

数控铣工

实际操作手册

SHIJICAOZUO
SHOUCE



刘兆甲 王树遼 张文明 主编

 辽宁科学技术出版社

数控铣工 实际操作手册

刘兆甲 王树遼 张文明 主编

辽宁科学技术出版社

沈 阳

图书在版编目 (CIP) 数据

数控铣工实际操作手册/刘兆甲, 王树遒, 张文明主编. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2007.4

ISBN 978-7-5381-4745-2

I. 数... II. ①刘...②王...③张... III. 数控机床: 铣床—技术手册
IV. TG547-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 046554 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 25 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: 140mm × 203mm

印 张: 15.75

字 数: 400 千字

印 数: 1~5000

出版时间: 2007 年 4 月第 1 版

印刷时间: 2007 年 4 月第 1 次印刷

责任编辑: 韩延本

封面设计: 杜 江

版式设计: 于 浪

责任校对: 王玉宝

ISBN 978-7-5381-4745-2

定 价: 26.80 元

联系电话: 024-23284372

邮购热线: 024-23284502 23284357

E-mail: elecom@mail.lnpgc.com.cn

http://www.lnkj.com.cn

前 言

制造业已成为国民经济的支柱产业。据统计,美国 68% 的社会财富来源于制造业,日本国民总产值的 49% 是由制造业提供的,我国的制造业产值在工业总产值中也占 40%。而机械制造业的发展规模和水平,则是反映国民经济实力和科学技术水平的重要标志之一。先进的数控技术是制造业目前广泛使用的技术手段。

数控机床是典型的机电一体化产品,综合了精密机械、电子、自动控制、自动检测、故障诊断和计算机等方面的技术。大力推广使用数控机床是我国制造业提高制造能力和水平、提高市场适应能力和竞争能力的必由之路。

数控铣削加工是机械加工中最常用和最主要的数控加工方法之一。随着数控铣床的日趋普及,急需培养一大批能够熟练掌握数控铣床的编程、操作和维护的应用型技术人才。国家数控系统工程技术研究中心的一项调研结果显示,我国仅数控机床的操作工就短缺 60 多万人,且现有的数控应用技术人员在质量上也存在一定缺陷,他们的知识结构还不能完全适应和满足企业的需求。

本书以数控铣床操作工为主要对象,以数控铣床的加工工

艺、编程、操作与维修为核心内容,从数控铣床加工实训的要求出发,注重技能训练,结合典型实例,详细介绍了采用日本 FANUC (发那科)数控系统和德国 SIEMENS(西门子)数控系统的铣床的铣削加工工艺分析、编程、操作与维修等核心内容,使读者在加工实践中逐步增强数控铣加工工艺分析能力、操作能力及数控编程能力,学习到数控技工必需的技能。

书中精选了大量的典型零件铣加工实例和数控加工程序,分门别类,由浅到深,既有利于读者的学习,又对同仁们的工作有参考价值。

参加本手册编写的还有王滨、焦万才、姜丹、李京平、杨芙、姜海燕、易广建、李洋、潘峰、高永生、王海涛、王萍、崔坤、高原、孙绍功等。

限于编者的水平和经验,书中欠妥之处在所难免,恳请读者和各位同仁提出宝贵意见。

编 者

目 录

前 言

第一章 数控技术基础	001
第一节 数控技术与数控机床	001
一、数控技术	001
二、数控机床	007
第二节 数控机床主要组成部分与基本工作过程	008
一、数控机床主要组成部分	008
二、数控机床基本工作过程	011
第三节 数控机床分类及应用范围	014
一、数控机床分类	014
二、数控机床应用范围	023
第四节 数控系统与数控机床发展趋势	026
一、数控系统发展趋势	026
二、数控机床发展趋势	027
第二章 数控铣床	032
第一节 数控铣床概述	032
一、数控铣床组成	032
二、数控铣床分类	033
三、数控铣床特点	036
第二节 数控铣床机械结构组成	037
一、数控铣床机械结构组成	037
二、数控铣床机械结构主要特点	041
第三节 数控铣床传动系统及主轴部件	043

