

## 图书在版编目(CIP)数据

数控铣削技术训练 / 朱军主编. —南京: 江苏教育出版社, 2013. 8(2015. 1 重印)

ISBN 978-7-5499-2891-0

I. ①数… II. ①朱… III. ①数控机床—铣削—中等专业学校—教材 IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 119490 号

江苏省国示范学校重点建设专业系列教材·数控技术应用专业  
书 名 数控铣削技术训练

主 编 朱 军  
责任编辑 顾金萍  
出版发行 凤凰出版传媒股份有限公司  
江苏教育出版社  
地 址 南京市湖南路 1 号 A 楼, 邮编: 210009  
出 品 江苏凤凰职业教育图书有限公司  
网 址 <http://www.ppve.cn>  
经 销 凤凰出版传媒股份有限公司  
照 排 南京展望文化发展有限公司  
印 刷 江苏省兴化市印刷有限责任公司  
厂 址 兴化市东五里, 邮编: 225700  
电 话 0523-83233474  
开 本 787 毫米×1 092 毫米 1/16  
印 张 18.5  
版 次 2013 年 8 月第 1 版 2015 年 1 月第 3 次印刷  
标准书号 ISBN 978-7-5499-2891-0  
定 价 39.80 元  
批发电话 025-83658830  
盗版举报 025-83658873

图书若有印装错误可向江苏凤凰职业教育图书有限公司调换  
提供盗版线索者给予重奖



# 目录

## 项目 1 数控铣床的基本操作

- 任务 1 数控铣床操作的基础知识 ..... 1
- 任务 2 数控铣床的基本操作 ..... 15
- 任务 3 数控铣床的维护与保养 ..... 27

## 项目 2 平面铣削及二维轨迹加工

- 任务 1 刀具的选用与工件的装夹 ..... 32
- 任务 2 平面铣削与对刀操作 ..... 41
- 任务 3 台灯模型的编程及加工 ..... 49

## 项目 3 外轮廓加工

- 任务 1 矩形外轮廓加工 ..... 62
- 任务 2 带倒角、倒圆的长方形轮廓加工 ..... 76
- 任务 3 复杂轮廓加工 ..... 85

## 项目 4 孔的加工

- 任务 1 钻、扩、铰孔加工 ..... 96
- 任务 2 铰、镗孔加工 ..... 111
- 任务 3 螺纹孔加工 ..... 125

## 项目 5 型腔加工

- 任务 1 开放型腔加工 ..... 143
- 任务 2 封闭型腔 1 加工 ..... 152
- 任务 3 封闭型腔 2(复合型腔)加工 ..... 165

## 项目 6 中级工综合件加工

- ..... 182

## 项目 7 变量编程与加工

- 任务 1 螺旋线变量编程 ..... 209
- 任务 2 椭圆的变量编程 ..... 222
- 任务 3 简单曲面编程 ..... 235

## 项目 8 高级工综合件加工

- 任务 1 高级工综合件单面类零件的加工 ..... 247
- 任务 2 高级工综合件双面类零件的加工 ..... 258
- 任务 3 配合件的加工 ..... 273

- 后记 ..... 287



数控铣床、加工中心是机械制造系统中具有高效率、高精度与高柔性特点的自动化加工设备,可有效解决复杂、精密、小批量多变零件的加工问题,充分适应现代化生产的需要。本项目主要学习数控铣床、加工中心的基本操作方法,维护与保养知识等内容。通过多媒体技术、仿真技术、实操训练等栏目的应用,培养学生兴趣,为学习后续项目奠定坚实的基础。

## 任务1 数控铣床操作的基础知识

### 任务书

#### 知识目标

1. 了解数控铣床、加工中心的一般结构和基本工作原理。
2. 了解数控铣床、加工中心的适用范围。
3. 了解数控铣床、加工中心常用的数控加工刀具及其加工特点。
4. 了解数控铣床、加工中心常用的数控夹具种类及适用范围。
5. 了解数控铣床、加工中心常用的量具种类及适用范围。

#### 技能目标

1. 能运用相关知识,选择合理的数控设备加工零件。
2. 能判断零件的典型特征,选择合理的数控设备加工零件。
3. 能选用合理的数控加工刀具加工零件相应特征面。
4. 能选用合适的数控夹具装夹零件。
5. 能选用合适的量具测量零件尺寸。

### 任务描述

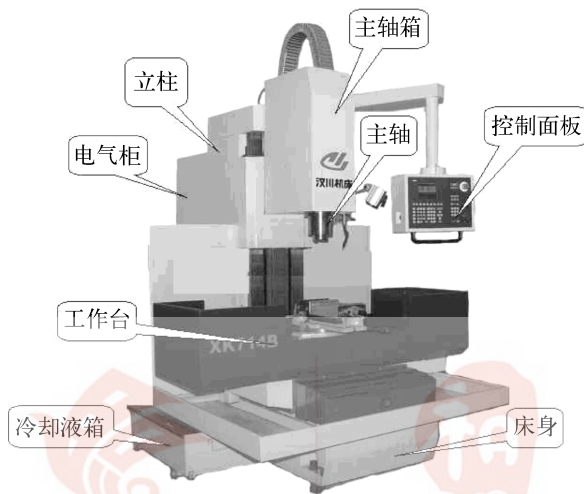
在零件正式加工前必须选择合理的夹具、刀具和量具,以保证快速、高效的加工出合格零件。本任务通过对数控铣床专用夹具、刀具和量具的学习,能按照零件特征形状及尺寸精度,选择合适的夹具、刀具和量具。安装零件图纸要求对零件进行测量并装夹工件毛坯。

## 知识链接

### 一、数控铣床简介

#### 1. 数控铣床的结构组成

数控铣床主要由机床机械部件、进给伺服系统、控制系统、位置反馈系统、辅助装置等组成,主要硬件结构如图 1-1 所示。



▲图 1-1 数控铣床的结构

#### (1) 机床机械部件

支撑部件通常是指底座、立柱、横梁等,它是整个机床的基础和框架。

主运动部件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,主轴转速范围和输出扭矩对加工有直接的影响。

进给运动部件包括工作台等,用于放置工件,实现进给运动。

#### (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

控制系统是数控机床运动控制的核心,用于执行数控加工程序,控制机床进行加工。

#### (4) 位置反馈系统

位置反馈系统是将机床运动部分的角位移或直线位移转换为电信号,输入数控系统,与指令位置进行比较,并根据比较结果发出指令,纠正产生的误差。

#### (5) 辅助装置

辅助装置是指数控铣床的一些配套部件,如液压和气动装置、润滑、冷却系统和排屑、

防护等装置。

## 2. 数控铣床的基本工作原理

相对于普通铣床,数控铣床在加工零件时,是将加工零件的几何信息(如零件形状、尺寸、精度和表面粗糙度等)和工艺参数(如主轴转速、进给速度、刀具尺寸等)编制成加工程序,通过输入装置(手动或自动传输)送入数控装置,再经过数控装置的处理、运算,按照各个坐标轴的分量送到各轴的驱动电路,经过伺服系统转换、放大后驱动伺服电动机,带动各个轴运动,并进行反馈控制,使刀具按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数工作。辅助工作由数控装置将信息传给 PLC 进行同步控制,从而加工出所需要的零件。

## 3. 数控铣床的加工特点

数控铣削加工除了具有普通铣床加工的特点,还有以下特点:

① 零件加工的适应性强、灵活性好,能加工轮廓形状特别复杂或难以控制尺寸的零件,如模具类零件、叶片类零件等。

② 生产效率高,可有效减少零件的加工时间和辅助时间,尤其在使用加工中心加工时,工件只需一次装夹定位后就能进行多道工序的连续加工。

③ 加工精度高、质量稳定可靠。在加工过程中操作人员不参与操作,因此工件的加工精度全部由数控铣床的精度保证,消除了操作者的人为误差。又因为数控加工工序集中,减少了工件多次装夹产生的定位位差,所以工件的精度高,尺寸一致性好,质量稳定。

