

附赠光盘内容：

- ◆ 2.5G 视频文件
- ◆ 实例源文件、结果文件



UG NX

数控编程专家精讲

(适用于UG NX 4.0-7.0)

付涛 编著

数控编程专家教学

由UG数控工程师与教学专家倾力编著，凝聚多年开发与设计经验

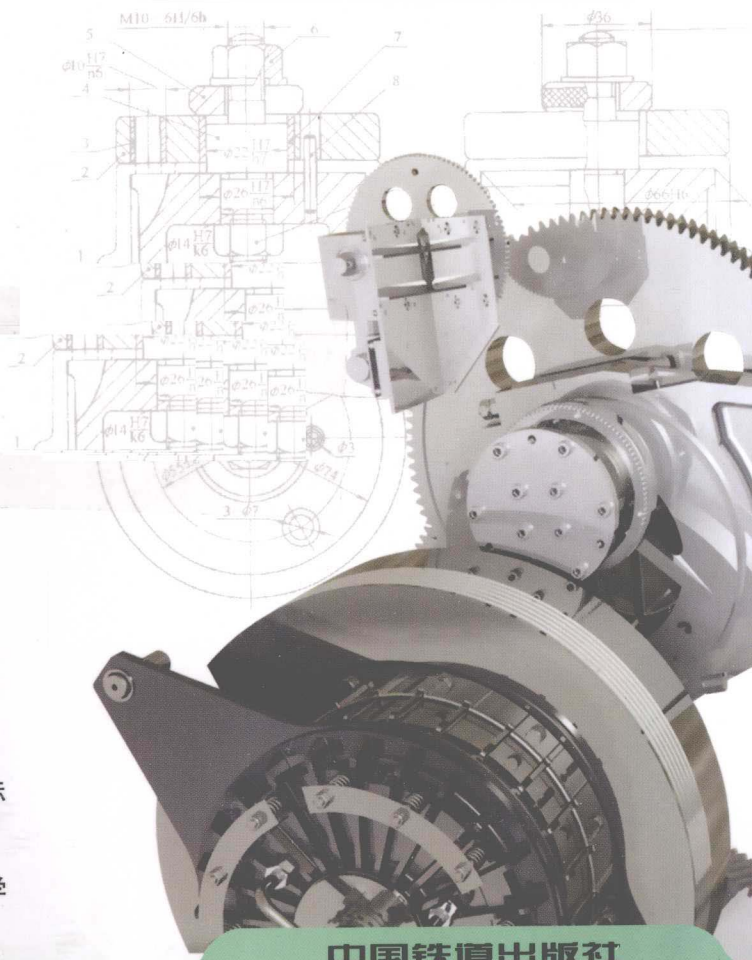
按岗位要求精选内容

按企业数控加工岗位用人标准精心规划内容，快速达到职业工程师岗位技能要求

全新高效学习课程设计

软件基本操作结合实用加工范例，配合多媒体教学软件，提供专家点拨解决学习疑惑，彻底精通UG数控加工的精髓

- ◆ 覆盖UG模具设计技术，全面实用
- ◆ 34个源于生产一线的工程案例，贴近实际
- ◆ 实例操作图解演示，清晰易懂
- ◆ 长达7小时的视频教学文件，边看边学

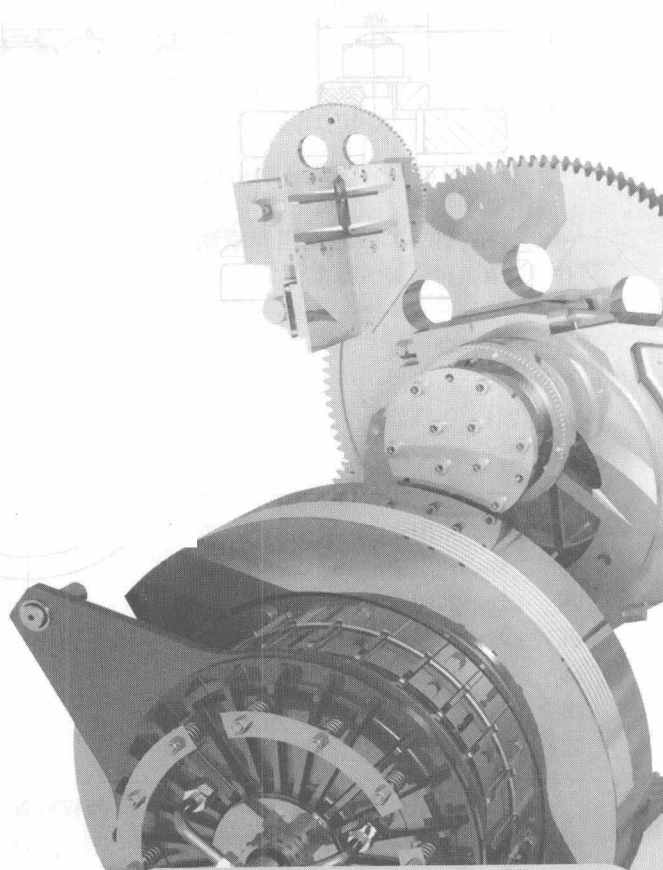


中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

UG NX

数控编程专家精讲

付涛 编著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

Unigraphics (UG) 是目前世界上应用最普遍、最富竞争力 CAD/CAE/CAM 精密集成的高端软件之一, 在制造业的各个领域, 如航空航天、汽车、模具和精密机械等行业有着日益广泛的应用, 已成为这些行业中不可缺少的工具软件。UG 软件的功能非常强大, 所包含的模块也非常多, 涉及工业设计与制造的各个层面。UG 的加工模块 CAM 系统拥有强大的加工能力, 是 UG 软件最重要的模块之一。

