



UG NX 11.0 工程应用精解丛书

UG NX 11.0 数控加工教程


北京兆迪科技有限公司 © 编著



或扫描二维码
获取随书光盘资源



附视频光盘
含语音讲解

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

UG NX 11.0 工程应用精解丛书

UG NX 11.0 数控加工教程

北京兆迪科技有限公司 编著



机械工业出版社

本书全面、系统地介绍了 UG NX 11.0 数控加工的技术和技巧,内容包括数控加工基础、UG NX 11.0 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、后置处理以及数控加工综合范例等。

在内容安排上,本书紧密结合实例对 UG NX 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,这样安排可增加本书的实用性和可操作性,还能使读者更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,从而尽快上手,提高学习效率。书中选用的范例覆盖了不同行业,具有很强的实用性和广泛的适用性。本书附赠 1 张多媒体 DVD 学习光盘,制作了大量 UG 数控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;光盘中还包含书中所有的教案文件、范例文件以及练习素材文件。

本书可作为工程技术人员学习 UG NX 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 课程授课及上机练习的教材。

本书是 UG 专业技能认证考试培训用书中的一本,读者在阅读本书后,可根据自己工作和专业的需要,抑或为了进一步提高 UG 技能、增加职场竞争力,再购买从书中其他教程。

图书在版编目(CIP)数据

UG NX 11.0 数控加工教程 / 北京兆迪科技有限公司
编著. —9 版. —北京:机械工业出版社, 2017.2
(UG NX 11.0 工程应用精解丛书)
ISBN 978-7-111-56052-4

I. ①U… II. ①北… 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(2017)第 027784 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:杨民强 丁 锋 责任编辑:丁 锋

封面设计:张 静 责任校对:张 征

责任印制:李 飞

北京铭成印刷有限公司印刷

2017 年 4 月第 9 版第 1 次印刷

184mm×260 mm · 23.75 印张 · 433 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-56052-4

ISBN 978-7-88709-948-8 (光盘)

定价:59.90 元(含 1DVD)

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

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

丛书介绍与选读

“UG NX 工程应用精解丛书”自出版以来，已经拥有众多读者并赢得了他们的认可和信赖，很多读者每年在软件升级后仍继续选购。UG 是一款功能十分强大的 CAD/CAM/CAE 高端软件，目前我国工程机械、汽车零配件等行业占有很高的市场份额。近年来，随着 UG 软件功能进一步完善，其市场占有率越来越高。本套 UG 丛书质量在不断完善，丛书涵盖的模块也不断增加。为了方便广大读者选购这套丛书，下面特对其进行介绍。首先介绍本 UG 丛书的主要特点。

- ☑ 本 UG 丛书是目前市场涵盖 UG 模块功能较多、体系完整、分册数量（共 20 本）较多的一套丛书。
- ☑ 本 UG 丛书在编写时充分考虑了读者的阅读习惯，语言简洁，讲解详细，条理清晰，图文并茂。
- ☑ 本 UG 丛书的每一分册都附带 1 张多媒体 DVD 学习光盘，对书中内容进行全程讲解。并且制作了大量 UG 应用技巧和具有针对性的范例教学视频，进行详细的语音讲解。读者可将光盘中语音讲解视频文件复制到个人手机、iPad 等电子工具中随时观看、学习。另外，光盘内还包含了书中所有的素材模型、练习模型、范例模型的原始文件以及配置文件，方便读者学习。
- ☑ 本 UG 丛书的每一分册在写作方式上，均紧贴 UG 软件的实际操作界面，采用软件中真实的对话框、操控板和按钮等进行讲解，使初学者能够直观、准确地操作软件进行学习，从而尽快上手，提高学习效率。

本 UG 丛书的所有 20 分册全部是由北京兆迪科技有限公司统一组织策划、研发和编写的。当然，在策划和编写本丛书的过程中，兆迪公司也吸纳了来自其他行业著名公司的顶尖工程师共同参与，将不同行业独特的工程案例及设计技巧、经验融入本丛书；同时，本丛书也获得了 UG 厂商的支持，丛书的质量得到了他们的认可。

