

零点起步 轻松入门 实战演练 逐步精通



机械设计院

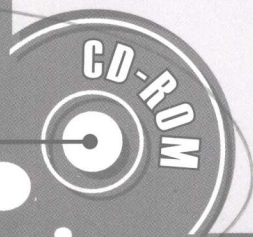
•从入门到精通•

Pro/ENGINEER 野火版3.0 数控加工

29个案例的模型文件和结果文件
30个典型实例教学录像，全程语音
讲解。视频总长达212分钟！

从入门到精通

多媒体教学
看清楚
讲明白
学透彻



冯如设计在线
程云建

编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



PRO/ENGINEER

PRO/ENGINEER



PRO/ENGINEER
WINDCHILL
CAXA
UGS
SOLIDWORKS
CATIA
PTC
DASSAULT
SIEMENS
HYPERMESH
ANSYS
ABAQUS
COMSOL
MATLAB
SAPRAPHIR
ALGOR
MSC
SIMULIA
DELMIA
SOLIDWORKS
PTC
DASSAULT
SIEMENS
HYPERMESH
ANSYS
ABAQUS
COMSOL
MATLAB
SAPRAPHIR
ALGOR
MSC
SIMULIA
DELMIA

入门

精通

精通



TG659/238D

2008



机械设计院

•从入门到精通•

Pro/ENGINEER 野火版 3.0 数控加工

从入门到精通



冯如设计在线 程云建 编著

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

Pro / ENGINEER 野火版 3.0 数控加工从入门到精通/程云
建编著. —北京: 人民邮电出版社, 2008.4
(机械设计院. 从入门到精通)
ISBN 978-7-115-17293-8

I. P… II. 程… III. 数控机床—加工—计算机辅助设
计—应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 IV.
TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 188425 号

内 容 提 要

本书全面介绍了 Pro/ENGINEER (简称 Pro/E) 野火版 3.0 软件数控加工部分的使用方法和技巧。全书共分 7 章, 第 1 章介绍了有关数控加工的基础知识, 如数控编程方法、加工工艺等; 第 2 章说明了 Pro/NC 的操作界面、文件及鼠标的基本操作、NC 加工模块和设计制造模型等相关知识; 第 3 章详细讲解了 Pro/NC 生成数控程序步骤中的相关设置, 如工作机床设置、刀具设置等; 第 4 章说明了利用 Pro/NC 生成各种铣削加工轨迹的方法; 第 5 章的内容是利用 Pro/NC 生成各种车削加工轨迹的方法; 第 6 章介绍利用 Pro/NC 生成孔加工轨迹的方法; 第 7 章讲解利用 Pro/NC 生成的各处加工轨迹的后处理方法。第 2 章至第 7 章各章的最后设置“实战演练”一节, 通过多个复杂的例子, 掌握实际应用的过程。

本书面向初学者, 结合大量实例说明软件功能, 例子的选择经典而实用, 简单易学, 初学者以及具有一定基础的中级读者, 都能通过书中给出的详细讲解完成每个例子, 并通过技巧的提示达到举一反三的目的。

随书光盘包括书中的所有实例图形源文件、最终效果文件, 实战演练以及综合实例, 并且均给出了教学演示录像。冯如设计在线网站 <http://www.fr-cad.net> 为读者提供全方位的技术支持。

本书适合广大数控加工的工程技术人员和机电工程类本、专科学生与研究生学习 Pro/E 野火版 3.0 软件的数控加工部分使用。

机械设计院·从入门到精通

Pro/ENGINEER 野火版 3.0 数控加工从入门到精通

- ◆ 编 著 冯如设计在线 程云建
责任编辑 俞 彬
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 27 彩插: 2
字数: 716 千字 2008 年 4 月第 1 版
印数: 1—5 000 册 2008 年 4 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17293-8/TP

定价: 49.80 元 (附光盘)

读者服务热线: (010)67132687 印装质量热线: (010)67129223

盗版热线: (010)67171154

前 言

Pro/E 是美国参数技术公司 1988 年推出的使用参数化特征造型技术的大型 CAD/CAM/CAE 集成软件, 它是一个全方位的三维产品设计和开发软件, 功能非常强大, 具有造型设计、零件设计、装配设计、工程图绘制、管道设计、模具设计、数控加工和数控库管理等功能。这个软件在科研单位、工厂和高校中有较为广泛的应用, 深受三维产品设计人员的喜爱。Pro/E 野火版 3.0 是 Pro/E 软件的最新版本。

Pro/E 软件的参数化特性主要体现在以下 3 个方面:

