

劳动预备制教材 职业培训教材

laodong yubeizhi jiaocai zhiye peixun jiaocai



加工中心

操作与编程培训教程

JIAGONG ZHONGXIN

CAOZUO YU BIANCHENG

PEIXUN JIAOCHENG



中国劳动社会保障出版社

劳动预备制教材
职业培训教材

加工中心操作与编程培训教程

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

加工中心操作与编程培训教程/周晓宏主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2006

劳动预备制教材 职业培训教材

ISBN 7-5045-5109-0

I. 加… II. 周… III. ①加工中心-操作-技术培训-教材 ②加工中心-程序设计-技术培训-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 091773 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

*

北京乾沣印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.75 印张 290 千字

2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 次印刷

定价: 20.00 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: 010-64911344

前 言

数控加工是机械制造业中的先进加工技术，在生产企业中，数控机床的使用越来越广泛。我国的机械制造行业正急需大批熟悉数控机床的编程、操作、故障诊断和维护等技术的应用型人才。本套数控技术劳动预备制、职业培训教材正是为适应这一形势的需要而编写的。

本套数控技术培训教材包括《数控加工技术基础》《数控车床操作与编程培训教程》《数控铣床操作与编程培训教程》《加工中心操作与编程培训教程》《线切割机床及数控冲床操作与编程培训教程》《数控机床维修技术培训教程》六本。这六本教材既相对独立，又保持了相互之间的连续性。

本套培训教材从培养职业技术型人才的目的出发，简述了数控机床的工作原理和结构，介绍了数控编程和数控加工工艺的基础知识，介绍了数控车床、铣床、加工中心、线切割机床及数控冲床的编程方法，详细地介绍了生产实际中常用的数控车床、铣床、加工中心、线切割机床及数控冲床的操作使用方法，涉及的数控系统主要有：日本 FANUC 系统、德国 SIEMENS 系统、西班牙 FAGOR 系统、国产 KENT—18T 系统、国产华中 I 型数控系统等。此外，还介绍了数控机床故障诊断及维修的实用方法。

我们编写本套教材的指导思想是：读者通过学习本套教材，能迅速掌握数控机床的相关技术知识和操作技能，能编制中等难度的数控加工程序，能进行数控机床的一般维护和故障诊断工作。本套教材的编写者多年从事数控加工、编程及数控机床维修方面的教学、科研工作，并具有丰富的生产实践经验。本套教材内容重点突出，图文并茂，浅显易懂，实用性强，可操作性强。书中举例丰富，各章都附有复习题，以便于读者参考。

本套教材由深圳技师学院（深圳高级技工学校）周晓宏主编，深圳坎迪特电子有限公司刘向阳参编。由湖南工业职业技术学院院长金潇明教授担任主审。

由于编写时间仓促，这套教材中难免会有一些疏漏之处，我们将在相关职业培训的过程中，积极听取各方面的意见，不断修订和完善。

劳动和社会保障部教材办公室

内 容 简 介

本书共分四章。第一章讲述加工中心程序编制的基础知识及基本编程方法。第二章讲述日本 FANUC 系统加工中心的编程方法,介绍了 VP1050 立式加工中心的组成及操作方法。第三章讲述德国 SIEMENS 系统加工中心的编程方法,介绍了 XH714B 加工中心的组成及操作方法。第四章讲述西班牙 FAGOR 系统加工中心的编程方法,介绍了 TH5660A 加工中心的组成及操作方法。

本书所介绍的数控系统和加工中心在生产实际中应用很广;本书内容丰富,图文并茂,通俗易懂,实用性强,适用面广;各章都附有复习题,供读者练习。

本书可作为数控技术职业技能培训的教材,可作为机电类本科、高职、中专、技校学生的教材或参考书,也可作为从事数控机床操作、编程、维修等相关工作的技术人员的培训教材或参考书。

本书由周晓宏主编,刘向阳、李文景参编,金潇明审稿。

目 录

第一章 加工中心的程序编制.....	(1)
§ 1—1 加工中心概述.....	(1)
§ 1—2 加工中心编程基础.....	(11)
§ 1—3 加工中心的基本编程方法.....	(29)
§ 1—4 加工中心编程及加工综合实例.....	(45)
复习题.....	(51)
第二章 日本 FANUC 系统加工中心的操作与编程	(52)
§ 2—1 VP1050 立式加工中心(FANUC 0-MC 系统)的组成及操作	(52)
§ 2—2 FANUC 0-MC 系统的编程指令及编程要点	(68)
§ 2—3 FANUC 系统编程及加工综合实例	(72)
复习题.....	(78)
第三章 德国 SIEMENS 系统加工中心的操作与编程	(80)
§ 3—1 XH714B 加工中心(SINUMERIK 802S/C 系统)的组成及操作	(80)
§ 3—2 SINUMERIK 802S/C 系统的编程指令及编程方法	(94)
§ 3—3 SIEMENS 系统编程及加工综合实例	(126)
复习题.....	(130)
第四章 西班牙 FAGOR 系统加工中心的操作与编程	(132)
§ 4—1 TH5660A 加工中心(FAGOR 8055M 系统)的组成及操作	(132)
§ 4—2 FAGOR 8055M 系统的编程指令及编程方法	(145)
§ 4—3 FAGOR 8055M 系统编程及加工综合实例	(163)
复习题.....	(179)
参考文献.....	(181)

第一章 加工中心的程序编制

加工中心是数控机床中功能较全、加工精度较高的工艺装备。它主要用于箱体类零件和复杂曲面零件的加工,能把铣削、镗削、钻削、攻螺纹和车螺纹等功能集中在一台设备上。因为它具有多种换刀或选刀功能及自动工作台交换装置(APC),故工件经一次装夹后,可自动地完成或者接近完成工件各面的所有加工工序,从而使生产效率和自动化程度大大提高。

