项目1　认知数控铣床的基本操作与规范

加工中心和数控铣床是机械制造系统中一种重要的具有高效率、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。本项目主要学习加工中心和数控铣床的基本操作方法、维护保养知识等内容，通过多媒体技术、仿真技术、实操训练等手段的应用，培养学生兴趣，为后续项目的展开奠定坚实的基础。

任务1　认知数控铣床的基本知识

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、高效地加工出合格零件。本任务通过对数控铣床用夹具、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，按照零件图纸要求对零件进行测量并装夹工件毛坯。

任务目标

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。
6. 能判断零件的典型特征，运用相关知识选择合理的数控设备加工零件。
7. 能选用合理的数控加工刀具为加工零件相应特征面作准备。
8. 能选用合适的数控夹具为装夹零件作准备。
9. 能选用合适的量具为测量零件尺寸作准备。

知识准备

一、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，主要硬件结构见图1-1-1。

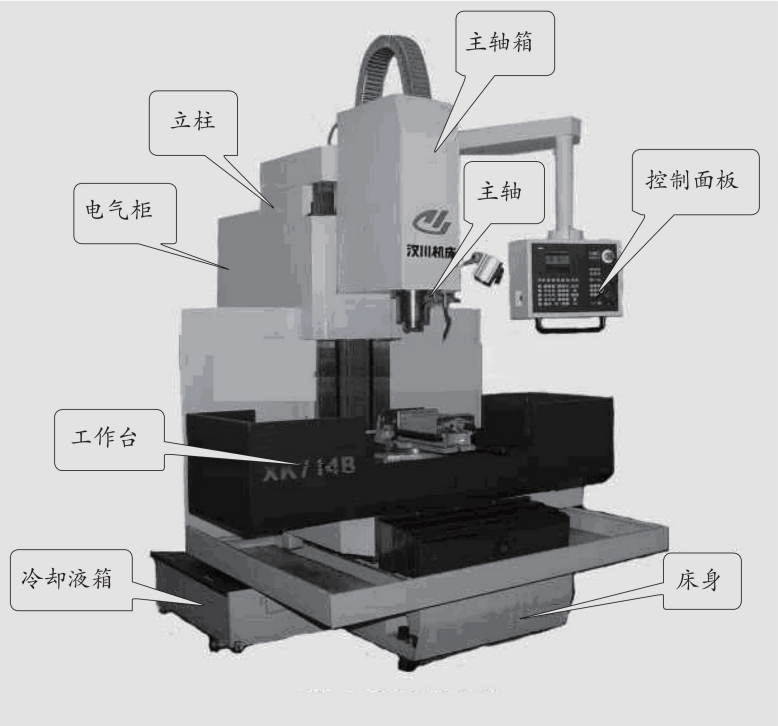


图1-1-1　数控铣床结构

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

数控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。

二、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，通过输入部分（手动或自动传输）送入数控装置，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。

三、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外，还有如下特点：

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。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. 生产自动化程序高，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。

四、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。这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坐标加工）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。

五、数控铣床的分类

1. 按构造分类

（1）工作台升降式数控铣床

这类数控铣床采用工作台移动、升降，而主轴不动的方式。小型数控铣床一般采用此种方式，如图1–1–2所示。

（2）主轴头升降式数控铣床

这类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1–1–3所示。

（3）龙门式数控铣床

这类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1–1–4所示。



图1–1–2　工作台升降式数控铣床



图1–1–3　主轴头升降式数控铣床



图1–1–4　龙门式数控铣床

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1–1–5所示。从机床数控系统控制的坐标数量来看，目前3坐标数控立铣仍占大多数；一般可进行3坐标联动加工，但也有部分机床只能进行3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4坐标和5坐标数控立式铣床。

（2）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1–1–6所示。为了扩大加工范



图1–1–5　数控立式铣床



图1–1–6　卧式数控铣床

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4、5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”。

（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，又可以进行卧式加工，而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。特别是生产批量小，品种较多，又需要立、卧两种方式加工时，用户只需买一台立卧两用数控机床就行了。

六、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 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

我国已制订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，铣圆精度为0.035 mm。实际上，机床出厂精度都相当高，比国家标准的允差值大约压缩20%。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。对于精度要求比较高的零件，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

对于加工部位是框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

对于大批量的生产，用户可采用专用铣床。如果是中小批量而又经常周期性重复投产，那么采用数控铣床是非常合适的，因为第一批量中准备好的工夹具、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。




图1-1-7　各类平头铣刀

七、数控铣床常用刀具

1. 平头铣刀：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1-1-7所示。

2. 球头铣刀：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1-1-8所示。




图1-1-8　各类球头铣刀

3. 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 3种，如图1-1-9所示。




图1-1-9　各类面铣刀

4. 钻头：钻孔用的切削工具，常用高速钢制造，如图1-1-10所示。

5. 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




图1-1-10　各类钻头

状，如图1–1–11所示。

6. 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1–1–12所示。



图1–1–11　铰刀



图1–1–12　镗刀

7. 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1–1–13所示。

8. 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1–1–14所示。



图1–1–13　螺纹铣刀



图1–1–14　机用丝锥

9. 寻边器：寻边器的作用是给机械加工定位坐标用的，即找到工件坐标系原点位置，如图1–1–15所示。





图1–1–15　各类寻边器

八、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，又叫平口虎钳，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1–1–16所示。

2. 三抓自定心卡盘

三抓自定心卡盘是利用均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1–1–17所示。



图1–1–16　机用平口钳



图1–1–17　三抓自定心卡盘

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，机床所用的工具比较简单，主要有机床压板、垫铁、T型螺栓（或T型螺母）等，如图1–1–18所示。

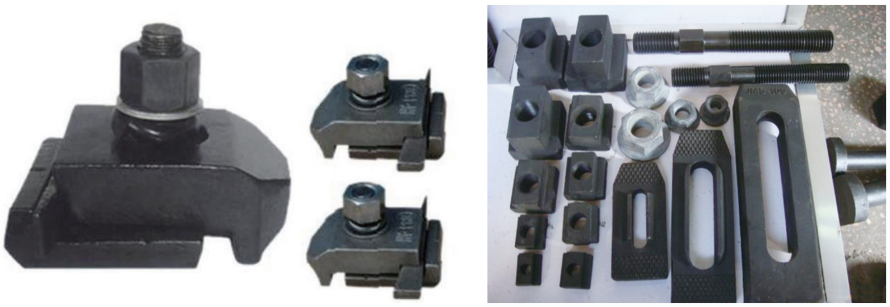


图1–1–18　机床压板

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，在生产过程中能有效地降低工作时的劳动强度，提高生产效率，并获得较高的加工精度，如图1–1–19所示。

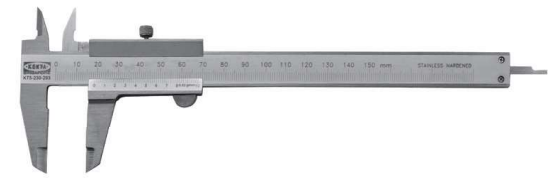


图1–1–19　各类专用夹具

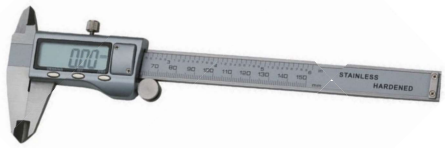
九、数控铣床常用量具

1. 游标卡尺

游标卡尺是一种测量长度、内外径和深度的量具。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1–1–20所示。



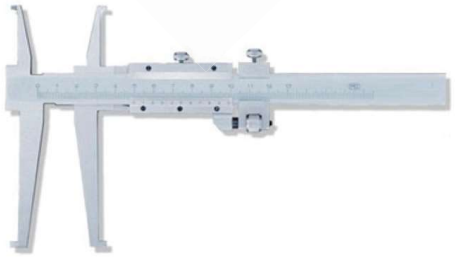
（a）普通游标卡尺



（b）数显游标卡尺



（c）深度游标卡尺



（d）特殊游标卡尺

图1–1–20　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，用它测长度可以准确到0.01 mm，如图1–1–21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1–1–21　各类千分尺

