

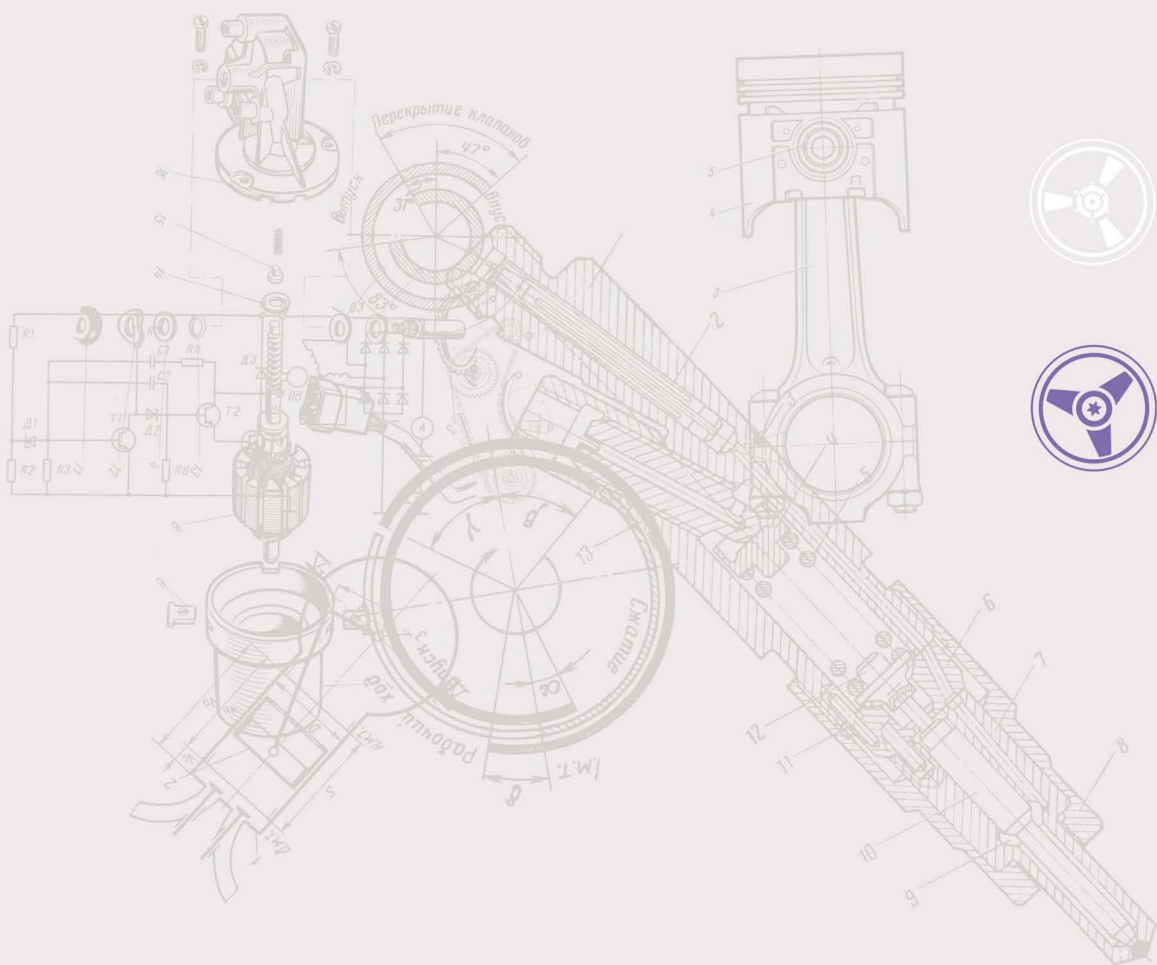


全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材
QUANGUO GAOZHIGAOZHUAN JIXIESHEJIZHIZAO LEI GONGXUEJIEHE SHIERWU GUIHUAXILIEJIAOCAI

丛书顾问 陈吉红

数控机床加工工艺

孙帮华 田春霞 ● 主编



SHUKONGJICHUANG JIAGONG GONGYI.....



