

金属切削机床与刀具

无锡无线电工业学校 编

国防工业出版社



内 容 简 介

本书分金属切削原理与刀具、金属切削机床两篇。内容包括：金属切削刀具材料；车刀几何形状和车削时的切削要素；切削过程中的物理现象；冷却润滑液；提高工件表面光洁度的方法；刀具几何参数及切削用量的合理选择；车刀在生产中的应用和改进；成形车刀；孔加工刀具；铣削刀具；螺纹刀具；齿轮刀具；砂轮和磨削；金属切削机床的分类与型号的编制方法；普通车床；铣床；滚齿机；自动车床等。

本书可供从事机械制造的工人、技术人员参考。

金属切削机床与刀具

无锡无线电工业学校 编

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张20¹/₈ 468千字

1979年12月第一版 1979年12月第一次印刷 印数：00,001—26,500册

统一书号：15034·1929 定价：1.60元

前 言

在机械制造中，要使用金属切削刀具和金属切削机床。刀具的种类和机床的类型甚多，使用性能和加工对象也各不相同。加工中可根据生产类型、技术要求、并考虑设备条件，因地制宜地选择刀具和机床。

作为无线机械制造的中等技术人员，必须具备正确使用和合理选择金属切削刀具和金属切削机床的基本知识。

本书系无线机械制造专业统编教材，约 140 学时。在刀具方面，除重点介绍切削黑色金属材料的刀具外，还注意介绍有色金属材料切削刀具的特点。金属切削机床重点介绍四台典型机床。

本书由无锡无线电工业学校殷志介、周鸣淼、毛海兴等编写。初稿经有关中等专业学校教师讨论并提出修改意见，编者进行了修改，并由成都无线机械学校秦一冬主审。

由于我们水平有限和编写时间仓促，书中难免存在缺点和错误，恳请读者批评指正。

目 录

第一篇 金属切削原理与刀具

第一章 金属切削刀具材料	1	§ 1 成形车刀的类型和应用范围	96
§ 1 刀具材料的基本性能及种类	1	§ 2 成形车刀的前角和后角	97
§ 2 工具钢	1	§ 3 成形车刀的截形设计	99
§ 3 硬质合金		§ 4 成形车刀加工误差分析	105
§ 4 陶瓷刀和金刚石刀	4	§ 5 成形车刀的样板	107
§ 5 目前国内外新型刀具材料的发展动向	6	§ 6 成形车刀的安装	107
第二章 车刀几何形状和车削时的 切削要素	9	第九章 孔加工刀具	108
§ 1 切削过程的运动和产生的表面	9	§ 1 钻头的结构、几何参数及切削要素	108
§ 2 刀具切削部分的基本定义	9	§ 2 钻头切削部分的改进	112
§ 3 车刀各截面内的角度关系	13	§ 3 群钻及其它先进钻头	114
§ 4 车刀角度的测量方法	17	§ 4 深孔钻	119
§ 5 车刀工作图的画法	19	§ 5 铰刀	121
§ 6 刀具工作状态中的切削角度	19	§ 6 钻、铰、铰的比较	125
§ 7 切削用量三要素和切削横截面	23	§ 7 镗孔刀	126
第三章 切削过程中的物理现象	26	第十章 铣削刀具	128
§ 1 切屑的形成过程	26	§ 1 铣刀的几何参数与铣削要素	128
§ 2 切屑的收缩	28	§ 2 铣削力	132
§ 3 积屑瘤	29	§ 3 铣削过程的特点	133
§ 4 加工硬化	31	§ 4 顺铣和逆铣	133
§ 5 切削力	32	§ 5 铣刀的类型及其应用	134
§ 6 切削热	42	§ 6 铣刀的改进	137
§ 7 刀具的磨损和耐用度	45	§ 7 铲齿铣刀简介	139
第四章 冷却润滑液	48	第十一章 螺纹刀具	142
§ 1 冷却润滑液的作用	48	§ 1 概述	142
§ 2 冷却润滑液的分类和选用	49	§ 2 螺纹车刀	142
§ 3 冷却润滑液的使用方法	50	§ 3 丝锥	145
第五章 提高工件表面光洁度的方法	52	§ 4 圆板牙	149
§ 1 表面光洁度不高的原因和提高的方法	52	§ 5 螺纹滚压工具	150
§ 2 提高表面光洁度的其它措施	56	第十二章 齿轮刀具	153
第六章 刀具几何参数和车削用量的 合理选择	58	§ 1 齿轮刀具的分类	153
§ 1 刀具几何参数的合理选择	58	§ 2 齿轮铣刀	156
§ 2 车削用量的合理选择	65	§ 3 齿轮滚刀	160
第七章 车刀在生产中的应用和改进	70	§ 4 插齿刀	169
§ 1 各种车刀的分类和用途	70	§ 5 小模数齿轮滚刀简介	173
§ 2 一般车刀在使用中存在的问题	70	第十三章 磨削和砂轮	175
§ 3 改进车刀的主要途径	71	§ 1 砂轮	175
§ 4 不重磨车刀	82	§ 2 金刚石砂轮简介	180
第八章 成形车刀	96	§ 3 磨削过程及其特点	181
		§ 4 磨削运动与磨削要素	183
		§ 5 磨削的表面质量	184
		§ 6 几种磨削新方法的介绍	186

第二篇 金属切削机床

第十四章 金属切削机床的分类与型号的

编制 191

§ 1 机床的分类 191

§ 2 机床的技术规格 202

§ 3 我国机床型号的编制方法 204

第十五章 普通车床 208

§ 1 车床概述 208

§ 2 CA6140普通车床概述 210

§ 3 CA6140普通车床的主运动链 218

§ 4 CA6140车床的进给运动链 222

§ 5 CA6140车床的主要部件及结构 235

§ 6 车床精度的检验 245

第十六章 铣床 251

§ 1 铣床的功用及分类 251

§ 2 X62W型卧式万能铣床 252

§ 3 分度头 263

§ 4 在万能铣床上利用分度头铣削螺旋槽 266

第十七章 滚齿机 271

§ 1 概述 271

§ 2 Y3150滚齿机的特点及技术规格 271

§ 3 滚齿机的运动 272

§ 4 机床的主要部件及操纵机构 275

§ 5 Y3150滚齿机的传动系统 278

§ 6 滚齿机的调整 281

§ 7 加工齿数大于100的质数直齿圆柱齿轮的

调整计算 291

第十八章 自动车床 294

§ 1 概述 294

§ 2 CG1107 型精密单轴纵切自动车床 295

第一篇 金属切削原理与刀具

第一章 金属切削刀具材料

§1 刀具材料的基本性能及种类

一、刀具切削部分材料的基本性能

作为理想的刀具切削部分材料,应具备下列几项基本性能:

