

## 第 3 章

# 金属切削机床的基本知识

### ▲ 知识点

- 机床型号编制
- 工件表面成形和运动分析
- 机床传动联系及原理

### ▲ 本章导读

本章主要介绍金属切削机床的分类方法及其型号编制,然后阐述工件表面的成形原理、成形方法以及机床的运动分析,最后简单介绍机床的传动联系和传动原理。

## 3.1 金属切削机床的分类与型号编制

金属切削机床(简称机床)是用切削的方法将金属毛坯加工成机器零件的机器,是制造机器的机器,又称为“工作母机”,习惯上称为机床。

金属切削机床的品种和规格繁多,为便于区别、使用和管理,国家制定了标准对机床进行分类和编制型号。

### 3.1.1 金属切削机床的分类

机床的传统分类方法,主要是按加工性质和所用刀具进行分类。根据我国制定的机床型号编制方法,目前将机床分为车床、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、锯床以及其他机床。每一类机床又按工艺范围、布局形式和结构等分为 10 个组,每一组又细分为若干系(系列)。

在上述基本分类方法的基础上,还可以根据机床其他特征进一步区分。

(1) 同类机床按应用范围(通用性程度)又可分为通用机床、专门化机床和专用机床。

① 通用机床 它可用于加工多种零件的不同工序,加工范围较广,通用性较大,但结构比较复杂。这种机床主要适用于单件小批量生产,例如卧式车床、万能升降台铣床等。

② 专门化机床 它的工艺范围较窄,专门用于加工某一类或几类零件的某一道(或几

道)特定工序,如曲轴车床、凸轮轴车床等。

③ 专用机床 它的工艺范围最窄,只能用于加工某一种零件的某一道特定工序,适用于大批量生产,如机床主轴箱的专用镗床、车床导轨的专用磨床和各种组合机床等。

(2) 同类型机床按工作精度可分为普通精度机床、精密机床和高精度机床。

(3) 按自动化程度分为手动、机动、半自动和自动机床。

(4) 按质量与尺寸分为仪表机床、中型机床(一般机床)、大型机床(质量达 10 t)、重型机床(大于 30 t)和超重型机床(大于 100 t)。

随着机床的发展,其分类方法也将不断变化。现代机床正向数控化方向发展,数控机床的功能日趋多样化。现在的数控机床已经集中了越来越多的传统机床的功能。例如,数控车床在卧式车床功能的基础上,集中了转塔车床、仿形车床、自动车床等多种车床的功能;车削中心在数控车床功能的基础上,又加入了钻、铣、镗等类机床的功能,并对主轴进行伺服控制(C轴控制)。又如,具有自动换刀功能的镗铣加工中心机床,集中了钻、镗、铣等多种类型机床的功能,习惯上称为“加工中心”(machining center),有的加工中心的主轴既能立式又能卧式,集中了立式加工中心和卧式加工中心的功能。可见,机床数控化引起了机床传统分类方法的变化,这种变化主要表现在机床品种不是越分越细,而是趋向综合。

### 3.1.2 金属切削机床的型号编制方法

机床的型号是赋予每种机床的一个代号,用以简明地表示机床的类型、通用特性和结构特性、主要技术参数等内容。我国现在最新的机床型号,是按 2008 年颁布的《金属切削机床型号编制方法》(GB/T 15375—2008)编制的。该标准规定,机床型号由汉语拼音字母和阿拉伯数字按一定的规律组合而成。

#### 1. 通用机床的型号编制

通用机床型号由基本部分和辅助部分组成,中间用“/”隔开,前者需要统一管理,后者纳入型号与否由企业自定。型号构成如图 3-1 所示。

##### 1) 机床的分类及类代号

机床按工作原理分为车床、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、锯床及其他机床 11 类。机床的类代号用大写的汉语拼音字母表示,见表 3-1。必要时每类可分为若干分类,分类代号在类代号之前,作为型号的首位,用阿拉伯数字表示(第一分类代号前的“1”省略),见表 3-1 中的磨床。