④ 生产自动化程度高,可以减轻操作者的劳动强度,改善劳动条件,有利于生产管理自动化。

⑤ 从切削原理上讲,无论是端铣或是周铣都属于断续切削方式,而不像车削那样连续切削,因此对刀具的要求较高,具有良好的抗冲击性、韧性和耐磨性。在干式切削状况下,还要求有良好的红硬性。

## 4. 数控铣床的加工适用范围

铣削是数控铣床机械加工中最常用的加工方法之一,主要包括平面铣削和轮廓铣削,可以对零件进行孔加工与攻丝等。适合采用数控铣削的零件有箱体和曲面类的零件。下面按照铣削加工的角度对加工对象进行分类。

### (1) 平面类零件

平面类零件的特点是各个加工表面都是平面,或可以展开为平面。目前,在数控铣床上加工的绝大多数零件都属于平面类零件。平面类零件是数控铣削加工中最简单的一类,一般只需用三坐标数控铣床的两坐标联动(即 2.5 坐标)就可以加工。

### (2) 变斜角类零件

加工面与水平面的夹角成连续变化的零件称为变斜角类零件。加工变斜角类零件最好采用四坐标或五坐标数控铣床摆角加工,若没有上述机床,也可在三坐标数控铣床上采用两轴半控制的行切法进行近似加工。

### (3) 曲面类零件

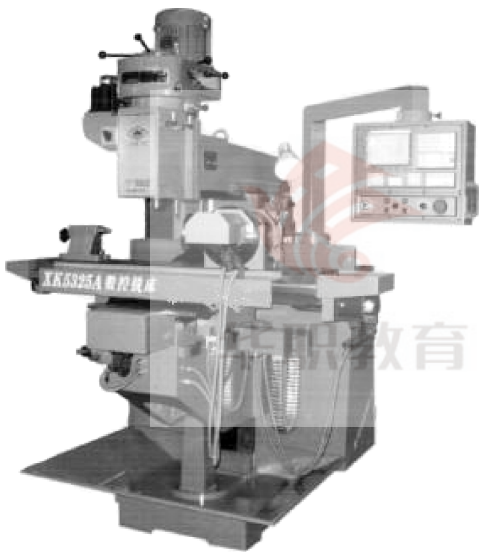
加工面为空间曲面的零件称为曲面类零件。曲面类零件的加工面与铣刀始终为点接触,一般采用三坐标数控铣床加工。

## 5. 数控铣床的分类

### (1) 按构造上分类

① 工作台升降式数控铣床。工作台升降式数控铣床采用工作台移动、升降,而主轴不动的方式进行零件的加工。小型数控铣床一般采用此种方式,如图 1-2 所示。

② 主轴头升降式数控铣床。主轴头升降式数控铣床采用工作台纵向和横向移动,且主轴沿垂向溜板上下运动。主轴头升降式数控铣床在精度保持、承载重量、系统构成等方面具有很多优点,已成为数控铣床的主流,如图 1-3 所示。



▲图 1-2 工作台升降式数控铣床

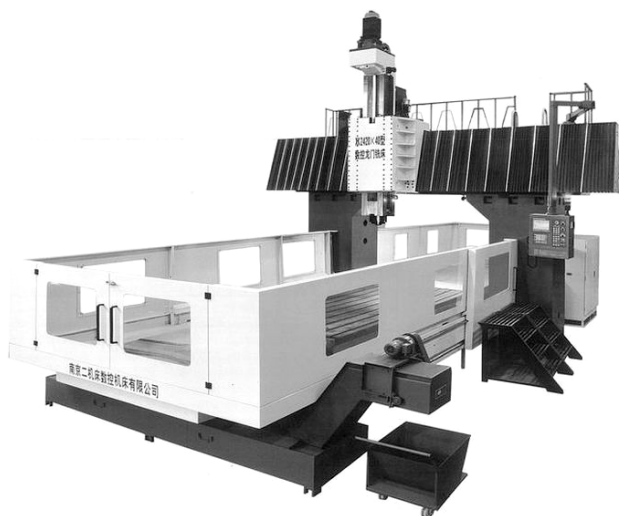


▲图 1-3 主轴头升降式数控铣床

③ 龙门式数控铣床。龙门式数控铣床主轴可以在龙门架的横向与垂向溜板上运动,而龙门架则沿床身作纵向运动。大型数控铣床,因要考虑到扩大行程,缩小占地面积及刚性等技术上的问题,往往采用龙门架移动式,如图 1-4 所示。

### (2) 按通用铣床的分类方法分类

① 数控立式铣床。数控立式铣床在数量上一直占据数控铣床的大多数,应用范围也最广,如图 1-5 所示。从机床数控系统控制的坐标数量来看,目前三坐标数控立铣仍占大多数;一般可进行三坐标联动加工,但也有部分机床只能进行三个坐标中的任意两个坐标联动加工(常称为 2.5 坐标加工)。此外,还有机床主轴可以绕 X、Y、Z 坐标轴中的其中一个或两个轴作数控摆角运动的四坐标和五坐标数控立铣。

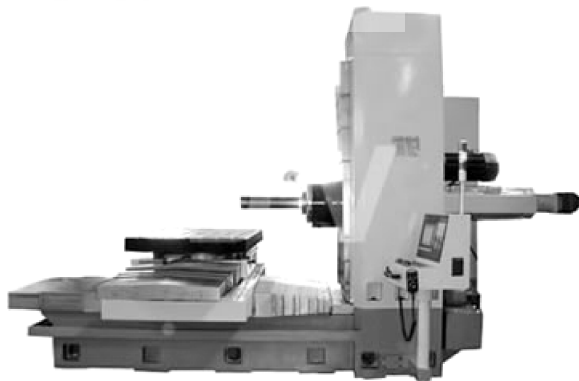


▲图 1-4 龙门式数控铣床

② 卧式数控铣床。卧式数控铣床与通用卧式铣床相同,其主轴轴线平行于水平面,如图 1-6 所示。为了扩大加工范围和扩充功能,卧式数控铣床通常采用增加数控转盘或万能数控转盘来实现四、五坐标加工。这样,不但工件侧面上的连续回转轮廓可以加工出来,而且可以实现在一次安装中,通过转盘改变工位,进行“四面加工”。



▲图 1-5 数控立式铣床



▲图 1-6 卧式数控铣床

③ 立卧两用数控铣床。目前,这类数控铣床已不多见,由于这类铣床的主轴方向可以更换,能达到在一台机床上既可以进行立式加工,也可以进行卧式加工。因同时具备上述两类机床的功能,其使用范围更广,功能更全,选择加工对象的余地更大,且给用户带来不少方便。特别是小批量生产,品种较多,又需要立、卧两种方式加工时,用户只需购买一台即可达到效果。



## 6. 数控铣床的选用原则

### (1) 根据被加工零件的尺寸选用

规格较小的升降台式数控铣床,其工作台宽度多在 400 mm 以下,它最适宜中小零件的加工和复杂形面的轮廓铣削任务。规格较大的如龙门式铣床,工作台在 500~600 mm 以上,用来解决大尺寸复杂零件的加工需要。

### (2) 根据加工零件的精度要求选用

我国已制定了数控铣床的精度标准,其中数控立式铣床升降台铣床已有专业标准。标准规定其直线运动坐标的定位精度为 0.04/300 mm,重复定位精度为 0.025 mm,铣圆精度 0.035 mm。实际上,机床出厂精度均有相当的储备量,比国家标准的公差值大约压缩 20% 左右。因此,从精度选择来看,一般的数控铣床即可满足大多数零件的加工需要。对于精度要求较高的零件,则应考虑选用精密型的数控铣床。

### (3) 根据加工零件的加工特点来选择

对于加工部位是矩形平面或不等高的各级台阶,那么选用点位——直线系统的数控铣床即可。如果加工部位是曲面轮廓,应根据曲面的几何形状决定选择两坐标联动和三坐标联动的系统,也可根据零件加工要求,在一般的数控铣床的基础上,增加数控分度头或数控回转工作台,这时机床的系统为四坐标的数控系统,可以加工螺旋槽、叶片零件等。

