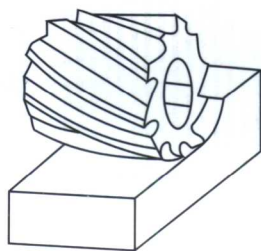


数控加工中心技能



实训教程

主编 苏本杰

国家高技能紧缺人才培养丛书 数控技术

数控加工中心技能 实训教程

主编 苏本杰

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是根据“高等职业教育机械类专业人才培养目标及基本规格”的要求编写的。本书系统地介绍了数控加工中心的应用、基本结构组成、数控车床的加工工艺、数控编程的基础知识,并结合实例讲解了 FANUC 系统、SIEMENS 系统等典型数控加工中心加工实例,突出了应用性、实用性、综合性和先进性,体系新颖,内容详实。

本书可作为高职、高专、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院机床数控技术及应用、机电一体化等专业教材,同时也可作为职业技能培训的配套教材。另外,还可作为本科院校学生的实践教学和有关工厂技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工中心技能实训教程 / 苏本杰主编. —北京: 国防工业出版社, 2006. 4

(国家高技能紧缺人才培养丛书. 数控技术)

ISBN 7-118-04424-5

I. 数... II. 苏... III. 数控机床-加工-技术培训-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 016159 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

李史山印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 16 字数 365 千字

2006 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422
发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474
发行业务:(010)68472764

《国家高技能紧缺人才培养丛书 数控技术》

编委会

编委会主任

长三角国家高技能人才培养中心主任
德国职业教育培训中国项目总监

马库斯·卡曼

编委会委员

上海现代模具培训中心

徐 峰

江南大学

张能武

江南大学

周斌兴

河海大学

唐亚鸣

南京航空航天大学

刘淑芳

合肥工业大学

周明建

上海第二工业大学

王新华

长三角国家高技能人才培养中心

黄 芸

长三角国家高技能人才培养中心

程美玲

苏州工业园区培训中心

邱立功

上海屹丰模具制造有限公司

吴红梅

上海昌美精械有限公司

苏本杰

上海上汽制造有限公司

卢小虎

韩国机床工业协会中国技术服务中心

金友龙

丛书序言

改革开放 20 多年来,我国经济保持持续增长的势头。进入 21 世纪后,随着新一轮经济增长周期的到来,经济发展将跨上一个新的平台。其中,以先进制造业为主的第二产业对我国国民经济的飞速发展起到了非常重要的作用;制造业的迅速发展,为国民经济和社会发展作出了重要的贡献,成为我国经济腾飞的强劲动力。根据联合国工业发展组织公布的《工业发展报告 2002—2003》,我国制造业增加值占世界制造业的 6.3%,位居美国、日本和德国之后,排名世界第 4 位。

随着我国工业化进程的加速、产业结构的调整和升级,经济发展对高质量技能人才的需求不断扩大。然而,技能人才短缺已是不争的事实,这已引起中央领导和社会各界的广泛关注。调查研究表明,目前,我国在制造业领域急需大量数控、模具、汽车维修等专业高技能人才,而且我国技能型人才的培养模式相对落后,迫切需要通过提高职业教育和培训的针对性和适应性。教育部、劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部联合提出优先在数控技术应用、计算机应用与软件技术、汽车运用与维修、护理等专业领域实施“先进制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程”。劳动和社会保障部在全国范围内发起实施“国家高技能人才培养工程”,并制定了“三年五十万新技师培养计划”,以缓解高技能人才短缺状况。

面对技能人才短缺现象,政府及各职能部门快速做出反应,采取措施加大培养力度,鼓励各种社会力量倾力投入技能人才培养领域。同时,社会上掀起尊重技能人才的热潮,营造出一个有利于技能人才培养与成长的轻松、和谐的社会环境。

为认真贯彻党的十六届五中全会精神和《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》,适应全面建设小康社会对高素质劳动者和技能型人才的迫切要求,促进社会主义和谐社会建设,国防工业出版社根据教育部大力推动技能型紧缺人才培养培训工程的指导思想,通过大量的市场调研,并结合现有教材的实际情况,组织编写了急需开发的汽车应用、模具及数控专业技能实训教材。为做好该套教材的编写准备工作,使之更适合现代职业教育的特点,突出实践性教学,适应中等职业学校和企业培训的需要,特邀请长三角地区知名

企业、行业协会、职业院校及长三角国家高技能人才培养中心的有关专家编写了《国家高技能紧缺人才培训丛书》。本套丛书分数控技术、模具技术、汽车维修 3 个专业,共 18 个分册。

