



高职高专先进制造技术规划教材



# UG NX6数控编程实用教程

(第2版)

王卫兵 田秀红 主编

- 六年一线教学经验结晶
- 优选实例 视频讲解
- 教学课件在线下载

<http://www.tup.com.cn>



清华大学出版社



## 内 容 简 介

UG NX 是目前功能最强大的 CAD/CAM 软件之一,本书将系统地介绍 UG NX 的实用数控编程技术,主要内容包括:利用 CAD/CAM 软件进行 3 种数控铣床(包括加工中心)的 NC 编程基础知识、思路、方法和工艺处理;UG NX 型腔铣、平面铣、曲面铣、钻孔加工等各种加工方法的数控铣刀具路径的生成步骤、参数设置、实用技巧及编程实例等。本书以 NX6 为蓝本进行讲解,重点突出对 UG CAM 3 轴数控铣编程中各个参数的意义和设置方法的说明,并以大量的图形来配合辅助讲解,同时配合精选的编程实例,可使读者对 UG 编程有更深一层的认识,从而高效率、高质量地完成数控编程实用技术的学习。

本书可作为数控编程人员 CAM 技术的自学教材和参考书,也可作为 UG CAM 技术各级培训教材以及高职高专相关专业的课程教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

UG NX6 数控编程实用教程/王卫兵,田秀红主编. —2 版. —北京:清华大学出版社,2010.6  
(高职高专先进制造技术规划教材)

ISBN 978-7-302-22687-1

I. ①U… II. ①王… ②田… III. ①数控机床-程序设计-应用软件, UG NX6-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 079734 号

责任编辑:许存权 李虎斌 马子杰

封面设计:刘超

版式设计:侯哲芬

责任校对:姜彦

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者:北京市人民文学印刷厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:20 字 数:459 千字

(附 DVD 光盘 1 张)

版 次:2010 年 6 月第 2 版 印 次:2010 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:39.00 元

产品编号:035016-01

# 出版说明

## 时代背景

随着我国经济社会的发展、机械自动化程度的提高和数控技术的进一步更新,企业和用人单位对技能型人才的数量和结构提出了更高的要求,同时也对毕业生提出了更高的要求,这对高职教育在新的历史条件下的发展提出了新挑战。为适应形势的发展,进一步提高我国高等职业教育的质量,增强高等职业院校服务经济社会发展的能力,强化职业院校学生实践能力和职业技能的培养,切实加强学生的生产实习和社会实践,大力推行“工学结合、校企合作”的人才培养模式,加速技能型人才的培养,实现“国家 653 工程”,为我国制造业输送先进的制造技术人才,尽快使我国成为制造业强国,我们特推出这套与时俱进的系列教材。

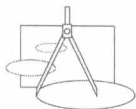
## 编写目的

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。教学改革以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,真正具有高职高专教育特色、符合目前技术发展要求的教材极其匮乏,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,根据教育部要求,通过推荐、招标及遴选,我们组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师以及相关行业的工程师,成立了“高职高专先进制造技术规划教材”编写队伍,充分吸取高职高专和企业培训方面取得的成功经验和教学成果,结合“工学结合、校企合作”的人才培养模式,以“任务驱动”的方式,推出这批切合当前教育改革需要的、高质量的、面向就业实用技术的“高职高专先进制造技术规划教材”。

## 系列教材

本系列教材主要书目:

- 《机械制造技术》
- 《机械设计技术》
- 《机械制图》
- 《数控加工工艺与编程》
- 《Mastercam 数控编程》
- 《数控机床维修与维护》
- 《FANUC 数控车床编程与实训》
- 《FANUC 数控铣床编程与实训》
- 《SIEMENS 数控车床编程与实训》
- 《SIEMENS 数控铣床编程与实训》



- 《模具 CAD/CAM (UG)》
- 《模具 CAD/CAM (Pro/E)》
- 《数控机床操作技能及实训》
- 《塑料材料与成型加工》
- 《冷冲压工艺与模具设计》
- 《数控车床编程与实训》
- .....
- 《UG NX5 中文版编程基础与实践教程》
- 《UG NX5 中文版设计基础与实践教程》
- 《UG NX6 基础教程》
- 《Pro/E Wildfire 4 基础教程》
- 《计算机绘图——AutoCAD 2008 应用教程》
- 《机械制图习题集》
- .....

