



职业教育示范专业规划教材

数控铣床加工工艺 与编程操作

周麟彦 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

职业教育示范专业规划教材

数控铣床加工工艺与编程操作

主 编 周麟彦

副主编 李菊燕

参 编 王元凯 穆宝章 周淑芳

主 审 李传军



机械工业出版社

本书参照相关的国家职业标准和行业的职业技能鉴定规范及中、高级技术工人等级考核标准,结合作者多年从事数控实训教学的实践经验而编写的。

本书共分6章,根据数控最新的发展技术及编程方法内容,系统介绍了数控铣床的基本概念、发展趋势,数控铣床编程的数学处理及数控铣床加工工艺设计、编程操作等内容,还包括15个相当于中、高级数控铣工国家职业标准的实训项目。特别是对数控铣床编程和实训项目作了详细介绍,书中穿插了一些“学习技巧”、“实际应用说明”和数控系统的对比内容,同时编写了大量的编程实例,并配以大量的图片,形象直观,通俗易懂,而且书中编写的程序实例均由学生上机加工操作验证。

本书可作为高职高专中等职业学校数控及相关专业的教学用书,也可作为相关技术岗位培训、自学教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣床加工工艺与编程操作/周麟彦主编. —北京:机械工业出版社, 2009.7

职业教育示范专业规划教材

ISBN 978-7-111-27074-4

I. 数… II. 周… III. ①数控机床:铣床-加工工艺-职业教育-教材
②数控机床:铣床-程序设计-职业教育-教材 IV. TG547

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第071683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:崔占军 责任编辑:刘远星 版式设计:霍永明

责任校对:李婷 封面设计:鞠杨 责任印制:洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2009年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·24.5印张·619千字

0001-3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-27074-4

定价:39.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379201

封面无防伪标均为盗版

前言

数控机床在机械加工等行业得到了普及性的发展,特别是近几年已逐渐取代传统的制造工艺技术,相应的数控编程与操作的专业人员十分紧缺,因此目前急需培养一大批熟练掌握数控机床编程、加工工艺与操作的应用型高级技术人才。

我们总结学生在实训中出现的问题并结合作者多年的实训教学指导工作经验编写本书,并经过试用得到良好的反应。本书的特点是:

第一,重点讲解 SIEMENS 系统,同时辅以 FANUC 系统的对比介绍,让读者在学习中对当今使用范围最广的两大数控系统有个对比学习,避免介绍多种数控系统而出现泛而不精的现象。

第二,本书的最大新点是书中穿插的学习技巧、实际应用说明和数控系统的对比内容,供选学。

第三,经过长期的教学探索,我们精选出 15 个训练项目,由易到难循序渐进培养学生实际加工操作能力,而且每个项目都结合前面的编程内容和加工技术的知识点,从而力求学生在经过训练后达到高级工水平。

第四,本书中编写的程序实例均由学生上机加工操作过,并附有常见错误的说明,避免仅凭理论编写程序而脱离实际。

第五,本书编写了大量的编程实例,并配以大量的图片,让读者有更加深刻的了解。就数控铣床的教学与培训而言,本书具有典型的意义,它结合数控铣床的理论与实践教学的需求,图文并茂,通俗易懂,并借鉴了国内外的先进资料与经验,注重实践教学环节与理论教学环节相结合,旨在培养既能编制程序又能操作数控机床,同时又掌握理论知识的实用型人才。

本书的编写人员有:周麟彦、李菊燕、王元凯、穆宝章、周淑芳,其中第一、三、四、五、六章由周麟彦编写,第二章由李菊燕、周淑芳联合编写,第四章第三节由王元凯、周淑芳联合编写,第五章第三、四节由李菊燕、王元凯、穆宝章联合编写。全书由周麟彦统稿,由李传军主审。

本书在编写过程中得到了 SIEMENS(南京)分公司、台湾友嘉精密机械公司、东南大学国家数控培训中心等有关同志的帮助,在此对有关人员表示衷心的感谢。在编写过程中,由于编者水平学识和经验有限,加之时间仓促,而且数控技术在不断变化发展,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者提出批评和改进意见,以便修订。

本书配有数控职业技能鉴定试题及答案。有需要的教师可在网上(www.cmpedu.com)实名注册,免费下载。

编者

目 录

前言	说明	226
第一章 数控铣床概述	第二节 SIEMENS 802D 数控系统操作	
第一节 数控机床的概述	说明	243
第二节 数控铣床的基本概念	第三节 FANUC 0i-MC 数控系统操作	
第三节 数控机床及数控制造技术的发展	说明	268
第四节 西门子数控系统 SINUMERIK 的概述	第四节 数控铣床的日常维护与常规操作	283
复习思考题	第五节 数控铣床对刀操作	297
第二章 手工编程中的数学处理	复习思考题	310
第一节 数学处理的内容	第六章 数控铣床考级项目练习	311
第二节 基点的计算	项目一 铣八角凸台模板	311
第三节 非圆曲线数学处理的基本过程	项目二 铣六角形板	320
复习思考题	项目三 铣型腔槽板	326
第三章 数控加工工艺分析与设计	项目四 铣 Y 形槽底板	334
第一节 数控加工工艺文件	项目五 铣矩形槽板	339
第二节 加工路线的制订	项目六 铣腰形槽底板	346
第三节 数控加工工艺设计过程	项目七 铣五角形凸台	353
第四节 数控铣削刀具	项目八 铣键槽端盖底板	359
第五节 立铣刀常见使用问题解析	项目九 铣泵体端盖底板	365
复习思考题	项目十 铣月牙圆盘	373
第四章 数控铣床编程	项目十一 铣猪模型	381
第一节 数控铣床编程基础	项目十二 铣缸盖	382
第二节 SIEMENS 数控系统编程	项目十三 铣发动机连杆	383
第三节 FANUC 数控系统编程	项目十四 铣鼠标电极	383
复习思考题	项目十五 铣椭圆旋钮型腔模	384
第五章 数控铣床操作	参考文献	385
第一节 SIEMENS 802C 数控系统操作		

