



全国高级技工学校机械类专业通用教材

国家级职业教育规划教材
人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐

金属切削 原理与刀具 (第四版)

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写



配套课件 网络下载

 中国劳动社会保障出版社

全国高级技工学校机械类专业通用教材

机械制图 (第三版)
机械基础
极限配合与技术测量 (第四版)
工程力学
金属材料及热处理
电工学
机械制造工艺学
金属切削原理与刀具 (第四版)
机床电气控制 (第二版)
液压与气动技术
机床夹具 (第四版)
数控加工基础
高级车工工艺与技能训练 (第二版)
高级铣工工艺与技能训练
高级钳工工艺与技能训练 (第二版)
高级焊工工艺与技能训练 (第二版)

策划编辑 / 闫宪新 责任编辑 / 郭碧云 责任校对 / 孙艳萍 封面设计 / 张 婷 版式设计 / 朱 姝



ISBN 978-7-5045-8993-4



9 787504 589934 >

定价 : 21.00元

全国高级技工学校机械类专业通用教材

金属切削原理与刀具

(第四版)

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

简介

本书主要包括：金属切削加工的基本知识、金属切削刀具的基本知识、切削加工的主要规律、切削加工质量与效率、车刀、孔加工刀具、铣刀、拉刀、螺纹刀具、齿轮加工刀具、数控机床用刀具等。

本书由王喜军主编，彭立永、张继东副主编，尤丽荣、胡英、李雯、龚艳芳、陈津红、王志聪参加编写，洪惠良审稿。

图书在版编目(CIP)数据

金属切削原理与刀具/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —4 版. —北京：中国劳动社会保障出版社，2011

全国高级技工学校机械类专业通用教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 8993 - 4

I. ①金… II. ①人… III. ①金属切削-技工学校-教材②刀具（金属切削）-技工学校-教材 IV. ①TG5②TG71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 072993 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出版人：张梦欣

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.5 印张 264 千字

2011 年 5 月第 4 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

定价：21.00 元

读者服务部电话：010 - 64929211/64921644/84643933

发行部电话：010 - 64961894

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010 - 64954652

如有印装差错，请与本社联系调换：010 - 80497374

前 言

为了更好地适应高级技工学校机械类专业的教学要求,全面提升教学质量,人力资源和社会保障部教材办公室组织有关学校的一线教师 and 行业、企业专家,在充分调研企业生产和学校教学情况的基础上,吸收和借鉴各地高级技工学校教学改革的成功经验,对高级技工学校机械类专业教材进行了修订,并做了适当的补充开发。

本次教材修订(新编)工作的目标主要体现在以下几个方面:

第一,完善教材体系,定位科学合理。

针对初中生源和高中生源培养高级工的教学要求,调整和完善了教材体系,使之更符合学校教学需求。同时,根据机械类高级工从事相关岗位的实际需要,合理确定学生应具备的能力和知识结构,对教材内容的深度、难度做了适当调整,加强了实践性教学内容,以满足技能型人才培养的要求。

第二,反映技术发展,涵盖职业标准。

根据相关工种及专业领域的最新发展,更新教材内容,在教材中充实新知识、新技术、新材料、新工艺等方面的内容,体现教材的先进性。教材编写以国家职业标准为依据,涵盖车工、铣工、装配钳工、焊工等国家职业技能标准(中、高级)的知识和技能要求,并在与教材配套的习题册中增加了相关职业技能鉴定考题。

第三,融入先进理念,引导教学改革。

专业课教材根据一体化教学模式需要编写,将工艺知识与实践操作有机融为一体,构建“做中学”“学中做”的学习过程;通用专业知识教材根据所授知识的特点,注意设计各类课堂实验和实践活动,将抽象的理论知识形象化、生动化,引导教师不断创新教学方法,实现教学改革。

第四,精心设计形式,激发学习兴趣。

在教材内容的呈现形式上,较多地利用图片、实物照片和表格等形式将知识点生动地展示出来,力求让学生更直观地理解和掌握所学内容。针对不同的知识点,设计了许多贴近实际的互动栏目,在激发学生学习兴趣和自主学习积极性的同时,使教材“易教易学,易懂易用”。

