

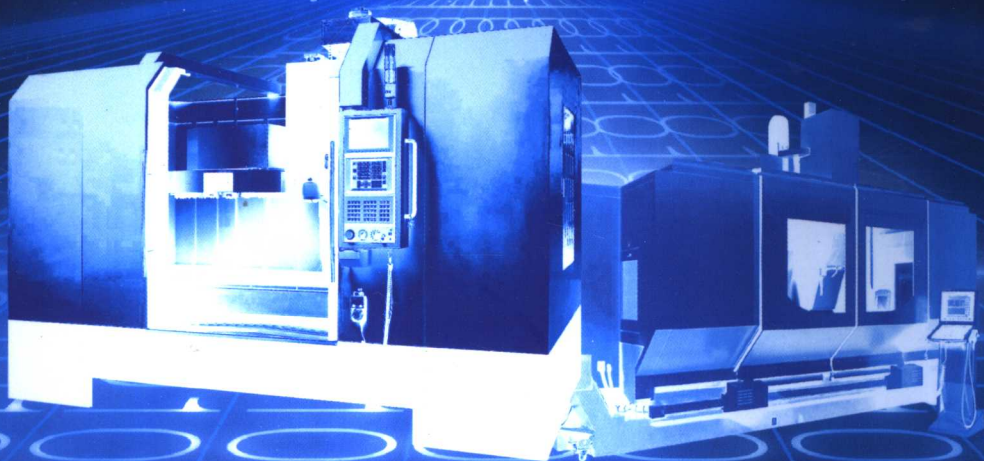
FANUC **系统**

数控铣床(和)加工中心

培训教程

徐衡 主编

- 国家职业教育推荐教材
- “双证制”教学改革用书



化学工业出版社

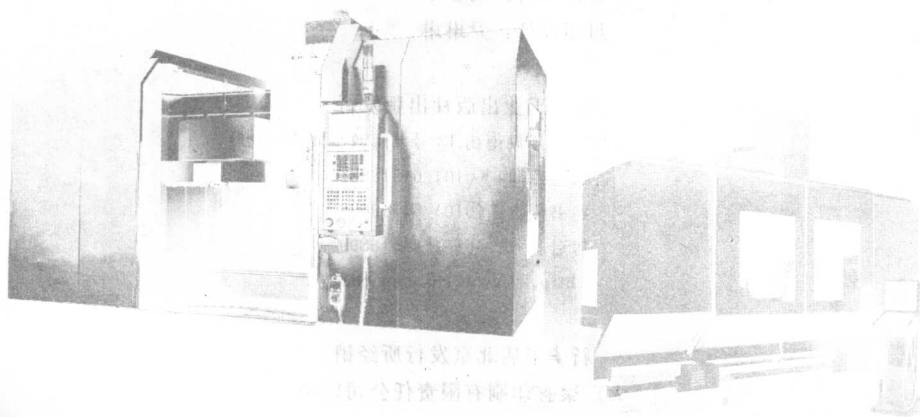
FANUC系统

数控铣床和加工中心

培训教程

徐衡 主编

- 国家职业教育推荐教材
- “双证制”教学改革用书



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

FANUC 系统数控铣床和加工中心培训教程/徐衡主编. —北京: 化学工业出版社, 2006. 8

ISBN 978-7-5025-9225-7

I. F… II. 徐… III. ①数控机床: 铣床-技术培训-教材②数控机床加工中心-技术培训-教材 IV. ①TG547②TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 101380 号

FANUC 系统数控铣床和加工中心培训教程

徐 衡 主编

责任编辑: 张光辉 王 烨

责任校对: 周梦华

封面设计: 尹琳琳

*

化学工业出版社出版发行

(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

购书咨询: (010) 64518888

购书传真: (010) 64519686

售后服务: (010) 64518899

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 23¼ 字数 574 千字

2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-5025-9225-7

定 价: 42.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《FANUC 系统数控铣床和加工中心培训教程》

编 委 会

主 任	邹 伟					
委 员	邹 伟	李 超	栾 敏			
	关 颖	徐 衡	陈 光			
	赵宏立	段晓旭				

前 言

FANUC 数控系统具有良好的人机界面,丰富而先进的控制功能,装备 FANUC 数控系统的数控机床在国内应用广泛。机械制造业需要大量掌握 FANUC 系统数控机床的技术工人和编程人员。