表 3-1 机床的类别和分类代号

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

##### 2) 通用特性代号和结构特性代号

这两种特性代号用大写的汉语拼音字母表示,位于类代号之后。

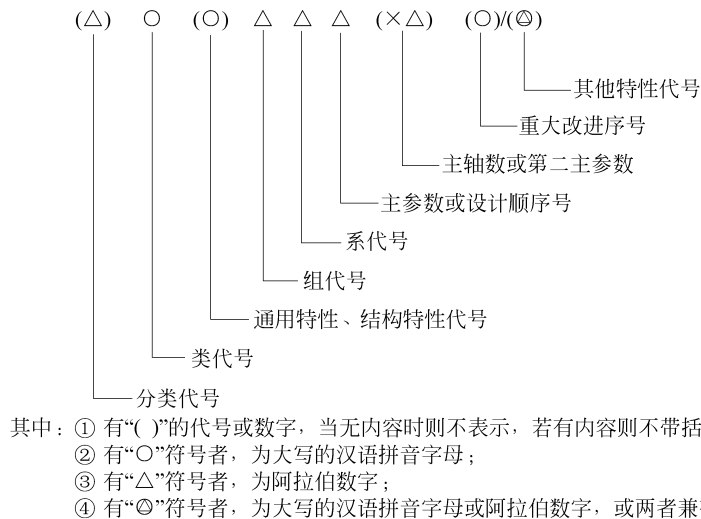


图 3-1 机床型号表示方法

(1) 通用特性代号 有统一的固定含义，在各类机床的型号中表示的意义相同，如表 3-2 所示。当某类机床除有普通型外还有下列某种通用特性时，在类代号之后加通用特性代号予以区分。如果某类机床仅有某种通用特性而无普通形式，通用特性不予表示。当在一个型号中需同时使用 2~3 个通用特性代号时，一般按重要程度排列顺序。

表 3-2 机床的通用特性代号

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 对主参数值相同而结构、性能不同的机床，在型号中加结构特性代号予以区分，它在型号中没有统一的含义，只在同类机床中起区分机床结构、性能的作用。当型号中已有通用特性代号时，结构特性代号应排在通用特性代号之后。

### 3) 机床组、系的划分原则及代号

每类机床划分为 10 个组，每组使用一位阿拉伯数字表示，位于类代号或通用特性代号和结构特性代号之后。每组又划分为 10 个系(系列)，每个系列用一位阿拉伯数字表示，位于组代号之后。机床的类、组划分如表 3-3 所示。

### 4) 主参数的表示方法

机床型号中主参数用折算值(主参数乘以折算系数，一般取两位数字)表示，位于系代号之后。机床的统一名称和组、系划分，以及型号中主参数的表示方法，见 GB/T 15375—2008 的“金属切削机床统一名称和类、组、系划分表”。

### 5) 机床的重大改进序号

当机床的结构、性能有更高的要求，并需按新产品重新设计、试制和鉴定时，按改进的先后顺序在型号基本部分的尾部加 A、B、C、… 英文字母(I、O 两个字母不得选用)，以区别原机

表 3-3 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、半自动车床	多轴自动、半自动车床	回轮、转塔车床	曲轴及凸轴车床	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	铰钻床	中心孔钻床	其他钻床
镗床 T	—	—	深孔镗床	—	坐标镗床	立式镗床	卧式镗床	精镗床	汽车、拖拉机修理用镗床	其他镗床
磨床	M	仪表磨床	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
	2M	—	内圆研磨机	外圆及其他研磨机	抛光机	砂带抛光及磨削机床	刀具刃磨及研磨机床	可转位刀片磨削机床	研磨机	其他磨床
	3M	—	滚子轴承套圈滚道磨床	轴承套圈超精机床	—	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	—	—	锥齿轮加工机	滚齿及铣齿机	剃齿及研齿机	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
刨插床 B	—	悬臂刨床	龙门刨床	—	—	插床	牛头刨床	—	边缘及模具刨床	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	键槽及螺纹拉床	其他拉床
锯床 G	—	—	砂轮片锯床	—	卧式带锯床	立式带锯床	圆锯床	弓锯床	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	—	—	—

