

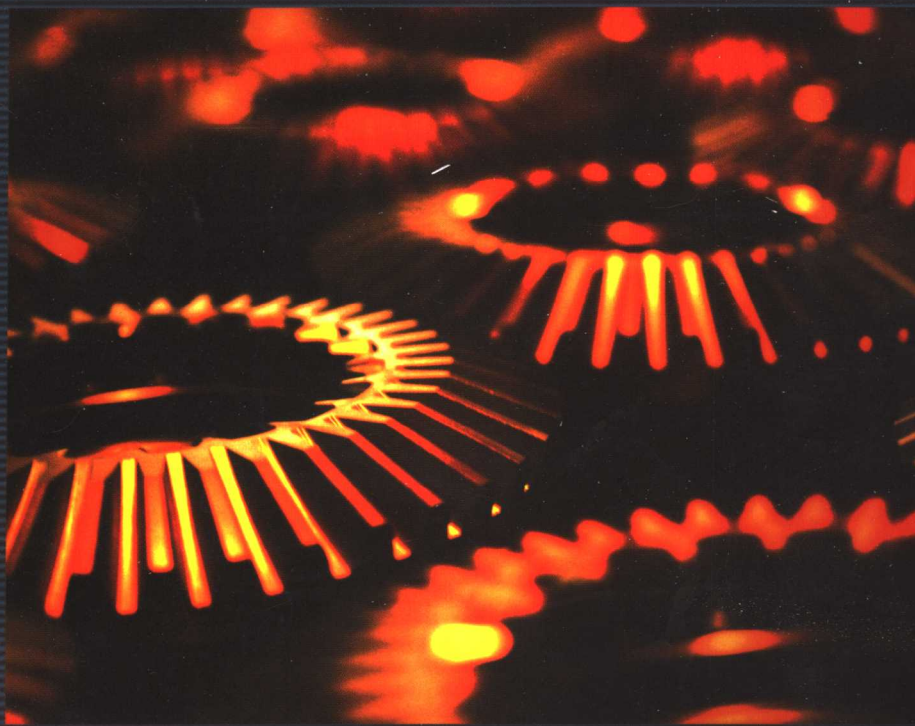
机械工程



国防科工委十五规划  
**教材**

# 机械制造工艺基础

●主编 祁家骧



哈尔滨工程大学出版社

北京理工大学出版社

西北工业大学出版社

哈尔滨工业大学出版社

北京航空航天大学出版社



国防科工委“十五”规划教材 机械工程

·制造工程训练系列教材·

# 机械制造工艺基础

主 编 祁家骥

副主编 赵树林 王启明 佟永祥

主 审 任正义

哈尔滨工程大学出版社

北京理工大学出版社 西北工业大学出版社

哈尔滨工业大学出版社 北京航空航天大学出版社

## 内容简介

本书主要内容有:机械制造工艺基础知识、常用加工方法综述及加工方案的选择、切削加工零件结构工艺性、机械加工工艺过程、特种加工、先进制造技术、先进运行模式简介等内容,每章后面都附有思考题及练习题。

本书可作为高等工科院校机械类专业的本科生教材,也可作为电大、函授教材,还可作为从事机械制造工程技术人员参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺基础/祁家驷主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2003

ISBN 7-81073-474-1

I.机… II.祁… III.机械制造工艺-高等学校-教材 IV.TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 047437 号

