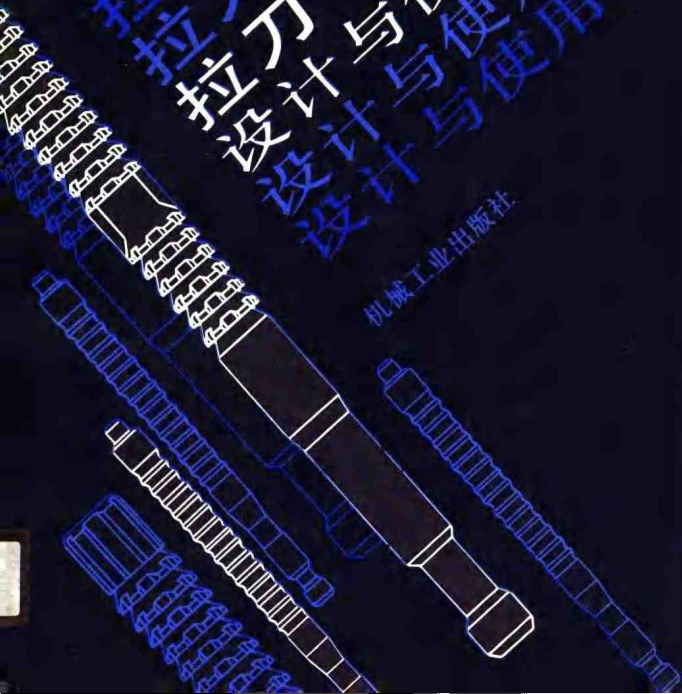


楼希翀 主编
薄化川

拉刀设计和使用

机械工业出版社



拉刀设计与使用

楼希翱
薄化川 主编

052/21



机械工业出版社



B721057

前 言

拉削加工以其突出的优点广泛应用于批量生产中。近年来在单件、小批生产中,有些形状复杂、精度高的零件也需要用拉刀才能加工。拉削几乎应用于所有的机械制造厂。

国内现有的“拉刀”书很少,出版年代也较早,满足不了机械工业的需要,以致在生产中往往因拉刀设计、制造、使用、刃磨的不当而造成各种损失。因而迫切需要一本既有理论又有实践,既有设计又有使用和刃磨内容的拉刀专著,供学校师生、拉刀生产厂和拉刀使用厂参考。为此,原国家机械委高等学校机制专业教材编审委员会刀具教材编审组将《拉刀设计与使用》一书列入编写计划,推荐汉江工具厂、桂林电子工业学院楼希翔高级工程师和哈尔滨工业大学薄化川教授担任主编,哈尔滨第一工具厂许慰曾高级工程师、哈一工复杂刀具研究所刘德荣高级工程师参加编写。由哈尔滨工业大学袁哲俊教授和华中理工大学郭玉骅教授担任主审。

本书的编写分工如下:前言、第一章由楼希翔、薄化川编写,第二、三、四、十三章由楼希翔编写,第六、七、八章、附录由薄化川编写,第五、九、十章由刘德荣编写,第十一、十二章由许慰曾、刘德荣编写,全书由薄化川统稿。

本书遵循设计与使用并重的原则编写,拉刀类型力求齐全。可作为高等学校(含成人高校)机械制造工艺专业本、专科生、研究生选修课教材,以及课程设计、毕业设计参考书;也可供专业工具厂及各类机械制造厂从事拉力设计、制造、使用、刃磨的技术人员参考和四级以上技术工人学习参考。

本书是在高等学校机制专业教材编审委员会刀具教材编审组的领导下完成的。刀具教材编审组于1985年10月审查通过了编写大纲,1986年10月审查了初稿,1987年11月审查了修改稿。参加几次审查讨论的有刀具教材编审组组长、华中理工大学教授陈日曜、哈尔滨工业大学教授袁哲俊、华中理工大学教授郭玉骅、重庆大学教授许香谷、成都科技大学教授曾宪唐、清华大学教授钟寿民、机械工业出版社冯铁等,在这里仅向以上同志表示衷心的感谢。

本书的第二次修改稿经袁哲俊教授和郭玉骅教授仔细审阅,提出不少有益意见,为保证本书质量起了重要作用,特此致谢。

在编写过程中参考了许多图书、文献、内部资料和图纸,仅向提供资料的单位致谢。

哈尔滨第一工具厂、哈尔滨工业大学、汉江工具厂、上海工具厂、第二汽车制造厂、哈尔滨量具刃具厂、第一汽车制造厂、韶关工具厂、哈尔滨第一机器制造厂、贵阳工具厂、太原工具厂、重庆工具厂、哈尔滨东安机械厂等为本书的出版给予各种支持,特在此表示感谢。

由于篇幅和水平所限,本书难免存在缺点和错误,欢迎读者批评指正。

编者

1988年10月

序

《拉刀设计与使用》一书是我国第一部全面、系统介绍拉刀的图书，书中收集的拉刀种类齐全，理论叙述系统，设计与使用并重，对高等学校机制专业的师生及工具设计人员和机械加工技术人员都有很大参考价值，希望它在蓬勃发展的我国机械加工业中起到应有的指导作用。

