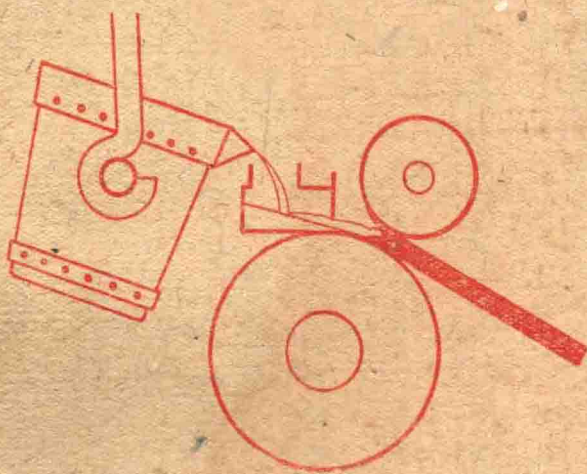


# 金属工艺学

下 册



浙江大学金属工艺学教研组编

1960

# 目 录

## 第六編 金屬切削加工及机床

概論	( 6—1 )
第一章 公差和配合的基本概念:	
§1 公差概念	( 6—2 )
§2 配合的基本知識	( 6—4 )
第二章 毛坯的選擇及其准备工作:	
§1 毛坯的選擇	( 6—8 )
§2 毛坯的准备工作	( 6—8 )
第三章 金屬切削加工的基本知識:	
§1 切削加工的基本要素	( 6—9 )
§2 金屬切削刀具的几何参数及其材料	( 6—11 )
§3 切削过程	( 6—13 )
第四章 金屬切削机床的傳动:	
§1 金屬切削机床的傳动机构的符号和傳动比	( 6—16 )
§2 金屬切削机床常用的变速变向机构	( 6—18 )
第五章 車床及其工作:	
§1 車床的一般結構	( 6—23 )
§2 車削工艺	( 6—26 )
§3 車床的種類及其加工特点	( 6—36 )
第六章 孔加工机床及其工作:	
§1 鉗床及鉗削工艺	( 6—39 )
§2 鑽床工作	( 6—44 )
§3 拉削工作	( 6—46 )
第七章 銑床及其工作:	
§1 銑床的构造及刀具	( 8—47 )
§2 銑削工艺	( 8—51 )
第八章 鉋床及其工作:	
§1 鉋削、插削及其机床	( 6—55 )
§2 鉋削工艺	( 6—61 )
第九章 磨床及其加工:	
§1 磨削的一般知識	( 6—64 )

§2 磨削工艺.....	( 6—66 )
§3 磨床的结构简述.....	( 6—69 )
§4 其他精密加工方法.....	( 6—71 )
第十章 齿輪加工:	
§1 园柱齿輪的加工.....	( 6—74 )
§2 蜗輪加工.....	( 6—76 )
§3 角齿輪的加工.....	( 6—76 )
第十一章 金属的电加工:	
§1 金属的电火花加工.....	( 6—77 )
§2 金属的电化加工.....	( 6—81 )
第十二章 钳工工作:	
§1 钳工的一般知識.....	( 6—82 )
§2 钳工的基本操作.....	( 6—83 )
第十三章 机械加工的发展方向:	( 6—87 )
( 8—9 )	
( 8—1 )	
( 8—2 )	
( 8—3 )	
( 8—4 )	
( 8—5 )	
( 8—6 )	
( 8—7 )	
( 8—8 )	
( 8—9 )	
( 8—10 )	
( 8—11 )	
( 8—12 )	
( 8—13 )	
( 8—14 )	
( 8—15 )	
( 8—16 )	
( 8—17 )	
( 8—18 )	
( 8—19 )	
( 8—20 )	
( 8—21 )	
( 8—22 )	
( 8—23 )	
( 8—24 )	
( 8—25 )	
( 8—26 )	
( 8—27 )	
( 8—28 )	
( 8—29 )	
( 8—30 )	
( 8—31 )	
( 8—32 )	
( 8—33 )	
( 8—34 )	
( 8—35 )	
( 8—36 )	
( 8—37 )	
( 8—38 )	
( 8—39 )	
( 8—40 )	
( 8—41 )	
( 8—42 )	
( 8—43 )	
( 8—44 )	
( 8—45 )	
( 8—46 )	
( 8—47 )	
( 8—48 )	
( 8—49 )	
( 8—50 )	
( 8—51 )	
( 8—52 )	
( 8—53 )	
( 8—54 )	
( 8—55 )	
( 8—56 )	
( 8—57 )	
( 8—58 )	
( 8—59 )	
( 8—60 )	
( 8—61 )	
( 8—62 )	
( 8—63 )	
( 8—64 )	
( 8—65 )	
( 8—66 )	
( 8—67 )	
( 8—68 )	
( 8—69 )	
( 8—70 )	
( 8—71 )	
( 8—72 )	
( 8—73 )	
( 8—74 )	
( 8—75 )	
( 8—76 )	
( 8—77 )	
( 8—78 )	
( 8—79 )	
( 8—80 )	
( 8—81 )	
( 8—82 )	
( 8—83 )	
( 8—84 )	
( 8—85 )	
( 8—86 )	
( 8—87 )	
( 8—88 )	
( 8—89 )	
( 8—90 )	
( 8—91 )	
( 8—92 )	
( 8—93 )	
( 8—94 )	
( 8—95 )	
( 8—96 )	
( 8—97 )	
( 8—98 )	
( 8—99 )	
( 8—100 )	



## 第六編 金屬切削加工及機床

### 概 論

金屬切削加工的目的，就是用金屬切削刀具從坯料上切除一定厚度的金屬層，從而得到在形狀上、精度上、光潔度上都合乎預定要求的零件。金屬切削加工可以用手工（鉗工）或機械加工，而主要的是機械加工，機床是機械加工的主要設備，沒有各種機床，就談不上機械加工。

任何複雜的機器，如汽車、機車、飛機、電機、化肥機、軋鋼機……等，都是由許多零件組成的，這些零件大多數是金屬製成的，特別是鋼鐵件最多。現代金屬加工方法很多，除了切削加工外，還有鑄造、鍛造、焊接、壓延、粉末冶金等等，後幾種加工方法雖在生產中應用很廣，技術不斷提高，但一般還只限於工件的坯料製造或預加工或在較粗糙的金屬品加工上，凡是精確度和光潔度要求高的零件，多數是經過切削加工。切削加工這種特殊功能是其加工方法所不能及的，所以切削加工在機械製造中佔着很大的比例和重要的地位，如中型機器製造工業中，金屬切削加工的成本約佔產品成本的50—60%。科學技術不斷向前發展，機器結構日益複雜，對機器的零件不論在尺寸精度方面或者表面質量方面的要求都愈來愈高，因而切削加工和其他金屬加工方法一樣，在機器製造中使用也就更為廣泛。

