

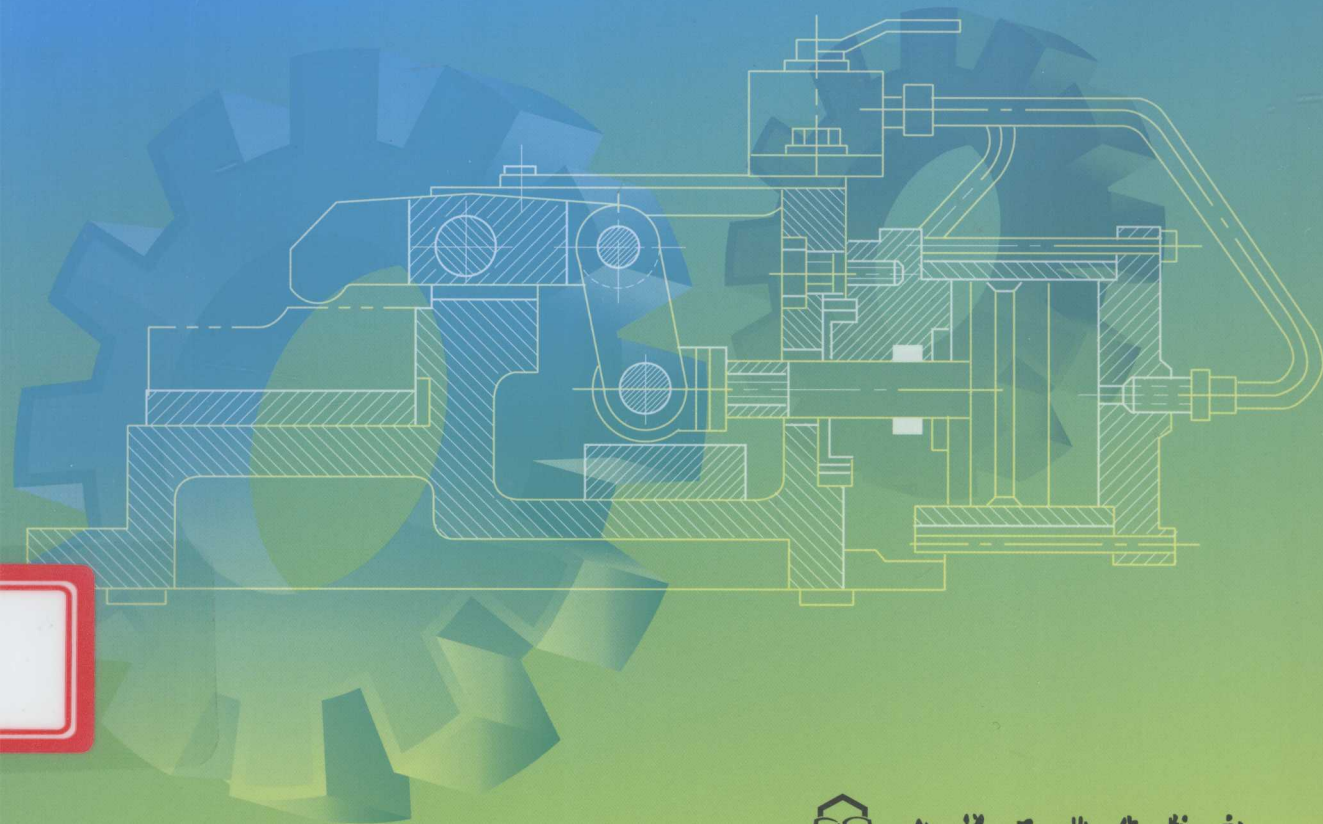
高职高专“十二五”规划教材

# 机械制造技术

张承国 主编



JIXIE  
ZHIZAO JISHU



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

# 机械制造技术

张承国 主编



化学工业出版社

·北京·

全书共分9个章节,内容包括绪论、机械加工方法与装备、金属切削机床概述、机床夹具、机械加工工艺规程的编制、典型零件的加工工艺分析、机械加工质量分析与控制、机械装配工艺基础、现代机械制造技术简介。本书图例、示例典型,内容充实,文字精练,强调学生实践能力和动手能力的培养,削减了过多的理论分析内容。为了提高学生实践动手能力,每章后都编写了一定数量的实训内容和复习思考题。

本书适用于高职高专院校机械制造与自动化、机械设计与制造、机电一体化、数控技术、计算机辅助设计与制造、模具设计与制造等专业,也可作为从事机械制造的工程技术人员的参考书。

195817

### 图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术/张承国主编. —北京:化学工业出版社, 2011.8

高职高专“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-122-11425-9

I. 机… II. 张… III. 机械制造工艺-高等职业教育-教材 IV. TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第103192号

---

责任编辑:李娜  
责任校对:蒋宇

装帧设计:刘丽华

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张15 字数379千字 2011年8月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

本教材是根据全国高等职业院校机械制造技术课程教学大纲要求,按照近几年来全国高等职业院校教学改革的有关精神,在结合编者多年与有关企业合作的教学实践并参照了国内外有关资料的基础上编写而成的。本书符合机械类专业高职院校培养目标的要求和高职院校教育教学的特点,突出了职业性与实用性。全书突出体现了以下几点。

1. 紧密结合教学大纲,在内容上注重于加强基础、突出能力的培养,做到系统性强、少而精。体现了机械制造理论与实践相结合,将如金属切削原理与刀具、金属切削机床、机械制造工艺学和机床夹具设计的教学内容进行了有机整合,层次分明,重点突出,特色明显。

2. 为适应高职高专机械制造类专业的进步和发展形势的需要,各章后增加了一定数量的实训内容,增强了学生实践能力和动手能力的培养,进一步拓宽了学生的实践知识广度。

3. 增加了现代制造技术的发展、特种加工技术、计算机辅助工艺设计(CAPP)和计算机集成制造系统(CIMS)等方面的内容,有助于学生了解机械制造技术的发展方向和趋势,体现了教材的先进性。

