




全国高级技工学校数控类专业教材

# 数控机床 机械装调与维修

SHUKONG JICHUANG JIXIE ZHUANGTIAO YU WEIXIU

 中国劳动保障出版社

全国高级技工学校数控类专业教材

# 数控机床机械 装调与维修

人力资源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

## 简介

本书主要包括：数控机床组成和分类、数控机床机械结构基本知识、数控机床管理及维修基本知识、主传动系统装调与维修、进给传动系统装调与维修、自动换刀装置装调与维修、液压与气压装置装调与维修、辅助装置维护与维修、数控机床的装调与精度检验等。

本书由韩鸿鸾、张玉东主编，商景凤、褚元娟、安丽敏任副主编，姜义、陶建海、丛志鹏、袁雪芬、马述秀参加编写，崔兆华主审。

## 图书在版编目(CIP)数据

数控机床机械装调与维修/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2012

全国高级技工学校数控类专业教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 9551 - 5

I. ①数… II. ①人… III. ①数控机床-设备安装-高等职业教育-教材②数控机床-维修-高等职业教育-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 067590 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

787 毫米×1092 毫米 16 开本 25.25 印张 567 千字

2012 年 5 月第 1 版 2012 年 5 月第 1 次印刷

定价：45.00 元

读者服务部电话：010 - 64929211/64921644/84643933

发行部电话：010 - 64961894

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010 - 64954652

如有印装差错，请与本社联系调换：010 - 80497374

# 前言

为了更好地适应高级技工学校数控类专业的教学要求，全面提升教学质量，人力资源和社会保障部教材办公室组织有关学校的骨干教师和行业、企业专家，充分调研企业生产和学校教学情况，吸收和借鉴各地高级技工学校教学改革的成功经验，在原有同类教材的基础上，重新组织编写了高级技工学校数控类专业教材。

本次教材编写工作的重点主要体现在以下几个方面：

第一，完善教材体系，定位科学合理。

针对初中生源和高中生源培养高级工的教学实际情况，调整和完善了教材体系，能较好地满足数控加工（数控车工、数控铣工、加工中心操作工方向）、数控机床装配与维修、数控编程、数控电加工等专业的教学需求。同时，根据数控类专业高级工在相关岗位工作的实际需要，合理确定学生应具备的能力和知识结构，避免教材内容偏难、偏深，进一步增加了实践性教学内容。

第二，反映技术发展，涵盖职业标准。

根据相关工种及专业领域的最新发展，在教材中充实新知识、新技术、新材料、新工艺等方面的内容，体现教材的先进性。教材编写以国家职业标准为依据，内容涵盖数控车工、数控铣工、加工中心操作工、数控机床装调维修工、数控程序员、电切削工等国家职业技能标准（中、高级）的知识和技能要求，并在配套的习题册中增加了相关职业技能鉴定考题。

第三，精心设计形式，激发学习兴趣。

在教材内容的呈现形式上,较多地利用图片、实物照片和表格等将知识点生动地展示出来,力求让学生更直观地理解和掌握所学内容。针对不同的知识点,设计了许多贴近实际的互动栏目,以激发学生的学习兴趣,使教材“易教易学,易懂易用”。

第四,开发辅助产品,提供教学服务。

本套教材中《CAD/CAM 应用技术 (Mastercam)》《CAD/CAM 应用技术 (CAXA)》《CAD/CAM 应用技术 (UG)》《CAD/CAM 应用技术 (Pro/E)》配有教学素材光盘,其余教材配有多媒体教学课件和习题册,多媒体教学课件可以通过中国劳动社会保障出版社网站 (<http://www.class.com.cn>) 免费下载。