## 教材特点

1. 按照“工学结合、任务驱动”的要求进行教材结构与内容的安排，符合当前职业教育的改革方向。
2. 在教材结构上打破传统教材以知识体系编排的方式，真正做到“必需、够用”。
3. 内容实用，容易上手，操作性强。有“任务分析”、“相关知识”、“任务实施”、“任务总结”、“课堂训练”、“知识拓展”等特色内容。在关键处还有“注意”、“技巧”等提示内容。
4. 以 Step by Step 方式讲解实训实例，使学生学得会、学得快、学得通、学得精。
5. 配有助学课件，辅助教学。

## 读者定位

本套教材是依据教育部最新教改要求编写而成的，可作为高职高专机械、机电、模具、数控等相关专业的教学用书，独立院校、中职院校教学也可参照选用，还可供相关行业的工程技术人员参考。

教材编委会 于清华园

# 前 言

《UG NX 数控编程实用教程》自出版以来,受到了广大院校师生与读者的欢迎,已多次重印。随着 CAD/CAM 技术的发展, NX 软件也不断推出新的版本,新版本在 NX6 推出以后,其功能更加强大,操作更为方便。为满足读者需求,《UG NX 数控编程实用教程》亦进行了改编,适用于 NX5 以上各版本,同时对内容作了更新。改编主要包括以下几个方面:

1. 根据软件版本的变化,采用新版本的操作界面,并介绍软件的新增功能。
2. 增加应用实例,通过实例进一步掌握相关知识。
3. 在每一章节增加练习题及实训参考题目。
4. 删减了部分理论性较强的内容,突出实践性的内容。
5. 突出最常用的加工方式:型腔铣与区域铣削曲面铣的讲解。

数控加工是现代制造技术的典型代表,在制造业的各个领域有着日益广泛的应用,如航空航天、汽车摩托车、模具、精密机械和家用电器等,已成为这些行业中不可缺少的加工手段。伴随着全球制造业向我国逐步转移的发展趋势,对数控加工的需求必将呈现出高速、持续的增长,人才市场急需一批既懂得 CAD 设计,又熟悉 CAM 编程的专业人才。

数控编程是一项实践性很强的技术,对软件的使用只是数控编程中的一个部分。我们组织编写了这一数控编程培训教程,突出以应用为主线,书中主要讨论 UG CAM 的 3 轴铣削加工,按照数控编程的一般步骤和数控编程人员必须具备的知识结构安排本书,主要包括以下 3 部分:

第 1 部分, CAM 数控编程的基础知识和数控编程工艺。

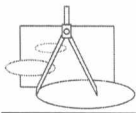
第 2 部分, UG CAM 基础,包括各种组对象的创建、管理及模拟切削和后处理。

第 3 部分, NX 数控铣刀具路径的编制,包括型腔铣、平面铣、曲面铣和钻孔加工等各种常用刀轨形式的生成步骤、加工对象选择、程序参数设置、技术要点和加工实例。

本书重点突出对数控编程中各个参数的讲解,说明该参数的意义和设置方法,并以大量的图形来配合讲解,同时配合精选的编程实例,可使读者对 UG CAM 编程有更深一层的认识,从而高效率、高质量地完成数控编程实用技术的学习。本书所附光盘包含了书中所提及的所有实例,可以在学习过程中参照练习。

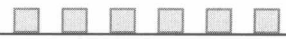
本书作者长期在模具企业一线从事数控编程工作,在实践中积累了大量的经验和技巧。书中使用了专家提示标记,表示不同的提示信息、使用技巧、警告等技术细节,提醒读者特别注意。

本书由王卫兵、田秀红主编,叶福华、王福明、王卫仁、林跃、吴玲利、梁海红、袁丽青、吴丽萍、周红芬、郑明富等共同编著。



由于编者水平所限，书中疏漏之处在所难免，恳请读者对本书中的不足提出宝贵意见和建议，以便我们不断改进。可以通过 Email: [wbcax@sina.com](mailto:wbcax@sina.com) 与作者联系。