加工箱体类零件的加工中心,一般是在镗、铣床的基础上发展起来的,可称为镗铣类加工中心,习惯上简称为加工中心。另外,还有一类加工中心,是以轴类零件为主要加工对象,是在车床基础上发展起来的,一般具有C轴控制,除可进行车削、镗削之外,还可以进行端面和周面上任意部位的钻削、铣削和攻螺纹加工,在具有插补功能的条件下,可以实现各种曲面铣削加工。这类加工中心习惯上称为车削中心或车铣中心。

本教材介绍的加工中心均指镗铣类加工中心。

§ 1—1 加工中心概述

一、加工中心的分类

1. 按功能特征分类

加工中心可分为镗铣、钻削和复合加工中心。

(1) 镗铣加工中心。镗铣加工中心是机械加工行业应用最多的一类数控设备,有立式和卧式两种。其工艺范围主要是铣削、钻削、镗削。镗铣加工中心数控系统控制的坐标数多为3个,高性能的数控系统可以达到5个或更多。不同的数控系统对刀库的控制采取不同的方式,有伺服轴控制和PLC轴控制两种。立式镗铣加工中心的回转工作台大多采用伺服轴控制,并能实现工作台在 360° 范围内任意定位。

(2) 钻削加工中心。钻削加工中心以钻削为主,刀库以转塔头形式为主,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。在一台设备上可以完成车、铣、镗、钻等多种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的加工。这种方式既能减少装卸时间,提高机床生产效率,减少半成品库存量,又能保证和提高形位精度。

2. 按主轴的位置不同分类

加工中心可分为卧式、立式和五面加工中心,这是加工中心通常的分类方法。

(1) 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。有固定立柱式和固定工作台式两种。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—1a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,安装工件的工作台只完成X坐标移动,如图1—1b所示。

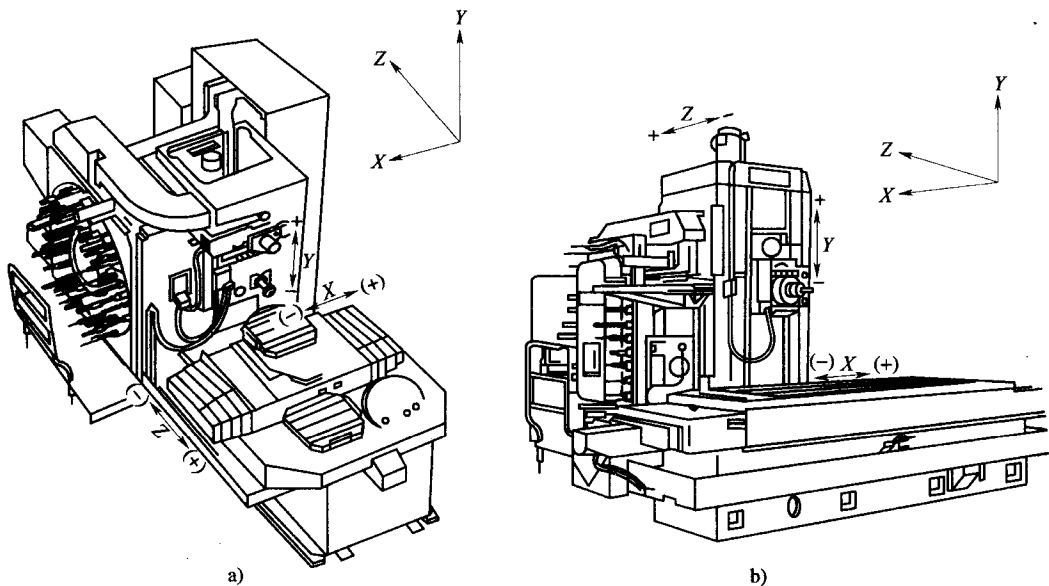


图 1-1 卧式加工中心

a) 固定立柱式 b) 固定工作台式

(2) 立式加工中心。立式加工中心主轴的轴为垂直设置，其结构多为固定立柱式，工作台为十字滑台，如图 1-2 所示。

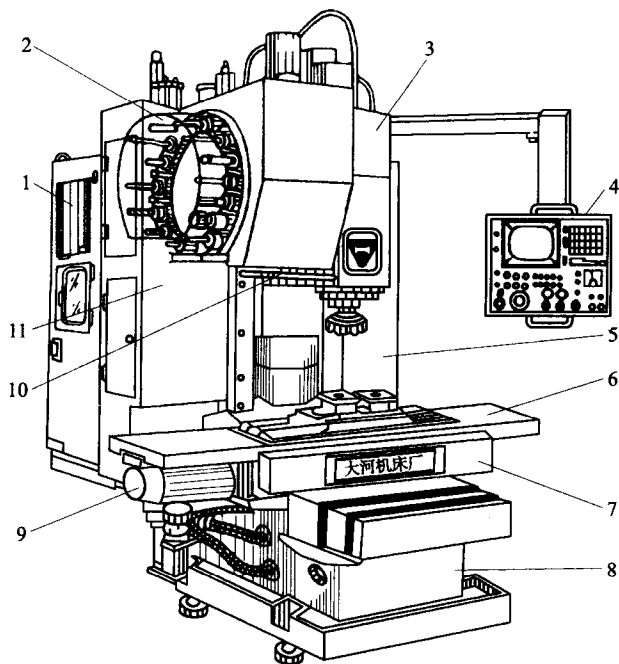


图 1-2 TH5632 型立式加工中心

1—数控柜 2—刀库 3—主轴箱 4—操纵台 5—驱动电源柜
6—纵向工作台 7—滑座 8—床身 9—X 轴进给伺服电动机 10—换刀机械手 11—立柱

(3) 五面加工中心。这种加工中心具有立式和卧式加工中心的功能,在一次装夹工件后,能完成除安装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,省去了二次装夹,可提高生产效率,降低加工成本。

