

# 木制品

# 数控铣加工技术

● 张占宽 程 放 编著



MUZHIPIN  
SHUKONGXI  
JIAGONG JISHU

中国林业出版社

842  
223

## 图书在版编目 (CIP) 数据

木制品数控铣加工技术/张占宽, 程放编著. - 北京: 中国林业出版社, 2004.5  
ISBN 7-5038-3817-5

I. 木… II. ①张… ②程… III. 木工机床: 数控机床: 铣床-加工 IV. TS642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 068244 号

出版: 中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话: 66184477

发行: 中国林业出版社

印刷: 北京林业大学印刷厂

版次: 2004 年 5 月第 1 版

印次: 2004 年 5 月第 1 版

开本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 12.5

字数: 320 千字

印数: 1~2000 册

定价: 40.00 元

## 内容简介

本书主要介绍了木材数控加工的特点、木材数控加工铣床的特点、数控加工工艺、木制品数控加工 CAD 与 CAM 技术、数控铣床的使用操作（包括计算机与机床之间的数据传输）以及数控铣床的故障诊断与维修技术。本书可供从事木材数控加工技术的研究人员和工程技术人员参考，也可作为高校相关专业学生的教学参考书。

# 前 言

本书是在国家“十五”攻关子课题“实木部品计算机辅助制造技术”和科技部仪器设备升级改造项目“数控木材加工系统改造升级开发项目”资助下完成的。

当前,我国用于木材加工的数控机床及加工中心已越来越多。以 CNC 系统配置的设备已成为国内外现代机床的主流,代表了现代机床控制技术的发展方向。数控技术的应用是提高劳动生产率的重要手段,是实现生产自动化、柔性化、集成化、网络化的基础。随着 IT 产业和知识经济发展的不断深入,木材加工机械的数控化发展趋势也必将为:①柔性化。为了能迅速响应市场的多样性和频繁变化,要求生产系统具有更高的柔性,生产系统的柔性很大程度上取决于设备本身的柔性;即在一台设备的一次安装中完成被加工工件的车削、铣削、雕刻、钻孔、镗孔、铰孔、锯切、刻槽、封边、砂光等多工序的加工。②智能化。在数控系统中配备编程专家系统、故障诊断系统、参数自动设定和刀具自动管理系统、动态前馈和预测计算功能、自适应模糊控制功能等。③图形化。直接通过图形、图像、动画等可视化技术与虚拟环境技术配合,形象生动地显示 NC 编程设计、参数设定、刀具管理、加工模拟仿真等。④数字化。应用多媒体技术使控制系统具有综合处理声音、文字、图像和视频信息的能力,使之能实现系统实时监控、生产现场设备的故障诊断和生产过程参数监测等。

数控加工技术在木材加工行业的广泛应用已成为必然的发展趋势,它将会大大提高木材加工机械的自动化水平和生产率,通过数控铣床与 CAD/CAM 软件、计算机与机床的通讯软件的配合使用,可非常容易地实现木材制品的辅助设计和辅助制造(CAD/CAM)。本书分六章,第一章主要介绍数控加工机床的组成、工作原理及木材数控加工的特点。第二章主要介绍计算机数控系统。第三章主要介绍数控加工工艺。第四章主要介绍数控加工的手工编程与利用 CAD/CAM 软件自动编程。第五章主要介绍几种数控铣床的操作方法。第六章主要介绍数控铣床数控系统的维修技术。

本书由张占宽和程放编著,其中程放编著了第二章和第一章中的第三节,其余部分由张占宽编著并定稿。

尽管本书编著者从事木材加工机械及其自动化技术研究多年,同时结合国家“十五”攻关子课题“实木部品计算机辅助制造技术”和科技部仪器设备升级改造项目“数控木材加工系统改造升级开发项目”做了大量研究工作。但由于受水平所限,书中难免存在错误或不当之处,殷切希望读者批评指正。

编著者  
2004 年 5 月于北京

# 目 录

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| 第一章 绪 论                       | (1)  |
| 1.1 概 述                       | (1)  |
| 1.1.1 数控与数控机床                 | (1)  |
| 1.1.2 数控机床的工作原理               | (1)  |
| 1.1.3 数控加工的定义与内容              | (2)  |
| 1.1.4 数控加工的特点                 | (2)  |
| 1.2 数控机床的组成及分类                | (3)  |
| 1.2.1 数控机床的组成                 | (3)  |
| 1.2.2 数控机床的分类及应用范围            | (3)  |
| 1.3 数控机床控制系统简介                | (5)  |
| 1.3.1 数控机床控制系统硬件的组成及功能        | (5)  |
| 1.3.2 数控系统软件的基本组成和功能          | (6)  |
| 1.4 木制品数控铣加工技术与普通数控铣加工技术的主要区别 | (6)  |
| 第二章 计算机数控系统 (CNC 系统)          | (7)  |
| 2.1 CNC 系统概述                  | (7)  |
| 2.1.1 CNC 系统的定义与基本结构          | (7)  |
| 2.1.2 CNC 系统的特点及其功能           | (8)  |
| 2.1.3 CNC 系统软件                | (10) |
| 2.1.4 接 口                     | (11) |
| 2.1.5 计算机                     | (12) |
| 2.2 输入数据处理程序                  | (13) |
| 2.2.1 CNC 系统输入数据处理的特点         | (13) |
| 2.2.2 零件程序的输入                 | (13) |
| 2.3 管理程序                      | (16) |
| 2.3.1 前后台型                    | (16) |
| 2.3.2 中断型                     | (20) |
| 2.3.3 顺序控制型                   | (21) |
| 2.4 诊断程序                      | (22) |
| 2.4.1 启动诊断                    | (23) |
| 2.4.2 在线诊断 (运行中的诊断)           | (24) |
| 2.4.3 停机诊断 (离线诊断)             | (25) |
| 2.4.4 通讯诊断                    | (26) |
| 2.5 可编程控制器及数控机床接口             | (27) |
| 2.5.1 RLC 与 PC 的特点            | (27) |

