

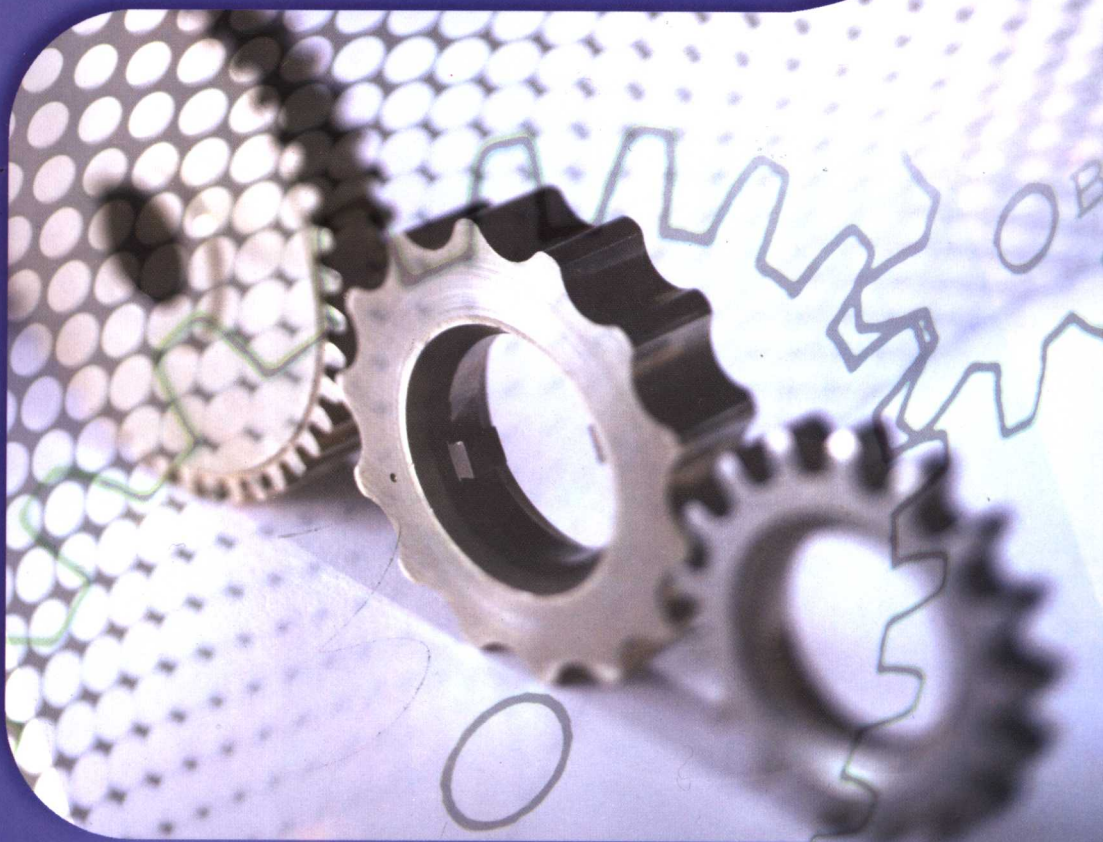


21世纪高等院校机械设计制造及其自动化专业系列教材

机械制造技术

(上册)

- 李兆铨 周明研 主编
- 陶云堂 王德洪 副主编
- 张建钢 主审



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高等院校机械设计制造及其自动化专业系列教材

机械制造技术

(上册)

李兆铨	周明研	主 编
陶云堂	王德洪	副主编
	张建钢	主 审



中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书是 21 世纪高等院校机械设计制造及其自动化专业系列教材之一。本书根据全国专业调整会议的精神,结合全国多所大专院校实施教育部下达的工程制图和机械基础系列课程教学内容与课程体系改革的教改内容的实际经验和需求,在原有《金属切削原理与刀具》、《金属切削机床》、《机械制造工艺学》、《机床夹具设计》等教材的基础上,大胆创新、勇于改革而写成的,全面贯彻了扩大知识面、扩宽专业口径的思想,是数十位教学和科研第一线教师们多年教学成果的结晶。

本教材注重基础、强调工艺和实践环节,注重提高学生综合运用知识,解决实际问题的能力。在具体内容上大幅度地增加了近年来在机械制造领域最新的科技成果。根据许多院校专业设置的需要,本教材分为上、下两册,上册主要内容为典型表面的加工工艺、机床夹具设计、机械加工工艺规程的制订、机械加工精度、机械加工表面质量、机器装配工艺基础。

本书叙述简明、概念清楚、内容丰富;配有大量精选的习题。特别适合作为机械设计制造及其自动化专业的教学用书,同时也可以作为机械类其他专业和近机械专业以及从事机械设计制造的工程技术人员参考用书。

本书配有电子教案,此教案用 PowerPoint 制作,可以任意修改。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术.上册/李兆铨等主编. —北京:中国水利水电出版社,2005
(21 世纪高等院校机械制造及其自动化专业系列教材)
ISBN 7-5084-2421-2