4. 为方便学生自学和进一步理解课程的主要内容,在各章后均编入了一定数量的复习思考题,做到理论联系实际、学以致用,培养学生分析和解决实际问题的能力。

5. 根据高职高专机械制造专业类教学指导方案,依据职业岗位资格标准,参照企业生产实际岗位要求,编写机械制造技术专业相关内容。帮助学生不仅获得学历证书,而且取得相应的职业资格证书。

6. “校企联合,校企合作”联合开发教材。聘请企业的工程技术人员参与本教材的编写,将实际工作中所需的技能与知识引入到教材中,使最新的知识与技术充实到教学过程中,通过专业教师与工程技术人员的有机结合,缩小目前机械制造技术教材理论与实际应用之间的差距,使学生能真正掌握实际有用的知识,实现理论与实践相结合,为社会培养出真正的实用型人才。

本书由甘肃畜牧工程职业技术学院张承国任主编,参加编写工作的有甘肃畜牧工程职业技术学院机械工程系王云德、刘孜文、翟爱霞和河北钢铁股份有限公司承德分公司刘金禄。本书在编写过程中得到了甘肃银河集团秦吉观、甘肃锦世化工集团张忠元、酒泉钢铁公司机械制造分公司贾现、酒泉奥凯种子机械有限公司贾生活和甘肃正邦内燃机有限责任公司杨学禄等几位高级工程师的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

本书由酒泉奥凯种子机械有限公司总经理、享受国务院特殊津贴专家、甘肃省领军人才、甘肃省“三三三”人才、中国农机标准化委员会委员、高级工程师王广万主审。王广万高级工程师提出了许多宝贵的建议,在此表示感谢。

本书在编写过程中得到了许多专家、同仁的大力支持和帮助,参考了许多教授、专家的有关文献,在此谨向他们表示衷心的感谢!

由于编者的水平和时间有限,书中难免存在疏漏和不当之处,敬请广大读者批评指正。

编 者  
2011年3月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 机械制造业的地位、现状和发展方向 .....	1
1.1.1 机械制造业的地位、现状 .....	1
1.1.2 机械制造业的发展方向 .....	1
1.2 本课程的主要内容及学习方法 .....	3
1.2.1 本课程学习的主要内容及要求 .....	3
1.2.2 本课程的学习方法 .....	3
<b>第 2 章 机械加工方法与装备</b> .....	4
2.1 金属切削机床和表面加工方法 .....	4
2.1.1 金属切削机床的分类和型号 .....	4
2.1.2 机床传动原理 .....	7
2.1.3 机床的传动系统与运动计算 .....	8
2.2 金属切削基本原理 .....	9
2.2.1 机械零件的表面 .....	9
2.2.2 机械零件表面的成形方法 .....	10
2.2.3 切削运动 .....	11
2.2.4 金属切削中的物理现象及其基本规律 .....	12
2.2.5 切削力 .....	14
2.2.6 切削热与切削温度 .....	16
2.2.7 刀具磨损与刀具耐用度 .....	16
2.3 金属切削刀具 .....	19
2.3.1 刀具材料 .....	19
2.3.2 金属切削刀具的种类和用途 .....	22
2.3.3 刀具的角度 .....	33
2.3.4 刀具几何参数的合理选择 .....	38
2.3.5 切削液的合理选择 .....	40
2.4 实训 刀具角度的测量 .....	41
复习思考题 .....	45
<b>第 3 章 金属切削机床概述</b> .....	49
3.1 车床 .....	49
3.1.1 CA6140 型普通车床的组成 .....	49
3.1.2 CA6140 型卧式车床的传动系统分析 .....	51
3.1.3 卧式车床的主要构件 .....	59
3.2 铣床 .....	63
3.2.1 铣床的工艺范围及其种类 .....	63
3.2.2 X6132A 型万能升降台卧式铣床的组成 .....	65
3.2.3 X6132A 型万能升降台卧式铣床的传动系统 .....	66
3.2.4 X6132A 型万能升降台卧式铣床主运动传动链 .....	66
3.2.5 X6132A 型万能升降台卧式铣床进给运动传动链 .....	66
3.2.6 X6132A 型万能升降台卧式铣床主要部件结构 .....	66
3.4 磨床 .....	72
3.4.1 磨床的工艺特点与类型 .....	72
3.4.2 M1432A 型万能外圆磨床 .....	72
3.4.3 M1432A 型万能外圆磨床传动系统 .....	74
3.4.4 M1432A 型万能外圆磨床的主要结构 .....	75
3.4.5 其它磨床 .....	78
3.5 实训 金属切削机床拆装 .....	81
复习思考题 .....	83
<b>第 4 章 机床夹具</b> .....	85
4.1 机床夹具的功用、组成与分类 .....	85
4.1.1 机床夹具的功用 .....	85
4.1.2 机床夹具的组成 .....	85
4.1.3 机床夹具的分类 .....	86
4.2 工件的定位和定位元件 .....	87
4.2.1 基准的概念 .....	87
4.2.2 工件定位的方式 .....	87
4.2.3 工件定位原理 .....	87
4.2.4 常用定位方式及定位元件 .....	90
4.2.5 定位误差的分析与计算 .....	97
4.2.6 工件的夹紧 .....	98
4.2.7 典型夹紧机构 .....	101
4.2.8 典型夹具简介 .....	104
4.2.9 夹具设计的方法和步骤 .....	113
4.3 实训 专用夹具设计 .....	114
复习思考题 .....	118
<b>第 5 章 机械加工工艺流程的编制</b> .....	120
5.1 概述 .....	120
5.1.1 生产过程和工艺过程 .....	120
5.1.2 工艺过程的组成 .....	120