- 及时准确地将用户的设计思想通过三维实体模型表现出来, 用户还可以随时查看所设计模型的体积、质量等几何图形信息;
- Pro/E 在设计模型时, 所涉及的所有数控都包含在一个数控库中, 这样就可以使多个用户同时对同一个模型进行操作;
- Pro/E 将特征作为设计的基本单元, 如圆角、切削等, 可以随时对这些特征做出不破坏几何图形特征的操作。

Pro/E 为开发人员提供了众多的开发模块, 可以大大提高开发人员的工作效率。

本书特点

- 完善的知识体系。从基础入门到进阶提高再到综合实战, 以分模块类型的方式编排, 采用阶梯式学习方法, 对软件架构、应用方向和命令应用, 都作了详尽的解析, 逐步提高读者的使用能力, 方便查找具体功能的实现, 并巩固学习技能。
- 入门到精通进阶。功能介绍循序渐进, 通俗易懂, 易于入手。“入门”体现于零起点起步的第一步台阶; 与功能点相对应的例子, 是提高应用水平的第二步, 连接入门与精通的阶梯; 实战演练部分, 对产品设计流程进行全面讲解, 是迈向专家行列的一步台阶。
- 强大的视频引导。附赠光盘包含实例的多媒体教学演示, 其简便的控制按钮、详实的步骤提示和操作总结, 使读者在不经意间迅速掌握软件的应用要领。
- 注重实践、强调实用。复杂程度不同的大量实例, 展示了 Pro/E 在数控加工方面的具体应用。众多的提示信息, 有助于读者提高使用 Pro/E 的工作效率。

本书主要内容

全书共分 7 章, 分别详细讲解了有关数控加工的基础知识, 如数控编程方法、加工工艺等; Pro/NC 的操作界面、文件及鼠标的基本操作、NC 加工模块和设计制造模型等相关知识; Pro/NC 生成数控程序步骤中的相关设置, 如工作机床设置、刀具设置等; 利用 Pro/NC 生成各种铣削加

工轨迹的方法; 利用 Pro/NC 生成各种车削加工轨迹的方法; 利用 Pro/NC 生成孔加工轨迹的方法; 利用 Pro/NC 生成的各处加工轨迹的后处理方法等。

本书光盘

本书配套光盘收录了:

- 书中所有实例使用的源文件及相关素材;
- 所有实例的最终操作结果;
- 所有实例的操作过程动画演示文件, 并配有全程语音讲解。

光盘主要包括的文件介绍, 在每一章的文件夹中主要包括 3 个子文件夹:

1. unfinished 文件夹 (素材文件)

该文件夹包括本书所有实例的素材文件, 按照书中的章节和例子编号划分层次结构。比如, chap2\2-1\unfinished 文件夹中, 包括第 2 章编号为 2-1 的实例所需要的所有文件; chap2\2-2\unfinished 文件夹中, 包括第 2 章编号为 2-2 的实例所需要的所有文件, 依次类推。

2. finished 文件夹 (结果文件)

该文件夹包括本书所有实例的结果文件, 按照书中的章节和例子编号划分层次结构。比如, chap2\2-1\finished 文件夹中, 包括第 2 章编号为 2-1 的实例所需要的所有文件; chap2\2-2\finished 文件夹中, 包括第 2 章编号为 2-2 的实例所需要的所有文件, 依次类推。

3. video 文件夹 (视频录像文件)

该文件夹中带有书中实战演练和综合实例的多媒体演示录像, 并配有语音讲解。这些文件按照章节划分, 比如, chap2\2-1\video 中, 带有第 2 章实例的录像文件。

创作团队与读者服务

本书由冯如设计在线策划, 程云建主笔, 参加编写工作的人员还有邓蛟龙、冯哲、邓卫、樊旭平、邓凡平、李绯、李建锋、李强、李腾、刘延军、唐玮、魏宇、赵东辉、吕巧珍等。虽然我们在编写过程中秉承严谨的工作态度, 倾力相注, 精心而为, 但由于时间仓促, 加之水平有限, 书中难免存在疏漏之处, 恳请读者批评指正, 定会虚心接受并不断改进。

网址: <http://www.fr-cad.net>

E-mail: book_service@126.com



冯如设计在线 程云建

www.fr-cad.net

2007 年 12 月

目 录

第 1 章 数控基础..... 1

- 1.1 数控加工基础知识..... 2
 - 1.1.1 数控技术简介..... 2
 - 1.1.2 数控机床简介..... 2
 - 1.1.3 数控机床的控制对象..... 5
 - 1.1.4 数控机床的工作原理..... 6
- 1.2 数控编程简介..... 6
 - 1.2.1 数控编程的步骤..... 7
 - 1.2.2 数控编程方法..... 8
- 1.3 数控加工工艺..... 8
 - 1.3.1 数控加工的特点..... 8
 - 1.3.2 工艺分析和规划..... 9
- 1.4 数控编程的误差控制..... 11
 - 1.4.1 刀轨计算误差..... 11
 - 1.4.2 残余高度的控制..... 12

