



绪 论



第 1 章
微课视频



机械制造
导论及机
械加工的
流程步骤

1.1 制造业、机械制造业及其地位

制造业是所有与制造有关的行业的总体。制造业为国民经济各部门和科技、国防提供技术装备,是整个工业、经济与科技、国防的基础,是现代化的动力源,是现代文明的支柱。同时,制造业是一个国家的立国之本。在工业化国家中,以各种形式从事制造活动的人员约占全国从业人数的 1/4。美国约 68% 的财富来源于制造业,日本约 50% 的国民生产总值由制造业创造,我国的制造业在工业总产值中约占 40%。

机械制造业是制造业最主要的组成部分,是为用户创造和提供机械产品的行业,包括机械产品的开发设计、制造、生产、流通和售后服务全过程。机械制造业担负着为国民经济各部门和国防提供机械装备的任务,其规模和水平直接反映了国民经济实力和科学技术水平,因此,在国民经济中具有十分重要的地位和作用。

1.2 机械制造技术的范畴和内容

机械制造技术是以制造一定质量的机械产品为目标,研究如何以最少的消耗、最低的成本和最高的效率进行机械产品制造的综合性技术。

机械制造工艺可分为热加工工艺和冷加工工艺。热加工工艺包括铸造、锻造、焊接、热处理、表面改性等;本课程主要讲授冷加工工艺,包括常温下零件的机械加工工艺和机器的装配工艺。

零件的机械加工工艺是研究如何利用切削的原理使工件成形,达到预定的设计要求,也就是尺寸精度、形状精度、位置精度和表面质量要求(图 1-1)。

机器的装配工艺是研究如何将零件或部件进行配合和连接,使之成为半成品和成品,并达到所要求的装配精度的工艺过程(图 1-2)。

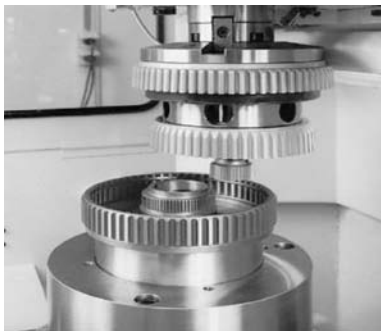


图 1-1 机械加工



图 1-2 机械装配

1.3 机械制造业的发展

人类文明的发展与制造业的进步密切相关,早在石器时代,人们就开始利用天然石料制作工具,用其猎取自然资源。到了青铜器和铁器时代,人们开始采矿冶金锻造工具,并开始制作纺织机械、水利机械、运输车辆等。近三百年,与三次工业革命同步,机械制造业和机械制造技术得到快速发展,如图 1-3 所示。

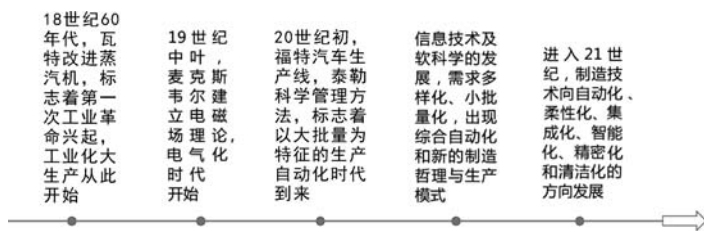


图 1-3 机械制造业的快速发展阶段

面对世界经济技术发展的日益融合和开放的趋势,为了在世界经济发展大潮中处于领先地位,世界各个工业化国家先后提出了振兴制造业技术的战略计划。2011年6月24日,美国总统奥巴马宣布启动一项超过5亿美元的先进制造业伙伴关系(AMP计划),希望通过政府、高校与企业的合作来强化美国制造业,共同帮助美国重夺全球制造业领先地位。2013年4月,德国政府在汉诺威工业博览会上,正式推出“工业4.0”高科技战略计划,目的是提高德国工业的竞争力,在新一轮工业革命中占领先机。2015年1月23日,日本政府公布了机器人新战略,提出三大核心目标,即“世界机器人创新基地”“世界第一的机器人应用国家”“迈向世界领先的机器人新时代”,目的是确保日本在机器人领域的世界领先地位。2015年5月8日,中国由国务院正式印发《中国制造2025》,该行动纲领的目标是:第一步,到2025年迈入制造强国行列;第二步,到2035年中国制造业整体达到世界制造强国阵营中等水平;第三步,到新中国成立一百年时,综合实力进入世界制造强国前列。《中国制造2025》也给我国机械制造业的发展指明了目标——创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化和人才为本。

