPa)	HR								
—	—	0.372~0.451	110~131	—	—	—	—	—	2.2	2.7	
—	—	0.46~0.549	135~160	—	—	—	—	2.2	2.7	3.4	
<133	<168	0.559~0.669	163~194	—	—	—	2.2	2.7	3.4	4.3	
133~168	168~213	0.677~0.804	197~234	—	—	2.2	2.7	3.4	4.3	5.4	
>168	>213	0.813~0.97	237~293	—	2.2	2.7	3.4	4.3	5.4	6.7	
—	—	0.981~1.17	285~343	2.2	2.7	3.4	4.3	5.4	6.7	8.4	

进 给 量  $f$ 

钢	0.11	0.13	0.16	0.19	0.23	0.27	0.32
灰 铸 铁 及 可 锻 铸 铁	0.21	0.25	0.3	0.35	0.42	0.50	0.60

注：表中数值已考虑了钻头磨损后力的增大。



表8 机床进给机构强度所

加 工 材 料								钻
可 锻 铸 铁 HB		灰 铸 铁 HB		钢 $\sigma_s$ (GPa) HB				
<130	>130	<210	>210	$\sigma_s \leq 0.623$ HB < 185	0.823 240	1.03 303	1.31 363	
机床说明书中所载进给机构允许的轴向力 (N)								
—	—	—	—	—	—	—	3430	—
—	—	—	3430	—	—	3430	4120	—
—	3430	3430	4120	—	3430	4120	4900	—
3430	4120	4120	4900	3430	4120	4900	5880	—
4120	4900	4900	5880	4120	4900	5880	6960	—
4900	5880	5880	6960	4900	5880	6960	8330	—
5880	6960	6960	8330	5880	6960	8330	9800	—
6960	8330	8330	9800	6960	8330	9800	11760	—
8330	9800	9800	11760	8330	9800	11760	14120	—
9800	11760	11760	14120	9800	11760	14120	16860	—
11760	14120	14120	16860	11760	14120	16860	20100	—
14120	16860	16860	20100	14120	16860	20100	24020	10.2
16860	20100	20100	24020	16860	20100	24020	28440	12.1
20100	24020	24020	28440	20100	24020	28440	34320	14.5
24020	28440	28440	34320	24020	28440	34320	41180	17.5
28440	34320	34320	41180	28440	34320	41180	49030	20.5
34320	41180	41180	49030	34320	41180	49030	58840	25
41180	49030	49030	58840	41180	49030	58840	69620	30
49030	58840	58840	69620	49030	58840	69620	83350	36
58840	69620	69620	83350	58840	69620	83350	98060	42
69620	83350	83350	98060	69620	83350	98060	—	50
83350	98060	98060	—	83350	98060	—	—	60

进 给 量  $f$ 

钢	刃 磨 形 式	双横, 双横棱	>2.4
		标 准	2.0
灰铸铁及可锻铸铁		双横, 双横棱	>2.25
		标 准	>2.3

## 允许的钻削进给量

头直径  $d_0$  (mm)

—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.2	12.1
—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.2	12.1	14.5
—	—	—	—	—	—	—	—	10.2	12.1	14.5	17.5
—	—	—	—	—	—	—	10.2	12.1	14.5	17.5	20.5
—	—	—	—	—	—	10.2	12.1	14.5	17.5	20.5	25
—	—	—	—	—	10.2	12.1	14.5	17.5	20.5	25	30
—	—	—	—	10.2	12.1	14.5	17.5	20.5	25	30	35
—	—	—	10.2	12.1	14.5	17.5	20.5	25	30	35	42
—	—	10.2	12.1	14.5	17.5	20.5	25	30	35	42	50
—	10.2	12.1	14.5	17.5	20.5	25	30	35	42	50	60
10.2	12.1	14.5	17.5	20.5	25	30	35	42	50	60	—
12.1	14.5	17.5	20.5	25	30	35	42	50	60	—	—
14.5	17.5	20.5	25	30	35	42	50	60	—	—	—
17.5	20.5	25	30	35	42	50	60	—	—	—	—
20.5	25	30	35	42	50	60	—	—	—	—	—
25	30	35	42	50	60	—	—	—	—	—	—
30	35	42	50	60	—	—	—	—	—	—	—
35	42	50	60	—	—	—	—	—	—	—	—
42	50	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(mm/r)											
2.4	1.9	1.6	1.1	0.88	0.69	0.53	0.41	0.32	0.25	0.19	0.15
1.6	1.2	0.96	0.75	0.58	0.45	0.35	0.27	0.21	0.16	0.13	0.1
> 2.25	> 2.25	> 2.25	2.25	1.8	1.5	1.2	0.93	0.75	0.60	0.48	0.38
> 2.3	2.3	2.0	1.6	1.3	1.0	0.81	0.66	0.52	0.42	0.33	0.27

表9 钻头的磨钝标准及耐用度

磨钝标准	刀具材料	加工材料	磨损部位	钻头直径 $d$ (mm)		后刀面最大 磨损限度 (mm)	切削液	
	高速钢	钢	后刀面	$\leq 20$		0.4~0.8	用	
				$> 20$		0.8~1.0		
		不锈钢和耐 热钢		—		0.3~0.8		
		钛合金		—		0.4~0.6		
		铸 铁	主刃及副刃 转角处	$\leq 20$		0.6~0.8	不 用	
				$> 20$		0.8~1.2		
	硬质合金	铸 铁	主刃及副刃 转角处	$\leq 20$		0.4~0.8	不 用	
				$> 20$		0.8~1.2		
	钻头直径 $d$ (mm)	$< 6$	6~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60
	加工钢	900	1600	2700	3000	4200	5400	6600
	加工不锈钢 及耐热钢	360	480	900	1500	—	—	—
	加工铸铁、 耐合金及铝 合金	1200	2100	3600	4500	6600	8400	10200

注：加工铸铁用硬质合金钻头时耐用度可取得与高速钢相同。

表10 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	0.63	0.88	—	—	—	—	—
2	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49	0.63	0.88	—	—	—	—
3	0.13	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49	0.63	0.88	—	—	—
4	0.11	0.13	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49	0.63	0.88	—	—
5	0.09	0.11	0.13	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49	0.63	0.88	—
6	—	0.09	0.11	0.13	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49	0.63	0.88
7	—	—	0.09	0.11	0.13	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49	0.63
8	—	—	—	0.09	0.11	0.13	0.16	0.20	0.27	0.36	0.49
9	—	—	—	—	0.09	0.11	0.13	0.16	0.20	0.27	0.36
10	—	—	—	—	—	0.09	0.11	0.13	0.16	0.20	0.27
11	—	—	—	—	—	—	0.09	0.11	0.13	0.16	0.20
刃磨形式	钻头直径 $d$ (mm)	切 削 速 度 $v$ (m/s)									
双横	20	0.91	0.91	0.83	0.71	0.61	0.53	0.46	0.40	0.34	0.30
	30	0.91	0.91	0.91	0.83	0.71	0.61	0.53	0.46	0.40	0.34
	60	0.91	0.91	0.91	0.91	0.83	0.71	0.53	0.46	0.40	0.34
标准	4.6	0.71	0.61	0.53	0.46	0.40	0.34	0.30	0.25	0.22	0.18
	9.6	0.83	0.71	0.61	0.53	0.46	0.40	0.34	0.30	0.25	0.22
	20	0.91	0.83	0.71	0.61	0.53	0.46	0.40	0.34	0.30	0.25
	30	0.91	0.91	0.83	0.71	0.61	0.53	0.46	0.40	0.34	0.30
	60	0.91	0.91	0.91	0.83	0.71	0.61	0.53	0.46	0.40	0.34

注: 1. 钻头耐用度按表9选取, 当耐用度改变时切削速度应乘系数 $k_{r1}$ ;

实际耐用度与标准耐用度之比	0.25	0.50	1.0	2	4	8
系 数 $k_{r1}$	1.32	1.15	1.0	0.87	0.76	0.66

2. 钢的加工性分类见表11.

3. 钢的状态改变时, 切削速度应乘修正系数 $k_{r2}$ , 见表23.

4. 孔的深度大于3倍直径时, 切削速度应乘修正系数 $k_{r3}$ , 见表23.

5. 钻头材料改变时, 切削速度应乘修正系数 $k_{r4}$ , 见表21-6.

表11 孔加工时钢的加工性分类

钢 的 牌 号	钢 的 机 械 性 能 及 加 工 性 分 类							
	$\sigma$ (GPa)	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.1}$	$\sigma_{0.01}$	$\sigma_{0.001}$	$\sigma_{0.0001}$	$\sigma_{0.00001}$	加工性分类
易 切 削 钢								
Y12, Y15, Y15Mn,	117~131	132~154	155~180	181~205	205~237	238~274	285~341	—
Y20, Y30, Y35	2.1	1.8	1.56	1.34	1.16	1.0	0.86	—
加工性分类	1	2	3	4	5	6	7	—
结 构 碳 钢								
(C<0.6%)								
08F, 10, 15, 20,	0.294~0.343	0.353~0.402	0.411~0.481	0.49~0.559	0.589~0.639	0.677~0.794	0.804~0.941	—
25, 30, 35, 40,	84~98	100~117	118~140	141~163	164~194	195~232	233~274	—
45, 55, 60,	0.96	1.0	1.16	1.34	1.16	1.0	0.86	—
A1, A2, A3, A4,	7	6	5	4	5	6	7	—
A5, A6								—
合金钢: 15Cr, 20Cr,	0.362~0.421	0.431~0.5	0.509~0.598	0.608~0.708	0.715~0.833	0.843~0.981	0.990~1.17	—
30Cr, 35Cr, 40Cr,								—
50Cr,	110~127	128~145	147~174	175~205	206~243	244~285	286~341	—
镍钢: 25Ni, 30Ni,								—
镍铬钢: 20CrNi,								—
40CrNi, 45CrNi,								—
50CrNi, 12CrNi2,								—
12CrNi3, 30CrNi3,								—
12Cr2Ni4, 20Cr2Ni4,								—
20CrNi3A, 37CrNi3A	3	4	5	6	7	8	9	—
加工性分类								—









(续)

加工材料		评价 径比 f/d。	切削用量	直 径 d <sub>c</sub> (mm)								
碳 钢 (10、15、20、35、 40、45、50等)	合 金 钢 (40Cr、38CrSi、 60Mn、35CrMo、 20CrMnTi等)			8	10	12	16	20	25	30	35	40
HB=229~285或 σ <sub>s</sub> =0.784~0.981 GPa	HB=207~255或 σ <sub>s</sub> =0.686~0.883 GPa	合金二 具钢、 合金钢 钢、易 切不锈 钢	进给量f(mm/r)	0.17	0.22	0.29	0.32	0.4	0.45	0.5	0.56	0.62
			切速v(m/s)	0.2	0.2	0.2	0.208	0.208	0.208	0.216	0.216	0.216
			转速n(r/s)	8.0	6.33	5.33	4.17	3.33	2.67	2.33	2.0	1.5
			进给量f(mm/l)	0.13	0.18	0.22	0.26	0.32	0.38	0.4	0.45	0.5
HB=235~321或 σ <sub>s</sub> =0.981~1.18 GPa	HB=255~302或 σ <sub>s</sub> =0.883~1.08 GPa	奥氏体 不锈钢	切速v(m/s)	0.183	0.183	0.183	0.192	0.192	0.192	0.2	0.2	0.2
			转速n(r/s)	7.33	5.33	4.83	3.83	3.08	2.42	2.08	1.83	1.59
			进给量f(mm/l)	0.19	0.22	0.26	0.32	0.36	0.4	0.46	0.56	0.62
			切速v(m/s)	0.15	0.15	0.15	0.166	0.166	0.166	0.183	0.183	0.183
HB=235~321或 σ <sub>s</sub> =0.981~1.18 GPa	HB=255~302或 σ <sub>s</sub> =0.883~1.08 GPa	奥氏体 不锈钢	转速n(r/s)	6.0	4.75	4.0	3.17	2.67	2.17	1.92	1.67	1.5
			进给量f(mm/l)	0.12	0.15	0.18	0.22	0.26	0.3	0.32	0.38	0.41
			切速v(m/s)	0.15	0.15	0.15	0.166	0.166	0.166	0.183	0.183	0.183
			转速n(r/s)	6.0	4.75	4.0	3.17	2.67	2.17	1.92	1.67	1.5

注: 1. 钻头平均耐用度3600~7200s; 2. 应使用乳化液冷却; 3. 当工艺系统刚性低、钻孔精度要求高和排屑、冷却不良时, 应当降低  $f$  和  $v$ 。

表14 群钻加工铸铁时的切削用量

加工材料	切削用量	直径 $d_0$ (mm)						
		8	10	12	16	20	25	30
灰 铸 铁	进给量 $f$ (mm/r)	深度 $L/D$						
		8	10	12	16	20	25	30
HB=163~229 (HT10-26, HT15-33) 可锻铸铁 HB<229	进给量 $f$ (mm/r)	0.3	0.4	0.5	0.6	0.75	0.81	0.9
	切速 $v$ (m/s)	0.333	0.333	0.333	0.35	0.35	0.35	0.366
	转速 $n$ (r/s)	13.33	10.67	8.83	7.0	5.58	4.50	3.83
	进给量 $f$ (mm/r)	0.24	0.32	0.4	0.5	0.6	0.67	0.75
HB=170~269 (HT20-40以上) 可锻铸铁 HB=197~269 锰铸铁	切速 $v$ (m/s)	0.266	0.266	0.266	0.283	0.283	0.283	0.30
	转速 $n$ (r/s)	10.67	8.5	7.0	5.58	4.5	3.67	3.17
	进给量 $f$ (mm/r)	0.24	0.32	0.4	0.5	0.6	0.67	0.75
	切速 $v$ (m/s)	0.266	0.266	0.266	0.283	0.283	0.283	0.30
HB=170~269 (HT20-40以上) 可锻铸铁 HB=197~269 锰铸铁	进给量 $f$ (mm/r)	0.24	0.32	0.4	0.5	0.6	0.67	0.75
	切速 $v$ (m/s)	0.266	0.266	0.266	0.283	0.283	0.283	0.30
	转速 $n$ (r/s)	10.67	8.5	7.0	5.58	4.5	3.67	3.17
	进给量 $f$ (mm/r)	0.2	0.26	0.32	0.38	0.48	0.55	0.6
HB=170~269 (HT20-40以上) 可锻铸铁 HB=197~269 锰铸铁	切速 $v$ (m/s)	0.216	0.216	0.216	0.233	0.233	0.233	0.25
	转速 $n$ (r/s)	8.67	7.0	5.83	4.5	3.67	2.83	2.5
	进给量 $f$ (mm/r)	0.24	0.32	0.4	0.5	0.6	0.67	0.75
	切速 $v$ (m/s)	0.266	0.266	0.266	0.283	0.283	0.283	0.30

附注: 1. 钻头平均耐用度 1200s; 2. 应使用乳化液冷却; 3. 当工艺系统刚性低、钻孔精度要求高和钻削条件不好时 (如带铸道黑皮), 应适当降低  $f$  和  $v$ 。

表15 用YG8硬质合金钻头钻灰铸铁时的切削速度

铸铁硬度 HR	进 给 量 $f$ (mm/r)							
125~147	0.13	0.19	0.28	0.41	0.60	—	—	—
148~174	—	0.13	0.19	0.28	0.41	0.60	—	—
175~206	—	—	0.13	0.19	0.28	0.41	0.60	—
207~246	—	—	—	0.13	0.19	0.28	0.41	0.60
钻头直径 $d$ (mm)	切 削 速 度 (m/s)							
8	1.71	1.53	1.36	1.20	1.06	0.95	0.85	0.75
12.5	1.93	1.71	1.53	1.36	1.20	1.06	0.95	0.85
20	2.16	1.93	1.71	1.53	1.36	1.20	1.06	0.95
30	2.50	2.16	1.93	1.71	1.53	1.36	1.20	1.06

注: 1. 制定此表格时所采用的钻头耐用度为:

钻头直径 $d$ (mm)	≤10	11~15	16~20	21~25	26~30
耐用度 $T$ (s)	2400	3000	4200	4200	4800

当耐用度改变时, 切削速度应乘修正系数 $k_{TV}$ :

实际耐用度与标准耐用度之比	0.25	0.5	1.0	1.5	2	2.5	3	3.5	4
系数 $k_{TV}$	1.32	1.15	1.00	0.92	0.87	0.83	0.80	0.78	0.76

2. 孔的深度大于3倍直径时, 切削速度应乘修正系数 $k_{TV}$ , 见表23.3. 钻头材料改变时, 切削速度应乘修正系数 $k_{TM}$ , 见表21-6.