第一章 数控铣床概述

第一节 数控机床的概述

一、数控机床

数字控制 (Numerical Control, 简称 NC) 技术是近代发展起来的一种用数字化信息进行控制的自动控制技术, 在机床领域具体指的是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。定义中的“机床”不仅指金属切削机床, 还包括其他各类机床, 如线切割机床、三坐标测量机等。

数控系统 (NC System) 是指采用数字控制技术的控制系统。这种控制系统, 能自动阅读输入载体上预先给定的数字值和指令, 并将其译码、处理, 从而自动地控制机床进给运动进行零件加工。装备了数控系统的机床称为数控机床。

数控机床 (NC Machine Tools) 又称 CNC 机床, 是以数字化的信息实现机床控制的机电一体化产品。它能利用数字化信息 (指令、代码) 对机床的进给运动和加工过程进行控制, 即把刀具和工件之间的相对位置、机床电动机的起动和停止、主轴变速、刀具的选择、工件夹紧松开、冷却电动机的开关等各种操作和顺序动作等信息用代码化的数字信息送入数控装置, 经过译码、运算, 发出各种指令控制机床伺服系统或其他执行元件, 使机床自动加工出所需要的工件。

与通用机床和专用机床相比, 数控机床具有以下主要特点:

- 1) 加工精度高, 质量稳定。现在一般的数控机床都能达到 0.001mm 的精度。
- 2) 能完成普通机床难以完成或根本不能加工的复杂零件的加工。
- 3) 生产效率高。数控机床的主轴转速、进给速度和快速定位速度高, 通过合理选择切削参数, 可充分发挥刀具的切削性能, 减少切削时间, 不仅加工过程稳定, 而且能保证加工效果的高精度。而且不需要在加工过程中进行测量检查, 就能连续完成整个过程的加工, 减少了辅助动作时间和停机时间。
- 4) 柔性高, 通用性强。
- 5) 有利于制造技术向综合自动化方向发展。数控机床是机械加工自动化的基本设备之一, 当今以数控机床为基础建立起来的 FMC、FMS、CIMS 等综合自动化系统使机械制造的集成化、自动化和智能化得以逐步实现。
- 6) 功能丰富。CNC 系统不仅能控制机床的运动, 而且还对机床进行全面监控、自诊断报警、通信管理等。
- 7) 减轻工人劳动强度, 改善劳动条件, 实现一人多机操作。
- 8) 不足: 初期投资大, 维修维护难度大, 同时对操作人员的技术水平要求较高。

二、数控机床的组成

数控机床的基本组成一般包括输入/输出装置、数控 CNC 装置、可编程序控制器 (PLC)、伺服系统、驱动装置 (执行机构)、电气控制装置、辅助控制装置、测量装置 (反

馈系统) 及机床本体等, 其组成及工作原理如图 1-1 所示。

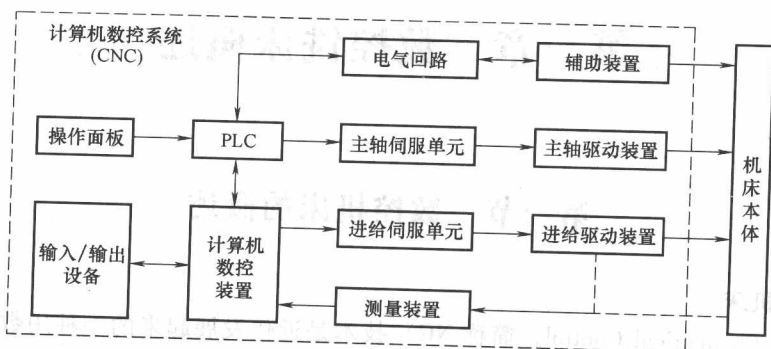


图 1-1 数控机床的组成及工作原理

(一) 输入/输出装置

输入/输出装置是外部设备与 CNC 系统进行交互识别、交流的装置。交互的信息通常是指零件的加工程序, 即将编制好的零件加工程序通过输入设备输入 CNC 系统, 或将调试好了的零件加工程序通过输出设备存储在相应的控制介质上, 如磁盘等。

(二) 数控 CNC 装置

CNC 装置 (CNC 单元) 是数控机床的核心部件, 这种 CNC 装置一般使用单个或多个微处理器, 以程序化的软件形式实现数控功能, 因此又称为软件数控 (Software NC)。主要组成部分包括计算机系统、通信接口板、PLC 接口板、位置控制板、特殊功能模块以及相应的控制软件等。在工作的过程中 CNC 装置会根据输入的零件加工程序进行相应的处理 (如机床输入/输出处理、运动轨迹处理、辅助功能处理等), 然后输出控制命令到相应的执行部件 (PLC、伺服单元和驱动装置等)。

(三) 可编程序控制器

可编程序控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 是一种专为在工业环境下应用而设计的、以微处理器为基础的通用型自动控制装置, 可分外装型 (独立型) 和内装型 (集成型) 两种。其主要功能是用于控制机床顺序动作, 完成与逻辑运算有关的开关量 I/O 控制。

(四) 伺服系统

伺服系统是由伺服电动机、驱动控制系统及位置检测反馈装置等组成的数控系统和机床本体的联系环节。它把来自 CNC 装置传递的指令信号与位置检测反馈信号进行比较后转化为位移指令, 再经驱动控制系统功率放大后驱动电动机工作, 从而通过机械传动装置拖动工作台或刀架运动。

(五) 驱动装置

驱动装置的作用是把经放大的指令信号转化为机械运动, 通过机床的机械连接部件驱动机床进给运动, 使工作台精确定位或按规定的轨迹作严格的相对运动, 最后加工出图样所要求的零件。和伺服单元相对应, 驱动装置有步进电动机、直流伺服电动机、交流伺服电动机等。

