




全国高等职业教育示范专业规划教材  
国家示范建设院校课程改革成果

# 普通机床的零件加工

汪晓云 主编

**PUTONG JICHUANG DE LINGJIAN JIAGONG**

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



配电子课件  
教师免费下载

全国高等职业教育示范专业规划教材  
国家示范建设院校课程改革成果

# 普通机床的

# 零件加工

主 编	汪晓云	
副主编	郭 胜	彭 超
参 编	黄贞贞	高锦南
主 审	陈少艾	



机械工业出版社

本书内容由金属切削加工的基础知识（金属切削机床的基础知识、金属切削刀具的基础知识和金属切削过程的基本规律）、外圆表面加工（车削加工）、平面加工（铣削加工和刨削加工）、内孔加工（钻、扩、铰加工和镗削加工）、表面精加工（磨削加工）以及其他加工（齿轮加工和螺纹加工、拉削加工、珩磨与研磨）六大模块组成。

本书内容通俗易懂，从知识系统和技能系统两方面，强调以学生为主体的“教、学、做”一体化，突出操作过程的程序化、规范化。本书适合高职高专、中职、技校、职工培训等机械类和近机类专业教学使用，也可供机械、机电类技术人员参考使用。

## 图书在版编目（CIP）数据

普通机床的零件加工/汪晓云主编. —北京：机械工业出版社，2010.6  
全国高等职业教育示范专业规划教材. 国家示范建设院校课程改革成果  
ISBN 978-7-111-30417-3

I. ①普… II. ①汪… III. ①机床零部件—金属切削—高等学校：技术学校—教材 IV. ①TG502.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 068196 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：郑丹 责任编辑：周璐婷

版式设计：霍永明 责任校对：张晓蓉

封面设计：鞠杨 责任印制：乔宇

北京瑞德印刷有限公司印刷（三河市胜利装订厂装订）

2010 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 17.25 印张 · 423 千字

0001—4000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-30417-3

定价：28.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

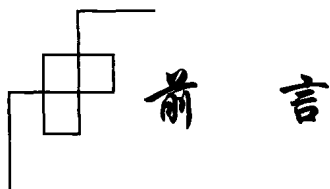
销售一部：(010)68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010)88379649

读者服务部：(010)68993821

封面无防伪标均为盗版



## 前言

普通机床的零件加工是机械制造专业的一门主要专业课，主要培养学生在普通机床上进行车削、铣削、刨削、磨削、钻削、齿轮加工等的机械加工能力及设备使用能力。

本书按照职业教育课程的教学特点，从知识系统和技能系统两方面，强调以学生为主体的“教、学、做”一体化，突出操作过程的程序化、规范化。在知识系统性和全面性的基础上，对传统内容体系作了相应的调整，相关理论知识以支承技能训练为主，把“够用为度”作为内容取舍的主要标准，并保留各种加工工艺中重要、先进的理论部分，内容通俗易懂。

本书结合零件加工过程讲述机床结构及传动系统，使学生形成维护机床及相关设备的能力；刀具的结构、类型、参数及选用方法，使学生形成正确选择和使用刀具的能力；工件安装及加工方法，使学生掌握正确选择切削用量、安装工件的方法，形成针对零件的结构选择适当的加工方法加工零件的能力。

本书建议学时如下：

内 容	计划学时数/节
单元1 金属切削机床的基础知识	4
单元2 金属切削刀具的基础知识	6
单元3 金属切削过程的基本规律	8
单元4 车削加工	8~10
单元5 铣削加工	6~8
单元6 刨削加工	4~6
单元7 钻、扩、铰加工	4~6
单元8 镗削加工	4~6
单元9 磨削加工	4~6
单元10 齿轮加工	6
单元11 螺纹加工、拉削加工、珩磨与研磨	6
总 计	60~72

本书由武汉船舶职业技术学院汪晓云任主编，黄冈职业技术学院郭胜、襄樊职业技术学院彭超任副主编，襄樊职业技术学院黄贞贞、黄冈职业技术学院高锦南参加编写。其中，汪晓云编写单元1、单元2、单元3、单元4、单元7、单元10及单元11的11.1、11.3和



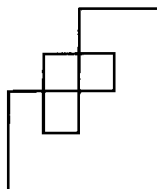
11.4, 郭胜和高锦南编写单元5和单元9, 彭超编写单元8, 黄贞贞编写单元6和单元11的11.2。本书由武汉船舶职业技术学院陈少艾任主审。

本书适合高职高专、中职、技校、职工培训等机械类和近机类专业教学使用, 也可供机械、机电类技术人员参考使用。

本书在编写过程中得到了许多同行和专家的帮助和大力支持, 参考了许多兄弟院校老师编写的教材和资源, 在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限, 加之时间仓促, 书中难免有不妥和错误之处, 恳请各位读者和专家批评指正。