3. 按支承件的不同分类

(1) 龙门式镗铣加工中心。龙门式加工中心的典型特征是其具有一个龙门型的固定立柱,在龙门框架上安装有可实现 X 向、Z 向移动的主轴部件,龙门式加工中心的工作台仅实现 Y 向移动。龙门型加工中心结构刚性好,该种形式常见于大型加工中心。

(2) 动柱式镗铣加工中心。动柱式加工中心主轴部件安装在加工中心的立柱上,实现 Z 向移动;立柱安装在 T 形底座上,实现 X 向移动。动柱式加工中心由于立柱是通过滚动导轨与底座相连,刚性比龙门式结构差,一般不适宜重切削加工。加工过程中立柱要完成支承工件和 X 向移动两个功能,较大的立柱质量限制了机床的机动性能。该种形式常见于中小型立式或卧式镗铣加工中心。

4. 其他分类

(1) 多工位镗铣加工中心。多工位加工中心有时也称柔性加工单元,它有两个以上可以更换的工作台,通过输送轨道或工作台交换机构,把加工完毕的工件连同工作台一起送出加工区,然后把装有待加工工件的工作台送至加工区。这种加工中心的优点是可实现连续加工,机床加工时间和工件装卸辅助时间相重合,生产效率比单台机床大大提高。多工位加工中心上每个工作台安装的零件可以是相同的也可以是不同的。多工位加工中心有立式和卧式两种型式,其结构复杂,刀库容量较大,控制系统功能强,内存容量大,计算速度快。

(2) 双刀库加工中心。加工中心的生产效率可以由机床的加工速度、切削功率及刀具性能判定,但一次装夹能够完成的工序数量,是衡量机床辅助性能的重要指标。大中型加工中心加工形状复杂、工序众多的工件时,通常要求机床有足够的刀具库容,以满足加工工艺的需要。加工中心的刀库一般使用链式刀库,为减少机床体积和机床占地面积,当库容大于70~80把刀具时,通常设计成为双刀库模式,通过两个换刀机械手实现刀具的取还。加工过程中,CNC系统刀库 PLC 模块对两个刀库刀具的编号和对应编号刀具的刀补实行动态管理。

二、加工中心的特点及使用过程

1. 加工中心的特点

- (1) 工序集中。
- (2) 对加工对象的适应性强。
- (3) 加工精度高。
- (4) 加工生产率高。
- (5) 操作者的劳动强度减轻。
- (6) 经济效益高。
- (7) 有利于生产管理的现代化。

2. 加工中心的使用过程

加工中心的使用过程如图 1—3 所示,由图可见加工中心加工零件是完全按照指令进行的,程序是决定加工质量的重要因素。但编制程序是综合工艺要素和机床功能的过程,应考虑机床的功能、零件结构特点、装夹方式、刀具及切削用量等因素。各种数控系统程序编制的内容和格式有所不同,但是程序编制方法和使用过程是基本相同的。

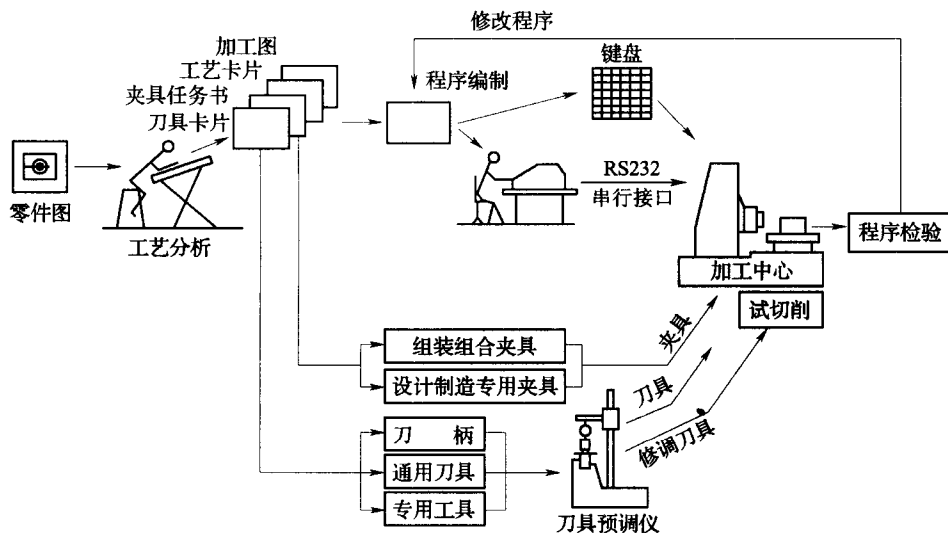


图 1—3 加工中心的使用过程

三、加工中心的加工对象

针对加工中心的工艺特点，加工中心适宜于加工形状复杂、内容多、要求较高、需多种类型的普通机床和众多的工艺准备，且经多次装夹和调整才能完成加工的零件。

1. 结构形状复杂、普通机床难加工的零件

主要表面由复杂曲线、曲面组成的零件，加工时，需要多坐标联动加工，这在普通机床上是难以甚至无法完成的，加工中心是加工这类零件的最有效的设备。最常见的典型零件有以下几类：

(1) 凸轮类。这类零件有各种曲线的盘形凸轮、圆柱凸轮、圆锥凸轮和端面凸轮等，加工时，可根据凸轮表面的复杂程度，选用三轴、四轴或五轴联动的加工中心。

(2) 整体类叶轮。整体叶轮常见于空气压缩机、航空发动机的压气机、船舶水下推进器等，它除具有一般曲面加工的特点外，还存在许多特殊的加工难点，如通道狭窄，刀具很容易与加工表面和临近曲面产生干涉等。