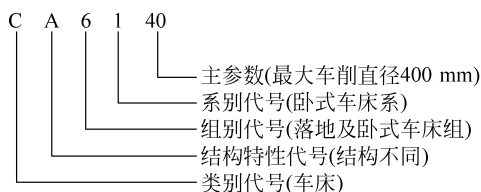
床型号。

#### 6) 其他特性代号

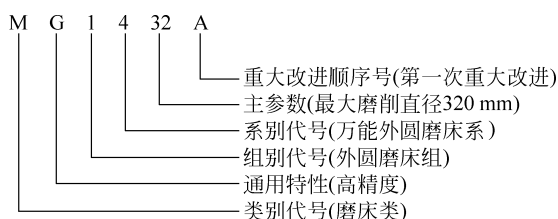
用以反映各类机床的特性,用数字、字母或阿拉伯数字来表示。

通用机床型号的编制方法举例如下:

#### 例 3-1 CA6140 型卧式车床



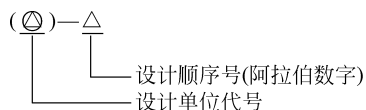
#### 例 3-2 MG1432A 型高精度万能外圆磨床



## 2. 专用机床的型号编制

### 1) 专用机床型号表示方法

专用机床的型号一般由设计单位代号和设计顺序号组成,其表示方法为



### 2) 设计单位代号

设计单位代号包括机床生产厂和机床研究单位代号(位于型号之首)。

### 3) 专用机床的设计顺序号

按该单位的设计顺序号(从“001”起始)排列,位于设计单位代号之后,并用“—”隔开,读作“至”。

例如,北京第一机床厂设计制造的第100种专用机床为专用铣床,其型号为B1—100。

关于机床型号中其他内容机床自动线的型号,参见金属切削机床型号编制方法(GB/T 15375—2008)。

## 3.2 机床的运动分析

机床的运动分析,就是研究在金属切削机床上的各种运动及其相互联系。机床运动分析的一般过程是:根据在机床上加工的各种表面和使用的刀具类型,分析得到这些表面的

方法和所需的运动,再分析为实现这些运动,机床必须具备的传动联系,实现这些传动联系的机构以及机床运动的调整方法。这个次序可以总结为“表面—运动—传动—机构—调整”。

尽管机床品种繁多,结构各异,但大都是几种基本运动类型的组合与转化。机床运动分析的目的在于,利用非常简便的方法迅速认识一台陌生的机床、掌握机床的运动规律、分析或比较各种机床的传动系统,从而能够合理地使用机床和正确设计机床的传动系统。

### 3.2.1 工件加工表面及其形成方法

#### 1. 被加工工件的表面形状

在切削加工过程中,安装在机床上的刀具和工件按一定的规律作相对运动,通过刀具的刀刃对工件毛坯的切削作用,把毛坯上多余的金属切除掉,从而得到所要求的表面。尽管机器零件千姿百态,但其常用的组成表面却是平面、圆柱面、圆锥面、球面、圆环面、螺旋面、成形表面等基本表面元素,如图 3-2 所示。