JIXIESHEJIZHIZAO



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材
丛书顾问 陈吉红

数控机床加工工艺

主 编	孙帮华	田春霞	
副主编	张国政	崔国英	张秀珍
	于 辉	王立华	
参 编	刘 勇	冯 伟	马 静
	朱云芬	王清会	
主 审	荣 标		

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书是根据高职高专人才培养目标,总结近年来的教学改革与实践,参照当前有关技术标准编写而成的。本书为项目化教材,全书内容共分为8个项目67个学习任务,分别介绍了机械切削加工基础(项目一)、机械加工质量(项目二)、机械加工工艺设计基础(项目三)、机床夹具设计基础(项目四)、数控车削加工工艺(项目五)、数控铣削加工工艺(项目六)、加工中心工艺(项目七)和数控电加工工艺(项目八)。

本书可作为高职高专机械及近机械类专业基础课程教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床加工工艺/孙帮华 田春霞 主编. —武汉:华中科技大学出版社, 2013.7

ISBN 978-7-5609-8279-3

I. 数… II. ①孙… ②田… III. 数控机床-加工-高等职业教育-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 182280 号

数控机床加工工艺

孙帮华 田春霞 主编

策划编辑:周忠强

责任编辑:姚同梅

封面设计:范翠璇

责任校对:张琳

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:仙桃市新华印务有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:20.75

字 数:428千字

版 次:2013年7月第1版第1次印刷

定 价:37.80元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材

编委会

丛书顾问：

陈吉红(华中科技大学)

委 员(以姓氏笔画为序)：

万金宝(深圳职业技术学院)
王 平(广东工贸职业技术学院)
王兴平(常州轻工职业技术学院)
王连弟(华中科技大学出版社)
王怀奥(浙江工商职业技术学院)
王晓东(长春职业技术学院)
王凌云(上海工程技术大学)
王逸群(贵州航天职业技术学院)
王道宏(嘉兴职业技术学院)
牛小铁(北京工业职业技术学院)
毛友新(安徽工业经济职业技术学院)
尹 霞(湖南化工职业技术学院)
田 鸣(大连职业技术学院)
荆美峰(包头职业技术学院)
吕修海(黑龙江农业工程职业学院)
朱江峰(江西工业工程职业技术学院)
刘 敏(烟台职业学院)
刘小芹(武汉职业技术学院)
刘小群(江西工业工程职业技术学院)
刘战术(广东轻工职业技术学院)
孙慧平(宁波职业技术学院)
杜红文(浙江机电职业技术学院)
李 权(滨州职业学院)
李传军(承德石油高等专科学校)
吴新佳(郑州铁路职业技术学院)

秘 书：李 华 万亚军

何晓凤(安徽机电职业技术学院)
宋放之(北京航空航天大学)
张 勃(漯河职业技术学院)
张 健(十堰职业技术学院)
张 焕(郑州牧业工程高等专科学校)
张云龙(青岛职业技术学院)
张俊玲(贵州工业职业技术学院)
陈天凡(福州职业技术学院)
陈泽宇(广州铁路职业技术学院)
罗晓晔(杭州科技职业技术学院)
金 濯(江苏畜牧兽医职业技术学院)
郑 卫(上海工程技术大学)
胡翔云(湖北职业技术学院)
荣 标(宁夏工商职业技术学院)
贾晓枫(合肥通用职业学院)
黄定明(武汉电力职业技术学院)
黄晓东(九江职业技术学院)
崔西武(武汉船舶职业技术学院)
阎瑞涛(黑龙江农业经济职业学院)
葛建中(芜湖职业技术学院)
董建国(湖南工业职业技术学院)
窦 凯(广州番禺职业技术学院)
颜惠庚(常州工程职业技术学院)
魏 兴(六安职业技术学院)

全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材

序

目前我国正处在改革发展的关键阶段。深入贯彻落实科学发展观,全面建设小康社会,实现中华民族伟大复兴,必须大力提高国民素质,在继续发挥我国人力资源优势的同时,加快形成我国人才竞争比较优势,逐步实现由人力资源大国向人才强国的转变。

《国家中长期教育改革和规划纲要(2010—2020年)》提出:“发展职业教育是推动经济发展、促进就业、改善民生、解决‘三农’问题的重要途径,是缓解劳动力供求结构矛盾的关键环节,必须摆在更加突出的位置。职业教育要面向人人、面向社会,着力培养学生的职业道德、职业技能和就业创业能力。”

