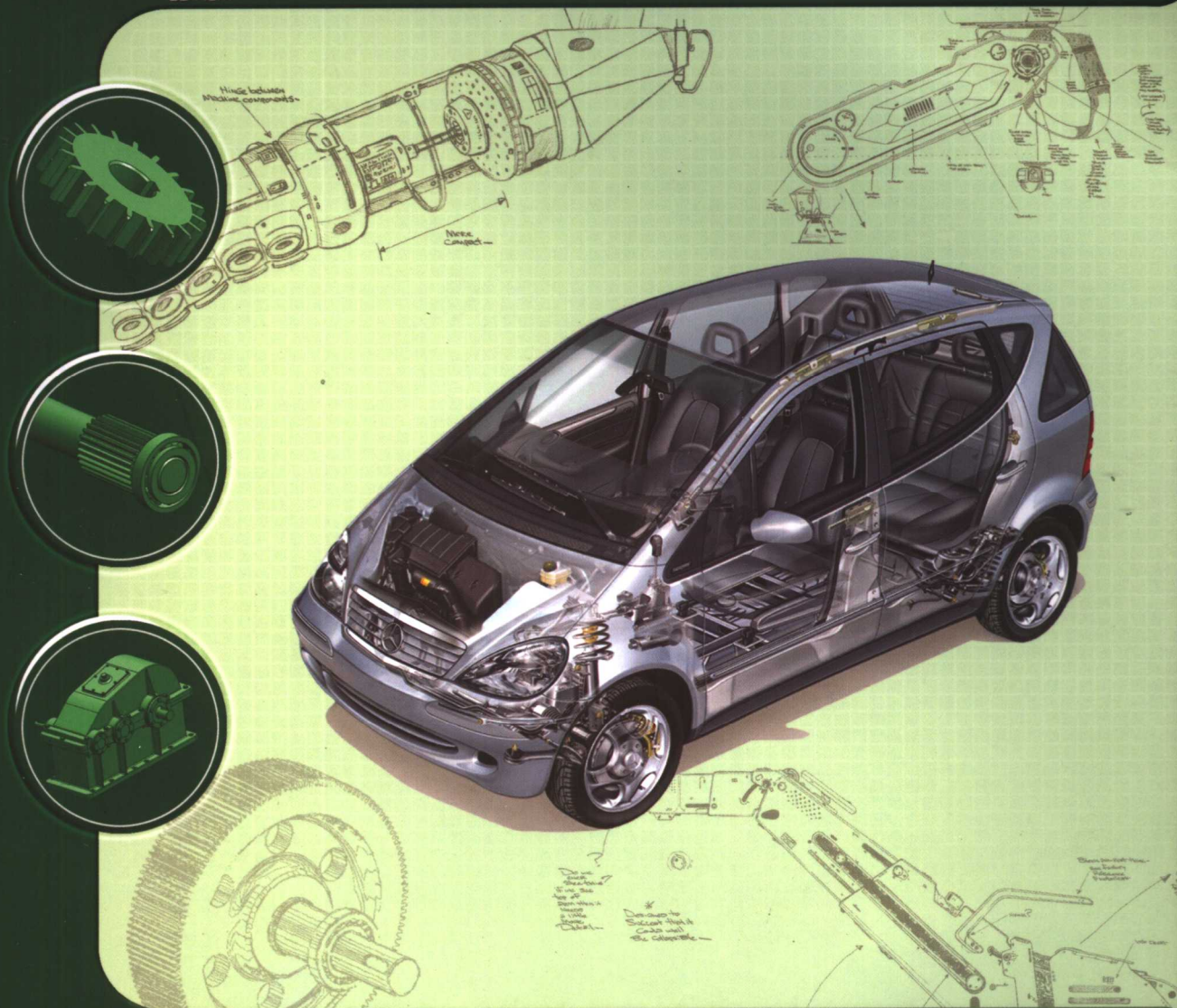




附书光盘包含书中涉及的全部实例文件，方便读者学习使用



精通 UG 中文版

制造加工篇

恒盛杰资讯 / 编著

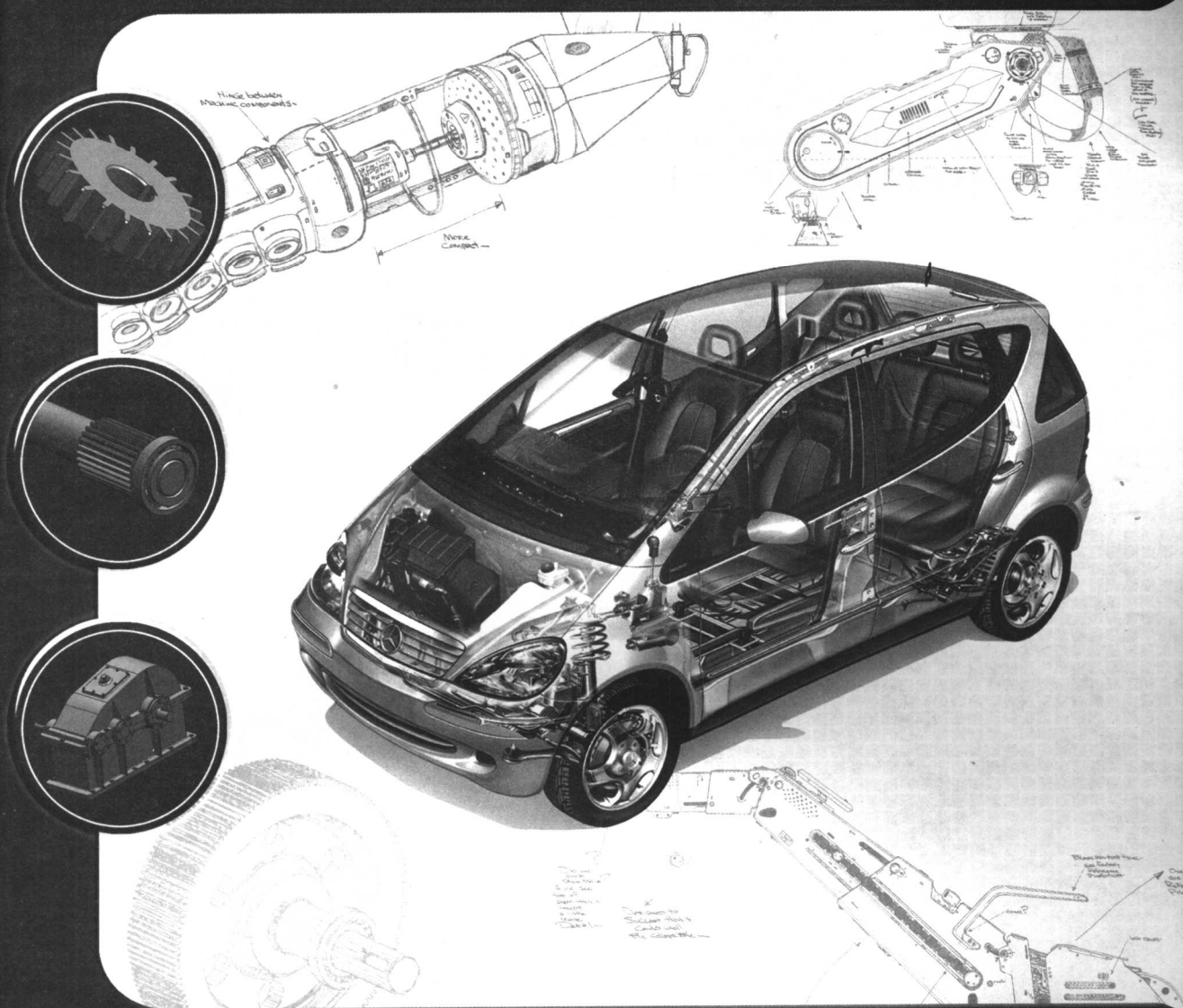


- ◎ 由从事专业设计的资深工程师精心编著，融会了作者多年的工作经验，将理论与实际应用有机结合，具有很强的实战指导性
- ◎ 全书紧密联系生产加工需求，内容涵盖了制造加工中最为常见的数控平面铣削、钻孔、模具、车削和线切割等工艺
- ◎ 充分展示了CAM/CAD 软件数字化、可视化、智能化的优势。书中专门讲解了 UG 软件的机床后置处理技术和程序仿真验证技巧
- ◎ 为各大中专院校机械设计与工业产品设计专业师生，以及相关产业工程技术人员提供了一个更快捷、更有效的学习途径



中国青年出版社
中国青年电子出版社

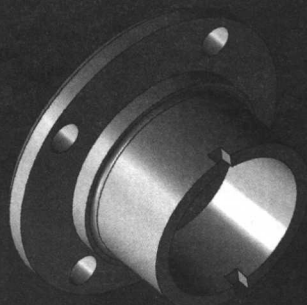
<http://www.21books.com> <http://www.cgchina.com>



精通 UG 中文版

制造加工篇

恒盛杰资讯 / 编著



中国青年出版社
中国青年电子出版社

<http://www.21books.com> <http://www.cgchina.com>

本书由中国青年出版社独家出版。未经出版者书面许可, 任何单位和个人不得以任何形式复制或传播本书的部分或全部内容。

图书在版编目(CIP)数据

精通 UG 中文版.制造加工篇/恒盛杰资讯编著. —北京: 中国青年出版社, 2006

ISBN 7-5006-7065-6

I. 精... II. 恒... III. 计算机辅助设计—应用软件, UG NX3 IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 107397 号

书 名: 精通 UG 中文版——制造加工篇

编 著: 恒盛杰资讯

出版发行: 中国青年出版社

地址: 北京市东四十二条 21 号 邮政编码: 100708

电话: (010) 84015588 传真: (010) 64053266

印 刷: 北京新丰印刷厂

开 本: 787×1092 1/16 **印 张:** 23