## 机械制造工艺基础

祁家驷 主编

责任编辑 陈晓军

责任校对 陈晓军

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨市南通大街 145 号 哈工程大学 11 号楼

发行部电话:(0451)82519328 邮编:150001

新华书店经销

肇东粮食印刷厂印刷

开本:787×960 1/16

印张:18 字数:380 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

印数:1—2 000 册

ISBN 7-81073-474-1/TH·19 定价:22.00 元

# 国防科工委“十五”规划教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主 任:张华祝

副主任:王泽山

编 委:王 祁

乔少杰

杨志宏

陈国平

贺安之

郭黎利

陈懋章

王文生

仲顺安

肖锦清

陈懋章

夏人伟

屠森林

屠森林

王泽山

张华祝

苏秀华

庞思勤

徐德民

崔锐捷

田 蔚

张近乐

辛玖林

武博祎

聂 宏

黄文良

史仪凯

张耀春

陈光祜

金鸿章

贾宝山

葛小春



## 总 序

国防科技工业是国家战略性产业,是国防现代化的重要工业和技术基础,也是国民经济发展和科学技术现代化的重要推动力量。半个多世纪以来,在党中央、国务院的正确领导和亲切关怀下,国防科技工业广大干部职工在知识的传承、科技的攀登与时代的洗礼中,取得了举世瞩目的辉煌成就。研制、生产了大量武器装备,满足了我军由单一陆军,发展成为包括空军、海军、第二炮兵和其他技术兵种在内的合成军队的需要,特别是在尖端技术方面,成功地掌握了原子弹、氢弹、洲际导弹、人造卫星和核潜艇技术,使我军拥有了一批克敌制胜的高技术武器装备,使我国成为世界上少数几个独立掌握核技术和外层空间技术的国家之一。国防科技工业沿着独立自主、自力更生的发展道路,建立了专业门类基本齐全,科研、试验、生产手段基本配套的国防科技工业体系,奠定了进行国防现代化建设最重要的物质基础;掌握了大量新技术、新工艺,研制了许多新设备、新材料,以“两弹一星”、“神舟”号载人航天为代表的国防尖端技术,大大提高了国家的科技水平和竞争力,使中国在世界高科技领域占有了一席之地。十一届三中全会以来,伴随着改革开放的伟大实践,国防科技工业适时地实行战略转移,大量军工技术转向民用,为发展国民经济作出了重要贡献。

国防科技工业是知识密集型产业,国防科技工业发展中的一切问题归根到底都是人才问题。50多年来,国防科技工业培养和造就了一支以“两弹一星”元勋为代表的优秀的科技人才队伍,他们具有强烈的爱国主义思想和艰苦奋斗、无私奉献的精神,勇挑重担,敢于攻关,为攀登国防科技高峰进行了创造性劳动,成为推动我国科技进步的重要力量。面向新世纪的机遇与挑战,高等院校在培养国防科技人才,生产和传播国防科技新知识、新思想,攻克国防基础科研和高技术研究难题当中,具有不可替代的作用。国防科工委高度重视,积极探索,锐意改革,大力推进国防科技教育特别是高等教育事业的发展。

高等院校国防特色专业教材及专著是国防科技人才培养当中重要的知识载体和教学工具,但受种种客观因素的影响,现有的教材与专著整体上已落后于当今国防科技的发展水平,不适应国防现代化的形势要求,对国防科



技高层次人才的培养造成了相当不利的影响。为尽快改变这种状况,建立起质量上乘、品种齐全、特点突出、适应当代国防科技发展的国防特色专业教材体系,国防科工委全额资助编写、出版 200 种国防特色专业重点教材和专著。为保证教材及专著的质量,在广泛动员全国相关专业领域的专家学者竞投编著工作的基础上,以陈懋章、王泽山、陈一坚院士为代表的 100 多位专家、学者,对经各单位精选的近 550 种教材和专著进行了严格的评审,评选出近 200 种教材和学术专著,覆盖航空宇航科学与技术、控制科学与工程、仪器科学与工程、信息与通信技术、电子科学与技术、力学、材料科学与工程、机械工程、电气工程、兵器科学与技术、船舶与海洋工程、动力机械及工程热物理、光学工程、化学工程与技术、核科学与技术等学科领域。一批长期从事国防特色学科教学和科研工作的两院院士、资深专家和一线教师成为编著者,他们分别来自清华大学、北京航空航天大学、北京理工大学、华北工学院、沈阳航空工业学院、哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、上海交通大学、南京航空航天大学、南京理工大学、苏州大学、华东船舶工业学院、东华理工学院、电子科技大学、西南交通大学、西北工业大学、西安交通大学等,具有较为广泛的代表性。在全面振兴国防科技工业的伟大事业中,国防特色专业重点教材和专著的出版,将为国防科技创新人才的培养起到积极的促进作用。

党的十六大提出,进入二十一世纪,我国进入了全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。全面建设小康社会的宏伟目标,对国防科技工业发展提出了新的更高的要求。推动经济与社会发展,提升国防实力,需要造就宏大的人才队伍,而教育是奠基的柱石。全面振兴国防科技工业必须始终把发展作为第一要务,落实科教兴国和人才强国战略,推动国防科技工业走新型工业化道路,加快国防科技工业科技创新步伐。国防科技工业为有志青年展示才华,实现志向,提供了缤纷的舞台,希望广大青年学子刻苦学习科学文化知识,树立正确的世界观、人生观、价值观,努力担当起振兴国防科技工业、振兴中华的历史重任,创造出无愧于祖国和人民的业绩。祖国的未来无限美好,国防科技工业的明天将再创辉煌。