高等职业教育是我国高等教育和职业教育的重要组成部分,在建设人力资源强国和高等教育强国的伟大进程中肩负着重要使命并具有不可替代的作用。自从1999年党中央、国务院提出大力发展高等职业教育以来,培养了1300多万高素质技能型专门人才,为加快我国工业化进程提供了重要的人力资源保障,为加快发展先进制造业、现代服务业和现代农业作出了积极贡献;高等职业教育紧密联系经济社会,积极推进校企合作、工学结合人才培养模式改革,办学水平不断提高。

“十一五”期间,在教育部的指导下,教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会根据《高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会章程》,积极开展国家级精品课程评审推荐、机械设计与制造类专业规范(草案)和专业教学基本要求的制定等工作,积极参与了教育部全国职业技能大赛工作,先后承担了“产品部件的数控编程、加工与装配”、“数控机床装配、调试与维修”、“复杂部件造型、多轴联动编程与加工”、“机械部件创新设计与制造”等赛项的策划和组织工作,推进了双师队伍建设和课程改革,同时为工学结合的人才培养模式的探索 and 教学改革积累了经验。2010年,教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会数控分委会起草了《高等职业教育数控专业核心课程设置及教学计划指导书(草案)》,并面向部分高职高专院校进行了调研。根据各院校反馈的意见,教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会委托华中科技大学出版社联合国家示范(骨干)高职院校、部分重点高职院校、武汉华中数控股份有限公司和部分国家精品课程负责人、一批层次较高的高职院校教师组成编委会,组织编写全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材。

本套教材是各参与院校“十一五”期间国家级示范院校的建设经验以及校企



结合的办学模式、工学结合的人才培养模式改革成果的总结,也是各院校任务驱动、项目导向等教学做一体的教学模式改革的探索成果。因此,在本套教材的编写中,着力构建具有机械类高等职业教育特点的课程体系,以职业技能的培养为根本,紧密结合企业对人才的需求,力求满足知识、技能和教学三方面的需求;在结构上和内容上体现思想性、科学性、先进性和实用性,把握行业岗位要求,突出职业教育特色。

具体来说,力图达到以下几点。

(1) 反映教改成果,接轨职业岗位要求。紧跟任务驱动、项目导向等教学做一体的教学改革步伐,反映高职高专机械设计制造类专业教改成果,引领职业教育教材发展趋势,注意满足企业岗位任职知识、技能要求,提升学生的就业竞争力。

(2) 创新模式,理念先进。创新教材编写体例和内容编写模式,针对高职高专学生的特点,体现工学结合特色。教材的编写以纵向深入和横向宽广为原则,突出课程的综合性,淡化学科界限,对课程采取精简、融合、重组、增设等方式进行优化。

(3) 突出技能,引导就业。注重实用性,以就业为导向,专业课围绕高素质技能型专门人才的培养目标,强调促进学生知识运用能力,突出实践能力培养原则,构建以现代数控技术、模具技术应用能力为主线的实践教学体系,充分体现理论与实践的结合,知识传授与能力、素质培养的结合。

当前,工学结合的人才培养模式和项目导向的教学模式改革还需要继续深化,体现工学结合特色的项目化教材的建设还是一个新生事物,处于探索之中。随着这套教材投入教学使用和经过教学实践的检验,它将不断得到改进、完善和提高,为我国现代职业教育体系的建设和高素质技能型人才的培养作出积极贡献。

谨为之序。

教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会主任委员
国家数控系统技术工程研究中心主任
华中科技大学教授、博士生导师

陈吉红

2012年1月于武汉

前 言

为了满足新形势下高职教育高素质技能型专门人才培养要求,在总结近年来工作过程导向人才培养教学实践的基础上,来自宁夏工商职业技术学院等多所院校教学一线的教师们编写了本书。

在本书的编写中,在内容的选择上注意与企业对人才的需求紧密结合,力求满足学科、教学和社会三方面的需求;同时,根据本专业培养目标和学生就业岗位实际,在广泛调研基础上,选取来自生产生活的典型零件为教学载体,并以工作过程为导向,结合高职学生的认知规律,分 67 个学习任务介绍了机械切削加工基础、机械加工生产过程及加工质量、机械加工工艺设计基础、机床夹具设计基础、数控车削加工工艺、数控铣削加工工艺、加工中心工艺和数控电加工工艺。