### (4) 根据零件的批量或其他要求选择

对于大批量的,用户可采用专用铣床。如果是中小批量而又是经常周期性重复投产的,采用数控铣床是非常合适的,因为第一批量中准备好的多工夹具、程序等可以存储起来重复使用。从长远考虑,自动化程度高的铣床代替普通铣床,减轻劳动者的劳动量提高生产率的趋势是不可避免的。

## 二、数控铣床常用刀具

### (1) 平头铣刀

平头铣刀用于进行粗铣,去除大量毛坯,小面积水平平面或者轮廓精铣,如图 1-7 所示。

### (2) 球头铣刀

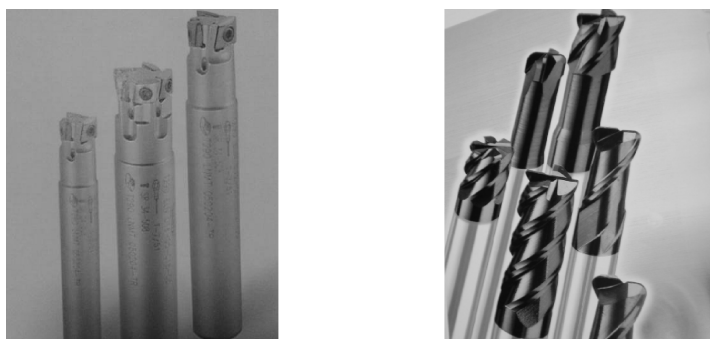
球头铣刀用于进行曲面半精铣和精铣;小刀可以精铣陡峭面/直壁的小倒角,如图 1-8 所示。

### (3) 面铣刀

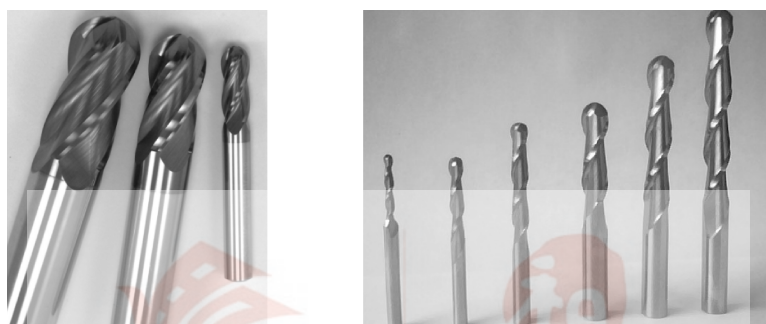
面铣刀主要用于加工较大面积的平面,用于立式铣床、端面铣床或龙门铣床上加工平面,端面和圆周上均有刀齿,也有粗齿和细齿之分。其结构有整体式、镶齿式和可转位式三种,如图 1-9 所示。

### (4) 钻头

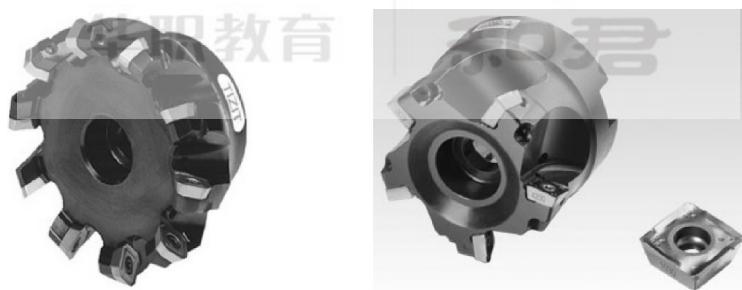
钻头是用以在实体材料上钻削出通孔或盲孔,并能对已有的孔扩孔的工具,常用高速钢制造,如图 1-10 所示。



▲图 1-7 各类平头铣刀



▲图 1-8 各类球头铣刀



▲图 1-9 各类面铣刀



▲图 1-10 各类钻头

(5) 铰刀

铰刀具有一个或多个刀齿、用以切除已加工孔表面薄层金属的旋转刀具。经铰削加工后的孔可获得精确的尺寸和形状,如图 1-11 所示。

(6) 镗刀

镗刀具有一个或两个切削部分、专门用于对已有的孔进行粗加工、半精加工或精加工的刀具,如图 1-12 所示。



▲图 1-11 铰刀



▲图 1-12 镗刀

(7) 螺纹铣刀

螺纹铣刀主要用于在数控铣床(加工中心)上铣削加工螺纹,如图 1-13 所示。

(8) 机用丝锥

机用丝锥主要用于在数控铣床(加工中心)上加工直径较小孔的螺纹,如图 1-14 所示。



▲图 1-13 螺纹铣刀



▲图 1-14 机用丝锥

(9) 寻边器

寻边器寻边器的作用是给机械加工定位座标时使用,即找到工件坐标系原点位置,如图 1-15 所示。



▲图 1-15 各类寻边器

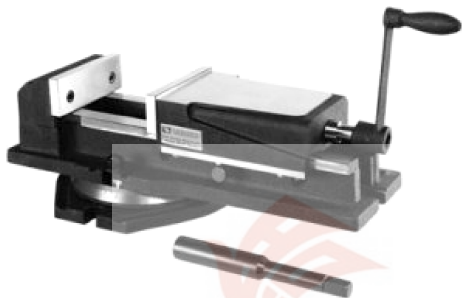
### 三、数控铣床常用夹具

#### 1. 机用平口钳

机用平口钳全称是“机床用平口虎钳”，又称平口虎钳，是将工件固定夹持在机床工作台上进行切削加工的一种机床附件。其设计结构简练紧凑，夹紧力度强，易于操作使用，如图 1-16 所示。

#### 2. 三爪自定心卡盘

三爪自定心卡盘是利用均匀布在卡盘体上的三个活动卡爪的径向移动，把工件夹紧和定位的机床附件，主要用于装夹接触面为圆柱形的零件，如图 1-17 所示。



▲图 1-16 机用平口钳



▲图 1-17 三爪自定心卡盘

#### 3. 机床压板

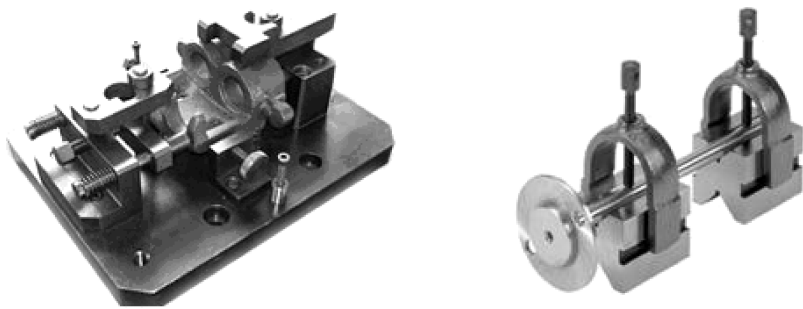
用机床压板装夹工件是铣床上常用的一种方法，尤其在卧式铣床上，用端铣刀铣削时用的最多。在铣床上用压板安装工件时，机床用的工具比较简单，主要有机床压板、垫铁、T形螺栓(或 T形螺母)及螺母等，如图 1-18 所示。



▲图 1-18 机床压板

#### 4. 专用夹具

专用夹具是为零件的某一道工序加工而设计制造的，在产品相对稳定、批量较大的生产中使用；在生产过程中它能有效地降低工作时的劳动强度、提高劳动生产率，并获得较高的加工精度，如图 1-19 所示。



▲图 1-19 各类专用夹具

#### 四、数控铣床常用量具

##### 1. 游标卡尺

游标卡尺是一种测量长度、内外径、深度的量具。游标卡尺由主尺和附在主尺上能滑动的游标两部分构成。主尺一般以毫米为单位，而游标上则有 10、20 或 50 个分格，根据分格的不同，游标卡尺测量的精度相应不同，如图 1-20 所示。