|                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| 2.5.2 数控机床用 PC .....                 | (28)        |
| 2.5.3 数控机床中 PC 的功能 .....             | (30)        |
| 2.5.4 数控机床接口 .....                   | (32)        |
| <b>第三章 数控加工工艺</b> .....              | <b>(36)</b> |
| 3.1 数控加工对象 .....                     | (36)        |
| 3.1.1 数控铣削对象 .....                   | (36)        |
| 3.1.2 加工中心的加工对象 .....                | (36)        |
| 3.2 加工工艺分析 .....                     | (37)        |
| 3.2.1 工艺分析 .....                     | (37)        |
| 3.2.2 工件结构工艺性 .....                  | (38)        |
| 3.2.3 定位和装夹 .....                    | (39)        |
| 3.3 加工工艺路线的确定 .....                  | (40)        |
| 3.3.1 加工方法选择 .....                   | (40)        |
| 3.3.2 加工顺序的安排 .....                  | (41)        |
| 3.3.3 加工路线的确定 .....                  | (42)        |
| 3.4 加工工艺参数 .....                     | (42)        |
| 3.4.1 主轴转速的确定 .....                  | (42)        |
| 3.4.2 进给速度的确定 .....                  | (43)        |
| 3.4.3 背吃刀量确定 .....                   | (43)        |
| <b>第四章 数控编程</b> .....                | <b>(44)</b> |
| 4.1 程序编制的基本概念 .....                  | (44)        |
| 4.1.1 数控编程的方法 .....                  | (44)        |
| 4.1.2 程序代码 .....                     | (44)        |
| 4.1.3 程序结构与格式 .....                  | (45)        |
| 4.2 坐标系与原点 .....                     | (47)        |
| 4.2.1 坐标系 .....                      | (47)        |
| 4.2.2 几种常见的坐标系及其原点 .....             | (48)        |
| 4.2.3 程序原点的设置与偏移 .....               | (50)        |
| 4.3 刀具与补偿 .....                      | (53)        |
| 4.3.1 刀具的选择 .....                    | (53)        |
| 4.3.2 刀具半径补偿 .....                   | (54)        |
| 4.3.3 刀具长度补偿 .....                   | (57)        |
| 4.4 数控加工代码 .....                     | (59)        |
| 4.4.1 准备功能指令 .....                   | (59)        |
| 4.4.2 主轴功能 S、刀具功能 T 及辅助功能 M 代码 ..... | (70)        |
| 4.4.3 子程序的应用及其手工编程 .....             | (71)        |
| 4.4.4 宏程序的应用及其手工编程 .....             | (72)        |
| 4.4.5 镜像、缩放和旋转编程 .....               | (73)        |
| 4.5 手工编程实例 .....                     | (74)        |
| 4.6 CAD/CAM 编程及实例 .....              | (77)        |