1. 足够的硬度和耐磨性 刀具切削部分材料的硬度,必须大于工件材料的硬度,一般在 HRC 60 以上。同时,还应具有良好的抗磨损能力,以保持刀刃的锋利。

2. 足够的强度和韧性 在切削过程中,刀具切削部分要承受较大的切削力,有时,还要承受冲击,因此,必须有足够的强度和韧性。一般以抗弯强度表示。

3. 足够的耐热性(即红硬性) 刀具磨损的主要原因,在于切削时产生的高温热量。所以,在高温下,仍能保持良好的切削性能,这是衡量刀具材料切削性能的主要指标。

常用刀具材料的红硬性是:碳素工具钢 200~250℃,合金工具钢 300~400℃,高速钢 550~620℃,硬质合金 850~1000℃。

4. 良好的工艺性 主要是指热处理(热处理变形小,脱碳层小,淬透性好和淬火温度范围较宽等)与刃磨性能(表面不易退火,容易磨得光洁和锋利)。

此外,还应考虑经济性。

在实际生产中,上述要求的几项性能,并不一定都要具备。只要根据工件材料的性能和切削要求,突出性能中的某一项,其它性能影响不大也可以。

二、刀具材料的种类

按刀具材料的发展过程,到目前为止,用于制造刀具切削部分的材料,有以下几种:

1. 工具钢 包括碳素工具钢、合金工具钢和高速钢;
2. 硬质合金;
3. 陶瓷材料;
4. 其它刀具材料,如金刚石等。

目前最常用的是高速钢和硬质合金。

有了良好的刀具切削部分材料,还要有足够强度、硬度和刚性的刀体材料,作为承受刀具在切削时的作用力。一般采用 45 号钢作为刀体材料;但对要求较高形状又复杂的刀具,为了减少热处理的变形,可采用 40 Cr 或 9 Cr Si;有时为了节省钢材,对某些要求不高而消耗量甚大的刀具(例如车刀等),也可用球墨铸铁作为刀体材料。

§2 工 具 钢

工具钢的常用牌号和化学成分,列于表 1-1。

表1-1 工具钢的常用牌号和化学成分

类别	材料牌号	化 学 成 分 %								
		C	Mn	Si	Cr	W	V	Mo	S	P
碳素工具钢	T7A	0.65~0.74	0.15~0.30	0.15~0.30	—	—	—	—	<0.03	
	T8A	0.75~0.85	0.15~0.30	0.15~0.30	—	—	—	—	<0.03	
	T10A	0.95~1.04	0.15~0.30	0.15~0.30	—	—	—	—	S≤0.02 P≤0.03	
	T12A	1.15~1.24	0.15~0.30	0.15~0.30	—	—	—	—	同上	
合金工具钢	9CrSi	0.85~0.95	0.30~0.60	1.20~1.60	0.95~1.25	—	—	—	<0.03	
	GCr9(滚珠钢)	1~1.10	0.20~0.40	0.15~0.35	0.90~1.20	—	—	—	S<0.02 P<0.027	
	CrWMn	0.90~1.05	0.80~1.10	0.15~0.35	0.90~1.20	1.20~1.60	—	—	<0.03	
高速钢	W18Cr4V	0.70~0.80	≤0.40	≤0.40	3.80~4.40	17.5~19.00	1.00~1.40	≤0.30	≤0.03	
	W9Cr4V2	0.85~0.95	≤0.40	≤0.40	3.80~4.40	8.50~10.00	2.00~2.60	≤0.30	≤0.03	
	W12Cr4V4Mo	1.20~1.40	≤0.40	≤0.40	3.80~4.40	11.50~13.00	3.80~4.40	0.90~1.20	≤0.03	
	W6Mo5Cr4V2	0.80~0.90	≤0.40	≤0.35	3.80~4.40	5.75~6.75	1.80~2.20	4.75~5.75	≤0.03	
	W6Mo5Cr4V3	1.15~1.25	≤0.40	≤0.35	3.80~4.40	5.75~6.75	2.80~3.20	4.75~5.75	≤0.03	
	高碳 W6Mo5Cr4V2	0.95~1.05	≤0.40	≤0.35	3.80~4.40	5.75~6.75	1.80~2.20	4.75~5.75	≤0.03	

一、碳素工具钢

碳素工具钢是含碳量较高的优质钢（含碳量在 0.75~1.5% 之间），它在淬火后的硬度和物理机械性能，主要取决于含碳量。含碳量越多，淬火后的硬度越高，但是，韧性会降低。碳素工具钢中的硫、磷，是有害杂质（硫—热脆，磷—冷脆），其含量越少，钢在淬火时产生裂纹的可能性就小。故对硫、磷的含量，要严加控制，使其含量在 0.03% 以下。

碳素工具钢淬火后的硬度为 HRC 61~65。硬度较高，但红硬性与淬透性较差，当切削温度达到 200~250℃ 时，硬度开始下降，超过此温度，刀刃的硬度急剧下降，出现烧损，失去切削能力。只能在较低切削速度下工作，一般以切削速度 $v \leq 10$ (米/分) 为宜。例如锉刀、手用铰刀、手用丝锥和扳牙等类刀具。碳素工具钢价格低廉，刀刃容易磨得锋利，用于低速小尺寸刀具。其中，以 T10A 和 T12A 用得最广泛。