2010年5月





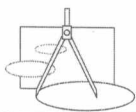


# 目 录

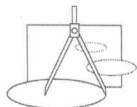
<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 CAD/CAM 软件交互式编程的 基本实现过程.....	1
1.1.1 获得 CAD 模型.....	2
1.1.2 加工工艺分析和规划.....	2
1.1.3 CAD 模型完善.....	3
1.1.4 加工参数设置.....	4
1.1.5 生成刀具路径.....	4
1.1.6 刀具路径检验.....	4
1.1.7 后处理.....	4
1.2 编制高质量的数控程序.....	5
1.3 CAD/CAM 软件数控编程功能 分析及软件简介.....	6
1.3.1 CAD/CAM 软件功能.....	6
1.3.2 常用 CAD/CAM 软件简介.....	6
1.3.3 NX CAM 的特点.....	7
1.4 数控加工基础知识.....	8
1.4.1 数控加工基本原理.....	8
1.4.2 数控机床.....	12
1.5 数控程序基础.....	15
1.5.1 数控编程发展简况.....	15
1.5.2 数控程序的结构.....	16
1.5.3 常用的数控指令.....	17
1.5.4 手工编程示例.....	19
1.6 CAM 数控加工工艺.....	20
1.6.1 数控加工的工艺特点.....	20
1.6.2 工艺分析和规划.....	21
1.7 CAM 自动编程的工艺设计.....	23
1.7.1 切削方式设置.....	23
1.7.2 加工对象及加工区域的设置.....	31
1.7.3 刀具的选择及参数设置.....	32

1.7.4 切削用量的选择与计算.....	34
1.7.5 通用工艺参数选项.....	36
1.8 高速铣数控编程概述.....	40
1.8.1 高速加工的工艺设置.....	40
1.8.2 高速加工程序的编制要点.....	41
1.8.3 充分发挥 CAM 软件的高速 加工特性.....	44
思考与练习.....	44
<b>第 2 章 NX 编程基础</b> .....	<b>46</b>
2.1 进入加工环境.....	46
2.2 NX CAM 编程步骤.....	47
任务 2-1 创建操作.....	49
2.3 创建程序.....	54
2.4 创建刀具.....	54
2.4.1 刀具创建.....	54
2.4.2 从库中调用刀具.....	55
任务 2-2 创建刀具.....	56
2.5 创建加工方法.....	57
任务 2-3 创建粗加工方法.....	59
2.6 创建几何体.....	60
2.6.1 创建坐标系.....	61
2.6.2 创建工件几何体.....	62
任务 2-4 创建几何体.....	64
2.7 操作导航器的应用.....	66
2.7.1 参数继承关系.....	67
2.7.2 操作管理.....	68
任务 2-5 复制操作.....	69
2.8 刀具路径验证.....	73
2.8.1 刀具路径重播.....	73
2.8.2 刀具路径的列表.....	73
2.8.3 刀具路径的确认.....	74





2.9 刀具路径后处理 .....	76	3.9 型腔铣的子类型 .....	142
2.10 UG NX 编程示例 .....	78	3.9.1 等高轮廓铣 .....	143
思考与练习 .....	87	3.9.2 角落加工 .....	147
<b>第3章 型腔铣操作 .....</b>	<b>88</b>	3.9.3 残料铣削 .....	148
3.1 型腔铣简介 .....	88	任务 3-4 创建凸模零件加工粗、 精加工程序 .....	148
3.2 型腔铣操作的创建步骤 .....	89	思考与练习 .....	168
任务 3-1 创建凹模型腔铣操作 .....	91	<b>第4章 平面铣 .....</b>	<b>169</b>
3.3 型腔铣操作对话框的参数组 简介 .....	96	4.1 平面铣简介 .....	169
3.4 刀轨设置 .....	97	4.2 平面铣操作的创建 .....	171
3.4.1 切削模式 .....	97	任务 4-1 创建心形凹槽平面铣 操作 .....	171
3.4.2 步进与切深设置 .....	99	4.3 平面铣的几何体 .....	177
3.4.3 切削层 .....	100	4.3.1 “面”模式选择边界几何体 .....	177
3.5 切削参数 .....	103	4.3.2 “曲线/边”模式创建边界 .....	179
3.5.1 策略 .....	105	4.3.3 “点”模式创建边界 .....	182
3.5.2 余量 .....	108	4.3.4 “边界”模式创建边界 .....	183
3.5.3 拐角 .....	109	4.3.5 边界的编辑 .....	183
3.5.4 连接 .....	111	4.3.6 底面 .....	184
3.5.5 空间范围 .....	112	任务 4-2 创建凸轮平面铣操作 .....	184
3.5.6 更多 .....	114	4.4 平面铣的刀轨设置 .....	189
3.6 非切削移动 .....	115	4.4.1 切削模式 .....	189
3.6.1 进刀 .....	116	4.4.2 切削参数 .....	189
3.6.2 退刀 .....	118	4.4.3 切削层 .....	190
3.6.3 开始/钻点 .....	119	4.5 平面铣的子类型 .....	193
3.6.4 传递/快速 .....	120	4.5.1 平面轮廓铣 .....	194
3.6.5 避让 .....	121	4.5.2 面铣削 .....	196
3.6.6 更多 .....	121	4.5.3 文本铣削 .....	198
3.7 进给和速度 .....	121	任务 4-3 创建平面铣操作 .....	199
任务 3-2 创建含凹槽的凸模型腔铣 操作 .....	124	思考与练习 .....	216
3.8 型腔铣操作的几何体 .....	131	<b>第5章 固定轴曲面轮廓铣 .....</b>	<b>218</b>
3.8.1 部件几何体 .....	132	5.1 固定轴曲面轮廓铣简介 .....	218
3.8.2 毛坯几何体与检查几何体 .....	133	5.2 曲面铣操作创建 .....	219
3.8.3 切削区域 .....	134	5.2.1 创建曲面铣操作 .....	219
3.8.4 修剪边界 .....	134	5.2.2 曲面铣操作的几何体 .....	220
任务 3-3 创建弧形凹槽的型腔铣 操作 .....	134	5.2.3 刀轨设置 .....	221
		5.2.4 驱动方法 .....	223