本 UG 丛书的优点是，丛书中的每一分册在内容上都是相互独立的，但是在工程案例的应用上又是相互关联、互为一体的；在编写风格上完全一致，因此读者可根据自己目前的需要单独购买丛书中的一本或多本。不过读者如果以后为了进一步提高 UG 技能还需要购书学习时，建议仍购买本丛书中的其他相关书籍，这样可以保证学习的连续性和良好的学习效果。

《UG NX 11.0 快速入门教程》是学习 UG NX 11.0 中文版的快速入门与提高教程，也是学习 UG 高级或专业模块的基础教程。这些高级或专业模块包括曲面、钣金、工程图、注塑模具、冲压模具、数控加工、运动仿真与分析、管道、电气布线、结构分析和热分析等。如果读者以后根据自己工作和专业的需要，或者是为了增加职场竞争力，需要学习这

些专业模块，建议先熟练掌握本丛书《UG NX 11.0 快速入门教程》中的基础内容，然后再学习高级或专业模块，以提高这些模块的学习效率。

《UG NX 11.0 快速入门教程》内容丰富、讲解详细、价格实惠，因此《UG NX 4.0 快速入门教程》《UG NX 5.0 快速入门教程》《UG NX 6.0 快速入门教程》《UG NX 6.0 快速入门教程（修订版）》《UG NX 7.0 快速入门教程》《UG NX 8.0 快速入门教程》《UG NX 8.0 快速入门教程（修订版）》《UG NX 8.5 快速入门教程》和《UG NX 9.0 快速入门教程》已经被我国多所大学本科院校和高等职业院校选为在校学生 CAD/CAM/CAE 等课程的授课教材。《UG NX 11.0 快速入门教程》与以前的版本相比，图书的质量和性价比有了大幅度的提高，相信会有更多的院校选择此书作为教材。下面对本 UG 丛书中每一分册进行简要介绍。

（1）《UG NX 11.0 快速入门教程》

- 内容概要：本书是学习 UG 的快速入门教程，内容包括 UG 功能概述、UG 软件安装方法和过程、软件的环境设置与工作界面的用户定制和各常用模块应用基础。
- 适用读者：零基础读者，或者作为中高级读者查阅 UG NX 11.0 新功能、新操作之用，抑或作为工具书放在手边以备个别功能不熟或遗忘而查询之用。

（2）《UG NX 11.0 产品设计实例精解》

- 内容概要：本书是学习 UG 产品设计实例类的中高级图书。
- 适用读者：适合中高级读者提高产品设计能力、掌握更多产品设计技巧。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

（3）《UG NX 11.0 工程图教程》

- 内容概要：本书是全面、系统学习 UG 工程图设计的中高级图书。
- 适用读者：适合中高级读者全面精通 UG 工程图设计方法和技巧之用。

（4）《UG NX 11.0 曲面设计教程》

- 内容概要：本书是学习 UG 曲面设计的中高级图书。
- 适用读者：适合中高级读者全面精通 UG 曲面设计之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

（5）《UG NX 11.0 曲面设计实例精解》

- 内容概要：本书是学习 UG 曲面造型设计实例类的中高级图书。
- 适用读者：适合中高级读者提高曲面设计能力、掌握更多曲面设计技巧之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》《UG NX 11.0 曲面设计教程》。

(6)《UG NX 11.0 高级应用教程》

- 内容概要：本书是进一步学习 UG 高级功能的图书。
- 适用读者：适合读者进一步提高 UG 应用技能之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(7)《UG NX 11.0 钣金设计教程》

- 内容概要：本书是学习 UG 钣金设计的中高级图书。
- 适用读者：适合读者全面精通 UG 钣金设计之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(8)《UG NX 11.0 钣金设计实例精解》

- 内容概要：本书是学习 UG 钣金设计实例类的中高级图书。
- 适用读者：适合读者提高钣金设计能力、掌握更多钣金设计技巧之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》和《UG NX 11.0 钣金设计教程》。

(9)《钣金展开实用技术手册（UG NX 11.0 版）》

- 内容概要：本书是学习 UG 钣金展开的中高级图书。
- 适用读者：适合读者全面精通 UG 钣金展开技术之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》和《UG NX 11.0 钣金设计教程》。

(10)《UG NX 11.0 模具设计教程》

- 内容概要：本书是学习 UG 模具设计的中高级图书。
- 适用读者：适合读者全面精通 UG 模具设计。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(11)《UG NX 11.0 模具设计实例精解》