第 2 章 Pro/NC 加工基础..... 15

- 2.1 Pro/NC 界面简介和基本操作..... 16
 - 2.1.1 启动 Pro/E 进入制造模块..... 16
 - 2.1.2 Pro/E 的工作界面..... 17
 - 2.1.3 鼠标操作..... 21
 - 2.1.4 Pro/E 文件管理..... 21
- 2.2 NC 加工模块..... 24
 - 2.2.1 NC 加工模块的功能..... 24
 - 2.2.2 NC 加工过程..... 24
- 2.3 设计制造模型..... 26
 - 2.3.1 参考模型..... 26
 - 2.3.2 工件..... 26
 - 2.3.3 制造模型..... 26
 - 2.3.4 制造模型的创建..... 27
- 实例 2-1: 以装配方式创建制造模型实例..... 28

- 实例 2-2: 以组件方式创建制造模型实例..... 32

- 实例 2-3: 以创建方式创建制造模型实例..... 34

- 2.4 通用数控加工参数..... 36
 - 2.4.1 名称..... 37
 - 2.4.2 切削参数..... 37
 - 2.4.3 进给..... 37
 - 2.4.4 机床相关参数..... 38
 - 2.4.5 切入切出..... 38
- 2.5 实战演练..... 39

- 实例 2-4: 以装配方式创建制造模型实例..... 39

第 3 章 加工应用基础..... 48

- 3.1 工作机床设置..... 49
 - 实例 3-1: 机床设置..... 54
- 3.2 刀具设置..... 56
 - 实例 3-2: 刀具设置..... 59
- 3.3 CNC 加工中刀具的选择与切削用量的确定..... 60
 - 3.3.1 数控加工常用刀具的种类及特点..... 61
 - 3.3.2 数控加工刀具的选择..... 62
 - 3.3.3 数控加工切削用量的确定..... 62
- 3.4 操作设置..... 63
 - 实例 3-3: 夹具设置..... 71
 - 实例 3-4: 操作设置..... 72
- 3.5 CL 设置..... 74
 - 3.5.1 打印..... 74
 - 3.5.2 创建打印表..... 75
 - 3.5.3 进给颜色..... 75
 - 3.5.4 改变进给颜色..... 76
 - 3.5.5 改变进给范围..... 76

3.5.6 NC 别名	77	4.7 端面铣削	174
3.5.7 指定 NC 别名	78	4.7.1 端面铣削加工步骤	174
3.6 CL 数据	78	4.7.2 端面铣削加工实例	177
3.6.1 输入	78	实例 4-9: 端面铣削实例	177
3.6.2 输出	79	4.8 雕刻铣削	181
3.6.3 编辑	80	4.8.1 雕刻 NC 序列创建方法	182
第 4 章 铣削加工	82	4.8.2 雕刻铣削加工实例	182
4.1 铣削加工范围的设定	83	实例 4-10: 雕刻铣削实例	182
4.1.1 铣削体积加工范围	83	4.8.3 补充知识	188
实例 4-1: 聚合体积设置	88	4.9 螺纹铣削	189
实例 4-2: 草绘铣削体积	93	4.9.1 创建螺纹铣削的步骤	189
4.1.2 铣削曲面加工范围	99	4.9.2 “螺纹铣削”对话框	190
实例 4-3: 铣削曲面创建	107	4.9.3 螺纹铣削加工实例	195
4.1.3 铣削窗口加工范围	108	实例 4-11: 局部铣削实例	195
实例 4-4: 铣削窗口创建	111	4.10 铣削加工参数	204
4.2 NC 序列管理	113	4.10.1 切削选项	204
4.2.1 建立 NC 序列	114	4.10.2 切削参数	215
4.2.2 NC 序列设置	115	4.10.3 机床	221
4.3 体积铣削加工	122	4.10.4 切入切出	224
4.3.1 创建体积铣削窗口的一般步骤	123	4.10.5 螺纹	229
4.3.2 体积铣削实例	125	4.10.6 精加工参数	229
实例 4-5: 体积铣削创建	125	4.11 实战演练	231
4.4 局部铣削	131	4.11.1 局部铣削实例	231
4.4.1 局部铣削 NC 序列创建方法	133	实例 4-12: 局部铣削实例	231
4.4.2 局部铣削实例	136	4.11.2 实例总结	246
实例 4-6: 局部铣削实例	136	第 5 章 车削加工	247
4.5 曲面铣削	143	5.1 车削加工范围的设定	248
4.5.1 直切曲面铣削	145	5.1.1 定义车削轮廓	248
4.5.2 等高线曲面铣削	147	5.1.2 草绘车削轮廓	249
4.5.3 切削线曲面铣削	149	5.1.3 选取曲面定义车削轮廓	251
4.5.4 投影切削曲面铣削	154	5.1.4 选取曲线定义车削轮廓	252
4.5.5 指定进刀和退刀运动	156	5.1.5 剖面定义车削轮廓	252
4.5.6 曲面铣削实例	161	5.1.6 通过创建参照包络定义 车削轮廓	253
实例 4-7: 曲面铣削实例	161	5.1.7 通过选取参照包络定义 车削轮廓	255
4.6 轮廓铣削	167	5.1.8 调整车削轮廓	255
4.6.1 轮廓铣削 NC 序列的创建方法	168	5.1.9 车削加工 NC 序列生成	256
4.6.2 轮廓铣削加工实例	169		
实例 4-8: 轮廓铣削实例	169		