版 次: 2006 年 12 月北京第 1 版

印 次: 2006 年 12 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5006-7065-6

定 价: 37.00 元 (附赠 1CD)

工业设计系列图书精品推荐

工程化的设计 丰富的技巧 立竿见影的学习效果

学习最先进的3D技术 开拓CAD设计的宏观视野

SolidWorks 2006 从入门到精通

16开/黑白+彩插/1CD/48.00元

本书针对最新版本的SolidWorks软件,由国内三维机械设计专家精心编著。全书以流畅的语言、清晰的层次和丰富的实例,深入浅出地介绍了SolidWorks中的各种概念、功能和使用技巧,并通过实例深入讲解了机械零件、钣金零件、工业设计及模具设计的具体创作过程和相

关技巧。



精通UG NX3 基础入门篇 (中文版)

16开/黑白/1CD/45.00元

本书以UG NX3版本为基础,全面介绍了相关知识,其中包括UG NX3的工作环境、坐标系的设置、建模的基本操作、草图操作、实体建模、高级建模、工程图功能,以及装配建模功能等,并将对各项命令的解释融入到了20多个典型实例中,帮助读者在最短时间内熟练掌握UG软件。



 中国青年出版社
中国青年电子出版社
<http://www.zibooks.com> <http://www.cqchina.com>

地址:北京东城区东四十条94号万信商务大厦502室
邮编:100007 电话:010-84015588 传真:010-64053266

精通 CAD/CAM/CAE 系列

沿海一线工程师亲自编写
大型综合案例解析为主线



中文野火版

精通 Pro/ENGINEER 玩具产品设计

16 开 / 黑白 + 彩插 / 1CD/45.00 元



中文野火版

精通 Pro/ENGINEER 消费电子产品设计

16 开 / 黑白 + 彩插 / 1CD/45.00 元



中文野火版

精通 Pro/ENGINEER 家电产品设计

16 开 / 黑白 + 彩插 / 1CD/39.00 元

精通 Pro/ENGINEER 中文野火版基础入门篇
精通 Pro/ENGINEER 中文野火版实例进阶篇
精通 Pro/ENGINEER 中文野火版模具设计篇
精通 Pro/ENGINEER 中文野火版零件设计篇

