



普通高等教育“十二五”规划教材  
PUTONG GAODENGJIAOYU SHIERWU GUIHUAJIAOCAI

# 机械制造技术基础

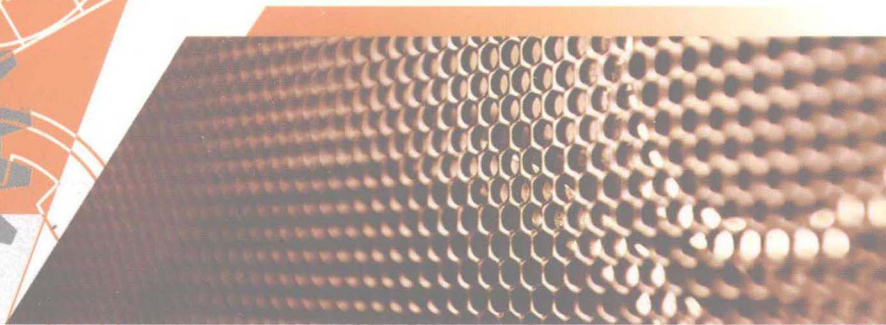
第2版

◎主 编:胡忠举 ◎副主编:陆名彰

JIXIEZHIZAOJISHUJICHU



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn





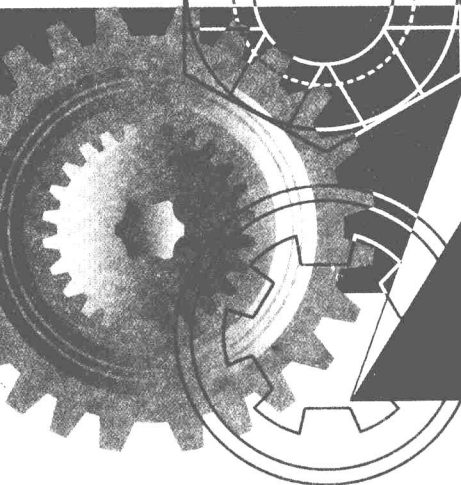
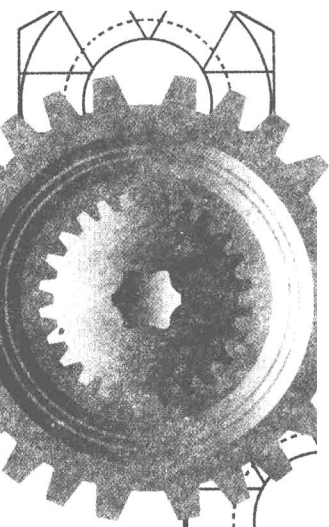
普通高等教育“十二五”规划教材  
PUTONG GAODENGJIAOYU SHIERWU GUIHUAJIAOCAI

# 机械制造技术基础

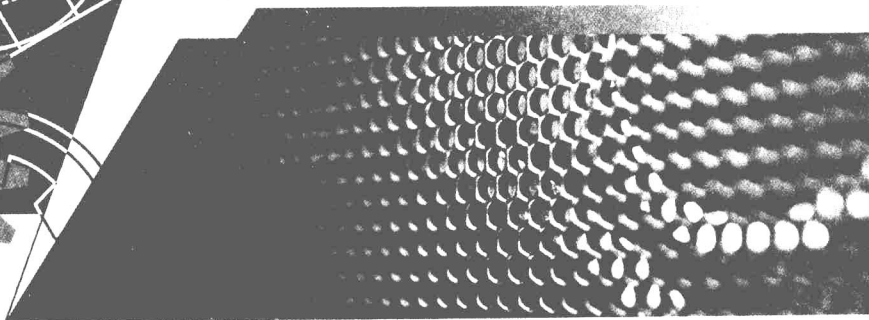
第2版

◎主 编:胡忠举 陆名彰

JIXIEZHIZAOJISHUJICHU



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn



---

**图书在版编目(CIP)数据**

机械制造技术基础/胡忠举,陆名彰主编.—2版—长沙:  
中南大学出版社,2011.8  
ISBN 978-7-5487-0359-4

I.机... II.①胡...②陆... III.机械制造工艺 IV.TH16  
中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第157182号