|         |                                   |       |
|---------|-----------------------------------|-------|
| 4.6.1   | CAM 软件发展过程 .....                  | (77)  |
| 4.6.2   | CAD/CAM 集成数控编程系统的基本原理 .....       | (77)  |
| 4.6.2.1 | CAD/CAM 系统的组成 .....               | (77)  |
| 4.6.2.2 | CAD/CAM 系统的基本功能要求 .....           | (78)  |
| 4.6.3   | CAD/CAM 集成数控编程系统的应用 .....         | (78)  |
| 4.6.3.1 | 系统的功能与使用方法 .....                  | (78)  |
| 4.6.3.2 | 分析加工零件 .....                      | (79)  |
| 4.6.3.3 | 对待加工零件进行几何造型 .....                | (79)  |
| 4.6.3.4 | 确定工艺步骤并选择合适的刀具 .....              | (79)  |
| 4.6.3.5 | 刀具轨迹的生成及编辑 .....                  | (79)  |
| 4.6.3.6 | 刀具轨迹验证 .....                      | (80)  |
| 4.6.3.7 | 后置处理 .....                        | (80)  |
| 第五章     | 数控机床的加工操作 .....                   | (83)  |
| 5.1     | 机床安全操作规定 .....                    | (83)  |
| 5.1.1   | 数控机床操作安全规定 .....                  | (83)  |
| 5.1.2   | 工件进行加工前的注意事项 .....                | (83)  |
| 5.1.3   | 开机安全规定 .....                      | (83)  |
| 5.1.4   | 关机安全规定 .....                      | (84)  |
| 5.2     | 机床控制系统操作 .....                    | (84)  |
| 5.2.1   | 华中 I 型操作简介 .....                  | (84)  |
| 5.2.2   | FANUCO-M 系统操作简介 .....             | (86)  |
| 5.2.3   | EMCOTRONIC M2 系统操作简介 .....        | (93)  |
| 5.3     | RS232 数控铣接口软件 (FOW WINDOWS) ..... | (106) |
| 5.3.1   | 设 置 .....                         | (106) |
| 5.3.2   | 操 作 .....                         | (106) |
| 第六章     | 数控铣床的维修 .....                     | (110) |
| 6.1     | 数控系统的维修方法和要领 .....                | (110) |
| 6.1.1   | 对维修人员的素质要求 .....                  | (110) |
| 6.1.2   | 必要的维修用器具 .....                    | (111) |
| 6.1.3   | 必要的技术资料和技术准备 .....                | (114) |
| 6.1.4   | 必要的备件 .....                       | (115) |
| 6.1.5   | 常见故障分类 .....                      | (115) |
| 6.1.6   | 故障的常规处理方法 .....                   | (117) |
| 6.2     | 预防性维护方法 .....                     | (119) |
| 6.2.1   | 预防性维护的重要性 .....                   | (119) |
| 6.2.2   | 预防性维护工作的主要内容 .....                | (119) |
| 6.3     | 常用的故障自诊断技术 .....                  | (121) |
| 6.3.1   | 开机自诊断 .....                       | (121) |
| 6.3.2   | 运行自诊断 .....                       | (123) |
| 6.3.3   | 脱机诊断 .....                        | (127) |

---

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 6.4 常用的故障检查方法 .....        | (128) |
| 6.4.1 功能程序测试法 .....        | (128) |
| 6.4.2 参数法 .....            | (129) |
| 6.4.3 交换法 .....            | (129) |
| 6.4.4 备板置换法 .....          | (130) |
| 6.4.5 隔离法 .....            | (131) |
| 6.4.6 直观法 .....            | (133) |
| 6.4.7 升降温法 .....           | (132) |
| 6.4.8 敲击法 .....            | (133) |
| 6.4.9 对比法 .....            | (134) |
| 6.4.10 原理分析法 .....         | (134) |
| 6.5 数控铣床故障诊断实例 .....       | (135) |
| 6.5.1 CNC 系统故障实例与诊断 .....  | (135) |
| 6.5.2 伺服系统故障实例与诊断 .....    | (147) |
| 6.5.3 主轴系统故障实例与诊断 .....    | (161) |
| 6.5.4 工作台系统故障实例与诊断 .....   | (168) |
| 6.5.5 液压、气动系统故障实例与诊断 ..... | (172) |
| 6.5.6 其他类型故障实例与诊断 .....    | (175) |
| 参考文献 .....                 | (189) |

# 第一章 绪 论

## 1.1 概 述

木制品数控加工技术是在金属数控加工技术的基础上,从20世纪70年代开始发展起来的木制品高新加工技术。是木制品加工系统的核心技术之一。木制品数控加工技术是微电子技术、计算机技术、现代控制技术、传感检测技术、信息处理技术、网络通信技术、机械制造技术和木制品加工技术的综合应用。木制品数控铣加工技术是木制品数控加工技术中最重要的技术之一。目前在木材加工业中已得到了广泛应用。

### 1.1.1 数控与数控机床

数控(Numerical Control, 简称 NC)是以数字化信号对机床运动及加工过程进行控制的一种方法。

数字控制机床(Numerical Control Machine Tools)简称数控机床,这是一种将数字计算技术应用于机床的控制技术。它把机械加工过程中的各种控制信息用代码化的数字表示,通过信息载体输入数控装置。经运算处理由数控装置发出各种控制信号,控制机床的动作,按图样要求的形状和尺寸,自动地将零件加工出来。数控机床较好地解决了复杂、精密、小批量、多品种的零件加工问题,是一种柔性的、高效能的自动化机床,代表了现代机床控制技术的发展方向,是一种典型的机电一体化产品。