本次教材编写工作得到了河北、辽宁、江苏、山东、河南等省人力资源和社会保障厅及有关学校的大力支持,在此我们表示诚挚的谢意。

人力资源和社会保障部教材办公室

2012 年 1 月

# 目 录

<b>第一章 数控机床概述</b> .....	( 1 )
第一节 数控机床组成和分类 .....	( 1 )
第二节 数控机床机械结构概述 .....	( 6 )
<b>第二章 数控机床管理及维修基础</b> .....	( 13 )
第一节 数控机床管理 .....	( 13 )
第二节 数控机床保养制度 .....	( 14 )
第三节 数控机床故障诊断 .....	( 20 )
第四节 数控机床维修 .....	( 32 )
第五节 常用工具与仪器 .....	( 37 )
<b>第三章 主传动系统装调与维修</b> .....	( 45 )
第一节 主传动系统概述 .....	( 45 )
第二节 主轴部件装调与维修 .....	( 57 )
第三节 主轴准停装置装调与维修 .....	( 82 )
第四节 主传动部件装调与维修 .....	( 88 )
第五节 主传动系统平衡补偿 .....	( 100 )
<b>第四章 进给传动系统装调与维修</b> .....	( 106 )
第一节 进给传动系统概述 .....	( 108 )
第二节 典型进给传动装置 .....	( 121 )
第三节 其他进给传动装置 .....	( 142 )
第四节 导轨装调与维修 .....	( 152 )
第五节 常用检测装置的装调与维修 .....	( 175 )
<b>第五章 自动换刀装置装调与维修</b> .....	( 187 )
第一节 自动换刀装置概述 .....	( 187 )
第二节 刀架换刀装置装调与维修 .....	( 191 )
第三节 刀库与机械手的结构 .....	( 208 )
第四节 刀库与机械手装调与维修 .....	( 232 )

<b>第六章 液压与气动装置装调与维修</b> .....	(249)
第一节 液压装置装调与维修 .....	(249)
第二节 气动装置装调与维修 .....	(270)
<b>第七章 辅助装置维护与维修</b> .....	(282)
第一节 工作台的维护与维修 .....	(282)
第二节 分度头与万能铣头的维护与维修 .....	(299)
第三节 卡盘与尾座的维护与维修 .....	(304)
第四节 润滑与冷却系统的装调与维修 .....	(313)
第五节 排屑与防护装置维护与维修 .....	(327)
<b>第八章 数控机床装调与精度检验</b> .....	(337)
第一节 数控机床装调 .....	(338)
第二节 数控机床精度检验与调整 .....	(350)
第三节 数控机床位置精度补偿 .....	(360)
<b>附录 1 数控车床几何精度检验项目</b> .....	(387)
<b>附录 2 数控车床定位精度检验项目</b> .....	(392)
<b>附录 3 J1CJK6136 数控车床工作精度检验项目</b> .....	(393)

# 第一章

## 数控机床概述

### 第一节 数控机床组成和分类

#### 一、数控机床的组成

数控机床一般由计算机数控系统和机床本体两部分组成，其中计算机数控系统是由输入/输出设备、操作装置、计算机数控装置（CNC装置）、可编程控制器（PLC）、主轴驱动系统、进给伺服驱动系统、测量装置等组成的一个整体，如图1—1所示。

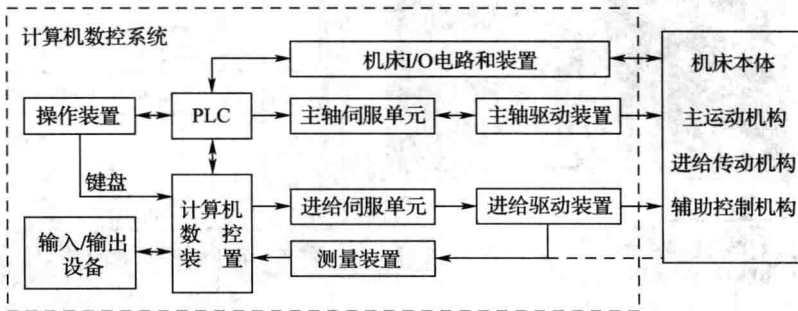


图 1—1 数控机床的组成

#### 1. 输入/输出设备

数控机床在进行加工前，必须接收由操作人员输入的零件加工程序，然后才能根据输入的程序进行加工控制，从而加工出所需的零件。此外，零件加工程序有时也需要在数控系统外进行备份或保存。因此数控机床中必须具备必要的交互装置，即输入/输出装置。

零件加工程序一般存放在便于与数控装置交互的控制介质上。早期的数控机床常用穿孔纸带、磁带等控制介质，现代数控机床常用移动硬盘、USB 闪存盘、CF 卡（图 1—2）等控制介质。

#### 2. 操作装置

操作装置是操作人员与数控机床（系统）进行交互的工具，一方面，操作人员可以通过它对数控机床（系统）进行操作、编程、调试或对机床参数进行设定和修改；另一方面，操作人员也可以通过它了解或查询数控机床（系统）的运行状态。