(3) 模具类。常见的模具锻压模具、铸造模具、注塑模具及橡胶模具等。

2. 既有平面又有孔系的零件

加工中心具有自动换刀装置，在一次安装中，可以完成零件上平面的铣削，孔系的钻削、镗削、铰削、铣削及攻螺纹等多工步加工。加工的部位可以在一个平面上，也可以在不同的平面上。因此，既有平面又有孔系的零件是加工中心首选的加工对象，这类零件常见的有箱体类零件和盘、套、板类零件。

(1) 箱体类零件。箱体类零件有很多，一般要进行多工位孔系及平面加工，精度要求较高，特别是形状精度和位置精度较严格，通常要经过铣、钻、扩、镗、铰、铤、攻螺纹等工步，需要刀具较多，在普通机床上加工难度大，工装套数多，精度不易保证。在加工中心上一次安装可完成普通机床 60%~95% 的工序内容，零件各项精度一致性好，质量稳定，生产周期短。

(2) 盘、套、板类零件。这类零件端面上有平面、曲面和孔系，径向也常分布一些径向孔，如图 1—4 所示的十字盘。加工部位集中在单一端面上的盘、套、板类零件宜选择立式

加工中心, 加工部位不是位于同一方向表面上的零件宜选择卧式加工中心。

(3) 模具类。常见的模具有锻压模具、铸造模具、注塑模具及橡胶模具等。

3. 外形不规则的异型零件

异型零件是指支架、拨叉这一类外形不规则的零件, 例如, 如图 1—5 所示的异型支架, 大多要点、线、面多工位混合加工。由于外形不规则, 普通机床上只能采取工序分散的原则加工, 需用工装较多, 周期较长。利用加工中心多工位点、线、面混合加工的特点, 可以完成大部分甚至全部工序的内容。

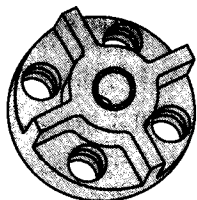


图 1—4 十字盘零件

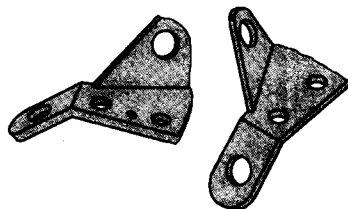


图 1—5 异型支架

4. 加工精度较高的中小批量零件

针对加工中心加工精度高, 尺寸稳定的特点, 对加工精度较高的中小批量零件, 选择加工中心加工, 容易获得所要求的尺寸精度和形状位置精度, 并可得到很好的互换性。

四、加工中心的组成

1958 年, 美国的卡尼—特雷克公司在—台数控镗铣床上增加了换刀装置, 这标志着第—台加工中心问世。30 多年来出现了各种类型的加工中心, 虽然外形结构各异, 但总体上是由以下几大部分组成: 基础部件、主轴部件、数控系统和自动换刀装置 (ATC), 如图 1—2 所示。

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、主轴电动机、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动机等部分组成, 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—般通用机床的显著区别是具有对零件进行多工序加工的能力, 有—套自动换刀装置。

五、加工中心的典型结构

1. 加工中心主轴组件

(1) 主轴的结构。主轴组件是由主轴、主轴支承、装在主轴上的传动件和密封件组成。

图 1—6 所示为 V400 教学型加工中心主轴组件。主轴前端有 $7:24$ 的锥孔，用于装夹 BT40 刀柄或刀杆。主轴端面有一端面键，既可通过它传递刀具的扭矩，又可用于刀具的周向定位。主轴的主要尺寸参数包括：主轴的直径、内孔直径、悬伸长度和支承跨距。评价和考虑主轴的主要尺寸参数的依据是主轴的刚度、结构工艺性和主轴组件的工艺适用范围。主轴材料的选择主要根据刚度、载荷特点、耐磨性和热处理变形大小等因素确定，主轴材料常采用的有 45 钢、GCr15 等，须经渗氮和感应加热淬火。

V400 教学型加工中心由于主轴转速较低，主轴承受的负荷小，故采用了简化设计。主轴前后支承各采用 1 个向心推力球轴承组成主轴的支承体系，支承结构简单，安装调整方便。主轴轴承在订购时，可以选择单个使用订购和配对使用订购两种方式。配对使用订购

