

数控操作工技能鉴定考核培训教程

加工中心操作工技能鉴定考核 培 训 教 程

卜云峰 编著

 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS



数控操作工技能鉴定考核培训教程

加工中心操作工技能鉴定 考核培训教程

卜云峰 编著



机械工业出版社

本书是根据《国家职业标准》中加工中心操作工的基本要求，为职业技能鉴定而编写的培训教材。主要介绍了加工中心的结构、工艺、编程、操作与维护等内容。全书突出了系统性、实用性和综合性，由浅入深，通俗易懂。书中采用的实例均取材于生产实际和作者多年的教学实践。

本书针对性和实用性较强，附有系统、全面的考核题库，可以作为加工中心操作工职业技能培训与鉴定考核用书，可供高等院校机电一体化专业和机械制造等专业开展数控技术教学使用，以及作为高职数控专业学生的教材或教学参考书，也可供从事数控加工技术的工程技术人员、高级技术工人、技师参考。

图书在版编目（CIP）数据

加工中心操作工技能鉴定考核培训教程/卜云峰编著. —北京：机械工业出版社，2006.6

数控操作工技能鉴定考核培训教程

ISBN 7-111-18821-7

I. 加... II. 卜... III. 加工中心—操作—职业技能鉴定—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 029075 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：周国萍 版式设计：霍永明 责任校对：王 欣

封面设计：陈 沛 责任印制：杨 曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

148mm×210mm·10.375 印张·304 千字

0 001—4 000 册

定价：24.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话（010）68326294

编辑热线电话（010）68351729

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着科学技术的发展,加工中心已从高端应用日趋普及,现代数控加工技术使得机械制造过程发生了巨大的变化,对技术人员的要求也越来越高。目前国内数控人才是高技能型紧缺人才之一,供需矛盾突出。为此,我们根据《国家职业标准》,参阅大量的参考资料,结合多年的教学实践编写了此书。本书力求紧跟现代加工技术的步伐,以介绍实用技术为主,根据《国家职业标准》要求,阐述了加工中心的基本结构、加工中心的工艺、加工中心的编程、加工中心的操作及维护方法。

本书以技术应用为目标,在内容上力求做到系统性、实用性和综合性相结合,通俗易懂,并具有实际指导意义。全书分三部分共6章。第一部分应知包括第1章加工中心基础知识,第2章加工中心的主要部件和控制检测系统;第二部分应会包括第3章加工中心的加工工艺,第4章加工中心编程基础,第5章加工中心操作,第6章加工中心的选择、使用、保养和维修;第三部分加工中心操作工理论知识与实践试题库。书中采用的实例均取材于生产实际和多年的教学实践。附录部分提供中、高级加工中心操作工应知考核试题。

本书针对性和实用性较强,附有系统、全面的考核题库,可以作为加工中心操作工职业技能培训与鉴定考核用书,可供高等院校机电一体化专业和机械制造等专业开展数控技术教学使用和作为高职数控专业学生的教材或教学参考书,也可供从事数控加工技术的工程技术人员、高级技术工人、技师参考。

本书具有以下特色:

- 1) 为加工中心操作工培训提供一本实用的好教材。
- 2) 理论知识以够用为度。
- 3) 编程充分考虑加工中心的加工特点,以基础、典型为原则。

IV

4) 工艺以操作工必须具备的实用知识为主要内容。

5) 习题库题型全面，并给出参考答案。

本书在编写过程中参阅了国内外本专业有关的资料、文献和教材，并得到了宗国成、陈前亮、方晓堂老师许多的支持与帮助，在此表示衷心的感谢。

由于数控技术发展迅速，编者的水平有限，书中的不足与错误之处在所难免，恳请读者指正。

编 者

2006 年 5 月

目 录

前言

第一部分 应知 1

第 1 章 加工中心基础知识 1

1.1 加工中心概述 1

1.1.1 加工中心简介 1

1.1.2 加工中心的加工过程 3

1.2 加工中心的组成及其功能 3

1.2.1 数控系统 4

1.2.2 伺服系统 4

1.2.3 强电控制柜 4

1.2.4 机床本体 5

1.2.5 辅助装置 5

1.3 加工中心的分类 5

1.3.1 加工中心的型号 5

1.3.2 加工中心的分类方法 6

1.4 加工中心的发展现状与趋势 10

1.4.1 加工中心的发展现状 10

1.4.2 加工中心的发展趋势 12

第 2 章 加工中心的主要部件和控制检测系统 17

2.1 加工中心的传动系统 17

2.1.1 主传动系统 17

2.1.2 进给传动系统 21

2.2 加工中心支承系统 22

2.2.1 床身 22

2.2.2 立柱 23

2.3 加工中心刀库及自动换刀装置 23

2.3.1 加工中心刀库的功能及形式 24

2.3.2 自动换刀装置	27
2.4 加工中心刀具系统	29
2.4.1 加工中心刀具系统概述	29
2.4.2 刀具识别技术	34
2.4.3 选刀方式	35
2.5 回转工作台	37
2.6 加工中心位置检测装置	38
2.6.1 光栅传感器	38
2.6.2 旋转角编码器	40
2.6.3 感应同步器	42
2.6.4 磁栅	45
2.7 加工中心的冷却、润滑系统	48
2.7.1 冷却系统	48
2.7.2 润滑系统	49
第二部分 应会	51
第3章 加工中心的加工工艺	51
3.1 加工中心的加工工艺分析	51
3.1.1 加工中心的加工对象	51
3.1.2 零件加工工艺可行性分析	53
3.1.3 零件的工艺设计	55
3.1.4 走刀路线的选择方法	59
3.1.5 对刀点与换刀点的确定	66
3.1.6 加工余量的确定	68
3.1.7 切削用量的确定	68
3.2 加工中心的工件定位与夹具选择	73
3.2.1 工件定位的基本原理	73
3.2.2 六点定位原理的应用	74
3.2.3 定位与夹紧的关系	76
3.2.4 工件的装夹	82
3.3 加工中心刀具	90
3.3.1 加工中心刀具的材料	90
3.3.2 加工中心常用刀具的种类	95
3.3.3 加工中心刀具的选择	96

第4章 加工中心编程基础	99
4.1 加工中心坐标系统	99
4.1.1 数控机床的坐标系	99
4.1.2 机床坐标系的原点	99
4.1.3 工件坐标系和程序原点	103
4.1.4 局部坐标系	103
4.1.5 绝对坐标 (G90) 与增量 (相对) 坐标 (G91)	103
4.2 加工中心编程内容与方法	103
4.2.1 手工编程	103
4.2.2 自动编程	104
4.2.3 加工中心程序编制的内容和步骤	104
4.2.4 典型 CAD/CAM 软件介绍	106
4.3 加工中心编程规则	109
4.3.1 程序结构	109
4.3.2 典型数控系统的指令代码	111
4.4 加工中心加工程序的手工编制	127
4.4.1 概述	127
4.4.2 加工中心加工程序的编制步骤	127
4.4.3 数控加工程序的手工编制实例	131
4.5 加工中心加工程序的自动编制	134
4.5.1 Master CAM 软件特点	134
4.5.2 Master CAM 软件的主要模块	136
4.5.3 Master CAM 软件使用简介	137
4.5.4 Master CAM 应用实例	141
第5章 加工中心操作	152
5.1 工艺准备	152
5.1.1 工件装夹与找正	152
5.1.2 对刀	153
5.1.3 刀具的预调	158
5.1.4 工件坐标系的建立	160
5.1.5 程序的校验	163
5.2 SIEMENS 840D 面板及功能	163
5.2.1 SIEMENS 840D 机床操作面板与功能	163
5.2.2 SIEMENS 840D 机床控制面板与功能	166

