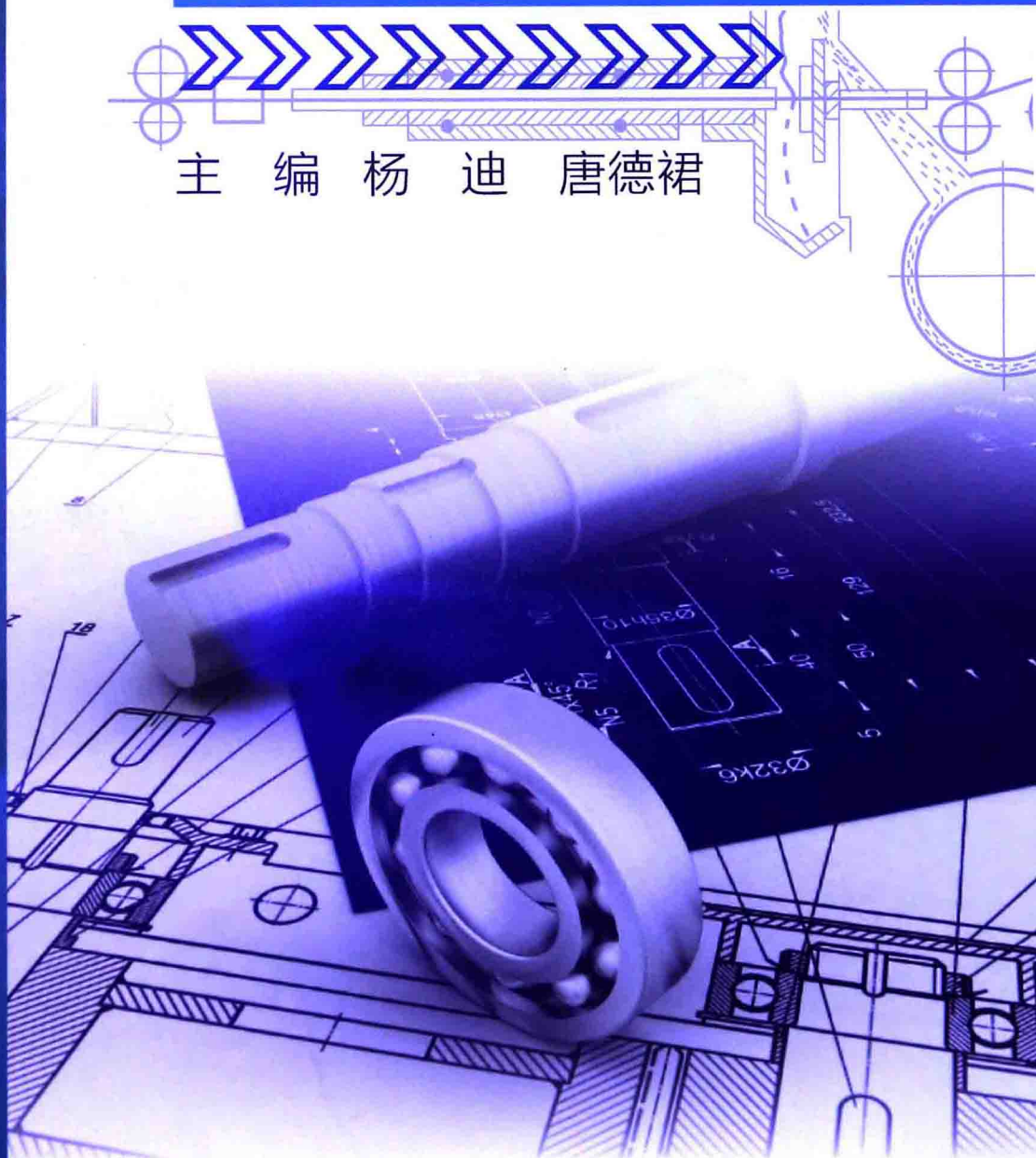




21世纪应用型课程项目化教学系列教材 机电类

JIXIE JIAGONG JISHU 机械加工技术

主 编 杨 迪 唐德裙



东北大学出版社
Northeastern University Press



21世纪应用型课程项目化教学系列教材 ● 机电类

机械加工技术

主 编 杨 迪 唐德裙
副主编 赵军峰 刘宇峰 马思博
主 审 钟 平

东北大学出版社

·沈 阳·

© 杨迪 唐德裙 2014

图书在版编目 (CIP) 数据

机械加工技术 / 杨迪, 唐德裙主编. — 沈阳: 东北大学出版社, 2014.5
(21 世纪应用型课程项目化教学系列教材/总主编: 林韧卒)
ISBN 978-7-5517-0613-1

I. ①机… II. ①杨… ②唐… III. ①金属切削—教材 IV. ①TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 125441 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110819

