

# 现代机械制造 工艺装备标准 应用手册

现代机械制造工艺装备标准应用手册编委会 编

机械工业出版社

# 现代机械制造 工艺装备标准应用手册

现代机械制造工艺装备标准应用手册编委会



机械工业出版社

本书是现代机械制造中应用最广泛的工艺装备,即刀具、夹具和量具标准的应用手册。它较完整地介绍了传统刀具、一些现代化涂层刀具、新的陶瓷工具、立方氮化硼刀具、硬质合金可转位刀具、螺旋渐开线花键拉刀、自动线刀具和数控机床刀具的设计方法和参数;较完整地介绍了机床夹具零部件标准的应用和各种机床夹具的特点,并提供了经验数据;重点介绍了直线尺寸量规、位置量规和光滑极限量规标准的应用。本手册具有先进性和实用性,为从事工艺装备设计、制造、管理和使用的工程技术人员提供了生产实践中必需的、常用的、先进的技术参数,也可供机械制造工作者和大专院校机械制造专业师生参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

现代机械制造工艺装备标准应用手册/现代机械制造工艺装备标准应用手册编委会编. -北京:机械工业出版社,1997.7  
ISBN 7-111-05539-X

I. 现… II. 现… III. ①刀具-标准-技术手册  
②夹具-标准-技术手册③量具-标准-技术手册 IV. TG7-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 02763 号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)  
责任编辑:朱华 版式设计:冉晓华 责任校对:韩晶  
封面设计:姚毅 责任印制:王国光  
煤炭工业出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行  
1997年12月第1版第1次印刷  
787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·62.5印张·2插页·2141千字  
0 001—4 000册  
定价:100.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页、由本社发行部调换

## 现代机械制造工艺装备标准应用手册编委会

**主任** 许维达

**副主任** 胡祖光

**委员** 袁锡璠 颜庆祥 吴家骧 李仲发  
余存国 曹自强 陆海钰 蒋丽庆

**主编** 袁锡璠

**副主编** 颜庆祥 吴家骧

**参加编写人员** 陆海钰 蒋丽庆 沙建中 朱培明  
华祖康 陆颖 夏桂堂

# 前 言

机械制造过程中使用的工艺装备是生产能力的组成部份,是保证产品质量、保证制造效率的重要技术基础。随着现代机械制造技术的不断发展和实际经验的长期积累,大量行之有效的技术规范和技术标准以及典型的设计结构、技术参数等例子,对于指导工艺装备的设计、制造、检测等工作,具有积极的意义。这些技术规范和技术标准,有许多已经被批准为国家标准;有的则纳入了行业标准。当前,还有重要的一环,即继续扩大采用推行那些适合我国国情的国际标准。而上述一切国内外标准的内容还在不断修订、改进、充实和提高。因此,从事机械制造工艺装备方面工作的广大工程技术人员面临的是大量门类繁多,内容浩瀚,不同时间出版,不同来源依据等等的技术标准。如何正确、合理应用这许多标准成为技术工作中经常遇到的问题。

各种技术标准的应用和典型例子的借鉴正确、合理与否,效果如何,都要经过工作实践的验证和检验。因此,在编写本手册时,我们组织在上海柴油机股份有限公司(原上海柴油机厂)和上海工具厂有限总公司(原上海工具厂)长期从事工艺装备设计、制造和检测等工作的专业技术人员,按各自的技术专长,系统地编写了经验总结。主要是围绕如何理解和应用工艺装备方面的各种技术标准,包括多年的工作心得。现在,这些宝贵的实践经验,已经系统总结整理成文,并请有关专业的专家,教授作了审阅,并汇编成册,予以出版。其目的是希望为从事工艺装备方面工作的工程技术人员提供一本可以直接查阅参考的工具书,以有助于正确理解和合理使用上述的大量技术标准,从而最终提高现代机械制造的技术水平和经济效益。

通常,工艺装备包括:刀具、量具、夹具、模具和各种辅具等。本手册则主要阐述有关刀具、量具和夹具三方面的设计程序,设计要则,注意事项以及主要技术标准的应用。内容力求完整、系统。至于模具、辅具和热加工方面的工艺装备的技术标准及其应用,未包括在内。

本手册内容的编写,以满足实用为主,按照设计工艺装备的程序介绍选择应用不同的技术标准和不同的参数。大多有典型实例作说明。编入的资料注意到务求数据可靠,经验成熟,使读者可直接采用,体现一定的实用性。

编入本手册的标准,是截至完稿前最新颁发的版本。所介绍的部份国外资料,也是选最近发布的。因此,具有一定的先进性。

应用本手册提供的技术经验和心得,当然也要密切结合各种实际情况,才能取得良好效果。相信读者对此会加以注意。

本手册由袁锡璠任主编,颜庆祥、吴家骧任副主编。全书各章节内容划分和阐述重点曾经编委会讨论。其中,第一篇为刀具,由陆海钰执笔编写,余存国、曹自强审阅;第二篇为夹具,由吴家骧、沙建中、朱培明、华祖康、陆颖、夏桂堂执笔编写,奚绍申、黄大旭审阅;第三篇为量具,由蒋丽庆执笔编写,陈秀宝审阅。并由奚绍申复审全书。

本手册主要供从事机械制造工艺、工艺装备方面工作的工程技术人员查阅参考。也可作为机械制造方面技术和管理人员以及大专院校与机械制造有关专业的师生们参考。

本手册在编写过程中得到机电工业部标准化研究所提供资料，给予大力支持帮助，特致谢意。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，诚恳地希望读者提出批评、指正。

