

- ◆ 全国职业培训推荐教材
- ◆ 劳动和社会保障部教材办公室评审通过
- ◆ 适合于职业技能短期培训使用

● 推荐使用对象:

- ▲ 农村进城务工人员
- ▲ 就业与再就业人员
- ▲ 在职人员



数控加工中心操作 基本技能

全国职业培训推荐教材
劳动和社会保障部教材办公室评审通过
适合于职业技能短期培训使用

数控加工中心操作基本技能

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控加工中心操作基本技能/田大伟主编. —北京:中国劳动
社会保障出版社, 2007

职业技能短期培训教材

ISBN 978-7-5045-6637-9

I. 数… II. 田… III. 数控机床加工中心-程序设计
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 155608 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
850 毫米×1168 毫米 32 开本 3.75 印张 92 千字
2007 年 10 月第 1 版 2007 年 10 月第 1 次印刷

定价: 7.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

前 言

职业技能培训是提高劳动者知识与技能水平、增强劳动者就业能力的有效措施。职业技能短期培训能够在短期内，使受培训者掌握一门技能，达到上岗要求，顺利实现就业。

为了适应开展职业技能短期培训的需要，促进短期培训向规范化发展，提高培训质量，劳动和社会保障部教材办公室组织编写了职业技能短期培训系列教材，涉及二产和三产近百种职业（工种）。在组织编写教材的过程中，以相应职业（工种）的国家职业标准和岗位要求为依据，并力求使教材具有以下特点：

短。教材适合 15 天至 30 天的短期培训，在较短的时间内，让受培训者掌握一种技能，从而实现就业。

薄。教材厚度薄，字数一般在 10 万左右。教材中只讲述必要的知识和技能，不详细介绍有关的理论，避免多而全，强调有用和实用，从而将最有效的技能传授给受培训者。

易。内容通俗，图文并茂，容易学习和掌握。教材以技能操作和技能培养为主线，用图文相结合的方式，通过实例，一步步地介绍各项操作技能，便于学习、理解和对照操作。

这套教材适合于各级各类职业学校、职业培训机构在开展职业技能短期培训时使用。欢迎职业学校、培训机构和读者对教材中存在的不足之处提出宝贵意见和建议。

劳动和社会保障部教材办公室

内 容 简 介

本书为职业技能短期培训教材，由劳动和社会保障部教材办公室组织编写。

本书内容涉及加工中心概述、常用量具、加工中心常用刀具及对刀方法、加工中心工件装夹、加工中心程序编制基础、FANUC系统加工中心的编程、加工中心的面板简介、典型实例等。

本书由田大伟主编，陈平、李红军参编，王虹主审。

目 录

| | | |
|-------------|----------------------------|--------|
| 第一单元 | 加工中心概述 | (1) |
| 模块一 | 加工中心的分类..... | (2) |
| 模块二 | 加工中心的特点..... | (5) |
| 模块三 | 加工中心的结构..... | (8) |
| 模块四 | 加工中心的功能..... | (10) |
| 模块五 | 加工中心的加工对象..... | (13) |
| | 复习思考题..... | (16) |
| 第二单元 | 常用量具 | (17) |
| 模块一 | 游标卡尺..... | (17) |
| 模块二 | 千分尺..... | (20) |
| 模块三 | 百分表..... | (23) |
| 模块四 | 万能角度尺..... | (25) |
| | 复习思考题..... | (28) |
| 第三单元 | 加工中心常用刀具及对刀方法 | (29) |
| 模块一 | 加工中心常用铣刀..... | (29) |
| 模块二 | 加工中心常用孔加工刀具..... | (32) |
| 模块三 | 加工中心常用刀具刀柄..... | (34) |
| 模块四 | 加工中心的对刀方法..... | (37) |
| | 复习思考题..... | (42) |