一、数控铣床主传动系统	043
二、主轴部件结构	047
第四节 数控铣床进给系统	053
一、滚珠丝杠螺母副	053
二、导轨副	058
三、升降台	065
四、传动齿轮间隙的消除	067
第五节 数控铣床常用辅助装置	074
一、回转工作台	074
二、排屑装置	079
第六节 典型数控系统介绍	081
一、FANUC 数控系统	082
二、SIEMENS 数控系统	084
三、FAGOR 数控系统	085
四、华中数控系统	086
五、北京航天数控系统	088
 第三章 数控铣削加工工艺	089
第一节 数控铣削加工工艺概述	089
一、数控铣削加工主要对象	089
二、数控铣削加工特点	091
三、数控铣削加工工艺主要内容	092
第二节 数控铣削加工工艺	092
一、数控铣削加工部位及内容选择	092
二、数控铣削加工零件工艺性分析	093
三、数控铣削加工工艺路线确定	099
四、数控铣削加工工件装夹与定位	113
五、数控铣床夹具	118
六、数控铣削加工刀具选择	123

七、切削用量确定	143
八、对刀点和换刀点选择	149
九、顺铣与逆铣	150
十、切削液开关	151
十一、填写数控加工技术文件	152
第三节 典型零件 (平面凸轮) 数控铣床加工工艺分析	157
第四章 数控铣削加工编程	161
第一节 数控铣削加工编程概述	161
一、数控铣削加工编程内容与方法	161
二、数控铣削加工程序结构及程序段格式	163
三、小数点输入	168
四、数控铣床编程规则	169
五、主程序和子程序	173
第二节 数控铣床坐标系和原点	178
一、数控铣床坐标系	178
二、几种常见坐标系及其原点	180
三、程序原点设置与偏移	183
第三节 数控铣削加工编程中刀具补偿	189
一、数控铣削加工编程中刀具半径补偿	189
二、数控铣削加工编程中刀具长度补偿	196
第四节 数控铣削加工编程数值计算	201
一、数控铣削加工编程数值计算内容	201
二、基点坐标计算	203
三、非圆曲线节点坐标计算	206
四、列表曲线型值点坐标概念	207
第五节 典型数控系统指令代码	209
一、FANUC 数控铣削系统指令代码	209

二、SIEMENS 数控铣削系统指令代码	217
第六节 数控铣削加工编程实例	220
第五章 数控铣床实训基础	231
第一节 数控铣床操作规程	231
一、数控机床操作安全规范	231
二、数控设备通用操作规程	233
三、数控铣床安全操作规程	235
第二节 数控铣床操作步骤	236
第三节 常用量具	238
一、百分表	238
二、千分尺	241
三、游标卡尺	244
第四节 数控铣床装夹工件实训	248
一、使用平口虎钳装夹工件	248
二、使用 T 形槽用螺钉和压板固定工件	252
三、用组合压板安装工件	253
四、弯板的使用	254
五、V 形块的使用	255
六、工件通过托盘装夹在工作台上	257
七、数控铣床装夹工件实例	258
第五节 数控铣床装夹刀具实训	259
一、手动换刀过程	259
二、硬质合金可转位铣刀刀片装夹在刀体上	260
三、铣刀装夹在铣床主轴上	263
第六节 数控铣床对刀实训	265
一、对刀点的选择原则	265
二、数控铣床对刀	265
三、数控铣床对刀实训	273

