

中华人民共和国教育部直属出版社



[www.ywcbs.com](http://www.ywcbs.com)

# 机械类专业知识考点精讲

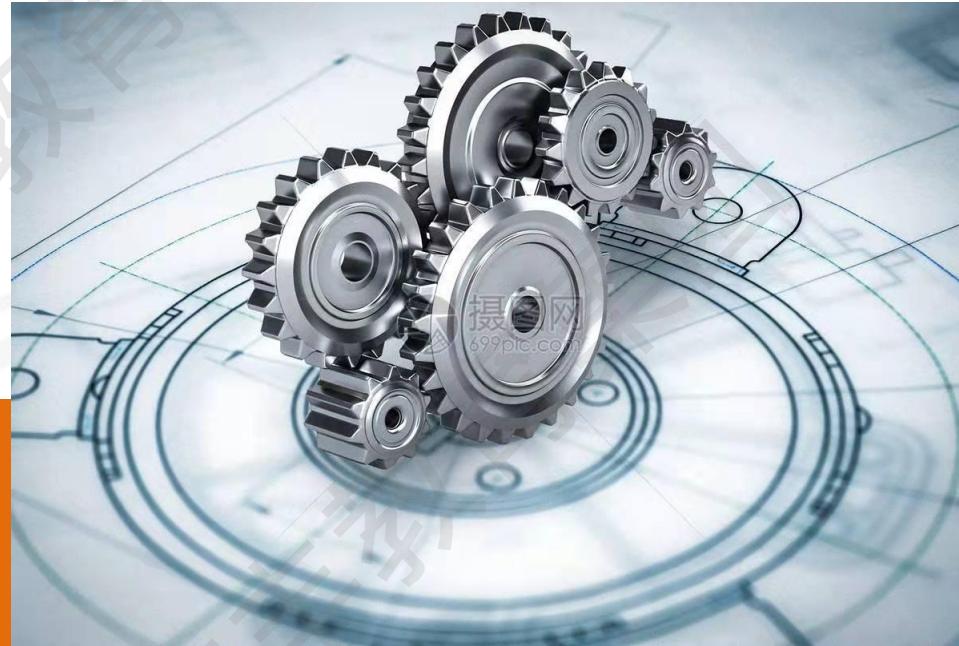
# 目录

-  01 ----- 模块一 机械制图与机械识图
-  02 ----- 模块二 机械基础
-  03 ----- 模块三 极限配合与技术测量
-  04 ----- 模块四 机械加工工艺基础
-  05 ----- 模块五 车工工艺与钳工工艺

中华人民共和国教育部直属出版社



[www.ywcbs.com](http://www.ywcbs.com)



## 模块四 机械加工工艺基础

[www.ywcbs.com](http://www.ywcbs.com)

Bubble  
tea

## 第一部分 金属材料与热处理

1. 识记内容:强度、塑性、硬度的概念, 常用金属材料的分类、牌号、含义。
2. 理解内容:常用金属热处理的方法, 如退火、正火、淬火、回火、调质、时效处理的目的与应用; 金属表面处理的一般方法。
3. 运用内容:常用金属材料的牌号的识读; 合理选择常用热处理、表面处理工艺。



## 一、材料的性能

### 1. 分类

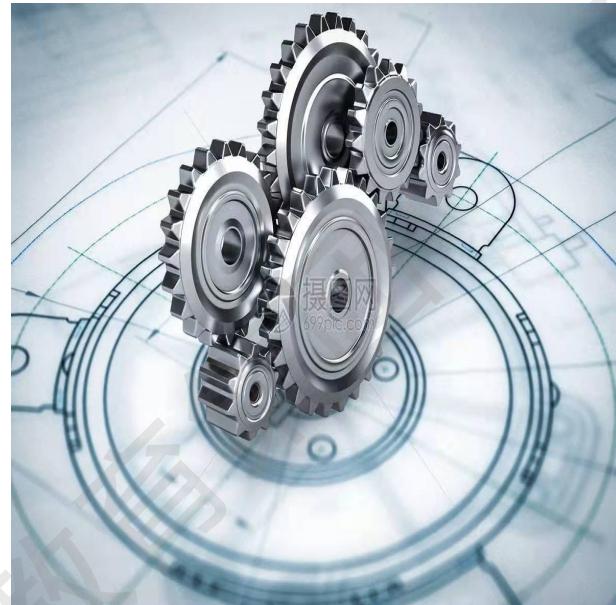
#### (1) 使用性能

- ① 物理性能: 导电性、导热性、热膨胀性、密度等。
- ② 化学性能: 抗氧化性、耐腐蚀性等。
- ③ 机械性能: 强度、硬度、塑性、韧性、疲劳强度等。

#### (2) 工艺性能

铸造性、压力加工性、焊接性、切削加工性、热处理性等

。



## 一、材料的性能

### 2. 金属材料机械性能

#### (1) 强 度

强度是材料在外力作用下抵抗塑性变形和破坏的能力。强度越高抵抗外力的能力越大。强度指标有屈服极限和强度极限。

- ①屈服极限:材料开始出现塑性变形时的应力,用 $\sigma_s$ 表示。
- ②强度极限:材料在断裂前能承受的最大应力,用 $\sigma_b$ 表示。

#### (2) 塑 性

塑性是允许材料发生塑性变形而不被破坏的能力。常用塑性指标有断后伸长率和断面收缩率,分别用 $\delta$ 和 $\varphi$ 表示。

## 一、材料的性能

### 2. 金属材料机械性能

#### (3) 硬度

硬度是材料表面抵抗更硬物体压入的能力(或抵抗局部变形的能力)。通常材料硬度越高，耐磨性越好。常用硬度测定方法有布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HRA、HRB、HRC)、维氏硬度(HV)。

#### (4) 韧性

韧性是材料抵抗冲击载荷而不被破坏的能力，用冲击韧度AK表示。AK大，则材料为韧性材料，AK小，则材料为脆性材料。

#### (5) 疲劳强度

疲劳强度是材料在交变载荷作用下抵抗疲劳破坏的能力。

- ①不同材料，各种性能不同；同一种材料对不同形式或性质载荷作用的承受能力也不同。
- ②材料的工艺性能是指材料在各种加工条件下所表现出来的适应性。

## 二、常用金属材料

### 金属材料

黑色金属材料:钢、铸铁等。

有色金属材料:常用的铝及其合金、铜及其合金。

#### 1. 钢

##### (1) 钢的成分

①主要元素:铁(Fe)、碳(C)。一般钢中含碳量越高,强度、硬度越高,塑性、韧性下降;含碳量超过一定值后,强度随碳量增加而下降,其他性能变化规律不变。

②杂质成分:硅(Si)、锰(Mn)、硫(S)、磷(P)等。硅、锰的存在可提高钢的强度、硬度等性能,称为有益杂质元素;硫、磷的存在降低了钢的韧性,使钢变脆,称为有害杂质元素,其中硫使钢产生热脆性,磷使钢产生冷脆性。



## 二、常用金属材料

### 1. 钢

#### (2)钢的分类

##### ①按成分分

按成分分，钢可以分为碳钢和合金钢。

###### a. 碳钢(按含碳量分)

低碳钢( $W_c \leq 0.25\%$ );

中碳钢( $0.25\% < W_c \leq 0.6\%$ );

高碳钢( $W_c > 0.6\%$ )。

###### b. 合金钢(按合金元素总含量分)

低合金钢  $W_{合} \leq 0.5\%$ ;

中合金钢( $5\% \leq W_{合} \leq 10\%$ );

高合金钢( $W_{合} \geq 10\%$ )。

##### ②按质量分

按 S、P 含量分，钢可以分为普通钢、优质钢、高级优质钢。

注：高级优质钢常在钢号后加上字母“A”或汉字“高”表示。

##### ③按用途分

按用途分，钢可以分为结构钢、工具钢、特殊性能钢。

## 二、常用金属材料

### 1. 钢

#### (3) 常用钢的类型及编号

我国钢材编号采用化学元素符号和汉语拼音字母并用的原则，从钢的编号中可看出钢的质量、成分或用途。

##### ①普通碳素结构钢牌号。

组成: Q + 屈服极限(MPa) + 质量等级(分 A、B、C、D 四个等级，A 级最低、脱氧方法)。

##### ②优质碳素结构钢牌号。

组成:两位数字(表示碳的万分含量)。

##### ③碳素工具钢牌号。

组成:T(碳素工具钢) + 数字(碳的千分含量)。

##### ④铸造碳素牌号。

组成:ZG(铸钢) + 屈服极限 - 强度极限。



## 二、常用金属材料

### 1. 钢

#### (3) 常用钢的类型及编号

⑤低合金高强度结构钢(普通低合金结构钢)牌号。

组成:与普通碳素结构钢相同,如 Q 3 9 0 A。

⑥合金结构钢牌号。

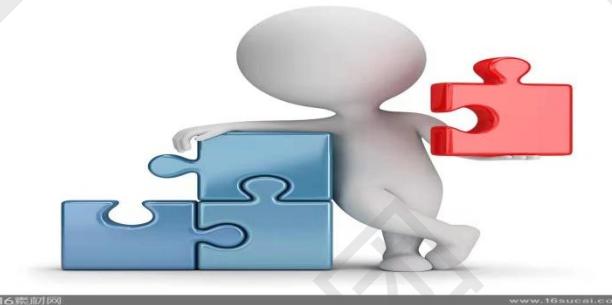
组成:数字(碳的万分含量) + 元素符号(合金元素) + 数字(合金元素百分含量)。

⑦合金工具钢牌号。

组成:数字(碳千分含量) + 元素符号(合金元素) + 数字(合金元素百分含量)。

⑧特殊性能钢牌号。

特殊性能钢是指具有特殊的物理或化学性能的钢,主要有不锈钢(分铬不锈钢和铬镍不锈钢)、抗氧化钢、热强钢、耐磨钢等。



## 二、常用金属材料

### 2. 铸铁

#### (1) 灰铸铁的牌号。

组成: HT (灰铸铁) + 数字(最低抗拉强度)。

① 灰铸铁中石墨为片状，有良好的铸造性与切削加工性，是铸铁中应用最广的一种，主要用于机床床身、轴承座、齿轮箱等。

② 灰铸铁常用热处理方法:去应力退火、表面淬火。目的是减少铸件中的应力，提高铸件工作表面的硬度和耐磨性等。

#### (2) 球墨铸铁牌号。

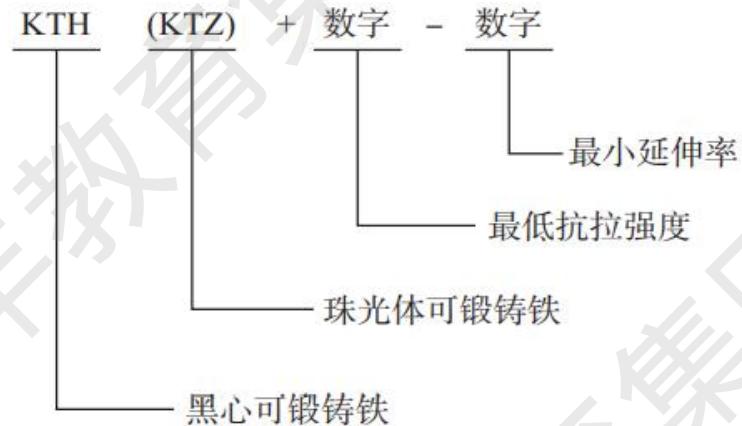
组成: QT (球墨铸铁) + 数字(最低抗拉强度) - 数字(最小延伸率)。

## 二、常用金属材料

### 2. 铸铁

#### (3) 可锻铸铁牌号

组成:



#### (4) 蠕墨铸铁牌号

组成: R U T (表示蠕墨铸铁) + 数字(最低抗拉强度)。

## 二、常用金属材料

### 3. 有色金属材料

#### (1) 铝合金

铝合金是在铝中加入铜、镁、锰、锌、硅等元素而制成的合金。

铝合金按成分与工艺特点不同分为两类:形变铝合金和铸造铝合金。

①形变铝合金(适用于形变加工)。

防锈铝合金:如 3A21(原牌号 LF21)表示 21 号防锈铝。防锈铝合金常用于油箱、导管及日用器具制作。

②铸造铝合金(适用于铸造)。

铸造铝分为四类:分别是铸造铝硅合金(代号 1)、铸造铝铜合金(代号 2)、铸造铝镁合金(代号 3)、铸造铝锌合金(代号 4)。

## 二、常用金属材料

### 3. 有色金属材料

#### (2) 铜合金

铜合金是在铜中加入 Sn、Zn、PB、Al、Ni 等而制成的合金。

铜合金根据主加元素不同分为黄铜(锌为主加元素)、白铜(镍为主加元素)、青铜(除锌、镍为主加以外的铜合金)。青铜又分普通青铜(锡青铜)和特殊青铜(无锡青铜)；黄铜也可分为普通黄铜(铜锌二元合金)和特殊黄金铜(在铜锌基础上加入其他元素)。

##### ① 黄 铜。

牌号:H(黄铜)+数字(铜百分含量)或 H+其他元素+铜含量+其他含量。

##### ② 白 铜。

牌号:B(白铜)+数字(镍百分含量)或 B+其他元素+铜含量+其他含量。

##### ③ 青 铜

牌号:Q+主加元素符号及含量+其他元素含量。



## 一、热处理类型

### 1. 热 处 理

热处理是采用适当的方式对固态的钢进行加热、保温和冷却，以获得预期的组织结构，改善钢的性能的一种工艺。

### 2. 热处理分类

#### (1)根据加热和冷却方式不同分

普通热处理(整体热处理):退火、正火、淬火、回火等。

表面热处理:表面淬火、化学热处理。

#### (2)根据在工艺中的安排分

预备热处理:消除毛坯制造(锻、轧、铸、焊等)所产生的某些缺陷，或为最终热处理做组织准备，如退火、正火、时效等，其中有的情况也可作最终热处理。

最终热处理:使钢件得到使用要求的性能的工艺，如淬火、回火、表面淬火等。

## 二、常用的热处理方法

### 1. 退火



工艺:将钢加热到一定温度, 保温一定时间, 然后缓慢冷却(炉冷)的热处理工艺。

- ①降低硬度, 提高塑性, 改善切削加工性。
- ②消除内应力, 以防钢件变形和开裂。
- ③细化晶粒, 均匀组织, 为以后热处理做准备。

## 二、常用的热处理方法

### 2. 正 火

工艺:将钢加热到临界温度, 经过保温(奥氏体化)后, 在空气中冷却(空冷)的一种工艺。

- ①细化晶粒, 均匀组织。
- ②提高低碳钢的硬度, 便于切削加工。
- ③消除高碳钢网状渗碳体, 正火后需退火。
- ④用于性能要求不高的零件以及一些大型或形状复杂的零件(淬火易开裂)的最终热处理。

### 3 淬 火

工艺:将钢加热到临界温度以上某温度, 保温一定时间, 以大于或等于临界冷却速度冷却(水冷、油冷等)的一种工艺。

## 二、常用的热处理方法

### 4. 回火

工艺:将淬火钢加热到临界温度以下某一温度, 保温一定时间, 再冷却(一般空冷) 的一种工艺。

- ①降低材料脆性, 消除内应力。
- ②稳定组织和尺寸。
- ③调整硬度, 提高韧性, 获得优良的力学性能。

### 5. 时效

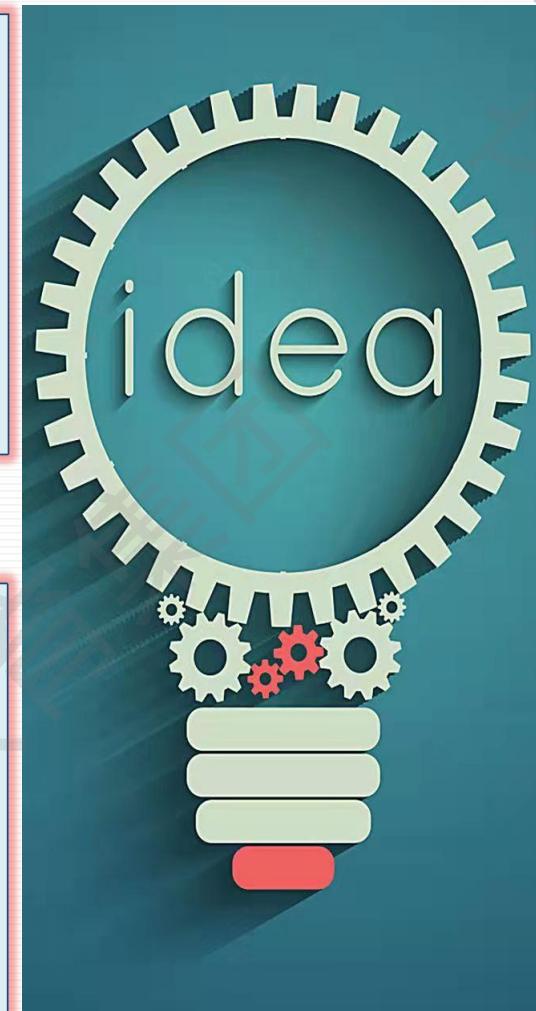
工艺:在相变(临界温度)之下某个温度长时间回火。

目的:消除毛坯制造或切削加工时产生的应力。

应用:铸件、锻件毛坯或精度要求特别高的零件的去应力。

在加工工艺中安排:铸锻毛坯安排在粗加工之前。

高精度零件安排在半精加工与精加工过程中。



### 二、常用的热处理方法

#### 6. 表面淬火

工艺:对工作表层淬火(快速加热冷却), 心部保持未淬火状态, 常用的有感应加热表面淬火(频率越高, 淬硬层越浅)、火焰加热表面淬火、电接触加热表面淬火。

目的:提高表面硬度与耐磨性, 保持心部原有塑性、韧性, 适用于要求外硬(耐磨)内韧的机械零件, 如凸轮、齿轮、曲轴等。

#### 7. 化学热处理

工艺:将工件置于适当的活性介质中加热、保温、冷却的方法, 使一种或几种元素渗入钢的表层, 改变钢表层的化学成分、组织和性能的热处理工艺。



Bubble  
tea

## 第二部分 金属切削和刀具的一般知识

1. 识记内容:切削运动的概念; 常用刀具材料及其适用范围; 切削液的常用种类及适用范围; 常用金属材料及热处理后的可切削性。
2. 理解内容:切削用量三要素选用原则; 常用刀具的主要角度及其作用; 切削过程中的基本规律, 如切屑层的变形、切屑的类型、积屑瘤形成机理及控制、切削热及切削温度、刀具磨损及刀具寿命等。
3. 运用内容:切削用量三要素简单计算; 常用刀具材料选择与常用角度选择。



在切削加工中，刀具与工件的相对运动即表面成形运动，可分解为主运动和进给运动。

主运动是切下切屑所需的最基本的运动，在切削运动中，主运动的速度最高、消耗的功率最大，如图 4-1 所示。

主运动只有一个，如车削时工件的旋转运动。

进给运动是多余材料不断被投入切削，从而加工完整表面所需的运动，进给运动可以有一个或几个，如车削时车刀的纵向或横向运动，但也可能一种进给运动都不需要。

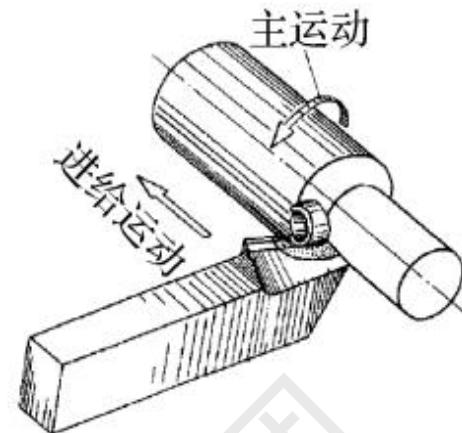


图 4-1 切削运动

### 一、刀具材料应具备的性能

(1) 高硬度和高耐磨性;

(2) 足够的强度和韧性;

(3) 高耐热性;

(4) 良好的导热性;

(5) 良好的工艺性和经济性。



### 二、常用刀具材料

#### 1. 碳素工具钢

碳素工具钢价廉易得，易于锻造成形，切削加工性也比较好。碳素工具钢的主要缺点是淬透性差，耐磨性和热强度都很低。

#### 2. 合金工具钢

合金工具钢是在碳素工具钢基础上加入铬、钼、钨、钒等合金元素以提高淬透性、韧性、耐磨性和耐热性的一类钢种，主要用于制造低速切削刃具(如木工工具、钳工工具、钻头、铣刀、拉刀等)及测量工具(如卡尺、千分尺、块规、样板等)。



### 二、常用刀具材料

#### 3. 高速钢

高速钢是一种加入了较多的钨、钼、铬、钒等合金元素的高合金工具钢。高速钢有很高的强度，抗弯强度一般为硬质合金的 2~3 倍；高速钢韧性也高，比硬质合金高几十倍。高速钢的硬度在 63 HRC 以上，且有较好的耐热性，在切削温度达到 500~650℃时，还能进行切削。高速钢可加工性好，热处理变形较小，目前常用于制造各种复杂刀具(如钻头、丝锥、拉刀、成型刀具、齿轮刀具等)，高速钢刀具可以加工从有色金属到高温合金的各种材料。



## 二、常用刀具材料

### 4. 硬质合金

#### (1) 钨钴类硬质合金

钨钴类硬质合金由 WC 和 Co 组成，代号为 YG，常温硬度为 89~91 HRA，耐热性达 800~900°C，适用于加工切屑呈崩碎状的脆性材料。

#### (2) 钨钛钴类硬质合金

钨钴类硬质合金由 WC、TiC 和 Co 组成，代号为 YT。此类硬质合金的硬度、耐磨性和耐热性(900~1000°C)均比 YG 类合金高，但抗弯强度和冲击韧度较低，主要适用于加工切屑呈带状的钢料等韧性材料。

#### (3) 钨钛钽(铌)钴类硬质合金

钨钛钽(铌)钴类硬质合金又称通用合金，由 WC、TiC、TaC(NbC)、TCo 组成，代号为 YW。其抗弯强度、抗疲劳强度、冲击韧性、耐热性、高温硬度和抗氧化能力都有很大提高。

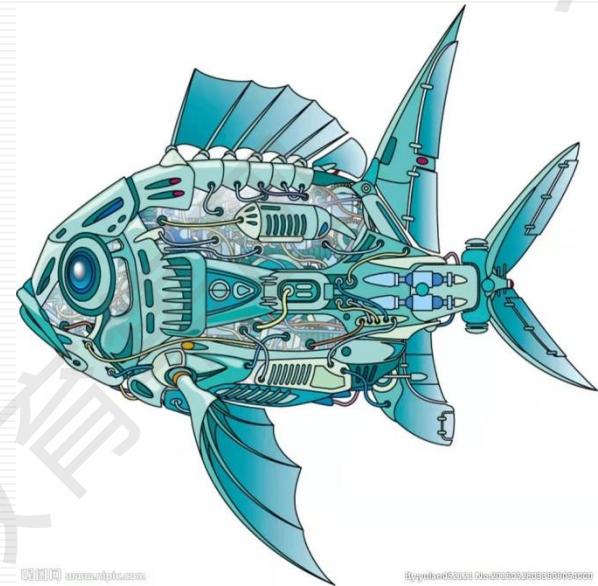
### 二、常用刀具材料

#### 5. 涂层刀具

涂层刀具是在韧性较好的硬质合金基体上，或在高速钢刀具基体上，涂覆一薄层耐磨性高的难熔金属化合物而获得的。

#### 6. 陶瓷刀具材料

陶瓷刀具材料的主要成分是硬度和熔点都很高的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  等氧化物、氮化物，再加入少量的金属碳化物、氧化物或纯金属等添加剂，采用粉末冶金工艺方法经制粉、压制烧结而成。



By artist: Sora. License: CC BY-SA 3.0. Source: Pixabay.