二、合金工具钢

在碳素工具钢中，加入一些合金元素，如锰、硅、铬、钨等，即成合金工具钢。

合金工具钢淬火后的硬度与碳素工具钢相同，但红硬性较碳素工具钢高，所以，能在较高的切削速度下工作，约为碳素工具钢切削速度的 1.2~1.5 倍，而且，比碳素工具钢有较好的耐磨性和韧性，热处理变形小，淬透性也较好。目前，采用合金工具钢来制造某些刀具，主要出于它具有良好的热处理工艺。

合金工具钢的种类较多，其中以 9CrSi 和 CrWMn 用得较广。而且 CrWMn 热处理时变形更小，强度高，耐磨性也好，宜作细长刀具，如拉刀、同心铰刀、长丝锥、长钻头等。

三、高速钢

高速钢是一种含钨、铬、钒较多的高合金工具钢。俗称“锋钢”（因容易磨得锋利而得名）。

高速钢淬火后的硬度，虽与碳素工具钢和合金工具钢相同，但耐磨性、强度和韧性均比合金工具钢好，红硬性也高，能在550~620℃的高温下切削，继续维持原来的硬度和耐磨性。高速钢刀具允许的切削速度，可比合金工具钢高2~3倍。所以，名叫高速钢。但还不能用于高速切削。

高速钢还具有刃磨方便，容易磨得锋利，热处理时变形小（与9CrSi和CrWMn相比要大些）等优点。由于韧性较好，能承受较大的冲击力，常用于加工形状不规则的零件。高速钢的材料性能比硬质合金稳定，在自动机床上使用可靠，高速钢刀具的制造工艺并不复杂，对形状复杂的大型成形刀具，这一点更为突出。目前，高速钢广泛应用于制造钻头、丝锥、铰刀、成形车刀、立铣刀、成形铣刀、各种齿轮刀具和拉刀等。

高速钢品种较多，可分为一般性高速钢和高性能高速钢两种。

我国常用的W18Cr4V和W9Cr4V2是属于一般性高速钢。这两种高速钢的切削性能基本上差不多，只是前者在热处理和刃磨时，容易保证质量，而后的淬火温度较窄，热处理较困难，刃磨时易烧伤。但后者价格便宜，用于制造一般刃形简单的中速刀具，如车刀、钻头、铣刀等。

在表1-1中的W6Mo5Cr4V2、W6Mo5Cr4V3（钨钼系高速钢），也属于一般性高速钢，它与W18Cr4V（钨系高速钢）相比，在热塑性和冲击韧性方面均优于W18Cr4V，在耐热性、刃磨性和切削性能方面，接近于W18Cr4V，而且价格低。

所谓高性能高速钢，是在一般性高速钢中，加入了一些合金元素，以提高高速钢的耐磨性和耐热性，用来切削难加工材料的需要。表1-1中的高碳W6Mo5Cr4V2，就是属于高性能高速钢中的一种。除此之外，还有钴高速钢、高钒高速钢、超硬型高速钢等。这些高性能高速钢性较脆，为避免崩刀，应注意工艺系统的刚性。且价格较贵，故只适宜于切削难加工材料。

§3 硬质合金

硬质合金俗称钨钢（因含碳化钨较多而得名）。它的硬度很高（不需淬火）。硬度可达HRA 87~92（相当于HRC70~75）。硬质合金是由碳化钨或碳化钨、碳化钛的粉末为基础，以钴作粘结剂，用粉末冶金法，在真空或氢气还原炉中焙烧而成。

硬质合金耐高温、红硬性好，在切削温度1000℃左右时，尚能保持良好的切削性能，耐磨性好，也有一定的使用强度。它能切削一般工具钢所无法切削的材料，如淬硬钢、白口铁、玻璃、大理石等。特别在高速切削的条件下尤为有利。它的缺点是性脆、怕振、坚韧性较差。可通过采用合理的几何参数来适应补偿。

硬质合金是重要的刀具材料。在车削加工方面，除少数小直径孔径和某些有色金属，及某些螺纹精加工外，几乎全部使用硬质合金。尤其是硬质合金端面铣刀，已排除了高速钢，在端面铣削中占主要地位。在钻削方面，除已有的硬质合金枪孔钻、深孔钻和钻铸铁的麻花钻外，硬质合金喷吸钻已成功地应用于钻削钢件。其它如铰刀、齿轮滚刀、立铣刀等方面，使用硬质合金的也不少。

常用的硬质合金，按成分可分为钨钴合金、钨钴钛合金和万能合金三大类。

一、钨钴合金

代号为YG，由碳化钨和钴组成。这类硬质合金的坚韧性较好，适用于加工铸铁、有色金属及其合金等脆性材料。它的红硬性稍差，与钢的粘接温度低，故不宜切钢。

钨钴合金，按不同的含钴量，有YG3、YG6、YG8等多种牌号，牌号后面的数字表示含钴量，含钴量越多，坚韧性越好，加工时承受的冲击性能也就越好。但相应地含碳化钨量就减少，耐磨性就较差。所以，YG8用于粗加工，YG6用于半精加工，YG3用于精加工。

二、钨钴钛合金

代号YT，由碳化钨、钴和碳化钛所组成。这类硬质合金的红硬性好，因加入了钛的成分，提高了与钢的粘接温度。在切削过程中，表面形成一层氧化钛薄膜，能减少摩擦系数，使切屑不易粘附在刀具上，从而减少了切屑对硬质合金刀片的磨损，因此，适宜于切削钢件。但加入钛后，性脆、怕冲击，故不宜加工脆性材料。

钨钴钛合金按不同的含碳化钛量，有YT5、YT15、YT30等多种牌号，牌号后面的数字表示含碳化钛量，含碳化钛量越多，红硬性越好。但相应地含钴量就减少，坚韧性较差。所以，YT15、YT30常用于精加工，YT5多用于粗加工。

上述情况并不是一成不变的，譬如：荒车大件毛坯铸钢件，因切削余量不均匀，冲击力较大，这时，采用YG类合金刀具车削，效果就较好。此外，用YG类合金刀（YG8、YG6）切削不锈钢（1Cr18Ni9Ti），效果比YT类好。原因是YT类中的钛元素，和1Cr18Ni9Ti中的钛元素亲合力强，会产生严重的粘结现象，而粘尖、粘刃，会造成YT类合金刀片的急剧变钝。