编 者



# 目 录

前言	
<b>模块 1 金属切削加工的基础知识</b> .....	1
<b>单元 1 金属切削机床的基础知识</b> .....	1
1.1 金属切削机床的分类及型号 .....	1
1.2 金属切削机床的运动 .....	5
1.3 金属切削机床的传动与运动联系 .....	7
1.4 机床的选择 .....	12
练习与思考 .....	13
<b>单元 2 金属切削刀具的基础知识</b> .....	14
2.1 零件表面的形成和切削运动 .....	14
2.2 切削要素 .....	15
2.3 刀具切削部分的组成及刀具角度 .....	17
2.4 刀具材料及其选用 .....	22
练习与思考 .....	25
<b>单元 3 金属切削过程的基本规律</b> .....	26
3.1 切削过程中的金属变形 .....	26
3.2 切削力 .....	28
3.3 切削热与切削温度 .....	30
3.4 刀具磨损与刀具寿命 .....	31
3.5 切削条件及其合理选择 .....	34
练习与思考 .....	41
<b>模块 2 外圆表面加工</b> .....	43
<b>单元 4 车削加工</b> .....	43
4.1 车削工作内容 .....	43
4.2 车床 .....	44
4.3 车刀 .....	64
4.4 车削加工方法 .....	66
练习与思考 .....	91
<b>模块 3 平面加工</b> .....	94
<b>单元 5 铣削加工</b> .....	94
5.1 铣削工作内容 .....	94
5.2 铣削用量及切削层参数 .....	95
5.3 铣床 .....	98
5.4 铣刀 .....	107
5.5 铣削力和铣削方式 .....	114
5.6 铣削加工方法 .....	117
练习与思考 .....	135
<b>单元 6 刨削加工</b> .....	136
6.1 刨削工作内容 .....	136
6.2 刨床 .....	137
6.3 刨刀 .....	142
6.4 刨削加工方法 .....	144
6.5 插削加工 .....	155
练习与思考 .....	157
<b>模块 4 内孔加工</b> .....	158
<b>单元 7 钻、扩、铰加工</b> .....	158
7.1 钻、扩、铰的工作内容 .....	158
7.2 钻床 .....	159
7.3 钻、扩、铰刀具 .....	161
7.4 钻、扩、铰加工方法 .....	169
练习与思考 .....	173
<b>单元 8 镗削加工</b> .....	174
8.1 镗削工作内容 .....	174
8.2 镗床 .....	175
8.3 镗孔刀具 .....	176
8.4 镗削加工方法 .....	180
练习与思考 .....	190
<b>模块 5 表面精加工</b> .....	192
<b>单元 9 磨削加工</b> .....	192
9.1 磨削工作内容 .....	192
9.2 磨床 .....	193
9.3 砂轮 .....	198
9.4 磨削基本原理 .....	204

9.5 磨削加工方法 .....	207	11.1 螺纹加工 .....	248
练习与思考 .....	217	11.2 拉削加工 .....	253
<b>模块 6 其他加工</b> .....	<b>219</b>	11.3 珩磨 .....	259
<b>单元 10 齿轮加工</b> .....	<b>219</b>	11.4 研磨 .....	261
10.1 齿形加工原理 .....	219	练习与思考 .....	261
10.2 滚齿加工 .....	222	<b>附录</b> .....	<b>263</b>
10.3 插齿加工 .....	237	附录 A 金属切削机床的类、组划	
10.4 齿轮精加工 .....	240	分表 .....	263
10.5 齿轮加工实例 .....	244	附录 B 常用金属切削机床的组、系代号	
练习与思考 .....	245	及主参数 .....	264
<b>单元 11 螺纹加工、拉削加工、珩磨与</b>		<b>参考文献</b> .....	<b>267</b>
<b>研磨</b> .....	<b>248</b>		

# 模块 1 金属切削加工的基础知识

## 单元 1 金属切削机床的基础知识

### 1.1 金属切削机床的分类及型号

#### 1.1.1 机床的分类

机床的规格品种繁多,为便于区别及使用、管理,需加以分类,并编制型号。

机床的分类方法很多,最基本的是按机床的主要加工方法、所用刀具及其用途进行分类。根据我国制定的机床型号编制方法(GB/T 15375—1994),目前将机床分为 11 大类: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。在每一类机床中,又按工艺范围、布局形式和结构性能等不同,分为若干组,每一组又细分为若干系(系列)。

除上述基本分类方法外,机床还可以按其他特征进行分类。

按照工艺范围宽窄,机床可分为通用机床、专门化机床和专用机床三类。通用机床的工艺范围很宽,通用性较好,可以加工多种零件的不同工序,但结构比较复杂,主要适用于单件、小批量生产,如卧式车床、卧式镗床、万能升降台铣床等。专门化机床的工艺范围较窄,只能加工某一类或几类零件的某一道或几道特定工序,如凸轮轴车床、曲轴车床、齿轮机床等。专用机床的工艺范围最窄,只能用于加工某一零件的某一道特定工序,适用于大批量生产,如加工机床主轴箱的专用镗床、加工车床导轨的专用磨床等,汽车制造中大量使用的组合机床也属于此类。

按照质量和尺寸不同,机床可以分为仪表机床、中型机床(一般机床)、大型机床(质量达 10t 及以上)、重型机床(质量达 30t 以上)和超重型机床(质量达 100t 以上)。

按照自动化程度不同,机床可分为手动、半自动和自动机床。

此外,机床还可以按照加工精度、机床主要工作部件(如主轴等)的数目进行分类。随着机床的发展,其分类方法也将不断地发展。

#### 1.1.2 通用机床型号的编制

机床型号是机床产品的代号,用于简明地表达机床的类型、主要规格及有关特性等。我国通用机床的型号由汉语拼音字母和阿拉伯数字按一定规律排列组成。型号中的汉语拼音字母一律按机床名称读音。下面以通用机床为例予以说明。