拉刀是一种高生产率的金属切削刀具，使用拉刀易于保证稳定的加工质量、降低加工成本，给生产带来较大的经济效益。拉刀设计及提高拉削质量又是一项实践性极强的技术，拉削过程中出现的问题错综复杂，常常使人一筹莫展。本书作者根据生产实践、科研及教学的数十年经验，系统地阐述了拉刀设计原理、方法及提高拉削质量的措施。书中提出的一些经验数据与解决拉削质量问题的要点，是在长期实践过程中获得并证明是行之有效的经验与诀窍，可以帮助读者找到解决问题的捷径。

书中介绍的各种拉刀结构，大部分已在生产中广泛使用，少部分尚待我们去实践、开发。随着机械制造技术的进步与我国工具厂对拉削刀具设计与制造水平的提高，一些新型结构的拉刀必将逐步在生产中推广应用。

希望从事拉刀设计、制造与应用的工程技术人员，不负作者的期望，共同努力，不断改进与创新，为提高我国的拉刀设计、制造与使用水平作出贡献。

哈尔滨第一工具厂

总工程师 施克勤

1989年5月于哈尔滨

目 录

第一章 拉刀的基本知识	1	五、矩形花键拉刀技术条件	104
一、概述	1	六、矩形花键拉刀设计举例	106
二、拉刀的结构要素	6	七、螺旋花键拉刀	113
三、拉刀材料的选择	8	八、矩形花键推刀	115
第二章 拉刀设计的共同问题	14	第六章 渐开线花键拉刀	118
一、拉削方式(拉削图形)	14	一、渐开线花键拉刀的原始参数	118
二、拉削余量的确定	17	二、渐开线花键拉刀设计特点	119
三、影响切屑形状的主要因素	19	三、渐开线花键拉刀后顶尖抬高量	121
四、拉刀齿升量的选择	22	四、渐开线花键拉刀齿形修正及代用 圆弧	122
五、拉刀齿顶和容屑槽的形状	25	五、渐开线花键拉刀齿形的量棒测量法	124
六、拉刀几何参数的选择	35	六、加工渐开线花键用粗拉刀设计	127
七、拉刀的分屑槽	37	七、渐开线花键拉刀技术条件	129
八、拉刀校准部	40	八、渐开线花键拉刀设计举例	130
九、拉刀各圆柱部分的设计	41	九、三角花键拉刀设计	134
十、拉刀的总长度和成套拉刀	45	第七章 成形孔拉刀	143
十一、拉削力的分析和计算	48	一、四方孔拉刀和六方孔拉刀	143
十二、拉刀的强度计算	55	二、矩形孔拉刀	153
十三、拉刀通用的主要技术条件	56	三、复合孔拉刀	156
第三章 圆孔拉刀	59	第八章 外拉刀	160
一、普通圆孔拉刀	59	一、概述	160
二、圆孔推刀	65	二、齿升量	161
三、挤光圆拉刀和推刀	66	三、刀齿结构	162
四、螺旋齿圆孔拉刀	70	四、截面尺寸及长度	164
五、深孔圆孔拉刀	75	五、刀块的固定	165
六、精密圆孔拉刀和推刀的设计	77	六、刀块的调整	169
第四章 键槽拉刀	81	七、外拉刀的典型刀块	170
一、键槽的种类和加工	81	八、成形外拉刀的磨形修正	177
二、键槽拉刀的分类、结构形式和特点	82	第九章 装配式拉刀	181
三、键槽拉刀的拉削余量	83	一、装配式矩形花键拉刀	181
四、键槽拉刀横截面尺寸	86	二、轴承保持架拉刀	184
五、键槽拉刀的导套	89	三、机夹硬质合金校键拉刀	187
六、键槽拉刀的前导部	91	四、套环式七键定子拉刀	187
七、键槽拉刀的设计举例	92	五、内齿轮拉刀	191
第五章 矩形花键拉刀	99	六、装配式螺旋圆孔拉刀	194
一、矩形花键拉刀刀齿的配置形式	100	七、带硬质合金挤光环的圆孔拉刀	195
二、矩形花键拉刀刀齿形状	101	第十章 拉刀的使用	196
三、成套矩形花键拉刀的设计	102	一、拉床简介	196
四、矩形花键拉刀倒角齿设计	103		

