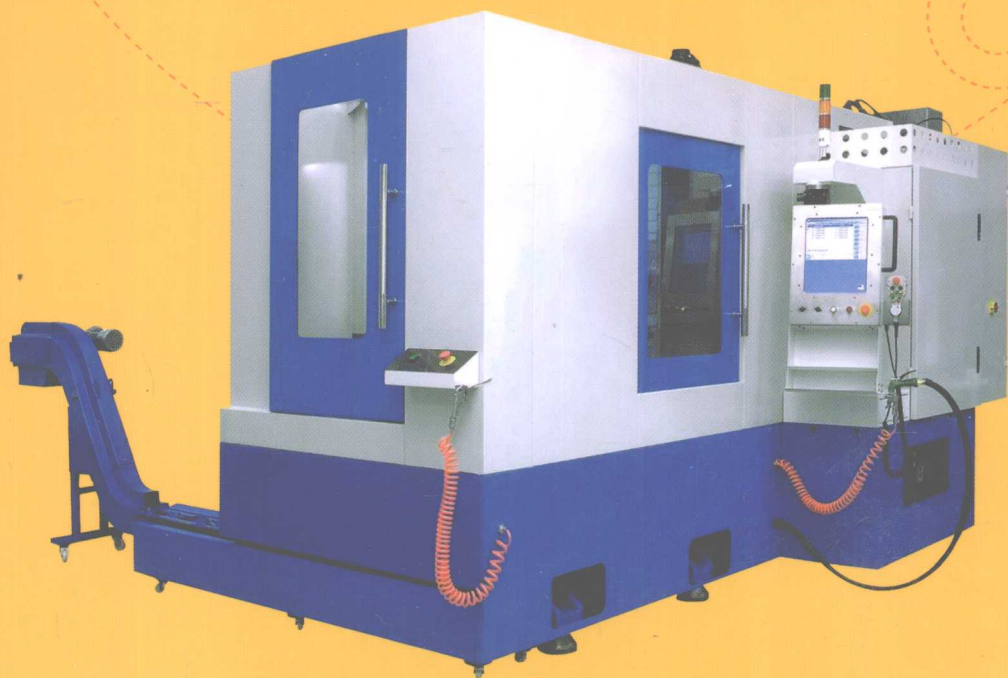


加工中心 编程与操作

沈建峰 陈 宏 编著
倪贵华 主审



加工中心编程与操作

沈建峰 陈 宏 编著
倪贵华 主审

辽宁科学技术出版社
沈 阳

图书在版编目 (CIP) 数据

加工中心编程与操作 / 沈建峰, 陈宏编著. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2009. 5

ISBN 978-7-5381-5936-3

I. 加… II. ①沈…②陈… III. 加工中心 - 程序设计; 加工中心 - 操作 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 060061 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳全成广告印务有限公司

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 184 mm × 260 mm

印 张: 14.75

字 数: 300 千字

印 数: 1 ~ 4000

出版时间: 2009 年 5 月第 1 版

印刷时间: 2009 年 5 月第 1 次印刷

责任编辑: 高 鹏

封面设计: 康 健

版式设计: 于 浪

责任校对: 李淑敏

书 号: ISBN 978-7-5381-5936-3

定 价: 28.00 元

联系电话: 024-23284062

邮购热线: 024-23284502

E-mail: lnkj1107@126.com

http: //www.lnkj.com.cn

本书主页: [http: //lnkj.cn/uri.sh/jiagongzhongxin](http://lnkj.cn/uri.sh/jiagongzhongxin)

内容简介

本书针对数控、模具行业技术工人的岗位要求，按照任务驱动模式编写，具有实用、管用、够用的特色，适合数控技术工人阅读，也可作为教材供中、高等职业院校进行培训与教学，还可供从事相关工作的技术人员参考。本书主要涉及加工中心编程、加工中心操作和加工中心加工工艺的知识和技能，其内容涵盖了加工中心操作工中、高级技能的绝大部分知识点和技能点。