本套丛书是为了适应高技能紧缺人才的培养而编写的,为此组建了以职业院校、培训机构与企业界人士相结合的编审委员会,发挥各自优势。丛书的编写以企业对人才需求为导向,以岗位职业技能要求为标准,以与企业无缝接轨为原则,以企业技术发展方向为依据,以知识单元体系为模块,结合职业教育和技能培训实际情况,注重学生职业能力的培养,体现内容的科学性和前瞻性。

我们真诚希望本套丛书的出版能为我国的职业教育特别是紧缺技能人才的培训有所帮助。由于时间仓促,加上我们的水平和经验有限,丛书中可能存在某些缺点和不足,我们热切期待广大读者提出宝贵的意见和建议,以利我们今后不断改进和完善!

 NTC 长三角国家高技能人才培养中心

《国家高技能紧缺人才培训丛书》编委会

2006 年 1 月

前 言

纵观改革开放 20 年,我国机床消费额大致和国民经济 GDP 增长值同步,10 年翻了一番。20 世纪 80 年代初,我国机床消费额为 10 亿美元,90 年代初达 20 亿美元,2000 年为 37.88 亿美元。当年世界机床最大消费国美国,消费额为 68 亿美元,原预计 2010 年中国将成为世界最大机床消费市场,令人意想不到的是,2003 年美国发表的一项调查统计报告称:全世界机床产值 2002 年约 310 亿美元,比上年减少 14.2%,但中国比上年增加 20%,达 56.96 亿美元。我国首次成为世界第一机床消费大国和全球第一机床进口大国。

随着 WTO 的日益深入,我国制造企业已开始广泛使用先进的数控技术,而掌握数控技术的机电复合人才奇缺。2003 年,国家数控系统工程技术研究中心的一项调研结果显示,仅数控机床的操作工就短缺 60 多万人。

我国目前的数控人才不仅表现在数量上的短缺,而且质量、知识结构也不能完全满足企业需求。根据 2004 年 2 月劳动和社会保障部、教育部等六部门调查研究和分析预测,数控技术应用是我国劳动力市场技能型人才最为短缺的 4 类人才之一,并名列榜首。

为加快和推动数控技术的发展,国防工业出版社根据教育部大力推动技能型紧缺人才培养培训工程的指导思想,通过大量的市场调研,并结合现有教材的实际情况,讨论确立了急需开发的数控专业技能实训教材。为做好该套教材的编写准备工作,使之更适合现代职业教育的特点,突出实践性教学,适用中等职业学校和企业培训的需要,特邀请长三角地区知名先进制造企业、职业院校及长三角国家高技能人才培养中心的有关教授、专家编写《国家高技能紧缺人才培养丛书 数控技术》。本套丛书包括:

1. 《数控车工技能实训教程》
2. 《数控铣工技能实训教程》
3. 《数控线切割加工技能实训教程》
4. 《数控加工中心技能实训教程》
5. 《数控编程技能实训教程》
6. 《数控机床维修技能实训教程》

组织编写本套培训丛书的目的在于,提供一套与传统教材编写模式不同、

富有时代创新特色、有利于应用型技能人才培养、真正适合就业方向的实训教材,以满足培养工程应用型技能人才的需求。

《数控加工中心技能实训教程》一书是根据“高等职业教育机械类专业人才培养目标及基本规格”的要求编写的。本书系统地介绍了数控加工中心的应用、基本结构组成、数控车床的加工工艺、数控编程的基础知识,并结合实例讲解了 FANUC 系统、SIEMENS 系统等典型数控加工中心加工实例,突出了应用性、实用性、综合性和先进性,体系新颖,内容详实。本书可作为高职、高专、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院机床数控技术及应用、机电一体化等专业教材,同时也可作为职业技能培训的配套教材。另外,还可作为本科院校学生的实践教学和有关工厂技术人员的参考书。

本书由高级工程师苏本杰主编并统稿,参加编写人员主要有江南大学张能武、周斌兴,长三角国家高技能人才培养中心黄芸、程美玲,上海现代模具培训中心徐峰,上海屹丰模具制造有限公司吴红梅,苏州工业园区培训中心邱立功等同志。本书稿由唐继艳、吴娟录入和校对。

本书在编写过程中得到国防工业出版社、上海模具协会、江苏模具协会、江南大学机械学院、常州职业技术学院、韩国机床设备销售服务中心、上海现代模具技术培训中心、长三角国家高技能人才培养中心的大力支持和帮助,并得到众多专家的指导和鼎力相助;同时参考了大量的企业内训资料和图书出版资料,谨此表示衷心的感谢和崇高敬意!