编者

1997年4月

# 目 录

前言

## 第一篇 刀 具

<b>第一章 刀具材料</b> .....	1	<b>第五章 螺纹刀具</b> .....	393
第一节 常用刀具材料 .....	1	第一节 丝锥 .....	393
第二节 涂层刀具材料 .....	19	第二节 板牙 .....	412
第三节 新型陶瓷刀具材料 .....	29	第三节 滚螺纹轮与搓螺纹板 .....	421
第四节 超硬刀具材料 .....	48	第四节 其他结构的螺纹刀具 .....	437
<b>第二章 车削刀具</b> .....	64	<b>第六章 拉削刀具</b> .....	455
第一节 车刀的类型与刀具几何角度 .....	64	第一节 拉刀的种类与结构 .....	455
第二节 高速钢车刀 .....	69	第二节 圆孔拉刀 .....	459
第三节 硬质合金车刀 .....	71	第三节 键槽拉刀 .....	480
第四节 机夹重磨车刀 .....	80	第四节 渐开线花键拉刀与三角花键拉刀 .....	487
第五节 可转位车刀 .....	82	第五节 有关拉削参数 .....	495
第六节 提高车削劳动生产率的途径 .....	174	<b>第七章 齿轮刀具</b> .....	499
第七节 车削加工产生废品的原因及预防措施 .....	177	第一节 齿轮刀具基本名称术语 .....	499
第八节 车孔刀和镗刀及其微调机构 .....	180	第二节 齿轮滚刀 .....	503
第九节 车削与镗削的切削用量 .....	194	第三节 插齿刀 .....	519
<b>第三章 孔加工刀具</b> .....	216	第四节 齿轮铣刀 .....	530
第一节 麻花钻及群钻 .....	216	第五节 蜗轮滚刀 .....	546
第二节 扩孔钻及铰钻 .....	243	<b>第八章 自动线刀具</b> .....	558
第三节 铰刀 .....	266	第一节 自动线刀具的断屑 .....	558
第四节 孔加工复合刀具 .....	293	第二节 自动线刀具的尺寸寿命 .....	564
<b>第四章 铣削刀具</b> .....	308	第三节 刀具的调整与更换 .....	566
第一节 铣刀基本参数 .....	308	第四节 自动线上刀具突然破损的检测 .....	585
第二节 尖齿铣刀 .....	310	第五节 自动线刀具的切削用量 .....	588
第三节 端面铣刀的结构及其夹固 .....	327	<b>第九章 数控机床刀具</b> .....	593
第四节 成形铣刀 .....	341	第一节 自动换刀装置 .....	593
第五节 铣刀的合理切削参数及使用 .....	347	第二节 数控机床的刀具系统 .....	611
		第三节 数控机床刀具的切削用量 .....	617

## 第二篇 夹 具

<b>第一章 机床夹具设计标准的应用</b> .....	625	第六节 机床夹具零部件的设计 .....	743
第一节 机床夹具设计程序 .....	625	第七节 机床夹具磨损极限的制订 .....	752
第二节 定位和定位件标准的应用 .....	633	<b>第二章 各种机床夹具的性能要求</b> .....	755
第三节 夹紧件标准的应用 .....	655	第一节 车床、磨床夹具 .....	755
第四节 导向件标准的应用 .....	700	第二节 铣床夹具 .....	777
第五节 机床夹具设计一般要求 .....	741	第三节 镗床夹具 .....	787

第四节 钻床夹具.....	803	第十二节 数控机床夹具.....	867
第五节 磨床夹具.....	813	第十三节 成组夹具.....	879
第六节 齿轮加工机床夹具.....	815	第十四节 气动夹具.....	888
第七节 拉床夹具.....	818	第十五节 液压夹具.....	904
第八节 珩磨夹具.....	826	第十六节 液性塑料夹具.....	918
第九节 自定心夹紧夹具.....	828	第十七节 磁力夹具.....	928
第十节 组合机床夹具.....	847	第十八节 真空夹具.....	937
第十一节 随行夹具.....	859		

### 第三篇 量 规

<b>第一章 量规概述</b> .....	941	第一节 整体式直线尺寸量规.....	966
第一节 量规分类.....	941	第二节 台阶式直线尺寸量规.....	968
第二节 量规设计总则.....	941	第三节 带表式直线尺寸量规.....	969
<b>第二章 光滑极限量规</b> .....	942	第四节 直线尺寸量规的技术要求.....	970
第一节 量规的工作原理和种类.....	942	<b>第四章 位置量规</b> .....	971
第二节 泰勒原则及其应用.....	943	第一节 位置量规的术语和代号.....	971
第三节 量规公差.....	945	第二节 位置量规的设计原则.....	972
第四节 量规极限偏差值表.....	948	第三节 位置量规公差.....	974
第五节 量规及其手柄的形式和尺寸.....	949	第四节 位置量规的结构.....	978
第六节 量规技术要求.....	964	第五节 位置量规的使用和仲裁.....	982
<b>第三章 直线尺寸量规</b> .....	966	第六节 位置量规结构原理与计算公式.....	982



# 第一篇 刀具

## 第一章 刀具材料

### 第一节 常用刀具材料

#### 一、刀具材料的基本要求

(1) 高硬度 刀具材料的硬度要高于工件材料的硬度。通常室温下，刀具硬度应在 60HRC 以上。

(2) 高耐磨性 耐磨性是指刀具材料抵抗磨损的能力。这一性能一方面取决于它的硬度，另一方面还与其化学成分、显微组织有关。材料硬度越高，耐磨性越好；含有耐磨的合金碳化物越多，晶粒越细，分布越均匀则耐磨性也越好。

(3) 有足够的强度与韧性 刀具切削时要承受各种应力与冲击。一般用抗弯强度和冲击韧度来表示。主要反映刀具材料抗断裂、崩刃的能力。

(4) 高的耐热性与化学稳定性 耐热性是指在高温下保持材料硬度的性能，可用高温硬度值表示，也可

用红硬性(维持刀具材料切削性能的最高温度限度)表示。耐热性愈好，材料允许的切削速度愈高，它是衡量刀具材料性能的主要标志。化学稳定性是指材料在高温下不易与加工材料或周围介质发生化学反应的能力，包括抗氧化、抗粘结、抗扩散的能力。化学稳定性愈高，刀具磨损愈慢，加工表面质量愈好。

(5) 有良好的工艺性 工具钢应有较好的热处理工艺性，如淬火变形小、脱碳层浅、淬透性好等。热轧成形刀具应具有较好的高温塑性。高硬度材料则要求可磨削加工性好。大截面高速钢材料则要求锻造性能好等。

