

## 内 容 简 介

本教材编写思路:以培养职业能力为主线,建立课程体系;以“问题中心”、“行为任务”为导向,打破传统学科体系;课程结构和内容模块化,以适应分层次教学和分阶段教学及学分制的发展趋势;理论为实践服务;简化原理阐述,剔除烦琐计算。

本教材包含数控铣床/加工中心的认识与基本操作训练,沟槽类零件的加工,轮廓与型腔的加工,多孔零件的加工,镜像、旋转、缩放类零件的加工,综合零件的加工六个模块。

本教材适用于各高职高专院校的数控技术、机械设计与制造、机械制造与自动化、机电一体化等专业,也可供相关技术人员培训使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

数控铣床/加工中心编程与技能训练/刘英超主编. —北京:  
北京邮电大学出版社, 2013. 4(2021. 1 重印)

ISBN 978-7-5635-3469-2

I. ①数… II. ①刘… III. ①数控机床—铣床—程序设计  
②数控机床加工中心—程序设计 IV. ①TG547②TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 070782 号

---

书 名: 数控铣床/加工中心编程与技能训练  
主 编: 刘英超  
责任编辑: 李路艳  
出版发行: 北京邮电大学出版社  
社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)  
E-mail: publish@bupt.edu.cn  
经 销: 各地新华书店  
印 刷: 大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司  
开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16  
印 张: 11.25  
字 数: 280 千字  
版 次: 2013 年 4 月第 1 版 2021 年 1 月第 6 次印刷

---

ISBN 978-7-5635-3469-2

定 价: 38.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

服务电话:400-615-1233

## 课题一 认识数控铣床/加工中心



## 学习目标

- 了解数控铣床和加工中心的布局、组成及特点；
- 了解数控铣床和加工中心各个功能部件的名称及其作用；
- 了解所用数控铣床和加工中心的技术参数及其对加工的影响；
- 了解并熟悉数控铣床和加工中心的操作面板及其操作。

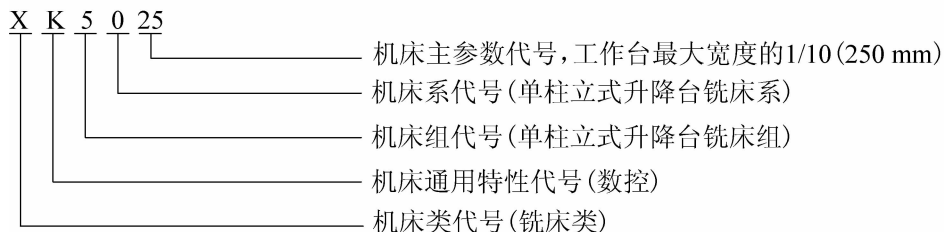


## 相关知识

## 一、数控机床的型号和组成

## 1. 数控机床的型号

根据《金属切削机床 型号编制的方法》(GB/T 15375—2008)中规定,机床均用汉语拼音字母和数字按一定规律组合进行编号,以表示机床的类型和主要规格。例如,数控铣床型号XK5025中,字母与数字的含义如下。



## 2. 数控铣床/加工中心的组成

数控铣床是在一般铣床的基础上发展起来的,两者的加工工艺基本相同,结构也有些相似,但数控铣床是靠程序控制的自动加工机床,所以其结构与普通铣床有很大区别。常用数控铣床的结构如图 1-1 所示。

数控铣床一般由主轴箱、进给伺服系统、控制系统、辅助装置和机床基础件几大部分组成。

(1)主轴箱。主轴箱包括主轴箱体和主轴传动系统,用于装夹刀具并带动刀具旋转,主轴的转速范围和输出扭矩对加工有直接的影响。

(2)进给伺服系统。进给伺服系统由进给电机和进给执行机构组成,按照程序设定的进给速度实现刀具和工件之间的相对运动,包括直线进给运动和旋转运动。

(3)控制系统。控制系统是数控铣床运动控制的中心,用于执行数控加工程序并控制机床进行加工。

(4)辅助装置。辅助装置是指液压、气动、润滑、冷却系统和排屑、防护等装置。

(5)机床基础件。机床基础件通常是指底座、立柱、横梁等,它是整个机床的基础和框架。

常用数控加工中心的结构如图 1-2 所示。数控加工中心的基本组成部分与数控铣床基本相同。

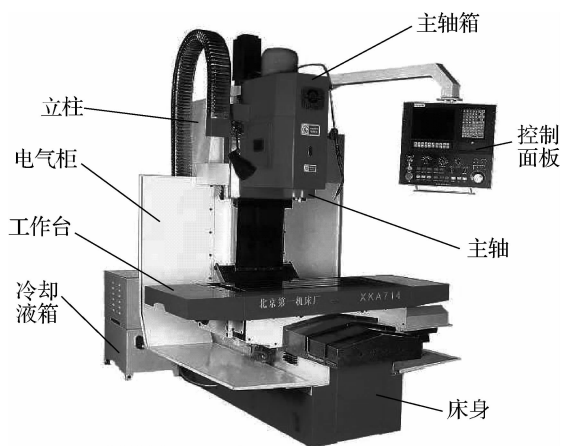


图 1-1 数控铣床的结构

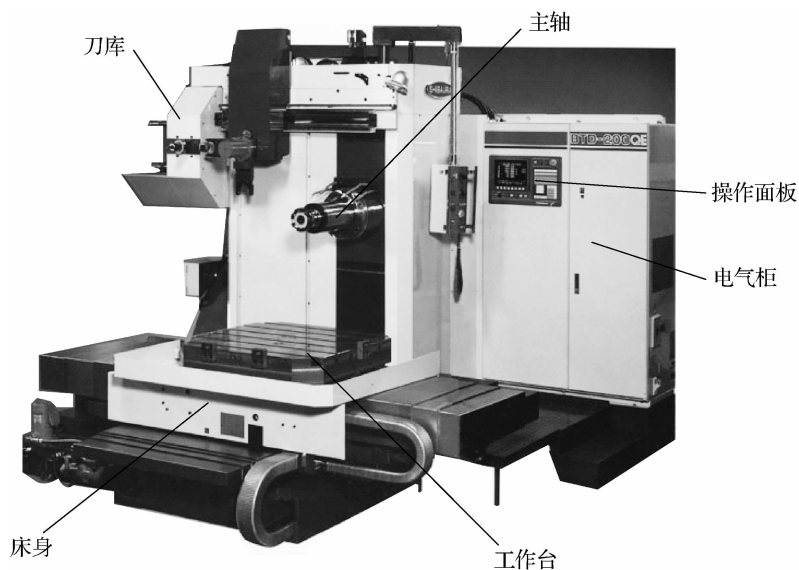


图 1-2 数控加工中心的结构

按照系统的观点,数控机床主要由数控系统、伺服系统和机床本体三大系统构成。这三大系统必须综合协调工作才能发挥机床的整体效能。

(1)数控系统。数控系统主要用于完成 NC(numerical control)程序的接收,将 NC 程序

翻译为机器码,将机器码分解为电脉冲信号并发送到相应的执行器件等功能。

(2)伺服系统。伺服系统包括伺服电动机及检测装置。数控机床的进给运动是由数控装置经伺服系统控制的,数控机床的进给传动属于伺服进给传动。所谓伺服,是指有关的传动或运动参数均严格依照数控装置的控制指令来实现。按照伺服系统的结构特点,伺服系统通常有开环、闭环、半闭环三种基本结构类型。