因编者水平有限,加上时间仓促,书中难免有缺点和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2006 年 1 月于上海

目 录

第一单元 数控加工中心基础知识	1	课题一 数控编程基础	90
课题一 数控加工中心概论	1	一、数控编程概述	90
一、数控机床及加工中心	1	二、数控机床的坐标系	92
二、加工中心的结构特点	7	三、数控加工程序与指令代码	95
三、加工中心的发展	20	课题二 加工中心加工程序的	
课题二 加工中心的安装和调试	24	编制	100
一、加工中心的安装	24	一、加工中心的编程特点	100
二、加工中心调试与性能检验	29	二、基本编程功能指令	101
三、加工中心的精度检验	36	三、固定循环功能指令	112
第二单元 加工中心的加工工艺		四、辅助功能指令	119
分析	50	课题三 加工中心综合编程实训 ..	122
课题一 加工中心加工工艺概述	50	第四单元 典型加工中心加工实训 ..	130
一、加工中心的工艺特点	50	课题一 FANUC 系统加工中心	
二、加工中心的主要加工对象	50	加工实训	130
课题二 加工中心加工工艺方案		一、FANUC 系统加工中心的	
的制订	52	操作	130
一、零件的工艺分析	52	二、FANUC Oi-M 系统加工	
二、加工中心的选用	56	中心的编程	145
三、零件的工艺设计	61	三、典型零件加工实例	161
课题三 典型零件的加工中心加工		课题二 SIEMENS 系统加工中心	
工艺分析	76	加工实例	196
一、盖板零件加工中心的加工		一、SIEMENS 系统加工中心的	
工艺	76	操作	196
二、支承套零件加工中心的加工		二、SIEMENS 系统加工中心的	
工艺	80	编程	205
三、铣床变速箱体零件加工中心的		三、典型零件加工实例	220
加工工艺	84	参考文献	246
第三单元 数控加工中心编程技术	90		

第一单元 数控加工中心基础知识

课题一 数控加工中心概论

一、数控机床及加工中心

(一) 数控机床及其工作原理

1. 数控机床的基本概念

数控机床是将加工过程的各种机床动作由数字化的代码表示,通过某种载体将信息输入数控系统,控制计算机对输入的数据进行处理,从而控制机床的伺服系统或其他执行元件,使机床加工出所需要的工件。数控机床是一种安装了程序控制系统的机床。该系统能逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令规定的程序。数控机床是典型的机电一体化产品。

2. 数控机床的构成及基本工作原理

数控机床主要由控制介质、数控装置、伺服系统、辅助装置和机床本体组成(图 1-1)。

(1) 控制介质。用于记载各种加工信息(如零件加工的工艺过程、工艺参数和位移数据等),控制机床的运动,实现零件的机械加工的中间媒介物质。控制介质又称信息载体。

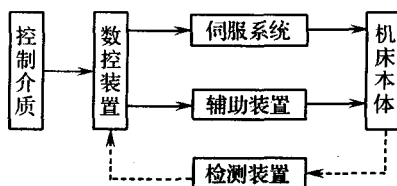


图 1-1 数控机床的基本构成

(2) 数控装置。是数控机床的运算和控制系统,也是数控机床的核心。它的功能是接受输入装置输入的加工信息,经过数控装置的系统软件

或逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理后,发出相应的脉冲送给伺服系统,通过伺服系统控制机床的各个运动部件按规定要求动作。数控装置集成了微电子技术、信息技术、自动控制技术、驱动技术、监控检测技术、软件工程技术和机械加工工艺知识。数控机床正是在它的控制下,按照给定的程序自动地对机械零件进行加工。

(3) 伺服系统及位置检测装置。伺服系统由伺服驱动电机和伺服驱动装置组成,它是数控系统的执行部分。其基本作用是接收数控装置发来的指令脉冲信号,控制机床执行部件的进给速度、方向和位移量,以完成零件的自动加工。每个进给运动的执行部件都配有一套伺服系统。伺服系统有开环、闭环和半闭环之分,在闭环和半闭环伺服系统中,还需配有位置测量装置,直接或间接测量执行部件的实际位移量。

(4) 辅助装置。辅助装置包括自动换刀装置、转位和夹紧装置、电气及液压气动控制系统、冷却、润滑、排屑、防护等装置。

(5) 机床本体。数控机床的本体包括主运动部件、进给运动执行部件及其传动部件和床身立柱等支承部件。

数控机床加工零件时,首先应根据零件图纸制订加工方案,然后把图纸要求变成数控装置能接受的信息代码,即编制零件的加工程序,这是数控机床的工作指令。将加工程序输入到数控装置,再由数控装置控制机床主运动的变速、启停、进给的方向、速度和位移量,以及其他如刀具选择更换、工件的夹紧松开、冷却润滑的开关等动作,使刀具与工件及其他辅助装置严格地按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数进行工作,从而加工出符合要求的零件。