三、万能合金

常用牌号有YW1、YW2，这类合金是在YT类合金中，加入碳化钽（TaC）组成。它具有较高的耐磨性和红硬性，适用范围广，既能切削铸铁，又能切削钢材，特别适宜于加工各种特殊铸铁和特殊合金钢，如耐热钢、高锰钢、不锈钢等。所以，叫它“万能合金”。

目前，还有在YG类合金中，加入碳化铌（NbC），组成YA6万能合金，它具有很高的耐磨性，适合于加工奥氏体不锈钢（如1Cr18Ni9Ti）、耐热钢、特硬铸铁、钛合金、青铜、硬塑料等。

硬质合金的选用，列于表1-2。

§4 陶瓷刀和金刚石刀

一、陶瓷刀

陶瓷刀的主要成分是 Al_2O_3 ，它的硬度、耐磨性、红硬性均比硬质合金好。硬度可达HRA 93~94，红硬性在1200~1350℃时仍能继续切削。因此，切削速度比硬质合金大20~50%。而且切屑不粘刀（与金属的亲合力小），摩擦系数很小，不易产生积屑瘤，能获得较好的加工光洁度和尺寸稳定性。但特别脆，坚韧性很差，抗弯强度很低，约为硬质合金的1/3~1/4（为高速钢的1/6~1/7）。

陶瓷刀采用机夹不重磨式结构（陶瓷刀的焊接与刃磨都很困难）。我国生产的陶瓷刀有各种形状，如六方、四方、三角形等，已成系列。

表1-2 目前我国生产的硬质合金成分、性能和用途

类型	牌 号	化 学 成 分 (%)					物 理 机 械 性 能			用 途
		WC	Co	TaC	TiC	NbC	比重 γ	硬度HRA	强度 σ_b	
钨 钴 合 金	YG8	92	8	—	—	—	14.6	89	≥ 150	适于粗加工铸铁、有色金属及其合金或有冲击时用
	YG8C	92	8	—	—	—	14.6	88	≥ 170	适于制造冲击刀具(刨刀、插刀等)
	YG6	94	6	—	—	—	14.8	89.5	≥ 140	适于半精加工铸铁、有色金属及粗加工非金属材料
	YG6C	94	6	—	—	—	14.8	88.5	≥ 150	适于制造切断刀等
	YG6X	94	6	—	—	—	14.8	91	≥ 135	加工耐热合金效果良好,亦适用于精加工普通铸铁
	YG3	97	3	—	—	—	15.1	91	≥ 105	精加工铸铁及合金淬火钢等
钨 钴 钛 合 金	YT5	85	10	5	5	5	12.8	89.5	≥ 130	适于粗加工碳钢或合金钢,也可制造成形车刀、切槽刀等
	YT14	78	8	14	14	14	11.5	90.5	≥ 120	适于间断切削时,半精车碳钢和合金钢等
	YT15	79	6	15	15	15	11.1	91	≥ 115	半精加工碳钢与合金钢和粗扩与精扩加工
	YT30	66	4	30	30	30	9.6	91.8	≥ 90	适于碳钢与合金钢中、小断面的精车与扩孔等
	YT60	34	6	60	60	60	6.7	92.8	≥ 75	适于精车、精扩、精镗钢料等
万 能 合 金	YW1	84	6	4	6	—	13.3	92	≥ 135	适于加工不锈钢、高锰钢或一般钢料与铸铁等
	YW2	82	8	4	6	—	13.1	91	≥ 160	适于加工钛合金、奥氏体不锈钢或一般钢料与铸铁等
	YA6	96	2	—	0	2	14.7	92	≥ 140	适于加工硬铸铁、高锰钢、淬火钢等
	YW7	84	6	—	8	2	12.7	92.4	≥ 140	适于加工 316L 耐热不锈钢和 18CrMnTi 合金钢等

注: Y(硬)质合金; C(粗)颗粒; X(细)颗粒; W(万)能合金; A(优质)。

陶瓷刀不能切削铝合金，因为铝合金切屑被氧化，表面层形成 Al_2O_3 ，和陶瓷刀材料相同，同种材料发生摩擦时，摩擦系数大，切屑形成时摩擦阻力大，容易产生积屑瘤，恶化加工表面的光洁度。

陶瓷刀按成分组成，可分为矿物陶瓷和金属陶瓷两种。“矿物陶瓷”是用氧化铝在高温下烧结成的，是一种非金属材料。这种陶瓷刀强度低，韧性差，在使用中受到一定限制。为使矿物陶瓷的强度和韧性提高，在 Al_2O_3 的基体上加少量（10%以下）的铬、镍、铁、钼、钨、钛等做成金属陶瓷。

陶瓷刀的强度低、韧性差，主要用于精车。近年来由于质量不断改进和使用得法，也可用于粗车。如我国生产的AM、AMF多角型陶瓷刀，粗车焊接 $\phi 32.5 \sim 45$ （毫米）高速钢钻头的外圆，效果比YT5、YT15好。

用YT5、YT15车刀，刃磨一次，平均约加工10个工件；用AM或AMF陶瓷刀，每个刀尖能加工30~40个工件，而且质量稳定。

陶瓷刀特别适用于高速切削。只有在高速切削下，才能充分发挥其耐高温的优点。

目前国内外都在研究和发展陶瓷刀，它不但能节省稀有金属，更重要的是由于金属材料的发展，对一些高硬度材料的切削加工，有时就非用陶瓷刀不可。对陶瓷刀的研究和改进，着眼点是如何提高陶瓷刀的抗弯强度。

二、金刚石刀

金刚石是目前最硬的刀具材料。有天然金刚石和人造金刚石两种。金刚石用于精车有色金属，加工光洁度可达 $\nabla 12 \sim \nabla 13$ ，精度可达1级。

它不能用于切削黑色金属材料，因为金刚石在高温条件下，与铁、碳原子的亲合力强，易产生粘结作用，使刀具很快磨损。

金刚石刀脆性很大，但耐磨性很高，象加工硅铝这样的耐磨材料，其切削速度，一般为硬质合金的5倍；加工玻璃纤维的复合材料时（弹头用材料），金刚石刀的寿命为一般刀具寿命的1000倍。