---

**机械制造技术基础**  
(第2版)

胡忠举 陆名彰 主编

- 
- 责任编辑 谭平  
责任印制 周颖  
出版发行 中南大学出版社  
社址:长沙市麓山南路 邮编:410083  
发行科电话:0731-88876770 传真:0731-88710482  
印装 长沙市华中印刷厂
- 

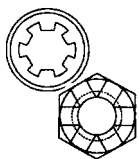
- 开本 787×1092 1/16 印张 18.75 字数 463千字  
版次 2011年8月第1版 2011年8月第1次印刷  
书号 ISBN 978-7-5487-0359-4  
定价 35.00元
- 

图书出现印装问题,请与经销商调换

## 内容简介

本书适应高等教育改革和“宽口径，重基础”的人才培养模式的需要，突出机械制造技术的基础理论、基本知识和基本方法，同时注意介绍机械制造技术领域的最新成就和发展趋势。全书分为8章，依次为：切削加工的基本要素、切削过程的基本规律、机械加工工艺规程的制定、典型零件的机械加工、机械加工精度、机械加工表面质量、装配工艺规程的制定、机械制造技术的发展。

本书主要作为高等学校机械设计制造及其自动化、机械工程及自动化、材料成形及控制工程、工业工程、热能与动力工程专业及相关专业的教材或参考书，也可作为自学考试、职业大学、函授大学、电视大学相关专业的教材或参考书，亦可供有关工程技术人员参考。



---

## 普通高等教育机械工程学科“十二五”规划教材编委会

---

### 主任

(以姓氏笔画为序)

王艾伦 刘舜尧 李孟仁 尚建忠 唐进元

### 委员

(以姓氏笔画为序)

丁敬平 万贤杞 王剑彬 王菊槐 王湘江 尹喜云  
龙春光 叶久新 田福生 朱石沙 伍利群 刘吉兆  
刘先兰 刘忠伟 刘金华 安伟科 杨舜洲 李必文  
李 岚 李 岳 李新华 何国旗 何哲明 何竞飞  
汪大鹏 张敬坚 陈召国 陈志刚 林国湘 罗烈雷  
周里群 周知进 赵又红 胡成武 胡仲勋 胡争光  
胡忠举 胡泽豪 钟丽萍 贺尚红 聂松辉 莫亚武  
夏宏玉 夏卿坤 夏毅敏 高为国 高英武 郭克希  
龚曙光 彭如恕 彭佑多 蒋寿生 曾周亮 谭援强  
谭晶莹 潘存云

# 总序 FOREWORD.

机械工程学科作为联结自然科学与工程行为的桥梁，它是支撑物质社会的重要基础，在国家经济发展与科学技术发展布局中占有重要的地位，21世纪的机械工程学科面临诸多重大挑战，其突破将催生社会重大经济变革。当前机械工程学科进入了一个全新的发展阶段，总的发展趋势是：以提升人类生活品质为目标，发展新概念产品、高效高功能制造技术、功能极端化装备设计制造理论与技术、制造过程智能化和精准化理论与技术、人造系统与自然界和谐发展的可持续制造技术等。这对担负机械工程人才培养任务的高等学校提出了新挑战：高校必须突破传统思维束缚，培养能适应国家高速发展需求的具有机械学科新知识结构和创新能力的高素质人才。