3. 数控机床的分类

(1) 按工艺用途分。数控机床可分为数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控镗铣床、数控齿轮加工机床、数控电火花加工机床、数控线切割机床、数控冲床、数控剪床、数控激光加工机、数控液压机等各种工艺用途的数控机床。

(2) 按机床运动控制方式分。数控机床可分为点位控制、直线控制和轮廓控制三种,如图 1-2 所示。其中轮廓控制数控机床(又称连续控制数控机床)的特点是不管数控机床有几个控制轴,其中任意两个或两个以上的控制轴能实现联动控制,从而实现轨迹控制。根据联动轴的数量,可分成两轴联动、三轴联动和多轴联动数控机床。

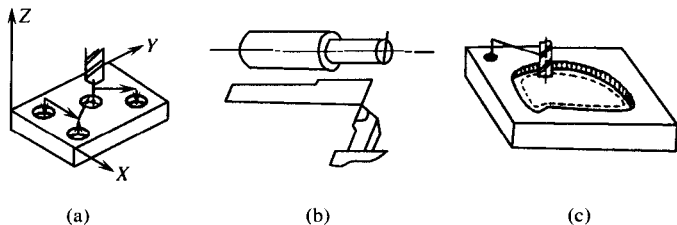


图 1-2 数控机床运动控制方式

(a) 点位控制; (b) 直线控制; (c) 轮廓控制。

(3) 按有无位置检测和反馈装置分。数控机床可分为开环控制系统、闭环控制系统和半闭环控制系统上,如图 1-3 所示。

(4) 按数控装置的构成方式分。数控机床可分为硬件数控(Numerical Control, NC)系统和软件数控(Computer Numerical Control, CNC)系统两种。硬件数控系统的信息输入处理、运算和控制功能,都由专用的固定组合逻辑电路来实现,不同功能的机床,其组合逻辑电路不同。改变或增减控制、运算功能时,需要改变数控装置的硬件电路。软件数控系统也称计算机数控系统,使用软件数控装置。这种数控装置的硬件电路是由小型或微型计算机加上通用或专用的大规模集成电路制成的,数控机床的主要功能几乎全部由系统软件来实现,修改或增减系统功能时,不需要变动硬件电路,只需要改变系统软件。因此,它具有较高的灵活性。

(二) 加工中心的功能及特点

1. 加工中心的功能

加工中心(Machining Center - MC)是一种功能较全的数控加工机床。它把铣削、镗削、钻削和切削螺纹等功能集中在一台设备上,使其具有多种工艺功能。加工中心设置有刀库,刀库中存放着不同数量的种种刀具或量具,在加工过程中由程序自动选用和更换。这是它与数控铣床、数控镗床的主要区别。加工中心与同类数控机床相比较复杂,控制系