(六) 电气控制装置

电气控制装置又称伺服驱动系统, 它是机床工作的动力装置, CNC 装置的指令要靠伺

伺服驱动系统付诸实施。从某种意义上说,数控机床功能的强弱主要取决于 CNC 装置,而数控机床性能的好坏则主要取决于伺服驱动系统。它是用来安装机床强电控制的各种电气元器件,除了提供数控、伺服等一类弱电控制系统的输入电源,以及各种短路、过载、欠电压等电气保护外,主要在可编程序控制器 PLC 的输出接口与机床各类辅助装置的电气执行元器件之间起桥梁连接作用,即控制机床辅助装置的各种交流电动机、液压系统电磁阀或电磁离合器等,主要起到扩展节点数和扩大触点容量等作用。

(七) 辅助控制装置

它主要包括 APC (工件夹紧放松机构)、回转工作台、ATC (刀具自动交换机构)、切削液装置、液压控制系统、排屑装置、润滑系统、过载与限位保护装置等部分。机床加工功能与类型不同,所包含的辅助控制装置部分也不同。如图 1-2 所示为主轴冷却系统。

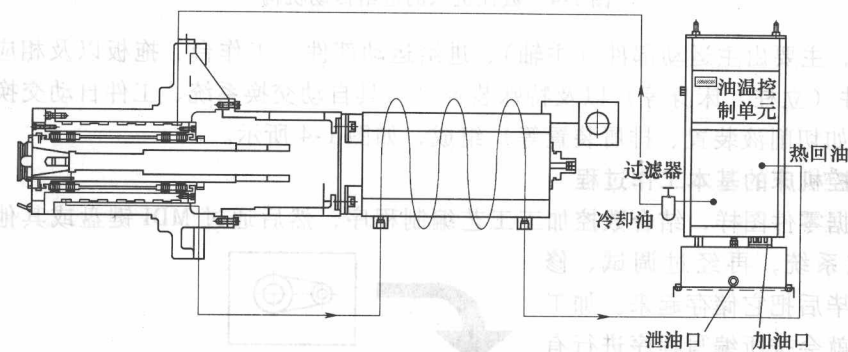


图 1-2 主轴冷却系统

(八) 测量装置

测量装置又称反馈元件,一般被安装在数控机床的工作台或丝杠上,相当于普通机床的刻度盘。它主要用于把机床工作台的实际位移转变成电信号反馈给 CNC 装置,供 CNC 装置与指令值比较产生误差信号,以控制机床向消除该误差的方向移动来实现进给伺服系统的闭环控制。它是高性能数控机床的重要组成部分,由测量装置和显示环节构成的数显装置组成,可以在线显示机床移动部件的坐标值,大大提高了工作效率和工件的加工精度。它一般包括位置和速度测量装置两种,它的作用是保证灵敏、准确地跟踪 CNC 装置指令(图 1-3)。

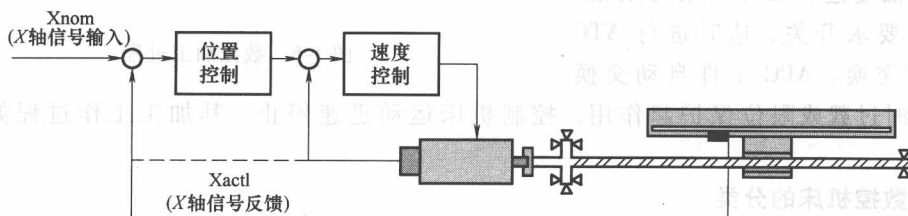


图 1-3 典型带直线光栅尺及伺服编码器的数控机床进给反馈系统

如图 1-3 所示是典型的带直线光栅尺及伺服编码器的数控机床进给反馈系统。与丝杠/编码器定位系统所不同的是,通过使用直线光栅尺,可使位置控制环包括整个进给传动机构,机床的进给机构如图 1-4 所示。

(九) 机床本体

数控铣床又称数控床身铣床,机床本体主要是指机械床身这一部分。它是实现制造加工

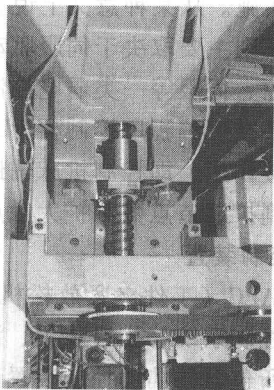
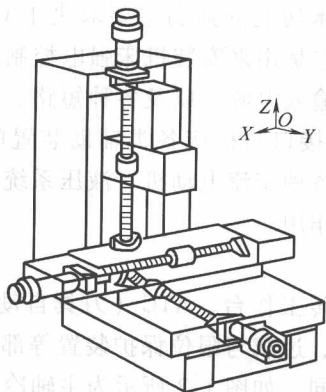


图 1-4 数控机床的进给传动机构

的执行部件，主要由主运动部件（主轴）、进给运动部件（工作台、拖板以及相应的传动机构）、支承件（立柱、床身等）以及特殊装置（刀具自动交换系统、工件自动交换系统）和辅助装置（如切削液装置、排屑装置等）组成，如图 1-4 所示。

三、数控机床的基本工作过程

首先根据零件图样，结合数控加工工艺编制程序，然后通过 MDI 键盘或其他输入设备输入到数控系统，再经过调试、修改，校验完毕后把它储存起来。加工时数控系统就会按所编写程序进行有关数据信息处理，一方面通过插补运算器进行加工轨迹运算处理，从而控制伺服系统驱动机床各坐标轴，使工件与刀具的相对位置按照被加工零件的形状轨迹进行运动，并通过位置检测反馈装置以确保其位移精度；另一方面则按照加工辅助要求等，通过 PLC 控制主轴及其他辅助装置协调工作，如主轴变速、工件夹紧与放松、切削液按要求开关、适时进行 ATC 刀具自动交换、APC 工件自动交换等，必要时过载或限位保护起作用，控制机床运动迅速停止。其加工工作过程如图 1-5 所示。