电话: 024—83680267 (社务室) 83687331 (市场部)

传真: 024—83680265 (办公室) 83680178 (出版部)

网址: <http://www.neupress.com>

E-mail: neuph@neupress.com

印 刷 者: 沈阳市第二市政建设工程公司印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm×260mm

印 张: 14.5

字 数: 353 千字

出版时间: 2014 年 5 月第 1 版

印刷时间: 2014 年 5 月第 1 次印刷

组稿编辑: 牛连功

责任编辑: 孙德海

责任校对: 木 卫

封面设计: 刘江旸

责任出版: 唐敏志

ISBN 978-7-5517-0613-1

定 价: 32.00 元

21 世纪应用型课程项目化教学系列教材◎机电类

编审委员会

主 任 林 韧 卒 (牡丹江大学)

副主任 金 武 (牡丹江大学)

陈英奎 (牡丹江大学)

于火红 (牡丹江迈克机床制造有限公司)

钟 平 (牡丹江大学)

委 员 鲁晓丽 (牡丹江大学)

穆春祥 (牡丹江大学)

唐德裙 (牡丹江大学)

郭建业 (牡丹江利德石油机械)

史庆丰 (黑龙江华海煤矿有限公司)

李新阁 (牡丹江天合石油有限公司)

杨 明 (牡丹江木工机械厂)

王广有 (牡丹江市金环石化设备有限公司)

石玉江 (牡丹江大学)

关英凯 (牡丹江大学)

随着3D打印技术的兴起,引发了“第三次工业革命”,以三维数字化技术、逆向技术为代表的先进制造技术高速发展,使产品从设计、加工到销售都与传统模式有着较大的差别。为了推进中国工业化进程,促进“生产型制造”向“服务型制造”转变,迫切需要高校培养出在知识、能力、素质等诸多方面都适应先进制造业的应用型人才。应用型人才的培养主要是围绕一线生产实际需要,突出职业技能和职业精神的培养。课程建设强调与一线生产实践的结合,重视实践性教学环节;注重基础、成熟和适用知识的熟练掌握与灵活应用。应用型人才培养模式需要建立起以提高行业应用能力和岗位职业能力为导向的课程体系,实现课程设置与工作岗位需求、课程内容与职业标准、教学过程与生产过程的“三对接”。

项目化教学既遵循现代教育教学规律,又以培养学生能力为核心,为培养优质应用型人才找到了一条切实可行的路径。课程项目化要根据职业能力培养的需要,密切联系产业与行业发展实际,将专业基础课程和专业课程的教学内容设计成具体技能的训练项目,根据项目组织实施教学与考核,使专业人才培养的能力目标得以实现。课程项目化的教学目标是职业精神与职业技能的综合培养;课程教学内容是与专业密切联系的企业项目与任务;教学方法强调学生自主性、师生互动性与成果应用性紧密结合。课程项目化是传统课堂教学模式的重大变革,它不仅使以学生为主体的课堂教学气氛变得更加活跃,而且从职业人才成长的角度使学生得到专业化训练。

牡丹江大学机电一体化技术专业突破传统观念,以“瞄准市场,跟踪市场,适应市场,服务市场”为基础,转变培养方式,与企业深度合作,以产品为载体,以工作过程为导向,与职业资格证书相连接,构建了基于工作过程系统化的课程体系。根据机电一体化技术专业对应的机电设备安装、调试、操作、维修与管理等职业岗位,通过对典型工作任务进行分析,确定职业岗

位能力要求，最终确定课程种类与门类，完成基于工作过程系统化课程体系的重构。在此基础上，与企业合作，共同开发了“做学教”一体化、具有工学结合特色的项目化课程，并编写了相应的项目化教材。本系列教材选取经典项目“一级减速器”作为课程贯穿项目，以“一级减速器”的设计、建模、二次开发、选材、工艺编制、加工以及使用设备的维护与维修等工作任务为载体，按照技术领域和职业岗位（群）的任职要求，参照机电一体化相关的职业资格标准整合序化教学内容，使教学内容与实际工作一致，突出学生职业能力的培养。

本系列教材打破了原有的以知识体系为主线的编写模式，以能力目标为主线，以项目或任务为载体，形成了各个既独立又相互联系的能力递进单元，每个单元又包括任务单（教学聚焦）、相关资讯、资讯引导、任务实施、拓展训练（深度训练）、课后任务等模块，既充分考虑了学生的认知规律又体现了职业性特点，具有很高的使用价值，是学生学习的好帮手。

在应用型人才培养模式下，教材的建设要强调与社会应用、工程实践及职业需求的充分接轨。项目化教学系列教材完全适应当前应用型人才培养的要求，值得借鉴和推广。真诚希望“21世纪应用型课程项目化教学系列教材”的出版能对我国职业教育和技能培训有所裨益，热切期待广大读者提出宝贵意见和建议，使教材更臻完善。