第五,开发辅助产品,提供教学服务。

本套教材都配有方便教师上课使用的电子教案,可以通过出版社网站(<http://www.class.com.cn>)免费下载。此外,通用专业知识教材都配有习题册,以便于教师教学和

目 录

第一章 金属切削加工的基本知识	1
第一节 切削运动	1
第二节 切削要素	3
第二章 金属切削刀具的基本知识	8
第一节 刀具材料	8
第二节 切削刀具的分类及结构	16
第三节 刀具的几何角度	19
第四节 刀具的工作角度	29
第三章 切削加工的主要规律	33
第一节 切削变形	33
第二节 切屑的类型与控制	34
第三节 积屑瘤	41
第四节 切削力与切削功率	43
第五节 切削热和切削温度	48
第六节 刀具磨损与刀具耐用度	51
第四章 切削加工质量与效率	57
第一节 工件材料的切削加工性	57
第二节 已加工表面质量	60
第三节 切削用量的选择	65
第四节 切削液	68
第五章 车刀	74
第一节 焊接式车刀	75
第二节 可转位车刀	80
第三节 成形车刀	89
第六章 孔加工刀具	96
第一节 麻花钻	96

第二节 深孔钻·····	102
第三节 铰刀·····	105
第四节 镗刀·····	109
第五节 其他孔加工刀具·····	111
第七章 铣刀·····	117
第一节 铣刀的种类及用途·····	117
第二节 铣刀的几何参数及铣削要素·····	121
第三节 铣削方式·····	125
第八章 拉刀·····	129
第一节 拉刀的种类·····	130
第二节 拉刀的结构组成及主要参数·····	132
第三节 拉削方式·····	138
第四节 拉刀的使用与刃磨·····	140
第九章 螺纹刀具·····	143
第一节 螺纹车刀·····	143
第二节 丝锥和板牙·····	148
第三节 螺纹铣刀·····	150
第四节 塑性变形法加工螺纹·····	152
第十章 齿轮加工刀具·····	154
第一节 齿轮刀具的种类·····	154
第二节 齿轮滚刀·····	156
第三节 蜗轮滚刀·····	159
第四节 插齿刀·····	161
第五节 剃齿刀·····	162
第十一章 数控机床用刀具·····	164
第一节 数控车床用刀具·····	164
第二节 数控铣床用刀具·····	168
第三节 数控加工中心用刀具·····	171

第一章 金属切削加工的基本知识

金属切削加工通常是指在机床上利用刀具与工件的相对运动，将工件上多余的金属切除掉，获得符合图样要求的新表面的加工方法，如车削、钻削、铣削、刨削、拉削等。本章将介绍金属切削加工的基本知识，内容涉及切削运动和切削要素两部分，为进一步学习金属切削加工知识奠定基础。

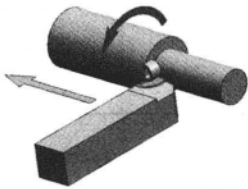
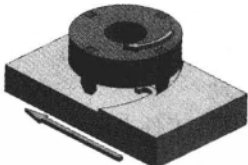
第一节 切 削 运 动

一、切削运动的主要形式

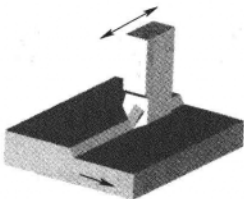
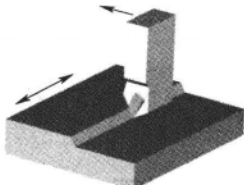
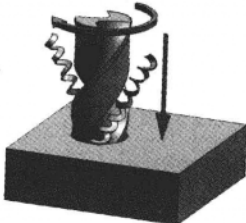
切削加工时，刀具与工件的相对运动称为切削运动。各种切削加工方法中，切削运动的形式主要有五种，见表1—1。

表 1—1

切削运动的主要形式

序号	工件运动	刀具运动	示例
1	转动	移动	 车外圆
2	移动	转动	 铣平面

续表

序号	工件运动	刀具运动	示例
3	移动	直线往复运动	 刨平面 (牛头刨床)
4	直线往复运动	移动	 刨平面 (龙门刨床)
5	不动	转动并移动	 钻孔

二、切削运动的种类

不论是何种形式的切削运动，按照其在切削过程中所起的作用不同，都划分为主运动和进给运动两种。

1. 主运动

主运动是切除工件上多余金属的必备运动，是机床的主要运动。在切削运动中，主运动的速度最高，消耗的功率最大。对于每种机床，主运动有且只有一个。如图 1—1 所示，车削时工件的旋转运动是主运动，刨削（牛头刨床）时刨刀的直线往复运动是主运动。