5.2 区域加工.....	257	6.2 孔加工轨迹的生成.....	335
5.2.1 创建区域车削 NC 序列的 一般步骤.....	257	6.2.1 3 轴或 5 轴孔加工.....	337
5.2.2 毛坯边界与切削扩展.....	259	6.2.2 孔参数的定义.....	339
5.2.3 拐角条件.....	262	6.2.3 孔的选取.....	342
5.2.4 调整切削运动端点.....	263	6.2.4 孔加工定义.....	345
5.2.5 局部机械加工余量.....	264	6.3 自动钻孔.....	347
5.2.6 刀具定向.....	265	6.3.1 选取坐标系和退刀平面.....	349
5.2.7 多头车削.....	266	6.3.2 过滤器.....	350
5.2.8 区域加工实例.....	266	6.3.3 编辑孔参数.....	351
实例 5-1: 区域加工.....	266	6.3.4 应用孔加工方法.....	352
5.3 螺纹加工.....	273	6.3.5 定制表格.....	353
5.3.1 创建螺纹车削 NC 序列的 一般步骤.....	274	6.4 定制孔加工循环.....	354
5.3.2 螺纹加工实例.....	275	6.4.1 “定制循环”对话框.....	356
实例 5-2: 螺纹加工.....	275	6.4.2 定义循环参照、变量和提示.....	357
5.4 轮廓加工.....	281	6.4.3 定义循环语句语法.....	358
5.4.1 创建轮廓铣削 NC 序列的 一般步骤.....	282	6.5 加工实例.....	367
5.4.2 轮廓加工实例.....	283	6.5.1 简单孔的加工.....	367
实例 5-3: 轮廓加工.....	283	实例 6-1: 简单孔加工.....	367
5.5 凹槽加工.....	292	6.5.2 定制孔加工循环.....	373
5.5.1 创建凹槽车削 NC 序列 一般步骤.....	294	实例 6-2: 定制孔加工循环.....	374
5.5.2 凹槽加工实例.....	295	6.6 孔加工参数.....	384
实例 5-4: 凹槽加工.....	295	6.6.1 切削选项.....	385
5.6 车削加工参数.....	302	6.6.2 切削参数.....	386
5.6.1 切削选项.....	302	6.6.3 进给.....	386
5.6.2 切削参数.....	307	6.6.4 机床.....	386
5.6.3 机床.....	311	6.6.5 切入/切出.....	387
5.6.4 切入切出.....	312	6.7 实战演练.....	388
5.6.5 螺纹.....	314	6.7.1 孔加工实例.....	388
5.7 实战演练.....	315	实例 6-3: 孔加工.....	388
5.7.1 车削实例.....	315	6.7.2 总结.....	392
实例 5-5: 车削.....	315	第 7 章 加工仿真及后置处理.....	393
5.7.2 总结.....	332	7.1 加工仿真.....	394
第 6 章 孔加工.....	333	7.1.1 屏幕演示.....	396
6.1 孔加工范围的设定.....	334	7.1.2 NC 检测.....	399
		7.1.3 改变分辨率.....	402
		7.1.4 设置修剪平面.....	402
		7.1.5 设置显示.....	402
		7.1.6 图像控制.....	406