我们专门为本书开通了网络主页：<http://lnkj.cn/uri.sh/jiagongzhongxin>，欢迎您登陆交流。

前 言

随着机电一体化技术的迅猛发展，数控机床的应用已日趋普及。在现代机械制造业中，正广泛采用数控技术以提高工件的加工精度和生产效率。

随着数控机床的大量使用，社会急需大批熟练掌握现代数控机床编程、操作、维修的技能型人才。因此，为了适应各类技术人员和技术工人学习、培训和职业技能鉴定的需要，满足技术工人的自学以及技工学校、职业学校的培训教学之用，出版了此书，此书的特点是：紧密联系职业技能鉴定和生产实践的要求，内容由浅入深，简明扼要，图文并茂，通俗易懂。

本书由常州教师学院的沈建峰和陈宏编著，常州轻工职业技术学院的倪贵华主审全书，克钦、孙仲峰、芮桃明、宋丛山、束长爱也参与了本书的编写工作。此外，本书在编写过程中借鉴了国内外同行的最新资料与文献，在此一并表示感谢。

编者 于江苏常州

目 录

第一章 加工中心及其维护保养	1
第一节 熟悉数控机床及加工中心	1
第二节 加工中心的维护和保养	9
第二章 加工中心编程基础	16
第一节 认识加工程序	16
第二节 零件的平面铣削	24
第三节 铣削台阶类零件	31
第四节 基础编程综合练习	40
第三章 加工中心轮廓加工编程	50
第一节 刀具半径补偿编程	50
第二节 刀具长度补偿编程	57
第三节 子程序与局部坐标系编程	65
第四节 轮廓加工编程综合实例	71
第四章 加工中心的操作	80
第一节 认识加工中心的操作面板	80
第二节 程序输入	85
第三节 加工中心的手动操作与对刀操作	94
第四节 加工中心的加工操作	101
第五节 加工中心的计算机仿真操作	106
第五章 加工中心的孔加工固定循环编程	120
第一节 钻、扩、铰孔加工	120
第二节 镗孔加工	129
第三节 螺纹加工	137

第六章 加工中心编程技巧	145
第一节 极坐标编程	145
第二节 坐标旋转编程	150
第三节 坐标镜像编程	154
第七章 宏程序	159
第一节 孔加工中的宏程序编程	159
第二节 轮廓加工中的宏程序编程	166
第八章 自动编程	173
第一节 轮廓加工自动编程实例	173
第二节 曲面加工自动编程实例	188
第九章 加工中心中、高级实例	204
第一节 中级加工中心实例 1	204
第二节 中级加工中心实例 2	209
第三节 高级加工中心实例 1	213
第四节 高级加工中心实例 2	217
附 录	222
附表 1 FANUC 0i 系统准备功能一览表	222
附表 2 SIEMENS 802D/840D 系统准备功能一览表	225
参考文献	228

第一节 熟悉数控机床及加工中心

【理论知识】

一、基本概念

(1) **数字控制** 数字控制 (Numerical Control) 简称数控 (NC), 是一种借助数字、字符或其他符号对某一工作过程 (如加工、测量、装配等) 进行可编程控制的自动化方法。

(2) **数控技术** 数控技术 (Numerical Control Technology) 是指用数字量及字符发出指令并实现自动控制的技术, 它已经成为制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础技术。

(3) **数控系统** 数控系统 (Numerical Control System) 是指采用数字控制技术的控制系统。

(4) **计算机数控系统** 计算机数控系统 (Computer Numerical Control) 是以计算机为核心的数控系统。

(5) **数控机床** 数控机床 (Numerical Control Machine Tools) 是指采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的一类机床。

数控机床是一个装有程序控制系统的机床, 该系统能够逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令规定的程序。定义中所说的程序控制系统即数控系统。也可以这么说: 把数字化了的刀具移动轨迹的信息输入数控装置, 经过译码、运算, 从而实现控制刀具与工件相对运动, 加工出所需要的零件, 这样的机床即为数控机床。

二、数控机床的分类

数控机床是指采用数控技术进行控制的机床。根据机床主轴的方向, 数控机床可分成卧式机床 (主轴位于水平方向) 和立式机床 (主轴位于垂直方向)。而根据其加工用途分类, 数控机床主要有以下几种类型。