UG 的加工功能由多个加工模块提供, 如 MILL_PLANAR (平面铣)、MILL_CONTOUR (轮廓铣)、MILL_MULTI_AXIS (多轴铣)、Turning (车削加工) 和 WIRE_EDM (线切割) 等。其中, 平面铣模块提供了粗加工单个和多个型腔的功能, 可沿任意形状走刀, 产生复杂的刀具路径。当检测到异常的切削区域时, 它可修改刀具路径, 或者在规定的公差范围内加工出型芯或型腔。轮廓铣和多轴铣模块用于对表面轮廓进行精加工, 它们提供了多种驱动方法和走刀方式, 可根据零件表面轮廓选择切削路径和切削方法。

本书内容翔实、条理清晰、实例丰富、讲解完整, 根据多年来笔者在职教领域 CAD/CAM 的教学实践, 总结出一些实用的 UG CAM 加工经验, 力求使读者能快速掌握 UG CAM 各加工模块的应用及各项功能命令的操作和使用, 是初学者学习 UG CAM 数控编程不可多得的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

UG NX 数控编程专家精讲/付涛编著. —北京:
中国铁道出版社, 2010. 11
ISBN 978-7-113-11746-7

I. ①U… II. ①付… III. ①数控机床-程序设计
应用软件, UG NX VI. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 146186 号

书 名: UG NX 数控编程专家精讲
作 者: 付 涛 编著

责任编辑: 韩中领
特邀编辑: 田学清
封面设计: 王晓武
版式设计: 于 洋

读者热线电话: 400-668-0820
编辑助理: 马洪霞
封面制作: 白 雪
责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社 (北京市宣武区右安门西街 8 号 邮政编码: 100054)

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

版 次: 2010 年 11 月第 1 版

2010 年 11 月第 1 次印刷

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 27

字数: 634 千

印 数: 3 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-11746-7

定 价: 59.00 元 (附赠光盘)

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有印制质量问题, 请与本社计算机图书批销部联系调换。

Foreword 前言

Unigraphics Solutions (UGS) 是全球著名的 MCAD 供应商, 主要为汽车与交通、航空航天、日用消费品、通用机械以及电子工业等领域通过其虚拟产品开发 (VPD) 的理念提供多级化的、集成的、企业级的包括软件产品与服务在内的完整的 MCAD 解决方案。

源于 UGS 数字化产品开发方案, Unigraphics NX (UG NX) 针对机床加工编程研发出了一套完善的、经过实践检验的系统。NX 机械加工将 NX 的产品开发方案完美地组成一个整体, NC 程序员可以在相同且统一的系统下直接进行全面设计、装配和工程制图。制造结合性意味着设计可以根据加工工艺情况自动进行改变。运用这套完整的开发方案, 程序员和制造工程师只需对部件模型进行操作, 就可以制作和组装夹具、设置车床路径, 甚至可以应用三维加工模拟对整套设备进行模拟。

