



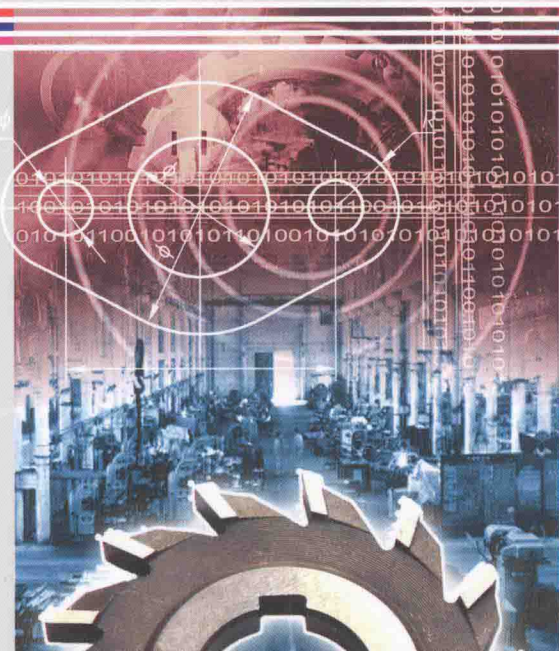
应用型本科院校“十二五”规划教材/机械工程类

主编 孙曙光 张德生

# 机械制造技术基础

Fundamentals of Machinery Manufacturing Technology

- 适用面广
- 应用性强
- 促进教学
- 面向就业



哈尔滨工业大学出版社

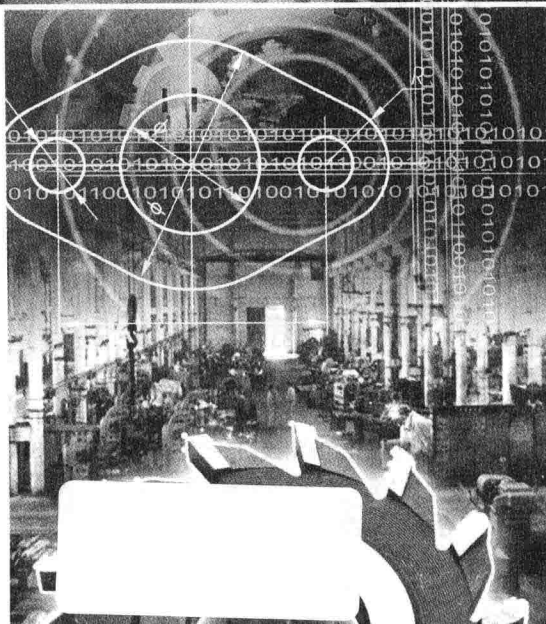


应用型本科院校“十二五”规划教材/机械工

主 编 孙曙光 张德生  
副主编 孟凡荣 王 劲 郝素红  
主 审 司俊山

# 机械制造技术基础

Fundamentals of Machinery Manufacturing Technology



哈尔滨工业大学出版社

## 内 容 简 介

本书以切削原理和机械制造工艺及夹具的基本理论和基本知识为主线,并配有相关的机械加工方法、机床、刀具、加工质量、先进加工技术以及装配工艺等内容的讲解,还突出讲解典型零件的加工工艺及典型夹具设计。

本书内容具体实用,可供高等院校本科、职业学院等机械类专业或近机类专业作为机械制造技术基础的教材,也可供机械制造工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/孙曙光,张德生主编. —哈尔滨:  
哈尔滨工业大学出版社,2014.2

应用型本科院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5603-4183-5

I. ①机… II. ①孙…②张… III. ①机械制造工艺-高等学校-教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 166365 号

策划编辑 杜 燕 赵文斌

责任编辑 范业婷

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 黑龙江省委党校印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 23 字数 526 千字