2014年4月10日

前言

应用型人才教育是以能力为本位，肩负着培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的技能型人才的使命。目前我国机电一体化专业应用型人才教育的教学内容与实际生产技术还存在一定差距，理论教学还没有突破传统学科知识体系的束缚，与实践教学体系分离。而实践教学环节又与生产实际结合不够紧密，没有紧密围绕实际工作过程展开，职业教育特色不够显著，能力培养的效果欠佳，学生的动手能力、创造性的工作能力、团队协作能力、再学习的提高能力还有待于进一步增强。因此，探索一条适应我国经济建设发展需要的应用型人才教学改革之路，对于我国应用型人才教育发展是至关重要的。随着应用型人才教育的发展，课程改革已经在很多院校深入开展，随着课程改革的不断深入，编写符合应用型人才培养特色的教材迫在眉睫。

本书在应用型课程改革背景下构思编著，是牡丹江大学机械工程学院机电一体化专业课程系列教材之一。鉴于应用型人才培养模式及教学内容体系改革的基本要求，在吸取近年来应用型人才教育教学改革方面创新突破的成功经验的基础上，本着概念简化、技能突出、素质深化的宗旨，本书对传统的“机械制造工艺”“金属切削机床”“金属切削原理与刀具”“机床夹具设计”等课程内容进行分析取舍，打破以知识体系为纲的编写思路，借鉴项目化教学课程教材的创新思路，形成了新的教学内容体系。整合后的《机械加工技术》教材各章节（任务）既相对独立，又紧密相连，前后知识体系互相渗透、融为一体。

本书按 68 学时编写，包括 6 个任务（6 项课内任务，含 3 项课外任务）以及 5 个资讯，任务部分以典型机械零件的工艺规程编制为主线，充分锻炼学生的实践工作能力；资讯部分以讲解知识为重点，作为前面任务的理论支撑以及学生完成课外任务的参考资料。

本书编写分工：杨迪，任务 1、任务 2、任务 3、资讯 7.1；唐德裙，任务单、工艺规程的编制与检验；赵军峰，任务 4、任务 5、任务 6；刘宇峰，资讯 7.2、7.3；马思博，资讯 7.4、7.5。由杨迪和唐德裙担任主编，赵军峰、刘宇峰、马思博任副主编。本书的编写得到了牡丹江恒丰纸业股份有限公司王波、牡丹江迈克机床厂闫国华高级工程师的指导与帮助，并由牡丹江大学机械工程学院院长钟平教授主审，提出了很多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限，书中难免出现疏漏和错误，恳请读者批评指正。

编 者

2014 年 5 月

目录

任务1	减速器输出轴加工工艺规程的制定	1
1.1	任务单	1
1.2	相关资讯	3
1.3	资讯引导	11
1.4	任务实施	11
1.5	拓展训练：小滑板丝杠轴加工工艺规程的制定	14
任务2	轴套加工工艺规程的制定	19
2.1	任务单	19
2.2	相关资讯	20
2.3	资讯引导	31
2.4	任务实施	31
2.5	拓展训练：套类零件加工工艺规程的制定	33
任务3	齿轮加工工艺规程的制定	36
3.1	任务单	36
3.2	相关资讯	38
3.3	资讯引导	47
3.4	任务实施	47
3.5	拓展训练：双联齿轮加工工艺规程的制定	50
任务4	箱体盖加工工艺规程的制定	54
4.1	任务单	54
4.2	相关资讯	56
4.3	资讯引导	76

4.4 任务实施	76
任务5 箱体加工工艺流程的制定	82
5.1 任务单	82
5.2 相关资讯	84
5.3 资讯引导	92
5.4 任务实施	92
任务6 减速器装配工艺流程的制定	97
6.1 任务单	97
6.2 相关资讯	98
6.3 资讯引导	107
6.4 任务实施	107
资 讯	115
7.1 机械加工工艺基础	115
7.2 机械加工设备	146
7.3 机械加工工艺装备	150
7.4 金属切削加工	182
7.5 机械加工质量分析	210
参考文献	222