I. 机... II. 李... 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(2004)第 108300 号

书 名	机械制造技术(上册)
主 编	李兆铨 周明研
副 主 编	陶云堂 王德洪
主 审	张建钢
出版发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: mchannel@ 263. net(万水) sales@ waterpub. com. cn 电话: (010)63202266(总机)、68331835(营销中心)、82562819(万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	787mm × 1092mm 16 开本 15 印张 362 千字
版 次	2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	22. 00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

21 世纪高等院校机械设计制造 及其自动化专业系列教材编委会名单

主 任：段正澄

副主任：周国柱 张建钢 肖荣清 常治斌 郑 晓

委 员：(按姓氏笔画顺序排列)

王国顺	王德洪	叶仲新	李兆铨	朱森酉
华中平	任 秀	吴晓光	陈仪先	张仙珍
周星元	周子瑾	周明研	骆 玲	翁晓红
海 燕	梅顺齐	陶云堂	曾宪森	戴锦春

前 言

机械制造业是制造业的重要组成部分,它为人类的生存、生产和生活提供各种现代化的装备,为国民经济各部门和科技、国防提供技术装备,是国民经济发展的重要支柱产业和先导部门,在国民经济中占有重要的地位,是一个国家或地区发展的重要支柱,它标志着一个国家的工业生产能力和科学技术的发展水平。因此,世界各国都把发展机械工业作为发展本国经济的战略重点之一。

20 世纪 60 年代以后,随着现代科学技术的迅猛发展,特别是微电子技术、电子计算机技术的迅猛发展,机械制造业的面貌和内容都发生极为深刻的变革,制造技术由数控化走向柔性化、集成化、智能化。数控技术使机床结构发生了重大变化,例如,机床主传动系统采用直流或交流调速电动机,主轴实现宽范围无级变速,而传动结构大大简化;机床主运动和进给运动超高速化,以满足高速(或超高速)切削的需要;超高速铣床和加工中心主轴转速达 $20000 \sim 100000 \text{ r/min}$,机床工作台快速空程速度高达 75 m/min 。采用直线电动机传动装置时,其行程不受限制,快进速度可达 $150 \sim 210 \text{ m/min}$,运动加速度达 2.5 g 以上,精密和超精密机床定位精度达 $0.5 \sim 0.008 \mu\text{m}$,重复定位精度达 $0.005 \mu\text{m}$ 。数控机床的可靠性不断提高,数控装置平均无故障工作时间达 10000 h 以上。

随着加工设备的不断完善,机械制造精度也不断提高。20 世纪初,精密加工的加工精度已达 μm 级;到 20 世纪 50 年代末,由于生产集成电路的需要,出现了各种微细加工技术。近 30 年来,机械加工精度已提高到纳米(nm)级;即超精密加工,如量规、光学平晶和集成电路的硅基片的精密研磨抛光。纳米技术的应用,促进了机械学科、材料学科、光学学科、测量学科和电子学科的发展,未来将是微型机械、电子技术和微型机器人的时代,纳米技术与微型机械成为 21 世纪的核心技术之一。

近年来新材料不断涌现,其强度、硬度、耐热性等不断提高,促进并推动了机械加工方法的发展。一方面在传统的切削和磨削加工中采用新型刀具材料,如涂层刀具、陶瓷刀具(氧化铝陶瓷、金属陶瓷、氮化硅陶瓷等)、金刚石和立方氮化硼(PCBN)刀具,采用高速大功率的新型机床,如高速磨床、砂带磨床等进行高速和高效加工;另一方面,特种加工方法,如电火花加工、电化学加工、电子束加工、离子束加工、超声波加工、激光加工等,突破了传统的金属切削方法,在难加工材料加工、复杂型面加工、微细加工等领域已成为重要的加工方法或仅有的加工方法。同时,由于计算机技术的发展,促使加工技术与精密检测技术和数控技术、传感技术等相互结合,给机械制造领域带来许多新技术和新观念。发展高速切削、强力切削,提高切削加工效率也是制造技术发展的一种趋势,其关键在于机床和切削工具。干加工和准干加工、快速成形技术也在不断推广和迅速发展。现代机械制造技术面临着许多新的课题,有待不断开发和创新。

现代机械制造技术发展的总的趋势是机械制造科技与材料科技、电子科技、信息科技、生命科技、环保科技、管理科技等的交叉、融合。

机械制造技术是机械设计制造与自动化及相近专业的一门重要的专业课程。

机械制造技术是机械工程科学的一个分支学科,它是主要研究各种机械制造过程和方法的学科。机械制造工艺过程是指能够直接改变(或获得)零件(或毛坯)的形状、尺寸、相对位置和性质,使之成为成品或半成品的过程。常分为热加工工艺过程(如铸造、塑性加工、焊接、热处理、表面改性等)和冷加工工艺过程,本课程主要研究机械制造冷加工工艺过程方面的基本理论知识。