任务 5-1 圆盘凸模的曲面铣操作		6.2 钻孔加工操作创建 .....	270
创建 .....	224	任务 6-1 创建钻孔操作 .....	271
5.3 边界驱动曲面铣 .....	230	6.3 钻孔加工的循环参数设置 .....	274
5.3.1 驱动几何体 .....	230	6.3.1 钻孔加工的子类型与循环	
5.3.2 驱动设置 .....	232	类型 .....	274
5.4 区域铣削驱动曲面铣 .....	236	6.3.2 循环参数设置 .....	275
5.5 清根驱动曲面铣 .....	240	6.4 钻孔操作参数设置 .....	278
5.5.1 清根类型 .....	240	6.5 钻孔加工的几何体 .....	279
5.5.2 清根驱动方法的参数 .....	241	6.5.1 钻孔点 .....	280
5.6 文本驱动 .....	244	6.5.2 部件表面和加工底面 .....	282
任务 5-2 创建烟灰缸型腔曲面铣		任务 6-2 创建台阶上的钻孔操作 .....	283
操作 .....	245	思考与练习 .....	289
5.7 其他驱动方法 .....	255	参考文献 .....	290
5.7.1 螺旋式驱动 .....	255	附录 A FANUC 数控系统的准备功能	
5.7.2 曲线/点驱动 .....	257	G 代码和准备功能 M 代码 .....	291
5.7.3 径向切削驱动 .....	260	附录 B UG NX 的后处理器配置 .....	294
5.7.4 表面积驱动 .....	262	附录 C UG CAM 术语中英文	
5.7.5 流线驱动 .....	265	对照表 .....	299
5.7.6 刀轨驱动曲面铣 .....	267		
思考与练习 .....	268		
第 6 章 钻孔加工 .....	269		
6.1 钻孔加工程序基础 .....	269		




# 第1章 绪论

本章主要内容:

- 📖 CAM 编程的基本实现过程
- 📖 常用 CAD/CAM 软件与 UG CAM 简介
- 📖 数控加工与数控程序基础
- 📖 CAM 数控加工工艺设计要点

## 1.1 CAD/CAM 软件交互式编程的基本实现过程

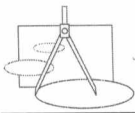
数控编程技术包含了数控加工与编程、金属加工工艺、CAD/CAM 软件操作等多方面知识,其主要任务是计算加工走刀中的刀位点(简称 CL 点)。根据数控加工的类型,数控编程可分为数控铣加工编程、数控车加工编程、数控电加工编程等,而数控铣加工编程又可分为 2.5 轴铣加工编程、3 轴铣加工编程和多轴(如 4 轴、5 轴)铣加工编程等。3 轴铣加工是最常用的一种加工类型,也是目前应用最广泛的数控编程技术。

 **专家指点:** 当前应用 UG NX 进行数控编程,多应用于 3 轴的数控铣床或加工中心。本书中所提及的数控加工或编程,如无特别注明,均指 2.5 轴和 3 轴铣数控加工或编程。

数控编程经历了手工编程、APT 语言编程和交互式图形编程 3 个阶段。交互式图形编程就是通常所说的 CAM 软件编程。由于 CAM 软件编程具有速度快、精度高、直观性好、使用简便、便于检查和修改等优点,已成为目前国内外数控加工普遍采用的数控编程方法。因此,在无特别说明的情况下,数控编程一般是指交互式图形编程。交互式图形编程的实现是以 CAD 技术为前提的。数控编程的核心是刀位点计算,对于复杂的产品,其数控加工刀位点的人工计算十分困难,而 CAD 技术的发展为解决这一问题提供了有力的工具。利用 CAD 技术生成的产品三维造型包含了数控编程所需要的完整的产品表面几何信息,而计算机软件可针对这些几何信息进行数控加工刀位的自动计算。因此,绝大多数的数控编程软件同时具备 CAD 的功能,因此称为 CAD/CAM 一体化软件。