数控技术是技术性极强的工作,要求从业人员具有机械加工工艺知识,还要求从业者有数控编程知识和数控机床操作技能。本书以数控铣床、加工中心的应用为目的,基于目前企业中广泛使用的 FANUC 数控系统,介绍数控铣床、加工中心程序编制,机床操作方法,工艺参数的选择,典型加工程序等。书中从生产现场精选了典型数控加工实例,加工实例由浅至深、分门别类。由于加工实例选自生产实际,对从事数控加工工作的读者有很好的参考价值。

本书主要内容是数控加工工艺和数控编程。本书有三个主要特点。一是书中所述知识均附有例题,所选用的例题实用性强、可操作性强。通过学习数控加工例题,通过对加工例题中工艺的类比,有利于读者学习、掌握数控加工知识和技能,在学习上达到事半功倍的效果。

特点之二是本书配有光盘,光盘主要内容为 FANUC0i-M 系统数控机床操作。通过光盘直观展示数控机床操作与加工过程,可极大方便读者学习数控机床操作。光盘中还有自动编程习题答案等。

特点之三是本书的附录部分,其中精选近期数控铣床、加工中心职业技能鉴定考核试题,以及全国数控工艺员考核试题等,供学习数控技能、参加晋级考核人员使用。

本书能适应数控铣工自学和提高自己的需要,也是从事数控机床加工技术人员的参考书,可作为职业技术学院(校)数控技术专业及机械类学生的教材和参考书。

本书由徐衡主编,段晓旭、赵宏立参编。段晓旭编写了第 6 章,赵宏立编写第 2 章及附录,其余内容由徐衡编写。本书光盘由高级工程师段晓旭主讲。

本书的疏漏及不妥之处,恳请读者指正。

编 者

目 录

第 1 章 数控加工基础	1
1.1 数控加工基本概念	1
1.1.1 数控、数控机床和加工程序	1
1.1.2 数控机床的组成	1
1.1.3 数控机床的工作过程	3
1.1.4 FANUC 数控系统	3
1.1.5 数控系统发展与数控机床类型	5
1.1.6 数控加工使用范围	6
1.2 数控铣床及加工中心设备	6
1.2.1 数控铣床及加工中心概述	6
1.2.2 数控铣床结构及主要技术参数	7
1.2.3 立式加工中心结构及主要技术参数	9
1.3 FANUC 系统数控铣床、加工中心的日常保养与维护	12
1.3.1 数控机床的保养、维护工作内容	12
1.3.2 更换控制部分 (CNC) 电源单元的保险丝	13
1.3.3 更换电池的方法	13
1.3.4 数控柜和电器柜散热通风系统的维护	16
第 2 章 数控镗铣工艺	20
2.1 数控加工工艺分析	20
2.1.1 数控镗、铣削主要加工对象	20
2.1.2 分析零件图样	21
2.2 在数控铣床、加工中心上装夹工件	21
2.2.1 定位基准的选择	21
2.2.2 数控铣加工对工件装夹的要求	23
2.2.3 数控机床上工件装夹方法	24
2.2.4 使用平口虎钳装夹工件	25
2.2.5 使用压板和 T 形螺钉固定工件	27
2.2.6 弯板的使用	28
2.2.7 V 形块的使用	28
2.2.8 工件通过托盘装夹在工作台上	30
2.2.9 使用组合夹具、专用夹具等	30
2.3 数控加工刀具材料	30
2.3.1 刀具材料的种类	30

2.3.2	高速钢	30
2.3.3	硬质合金	31
2.3.4	其他刀具材料和涂层刀具	33
2.3.5	刀体材料	33
2.4	数控铣床、加工中心加工常用刀具	33
2.4.1	数控铣床、加工中心常用铣刀的种类	33
2.4.2	铣刀的选择	40
2.4.3	数控铣床、加工中心常用孔加工刀具	41
2.4.4	硬质合金刀片装夹在刀体上	44
2.4.5	刀具安装在铣床(加工中心)主轴上	46
2.5	选择铣削用量	48
2.5.1	背吃刀量 a_p (端铣) 或侧吃刀量 a_e (圆周铣) 的选择	48
2.5.2	进给速度 v_f 的选择	49
2.5.3	切削速度 v_c 的选择	49
2.5.4	球头铣刀的切削厚度	50
2.6	数控镗铣方法	51
2.6.1	端铣和周铣	51
2.6.2	顺铣与逆铣	52
2.6.3	工步顺序的安排	52
2.6.4	立铣刀轴向下刀路线	53
2.6.5	立铣刀径向进刀和退刀(切入、切出工件)路线	54
2.6.6	选择合理的走刀路线	55
2.7	数控铣床及加工中心操作规程	58
2.7.1	金属切削加工工艺守则	59
2.7.2	数控机床操作安全规范	60
2.7.3	数控铣床、加工中心操作规程	61
第3章	FANUC 系统数控铣床及加工中心编程	62
3.1	程序编制的基础	62
3.1.1	数控编程步骤与方法	62
3.1.2	程序代码与程序的组成	63
3.1.3	数控程序结构与程序段格式	64
3.2	坐标系	68
3.2.1	数控机床坐标系	68
3.2.2	工件坐标系与程序原点	71
3.2.3	小数点编程	71
3.2.4	绝对坐标值编程与增量坐标值编程	71
3.2.5	在机床上建立工件坐标系	72
3.3	进给编程指令	77
3.3.1	刀具定位	77
3.3.2	刀具切削直线进给——直线插补 G01	79