3. 内径百分表

内径百分表是将测头的直线位移变为指针角位移的计量器具，主要用于不同孔径的尺寸及其形状误差的测量，如图1–1–22所示。



图1–1–22　内径百分表

4. 塞规

塞规是一种检验孔的专用量规，分为通规和止规，如图1–1–23所示。



（a）光滑塞规



（b）螺纹塞规



（c）锥度塞规

图1–1–23　各类塞规

查阅资料

请通过查阅参考资料及动手实践，了解数控铣床常用量具的使用方法。

任务实施



1.1.1　数控铣床工量刃具的摆放要求

一、认识数控铣床常用刀具

1. 任务内容

分析零件特征形状，确定零件加工所需使用刀具，填写任务书。

2. 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。

3. 任务步骤

步骤1：熟悉各刀具形状特征。

步骤2：根据刀具的加工特点选择加工零件所需刀具，填写任务书，见表1–1–1。

表1-1-1　刀具选择任务书

班级		姓名		组别	
零件		刀具名称		加工面域	

二、认识数控铣床常用夹具

1. 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。

2. 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），压板一套、三抓卡盘1个、平口钳1个、卡片扳手1个、内六角扳手一套、活扳手1个、铜棒或塑料榔头1个、等高垫铁1副。

3. 任务步骤

步骤1：分析零件特征形状，确定装夹使用夹具。

步骤2：将工件装夹至相应夹具上并填写相应任务书，见表1-1-2。

表1-1-2　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	

三、认识数控铣床常用量具

1. 任务内容

根据图纸选择所需测量工具，对零件进行测量，并填写零件测量任务书。

2. 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（ϕ10H7），内径百分表（18~35）每组各1把。

3. 任务步骤

步骤1：分析零件图中各尺寸标注，确定测量时使用的量具。

步骤2：使用相应量具测量尺寸，将实测值填入零件测量任务书，见表1-1-3。

表1-1-3　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

对学习内容学生进行自评和互评，并填写到表1-1-4中。

表1-1-4　任务评分表

序号	考核内容	配分	评分标准	自评	互评	得分
1	能说出数控铣床的分类	10	不清楚扣分			
2	知道XK714的含义	10	不清楚扣分			
3	数控铣床的组成	10	不清楚扣分			
4	数控铣床的功能	10	不清楚扣分			
5	数控铣床的特点	10	不清楚扣分			
6	数控铣床的工作原理	10	不清楚扣分			
7	数控铣床的主要技术规格	10	不清楚扣分			
8	正确选用刀具	10	根据选用正确与否评分			
9	正确选用夹具	10	根据选用正确与否评分			
10	正确使用量具	10	根据选用正确与否评分			
合计		100	得分			

任务拓展

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力。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、大型柴油机曲轴等复杂精密零件加工的唯一手段。

五轴联动加工中心有高效率、高精度的特点，工件一次装夹就可完成复杂的加工，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是有很大区别的，很多人不知道这一点，会误把五面体加工中心当作五轴加工中心。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，XYZ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，只是它可以同时加工五个面，但无法做到异型加工、打斜孔、切割斜面等。

五轴加工中心不仅应用于民用行业，例如木模制造、卫浴修边、汽车内饰件加工、泡沫模具加工、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。它不但能够完成对复杂工件进行机械化加工的任务，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

任务描述

本任务为数控铣床操作面板的使用。通过对机床面板的操作，实现数控铣床工作台前后、左右的移动及主轴上下的移动，完成机床回零操作，进行规范的数控铣床开、关机等操作。

任务目标

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。
5. 能根据零件图纸灵活确定工件坐标系位置。
6. 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。
7. 能规范地进行数控铣床开、关机操作。

知识准备

一、 数控铣床坐标系

1. 数控机床坐标系确定原则

（1）永远假定刀具相对于静止的工件运动。

（2）采用右手直角笛卡尔坐标系作为数控机床的坐标系，如图1–2–1所示。

（3）规定刀具远离工件的运动方向为坐标的正方向。

2. 机床坐标系（MCS）的确定方法

（1）Z轴坐标

规定平行于主轴轴线（即传递切削动力的主轴轴线）的坐标轴为机床Z轴。

对于数控铣床/加工中心，其Z轴方向就是机床主轴轴线方向，同时刀具沿主轴轴线远离工件的方向为Z轴的正方向。

（2）X轴坐标

X坐标一般取水平方向，它垂直于Z轴且平行于工件的装夹面。

对于立式数控铣床/加工中心，机床X轴正方向的确定方法是：操作者站立在工作台前，沿刀具主轴向立柱看，水平向右方向为X轴正方向。

对于卧式数控铣床/加工中心，其X轴正方向的确定方法是：操作者面对Z轴正向，从刀具主轴向工件看（即从机床背面向工件看），水平向右方向为X轴正方向。

（3）Y、A、B、C等坐标

Y坐标轴垂直于X、Z坐标轴，根据右手直角笛卡尔坐标来进行判别（如图1–2–1）。旋转坐标轴A、B、C对应表示其轴线分别平行于X、Y、Z坐标轴的旋转运动，A、B、C的正方向相应地表示在X、Y、Z坐标正方向上按照右旋旋进的方向。

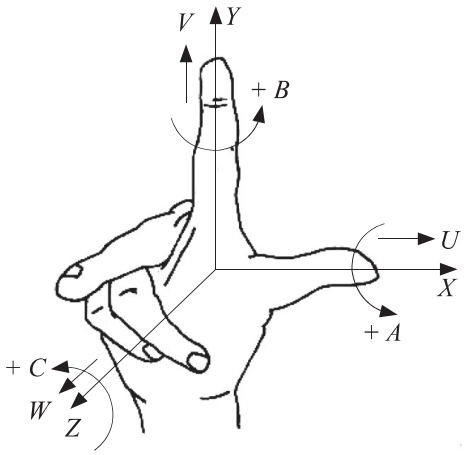


图1–2–1　右手笛卡儿坐标系

（4）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。

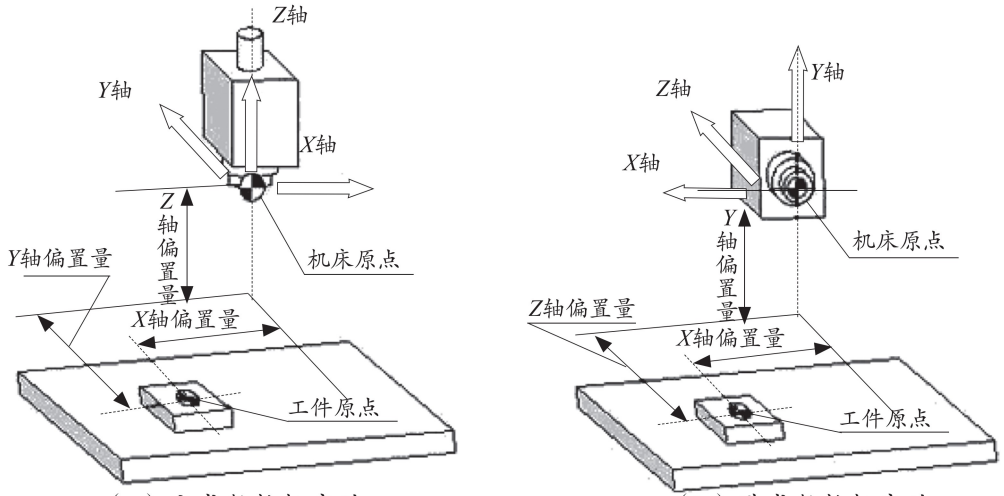
（5）机床参考点

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

的原点称为工件原点，如图1-2-2所示。



（a）立式数控机床的坐标系　　（b）卧式数控机床的坐标系

图1-2-2　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1-2-3所示，具体功能键表见表1-2-1。