我國在金屬切削加工方面發展很早，早在元前500多年就有了切削加工工作，而在1668年有了較高的水平，有了銑工，那時製造天文儀器已經是用鑲片銑刀，銑刀的轉動直徑達兩丈，而且磨削工作也在此時得到了發展。但由於帝國主義、封建主義和官僚資本主義的侵略和壓迫，使舊中國的工業不但不能發展，反而遭到束縛和破壞，使舊中國沒有獨立的機器製造工業，僅僅有一些修理和裝配能力，和製造一些極其簡單的小型機械。

解放後的中國人民，在英明的中國共產黨的領導下，人民群眾以主人翁的姿態投入祖國建設事業，僅僅在短短的建國十週年來，機械製造工業發生了根本變化，從修配發展到自行設計和製造，不僅有獨立的汽車、飛機、拖拉機、機床和各種機械工業，同時在許多方面達到了或超過了世界先進水平，特別是在黨的社會主義建設總路線的光輝照耀下，在“洋土並舉”兩條腿走路的方針指導下，在“一天等於十年”的偉大時代里，各方面獲得了飛躍的發展。在金屬切削機床製造方面，1952年年產量為1.37萬台，1957年為2.8萬台，而在大躍進的1958年為5萬台（不包括簡易機床），1959年的產量猛增到7萬台（不包括簡易機床，）這種發展速度在世界上是罕見的，而在黨的八屆八中全會發出了要在去年內提前三年完成第二個五年計劃主要產品指標的偉大號召下，全國人民更是干劲沖天，機械製造業獲得迅速發展，原定二五計劃中金屬切削機床為6—6.5萬台的任務已在去年大大提前完成。不論在大型機械加工或精密加工方面都獲得很大的發展，我國已能製造5米的重型立式車床，可以加工3米寬14米長的工件的重型龍門鉋床，各種軋鋼設備和化肥機等，同時發揮了敢想敢作的共產主

义风格,采用“蚂蚁啃骨头”、“小猴骑大象”、“钻进肚皮”等方法,制造了各种“积木式”等机床,解决了大型设备不足的困难,使机械加工进入新的阶段。在精密加工方面,采用了电加工、超声波加工等,制造出许多精密机床,如上海机床厂出品的Y7125型齿輪刀具磨床、精度达0.003毫米,超过了老牌资本主义国家——英国的水平,哈尔滨轴承厂制成每分鐘10万轉的C136204型超精密級滾珠軸承,它的鋼球橢圓誤差小于0.00025毫米,光洁度达▽▽▽▽13,上海机床厂制成“O”級块規,昆明机床厂制成光学控制的精密鏜床等。在自动化方面,能生产单軸、四軸自动車床,电气仿型銑床,程序控制机床,加工馬达座的組合机床,同时已設計和使用了滾珠軸承外圈,螺絲攻制造等自动綫,所有这些都說明党的工业方針的正确和偉大。可以預計,在党的正确领导下,全国人民發揮了高度的主观能动性,机械制造业将与其他工业一样飞跃前进:

## 第一章 公差和配合的基本概念

### §1 公差概念

任何一台机器或一具仪器,基本上都是由若干部件組成的,而部件本身則是由各个另件組成的。

当我们設計一台机器或一具仪器时,总是由总体到局部,再到各个另件;而在車間制造时,則是由局部到总体,总是先制成另件,把另件装配成部件,再把部件总装配成机器或仪器。

装配过程是使两个几何形状相同的另件相互配合,这些表面是相互包容的或者相互邻接的。我們知道,每一成对的另件的相互配合,必須要符合它在机器上对它所定的技术要求,也就是說,它必須具有一定的几何形状和表面光洁度,各另件、部件装配起来才能达到設計时所要求的相对位置、几何形状、配合性質、耐腐蝕性、配合和相对运动的持久性等,否則就不可能符合机器的使用条件。

但是,也不須要把另件加工到超过須要的精确度和光洁度,因为加工的精确度和表面光洁度过高时,必然要消耗更多的劳动量,机床、刀具等的拆旧和动力等的消耗也相应地增加,势必增加另件和整台机器的成本。所以我們为了能获得合理的加工精确度和必要的表面光洁度,就須根据各另件在机器上的技术要求,規定它的加工精确度和表面光洁度,做到既不浪费人力物力,又不降低机器使用的技术条件。所以說,合理地選擇配合性質和表面光洁度,是机械制造中一个重要的技术經濟指标。

随着机械制造的发展和規模的扩大,要求广泛地开展共产主义大协作,因为要制造一台复杂的產品,如机床、汽車、飞机、发电機組、化肥机、軋鋼机等,不可能在一个車間一个工厂内制成,在制造或修理这些机器时,要求能够把机器上每个一另件换上一个同类的另件时,在把这另件装到机器中規定的位置时,不須任何的輔助加工或修理,就可以达到預定的技术要求,这种可能性,我們称为互换性。互换性的另件可以大大地縮短装配和修理的时间,在大批生产特别是在大量生产中广泛地应用。但是要達到互换性的要求,必須要使制造出的

另件具有一定的精确度和光洁度，就必须有一定的工艺过程来保证。

### 1. 几个尺寸的概念：

另件上有自由尺寸和配合尺寸之分，都是根据机件的要求、构造、强度理论计算和试验数据设计的。自由尺寸是不和其他另件相配合的尺寸，我们所研究的是配合尺寸，也就是与其他另件相配合的表面尺寸。

在机床上加工另件时，要把被加工另件加工到绝对准确是不可能的，因为机床、夹具、刀具、测量仪器等本身都有一定的不准确，所以不可能得到与图纸上的尺寸绝对相同。我们称设计者在设计机器另件时，根据技术要求和使用的条件所制定而标在图纸上的尺寸为名义尺寸（图6-1），而把加工以后另件的尺寸，称为实际尺寸。实际尺寸与名义尺寸之差，称为尺寸偏差。

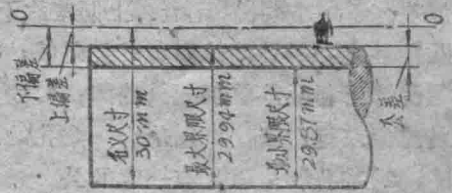


图6-1 公差分佈图

同类的另件，甚至用同样的加工工艺，加工后的实际尺寸不可能完全一致，但是只要它是符合设计的技术要求，能保证两配合件的配合性质和使用质量时，是允许实际尺寸在一定范围内变动的。实际尺寸可以在其中变动的尺寸称为界限尺寸，界限尺寸分最大界限尺寸和最小界限尺寸。如图6-1中名义尺寸为30毫米；最大界限尺寸为29.94毫米；最小界限尺寸为29.87毫米。