常用的刀具材料有碳素工具钢、合金工具钢、高速钢、硬质合金、陶瓷、立方氮化硼、金刚石等。

各种刀具材料的物理力学性能见表 1-1-1。各类刀具材料的使用性能见表 1-1-2。

表 1-1-1 各种刀具材料的物理力学性能

材料种类	材料性能	密度	硬度	抗弯强度	抗压强度	冲击韧度	弹性模量	热导率	线膨胀系数	耐热性
		$\rho / \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$		$\sigma_{bb} / \text{GPa}$	$\sigma_{bc} / \text{GPa}$	$a_K / \text{kJ} \cdot \text{cm}^{-2}$	$E / \text{GPa}$	$\lambda / \text{W} (\text{m} \cdot \text{k})^{-1}$	$\alpha_l / 10^{-6} \text{C}^{-1}$	$1 \text{C}$
碳素工具钢		7.6~7.8	60~64HRC	2.2	4	—	210	41.8	11.72	200~250
合金工具钢		7.7~7.9	60~65HRC	2.4	4	—	210	41.8	—	300~400
高速钢 W18Cr4V		8.7	63~66HRC	3~3.4	4	180~320	210	20.9	11	620
硬质合金	YG6	14.6~15	89.5HRA	1.45	4.6	30	630~640	79.4	4.5	900
	YT14	11.2~12	90.5HRA	1.2	4.2	7	—	33.5	6.21	900
陶瓷	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 陶瓷 AM	3.95	大于 91HRA	0.45~0.55	5	5	350~400	19.2	7.9	1200
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiC 陶瓷 T8	4.5	93~94HRA	0.55~0.65						
	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> 陶瓷 SM	3.26	91~93HRA	0.75~0.85	3.6	4	300	38.2	1.75	1300
金刚石	天然金刚石	3.47~3.56	10000HV	0.21~0.49	2	—	900	146.5	0.9~1.18	700~800
	聚晶金刚石		6500~ 8000HK	2.8	4.2	—	560	100~108.7	5.4~6.48	700~800

(续)

材料种类	材料性能	密度	硬 度	抗弯强度	抗压强度	冲击韧度	弹性模量	热导率	线膨胀系数	耐热性
		$\rho / \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$		$\sigma_{bb} / \text{GPa}$	$\sigma_{bc} / \text{GPa}$	$a_K / \text{KJ} \cdot \text{cm}^{-2}$	$E / \text{GPa}$	$\lambda / \text{W} (\text{m} \cdot \text{k})^{-1}$	$\alpha_l / 10^{-6} \text{C}^{-1}$	$t / \text{C}$
立方氮化硼	烧结合体	3.45	6000~8000HV	1.0	1.5	—	720	41.8	2.5~3	1000~1200
	立方氮化硼复合刀片FD		大于4000HV	1.5						>1000

表 1-1-2 各类刀具材料的使用性能比较

优劣顺序	耐 磨 性	耐 热 性	坚 韧 性 <sup>①</sup>	可 磨 削 性
优	1 金刚石(10000HV)	1 立方氮化硼 (1400 C~1500 C)	1 碳素工具钢	1 碳素工具钢 合金工具钢
	2 立方氮化硼 (8000~9000HV)	2 陶瓷(>1200 C)	2 合金工具钢	
	3 陶瓷(91~94HRA)	3 硬质合金	3 YW与YN类 (>1000 C)	2 W18Cr4V W9Mo3Cr4V W2Mo9Cr4VCo8 W14Cr4VMnXt
	4 YG类 (900 C~1000 C)		4 YG类 (800 C~900 C)	
			5 YG类 (800 C~900 C)	
	5 YG类 (800 C~900 C)	6 金刚石(700 C~800 C)	5 高速工具钢	3 W18Cr4V W14Cr4VMnXt CW6Mo5Cr4V2
	6 YG8, YG8C (87~89HRA)	7 高速工具钢	6 W2Mo9Cr4VCo8 W12Mo3Cr4V3Co5Si W10Mo4Cr4V3Al W6Mo5Cr4V2Al W6Mo5Cr4V5SiNbAl	
	7 W12Mo3Cr4V3Co5Si W10Mo4Cr4V3Al W6Mo5Cr4V2Al W6Mo5Cr4V5SiNbAl W2Mo9Cr4VCo8 (67~70HRC)		7 W12Cr4V4Mo (620 C~650 C)	
			8 9W18Cr4V CW6Mo5Cr4V2 (600 C~625 C)	
	8 9W18Cr4V W12Cr4V4Mo CW6Mo5Cr4V2 (65~67HRC)	9 高速工具钢	9 YG8C	4 9W18Cr4V W12Cr4V4Mo W12Cr4V4Mo W6Mo5Cr4V5SiNbAl
9 W14Cr4VMnXt W6Mo5Cr4V2 W9Mo3Cr4V W18Cr4V (63~66HRC)	10 YG8		5 YG类	
	10 合金工具钢 碳素工具钢 (60~65HRC)			11 YG6, YG8C, YG8, YG10, YG15, YG20, YG30, YG40, YG50, YG60, YG70, YG80, YG90, YG100, YG110, YG120, YG130, YG140, YG150, YG160, YG170, YG180, YG190, YG200, YG210, YG220, YG230, YG240, YG250, YG260, YG270, YG280, YG290, YG300, YG310, YG320, YG330, YG340, YG350, YG360, YG370, YG380, YG390, YG400, YG410, YG420, YG430, YG440, YG450, YG460, YG470, YG480, YG490, YG500, YG510, YG520, YG530, YG540, YG550, YG560, YG570, YG580, YG590, YG600, YG610, YG620, YG630, YG640, YG650, YG660, YG670, YG680, YG690, YG700, YG710, YG720, YG730, YG740, YG750, YG760, YG770, YG780, YG790, YG800, YG810, YG820, YG830, YG840, YG850, YG860, YG870, YG880, YG890, YG900, YG910, YG920, YG930, YG940, YG950, YG960, YG970, YG980, YG990, YG1000
11 陶瓷		7 陶瓷		
10 合金工具钢 碳素工具钢 (60~65HRC)	10 合金工具钢 (250 C~300 C)	14 立方氮化硼	8 立方氮化硼	
	11 碳素工具钢 (200 C以下)	15 金刚石	9 金刚石	