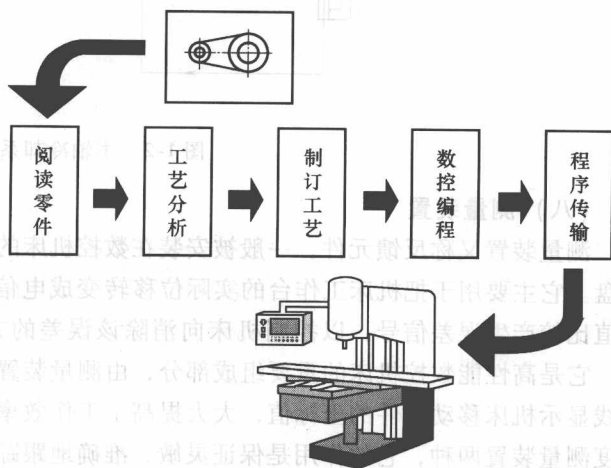


图 1-5 数控加工过程

四、数控机床的分类

（一）按用途分类

1. 金属切削类数控机床

金属切削类数控机床主要是指数控铣床、数控车床、数控加工中心、数控钻床、数控镗床、数控磨床、数控冲床等。加工中心（MC）是在数控铣床的基础上发展起来的带有刀库和自动换刀装置的数控机床。

2. 金属成形类数控机床

金属成形类数控机床主要是指数控折弯机、数控弯管机和数控压力机等。

3. 数控特种加工机床

数控特种加工机床主要是指数控电火花加工机床、数控电火花线切割机床、数控激光加工机床等。

(二) 按运动方式分类

1. 点位控制系统

点位控制 (Positioning Control) 又称为点到点控制 (Point to Point Control), 指的是刀具从某一位置向另一位置移动过程中不管中间的移动轨迹如何, 重要的是刀具最后能正确到达目标位置的控制方式。通常采用这一类系统的设备有数控钻床、数控镗床、数控冲床等, 如图 1-6a 所示。

2. 直线控制系统

直线切削控制 (Straight Cut Control) 又称为平行切削控制 (Parallel Cut Control)。这类系统不仅要控制点与点的精确位置, 还要控制两点之间的移动轨迹是一条直线, 且在移动中能以给定的进给速度进行加工, 采用此类控制方式的设备有数控车床、数控铣床等, 如图 1-6b 所示。

3. 连续控制系统

连续控制系统又称为轨迹控制系统或轮廓控制系统。这类系统能够对两个或两个以上的坐标方向进行严格控制, 即不仅控制每个坐标的行程位置, 同时还控制每个坐标的运动速度, 各坐标的运动按规定的比例关系相互配合, 精确地协调起来连续进行加工, 以形成所需要的直线、斜线或曲线、曲面。采用此类控制方式的设备有数控车床、数控铣床、数控加工中心、数控特种加工机床等, 如图 1-6c 所示。

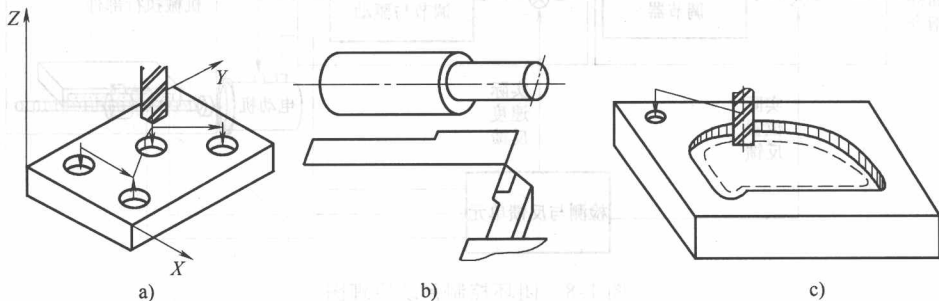


图 1-6 按运动方式分类

a) 点位控制系统 b) 直线控制系统 c) 连续控制系统

(三) 按控制原理分类

1. 开环控制系统

开环控制系统由步进电动机驱动线路和步进电动机组成。每一脉冲信号将使步进电动机转动一定的角度, 通过滚珠丝杠带动工作台移动一定的距离。这类系统不装备位置检测反馈装置, 即不对位移的实际反馈值与指令值进行比较修正, 因而控制信号的流程是单向的, 其控制精度取决于步进电动机和丝杠的精度。开环控制系统的特点是原理比较简单, 工作稳定, 易掌握使用, 加工精度不高, 而且进给速度的提高受到限制, 其原理如图 1-7 所示。