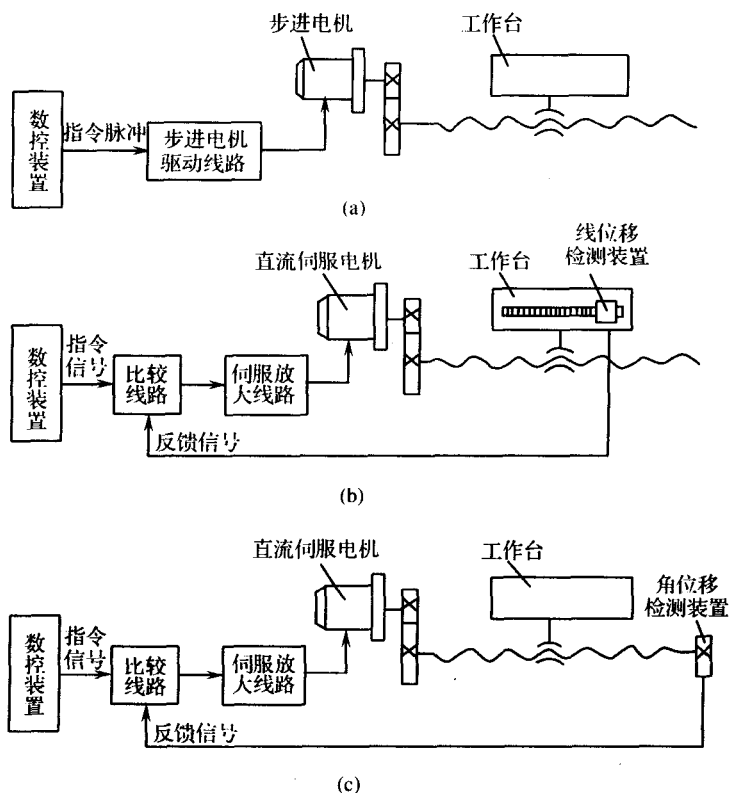


图 1-3 控制系统分类

(a) 开环控制系统；(b) 闭环控制系统；(c) 半闭环控制系统。

统功能较多。加工中心最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,实现刀具运动直线插补和圆弧插补。多的可实现五轴联动、六轴联动,从而保证刀具进行复杂加工。加工中心还具有不同的辅助功能;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,刀具破损报警,刀具寿命管理,过载超程自动保护,丝杠螺距误差补偿,丝杠间隙补偿,故障自动诊断,工件与加工过程图形显示,人机对话,工件在线检测和加工自动补偿、离线编程等,这些功能提高了数控机床的加工效率,保证了产品的加工精度和质量,是变通加工设备无法相比的。

2. 加工中心的特点

加工中心是集高新技术于一体的机械加工设备,它的发展代表了一个国家设计、制造的水平,因此在国内外企业界都受到高度重视。加工中心综合加工能力较强,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,其效率是变通设备的 5 倍~10 倍。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合。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,从而使企业具有较强的竞争能力。因此它也是判断企业技术能力和工艺水平标志的一个方面。如今,加工中心已成为现代机床发展的主流方向,广泛用于机械制造

中。与变通数控机床相比,它有以下几个突出特点。

(1) 工序集中。加工中心备有刀库,能自动换刀,并能对工件进行多工序加工。现代加工中心可使工件在一次装夹后实现多表面、多工位的连续、高效、高精度加工,即工序集中。这是加工中心最突出的特点。

(2) 加工精度高。加工中心同其他数控机床一样具有加工精度高的特点,而且加工中心可一次装夹工件,实现多工序集中加工,减少了多次装夹带来的误差。故加工精度更高,加工质量更加稳定。

(3) 适应性强。加工中心对加工对象的适应性强。加工中心改变加工零件时,只需重新编制(更换)程序,输入新的程序就能实现对新零件的加工,这对结构复杂零件的单件、小批量生产及新产品试制带来极大的方便。同时,它还能自动加工变通机床很难加工或无法加工的精密复杂零件。

(4) 生产效率高。加工中心带有刀库,在一台机床上能集中完成多种工序,因而可减少工件装夹、测量和机床的调整时间,减少工件半成品的周转、搬运和存放时间,机床的切削利用率(切削时间和开动时间之比)高。

(5) 经济效益好。加工中心加工零件时,虽分摊在每个零件上的设备费用较昂贵,但在单件、小批量生产的情况下,可以节省许多其他方面的费用。由于是数控加工,加工中心不必准备专用钻模等工艺装备,加工之前节省了划线工时,零件安装到机床上之后可以减少调整、加工和检验时间。另外,由于加工中心的加工稳定,减少了废品率,使生产成本进一步下降。

(6) 自动化程度高,劳动强度低。加工中心加工零件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,劳动强度可大为减轻。

(7) 有利于生产的现代化管理。用加工中心加工零件,能够准确地计算零件的加工工时,并有效地简化检验和工夹具、半成品的管理工作。这些特点有利于使生产管理现代化。当前有许多大型 CAD/CAM 集成软件已经开发了生产管理模块,实现了计算机辅助生产管理。加工中心使用数字信息与标准代码输入,最适宜计算机联网及管理。

加工中心的工序集中加工方式有其独特的优点,但也带来一些问题。

(1) 工件由毛坯直接加工为成品,一次装夹中金属切除量大、几何形状变化大,没有释放应力的过程,加工完成一段时间后内应力释放,使工件变形。

(2) 粗加工后直接进入精加工阶段,工件的温升来不及回复,冷却后尺寸变动,影响零件精度。

(3) 装夹工件的夹具必须满足既能承受粗加工中大的切削力,又能在精加工中准确定位的要求,并且零件夹紧变形要小。

(4) 切削不断屑,切屑的堆积、缠绕等会影响加工的顺利进行及工件的表面质量,甚至损坏刀具,产生废品。

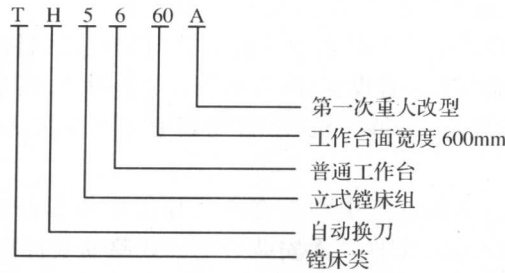
(三) 加工中心的分类

1. 加工中心的型号

目前我国机床型号的编制方法是按 JB1838—1976 标准,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：



