

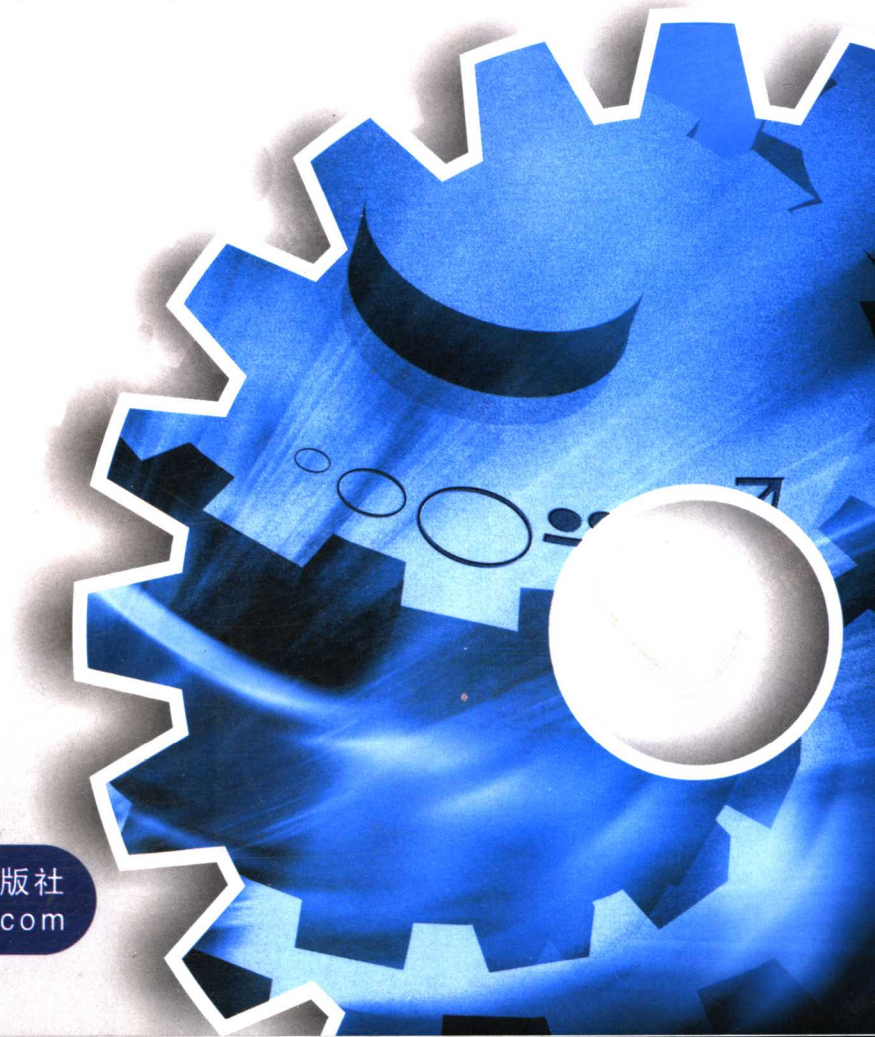
面向



中国高等职业技术教育研究会推荐
机电类专业高职高专规划教材

数控加工工艺

赵长旭 编著 关雄飞 主审



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪机电类专业高职高专规划教材

数控加工工艺

赵长旭 编著

关雄飞 主审

西安电子科技大学出版社

2006

内 容 简 介

本书共分9章,内容包括:金属切削的基础理论、工件的装夹与夹具设计基础、数控加工工艺基础、数控加工质量、数控加工工艺设计、数控车削加工工艺、数控铣削加工工艺、加工中心加工工艺、数控线切割加工工艺等。

本书以机械加工理论为基础,以数控加工工艺为主线,系统地介绍了数控加工工艺的基本理论和基础知识。本书在内容上力求知识面宽、适用面广,深入浅出,并特别注重面向实践,突出实用。书中还提供了大量的例题和习题,为“精讲多练”创造了条件。

本书可作为高等职业技术学院数控专业、机制专业、模具专业及机电专业的教学用书,也可作为企业有关工种职工的培训教材,还可作为从事数控加工的工程技术人员参考用书。

★ 本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺/赵长旭编著. --西安:西安电子科技大学出版社,2006.1

面向21世纪机电类专业高职高专规划教材

ISBN 7-5606-1596-1

I. 数… II. 赵… III. 数控机床—加工工艺—高等学校:技术学校—教材
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 128003 号

策 划 毛红兵

责任编辑 张晓燕 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2006年1月第1版 2006年1月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 19.75

字 数 464千字

印 数 1~4000册

定 价 22.00元

ISBN 7-5606-1596-1/TP·0919

XDUP 1887001 - 1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

序

进入 21 世纪以来,随着高等教育大众化步伐的加快,高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展,出台了一系列相关的法律、法规、文件等,规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时,社会对高等职业教育的认识在不断加强,高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前,高等职业教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山,成为高等教育的重要组成部分,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时,必须重视内涵建设,不断深化教育教学改革。根据市场和社会的需要,不断更新教学内容,编写具有鲜明特色的教材是其必要任务之一。