### 2. 公差：

我们知道另件不可能也不必要制造得绝对准确，但要保证机器的精确度和使用效果，必须合理地选择与确定实际尺寸的变动范围，另件允许的制造不精确的范围由公差来决定。公差值等于最大界限尺寸与最小界限尺寸之差。本例中的公差值等于0.07毫米。凡是另件的尺寸在界限尺寸内的就算合格，超出（大于或小于）界限尺寸范围的就算废品。

图6-1中0-0表示另线，另线相当于另件的名义尺寸，而且是名义尺寸发生偏差的尺寸读数起点。最大界限尺寸与名义尺寸之差称为上偏差，最小界限尺寸与名义尺寸之差称为下偏差。上偏差和下偏差可以是正的，负的或等于另。在实际应用上，通常用“+”、“-”分别表示正负偏差，本例中上下偏差都是负值，在图纸上可以用 $30_{-0.07}^{0}$ 表示，如上下偏差中有一个等于另时，则该偏差只要注上不等于另的一个就可以。

### 3. 公差制度：

在两个另件配合时，大多数是一个另件包容另一个另件，我们通称包容件为孔（包括园孔、成形孔、槽等）。被包容件为轴（包括园轴、各种成形外表面等）。在实用上，由于制造过程的基础件不同，公差有两种基本制度：

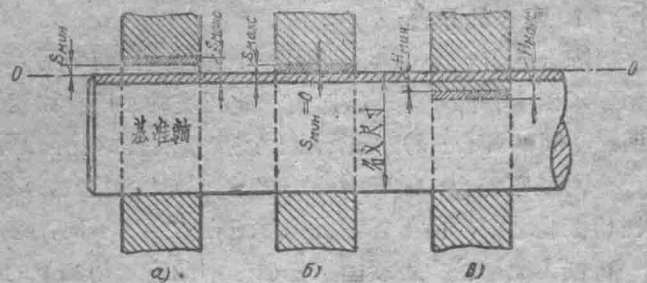


图9-2 基轴制公差分佈图

1) 基轴制：以轴有一定的公 a. 活动配合； 6. 滑动配合； 1. B. 固定配合。



差范围为基础，由于孔的公差范围不同而得到各种配合的公差制度得为基轴制。如图6—2所示，基轴制的另线（轴）与轴的最大界限尺寸重合，也就是轴的最大界限尺寸等于名义尺寸，轴的所有尺寸都不能超过名义尺寸，所以它的上偏差等于零，下偏差等于轴的公差，公差是负的。

从图中可知，由于孔公差范围的变化，可以得到三种不同的配合：**a. 活动配合**：孔的下偏差等于最小间隙 $S_{min}$ ，上偏差比下偏差大一个孔的公差值，所以最大间隙 $S_{max}$ 等于最小间隙加上孔的公差值和轴的公差值；**b. 滑动配合**：孔的下偏差和最小间隙都等于零，最大间隙等于轴公差值加孔公差值；**c. 固定配合**：孔的下偏差绝对值等于最大公盈 $H_{max}$ ，而孔的上偏差绝对值比下偏差小一个孔的公差值。

2) 基孔制：以孔有一定的公差范围为基础，由于轴的公差范围不同而得到各种配合的公差制度称为基孔制。如图6—3所示，基孔制的另线（孔）与孔的最小界限尺寸重合，所以孔的所有尺寸都不能小于名义尺寸，公差是正值。三种配合的尺寸可以按照基轴制在图6—3中推算，不再重复。

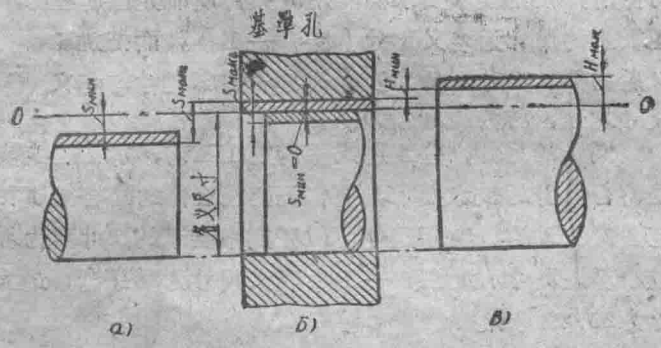


图6—3 基孔制公差分布图

a. 活动配合； b. 滑动配合； c. 固定配合。

当基轴制的基准轴与基孔制的基准孔配合时，就得到滑动配合；这种配合可以看作是两种公差制度的过渡形式。

两种公差制度使用的权力相同，但比较起来，基孔制比基轴制有许多优点：所用的工具和量具数目较少，用修配轴去配合孔要比修配孔去配合轴简单得多，成本也低廉得多，所以基孔制应用较广，但具体选用时要根据工艺装配情况决定。

一般用A表示基孔制，用D表示基轴制；在字母的右下角标上精确度等级。

## §2 配合的基本知识

### 1. 配合的分类：

配合是将一个另件装进另一个另件，使两个另件得到一定的连接形式。各种连接形式是为了使两个另件相互连接时有一定程度的坚固性和两个另件相对运动时的灵活性。因此就有两类不同的配合：**i) 静座配合**：装配前连接的孔径比轴径小，装配后具有一定的坚固连接；

**ii) 动座配合**：装配前相连接的孔径比轴径大，装配后有一定的相对运动的可能性。但是在机械制造中，由于各种机构对配合的要求不同，必须要求更多更明确的配合形式，根据第一机械工业部：“苏联国家标准”中确定采用如下的各种配合形式。

静座配合：

热配合 ( $T_p$ )；

动座配合：

滑配合 (C)；

压配合 (II<sub>p</sub>);

輕压配合 (II<sub>л</sub>);

固配合 (I);

牢配合 (T);

紧配合 (H);

密配合 (II)。

紧轉配合 (II);

轉配合 (X);

輕轉配合 (I);

松轉配合 (III)。

其中括号內的俄文字母为俄文縮写符号。

每种的配合形式是依照另体的实际尺寸間的关系而定的,或者按連接另体間存在的公隙或公盈而定。公隙就是孔徑与軸徑間的正差值(即間隙S),而公盈就是孔徑与軸徑間的負差值(即上面所提到的公盈H)。