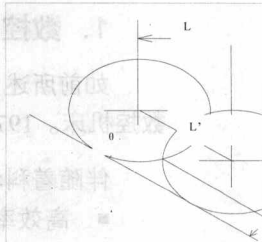
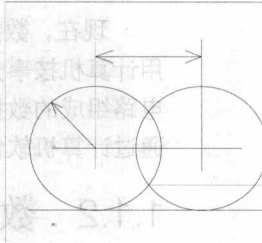
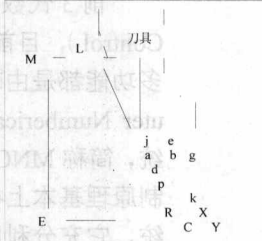
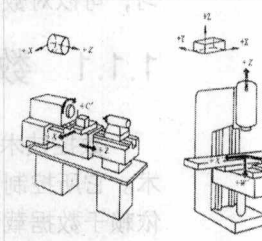
第1章 数控基础

本章导读

数控编程人员必须掌握一定的与数控加工相关的基础知识,包括数控加工原理、数控机床结构、分类及机床坐标系。作为一名数控编程师,有必要了解一些手工编程知识,包括程序结构和常用数控指令,这对于了解数控自动编程、后置处理等均有帮助。

要点提示

- 数控加工的基础知识。
- 数控编程方法。
- 数控加工工艺。
- 数控编程的误差控制。



1.1 数控加工基础知识

在这一章中,将介绍一些数控加工中与机床相关的理论知识。包括数控技术的发展历史、数控机床的结构、分类及其坐标系的定义和数控机床的工作原理,以及其控制对象。通过本章的学习,可以对数控加工有大体上的了解,有助于读者理解后续章节相关参数设置的原理。

1.1.1 数控技术简介

数控技术是指用数字、文字和符号组成的数字指令来实现一台或多台机械设备动作控制的技术。它所控制的通常是位置、角度、速度等机械量和与机械能量流向有关的开关量。数控的产生依赖于数据载体和二进制形式数据运算的出现。1908年,穿孔的金属薄片互换式数据载体问世;1938年,香农在美国麻省理工学院进行了数据快速运算和传输,奠定了现代计算机,包括计算机数字控制系统的基础。数控技术是与机床控制密切结合发展起来的。1952年,第一台数控机床问世,成为世界机械工业史上一件划时代的事件,推动了自动化的发展。

在第一台数控机床问世至今的50年时间中,先后经历了电子管(1952年)、晶体管和印刷电路板(1960年)、小规模集成电路(1965年)、小型计算机(1970年)、微处理器或微型计算机(1974年)和基于PC-NC的智能数控系统(20世纪90年代后)6代数控系统。

前3代数控系统是属于采用专用控制计算机的硬逻辑(硬线)数控系统,简称NC(Numerical Control),目前已被市场淘汰。第4代数控系统采用小型计算机取代专用控制计算机,数控的许多功能都是由软件来实现,故称这种数控系统为软线系统,即计算机数控系统,简称CNC(Computer Numerical Control)。1974年采用以微处理器为核心的数控系统,形成第5代微型机数控系统,简称MNC(Micro-computer Numerical Control)。CNC与MNC统称为计算机数控,它们的控制原理基本上相同,目前采用成本低,功能强的MNC。现在发展了基于PC-NC的第6代数控系统,它充分利用了现有的PC软硬件资源。

现在,数控技术也叫计算机数控技术,它是采用计算机实现数字程序控制的技术。这种技术用计算机按事先存储的控制程序来执行对设备的控制功能。由于采用计算机替代原先用硬件逻辑电路组成的数控装置,使输入数据的存储、处理、运算和逻辑判断等各种控制机能的实现,均可通过计算机软件来完成。

1.1.2 数控机床简介

1. 数控机床的发展

如前所述,数控机床最早出现于20世纪50年代,由美国麻省理工学院成功地研制出第一台数控机床。1970年首次展出了第一台计算机控制的数控机床(CNC)。

伴随着科学技术的进步,数控机床将向以下趋势发展。

- 高效率与复合化。机床的效率包括切削速度和非加工时间两个方面。其中切削速度包括

主轴转速和进给速度。由于机床机构制造分工的专业化,在专业主轴厂开发下,加工中心的主轴转数都在 15 000~20 000r/min 之间,最高的都达到了 40 000~60 000r/min。进给速度也有了大幅度的提高,可达到 20m/min,甚至是 60m/min。另外一个提高加工效率的方法是尽量缩短非加工时间,如工件搬运、上下料、安装调整、换刀和主轴的升降时间。因为缩短非加工时间是提高加工效率的最有效的方法,因此复合机床是近年发展很快的机种。其核心是在一台机床上要完成车、铣、钻、镗、攻丝、铰孔和扩孔等多种工序。