3.3.3 刀具切削圆弧进给——圆弧插补 G02、G03	80
3.3.4 Z 轴移动指令	84
3.3.5 螺旋线插补	85
3.4 返回参考点	88
3.4.1 参考点	88
3.4.2 指令格式	89
3.5 刀具补偿功能	90
3.5.1 刀具端刃加工——刀具长度补偿	90
3.5.2 刀具侧刃加工——刀具半径补偿	95
3.5.3 刀具半径补偿 C 的几点说明	100
3.5.4 刀具偏置补偿 (G45~G48)	104
3.5.5 利用程序输入补偿值 (G10)	106
3.6 孔加工固定循环	107
3.6.1 固定循环概述	107
3.6.2 钻孔加工循环 (G81、G82、G73、G83)	110
3.6.3 攻螺纹循环 (G84、G74)	112
3.6.4 镗孔循环 (G85、G89、G86、G88、G76、G87)	114
3.6.5 固定循环加工实例	116
3.7 任意角度倒角与倒圆	119
3.8 子程序	121
3.8.1 子程序调用	121
3.8.2 子程序编程应用实例	124
3.9 比例缩放功能 (G50、G51)	125
3.9.1 比例缩放功能	125
3.9.2 可编程镜像	128
3.9.3 比例缩放编程应用实例——铣削宽圆槽	129
3.10 坐标系旋转功能 (G68、G69)	131
3.10.1 坐标系旋转功能	131
3.10.2 刀具半径补偿与坐标系旋转	133
3.10.3 比例缩放中的坐标系旋转	134
3.10.4 坐标系旋转重复指令	135
3.10.5 坐标系旋转编程实例——平底偏心圆弧槽的数控铣加工	136
3.11 极坐标编程	137
3.11.1 极坐标与极坐标指令	137
3.11.2 极坐标编程实例——孔的镗削	138
第 4 章 FANUC 系统数控铣床及加工中心操作	141
4.1 FANUC 系统操作设备	141
4.1.1 数控系统操作面板 (CRT/MDI 面板)	141
4.1.2 机床操作面板	144
4.2 数控铣床通电操作	146

4.2.1 通电操作	146
4.2.2 关闭电源	149
4.2.3 数控系统的构成	149
4.3 显示屏幕	149
4.3.1 按下  功能键后的屏幕显示	150
4.3.2 数控系统 (CNC) 状态显示界面	152
4.3.3 按下功能键  的屏幕显示	153
4.3.4 按下功能键  的屏幕显示	153
4.4 数控铣床的手动操作	157
4.4.1 手动返回参考点	157
4.4.2 手动连续进给操作	158
4.4.3 手动增量 (INS) 进给	159
4.4.4 手摇脉冲发生器 (HANDLE) 进给操作	159
4.4.5 主轴手动操作	161
4.4.6 安全操作	161
4.5 编辑程序	162
4.5.1 字的插入、替换和删除	162
4.5.2 程序段的删除	165
4.5.3 程序的编辑	166
4.6 创建数控加工程序	168
4.6.1 用 MDI 键盘创建程序	168
4.6.2 加入自动插入程序段顺序号	169
4.6.3 在示教方式中创建程序	170
4.7 设置偏移值操作	172
4.7.1 在机床上设置工件坐标系	172
4.7.2 设定和显示刀具偏置值、补偿值	175
4.7.3 刀具长度测量及其偏移值存储操作	176
4.7.4 显示和设定用户宏程序公共变量	178
4.8 数控加工程序管理	178
4.8.1 显示数控程序内容界面的操作	178
4.8.2 检索数控程序	180
4.8.3 删除程序	181
4.8.4 运行数控程序 (自动加工)	181
4.8.5 数控程序的检查	184
4.8.6 试切削	185
4.9 维修 FANUC0i 系统时数据备份与数据恢复	186
4.9.1 概述	186
4.9.2 系统输入/输出数据所需参数的设定方法	187
4.9.3 数控程序的传送	189