任务1 减速器输出轴加工工艺规程的制定

1.1 任务单

任务1	减速器输出轴加工工艺规程的制定	学时	16
布置任务			
学习目标	能力目标: ① 能根据现有的加工条件,对输出轴制定正确的加工工艺规程; ② 在加工条件和参数改变的情况下,能正确修改工艺规程。 知识目标: ① 外圆面主要加工方法; ② 车刀的种类、车刀的几何角度及选用; ③ 车削中工件常用装夹方法; ④ 车削中加工余量、工序尺寸的确定方法; ⑤ 轴的工艺分析; ⑥ 加工时间定额计算; ⑦ 轴加工中常用的定位元件; ⑧ 车削的工艺装备。		
任务描述	① 分析输出轴结构工艺性(见图 1-1); ② 选择输出轴所用毛坯; ③ 分析输出轴的技术要求; ④ 选择输出轴的定位基准; ⑤ 制定输出轴加工工艺规程。		
要求	① 小组讨论输出轴工艺路线方案; ② 小组完成输出轴加工工艺识读与制定工作; ③ 学会各种工艺与夹具设计手册的正确使用; ④ 独立进行简单轴类零件的工艺规程的制定; ⑤ 积极参与小组工作,遵守工作纪律。		

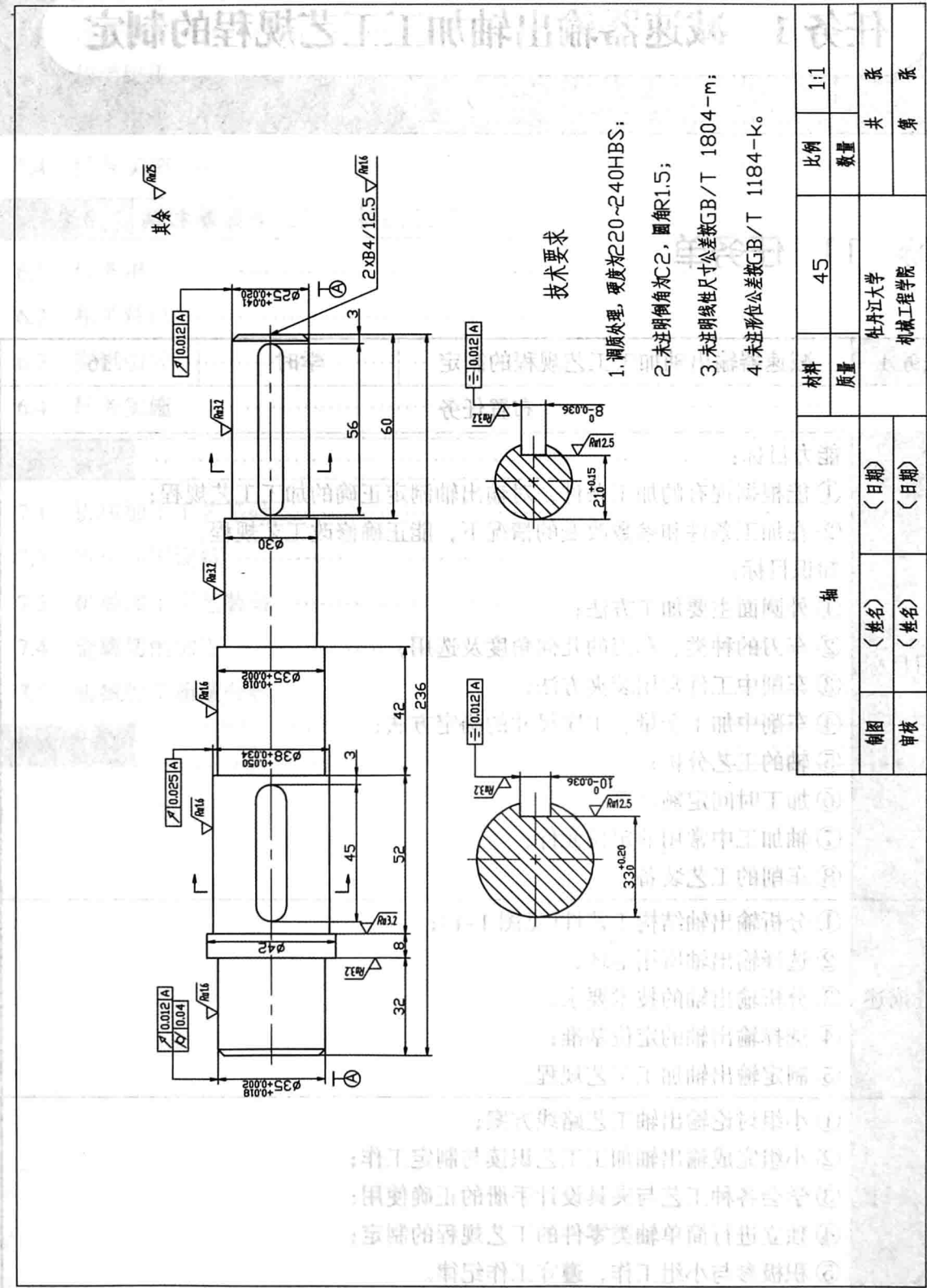


图 1-1 轴零件图

1.2 相关资讯

1.2.1 外圆表面加工方法

外圆表面是轴类零件的主要表面,因此要合理地制定轴类零件的机械加工工艺规程,首先应了解外圆表面的各种加工方法和加工方案。外圆表面的加工方法如下。

(1) 切削加工方法

① 车削:粗车、半精车、精车、精细车。

② 磨削:普通磨削、精密磨削、砂带磨削、无心磨削。

③ 精整和光整加工:研磨、超级光磨、抛光。

(2) 特种加工方法

旋转电火花、超声波套料。

1.2.1.1 外圆表面的车削加工

(1) 外圆车削的分类

根据毛坯的制造精度和工件的最终加工要求,外圆车削一般可分为粗车、半精车、精车、精细车。

① 粗车:尺寸精度 IT13~IT11,表面粗糙度 $Ra50\sim12.5\mu\text{m}$ 。粗车的目的是切去毛坯硬皮和大部分余量。

② 半精车:尺寸精度 IT10~IT8,表面粗糙度 $Ra6.3\sim3.2\mu\text{m}$ 。半精车可作为中等精度表面的终加工,也可作为磨削或精加工的预加工。

③ 精车:尺寸精度 IT8~IT7,表面粗糙度 $Ra1.6\sim0.8\mu\text{m}$ 。