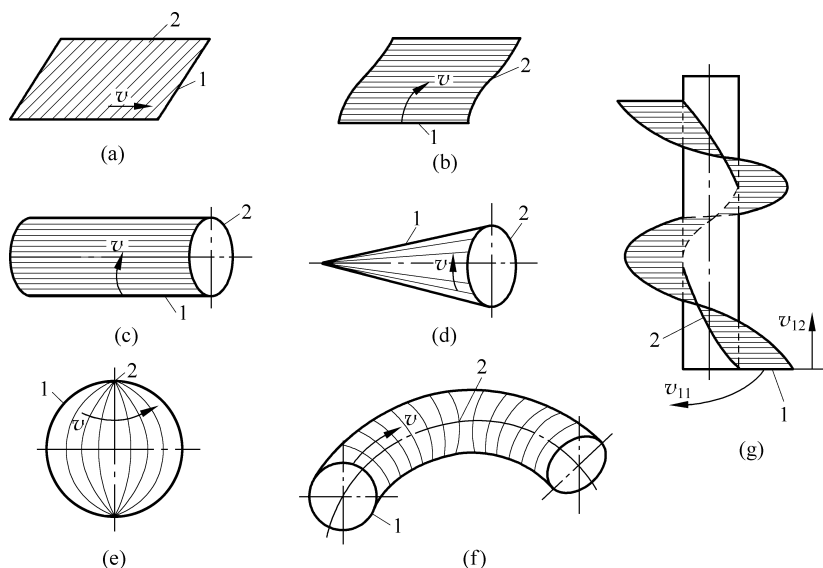


图 3-2 组成工件轮廓的几种几何表面

(a) 平面; (b) 直线成形表面; (c) 圆柱面; (d) 圆锥面; (e) 球面; (f) 圆环面; (g) 螺旋面  
1—母线; 2—导线

#### 2. 工件表面的形成方法

任何规则表面都可以看作是一条线(母线)沿着另一条线(导线)运动的轨迹。母线和导线统称为形成表面的发生线,如图 3-2 所示。

如果形成表面的两条发生线母线和导线互换,形成表面的性质不改变,则这种表面称为可逆表面,如图 3-2(a)~(c)所示。如果形成表面的母线和导线不可以互换,则称为不可逆表面,如图 3-2(d)~(g)所示。

还要注意,虽然有些表面的两条发生线完全相同,但因母线的原始位置不同,也可形成不同的表面,如图 3-3 所示。

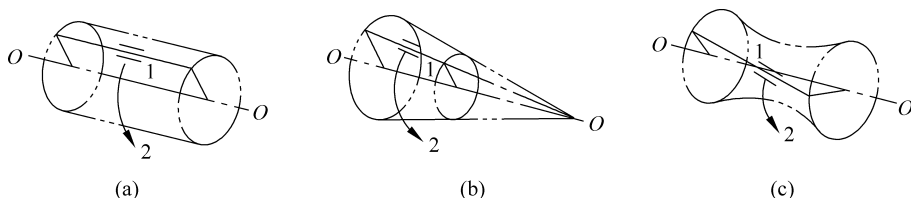


图 3-3 母线原始位置变化时形成的表面  
1—母线; 2—导线

### 3. 形成发生线的方法及所需运动

发生线是由刀具的切削刃和工件的相对运动得到的。由于使用的刀具切削刃形状和采取的加工方法不同,形成发生线的方法可归纳为四种,以形成图 3-4 中的一段圆弧(发生线 2)为例说明如下。

(1) 成形法 如图 3-4(a)所示,它是利用成形刀具对工件进行加工的方法。刀刃为切削线 1,它的形状与需要形成的发生线 2 完全吻合,刀具无须任何运动就可以得到所需的发生线形状,因此形成发生线 2 不需运动。

(2) 展成法 如图 3-4(b)所示,它是利用工件和刀具作展成切削运动而进行加工的方法。刀刃为切削刃 1,其形状与需要形成的发生线 2 相切,切削刃 1 与发生线 2 彼此作无滑动的纯滚动,切削刃 1 在切削过程中连续位置的包络线就是发生线 2。曲线 3 是切削刃上某点 A 的运动轨迹。在形成发生线 2 的过程中,或者仅由切削刃 1 沿着由它生成的发生线 2 作纯滚动;或者切削刃 1 和发生线 2(工件)共同完成复合的纯滚动,这种运动称为展成运动。用展成法形成发生线需要一个成形运动(展成运动)。齿轮加工机床大多采用展成法形