张华祝



# 前 言

本书是根据原国家教委高教司 1995 年 82 号通知颁布的“高等工科院校本科工程材料及机械制造基础教学基本要求”和 1997 年工程材料及机械制造基础课程指导小组颁布的“重点高等工科院校金工系列课程改革指南”的精神,并结合高等学校工科教学的实际,汲取了国内外同类教材中的优点和机械制造工艺方面的新成果编写而成的。

本书在课程内容和体系上进行了力度较大的改革,既加大了工艺理论基本知识的学习,又大幅度增加了先进制造技术和工艺的内容。在培养学生加强基础,拓宽专业,适应 21 世纪人才培养的需要方面作一大胆探索。

本书有以下主要特色:

- (1)加强工艺理论基础知识的叙述,使学生具有较扎实的理论基础;
- (2)本书和《机械工程训练》教材有明确分工,本书侧重基本工艺方法的综合论述和选取;
- (3)本书加强现代制造方法的介绍,使学生掌握现代制造业的发展前沿技术,为学生将来可持续发展打下基础;
- (4)有些章节,教师可根据学时和需要,安排学生以本书中的内容为线索,参阅相应有关资料,写出有关问题的读书报告综述。

本书由祁家驛编写 1、4 两章,及 5.4 节、6.1 节、6.2 节、6.6 节、7.7.5 节;由赵树林编写 2、3、5、7 四章,及 6.3、6.4、6.5 各节。

编者

2004 年 6 月

# 目 录

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 1 切削加工基础知识 .....         | 1   |
| 1.1 切削加工概述 .....         | 1   |
| 1.2 零件表面构成及成形方法 .....    | 2   |
| 1.3 机床的切削运动及切削要素 .....   | 6   |
| 1.4 金属切削刀具 .....         | 9   |
| 1.5 刀具切削过程及磨削机理 .....    | 26  |
| 1.6 提高切削加工质量和经济性途径 ..... | 32  |
| 1.7 材料的切削加工性及改善途径 .....  | 43  |
| 1.8 切削液的选择 .....         | 48  |
| 1.9 工件的装夹及夹具 .....       | 54  |
| 1.10 金属切削机床 .....        | 65  |
| 思考题及习题 .....             | 74  |
| 2 常用加工方法综述及加工方案选择 .....  | 77  |
| 2.1 常用加工方法简述 .....       | 77  |
| 2.2 常见表面的加工方案 .....      | 92  |
| 2.3 选择表面加工方案的依据 .....    | 101 |
| 思考题及习题 .....             | 107 |
| 3 机械加工工艺过程 .....         | 109 |
| 3.1 机械加工工艺过程的基本知识 .....  | 109 |
| 3.2 毛坯的选用 .....          | 113 |
| 3.3 制定加工工艺过程的内容及原则 ..... | 119 |
| 3.4 典型零件工艺过程分析 .....     | 128 |
| 思考题及习题 .....             | 145 |
| 4 切削加工零件结构工艺性 .....      | 148 |
| 4.1 概 述 .....            | 148 |
| 4.2 切削加工工艺性的评价 .....     | 149 |
| 4.3 切削加工工艺性的影响因素 .....   | 150 |
| 4.4 提高切削加工工艺性的措施 .....   | 152 |
| *4.5 零部件的装配工艺性 .....     | 168 |
| 思考题及习题 .....             | 178 |
| 5 先进制造技术 .....           | 181 |



|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 5.1 先进制造技术及其特点 .....         | 181        |
| 5.2 先进制造技术的发展 .....          | 181        |
| 5.3 机械制造系统的自动化 .....         | 183        |
| 5.4 精密工程及微型机械、微细加工 .....     | 200        |
| 5.5 表面处理技术 .....             | 210        |
| * 5.6 快速原型制造技术 .....         | 214        |
| 5.7 成组技术及计算机辅助工艺过程设计简介 ..... | 218        |
| * 5.8 智能制造技术 .....           | 230        |
| 思考题及习题 .....                 | 231        |
| <b>6 先进制造运行模式 .....</b>      | <b>232</b> |
| 6.1 计算机集成制造系统 .....          | 232        |
| * 6.2 精益生产 .....             | 236        |
| * 6.3 敏捷制造 .....             | 242        |
| 6.4 并行工程 .....               | 245        |
| * 6.5 虚拟制造 .....             | 247        |
| 6.6 绿色制造技术 .....             | 250        |
| 思考题及习题 .....                 | 254        |
| <b>7 特种加工 .....</b>          | <b>255</b> |
| 7.1 电火花加工 .....              | 256        |
| 7.2 电解加工 .....               | 261        |
| 7.3 超声波加工 .....              | 263        |
| 7.4 激光加工 .....               | 266        |
| * 7.5 电子束加工 .....            | 267        |
| * 7.6 离子束加工 .....            | 270        |
| * 7.7 复合加工 .....             | 272        |
| 思考题及习题 .....                 | 275        |
| <b>参考文献 .....</b>            | <b>276</b> |
| <b>后记 .....</b>              | <b>277</b> |