2. 进给运动

进给运动是使工件上多余材料不断被切除的切削运动。如图 1—1 所示，车削时车刀的移动和刨削时工件的移动均为进给运动。在切削运动中，进给运动的速度较低，消耗的功率较小。随着切削加工方法的不同，机床上的进给运动可以是一个、两个或多个，还可以没有进给运动（如拉床）。

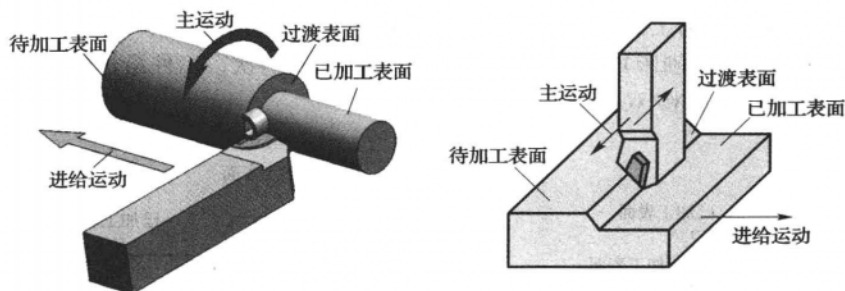


图 1—1 车削与刨削

三、工件上形成的三个表面

在切削过程中，工件上会形成三个不断变化着的表面，如图 1—1 所示。

1. 已加工表面：已切除多余金属后形成的新表面。
2. 待加工表面：工件上有待切除的金属层的表面。
3. 过渡表面（加工表面）：主切削刃正在切削着的表面。

第二节 切削要素

切削要素包括切削用量和切削层参数两大类。

一、切削用量

切削用量是衡量主运动和进给运动大小的参数，也是切削前操作者调整机床的依据。它包括背吃刀量、进给量和切削速度三个要素。

1. 背吃刀量 a_p

背吃刀量 a_p 又叫切削深度，是工件上已加工表面和待加工表面之间的垂直距离，单位为 mm。

车削外圆时（见图 1—2b），背吃刀量 a_p 就是车刀每次进给切入工件的深度，按下式计算：

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$$

式中 d_w ——待加工表面直径，mm；

d_m ——已加工表面直径，mm。

例 1—1 车一直径为 50 mm 的轴，一次进给车至 45 mm，求背吃刀量。

解：由题意得

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} = \frac{50 \text{ mm} - 45 \text{ mm}}{2} = 2.5 \text{ mm}$$

2. 进给量 f

进给量 f 是工件或刀具每转一转或往复一次或刀具每转过一齿时，工件与刀具在进给方向上的相对位移。进给量是衡量进给运动大小的参数。

车削时，进给量 f 为工件每转一转，车刀沿进给方向移动的距离，单位为 mm/r ，如图1—2所示；刨削（牛头刨床）时，进给量 f 为刨刀每往复一次，工件沿进给方向移动的距离，单位是 mm/str （毫米/双行程）。