为了顺应机械工程学科高等教育发展的新形势，湖南省机械工程学会、湖南省机械原理教学研究会、湖南省机械设计教学研究会、湖南省工程图学教学研究会、湖南省金工教学研究会与中南大学出版社一起积极组织了高等学校机械类专业系列教材的建设规划工作。成立了规划教材编委会，编委会由各高等学校机电学院院长及具有较高理论水平和教学经验的教授、学者和专家组成。编委会组织国内近20所高等学校长期在教学、教改第一线的骨干教师召开了多次教材建设研讨会和提纲讨论会，充分交流教学成果、教改经验、教材建设经验，把教学研究成果与教材建设结合起来，并对教材编写的指导思想、特色、内容等进行了充分的论证，统一认识，明确思路。在此基础上，经编委会推荐和遴选，近百名具有丰富教学实践经验的教师参加了这套教材的编写工作。历经两年多的努力，这套教材终于与读者见面了，它凝结了全体编写者与组织者的心血，是他们集体智慧的结晶，也是他们教学教改成果的总结，体现了编写者对教育部“质量工程”精神的深刻领悟和对本学科教育规律的把握。

这套教材包括了高等学校机械类专业的基础课和部分专业基础课教材。整体看来，这套教材具有以下特色：

(1)根据教育部高等学校教学指导委员会相关课程的教学基本要求编写。遵循“重基础、宽口径、强能力、强应用”的原则，注重科学性、系统性、实践性。

(2)注重创新。本套教材不但反映了机械学科新知识、新技术、新方法的发展趋势和研究成果，还反映了其他相关学科在与机械学科的融合与渗透中产生的新前沿，体现了学科交叉对本学科的促进；教材与工程实践联系密切，应用实例丰富，体现了机械学科应用领域在不断扩大。

(3)注重质量。本套教材编写组对教材内容进行了严格的审定与把关，教材力求概念准确、叙述精炼、案例典型、深入浅出、用词规范，采用最新国家标准及技术规范，确保了教材的高质量与权威性。

(4)教材体系立体化。为了方便教师教学与学生学习，本套教材还提供了电子课件、教学指导、教学大纲、考试大纲、题库、案例素材等教学资源支持服务平台。

教材要出精品，而精品不是一蹴而就的，我将这套书推荐给大家，请广大读者对它提出意见与建议，以利进一步提高。也希望教材编委会及出版社能做到与时俱进，根据高等教育改革发展形势、机械工程学科发展趋势和使用中的新体验，不断对教材进行修改、创新、完善，精益求精，使之更好地适应高等教育人才培养的需要。

衷心祝愿这套教材能在我国机械工程学科高等教育中充分发挥它的作用，也期待着这套教材能哺育新一代学子茁壮成长。

中国工程院院士 钟 掘

2011年8月

## 第2版前言 PREFACE.

《机械制造技术基础》自2004年出版以来,已历经7年的教学实践,得到了使用本教材师生和同行的认可,并于2009年被评为湖南省高等学校优秀教材。

本次修订是在总结多年教学实践的基础上,广泛吸取使用该教材师生的意见,依据相关专业的“机械制造技术基础”课程教学大纲进行的,修订中还参考了其他版本的同类教材。

本次修订力求总体上把握和反映机械制造的基础理论、基本知识和基本方法,突出本课程学习的关键知识点,点面结合,合理控制教材的宽度和难度,达到“宽口径,重基础”的教学要求。

为贯彻新国标,本次修订根据GB/T 131—2006、GB/T 1031—2009、GB/T 1800.2—2009等国家标准对相关内容进行了修改。

本次修订由胡忠举、陆名彰任主编,刘平、宋昭祥、胡斌梁、廖先禄、伍济钢、黄东兆参加修订工作。

限于编者的水平,书中不足与疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2011年8月



# 前言 PREFACE.

“机械制造技术基础”是机械工程类专业教学指导委员会推荐设置的一门主干技术基础课程。通过本课程的学习，要求学生掌握机械制造技术的基础理论和基本知识，具备分析和解决有关机械制造问题的基本能力，为后续课程的学习，以及毕业后从事机械设计制造及相关领域的技术与管理工作打好基础。

