

■ CAD/CAM/CAE工程应用丛书 ■

# UG NX 4.0

## 数控加工实例教程

■ 零点工作室 张俊华 管殿柱 谈世哲 编著



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

CAD/CAM/CAE 工程应用丛书

183D

2007

# UG NX 4.0 数控加工实例教程

零点工作室 张俊华 管殿柱 谈世哲 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

## 内 容 简 介

本书在 UG NX4 版本基础上,系统地讲述了 NX/CAM 的基础知识。包括 NX/CAM 界面介绍和计算刀轨前准备工作的常用操作、NX/CAM 固定轴铣加工技术、点位加工和孔加工、后置处理技术,以及集成仿真技术。

读者阅读本书后能够熟练掌握 NX/CAM 加工应用基础, NX/CAM 固定轴铣加工技术(包括平面铣、型腔铣和固定轴轮廓铣),以及点位加工和孔加工,熟悉和掌握 NX 后置处理技术和集成仿真技术。在短时间内系统掌握 NX 数控编程的思想、基本方法、处理技巧。

本书可作为大中专院校机械类及相关专业的教材和培训教材,也可作为数控编程人员的自学教材和参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

UG NX 4.0 数控加工实例教程 / 张俊华, 管殿柱, 谈世哲编著. —北京: 电子工业出版社, 2007.1

(CAD/CAM/CAE 工程应用丛书)

ISBN 978-7-121-02035-3

I. U… II. ①张… ②管… ③谈… III. 数控机床—程序设计—应用软件, UG NX 4.0—教材  
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 148698 号

责任编辑: 刘志红 范子瑜

印 刷: 北京市海淀区四季青印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 25.75 字数: 592 千字

印 次: 2007 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 43.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系电话: (010) 68279077; 邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

# 前 言

UGS PLM Solutions 公司产品全生命周期管理 (PLM) 软件在相关领域处于领先地位。UG NX 作为其公司的核心产品,是当今世界上最先进和紧密集成 CAID/CAD/CAM/CAE 的系统解决方案,它的功能覆盖产品的整个开发过程,是产品全生命周期管理的完整解决方案。

然而,要掌握 NX/CAM 加工应用的强大功能,尤其 UG NX 以后版本的新功能及方便快捷的人-机界面,对初学者和具有一定使用经验的用户都存在不少困难。

“工欲善其事,必先利其器”,为给初学者提供一本优秀的入门教材,给具有一定使用经验的用户提供一本优秀的学习参考书和工具书,本书作者根据全球优秀学员指导 (NX Student Guide) 教材和多年的 NX/CAM 培训、使用经验,在 UG NX4 版本基础上编著了本书。读者阅读本书后能够熟练掌握 NX/CAM 加工应用基础, NX/CAM 固定轴铣加工技术 (包括平面铣、型腔铣和固定轴轮廓铣), 以及点位加工和孔加工, 熟悉和掌握 NX 后置处理技术、集成仿真技术。

全书共 9 章。第 1 章和第 2 章为本书第一部分, 主要讲述 NX/CAM 的基础知识, 包括 NX/CAM 界面介绍和计算刀轨前准备工作的常用操作; 第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章和第 7 章为本书第二部分, 主要讲述 NX/CAM 固定轴铣加工技术、点位加工和孔加工技术。第 8 章为本书第三部分, 主要讲述后置处理技术; 第 9 章为本书第四部分, 主要讲述集成仿真技术。

另外, 本书含光盘一张, 主要是为方便读者学习, 提供了部分习题, 所有文件都被设为只读文件, 读者可将其拷贝到本地计算机上, 另存为 XXX\_ 原文件 (XXX 代表读者姓名的首字母), 进行练习。

本书由张俊华、管殿柱、谈世哲等编著。另外, 参加编写的还有徐芹亮、刘尚仁、徐清峻、付本国、赵景伟、田东、黄薇、李文秋、张洪信、张诚、宋一兵、赵秋玲、谈世哲、宿晓宁、臧艳红、马爱芹、张轩等。