5.1.3 生产类型及工艺特点 .....	122	7.1.1 机械加工精度的组成 .....	180
5.2 机械加工工艺规程 .....	123	7.1.2 机械加工精度获得的方法 .....	180
5.2.1 工艺规程的作用 .....	123	7.2 影响机械加工精度的因素 .....	181
5.2.2 制订工艺规程的原则 .....	124	7.2.1 原理误差 .....	181
5.2.3 工艺规程编制的步骤及内容 .....	125	7.2.2 机床误差 .....	181
5.2.4 工艺规程的类型与格式 .....	127	7.2.3 刀具、夹具误差 .....	183
5.3 工艺规程的编制 .....	127	7.2.4 调整误差 .....	183
5.3.1 零件的工艺分析 .....	127	7.2.5 工艺系统的受力变形 .....	183
5.3.2 毛坯的选择 .....	132	7.2.6 工艺系统热变形 .....	186
5.3.3 定位基准的选择 .....	133	7.2.7 工件内应力 .....	188
5.3.4 表面加工方法的选择 .....	137	7.3 加工误差统计分析 .....	189
5.3.5 加工阶段的划分 .....	139	7.3.1 加工误差的类型 .....	189
5.3.6 工序的组合 .....	140	7.3.2 加工误差的统计分析方法 .....	190
5.3.7 加工顺序的安排 .....	141	7.3.3 提高加工精度的途径 .....	192
5.4 工序内容的确定 .....	142	7.4 机械加工表面质量 .....	193
5.4.1 加工余量及工序尺寸的确定 .....	142	7.4.1 表面质量的概念 .....	193
5.4.2 机床及工艺装备的确定 .....	144	7.4.2 表面质量对机器使用性能的影响 .....	194
5.4.3 切削用量的确定 .....	145	7.4.3 影响表面层物理力学性能的因素及改善措施 .....	195
5.4.4 时间定额的确定 .....	146	7.5 实训 加工误差统计分析 .....	196
5.5 工艺尺寸链 .....	147	复习思考题 .....	197
5.5.1 概述 .....	147	<b>第8章 机械装配工艺基础</b> .....	200
5.5.2 尺寸链的计算方法 .....	148	8.1 概述 .....	200
5.5.3 工艺尺寸链的应用 .....	149	8.1.1 装配的概念 .....	200
5.6 实训 工艺卡片的填写 .....	151	8.1.2 装配精度 .....	201
复习思考题 .....	152	8.2 装配尺寸链 .....	202
<b>第6章 典型零件的加工工艺分析</b> .....	155	8.2.1 装配尺寸链的建立 .....	202
6.1 轴类零件加工 .....	155	8.2.2 保证装配精度的装配方法及装配尺寸链的计算 .....	204
6.1.1 轴类零件的加工工艺性分析概述 .....	155	8.2.3 装配方法的选择 .....	205
6.1.2 轴类零件的精密加工和光整加工 .....	157	8.3 装配工艺规程的制订 .....	210
6.1.3 轴类零件的机械加工工艺 .....	159	8.3.1 制订装配工艺规程的基础知识 .....	210
6.2 套类零件加工 .....	163	8.3.2 制订装配工艺规程的步骤 .....	211
6.2.1 套类零件的结构特点及工艺性分析 .....	163	8.4 实训 机械拆装与装配精度实训 .....	212
6.2.2 套类零件的机械加工工艺分析 .....	167	复习思考题 .....	213
6.3 箱体类零件加工 .....	169	<b>第9章 现代机械制造技术简介</b> .....	215
6.3.1 箱体类零件的结构特点及结构工艺性分析 .....	169	9.1 现代制造技术的发展 .....	215
6.3.2 分离式减速箱体机械加工工艺流程及其分析 .....	174	9.1.1 现代制造技术发展的背景 .....	215
6.4 实训 典型零件的加工 .....	176	9.1.2 现代制造技术的特点 .....	215
复习思考题 .....	177	9.2 特种加工技术 .....	217
<b>第7章 机械加工质量分析与控制</b> .....	180	9.2.1 电火花加工 .....	217
7.1 机械加工精度 .....	180	9.2.2 电火花加工的应用 .....	219
		9.2.3 电解加工 .....	221
		9.2.4 超声波加工 .....	222

9.2.5 激光加工 .....	223	9.4.1 CIMS 的概念及组成 .....	227
9.3 计算机辅助工艺设计 (CAPP) .....	225	9.4.2 CIMS 的体系结构 .....	228
9.3.1 计算机辅助工艺设计 (CAPP) 的 概念与作用 .....	225	9.5 实训 电火花线切割加工 .....	228
9.3.2 计算机辅助工艺设计 (CAPP) 系统的常用方法及原理 .....	225	复习思考题 .....	229
9.4 计算机集成制造系统 (CIMS) .....	226	<b>参考文献</b> .....	231

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 机械制造业的地位、现状和发展方向

### 1.1.1 机械制造业的地位、现状

我国正处于经济发展的关键时期，制造技术是我国的薄弱环节，只有跟上先进制造技术的世界潮流，将其放在战略优先地位，并以足够的力度予以实施，才能尽快缩小与发达国家的差距，才能在激烈的市场竞争中立于不败之地。

20 世纪 70 年代以前，产品的技术相对比较简单，一个新产品上市，很快就会有相同功能的产品跟着上市。20 世纪 80 年代以后，随着市场全球化的进一步发展，市场竞争变得越来越激烈。

20 世纪 90 年代初，随着 CIMS 技术的大力推广应用，包括有 CIMS 实验工程中心和 7 个开放实验室的研究环境已建成。在全国范围内，部署了 CIMS 的若干研究项目，诸如 CIMS 软件工程与标准化、开放式系统结构与发展战略，CIMS 总体与集成技术、产品设计自动化、工艺设计自动化、柔性制造技术、管理与决策信息系统、质量保证技术、网络与数据库技术以及系统理论和方法等均取得了丰硕成果，获得不同程度的进展。但因大部分大型机械制造企业和绝大部分中小型机械制造企业主要限于 CAD 和管理信息系统，底层基础自动化还十分薄弱，数控机床由于编程复杂，还没有真正发挥作用。因此，与工业发达国家相比，我国的制造业仍然存在一个阶段性的整体上的差距。