以计算机、信息技术为代表的高新技术的发展，使制造技术的内涵和外延发生了革命性的变化。现代制造业大量吸收信息、材料、能源及管理等领域最新研究成果，并将其综合应用于产品的设计、制造、检测、生产管理和售后服务的全过程。制造技术的许多新思想、新理念不断涌现，并与其他学科相互渗透融合。数控机床、加工中心、柔性制造系统、计算机集成制造系统、虚拟制造、敏捷制造、精益生产、绿色制造等先进制造技术增强了制造业的生产能力和市场适应能力，迅速地改变着传统制造业的面貌。

为培养能适应现代机械制造工业发展的高层次的工程技术人员和科学研究人才，高等工科院校必须根据现代新技术的发展，调整机械工程类专业课程的体系结构和教学内容，使学生建立与现代机械制造工业相适应的系统的知识体系，注重专业能力和综合能力的培养，提高毕业后对市场环境的专业适应性。

本书具有以下特色：

①将原“机械加工工艺基础”、“金属切削原理”和“机械制造工艺学”等课程的教学内容整合为本课程，减少不必要的重复，以适应新形势下教学的需要，解决因新的知识、新的教学内容、新的课程大量增加所引起的课时分配矛盾。

②力求理论联系实际，尽量引用典型实例进行分析，以加强学生对基本内容的理解，同时注意适当引用综合性典型实例，以提高学生的综合分析能力。

③为了适应制造技术的迅速发展，本书在重点介绍基本内容的同时，加强了对先进制造技术和机械制造技术发展趋势的介绍。

④力求“少而精”，用较少篇幅完成对有关内容的介绍。

⑤力求文字精炼，图文并茂，尽量采用图、表表达叙述性的内容。

本书由陆名彰、胡忠举、厉春元、宋昭祥、刘平主编，梁洁萍、廖先禄、胡斌梁、李鹏南、马克新、潘钧颂、陈立锋参加了本书的编写。全书共分八章，依次为：切削加工的基本要素（由湖南科技大学宋昭祥编写）、切削过程的基本规律（由湖南科技大学胡忠举编写）、机械加工工艺规程的制定（由湖南科技大学陆名彰编写）、典型零件的机械加工（由湖南科技大学梁洁萍、胡斌梁、马克新编写）、机械加工精度（由湖南大学衡阳分校厉春元编写）、机械加工表面质量（由湖南科技大学廖先禄、潘钧颂、陈立锋编写）、装配工艺规程的制定（由湖南科技大学刘平编写）、机械制造技术的发展（由湖南科技大学陆名彰、李鹏南、湖南大学衡阳分校厉春元编写）。

本书的编写得到刘德顺教授的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

**编 者**

## CONTENTS. 目录

<b>第 1 章 切削加工的基本要素</b> .....	(1)
1.1 工件表面的形成方法和成形运动 .....	(1)
1.2 加工表面和切削用量三要素 .....	(7)
1.3 刀具角度 .....	(10)
1.4 切削层参数与切削方式 .....	(19)
1.5 刀具材料 .....	(22)
<b>第 2 章 切削过程的基本规律</b> .....	(32)
2.1 金属切削的变形过程 .....	(32)
2.2 切屑的种类及卷屑、断屑机理 .....	(38)
2.3 前刀面上的摩擦与积屑瘤 .....	(42)
2.4 影响切削变形的因素 .....	(46)
2.5 切削力 .....	(47)
2.6 切削热和切削温度 .....	(56)
2.7 刀具磨损、破损和耐用度 .....	(61)
2.8 切削用量的优化选择 .....	(70)
2.9 刀具几何参数的选择 .....	(73)
2.10 工件材料的切削加工性 .....	(80)
2.11 切削液 .....	(85)
<b>第 3 章 机械加工工艺规程的制定</b> .....	(90)
3.1 基本概念 .....	(90)
3.2 定位基准及其选择 .....	(99)