### 二、常用刀具材料

#### 7. 人造金刚石

人造金刚石是在高温高压和金属触媒作用的条件下，由石墨转化而成的。金刚石刀具的性能特点是：有极高的硬度和耐磨性，切削刃非常锋利，有很高的导热性。但耐热性较差，且强度很低，主要用于高速条件下精细车削及镗削有色金属及其合金和非金属材料。但由于金刚石中的碳原子和铁有很强的化学亲合力，故金刚石刀具不适合加工铁族材料。



### 二、常用刀具材料

#### 8. 立方氮化硼

立方氮化硼(简称 CBN)是用六方氮化硼(又称白石墨)为原料，利用超高温高压技术，继人造金刚石之后人工合成的又一种新型无机超硬材料。

立方氮化硼的主要性能特点是:硬度高(高达 8 000~9 000 HV)，耐磨性好，能在较高切削速度下保持精加工；热稳定性好，化学稳定性好，且有较高的热导率和较小的摩擦系数，但其强度和韧性较差。

立方氮化硼主要用于对高温合金、淬硬钢、冷硬铸铁等材料进行半精加工和精加工。

以上常用刀具材料的主要性能总结见表 4—1

## 二、常用刀具材料

### 8. 立方氮化硼

表 4-1 常用刀具材料的主要性能

种类	常用牌号	硬度 HRC /HRA	抗弯强度 /GPa	热硬性/℃	工艺性能	用途
碳素工具钢	T8A、T10A、T12A	60~64 (81~83)	2.45~2.75	200~250	可冷热加工成形,刃磨性能好	用于手动工具,如锉刀、锯条、錾子等
合金工具钢	9SiCr、CrWMn	60~65 (81~84)	2.45~2.75	250~300	可冷热加工成形,刃磨性能好,热处理变形小	用于低速成形刀具,如丝锥、板牙、铰刀等
高速钢	W9Mo3Cr4V、W6Mo5CrV2	63~69 (82~87)	3.43~4.41	550~600	可冷热加工成形,刃磨性能好,热处理变形小	用于机动复杂的中速刀具,如钻头、铣刀、齿轮刀具等
硬质合金	(YG类) K类(YT类) P类(YW类) M类	69~81 (89~93)	1.08~2.16	800~1 100	粉末冶金成形,只能磨削加工,不能热处理,多镶片使用,较脆	用于机动简单的高速切削刀具,如车刀、刨刀、铣刀刀片
陶瓷	SG4、AT6	(93~94) 1 500~2 100 HV	0.4~1.115	1 200	压制烧结成形,只能磨削加工,不需热处理,脆性略大于硬质合金	多用于车刀,适宜精加工连续切削
立方碳化硼(CBN)	FD、LBN-Y	7 300~7 400 HV	0.57~0.81	1 200~1 500	高温高压烧结成形,硬度高于陶瓷,极脆,可用金刚石砂轮磨削,不需热处理	用于加工高硬度、高强度材料(特别是铁族材料)
人造金刚石		10 000 HV	0.42~1.0	700~800	硬度高于 CBN,极脆	用于有色金属的高精度、低粗糙度切削,也用于非金属精密加工,不适于切削铁族金属

## 一、切削液的常用种类

### 1. 水基切削液

水基切削液以冷却为主，润滑为辅，有水溶液和乳化液两种。乳化液是由乳化油用水稀释而成的乳白色液体，流动性好，比热容大，黏度小，冷却作用良好，并具有一定的润滑性能，主要用于钢、铸铁和有色金属的切削加工。

### 2. 切削油

切削油主要是矿物油，此外还有动物油、植物油和复合油等。切削油有良好的润滑性能，但流动性和比热容较小，散热效果较差。

## 二、切削液的适用范围

(1)粗加工时，切削余量大，产生热量多，温度高，而对加工表面质量的要求不高，所以应采用以冷却为主的切削液。精加工时，加工余量小，产生热量少对冷却的作用要求不高，而对工件表面质量的要求较高，并希望刀具耐用，所以应采用以润滑为主的切削液。

(2)切削铸铁、黄铜等脆性材料时，一般不用切削液，必要时可用煤油、乳化液和压缩空气。

(3)使用硬质合金铣刀高速切削时，一般不用切削液，必要时用乳化液，并在开始切削之前就连续充分地浇注，以免刀片因骤冷而碎裂。

## 一、金属材料切削加工性的概念

切削加工性指金属材料被刀具切削加工后而成为合格工件的难易程度。

## 二、工件材料切削加工性的衡量指标

- (1)以刀具寿命来衡量，在保证相同刀具耐用度的前提下，切削某种工件材料所允许的切削速度。
- (2)以加工质量如表面光洁度来衡量。
- (3)以单位切削力来衡量。
- (4)以极限金属切除率来衡量。
- (5)以断屑性能包括切屑形状来衡量。

### 三、影响金属材料切削加工性的因素

#### 1. 材料的强度和塑性

一般情况下，同类材料中常温硬度高的材料切削加工性低。此外，适当提高材料的硬度有利于获得较好的加工表面质量。以钢材为例，硬度适中(170~230 HBW)的钢材较好加工。一般材料的塑性越大，越难加工。

#### 2. 材料的韧性

材料的韧性越高，则切削时消耗的能量越多，切削力和切削温度也越高，且不易断屑，故加工性较差。有些合金结构钢不仅强度高于碳素结构钢，冲击值也较高，故较难加工。

#### 3. 材料的金相组织和热处理方式

通过热处理可将材料中不利于切削加工的金相组织转变成有利于切削加工的金相组织，达到改善材料可加工性的目的。

## 一、切削用量的三要素

### 1. 切削深度(背吃刀量)( $a_p$ )

切削深度是指工件上已加工表面与待加工表面的垂直距离，也就是车刀进给时切入工件的深度(单位:mm)，铣削的切削深度(背吃刀量)为沿铣刀轴线方向上测量的切削层尺寸。

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

### 2. 进给量( $f$ )

进给量是指工件旋转一周，车刀沿进给方向移动的距离。它是衡量进给运动大小的参数(单位:mm/r)。

纵向进给：沿车床床身导轨方向。

横向进给：垂直于车床床身导轨方向。

## 一、切削用量的三要素

### 3. 切削速度( $v_c$ )

在进行切削加工时，刀具切削刃上某一点相对于待加工表面在主运动方向上的瞬时速度，或车刀在一分钟内车削工件表面的理论展开直线长度(假设切屑没变形或收缩)。

$$\text{公式: } v_c = \frac{\pi d n}{1000}, \text{ 或 } v_c = \frac{d n}{318}$$

式中， $d$  为工件直径，单位：mm。  $n$  为主轴转速，单位：r/mm。

## 二、切削用量三要素选用原则

### 1. 粗 车

粗车时，应尽量保证较高的金属切除率和必要的刀具耐用度。选择切削用量时，应首先选取尽可能大的背吃刀量  $a_p$ ，其次根据机床动力和刚性的限制条件，选取尽可能大的进给量  $f$ ，最后根据刀具耐用度要求，确定合适的切削速度  $v_c$ 。

### 2. 精 车

精车时，应保证加工质量，并在此基础上尽量提高生产率。因此，精车时应选用较小(但不能太小)的背吃刀量和进给量，并选用性能高的刀具材料和合理的几何参数，以尽可能提高切削速度。

## 一、车刀切削部分几何要素



(1)前刀面:刀具上切屑流过的表面。

(2)后刀面分主后刀面和副后刀面。

主后刀面:刀具上与过渡表面相对的刀面。

副后刀面:刀具上与工件已加工表面相对的刀面。

(3)主切削刃:前刀面与主后刀面的交线,担负着主要切削工作,用于切出工件的过渡表面。

(4)副切削刃:前刀面与副后刀面的交线,担负着少量工作,起一定修光作用。

(5)刀尖:主切削刃和副切削刃的联结部位。为了提高刀具强度,将刀尖磨成圆弧型或直线型过渡刃,一般硬质合金刀尖圆弧半径  $r \varepsilon = 0.5 \sim 1 \text{ mm}$ 。

(6)修光刃:副切削刃近刀尖处一小段平直的切削刃,须与进给方向平行,且长度大于进给量。



## 二、确定车刀角度的辅助平面



### 1. 基面 $P_r$

基面  $P_r$  是过切削刃选定点，垂直于主运动方向的平面。通常，它平行于刀具上的安装面的平面。例如，普通车刀的基面  $P_r$ ，可理解为平行于刀具的底面。



### 2. 切削平面 $P_s$

切削平面  $P_s$  是与切削刃相切，并垂直于基面  $P_r$  的平面。它也是切削刃与切削速度方向构成的平面。

主切削平面  $P_s$ :过主切削刃选定点，并垂直于基面  $P_r$  的平面。

副切削平面  $P_s'$ :过副切削刃选定点，并垂直于基面  $P_r$  的平面。

## 二、确定车刀角度的辅助平面



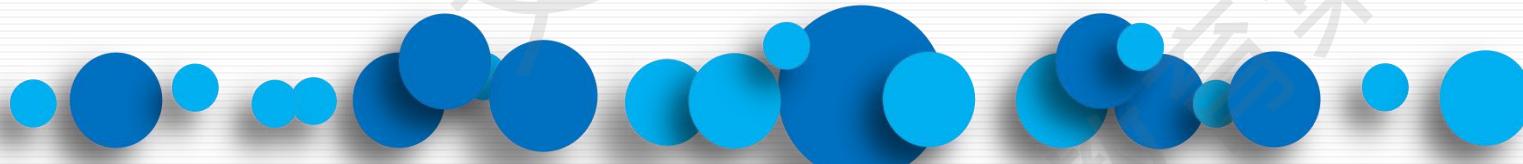
### 3. 正交平面 $P_o$

正交平面  $P_o$  是过切削刃选定点，同时垂直于基面  $P_r$  与切削平面  $P_s$  的平面。

主正交平面  $P_o$ :过主切削刃选定点，同时垂直于基面  $P_r$  与切削平面  $P_s$  的平面。

副正交平面  $P_o'$ :过副切削刃选定点，同时垂直于基面  $P_r$  与副切削平面  $P_s'$  的平面。

对于车削，一般可认为基面  $P_r$  为水平面，切削平面  $P_s$ 、正交平面  $P_o$  为铅垂面。



### 三、车刀切削部分几何角度及作用



#### 1. 前 角( $\gamma_0$ )

前角是前刀面与基面间的夹角。

##### (1)前角的作用

①加大前角，刀具刃口锋利，切屑变形减少，切削力降低，切削热减少，切屑形状更为细长。但前角过大影响刀具的强度。

②减小前角，刀尖强度增强，但切屑变形，切削力增大。

##### (2)前角的选择原则

①加工塑性材料时，前角应取较大值；加工硬度高的材料时，应取较小值。

②工件材料的强度、硬度较低时，选用较大的前角，反之，选用较小的前角。

③刀具材料韧性好时前角应选大些(如高速钢车刀)；刀具材料韧性差时前角应选小些(如硬质合金车刀)。

④粗加工和断续切削时应选用较小前角，精加工应选较大前角。

⑤机床、夹具、刀具系统刚性高时，应选较大前角。



### 三、车刀切削部分几何角度及作用



#### 2. 后角( $\alpha_o$ )

后角是后刀面与切削平面间的夹角。

##### (1) 后角的作用

- ①减小刀具后刀面与工件的切削表面和已加工表面间的摩擦，提高已加工表面质量和刀具寿命。
- ②当刀具前角确定后，后角越大刃口越锋利，但相应减小刀具楔角，影响刀具强度和散热面积。

##### (2) 后角的选择原则

- ①加工硬度高、机械强度大或脆性材料时，应选较小后角，加工硬度低、机械强度小或塑性材料时，应选用较大后角。
- ②粗加工应选取较小后角，精加工应选较大后角，采用负前角车刀，后角应选大些。
- ③车刀的刚性差时，应选取较小后角。



### 三、车刀切削部分几何角度及作用

#### 3. 楔 角

楔角是前面和后刀面的夹角。

##### (1) 楔角的作用

楔角会影响刀头截面的大小，从而影响刀头的强度。

##### (2) 楔角的大小

$$\beta_0 = 180^\circ - (\gamma_0 + \alpha_0)$$

楔角是在基面  $P_r$  内测量的角度。



### 三、车刀切削部分几何角度及作用

#### 4. 主偏角( $K_r$ )

##### (1) 主偏角的作用

①改变主偏角的大小，可以改变径向力  $F_y$  和轴向力  $F_x$  的大小，主偏角增大时， $F_y$  减小， $F_x$  增大，不易产生振动。

②主偏角的变化会影响切削厚度  $a_c$  和切削宽度  $a_w$  的大小。

主偏角增大，切削厚度增大，切削宽度减小，切屑容易折断。

主偏角减小，切削刃单位长度上的负荷减轻，由于切削刃工件长度增长，刀尖角增大，改善刀具的散热条件，提高刀具的耐用度。

##### (2) 主偏角的选择原则

①工件材料硬，应选取较小的主偏角。

②刚性差的工件(如细长轴)，应增大主偏角，减小径向切削分力。

③在机床夹具、工件、刀具系统刚性较好的情况下，主偏角应尽可能选小些。

④主偏角应根据工件形状选取，台阶轴主偏角选用  $90^\circ$ ，中间切入工件选用  $60^\circ$ 。



### 三、车刀切削部分几何角度及作用

#### 5. 副偏角( $K_r'$ )

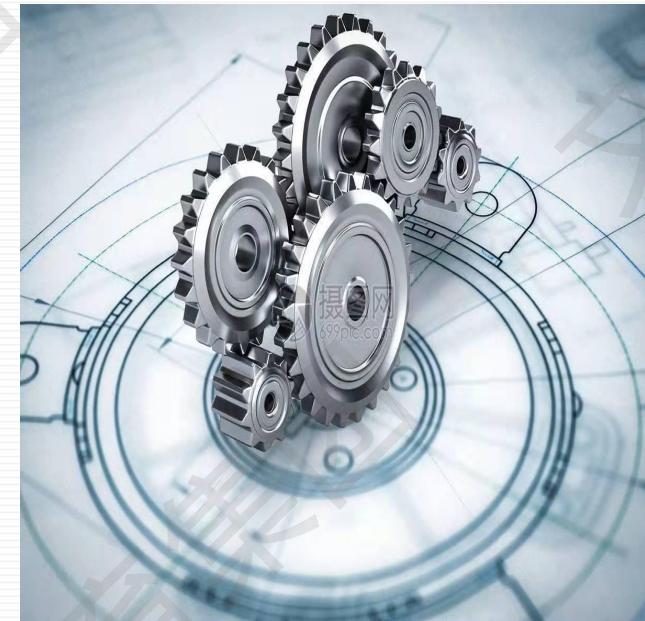
副偏角是副切削刃在基面上的投影与背离进给方向间的夹角。

##### (1)副偏角的作用

- ①副偏角增大，副后刀面与已加工表面之间的摩擦减小。
- ②副偏角减小，工件表面粗糙度减小。
- ③副偏角减小，刀具散热面积增大，刀具耐用度提高。

##### (2)副偏角的选择原则

- ①机床夹具、工件、刀具系统刚性好，可选较小的副偏角。
- ②精加工刀具应选取较小的副偏角。
- ③加工高硬度材料时或断续切削时，应选取较小的副偏角，以提高刀尖强度。
- ④中间切入工件副偏角取  $60^\circ$ 。



### 三、车刀切削部分几何角度及作用



#### 6. 刀尖角( $\varepsilon_r$ )

刀尖角是主切削刃和副切削刃在基面上投影间的夹角。

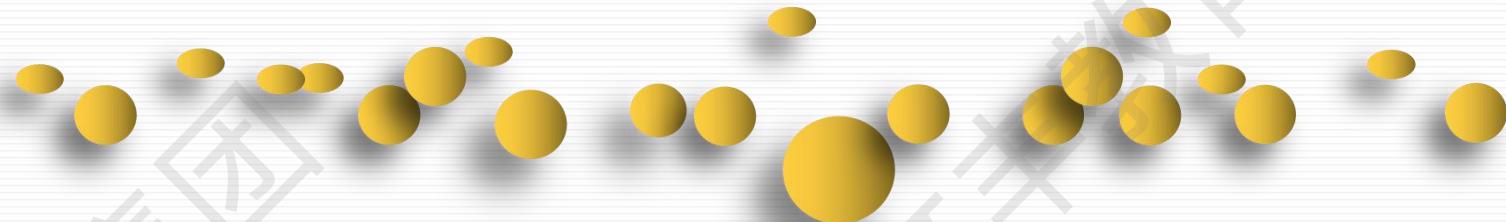
##### (1) 刀尖角作用

刀尖角会影响刀尖的强度和散热性能。

##### (2) 刀尖角大小

$$\varepsilon_r = 180^\circ - (K_r + K_{r'})$$

该角是在切削平面内测量的角度。



### 三、车刀切削部分几何角度及作用

#### 7. 刃倾角( $\lambda_s$ )

##### (1)刃倾角的作用

①影响排屑。

当刃倾角为正值时，切屑流向工件待加工表面。

当刃倾角为负值时，切屑流向已加工表面。

当刃倾角为零时，切屑基本垂直于主切削刃方向卷曲流出或呈直线状排出。

②影响刀尖强度。

当刃倾角为正值时，刀尖位于主切削刃的最高点，刀尖强度较差，在车削有冲击的工件时，刀尖先接触工件，刀尖易损坏。当刃倾角为零时，刀尖强度一般。

##### (2)刃倾角的选择原则

①精加工时刃倾角应取正值，粗加工时刃倾角应取负值。

②冲击负荷较大的断续切削，应取较大负值的刃倾角。

③加工高硬度材料时，应取负值刃倾角，提高刀具强度。



## 一、切削层变形的概念

切削层变形是指切削层在刀具的挤压作用下，经过剧烈的变形后形成切屑而脱离工件的过程，包括切削层沿滑移面的滑移变形和切屑在前刀面上排出时的滑移变形这两个阶段。

如图 4-2 所示的塑性金属切削层在刀具作用力  $F$  的挤压下，沿着滑移面 OM 方向(与待加工表面近似成  $45^\circ$  角度)滑移后形成切屑的情形。在形成切屑的过程中，存在着金属的弹性变形和塑性变形。

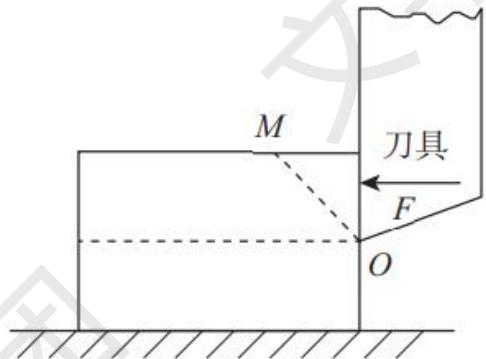


图 4-2 切屑过程中的剪切线



## 一、切削层变形的概念

### 2. 切削层变形区

为了进一步分析变形的特殊规律，通常把切削刃作用部位的金属层划分为三个变形区，如图 4-3 所示。

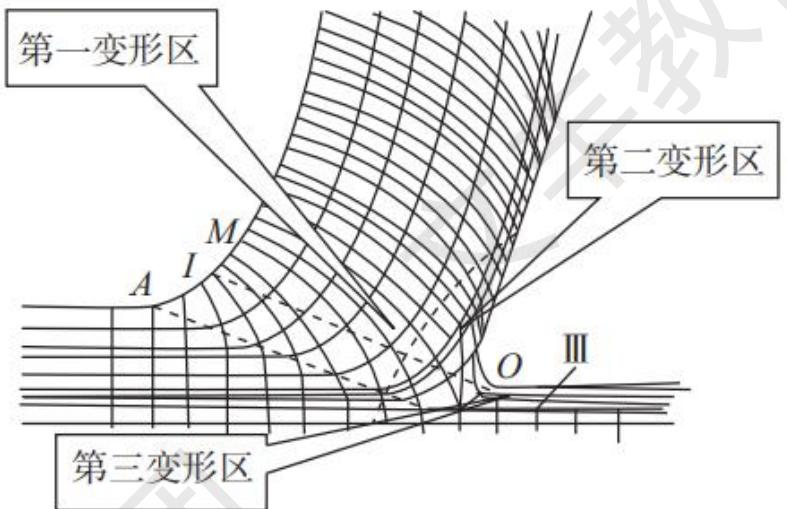


图 4-3 三个变形区



## 一、切削层变形的概念



### 2. 切削层变形区

#### (1) 第一变形区

从 OA 线开始发生塑性变形，到 OM 线金属晶粒的剪切滑移基本完成。从 OA 线到 OM 线区域(图中 I 区)称为第一变形区，是形成切屑的变形区，其变形特点是切削层产生剪切滑移变形。