黑白 + 彩插 / 1CD/48.00 元
黑白 + 彩插 / 1CD/48.00 元
黑白 + 彩插 / 1CD/48.00 元
黑白 + 彩插 / 1CD/48.00 元



中国青年出版社
中国青年电子出版社
http://www.cqehina.com

地址：北京东城区东四十条 94 号万信商务大厦 502 室
邮编：100007 电话：010-84015588 传真：010-84053286

前 言

1. 关于 UG

Unigraphics (简称 UG) 是 EDS 公司推出的全面产品生命周期管理解决方案中产品开领域的旗舰产品。它以先进的理论基础、强大的工程背景、完善的功能和专业化的技术服务赢得了广大 CAD/CAM 用户的青睐。但是, UG 作为一个庞大的设计系统, 软件功能模块众多、结构复杂、功能强大, 用户学习起来需要花费大量的时间和精力。正因为这样, 笔者凭借多年从事 UG 设计和教学经验, 参考最新、最权威的相关资料, 结合国内最实用和最流行的设计方法, 专门为急欲跨进 UG 的用户编写了本书, 从而向各大中专院校、工厂设计制造部门以及广大的 UG 用户爱好者提供了一个快捷有效的学习途径。

2. 本书特色

- 本书以“基础知识—实例演练—总结提高”的体例编写, 将基础知识与实例相结合, 边学边练, 使您在掌握基础知识的同时, 提高实际操作能力, 真正做到学以致用。
- 本书基础知识部分介绍详细、通俗易懂, 实例操作过程配备完整详细的图片说明, 内容详实、直观, 具有很强的实践指导性。
- 本书在整体内容安排上循序渐进, 可以有效地帮助读者掌握 UG 的设计方法, 并从中体会它的强大功能和便利操作。读者在学习本书后, 可以很快地运用到实际中, 提高自己的软件应用能力和设计能力。
- 为了提高读者的学习效率, 本书配套光盘中收录了书中的全部实例文件, 方便读者参考和使用。

3. 本书内容

本书共分 17 章, 各章节安排以知识点为主线, 详细讲解了 UG 在制造加工中的相关知识。书中主要讲解了以下几种 UG 常用的加工方法: 二维线框铣加工、平面铣加工、三维定轴铣加工、刻字加工、孔加工、模具加工、模具型面摆固定角度加工、四轴加工铣圆柱凸轮、雷达反射面加工、汽车玻璃检具测量数据处理、车削加工, 并在后面的两个章节中向读者展示了 CAM/CAD 软件数字化、可视化、智能化的优势, 专门讲解了 UG 软件的机床后置处理技术和程序仿真验证技巧。本书力求通过知识点与实际应用相结合的方式, 培养读者由点及面的设计思想, 从而达到融会贯通、举一反三的目的。

4. 读者对象

本书可以帮助初学者在较短时间内学会机加工操作, 基本具备使用 UG 进行实际制作加工的能力。另外, 本书“边学边练”的特色还适合广大 UG 的初中级用户、相关专业高等院校师生阅读, 也可作为相关培训班的培训教材。由于作者水平和时间有限, 书中错误之处在所难免, 恳请使用本书的专家和读者批评指正。

编 者

2006 年 11 月

目 录

第1章 数控加工基础知识

1.1 数控加工简介	1
1.1.1 CAM 系统简述	1
1.1.2 CAD/CAM 软件分类	2
1.1.3 CAD/CAM 技术发展趋势	2
1.2 数控程序编制简介	3
1.2.1 数控程序编制的内容及步骤	3
1.2.2 数控程序编制的方法	4
1.3 数控编程的格式与代码	5
1.3.1 数控加工程序的格式	5
1.3.2 数控编程的代码	7
1.3.3 程序段中的指令字	7
1.4 数控机床的坐标系	10
1.4.1 机床坐标系的确定	10
1.4.2 附加坐标系	11
1.4.3 机床原点的设置	11
1.4.4 机床参考点	11
1.5 数控加工工艺	12
1.5.1 数控加工工艺内容的选择	12
1.5.2 数控加工工艺性分析	13
1.5.3 数控加工工艺路线的设计	13
1.5.4 数控加工工艺设计方法	14
1.5.5 确定定位和夹紧方案	16
1.5.6 确定刀具与工件的相对位置	16
1.5.7 确定切削用量	17
1.5.8 刀具补偿	18

第2章 UG NX3 加工新功能简介

2.1 UG NX3 新功能简介	21
2.1.1 界面友好性、使用性和可操作性增强	21
2.1.2 可调整的界面风格	22
2.1.3 鼠标可操作功能增强	22
2.1.4 切削参数对话框更为直观	23
2.1.5 型腔铣功能增强	24

2.1.6 变轴轮廓加工功能增强	25
2.1.7 可管理开发的加工数据库环境	26
2.1.8 动态三维进程文件仿真和机床模拟	26
2.2 UG NX3 安装简介	27
2.2.1 系统基本要求	27
2.2.2 启动光盘安装对象	27
2.2.3 安装授权文件服务器	28
2.2.4 安装 UG NX3 主程序	31
2.2.5 安装 UG NX3 其他相关程序	35

第3章 UG NX3 加工基础

3.1 数控编程一般步骤	37
3.1.1 创建毛坯	37
3.1.2 设置父节点组	38
3.1.3 创建操作类型	38
3.1.4 设置加工参数	39
3.1.5 生成刀轨及验证	39
3.1.6 后置处理	39
3.2 设置加工环境	40
3.2.1 加工环境初始化	40
3.2.2 初识加工界面	40
3.3 创建几何体、刀具、加工方法和程序	41
3.3.1 创建几何体	42
3.3.2 创建刀具组	44
3.3.3 创建加工方法	45
3.3.4 创建程序	47
3.4 操作导航器	48
3.4.1 操作导航器工具栏	48
3.4.2 操作导航器视图	48
3.4.3 操作导航工具符号	49
3.4.4 定制对话框	49
3.5 加工中的共同选项	50
3.5.1 几何体	50
3.5.2 拐角控制	50