由于现有的 CAD/CAM 软件功能已相当成熟,因此使得数控编程的工作大大简化,对编程人员的技术背景、创造力的要求也大大降低,为该项技术的普及创造了有利的条件。事实上,在许多企业从事数控编程的工程师往往仅有中专甚至高中毕业的学历。

目前市场上流行的 CAD/CAM 软件均具备了较好的交互式图形编程功能,操作过程大同小异,编程能力差别不大。不管采用哪一种 CAD/CAM 软件,NC 编程的基本过程及内



容可由图 1-1 表示。

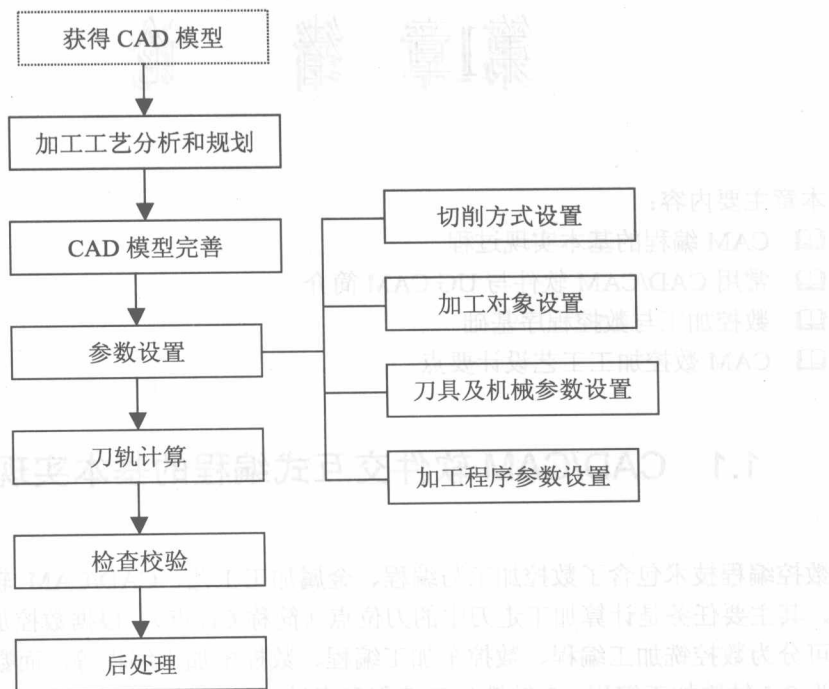


图 1-1 NC 编程的一般步骤

### 1.1.1 获得 CAD 模型

CAD 模型是 NC 编程的前提和基础,任何 CAM 的程序编制必须有 CAD 模型为加工对象进行编程。获得 CAD 模型的方法通常有以下 3 种:

(1) 打开 CAD 文件。如果某一文件是已经使用 UG 进行造型完毕的,或者已经做过编程的文件,重新打开该文件,即可获得所需的 CAD 模型。

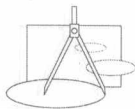
(2) 直接造型。某些 CAD/CAM 软件,如 UG、Cimatron 本身就是一个功能非常强大的 CAD/CAM 一体化软件,具有很强的造型功能,可以进行曲面和实体的造型。对于一些不是很复杂的工件,可以在编程前直接造型。

(3) 数据转换。当模型文件是使用其他的 CAD 软件进行造型时,首先要将其转换成 UG 专用的文件格式(.PRT 文件)。通过 UG 的数据转换功能,可以读取其他 CAD 软件所做的造型。UG 提供了常用 CAD 软件的数据接口,并且有标准转换接口,可以转换的文件格式包括 IGES、STEP 等。

### 1.1.2 加工工艺分析和规划


加工工艺分析和规划的主要内容包括:

(1) 加工对象的确定:通过对模型的分析,确定这一工件的哪些部位需要在数控铣床



或者数控加工中心上加工。数控铣的工艺适应性也是有一定限制的,对于尖角部位,细小的筋条等部位是不适合加工的,应使用线切割或者电加工来加工;而另外一些加工内容,可能使用普通机床有更好的经济性,如孔的加工、回转体加工,可以使用钻床或车床进行加工。