为配合教育部实施紧缺人才工程,解决当前机电类精品高职高专教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共 100 余种的基础上,又联合策划、组织编写了“数控、模具及汽车类专业”系列高职高专教材共 60 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业(数控、模具和汽车)的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则,结合目标定位,注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破,体现高职高专教材的特点。第一轮教材共 36 种,已于 2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,且大都已重印,有的教材出版一年多的时间里已重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。本轮教材预计 2006 年全部出齐,相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校基本建设的一项重要工作,多年来,各高职高专院校都十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高职高专教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,为不断推出有特色、高质量的高职高专教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

2005 年 10 月

李宗尧

面向 21 世纪

机电类专业高职高专规划教材

编审专家委员会名单

主 任: 刘跃南 (深圳职业技术学院教务长, 教授)

副主任: 方 新 (北京联合大学机电学院副院长, 教授)

刘建超 (成都航空职业技术学院机械工程系主任, 副教授)

杨益明 (南京交通职业技术学院汽车工程系主任, 副教授)

数控及模具组: 组长: 刘建超 (兼) (成员按姓氏笔画排列)

王怀明 (北华航天工业学院机械工程系主任, 教授)

孙燕华 (无锡职业技术学院机械与汽车工程系主任, 副教授)

皮智谋 (湖南工业职业技术学院机械工程系副主任, 副教授)

刘守义 (深圳职业技术学院工业中心主任, 副教授)

陈少艾 (武汉船舶职业技术学院机电工程系主任, 副教授)

陈洪涛 (四川工程职业技术学院机电工程系副主任, 副教授)

钟振龙 (湖南铁道职业技术学院机电工程系主任, 副教授)

唐 健 (重庆工业职业技术学院机械工程系主任, 副教授)

戚长政 (广东轻工职业技术学院机电工程系主任, 教授)

谢永宏 (深圳职业技术学院机电学院副院长, 副教授)

汽车组: 组长: 杨益明 (兼) (成员按姓氏笔画排列)

王世震 (承德石油高等专科学校汽车工程系主任, 教授)

刘 锐 (吉林交通职业技术学院汽车工程系主任, 教授)

李春明 (长春汽车工业高等专科学校汽车工程系副主任, 教授)

汤定国 (上海交通职业技术学院汽车工程系主任, 高讲)

李祥峰 (邢台职业技术学院汽车维修教研室主任, 副教授)

陈文华 (浙江交通职业技术学院汽车系主任, 副教授)

徐生明 (四川交通职业技术学院汽车系副主任, 副教授)

韩 梅 (辽宁交通职业技术学院汽车系主任, 副教授)

颜培钦 (广东交通职业技术学院汽车机械系主任, 副教授)

项目策划: 马乐惠

策 划: 马武装 毛红兵 马晓娟

电子教案: 马武装

前 言

21 世纪,机械制造业的竞争,其实质就是数控技术的竞争,也就是数控人才的竞争。市场急需数控人才,为此各职业院校都加大了数控人才的培养力度,对数控专业教学的课程体系和教学方式也进行了有益的探索和实践。

本书是通过 2000 年以来对全国数十家企业的多次调研,根据数控人才知识结构的市场需求,从培养学生必备的专业基础知识和专业技术应用能力出发,集有关教师多年的理论教学和实践教学经验编写而成的。

本书以保证基础、突出应用、力求先进、确保能力培养为指导思想,知识面宽,适用面广,技术及工艺方法新,内容浅显易懂,面向实践,注重实用。例如实际生产中如何凭直观感觉来判断刀具是否已经磨钝而需要换刀;在定位误差和尺寸链计算中遇到形位公差时如何处理;防止和减少套类零件变形的工艺措施;确定零件的数控加工内容时,哪些应作为首选内容,哪些是重点选择内容,哪些又是可选内容,而哪些又是不宜选作数控加工的内容,等等。书中附有大量的例题和习题,即可供教师根据实际情况选用,又对学生自学和课后练习有所帮助,为“精讲多练”创造了条件。

本教材完稿后,虽经本院数控教研室有关教师详细审阅,但仍难免有不足之处,恳请读者批评与指正,以便在修订时改进。

编 者

2005 年 3 月

欢迎选购西安电子科技大学出版社教材类图书

~~~~~ 国家级、部级重点教材 ~~~~~

计算机系统结构(第三版)(统编)	22.00
离散数学(第三版)(统编)(乔维声)	16.00
雷达对抗原理(统编)	15.00
雷达原理(第三版)	23.00
通信网的安全——理论与技术	42.00
模拟电子线路基础(傅丰林)	16.00
移动通信(第三版)(统编)(郭梯云)	26.00
智能控制理论和方法	18.00