金属切削机床、特种加工机床、机器人以及机械加工工艺系统中的其他工艺装备是机械制造的主要设备和工装,是实现机械制造的重要手段。研究各种机械制造设备和工装的设计和制造,发展新的设备和工装,是机械制造学科的一项重要任务。

“机械制造技术”是为适应机械工程类宽口径专业“机械设计制造与自动化”及近机械类(如仪器仪表、能源动力)、管理类(工业工程、工业管理等)专业的教学改革需要,重新规划并组织编写的一门专业基础课程,它与“机械制造基础”一起,将原传统的专业课程有机地融合为一体,构建成新的课程体系,使学生建立起较为完整的机械制造技术知识结构。课程的改革力度较大,全书以机械制造工艺为核心内容,质量、生产率、经济性为主线,贯穿以质量为中心的指导思想。为适应并符合机械工程类宽口径专业教学特点,全书贯彻拓宽知识面、精简内容、加强应用的原则,注重提高学生综合运用知识,解决实际问题的能力。机械制造的主要设备是机床,在本课程中编入了有关机床设计的内容。

本课程的实践性很强,涉及的知识面很宽。因此要注意实践知识的学习和积累。课程的教学需要与金工实习、生产实习、现场教学、课程设计等多种教学环节密切配合,并努力运用现代化的教育手段与教学方法,这样才能以较少的学时,获得较理想的教学效果。

学时安排:根据各个院校专业要求的不同,《机械制造技术》分为了上、下两册,便于教学内容的取舍。一般每册可安排18~24学时,共36~48学时。

本书由李兆铨、周明研任主编,陶云堂、王德洪任副主编。全书由张建钢教授主审。参加本书大纲讨论和编写工作的还有任秀、叶仲新、骆玲、曾宪森、戴锦春、朱森酉、郑晓、肖华、周子瑾等。江平、邓聪、庞红丽等在文字编排和插图处理等方面也做出很大的贡献。在此,对他们表示感谢!中国水利水电出版社在本书的出版过程中给与了很大的帮助,对他们的敬业精神我们非常敬佩。

本书一定存在诸多错误和不足,敬请大家批评指正!

编 者

2004年10月

目 录

前言

绪论 (1)

第1章 典型表面的加工工艺 (5)

1.1 平面加工 (5)

1.1.1 平面的技术要求 (5)

1.1.2 平面加工方案分析 (5)

1.1.3 平面的加工方法 (6)

1.2 外圆表面加工 (11)

1.2.1 外圆表面的技术要求 (11)

1.2.2 外圆表面加工方案分析 (11)

1.2.3 外圆表面的加工方法 (13)

1.3 孔加工 (21)

1.3.1 内孔表面的技术要求 (21)

1.3.2 内孔表面加工方案分析 (21)

1.3.3 内孔表面的加工方法 (23)

1.4 成形表面加工 (35)

1.4.1 齿形加工 (35)

1.4.2 复杂型面的加工 (42)

习题与思考题 (48)

第2章 机床夹具设计 (50)

2.1 概述 (50)

2.1.1 机床夹具的定义 (50)

2.1.2 机床夹具的作用 (50)

2.1.3 机床夹具的组成 (50)

2.2 工件的定位 (51)

2.2.1 六点定位原理 (51)

2.2.2 工件的定位方式与定位元件 (55)

2.2.3 定位误差 (61)

2.3 工件的夹紧 (65)

2.3.1 夹紧力的确定 (65)

2.3.2 典型夹紧机构 (67)

2.4 常见典型夹具 (77)

2.4.1 车床夹具 (77)

2.4.2 钻床夹具	(78)
2.4.3 镗床夹具	(81)
2.4.4 铣床夹具	(85)
习题与思考题	(93)
第3章 机械加工工艺规程的制订	(97)
3.1 基本概念	(97)
3.1.1 工艺过程及其组成	(97)
3.1.2 生产纲领和生产类型	(97)
3.1.3 各种生产类型的工艺特征	(99)
3.1.4 工艺规程及其作用	(99)
3.2 零件工艺性分析及毛坯选择	(102)
3.2.1 零件工艺性分析	(102)
3.2.2 零件结构工艺性	(103)
3.2.3 毛坯的选择	(107)
3.3 机械加工工艺过程设计	(109)
3.3.1 定位基准的选择	(109)
3.3.2 零件的装夹和加工方法的选择	(110)
3.3.3 工艺路线的拟订	(111)
3.3.4 数控机床加工工艺设计	(114)
3.3.5 工艺过程技术经济分析和优化	(117)
3.4 工序设计	(119)
3.4.1 机床和工艺装备的选择	(120)
3.4.2 加工余量及工序尺寸的确定	(120)
3.4.3 切削用量的制订	(123)
3.4.4 时间定额的估算	(123)
3.4.5 工序简图绘制	(124)
3.5 工艺尺寸链	(125)
3.5.1 尺寸链的基本概念	(125)
3.5.2 尺寸链的计算公式	(127)
3.5.3 尺寸链的计算形式	(129)
3.5.4 工艺尺寸链的应用和解算方法	(129)
3.5.5 工艺尺寸链图表计算法	(135)
3.5.6 计算机辅助计算工序尺寸	(137)
3.6 典型零件加工工艺分析	(137)
3.6.1 箱体加工	(137)
3.6.2 连杆加工	(143)
习题与思考题	(149)
第4章 机械加工精度	(152)
4.1 工艺系统的几何误差	(153)