| | | |
|-------------|------------------------------|---------|
| 第四单元 | 加工中心工件装夹 ····· | (43) |
| 模块一 | 用机床用平口虎钳装夹工件····· | (43) |
| 模块二 | 用压板装夹工件····· | (44) |
| 复习思考题 | ····· | (45) |
| 第五单元 | 加工中心程序编制基础 ····· | (46) |
| 模块一 | 加工中心上的坐标系与坐标原点····· | (46) |
| 模块二 | 数控加工程序的格式与组成····· | (49) |
| 模块三 | 加工中心数控系统功能····· | (50) |
| 复习思考题 | ····· | (52) |
| 第六单元 | FANUC 系统加工中心的编程 ····· | (53) |
| 模块一 | FANUC 系统加工中心基本指令····· | (53) |
| 模块二 | 刀具补偿指令····· | (60) |
| 模块三 | 固定循环····· | (64) |
| 复习思考题 | ····· | (73) |
| 第七单元 | 加工中心的面板简介 ····· | (75) |
| 模块一 | 操作面板····· | (75) |
| 模块二 | 加工中心控制面板介绍····· | (79) |
| 复习思考题 | ····· | (82) |
| 第八单元 | 典型实例 ····· | (83) |
| 模块一 | 铣四方····· | (83) |
| 模块二 | 铣六角形板····· | (88) |
| 模块三 | 深孔加工····· | (95) |
| 模块四 | 多孔加工····· | (98) |
| 模块五 | 台阶面的铣削加工····· | (103) |
| 操作练习 | ····· | (111) |

第一单元 加工中心概述

加工中心是目前世界上产量最高、应用最广泛的数控机床之一，它的功能较全，能将铣削、镗削、钻削、攻螺纹和切削螺纹等功能集中在一台设备上，使其具有多种工艺手段。普通机床完全由人工操作装夹更换刀具、工件，通过人工逐步控制操作方能完成加工。数控机床是通过输入程序命令，人工装夹工件与更换刀具，加工时机床按照输入的加工命令实现自动加工步骤而完成加工的机床。加工中心是在数控机床的基础上增加了刀库、工件位置测量装置，工件装夹完成后机床可按照输入的加工程序实现自动换刀、自动加工，实现一次装夹即可完成工件的全部加工。

加工中心是一种综合加工能力较强的设备，工件一次装夹后能完成较多的加工步骤，加工精度较高，对于中等加工难度的批量工件的加工，其效率是普通设备的5~10倍，特别是它能完成许多普通设备不能完成的加工。加工中心对形状较复杂、精度要求高的单件加工或中小批量多品种生产更为适用。特别是对于必须采用工装和专机设备来保证产品质量和效率的工件，采用加工中心加工，可以省去工装和专机。这会为新产品的研制和改型换代节省大量的时间和费用，从而使企业具有更强的竞争能力。

模块一 加工中心的分类

一、按功能分类

1. 镗铣加工中心

镗铣加工中心和龙门式加工中心以镗铣为主，适用于箱体、壳体加工以及各种复杂零件的特殊曲线和曲面轮廓的多工序加工，适用于多品种、小批量的生产方式。

2. 钻削加工中心

以钻削为主，刀库形式以转塔形式为主，适用于中、小批量零件的钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹及连续轮廓铣削等多工序加工。