~~~~~ 计算机提高普及类 ~~~~~

计算机应用基础(第三版)(丁)	19.00
计算机组装与维护(高职)(杜飞明)	22.00
计算机组装与维护实用教程 (第二版)(高职)	29.00
《新编计算机应用基础》 (Windows 2000&Office 2002)(第二版)	22.00
《新编计算机应用基础(第二版)》 实践技能训练与案例分析	12.00
计算机应用基础(Windows 2000 &Office 2002版)(教育部高职)	23.00
《计算机应用基础》实践技能训练 与案例分析(教育部高职)	11.00
计算机应用基础上机与实习指导(第三版)	12.00
计算机软件技术基础教程	21.00
计算机综合能力实训教程(高职)	10.00
办公自动化技术及应用教程	22.00
办公自动化设备的使用和维护 (第二版)(高职)	18.00
网络办公自动化技术及应用(高职)	21.00

~~~~~ 计算机网络类 ~~~~~

Internet基础与使用(第二版)(高职)	13.00
Internet基础与使用(第二版)(中专)	12.00
计算机网络安全(高职)	15.00
网络安全技术(高职)	17.00
网络安全与保密	24.00
网络信息安全技术	17.00
网站建设与维护(崔良海)	18.00
网站建设与维护(廖常武)	19.00
Internet技术及其应用教程	15.00
计算机图形图像与网页制作(高职)	19.00
互联网实用技术与网页制作(高职)	14.00

局域网组建、管理与维护(高职)	20.00
综合布线技术(高职)	18.00
计算机网络技术导论	16.00
计算机网络(第二版)(袁家政)	26.00
计算机网络技术(刘敏涵)	20.00
计算机网络(第二版)(蔡皖东)	18.00
计算机网络(第二版)(雷振甲)	21.00
计算机网络工程	20.00
计算机网络实验教程	14.00
计算机组网实验教程	23.00
计算机网络学习辅导及习题详解	23.00
网络工程设计与实践	29.00
网络应用程序设计	21.00
现代网络技术	24.00
网络计算	19.00

~~~~~ 计算机技术类 ~~~~~

计算机系统结构(陈智勇)	22.00
计算机系统设计——概念与技术(洪龙)	18.00
计算机组成原理 与系统结构实验教程(杨小龙)	12.00
计算机系统安全	22.00
电子政务理论与实务	20.00
电子商务概论	17.00
电子商务基础与应用(第四版)(含盘)	34.00
数据结构(C)(第二版)(杨秀金)	20.00
《数据结构》算法实现及解析 ——配合严蔚敏的《数据结构》(C语言版) (含光盘)(第二版)	35.00
数据结构——使用C++语言(第二版)	23.00
数据结构(高职)(周岳山)	15.00
计算方法与实习(高职)	11.00
算法设计与分析	15.00
编译原理教程	15.00
《编译原理教程》习题解析与上机指导	12.00
编译原理基础	13.00
《编译原理基础》习题与上机题解答	10.00
编译原理学习指导	19.00
《离散数学》习题解答	16.00
离散数学(蔡英)	19.00
《离散数学》学习指导书	16.00
离散数学(马光思)	22.00