2. 闭环控制系统

这种系统是指带有位置检测装置, 同时将位移的实际值反馈回来与加工指令值进行比

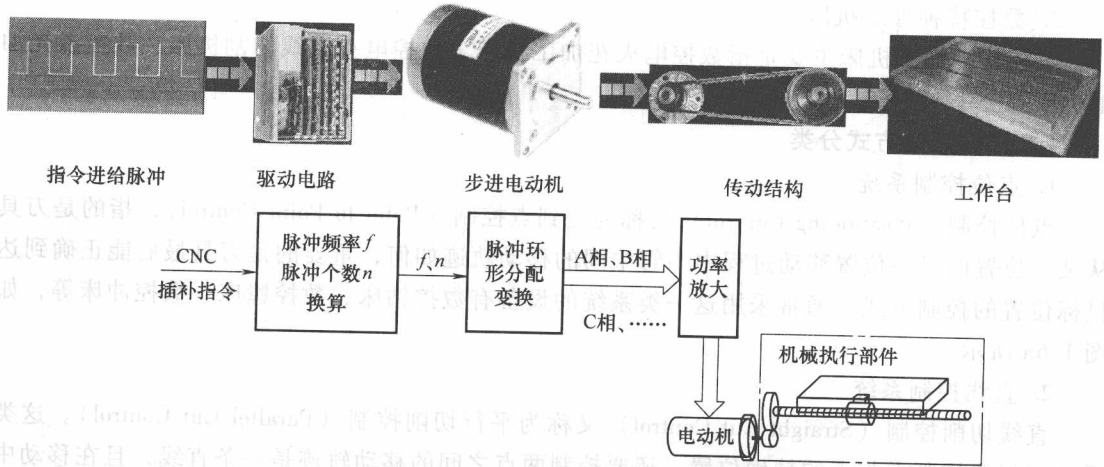


图 1-7 开环控制系统原理图

较，然后用比较后的差值去控制丝杠等传动机构，直至差值消除时才停止修正动作的系统。全闭环数控系统的位置采样点如图 1-8 的虚线所示，直接对运动部件的实际位置进行检测。从理论上讲，闭环系统的运动精度主要取决于检测装置的检测精度，与传动链的误差无关，因此其控制精度高。虽然闭环控制数控机床的定位精度高，但调试和维修都较困难，系统复杂，成本高。

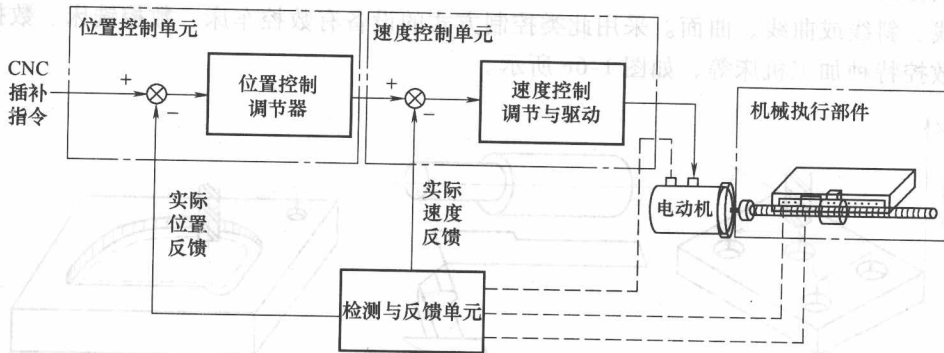


图 1-8 闭环控制系统原理图

3. 半闭环控制系统

这种系统是闭环系统的一种派生。它与闭环系统的不同之处仅在于将检测元件装在传动链的旋转部位，它所检测得到的不是工作台的实际位移量，而是与位移量有关的旋转轴的转角量。因此，其精度比闭环系统稍差，但这种系统结构简单，便于调整，检测元件价格也较低，因而是广泛使用的一种数控系统。半闭环数控系统的位置采样点如图 1-9 所示，是从驱动装置（常用伺服电动机）或丝杠引出，采样旋转角度进行检测，而不是直接检测运动部件的实际位置。半闭环控制数控系统的调试比较方便，并且具有很好的稳定性。目前大多机床将角度检测装置和伺服电动机设计成一体，这样，使结构更加紧凑。

（四）按数控系统类型分类

1. 经济型数控系统（简易数控系统）

经济型的数控机床可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

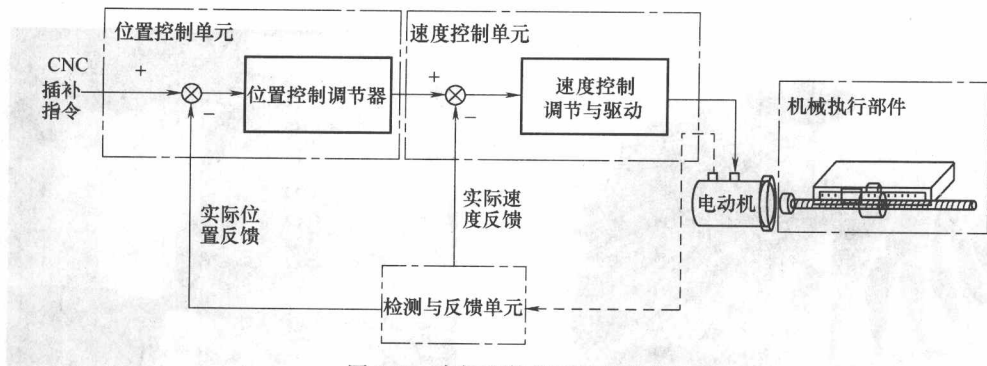


图 1-9 半闭环控制系统原理图

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。

2. 普及型数控系统（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，采用的微机系统多为 16 位或 32 位微处理器，且具有 RS-232C 通信接口，机床的进给多用交流或直流伺服驱动，此类型系统一般都能实现 4 轴或 4 轴以下联动控制。

3. 高档数控系统

采用的微机系统为 32 位以上微处理器系统，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，具有三维动画图形显示功能。

4. 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。

第二节 数控铣床的基本概念

数控铣床是一种用途十分广泛、加工功能很强的数控机床，在数控加工中占据了重要的地位。立式数控铣床适于加工箱体、箱盖、平面凸轮、样板、形状复杂的平面或立体零件，以及模具的内、外型腔等；卧式数控铣床和卧式加工中心适于加工复杂的箱体类零件、泵体、阀体、壳体等；多坐标联动的数控铣床还可以用于加工各种复杂的曲线、曲面、叶轮、模具等，如图 1-10 所示。