二、拉刀夹头和拉削夹具.....	198	三、研究难加工材料的拉削.....	238
三、对被拉削工件的工艺要求.....	205	四、高速拉削.....	247
四、拉刀使用前的校验和试拉.....	208	五、振动拉削.....	245
五、拉刀的正确使用.....	209	六、推广新磨料磨轮磨削高速钢拉刀.....	246
六、切削液的选用.....	210	七、高速拉床.....	248
七、拉削速度的合理选择.....	212	八、发展制造拉刀用的数控机床和刃磨机床.....	249
第十一章 拉刀的刃磨.....	214	附录一 拉刀矩形柄部型式和尺寸 (GB3832·1—83)	257
一、刃磨拉刀用的机床.....	214	附录二 拉刀圆柱形前柄型式和基本尺寸 (GB3832·2—83)	253
二、拉刀刃磨前的检查.....	215	附录三 拉刀圆柱形后柄型式和基本尺寸 (GB3832·3—83)	255
三、典型拉刀的刃磨工艺.....	217	附录四 宽刀体键槽拉刀结构型式与基本尺寸 (JB2181—82)	257
四、拉刀刃磨后的检验.....	222	附录五 平刀体键槽拉刀结构型式与基本尺寸 (JB3182—82)	259
第十二章 拉削产生缺陷的原因及消除方法.....	224	附录六 带倒角齿键槽拉刀结构型式与基本尺寸 (JB3183—82)	262
一、拉削表面质量低,达不到加工要求.....	224	参考文献.....	264
二、拉削精度低,达不到加工要求.....	228		
三、拉刀耐用度低、寿命短.....	232		
四、拉刀刀齿崩刃或断裂.....	233		
第十三章 拉刀及拉削的发展趋势.....	235		
一、改进拉刀结构.....	235		
二、选用新的拉刀材料和表面处理工艺.....	237		

第一章 拉刀的基本知识

一、概 述

1. 拉削加工特点

用牵引力或推力使刀具一次通过工件表面就完成加工的方法称为拉削。拉削时所用的刀具称为拉刀。为了有所区别，将在推力下工作的拉刀称为推刀。拉削加工如图 1-1 所示，拉削原理如图 1-2 所示。

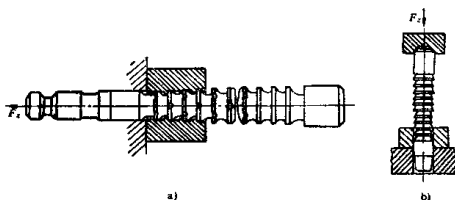


图 1-1 拉削加工示意图
a) 使用拉刀时 b) 使用推刀时

拉削加工的特点如下：

(1) 运动简单 拉削过程只需要一个主运动，而进给运动则是依靠拉刀刀齿的齿升量来完成的。所谓齿升量 a_t ，是指后边的刀齿高于前边刀齿的高度（图 1-2）。因此拉床的结构比较简单，加工操作容易。

(2) 生产率高 拉刀齿数很多，又是几个刀齿同时参加切削，切削刃工作的总长度很大，一次拉削行程中可以完成粗、半精和精加工工序，因此生产率很高。拉削加工外齿轮时，一台拉床可代替 10 台滚齿机；拉削内齿轮时，一台拉床可代替 20 台插齿机；加工特殊形状的内外表面时（如燃气轮机中的榫槽等），效果更为显著。孔加工时，生产率的比较列于表 1-1〔22〕。铣削与拉削生产率对比示于图 1-3〔22〕。

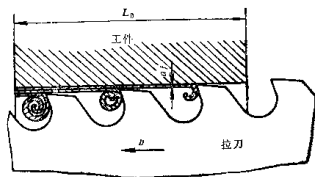


图 1-2 拉削原理

表 1-1 孔加工生产率和成本的对比

加工方法	生产率 $\times 100$	成本 $\times 100$	加工方法	生产率 $\times 100$	成本 $\times 100$
拉 孔	100	100	精 铰 孔	24	207
一次扩孔	59	128	粗 铰 孔	24	165
精 扩 孔	47	133	精 镗 孔	29	140
一次铰孔	24	275	磨 孔	18	300
粗 铰 孔	34	284			

(3) 加工精度和表面质量高 拉削时的切削层很薄、拉削速度较低, 所以易获得较小的表面粗糙度数值。由于被加工表面尺寸、形状主要决定于拉刀精切齿和校准齿, 而拉刀由于在低速下工作, 磨损慢, 所以只要保证了拉刀的精度, 就可以较容易地保证工件精度, 工件的尺寸一致性好、互换性较高。拉削加工典型表面时, 加工精度和表面粗糙度列于表1-2。

表 1-2 拉削加工精度和表面粗糙度

加工表面	一 般 拉 刀		特 殊 拉 刀		
	精 度	表面粗糙度 $Ra/\mu m$	拉刀特点	精 度	表面粗糙度 $Ra/\mu m$
圆 孔	IT7~9	5.0~0.63	带挤光环或螺旋齿	IT6~7	0.63~0.16
键槽侧面	IT9~10	10~2.5	刀齿带侧刃	IT8~9	2.5~0.63
花键孔齿面		5~1.25	修整拉刀		1.25~0.32
齿轮齿面	7-8-8	5~1.25	修整拉刀、同心拉刀	6-7-7-6-6-6	1.25~0.32
平 面	IT10~11	5~1.25	斜齿拉刀、高速拉削	IT8~10	2.5~0.63