机床的类别用汉语拼音字母表示，“T”表示镗床类等；特性代号在类别代号之后也用汉语拼音字母予以表示，加工中心特性代号一般为 H(自动换刀)；组、型别代号用阿拉伯数字组成，位于类别代号或特性代号之后，第一位数字表示组别，第二位数字表示型别；机床主要参数用系数表示，加工中心用两位数字表示工作台宽度的 1/10；机床重大改型的顺序号，在原机床型号后用 A、B、C、D 等英文字母表示。

2. 加工中心的类型

(1) 立式加工中心。立式加工中心是指主轴为垂直状态的加工中心，如图 1-4 所示。其结构形式多为固定立柱，工作台为长方形，无分度回转功能，适合加工盘、套、板类零件，一般具有三个直线运动坐标轴，并可在工作台上安装一个沿水平轴旋转的回转台，用以加工螺旋线类零件。

立式加工中心装卡方便，便于操作，易于观察加工情况，调试程序容易，应用广泛。但受立柱调试及换刀装置的限制，不能加工太高的零件，在加工型腔或下凹的型面时，切屑不易排出，严重时损坏刀具，破坏已加工表面，影响加工的顺利进行。

(2) 卧式加工中心。卧式加工中心指主轴为水平状态的加工中心，如图 1-5 所示。卧式加工中心通常都带有自动分度的回转工作台，它一般具有 3 个~5 个运动坐标，常见

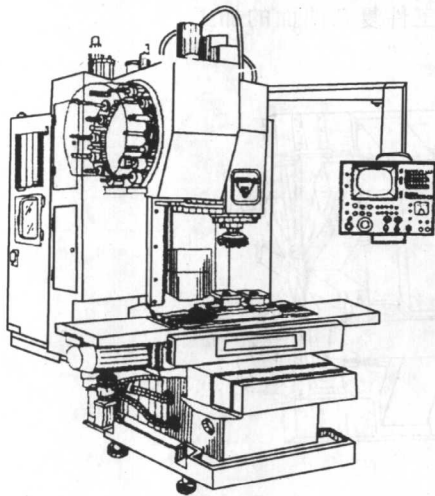


图 1-4 立式加工中心

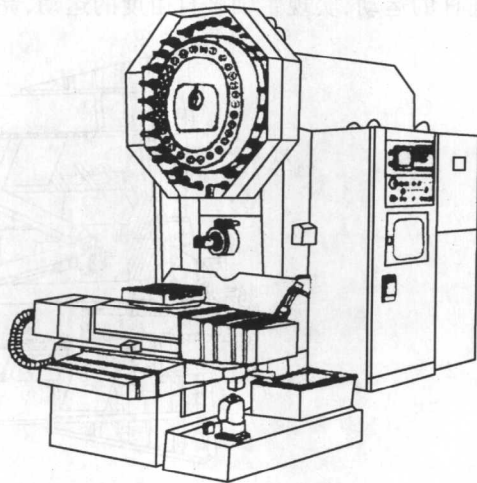


图 1-5 卧式加工中心

的是三个直线运动坐标加一个回转运动坐标,工件在一次装卡后,完成除安装面和顶面以外的其余四个表面的加工,它最适合加工箱体类零件。与立式加工中心相比较,卧式加工中心加工时排屑容易,对加工有利,但结构复杂,价格较高。

(3) 龙门式加工中心。龙门式加工中心的形状与数控龙门铣床相似,如图 1-6 所示。龙门式加工中心主轴多为垂直设置,除自动换刀装置以外,还带有可更换的主轴头附件,数控装置的功能也较齐全,能够一机多用,尤其适用于加工大型工件和形状复杂的工件。

(4) 五轴加工中心。五轴加工中心具有立式加工中心和卧式加工中心的功能,如图 1-7 所示。五轴加工中心,工件一次安装后能完成除安装面以外的其余五个面的加工。常见的五轴加工中心有两种形式:一种是主轴可以旋转 90° ,对工件进行立式和卧式加工;另一种是主轴不改变方向,而由工作台带着工件旋转 90° ,完成对工件五个表面的加工。