(3)机床本体。机床本体是指与普通机床相同或相似的部分,如机床床身、工作台等。

数控机床与普通机床在整体布局上有不少相似之处。对于任何一种数控机床,都必须具备普通机床不具有的两大部分:一是数控机床的“指挥系统”——数控系统;二是使数控机床执行运动的驱动系统——伺服系统。

## 二、数控机床的性能指标、技术参数及档次分类

### 1. 数控机床的主要性能指标

数控机床的主要性能指标一般有精度指标、坐标轴指标、运动性能指标及加工能力指标,详细内容及其含义与影响见表 1-1。

表 1-1 数控机床的主要性能指标

种 类	项 目	含 义	影 响
精度指标	定位精度	数控机床工作台等部件在确定的终点所达到的实际位置的水平	直接影响加工零件的位置精度
	重复定位精度	同一数控机床上,应用相同程序加工一批零件所得连续质量的一致程度	影响一批零件的加工一致性、质量稳定性
	分度精度	分度工作台在分度时,理论要求回转的角度值和实际回转角度值的差值	影响零件加工部位的空间位置及孔系加工的同轴度等
	分辨率	数控机床对两个相邻的分散细节间可分辨的最小间隔,即识别的最小单位能力	决定机床的加工精度和表面质量
	脉冲当量	数控装置输出一个脉冲信号(一个移位节拍指令)使机床工作台移动的位移量,单位为 mm/P	决定机床的加工精度和表面质量
坐标轴指标	可控轴数	机床数控装置能控制的坐标数目	影响机床功能、加工适用性和工艺范围
	联动轴数	机床数控装置控制的坐标轴同时到达空间某一点的坐标数目	影响机床功能、加工适用性和工艺范围
运动性能指标	主轴转速	机床主轴转速(目前普遍达到 5 000~10 000 r/min)	可加工小孔和提高零件表面质量
	进给速度	机床进给线速度	影响零件加工质量、生产效率、刀具寿命等
	行程	数控机床坐标轴空间运动范围	影响加工零件大小(机床加工能力)
	摆角范围	数控机床摆角坐标的转角大小	影响加工零件的空间大小及机床刚度
	刀库容量	刀库能存放加工所需的刀具数量	影响加工适应性及加工效率
加工能力指标	换刀时间	带自动换刀装置的机床交换主轴用刀与刀库中下一工序用刀所需的时间	影响加工效率
	每分钟最大金属切除率	单位时间内去除金属余量的体积	影响加工效率

## 2. 数控机床的主要技术参数

数控机床主要有工作台、工作台 T 形槽、工作台行程等规格尺寸,表 1-2 和表 1-3 分别列出了数控铣床和数控加工中心的主要技术参数。

表 1-2 数控铣床的主要技术参数

类别	主要内容	影响
尺寸参数	工作台面积(长×宽)、承重	影响加工工件的尺寸范围,编程范围及刀具、工件、机床之间的干涉
	各坐标的最大行程	
	主轴套筒的移动距离	
	主轴端面到工作台的距离	
接口参数	工作台 T 形槽数、槽宽、槽间距	影响工件及刀具安装
	主轴孔锥度、直径	
运动参数	主轴转速范围	影响加工性能及编程参数
	工作台快进速度、切削进给速度范围	
动力参数	主轴电机功率	影响切削负荷
	伺服电机额定扭矩	
其他参数	占地面积、机器质量	影响使用环境

表 1-3 数控加工中心的主要技术参数

类别	主要内容	影响
尺寸参数	工作台面积(长×宽)、承重	影响加工工件的尺寸范围,编程范围及刀具、工件、机床之间的干涉
	主轴端面到工作台的距离	
	交换工作台尺寸、数量及交换时间	
接口参数	工作台 T 形槽数、槽宽、槽间距	影响工件、刀具安装及加工适应性和效率
	主轴孔锥度、直径	
	最大刀具尺寸及重量	
	刀库容量、换刀时间	
运动参数	各坐标行程及摆角范围	影响加工性能及编程参数
	主轴转速范围	
	各坐标快进速度、切削进给速度范围	
动力参数	主轴电机功率	影响切削负荷
	伺服电机额定扭矩	
其他参数	占地面积、机器质量	影响使用环境

## 3. 数控机床的档次分类

按照机床性能的高低、功能的强弱、加工的范围来看,数控机床通常分为以下三个档次。

### 1) 经济型数控机床

经济型数控机床一般用一个微处理器作为主控单元,伺服系统大多使用步进电动机驱

动,采用开环控制方式,脉冲当量为 $0.01\sim 0.005\text{ mm/P}$ ,机床快速移动速度为 $5\sim 8\text{ m/min}$ ,精度较低,功能较简单,用数码管或简单的 CRT 字符显示,具备数控机床的基本功能。

### 2) 全功能型数控机床

全功能型数控机床采用 $2\sim 4$ 个微处理器进行控制,其中一个为主控微处理器,其余为从属微处理器。主控微处理器用于完成用户程序的数据处理、粗插补运算、文本和图形显示等,从属微处理器在主控微处理器管理下完成对外围设备,主要是伺服系统的控制和管理,从而实现同时对各坐标轴的连续控制。全功能型数控机床允许最大速度一般为 $8\sim 24\text{ m/min}$ ,脉冲当量为 $0.01\sim 0.001\text{ mm/P}$ ,采用交、直流伺服电动机,广泛用于加工形状复杂或精度要求较高的工件。

### 3) 精密型数控机床

精密型数控机床采用闭环控制,它不仅具有全功能型数控机床的全部功能,而且机械系统的动态响应较快,其脉冲当量一般小于 $0.001\text{ mm/P}$ ,适用于精密和超精密加工。