带“\*”号部分为在本课程基本要求基础上适当拓宽知识面和加深理解的内容(正文中的“\*”与此相同)。

# 1 切削加工基础知识

## 1.1 切削加工概述

切削加工是刀具从毛坯(或型材)上切除多余的材料,以便获得形状、尺寸、精度和表面质量等都符合图样规定要求的加工过程。

### 1.1.1 切削加工的分类

切削加工分为机械加工和钳工加工两大类。

机械加工(简称机工)是利用机械力对各种工件进行加工的方法。它一般是通过工人操纵机床设备来进行切削加工的。其方法有车、钻、镗、铣、刨、拉、磨、珩、超精加工和抛光等。

钳工加工一般是通过工人手持工具来进行切削加工的。钳工常用的加工方法有划线、錾切、锯、锉、刮、研、钻孔、铰孔、攻螺纹、套螺纹、机械装配和设备修理等。随着加工技术的发展和自动化程度的提高,目前钳工加工的部分工作已被机械加工所替代,机械装配也在一定范围内不同程度地实现机械化和自动化,而且这种替代现象将会越来越多。尽管如此,钳工加工永远不会被机械加工完全替代,它永远是切削加工中不可缺少的一部分。这是因为,在某些情况下,钳工加工不仅比机械加工灵活、经济、方便,而且更容易保证产品的质量。

### 1.1.2 切削加工的特点

切削加工有如下特点:

#### 1. 切削加工的精度和表面粗糙度的范围广泛

目前切削加工尺寸公差等级为 IT12 ~ IT3,表面粗糙度值为  $R_{\text{a}} 25 \sim 0.008 \mu\text{m}$ 。其范围之广,精度之高,是目前其他加工方法难以达到的。

#### 2. 切削加工零件的材料、形状、尺寸和质量的范围较大

切削加工多用于加工金属材料,如各种碳钢、合金钢、铸铁、有色金属及其合金等,也可用于某些非金属的加工,如石材、木材、塑料和橡胶等。对于零件的形状和尺寸一般不受限制。切削加工零件的质量范围大,大的可达数百吨,如葛洲坝一号船闸的闸门,高 30 余米,重达 600 t;小的只有几克,如微型仪表零件。

#### 3. 切削加工的生产效率较高

在常规条件下,生产率一般高于其他加工方法,只有在少数特殊场合,其生产率低于精密



铸造、精密锻造和粉末冶金等方法。

#### 4. 刀具材料的硬度大于工件材料的硬度

因为切削过程中存在着切削力,所以刀具、工件均须具有一定强度和刚度,而且刀具材料的硬度必须大于工件材料的硬度。

### 1.1.3 切削加工的作用

综上所述,切削加工在机械制造业中占有十分重要的地位,目前占机械制造总工作量的40%~60%,它与国家整个工业的发展紧密相连。但是,切削加工在细微结构,以及高硬度、高强度等特殊材料的加工方面受到了限制,从而给特种加工留下了“生存”和发展的空间。

### 1.1.4 切削加工的发展方向

随着科学技术和现代工业的迅猛发展,切削加工也正朝着高精度、高效率、自动化、柔性化和智能化方向发展,主要体现在以下四方面:

#### 1. 加工设备向数控技术、精密和超精密、高速和超高速方向发展

据预测,到21世纪初,普通加工、精密加工和超精密加工的精度已分别达到 $1\mu\text{m}$ , $0.01\mu\text{m}$ 和 $0.001\mu\text{m}$ (即纳米级),并向原子级加工逼近。

#### 2. 加工刀具向超硬刀具材料方向发展

我国目前常用的刀具材料是高速钢和硬质合金,预计21世纪是超硬刀具材料的应用时代,陶瓷、聚晶金刚石(PCD)和聚晶立方氮化硼(PCBN)等超硬材料将普遍应用于刀具,使切削速度可高达每分钟数千米。

