

Pro/ENGINEER 野火版5.0工程应用精解丛书

Pro/ENGINEER

中文野火版5.0

数控加工教程

詹友刚 主编

附视频学习CD光盘

- ◆ 系统地介绍Pro/E5.0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Pro/E加工高手多年的经验
- ◆ 长时间的全程视频录像，快速提高学习效率

Pro/ENGINEER 5.0



Pro/ENGINEER 野火版 5.0 工程应用精解丛书

Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 数控加工教程

詹友刚 主编



机械工业出版社

本书全面、系统地介绍了 Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 数控加工技术, 内容包括数控加工概论、数控工艺概述、Pro/ENGINEER 数控加工入门、铣削加工、孔加工、车削加工、线切割加工、多轴联动加工、钣金件制造以及后置处理等。

在内容安排上, 本书紧密结合范例对 Pro/ENGINEER 数控加工的流程、方法与技巧进行讲解和说明, 这些范例都是实际工程设计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; 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、操控板、按钮等进行讲解, 使初学者能够直观、准确地操作软件, 从而尽快上手, 提高学习效率。

本书内容全面、条理清晰、范例丰富、讲解详细、图文并茂, 可作为机械技术人员学习 Pro/ENGINEER 数控加工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教材。本书附视频学习光盘一张, 制作了近 4 个小时的本书的全程同步视频录像文件, 另外还包含了本书所有的素材文件、教案文件、范例文件和 Pro/ENGINEER 野火版 5.0 的配置文件。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 数控加工教程/詹友

刚主编. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2010.6

(Pro/ENGINEER 野火版 5.0 工程应用精解丛书)

ISBN 978-7-111-30942-0

I. ①P… II. ①詹… III. ①数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire 5.0—教材 IV. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 106730 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 责任编辑: 管晓伟

封面设计: 王伟光 责任印制: 乔 宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2010 年 7 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·23.25 印张·458 千字

0001-3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-30942-0

ISBN 978-7-89451-559-9 (光盘)

定价: 59.80 元(含 1CD)

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

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

门户网: <http://www.cmpbook.com>

教材网: <http://www.cmpedu.com>

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，加强制造业，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，我国已将制造业信息化提到关系到国家生存的高度上来。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、网络技术和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，从而有效提高产品开发、制造等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与流程的组织管理水平以及企业的综合实力，为营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，出版了大量关于学习这些领域软件（如 Pro/ENGINEER、UG、CATIA、SolidWorks、MasterCAM、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、培训及产品设计与制造服务。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 and 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，推出了或将陆续推出一系列 Pro/ENGINEER、UG、CATIA、SolidWorks、MasterCAM、AutoCAD 等软件的“工程应用精解”图书，包括：

- Pro/ENGINEER 2001 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
- Pro/ENGINEER 野火版 5.0 工程应用精解丛书

- CATIA V5 工程应用精解丛书
- UG NX 5.0 工程应用精解丛书
- UG NX 6.0 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
- MasterCAM 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。由于作者队伍和顾问都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了全面、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、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,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制作了超长时间的同步操作视频文件,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作出更多的贡献。

机械工业出版社
北京兆迪科技有限公司

前言

Pro/ENGINEER (简称 Pro/E) 是由美国 PTC 公司推出的一套博大精深的三维 CAD/CAM 参数化软件系统, 其内容涵盖了从产品概念设计、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, 其中还包含了大量的电缆及管道布线、模具设计与分析等实用模块, 应用范围涉及航空航天、汽车、机械、数控 (NC) 加工以及电子等诸多领域。

由于具有强大而完美的功能, Pro/ENGINEER 几乎成为三维 CAD/CAM 领域的一面旗帜和标准。它在国外大学院校里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。

Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 是美国 PTC 公司目前推出的最新版本, 它构建于 Pro/ENGINEER 野火版的成熟技术之上, 新增了许多功能, 使其技术水准又上了一个新的台阶。本书介绍了 Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 数控加工技术, 其特色如下:

内容全面, 与其他的同类书籍相比, 包括更多的 Pro/ENGINEER 数控加工内容。

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 Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 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, 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, 时间近 4 小时, 能够更好地帮助读者轻松、高效地学习。

本书的主编和主要参编人员均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, 在此衷心表示感谢。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 Pro/ENGINEER、SolidWorks、UG、CATIA、MasterCAM、SolidEdge、AutoCAD 等软件的专业培训及技术咨询。广大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、刘海起、黄红霞、詹超、高政、周涛、刘江波、赵春燕、孙润。

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: zhanygjam@163.com

编者

丛书导读

（一）产品设计工程师学习流程

1. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 快速入门教程》
2. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 高级应用教程》
3. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 曲面设计教程》
4. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 曲面设计实例精解》
5. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 钣金设计教程》
6. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 产品设计实例精解》
7. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 工程图教程》
8. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 管道设计教程》
9. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 电缆布线设计教程》