机床型号由基本部分和辅助部分组成,中间用“/”隔开。基本部分按要求统一管理,辅助部分由企业决定是否纳入机床型号。机床型号表示方法如图 1-1 所示。



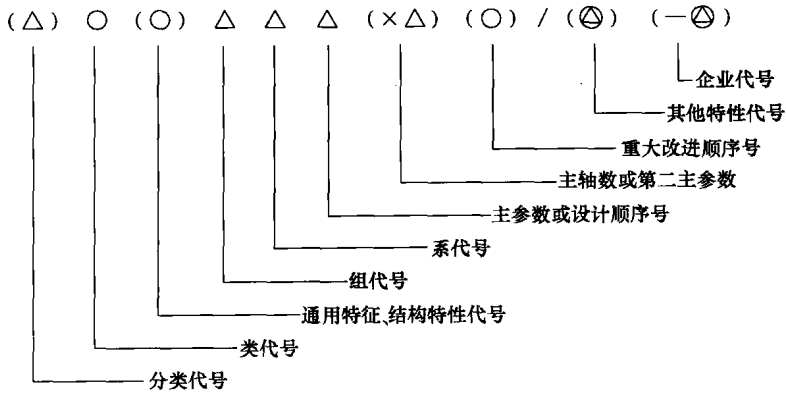


图 1-1 机床型号中表示方法

图 1-1 所示的机床型号中表示方法的符号含义如下：

- 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。

### 1. 机床的分类及类代号

机床分为若干类，其代号用大写的汉语拼音字母表示，按其相应的汉字字意读音。必要时，每类可分为若干分类，分类代号在类代号前，作为型号的首位，并用阿拉伯数字表示。第一分类代号的“1”可以省略。机床的分类和类代号见表 1-1。

表 1-1 机床的分类和类代号

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	特种加工机床	锯床	其他机床
代号	C	Z	T	M	2M	3M	Y	S	X	B	L	D	G	Q
读音	车	钻	镗	磨	二磨	三磨	牙	丝	铣	刨	拉	电	割	其

### 2. 机床的特性代号

机床的特性代号用汉语拼音字母表示，位于类代号之后。

(1) 通用特性代号 通用特性代号有统一的固定含义，它在各类机床的型号中表示的意义相同。当某类型机床，除有普通型外，还有下列某种通用特性时，则在类代号之后加通用特性代号予以区分。如果某类型机床仅有某种通用性能，而无普通型者，则通用特性不予表示。

当在一个型号中需要同时使用两至三个通用特性代号时，一般按重要程度排列顺序。

机床的通用特性代号见表 1-2。

(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。根据各类机床的具体情况，对某些结构特性代号，可以赋予一定含义。但结构特性代号与通用特性代号不同，它在型号中没有统一的含义，只同类机床中起区分机床

表 1-2 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

结构、性能的作用。当型号中有通用特性代号时，结构特性代号排在通用特性代号之后。结构特性代号用汉语拼音字母（通用特性代号已用的字母和“**I**、**O**”两个字母不能用）表示，当单个字母不够用时，可将两个字母组合使用。

(3) 机床的组、系代号 将每类机床划分为 10 个组，每个组又划分为 10 个系（系列）。组、系划分的原则为：在同一类机床中，主要布局或使用范围基本相同的机床，即为同一组。在同一组机床中，主参数相同、主要结构及布局形式相同的机床，即为同一系。

机床的组、系代号分别用一位阿拉伯数字表示，位于类代号或通用特性代号之后。

(4) 主参数代号和设计顺序号 主参数是机床最主要的一个技术参数，它直接反映机床的加工能力，并影响机床其他参数和基本结构的大小。对于通用机床和专门化机床，主参数通常以机床的最大加工尺寸（最大工件尺寸或最大加工面尺寸），或与此有关的机床部件尺寸来表示。机床型号中主参数用折算值表示，位于系代号之后。当折算值大于 1 时，则取整数，前面不加“**0**”；当折算值小于 1 时，则取小数点后第一位数，并在前面加“**0**”。

某些通用机床，当无法用一个主参数表示时，则在型号中用设计顺序号表示。设计顺序号由 1 开始，当设计顺序号小于 10 时，则在设计顺序号前加“**0**”。例如，某厂设计试制的第五种仪表磨床为刀具磨床，其型号为 **M0605**。

(5) 第二主参数的表示方法 为了更完整地表示出机床的工作能力和加工范围，有些机床还规定了第二主参数。例如，卧式车床的第二主参数是最大工件长度。凡以长度表示的第二主参数（如最大工作长度、最大切削长度、最大行程和最大跨距等），均采用“**1/100**”的折算系数；凡以直径、深度和宽度表示的第二主参数，均采用“**1/10**”的折算系数（出现小数时可化为整数）；凡以厚度、最大模数和机床主轴数（如多轴车床、多轴钻床、排式钻床等，若为单轴则可省略，不予表示）表示的第二主参数，均采用实际数值表示。