本书特色与内容简介

本书对 UG NX CAM 加工环境中涉及的主要切削加工模块的菜单命令、对话框、按钮等做了非常详细的说明, 使初学者能快速地掌握 CAM 编程的基本知识。

本书的特色主要体现在以下几个方面。

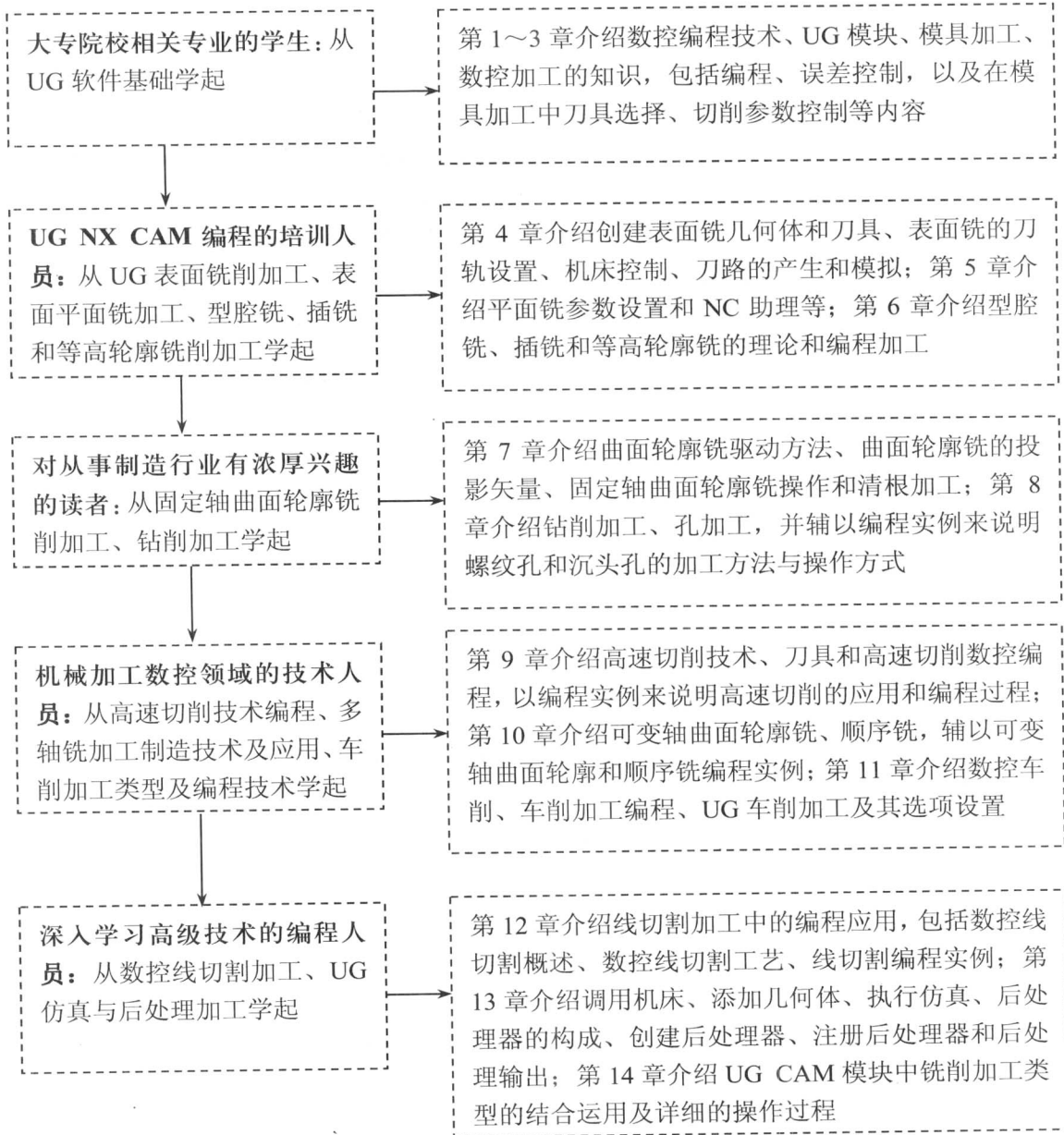
- ❑ 模块化: 本书的 CAM 编程技术及模块知识的介绍, 采用理论与实际相结合的方法向读者加以讲解, 使读者能掌握原理、学有所用。
- ❑ 实例丰富: CAM 中常见的切削加工模块的编程应用均以实例演示。
- ❑ 视频讲解: 随书光盘附以多个典型、生动案例的视频动画, 辅助读者学习实例操作。
- ❑ 案例经典: 随书光盘备有大量的经典案例, 以帮助读者练习和检验所学的内容。
- ❑ 内容全面: 本书以通俗易懂、生动活泼的语言, 全面、系统、由浅入深地讲解了 UG NX 在数控编程的车、铣、钻等方面的应用方法。

本书内容与用户

本书主要以由总到分、由浅入深、由理论知识到实际应用的阅读模式, 将 UG NX 的 CAM 与编程技术的详细过程介绍给读者, 尤其适合初级读者逐步学习和完善自己的知识。

全书内容包括数控编程和 UG NX CAM 的基础知识、模板的使用、平面铣削加工、轮廓铣削加工、钻削加工、车削加工、线切割加工、程序仿真模拟、加工实例等。

全书共分 14 章, 每个章节根据不同的 UG 切削类型进行分类讲解, 内容翔实, 主要内容如下:



由于编者水平有限，书中如有疏漏与不足之处，欢迎广大读者批评指正。

E-mail: wadye82@gmail.com

编者
2010年5月

Contents 目 录

第 1 章 数控技术应用简介	1
1.1 数控加工概述.....	1
1.1.1 数控加工原理.....	1
1.1.2 数控加工特点.....	3
1.1.3 数控机床结构.....	3
1.1.4 数控机床分类.....	4
1.1.5 数控加工术语.....	5
1.2 数控加工工艺基础.....	6
1.2.1 数控加工工艺设计内容.....	6
1.2.2 工序的划分.....	7
1.2.3 加工刀具的选择.....	7
1.2.4 刀具选择注意事项.....	10
1.2.5 走刀路线的选择.....	12
1.2.6 切削用量的确定.....	15
1.2.7 对刀点的选择.....	17
1.2.8 起止高度与安全高度.....	17
1.2.9 刀具半径补偿和长度补偿.....	18
1.2.10 顺铣与逆铣.....	18
1.2.11 冷却液开关.....	19
1.2.12 拐角控制.....	19
1.2.13 轮廓控制.....	20
1.2.14 区域加工顺序.....	20
1.3 数控编程基础.....	21
1.3.1 数控编程内容及步骤.....	21
1.3.2 数控编程的方法.....	22
1.3.3 数控程序格式.....	23
1.3.4 主要功能指令.....	24
1.3.5 数控机床数控系统.....	25
1.4 数控编程的误差控制.....	28
1.4.1 刀轨计算误差.....	29
1.4.2 残余高度.....	29
1.5 CAD/CAM 技术在数控机床中的应用.....	31
1.5.1 数控机床与 CAD/CAM.....	31
1.5.2 CAD/CAM 的集成系统.....	33
1.5.3 UG II 简介.....	33
第 2 章 UG NX CAM 入门	34
2.1 UG CAM 概述.....	34
2.1.1 UG CAM 模组的功能及特点.....	34
2.1.2 UG CAM 中相关工具简介.....	35
2.1.3 UG CAM 加工类型.....	37

2.2	UG NX CAM 模块简介	37
2.2.1	UG NX CAM 初始化设置	37
2.2.2	UG NX CAM 加工界面	39
2.2.3	主菜单选项与工具栏按钮	39
2.2.4	操作导航器	40
2.2.5	操作导航器中的列和状态指示符	42
2.3	创建程序组	44
2.4	创建刀具组	45
2.4.1	刀具参数设置	45
2.4.2	从切削库中调用刀具	49
2.4.3	刀具子类型	50
2.5	创建几何体组	52
2.5.1	MCS (机床坐标系)	53
2.5.2	工件 (WORKPIECE) 和铣削几何体 (MILL_GEOM)	55
2.5.3	铣削区域 (MILL_AREA)	56
2.5.4	铣削边界 (MILL_AREA)	57
2.5.5	铣削文本 (MILL_TEXT)	58
2.6	创建方法组	59
2.7	使用加工边界	61
2.7.1	了解铣边界类型	61
2.7.2	关联性	63
2.7.3	材料侧	63
2.7.4	使用开放和封闭边界	64
2.7.5	确定刀具位置	65
2.7.6	边界的起点和终点	65
2.7.7	永久边界	66
2.8	创建操作	66
2.9	使用处理器	68
第 3 章	UG CAM 模具加工基础	70
3.1	模具基础	70
3.1.1	模具的组成	70
3.1.2	模具的种类与结构	71
3.1.3	数控加工中常见的模具零件结构	74
3.2	走刀和切削方式的选择	75
3.2.1	走刀方式	75
3.2.2	切削方式	76
3.3	UG 模具加工的刀具选择	76
3.3.1	刀具选择的原则	76
3.3.2	刀具的切入与切出	78
3.4	UG 切削参数的控制	79
3.4.1	主轴转速	79
3.4.2	进给速度与刀具切入进给速度	79
3.4.3	背吃刀量	79
3.5	其他参数的设置	80

3.6	高速切削在模具加工中的应用.....	80
3.6.1	高速加工的必备要素.....	80
3.6.2	高速铣削加工与传统铣削加工的比较.....	81
3.6.3	高速铣削加工与电火花加工的比较.....	81
3.6.4	高速铣削对切削刀具的要求.....	82
3.6.5	高速铣削对 CAM 和编程工艺的要求.....	82
3.7	UG 电极加工.....	84
3.7.1	电极基础.....	84
3.7.2	电极拆分工艺流程.....	87
3.7.3	电极编程加工注意事项.....	89
3.8	模具前后模编程注意事项.....	90
3.8.1	前模(定模)编程注意事项.....	90
3.8.2	后模(动模)编程注意事项.....	91
3.9	模具加工过程中的常见问题.....	91
3.9.1	“撞刀”现象.....	91
3.9.2	“弹刀”现象.....	93
3.9.3	“过切”现象.....	93
3.9.4	“漏加工”现象.....	93
3.9.5	“多余加工”现象.....	94
3.9.6	“空刀过多”现象.....	95
3.9.7	残料的计算.....	95
第 4 章	UG 表面铣.....	97
4.1	表面铣概述.....	97
4.1.1	表面铣操作.....	97
4.1.2	表面铣的优点.....	99
4.1.3	表面铣操作步骤.....	99
4.2	创建表面铣几何体和刀具.....	99
4.2.1	几何体.....	100
4.2.2	刀具.....	102
4.2.3	刀轴.....	102
4.3	表面铣的刀轨设置.....	103
4.3.1	方法.....	103
4.3.2	切削模式.....	104
4.3.3	步距.....	112
4.3.4	切削参数.....	114
4.3.5	非切削移动.....	121
4.3.6	进给和速度.....	126
4.4	机床控制.....	127
4.5	刀路的产生与模拟.....	127
4.5.1	生成与重播.....	127
4.5.2	确认.....	128
4.5.3	列表.....	132
4.6	表面铣编程实例一.....	132
4.6.1	加工工艺分析.....	132