4.9.4 偏置数据的传送	191
4.9.5 CNC 数据输入/输出操作	192
4.10 报警和自诊断功能	193
4.10.1 报警显示屏幕	194
4.10.2 自诊断屏幕检查系统	195
附录 FANUC 数控系统操作一览表	197
第 5 章 铣床及加工中心应用实例	199
5.1 数控孔系加工实例	199
5.1.1 镗孔加工	199
5.1.2 立铣刀螺旋铣削加工孔	201
5.1.3 孔系加工	203
5.2 腔、槽的数控铣削	205
5.2.1 精密铣削键槽	205
5.2.2 铣削槽形凸轮	207
5.2.3 圆腔的数控铣削	208
5.2.4 矩形槽数控铣削	209
5.2.5 不规则形状挖腔程序的编制	212
5.2.6 带弧岛的挖腔程序的编制	212
5.3 工件上多个相同图形的加工	212
5.3.1 极坐标编程实现相同图形的加工	212
5.3.2 重新设置编程原点偏移量实现相同图形的加工	215
5.3.3 镜像加工实现相同图形的加工	217
5.3.4 坐标系旋转实现相同图形的加工	218
5.4 数控铣削平面、曲面实例	220
5.4.1 平面轮廓加工	220
5.4.2 凹形曲面槽的加工	222
5.4.3 斜面及弧面的数控铣精加工	223
5.5 加工箱体类零件实例	225
5.5.1 壳体零件加工(平行孔系加工)	225
5.5.2 减速箱体镗铣加工(同轴孔系的加工)	229
第 6 章 自动编程	237
6.1 CAXA 制造工程师自动编程概述	237
6.1.1 什么是自动编程	237
6.1.2 CAXA 制造工程师自动编程软件简介	237
6.1.3 应用 CAXA 制造工程师软件自动编程的操作步骤	238
6.1.4 CAXA-ME2004 软件界面	238
6.1.5 CAXA-ME2004 软件常用术语	239
6.2 跟我学零件实体造型	241
6.3 通用参数表设置	245
6.3.1 毛坯设置	245

6.3.2 选用刀具	246
6.3.3 加工边界	247
6.3.4 确定切削用量	248
6.3.5 下刀方式	249
6.4 跟我学平面零件的自动编程	250
6.4.1 零件数控加工工艺分析	250
6.4.2 零件三维造型	251
6.4.3 生成加工轨迹	251
6.5 自动编程数控加工实例选编	258
6.5.1 高效率切除加工余量方法——插铣式粗加工	258
6.5.2 等高线粗加工方式	263
6.5.3 扫描线精加工	269
6.5.4 扫描线粗加工	273
6.5.5 参数线精加工方式	276
6.5.6 三维偏置加工	281
6.5.7 导动线精加工	285
6.5.8 叶轮数控铣精加工	288
6.5.9 箱体类零件镗铣加工	292
附录1 职业技能鉴定(初级工、中级工、高级工)试题精选及解答	298
试卷1: 数控铣床工初级理论知识试卷	298
试卷2: 数控铣床操作工(中级)应知考核试题	303
试卷3: 数控铣床操作工(高级)应知考核试题	306
试卷4: 加工中心操作工(中级)应知考核试题	309
试卷5: 加工中心操作工(高级)应知考核试题	314
附录2 数控工艺员(数控铣部分)试题库及解答	325
试卷6: 数控工艺员(数控铣部分)理论测试	325
试卷7: 数控工艺员(数控铣部分)理论测试	330
试卷8: 数控工艺员(数控铣部分)理论测试	337
试卷9: 数控工艺员(数控铣)上机测试(CAD/CAM)	342
试卷10: 数控工艺员(数控铣)上机测试(CAD/CAM)	344
试卷11: 数控工艺员(数控铣)上机测试(CAD/CAM)	346
附录3 数控技能大赛试题及解答	348
试卷12: 数控铣/加工中心理论知识竞赛样题	348
试卷13: 数控铣/加工中心软件应用竞赛样题	353
参考文献	359