### 2. 精确度等級和光洁度等級:

加工精确度就是另体的实际尺寸和加工后的形状与名义尺寸和要求的形状相符合的程度。同是一种配合形式,由于对它技术要求不同就有不同的精确度等級,就須根据技术要求正确地加以選擇,使既符合技术要求,又不浪費人力物力,也就是必須符合經濟的精确度等級。

蘇联机械制造中,采用十种不同的精确度等級,我国現在也同样地分为十級:1級、2級、2<sub>a</sub>級、3級、3<sub>a</sub>級、4級、5級、7級、8級、9級,沒有6級。其相应的应用范围示于表6-1中。

表 6-1 各精确度的应用范围、

精度等級	应用范围	备注
1	滾珠軸承, 风动工具等要求很严格的另体	用得較少
2	精密机器制造, 仪器制造, 机床制造, 发电机等	应用最广的一級
2 <sub>a</sub>	2—3 的过渡等級	少用
3	精密机械, 普通机器, 柴油机, 紡織机械等	
3 <sub>a</sub>	3—4 的过渡等級	少用
4	机車制造, 农业机械制造等	
5	沒有很高要求的配合件	
7	自由尺寸, 热冲压及各种热加工制造的另体	
8	自由尺寸, 热冲压及各种热加工制造的另体	
9	自由尺寸, 热冲压及各种热加工制造的另体	



表面光洁度是决定加工表面的粗糙度的微观不平度的尺寸特性，通俗說，就是加工后的表面光滑的程度。表面光洁度的高低与两另件配合后的相对运动和配合性质的持久性及配合另件的耐磨损性、耐腐蚀性、疲劳强度等有很大的关系。表面光洁度的标准是粗糙面自凸峰到底谷的微观不平度的方均根偏差 ( $H_{ck}$ ) 或微观不平度的平方高度 ( $H_{cp}$ )，单位都用微米 ( $\mu = \frac{1}{1000}$  毫米)。表面光洁度共分四组14级，各组别的划分和方均根偏差值及应用范围见表6-2。

表6-2 光洁度的分类及其应用范围：

组别	表面名称	级别符号	$H_{ck}$ (微米)	应用例子
I	粗	$\nabla 1$	100—50	毛坯工序后经粗车外皮、粗刨、粗铣、切断、钻等加工后的表面等
		$\nabla 2$	50—25	毛坯工序后经粗车外皮、粗刨、粗铣、切断、钻等加工后的表面等
		$\nabla 3$	50—12.5	毛坯工序后经粗车外皮、粗刨、粗铣、切断、钻等加工后的表面等
II	半细	$\nabla\nabla 4$	12.5—6.3	轴、柱、粗手柄等另件的自由表面；要通过螺钉、铆钉的钻孔表面等
		$\nabla\nabla 5$	6.3—3.2	齿轮的非工作面；活塞裙内表面；轴套非工作内表面等
		$\nabla\nabla 6$	3.2—1.6	支持齿轮壳的端面；插出或包出的大模数齿侧面，齿轮外表面；滚珠轴承座内表面等
III	细	$\nabla\nabla\nabla 7$	1.6—0.8	气缸盖支持面；打脸工具直尺的刮出支持面；青铜齿轮非工作面等
		$\nabla\nabla\nabla 8$	0.8—0.4	曲轴的轴承座；丝焊工作面；飞机发动机连杆的T字形壁；亚细青铜齿轮的相配合面；滚珠轴承内轴表面等
		$\nabla\nabla\nabla 9$	0.4—0.2	传动轴工作轴颈；顶尖工作面；连杆的接界面；活塞顶部外表面等
IV	极细	$\nabla\nabla\nabla\nabla 10$	0.2—0.1	高速发动机曲轴的工作轴颈；阀的工作面；活塞裙的外表面等
		$\nabla\nabla\nabla\nabla 11$	0.1—0.05	高速精密机床的轴的工作轴颈；滚动轴承的滚珠和滚子；气缸衬筒的内镜面等
		$\nabla\nabla\nabla\nabla 12$	0.05—0.025	重要的高速传动的滚珠和滚子；中等精确度测量仪器在活动接头处的另件的工作面等
		$\nabla\nabla\nabla\nabla 13$	0.025—0.012	高精度测量仪器的活动接头处另件的工作面等
		$\nabla\nabla\nabla\nabla 14$	0.012—0.000	块规的测量面；极重要的高精确度的测量仪器的测量表面等

注：组别表面名称一般不分，多数只用级别符号。

### 3. 各等级精确度和表面光洁度的加工方法：

逐步得到应有的精确度和光洁度的原则，是机械加工达到各级精确度和光洁度的另件工艺基础，精确度和光洁度愈高，所须的加工工序就愈多。

影响加工精确度和光洁度的因素很多，主要的是机床、夹具、测量仪器的精确度及其调整的精密性和刚度，被加工材料性能的一致性（主要是一定工序下的加工裕量的均匀性），切削力的大小和刀具磨损及受热情况，测量技术等，必须根据设备情况合理地选用加工方法。

如要加工一件3級精確度和▽▽▽7光潔度的鋼軸，必須在車床上經過粗車、細車和精車后再打磨一次，但在車床上要達到上述的技術要求是較困難的，然而，如果改用在車床上用粗車和細車后（甚至于不須要細車）拿到外圓磨床上去進行粗磨就很容易達到上述技術要求，所以必須根據工件技術要求和設備情況選擇最經濟的加工方法。

精確度與光潔度間有一定的關係，精確度高的工件，一般地說它的光潔度也較高，但是光潔度高的工件，它的精確度不一定很高，它們的等級都是根據另件在機器中的作用而選擇的。各種精確度和光潔度的經濟加工方法列在表6—3中。

表6—3 各種加工方法的經濟精確度和表面光潔度：

加工方法	基本尺寸的精確度等級		表面光潔度等級
	平均經濟精確度	變動極限	
粗車、粗鉋、粗鏜	5	4—7	▽1—▽3
細車、細鉋、細鏜	4	3a—4	▽▽4—▽▽▽7
精車、精鉋、精鏜	3	2a—3a	▽▽▽7—▽▽▽9
粗銑	4	3a—5	▽1—▽3
細銑	3	2a—4	▽▽4—▽▽5
初鉸	3	2a—3a	▽▽▽7
精鉸	2	1—2a	▽▽▽8—▽▽▽9
細拉削	2a	2—3	▽▽6—▽▽▽8
精拉削	2	1—2	▽▽▽9—▽▽▽▽10
粗磨	3a	3—4	▽▽6—▽▽▽7
細磨	2	1—2a	▽▽▽8—▽▽▽9
精磨	比1級精密	(ISA制2—5級)	▽▽▽9—▽▽▽▽10
粗研磨	—	—	▽▽▽▽11
細研磨	—	—	▽▽▽▽10—▽▽▽▽11
精研磨	—	—	▽▽▽▽12—▽▽▽▽14
細拋光	—	—	▽▽▽9—▽▽▽▽12
精拋光	—	—	▽▽▽▽12—▽▽▽▽13
初旋磨	2	2—2a	▽▽▽▽10—▽▽▽▽12
終旋磨	1	1—2	▽▽▽▽13—▽▽▽▽14
細超級加工	—	—	▽▽▽▽11—▽▽▽▽12
精超級加工	—	—	▽▽▽▽13—▽▽▽▽14