(1) **数控铣床** 根据数控机床的用途进行分类, 用于完成铣削加工或镗削加工的数控机床称为数控铣床。如图 1-1 所示为立式数控铣床。

(2) **加工中心** 加工中心是指带有刀库（带有回转刀架的数控车床除外）和刀具自动交换装置（ATC, Automatic Tool Changer）的数控机床。通常所指的加工中心即是指带有刀库和刀具自动交换装置的数控铣床。如图 1-2 所示为卧式加工中心。

(3) **数控车床** 数控车床是一种用于完成车削加工的数控机床。通常情况下也将以车削加工为主并辅以铣削加工的数控车削中心归类为数控车床。如图 1-3 所示为经济型卧式数控车床。

(4) **数控钻床** 数控钻床主要用于完成钻孔、攻丝等功能，有时也可完成简单的铣削功能。数控钻床是一种采用点位控制系统的数控机床，即控制刀具从一点到另一点的位置，而不控制刀具的移动轨迹。如图 1-4 所示为立式数控钻床。

(5) **数控电火花成型机床** 数控电火花（即通常所指的电脉冲机床）是一种特种加工机床，它利用两个不同极性的电极在绝缘液体中产生的电蚀现象，去除材料而完成加工，对于形状复杂的模具及难加工材料的加工有其特殊优势。电火花成型机床如图 1-5 所示。

(6) **数控线切割机床** 数控线切割机床如图 1-6 所示，其工作原理与电火花成型机床相同，但其电极是电极丝（钼丝、铜丝等）和工件。



图 1-1 立式数控铣床



图 1-2 卧式加工中心

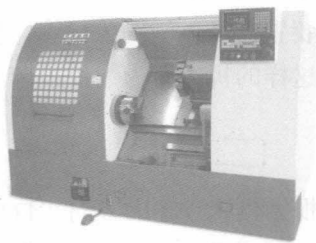


图 1-3 卧式数控车床



图 1-4 立式数控钻床

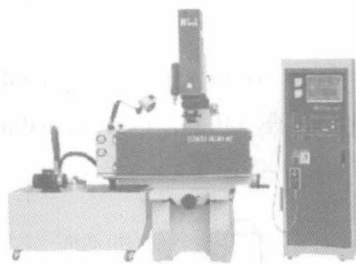


图 1-5 数控电火花成型机床

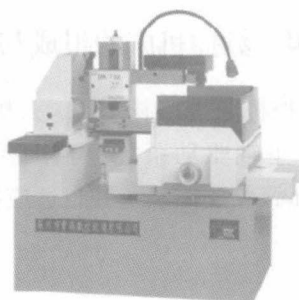


图 1-6 数控线切割机床

(7) 其他数控机床 数控机床除以上几种常见的类型外, 还有数控磨床、数控冲床、数控激光加工机床、数控超声波加工机床等多种形式。

三、数控机床的发展方向与特点

当前数控机床主要的发展方向与特点如下。

(1) 高速度 目前数控车削和铣削的切削速度已达到 $5000\sim 8000\text{m}/\text{min}$, 主轴转速达到 $30000\sim 100000\text{r}/\text{min}$; 当分辨率为 $1\mu\text{m}$ 时, 工作台的移动速度在 $100\text{m}/\text{min}$ 以上, 当分辨率为 $0.1\mu\text{m}$ 时, 工作台的移动速度在 $24\text{m}/\text{min}$ 以上。自动换刀速度在 1s 以内, 小线段的插补进给速度达 $12\text{m}/\text{min}$ 。

(2) 高精度 提高加工精度, 发展新型超精密加工机床, 完善精密加工技术, 以适应现代科技的发展, 是现代数控机床的发展方向之一。当前数控机床的精度已从微米级到亚微米级, 直至纳米级。近十年来, 普通数控机床的加工精度已由 $\pm 10\mu\text{m}$ 提高到 $\pm 5\mu\text{m}$, 精密级数控机床的加工精度则从 $\pm (3\sim 5)\mu\text{m}$, 提高到 $\pm (1\sim 1.5)\mu\text{m}$ 。

(3) 高柔性 柔性即适应性, 采用柔性自动化设备或系统是提高加工精度和效率、缩短生产周期、适应市场变化需求和提高竞争能力的有效手段。数控机床在提高单机柔性化的同时, 朝着单元柔性化和系统柔性化发展。如出现可编程控制器控制的可调组合机床、数控多轴加工中心、换刀换箱式加工中心、数控三坐标动力单元等具有柔性的高效加工设备、柔性加工单元 (FMC)、柔性制造系统 (FMS) 以及介于传统自动线与柔性制造系统之间的柔性制造线 (FTL)。