第七节 数控铣加工中切削液的使用	275
一、切削液的使用	275
二、切削液使用中出现的問題及其对策	276
第八节 数控铣床日常维护	279
一、数控系统维护	279
二、机械部件维护	281
三、液压、气压系统维护	281
四、铣床精度维护	282
五、数控铣床长期不用的维护	282
第六章 典型数控系统数控铣床加工实训	285
第一节 FANUC 系统数控铣床加工实训	285
一、数控系统操作面板(CRT/MDI 操作面板)	286
二、机床控制面板	290
三、数控铣床手动操作实训	293
四、FANUC 系统数控铣床操作实训	303
第二节 SIEMENS 系统数控铣床加工实训	308
一、数控系统操作面板(CRT/MDI 操作面板)	309
二、机床控制面板	311
三、数控铣床基本操作	314
四、数控铣床系统参数设定	327
五、零件铣削加工实训	333
第七章 典型零件数控铣床加工综合实训	340
第一节 轮廓及平面零件数控铣床加工综合实训	340
第二节 曲面类零件数控铣床加工综合实训	350
第三节 模具零件数控铣床加工综合实训	356
第四节 带孔类零件数控铣床加工综合实训	360
一、孔的加工方法	360

二、固定循环指令	363
三、孔加工	365
第五节 带槽类零件数控铣床加工综合实训	378
第六节 凸轮零件数控铣床加工综合实训	384
第七节 端盖零件数控铣床加工综合实训	393
第八节 综合铣削加工实训	400
第八章 数控铣床故障诊断与维修	418
第一节 维修基础	418
一、数控机床维修基本要求	418
二、维修基本步骤	423
第二节 数控铣床机械部件的故障诊断与维修	430
一、数控铣床主传动系统的故障诊断与维修	430
二、数控铣床进给系统的故障诊断与维修	434
三、数控铣床导轨副的故障诊断与维修	439
四、数控铣床回转工作台的故障诊断与维修	441
五、数控铣床辅助装置的故障诊断与维修	445
第三节 数控铣床典型数控系统故障诊断与维修	454
一、常见控制系统故障	454
二、FANUC 系统故障诊断与维修	456
三、SIEMENS 系统故障诊断与维修	459
第四节 数控铣床伺服系统故障诊断与维修	463
一、数控铣床伺服进给系统概述	463
二、FANUC 伺服系统故障诊断与维修	464
三、SIEMENS 伺服系统故障诊断与维修	476
第五节 数控铣床主轴驱动系统故障诊断与维修	483
一、数控铣床主轴驱动系统概述	483
二、数控铣床主轴驱动系统故障诊断与维修	488
参考文献	

第一章 数控技术基础

第一节 数控技术与数控机床

一、数控技术

数控技术是一种自动化加工技术，它综合了计算机、自动控制、电机、电气传动、测量、监控和机械制造等学科的内容，在机械制造业中已得到了广泛的应用。

数字控制（NC，Numerical Control），简称数控，是指利用数字化的代码构成的程序对设备的工作过程实现自动控制的一种方法。数控系统（NCS，Numeric Control System）是指利用数字控制技术实现的自动控制系统。

数控系统的硬件基础是数字逻辑电路。最初的数控系统是由数字逻辑电路构成的，因而被称为硬件数控系统。随着微型计算机的发展，硬件数控系统已逐渐被淘汰，取而代之的是当前广泛采用的计算机数控系统（CNC，Computer Numeric Control），采用存储程序的专用计算机实现部分或全部基本数控功能，从而具有真正的“柔性”，并可以处理硬件逻辑电路难以处理的复杂信息，使数控系统的性能大大提高。