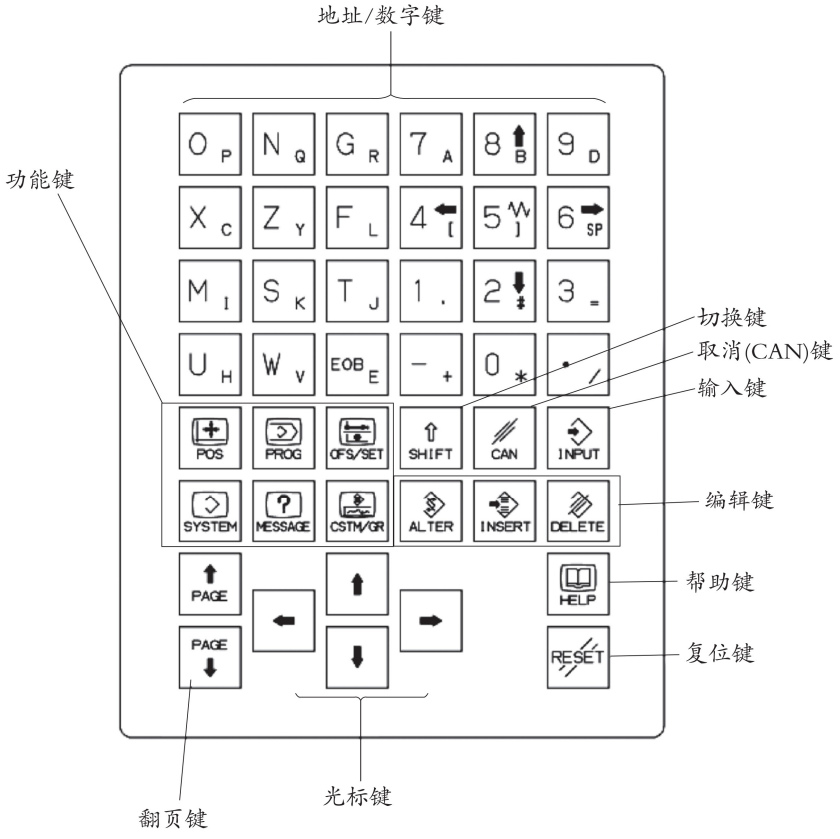


图1-2-3　MDI面板

表1-2-1　MDI面板上键的详细说明

序号	名称	说明
1	复位键 RESET	按此键可使CNC复位，用以消除报警等。
2	帮助键 HELP	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 N Q 4 T …	按这些键可输入字母、数字以及其他字符。
5	换挡键 SHIFT	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 INPUT	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，按此二键的结果是一样的。
7	取消键 CAN	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“N0001X100Y50”时，按取消键，则字符0被删除，显示为“N0001X100Y5”。
8	程序编辑键 ALTER INSERT DELETE	在程序编辑时使用相应键实现各自作用： ALTER 替换键，用输入的指令代码替换当前光标位置的指令代码。 INSERT 插入键，在当前光标位置插入指令代码。 DELETE 删除键，用于删除数据、程序段。
9	功能键 POS PROG …	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1-2-2。
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 PAGE PAGE	PAGE：用于在屏幕上朝后翻一页。 PAGE：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1-2-2。

表1-2-2　功能键详细说明

序号	名称	说明
1	POS	位置显示键，在CRT上显示机床现在的位置。
2	PROG	程序键，在编辑方式，编辑和显示内存程序，显示MDI数据。
3	OFS/SET	菜单设置键，刀具偏置数值的显示和设定。
4	SYSTEM	系统键，显示系统画面。
5	MESSAGE	信息显示键，显示报警号、报警提示等信息画面。
6	CSTM/GR	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（如图1-2-4所示）

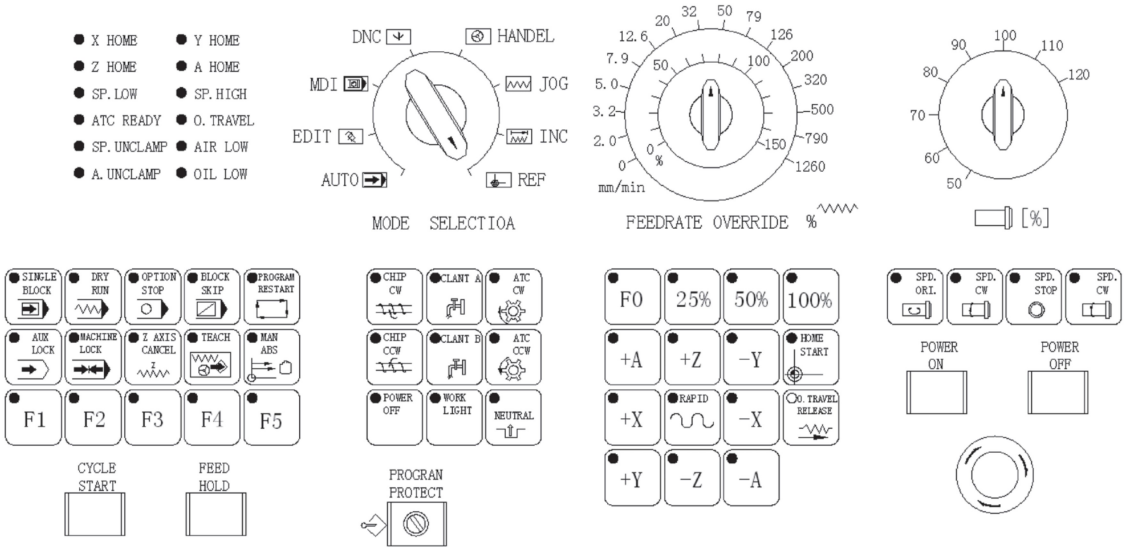


图1-2-4　机床控制面板

（1）机床操作模式开关（如图1-2-5所示）

用于选择机床操作模式，AUTO为自动方式，用于自动加工模式；EDIT为编辑模式，用于编辑数控程序；MDI为手动数据输入，用于单程序段执行；DNC用于在线加工；HANDEL为手摇脉冲发生器操作模式，用于手摇操作；JOG为手动连续进给模式，用于手动方式连续进给；INC为手动断续进给模式；REF为返回机床参考点模式，用于机床回零。

（2）进给轴向选择开关（如图1-2-6所示）

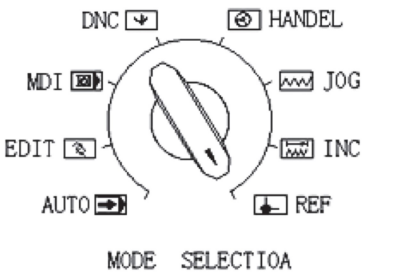


图1-2-5　机床操作模式开关

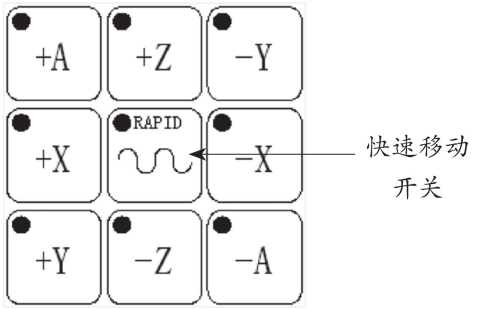


图1-2-6　进给轴向选择开关

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4轴功能）。

（3）进给倍率调节旋扭（如图1–2–7所示）

使用进给倍率调节旋扭后，机床移动的实际进给速度为程序给定的进给速度乘以倍率得到的速度值。如程序设定F100，进给倍率调节旋扭设定60，则实际进给速度为F60。

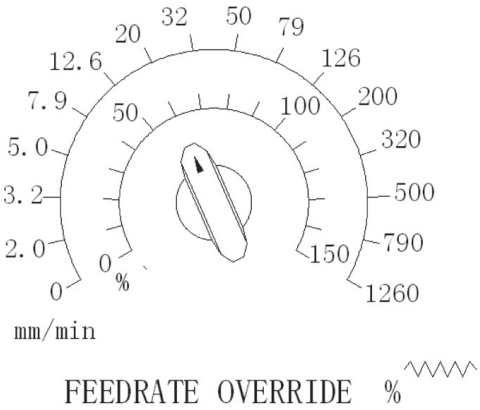


图1–2–7　进给倍率调节旋扭

（4）快速移动倍率开关（如图1–2–8所示）

用于调节机床最高进给速度。

（5）主轴控制开关（如图1–2–9所示）

（6）主轴倍率选择开关（如图1–2–10所示）

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以倍率得到的转速值。如程序设定S1000，进给倍率调节旋扭设定80，则实际进给速度为S800。

