

JIAGONG
ZHONGXINBIANCHENGYUCAOZUO

新世纪劳动技能与劳动力转移培训教材

就业 立业 创业

加工中心编程与操作 快速入门

Kuaisu rumen

主 编 陈朝阳

副主编 钱祥春



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

新世纪劳动技能与劳动力转移培训教材

加工中心编程与 操作快速入门

主 编 陈朝阳

副主编 钱祥春



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书内容包括加工中心的基础知识、加工工艺、编程基础、FANUC 系统的编程与操作、SIEMENS 系统的编程与操作等知识。内容上力求精简、实用,针对当今市场上广泛使用的数控系统,讲解分析其编程方法及操作。学员学习后可直接上机操作,即学即用,避免所学的知识与实际脱节。

本书适合技工学校学生的数控培训教材;也适合进城务工农民、企业下岗职工、复退转业军人的上岗培训教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

加工中心编程与操作快速入门/陈朝阳主编. —北京:
北京理工大学出版社, 2008. 6

新世纪劳动技能与劳动力转移培训教材

ISBN 978-7-5640-1606-7

I. 加… II. 陈… III. ①数控机床-程序设计-技术培训-教材②数控机床-操作-技术培训-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 070836 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心)
68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

销 / 全国各地新华书店

刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 880 毫米×1230 毫米 1/32

印 张 / 9.25

字 数 / 242 千字

版 次 / 2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数 / 1~4000 册

定 价 / 17.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 周瑞红

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

新世纪劳动技能与劳动力转移培训 教材编委会

主 任 张伟贤

副主任 潘白海 蒋 倩 卢玉章 袁梁梁 姚国铭

王立新 高建明 李凤云 张晓松 邱玲敏

参编名单

江苏省劳动和社会保障厅

江苏城市职业学院武进校区

江苏技术师范学院

江苏工业学院

常州信息职业技术学院

常州轻工职业技术学院

常州纺织技术学院

常州机电职业技术学院

常州高级技工学校

常州武进职业教育中心学校

常州市劳动和社会保障局就业管理处

常州科教城现代工业中心

南京金唯信息技术有限公司

前言

加工中心编程与操作快速入门

当前,数控加工技术正在迅速发展并逐步普及。随着数控技术的发展,数控机床价格逐步走向理性化,并越来越低廉。国内数控机床的应用也急剧上升,因此,市场就急需一大批熟练掌握加工中心编程和操作的技术型应用人才。国家正在大力推进高等职业教育,培养高职学生,充实生产一线。但这远远不够。作为城市建设者之一的大量的失地农民、下岗工人、进城务工人员、企业员工及复、转、退军人转岗等这部分社会群体,也应该接受职业技术的教育和技能培训。这是创建和谐社会的需要,也是社会主义四化建设的需要。针对这部分群体的特点,本书着重于把数控机床的编程和操作知识讲解得浅显易懂,使数控技术知识能在大众中得到推广,数控编程不再是想从事这种职业的人的不可逾越的知识屏障。本书也适合技工学校学生进行数控培训的参考教材。

本书内容包括加工中心的基础知识、数控车削加工工艺、加工中心编程基础、FANUC 系统加工中心的编程与操作、SIEMENS 系统加工中心的编程与操作等知识。内容上力求精简、实用,针对当今市场上广泛使用的数控系统,讲解分析其编程方法及操作。学员学习后可直接上机操作,即学即用,避免所学的知识与实际相脱节。

本书课题 2、3、4、5 由常州轻工职业技术学院(国家级数控实训基地)陈朝阳(数控、模具高级技师、讲师、工程师)编著。编者多年来从事数控机床改造、数控编程操作生产、模具加工、数控机床和

加工中心编程和操作的培训教学工作。书中知识点、实例均为编者的多年实践和教学培训经验的结晶。课题1由南京金唯信息技术有限公司钱祥春（国家注册设备监理师）编写。

由于编者水平有限，加上数控技术发展日新月异，书中的不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

加工中心编程与操作快速入门

课题 1 加工中心概述	(1)
第一节 数控机床概述	(2)
第二节 加工中心概述	(6)
第三节 加工中心的日常维护	(7)
第四节 加工中心的常见故障及其诊断	(13)
课题 2 加工中心的加工工艺	(17)
第一节 加工中心刀具的选择	(17)
第二节 加工中心切削用量的选择	(27)
第三节 加工中心加工工艺分析	(31)
第四节 加工中心常用的工具和夹具	(34)
第五节 加工中心坐标系	(40)
第六节 加工中心机床的对刀	(44)
课题 3 加工中心编程基础	(49)
第一节 加工中心编程基础知识	(50)
第二节 加工中心的编程规则	(52)
第三节 加工中心程序的指令代码	(55)
第四节 加工中心程序的格式与组成	(59)
第五节 手工编程中的零件轮廓点计算	(61)
第六节 刀具补偿功能	(65)