由于作者水平有限, 对一些问题的理解还不十分透彻, 恳请各位同行及读者对文中的错误和疏漏之处批评指正。

作 者

2006 年 7 月

于烟台大学 UG 技术培训中心

# 《UG NX 数控加工实用教程》配书光盘说明

本光盘的内容为《UG NX 数控加工实用教程》一书的配套练习题。光盘中所包含的文件按书中章节分类建立目录，文件按章存放，全部为只读文件。读者需要一个拥有读/写权限的练习目录，目录中需要一个命名为“PARTS”的只读目录用于练习用的 MX 文件。

本光盘内容可以拷贝到本地机器，将其另存为 XXX\_ 原文件（XXX 代表读者姓名的首字母），进行练习。在练习时，可调用光盘中的文件。对各个练习题，书中都分别讲述了所调用的部分文件名、用途、操作步骤、处理过程及生成结果。部分练习给出了结果文件。

练习目录结构：

如果练习目录被命名为 XXXX

那么练习目录结构如下：

练习目录： \XXXX

零件子目录： \XXXX\PARTS

技术支持电话：0535-6902254

2006 年 7 月

# 目 录

|                        |      |
|------------------------|------|
| 第 1 章 概述               | (1)  |
| 1.1 数控编程技术基础           | (1)  |
| 1.1.1 数控加工的基本原理        | (1)  |
| 1.1.2 数控加工工艺           | (5)  |
| 1.1.3 数控程序与常用数控指令      | (8)  |
| 1.1.4 数控编程的误差控制        | (10) |
| 1.2 NX4 基础             | (12) |
| 1.2.1 NX4 界面           | (13) |
| 1.2.2 NX4 界面定制练习       | (16) |
| 1.3 本章小结               | (19) |
| 第 2 章 NX/CAM 数控编程基础    | (20) |
| 2.1 NX 数控加工简介          | (21) |
| 2.1.1 加工功能介绍           | (21) |
| 2.1.2 加工术语和定义          | (22) |
| 2.1.3 加工类型             | (23) |
| 2.2 主模型方法在 CAM 的应用     | (25) |
| 2.3 计算刀轨准备工作           | (26) |
| 2.3.1 初始化工作环境          | (26) |
| 2.3.2 创建几何体            | (26) |
| 2.3.3 创建刀具             | (30) |
| 2.3.4 创建加工方法           | (37) |
| 2.3.5 创建程序             | (40) |
| 2.4 创建操作               | (41) |
| 2.4.1 创建操作的步骤          | (41) |
| 2.4.2 在操作对话框中重新选择或编辑对象 | (42) |
| 2.5 操作导航器              | (43) |
| 2.5.1 操作导航器视图          | (43) |
| 2.5.2 参数继承关系           | (44) |
| 2.5.3 操作导航器的符号         | (45) |
| 2.5.4 操作导航器的弹出菜单       | (46) |
| 2.6 刀具路径管理             | (48) |
| 2.6.1 生成刀具路径           | (48) |