#### (2) 第二变形区

切屑沿前刀面排出时进一步受到前刀面的挤压和摩擦，使靠近前刀面处的金属纤维化，基本上和前刀面平行。这一区域(图中 II 区)称为第二变形区，与前刀面接触的切削层产生挤压摩擦变形，此变形区的变形是造成前刀面磨损和产生积屑瘤的主要原因。

#### (3) 第三变形区

已加工表面受到切削刃钝圆部分和后刀面的挤压和摩擦，造成表层金属纤维化与加工硬化。这一区域(图中 III 区)称为第三变形区。

## 一、切屑的类型

切削金属时，由于工件材料不同、切削条件不同，切削过程中变形的程度也就不同，所形成的切屑形态多种多样。归纳起来，可分为下列四种类型，如图 4-4 所示。

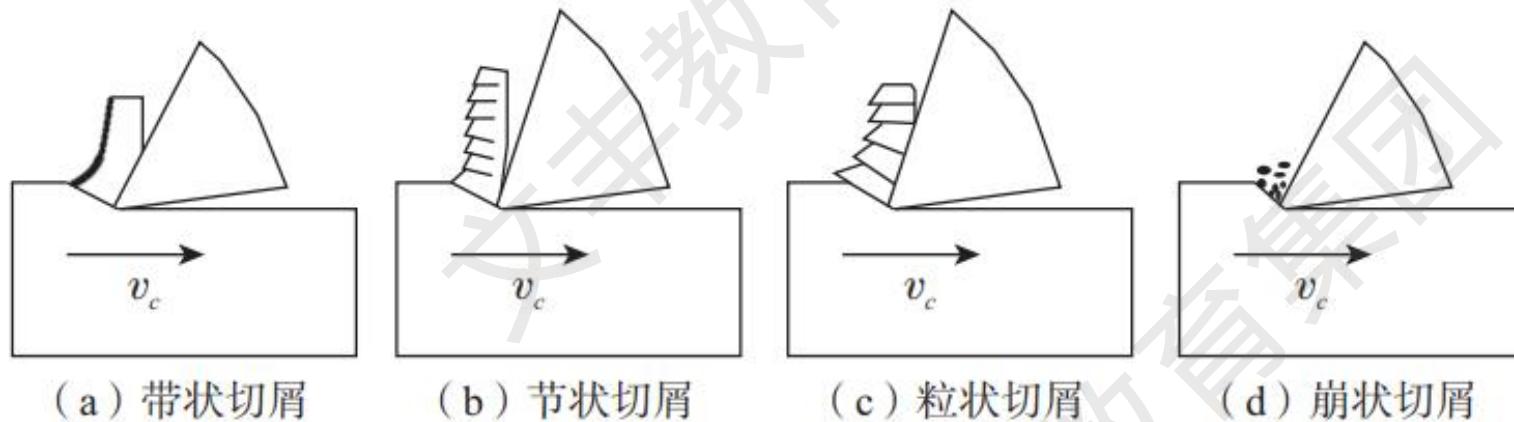


图 4-4 切削的基本形态

## 一、切屑的类型

### 1. 带状切屑

如图 4 - 4 (a)所示, 带状切屑呈连续状, 与前刀面接触的底面是光滑的, 外面是毛茸的。它的形成条件是切削材料经剪切滑移变形后, 剪切面上的切应力未超过金属材料的破裂强度。

### 2. 节状切屑

如图 4 - 4 (b)所示, 节状切屑的外表面呈锯齿形, 内表面有时有裂纹。它是由于切削层变形较大, 局部剪切面上的切应力达到了材料的破裂强度而形成的, 多产生于工件塑性较低, 切削厚度较大, 切削速度较低和刀具前角较小的情况下。其切削过程较不稳定, 切削力波动较大。



## 一、切屑的类型

### 3. 粒状切屑

如图 4 - 4 (c)所示, 粒状切屑基本上是分离的梯形单元切屑, 进一步减小切削速度和前角, 增加切削厚度, 使整个剪切面上的切应力超过材料的破裂强度时便可得到这种切屑。

### 4. 崩碎切屑

如图 4 - 4 (d)所示, 崩碎切屑属于脆性材料的切屑。由于脆性材料塑性小, 抗拉强度低, 刀具切入后, 金属未经塑性变形就被挤裂或在拉应力下脆断, 形成不规则的崩碎切屑。

同一加工件, 切屑的类型可以随切削条件的不同而改变。例如, 增大前角、提高切削速度或减小切削厚度可将节状切屑转变成带状切屑。

## 一、积屑瘤的产生

切削过程中，刀屑间的摩擦使刀具前刀面十分洁净，在一定温度和压力下，切屑底层金属与前刀面接触处发生粘结，形成了积屑瘤，如图 4-5 所示。随后，积屑瘤逐渐长大，直到该处的温度和压力不足以产生粘结为止。积屑瘤在形成过程中是一层层增高的，到一定高度会脱落，经历了一个生成、长大、脱落的周期性过程。

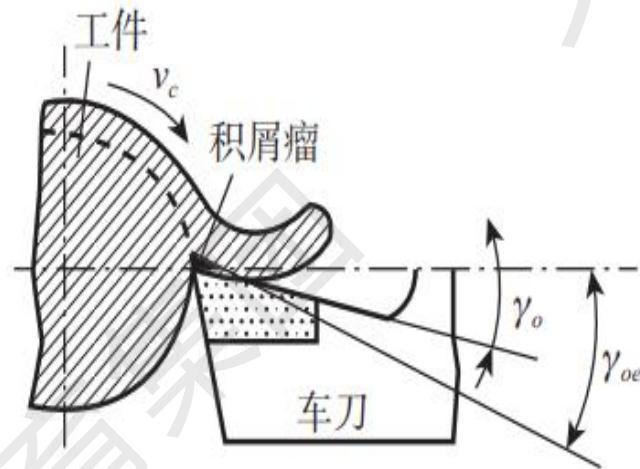


图 4-5 积屑瘤的形成

## 二、积屑瘤的作用和影响

### 1. 保护刀具

积屑瘤包围着切削刃，同时覆盖着一部分前刀面，能代替切削刃和前刀面进行切削，从而减少了刀具磨损，起到保护刀具的作用。

### 2. 增大前角

积屑瘤具有  $30^{\circ}$  左右的前角，因而减少了切削变形，降低了切削力。

### 3. 增大切削厚度

积屑瘤前端伸出于切削刃之外，使切削厚度增加了  $\Delta h_D$  值，且是变化的，因而影响了工件的尺寸精度。

### 4. 增大已加工表面粗糙度值

积屑瘤高度的周期性变化，使切削厚度不断变化，以及由此而引起振动，积屑瘤粘附在切削刃上很不规则，导致在已加工表面上刻划出深浅和宽窄不同的沟纹，脱落的积屑瘤碎片留在已加工表面上。



### 三、控制积屑瘤的措施

- (1)降低材料的塑性。材料塑性大，金属变形大，切屑与刀具前面之间的接触面积大，并在高温高压作用下紧密接触，形成较高的摩擦力，很容易粘接成积屑瘤。
- (2)选择合适的切削速度。在切削塑性高的材料时，应当采用较低或较高的切削速度。实践证明，当切削速度为  $15 \sim 20 \text{ m/min}$  时，切削温度约为  $300^\circ\text{C}$ ，平均摩擦系数最大，外摩擦力也最大。积屑瘤的高度达到最大值。
- (3)增大刀具前角，降低总切削力和切削热，使切削温度下降，不容易产生积屑瘤。
- (4)减小进给量，将切削厚度变薄，使切屑与前面之间的摩擦压力减弱、接触长度变短、摩擦系数减小、切削温度降低，也不容易产积屑瘤。
- (5)合理使用切削液，既能降低切削温度，又可减少切屑与前面的摩擦力，从而抑制积屑瘤的产生。

## 一、切削热的产生和传出

在切削加工中，切削变形与摩擦所消耗的能量几乎全部转化为热能。三个变形区就是三个发热源，如图 4 - 6 所示。产生的热由切屑、刀具、工件和周围介质传导出去。影响热传导的主要因素是工件和刀具材料的热导率、加工方式和周围介质的状况。

车削时， $5\% \sim 8\%$  的切削热由切屑带走， $10\% \sim 40\%$  的切削热传入车刀， $3\% \sim 9\%$  的切削热传入工件， $1\%$  左右的切削热传入空气。

切削区域(工件、切屑、刀具三者之间的接触区)的平均温度，称为切削温度。切削温度可用仪器测定，也可通过切屑的颜色大致判断。



## 二、影响切削温度的主要因素

### 1. 切削用量

当  $v_c$ 、 $f$ 、 $a_p$  增大时，单位时间金属切除量增多，变形和摩擦加剧，切削中消耗的功率增大，产生的热量多。对切削热的影响， $v_c > f > a_p$ 。

### 2. 刀具几何参数

前角增大，切削热减小，使切削温度降低，主偏角减小，使切削厚度减小，切削宽度增大，刀刃散热条件得到改善，故切削温度下降。

### 3. 工件材料

当工件材料的强度、硬度、塑性增加时，切削中消耗的功率增多，产生的热量多，使切削温度升高，热导率大时则热量传出多，使切削温度降低。

### 4. 刀具磨损的影响

刀具后刀面磨损时，使刃前区塑性变形增加，刀具与工件间的摩擦加剧，均使切削温度升高。在切削中使用切削液，可降低切削温度。

## 一、刀具的磨损形式

### 1. 正常磨损

#### (1) 前刀面磨损

形式:前刀面的月牙洼。 形成条件:加工塑性材料,  $v_c$  大,  $a_p$  大( $a_p > 0.5$ )。

影响:削弱刀刃强度, 降低加工质量。

#### (2) 后刀面磨损

形式:后角为  $0^\circ$  的磨损面。 形成条件:加工塑性材料,  $v_c$  较小,  $a_p$  较小( $a_p < 0.5$ ), 加工脆性材料。 影响:切削力增大, 切削温度增高, 产生振动, 降低加工质量。

#### (3) 前、后刀面磨损

形式:界于以上二者之间。 形成条件:中等切削厚度( $a_p = 0.1 \sim 0.5$  mm)塑性材料。

## 一、刀具的磨损形式

### 2. 非正常磨损

#### (1) 卷刃

切削加工时，切削刃或刀面产生塌陷或隆起的塑性变形现象称卷刃。

#### (2) 破损

在切削刃或刀面上产生裂纹、崩刃或碎裂的现象。

磨损是一个比较缓慢的逐渐发展的刀具表面损伤过程，破损是一个突发过程。



## 二、刀具磨损的原因

### 1. 磨粒磨损(硬质点磨损)

磨粒磨损也称机械磨损，是由于工件材料中含有的硬质点以及积屑瘤的碎片等在刀具表面上划出的沟纹而造成的磨，高速钢刀具的这种磨损比较显著。

磨粒磨损在各种切削速度下均存在，低速是刀具磨损的主要原因。

### 2. 粘结磨损(冷焊)

粘结是指刀具与工件材料在足够大压力和高温作用下，所产生的冷焊现象，若粘结点的破裂发生在刀具一方，就会造成刀具磨损。

粘结磨损发生于中等偏低切削速度下，刀具材料与工件材料亲和力大，刀具材料与工件材料硬度比小，粘结磨损加剧。

## 二、刀具磨损的原因

### 3. 扩散磨损

由于切削时处于高温下，当两摩擦表面化学元素的浓度相差较大时，它们就可能在固态下相互扩散到其他地方去，改变了刀具材料和工件材料的化学成分，使刀具材料变得脆弱而造成刀具磨损。扩散磨损发生在高温下，刀具的物理机械性能降低。

### 4. 化学磨损(氧化磨损)

在一定的切削温度下，刀具材料与周围介质的某些成分会发生化学作用，在刀具表面形成一层硬度较低的化合物被切屑带走，加速了刀具磨损，这种磨损称为化学磨损。

如果用金刚石刀具切削黑色金属时，当切削温度达  $700^{\circ}\text{C}$  时，刀具表面的碳原子与空气中的氧分子发生剧烈的化学反应，生成一氧化碳或二氧化碳气体，加剧了刀具的磨损。

### 三、刀具磨损过程及磨钝标准

#### 1. 刀具磨损过程

##### (1) 初期磨损阶段

这一阶段的磨损很快，一般初期磨损量为  $0.05 \sim 0.10 \text{ mm}$ 。

##### (2) 正常磨损阶段

这个阶段的磨损比较缓慢均匀。后刀面磨损量随切削时间延长而近似地成比例增加。这是刀具工作的有效阶段。

##### (3) 急剧磨损阶段

这个阶段磨损速度急剧增加，切削刃变钝，切削力、切削温度迅速升高，以致刀具损坏而失去切削能力。生产中应当避免刀具达到这个磨损阶段。

### 三、刀具磨损过程及磨钝标准

#### 2. 刀具磨钝标准

刀具磨损到一定限度就不能继续使用，这个磨损限度称为磨钝标准。因为一般刀具的后刀面都会发生磨损，而且测量也比较方便，规定将后刀面上均匀磨损区的高度  $V_B$  值作为刀具的磨钝标准。



## 四、刀具寿命

刀具从开始使用至达到磨钝标准时应保证的切削时间称为刀具耐用度。

刀具寿命是指一把新刀具从投入切削起，到刀具报废为止时总的切削时间量。

对于可刃磨刀具，刀具寿命在数值上等于刀具耐用度乘以刃磨次数，对于不可刃磨刀具，刀具寿命就等于刀具耐用度。



Bubble  
tea

## 第三部分 常用金属切削机床及应用

1. 识记内容:常用机床,如车床、铣床、刨床、磨床、钻床的型号及含义。
2. 理解内容:常用机床的加工特点、范围及精度。
3. 运用内容:根据加工要求选择正确的机床类别。



## 一、金属切削机床的分类

### 1. 按加工方法和所用刀具进行分类

按加工方法和所用刀具分类，机床分为车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、锯床和其他机床 11 大类。



## 一、金属切削机床的分类

### 2. 按照万能性程度分类

(1)通用机床

(3)专用机床

(2)专门化机床

(4)组合机床



## 一、金属切削机床的分类

### 3. 按照机床的工作精度分类

(1)普通精度机床包括普通车床、钻床、镗床、铣床、刨插床等。

(2)精密机床包括磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床和其他各种精密机床。

(3)高精度机床包括坐标镗床、齿轮磨床、螺纹磨床、高精度滚齿机、高精度刻线机和其他高精度机床等。



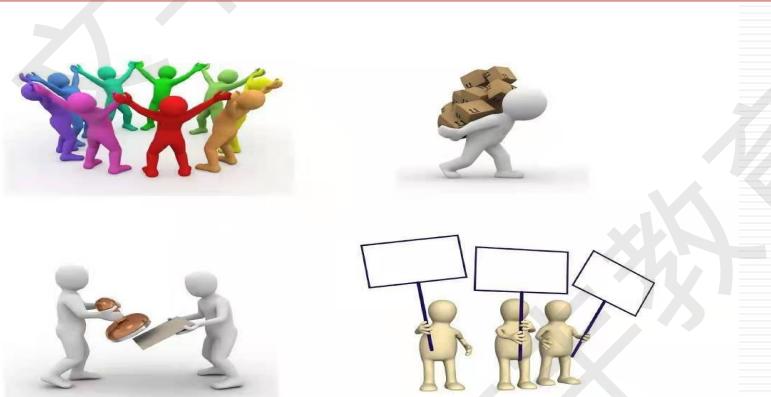
## 一、金属切削机床的分类

### 4. 按照自动化程度不同分类

(1)普通机床丰富内容。

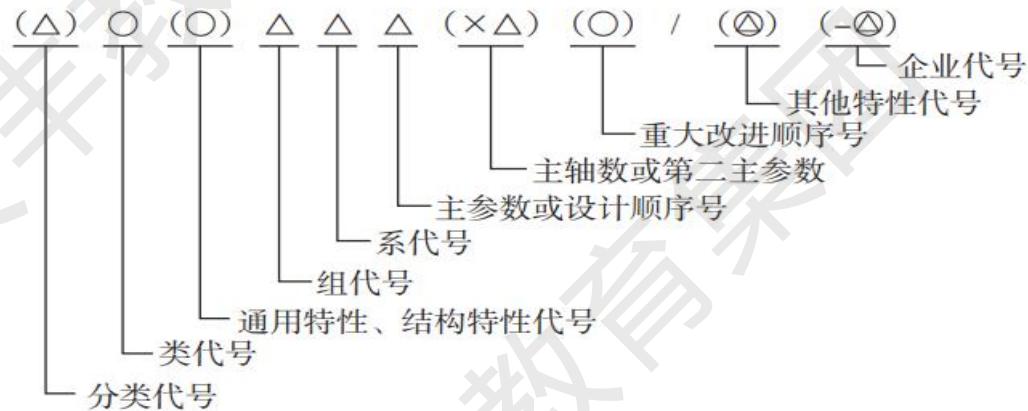
(2)自动机床具有完整的自动工作循环，包括自动装卸工件，能够连续自动加工出工件。

(3)半自动机床也有完整的自动工作循环，但装卸工件还需人工完成，因此不能连续加工。



## 二、机床型号的编制

GB/T15375-2008 是现行机床型号编制标准。



- (1) 有“( )”的代号或数字当无内容时则不表示，若有内容则不带括号。
- (2) 有“○”符号者，为大写的汉语拼音字母。
- (3) 有“△”符号者，为阿拉伯数字。
- (4) 有“ ”符号者，为大写的汉语拼音字母，或阿拉伯数字，或两者兼有之。

在整个型号规定中，最重要的是类代号、组代号、主参数以及通用特性代号和结构特性代号。

## 二、机床型号的编制

### 1. 机床的类代号(见表 4 - 2)

表 4-2 机床的类代号

类别	车床	钻床	镗床	磨床			齿轮加工机床	螺纹加工机床	铣床	刨插床	拉床	锯床	其他机床
代号	C	Z	T	M	2M	3M	Y	S	X	B	L	G	Q
读音	车	钻	镗	磨	二磨	三磨	牙	丝	铣	刨	拉	割	其他

## 二、机床型号的编制

### 2. 特性代号

#### (1) 通用特性代号(见表 4 - 3 )

表 4-3 机床通用特性代号

通用特性	高精度	精密	自动	半自动	数控	加工中心 (自动换刀)	仿形	轻型	加重型	简式或 经济型	柔性加 工单元	数显	高速
代号	G	M	Z	B	K	H	F	Q	C	J	R	X	S
读音	高	密	自	半	控	换	仿	轻	重	简	柔	显	速

#### (2) 结构特性代号

对主参数相同，但结构、性能不同的机床，用结构特性代号予以区分，如 A、D、E 等。

## 二、机床型号的编制

### 3. 机床的组系代号

同类机床因用途、性能、结构相近或有派生而分为若干组，见表 4-4。

表 4-4 金属切削机床类、组划分表

组别 类别	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
车床 C	仪表车床	单轴自动车床	多轴自动半自动车床	回轮转塔车床	曲轴及凸轮轴车床	立式车床	落地及卧式车床	仿形及多刀车床	轮轴辊锭及铲齿车床	其他车床
钻床 Z		坐标镗钻床	深孔钻床	摇臂钻床	台式钻床	立式钻床	卧式钻床	铣钻床	中心孔钻床	其他钻床
镗床 T			深孔/镗床		坐标镗床	立式镗床	卧式铣镗床	精镗床	汽车、拖拉机修理用镗床	其他镗床

## 二、机床型号的编制

### 3. 机床的组系代号

	M	仪表磨床	外圆磨床	内圆磨床	砂轮机	坐标磨床	导轨磨床	刀具刃磨床	平面及端面磨床	曲轴、凸轮轴、花键轴、及轧辊磨床	工具磨床
磨床	2M	超精机	内圆珩磨机	外圆及其他珩磨机	抛光机	砂带抛光及磨削机床	刀具刃磨及研磨机床	可转为刀片磨削机床	研磨机	其他磨床	
	3M	球轴承套圈沟道磨床	滚子轴承套圈滚道磨床	轴承套圈超精机		叶片磨削机床	滚子加工机床	钢球加工机床	气门、活塞及活塞环磨削机床	汽车拖拉机修磨机床	
齿轮加工机床 Y	仪表齿轮加工机		锥齿轮加工机	滚齿轮及铣齿机	剃齿及珩齿机	插齿机	花键轴铣床	齿轮磨齿机	其他齿轮加工机	齿轮倒角及检查机	
螺纹加工机床 S				套丝机	攻丝机		螺纹铣床	螺纹磨床	螺纹车床		
铣床 X	仪表铣床	悬臂及滑枕铣床	龙门铣床	平面铣床	仿形铣床	立式升降台铣床	卧式升降台铣床	床身铣床	工具铣床	其他铣床	

## 二、机床型号的编制

### 3. 机床的组系代号

续表

组别 类别	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
刨插床 B		悬臂 刨床	龙门 刨床			插床	牛头 刨床		边缘及 磨具 刨床	其他 刨床
拉床 L			侧拉床	卧式 外拉床	连续 拉床	立式 内拉床	卧式 内拉床	立式 外拉床	键槽、 轴瓦及 螺纹 拉床	其他拉床
锯床 C			砂轮 片锯床		卧式 带锯床	立式 带锯床	圆锯床	弓锯床	锉锯床	
其他机床 Q	其他 仪表 机床	管子 加工 机床	木螺钉 加工机		刻线机	切断机	多功能 机床			