3. 复合加工中心

复合加工中心主要指五面复合加工，可自动回转主轴头进行立卧加工。主轴回转后，在水平和垂直面实现刀具自动互换。

二、按工作台种类分类

按工作台种类分，可分为单、双和多工作台加工中心。设置工作台的目的是为了缩短零件的辅助准备时间，提高生产效率和机床自动化程度。

三、按主轴种类分类

按主轴种类分类，可分为单轴、双轴、三轴及可换主轴箱的加工中心。

四、按自动换刀装置分类

1. 转塔头加工中心

转塔头加工中心有立式和卧式两种。主轴数一般为6~12个，这种结构换刀时间短，刀具数量少，主轴转塔头定位精度高。

2. 刀库+主轴换刀加工中心

这种加工中心的特点是无机械手式主轴换刀，利用工作台运

动及刀库转动，并由主轴箱上下运动进行选刀和换刀。

3. 刀库+机械手+主轴换刀加工中心

这种加工中心结构多种多样，由于机械手卡爪可同时分别抓住刀库上所选的刀和主轴上的刀，因此换刀时间短，并且选刀时间与机加工时间重合，因此得到广泛应用。

4. 刀库+机械手+主轴换刀转塔头加工中心

这种加工中心在主轴上的刀具进行切削时，通过机械手将下一步所用的刀具换在转塔头的非切削主轴上。当主轴上的刀具切削完毕后，转塔头即回转，完成换刀工作，换刀时间短。

五、按主轴在加工时的空间位置分类

1. 立式加工中心

立式加工中心主轴的轴线为垂直设置，其结构多为固定立柱式，工作台为十字滑台，如图 1—1 所示。

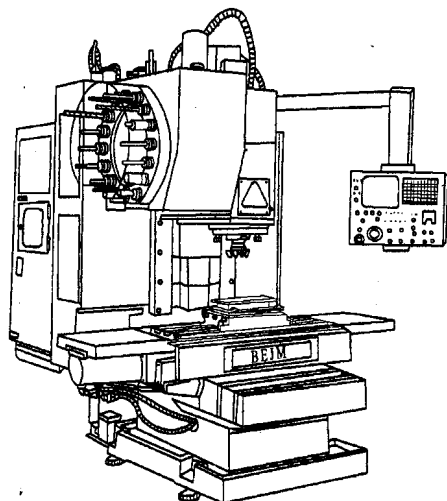


图 1—1 立式加工中心

2. 卧式加工中心

卧式加工中心是指主轴轴线水平设置的加工中心。卧式加工

中心有固定立柱式和固定工作台式。固定立柱式的卧式加工中心的立柱不动，主轴箱在立柱上做上下移动，工作台可在水平面上做两个方向坐标（ X 、 Z ）移动，如图 1—2a 所示。固定工作台式的卧式加工中心其 Z 坐标的运动由立柱移动来定位，装夹工件的工作台只完成 X 坐标移动，如图 1—2b 所示。

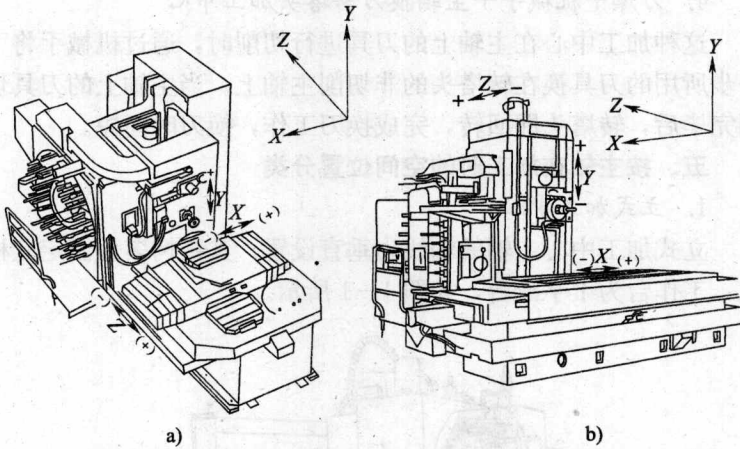


图 1—2 卧式加工中心

a) 固定立柱式 b) 固定工作台式

3. 立、卧两用式加工中心（五面加工中心）

这种加工中心同时具有立式和卧式加工中心的功能，在工件的一次装夹后，能完成除装夹面外的所有五个面的加工。这种加工方式可以使工件的形位误差降到最低，省去二次装夹的工装，从而提高生产效率，降低加工成本。