④ 精细车(金刚石车):尺寸精度 IT7~IT5,表面粗糙度 $Ra0.4\sim0.025\mu\text{m}$ 。精细车尤其适合于有色金属加工,有色金属一般不宜采用磨削,所以常用精细车代替磨削。

(2) 车削加工的特点

① 车削过程比较平稳,生产率高;

② 车刀结构简单,费用低;

③ 易于保证工件各加工面的位置精度;

④ 可加工各种材料,如钢、铸铁、有色金属和非金属等,难加工淬硬钢件(HRC30以上)。

1.2.1.2 外圆表面的磨削加工

(1) 磨削加工的分类

磨削是外圆表面精加工的主要方法之一,它既可加工淬硬后的表面,又可加工未经淬火的表面。按磨削量的不同,磨削可分为以下几种。

① 粗磨:尺寸精度 IT8~IT7,表面粗糙度 $Ra1.6\sim0.8\mu\text{m}$ 。

② 半精磨:尺寸精度 IT7~IT6,表面粗糙度 $Ra0.8\sim0.4\mu\text{m}$ 。

③ 精磨:尺寸精度 IT6,表面粗糙度 $Ra0.4\sim0.2\mu\text{m}$ 。

④ 精细磨削:尺寸精度 IT6~IT5,表面粗糙度 $Ra0.2\sim0.1\mu\text{m}$ 。

⑤ 砂带磨削：尺寸精度 IT6~IT5，表面粗糙度 Ra 0.4~0.1 μm 。

(2) 磨削加工的特点

① 容易达到较高的精度和较小的表面粗糙度；

② 磨削温度高，易烧伤；

③ 磨削的材料范围广(铸铁件、未淬火和淬火钢件及高硬度难加工材料)，不宜磨削有色金属。

(3) 中心磨削和无心磨削

根据磨削时工件定位方式的不同，外圆磨削可分为中心磨削和无心磨削两大类。

① 中心磨削。即普通的外圆磨削，被磨削的工件由中心孔定位，在外圆磨床或万能外圆磨床上加工。磨削后工件尺寸精度可达 IT8~IT6，表面粗糙度 Ra 0.8~0.1 μm 。按进给方式不同分为纵向进给磨削法和横向进给磨削法。

(a) 纵向进给磨削法(纵向磨法)。如图 1-2 所示，砂轮高速旋转，工件装在前后顶尖上，工件旋转并和工作台一起纵向往复运动。

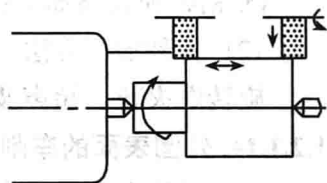


图 1-2 纵向磨法

(b) 横向进给磨削法(切入磨法)。如图 1-3 所示，此种磨削法没有纵向进给运动。当工件旋转时，砂轮以慢速做连续的横向进给运动。其生产率高，适用于大批量生产，也能进行成形磨削。但横向磨削力较大，磨削温度高，要求机床、工件有足够的刚度，故适合磨削短而粗、刚性好的工件。加工精度低于纵向磨法。