## 三、数控机床坐标系

### 1. 坐标系建立的原则

坐标系建立的原则是刀具相对于工件运动的原则。由于机床的结构不同,有的是刀具运动,工件固定;有的是刀具固定,工件运动。为使编程方便,一律规定为工件固定,刀具运动。

### 2. 坐标系的建立

任何一个零件的数控编程均是在工件坐标系中完成的,而工件坐标系的确立又离不开机床坐标系作为参考,因此,建立机床坐标系和工件坐标系的空间概念,明确两者的关系对于数控编程十分必要。图 1-3 所示为工件坐标系与机床坐标系的关系,其中, $O_1$  为机床坐标系原点、 $O$  为工件坐标系原点。数控机床上的坐标系采用笛卡儿坐标系,如图 1-4 所示,大拇指方向为  $X$  轴的正方向,食指方向为  $Y$  轴的正方向,中指方向为  $Z$  轴的正方向。

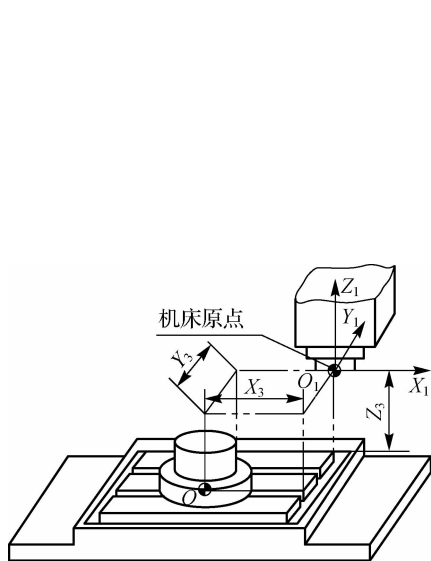


图 1-3 工件坐标系与机床坐标系的关系

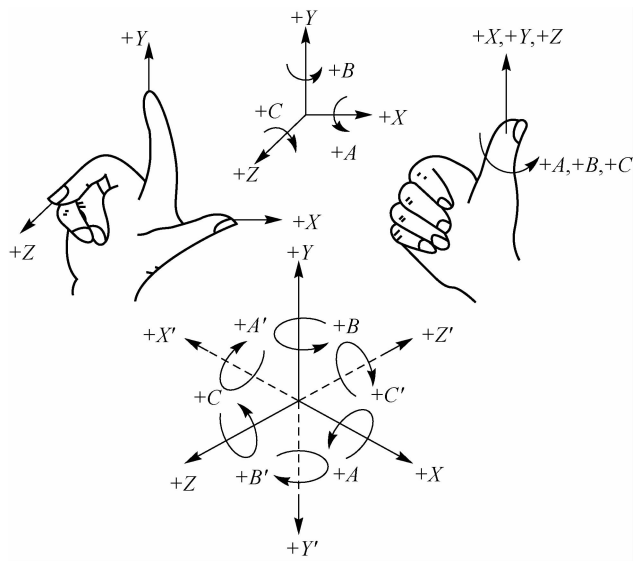


图 1-4 笛卡儿坐标系

图 1-5、图 1-6 分别为立式数控铣床坐标系和卧式数控铣床坐标系。Z 轴为与主轴轴线重合的坐标轴,且取刀具远离工件的方向为正;X 轴为水平方向,主轴为立式时,从主轴向立柱看,其正方向指向右,主轴为卧式时,从主轴向工件看,其正方向指向右;Y 轴垂直于 X 轴和 Z 轴,其正方向根据 X 轴和 Z 轴的正方向按照笛卡儿坐标系来判定。

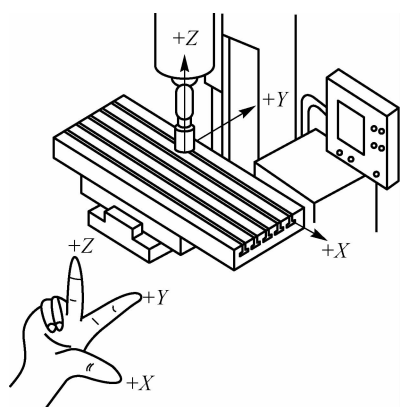


图 1-5 立式数控铣床坐标系

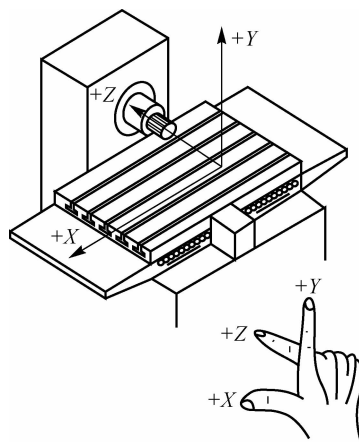


图 1-6 卧式数控铣床坐标系

如果机床有旋转轴,则规定绕 X、Y、Z 轴的旋转轴为 A、B、C 轴,其正方向为右旋螺纹方向;如果除 X、Y、Z 轴主要坐标以外,还有平行于它们的坐标轴,可分别指定为 U、V、W 轴;如果还有第三组坐标轴,则分别指定为 P、Q、R 轴。

### 3. 机床原点与机床坐标系

数控机床一般都有一个基准位置,称为机床原点(machine origin 或 home position)或机床绝对原点(machine absolute origin),是机床制造商设置在机床上的一个物理位置,其作用是使机床与控制系统同步,建立测量机床运动坐标的起始点。机床坐标系建立在机床原点之上,是机床上固有的坐标系。机床坐标系的原点位置在各坐标轴的正向最大极限处,用 M 表示,如图 1-7 所示。

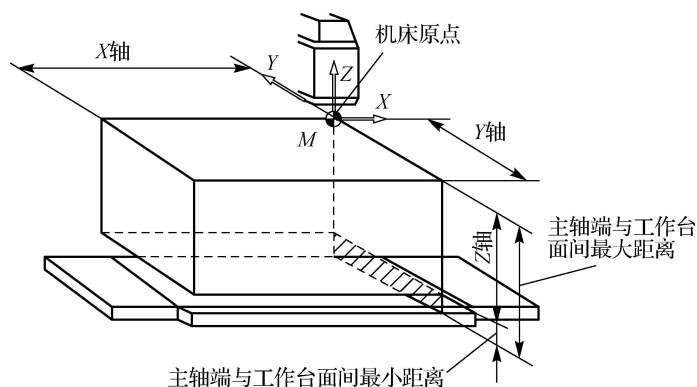


图 1-7 立式铣床机床原点

与机床原点相对应的还有一个机床参考点(reference point),用 R 表示,它是机床制造

商在机床上用行程开关设置的一个物理位置,它与机床原点的相对位置是固定的,由机床制造商在机床出厂之前精密测量确定。一般来说,机床参考点与机床原点是不重合的。数控加工中心的参考点为机床自动换刀位置。