六、按加工中心运动坐标数和同时控制的坐标数分类

有三轴二联动、三轴三联动、四轴三联动、五轴四联动、六轴五联动等。三轴、四轴是指加工中心具有的运动坐标数，联动是指控制系统可以同时控制运动的坐标数，从而实现刀具相对工件的位置和速度控制。

七、按工作台的数量和功能分类

有单工作台加工中心、双工作台加工中心和多工作台加工中心。

八、按加工精度分类

有普通加工中心和高精度加工中心。普通加工中心分辨率为 $1\ \mu\text{m}$ ，最大切削速度为 $15\sim 25\ \text{m/min}$ ，定位精度为 $10\ \mu\text{m}$ 左右。高精度加工中心分辨率为 $0.1\ \mu\text{m}$ ，最大切削速度为 $15\sim 100\ \text{m/min}$ ，定位精度为 $2\ \mu\text{m}$ 左右。定位精度介于 $2\sim 10\ \mu\text{m}$ 之间的（以 $\pm 5\ \mu\text{m}$ 较多），可称为精密级。

模块二 加工中心的特点

加工中心是一种功能较全的数控机床，它集铣削、钻削、铰削、镗削、攻螺纹和切螺纹于一身，使其具有多种工艺手段，与普通机床加工相比，加工中心具有许多显著的工艺特点。

一、加工精度高

在加工中心上加工，加工工序高度集中，一次装夹即可加工出零件上大部分甚至全部表面，避免了长工艺流程和由此带来的工件多次装夹所产生的装夹误差，加工表面之间能获得较高的相互位置精度。整个加工过程由程序自动控制，不受操作者人为因素的影响，加上机床的位置补偿功能和较高的定位精度与重复定位精度，加工出的零件尺寸一致性好。加工中心主轴转速和各轴进给量均是无级调速，有的甚至具有自适应控制功能，能随刀具和工件材质及刀具参数的变化，把切削参数调整到最佳数值，从而提高了各加工表面的质量。

二、加工效率高

加工中心带有刀库和换刀装置，在一台机床上能集中完成多种工序，减少了工件装夹、测量和机床的调整时间，一次装夹能完成较多表面的加工，减少了多次装夹工件所需的辅助时间。

三、对加工对象适应性强

零件每个工序的加工内容、切削用量、工艺参数都可以编入程序，可以随时修改，这给新产品试制、实行新的工艺流程提供了方便，可以快速实现批量生产，从而提高市场竞争能力。而四轴联动、五轴联动加工中心的应用以及 CAD/CAM 技术的成熟、发展，使复杂的自动加工成为易事。

1. 三坐标

三坐标数控镗铣床与加工中心的共同特点是除具有普通铣床的工艺性能外，还具有加工形状复杂的二维以至三维复杂轮廓的能力。这些复杂轮廓零件的加工有的只需二轴联动（如二维曲线、二维轮廓和二维区域加工），有的则需三轴联动（如三维曲面加工），它们所对应的加工一般相应称为二轴（或 2.5 轴）加工与三轴加工。对于三坐标加工中心（无论是立式还是卧式），由于具有自动换刀功能，适于多工序加工，如箱体等需要铣、钻、铰及攻螺纹等多工序加工的零件。特别是在卧式加工中心上，加装数控分度转台后，可实现四面加工，而若主轴方向可换，则可实现五面加工，因而能够一次装夹完成更多表面的加工，特别适合于加工复杂的箱体、泵体、阀体、壳体等零件。