本书是全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划教材,为项目化教材。本书具有以下特点。

(1)紧紧围绕高技能机械、机电技术应用人才的培养目标,突出“职业教育、机械、机电专业”两大特点。以高职教育理论和现代机械、机电专业知识为指导,结合高职机械、机电专业教学大纲和最新国家职业技能鉴定考试大纲,在机械、机电专业的框架下,精选教材内容,注重“三基”,即基本理论、基本知识、基本技能,体现“五性”,即思想性、科学性、先进性、启发性、适用性。精简理论推导,删除过时内容,避免“大而全”,力求做到深度适中,并以够用为度,使本书知识易教、易学。

(2)以高职学生的认知能力和思维形式为前提,尽量避免“长篇大论、面面俱到”的缺点,使标题醒目、提纲挈领,图文并茂、相得益彰,深入浅出地详尽展示每一个知识点,尽量多用图表说明,出现表格的部分文字讲述从简。在各部分中还插入了形象生动、精美的图片,以吸引学生的注意力,有效地激发学生学习的的热情和兴趣。正文中穿插有一些“知识链接”,介绍有一定影响的新观点、新技术、新方法及专业技术的发展史,以开阔学生的视野,方便学生获取更多的知识信息,拓宽专业知识面。

(3)整体内容从加工工艺基础、机床夹具、数控车削加工工艺、数控铣削加工工艺到加工中心的加工工艺逐步展开,讲解由浅入深、循序渐进,并配有大量的实物图片,有利于自主学习。

(4)以任务驱动方式进行编写。每个任务均由若干个活动组成,将知识点融于操作过程中,实现“做中学”和“学中做”,使学生在认识和操作的过程中掌握理论知识,并在每个任务中明确学习目标及学习要点,以便于探究性学习的



开展和实施。

本书既可作为高职高专机械及近机械类专业“数控机床加工工艺”课程或相近课程的教材,也可供工程技术人员参考。

本书由宁夏工商职业技术学院孙帮华、大连职业技术学院田春霞担任主编,由安徽机电职业技术学院张国政、鹤壁职业技术学院崔国英、贵州航天职业技术学院张秀珍、安徽国防科技职业学院于辉、宁夏工商职业技术学院王立华担任副主编,参加本书编写的还有贵州航天职业技术学院的刘勇、冯伟、王清会,宁夏工商职业技术学院的马静、朱云芬等。全书由荣标主审。

本书的编写得到了教育部高职高专机械设计制造类教学指导委员会主任委员陈吉红教授的亲切指导,以及各参编院校领导的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于项目化教学尚在探索之中,且编者水平有限,书中定有错讹和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 5 月

目 录

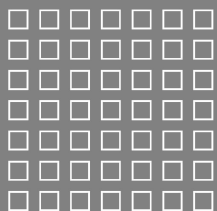
项目一 机械切削加工基础	(1)
模块一 切削运动及切削用量	(1)
小结	(7)
能力检测	(7)
模块二 切削刀具及其选择	(7)
小结	(26)
能力检测	(26)
模块三 金属切削过程	(26)
小结	(35)
能力检测	(36)
模块四 材料的切削加工性	(36)
小结	(40)
能力检测	(40)
模块五 切削用量及切削液的选择	(40)
小结	(45)
能力检测	(45)
项目二 机械加工质量	(46)
模块一 机械加工精度与加工误差	(46)
小结	(65)
能力检测	(65)
模块二 机械加工的表面质量	(66)
小结	(72)
能力检测	(72)
项目三 机械加工工艺设计基础	(73)
模块一 生产过程、工艺规程、工艺过程	(73)
小结	(86)
能力检测	(86)
模块二 零件结构工艺性与工艺路线的制订	(86)
小结	(99)
能力检测	(100)
模块三 工件的定位及定位基准的选择	(100)



小结	(108)
能力检测	(108)
模块四 工序尺寸的确定	(108)
小结	(121)
能力检测	(121)
项目四 机床夹具设计基础	(122)
模块一 机床夹具及其组成	(122)
小结	(130)
能力检测	(130)
模块二 夹具的定位元件	(130)
小结	(142)
能力检测	(143)
模块三 夹紧装置	(143)
小结	(152)
能力检测	(152)
项目五 数控车削加工工艺	(155)
模块一 数控车削加工工艺分析	(155)
小结	(161)
能力检测	(161)
模块二 数控车削刀具及数控车床对刀	(161)
小结	(174)
能力检测	(174)
模块三 数控车削加工的工艺设计	(174)
小结	(185)
能力检测	(185)
模块四 典型零件的数控车削工艺	(185)
小结	(195)
能力检测	(195)
项目六 数控铣削加工工艺	(199)
模块一 数控铣削加工工艺分析	(199)
小结	(210)
能力检测	(210)
模块二 数控铣削加工刀具及其选用	(210)
小结	(225)
能力检测	(225)
模块三 数控铣床加工工艺设计	(225)