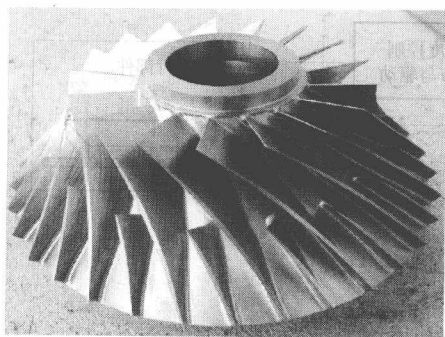
一、数控铣床的分类

（一）立式数控铣床

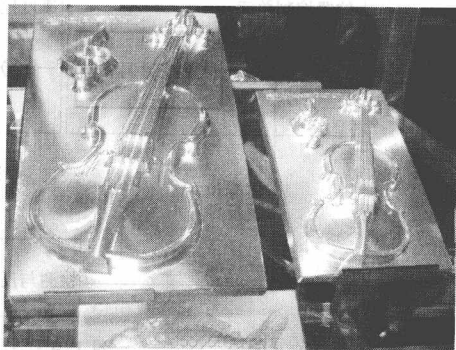
主轴轴线垂直于水平面，是数控铣床中常见的一种布局形式，如图 1-11a 所示。

（二）卧式数控铣床

卧式数控铣床主轴轴线平行于水平面，主要用来加工箱体类零件。为了扩大功能和加工范围，通常采用增加数控转盘来实现 4 轴或 5 轴加工。这样，工件在一次加工中可以通过转盘改变工位，进行多方位加工，如图 1-11b 所示。

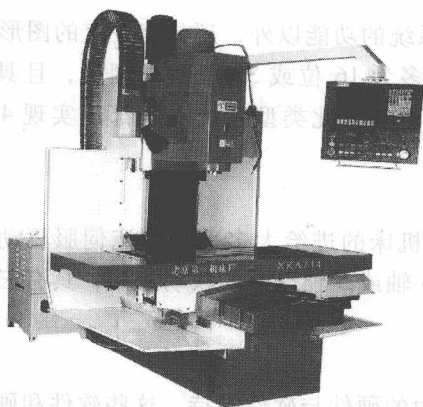


a)

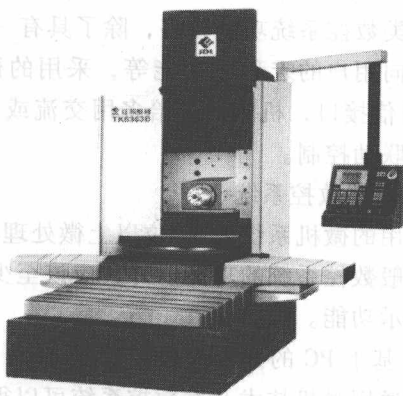


b)

图 1-10 数控铣床加工零件展示



a)



b)

图 1-11 数控铣床分类

a) 立式数控铣床 b) 卧式数控铣床

(三) 立卧两用式数控铣床

立卧两用式数控铣床主轴轴线方向可以变换,使一台铣床同时具备立式数控铣床和卧式数控铣床的功能。这类铣床适应性更强,适用范围广,生产成本低,所以实际使用数量逐渐增多,如图 1-12 所示。

立卧两用式数控铣床靠自动方式更换主轴方向,有些采用主轴头可以任意方向转换的万能数控主轴头,使其可以加工出与水平面成不同角度的工件表面。还可以在这类铣床的工作台上增设数控转盘,以实现零件的“五面加工”,如图 1-13 所示。与之相对应的还有 5 轴联动数控加工中心,如图 1-14 所示。

二、数控铣床的结构

图 1-15 是典型的 XKA714 型数控铣床的结构图,床身固定在底座上,用于安装与支承机床各部件。数控系统面板上有 LED 显示器、机床操作按钮和各种开关及指示灯,内装有机床数控系统。 X 、 Y 、 Z 方向工作台和溜板通过 X 、 Y 、 Z 轴进给伺服电动机驱动完成 X 、 Y 、 Z 坐标进给。电气柜中装有机床电气部分的接触器、继电器等。行程限位开关可控制各轴行程硬限位,切削液系统用于提供切削液等。