课题 4	FANUC 系统加工中心的编程与操作	(70)
第一节	FANUC-0i 系统功能指令	(71)
第二节	直线和圆弧基本指令的应用	(77)
第三节	其他 G 功能指令的应用	(87)
第四节	零件编程综合实例	(115)
第五节	FANUC-0i 系统加工中心机床的操作	(128)
课题 5	SIEMENS 系统加工中心的编程与操作	(150)
第一节	SIEMENS 系统功能指令	(151)
第二节	基本指令的应用	(156)
第三节	其他 G 功能指令的应用	(167)
第四节	FRAME 功能指令概述	(173)
第五节	SINUMERIK 802D 系统循环指令	(180)
第六节	综合实例编程	(237)
第七节	SIEMENS 802D 系统加工中心的操作	(247)
参考文献		(285)

课题 1

加工中心概述

- ◎第一节 数控机床概述
- ◎第二节 加工中心概述
- ◎第三节 加工中心的日常维护
- ◎第四节 加工中心的常见故障及其诊断

【知识要点】

掌握数控加工中心的组成及各个部分作用；了解其工作原理；了解加工中心的特点及种类；掌握文明生产及加工中心机床的日常维护；了解加工中心的常见故障的种类；掌握检测故障的常规方法。

加工中心是带有刀库和自动换刀装置的数控机床，又称为自动换刀数控机床或多工序数控机床。其特点是数控系统能控制机床自动地更换刀具，连续地对工件各加工表面自动进行铣（车）、钻、扩、铰、镗、攻螺纹等多种工序的加工；适用于加工凸轮、箱体、支架、盖板、模具等各种复杂型面的零件。

与数控铣床相比，加工中心有了刀库和自动换刀装置。一次安装工件可以完成多工序加工，避免了因多次安装造成的误差，减少机床台数，提高了生产效率和加工自动化程度。

第一节 数控机床概述

一、数控机床的组成

数控机床通常由程序载体、输入装置、数控装置、伺服系统、位置反馈系统和机床本体组成。

1. 程序载体

储存有零件加工程序的载体，如穿孔带、录音磁带、软盘或硬盘等。

2. 输入装置

将程序载体内的有关加工信息读入数控装置的设备。数控机床还可以不用任何程序载体，通过数控机床操作面板上的键盘，用手工将工件加工程序输入数控装置。

3. 数控装置

数控装置是数控机床的核心。它根据输入的程序和数据，完成数值计算、逻辑判断、输入和输出控制等。数控装置一般由专用计算机、输入输出接口板及可编程序控制器等组成。

4. 伺服系统

伺服系统包括伺服控制线路、功率放大线路、伺服电动机等执行装置，它接收数控装置发出的各种动作命令，驱动数控机床进给传动系统运动。

5. 位置反馈系统

位置反馈系统的作用是通过位置传感器将伺服电动机的角位移或机床执行机构的直线位移转换成电信号，输送给数控装置，使之与指令信号进行比较，并由数控装置发出指令，纠正所产生的误差，使数控机床按工件加工程序要求的进给位置和速度完成加工。

6. 机床本体

机床包括主传动系统、进给系统以及辅助装置等。对于加工中心，

还有刀库、自动换刀装置（ATC）和自动托盘交换装置等。

二、数控机床的特点和应用

1. 特点

- (1) 具有广泛的适应性和较高的灵活性。
- (2) 加工精度高，质量稳定。
- (3) 加工生产率高。
- (4) 可获得良好的经济效益。

2. 数控机床的应用

- (1) 多品种、单件、小批量生产的零件。
- (2) 几何形状复杂的零件。
- (3) 需要频繁改型的零件。
- (4) 贵重的、不允许报废的关键零件。
- (5) 必须严格控制公差的关键零件。

三、数控机床的分类

1. 按加工工艺方式分

- (1) 切削机床类包括车床、铣床、刨床、磨床和加工中心。
- (2) 成型机床类包括数控冲压机、弯管机、折弯机等。
- (3) 多坐标数控机床是为适应复杂零件加工而设计的轴数较多的一种数控装置，是结构比较复杂的数控机床。
- (4) 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、数控激光切割机床等。

2. 按运动方式分类或按控制系统功能的特点分

- (1) 点位控制数控机床。数控装置只控制刀具从一点到另一点的准确定位。在移动过程中不进行加工。如数控钻床。
- (2) 直线控制数控机床。数控装置除了控制点与点之间的准确位置以外，还要保证两点之间移动的轨迹是一条直线，而且对移动的速度也要进行控制，以适应随工艺因素变化的不同需要，如简易数控

车床。

(3) 轮廓控制数控机床。数控装置能对两个或两个以上的运动坐标的位移及速度进行连续相关的控制,使合成的平面或空间的运动轨迹能满足加工的要求。如数控车床、数控铣床、加工中心等。