5.3 SIEMENS 840D 数控系统基本操作方法	171
5.3.1 SIEMENS 840D 屏幕布局	171
5.3.2 SIEMENS 840D 加工中心基本操作	174
5.3.3 应用实例	178
第 6 章 加工中心的选择、使用、保养和维修	198
6.1 加工中心的选择和日常保养与维护	198
6.1.1 加工中心的选择	198
6.1.2 加工中心的日常保养与维护	200
6.1.3 加工中心常见操作故障	202
6.2 加工中心的安装与调试	203
6.2.1 加工中心的安装	203
6.2.2 加工中心的调试	206
6.2.3 试运行	209
6.3 加工中心的检测与验收	210
6.3.1 加工中心外观的检查	211
6.3.2 加工中心几何精度的检查	211
6.3.3 加工中心定位精度的检查	212
6.3.4 机床切削精度的检查	213
6.3.5 机床性能及数控系统的性能检查	214
6.4 加工中心故障诊断方法	214
 第三部分 加工中心操作工理论知识与操作实践试	
卷库	219
一、职业道德部分	219
(一) 单项选择	219
(二) 是非题	220
答案	221
二、数控工艺	221
(一) 单项选择	221
(二) 判断题	236
答案	242
三、程序编制	243
(一) 单项选择	243
(二) 判断题	248

答案	250
四、基本操作及日常维护	250
(一) 单项选择	250
(二) 判断题	255
答案	258
五、问答题	258
答案	259
六、工艺编程题	263
附录	284
附录 A 加工中心操作工国家职业技术标准	284
附录 B 加工中心操作工职业技能鉴定(中级)应知考核试 题	295
附录 C 加工中心操作工职业技能鉴定(高级)应知考核试 题	302
附录 D 加工中心常见故障现象及主要原因	308
附录 E 数控技术常用术语	314
参考文献	319

第一部分 应 知

第 1 章 加工中心基础知识

1.1 加工中心概述

1.1.1 加工中心简介

加工中心 (Machining Center, MC) 是一种能把铣削、镗削、钻削、螺纹加工等功能集中在一台设备上的数控加工机床, 是典型的集现代控制技术、传感技术、通信技术、信息处理技术等高新技术于一体的机械加工设备。加工中心与数控铣床、数控镗床的本质区别是配备有刀库, 刀库中存放着不同数量的各种刀具或检具, 在加工过程中由程序自动选用和更换, 它的结构相对较复杂, 控制系统功能较多。MC 一般至少有三个运动坐标系, 多的达十几个。其控制功能最少可实现两轴联动控制, 多的可实现五轴或六轴联动控制, 实现刀具运动直线插补和圆弧插补, 能进行复杂曲面加工。MC 还具有多种辅助机能, 如各种加工固定循环、刀具半径自动补偿、刀具长度自动补偿、丝杠螺距误差补偿、丝杠间隙补偿、刀具破损报警、刀具寿命管理、过载超程自动保护、故障自动诊断、工件加工过程图形显示、工件在线检测和离线编程等。

MC 是一种综合加工能力较强的设备, 它标志着企业的技术能力和工艺水平, 反映一个国家工业制造的水平, 已成为现代机床发展的主流方向, 与普通数控机床相比, 它具有以下特点:

1. 工序集中, 加工精度高

MC 数控系统能控制机床在工件一次装夹后, 实现多表面、多特

征、多工位的连续、高效、高速、高精度加工，即工序集中，这是 MC 的典型特点。由于加工工序集中，减少了工件半成品的周转、搬运和存放时间，使机床的切削利用率（切削时间和开动时间之比）比普通机床高 3~4 倍，达 80% 以上，缩短了工艺流程，减少了人为干扰，故加工精度高，互换性好。