(2) 加工区域规划:即对加工对象进行分析,按其形状特征、功能特征及精度、粗糙度要求将加工对象分成数个加工区域。对加工区域进行合理规划可以达到提高加工效率和加工质量的目的。

 **专家指点:**在进行加工对象确定和加工区域规划或分配时,参考实物可以更直观地进行分析和规划。

(3) 加工工艺路线规划:即从粗加工到精加工再到清根加工的流程及加工余量分配。

(4) 加工工艺和加工方式确定:如刀具选择、加工工艺参数和切削方式(刀轨形式)选择等。

在完成工艺分析后,应填写一张 CAM 数控加工工序表,表中的项目应包括加工区域、加工性质、走刀方式、使用刀具、主轴转速、切削进给等选项。完成了工艺分析及规划可以说是完成了 CAM 编程 80%的工作量。同时,工艺分析的水平原则上决定了 NC 程序的质量。

### 1.1.3 CAD 模型完善

CAD 模型完善即是对 CAD 模型作适合于 CAM 程序编制的处理。由于 CAD 造型人员更多考虑零件设计的方便性和完整性,并不顾及对 CAM 加工的影响,所以要根据加工对象的确定及加工区域规划对模型作一些完善。通常包括以下内容:

(1) 坐标系的确定。坐标系是加工的基准,将坐标系定位于适合机床操作人员确定的位置,同时保持坐标系的统一。

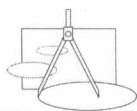
(2) 隐藏部分对加工不产生影响的曲面,按曲面的性质进行分色或分层。这样一方面看上去更为直观清楚;另一方面在选择加工对象时,可以通过过滤方式快速地选择所需对象。

(3) 修补部分曲面。对于由不加工部位存在造成的曲面空缺部位,应该补充完整。如钻孔的曲面,存在狭小的凹槽的部位,应该将这些曲面重新做完整,这样获得的刀具路径规范而且安全。

(4) 增加安全曲面,如将边缘曲面进行适当的延长。

(5) 对轮廓曲线进行修整。对于数据转换获取的数据模型,可能存在看似光滑的曲线其实存在着断点、看似一体的曲面在连接处不能相交等问题,此时应通过修整或者创建轮廓线构造出最佳的加工边界曲线。

(6) 构建刀具路径限制边界。对于规划的加工区域,需要使用边界来限制加工范围的区域,可先构建出边界曲线。



### 1.1.4 加工参数设置

参数设置可视为对工艺分析和规划的具体实施,它构成了利用 CAD/CAM 软件进行 NC 编程的主要操作内容,直接影响 NC 程序的生成质量。参数设置的内容较多,其中包括:

(1) 切削方式设置:用于指定刀轨的类型及相关参数。

(2) 加工对象设置:是指用户通过交互手段选择被加工的几何体或其中的加工分区、毛坯、避让区域等。

(3) 刀具及机械参数设置:是针对每一个加工工序选择适合的加工刀具并在 CAD/CAM 软件中设置相应的机械参数,包括主轴转速、切削进给、切削液控制等。

(4) 加工程序参数设置:包括对进退刀位置及方式、切削用量、行间距、加工余量、安全高度等参数进行设置。这是 CAM 软件参数设置中最主要的一部分内容。

### 1.1.5 生成刀具路径

在完成参数设置后,即可将设置结果提交给 CAD/CAM 系统进行刀轨的计算。这一过程是由 CAD/CAM 软件自动完成的。

### 1.1.6 刀具路径检验

为确保程序的安全性,必须对生成的刀轨进行检查校验,检查刀具路径有无明显过切或者加工不到位,同时检查是否会发生与工件及夹具的干涉。校验的方式有:

(1) 直接查看。通过对视角的转换、旋转、放大、平移直接查看生成的刀具路径,适于观察其切削范围有无越界,及有无明显异常的刀具轨迹。

(2) 手工检查。对刀具轨迹进行逐步观察。

(3) 实体模拟切削,进行仿真加工。直接在计算机屏幕上观察加工效果,这个加工过程与实际机床加工十分类似。

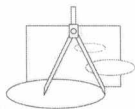
对检查中发现问题的程序,应调整参数设置并重新进行计算,再作检验。

### 1.1.7 后处理

后处理实际上是一个文本编辑处理过程,其作用是将计算出的刀轨(刀位运动轨迹)以规定的标准格式转化为 NC 代码并输出保存。

在后处理生成数控程序之后,还需要检查这个程序文件,特别对程序头及程序尾部分的语句进行检查,如有必要可以修改。这个文件可以通过传输软件传输到数控机床的控制器上,由控制器按程序语句驱动机床加工。