3.5.3 进刀与退刀	51	5.1.2 封闭边界和开放边界	99
3.5.4 避让几何设置	53	5.1.3 边界的分类	100
3.5.5 机床控制	55	5.1.4 边界的编辑	101
3.5.6 后置处理	55	5.2 面铣加工	103
3.6 加工类型	56	5.3 面铣实例一	103
3.6.1 平面铣	56	5.3.1 运用 NC 助理分析零件	104
3.6.2 型腔铣	64	5.3.2 加工环境初始化	104
3.6.3 固定轴铣	65	5.3.3 创建程序	105
3.6.4 变轴铣	69	5.3.4 创建刀具组	105
第4章 二维线框铣加工		5.3.5 创建坐标系	107
4.1 使用二维线框加工平面	71	5.3.6 加工零件上表面	108
4.1.1 加工前的准备	72	5.3.7 加工台阶面	111
4.1.2 加工环境初始化	72	5.4 面铣实例二	112
4.1.3 创建程序	72	5.4.1 分析零件	112
4.1.4 创建刀具组	73	5.4.2 加工前的准备	113
4.1.5 创建几何体	74	5.4.3 创建程序	113
4.1.6 创建加工方法	76	5.4.4 创建刀具组	114
4.1.7 创建操作	77	5.4.5 创建坐标系	115
4.2 采用二维线框加工外形轮廓	79	5.4.6 创建加工方法	116
4.2.1 加工前的准备	79	5.4.7 加工零件表面	117
4.2.2 加工环境初始化	80	5.4.8 半精加工零件表面	119
4.2.3 创建程序	80	5.4.9 精加工零件表面	121
4.2.4 创建刀具组	80	第6章 三维定轴铣加工	
4.2.5 创建几何体	81	6.1 定轴铣中的几项重要设置	126
4.2.6 创建加工方法	83	6.1.1 驱动方式	126
4.2.7 创建操作	83	6.1.2 投影矢量	130
4.3 采用二维线框加工内腔	86	6.1.3 刀轴	130
4.3.1 加工前的准备	87	6.2 三维曲面——型腔铣加工实例	130
4.3.2 加工环境初始化	87	6.2.1 加工前的准备	130
4.3.3 创建程序	87	6.2.2 创建毛坯	131
4.3.4 创建刀具组	88	6.2.3 局部着色	131
4.3.5 创建几何体组	89	6.2.4 加工环境初始化	132
4.3.6 创建加工方法	90	6.2.5 创建程序	132
4.3.7 创建粗加工内腔操作	91	6.2.6 创建刀具组	133
4.3.8 创建精加工内腔轮廓操作	93	6.2.7 创建坐标系	134
第5章 平面铣加工		6.2.8 创建型腔铣粗加工操作	136
5.1 平面铣中的相关介绍——边界	95	6.2.9 创建型腔铣曲面精加工操作	138
5.1.1 永久边界和临时边界	95	6.3 三维曲面——定轴面铣加工实例	142

6.3.1 加工前的准备	142	8.1.1 孔加工相关术语	181
6.3.2 创建毛坯	142	8.1.2 加工前的准备	181
6.3.3 毛坯着色	144	8.2 创建几何体	182
6.3.4 加工环境初始化	145	8.3 创建程序组	182
6.3.5 创建程序	146	8.4 创建刀具组	183
6.3.6 创建刀具组	146	8.5 创建加工方法	183
6.3.7 创建加工坐标系	147	8.6 创建孔加工操作	183
6.3.8 创建几何体	148	8.6.1 钻孔类型简介	183
6.3.9 创建粗加工工步	149	8.6.2 设置孔加工对话框	184
6.4 三维曲面——曲面驱动加工实例	153	8.7 设置孔加工参数	185
6.4.1 选择驱动几何体	153	8.7.1 设置普通参数	185
6.4.2 确定切削方向和材料侧	155	8.7.2 设置加工参数	186
6.4.3 设置走刀方式	155	8.8 设置孔加工操作的循环	191
6.4.4 生成刀具路径	156	8.8.1 循环类型	191
6.4.5 控制驱动区域面积大小	156	8.8.2 循环参数	193
6.5 三维曲面——清根驱动加工实例	159	8.9 孔加工实例	196
6.5.1 选择几何体	160	8.9.1 加工前的准备	196
6.5.2 设置清根操作对话框	160	8.9.2 加工环境初始化	196
6.5.3 生成刀具路径	162	8.9.3 创建程序组	196
第7章 刻字加工		8.9.4 创建几何体	197
7.1 简单平面刻字加工的一般方法	163	8.9.5 创建刀具组	198
7.2 简单平面刻字加工实例	163	8.9.6 创建中心钻	199
7.2.1 加工环境初始化	163	8.9.7 创建螺纹底孔钻孔操作	202
7.2.2 生成注释文字	164	8.9.8 创建钻通孔操作	204
7.2.3 创建刀具组	165	8.9.9 创建沉孔操作	204
7.2.4 创建几何体	166	8.9.10 创建攻丝操作	205
7.2.5 创建程序组和加工方法	166	第9章 模具加工	
7.2.6 创建刻字操作	167	9.1 模具粗加工	208
7.3 曲面刻字加工的一般方法	169	9.1.1 分析零件	208
7.4 曲面刻字加工实例	170	9.1.2 加工环境初始化	208
7.4.1 生成刻字曲面	170	9.1.3 创建刀具组	208
7.4.2 生成刻字曲面零件实体	172	9.1.4 创建几何体	209
7.4.3 创建刻字曲面操作几何体	173	9.1.5 创建粗加工操作	211
7.4.4 创建曲面刻字操作	175	9.2 模具半精加工和精加工	213
7.5 艺术字加工的一般方法	177	9.2.1 创建直径为 $\Phi 30$ 球头刀具半精加工操作	213
7.6 创建艺术字	177	9.2.2 创建直径为 $\Phi 20$ 球头刀具精加工操作	216
7.7 创建艺术字操作	178		
第8章 孔加工			
8.1 孔加工基础	181		