3.3	零件结构的机械加工工艺性 .....	(102)
3.4	工艺路线的制定 .....	(107)
3.5	加工余量、工序间尺寸及公差的确 定 .....	(114)
3.6	工艺尺寸链 .....	(119)
3.7	时间定额和提高生产率的工艺途 径 .....	(128)
3.8	工艺方案的比较与技术经济分析 .....	(133)
<b>第4章</b>	<b>典型零件的机械加工 .....</b>	<b>(136)</b>
4.1	车床主轴箱箱体的加工及其工艺 规程的制定 .....	(136)
4.2	轴类零件的加工 .....	(145)
4.3	套类零件的加工 .....	(153)
<b>第5章</b>	<b>机械加工精度 .....</b>	<b>(157)</b>
5.1	机械加工精度的概念 .....	(157)
5.2	获得加工精度的方法 .....	(158)
5.3	影响加工精度的因素 .....	(159)
5.4	加工误差的综合分析 .....	(189)
<b>第6章</b>	<b>机械加工表面质量 .....</b>	<b>(206)</b>
6.1	机械加工表面质量的概念 .....	(206)
6.2	表面粗糙度及其影响因素 .....	(209)
6.3	机械加工后表面物理机械性能的 变化 .....	(212)
6.4	控制加工表面质量的途径 .....	(219)
6.5	振动对表面质量的影响及其控制 .....	(220)
<b>第7章</b>	<b>装配工艺规程的制定 .....</b>	<b>(226)</b>
7.1	装配工艺规程的制定 .....	(226)
7.2	装配尺寸链 .....	(234)
7.3	利用装配尺寸链达到装配精度 的方法 .....	(240)
7.4	零部件结构的装配工艺性 .....	(252)
<b>第8章</b>	<b>机械制造技术的发展 .....</b>	<b>(255)</b>
8.1	超精密加工 .....	(255)

8.2 超高速加工 .....	(259)
8.3 自动生产线 .....	(265)
8.4 成组技术 .....	(269)
8.5 计算机辅助工艺规程设计 .....	(277)
8.6 柔性制造系统 .....	(279)
8.7 计算机集成制造系统 .....	(283)
参考文献 .....	(285)

# 第1章

## 切削加工的基本要素

刀具和工件按一定规律做相对运动,通过刀具上的切削刃切除工件上多余的(或预留的)材料,从而使工件的形状、尺寸精度及表面质量都合乎预定要求的加工称为切削加工。在切削加工过程中有两个基本要素:一个是成形运动,另一个是刀具。

### 1.1 工件表面的形成方法和成形运动

#### 1.1.1 工件的加工表面及其形成方法

零件的形状是由各种表面组成的,所以零件的切削加工归根到底是表面成形问题。

##### 1. 被加工工件的表面形状

图1-1是机器零件上常用的各种表面。可以看出,零件表面是由若干个表面元素组成的,如图1-2所示。这些表面元素有:(a)平面、(b)成形表面、(c)圆柱面、(d)圆锥面、(e)球面、(f)圆环面、(g)螺旋面等。

