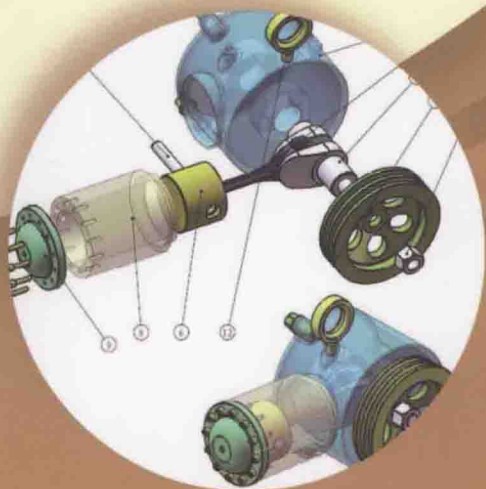




高等职业教育“十二五”规划教材
数控技术应用专业系列

数控加工工艺

● 主编 孙召瑞 房玉胜



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

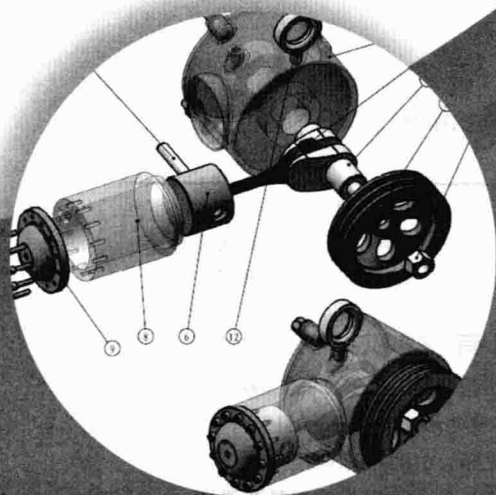


高等职业教育“十二五”规划教材
数控技术应用专业系列

数控加工工艺

● 主 编 孙召瑞 房玉胜
副主编 李 英 吴修彬
王 婧 孙贵斌

常州大学图书馆
藏书章



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数控加工工艺 / 孙召瑞, 房玉胜主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2011.8

(高等职业教育“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-303-12903-4

I. ①数… II. ①孙…②房… III. ①高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第 090316 号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印刷: 北京市易丰印刷有限责任公司

经销: 全国新华书店

开本: 184 mm × 260 mm

印张: 21.5

字数: 450 千字

版次: 2011 年 8 月第 1 版

印次: 2011 年 8 月第 1 次印刷

定价: 39.50 元

策划编辑: 庞海龙

责任编辑: 庞海龙

美术编辑: 高霞

装帧设计: 弓禾碧工作室

责任校对: 李菡

责任印制: 孙文凯

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010—58800697

北京读者服务部电话: 010—58808104

外埠邮购电话: 010—58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010—58800825

出版说明

为贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高〔2006〕16号)文件精神,“十二五”期间,北京师范大学出版社将组织出版高等职业教育“十二五”系列规划教材。在组织教材编写的过程中,我们始终坚持科学发展观,紧紧围绕高等职业教育的培养目标,从满足社会发展对高素质劳动者和技能型人才的需求出发,坚持以就业为导向,以能力为本位,以学生为中心,以工作过程为导向的课程改革与教材建设理念,着力打造反映教学改革最新精神的职业教育教材。为此,我们邀请了全国职业教育的专家、有关高职院校的骨干教师,共同编写了本套系列规划教材。

经过众多专家、老师的努力,本套教材在教材体系、内容组织、图文表现等各方面都有所创新与发展,形成了鲜明的编写风格:

1. 目标驱动。关注的焦点放在通过任务的完成所获得的成果上面。通过成果的获得,激发学生学习的兴趣,激励学生勇于探索,不断进步。
2. 任务引领。每个项目分为若干个子任务,在任务的完成中学习相关知识、技能,实现学生的全面发展。
3. 学生为本。教材的设计以学生为中心,在教材组织的各个环节突出学生的主体地位,引导学生明确应该怎么做、做到什么程度。
4. 图文并茂。考虑到高等职业学院学生的心理和生理特点,本套教材尽量采用图形化、表格化和步骤化的呈现方式,便于学生学习。
5. 立体化开发。在组织教材编写的过程中,配套研发与教材相应的电子教案、课件、实训指导材料等助教、助学资源库,以便教师授课和学生学习使用。