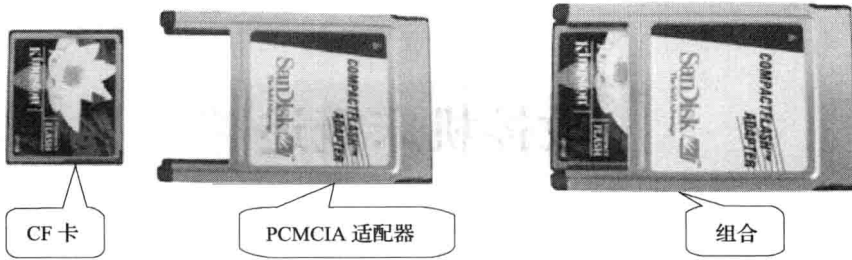


图 1—2 数控机床常用的 CF 卡及其组合

操作装置主要由显示装置、NC 键盘（功能类似于计算机键盘的按键阵列）、机床控制面板（Machine Control Panel，简称 MCP）、状态灯、手持单元等部分组成，图 1—3 所示为 FANUC 系统的操作装置，其他数控系统的操作装置布局也都大同小异。

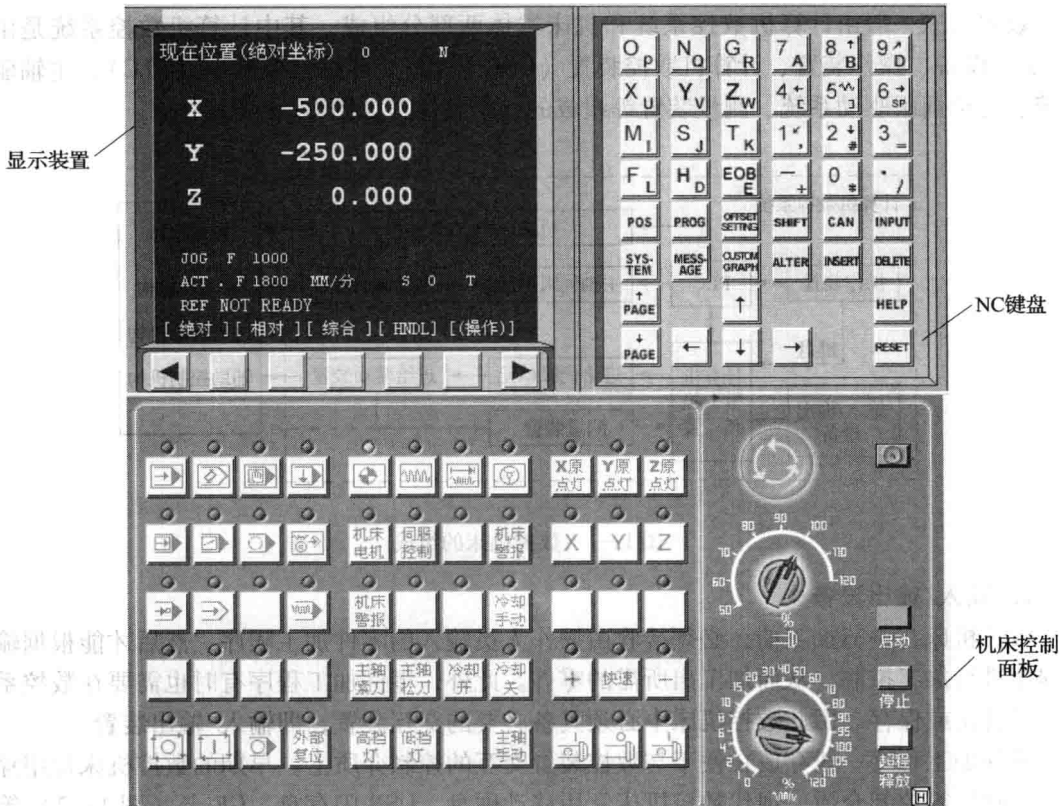


图 1—3 FANUC 系统操作装置

(1) 显示装置

数控系统通过显示装置为操作人员提供必要的信息，根据系统所处的状态和操作命令的不同，显示的信息可以是正在编辑的程序、正在运行的程序、机床的加工状态、机床坐标轴

的指令/实际坐标值、加工轨迹的图形仿真、故障报警信号等。

## (2) NC 键盘

NC 键盘包括 MDI 键盘及软键功能键等。

MDI 键盘一般具有标准化的字母、数字和符号（有的通过上挡键实现），主要用于零件加工程序的编辑、参数输入、MDI 操作及系统管理等。软键功能键一般用于系统的菜单操作。