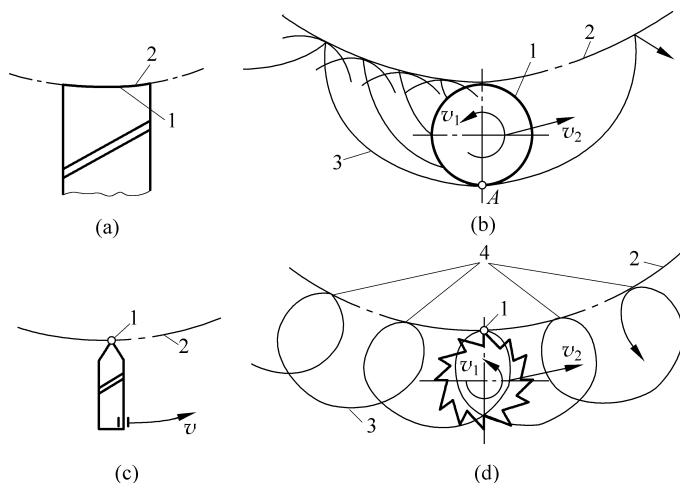


图 3-4 形成发生线的方法

(a) 成形法; (b) 展成法; (c) 轨迹法; (d) 相切法  
1—切削刃; 2—发生线; 3—切削刃上某点的运动轨迹; 4—切点

成渐开线。

(3) 轨迹法 如图 3-4(c)所示,它是利用刀具作一定规律的轨迹运动对工件进行加工的方法。刀刃与发生线 2 为点接触(切削刃 1),刀刃按一定轨迹运动形成所需的发生线 2。用轨迹法形成发生线需要一个成形运动。

(4) 相切法 如图 3-4(d)所示,它是利用旋转中心按一定轨迹运动的旋转刀具对工件进行加工的方法。在垂直于刀具旋转轴线的端面内,切削刃可看作切削刃 1,刀具作旋转运动的同时,其中心按一定规律运动,切削刃 1 的运动轨迹(如图中的曲线 3)的共切线就是发生线 2。图中点 4 就是刀具上的切削刃 1 的运动轨迹与工件的各个切点。因为这种方法的刀具一般是多齿刀具,有多个切削点,所以发生线 2 就是刀具上所有的切削点在切削过程中共同形成的。用相切法得到发生线,需要两个独立的成形运动,即刀具的旋转运动和刀具中心按所需规律进行的运动。

### 3.2.2 机床的运动

按功用不同,机床上的运动可分为表面成形运动和辅助运动(非表面成形运动)两大类。

#### 1. 表面成形运动

为了形成工件表面的发生线,机床上的刀具和工件按上述四种方法之一所作的相对运动称为表面成形运动,简称成形运动。表面成形运动是机床最基本的运动,为了加工出所需的零件表面,机床必须具备表面成形运动。

##### 1) 成形运动的种类

表面成形运动可能是简单运动,也可能是复合运动。如果表面成形运动仅仅是执行件的旋转运动或直线运动,则称为简单的表面成形运动,简称简单运动。这两种运动最简单,也最容易得到,在机床上,以主轴或刀具的旋转、刀架或工作台的直线运动的形式出现。通常用符号  $A$  表示直线运动,用符号  $B$  表示旋转运动。例如,用车刀车削外圆柱面(见图 3-5),工件的旋转运动  $B_1$  产生母线(圆),刀具的纵向直线运动  $A_2$  产生导线(直线)。运动  $B_1$  和  $A_2$  就是两个表面成形运动,角标号表示表面成形运动次序。又如用龙门刨床刨削工件,工作台带着工件作往复直线运动,刀架带着刀具作间歇的直线进给运动,这两个直线运动都产生发生线(皆为直线),因而都是成形运动。