- 内容概要：本书是学习 UG 模具设计实例类的中高级图书。
- 适用读者：适合读者提高模具设计能力、掌握更多模具设计技巧之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》和《UG NX 11.0 模具设计教程》。

(12)《UG NX 11.0 冲压模具设计教程》

- 内容概要：本书是学习 UG 冲压模具设计的中高级图书。
- 适用读者：适合读者全面精通 UG 冲压模具设计之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前，建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(13)《UG NX 11.0 冲压模具设计实例精解》

- 内容概要：本书是学习 UG 冲压模具设计实例类的中高级图书。
- 适用读者：适合读者提高冲压模具设计能力、掌握更多冲压模具设计技巧之用。

UG 基础不扎实的读者在阅读本书前, 建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》和《UG NX 11.0 冲压模具设计教程》。

(14)《UG NX 11.0 数控加工教程》

- 内容概要: 本书是学习 UG 数控加工与编程的中高级图书。
- 适用读者: 适合读者全面精通 UG 数控加工与编程之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前, 建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(15)《UG NX 11.0 数控加工实例精解》

- 内容概要: 本书是学习 UG 数控加工与编程实例类的中高级图书。
- 适用读者: 适合读者提高数控加工与编程能力、掌握更多数控加工与编程技巧之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前, 建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》和《UG NX 11.0 数控加工教程》。

(16)《UG NX 11.0 运动仿真与分析教程》

- 内容概要: 本书是学习 UG 运动仿真与分析的中高级图书。
- 适用读者: 适合中高级读者全面精通 UG 运动仿真与分析之用。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前, 建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(17)《UG NX 11.0 管道设计教程》

- 内容概要: 本书是学习 UG 管道设计的中高级图书。
- 适用读者: 适合高级产品设计师阅读。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前, 建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(18)《UG NX 11.0 电气布线设计教程》

- 内容概要: 本书是学习 UG 电气布线设计的中高级图书。
- 适用读者: 适合高级产品设计师阅读。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前, 建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(19)《UG NX 11.0 结构分析教程》

- 内容概要: 本书是学习 UG 结构分析的中高级图书。
- 适用读者: 适合高级产品设计师和分析工程师阅读。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前, 建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

(20)《UG NX 11.0 热分析教程》

- 内容概要: 本书是学习 UG 热分析的中高级图书。
- 适用读者: 适合高级产品设计师和分析工程师阅读。UG 基础不扎实的读者在阅读本书前, 建议先选购和阅读本丛书中的《UG NX 11.0 快速入门教程》。

前 言

UG 是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,到生产加工成产品的全过程,应用范围涉及航空航天、汽车、机械、造船、通用机械、数控(NC)加工、医疗器械和电子等诸多领域。由于具有强大而完美的功能,UG 在国外某些大学已成为学习工程类专业必修的课程,也成为工程技术人员必备的技术。UG NX 11.0 是目前最新的版本,该版本在易用性、数字化模拟、知识捕捉、可用性和系统工程、模具设计和数控编程等方面进行了创新,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 11.0 数控加工的技术和技巧,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 11.0 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,本书附赠 1 张多媒体 DVD 学习光盘,制作了大量 UG 数控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,可以帮助读者轻松、高效地学习。

本书由北京兆迪科技有限公司编著,参加编写的人员有詹友刚、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、段进敏、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。本书难免存在疏漏之处,恳请广大读者予以指正。

电子邮箱:zhanygjames@163.com。 咨询电话:010-82176248, 010-82176249。

编 者

读者购书回馈活动:

活动一:本书“随书光盘”中含有该“读者意见反馈卡”的电子文档,请认真填写本反馈卡,并 E-mail 给我们。E-mail:兆迪科技 zhanygjames@163.com, 丁锋 fengfener@qq.com。

活动二:扫一扫右侧二维码,关注兆迪科技官方公众微信(或搜索公众号 zhaodikeji),参与互动,也可进行答疑。

凡参加以上活动,即可获得兆迪科技免费奉送的价值 48 元的在线课程一门,同时有机会获得价值 780 元的精品在线课程。



本书导读

为了能更高效地学习本书，务必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 64 位的 Windows 7，系统主题采用 Windows 经典主题。本书采用的写作蓝本是 UG NX 11.0 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。