## (3) 机床控制面板 (MCP)

机床控制面板集中了系统的所有按钮（故可称为按钮站），这些按钮用于直接控制机床的动作或加工过程，如启动、暂停零件程序的运行，手动进给坐标轴，调整进给速度等。

## (4) 手持单元

手持单元不是操作装置的必需件，有些数控系统为方便用户才配有手持单元。手持单元用于手摇方式增量进给坐标轴。图 1—4 所示为手持单元的一种。

## 3. 计算机数控装置 (CNC 装置或 CNC 单元)

计算机数控 (CNC) 装置是计算机数控系统的核心。其主要作用是根据输入的零件程序和操作指令进行相应的处理（如运动轨迹处理、机床输入输出处理等），然后输出控制命令到相应的执行部件（伺服单元、驱动装置和 PLC 等），控制其动作，加工出需要的零件。

## 4. 测量装置

测量装置（也称检测装置、反馈装置）对数控机床运动部件的位置及速度进行检测，通常安装在机床的工作台、丝杠或驱动电动机转轴上。它把机床工作台的实际位移或速度转变成电信号，反馈给 CNC 装置或伺服驱动系统，与指令信号进行比较，以实现位置或速度的闭环控制。

## 5. 机床本体

机床本体是指数控机床的主体，是数控系统的被控对象，是实现制造加工的执行部件。它主要由主运动部件、进给运动部件（工作台、拖板以及相应的传动机构）、支承件（立柱、床身等）以及特殊装置（刀具自动交换系统、工件自动交换系统）和辅助装置（如冷却、润滑、排屑、转位和夹紧装置等）组成。数控机床机械部件的组成与普通机床相似，但传动结构较为简单，在精度、刚度、抗震性等方面要求高，而且其传动和变速系统被设计成便于实现自动化控制。



图 1—4 MPG 手持单元

## 二、数控机床的分类

目前，数控机床的品种很多，通常按下面几种方法进行分类。

### 1. 按工艺用途分类

#### (1) 一般数控机床

一般数控机床包括数控钻床、数控车床、数控铣床、数控镗床、数控磨床和数控齿轮加工机床，如图 1—5 所示。它们和传统的通用机床工艺用途相似，但是它的生产率和自动化程度比传统机床高，特别适合加工单件、小批量和复杂形状的工件。



图 1—5 一般数控机床

## (2) 数控加工中心

在一般数控机床上加装一个刀库和自动换刀装置，构成带自动换刀装置的数控机床就称为数控加工中心，图 1—6 所示是一台立式数控加工中心。

这类数控机床实行一次安装定位，可完成多道工序。图 1—6 所示立式加工中心的刀库能容纳 16 把刀具，在刀具和主轴之间有一换刀机械手，工件一次装夹后，可自动连续进行铣、钻、镗、铰、扩、攻螺纹等多种加工。

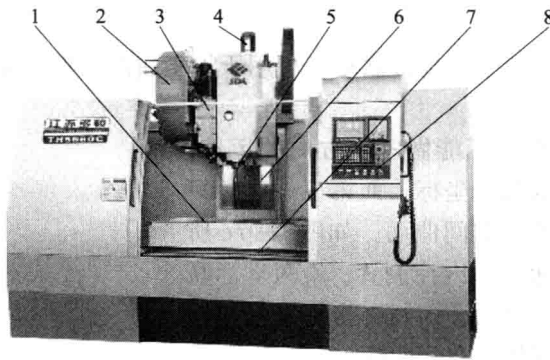


图 1—6 立式加工中心

- 1—工作台 2—刀库 3—换刀装置 4—伺服电动机  
5—主轴 6—导轨 7—床身 8—数控系统

数控加工中心因一次安装定位完成多工序加工，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。

## 2. 按可控制联动的坐标轴分类

所谓数控机床可控制联动的坐标轴，是指数控装置能控制驱动机床运动的坐标轴数目。

### (1) 两坐标联动

数控机床能同时控制两个坐标轴联动，即数控装置同时控制  $X$  和  $Z$  方向运动，可用于加工各种曲线轮廓的回转体类零件。另有一些机床本身有  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三个方向的运动，数控装置只能同时控制两个坐标，实现两个坐标轴联动，但在加工中能够实现坐标平面的变换，用于加工图 1—7a 所示的零件沟槽。