表16 高速钢钻头钻孔时的轴向力

经 $\sigma_s = 0.637 \text{ GPa}$												
钻头直径 $d$ (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 $F$ (N)												
10.2	1340	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	14330	—	—
30	3580	4280	5120	6090	7330	8740	10420	12360	14330	17660	21190	25160
35	4280	5120	6090	7330	8740	10420	12360	14330	17660	21190	25160	30020
42	—	6090	7330	8740	10420	12360	14330	17660	21190	25160	30020	36200
50	—	7330	8740	10420	12360	14330	17660	21190	25160	30020	36200	42380
60	—	8740	10420	12360	14330	17660	21190	25160	30020	36200	42380	51210

灰铸铁HB=190; 可锻铸铁HB=150

钻头直径 $d$ (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 $F$ (N)												
12	1230	1470	1760	2110	2500	2990	3580	4270	—	—	—	—
14.5	1470	1760	2110	2500	2990	3580	4270	5100	6080	—	—	—
17.5	1760	2110	2500	2990	3580	4270	5100	6080	7260	8630	—	—
21	2110	2500	2990	3580	4270	5100	6080	7260	8630	10300	—	—
25	2500	2990	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
50	—	—	—	—	—	—	12260	14720	17560	21090	25020	29920
60	—	—	—	—	—	—	14720	17560	21090	25020	29920	35810

加工条件改变时轴向力的修正系数

1. 加工材料	$\sigma_s$ (GPa)	0.392	>0.49	>0.588	>0.687	>0.785	>0.883	>0.981	>1.08	>1.177
		~0.49	~0.588	~0.687	~0.785	~0.883	~0.981	~1.08	~1.177	~1.275
钢	HB	110~140	>140~170	>170~200	>200~230	>230~260	>260~290	>290~320	>320~350	>350~380
	系数 $k_{MF}$	0.75	0.88	1.0	1.1	1.22	1.33	1.43	1.54	1.63
灰铸铁	HB		<104			164~220			>220	
	系数 $k_{MF}$		0.85			1.0			1.2	
可锻铸铁	HB		<129			129~172			>172	
	系数 $k_{MF}$		0.85			1.0			1.2	
2. 刃磨形式	刃磨形式	标准				双横, 双横棱,				
	系数 $k_{DF}$	1.33				1.0				
3. 磨钝情况	磨钝情况	新的				磨钝了的				
	系数 $k_{WF}$	0.9				1.0				

表17 高速钢钻头钻削时的扭矩

钻头直径 $d$ (mm)	进 给 量 $f$ (mm/r)										$M$ (N·m)		
	0.14	0.17	0.21	0.26	0.33	0.41	0.51	0.64	0.8	1.0		1.3	1.6
	进 给 量 $f$ (mm/r)												
11.1	7.68	9.18	10.94	13.24	16.89	18.54	22.07	—	—	—	—	—	
12.2	9.18	10.94	13.24	16.89	18.54	22.07	26.49	31.78	—	—	—	—	
13.3	10.94	13.24	16.89	18.54	22.07	26.49	31.78	37.96	—	—	—	—	
14.5	13.24	16.89	18.54	22.07	26.49	31.78	37.96	45.03	—	—	—	—	
16	16.89	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	—	—	—	—	
22	26.49	31.78	37.96	45.03	53.86	64.45	76.81	91.8	109.4	—	—	—	
25	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	538.5
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	—	—	—	—	—	—	317.7	450.3	538.6	644.5	768.1	918.2
50	—	—	—	—	—	—	450.3	538.6	644.6	768.1	918.2	1095
55	—	—	—	—	—	—	—	644.5	768.1	918.2	1095	1307
60	—	—	—	—	—	—	—	768.1	918.2	1095	1307	1563

数系工修矩扭时变件基下据

1. 加工材料	鋼	$\sigma_s$ (GPa)	$0.392 \sim > 0.49 \sim > 0.49 \sim > 0.588 \sim > 0.588 \sim > 0.687 \sim > 0.687 \sim > 0.785 \sim > 0.785 \sim > 0.883 \sim > 0.883 \sim > 0.981 \sim > 0.981 \sim > 1.08 \sim > 1.08 \sim > 1.177 \sim > 1.177 \sim > 1.275 \sim > 1.275 \sim > 350 \sim > 350 \sim > 380 \sim > 380$																			
			$0.49$		$0.588$		$0.687$		$0.785$		$0.883$		$0.981$		$1.08$		$1.177$		$1.275$			
			$110 \sim 140$		$> 140 \sim 170$		$> 170 \sim 200$		$> 200 \sim 230$		$> 230 \sim 260$		$> 260 \sim 290$		$> 290 \sim 320$		$> 320 \sim 350$		$> 350 \sim 380$			
2. 磨損情況	鋼	系數 $k_{MN}$	新 的										磨 耗 了 的									
			0.75 0.88 1.0 1.11 1.22										1.33 1.43 1.54 1.68									
			0.75 0.88 1.0 1.11 1.22										1.33 1.43 1.54 1.68									
磨損情況	鋼	系數 $k_{MN}$	0.87										1.0									
			0.87										1.0									
			0.87										1.0									

表18 高速钢钻头钻铸铁时的扭矩

钻头直径 $d_1$ (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
	扭 矩 $M$ (N·m)									
11.1	6.18	7.35	8.82	10.49	12.55	15	17.85	21.58	—	—
12.2	7.95	8.82	10.49	12.55	16	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	35.29	—
14.5	10.49	12.55	15	17.85	21.58	25.5	30.41	35.29	43.16	—
16.1	12.55	15	17.85	21.58	25.5	30.41	35.29	43.16	51.99	—
17.5	15	17.85	21.58	25.5	30.41	35.29	43.16	51.99	61.8	73.57
19	17.85	21.58	25.5	30.41	35.29	43.16	51.99	61.8	73.57	88.29
21	21.58	25.5	30.41	35.29	43.16	51.99	61.8	73.57	88.29	104.96
22.5	25.5	30.41	35.29	43.16	51.99	61.8	73.57	88.29	104.96	125.56
25	30.41	35.29	43.16	51.99	61.8	73.57	88.29	104.96	125.56	150
27	35.29	43.16	51.99	61.8	73.57	88.29	104.96	125.56	150	178.54
										215.82
										255



### 钢时消耗的功率

给	量	$f$	(mm/r)
---	---	-----	--------

—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.63	0.75	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.53	0.63	0.75	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.45	0.53	0.63	0.75	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.38	0.45	0.53	0.63	0.75	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.32	0.38	0.45	0.53	0.63	0.75	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.27	0.32	0.38	0.45	0.53	0.63	0.75	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—
0.22	0.27	0.32	0.38	0.45	0.53	0.63	0.75	0.9	1.06	—	—	—	—	—	—
—	0.22	0.27	0.32	0.38	0.45	0.53	0.63	0.75	0.9	1.06	—	—	—	—	—
—	—	0.22	0.27	0.32	0.38	0.45	0.53	0.63	0.75	0.9	1.06	1.25	—	—	—
—	—	—	0.22	0.27	0.32	0.38	0.45	0.53	0.63	0.75	0.9	1.06	1.25	1.5	—
—	—	—	—	0.22	0.27	0.32	0.38	0.45	0.53	0.63	0.75	0.9	1.06	1.25	1.5
—	—	—	—	—	0.22	0.27	0.32	0.38	0.45	0.53	0.63	0.75	0.9	1.06	1.25
—	—	—	—	—	—	0.22	0.27	0.32	0.38	0.45	0.53	0.63	0.75	0.9	1.06
—	—	—	—	—	—	—	0.22	0.27	0.32	0.38	0.45	0.53	0.63	0.75	0.9
—	—	—	—	—	—	—	—	0.22	0.27	0.32	0.38	0.45	0.53	0.63	0.75

$$\frac{1}{\eta} P_{\text{in}} \quad (\text{kW})$$

—	—	—	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.8	4.4	5.0	5.8	6.6
—	—	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.8	4.4	5.0	5.8	6.6	7.6
—	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.8	4.4	5.0	5.8	6.6	7.6	8.7
1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.8	4.4	5.0	5.8	6.6	7.6	8.7	10
1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.8	4.4	5.0	5.8	6.6	7.6	8.7	10	11.5
1.5	1.7	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.8	4.4	5.0	5.8	6.6	7.6	8.7	10	11.5	13.2
1.7	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.8	4.4	5.0	5.8	6.6	7.6	8.7	10	11.5	13.2	15
1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.8	4.4	5.0	5.8	6.6	7.6	8.7	10	11.5	13.2	15	—
2.2	2.5	2.9	3.3	3.8	4.4	5.0	5.8	6.6	7.6	8.7	10	11.5	13.2	15	—	—
2.5	2.9	3.3	3.8	4.4	5.0	5.8	6.6	7.6	8.7	10	11.5	13.2	15	—	—	—
2.9	3.3	3.8	4.4	5.0	5.8	6.6	7.6	8.7	10	11.5	13.2	15	—	—	—	—
3.3	3.8	4.4	5.0	5.8	6.6	7.6	8.7	10	11.5	13.2	15	—	—	—	—	—

表20 高速钢钻头钻灰铸铁时消耗的功率

灰铸铁硬度 HB		进给量 $f$ (mm/r)		功率 $P_m$ (kW)		切削速度 $v$ (m/s)	
$<170$ $170 \sim 213$ $>213$		$d_1$ (mm)		功率 $P_m$ (kW)		切削速度 $v$ (m/s)	
11.5	10.0	8.7	0.530	0.30	1.7	2.0	6.1
13.2	11.5	10.0	0.450	0.30	1.7	2.0	5.3
15.0	13.2	11.5	0.380	0.30	1.7	2.0	4.6
17.4	15.0	13.2	0.320	0.30	1.7	2.0	3.9
20	17.4	15.0	0.320	0.30	1.7	2.0	3.2
23	20	17.4	0.320	0.30	1.7	2.0	2.5
26.5	23	20	0.320	0.30	1.7	2.0	1.8
30	26.5	23	0.320	0.30	1.7	2.0	1.5
34.5	30	26.5	0.320	0.30	1.7	2.0	1.2
40	34.5	30	0.320	0.30	1.7	2.0	1.0
46	40	34.5	0.320	0.30	1.7	2.0	0.8
52	46	40	0.320	0.30	1.7	2.0	0.7
60	52	46	0.320	0.30	1.7	2.0	0.6
—	60	52	0.320	0.30	1.7	2.0	0.5
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.4
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.3
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.2
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.1
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	0.0
—	—	—	0.320	0.30	1.7	2.0	

表21 用YG8硬质合金钻头钻HB160~230灰铸铁时的功率

钻头直径 $d$ (mm)	进给量 $f$ (mm/r)									
13.6	0.21	0.33	—	—	—	—	—	—	—	—
14.2	—	0.21	0.33	0.41	0.51	—	—	—	—	—
16.5	—	0.17	0.26	0.33	0.41	0.64	—	—	—	—
19	—	—	0.21	0.26	0.33	0.61	0.64	—	—	—
22	—	—	0.17	0.21	0.26	0.41	0.51	0.64	0.8	—
26	—	—	—	0.17	0.21	0.33	0.41	0.51	0.64	0.8
30	—	—	—	—	0.17	0.26	0.33	0.41	0.51	0.64
切削速度 $v$ (m/s)	进给量						功率 $P_m$ (kW)			
0.334	—	—	—	—	—	1.4	1.6	1.9	2.3	2.8
0.4	—	—	—	—	1.1	1.6	1.9	2.3	2.8	3.3
0.484	—	—	—	1.1	1.4	1.9	2.3	2.8	3.3	3.9
0.584	—	—	1.1	1.4	1.6	2.3	2.8	3.3	3.9	4.7
0.684	—	—	1.4	1.6	1.9	2.8	3.3	3.9	4.7	5.6
0.813	—	1.1	1.6	1.9	2.3	3.3	3.9	4.7	5.6	6.7
0.985	—	1.4	1.9	2.3	2.8	3.9	4.7	5.6	6.7	8.0
1.17	1.1	1.6	2.3	2.8	3.3	4.7	5.6	6.7	8.0	9.8
1.4	1.4	1.9	2.8	3.3	3.9	5.6	6.7	8.0	9.8	11.4
1.67	1.6	2.3	3.3	3.9	4.7	6.7	8.0	9.8	11.4	—

表22 钻孔时的入切量和超切量

加工件质		钻头直径 $d$ (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	2.0	2.5	5	7	8	10	12	15	18	23	—	—
	双刃磨法	—	—	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、钻削用量的计算公式

表23 钻孔时切削速度的计算公式

计 算 公 式						
$v = \frac{C_v d_0^{x_v}}{60^{1-y_v} T^m f^{y_v}} k_v (\text{m/s})$						
公 式 中 的 系 数 和 指 数						
加 工 材 料	加 工 类 型	公式中的系数和指数				
		$C_v$	$x_v$	$y_v$	$m$	
碳素结构钢和合金结构钢 $\sigma_s=0.637\text{GPa}$	高速钢钻头 (用切削液)	$f \leq 0.2 \text{ mm/r}$	8	0.4	0.7	0.2
		$f > 0.2 \text{ mm/r}$	11.1	0.4	0.5	0.2
灰 铸 铁 HB=190	高速钢钻头 (不用切削液)	$f \leq 0.3 \text{ mm/r}$	14.7	0.25	0.55	0.125
		$f > 0.3 \text{ mm/r}$	17.1	0.25	0.4	0.125
	YG8 钻头 (不用切削液)	—	34.2	0.45	0.3	0.2
可 锻 铸 铁 HB=150	高速钢钻头 (用切削液)	$f \leq 0.3 \text{ mm/r}$	21.8	0.25	0.55	0.125
		$f > 0.3 \text{ mm/r}$	25.3	0.25	0.4	0.125
	YG8 钻头 (不用切削液)	—	40.4	0.45	0.3	0.2
不锈钢1Cr18Ni9Ti, HB=141	高速钢钻头 (用切削液)	—	3.57	0.5	0.45	0.12
中等硬度非均质的铜合金 HB=100~140	高速钢钻头 (不用切削液)	$f \leq 0.3 \text{ mm/r}$	28.1	0.25	0.55	0.125
		$f > 0.3 \text{ mm/r}$	32.6	0.25	0.4	0.135
铝硅合金及铸造铝合金 $\sigma_s=0.0931\sim0.196\text{GPa}$ , HB<85 硬铝 $\sigma_s=0.284\sim0.392\text{GPa}$ HB<100	高速钢钻头 (不用切削液)	$f \leq 0.3 \text{ mm/r}$	38.3	0.25	0.55	0.125
		$f > 0.3 \text{ mm/r}$	48.7	0.25	0.4	0.125

注：1. 计算出的切削速度适于磨双锥及修磨横刃的钻头，对标准钻头切削速度须乘系数 $k_{v_1}=0.85$ 。

2. 加工材料的强度和硬度改变时，切削速度应乘修正系数 $k_{v_2}$ （见车削表21-1~21-4）。

3. 当钻头材料改变时，切削速度应乘修正系数 $k_{v_3}$ （见车削表21-6）。

4. 当孔深超过3倍直径时，切削速度应乘修正系数 $k_{v_4}$ 。

钻孔深度（孔深以直径倍数表示）	3d <sub>0</sub>	4d <sub>0</sub>	5d <sub>0</sub>	6d <sub>0</sub>	8d <sub>0</sub>	10d <sub>0</sub>
系 数 $k_{v_4}$	1.0	0.95	0.75	0.70	0.60	0.50

5. 当钢的状态改变时，切削速度应乘修正系数 $k_{v_5}$ 。

(续)

钢的状态	材 料 处 理				
	冷 拔	热 轧	正 常 化	退 火	调 质
系数 $k_1$	1.1	1.0	0.95	0.9	0.8

表24 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	扭 矩	功 率
计算 公式	$F=9.81C_F d_0^{2.7} f^{0.7} k_F(N)$	$M=9.81C_M d_0^{2.5} f^{0.7} k_M(N \cdot m)$	$P_m = \frac{2Mv}{d_0} (kW)$

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		
		$C_F$	$z_F$	$y_F$	$C_M$	$z_M$	$y_M$
钢 $\sigma_s=0.637GPa$	高速钢	01.2	1.0	0.7	0.0311	2.0	0.8
不锈钢1Cr18Ni9Ti	高速钢	143	1.0	0.7	0.011	2.0	0.7
灰铸铁 HB=190	高速钢	42.7	1.0	0.8	0.021	2.0	0.8
	硬质合金	42	1.2	0.75	0.012	2.2	0.8
可锻铸铁 HB=160	高速钢	43.3	1.0	0.8	0.021	2.0	0.8
	硬质合金	32.5	1.2	0.75	0.01	2.2	0.8
中等硬度非均质 铜合金 HB=100~140	高速钢	31.5	1.0	0.8	0.012	2.0	0.8

- 注: 1. 表列轴向力是根据修磨横刃的钻头得到的, 对于未修磨横刃的钻头, 则轴向力应乘修正系数1.33。
2. 加工材料的强度和硬度改变时轴向力及扭矩应乘系数 $k_{MF}=k_{MH}$  (见车削表22-1~22-2)。
3. 当用新的钻头时, 轴向力乘系数0.9, 扭矩乘系数0.87。



表25 群钻的轴向力及扭矩的计算公式

计 算 公 式		
名 称	轴 向 力 $F$	扭 矩 $M$
计 算 公 式	$F = C_F d_s^{z_F} f^{y_F} v^{n_F} h_F \text{ (N)}$	$M = C_M d_s^{z_M} f^{y_M} v^{n_M} h_M \text{ (N} \cdot \text{m)}$

公 式 中 的 系 数 及 指 数

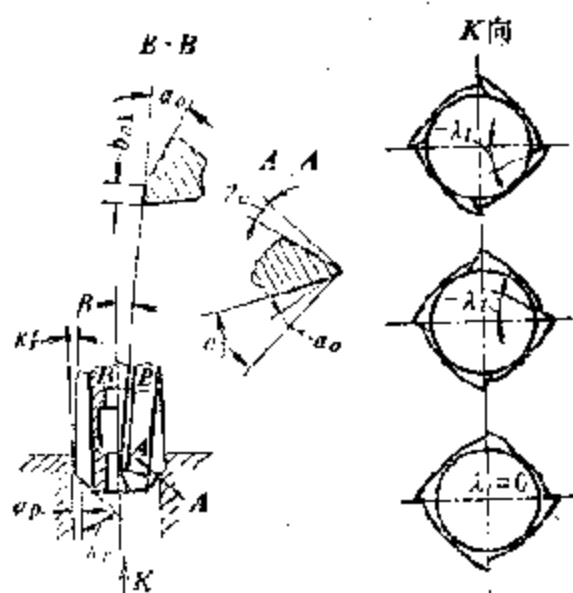
加 工 材 料	系 数 和 指 数							
	轴 向 力				扭 矩			
	$C_F$	$z_F$	$y_F$	$n_F$	$C_M$	$z_M$	$y_M$	$n_M$
A3钢, HB107~140	552.3	0.833	0.852	0.151	0.415	1.687	0.890	0.016
45钢, HB189~215	1102	0.867	0.772	-0.124	0.438	1.828	0.801	0.034
T10A钢, HB172~193	1687	0.7	0.757	-0.039	0.576	1.829	0.88	-0.016
40Cr钢, HB246~260	1239	0.821	0.717	-0.055	0.652	1.76	0.823	0.059
20CrMnTi钢, HB245~253	2396	0.623	0.768	-0.076	0.680	1.743	0.918	0.037
45CrNiMoV钢, HB214~219	1114	0.745	0.681	0.116	0.559	1.811	0.796	0.039
35CrMnSi钢, HRC36~37	1692	0.641	0.867	0.136	0.640	1.784	0.818	-0.022
1Cr18Ni9Ti钢, HB218~231	444.4	1.147	0.606	-0.102	0.325	1.947	0.79	0.024
钛合金TC4, HB290~292	542.5	0.96	0.697	-0.036	0.314	1.964	0.983	0.016
铜Cu-4, HB73~81	303	0.916	0.599	0.105	1.197	1.599	0.788	-0.082
黄铜HPb59-1, HB94~96	126.5	0.569	0.688	0.172	0.157	1.842	0.874	0.017
铸造铝合金ZL101, HB41~43	320.6	0.842	1.046	0.082	0.161	1.785	1.022	0.092
灰铸铁HT20-40, HB173~182	365.9	0.661	1.217	0.361	0.281	1.758	1.048	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	
硬 度 HB	90~156	143~207	170~229	207~269	229~285	269~303	285~321	321~375	163~229	170~241
$k_{MF} = k_{MM}$	0.6	0.75	0.85	0.9	1.0	1.05	1.1	1.2	1.0	1.1