#### 3. 生产规模向多品种变批量方向发展

生产方式由目前的手工操作、机械化、单机自动化、刚性流水线向着柔性自动化和智能自动化方向发展。

#### 4. 工艺基础将改变

在直接生产的环节里,采用物化知识的职能代替人,使人从直接参加生产劳动变为主要控制生产。

21世纪的切削加工技术必将面临未来自动化制造环境的一系列新的挑战。它必然要与计算机、自动化、系统论、控制论,以及人工智能、计算机辅助设计与制造、计算机集成制造系统等高新技术及理论相融合,向着精密化、柔性化和智能化方向发展。

## 1.2 零件表面构成及成形方法

机械加工是根据零件的设计要求选用相应的切削方法,即在机床上通过刀具与工件的相对运动,从毛坯上切除多余金属,并使之形成符合形状、尺寸要求的表面的过程。因此,机械加工过程实质是工件表面的形成过程,不同类型表面所采用的成形方法是不相同的。



### 1.2.1 零件表面构成

机械零件的表面形状千变万化,但按形体分析方法归纳起来大致有三种基本表面,即回转面(圆柱面、圆锥面、回转成形面等)、平面(大平面、端面、环面等)和成形表面(渐开面、螺旋面等)。由这三类基本表面可组合成各种类型的零件。图 1-1 是几种常见的零件类型。

### 1.2.2 零件表面的形成

零件上各种常见表面都可由一条线(称为母线)沿另一条线(称为迹线)运动形成,如图 1-2 所示。平面由一条直线(母线)沿另一条直线(迹线)做平移运动而成;圆柱面由一条直线(母线)沿一个圆(迹线)运动而成;螺旋面由一条折线(母线)沿一条螺旋线(迹线)运动而成;齿轮表面由渐开线(母线)沿直线(迹线)运动而成。这些形成零件各种表面的母线和迹线统称为发生线。母线和迹线的相对位置不同,所形成的表面也不同。在图 1-3 中,直线(母线)和圆柱线相对位置的改变,就分别形成了圆柱面、圆锥面和回转双曲面。

### 1.2.3 发生线的形成方法

发生线是形成零件表面的几何要素。机械加工中,发生线是由工件和刀具之间的相对运动及刀具切削刃的形状共同实现的。相同的表面,切削刃的形状不同,工件和刀具之间的相对运动也不相同,这是形成各种加工方法的基础。按表面形成过程的特点,切削加工方法可分为两大类。

#### 1. 成形法

整个切削刃相对于工件的运动轨迹面即是直接形成工件的已加工表面,换句话说,被加工工件的廓形是刀具的刃形(或者刃形的投影)“复印”出来的。如图 1-4 所示的成形车刀、成形铣刀、拉刀刀具加工所形成的工件表面就是采用的成形法。用成形法加工,可提高生产率,但刀具的制造和安装误差对被加工表面的形状精度影响较大。

#### 2. 包络法

切削刃相对工件运动轨迹面的包络面是形成工件的已加工表面,换句话说,被加工工件的廓形是切削刃在切削运动过程中,连续位置的包络线。刀具的切削刃是被加工齿形的共轭曲线,齿形表面的迹线由刀具沿齿长方向的直线运动(或螺旋线运动)来实现。包络法中刀具与工件的瞬时彼此做无滑动的滚动时,这种方法称为有瞬心包络法,或称为展成法,例如插齿法加工齿轮(图 1-5(e)所示)。如果在包络形成表面过程中(图 1-5(a),(b),(c),(d)所示),刀具和工件之间没有瞬时中心,这种方法称为无瞬心包络法,或称为包络法。这种方法应用非常广泛,例如车削、刨削、铣削等。工件的已加工表面廓形都是切削刃连续位置的包络线形成的;刀具的刃形同工件廓形没有直接关系。动线是一条在平面上移动的直线或曲线,包络线则是一条在动线所有位置上与动线相切的直线或曲线。