## 二、机床型号的编制

### 4. 机床主参数代号

机床主参数代号是反映机床加工性能的主要数据，见表 4—5。

表 4—5 常见机床主参数及折算系数

机床名称	主参数名称	主参数折算系数
普通机床	床身上最大工件回转直径	1/10
立式机床	直径 最大车削直径	1/100
立式钻床、摇臂钻床	最大孔径直径 主轴直径	1/1
牛头刨床、插床	最大刨削或插削长度	1/10
龙门刨床	工作台宽度	1/100
卧式及立式升降台铣床	工作台工作面宽度	1/10
龙门铣床	工作台工作面宽度	1/100
外圆磨床、内圆磨床	最大磨削外径或孔径	1/10
平面磨床	工作台工作面的宽度或直径	1/10
砂轮机	最大砂轮直径	1/10
齿轮加工机床	(大多数是)最大工件直径	1/10
卧式镗床	镗轴直径	1/10
坐标镗床	工作台宽度	1/10

## 一、车 削

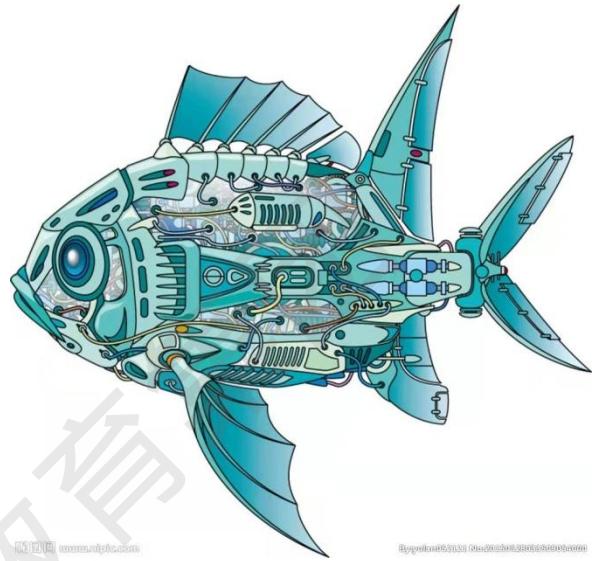
### 1. 定 义

利用车床加工零件的方法统称为车削加工。

### 2. 切削运动

主运动:工件旋转。

进给运动:刀具纵向进给或横向进给移动。



## 一、车 削

### 3. 车削的工艺特点

车削具有以下工艺特点:

- (1)易于保证工件各加工面的位置精度(同轴度要求、垂直度要求)。
- (2)生产效率高。
- (3)生产成本低。
- (4)适用于加工的材料范围广泛。



## 一、车 削

### 4. 车削的加工范围

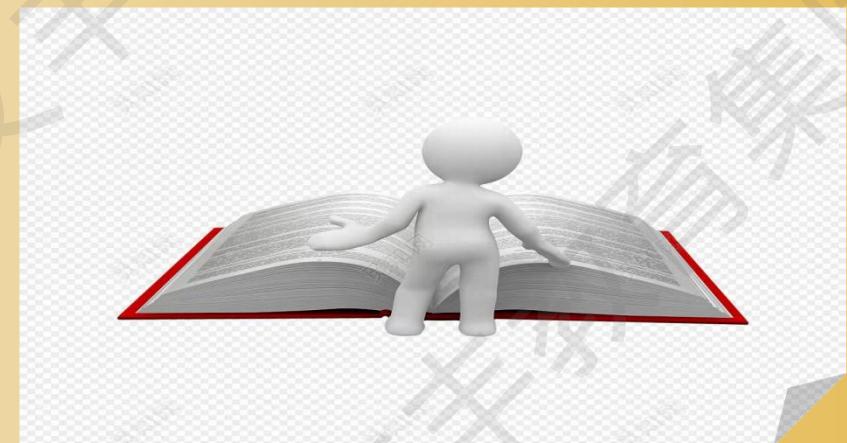
车削适用于加工外圆、端面、锥度、车成型面、车螺纹、绕弹簧，钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹等。单件小批量生产中，各种轴、盘、套类零件多选用适应性广泛的卧式车床或数控车床来加工。直径大而长度短的零件，多采用立式车床来加工。成批生产外形较复杂，具有内孔及螺纹的中小型轴、套类零件时，应选用转塔式车床进行加工。



## 一、车 削

### 5. 车削加工精度

车削加工精度一般为 IT8~IT7, 表面粗糙度为 Ra 6.3~1.6 μm; 精车时, 车削加工精度可达 IT6~IT5, 表面粗糙度可达 Ra 0.4~0.1 μm。



## 二、铣 削

### 1. 定 义

铣削是铣刀旋转作主运动，工件或铣刀作进给运动的切削加工方法。

### 2. 切削运动

主运动：铣刀旋转。

进给运动：工件纵向进给或横向进给移动。



## 二、铣 削

### 3. 铣削的工艺特点

#### (1) 生产效率高

铣刀是典型的多齿刀具，并且参与刀削的切削刃较铣削时有几个刀齿同时参加工作，且无刨削那样的空回行程，切削速度也较高，但加工狭长平面或长直面刨削比铣削生产率高。

#### (2) 刀齿散热比较好

铣刀刀齿在离工件的一段时间内，可以得到一定的冷却，散热条件好，刀具寿命。

#### (3) 铣削时存在冲击

铣刀各刀齿的切削是断续的，铣削过程中参与切削的刀齿数是变化的，切削厚度也是变化的，因此切削力是变化的，导致切削过程中存在冲击。

## 二、铣 削

### 4. 铣削的主要应用

铣削主要用来加工平面(包括水平面、垂直面和斜面)、沟槽、成形面和切断等。单件、小批生产中，加工小、中型工件多用升降台式铣床(卧式和立式两种)，加工中、大型工件时可以采用龙门铣床。

### 5. 铣削精度

铣削精度一般可达  $IT9 \sim IT7$ ，表面粗糙度为  $R_a 1.6 \sim 3.2 \mu m$ 。

## 二、铣 削

### 6. 铣削方式

#### (1) 顺 铣

铣削力的水平分力与工件的进给方向相同，工件台进给丝杠与固定螺母之间一般有间隙存在，因此切削力容易引起工件和工作台一起向前窜动，使进给量突然增大，引起打刀。在铣削铸件或锻件等表面有硬度的工件时，顺铣刀齿首先接触工件硬皮，加剧了铣刀的磨损。

#### (2) 逆 铣

可以避免顺铣时发生的窜动现象。逆铣时，切削厚度从零开始逐渐增大，因而刀刃开始经历了一段在切削硬化的已加工表面上挤压滑行的阶段，加速了刀具的磨损。同时，逆铣时，铣削力将工件上抬，易引起振动，这是逆铣的不利之处。

### 三、刨 削

#### 1. 定 义

刨削加工一般指在刨床上利用刨刀相对于工件做往复直线运动，切除多余材料的加工方法。

#### 2. 切削运动

##### (1)牛头刨床

主运动:刨刀往复直线运动，进给运动:工件横向间歇运动。

##### (2)龙门刨床

主运动:工件往复直线运动，进给运动:刨刀横向或垂直间歇运动。

### 三、刨削

#### 3. 刨削的工艺特点



(1)通用性好



(2)生产效率较低



(3)加工精度不高

### 三、刨 削

#### 4. 刨削的加工范围

刨削加工可以刨平面、刨垂直面、刨台阶面、刨直角沟槽、刨斜面、刨燕尾槽、刨丁型槽、刨 V 型槽、刨曲面、刨孔内键槽、刨齿条、刨复合表面等。鉴于刨削的特点，维修车间和模具车间应用较多，刨削主要用在单件小批量生产中，主要用来加工平面，也广泛用于加工直槽。

#### 5. 加工精度

加工精度一般可达 IT8~IT7，表面粗糙度为 Ra 6.3~1.6 μm，精刨平面度可达 0.02 / 1 000，表面粗糙度为 Ra 0.8~0.4 μm。

### 四、磨 削

#### 1. 定 义

磨削加工是以磨具作为“刀具”对工件进行精密切削的加工方式。

#### 2. 切削运动

主运动:砂轮旋转运动。

进给运动:工件的旋转与移动或砂轮的移动。



图源: www.Thinkstockphoto.ca 编号: 1280206

### 四、磨 削

#### 3. 磨削加工的特点

(1) 磨削的切削速度高，导致磨削温度高。普通外圆磨削  $v = 35 \text{ m/s}$ ，高速磨削  $v > 50 \text{ m/s}$ 。磨削产生的切削热 80%~90% 传入工件，10%~15% 传入砂轮，1%~10% 由磨屑带走，加上砂轮的导热性很差，易造成工件表面烧伤和微裂纹。因此，磨削时应采用大量的切削液以降低磨削温度。

(2) 能获得高的加工精度和小的表面粗糙度值。磨削加工精度可达 IT6~IT4，表面粗糙度值可达  $R_a 0.8\text{--}0.02 \mu\text{m}$ ，磨削不但可以精加工，还可以粗磨、荒磨、重载荷磨削。

### 四、磨 削

#### 3. 磨削加工的特点

(3) 磨削的背向磨削力大。在加工刚性较差的工件时(如磨削细长轴)，应采取相应的措施，防止因工件变形而影响加工精度。

(4) 砂轮有自锐作用。在磨削过程中，磨粒磨钝后会由于磨削力增大而自行脱落，因磨粒的脱落而露出一层新的锋利磨粒，能够部分地恢复砂轮的切削能力，这种现象叫作砂轮的自锐性，有利于磨削加工。

### 四、磨 削

#### 4. 磨削的加工范围



磨削加工可实现外圆磨削、内圆磨削、平面磨削、成形磨削、螺纹磨削、齿轮磨削等。磨床能加工硬度较高的材料，如淬硬钢、硬质合金等，也能加工脆性材料，如玻璃、花岗石。磨床能做高精度和表面粗糙度很小的磨削，也能进行高效率的磨削，如强力磨削等，但不宜精加工塑性较大的有色金属工件。



## 四、磨 削

### 5. 加工精度



磨削加工精度可达  $IT 6 \sim IT 4$ , 表面粗糙度值

可达  $R_a 0.8 \sim 0.02 \mu m$ 。磨削不但可以精加工  
，还可以粗磨、重载荷磨削。

### 五、钻 削

#### 1. 定 义



在机床上用钻削刀具对工件进行切削加工的过程称为钻削加工。它所用的设备主要是钻床，所用的刀具是麻花钻头、扩孔钻和铰刀等。



#### 2. 切削运动

主运动:钻头旋转运动。

进给运动:钻头轴向移动。



热线：213324 红动中国（www.redacon.com）woyun

### 五、钻 削

#### 3. 钻削加工的特点



- (1) 钻削时, 钻头不易弯曲, 切削深度大, 金属切除率较高。
- (2) 钻孔精度低, 表面粗糙度大, 容易产生孔径扩大、轴线歪斜和明显的圆度误差等缺陷。
- (3) 钻削时, 冷却条件差, 切削温度高, 生产率低。
- (4) 钻削为粗加工, 一般用作要求不高的孔加工或高精度孔的预加工。

### 五、钻 削

#### 4. 钻削的应用

(1) 钻 孔

(3) 锯 孔

(2) 扩 孔

(4) 破 孔



## 五、钻 削

### 5. 加工精度



钻削加工的精度较低<sup>①</sup> 一般为 IT12~IT11, 表面粗糙度一般为 Ra 5.0~6.3μm。扩孔钻的加工精度一般为 IT10~IT8, 表面粗糙度为 Ra 6.3~3.2μm。铰削加工精度一般为 IT9~IT6, 表面粗糙度为 Ra 1.6~0.4μm。

### 六、镗 削

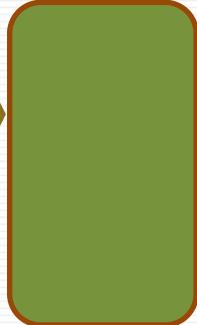
#### 1. 定 义



镗削加工是利用镗床对已有孔进行扩大孔径并提高质量的加工方法。



#### 2. 切削运动



主运动:主轴的旋转和平旋盘的旋转。

进给运动:主轴的轴向进给、工作台的纵向、横向、圆周进给等。

### 六、镗 削

#### 3. 镗削加工特点



- (1)刀具结构简单，且径向尺寸可以调节，用一把刀具就可以加工直径不同的孔。
- (2)能校正原有孔的轴线歪斜与位置误差。
- (3)由于镗床的运动形式较多，工件放在工作台上，可方便准确地调整被加工孔与刀具的相对位置，因而能保证被加工孔与其他面的相互位置精度。
- (4)镗孔质量主要取决于机床精度和工人的技术水平，因而对操作者技术要求较高。
- (5)与铰孔相比较，单刃镗刀刚性较差，采用较小的切削用量，因而生产率较低，且不易保证稳定的加工精度。
- (6)不适宜进行细长孔的加工。

### 六、镗 削

#### 4. 镗削的应用



镗削可以对工件上的通孔和盲孔进行粗加工、半精加工和精加工,适合加工箱体、机架等结构复杂和尺寸较大的工件上的孔及孔系。

#### 5. 加工精度



镗削加工精度较高<sup>†</sup> 一般为 IT9~IT7,表面粗糙度为 Ra 6.3~0.8 μm。

### 一、机床的选择

#### 6. 表面淬火

(1) 所选择的机床应与加工零件相适应，即机床的精度应与加工零件的技术要求相适应，机床的主要规格尺寸应与加工零件的外轮廓尺寸相适应，机床的生产率应与零件的生产纲领相适应。

(2) 考虑生产现场的实际情况，即现有设备的类型、规格及实际精度，设备的分布排列及负荷情况，操作者的实际水平等。

(3) 考虑生产工艺技术的发展，如在一定的条件下考虑采用计算机辅助制造( C A M )、成组技术( G T )等新技术时，则有可能选用高效率的专用、自动、组合等机床，以满足相似零件组的加工要求，而不仅仅考虑某一零件批量的大小。

## 第四部分 机械加工工艺规程的制订

1. 识记内容:生产过程、工艺过程、生产纲领、生产类型、工序、工步等概念; 常用定位方法及定位元件的合理选择基本知识, 典型表面(内外圆、孔、平面加工方法、成形表面等)的加工方法及选择加工方案的基本知识。
2. 理解内容:定位基准的选用原则及工件安装的基本要求; 影响加工表面质量的主要因素及控制措施; 拟定工艺过程的基本原则和步骤。
3. 运用内容:简单零件工艺流程(卡)的编写; 简单零件加工工艺路线的合理性判定; 典型多工种复合加工的工艺流程(卡)的阅读。



## 一、生产过程

机械产品制造时，将原材料或半成品变为产品的各有关劳动过程的总和称为生产过程。它包括：生产技术准备工作（如产品的开发设计、工艺设计和专用工艺装备的设计与制造、各种生产资料及生产组织等方面的工作）；原材料及半成品的运输和保管；毛坯的制造；零件的各种加工、热处理及表面处理，部件和产品的装配、调试、检测及涂装和包装等。



## 二、工艺过程

在生产过程中，凡直接改变生产对象的尺寸、形状、性质(物理性能、化学性能、力学性能)及相对位置关系的过程统称为工艺过程，如毛坯制造、机械加工、热处理、表面处理及装配等，它是生产过程中的主要过程，其他过程称为辅助过程。



### 三、生产纲领

生产纲领是指企业在计划期内应生产产品的品种、规格及产量和进度计划。计划期通常为一年，所以生产纲领也通常称为年生产纲领或年产量。对于零件而言，产品的产量除了制造机器所需要的数量之外，还要包括一定的备品和废品，因此零件的生产纲领应按下式计算：

$$N = Q n (1 + a\%) (1 + b\%)$$

式中， $N$  为零件的年产量，件/年；

$Q$  为产品的年产量，台/年；

$n$  为每台产品中该零件的数量，件/台。

$a\%$  为该零件的备品率(备品百分率)；

$b\%$  为该零件的废品率(废品百分率)。



## 四、生产类型

### 1. 单件生产

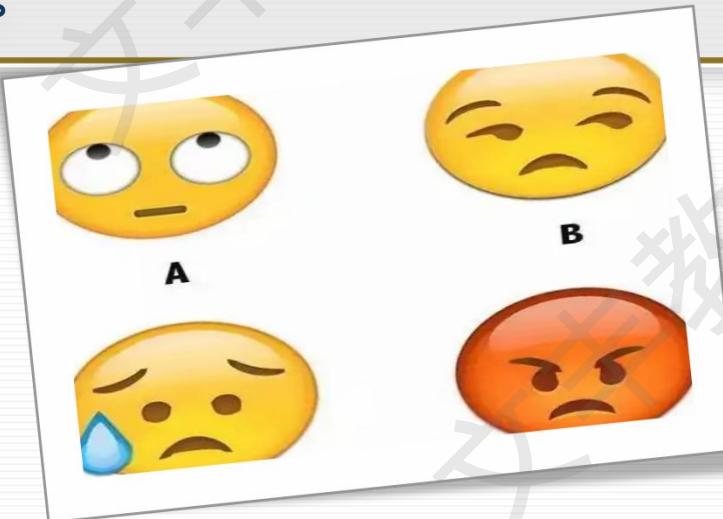
单件生产是指少量地制造不同结构和尺寸的产品，且很少重复，如重型机械、专用设备的制造和新产品试制等都属于单件生产。一般来讲，单件生产的轻型零件(4 kg 以下)的数量≤100；中型零件(4~30 kg)的数量≤20；重型零件(30 kg 以上)的数量≤5，其单位为台/年或是件/件。



## 四、生产类型

### 2. 成批生产

成批生产是指产品数量较大，一年中分批地制造相同的产品，生产呈周期性重复，如机床制造、电动机制造、汽轮机等属于成批生产。成批生产不同于单件生产与大量生产，其还可以划分为小批生产、中批生产与大批生产。小批生产接近于单件生产，大批生产接近于大量生产。



## 四、生产类型

### 3. 大量生产

大量生产是指当一种零件或产品数量很大，而在大多数工作地点经常是重复性地进行相同的工序，如汽车、拖拉机、轴承、洗衣机、冰箱等的制造都属于大量生产。大量就是数量上比其他两种生产类型要大，一般来讲，其轻型零件(4 kg 以下)数量 $> 50000$ ；中型零件(4 ~ 30 kg)数量 $> 5000$ ；重型零件(30 kg 以上)数量 $> 1000$ ，其单位为台/年或是件/年。



## 五、机械加工工艺过程的组成

**5. 走刀** 在一个工步内，若被加工表面切去的金属层很厚，需分几次切削，则每进行一次切削就是一次走刀。一个工步可以包括一次走刀或几次走刀。

**4 工步** 工步是指在被加工表面和切削工具不变的情况下，所连续完成的那一部分工序。一个工序可以包括几个工步，也可以只有一个工步。



**1 工序** 一个或一组工人，在一个工作地点(或一台机床)对同一个工件或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程，被称为工序。

**2 安装** 工件经一次装夹后所完成的那一部分工艺内容称为安装。在一道工序中，可以有一个或多个安装。

**3 工位** 为完成一定的工序内容，一次装夹工件后，工件与夹具或设备的可动部分一起相对刀具或设备固定部分所占据的每一个位置称为工位。

## 一、基准的概念及分类

### 1. 基准的概念

零件上用以确定其他点、线、面的位置所依据的那些点、线、面称为基准。

### 2. 基准的分类

(1)设计基准 在零件图上用以确定其他点、线、面的基准，称为设计基准。

(2)工艺基准 零件在加工、测量、装配等工艺过程中使用的基准统称为工艺基准。工艺基准又可分为以下几类：

①装配基准：在零件或部件装配时用以确定它在机器中相对位置的基准。

②测量基准：用以测量工件已加工表面所依据的基准。

③工序基准：在工序图中用以确定被加工表面位置所依据的基准。

④定位基准：用以确定工件在机床上或夹具中正确位置所依据的基准，如轴类零件的中心孔就是车、磨工序的定位基准。

⑤定位基面：作为基准的点、线、面有时在工件上并不一定实际存在（如孔和轴的轴线、某两面之间的对称中心面等），在定位时是通过有关具体表面起定位作用的，这些表面被称为定位基面。

## 二、定位基准的选择原则

### 1. 粗基准的选择原则

- (1)如果零件上有一个不需加工的表面，在该表面能够被利用的情况下，应尽量选择不需加工表面作粗基准。
- (2)如果零件上有几个不需要加工的表面，应选择其中与加工表面有较高位置精度要求的不加工表面作第一次装夹的粗基准。
- (3)如果零件上所有表面都需加工，则应选择加工余量最小的毛坯表面作粗基准。
- (4)同一尺寸方向上，粗基准只能用一次。
- (5)粗基准要选择平整、面积大的表面。