4.1.1	原理误差	(153)
4.1.2	机床误差	(153)
4.1.3	夹具的制造误差和磨损	(158)
4.1.4	刀具的制造误差和磨损	(158)
4.1.5	调整误差	(159)
4.2	工艺系统受力变形引起的加工误差	(159)
4.2.1	工艺系统的刚度	(159)
4.2.2	工艺系统受力变形对加工精度的影响	(161)
4.2.3	减少工艺系统受力变形的措施	(165)
4.2.4	工件残余应力引起的加工误差	(166)
4.3	工艺系统热变形引起的加工误差	(167)
4.3.1	工件热变形对加工精度的影响	(167)
4.3.2	刀具热变形对加工精度的影响	(168)
4.3.3	机床热变形对加工精度的影响	(169)
4.4	加工误差的综合统计分析	(170)
4.4.1	加工误差的性质	(170)
4.4.2	加工误差的统计分析方法	(170)
4.5	提高加工精度的工艺措施	(176)
	习题与思考题	(177)
第5章	机械加工表面质量	(179)
5.1	机械加工表面质量概述	(179)
5.1.1	表面质量的含义	(179)
5.1.2	机械加工表面质量对零件使用性能的影响	(180)
5.1.3	表面完整性的概念	(181)
5.2	影响加工表面粗糙度的主要因素及其控制措施	(182)
5.2.1	表面粗糙度的形成、影响因素及控制措施	(182)
5.2.2	减小表面粗糙度的加工方法	(185)
5.3	影响表面层物理、机械性能的主要因素	(188)
5.3.1	表面层加工硬化	(188)
5.3.2	表面层的金相组织变化与磨削烧伤	(189)
5.3.3	表面层的残余应力	(191)
5.3.4	表面强化工艺	(192)
5.4	机械加工中的振动	(194)
5.4.1	概述	(194)
5.4.2	强迫振动及其控制	(194)
5.4.3	自激振动及其控制	(197)
	习题与思考题	(203)
第6章	机器装配工艺基础	(204)
6.1	装配工作的基本内容	(204)

6.1.1 装配工作的主要内容	(204)
6.1.2 装配工作的组织形式	(206)
6.2 装配精度与装配尺寸链的建立	(207)
6.2.1 机器的装配精度	(208)
6.2.2 零件精度和装配精度的关系	(209)
6.2.3 影响装配精度的因素	(209)
6.2.4 装配尺寸链	(210)
6.3 保证装配精度的装配方法	(217)
6.3.1 互换装配法	(217)
6.3.2 选择装配法	(218)
6.3.3 调整装配法	(220)
6.3.4 修配装配法	(221)
6.4 装配工艺规程的制订	(222)
6.4.1 制定装配工艺过程的原则与所需原始资料	(222)
6.4.2 制定装配工艺过程的步骤与方法	(223)
习题与思考题	(227)
参考文献	(228)

绪 论

一、机械制造业在国民经济中的地位和作用

制造是人类最主要的生产活动之一。制造业是将资源(物料、能源、设备工具、资金、人力和信息等)通过制造过程转化成可供人们使用或利用的工业品和生活消费品的行业,是国民经济的支柱和基础。有资料统计,制造业创造了人类社会财富的 60% 以上,占国民经济总收入的 20% ~ 30%,工业化国家中以各种形式从事制造活动的人员约占全国从业人数的四分之一。另一方面,制造业是整个工业、经济、科技与国防的基础。制造业的发展事关国力的兴衰。制造技术是使原材料变成产品的技术的总称,它是支持制造业发展的关键基础技术,制造技术的发展是一个国家经济持续增长的根本动力,先进的制造技术使制造业乃至国民经济处于强有力的竞争力地位。

机械制造业是制造业的重要组成部分,它为人类生存、生产和生活提供各种现代化的装备,为国民经济各部门和科技、国防提供技术装备,是国民经济发展的重要支柱产业和先导部门,在国民经济中占有重要的地位,它标志着一个国家的工业生产能力和科学技术的发展水平。可以说,机械制造业是立国之本,没有发达的机械制造业,就不可能有国家的真正繁荣和富强。因此,世界各国都把发展机械工业作为发展本国经济的战略重点之一。