（二）模具设计工程师学习流程

1. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 快速入门教程》
2. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 高级应用教程》
3. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 工程图教程》
4. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 模具设计教程》
5. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 模具实例精解》

（三）数控加工工程师学习流程

1. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 快速入门教程》
2. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 高级应用教程》
3. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 钣金设计教程》
4. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 数控加工教程》

（四）产品分析工程师学习流程

1. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 快速入门教程》
2. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 高级应用教程》
3. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 运动分析教程》
4. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 结构分析教程》
5. 《Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0 热分析教程》

本书导读

为了更好地学习本书的知识,请您先仔细阅读下面的内容。

读者对象

本书可作为工程技术人员学习 Pro/ENGINEER 数控加工技术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 课程上课及上机练习教材。

写作环境

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

本书采用的写作蓝本是 Pro/ENGINEER 中文野火版 5.0,对 Pro/ENGINEER 英文野火版 5.0 版本同样适用。

学习方法

- 按书中要求设置 Pro/ENGINEER 软件的配置文件 config.pro 和 config.win,操作方法参见书中第 1 章的相关章节。
- 循序渐进,按本书的章节顺序进行学习,如有暂时无法理解的知识,可将其跳过,继续学习后面章节。
- 为能获得更好的学习效果,建议打开随书光盘中指定的文件进行练习,打开文件前须按要求设置正确的 Pro/ENGINEER 工作目录。

光盘使用

为方便读者练习,特将本书所用到的教案文件、范例文件、练习素材文件及 Pro/ENGINEER 野火版 5.0 的配置文件和视频文件等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 proewf5.9 目录下共有三个子目录:

- (1) proewf5_system_file 子目录:包含一些系统配置文件。
- (2) work 子目录:包含本书讲解中所用到的文件。
- (3) video 子目录:包含本书讲解中全部的同步操作视频录像文件(无声音)。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。
- 两个红色框表示连续快速地按两次鼠标的左键。
- 黄色框表示单击一下鼠标的右键。

光盘中含有“-ok”扩展名的文件或文件夹表示已完成的文件。

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。
 - ☑ 拖动某对象：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 操作步骤视其复杂程度，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。
- 由于已经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. 设置工作目录。选择下拉菜单 **文件(F)** → **设置工作目录(W)...** 命令，将工作目录设置至 D:\proewf5.9\work\ch03\ch03.01。

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 Pro/ENGINEER、SolidWorks、UG、CATIA、MasterCAM、SolidEdge、AutoCAD 等软件的专业培训及技术咨询。读者在学习本书的过程中遇到问题，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：010-82176249，010-82176248。

目 录

出版说明

前言

丛书导读

本书导读

第1章 Pro/ENGINEER 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	8
1.4 数控加工程序	9
1.4.1 数控加工程序结构	9
1.4.2 数控指令	10
1.5 数控工艺概述	14
1.5.1 数控加工工艺的特点	14
1.5.2 数控加工工艺的主要内容	15
1.5.3 数控工序的安排	16
1.5.4 加工精度	17
1.6 加工刀具的选择和切削用量的确定	19
1.6.1 数控加工常用刀具的种类及特点	19
1.6.2 数控加工刀具的选择	20
1.6.3 铣削刀具	21
1.6.4 切削用量的确定	25
1.7 起止高度与安全高度	27
1.8 走刀路线的选择	27
1.9 对刀点与换刀点的选择	29
1.10 数控加工的补偿	30
1.10.1 刀具半径补偿	31
1.10.2 刀具长度补偿	31
1.10.3 夹具偏置补偿	32
1.11 轮廓控制	32
1.12 顺铣与逆铣	33
1.13 切削液	33
1.13.1 切削液的作用	34
1.13.2 切削液的种类	34
1.13.3 切削液的开关	35

1.14 Pro/ENGINEER 数控部分的安装说明	35
1.14.1 设置 Windows 操作系统的环境变量	35
1.14.2 安装数控子组件	36
1.15 Pro/ENGINEER 系统配置	37
1.15.1 设置系统配置文件 config.pro	37
1.15.2 设置界面配置文件 config.win	37
第 2 章 Pro/ENGINEER 数控加工入门	38
2.1 Pro/ENGINEER 数控加工流程	38
2.2 Pro/ENGINEER 数控加工操作界面	39
2.3 新建一个数控制造模型文件	43
2.4 建立制造模型	44
2.5 制造设置	46
2.6 设置加工方法	56
2.7 演示刀具轨迹	62
2.8 加工仿真	64
2.9 切减材料	65
2.10 遮蔽体积块	66
第 3 章 铣削加工	67
3.1 体积块铣削	67
3.2 轮廓铣削	74
3.2.1 直轮廓铣削	74
3.2.2 斜轮廓铣削	81
3.3 局部铣削	87
3.3.1 前一步骤	87
3.3.2 拐角	90
3.3.3 前一刀具	94
3.4 平面铣削	98
3.5 曲面铣削	104
3.6 轨迹铣削	114
3.7 雕刻铣削	119
3.8 腔槽加工	124
3.9 钻销式粗加工	129
第 4 章 孔加工	135
4.1 孔系加工	135
4.1.1 单一孔系加工	135
4.1.2 多种孔系加工	142
4.2 螺纹铣削	160
4.2.1 内螺纹铣削	160