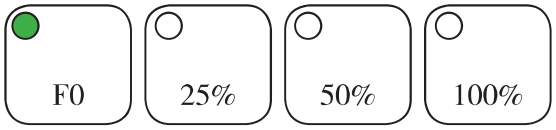


图1–2–8　快速移动倍率开关

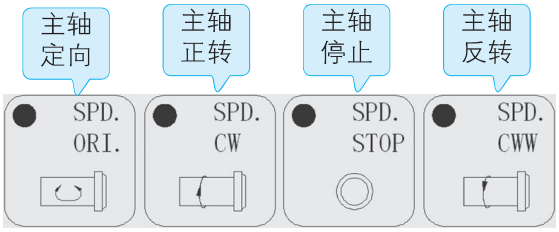


图1–2–9　主轴控制开关

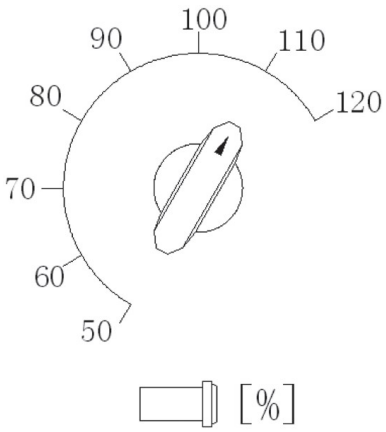


图1–2–10　主轴倍率选择开关

（7）“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。

（8）“Power ON”按钮 

、“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。

（9）“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。

（10）“进给保持”按钮 

按下此键，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。

（11）“回零” 

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。

（12）机床锁住 

按下此键后，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。

（13）“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。

（14）辅助功能锁住 

按下此键后，M、S、T、B代码的指令被锁定，这样就不能执行上述指令。

（15）空运行 

该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。

（16）单程序段运行 

按下此键后，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做回零操作，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。

回零操作的基本一般步骤是按“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、数控铣床安全操作规程

1. 操作机床时应穿好工作服、安全鞋，衣冠端正，并戴好安全帽，头发压入帽内，切削时戴防护眼镜，严禁戴手套、戒指、挂坠等物品操作机床，不得系围布于身上。

2. 严禁移动或损坏安装在机床上的警告牌。

3. 操作者必须熟悉机床使用说明书和机床的一般性能、结构，严禁超性能使用。

4. 手动操作时，在X轴和Y轴移动前，必须使Z轴处于安全位置，以免撞刀。

5. 更换刀具时应注意操作安全，在装入刀具时应将刀柄和刀具擦拭干净。

6. 数控铣床出现报警时，要根据报警号，查找原因，及时排除警报。

7. 在自动运行程序前，必须认真检查程序，确保程序的正确性。在加工过程中，操作者不得擅自离开机床，必须集中注意力，观察机床的运行状态，一旦发生问题，应及时按下进给保持按钮或紧急停止按钮。

8. 加工零件时，必须关上防护门，不准把头、手伸入防护门内，加工过程中不允许

打开防护门。

9. 加工过程中在主轴转动的情况下禁止测量工件，禁止用棉纱擦拭工件及清扫机床。

10. 操作者在操作机床时，旁观者禁止按控制面板的任何按钮、旋钮，以免发生意外及事故。

11. 严禁任意修改、删除机床内部参数。

12. 严禁私自打开数控系统控制柜进行观看和触摸。

13. 认真执行交接班手续，填好交接班记录。

四、数控铣床的开、关机流程

1. 开机前检查（如图1-2-11所示）

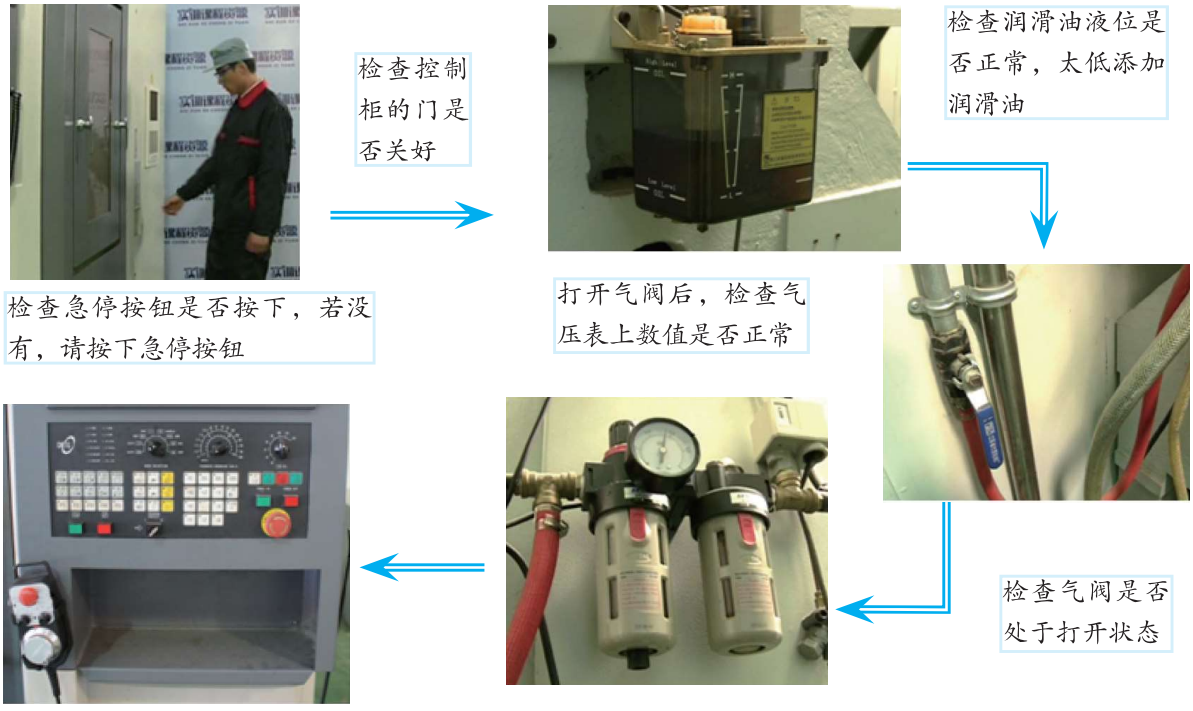


图1-2-11　开机前检查

2. 机床开机流程

（1）开机前要检查润滑油是否充裕，冷却液是否充足，发现不足应及时补充；检查压缩空气的压力是否达到所需要的工作压力。

（2）确认“急停”按钮处于按下位置后，才能打开数控铣床电器柜上的电器总开关，检查机床电器柜风扇运转是否正常。

（3）按下数控铣床控制面板上的“POWER ON”按钮，启动数控系统，等自检完毕后，顺时针旋开“急停按钮”，进行数控铣床的强电复位。

（4）检查面板上的指示灯是否正常，手动返回数控铣床参考点。首先返回+Z方向，然后返回+X和+Y方向。返回参考点后应及时移开参考点位置，先-X和-Y方向，然后-Z方向。

（5）机床运行应遵循先低速、中速，再高速的运行原则，其中主轴低速运行时间不少于2 分钟，确定无异常情况后，才可正常工作。

3. 机床关机流程

（1）关机前，把工作台上的切屑清理干净，把机床擦拭干净并上油防锈，应使各坐标轴处于中间位置，取下主轴上的刀具。

（2）关机时，按下急停按钮，然后按下控制面板上的“POWER OFF”按钮，最后关闭电器总开关。

任务实施



1.2.1　数控铣床开关机流程

一、数控铣床的基本操作

1. 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 r/min。

（4）熟悉机床操作面板各按键的功能。

2. 教学准备

安装有FANUC 0i–MC系统的数控铣床一台。

3. 任务步骤

步骤1：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，机床上电。

（6）释放“急停”按钮（顺时旋转）。

（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。

步骤2：数控铣床回零。

步骤3：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。

步骤4：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。

步骤5：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。

步骤6：填写任务书（见表1–2–3）。

表1-2-3　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	
手轮及手动操作			自我评价	组长评价	
数控铣床回零步骤：			自我评价	组长评价	
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