小结	(235)
能力检测	(236)
模块四 典型零件的数控铣削工艺	(236)
小结	(246)
能力检测	(246)
项目七 加工中心工艺	(249)
模块一 加工中心加工工艺分析	(249)
小结	(259)
能力检测	(259)
模块二 加工中心的刀具及其选用	(259)
小结	(271)
能力检测	(271)
模块三 加工中心加工工艺设计	(271)
小结	(281)
能力检测	(281)
模块四 典型零件加工中心的工艺	(281)
小结	(291)
能力检测	(291)
项目八 数控电加工工艺	(292)
模块一 数控电火花成形加工工艺	(292)
小结	(301)
能力检测	(301)
模块二 数控电火花线切割加工工艺	(301)
小结	(318)
能力检测	(318)
参考文献	(320)



项目

机械切削加工基础

模块一 切削运动及切削用量

【学习目标】

了解：切削时的工件表面。

熟悉：切削用量三要素。

掌握：切削运动、主运动和进给运动。

切削运动可分为主运动和进给运动。

主运动是使工件与刀具产生相对运动以进行切削的最基本的运动，主运动的速度最高，所消耗的功率最大。

进给运动是不断地将被切削层投入切削，以逐渐切削出整个表面的运动。也就是说，没有进给运动，就不能连续切削。进给运动一般速度较低，消耗的功率较少，可由一个或多个运动组成，可以是连续的，也可以是间断的。

任务一 切削运动和工件表面

1. 切削运动

金属切削加工是用金属切削刀具切除工件上多余的金属材料，使其形状、尺寸精度及表面精度达到图样要求的一种机械加工方法。刀具切除多余金属是通过在刀具和工件之间产生相对运动来完成的，此运动称为切削运动。切削运动可分为主运动和进给运动两种。

1) 主运动

切削运动中直接切除工件上的切削层，使之转变为切屑，以形成工件新表面的运动是主运动。一般来说，主运动是产生主切削力的运动，由机床主轴提供，



其运动速度高,消耗的切削功率大。通常主运动只有一个,它可由工件运动实现,也可由刀具运动实现,如:车削时由车床主轴带动工件的回转运动(见图1-1),钻削和铣削时由机床主轴带动的刀具回转运动,刨削时的工件或刀具直线往复运动等。

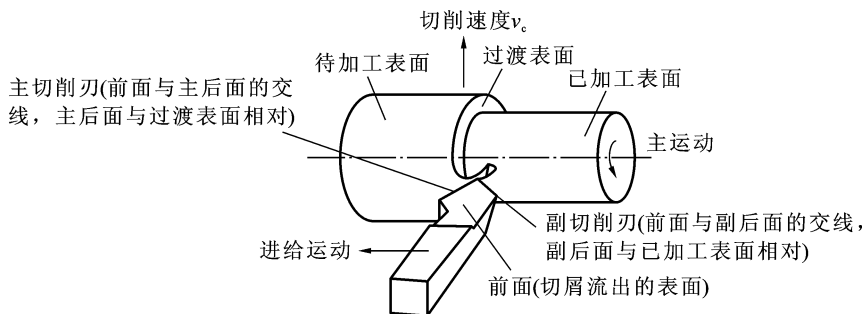


图 1-1 切削运动

2) 进给运动

结合主运动,将切削层不断地投入切削,以完成对一个表面切削的运动是进给运动,如车削时刀具的走刀运动,刨削时工件的间歇进给运动,钻削加工中的钻头、铰刀的轴向移动,铣削时的工件的纵向、横向移动等。进给运动速度小,消耗的功率少。切削加工中进给运动可以是一个、两个或多个,也可能没有,如拉削加工中没有进给运动。进给运动可连续也可间断。