2. 四坐标

四坐标是指在 X、Y 和 Z 三个平动坐标轴基础上增加一个转动坐标轴（A 或 B），且四个轴一般可以联动。其中，转动轴既可以作用于刀具（刀具摆动型），也可以作用于工件（工作台回转/摆动型）；机床既可以是立式的，也可以是卧式的；此外，转动轴既可以是 A 轴（绕 X 轴转动）也可以是 B 轴（绕 Y 轴转动）。由此可以看出，四坐标数控机床可具有多种结构类型，但除大型龙门式机床上采用刀具摆动外，实际中多以工作台旋转/摆动的结构居多。但不管是哪种类型，其共同特点是相对于静止的工件来说，刀具的运动位置不仅是任意可控的，而且刀具轴线的方向在刀具摆动平面内也是可以控制的，从而可根据加工对象的几

何特征按保持有效切削状态或根据避免刀具干涉等需要来调整刀具相对零件表面的姿态。因此，四坐标加工可以获得比三坐标加工更广的工艺范围和更好的加工效果。

3. 五坐标

五坐标机床都具有两个回转坐标。相对于静止的工件来说，其运动合成可使刀具轴线的方向在一定的空间内（受机构结构限制）任意控制，从而具有保持最佳切削状态及有效避免刀具干涉的能力。因此，五坐标加工可以获得比四坐标加工更广的工艺范围和更好的加工效果，特别适宜于三维曲面零件的高效、高质量加工以及异形复杂零件的加工。采用五轴联动对三维曲面零件的加工，可用刀具最佳几何形状进行切削，不仅加工表面的表面粗糙度值小，而且效率也大幅度提高。一般认为，一台五轴联动机床的效率可以等于两台三轴联动机床，特别是使用立方氮化硼等超硬材料铣刀高速铣削淬硬钢零件时，五轴联动加工可比三轴联动加工有更高的效益。

四、劳动强度低

加工中心对零件的加工是按事先编好的程序自动完成的，操作者除了操作键盘、装卸零件、进行关键工序的中间测量以及观察机床的运行之外，不需要进行繁重的重复性手工操作，劳动强度和紧张程度大为减轻，劳动条件也得到很大的改善。

五、经济效益高

在单件、小批生产的情况下，可以节省许多其他方面的费用，因此能获得良好的经济效益。例如，可以节省划线工时，可以减少调整、加工和检验时间，减少了直接生产费用，省去许多工艺装备，减少了硬件投资。加工中心的废品率低，使生产成本进一步下降。

六、生产管理现代化

使用加工中心加工零件，能准确地计算零件的加工工时，有效地简化检验和工夹具、半成品的管理工作。这些特点有利于实

现生产管理现代化。当前有许多大型 CAD/CAM 集成软件已经开发了生产管理模块，实现了计算机辅助管理。

模块三 加工中心的结构

一、加工中心的构成

加工中心的结构如图 1—3 所示，分两大部分：一是主机部分，二是控制部分。

主机部分主要是机械结构部分，包括床身、主轴箱、工作台、底座、立柱、横梁、进给机构、刀库、换刀机构、辅助系统（气液、润滑、冷却）等。

控制部分包括硬件部分和软件部分。硬件部分包括计算机数字控制装置（CNC）、可编程序控制器（PLC）、输入输出设备、主轴驱动装置、显示装置。软件部分包括系统程序和控制程序。