(4) 高度智能化 随着人工智能在计算机领域的不断渗透与发展, 为适应制造业生产柔性化、自动化发展需要, 智能化正成为数控设备研究及发展的热点, 它不仅贯穿在生产加工的全过程, 还贯穿在产品的售后服务和维修中, 目前在数控机床上采取的高智能化技术主要有: 自适应控制技术、专家系统技术、故障自诊断、自修复技术、智能化交流伺服技术、模式识别技术、复合化技术、数控系统的高度集成化技术、网络化技术等。

四、数控机床的组成与工作原理

数控机床由控制介质、人机交互设备、计算机数控 (CNC) 装置、进给伺服驱动系统、主轴驱动系统、辅助控制装置、可编程控制器 (PLC, Programmable Logic Controller)、反馈系统和自适应控制等部分组成, 如图 1-7 所示。

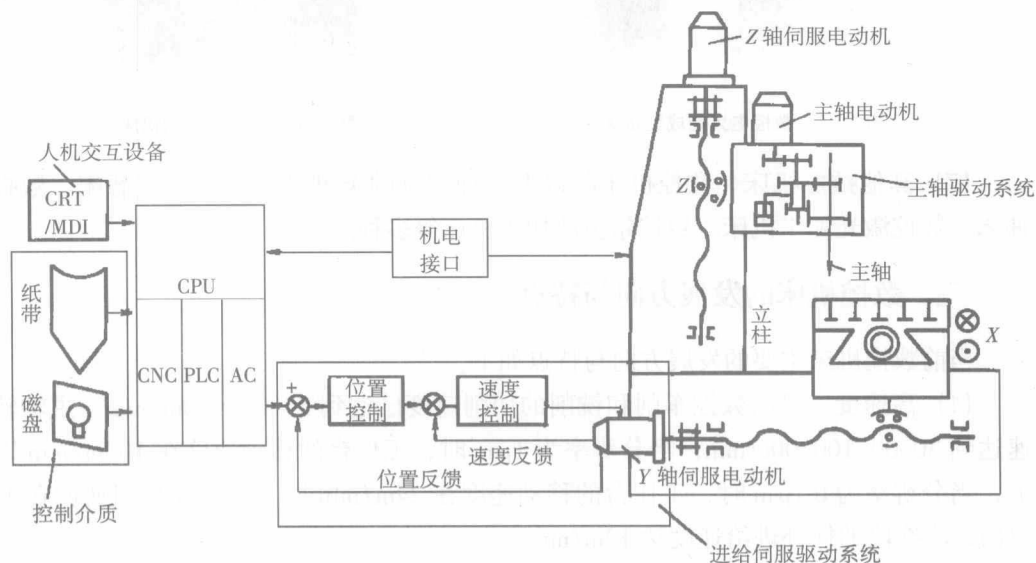


图 1-7 数控机床的组成

(1) 控制介质 要对数控机床进行控制, 就必须在人与数控机床之间建立某种联系, 这种联系的中间媒介物就是控制介质, 又称为信息载体。常用的控制介质有软盘、U 盘、硬盘等。

(2) 人机交互设备 数控机床最主要的人机交互设备为键盘和显示器, 操作人员通过键盘和显示器输入简单的加工程序、编辑修改程序和发送操作命令, 即进行手工数据输入 (MDI, Manual Data Input)。

(3) 计算机数控 (CNC) 装置 数控装置是数控机床的中枢, 目前, 绝大部分数控机床采用微型计算机控制。数控装置由硬件和软件组成, 没有软件, 计算机数控装置就无法工作; 没有硬件, 软件也无法运行。数控装置由运算器、控制器 (运算器和控制器构成 CPU)、存储器、输入接口、输出接口等组成。

(4) 进给伺服驱动系统 伺服驱动系统的作用是把来自数控装置的位置控制移动指令转变成机床工作部件的运动, 使工作台在规定的轨迹移动或精确定位, 加工出符合图样要求的零件。常用的伺服电动机有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。