本书附带 1 张多媒体 DVD 光盘，建议读者在学习本书前，先将 1 张 DVD 光盘中的所有文件复制到计算机硬盘的 D 盘中。D 盘上 ugnx11.9 目录下共有 3 个子目录。

(1) ugnx11_system_file 子目录：包含一些系统文件。

(2) work 子目录：包含本书的全部已完成的实例文件。

(3) video 子目录：包含本书讲解中的视频文件。读者学习时，可在该子目录中按顺序查找所需的视频文件。

光盘中带有“ok”扩展名的文件或文件夹表示已完成的实例。

本书约定

● 本书中有关鼠标操作的说明如下。

- 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。
- 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的 D 盘中，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，例如，下面是一段有关这方面的描述：在 **查找范围(O):** 下拉列表中选择文件目录 D:\ugnx11.9\work\ch02，然后在中间的列表框中选择文件 pocketing.prt，单击 **OK** 按钮，系统打开模型并进入建模环境。

技术支持

本书参编人员均来自北京兆迪科技有限公司，该公司专门从事 UG 技术的研究、开发、咨询及产品设计与制造服务，并提供 UG 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、82176249。

随书附赠光盘资源网络领取方法：

1. 扫码关注“机工汽车”微信订阅号。



2. 在公众号菜单栏输入界面中输入五位书号（完整书号中斜体下画线 5 位数字）。
例如：

书名：《SolidWorks 工程图教程（2016 中文版）》

完整书号：封四右下角条形码 ISBN：978-7-111-53903-2

3. 获得资源下载地址。

点击微信公众号菜单栏——粉丝互动——工程软件——获得帮助及相关书籍介绍。

目 录

丛书介绍与选读

前言

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 数控加工工艺概述	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	15
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	17
1.7.2 数控加工刀具的选择	18
1.7.3 切削用量的确定	19
1.8 高度与安全高度	21
1.9 走刀路线的选择	22
1.10 对刀点与换刀点的选择	24
1.11 数控加工的补偿	25
1.11.1 刀具半径补偿	25
1.11.2 刀具长度补偿	26
1.11.3 夹具偏置补偿	26
1.12 轮廓控制	27
1.13 顺铣与逆铣	27
1.14 加工精度	28
第 2 章 UG NX 11.0 数控加工入门	30
2.1 UG NX 11.0 数控加工流程	30
2.2 进入 UG NX 11.0 的加工模块	31
2.3 创建程序	32
2.4 创建几何体	33
2.4.1 创建机床坐标系	33
2.4.2 创建安全平面	36
2.4.3 创建工件几何体	37
2.4.4 创建切削区域几何体	39
2.5 创建刀具	40
2.6 创建加工方法	42

2.7	创建工序.....	43
2.8	生成刀路轨迹并确认.....	49
2.9	生成车间文档.....	52
2.10	输出 CLSF 文件.....	53
2.11	后处理.....	54
2.12	工序导航器.....	55
2.12.1	程序顺序视图.....	55
2.12.2	几何视图.....	56
2.12.3	机床视图.....	57
2.12.4	加工方法视图.....	57
第 3 章	平面铣加工.....	58
3.1	概述.....	58
3.2	平面铣类型.....	58
3.3	底壁加工.....	59
3.4	表面铣.....	74
3.5	手工面铣削.....	82
3.6	平面铣.....	88
3.7	平面轮廓铣.....	95
3.8	底壁加工 IPW.....	102
3.9	清角铣.....	105
3.10	精铣侧壁.....	108
3.11	精铣底面.....	111
3.12	孔铣削.....	114
3.13	铣螺纹.....	119
第 4 章	轮廓铣削加工.....	124
4.1	概述.....	124
4.1.1	轮廓铣削简介.....	124
4.1.2	轮廓铣削的子类型.....	124
4.2	型腔铣.....	125
4.3	插铣.....	133
4.4	等高轮廓铣.....	138
4.4.1	一般等高轮廓铣.....	138
4.4.2	陡峭区域等高轮廓铣.....	144
4.5	固定轴曲面轮廓铣削.....	149
4.6	流线驱动铣削.....	154
4.7	清根切削.....	158
4.8	3D 轮廓加工.....	162
4.9	刻字.....	165
第 5 章	多轴加工.....	170
5.1	概述.....	170
5.2	多轴加工的子类型.....	170
5.3	可变轴轮廓铣.....	171
5.4	可变轴流线铣.....	177
5.5	多轴加工综合范例.....	185
第 6 章	孔加工.....	195
6.1	概述.....	195
6.1.1	孔加工简介.....	195
6.1.2	孔加工的子类型.....	195
6.2	钻孔加工.....	196