2. 切削时的工件表面

在切削过程中,工件上的多余金属层不断地被刀具切除而转变为切屑,同时工件上形成三个不断变化的表面,如图 1-2 所示。

(1) 待加工表面 工件上有待切除的表面称为待加工表面。

(2) 已加工表面 工件上经刀具切削后产生的表面称为已加工表面。

(3) 过渡表面 主切削刃正在切削的表面,它在切削过程中不断变化,是待加工表面与已加工表面的连接表面。

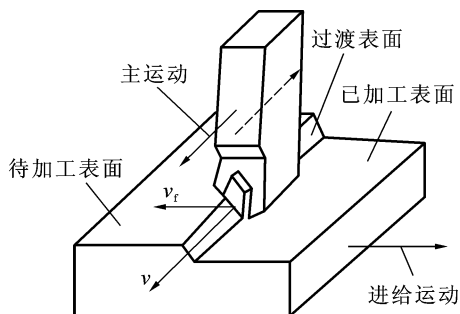


图 1-2 切削时的工件表面

任务二 切削用量

1. 切削用量

切削速度 v_c 、进给量 f 和背吃刀量 a_p 是切削用量三要素,统称为切削用量,如图 1-3 所示。

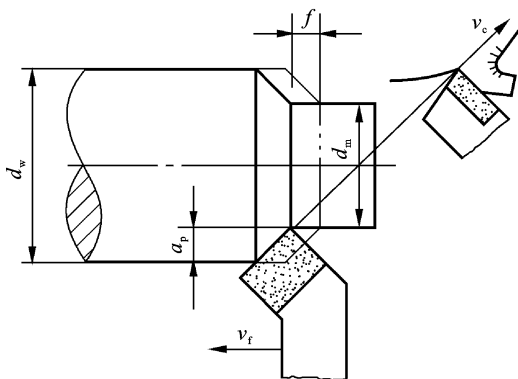


图 1-3 切削用量

1) 切削速度

(1) 主轴转速 n 主轴转速是指主轴在单位时间内的转数,是表示机床主运动的性能参数,用符号 n 表示,其单位为 r/min 或 r/s。

(2) 切削速度 v_c 切削速度是刀具切削刃上选定点相对于工件的主运动的瞬时速度(线速度),用符号 v_c 表示,单位为 m/min 或 m/s。

外圆车削或用旋转刀具切削加工时的切削速度计算公式为

$$v_c = \frac{dn\pi}{1\ 000} \quad (1-1)$$

式中 v_c ——切削速度(m/min);

d ——工件或刀具直径(mm);

n ——工件或刀具转速(r/min)。

2) 进给量

(1) 进给量 f 进给量是刀具在进给运动方向上相对于工件的位移量,用刀具或工件每转(主运动为旋转运动时)或双行程(主运动为直线运动时)的位移量来表达,符号是 f ,单位为 mm/r 或毫米/双行程。

(2) 进给速度 v_f 进给速度是刀具切削刃上选定点相对于工件进给运动的瞬时速度。进给速度用符号 v_f 表示,单位为 mm/min。

(3) 每齿进给量 f_z 对于多齿刀具(如铣刀),每转或每行程中每齿相对于工件在进给运动方向上的位移量称为每齿进给量 f_z ,单位为 mm/z(毫米/齿)。

$$f_z = \frac{f}{z} \quad (1-2)$$



式中 f_z ——每齿进给量(mm/z)；
 f ——进给量(mm/r)；
 z ——刀齿数。

进给速度 v_f 与进给量 f 之间的关系为

$$v_f = n f = n f_z z \quad (1-3)$$

即铣削进给运动的进给量可用每齿进给量 f_z (mm/z)、每转进给量 f (mm/r)或进给速度 v_f (mm/min)来表示。

3) 背吃刀量

车削加工中,刀具的横向进给(也称为吃刀)和铣削加工中刀具的横向进给是间歇的进给运动,是由机床的吃刀机构提供的,也称为吃刀运动。通常把切削加工中的吃刀深度称为背吃刀量,用符号 a_p 表示,单位为 mm。车削中背吃刀量是指已加工表面与待加工表面之间的垂直距离。车削外圆时,如图 1-3 所示,有

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (1-4)$$

式中 d_w ——工件待加工表面直径(mm)；
 d_m ——工件已加工表面直径(mm)。

2. 切削层参数

切削层是指在切削过程中,刀具在切削部分的一个单一动作(指切削部分切过工件的一个单程,或指只产生一圈过渡表面的动作)下所切除的工件材料层。外圆车削时的切削层就是工件旋转一圈,主切削刃移动一个进给量 f 所切除的一层金属层。