当然,任何事物的发展都有一个过程,职业教育的改革与发展也有一个过程,同样,我们组织出版的本套系列规划教材也需要在教学实践的过程中不断完善,因此,衷心希望各位读者能提出宝贵的意见和建议,并积极参与到我们进一步的教材研发中来,共同为我国的高等职业教育教学改革和教材建设作出贡献。

北京师范大学出版社职教分社

内容简介

本书结合“数控操作工国家职业技能鉴定标准”，按照高等职业院校学生认知及职业成长规律，以数控加工工艺为主线，从工艺实施的生产实际出发，将切削加工基本理论和知识，各种常用加工方法，常规机械加工工艺和数控加工工艺，常用的刀具、夹具和辅具等内容有机地结合为一体，设计由简单到复杂、由单一要素到多要素综合数控加工工艺分析编制，共十个项目。项目1~项目9采用“项目驱动、任务引领”的方式，按典型数控加工零件的分类(分为轴类、套类、盘类和薄壁套类零件、平面类、型腔曲面类和镗铣箱体类零件及复杂零件数控加工工艺分析编制)；项目十按数控车、数控铣/加工中心高级工国家职业标准技能要求，进行数控加工工艺职业能力的考核。本书项目案例大多数来自于生产实际，利于培养学生的职业能力，具有示范性，同时本书还具有内容全面、系统、实用性强的特点。

本书内容涵盖了数控车床、数控铣床/加工中心操作工的国家职业标准的大部分知识点和技能点，可作为中等职业学校、技工学校数控技术应用专业教材，也可作为职业技术学院机电一体化、机械制造类专业教材以及数控铣床操作工和加工中心操作工技能鉴定辅导用书。

前言

本教材是以教育部数控技术应用型紧缺人才的培训方案为指导思想,按照“高职高专专业人才培养目标及规格”的要求,结合“理论够用,重在实践”这一指导原则编写的。教材通过在各项目中介绍典型零件的数控加工技术、数控加工的切削基础、数控加工工艺设计及数控加工工艺文件、数控加工的工具系统、夹具、复杂形状零件的数控加工工艺,将数控车削、数控铣削、加工中心加工分析与数控加工基本理论和知识融会贯通。讲授知识由浅入深、循序渐进、讲解详细,使本教材具有针对性、可操作性和实用性;注重理论知识的实际应用和学生实践能力的培养,从学生的认知规律出发,以适应培养生产一线技术应用型人才的需求。教材内容丰富,详简得当,实用性强,既有理论又有实例,内容体系符合教学规律。各章均附能力巩固提高,供教学参考。

本书由莱芜职业技术学院孙召瑞、房玉胜任主编,李英、吴修彬、王婧、孙贵斌任副主编,莱芜市高级技工学校于春海、周志扬老师也参与了编写任务。主要分工如下:周志扬老师编写简易回转体轴类零件数控车削加工工艺编制;王婧老师编写简易回转体盘、套类零件数控车削加工工艺编制;李英老师编写简易偏心回转体类零件数控车削加工工艺编制;孙召瑞老师编写回转体类零件数控车削综合加工工艺编制、复杂零件数控综合加工工艺编制;房玉胜老师编写简易数控铣削加工工艺编制、数控铣削零件综合加工工艺编制;吴修彬老师编写数控镗铣孔(含螺纹孔加工工艺编制);孙贵斌老师编写箱体类零件加工中心综合加工工艺编制;于春海老师编写数控加工职业能力综合考核。莱钢集团机械厂梁栋工程师审阅了全部书稿并提出了很多宝贵的意见,编者对您表示感谢。

由于编者水平有限,加之在编写过程中过于匆忙,疏漏之处在所难免,希望读者提出宝贵的建议。

编者

绪 论

一、数控加工过程与数控加工工艺系统

1. 数控加工过程

数控加工，是指在数控机床上进行零件加工的一种工艺方法。数控机床加工与传统机床加工的工艺规程从总体上说是一致的，但也发生了明显的变化。它用数字信息控制零件和刀具位移，是解决零件品种多变、批量小、形状复杂、精度高等问题和实现高效化和自动化加工的有效途径。

