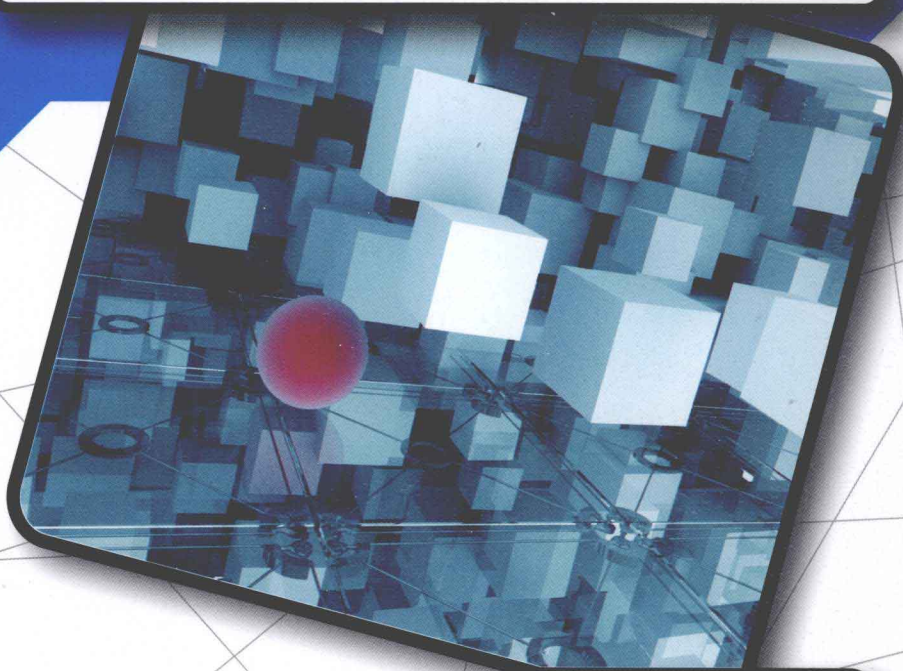


UG NX 8.0

数控加工 完全学习手册

何嘉扬 周文华 等编著

基础 + 案例 + 经验 = 快速入门与应用



操作视频讲解
素材文件支持



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

UG NX 8.0 数控加工 完全学习手册

何嘉扬 周文华 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书针对 UG NX 8.0 中文版, 从数控加工的基础知识入手, 以零件加工编程为例, 结合作者多年应用和培训 NX CAM 的经验编写而成。

全书分为两部分, 共 17 章, 第一部分为数控加工基础篇, 分别介绍数控加工基础知识、NX 的平面铣、型腔铣、轮廓铣, 车削加工、点位加工、线切割及基于特征的加工和高速加工等, 讲解过程对每种操作都给出了详细的操作实例; 第二部分为数控加工的综合案例部分, 该部分给出了数控在各行业中的综合应用案例, 方便读者上机学习。

本书所附 DVD 光盘中提供了大量实例素材文件和最终文件, 以及作者亲自录制的多媒体教学视频, 详细描述了各个命令的用法和编程技巧, 可以帮助读者轻松自如地学习。

本书内容翔实、实用性强, 既适合从零开始的初学者, 也适合数控行业的从业人员; 同时也可作为培训机构、大专院校及职业学校的参考教材。

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 8.0 数控加工完全学习手册 / 何嘉扬等编著. —北京: 电子工业出版社, 2012.4

ISBN 978-7-121-16151-3

I. ①U… II. ①何… III. ①数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件, UG NX 8.0 IV. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 037464 号

策划编辑: 康 霞 (kangxia@phei.com.cn)

责任编辑: 康 霞 特约编辑: 王 燕

印 刷: 北京市李史山胶印厂
装 订:

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: 31.75 字数: 812 千字

印 次: 2012 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 65.00 元 (含 DVD 光盘 1 张)

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, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

NX 作为 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc.的核心产品,是当前世界上最先进的紧密集成 CAID/CAD/CAM/CAE 的系统,其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。

数控加工在国内已经日趋普及,培训需求旺盛,各种数控加工教材也不断推出。但真正与当前数控加工应用技术现状相适应的实用数控加工培训教材却不多见。

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参考书和工具书,作者根据全球优秀学员指导(NX Student Guide)教材及多年的应用与培训经验,将数控加工工艺理论、实践经验,以及软件操作相结合,详细讲解了 NX/CAM 加工应用基础,包括 NX/CAM 平面铣、型腔铣、固定轴曲面轮廓铣、等高轮廓铣、插铣、点位加工、车削、线切割、可变轴轮廓铣、顺序铣、高速铣及基于特征的加工等,深入介绍了 NX 后置处理技术与集成仿真技术等。

本书在介绍 NX/CAM 应用基础知识的基础上,为每种操作精选了实例,给出了操作的具体步骤,在所附光盘中提供了所有实例的源文件、操作结果文件及操作视频。

本书共 17 章及附录。

第 1 章 数控加工及相关技术基础。主要介绍数控加工的基本原理,以及数控加工基本程序指令、数控编程及加工工艺基础知识,以帮助读者快速掌握 NX 8.0 数控加工所必须掌握的基础知识。

第 2 章 UG NX 8.0 的基础知识。主要介绍 NX 8.0 的基础知识,包括 NX 模块及应用领域、基本操作,以及数控加工的通用基础知识等。

第 3 章 平面铣加工技术。主要介绍 NX 8.0 平面铣削加工技术,包括平面铣的基本概念,创建平面铣操作的基本步骤,几何体的各种类型及其边界创建,平面铣中切削方式、步进距离、进退刀方法及切削参数等各种参数的设置。