## 二、定位基准的选择原则

### 2. 基准的分类

#### (1) 基准重合原则

即选设计基准作本道加工工序的定位基准，也就是说应尽量使定位基准与设计基准重合。这样可避免因基准不重合而引起的定位误差。

#### (2) 基准统一原则

在零件加工的整个工艺过程中或者有关的某几道工序中，尽可能采用同一个(或一组)定位基准来定位，称为基准统一原则。

#### (3) 互为基准原则

若两表面间的相互位置精度要求很高，而表面自身的尺寸和形状精度又很高时，可以采用互为基准、反复加工的方法。

#### (4) 自为基准原则

如果只要求从加工表面上均匀地去掉一层很薄的余量时，可以加工表面本身作定位基准。

### 一、工件的装夹的概念

工件的安装是将工件在机床上或夹具中定位、夹紧的过程。

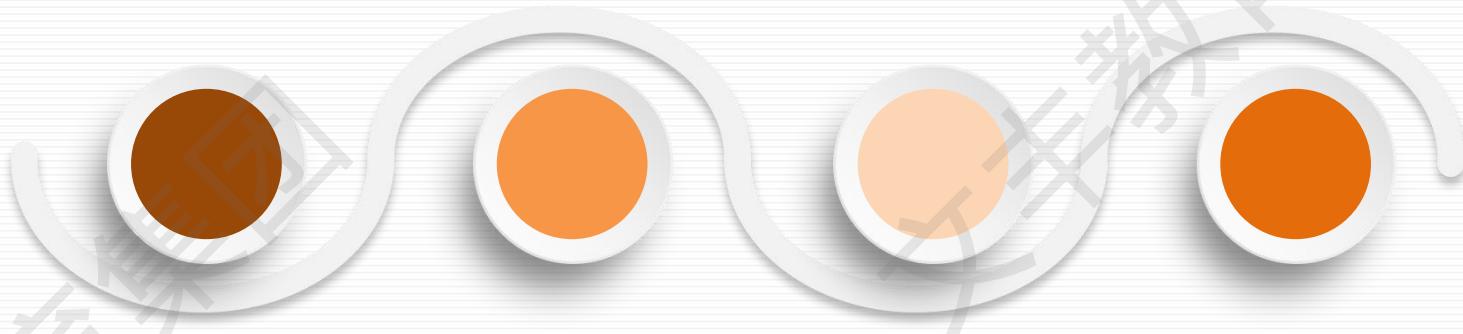
工件的安装包含了两个方面的内容:定位和夹紧。

定位:确定工件在机床上或夹具中正确位置的过程。

夹紧:工件定位后将其固定,使其在加工中保持定位位置不变的操作。

定位过程与夹紧过程都可能使工件偏离所要求的正确位置而产生定位误差与夹紧误差。

定位误差与夹紧误差之和称为装夹误差。



## 二、工件装夹方式

### 1. 直接找正装夹

用划针、千分表直接按工件表面找正工件的位置并夹紧，称为直接找正装夹。直接找正装夹效率低，对操作工人技术水平要求高，但如用精密检具细心找正，可以获得很高的定位精度( $0.010 \sim 0.005\text{ mm}$ )，多用于单件小批生产或装夹精度要求特别高的场合。

### 2. 画线找正装夹

根据零件图要求在工件上划出中心线、对称线和待加工面的轮廓线、找正线，然后按找正线找正工件在机床上的位置并夹紧，这种装夹方法称为划线找正装夹。

### 二、工件装夹方式

#### 3. 夹具装夹

产量较大时，无论是划线找正装夹，还是直接找正装夹，均不能满足生产率要求。

此时，一般均须用夹具来装夹工件。夹具事先按一定要求安装在机床上，工件按要求装夹在夹具上，不需找正就可进行加工。



### 三、工件定位的基本原理

#### 1. 工件六点定位原理

用合理分布的六个支承点限制工件六个自由度的法则，称为六点定位原理。



### 三、工件定位的基本原理

#### 2. 工件定位中的几种情况

##### (1) 完全定位

工件的六个自由度全部被限制的定位，称为完全定位。



##### (2) 不完全定位

根据工件的加工要求，不需要限制工件的全部自由度，这样的定位称为不完全定位。

##### (3) 欠定位

定位元件所能限制的自由度数少于按加工工艺要求所需限制的自由度数，这种情况下，工件不能正确定位，称为欠定位。显然，欠定位不能保证加工要求，往往会产生废品，因此是绝对不允许的。

(4) 过定位 夹具上的两个或两个以上的定位元件，重复限制工件的同一个或几个自由度的现象，称为过定位。

### 四、夹紧力方向、作用点的确定原则

#### 1. 夹紧力方向确定原则

(1) 夹紧力的作用方向应保证定位准确可靠，而不破坏工件的原有定位精度。工件在夹紧力的作用下，应确保其定位基面贴在定位元件的工作表面上。为此要求主夹紧力的方向应指向主要定位基准面，其余夹紧力方向应指向工件的定位支承。

(2) 夹紧力的作用方向应使工件的夹紧变形尽量小。

(3) 夹紧力作用方向应使所需夹紧力尽可能小。

### 四、夹紧力方向、作用点的确定原则

#### 2. 选择夹紧力作用点的原则

(1) 夹紧力作用点应能保持工件定位稳固而不至引起工件发生位移或偏转。

(2) 夹紧力作用点应使夹紧变形尽量小。

(3) 夹紧力的作用点应保证定位稳定、夹紧可靠。



### 五、夹紧机构应满足的要求

- (1) 夹紧过程中，必须保证定位准确可靠，而不破坏原有的定位。
- (2) 夹紧力的大小要可靠、适应，既要保证工件在整个加工过程中位置稳定不变、振动小，又要使工件不产生过大的夹紧变形。
- (3) 夹紧装置的自动化和复杂程度应与生产类型相适应，在保证生产效率的前提下，其结构要力求简单、工艺性好，便于制造和维修。
- (4) 夹紧装置应具有良好的自锁性能，以保证在源动力波动或消失后，仍能保持夹紧状态。
- (5) 夹紧装置的操作应当方便、安全、省力。

## 六、典型夹紧机构

# 1 斜楔夹紧机构

## 2 螺旋夹紧机构

### 3 偏心夹紧机构

## 4 定心夹紧机构

6 联动夹紧机构

## 5 铰链夹紧机构



## 一、工件以平面定位

### 1. 固定支承

(1) 平顶支承钉: 常用于精基准面的定位。

(2) 圆顶支承钉: 多用于粗基准面的定位。

(3) 网纹顶支承钉: 常用在要求较大摩擦力的侧面定位。

(4) 带衬套支承钉: 由于它便于拆卸和更换, 一般用于批量大、磨损快、需要经常修理的场合。

## 一、工件以平面定位

### 2. 支承板

(1) 平板式支承板:结构简单、紧凑,但不易清除落入沉头螺孔中的切屑,一般用于侧面定位。

(2) 斜槽式支承板:在结构上做了改进,即在支承面上开两个斜槽为固定螺钉用,使清屑容易,适用于底面定位。



### 一、工件以平面定位

#### 3. 可调支承

可调支承的顶端位置可以在一定的范围内调整。可调支承用于未加工过的平面定位，以调节补偿各批毛坯尺寸误差，一般不是对每个加工工件进行调整，而是一批工件毛坯调整一次。

#### 4. 自位支承

自位支承又称浮动支承，在定位过程中，支承本身所处的位置随工件定位基准面的变化而自动调整并与之相适应。尽管每一个自位支承与工件间可能是二点或三点接触，但实质上仍然只起一个定位支承点的作用，只限制工件的一个自由度，常用于毛坯表面、断续表面、阶梯表面定位。

### 一、工件以平面定位

#### 5. 辅助支承

辅助支承是在工件实现定位后才参与支承的定位元件，不起定位作用，只能提高工件加工时刚度或起辅助定位作用。



### 二、工件以外圆定位

#### 1. V 形块

(1)V 形块有固定式和活动式之分。

- ①活动式 V 形块:它除定位外,还兼有夹紧作用。
- ②固定式 V 形块:可以分为短 V 形块和长 V 形块,前者限制工件两个自由度,后者限制工件四个自由度。

(2)V 形块定位的优点如下:

- ①对中性好,即能使工件的定位基准轴线对中在 V 形块两斜面的对称平面上,在左右方向上的位置不会发生偏移,且安装方便。
- ②应用范围较广。不论定位基准是否经过加工,不论是完整的圆柱面还是局部圆弧面,都可采用 V 形块定位。

### 二、工件以外圆定位

#### 2. 定位套

工件以外圆柱表面为定位基准在定位套内孔中定位，这种定位方法一般适用于精基准定位，短定位套定位限制工件 2 个自由度，长定位套定位限制工件 4 个自由度。

#### 3. 半圆套

短半圆套限制工件 2 个自由度，长半圆套限制工件 4 个自由度。

#### 4. 圆锥套

工件以圆柱面为定位基准面在圆锥孔中定位时，常与后顶尖(反顶尖)配合使用，限制工件五个自由度。

### 三、工件以内孔定位

#### 1. 定位销

##### (1) 圆柱定位销

定位销与夹具体的连接采用过盈配合。

##### (2) 带衬套的可换式圆柱销

这种定位销与衬套的配合采用间隙配合，故其位置精度较固定式定位销低，一般用于大批大量生产中。

#### 2. 圆锥销

在加工套筒、空心轴等类工件时，也经常用到圆锥销，它限制了工件 3 个移动自由度。

### 三、工件以内孔定位

#### 3. 定位心轴

##### (1) 圆柱心轴

短圆柱心轴限制工件 2 个自由度，长圆柱心轴限制工件 4 个自由度。

- ① 台阶心轴：间隙配合圆柱心轴，其定位精度不高，但装卸工件较方便。
- ② 小锥度心轴：过盈配合圆柱心轴，常用于对定心精度要求高的场合。

##### (2) 圆锥心轴

圆锥心轴的定心精度较高，而轴向定位精度取决于工件孔和心轴的尺寸精度。圆锥心轴限制工件 5 个自由度。



## 四、工件以组合表面定位

### 3. 定位心轴



在实际加工过程中，工件往往不是采用单一表面的定位。而是以组合表面定位，常见的组合方式有平面与平面组合、平面与孔组合、平面与外圆柱面组合、平面与其他表面组合、锥面与锥面组合等。

一面两孔定位即一个平面及与该平面垂直的两孔为定位基准，采用一平面、一短圆柱销和一短削边销(菱形销)为定位元件，短削边销长截面应垂直于两销连心线。一面两孔定位限制工件 6 个自由度。

## 一、表面质量的含义

机械加工表面质量是指零件在机械加工后表面层的微观几何形状误差和力学物理性能，它包含表面的几何特征(表面粗糙度、表面波度、表面加工纹理和伤痕)和表面层力学物理性能(表面层加工硬化、表面层金相组织的变化和表面层残余应力)。



## 一、表面质量的含义

### 1. 加工表面的几何形状特征

#### (1) 表面粗糙度

表面粗糙度指加工表面的微观几何形状误差，波长与波高( $L_3 / H_3$ )的比值小于50。

#### (2) 表面波度

表面波度是介于形状误差与表面粗糙度之间的周期性形状误差，它主要是由机械加工过程中工艺系统低频振动造成的，波长与波高( $L_2 / H_2$ )的比值一般为50~1000。

#### (3) 纹理方向

纹理方向指表面刀纹的方向，它取决于表面形成所采用的机械加工方法，一般对运动副或密封件要求纹理方向。

## 一、表面质量的含义

### 2. 加工表面的物理力学性能的变化

#### (1) 表面层因塑性变形引起的加工硬化(冷作硬化)

机械加工中，引起表面层的强度和硬度增加，塑性降低，物理性能(如密度、导电性、导热性等)也有所变化，这种现象称为加工硬化，又称冷作硬化或强化。

#### (2) 表面层因力或热的作用产生的残余应力

由于切削力和切削热的综合作用，表面层金属晶格会发生不同程度的塑性变形或产生金相组织的变化，使表层金属产生残余应力。

#### (3) 表面层因切削热或磨削热的作用引起的金相组织变化

机械加工过程中，由于切削热的作用会引起表面层金属的金相组织发生变化。在磨淬火钢时，由于磨削热的影响会引起淬火钢的马氏体的分解，或出现回火组织等。

## 二、表面质量对零件使用性能的影响

表面质量对零件耐磨性、零件耐疲劳性、零件耐腐蚀性、零件配合精度均有影响。

## 三、影响表面质量的因素

### 1. 切削加工中影响表面粗糙度的因素

#### (1) 几何因素

几何因素主要是指刀具几何形状和切削运动引起的切削残留面积，它是影响表面粗糙度的主要因素。



### 三、影响表面质量的因素

#### 1. 切削加工中影响表面粗糙度的因素

##### (2) 物理因素

多数情况下，在已加工表面的残留面积上叠加着一些不规则的金属生成物、粘附物或刻痕。它们的形成原因有积屑瘤、鳞刺、振动、摩擦、切削刃不平整、切屑划伤等。

- ① 切削速度的影响。
- ② 工件材料性质的影响。
- ③ 刀具几何形状、材料、刃磨质量的影响。
- ④ 冷却润滑的影响。



### 三、影响表面质量的因素

#### 2. 影响表面层物理性能、力学性能变化的因素

##### (1) 影响加工硬化的因素。

切削力越大，塑性变形越大，硬化程度越大，硬化层深度也越大。

- ① 刀具。
- ② 切削用量。
- ③ 工件材料。

##### (2) 表面层的金相变化与磨削烧伤

在磨削加工时，磨粒的切削、刻划和滑擦作用，以及大多数磨粒的负前角切削和很高的磨削速度，会使得加工表面层有很高的温度，当温升到相变临界点时，表层金属就会发生金相组织变化，从而使表面层强度和硬度降低，产生残余应力，甚至出现微观裂纹。这种现象被称为削烧伤。

### 三、影响表面质量的因素

#### 2. 影响表面层物理性能、力学性能变化的因素

##### (3) 加工表面层的残余应力

机械加工中，工件表面层组织发生变化时，在表面层及其与基体材料的交界处就会产生互相平衡的弹性应力。这种应力即为表面层的残余应力。

- ① 冷态塑性变形。
- ② 热态塑性变形。
- ③ 局部金相组织变化。



## 四、控制加工表面质量的措施

### 1. 采用光整加工方法降低表面粗糙度

研磨可以达到很高的尺寸精度( $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ )和很低的表面粗糙度( $R_a$ 为 $0.04 \sim 0.01 \mu\text{m}$ )，超精加工也称超精研和珩磨。

### 2. 表面强化工艺改善物理、力学性能

表面强化工艺是指通过冷压加工方法使表面层金属发生冷态塑性变形，以降低表面粗糙度值，提高表面硬度，并在表面层产生残余压应力。

- (1) 滚压加工
- (2) 喷丸强化
- (3) 液体磨料强化

## 一、加工经济精度

某种加工方法在正常条件下所能保证的加工精度称为加工经济精度。 所谓正常的加工条件，是指采用符合质量标准的设备、工艺装备和标准技术等级的工人，不延长加工时间的条件。



## 二、外圆加工方案(如图 4-7 所示)

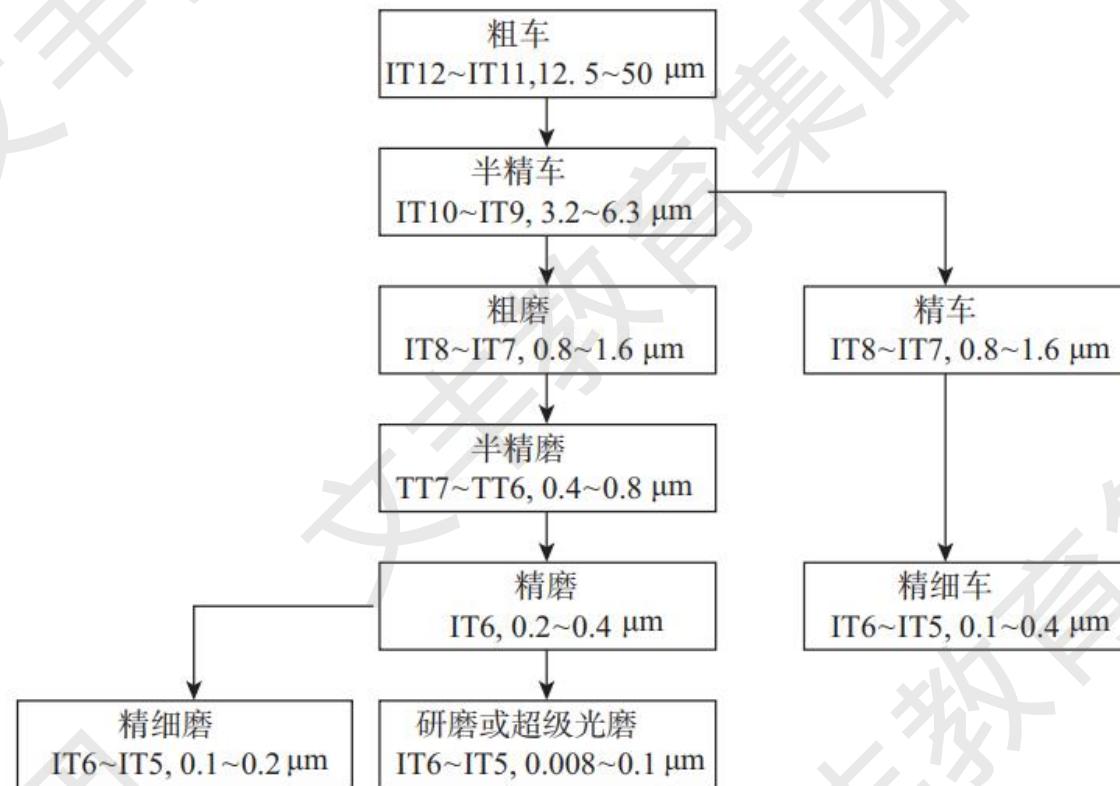


图 4-7 外圆加工方案

### 三、孔加工方案(见表 4—6)

表 4-6 孔加工方案

序号	加工方案	加工精度	表面粗糙度 $R_a/\mu m$	适用范围
1	钻孔	IT11~T13	12.5~25	任何批量,实体工件
2	钻-铰	IT7~IT8	1.6~3.2	不淬火钢件,铸铁件和非铁合金件小孔, 细长孔
3	钻-扩-铰	IT6~IT8	0.4~1.6	
4	钻-扩-粗铰-精铰	IT6~IT7	0.4~0.8	
5	粗镗-半精镗-铰	IT7~IT8	0.8~1.6	$\phi 30\sim 100mm$ 铸锻孔
6	(钻)粗镗-拉	IT7~IT8	0.4~1.6	成批,大量生产
7	(钻)粗镗-半精镗	IT9~IT10	3.2~6.3	除淬火件外各种零件小批生产
8	(钻)粗镗-半精镗-精镗	IT7~IT8	0.8~1.6	
9	粗镗-半精镗-浮动镗	IT7~IT8	0.8~1.6	成批,大量生产
10	(钻)粗镗-半精镗-磨	IT7~IT8	0.8~1.6	钢及铸铁件孔的精加工
11	(钻)粗镗-半精镗-粗磨-精磨	IT6~IT7	0.4~0.8	

## 四、平面加工方案(见表 4-7)

表 4-7 平面加工方案

序号	加工方案	加工精度	表面粗糙度 $Ra/\mu m$	适用范围
1	粗车-精车	IT8~IT11	1.6~12.5	车削工件的端面
2	粗铣(或粗刨)	IT11~IT13	12.5~25	不淬火钢、铸铁和非铁金属件的平面
3	粗铣-精铣	IT7~IT10	1.6~6.3	
4	粗刨-精刨	IT7~IT10	1.6~6.3	
5	粗铣(刨)-拉	IT6~IT7	0.4~0.8	
6	粗铣(刨)-精铣(刨)-磨	IT5~IT6	0.2~0.8	钢、铸铁的中小零件的平面

## 五、选择表面加工方法应考虑的因素

1 工件材料的性质

3 选择加工方法要与  
生产类型相适应

2 工件的形状和尺寸

4. 具体的生产条件



## 一、拟定工艺过程的基本原则

机械加工工艺规程制定的基本原则是保证零件的加工质量，达到零件图样所提出的所有技术要求，并在此基础上具有较高的生产率和经济性，还应满足技术上的先进性、经济上的合理性和良好的劳动条件。



## 二、制订工艺规程的步骤

- (1)产品的零件图与装配图分析。
- (2)工艺性分析。
- (3)毛坯的选择。根据零件的材料、结构、生产节拍，选择毛坯的类型及其制造方法。
- (4)制定加工工艺路线。选择定位基准，确定加工方法，安排加工顺序以及安排热处理、检验和其他工序。
- (5)确定各工序所用的设备和工艺装备。
- (6)确定各主要工序的技术要求，分配各工序的加工余量，并计算各工序尺寸及其公差。
- (7)计算切削用量，估算工时定额。
- (8)确定各主要工序的检验方法。
- (9)评价各种工艺路线，进行技术经济分析，选择最佳方案。
- (10)填写工艺文件。

### 三、毛坯的选择

#### 1. 铸 件

铸件适用于制造形状复杂零件的毛坯。



#### 2. 锻 件

锻件适用于制造形状比较简单、强度要求高的毛坯。

#### 3. 型 材

型材适用于制造形状简单、尺寸变化不大的毛坯。

#### 4. 冲压件

冲压件适用于制造形状复杂、生产批量较大的中小尺寸板料毛坯。

#### 5. 冷挤压件

冷挤压件适用于制造形成简单、尺寸小、生产批量大的毛坯。

#### 6. 焊接件

焊接件适用于在单件小批生产中制造大型毛坯。

## 四、工艺路线的拟定

### 1. 加工方案的确定

- (1)被加工材料的性能及热处理要求。
- (2)加工表面的形状和尺寸。
- (3)本厂和本车间的现有设备情况、技术条件和工人技术水平。

### 2. 加工阶段的主要目标

- (1)粗加工阶段的主要目标是提高生产率。
- (2)半精加工阶段使主要表面达到一定的精度，留有一定的精加工余量，并可完成一些次要表面加工。
- (3)精加工阶段主要目标是全面保证加工质量。
- (4)在精整和光整加工阶段，对于精度要求很高( $IT 5$ 以上)、表面粗糙度值要求很小( $R_a < 0.2$ )的表面，尚需安排精整和光整加工阶段，其主要任务是减小表面粗糙度和进一步提高尺寸精度和形状精度，但一般没有提高表面间位置精度的作用。

## 四、工艺路线的拟定

### 3. 加工顺序的安排

(1) 机械加工工序的安排原则。

①基准先行。 ②先粗后精。 ③先主后次。 ④先面后孔。

(2) 热处理工序的安排

①预备热处理。 ②最终热处理。

(3) 检验工序的安排。

检验工序安排在粗加工之后，工件在转换车间之前，关键工序的前后，特种检验之前，全部加工结束之后。

(4) 辅助工序的安排

辅助工序主要有零件表面处理工序，特种检验，去毛刺、去磁、清洗等。

## 五、工序的集中与分散

### 1. 工序集中

- (1)可以采用高效机床和工艺装备，生产率高；
- (2)减少了设备数量以及操作工人人数和占地面积，节省人力和物力；
- (3)减少了工件安装次数，有利于保证表面间的位置精度；
- (4)采用的工装设备结构复杂，调整维修较困难，生产准备工作量大。