第二主参数如需要在型号中表示，则应按一定手续审批，在型号中用折算值表示，置于主参数之后。用“**×**”分开，读作“乘”。

(6) 机床的重大改进顺序号 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，才按改进的先后顺序选用 **A**、**B**、**C** 等汉语拼音字母（“**I**、**O**”除外），加在型号基本部分的尾部，以区别原机床型号。凡属于局部的小改进，或增减某些附件、测量装置及改变装夹工件的方法等，对原机床结构、性能没有作重大改变的，不属于重大改进，其型号不变。

(7) 其他特性代号和企业代号 这是机床型号的辅助部分。其中，同一型号机床的变型代号应放在其他特性代号之首。

机床的变型代号主要用于因加工需要常在基本型号的基础上对机床的部分性能结构作适

当的改变,为与原机床区别,在原机床型号的尾部加变型代号。变型代号用阿拉伯数字1、2等顺序号表示,并用“/”分开(读作“之”)。如MB8240/2表示MB8240型的半自动曲轴磨床的第二种形式。

企业代号包括机床生产厂及机床研究单位代号,如“JCS”表示北京机床研究所。“—”读作“至”,若辅助部分仅有企业代号,则不加“—”。

**例 1-1** MG1432A 型高精度万能外圆磨床的型号编制示例,如图 1-2 所示。

**例 1-2** T4163A 是工作台宽度为 630mm 的单柱坐标镗床,经第一次重大改进。

### 1.1.3 专用机床型号的编制

专用机床的编号方法如图 1-3 所示。

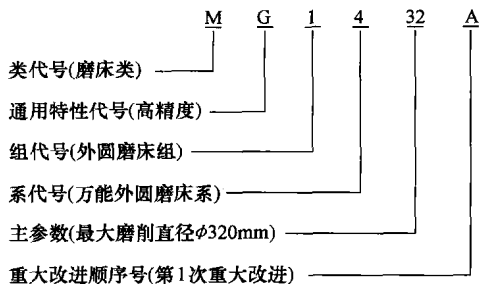


图 1-2 通用机床的型号编制示例

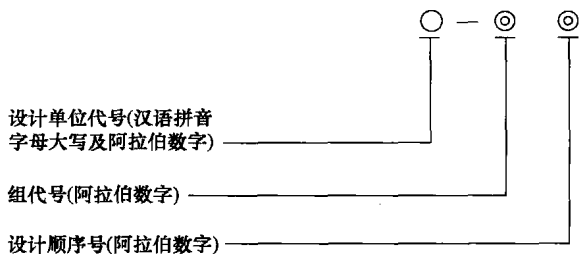


图 1-3 专用机床的编号方法

#### 1. 设计单位代号

设计单位为机床厂时,设计单位代号由该厂所在城市名称的汉语拼音第一个字母(大写)及该厂在该城市建立的先后顺序号或该厂名称的汉语拼音第一个字母(大写)联合表示。

设计单位为机床研究所时,设计单位代号由该研究所名称的汉语拼音第一个字母(大写)表示。

#### 2. 组代号

专用机床的组代号用一位阿拉伯数字表示。该数字由 1 开始,位于设计单位代号之后,并用“—”分开(读作“至”)。

专用机床的组按产品的工作原理进行划分,由各机床厂和研究所根据本厂、所的产品情况自行确定。

#### 3. 设计顺序号

按各机床厂和研究所的设计顺序排列,由“001”起始,位于组代号之后。

**例 1-3** 北京机床研究所通用机床和专用机床为某厂设计的第一条机床自动线,其型号用“JCS—ZX001”表示。

**例 1-4** 上海机床厂设计制造的第十五种专用机床为专用磨床,其型号用“H—015”表示。

以上是通用机床和专用机床的型号现行编制方法的主要内容。若需进一步了解其详细内容,可查阅 GB/T 15375—2008《金属切削机床 型号编制方法》。

## 1.2 金属切削机床的运动

各种类型的机床在进行切削加工时，为了获得具有一定几何形状、一定加工精度和表面质量的工件，刀具和工件需作一系列的运动。按其功用不同，常将机床在加工中所完成的各种运动分为表面成形运动和辅助运动两大类。

### 1.2.1 表面成形运动

机床在切削工件时，使工件获得一定表面形状所必需的刀具与工件之间的相对运动，称为表面成形运动，简称成形运动。

形成某种形状表面所需要的表面成形运动的数目和形式取决于采用的加工方法和刀具结构。例如，用尖头刨刀刨削成形面需要两个成形运动（见图 1-4a），用成形刨刀刨削成形面只需要一个成形运动（见图 1-4b）。