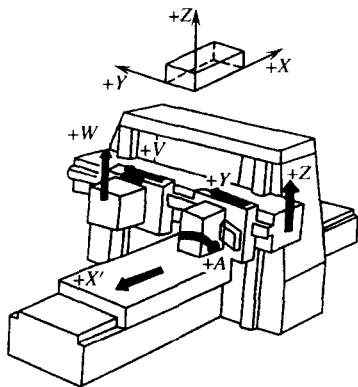


图 1-6 龙门式加工中心

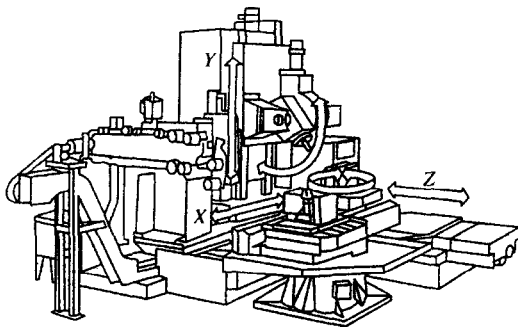


图 1-7 五轴加工中心

(5) 虚轴加工中心。如图 1-8 所示,虚轴加工中心改变了以往传统机床的结构,通过连杆的运动,实现主轴多自由度的运动,完成对工件复杂曲面的加工。

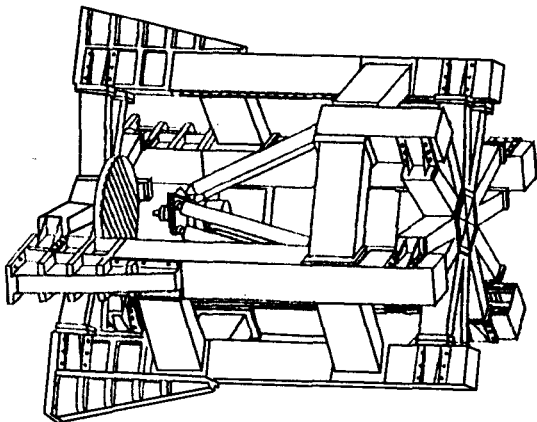


图 1-8 虚轴加工中心

二、加工中心的结构特点

(一) 加工中心的结构组成

1. 加工中心的构成

加工中心有各种类型,虽然外形结构各异,但总体上是由以下几大部分组成。

(1) 基础部件。由床身、立柱和工作台等大件组成,它们是加工中心结构中的基础部件。这些大件有铸铁件,也有焊接的钢结构件,它们要承受加工中心的静载荷以及在加工时的切削负载,因此必须具备更高的静动刚度,也是加工中心中质量和体积最大的部件。

(2) 主轴部件。由主轴箱、主轴电机、主轴和主轴轴承等零件组成。主轴的启动、停止等动作和转速均由数控系统控制,并通过装在主轴上的刀具进行切削。主轴部件是切削加工的功率输出部件,是加工中心的关键部件,其结构的好坏,对加工中心的性能有很大的影响。

(3) 数控系统。由 CNC 装置、可编程序控制器、伺服驱动装置以及电机等部分组成,是加工中心执行顺序控制动作和控制加工过程的中心。

(4) 自动换刀装置(ATC)。加工中心与一般数控机床的显著区别是具有对零件进行多工序加工的能力,有一套自动换刀装置。

加工中心的结构如图 1-9 所示。

2. 加工中心对结构的要求

(1) 具备更高的静动刚度。加工中心价格昂贵,其加工费用比传统机床要高得多,这就要求必须采取措施大幅度地压缩单件加工时间。

压缩单件加工时间包括两个方面:一方面是新型刀具材料的发展,使切削速度成倍地提高,大大缩短了切削时间;另一方面,采用自动换刀系统,加快装夹变换等操作,这又大大减少了辅助时间。这些措施大幅度地提高了生产率,获得了好的经济效益,然而,也明显地增加了机床的负载及运转时间。另外,机床床身、导轨、工作台、刀架和主轴箱等部件的结构刚度将影响它们本身的几何精度及因变形所产生的误差。所有这些都要求数控机床具有更高的静刚度。

切削过程中的振动不仅直接影响零件的加工精度和表面质量,还会降低刀具寿命,影响生产。而加工中心又是连续作业,不可能在加工中作人为调整(如改变切削用量或改变刀具的几何角度)来消除或减少振动,因此,还必须提高加工中心的刚度。

在设计加工中心结构时,考虑到这些因素,其基础大件通常采用封闭箱形结构,合理地布置加强筋板以及加强各部件的接触刚度,有效地提高了机床的静刚度。另外,调整构件的质量可能改变系统的自振频率,增加阻尼可以改善机床的阻尼特性,是提高机床动刚