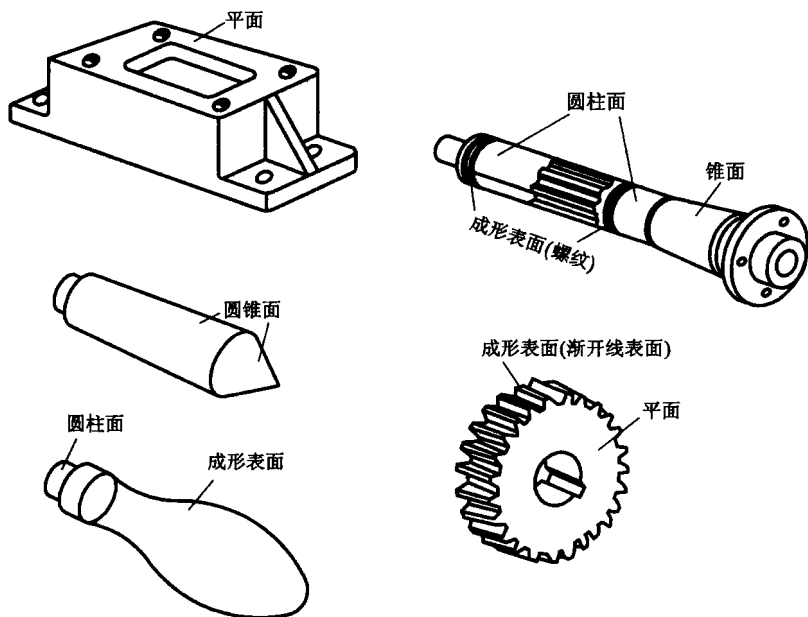


图1-1 机器零件上常用的各种典型表面

## 2. 工件表面的形成方法

各种典型表面都可以看作是一条线(称为母线)沿着另一条线(称为导线)运动的轨迹。母线和导线统称为形成表面的发生线。

为得到平面[图 1-2(a)],应使直线 1(母线)沿着直线 2(导线)移动,直线 1 和 2 就是形成平面的两条发生线。为得到直线成形表面[图 1-2(b)],须使直线 1(母线)沿着曲线 2(导线)移动,直线 1 和曲线 2 就是形成直线成形表面的两条发生线。为形成圆柱面[图 1-2(c)],须使直线 1(母线)沿圆 2(导线)运动,直线 1 和圆 2 就是它的两条发生线。其他表面的形成方法可依此同样分析。

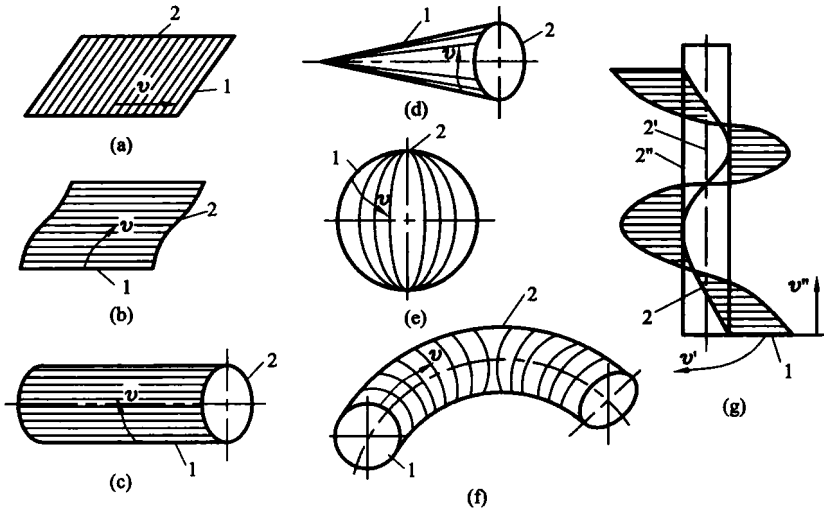


图 1-2 组成工件轮廓的几种几何表面

(a)平面; (b)成形表面; (c)圆柱面; (d)圆锥面; (e)球面; (f)圆环面; (g)螺旋面

需要注意的是,有些表面的两条发生线完全相同,只因母线的原始位置不同,也可形成不同的表面。如图 1-3 中,母线均为直线 1,导线均为圆 2,轴心线均为  $OO'$ ,所需要的运动也相同。但由于母线相对于旋转轴线  $OO'$  的原始位置不同,所产生的表面也就不同,分别为圆柱面、圆锥面或双曲面。