版 次 2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-4183-5

定 价 39.80 元

---

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

## 《应用型本科院校“十二五”规划教材》编委会

主 任 修朋月 竺培国

副主任 王玉文 吕其诚 线恒录 李敬来

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁福庆 于长福 马志民 王庄严 王建华

王德章 刘金祺 刘宝华 刘通学 刘福荣

关晓冬 李云波 杨玉顺 吴知丰 张幸刚

陈江波 林 艳 林文华 周方圆 姜思政

度 莉 韩毓洁 臧玉英

# 序

哈尔滨工业大学出版社策划的《应用型本科院校“十二五”规划教材》即将付梓,诚可贺也。

该系列教材卷帙浩繁,凡百余种,涉及众多学科门类,定位准确,内容新颖,体系完整,实用性强,突出实践能力培养。不仅便于教师教学和学生学习,而且满足就业市场对应用型人才的迫切需求。

应用型本科院校的人才培养目标是面对现代社会生产、建设、管理、服务等一线岗位,培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持工作有效运行的高等应用型人才。应用型本科与研究型本科和高职高专院校在人才培养上有着明显的区别,其培养的人才特征是:①就业导向与社会需求高度吻合;②扎实的理论基础和过硬的实践能力紧密结合;③具备良好的人文素质和科学技术素质;④富于面对职业应用的创新精神。因此,应用型本科院校只有着力培养“进入角色快、业务水平高、动手能力强、综合素质好”的人才,才能在激烈的就业市场竞争中站稳脚跟。

目前国内应用型本科院校所采用的教材往往只是对理论性较强的本科院校教材的简单删减,针对性、应用性不够突出,因材施教的目的难以达到。因此亟须既有一定的理论深度又注重实践能力培养的系列教材,以满足应用型本科院校教学目标、培养方向和办学特色的需要。

哈尔滨工业大学出版社出版的《应用型本科院校“十二五”规划教材》,在选题设计思路上认真贯彻教育部关于培养适应地方、区域和社会发展需要的“本科应用型高级专门人才”精神,根据黑龙江省委书记吉炳轩同志提出的关于加强应用型本科院校建设的意见,在应用型本科试点院校成功经验总结的基础上,特邀请黑龙江省9所知名的应用型本科院校的专家、学者联合编写。

本系列教材突出与办学定位、教学目标的一致性和适应性,既严格遵照学科体系的知识构成和教材编写的一般规律,又针对应用型本科人才培养目标

及与之相适应的教学特点,精心设计写作体例,科学安排知识内容,围绕应用讲授理论,做到“基础知识够用、实践技能实用、专业理论管用”。同时注意适当融入新理论、新技术、新工艺、新成果,并且制作了与本书配套的PPT多媒体教学课件,形成立体化教材,供教师参考使用。

《应用型本科院校“十二五”规划教材》的编辑出版,是适应“科教兴国”战略对复合型、应用型人才的需求,是推动相对滞后的应用型本科院校教材建设的一种有益尝试,在应用型创新人才培养方面是一件具有开创意义的工作,为应用型人才的培养提供了及时、可靠、坚实的保证。

希望本系列教材在使用过程中,通过编者、作者和读者的共同努力,厚积薄发、推陈出新、细上加细、精益求精,不断丰富、不断完善、不断创新,力争成为同类教材中的精品。

张永利

# 前 言

《机械制造技术基础》是一门实践性很强的课程,是高等院校机械类专业重要的主干技术基础课,目的在于通过本课程学习,要求学生掌握机械加工的制造技术的基本知识和基本理论,为学生后续专业课和搞好毕业设计及走上工作岗位打下坚实基础,也是学生能综合运用所学知识进行课程设计的理论基础。

本书以切削原理和机械制造工艺及夹具的基本理论和基本知识为主线,并配有相关的机械加工方法、机床、刀具、加工质量、先进加工技术以及装配工艺等内容的讲解,还突出讲解典型零件的加工工艺及典型夹具设计。

全书共分8章。第1章介绍机械制造基本概念和常见加工方法,第2章介绍金属机械加工的基本理论,第3章介绍机械加工的常见加工方法,机床种类和工作原理以及所用刀具,第4章介绍机械加工质量分析,第5章介绍现代先进制造技术,第6章介绍机械加工工艺流程编制基本知识和典型零件的工艺设计的步骤和内容,包括零件工艺分析、工艺路线的拟定、工艺计算、尺寸公差与机械加工余量、工序间加工余量、工序尺寸及其公差的确定,第7章介绍零件定位的原则、常见定位元件和典型零件定位与夹具设计以及各类夹具的结构与特点,第8章介绍机械装配工艺的方法和制订及装配工艺分析。