目前，我国已加入 WTO，机械制造业面临着巨大的挑战与新的机遇。因此，我国机械制造业不能单纯地沿着 20 世纪凸轮及其机构为基础采用专用机床、专用夹具、专用刀具组成的流水式生产线发展，而是要全面拓展，面向“五化”发展，即全球化、网络化、虚拟化、自动化、绿色化。

### 1.1.2 机械制造业的发展方向

#### 1. 向精密超精密方向发展

精密和超精密加工是在 20 世纪 70 年代提出的，在西方工业发达国家得到了高度重视和快速发展，在尖端技术和现代武器制造中占有非常重要的地位，是机械制造业最主要发展的方向之一。在提高机电产品的性能、质量和发展高新技术中起着至关重要的作用，并且已成为在国际竞争中取得成功的关键技术。

目前，精密和超精密加工已在光电一体化设备仪器、计算机、通信设备、航天航空等工业中得到广泛应用。在许多高新技术产品的设计中已大量提出微米级、亚微米级及纳米级加工精度的要求。当前超精密加工的最高精度已达到了纳米，出现了纳米加工。例如 1nm 的加工精度已在光刻机透镜等零件的生产中实现。随着超大规模集成电路集成度的增加，生产这种电路光刻机透镜的形位误差加工精度将达到 0.3~0.5nm。人造卫星仪表轴承的孔和轴的表面粗糙度要求达到  $Ra < 1\text{nm}$ 。某些发动机的曲轴和连杆的加工精度要求也达到微米、亚微米。



目前超精密切削技术和机床的研究也取得了许多重要成果。用金刚石刀具和专用超精密机床可实现 1nm 切削厚度的稳定切削。中小型超精密机床达到的精度：主轴回转精度  $0.05\mu\text{m}$ ，加工表面粗糙度  $Ra0.01\mu\text{m}$  以下。

最近新发展的在线电解修整砂轮 (ELID) 精密镜面磨削是一项磨削新技术，可以加工出  $Ra0.02\sim 0.002\mu\text{m}$  的镜面。精密研磨抛光可以加工出  $Ra0.01\sim 0.002\mu\text{m}$  的镜面。目前，量块、光学平晶、集成电路的硅晶片等，都是最后用精密研磨达到高质量表面的。

20 世纪 90 年代初，利用精密特种加工方法发展了微型机械，已广泛应用于生物工程、医疗卫生和国防军事等方面。出现了微型人造卫星、微型飞机、微型电机、微型泵和微型传感器等微型机械，微型电机外径为  $420\mu\text{m}$ ，转子直径为  $200\mu\text{m}$ ，微型齿轮的外径为  $120\mu\text{m}$ 。

精密和超精密加工将从亚微米级向纳米级发展，以纳米技术为代表的超精密加工技术和以微细加工为手段的微型机械技术代表了这一时期精密工程的方向。由于航天、航空、生物化学、地球物理等技术的发展，超精密加工已深入到物质的微观领域，从分子加工、原子加工向量子级加工迈进，制造出更多类型的微型机械。

## 2. 向高速超高速加工方向发展

切削加工是机械加工应用最广泛的方法之一，而高速是它的重要发展方向，其中包括高速软切削、高速硬切削、高速干切削、大进给切削等。高速切削能大幅度提高生产效率，改善加工表面质量，降低加工费用。高速超高速加工是伴随着高速主轴、高速加工机床结构、高速加工刀具及其润滑系统的不断改进而发展起来的。为了满足高速加工的需要，相继发展了陶瓷轴承主轴、静压轴承主轴、空气轴承主轴、磁浮轴承主轴，使主轴转速可高达  $100000\text{r}/\text{min}$ 。由于高速切削机床和刀具技术及相关技术的迅速进步，高速切削技术已应用于航空、航天、汽车、模具、机床等行业中。对于大多数工件材料而言，超高速加工是指高于常规加工速度 5 倍以上的加工。目前在工业发达国家采用的超高速切削速度一般为：车削为  $700\sim 7000\text{m}/\text{min}$ ，铣削为  $300\sim 6000\text{m}/\text{min}$ ，钻削为  $200\sim 1100\text{m}/\text{min}$ ，磨削为  $5000\sim 10000\text{m}/\text{min}$ 。高速切削还在进一步发展中，预计铣削加工铝的切削速度可达到  $10000\text{m}/\text{min}$ ，加工普通钢也将达到  $2500\text{m}/\text{min}$ 。这样切削速度大约超出目前普通机床常用切削速度的十倍左右。

## 3. 向自动化方向发展

自动化是先进制造技术的最重要部分之一，是机械制造业的发展方向。20 世纪 60 年代以来，一些工业发达的国家，在达到高度工业化的水平以后，就开始了从工业社会向信息社会过渡的时期。对机械制造业来说，对它的发展影响最大的是电子计算机的应用，出现了所谓机电一体化新概念。出现了一系列新技术如：机床数字控制、计算机数字控制、计算机直接控制、计算机辅助制造、计算机辅助设计、成组技术、计算机辅助工艺规程编制、工业机器人等新技术。对这些技术的综合运用的结果，在 20 世纪 80 年代初已经得到广泛的生产应用，成为制造业中的重中之重，其应用范围在不断扩大。随着 FMS 技术的发展，现在 FMS 不仅能完成机械加工，而且还能完成钣金加工、锻造、焊接、铸造、装配、激光、电火花等特种加工。从整个制造业生产的产品看，现在 FMS 已不再局限于汽车、机床、飞机、坦克、船舶等，还可用于半导体、木制产品、服装、食品以及药品和化工产品等。FMS 也是计算机集成制造系统的重要组成部分。计算机集成制造系统将使设计、制造、管理、供销、财务都用计算机统一管理，实现工厂的全盘计算机管理自动化。目前，柔性制造技术重点向快速可重组制造系统和组态式柔性制造单元两个方向发展。在上述系统或单元的基础上，分散在不同地域的企业动态联盟，可利用国际互联网建立制造资源信息网络，以订