数控系统包括输入输出装置、计算机数控装置（或称 CNC 装置）、伺服驱动装置、位置检测装置、辅助控制装置等几部分，如图 1-1 所示。

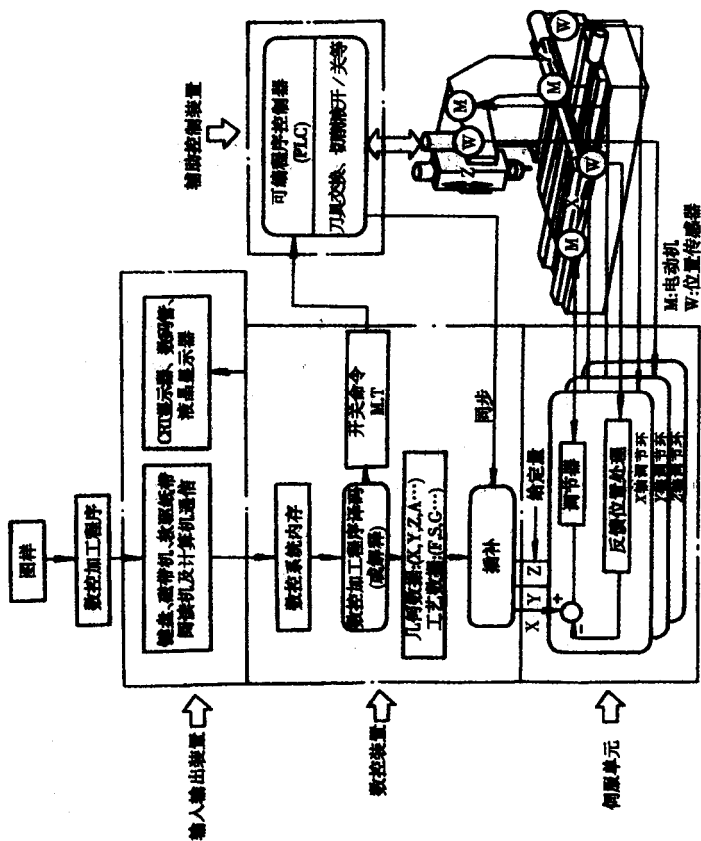


图 1-1 数控系统的基本组成及工作过程

1. 输入输出装置

CNC 机床在进行加工前, 必须接受由操作人员输入的零件加工程序, 然后才能根据输入的加工程序进行加工控制, 从而加工出所需的零件。在加工过程中, 操作人员要向机床数控装置输入操作命令, 数控装置要为操作人员显示必要的信息, 如坐标值、报警信号等。此外, 输入的程序并非全部正确, 有时需要进行编辑、修改和调试。以上工作都是机床数控系统和操作人员进行信息交流的过程, 要进行信息交流, CNC 系统中必须具备必要的交互设备, 即输入/输出装置。

面板和显示器是数控系统不可缺少的人机交互设备, 操作人员可通过面板和显示器输入程序、编辑修改程序和发送操作命令, 即进行手动数据输入 (MDI, Manual Data Input)。数控系统通过显示器为操作人员提供必要的信息, 根据系统所处的状态和操作命令的不同, 显示的信息可以是正在编辑的程序, 或是机床的加工信息。较简单的显示器只有若干个数码管, 显示的信息也很有限; 较高级的系统一般配有 CRT 显示器或点阵式液晶显示器, 显示的信息较丰富; 低档的显示器只能显示字符, 中、高档的显示系统能显示图形。

数控加工程序编制好后, 一般存放于便于将数据输入到数控装置的一种控制介质上。传统的方式是将编制好的程序记录在穿孔纸带或磁带上, 然后由纸带阅读机或磁带机输入数控系统, 因此, 纸带阅读机和磁带机是数控机床的典型输入设备。

随着计算机技术的发展, 一些计算机中的通用技术也融入到数控系统中, 如磁盘也作为存储零件程序的介质被引入数控系统。与纸带相比, 磁盘存储密度大, 存取速度快, 存取方便, 所以, 应用越来越广泛。

数控机床程序输入的方法除上述的面板、磁盘、磁带和穿孔纸带外, 还可以用标准的 R232 串行接口通信的方式输入。

随着 CAD、CAM、CIMS 技术的发展, 机床数控系统和计算机的通信显得越来越重要。

2. 数控装置 (CNC 装置)

数控装置是数控系统的核心, 它的功能是接受输入装置的加工信息, 经过输入、缓存、译码、寄存、运算、存储等处理后, 发出相应的脉冲送给伺服驱动装置, 通过伺服驱动装置控制机床的各个运动部件按规定要求动作。