本书内容具体实用,可供高等院校本科、职业学院等机械类专业或近机类专业作为机械制造技术基础的教材,也可供机械制造工程技术人员参考。

本书由孙曙光、张德生任主编,孟凡荣、王劲、郝素红任副主编,司俊山任主审。参编人员分工是:黑龙江东方学院孙曙光(第3章),黑龙江工程学院张德生(第1章),黑龙江东方学院孟凡荣(第7.1~7.3节),辽宁机电职业技术学院王劲(第6.4~6.6节),黑龙江东方学院郝素红(第6.1~6.3节),哈尔滨远东理工学院李东(第2.5~2.6节),哈尔滨远东理工学院徐姚(思考与练习题),黑龙江东方学院郭宇超(第2.1~2.4节、第5.4~5.5节),黑龙江东方学院王春风(第8章),黑龙江工程学院王瑛璞(第4章、第5.1~5.3节),黑龙江工程学院王艳奂(第7.4~7.7节)。

由于编者水平有限,殷切期望广大读者对书中疏漏之处,予以批评指正。

编 者  
2013年10月

# 目 录

第1章 机械制造概论	1
1.1 机械制造业的发展与地位	1
1.2 机械制造与机械制造系统、生产类型与机械制造方法	4
思考与练习题	8
第2章 金属切削加工基础	9
2.1 概述	9
2.2 刀具的几何角度与材料	15
2.3 金属加工的切削过程	25
2.4 切削力、切削热和切削温度	34
2.5 刀具磨损和刀具使用寿命	42
2.6 切削条件的合理选择	48
思考与练习题	55
第3章 金属切削加工与机床	56
3.1 概述	56
3.2 车削加工与机床	60
3.3 铣削加工与机床	73
3.4 孔加工与机床	81
3.5 齿加工与机床	92
3.6 磨削加工与机床	100
3.7 数控机床与数控加工	110
3.8 其他切削加工与机床	114
思考与练习题	127
第4章 机械加工质量	129
4.1 概述	129
4.2 影响加工精度的因素	133
4.3 提高加工精度的工艺措施	150
4.4 影响表面质量的因素及提高途径	152
思考与练习题	157
第5章 现代先进制造技术	159
5.1 精密加工与细微加工	159
5.2 高速加工	164
5.3 特种加工	168



5.4	数字化制造技术 .....	172
5.5	绿色制造技术 .....	174
	思考与练习题 .....	175
<b>第6章</b>	<b>机械加工工艺规程设计 .....</b>	<b>176</b>
6.1	概述 .....	176
6.2	零件结构的工艺性与毛坯选择 .....	178
6.3	机械加工工艺规程设计 .....	184
6.4	提高机械加工生产率的工艺措施 .....	225
6.5	工艺方案的技术经济性分析 .....	226
6.6	典型零件的加工工艺 .....	232
	思考与练习题 .....	241
<b>第7章</b>	<b>机床夹具设计 .....</b>	<b>244</b>
7.1	概述 .....	244
7.2	工件在夹具上的定位 .....	247
7.3	工件的夹紧 .....	266
7.4	夹具在机床上的定位、对刀和分度 .....	285
7.5	机床夹具的结构和特点 .....	295
7.6	机床夹具的设计原则和方法 .....	317
7.7	机床夹具设计实例 .....	323
	思考与练习题 .....	329
<b>第8章</b>	<b>机械装配工艺 .....</b>	<b>331</b>
8.1	概述 .....	331
8.2	装配精度与保证装配精度的方法 .....	336
8.3	装配尺寸链 .....	339
8.4	装配工艺规程制订 .....	348
	思考与练习题 .....	353
	<b>参考文献 .....</b>	<b>355</b>

## 机械制造概论

### 1.1 机械制造业的发展与地位

#### 1.1.1 机械制造业的发展历程

人类最早的制造活动可以追溯到以石器作为劳动工具的新石器时代,制造处于一种萌芽阶段;到了青铜器和铁器时代,出现了冶炼和锻造等较为原始的制造活动,并开始制作纺织机械、水利机械、运输车辆等。