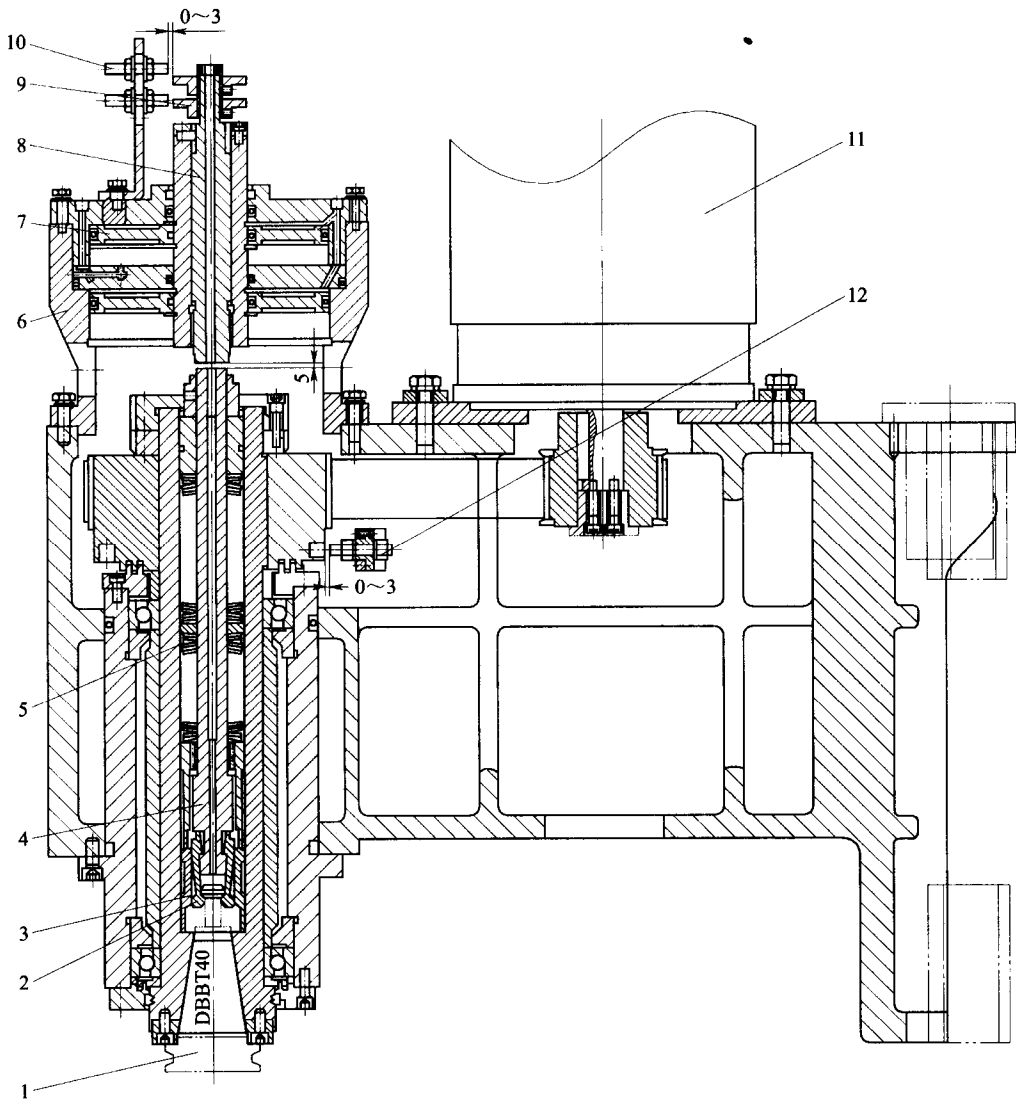


图 1—6 V400 教学型加工中心主轴传动结构

- 1—刀柄 2—抓刀爪 3—内套 4—拉杆 5—碟形弹簧 6—汽缸
7—活塞 8—压杆 9—撞块 10—行程开关 11—主轴电动机 12—接近开关

时, 供应商将配对使用的轴承内、外环配磨, 使之在主轴上安装预紧后具有规定的轴向过盈量。配对使用轴承在主轴圆周方向的最佳安装位置, 供应商也应一并标出, 以满足主轴安装后的工作性能要求。主轴承采用特殊润滑油脂润滑, 油脂封在主轴套内, 用户一般不许更换。

(2) 自动夹紧刀具结构。加工中心主轴系统应具备自动松开和夹紧刀具功能。图 1—6 中所示为一种常见的刀具自动夹紧机构。刀具的自动夹紧机构安装在主轴的内部, 图示为刀具的夹紧状态, 刀柄 1 由主轴抓刀爪 2 夹持, 碟形弹簧 5 通过拉杆 4 和抓刀爪 2, 在内套 3 的作用下将刀柄的拉钉拉紧。当换刀时, 要求松开刀柄, 此时将主轴上端汽缸的上腔通压缩空气, 活塞 7 带动压杆 8 及拉杆 4 向下移动, 同时压缩碟形弹簧 5, 当拉杆 4 下移到使抓刀爪 2 的下端移出内套 3 时, 卡爪张开, 同时拉杆 4 将刀柄顶松, 刀具即可由机械手或刀库拔出。待新刀装入后, 汽缸 6 的下腔通压缩空气, 活塞上移, 拉杆在碟形弹簧的作用下, 带动抓刀爪上移, 抓刀爪重新进入内套 3, 将刀柄拉紧。活塞 7 移动的两个极限位置分别设有行程开关 10, 作为刀具夹紧和松开的信号。

刀杆尾部的拉紧机构, 除上述的卡爪式外, 常见的还有钢球拉紧机构, 如图 1—7 所示。

2. 进给系统的典型结构

为保证加工中心进给伺服系统工作的精度、刚度和稳定性, 对进给系统结构的要求是高精度、高刚度、低摩擦和低惯量, 下面分别介绍加工中心进给系统中的几种典型结构。

(1) 伺服电动机与丝杠的联接。伺服电动机与丝杠的联接, 必须保证无间隙。在数控机床中, 伺服电动机与滚珠丝杠主要采用三种联接方式: 直联式、齿轮减速式、同步带式。在加工中心进给驱动系统中大都采用直联式。图 1—8 所示为直联式结构, 它采用膜片弹性联轴器将伺服电动机与滚珠丝杠联接起来, 由于利用了锥环的胀紧原理, 可以较好地实现无键、无隙联接。这种联轴器特别适合于电动机及丝杠的无键联接。

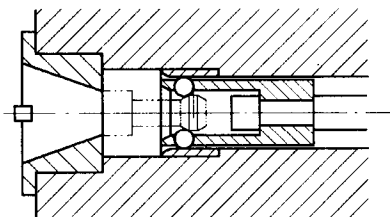


图 1—7 钢球拉紧机构

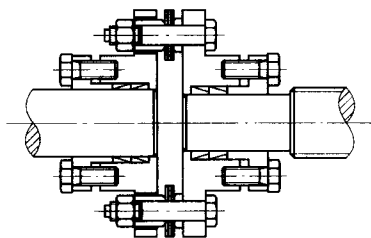


图 1—8 电动机与丝杠直联结构

(2) 滚珠丝杠螺母副。滚珠丝杠螺母副, 是在丝杆和螺母间, 以滚珠为滚动体的螺旋传动机构。其结构的主要特点是普通丝杠螺母间的滑动摩擦转变为滚动摩擦, 因而摩擦系数小, 传动效率可达 90%~95%。动静摩擦系数小, 在施加预紧后, 轴向刚度好, 传动平稳, 不易产生爬行, 随动精度和定位精度都较高。