第 4 章 型腔铣加工技术。本章主要介绍 NX 8.0 型腔铣加工技术,包括型腔铣的基本概念,创建型腔铣操作的基本步骤,几何体的各种类型及其创建,切削层、非切削参数及切削参数等的设置,另外,还讲解了等高轮廓铣的创建及参数设置,插铣的创建及参数设置,并给出了型腔铣的应用实例。

第 5 章 固定轴曲面轮廓铣加工技术。主要对 NX 8.0 固定轴曲面轮廓铣加工技术进行详细介绍,包括固定轴曲面轮廓铣的基本概念,创建固定轴曲面轮廓铣的基本步骤,固定轴曲面轮廓铣的常用驱动方式,固定轴曲面轮廓铣步进、进退刀方法、切削参数及非切削参数的设置等。

第 6 章 点位加工技术。介绍 NX 8.0 点位加工技术,包括点位加工的基本概念,创建点位加工操作的基本步骤,点位加工的几何体设置、循环控制、基本参数等的设置,并给出了点位加工的应用实例。

第 7 章 车削加工。本章主要对 NX 8.0 车削加工技术进行介绍,包括车削的基本概念,创建车削操作的基本步骤,车削几何体类型及其创建,走刀方式、非切削参数及切削参数等的设置,并给出车削加工的应用实例。

第 8 章 线切割加工技术。本章主要介绍 NX 8.0 线切割加工技术,包括线切割的基本概念,创建线切割操作的基本步骤,线切割边界、切削参数的设置等,并给

出线切割加工的应用实例。

第 9 章 UG NX 8.0 数控加工高级功能。主要对 UG NX 8.0 的高级应用进行介绍,包括可变轴曲面轮廓铣、顺序铣、高速加工、基于特征的加工等。随着零件加工要求的不断提高和相关技术的不断发展,这些功能应用日益广泛,了解这些功能,有助于进一步学习 NX,提高加工效率和工件质量。

第 10 章 后处理与集成仿真。本章主要介绍 NX 8.0 后处理与集成仿真技术,包括 UG/Post 后处理的基本概念、用途,UG/Post 后处理的创建、修改、用户化过程,UG/Post Builder 操作方法等,以及 NX 的集成仿真与校验的步骤与方法。

第 11 章 数控刻字加工实例。本章主要介绍数控刻字加工技术,包含平面刻字,平面铣曲面刻字,等高轮廓铣曲面刻字。通过给出的刻字加工实例,详细地讲解了刻字加工工序的创建,刀具的创建,加工参数的设置及加工轨迹的仿真。

第 12 章 数控车削加工实例。本章主要介绍车削类零件的数控加工设计,讲解了粗车工序、精车工序、车退刀槽工序及钻中心孔工序。通过给出的车削加工实例,详细地讲解了车削刀具的创建、车削几何体的创建、工序的创建、参数的设置,以及刀具轨迹的生成与仿真。

第 13 章 数控孔类零件加工实例。本章主要介绍孔类零件的数控加工设计,以圆盘孔零件和底座零件为实例讲解了孔类零件的数控加工设计过程,包含钻刀的创建、加工坐标系的创建、参数的设置,以及刀具轨迹的生成与仿真。

第 14 章 数控多轴加工实例。本章主要介绍数控多轴加工,以圆柱凸轮、五角星及叶轮为实例讲解了多轴加工的数控加工设计过程,包含刀具的创建、加工坐标系的设定和多轴加工参数的设置。

第 15 章 模具型芯加工实例。本章主要介绍模具型芯加工,以香皂盒模具为例讲解数控加工模具的整体设计过程,包含模具加工工艺的分析、工序的创建和加工过程的校验仿真。模具的精度要求高且特征多样,因此涉及到不同加工工序的综合使用。

第 16 章 塑料成型模具实例加工。本章主要介绍塑料成型模具实例加工,以矿泉水瓶模具为例来讲解吹塑模具的数控加工设计,因为吹塑模具需要保证各个方位的精度,因此采用多轴数控加工。

第 17 章 机器人连接件加工实例。本章主要介绍机器人连接件实例加工,机器人连接件属于机器人当中十分重要的连接部件,连接部件需要两面加工,为了保证加工工序的精度,需要在加工过程当中考虑多次加工的位置精度问题。

附录 A UG NX 操作快捷键。

附录 B 常见工件材料铣削速度参考。

为了方便读者学习,本书提供了配套多媒体教学光盘,其中包含了本书主要实例的源文件、操作结果文件和操作视频,这些文件都被保存在与章节相对应的文件夹中。

本书由何嘉扬、周文华等编著,另外,丁金滨、张杨、丁学英、吕广宪、孙万泉、崔鹏、黄利、王一百、郑明辉、刘力、于瑜、陈磊、李秀峰等参与了部分章节的编写工作。由于作者水平有限,编写时间较短,书中错误之处在所

难免，希望读者能够及时指出，共同促进本书质量的提高。

附：

读者在学习过程中遇到难以解答的问题，可以到为本书专门提供的“中国 CAX 联盟”网站求助或直接发邮件到编者邮箱，编者会尽快给予解答，另外，该网站内还提供了其他一些相关学习资料，读者可以到相关栏目下载。