金刚石刀多采用机夹式，它不但用于精车外圆，还可用于精密镗孔。

§5 目前国内外新型刀具材料的发展动向

国外近几年对刀具新材料的研究和发展取得的成果，在高速钢刀具方面，如美国的M41（ W7Mo4Cr4V2Co5 ）、M42（ W2Mo9Cr4VCo8 ）超硬型高速钢，以及瑞典的HSP—15（ W9Mo3Cr4V3Co10 ）超硬型高速钢，淬火后的硬度已达到HRC67~70。

我国生产的超硬型高速钢，有超硬型钴高速钢和超硬型铝高速钢两种，淬火后硬度可达HRC68~70。可用于切削各种高温合金，甚至在硬质合金刀具不能切削时，可代替硬质合金刀具切削。超硬型钴高速钢有W12Cr4Mo3V3Co5Si、W9Cr4Mo3V2Co6Si等。超硬型铝高速钢有5F6、B212、B214、W6Mo5Cr4Al和W6Mo5Cr4V2Al（又名91号铝高速钢）。其中91号铝高速钢性能优异，它不仅比一般性高速钢W18Cr4V耐用度高3~5倍，而且还优于钴高速钢（一般性高速钢中加钴元素）和高钒高速钢（一般性高速钢中含钒量达3~5%，如B201、B202等高速钢）。

91号铝高速钢，可制造各种拉刀、齿轮滚刀、插齿刀、车刀、铣刀、钻头等。长春第

一汽车制造厂曾用91号铝高速钢做了高速齿轮滚刀，并在现场作了对比试验。试验表明：91号铝高速钢在 $v = 102$ (米/分)， $s = 2.06$ (毫米/转) 下加工 186 个齿轮的磨损量，大致相当于 W18Cr4V 滚刀加工 93 件的磨损量。提高切削速度（用 W18Cr4V 做成的滚刀，一般切削速度在 30 米/分左右），适当减少走刀量，可使总的生产率提高 25%。又如该厂的花键轴冷轧滚床是西德进口的，随机带来的轧滚，采用美国的 M42 钢制成，现改用 91 号铝高速钢，寿命可达 3000 件，比 M42 寿命长。

91 号铝高速钢及 B201、B202 等高钒高速钢，刃磨比较困难。为了解决这个困难，郑州磨料磨具磨削研究所研制成功一种新型磨料——锆钎刚玉（代号为 GP）。用它制成的砂轮，具有磨削效率高，不易粘金属的特点，适宜于超硬型高速钢和其它难磨金属材料的磨削加工，效果良好。

在硬质合金刀具方面，继万能硬质合金 YW1、YW2、YA6 等出现后，近年来又发展了几种硬质合金。

一、钢结硬质合金

钢结硬质合金不用钴作粘结相（剂），而是用钢（如高速钢、不锈钢等）作粘结相的一种合金。其性能介于硬质合金和高速钢之间，它有硬质合金那样的耐磨性和红硬性，又有高速钢那样的可以热处理、机械加工和焊接的性能，是一种可以机械加工的硬质合金。用这种材料制成的钻头、铰刀和铣刀等，对加工粘性强的有色金属、耐热合金和不锈钢等，具有较好的效果。

1957 年，美国铬合金公司烧结铸造分公司研制成钢结硬质合金，头一个牌号为“C”，还先后不断地研制与生产过 J、S-45、S-55、CS-40、M-6A、HT-2、DN-1、CN-5、SK 等多种牌号。我国生产的钢结硬质合金 D-1（硬质相—TiC30%，粘结相—W18Cr4V 70%）及 D-3（硬质相—WC40%，粘结相—W18Cr4V60%），淬火后的硬度分别达到 HRC66~69 及 HRC70~72。经试验，切削性能良好，耐用度大为提高。

二、碳化钛基硬质合金

这类硬质合金是以碳化钛（TiC）作为主要硬质相，其粘结相为镍（Ni）和钼（Mo）。性能介于陶瓷刀和普通硬质合金刀之间。硬度 HRA90~95。切削速度比普通硬质合金（YT 类）提高 2~4 倍，而且切削钢时的摩擦系数小，不易产生积屑瘤。若在现有 TiC 基硬质合金中，添加数量较多的 WC（碳化钨）、TaC（碳化钽）等化合物，相应地降低 TiC 的含量，可以扩展现有 TiC 基硬质合金的使用范围。初期出现的 TiC 基硬质合金，仅用于高速精加工，而现在由于韧性提高，对粗加工甚至间断切削，都可以采用。

日本的 X407 硬质合金，它就有较好的耐磨性和韧性，以及较宽的使用范围。

我国试制成功的 YN10 碳化钛基硬质合金，抗弯强度为 110~125 (公斤/毫米²)、硬度 HRA92.5。适用于加工各种钢材，如对不锈钢、淬火钢进行连续精加工，对尺寸较大和表面光洁度要求高的工件，进行精加工时效果尤佳。

三、表面涂层硬质合金

这是近年来改善硬质合金性能的一种新工艺，它是在韧性较大的硬质合金基体上（碳化钨），涂覆一层约 5~7 微米的特硬碳化钛（TiC）或氮化钛（TiN）。表面涂层的刀片，称作涂层刀片。这种刀具材料，既有韧性又有更高的耐磨性，使刀具寿命提高 2~5 倍。瑞

典把这种刀具，称作伽玛表层硬质合金。目前，在我国机夹硬质合金不重磨刀片厂广泛采用。

碳化钛 (TiC) 涂层刀片呈银灰色，氮化钛 (TiN) 涂层刀片呈金黄色，最近又发展 TiC-TiN 组合涂层，它兼有 TiC 涂层和 TiN 涂层的优点。奥地利首先制成这种组合涂层牌号，并于 1973 年开始进入市场。