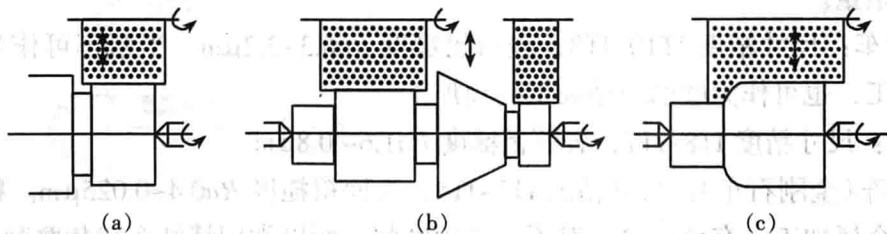


图 1-3 切入磨法

② 无心磨削。是一种高生产率的精加工方法，以被磨削的外圆本身作为定位基准。无心磨削时，工件尺寸精度可达 IT7~IT6，表面粗糙度 Ra 0.8~0.2 μm 。目前无心磨削的方式主要有贯穿法和切入法。

图 1-4 所示为外圆贯穿磨法的原理。工件处于磨轮和导轮之间，下面用支承板支承。磨轮轴线水平放置，导轮轴线倾斜一个不大的 λ 角。这样导轮的圆周速度 $v_{\text{导}}$ 可以分解为带动工件旋转的 $v_{\text{工}}$ 和使工件轴向进给的分量 $v_{\text{纵}}$ 。

图 1-5 所示为切入磨削法磨削的原理。导轮 3 带动工件 2 旋转并压向磨轮 1。加工时，工件和导轮及支承板一起向砂轮做横向进给。磨削结束后，导轮后退，取下工件。导轮的轴线与砂轮的轴线平行或相交成很小的角度(0.5°~1°)，此角度大小能使工件与挡铁 4(图 1-4, 1-5 限制工件轴向位置)很好地贴住即可。

无心磨削时，必须满足下列条件：

(a) 由于导轮倾斜了一个 λ 角度，为了保证切削平稳，导轮与工件必须保持线接触，

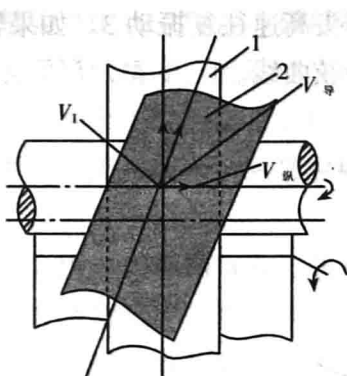


图 1-4 外圆贯穿磨法

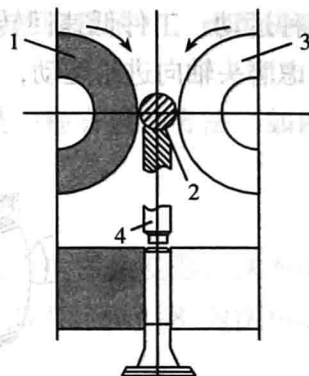
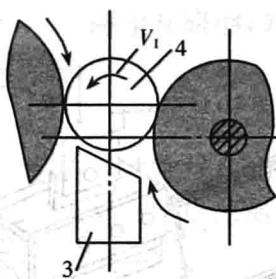


图 1-5 切入磨削法

为此导轮表面应修整成双曲线回转体形状。

(b) 导轮材料的摩擦系数应大于砂轮材料的摩擦系数；砂轮与导轮同向旋转，且砂轮的速度应大于导轮的速度；支承板的倾斜方向应有助于工件紧贴在导轮上。

(c) 为了保证工件的圆度要求，工件中心应高出砂轮和导轮中心连线。高出数值 H 与工件直径有关。当工件直径 $d_{\text{工}} = 8 \sim 30 \text{ mm}$ 时， $H \approx d_{\text{工}}/3$ ；当 $d_{\text{工}} = 30 \sim 70 \text{ mm}$ 时， $H \approx d_{\text{工}}/4$ 。

(d) 导轮倾斜一个 λ 角度。如图 1-4 所示，当导轮以速度 $v_{\text{导}}$ 旋转时，可分解为 $v_{\text{工}} = v_{\text{导}} \cdot \cos \lambda$ ； $v_{\text{纵}} = v_{\text{导}} \cdot \sin \lambda$ 。粗磨时， λ 取 $3^\circ \sim 6^\circ$ ；精磨时， λ 取 $1^\circ \sim 3^\circ$ 。

1.2.1.3 外圆表面的精密加工

随着科学技术的发展，对工件的加工精度和表面质量的要求也越来越高。因此在外圆表面精加工后，往往还要进行精密加工。外圆表面的精密加工方法常用的有高精度磨削、超精度加工、研磨和滚压加工等。

