

UG NX 8.0 工程应用精解丛书

UG NX 软件应用认证指导用书

# UG NX 8.0

## 数控加工教程

UG NX 8.0 SHUKONG JIAGONG JIAOCHENG

(修订版)



含语音讲解  
附视频光盘



展迪优 主编

- ◎ 附1张DVD，3.3GB，540分钟的详细语音视频讲解
- ◎ 119个UG数控加工技巧和实例的教学语音视频文件
- ◎ 融入UG数控加工高手多年的实战经验、心得与技巧



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

UG NX 8.0 工程应用精解丛书

UG NX 软件应用认证指导用书

国家职业技能 UG NX 认证指导用书

# UG NX 8.0 数控加工教程 (修订版)

展迪优 主编



机械工业出版社

本书全面、系统地介绍了 UG NX 8.0 数控加工技术和技巧, 内容包括数控加工基础、UG NX 8.0 数控加工入门、平面铣加工、轮廓铣削加工、多轴加工、孔加工、车削加工、线切割加工、后置处理、UG 数控加工其他功能以及数控加工综合范例等。

本书是根据北京兆迪科技有限公司给国内外不同行业的著名公司(含国外独资和合资公司)编写的培训教案整理而成的, 具有很强的实用性和广泛的适用性。本书附带 2 张多媒体 DVD 学习光盘, 制作了 119 个数控加工与编程技巧和具有针对性的实例教学视频并进行了详细的语音讲解, 时长为 9 小时(540 分钟); 光盘中还包含本书所有的教案文件、范例文件以及练习素材文件(1 张 DVD 光盘教学文件容量共计 3.3GB)。

在内容安排上, 本书紧密结合实例对 UG 数控编程加工的流程、方法与技巧进行讲解和说明, 这些实例都是实际生产一线中具有代表性的例子, 这样的安排可增加本书的实用性和可操作性, 还能使读者较快地进入数控加工编程实战状态; 在写作方式上, 本书紧贴软件的实际操作界面, 使初学者能够直观、准确地操作软件进行学习, 从而尽快地上手, 提高学习效率。本书可作为广大工程技术人员学习 UG 数控加工编程的自学教程和参考书, 也可作为大中专院校学生和各类培训学校学员的 CAD/CAM 课程上课及上机练习的教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

UG NX8.0 数控加工教程/展迪优主编. —6 版(修订本).  
—北京: 机械工业出版社, 2013.9  
ISBN 978-7-111-44068-0

I. ①U… II. ①展… III. ①数控机床—加工—计算机  
辅助设计—应用软件—教材 IV. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 219350 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 管晓伟 责任编辑: 管晓伟 丁 锋

责任印制: 乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2013 年 10 月第 6 版第 1 次印刷

184mm×260mm·26 印张·646 千字

0001—5000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-44068-0

ISBN 978-7-89405-100-4 (光盘)

定价: 59.90 元(含多媒体 DVD 光盘 1 张)

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

# 出版说明

制造业是一个国家经济发展的基础，当今世界任何经济实力强大的国家都拥有发达的制造业，美、日、德、英、法等国家之所以被称为发达国家，很大程度上是由于它们拥有世界上最发达的制造业。我国在大力推进国民经济信息化的同时，必须清醒地认识到，制造业是现代经济的支柱，提高制造业科技水平是一项长期而艰巨的任务。发展信息产业，首先要把信息技术应用到制造业。

众所周知，制造业信息化是企业发展的必要手段，国家已将制造业信息化提到关系国家生存的高度上来了。信息化是时代现代化的突出标志。以信息化带动工业化，使信息化与工业化融为一体，互相促进，共同发展，是具有中国特色的跨越式发展之路。信息化主导着新时期工业化的方向，使工业朝着高附加值化发展；工业化是信息化的基础，为信息化的发展提供物资、能源、资金、人才以及市场，只有用信息化武装起来的自主和完整的工业体系，才能为信息化提供坚实的物质基础。