离散数学(乔维声)	21.00	3DS MAX 6.0实用教程(高职)	23.00
软件工程(第二版)	22.00	~~~~~ 微机与控制类 ~~~~~	
软件工程与数据库概论	14.00	微型计算机原理与应用(第二版)(本科)	33.00
信息系统分析与设计(卫红春)	19.00	《微型原理及应用》(第二版)学习指导	18.00
信息系统分析与设计(高职)(卫红春)	18.00	微型计算机原理(第四版)	29.00
信息系统分析与设计(第二版)(陈圣国)	14.00	《微型计算机原理》(第四版)学习指导书	14.00
人工智能技术导论(第二版)	18.00	《微型计算机原理》学习与实验指导	18.00
~~~~~ <b>计算机辅助技术类</b> ~~~~~		微型计算机原理及接口技术(新世纪)	25.00
电子工程制图(含习题集)(高职)	25.00	微型计算机原理与组成	20.00
工程制图(含习题集)(高职)	22.00	80X86 微机原理与接口技术	26.00
计算机绘图(第二版)(许社教)	25.00	单片机原理及接口技术	15.00
DSP应用技术(高职)	25.00	单片机应用实训教程(高职)	22.00
现代DSP技术	22.00	新编单片机原理与应用(第二版)	22.00
电子电路CAD程序及其应用(高职)	16.00	可编程序控制器原理及应用(第二版)	22.00
电子线路CAD实用教程(第二版)	22.00	计算机控制技术(高职)(温希东)	12.00
电子工艺与电子CAD(高职)	14.00	计算机外部设备(第二版)	17.00
电子电路EDA技术	15.00	微机外围设备的使用与维护(高职)	19.00
EDA技术及应用(第二版)	24.00	~~~~~ <b>数据库及计算机语言类</b> ~~~~~	
EDA技术综合应用实例与分析	22.00	数据库原理(第二版)(郭盈发)	16.00
EDA技术与数字系统设计(高职)	14.00	数据库原理(高荣芳)	18.00
数字电路EDA设计(高职)	19.00	Visual FoxPro 6.0数据库原理与应用	
~~~~~ <b>操作系统类</b> ~~~~~		(高职)	21.00
计算机操作系统(第二版)(颜)	17.00	基于VFP和SQL的数据库技术及应用	16.00
计算机操作系统(修订版)(汤)	24.00	SQL Server 2000应用基础与实训教程	
《计算机操作系统》学习指导与题解	16.00	(高职)	19.00
计算机操作系统(王津)	16.00	Oracle数据库SQL和PL/SQL实例教程	
计算机操作系统(孙)	15.00	(高职)	17.00
计算机操作系统(方敏)	28.00	数据库技术及应用(高职)	14.00
计算机操作实训教程(张)	18.00	网络数据库技术及应用(高职)	20.00
操作系统教程——Linux实例分析(孟)	21.00	QBASIC程序设计教程	20.00
Linux操作系统实用教程(高职)	20.00	程序设计与C语言	23.00
Linux实训指导教程(高职)	13.00	《程序设计与C语言》学习指导	16.00
~~~~~ <b>图形处理类</b> ~~~~~		C语言程序设计实例教程(高职)(丁爱萍)	18.00
多媒体技术及应用(王坤)	21.00	C语言程序设计案例教程(高职)(李培金)	18.00
多媒体软件设计技术(第二版)	20.00	C++程序设计(陈圣国)	14.00
多媒体技术与应用(第二版)(傅献桢)	16.00	C++程序设计语言	20.00
多媒体技术教程(杨安琪)	20.00	《C++程序设计语言》经典题解与实验指导	13.00
多媒体技术基础及其应用(吕辉)	22.00	新编C语言程序设计教程(第二版)	22.00
计算机图形学(张义宽)	20.00	《新编C语言程序设计教程(第二版)》	
计算机图形学(丁爱玲)	14.00	习题解答与实验指导	15.00
计算机图形学(研究生系列)(璩柏青)	26.00	C++Builder 6.0 程序设计(高职)	19.00
计算机图形学——图形的计算与显示原理	22.00	Visual Foxpro 6.0 程序设计教程(丁)	22.00
数字图像处理	20.00	Visual Basic 程序设计(第二版)	20.00
		Visual Basic·NET程序设计教程(高职)	18.00



汇编语言程序设计(第二版)(韩海)	18.00	电工技术(常晓玲)	19.00
汇编语言程序设计(李强)	23.00	电工技术实训(高职)	12.00
汇编语言程序设计(李革新)	19.00	电工基础(王秀英)	19.00
微型计算机汇编语言程序设计(龚)	23.00	电工与工业电子学	18.00
面向对象程序设计与VC++实践	22.00	电工技能实训教程(高职)	26.00
面向对象程序设计与C++语言	17.00	电力电子技术(高职)	15.00
面向对象程序设计教程	19.00	电子线路仿真设计(王皓)	18.00
面向对象程序设计——JAVA	23.00	电子测量技术(高职)	16.00
《面向对象程序设计——JAVA》 学习指导与习题解答	19.00	电子技术基础(高职)(苏丽萍)	22.00
JAVA语言程序设计教程	18.00	电子技术基础——模拟电子技术(高职)	20.00
JAVA程序设计(高职)	18.00	电子技术基础——数字电子技术(高职)	14.00
Visual C++.NET管理信息系统开发案例	26.00	智能卡技术(刘守义)	20.00
~~~~~电子技术类~~~~~		手机原理与维护(陈良)	13.00
测试与计量技术基础	19.00	光电探测原理	25.00
传感器原理及工程应用	13.00	天线与电波传播(含光盘)	24.00
模拟电子技术(第二版)(教育部高职)	17.00	天线技术(高职)	14.00
模拟电子电路基础(王卫东)	23.00	电子线路基础(21世纪)(傅丰林)	19.00
模拟电子技术基础(21世纪)(孙肖子)	22.00	《电子线路基础》学习和题解指导	22.00
模拟电子技术(第二版)(江)	18.00	电子线路基础	20.00
《模拟电子技术》学习指导与题解	12.00	电磁场微波技术与天线	18.00
数字电子技术(第二版)(江)	18.00	电磁场与电磁波(第二版)	20.00
《数字电子技术》学习指导与题解	14.00	电磁场与电磁波(含光盘)(郭辉萍)	21.00
数字电子技术(第二版)(郭永贞)	19.00	电磁场与电磁波学习指导(21世纪)	21.00
数字电子技术(第二版)(教育部高职)	12.00	高频电子线路(中专)	16.00
数字电子技术基础(21世纪)	18.00	扩频通信	9.80
《数字电子技术基础》学习指导(21世纪)	8.00	扩展频谱通信及其多址技术	19.00
现代数字系统设计	25.00	信号与系统(第二版)(陈生潭)	29.00
数字电路与系统设计	25.00	《信号与系统》学习指导	17.00
数字电路与逻辑设计	18.00	信号与系统(张小虹)	22.00
数字系统设计基础	19.00	《信号与系统》学习指导	19.00
电路理论基础	20.00	信号与线性系统	26.00
电路基础(第二版)(21世纪)	21.00	数字信号处理(第二版)(丁玉美)	21.00
《电路基础》学习指导与习题全解(刘)	15.00	数字信号处理(丁玉美)	16.00
电路基础学习指导(21世纪)	15.00	数字信号处理(刘顺兰)	19.00
电路分析——基础理论与实用技术(高职)	20.00	自适应信号处理(研究生系列)	16.00
电路分析(第二版)(教育部高职)	18.00	随机信号处理	13.00
电路分析学习指导与题解(高职)(李)	19.00	数字信号处理——时域离散随机信号处理	19.00
电路分析基础(第二版)(张永瑞)	18.00	《数字信号处理 ——时域离散随机信号处理》学习指导	10.00
电路分析基础全真试题详解(张永瑞)	20.00	微波电路CAA与CAD(研究生系列)	21.00
电路分析基础(高职)(牛金生)	16.00	射频/微波电路导论	28.00
电路与电子技术(路松行)	22.00	微电子器件可靠性(研究生系列)	13.00
电力电子技术(曾万)	15.00	物理光学与应用光学	26.00
电工基础(第二版)(教育部高职)	18.00	非线性光学(研究生系列)	40.00