3. 按伺服系统的控制原理分

(1) 开环控制系统的数控机床。该系统机床通常不带位置检测元件,使用步进电机作为执行元件。开环控制系统的数控机床由于受步进电机的步距精度和传动机构传动精度的影响,难实现高精度加工。普通机床的数控化改造一般采用该系统。

(2) 闭环控制系统的数控机床。该系统有位置检测元件和速度检测元件,数控装置将位移和速度指令信号与对应的检测元件测得的工作台实际位置和速度反馈信号进行比较,根据差值及指令位置及进给速度的要求,按一定的规律进行转换后,得到进给伺服系统的位置与速度指令信号。

(3) 半闭环控制系统的数控机床。如果将位置或速度检测元件安装在驱动电动机的端部,或安装在传动丝杠端部,间接测量执行部件的实际位置、位移,就是半闭环控制系统。

(4) 混合环控制方式又分半闭环和闭环的混合形式。

4. 按功能分

(1) 经济型数控机床。该类机床大多指采用开环控制系统的数控机床,其功能简单,价格便宜,适用于自动化程度和加工精度要求不高的场合。

(2) 标准型数控机床。该类机床功能较全,价格适中,应用较广。也称为全功能数控机床。

(3) 多功能型数控机床。这类机床功能齐全,价格贵。用于加工复杂零件的大中型机床及柔性制造系统。

四、数控机床的高、中、低档的判别

(1) 看 CPU 的档次,位数越高,档次越高。位数有 8 位、16 位、

32 位、64 位等。

(2) 看系统的分辨率和进给速度的大小。分辨率为 $10\ \mu\text{m}$ ，进给率为 $8\sim 10\ \text{m/min}$ 的为低档数控；分辨率为 $1\ \mu\text{m}$ ，进给率为 $10\sim 20\ \text{m/min}$ 的为中档数控；分辨率为 $0.1\ \mu\text{m}$ ，进给率为 $15\sim 20\ \text{m/min}$ 的为高档数控。

(3) 看坐标联动数。数控机床具有的轴数是其可控制的轴数，称为可控制轴，联动轴数则是指能同时实现联合运动的轴的个数。联动轴数最少的为 2 轴是低档数控，控制轴数为 2.5 的是中档数控，控制轴数为 3 轴的是高档数控。

(4) 看通信功能的有无和强弱。无通信功能，只能通过面板上的键盘输入程序的是低档数控；有通信功能的，如 RS232 传输接口是中档系统；如果有软驱，U 盘接口，网络接口，则是高档数控系统。