4.6.2	粗加工区域面.....	133
4.6.3	半精加工槽侧面区域.....	137
4.6.4	半精加工槽底面区域.....	139
4.6.5	精加工槽侧面区域.....	140
4.6.6	精加工槽底面区域.....	141
4.6.7	刀路模拟.....	142
4.7	表面铣编程实例二.....	142
4.7.1	加工工艺分析.....	143
4.7.2	半精加工中间深腔.....	143
4.7.3	半精加工其余槽.....	145
4.7.4	精加工所有槽特征的底面.....	146
第5章	UG 平面铣	148
5.1	平面铣概述.....	148
5.1.1	平面铣削种类.....	148
5.1.2	平面铣与表面铣的区别.....	149
5.2	平面铣的参数设置.....	150
5.2.1	创建几何体.....	150
5.2.2	切削层.....	157
5.3	NC 助理.....	159
5.4	平面铣编程实例一.....	160
5.4.1	加工环境初始化.....	161
5.4.2	加工模型分析.....	161
5.4.3	创建平面铣操作.....	163
5.4.4	刀路模拟.....	169
5.5	平面铣编程实例二.....	169
5.5.1	加工环境初始化.....	170
5.5.2	创建平面铣操作.....	170
第6章	UG 型腔铣	175
6.1	型腔铣概述.....	175
6.1.1	轮廓铣分类.....	175
6.1.2	型腔铣的操作步骤.....	176
6.2	型腔铣参数设置.....	177
6.2.1	指定几何体.....	177
6.2.2	全局每刀深度.....	177
6.2.3	型腔铣的切削层.....	177
6.2.4	型腔铣的切削参数.....	179
6.3	插铣.....	182
6.3.1	创建插铣操作.....	183
6.3.2	插铣的刀轨设置.....	183
6.3.3	通过插铣进行粗加工.....	184
6.3.4	通过插铣进行精加工.....	184
6.3.5	插铣刀具.....	186
6.4	等高轮廓铣.....	186

6.4.1	等高轮廓铣概述.....	186
6.4.2	创建等高轮廓铣操作.....	187
6.4.3	等高轮廓铣的刀轨设置.....	187
6.5	型腔铣编程实例.....	189
6.5.1	型腔铣加工准备.....	189
6.5.2	型腔粗铣.....	193
6.5.3	二次开粗.....	195
6.5.4	三次开粗.....	197
6.6	等高轮廓铣编程实例.....	198
6.6.1	等高轮廓半精加工.....	199
6.6.2	等高轮廓精加工.....	201
第 7 章	曲面轮廓铣.....	202
7.1	曲面轮廓铣概述.....	202
7.1.1	曲面轮廓铣的铣削原理.....	202
7.1.2	曲面轮廓铣分类.....	203
7.1.3	曲面轮廓铣操作步骤.....	203
7.1.4	曲面轮廓铣术语.....	203
7.2	固定轴曲面轮廓铣的驱动方法.....	204
7.2.1	曲线/点.....	204
7.2.2	螺旋式.....	205
7.2.3	边界.....	206
7.2.4	区域铣削.....	207
7.2.5	表面积(曲面区域).....	207
7.2.6	刀轨.....	207
7.2.7	径向切削.....	207
7.2.8	流线.....	208
7.2.9	清根.....	208
7.2.10	文本.....	208
7.3	投影矢量.....	209
7.3.1	指定矢量.....	209
7.3.2	刀轴.....	210
7.3.3	远离点.....	210
7.3.4	朝向点.....	210
7.3.5	远离直线.....	210
7.3.6	朝向直线.....	211
7.3.7	垂直于驱动体.....	211
7.3.8	朝向驱动体.....	211
7.3.9	侧刃划线.....	212
7.3.10	投影矢量注意事项.....	212
7.4	固定轴曲面轮廓铣操作.....	212
7.4.1	几何体.....	213
7.4.2	驱动方法.....	213
7.4.3	投影矢量.....	218
7.5	固定轴曲面轮廓铣编程实例.....	218

7.5.1	精铣大曲面区域.....	219
7.5.2	精铣小区域曲面.....	221
7.5.3	精细倒圆角轮廓.....	222
7.6	清根加工.....	222
7.6.1	清根加工的操作步骤.....	222
7.6.2	清根加工类型.....	223
7.6.3	创建单刀路清根操作.....	223
7.6.4	清根驱动方法.....	224
7.7	清根加工编程实例.....	225
7.7.1	型芯轮廓清根加工.....	226
7.7.2	槽轮廓清根加工.....	227
第 8 章	钻削加工	229
8.1	钻削加工基础.....	229
8.1.1	钻床.....	229
8.1.2	钻削加工.....	230
8.1.3	铰削加工.....	231
8.1.4	镗削加工.....	231
8.1.5	孔加工固定循环指令.....	232
8.1.6	常用孔加工刀具.....	233
8.2	UG 孔加工.....	235
8.2.1	钻削类型.....	235
8.2.2	钻削刀具.....	236
8.3	孔加工公共选项设置.....	236
8.3.1	几何体.....	236
8.3.2	循环类型.....	238
8.3.3	深度偏置.....	241
8.3.4	刀轨设置.....	241
8.4	通孔加工编程实例.....	242
8.4.1	加工环境初始化.....	243
8.4.2	创建刀具.....	243
8.4.3	加工沉头孔.....	243
8.4.4	精镗加工.....	248
8.5	导柱孔加工编程实例.....	250
8.5.1	加工环境初始化.....	251
8.5.2	创建刀具.....	251
8.5.3	打定位孔.....	251
8.5.4	钻削加工盲孔.....	254
8.5.5	钻削加工通孔.....	256
8.5.6	钻削加工导柱孔.....	257
8.5.7	铰沉头孔.....	260
第 9 章	高速切削加工	263
9.1	高速切削技术简介.....	263
9.1.1	高速铣削的特点.....	264