单为纽带进行资源重组，从而建立分散网络化制造系统。

CAD/CAM 一体化技术的发展应用，大大地缩短了产品的研制开发周期，同时也促进了设计思想的变化。设计时考虑制造工艺的思想现已被更多的人接受，在保证产品性能要求的前提下大大减少了制造加工成本。在集成制造系统的基础上发展起来的并行工程，是将设计、工艺准备、加工制造、装配、调试工作从串联作业改成前后衔接的并行作业，大大缩短生产周期，降低了成本。最近提出的敏捷制造技术将柔性自动化技术发展到一个新高度，通过因特网将不同工厂的计算机管理和自动化技术有机地组织起来，发挥各单位的特长，利用计算机仿真和虚拟制造技术，实现异地新产品设计、异地制造和装配，达到产品的快速、高效、优质、低成本的生产。

## 1.2 本课程的主要内容及学习方法

### 1.2.1 本课程学习的主要内容及要求

本课程主要介绍机械产品的生产过程及生产活动的组织、机械加工过程及其系统。包括金属切削过程及其基本规律，机床、刀具、夹具的基本知识，机械加工和装配工艺规程的设计，机械加工中精度及表面质量的概念，制造技术发展的前沿与趋势。

通过本课程学习，要求学生能对制造活动有一个总体的、全貌的了解与把握，能掌握金属切削过程的基本规律，掌握机械加工的基本知识，能选择加工方法与机床、刀具、夹具及加工参数，具备制订工艺规程的能力和掌握机械加工精度和表面质量的基本理论和基本知识，初步具备分析解决现场工艺问题的能力。了解当今先进制造技术和先进制造模式的发展概况，初步具备对制造系统、制造模式选择决策的能力。

### 1.2.2 本课程的学习方法

金属切削理论和机械制造工艺知识具有很强的实践性，因此，希望学习本课程时必须重视实践环节，即通过实验、实习、设计及工厂调研来更好地体会、加深理解。本书给出的仅是基本概念与理论，真正的掌握与应用必须在不断的实践—理论—实践的循环中善于总结，才能达到。

## 第 2 章 机械加工方法与装备

### 2.1 金属切削机床和表面加工方法

#### 2.1.1 金属切削机床的分类和型号

##### 1. 金属切削机床的分类

机床的分类方法很多，主要是按加工性质和所用刀具进行分类。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、切断机床及其它机床。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，机床还可以根据其它特征进行分类。同类型机床按其工艺范围又可分为以下几类。

(1) 通用机床 这类机床可以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。这类机床主要适用于单件小批生产，例如，卧式车床、卧式镗床、万能升降台铣床等。

(2) 专门化机床 这类机床的工艺范围较窄，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，如曲轴机床、齿轮机床等。

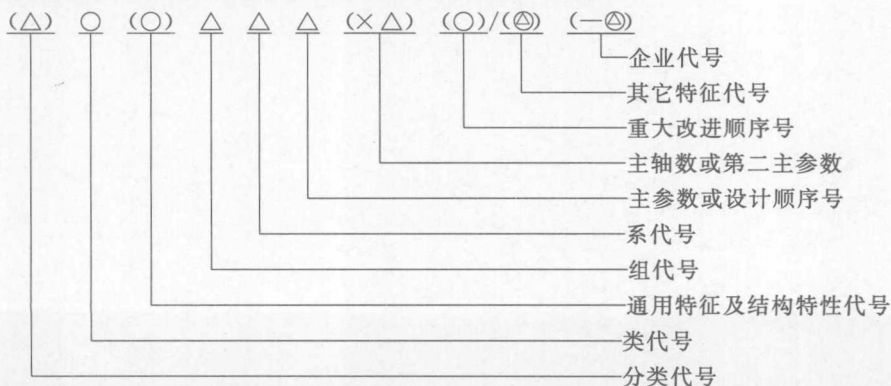
(3) 专用机床 这类机床的工艺范围最窄，只能用于加工某一零件的某一道特定工序，适用于大批量生产。如加工机床主轴箱的专用镗床、加工车床导轨的专用磨床等。各种组合机床也属于专用机床。

同类型机床按其加工精度的不同又可分为普通精度机床、精密机床和高精度机床。此外，机床还可按照自动化程度的不同，分为手动、机动、半自动和全自动机床。机床还可按质量与尺寸分为仪表机床、中型机床（一般机床）、大型机床（重量达 10t 及以上）、重型机床（重量在 30t 以上）、超重型机床（重量在 100t 以上）。按机床主要工作部件的数目，又可分为单轴、多轴、单刀或多刀机床。

##### 2. 机床的型号编制

机床的型号是机床产品的代号，用以表明机床的类型、通用和结构特性、主要技术参数等。GB/T 15375—2008《金属切削机床型号编制方法》规定，我国的机床型号由汉语拼音字母和阿拉伯数字按一定规律组合而成。

(1) 通用机床的型号编制 通用机床型号表示方法为：



注：①有“（ ）”的代号或数字，当无内容时则不表示，若有内容则不带扩号；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 机床的类别代号见表 2-1。

表 2-1 机床的类别代号

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	其它机床
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

② 机床的特性代号见表 2-2。

表 2-2 机床的特性代号

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	筒式或 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	筒	柔	显	速

③ 结构特性代号。为了区别主参数相同而结构不同的机床，在型号中用汉语拼音字母区分。例如，CA6140 型普通车床型号中的“A”，可理解为：CA6140 型普通车床在结构上区别于 C6140 型普通车床。