第 1 章 数控加工基础

1.1 数控加工基本概念

1.1.1 数控、数控机床和加工程序

数控 (Numerical Control, 简称 NC) 是指利用数字化信号对设备的运行过程进行自动控制的技术。数控技术综合了计算机、自动控制、电机、电器传动、测量监控和机械制造等学科的内容, 目前在机械制造领域得到了广泛应用。

数控机床是利用数控技术控制加工过程的机床, 或者说是装备了数控系统的机床。数控机床是一种自动化程度较高、结构较复杂的先进加工设备, 是一种典型的机电一体化产品, 能实现机械加工的高速度、高精度和高度自动化。

使数控机床执行一个确定的加工任务、具有特定代码和其他符号编码的一系列指令, 称为数控程序或零件加工程序。生成数控程序的过程, 称为数控编程。

1.1.2 数控机床的组成

数控机床是由数控系统、伺服系统和机床本体三个基本部分组成。如图 1-1 所示。

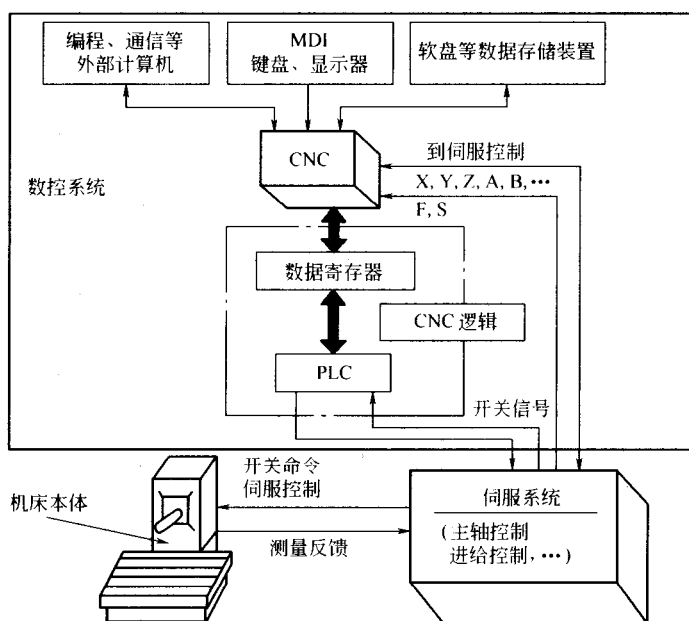


图 1-1 数控机床的组成

(1) 数控系统 (CNC 系统)

数控系统是数控机床中的指挥系统, 相当于人体的大脑, 是一个专用的计算机系统, 包括输入和输出装置、数控装置和可编程控制器 (PLC)。

输入和输出装置是机床数控系统和操作人员进行信息交流、实现人机对话的交互设备。输入装置的作用是将数控代码变成相应的电脉冲信号, 传送并存入数控装置内。目前, 数控机床的输入装置有键盘、磁盘驱动器和光电阅读机等。其相应的程序载体为磁盘和穿孔纸带。输出装置是显示器, 数控系统通过显示器为操作人员提供必要的信息。显示的信息可以是正在编辑的程序、坐标值, 以及报警信号等。

数控装置是计算机数控系统的核心, 是由硬件和软件两部分组成的。输入装置发出的脉冲信号输入到数控装置, 信号经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后, 输出相应的控制信号, 控制机床的各个部分, 使机床进行规定的、有序的动作。

数控装置的硬件主要包括微处理器 (CPU)、存储器、局部总线、外围逻辑电路以及与 CNC 系统其他组成部分联系的接口等。

数控机床通过数控装置和可编程控制器 (PLC) 共同完成控制功能, 其中数控装置主要完成与数字运算和管理等有关的功能, 如零件程序的编辑、插补运算、译码和刀具运动的位置伺服控制等。而 PLC 主要完成与逻辑运算有关的一些动作, 它接收程序代码中的 M (辅助功能)、S (主轴转速)、T (选刀、换刀) 等开关量动作信息, 对开关量动作信息进行译码, 转换成对应的控制信号, 控制辅助装置完成机床相应的开关动作, 如工件的装夹、刀具的更换和冷却液的开关等一些辅助动作。它还接收机床操作面板的指令, 一方面直接控制机床的动作 (如手动操作机床), 另一方面将一部分指令送往数控装置用于加工过程的控制。