▲图 1-20 各类游标卡尺

##### 2. 千分尺

千分尺又称螺旋测微器，是比游标卡尺更精密的测量长度的工具，它的精度可以准确到 0.01 mm，如图 1-21 所示。

##### 3. 内径百分表

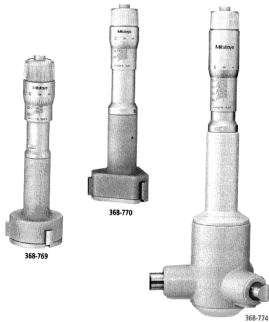
内径百分表是将测头的直线位移变为指针的角位移的计量器具。用比较测量法完成测量，用于不同孔径的尺寸及其形状误差的测量，如图 1-22 所示。



(a) 外径千分尺



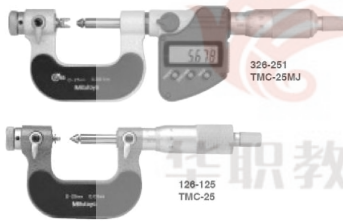
(b) 两爪内测千分尺



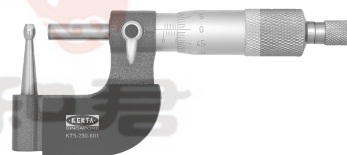
(c) 三爪内侧千分尺



(d) 公法线千分尺



(e) 螺纹千分尺



(f) 壁厚千分尺

▲图 1-21 各类千分尺



(a)



(b)

▲图 1-22 内径百分表

#### 4. 塞规

塞规是一种检验孔用的专用量规,可分为通规和止规,如图 1-23 所示。

环规是用来检验圆柱形工件外径的钢质圆环。



▲图 1-23 各类塞规

### 任务实施

#### 1.1 认识数控铣床常用刀具

##### 一、任务内容

分析零件的特征形状,确定零件加工所需使用的刀具,并填写任务书。

##### 二、教学准备

每组准备 4 个不同类型的零件(要求能用到大多数常见的刀具),平头铣刀、球头铣刀、钻头、铰刀、机用丝锥、端面铣刀、螺纹铣刀、镗刀每组各 1 把。

##### 三、任务步骤

Step1: 熟悉各刀具形状特征。

Step2: 根据刀具的加工特点选择加工零件所需的刀具,并填写任务书,见表 1-1。

▼表 1-1 刀具选择任务书

班 级	姓 名	组 别
零 件	刀 具 名 称	加 工 面 域

## 1.2 认识数控铣床常用夹具

### 一、任务内容

根据零件特征及图纸选择所需夹具,对零件进行装夹,并填写相关任务书。

### 二、教学准备

每组准备 4 个不同类型的零件(要求能用到三种常见的夹具),压板 1 套、三爪卡盘 1 个、平口钳 1 个、卡片扳手 1 个、内六角扳手 1 套、活扳手 1 个、铜棒或塑料榔头 1 个、高垫铁 1 副等。

### 三、任务步骤

Step1: 分析零件的特征形状,确定装夹使用夹具。

Step2: 将工件装夹至相应夹具上并填写相应任务书,见表 1-2。

▼表 1-2 夹具装夹任务书

班 级		姓 名		组 别	
零 件	夹具名称及规格		装 夹 示 意 图		

## 1.3 认识数控铣床常用量具

### 一、任务内容

根据图纸选择所需测量的工具,对零件进行测量,并填写零件测量任务书。

### 二、教学准备

每组准备 4 个不同类型的零件(要求能用到大多数常见的量具),每组准备 4 份零件配套图纸,游标卡尺(0~150)、千分尺(0~25、25~50、50~75、75~100)、深度游标卡尺(0~200)、深度千分尺(0~25)、光滑圆柱塞规( $\phi 10H7$ )、内径百分表(18~35)每组各 1 把。

### 三、任务步骤


Step1: 分析零件图中各尺寸标注,确定测量时使用的量具。

Step2: 使用相应量具测量尺寸,将实测值填入表 1-3。



▼表 1-3 零件测量任务书

班 级		姓 名		组 别			
零 件		量具名称及规格		图 纸 尺 寸		尺 寸 实 测 值	

 任务评价

▼表 1-4 任务评价表

班 级				姓 名			
开始时间				结束时间			
序号	考核项目	考 核 要 求	配 分	评 分 标 准		得 分	
1	数控铣床的基本操作(75分)	正确安装平口钳并校正	15	流程正确给 10 分,校正精度每 0.01 扣 1 分。			
2		根据图纸正确选用刀具	10	错一处扣 2 分。			
3		根据图纸正确选用量具	10	错一处扣 2 分。			
4		正确开机	15	错一处扣 5 分。			
5		机床回零	10	错一处扣 5 分。			
6		正确使用手轮	15	使用手轮判定错误一次扣 2 分			
7	数控铣床的维护和保养(25分)	卫生整洁	10	不符合要求一处扣 5 分			
8		工具、刀具、量具等的摆放是否合理,是否符合职业岗位要求	10	不符合要求一处扣 5 分			
9		尊重教师,遵守实训纪律,爱惜实训室的设备和器材	5	做不到全扣。			
10	违规	违规成绩扣分	考勤、值日按学校制度扣分;不符合职业规范的行为,视情节扣 5~10 分。				
评委签字				总得分			

## 拓展知识

五轴加工中心也叫五轴联动加工中心,是一种科技含量高、精密度高、专门用于加工复杂曲面的加工中心,这种加工中心系统对一个国家的航空、航天、军事、科研、精密器械、高精医疗设备等行业有着举足轻重的影响。目前,五轴联动数控加工中心系统是解决叶轮、叶片、船用螺旋桨、重型发电机转子、汽轮机转子、大型柴油机曲轴等加工的唯一设备。

五轴联动加工中心有高效率、高精度的特点,工件一次装夹即可完成复杂的加工。能够适应像汽车零部件、飞机结构件等现代模具的加工。五轴加工中心和五面体加工中心有很大区别。很多人误把五面体加工中心当做五轴加工中心。五轴加工中心有 X、Y、Z,外加 A、B、C 三根轴(分别绕 X、Y、Z 旋转)中的任意两个组成五轴,X、Y、Z 轴和两根旋转轴形成五轴联动加工,擅长空间曲面加工、异型加工、镂空加工、打孔、斜孔、斜切等。而五面体加工中心则是类似于三轴加工中心,只是它可以同时做五个面,但是它无法做异型加工、打斜孔、切割斜面等。

五轴加工中心不仅应用于民用行业,如木模制造、卫浴修边、汽车内饰件加工、泡沫模具加工、欧式风格家居、实木椅子等,还广泛应用于航空、航天、军事、科研、精密器械、高精医疗设备等行业。五轴加工中心是一种高科技的手段,它让不可能变成了可能,一切的空间曲面,异型加工都可以完成实现。它不但能够完成复杂工件,完成机械化加工的任务,而且还能够快速提高加工效率,缩短加工流程。

## 任务 2 数控铣床的基本操作

### 任务书

#### 知识目标

1. 明确数控铣床、加工中心机床坐标系、工件坐标系的定义。
2. 明确绝对坐标系和相对坐标系的区别。
3. 了解 XD-40A 数控铣床面板上各按钮及旋钮的含义。
4. 明确数控铣床开关机的流程。

#### 技能目标

1. 能根据零件图纸灵活确定工件坐标系位置。
2. 能根据零件图纸不同、标注特点,灵活运用绝对坐标系和相对坐标系。
3. 能运用数控铣床操作面板控制刀具移动方向,并进行回零操作。
4. 能规范的进行数控铣床开、关机操作。