在各类机械制造部门中,金属切削机床是加工机器零件的主要设备,所担负的工作量占机械制造主要工作量的 40% ~ 60%,在机械制造企业拥有的全部装备中,机床占 50% 以上。机床及其他制造装备是机械制造技术的重要载体。

随着电子技术、信息技术的迅速发展,传统机械制造业发生了巨大的变化,但丝毫没有削弱它的重要地位。忽视机械制造技术的发展,会致使经济发展走入歧途。

二、机械制造业和制造技术的发展

机械制造技术的历史源远流长,远在新石器时代,原始人已掌握琢钻和磨制技术,但在其后很长一段历史时期内,机械制造技术发展较为缓慢。17 世纪中叶,工场手工制造业兴起,一些传统机械雏形(水磨机、钟表等)出现,奠定了传统制造业发展的基础。以蒸汽机发明为标志的工业革命,促进了机械制造的发展并形成了机械制造业。1775 年为加工蒸汽机的汽缸,研制成功镗床,此后陆续出现了车、铣、刨、插、齿轮加工、螺纹加工等各种机床。19 世纪末至 20 世纪初,新型冶炼技术的发明和钢铁工业的发展,促进了机床的速度、功率、刚度和精度的提高及加工工艺的进步。此后,内燃机的发明和汽车的大规模生产,对机械制造在加工精度、生产率、生产成本、生产过程自动化等方面不断提出了新的要求,相关技术(互换性技术、流水线生产方式等)的发展,促使了机械制造理论与技术的不断进步与发展,产生了工业技术的全面革命和创新,传统机械制造业及其大工业体系也随之建立和逐渐成熟。20 世纪 60 年代以后,随着现代科学技术的迅猛发展,特别是微电子技术、电子计算机技术

的迅猛发展,机械制造业的面貌和内容都发生了极为深刻的变革,制造技术由数控化走向柔性化、集成化、智能化。数控技术使机床结构发生了重大变化,例如,机床主传动系统采用直流或交流调速电动机,主轴实现宽范围无级变速,而传动结构大大简化;机床主运动和进给运动超高速化,以满足高速(或超高速)切削的需要;超高速铣床和加工中心主轴转速达 $20000 \sim 100000 \text{ r/min}$,机床工作台快速空程速度高达 75 m/min ,采用直线电动机传动装置时,其行程不受限制,快进速度可达 $150 \sim 210 \text{ m/min}$,运动加速度达 2.5 g 以上;精密和超精密机床定位精度达 $0.5 \sim 0.008 \mu\text{m}$,重复定位精度达 $0.005 \mu\text{m}$;数控机床的可靠性不断提高,数控装置平均无故障工作时间达 10000h 以上。

随着加工设备的不断完善,机械制造精度不断提高。20世纪初,精密加工加工精度已达 μm 级。到20世纪50年代末,由于生产集成电路的需要,出现了各种微细加工技术。近30年来,机械加工精度已提高到纳米(nm)级,即超精密加工,如量规、光学平晶和集成电路的硅基片的精密研磨抛光。纳米技术的应用,促进了机械学科、材料学科、光学学科、测量学科和电子学科的发展,未来将是微型机械、电子技术和微型机器人的时代,纳米技术与微型机械成为21世纪的核心技术之一。

近年来新材料不断涌现,其强度、硬度、耐热性等不断提高,促进并推动了机械加工方法的发展。一方面在传统的切削和磨削加工中采用新型刀具材料,如涂层刀具、陶瓷刀具(氧化铝陶瓷、金属陶瓷、氮化硅陶瓷等)及金刚石和立方氮化硼(PCBN)刀具,采用高速大功率的新型机床,如高速磨床、砂带磨床等进行高速和高效加工。另一方面,电火花加工、电化学加工、电子束加工、离子束加工、超声波加工、激光加工等特种加工方法,突破了传统的金属切削方法,在难加工材料加工、复杂型面加工、微细加工等领域已成为重要的加工方法或仅有的加工方法。同时,由于计算机技术的发展,促使加工技术与精密检测技术和数控技术、传感技术等相互结合,给机械制造领域带来许多新技术和新观念。发展高速切削、强力切削,提高切削加工效率成为制造技术发展的一种趋势,其关键在于机床和切削工具。干加工和准干加工、快速成形技术也在不断推广和迅速发展。现代机械制造技术面临着许多新的课题,有待不断开发和创新。

机械制造技术及其基础理论也在不断发展,主要表现在:传统工艺在不断发展,新工艺不断涌现;新的科学方法(如模型化方法、系统论、信息论、并行工程等)的广泛应用;工艺过程向典型化、成组技术和生产专业化的方向发展,并朝着设计、制造和管理的集成化、自动化和智能化方向迈进。先进制造技术是在传统制造技术的基础上,吸收机械、电子、信息、材料及现代管理等方面的新成果,综合应用于制造全过程,以实现优质、高效、低消耗、敏捷及无污染生产的前沿制造技术的总称。它涉及机械科学、信息科学、系统科学和管理科学等综合学科,包括从产品设计、加工制造到产品销售及售前、售后服务的全过程,使制造技术成为生产过程中物质流、信息流、资金流的系统技术,它不仅仅满足高质、低消耗、价廉的要求,更注重追求敏捷和可持续发展的目标。