18 世纪 70 年代,制造业发展的历史性转折点是瓦特改进蒸汽机的发明。随着蒸汽机的大量使用,机械技术与蒸汽动力技术相结合,出现了以动力驱动为特征的制造方式,产生了第一次工业大革命。而后,随着发电机和电动机的发明,以电作为动力源大大改变了机器的结构和生产效率。使用机械加工机床作为这个阶段制造业发展的一个标志,西方工业发达国家开始用机床大量生产“洋枪、洋炮”。

19 世纪末,内燃机的发明引发了制造业的又一次革命。20 世纪初,制造业进入了以汽车制造为代表的批量生产时代,随后出现了流水生产线和自动机床。泰勒科学管理理论的产生,劳动分工制度和标准化技术相继问世。1931 年建立了具有划时代意义的福特 T 型汽车装配生产线,实现了以自动化为特征的大批量生产方式。

20 世纪 50 年代机械制造业逐渐进入鼎盛时期,制造技术以大规模生产方式为主要特征,制造业通过降低生产成本(主要是降低劳动力成本)和提高生产效率,形成了“规模效益”的工业化生产理念。

20 世纪 60 年代,随着市场竞争的加剧,大规模生产方式面临新的挑战。制造企业的生产方式开始向多品种、中小批量生产方式转变。与此同时,以大规模集成电路为代表的微电子技术以及以微机为代表的计算机技术迅速发展以及运筹学、现代控制论、系统工程等软科学的产生和发展,极大地促进了制造业的装备技术和制造工艺的进步,为制造业实现多品种、中小批量的生产方式创造了有利条件。这个阶段诞生的制造装备与制造技术主要有数控机床(CNC)、加工中心(MC)、柔性制造系统(FMS)、计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)等。

20 世纪 80 年代,制造理论、制造技术和制造装备也迎来新的发展时期,出现了制造资源规划(MRP II)和计算机集成制造系统(CIMS)等。

20 世纪 90 年代至今,以 Internet 为代表的信息技术革命给世界带来了巨大变化,经济全球化进程打破了传统的地域经济发展模式,市场变得更加广阔和多元化。出现了许多先进制造系统模式,如敏捷制造(AM)、虚拟制造(VM)、精益生产(LP)、智能制造、并行制造(CE)和绿色制造等。

### 1.1.2 机械制造业在我国国民经济中的地位和作用

制造业是人类财富的主要贡献者,没有制造业的发展就没有人类社会的现代物质文明。在工业化国家,约有 1/4 的人口从事制造业,约超过 70% 的物质财富来自制造业。在我国,处于工业中心地位的制造业,特别是机械制造业,是国民经济持续发展的基础,是工业化、现代化建设的发动机和动力源,是参与国际竞争取胜的法宝,是技术进步的主要舞台,是提高国民生活水平、保证国家安全、发展现代文明的物质基础,制造业的总产值约占整个工业生产的 4/5。

机械制造工业是制造业最重要的组成之一,它担负着向国民经济的各个部门提供机械装备、办公设备,向人们提供交通工具和家用电器等任务。我国现代化建设的发展速度和国家的安全在很大程度上取决于机械制造工业的发展水平。

我国是世界上文化、科学发展最早的国家之一,早在公元前 2000 年左右,我国就制成了纺织机械。由于封建主义的压迫和帝国主义的侵略,我国的机械工业长期处于停滞和落后状态。从 1865 年清政府在上海创办江南机械制造局到 1949 年这 80 多年的时间里,全国只有少数城市建有一些机械厂。新中国成立 60 多年来,我国已建立一个比较完整的机械工业体系。建国初期以万吨水压机为代表的各种重型装备的研制成功,标志着国民经济有了自己的脊梁;20 世纪 60 ~ 70 年代,“两弹一星”的问世、300 MW 和 600 MW 火电机组、秦山核电站机组、电子对撞机以及 21 世纪的“神舟”飞船遨游太空,表明了我国综合国力的提高,使我国跻身于世界大国的行列。目前,我国电力、钢铁、石油、交通、矿山等基础工业部门所拥有的机电产品总量中,约有 2/3 是我国自己制造的,其中以 12 000 m 特深井陆地石油钻机、五轴联动数控机床、2012 年三峡水电站使用 32 台 700 MW 水轮发电机组等为代表的一批重大技术装备已达到或接近国际先进水平。到 2010 年中国制造业总产值已接近中国国内生产总值的 33%,2010 ~ 2012 年连续三年,我国汽车年产量近 2 000 万辆,汽车年产量居世界首位。许多与人们生活密切相关的机电产品(如电冰箱、空调机等)产量已位居世界前列,我国已成为名副其实的机械工业生产大国。