### 任务描述

熟悉机床面板,通过对机床面板的操作实现工作台前后、左右的移动,主轴上下移动,

完成机床回零操作,进行规范的数控铣床开、关机等操作。

## 知识链接

### 一、数控铣床坐标系

#### 1. 数控机床坐标系确定原则

##### (1) 刀具相对静止、工件运动的原则

由于机床结构的不同,有的是刀具运动,工件固定;有的是刀具固定,工件运动。采用该原则可使编程人员在不知运动方式的情况下,就可以依据零件图纸,确定加工的过程。

##### (2) 标准坐标系原则

机床坐标系确定机床上运动的大小与方向,以完成一系列的成形运动和辅助运动,该坐标系为右手笛卡尔直角坐标系。

##### (3) 运动方向的原则

数控铣床坐标轴的正方向规定为刀具远离工件的运动方向。

#### 2. 机床坐标系(MCS)的确定方法

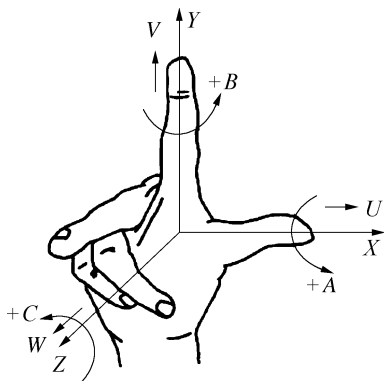
##### (1) Z轴坐标

规定,机床传递切削力的主轴轴线为Z坐标(如铣床、钻床、车床、磨床等)。如果机床有几个主轴,则选一垂直于装夹平面的主轴作为主要主轴;如机床没有主轴(龙门刨床),则规定垂直于工件装夹平面为Z轴。轴一般都是与传递主切削动力的主轴轴线平行的,如卧式数控车床、卧式加工中心,主轴轴线是水平的,故Z轴分别是左右和前后;立式数控车床、立式数控加工中心,主轴是竖直的,故Z轴分别是上下。

##### (2) X轴坐标

X坐标一般是水平的,平行于装夹平面。对于工件旋转的机床(如车、磨床等),X坐标的方向在工件的径向上;对于刀具旋转的机床则作以下规定:

当Z轴水平时,从刀具主轴向工件看,正X为右方向。



▲图 1-24 右手笛卡尔坐标系

当Z轴处于铅垂面时,对于单立柱式,从刀具主轴向立柱看,正X为右方向;对于龙门式,从刀具主轴右侧看,正X为右方向。

##### (3) Y、A、B、C及U、V、W等坐标

由右手笛卡尔坐标系来确定Y坐标,A、B、C表示绕X、Y、Z坐标的旋转运动,正方向按照右手螺旋法则,如图1-24所示。

若有第二直角坐标系,可用U、V、W表示。

##### (4) 坐标方向判定

当某一坐标上刀具移动时,用不加撇号的字母表示

该轴运动的正方向;当某一坐标上工件移动时,则用加撇号的字母(例如  $A'$ 、 $X'$  等)表示。加与不加撇号所表示的运动方向正好相反。

### (5) 机床原点的设置

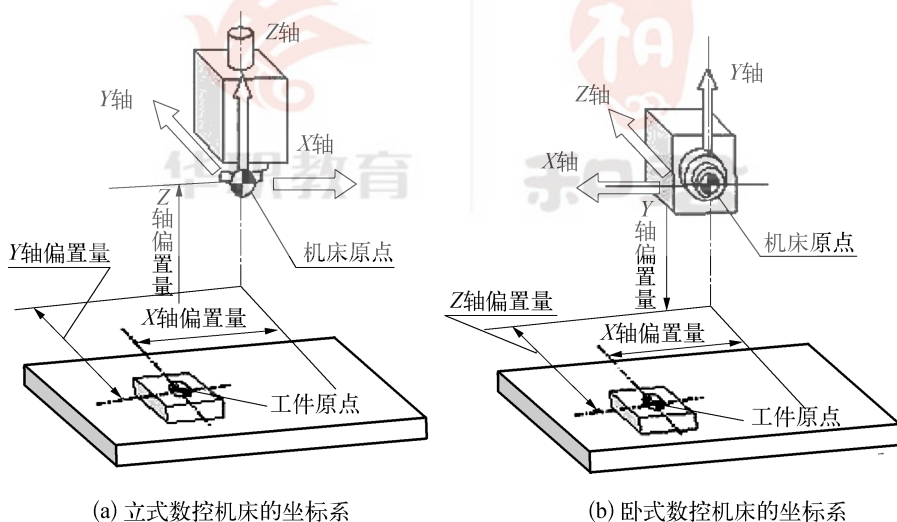
机床原点是指在机床上设置的一个固定点,即机床坐标系的原点。它在机床装配、调试时就已确定下来,是数控机床进行加工运动的基准参考点。在数控铣床上,机床原点一般取在  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  坐标的正方向极限位置上。

### (6) 机床参考点

机床参考点是用于对机床运动进行检测和控制的固定位置点。机床参考点的位置是由机床制造厂家在每个进给轴上用限位开关精确调整好的,坐标值已输入数控系统中。因此参考点对机床原点的坐标是一个已知数。通常在数控铣床上机床原点和机床参考点是重合的。

### 3. 工件坐标系(WCS)的确定方法

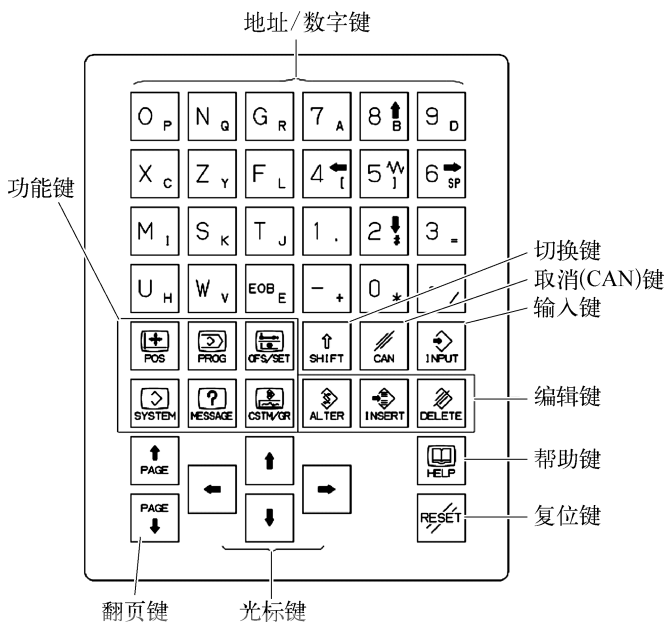
编程时,为了编程方便,需要在零件图样上选定一个适当的基准点,并以这个基准点作为坐标系原点,建立一个新的笛卡尔坐标系,此坐标系即为工件坐标系。工件坐标系的原点成为工件原点,如图 1-25 所示。



▲图 1-25 机床原点与工件原点关系



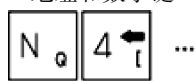


## 二、FANUC 0i-MC 数控系统控制面板

数控铣床所提供的各种功能可以通过控制面板上的键盘操作得以实现。机床配备的数控系统不同,其 CRT/MDI 控制面板的形式也不相同。下面以大连 XD-40A 数控铣床配备的 FANUC 0i-MC 数控系统为例介绍其各控制键功能,如图 1-26 所示,具体功能键见表 1-5。
















▲图 1-26 MDI 面板

▼表 1-5 MDI 面板上各键的详细说明

序号	名称	说明
1	复位键 	按此键可使 CNC 复位,用以消除报警等。
2	帮助键 	按此键用来显示如何操作机床,如 MDI 键的操作,可在 CNC 发生报警时提供报警的详细信息(帮助功能)。
3	软 键	根据其使用场合,软键有各种功能,软键功能显示在 CRT 屏幕的底部。
4	地址和数字键 	按这些键可输入字母、数字以及其他字符。
5	换挡键 	在有些键的顶部有两个字符,按 SHIFT 键来选择字符,当一个特殊字符 E 在屏幕上显示时,表示键面右下角的字符可以输入。
6	输入键 	当按了地址键或数字键后,数据被输入到缓冲器,并在 CRT 屏幕上显示出来。为了把输入到输入缓冲器中的数据拷贝到寄存器,按 INPUT 键。这个键相当于软键盘的 [INPUT] 键,按此两键的结果是一样的。