现代机械制造技术发展的总趋势是机械制造科技与材料科技、电子科技、信息科技、生命科技、环保科技、管理科技等交叉、融合。具体集中在如下几个方面:

(1) 机械制造基础技术。切削(含磨削)加工仍然是机械制造的主导加工方法,提高生产率和质量是今后的发展方向。强化切削用量(如超高速切削等),高精度、高效切削机床与刀具,最佳切削参数的自动优选,自动、快速换刀技术,刀具的高可靠性和在线监控技术,

成组技术(GT),自动装配技术等将得到进一步发展和应用。

(2) 超精密及微细加工技术。各种精密、超精密加工技术,细微与纳米加工技术在微电子芯片、光子芯片制造、超精密微型机器及仪器、微机电系统(MEMS)等尖端技术和国防尖端装备领域中将大显身手。精密加工可以稳定地达到亚微米级精度,而扫描隧道显微(STM)加工和原子力显微(AFM)加工甚至可以实现原子级加工。微机电系统技术将应用于生物医学、航空航天、信息科学、军事国防和工业、农业、家庭等广泛的领域。

(3) 自动化制造技术。自动化制造技术将进一步向柔性化、智能化、集成化、网络化发展。计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工艺设计(CAPP)、计算机辅助装配工艺设计(CAAP)、快速成形(RP)等技术将在新产品设计方面得到更全面的应用和完善。高性能的计算机数控(CNC)机床、加工中心(MC)、柔性制造单元(FMC)等将更好地适应多品种、小批量产品的高质、高效加工制造。精益生产(LP)、准时生产(JIT)、并行工程(CE)、敏捷制造(AM)等先进制造生产管理模式将主导未来的机械制造业。

(4) 绿色制造技术。在机械制造业中综合考虑社会、环境、资源等可持续发展因素的绿色制造(无浪费制造)技术将朝着能源与原材料消耗最小,所产生的废弃物最小并尽可能回收利用,在产品的整个生命周期中对环境无害等方面发展。

新中国成立以来,我国的机械制造业与制造技术得到了长足发展,具有相当规模和一定技术基础的机械工业体系基本形成。改革开放 20 多年来,我国机械制造业充分利用国内外两方面的技术资源,使制造技术、产品质量和水平及经济效益有了显著提高,但与发达国家相比,仍然存在明显的差距,主要表现在出口商品结构仍以中低档为主,高新技术机电产品、成套设备出口比例较低,产品竞争力不强。经济的全球化和贸易的自由化使国际经济竞争愈演愈烈,我国机械制造业正承受国际市场的巨大压力。因此,掌握并采用先进制造技术,才能拥有控制市场的主动权。

三、本课程的性质和主要内容

机械制造技术是机械设计制造与自动化及相近专业一门重要的专业课。

机械制造技术是机械工程科学的一个分支学科,主要研究各种机械制造过程和方法。机械制造工艺过程是指能够直接改变(或获得)零件(或毛坯)的形状、尺寸、相对位置和性质,使之成为成品或半成品的过程,通常分为热加工工艺过程(如铸造、塑性加工、焊接、热处理、表面改性等)和冷加工工艺过程,本课程主要研究机械制造冷加工工艺过程的基本理论知识。

零件的机械加工工艺过程是生产过程的一部分,机械加工工艺立足于金属切削的基础理论(物理学、力学),其任务是利用切削原理,使零件的尺寸精度、形状、位置精度和表面质量达到预定的设计要求。特种加工,如电火花加工、电解加工、激光加工、超声波加工和等离子加工等,也是机械加工工艺过程的一部分,但实际上已不属于切削加工的范畴。由此可见,每种制造工艺都以相应的应用理论为基础。机械制加工与其他加工相比,能达到的精度和表面质量是其他加工无法达到或很难达到的,在今后仍将是获得精密机械零件最主要的方法。

金属切削机床、特种加工机床、机器人以及机械加工工艺系统中的其他工艺装备是机械制造的主要设备和工装,是实现机械制造的重要手段。研究各种机械制造设备和工装的设

计和制造,发展新的设备和工装,是机械制造学科的一项重要任务。

四、本课程的目的要求和特点

“机械制造技术”是为适应机械工程类宽口径专业“机械设计制造与自动化”及近机类(如仪器仪表、能源动力)、管理类(工业工程、工业管理等)专业的教学改革需要,重新规划并组织编写的一门专业基础课程,它与“机械制造基础”一起,将原传统的专业课程有机地融合为一体,构建成新的课程体系,使学生建立起较为完整的机械制造技术知识结构。课程的改革力度较大,全书以机械制造工艺为核心内容,质量、生产率、经济性为主线,贯穿以质量为中心的指导思想。为适应并符合机械工程类宽口径专业教学的特点,全书贯彻拓宽知识面、精简内容、加强应用的原则,注重提高学生综合运用知识、解决实际问题的能力。机械制造的主要设备是机床,在本课程中编入了有关机床设计的内容。