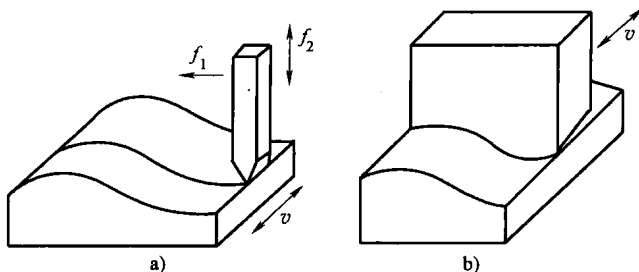


图 1-4 形成所需表面的成形运动  
a) 尖头刨刀刨削 b) 成形刨刀刨削

表面成形运动按其组成情况不同，可分为简单成形运动和复合成形运动两种。

#### 1. 简单成形运动

如果一个独立的成形运动是由单独的旋转运动或直线运动构成的，则称此成形运动为简单成形运动。例如，用尖头车刀车削圆柱面（见图 1-5a）时，工件的旋转运动  $B_1$  和刀具的直线移动  $A_2$  就是两个简单成形运动；在磨床上磨外圆（见图 1-5b）时，砂轮的旋转运动  $B_1$ 、工件的旋转运动  $B_2$  和直线运动  $A_3$  是三个简单成形运动。在机床上，简单成形运动一般是主轴的旋转运动、刀架和工作台的直线移动。

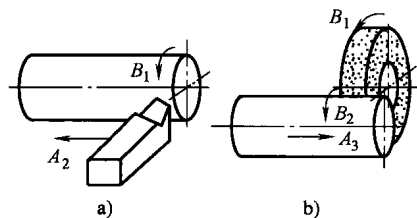


图 1-5 简单成形运动  
a) 车外圆 b) 磨外圆

#### 2. 复合成形运动

如果一个独立的表面成形运动是由两个或两个以上的旋转运动和（或）直线运动按照某种确定的运动关系组合而成的，则称此成形运动为复合成形运动。例如，车削螺纹（见图 1-6a）时，形成螺旋线所需要的刀具和工件之间的相对螺旋轨迹运动就是复合成形运动。为简化机床结构和易于保证精度，通常将其分解成工件的等速旋转运动  $B$  和刀具的等速直线运动  $A$ 。 $B$  和  $A$  彼此不能独立，它们之间必须保持严格的相对运动关系，即工件每转 1 转，刀具直线移动的距离应等于被加工螺纹的导程，从而  $B_{11}$  和  $A_{12}$  这两个运动组成一个复合

成形运动。用尖头车刀车削回转体成形面（见图 1-6b）时，车刀的曲线轨迹运动，通常由相互垂直坐标方向上的、有严格速比关系的两个直线运动  $A_{21}$  和  $A_{22}$  来实现， $A_{21}$  和  $A_{22}$  也组成一个复合成形运动。

由复合成形运动分解的各个部分，虽然都是直线运动或旋转运动，与简单成形运动相似，但二者的本质不同。复合成形运动的各部分组成运动之间必须保持严格的相对运动关系，是互相依存而不是独立的；简单成形运动之间是独立的，没有严格的相对运动关系。

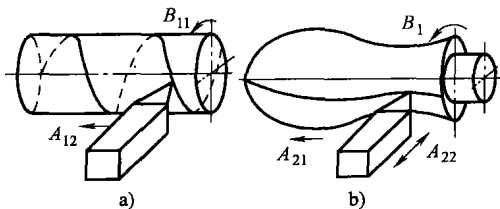


图 1-6 复合成形运动  
a) 车螺纹 b) 车回转体成形面

### 3. 常见工件表面加工方法

按表面的成形原理不同，加工方法可分为四大类，如图 1-7 所示。

(1) 轨迹法 刀具切削刃与工件表面之间为点接触，通过刀具与工件之间的相对运动，由刀具刀尖的运动轨迹来形成表面形状的加工方法，称为轨迹法，如图 1-7a 所示。这种加工方法所能达到的形状精度，主要取决于成形运动的精度。

(2) 成形法 刀具切削刃与工件表面之间为线接触，利用成形刀具切削刃的几何形状切削出工件形状的加工方法，称为成形法，如图 1-7b 所示。这种加工方法所能达到的精度，主要取决于切削刃的形状精度与刀具的装夹精度。

(3) 相切法 刀具作旋转主运动的同时，刀具中心作轨迹移动来形成工件表面的加工方法，称为相切法，如图 1-7c 所示。

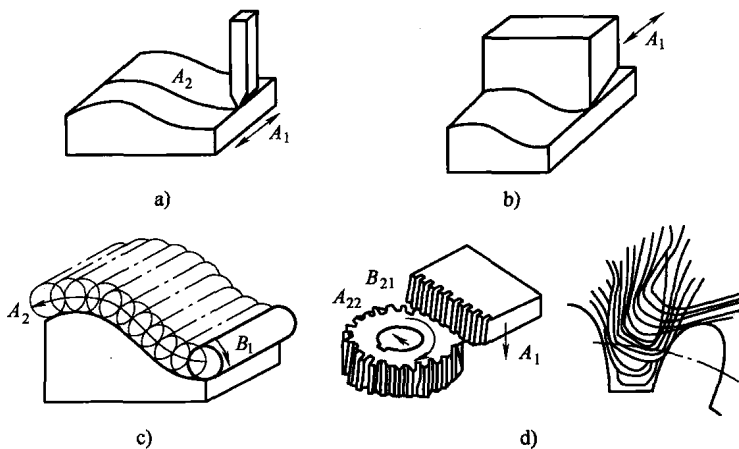


图 1-7 常见工件表面的加工方法  
a) 轨迹法 b) 成形法 c) 相切法 d) 展成法

(4) 展成法（范成法） 刀具和工件作展成切削运动时，切削刃在被加工表面上的包络面形成成形表面的加工方法，称为展成法。这种加工方法所能达到的精度，主要取决于机床展成运动的传动链精度与刀具的制造精度等因素，如图 1-7d 所示。