- 高精度。由于各组件加工的精密化,微米(μm)的误差已经不是问题。
- 安全。凡是可能伤害人身的地方都加有安全警示装置。干切削和微润滑剂方法因其可大大减少润滑剂的挥发而得到广泛的应用,并且所有的机床都是封闭起来的,这样,过多的润滑剂或者是润滑油会被收集起来。
- 环保。无污染的清洁加工也被受到普遍重视。例如磨料水射流切割技术就是应用较广的廉价加工方法,符合绿色制造的要求。
- 外型。机床的制造商更注重机床的人性化设计,造型美观和色调的柔和,使其机床的精品更向艺术品方向发展。

2. 数控机床的结构

数控机床主要由数控装置组成,包括伺服电机及检测装置的伺服系统和机床本体,如图 1-1 所示。

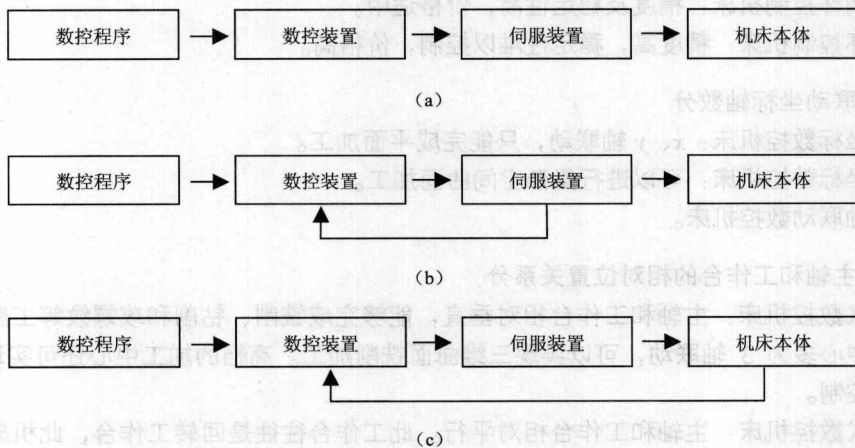


图 1-1 数控机床的结构

数控装置是数控机床的指令系统,其功能是接受数控程序,经处理后向伺服系统发出各种与数控程序对应的控制命令,使伺服系统执行相应的动作,带动机床运动。

数控机床的进给运动由数控装置经伺服系统控制。所谓伺服,是指有关的运动参数严格按照数控装置的控制命令实现。

数控机床的伺服系统可以分为开环、闭环和半闭环 3 类。其中开环是最简单的,如图 1-1(a) 所示。但是其精度差,一般用在精度要求不高的经济型机床中、小数控机床的传动控制中。

半闭环和闭环系统都有用于检测位置和速度指令执行结果的检测装置。半闭环的检测装置安

装在电机或传动丝杠上,如图 1-1(b)所示。闭环系统的检测装置则安装在运动部件上,如图 1-1(c)所示。由于丝杠螺距误差,以及丝杠、轴承变形等影响,半闭环对检测的结果的校正有时并不准确,控制精度比闭环精度要低一些。

目前的数控机床的进给系统多为半闭环控制,闭环则用于精度要求较高的机床,如高精度镗铣加工中心。

3. 数控机床分类

数控机床的分类有多种方式。

(1) 按机床运动轨迹划分

- 点位控制数控机床: 刀具运动时只控制刀具相对于工件位移的准确性,不考虑两点间的路径,如钻床。
- 点位直线控制数控机床: 在点位控制的基础上,还要保证中间路径是直线,且刀具在运动过程中还要进行切削加工。
- 轮廓控制数控机床: 能对两个或更多个坐标运动进行控制,刀具运动轨迹为空间曲线。此类机床在模具行业应用最多。

(2) 按伺服系统控制方式分

- 开环控制机床: 价格低廉,精度及稳定性差。
- 半闭环控制机床: 精度及稳定性高,价格适中。
- 闭环控制机床: 精度高,稳定性难以控制,价格高。

(3) 按联动坐标轴数分

- 二坐标数控机床: x 、 y 轴联动,只能完成平面加工。
- 三坐标数控机床: 可以进行复杂空间曲面加工。
- 多轴联动数控机床。

(4) 按主轴和工作台的相对位置关系分

- 立式数控机床: 主轴和工作台相对垂直,能够完成铣削、钻削和攻螺纹等工序。立式加工中心多为 3 轴联动,可以实现三维曲面铣削加工。高档的加工中心还可实现 4 轴、5 轴控制。
- 卧式数控机床: 主轴和工作台相对平行。此工作台往往是回转工作台,此机床适合加工箱体类零件。