新中国用了 60 多年的时间走过了工业发达国家 200 年的历程,成就举世瞩目;但与世界先进水平相比,我国机械制造业的整体水平和国际竞争能力仍有较大的差距。首先,我国国民经济建设和高新技术产业所需的重大装备的国内自给率目前尚不到 50%,高档制造装备和科学仪器的 90% 要依赖于进口;其次,制造业的人均生产率较低,约为美国、日本、德国的十几至二十分之一;第三,企业对市场需求的快速响应能力不高,我国新产品开发的周期平均为 18 个月,而美、日、德等工业发达国家的新产品开发周期平均为 4 ~ 6 个月;第四,我国制造业仍存在着能源资源消耗高、污染排放重、自主知识产权创新薄弱、服

务增值率低、高水平人才短缺等。

我国机械工业“十二五”发展总体规划的六大主要任务是：

(1) 促进发展方式转变。发展现代制造服务业,实现由生产型制造向服务型制造转变、推进节能降耗减排,由传统制造向绿色制造转变、积极推行信息化和工业化的深度融合,改造提升传统产业、加快企业兼并重组,提升产业集中度。

(2) 优化调整产品结构。大力推进高端装备自主化、突破关键基础零部件瓶颈约束、抑制产能盲目扩张势头。

(3) 增强自主创新能力。协助有关部门实施科技重大专项、推进产品数字化和企业信息化、继续推进行业科技创新体系建设、加强行业基础共性技术研究、完善和提高产品标准体系。

(4) 加强质量品牌建设。大力提升机械产品质量、建立和完善产品质量标准体系,实施精品工程,树立优良品牌形象。

(5) 培育发展新兴产业,提高国际合作水平。满足国家“转变发展方式,调整产业结构,改善民生,推进改革开放”的需要,抓住培育节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料、新能源汽车等战略性新兴产业的契机,大力发展高档数控机床和基础制造装备、高档基础零部件、新能源设备、新能源汽车、节能环保设备、海洋工程装备、现代农业装备、工业机器人、现代制造服务和再制造等新增长点。

我国机械工业“十二五”发展总体规划的主攻五个重点领域是：

(1) 高端装备产品:先进高效电力设备,大型石化设备,大型冶金及矿山设备,现代化农业装备,高效低排放内燃机,数字化、智能化仪器仪表和自动控制系统。

(2) 新兴产业装备:新能源汽车,新能源发电设备,智能电网设备,高档数控机床及精密加工设备,智能印刷设备,海洋工程装备,工业机器人与专用机器人,大型智能工程建设机械,节能环保设备。

(3) 民生用机械装备:安全应急救援设备,医疗设备,消费品现代化生产和流通的“完整解决方案”,现代办公设备。

(4) 关键基础产品:大型及精密铸锻件,关键基础零部件,加工辅具,特种优质专用材料。

(5) 基础工艺及技术。基础工艺及基础技术。

机械制造技术是机械制造企业实现产品设计、完成产品生产、保证产品质量、提高经济效益的共性技术和基础技术。在全球范围内,机械制造技术正朝着精密化、自动化、敏捷化和可持续发展方向发展。

## 1.2 机械制造与机械制造系统、生产类型与机械制造方法

### 1.2.1 机械制造与机械制造系统

#### 1. 生产系统

机械制造工厂作为一个生产单位,它的生产过程和生产活动十分复杂,包括从原材料到成品所经过的毛坯制造、机械加工、装配、涂漆、运输、仓储等所有过程及开发设计、计划管理、经营决策等所有活动,是一个有机的、集成的生产系统,如图 1.1 所示。图中双点画线框内表示生产系统,即由原材料进厂到产品出厂的整个生产、经营、管理过程线;线框外表示企业外部环境(社会环境和市场环境)。