滚珠丝杠副的主要参数有名义直径 D_0 、导程 L 和接触角 β 。名义直径是指滚珠与螺旋滚道在理论接触角状态时包围滚珠球心的圆柱直径。名义直径与承载能力直接有关, 常用范围一般是 30~80 mm, 为了满足传动刚度和稳定性的要求, 通常应大于丝杠长度的 1/30~1/35。导程的大小要根据机床的加工精度要求确定。精度要求高时, 应将导程取小一些, 但导程的大小又与滚珠直径大小有关, 为了使滚珠丝杠具有一定的承载能力, 滚珠直径又不能

太小, 因此导程的数值在满足机床加工精度的条件下, 应尽可能取得大些。

加工中心使用的滚珠丝杠应达到国际 J 级 (精密级) 以上, 滚珠丝杠必须采用润滑油或锂基油脂进行润滑, 同时采用防尘密封装置。如可采用接触式或非接触式密封圈, 螺旋式弹簧钢带, 或折叠式塑性人造革防护罩, 以防尘土及硬性杂质进入丝杠。

(3) V400 加工中心进给系统典型结构。图 1—9 所示为 V400 加工中心进给系统机械结构。交流伺服电动机通过联轴器以直联方式联接在滚珠丝杠上。交流伺服电动机由其端面的止口定位, 螺栓锁紧安装在轴承支座上。轴承支座由销钉定位, 通过螺栓与床身相联, 承受加工中该方向的切削载荷。滚珠丝杠由一对 60° 接触角向心推力球轴承支承, 轴承预加载荷间隙由两轴承间的隔套修配调整实现。

X、Y 两方向滚珠丝杠均采用一端固定一端浮动的联接方式。

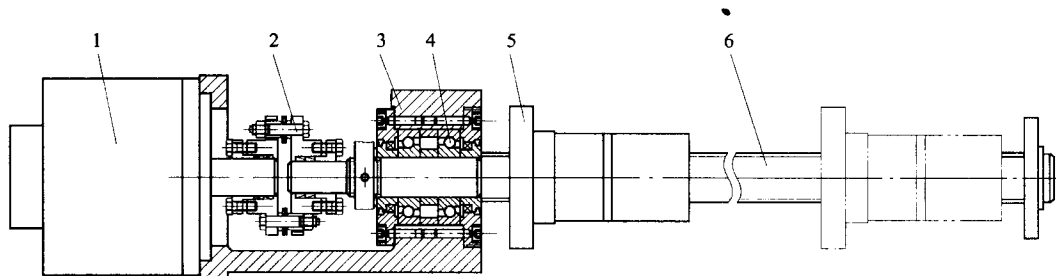


图 1—9 V400 加工中心进给系统结构

1—伺服电动机 2—联轴器 3—轴承支座 4—支承轴承 5—螺母 6—滚珠丝杠

3. 刀库及自动换刀装置

利用刀库实现换刀, 是目前加工中心大量使用的换刀方式。由于有了刀库, 机床只要一个固定主轴夹持刀具, 有利于提高主轴刚度。独立的刀库, 大大增加了刀具的储存数量, 有利于扩大机床的功能, 并能较好地隔离各种影响加工精度的干扰。

刀库换刀按照换刀过程有无机械手参与可分为有机手换刀和无机手换刀两种情况。在有机手换刀的过程中, 使用一个机械手将加工用毕的刀具从主轴中拔出, 与此同时, 另一机械手将在刀库中待命的刀具从刀库拔出, 然后两者交换位置, 完成换刀过程。无机手换刀时, 刀库中刀具存放方向与主轴平行, 刀具放在主轴可到达位置。换刀时, 主轴箱移到刀库换刀位置上方, 利用主轴 Z 向运动将加工用毕刀具插入刀库中要求的空位处, 然后刀库中待换刀具转到待命位置, 主轴 Z 向运动将待用刀具从刀库中取出, 并将刀具插入主轴。有机手换刀系统在刀库配置、与主轴的相对位置及刀具数量上都比较灵活, 换刀时间短。无机手换刀方式结构简单, 只是换刀时间要长。

(1) 加工中心的刀库形式。刀库有多种形式, 加工中心常用的有盘式、链式两种。

盘式结构 (见图 1—10) 中, 刀具可以沿主轴轴向、径向、斜向安放, 分别如图 1—10a、图 1—10b 和图 1—10c 所示。刀具轴向安装的结构最为紧凑, 但为了换刀时刀具与主轴同向, 有的刀库中的刀具需在换刀位置作 90° 翻转。在刀库容量较大时, 为在存取方便的同时保持结构紧凑, 可采取弹仓式结构, 如图 1—10d 所示。目前大量的刀库安装在机床立柱的顶面或侧面。在刀库容量较大时, 也可安装在单独的地基上, 以隔离刀库转动造成的振动。

链式刀库的基本结构如图 1—10e 所示, 通常刀具容量比盘式的要大, 结构也比较灵活。

可以采用加长链带方式加大刀库的容量,也可采用链带折叠回绕的方式,提高空间利用率,如图 1—10f 所示。在要求刀具容量很大时还可以采用多条链带结构,如图 1—10g 所示。