|              |                               |              |
|--------------|-------------------------------|--------------|
| 2.6.2        | 删除刀具路径 .....                  | (49)         |
| 2.6.3        | 重显刀具路径 .....                  | (49)         |
| 2.6.4        | 列出刀具路径信息 .....                | (50)         |
| 2.6.5        | 刀具路径的模拟 .....                 | (50)         |
| 2.6.6        | 刀具路径的编辑 .....                 | (55)         |
| 2.6.7        | 输出刀位文件 .....                  | (55)         |
| 2.6.8        | 刀具位置源文件管理器 .....              | (56)         |
| 2.7          | 车间工艺文档 .....                  | (57)         |
| 2.8          | NX/CAM 基础操作综合练习 .....         | (57)         |
| 2.8.1        | 练习 1 更改 MCS 位置 .....          | (57)         |
| 2.8.2        | 练习 2 创建刀库和刀套 .....            | (59)         |
| 2.8.3        | 练习 3 创建刀具 .....               | (60)         |
| 2.8.4        | 练习 4 定义刀具号 .....              | (63)         |
| 2.8.5        | 练习 5 创建操作、刀轨模拟及操作导航器的使用 ..... | (65)         |
| 2.9          | 本章小结 .....                    | (71)         |
| <b>第 3 章</b> | <b>操作的共同选项 .....</b>          | <b>(72)</b>  |
| 3.1          | 拐角控制 .....                    | (72)         |
| 3.2          | 进刀与退刀 .....                   | (77)         |
| 3.2.1        | 进刀/退刀方法 .....                 | (77)         |
| 3.2.2        | 自动进刀退刀方法 .....                | (83)         |
| 3.3          | 避让几何体 .....                   | (87)         |
| 3.4          | 机床控制 .....                    | (91)         |
| 3.4.1        | 指定刀轴 .....                    | (92)         |
| 3.4.2        | 运动输出 .....                    | (92)         |
| 3.4.3        | 刀具补偿 .....                    | (93)         |
| 3.4.4        | 换刀 .....                      | (94)         |
| 3.5          | 后置处理命令 .....                  | (95)         |
| 3.5.1        | 后置处理命令的插入 .....               | (95)         |
| 3.5.2        | 后置处理命令的选项 .....               | (96)         |
| 3.5.3        | 建立机床控制操作 .....                | (98)         |
| 3.6          | 操作共同选项使用练习 .....              | (99)         |
| 3.6.1        | 练习 1 使用进刀/退刀选项 .....          | (99)         |
| 3.6.2        | 练习 2 指定避让几何体 .....            | (100)        |
| 3.6.3        | 练习 3 在操作内部定义机床控制参数 .....      | (102)        |
| 3.7          | 本章小结 .....                    | (103)        |
| <b>第 4 章</b> | <b>平面铣 .....</b>              | <b>(105)</b> |
| 4.1          | 平面铣的基本概念 .....                | (106)        |

|              |                                              |              |
|--------------|----------------------------------------------|--------------|
| 4.1.1        | 平面铣简介 .....                                  | (106)        |
| 4.1.2        | 切削层与加工区域 .....                               | (108)        |
| 4.2          | 创建平面铣操作 .....                                | (110)        |
| 4.2.1        | 设置加工环境 .....                                 | (111)        |
| 4.2.2        | 创建平面铣操作 .....                                | (111)        |
| 4.2.3        | 设置平面铣的组 .....                                | (113)        |
| 4.2.4        | 平面铣操作对话框使用 .....                             | (113)        |
| 4.3          | 几何体 .....                                    | (113)        |
| 4.3.1        | 平面铣操作几何体的类型 .....                            | (113)        |
| 4.3.2        | 边界的类型 .....                                  | (116)        |
| 4.3.3        | 临时边界的创建 .....                                | (119)        |
| 4.3.4        | 边界的编辑 .....                                  | (124)        |
| 4.4          | 参数设置 .....                                   | (125)        |
| 4.4.1        | 常用切削方法的选用 .....                              | (125)        |
| 4.4.2        | 控制点 .....                                    | (130)        |
| 4.4.3        | 进刀/退刀 .....                                  | (133)        |
| 4.4.4        | 切削参数 .....                                   | (135)        |
| 4.4.5        | 切削深度 .....                                   | (142)        |
| 4.4.6        | 横向进给量 .....                                  | (146)        |
| 4.4.7        | 拐角控制与避让 .....                                | (149)        |
| 4.5          | 平面铣实例 .....                                  | (149)        |
| 4.5.1        | 练习 1 平面铣的创建 .....                            | (149)        |
| 4.5.2        | 练习 2 多层切削操作 .....                            | (157)        |
| 4.5.3        | 练习 3 使用二维接触轮廓 (2D Contact Contour) 加工 .....  | (159)        |
| 4.5.4        | 练习 4 定制边界用户边界数据 (Custom Boundary data) ..... | (160)        |
| 4.5.5        | 练习 5 轮廓平面铣 .....                             | (162)        |
| 4.5.6        | 练习 6 使用自动保存的未切削区域边界 .....                    | (165)        |
| 4.6          | 表面铣 .....                                    | (168)        |
| 4.6.1        | 创建表面铣 .....                                  | (168)        |
| 4.6.2        | 表面铣练习 .....                                  | (181)        |
| 4.7          | 本章小结 .....                                   | (187)        |
| <b>第 5 章</b> | <b>型腔铣 .....</b>                             | <b>(188)</b> |
| 5.1          | 型腔铣操作的特点 .....                               | (189)        |
| 5.2          | 创建型腔铣操作 .....                                | (189)        |
| 5.2.1        | 创建型腔铣操作 .....                                | (189)        |
| 5.2.2        | 创建型腔铣操作的方法 .....                             | (190)        |
| 5.3          | 型腔铣操作的几何体 .....                              | (191)        |