续 表

序号	名称	说明
7	取消键 	按此键可删除已输入到输入缓冲器中的最后一个字符或符号,当显示键入缓冲器中的数据为: N0001 X100 Y50 时,按取消键,则字符 0 被删除,显示为 N0001 X100 Y5。
8	程序编辑键 	在程序编辑时使用相应键实现各自作用。  替换键: 用输入的指令代码替换当前光标位置的指令代码。  插入键: 在当前光标位置插入指令代码。  删除键: 用于删除数据、程序段。
9	功能键 	这些键用于切换显示各种功能画面。 功能键的详细说明见表 1-5。
10	光标移动键 	 : 用于将光标朝右或前进方向移动,在前进方向光标按一段短的单位移动。  : 用于将光标朝左或倒退方向移动,在倒退方向光标按一段短的单位移动。  : 用于将光标朝下或前进方向移动,在前进方向光标按一段短的单位移动。  : 用于将光标朝上或倒退方向移动,在倒退方向光标按一段短的单位移动。
11	翻页键 	 : 用于在屏幕上朝后翻一页。  : 用于在屏幕上朝前翻一页。

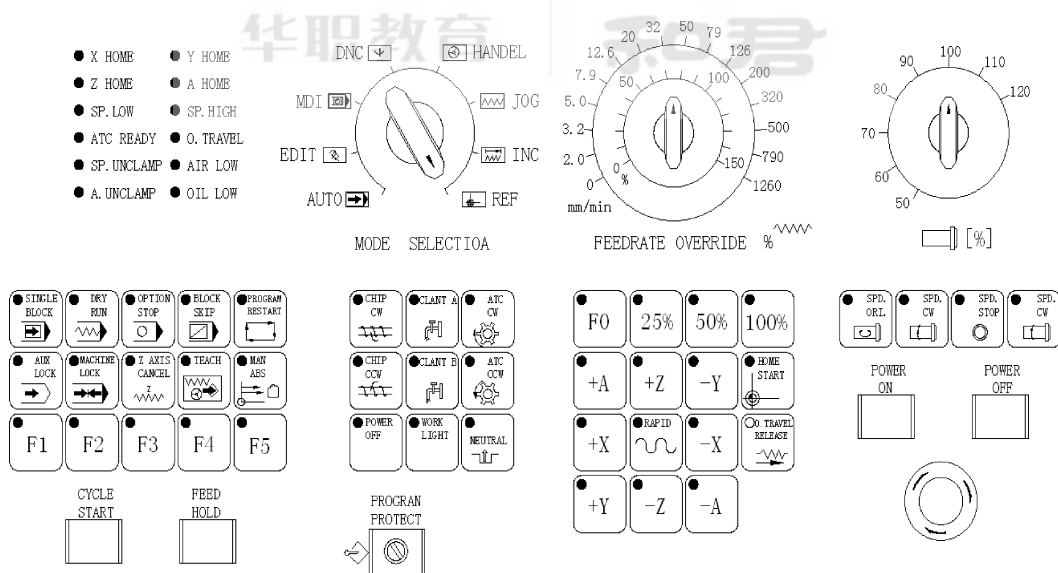
## 1. 功能键

功能键主要用于选择要显示的屏幕种类,在 MDI 面板上有以下功能键,见表 1-6。

▼表 1-6 功能键详细说明

序号	名称	说明
1		位置显示键,在 CRT 上显示机床现在的位置。
2		程序键,在编辑方式,编辑和显示内存程序,显示 MDI 数据。
3		菜单设置键,刀具偏置数值的显示和设定。
4		系统键,显示系统画面。
5		信息显示键,显示报警号、报警提示等信息画面。
6		图象显示键,显示用户宏画面(会话式宏画面)或显示图形画面。

2. 机床控制面板(图 1-27)



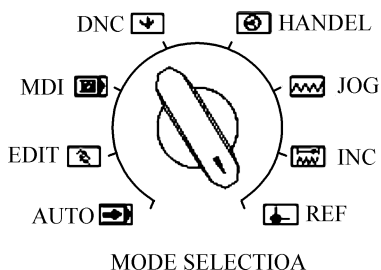
▲图 1-27 机床控制面板

(1) 机床操作模式开关(图 1-28)

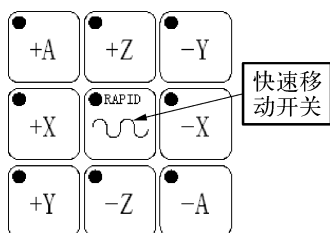
用于选择机床操作模式,AUTO 自动方式,用于自动加工模式;EDIT 编辑模式,用于编辑数控程序;MDI 手动数据输入,用于单程序段执行;DNC 用于在线加工;HANDL

手摇脉冲发生器操作模式,用于手摇操作;JOG 手动连续进给模式,用于手动方式连续进给;INC 手动断续进给模式,REF 返回机床参考点模式,用于机床回零。

(2) 进给轴向选择开关(图 1-29)



▲图 1-28 机床操作模式开关



▲图 1-29 进给轴向选择开关

RAPID: 快速移动开关,实现坐标轴的快速移动。

-Y、+Y: 实现坐标轴沿-Y、+Y 方向移动。

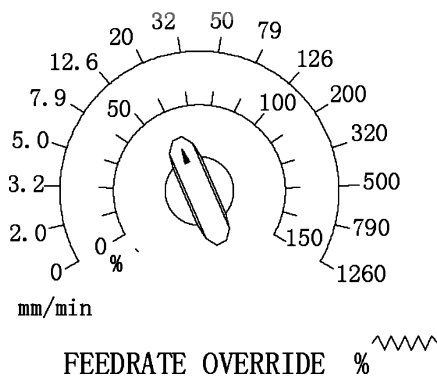
-X、+X: 实现坐标轴沿-X、+X 方向移动。

-A、+A: 实现坐标轴沿-A、+A 方向转动(机床需具有四轴功能)。

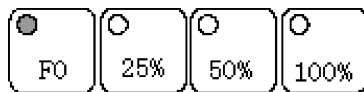
(3) 进给倍率调节旋钮(图 1-30)

使用进给倍率调节旋钮后,机床移动的实际进给速度为程序给定的进给速度乘上倍率得到的速度值。如程序设定 F100,进给倍率调节旋钮设定 60,则实际进给速度为 F60。

(4) 快速移动倍率开关(图 1-31)



▲图 1-30 进给倍率调节旋钮



▲图 1-31 快速移动倍率开关

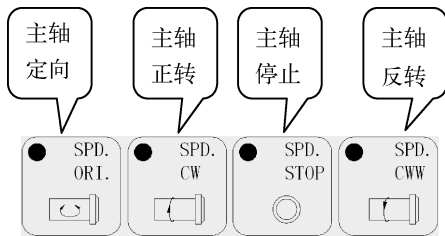
快速移动倍率开关用于调节机床最高进给速度。

(5) 主轴控制开关(图 1-32)

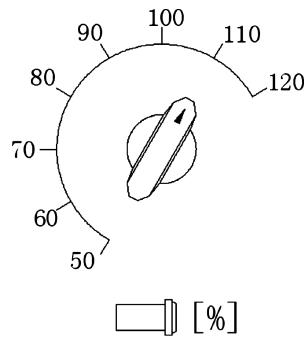
(6) 主轴倍率选择开关(图 1-33)

使用主轴倍率选择开关后,机床主轴的实际转速为程序给定的转速乘上倍率得到的转速值。如程序设定 S1000,进给倍率调节旋钮设定 800,则实际进给速度为 S800。