9.2.3 创建直径为 $\Phi 16$ 球头刀具清根	217	13.2 汽车玻璃检具测量数据实例	260
第10章 模具型面摆固定角度加工		13.2.1 分析零件型面外形	261
10.1 零件凸台四周面的加工	219	13.2.2 获取型面边线	261
10.1.1 分析零件	220	13.2.3 合并、投影并偏置曲线	263
10.1.2 创建辅助曲面	220	13.2.4 离散、拟合曲线	265
10.1.3 加工环境初始化	222	13.2.5 提取曲面、反投影曲线并离散点	268
10.1.4 创建刀具组	222	13.2.6 生成法向钻孔程序	270
10.1.5 创建几何体	223	13.2.7 输出导轨及后期处理	275
10.1.6 创建加工操作	224	第14章 车削加工	
10.2 加工零件顶部	227	14.1 车削加工基础	277
10.2.1 设置加工坐标系	227	14.1.1 设置车削加工截面	277
10.2.2 设置驱动几何	228	14.1.2 创建几何体	278
10.2.3 生成刀具轨迹	228	14.1.3 创建刀具组	280
第11章 四轴加工铣圆柱凸轮槽		14.1.4 创建车削操作	281
11.1 多轴加工中的几种重要设置	229	14.2 粗加工	282
11.1.1 驱动方法	229	14.2.1 走刀方式	282
11.1.2 投影矢量	230	14.2.2 指定切削区域	283
11.1.3 刀轴	231	14.2.3 控制自动检测	283
11.2 传统凸轮加工方法及缺点	231	14.2.4 层角度	284
11.3 范成法加工凸轮槽实例——曲线驱动方式	232	14.2.5 反向模式	284
11.3.1 创建圆柱凸轮槽实体	233	14.2.6 切削深度	285
11.3.2 创建圆柱凸轮槽中心轨迹线	234	14.2.7 清理	285
11.3.3 加工环境初始化	234	14.2.8 进刀/退刀	286
11.3.4 创建几何体	235	14.2.9 切削参数	287
11.3.5 创建操作	235	14.2.10 角控制	288
11.3.6 设置非切削移动	241	14.2.11 余量	289
11.4 范成法加工凸轮槽实例——曲面驱动方式	247	14.3 粗车实例	289
第12章 雷达反射面加工		14.3.1 加工环境初始化	289
12.1 分析零件	251	14.3.2 创建几何体	290
12.2 加工环境初始化	251	14.3.3 粗车操作	293
12.3 创建刀具组	252	14.4 精加工	295
12.4 创建几何体	253	14.4.1 走刀方式	296
12.5 创建粗加工操作	255	14.4.2 精加工参数设置	296
12.6 创建半精加工操作	257	14.5 精车实例	297
12.7 创建精加工操作	258	14.5.1 创建精车操作	297
第13章 汽车玻璃检具测量数据处理		14.5.2 参数设置	297
13.1 典型测量数据处理过程	260	第15章 线切割加工	
		15.1 线切割加工的一般步骤	299

15.2 加工环境初始化	299
15.3 创建线切割操作	300
15.3.1 线切割操作类型	300
15.3.2 线切割加工操作设置	301
15.3.3 线切割加工边界	301
15.3.4 线切割常用参数	303
15.3.5 线切割加工参数	303
15.4 线切割加工实例	308
15.4.1 加工前的准备	309
15.4.2 加工环境初始化	309
15.4.3 创建几何体	309
15.4.4 创建操作	310
15.4.5 选择边界	311
15.4.6 设置参数	312
15.4.7 生成刀具路径	314

第16章 机床后置处理技术应用

16.1 UG 后置处理技术简介	315
16.2 Fidia 控制系统特殊指令要求	316
16.3 制作 Fidia 控制系统后置处理器	317
16.3.1 启动后置处理器模块	317
16.3.2 新建后置文件	318
16.3.3 设置后置处理类型	319
16.3.4 设置后置处理参数	320
16.3.5 设置后处理模板	337

16.3.6 过程总结	339
16.4 制作五坐标 Fanuc 控制系统后置 处理器	339
16.4.1 设置后置类型及机床结构形式	339
16.4.2 A、B 摆角参数设置	340

第17章 程序仿真验证实例

17.1 前置仿真	343
17.1.1 刀具轨迹回放仿真	345
17.1.2 3D 动态仿真	345
17.1.3 2D 动态仿真	348
17.2 机床后置仿真	348
17.2.1 设置仿真机床	348
17.2.2 编辑零件与转台的相对关系	351
17.2.3 创建垫块和毛坯	353
17.2.4 打开机床仿真控制结构树	354
17.2.5 添加夹具部件	354
17.2.6 添加零件部件	355
17.2.7 添加毛坯部件	355
17.2.8 编辑 B 轴属性	355
17.2.9 编辑操作坐标系	356
17.2.10 执行机床仿真命令	357
17.2.11 设置机床仿真相关选项	358
17.2.12 机床仿真过程及结果	359

第 1 章 数控加工基础知识

本章学习要点

- 了解 CAD/CAM 软件分类
- 熟悉机床坐标系
- 了解数控程序编制
- 了解数控加工工艺

数控加工是工业生产的大趋势，它具有快速、精确的特性，广泛应用于制造行业。其普及率一定程度地体现了制造行业的现代化水平。

1.1 数控加工简介

数控加工是指在数控机床上进行自动加工零件的一种加工方法。它的特点如下：工艺内容具体；工艺工作相当严密；工序相对集中；适宜于多品种小批量或中批量产品生产。

1.1.1 CAM系统简述

CAD/CAM（计算机辅助设计及制造）与 PDM（产品数据管理）构成了一个现代制造型企业计算机应用的中坚力量。对于制造行业来说，设计、制造水平和产品的质量、成本及生产周期息息相关。人工设计、单件生产这种传统的设计与制造方式已无法适应工业发展的要求。采用 CAD/CAM 的技术已成为整个制造行业当前和将来技术发展的重点。

CAD 技术的首要任务是为产品设计和生产对象提供方便、高效的数字化表示和表现（Digital Representation and Presentation）的工具。数字化表示是指用数字形式为计算机所创建的设计对象生成内部描述，例如二维图、三维线框、曲面、实体和特征模型；而数字化表现是指在计算机屏幕上生成逼真的图形、创建虚拟现实环境并进行漫游、多通道人机交互、多媒体技术等。