註：其中ISA制系國際標準協會的精確度等級。ISA制把精確度等級分為從1到16共16級。

## 第二章 毛坯的選擇及其准备工作

### §1 毛坯的選擇

金屬切削加工是用切削刀具从被加工另件上切除一定的金屬層，从而获得所須的形状，尺寸和表面質量的工件。經切削后成为成品的坯料称为毛坯，被切下的金屬層在未被切下时称为毛坯的裕量，而被切下后的金屬層片称为切屑。

毛坯的選擇是設計另件制造規程时最重要的問題之一，加工工序的数目，另件和整台机器制造过程的总劳动量及总費用，在很大程度上决定于毛坯選擇的是否合理，也就是所選用的毛坯形状，加工裕量，尺寸精確度（公差）和材料性質等随毛坯制造方法而不同的因素是否正确。为了节省材料及加工費用，毛坯应具有与成品相似的形状，並且所選用的毛坯必須符合設計时对它的各項技术要求，如另件的形状，尺寸精確度、剛度，表面質量及最低的費用和劳动量。

按另件的用途，采用下列几种毛坯形式：

- 1) 鑄鐵、鋼和有色金屬的鑄件；
- 2) 鋼和某些有色金屬的鍛件及冲压件（熱冲的）；
- 3) 薄金屬板的冷冲件；
- 4) 鋼和有色金屬的型料（軋的或拉的棒料、板料）。
- 5) 非金屬材料（塑料、皮革、纖維、硬橡胶和石料等）。

毛坯切削加工成为成品时，被切除的切屑重量佔很大的比重，大量生产中佔 5—20%，小批生产达 25%，单件生产时更大（可达 50% 以上）。因而合理地選擇毛坯裕量的大小对节约材料有很大的意义，特別对我国目前材料較缺乏的情况下更是重要，而且节约原材料也是長远的任务，同时裕量过大，劳动量及电力、刀具和机床等的消耗也大，裕量过小在加工时按裝另件困难，並且容易造成廢品，浪費人力物力。另件的加工裕量，要根据加工条件及技术要求來選擇，每个表面上的裕量可以不相同，影响裕量的因素很多，主要的有：

- 1) 毛坯的制造方法：鑄件、鍛件或型料；
- 2) 另件的加工工艺特性：是否用特殊工夹具等；
- 3) 毛坯的形状及加工的复什程度；
- 4) 被加工另件表面的光洁度和精確度的要求。

### §2 毛坯的准备工作

毛坯在进行切削加工前，必須做好准备工作，以保証毛坯在加工时易于裝卸和进行切削加工。对鑄件在切削加工前要用凿子、弓鋸、手錘、气割、压力机和携性砂輪等工具清除鑄件表面的型砂、澆口、冒口及披鋒等；而对鍛件要用滾筒或熱酸溶液軟化氧化皮后清除表面



的氧化皮及切除披鋒，否則，在加工時，由於鑄鍛件表面的硬皮等存在，刀具很容易就會被磨損或打壞。在小批單件產生時，在鑄件和鍛件清理後，還必須進行鉗工劃綫，使它形狀尺寸符合要求，裕量分佈適當，或者在接裝時以所劃的綫校準定位進行加工。

當採用棒料和型料等毛坯時，毛坯的準備工作一般有四個步驟：i)校直；ii)切斷；iii)打中心孔；iv)荒車。

型棒料（鋼的等）按其截面尺寸不同，一般製成長4—9米，而在製造、運輸和貯藏等過程中，往往使材料略有彎曲，所以在應用時必須用壓力機或特制的校直機進行校直，校直後按另件尺寸及工藝的要求進行切斷。在六角車床或自動車床上加工時，型料毛坯一般切成1.5—2米長使用。切斷一般用弓鋸床或圓鋸床進行，對特別硬的材料則用薄砂輪進行切斷，現在也有用無齒鋸及電弧鋸進行切斷，可以大大地提高生產率。

棒料毛坯有在六角車床及自動車床上加工的，但較多數的是在各種機床上夾持在頂尖上加工，所以當棒料校直和切斷後，必須在兩端面鉗中心孔（圖6—4），並且要求保證兩端所鉗出的中心孔要與毛坯的軸綫同心，中心孔的錐角要與頂尖孔的錐角相同及有一定深度的圓柱形中心孔，使頂尖端部不會與中心孔底碰觸而破壞錐孔支承面。中心孔的大小按棒料尺寸的不同而變化。

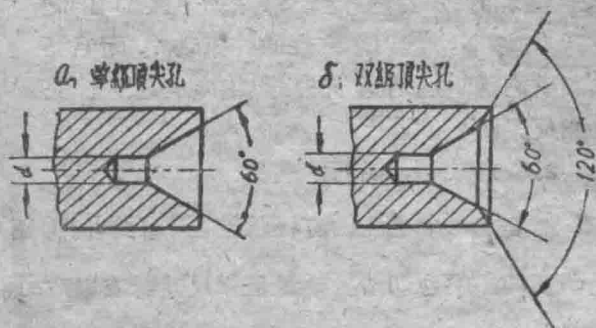


圖6—4 頂尖孔

在卡盤中進行加工的毛坯，一般不須鉗中心孔，而在六角車床或自動車床上加工的毛坯，為了保證毛坯直徑適合機床的專用卡盤（如彈簧夾頭等）及很好地夾持在專用卡盤中，防止進料不當而發生事故，對不合要求的（尺寸或形狀精度）毛坯還必須進行荒車，荒車可在一般機床上進行，但多數是在專用荒車機床上進行。

對其他一些特殊要求的另件，在切削加工前還要進行特殊的準備工作，如對另件的冷硬層、白口鐵、硬鋼或合金，在車削等加工前必須進行退火等處理，同時還要達到化學成份的均勻性，熱處理組織的均勻性，才能保證最有利的經濟的切削用量，因為切削加工性與材料硬度、韌性及夾雜質等有關係，否則很容易打亂已安排好的工藝過程，特別是對大量產生中的工藝過程要重新調整，就會損失很多的工時，大大地影響生產的正常進行。