|              |                               |              |
|--------------|-------------------------------|--------------|
| 5.4          | 切削方式 .....                    | (194)        |
| 5.5          | 参数设置 .....                    | (195)        |
| 5.5.1        | 附加刀路 .....                    | (195)        |
| 5.6          | 加工参数 .....                    | (196)        |
| 5.6.1        | 切削参数 .....                    | (196)        |
| 5.6.2        | 其他参数 .....                    | (203)        |
| 5.6.3        | 切削层 .....                     | (203)        |
| 5.7          | 进刀与退刀运动 .....                 | (207)        |
| 5.8          | 型腔铣实例 .....                   | (208)        |
| 5.8.1        | 练习 1 创建型腔铣操作 .....            | (208)        |
| 5.8.2        | 练习 2 型腔铣操作使用 IPW (过程工件) ..... | (213)        |
| 5.9          | 等高轮廓铣 .....                   | (217)        |
| 5.9.1        | 等高轮廓铣概述 .....                 | (217)        |
| 5.9.2        | 等高轮廓铣特有的参数 .....              | (219)        |
| 5.9.3        | 等高轮廓铣实例 .....                 | (221)        |
| 5.10         | 本章小结 .....                    | (227)        |
| <b>第 6 章</b> | <b>固定轴轮廓铣 .....</b>           | <b>(228)</b> |
| 6.1          | 概述 .....                      | (228)        |
| 6.1.1        | 术语 .....                      | (229)        |
| 6.1.2        | 创建固定轴铣操作 .....                | (233)        |
| 6.2          | 常见驱动方法 .....                  | (235)        |
| 6.2.1        | 曲线与点驱动 .....                  | (235)        |
| 6.2.2        | 螺旋驱动 .....                    | (240)        |
| 6.2.3        | 边界驱动 .....                    | (242)        |
| 6.2.4        | 区域驱动 .....                    | (252)        |
| 6.2.5        | 曲面驱动 .....                    | (254)        |
| 6.2.6        | 刀轨驱动 .....                    | (264)        |
| 6.2.7        | 径向驱动 .....                    | (267)        |
| 6.2.8        | 清根驱动 .....                    | (270)        |
| 6.2.9        | 自定义驱动 .....                   | (280)        |
| 6.2.10       | 文本雕刻 .....                    | (280)        |
| 6.3          | 切削参数 .....                    | (283)        |
| 6.3.1        | 公差与余量 .....                   | (285)        |
| 6.3.2        | 策略 .....                      | (285)        |
| 6.3.3        | 多个刀路 .....                    | (288)        |
| 6.3.4        | 安全距离 .....                    | (289)        |
| 6.3.5        | 包容 .....                      | (290)        |