编者邮箱：comshu@126.com。

官方网址：www.ourcax.com。

编著者
2012.3

目 录

第一部分 数控加工基础篇

| | | | |
|-----------------------------------|------|-------------------------|-------|
| 第 1 章 数控加工及相关技术基础 | (2) | 3.3.1 平面铣操作的几何体类型 | (57) |
| 1.1 数控加工 | (2) | 3.3.2 边界操作 | (58) |
| 1.1.1 数控加工技术简介 | (2) | 3.4 平面铣操作的刀轨设置 | (61) |
| 1.1.2 数控加工基本原理 | (2) | 3.4.1 切削模式 | (61) |
| 1.2 数控编程基础 | (3) | 3.4.2 切削步距 | (65) |
| 1.2.1 数控加工中的坐标系 | (3) | 3.4.3 切削层 | (67) |
| 1.2.2 数控编程 | (6) | 3.4.4 切削参数 | (67) |
| 1.2.3 常用的编程指令 | (9) | 3.4.5 非切削移动 | (71) |
| 1.3 数控加工工艺 | (13) | 3.4.6 进给率和速度 | (76) |
| 1.3.1 数控加工工艺特点 | (13) | 3.4.7 机床控制 | (77) |
| 1.3.2 数控加工工艺分析 | (14) | 3.5 面铣 | (78) |
| 1.3.3 加工工艺路线规划 | (15) | 3.5.1 面铣概述 | (78) |
| 小结 | (18) | 3.5.2 面铣操作中的几何体 | (79) |
| 第 2 章 UG NX 8.0 基础知识 | (19) | 3.5.3 面铣操作中的刀轨设置 | (81) |
| 2.1 UG NX 简介 | (19) | 3.6 平面铣实例 | (82) |
| 2.2 UG NX 8.0 的工作环境 | (21) | 小结 | (88) |
| 2.2.1 UG NX 8.0 的启动和退出 | (22) | 第 4 章 型腔铣加工技术 | (89) |
| 2.2.2 UG NX 8.0 的界面及其 定制 | (22) | 4.1 型腔铣概述 | (89) |
| 2.2.3 UG NX 8.0 的基本操作 | (24) | 4.1.1 型腔铣的特点 | (89) |
| 2.2.4 UG NX 8.0 的文件操作 | (26) | 4.1.2 型腔铣与平面铣的区别 | (90) |
| 2.2.5 UG NX 8.0 的图层设置 | (29) | 4.2 创建型腔铣操作 | (90) |
| 2.2.6 UG NX 8.0 的常用构造器 | (30) | 4.3 型腔铣的几何体 | (92) |
| 2.2.7 UG NX 8.0 的类选择 | (31) | 4.3.1 型腔铣操作的几何体类型 | (92) |
| 2.3 UG NX 数控加工通用知识 | (32) | 4.3.2 型腔铣操作的几何体创建 | (92) |
| 2.3.1 UG NX 数控加工模块介绍 | (32) | 4.4 型腔铣的刀轨设置 | (94) |
| 2.3.2 加工前的准备工作 | (40) | 4.4.1 切削层 | (94) |
| 2.3.3 父节点组的创建 | (43) | 4.4.2 切削参数设置 | (95) |
| 2.3.4 刀具路径的管理 | (50) | 4.5 等高轮廓铣 | (98) |
| 2.4 后处理 | (53) | 4.5.1 等高轮廓铣介绍 | (98) |
| 小结 | (53) | 4.5.2 等高轮廓铣操作步骤 | (99) |
| 第 3 章 平面铣加工技术 | (54) | 4.5.3 等高轮廓铣参数设置 | (100) |
| 3.1 平面铣概述 | (54) | 4.6 插铣 | (104) |
| 3.2 创建平面铣操作 | (54) | 4.6.1 插铣介绍 | (104) |
| 3.3 平面铣操作中的几何体 | (56) | 4.6.2 插铣操作步骤 | (105) |
| | | 4.6.3 插铣参数设置 | (105) |

| | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| 4.7 型腔铣加工实例..... (108) | 6.1.2 点位加工的基本概念..... (144) |
| 4.7.1 零件加工工艺分析..... (108) | 6.2 创建点位加工操作..... (144) |
| 4.7.2 创建粗加工操作..... (109) | 6.3 点位加工的几何体..... (146) |
| 小结..... (116) | 6.3.1 设置加工位置..... (146) |
| 第5章 固定轴曲面轮廓铣加工技术..... (117) | 6.3.2 定义部件表面..... (149) |
| 5.1 固定轴曲面轮廓铣概述..... (117) | 6.3.3 设置底面..... (150) |
| 5.2 创建固定轴曲面轮廓铣操作..... (118) | 6.4 点位加工的循环控制..... (150) |
| 5.2.1 创建固定轴曲面轮廓铣的 一般步骤..... (118) | 6.4.1 循环参数组..... (151) |
| 5.2.2 固定轴曲面轮廓铣的 几何体..... (119) | 6.4.2 设置循环参数..... (152) |
| 5.3 常用驱动方法..... (120) | 6.5 点位加工的参数设置..... (155) |
| 5.3.1 曲线与点驱动..... (120) | 6.5.1 最小安全距离..... (155) |
| 5.3.2 螺旋驱动..... (121) | 6.5.2 深度偏置..... (155) |
| 5.3.3 边界驱动..... (121) | 6.6 点位加工实例..... (156) |
| 5.3.4 区域铣削驱动..... (124) | 6.6.1 零件加工工艺分析..... (156) |
| 5.3.5 曲面区域驱动..... (125) | 6.6.2 创建点位加工操作..... (156) |
| 5.3.6 刀轨驱动..... (125) | 小结..... (168) |
| 5.3.7 径向驱动..... (125) | 第7章 车削加工..... (169) |
| 5.3.8 清根驱动..... (126) | 7.1 车削加工基础..... (169) |
| 5.3.9 文本雕刻..... (128) | 7.1.1 车削加工概述..... (169) |
| 5.3.10 流线驱动..... (129) | 7.1.2 车削操作的创建..... (170) |
| 5.3.11 自定义驱动..... (129) | 7.2 创建车削操作的准备工作..... (172) |
| 5.4 投影矢量和刀轴..... (129) | 7.2.1 设置车削加工截面..... (172) |
| 5.4.1 投影矢量..... (129) | 7.2.2 创建车削加工几何体..... (173) |
| 5.4.2 刀轴..... (132) | 7.2.3 车削加工方法..... (176) |
| 5.5 切削参数..... (132) | 7.3 粗加工..... (177) |
| 5.5.1 在凸角上延伸..... (132) | 7.3.1 切削区域..... (177) |
| 5.5.2 多刀路..... (133) | 7.3.2 切削策略..... (178) |
| 5.5.3 更多参数..... (133) | 7.3.3 层角度..... (179) |
| 5.6 非切削移动..... (135) | 7.3.4 切削深度..... (180) |
| 5.6.1 进刀..... (135) | 7.3.5 变换模式..... (181) |
| 5.6.2 退刀..... (136) | 7.3.6 清理..... (182) |
| 5.6.3 转移/快速..... (137) | 7.3.7 切削参数..... (182) |
| 5.6.4 更多..... (139) | 7.3.8 非切削移动..... (184) |
| 5.7 固定轴曲面轮廓铣实例..... (139) | 7.3.9 进给率和速度..... (185) |
| 小结..... (142) | 7.4 精加工..... (186) |
| 第6章 点位加工技术..... (143) | 7.4.1 切削策略..... (186) |
| 6.1 点位加工概述..... (143) | 7.4.2 参数设置..... (186) |
| 6.1.1 点位加工的特点..... (143) | 7.5 车削实例..... (186) |
| | 7.5.1 加工工艺分析..... (186) |
| | 7.5.2 粗加工..... (187) |