(4) 加工成本低 拉刀虽然制造复杂、价格高, 但寿命很长, 一把拉刀加工的工作数很多 (修磨一次可加工数百到数千工件), 加工生产率又高, 所以拉削加工成本较低。孔加工的成本对比见表1-1。铣削和拉削的成本对比见图1-3。由图可见, 拉刀成本虽然比铣刀高很多, 但加工成本却远远低于铣削。

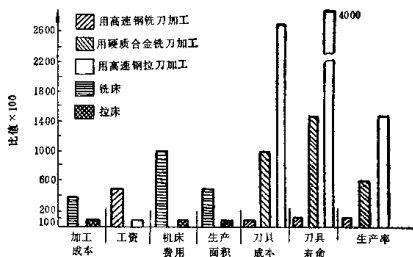


图 1-3 铣削与拉削的对比

由于拉削具有上述特点,故广泛应用于批量生产中。近些年来,在大批、单件生产中对一些形状复杂、精度高的零件中也有使用拉削加工的。

2. 拉刀的种类和用途

拉刀的种类很多,一般分为内拉刀和外拉刀两大类。

内拉刀用于加工各种廓形的内孔表面,如图1-4所示,其名称一般都由被加工孔的形状而定,如圆孔拉刀、四方拉刀、矩形拉刀、花键拉刀等等。

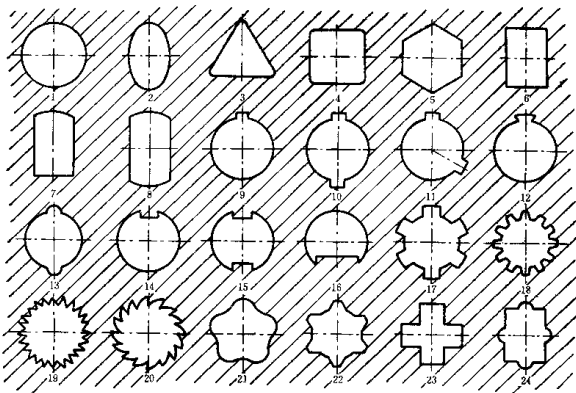


图 1-4 可用拉刀加工的内孔形状

内拉刀还能用于加工螺旋齿花键孔和内齿轮、内螺纹。

内拉刀可加工孔径范围为 $\phi 3 \sim 300\text{mm}$ 、孔深可达 2m 的孔,在个别情况下,孔深可达更深的数值。但一般常用于加工孔径为 $\phi 6 \sim 125\text{mm}$ 、孔深不超过孔径5倍的孔。

外拉刀可加工平面、槽、台阶面、成型表面、直齿和螺旋齿外齿轮以及涡轮盘上的榫槽和叶根上的榫齿等。它特别适用于加工大批量生产的零件上的平面和复合型面,如汽车、拖拉机的缸体、缸盖、轴承座、盖、连杆等。加工的表面面积可达 $100 \sim 200\text{cm}^2$ 。

图1-5所示为两种常用外拉刀。

图1-6所示为外拉削自动装置,整体或装配式外拉刀固定不动,工件采用自动送料与随行夹具连续加工,生产率较高。

拉刀按结构分,可分为整体式和组合式(装配式)两大类,中小规格的内拉刀大都做成整体式,即由高速钢制成刀齿与刀体为一体的结构。大规格内拉刀和大部分外拉刀则多做成组合式结构,即刀齿或刀块由高速钢制造,刀体则由结构钢制造,这样既可节约贵重的高速

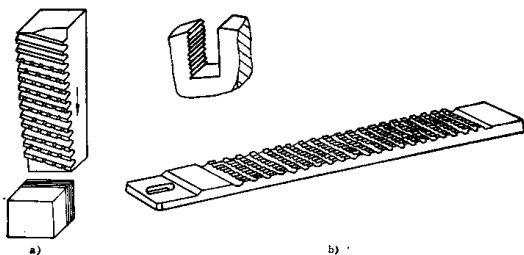


图 1-5 外拉刀
a) 平面拉刀 b) 齿槽拉刀

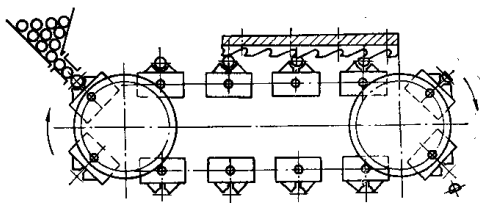


图 1-6 外拉削的自动装置示意图

钢，也较容易制造。硬质合金拉刀也多做成组合式。

组合式外拉刀可以将刀块直接安装于拉刀溜板上，也可以将刀块分组安装于刀体或刀盒中，再将刀体或刀盒固定在溜板上。图1-7所示为刀盒式拉刀简图。

根据拉刀所用材料不同，又可分为高速钢拉刀和硬质合金拉刀，随着高速拉削的发展，要求拉刀具有更好的切削性能和更高的耐用度。有关高速拉削的一些问题详见本书第十三章。

根据主运动的形式，拉刀又可分为直线运动拉刀和回转拉刀。图1-8所示为加工直齿锥齿轮齿槽的拉刀盘。图1-9所示为加工涡轮叶片叶部圆弧凹槽的拉刀盘。图1-10所示为叶片根部的切削余量。一般用两把拉刀加工，第一把拉刀加工平面2、3，第二把加工槽1、4及倒角。