涂层材料也日见增多，除常用的 TiC 和 TiN 外，还有其它材料，如碳化铌 (NbC)、氮化硼和金刚石等。

四、超微粒 WC-Co 硬质合金

超微粒硬质合金，是一种高硬度和高强度兼备的硬质合金。超微粒 WC-Co 合金，是指其碳化物相晶粒平均尺寸在 1 微米以下的合金。其 WC 晶粒尺寸在 0.2~1 微米间，而绝大多数在 0.5 微米之下，含钴量在 9~15% 之间。通常超微粒 WC-Co 硬质合金的硬度和强度，均比含有相同钴 (Co) 量的 WC-Co 硬质合金要高。硬度一般高 HRA1.5~2；抗弯强度高 60~80 (公斤/毫米²)；高温硬度也比 WC-Co 硬质合金好，而且抗压强度高。

美国、日本代表产品的性能指标为：硬度 HRA90~92.5；抗弯强度 200~280 (公斤/毫米²)。

我国研制成的 YG10H 牌号 (含 Co10%)，其性能指标为：硬度 HRA91.6，抗弯强度 210 (公斤/毫米²)，经试用证明，在不连续切削时效果很好。

这种合金刀片，适用于低速切削 (50~60 米/分以下)，加工各种难加工材料。如不锈钢、Ti-合金、耐热钢、冷硬铸铁等。由于其强度较高，可耐冲击和间断切削，一般用于自动车床车刀、切断刀和各种铣刀等刀具。

最近还用立方晶氮化硼做刀具，这是一种完全新型的刀具材料。其硬度很高，仅次于金刚石。它可以加工高硬度金属材料。如淬火钢、白口铁和镍基合金等，在高于 980℃ 时仍能保持红硬性，使难加工材料在变软的切削速度下进行加工。

由于立方晶氮化硼对铁素体金属的化学惰性大，与铁、碳原子的亲合力弱，不易粘结，故适宜于切削黑色金属材料。

第二章 车刀几何形状和车削时的切削要素

§ 1 切削过程的运动和产生的表面

为了弄清金属切削的理论知识，本章以车削为代表，介绍有关切削过程的各种基本定义，这些定义也能推广到其它加工方法上去。

一、切削过程的运动

要从工件上切去一层金属，必须具备两个基本运动，即主运动和进给运动或称走刀运动（见图2-1）。

主运动 即切去金属层所必须的运动，也是消耗机床主要动力的运动。车削时的主运动是工件的旋转运动。

进给运动 是使新的金属层不断投入切削的运动。车削时的进给运动是刀具的连续移动。

在机床上除主运动和进给运动之外，所必须的其他运动，称为辅助运动。如图2-1中，刀具切入运动Ⅱ、退刀运动Ⅳ、返回运动Ⅴ都是辅助运动。

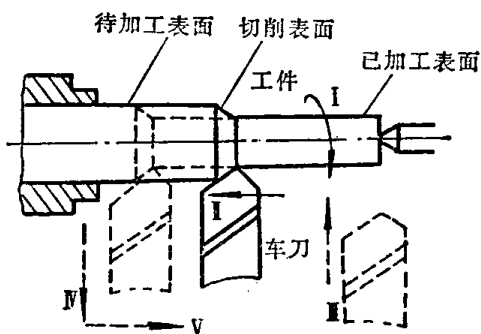


图2-1 车削的运动和产生的表面
I—主运动；II—进给运动；III—刀具切入运动；
IV—退刀运动；V—返回运动。

二、切削过程产生的表面

以车削外圆为例，工件上形成了三段不同的旋转表面（见图2-1）。

待加工表面 工件上即将被切除切屑的表面。

已加工表面 工件上已被切除切屑的表面。

切削表面 工件上正在切削的表面。从图2-1中可以看出，它是待加工表面和已加工表面间的过渡表面。

这三段表面，对于其他刀具的加工同样是存在的，是由于刀具相对于工件运动的结果。

§ 2 刀具切削部分的基本定义

一、车刀的组成部分

如图2-2所示，车刀由刀头和刀杆组成。刀头即车刀的切削部分，刀杆供夹持用。研究车刀，主要是研究其切削部分。

车刀的切削部分，一般由下列要素组成：

前面 切屑沿着它排出的那个表面；

后面 与工件切削表面相对的表面；

副后面 与工件已加工表面相对的表面；

主切削刃 前面与后面的交线，起主要切削作用；

副切削刃 前面与副后面的交线，也起一些切削作用；

过渡刃 介于主切削刃和副切削刃之间的圆弧形或折线形的刀刃（图中未表示）。

磨出过渡刃的目的是提高刀尖强度，改善散热条件，使刀尖不易磨损，同时提高加工表面光洁度，但过渡刃太大，易引起振动。

二、切削部分的几何角度

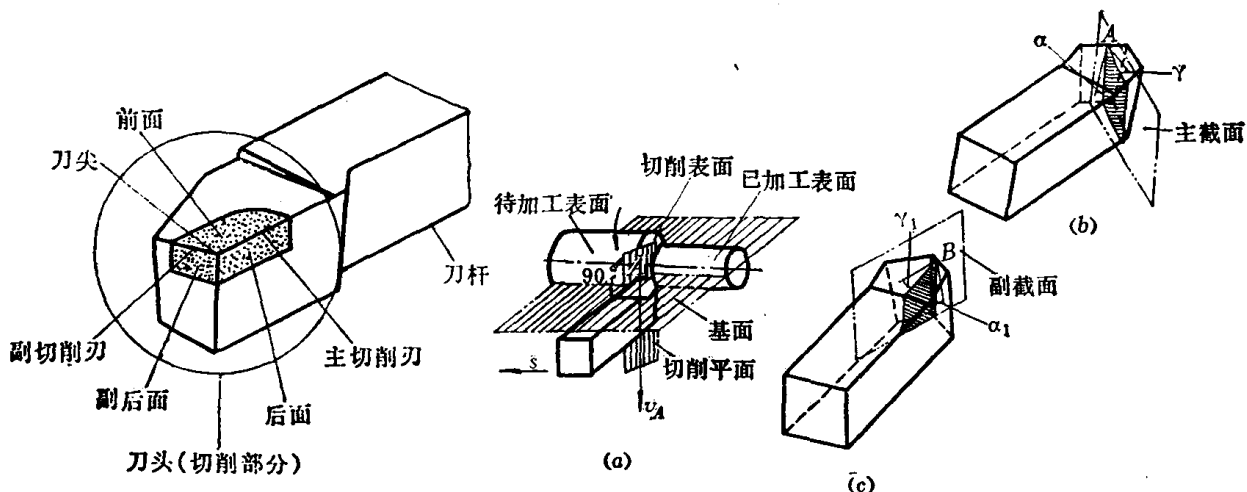


图2-2 车刀的组成部分

图2-3 四个辅助平面

切削部分的核心问题是几何角度。一把刀具的强固与锋利，切削性能的好坏，都是从几何角度上反映出来。为了确定刀具几何角度在空间的位置，必须提出四个辅助平面。这四个辅助平面都是假想的，但它能够作为我们确定刀具几何角度正确位置的“媒介”。这种“媒介”正是我们需要选择的坐标平面和测量平面。