#### 1.2.2 辅助运动

机床在加工过程中除完成成形运动外，还需要完成其他一系列运动，这些与表面成形过

程没有直接关系的运动，统称为辅助运动。辅助运动的作用是实现机床加工过程中所需要的各种辅助动作，为表面成形创造条件。辅助运动的种类很多，一般包括：

(1) 切入运动 刀具相对工件切入一定深度，以保证工件获得一定的加工尺寸的运动，称为切入运动。

(2) 分度运动 加工均匀分布的若干个完全相同的表面时，使表面成形运动得以周期性进行的运动，称为分度运动。例如，多工位工作台、刀架等的周期性转位或移动，以便依次加工工件上的各有关表面，或依次使用不同刀具对工件进行顺序加工。

(3) 操纵和控制运动 操纵和控制运动包括起动、停止、变速、换向，部件与工件的夹紧、松开、转位，以及自动换刀、自动检测等。

(4) 调位运动 调位运动是指加工开始前机床有关部件的移动，以调整刀具和工件之间的相对位置。

(5) 空行程运动 空行程运动是指进给前后的快速运动。例如，在装卸工件时为避免碰伤操作者或划伤已加工表面，刀具与工件应相对退离；在进给开始之前刀具快速引进，使刀具与工件接近；进给结束后刀具应快速退回。

如图 1-8 所示，车外圆的运动有：纵向靠近Ⅱ，横向靠近Ⅲ，横向切入Ⅳ，工件旋转Ⅰ，纵向直线Ⅴ，横向退离Ⅵ，纵向退离Ⅶ。除了工件旋转Ⅰ和纵向直线Ⅴ是表面成形运动外，其他都是辅助运动。

辅助运动虽然不参与表面成形过程，但对机床整个加工过程是不可缺少的，同时对机床的生产率和加工精度往往也有重大影响。

根据在切削过程中的作用不同，表面成形运动可分为主运动和进给运动。主运动是切除工件上的被切削层，使之转变为切屑的主要运动，如图 1-8 中工件的旋转运动Ⅰ。进给运动是不断地把切削层投入切削，以逐渐切出整个工件表面的运动，如图 1-8 中的纵向直线运动Ⅴ。主运动的速度高，消耗的功率大；进给运动的速度低，消耗的功率也较小。任何一台机床，通常只有一个主运动，但进给运动可能有一个或几个，也可能没有。

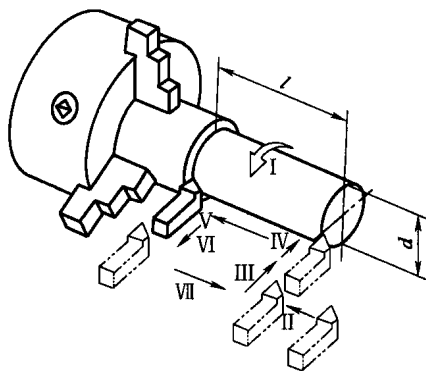


图 1-8 车床车削圆柱表面

## 1.3 金属切削机床的传动与运动联系

### 1.3.1 机床的传动形式

为了实现加工过程所需要的各种运动，机床必须具备三个基本部分：执行件、运动源和传动装置。执行件是执行机床运动的部件，如主轴、刀架、工作台等，其任务是装夹刀具和工件，直接带动它们完成一定形式的运动，并保证其运动轨迹的准确性；运动源是为执行件提供运动和动力的装置，如交流异步电动机、直流电动机、步进电动机等；传动装置是传递运动和动力的装置，把执行件与运动源或一个执行件与另一个执行件联系起来，使执行件获得一定速度的运动，并使有关执行件之间保持某种确定的运动关系。

机床的传动形式，按其所采用的传动介质不同，可分为机械传动、液压传动、电气传动

和气压传动等形式。

(1) 机械传动 机械传动采用齿轮、带、离合器、丝杠、螺母等传动件实现运动联系。这种传动形式工作可靠，维修方便，目前在机床上应用最广。

(2) 液压传动 液压传动采用油液作介质，通过泵、阀、液压缸等液压元件传递运动和动力。这种传动形式结构简单，传动平稳，容易实现自动化，在机床上使用日益广泛。

(3) 电气传动 电气传动采用电能，通过电气装置传递运动和动力。这种传动形式的电气系统比较复杂，成本较高，主要应用于大型和重型机床。

(4) 气压传动 气压传动采用空气作介质，通过气压元件传递运动和动力。这种传动形式的主要特点是动作迅速，易于实现自动化，但其运动平稳性较差，驱动力较小，主要用于机床的某些辅助运动（如夹紧工件等）及小型机床的进给传动中。

根据机床的工作特点不同，有时在一台机床上往往采用以上几种传动形式的组合。

### 1.3.2 传动链及机床传动原理图

在机床上，为了得到需要的运动，通常用一系列的传动件（轴、带、齿轮副、蜗杆副、丝杠副等）把动力源和执行件或两个有关的执行件联接起来，用以传递运动和动力，这种传动联系称为传动链。用一些简明的符号表示具体的传动链，把传动原理和传动路线表示出来的图形就是传动原理图。