现代光学(研究生系列)	18.00	计算机数据通信教程(张燕)	15.00
红外物理(研究生系列)	20.00	纠错码——原理与方法(王新梅)	35.00
常用低压电器与可编程序控制器	22.00	编码理论	19.00
可编程逻辑器件原理、开发与应用	22.00	数字通信原理与技术(第二版)	25.00
可编程逻辑器件原理及应用(朱明程)	23.00	现代通信新技术	20.00
多传感器数据融合及其应用(研究生系列)	18.00	现代交换技术	20.00
毕业设计指导(电类)(高职)	28.00	程控交换技术实用教程(高职)(李正吉)	11.00
~~~~~通信与自动控制类~~~~~			
《通信电子线路(第二版)》学习指导	25.00	程控数字交换原理学习指导与习题解析	12.00
光纤通信(方强)	15.00	自动控制原理(赵四化)	16.00
光纤通信(张宝富)	18.00	自动控制原理(薛安克)	19.00
光纤通信(刘增基)	15.00	《自动控制原理》学习指导与题解(方斌)	22.00
卫星通信	12.00	自动控制原理及其应用(高职)	15.00
移动通信(章坚武)	16.00	智能化仪器原理及应用(曹建平)	16.00
蜂窝移动通信技术	23.00	楼宇自动化(高职)	14.00
移动通信技术(高职)	18.00	电梯原理及逻辑排故(高职)	22.00
数字通信系统(强世锦)	17.00	~~~~~家用电器与机电类~~~~~	
数字通信原理与技术(第二版)	25.00	电视原理与系统(赵坚勇)	16.00
数字通信原理(黎洪松)	25.00	电视原理与电视机检修(高职)	16.00
通信原理与通信技术	23.00	电视机原理与技术(李林和)	20.00
《通信原理与通信技术》学习指导	22.00	数字电视技术	20.00
多媒体通信技术(王汝言)	23.00	电器原理与技术(裴昌幸)	24.00
现代通信系统	24.00	调音技术(高职)	16.00
通信电路(沈伟慈)	18.00	音响技术	13.00
通信电源(高职)	14.00	现代音响与调音技术	19.00
通信系统(修订版)(王秉钧)	22.00	工程力学(皮)	12.00
现代通信系统导论(高职)	18.00	机械工程基础(李茹)	26.00
现代通信网概论	25.00	机械设计基础(赵冬梅)	21.00
现代通信理论与技术导论	25.00	机械设计基础(张京辉)	24.00
现代通信技术与网络应用	23.00	机械基础(周家泽)	17.00
现代通信新技术	20.00	机械CAD/CAM技术(方新)	20.00
现代通信原理与技术	26.00	计算机辅助机械设计(秦汝明)	19.00
通信工程专业英语	12.00	数控机床原理与编程(陈富安)	20.00
微波技术与天线	17.00	数控加工与编程(高职)	19.00
锁相技术	14.80	机电一体化技术	17.00
计算机通信网(沈)	24.00	电切削加工技术(高职)(詹)	13.00
计算机通信网(修订版)(刘后铭)	18.00	液压与气动技术(朱梅)	19.00
		特种加工技术(周旭光)	10.00

~~~~~  
欢迎来函索取本社最新书目和教材介绍, 欢迎投稿!

从邮局或银行汇款邮购者, 汇款单上务必写清收书人姓名、地址、邮编、电话。款到后我社将挂号发书, 加收5元包装邮费(一次购书30元以上者可免收邮费)。

通信地址: 西安市太白南路2号 西安电子科技大学出版社发行部 邮 编: 710071

电 话: (029) 88201467

传 真: (029) 88213675

主 页: <http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfbx@pub.xaonline.com

目 录

| | |
|---------------------------------|-----------|
| 绪论 | 1 |
| 第 1 章 金属切削的基础理论 | 3 |
| 1.1 切削运动和切削要素 | 3 |
| 1.2 刀具的构造 | 6 |
| 1.3 金属切削过程的基本规律 | 11 |
| 1.4 常用刀具材料及其选用 | 21 |
| 1.5 刀具几何角度的合理选择 | 25 |
| 1.6 切削用量及切削液的选择 | 31 |
| 1.7 改善工件材料的切削加工性能 | 34 |
| 习题 | 37 |
| 第 2 章 工件的装夹与夹具设计基础 | 38 |
| 2.1 工件的装夹方法与定位原理 | 38 |
| 2.2 常见定位方式和定位元件 | 42 |
| 2.3 定位误差 | 48 |
| 2.4 工件的夹紧 | 55 |
| 2.5 数控机床夹具介绍 | 57 |
| 2.6 组合夹具简介 | 62 |
| 习题 | 68 |
| 第 3 章 数控加工工艺基础 | 71 |
| 3.1 基本概念 | 71 |
| 3.2 机械加工工艺规程 | 75 |
| 3.3 零件图的工艺分析 | 76 |
| 3.4 确定毛坯 | 80 |
| 3.5 拟定工艺路线 | 82 |
| 3.6 定位基准的选择 | 92 |
| 3.7 机床及工艺装备的选择 | 97 |
| 3.8 加工余量及工序尺寸的确定 | 98 |
| 3.9 工艺尺寸链 | 102 |
| 3.10 典型零件的机械加工工艺过程 | 108 |
| 习题 | 127 |