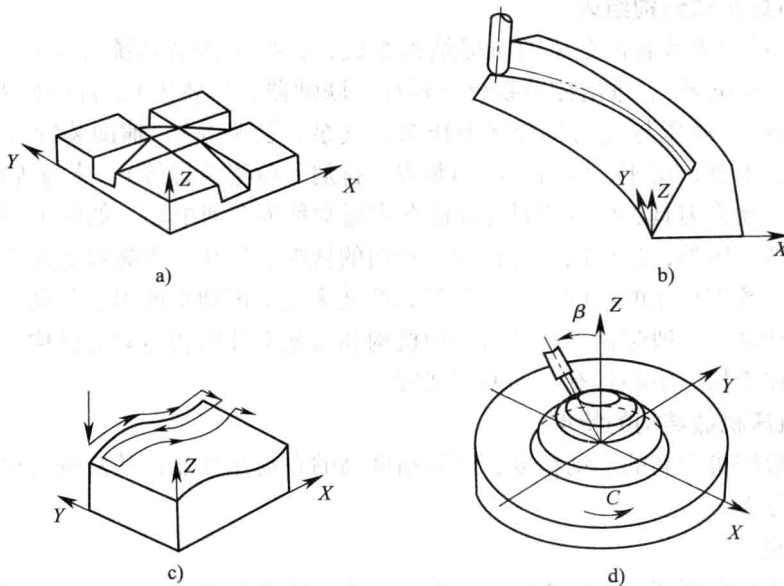


图 1—7 空间平面和曲面的数控加工

- a) 两坐标联动加工沟槽面 b) 三坐标联动加工曲面 c) 两坐标半联动加工曲面 d) 五轴联动铣床加工曲面

## (2) 三坐标联动

数控机床能同时控制三个坐标轴联动, 可用于加工曲面零件, 如图 1—7b 所示。

## (3) 两坐标半联动

数控机床本身有三个坐标能做三个方向的运动, 但控制装置只能同时控制两个坐标, 而第三个坐标只能作等距周期移动, 可加工空间曲面, 如图 1—7c 所示。数控装置在  $ZX$  坐标平面内控制  $X$ 、 $Z$  两坐标联动, 加工垂直面内的轮廓表面, 控制  $Y$  坐标做定周期等距移动, 即可加工出零件的空间曲面。

## (4) 多坐标联动

数控机床能同时控制四个或以上坐标轴联动, 多坐标数控机床的结构复杂、精度要求高、程序编制复杂, 主要应用于加工形状复杂的零件。五轴联动铣床加工曲面形状零件, 如图 1—7d 所示。六坐标加工中心的示意图, 如图 1—8 所示。

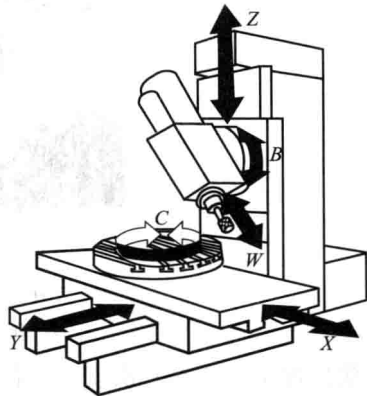


图 1—8 六坐标加工中心

## 第二节 数控机床机械结构概述

### 一、数控机床机械结构组成及特点

#### 1. 数控机床机械结构组成

图 1—9 所示为典型数控车床的机械结构组成, 包括主传动系统 (主轴、主轴电动机、 $C$  轴控制主轴电动机等)、进给传动系统 (丝杠、联轴器、导轨等)、自动换刀装置 (刀架、刀库和机械手等)、液压与气动装置 (液压泵、气泵、管路等)、辅助装置 (工作台、分度头与万能铣头、卡盘、尾座、润滑与冷却装置、排屑及收集装置等)、床身等部分。

带有刀库、动力刀具、 $C$  轴控制的数控车床通常称为车削中心, 如图 1—10 所示。车削中心除进行车削工序外, 还可以进行轴向、径向的铣削、钻孔、攻螺纹等加工。