CAM 与 CAD 密不可分，甚至比 CAD 应用得更为广泛。几乎每一个现代制造企业都离不开大量的数控设备。随着对产品质量要求的不断提高，要高效地制造高精度的产品，CAM 技术不可或缺。一方面，设计系统只有配合数控加工才能充分显示其巨大的优越性。另一方面，数控技术只有依靠设计系统产生的模型才能发挥效率。所以，在实际应用中，二者很自然地紧密结合起来，形成 CAD/CAM 系统，在这个系统中设计和制造的各个阶段可利用公共数据库中的数据，即通过公共数据库将设计和制造过程紧密地联系为一个整体。数控自动编程系统利用设计的结果和产生的模型，形成数控加工机床所需的信息。CAD/CAM 大大缩短了产品的制造周期，显著地提高产品质量，产生了巨大的经济效益。

CAD/CAM 技术已经是一个相当成熟的技术。波音 777 新一代大型客机以 4 年半的周期研制成功，采用的新结构、新发动机、新的电传操纵等都是步到位，立刻投入批量生产。飞机出厂后直接交付客户使用，故障返修率几乎为零。媒介宣传中称之为“无纸设计”，而波音公司本身认为，这主要应归功于 CAD/CAM 设计制造一体化。

1.1.2 CAD/CAM软件分类

CAD/CAM 技术经过几十年的发展,先后走过大型机、小型机、工作站、微机时代,每个时代都有当时流行的 CAD/CAM 软件。现在,工作站和微机平台 CAD/CAM 软件已经占据主导地位,并且出现了一批比较优秀、比较流行的商品化软件。

1. CAD/CAM 软件

高档 CAM 软件的代表有 Unigraphics(UG), I-DEAS, Pro/Engineer, CATIA 等。这类软件的特点是优越的参数化设计、变量化设计及特征造型技术与传统的实体和曲面造型功能结合在一起,加工方式完备、计算准确、实用性强,可以从简单的 2 轴加工到以 5 轴联动方式来加工极为复杂的工件表面,并可以对数控加工过程进行自动控制和优化,同时提供了二次开发工具,允许用户扩展 UG 的功能。它们是航空、汽车、造船行业的首选 CAD/CAM 软件。

2. 中档 CAD/CAM 软件

Cimatron 是中档 CAD/CAM 软件的代表。这类软件实用性强,提供了比较灵活的用户界面,优良的三维造型、工程绘图,全面的数控加工,各种通用、专用数据接口以及集成化的产品数据管理。

3. 相对独立的 CAM 软件

相对独立的 CAM 系统有 Mastercam 和 Surfcam 等。这类软件主要通过中性文件从其他 CAD 系统获取产品几何模型。系统主要有交互工艺参数输入模块、刀具轨迹生成模块、刀具轨迹编辑模块、三维加工动态仿真模块和后置处理模块。主要应用在中小企业的模具行业。

4. 国内 CAD/CAM 软件

国内 CAD/CAM 软件的代表有 CAXA-ME、金银花系统等。这类软件是面向机械制造业自主开发的中文界面、三维复杂形面 CAD/CAM 软件,具备机械产品设计、工艺规划设计和数控加工程序自动生成等功能。这些软件价格便宜,主要面向中小企业,符合我国国情和标准,所以受到了广泛的欢迎,赢得了越来越大的市场份额。

总的来说在当前流行的 CAD/CAM 软件中,UG 是比较流行、比较优秀的软件,本书主要以 UG 为主介绍 CAD/CAM 软件的典型应用。UG 是 Unigraphics Solutions 公司的产品,它为用户提供一个较完善的企业级 CAD/CAE/CAM/PDM 集成系统。在 UG 中,先进的参数化和变量化技术与传统的实体、线框和曲面功能结合在一起,而且实践证明这一结合是强有力的。

1.1.3 CAD/CAM技术发展趋势

1. 集成化

集成化是 CAD/CAM 技术发展的最为显著的趋势。它是指把 CAD, CAE, CAPP, CAM 以至 PPC (生产计划与控制) 等各种功能不同的软件有机地结合起来,用统一的执行控制程序来组织各种信息的提取、交换、共享和处理,保证系统内部信息流的畅通并协调各个系统有效地运行。国内外大量的经验表明, CAD 系统的效益往往不是从其本身,而是通过 CAM 和 PPC 系统体现出来;反过来, CAM 系统如果没有 CAD 系统的支持,花巨资引进的设备往往很难得到有效地利用; PPC 系统如果没有 CAD 和 CAM 的支持,既得不到完整、及时和准确的数据作为计划的依据,订出的计划也较难贯彻执行,所谓的生产计划和控制将得不到实际效益。因此,人们着手将 CAD, CAE, CAPP, CAM 和 PPC 等系统有机地、统一地集成在一起,

从而消除“自动化孤岛”，取得最佳的效益。

2. 网络化

21 世纪网络将全球化，制造业也将全球化，从获取需求信息，到产品分析设计、选购原辅材料和零部件、进行加工制造，直至营销，整个生产过程也将全球化。CAD/CAM 系统的网络化能提供产品、进程和整个企业性能仿真、建模和分析技术的拟实制造系统；能开发自动化系统，产生和优化工作计划和车间级控制，支持敏捷制造的制造计划和控制应用系统；支持科学管理物料管理应用系统等。

3. 智能化

人工智能在 CAD 中的应用主要集中在知识工程的引入、发展专家 CAD 系统。专家系统具有逻辑推理和决策判断能力。它将许多实例和有关专业范围内的经验、准则结合在一起，给设计者更全面、更可靠的指导。应用这些实例和启发准则，根据设计的目标不断缩小探索的范围，即可解决问题。

1.2 数控程序编制简介

编制数控加工程序是使用数控机床的一项重要技术工作，理想的数控程序不仅应该保证加工出符合零件图样要求的合格零件，还应该使数控机床的功能得到合理的应用与充分的发挥，使数控机床能安全、可靠、高效的工作。