▲图 1-32 主轴控制开关



▲图 1-33 主轴倍率选择开关

(7) 其他功能键说明

其他功能键说明见表 1-7。

▼表 1-7 其他功能键

序号	名称	图示	说明
1	“急停”按钮		“急停”按钮用于在突发情况下紧急停止机床,避免事故的发生
2	“Power ON”、“Power Off”按钮		“CNC 电源”按钮。按下“Power ON”接通 CNC 电源;按下“Power Off”断开 CNC 电源
3	“循环启动”按钮		程序运行开始;模式选择旋钮在“AUTO”和“MDI”位置时按下有效,其余时间按下无效
4	“进给保持”按钮		按下“进给保持”键,程序暂停运行,此时主轴保持旋转,按下“循环启动”按钮后,程序继续运行
5	“回零”		“回零”按钮用于机床坐标轴回参考点操作,建立机床坐标系,确定机床零点
6	机床锁住		按下“机床锁住”键后,机床不移动但显示沿各轴位置的变化,可用于检查程序是否有错误之处
7	Z 轴锁住		程序运行过程中只有“Z 轴”单独锁住,X、Y 轴可根据程序指令实现移动,和真实加工毫无区别,用于观察刀具相对于工件的刀路轨迹是否符合程序编写的要求

续 表

序号	名称	图 示	说 明
8	辅助功能锁住		按下“辅助功能”键后,M、S、T、B 代码的指令被锁定,这样就不能执行上述指令。
9	空运行		“空运行”功能用于检查刀具的实际加工轨迹。空运行的进给速度一般默认为机床设定的最大移动速度。为避免刀具与工件或夹具碰撞,应移除工件,并将工件零点在 Z 正方向上平移一个安全高度。
10	单程序段运行		按下“单程序段运行”键后,再按下“循环启动”按钮,执行程序中的一个程序段后,程序暂停运行,机床停止移动,如要继续执行下一个程序段,需再按一次“循环启动”按钮。

### 3. 回零操作

数控铣床在接通电源后要作回零操作,这是因为机床在断电后,系统就失去了对各坐标轴位置的记忆,所以在接通电源后,必须对机床的各坐标轴进行回机床坐标原点的操作,即回零操作。

回零操作的一般步骤是按“回零”键后,再按 $[+Z]$ 、 $[+X]$ 、 $[+Y]$ 键,机床自动进行回零。在“回参考点”窗口中可观察是否已回参考点(机械坐标系中各轴均为“0”)。

## 三、数控铣床的开、关机流程

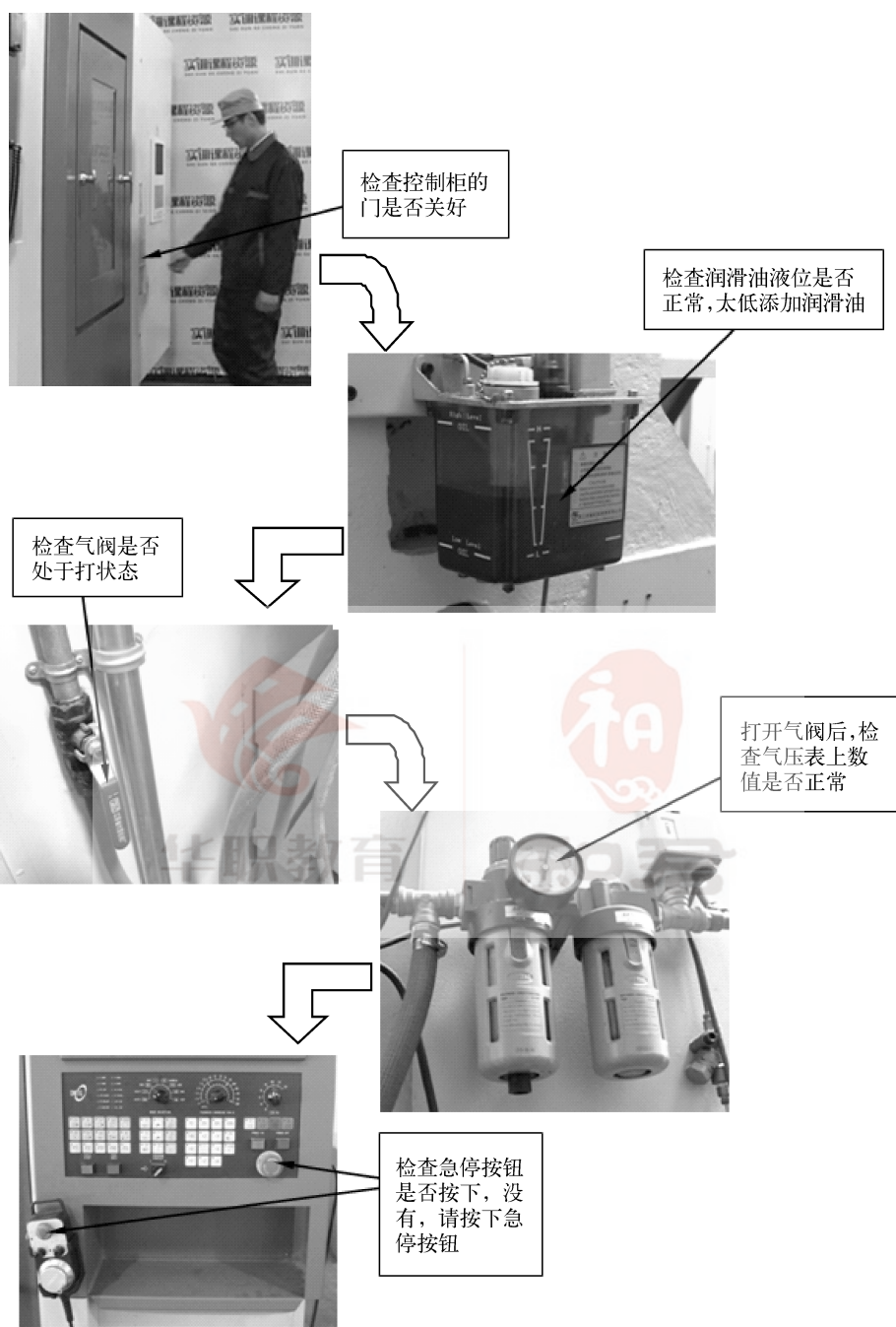
### 1. 开机前检查(图 1-34)

#### 2. 机床开机流程

- ① 完成开机前检查事项后接通机床总电源。
- ② 按下“Power On”按钮,机床通电。
- ③ 释放“急停”按钮(顺时针旋转)。
- ④ 检查风扇电机运转是否正常。
- ⑤ 检查面板上的指示灯是否正常。
- ⑥ 机床回参考点。
- ⑦ 机床预热 10 到 15 分钟。

#### 3. 机床关机流程

- ① 按下急停按钮。
- ② 按下“Power Off”按钮。
- ③ 关闭机床总电源。



▲图 1-34 开机前检查流程

## 任务实施

### 一、任务内容

1. 开机的基本步骤、数控铣床回零。

2. 利用进给轴向选择开关、手轮等熟悉工作台移动方向与坐标轴方向之间的关系。
3. 利用 MDI 方式,设定主轴转速为 300 转/分钟。
4. 熟悉机床操作面板各按键的功能。

## 二、教学准备

安装有 FANUC 0i-MC 系统的数控铣床一台。

## 三、任务步骤

Step1: 数控铣床的开机。

- ① 检查机床初始状态是否正常,检查油位、气压是否正常,控制柜的前后门是否关好。
- ② 检查电源电压是否符合要求,接线是否正确。
- ③ 检查“急停”按钮应处于按下状态。
- ④ 接通机床总电源。
- ⑤ 按下“Power On”按钮,机床通电。
- ⑥ 释放“急停”按钮(顺时针旋转)。
- ⑦ 检查风扇电机运转是否正常。
- ⑧ 检查面板上的指示灯是否正常。