数控加工就是根据零件图样、工艺技术要求等原始条件，编制零件数控加工程序，输入数控机床的数控系统，以控制数控机床中刀具相对于工件的运动轨迹，从而完成零件的加工。利用数控机床完成零件的加工过程，如图 0-1 所示。

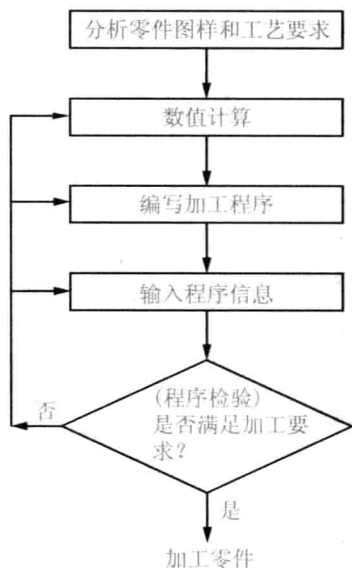


图 0-1 数控加工示意图

由图 0-1 可以看出，数控加工过程的主要工作内容包括以下 5 个方面。

(1) 根据零件加工图样和工艺要求进行工艺分析，确定加工方案、工艺参数等。

(2) 用规定的程序代码和格式编写零件的加工程序单；或用自动编程软件进行 CAD/CAM 工作，直接生成零件的数控加工程序文件。

(3) 程序的输入或传输。手工编程时，可以通过数控机床的操作面板输入程序；由自动编程软件生成的数控加工程序，通过计算机的串行通信接口直接传输到机床控制单元 (Machine Control Unit, MCU)。

(4)将输入或传输到数控装置的数控加工程序进行试运行与刀具路径模拟等。

(5)通过对机床的正确操作，运行程序，完成零件的加工。

2. 数控加工工艺系统

由图 0-1 可以看出，数控加工过程是在一个由数控机床、刀具、夹具和工件构成的数控加工工艺系统中完成的，数控加工程序是控制刀具相对于工件的运动轨迹。因此，由数控机床、夹具、刀具和工件等组成的统一体称为数控加工工艺系统。图 0-2 所示为数控加工工艺系统的构成及其相互关系。数控加工工艺系统性能的好坏，直接影响零件的加工精度和表面质量。

(1)数控机床。数控机床是数字控制机床(Computer numerical control machine tools)的简称，是一种装有程序控制系统的自动化机床。数控机床是一种技术密集度和自动化程度都比较高的机电一体化加工装备，是实现数控加工的主体，是零件加工的工作机械。

(2)夹具。装夹工件(引导刀具)的装置统称为夹具。机械制造过程中夹具用来固定加工对象，使之占有正确位置。在机械制造过程中，夹具的使用十分广泛，从毛坯制造到产品装配以及检测的各个生产环节，都有许多不同种类的夹具。