(5) 主轴驱动系统 机床的主轴驱动系统和进给伺服驱动系统差别很大, 机床

主轴的运动是旋转运动，机床进给运动主要是直线运动。现代数控机床要求主轴具有很高的转速和很宽的无级调速范围。主传动电动机应能输出很大的功率，又要求主轴结构简单，同时数控机床的主轴驱动系统能在主轴的正反方向都可以实现转动和加减速。

现代数控机床绝大部分采用交流主轴驱动系统，由可编程控制器进行控制。

(6) **辅助控制装置** 辅助控制装置包括刀库的转位换刀，液压泵、冷却泵等控制接口电路，电路含有的换向阀电磁铁、接触器等强电电气元件。现代数控机床可采用可编程控制器进行控制，所以辅助装置的控制电路变得十分简单。

(7) **可编程控制器** 可编程控制器的作用是对数控机床进行辅助控制，其作用是把计算机送来的辅助控制指令，经可编程控制器处理和辅助接口电路转换成强电信号，用来控制数控机床的顺序动作、定时计数、主轴电动机的启动和停止、主轴转速调整、冷却泵启停以及转位换刀等动作。

(8) **反馈系统** 反馈系统包括位置反馈与速度反馈等，它们的作用是通过测量装置将机床移动的实际位置、速度参数检测出来，转换成电信号，并反馈到 CNC 装置中，使 CNC 能随时判断机床的实际位置、速度是否与指令一致，并发出相应指令，纠正所产生的误差。测量装置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和人的眼睛。

(9) **自适应控制** 自适应控制 (AC, Adapter Control) 的目的就是试图把加工过程中的温度、转矩、振动、摩擦、切削力等因素的变化与最佳参数比较，若有误差则及时补偿，以期提高加工精度或生产率。目前自适应控制仅用于高效率 and 加工精度高的数控机床，一般数控机床很少采用。

(10) **机床本体** 数控机床本体由床身、立柱和工作台等大件组成，是数控机床的基础结构。

五、适合加工中心加工的零件

采用加工中心加工的零件种类很多，主要有图 1-8 所示的几种类型。

(1) **平面类零件** 加工面平行或垂直于水平面及加工面与水平面的夹角为定角的零件为平面类零件 [图 1-8 (a)]。这类零件的特点是各个加工面是平面或可以展开成平面，加工时，一般只需用 3 坐标加工中心的两坐标联动 (即两轴半坐标联动) 就可以把它们加工出来。

(2) **变斜角类零件** 加工面与水平面的夹角呈连续变化的零件称为变斜角零件 [图 1-8 (b)]。变斜角类零件的变斜角加工面不能展开为平面，但在加工中，加工面与铣刀圆周的瞬时接触为一条线。最好采用 4 坐标、5 坐标加工中心摆角加工，若没有上述机床，也可采用 3 坐标加工中心进行两轴半近似加工。

(3) **曲面类零件** 加工面为空间曲面的零件 (如模具、叶片、螺旋桨等) 称为

曲面类零件 [图 1-8 (c)]。曲面类零件不能展开为平面。加工时,铣刀与加工面始终为点接触,一般采用球头刀在 3 坐标加工中心上加工。

(4) 既有平面又有孔系的零件 既有平面又有孔系的零件主要是指箱体类零件 [图 1-8 (d)] 和盘、套类零件。加工这类零件时,最好采用加工中心在一次安装中完成零件上平面的铣削、孔系的钻削、镗削、铰削、铣削及攻螺纹等多工步加工,以保证该类零件各加工表面间的相互位置精度。

(5) 结构形状复杂、普通机床难加工的零件 结构形状复杂的零件是指其主要表面由复杂曲线、曲面组成的零件。加工这类零件时,通常需采用加工中心进行多坐标轴联动加工。常见的典型零件有凸轮类零件 [图 1-8 (e)]、整体叶轮类零件和模具类零件。