|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| 6.3.6 更多 .....                    | (291)        |
| 6.4 非切削运动 .....                   | (298)        |
| 6.4.1 非切削运动的类型 .....              | (298)        |
| 6.4.2 非切削运动 .....                 | (299)        |
| 6.5 固定轴曲面轮廓铣综合练习 .....            | (317)        |
| 6.5.1 固定轴曲面轮廓铣的精加工 .....          | (317)        |
| 6.5.2 固定轴曲面轮廓铣、型腔铣与平面铣的综合应用 ..... | (319)        |
| 6.6 本章小结 .....                    | (323)        |
| <b>第 7 章 点位加工和孔加工 .....</b>       | <b>(324)</b> |
| 7.1 概述 .....                      | (324)        |
| 7.1.1 点位加工的基本概念 .....             | (324)        |
| 7.1.2 创建操作前的准备 .....              | (326)        |
| 7.2 点位加工操作 .....                  | (327)        |
| 7.3 参数设置 .....                    | (329)        |
| 7.4 设置点位加工几何体参数 .....             | (331)        |
| 7.4.1 指定加工位置 .....                | (331)        |
| 7.4.2 显示或验证循环参数组 .....            | (336)        |
| 7.4.3 选择加工表面和底面 .....             | (337)        |
| 7.5 循环控制 .....                    | (338)        |
| 7.5.1 循环类型 .....                  | (339)        |
| 7.5.2 定义循环参数 .....                | (344)        |
| 7.6 钻削实例 .....                    | (351)        |
| 7.7 孔加工 .....                     | (357)        |
| 7.7.1 孔加工基本概念 .....               | (357)        |
| 7.7.2 有关孔加工的讨论 .....              | (359)        |
| 7.7.3 孔加工实例 .....                 | (361)        |
| 7.8 本章小结 .....                    | (371)        |
| <b>第 8 章 后置处理 .....</b>           | <b>(373)</b> |
| 8.1 后置处理器 .....                   | (373)        |
| 8.1.1 后置处理器 NX POST 简介 .....      | (374)        |
| 8.1.2 NX POST 进行后置处理 .....        | (375)        |
| 8.1.3 NX POST 后置处理练习 .....        | (376)        |
| 8.1.4 NX POST 后置处理器设置 .....       | (377)        |
| 8.2 后置处理构造器 .....                 | (377)        |
| 8.2.1 后置处理构建器简介 .....             | (378)        |
| 8.2.2 后处理构造器使用练习 .....            | (383)        |
| 8.3 本章小结 .....                    | (387)        |

第9章 集成仿真与校验简介..... (388)

9.1 集成仿真与校验应用结构..... (389)

9.1.1 集成仿真与校验的建立..... (389)

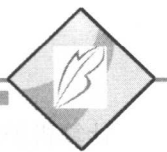
9.1.2 机床构建器应用与机床导航器..... (390)

9.2 三轴数控铣床的集成仿真与校验 (ISV) 实例..... (391)

9.3 本章小结..... (399)

参考文献..... (400)

# 第 1 章 概 述



CAM (Computer Aided Manufacturing) ——计算机辅助制造。从广义上讲,指利用计算机辅助完成从生产准备到产品制造的整个活动的过程,包括工艺过程设计、工装设计、NC 自动编程、生产作业计划、生产控制、质量控制等。狭义上讲,指利用计算机进行 NC 程序编制,包括刀具路径规划、刀位文件生成、刀具轨迹仿真与校验,以及刀位文件后置处理等。本教材采用狭义定义方法,并适当扩展有关质量管理的内容。

数控加工是用机床的控制介质——数控程序来控制机床的整个加工过程。因此,数控程序的编制是数控加工的一个重要环节。优质、理想的加工程序不仅保证加工出符合设计要求的合格零件,同时可使数控机床功能得到合理的应用和充分的发挥。



## 重点知识

- 数控加工的基本原理
- 数控加工工艺
- NX 用户界面简介及其定制



## 练习案例

- NX 用户界面的定制

## 1.1 数控编程技术基础

本节介绍数控编程的基础知识,包括数控加工的基本原理、数控工艺、数控程序、常用数控指令,以及数控编程中误差控制。

### 1.1.1 数控加工的基本原理

#### 1. CAM 系统简述

一个典型的 CAM 系统由两部分组成:一是计算机辅助编程系统,一是数控加工设备,如图 1-1 所示。



图 1-1 CAM 系统构成

计算机辅助编程系统的任务是根据工件的几何体信息计算出数控加工的轨迹，并编制出数控程序，它由计算机硬件设备和计算机辅助数控编程软件组成。

计算机硬件设备主要有工作站和微机两种。计算机辅助数控编程软件即 CAM 软件，是计算机辅助编程系统的核心。它的主要功能包括数据输入输出、加工轨迹计算与编辑、工艺参数设置、加工仿真、数控程序后处理和数据管理等。

数控加工设备的任务是接受数控程序，并按照程序指令完成各种加工动作。数控加工技术可以应用在几乎所有的加工类型中，如车、铣、刨、镗、磨、钻、拉、切断、插齿、电加工、板材成型等。

数控铣床、数控车床、数控线切割机是模具行业最常用的数控加工设备。其中，又以数控铣床应用最为广泛。

## 2. 数控加工基本原理

机床上的刀具和工件间的相对运动，称为表面成型运动，简称成型运动，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（称为数控刀具路径）进行表面成型运动，从而加工出产品的表面形状。图 1-2、图 1-3 分别是平面轮廓加工和曲面加工的切削示意图。