1.4 中国机械制造的贡献

在人类历史上,先后出现过多个文明,唯有中华文明从诞生到现在从未中断过。中国的机械制造具有悠久的历史。考古发现,早在50万年以前的远古时代,中国已经开始使用石器和钻木取火工具以及弓形钻。弓形钻如图1-4所示,由燧石钻头、钻杆、窝座和弓弦等组成,往复推拉弓弦就可使钻杆转动,用来钻孔、扩孔和取火。到了商代出现了用来琢玉的古代钻床,如图1-5所示。

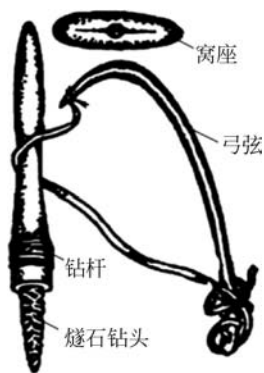


图 1-4 弓形钻

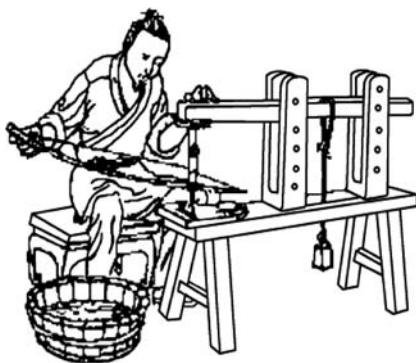


图 1-5 古代钻床

我国车削加工和车床雏形(图1-6)的出现比欧洲早了近千年。如图1-6(b)所示,弓弦缠绕工件后与脚踏板连接,脚踩踏板实现工件旋转,手持刀具进给车削工件,在工件表面形成环形槽。



图 1-6 古代车床

到了明代,在天文仪器加工中,我国已采用铣削和磨削加工方法,出现了铣床、磨床和切削刃磨机的雏形,如图1-7和图1-8所示。

1949年新中国成立之后,经过几代人的不懈努力,我国建立了独立自主、门类齐全的制造业体系,尤其是高铁系统及其施工运营技术达到了世界先进水平。

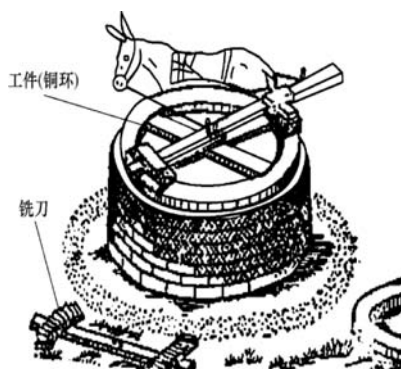


图 1-7 古代天文仪器上铜环的铣削和磨削

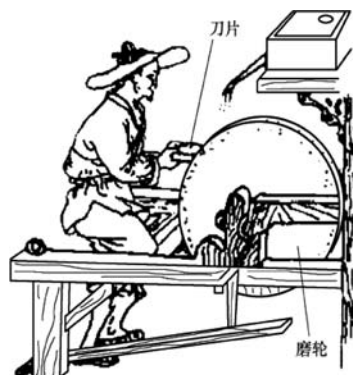


图 1-8 古代脚踏刃磨机

航空航天制造技术水平是衡量一个国家科技发展综合水平的重要标志,图 1-9 是天宫一号发射与神舟飞船对接,图 1-10 是嫦娥三号着陆器与月球车互拍的照片。2003 年以来,我国先后自行设计制造发射了神舟系列载人飞船。2020 年 7 月,探测火星的天问 1 号成功发射,中国航空航天技术的飞速进步已逐步打破西方的垄断。