6.3	镗孔加工.....	203
6.4	埋头孔加工.....	207
6.5	孔倒角加工.....	210
6.6	攻螺纹.....	216
6.7	钻孔加工综合范例.....	221
第 7 章	车削加工.....	228
7.1	车削概述.....	228
	7.1.1 车削加工简介.....	228
	7.1.2 车削加工的子类型.....	228
7.2	粗车外形加工.....	230
7.3	沟槽车削加工.....	242
7.4	内孔车削加工.....	247
7.5	螺纹车削加工.....	253
7.6	示教模式.....	257
7.7	车削加工综合范例.....	262
第 8 章	线切割.....	270
8.1	概述.....	270
8.2	两轴线切割加工.....	271
8.3	四轴线切割加工.....	282
第 9 章	后置处理.....	287
9.1	概述.....	287
9.2	创建后处理器文件.....	288
	9.2.1 进入 NX 后处理构造器工作环境.....	288
	9.2.2 新建一个后处理器文件.....	288
	9.2.3 机床的参数设置值.....	290
	9.2.4 程序和刀轨参数的设置.....	291
	9.2.5 N/C 数据定义.....	296
	9.2.6 输出设置.....	298
	9.2.7 虚拟 N/C 控制器.....	300
9.3	定制后处理器综合范例.....	301
第 10 章	综合范例.....	317
10.1	垫板凹模加工.....	317
10.2	底座下模加工.....	337
10.3	面板凸模加工.....	350

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),是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。尤其是汽车或航空航天产业零部件,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。数控加工技术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两种。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,而形状复杂的零件,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, 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零件的加工编程

问题。

UG NX 11.0 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如下所述。

(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能，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，以及两个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、数控刀具明细表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。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由计算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,要求有快速响应、灵敏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, ATC)、自动托盘交换装置(Automatic Pallet Changer, 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

科学技术和经济的不断发展,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。图1.3.1所示为数控铣床,图1.3.2所示为数控加工中心。

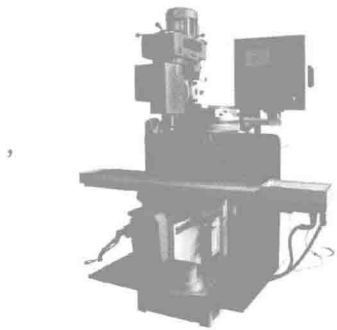


图 1.3.1 数控铣床

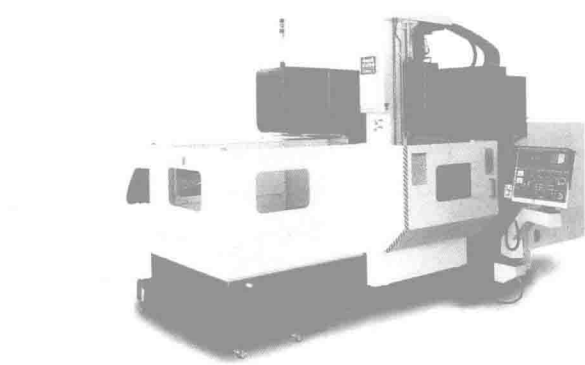


图 1.3.2 数控加工中心

数控机床自问世以来得到了高速发展,并逐渐被各生产组织及其管理者接受,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,普通数控机床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 0.001mm ,高精度的数控系统可达 0.0001mm 。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误差,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佳切削参数和走刀路线。数控铣床一般不需要使用专用夹具和工艺装备。在更换工件时,只需调用存储于计算机中的加工程序、装夹工件和调整刀具数据即可,大大缩短了生产周期。更重要的是,数控铣床的万能性提高了效率,如一般数控铣床都同时具有铣床、镗床和钻床的功能,工序高度集中,提高了劳动生产率,同时减少了工件的装夹误差。
- 高柔性。数控机床的最大特点是高柔性,即通用、灵活、万能,可以适应加工不同形状的工件。如数控铣床一般能完成铣平面、铣斜面、铣槽、铣削曲面、钻孔、