数控铣床与数控车床的组成类似。只是数控铣床的主传动系统用于夹装刀具并带动刀具旋转, 进给传动系统一般包括直线进给运动机构和实现工件回转运动的机构。加工中心与数控铣床的区别在于加工中心具有自动换刀装置。

#### 2. 数控机床机械结构的特点

为了达到数控机床高的运动精度、定位精度高的自动化性能, 其机械结构的特点主要表现在如下几个方面。

##### (1) 高刚度

数控机床要在高速和重负荷条件下工作, 因此, 机床的床身、立柱、主轴、工作台、刀架等主要部件, 均需具有很高的刚度, 以减少工作中的变形和振动。

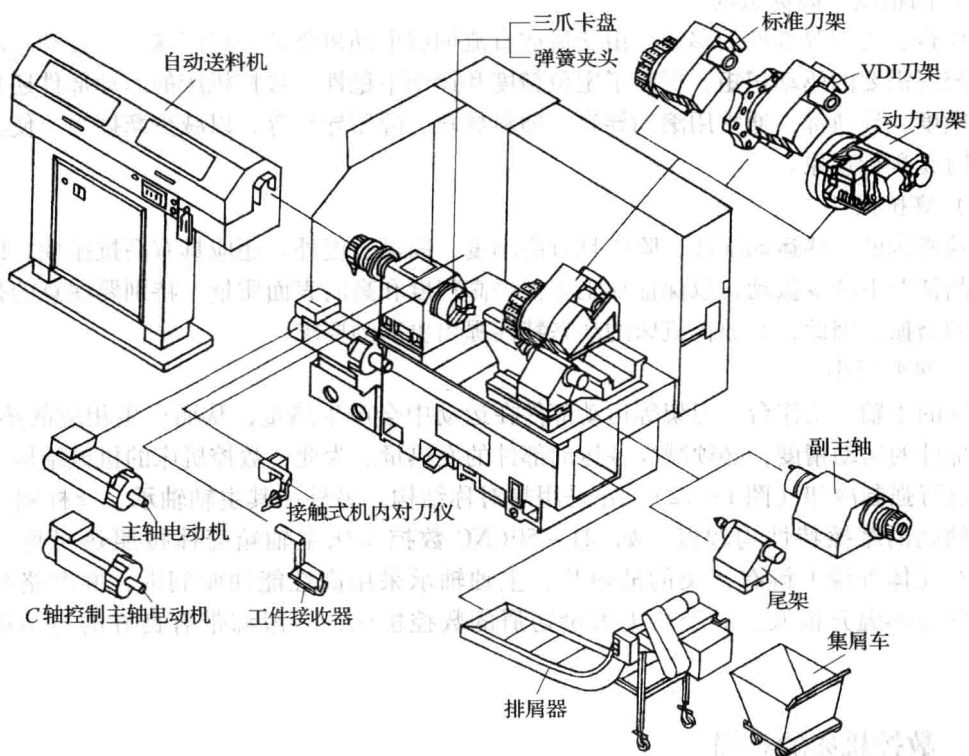


图 1—9 典型数控车床的机械结构组成

提高静刚度的措施主要是基础大件采用封闭整体箱形结构（图 1—11）、合理布置加强筋和提高部件之间的接触刚度。



图 1—10 车削中心

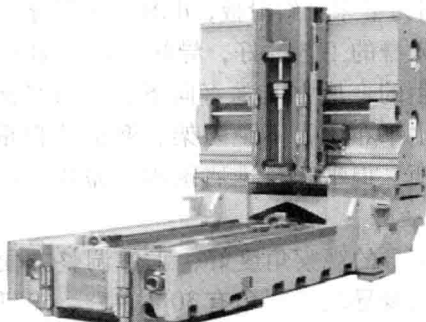


图 1—11 封闭整体箱形结构

提高动刚度的措施主要是改善机床的阻尼特性（如填充阻尼材料）、床身表面喷涂阻尼涂层、充分利用结合面的摩擦阻尼、采用新材料，以提高抗振性。

## (2) 高精度、高灵敏度

工作台、刀架等部件的移动,由交流或直流伺服电动机驱动,经滚珠丝杠传动,减少了进给系统所需要的驱动扭矩,提高了定位精度和运动平稳性。数控机床的运动部件还具有较高的灵敏度。导轨部件通常用滚动导轨、塑料导轨、静压导轨等,以减少摩擦力,使其在低速运动时无爬行现象。