(1) 高精度磨削

使轴的表面粗糙度值在 $Ra 0.16 \mu\text{m}$ 以下的磨削工艺称为高精度磨削，它包括精密磨削 ($Ra 0.6 \sim 0.06 \mu\text{m}$)、超精密磨削 ($Ra 0.04 \sim 0.02 \mu\text{m}$) 和镜面磨削 ($Ra < 0.01 \mu\text{m}$)。高精度磨削的实质在于砂轮磨粒的作用，经过精细修整后的砂轮的磨粒形成了能同时参加磨削的许多微刃，如图 1-6(a) 所示，这些微刃等高程度好，参加磨削的切削刃数大大增加，能从工件上切下微细的切屑，形成粗糙度值较小的表面。随着磨削过程的继续，锐利的微刃逐渐钝化，如图 1-6(b) 所示。钝化的磨粒又可起抛光作用，使粗糙度进一步降低。



(a) 砂轮磨粒



(b) 微刃变化

图 1-6 参与磨削的微刃

(2) 超精加工

超精加工是用细粒度磨具的油石对工件施加很小的压力，油石做往复振动和慢速沿工件轴向运动，以实现微量磨削的一种光整加工方法。图 1-7 为其加工原理图。加工中

有三种运动：工件低速回转运动 1；磨头轴向进给运动 2；磨头高速往复振动 3。如果暂不考虑磨头轴向进给运动，磨粒在工件表面上走过的轨迹是正弦曲线。

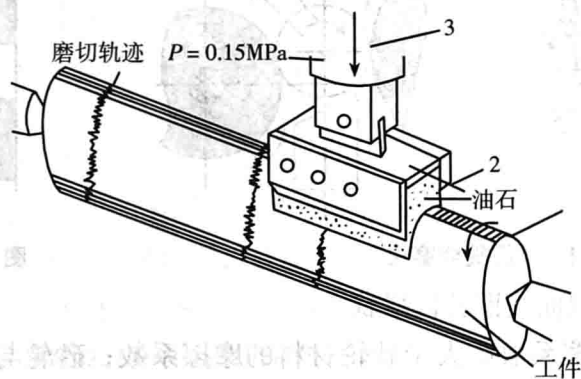


图 1-7 超精加工原理

超精加工大致有四个阶段。

① 强烈切削阶段：开始时，由于工件表面粗糙，少数凸峰与油石接触，单位面积压力很大，破坏了油膜，故切削作用强烈。

② 正常切削阶段：当少数凸峰磨平后，接触面积增加，单位面积压力降低，致使切削作用减弱，进入正常切削阶段。

③ 微弱切削阶段：随着接触面积进一步增大，单位面积压力更小，切削作用微弱，且细小的切屑形成氧化物而嵌入油石的空隙中，因而油石产生光滑表面，具有摩擦抛光作用。

④ 自动停止切削阶段：工件磨平，单位面积上的压力很小，工件与油石之间形成液体摩擦油膜，不再接触，切削作用停止。

经超精加工后的工件表面粗糙度值为 $Ra\ 0.08\sim 0.01\ \mu\text{m}$ 。然而由于加工余量较小（小于 $0.01\ \text{mm}$ ），因而只能去除工件表面的凸峰，对加工精度的提高不显著。

(3) 研磨

用研磨工具和研磨剂，从工件表面上研去一层极薄的表层的精密加工方法称为研磨。所能达到的精度为 $IT6\sim IT5$ ， $Ra\ 0.1\sim 0.008\ \mu\text{m}$ 。其特点如下：

- ① 精度高，表面粗糙度小；
- ② 研磨余量小（ $0.01\sim 0.03\ \text{mm}$ ），对前道工序要求高；
- ③ 能部分纠正形状误差，不能纠正位置误差；
- ④ 加工范围广（淬火和未淬火钢件、铸铁件、有色金属、非金属等），可单件小批、大批大量生产；
- ⑤ 方法简单，设备要求低；
- ⑥ 手工研磨生产率低，劳动强度大。

研磨用的研具采用比工件材料软的材料（如铸铁、铜、巴氏合金及硬木等）制成。研磨时，部分磨粒悬浮在工件和研具之间，部分研粒嵌入研具表面，利用工件与研具的相对运动，磨粒应切掉一层很薄的金属，主要切除上工序留下来的粗糙度凸峰。一般研磨的

余量为 0.01~0.02 mm。研磨除可获得高的尺寸精度和小的表面粗糙度值外,也可提高工件表面形状精度,但不能改善相互位置精度。

当两个工件要求良好配合时,利用工件相互研磨(对研)是一种有效的方法,如内燃机中的气阀与阀座,油泵油嘴中的偶件等。

(4) 滚压加工

滚压加工是用滚压工具对金属材质的工件施加压力,使其产生塑性变形,从而降低工件表面粗糙度,强化表面性能的加工方法。它是一种无切屑加工。图 1-8 为滚压加工示意图。滚压加工有如下特点。