本课程设置的目的要求是:

(1) 掌握机械制造工艺的基本理论知识,能初步分析和处理与切削加工有关的工艺技术问题;能编制零件的机械加工工艺规程;初步具备综合分析机械制造工艺过程中质量、生产率和经济性问题的能力。

(2) 了解金属切削机床的工作原理和主要结构,能根据工艺要求合理选择机床并进行机床主传动系统和进给系统的结构设计。

(3) 了解机床夹具的基本原理和知识,能根据工艺需要设计专用机床夹具。

(4) 对机械制造新技术和发展趋势有一定了解。

本课程的实践性很强,涉及的知识面很宽,因此要注意实践知识的学习和积累。课程教学需要与金工实习、生产实习、现场教学、课程设计等多种教学环节密切配合,并努力运用现代化的教育手段与教学方法,以较少的学时,获得较理想的教学效果。

第1章 典型表面的加工工艺

机械产品都是由零件组成的,零件表面的结构形状各式各样,常见的典型表面有平面、外圆表面、内孔表面和成形表面等。这些表面按其在机器中的作用不同,可分为功能性表面和非功能性表面。功能性表面往往有较高的精度和表面质量要求,而非功能性表面的加工精度和表面质量则要求较低。由于组成表面的类型和要求不同,所采用的加工方法也不一样。本章将讨论常见的典型表面的加工工艺。

1.1 平面加工

平面是组成平板、支架、箱体、床身、机座、工作台以及各种六面体零件的主要表面之一。零件上常见的直槽、T形槽、V形槽、燕尾槽、平键槽等沟槽可以看做是平面(有时也有曲面)的不同组合。根据平面所起的作用不同,大致可以分为如下几种:

(1) 非配合平面。这种平面不与任何零件相配合,一般无加工精度要求,只有为了增加抗腐和美观时才进行加工。

(2) 配合平面。这种平面多数用于零部件的连接,如车床主轴箱、进给箱与床身的连接平面,一般精度和表面质量要求均较高。

(3) 导向平面。如各类机床的导轨面,这种平面的精度和表面质量要求很高。

(4) 端平面。指各种轴类、盘套类零件上与其旋转中心线相垂直的平面,多起定位作用,这类平面往往对垂直度、端面间的平行度和表面粗糙度有较高的要求。

(5) 精密量具表面。如钳工的平台、平尺的测量面和计量用量块的测量平面等,这种平面精度和表面质量要求均很高。

1.1.1 平面的技术要求

1. 形状精度

指平面本身的直线度、平面度公差。

2. 位置尺寸及位置精度

指平面与其他表面之间的位置尺寸公差及平行度、垂直度公差等。

3. 表面质量

指表面粗糙度、表面波度和表层物理力学性能等。

1.1.2 平面加工方案分析

平面加工方案的选择,除根据平面的精度和表面粗糙度要求外,还应考虑零件的结构形

状、尺寸、材料的性能和热处理要求以及生产批量等。通常有以下几种类型:

1. 低精度平面的加工

对精度要求不高的各种零件(淬火锅零件除外)的平面,经粗刨、粗铣、粗车等即可达到要求。

2. 中等精度平面的加工

对于表面质量要求中等的非淬火锅件、铸铁件,视工件平面尺寸不同有以下几种加工方案:

(1) 粗刨—精刨。此方案适于加工窄长平面。

(2) 粗铣—精铣。此方案适于加工宽大平面。

(3) 粗车—精车。此方案适于加工回转体轴、套、盘、环类等零件的端面。此外,大型盘类零件的端面适宜在立式车床上加工。

(4) 粗插—精插。此方案适于加工封闭的内平面。

上述各种加工方案的表面粗糙度不大于 $Ra\ 6.3 \sim 1.6\ \mu\text{m}$ 。

3. 高精度平面的加工

视工件材料和平面尺寸不同,有以下 5 种方案:

(1) 粗刨—精刨—宽刃精刨(代刮研)。此方案适于加工未淬火锅件、铸铁件、有色金属等材料的窄长平面。

(2) 粗铣—精铣—高速精铣。此方案适于加工未淬火锅件、铸铁件、有色金属等材料的宽平面。

(3) 粗铣(粗刨)—精铣(精刨)—磨削。此方案适于加工淬火锅和非淬火锅件、铸铁件的各种平面。

(4) 粗车—精车—磨削。此方案适于加工回转体零件的台肩平面,其中,较小台肩平面采用普通外圆磨床加工;较大台肩平面用行星磨加工。

(5) 粗铣—拉削。此方案适用于大批量生产除淬火锅以外的各种金属零件,不仅生产率很高,而且加工质量也较高。

上述各种加工方案的表面粗糙度不大于 $Ra\ 0.8 \sim 0.2\ \mu\text{m}$ 。

4. 精密平面的加工

对于有更高精度要求的平面,可在磨削后分别进行研磨、抛光,也可在铣、刨后刮研,使表面粗糙度不大于 $Ra\ 0.4 \sim 0.12\ \mu\text{m}$ 。