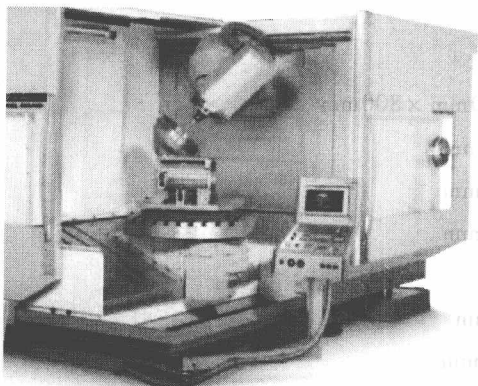


图 1-12 立卧两用式数控铣床图

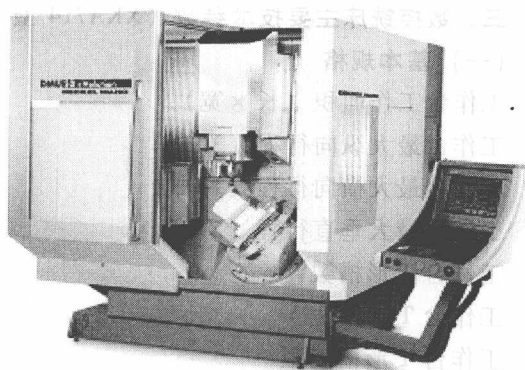


图 1-13 5 轴联动数控铣床

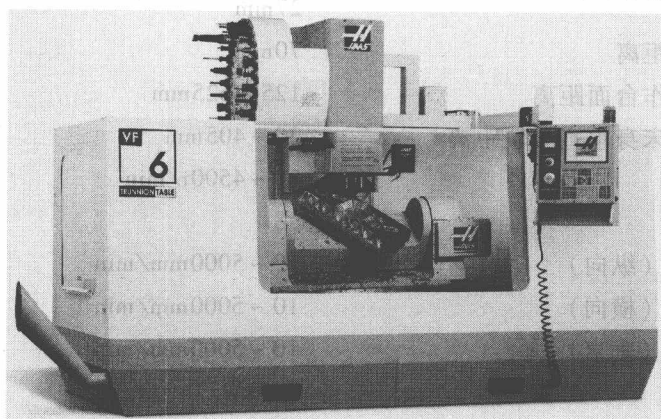


图 1-14 5 轴联动数控加工中心

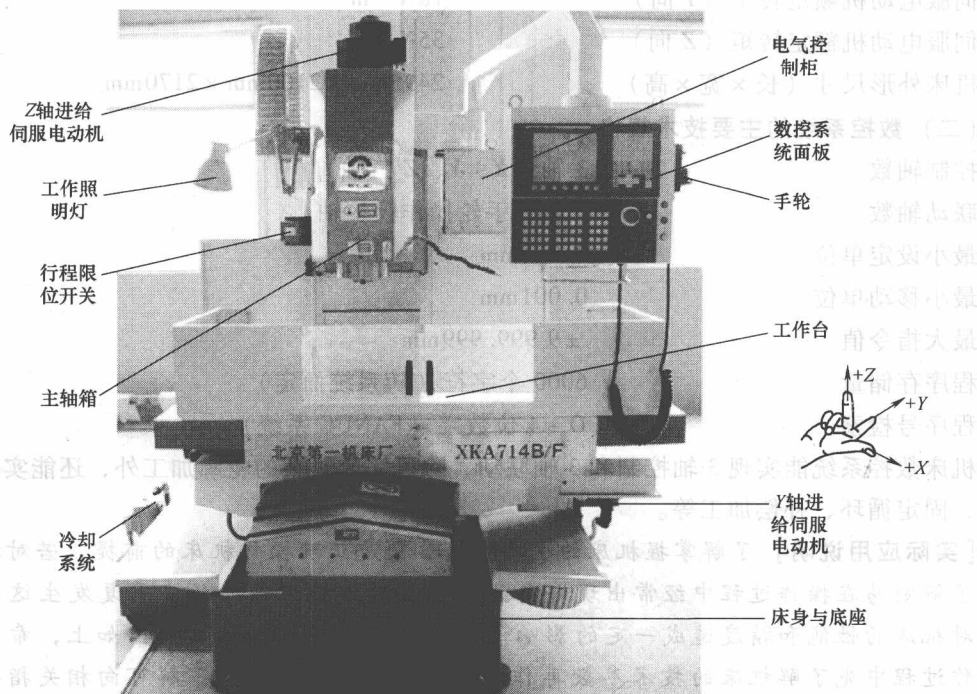


图 1-15 数控铣床的结构图

三、数控铣床主要技术参数 (XKA714 型)

(一) 基本规格

工作台工作面积 (长 × 宽)	1400mm × 800mm
工作台最大纵向行程 (X 轴)	800mm
工作台最大横向行程 (Y 轴)	600mm
工作台最大垂直行程 (Z 轴)	500mm
工作台 T 形槽数	3
工作台 T 形槽宽	18mm
工作台 T 形槽间距	125mm
主轴孔锥度	ISO No. 40
主轴孔直径	27mm
主轴套筒移动距离	70mm
主轴端面到工作台面距离	125 ~ 625mm
工作台侧面至床身垂直导轨距离	30 ~ 405mm
主轴转速范围	30 ~ 4500r/min
主轴转速级数	18
工作台进给量 (纵向)	10 ~ 5000mm/min
工作台进给量 (横向)	10 ~ 5000mm/min
工作台进给量 (垂直)	10 ~ 5000mm/min
主电动机功率	7.5kW
伺服电动机额定转矩 (X 向)	18N · m
伺服电动机额定转矩 (Y 向)	18N · m
伺服电动机额定转矩 (Z 向)	35N · m
机床外形尺寸 (长 × 宽 × 高)	2495mm × 2100mm × 2170mm

(二) 数控系统的主要技术规格

控制轴数	3 轴 (X、Y、Z 三轴)
联动轴数	3 轴, 手轮操作仅一轴
最小设定单位	0.001mm
最小移动单位	0.001mm
最大指令值	±9 999.999mm
程序存储量	6000 个字符 (随系统而定)
程序号检索	0 + 4 位数字 (FANUC 系统)

机床数控系统能实现 3 轴控制和 3 轴联动, 除可完成复杂的轮廓加工外, 还能实现镜像加工、固定循环、补偿加工等。

[实际应用说明] 了解掌握机床的主要技术参数是正确操作机床的前提, 若对机床参数不了解则易在操作过程中经常出现超行程报警、对刀撞刀等事故, 重复发生这些事故必将对机床的性能和精度造成一定的影响。为此将本机床技术参数列出如上, 希望大家在操作过程中先了解机床的技术参数再作加工等机床操作, 如不了解可向相关指导老师提问。

第三节 数控机床及数控制造技术的发展

数控技术的应用不但给传统制造业带来了革命性的变化,使制造业成为工业化的象征,而且随着数控技术的不断发展和应用领域的扩大,它对关系到国计民生的一些重要行业(IT、汽车、医疗、国防等)的发展起着越来越重要的作用。目前世界上数控技术的发展主要是向精密化、柔性化、网络化、虚拟化、智能化、清洁化、集成化的方向进行的,其发展趋势及当今研究热点主要有以下几个方向:

一、高速、高精加工技术

在加工精度方面,近10年来,普通级数控机床的加工精度已由 $10\mu\text{m}$ 提高到 $5\mu\text{m}$,精密级加工中心则从 $3\sim 5\mu\text{m}$,提高到 $1\sim 1.5\mu\text{m}$,并且超精密加工精度已开始进入纳米级($0.01\mu\text{m}$)。

二、5轴联动加工和复合加工机床快速发展

采用5轴联动机床对三维曲面零件进行加工,不仅表面粗糙度值小,而且效率也大幅度提高。一般认为,一台5轴联动机床的效率可以等于两台3轴联动机床,特别是使用立方氮化硼等超硬材料铣刀进行高速铣削淬硬钢零件时,5轴联动加工可比3轴联动加工发挥更高的效益。

电主轴的出现,使得实现5轴联动加工的复合主轴头结构大为简化,其制造难度和成本大幅度降低,数控系统的价格差距缩小,因此促进了复合主轴头类型5轴联动机床和复合加工机床(含5面加工机床)的发展。