### 2. 工序分散

- (1)设备和工艺装备比较简单，便于调整，容易适应产品的变换；
- (2)对工人的技术要求较低；
- (3)可以采用最合理的切削用量，减少机动时间；
- (4)所需设备和工艺装备的数目多，操作工人多，占地面积大。

## 六、加工余量

### 1. 查表法

在确定加工余量时，可从手册中查得所需数据，然后结合本厂的实际情况进行适当的调整。该方法目前应用最为广泛。

### 2. 经验估计法

该法是根据实践经验来确定加工余量的。一般而言，为防止加工余量不足而产生废品，往往估计的余量都偏大，所以该法只适用于单件、小批量生产。

### 3. 分析计算法

分析计算法是根据加工余量计算公式和一定的试验资料，通过计算确定加工余量的一种方法。

## 七、时间定额

2 辅助时间

3 操作时间

1 基本时间

6 准备与终结时间

5 休息和生理卫生  
需要时间

4 服务时间



## 八、工艺文件



1 机械加工工  
艺过程卡片



2 机械加  
工工艺卡片



3 机械加工  
工序卡片



4 技术检查  
卡

## 第五部分 数控加工技术

Bubble  
tea

1. 识记内容:数控加工的安全操作规程; 数控机床的基本构成; 机床坐标及工件坐标系; 数控编程的基础知识。
2. 运用内容:能编制由直线、圆弧、斜面等要素组成的二维轮廓数控加工程序; 能进行对刀并确定相关坐标系; 能设置刀具参数。
3. 综合运用内容:能对数控机床进行正确操作和常规保养; 能根据给定零件的图样, 按要求合理选择毛坯、刀具、确定切削参数, 编制工艺文件, 编写数控加工程序。



## 一、安全操作基本注意事项

- (1)工作时，请穿好工作服、安全鞋，戴好工作帽及防护镜，注意，不允许戴手套操作机床；
- (2)注意不要移动或损坏安装在机床上的警告标牌；
- (3)注意不要在机床周围放置障碍物，工作空间应足够大；
- (4)某一项工作如需要两人或多人共同完成时，应注意相互间的协调一致；
- (5)不允许采用压缩空气清洗机床、电气柜及 N C 单。



## 二、工作前的准备工作

- (1)机床开始工作前要有预热，认真检查润滑系统工作是否正常，如机床长时间未开动，可先采用手动方式向各部分供油润滑；
- (2)使用的刀具应与机床允许的规格相符，有严重破损的刀具要及时更换；
- (3)调整刀具所用工具不要遗忘在机床内；
- (4)大尺寸轴类零件的中心孔是否合适，中心孔如太小，工作中易发生危险；
- (5)刀具安装好后应进行一、二次试切削；
- (6)检查卡盘夹紧工作的状态；
- (7)机床开动前，必须关好机床防护门。



## 三、工作过程中的安全注意事项

- (1)禁止用手接触刀尖和铁屑，铁屑必须要用铁钩子或毛刷来清理；
- (2)禁止用手或其他任何方式接触正在旋转的主轴、工件或其他运动部位；
- (3)禁止加工过程中量测量工件、手动变速，更不能用棉丝擦拭工件，也不能清扫机床；
- (4)车床运转中，操作者不得离开岗位，机床发现异常现象应立即停车；
- (5)经常检查轴承温度，温度过高时应找有关人员进行检查；
- (6)在加工过程中，不允许打开机床防护门；
- (7)严格遵守岗位责任制，机床由专人使用，他人使用须经本人同意；
- (8)工件伸出车床 100 mm 以外时，须在伸出位置设防护物。

## 四、工作完成后的注意事项

- (1)清除切屑，擦拭机床，使机床与环境保持清洁状态；
- (2)注意检查或更换磨损坏了的机床导轨上的油察板；
- (3)检查润滑油、冷却液的状态，及时添加或更换；
- (4)依次关掉机床操作面板上的电源和总电源。

## 一、数控机床的分类

### 1. 按工艺用途分类

按工艺用途分，数控机床主要有数控车床、数控铣床、数控磨床、数控镗床以及加工中心等。

### 2. 按运动方式分类

- (1)点位控制数控机床
- (2)直线运动控制数控机床
- (3)轮廓控制的数控机床

## 一、数控机床的分类

### 3. 按控制方式分类

#### (1)开环控制系统

它是指没有位置检测反馈装置的控制方式。

#### (2)半闭环控制系统

它在电动机轴或丝杆的端部装有角位移、角速度检测装置。

#### (3)闭环控制系统

闭环控制系统在机床最终的运动部件的相应位置安装直线或回转式检测装置。

## 二、数控机床组成

### 1. 程序的存储介质

- (1) 穿孔纸带(过时、淘汰);
- (2) 盒式磁带(过时、淘汰);
- (3) 软盘、磁盘、U 盘;
- (4) 通信工具。

## 二、数控机床组成

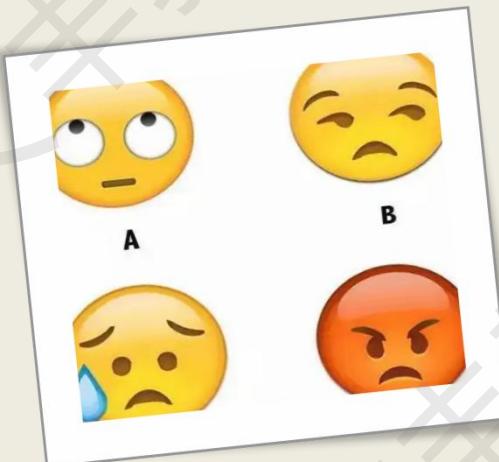
### 2. 输入/输出装置

- (1)对于穿孔纸带，配用光电阅读机(过时、淘汰);
- (2)对于盒式磁带，配用录放机(过时、淘汰);
- (3)对于软磁盘，配用软盘驱动器和驱动卡;
- (4)现代数控机床，还可以通过手动方式(m d i 方式);
- (5)D N C 网络通信、R S 2 3 2 串口通信。

## 二、数控机床组成

### 3. 数控系统(CNC 单元)

CNC 单元是数控机床的核心，是完成数字信息运算处理和控制的计算机。CNC 单元由信息的输入、处理和输出三个部分组成。



## 二、数控机床组成

### 4. 伺服系统

伺服系统由驱动器、驱动电动机组成，并与机床上的执行部件和机械传动部件组成数控机床的进给系统。它的作用是把来自数控装置的脉冲信号转换成机床移动部件的运动。对于步进电动机来说，每一个脉冲信号使电动机转过一个角度，进而带动机床移动部件移动一个微小距离。

## 二、数控机床组成

### 5. 位置反馈系统(检测反馈系统)

位置反馈系统能够实现伺服电动机的转角位移的反馈、数控机床执行机构(工作台)的位移反馈，包括光栅、旋转编码器、激光测距仪、磁栅等。反馈装置把检测结果转化为电信号反馈给数控装置，通过比较，计算实际位置与指令位置之间的偏差，并发出偏差指令控制执行部件的进给运动。

## 二、数控机床组成

### 6. 机床本体

- (1) 主运动部件;
- (2) 进给部件(工作台、刀架);
- (3) 基础支承件(床身、立柱等);
- (4) 辅助部分, 如液压、气动、冷却和润滑部分等;
- (5) 储备刀具的刀库, 自动换刀装置(A T C)。



## 一、程序编制的一般方法和步骤

程序编制及加工的一般方法和步骤如图 4-14 所示。

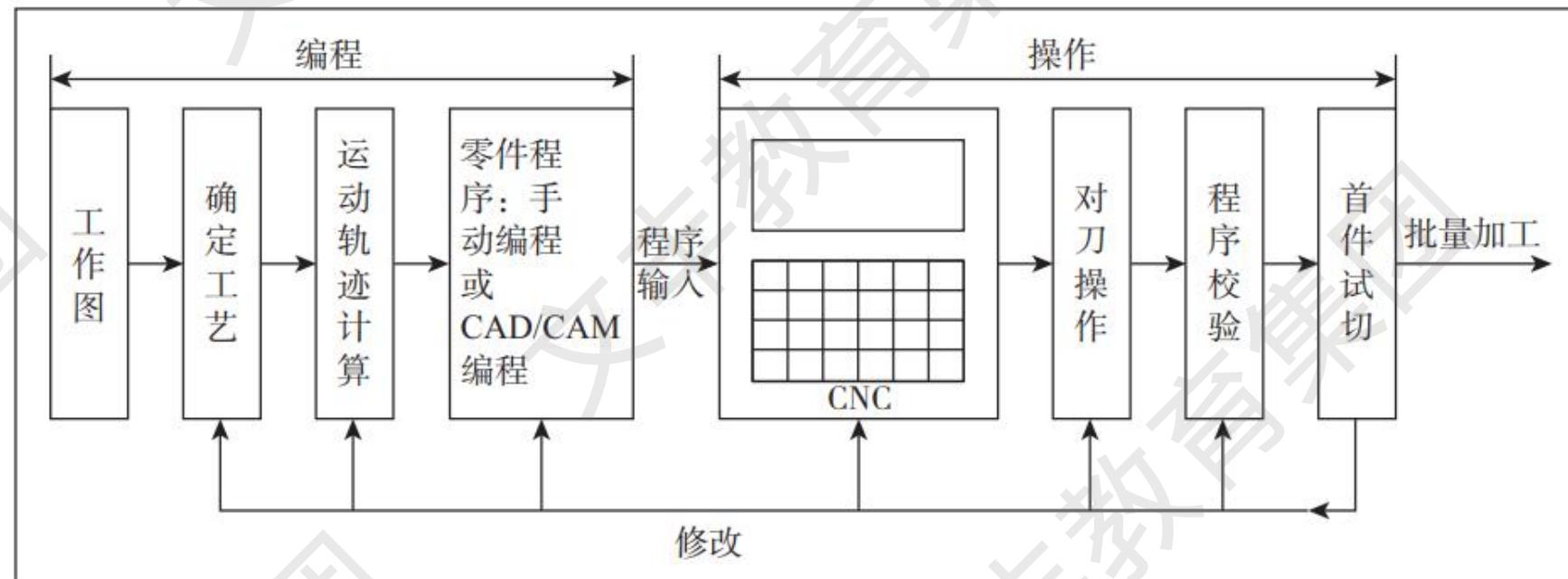


图 4-14 程序编制的一般步骤

## 二、程序构成

一个零件程序是由遵循一定结构、句法和格式规则的若干个程序段组成的，而每个程序段是由若干个指令字组成的，如图 4-15 所示。

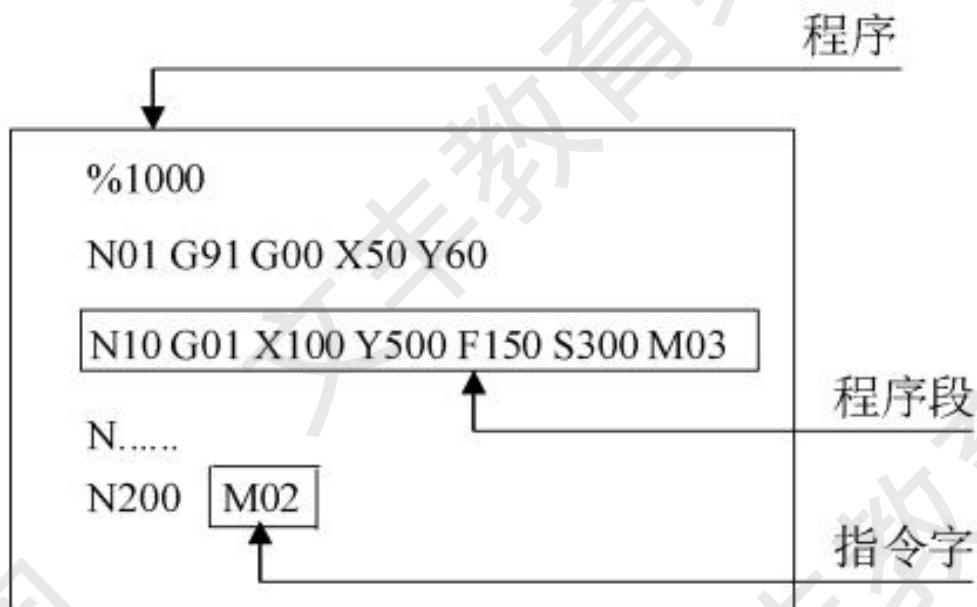


图 4-15 程序的结构

## 二、程序构成

### 1 指令字的格式

一个指令字是由地址符(指令字符)和带符号(如定义尺寸的字)或不带符号(如准备功能字 G 代码)的数字数据组成的。

表 4-8 指令字符一览表

机能	地址	意义
零件程序号	%	程序编号: %1~4294967295
程序段号	N	程序段编号: N0~4294967295
准备机能	G	指令动作方式(直线、圆弧等) G00~99
尺寸字	X, Y, Z A, B, C U, V, W	坐标轴的移动命令 ±99999.999
	R	圆弧的半径, 固定循环的参数
	I, J, K	圆心相对于起点的坐标, 固定循环的参数
进给速度	F	进给速度的指定 F0~24000
主轴机能	S	主轴旋转速度的指定 S0~9999
刀具机能	T	刀具编号的指定 T0~99
辅助机能	M	机床侧开/关控制的指定 M0~99
补偿号	D	刀具半径补偿号的指定 00~99
暂停	P, X	暂停时间的指定 秒
程序号的指定	P	子程序号的指定 P1~4294967295
重复次数	L	子程序的重复次数, 固定循环的重复次数
参数	P, Q, R, U, W, I, K, C, A	车削复合循环参数
倒角控制	C, R	

## 二、程序构成

### 2. 程序段的格式

一个程序段定义一个将由数控装置执行的指令行。

程序段的格式定义了每个程序段中功能字的句法，如图 4 - 16 所示。

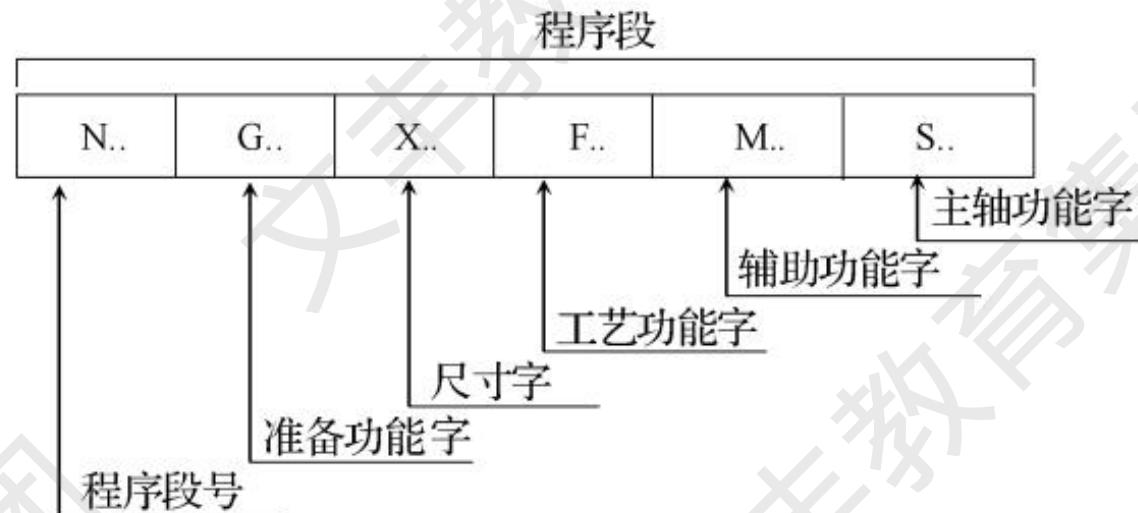


图 4-16 程序段格式

## 二、程序构成

### 3. 程序的一般结构

一个零件程序是按程序段的输入顺序执行的，而不是按程序段号的顺序执行的，但书写程序时，建议按升序书写程序段号。



(1)起始符

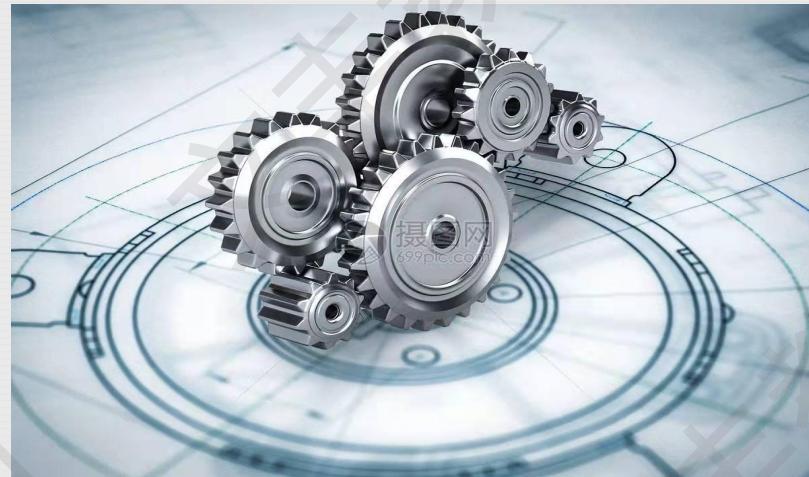
(2)程序结束

(3)注释符

## 二、程序构成

### 4. 程序的文件名

CNC 装置可以装入许多程序文件，以磁盘文件的方式读写，  
文件名格式为(有别于 DOS 的其他文件名): %或 O××××。



## 二、程序构成

### 5. 主程序与子程序

当在程序中多次出现相同的加工模式时，可把这个模式编辑成一个程序，以便重复调用，进而简化程序，该程序称为子程序。原来的程序称为主程序。



### 三、辅助功能—M 代码

辅助功能由地址字 M 和其后的一或两位数字组成，主要用于控制零件程序的走向，以及机床各种辅助功能的开关动作。M 功能有非模态 M 功能和模态 M 功能两种形式 M 代码及功能见表 4-9。

表 4-9 M 代码及功能

代码	模态	功能说明	代码	模态	功能说明
M00	非模态	程序暂停	M03	模态	主轴正转起动
M02	非模态	程序结束	M04	模态	主轴反转起动
M30	非模态	程序结束并返回程序起点	M05	模态	主轴停止转动
M98	非模态	调用子程序	M06	非模态	换刀
M99	非模态	子程序结束	M07	模态	切削液打开
			M09	模态	切削液停止

### 三、辅助功能—M 代码



- 1 程序暂停 M00
- 2 程序结束 M02
- 3 程序结束并返回到零件程序头 M30
- 4 子程序调用 M98 及从子程序返回 M99
- 5 主轴控制指令 M03、M04、M05
- 6 换刀指令 M06
- 7 冷却液打开、停止指令 M07、M08、M09
- 8 主轴功能 S、进给功能 F 和刀具功能 T