#### 4. 程序原点与工件坐标系

对于数控编程和数控加工来说,还有一个重要的点,即程序原点。程序原点是程序员在数控编程过程中定义在工件上的几何基准点,有时也称为工件原点。编程时一般选择工件上的某一点作为程序原点,并以这个点作为坐标系的原点建立一个新的坐标系,称为工件坐标系(编程坐标系)。

#### 5. 装夹原点

除了机床原点、机床参考点和程序原点这三个点以外,有的机床还有一个重要的点,即装夹原点。装夹原点常用于带有回转或摆动工作台的数控机床,一般是机床工作台上的一个固定点,如回转中心。装夹原点与机床参考点的偏移量可通过测量存入数控系统的原点偏置寄存器中,供数控系统原点偏移计算用。

### 四、数控铣削加工范围

数控铣削加工范围如图 1-8 所示。

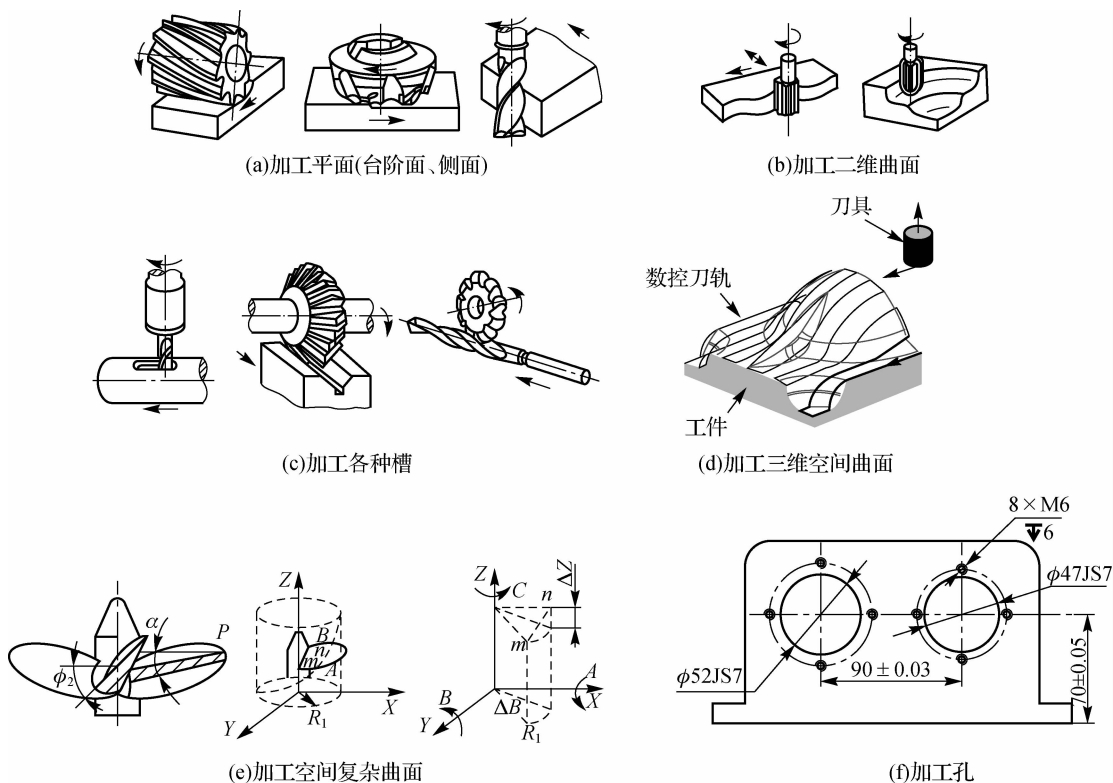


图 1-8 数控铣削加工范围



## 五、数控铣床基本操作

### 1. 数控铣床系统操作面板

数控铣床系统操作面板由显示屏和 MDI 键盘两部分组成,其中显示屏用来显示有关坐标位置、程序、图形、参数、诊断、报警等信息,而 MDI 键盘包括字母键、数值键以及功能按键等,可以进行程序、参数、机床指令的输入及系统功能的选择。如图 1-9 所示为典型数控铣床系统操作面板。

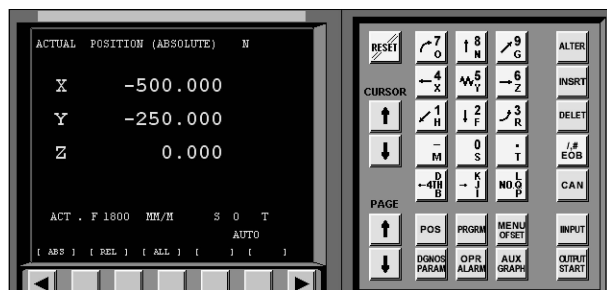


图 1-9 典型数控铣床系统操作面板

#### 1) MDI 键盘说明

典型数控铣床 MDI 键盘说明见表 1-4。

表 1-4 典型数控铣床 MDI 键盘说明

按 键	功 能
	复位
CURSOR 、	向上、下移动光标
	字母、数字输入,输入时自动识别所输入的是字母还是数字。 三个键需要连续点击,以实现在相应字母间切换
PAGE 、	向上、下翻页
	编辑程序时修改光标块内容
	编辑程序时在光标处插入新程序
	编辑程序时删除光标块内容

续表

按 键	功 能
	编辑程序时输入“/”“#”或换行
	删除输入区最后一个字符
	将显示屏切换到机床位置界面
	将显示屏切换到程序管理界面
	将显示屏切换到参数设置界面
	暂不支持
	暂不支持
	自动方式下显示程序运行轨迹
	DNC 程序和参数输入
	DNC 程序输出

## 2) 机床位置界面

按 键进入机床位置界面,按 [ABS] 软键显示绝对位置界面,如图 1-10 所示;按 [REL] 软键显示相对位置界面,如图 1-11 所示;按 [ALL] 软键显示所有位置界面,如图 1-12 所示。显示屏中,坐标下方显示进给量、主轴转速、当前刀具和机床状态,如“回零”。