在CIMT2007展会上,德国DMG公司展出的DMU eVo linear系列加工中心,可在一次装夹下进行5面加工和5轴联动加工,可由CNC系统控制或由CAD/CAM直接或间接控制,如图1-16所示。

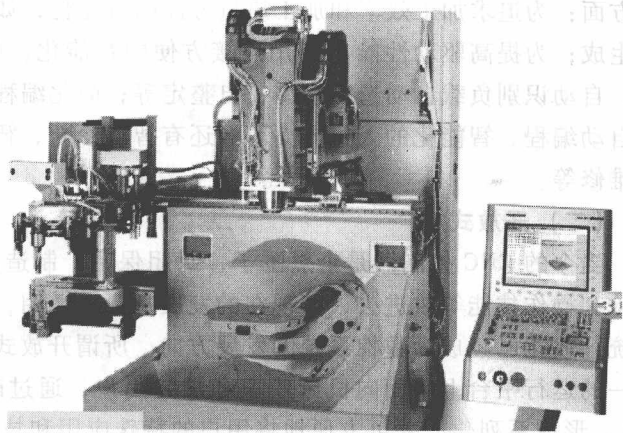


图 1-16 德国 DMG 公司 DMU eVo linear 系列 5 轴万能加工中心

复合加工是指在同一机床上,可以进行多种工艺的加工。如一圆柱体各部位加工,在一台机床上车削外圆、镗内孔、铣圆柱面上的沟槽等,可提高生产率。该机床上要有进行复合加工功能的控制系统,如“车铣中心”、“铣车中心”是铣、车等功能的复合数控系统。复合加工机床有车铣中心、铣车中心(图1-17)等。

并联数控机床自1994年在美国芝加哥国际机床展览会上面市以来,有了很大发展。并联机床的工作台有固定台、可交换台、水平分度台、滑座床身等多种,如图1-18所示。并联机床现已达到的最高精度为:定位精度 $\pm 5\mu\text{m}$,重复定位精度 $\pm 1.5\mu\text{m}$ 。

三、智能化、开放式、网络化、柔性化的快速发展

(一) 智能化

21世纪的数控装备将是具有一定智能化的系统,智能化的内容包括在数控系统中的各

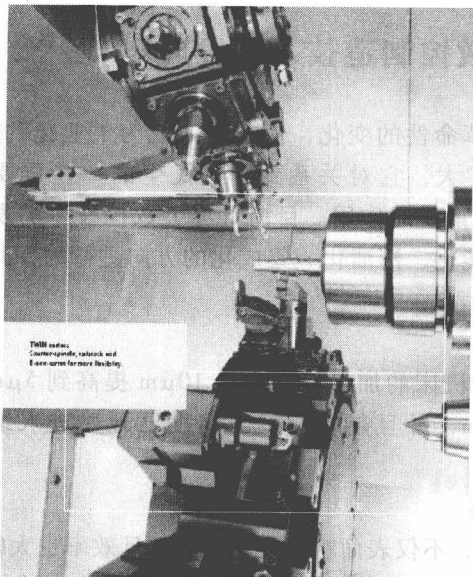


图 1-17 德国 DMG 公司 DMX linear 系列车铣加工中心

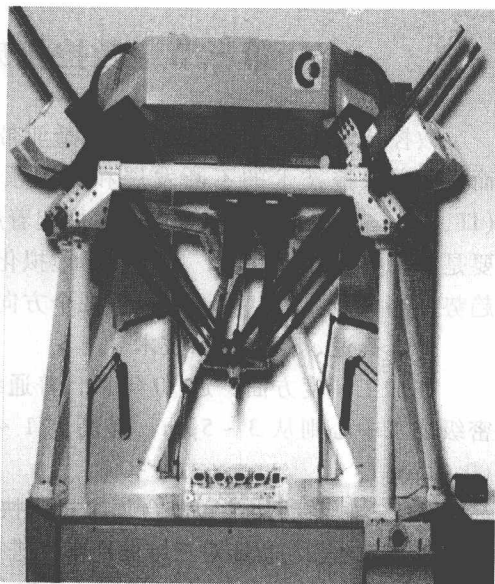


图 1-18 虚拟轴并联数控机床

个方面：为追求加工效率和加工质量方面的智能化，如加工过程的自适应控制，工艺参数自动生成；为提高驱动性能及使用连接方便的智能化，如前馈控制、电动机参数的自适应运算、自动识别负载自动选定模型、自整定等；简化编程、简化操作方面的智能化，如智能化的自动编程、智能化的人机界面等；还有智能诊断、智能监控方面的内容，方便系统的诊断及维修等。

（二）开放式

当今的 CNC 控制器是个黑匣子，封闭保密，制造厂和用户不能把特殊加工工艺、管理经验和操作技能等放进去，而现在的发展都要求透明，因此需要开放结构的数控系统。数控系统开放化已经成为数控系统的发展方向。所谓开放式数控系统就是数控系统的开发可以在统一的运行平台上，面向机床厂家和最终用户，通过改变、增加或剪裁结构对象（数控功能），形成系列化，并可方便地将用户的特殊应用和技术诀窍集成到控制系统中。目前开放式数控系统的体系结构规范、通信规范、配置规范、运行平台、数控系统功能库以及数控系统功能软件开发工具等是当前研究的核心。

（三）网络化

数控机床是近两年国际著名机床博览会的一个新亮点。数控机床的网络化将极大地满足生产线、制造系统、制造企业对信息集成的需求，也是实现新的制造模式如敏捷制造、虚拟企业、全球制造的基础单元。国内外一些著名数控机床和数控系统制造公司都在近两年推出了相关的新概念和样机，图 1-19 所示为德国 SIEMENS 公司网络化 Translines 概念。

（四）柔性化

1. FMC 技术

柔性制造单元（Flexible Manufacturing Cell，简称 FMC）由一台或多台数控设备、自动化物流存储、传输和交换装置及一台单元控制计算机组成，如图 1-20 所示。单元控制计算机协调和控制单元内各设备的运行，并与上级计算机通信。