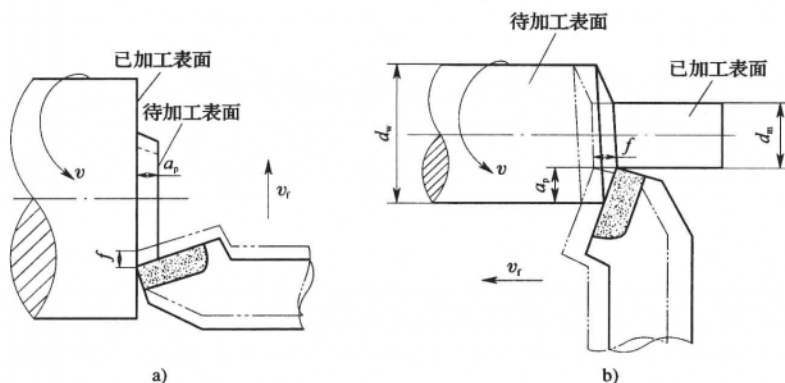


图 1—2 车削时的背吃刀量和进给量

a) 车端面 b) 车外圆

另外，还可以用进给速度 v_f 来衡量进给运动的大小。进给速度 v_f 是单位时间内刀具或工件沿进给方向移动的距离，单位为 mm/min 。

车外圆时：

$$v_f = nf$$

式中 n ——工件转速， r/min ；

f ——进给量， mm/r 。

〔提示〕

进给量或进给速度在机床的铭牌上给出。例如车床的铭牌上给出的是进给量，而铣床的铭牌上给出的是进给速度。切削前，根据加工条件确定数值大小并调整机床。

3. 切削速度 v

切削速度是切削刃上选定点相对于工件的主运动的瞬时速度，即主运动的线速度，单位为 m/min 。切削速度是衡量主运动大小的参数。

当机床上主运动为旋转运动时（如车削、铣削、钻削等），切削速度的计算公式为：

$$v = \frac{\pi dn}{1000}$$

式中 n ——工件或刀具转速， r/min ；

d ——工件或刀具选定点的旋转直径（通常取最大直径）， mm 。

〔提示〕

在实际应用时,一般根据工件材料、加工性质、刀具材料等选定切削速度 v 的大小,再计算出转速 $n = \frac{1\,000v}{\pi d}$,进而调整机床主轴转速。

当主运动为往复直线运动时(如刨削加工),其平均速度按下式计算:

$$v = \frac{2Ln_r}{1\,000}$$

式中 L ——往复直线运动的行程长度, mm;

n_r ——主运动每分钟的往复次数, str/min。

例 1—2 锻造后的齿轮毛坯直径为 100 mm, 现在 CA6140 型车床上车外圆, 一次进给至 94 mm, 切削速度为 62.8 m/min, 求背吃刀量 a_p 和车床主轴转速 n_1 。若工件毛坯直径为 40 mm, 切削速度不变, 求车床主轴转速 n_2 。

解: 由题意得

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} = \frac{100\text{ mm} - 94\text{ mm}}{2} = 3\text{ mm}$$

$$n_1 = \frac{1\,000v}{\pi d} = \frac{1\,000 \times 62.8\text{ m/min}}{3.14 \times 100\text{ mm}} = 200\text{ r/min}$$

$$n_2 = \frac{1\,000v}{\pi d} = \frac{1\,000 \times 62.8\text{ m/min}}{3.14 \times 40\text{ mm}} = 500\text{ r/min}$$

〔提示〕

切削速度 v 一定时, 主轴转速 n 与工件(刀具)直径 d 成反比, 即工件(刀具)直径 d 越小, 选择的主轴转速 n 越高。

二、切削层参数

刀具切削刃相对于工件沿进给运动方向每移动一个进给量 f , 从工件上切下来的一层金属称为切削层。以车削为例, 如图 1—3 所示, 工件转一转, 车刀沿进给方向移动一个进给量 f , 从工件上切下的一层金属称为切削层。用通过工件轴线的水平面(基面)截切削层, 截面(图 1—3 中阴影部分)尺寸即为切削层尺寸。切削层截面形状与主偏角有关: $\kappa_r < 90^\circ$ 时, 是平行四边形; $\kappa_r = 90^\circ$ 时, 是矩形。切削层参数包括切削厚度、切削宽度、切削层面积三要素。

1. 切削厚度 a_e

垂直于工件过渡表面测量的切削层尺寸称为切削厚度。

计算公式:

$$a_e = f \sin \kappa_r$$

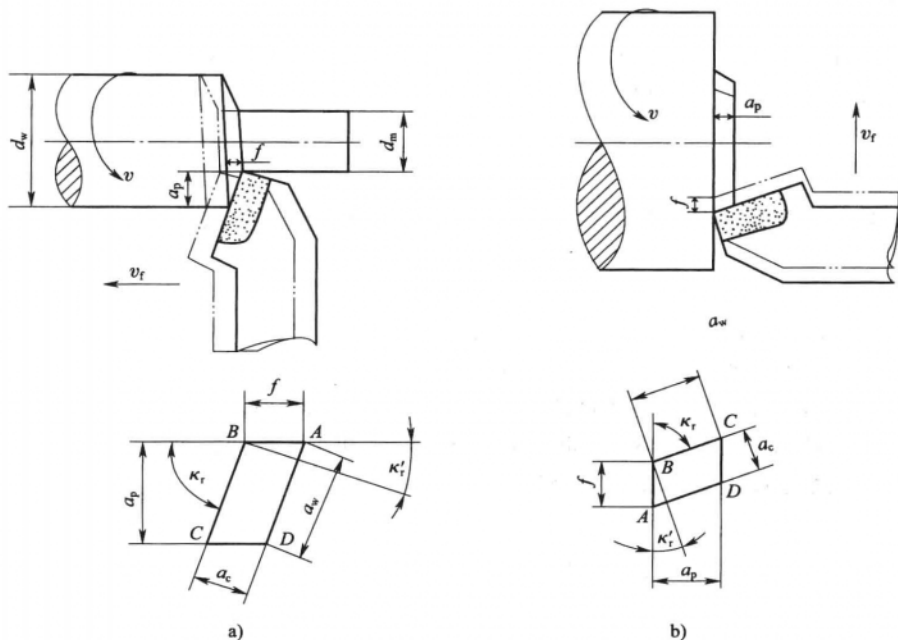


图 1—3 切削层参数

a) 车外圆 b) 车端面

切削厚度 a_c 反映主切削刃单位长度承受的负荷大小并决定切下切屑的形状和尺寸。因此，它影响切削过程中的切削变形、切削力、切削热和刀具磨损等。

2. 切削宽度 a_w

平行于工件过渡表面测量的切削层尺寸称为切削宽度。

计算公式：

$$a_w = \frac{a_p}{\sin \kappa_r}$$

切削宽度 a_w 相当于主切削刃工作长度在基面上的投影。

3. 切削层面积 A_c

切削层面积即切削层截面的面积。

计算公式：

$$A_c = a_c a_w = a_p f$$

例 1—3 车一毛坯直径 $d_w = 60 \text{ mm}$ 的轴，要一次进给车至直径 $d_m = 54 \text{ mm}$ ，若选用 $f = 0.3 \text{ mm/r}$ ，车刀 $\kappa_r = 75^\circ$ ，求切削厚度 a_c 、切削宽度 a_w 和切削层面积 A_c 。（已知 $\sin 75^\circ = 0.9659$ ）。

解：由题意得

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} = \frac{60 \text{ mm} - 54 \text{ mm}}{2} = 3 \text{ mm}$$

$$a_c = f \sin \kappa_r = 0.3 \text{ mm} \times \sin 75^\circ = 0.3 \text{ mm} \times 0.9659 = 0.29 \text{ mm}$$

$$a_w = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} = \frac{3 \text{ mm}}{\sin 75^\circ} = \frac{3 \text{ mm}}{0.9659} = 3.11 \text{ mm}$$

$$A_c = a_p f = 3 \text{ mm} \times 0.3 \text{ mm} = 0.9 \text{ mm}^2$$

〔提示〕

1. 在切削层参数中, 切削厚度 a_c 与切削宽度 a_w 随刀具主偏角 κ_r 的变化而变化; 而切削层面积 A_c 由背吃刀量 a_p 和进给量 f 决定, 不受主偏角 κ_r 的影响。
2. 当主偏角 $\kappa_r = 90^\circ$ 时: $a_c = f$, $a_w = a_p$ 。
3. 实际的切削层面积 A_{ce} 比 A_c 要小, 因为切削后还会在已加工表面上留下一小部分残留面积。

第二章 金属切削刀具的基本知识

刀具是金属切削加工中重要的组成部分,刀具材料、刀具几何参数的选择直接影响着切削加工的表面质量、生产效率和加工成本。本章将详细介绍刀具的基本知识,内容涉及刀具的材料、分类、结构和几何角度、工作角度。

第一节 刀具材料

一、刀具材料应具备的主要性能

在金属切削过程中,刀具的工作条件十分恶劣,通常要承受较大的切削力、较高的切削温度和剧烈的摩擦,有时还会出现强烈冲击与振动。因此,刀具切削部分材料(简称刀具材料)应具备如下性能:

1. 高硬度

刀具材料的硬度必须高于被加工材料的硬度,通常应比工件材料的硬度高 1.3 ~ 1.5 倍,常温硬度应高于 60HRC。

2. 高耐磨性

切削过程中刀具与工件间产生剧烈的摩擦,因此,要求刀具材料具有高耐磨性,即抵抗磨损的能力。耐磨性是材料的硬度、强度、化学成分、金相组织等的综合体现。材料组织中的硬质点(碳化物、氮化物等)的硬度越高、数量越多、均匀分布状态越好,则其耐磨性就越高。通常,材料的硬度越高,耐磨性也就越高。

3. 足够的强度和韧性

刀具在切削时要承受很大的切削力、冲击力和振动。如在车削 45 钢时,取 $a_p = 4 \text{ mm}$, $f = 0.5 \text{ mm/r}$,刀片所承受的切削力约为 4 000 N。因此,要求刀具材料具有足够的强度和韧性。强度和韧性反映刀具材料抵抗脆裂和崩刃的能力。强度和韧性越高,能承受的切削力越大,抗冲击和振动的能力越强,刀具脆裂和崩刃的倾向越小。

4. 高耐热性

耐热性又称红硬性或高温硬度,是指刀具材料在高温下保持硬度、耐磨性、强度以及抗氧化、抗黏结和抗扩散的能力。耐热性是衡量刀具材料切削性能优劣的最重要指标。刀具材料的耐热性越高,表明其在高温状态下原有性能发生的变化越小,高温硬度越高,允许的切削速度越高,刀具材料的切削性能越好。

5. 良好的工艺性

作为刀具材料,除应具备上述的力学性能外,还应具备一定的工艺性能。如可切削性、

可磨削性、可锻性、可焊性和热处理性等，以满足刀具制造、刃磨、切削的要求。

二、常用刀具材料的种类及主要性能

能够满足上述基本性能要求的刀具材料可分为工具钢（包括碳素工具钢、合金工具钢、高速钢）、硬质合金、陶瓷和超硬材料四大类。各种刀具材料的主要性能见表 2—1。

表 2—1 各种刀具材料的主要性能

材料种类		硬度 [$\frac{HRC}{HRA(HV)}$]	抗弯强度 (GPa)	冲击韧性 (MJ/m ²)	耐热性 (℃)	性能变化
工具钢	碳素工具钢	$\frac{60 \sim 65}{81.2 \sim 84}$	2.16	—	200 ~ 250	强度 硬度 韧性 耐磨性 抗冲击性 切削速度
	合金工具钢	$\frac{60 \sim 65}{81.2 \sim 84}$	2.35	—	300 ~ 400	
	高速钢	$\frac{63 \sim 70}{83 \sim 86.6}$	1.96 ~ 4.41	0.098 ~ 0.588	600 ~ 700	
硬质合金	钨钴类	$\frac{—}{89 \sim 92}$	1.08 ~ 2.16	0.019 ~ 0.059	800	
	钨钛钴类	$\frac{—}{89 \sim 92.5}$	0.882 ~ 1.37	0.002 9 ~ 0.006 8	900	
	钨钛钽 (钨) 钴类	$\frac{—}{\approx 92}$	≈ 1.47	—	1 000 ~ 1 100	
陶瓷	氧化铝基陶瓷	$\frac{—}{91 \sim 95}$	0.44 ~ 0.686	0.004 9 ~ 0.011 7	1 200	
	氮化硅基陶瓷	(5 000)	0.735 ~ 0.83	—	1 300	
超硬材料	人造金刚石	(10 000)	0.21 ~ 0.48	—	700 ~ 800	
	立方氮化硼	(8 000 ~ 9 000)	约 0.294	—	1 400 ~ 1 500	

〔工厂提示〕

通常，刀具材料的硬度越高，则强度越低、韧性越差。这里的强度是指抗弯强度。

碳素工具钢及合金工具钢的耐热性较差，但具有抗弯强度高、刃磨性能好、热塑性好、价格低廉等优点，故广泛用于制造低速切削刀具和手动刀具，如锉刀、手锯片、丝锥、板牙、铰刀等。如：手动丝锥由 T12A 或 9SiCr 制成，圆板牙可由 T12A、T10A 或 9SiCr 制成，而拉刀可由 CrWMn 制成。