数控机床是指应用数控技术对加工过程进行控制的机床。

### 1.1.2 数控机床的工作原理

三坐标立式数控铣床如图1.1所示,数控机床加工工件的过程如图1.2所示。

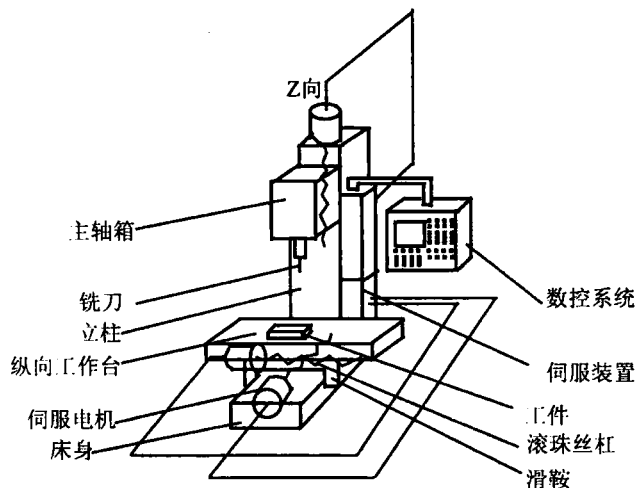


图 1.1 三坐标立式数控铣床示意图

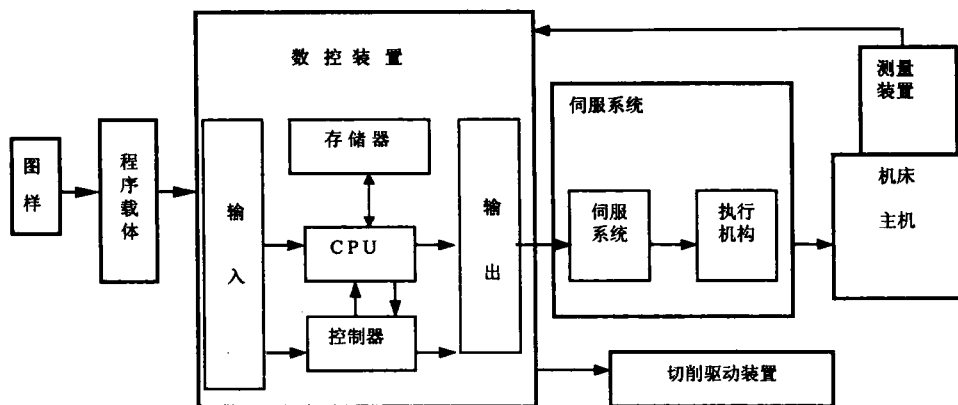


图 1.2 数控机床的加工过程

将加工程序输入到数控系统后，数控系统对数据进行运算和处理，向主轴箱内的驱动电机和控制各进给轴的伺服装置发出指令。伺服装置接受指令后向控制三个方向的进给伺服（步进）电机发出电脉冲信号。主轴驱动电机带动刀具旋转，进给伺服（步进）电机带动滚珠丝杠使机床的工作台或主轴箱沿 X 轴、Y 轴和 Z 轴方向移动，铣刀对工件进行切削。

### 1.1.3 数控加工的定义与内容

所谓数控加工就是用数控机床加工零件的方法。

数控加工是伴随数控机床的产生、发展而逐步完善起来的一种应用技术，它是人们长期从事数控加工实践的经验总结。

在数控机床加工前，先要考虑操作内容和动作，如工步的划分和顺序、走刀路线、位移量和切削参数等等，按规定的代码形式编排程序，再将程序输入到数控机床的数控系统中，使数控机床按所编程序运动，从而自动加工出所要求的零件轮廓。一般来说，数控加工主要包括以下几方面内容：

- (1) 确定零件上需要数控加工的表面；
- (2) 对零件图纸进行数控加工的工艺分析；
- (3) 数控加工的工艺设计；
- (4) 编制加工程序；
- (5) 输入加工程序；
- (6) 对加工程序进行校验和修改；
- (7) 运行加工程序对零件进行加工。

### 1.1.4 数控加工的特点

数控加工与普通机床加工相比具有以下特点：

(1) 加工的零件精度高。数控机床在整体设计中考虑了整机刚度和零件的制造精度，又采用高精度的滚珠丝杠传动副，机床的定位精度和重复定位精度都很高。特别有的数控机床具有加工过程自动监测和误差补偿等功能，因而能可靠地保证加工精度和尺寸的稳定性。

(2) 生产效率高。数控机床在加工中零件的装夹次数少，一次装夹可加工出很多表面，

省去了划线找正和检测等许多中间环节。据统计,普通机床的净切削时间一般占总切削时间的15%~20%,而数控机床可达65%~70%,可实现自动换刀的带刀库数控机床甚至可达75%~80%。加工复杂工件时,效率可提高5~10倍。

(3) 特别适合加工复杂的轮廓表面。如复杂的回转表面和空间曲面。

(4) 有利于实现计算机辅助制造。目前在机械制造业中,CAD/CAM已经被广泛应用,数控机床及其加工技术正是计算机辅助制造系统的基础。

(5) 初始投资大,加工成本高。数控机床的价格一般是普通机床的若干倍,机床备件的价格也高;另外,加工首件需要进行编程、调试程序和试加工,时间较长,因此使零件的加工成本高于普通机床。

## 1.2 数控机床的组成及分类

### 1.2.1 数控机床的组成

数控机床是由控制系统、伺服系统和机床主体三个基本部分组成。

控制系统是数控机床的核心,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。控制系统是一种专用的计算机,它由硬件和软件组成。有些数控机床的控制系统就是将PC机配以控制系统软件而构成的。