## 五、扩孔和铰孔时的切削用量

表26 扩孔钻的几何参数



加工材料	切削部分前角 $\gamma_o$		$\alpha_o$	$\beta_o$	$K_o$	$\beta_o$	$f_{at}$ (mm)
	高速钢 扩孔钻	硬质合金 扩孔钻					
钢及铸钢:							
HB $\leq$ 180	15~20	—				25~30	
HB180~225	12~15	0	8~10	60	30		0.8~2
HB225~270	5~10	0~5				10~20	
HB $>$ 270	—	-10					
不锈钢、耐热钢	0~3	—	6~15	30~45	15~20	15~20	0.5~1
淬硬钢HRC51 ( $\sigma_s=1.57\sim1.76$ GPa)	—	-15	10	60	15	10~20	0.0~2
耐热合金	0~3	—	8~10	30	—	10~20	0.5~1

表27 高速钢和硬质合金扩孔钻扩孔时的进给量

扩孔钻直径 $d$ (mm)	加工不同材料时的进给量 $f$ (mm/r)		
	钢 及 铸 钢	铸铁、铜合金及铝合金	
		HB $\leq$ 200	HB $>$ 200
$\leq 15$	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7级（相当于GB1801—79的H12~H13），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4~6级精度（相当于GB1801—79的H8~H11）的孔，还要用一把铰刀加工的孔，用丝锥攻丝前的扩孔，则进给量应乘系数0.7。

表28 扩孔钻的磨钝标准及耐用度

加工材料	刀 具 材 料	扩 孔 钻 直 径 $d_0$ (mm)					
		$\leq 20$	$> 20$				
		后刀面最大磨钝限度(mm)					
钢	高速钢	0.5~0.8	0.8~1.2				
铸 铁	高速钢	0.6~0.9	0.9~1.4				
	硬质合金	0.6~0.8	0.8~1.4				
淬 硬 钢	硬质合金	0.5~0.7	0.5~0.7				
加工材料	刀 具 材 料	扩 孔 钻 直 径 $d$ (mm)					
		11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~80
		扩孔钻耐用度 $t$ (s)					
结构钢及铸钢, 铸铁, 铜合金及 铝合金	高速钢 及硬质 合金	1800	2400	3000	3600	4800	6000

表29 扩孔时切削速度的计算公式

计 算 公 式					
$v = \frac{C \cdot d^x}{63^{1-T} \cdot a \cdot f^y} \cdot k \quad (\text{m/s})$					
公式中的系数及指数					
加 工 材 料	刀 具 材 料	公式中的系数及指数			
		C	x	y	m
合金结构钢和合金结构钢 $\sigma_s = 0.637\text{GPa}$	高速钢(用切削液)	18.6	0.2	0.2	0.3
	YT15(用切削液)	20.6	0.6	0.2	0.26
淬硬钢 $\sigma_s = 1.57 \sim 1.76\text{GPa}$ HRC40~54	YT15(用切削液)	19	0.6	0.3	0.46
灰铸铁 HB=190	高速钢(不用切削液)	19.8	0.2	0.1	0.126
	YG8(不用切削液)	105	0.4	0.15	0.4
可锻铸铁 HB=150	高速钢(用切削液)	27.9	0.2	0.1	0.126
	YG8(不用切削液)	149	0.4	0.15	0.4

注: 1. 当加工材料机械性能改变时, 切削速度应乘修正系数  $k_1$ 。(见车削表 21-1~21-4)。

2. 当加工带铸造外皮的孔时, 切削速度应乘修正系数 0.8。

3. 当硬质合金牌号改变时, 切削速度应乘修正系数  $k_2$ 。(见车削表 21-6)。

表30 铰刀的几何参数

加工材料	铰刀切削部分材料				齿背倾斜角 $\alpha_1$
	高速钢	硬质合金	高速钢	硬质合金	
	前角 $\gamma_s$		后角 $\alpha_s$		
淬硬钢	0	0~ -5	8~12	6~8	10~20
淬硬钢 HRC50 ( $\sigma_s=1.57\sim1.76\text{GPa}$ )	—	-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: 加工钢制铰刀的  $\gamma_s=5^\circ\sim10^\circ$ ; 加工高韧性材料 (如不锈钢等)  $\gamma_s=8^\circ\sim12^\circ$ ; 加工铜合金  $\gamma_s=0^\circ\sim5^\circ$ ; 加工镁合金  $\gamma_s=5^\circ\sim8^\circ$ ; 加工铝及铝合金、镍及钴合金  $\gamma_s=5^\circ\sim10^\circ$ ; 加工黄铜  $\gamma_s=5^\circ$ ; 锅炉铰刀,  $\gamma_s=12^\circ\sim15^\circ$ 。

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, 其余部分仍为  $\gamma_s=0^\circ$ 。

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  $\alpha_s=5^\circ\sim8^\circ$ , 其余部分磨出  $\alpha_1=10^\circ\sim20^\circ$ 。

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 0.06~0.08mm); 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. 切削锥角 (主偏角): 加工通孔时, 对于手用铰刀  $\kappa_r=0.5^\circ\sim1.5^\circ$ ; 加工韧性金属的机铰刀  $\kappa_r=12^\circ\sim15^\circ$ ; 加工脆性金属, 硬金属及难加工金属及其合金的铰刀  $\kappa_r=3^\circ\sim5^\circ$ ; 加工不锈钢及钛合金的铰刀  $\kappa_r=15^\circ\sim30^\circ$ ; 锅炉铰刀  $\kappa_r=1.5^\circ\sim3^\circ$ 。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  $45^\circ$  倒角。为了提高加工孔的光洁度硬质合金铰刀可作成三重锥角  $45^\circ$ ,  $15^\circ$  及  $2^\circ\sim5^\circ$  (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,  $\kappa_{r2}=1.5^\circ\sim2^\circ$  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光洁度, 以及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  $\beta=7^\circ\sim8^\circ$ ; 加工可锻铸铁、软钢及中硬钢  $\beta=12^\circ\sim20^\circ$ ; 加工铝合金及其他轻合金  $\beta=35^\circ\sim45^\circ$ ; 锅炉铰刀  $\beta=25^\circ\sim30^\circ$ ; 可调铰刀  $\beta=3^\circ$ 。

表31 机铰刀铰孔时的进给量

铰刀直径 (mm)	高 速 钢		硬 质 合 金		硬 质 合 金		硬 质 合 金	
	钢		铸 铁		铸 铁		铸 铁	
	$\sigma = 0.383$ $GPa$	$\sigma > 0.883$ $GPa$	HB<170 合金	HB>170	未淬火钢	淬 火 钢	HB<170	HB>170
<6	0.2~0.5	0.15~0.35	0.6~1.2	0.4~0.8	—	—	—	—
>6~10	0.4~0.9	0.35~0.7	1.0~2.0	0.65~1.3	0.35~0.5	0.25~0.55	0.9~1.4	0.7~1.1
>10~20	0.65~1.4	0.55~1.2	1.5~3.0	2.0~2.0	0.4~0.6	0.30~0.40	1.0~1.5	0.8~1.2
>20~30	0.8~1.8	0.65~1.5	2.0~4.0	2.5~2.8	0.5~0.7	0.35~0.45	1.2~1.8	0.9~1.4
>30~40	0.95~2.1	0.8~1.8	2.5~5.0	3.2~3.2	0.6~0.8	0.40~0.50	1.3~2.0	1.0~1.5
>40~60	1.3~2.8	1.0~2.3	3.2~8.4	2.1~4.2	0.7~0.9	—	1.6~2.4	1.25~1.8
>60~80	1.5~3.3	1.2~2.5	3.75~7.5	2.6~5.0	0.9~1.2	—	2.0~3.0	1.5~2.2

附注：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. 量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2级精度(相当于GB1801—79的H7)的孔；②精铰之后精铰2级精度(H7)的孔；③对硬质合金铰刀，用于精铰4级精度(H8~H9)的孔。

4. 最小进给量用于①抛光或磨削之前的精铰孔；②用一把铰刀铰4级精度(H8~H9)的孔；③对硬质合金铰刀，用于精铰2级精度(H7)的孔。

表32 铰刀的磨钝标准及耐用度

加工材料	刀具材料	铰刀直径 $d_0$ (mm)	
		$\leq 20$	$> 20$
		后刀面最大磨损限度 (mm)	
钢	高速钢	0.3~0.5	0.5~0.7
铸铁	高速钢	0.4~0.6	0.6~0.9
	硬质合金	0.4~0.6	0.6~3.8
淬硬钢	硬质合金	0.3~0.35	0.3~0.35

加工材料	刀具材料	铰刀直径 $d_0$ (mm)						
		6~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~80
		铰刀耐用度 $T$ (s)						
结构钢及铸钢	高速钢	—	2400	4800	4800	7200	7200	7200
	硬质合金	1200	1800	3000	4200	5400	8800	8400
铸铁、铜合金及铝合金	高速钢	—	3600	7200	7200	10800	10800	10800
	硬质合金	—	2700	4500	6300	8100	9900	12600

表33 铰孔时切削速度的计算公式

计 算 公 式

$$v = \frac{C_v d_0^{x_v}}{60^{1-x_v} T^{m_v} a_p^{z_v} f^{y_v}} k_v \quad (\text{m/s})$$

公式中的系数及指数

加工材料	刀具材料	公式中的系数及指数				
		$C_v$	$x_v$	$z_v$	$y_v$	$m$
碳素结构钢和合金结构钢 $\sigma_s = 0.637\text{GPa}$	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	0.1
淬硬钢 $\sigma_s = 1.57 \sim 1.78\text{GPa}$ HRC49~54	YT15 (用切削液)	14	0.4	0.75	1.05	0.46
灰铸铁 HB=190	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	0.2	0	0.5	0.45
可锻铸铁 HB=150	高速钢 (用切削液)	23.2	0.2	0.1	0.5	0.3
	YG8 (不用切削液)	148	0.2	0	0.5	0.45

附注: 当加工材料改变时, 切削速度应乘修正系数  $k_{mv}$  (见车削表21-1)。

## 六、常用钻床的技术资料

表34 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 $F_{\max}=8830\text{N}$ (900kgf)									
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 $n$ (r/s)	1.62	2.33	3.25	4.53	6.53	9.08	11.3	16.0	22.7
(r/min)	(97)	(140)	(195)	(272)	(392)	(545)	(680)	(960)	(1380)
主轴能传递的扭矩 (N·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	0.15	0.17	0.22	0.23	0.36	0.48	0.62	0.81

表35 Z535 型立式钻床

最大钻孔直径 $d=35\text{mm}$										
进给机构允许最大抗力 $F_{\text{max}}=15890\text{N}(1600\text{kgf})$										
主电动机功率 $P_E=4.5\text{kW}$										
机床效率 $\eta=0.81$										
级数		1	2	3	4	5	6	7	8	9
主轴转速 $n$ $\left(\frac{\text{r/s}}{\text{r/min}}\right)$		1.13 (68)	1.67 (100)	2.33 (140)	3.25 (195)	4.53 (275)	6.07 (400)	8.83 (530)	12.5 (750)	18.9 (1100)
主轴能传递扭矩 (N·m)	按传动系统	682.8	392.4	331.6	237.5	168.7	115.8	87.3	61.8	42.2
	按薄弱环节	392.4	392.4	331.6	237.5	168.7	115.8	87.3	61.8	42.2
主轴进给量(mm/r)		0.11, 0.15, 0.20, 0.25, 0.32, 0.43, 0.57, 0.72, 0.98, 1.22, 1.60								



表36 Z550型立式钻床

最大钻孔直径	$d=50\text{mm}$
达给机构允许最大抗力	$K_{max}=24530\text{N}(2500\text{kgf})$
主电动机功率	$P_M=7\text{kW}$
机械效率	$\eta=0.95$

级数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
主轴转速 $n$ ( $r/s$ ) ( $r/min$ )	0.53 (32)	0.78 (47)	1.05 (63)	1.48 (90)	2.08 (125)	3.03 (180)	4.17 (250)	5.85 (351)	8.33 (500)	12.3 (735)	16.6 (995)	23.3 (1400)
主轴能传递扭矩 ( $N \cdot m$ )	223.7	1510.7	1128.1	814.2	570	384.6	263	203	142.2	97.1	71.6	51
投掷频率 ( $mm/\tau$ )	0.12	0.19	0.28	0.4	0.62	0.9	1.17	1.8	2.64			

表37 Z35型摇臂钻床

最大钻孔直径 $d=50\text{mm}$ 进给机构允许最大抗力 $F_{\max}=10620\text{N}(2000\text{kgf})$ 主电动机功率 $P_E=4.5\text{kW}$ 机床效率 $\eta=0.75$																				
级数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
主轴转速 $n$ ( $r/s$ ) ( $r/min$ )	0.5 (30)	0.83 (37.5)	0.79 (47.5)	1 (60)	1.25 (75)	1.58 (95)	1.97 (118)	2.5 (150)	3.17 (190)	3.92 (235)	5 (300)	6.25 (375)	7.92 (475)	10 (600)	12.5 (750)	16.8 (1000)	20 (1200)	25 (1500)	28.3 (1700)	
主轴进给扭矩 ( $\text{N}\cdot\text{m}$ )	735.8	735.8	735.8	9076	9527.8	417.8	331.6	232.9	223.7	168.7	131.5	105	82.4	65.7	53	42.2	33.4	26.5	21.6	
主轴进给功率 ( $\text{kW}$ )	2.26	2.84	3.63	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	
主轴进给量 ( $\text{mm}/r$ )	0.03	0.04	0.05	0.07	0.09	0.12	0.14	0.15	0.15	0.19	0.20	0.23	0.23	0.32	0.32	0.40	0.50	0.67	0.9	1.2

## 第三部分 铣削用量选择

### 一、铣削要素

$v$ ——铣削速度(m/s)

$$v = \frac{\pi d_o n}{1000}$$

$d_o$ ——铣刀外径(mm);

$n$ ——铣刀每秒转数(r/s);

$f$ ——铣刀每转工作台移动距离, 即每转进给量(mm/r);

$a_f$ ——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/s);

$$v_f = f n = a_f z n$$

$z$ ——铣刀齿数;

$a_e$ ——铣削宽度(mm);

$a_p$ ——铣削深度(mm);

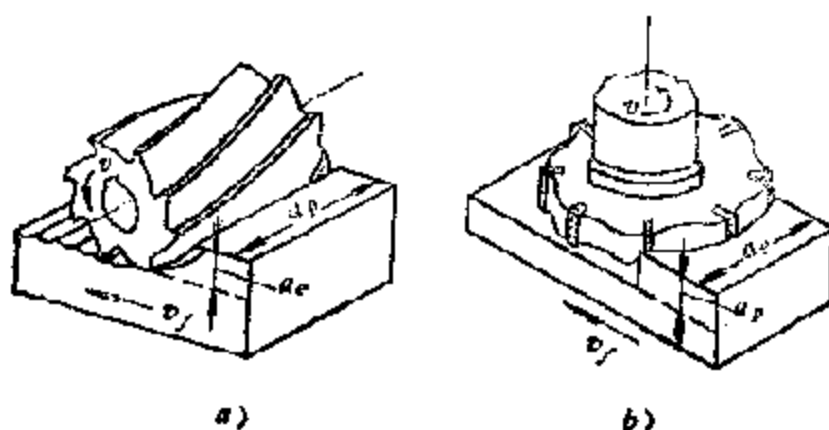
$T$ ——耐用度(s)。

### 二、高速钢圆柱铣刀铣削用量选择举例

[已知]

加工材料——40Cr 钢,  $\sigma_b = 0.687\text{GPa}$ , 锻件, 有外皮;