(2) 伺服系统

伺服系统是机床工作的动力装置, 计算机数控装置的指令要靠伺服驱动系统付诸实施。伺服系统由伺服单元和执行元件组成。

伺服单元接收来自数控装置的速度和位移指令, 这些指令经伺服单元变换和放大后, 通过执行元件转变成机床进给运动的速度、方向和位移。因此, 伺服单元是数控装置与机床本体的联系环节, 它把来自数控装置的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率信号。伺服单元分为主轴单元和进给单元等。

执行元件的作用是把经过伺服单元放大的指令信号变为机械运动, 通过机械连接部件驱动机床工作台, 使工作台精确定位或按规定的轨迹作严格的相对运动, 加工出形状、尺寸与精度符合要求的零件。常用的执行元件有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机, 且交流伺服电动机已经取代直流伺服电动机, 成为驱动装置的主流产品。

伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。从某种意义上说, 数控机床的功能主要取决于数控装置, 而数控机床的性能主要取决于伺服驱动系统。

大多数数控机床还装有位置检测装置, 用于检测实际的位移量。伺服系统中的位移比较环节将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。

(3) 机床本体

机床本体是加工运动的机械部件, 包括主运动部件、进给运动部件 (工作台、刀架) 和支承部件 (如床身、立柱) 等。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,数控机床普遍采用了滚珠丝杠和滚动导轨,使传动效率更高;数控机床由于减少了齿轮的数量,使传动系统更为简单。

1.1.3 数控机床的工作过程

数控机床的工作过程如图 1-2 所示。各步工作解释如下。

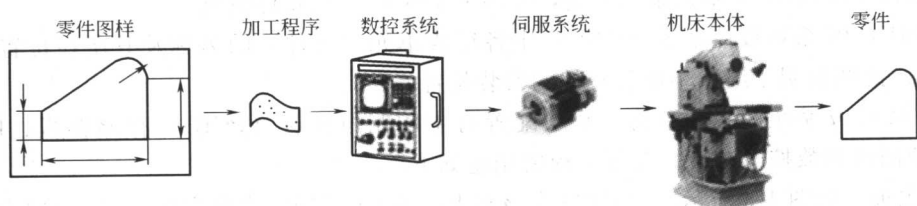


图 1-2 数控机床的工作过程

① 零件图样是加工的原始资料,它记载着加工工件的几何信息和工艺信息,这些信息是编制数控加工程序的依据。

② 根据零件图样编写数控加工程序。

③ 把数控程序输入到数控装置中,数控程序经过数控装置处理后,变成伺服系统能够接受的控制电信号。

④ 伺服系统由伺服电路和伺服驱动元件组成,它把控制电信号转换为机械运动物理量。

⑤ 驱动机床,加工工件。

⑥ 完成零件加工。

1.1.4 FANUC 数控系统

目前国内外很多公司都生产数控系统。数控系统虽然种类繁多,数控机床也各不相同,但数控系统的操作与编程原理基本相同。本书以在我国使用较为广泛的 FANUC 系统,有针对性地讲述数控机床的操作与编程。

FANUC 公司自 20 世纪 50 年代末期生产数控系统以来,陆续生产了 40 多个系列的数控系统,特别是 20 世纪 70 年代中期开发出 FS5, FS7 系统以后,所生产的数控系统都是 CNC 结构。20 世纪 80 年代, FANUC 公司生产的较有代表性的数控系统是 F6 和 F11。F0/F00/F0-Mate 系列是目前在中国市场上销售量最大的一种系统。新型号是在原有型号后加字母“i”,如 FANUC 0i 系列、FANUC 12i 系列等。FANUC 0i 是一种采用高速 32 位微处理器的高性能数控系统。其中 FANUC 0i-M 和 F0FANUC 0i-T 分别用于数控镗铣床和数控车床。FANUC 0i 系列数控系统具有下述特点。

① 本系统是一种小型高精度、高性能的软件固定型 CNC。这不仅提高了系统可靠性,还提高了系统的性价比。

② 为了便于系统的维修,系统内部具备多种自诊断功能,并能分类显示 CNC 内部状态。一旦发生故障,报警指示灯立即发亮,并使 CNC 停止工作,同时在 CRT 上可分类显示出故障详细内容。在 CRT 显示器上,可显示出从 CNC 输出或向 CNC 输入的接通、关断