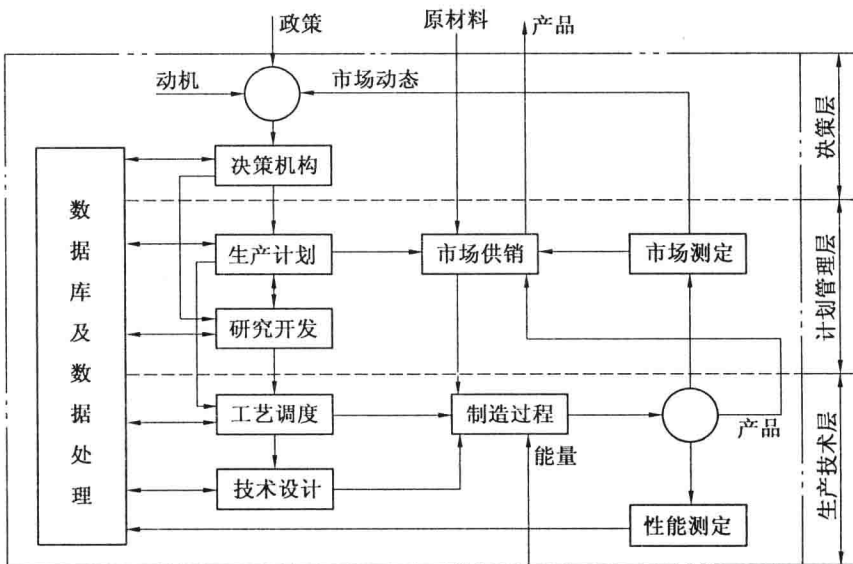


图 1.1 生产系统

整个生产系统由三个层次组成:① 决策层,为企业的最高领导机构,它们根据国家的政策、市场信息和企业自身的条件,进行分析研究,就产品的类型、产量及生产方式等做出决策;② 计划管理层,根据企业的决策,结合市场信息和本部门实际情况进行产品开发研究、制订生产计划并进行经营管理;③ 生产技术层,是直接制造产品的部门,根据有关计划和图样进行生产,将原材料直接变成产品。

#### 2. 制造系统

制造系统是生产系统中的一个重要组成部分,即由原材料变为产品的整个生产过程,它包括毛坯制造、机械加工、装配、检验和物料的储存、运输等所有工作。在制造系统中,存在着以生产对象和工艺装备为主体的“物质流”,以生产管理和工艺指导等信息为主体的“信息流”,以及为了保证生产活动正常进行而必需的“能量流”,如图 1.2 所示。

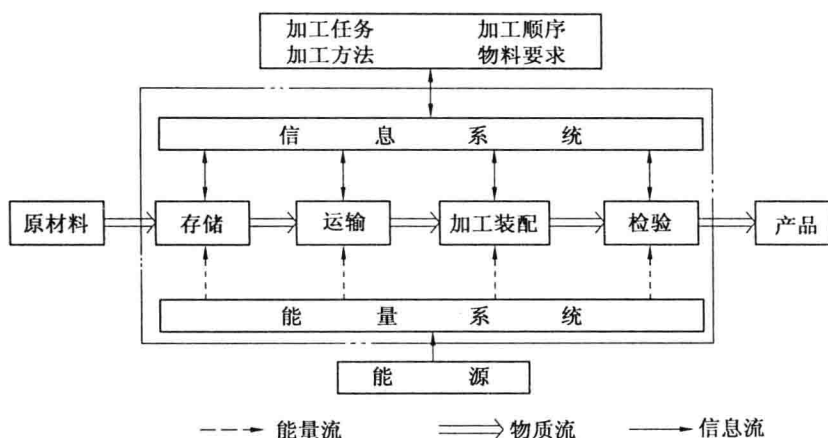


图 1.2 机械制造系统

### 3. 工艺系统

机械制造系统中,机械加工所使用的机床、刀具、夹具和工件组成了一个相对独立的系统,称为工艺系统。工艺系统各个环节之间互相关联、互相依赖、共同配合,实现预定的机械加工功能。