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



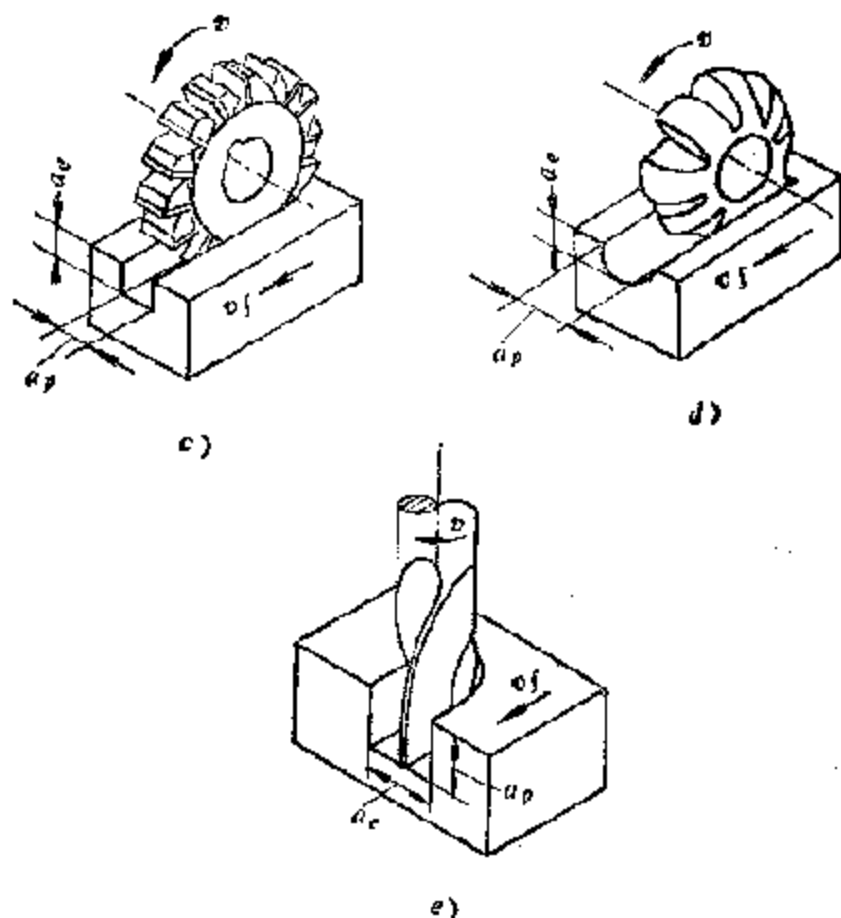


图3-1 不同铣削加工的切削要素

- 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

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——X62W 型卧式铣床。

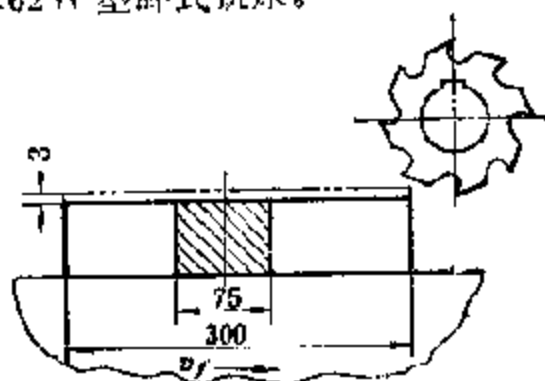


图3-2 高速钢圆柱铣刀铣削用量选择举例

[试求]

- (1) 刀具;
- (2) 切削用量;
- (3) 基本工时。

[求法]

(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1可作为初步参考。根据表1, 铣削宽度 $a_e \leq 5\text{mm}$ 时, 直径为 $d_o = 80\text{mm}$ ,  $a_f \leq 70\text{mm}$ 。但已知铣削深度为 $a_f = 75\text{mm}$ , 故应根据铣削深度 $a_f \leq 90\text{mm}$ , 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9);

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

2. 选择切削用量

1) 决定铣削宽度 $a_e$

由于加工余量不大, 故可在一次走刀内切完, 则

$$a_e = h = 3\text{mm};$$

2) 决定每齿进给量 $a_f$

根据X62W型铣床说明书 (见六、常用铣床的技术资料, 表24), 其功率为7kW, 中等系统刚度。

根据表3,  $a_f = 0.12 \sim 0.20\text{mm/z}$ , 现取

$$a_f = 0.20\text{mm/z}。$$

3) 选择铣刀磨钝标准及耐用度

根据表7, 铣刀刀齿后刀面最大磨损量为0.6mm, 镶齿铣刀 ( $d_o = 100\text{mm}$ ) 耐用度 $T = 10.8 \times 10^3\text{s}$  (表8);

4) 决定切削速度 $v$ 和每秒进给量 $v_f$

切削速度 $v$ 可根据表21中的公式计算, 也可直接由表中查出。

根据表9, 当 $d_o = 100\text{mm}$ ,  $z = 8$ ,  $a_f = 41 \sim 130\text{mm}$ ,  $a_e = 3\text{mm}$ ,  $a_f \leq 0.24\text{mm/z}$ 时,  $v_t = 0.32\text{m/s}$ ,  $n_t = 1.03\text{r/s}$ ,  $v_{ft} = 1.73\text{mm/s}$ 。

各修正系数为:  $k_{Mv}=k_{Mn}=k_{Mv}=0.69$

$$k_{ev}=k_{en}=k_{ev}=0.8$$

故  $v=v_t \times k_v=0.32 \times 0.69 \times 0.8=0.18 \text{ m/s}$

$$n=n_t \times k_n=1.03 \times 0.69 \times 0.8=0.52 \text{ r/s}$$

$$v_f=v_{ft} \times k_v=1.73 \times 0.69 \times 0.8=0.95 \text{ mm/s}$$

根据 X62W 型铣床说明书, 选择  $n_s=0.625 \text{ r/s}$ ,  $v_{fo}=1.0 \text{ mm/s}$

因此实际切削速度和每齿进给量为:

$$v_c=\frac{\pi d_o n_o}{1000}=\frac{3.14 \times 100 \times 0.625}{1000}=0.20 \text{ m/s}$$

$$a_{fo}=\frac{v_{fo}}{n_o z}=\frac{1.0}{0.625 \times 8}=0.20 \text{ mm/z}$$

### 5) 检验机床功率

根据表15, 当  $a_f=0.18 \sim 0.32 \text{ mm/z}$ ,  $a_p=84 \text{ mm}$ ,  $a_e \leq 3.5 \text{ mm}$ ,  $v_f \leq 1.0 \text{ mm/s}$  时,  $P_{mt}=1.10 \text{ kW}$ 。

切削功率的修正系数  $k_{MP_m}=1$ , 故实际的切削功率为

$$P_{mc}=P_{mt}=1.1 \text{ kW}$$

根据 X62W 型铣床说明书, 机床主轴允许的功率为

$$P_{mM}=7 \times 0.75=5.25 \text{ kW}$$

故  $P_{mc} < P_{mM}$ , 因此所决定的切削用量可以采用, 即  $a_e=3 \text{ mm}$ ,  $v_f=1.0 \text{ mm/s}$ ,  $n=0.625 \text{ r/s}=37.5 \text{ r/min}$ ,  $v=0.20 \text{ m/s}$ ,  $a_f=0.20 \text{ mm/z}$ 。

### 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19, 入切量及超切量  $y+\Delta=19 \text{ mm}$ , 则  $L=300+19=319 \text{ mm}$ , 故

$$t_m=\frac{319}{1.0}=319 \text{ s}$$

### 三、硬质合金端铣刀铣削用量选择举例

[已知]

加工材料——45号钢， $\sigma_b = 0.657 \text{ GPa}$ ，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；

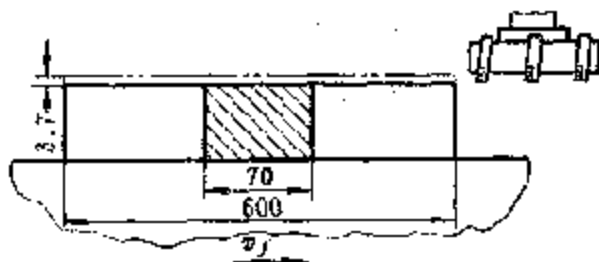


图3-3 硬质合金端铣刀铣削用量选择举例

加工要求——用标准硬质合金端铣刀铣削，加工余量 $h = 2.7 \text{ mm}$ ；

机床——X52K型立铣。

[试求]

- (1) 刀具；
- (2) 切削用量；
- (3) 基本工时。

[求法]

#### 1. 选择刀具

1) 根据车削部分的表2，选择YT15硬质合金刀片。

根据表1，铣削深度 $a_p \leq 4 \text{ mm}$ 时，端铣刀直径 $d_o$ 为80mm， $a_e$ 为60mm。但已知铣削宽度 $a_e$ 为70mm，故应根据铣削宽度 $a_e \leq 90 \text{ mm}$ ，选择 $d_o = 125 \text{ mm}$ 。由于采用标准硬质合金端铣刀，故齿数 $z = 4$ （表13）。

2) 铣刀几何形状（表2）：由于 $\sigma_b \leq 0.785 \text{ GPa}$ ，故选择 $\kappa_r = 50^\circ$ ， $\kappa_{r_0} = 30^\circ$ ， $\kappa_{r'} = 5^\circ$ ， $\alpha_o = 8^\circ$ （假定 $\sigma_{b\max} > 0.08 \text{ mm}$ ）， $\alpha_o' =$

$10^\circ$ ,  $\lambda_s = -15^\circ$ ,  $\gamma_o = -5^\circ$ 。

## 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

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

### 2) 决定每齿进给量 $a_f$

采用不对称端铣以提高进给量。根据表5, 当使用YT15, 铣床功率为7kW (表24, X52K型立铣说明书) 时,

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

但因采用不对称端铣, 故取

$$a_f = 0.18 \text{ mm/z}。$$

### 3) 选择铣刀磨钝标准及耐用度

根据表7, 铣刀刀齿后刀面最大磨损量为 0.8mm, 由于铣刀直径  $d_o = 125 \text{ mm}$ , 故耐用度  $T = 10.8 \times 10^3 \text{ s}$  (表8)。

### 4) 决定切削速度 $v$ 和每秒钟进给量 $v_f$

切削速度  $v$  可根据表 21 中的公式计算, 也可直接由表中查出。

根据表13, 当  $d_o = 125 \text{ mm}$ ,  $z = 4$ ,  $a_p \leq 5 \text{ mm}$ ,  $a_f \leq 0.24 \text{ mm/z}$  时,  $v_i = 2.05 \text{ m/s}$ ,  $n_i = 5.21 \text{ rps}$ ,  $v_{fi} = 4.38 \text{ mm/s}$ 。

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

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

故  $v = v_i \times k_v = 2.05 \times 1.0 \times 0.8 = 1.64 \text{ m/s}$

$$n = n_i \times k_n = 5.21 \times 1.0 \times 0.8 = 4.17 \text{ r/s}$$

$$v_f = v_{fi} \times k_{v_f} = 4.38 \times 1.0 \times 0.8 = 3.50 \text{ mm/s}$$

根据X52K型立铣说明书 (表24) 选择

$$n_o = 5.0 \text{ r/s} = 300 \text{ rpm}, v_{fo} = 3.92 \text{ mm/s}$$

因此实际切削速度和每齿进给量为:

$$v_o = \frac{\pi d_o n}{1000} = \frac{3.14 \times 125 \times 5.0}{1000} = 1.96 \text{ m/s}$$

$$a_{fc} = \frac{v_{fv}}{n_c z} = \frac{3.92}{5.0 \times 4} = 0.20 \text{ mm/z}$$

### 5) 校验机床功率

根据表17, 当  $\sigma_b = 0.549 \sim 0.981 \text{ GPa}$ ,  $a_c \leq 72 \text{ nm}$ ,  $a_r \leq 4.2 \text{ mm}$ ,  $d_o = 125 \text{ mm}$ ,  $z = 4$ ,  $v_f = 3.92 \text{ mm/s}$ , 近似为

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

根据 X52K 型立铣说明书 (表24), 机床主轴允许的功率为

$$P_{mM} = 7 \times 0.75 = 5.25 \text{ kW}$$

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

$$a_r = 3.7 \text{ mm}, v_f = 3.92 \text{ mm/s}, n = 5.0 \text{ r/s} = 300 \text{ r/min}$$

$$v = 1.98 \text{ m/s}, a_f = 0.20 \text{ mm/z}_o$$

### 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20, 不对称安装铣刀, 入切量及超切量  $y + \Delta = 40 \text{ mm}$ , 则  $L = 600 + 40 = 640 \text{ mm}$ , 故

$$t_m = \frac{640}{3.92} = 163.3 \text{ s}$$

## 四、铣削用量标准

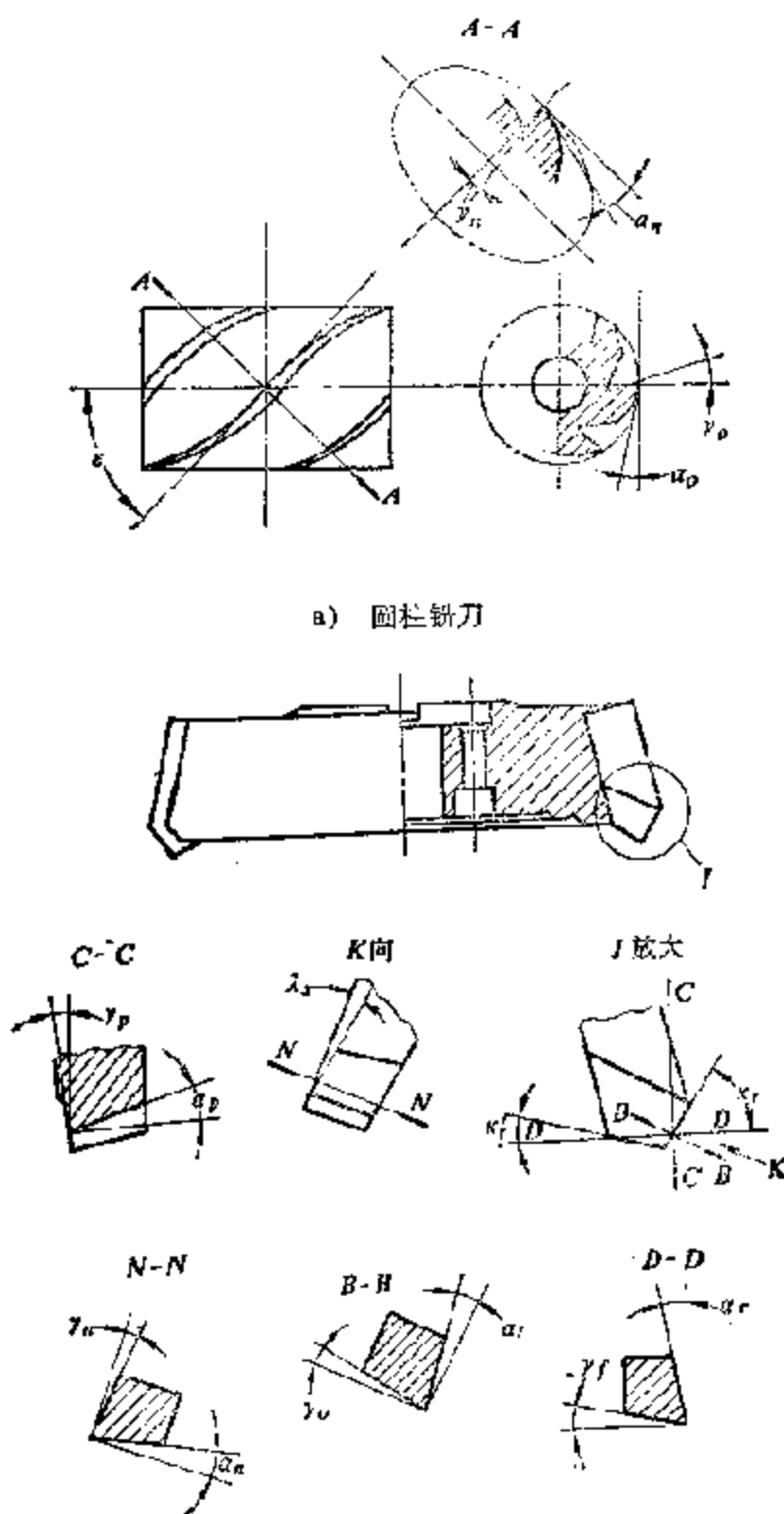
表 1 铣刀直径的选择 (参考)

名 称	高速钢圆柱铣刀			硬质合金端铣刀					
铣削深度 $a_r$ (mm)	$\leq 70$	$\sim 90$	$\sim 120$	$\leq 4$	$\sim 5$	$\sim 6$	$\sim 8$	$\sim 10$	$\sim 12$
铣削宽度 $a_r$ (mm)	$\leq 5$	$\sim 8$	$\sim 10$	$\leq 30$	$\sim 90$	$\sim 120$	$\sim 180$	$\sim 250$	$\sim 350$
铣刀直径 $d_o$ (mm)	$\sim 80$	$80 \sim 100$	$100 \sim 125$	$\sim 80$	$100 \sim 125$	$160 \sim 200$	$200 \sim 250$	$320 \sim 400$	$400 \sim 500$

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



表2 铣刀切削部分的几何形状



b) 端铣刀

(续)

高速铣刀 前角  $\gamma^\circ$ 

加工材料		$\gamma^\circ$ (螺旋齿圆柱铣刀为 $\gamma_0^\circ$ )
钢 $\sigma_s$ (GPa)	$<0.589$	20
	$0.589 \sim 0.931$	15
	$>0.931$	10~12
铸铁 HB	$\leq 150$	5~15
	$> 150$	5~10
铜 铝 合 金		15~35°

附注: 切屑变形系数  $\xi < 0.45$  时, 平均取  $\gamma_0 = 20^\circ$ ;  $\xi = 0.45 \sim 0.6$  时,  $\gamma_0 = 15^\circ$ ;  $\xi > 0.65$  时,  $\gamma_0 = 10^\circ$

后 角  $\alpha^\circ$ 

铣刀类型	铣刀特征	$\alpha^\circ$	
		周 齿	端 齿
圆柱铣刀和端铣刀	细 齿	16	8
	粗齿和镶齿	12	
	直 细 齿	20	
双面刃和三面刃齿铣刀	直粗齿和镶齿	16	6
	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	$d_s < 10\text{mm}$	25	8
	$d_s = 10 \sim 20\text{mm}$	20	
	$d_s > 20\text{mm}$	16	
切槽铣刀 切断铣刀 (圆锯片)	—	20	—

偏

角

(续) 2

铣刀类型	铣刀特征	主偏角 $\kappa^\circ$	过渡刃偏角 $\kappa_e^\circ$	副偏角 $\kappa_f^\circ$
端铣刀		30~90	15~45	1~2
双面刃和三刃盘铣刀		—	—	1~2
切槽铣刀	直径 $d = 40 \sim 60 \text{ mm}$ 宽度 $B = 0.6 \sim 0.8 \text{ mm}$ $B > 0.8 \text{ mm}$	—	—	0°15' 0°30'
	$d_0 = 15 \text{ mm}$ $B = 1 \sim 3 \text{ mm}$ $B > 3 \text{ mm}$	—	—	0°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'