在上述过程中,编程人员的工作主要集中在加工工艺分析和规划、参数设置这两个阶段,其中工艺分析和规划决定了刀轨的质量,参数设置则构成了软件操作的主体。



## 1.2 编制高质量的数控程序

### 1. NC 程序的质量判断

NC 程序的质量是衡量 NC 程序员水平的关键指标，其判定标准可归纳为：

- (1) 完备性：即不存在加工残留区域。
- (2) 误差控制：包括插补误差控制、残余高度（表面粗糙度）控制等。
- (3) 加工效率：即在保证加工精度的前提下缩短加工程序的执行时间。
- (4) 安全性：指程序对可能出现的让刀、漏刀、撞刀及过切等不良现象的防范措施和效果。
- (5) 工艺性：包括进退刀设置、刀具选择、加工工艺规划（如加工流程及余量分配等）、切削方式（刀轨形式选择）、接刀痕迹控制以及其他各种工艺参数（如进给速度、主轴转速、切削方向、切削深度等）的设置等。
- (6) 其他：如对机床及刀具的损耗程度、程序的规范化程度等。

在评价 NC 程序质量的各项指标中，有一部分存在着一定程度的矛盾。例如，残余高度决定了加工表面的光洁度，从加工质量来看，残余高度越小，加工表面质量越高，但加工效率就会降低。所以，在进行 NC 编程时，不应片面追求加工效率，而应综合权衡各项指标，在满足产品的质量要求及一定的加工可靠性的基础上提高加工效率。

### 2. 数控程序人员的基本要求

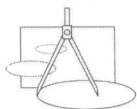
为了编制高质量的数控加工程序，数控编程人员必须掌握一定的数控加工相关的基础知识，包括数控加工原理、数控机床结构、分类及机床坐标系。作为一名数控编程工程师，有必要掌握一定的手工编程知识，包括程序结构和常用数控指令，这对于理解数控自动编程、后置处理等均有帮助。数控加工工艺分析和规划将影响数控加工的加工质量和加工效率，因此工艺分析和规划是数控编程的核心工作。在 CAM 自动编程中对数控工艺的分析 and 规划主要包括加工区域的划分与规划、刀轨形式与走刀方式的选择、刀具及机械参数的设置、加工工艺参数的设置。

### 3. CAM 编程的学习

CAM 编程的要点可分为以下几个方面：

- (1) 学习 CAD/CAM 软件应重点把握核心功能的学习，因为 CAD/CAM 软件的应用也符合所谓的“20/80 原则”，即 80% 的应用仅需要使用 20% 的功能。
- (2) 培养标准化、规范化的工作习惯。对于常用的加工工艺过程应进行标准化的参数设置，并形成标准的参数模板，在各种产品的数控编程中尽可能直接使用这些标准的参数模板，以减少操作复杂度，提高可靠性。
- (3) 重视加工工艺的经验积累，熟悉所使用的数控机床、刀具、加工材料的特性，以便使工艺参数设置更为合理。





## 1.3 CAD/CAM 软件数控编程功能分析及软件简介

CAD/CAM 软件发展到今天，已经变得相当成熟。各种 CAD/CAM 软件的功能十分繁杂多样，而且，大多数软件所提供的核心功能基本相同，只要掌握了这些基本功能，加上良好的操作习惯和一定的工艺经验，就完全能够编制出优良的数控程序。

### 1.3.1 CAD/CAM 软件功能

对于 2 轴及 3 轴数控铣加工，可以将现有 CAD/CAM 软件所提供的基本功能进行以下概括的分类：

(1) 三维造型功能：如前所述，加工表面的几何信息是 CAD/CAM 软件进行加工刀轨计算的依据。因此 CAD/CAM 软件至少能够提供基本的曲面造型功能。

(2) 参数管理：参数（如加工对象、刀具参数、加工工艺参数等）的设置是交互式图形编程的主要操作内容，因此也是 CAD/CAM 软件数控编程的主要功能组成部分。它包括参数输入、修改、管理以及优化等。

(3) 刀位点计算：根据用户设定的加工参数和加工对象计算出刀位点，由于刀位点计算是数控编程中最重要和最复杂的工作环节，因此它也是利用 CAD/CAM 软件进行交互式图形编程的最明显的优势。