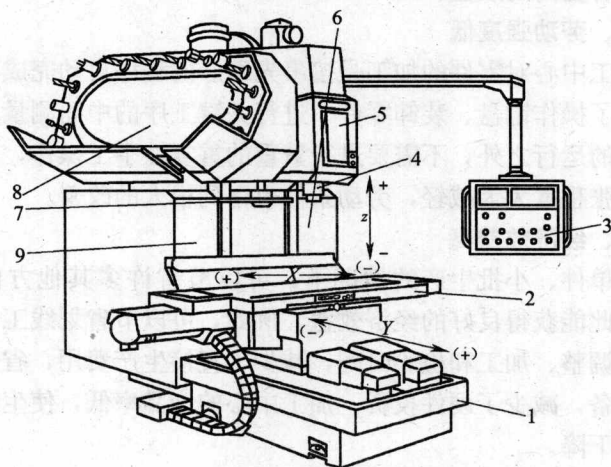


图 1—3 加工中心的结构

- 1—床身 2—工作台 3—操作面板 4—主轴 5—变速箱
6—数控装置 7—机械手 8—刀库 9—立柱

二、加工中心的结构特点

1. 机床的刚度高、抗振性好。为了满足加工中心高自动化、高速度、高精度、高可靠性的要求，加工中心的静刚度、动刚度和机械结构系统的阻尼比都高于普通机床（机床在静态力作用下所表现的刚度称为机床的静刚度，机床在动态力作用下所表现的刚度称为机床的动刚度）。

2. 机床的传动系统结构简单，传递精度高，速度快。加工中心传动装置主要有三种，即滚珠丝杠副、静压蜗杆—蜗轮、预加载荷双齿轮—齿条。它们由伺服电动机直接驱动，省去了齿轮传动机构，传递精度高，速度快。一般速度可达 15 m/min，最高可达 100 m/min。

3. 主轴系统结构简单，无齿轮箱变速系统（特殊的也只保留 1~2 级齿轮传动）。主轴功率大，调速范围宽，并可无级调速。目前加工中心 95% 以上的主轴传动都采用交流主轴伺服系统，速度可从 10~20 000 r/min 无级变速。驱动主轴的伺服电动机功率一般都很大，是普通机床的 1~2 倍。由于采用交流伺服主轴系统，主轴电动机功率虽大，但输出功率与实际消耗的功率保持同步，不存在大马拉小车那种浪费电力的情况，因此其工作效率很高，从节能角度看，加工中心是节能型的设备。

4. 加工中心的导轨都采用了耐磨损材料和新结构，能长期保持导轨的精度，在高速重切削下，保证运动部件不振动，低速进给时不爬行及运动中的高灵敏度。导轨采用钢导轨，淬火硬度 $\geq 57\text{HRC}$ ，与导轨配合面用聚四氟乙烯贴层。这样处理的优点是：

- (1) 摩擦因数小。
- (2) 耐磨性好。
- (3) 减振消声。
- (4) 工艺性好。

所以加工中心的精度寿命比一般的机床高。

5. 设置有刀库和换刀机构。这是加工中心与数控铣床和数控镗床的主要区别,使加工中心的功能和自动化加工的能力更强了。加工中心的刀库容量少的有几把,多的达几百把。这些刀具通过换刀机构自动调用和更换,也可通过控制系统对刀具寿命进行管理。

6. 控制系统功能较全。它不但可对刀具的自动加工进行控制,还可对刀库进行控制和管理,实现刀具自动交换。有的加工中心具有多个工作台,工作台可自动交换,不但能对一个工件进行自动加工,而且可对一批工件进行自动加工。这种多工作台加工中心有的称为柔性加工单元。随着加工中心控制系统的发展,其智能化的程度越来越高,如 FANUC16 系统可实现人机对话、在线自动编程,通过彩色显示器与手动操作键盘的配合,还可实现程序的输入、编辑、修改、删除,具有前台操作、后台编辑的前后台功能。加工过程中可实现在线检测,检测出的偏差可自动修正,保证首件加工一次成功,从而可以防止废品的产生。

模块四 加工中心的功能

一、立式加工中心

立式加工中心的主轴处于垂直位置。它能完成铣削、镗削、钻削、攻螺纹和切削螺纹等工序。立式加工中心最少是三轴二联动,一般可实现三轴三联动。有的可进行五轴、六轴控制,工艺人员可根据其同时控制的轴数确定该加工中心的加工范围。

立式加工中心立柱高度是有限的,确定 Z 轴的运动范围时要考虑:工件的高度、工装夹具的高度、刀具的长度、机械手换刀占用的空间。

在考虑上述四种情况之后,立式加工中心对箱体类工件加工范围要减少,这是立式加工中心的弱点。但立式加工中心有下列