伺服系统的主要作用是根据数控系统发出的控制信号驱动执行元件运动。伺服系统由驱动装置和执行元件组成。常用的执行元件有步进电机、直流伺服电机和交流伺服电机三种。机床主体是加工运动的实际部件,包括主运动部件、进给运动部件(如:工作台、刀架)和支撑部件(如:床身、立柱)等,如图1.1所示。有些数控机床还配备了特殊的部件,如刀库、自动换刀装置和托盘自动交换装置等。数控机床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;由于减少了齿轮的使用数量,使传动系统更为简单。

大多数数控机床还具有位置检测装置,用于检测实际的位移量(伺服系统中的位移比较环节对控制位移量与实际位移量进行比较,根据比较的差值,调整控制信号,适时控制机床的运动位置)。

### 1.2.2 数控机床的分类及应用范围

数控机床的分类方法有多种,如从数控机床应用的角度分类,可分为数控车床、数控铣床、加工中心和多轴数控铣床等。

(1) 数控车床。数控车床的机床本体与普通车床在结构布局上相差不大,在普通车床上能够完成的加工内容都可以在数控车床上完成,另外,由于具有数控系统和伺服系统,数控车床还能加工各种回转成形面,如图1.3所示的旋转成形面。

(2) 数控铣床。典型的立式数控铣床如图1.1所示。主轴带动刀具旋转,主轴箱可上下移动,工作台可沿横向和纵向移动。有些铣床其工作台固定,主轴既可以上下移动,又可以沿横向和纵向移动。由于大部分数控铣床具有三个轴及三个轴以上的联动功能,因此,具有空间曲面的零件可以在数控铣床上加工。图1.4列出三种木制品数控铣加工部件。

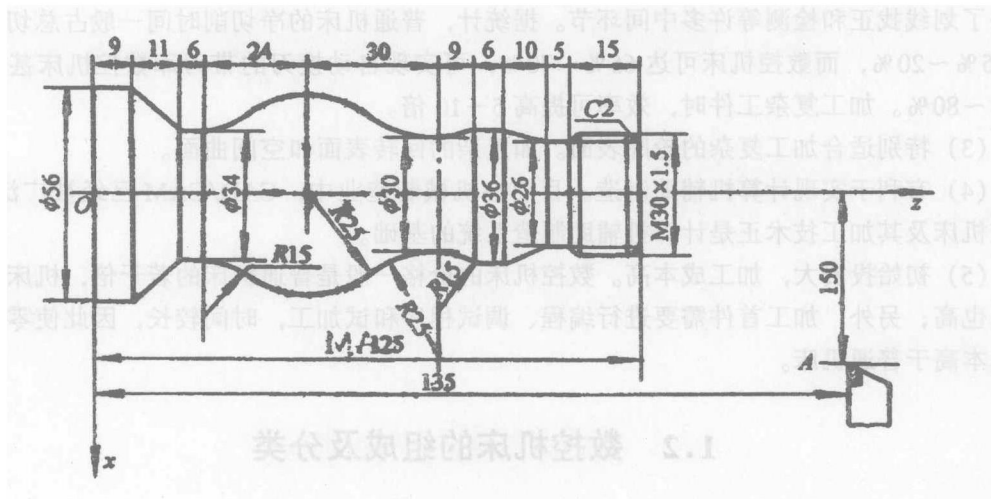
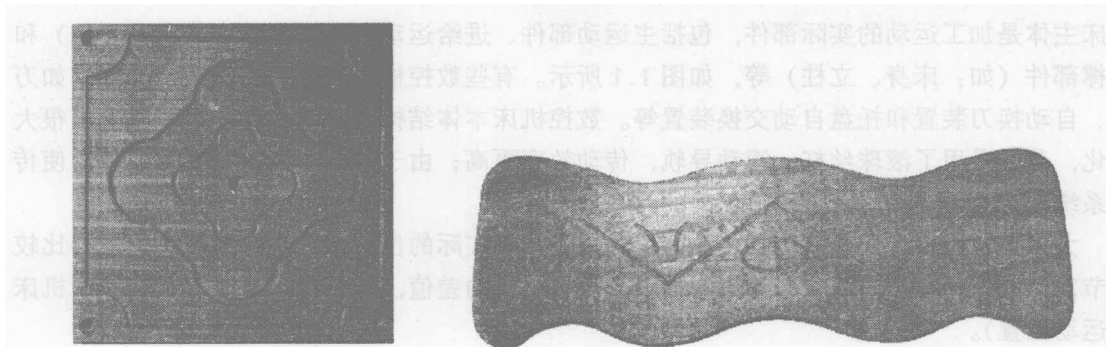


图 1.3 数控车床加工的工件



(a) 木材拉伸试件



(b) 木制品工艺图案

(c) 椅背

图 1.4 数控铣床加工的工件

(3) 多轴数控铣床。如果使数控铣床的工作台和主轴箱实现如图 1.5 所示的 C 向和 B 向的转动进给，就构成了五轴数控铣床。它可以加工更为复杂的空间曲面。

注意：在数控加工中，三轴、五轴的含义与三坐标、五坐标含义相同。

(4) 加工中心。如果给数控铣床配上刀库和自动换刀装置就构成了加工中心。加工中心的刀库可以存放数把刀具，由自动换刀装置进行调用和更换。工件在加工中心上，一次装夹可完成多项加工内容，生产效率比数控铣床大大提高。有的加工中心不仅具有回转刀库，还具有交换托盘，当一个工件正在加工时，可以在交换托盘内装夹下一个工件。当前一个工件加工完毕，下一个将要加工的工件会自动移动到工作台上，从而节约了工件装夹的时间。