拉刀所能加工的材料范围很广，除一般钢材外，还可以加工低硬度的铜合金、铝合金、镁合金，也可以加工不锈钢、钛合金、高温合金、高强度钢以及淬硬到HRC30~42的合金钢。拉削铸铁时，拉刀耐用度远高于铰刀。拉刀同样可以加工塑料和硬橡胶等非金属材料。

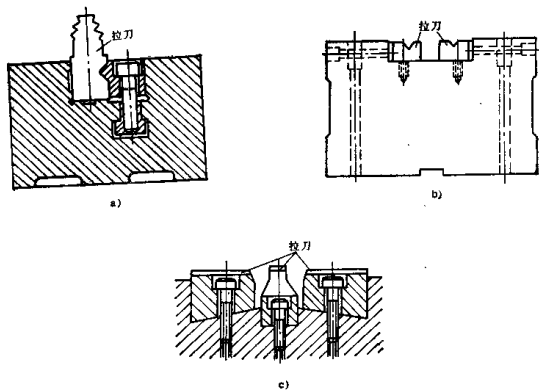


图 1-7 刀盒式拉刀简图

a) 单列刀块 b) 双列刀块 c) 多列刀块

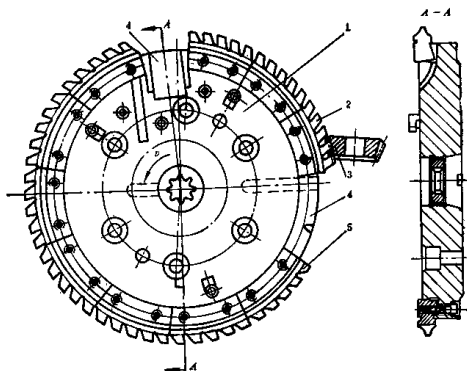


图 1-8 直齿锥齿轮拉刀盘

1—刀体 2—精切齿组 3—工件 4—装料、倒角位置 5—粗切齿组

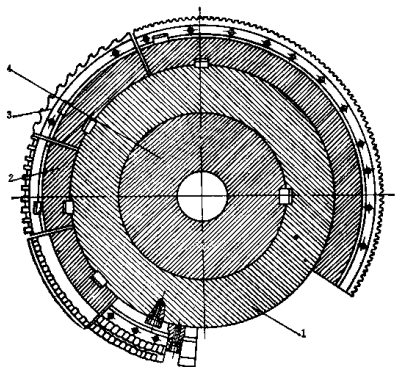


图 1-9 涡轮叶片根部拉刀盘
1—刀盘体 2—刀夹 3—刀块 4—机床主轴

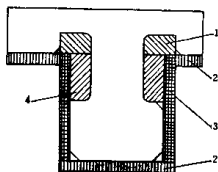


图 1-10 叶片根部拉削加工余量

二、拉刀的结构要素

以圆孔拉刀为例，研究拉刀的结构要素。

1. 拉刀的组成部分 (图1-11)

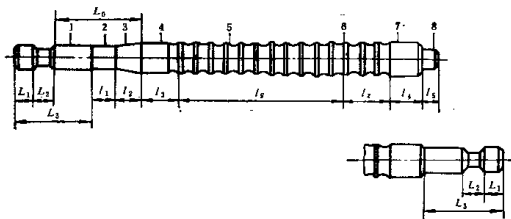


图 1-11 圆孔拉刀的组成部分

1—前柄 2—颈部 3—过渡锥 4—前导部 5—切削部 6—校准部 7—后导部 8—后托部 (或后柄)

(1) 前柄 1 是拉刀用于夹持和传递动力的部分。其型式和基本尺寸见 GB3832.1 ~ 3832.3—83 (附录 1)。

(2) 颈部 2 柄部与过渡锥之间的连结部分, 其直径与柄部相同或略小, 拉刀的标记一般皆标在此处。

(3) 过渡锥 3 引导拉刀前导部进入工件预制孔的锥形部分。

(4) 前导部 4 其作用是引导拉刀切削齿正确地进入切削加工, 也是检验工件预制孔是否合格的量规。

(5) 切削部 5 分为粗切齿、过渡齿和精切齿:

- 1) 粗切齿 齿升量较大, 是切除大部分加工余量的刀齿。
- 2) 过渡齿 是由粗切齿过渡到精切齿的中间刀齿, 其齿升量逐渐减小。
- 3) 精切齿 只切除很小部分的拉削余量, 每齿的切削厚度很薄, 是进行精加工的刀齿。

(6) 校准部 6 校准部的几个刀齿尺寸形状完全相同, 它们实际上不进行切削, 仅起校准作用, 并且是精切齿的后备。

(7) 后导部 7 保证拉刀最后刀齿正确地离开工件, 起导向作用。

(8) 后托部 8 支持拉刀尾部不使下垂。

(9) 后柄 8 在自动拉床上用以退回拉刀的夹持部分, 其结构、尺寸与前柄相同。

2. 拉刀切削部分要素

(1) 结构要素 (图1-12a)