制造业信息化集成平台是通过并行工程、网络技术、数据库技术等先进技术将 CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/ERP 等为制造服务的软件个体有机地集成起来，采用统一的架构体系和基础数据平台，涵盖目前常用的 CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/ERP 软件，使软件交互和信息传递顺畅，从而有效提高产品开发、制造各个领域的数据集成管理和共享水平，提高产品开发、生产和销售全过程中的数据整合、流程的组织管理水平以及企业的综合实力，为打造一流的企业提供现代化的技术保证。

机械工业出版社作为全国优秀出版社，在出版制造业信息化技术类图书方面有着独特优势，一直致力于 CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/ERP 等领域相关技术的跟踪，出版了大量学习这些领域软件（如 UG、Pro/ENGINEER、CATIA、SolidWorks、AutoCAD 等）的优秀图书，同时也积累了许多宝贵的经验。

北京兆迪科技有限公司位于中关村科技园区，专门从事 CAD/CAM/CAE 技术的开发、咨询及产品设计与制造服务，并提供专业的 UG、Pro/ENGINEER、CATIA、SolidWorks、AutoCAD 等软件的培训。中关村科技园区是北京市科技、智力、人才和信息资源最密集的区域，园区内有清华大学、北京大学和中国科学院等著名大学和科研机构，同时聚集了一些国内外著名公司，如西门子、联想集团、清华紫光和清华同方等。近年来，北京兆迪科技有限公司充分依托中关村科技园区人才优势，在机械工业出版社的大力支持下，陆续推出一系列 UG 软件的“工程应用精解”图书，包括：

- UG NX 8.5 工程应用精解丛书
- UG NX 8.0 宝典
- UG NX 8.0 实例宝典
- UG NX 8.0 工程应用精解丛书

- UG NX 7.0 工程应用精解丛书
- UG NX 6.0 工程应用精解丛书
- UG NX 5.0 工程应用精解丛书

“工程应用精解”系列图书具有以下特色:

- **注重实用, 讲解详细, 条理清晰。**由于作者队伍和顾问是来自一线的专业工程师和高校教师, 所以图书既注重解决实际产品设计、制造中的问题, 同时又将软件的使用方法和技巧进行全面、系统、有条不紊、由浅入深的讲解。
- **范例来源于实际, 丰富而经典。**对软件中的主要命令和功能, 先结合简单的范例进行讲解, 然后安排一些较复杂的综合范例帮助读者深入理解、灵活应用。
- **写法独特, 易于上手。**全部图书采用软件中真实的菜单、对话框和按钮等进行讲解, 使初学者能够直观、准确地操作软件, 从而大大提高学习效率。
- **随书光盘配有视频录像。**每本书的随书光盘中都制作了超长时间的操作视频文件, 帮助读者轻松、高效地学习。
- **网站技术支持。**读者购买“工程应用精解”系列图书, 可以通过北京兆迪科技有限公司的网站 (<http://www.zalldy.com>) 获得技术支持。

我们真诚希望广大读者通过学习“工程应用精解”系列图书, 能够高效掌握有关制造业信息化软件的功能和使用技巧, 并将学到的知识运用到实际工作中, 也期待您给我们提出宝贵的意见, 以便今后为大家提供更优秀的图书作品, 共同为我国制造业的发展尽一份力量。

机械工业出版社

北京兆迪科技有限公司

# 前 言

UG 是由美国 UGS 公司推出的一款功能强大的三维 CAD/CAM/CAE 软件系统,其内容涵盖了产品从概念设计、工业造型设计、三维模型设计、分析计算、动态模拟与仿真、工程图输出,到生产加工的全过程,应用范围涉及航空航天、汽车、机械、造船、数控(NC)加工、医疗器械和电子等诸多领域。UG NX 8.0 版本在数字化模拟、知识捕捉、可用性和系统工程等方面进行了进一步创新,对以前版本进行了数百项以客户为中心的改进。

本书全面、系统地介绍了 UG NX 8.0 数控加工技术和技巧,其特色如下:

- 内容全面,与其他的同类书籍相比,包括更多的 UG 数控加工知识和内容。
- 范例丰富,对软件中的主要命令和功能,先结合简单的范例进行讲解,然后安排一些较复杂的综合范例帮助读者深入理解,灵活运用。
- 讲解详细,条理清晰,保证自学的读者能独立学习。
- 写法独特,采用 UG NX 8.0 软件中真实的对话框、菜单和按钮等进行讲解,使初学者能够直观、准确地操作软件,从而大大提高学习效率。
- 附加值高,本书附带 2 张多媒体 DVD 学习光盘,制作了 119 个数控加工与编程技巧和具有针对性的实例教学视频并进行了详细的语音讲解,时长为 9 小时(540 分钟);光盘中还包含本书所有的教案文件、范例文件以及练习素材文件(1 张 DVD 光盘教学文件容量共计 3.3GB)。

本次修订优化了原来各章的结构,进一步加强了本书的实用性,增加了 UG 数控加工其他功能章节内容,使本书的体系更加完善。

本书是根据北京兆迪科技有限公司给国内外一些著名公司(含国外独资和合资公司)编写的培训教案整理而成的,具有很强的实用性。其主编和主要参编人员均来自北京兆迪科技有限公司,该公司专门从事 CAD/CAM/CAE 技术的研究、开发、咨询及产品设计与制造服务,并提供 UG、Ansys、Adams 等软件的专业培训及技术咨询。在本书编写过程中得到了该公司的大力帮助,在此衷心表示感谢。

本书由展迪优主编,参加编写的人员有王焕田、刘静、雷保珍、刘海起、魏俊岭、任慧华、詹路、冯元超、刘江波、周涛、赵枫、邵为龙、侯俊飞、龙宇、施志杰、詹棋、高政、孙润、李倩倩、黄红霞、尹泉、李行、詹超、尹佩文、赵磊、王晓萍、陈淑童、周攀、吴伟、王海波、高策、冯华超、周思思、黄光辉、党辉、冯峰、詹聪、平迪、管璇、王平、李友荣。如有疏漏之处,恳请广大读者予以指正。

电子邮箱:zhanygjames@163.com

编 者

# 丛书导读

## （一）产品设计工程师学习流程

1. 《UG NX 8.0 快速入门教程（修订版）》
2. 《UG NX 8.0 高级应用教程》
3. 《UG NX 8.0 曲面设计教程》
4. 《UG NX 8.0 钣金设计教程》
5. 《UG NX 8.0 钣金设计实例精解》
6. 《UG NX 8.0 产品设计实例精解》
7. 《UG NX 8.0 曲面设计实例精解》
8. 《UG NX 8.0 工程图教程》
9. 《UG NX 8.0 管道设计教程》
10. 《UG NX 8.0 电缆布线设计教程》
11. 《钣金展开实用技术手册（UG NX 版）》

## （二）模具设计工程师学习流程

1. 《UG NX 8.0 快速入门教程》
2. 《UG NX 8.0 高级应用教程》
3. 《UG NX 8.0 工程图教程》
4. 《UG NX 8.0 模具设计教程》
5. 《UG NX 8.0 模具设计实例精解》

## （三）数控加工工程师学习流程

1. 《UG NX 8.0 快速入门教程》
2. 《UG NX 8.0 高级应用教程》
3. 《UG NX 8.0 钣金设计教程》
4. 《UG NX 8.0 数控加工教程（修订版）》
5. 《UG NX 8.0 数控加工实例精解》

## （四）产品分析工程师学习流程

1. 《UG NX 8.0 快速入门教程》
2. 《UG NX 8.0 高级应用教程》
3. 《UG NX 8.0 运动分析教程》
4. 《UG NX 8.0 结构分析教程》