1. 四个辅助平面（见图2-3）

1) 切削平面 主切削刃上任意一点的切削平面，是通过该点（图2-3 a 中的A点）并切于切削表面的平面。因此，该平面必定与确定点（A点）的线速度 v_A 方向相同。

2) 基面 主切削刃上任一点（图2-3 a 中的A点）的基面，是通过该点并垂直于该点线速度方向的平面。因此，同一点上的基面与切削平面是互相垂直的。

有时可以用车刀的底面，或平行于纵、横两个进给方向的平面来做基面，但这种方法有局限性，它仅适用于只存在主运动，并且刀尖与工件中心等高的情况下。

切削平面和基面，是用来确定刀具几何角度的坐标平面。此外，还要确定测量平面，才能够进行磨刀与测量和分析、比较各角度对切削过程的作用和影响。

3) 主截面 主切削刃上任一点的主截面（图2-3 b 中的A点），是通过该点并垂直于主切削刃在基面上的投影的截面。

4) 副截面 副切削刃上任一点的副截面（图2-3 c 中的B点），是通过该点并垂直于副切削刃在基面上的投影的截面。

上述定义适用普遍的情况（如曲线刀刃）。若切削刃是直线形，则主截面为垂直于主切削刃在基面上的投影所作的截面。如图2-4中 $N-N$ 截面。副截面为垂直于副切削刃在基面上的投影所作的截面。如图2-4中 N_1-N_1 截面。

主截面和副截面是测量平面。

2. 在主截面内度量的角度（见图2-5）

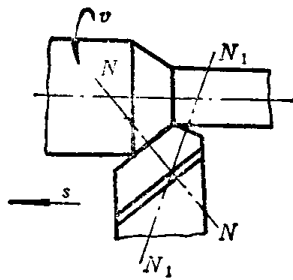


图2-4 主截面与副截面

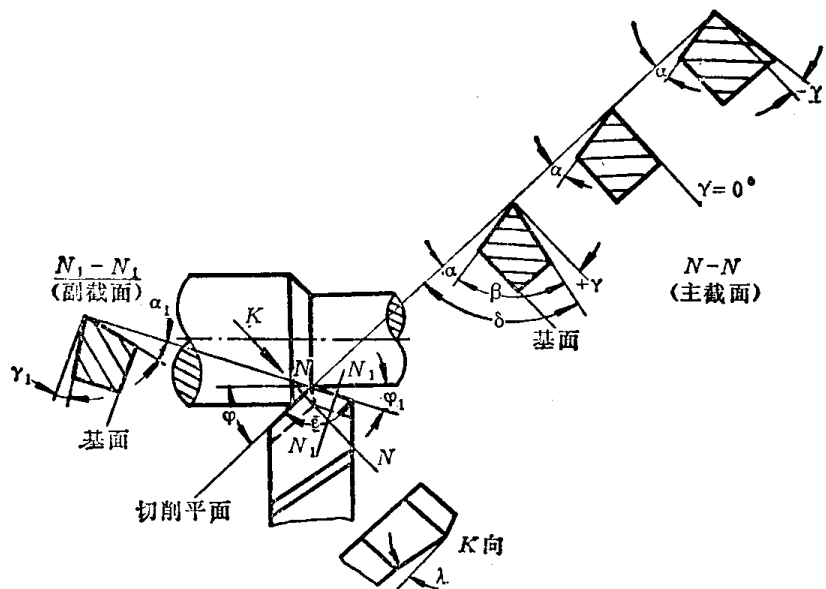


图2-5 车刀切削部分的几何角度

前角 γ 即前面与基面间的夹角。

根据加工条件不同，前角可选择正值或负值，也可以等于零度。前角的大小，影响着刀头强度和切屑的变形。前角大，刀具锋利，切屑变形小，切削力小。前角小，则相反，但刀具强度好。在刀具革新中，尤其是强力切削刀具，采用大前角切削日趋增多。

后角 α 即后面与切削平面间的夹角。

后角的作用，主要是减少后面与工件之间的摩擦。当前角确定后，后角越大，刃口越锋利，但刀头强度差。车刀通常取 $\alpha = 6^\circ \sim 12^\circ$ 。

切削角 δ 即前面与切削平面间的夹角， $\delta = 90^\circ - \gamma$ 。

楔角 β 即前面与后面间的夹角， $\beta = 90^\circ - \alpha - \gamma$ 。

3. 在基面内度量的角度(见图2-5)

主偏角 φ 即主切削刃在基面上的投影与进给方向的夹角，又称导角。它能改变径向切削力和轴向切削力的比例，改变切削厚度和切削宽度的比例，也影响刀具的强度。通常取 $\varphi = 30^\circ \sim 90^\circ$ 。

副偏角 φ_1 即副切削刃在基面上的投影与进给方向的夹角，又称离角。它影响已加工表面的光洁度，有时为了获得较高的光洁度，使 $\varphi_1 = 0^\circ$ 。把 $\varphi_1 = 0^\circ$ 的刀刃，称之为修光刃。

刀尖角 ε 即主切削刃和副切削刃在基面上的投影间的夹角。它影响刀尖强度和散热性能， $\varepsilon = 180^\circ - (\varphi + \varphi_1)$ 。

4. 在切削平面内度量的角度(见图2-5)