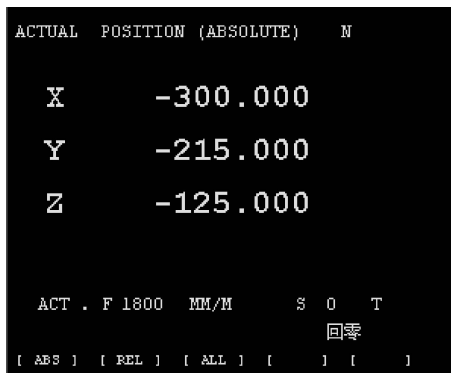


图 1-10 绝对位置界面

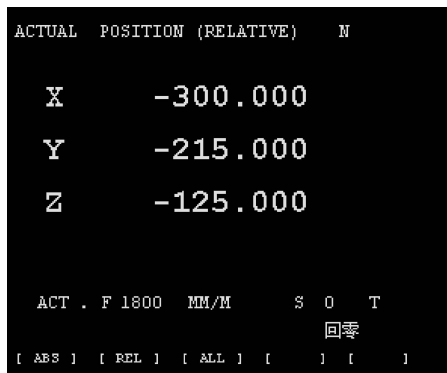


图 1-11 相对位置界面

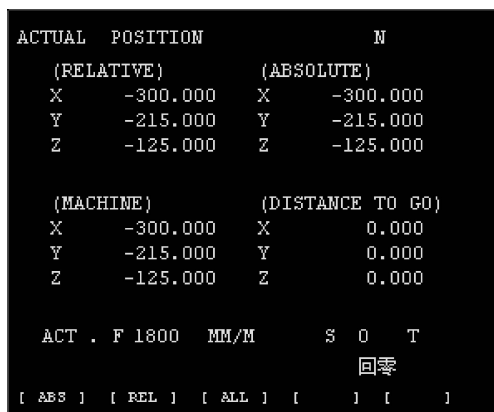


图 1-12 所有位置界面

### 3) 程序管理界面

按 **PROGRAM** 键进入程序管理界面,按 **[PROGAM]** 软键显示当前程序,如图 1-13 所示;按 **[LIB]** 软键显示程序列表,如图 1-14 所示。“PROGRAM”一行显示当前程序号“O0001”和行号“N 0001”。

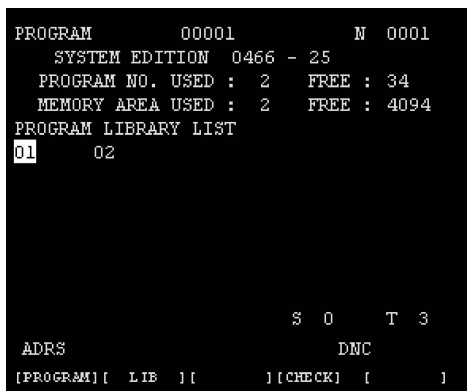


图 1-13 显示当前程序

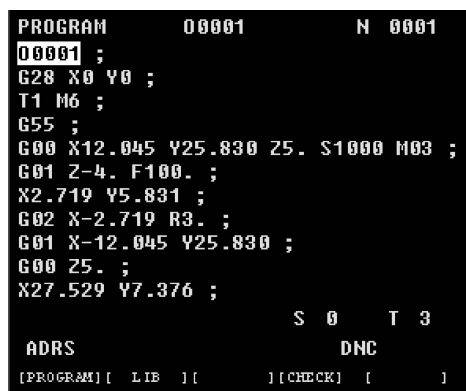


图 1-14 显示程序列表

## 2. 开机及回机床原点

### 1) 开机步骤

- (1) 闭合总电源开关。
- (2) 闭合稳压器、气源等辅助设备的电源开关。
- (3) 闭合数控铣床(加工中心)的控制柜总电源。
- (4) 闭合操作面板电源。显示屏显示正常,无报警。

### 2) 手动回原点

- (1) 将功能选择旋钮置于“回原点”位置。
- (2) 旋转进给倍率旋钮,选择较小的进给倍率,如 25%。
- (3) 先将 Z 轴回原点,然后将 X 或 Y 轴回原点,即依次按机床操作面板上的 +Z、+X、

+Y 坐标键。





(4)若坐标原点指示灯点亮,则表示回原点操作完成,此时机床坐标系各坐标显示均为零,开机及回原点成功。

### 3. 机床的手动控制

使用机床操作面板上的开关、按钮或手轮,用手动操作刀具,可使刀具沿各坐标轴移动。

#### 1) 主轴启、停及转速控制

(1)采用主轴启、停方式。将功能选择旋钮置于“手动”位置,旋转主轴转速倍率旋钮,选择 100%,按正转键,主轴按照前一执行过程序的主轴转速正向旋转。若开机后未执行过程序,则该操作无效。旋转主轴转速倍率旋钮可加快或减慢主轴转速,从显示屏上可看到转速的变化。按停止键,主轴停转;按反转键,主轴按照前一执行过程序的主轴转速反向旋转。

(2)采用手动数据输入方式。将功能选择旋钮置于“手动输入”位置,旋转主轴转速倍率旋钮,选择 100%。输入“M03 S1000”后按  键,主轴则以 1 000 r/min 的转速正向旋转;输入“M05”后按  键,主轴停转,也可以直接按  键停转;输入“M04 S1000”后按  键,主轴以 1 000 r/min 的转速反向旋转。