图 1-9 天宫一号发射场景及与神舟飞船对接

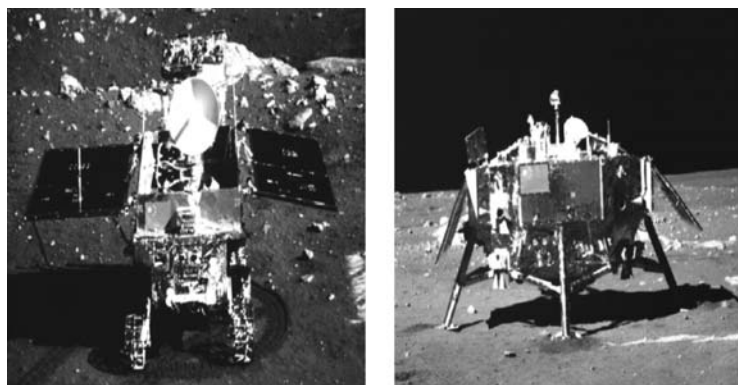


图 1-10 嫦娥三号着陆器与月球车互拍传回的照片

1.5 课程的内容、性质和任务

机械制造技术基础课程包括以下三部分内容。

第一部分,以金属切削理论为基础,要求掌握金属切削的基本原理和基本知识。

第二部分,以制造工艺为主线,要求了解和掌握机械加工工艺过程和装配工艺过程。

第三部分,主要了解刀具、夹具等常用的工艺装备。

本书分为8章:绪论;金属切削基础;机械加工精度;机械加工表面质量;机械制造工艺规程的制定;机床夹具设计;典型零件数控加工工艺;机械装配工艺基础。

机械制造技术基础课程作为机电类专业的专业基础课,知识面广,实践性强,对初学者来说,有一定难度。在学习过程中,通过实习、实验、课程设计、信息化教学、现场教学,来更好地体会和加深理解所学内容,为后续的专业课程夯实基础。学习中要注意理论与实践相结合,培养分析和解决问题的能力。

我国的制造技术在古代曾经领先,在近现代快速追赶,如今中国制造已走向世界。我们要学好机械制造技术理论,做好“中国制造”。

习 题

1. 判断题(正确画√,错误画×)

(1) 制造业为国民经济各部门和科技、国防提供技术装备,是现代化的动力源,是现代文明的支柱。 ()

(2) 刀具材料和机床动力源的发展使得切削速度不断提高,切削速度的提高反过来促进了机床各部分强度以及轴承、变速机构的改进。 ()

(3) 进入21世纪,机械制造业正向自动化、柔性化、集成化、智能化、绿色化和清洁化的方向发展。 ()

(4) 目前,我国的机械制造业已具有相当规模和一定的技术基础,成为我国工业体系中最大的产业之一。 ()

(5) 机械冷加工技术和机械装配技术占机械制造过程的总工作量的60%以上。 ()

(6) 机械加工过程中,同一个被加工表面,若精度要求和表面质量要求不同,所采用的加工方法也不同。 ()

2. 填空题

(1) 机械制造业包括机械产品的_____、_____、_____、_____和_____全过程。

(2) 第一次工业革命,_____的应用从采矿业推广到纺织、面粉、冶金等行业,机器

生产方式逐步取代手工劳动方式。

(3) 19 世纪中叶,_____理论的建立为发电机和电动机的产生奠定了基础,以_____为动力源,使机械结构发生重大变化。

(4) 流水生产线的出现和泰勒科学管理理论的产生,标志着机械制造业进入_____生产的时代。

(5) 传统的自动化生产方式只有在大批量生产条件下才能实现,而_____的出现使中小批量生产自动化成为可能。

(6) 当今以_____技术为特征的第四次工业革命浪潮,掀起了机械制造技术和理念的飞跃。

(7) 近些年,发达国家为了确保其制造业的领先地位,美国提出了_____计划,德国推出了_____计划,日本公布了_____计划。

(8) 早在 50 万年以前的远古时代,我国已开始使用石器和钻木取火的_____;在商代,我国已出现了可转动的琢玉工具,即古代_____;到了明代,在古天文仪器中,已采用_____和_____加工方法。

(9) 公元 260 年左右,我们祖先创造了木制_____,并成功地研制了以水为动力的机械,用于谷物的加工。

(10) 近几年,我国提出_____战略计划,给我国机械制造业的发展指明了目标:_____,_____,_____,_____,_____。

第2章

金属切削基础



第2章
微课视频



学习目标

本章主要介绍切削运动；切削用量；切削层参数；基准；刀具角度参考系、刀具角度的标注和刀具刃磨。

本章重点是切削用量、基准和刀具角度的标注。

通过本章的学习,要求掌握典型机床的切削运动、切削用量的基本概念;能够分析设计基准与工艺基准;了解刀具角度参考系,掌握刀具静止参考系中的常见刀具角度,培养刀具刃磨技能。



重点与难点

- ◇ 切削运动
- ◇ 切削用量
- ◇ 基准
- ◇ 刀具角度参考系、刀具角度的标注和刀具刃磨



教学资源

微课视频、实操视频、拓展知识视频、MOOC 学习平台。

课程导入

大国工匠——洪家光

洪家光,男,汉族,1979年12月生,中共党员,沈阳工业大学数控技术专业毕业,大专学历,沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司首席技能专家(图2-1)。

洪家光多次参与辽宁舰舰载机等多项国家重点航空发动机科研项目,拥有7项国家发明和实用新型专利。他攻克了金刚石滚轮成型面加工难题,累计为公司创造产值9000余万元。作为省级“洪家光技能大师工作室”领创人,带领团队完成35项创新项目和53项攻关项目,带领辽宁队获得第九届全国青年职业技能大赛车工组团体第一名。洪家光讲,要想成为一名好车工,磨出一把好刀是关键,洪家光设计磨制的刀具有上千把,解决了一系列技术难题。