(3)刀具。金属切削刀具是现代机械加工中的重要工具。无论是普通机床还是数控机

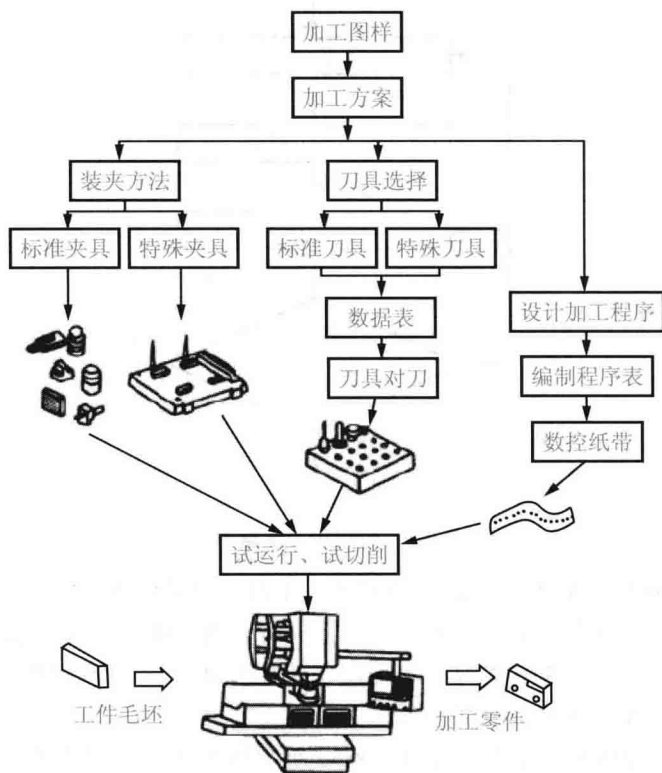


图 0-2 数控加工工艺系统

床都必须依靠刀具才能完成切削工作。由于机械制造中使用的刀具，基本上都用于切削金属材料，所以“刀具”一词就理解为金属切削刀具。

(4)工件。工件是加工的生产对象，是数控加工的对象。

二、数控加工工艺的特点与数控加工工艺过程的主要内容

1. 数控加工工艺的特点

由于数控加工采用计算机数控系统的数控机床，使得数控加工与普通加工相比具有加工自动化程度高，加工精度高，加工质量稳定，生产效率，生产周期短，设备使用费用高等特点。因此，数控机床加工工艺与普通机床加工工艺相比，具有如下特点。

(1)数控加工工艺内容要求十分具体、详细。所有工艺问题必须事先设计和安排好，并编入加工程序中。数控加工工艺不仅包括详细的切削加工步骤和所用工装夹具的装夹方案，还包括刀具的型号、规格、切削用量和其他特殊要求的内容以及标有数控加工坐标位置的工序图等。在自动编程中更需要确定详细的各种加工工艺参数。

(2)数控加工工艺设计要求更严密、准确。数控加工过程中，可能遇到的所有问题必须事先精心考虑到，否则将导致严重的后果。

例如，攻螺纹时，数控机床不知道孔中是否挤满了铁屑，是否需要退刀清理铁屑后再继续加工。又例如，用普通机床加工时，可以多次“试切”来满足零件的精度要求；而在数控加工过程中，严格按照规定尺寸进给，要求准确无误。因此，数控加工工艺设计要求更加严密、精确。

(3)制定数控加工工艺要进行零件图样的数学处理和编程尺寸设定值的计算。编程尺寸并不是零件图上设计尺寸的简单再现，在对零件图进行数学处理和计算时，编程尺寸设定值要根据零件尺寸公差要求和零件的形状几何关系重新调整计算，才能确定合理的编程尺寸。

(4)要考虑进给速度对零件形状精度的影响。制定数控加工工艺时，选择切削用量要考虑进给速度对加工零件形状精度的影响。在数控加工中，刀具的移动轨迹是由插补运算完成的。根据插补原理分析，在数控系统已定的条件下，进给速度越快，则插补精度越低，导致工件的轮廓形状精度越差，尤其在高精度加工时，这种影响非常明显。

(5)强调刀具选择的重要性。刀具材料、几何参数等对加工过程的影响同样起着决定性作用，特别是复杂型面的加工编程通常采用自动编程的方式。在自动编程中，必须先选定刀具再生成刀具中心运动轨迹，因此对于不具有刀具补偿功能的数控机床来说，若刀具预先选择不当，所编程序只能推倒重来。

(6)数控加工工艺的加工工序相对集中。由于数控机床特别是功能复合化的数控机床，一般都带有自动换刀装置，在加工过程中能够自动换刀，一次装夹即可完成多道工序或全部工序的加工。因此，数控加工工艺的明显特点是工序相对集中，表现为工序数目少，工序内容多，并且由于在数控机床上尽可能安排较复杂的加工工序，所以数控加工工艺的工序内容比普通机床加工的工序内容复杂。

2. 数控加工工艺过程的主要内容

由以上内容可知,实现数控加工编程是关键。但只有编程还不行,数据加工编程前必须要做一系列准备工作,编程后要做善后处理工作。

数控加工工艺过程有以下主要内容。

- (1)选择并确定进行数控加工的内容。
- (2)对零件图进行数控加工工艺分析。
- (3)数控加工的工艺设计。
- (4)对零件图纸的数学处理。
- (5)编写加工程序单。
- (6)按程序单输入机床系统。
- (7)程序的校验与修改。
- (8)首件试加工与现场问题处理。
- (9)数控加工工艺文件的定型与归档。