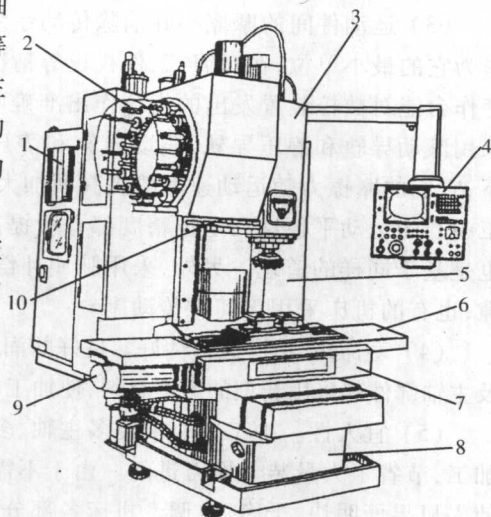


图 1-9 加工中心的结构

1—数控柜；2—刀库工作台；3—主轴箱；4—操作面板；5—驱动电源；6—工作台装置；7—滑枕；8—床身；9—进给伺服电机；10—换刀机械手。

度的有效措施。

(2) 有更小的热变形。加工中心在加工中受切削热、摩擦热等内外热源的影响,各部件将发生不同程度的热变形,这将影响工件的加工精度。由于加工中心的主轴转速、进给速度及切削量等都大于传统机床,而且工艺过程自动化,常常是连续加工,因而产生的热量也多于传统机床,这就要求必须采取措施减少热变形对加工精度的影响。主要措施有:对发热源采取有效的液冷、风冷等方法来控制温升;改善机床结构,使构件的热变形发生在非误差敏感方向上。例如卧式加工中心的立柱采用框式双立柱结构,左右对称,热变形对主轴轴线产生垂直方向的平移,它可以由坐标修正量进行补偿,减少发热,尽可能将热源从主机中分离出去。

(3) 运动件间的摩擦小并消除传动系统间隙。加工中心工作台的位移量以脉冲当量作为它的最小单位,在对刀、工件找正等情况下,工作台常以极低的速度运动。这就要求工作台能对数控装置发出的指令作出准确响应,它与运动件的摩擦特性有关。加工中心采用滚动导轨和静压导轨,滚动导轨和静压导轨的静摩擦力较小,并且在润滑油的作用下,它们的摩擦力随运动速度的提高而加大,这就有效地避免了低速爬行现象,从而使加工中心的运动平稳性和定位精度都有所提高。进给系统中采用滚珠丝杠代替滑动丝杠,也是基于同样的道理。另外,采用脉冲补偿装置进行螺距补偿,消除了进给传动系统的间隙,也有的机床采用无间隙传动副。

(4) 寿命高、精度保持性好。良好的润滑系统保证了加工中心的寿命,导轨、进给丝杠及主轴部件都采用新型的耐磨材料,使加工中心在长期使用过程中能够保持良好的精度。

(5) 宜人性。加工中心采用多主轴、多刀架及自动换刀装置,一次装夹完成多工序的加工,节省了大量装卡换刀进间。由于不需要人工操作,故采用了封闭或半封闭式加工,使人机界面明快、干净、协调。机床各部分的互锁能力强,可防止事故发生,改善了操作者的观察、操作和维护条件,并设有紧急停车装置,以避免发生意外事故。所有操作都集中在一个操作面板上,一目了然,减少了误操作。

(二) 加工中心的主轴部件

1. 主轴部件精度

加工中心主轴部件由主轴动力、传动及主轴组件组成,它是加工中心成型运动的重要执行部件之一,因此要求加工中心的主轴部件具有高的运转精度、长久的精度保持性以及长时间运行的精度稳定性。

加工中心通常作为精密机床使用,主轴部件的运转精度决定了机床加工精度的高低。考核机床的运转精度一般有动态检验和静态检验两种方法。静态检验是指在低速或手动转动主轴情况下,检验主轴部件各个定位面及工作表面的跳动量。动态检验则需使用一定的仪器在机床主轴额定转速下,采用非接触的检测方法检验主轴的回转精度。由于加工中心通常具有自动换刀功能,刀具通过专用刀柄由安装在加工中心主轴内部的拉紧机构紧固,因此主轴的回转精度要考虑由于刀柄定位面的加工误差所引起的误差。

加工中心主轴轴承通常使用C级轴承,在二支承主轴部件中多采用4-1、2-2组合使用,即前支承和后支承分别用四个向心推力轴承和一个向心球轴承,或前、后支承都使用两个向心推力轴承组成主轴部件的支承体系,该种结构适宜高精度、高速主轴部件的场