① 坚韧性是指刀具能承受振动、压力和冲击负荷的能力,它综合反映了刀具材料的抗弯强度、抗压强度和冲击韧度三项力学性能。

图 1-1-1 是几种常用刀具材料耐热性的差别。从图 1-1-1 中看出,当刀具材料按碳素工具钢—高速钢

—硬质合金—陶瓷的顺序排列时,它们的耐热性是不断提高的。耐热性越高,则允许的切削速度越高。

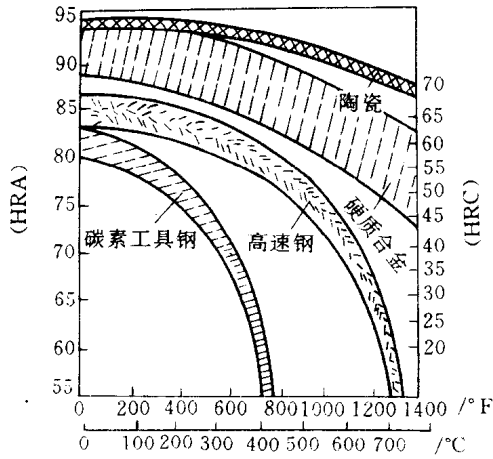


图 1-1-1 几种刀具材料的耐热性

图 1-1-2 是几种不同刀具材料允许的切削用量范围。从图中可看出，新型硬质合金、陶瓷等刀具材料允许很高的切削速度，但由于韧性较低，因而允许的进给量较小。

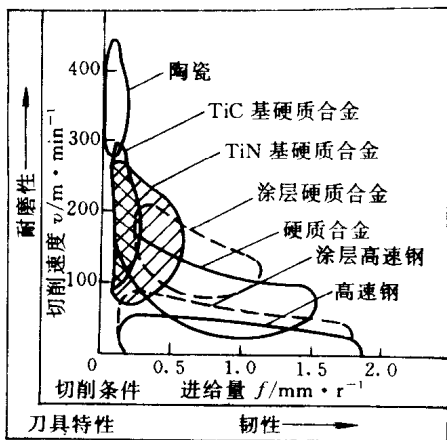


图 1-1-2 几种不同刀具材料允许的切削用量范围

## 二、碳素工具钢与合金工具钢

### （一）碳素工具钢

碳素工具钢其碳的质量分数为 0.70%~1.35%，碳含量越高，硬度与耐磨性越好，但韧性愈低。

碳素工具钢淬火后硬度为 (60~64) HRC，与一般高速钢相近。但是它的耐热性很差，当切削温度超过 200℃~250℃时，其硬度将急剧下降，失去切削能力。因此碳素工具钢只能在 8m/min~10m/min 的切削速度下工作。

碳素工具钢的淬透性差，淬硬层薄（一般为 3mm），而且淬火时须在水中急速冷却，容易产生淬火变形和裂缝。

碳素工具钢价格低廉，切削刃可磨得锋利，一般用来做切削速度低，尺寸较小的手动工具。

常用碳素工具钢的牌号、化学成分及用途见表 1-1-3。牌号中的数字为碳含量，如 T10 表示碳的质量分数为 1% 左右。

表 1-1-3 常用碳素工具钢的牌号、化学成分的质量分数及用途

牌号	化学成分(质量分数)					用途
	C	Mn	Si	S	P	
T7 T7A	0.65 ~ 0.74					用于制造需较好韧性而硬度要求不高的工具,如钳工工具、锻模、木工刀具等
T8 T8A	0.75 ~ 0.84					用于制造需较好韧性且要求有一定硬度的工具,如钳工工具、冲模、木工刀具、剪金属用剪刀等
T9 T9A	0.85 ~ 0.94					用途与 T8、T8A 基本相同
T10 T10A	0.95 ~ 1.04	≤0.4	≤0.35	≤0.03 (≤0.02)	≤0.035 (≤0.03)	用于制造需较高硬度且有少许韧性的低速刀具、模具,如手用金属锯条、手用丝锥、板牙等刀具及冷冲模、拉丝模等
T12 T12A	1.15 ~ 1.24					用于制造需高硬度而不受振动的低速刀具,如锉刀、刮刀、手用丝锥、外科用刀具等
T13 T13A	1.25 ~ 1.35					用于制造需很高硬度而不受振动的低速刀具,如锉刀、刮刀、雕刻用刀具等

注:牌号中最后一个字母为 A 的是高级优质碳素工具钢,表中括号里数字为高级优质碳素工具钢该成分的质量分数。

### （二）合金工具钢

在碳素工具钢中加入一定量的合金元素,如钨、铬、钼、钒、锰、硅等即成为合金工具钢。淬火后的硬度达(60~65)HRC,与碳素工具钢差别不大,但耐热性略高,约300C~400C,因此切削速度可比碳素工具钢高20%左右。与碳素工具钢比较,它的主要优点是淬火变形小、淬透性高,一般适于制造要求热处理变形

小的低速刀具。

常用合金工具钢的化学成分的质量分数及用途见表1-1-4。从表中可看出,用作切削刀具的合金工具钢主要有9SiCr、CrWMn、Cr、CrW5等,有时也采用GCr15等。