④ 机床的组别、系列代号见表 2-3。

表 2-3 机床的组别、系列代号

类别组别	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	其它车床	
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		
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		
磨床	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
	2M		超精机	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	其它磨床
	3M		球轴承套圈沟磨床	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	仪表齿轮加工机		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	其它齿轮加工机	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	其它铣床	
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	其它刨床	

续表

类别组别	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
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	其它拉床
锯床 G			砂轮片锯床		卧式带锯床	立式带锯床	圆锯床	弓锯床	锉锯床	
其它机床 Q	其它仪表机床	管子加工机床	木螺钉加工机		刻线机	切断机				

机床的组别代号和系别代号分别用一个数字表示。每类机床划分为 10 个组，每个组又划分为 10 个系。在同一类机床中，凡主要布局或使用范围基本相同的机床，即为同一组。凡在同一组机床中，若其主参数相同、主要结构及布局型式相同的机床，即为同一系。

⑤ 机床的主参数、设计顺序号和第二参数。机床主参数及折算系数见表 2-4。

表 2-4 机床主参数及折算系数

机床	主参数名称	主参数折算系数	第二主参数
卧式车床	床身上最大回转直径	1/10	最大工件长度
立式车床	最大车削直径	1/100	最大工件高度
摇臂钻床	最大钻孔直径	1/1	最大跨距
卧式镗铣床	镗轴直径	1/10	—
坐标镗床	工作台面宽度	1/10	工作台面长度
外圆磨床	最大磨削直径	1/10	最大磨削长度
内圆磨床	最大磨削孔径	1/10	最大磨削深度
矩台平面磨床	工作台面宽度	1/10	工作台面长度
齿轮加工机床	最大工件直径	1/10	最大模数
龙门铣床	工作台面宽度	1/100	工作台面长度
升降台铣床	工作台面宽度	1/10	工作台面长度
龙门刨床	最大刨削宽度	1/100	最大刨削长度
插床及牛头刨床	最大插削及刨削长度	1/10	—
拉床	额定拉力(t)	1/1	最大行程

机床主参数：代表机床规格的大小，在机床型号中，用数字给出主参数的折算数值(1/10 或 1/100)。

设计顺序号：当无法用一个主参数表示时，在型号中用设计顺序号表示。

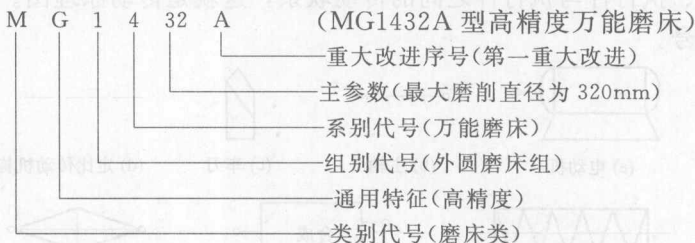
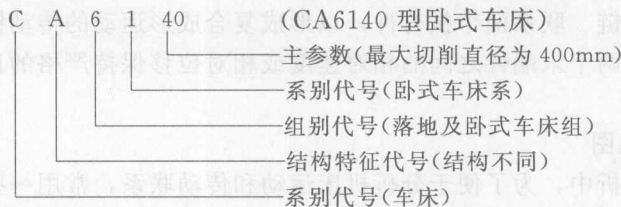
第二参数：一般是主轴数，最大跨距，最大工作长度，工作台工作面长度等，一般折算成两位数为宜。

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，需按新产品重新设计、试制和鉴定时，按改进的先后顺序选用 A、B、C 等汉语拼音字母加在基本部分的尾部，以区别于原机床型号。

⑦ 其它特性代号。用汉语拼音字母或阿拉伯数字或二者的组合来表示。主要用以反映各类机床的特性，如对数控机床，可反映不同的数控系统；对于一般机床可反映同一型号机床的变型等。

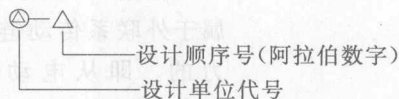
⑧ 企业代号。企业代号、机床生产厂及机床研究所单位代号，置于辅助部分尾部，用“—”分开，若辅助部分仅有企业代号，则可不加“—”。

通用机床的型号编制举例：



## (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。包括机床生产厂和机床研究单位代号(位于型号之首)，见《金属切削机床型号编制方法》GB/T 15375—2008。

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 B<sub>1</sub>—100。

## 2.1.2 机床传动原理

### 1. 机床传动的的基本组成部分

机床的传动必须具备以下的三个基本部分。

(1) 运动源 为执行件提供动力和运动的装置。通常为电动机，如交流异步电动机、直流电动机、直流和交流磁幅电动机、步进电动机、交流变频调速电动机等。

(2) 传动件 传递动力和运动的零件。如齿轮、链轮、带轮、丝杠、螺母等，除机械传动外，还有液压传动和电气传动元件等。

(3) 执行件 夹持刀具或工件执行运动的部件。常用执行件有主轴、刀架、工作台等，是传递运动的末端件。

### 2. 机床的传动链

为了在机床上得到所需要的运动，必须通过一系列的传动件把运动源和执行件，或把执行件与执行件联系起来，以构成传动联系。构成一个传动联系的一系列传动件，称之为传动链。根据传动链的性质，传动链可分为两类。

(1) 外联系传动链 联系运动源与执行件的传动链，称为外联系传动链。它的作用是使执行件得到预定速度的运动，并传递一定的动力。此外，还起执行件变速、换向等作用。外联系传动链传动比的变化，只影响生产率或表面粗糙度，不影响加工表面的形状。因此，外

联系传动链不要求两末端件之间有严格的传动关系。

(2) 内联系传动链 联系两个执行件，以形成复合成形运动的传动链，称为内联系传动链。它的作用是保证两个末端件之间的相对速度或相对位移保持严格的比例关系，以保证被加工表面的性质。