# 本书导读

为了更好地学习本书的知识，请您仔细阅读下面的内容：

## 写作环境

本书使用的操作系统为 Windows XP，对于 Windows 2000 /Server 操作系统，本书的内容和范例也同样适用。

本书采用的写作蓝本是 UG NX 8.0 中文版。

## 光盘使用

为方便读者练习，特将本书所有素材文件、已完成的实例文件、配置文件和视频语音讲解文件等放入随书附带的光盘中，读者在学习过程中可以打开相应素材文件进行操作和练习。

在光盘的 ugnx8.9 目录下共有 2 个子目录：

(1) work 子目录：包含本书讲解中所用到的文件。

(2) video 子目录：包含本书讲解中所有的视频文件（含语音讲解），学习时，直接双击某个视频文件即可播放。

光盘中带有“ok”扩展名的文件或文件夹表示已完成的实例。

建议读者在学习本书前，先将随书光盘中的所有文件复制到计算机硬盘的 D 盘中。

## 本书约定

● 本书中有关鼠标操作的简略表述说明如下：

- ☑ 单击：将鼠标指针移至某位置处，然后按一下鼠标的左键。
- ☑ 双击：将鼠标指针移至某位置处，然后连续快速地按两次鼠标的左键。
- ☑ 右击：将鼠标指针移至某位置处，然后按一下鼠标的右键。
- ☑ 单击中键：将鼠标指针移至某位置处，然后按一下鼠标的中键。
- ☑ 滚动中键：只是滚动鼠标的中键，而不能按中键。
- ☑ 选择（选取）某对象：将鼠标指针移至某对象上，单击以选取该对象。
- ☑ 拖移某对象：将鼠标指针移至某对象上，然后按下鼠标的左键不放，同时移动鼠标，将该对象移动到指定的位置后再松开鼠标的左键。

● 本书中的操作步骤分为 Task、Stage 和 Step 三个级别，说明如下：

- ☑ 对于一般的软件操作，每个操作步骤以 Step 字符开始，例如，下面是草绘环境中绘制矩形操作步骤的表述：

Step1. 单击  按钮。

Step2. 在绘图区某位置单击，放置矩形的第一个角点，此时矩形呈“橡皮筋”

样变化。

Step3. 单击  按钮, 再次在绘图区某位置单击, 放置矩形的另一个角点。此时, 系统即在两个角点间绘制一个矩形。

- ☑ 每个 Step 操作视其复杂程度, 其下面可含有多级子操作, 例如 Step1 下可能包含 (1)、(2)、(3) 等子操作, (1) 子操作下可能包含①、②、③等子操作, ①子操作下可能包含 a)、b)、c) 等子操作。
- ☑ 如果操作较复杂, 需要几个大的操作步骤才能完成, 则每个大的操作冠以 Stage1、Stage2、Stage3 等, Stage 级别的操作下再分 Step1、Step2、Step3 等操作。
- ☑ 对于多个任务的操作, 则每个任务冠以 Task1、Task2、Task3 等, 每个 Task 操作下则可包含 Stage 和 Step 级别的操作。

- 由于已建议读者将随书光盘中的所有文件复制到计算机硬盘的 D 盘中, 所以书中在要求设置工作目录或打开光盘文件时, 所述的路径均以“D:”开始。

## 技术支持

本书是根据北京兆迪科技有限公司给国内外一些著名公司 (含国外独资和合资公司) 编写的培训教案整理而成的, 具有很强的实用性。其主编和主要参编人员均来自北京兆迪科技有限公司, 该公司专门从事 CAD/CAM/CAE 技术的研究、开发、咨询及产品设计与制造服务, 并提供 UG、Ansys、Adams 等软件的专业培训及技术咨询, 读者在学习本书的过程中如果遇到问题, 可通过访问该公司的网站 <http://www.zalldy.com> 来获得技术支持。