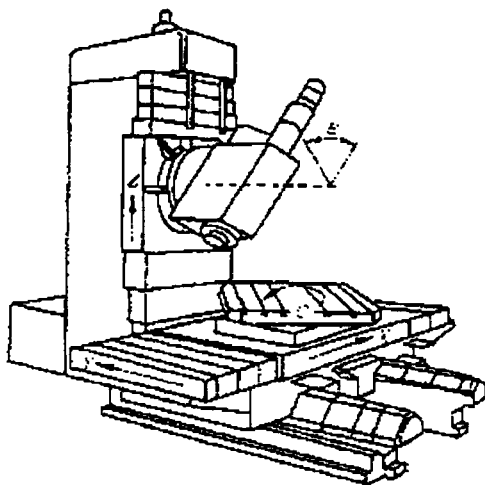


图 1.5 五轴数控铣床

### 1.3 数控机床控制系统简介

目前，数控机床的控制系统基本采用了计算机数控（Computer Numerical Control，简称 CNC）系统，它由硬件和软件两部分组成。

#### 1.3.1 数控机床控制系统硬件的组成及功能

控制系统的硬件主要包括：微机基本系统、人机界面接口、通信接口、进给轴位置控制接口、主轴控制接口以及辅助功能控制接口等部分。

(1) 微机基本系统：与一般计算机结构类似。主要用于将加工程序编译成计算机可识别的信息，然后进行处理和储存。

(2) 人机界面接口：包括键盘、显示器、操作面板和手摇脉冲发生器。①键盘：由数字键、字母键和功能键等组成。用于编制加工程序、修改参数等。②显示器：分为单色显示器和彩色显示器两种。编程时，用于显示程序，加工时则用于显示各坐标轴位置和机床的状态信息。③控制面板：用于手动方式下对机床进行操作以及自动方式下对运动的控制或干预。④手摇脉冲发生器：用于手动控制机床的坐标轴的运动，类似普通机床的手摇手柄。

(3) 通信接口：控制系统一般都具有标准的 R232 串行接口，用于与外部计算机或其他外设进行通信联系。

(4) 进给轴位置控制接口：进给轴位置控制接口主要控制机床在 X、Y、Z 等方向的进给运动，包括速度、位置和插补运算。

(5) 主轴控制接口：主要控制主轴的转速。

(6) 辅助功能控制接口：主要控制主轴的启停和转向，切削液的接通和断开，刀库的启停，刀具更换的夹紧或松开等。

### 1.3.2 数控系统软件的基本组成和功能

控制系统软件由许多功能模块组成。其中加工程序译码、预处理计算、插补运算与位置伺服四个功能模块主要实现位置控制。另外还有一些模块,其功能可从它们的名称反映出来,如加工程序输入与存储模块,S(主轴)、T(刀具)、M(辅助)功能处理与数据输入/输出模块,显示服务模块,加工程序编辑模块,手动自动模块,手动数据输入功能模块,系统监视与故障诊断模块等。

## 1.4 木制品数控铣加工技术与普通数控铣加工技术的主要区别

木材的性质决定了木制品数控铣加工技术与金属数控铣加工技术主要有以下几项区别:

(1) 由于木材各项异性,木制品切削加工时在不同的方向,不仅切削阻力不同,而且切削表面质量也有很大差异。所以在制定木制品加工工艺时,必须要认真考虑这一因素。这也是使用木制品数控加工铣床时非常重要的技术之一。

(2) 由于木材切削阻力小,所以木材的切削速度往往会很高,有时转速高达每分钟数万转,进给速度也相对较高,动力消耗较少,从而其铣头及铣床整体结构比较轻巧。

(3) 木材的一次切削量可以很大,因此,在木材切削机床上多使用成形刀,通过少量切削次数就可加工出形状复杂、光滑且美观的切削表面。

(4) 由于木材容易吸水,且含水率不同时,其切削性能也不同,所以木材在切削时不宜向金属加工那样用冷却液加以冷却,通常是借助吸尘装置进行风冷。

(5) 由于木材切削中的粉尘和切屑重量小,特别是一些细小的粉尘很容易弥漫到空气中,所以宜采用气力吸尘装置及时排除切屑及粉尘。

(6) 由于木材数控机床的转速很高,对机床与刀具的动态性能要求较高。一般来讲,木材数控机床的噪音也比较大。

## 第二章 计算机数控系统（CNC 系统）

### 2.1 CNC 系统概述

#### 2.1.1 CNC 系统的定义与基本结构

计算机数控（CNC）是在传统的硬件数控（NC）的基础上发展起来的。20 世纪 70 年代初 CNC 系统开始采用小型计算机进行控制。但随着电子电路集成度的提高和计算机技术的发展，20 世纪 70 年代中期以后，国际上大都采用成本低、功能强和可靠性高的微型计算机来取代小型计算机进行机床的数字控制，简称 MNC。但人们习惯上仍称它们为 CNC 系统。