图 2-1 大国工匠洪家光

洪家光获得了很多荣誉：

享受国务院政府特殊津贴，曾获全国最美青工、全国技术能手、辽宁青年五四奖章等奖项。

2016 年 5 月，荣获第 20 届“中国青年五四奖章”。

2017 年度国家科技进步二等奖。

2018 年 4 月 28 日，获“全国五一劳动奖章”荣誉称号。

2018 年 11 月，获得人力资源和社会保障部第十四届中华技能大奖。

2020 年 5 月，获得“第二届全国创新争先奖状”。

2020 年 11 月 20 日，洪家光的家庭被中央文明委评为第二届全国文明家庭。

2020 年 11 月 24 日，荣获“全国劳动模范”称号。

2021 年 6 月 28 日，被中共中央授予“全国优秀共产党员”称号。

毛坯精度低、表面粗糙度值大，不能满足零件的使用性能要求，必须进行切削加工才能成为零件。在机床上通过刀具与工件的相对运动，切除工件上多余的金属材料，使之形成符合要求的形状、尺寸的表面，这种加工方法称为金属切削加工。它是机械制造工业中的基本加工方法之一。

金属切削加工的基本形式有车削、铣削、钻削、镗削、刨削、磨削、拉削等。钳工也属于金属切削加工。钳工工作包括錾削、锉削、锯削、刮削以及钻孔、铰孔、攻螺纹、套螺纹等。机械装配和设备修理属于钳工工作。

2.1 切削运动

刀具与工件间的相对运动称为切削运动（即表面成形运动）。按作用来分，切削运动可分为主运动和进给运动。图 2-1 为车刀进行普通外圆车削时的切削运动，此时，工件做回转运动，刀具做直线运动，工件表面由待加工表面、过渡表面和已加工表面组成。其中，工件的回转运动视为主运动，刀具的直线运动视为进给运动。所有切削运动的速度及方向都是按刀具相对于工件来确定的。

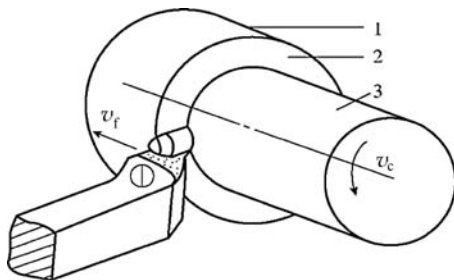
1. 主运动

主运动是刀具与工件之间的相对运动。它使刀具的切削部分切入工件,切除工件上的被切削层,使之转变为切屑,从而形成工件新表面。一般地,主运动速度最高,消耗功率最大,机床通常只有一个主运动。

2. 进给运动

进给运动是配合主运动实现依次连续不断地切除多余金属层的刀具与工件之间的附加相对运动。进给运动与主运动相配合即可完成所需的表面几何形状的加工。根据工件表面形状成形的需要,进给运动可以是多个,也可以是一个;可以是连续的,也可以是间歇的。

主运动和进给运动是实现切削加工的基本运动,可以由刀具来完成,也可以由工件来完成;可以是直线运动,也可以是回转运动。正是由于上述不同运动形式和不同运动执行元件的多种组合,才产生了不同的加工方法,如图 2-2 所示。

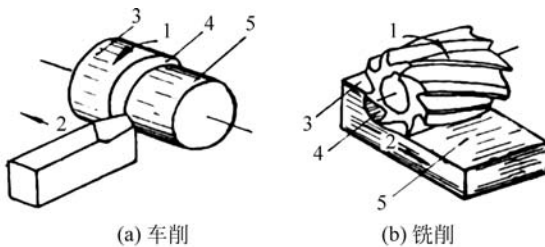


1—待加工表面; 2—过渡表面; 3—已加工表面

图 2-1 车削运动

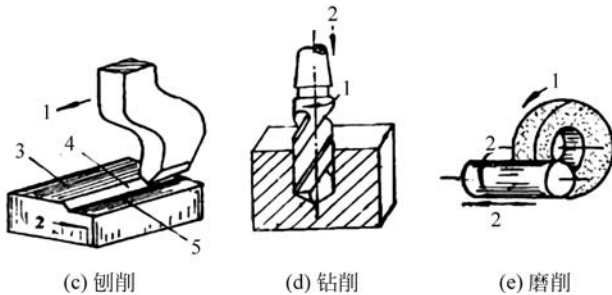


车削



(a) 车削

(b) 铣削



(c) 刨削

(d) 钻削

(e) 磨削

1—主运动; 2—进给运动; 3—待加工表面; 4—过渡表面; 5—已加工表面

图 2-2 各种机床切削运动



铣削、钻削、刨削和磨削

切削加工过程中还包括辅助运动: 切入运动、分度转位运动、机床控制台运动、送夹料运动和空程运动。

2.2 切削用量

所谓切削用量,是指切削速度、进给量和背吃刀量(切削深度)三者的总称,用以描述切削运动,如图 2-3 所示。切削用量是机床调整、切削力或切削功率计算、工时定额确定及工