| | | | |
|---------------------------------|-------|-------------------------|-------|
| 小结 | (191) | 9.2.7 直线移刀运动 | (210) |
| 第 8 章 线切割加工技术 | (192) | 9.3 高速加工 | (210) |
| 8.1 线切割概述 | (192) | 9.3.1 高速加工特点 | (210) |
| 8.2 创建线切割操作 | (192) | 9.3.2 实现高速加工的基本条件 | (211) |
| 8.3 线切割几何体 | (193) | 9.3.3 高速加工工艺 | (212) |
| 8.4 线切割操作参数 | (195) | 9.4 基于特征的加工 | (212) |
| 8.4.1 线切割常用参数 | (195) | 9.4.1 基于特征的加工简介 | (212) |
| 8.4.2 线切割加工参数 | (195) | 9.4.2 加工特征管理器和特征 工具条 | (213) |
| 8.5 线切割操作实例 | (196) | 9.4.3 特征的加工模板 | (214) |
| 8.5.1 加工工艺分析 | (197) | 小结 | (214) |
| 8.5.2 创建线切割加工 | (197) | 第 10 章 后处理与集成仿真 | (215) |
| 小结 | (200) | 10.1 后处理基本概念 | (215) |
| 第 9 章 UG NX 8.0 数控加工高级功能 | (201) | 10.1.1 刀位源文件 | (215) |
| 9.1 可变轴曲面轮廓铣 | (201) | 10.1.2 后处理器 | (216) |
| 9.1.1 可变轴曲面轮廓铣的基本 概念 | (201) | 10.2 UG/Post 简介 | (216) |
| 9.1.2 可变轴曲面轮廓铣操作 步骤 | (202) | 10.2.1 处理过程具备的条件 | (217) |
| 9.1.3 可变轴曲面轮廓铣加工 驱动方法 | (202) | 10.2.2 UG/Post 进行后处理 | (218) |
| 9.1.4 可变轴曲面轮廓铣加工 投影矢量与刀轴控制 | (202) | 10.3 后处理构造器 | (219) |
| 9.2 顺序铣 | (205) | 10.4 集成仿真与校验简介 | (223) |
| 9.2.1 顺序铣介绍 | (205) | 10.5 集成仿真与校验的建立步骤 | (223) |
| 9.2.2 顺序铣操作步骤 | (206) | 10.6 创建机床运动学模型 | (224) |
| 9.2.3 顺序铣几何体 | (206) | 10.6.1 机床构建器与机床配 置器 | (224) |
| 9.2.4 进刀运动 | (206) | 10.6.2 创建机床运动学模型的 步骤 | (225) |
| 9.2.5 连续加工运动 | (208) | 10.7 创建刀具运动学模型 | (226) |
| 9.2.6 退刀运动 | (209) | 10.8 机床驱动器 | (227) |
| | | 小结 | (227) |

第二部分 UG NX 8.0 数控加工案例应用

| | | | |
|------------------------|-------|---------------------------|-------|
| 第 11 章 数控刻字加工实例 | (229) | 11.2.3 创建加工操作 | (236) |
| 11.1 平面刻字加工实例 | (229) | 11.3 等高轮廓铣曲面刻字加工实例 | (242) |
| 11.1.1 加工工艺分析 | (229) | 11.3.1 加工工艺分析 | (242) |
| 11.1.2 主要知识点 | (229) | 11.3.2 主要知识点 | (242) |
| 11.1.3 创建加工操作 | (230) | 11.3.3 创建加工操作 | (242) |
| 11.2 平面铣曲面刻字加工实例 | (235) | 小结 | (248) |
| 11.2.1 加工工艺分析 | (235) | 第 12 章 数控车削加工实例 | (249) |
| 11.2.2 主要知识点 | (235) | 12.1 加工工艺分析 | (249) |