① 滚压前工件加工表面粗糙度值不大于 $Ra\ 5\ \mu\text{m}$, 表面要求清洁,直径余量为 0.02~0.03 mm。

② 滚压后的形状精度和位置精度主要取决于前道工序。

③ 滚压的工件材料一般是塑性材料,并且材料组织要均匀。铸铁件一般不适合滚压加工。

④ 滚压加工生产率高。

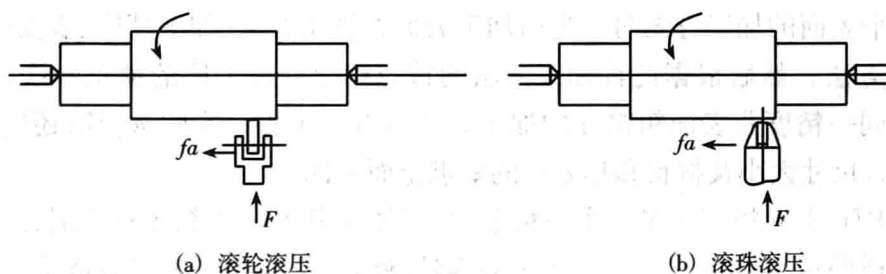


图 1-8 滚压加工示意图

1.2.1.4 外圆表面加工方案的选择

上面介绍了外圆表面常用的几种加工方法及其特点。零件上一些精度要求较高的面,仅用一种加工方法往往达不到其规定的技术要求,这些表面必须顺序地进行粗加工、半精加工和精加工等加工方法以逐步提高其表面精度。不同加工方法有序的组合即加工方案。表 1-1 所列即外圆柱面的加工方案。

表 1-1 外圆柱面加工方案

序号	加工方法	经济精度 (公差等级表示)	经济粗糙度值 (Ra)/ μm	适用范围
1	粗车	IT18~IT13	50~12.5	适用于淬火钢以外的各种金属
2	粗车—半精车	IT11~IT10	6.3~3.2	
3	粗车—半精车—精车	IT8~IT7	1.6~0.8	
4	粗车—半精车—精车—滚压(或抛光)	IT8~IT7	0.25~0.2	

续表 1-1

序号	加工方法	经济精度 (公差等级表示)	经济粗糙度值 (Ra)/ μm	适用范围
5	粗车—半精车—磨削	IT8~IT7	0.8~0.4	主要用于淬火钢， 也可用于未淬火钢， 但不宜加工有色金属
6	粗车—半精车—粗磨—精磨	IT7~IT6	0.4~0.1	
7	粗车—半精车—粗磨—精磨—超精加工（或 轮式超精磨）	IT5	0.1~0.012	
8	粗车—半精车—精车—精细车（金刚车）	IT7~IT6	0.4~0.025	主要用于要求较高的 有色金属加工
9	粗车—半精车—粗磨—精磨—超精磨（或镜 面磨）	IT5 以上	0.025~0.006	极高精度的外圆加 工
10	粗车—半精车—粗磨—精磨—研磨	IT5 以上	0.1~0.006	

确定某个表面的加工方案时，先由加工表面的技术要求(加工精度、表面粗糙度等)确定最终加工方法，然后根据此种加工方法的特点确定前道工序的加工方法，以此类推。但由于获得同一精度及表面粗糙度的加工方法可有若干种，实际选择时还应结合零件的结构、形状、尺寸大小及材料和热处理的要求全面考虑。

表 1-1 中序号 3(粗车—半精车—精车)与序号 5(粗车—半精车—磨削)的两种加工方案能达到同样的精度等级。但当加工表面需淬硬时，最终加工方法只能采用磨削；如加工表面未经淬硬，则两种加工方案均可采用。若零件材料为有色金属，一般不宜采用磨削。

再如表 1-1 中序号 7(粗车—半精车—粗磨—精磨—超精加工)与序号 10(粗车—半精车—粗磨—精磨—研磨)两种加工方案也能达到同样的加工精度。当表面配合精度要求比较高时，终加工方法采用研磨较合适；当只需要求较小的表面粗糙度值，则采用超精加工较合适。但不管采用研磨还是超精加工，其对加工表面的形状精度和位置精度改善均不显著，所以前道工序应采用精磨，使加工表面的位置精度和几何形状精度已达到技术要求。

1.2.2 外圆表面加工技术分析

外圆表面的技术要求主要体现在以下方面。

① 尺寸精度。外圆的主要表面常为两类：一类是与轴承的内圈配合的外圆轴颈，即支承轴颈，用于确定轴的位置并支承轴，尺寸精度要求较高，通常为 IT7~IT5；另一类为与各类传动件配合的轴颈，即配合轴颈，其精度要求稍低，通常为 IT9~IT6。

② 几何形状精度。主要指轴颈表面、外圆锥面、锥孔等重要表面的圆度、圆柱度。其误差一般应限制在尺寸公差范围内。对于精密轴，需在零件图上另行规定其几何形状精度。