9.1.2	高速铣削的不足.....	264
9.1.3	高速铣削的应用.....	264
9.2	高速铣削刀具.....	265
9.2.1	刀具材料.....	265
9.2.2	刀具结构.....	267
9.2.3	刀杆结构.....	268
9.2.4	刀具的选择.....	269
9.3	高速切削数控编程.....	269
9.3.1	高速切削对数控编程的具体要求.....	269
9.3.2	粗加工数控编程.....	271
9.3.3	精加工编程.....	272
9.3.4	UG CAM 中的功能.....	273
9.3.5	高速加工的切削策略.....	274
9.4	高速加工编程实例.....	274
9.4.1	替换刀具.....	275
9.4.2	更改刀轨参数.....	275
第 10 章	多轴铣加工.....	277
10.1	多轴铣概述.....	277
10.1.1	多轴铣分类.....	278
10.1.2	多轴加工基础.....	279
10.2	可变轴曲面轮廓铣.....	281
10.2.1	几何体.....	281
10.2.2	驱动方法.....	282
10.2.3	投影矢量.....	282
10.2.4	刀轴.....	283
10.3	顺序铣.....	284
10.3.1	选择刀具.....	285
10.3.2	参数设置.....	285
10.3.3	进刀运动.....	287
10.3.4	退刀运动.....	291
10.4	可变轴曲面轮廓铣编程实例.....	291
10.4.1	加工倒圆角面.....	292
10.4.2	加工弧形面.....	294
10.5	顺序铣编程实例.....	296
10.5.1	加工前期准备.....	296
10.5.2	创建顺序铣操作.....	297
第 11 章	车削加工.....	304
11.1	数控车削概述.....	304
11.1.1	数控车床.....	304
11.1.2	数控车削系统的基本功能及常用代码.....	305
11.1.3	数控车削加工的主要内容.....	307
11.1.4	车削加工工艺分析.....	308
11.2	车削加工编程基础.....	310

11.2.1	车削加工坐标系	310
11.2.2	数控车床切削用量的选择	312
11.2.3	车削刀具的种类与特点	315
11.2.4	车削刀具的选择	316
11.2.5	数控车削加工顺序的确定	317
11.3	UG 车削加工	318
11.3.1	UG 车削基本概念	318
11.3.2	车削加工类型	320
11.3.3	车削加工环境	321
11.3.4	车削加工步骤	322
11.4	车削加工公共选项设置	322
11.4.1	几何体	322
11.4.2	粗车、镗的切削策略	326
11.4.3	精镗(或轮廓加工)的切削策略	326
11.4.4	刀轨的一般设置	328
11.4.5	切削参数	331
11.4.6	非切削移动	336
11.5	车削加工编程实例一	339
11.5.1	工艺分析	339
11.5.2	车加工前期准备	339
11.5.3	粗车外圆	342
11.5.4	精车外圆	343
11.5.5	切槽和切断	345
11.6	车削加工编程实例二	347
11.6.1	工艺分析	348
11.6.2	车加工前期准备	348
11.6.3	粗车远端外圆	351
11.6.4	粗车近端外圆	353
11.6.5	精车远端和近端外圆	354
11.6.6	精车内孔	355
11.6.7	加工退刀槽	356
第 12 章 线切割加工		358
12.1	数控线切割概述	358
12.1.1	数控电火花线切割加工原理	358
12.1.2	数控电火花线切割加工特点	359
12.1.3	线切割机床的分类与组成	359
12.2	数控线切割工艺基础	359
12.2.1	模坯准备	360
12.2.2	工件的装夹	361
12.2.3	工件的调整	362
12.2.4	电极丝的选择	362
12.2.5	电极丝的调整	363
12.2.6	加工路线的选择	364
12.2.7	线切割 ISO 格式编程	364