信号,通过 MDI (手动数据输入),能以“位”为单位接通、关断从 CNC 输出的接通、关断信号。

③ 可用 CRT 显示检查数控系统的快速进给速度、加/减速时间常数等各种参数设定值。

④ 由于采用了高速微处理器的数字式交流伺服系统,无漂移影响,实现了高速、高精度的控制。

下面以 FANUC 0i 系列系统为例,介绍 FANUC 系统硬件组成。

FANUC 0i 系列数控系统 (CNC) 中各组成单元 (硬件) 的名称及其所在位置,如图 1-3 所示。此图表明了组成系统各硬件的安装位置。

FANUC 0i 系统为大板结构。基本配置有主印制电路板 (PCB)、存储器板、I/O 板、伺服轴控制板和数控电源板。其每个板的用途如下。

① 主板。如图 1-3 所示。主 CPU 在该板上。主 CPU 用于系统主控,显示的 CRT 控制

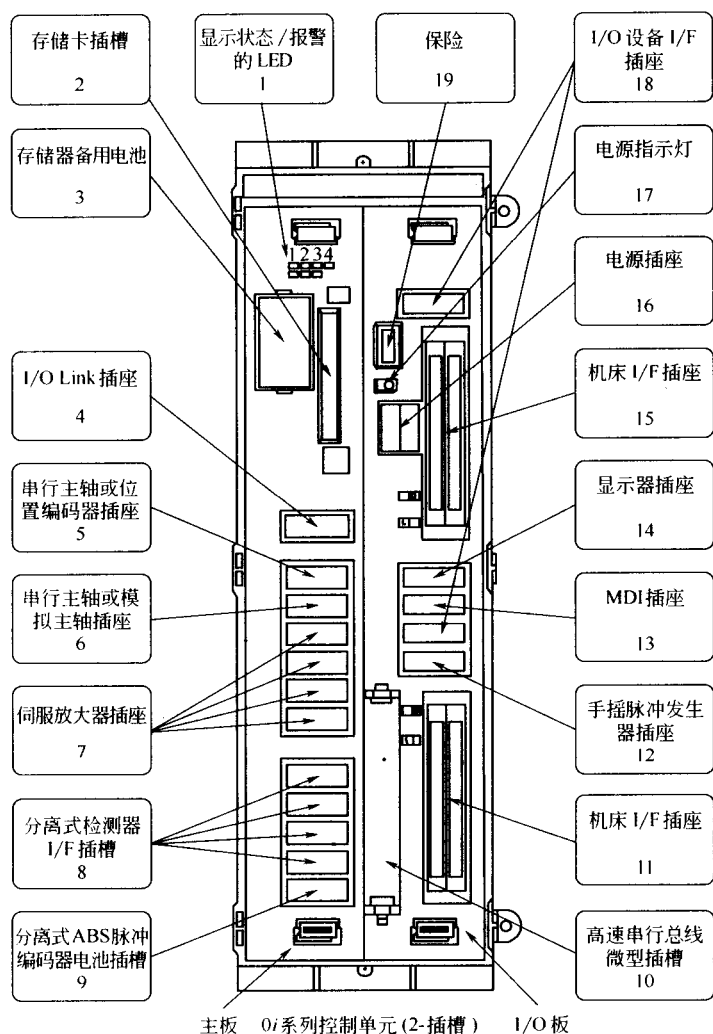


图 1-3 FANUC 0i 系列各组成单元的构成

也在该板上。

② 存储器板。该板上装有：

- 系统的控制软件 ROM（共 5 片）。系统可控制车床（0i T 系统）、铣床（镗床、钻床）及加工中心（0i M 系统）、磨床（0i G 系统）和冲床（0i P 系统）。不同类型的机床，系统软件不同。

- 伺服控制软件 ROM 1 片。

- PMC L 的 ROM 芯片 2 片，用于存储机床的强电控制逻辑程序。

- RAM 芯片，用于寄存 CPU 的中间运算数据，根据需要安装。

- CMOS RAM，用于存储系统和机床参数、零件加工程序。根据用户要求配置，最大可为 128kB。CMOS RAM 与 4.5V 电池相连，关机时也可保存信息。

③ I/O 板。如图 1-3 所示。该板是 CNC 单元与机床强电柜的接口。接收或输出 24V 直流信号，由 PMC 实施输入输出控制。I/O 点数可根据机床的复杂程度选择。标准配置为 104 个输入点，72 个输出点。

④ 进给伺服控制板。BEIJING-FANUC 0i 系统全部用数字式交流伺服控制。其控制板装在 CNC 单元内，插在主板上，即 CNC 单元与进给伺服为一体化设计。伺服板上有 2 个 CPU（TMS320），用于伺服的数字控制。每个 CPU 控制 2 个轴，一块板可控制 4 个轴。该板接受主 CPU 分配的伺服控制指令，输出 6 个相位各差 60° 的脉宽调制信号（每轴），加于各轴的伺服驱动的功率放大器上。