4.2.2 外螺纹铣削	170
第 5 章 车削加工	177
5.1 区域车削	177
5.2 轮廓车削	184
5.3 凹槽车削	187
5.4 外螺纹车削	191
5.5 内螺纹车削	194
第 6 章 线切割加工	200
6.1 线切割加工概述	200
6.2 两轴线切割加工	201
6.3 四轴线切割加工	209
第 7 章 多轴联动加工	217
7.1 四轴联动铣削加工	217
7.2 五轴联动孔加工	224
7.3 五轴联动铣削加工	230
第 8 章 钣金件制造	238
8.1 钣金件设计模块	238
8.1.1 钣金件概述	238
8.1.2 钣金件设计模块	239
8.1.3 钣金件设计方法	240
8.2 钣金件制造模块	241
8.2.1 钣金件制造模块的启动	241
8.2.2 钣金件制造方法和流程	242
8.3 钣金件制造设置	243
8.3.1 设置工作环境及各项参数	244
8.3.2 钣金零件处理	246
8.3.3 工作机床和操作	248
8.3.4 钣金制造后置处理	250
8.4 操作范例	253
第 9 章 后置处理	261
9.1 后置处理概述	261
9.2 后置处理器	261
9.2.1 后置处理器模式	261
9.2.2 设置后置处理器	265
9.3 创建新的后置处理器	279
9.3.1 创建方法介绍	279
9.3.2 操作范例	283

9.4 数控代码的生成	284
9.4.1 菜单命令介绍	285
9.4.2 操作范例	285
第 10 章 综合范例	289
10.1 圆盘加工	289
10.2 箱体加工	308
10.3 轴加工	334

第 1 章 Pro/ENGINEER 数控加工基础

本章提要

本章主要介绍 Pro/ENGINEER 数控加工的基础知识,内容包括数控编程以及加工工艺基础、Pro/ENGINEER 数控部分的安装说明、Pro/ENGINEER 系统配置和 Pro/ENGINEER 数控加工操作界面等。

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, 数控加工是所有生产技术中相当重要的一环。尤其是汽车或航天工业零部件, 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、编写程序单直到程序校核等各步骤, 均由人工完成的全过程。该方法适用于零件形状不太复杂、加工程序较短的情况, 而对于复杂形状的零件, 如具有非圆曲线、列表曲面和组合曲面的零件, 或者零件形状虽不复杂但是程序很长, 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) 获得数控加工程序的全过程。其主要任务是计算加工走刀过程中的刀位点 (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。

Pro/ENGINEER 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: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、终点及圆弧的圆心,以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。首件试切时,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。

从以上内容看来,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,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、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 所示就是数控铣床,图 1.3.2 所示是加工中心。

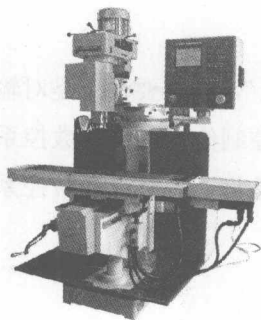


图 1.3.1 数控铣床

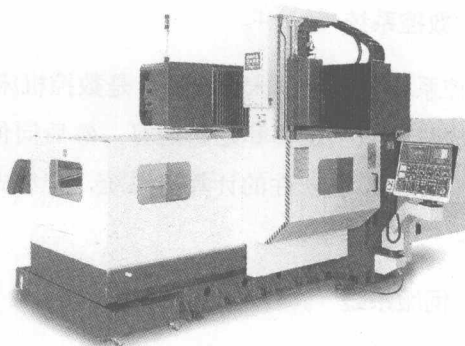


图 1.3.2 加工中心

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。

- 高柔性。数控机床的最大特点是高柔性,即灵活、通用、万能,可以适应加工不同形状工件。如数控铣床一般能完成钻孔、镗孔、铰孔、攻螺纹、铣平面、铣斜面、铣槽、铣削曲面和铣削螺纹等加工,而且一般情况下,可以在一次装夹中完成所需的加工工序。加工对象改变,除相应更换刀具和解决工件装夹方式外,只需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要求。
- 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