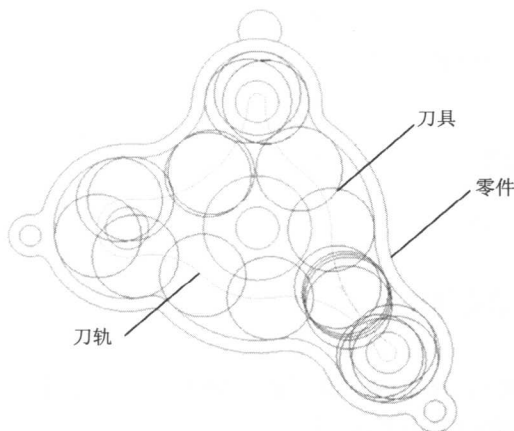


图 1-2 平面轮廓加工切削

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，如图 1-2 所示。刀具的中心点沿着刀轨依次经过每个刀位点，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沿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段将刀位点连接而成的折线。

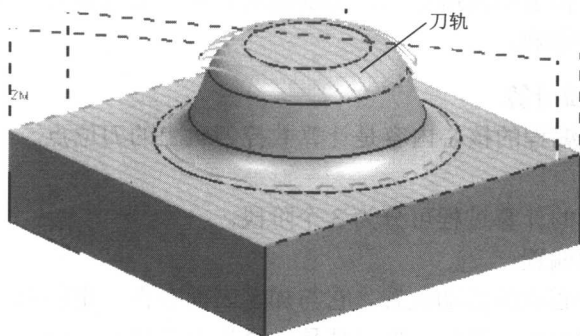


图 1-3 曲面加工切削

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两个部分。

(1) 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 1-4 所示。

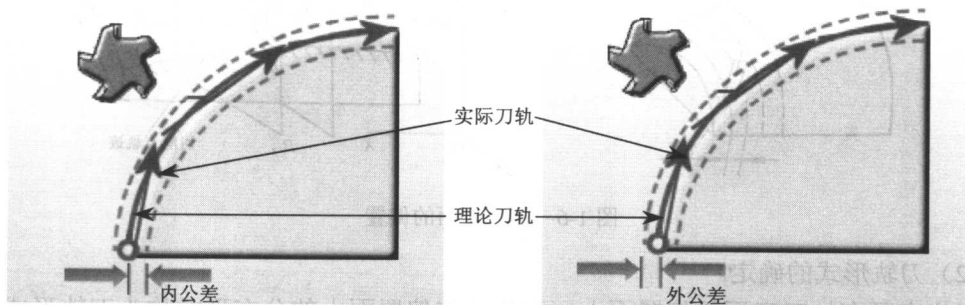


图 1-4 刀轨的插补误差

(2) 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 1-5 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粗糙度。

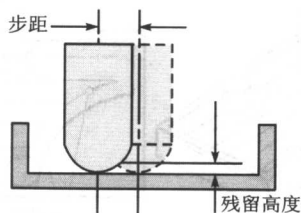


图 1-5 刀轨的残余高度

刀具相对于工件的切削运动通常分为主运动和进给运动。主运动指机床的主轴转动，主要影响产品的表面光洁度。进给运动是主轴相对工件的平动，直接关系到机床的加工性

能。进给运动的速度和主轴转速是刀具切削运动的两个主要参数，对加工质量、加工效率有着重要而且直接的影响。

### 3. 数控加工刀位计算

如前所述，数控编程的核心内容是计算数控刀轨上的刀位点。下面简单介绍数控加工刀位点的计算原理。

数控加工刀位点的计算过程可分为 3 个阶段。

#### (1) 加工表面的偏置。

刀位点是刀具中心点的移动位置，它与加工表面存在一定的偏置关系。这种偏置关系取决于刀具的形状和大小。例如，当刀具是半径为  $R$  的球头刀时，刀轨（刀具中心的移动轨迹）应当在距离加工表面半径为  $R$  的偏置面上。如图 1-6 所示，刀心轨迹  $O_1O_2$  为加工面  $ABCD$  的偏置面  $IJKL$  与行切面  $P_{YZ}$  交线， $ab$  为切削点轨迹。由此可见，刀位点计算的前提是根据刀具的类型和尺寸计算出加工表面的偏置面。