(5) 按数控系统类型分类

- 经济型数控系统(又称简易数控系统): 这一档次的数控机床仅能满足一般精度要求的加工,能加工形状较简单的直线、斜线、圆弧及带螺纹的零件。采用的微机系统为单板机或单片机系统,具有数码显示, CRT 字符显示功能,机床进给由步进电动机实现开环驱动,控制的轴数和联动轴数在 3 轴或 3 轴以下。
- 普及型数控系统(通常称之为全功能数控系统): 这类数控系统功能较多,除了具有一般数控系统的功能以外,还具有一定的图形显示功能及面向用户的宏程序功能等。采用的微机系统为 16 位或 32 位微处理机,具有 RS-232C 通信接口,机床的进给多用交流或直流伺服驱动,一般系统能实现 4 轴或 4 轴以下联动控制。

- 高档数控系统：采用的微机系统为 32 位以上微处理机系统，机床的进给大多采用交流伺服驱动。除了具有一般数控系统的功能以外，应该至少能实现 5 轴或 5 轴以上的联动控制。具有三维动画图形功能和宜人的图形用户界面，同时还具有丰富的刀具管理功能、宽调速主轴系统、多功能智能化监控系统和面向用户的宏程序功能，还有很强的智能诊断和智能工艺数据库，能实现加工条件的自动设定，且能实现与计算机的联网和通信。
- 基于 PC 的开放式数控系统：用通用微机技术开发数控系统可以得到强有力的硬件与软件支持，这些软件和硬件的技术是开放式的，此时的通用微机除了具备本身的功能外，还具备了全功能数控系统的所有功能。
- 加工中心是在数控铣床上配备刀库，其中放置各种型号的刀具。在加工过程中由加工程序选用和更换刀具，从而将各种工序集中在一台机床上完成。

4. 数控机床的坐标系

机床坐标系是机床上固有的坐标系，是机床加工运动的基本坐标系，是考查刀具在机床上实际位置的坐标系。机床坐标系通常是右手笛卡儿坐标系。一般情况下，主轴的方向为 z 坐标，而工作台的移动方向为 x 、 y 坐标。图 1-2 所示为典型的立式铣床坐标系示意图， z 坐标是刀具的运动方向，并且向上为正方向。当面对机床操作时，刀具相对工件向右运动为 x 轴的正方向， y 轴用右手定则来判定。

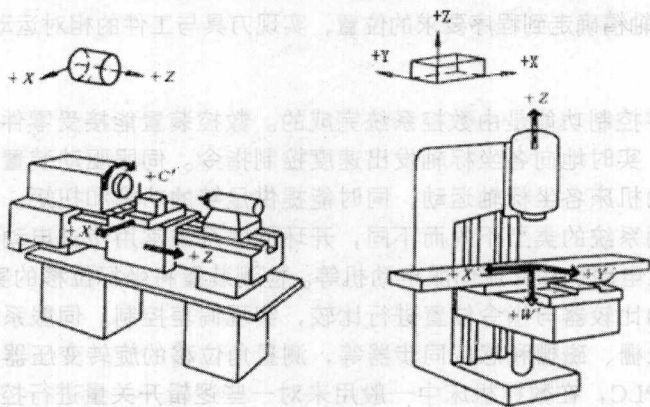


图 1-2 立式机床和卧式机床坐标系示意图

对于龙门机床，当从主轴向左侧立柱看，刀具相对工件向右运动为 x 坐标的正方向。

提示： 在实际编程时，往往采用局部坐标系。

1.1.3 数控机床的控制对象

从数控机床最终要完成的任务看，主要应对以下 3 方面进行控制。

1. 主运动

和通用机床一样，主运动主要完成切削任务，其动力约占整台机床动力的 70%~80%。基本

控制要实现主轴的正、反转和停止，可自动换挡及无级调速；对加工中心和一些数控车床还必须具有准停控制和 C 轴控制功能。

2. 进给运动

数控机床的进给运动是通过进给伺服系统来实现的，这是数控机床区别于通用机床的重要方面之一。伺服控制的最终目的就是实现对机床工作台或刀具的位置控制，伺服系统中所采取的一切措施，都是为了保证进给运动的位置精度。

3. 输入/输出 (I/O)

数控系统对加工程序处理后输出的控制信号除了对进给运动轨迹进行连续控制外，还要对机床的各种状态进行控制。这些状态包括主轴的变频控制，主轴的正、反转及停止，冷却和润滑装置的起动和停止，刀具自动交换，工件夹紧和放松及分度工作台转位等。