(4) 仿真：以图形化的方式直观、逼真地模拟加工过程，以检验所编制的 NC 程序是否存在问题。

(5) 刀轨的编辑和修改：提供多种编辑手段（如增加、删除、修改刀轨段等）使用户对编制的数控刀轨进行修改。

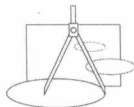
(6) 后处理：CAD/CAM 软件计算出的刀轨包含了大量刀位点的坐标值，后处理的作用就是将这些刀位点坐标值按标准的格式“填写”到数控程序中，得到程序主体的内容。它实际上是一个文字处理过程。当然，还需要在程序的开头和结尾加上一些辅助指令，如在程序开始加上冷却液开、在程序结束部分加上冷却液关等。

(7) 工艺文档生成：将机床操作人员所需要的工艺信息（如程序名称、加工次序、刀具参数等）编写成标准、规范的文档。这一功能虽然简单，但它对保证编程人员与机床操作人员的配合、避免失误有重要的作用。

### 1.3.2 常用 CAD/CAM 软件简介

目前 CAD/CAM 软件种类繁多，基本上都能够很好地承担交互式图形编程的任务。这里仅对最常见的几种软件进行简单的介绍。

(1) Unigraphics (UG)：属于 EDS 公司，是世界上处于领先地位的、最著名的几种大型 CAD/CAM 软件之一，具有强大的造型能力和数控编程能力，功能繁多。最新版本为



UG NX 7.0。

(2) **Cimatron**: 属于 1982 年成立的以色列 Cimatron 公司, 该软件具有功能齐全、操作简便、学习简单、经济实用的特点, 受到小型加工企业特别是模具企业的欢迎, 在我国有广泛的应用。最新版本为 Cimatron it 13 和 Cimatron E9。其中 Cimatron E 是基于 Windows 平台开发的。

(3) **MasterCAM**: 是美国 CNC Software 公司研制开发的 CAD/CAM 系统, 它从一开始就是在 Windows 平台下开发的软件, 分为 DESIGN 设计模块、MILL 铣床加工模块、LATHE 车床加工模块、WIRE 线切割加工模块, 也是一种简单易学、经济实用的小型 CAD/CAM 软件。最新版本为 MasterCAM9.1。

(4) **CAXA 制造工程师**: 是我国北京数码大方科技有限公司开发的一款 CAD/CAM 软件, 作为国产 CAD/CAM 软件的代表, 充分考虑中国特色, 符合国内工程师的操作习惯。该软件高效易学(宣称“1 天会编程”), 为数控加工行业提供了从造型、设计到加工代码生成、加工仿真、代码校验等一体化的解决方案, 支持 2~5 轴的数控加工中心编程。

其他常用的 CAD/CAM 软件的还包括 DASAL 公司的 CATIA、DELCAM 公司的 PowerMILL、PTC 公司的 Pro/E、HZS 公司的 SPACE-E 等, 本书就不再一一介绍了。

### 1.3.3 NX CAM 的特点

NX 是数字化产品生命周期管理 (PLM) 的核心, PLM Solutions 可以提供具有强大生命力的产品全生命周期管理 (PLM) 解决方案, 包括产品开发、制造规划、产品数据管理、电子商务等的产品解决方案, 而且还提供一整套面向产品的完善的服务。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解决方案。UG 功能非常强大, 其所包含的模块也非常多, 涉及到工业设计与制造的各个层面, 是业界最好的工业设计软件包之一。

UG NX 强大的加工功能由多个加工模块所组成。其中, 型芯和型腔铣模块提供了粗加工单个或多个型腔的功能, 可沿任意形状走刀, 产生复杂的刀具路径, 并且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腔或型芯。固定轴铣与变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。在变轴铣中, 可对刀轴与投射矢量进行灵活控制, 从而满足复杂零件表面轮廓的加工要求, 生成 3~5 轴数控机床的加工程序。此外, 它们还可控制顺铣和逆铣切削方式, 按用户指定的方向进行铣削加工, 对于零件中的陡峭区域和前道工序没有切除的区域, 系统能自动识别并清理这些区域。顺序铣模块可连续加工一系列相接表面, 用于在切削过程中需要精确控制每段刀具路径的场合, 可以保证各相接表面光滑过渡。其循环功能可在一个操作中连续完成零件底面与侧面的加工, 可用于叶片等复杂工件的加工。

在加工基础模块中包含了以下加工类型:

(1) 点位加工: 可产生点钻、扩、镗、铰和攻螺纹等操作的刀具路径。