对数控铣床操作规程的内容学生自评和互评，并填写到表1-2-4中。

表1-2-4　数控铣床操作规程评分表

序号	考核内容	配分	评分标准	自评	互评	得分
1	穿好工作服	5	错误不得分			
2	穿好工作鞋	5	错误不得分			
3	戴好工作帽和防护眼镜	5	错误不得分			
4	警告牌能否移动	10	错误不得分			
5	开机前检查润滑油	5	错误不得分			
6	开机前检查冷却液	5	错误不得分			
7	开机前检查压缩空气	5	错误不得分			
8	开机顺序	10	错误不得分			
9	关机顺序	10	错误不得分			

续表

序号	考核内容	配分	评分标准	自评	互评	得分
10	刀具更换	10	错误不得分			
11	加工过程中的规范	15	错误不得分			
12	手动操作的规范	15	错误不得分			
合计		100	得分			

任务3　数控铣床的维护与保养

任务描述

本任务主要是进行数控铣床的维护与保养。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。

任务目标

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。
3. 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。
4. 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。

知识准备

一、数控铣床日保养

1. 操作者在每班加工结束后，应清扫干净散落于工作台、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，在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，有积屑严重应停机清理。
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。

二、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。

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，清理管内及冷却渣槽内的切屑等污物。

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

数控铣床的维护与保养工作如下所述：



1.3.1　数控铣床的维护保养

1. 任务内容

进行数控铣床日保养和周保养。

2. 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。

3. 任务步骤

数控铣床的保养见表1-3-1。

表1-3-1　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

对项目完成情况进行评价，学生自评和互评，并填写到表1-3-2中。

表1-3-2　项目评价表

班级			姓名			同组姓名					
开始时间					结束时间						
序号	考核项目	考核要求		配分	评分标准			自评	互评	师评	
1	学习准备（15分）	资料准备		5	参与资料收集、整理、自主学习						
		计划制订		5	能初步制订计划						
		小组分工		5	分工合理，协调有序						
2	学习过程（50分）	操作技术	根据图纸能正确选用刀具	5	正确得分，否则酌情扣分						
			根据图纸能正确选用量具	5	正确得分，否则酌情扣分						
			正确开启、关闭数控机床	5	按照数控铣床开机、关机流程正确开、关机，否则扣分						
			数控铣床回零	5	按照数控铣床回零步骤回零，否则扣分						
			正确使用手轮	5	听指令正确操作手柄至指定方向，否则扣分						
			熟悉数控铣床操作面板	5	听指令正确指出控制面板操作区域，否则扣分						
		数控铣床的维护和保养	机床周边卫生	5	保持机床内部及周边卫生整洁，否则扣分						
			工具、量具、刃具摆放	5	按照工具、量具、刃具摆放要求摆放，否则扣分						
			数控铣床日保养	5	按数控铣床日保养要求维护机床，符合要求得分，否则扣分						
			数控铣床周保养	5	按数控铣床周保养要求维护机床，符合要求得分，否则扣分						
3	学习拓展（15分）		知识迁移	5	能实现前后知识的迁移						
			应变能力	5	能举一反三，提出改进建议或方案						
			创新程度	5	有创新建议提出						
4	学习态度（20分）		主动程度	5	自主学习主动性强						
			合作意识	5	协作学习，能与同伴团结合作						
			严谨细致	5	认真仔细，不出差错						
			问题研究	5	能实践中发现问题，并用理论知识解释实践中的问题						
教师签字					总 分						

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. 数控铣床按构造分为_____、_____、_____、_____。

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. 三抓自定心卡盘　　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？

项目2　平面铣削及二维轨迹加工

平面是机械零件的基本表面之一，其加工的质量直接决定了后续工件质量的高低。因此，掌握好平面加工的技术可以为以后的轮廓加工打好基础。

数控程序是数控机床自动加工零件的工作指令。在数控铣床上加工零件，先要根据加工零件的图纸，分析加工工艺过程，确定有关加工参数以及刀具与工件的相对位移，用机床数控系统能识别的语言编写数控加工程序，然后把数控程序输入数控装置，数控铣床严格执行工作指令，自动完成零件的加工。

如果工作指令错误，数控铣床将无法执行或者加工出错误的轮廓。因此，数控程序的编制是数控铣床能否加工出合格零件的关键。

任务1　刀具的选用与工件的装夹

任务描述

观察刀具和刀柄，学习其结构组成和相关作用，并能够掌握刀具安装与拆卸的方法。同时了解数控铣削机床中各种夹具的种类和使用方法，并能够根据零件的图纸合理的选择刀具和夹具。

任务目标

1. 了解铣削类刀具的历史和发展。
2. 了解并掌握铣削类刀具的种类及其作用。
3. 了解并掌握铣削类刀具刀柄的种类及其使用方法。
4. 了解数控铣床及数控加工中心夹具的相关知识。
5. 能正确识别和选用刀具。
6. 能熟练安装与拆卸刀具。
7. 能正确安装平口钳并校正。

知识准备



2.1.1　常用立式铣刀的介绍与安装

一、数控铣削类刀具

1. 铣削类刀具的历史和发展

数控刀具是机械制造中用于切削加工的工具，又称切削工具。广义的切削工具既包括刀具，还包括磨具。除切削用的刀片外，还包括刀杆和刀柄等附件。

中国古代早已出现黄铜锥和紫铜的锥、钻、刀等铜质刀具。到了战国后期，由于掌握了渗碳技术，制成了铁质刀具。当时的钻头和锯，与现代的扁钻和锯已有些相似之处。

1783年，法国的勒内首先制出铣刀。1792年，英国的莫兹利制出丝锥和板牙。有关麻花钻发明最早的文献记载是在1822年，但直到1864年才作为商品生产。当时的刀具是用整体高碳工具钢制造的，许用的切削速度约为5 m/min。1868年，英国的穆舍特制成含钨的合金工具钢。1898年，美国的泰勒和怀特发明高速钢。1923年，德国的施勒特尔发明硬质合金。

由于高速钢和硬质合金的价格比较昂贵，刀具开始出现焊接和机械夹固式结构。1949～1950年间，美国开始在车刀上采用可转位刀片，不久即应用在铣刀和其他刀具上。1938年，德国德古萨公司取得关于陶瓷刀具的专利。1972年，美国通用电气公司生产了聚晶人造金刚石和聚晶立方氮化硼刀片。这些非金属刀具材料可使刀具以更高的速度切削。1972年，美国的邦沙和拉古兰发展了物理气相沉积法，在硬质合金或高速钢刀具表面涂覆碳化钛或氮化钛硬质层。表面涂层方法把基体材料的高强度和韧性，与表层的高硬度和耐磨性结合起来，从而使这种复合材料具有更好的切削性能。

随着数控机床的不断发展，数控机床刀具种类越来越多，其划分也越来越细，但无论样式如何改变，从总体上看，数控加工刀具必须适应数控机床高速、高效和自动化程度高的特点，而数控刀具中又以数控铣刀应用最为广泛。数控铣刀的种类多种多样，随着数控行业的日益发展，数控铣刀的类型和应用条件和场合也必将发生变化，我们仍要继续对其动态进行关注和研究，这是很有现实意义的。

2. 铣削类刀具的种类及其作用

（1）铣削类刀具的种类

① 按制造铣刀所用的材料可分为高速钢刀具、硬质合金刀具、金刚石刀具，以及其他材料刀具，如立方氮化硼刀具、陶瓷刀具等。

② 按铣刀结构形式不同可分为

a. 整体式：将刀具和刀柄制成一体。

b. 镶嵌式：可分为焊接式和机夹式。

c. 减振式：当刀具的工作臂长与直径之比较大时，为了减少刀具的振动，提高加工精度，多采用此类刀具。

d. 内冷式：切削液通过刀体内部由喷孔喷射到刀具的切削刃部。

e. 特殊型：如复合刀具、可逆攻螺纹刀具等。

③ 按铣刀结构形式不同可分为

a. 面铣刀（也叫端铣刀），见图2-1-1。

b. 立铣刀，见图2–1–2。

c. 键槽铣刀，见图2–1–3。

（2）铣削类刀具的作用

① 面铣刀（也叫端铣刀）：面铣刀的圆周表面和端面都有切削刃，端部切削刃为副切削刃。面铣刀多制成套式镶齿结构，刀齿为高速钢或硬质合金，主要用于零件的大表面加工和零件余量的去除。