附注：端铣刀主偏角 $\kappa$ ，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 $\kappa = 30^\circ \sim 45^\circ$ ；中等刚性而余量较大时，取 $\kappa = 60^\circ \sim 75^\circ$ 。加工相互垂直表面的端铣刀和盘铣刀，取 $\kappa_r = 90^\circ$ 。

刀 齿 螺 旋 角  $\beta^\circ$ 

铣刀类型	$\beta^\circ$	铣刀类型	$\beta^\circ$
圆柱铣刀		双面刃和三刃 刃盘铣刀	10~20
粗 齿	40~60	端 铣 刀 整 体 镶 齿	10~20
细 齿	30~35		
组合齿	65		
立 铣 刀	20~45		

## 硬 质 合 金 铣 刀

(续)

加工材料	铣刀刃磨角度(度)									
	端铣刀 前角 $\gamma_0$	后角 $\alpha$		端铣刀 副后角 $\alpha'_0$	刀齿斜角 $\lambda$		偏 角			过渡刃 宽 度 $b_s$ (mm)
		$\alpha_{\max}$ $\geq 0.08$ (mm)	$\alpha_{\min}$ $\leq 0.08$ (mm)		端铣刀	三面刃 铣刀	主刃 $K_r$	过渡刃 $K_{rz}$	副刃 $K'_r$	
钢: $\sigma_b$ (GPa)										
$\sigma_b < 0.638$	+5				-5~ -15	-10~ -15	20~75	10~40	5	1~1.5
$\sigma_b = 0.638$ ~0.785										
$\sigma_b = 0.834$ ~0.931	-5	6~8	8~12	8~10						
$\sigma_b = 0.931$ ~1.177	-10									
铸 铁										
HB<200	+5				-10	—				
HB=200 ~250	0				-20					

- 附注: 1. 半精铣和精铣钢 ( $\sigma_b = 0.589 \sim 0.785 \text{ GPa}$ ) ( $60 \sim 80 \text{ kgf/mm}^2$ ) 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5mm时, 取  $K_r = 20^\circ \sim 30^\circ$ ; 在中等刚性下, 余量为3~6mm时, 取  $K_r = 45^\circ \sim 75^\circ$ 。
3. 端铣刀对称铣削, 初始切削厚度  $a_p = 0.06 \text{ mm}$  时, 取  $\lambda_s = -15^\circ$ ; 非对称铣 ( $a_p < 0.45 \text{ mm}$ ) 时, 取  $\lambda_s = -5^\circ$ , 当以  $K_r = 45^\circ$  的端铣刀铣削铸铁时, 取  $\lambda_s = -20^\circ$ ; 当  $K_r = 60^\circ \sim 75^\circ$  时, 取  $\lambda_s = -10^\circ$ 。

表3 高速钢端铣刀、圆柱铣刀和盘铣刀加工时的进给量

机床(铣床)功率 kW	工艺系统 刚性	粗齿和细齿铣刀				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 $a_f$ (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				

(续)

铣床(铣头)功率 kW	工艺系统刚性	粗齿铣齿铣刀				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 $a_z$ (mm/z)							
		钢	铸铁及 铝合金	铜	铸铁及 铝合金	钢	铸铁及 铜合金	铜	铸铁及 铝合金
5~10	一等	0.12~0.20	0.25~0.35	0.15~0.25	0.25~0.08~ 0.35 0.12	0.20~0.10~ 0.35 0.15	0.10~0.12~ 0.15 0.20		
	二等	0.08~0.15	0.20~0.30	0.12~0.20	0.20~0.06~ 0.30 0.10	0.15~0.06~ 0.30 0.10	0.10~0.10~ 0.15 0.15		
	三等	0.06~0.10	0.15~0.25	0.10~0.15	0.12~0.04~ 0.20 0.08	0.10~0.05~ 0.20 0.08	0.08~0.08~ 0.12 0.12		
<5	中等	0.04~0.06	0.15~0.30	0.10~0.15	0.12~0.04~ 0.20 0.06	0.12~0.05~ 0.20 0.06	0.08~0.08~ 0.12 0.12		
	下等	0.04~0.06	0.10~0.20	0.08~0.10	0.10~0.04~ 0.15 0.06	0.08~0.03~ 0.15 0.06	0.06~0.06~ 0.10 0.10		

附注: 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;

半精铣时每转进给量

要求表面 光洁度	端面端铣刀 和盘铣刀	圆 柱 铣 刀					
		铣 刀 直 径 $d$ (mm)					
		40~60	100~125	160~250	40~60	100~125	160~250
			钢及铸钢		铸铁、铜及铝合金		
每 转 进 给 量 $f$ (mm/r)							
$\nabla_4$	1.2~2.7	—					
$\nabla_5$	0.5~1.2	1.0~2.7	1.1~3.8	2.3~5.0	1.0~2.3	1.4~3.0	1.9~3.7
$\nabla_6$	0.23~0.5	0.6~1.5	1.6~2.1	1.3~2.8	0.8~1.3	0.8~1.7	1.1~2.1

表4 高速钢立铣刀、角铣刀、半圆铣刀、切槽铣刀和切断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)					每齿进给量 $a_z$ (mm/z)				
		3	5	6	8	10	12	15	20	30	
18	立铣刀	0.08~0.050.06~0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	
		0.10~0.060.07~0.04	—	—	—	—	—	—	—	—	
		0.12~0.070.08~0.050.08~0.04	—	—	—	—	—	—	—	—	
20	立铣刀	0.16~0.100.12~0.070.10~0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	
		0.08~0.040.07~0.050.06~0.04	—	—	—	—	—	—	—	—	
32	半圆铣刀和角铣刀	0.20~0.120.14~0.080.12~0.070.08~0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	
		0.09~0.050.07~0.050.06~0.030.06~0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	
40	切槽铣刀	0.009~0.005	0.007~0.003	0.01~0.007	—	—	—	—	—	—	
		0.26~0.150.15~0.100.13~0.080.10~0.07	—	—	—	—	—	—	—	—	
50	半圆铣刀和角铣刀	0.1~0.060.08~0.050.07~0.040.06~0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	
		0.01~0.003	0.008~0.004	0.012~0.008	0.012~0.008	—	—	—	—	—	
63	半圆铣刀和角铣刀	0.10~0.060.08~0.050.07~0.040.06~0.040.05~0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	
		0.013~0.008	0.01~0.005	0.015~0.01	0.015~0.01	0.015~0.01	—	—	—	—	

(续)

铣刀直径 $d$ (mm)	铣刀类型	铣削宽度 $a$ (mm)							$a$ (mm/z)	
		3	5	8	10	12	15	20		30
每齿进给量										
30	切屑铣刀	—	—	0.025~ 0.015	0.022~ 0.012	0.02~0.01				
	半圆铣刀和角铣刀	0.12~0.08	0.10~0.06	0.08~0.05	0.07~0.04	0.06~0.04	0.05~0.03	—	—	—
	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	—	—
100	切屑铣刀	—	—	0.03~0.015	0.027~ 0.012	0.025~ 0.01	0.02~0.01	0.02~0.01	—	—
	半圆铣刀和角铣刀	0.12~0.07	0.12~0.06	0.11~0.05	0.10~0.05	0.09~0.04	0.08~0.04	0.07~0.03	0.05~0.03	—
	切屑铣刀	—	—	0.03~0.02	0.028~ 0.018	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	0.03~0.02	0.025~ 0.02	0.025~ 0.02	0.025~ 0.02	0.025~ 0.015	0.02~0.01
										0.02~0.01
160	切屑铣刀	—	—	—	—	—	—	0.03~0.02	0.025~ 0.015	0.02~0.01

附注：1. 铣削铸铁、铜及铝合金时，进给量可增加 30~40%。

2. 表中当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 5 硬质合金端铣刀、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		铸铁及铜合金	
	不同牌号硬质合金的每齿进给量 <i>a</i> /(mm/z)			
	YT 15	YT5	YG 3	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

附注: 1. 表列数值用于圆柱铣刀铣削深度 $a_p \leq 30$  mm; 当 $a_p > 30$  mm时, 进给量应减少 50%。

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:

要求达到的光洁度	$\nabla 5$	$\nabla 6$	$\nabla 7$	$\nabla 8$
每转进给量 (mm/r)	0.5~1.0	0.4~0.6	0.2~0.3	0.15

表 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 $d_f$ (mm)	铣削宽度 $a_e$ (mm)			
		1~3	5	8	12
		每齿进给量 $a_f$ (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

附注: 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 $\nabla 4 \sim \nabla 5$ 表面光洁度。



表 7 铣刀磨钝标准

高 速 钢 铣 刀						
铣 刀 类 型	后刀面最大磨损限度 (mm)					
	钢 和 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	0.50~0.60	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 $d \leq 15\text{mm}$ $d > 15\text{mm}$	0.15~0.20	0.1~0.5	0.50	0.40	0.15~0.25	0.10~0.15
	0.30~0.50	0.20~0.25			0.30~0.50	0.20~0.25
切槽铣刀和切齿铣刀	0.15~0.20	—	—	—	0.15~0.20	—
成形铣刀 尖 齿 铲 齿	0.60~0.70	0.20~0.30	—	—	0.6~0.7	0.2~0.3
	0.30~0.4	0.20	—	—	0.3~0.4	0.2

硬 质 合 金 铣 刀

铣 刀 类 型	后刀面最大磨损限度 (mm)					
	钢和铸钢		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	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	0.5	0.2~0.4	1.0~1.5	0.3~0.5
带整体刀头立铣刀	0.5~0.8	0.2~0.3	—	—	0.6~0.8	0.2~0.4

附注：1. 上表适用于加工钢的 YT5, YT14, YT15 和加工铸铁的 YG3, 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为 0.2~0.4mm。

表 8 铣刀平均耐用度

铣刀类型		耐用度 $T \times 10^3(s)$										
		铣刀直径 $d_0(mm)$										
		$\leq 25$	$\leq 40$	$\leq 63$	$\leq 80$	$\leq 100$	$\leq 125$	$\leq 160$	$\leq 200$	$\leq 250$	$\leq 315$	$\leq 400$
高速钢	细齿圆柱铣刀	—		7.2	10.8	—						
	镶齿圆柱铣刀	—					10.8			—		
	盘铣刀	—		6.0	7.2			9.0	10.8	14.4	—	
	端铣刀	—		10.8					14.4		—	
	立铣刀	3.6	5.4	7.2	—							
	切槽铣刀与 切断铣刀	—			3.0	4.5	7.2	9.0	10.8	—		
	成形铣刀 与角铣刀	—	7.2			10.8		—				
	端铣刀	—			10.8				14.4		18.0	25.2
硬质合金	圆柱铣刀	—			10.8				—			
	立铣刀	3.6	5.4	7.2	—							
	盘铣刀	—			7.2	9.0		10.8	14.4	—		

表8 高速钢滚齿圆柱铣刀铣削钢料时的切削用量 (用切削液)

而用度		铣刀每齿进给量 $a_p$ (mm/z)																
$\frac{d_f}{z} \times 10^3$ (s)	$d_s$ (mm)	$d_s$ (mm)	切 削 用 量															
			0.05	0.1	0.13	0.18	0.24	0.33	0.44									
10.8	12~40	80 8	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	
			3	0.552	170	0.530	481	0.930	870	0.431	721	1.190	381	1.531	420	341	351	1.70
			5	0.471	880	0.480	421	0.650	740	0.371	481	0.920	331	1.311	220	291	1.161	1.48
			8	0.411	620	0.400	361	0.440	650	0.321	280	0.880	291	1.141	1.060	251	1.011	1.27
10.8	41~130	160 8	3	0.481	920	0.470	431	0.700	770	0.361	521	0.950	341	1.351	260	301	2.01	1.51
			5	0.411	650	0.410	371	0.480	680	0.331	310	0.900	291	1.161	1.080	261	1.031	1.29
			8	0.361	430	0.350	321	0.270	570	0.291	130	0.780	251	1.010	0.940	220	0.891	1.12
			3	0.591	870	0.610	521	0.680	990	0.461	481	0.360	411	1.311	630	371	1.161	1.95
10.8	12~40	160 8	5	0.501	600	0.530	451	0.420	850	0.401	271	0.170	351	1.131	400	311	1.001	1.88
			8	0.441	380	0.480	381	0.230	740	0.351	101	0.101	0.310	0.981	210	270	0.871	1.46
			3	0.521	650	0.540	461	0.480	880	0.411	311	0.280	361	1.161	440	321	0.931	1.73
			6	0.451	420	0.480	391	0.260	750	0.351	121	0.030	311	1.001	240	280	0.881	1.46
10.8	12~40	125 8	8	0.391	230	0.400	341	0.090	650	0.310	0.970	0.900	0.270	0.871	0.070	240	0.771	1.29
			3	0.651	550	0.540	581	0.460	880	0.511	311	0.200	461	1.161	440	460	1.031	1.73
			5	0.561	420	0.460	491	0.280	750	0.441	121	0.030	391	1.001	240	350	0.881	1.48
			8	0.491	230	0.400	451	0.090	650	0.380	0.970	0.900	0.340	0.871	0.070	200	0.771	1.29
10.8	12~40	125 8	10	0.451	150	0.380	401	0.020	610	0.360	0.910	0.840	0.320	0.811	0.000	280	0.721	1.20
			3	0.651	550	0.540	581	0.460	880	0.511	311	0.200	461	1.161	440	460	1.031	1.73
			5	0.561	420	0.460	491	0.280	750	0.441	121	0.030	391	1.001	240	350	0.881	1.48
			8	0.491	230	0.400	451	0.090	650	0.380	0.970	0.900	0.340	0.871	0.070	200	0.771	1.29
10.8	12~40	125 8	10	0.451	150	0.380	401	0.020	610	0.360	0.910	0.840	0.320	0.811	0.000	280	0.721	1.20
			3	0.651	550	0.540	581	0.460	880	0.511	311	0.200	461	1.161	440	460	1.031	1.73
			5	0.561	420	0.460	491	0.280	750	0.441	121	0.030	391	1.001	240	350	0.881	1.48
			8	0.491	230	0.400	451	0.090	650	0.380	0.970	0.900	0.340	0.871	0.070	200	0.771	1.29

(续)

铣刀每齿进给量 $a_f$ (mm/z)																					
耐用度 $T \times 10^3$ (s)	$\frac{d_s}{z}$	$\sigma_p$ (mm)	$\sigma_s$ (mm)	切 削 用 量																	
				0.05		0.1		0.13		0.16		0.24		0.33		0.44					
				$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$			
10.5	$\frac{12.5}{8}$	41~130	3	0.57	1.46	0.48	0.51	1.29	0.78	0.45	1.10	1.06	0.49	1.03	1.27	0.36	0.91	1.53	0.32	0.81	1.82
			5	0.49	1.25	0.41	0.44	1.10	0.67	0.39	0.99	0.91	0.35	0.88	1.09	0.31	0.78	1.31	0.27	0.70	1.53
			8	0.43	1.09	0.38	0.38	0.96	0.58	0.34	0.86	0.79	0.30	0.77	0.95	0.27	0.68	1.14	0.24	0.60	1.38
			10	0.40	1.02	0.33	0.35	0.90	0.54	0.32	0.81	0.74	0.28	0.72	0.89	0.25	0.63	1.06	0.22	0.56	1.27
		12~40	3	0.71	1.41	0.53	0.63	1.25	0.94	0.56	1.12	1.23	0.50	0.93	1.54	0.44	0.88	1.84	0.39	0.78	2.13
			5	0.61	1.21	0.50	0.54	1.07	0.80	0.48	0.96	1.10	0.43	0.85	1.32	0.38	0.75	1.58	0.34	0.67	1.83
			8	0.53	1.05	0.43	0.47	0.93	0.70	0.42	0.83	0.95	0.37	0.74	1.15	0.33	0.65	1.37	0.29	0.58	1.63
			13	0.46	0.91	0.37	0.40	0.81	0.60	0.36	0.72	0.83	0.32	0.64	0.99	0.28	0.57	1.19	0.25	0.50	1.41
10.9	$\frac{160}{10}$	41~130	3	0.63	1.25	0.51	0.56	1.11	0.83	0.50	0.98	1.14	0.44	0.88	1.36	0.39	0.78	1.63	0.35	0.69	1.94
			5	0.54	1.07	0.44	0.48	0.95	0.71	0.43	0.85	0.97	0.38	0.75	1.17	0.33	0.67	1.40	0.30	0.59	1.65
			8	0.47	0.93	0.38	0.41	0.82	0.62	0.37	0.74	0.85	0.33	0.65	1.01	0.29	0.58	1.22	0.25	0.52	1.43
			13	0.40	0.80	0.33	0.36	0.71	0.53	0.32	0.64	0.73	0.28	0.56	0.88	0.25	0.50	1.05	0.22	0.45	1.25

加工条件改变时切削用量的修正系数

钢的机	$\sigma_b$ (CPa)	0.572~0.481	0.432~0.500	0.501~0.579	0.580~0.686	0.687~0.735	0.736~0.786	0.787~0.912	0.913~1.019	1.020~1.216
钢的机械性能	FIB	111~126	127~145	147~169	170~200	201~228	229~266	267~306	307~354	
钢的种类	和碳钢 (C < 0.6%)	0.02	1.05	1.17	1.0	3.87	0.75	0.57	0.43	