1.2.1 数控程序编制的内容及步骤

数控编程是指从零件图纸到获得数控加工程序的全部工作过程。图 1-1 所示的即为编程的主要工作及相互关系：

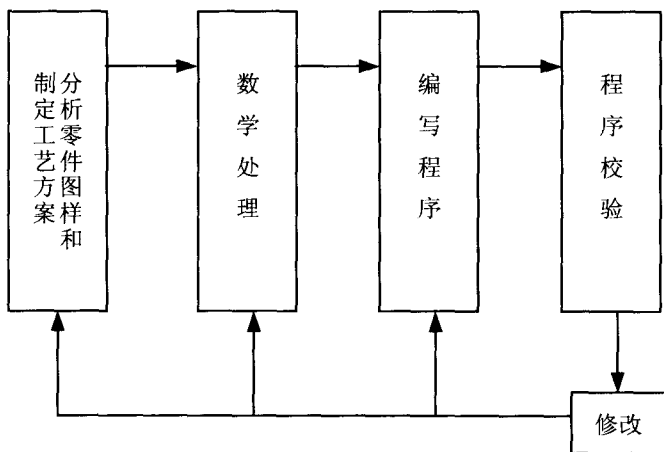


图 1-1 数控程序编制的内容和步骤

1. 分析零件图样和制定工艺方案

该项工作的主要内容包括：对零件图样进行分析，明确加工的内容和要求；确定加工方案；选择适合的数控机床；选择或设计刀具和夹具；确定合理的走刀路线及选择合理的切削用量等。这一工作要求编程人员能够对零件图样的技术特性、几何形状、尺寸及工艺要求进行分析，并结合数控机床使用的基础知识，如数控机床的规格、性能、数控系统的功能等，

确定加工方法和加工路线。

2. 数学处理

在确定了工艺方案后，就需要根据零件的几何尺寸、加工路线等，计算刀具中心运动轨迹，以获得刀位数据。数控系统一般均具有直线插补与圆弧插补功能，对于加工由圆弧和直线组成的较简单的平面零件，只需要计算出零件轮廓上相邻几何元素交点或切点的坐标值，得出各几何元素的起点、终点、圆弧的圆心坐标值等，就能满足编程要求。当零件的几何形状与控制系统的插补功能不一致时，就需要进行较复杂的数值计算，一般需要使用计算机辅助计算，否则难以完成。

3. 编写零件加工程序

在完成上述工艺处理及数值计算工作后，即可编写零件加工程序。程序编制人员使用数控系统的程序指令，按照规定的程序格式，逐段编写加工程序。程序编制人员应对数控机床的功能、程序指令及代码十分熟悉，才能编写出正确的加工程序。

4. 程序校验

将编写好的加工程序输入数控系统，就可以控制数控机床的加工工作。一般在正式加工之前，要对程序进行校验。通常可采用机床空运转的方式，来检查机床动作和运动轨迹的正确性，以校验程序。在具有图形模拟显示功能的数控机床上，可通过显示走刀轨迹或模拟刀具对工件的切削过程，对程序进行检查。对于形状复杂和要求高的零件，也可采用铝件、塑料或石蜡等易切材料进行试切来校验程序。通过检查试件，不仅可确认程序是否正确，还可知道加工精度是否符合要求。若能采用与被加工零件材料相同的材料进行试切，更能反映实际加工效果。当发现加工的零件不符合加工技术要求时，可修改程序或采取尺寸补偿等措施。程序的校验有多种方法，可以通过人工阅读代码也可以通过计算机仿真来进行。

1.2.2 数控程序编制的方法

数控加工程序的编制方法主要有两种：手工编制程序和自动编制程序。

1. 手工编程

手工编程指主要由人工来完成数控编程中各个阶段的工作，其工程流程如图 1-2 所示。

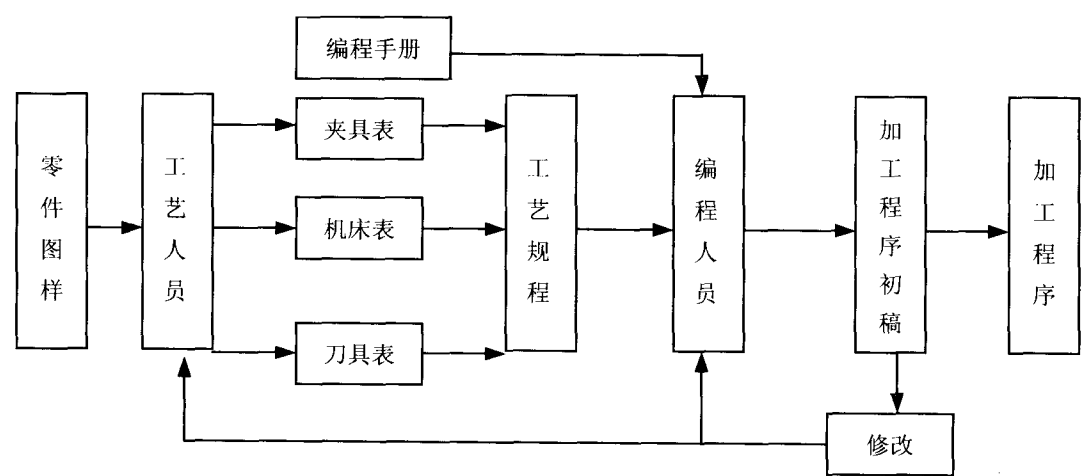


图 1-2 手工编程的内容及流程

一般对几何形状不太复杂的零件,所需的加工程序不长,计算比较简单,用手工编程比较合适。

手工编程的特点是耗费时间较长,容易出错,无法胜任复杂形状零件的编程。据国外资料统计,当采用手工编程时,一段程序的编写时间与其在机床上运行加工的实际时间之比,平均约为 30:1,而数控机床不能开动的原因中有 20%~30%是由于加工程序编制困难,编程时间较长。