Step2: 数控铣床回零。

Step3: 每个组员在组长的带领下,熟悉手轮及进给轴向选择开关的功能,实现工作台按指定方向移动。

Step4: 每个组员在组长的带领下,熟悉 MDI 方式的使用,实现主轴按指定转速转动。

Step5: 每个组员在组长的带领下,熟悉机床操作面板各按键的功能。

Step6: 填写任务书见表 1-8。

▼表 1-8 数控铣床的基本操作任务书

班 级	姓 名	组 别	
数控铣床开机步骤		自我评价	组长评价
数控铣床回零步骤		自我评价	组长评价

续 表

数控铣床主轴正转 S400 步骤		自我评价	组长评价
熟悉机 床操作 面板各 按键	操作面板按键名称及作用	自我评价	组长评价

### 任务评价

▼1-9 任务评价表

班 级				姓 名	
开始时间				结束时间	
序号	考核项目	考核要求	配分	评分标准	得分
1	数控铣床的 基本操作 (75分)	正确安装平口钳并校正	15	流程正确给 10 分,校正精度每 0.01 扣 1 分。	
2		根据图纸正确选用刀具	10	错一处扣 2 分。	
3		根据图纸正确选用量具	10	错一处扣 2 分。	
4		正确开机	15	错一处扣 5 分。	
5		机床回零	10	错一处扣 5 分。	
6		正确使用手轮	15	使用手轮判定错误一次扣 2 分	
7	数控铣床的 维护和保养 (25分)	卫生整洁	10	不符合要求一处扣 5 分	
8		工具、刀具、量具等的摆放是否合理,是否符合职业岗位的要求	10	不符合要求一处扣 5 分	
9		尊重教师,遵守实训纪律,爱惜实训室的设备和器材	5	做不到全扣。	
10	违规	违规成绩扣分	考勤、值日按学校制度扣分;不符合职业规范的行为,视情节扣 5~10 分。		
评委签字				总得分	

## 任务 3 数控铣床的维护与保养

### 任务书

#### 知识目标

1. 明确数控铣床日保养的基本内容。
2. 明确数控铣床周保养的基本内容。

#### 技能目标

1. 能根据数控铣床日保养的基本内容对数控铣床进行保养维护。
2. 能根据数控铣床周保养的基本内容对数控铣床进行保养维护。

### 任务描述

通过对数控铣床的保养操作,加强学生 7S 理念,提高学生素质,对接企业员工基本素养要求。

### 知识链接

#### 数控铣床的维护与保养

##### 1. 数控铣床日保养

- ① 操作者在每班加工结束后,应清理干净散落于工作台、导轨等处的切屑、油垢,保证工作区域干净整洁。
- ② 将主轴和工作台调整至安全位置。
- ③ 检查确认各润滑油箱的油量是否符合要求。各手动加油点按规定加油。
- ④ 注意观察机器导轨与丝杠表面有无润滑油,使之保持润滑良好。
- ⑤ 检查确认液压夹具运转情况、主轴运转情况。
- ⑥ 工作中随时观察积屑情况,切削液系统工作是否正常,有积屑严重时停机清理。
- ⑦ 如果离开机器时间较长要关闭电源,以防非专业者操作。
- ⑧ 填写做好交接班记录。

##### 2. 数控铣床周保养

- ① 对设备进行全面擦拭保养。
- ② 去除设备的油污,使设备外表保持本色(如手轮、平口钳、主轴等)。
- ③ 清除各部位积屑,擦拭床身各导轨面及滑动面。
- ④ 检查各润滑油液面,不得低于油标以下,及时加注各部位润滑油。
- ⑤ 定时清理数控装置的散热通风系统。散热通风口过滤网上灰尘积聚过多,会引起数控装置内温度过高,致使数控系统工作不稳定,甚至发生过热报警。

## ■ 数控铣削技术训练

- ⑥ 检查液压装置、管路及接头,确保无松动、无磨损现象。
- ⑦ 检查冷却液软管及液面,清理管内及冷却液槽内的切屑等污物。
- ⑧ 全面整理工具箱,按规定摆放工具。
- ⑨ 彻底清扫场地。

### 任务实施

#### 一、任务内容

进行数控铣床日保养和周保养。

#### 二、教学准备


安装有 FANUC 0i - MC 系统的数控铣床一台,刷子、抹布、扫把、拖把等卫生工具。

#### 三、任务步骤

Step1: 数控铣床的保养见表 1-10。

▼表 1-10 数控铣床的维护和保养任务书

班 级	姓 名	组 别	
负 责 区 域		自 我 评 价	组 长 评 价
7S 理想图(照片)		工作成效(照片)	
粘贴照片		粘贴照片	

 任务评价

▼表 1-11 任务评价表

班 级		姓 名			
开始时间		结束时间			
序号	考核项目	考 核 要 求	配 分	评 分 标 准	得 分
1	数控铣床的基本操作 (75分)	正确安装平口钳并校正	15	流程正确给 10 分,校正精度每 0.01 扣 1 分。	
2		根据图纸正确选用刀具	10	错一处扣 2 分。	
3		根据图纸正确选用量具	10	错一处扣 2 分。	
4		正确开机	15	错一处扣 5 分。	
5		机床回零	10	错一处扣 5 分。	
6		正确使用手轮	15	使用手轮判定错误一次扣 2 分	
7	数控铣床的维护和保养 (25分)	卫生整洁	10	不符合要求一处扣 5 分	
8		工具、刀具、量具等的摆放是否合理,是否符合职业岗位的要求	10	不符合要求一处扣 5 分	
9		尊重教师,遵守实训纪律,爱惜实训室的设备和器材	5	做不到全扣。	
10	违规	违规成绩扣分	考勤、值日按学校制度扣分;不符合职业规范的行为,视情节扣 5~10 分。		
评委签字		总得分			

 项目小结

本项目通过数控铣床操作的知识储备、数控铣床的基本操作、数控铣床的维护和保养三个任务,讲述了数控铣床的常用刀具、量具和夹具,机床坐标系、工件坐标系等理论知识。着重介绍了 FANUC Oi 系统操作面板上各按钮的含义,数控铣床的维护和保养相关知识为后续机床实际操作打下坚实的基础,其中数控铣床的开、关机流程是项目重点,能否正确按照流程操作将直接影响机床的使用寿命。





## 项目测评

### 一、填空题

1. 数控机床配置的数控系统品牌繁多,其中日本的\_\_\_\_\_和德国的\_\_\_\_\_公司是世界上主要的数控系统生产厂商。
2. 加工中心与数控铣床的主要区别是\_\_\_\_\_。
3. 立式数控铣床 X 坐标轴一般是\_\_\_\_\_的,与工件安装面\_\_\_\_\_,且垂直 Z 坐标轴。
4. 常用夹具类型有\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
5. 数控铣床主要由\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_等组成。
6. 数控铣床按构造上分\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_。

### 二、判断题

1. ( )在数控机床上加工零件,应尽量选用组合夹具和通用夹具装夹工件。避免采用专用夹具。
2. ( )机床参考点是数控机床上固有的机械原点,该点到机床坐标原点在进给坐标轴方向上的距离可以在机床出厂后设定。
3. ( )数控系统出现故障后,如果了解了故障的全过程并确认通电对系统无危险时,就可通电进行观察、检查故障。
4. ( )数控铣床机床参考点位置可由用户任意设置,与机床厂家无关。
5. ( )数控铣床关机前必须按下急停按钮后才能关闭机床电源开关。

### 三、选择题

1. 在数控铣床中( )用于加工较大面积的平面。  
A. 平头铣刀  
B. 球头铣刀  
C. 面铣刀  
D. 钻头
2. 圆柱形的零件主要采用( )进行装夹。  
A. 机用平口钳  
B. 三爪自定心卡盘  
C. 机床压板  
D. 专用夹具
3. 加工中心中绕 Y 轴旋转的坐标轴为( )。  
A. A 轴  
B. B 轴  
C. C 轴  
D. V 轴
4. 下列数控系统中( )是数控铣床应用的控制系统。  
A. FANUC-0T  
B. SIEMENS 820G  
C. FANUC-0GCG  
D. FANUC-0M

5. 在数控铣床的( )内设有自动松拉刀装置,能在短时间内完成装刀、卸刀,使换刀较方便。

- A. 主轴套筒      B. 主轴      C. 套筒      D. 刀架

#### 四、问答题

1. 数控铣床的日常维护保养要注意哪几个方面?
2. 确定数控机床坐标系的原则有哪些?
3. 正确的开机流程有哪些步骤?
4. 正确的关机流程有哪些步骤?