(6) 外形不规则的异形零件 异形零件是指支架 [图 1-8 (f)]、拨叉类等外形不规则的零件,大多采用点、线、面多工位混合加工。

(7) 其他类零件 加工中心除常用于加工以上特征的零件外,还较适宜加工周期性投产的零件、加工精度要求较高的中小批量零件和新产品试制中的零件等。

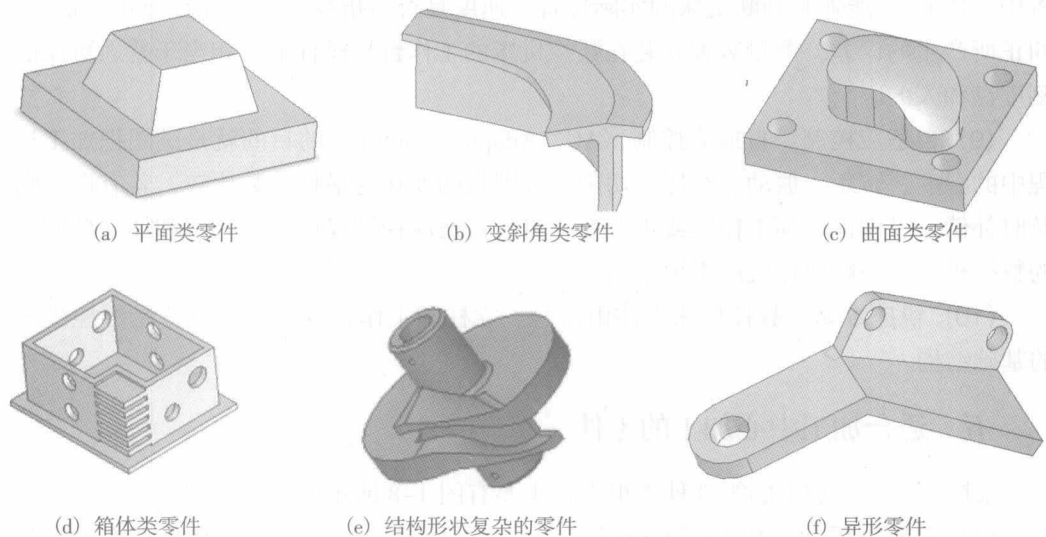


图 1-8 数控铣床/加工中心加工的零件

【实践操作】

一、现场参观数控加工设备

(1) 参观数控加工车间 为了更好地了解各种数控设备,有条件的读者应该进入数控加工车间进行参观与学习,图 1-9 所示即为数控铣床/加工中心加工车间。



图 1-9 加工中心加工车间

(2) 了解加工中心外形构成 每台加工中心(图 1-10)从其外观来看可分成数控系统部分(图 1-11)、机械部分(图 1-12)和电器部分(图 1-13)。

数控系统部分是数控机床的“大脑”，数控机床的所有加工动作均需通过数控系统来指挥。电器部分(一般位于机床的背面)是数控机床的“神经”，数控机床的所有加工动作均通过电器部分来传递。机械部分是数控机床的“四肢”，是数控机床所有加工动作的忠实执行者。