常用的平面加工典型方案如图 1-1 所示。

应当指出,平面本身没有尺寸精度,图中的公差等级是指两平行平面之间距离尺寸的公差等级。

1.1.3 平面的加工方法

加工平面常用的机械加工方法有车削、铣削、刨削、宽刃细刨、刮研、普通磨削、导轨磨削、精密磨削、砂带磨削、超精加工、研磨和抛光等;特种加工方法有电解磨削和电火花线切割等。

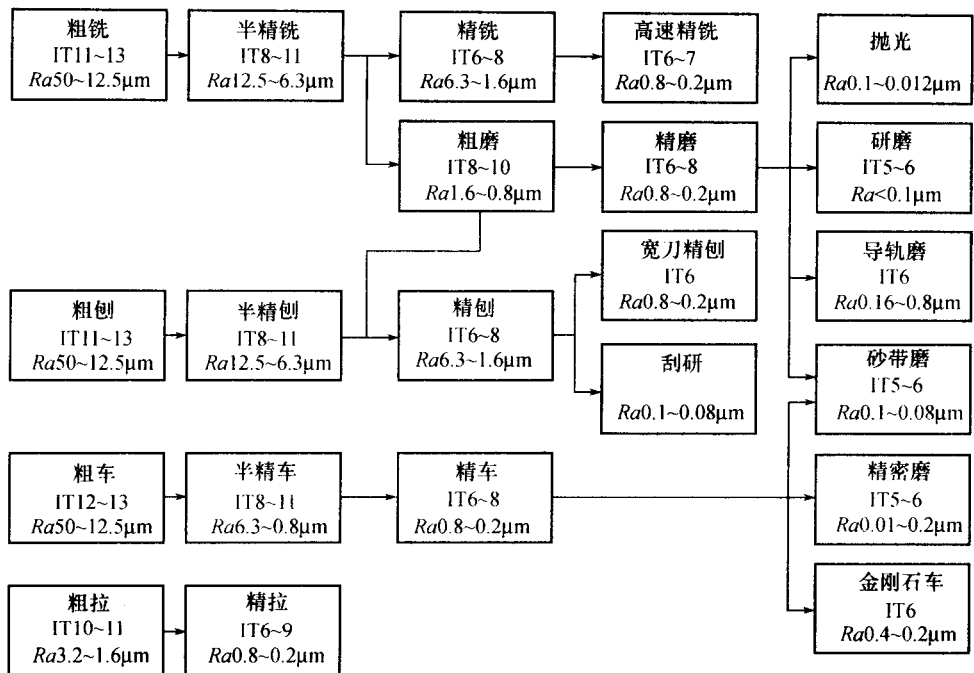


图 1-1 平面加工方案框图

1. 平面的车削加工

平面车削一般用于加工回转体类零件的端面。因为回转体类零件的端面大多与其外圆表面、内圆表面有垂直度要求,而车削可以在一次安装中将这此表面全部加工出来,有利于保证它们之间的位置精度。

平面车削的表面粗糙度为 $Ra\ 6.3 \sim 1.6\ \mu\text{m}$,精车后的平面度误差在直径为 $100\ \text{mm}$ 的端面上最小可达 $0.005 \sim 0.008\ \text{mm}$ 。

中小型零件的端面一般在普通车床上加工;大型零件的平面可在立式车床上加工。

2. 平面的铣削加工

铣削是加工平面的主要方法之一,一般适用于各种不同形状的沟槽、平面的粗加工和半精加工。平面铣削分为粗铣和精铣。精铣后的表面粗糙度为 $Ra\ 3.2 \sim 1.6\ \mu\text{m}$,两平面间的尺寸公差等级为 $IT8 \sim IT7$,直线度可达 $0.08 \sim 0.12\ \text{mm/m}$ 。在平面加工中,铣削加工用得最多,主要是因为铣削生产率高。

平面铣削加工常用的设备有卧式铣床、立式铣床、万能升降台铣床、工具铣床、龙门铣床等。中小型工件的平面加工常在卧式铣床、立式铣床、万能升降台铣床、工具铣床上进行,大型工件表面的铣削加工可在龙门铣床上进行。精铣平面可在高速、大功率的高精度铣床上采用高速精铣新工艺进行加工。

(1) 粗铣平面。

粗铣时应尽量增大单位时间内的金属切削量,以获得高生产率。为此,机床、夹具、刀具、工件均要求有足够的刚度,机床也应该有足够的功率。

(2) 精铣平面。