UG NX 8.0数控加工完全学习手册

| | | | |
|--------------------------|-------|--------------------------|-------|
| 12.2 主要知识点 | (250) | 14.3.3 创建加工操作 | (317) |
| 12.3 创建加工操作 | (250) | 小结 | (334) |
| 12.3.1 粗加工 | (250) | 第 15 章 模具型芯加工实例 | (335) |
| 12.3.2 精加工 | (260) | 15.1 加工工艺分析 | (335) |
| 12.3.3 车退刀槽 | (264) | 15.2 主要知识点 | (336) |
| 12.3.4 加工中心孔 | (267) | 15.3 加工准备 | (336) |
| 小结 | (270) | 15.4 创建加工操作 | (337) |
| 第 13 章 数控孔类零件加工实例 | (271) | 15.4.1 粗加工 | (337) |
| 13.1 圆盘孔加工实例 | (271) | 15.4.2 精加工 | (350) |
| 13.1.1 加工工艺分析 | (271) | 小结 | (376) |
| 13.1.2 主要知识点 | (272) | 第 16 章 塑料成型模具实例加工 | (377) |
| 13.1.3 创建加工操作 | (272) | 16.1 加工工艺分析 | (377) |
| 13.2 底座加工实例 | (283) | 16.2 主要知识点 | (378) |
| 13.2.1 加工工艺分析 | (284) | 16.3 加工准备 | (378) |
| 13.2.2 主要知识点 | (284) | 16.4 创建加工操作 | (379) |
| 13.2.3 创建加工操作 | (284) | 16.4.1 粗加工 | (379) |
| 小结 | (302) | 16.4.2 精加工 | (393) |
| 第 14 章 数控多轴加工实例 | (303) | 小结 | (433) |
| 14.1 圆柱凸轮多轴加工实例 | (303) | 第 17 章 机器人连接件加工实例 | (434) |
| 14.1.1 加工工艺分析 | (303) | 17.1 加工工艺分析 | (434) |
| 14.1.2 主要知识点 | (304) | 17.2 主要知识点 | (435) |
| 14.1.3 创建加工操作 | (304) | 17.3 加工准备 | (436) |
| 14.2 五角星多轴加工实例 | (310) | 17.4 创建加工操作 | (436) |
| 14.2.1 加工工艺分析 | (310) | 17.4.1 正面粗加工 | (437) |
| 14.2.2 主要知识点 | (310) | 17.4.2 正面精加工 | (458) |
| 14.2.3 创建加工操作 | (310) | 17.4.3 反面粗加工 | (478) |
| 14.3 叶轮多轴加工实例 | (316) | 17.4.4 反面精加工 | (487) |
| 14.3.1 加工工艺分析 | (316) | 小结 | (493) |
| 14.3.2 主要知识点 | (317) | | |

附 录

| | | | |
|------------------|-------|-------------------|-------|
| 附录 A UG NX 操作快捷键 | (494) | 附录 B 常见工件材料铣削速度参考 | (496) |
|------------------|-------|-------------------|-------|



第一部分 数控加工基础篇

本书第一部分主要讲解 UG NX 8.0 数控加工的基础知识，通过本部分内容的学习，读者能够掌握数控加工的含义，了解数控加工的基本知识，并且利用所学的基本知识对零件的数控加工工艺进行分析，最终制定合适的数控加工工艺。

在对 UG 数控加工模块进行讲解之前，首先讲解普及使用 UG 软件及 UG 数控加工模块的基本知识：讲解了 UG 软件的基本操作、图层设置、零件，以及特征的选择等；介绍了 UG 数控加工模块，讲解了父节点组的概念，以及刀具路径的管理。

完成基础知识的学习以后，本部分就 UG 数控加工技术分章节进行详细介绍，主要包括平面铣加工技术、型腔铣加工技术、固定轴曲面轮廓铣加工技术、点位加工技术、车削加工技术、线切割加工技术。

每章进行加工技术的讲解时，首先介绍相应加工技术的概念、使用范围，其次给出了创建相应操作的一般步骤，然后就各种不同的加工技术内部独有的特征分别讲解了不同技术下各种驱动方式的含义、刀轨参数（包括切削参数、非切削参数及进给率和速度参数）的设置，最后在每章结束时，就本章所讲解的加工技术给出了一个简单的加工例子来加深对本章所讲知识的理解和应用。

介绍完 UG 数控加工的主要技术以后，为了扩展对 UG 数控的理解，接着介绍了有关 UG 数控加工的高级功能部分——可变轴曲面轮廓铣、顺序铣、高速铣及基于特征的加工。最后对 UG 中工序设计完成以后的后置处理与集成仿真技术进行了介绍。通过本部分的学习，读者初步掌握了 UG 数控加工的基本知识，以及相应的数控加工技术。

第 1 章 数控加工及相关技术基础

本章通过介绍数控加工技术的基本发展情况和基本原理，将广大读者引入数控加工的学习中来，并详细介绍了数控编程的基础知识，包括数控加工中的坐标系、常用的编程指令等基础知识。此外，通过介绍数控加工工艺特点、工艺分析方法和加工工艺路线规划，向读者简单介绍了数控加工的基本流程。通过本章的阅读，可帮助读者快速掌握 NX 8.0 数控加工所必须掌握的基础知识。

本章概要

- (1) 数控加工基本原理。
- (2) 数控程序和指令。
- (3) 数控加工工艺基本知识。

1.1 数控加工

作为一个编程人员，对数控加工有所了解是十分必要的，本节首先简要介绍数控加工技术，对数控加工基本原理进行说明，然后对数控加工中的机床、刀具及夹具进行了一定的介绍。

1.1.1 数控加工技术简介

数控加工技术是 20 世纪 40 年代后期为适应加工复杂外形零件而发展起来的一种自动化技术。

数控 (Numerical Control, NC) 的定义：用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法。数控加工是指采用数字信息对零件加工过程进行定义，并控制机床进行自动运行的一种自动化加工方法。数控加工不仅大大提高了复杂型面产品的制造能力和制造效率，而且保证产品能达到极高的加工精度和加工质量，是计算机辅助设计与制造技术中最能明显发挥效益的生产环节之一。