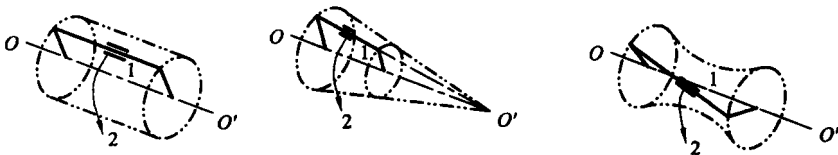


图 1-3 母线原始位置变化时形成的表面

## 3. 发生线的形成方法及所需的运动

发生线是由刀具的切削刃与工件间的相对运动得到的。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 1-4 所示的发生线 2

(图中为一段圆弧)为例,说明如下。

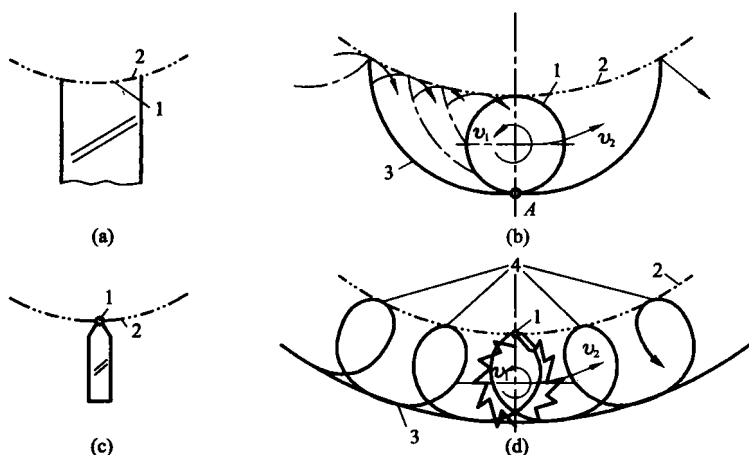


图 1-4 形成发生线的方法

### 1) 成形法

成形法[图 1-4(a)]是利用成形刀具对工件进行加工的方法。刀刃为切削线 1,它的形状和长短与需要形成的发生线 2 完全重合。此时,形成发生线 2 不需运动。

### 2) 展成法

展成法[图 1-4(b)]是利用工件和刀具作展成切削运动的加工方法。刀具切削刃为切削线 1,图示形状为圆,也可是直线(如齿条刀)或曲线(如插齿刀),它与需要形成的发生线 2 的形状不吻合。切削线 1 与发生线 2 作无滑动的纯滚动。发生线 2 就是切削线 1 在切削过程中连续位置的包络线。在形成发生线 2 的过程中,可以仅由切削刃 1 沿着由它生成的发生线 2 滚动;也可以由切削刃 1(刀具)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。因此,用展成法形成发生线需要一个成形运动(展成运动)。曲线 3 是切削刃上某点 A 的运动轨迹。用展成法形成发生线的典型例子是渐开线,如图 1-5 所示。

### 3) 轨迹法

轨迹法[图 1-4(c)]是利用刀具作一定规律的轨迹运动来对工件进行加工的方法。刀刃为切削点 1,它按一定规律作直线或曲线(图为圆弧)运动,从而形成所需的发生线 2。因此采用轨迹法形成发生线需要一个成形运动。

### 4) 相切法

相切法[图 1-4(d)]是利用刀具边旋转边作轨迹运动来对工件进行加工的方法。刀刃为旋转刀具(铣刀或砂轮)上的切削点 1,当刀具作旋转运动,刀具中心按一定规律作直线或曲线(图为圆弧)运动时,切削点 1 的运动轨迹如图中的曲线 3。切削点的运动轨迹与工件相切,形成了发生线 2。图中点 4 就是刀具的切削点 1 的运动轨迹与工件的各个相切点。由于刀具上有多个切削点,发生线 2 是刀具上所