数控装置由硬件和软件两大部分组成。

硬件包括电源、CPU、存储器、译码器、驱动器、输入输出接口及显示器等。硬件分为专用计算机和工业用 PC 机, 见表 1-1。

表 1-1 CNC 装置硬件

项 目	专用计算机	工业用 PC 机
价格	批量小时价格高	批量大, 价格较低
可靠性	高	一般很高 偶尔有死机的可能
软件升级	受一定限制	升级余地较大
技术发展	受限制	能吸收计算机新技术
通用性	差	共用平台上开发各种机床的 控制软件
模块化	硬件可模块化	软件可模块化

软件又分为系统软件和加工软件, 其主要功能见表 1-2。

表 1-2 软件功能

控制类别	主 要 功 能
程序管理	接收存储加工程序, 列程序清单, 调出程序进行加工或 进行修改、删除、更名等

续表

控制类别	主 要 功 能
参数管理	机床参数有：参考点、机床原点、极限位置、刀架相关点、零件参数、零件原点 刀具参数：刀号、刀具半径、长度补偿 机床特征参数
程序执行	译码，数据处理，插补运算，进给速度计算，位置控制
机床状态监控	接收处理各传感器反馈信息
诊断	开机自诊，配合离线诊断，遥测诊断
图形模拟	验证加工程序，实时跟踪模拟
补偿	热变形补偿，运动精度补偿等

硬件为软件提供了活动的舞台，是软件的肌体；软件是整个系统的灵魂，数控系统在软件的控制下，有条不紊地进行工作，实现对机床的加工控制。硬件和软件的关系是密不可分的。

3. 伺服驱动装置

伺服驱动装置主要指各坐标轴进给驱动的位置控制装置。伺服驱动装置是数控装置和机床机械传动部件的联系环节，是数控机床的重要组成部分，是关键部件，是数控机床的三大组成部分之一。它本身通常是一个双闭环的控制系统，根据来自数控装置的控制信号对伺服电动机进行控制。

4. 位置检测装置

位置检测装置可以包括在伺服系统中，它由检测元件和相应的电路组成，其作用主要是将运动部件的实际位移、速度及当前的环境(温度、摩擦力和切削力等因素的变化)参数加以检测，并将信息反馈回控制系统，构成闭环控制。反馈装置可以有效地改善系统的动态特性，提高零件的加工精度。无测量反馈装置的系统称为开环系统。常用的位置检测元件见表 1-3。

表 1-3 位置检测元件

类 型	增 量 式	绝 对 式
回转型	脉冲编码器 旋转变压器 圆感应同步器 圆光栅 圆磁栅	多速旋转变压器 绝对脉冲编码器 三速圆感应同步器
直线型	直线感应同步器 计量光栅 磁尺 激光干涉仪	三速感应同步器 绝对值式磁尺

5. 辅助控制装置

辅助控制装置是介于数控装置和机床机械、液压部件之间的控制装置，可通过可编程控制器来实现对机床辅助功能 M、主轴速度功能 S 和换刀功能 T 的逻辑控制。

可编程控制器是数控机床的逻辑控制中心，用于完成数控机床的各种逻辑运算和顺序控制，如机床启停、工件装夹、刀具更换、冷却液开关等辅助动作。可编程控制器还接受机床操作面板的指令，一方面直接控制机床的动作，另一方面将有关指令送往 CNC 用于加工过程控制。数控系统中可编程控制器的分类见表 1-4。

表 1-4 可编程控制器的分类

分 类	特 点	说 明
内装型	CNC 装置带有 PMC 功能	一般作为基本功能和可选择功能提供给用户
	其性能指标按 CNC 系统规格、性能、机床类型来确定	其与 CNC 装置一起设计、制造，硬件、软件整体结构紧凑，技术指标合理、实用，成本较低
	结构灵活	可与 CNC 共用 CPU，也可单设 CPU；可与 CNC 共处一块印制电路板上，也可作为附加插装板