图2–1–1　面铣刀

② 立铣刀：立铣刀的圆柱表面和端面上都有切削刃，它们可同时进行切削，也可单独进行切削。立铣刀圆柱表面的切削刃为主切削刃，端面上的切削刃为副切削刃。因为立铣刀的端面中间有凹槽，所以不可以做轴向进给。



图2–1–2　立铣刀



图2–1–3　键槽铣刀

③ 键槽铣刀：键槽铣刀的圆柱面和端面都有切削刃，端面刃延至中心，加工时先轴向进给达到槽深，然后沿键槽方向铣出键槽全长。

二、铣削类刀具刀柄的种类及其使用方法

工具系统的选择是数控机床配置中的重要内容之一，因为工具系统不仅影响数控机床的生产效率，而且直接影响零件的加工质量。根据数控机床的性能与数控加工工艺的特点优化刀具与刀柄系统，可以取得事半功倍的效果。

1. 数控机床常用刀柄的分类

数控加工常用刀柄主要有钻孔刀具刀柄、镗孔刀具刀柄、铣刀类刀柄、螺纹刀具刀柄和直柄刀具类刀柄（立铣刀刀柄和弹簧夹头刀柄）。

2. 数控机床常用刀柄的选择

（1）刀柄结构形式（如图2–1–4所示）

数控机床刀具刀柄的结构形式分为整体式与模块式两种。整体式刀柄其装夹刀具的工作部分与它在机床上安装定位用的柄部是一体的。这种刀柄对机床与零件的变换适应能



图2–1–4　铣削类刀具刀柄

力较差，为适应零件与机床的变换，用户必须储备各种规格的刀柄，因此刀柄的利用率较低。模块式刀具系统是一种较先进的刀具系统，每把刀柄都可通过各种系列化的模块组装而成，针对不同的加工零件和使用机床，采取不同的组装方案，可获得多种刀柄系列，从而提高刀柄的适应能力和利用率。

（2）刀柄结构形式的选择

刀柄结构形式的选择应兼顾技术先进与经济合理：

① 对一些长期反复使用、不需要拼装的简单刀具以配备整体式刀柄为宜，使工具刚性好，价格便宜（如加工零件外轮廓用的立铣刀刀柄、弹簧夹头刀柄及钻夹头刀柄等）。

② 在加工孔径、孔深经常变化的多品种、小批量零件时，宜选用模块式刀柄，以取代大量整体式镗刀柄，降低加工成本。

③ 对数控机床较多尤其是机床主轴端部、换刀机械手各不相同时，宜选用模块式刀柄。由于各机床所用的中间模块（接杆）和工作模块（装刀模块）都可通用，可大大减少设备投资，提高工具利用率。

（3）刀柄规格

数控刀具刀柄多数采用7∶24圆锥工具刀柄，并采用相应型式的拉钉拉紧结构与机床主轴相配合。刀柄有各种规格，常用的有40号、45号和50号。目前在我国应用较为广泛的有ISO7388–1983、GB10944–1989、MAS403–1982、ANSI/ASMEB5.50–1985等，选择时应考虑刀柄规格与机床主轴、机械手相适应。如图2–1–5所示。

（4）强化工具系统管理工作

随着数控机床数量增加，刀柄的数量会急剧增多。一套拥有5～8台数控机床的柔性制造系统，刀柄数量可达1 000把以上。如何使这些刀具得到合理有效的利用，是刀具管理的重点工作，其内容包括刀柄采购或补充计划的提出、刀具数据的预调、刀具的调度与保管、刀具寿命情况判断与控制等。

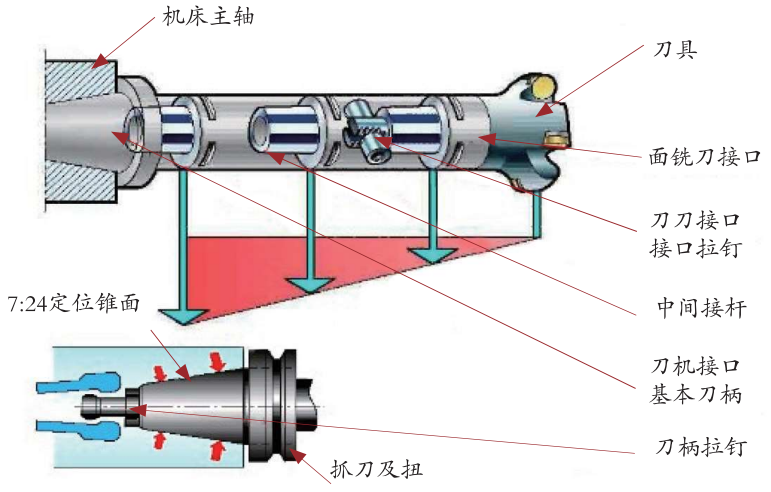


图2–1–5　铣削类刀具刀柄组成系统

3. 数控机床刀柄的发展

（1）特殊功能的刀柄

近年来，加工中心上出现了一些特殊功能的刀柄，主要有四种类型。

① 增速刀柄（增速头）：能实现自动换刀，如日本NIKKEN公司的NXSE增速头，在机床主轴速度为4 000 r/min时，刀具可在0.8 s内转速达到20 000 r/min。

② 多轴刀柄：它能同时加工多个孔加工，相当于多轴加工头。多轴与增速刀柄组合使用可构成双功能的多轴增速刀柄。

③ 内冷却刀柄：该刀柄与芯部开有冷却液通道的麻花钻或深孔钻配合使用，利用特殊的供油系统，将高压切削液喷注到切削部位，实现良好的冷却与润滑，并排除切屑。

④ 转角刀柄：这种刀柄的头部可作30° 、45° 、60° 、90° 等角度旋转，具有五面加工功能。转角刀柄安装在立式加工中心上，可使立式加工中心具有卧式加工中心的功能，可用于深型腔的底部清角作业。

（2）新型高速切削刀柄

随着数控机床高精度高速切削技术的发展需求，人们开始研制适应高速切削的刀柄系统。如德国OTT公司的HSK刀柄和美国Kenamental公司的KM刀柄等，其轴向定位精度可达0.001 mm，且在高速旋转下，刀夹锁紧更为牢固，径向跳动不超过5 μm。HSK刀柄是一种典型的1∶10短锥面、锥柄和主轴端面同时接触的双定位型空心刀柄，其主要特点为：

① 采用锥面、端面过定位的结合形式，能有效地提高工具系统的连接刚度，且重复定位精度高。

② 采用空心结构和缩短锥部长度，刀柄质量较轻，可缩短换刀移动距离，加快换刀速度，有利于实现高速自动换刀。

③ 采用1∶10锥度，锥柄较短，楔形效果好，有较强的抗扭能力，且能抑制因振动而产生的微量移位。

④ 刀柄与主轴间由扩张爪锁紧，转速越高，扩张爪的离心力（扩张力）越大，锁紧力越大，具有良好的高速性能。

⑤ 为提高刀具系统在高速状态下的动平衡精度，可在刀柄上安装自动校正动平衡装置。

三、平口钳简介

平口钳是一种通用夹具，常用于安装小型工件，它是铣床、钻床的随机附件，将其固定在机床工作台上，用来夹持工件进行切削加工。图2-1-6是平口钳及其相关连接件。

平口钳的工作原理是用扳手转动丝杠，通过丝杠螺母带动活动钳身移动，形成对工件的夹紧与松开。

平口钳的装配结构是可拆卸的螺纹连接和销连接。活动钳身的直线运动是由螺旋运动转变的，工作表面是螺旋副、导轨副及间隙配合的轴和孔的摩擦面。由图2-1-6可见，



（a）平口钳整体图



（b）平口钳T型螺栓



（c）平口钳扳手

图2-1-6　平口钳的装配结构

平口钳组成简单，结构紧凑。

平口钳使用注意事项：

1. 工件的被加工面必须高出钳口，否则就要用平行垫铁垫高工件。

2. 为了能装夹牢固，防止铣削时工件松动，必须把比较干整的平面贴紧在垫铁和钳口上。要使工件贴紧在垫铁上，应该一面夹紧，一面用手锤轻击工件的表面，光洁的平面要用铜棒进行敲击以防止敲伤光洁表面。