二、了解加工中心的各项技术参数

通过查阅资料和参观数控生产车间，与相关工作人员进行交流，了解加工中心的主要技术参数，完成表 1-1 的填写。

表 1-1 加工中心的各项技术参数

项 目	主要技术参数值	项 目	主要技术参数值
机床型号		刀库类型	
数控系统		刀库中刀具数量	
床身结构		工作台面规格	
机床总功率		工作行程	

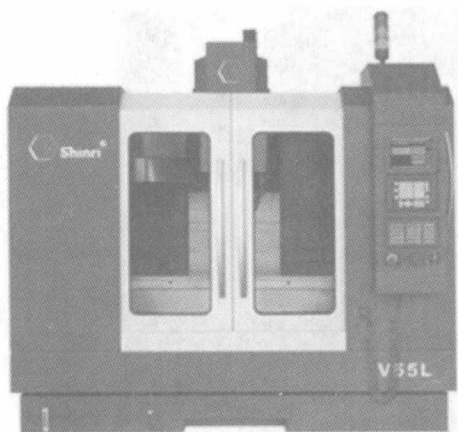


图 1-10 立式加工中心

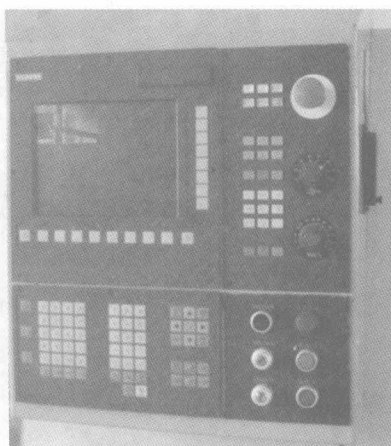


图 1-11 数控系统（输入输出）部分

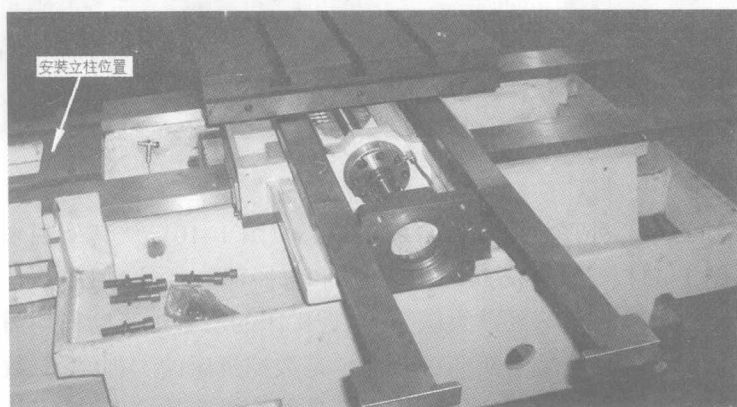


图 1-12 机械工作台部分

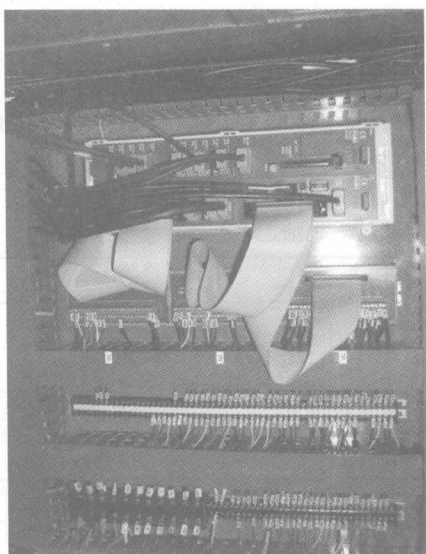


图 1-13 电器部分

第二节 加工中心的维护和保养

【理论知识】

一、加工中心的主要组成部件

加工中心的结构如图 1-14 所示（立式加工中心），加工中心由机床本体、数控装置、电器控制装置、刀库和换刀装置、辅助装置等几部分构成。

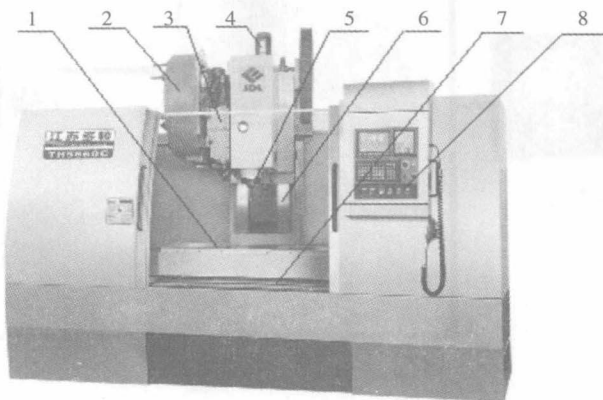


图 1-14 数控机床的组成

1-工作台 2-刀库 3-换刀装置 4-伺服电机 5-主轴 6-导轨 7-床身 8-数控系统

(1) 机床本体 如图 1-15 所示，立式加工中心的机床本体部分主要由床身基体、立柱、主轴等部件组成。安装时，将立柱固定在水平床身之上，保证安装后的垂直导轨与两水平导轨之间的垂直度等要求；将主轴部件安装在立柱之上，保证主轴与立柱之间的平行度等要求。