数控加工技术广泛应用，给机械制造业的生产方式及产品结构带来了深刻的变化。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。

1.1.2 数控加工基本原理

数控加工是根据被加工零件的图样与工艺方案，用规定的代码和程序格式编写程序，将加工过程所需的各种操作（如主轴起停和转速、进退刀、冷却液开关等）和工件尺寸形状用数字化的代码表示，通过一定介质（磁盘或网络等）将所编程序指令输入机床数控装置中，数控装

置对程序（代码）进行翻译、运算之后，向机床各个坐标的伺服驱动机构和辅助控制装置发出指令，驱动机床的各运动部件，并控制所需要的辅助运动，最终在机床上加工出合格的零件，数控加工原理如图 1-1 所示。

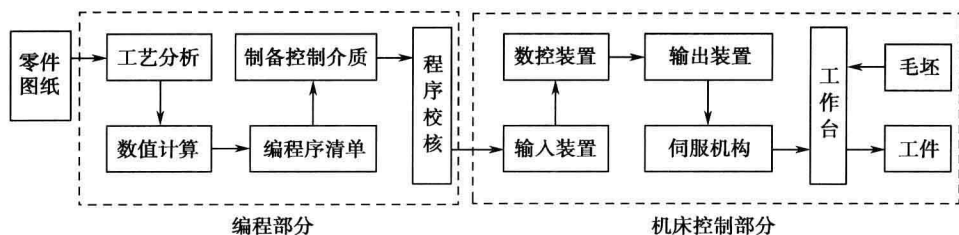


图 1-1 数控加工原理框图

数控编程的主要任务是计算加工走刀的刀具轨迹，它通过零件几何模型，根据所选用的加工机床、刀具、走刀方式及加工余量等工艺方法进行刀位计算并生成加工运动轨迹。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。刀具的中心点沿着刀轨依次经过每一个刀位点，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以直线或圆弧这两种简单的运动形式完成插补运动，因此，大多数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。

数控机床按照数控程序所确定的轨迹进行表面成形运动，从而加工出产品的表面形状。平面轮廓加工和曲面加工的切削示意图如图 1-2 和图 1-3 所示。

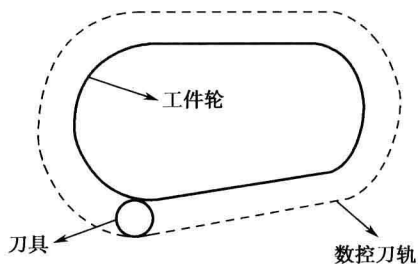


图 1-2 平面轮廓加工

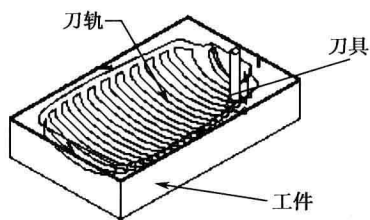


图 1-3 曲面加工

1.2 数控编程基础

现在 CAM 软件可以自动产生 NC 程序，但掌握数控编程中的基本知识对于编程人员来说是必不可少的。本节将对数控加工中的坐标系、数控编程及常用的编程指令进行简要的介绍。

1.2.1 数控加工中的坐标系

在数控编程时，为了描述机床的运动，简化程序编制的方法及保证记录数据的互换性，数控机床的坐标系和运动方向均已标准化，目前，国际标准化组织已经统一了标准坐标系。我国机械工业部也颁布了 JB3051—82《数字控制机床坐标和运动方向的命名》标准，对数控机床的坐标和运动方向做了明确规定。

通过学习机床坐标系、编程坐标系、加工坐标系，掌握各坐标系的设置，为数控编程打下基础。

1. 机床坐标系

1) 坐标和运动方向命名的原则

数控机床的进给运动是相对的，有的是工件相对于刀具的运动（如铣床），有的则是刀具相对于工件的运动（如车床）。为了使编程人员能在不知道是刀具移向工件，还是工件移向刀具的情况下，可以根据图样确定机床的加工过程，规定永远假设刀具相对于静止的工件坐标系而运动。

2) 标准坐标系的规定

在数控机床上加工零件时，为了确定机床的运动方向和移动距离，就要在机床上建立一个坐标系，这个坐标系称为机床坐标系，也称标准坐标系。在编制程序时，就可以以该坐标系来规定运动方向和距离。

在数控机床上，X、Y、Z坐标轴的相对关系是用右手笛卡儿坐标系描述的。如图 1-4 所示，伸出右手的大拇指、食指和中指，并互成 90°，则拇指的方向为 X 轴的正方向，食指为 Y 轴的正方向，中指为 Z 轴的正方向。

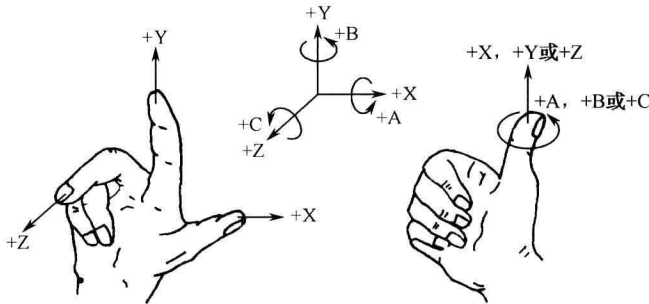


图 1-4 右手笛卡儿坐标系

3) 运动方向的确定

JB3051—82 中规定：机床某一部件运动的正方向，是增大工件和刀具之间距离的方向。

(1) X、Y、Z 坐标的运动

Z 坐标的运动，是由传递切削力的主轴决定的，与主轴轴线平行的坐标轴即为 Z 坐标。对于工件旋转的机床，如车床、外圆磨床等，平行于工件轴线的坐标为 Z 坐标。而对于刀具旋转的机床，如铣床、钻床、镗床等，平行于旋转刀具轴线的坐标为 Z 坐标。如果机床没有主轴（如牛头刨床），Z 轴垂直于工件装卡面。