机械性能	材料	有 外 皮						
		无外皮	轧件	铸件	铸	带砂的	带砂的	带砂的
铬 钢	—	—	1.32	1.09	0.85	0.69	0.57	0.46
镍 铬 钢	—	—	1.39	1.19	0.95	0.78	0.74	0.53
碳钢 ( $C > 0.8\%$ ) 锰钢和铬镍锰钢	—	—	—	0.82	0.80	0.69	0.60	0.52
铬 锰 钢	—	—	—	0.83	0.70	0.61	0.52	0.40
毛坯表面状态	表面状态	无外皮	轧件	铸件	铸	带砂的	带砂的	带砂的
系数 $k_{s, n} = k_{s, n} / k_{s, n}$	—	1.0	0.9	0.8	0.8~0.85	0.5~0.6	0.5~0.6	0.5~0.6
实际耐用度与标准 耐用度之比 $t_p/t$	—	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	3.0
系数 $k_{t, n} = k_{t, n} / k_{t, n}$	—	1.58	1.26	1.0	0.87	0.8	0.69	0.69
加工类型	粗 加工	粗 加工	粗 加工	粗 加工	粗 加工	粗 加工	粗 加工	粗 加工
系数 $k_{n, n} = k_{n, n} / k_{n, n}$	—	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8
铣刀实际齿数与标 准齿数之比 $z_n/z$	—	0.25	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0
系数 $k_{z, n} = k_{z, n} / k_{z, n}$	—	1.15	1.05	1.02	1.0	0.98	0.93	0.9
系数 $k_{z, n}$	—	0.3	0.5	0.82	1.0	1.4	2.0	2.7

表10 高速钢细齿圆柱铣刀铣削钢料时的切削用量 (用切削液)

铣刀每齿进给量 $a_f$ (mm/z)																	
			0.03			0.05			0.1			0.18					
			切削用量														
耐用度 $T \times 10^3$ (s)	$a_d$ (mm)	$a_r$ (mm)	$v$		$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$		
			$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$
7.2	12~40	1.8	0.64	4.09	0.75	0.57	3.64	1.20	0.51	3.24	1.92	0.45	2.86	2.67	0.40	2.56	3.18
		3.0	0.55	3.51	0.65	0.49	3.13	1.03	0.44	2.78	1.64	0.39	2.47	2.25	0.35	2.20	2.72
		5.0	0.47	3.01	0.55	0.42	2.68	0.88	0.37	2.38	1.41	0.33	2.12	1.96	0.30	1.89	2.34
		8.0	0.37	2.62	0.47	0.37	2.37	0.78	0.33	2.11	1.25	0.29	1.87	1.74	0.26	1.67	2.07
7.2	12~40	1.8	0.70	3.52	0.81	0.62	3.14	1.29	0.55	2.79	2.06	0.49	2.48	2.87	0.44	2.21	3.42
		3.0	0.60	3.02	0.70	0.53	2.69	1.10	0.47	2.39	1.77	0.42	2.13	2.47	0.37	1.69	2.93
		5.0	0.51	2.59	0.60	0.46	2.31	0.96	0.41	2.05	1.52	0.36	1.82	2.11	0.32	1.62	2.52
		8.0	0.45	2.25	0.52	0.40	2.01	0.82	0.35	1.78	1.32	0.31	1.58	1.84	0.28	1.41	2.19
10.8	12~40	1.8	0.62	3.12	0.72	0.55	2.78	1.14	0.49	2.47	1.83	0.43	2.19	2.54	0.39	1.95	3.02
		3.0	0.53	2.67	0.61	0.47	2.38	0.98	0.42	2.12	1.57	0.37	1.88	2.18	0.33	1.67	2.59
		5.0	0.45	2.29	0.53	0.40	2.04	0.84	0.36	1.82	1.34	0.32	1.61	1.87	0.28	1.44	2.23
		8.0	0.39	1.99	0.46	0.35	1.77	0.73	0.31	1.58	1.17	0.26	1.40	1.62	0.25	1.25	1.93
10.8	12~40	1.8	0.67	2.65	0.73	0.59	2.36	1.16	0.53	2.10	1.87	0.47	1.87	2.60	0.42	1.66	3.09
		3.0	0.57	2.23	0.63	0.51	2.03	1.00	0.45	1.80	1.60	0.40	1.50	2.25	0.36	1.49	2.65
		5.0	0.47	1.99	0.53	0.40	1.77	0.73	0.31	1.58	1.17	0.26	1.40	1.62	0.25	1.25	1.93
		8.0	0.39	1.99	0.46	0.35	1.77	0.73	0.31	1.58	1.17	0.26	1.40	1.62	0.25	1.25	1.93

(续)

机床 型号	$\frac{d}{2}$	$a_p$ (mm)	$a_e$ (mm)	铣刀每齿进给量 $a_f(\mu\text{m}/z)$																				
				0.03				0.05				0.1				0.13				0.18				
				切 削 用 量																				
$T \times 10^3$ (s)	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	
10.8	80 12	12~40	5.0	0.49	1.95	0.54	0.44	1.74	0.86	0.39	1.55	1.37	0.35	1.37	0.31	1.22	2.27							
			8.0	0.43	1.70	0.47	0.38	1.51	0.74	0.34	1.34	1.19	0.30	1.19	0.27	1.06	1.98							
	41~110	1.8	0.59	2.35	0.65	0.53	2.09	1.05	0.47	1.86	1.65	0.41	1.65	0.37	1.47	2.73								
		3.0	0.51	2.01	0.50	0.45	1.79	0.88	0.40	1.59	1.42	0.36	1.42	0.32	1.26	2.34								
20.8	100 14	12~40	5.0	0.43	1.73	0.48	0.39	1.54	0.76	0.34	1.37	1.21	0.31	1.21	0.27	1.08	2.01							
			8.0	0.36	1.50	0.41	0.34	1.34	0.66	0.30	1.19	1.05	0.27	1.05	0.24	0.94	1.75							
	41~130	1.8	0.73	2.51	0.74	0.65	2.06	1.16	0.57	1.83	1.80	0.51	1.62	0.46	1.45	3.14								
		3.0	0.62	1.98	0.64	0.55	1.77	1.01	0.49	1.57	1.53	0.44	1.39	0.39	1.24	2.69								
30.8	100 14	12~40	5.0	0.53	1.70	0.55	0.46	1.52	0.87	0.42	1.35	1.40	0.38	1.20	0.33	1.07	2.31							
			8.0	0.46	1.44	0.48	0.41	1.32	0.76	0.37	1.17	1.21	0.33	1.04	0.29	0.92	2.01							
	41~130	1.8	0.64	2.04	0.66	0.57	1.82	1.05	0.51	1.82	1.68	0.45	1.44	0.40	1.28	2.78								
		3.0	0.55	1.75	0.56	0.49	1.56	0.90	0.44	1.39	1.44	0.39	1.23	0.34	1.10	2.38								
40.8	100 14	41~130	5.0	0.47	1.50	0.46	0.42	1.34	0.77	0.37	1.19	1.23	0.33	1.06	0.30	0.94	2.04							
			8.0	0.41	1.31	0.42	0.37	1.16	0.67	0.32	1.03	1.07	0.29	0.92	0.26	0.82	1.78							

附注: 切削用量修正系数参考第123页表9 “加工条件改变时切削用量的修正系数”。

表11 高速钢滚齿圆柱铣刀铣削灰铸铁时的切削用量

耐用度 $T \times 10^3$ (s)	$d_w$ z	$a_f$	$a_r$	铣刀每齿进给量 $a_f$ (mm/z)																							
				0.06				0.16				0.2				0.27				0.36				0.49			
				切削用量																							
$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$		
10.3	80 6	40~70	2.6	0.43	1.71	0.41	0.36	1.44	0.82	0.31	1.21	1.27	0.28	1.02	1.43												
			3.9	0.36	1.45	0.35	0.31	1.22	0.69	0.23	1.03	1.08	0.22	0.87	1.21												
			5.6	0.30	1.21	0.29	0.26	1.02	0.58	0.22	0.86	0.90	0.18	0.72	1.01												
			8.0	0.25	1.01	0.24	0.21	0.85	0.48	0.18	0.72	0.75	0.15	0.59	0.85												
10.3	100 8	40~70	2.6	0.46	1.47	0.47	0.39	1.25	0.94	0.33	1.04	1.46	0.28	0.89	1.03												
			3.9	0.39	1.24	0.40	0.33	1.05	0.79	0.23	0.88	1.24	0.23	0.74	1.39												
			5.6	0.33	1.04	0.35	0.27	0.87	0.66	0.23	0.74	1.03	0.19	0.62	1.16												
			8.0	0.27	0.87	0.28	0.23	0.73	0.55	0.19	0.62	0.86	0.16	0.52	0.97												
10.3	125 8	40~70	2.6	0.54	1.37	0.44	0.45	1.15	0.88	0.38	0.97	1.36	0.32	0.82	1.53												
			3.9	0.46	1.16	0.37	0.38	0.93	0.74	0.32	0.83	1.16	0.27	0.79	1.30												
			5.6	0.38	0.97	0.31	0.32	0.82	0.62	0.27	0.69	0.96	0.23	0.58	1.08												
			8.0	0.32	0.81	0.26	0.27	0.63	0.52	0.23	0.68	0.81	0.19	0.49	0.90												
			11.5	0.27	0.68	0.22	0.22	0.57	0.43	0.19	0.48	0.67	0.16	0.40	0.75												



(续)

耐用度		铣刀每齿进给量 $a_f$ (mm/z)																		
$T \times 10^3$ (s)	$a_1$ (mm)	$a_2$		切 削 用 量																
		$d$	$a_1$	$v$	$u$	$v$	$u$	$v$	$u$	$v$	$u$	$v$	$u$	$v$	$u$					
10.6	150 40~70 10	2.8	0.50	1.19	0.48	0.50	1.00	0.95	0.43	0.85	1.48	0.36	0.71	1.66	0.30	0.60	1.87	0.25	0.50	2.10
		3.9	0.51	1.01	0.40	0.43	0.85	0.81	0.36	0.73	1.25	0.30	0.60	1.41	0.25	0.50	1.58	0.21	0.42	1.78
		5.6	0.42	0.84	0.34	0.36	0.71	0.67	0.30	0.60	1.05	0.25	0.50	1.17	0.21	0.42	1.32	0.18	0.35	1.49
		8.0	0.35	0.70	0.28	0.30	0.59	0.56	0.25	0.50	0.88	0.21	0.42	0.98	0.18	0.35	1.11	0.15	0.30	1.24
		11.5	0.30	0.59	0.24	0.26	0.49	0.47	0.21	0.42	0.73	0.18	0.35	0.82	0.15	0.29	0.92	0.12	0.25	1.04
		15.0	0.25	0.50	0.20	0.21	0.42	0.40	0.18	0.35	0.62	0.15	0.30	0.69	0.13	0.26	0.78	0.11	0.21	0.88

(续)

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 HB	57~176	176~202	202~224	铣刀耐用度		实际耐用度与标准耐用度之比 $k_{H, f}$		修正系数		修正系数	
					修正系数		修正系数		修正系数		修正系数	
	1.25	1.12	1.0	0.9	1.41		1.12		1.0		0.84	
					0.25		0.5		1.0		1.5	
					0.25		0.5		1.0		2.0	
					0.25		0.5		1.0		3.0	







(续)

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			
			零件	零件	铸件	铸件的
	系数 $k_{\alpha_s} = k_{\alpha_s} = k_{\alpha_{sf}}$	1.0	0.9	0.8	0.8~0.85	0.5~0.6
切削宽度与进刀	比值 $a_p : d_f$	<0.45	0.45~0.8			
直径之比	系数 $k_{a_{\alpha s}} = k_{a_{\alpha s}} = k_{a_{\alpha sf}}$	1.13	1.0			
主偏角	主偏角 $\varphi^\circ$	90	60	45	30	15
	系数 $k_{\varphi_{sf}} = k_{\varphi_{sf}}$	0.87	1.0	1.1	1.25	1.6
	系数 $k_{\varphi_{sf}}$	0.7	1.0	1.1	1.65	2.9
铣刀实际齿数与	比值 $z_R : z$	0.25	0.5	0.8	1.0	2.0
标准齿数之比	系数 $k_{z_R} = k_{z_R}$	1.0				
	系数 $k_{z_{sf}}$	0.25	0.5	0.8	1.0	2.0
						3.0

表14 YG6硬质合金端铣刀铣削灰铸铁的切削用量

耐用 度 $T \times 10^3$ (s)	$\frac{d}{z}$	$a_p$ (mm)	铣刀每齿进给量			切削用量			$a_f$ (mm/z)		
			0.1	0.13	0.18	$v$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$
10.8	$\frac{80}{10}$	1.5	2.07	3.24	6.59	1.84	7.32	8.20	—	—	—
		3.5	1.82	7.26	5.81	1.62	6.45	7.22	—	—	—
		7.5	1.63	6.47	5.18	1.45	5.75	6.44	—	—	—
	$\frac{100}{10}$	1.5	2.07	6.59	5.27	1.84	5.86	6.56	1.64	5.21	8.17
		3.5	1.82	5.81	4.54	1.62	5.10	5.78	1.44	4.59	7.20
		7.5	1.63	5.18	4.14	1.45	4.60	5.16	1.28	4.09	6.42
	$\frac{125}{12}$	1.5	2.07	6.27	5.06	1.84	4.69	6.30	1.64	4.17	7.85
		3.5	1.82	4.64	4.46	1.62	4.13	5.55	1.44	3.67	6.91
		7.5	1.63	4.14	3.98	1.45	3.68	4.95	1.28	3.27	6.10
	$\frac{160}{14}$	1.5	2.07	4.12	4.61	1.84	3.66	5.74	1.64	3.25	7.15
		3.5	1.82	3.63	4.06	1.62	3.23	5.06	1.44	2.87	6.30
		7.5	1.63	3.24	3.62	1.45	2.88	4.51	1.28	2.56	5.62
14.4	$\frac{200}{16}$	1.5	1.89	3.01	3.85	1.68	2.67	4.79	1.49	2.37	5.96
		3.5	1.66	2.65	3.39	1.48	2.35	4.22	1.31	2.03	5.25
	$\frac{250}{20}$	1.5	1.48	2.36	3.02	1.52	2.10	3.76	1.17	1.87	4.99
		3.5	1.32	2.12	3.39	1.48	1.88	4.22	1.31	1.67	5.25
18	$\frac{315}{22}$	1.5	1.48	1.89	3.02	1.52	1.68	3.76	1.17	1.49	4.89
		3.5	1.32	1.60	2.70	1.18	1.50	3.35	1.05	1.33	4.18
		7.5	1.65	1.57	2.75	1.38	1.30	3.43	1.22	1.24	4.27
25.2	$\frac{400}{28}$	1.5	1.38	1.49	2.46	1.23	1.24	3.06	1.09	1.10	3.31
		3.5	1.23	1.25	2.19	1.10	1.11	2.73	0.97	0.98	3.40
		7.5	1.39	1.11	2.45	1.24	0.98	3.09	1.10	0.87	3.84
		3.5	1.24	0.99	2.21	1.10	0.88	2.75	0.98	0.78	3.43
		7.5	1.11	0.88	1.97	0.98	0.78	2.46	0.87	0.79	3.96

(续)

耐 用 度 $T \times 10^2$ (e)	$\frac{d_0}{z}$	$a_2$ (mm)	铣 刀 每 齿 进 给 量 $a_f$ (mm/z)									
			0.25					0.35				
			切					刮				
			$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$	$n$	$v_f$	$v$
10.8	$\frac{80}{10}$	1.5 3.5 7.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	$\frac{100}{10}$	1.5 3.5 7.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	$\frac{125}{12}$	1.5 3.5 7.5	1.45 1.26 1.14	3.70 3.25 2.91	9.77 8.61 7.58	—	—	—	—	—	—	—
	$\frac{160}{14}$	1.5 3.5 7.5	1.45 1.28 1.14	2.89 2.55 2.27	8.91 7.84 7.00	1.29 1.14 1.01	2.56 2.26 2.01	11.13 9.80 8.74	—	—	—	—
	$\frac{200}{16}$	1.5 3.5 7.5	1.33 1.17 1.04	2.11 1.86 1.66	7.43 6.54 5.83	1.18 1.04 0.92	1.37 1.55 1.47	9.28 8.17 7.29	1.05 0.92 0.82	1.67 1.47 1.31	11.43 10.11 9.02	—
	$\frac{250}{20}$	3.5 7.5 16	1.17 1.04 0.92	1.49 1.33 1.18	6.54 5.83 5.21	1.04 0.92 0.82	1.32 1.18 1.05	8.17 7.20 6.51	0.92 0.82 0.74	1.13 1.03 0.94	10.11 9.02 8.05	0.92 0.78 0.58
18	$\frac{315}{22}$	3.5 7.5 16	1.09 0.97 0.87	1.10 0.98 0.87	5.32 4.74 4.23	0.96 0.83 0.77	0.97 0.87 0.78	6.64 5.83 5.29	0.85 0.77 0.68	0.87 0.77 0.69	8.22 7.33 6.54	0.77 0.68 0.51
	$\frac{400}{28}$	3.5 7.5 16	0.98 0.87 0.78	0.78 0.69 0.62	4.78 4.27 3.81	0.87 0.77 0.69	0.89 0.61 0.55	5.98 5.33 4.76	0.77 0.69 0.61	0.61 0.55 0.49	7.40 6.60 5.83	0.69 0.51 0.55
25.2	$\frac{500}{32}$	3.5 7.5 16	0.87 0.78 0.69	0.69 0.62 0.55	3.81 3.41 3.01	0.69 0.59 0.51	0.55 0.49 0.44	4.76 4.27 3.81	0.61 0.55 0.49	0.49 0.44 0.39	5.83 5.29 4.76	0.55 0.49 0.44
	$\frac{630}{40}$	3.5 7.5 16	0.78 0.69 0.62	0.62 0.55 0.49	3.01 2.71 2.41	0.59 0.51 0.44	0.44 0.39 0.34	3.81 3.41 3.01	0.51 0.44 0.39	0.39 0.34 0.29	4.76 4.27 3.81	0.44 0.39 0.34

(续)