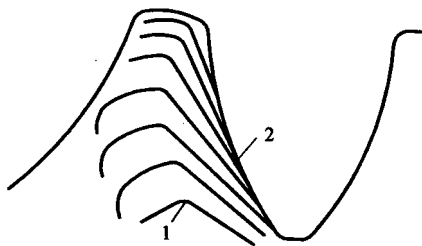


图 1-5 由刀刃包络线形成渐开线齿形



有的切削点在切削过程中共同形成的。因此,用相切法得到发生线,需要两个成形运动,即刀具的旋转运动和刀具中心按一定规律的运动。

### 1.1.2 表面成形运动

为了获得所需的工件表面形状,必须使刀具和工件按上述四种方法之一完成一定的运动,这种运动称为表面成形运动。

#### 1. 表面成形运动分析

表面成形运动(简称成形运动)是保证得到工件要求的表面形状的运动。例如,图1-6是用车刀车削外圆柱面时形成母线和导线的方法,都属于轨迹法。工件的旋转运动 $B_1$ 形成母线(圆);刀具的纵向直线运动 $A_2$ 形成导线(直线)。运动 $B_1$ 和 $A_2$ 就是两个表面成形运动。又如刨削,滑枕带着刨刀(牛头刨床和插床)或工作台带着工件(龙门刨床)作往复直线运动,产生母线;工作台带着工件(牛头刨床和插床)或刀架带着刀具(龙门刨床)作间歇直线运动,产生导线。

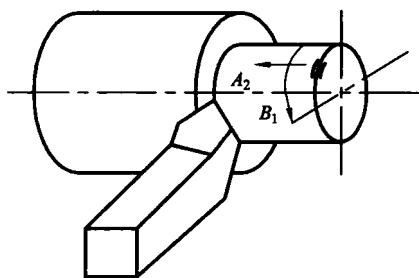


图1-6 车削外圆柱表面时的成形运动

#### 1) 成形运动的种类

以上所说的成形运动都是旋转运动或直线运动。这两种运动最简单,也最容易得到,因而都被称为简单成形运动。在机床上,它以主轴的旋转,刀架或工作台的直线运动的形式出现。一般用符号 $A$ 表示直线运动,用符号 $B$ 表示旋转运动。

成形运动也有不是简单运动的。图1-7(a)所示为用螺纹车刀车削螺纹。螺纹车刀是成形刀具,其形状相当于螺纹沟槽的轴剖面形状。因而,形成螺旋面只需一个运动:车刀相对于工件做螺旋运动。在机床上,最容易得到且最容易保证精度的是旋转运动(如主轴的旋转)和直线运动(如刀架的移动)。因此,把这个螺旋运动分解成等速旋转运动和等速直线运动,在图1-7(b)中分别以 $B_{11}$ 和 $A_{12}$ 代表。这样的运动称为复合的表面成形运动或简称复合成形运动。为了得到一定导程的螺旋线,成形运动的两个部分 $B_{11}$ 和 $A_{12}$ 必须严格保持相对运动关系,工件每转1转,刀具的移动量应为一个导程。图1-8为齿条刀加工齿轮,产生渐开线靠展成法,需要一个复合的展成运动。该复合运动也可分解为工件的旋转 $B_{11}$ 和刀具的直线运动 $A_{12}$ , $B_{11}$ 和 $A_{12}$ 之间必须保持严格的相对运动关系,即工件每转过一个齿,齿条刀应移动一个周节 $\pi m$ ( $m$ 为模数)。

有些零件的表面形状很复杂,例如螺旋桨的表面,为了加工它需要十分复杂的表面成形运动。这种成形运动要分解为更多个部分,只能在多轴联动的数控机床上实现。成形运动的每个部分,就是数控机床上的一个坐标轴。

由复合成形运动分解成的各个部分,虽然都是直线或旋转运动,与简单运动相像,但其本质是不同的。前者是复合运动的一部分,各个部分必须保持严格的相对运动关系,相互依存,而不是独立的。简单运动之间是相互独立的,没有严格的相对运动关系。