Z 坐标的正方向为增大工件与刀具之间距离的方向。例如，在钻镗加工中，钻入和镗入工件的方向为 Z 坐标的负方向，而退出为正方向。

X 坐标为水平方向，且垂直于 Z 轴并平行于工件的装夹面。X 坐标是在刀具或工件定位平面内运动的主要坐标。对于工件旋转的机床（如车床、磨床等），X 坐标的方向在工件的径向上，且平行于横滑座。刀具离开工件旋转中心的方向为 X 轴正方向。

对于刀具旋转的机床（如铣床、镗床、钻床等），如 Z 轴是垂直的，当从刀具主轴向立柱看时，X 运动的正方向指向右。如 Z 轴（主轴）是水平的，当从主轴向工件方向看时，X 运动的正方向指向右方。

Y 坐标轴垂直于 X、Z 坐标轴，其运动的正方向根据 X 和 Z 坐标的正方向，按照右手笛卡儿坐标系来判断。

立式升降台铣床和卧式车床的坐标系如图 1-5 和图 1-6 所示。

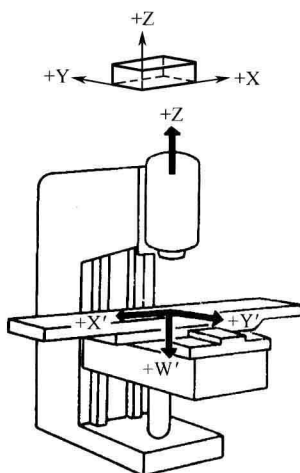


图 1-5 立式升降台铣床坐标系

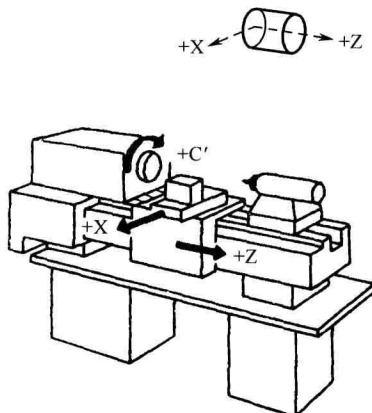


图 1-6 卧式车床坐标系

(2) A、B、C 轴的运动

A、B、C 分别表示其轴线平行于 X、Y、Z 的旋转运动。A、B、C 正方向分别表示在 X、Y 和 Z 坐标正方向上右旋螺纹前进的方向。

(3) 附加坐标

为了编程和加工方便，常常需要设置附加坐标系。平行于 X、Y、Z 主要坐标的直线运动坐标，可分别指定为 U、V、W，如还有第三组运动，则分别指定为 P、Q、R。

4) 机床原点的设置

机床原点是指在机床上设置的一个固定点，即机床坐标系的原点。机床原点是机床基本坐标系的原点，是工件坐标系、机床参考点的基准点，又称机械原点、机床零点，它是机床上的一个固定点，其位置是由机床设计和制造单位确定的，通常不允许用户改变。

5) 机床参考点

机床参考点是用于对机床运动进行检测和控制的固定位置点，是机床各运动部件在各自的正向自动退至极限的一个点（由限位开关精密定位），机床参考点已由机床制造厂测定后输入数控系统，并记录在机床说明书中，用户不得更改。

通常在数控铣床上机床原点和机床参考点是重合的；而在数控车床上机床参考点是离机床原点最远的极限点。数控车床的参考点与机床原点如图 1-7 所示。

数控机床开机时，必须先确定机床原点，而确定机床原点的运动就是刀架返回参考点的操作，这样通过确认参考点，就确定了机床原点。只有机床参考点被确认后，刀具（或工作台）移动才有基准。

实际上，机床参考点是机床最具体的一个机械固定点，既是运动部件返回时的一个固定点，又是各轴启动时的一个固定点，而机床零点（机床原点）只是系统内运算的基准点，处于机床何处无关紧要。机床参考点对机床原点的坐标是

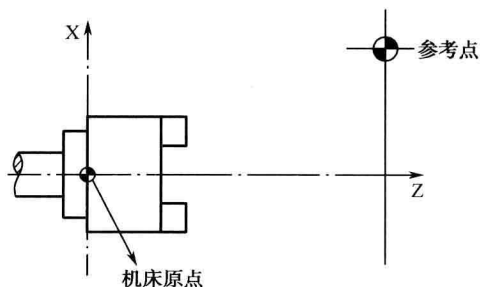


图 1-7 数控车床的参考点与机床原点

一个已知定值，可以根据该点在机床坐标系中的坐标值间接确定机床原点的位置。

2. 工件坐标系和工件原点

工件坐标系是编程人员在编程时使用的，由编程人员以工件图纸上的某一固定点为原点所建立的坐标系，编程尺寸都按工件坐标系中的尺寸确定。为保证编程与机床加工的一致性，工件坐标系也应该是右手笛卡儿坐标系，而且工件装夹到机床上时，应使工件坐标系与机床坐标系的坐标轴方向保持一致。