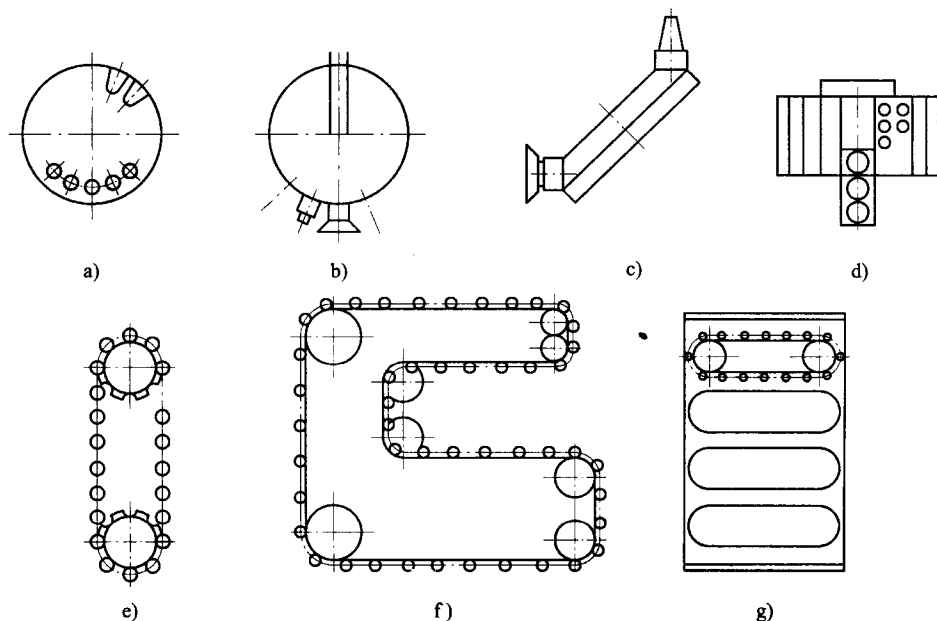


图 1—10 刀库的不同形式

- a) 刀具沿主轴轴向安装 b) 刀具径向安装 c) 刀具斜向安装
d) 弹仓式结构 e) 链式刀库 f) 链带折叠回绕方式 g) 多条链带结构

(2) VP1050 刀库结构与传动。如图 1—11 所示, VP1050 加工中心采用双立柱链式刀库结构, 刀库容量为 24 把刀, 刀柄 1 通过刀夹 2 装夹在链式刀库上, BT-40 刀柄上 16 mm 宽的端面键槽和刀夹 2 上的定位块配合, 保证刀具在刀库上的正确安装, 刀具靠刀夹外侧的弹簧夹夹持安装在刀库上。对于高精度的加工中心, 每一只刀柄在加工中心上的安装均经过精密校正, 为避免刀柄位置错误 (相差 180°) 引起安装误差, 刀柄的定位键槽和主轴上的定位键做成一大一小, 使刀柄的位置和主轴的位置完全对应。

刀夹 2 安装在链条上, 通过双链轮 3 和 7 可以带动链条旋转。链条的松紧程度由刀链调整螺栓 13 调整, 并由螺母锁紧。刀链传动轴 8 上安装有传动轮 9 和双链轮 7。刀库的旋转动力由液压马达 11 提供, 通过圆柱凸轮 10、传动轮 9 将液压马达的转动转换为链式刀库的转动。液压油的不可压缩性, 使液压马达具有传动快捷、制动准确的特点, 可以根据要求准确的启动和停止。

传动轮 9 的端面沿圆周均匀分布安装有 8 个转子, 圆柱凸轮 10 每转一转, 传动轮 9 转过 $1/8$ 转。传动轮在凸轮的推动下每转过一个转子, 相应于刀链上转过一把刀的位置。在传动轮 9 外沿上对应每一个转子的位置安装有一个金属感应块, 由位置传感器 12 将刀具的位置信号传递给数控机床的 PLC 程序, 每接到一次信号, PLC 程序将进行一系列的逻辑运算, 确定当前位置刀号、当前位置与目标位置的位置距离, 根据最佳路径, PLC 发出控制指令, 使液压马达实现正转或反转。到达目标位置, PLC 将控制液压马达停止转动, 位置传感器向 PLC 发出已到达目标位置信号, 刀链工作完成。

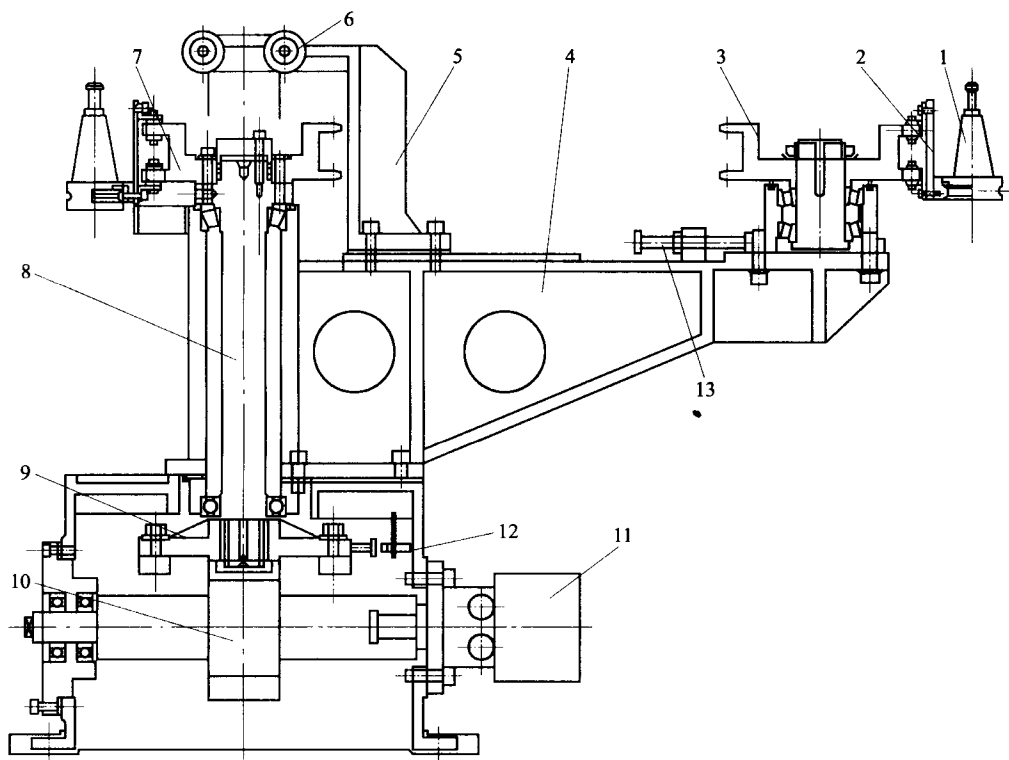


图 1—11 VP1050 加工中心刀库结构

1—刀柄 2—刀夹 3、7—链轮 4—刀链架 5—刀臂滑座架 6—刀臂套筒
8—刀链传动轴 9—传动轮 10—圆柱凸轮 11—液压马达 12—位置传感器 13—刀链调整螺栓