FANUC 0-D 系统为 4 轴（最大配置）控制，4 轴联动，只用一块伺服板。FANUC 0-C 最多可控制 6 个轴，控制 6 个轴时需用 2 块板。

⑤ 电源。主要提供 5V 和 24V 直流电源。5V 直流电源用于各板的供电，24V 直流电源用于单元内继电器控制。

⑥ RS232C 串行口及数据通信。

除上述这些板外，还有图形控制板、PMC 板和远程缓冲器板等，用户可根据要求选订。

1.1.5 数控系统发展与数控机床类型

20 世纪 90 年代以来，计算机技术的发展日新月异，使得在通用微机上以软件方式可以实现各种数控功能，数控系统组成发生了深刻变化。PC 机上的丰富软件资源、友好的人机界面，是其他数控系统无法比拟的。基于 PC 机的开放式数控系统已成为世界数控技术的发展潮流，以 PC 机为平台的数控系统的应用范围迅速扩大。最主要的发展趋势就是采用“PC+运动控制器”的开放式数控系统，它不仅具有信息处理能力强、开放程度高、运动轨迹控制精确和通用性好等特点，而且还从很大程度上提高了现有加工制造的精度、柔性和快速反应市场需求的能力。

由于数控系统的强大功能，使数控机床种类繁多，按用途可分为如下三类。

① 金属切削类数控机床。金属切削类数控机床包括数控车床、数控铣床、数控磨床、数控钻床、数控镗床和加工中心等。

② 金属成形类数控机床。金属成形类数控机床有数控折弯机、数控弯管机、数控冲床和数控压力机等。

③ 数控特种加工机床。数控特种加工机床包括数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光加工机床和数控淬火机床等。

1.1.6 数控加工使用范围

数控加工的特点是自动化程度高,加工精度高,对加工对象的适应性强,数控加工适用于:

- ① 单件小批生产的零件加工和成批生产中的关键工序加工。
- ② 加工精度高,具有形状复杂的曲线或曲面的零件加工。
- ③ 需要多次改型设计的零件加工。
- ④ 需要钻、镗、铰、攻丝及铣削多个工序加工的工件,如箱体零件的加工。
- ⑤ 价值高的零件。
- ⑥ 进行精密复制的零件加工。
- ⑦ 用通用机床加工时,需要复杂的专用夹具或需要很长的调整时间的零件加工。

1.2 数控铣床及加工中心设备

数控铣床和加工中心是用于镗铣加工的数控机床,在航空航天、汽车制造和模具制造业中应用广泛,在数控机床中所占的比重最大,应用也最为广泛。数控铣床与加工中心的主要区别是数控铣床没有刀库和自动换刀功能,而加工中心具有刀库和自动换刀功能。不同厂家生产的数控铣床和加工中心的编程和操作是类似的,但有一定的区别,具体应用时必须参考机床编程手册和操作手册。

1.2.1 数控铣床及加工中心概述

(1) 数控机床机械结构的主要组成

数控机床大致由以下几个部分组成。

- ① 机床基础件,如床身和底座等。
- ② 主传动系统。
- ③ 进给系统。
- ④ 实现工件回转、定位的装置和附件。
- ⑤ 刀架或自动换刀装置(ATC)。
- ⑥ 自动托盘交换装置(APC)。
- ⑦ 辅助装置,如液压、气动、润滑、冷却、排屑和防护等装置。
- ⑧ 特殊功能装置,如刀具破损监控、精度检测和监控装置等。
- ⑨ 各种反馈信号装置及元件。

随着电子控制技术在机床上的普及和应用,数控机床的机械结构也在不断发展和变化。

(2) 数控机床机械结构的主要特点

① 高刚度和高抗振性 机床的刚度是机床的技术性能之一,它反映了机床的结构抵抗变形的能力。根据机床所受载荷性质的不同,机床在静态力作用下的刚度称为机床的静刚度。机床在动态力作用下的刚度称为机床的动刚度。数控机床的动刚度和静刚度均大于普通机床。

② 减少机床热变形的影响 由于数控机床的主轴转速、进给速度远远高于普通机床,而且大切削用量所产生的热切屑对工件和机床部件的热传导影响远较普通机床严重。所以,