工件坐标系的原点称为工件原点或编程原点。工件原点在工件上的位置可以任意选择，为了有利于编程，工件原点最好选在工件图样的基准上或工件的对称中心上，例如，回转体零件的端面中心、非回转体零件的角边、对称图形的中心等。

在数控车床上加工零件时，工件原点一般设在主轴中心线与工件右端面或左端面的交点处，如图 1-8 所示；在数控铣床上加工零件时，工件原点一般设在工件的某个角上或对称中心上，如图 1-9 所示。

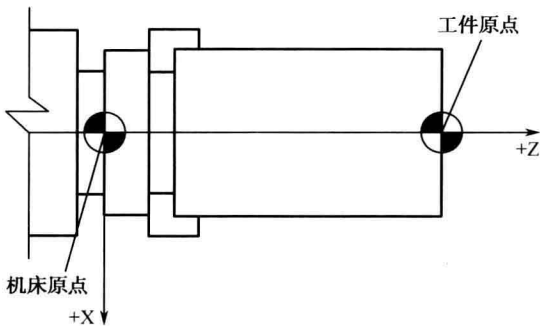


图 1-8 数控车床工件原点设置

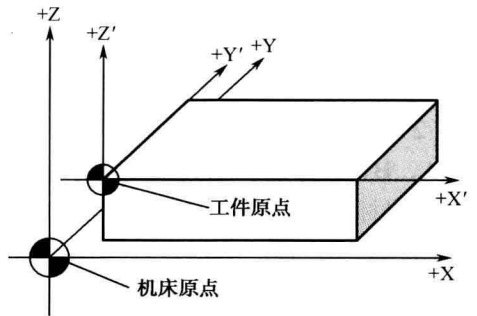


图 1-9 数控铣床工件原点设置

3. 加工坐标系

加工坐标系是指以确定的加工原点为基准所建立的坐标系。加工原点也称程序原点，是指零件被装夹好后，相应的编程原点在机床坐标系中的位置。

在加工过程中，数控机床是按照工件装夹好后所确定的加工原点位置和程序要求进行加工的。编程人员在编制程序时，只要根据零件图样就可以选定编程原点、建立编程坐标系、计算坐标数值，而不必考虑工件毛坯装夹的实际位置。

对于加工人员来说，则应在装夹工件、调试程序时，将编程原点转换为加工原点，并确定加工原点的位置，在数控系统中给予设定（即给出原点设定值），设定加工坐标系后就可根据刀具当前的位置，确定刀具起始点的坐标值。在加工时，工件各尺寸的坐标值都是相对于加工原点而言的，这样数控机床才能按照准确的加工坐标系位置开始加工。

1.2.2 数控编程

1. 数控编程的概念

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、高效地工作。

为了使数控机床能根据零件加工的要求进行动作，必须将这些要求以机床数控系统能识别的指令形式告知数控系统，这种数控系统可以识别的指令称为程序，制作程序的过程称为数控编程。

数控编程的过程不仅指编写数控加工指令代码的过程，还包括从零件分析到编写加工指令代码，再到制成控制介质，以及程序校核的全过程。

2. 数控编程的步骤

数控编程的一般步骤如图 1-10 所示。

(1) 分析图样、制定加工工艺。编制数控程序，编程人员首先要根据图样对工件的形状、尺寸、技术要求进行分析，然后选择加工方案、确定加工顺序、加工路线、装卡方式、刀具及切削参数，同时还要考虑所用数控机床的指令功能，充分发挥机床的效能，加工路线要短，要正确选择对刀点、换刀点，减少换刀次数。

(2) 数值计算。在确定了加工工艺方案以后，就要根据零件图的几何尺寸、确定的工艺路线及设定的坐标系，计算零件粗、精加工各运动轨迹，得到刀位数据。

(3) 编写零件加工程序单。加工路线、工艺参数及刀位数据确定以后，接着要根据数控系统规定的功能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。

(4) 程序输入到机床。程序输入到机床主要有三种方式，一种是手工输入，只适用于简单的小段数控程序；另一种是通过介质输入，就是把编制好的程序单上的内容记录在控制介质（穿孔带、磁带、磁盘等）上作为数控装置的输入信息；还有一种是通过机床的通信接口输入，目前，随着计算机网络技术的发展，可由计算机通过网络与机床数控系统通信，直接将数控程序传输到机床中。

(5) 程序校验与首件试切。程序输入到机床后首先必须经过校验和试切才能正式使用。校验的方法是直接将控制介质上的内容输入到数控装置中，让机床空运转，以检查机床的运动轨迹是否正确。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。

3. 数控编程的方法

数控编程技术经历了三个发展阶段，即手工编程、APT 语言编程和交互式图形编程。由于手工编程难以承担复杂曲面的编程工作，因此自第一台数控机床问世不久，美国麻省理工学院即开始研究自动编程的语言系统，称为 APT (Automatically Programmed Tools) 语言。经过不断地发展，APT 编程能够承担复杂自由曲面加工的编程工作。

APT 语言是开发得比较早的计算机数控编程语言，进行数控编程时必须在 APT 源程序中用语言的形式去描述本来十分直观的几何图形信息及加工过程，再由计算机处理生成加工程序，致使其直观性差，编程过程比较复杂不易掌握。目前，已逐步为交互式图形编程系统所取代。

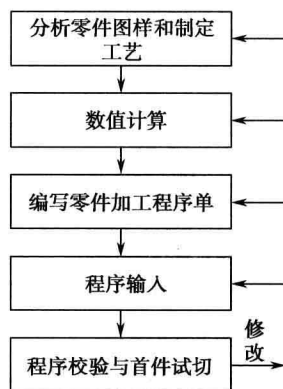


图 1-10 数控编程的步骤