## 1.2.2 生产类型及其工艺特征

### 1. 生产纲领

企业根据市场需求和自身的生产能力制订生产计划。在计划期内应当生产的产品产量和进度计划称为生产纲领。计划期一般为一年,所以生产纲领一般就是年产量。零件的生产纲领应当计入备品和废品的数量,其计算式为

$$N = Qn(1 + a)(1 + b) \quad (1.1)$$

式中  $N$ ——零件的生产纲领,件/年;

$Q$ ——产品的年产量,(台、辆)/年;

$n$ ——每台(辆)产品中该零件的数量,件/(台、辆);

$a$ ——备品率,一般取 2% ~ 4%;

$b$ ——废品率,一般取 0.3% ~ 0.7%。

### 2. 生产类型

生产纲领的大小决定了产品(或零件)的生产类型,而各种生产类型又具有不同的工艺特征,因此生产纲领是制订和修改工艺规程的重要依据。

根据工厂(车间或班组)生产专业化程度的不同,存在着三种不同的生产类型,即大量生产、成批生产和单件生产。

(1) 大量生产。产品的产量大,大多数工作按照一定的节拍重复地进行某一零件某一工序的加工,如汽车、手表、手机等的制造。

(2) 成批生产。一年中轮番周期地制造一种或几种不同的产品,每种产品均有一定的数量,制造过程具有一定的重复性。一次投入或产出的同一产品(或零件)的数量称为

生产批量。批量的大小主要根据生产纲领、零件的大小、资金的周转、调整费用及仓库的容量等情况来确定。

按照批量的大小,成批生产又可分为小批生产、中批生产和大批生产。

(3) 单件生产。单个地生产不同的产品,很少重复,如重型机器制造、专用设备制造、新产品试制等。

由于大批生产的工艺特点与大量生产相似,小批生产的特点与单件生产相似,因此生产类型也可分为大批大量生产、中批生产及单件小批生产。

生产纲领和生产类型的关系随产品的种类、大小和复杂程度而不同。机械产品的生产类型与生产纲领的关系见表 1.1。

表 1.1 机械加工零件生产类型与生产纲领的关系

零件特征		产品类型		
		重型零件	中型零件	轻型零件
生产类型		年生产纲领/(件·年 <sup>-1</sup> )		
单件生产		5 以下	20 以下	100 以下
成批生产	小批	5 ~ 10	20 ~ 200	100 ~ 500
	中批	100 ~ 300	200 ~ 500	500 ~ 5 000
	大批	300 ~ 1 000	500 ~ 5 000	5000 ~ 50 000
大量生产		1 000 以上	5 000 以上	50 000 以上

### 3. 不同生产类型的工艺特征

不同生产类型具有不同的工艺特征,各种生产类型下的工艺特征见表 1.2。

表 1.2 不同生产类型的工艺特征

项目	单件小批生产	中批生产	大批大量生产
加工对象	经常变换	周期性变换	固定不变
毛坯及余量	手工造型铸造、自由锻。毛坯精度低,加工余量大	部分金属模铸造、部分模锻。毛坯精度和余量中等	广泛采用金属模机器造型和模锻。毛坯精度高、余量小
机床设备	通用机床,机群式排列,数控机床	部分专用机床,部分流水线布置,部分数控机床	广泛采用专机,流水线布置
工艺装备	通用工装为主,必要时采用专用工装	广泛采用专用夹具,部分采用专用的刀、量具	广泛采用高效专用工装
装夹方式	通用夹具或划线找正	部分采用专用夹具装夹,少数采用划线找正	夹具装夹
装配方式	广泛采用修配法	大多数采用互换法	互换法
操作水平	高	一般	较低
工艺文件	工艺过程卡	工艺卡	工艺过程卡、工艺卡、工序卡
生产率	低	一般	高
加工成本	高	一般	低

随着科学技术的发展和市场需求的变化,生产类型正在发生深刻的变化,传统的大批大量生产往往不能很好地适应市场对产品及时更新换代的需求,多品种中、小批量生产的比例逐渐上升。随着数控加工和成组技术的普及,各种生产类型下的工艺特征也在起着相应的变化。