加工条件改变对切削用量的修正系数									
铸 铁 的 硬 度	硬度 HB	<150	150~164	165~181	182~199	200~219	220~249		
	系数 $k_{H_0} = k_{H_n} = k_{H_{of}}$	1.42	1.26	1.12	1.0	0.89	0.79		
	比值 $t_p : t$	0.6	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0		
	系数 $k_{T_p} = k_{T_n} = k_{T_{of}}$	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			
	系数 $k_{t_p} = k_{t_n} = k_{t_{of}}$	0.83		1.0		1.15		—	
	表 面 状 态	无 外 皮				有 外 皮			
毛 坯 表 面 状 态	系数 $k_{r_0} = k_{r_n} = k_{r_{of}}$	1.0				一 般		带 砂 的	
						0.8~0.85		0.6~0.6	
铣削宽度与铣刀直径之比	比值 $a_f : d_0$	<0.45		0.45~0.8		>0.8			
	系数 $k_{a_{fv}} = k_{a_{fn}} = k_{a_{fov}}$	1.13		1.0		0.89			
主 偏 角	主偏角 $\kappa_r^\circ$	90	80	45	30	15			
	系 数 $k_{\kappa_r} = k_{\kappa_n}$	0.87	1.0	1.1	1.25	1.6			
	数 值 $k_{\kappa_{ov}}$	0.66	1.0	1.1	1.65	3.1			
	比值 $z_n : z$	0.25	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0	
铣刀实际齿数与标准齿数之比	系 数 $k_{z_n} = k_{z_n}$	1.0							
	系数 $k_{z_{of}}$	0.25	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0	



表15 高速鋼圓柱銑刀銑削鋼料時消耗的功率

銑刀每齒進給量 $a_f$ (mm/z)		切 削 寬 度 $a_e$ (mm)													
0.05~0.09		0.10~0.17													
銑削深度 $a_p$ (mm)															
—	—	—	41	49	59	70	84	100	120	—	—	—	—	—	—
—	—	—	41	49	59	70	84	100	120	—	—	—	—	—	—
—	41	—	41	49	59	70	84	100	120	—	—	—	—	—	—
41	49	—	41	49	59	70	84	100	120	—	—	—	—	—	—
49	59	—	41	49	59	70	84	100	120	—	—	—	—	—	—
59	70	—	41	49	59	70	84	100	120	—	—	—	—	—	—
70	84	—	41	49	59	70	84	100	120	—	—	—	—	—	—
84	100	—	41	49	59	70	84	100	120	—	—	—	—	—	—
100	120	—	41	49	59	70	84	100	120	—	—	—	—	—	—
120	—	—	41	49	59	70	84	100	120	—	—	—	—	—	—

(续)

每秒进给量 $v_f$ (mm/s)	切				削 功 率 $P_m$ (kW)									
	—	—	—	0.0	1.1	1.3	1.5	1.6	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3
0.83	—	—	—	0.0	1.1	1.3	1.5	1.6	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3
1.0	—	—	—	0.9	1.1	1.3	1.5	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4
1.2	—	—	—	0.0	1.1	1.3	1.5	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4
1.4	—	—	—	0.9	1.1	1.3	1.5	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4
1.7	—	—	—	0.0	1.1	1.3	1.5	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4
2.0	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
2.4	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
2.9	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
3.4	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
4.1	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
4.9	2.2	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4	7.6	9.1	11	13	15.5	18.5	—
5.8	2.6	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4	7.6	9.1	11	13	15.5	18.5	—	—
7.0	3.1	3.8	4.5	5.3	6.4	7.6	9.1	11	13	15.5	18.5	—	—	—
8.3	3.8	4.5	5.3	6.4	7.6	9.1	11	13	15.5	18.5	—	—	—	—

钢的机械性能改变时切削功率的修正系数

抗拉强度 $\sigma_b$ (GPa)	<0.539	0.539~0.981	>0.981
硬 度 HB	<160	160~285	>285
系 数 $k_{PM}$	0.84	1.0	1.2

表16 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 $a_f$ (mm/z)		铣 削 宽 度 $a_p$ (mm)											
0.08~0.14 0.13 0.22 0.38 0.6		0.23~0.37 0.38 0.6 1.0 1.5 2.0 3.0 4.5 6.5 8 10 12											
铣削深度 $a_r$ (mm)													
—	—	41	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8	10	12	—	—	—
—	—	41	49	—	3.6	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
59	70	84	100	—	—	—	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5	8
70	84	100	—	—	—	—	—	—	—	3.5	4.5	5.5	6.5
84	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.5	4.5	5.5
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.5	4.5

(续)

每秒进给量 $v_f$ (mm/s)	切 削 功 率 $P_m$ (kW)													
1.18	—	—	—	—	—	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2
1.42	—	—	—	—	—	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2
1.68	—	—	—	—	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	2.2	2.7	3.2	3.8	4.5
2.02	—	—	—	—	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	2.2	2.7	3.2	3.8	4.5
2.4	—	—	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	3.8	4.5	5.4
2.87	—	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
3.42	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
4.08	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
4.92	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	—
5.85	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	3.8	4.5	5.4	6.4	7.7	9.2	—	—
7	1.6	1.9	2.2	2.7	3.2	3.8	4.5	5.4	6.4	7.7	9.2	—	—	—
8.3	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 HB	<150	150~220	>220
修 正 系 数 $k_{MP_m}$	0.83	1.0	1.20





铣刀直径 (mm) 和齿数 $d_z \times z$			切 削							
100×5	125×4 160×6 200×8	250×8 315×10 400×12								
每秒钟进给量 $v_f$ (mm/s)										
—	—	1.77	—	—	—	—	—	—	—	1.1
1.57	1.83	2.2	—	—	—	—	—	—	1.1	1.3
1.93	2.33	2.75	—	—	—	—	—	1.1	1.3	1.6
2.42	2.92	3.33	—	—	—	—	1.1	1.3	1.6	1.9
3.02	3.67	4.25	—	—	—	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3
3.83	4.5	5.33	—	—	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7
4.7	5.67	6.57	—	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.2
5.83	7	8.33	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.2	3.8
7.33	8.33	10.3	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.2	3.8	4.6
9.17	11	12.8	1.6	1.9	2.3	2.7	3.2	3.8	4.6	5.5
11.3	13.7	16	1.9	2.3	2.7	3.2	3.8	4.6	5.5	6.6
14.2	17.2	20	2.3	2.7	3.2	3.8	4.6	5.5	6.6	7.8
17.8	21.3	25	2.7	3.2	3.8	4.6	5.5	6.6	7.8	9.4
22.3	26.7	—	3.2	3.8	4.6	5.5	6.6	7.8	9.4	11
27.8	—	—	3.8	4.6	5.5	6.6	7.8	9.4	11	13





削灰铸铁时消耗的功率

深		D		$v_p$ (mm)															
13	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	13	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9.0	11	13	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7.3	9.0	11	13	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.0	7.3	9.0	11	13	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.0	6.0	7.3	9.0	11	13	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.0	5.0	6.0	7.3	9.0	11	13	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.3	4.0	5.0	6.0	7.3	9.0	11	13	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.7	3.3	4.0	5.0	6.0	7.3	9.0	11	13	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.2	2.7	3.3	4.0	5.0	6.0	7.3	9.0	11	13	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.8	2.2	2.7	3.3	4.0	5.0	6.0	7.3	9.0	11	13	16	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	4.0	5.0	6.0	7.3	9.0	11	13	16	—	—	—	—	—	—	—
1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	4.0	5.0	6.0	7.3	9.0	11	13	16	—	—	—	—	—	—
1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	4.0	5.0	6.0	7.3	9.0	11	13	16	—	—	—	—	—
—	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	4.0	5.0	6.0	7.3	9.0	11	13	16	—	—	—	—
—	—	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	4.0	5.0	6.0	7.3	9.0	11	13	16	—	—	—

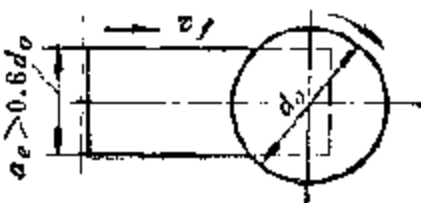
所有直径的铣刀															
铣刀每齿进给量 $a_f$ (mm/z)															
0.13	0.25	0.5	1.0	切 削											
每秒钟进给量 $v_f$ (mm/s)															
—	—	—	2.67	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	2.67	3.16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.1
—	2.67	3.16	3.83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.1	1.3
2.67	3.16	3.83	4.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.1	1.3	1.6
3.16	3.83	4.5	5.42	—	—	—	—	—	—	—	—	1.1	1.3	1.6	1.9
3.83	4.5	5.42	6.42	—	—	—	—	—	—	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7
4.5	5.42	6.42	7.67	—	—	—	—	—	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.3
5.42	6.42	7.67	9.17	—	—	—	—	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.3	3.8
6.42	7.67	9.17	11	—	—	—	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.3	3.8	4.6
7.67	9.17	11	13	—	—	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.3	3.8	4.6	5.5
9.17	11	13	15.7	—	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.3	3.8	4.6	5.5	6.6
11	13	15.7	18.7	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.3	3.8	4.6	5.5	6.6	7.8
13	15.7	18.7	22	1.1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.3	3.8	4.6	5.5	6.6	7.8
15.7	18.7	22	26.7	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.3	3.8	4.6	5.5	6.6	7.8	9.4
18.7	22	26.7	—	1.6	1.9	2.3	2.7	3.3	3.8	4.6	5.5	6.6	7.8	9.4	11.0
22	26.7	—	—	1.9	2.3	2.7	3.3	3.8	4.6	5.5	6.6	7.8	9.4	11.0	13.3
26.7	—	—	—	2.3	2.7	3.3	3.8	4.6	5.5	6.6	7.8	9.4	11.0	13.3	15.9



表19 圆柱铣刀铣削时的入切量及超切量

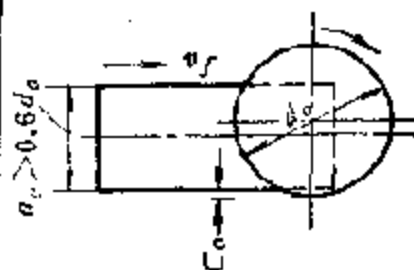
[illegible]

表20 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	铣 刀 直 径 $d_o(\text{mm})$							
$a_e$ (mm)	80	100	125	160	200	250	315	400
	入 切 量 及 超 切 量 $\gamma+\Delta(\text{mm})$							
10	4	—	—	—				
15	4	—	—	—				
20	5	—	—	—				
25	6	—	—	—				
30	8	—	—	—				
40	12	7	7	7	6	—	—	—
50	13	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	—	—	—	—	—	54	40	32
220	—	—	—	—	—	71	47	38
240	—	—	—	—	—	94	59	45
260	—	—	—	—	—	—	72	53
280	—	—	—	—	—	—	86	61
300	—	—	—	—	—	—	110	72
320	—	—	—	—	—	—	—	84
340	—	—	—	—	—	—	—	100

(续)

2. 不对称安装铣刀



C. 数 值	铣 刀 直 径 $d_0(\text{mm})$							
	80	100	125	160	200	250	315	400
	入 切 量 及 超 切 量 $y+\Delta(\text{mm})$							
$0.03d_0$	20	36	47	53	70	87	110	137
$0.05d_0$	25	31	40	46	60	74	95	117

附注: 精铣时,  $y+\Delta$  取与铣刀直径相等。

## 五、铣削用量计算公式

表21 铣削时切削速度的计算公式

### I. 计 算 公 式

$$v = \frac{C \cdot d_0^{a_0}}{T^{a_1} a_p^{a_2} a_f^{a_3} a_s^{a_4} \cdot 2^{a_5} \times 80^{1-m}} \cdot k_v (\text{m/s})$$

式中,  $k_v$ ——切削条件改变时切削速度修正系数

(续)

I. 公式中的指数及系数

铣刀类型		刀具材料	$a_e$ (mm)	$a_p$ (mm)	$a_f$ (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 $\sigma_s=0.637\text{GPa}$												
端铣刀		YT15	—	—	—	188	0.2		0.4	0.2	0	
		高速钢 (用切削液)	—	—	$\leq 0.1$	41		0.1	0.2			0.2
			—	—	$> 0.1$	28	0.25		0.4	0.15	0.1	
圆柱铣刀		YT15	$\leq 2$	$\leq 8f$		340		-0.05		0.15		
					$> 0.15$	280	0.17		0.28		0.38	
					$\leq 2$	379		0.05		0.15		
					$> 2$	131				0.35	0.1	0.33
		高速钢 (用切削液)	—	—	$\leq 0.1$	28.5		0.1	0.2			
			—	—	$> 0.1$	18	0.45		0.4	0.3		
键齿盘铣刀	铣平面与凸台	YT15	—	—	$\leq 0.12$	600		0	0.12	0.4		
					$\geq 0.12$	932	0.21		0.4		0	0.35
	铣槽	—	—	$\leq 0.05$	715		0.1	0.12	0.3			
				$\geq 0.05$	270			0.4				
	铣平面、凸台、及槽	高速钢 (用切削液)	—	—	$\leq 0.1$	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		0.1	0.26	0.24	0.13	0.37
螺旋形刀片的立铣刀						144	0.44					

(续)

刀具类型	刀具材料	$\sigma_s$ (HB)	$a_p$ (mm)	$a_f$ (mm/z)	公式中的指数和系数						
					$C_1$	$q_n$	$x_p$	$y_v$	$u_n$	$p_n$	$m$

加工合金结构钢  $\sigma_s=0.637\text{GPa}$ 

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

加工不锈钢 1Cr18Ni9Ti (退火状态)

端铣刀	YG8	—	—	—	108	0.2	0.06	0.3	0.2	0	0.32
	高速钢	—	—	—	45	0.15	0.2			0.1	0.14
圆柱铣刀	(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 HB=190

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	0.1	0.15
圆柱铣刀	YG6	<2.5	—	$\leq 0.2$	508	0.37	0.23	0.19	0.13	0.14	0.42
			—	$> 0.2$	323			0.47			
		$\geq 2.5$	—	$\leq 0.2$	649	0.37	0.23	0.19	0.4	0.14	0.42
			—	$> 0.2$	412.5			0.47			
	高速钢 (不用切削液)	—	—	$\leq 0.15$	20	0.7	0.3	0.2	0.5	0.3	0.25
				$> 0.15$	3.5			0.6			
端面铣刀	高速钢	—	—	—	35	0.2	0.1	0.4	0.5	0.1	0.15
整体式铣刀		—	—	—	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
切齿与切断 铣刀	(不用切削液)	—	—	—	10.5	0.2	0.2	0.4	0.5	0.1	0.15



(续)

铣刀类型	刀具材料	$a_r$ (mm)	$a_e$ (mm)	$a_f$ (mm/z)	公式中的指数和系数						
					$C_v$	$\eta_v$	$x_v$	$y_v$	$u_v$	$p_v$	$m$

加工可锻铸铁 HB=150

端铣刀	YG 8	—	—	$\leq 0.18$	184	0.22	0.17	0.1	0.22	0	0.33
				$> 0.18$	548			0.32			
	高速钢 (用切削液)	—	—	$\leq 0.1$	63.4	0.25	0.1	0.2	0.15	0.1	0.2
				$> 0.1$	43.1			0.4			
圆柱铣刀		—	—	$\leq 0.1$	47	0.45	0.1	0.2	0.3	0.1	0.33
				$> 0.1$	49.5			0.4			
键齿盘铣刀	高速钢 (用切削液)	—	—	$\leq 0.1$	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	0.2	0.1	0.33
切槽与切断 铣刀		—	—	—	30	0.25	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2

加工中等硬度非均质的铝合金 HB=100~140

端铣刀		—	—	$\leq 0.1$	82	0.25	0.1	0.2	0.15	0.1	0.2
				$> 0.1$	66			0.4			
圆柱铣刀		—	—	$\leq 0.1$	57	0.45	0.1	0.2	0.3	0.1	0.33
				$> 0.1$	40			0.4			
键齿盘铣刀	高速钢 (不用切削液)	—	—	$\leq 0.1$	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		0.2			
切槽与切断 铣刀		—	—	—	45	0.25	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2

(续)

铣刀类型	刀具材料	$a_r$ (mm)	$a_p$ (mm)	$a_e$ (mm/z)	公式中的指数和系数						
					$C_v$	$q$	$x_v$	$y_v$	$u_v$	$p_v$	$m$

加工铝硅合金及铸造铝合金  $\sigma_b=0.098\sim0.196\text{GPa}$ ,  $\text{HB}\leq 65$ ;硬铝  $\sigma_b=0.294\sim0.392\text{GPa}$ ,  $\text{HB}\leq 100$ 

端 铣 刀	高 速 钢  (不用切削液)	—	—	$\leq 0.1$	123	0.25	0.1	0.2	0.15	0.1	0.2
				$> 0.1$	85			0.4			
圆 柱 铣 刀				$\leq 0.1$	104	0.45	0.1	0.2	0.3	0.1	0.33
				$> 0.1$	73.5			0.4			
镶齿盘铣刀				$\leq 0.1$	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
切槽与切肩铣刀				—	80	0.25	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2

附注: 1. 端铣刀的切削速度是按  $\kappa_r=60^\circ$  计算的, 当  $\kappa_r$  改变时, 切削速度应乘修正系数  $k_{\kappa_r}$ :

主偏角 $\kappa_r^\circ$	15	30	45	60	90
系数 $k_{\kappa_r}$	1.6	1.25	1.1	1.0	0.87

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  $k_M$ 。见车削部分, 表21-1~21-4。4. 毛坯状态改变时, 切削速度修正系数  $k_L$ 。见车削部分表21-5。5. 硬质合金牌号改变时的切削速度修正系数  $k_t$ 。见车削部分表21-6。

表22 铣削时铣削力、扭矩和功率的计算公式

1. 计 算 公 式		
切 削 力	扭 矩	功 率
$F_z = \frac{9.81 C_F a_r^x a_f^y a_d^u v^w}{d_0^q n^p \times 60^{w/p}} k_{Fz} \text{ (N)}$	$M = \frac{F_z d_0}{2 \times 10^3} \text{ (N} \cdot \text{m)}$	$P_m = \frac{F_z v}{1000} \text{ (kW)}$
式中: $k_{Fz}$ ——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  $\sigma_s=0.637 \text{ GPa}$ 

