

SHUKONG JIAGONG JIAOCHENG

MasterCAM X4

数控加工教程



附视频光盘
(含语音讲解)

詹友刚 主编

- ★ 全面介绍了MasterCAM数控加工技术与技巧
- ★ 讲解详细、条理清晰、通俗易懂、实例丰富
- ★ 图标式讲解，读者能准确操作软件，尽快上手
- ★ 注重实用，融入MasterCAM数控加工高手的经验
- ★ 光盘含有本书的操作视频录像，快速提高学习效率



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

MasterCAM X4 数控加工教程

詹友刚 主编



机械工业出版社

本书是 MasterCAM X4 数控加工的快速学习指南,内容包括数控加工基础、MasterCAM 的安装及工作界面、MasterCAM X4 数控加工入门、铣削 2D 加工、曲面粗加工、曲面精加工、多轴铣削加工、车削加工、线切割加工以及综合实例等。

在内容安排上,为了使读者更快地掌握该软件的基本功能,书中结合大量实例对 MasterCAM X4 软件中一些抽象的概念、命令和功能进行讲解;另外,书中以实例的形式讲述了一些实际产品的 MasterCAM 数控加工过程,能使读者较快地进入设计状态。在写作方式上,本书紧贴软件的实际操作界面,采用软件中真实的对话框和按钮等进行讲解,使初学者能够直观、准确地操作软件进行学习,从而尽快地上手,提高学习效率。通过本书的学习,读者能够迅速运用 MasterCAM 软件来完成一般产品和模具零件的数控加工工作。

本书内容全面,条理清晰,实例丰富,讲解详细,可作为工程技术人员的 MasterCAM 自学教程和参考书籍,也可作为大中专院校学生和各类培训学校学员的 MasterCAM 课程上课或上机练习教材。

本书附光盘一张,光盘中制作了本书的操作视频录像文件(近 8 小时,含语音讲解),另外,光盘还包含本书所有的教案文件、实例文件及练习素材文件。

图书在版编目(CIP)数据

MasterCAM X4 数控加工教程/詹友刚主编. —北京:
机械工业出版社, 2011.5

ISBN 978-7-111-34688-3

I. ①M… II. ①詹… III. ①数控机床—加工—
计算机辅助设计—应用软件, Mastercam X4—教材
IV. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 088456 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

责任印制:乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2011 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·24.25 印张·594 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-34688-3

ISBN 978-7-89451-963-4 (光盘)

定价: 59.80 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

社服务中心: (010) 88361066

销售一部: (010) 68326294

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

教材网: <http://www.cmpedu.com>

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、法等国家之所以称为发达国家，很大程度上是由于他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，加强和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了关系国家生存的高度上。信息化是当今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统一的基础数据平台，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，从而有效地提高产品开发、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 等领域的相关技术的跟踪，出版了大量学习这些领域的软件（如 MaterCAM、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软件园，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 MaterCAM、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，已经推出并将陆续推出一系列 MaterCAM、UG、CATIA 等软件的“工程应用精解”图书，包括：

- MasterCAM 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
- Pro/ENGINEER 2001 工程应用精解丛书
- Pro/ENGINEER 野火版 2.0 工程应用精解丛书
- Pro/ENGINEER 野火版 3.0 工程应用精解丛书
- Pro/ENGINEER 野火版 4.0 工程应用精解丛书
- CATIA V5 工程应用精解丛书
- SolidWorks 工程应用精解丛书
- AutoCAD 工程应用精解丛书
- Cimatron 工程应用精解丛书
- SolidEdge 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。**由于作者和顾问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。
- **实例来源于实际，丰富而经典。**对软件中的主要命令和功能，先结合简单的实例进行讲解，然后安排一些较复杂的综合实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。**随书光盘中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

MasterCAM 是一套功能强大的数控加工软件，采用图形交互式自动编程方法实现 NC 程序的编制，它是目前最经济有效率的数控加工软件系统，包括美国在内的各工业大国皆采用本系统作为加工制造的标准，其应用范围涉及航空航天、汽车、机械、造船、通用机械、医疗器械和电子等诸多领域。

MasterCAM X4 是目前功能最稳定、应用范围最广的版本，与以前的版本相比，本版本增加或增强了许多功能，如，清根刀路的优化、型腔粗铣时的摆线走刀控制、多轴增强功能，优化了高速铣中的表面粗糙度刀路功能，减少了铣削缓坡时的抬刀次数，在所有高速铣削命令中，增加了新的选项等。本书是 MasterCAM X4 数控加工的快速学习指南，其特色如下：

- 内容全面，与其他的同类书籍相比，包括更多的 MasterCAM 数控加工知识和内容。
- 实例丰富，对软件中的主要命令和功能，先结合简单的实例进行讲解，然后安排一些较复杂的综合实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 MasterCAM X4 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。
- 随书光盘中制作了本书的全程同步视频文件（近 8 小时，含语音讲解），可以帮助读者轻松、高效地学习。