2. 操作者的劳动强度减轻、经济效益高

MC 对零件的加工是在数控程序控制下自动完成的，操作者除了操作面板、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，无需进行繁重的重复性手工操作，劳动强度轻。使用 MC 加工零件时，即使在单件、小批量生产的情况下，也可以获得良好的经济效益。例如在加工之前节省了划线工时，在零件安装到机床上之后减少了调整、加工和检验时间，直接生产费用大幅度降低。另外，MC 加工零件还可以省去许多工艺装备，减少硬件的投资。同时，MC 加工稳定，废品率减少，可使生产成本进一步下降。

3. 有利于生产管理的现代化

用 MC 加工零件时，能够准确地计算零件的加工作业，并有效地简化检验和工具、夹具、半成品的管理工作。这些特点有利于使生产管理现代化。当前许多大型 CAD/CAM 集成软件已经具有了生产管理模块，可满足计算机辅助生产管理的要求。

加工中心虽然具有很多优点，但也还存在一些必须考虑的问题，如：

1) 工件粗加工后直接进入精加工阶段。粗加工时，一次装夹中金属切除量多、几何形变大，工件温升高，温升来不及回复，冷却后工件尺寸发生变化，会造成零件的精度下降。

2) 工件由毛坯直接加工为成品，零件未进行时效处理，内在应力难以消除，加工完了一段时间后内应力释放，会使工件产生变形。

3) 多工序集中加工，要及时处理切屑。在加工过程中，切屑的堆积、缠绕等将会影响加工的顺利进行及划伤零件的表面，甚至使刀具损坏、工件报废。

4) 装夹零件的夹具必须满足既能承受粗加工中切削力大，又能在精加工中准确定位的要求，而且零件夹紧变形要小。

5) 由于自动换刀装置 (Automatic Tool Changer, ATC) 的应用, 使工件尺寸受到一定的限制, 钻孔深度、刀具长度、刀具直径及刀具质量都要加以综合考虑。

1.1.2 加工中心的加工过程

利用加工中心完成零件加工的过程如图 1-1 所示, 主要包括以下内容:

1) 零件工艺分析。根据零件图样确定加工方案、工艺参数和位移数据。

2) 编写零件的加工程序。按照规定的程序代码和格式编写程序或用 CAD/CAM 自动编程软件直接生成零件的加工程序文件。

3) 程序的输入或传输。手工编写的程序, 可以通过加工中心的操作面板输入; 自动编程软件生成的程序, 可以通过计算机的通信接口直接传输到加工中心的数控单元。

4) 将输入到数控单元的加工程序进行试运行、刀具路径仿真等操作。

5) 通过对机床的正确操作, 运行程序, 完成零件的加工。

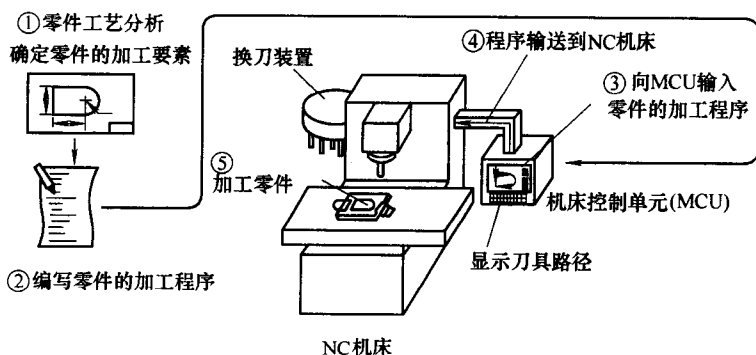


图 1-1 加工中心完成零件加工的过程

1.2 加工中心的组成及其功能

自 1958 年诞生第一台加工中心以来, 出现了各种类型的加工中

心，其外形结构各异，但总体结构主要由数控系统、伺服系统、强电控制柜、机床本体和各类辅助装置组成。

1.2.1 数控系统

数控系统是机床实现自动加工的核心。数控系统主要功能有：控制功能、补偿功能、字符图形显示功能、自诊断功能、通信功能、人机对话程序编制功能等。数控系统主要由输入装置、监视器、主控制系统、可编程序控制器、各类输入/输出接口等组成。主控制系统主要由 CPU、存储器、控制器等组成。数控系统的主要控制对象是位置、角度、速度等机械量，以及温度、压力、流量等物理量，其中主控制器根据所读入的零件程序，通过译码、编译等处理后，进行相应的刀具轨迹插补运算，并通过与各坐标伺服系统的位置、速度反馈信号的比较，从而控制机床各坐标轴的位移。可编程序控制器 PLC (Program Logic Control) 完成时序逻辑控制，它根据机床加工过程中各个动作要求进行协调，按各检测信号进行逻辑判别，控制机床各个部件有条不紊地按序工作。

1.2.2 伺服系统

伺服系统是数控系统和机床本体之间的桥梁。它主要由伺服电动机、驱动控制系统、位置检测与反馈装置等组成。伺服电动机是系统的执行元件，驱动控制系统则是伺服电动机的动力源。数控系统发出的指令信号与位置反馈信号比较后作为位移指令，再经过驱动系统的功率放大后，驱动电动机运转，通过机械传动装置带动工作台或刀架向目标位置运动。

1.2.3 强电控制柜

强电控制柜主要用来安装机床强电控制的各种电气元器件，除了提供数控、伺服等一类弱电控制系统的输入电源，以及各种短路、过载、欠电压等电气保护外，主要在 PLC 的输出接口与机床各类辅助装置的电气执行元件之间起桥梁连接作用，控制机床辅助装置的各种交流电动机、液压系统电磁阀或电磁离合器等。同时，它也与

机床操作台有关手动操作装置连接。强电控制柜由各种中间继电器、接触器、变压器、电源开关、接线端子和各类电气保护元器件等构成，与一般普通机床的电气类似，但为了提高弱电控制系统的抗干扰性，要求各类频繁起动或切换的电动机、接触器等电磁感应器件中，必须并联接入 RC 阻容吸收器；对各种检测信号的输入均要求用屏蔽电缆连接。

1.2.4 机床本体

加工中心的本体指其机械结构实体。它与传统的普通机床一样，由主传动系统、进给传动系统、工作台、床身以及立柱等部分组成，它们是加工中心的基础结构，要承受加工中心的静载荷以及在加工时的切削负载，因此必须是刚度很高的部件，也是加工中心中质量和体积最大的部件。

1.2.5 辅助装置

辅助装置主要包括自动换刀装置 ATC、自动交换工作台机构 APC (Automatic Pallet Changer)、工件夹紧放松机构、回转工作台、液压气动控制系统、润滑装置、切削液装置、排屑装置、过载和保护装置等。辅助装置虽不直接参与切削运动，但对加工中心的加工效率、加工精度和可靠性起到保障作用，因此也是加工中心中不可缺少的重要部分。

1.3 加工中心的分类

1.3.1 加工中心的型号

目前我国机床型号的编制方法按 GB/T 15375—1994《金属切削机床 型号编制方法》规定进行，加工中心的型号编制方法，根据通用或专用机床型号的编制方法套用。

加工中心型号示例：TH5660A

T——镗床类；

H——自动换刀；

- 5——立式镗床组；
- 6——普通工作台；
- 60——工作台面宽度 600mm；
- A——第一次重大改型。

机床的类别用汉语拼音字母表示，“T”表示镗床类；通用特性代号在类别代号之后也用汉语拼音字母予以表示，加工中心通用特性代号为 H（自动换刀）；组别、系别代号用阿拉伯数字组成，位于类别代号或通用特性代号之后，第一位数字表示组别，第二位数字表示系别；机床主参数用阿拉伯数字表示，阿拉伯数字表示的是机床主参数的折算值，上述加工中心用两位数字表示工作台宽度的 1/10；在原机床型号后用 A、B、C、D 等英文字母表示机床重大改进顺序号。