成形运动有时是复合运动。图 3-6 所示为用螺纹车刀切削螺纹,螺纹车刀是成形刀具,

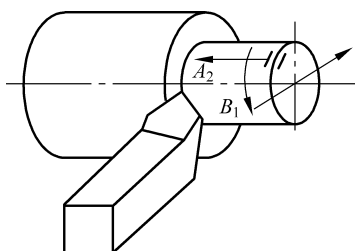


图 3-5 车削外圆柱表面的成形运动图

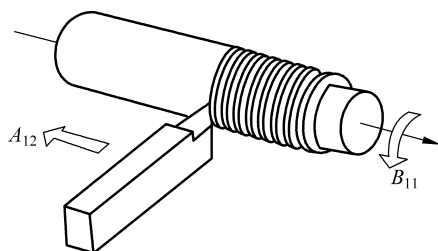


图 3-6 用螺纹车刀车螺纹的成形运动

形成螺纹的牙形(母线)不需要运动;形成螺旋线(导线)需要车刀在不动的工件上作空间螺旋运动。因此形成螺旋面只需一个运动。在机床上,最容易实现并保证精度的是旋转运动和直线运动,因此,把这个空间螺旋运动分解成工件的旋转运动  $B_{11}$  和刀具的直线运动  $A_{12}$ 。角标号的第一位数字表示第一个运动(此例只有一个运动),后一位数字表示第一个运动中的第1、第2两部分。为了得到要求导程的螺旋线,运动的两个部分  $B_{11}$  和  $A_{12}$  必须保持严格的相对运动关系,即工件每均匀转一周,刀具均匀移动工件一个导程的距离。这种各个部分之间必须保持严格相对运动关系的运动称为复合的表面成形运动,简称复合运动。

图 3-7 所示为用插齿刀加工齿轮。插齿机加工原理为插齿刀和工件模拟一对圆柱齿轮的啮合过程,产生渐开线(母线)靠展成法,需要一个展成运动。如上所述,这个展成运动也可分解为插齿刀的旋转运动  $B_{11}$  和工件的旋转运动  $B_{12}$ 。 $B_{11}$  和  $B_{12}$  是一个运动的两个部分,它们必须保持严格的相对运动关系,即插齿刀每均匀转过一个齿,工件也应均匀转过一个齿。齿轮齿面的导线(直线)用轨迹法形成,由插齿刀的上下往复运动  $A_2$  实现。

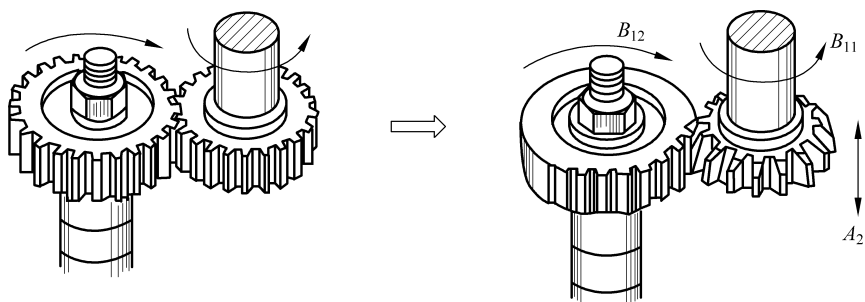


图 3-7 插齿刀加工齿轮的成形运动

在多轴联动的数控机床中,有些复合的表面成形运动可以分解为两个或两个以上的简单运动,每个部分就是机床的一个坐标轴。复合运动虽然可以分解成几个部分,每个部分是一个旋转或直线运动,与简单运动相似,但这些部分之间必须保持严格的相对运动关系,是相互依存而不是独立的。所以复合运动是一个运动,而不是两个或两个以上的简单运动。