2. 计算机自动编程

计算机自动编程是指在编程过程中,除了分析零件图样和制定工艺方案由人工进行外,其余工作均由计算机辅助完成。

采用计算机自动编程时,数学处理、编写程序、校验程序等工作是由计算机自动完成的,由于计算机可自动绘制出刀具中心运动轨迹,所以编程人员可及时检查程序是否正确,及时修改,以获得正确的程序。又由于计算机自动编程代替程序编制人员完成了繁琐的数值计算,可提高编程效率几十倍乃至上百倍,因此解决了手工编程无法解决的许多复杂零件的编程难题。因而,自动编程的特点就在于编程工作效率高,可解决复杂形状零件的编程难题。

根据输入方式的不同,可将自动编程分为图形数控自动编程、语言数控自动编程和语音数控自动编程等。图形数控自动编程是指将零件的图形信息直接输入计算机,通过自动编程软件的处理,得到数控加工程序。目前,图形数控自动编程是使用最为广泛的自动编程方式。语言数控自动编程指将加工零件的几何尺寸、工艺要求、切削参数及辅助信息等用数控语言编写成源程序后,输入到计算机中,再由计算机进一步处理得到零件加工程序。语音数控自动编程是采用语音识别器,将编程人员发出的加工指令声音转变为加工程序。

1.3 数控编程的格式与代码

数控编程有其独特的格式与代码。

1.3.1 数控加工程序的格式

1. 程序结构

程序段是可作为一个单位来处理的连续字组,它实际是数控加工程序中的一段程序。零件加工程序的主体由若干个程序段组成。多数程序段用来指令机床完成或执行某一动作。程序段是由尺寸字、非尺寸字和程序段结束指令构成。在书写和打印时,每个程序段一般占一行,在屏幕显示程序时也是如此。

2. 程序格式

常规加工程序由开始符(单列一段)、程序名(单列一段)、程序主体和程序结束指令(一般单列一段)组成。程序的最后还有一个程序结束符。程序开始符与程序结束符是同一个字符:在 ISO 代码中是%,在 EIA 代码中是 ER。程序结束指令可用 M02(程序结束)或 M30(纸带结束)。现在的数控机床一般都使用存储式的程序运行,此时 M02 与 M30 的共同点是:在完成了所在程序段其他所有指令之后,用以停止主轴、冷却液和进给,并复位控制系统。M02 与 M30 在有些机床(系统)上使用时是完全等效的,而在另一些机床(系统)上使用有如下不同:用 M02 结束程序场合,自动运行结束后光标停在程序结束处;而用 M30 结束程

序运行场合，自动运行结束后光标和屏幕显示能自动返回到程序开头处，一按启动钮就可以再次运行程序。虽然 M02 与 M30 允许与其他程序字合用一个程序段，但最好还是将其单列一段，或者只与顺序号共用一个程序段。

程序名位于程序主体之前、程序开始符之后，它一般独占一行。程序名有两种形式：一种是以规定的英文字母（多用 O）打头、后面紧跟若干位数字组成。数字的最多允许位数由说明书规定，常见的是 2 位和 4 位两种。这种形式的程序名也可称作程序号。另一种形式是，程序名由英文、数字或英文、数字混合组成，中间还可以加入“_”号。这种形式使得用户命名程序比较灵活，例如在 LC30 型数控车床上加工零件图号为 215 的法兰第三道工序的程序，可命名为 LC30-FIANGE-215-3，这就给使用、存储和检索等带来很大方便。程序名用哪种形式由数控系统决定。

3. 程序段格式

程序段中字、字符和数据的安排形式的规则称为程序段格式（Block Format）。数控历史上曾经用过固定顺序格式和分隔符（HT 或 TAB）程序段格式。这两种程序段格式已经过时，目前国内外都广泛采用字地址可变程序段格式，又称为字地址格式。在这种格式中，程序字长不固定，程序字的个数也是可变的，绝大多数数控系统允许程序字的顺序任意排列，故属于可变程序段格式。但是在大多数场合，为了书写、输入、检查和校对的方便，程序字在程序段中习惯按一定的顺序排列。

数控机床的编程说明书中用详细格式来分类规定程序编制的细节：程序编制所用字符、程序段中程序字的顺序及字长等。例如：

```
/ N03 G02 X+053 Y+053 I0 J+053 F031 S04 T04 M03 LF
```

上例详细格式分类说明如下：N03 为程序段序号；G02 表示加工的轨迹为顺时针圆弧；X+053、Y+053 表示所加工圆弧的终点坐标；I0、J+053 表示所加工圆弧的圆心坐标；F031 为加工进给速度；S04 为主轴转速；T04 为所使用刀具的刀号；M03 为辅助功能指令；LF 为程序段结束指令；/为跳步选择指令。跳步选择指令的作用是：在程序不变的前提下，操作者可以对程序中的有跳步选择指令的程序段作出执行或不执行的选择。选择的方法，通常是通过操作面板上的跳步选择开关扳向 ON 或 OFF，来实现不执行或执行有“/”的程序段。

4. 主程序与子程序

编制加工程序有时会遇到这种情况：一组程序段在一个程序中多次出现，或者在几个程序要使用它。我们可以把这组程序段摘出来，命名后单独储存，这组程序段就是子程序。子程序是可由适当的机床控制指令调用的一段加工程序，它在加工中一般具有独立意义。调用第一层子程序的指令所在的加工程序叫做主程序。调用子程序的指令也是一个程序段，它一般由子程序调用指令、子程序名称和调用次数等组成，具体规则和格式随系统的不同而不同，例如同样是“调用 55 号子程序一次”，FANUC 系统用“M98 P55”，而美国 A-B 公司系统用“P55x”。

子程序可以嵌套，即一层套一层。上一层与下一层的关系，跟主程序与第一层子程序的关系相同。最多可以套多少层，由具体的数控系统决定。子程序的形式和组成与主程序大体相同：第一行是子程序号（名），最后一行则是“子程序结束”指令，它们之间是子程序主体。不过，主程序结束指令作用是结束主程序、复位数控系统，其指令已经标准化，各系统都用 M02 或 M30；而子程序结束指令作用是结束子程序、返回主程序或上一层子程序，其指令各系统不统