实操视频
切削用量的
选择

序成本核算等所必需的数据,其数值大小取决于工件材料和结构、加工精度、刀具材料、刀具形状及其他技术要求。



车端面与车槽

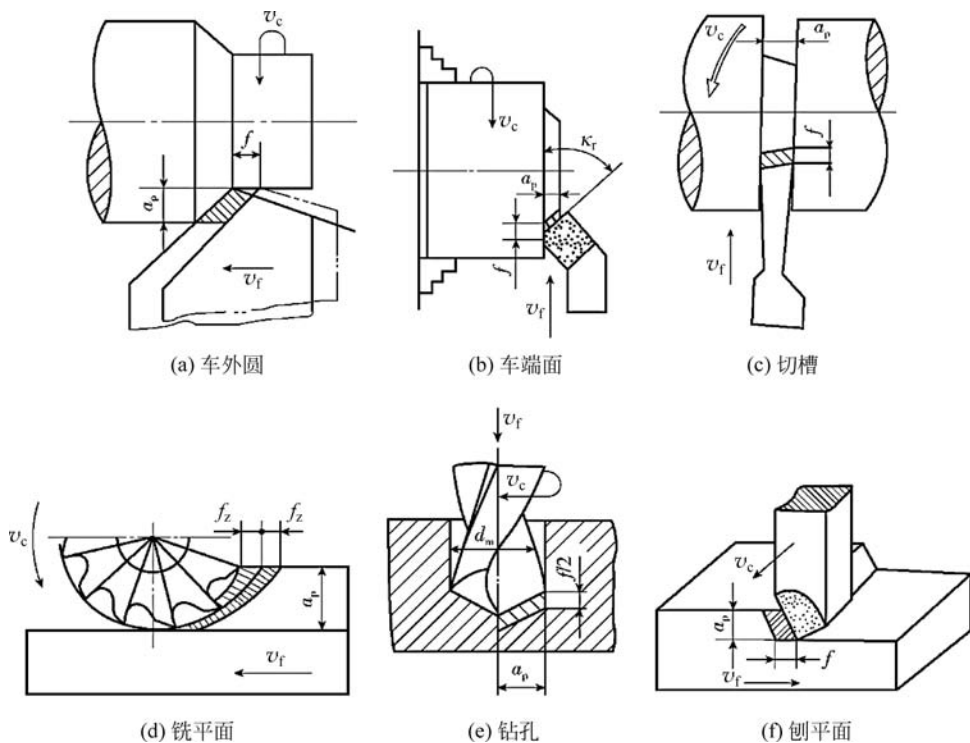


图 2-3 切削用量

1. 切削速度

切削速度为主运动的线速度。若主运动为旋转运动,切削刃上选定点相对于工件的瞬时线速度即为切削速度,单位为 m/min 。其计算公式为

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \quad (2-1)$$

式中: n 为主运动的转速, r/min ; d 为工件待加工表面直径或刀具最大直径, mm 。

若主运动为直线运动,则切削速度为刀具相对工件的直线运动速度。

2. 进给量 f 、进给速度 v_f 和每齿进给量 f_z

进给运动一般情况下用进给量表示。进给量为在主运动的一个循环内刀具在进给运动方向上相对工件的位移量,可用刀具或工件每转或每行程的位移量来表述和度量。如主运动为旋转运动(如车削)时,进给量 f 为工件或刀具旋转一周两者沿进给方向移动的相对距离(mm/r);主运动为直线运动(如刨削)时,进给量 f 为每一往复行程刀具相对工件沿进给方向移动的距离($\text{mm}/\text{行程}$);对于多齿旋转刀具(如铣刀、铰刀、拉刀等)在每转或每往复行程中每个刀齿相对于工件在进给运动方向上的移动距离,称为每齿进给量 f_z (mm)。进给速度 v_f 为切削刃上选定点相对于工件进给运动的瞬时速度,单位为 m/min ,如图 2-3(d)所