目前，机加工中应用最多的刀具材料是高速钢和硬质合金。随着刀具新材料的开发和高新技术在刀具制造领域的应用，刀具切削性能有了显著的提高。刀具材料从高速钢向硬质合金、陶瓷、超硬材料发展，高性能材料不断取代低性能材料，切削速度和加工效率不断提高。

三、高速钢

高速钢是含钨 (W)、钼 (Mo)、铬 (Cr)、钒 (V) 等合金元素较多的合金工具钢，也

称为白钢、锋钢。

高速钢具有较高的强度、韧性和良好的刃磨性能，能承受较大的切削力和冲击力，常用于制造形状复杂的刀具。但高速钢的耐热性较差，其耐热温度为 $550 \sim 600^{\circ}\text{C}$ ，允许的最高切削速度为 30 m/min 。由于高速钢的切削速度比其他工具钢高几倍甚至十几倍，故称为高速钢。但是，对于机加工来说，仍属于低速切削。

1. 普通高速钢

普通高速钢应用广泛，约占高速钢总量的 75%，按钨、钼质量分数的不同，分为钨系高速钢和钨钼系高速钢。普通高速钢主要牌号、性能特点及应用见表 2—2。

表 2—2 普通高速钢主要牌号、性能特点及应用

类别	主要牌号	性能特点	应 用
钨系高速钢	W18Cr4V	工艺性能好，特别是刃磨性能和热处理性能好；但碳化物均匀性、高温塑性较钨钼系高速钢差	应用最广泛的一种高速钢，适用于制作一般刀具和各种复杂刀具，如车刀、铣刀、刨刀、钻头、铰刀、齿轮刀具及机用丝锥、板牙、锯条等
钨钼系高速钢	W6Mo5Cr4V2	降低了碳化物的数量及分布的不均匀性，细化了晶粒，抗弯强度和冲击韧性提高，耐磨性好，热塑性好；红硬性稍低	适用于制造各种承受冲击力较大的刀具，如插齿刀、锥齿轮轮刀和一般切削刀具，也可用于制造大型和热塑成形刀具
	W9Mo3Cr4V	是一种新牌号高速钢，综合性能优于 W6Mo5Cr4V2，成本较低	适用性强

2. 高性能高速钢

高性能高速钢是在普通高速钢中增加一些碳（C）、钒（V），并添加钴（Co）或铝（Al）等合金元素而获得，耐磨性和耐热性得到显著提高。刀具耐用度约为普通高速钢的 1.5～3 倍，可用于切削加工不锈钢、耐热钢、高强度钢等难加工材料。

高性能高速钢主要有高钒高速钢（如 W6Mo5Cr4V3）、钴高速钢（如 W2Mo9Cr4VCo8）、铝高速钢（如 W6Mo5Cr4V2Al）。常用高速钢的牌号及主要性能见表 2—3。

表 2—3 常用高速钢的牌号及主要性能

类型	牌号	硬度（HRC）			抗弯强度（GPa）	冲击韧性（MJ/m ² ）
		常温	500℃	600℃		
普通高速钢	W18Cr4V	63～66	56	48.5	3.0～3.4	0.18～0.32
	W6Mo5Cr4V2	63～66	55～56	47～48	3.5～4.0	0.3～0.4
	W9Mo3Cr4V	63～66	59	—	4.0～4.5	0.35～0.40
高性能高速钢	高钒	W6Mo5Cr4V3	65～67	—	51.7	～3.2
		W12Cr4V4Mo	66～67	—	52	～3.2
	含钴	W2Mo9Cr4VCo8	67～69	60	55	2.7～3.8
		W6Mo5Cr4V2Co8	66～68	—	54	～3.0
	含铝	W6Mo5Cr4V2Al	67～69	60	55	2.9～3.9
		W10Mo4Cr4V3Al	67～69	60	54	3.1～3.5

3. 粉末冶金高速钢

上述高速钢均为熔炼高速钢，在制造过程中无法避免碳化物的偏析问题，致使碳化物颗