切削层的形状和尺寸称为切削层参数,如图 1-4(a)所示。切削层参数在通过切削刃上选定点并垂直于该点切削速度 v_c 的平面内测量,有以下三个。

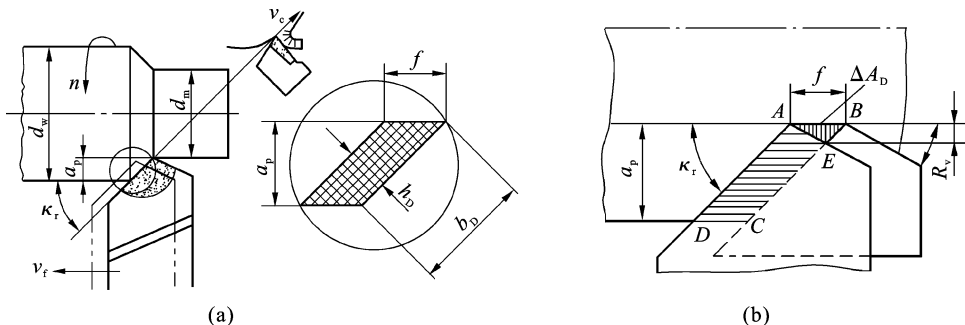


图 1-4 切削层参数与金属层面积

(a) 切削层参数; (b) 金属层面积

1) 切削层公称厚度 h_D

切削层公称厚度 h_D 是垂直于过渡表面测量的切削层尺寸,即相邻两过渡表面之间的距离。它反映了切削刃单位长度上的切削负荷。车外圆时,若车刀主



切削刃为直线,则

$$h_D = f \sin \kappa_r$$

2) 切削层公称宽度 b_D

切削层公称宽度 b_D 是沿过渡表面测量的切削层尺寸。它反映了切削刃参加切削的工作长度。当车刀主切削刃为直线形状时,外圆车削的切削层公称宽度为

$$b_D = a_p / \sin \kappa_r$$

3) 切削层公称横截面积 A_D

在切削层尺寸平面内切削层的实际横截面积称为切削层公称横截面积,用 A_D 表示,有

$$A_D = b_D h_D = a_p f$$

分析上述公式可知,当主偏角 κ_r 增大时,切削层公称厚度 h_D 将增大,而切削层公称宽度 b_D 将减小;当 $\kappa_r = 90^\circ$ 时, $h_D = f$, h_D 达到最大值, $b_D = a_p$, b_D 达到最小值。即主偏角值的不同会引起切削层公称厚度与切削层公称宽度的变化,从而对切削过程的切削机理产生较大的影响。切削层公称横截面积只由切削用量中的 f 和 a_p 决定,不受主偏角变化的影响,但切削层公称横截面积的形状则与主偏角、刀尖圆弧半径的大小有关。

切削层公称横截面积 A_D 的大小反映了切削刃所载荷荷的大小,并影响加工质量、生产率及刀具耐用度,在车削加工时即指车刀正在切削着的 ABCD 这一金属层的面积大小,如图 1-4(b) 所示。实际上,由于刀具副偏角的存在,经切削加工后的已加工表面上常有规则的刀纹,这些刀纹在切削层尺寸平面里的横截面积 S_{ABE} 称为残留面积。残留面积的高度直接影响已加工表面的表面粗糙度值。



知识链接

数控加工中切削用量的选择

数控编程时,编程人员必须确定每道工序的切削用量,并以指令的形式写入程序中。对于不同的加工方法,需要选用不同的切削用量。为了获得最高的生产率和单位时间的最高切除率,在保证零件加工质量和刀具耐用度前提下,应合理地确定切削参数。

1) 确定背吃刀量 a_p (mm)

背吃刀量的大小主要依据机床、夹具、刀具和工件组成的工艺系统的刚度来决定,在系统刚度允许的情况下,为保证以最少的进给次数去除毛坯的加工余量,根据被加工零件的余量确定分层切削深度,选择较大的背吃刀量,以提高生产效率。在数控加工中,为保证零件必要的加工精度和表面粗糙度,建议留少许的余量(0.2~0.5 mm),在最后的精加工中沿轮廓走一刀。