表 1-1-4 合金工具钢的牌号、化学成分的质量分数及用途

牌 号	主要化学成分(质量分数)							用 途	备注
	C	Mn	Si	Cr	W	V	Mo		
Cr	0.95 ~1.10	≤0.4	≤0.35	0.75 ~1.05	—	—	—	用于制造插刀、铰刀等,也用于制造量具及模具	一般 划 归 刀 具 钢
9SiCr	0.85 ~0.95	0.3 ~0.6	1.2 ~1.6	0.95 ~1.25	—	—	—	用于制造薄刃刀具,如板牙、丝锥、铰刀等,也可制造滚螺纹模、搓螺纹板	
CrW5	1.25 ~1.50	≤0.3	≤0.3	0.4 ~0.7	4.5 ~5.5	—	—	用于制造铣刀、刨刀、刻刀等	
CrWMn	0.9 ~1.05	0.8 ~1.1	0.15 ~0.35	0.9 ~1.2	1.2 ~1.6	—	—	用于制造比较精密的刀具、模具和量具,如拉刀、板牙、长铰刀、冷变形模具、量块等	
9CrWMn	0.85 ~0.95	0.9 ~1.2	0.15 ~0.35	0.5 ~0.8	0.5 ~0.8	—	—	用于制造比较精密的刀具、模具和量具,如拉刀、板牙、长铰刀、冷变形模具、量块等	
9Mn2V	0.85 ~0.95	1.70 ~2.00	≤0.35	—	—	0.10 ~0.25	—	用于制造具有耐磨性、高硬度及受冲击的冷变形模具和胶木压模,如冲模、冷压模、中小型胶木及玻璃纤维的压模	一般 划 归 模 具 钢
Cr12	2.00 ~2.30	≤0.35	≤0.40	11.50 ~13.00	—	—	—	制造具有高机械强度、高耐磨性、高淬透性以及微小变形的冷变形模具,如冷冲模、冲头、滚螺纹模、拉螺纹模等	
Cr12MoV	1.45 ~1.70	≤0.35	≤0.40	11.00 ~12.50	—	0.15 ~0.30	0.40 ~0.60	制造截面较大、形状复杂、受冲击的各种冷变形模具,如缝口模、拉丝模、滚螺纹模、形状复杂的冲孔凹模等	
Cr6WV	1.00 ~1.15	≤0.45	≤0.35	5.50 ~7.00	1.10 ~1.50	0.50 ~0.70	—	制造具有较好力学性能和耐磨性的冷变形模具,如定型模、形状复杂的冷冲模、搓螺纹板、压印模等	
5CrMnMo	0.50 ~0.60	1.20 ~1.60	0.25 ~0.60	0.60 ~0.90	—	—	0.15 ~0.30	制造在高温下具有良好韧性、强度和耐磨性的热变形锻模,如中、小型热锻模	
3Cr2W8V	0.30 ~0.40	0.20 ~0.40	≤0.35	2.20 ~2.70	7.50 ~9.00	0.20 ~0.50	—	制造压铸模和表面需要极高硬度和耐磨性的大型顶锻模以及热压模等	
Cr2	0.95 ~1.10	≤0.40	≤0.35	1.30 ~1.60	—	—	—	用来制造高精度塞规、量块及量仪零件等	
GCr15	0.95 ~1.05	0.20 ~0.40	0.15 ~0.35	1.30 ~1.65	—	—	—	除大量用于制造滚动轴承外,也常用于制造量块、高精度塞规等	一般 划 归 量 具 钢
CrMn	1.30 ~1.50	0.45 ~0.75	≤0.35	1.30 ~1.60	—	—	—	主要用于制造热处理后不经磨加工而要求尺寸准确的量具,如量规等	
4Cr13	0.35 ~0.45	≤0.60	≤0.60	12.0 ~14.0	—	—	—	用于制造要求耐腐蚀性的量具	
9Cr18	0.90 ~1.00	≤0.70	≤0.80	17.0 ~19.0	—	—	—	用于制造承受高度摩擦及在腐蚀介质下作用的量具	

### 三、高速钢

高速钢是特殊的高合金工具钢,它主要含有钨、钼、铬、钒、钴等合金元素。

钨是提高高速钢耐热性和回火稳定性的主要元素,与碳形成合金碳化物。

钼的作用与钨相似,但碳化物细而均匀,能提高高

速钢的热塑性和强度、韧性,但易引起脱碳。

铬的作用主要是增加淬透性。

钒的作用是细化晶粒,且碳化钒硬度极高,故可提高耐磨性,但磨削性能下降。

钴的作用是延缓二次硬化中碳化钨、碳化钼的析出过程,从而提高了硬度,且与铁、钨等形成金属间化合物,提高了回火硬度和高温硬度。

高速钢有很高的强度,抗弯强度为一般硬质合金的2~3倍;韧性也高,比硬质合金高几十倍。高速钢的硬度可达63~69HRC,热处理变形较小。更主要的优点是具有较高的耐热性,切削温度500℃~650℃时仍能进行切削。与碳素工具钢和合金工具钢相比,高速钢能提高切削速度1~3倍,寿命可提高10倍~40倍。高速钢可加工性特别是被磨削性能较好。目前,高速钢通常用于下列场合:

1) 批量大的低速切削加工(如螺纹加工机床上的加工)。

2) 形状复杂的刀具,如成形刀、钻头、切断刀等。

3) 各种尺寸的立铣刀、钻头、铰刀、丝锥和齿轮刀具等。

4) 某些难加工材料的加工,如镍基高温合金等。

5) 需要大前角的刀具。

6) 加工有色金属等各种材料。

高速钢按化学成分可分为质量分数18%钨或12%钨的钨系高速钢;质量分数8%钨或6%钨,质量分数5%钼的钨钼系高速钢以及质量分数2%钨或不含钨的钼系高速钢。

按性能,高速钢可分为通用型高速钢和特殊用途的高性能高速钢。后者又可分为高钒、高碳、含钴、含铝等类型高速钢。

按制造工艺方法不同,高速钢可分为熔炼高速钢和粉末冶金高速钢(简称粉冶钢)。粉冶钢是70年代问世,国内已在生产中应用。它的工艺方法大致是用高压惰性气体或高压水雾化高速钢水,得到细小的高速钢粉末,然后经压制成形或经热压、锻造、轧制成形。

粉冶钢与熔炼钢比较,有如下特点:

1) 由于粉末冷凝速度快( $10^2$ ℃/s~ $10^4$ ℃/s),因而可获得细小均匀的结晶组织(碳化物晶粒 $2\mu\text{m}$ ~ $5\mu\text{m}$ ),完全抑制了碳化物偏析,提高了钢的硬度与强度。硬度达69.5~70HRC,抗弯强度达(2.74~3.43)GPa。经锻造成形的,强度与韧性还可进一步提高。

2) 由于物理力学性能保证各向同性,可减少热处理变形与应力,因此能用于制造精密刀具。

3) 具有较好的工艺性,不但能锻造而且刃磨性能好,砂轮消耗少,表面粗糙度值较小,不会由于增加钒含量而降低可磨削性能。实验表明,钒质量分数5%的粉冶钢的可磨削性相当于钒质量分数2%的熔炼钢的可磨削性。

4) 由于碳化物分布均匀,可减小淬火变形,变形量只有熔炼钢的1/2~1/3。而粉冶钢的独特优点是可增加合金元素制成超硬粉末,但仍不降低其可加工性。

粉冶钢由于韧性好,特别适用于断续切削的刀具。试验还表明,在加工不锈钢、耐热合金等难加工材料时,粉冶钢的切削性能明显优于熔炼高速钢。但粉冶钢的价格较贵,应用还不广。

通用型高速钢典型的牌号有钨系的W18Cr4V,钨钼系的W6Mo5Cr4V2等。其耐热性约为500℃~600℃,允许的切削速度为40m/min~60m/min,强度和韧性很好。可以切削硬度在250~280HBS以下的大部分结构钢和铸铁。价格便宜,应用很广。

高性能高速钢,是指在通用型高速钢中再添加一些钴、铝等元素及增加一些碳含量的钢种。这类钢的硬度、耐热性都较好,一般加热到630℃~650℃时仍可保持51~55HRC的硬度。因此有优于通用型高速钢的切削性能,其刀具寿命约为通用型高速钢的1.5~3倍,适合于加工高强度钢、不锈钢、钛合金、高温合金等。但在中速下加工软材料其优越性甚小,务请读者注意。