12.3	UG 线切割.....	366
12.3.1	UG 线切割加工分类.....	366
12.3.2	线切割参数设置.....	367
12.4	线切割编程实例.....	372
12.4.1	加工外轮廓.....	373
12.4.2	加工内轮廓.....	375
第 13 章	UG 仿真与后处理.....	378
13.1	机床仿真.....	378
13.1.1	调用机床.....	379
13.1.2	添加几何体.....	380
13.1.3	执行仿真.....	381
13.2	UG/Post 后处理.....	382
13.2.1	UG/Post 后处理简介.....	382
13.2.2	UG/Post 的构成.....	383
13.2.3	UG/Post 的组成元素.....	383
13.2.4	后置处理的两种方式.....	384
13.3	UG/Post Builder 后置处理构造器.....	385
13.3.1	创建后处理器.....	385
13.3.2	注册后处理器.....	388
13.4	UG 后处理实例.....	388
13.4.1	初始设置.....	388
13.4.2	新建后处理器.....	389
13.4.3	后处理.....	395
第 14 章	综合加工实例.....	397
14.1	固定座零件加工.....	397
14.1.1	工艺流程分析.....	397
14.1.2	固定座零件粗加工.....	398
14.1.3	固定座零件半精加工.....	400
14.1.4	固定座零件精加工.....	401
14.1.5	后处理输出.....	405
14.2	5 轴叶轮高速加工.....	406
14.2.1	工艺流程分析.....	406
14.2.2	叶轮粗加工.....	407
14.2.3	叶轮半精加工.....	409
14.2.4	叶轮精加工.....	410
14.2.5	后处理输出.....	417

第 1 章 数控技术应用简介

知识要点

- 📖 数控加工概述
- 📖 数控加工工艺基础
- 📖 数控编程基础
- 📖 数控编程的误差控制
- 📖 CAD/CAM 技术在数控机床中的应用

随着航空工业、汽车工业和轻工消费品生产的高速增长,复杂形状的零件越来越多,精度要求也越来越高。数控技术是现代机械加工的重要基础与技术。

本章主要介绍数控编程技术应用的基础知识,其内容有数控加工概述、数控加工工艺基础、数控编程基础、数控编程的误差控制,以及 CAD/CAM 技术在数控机床中的应用。

▶▶▶ 1.1 数控加工概述

在机械制造过程中,应用数控加工可提高生产率、稳定加工质量、缩短加工周期、增加生产柔性、实现对各种复杂精密零件的自动化加工。图 1-1 所示为数控加工中心。

数控加工中心易于在工厂或车间实行计算机管理,可使车间设备总数减少,节省人力,改善劳动条件,有利于加快产品的开发和更新换代的速度,提高企业对市场的适应能力并提高企业综合经济效益。

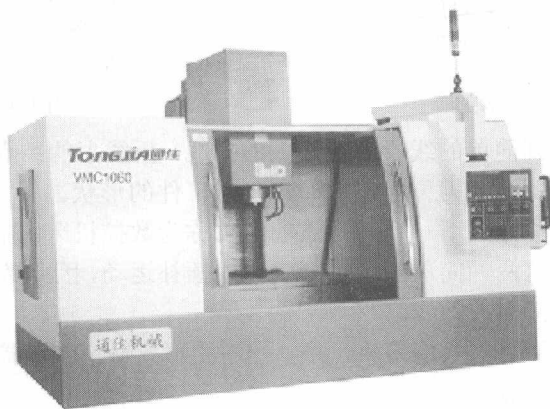


图 1-1 数控加工中心

▶▶▶ 1.1.1 数控加工原理

当操作工人使用机床加工零件时,通常都需要对机床的各种动作进行控制,一是控制动

作的先后次序，二是控制机床各运动部件的位移量。采用普通机床加工时，这种开车、停车、走刀、换向、主轴变速和开关切削液等操作都是由人工直接控制的。

采用自动机床和仿形机床加工时，上述操作和运动参数则是通过设计好的凸轮、靠模和挡块等装置以模拟量的形式来控制的，它们虽能加工比较复杂的零件，且有一定的灵活性和通用性，但是零件的加工精度受凸轮、靠模制造精度的影响，且工序准备时间也很长。数控加工的一般工作原理如图 1-2 所示。

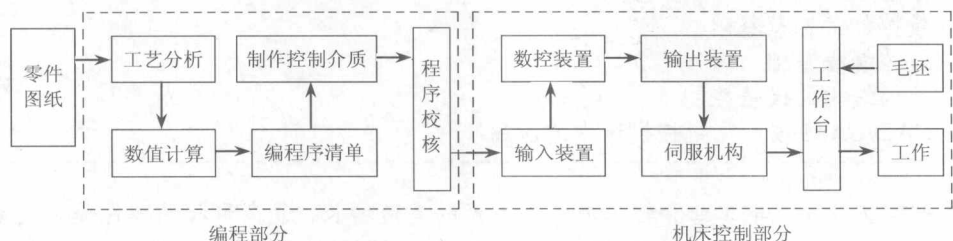


图 1-2 数控加工原理图

机床上的刀具和工件间的相对运动称为表面成形运动，简称成形运动或切削运动。数控加工是指数控机床按照数控程序所确定的轨迹（称为数控刀轨）进行表面成形运动，从而加工出产品的表面形状。图 1-3 和图 1-4 分别为一个平面轮廓加工和一个曲面加工的切削示意图。