3. 为了不使钳口损坏和保持已加工表面，夹紧工件时在钳口处垫上铜片。

4. 用手挪动垫铁以检查夹紧程度，如有松动，说明工件与垫铁之间贴合不好，应该松开平口钳重新夹紧。

5. 刚性不足的工件需要有效支撑，以免夹紧力使工件变形。

任务实施



2.1.2　平口钳的安装与校正

一、平口钳的安装与校正

教学准备：平口钳、T型螺栓、平口钳扳手、活头扳手、磁力表座、百分表。

1. 在实训现场展示机床及平口钳等，供学生观察。

2. 将工作台平面和平口钳底部清理，保证清洁。

3. 将平口钳放置工作台上。

4. 将T型螺栓放入工作台T型槽内，并与平口钳连接。

5. 平口钳的预锁紧。

6. 安装百分表及磁力表座。

7. 利用百分表及磁力表座校正钳口，如图2-1-7所示。

8. 平口钳的最终锁紧。

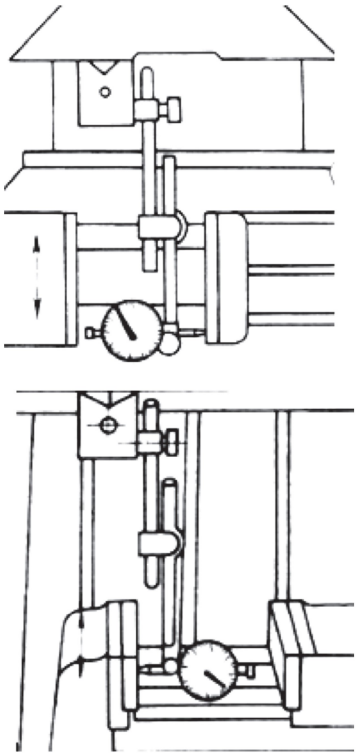


图2-1-7　平口钳找正

二、学生模仿操作

1. 校正固定钳口与主轴轴线平行。纵向移动工作台，观察百分表读数，在固定钳口全长范围内使百分表的表针摆动幅度应在0.01 mm以内，固定钳口与工作台进给方向平行，然后交替将两边的螺母拧紧，这样才能在加工时获得一个好的位置精度。

2. 校正固定钳口与主轴轴线垂直。固定钳口与工作台进给方向平行校正好后，用相同的方法，移动升降工作台，校正固定钳口和工作台平面的垂直度。

任务评价

正确识别键槽铣刀与立铣刀；能正确安装、校正平口钳。评分要求见表2-1-1。

表2-1-1　评价表

班级		姓名		同组姓名				
开始时间			结束时间					
序号	考核项目	考核要求		配分	评分标准	自评	互评	师评
1	学习准备（15分）	资料准备		5	参与资料收集、整理、自主学习			
		计划制订		5	能初步制订计划			
		小组分工		5	分工合理，协调有序			
2	学习过程（50分）	操作技术	明确立铣刀与键槽铣刀的区别	5	正确得分，否则酌情扣分			
			面铣刀的装拆	10	正确得分，否则酌情扣分			
			百分表的使用	10	正确得分，否则酌情扣分			
			平口钳的校正	10	正确得分，否则酌情扣分			
		职业与安全意识	完成工作任务的所有操作是否符合安全操作规程	5	符合安全规程得分，否则酌情扣分			
			工具摆放、包装物品、导线线头的处理，是否符合职业岗位的要求	5	符合职业岗位的要求得分，否则酌情扣分			
			尊重教师，遵守实训纪律，爱惜实训室的设备和器材，保持工位的整洁	5	符合要求得分，否则酌情扣分			
3	学习拓展（15分）	知识迁移		5	能实现前后知识的迁移			
		应变能力		5	能举一反三，提出改进建议或方案			
		创新程度		5	有创新建议提出			
4	学习态度（20分）	主动程度		5	自主学习主动性强			
		合作意识		5	协作学习，能与同伴团结合作			
		严谨细致		5	认真仔细，不出差错			
		问题研究		5	能实践中发现问题，并用理论知识解释实践中的问题			
教师签字				总 分				

任务拓展

要求：现有机床上的平口钳由于长期使用的原因导致钳口夹持零件有误差，利用相关工具找出误差所在并调整误差。

任务2　平面铣削与对刀操作

任务描述

利用数控铣床对零件的平面进行加工，掌握对刀操作方法。

任务目标

1. 了解常用夹具用途。
2. 掌握铣削平面的方法。
3. 掌握数控铣床的对刀方法。
4. 能进行平面的铣削。
5. 能利用不同方法进行对刀操作。

知识准备

一、平面铣削的方法与铣削工艺

在数控铣床上进行平面加工是指被加工工件的加工表面平行于数控坐标轴。若被加工工件的加工表面与数控坐标轴夹有角度，这样的平面在数控加工中被定义为空间平面，属于三维加工。这里指的平面铣削是二维平面加工。如图2–2–1所示为常见的平面类型。

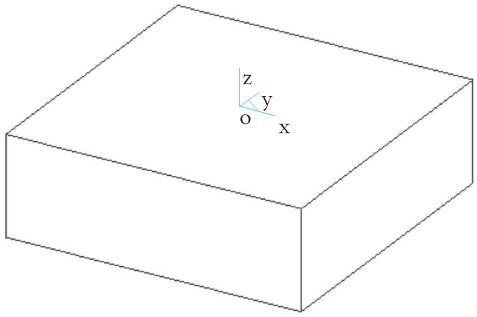
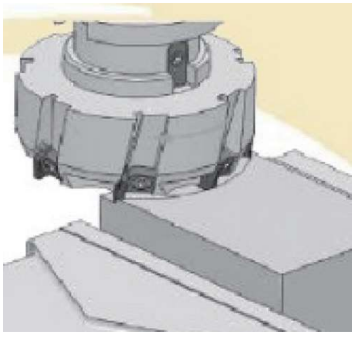


图2–2–1　加工平面

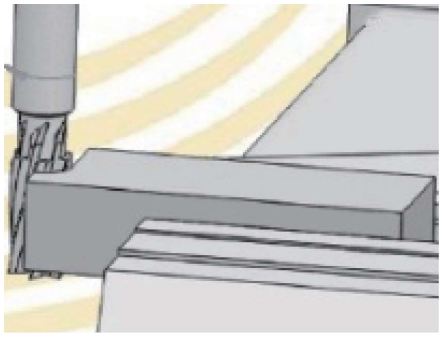
1. 平面铣削的方法

在各个方向上都成直线的面称为平面。平面是组成机械零件的基本表面之一，其加工质量是用平面度和表面粗糙度来衡量的。平面大部分是在数控铣床上加工的，在数控铣床上获得平面的方法有两种，即周铣与端铣，如图2–2–2所示。

周铣是指利用分布在铣刀圆柱面上的切削刃来形成平面（或表面）的铣削方法。端



（a）端铣



（b）周铣

图2–2–2　平面铣削的方法

铣是指利用分布在铣刀端面上的端面切削刃来形成平面的铣削方法。

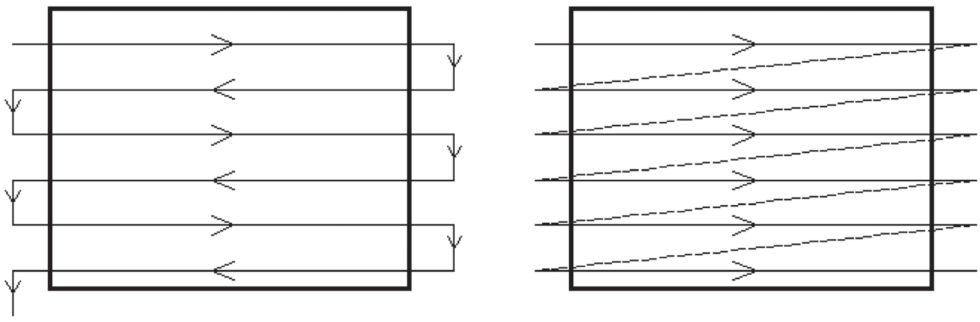
端铣与周铣相比，其优点是刀轴比较短，铣刀直径比较大，工作时同时参加切削的刀齿较多，铣削时较平稳，铣削用量可适当增大，切削刃磨损较慢，能一次铣出较宽的平面。缺点是一次的铣削深度一般不及周铣。在相同的铣削用量条件下，一般端铣比周铣获得的表面粗糙度要好。