CNC 系统是利用存储在计算机内存里的系统程序，对机床实现数字逻辑控制。CNC 系统按美国电子工业协会——EIA 所属的数控标准委员会的定义是：用已存储在计算机读/写存储器内的控制程序去执行数控装置的一部分或全部功能。在计算机之外的惟一装置是接口，这种控制系统称为 CNC 系统。

由上述定义可知，CNC 系统与传统 NC 系统的区别在于：NC 系统是以具体的硬件逻辑电路来实现各种控制功能；而 CNC 系统则是利用相应的系统程序去实现各种控制功能。按上述定义，CNC 系统框图应如图 2.1 所示。

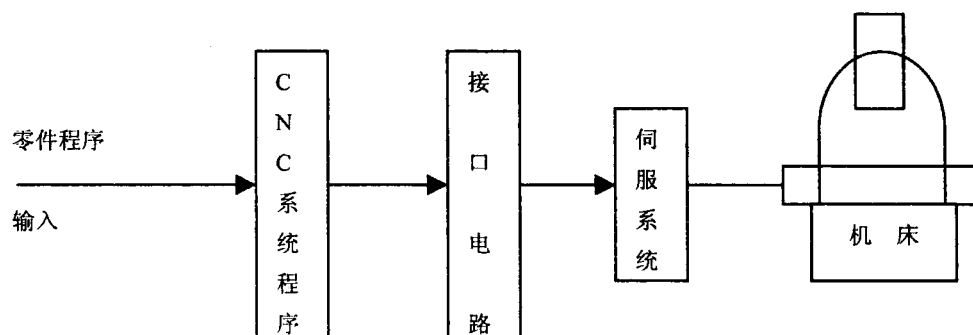


图 2.1 CNC 系统框图

由于计算机代替了传统的 NC 系统，所以输入信息的存储、数据的变换、插补运算以及各种控制功能，都通过计算机软件完成。计算机与机床伺服驱动装置和强电等设备之间的连接采用接口电路。

用计算机控制各种类型的机床或其它控制对象。不管其控制功能有多大的差别，其基本结构都是类似的，如图 2.2 所示：可将它们划分为四个部分，即计算机、存储器、接口电路和外部设备，外部设备是指光电阅读机、打字机、穿孔机、CRT、操作面板、信息反馈电路以及机床控制部分等装置。对于不同的对象，所需要的外部设备是有区别的。

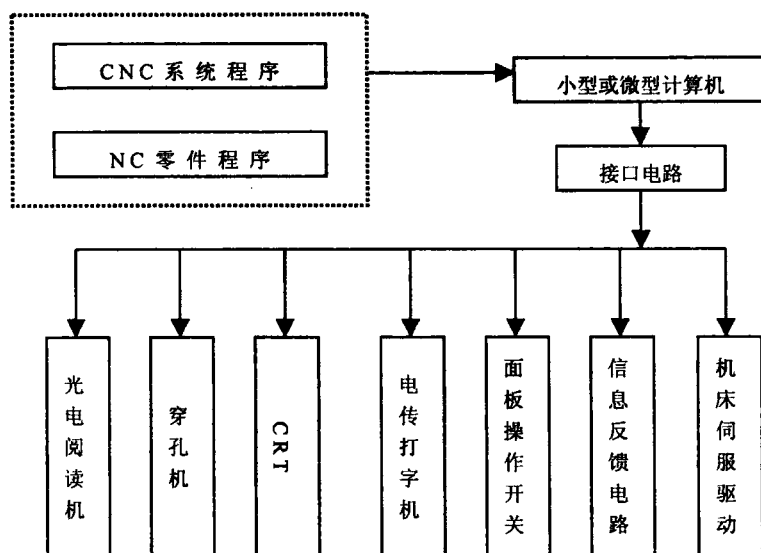


图 2.2 CNC 系统基本结构框图

## 2.1.2 CNC 系统的特点及其功能

### 2.1.2.1 CNC 系统的特点

(1) 灵活性。由于 CNC 系统是通过执行计算机存储器中的系统程序来实现数控机床的逻辑控制，所以对于不同要求的控制，只要改变相应的软件结构就能实现不同的控制功能。在 CNC 系统设计、安装好之后，即使使用一段时间之后，还可以将新的技术通过增加新的系统软件而补充到系统中去，这就延长了系统的使用期限。因此，我们说 CNC 系统具有很大的“柔性”——灵活性，这是 CNC 系统最突出的特点。

(2) 通用性。现代 CNC 系统中，硬件部分采用模块结构，通过软件变化来满足各种机床的不同要求。接口电路的标准化大大地方便了生产厂家和用户。于是，用一种 CNC 系统就能满足大部分数控机床（如车床、铣床、加工中心、钻床等）的要求；在工厂中使用同一类型的控制系统对于培训、使用和维修都十分方便。