## (3) 高抗振性

数控机床的一些运动部件,除应具有高刚度、高灵敏度外,还应具有高抗振性,即在高速重切削情况下减少振动,以保证加工零件的高精度和高的表面质量。特别要注意的是避免切削时的谐振,因此,对数控机床的动态特性提出更高的要求。

## (4) 热变形小

机床的主轴、工作台、刀架等运动部件在运动中会产生热量,从而产生相应的热变形。为保证部件的运动精度,必须减少各运动部件的发热量。为此,数控机床的机械结构可对机床热源进行强制冷却(图1—12),并采用热对称结构。另外,其主轴轴承、丝杠副、高速运动导轨副的摩擦特性均较好。如MJ-50CNC数控车床主轴箱壳体按照热对称原则设计,并在壳体外缘上铸有密集的散热片,主轴轴承采用高性能油脂润滑,并严格控制注入量,使主轴温升很低。对于产生大量切屑的数控机床,一般都带有良好的自动排屑装置。

# 二、数控机床的布局

## 1. 数控车床的布局

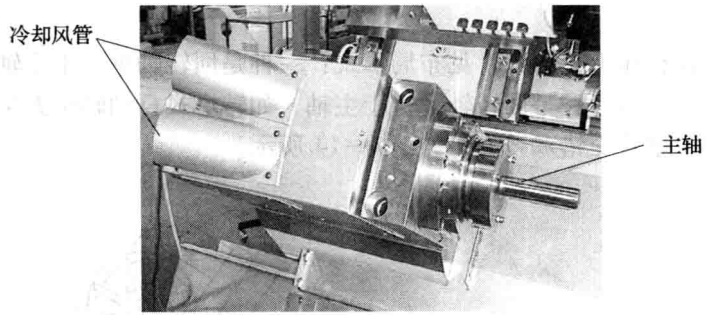
数控车床的主轴、尾座等部件相对床身的布局形式与普通车床一样,但刀架、床身和导轨的布局形式有很大不同。

### (1) 床身和导轨的布局

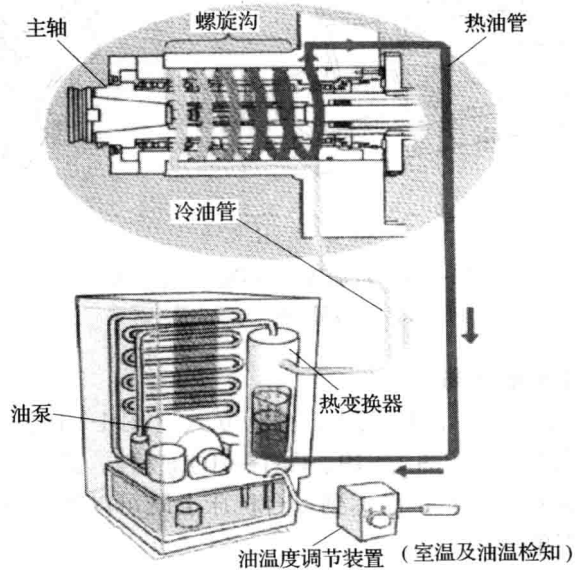
数控车床的床身和导轨的布局主要有图1—13所示的5种:a图为平床身,b图为斜床身,c图为平床身斜滑板,d图为立床身,e图为前斜床身平滑板。

平床身的工艺性好,导轨面容易加工。平床身配上水平刀架,由平床身机件、工件重量所产生的变形方向垂直向下,与刀具运动方向垂直,对加工精度影响较小。平床身由于刀架水平布置,不受刀架、溜板箱自重的影响,容易提高定位精度。大型工件和刀具装卸方便,但平床身排屑困难,需要三面封闭,刀架水平放置也加大了机床宽度方向结构尺寸。

斜床身的观察角度好,工件调整方便,斜床身的防护罩设计较为简单;排屑性能较好。斜床身导轨倾斜角有 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 和 $75^\circ$ 几种,导轨倾斜角为 $90^\circ$ 的斜床身通常称为立式床身。倾斜角度影响导轨的导向性、受力情况、排屑、宜人性及外形尺寸高度比例等。一般小型数控车床多用 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ ,中型数控车床多用 $60^\circ$ ,大型数控车床多用 $75^\circ$ 。



a)



b)