#### 2) 快速进给运动控制

(1)各坐标轴回原点。

(2)将功能选择旋钮置于“快速进给”位置。

(3)旋转进给倍率旋钮,选择较低的进给倍率,如 25%。

(4)按 -Z 键,观察机床主轴箱的运动。

(5)当机床行至行程中点附近时松手,按 +Z 键,观察机床主轴箱的运动。


(6)按 -X 键,观察工作台的运动。

(7)当机床行至行程中点附近时松手,按 +X 键,观察机床工作台的运动。

(8)按 -Y 键,观察工作台的运动。

(9)当机床行至行程中点附近时松手,按 +Y 键,观察机床工作台的运动。

(10)熟练后逐步提高进给倍率至 50%、100%,按照以上步骤依次练习。注意观察进给速度的变化。

(11)当出现超程报警时,往坐标反方向移动,按  键消除报警。

快进操作是用快速进给速度移动机床到所需的位置,这种操作不能进行切削加工。快进操作应选择适当的主轴转速倍率,并保证安全。

#### 3) 手摇脉冲发生器进给控制

(1)各坐标轴回原点。

(2)将功能选择旋钮置于“手脉操作”位置。

(3)选择“Z”轴,选择“100”移动量,向“-”方向旋转手轮,观察主轴箱的运动和显示屏的坐标显示。

(4)选择“X”轴,选择“100”移动量,向“-”方向旋转手轮,观察主轴箱的运动和显示屏的坐标显示。

(5)选择“Y”轴,选择“100”移动量,向“-”方向旋转手轮,观察主轴箱的运动和显示屏的坐标显示。

手摇脉冲操作通过手摇脉冲发生器进行,主要用于微量而精确地调整机床位置,如对刀时调整刀具位置。

**注意:**①手摇脉冲发生器以 5 r/s 的速度转动,如果超过了此速度,可能会造成刻度和移动量不符。

②如果选择了进给倍率 100% 快速地移动手轮,刀具则以接近于快速进给的速度移动,此时机床会产生振动。

#### 4. 工件装夹

下面以台虎钳装夹工件为例来说明工件装夹的步骤。

(1)清洁机床工作台和台虎钳安装表面。

(2)将台虎钳放置在工作台中间位置,钳口与 X 轴方向大致平行,稍微拧紧锁紧螺母。

(3)将百分表吸附在主轴上,调整表头靠近钳口。

(4)用手摇脉冲操作方式沿 Y 轴方向移动工作台,并使百分表表头接触钳口,指针转动两圈左右。

(5)沿 X 轴方向移动工作台,观察指针的跳动,调整台虎钳位置,使钳口的跳动控制在 0.01 mm 内。

(6)将台虎钳紧固在工作台上。

(7)张开台虎钳,使钳口略大于工件宽度,清洁钳口和工件表面,将工件放入钳口中,工件基准面与钳口贴紧。

(8)转动台虎钳手柄夹紧工件,同时用铜棒轻轻敲击工件,使工件与钳口表面贴实。

(9)用百分表检查工件是否上翘,检查完毕后取下百分表。

#### 5. 刀具安装及手动换刀

##### 1) 刀具的安装

(1)根据刀具的直径尺寸和锥柄号选择相应的刀柄,莫氏锥度刀柄用于装夹莫氏锥柄的铣刀。

(2)清洁工件表面,将刀柄放入卸刀座并卡紧。

(3)卸下刀柄拉钉,将铣刀锥柄装入刀柄锥孔中。

(4)用六角螺钉从刀柄中锁紧铣刀,装上刀柄拉钉并锁紧。

(5)检查。

##### 2) 手动换刀

(1)确认刀具和刀柄的质量不超过机床规定的最大许可质量。

(2)清洁刀柄锥面和主轴锥孔,主轴锥孔可使用主轴专用清洁棒擦拭干净。

(3)左手握住刀柄,将刀柄的缺口对准主轴端面键,垂直伸入到主轴内,不可倾斜。

(4)右手按换刀按钮,压缩空气从主轴内吹出以清洁主轴和刀柄。按住换刀按钮,直到刀柄锥面与主轴锥孔完全贴合,放开按钮,刀柄即被拉紧,确认刀具确实被拉紧后才能松手。

卸刀柄时应注意:先用左手握住刀柄,然后右手按换刀按钮,最后取下刀柄,否则刀具从

主轴内掉下会损坏刀具、工件和夹具等。卸刀柄时,必须要有足够的动作空间,刀柄不能与工作台上的工件、夹具发生碰撞。

## 6. 对刀与刀具补偿的设置

### 1) X、Y 轴对刀

光电式寻边器的测头一般为 10 mm 的钢球,用弹簧拉紧在光电式寻边器的测杆上,碰到工件时可以退让,并将电路导通,发出光讯号。通过光电式寻边器的指示和机床坐标位置可得到被测表面的坐标位置。

(1)将工件通过夹具装在机床工作台上。装夹时,工件的四个侧面都应留出寻边器的测量位置。

(2)将寻边器通过刀柄装到主轴上。

(3)用寻边器进行 X、Y 轴对刀。快速移动主轴,让寻边器测头靠近工件的左侧,改用手摇脉冲操作,让测头慢慢接触到工件左侧,直到寻边器发光。记下此时机床坐标系中的 X 坐标值,如 $-310.300\text{ mm}$ 。

(4)移动寻边器使其上升至高于工件表面,向 X 轴正方向移动寻边器,让寻边器测头靠近工件的右侧,改用手摇脉冲操作,让测头慢慢接触到工件右侧,直到寻边器发光。记下此时机床坐标系中的 X 坐标值,如 $-200.300\text{ mm}$ 。若测头直径为 10 mm,则工件长度为 $-200.300 - (-310.300) - 10 = 100\text{ mm}$ ,据此可得出工件坐标系原点在机床坐标系中的 X 坐标值为 $-310.300 + 100/2 + 5 = -255.300\text{ mm}$ 。

同样,工件在机床坐标系中的 Y 坐标也按上述步骤测得。

### 2) Z 轴对刀

Z 轴设定器一般有指针式和光电式两种,使用方法相同,只是刀具与设定器接触时的指示方式不同。下面介绍使用指针式 Z 轴设定器进行 Z 轴对刀的方法。

(1)将刀具装在主轴上,将 Z 轴设定器附着在已经装夹好的工件或夹具平面上。


(2)快速移动工作台和主轴,让刀具端面靠近 Z 轴设定器上表面,改用手摇脉冲操作,让刀具端面慢慢接触到 Z 轴设定器上表面,直到 Z 轴设定器指针指示到零位。


(3)记下此时的机床坐标系中的 Z 值。在当前刀具情况下,用此值减去 Z 轴设定器的高度即为工件或夹具平面在机床坐标系中的 Z 坐标。若工件坐标系的 Z 坐标零点设定在工件或夹具的对刀平面上,则此值为工件坐标系 Z 坐标零点在机床坐标系中的位置,也就是 Z 坐标零偏值。

最后将测得的 X、Y、Z 坐标值输入到工件坐标系存储地址中。

### 3) 刀具补偿的设置

以 FANUC 0 标准铣床为例,刀具补偿设置过程如下。

(1)按  键切换到刀具半径补偿参数设定界面。

(2)选择要修改的补偿参数编号,将所需的刀具半径输入到输入域内。按  键,把输入域中间的补偿值输入指定的位置。

(3)用同样的方法进入长度补偿参数设定界面设置长度补偿参数。

## 7. 程序的输入、调试与运行

- (1) 选择“编辑”方式,按 **PRGRM** 键切换到程序管理界面。
- (2) 输入程序名。
- (3) 输入程序内容。
- (4) 导入 NC 程序后,可检查其运行轨迹,将功能选择旋钮置于“自动执行”位置。
- (5) 按 **AUX GRAPH** 键切换到检查运行轨迹模式。
- (6) 按机床操作面板上的 **Start** 键,可观察程序的运行轨迹。检查运行轨迹时,暂停运行、停止运行和单段执行等命令同样有效。
- (7) 将机床控制面板上 MODE 旋钮置于 AUTO 挡,切换到自动加工模式。
- (8) 将 Single Block 旋钮置于 on 挡。
- (9) 按机床操作面板上的 **Start** 键,程序开始运行。用自动/单段方式执行每一行程序均需按一次 **Start** 键。
- (10) 将 Opt Skip 旋钮置于 on 挡,程序中的跳过符号“/”有效。
- (11) 将 M01 Stop 旋钮置于 on 挡,“M01”代码有效。
- (12) 根据需要调节进给倍率旋钮。