本书的主编和主要参编人员来自北京兆迪科技有限公司，在编写过程中得到了该公司的大力帮助，在此表示衷心感谢。北京兆迪科技有限公司专门从事 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 MasterCAM、UG、CATIA 等软件的专业培训及技术咨询。广大读者在学习本书时遇到问题，可通过访问该公司的网站 <http://www.zalldy.com> 获得帮助。

本书由詹友刚主编，参加编写的人员还有王焕田、刘静、詹路、冯元超、雷保珍、刘海起、黄红霞、詹超、周涛、高政、刘江波、张坤、党龄、孙润和赵春燕。

本书已经多次校对，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

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：

读者对象

本书可作为工程技术人员的 MasterCAM 自学入门教程和参考书，也可作为大中专院校的学生和各类培训学校学员的 MasterCAM 课程上课或上机练习教材。

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 MasterCAM X4 中文版。

光盘使用

为方便读者练习，特将本书所用到的范例、配置文件和视频文件等按章节顺序放入随书附赠的光盘中，读者在学习过程中可以打开这些范例文件进行操作和练习。

在光盘的 mcx4.1 目录下共有两个子目录：

- (1) work 子目录：包含本书讲解中所用到的全部素材文件。
- (2) video 子目录：包含本书讲解中所有的视频文件（近 8 小时，含语音讲解）。读者学习时，可在该子目录中按章节顺序查找所需的视频文件（扩展名为.exe），找到后直接双击视频文件名即可播放。在观看视频录像时，请注意鼠标操作的符号，定义如下：

- 单个红色框表示单击一下鼠标的左键。
- 两个红色框表示双击鼠标的左键。
- 黄色框表示单击一下鼠标的右键。

光盘中带有“ok”扩展名的文件或文件夹表示已完成的范例。

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 盘根目录下。

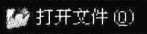
本书约定

- 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。
 - ☑ 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, 例如, 下面是一段有关这方面的描述:

Step1. 打开原始模型。选择下拉菜单  **文件(F)**   **打开文件(O)** 命令, 系统弹出图 2.2.1 所示的“打开”对话框。在“查找范围”下拉列表中选择文件目录 D:\mcx4.1\work\ch03, 然后在列表框中选择文件 VOLUME_MILLING.MCX。单击  按钮, 系统打开模型并进入 MasterCAM X4 的建模环境。

技术支持

本书的主编和主要参编人员来自北京兆迪科技有限公司, 该公司位于北京中关村软件园, 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 MasterCAM、UG、CATIA 等软件的专业培训及技术咨询等服务。读者在学习本书时遇有问题, 可通过访问该公司的网站 <http://www.zalldy.com> 获得技术支持。咨询电话: 010-82176248, 010-82176249。

目 录

出版说明

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 铣削刀具	20
1.7.4 切削用量的确定	23
1.8 高度与安全高度	25
1.9 走刀路线的选择	26
1.10 对刀点与换刀点的选择	29
1.11 数控加工的补偿	29
1.11.1 刀具半径补偿	30
1.11.2 刀具长度补偿	30
1.11.3 夹具偏置补偿	31
1.12 轮廓控制	31
1.13 顺铣与逆铣	32
1.14 切削液	33
1.14.1 切削液的作用	33
1.14.2 切削液的种类	34
1.14.3 切削液的开关	34
1.15 加工精度	35

第 2 章 MasterCAM 的安装及工作界面	37
2.1 MasterCAM 简介	37
2.2 MasterCAM 安装的硬件要求	39
2.3 MasterCAM 安装的操作系统要求	40
2.4 MasterCAM 的安装	40
2.5 启动 MasterCAM X4 软件	43
2.6 MasterCAM X4 工作界面	44
第 3 章 MasterCAM X4 数控加工入门	47
3.1 MasterCAM X4 数控加工流程	47
3.2 MasterCAM X4 加工模块的进入	48
3.3 设置工件	49
3.4 选择加工方法	53
3.5 选择刀具	55
3.6 设置加工参数	58
3.7 加工仿真	60
3.8 利用后处理生成 NC 程序	63
第 4 章 MasterCAM X4 铣削 2D 加工	65
4.1 概述	65
4.2 外形铣加工	65
4.3 挖槽加工	83
4.3.1 实例 1	83
4.3.2 实例 2	94
4.4 面铣加工	101
4.5 雕刻加工	107
4.6 钻孔加工	114
4.7 综合实例	119
第 5 章 MasterCAM X4 曲面粗加工	137
5.1 概述	137
5.2 粗加工平行铣削加工	137
5.3 粗加工放射状加工	147
5.4 粗加工投影加工	152
5.5 粗加工流线加工	156
5.6 粗加工挖槽加工	161
5.7 粗加工等高外形加工	165
5.8 粗加工残料加工	171
5.9 粗加工钻削式加工	175