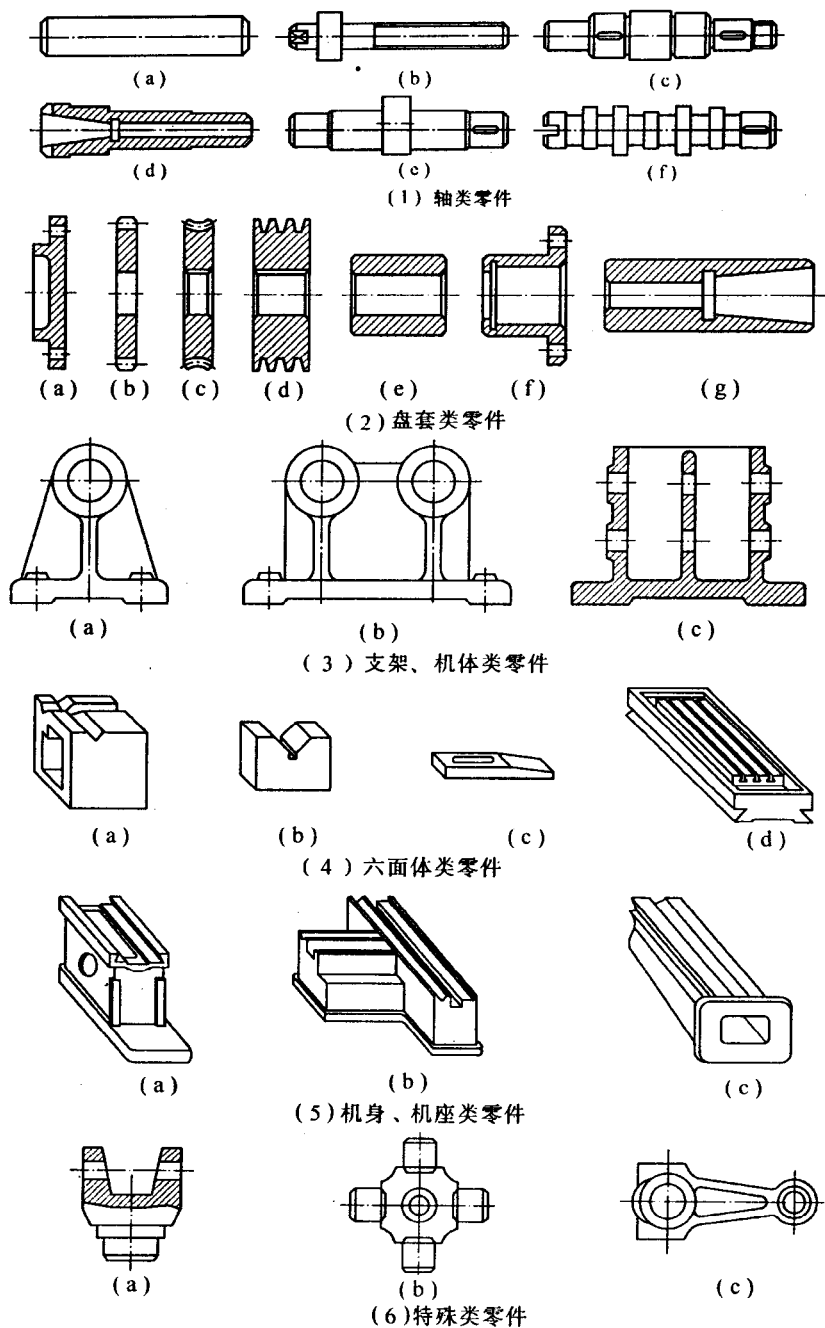


图 1-1 常见的零件类型

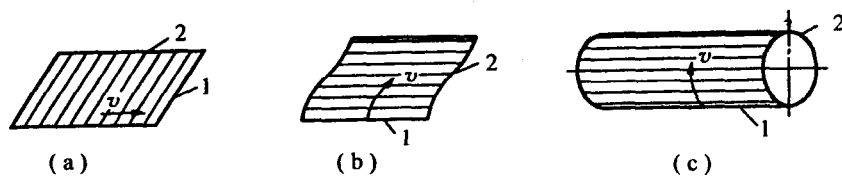


图 1-2 零件表面的形成

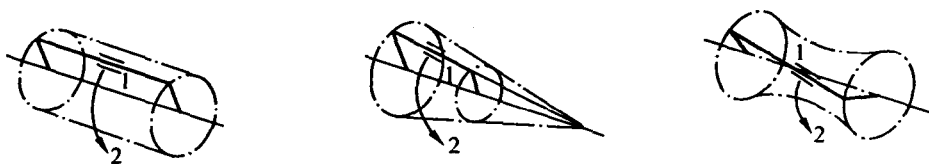


图 1-3 母线原始位置变化时形成不同表面

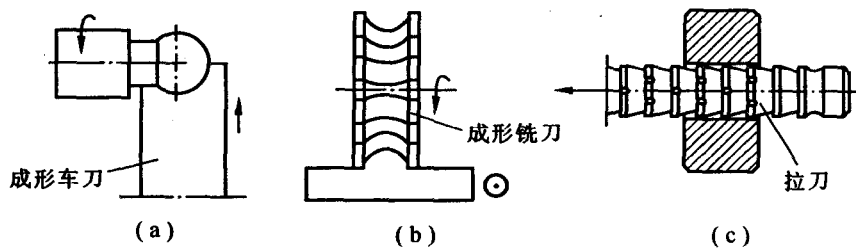


图 1-4 成形法

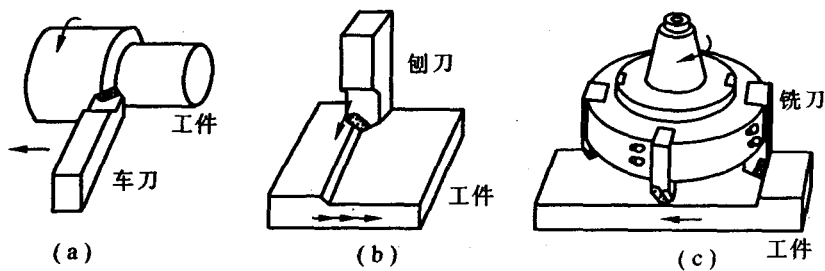


图 1-5 包络法(a),(b),(c)

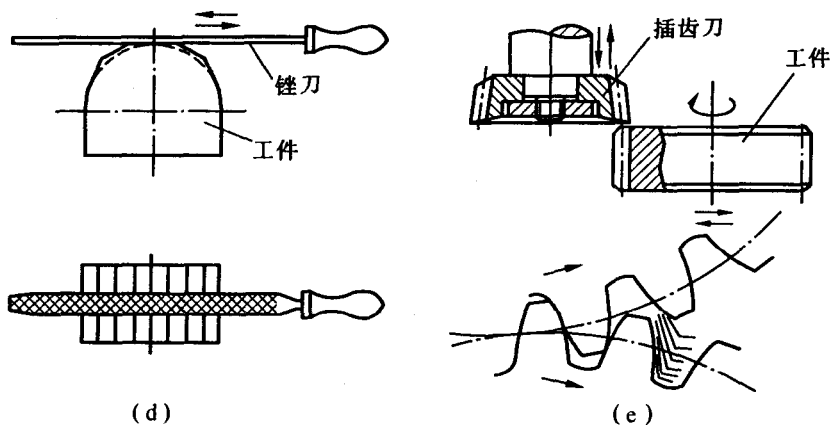


图 1-5 包络法(d),(e)

## 1.3 机床的切削运动及切削要素

### 1.3.1 机床的切削运动

要进行切削加工,刀具和工件之间必须具有一定的相对运动,才能获得所需表面形状,这种相对运动称为切削运动。机械加工的切削运动由机床提供。各种切削运动,都是由一些简单的运动单元组合而成的。直线运动和旋转运动是切削加工的两个基本运动单元。不同数目的运动单元,按照不同大小的比值、不同的相对位置和方向进行组合,即构成各种切削加工的运动。例如:

直线运动 刨削、拉削等;

回转运动 圆盘拉刀拉削加工;

一个回转运动和一个直线运动的组合 车削、镗孔、铣削、钻孔、车螺纹等,它是目前应用最广泛的一种组合;

两个直线运动的组合 锯、仿形刨削;

两个回转运动的组合 铣削回转体表面;