## 第三章 金屬切削加工的基本知識

### §1 切削加工的基本要素

#### 1. 切削加工的基本方式：

從毛坯上切除多餘的金屬層成切屑有各種不同的方法，基本的方式有：車削、鉗削、銑削、磨削和鉋削等。但在任何金屬切削機床上加工時，都必須有兩個基本的運動：主運動（

切削运动)和送进运动(走刀运动),才能从毛坯上切下金属。

在图6-5上表示金属切削加工的主要形式。在车削时(a图),毛坯作旋转的切削运动V,刀具作直线的送进运动S。在钻削时(b图),多数情况下,钻头作旋转的切削运动V和直线的送进运动S,毛坯固定不动。在铣削时(c图),铣刀作旋转的切削运动V,毛坯作直线送进运动S。在磨削时(d图),砂轮作旋转的切削运动V,毛坯作旋转的圆周送进运动V<sub>进</sub>和直线的送进运动S。在牛头刨床上刨削时(e图),刨刀作直线的往返运动V,而毛坯作间歇的送进运动S,在龙门刨床上刨削则完全相反。

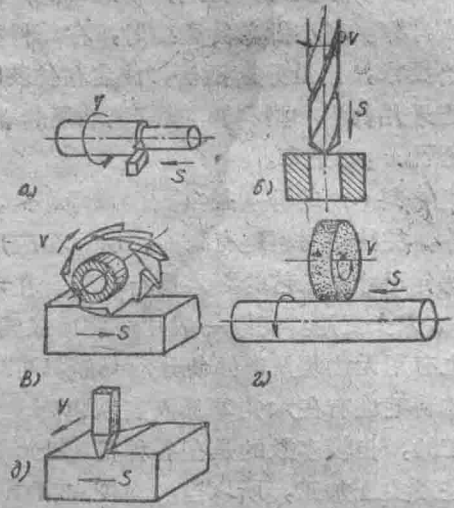


图6-5 金属切削加工主要形式

2. 被加工工件表面的名称:

如要把一个毛坯的直径从直径D车到d时(图6-6),则  $\frac{D-d}{2}$  称为毛坯的单边裕量,而切下的铁屑为切屑。裕量是以尺寸计或以对另件的净重的百分数计算,而切屑是以重量计算。

在车削时(图6-6),表面I逐渐地减小,表面II逐渐增大,而表面III随车刀向左移动而向左移动,我们称表面I为待加工表面(将要被加工的表面),表面II为已加工表面(经过刀具切削加工后的表面),而表面III为加工表面(在刀具的刀口直接加工所形成的表面)。

3. 切削用量:

1) 切削速度: 为了切下金属而工件与刀具所作的基本的相对运动,也即在切削时消耗主要动力的运动称为主要运动(图6-5中的V)。主运动速度的快慢,即单位时间内刀具的刀口在另件的被加工表面上所移动的距离称为切削速度,以V表示,单位为米/分,磨削时为米/秒。

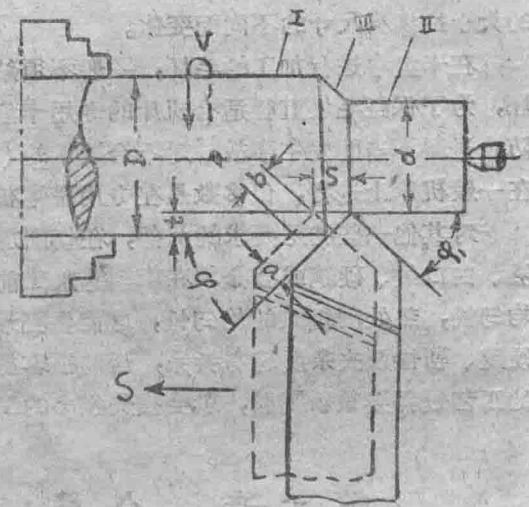


图6-6 车削各要素

旋转运动的切削速度(如车、铣、磨等)按下式计算:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} \text{ (米/分)}$$

- 其中: V——切削速度(米/分);  
 D——工件或刀具直径(毫米);  
 n——工件或刀具的转速(转/分)。

直線运动的平均速度(如鉋、插等)按下式算計:

$$V = \frac{2L}{1000T} \text{ (米/分)}$$

其中: L——行程长程(毫米);  
T——每双行程的时间(分)。

2)送进量:送进运动就是为了使新的金属层投入切削而切下所有的裕量,即决定切屑截面大小的运动(如車床是車刀的移动;牛头鉋床是工作台的移动)。送进运动的快慢或大小称为送进量(走刀量),以S表示,单位为毫米/轉;毫米/分或毫米/往返。送进运动有纵向的、輻向的、切向的和圆周的,又可以是連續的或者是間歇的。

3.吃刀深度:待加工表面与已加工表面間的垂直距离,一般用t表示(图6-6)。在車削时,  $t = \frac{D-d}{2}$  (毫米),当工件裕量一次切除时,吃刀深度与裕量相等,当分几次切除时,吃刀深度比裕量小。

被切削层的横断面積等于切削深度与送进量的乘積(不計切屑收縮时),見图6-6:

$$f = st = ab \text{ (毫米}^2\text{)}$$

其中: a——切屑的厚度(毫米);  
b——切屑的寬度(毫米)。

我們把V、S和t总称为切削用量或切削三要素。

## §2 金屬切削刀具的几何参数及其材料

### 1. 金属切削刀具的几何参数:

刀具的基本形状为一楔,它包括刀头(工作部分)和刀桿(刀体)两部分。刀桿用来将刀具夹持在刀架或刀夹中。

刀头包括下列各部份(图6-7):

- (1)前面:切屑由它上面流过的表面;
- (2)主后面:对着被加工零件的加工表面的面;
- (3)付后面:对着被加工零件的已加工表面的面;
- (4)主刀口:前面和主后面的交綫;
- (5)付刀口:前面和付后面的交綫;
- (6)刀尖:主刀口与付刀口的交点。

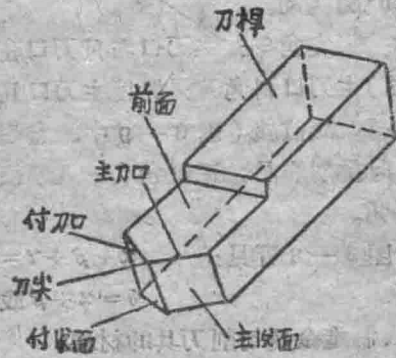


图6-7 車刀

为了使刀具能很好地切削金属,且保持在一定時間內沒有大的磨損,刀具必須具有一定的几何形状。为了度量統一,取两个原始平面以确定刀具的角度:

- (1)切削平面:通过主刀口並与加工表面相切的平面;
- (2)基本平面:与纵送进和横送进平行的平面,如車刀的下支承面。

垂直于主刀口在基本平面上的投影的平面,称为主截面。車刀的主要角度就是在此截面



上度量(图6-8)：

(1)后角 $\alpha$ ：主后面与切削平面间夹角，作为减少刀具后面与工件表面间的摩擦，一般为 $6^{\circ}-12^{\circ}$ ；

(2)楔角 $\beta$ ：前面与主后面间的夹角，一般大于 $60^{\circ}$ ；

(3)前角 $\gamma$ ：前面与垂直于切削平面且通过主刀口的平面间的夹角。 $\gamma$ 对切削影响很大， $\gamma$ 愈大，刀具愈易切入工件，切屑变形愈小，切削力及功率消耗也愈小，但不能过大，否则刀口的强度不够，一般为 $-10^{\circ}-+30^{\circ}$ ，加工轻金属时可大到 $40^{\circ}$ ；

(4)切削角 $\delta$ ：前面与切削平面间的夹角；

(5)偏角 $\varphi$ ：主刀口在基本平面上的投影与纵送进方向间的夹角，一般等于 $45^{\circ}$ ，可在 $30^{\circ}-90^{\circ}$ 间变动。

(6)刀尖角 $\varepsilon$ ：主刀口与付刀口在基本平面上的投影间的夹角；

(7)主刀口斜角 $\lambda$ ：经过主刀口且垂直于基本平面的平面中作通过刀尖且平行于基本平面的直线，该直线(图6-9中的点划线)与主刀口间的夹角，即为主刀口斜角。负斜角(- $\lambda$ )时排屑容易，正斜角(+ $\lambda$ )使刀尖较坚固，如用硬质合金等脆性刀片时，一般都磨成正斜角。

由图6-8可见： $\alpha + \beta + \gamma = 90^{\circ}$ ；  
 $\delta = \alpha + \beta$  或  $\delta = 90^{\circ} - \gamma$ 。

## 2. 制造金属切削刀具的材料：

对刀具材料的主要要求是：要有一定的硬度、耐磨性、耐红热性、强度和韧性，且价格要便宜等，其中最主要的要求是要有高的耐红热性。主要的材料有下列五种：

1) 碳素工具钢：含碳0.6—1.4%的碳素钢，经淬火后的硬度为R<sub>c</sub>58—64，这种硬度只能保持到250°C，所以只能用于切削速度不高的加工的刀具材料。常用的牌号有T10和T12，苏联相应的牌号为Y10A和Y12A。

2) 合金工具钢：在碳素工具钢中加入少量的铬、钨、钼和钒等合金元素，含碳0.9—1.1%，淬火后的硬度为R<sub>c</sub>58—64，而耐热温度提高到350—400°C，切削速度比碳素工具钢高1.2—1.5倍。常用的牌号有9CrSi和CrWMn，苏联相应的牌号为9XC和XB1。

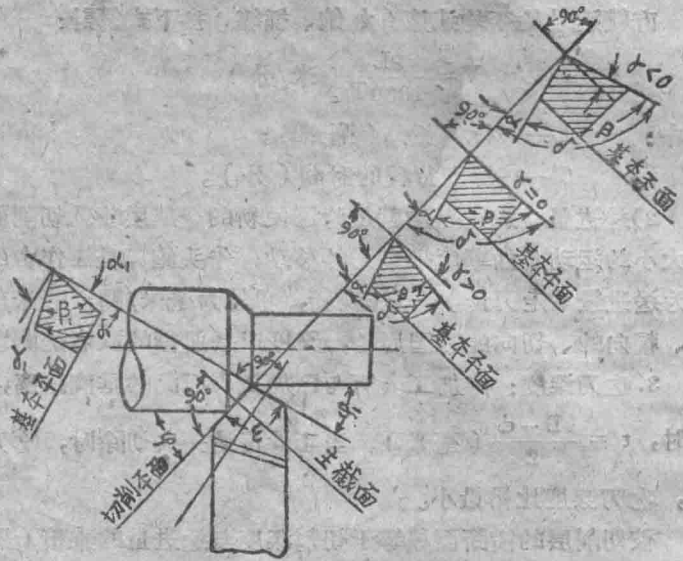


图6-8 车刀角度

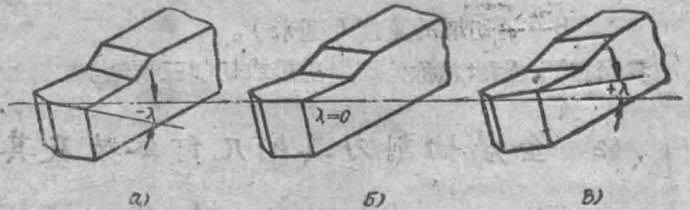


图6-9 主刀口斜角

3) 高速鋼: 在合金工具鋼中鎢的含量較高, 淬火后的硬度為RC56—62, 耐紅熱性高, 可達500—600°C, 切削速度比碳素工具鋼高2—3倍。常用的牌號有Z18(其中含鎢17.5—19%)和Z9(其中含鎢8.5—10%), 蘇聯的相應牌號為P18和P9。蘇聯由於缺乏鎢, 而用釩代替鎢(其牌號為PΦ1), 而我國鎢產量世界第一, 就不一定須這樣做。

4) 硬質合金: 用鎢、鈦、鈷和碳的粉末在高压下(2000公斤/厘米<sup>2</sup>), 加熱到800°C, 后取出切削加工到所須的形狀, 再加熱到1500°C燒結。其硬質達R<sub>c</sub>87—91, 能耐熱至850—1000°C, 因此切削速度大大地增加, 比高速鋼刀具高4—10倍。例如加工43號鋼, 切削速度可達2700米/分, 而加工鋁時可達5000米/分。硬質合金分鎢鈷類(×«)和鎢鈦鈷類(力«)。  
×«類是由碳化鎢和鈷燒結成的, 它的比重大於水銀的比重, 牌號有×«8、×«6和×«3等, «后面的數字為鈷的百分比含量, 這類硬質合金韌性較好、耐熱性較低, 多用來加工鑄鐵、有色金屬和淬硬鋼等。力«類是由碳化鎢、碳化鈦和鈷燒結成的, 它的比重小於水銀的比重, 牌號有力15«10、力15«6和力30«4等, «后面的數字為鈷的百分比含量, 力后面的數字為碳化鈦的百分比含量, 這類硬質合金性較脆, 耐熱性較高, 怕沖擊, 一般用來加工未淬硬鋼等。