目 录

绪 论	1
项目 1 简易回转体轴类零件数控车削加工工艺编制	5
单元 1 数控车削加工工艺入门	5
能力目标	5
工作任务	6
背景知识	6
资料一 数控车削机床的选择	6
资料二 零件图样工艺分析	15
资料三 拟定数控车削加工工艺路线	20
资料四 找正装夹方案及夹具选择	31
资料五 刀具选择	40
资料六 切削用量选择	61
资料七 填写数控加工工序卡和刀具卡	65
能力训练	67
能力巩固提高	67
能力评价	68
单元 2 编制短光轴零件数控车削加工工艺	69
能力目标	69
工作任务	69
加工案例工艺分析与编制	69
能力训练	73
能力巩固提高	73
能力评价	73
单元 3 编制阶梯轴数控车削加工工艺	74
能力目标	74
工作任务	74
背景知识	75

资料一 切槽与切断工艺	75
资料二 常见的切槽刀与切断刀	76
加工案例工艺分析与编制	76
能力训练	79
能力巩固提高	79
能力评价	79
单元 4 编制细长轴数控车削加工工艺	80
能力目标	80
工作任务	80
背景知识	81
资料一 细长轴的结构与工艺特点	81
资料二 车削细长轴时的工艺处理	81
资料三 四爪卡盘	83
加工案例工艺分析与编制	84
能力训练	86
能力巩固提高	86
能力评价	86
单元 5 编制螺纹数控车削加工工艺	86
能力目标	86
工作任务	87
背景知识	88
资料一 螺纹加工工艺	88
资料二 螺纹牙形高度(螺纹总切深)的确定	89
资料三 车削螺纹时轴向进给距离的确定	89
资料四 内外螺纹加工与外螺纹车刀和螺纹车刀片	89
资料五 车削螺纹时主轴转速的确定	90
资料六 车削螺纹时应遵循的几个原则	91
资料七 常见的螺纹加工方法	92
加工案例工艺分析与编制	93
能力训练	95
能力巩固提高	95
能力评价	96
单元 6 编制外圆弧曲面零件数控车削加工工艺	96
能力目标	96
工作任务	96

背景知识	97
资料一 零件图形的数学处理及编程尺寸设定值的确定	97
资料二 外圆弧面轴类零件数控车削刀具选择	100
加工案例工艺分析与编制	101
能力训练	103
能力巩固提高	103
能力评价	104

项目2 简易回转体盘、套类零件数控车削加工工艺编制

.....	105
单元1 编制简易盘类零件数控车削加工工艺	105
能力目标	105
工作任务	106
背景知识	107
资料一 盘类零件的工艺特点	107
资料二 加工盘类零件的常用夹具	107
资料三 内孔(圆)加工刀具	109
加工案例工艺分析与编制	110
能力训练	112
能力巩固提高	112
能力评价	113
单元2 编制简易套类零件数控车削加工工艺	113
能力目标	113
工作任务	114
背景知识	115
资料一 套类零件的加工工艺特点及毛坯选择	115
资料二 套类零件的定位与装夹方案	115
资料三 加工套类零件的常用夹具	117
加工案例工艺分析与编制	118
能力训练	120
能力巩固提高	120
能力评价	121
单元3 编制简易套类零件外圆弧曲面数控车削加工工艺	121
能力目标	121
工作任务	122
加工案例工艺分析与编制	122