端 铣 刀	硬质合金	790	1.0	0.75	1.1	0.2	1.3
	高速钢	78.8	0.95	0.8	1.1	0	1.1
圆 柱 铣 刀	硬质合金	96.7	1.0	0.75	0.88	0	0.87
	高速钢	65	1.0	0.72	0.88	0	0.86
立 铣 刀	硬质合金	11.9	1.0	0.75	0.85	-0.13	0.73
	高速钢	65	1.0	0.72	0.88	0	0.86
盘铣刀、切槽及切齿铣刀	硬质合金	250	1.1	0.8	0.9	0.1	1.1
	高速钢	65	1.0	0.72	0.88	0	0.86
圆、山半圆铣刀及角铣刀	高速钢	45	1.0	0.72	0.88	0	0.86

(续)

铣刀类型	刀具材料	公式中的系数及指数					
		$C_F$	$x_F$	$y_F$	$u_F$	$w_F$	$q_F$

加工不锈钢 1Cr18Ni9Ti HB=141

端铣刀	硬质合金	218	0.92	0.78	1.0	0	1.15
立铣刀	高速钢	92	1.0	0.6	0.75	0	0.86

加工灰铸铁 HB=190

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	0.66	0.83	0	0.83

加工可锻铸铁 HB=150

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 HB=108~140

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	0.83	0	0.86
-------------------------	-----	------	-----	------	------	---	------

- 附注: 1. 铣削铝合金时, 圆周力  $F_z$  按加工碳钢的公式计算并乘系数 0.25。
2. 表列数据按铣刀求得。当铣刀的磨损量达到规定的数值时,  $F_z$  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  $k_{MFz}$  见本削部分表 22-1~22-2。

## 六、常用铣床的技术资料

表23 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 1000×250mm	
进给机构允许的最大抗力 14715N(1500kgf)	
主电动机功率 4.5kW	
进给电动机功率 1.7kW	
机床效率 $\eta=0.75$	
主轴转速 $n(r/s)$  (r/min)	1.05, 1.33, 1.67, 2.08, 2.67, 3.5, 4.25, 5, 6.33, 8.17, (55) (80) (100) (125) (160) (210) (255) (300) (360) (490)  9.88, 12.08, 15.75, 20.42, 25, 30, (590) (725) (945) (1225) (1500) (1800)
纵向进给量 $v_f(mm/s)$	0.58, 0.87, 0.83, 1.08, 1.42, 1.75, 2.08, 2.75, 3.42, 4.17, 5,  6.6, 8.6, 10.3, 12.58, 16.33

表24 X62W型万能铣床和 X52K型立铣

工作台最大纵向行程 700mm	
工作台工作面积, 长×宽 1250×320mm	
进给机构允许的最大抗力 14715N(1500kgf)	
主电动机功率 7kW	
进给电动机功率 1.7kW	
机床效率 $\eta=0.75$	
主轴转速 $n(r/s)$  (r/min)	0.5, 0.625, 0.792, 1, 1.25, 1.58, 1.97, 2.5, 3.17, 3.92, (30) (37.5) (47.5) (60) (75) (96) (118) (150) (190) (236)  5, 6.25, 7.92, 10, 12.5, 15.8, 19.7, 25 (300) (375) (475) (600) (750) (950) (1180) (1500)
纵向进给量 $v_f(mm/s)$	0.317, 0.502, 0.5, 0.625, 0.792, 1, 1.25, 1.58, 1.97, 2.5,  3.17, 3.92, 5, 6.25, 7.92, 10, 12.5, 15.8

表25 X63W 型万能铣床和 X53K 型立铣

工作台最大纵向行程 900mm											
工作台工作面积, 长×宽 1600×400mm											
进给机构允许的最大抗力 14715N(1500kgf)											
主电动机功率 10kW											
进给电动机功率 2.8kW											
机床效率 $\eta=0.75$											
主轴转速 $n$ $\frac{(r/s)}{(r/min)}$	0.5,	0.625,	0.792,	1,	1.25,	1.58,	1.97,	2.5,	3.17,	3.92,	
	(30)	(37.5)	(47.5)	(60)	(75)	(95)	(118)	(150)	(190)	(235)	
	5,	6.25,	7.92,	10,	12.5,	15.8,	19.7,	25			
	(300)	(375)	(475)	(600)	(750)	(950)	(1180)	(1500)			
纵向进给量	0.392,	0.5,	0.625,	0.792,	1,	1.25,	1.58,	1.97,	2.5,	3.17	
$v_f(mm/s)$	3.92,	5,	6.25,	7.92,	10,	12.5,	15.8,	19.7			

## 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光洁度，工件材料，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深。但模数大于4 mm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)，第二次再切至全深。当模数大于7 mm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2~7。

3. 决定切削速度。齿轮加工时的切削速度可按表10公式计算，并按机床说明书找出适当的每分钟（或每秒钟）转数（滚齿或铣齿）或每分钟（或每秒钟）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13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，和其它加工方法一样，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

$$y \approx \sec \beta \sqrt{a_1(d_0 - a_1)}$$

式中  $\beta$ ——滚刀螺旋角(度)；

$a_1$ ——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9。

表 1 模数铣刀刀号与所切齿轮的齿数

铣刀号 码 №	1	1 $\frac{1}{2}$	2	2 $\frac{1}{2}$	3	3 $\frac{1}{2}$	4	4 $\frac{1}{2}$
被切齿 8把刀一套的	12~13	—	14~16	—	17~20	—	21~25	—
轮齿数 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 $\frac{1}{2}$	6	6 $\frac{1}{2}$	7	7 $\frac{1}{2}$	8	
被切齿 8把刀一套的	26~34	—	35~54	—	55~134	—	≥135	
轮齿数 15把刀一套的	26~29	30~34	35~41	42~54	55~79	80~134	≥135	

表 2 高速钢单头滚刀加工35\*与45\*钢(HB156~207)

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	要求光洁度等级		
	$\nabla 4 \sim \nabla 5$	$\nabla 6$	$\nabla 4 \sim \nabla 5$	$\nabla 6$				
$\leq 1.6$	0.3~ 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~ 1.8	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~ 2.4	2.2~ 2.6	2.4~2.8	2.6~3.0	2.6~3.0	—	2.0~ 2.5	0.7~ 0.9
$> 6 \sim 8$	—	3.0~ 2.2	2.2~2.6	2.4~2.8	2.4~2.6	—	—	—
$> 8 \sim 12$	—	—	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
$> 22 \sim 25$	—	—	—	1.2~1.8	1.5~2.0	—	—	—

附注: 1. 粗加工HB170~210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 $\beta$ 的斜齿轮时, 进给量乘以 $\cos\beta$ 。



表 3 模数铣刀加工 35\*与45\*钢(HB156~207)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			>18~22	高速钢铣刀	1.5~2.8
2~4	硬质合金铣刀	1.2~2.0	>22~26	1	1.4~2.6
>4~6		0.6~1.0	>12~14		1.6~2.8
>6~12	1	0.5~0.8	>14~18	高速钢铣刀	1.4~2.5
铣 齿 机			>18~22	2	1.2~2.2
>12~14	高速钢铣刀	2.0~3.5	>22~26		1.1~2.0
>14~18	1	1.7~3.1			

附注: 1. 加工硬度HB170~210铸铁齿轮时, 进给量增加75%。

2. 加工斜角为 $\beta$ 的斜齿轮时, 进给量乘以 $\cos \beta$ 。

表 4 高速钢插齿刀加工35\*与45\*钢(HB156~207)  
圆柱齿轮的进给量

加工性质	模 数 $m$ (mm)	圆周进给量 $f_k$ (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	$\leq 4$	0.35~0.40	0.40~0.45	—	—
	>4~6	0.15~0.20	0.30~0.40	0.40~0.50	
走刀粗插	>6~8	—		0.30~0.40	0.40~0.50
6级光洁度、 精加工:					
对实体材料	$\leq 3$	0.25~0.30			
对顶加工齿	>3~8	0.22~0.25			

附注: 1. 加工硬度 HB 170~210 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. 斜齿前粗加工, 进给量减少20%; 齿齿前粗加工, 减少10%。

4. 表中大进给量用于加工齿数大于26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 5 高速钢花键滚刀加工35\*与45\*钢 (HB156~207) 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 (▽6)	14~52	1.5~3	0.6
	54~82	3~5	0.8
	90~125	5~6.5	1.2

附注：用带花键滚刀粗加工时，进给量减少15%。

表 6 加工材料机械性能改变时，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, 5CrNiMo, 38CrMoAlA
系数 $k_M$						
硬度 HB						
156~187	170~207	<241	170~229	156~207	150~229	156~229 223~285
1.0	0.9	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7

表 7 高速钢蜗轮滚刀加工灰铸铁(HB170~210)和  
青铜(HB120)蜗轮的进给量

模数 $m$ (mm)	滚刀直径 $d_n$ (mm)	工件每转进给量 (mm/r)		模数 $m$ (mm)	滚刀直径 $d_n$ (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	0.80~0.90	1.4~1.6	8	145	0.46~0.78	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				

附注：加工多头蜗轮时，进给量应按头数成比例地减少。

表 8 高速钢齿轮刀具磨钝标准

刀 具 类 型	后刀面最大磨钝限度(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 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10 齿轮刀具切削速度计算公式

### 1. 计 算 公 式

模数铣刀、齿轮滚刀和插齿刀切削速度：

$$v = \frac{C_v}{T^{0.36} f^{0.76} m^{0.76} \times 60^{1-m}} \quad \text{— } k_v \text{ (m/s)}$$

花键滚刀切削速度:

$$v = \frac{C_v Z_w^{0.4}}{T^{0.3} f^0.5 k^{0.2} \times 60^{1-m}} k_v \quad (\text{m/s})$$

式中  $T$ ——耐用度(s)。 $f$ ——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  $f = a_f$ (mm/z)。 $m$ ——齿轮模数(mm)。 $k$ ——花键轴花键高度(mm)。 $Z_w$ ——花键轴花键数。

1. 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					耐用度 $T \times 10^3$ (s)	
				$C_v$	$\psi$	$\alpha_v$	$q_v$	$m_v$		
单头齿轮滚刀	钢45 HB207	粗加工	1.5~6	281	0.5	0		39	28.8	
			7~26	315		0.10				
	灰铸铁 HB170~ 210	精加工	1.5~3	364	0.85	-0.6		0.5	14.4	
		粗加工	1.5~26	178	0.3	0.15		0.2	57.6	
			精加工	1.5~3	152	0.4	-0.4		0.3	
修缘齿轮刀	钢45 HB207	粗加工	4~6	270	0.33	0	—	0.33	28.8	
			7~26	322	0.33	0.1				
插齿刀	钢45 HB207	粗加工		49	0.5	0.3		0.2	24	
				精加工		90		0	0.3	14.4
	灰铸铁 HB170~ 210	粗加工	1.5~8	54	0.25	0.15		0.2	24	
				精加工	113		0		0.3	14.4
					粗加工					
外径定心花键滚刀 (不带角)	钢45 HB207	粗加工	—	780	0.5	1.28	0.37	0.4	36	
				精加工					390	18
内径定心花键滚刀 (带角)	钢45 HB207	粗加工	—	663					36	
				精加工					331	18
齿轮铣刀		粗加工	14~26	49	0.45	0	—	0.33	28.8	

(续)

附注：1. 各种滚刀随模数不同，其耐用度修正系数为下表：

模数 $m$ (mm)	$\leq 4$	$> 4 \sim 6$	$> 6 \sim 8$	$> 8 \sim 12$	$> 12$
系数 $k_f$	0.6	0.75	1.0	1.5	2.0

2. 表中插齿刀和花键滚刀耐用度数只适于该表中相应的尺寸。

### II. 加工条件改变时，切削速度修正系数

#### 1. 加工材料机械性能的修正系数

加 工 材 料	硬 度 HB	系 数 $k_M$
钢 35	156~187	1.1
钢 45	170~207	1.0
	230~241	0.8
钢 50	170~229	0.8
钢35Cr, 40Cr	156~207	1.0
钢12CrNi4A, 20CrNiMo, 18CrMnTi, 12CrNi3, 20Cr	156~229	0.9
钢30CrMnTi	156~207	0.8
钢18CrNiWA, 38CrMoAlA	156~229	0.8
5CrNiMo, 6CrNiMo, 0CrNi3Mo	229~285	0.8

## 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	工具名称	影响因素数值及系数值						
滚刀头数	齿轮滚刀	头数 $z_T$	1	2	3	—		
		系数 $k_{z_T v}$	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 $n_D$	0	1	2	3	>3	
		系数 $k_{n_D v}$	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 $k_{P_v}$	1.0		0.8	—		
滚刀齿形	花键滚刀	滚刀齿形	带角	不带角	—			
		系数 $k_{\alpha_v}$	0.85	1.0				
花键轴花键数		花键数 $z_n$	4	6	8	10	16 20	
		系数 $k_{z_{rv}}$	0.85	1.0	1.1	1.2	1.4 1.5	
齿轮齿间	齿轮滚刀与插齿刀	轮齿斜角 $\alpha^\circ$	0	15	30	45	60	
		系数 $k_{\alpha_v}$	1.0		0.9	0.8	0.7	
齿轮齿数	插齿刀	齿轮齿数 $z_g$	12	20	40	80	120	
		系数 $k_{z_{gv}}$	0.95	1.0	1.1	1.2		
走刀次数	齿轮滚刀	走刀次数 $l$	一次		两次		第一次 第二次	
		系数 $k_{l_v}$	1.0				1.4	

表11 高速钢滚刀滚齿时的切削速度 (参考值)

模数 $m$ (mm)	切削40和45钢 ( $\sigma_s=0.588\sim0.687\text{GPa}$ )		切削铸铁 HB=180~200	
	切削速度 $v(\text{m/s})$			
	粗加工	精加工	粗加工	精加工
$\leq 3$	0.42~0.58	0.42~0.67	0.42~0.53	0.43~0.67
$> 3\sim 6$	0.37~0.53	0.42~0.58	0.33~0.50	0.43~0.58
$> 6\sim 10$	0.33~0.50	0.37~0.57	0.30~0.42	0.42~0.53
$> 10\sim 16$	0.30~0.42	0.27~0.33	0.28~0.33	0.40~0.50

表12 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

齿 轮 类 型	机 床 型 式	模 数	钢 HB209	灰铸铁HB170 ~210与青铜	
		m  (mm)	切 削 速 度 v (m/s)		
			刀 具 材 料		
			高 速 钢	硬 质 合 金 YT15	高 速 钢
圆 柱	滚齿机与 卧式铣床	<2	—	2.9~3.4	—
		>2~4		2.7~3.2	
		>4~6		2.6~3.0	
		>6~8		2.4~2.9	
		>8~12		2.2~2.5	
	滚 齿 机	14~16	0.27~0.28	0.22	
		22~26	0.29~0.3	0.23	
圆 锥	铣齿机与 卧式铣床	4~8	0.53	—	0.42
蜗 轮	滚 齿 机	3~4	—	—	0.44~0.41
		5~6		—	0.38
		8~12		—	0.37~0.34

附注：加工材料机械性能对切削速度的修正系数 $k_M$ ，见表10。

表13 齿轮加工时切削功率计算公式

### I、计 算 公 式

齿轮滚刀

$$P_m = \frac{60 C_{pm} f^2 p_m m^3 r_m d_n^2 p_m z_w^2 f_m v}{10^3} \cdot k_{pm} (\text{kW})$$

插齿刀

$$P_m = \frac{60 C_{pm} f^2 p_m m^3 f_m z_w^2 p_m v}{10^4} \cdot k_{pm} (\text{kW})$$

花键滚刀:

$$P_m = \frac{60 C_{p_m} f^{x_{p_m}} r_m D^{y_{p_m}} v}{10^5} k_{p_m} (\text{kW})$$

式中  $f$ ——工件每转滚刀进给量(mm/r); $f_k$ ——插齿刀圆周进给量(mm/双行程); $Z_w$ ——齿轮齿数; $d_s$ ——滚刀和插齿刀外径(mm); $D$ ——花键轴外径(mm); $v$ ——切削速度(m/s); $k_{p_m}$ ——切削条件改变时, 切削功率修正系数。

I. 公式中的系数和指数

刀具类型	加工材料	系 数 和 指 数				
		$C_{F_m}$	$y_{p_m}$	$x_{p_m}$	$y_{p_m}$	$q_{p_m}$
单头齿轮滚刀	钢45 HB207	124	0.9	1.7	-1.0	0
	灰铸铁 HB170~210	62				
修缘齿轮滚刀	钢45 HB207	175	1.0	1.0	1.1	0.11
		179				
插 齿 刀	灰铸铁 HB170~210	139	1.0	2.0	—	0.11
		139				
花键滚刀	钢45 HB207	42	0.65	—	1.1	—

附注: 双头滚刀切削功率应增加64%; 三头应增加100%。

II. 加工材料机械性能对切削功率的修正系数

钢 号	35	45	60	35Cr 40Cr	12CrNi4A, 20CrNiMo, 16CrMnTi, 12CrNi3, 20Cr	30CrMnTi	18CrNiWA, 38CrMoAlA, 5CrNiMo, 6CrNiMo, 0CrNi3Mo
布氏硬度 HB	156~187	170~207	208~241	170~229	156~207	156~229	230~285
系数 $k_{p_m}$	0.9	1.0	1.2	1.1	1.0	1.1	1.4



### 主要参考书

1. 华南工学院、甘肃工业大学主编,《金属切削原理及刀具设计》上、下册,上海科技出版社,1981年。
2. 《金属切削理论与实践》上、下册,北京出版社,1979年。
3. “机械工程手册 第46篇”《金属切削方法》,机械工业出版社,1981年。
4. 株洲硬质合金厂、四川自贡硬质合金厂,“产品目录和新牌号硬质合金介绍”,1980年。
5. А. Н. Малов, Справочник технолога машиностроителя, Том 2, 1972.
6. Г. А. Допжаговский, Справочник технолога по обработке металлов резанием, Машгиз, 1962.
7. 国内各机床厂车床、钻床和铣床说明书及产品目录。
8. 国内工厂切削用量调查资料。
9. 《铣床通讯》, 1976, 第1期。
10. 北京永定机械厂群钻小组著,《群钻》,上海科学技术出版社,1982年。
11. “机械工程手册 第47篇”《金属切削刀具》,机械工业出版社,1981年。