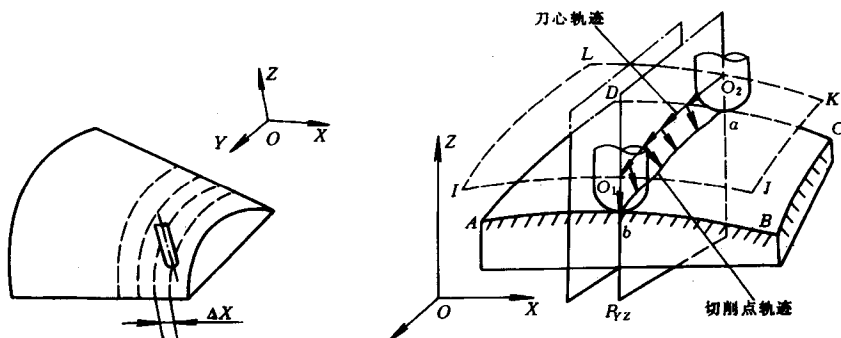


图 1-6 加工表面的偏置

#### (2) 刀轨形式的确定。

刀位点是在加工表面的偏置面上。刀位点在偏置面上的分布形式称为刀轨形式。图 1-7、图 1-8 是两种最常见的刀轨形式。其中，图 1-7 为行切刀轨，即所有刀位点都分布在一组与刀轴（Z 轴）平行的平面内。图 1-8 为等高线刀轨（又称环切刀轨），即所有刀位点都分布在与刀轴（Z 轴）垂直的一组平行平面内。

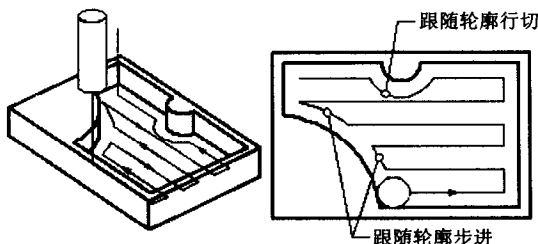


图 1-7 行切刀轨

显然，对于图 1-7、图 1-8 所示的两种刀轨来说，其刀位点分布在加工表面的偏置面与一组平行平面的交线上，这组交线称为理想刀轨。平行平面的间距称为刀轨的行距。也



就是说,刀轨形式一旦确定下来,就能够在加工表面的偏置面上以一定行距计算出理想刀轨。

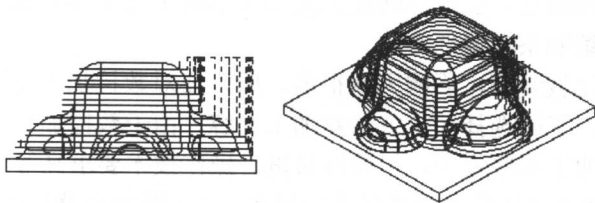


图 1-8 等高线刀轨

### (3) 刀位点的计算。

如果刀具中心能够完全按照理想刀轨运动,其加工精度无疑将是最理想的。然而,由于数控机床通常只能完成直线和圆弧线的插补运动,因此只能在理想刀轨上以一定间距计算出刀位点,在刀位点之间做直线或圆弧运动,如图 1-5 所示。刀位点的间距称为刀轨的步长,其大小取决于编程允许误差。编程允许误差越大,则刀位点的间距越大,反之越小。

以上所描述的仅仅是刀位点计算的基本思路,而 CAM 软件中实际采用的计算方法要复杂得多,而且随着软件的不同会有许多具体的变化。

然而,无论在各种 CAM 软件中刀位点计算有多么复杂,其核心技术都只有一点,即以一定形式和密度在被加工面的偏置面上计算出刀位点。刀位点的密度不仅指刀轨的行距,而且还指刀轨的步长,它们是影响数控编程精度的主要因素。

## 1.1.2 数控加工工艺

在普通机床上加工零件时,是用工艺规程或工艺卡片来规定每道工序的操作内容,操作者按照工艺卡片上的“程序”加工。而数控加工零件时,要把被加工零件的全部工艺过程、工艺参数和位移数据编制成程序,以数字信息的形式记录在控制介质上,用它来控制机床运动。