高速钢的类别、牌号、化学成分的质量分数见表1-1-5。高速钢的性能特点及应用范围见表1-1-6。

我国和一些主要国家高速钢牌号的近似对照见表1-1-7。

表 1-1-5 高速钢的分类、牌号、化学成分的质量分数、性能及用途

类别	钢 号	主 要 化 学 成 分 (质量分数)						
		C	W	Mo	Cr	V	Co	其 他
通用 高速 钢	W18Cr4V(W18)	0.70~0.80	17.5~19.0	≤0.30	3.80~4.40	1.00~1.40	—	—
	W6Mo5Cr4V2(M2)	0.80~0.90	5.50~6.75	4.50~5.50	3.80~4.40	1.75~2.20	—	—
	W14Cr4VMnXt <sup>①</sup>	0.85~0.95	13.50~ 15.00	—	3.50~4.00	1.40~1.70	—	Mn0.35~0.5 Xt0.07 (加入量)
	W9Mo3Cr4V <sup>②</sup>	0.77~0.87	8.5~9.5	2.70~3.30	3.80~4.40	1.30~1.70	—	—

(续)

类别	钢 号	主要化学成分 (质量分数)							
		C	W	Mo	Cr	V	Co	其他	
高碳高钒	W12Cr4V4Mo(EV4)	1.20~1.40	11.50~13.00	0.90~1.20	3.80~4.40	3.80~4.40	—	—	
	W6Mo5Cr4V3(M3)	1.00~1.10	5.00~6.75	4.75~6.50	3.75~4.50	2.75~3.25	—	—	
	W9Cr4V5	1.40~1.50	9.00~10.50	—	3.80~4.40	4.30~5.10	—	—	
含钴	W6Mo5Cr4V2Co8(M36)	0.80~0.90	5.50~6.50	4.50~5.50	3.75~4.50	1.75~2.25	7.75~8.75	—	
高碳高钒含钴	W12Cr4V5Co5(T15)	1.50~1.60	12.00~13.00	≤1.0	3.75~5.0	4.50~5.25	4.75~5.25	—	
	W9Cr4V5Co3	1.40~1.50	9.00~10.50	—	3.80~4.40	4.30~5.10	2.80~3.50	—	
高性能高速钢	含钴超硬型	W2Mo9Cr4VCo8(M42)	1.05~1.15	1.15~1.85	9.00~10.00	3.50~4.25	0.95~1.35	7.75~8.75	—
		W7Mo4Cr4V2Co5(M41)	1.05~1.15	6.50~7.25	3.95~4.25	3.75~4.50	1.75~2.25	4.75~5.75	—
		W9Mo3Cr4V3Co10	1.20~1.30	8.5~10.0	2.9~3.5	3.80~4.40	2.80~3.40	9.00~10.00	—
		W12Cr4V3Mo3Co5Si(Co5Si) <sup>①</sup>	1.20~1.35	11.50~13.00	2.80~3.40	3.80~4.40	2.80~3.40	4.70~5.10	Si0.80~1.2
无钴超硬型	W6Mo5Cr4V2Al(M2A,501) <sup>①</sup>	1.05~1.20	5.50~6.75	4.50~5.50	3.80~4.40	1.75~2.20	—	Al0.80~1.20	
	W6Mo5Cr4V5SiNbAl(B201) <sup>①</sup>	1.55~1.65	5.00~6.00	5.00~6.00	3.80~4.40	4.20~5.20	—	Si1.00~1.40 Nb0.20~0.50 Al0.30~0.70	
	W10Mo4Cr4V3Al <sup>①</sup> (5F-6)	1.30~1.45	9.00~10.5	3.50~4.50	3.80~4.50	2.70~3.20	—	Al0.70~1.20	
	9W18Cr4V(9W18) <sup>①</sup>	0.90~1.00	17.50~19.00	≤0.30	3.80~4.40	1.00~1.40	—	—	

① 我国近年来发展的新型高速钢。

表 1-1-6 高速钢的性能特点及应用范围

	硬度 (HRC)	抗弯强度 $\sigma_{bb}/\text{GPa}$	冲击韧度 $a_{KV}/\text{kJm}^{-2}$	600℃时的硬度 (HRC)	特 点	适用 范围	
通用高速钢	63~66	3.0~3.4	0.18~0.32	48.5	耐热性中等,可磨性好(可用普通砂轮磨削),淬火范围较宽,不易过热,强度较好,热塑性差	加工一般钢与铸铁,可制造各种刀具,但不宜用热成形法制造刀具	
	63~66	3.5~4.0	0.3~0.4	47~48	强度高,热塑性好、韧性高耐热性稍次于 W18Cr4V,脱碳敏感性较大	加工一般钢与铸铁,可制造轧制刀具及其他要求热塑性好的刀具以及受冲击力大的刀具	
	64~66	~4.0	~0.31	50.5	与 W18Cr4V 相当,但改善了热塑性	加工一般钢与铸铁,可制造各种刀具	
	63~66	4.0~4.5	0.35~0.40		耐热性、热塑性、热处理性能均较好,综合性能优于 W18 与 M2	加工一般钢与铸铁,可制造各种刀具	
高性能高速钢	高碳高钒	66~67	~3.2	~0.1	52	因含钒量高,故硬度及耐磨性高,但强度与韧性较低,耐热性比通用型高速钢高。可磨性差,需用单晶刚玉砂轮磨削	用于制造对耐磨性要求高的刀具
		65~67	~3.2	~0.25	51.7		
		63~66	~3.2	~0.25	51		

(续)