#### 1. 传动机构

传动链中的传动机构可分为定比传动机构和换置机构两种。定比传动机构的传动比不变，如带传动、定比齿轮副、丝杠副等。换置机构可根据需要改变传动比或传动方向，如滑移齿轮变速机构、交换齿轮机构及各种换向机构等。

(1) 改变传动比的换置机构 改变传动比的换置机构有滑移齿轮变速机构、离合器变速机构、交换齿轮变速机构和带轮变速机构等，如图 1-9 所示。

1) 图 1-9a 所示为滑移齿轮变速机构。轴 I 上的  $z_1$ 、 $z_2$ 、 $z_3$  是轴向固定的齿轮。 $z'_1$ 、 $z'_2$ 、 $z'_3$  是三联滑移齿轮，通过花键与轴 II 联接，滑移齿轮分别有左、中、右三个啮合位置。当轴 I 转速不变时，轴 II 可获得三级不同的转速。滑移齿轮变速机构操作方便，但不能在运转中变速。

2) 图 1-9b 所示为离合器变速机构。齿轮  $z_1$  和  $z_2$  固定安装在主动轴 I 上， $z'_1$  和  $z'_2$  空套在轴 II 上，端面齿啮合器 M 通过花键与轴 II 相联接。M 向左或向右移动时，可分别与齿轮  $z'_1$  和  $z'_2$  的端面齿相啮合，从而将  $z'_1$  或  $z'_2$  的运动传给轴 II，获得两级不同的转速。离合器变速机构变速时齿轮无需移动。

3) 图 1-9c、d 所示为交换齿轮变速机构，通过更换齿轮的齿数改变传动比。图 1-9c 为采用一对交换齿轮的变速机构，图 1-9d 为采用两对交换齿轮的变速机构，中间轴通过交换齿轮架调整位置，使两对齿轮正确啮合。

4) 图 1-9e 所示为带轮变速机构。在轴 I 和轴 II 上，分别装有塔形带轮 1 和 3，轴 I 转速一定时，只要改变传动带 2 的位置，轴 II 便能获得三级不同的转速。带轮变速机构体积大、变速不方便、传动比不准确，主要用于台钻、内圆磨床等一些小型、高速的机床，也用于某些简式机床。

(2) 改变传动方向的换置机构 改变传动方向的换置机构有滑移齿轮换向机构和锥齿轮换向机构，如图 1-10 所示。

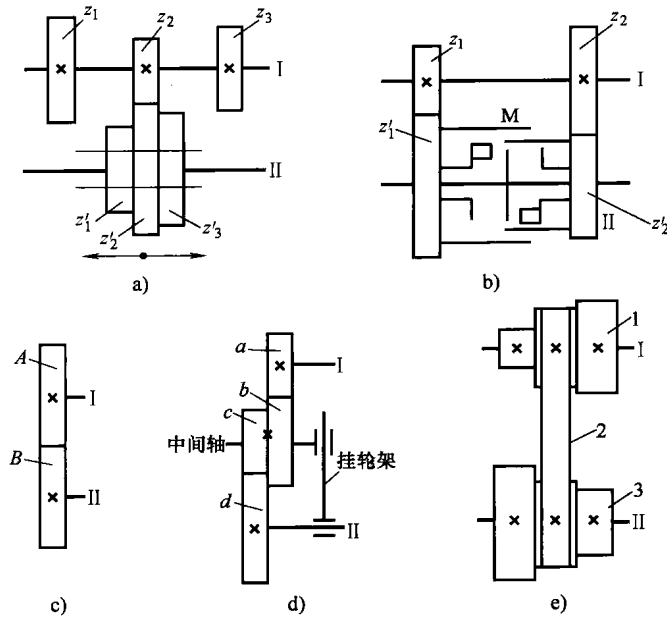


图 1-9 典型的分级变速机构

- a) 滑移齿轮变速机构 b) 离合器变速机构 c) 一对交换齿轮变速机构  
d) 两对交换齿轮变速机构 e) 带轮变速机构

1) 图 1-10a 所示为滑移齿轮换向机构。轴 I 上一轴向上的双联齿轮块，齿轮  $z_1$  和  $z'_1$  齿数相等，轴 II 上有一滑移齿轮  $z_2$ ，中间轴上有一空套齿轮  $z_0$ ，三轴在空间呈三角分布。当  $z_2$  在图示位置时，轴 I 的运动经中间轴传动到轴 II，轴 II 与轴 I 转向相同。当  $z_2$  滑移到左边时， $z_2$  与  $z'_1$  啮合，轴 I 的运动直接传动到轴 II，轴 II 与轴 I 转向相反。滑移齿轮换向机构刚性好，多用于主运动中。