能力训练	125
能力巩固提高	125
能力评价	126
单元 4 编制简易回转体套类零件内圆弧曲面数控车削加工工艺	126
能力目标	126
工作任务	126
加工案例工艺分析与编制	127
能力训练	130
能力巩固提高	130
能力评价	130
项目 3 简易偏心回转体类零件数控车削加工工艺编制	131
背景知识	132
资料一 偏心回转体类零件的工艺特点	132
资料二 加工偏心回转体类零件的常用夹具	133
资料三 加工偏心回转体类零件的常用装夹方案	133
加工案例工艺分析与编制	136
能力训练	138
能力巩固提高	138
能力评价	138
项目 4 回转体类零件数控车削综合加工工艺编制	140
单元 1 分析编制回转体轴类零件数控车削综合加工工艺	141
能力目标	141
工作任务	141
加工案例工艺分析与编制	141
能力训练	145
能力巩固提高	145
能力评价	145
单元 2 分析编制回转体套类零件数控车削综合加工工艺	146
能力目标	146
工作任务	146
加工案例工艺分析与编制	147
能力训练	150
能力巩固提高	151
能力评价	151

单元 3 分析编制回转体盘类零件数控车削综合加工工艺	152
能力目标	152
工作任务	152
加工案例工艺分析与编制	152
能力训练	155
能力巩固提高	155
能力评价	155
单元 4 回转体薄壁套类零件数控车削综合加工工艺	155
能力目标	155
工作任务	155
加工案例工艺分析与编制	157
能力训练	165
能力巩固提高	165
能力评价	166
项目 5 简易数控铣削加工工艺编制	167
单元 1 数控铣削加工工艺设计入门	167
能力目标	167
工作任务	168
背景知识	168
资料一 数控铣削机床选择	168
资料二 零件图样工艺分析	174
资料三 拟定数控铣削加工工艺路线	179
资料四 找正装夹方案及夹具选择	189
资料五 刀具选择	194
资料六 切削用量选择	201
资料七 填写数控加工工序卡和刀具卡	204
能力训练	204
能力巩固提高	205
能力评价	205
单元 2 编制数控铣削平面加工工艺	207
能力目标	207
工作任务	207
加工案例工艺分析与编制	207
能力训练	210
能力巩固提高	210

能力评价	210
单元 3 编制数控铣削零件外轮廓加工工艺	211
能力目标	211
工作任务	211
背景知识	212
资料 零件图形的数学处理及编程尺寸设定值的确定	212
加工案例工艺分析与编制	213
能力训练	215
能力巩固提高	215
能力评价	216
单元 4 编制数控铣削零件内轮廓(凹槽型腔)加工工艺	216
能力目标	216
工作任务	216
背景知识	217
资料 内槽(型腔)起始切削的加工方法	217
加工案例工艺分析与编制	219
能力训练	220
能力巩固提高	221
能力评价	221
项目 6 数控铣削零件综合加工工艺编制	222
单元 1 分析编制平面轮廓零件数控铣削综合加工工艺	222
能力目标	222
工作任务	222
加工案例工艺分析与编制	223
能力训练	226
能力巩固提高	227
能力评价	227
单元 2 分析编制型腔类模具数控铣削综合加工工艺	228
能力目标	228
工作任务	228
背景知识	229
资料 数控铣削模具的加工工艺特点	229
加工案例工艺分析与编制	231
能力训练	233
能力巩固提高	233

能力评价	234
项目 7 数控镗铣孔(含螺纹孔)加工工艺编制	235
单元 1 数控镗铣孔加工零件(含螺纹孔)加工工艺设计	235
能力目标	235
工作任务	236
背景知识	236
资料一 数控镗铣孔加工机床选择	236
资料二 零件图样工艺分析	245
资料三 拟定数控镗铣孔加工工艺路线	247
资料四 找正装夹方案及夹具选择	257
资料五 刀具选择	262
资料六 切削用量选择	274
资料七 填写数控加工工序卡和数控加工刀具卡	276
能力训练	276
能力巩固提高	277
能力评价	278
单元 2 编制数控镗铣孔加工零件(含螺纹孔)加工工艺	279
能力目标	279
工作任务	279
加工案例工艺分析与编制	279
能力训练	283
能力巩固提高	283
能力评价	284
项目 8 箱体类零件加工中心综合加工工艺编制	285
单元 1 分析编制柴油机机体加工中心综合加工工艺	287
能力目标	287
工作任务	287
加工案例工艺分析与编制	287
能力训练	291
能力巩固提高	292
能力评价	292
单元 2 分析编制柴油机缸盖加工中心综合加工工艺	292
能力目标	292
工作任务	292
加工案例工艺分析与编制	294