刃倾角 λ 即主切削刃和基面间的夹角。根据不同的加工情况， λ 可选择为正值、负值或等于零度(见图2-6)。

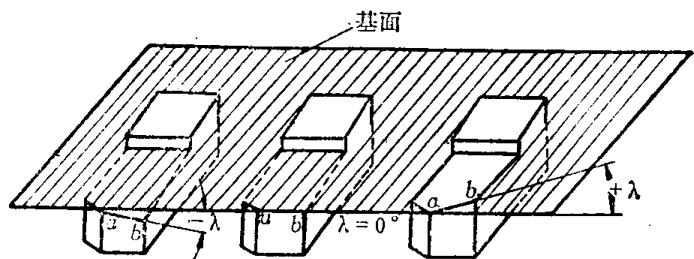


图2-6 刃倾角

当刀尖位于主切削刃的最低点时， λ 为正值(低头)。当刀尖与主切削刃在同一水平面

内时, λ 为零(平头)。当刀尖位于主切削刃的最高点时, λ 为负值(翘头)。

刃倾角 λ 和前角 γ 对初学者来说, 不但在概念上有时容易混淆, 误认为前角 γ 的正负就是刃倾角的正负。而且在磨刀时, 往往只注意其他角度而忽视考虑刃倾角。其实前角 γ 的正负与刃倾角 λ 的正负, 两者既有概念上的区别(度量面的不同), 又有作用上的差异(见图2-7)。当前角 γ 是正值时, λ 角有三种不同情况的选择。

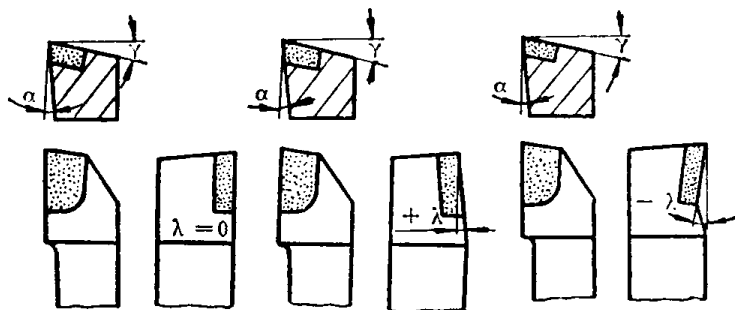


图2-7 90°偏刀的刃倾角变化

过去以为刃倾角 λ 的作用, 主要是影响排屑的方向和刀尖受冲击的情况, 如图2-8所示。当 λ 是正值时, 切屑流向已加工表面, 刀尖不受冲击。当 λ 是负值时, 切屑流向待加工表面, 刀尖易受冲击。当 λ 是零度时, 切屑像钟表里的发条一样打卷。

近年来, 对刃倾角 λ 的认识逐步深化。它不但具有上述作用, 而且使实际工作前角增大, 在刀具革新中, 出现了许多大刃倾角刀具。

5. 在副截面度量的角度(见图2-5)

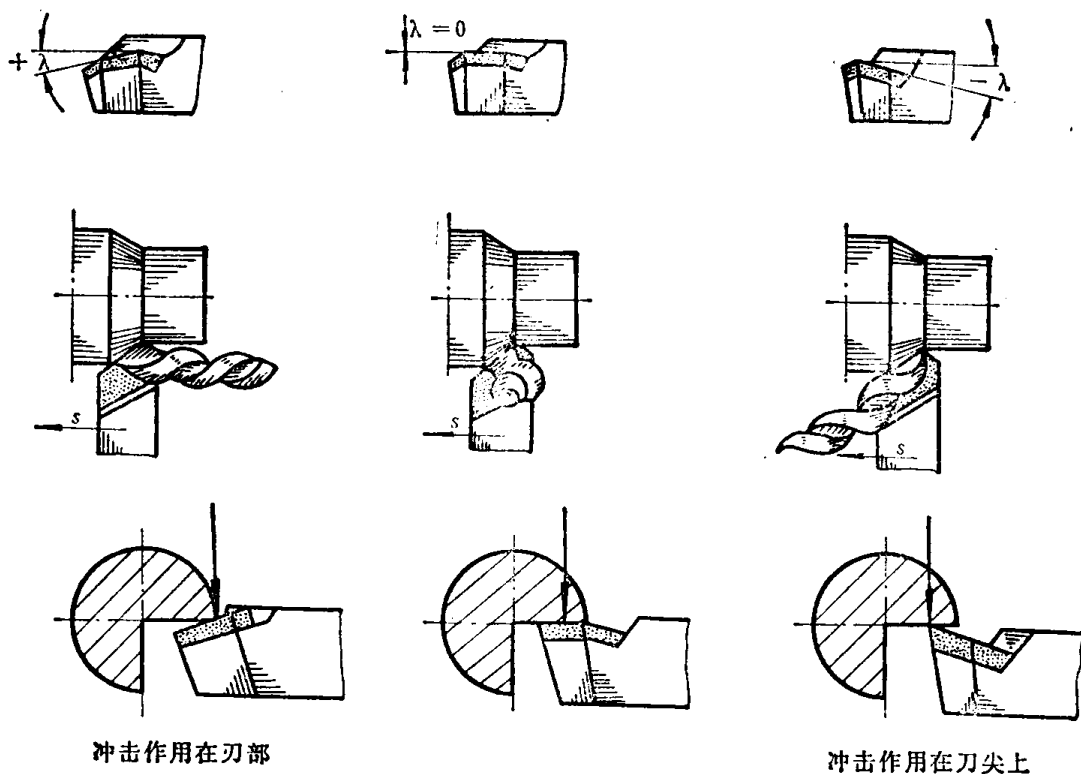


图2-8 刃倾角对刀尖强度和排屑方向的影响

副后角 α_1 即副后面与副切削平面间的夹角。其作用与 α 相同, 一般取 $\alpha_1 = \alpha$ 。割刀例外, 取 $\alpha_1 = 1^\circ \sim 2^\circ$ 。

在副截面内, 除 α_1 外, 还有副前角 γ_1 。但它不是独立的角度, 其大小取决于 γ 、 λ 、