		硬度 (HRC)	抗弯强度 $\sigma_{bt}/\text{GPa}$	冲击韧度 $a_{KV}/\text{kJm}^{-2}$	600 C时的 硬度 (HRC)	特 点	适 用 范 围
高性能高速钢	含钴	66~68	~3.0	~0.3	54	加钴后高温硬度显著提高,但强度及冲击韧度较低,不宜受冲击。可磨性好	用于加工高温合金、钛合金、奥氏体不锈钢等难加工材料
	高碳高钒含钴	66~68	~3.0	~0.25	54	综合含钒钢耐磨性好与含钴钢耐热性高的优点。但可磨性差,需用单晶刚玉砂轮磨削	用于加工高温合金、不锈钢等,但因难磨,不宜做复杂刀具
	含钴超硬型	67~69	2.7~3.8	0.23~0.3	55	耐热性高,强度和韧性也较好。可磨性好。综合性能好,但价格贵	用于加工高强度钢、高温合金、钛合金等难加工材料,可做各种刀具
		67~69	2.5~3.0	0.23~0.3	54	可磨性次于 W2Mo9Cr4VCo8	
		66~69	~2.4	0.23~0.3	54	与 W2Mo9Cr4VCo8 性能相当,但强度和韧性较低,可磨性差	
		67~69	2.4~3.3	0.11~0.22	54	为低钴超硬高速钢,性能与高钴高速钢相近,可磨性差	
	无钴超硬型	67~69	2.9~3.9	0.23~0.3	55	性能与 W2Mo9Cr4VCo8 相近,但可磨性稍差,过热敏感性稍大。价格便宜	可代替高钴高速钢加工难加工材料
		66~68	3.6~3.9	0.26~0.27	51	耐磨性高、耐热性高、可磨性差	
		67~69	3.1~3.5	0.2~0.28	54	耐磨性高、耐热性高、可磨性稍差	
		66~68	3.0~3.4	0.17~0.22	51	性能介于通用型与超硬型高速钢之间,热处理范围宽,可磨性好,韧性低于 W18Cr4V	可加工韧性和硬度较高的材料,如不锈钢。可部分代替钴高速钢

表 1-1-7 一些主要国家高速钢牌号的近似对照表

国家	中 国	美 国 AISI	日 本 JIS	英 国 BS	德 国 VDEh	俄罗斯 (ГОСТ)	法 国 NF	瑞 典 ASSAB
牌 号	W18Cr4V	T1	SKH2	BT1	(S18-0-1)	P18	4201	HSP11
	W6Mo5Cr4V2	M2	SKH9 (SKH51)	BM2	S6-5-2	P6M5	4301	HSP-41
	W6Mo5Cr4V3	M3	SKH52		S6-5-3	P6M5 $\Phi$ 3	4361	
	W9Cr4V5					P9 $\Phi$ 5		
	W6Mo5Cr4V2Co8	M36	SKH56			P6M5 $\Phi$ 2K8		
	W12Cr4V5Co5	T15	SKH10	BT15	S12-1-4-5	P10 $\Phi$ 5K5	4171	
	W7Mo4Cr4V2Co5	M41			S7-4-2-5			
	W2Mo9Cr4VCo8	M42		BM42			4475	

四、硬质合金

硬质合金由硬度和熔点都很高的金属碳化物(称硬质相)和金属粘结剂(称粘结相)组成,用粉末冶金的方法制成。切削刀具用硬质合金中常用的碳化物有

WC、TiC、TaC、NbC 等。常用的粘结剂有 Co, 碳化钛基合金的粘结剂用 Mo、Ni。

硬质合金的物理力学性能取决于合金的成分、粉末颗粒的粗细以及烧结工艺。含硬质相越多,合金的硬

度与高温硬度越高。含粘结剂越多,强度也就越高。合金中加入 TaC、NbC 有利于细化晶粒,提高耐热性。

由于硬质合金成分中含有大量的金属碳化物,这些碳化物具有熔点高、硬度高(见表 1-1-8)、化学稳定性好、热稳定性好等特点,因此,合金的硬度、耐磨性、耐热性都很高。它的常温硬度为 89~93HRA 或者 74~82HRC,高速钢为 63~69HRC,耐热性可达 800℃~1000℃(高速钢为 600℃~650℃)。因此切削性能远远优于高速钢,刀具寿命可提高几倍到几十倍。在相同刀具寿命下,切削速度可提高 4~10 倍。但是常用硬质合金的抗弯强度低(0.9GPa~1.5GPa)仅是 W18Cr4V 高速钢的 1/2~1/4。冲击韧度差,约为 W18Cr4V 的 1/4~1/30。因此,硬质合金刀具不能象高速钢刀具那样能够承受大的切削振动和冲击负荷。

目前,硬质合金是应用最广泛的刀具材料之一,不仅用来切削一般钢、铸铁,而且可以加工高速钢不能切削的淬硬钢等硬材料。在一些工业发达国家,如美国、日本、德国等,其用量已达刀具材料总量的 50% 左右。在我国,绝大多数的车刀、端铣刀、深孔钻、铰刀等已广泛采用硬质合金,甚至拉刀、旋转锉刀、齿轮滚刀等复杂刀具也已用硬质合金制造。

硬质合金刀具通常在下列条件下采用:

- 1) 机床、刀具和工件的刚性好。
- 2) 机床功率大,足以满足高材料切除率的需要。
- 3) 工件的形状及加工工序允许采用高速切削。
- 4) 要求高生产率。

表 1-1-8 金属碳化物的某些物理力学性质

性质 碳化物	密度 $\rho/g \cdot cm^{-3}$	硬度 (HV)	熔点 $t/^\circ C$	弹性 模量 $E/GPa$	热导率 $\lambda/W$ $(m \cdot k)^{-1}$	热膨 胀系数 $\alpha_t/$ $10^{-6} C^{-1}$	与钢的 粘结温 度 $t/^\circ C$
WC	15.7	2400	2870	710	29.3	4.2~5	1000
TiC	4.9	3200	3140	460	17.1~ 33.5	7.4	1125
TaC	14.5	1800	3880	291	22.2	6.3	1120
NbC	7.8	2400	3500	345	14.23	6.6	1250
VC	5.4	2800	2830	430	4.19	6.5	—
ZrC	6.9	2600	3530	355	20.5	6.93	—
HfC	12.7	2600	3890	359	6.28	6.6	—
Cr3C2	6.7	1300	1895	380	18.83	10.3	—
Mo2C	9.2	1500	2690	544	31.8	7.8	—

(一)常用硬质合金的分类、性能及应用范围

1. 硬质合金按 ISO 标准可分为 P、K、M 三类 K 类用于加工短切屑的黑色金属、有色金属及非金属材料,如加工铸铁、铝合金、铜合金、塑料、硬橡胶等,以红色作为标志。P 类用于加工长切屑的黑色金属,如加工碳钢、合金钢、耐热钢等,以蓝色作为标志。M 类用于加工长、短切屑的黑色金属,如钢(包括难加工钢)、铸铁及有色金属,以黄色作为标志。在每大类中,又分为若干组,以更具体地说明不同硬质合金牌号的使用条件。分组代号是在分类代号的后面加上两位数字来表示,如 P10、M10、K10 等。在每一类中,分组数字越大,其耐磨性越低而韧性越高。如 P10 合金的耐磨性高于 P20 合金,韧性则低于 P20 合金。其用途及使用条件见表 1-1-9。