## 2) 零件表面成形所需的成形运动

母线和导线是形成零件表面的两条发生线,形成表面所需要的成形运动,就是形成其母线及导线所需要的成形运动的有机综合(有时是总和)。为了加工出所需的零件表面,机床就必须具备这些成形运动。

### 例 3-3 用成形车刀车削成形回转表面。

如图 3-8 所示,母线——曲线,由刀具的切削刃形成,不需要成形运动;导线——圆,由轨迹法形成,需要 1 个成形运动  $B$ 。因此,形成表面的成形运动总数为 1 个( $B$ ),是一个简单运动。

### 例 3-4 用齿轮滚刀加工直齿圆柱齿轮齿面。

如图 3-9 所示,母线——渐开线,由展成法形成,需要 1 个复合的表面成形运动,可分解为滚刀旋转运动  $B_{11}$  和工件旋转运动  $B_{12}$  两个部分, $B_{11}$  和  $B_{12}$  之间必须保持严格的相对运动关系;导线——直线,由相切法形成,需要两个独立的成形运动,即滚刀旋转运动和滚刀沿工件轴向移动  $A_2$ 。其中滚刀的旋转运动与展成运动的一部分  $B_{11}$  重合,所以形成表面所需

的成形运动的总数只有两个,一个是复合运动( $B_{11}$ 和 $B_{12}$ ),另一个是简单运动( $A_2$ )。

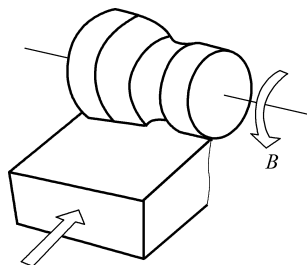


图 3-8 用成形车刀车削成形回转表面

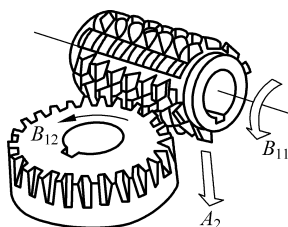


图 3-9 用齿轮滚刀滚切直齿圆柱齿轮

### 3) 主运动和进给运动

成形运动按其在切削加工中所起的作用,又可分为主运动和进给运动,它们可能是简单的表面成形运动,也可能是复合的表面成形运动。

## 2. 辅助运动

机床上除表面成形运动外,还需要辅助运动,以实现机床的各种辅助动作。辅助动作的种类很多,主要包括各种空行程运动、切入运动、分度运动和操纵及控制运动等。机床越复杂,功能越多,辅助运动也越多。

## 3.2.3 机床的传动联系和传动原理图

### 1. 机床的传动联系

为了实现加工过程中所需的各种运动,机床必须具备以下 3 个基本部分。

(1) 执行件 执行机床运动的部件,如主轴、刀架、工作台等,其任务是带动工件或刀具完成一定形式的运动(旋转或直线运动),并保持其运动的准确性。

(2) 动力源 提供运动和动力的装置,是执行件的运动来源,一般为电动机。

(3) 传动装置 传递运动和动力的装置,把动力源的运动和动力传给执行件。传动装置通常还需完成变速、换向、改变运动形式等任务,使执行件获得所需要的运动速度、运动方向和运动形式。传动装置把执行件和动力源或把相关的执行件连接起来,构成传动联系。

### 2. 机床的传动链

构成一个传动联系的一系列传动件称为传动链。传动链按功用可分为主运动传动链和进给运动传动链等,按性质可以分为外联系传动链和内联系传动链。

(1) 外联系传动链 联系动力源和机床执行件,使执行件得到运动,并能改变运动的速度和方向,但不要求动力源和执行件之间有严格的传动比关系。例如,车削螺纹时,从电机到车床主轴的传动链就是外联系传动链,它只决定车削螺纹的速度,不影响螺纹表面的成形。

(2) 内联系传动链 联系复合运动之内的各个分解部分。内联系传动链所联系的执行件相互之间的相对速度有严格的传动比要求,用来保证准确的运动关系。例如,在卧式车床