咨询电话: 010-82176248, 010-82176249。

# 目 录

出版说明

前言

丛书导读

本书导读

|                      |    |
|----------------------|----|
| 第 1 章 数控加工基础         | 1  |
| 1.1 数控加工概论           | 1  |
| 1.2 数控编程简述           | 1  |
| 1.3 数控机床             | 3  |
| 1.3.1 数控机床的组成        | 3  |
| 1.3.2 数控机床的特点        | 4  |
| 1.3.3 数控机床的分类        | 5  |
| 1.3.4 数控机床的坐标系       | 7  |
| 1.4 数控加工程序           | 8  |
| 1.4.1 数控加工程序结构       | 8  |
| 1.4.2 数控指令           | 9  |
| 1.5 数控工艺概述           | 13 |
| 1.5.1 数控加工工艺的特点      | 13 |
| 1.5.2 数控加工工艺的主要内容    | 14 |
| 1.6 数控工序的安排          | 16 |
| 1.7 加工刀具的选择和切削用量的确定  | 17 |
| 1.7.1 数控加工常用刀具的种类及特点 | 18 |
| 1.7.2 数控加工刀具的选择      | 18 |
| 1.7.3 切削用量的确定        | 20 |
| 1.8 高度与安全高度          | 22 |
| 1.9 走刀路线的选择          | 23 |
| 1.10 对刀点与换刀点的选择      | 25 |
| 1.11 数控加工的补偿         | 26 |
| 1.11.1 刀具半径补偿        | 26 |
| 1.11.2 刀具长度补偿        | 26 |
| 1.11.3 夹具偏置补偿        | 27 |
| 1.12 轮廓控制            | 28 |
| 1.13 顺铣与逆铣           | 28 |
| 1.14 切削液             | 29 |
| 1.14.1 切削液的作用        | 29 |
| 1.14.2 切削液的种类        | 30 |
| 1.14.3 切削液的开关        | 31 |
| 1.15 加工精度            | 31 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 第 2 章 UG NX 8.0 数控加工入门..... | 33  |
| 2.1 UG NX 8.0 数控加工流程.....   | 33  |
| 2.2 进入 UG NX 8.0 的加工模块..... | 34  |
| 2.3 创建程序.....               | 35  |
| 2.4 创建几何体.....              | 36  |
| 2.4.1 创建机床坐标系.....          | 36  |
| 2.4.2 创建安全平面.....           | 39  |
| 2.4.3 创建工作件几何体.....         | 40  |
| 2.4.4 创建切削区域几何体.....        | 42  |
| 2.5 创建刀具.....               | 43  |
| 2.6 创建加工方法.....             | 44  |
| 2.7 创建工序.....               | 46  |
| 2.8 生成刀路轨迹并确认.....          | 51  |
| 2.9 生成车间文档.....             | 54  |
| 2.10 输出 CLSF 文件.....        | 55  |
| 2.11 后处理.....               | 56  |
| 2.12 工序导航器.....             | 57  |
| 2.12.1 程序顺序视图.....          | 57  |
| 2.12.2 几何视图.....            | 58  |
| 2.12.3 机床视图.....            | 59  |
| 2.12.4 加工方法视图.....          | 59  |
| 第 3 章 平面铣加工.....            | 60  |
| 3.1 概述.....                 | 60  |
| 3.2 平面铣类型.....              | 60  |
| 3.3 面铣削区域.....              | 61  |
| 3.4 表面铣.....                | 76  |
| 3.5 手工面铣削.....              | 84  |
| 3.6 平面铣.....                | 90  |
| 3.7 平面轮廓铣.....              | 97  |
| 3.8 粗加工跟随铣.....             | 104 |
| 3.9 清角铣.....                | 109 |
| 3.10 精铣侧壁.....              | 111 |
| 3.11 精铣底面.....              | 115 |
| 3.12 孔铣削.....               | 118 |
| 3.13 铣螺纹.....               | 123 |
| 第 4 章 轮廓铣削加工.....           | 128 |
| 4.1 概述.....                 | 128 |
| 4.1.1 型腔轮廓铣简介.....          | 128 |