## 四、准备功能(G 代码)

### 1. 尺寸单位选择 G 2 0、G 2 1

**格式:** G 2 0 G 2 1

**说明:** G 2 0:英制输入制式; G 2 1:公制输入制式。

两种制式下线性轴、旋转轴的尺寸单位见表 4 - 1 0。



表 4-10 尺寸输入制式及其单位

	线性轴	旋转轴
英制(G20)	英寸	度
公制(G21)	毫米	度

## 四、准备功能(G 代码)

### 2. 进给速度单位的设定 G 9 4、G 9 5

**格式:** G 9 4 [ F \_ ];  
G 9 5 [ F \_ ];

**说明:**

G 9 4:每分钟进给(单位:mm / m i n 或 i n / m i n); G 9 5:每转进给  
(单位:mm / r 或 i n / r)。

**G 9 4、G 9 5 为模态功能, 可相互注销, G 9 4 为缺省值。**



## 四、准备功能(G 代码)

### 3. 绝对值编程 G 9 0 与相对值编程 G 9 1

**格式: G 9 0 G 9 1。**

**G 9 0:**绝对值编程, 每个编程坐标轴上的编程值是相对于程序原点的。

**G 9 1:**相对值编程, 每个编程坐标轴上的编程值是相对于前一位置而言的, 该值等于沿轴移动的距离。

如图 4 - 17 所示, 使用 G 9 0、G 9 1 编程:要求刀具由原点按顺序移动到 1、2、3 点。

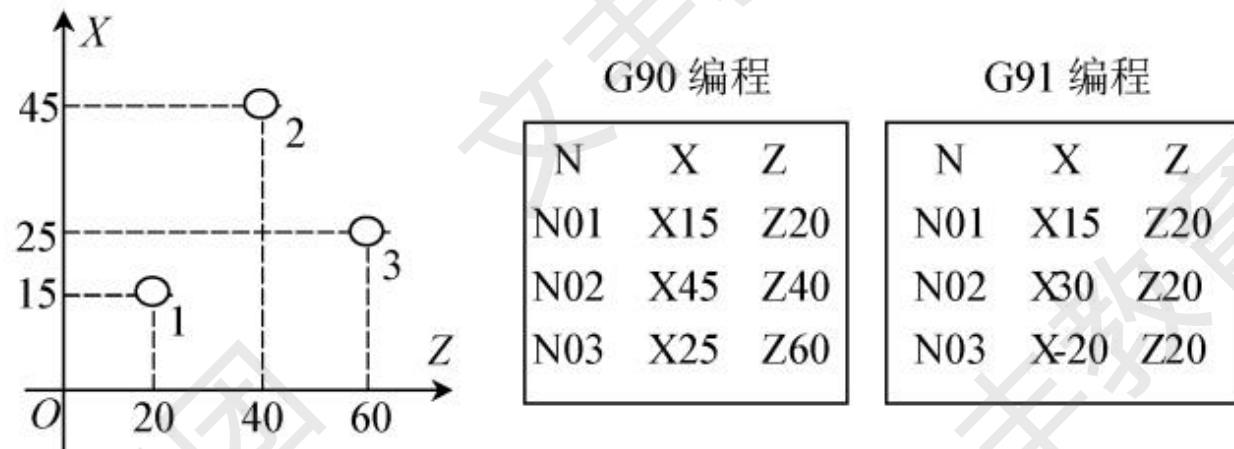


图 4-17 G90、G91 编程

## 四、准备功能(G 代码)

### 4. 工件坐标系设定 G 9 2

格式: G 9 2 X \_ Z \_

说明: X、Z: 设定的工件坐标系原点到刀具起点的有向距离。

G 9 2 指令通过设定刀具起点(对刀点)与坐标系原点的相对位置建立工件坐标系。工件坐标系一旦建立, 绝对值编程时的指令值就是在此坐标系中的坐标值。

使用 G 9 2 编程, 建立如图 4-18 所示的工件坐标系。

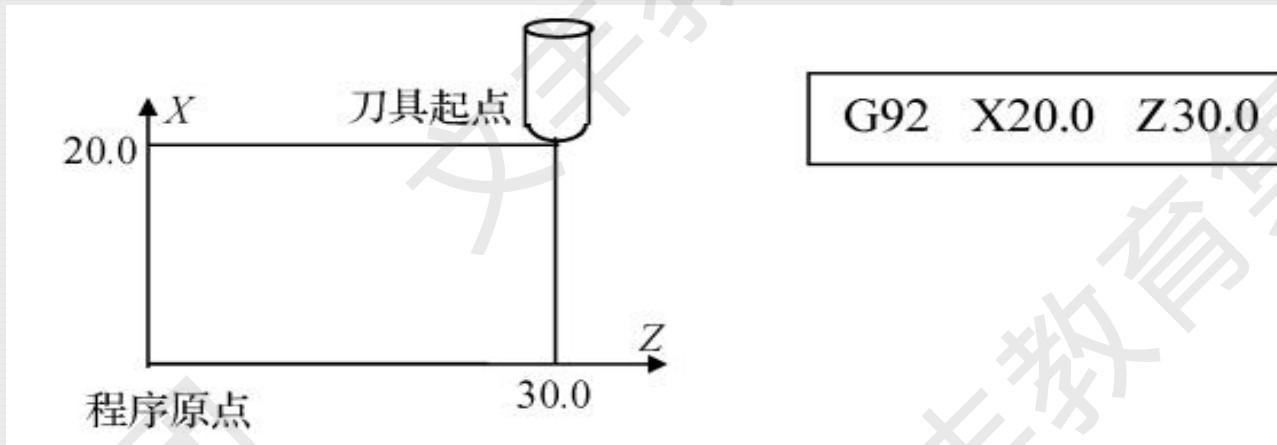


图 4-18 工件坐标系的建立

## 四、准备功能(G 代码)

### 5. 工件坐标系选择 G 54 ~ G 59

**格式:**G 54 ~ G 59

**说明:**G 54 ~ G 59 是系统预定的 6 个工件坐标系(如图 4 - 19) 可根据需要任意选用。G 54 ~ G 59 为模态功能 可相互注销 G 54 为缺省值。

如图 4 - 20 所示 使用工件坐标系编程:要求刀具从当前点移动到 A 点 再从 A 点移动到 B 点。

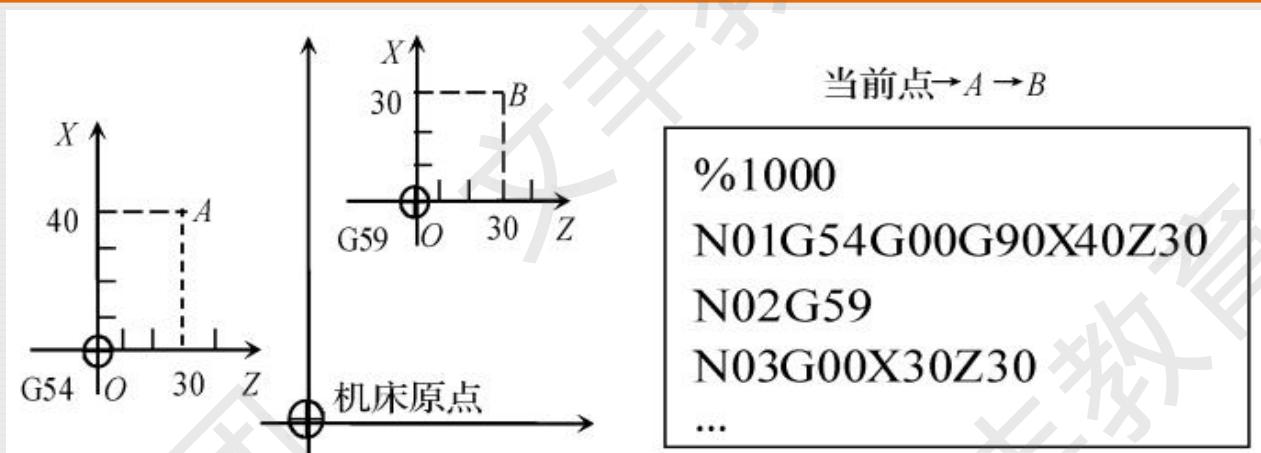


图 4-20 使用工件坐标系编程

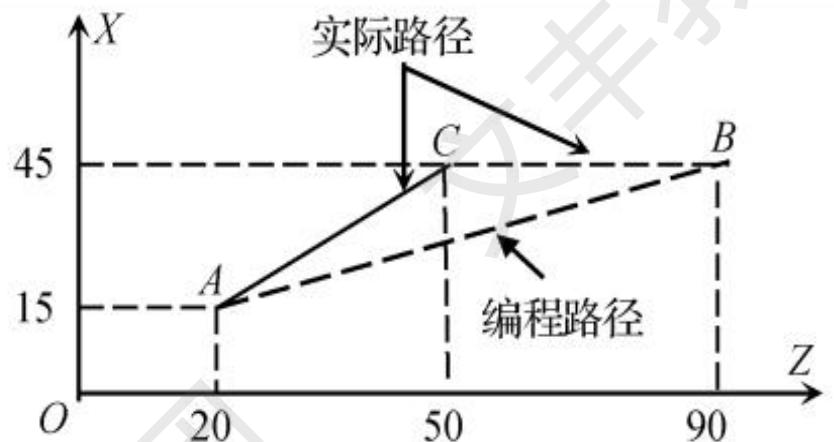
### 四、准备功能(G 代码)

#### 6. 快速定位 G 0 0

格式: G 0 0 X \_ Z \_

说明:X、Z 为快速定位终点, 在 G 90 时为终点在工件坐标系中的坐标; 在 G 91 时为终点相对于起点的位移量。

如图 4 - 2 1 所示, 使用 G 0 0 编程, 要求刀具从 A 点快速定位到 B 点。



从A到B快速定位

绝对值编程:

G90 G00 X45 Z90

增量值编程:

G91 G00 X30 Z70

图 4-21 G00 编程

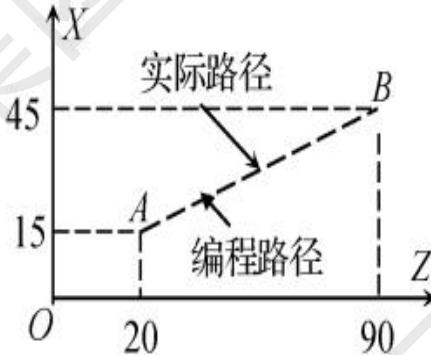
## 四、准备功能(G 代码)

### 7. 线性进给

格式: G 0 1 X \_ Z \_ F \_ ;

说明:X、Z:线性进给终点,在G 90时为终点在工件坐标系中的坐标,在G 91时为终点相对于起点的位移量。

如图4-22所示,使用G 0 1 编程,要求从A点线性进给到B点(此时的进给路线是从A→B的直线)。如图4-23所示,用直线插补指令编程。



从A到B线性进给  
绝对值编程:  
G90 G01 X45Z90F800  
增量值编程:  
G91 G01 X30Z70F800

图 4-22 G01 编程

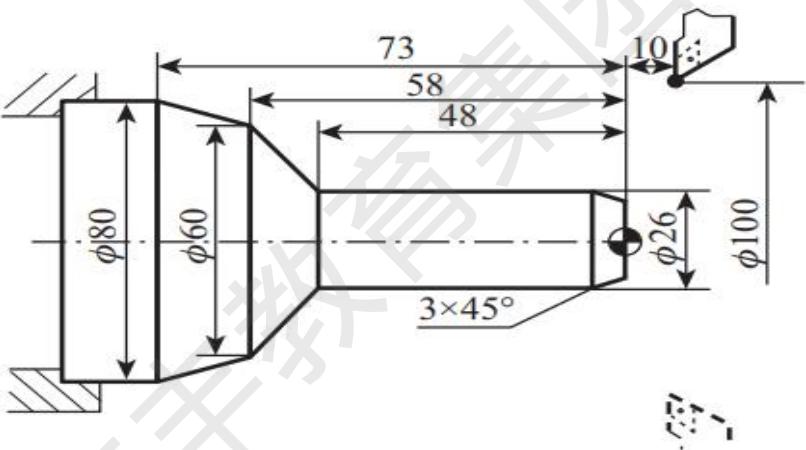


图 4-23

## 四、准备功能(G 代码)

### 8. 圆弧进给 G 0 2 / G 0 3

格式:  $\left\{ \begin{array}{l} G02 \\ G03 \end{array} \right\} X(U)_Z(W) - \left\{ \begin{array}{l} I_K \\ R \end{array} \right\} F -$

G 0 2: 顺时针圆弧插补(如图 4 - 2 4 所示);

G 0 3: 逆时针圆弧插补(如图 4 - 2 4 所示)。

使用 G 0 2 对图 4 - 2 6 所示劣弧 a 和优弧 b 编程。

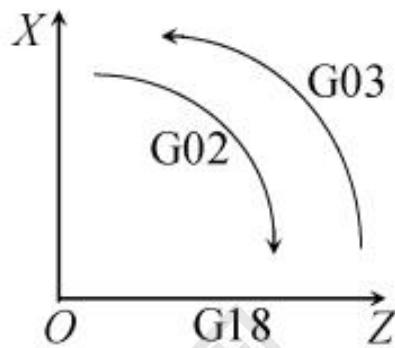


图 4-24 顺、逆时针圆弧插补

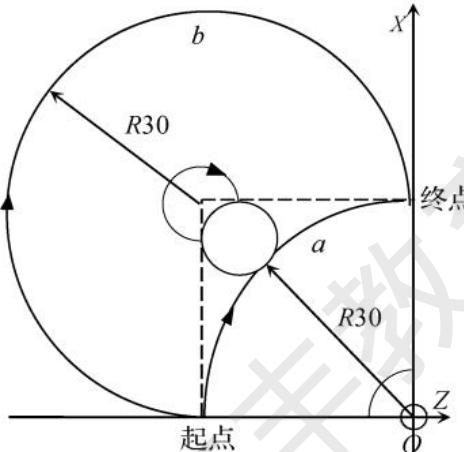


图 4-26 圆弧编程

#### 圆弧编程的 4 种方法组合

- |                             |
|-----------------------------|
| (1) 圆弧 a                    |
| G91 G02 X30 Z30 R30 F300    |
| G91 G02 X30 Z30 I0 K30 F300 |
| G90 G02 X30 Z0 R30 F300     |
| G90 G02 X30 Z0 I0 K30 F300  |
| (2) 圆弧 b                    |
| G91 G02 X30 Z30 R-30 F300   |
| G91 G02 X30 Z30 I30 K0 F300 |
| G90 G02 X30 Z0 R-30 F300    |
| G90 G02 X30 Z0 I30 K0 F300  |

## 四、准备功能(G 代码)

### 9. 螺纹切削(G 3 2)

格式: G 3 2 X \_ Z \_ F \_ P \_ R \_ E \_

X、Z:螺纹终点坐标(G 9 0), 螺纹终点相对起点距离(G 9 1)。

F:公制螺纹螺距(长轴方向上)。

P:螺纹起始点角度。

R:Z 方向退尾量, 增量指定, 如需免退刀槽, 参数可省略。

E:X 方向退尾量, 增量指定, 如需免退刀槽, 参数可省略。

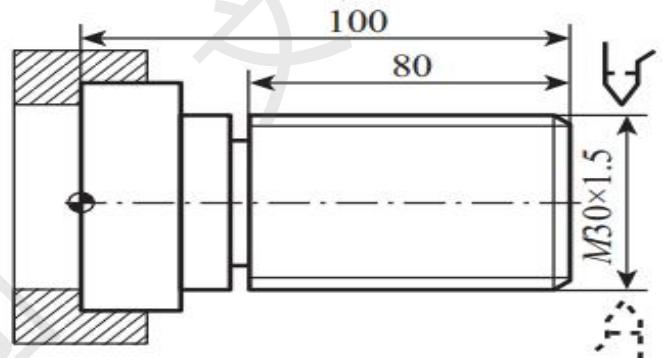


图 4-29

## 四、准备功能(G 代码)

### 10. 暂停指令 G 04

格式: G 04 P \_

P:暂停时间, 单位为 s。

G 04 在前一程序段的进给速度降到零之后才开始暂停动作。

G 04 为非模态指令, 仅在其被规定的程序段中有效。

G 04 可使刀具短暂停留, 以获得圆整而光滑的表面, 该指令除用于切槽、钻镗孔外, 还可用于拐角轨迹控制。

## 四、准备功能(G 代码)

### 11. 自动返回参考点 G 28

格式: G 28 X \_ Z \_

X、Z:回参考点时经过的中间点(非参考点),在G 90时为中间点在工件坐标系中的坐标;在G 91时为中间点相对于起点的位移量。

G 28 指令首先使所有的编程轴都快速定位到中间点,然后再从中间点返回到参考点。一般,G 28 指令用于刀具自动更换或者消除机械误差,在执行该指令之前应取消刀尖半径补偿。

在 G 28 的程序段中不仅产生坐标轴移动指令,而且记忆了中间点坐标值,以供 G 29 使用。

G 28 指令仅在其被规定的程序段中有效。

## 四、准备功能(G 代码)

### 12. 自动从参考点返回 G29

格式: G29 X\_ Z\_

用 G28、G29 对图 4-30 所示的路径编程, 要求由 A 经过中间点 B 并返回参考点, 然后从参考点经由中间点 B 返回到 C。

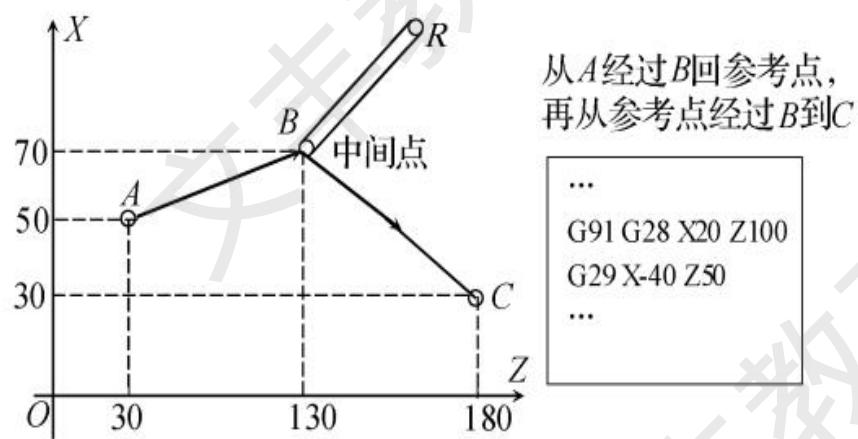


图 4-30 G28/G29 编程

## 四、准备功能(G 代码)

### 13. 柱面内(外)径切削循环

格式: G 80 X \_ Z \_ F \_

增量值编程时, 为切削终点 C 相对于循环起点 A 的有向距离<sup>†</sup> 其符号由轨迹 1 和 2 的方向确定。该指令执行如图 4 - 31 所示, A→B→C→D→A 的轨迹动作如图 4 - 32 所示。用 G 80 指令编程, 点画线代表毛坯。

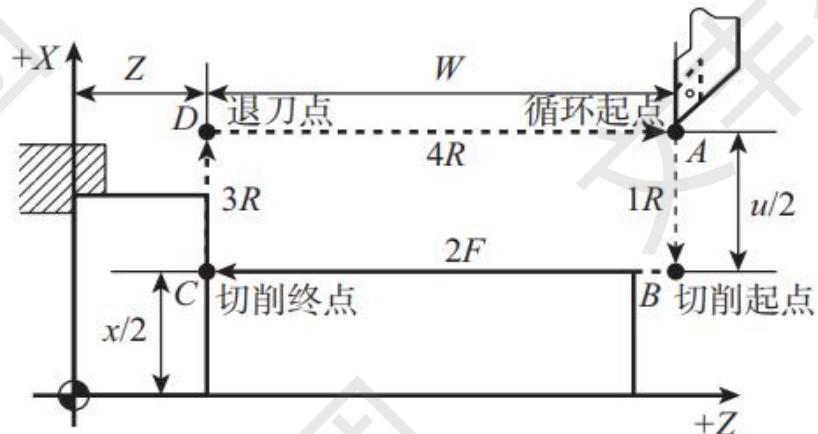


图 4-31 柱面内(外)径切削循环

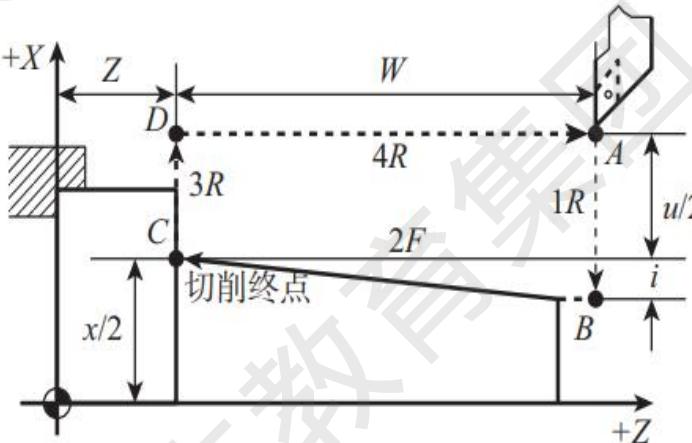


图 4-32 圆锥面内(外)径切削循环

## 四、准备功能(G 代码)

### 1 4. 圆锥面内(外)径切削循环

格式: G 8 0 X(U)\_ Z(W)\_ I\_ F\_

X、Z: 绝对值编程时, 为切削终点 C 在工件坐标系下的坐标。

该指令执行如图 4 - 3 2 所示 A→B→C→D→A 的轨迹动作。

如图 4 - 3 3 所示, 用圆锥面内(外)径切削循环编程。

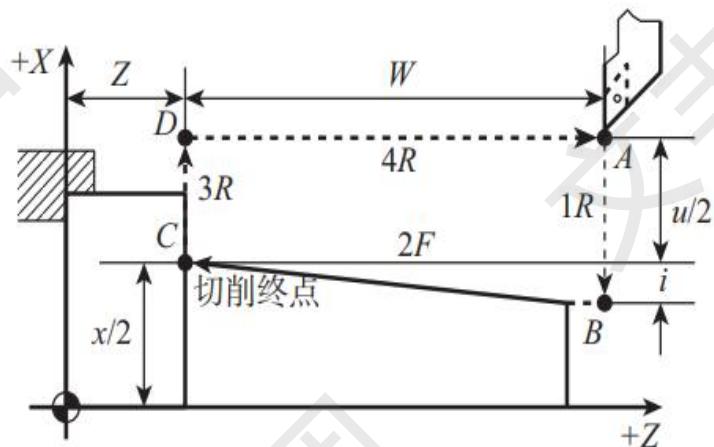


图 4-32 圆锥面内(外)径切削循环

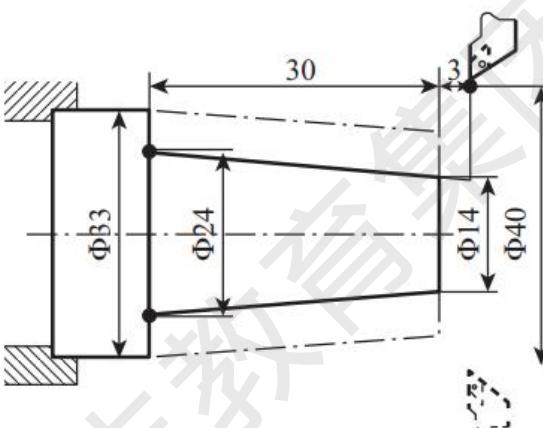


图 4-33 圆锥面内(外)径切削循环编程

### 五、刀具补偿功能

#### 1. 车床(T)刀具补偿功能

##### (1) 刀具偏置的 T 代码

刀具的补偿功能由 T 代码指定，其后的 4 位数字分别表示选择的刀具号和刀具偏置补偿号。如图 4-34 所示，T 加补偿号表示开始偏置功能，偏置号为 00 表示偏置量为 0，即取消偏置功能。