1.3.2 加工中心的分类方法

1. 按工艺用途分

(1) 镗铣加工中心。镗铣加工中心是机械加工业应用最多的一类加工设备。其加工范围主要是铣削、钻削和镗削，适用于多品种、小批量生产的箱体、壳体，以及复杂零件特殊曲线和曲面轮廓的多工序加工。

(2) 钻削加工中心。钻削加工中心的加工以钻削为主，刀库形式多为转塔式，适用于中小零件的钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹等多工序加工。

(3) 车削加工中心。车削加工中心以车削为主，主体是数控车床，机床上配备有转塔式刀库或链式刀库。

(4) 复合加工中心。在一台设备上可以完成车、铣、镗、钻等多工序加工的加工中心称之为复合加工中心，可代替多台机床实现多工序加工。工件一次装夹后，能完成多个面的加工。它的主轴或工作台可作水平和垂直转换。这种加工中心兼有立式和卧式加工中心的功能，在加工过程中可保证工件的位置精度。

2. 按机床形态分

(1) 立式加工中心。主轴为垂直状态的加工中心，能完成铣削、

镗削、钻削、攻螺纹等多工序加工。立式加工中心适宜加工高度尺寸较小的零件。图 1-2 为立式加工中心常用的几种布局情况。

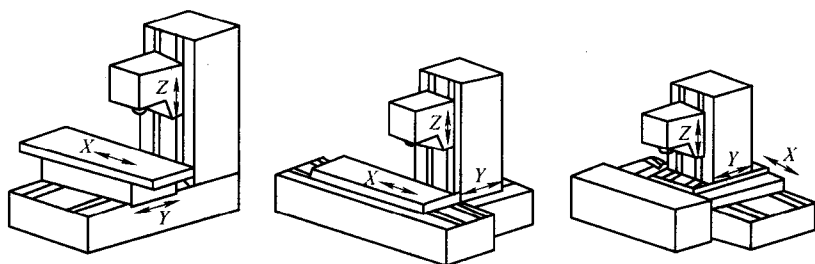


图 1-2 立式加工中心布局

(2) 卧式加工中心。主轴为水平状态的加工中心，通常都带有自动分度的回转工作台，具有 3~5 个运动坐标。卧式加工中心适宜加

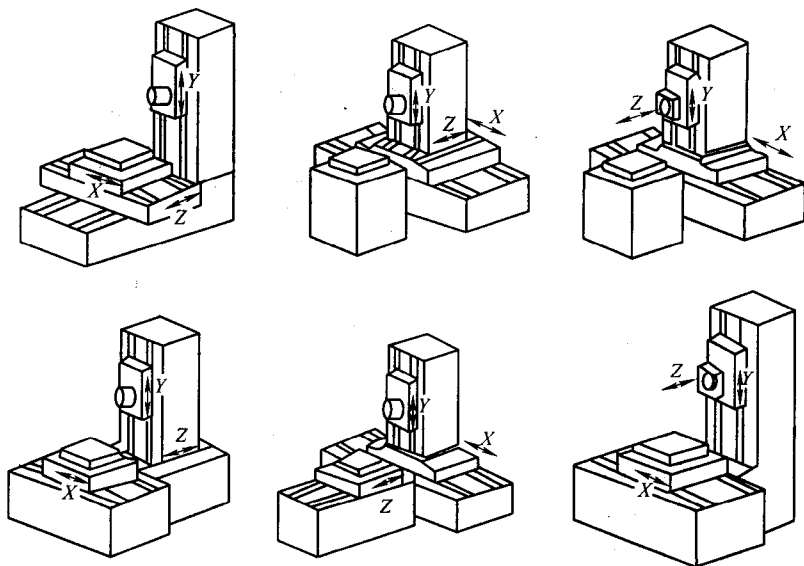


图 1-3 卧式加工中心布局