两个回转运动和一个直线运动的组合 铣螺旋槽、铣螺纹、磨外圆、滚刀滚齿轮等,它也是目前应用很广泛的一种组合形式。

除了上述各种运动组合形式之外,还有一些运动组合形式及切削加工方法。

上述各种加工方法的运动单元,按照它们在切削过程中所起的作用可以分为主运动和进给运动。



### 1. 主运动

直接切除工件上的切削层,使之转变为切屑,以形成工件新表面的运动,称为主运动。通常主运动的速度较高,消耗的切削功率也较大,主运动只有一个。

### 2. 进给运动

不断地将切削层投入切削的运动,称为进给运动。进给运动速度较低、消耗功率较小,进给运动可以是一个或多个。

常见机床的切削运动见表 1-1。除主运动和进给运动外,机床还有吃刀、退刀和调整,以及分度等辅助运动。

表 1-1 常见机床的切削运动

| 机床名称  | 主运动        | 进给运动                  | 机床名称 | 主运动        | 进给运动                 |
|-------|------------|-----------------------|------|------------|----------------------|
| 卧式车床  | 工件<br>旋转运动 | 车刀纵向、横向、斜向直线运动        | 龙门刨床 | 工件<br>往复移动 | 刨刀横向、垂直、斜向间歇移动       |
| 钻床    | 钻头<br>旋转运动 | 钻头轴向移动                | 外圆磨床 | 砂轮<br>高速旋转 | 工件转动,同时工件往复移动,砂轮横向移动 |
| 卧铣、立铣 | 铣刀<br>旋转运动 | 工件纵向、横向移动(有时也做垂直方向移动) | 内圆磨床 | 砂轮<br>高速旋转 | 工件转动,同时工件往复移动,砂轮横向移动 |
| 牛头刨床  | 刨刀<br>往复运动 | 工件横向间歇移动或刨刀垂直斜向间歇移动   | 平面磨床 | 砂轮<br>高速旋转 | 工件往复移动,砂轮横向、垂直方向移动   |

### 1.3.2 切削用量三要素

切削用量是切削过程中的切削速度、进给量和背吃刀量的总称,通常称为切削用量三要素。

#### 1. 切削速度

它是切削刃选定点相对于工件的主运动的瞬时速度,用  $v_c$  表示,单位为 m/s 或 m/min。当主运动为旋转运动时,切削速度的计算公式为

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000 \times 60}$$

或

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000}$$

式中  $d$ ——切削刃选定点处工件或刀具的直径,mm;

$n$ ——工件或刀具的转速,r/min。

当主运动为直线往复移动时(如刨削加工),切削速度的计算公式近似为

$$v_c = \frac{2L n_f}{1000 \times 60}$$



或

$$v_c = \frac{2Ln_r}{1000}$$

式中  $L$ ——行程长度, mm; $n_r$ ——冲程次数, str/min。

## 2. 进给量

进给量是刀具在进给运动方向上相对工件的位移量,可用刀具和工件每转或每冲程的位移量来表示。进给量用  $f$  表示,车、钻、镗、铣时,单位为 mm/r;刨、插削时,单位为 mm/str。另外,还有每齿进给量(mm/z)和每分钟进给量(即进给速度  $v_f$ , mm/min)。

## 3. 背吃刀量

它是在垂直于进给方向上测得主切削刃切入工件的深度,用  $a_p$  表示,单位为 mm。背吃刀量又称切削深度(简称切深)。图 1-6 所示是车外圆、车锥面、刨直槽和钻孔的工艺简图,它不仅表示出了夹具(有时可不表示出)、工件和刀具,而且也表示出了切削运动和切削用量( $v_c$ ,  $f$ ,  $a_p$ )。

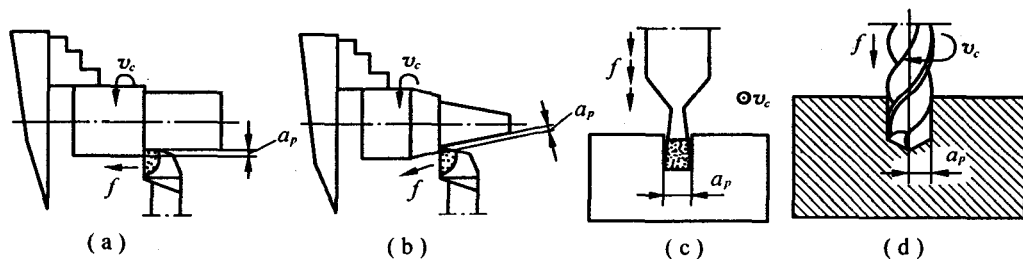


图 1-6 工艺简图

### 1.3.3 切削层尺寸平面要素

从图 1-7 看出,当刀具相对工件沿进给方向移动一个进给量  $f$  的距离时,刀具的主切削刃从过渡表面 I 的位置移动到相邻的过渡表面 II 的位置, I、II 之间的被切层将转变为切屑,称为切削层。由于刀具刃形结构的关系(副偏角  $K_r'$  的存在),刀具实际切下的切削层只是斜剖面部分的一层金属。

为使问题简化,切削层的剖面形状和尺寸,通常规定在通过主切削刃基点(通常把它定在将作用切削刃分成两相等长度的点上)并垂直于该点主运动方向的平面内观察和测量,该平面称为切削层尺寸平面,用符号  $p_D$  表示。测定的切削层尺寸几何参数,称为切削层平面要素。

#### 1. 切削层公称横截面积 $A_D$ (mm<sup>2</sup>)

在给定瞬间,切削层在  $p_D$  面内的实际横截面积(即图 1-7 中的斜剖面部分)。当切削速