### 3. 机床传动原理图

在机床的运动分析中，为了便于分析机床运动和传动联系，常用一些简明的符号来表示运动源与执行件、执行件与执行件之间的传动联系，这就是传动原理图。图 2-1 为传动原理图常用的部分符号。

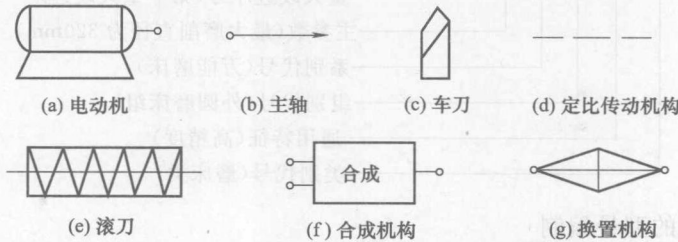


图 2-1 传动原理图常用的部分符号

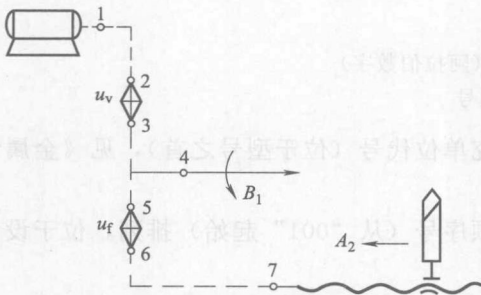


图 2-2 卧式车床传动原理图

如图 2-2 所示，从电动机至主轴之间的传动属于外联系传动链，它是为主轴提供运动和动力的。即从电动机—1—2— $u_v$ —3—4—主轴，这条传动链亦称主运动传动链，其中 1—2 和 3—4 段为传动比固定不变的定比传动结构，2—3 段是传动比可变的换置机构  $u_v$ ，调整  $u_v$  值用以改变主轴的转速。从主轴—4—5— $u_f$ —6—7—丝杠—刀具，得到刀具和工件间的复合成形运动（螺旋运动），这是一条内联系传动链，其中 4—5 和 6—7 段为定比传动机构，5—6 段是换置机构  $u_f$ ，调整  $u_f$  值可得到不同的螺纹导程。在车削外圆面或端面时，主轴和刀具之间的传动联系无严格的传动比要求，二者的运动是两个独立的简单成形运动，因此，除了从电动机到主轴的主传动链外，另一条传动链可视为由电动机—1—2— $u_v$ —3—5— $u_f$ —6—7—刀具（通过光杆），此时这条传动链是一条外联系传动链。

在车削外圆面或端面时，主轴和刀具之间的传动联系无严格的传动比要求，二者的运动是两个独立的简单成形运动，因此，除了从电动机到主轴的主传动链外，另一条传动链可视为由电动机—1—2— $u_v$ —3—5— $u_f$ —6—7—刀具（通过光杆），此时这条传动链是一条外联系传动链。

## 2.1.3 机床的传动系统与运动计算

### 1. 机床传动系统图

机床的传动系统图是表示机床全部运动传动关系的示意图。它比传动原理图更准确、更清楚、更全面地反映了机床的传动关系。在图中用简单的规定符号代表各种传动元件。图 2-3 是一台中型卧式车床主传动系统图。

### 2. 传动路线表达式

为便于说明及了解机床的传动路线，通常把传动系统图数字化，用传动路线表达式（传动结

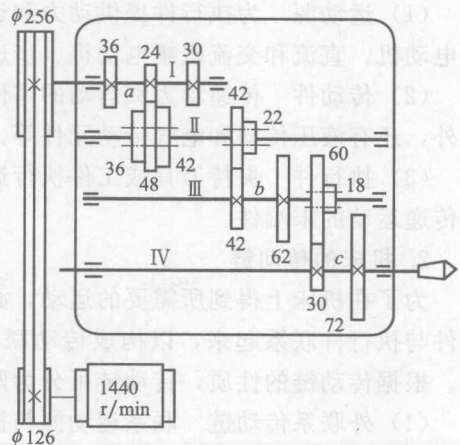


图 2-3 12 级变速车床主传动系统图

构式)来表达机床的传动路线。图 2-3 车床主传动路线表达式为:

$$\text{电动机}(1440\text{r/min}) \rightarrow \frac{\phi 126}{\phi 256} \text{ I} - \begin{bmatrix} 36 \\ 36 \\ 24 \\ 48 \\ 30 \\ 42 \end{bmatrix} \text{ II} - \begin{bmatrix} 42 \\ 42 \\ 22 \\ 62 \end{bmatrix} \text{ III} - \begin{bmatrix} 60 \\ 30 \\ 18 \\ 72 \end{bmatrix} \text{ IV (主轴)}$$

### 3. 主轴转数级数计算

根据前述主传动路线表达式,可知,主轴正转时,利用各滑移齿轮组齿轮轴向位置的各种不同组合,主轴可得  $3 \times 2 \times 2 = 12$  级正转转速。同理,当电机反转时主轴可得 12 级反转转速。

### 4. 极值计算

$$n_{\max} = 1440 \times (1 - 0.02) \times \frac{126}{256} \times \frac{36}{36} \times \frac{42}{42} \times \frac{60}{30} \approx 1389 \text{ (r/min)}$$

$$n_{\min} = 1440 \times (1 - 0.02) \times \frac{126}{256} \times \frac{24}{48} \times \frac{22}{62} \times \frac{18}{72} \approx 31 \text{ (r/min)}$$

其中 0.02 为 V 带的滑动系数。

## 2.2 金属切削基本原理

### 2.2.1 机械零件的表面

机械零件的形状很多,但主要由平面、圆柱面、圆锥面及成型面所组成。这些面的形成是以直线或曲线为母线,以直线或圆为运动轨迹,作旋转或平移运动所形成的表面。

机械零件的任何表面都可看作是一条线(称为母线)沿着另一条线(称为导线)运动的轨迹。如图 2-4 所示,平面可看作是由一根直线(母线)沿着另一根直线(导线)运动而形成