第6章 MasterCAM X4 曲面精加工	180
6.1 概述	180
6.2 精加工平行铣削加工	180
6.3 精加工平行陡斜面加工	184
6.4 精加工放射状加工	188
6.5 精加工投影加工	192
6.6 精加工流线加工	196
6.7 精加工等高外形加工	199
6.8 精加工残料加工	203
6.9 精加工浅平面加工	207
6.10 精加工环绕等距加工	210
6.11 精加工交线清角加工	214
6.12 精加工熔接加工	218
第7章 多轴铣削加工	223
7.1 概述	223
7.2 曲线五轴加工	223
7.3 多曲面五轴加工	231
7.4 钻孔五轴加工	237
7.5 流线五轴加工	241
7.6 旋转四轴加工	244
第8章 MasterCAM X4 车削加工	248
8.1 概述	248
8.2 粗车加工	248
8.3 精车加工	260
8.4 径向车削	265
8.5 车螺纹刀具路径	278
8.5.1 外螺纹车削	278
8.5.2 内螺纹车削	284
8.6 车削截断	288
8.7 车端面	292
8.8 车削钻孔	297
8.9 车内径	300
8.10 内槽车削	303
8.11 筒式车削	306
8.11.1 筒式粗车	306
8.11.2 筒式精车	309
8.11.3 筒式径向车削	311
8.12 外形重复车削	314

第 9 章 线切割加工	319
9.1 概述	319
9.2 外形切割路径	320
9.3 四轴切割路径	331
第 10 章 综合实例	336
10.1 综合实例 1	336
10.2 综合实例 2	354

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，简称 NC 技术），它是指用计算机以数字指令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、生产效率高及生产成本低等特点，在制造业，数控加工是所有生产技术中相当重要的一个环节。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 NC 加工制造技术的优点。

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巨大的变化。

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。该方法适用于形状不太复杂、加工程序较短的零件，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，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。

MasterCAM X4 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：分析零件图样、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) 分析图样及工艺处理。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。形状比较简单的零件的轮廓加工，需要计算出几何元素的起点、终点、圆弧的圆心、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。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，而且要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、电液马达、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。数控机床的本

体结构与传统机床相比,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(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。

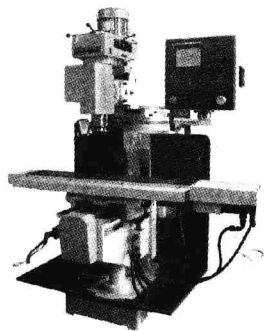


图 1.3.1 CNC 数控铣床

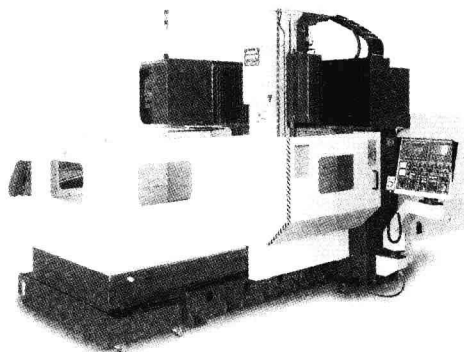


图 1.3.2 数控加工中心

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 0.001mm ,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,而且产品质量能得到保证,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, 只需调用储存于计算机的加工程序、装夹工件和调整刀具数据即可, 可大大缩短生产周期。更主要的是数控铣床的万能性带来的高效率, 如一般的数控铣床都具有铣床、镗床和钻床的功能, 工序高度集中, 提高了劳动生产率, 并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、镗孔、铰孔、攻螺纹和铣削螺纹等加工, 而且一般情况下, 可以在一次装夹中完成所需的所有加工工序。加工对象改变时, 除了相应地更换刀具和改变工件装夹方式外, 只改变相应的加工程序即可。特别适应于目前多品种、小批量和变化快的生产特征。
- 大大减轻了操作者的劳动强度。数控铣床对零件加工是根据加工前编好的程序自动完成的。操作者除了操作键盘、装卸工件、中间测量及观察机床运行外, 不需要进行繁重的重复性手工操作, 大大地减轻了劳动强度。
- 易于建立计算机通信网络。数控机床使用数字信息作为控制信息, 易于与 CAD 系统连接, 从而形成 CAD/CAM 一体化系统, 它是 FMS、CIMS 等现代制造技术的基础。
- 初期投资大, 加工成本高。数控机床的价格一般是普通机床的若干倍, 且机床备件的价格也高; 另外, 加工首件需要进行编程、程序调试和试加工, 时间较长, 因此使零件的加工成本也大大高于普通机床。

1.3.3 数控机床的分类

数控机床的分类有多种方式。

1. 按工艺用途分类

按工艺用途分类, 数控机床可分为数控钻床、车床、铣床、磨床和齿轮加工机床等, 还有压床、冲床、电火花切割机、火焰切割机和点焊机等也都采用数字控制。加工中心是带有刀库及自动换刀装置的数控机床, 它可以在一台机床上实现多种加工。工件只需一次装夹, 就可以完成多种加工, 这样既节省了工时, 又提高了加工精度。加工中心特别适用于箱体类和壳类零件的加工。车削加工中心可以完成所有回转体零件的加工。

2. 按数控机床运动轨迹划分