(3) 常见自动换刀装置实例。VP1050 加工中心换刀机械手的工作原理如图 1—12 所示，套筒 1 由汽缸带动做垂直方向运动，实现对刀库中刀具的抓刀，滑座 2 由汽缸作用在两条圆柱导轨上水平移动，用于将刀库刀夹上的刀具（或换刀臂上的刀具）移到换刀臂上（或移到刀库刀夹上）。换刀臂可以上升、下降及 180° 旋转实现主轴换刀。换刀臂的上下运动由汽缸实现，回转运动由齿轮齿条机构实现。换刀过程如下：

1) 取刀。套筒 1 下降（套进刀把）→滑座 2 前移至换刀臂（将刀具从刀库移到换刀臂）→换刀臂 3 刀号更新（换刀臂的刀号登记为刀链的刀号，此过程在数控系统内部由 PLC 程序完成，用于刀库的自动管理）→套筒 1 上升（套筒脱离刀把）→滑座 2 移进刀库（恢复初始预备状态）。

2) 换刀。主轴 6 运动至还（换）刀参考点（运动顺序为先 Z 轴，后 X 轴，将刀柄送入换刀臂外侧）→主轴抓刀爪 7 松开→换刀臂 3 下降（从主轴上取下刀具）→换刀臂 3 旋转（刀具转至刀库侧）→换刀臂 3 上升（换刀臂刀爪与刀库刀爪对齐）→滑座 2 前移（套筒 1 对正刀柄）→套筒 1 下降（套进刀柄）→滑座 2 移进刀库（刀具从换刀臂移进刀库）→换刀臂 3 刀号设置为 0（换刀臂刀号为空白，由数控系统 PLC 完成）→套筒上升（脱离刀把）→还刀完成。

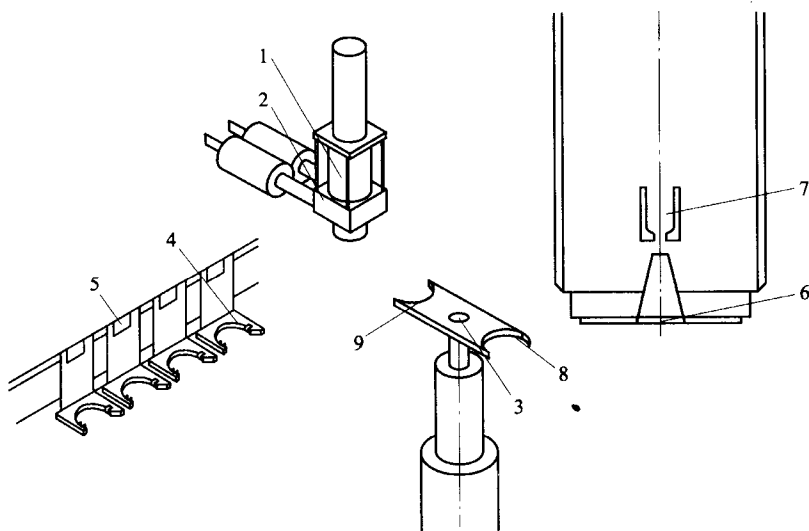


图 1—12 VP1050 加工中心换刀机械手工作原理

1—套筒 2—滑座 3—换刀臂 4—弹簧刀夹 5—刀号

6—主轴 7—主轴抓刀爪 8—换刀臂外侧爪 9—换刀臂内侧爪

§ 1—2 加工中心编程基础

一、加工中心的坐标系

1. 坐标系的确定原则

我国原机械工业部 1982 年颁布了 JB 3052—82 标准，其中规定的命名原则如下：

(1) 刀具相对于静止工件而运动的原则。这一原则使编程人员能在不知道是刀具移近工件还是工件移近刀具的情况下，就可依据零件图样，确定机床的加工过程。

(2) 标准坐标（机床坐标）系的规定。在数控机床上，机床的动作是由数控装置来控制，为了确定机床上的成形运动和辅助运动，必须先确定机床上的运动方向和运动距离，这就需要有一个坐标系才能实现，这个坐标系就称为机床坐标系。

标准的机床坐标系是一个右手笛卡尔直角坐标系，如图 1—13 所示。图中规定了 X、Y、Z 三个直角坐标轴的方向，这个坐标系的各个坐标轴与机床的主要导轨相平行，它与安装在机床上、并且按机床的主要直线导轨找正的工件相关。根据右手螺旋方法，我们可以很方便地确定出 A、B、C 三个旋转坐标的方向。

(3) 运动的方向。数控机床的某一部件运动的正方向，是增大工件和刀具之间距离的方向。

2. 机床坐标系和工件坐标系

(1) 机床坐标系。机床坐标系是机床上固有的坐标系，机床坐标系的方位是参考机床上的一些基准确定的。机床上有一些固定的基准线，如主轴中心线、固定的基准面（工作台面、主轴端面、工作台侧面、导轨面等）。不同的机床有不同的坐标系，图 1—14 所示为立式加工中心坐标系。一台标准的立式加工中心有 3 个移动坐标轴 X、Y、Z。