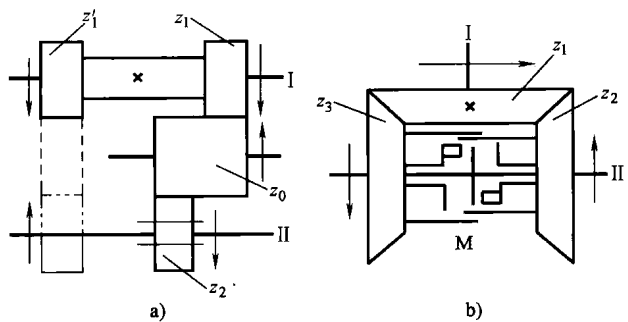


图 1-10 常用换向机构

- a) 滑移齿轮换向机构 b) 锥齿轮换向机构

2) 图 1-10b 所示为锥齿轮换向机构。主动轴 I 的固定锥齿轮与空套在轴 II 上的锥齿轮  $z_2$ 、 $z_3$  啮合。利用花键与轴 II 相联接的离合器 M 两端都有齿爪，离合器向左或向右移动，就可分别与  $z_3$  或  $z_2$  的端面齿啮合，从而改变轴 II 的转向。锥齿轮换向机构的刚性稍差，多用于进给运动或其他辅助运动中。

## 2. 传动链

根据传动联系的性质，传动链可以分为两类：外联系传动链和内联系传动链。

外联系传动链联系的是动力源和机床执行件，使执行件获得预定速度的运动，且传递一定的动力。此外，外联系传动链不要求动力源和执行件间有严格的传动比关系，仅仅是把运动和动力从动力源传到执行件上。



例如，用圆柱铣刀铣削平面，需要铣刀旋转和工件直线移动两个独立的简单成形运动，实现这两个简单成形运动的传动原理如图 1-11a 所示。图中虚线代表所有的定比传动机构，菱形块代表所有的换置机构（如交换齿轮和进给箱中的滑移齿轮变速机构等）。通过外联系传动链“电动机—1—2— $u_v$ —3—4”将主轴和动力源（电动机）联系起来，可使铣刀获得一定转速和转向的旋转运动。再通过外联系传动链“电动机—5—6— $u_f$ —7—8”将动力源和工作台联系起来，可使工件获得一定进给速度和方向的直线运动。利用换置机构  $u_v$  和  $u_f$ ，可以改变铣刀的转速、转向及工件的进给速度、方向，以适应不同加工条件的需要。显然，机床上有几个简单成形运动，就需要有几条外传动链，它们可以有各自独立的运动源（如本例），也可以几条传动链共用一个运动源。

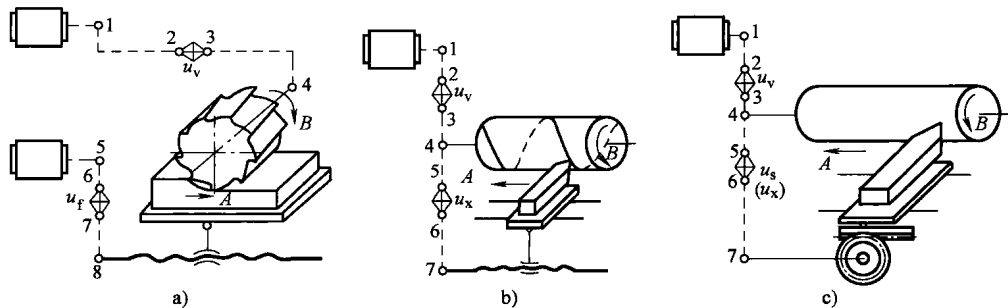


图 1-11 传动原理图  
a) 铣平面 b) 车外螺纹 c) 车外圆

内联系传动链联系的是复合成形运动中的多个分量，也就是说它所联系的是有严格运动关系的两执行件，以获得准确的加工表面形状及较高的加工精度。有了内联系传动链，机床工作时，由其所联系的两个执行件就按照规定的运动关系作相对运动。但是，内联系传动链本身并不能提供运动，为使执行件获得相应的运动，还需要外联系传动链将运动传到内联系传动链上来。

以卧式车床车削外螺纹（见图 1-11b）为例，车圆柱螺纹需要工件旋转和车刀直线移动组成的复合成形运动，这两个运动必须保持严格的传动比关系，即工件旋转一周，车刀直线移动工件螺纹一个导程的距离。为保证这一运动关系，用“4—5— $u_x$ —6—7”这条传动链将主轴和刀架联系起来。 $u_x$  表示该传动链的换置机构，利用换置机构可以改变工件和刀具之间的相对运动速度，以适应车削不同导程螺纹的需要。如前所述，内联系传动链本身并不能提供运动，在本例中，还需要外联系传动链“电动机—1—2— $u_v$ —3—4”将运动源的运动传到内联系传动链上来。

如果在卧式车床上车削外圆柱面（见图 1-11c），由表面成形原理可以知道，主轴的旋转和刀具的移动是两个独立的简单成形运动。这时车床应有两条外联系传动链，其中一条为“电动机—1—2— $u_v$ —3—4—主轴”，另一条为“电动机—1—2— $u_v$ —3—4—5— $u_s$ —6—7—刀架”。可以看出，“电动机—1—2— $u_v$ —3—4”是两条传动链的公共部分。 $u_s$  为刀架移动速度换置机构，它与车螺纹的  $u_x$  实际上是同一变换机构。这样，虽然车削螺纹和车削外圆柱面时运动的数量和性质不同，但可共用一个传动原理图。其差别在于，车削螺纹时， $u_x$  必须计算和调整精确；车削外圆时， $u_s$  不需要准确。此外，车削外圆柱面的两条传动链虽