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| 4.1.2 轮廓铣的子类型 .....     | 128        |
| 4.2 型腔铣 .....           | 129        |
| 4.3 插铣 .....            | 138        |
| 4.4 等高轮廓铣 .....         | 144        |
| 4.4.1 一般等高轮廓铣 .....     | 144        |
| 4.4.2 陡峭区域等高轮廓铣 .....   | 149        |
| 4.5 固定轴曲面轮廓铣削 .....     | 155        |
| 4.6 流线驱动铣削 .....        | 160        |
| 4.7 清根切削 .....          | 165        |
| 4.8 3D 轮廓加工 .....       | 168        |
| 4.9 刻字 .....            | 171        |
| <b>第 5 章 多轴加工 .....</b> | <b>177</b> |
| 5.1 概述 .....            | 177        |
| 5.2 多轴加工的子类型 .....      | 177        |
| 5.3 可变轴轮廓铣 .....        | 178        |
| 5.4 可变轴流线铣 .....        | 183        |
| 5.5 多轴加工综合范例 .....      | 192        |
| <b>第 6 章 孔加工 .....</b>  | <b>203</b> |
| 6.1 概述 .....            | 203        |
| 6.1.1 孔加工简介 .....       | 203        |
| 6.1.2 孔加工的子类型 .....     | 203        |
| 6.2 钻孔加工 .....          | 204        |
| 6.3 镗孔加工 .....          | 215        |
| 6.4 铰孔加工 .....          | 220        |
| 6.5 沉孔加工 .....          | 222        |
| 6.6 攻螺纹 .....           | 227        |
| 6.7 钻孔加工综合范例 .....      | 231        |
| <b>第 7 章 车削加工 .....</b> | <b>242</b> |
| 7.1 车削概述 .....          | 242        |
| 7.1.1 车削加工简介 .....      | 242        |
| 7.1.2 车削加工的子类型 .....    | 242        |
| 7.2 粗车外形加工 .....        | 244        |
| 7.3 沟槽车削加工 .....        | 256        |
| 7.4 内孔车削加工 .....        | 260        |
| 7.5 螺纹车削加工 .....        | 266        |
| 7.6 示教模式 .....          | 270        |
| 7.7 车削加工综合范例 .....      | 275        |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第 8 章 线切割 .....              | 283 |
| 8.1 概述 .....                 | 283 |
| 8.2 两轴线切割加工 .....            | 284 |
| 8.3 四轴线切割加工 .....            | 295 |
| 第 9 章 后置处理 .....             | 299 |
| 9.1 概述 .....                 | 299 |
| 9.2 创建后处理器文件 .....           | 300 |
| 9.2.1 进入 UG 后处理构造器工作环境 ..... | 300 |
| 9.2.2 新建一个后处理器文件 .....       | 300 |
| 9.2.3 机床的参数设置值 .....         | 302 |
| 9.2.4 程序和刀轨参数的设置 .....       | 303 |
| 9.2.5 NC 数据定义 .....          | 308 |
| 9.2.6 输出设置 .....             | 310 |
| 9.2.7 虚拟 N/C 控制器 .....       | 312 |
| 9.3 定制后处理器综合范例 .....         | 313 |
| 第 10 章 UG 数控加工其他功能 .....     | 330 |
| 10.1 NC 助理 .....             | 330 |
| 10.2 刀轨平行生成 .....            | 333 |
| 10.3 刀轨过切检查 .....            | 335 |
| 10.4 报告最短刀具 .....            | 338 |
| 10.5 刀轨批量处理 .....            | 339 |
| 10.6 刀轨变换 .....              | 341 |
| 10.6.1 平移 .....              | 341 |
| 10.6.2 缩放 .....              | 342 |
| 10.6.3 绕点旋转 .....            | 343 |
| 10.6.4 绕直线旋转 .....           | 344 |
| 10.6.5 通过一直线镜像 .....         | 346 |
| 10.6.6 通过一平面镜像 .....         | 347 |
| 10.6.7 圆形阵列 .....            | 348 |
| 10.6.8 矩形阵列 .....            | 349 |
| 10.6.9 CSYS 到 CSYS .....     | 350 |
| 第 11 章 综合范例 .....            | 352 |
| 11.1 吹风机凸模加工 .....           | 352 |
| 11.2 塑料壳凹模加工 .....           | 371 |
| 11.3 面板凸模加工 .....            | 387 |

# 第 1 章 数控加工基础

## 本章提要

本章主要介绍数控加工的基础知识，内容包括数控编程和数控机床简述、数控加工工艺基础、高度与安全高度、数控加工的补偿、轮廓控制、顺铣与逆铣以及加工精度等。

## 1.1 数控加工概论

数控技术即数字控制技术 (Numerical Control Technology)，指用计算机以数字指令的方式控制机床动作的技术。

数控加工具有产品精度高、自动化程度高、生产效率高以及生产成本低等特点，在制造业中，数控加工是所有生产技术中相当重要的一环。尤其是汽车或航天产业零部件，其几何外形复杂且精度要求较高，更突出了数控加工技术的优点。

数控加工技术集传统的机械制造、计算机、信息处理、现代控制、传感检测等光机电技术于一体，是现代机械制造技术的基础。它的广泛应用给机械制造业的生产方式及产品结构带来了深刻的变化。