### 1.2.3 机械制造的方法

从原材料到产品的生产过程,主要包括毛坯制造、零件加工及零部件装配三个主要工艺过程。毛坯的制造、零部件的加工和零部件的装配随着产品的结构特点、生产类型(生产批量)以及工厂生产条件的不同,其制造方法也不尽相同,按零件加工时加工工具与零件之间是否需要机械作用力,可将机械制造的方法分为机械加工和特种加工。

#### 1. 机械加工

按机械加工成形零件时是否产生废料可分为净成形和切削加工。

(1) 净成形。净成形技术是指由原材料到零件成形后不再加工(或仅需少量加工)就可用作机械零件的成形技术。采用净成形技术加工方法不同,所获得的机械零件尺寸精度、形位精度和表面质量也不尽相同。

净成形技术涵盖精密铸造成形(失蜡铸造和压铸加工)、精密塑性成形(精密模锻、冷挤压成形)以及精密注塑成形等。其特点是加工不产生切屑,因此原材料利用率高,生产效率高,常用于机械零件毛坯或形状比较复杂的中小零件加工制造。

(2) 切削加工。切削加工即由原材料(毛坯)到零件需经过切削加工(产生切屑废料)得到所需零件的形状、尺寸和精度的一种加工方法,如车削、铣削、钻镗铰孔、磨削等加工方法。切削加工因产生切屑、材料利用率较低、零件生产率较低,但其加工精度高,目前仍然是高精度机械零件的主要加工方法。

切削加工时按加工的精度、切削速度以及机床运动的控制方法又可分为:

① 普通机械加工。普通机械加工是指采用传统的机床设备进行切削加工。普通切削加工因受机床、夹具、刀具所组成的加工装备系统的精度、刚度以及切削机理的影响,加工精度仍然有限。目前阶段,普通切削加工的误差范围为 $1 \sim 10 \mu\text{m}$ ,通常称为微米加工。

② 精密与超精密加工。精密加工是指加工精度和表面质量超过普通切削加工,达到很高程度的加工工艺。现阶段加工误差可达到 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ ,表面粗糙度 $Ra < 0.1 \mu\text{m}$ ,称为亚微米加工。

超精密加工是指加工精度和表面质量达到最高程度的加工工艺。其加工误差可以控制到小于 $0.1 \mu\text{m}$ ,表面粗糙度 $Ra < 0.01 \mu\text{m}$ ,已发展到纳米加工的水平。

③ 高速加工。高速加工是指采用超硬材料的刀具,通过极大地提高切削速度和进给速度,达到提高材料切除率,提高加工精度和加工表面质量的现代加工技术。以切削速度和进给速度界定,高速加工的切削速度和进给速度为普通机械加工速度的 $5 \sim 10$ 倍;以主轴转速界定,高速加工的主轴转速 $\geq 10\,000 \text{ r/min}$ 。

④ 数字化(数控)加工。数字化加工是以数值与符号构成的信息(加工程序)通过脉冲信号控制机床自动运动,实现零件机械加工的加工方法。数字化加工的最大特点是极



大地提高了加工精度和加工质量的重复性、稳定性,保证加工零件质量的一致。

## 2. 特种加工

特种加工是不需利用工具直接对加工对象施加作用力的一种加工工艺,如电火花成形加工、电火花线切割加工、激光加工、超声波加工、离子束加工、光刻化学加工等。特种加工因为不是依靠工具与加工对象之间的直接作用产生塑性变形而成形零件,因此对加工对象的材质、硬度没有要求,特别适合高硬度、难加工材料的复杂表面的加工,但加工效率不及机械加工。

除了上述机械加工和特种加工以外,20世纪末在机械制造领域又提出了绿色制造的概念。

绿色制造又称清洁生产或面向环境的制造,是指在保证产品功能、质量、成本的前提下,综合考虑环境影响和资源效率的现代制造模式。它使产品从设计、制造、使用到报废整个产品生命周期中节约资源和能源,不产生环境污染或使环境污染最小化。

## 思考与练习题

- 1.1 你认为机械制造对一个国家的重要性表现在哪些方面?你认为我国制造业与世界先进水平相比尚有哪些差距?
- 1.2 分别阐述生产系统、制造系统和工艺系统的定义。
- 1.3 生产类型可分为几种?不同生产类型有何工艺特征?
- 1.4 举例说明机械零件的主要加工方法。