### 1. 数控工艺特点

数控加工工艺与普通机床加工工艺原则上基本一致。但由于数控加工整个过程是自动进行的,因而数控加工工艺具有以下特点。

#### (1) 数控加工工艺比普通加工工艺的内容复杂且具体。

数控工艺要考虑加工零件的工艺性,确定加工零件的装夹和定位。选择刀具,制定工艺路线,确定切削用量。在通用机床加工时,许多具体的工艺问题,如工艺中各工步的划分与顺序安排、刀具的几何体形状、走刀路线及切削用量等,在很大程度上都是由操作工人根据自己的实践经验和习惯自行选择的,一般无须工艺人员在设计工艺规程时进行规定。但在数控加工时,上述具体工艺问题,不仅成为数控工艺设计时必须认真考虑的内容,而且还必须做出正确的选择,并编入加工程序中。

#### (2) 数控工艺的设计与编程相统一,并需要同时进行。

数控机床虽然自动化程度较高,但自适性差。它不能像通用机床加工时可以根据加工过程中出现的问题,比较灵活地适时进行人为调整。虽然现代数控机床在自适应调整方面



做出了不少努力与改进,但自由度不大。因此,数控工艺规程的制定是用来指导数控程序的编制。而在数控编程后期,生成车间加工文档(车间工艺文件)发给工人指导其操作。

### (3) 数控工艺的编制条理要严密。

正因为数控工艺比较复杂,影响因素很多,所以要对数控加工全过程进行全面考虑。根据数控加工的特点,正确选择加工方法和加工内容,由于数控加工自动化程度高、质量稳定、多坐标联动、便于工序集中,但价格昂贵、操作技术要求高等特点均比较突出,加工方法、加工对象选择不当往往会造成较大的损失。为了既能充分发挥出数控加工的优点,又能达到较好的经济效益,在选择加工方法和对象时要特别慎重,甚至有时还要在基本不改变工件原有性能的前提下,对其形状、尺寸、结构等做适应数控加工的修改。

一般情况下,在选择和决定数控加工内容过程中,有关工艺人员必须对零件图或零件模型做足够具体与充分的工艺分析。在进行数控加工的工艺分析时,编程人员应根据所掌握的数控加工基本特点及所用数控机床的功能和实际操作经验,力求把前期准备工作做得更仔细、更扎实、更具有条理性。

### (4) 数控工艺的继承性好。

凡经试切削通过,并被生产实践所证明的优秀数控工艺,可以做成模板(Template),作为档案保存起来。在后续加工同类零件时调用,这样不仅可以提高生产效率,而且可以保证生产质量。同时,模板可被不断完善,发展成为企业标准。

## 2. 数控程序编制中的工艺分析

由数控加工的工艺特点可以看出数控程序的编制与工艺分析是密不可分的,所以要编制高效、优质的数控程序,首先就要对加工零件进行工艺分析。

### (1) 数控加工工艺分析的主要内容。

- 选择适合在数控机床上加工的零件,确定工序内容。
- 分析被加工零件 CAD 模型,明确加工内容及技术要求。在此基础上确定零件的加工方案,制定加工工艺路线。包括工序的划分、加工顺序的安排、与传统机械加工工艺的衔接等。
- 设计数控加工的工序,如工步的划分、工步的设计、工件坐标系、对刀点、换刀点、走刀路线、刀具补偿量的确定等。
- 分配数控加工的容差。
- 处理数控机床上部分工艺指令。
- 编制数控加工工艺规划文件。

### (2) 数控加工工艺分析的一般方法和步骤。

数控程序员在进行工艺分析时要对机床说明书、编程手册、切削用量表、标准工具、夹具手册等资料,根据被加工工件的材料、轮廓形状、加工精度等选用合适的机床,制定工艺方案,确定加工顺序,各工序工步所用刀具、夹具和切削用量等。因此,数控程序员应不断总结,积累工艺分析的实践经验,编写出高质量的数控加工程序。

一份完整的数控工艺规划,应该按照下面的步骤进行分析和制定。

- 数控机床选择。