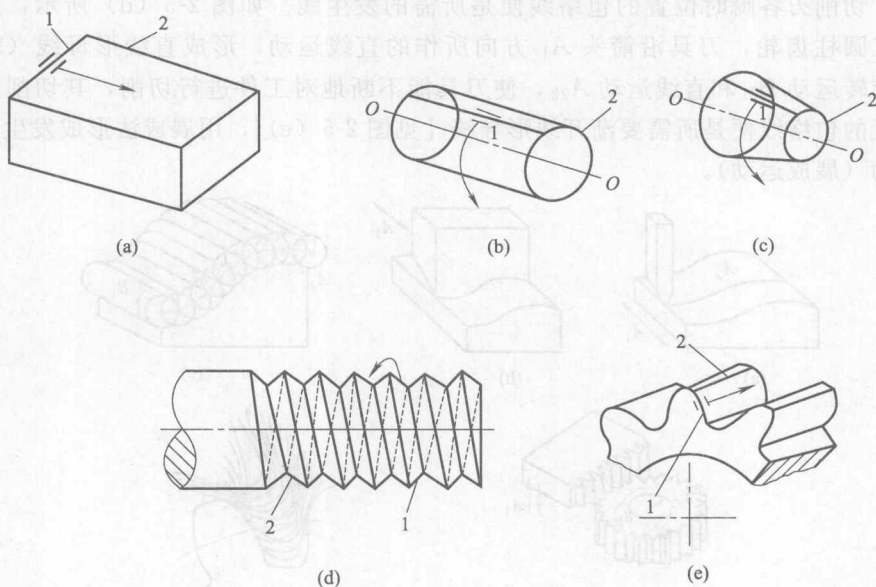


图 2-4 零件表面的形成

1—母线; 2—导线



成 [图 2-4 (a)]; 圆柱面和圆锥面可看作是由一根直线 (母线) 沿着一个圆 (导线) 运动而形成 [图 2-4 (b) 和 (c)]; 普通螺纹的螺旋面是由“ $\wedge$ ”形线 (母线) 沿螺旋线 (导线) 运动而形成 [图 2-4 (d)]; 直齿圆柱齿轮的渐开线齿廓表面是由渐开线 (母线) 沿直线 (导线) 运动而形成 [图 2-4 (e)] 等。形成表面的母线和导线统称为发生线。

由图 2-4 可以看出, 有些表面, 其母线和导线可以互换, 如平面、圆柱面和直齿圆柱齿轮的渐开线齿廓表面等, 称为可逆表面; 而另一些表面, 其母线和导线不可互换, 如圆锥面和螺旋面等, 称为不可逆表面。

## 2.2.2 机械零件表面的成形方法

切削加工中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以下 4 种。

(1) 轨迹法 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。切削刃与被加工表面为点接触, 发生线为接触点的轨迹线。图 2-5 (a) 中, 母线  $A_1$  (直线) 和导线  $A_2$  (曲线) 均由刨刀的轨迹运动形成。采用轨迹法形成发生线需要一个成形运动。

(2) 成形法 它是利用成形刀具对工件进行加工的方法。切削刃的形状和长度与所需形成的发生线 (母线) 完全重合。图 2-5 (b) 中, 曲线形母线由成形刨刀的切削刃直接形成, 直线形的导线则由轨迹法形成。

(3) 相切法 它是利用刀具边旋转边作轨迹运动对工件进行加工的方法。如图 2-5 (c) 所示, 采用铣刀或砂轮等旋转刀具加工时, 在垂直于刀具旋转轴线的截面内, 切削刃可看作是点, 当切削点绕着刀具轴线作旋转运动  $B_1$ , 同时刀具轴线沿着发生线的等距线作轨迹运动  $A_2$  时, 切削点运动轨迹的包络线便是所需的发生线。为了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运动。

(4) 展成法 它是利用工件和刀具作展成切削运动进行加工的方法。切削加工时, 刀具与工件按确定的运动关系作相对运动 (展成运动或称范成运动), 切削刃与被加工表面相切 (点接触), 切削刃各瞬时位置的包络线便是所需的发生线。如图 2-5 (d) 所示, 用齿条形插齿刀加工圆柱齿轮, 刀具沿箭头  $A_1$  方向所作的直线运动, 形成直线形母线 (轨迹法), 而工件的旋转运动  $B_{21}$  和直线运动  $A_{22}$ , 使刀具能不断地对工件进行切削, 其切削刃的一系列瞬时位置的包络线便是所需要渐开线形导线 [见图 2-5 (e)], 用展成法形成发生线需要一个成形运动 (展成运动)。

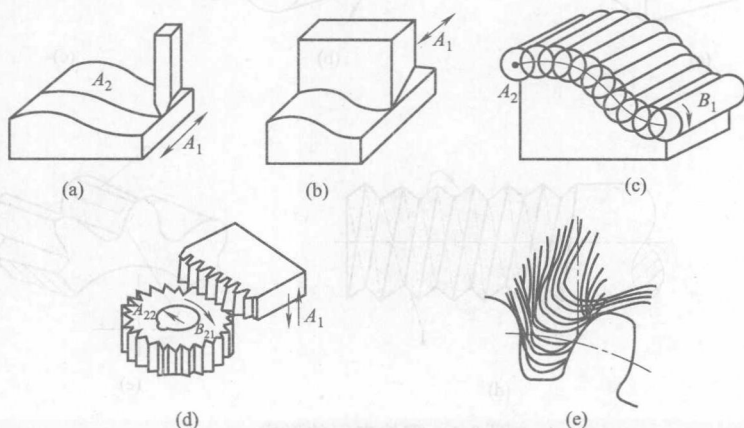


图 2-5 形成发生线的方法