- 1) 前刀面 A_1 容屑槽中, 切屑沿其流出的表面。
- 2) 后刀面 A_2 刀齿上和加工表面相对的表面。
- 3) 副后刀面 A'_2 刀齿上和已加工表面相对的表面。圆孔拉刀无副后刀面。
- 4) 刀带 A_3 也称第一后刀面, 是后刀面与主切削刃之间的后角为零的窄面。
- 5) 主切削刃 1 是前、后刀面的交线。
- 6) 副切削刃 2 是前刀面和副后刀面的交线, 如键槽拉刀的两侧切削刃。
- 7) 过渡刃 3 主切削刃和副切削刃之间的过渡部分。
- 8) 刀尖 4 主切削刃和副切削刃的交点。刀尖实际上是长度很短的过渡刃。
- 9) 容屑槽 5 拉削时容纳切屑的槽。
- 10) 齿背 6 容屑槽和后刀面之间的部分。
- 11) 棱 7 刀齿后刀面与齿背的交线。
- 12) 齿背 8 容屑槽和后刀面之间的部分。

(2) 几何角度 (图1-12b)

- 1) 前角 γ 前刀面与基面的夹角, 在主剖面中测量。
- 2) 后角 α 后刀面与切削平面的夹角, 也在主剖面中测量。
- 3) 主偏角 κ 主切削刃在基面中的投影与进给方向 (齿升量测量方向) 的夹角, 在基面中测量。除成形拉刀外, 各种拉刀的主偏角多为 90° 。
- 4) 副偏角 κ' 副切削刃在基面中的投影与已加工表面的夹角, 在基面中测量。
- 5) 刃倾角 λ 斜齿或螺旋齿拉刀的主切削刃与基面的夹角, 在切削平面中测量。其他拉刀的刃倾角皆为零度。

6) 齿背角 θ 齿背与切削平面的夹角。

(3) 结构尺寸

- 1) 齿距 p 相邻刀齿间的轴向距离。

- 2) 容屑槽深 h 从切削刃到容屑槽底的距离。
- 3) 齿厚 g 从切削刃到棱的轴向距离。
- 4) 刃带宽 b_s 沿拉刀轴向测量的刃带尺寸。
- 5) 槽底圆弧半径 r 连接前刀面和槽底的圆弧半径。
- 6) 齿背圆弧半径 R 是曲线齿背的参数, 此时无齿背角 θ 。

3. 切削层尺寸

(1) 单边拉削余量 A 适用于外拉刀。

(2) 拉削余量 A_0 圆孔及余量对称分布的内拉刀, 拉削余量为直径上的, 即双边余量。

对于外拉刀和单边拉削的拉刀, 余量为单边的。

(3) 齿升量 a_f 拉刀上前后相邻两刀齿 (或齿组) 的高度差或半径差。

(4) 切削宽度 a_w 即为每齿切削刃工作长度。对于常用拉刀:

键槽拉刀 $a_w = b$

矩形花键拉刀 $a_w = nb$

圆孔拉刀 $a_w = \pi d$

式中 b ——键宽;

d ——拉刀直径;

n ——键数。

(5) 拉削面积 $A_c = a_f a_w$

(6) 拉削总面积 $\Sigma A_c = A_c z_g = a_f a_w z_g$

式中 z_g ——最大同时工作齿数。

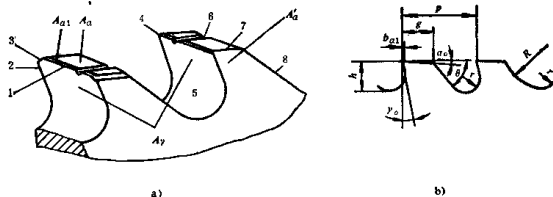


图 1-12 拉刀切削部分要素

1—主切削刃 2—副切削刃 3—过渡刃 4—刀尖 5—容屑槽 6—分屑槽 7—棱 8—齿背

三、拉刀材料的选择

1. 拉刀材料应具备的性能

众所周知, 刀具材料应该具备较高硬度和耐磨性; 较高的耐热性; 必要的强度和韧性; 较好的导热性和良好的工艺性能。拉刀以其特殊性, 主要要求:

- (1) 较高的硬度和耐磨性;
- (2) 较好的工艺性能, 主要是磨削加工性;
- (3) 必要的强度。

前两种性能互相矛盾, 因为硬度高而耐磨的材料, 往往不易磨削加工。随着科学技术的发展, 被拉削工件材料的可加工性愈来愈差, 要求拉刀具备更高的硬度和耐磨性, 如拉削硬度为HRC40的钢件时, 用硬度为HRC62~66的普通高速钢已不能胜任, 需要硬度更高的拉刀材料, 一般来讲, 拉刀硬度与工件硬度之比应在1.6以上, 否则, 拉刀的耐用度将显著降低。新的高性能高速钢在硬度和耐磨性方面缓和了工件加工性与刀具性能的矛盾, 但增加了拉刀磨削的困难, 尤其是高钒高速钢的磨削更加困难。因而出现了对磨削比的要求, 即磨去金属的体积与砂轮消耗体积之比。这个比值应不低于70~500。