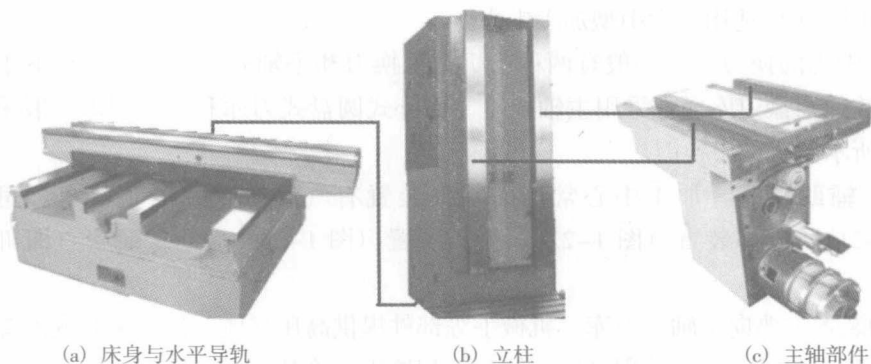


图 1-15 立式加工中心的机床本体

(2) **数控装置** FANUC 系统的数控装置如图 1-16 所示, 主要由数控系统、伺服驱动和伺服电机组成。其工作过程为数控系统发出的信号经伺服驱动装置放大后指挥伺服电机进行工作。

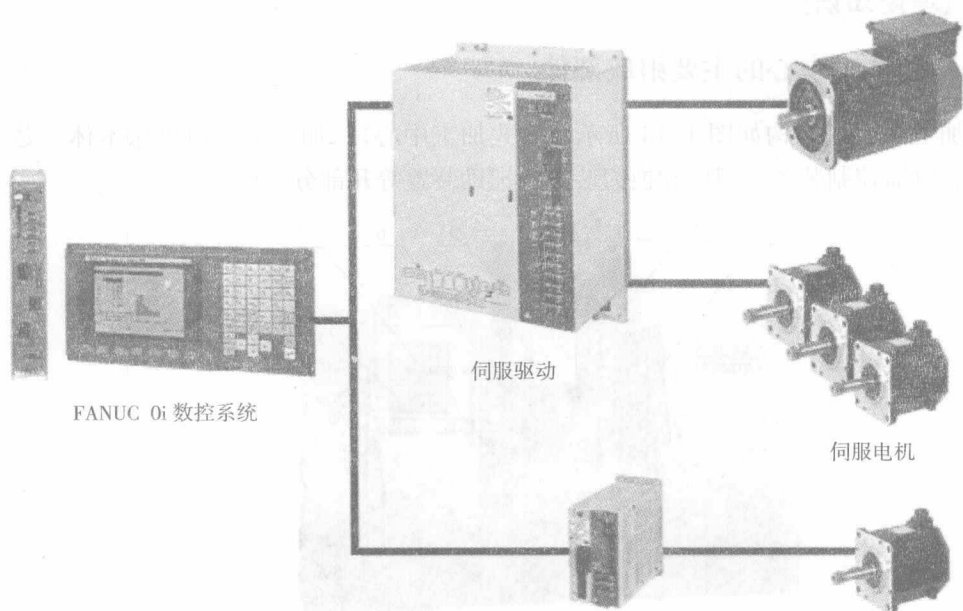


图 1-16 FANUC 系统的数控装置

(3) **电器控制装置** 加工中心的电器部分如图 1-13 所示, 其主要作用是将系统发出的信号通过转换后来控制机械部件的动作。

(4) **刀库和换刀装置** 刀库的作用是储备一定数量的刀具, 通过机械手实现与主轴上刀具的交换。在加工中心上使用的刀库主要有两种, 一种是如图 1-17 所示的盘式刀库, 另一种是如图 1-18 所示的链式刀库。其中, 盘式刀库装刀容量相对较小, 一般有 1~24 把刀具, 主要适用于小型加工中心; 链式刀库装刀容量大, 一般有 1~100 把刀具, 主要适用于大中型加工中心。

加工中心的换刀方式一般有两种: 机械手换刀和主轴换刀 (即不带机械手的换刀)。斗笠式圆盘刀库通常采用主轴换刀, 而卧式圆盘式刀库和链式刀库一般采用如图 1-19 所示的机械手换刀。

(5) **辅助装置** 加工中心常用的辅助装置有气动装置 (图 1-20)、润滑装置 (图 1-21)、冷却装置 (图 1-22)、排屑装置 (图 1-23) 和防护装置 (即机床罩壳) 等。

气动装置主要向主轴、刀库、机械手等部件提供高压气体。加工中心的冷却方式分气冷和液冷两种, 分别采用高压气体或冷却液进行冷却。