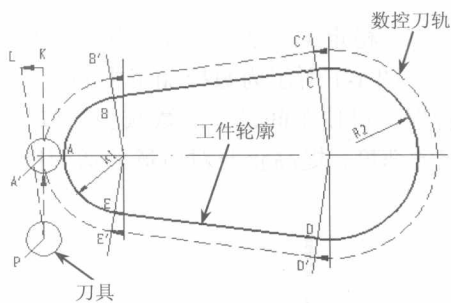


图 1-3 平面轮廓加工

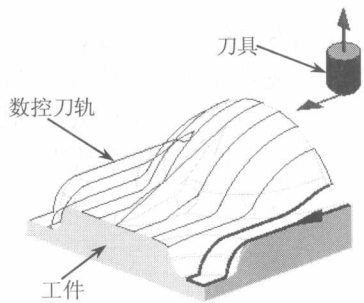


图 1-4 曲面加工

数控刀轨是由一系列简单的线段连接而成的折线，折线上的结点称为刀位点。刀具的中心点沿着刀轨依次经过每一个刀位点，从而切削出工件的形状。

刀具从一个刀位点移动到下一个刀位点的运动称为数控机床的插补运动。由于数控机床一般只能以直线或圆弧这两种简单的运动形式完成插补运动，因此数控刀轨只能是由许多直线段和圆弧将刀位点连接而成的线。

数控编程的任务是计算出数控刀轨，并以程序的形式输出到数控机床，其核心内容就是计算出数控刀轨上的刀位点。

在数控加工误差中，与数控编程直接相关的主要有以下两个部分。

- 刀轨的插补误差：由于数控刀轨只能由直线和圆弧组成，因此只能近似地拟合理想的加工轨迹，如图 1-5 所示。
- 残余高度：在曲面加工中，相邻两条数控刀轨之间会留下未切削区域，如图 1-6 所示，由此造成的加工误差称为残余高度，它主要影响加工表面的光洁度。

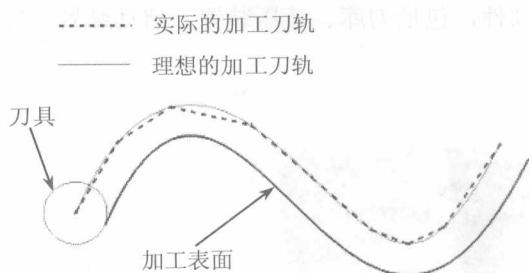


图 1-5 刀轨的插补误差

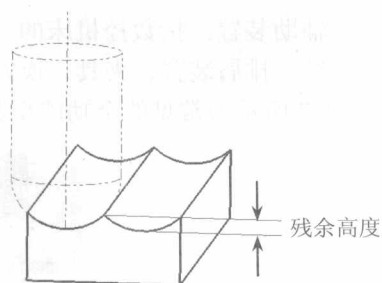


图 1-6 残余高度

1.1.2 数控加工特点

总的来说，数控加工有如下特点：

- ❑ 自动化程度高，具有很高的生产效率。除手工装夹毛坯外，其余加工过程都可通过数控机床自动完成。若配合自动装卸手段，则无人控制工厂的基本组成环节。数控加工减轻了操作者的劳动强度，改善了劳动条件；省去了画线、多次装夹定位、检测等工序及其辅助操作，有效地提高了生产效率。
- ❑ 对加工对象的适应性强。改变加工对象时，除了更换刀具和解决毛坯装夹方式外，只需重新编程即可，不需要进行其他任何复杂的调整，从而缩短了生产准备周期。
- ❑ 加工精度高，质量稳定。加工尺寸精度在 $0.005\sim 0.01\text{ mm}$ 之间，不受零件复杂程度的影响。由于大部分操作都由机器自动完成，因而消除了人为误差，提高了批量零件尺寸的一致性，同时精密控制的机床上还采用了位置检测装置，更加提高了数控加工的精度。
- ❑ 易于建立与计算机间的通信联络，容易实现群控。由于机床采用数字信息控制，易于与计算机辅助设计系统连接，形成 CAD/CAM 一体化系统，并建立起各机床间的联系，容易实现群控。

1.1.3 数控机床结构

采用数控技术进行控制的机床称为数控机床（NC 机床）。数控机床是一种高效的自动化数字加工设备，它严格按照加工程序自动对被加工工件进行加工。数控系统外部输入的直接用于加工的程序（手工输入、网络传输、DNC 传输）称为数控程序。执行数控程序对应的是数控系统内部的数控系统，数控系统是数控机床工作的核心部分。数控机床主要由机床本体、数控系统、驱动装置、辅助装置等几个部分组成。

- ❑ 机床本体：数控机床的机械部分，主要包括支承部件（床身、立柱等）、主运动部分（主轴箱）、进给运动部件（工作台滑板、刀架）等。
- ❑ 数控系统（CNC 装置）：数控机床的控制核心，一般是一台专用的计算机。
- ❑ 驱动装置：数控机床执行机构的驱动部分，包括主轴电动机、进给伺服电动机等。