在使用硬质合金作拉刀材料时, 拉刀强度尤其是刃口强度非常重要。由于拉削速度低, 有切入冲击, 要求选用组织细密、低速切削时抗崩刃性能好的硬质合金牌号。当前我国应用硬质合金制造拉刀的还不多。

我国目前以高速钢为拉刀的主要材料, 且由于资源和其他原因, 仍以普通高速钢为主, 有待于推广应用高性能高速钢。

在英国, 已发展到主要以钴高速钢为制造拉刀的材料, 其中M42占拉刀材料的85%。

推荐用于各种情况下的拉刀材料(高速钢)列于表1-3。

2. 各种高速钢的性能和适用范围

高速钢的硬度、耐磨性和耐热性虽不如硬质合金, 但强度、韧性和工艺性能优于硬质合

表 1-3 拉刀材料(高速钢)的选用

拉削工件材料	要 求	推荐选用牌号
一般钢料、铸铁 有色金属		W18Cr4V W6Mo5Cr4V2
难加工材料, 或高生产率拉刀		W6Mo5Cr4V2Al W10Mo4Cr4V3Al W12Cr4V4Mo W7Mo4Cr4V2Co5
高强度钢 铸造高温合金 钛合金		W2Mo9Cr4VCo8 W6Mo5Cr4V2Al W12Mo3Cr4V3Co5Si
不锈钢 高温合金(镍)	粗拉刀	W12Cr4V4Mo W10Mo4Cr4V3Al W6Mo5Cr4V5SiNbAl W6Mo5Cr4V4 W6Mo5Cr4V2Al
不锈钢 高温合金(镍)	精拉刀	W6Mo5Cr4V2 W6Mo5Cr4V2Al W2Mo9Cr4VCo8 W12Mo3Cr4V3Co5Si
各种材料	淬火变形小的长拉刀	Cr12, Cr6WV Cr12MoV

金, 因此高速钢目前仍是制造拉刀的主要材料。

高速钢是特殊的高合金钢, 它主要含有钨、钼、铬、钒、钴等合金元素。其中, 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, 从而提高了回火硬度和高温硬度。

高速钢按其成分可分为钨系(不含钼)高速钢和钼系高速钢(含钨和钼)。

按照性能, 高速钢分为普通高速钢和高性能高速钢, 后者又分为高钒、含钴、含铝、高碳等类型高速钢。

根据生产工艺, 高速钢又分为熔炼高速钢和粉末冶金高速钢, 后者是将细小的高速钢粉末压制成钢坯, 晶粒细密, 组织均匀。不但硬度高, 且磨削性能极好, 是极有前途的拉刀材料。

我国冶金部标准YB12—77列入九种高速钢, 其中普通型三种(W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2、W14Cr4VMnRe), 高碳型一种(95W18Cr4V), 高钒型一种(W12Cr4V4Mo)、超硬型四种(W6Mo5Cr4V2A1、W10Mo4Cr4V3A1、W12Mo3Cr4V3Co5Si和W6Mo5Cr4V5SiNbA1)。

现将有关的高速钢化学成分和性能分别列于表1-4和表1-5中, 供读者参考查阅。

为了合理选择拉刀材料, 下面简要介绍高性能高速钢的一些牌号。

(1) 高碳高速钢 近年来, 按化学平衡计算来提高高速钢的含碳量, 在不改变其他合金含量的情况下, 可以增加钢中的碳化物, 提高高速钢的硬度、耐磨性和耐热性。W18Cr4V的含碳量从0.7%~0.8%提高到0.9%~1.0%, 硬度和高温硬度分别提高HRC2和HRC4.5。切削奥氏体不锈钢和钛合金都有很好效果, 耐磨性提高2~3倍。上海工具厂用95W18Cr4V钢制造的插齿刀加工钢时, 刀具寿命比W18Cr4V提高1倍。

高碳高速钢100W6Mo5Cr4V2(CM2)的硬度和高温硬度比M2钢分别提高HRC2和HRC5, 而且可以磨出刃口钝圆半径很小的锋利刃口, 特别适用于薄切屑的拉刀、铰刀等。

高碳高速钢的强度和冲击韧性较差, 不能承受大的冲击。淬火后的残余奥氏体增多, 需要增加回火次数。此外, 含碳量过高不仅会恶化碳化物均匀性, 使晶粒粗大, 降低钢的热塑性, 而且容易过热, 要求严格控制锻造和热处理的热处理温度。

(2) 含钴高速钢 在高速钢中添加钴, 能提高其热硬性和抗氧化能力, 因此可提高刀具切削速度。W6Mo5Cr4V2Co8(M36)钢比W6Mo5Cr4V2(M2)钢提高回火硬度HRC2.9, 而可提高其耐用度。此外, 加入钴可减少刀具与工件的摩擦, 降低磨削温度和磨削力, 改善高速钢的磨削性能。