近年来，由于计算机技术的迅速发展，数控技术的发展相当迅速。数控技术的水平和普及程度，已经成为衡量一个国家综合国力和工业现代化水平的重要标志。

## 1.2 数控编程简述

数控编程一般可以分为手工编程和自动编程。手工编程是指从零件图样分析、工艺处理、数值计算、编写程序单到程序校核等各步骤的数控编程工作均由人工完成。该方法适用于零件形状不太复杂、加工程序较短的情况，而复杂形状的零件，如具有非圆曲线、列表曲面和组合曲面的零件，或形状虽不复杂但是程序很长的零件，则比较适合于自动编程。

自动数控编程是从零件的设计模型（即参考模型）直接获得数控加工程序，其主要任务是计算加工进给过程中的刀位点 (Cutter Location Point, 简称 CL 点)，从而生成 CL 数据

文件。采用自动编程技术可以帮助人们解决复杂零件的数控加工编程问题,其大部分工作由计算机来完成,使编程效率大大提高,还能解决手工编程无法解决的许多复杂形状零件的加工编程问题。

UG NX 8.0 数控模块提供了多种加工类型,用于各种复杂零件的粗精加工,用户可以根据零件结构、加工表面形状和加工精度要求选择合适的加工类型。

数控编程的主要内容有:图样分析及工艺处理、数值处理、编写加工程序单、输入数控系统、程序检验及试切。

(1) 图样分析及工艺处理。在确定加工工艺过程时,编程人员首先应根据零件图样对工件的形状、尺寸和技术要求等进行分析,然后选择合适的加工方案,确定加工顺序和路线、装夹方式、刀具以及切削参数。为了充分发挥机床的功用,还应该考虑所用机床的指令功能,选择最短的加工路线,选择合适的对刀点和换刀点,以减少换刀次数。

(2) 数值处理。根据图样的几何尺寸、确定的工艺路线及设定的坐标系,计算工件粗、精加工的运动轨迹,得到刀位数据。零件图样坐标系与编程坐标系不一致时,需要对坐标进行换算。对形状比较简单的零件的轮廓进行加工时,需要计算出几何元素的起点、终点及圆弧的圆心,及两几何元素的交点或切点的坐标值,有的还需要计算刀具中心运动轨迹的坐标值。对于形状比较复杂的零件,需要用直线段或圆弧段逼近,根据要求的精度计算出各个节点的坐标值。

(3) 编写加工程序单。确定加工路线、工艺参数及刀位数据后,编程人员可以根据数控系统规定的指令代码及程序段格式,逐段编写加工程序单。此外,还应填写有关的工艺文件,如数控刀具卡片、数控刀具明细栏和数控加工工序卡片等。随着数控编程技术的发展,现在大部分的机床已经直接采用自动编程。

(4) 输入数控系统。即把编制好的加工程序,通过某种介质传输到数控系统。过去我国数控机床的程序输入一般使用穿孔纸带,穿孔纸带的程序代码通过纸带阅读器输入到数控系统。随着计算机技术的发展,现代数控机床主要利用键盘将程序输入到计算机中。随着网络技术进入工业领域,通过 CAM 生成的数控加工程序可以通过数据接口直接传输到数控系统中。

(5) 程序检验及试切。程序单必须经过检验和试切才能正式使用。检验的方法是直接将加工程序输入到数控系统中,让机床空运转,即以笔代刀,以坐标纸代替工件,画出加工路线,以检查机床的运动轨迹是否正确。若数控机床有图形显示功能,可以采用模拟刀具切削过程的方法进行检验。但这些过程只能检验出运动是否正确,不能检查被加工零件