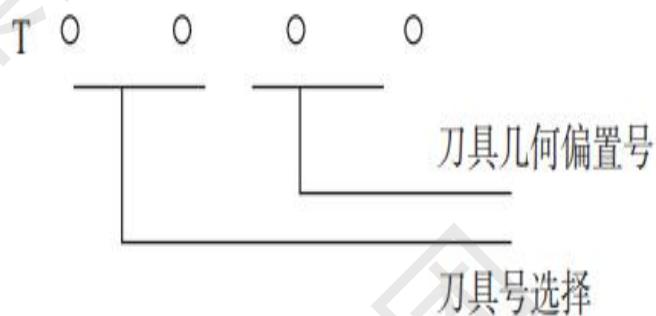


图 4-34 刀具偏置的 T 代码

### 五、刀具补偿功能

#### 1. 车床(T)刀具补偿功能

##### (2) 刀具偏置补偿

###### ① 绝对补偿方式。

各刀刀位点相对工件零点的距离不同，但各自建立的坐标系均与工件坐标系(编程)重合，如图 4-35 所示。

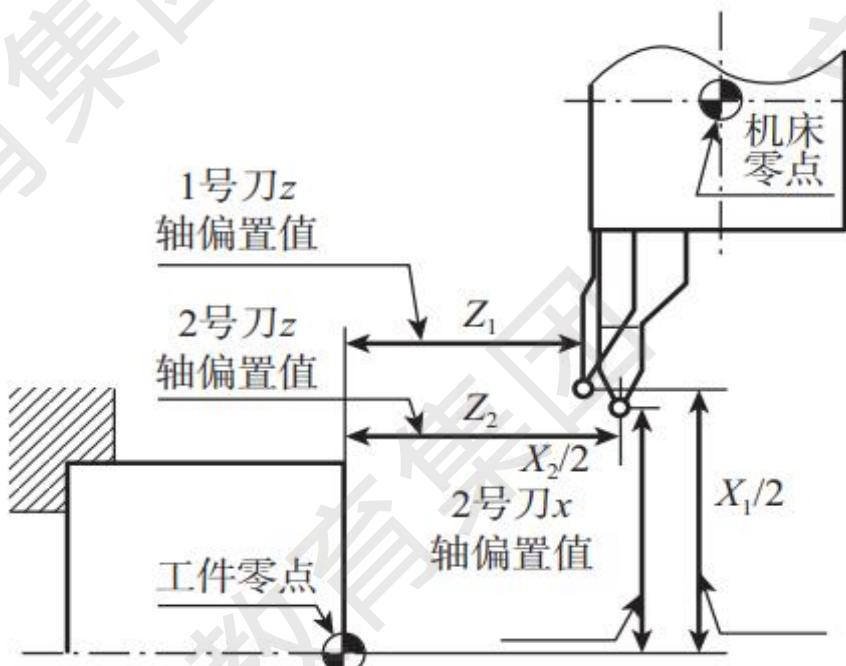


图 4-35 绝对补偿方式

## 五、刀具补偿功能

### 1. 车床(T)刀具补偿功能

#### (2) 刀具偏置补偿

##### ② 相对补偿方式。

对刀时，确定一把刀为标准刀具，并以其刀尖位置 A 为依据建立坐标系，这样当其他过刀转到加工位置时，刀尖位置 B 相对于标刀刀尖位置 A 就会出现偏置，原来建立的坐标系就不再适用，因此应对非标刀具相对于标准刀具之间的  $\Delta X$ 、 $\Delta C$  进行补偿，使刀尖位置 B 移动到 A，如图 4-36 所示。

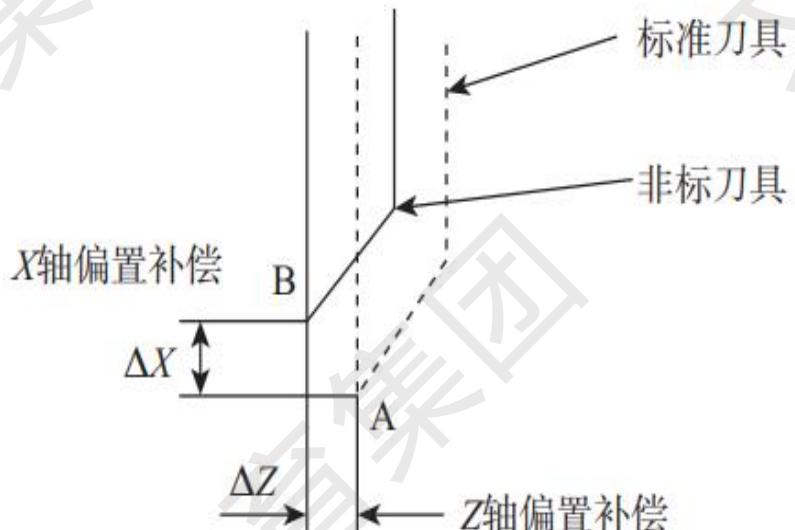


图 4-36 相对补偿方式

### 五、刀具补偿功能

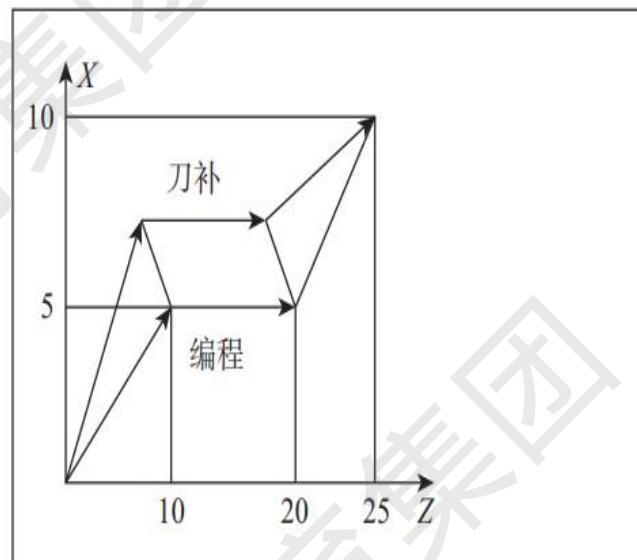
#### 1. 车床(T)刀具补偿功能

##### (2) 刀具偏置补偿

##### ③ 刀具磨损补偿。

刀具使用一段时间后磨损，也会使产品尺寸产生误差，因此需要对其进行补偿。

如图 4 - 37 所示，先建立刀具偏置磨损补偿，后取消刀具偏置磨损补偿。



T0202  
G01  
X50  
Z100  
Z200  
X100 Z250  
T0200

图 4-37

### 五、刀具补偿功能

#### 1. 车床(T)刀具补偿功能

##### (2) 刀具偏置补偿

④ 车床(T) 刀尖半径补偿。

格式:(G 4 0, G 4 1, G 4 2)

说明:G 4 0:取消刀尖半径补偿;

G 4 1:左刀补(在刀具前进方向左侧补偿);

G 4 2:右刀补(在刀具前进方向右侧补偿), 如

图 4 - 38 所示。

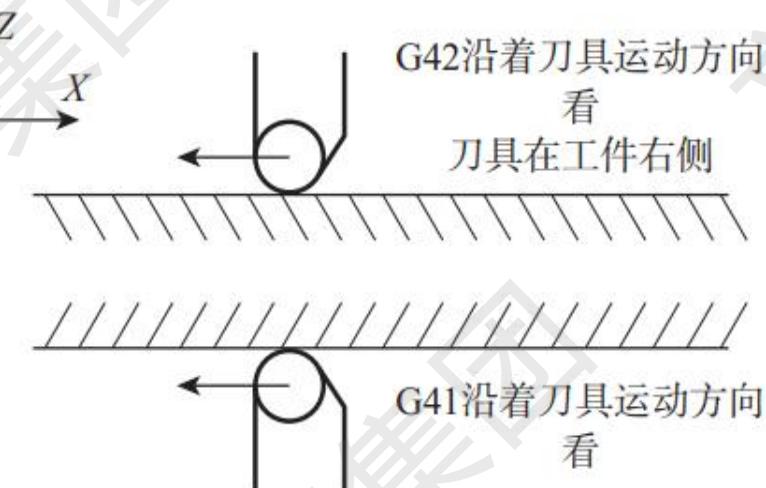


图 4-38 刀尖半径补偿(T)

### 五、刀具补偿功能

#### 2. 铣床(M)刀具补偿功能

(1) 刀具半径补偿 铣床(M)(G40, G41, G42)

① 格式:  $\left\{ \begin{array}{l} G17 \\ G18 \\ G19 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} G40 \\ G41 \\ G42 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} G00 \\ G01 \end{array} \right. X\_ Y\_ Z\_ D\_$

G 4 1: 向刀具移动方向的左侧进行偏置, 如图 4 - 4 0 (a) 所示。

G 4 2: 向刀具移动方向的右侧进行偏置, 如图 4 - 4 0 (b) 所示。

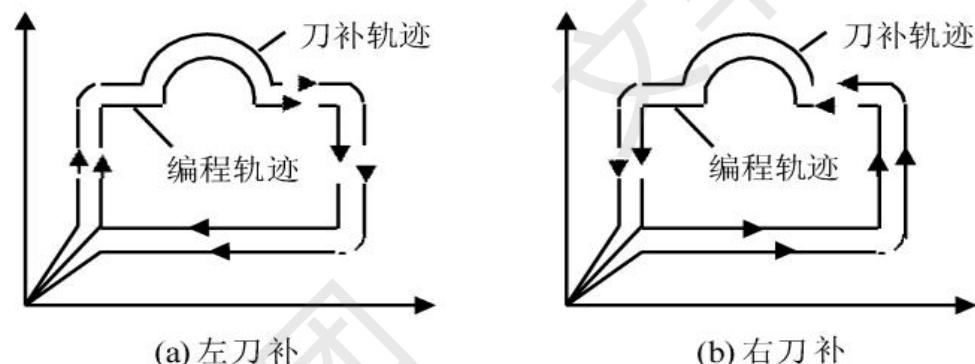


图 4-40 刀具半径补偿(M)



## 五、刀具补偿功能

### 2. 铣床(M)刀具补偿功能

#### (1) 刀具半径补偿 铣床(M)(G 40, G 41, G 42)

② 刀补建立与取消。

通过 G 00 或 G 01 指令来建立或取消半径补偿。如果指定圆弧插补(G 02、G 03)来建立或取消刀补，将发生报警。

③ 刀具半径补偿量的指定。

利用 D 代码，通过指定刀具半径补偿量的编号，指定刀具半径补偿量。在另一 D 代码被指定之前，D 代码一直有效。

如图 4-41 所示

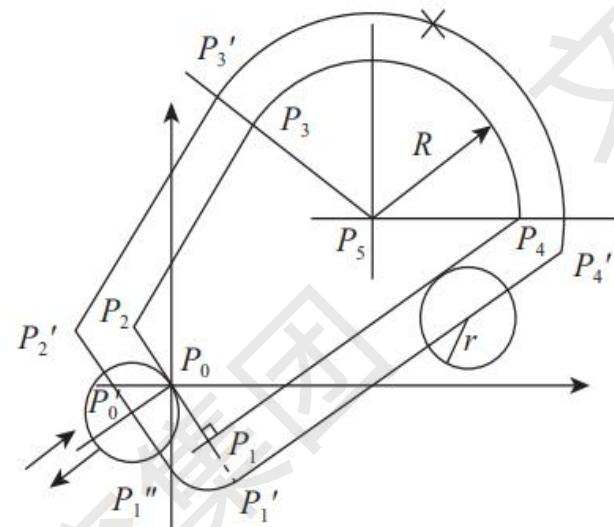


图 4-41 例 13 题

### 五、刀具补偿功能

#### 2. 铣床(M)刀具补偿功能

##### (2) 刀具长度补偿(M)(G 43, G 44, G 49)

编程时指定的刀具长度与实际使用的刀具的长度不一定相等，它们之间有一个差值，为了操作及编程方便，可以将该差值存储于 C N C 的刀具偏置存储器中，然后用刀具长度补偿代码补偿该差值。

如图 4-42 所示。

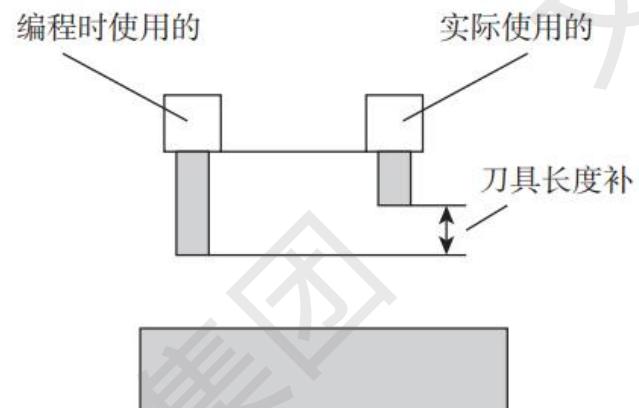


图 4-42 刀具长度补偿 (M)

## 五、刀具补偿功能

### 2. 铣床(M)刀具补偿功能

格式:G 4 3 / G 4 4 Z \_ H

G 9 0 G 4 3 Z 1 0 0 H 0 1, Z 将达到 1 2 0;

G 9 0 G 4 3 Z 1 0 0 H 0 2, Z 将达到 1 3 0。

【例 15】考虑刀具长度补偿, 编制如图 4 - 4 3 所示零件的加工程序: 要求建立如图 4 - 4 3 所示的工件坐标系, 按箭头所指示的路径进行加工。

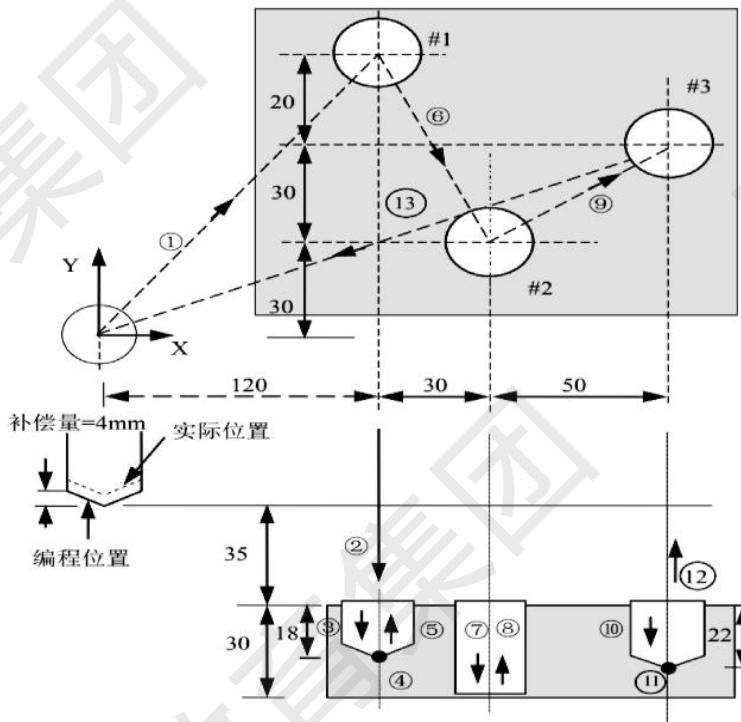


图 4-43 例 14 图

## 六、刀具参数设置

### 1. 刀补数据[T(车)系列]

#### (1) 手工填写法

MDI 手工输入刀补数据如图 4-44 所示。

#### (2) 试切法

试切法指的是通过试切，由试切直径和试切长度来计算刀具偏置值的方法。



图 4-44 MDI 手工输入刀补数据

## 六、刀具参数设置

### 2. 刀补数据[M(铣)系列]

MDI 手工输入刀补数据

如图 4-45 所示。



图 4-45 刀补数据 [M(铣)系列]

## 七、坐标系设置

### 1. 车床(T系列)

- (1) 手动输入坐标系偏置值, MDI 手动输入坐标系数据如图 4-46 所示。
- (2) 自动设置坐标系偏置值如图 4-47 所示。



图 4-46 手动输入坐标系偏置值



图 4-47 自动设置坐标系偏置值

### 七、坐标系设置

#### 1. 车床(T 系列)

(3)选择“X 轴对刀”，如图 4-49 所示。

(4)输入试切工件直径值，如图 4-50 所示。



图 4-49 选择 X 轴对刀

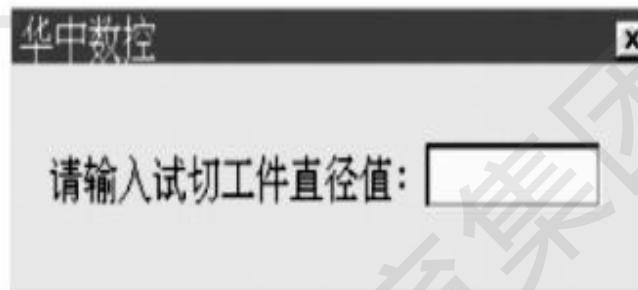


图 4-50 输入试切工件直径值

### 七、坐标系设置

#### 1. 车床(T 系列)

- (5)选择一把已设置好刀具参数的刀具试切工件端面，然后沿着 X 轴方向退刀。
- (6)选择“Z 轴对刀”。
- (7)输入试切端面到所选坐标系的 Z 轴零点的距离，如图 4-51 所示。

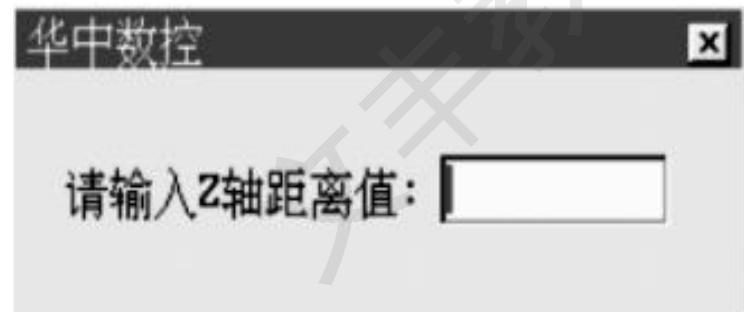


图 4-51 输入 Z 轴零点的距离

## 七、坐标系设置

### 2. 铣床(M 系列)

MDI 手动输入坐标系数据，如图 4 - 5 2 所示。

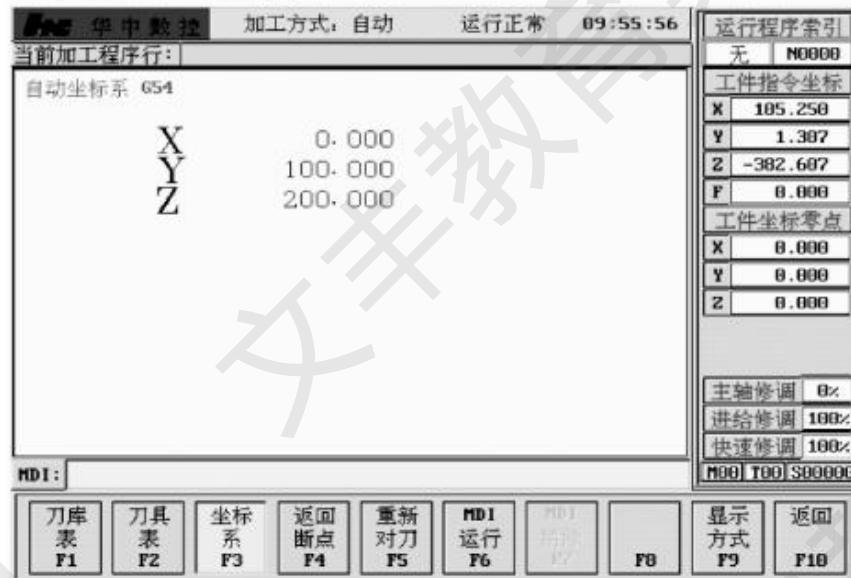


图 4-52 手动输入坐标系数据 (M 系列)

## 八、综合运用

### 2. 铣床(M 系列)

如图 4 - 5 3 所示, 在数控车床上精加工图示零件的外轮廓(不含端面)。请编制加工程序。某零件的外形轮廓如图 4 - 5 4 所示, 厚度为 6 mm。

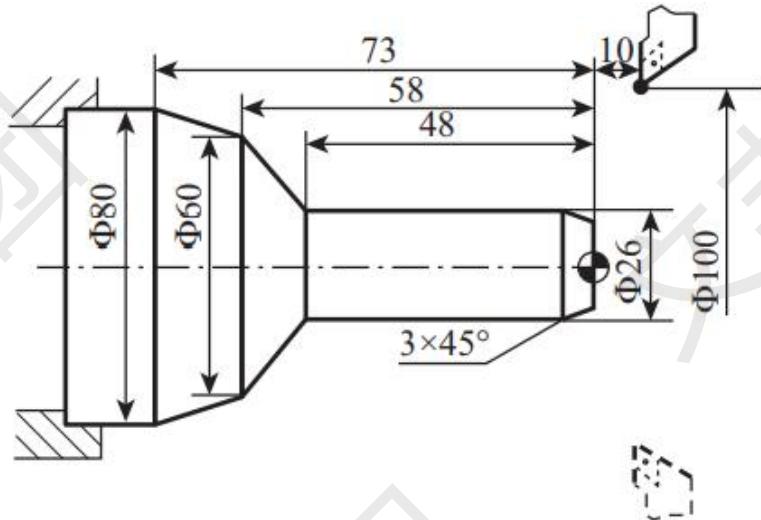


图 4-53

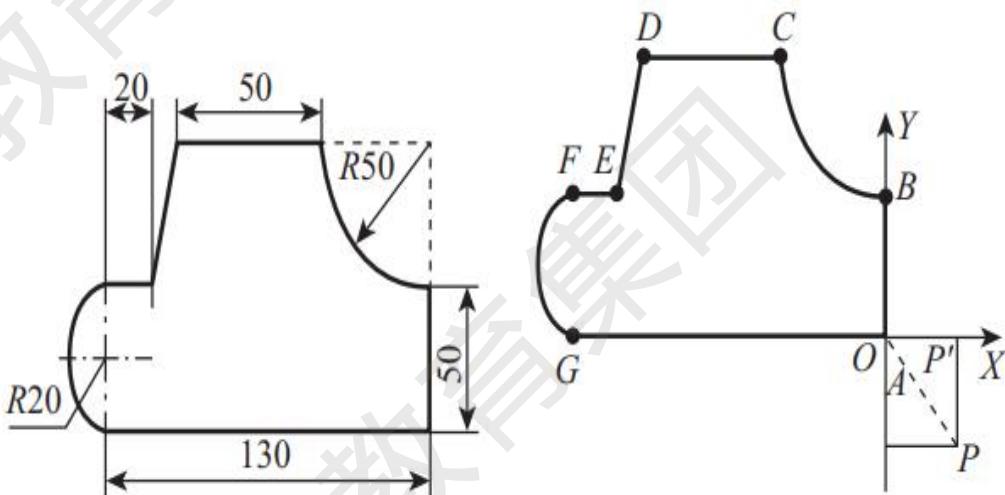


图 4-54

谢谢观赏！