1.1.4 数控机床的工作原理

数控机床加工零件时，首先要将零件图纸上的几何图形信息和工艺信息用规定的代码和格式编写成加工程序，然后将加工程序输入数控装置，经过计算机的处理、运算，按各坐标轴的分量送到相应的驱动电路，经过转换、放大去驱动伺服电动机，使各坐标移动若干个最小位移量，并进行反馈控制，使各轴精确走到程序要求的位置，实现刀具与工件的相对运动，完成零件全部轮廓的加工。

数控机床的数字控制功能是由数控系统完成的。数控装置能接受零件图纸加工要求的信息，进行插补运算，实时地向各坐标轴发出速度控制指令。伺服驱动装置能快速响应数控装置发出的指令，驱动机床各坐标轴运动，同时能提供足够的功率和扭矩。伺服系统中常用的驱动装置，根据控制系统的类型不同而不同，开环伺服系统常用步进电动机，闭环伺服系统常采用脉宽调速直流电动机和交流伺服电动机等。检测装置将坐标位移的实际位置检测出来，反馈给数控装置中的比较器与指令位置进行比较，实现偏差控制。伺服系统中常用的检测装置有测量线位移的光栅、磁栅和感应同步器等，测量角位移的旋转变压器、数字脉冲编码器等。可编程控制器 PLC，在数控机床中一般用来对一些逻辑开关量进行控制，如主轴的启、停，刀具更换和冷却液开关等。

1.2 数控编程简介

数控编程经历了 3 个发展阶段，分别为手工编程、APT 语言编程和交互式图形编程。由于手工编程难以实现复杂曲面编程，在第一台数控机床问世不久，美国麻省理工学院就开始研究自动编程语言系统，称为 APT 语言。由于 APT 语言形式描述的几何图形信息和加工过程经由计算机处理生成的加工程序直观性差，并且编程过程复杂不易掌握，目前已经被基于 CAD 软件的图形自动编程取代。

尽管交互式图形编程已经成为数控编程的主要手段，但作为一名数控编程师来说，仍然有必要掌握一定的编程知识。这有助于深刻了解自动编程，提高自动编程的正确性。

1.2.1 数控编程的步骤

在普通机床上加工零件时,首先应由工艺人员对零件进行工艺分析,制定零件加工的工艺规程,包括机床、刀具、定位夹紧方法及切削用量等工艺参数。同样,在数控机床上加工零件时,也必须对零件进行工艺分析,制定工艺规程,同时要将工艺参数、几何图形数据等,按规定的信息格式记录在控制介质上,将此控制介质上的信息输入到数控机床的数控装置,由数控装置控制机床完成零件的全部加工。我们将从零件图样到制作数控机床的控制介质并校核的全部过程称为数控加工的程序编制,简称数控编程。数控编程是数控加工的重要步骤,理想的加工程序不仅应保证加工出符合图样要求的合格零件,同时应能使数控机床的功能得到合理的利用与充分的发挥,以使数控机床能安全可靠及高效地工作。

一般来讲,数控编程过程的主要内容包括分析零件图样、工艺处理、数值计算、编写加工程序单、制作控制介质、程序校验和首件试加工——工件试切。

数控编程的具体步骤与要求如下。

1. 分析零件图

首先要分析零件的材料、形状、尺寸、精度、批量、毛坯形状和热处理要求等,以便确定该零件是否适合在数控机床上加工,或适合在何种数控机床上加工。同时要明确加工的内容和要求。

2. 工艺处理

在分析零件图的基础上,进行工艺分析,确定零件的加工方法(如采用的夹具、装夹定位的方法等)、加工路线(如对刀点、换刀点和进给路线等)及切削用量(如主轴转速、进给速度和背吃刀量等)等工艺参数。

数控加工工艺分析与处理是数控编程的前提和依据,而数控编程就是将数控加工工艺内容程序化。制定数控加工工艺时,要合理地选择加工方案,确定加工顺序、加工路线、装夹方式、刀具及切削参数等;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;尽量缩短加工路线,正确地选择对刀点、换刀点,减少换刀次数,并使数值计算方便;合理选取起刀点、切入点和切入方式,保证切入过程平稳;避免刀具与非加工面的干涉,保证加工过程安全可靠等。

3. 数值计算

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、精加工运动的轨迹,得到刀位数据——刀位点。对于形状比较简单的零件(如由直线和圆弧组成的零件)的轮廓加工,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。如果数控装置无刀具补偿功能,还要计算刀具中心的运动轨迹坐标值。对于形状比较复杂的零件(如由非圆曲线、曲面组成的零件),需要用直线段或圆弧段逼近,根据加工精度的要求计算出节点坐标值,这种数值计算一般要用计算机来完成。

4. 编写加工程序单

根据加工路线、切削用量、刀具号码、刀具补偿量、机床辅助动作及刀具运动轨迹,按照数