5) 燒結剛玉(陶瓷刀): 由Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>燒結成的刀片, 硬度可達R<sub>c</sub>91—93, 耐熱溫度達1200°C, 陶瓷材料價廉, 僅為硬質合金1/15左右, 但性脆, 怕受振動沖擊。

上述刀具材料的硬度與耐熱性比較圖如圖6—10所示:

由於高速鋼較貴, 所以多數制成刀片或刀頭鑲在刀桿上使用, 以節省貴重金屬。硬質合金最貴且性脆, 所以總是制成刀片焊在刀桿上或用機械的方法裝夾在刀桿上使用。最近一、二年第一機械工業部機械製造與工藝科學研究院陶瓷研究所等單位對陶瓷材料的刀具

作了很多研究工作, 且投入正式生產, 已在全國大力推廣陶瓷刀具, 且已較廣泛地應用在高速切削中。

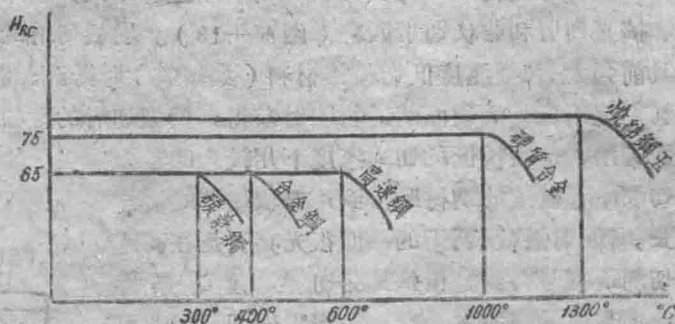


圖6—10 刀具切削部分材料硬度及耐熱性比較圖

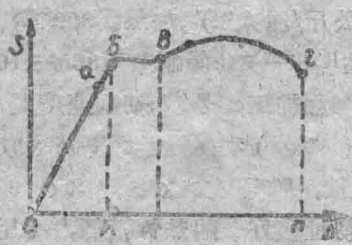
### §3 切削過程

#### 1. 切屑的形成過程:

塑性金屬的切削過程相當於金屬的擠壓過程, 金屬的壓應力和應變的曲線示於圖6—11。

切削開始時, 刀具與工件擠壓, 使接觸點的材料產生彈性變形(圖6—12a), 當刀具繼續前進時, 應力不斷增加達到屈服點后, 金屬晶體沿一定的晶面作相對滑移(6圖), 但金屬未分裂, 滑移綫的角 $\beta_1$ 稱為滑移角。刀具繼續壓縮金屬達到斷裂點, 超過斷裂強度, 金屬就沿擠壓綫(擠壓角 $\beta_2$ )發生裂痕(8圖), 接着就形成一個金屬顆粒與金屬表面分離而

从刀具前面滑出，这个阶段称为切离（r图）。切屑形成过程的上述四个阶段是连续发生的，没有明显的分隔，且也不是所有金属都有上述的切屑形成过程。挤裂角 $\beta_2$ 按斯伏雷金（1892年）的说法是在 $2^\circ - 45^\circ$ 内变化。



- a—弹性极限
- b—屈服点
- r—断裂点
- br—一段为屈服点弹性

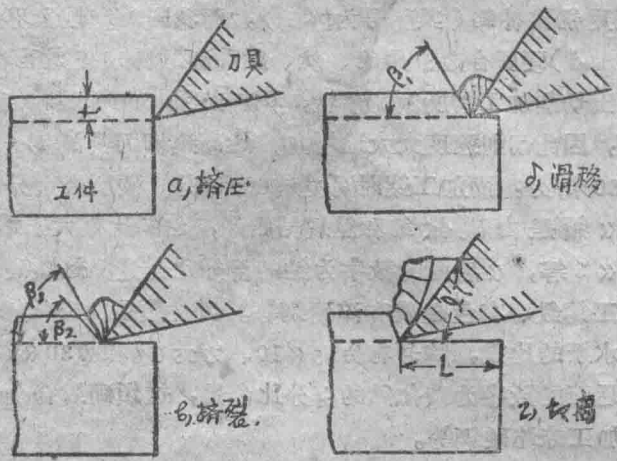


图 6—11 金属抗压的应力应变曲线。

图 6—12 切屑形成的大致过程

2. 切屑的形式：

由于被加工材料、刀具形状和切削用量等不同，所形成的切屑分为崩碎切屑、粒状切屑、挤裂切屑和带状切屑四种（图 6—13）。崩碎切屑的颗粒大小不等，形状不规则，是当刀具前角大，切削速度低切削脆性材料（如铸铁）时得到；粒状切屑的屑粒较大且较有规律，是当切削速度低切削硬而脆的材料时获得；挤裂切屑的颗粒联在一起，背面成锯齿形，朝刀的一面光滑，是在较低的切削速度下用较大的走刀量切削中等硬度的钢材时得到；带状切屑的屑片很长，背面有皱纹，朝刀的一面很光亮，是在高速下切削钢材时得到。但是改变切削速度等条件时，所形成的切屑也改变。在形成崩碎切屑时，工件表面光洁度较差，而形成带状切屑时，所获得的工件表面光洁度高，但由于切屑很长，易于绕在刀具和工件上，会割伤工人，须想法断屑（如断屑装置等）。

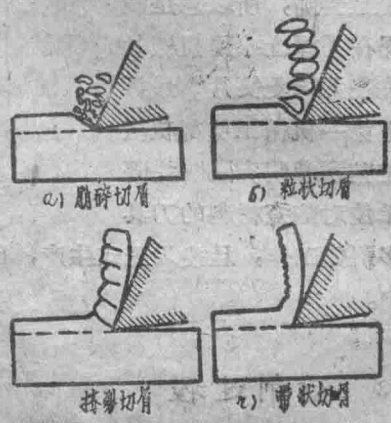


图 6—13 切屑的种类

3. 切屑的收缩：在金属切削过程中，可以看到切屑收缩现象（图 6—8.r），通常切屑沿长度方向缩短而宽度增大，如图中已切削表面长度  $L$  要比切屑长度  $l$  长，切削韧性金属时，切屑可缩短到： $\frac{l}{L} = \frac{1}{2}$  甚至更多，而切削脆性材料时，切屑的收缩量极小。

4. 切削热：

在金属切削过程中，由于金属的塑性变形功及刀具的前面与切屑和后面与工件的摩擦功转变为热能，因此切屑、刀具和工件都受热的作用。切削速度愈高，切屑厚度愈大，切屑所带