| | |
|------------------------|-----|
| 第4章 数控加工质量 | 132 |
| 4.1 加工精度 | 132 |
| 4.2 表面质量 | 138 |
| 习题 | 145 |
| 第5章 数控加工工艺设计 | 147 |
| 5.1 概述 | 147 |
| 5.2 数控加工工艺路线设计 | 154 |
| 5.3 数控加工工序设计 | 156 |
| 习题 | 166 |
| 第6章 数控车削加工工艺 | 167 |
| 6.1 概述 | 167 |
| 6.2 数控车削加工工艺的制定 | 169 |
| 6.3 典型零件的数控车削加工工艺 | 186 |
| 习题 | 199 |
| 第7章 数控铣削加工工艺 | 201 |
| 7.1 概述 | 201 |
| 7.2 数控铣削加工工艺的制定 | 203 |
| 7.3 典型零件的数控铣削加工工艺 | 218 |
| 习题 | 232 |
| 第8章 加工中心加工工艺 | 235 |
| 8.1 概述 | 235 |
| 8.2 加工中心加工工艺的制定 | 238 |
| 8.3 典型零件的加工中心加工工艺 | 257 |
| 习题 | 275 |
| 第9章 数控线切割加工工艺 | 278 |
| 9.1 概述 | 278 |
| 9.2 影响数控线切割加工工艺指标的主要因素 | 284 |
| 9.3 数控线切割加工工艺的制定 | 288 |
| 9.4 典型零件的数控线切割加工工艺 | 296 |
| 习题 | 303 |
| 参考文献 | 305 |

绪 论

1. 数控加工的定义

随着社会生产和科学技术的不断发展,机械产品日趋精密、复杂,人们对机械产品的质量和生产率也提出了越来越高的要求。尤其是航空航天、军事、造船等领域所需要的零件,精度要求越来越高,形状也越来越复杂,这些零件用普通机床是难以加工的。

数控机床(Numerical Control Machine Tool)是用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的机床,或者说是装备了数控系统的机床。它是一种技术密集度及自动化程度很高的机电一体化加工设备,是数控技术与机床相结合的产物。

数控加工则是根据被加工零件的图样和工艺要求,编制出以数码表示的程序,输入到机床的数控装置或控制计算机中,以控制工件和工具的相对运动,使之加工出合格零件的方法。在数控加工过程中,如果数控机床是硬件的话,数控工艺和数控程序就相当于软件,两者缺一不可。数控加工工艺是伴随着数控机床的产生、发展而逐步完善的一种应用技术。实现数控加工,编程是关键。编程前必须要做好必要的准备工作,编程后还要进行必要的善后处理工作。严格来说,数控编程也属于数控加工工艺的范畴。

2. 什么是数控加工工艺

数控加工工艺是采用数控机床加工零件时所运用各种方法和技术手段的总和,应用于整个数控加工工艺过程。数控加工工艺是伴随着数控机床的产生、发展而逐步完善起来的一种应用技术,它是人们大量数控加工实践的总结。

数控加工工艺是数控编程的前提和依据,没有符合实际的、科学合理的数控加工工艺,就不可能有真正可行的数控加工程序。数控编程就是将制定的数控加工工艺内容程序化。

3. 数控加工工艺的特点

(1) 数控加工的工艺内容十分明确而且具体。进行数控加工时,数控机床接受数控系统的指令,完成各种运动,实现加工要求。因此,在编制加工程序之前,需要对影响加工过程的各种工艺因素,如切削用量、进给路线、刀具的几何形状,甚至工步的划分与安排等一一作出定量描述,对每一个问题都要给出确切的答案和选择,而不能像用通用机床加工那样,在大多数情况下,许多具体的工艺问题是由操作工人依据自己的实践经验和习惯自行考虑和决定的。也就是说,本来由操作工人在加工中灵活掌握并可通过适时调整来处理的许多工艺问题,在数控加工时就转变为编程人员必须事先具体设计和明确安排的内容。

(2) 数控加工的工艺要求相当准确而且严密。数控加工不能像通用机床加工那样,可以对加工过程中出现的问题由操作者根据自己的经验自由地进行调整。比如加工内螺纹,在普通机床上操作时可以随时根据孔中是否挤满了切屑而决定是否需要退一下刀或先清理一下切屑;而数控机床并不知道孔中是否挤满了切屑以及何时需要退一次刀以待清除切屑后再进行加工。因此,在数控加工的工艺设计中必须注意加工过程中的每一个细节,做到万无一失。在实际工作中,一个字符、一个小数点或一个逗号的差错都有可能酿成重大机床事故和质量事故。因为数控机床比同类的普通机床价格高很多,其加工的也往往是一些形状比较复杂、价值也较高的工件,所以万一损坏机床或工件报废都会造成较大损失。