### 知识考核

考核内容		考核标准	标准分值	实际得分	综合评价
1	认识数控铣床/加工中心的组成	能够正确说出所使用数控铣床/加工中心的组成及特点	20		
2	认识数控铣床/加工中心的操作面板	能够正确操作系统操作面板和机床操作面板	40		
3	认识操作面板上的主要按钮	掌握以下按钮的使用方法: ①功能选择旋钮;②进给倍率旋钮;③坐标运动选择按键;④主轴转速倍率旋钮;⑤主轴启、停按键;⑥手摇脉冲发生器;⑦坐标轴选择旋钮(按键);⑧移动量选择旋钮(按键);⑨紧急停止按键;⑩数字、字母键;⑪循环启动键;⑫暂停键;⑬复位键	40		
合计			100		

## 课题二 数控铣床/加工中心安全操作



### 学习目标

- 了解数控铣床/加工中心安全操作规程,能保障人身和设备安全;
- 培养安全生产、文明生产意识及责任感。



### 相关知识

#### 一、数控机床安全操作要求

数控机床是一种自动化程度较高、结构较复杂的先进加工设备,为了充分发挥机床的优越性、提高生产效率,操作人员除了要掌握数控机床的性能,做到熟练操作以外,还必须严格遵循数控机床的安全操作规程。这样不仅是保障人身和设备安全的需要,也是保证数控机床能够正常工作,达到技术性能,充分发挥其加工优势的需要。因此,在数控机床的使用和操作中,应做到以下几点。

- (1)严格遵守数控机床的安全操作规程,未经专业培训不得擅自操作机床。
- (2)做到用好、管好机床,具有较强的工作责任心。
- (3)使数控机床周围的环境保持整洁。
- (4)工作前,必须穿戴好规定的劳保用品;工作中,要精神集中、细心操作,严格遵守安全操作规程。
- (5)操作前必须熟知面板上每个按钮的功能及操作注意事项。
- (6)使用机床时,应当注意机床各个部位警示牌上的警示内容。

#### 二、数控机床操作注意事项

##### 1. 开机前注意事项

开机前必须仔细阅读机床的使用说明书,并且注意以下事项。

- (1)操作人员必须熟悉该数控机床的性能和操作方法,经机床管理人员同意方可操作。
- (2)机床通电前,先检查电压、气压、油压是否符合工作要求。
- (3)检查机床可动部分是否处于可正常工作状态。
- (4)检查工作台是否有越位和超极限状态。
- (5)检查电气元件是否牢固,是否有接线脱落。
- (6)检查机床接地线是否和车间地线可靠连接(初次开机特别重要)。
- (7)完成开机前的准备工作后方可合上电源总开关。

##### 2. 开机过程中注意事项

- (1)严格按照机床说明书中的开机顺序进行操作。



(2)一般情况下,开机过程中必须先进行回机床参考点操作,建立机床坐标系。

(3)开机后先让机床空运转 15 min 以上,使机床达到平衡状态(热机)。

(4)关机以后必须等待 5 min 以上才可以进行再次开机,没有特殊情况不得随意频繁进行开、关机操作。

### 3. 调试过程中注意事项

(1)编辑、修改、调试好程序。若是首件试切必须进行空运行,确保程序正确无误。

(2)按工艺要求安装、调试好夹具,并清除各定位面的铁屑和杂物。

(3)按定位要求装夹好工件,确保定位正确可靠。在加工过程中,工件不得发生松动现象。

(4)安装好所要用的刀具,若是加工中心,刀具在刀库上的刀位号必须与程序中的刀号严格一致。

(5)按工件上的编程原点进行对刀,建立工件坐标系。若用多把刀具,则其余各把刀具分别进行长度补偿或刀尖位置补偿。

(6)设置好刀具半径补偿。

(7)确认冷却液输出通畅,流量充足。

(8)再次检查所建立的工件坐标系是否正确。

以上各注意事项准备好后方可对工件进行加工。

### 4. 加工过程中注意事项

(1)加工过程中,不得调整刀具或测量工件尺寸。

(2)自动加工过程中,必须自始至终监视运转状态,严禁离开机床,遇到问题要及时解决,防止发生不必要的事故。

(3)定时对工件进行检验,确定刀具是否磨损等情况。

(4)关机或交接班时对加工情况、重要数据等作好记录。

(5)机床各轴在关机时应远离其参考点或停在中间位置,使工作台重心稳定。

(6)工作结束后,应注意保持机床及控制设备的清洁,要及时对机床进行维护、保养,必要时涂防锈油。

### 5. 操作中特别注意事项

(1)机床在通电状态中,操作者千万不要打开或接触机床上标有闪电符号或装有强电装置的部位,以防被电击伤。

(2)在维护电气装置时,首先必须切断电源。

(3)机床主轴运转过程中,务必关上机床的防护门,关门时务必注意手的安全,避免造成伤害。

(4)在打雷时不要开机床,因为雷击时的瞬时高电压和大电流易冲击机床,烧坏模块或丢失、改变数据,造成不必要的损失。使每台数控机床接地良好,并保证接地电阻小于  $4\ \Omega$ 。



## 知识考核

考核内容	考核标准	标准分值	实际得分	综合评价	
1	机床操作手册	操作人员应熟悉所用数控铣床/加工中心的组成、结构以及使用环境,并严格按机床操作手册的要求正确操作	5		
2	正确着装	操作机床时,应按要求正确穿戴劳动保护用品	5		
3	开、关机顺序	按顺序开、关机。开机时,先开机床再开数控系统;关机时,先关数控系统再关机床	5		
4	建立机床坐标系	开机后进行返回机床原点的操作,以建立机床坐标系	5		
5	手动操作	手动移动刀架时,确保 X、Z 轴处于安全位置,移动时应注意观察	5		
6	对刀	正确对刀,建立工件坐标系,并核对数据	5		
7	检查	程序调试好后,在正式切削加工前,再次检查程序、刀具、夹具、工件、参数等是否正确	5		
8	刀补	输入刀具补偿值后,要对刀补号、补偿值、正负号和小数点进行认真核对	5		
9	程序试运行	按工艺规程要求使用刀具、夹具。在正式加工前,应仔细核对输入的程序和参数,并进行程序试运行,防止加工中刀具与工件碰撞,损坏机床、刀具和工件等	5		
10	工件装夹	装夹工件时,要检查夹具是否妨碍刀具运动	5		
11	试切	试切进刀时,进给倍率旋钮必须转到低挡位置。当刀具运行至工件表面 30~50 mm 处时,必须在保持进给速度的情况下验证 Z 轴剩余坐标值及 X 轴坐标值与加工程序数据是否一致	5		
12	换刀	更换刀具后,要重新测量刀具长度并修改刀补值和刀补号	5		
13	修改程序	修改程序后,对修改部分要进行认真核对	5		
14	旋钮检查	手动连续进给操作前,必须先检查各种旋钮所选择的位置是否正确,确定正确的坐标方向,然后再进行操作	5		