表 1-1-9 按 ISO 513-1975(E)规定的切削用硬质合金的应用分类

类别	被加工材料的大类	牌号	加工材料	使用条件	切削性能提高方向		硬质合金性能提高方向	
P	带长切屑的黑色金属	P01	钢、铸钢	精车、精镗。高切削速度,小切屑截面,高尺寸精度与表面质量,工作时无振动	速度	进给量	抗磨性	韧性
		P10	钢、铸钢	车削、仿形车,车螺纹及铣削。高切削速度,小或中等切屑截面				
		P20	钢、铸钢,长切屑可锻铸铁	车削、仿形车、铣削。中等切削速度和中等切屑截面,小切屑截面刨削				
		P30	钢、铸钢,长切屑可锻铸铁	车削、铣削、刨削。中等或低切削速度,中等或大切屑截面在不利条件下加工				
		P40	钢、有砂眼和缩孔的铸钢	车削、刨削、插削、低切削速度,在不利条件下用大切屑截面和大的切削角度加工,用于自动机床				
		P50	钢,有砂眼和缩孔的中等或低抗拉强度的铸钢	用于要求高韧性硬质合金的工序:车削、刨削、插削。低切削速度,大切屑截面,在不利条件下可用大切削角度。用于自动机床				



(续)

类别	被加工材料的大类	牌号	加工材料	使用条件	切削性能提高方向		硬质合金性能提高方向	
					速度	进给量	抗磨性	韧性
M	带长和短切屑的黑色金属和有色金属	M10	钢、铸钢、锰钢, 灰铸铁、合金铸铁	车削、中等或高切削速度, 小或中等切屑截面	↑	↓	↑	↓
		M20	钢、铸钢、奥氏体钢和锰钢, 灰铸铁	车削, 铣削, 中等切削速度, 中等切屑截面				
		M30	钢、铸钢、奥氏体钢, 灰铸铁, 高温合金	车削、铣削、刨削、中等切削速度, 中等或大切屑截面				
		M40	软钢、低强度钢有色金属和轻合金	车削、切断, 特别适用于自动机床				
K	带短切屑的黑色金属、有色金属和非金属材料	K01	高硬度灰铸铁、肖氏硬度 85 以上的冷硬铸铁, 高硅铝合金、淬硬钢、高耐磨塑料、硬纸板、陶瓷	车削、精车、镗削、铣削、刮削	↑	↓	↑	↓
		K10	220HBS 以上的灰铸铁、短切屑可锻铸铁、淬硬钢、硅铝合金、铜合金、塑料、玻璃、硬橡胶、硬纸板、瓷器、石头	车削、铣削、钻孔、镗削、拉削、刮削				
		K20	220HBS 的灰铸铁、铜、黄铜、铝	车削、铣削、刨削、镗削、拉削, 要求高韧性硬质合金				
		K30	低硬度灰铸铁、低强度钢, 压缩木材	车削、铣削、刨削、插削, 在不利条件下加工并允许用大切削角度				
		K40	软木或硬木, 有色金属	车削、铣削、刨削、插削, 在不利条件下加工并允许用大切削角度				

注: 1. 所谓“不利条件”, 包括原材料或零件形状呈难加工状态: 如铸造或锻造外皮硬度不一致, 吃刀量不均, 断续切削, 工作时振动等。

2. 国际标准化组织第 29 技术委员会 (ISO TC29) 1981 年 12 月颁发的标准修订建议草案 ISO/DP513 中规定, 只保留了 P 组和 K 组, 取消了 M 组。P 组分为 P01、P10、P20、P30、P40 用于加工热轧、锻造或冷拔钢, 热轧、锻造或铸造高合金钢, 退火工具钢 (至 45HRC)。K 组分为 K01、K10、K20、K30。用于加工奥氏体钢, 淬硬钢 (高于 45HRC), 冷硬铸铁和铸铁, 有色金属和高温合金, 非金属材料。涂层硬质合金用附加字母 C 表示, 如 P20C。

## 2. 我国常用的硬质合金有三类

(1) 钨钴 (WC-Co) 类硬质合金 这类硬质合金是由碳化钨 (WC) 和粘结剂钴 (Co) 组成。常用牌号有 YG8、YG6、YG3、YG8C、YG6X、YG3X 等。牌号中的 Y 字表示硬质合金, G 表示钴, G 后面数字表示钴含量, 如 YG3 钴的质量分数 3%, WC 的质量分数 97%。X 表示细晶粒, C 表示粗晶粒。

当硬质合金中碳化物含量较高, 粘结剂含量较低时, 其硬度较高, 抗弯强度较低; 反之, 硬度较低, 抗弯强度较高。因此 YG8 有较高的抗弯强度 (1.5GPa), 能承受较大的冲击负荷, 适合于粗加工, 而 YG3 则适合于精加工。

硬质合金有粗晶粒、中晶粒、细晶粒和超细晶粒之

分。中晶粒粒度为几个微米 ( $\mu\text{m}$ ), 细晶粒平均粒度在  $1.5\mu\text{m}$  左右, 超细晶粒粒度在  $0.2\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$  之间, 绝大部分在  $0.5\mu\text{m}$  以下。一般硬质合金如 YG8、YG6、YG3 等均为中晶粒, 而 YG3X、YG6X 则为细晶粒。在含 Co 量相同情况下, 细晶粒比中晶粒的硬质合金硬度和耐磨性高些, 抗弯强度和韧性低些, 适用于切削加工一些特殊的硬铸铁、奥氏体不锈钢、耐热合金、钛合金、硬青铜、硬的和耐磨的绝缘材料等。粗晶粒比中晶粒硬质合金硬度低, 特别是高温硬度降低较多, 在金属切削刀具上不常用, 而主要用于凿岩钻头上。

钨钴类硬质合金的硬度约为 89~91HRA, 耐热性为  $800^{\circ}\text{C}\sim 900^{\circ}\text{C}$ , 与钨钛钴类硬质合金比较, 硬度、耐磨性和耐热性较低, 但抗弯强度、冲击韧度和导热性较