由于以上原因, 钴高速钢用于拉削高温合金、钛合金和不锈钢涡轮盘、叶片时, 效果良好。哈尔滨第一工具厂用钴高速钢制造AA级齿轮滚刀、弧齿锥齿轮刀盘等, 刀具耐用度提高0.5~3.5倍。

但是钴会增大碳化物不均匀性, 使高速钢加热时易脱碳, 降低其强度和冲击韧性。对于形状复杂的薄刃刀具, 不如W18Cr4V, 在旧机床上使用或断续切削时, 耐用度反低于普通高速钢, 尤其是价格昂贵(为W18Cr4V价格的8倍), 所以使用必须节约。

表 1-4 各种高速钢的化学成分

名 型	牌 号	化 学 成 分 ×100										其 它
		C	W	Mo	Cr	V	Co	Mn	Si	Al		
通用 高速 钢	W18Cr4V (苏联牌号为P18)	0.70~0.80	17.5~19.0	≤0.30	3.80~4.40	1.00~1.40	—	≤0.40	≤0.40	—	—	
	W6Mo5Cr4V2 (M42)	0.80~0.90	5.50~6.75	1.50~5.50	3.80~4.40	1.75~2.20	—	≤0.40	≤0.40	—	—	
	W14Cr4MnRe	0.80~0.90	13.5~15.0	≤0.30	3.50~4.00	1.40~1.70	—	0.35~0.55	≤0.50	—	Re0.07	
高 速 钢	95W18Cr4V (苏联牌号为95P18)	0.90~1.00	17.5~19.0	≤0.30	3.80~4.40	1.00~1.40	—	≤0.40	≤0.40	—	—	
	100W6Mo5Cr4V2 (CM2)	0.95~1.05	5.50~6.75	1.50~5.50	3.75~4.50	1.75~2.20	—	0.15~0.40	0.20~0.45	—	—	
	W12Cr4V4Mo (EV4)	1.20~1.40	11.5~13.0	0.90~1.20	3.80~4.40	0.80~1.40	—	≤0.40	≤0.40	—	—	
机	W6Mo5Cr4V3 (M3)	1.15~1.25	6.00~6.75	1.75~6.50	3.75~4.50	2.75~3.25	—	0.15~0.40	0.20~0.45	—	—	
	W9Cr4V6 (苏联牌号为P90S)	1.40~1.50	9.00~10.5	≤1.0	3.80~4.40	4.30~5.10	—	—	—	—	—	
	W6Mo5Cr4V2Co8 (M38)	0.80~0.90	5.50~6.50	1.50~5.50	3.75~4.50	1.75~2.25	7.75~8.75	0.15~0.40	0.20~0.45	—	—	
高 速 钢	W12Cr4V5Co8 (T15)	1.50~1.60	12.0~13.0	≤1.0	3.75~5.00	4.50~5.25	4.75~5.25	0.24~0.40	0.20~0.40	—	—	
高 速 钢	W7Mo4Cr4V2Co6 (M41)	1.05~1.15	6.50~7.25	0.25~0.35	4.25~4.75	1.75~2.25	4.75~5.75	0.15~0.40	0.15~0.50	—	—	
	W2Mo9Cr4VCo8 (M42)	1.05~1.15	1.00~2.00	0.00~10.0	3.80~4.40	0.80~1.50	7.50~8.50	≤0.40	≤0.40	—	—	
	W9Mo5Cr4V3Co10 (HSP-15)	1.20~1.30	8.50~10.0	2.00~3.50	3.80~4.40	2.80~3.40	9.00~10.0	—	—	—	—	
	W6Mo5Cr4V2Al (501)	1.05~1.20	5.50~6.75	1.50~5.50	3.80~4.40	1.75~2.20	—	≤0.40	≤0.60	0.80~1.20	—	
牌	W10Mo4Cr4V3Al (GF-6)	1.30~1.45	9.00~10.50	3.50~4.50	3.80~4.50	2.70~3.20	—	≤0.50	≤0.50	0.70~1.20	—	
	W12Mo3Cr4V3Co5Si (Co5Si)	1.20~1.30	11.50~13.50	2.80~3.40	3.80~4.40	2.80~3.40	4.70~5.10	≤0.40	0.80~1.20	—	—	
	W6Mo5Cr4V5SiNbAl (B201)	1.55~1.65	5.50~6.50	5.00~6.00	3.80~4.40	4.20~5.20	—	≤0.40	1.00~1.40	0.30~0.70	Nb0.2~0.5	
	W12Mo3Cr4V3N (V3N)	1.10~1.25	11.0~12.5	2.5~3.5	3.5~4.1	2.5~3.1	—	—	Nb0.1~0.1	—	Nb0.10~0.20	
高 速 钢	W18Cr4V4SiNbAl (B212)	1.48~1.55	17.5~18.5	—	3.80~4.40	5.00~5.80	—	1.00~1.40	1.00~1.60	—	—	