(3) 可靠性。CNC 系统的零件程序在加工前一次送入存储器，并经过检查后，加工时方可被调用。这就避免了纸带输入机的故障引起的零件程序的错误。许多功能由软件实现，硬件所需数目就大为减少，整个系统的可靠性大大改善，特别是采用大规模和超大规模集成电路，系统可靠性有了更大的提高。

(4) 数控功能多样化。CNC 系统利用计算机很强的运算能力，可以实现许多复杂的数控功能。如复杂的抛物线插补、螺旋线插补、在线自动编程、加工过程中的图形模拟、加工轨迹的坐标显示、故障诊断、机械手控制以及使数控机床并入计算机网络等。

(5) 使用维修方便。CNC 系统有诊断程序，当数控系统出现故障时，能显示出故障信息，使操作和维修人员能了解故障部位，减少了维修的停机时间。CNC 装置有零件程序编辑功能，程序编制很方便。有的 CNC 装置还有对话编程、蓝图编程，使程序编制简便，不需高水平的专业编程人员。零件程序编好后，可显示程序，甚至通过空运行，将刀具轨迹显示出来，检验程序是否正确。

(6) 易于实现机电一体化。由于 CNC 系统具有很强的通信能力, 便于与 DNC、FMS 和 CIMS 系统进行通讯联络。同时由于大规模集成电路的采用, 使硬件元器件及印刷电路板数都减少, 使数控系统结构非常紧凑, 可与机床结合为一体。

### 2.1.2.2 CNC 系统的功能

CNC 系统采用了微处理器、存储器、接口芯片等, 通过软件实现过去难以实现的许多功能, 因此 CNC 系统的功能要比 NC 系统的功能丰富得多, 更加便于适应数控机床的复杂控制要求, 适应 FMS 和 CIMS 的要求。

CNC 系统的功能通常包括基本功能和选择功能: 基本功能是数控系统必备的功能, 选择功能是供用户根据机床特点和用途进行选择的功能。CNC 系统有如下主要功能:

(1) 控制功能。控制功能是指 CNC 装置能够控制的以及能够同时控制的轴数。控制轴有移动轴和回转轴, 有基本轴和附加轴。一般数控车床只需 2 根同时控制轴, 双刀架时有 4 根控制轴。数控铣床、镗床以及加工中心等需要有 3 根或 3 根以上的控制轴。在加工空间曲面的数控机床上则需要 3 根以上的同时控制轴。控制轴数越多, 特别是同时控制轴数越多, CNC 装置就越复杂, 编制程序也越困难。

(2) 准备功能。准备功能也称 G 功能, 是指定机床动作方式的功能。主要包括基本移动、程序暂停、平面选择、坐标设定、刀具补偿、基准点返回、固定循环、米英制转换等指令。G 代码的使用有一次性 (限于在指令的程序段内有效) 和模态 (指令的 G 代码, 直到出现同一组的其它 G 代码时, 保持有效) 两种。

(3) 插补功能。插补功能指 CNC 系统可以实现的插补加工线型的能力, 如直线插补、圆弧插补和其它二次曲线与多坐标插补能力。

(4) 固定循环加工功能。该功能是指 CNC 系统为常见的加工工艺所编制的, 可以多次循环加工的功能。该固定循环使用前, 要由用户选择合适的切削用量和重复次数等参数, 然后按固定循环约定的功能进行加工。用户若需编制适用于自己的固定循环, 可借助用户宏程序功能。

(5) 进给功能。进给功能用 F 直接指令各轴的进给速度:

① 切削进给速度 (每分钟进给量) 以每分钟进给距离的形式指定刀具切削进给速度, 用 F 字母和它后续的数值指定。ISO 标准中规定 F1~F5 位, 对于直线轴如 F15000 表示每分钟进给速度是 15000mm。对于回转轴如 F12 表示每分钟进给速度为 12°。

② 同步进给速度 (每转进给量) 同步进给速度即为主轴每转进给量规定的进给速度, 如 0.01mm/r。只有主轴上装有位置编码器的机床才能指令同步进给速度。

③ 快速进给速度 CNC 系统规定了快速进给速度, 它通过参数设定, 用 G00 指令快速。还可通过操作面板上的快速倍率开关分档。

④ 进给倍率操作面板上设置了进给倍率开关, 倍率可从 2%~200% 之间变化, 每档间隔 10%。使用倍率开关可不用修改程序中的 F 代码, 就可改变机床的进给速度, 对每分钟进给量和每转进给量都有效。

(6) 主轴功能。主轴功能就是指定主轴转速的功能, 用 S 代码指定, S 的单位是 r/min。主轴的转向要用 M03 (正向) M04 (反转) 指定。机床操作面板设有主轴倍率开关, 用它可以不修改程序而改变主轴转速。

(7) 辅助功能。辅助功能用来规定主轴的起、停、转向, 冷却泵的接通和断开, 刀库的起、停等。用 M 代码指定。ISO 标准中辅助功能有 100 种。