根据大量加工实例分析,数控工艺考虑不周和计算与编程时粗心大意是造成数控加工失误的主要原因。因此,要求编程人员除必须具备较扎实的工艺基本知识和较丰富的实际工作经验外,还必须具有耐心和严谨的工作作风。

(3) 数控加工的工序相对集中。一般来说,在普通机床上是根据机床的种类进行单工序加工,而在数控机床上往往是在工件的一次装夹中完成钻、扩、铰、铣、镗、攻螺纹等多工序的加工。这种“多序合一”的现象也属于“工序集中”的范畴,极端情况下,在一台加工中心上可以完成工件的全部加工内容。

4. 本课程学习的主要内容及任务

本课程主要介绍数控机床加工中的有关工艺问题。由于数控机床的加工工艺与普通机床的加工工艺有许多相同之处,加之数控加工的工艺路线不是指从毛坯到成品的整个工艺过程,而仅是穿插于零件加工整个工艺过程中的几道数控加工工艺过程的具体描述,这就要求数控加工工艺要与普通加工工艺衔接好,因而要真正学好数控加工工艺,必须首先掌握好普通机床的加工工艺。

在数控机床加工前,要将机床的运动过程、零件的工艺过程、刀具的形状、切削用量和走刀路线等都编入程序,这就要求程序设计人员要有多方面的知识基础。因此,本课程的内容主要有:金属切削原理、机械制造工艺理论基础、机械加工工艺装备(刀具与夹具)、典型零件加工工艺及工艺分析等。

通过学习本课程,希望学生既能解决数控加工现场施工中的一般工艺技术问题,又初步具备编制中等复杂程度零件的普通机械加工工艺和数控机床加工工艺的能力。

5. 本课程的特点和学习方法

本课程是一门专业技术课,其特点是涉及面广、实践性强、灵活性大。它不仅包括金属切削原理、刀具、夹具和机械加工工艺等内容,还要运用到以前学过的机械制图、金属材料与热处理、公差配合、机械设计、机械制造基础和数控机床等有关知识,而且需要灵活掌握、综合运用这些知识。

由于数控加工工艺同生产实际紧密相连,其理论是前人长期生产实践的总结,因而学习中必须将理论知识与生产实际相结合。只有通过生产实际和实践性教学环节的配合,才能掌握有关知识,提高解决实际问题的能力。

数控加工工艺具有很大的灵活性。同一个问题,加工同一个零件,不同的人有不同的解决办法;即使是同一个人,随着生产条件的不同,解决问题的方法也不一样。因此,对本课程的所有内容都必须牢固掌握、熟练应用,才能做到熟能生巧,达到灵活运用目的。

第1章 金属切削的基础理论

1.1 切削运动和切削要素

1.1.1 机械零件表面的形成原理

任何机械零件都是由若干表面围成的。一般情况下，这些表面都可以看作是由一条母线沿一条导线运动的轨迹形成的，如图1-1所示。切削加工时，零件的实际表面就是根据这一原理，通过刀具与工件的相对运动和相互作用而形成的。