(5) 看显示功能。使用数码管显示的数控系统一般是低档数控；使用屏幕带阴极射线 (CRT) 显示的为中档数控；用液晶显示一般为高档数控。

五、数控机床的发展趋势

数控机床的发展趋势是：

1. 性能

- (1) 高速化、高精度化、高性能、高可靠性、集成化；
- (2) 柔性化；
- (3) 工艺复合性和多轴化；
- (4) 实时智能化。

2. 功能

- (1) 用户界面图形化；
- (2) 科学计算可视化；
- (3) 插补和补偿方式多样化；
- (4) 内装高性能 PLC；
- (5) 多媒体技术应用。

3. 体系结构

- (1) 集成化;
- (2) 模块化;
- (3) 网络化;
- (4) 通用型开放式闭环控制模式;
- (5) 多媒体技术应用。

第二节 加工中心概述

一、加工中心机床的分类

1. 按加工方式分类

- (1) 车削加工中心;
- (2) 镗铣加工中心;
- (3) 复合加工中心(车、铣)。

2. 按主轴的位置不同分类

- (1) 立式镗铣加工中心;
- (2) 卧式镗铣加工中心。

3. 按支撑件的不同分类

- (1) 龙门式镗铣加工中心;
- (2) 动柱式镗铣加工中心。

4. 其他类

- (1) 双刀库加工中心;
- (2) 多工位镗铣加工中心。

二、加工中心机床结构

加工中心机床主要由底座、立柱、十字滑台、工作台、主轴箱、自动换刀装置、自动排屑装置、液压系统、气动系统、电气系统等组成。

三、加工中心的应用范围

加工中心的特点是数控系统能控制机床自动地更换刀具，连续地对工件各加工表面自动进行加工。其特点决定了加工中心适用于加工复杂、工序多、要求较高的零件加工。

(1) 工序范围有：铣、车、钻、扩、铰、镗、攻螺纹等。

(2) 零件种类范围有：凸轮类、箱体类、支架类、盖板类、盘套类、模具类（复杂曲面）等各种复杂形面的零件。

图 1-1 为立式加工中心机床外观图。

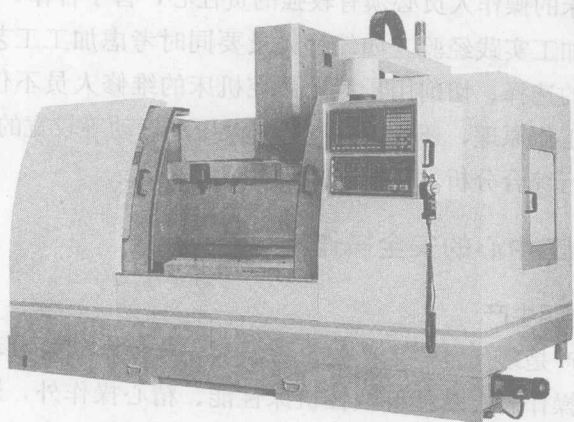


图 1-1 立式加工中心机床外观图

第三节 加工中心的日常维护

一、加工中心的使用要求

1. 数控机床使用的环境要求

数控机床可以同普通机床一样放在生产车间里，但要避免阳光的

直接照射和其他热辐射，避免太潮湿或粉尘过多的场合。腐蚀性气体最容易使电子元件受到腐蚀变质，造成接触不良或元件短路，影响机床正常运行。要远离振动较大的设备，如冲床、锻压设备等。对于高精度的机床还应采取防振措施。另外，如果条件允许的话，对于精度高、价格贵的数控机床最好将其放置于有空调的环境中使用。

2. 数控机床使用的电源要求

数控机床对电源没有特殊要求，一般都允许波动 $\pm 10\%$ 。但电网波动较大的使用场合就需要采用专线供电或增设稳压装置。

3. 数控机床使用时对操作人员的要求

数控机床的操作人员必须有较强的责任心，善于合作，技术较好，有一定的机加工实践经验。如编程人员要同时考虑加工工艺、零件的装夹、刀具的选择、切削用量等。数控机床的维修人员不仅要懂得机床的结构和工作原理，还应具有电器、液压和气动等较宽的专业知识，对问题有进行综合分析、判断的能力。

二、加工中心的安全操作规程

（一）文明生产

文明生产是现代企业生产的重要环节。数控车床是自动化程度很高的设备，操作者在掌握好数控机床性能、精心操作外，还要注意两方面，一是要用好、管好和维护好自己操作的数控车床；二是应养成文明生产的工作习惯和严谨的工作作风，要有责任心、团体合作精神等，最重要的是具备良好的职业素质。

（二）安全操作规程

加工中心的操作，一定要做到规范操作，以避免发生人身、设备、刀具等安全事故。普通铣床安全操作事项同样适用于加工中心，但加工中心机床操作又有它的特殊性。加工中心的操作有如下安全规程。

1. 操作前的安全操作

（1）零件加工前，一定要先检查机床的是否正常运行。可以通过试车方法来进行检查。

- (2) 操作机床前, 请仔细检查输入数据, 以免引起误操作。
- (3) 确定进给速度与操作的进给速度相适应。
- (4) 使用刀具补偿时, 请仔细检查补偿方向与补偿量。
- (5) CNC 与 PMC 参数都是机床厂设置的, 必要时备份。通常不要修改。如必须修改, 在修改前请确保对参数有深入全面的了解。
- (6) 机床通电后, CNC 装置尚未出现位置显示或报警画面时, 不要碰 MDI 面板上的任何键, 在开机时按下这些键, 可能使机床产生数据丢失等误操作。

2. 操作过程中的安全操作

- (1) 手动操作。当手动操作机床时, 要确定刀具和工件的当前位置并保证正确指定运动轴、方向和进给速度。
- (2) 手动回参考点。机床通电后, 务必先执行手动返回参考点。
- (3) 手摇脉冲发生器进给。在手摇脉冲发生器进给时, 一定要选择正确的进给率, 过大的进给率易造成刀具和机床的损坏。
- (4) 工件坐标系。手动干预、机床锁住或镜像操作都可能移动工件坐标系, 用程序控制机床前, 先确认工件坐标系。
- (5) 空运行。机床空运行时通常是把程序快速运行一下。空运行速度是编程速度的 50 倍 (机床厂家指定)。所以, 一定不能用空运行方式自动加工工件, 否则会发生严重的撞车事故。
- (6) 自动运行。机床在自动执行程序时, 操作人员不得撤离岗位, 要密切注意机床、刀具的工作状况, 根据实际加工情况调整加工参数。一旦发现意外情况, 应立即停止机床动作。

3. 关机时注意事项

- (1) 确认机床的全部运动均已完成。
- (2) 检查机床工作台面是否远离行程开关。
- (3) 检查刀具是否取下, 主轴锥孔内是否已清洁并涂上油脂。
- (4) 检查工作台面是否已清洁。
- (5) 关机时要求先关系统电源再关机床总电源。