的精度,因此必须进行零件的首件试切。试切时,应该以单程序段的运行方式进行加工,监视加工状况,调整切削参数和状态。

从以上内容来看,作为一名数控编程人员,不但要熟悉数控机床的结构、功能及标准,而且必须熟悉零件的加工工艺、装夹方法、刀具以及切削参数的选择等方面的知识。

## 1.3 数控机床

### 1.3.1 数控机床的组成

数控机床的种类很多,但是任何一种数控机床都主要由数控系统、伺服系统和机床主体三大部分以及辅助控制系统等组成。

#### 1. 数控系统

数控系统是数控机床的核心,是数控机床的“指挥系统”,其主要作用是对输入的零件加工程序进行数字运算和逻辑运算,然后向伺服系统发出控制信号。现代数控系统通常是一台带有专门系统软件的计算机系统,开放式数控系统就是将 PC 机配以数控系统软件而构成的。

#### 2. 伺服系统

伺服系统(也称驱动系统)是数控机床的执行机构,由驱动和执行两大部分组成。它包括位置控制单元、速度控制单元、执行电动机和测量反馈单元等部分,主要用于实现数控机床的进给伺服控制和主轴伺服控制。它接受数控系统发出的各种指令信息,经功率放大后,严格按照指令信息的要求控制机床运动部件的进给速度、方向和位移。目前数控机床的伺服系统中,常用的位移执行机构有步进电动机、液压马达、直流伺服电动机和交流伺服电动机,其中,后两者均带有光电编码器等位置测量元件。一般来说,数控机床的伺服系统,要求有好的快速响应和灵敏而准确的跟踪指令功能。

#### 3. 机床主体

机床主体是加工运动的实际部件,除了机床基础件以外,还包括主轴部件、进给部件、实现工件回转与定位的装置和附件、辅助系统和装置(如液压、气压、防护等装置)、刀库和自动换刀装置(Automatic Tools Changer,简称 ATC)、自动托盘交换装置(Automatic Pallet Changer,简称 APC)。机床基础件通常是指床身或底座、立柱、横梁和工作台等,它是整

台机床的基础和框架。加工中心则还应具有 ATC, 有的还有双工位 APC 等。与传统机床相比, 数控机床的本体结构发生了很大变化, 普遍采用了滚珠丝杠、滚动导轨, 传动效率更高。由于现代数控机床减少了齿轮的使用数量, 使得传动系统更加简单。数控机床可根据自动化程度、可靠性要求和特殊功能需要, 选用各种类型的刀具破损监控系统、机床与工件精度检测系统、补偿装置和其他附件等。

### 1.3.2 数控机床的特点

随着科学技术和市场经济的不断发展, 对机械产品的质量、生产率和新产品的开发周期提出了越来越高的要求。为了满足上述要求, 适应科学技术和经济的不断发展, 数控机床应运而生。20 世纪 50 年代, 美国麻省理工学院成功地研制出第一台数控铣床。1970 年首次展出了第一台用计算机控制的数控机床 (Computer Numerical Control, 简称 CNC)。图 1.3.1 所示为 CNC 数控铣床, 图 1.3.2 所示为数控加工中心。

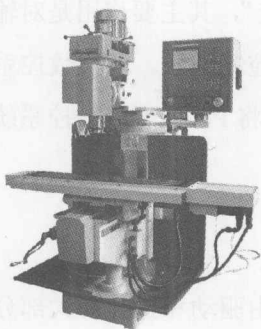


图 1.3.1 CNC 数控铣床



图 1.3.2 数控加工中心

数控机床自问世以来得到了高速发展, 并逐渐为各国生产组织和管理者所接受, 这与它在加工中表现出来的特点是分不开的。数控机床具有以下主要特点:

- 高精度, 加工重复性高。目前, 普通数控加工的尺寸精度通常可达到  $\pm 0.005\text{mm}$ 。数控装置的脉冲当量 (即机床移动部件的移动量) 一般为  $0.001\text{mm}$ , 高精度的数控系统可达  $0.0001\text{mm}$ 。数控加工过程中, 机床始终都在指定的控制指令下工作, 消除了人工操作所引起的偏差, 不仅提高了同一批加工零件尺寸的统一性, 而且能使产品质量得到保证, 废品率也大为降低。
- 高效率。机床自动化程度高, 工序、刀具可自行更换、检测。例如: 加工中心在一次装夹后, 除定位表面不能加工外, 其余表面均可加工; 生产准备周期短, 加工对象变化时, 一般不需要专门的工艺装备设计制造时间; 切削加工中可采用最