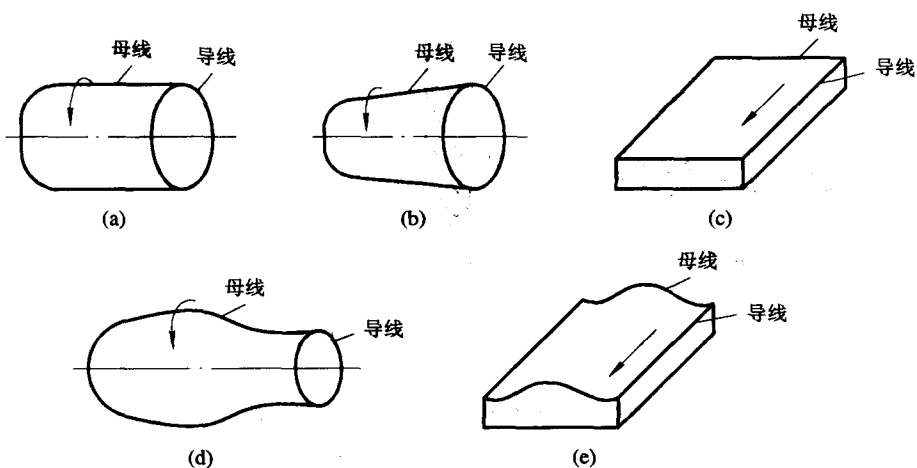


图1-1 零件表面的形成

(a) 圆柱面；(b) 圆锥面；(c) 平面；(d) 成型面；(e) 曲面

1.1.2 切削运动及产生的表面

1. 切削运动

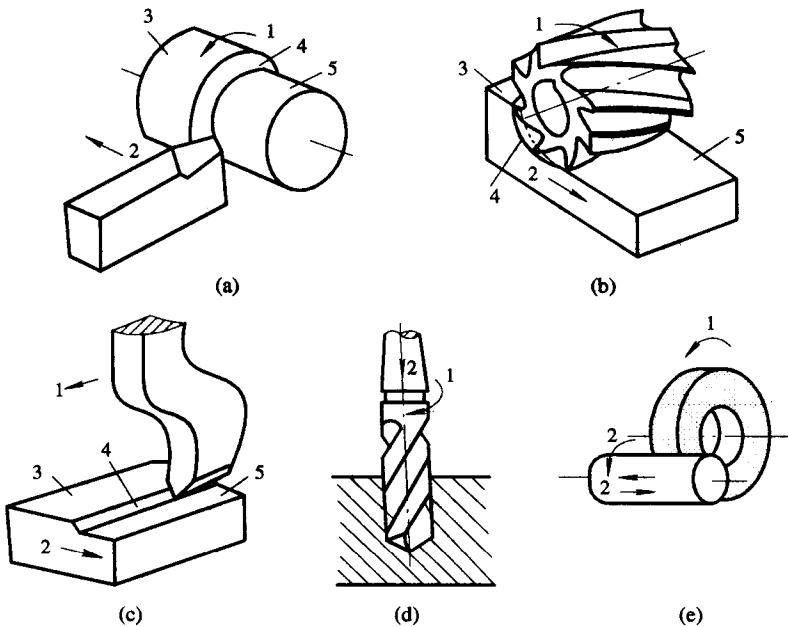
切削加工是靠刀具与工件间的相对运动来实现的，这种相对运动称为切削运动。切削运动包括主运动和进给运动，如图1-2所示。

(1) 主运动：进行切削加工最主要的运动，如车削时工件的旋转运动，铣削、钻削和磨

削时铣刀、钻头或砂轮的旋转运动。主运动的速度最高，消耗功率最多。各种机床的主运动只有一个。

(2) 进给运动：使金属层不断投入切削，配合主运动连续加工出整个表面的运动，如车削时车刀的直线运动，铣削时工件的直线运动，钻削时钻头的轴向移动，磨削时工件的往复直线运动。进给运动可以是一个(如车削)、两个(如外圆磨削)或多个，甚至没有(如拉削)；可以是连续的，也可以是间歇的。如车外圆时，纵向进给运动是连续的，横向进给运动是间歇的。

当主运动和进给运动同时存在时，二者的合成运动称为合成切削运动，如图 1-2(a) 所示。



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 1-2 各种加工方法的切削运动和工件上形成的三个表面

(a) 车削；(b) 铣削；(c) 刨削；(d) 钻削；(e) 磨削

2. 切削产生的表面

切削加工时，工件上同时存在着三个不断变化的表面，如图 1-2 所示。

- (1) 已加工表面：工件上经刀具切削后产生的新表面。
- (2) 待加工表面：工件上有待切除的表面，即将被切去的余量层的表面。
- (3) 过渡表面：工件上由切削刃形成的那部分表面，以前又称加工表面。

1.1.3 切削要素

在切削过程中，说明切削运动的大小和切去金属层多少的参数称为切削要素。切削要素又分为切削用量和切削层参数，如图 1-3 所示。

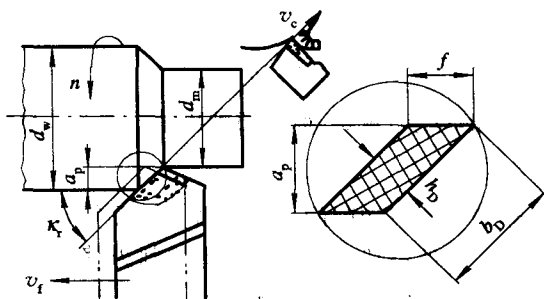


图 1-3 车削时的切削要素

1. 切削用量

切削用量是表示机床主运动和进给运动大小的重要参数，包括切削速度、进给量和背吃刀量。

(1) 切削速度 v_c ：在进行切削加工时，刀具切削刃的某一点相对于待加工表面在主运动方向上的瞬时速度，也可理解为是主运动的线速度，单位为 m/min 。

当主运动为旋转运动时， v_c 可按下式计算：

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

式中： D 为工件待加工表面或刀具的最大直径 (mm)； n 为主运动的转速 (rpm 或 r/min)。

(2) 进给量 f ：刀具在进给运动方向上相对于工件的位移量，可用刀具或工件每转（主运动为旋转运动时）或每行程（主运动为直线运动时）的位移量来表述和度量，其单位为 mm/r 或 mm/行程 。车削的进给量 f 为每转一转（单位时间），刀具沿轴线进给所移动的距离 (mm/r)；刨削时的进给量 f 为刨刀（或工件）每往复一次，工件（或刨刀）沿进给方向移动的距离 (mm/str)。

对于铰刀、铣刀、拉刀等多齿刀具，每转或每行程相对于工件在进给运动方向上的位移量称为每齿进给量，记作 f_z ，单位为 mm/齿 。显然

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

式中： z 为刀齿数。

切削刃上选定点相对工件的进给运动瞬时速度称为进给速度 v_f ，其单位为 mm/min 。对于连续进给的切削加工（如车削）， v_f 可按下式计算：

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

(3) 背吃刀量 a_p ：又称切削深度，一般指工件已加工表面和待加工表面间的垂直距离，单位为 mm 。

车削外圆柱面的背吃刀量为该次切除余量的一半：

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

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

镗孔时：

$$a_p = \frac{d_m - d_w}{2} \quad (1-5)$$