图 1—12 对机床热源进行强制冷却

a) 风冷 b) 油冷

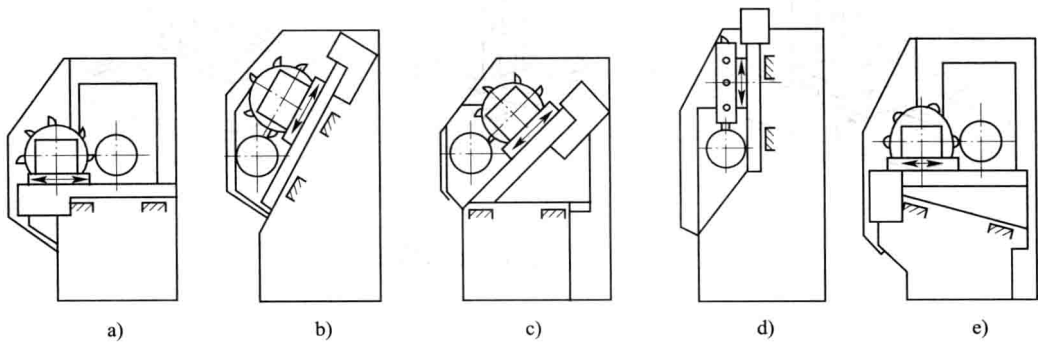


图 1—13 数控卧式车床布局形式



## (2) 刀架布局

回转刀架在数控机床上有两种常见布局形式：一种是回转轴垂直于主轴，如经济型数控车床的四方回转刀架；另一种是回转轴平行于主轴，如转塔式自动转位刀架。按组合形式又有平行交错双刀架、垂直交错双刀架，如图 1—14 所示。

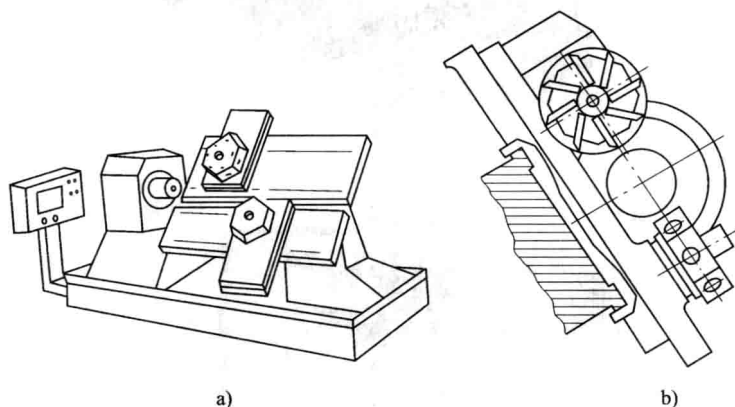


图 1—14 自动转位刀架的组合形式  
a) 平行交错双刀架 b) 垂直交错双刀架

## 2. 数控铣床/加工中心的布局

数控铣床/加工中心是用途广泛的机床，分为立式（图 1—15、图 1—16）、卧式（图 1—17、图 1—18）、立卧两用式（图 1—19、图 1—20）三种。其中，立卧两用式数控铣床的主轴（或工作台）方向可以更换，能达到一台机床上既可以进行立式加工，又可以进行卧式加工，使其应用范围更广，功能更全。

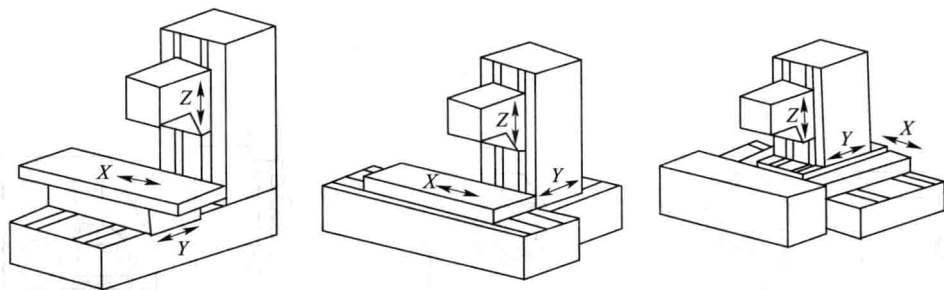


图 1—15 立式加工中心布局形式