续表

考核内容		考核标准	标准分值	实际得分	综合评价
15	开机后注意事项	开机后让机床空运转 15 min 以上,使机床达到热平衡状态	5		
16	加工完毕后注意事项	加工完毕后,将 X、Z 轴移动到行程的中间位置,并将主轴速度倍率旋钮和进给倍率旋钮都旋转至低挡,防止因误操作发生意外	5		
17	急停按钮	在机床运行中一旦发现异常情况,应立即按下红色急停按钮,终止机床的所有运动和操作。待故障排除后,方可重新操作机床及执行程序	5		
18	自动换刀	自动换刀时必须确定换刀区域中无干涉的可能	5		
19	机床报警	出现机床报警时,应根据报警号查明原因并及时排除	5		
20	文明生产	加工完毕后应清理现场并作好工作记录	5		
合计			100		

### 课题三 数控铣床/加工中心的维护与保养

#### 学习目标

- 了解维护及保养对数控铣床/加工中心的重要意义;
- 掌握数控铣床/加工中心日常维护及保养的方法。

#### 相关知识

##### 一、数控机床的使用环境

为提高数控机床的使用寿命,一般要求避免阳光的直接照射和其他热辐射,避免放置在太潮湿、粉尘过多或有腐蚀气体的场所。精密数控机床要远离振动大的设备,如冲床、锻压设备等。

为了避免电源波动幅度大(大于 $\pm 10\%$ )和瞬间干扰信号等影响,数控机床一般采用专线供电(如从低压配电室分一路单独供数控机床使用)或增设稳压装置等。

##### 二、数控机床的日常维护与保养

购买数控机床以后要充分利用,尤其是投入使用的第一年,应使其容易出故障的薄弱环节尽早暴露,在保修期内得以排除。加工中,应尽量减少数控机床主轴的启闭,以降低对离

合器、齿轮等器件的磨损。没有加工任务时,数控机床也要定期通电,最好是每周通电一两次,每次空运行 1 h 左右,以利用机床本身的发热来降低机内的湿度,使电子元件不致受潮,同时也能及时发现有无电池电量不足报警,以防止系统设定参数的丢失。

数控机床的日常维护与保养是降低数控机床故障率的重要保障,可延长元器件的使用寿命。一般按随机使用说明书进行日常维护与保养。

### 三、数控机床的使用与管理

在数控机床的使用与管理方面,应制定一系列切合实际、行之有效的操作规程,如润滑、保养、合理使用及规范的交接班制度等是数控设备使用及管理的主要内容。制定和遵守操作规程是保证数控机床安全运行的重要措施之一,因此使用者必须按照操作规程正确操作。此外,还必须制定并且严格执行数控机床管理的规章制度,主要包括定人、定岗和定责任的“三定”制度,定期检查制度,规范的交接班制度等。

#### 知识考核

考核内容	考核标准	标准分值	实际得分	综合评价
1 接通电源前的检查	①检查机床的防护门、电气柜门等是否关闭; ②检查冷却液、液压油、润滑油的油量是否充足; ③检查切屑槽内的切屑是否已清理干净; ④检查主轴锥孔是否清洁	40		
2 接通电源后的检查	①检查操作面板上的指示灯是否正常,各按钮、开关是否处于正确位置; ②显示屏上是否有报警显示,若有应及时处理; ③液压、气压装置的压力表指示是否在所要求的范围内; ④各控制箱的冷却风扇是否正常运转; ⑤刀具(柄)是否正确夹紧在主轴或刀库中,是否有损伤	50		
3 机床运转后的检查	①运转中机床是否有异常噪声; ②有无异常现象	10		
合计		100		

#### 思考与练习

##### 一、填空题

1. 数控加工时对刀点设置的原则为:便于数值计算和简化程序编制、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
2. 衡量数控机床运动性能的指标有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

3. 脉冲当量是指\_\_\_\_\_。

4. 数控机床由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_三大系统构成。

## 二、选择题

1. 下列机床精度最高的为( )。

- A. 脉冲当量为 0.001 mm/P                      B. 脉冲当量为 0.01 mm/P  
C. 脉冲当量为 0.000 1 mm/P                    D. 脉冲当量为 0.1 mm/P

2. 确定机床 X、Y、Z 坐标时,规定平行于机床主轴的刀具运动坐标为\_\_\_\_\_,取刀具远离工件的方向为\_\_\_\_\_方向。( )

- A. X 轴,正              B. Y 轴,正              C. Z 轴,正              D. Z 轴,负

3. 下列关于数控机床的组成描述不正确的是( )。

- A. 数控机床通常由控制介质、数控装置、伺服系统和机床组成。  
B. 数控机床通常由控制介质、数控装置、伺服系统、机床和测量装置组成。  
C. 数控机床通常由穿孔带、数控装置、伺服系统和机床组成。  
D. 数控机床通常由控制介质、测量装置、伺服系统和机床组成

4. 根据 ISO 标准,数控机床在编程时采用( )规则。

- A. 刀具相对静止,工件运动                      B. 工件相对静止,刀具运动  
C. 按实际运动情况确定                          D. 按坐标系确定

5. 数控机床坐标系统中 X、Y、Z 轴由\_\_\_\_\_笛卡儿坐标系确定;A、B、C 坐标由\_\_\_\_\_确定。( )

- A. 左手,左手              B. 左手,右手              C. 右手,左手              D. 右手,右手

## 三、判断题

1. 数控铣床适宜加工轮廓形状特别复杂或难于控制尺寸的回转体零件、箱体类零件、精度要求高的回转体类零件、特殊的螺旋类零件等。 ( )

2. 机床开机回零的目的是为了建立工件坐标系。 ( )

3. 数控机床的坐标系采用右手笛卡儿坐标系,在确定具体坐标时,先确定 X 轴,再根据右手法则确定 Z 轴。 ( )

4. 数控机床 C 轴的运动就是主轴的主运动。 ( )

5. 机床操作面板上“单段运行”方式的功能为每按一次循环启动键,执行一个程序段。 ( )

## 四、简答题

1. 数控铣床的操作面板由哪几个部分组成? 如何进行开机操作、回参考点操作、手动换刀操作以及超程解除操作?

2. 数控铣床在哪几种情况下要进行回参考点操作?

3. 数控铣床/加工中心日常维护和保养包含哪些项目?