需要注意的是用立铣刀周铣时，同时可以对零件的底面进行加工，如图2-2-2（b）所示。

2. 平面铣削的进给路线

铣削平面的宽度大于面铣刀时，一次进给不能完全加工，要进行多次进给，这就涉及进给路线。平面铣削进给路线的安排比较简单，一般有单向进给和往复进给两种方式。

在平面加工中，安排合理的走刀路线是保证加工质量很重要的一个方面。粗铣时为提高加工效率经常采用往返双向加工的走刀方式，背吃刀量可以选择1.5~3 mm，铣削宽度可以选择0.6~0.8 D，如图2-2-3（a）所示，切削间可以矩形移动也可采用圆弧移动。精铣时采用单向铣削的方式，铣削宽度尽量不超过0.5 D，根据实际需要选择精加工余量，精加工余量过大或过小都影响粗糙度，并且采用顺铣的方式铣削，如图2-2-3（b）所示。另外，选择切削液不当或使用不当，加工中的停顿或工件材料热处理不当，都可能影响到加工后的表面粗糙度。



（a）粗加工走刀路线　　（b）精加工走刀路线

图2-2-3　走刀路线

二、长方体的铣削

长方体有6个平面，如图2-2-4所示。两两相对的平面互相平行，相邻的平面互相垂直。在加工中，为保证平行度和垂直度，必须制订合理的加工方案。本着基面先行的原则，首先以粗基准面为基准加工半精基准面，加工中如果使用平口钳装夹工件，则改面接触为线接触，以保证基准平面与待加工平面的垂直度，然后本着互为基准的原则，以半精基准平面为基准加工精基准平面，最后以精基准平面为基准加工其他平面。具体步骤如

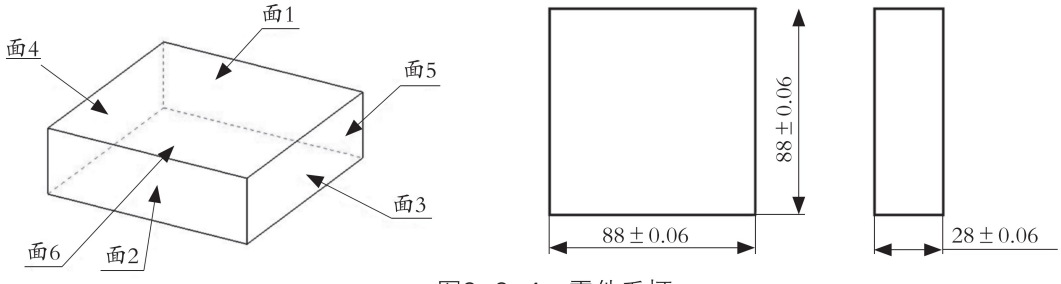


图2-2-4　零件毛坯

下，见图2-2-5：

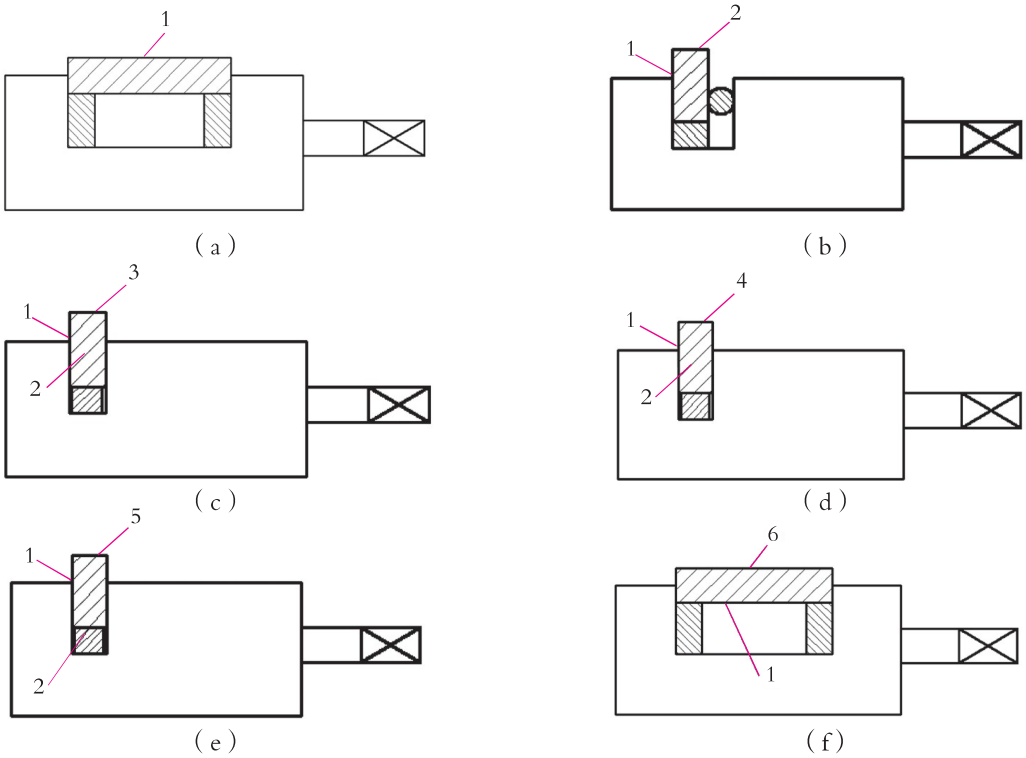


图2-2-5　平口钳安装工件

1. 加工长方体面1

铣削工件面1约0.5 mm深。

2. 加工长方体面2

拆卸工件并去除工件毛刺，选择合适的等高垫铁，让工件面1与平口钳的固定钳口相结合夹紧约60 mm，露出约30 mm，稍夹紧后用百分表校正面1在Z方向的垂直度和X方向的平行度，锁紧平口钳夹紧工件。铣削工件面2约0.5 mm深。

3. 加工长方体面3

拆卸工件并去除工件毛刺，选择合适的等高垫铁，让工件面1与平口钳的固定钳口相结合，面2垂直于钳口，稍夹紧后用百分表校正工件面1在X方向的平行度和面2在Z方向的垂直度，锁紧平口钳夹紧工件。铣削工件面3约0.5 mm深。

4. 加工长方体面4

拆卸工件并去除工件毛刺，选择合适的等高垫铁，让工件面1与平口钳的固定面相结合，面2垂直于钳口，面3充分与等高垫铁接触，稍夹紧后用百分表校正工件面1在X方向的平行度和面2的垂直度，锁紧平口钳夹紧工件。粗、精铣削工件面4，测量并控制尺寸。

5. 加工长方体面5

拆卸工件并去除工件毛刺，选择合适的等高垫铁，让工件面1与平口钳的固定面相结合，面2充分与等高垫铁接触，面3、面4垂直于钳口，稍夹紧后用百分表校正工件面1在X方向的平行度和面3（或面4）Z方向的垂直度，锁紧平口钳夹紧工件。粗、精铣削工件面5，测量并控制尺寸。

6. 加工长方体面6

拆卸工件去除工件毛刺，选择合适的等高垫铁，让工件面2与平口钳的固定面相结

合，面1充分与等高垫铁接触，面3、面4垂直于钳口，稍夹紧后用百分表校正工件面3（或面4）X方向的垂直度和Y方向的平行度，锁紧平口钳夹紧工件。粗、精铣削工件面6，测量并控制尺寸。

三、工件的对刀

常用对刀工具有寻边器和Z轴设定仪。

1. 寻边器

寻边器主要用于确定工件坐标系原点在机床坐标系中的X，Y值，也可以测量工件的简单尺寸。

如图2-2-6所示，寻边器有机械式和光电式等类型，其中以光电式较为常用。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，并将电路接通，发出光信号，通过光电式寻边器的指示和机床坐标位置即可得到被测表面的坐标位置。



（a）机械式寻边器



（b）光电式寻边器

图2-2-6　寻边器

2. Z轴设定仪

Z轴设定仪主要用于确定工件坐标系原点在机床坐标系的Z轴坐标，或者说是确定刀具在机床坐标系中的高度。

Z轴设定仪有光电式和指针式等类型，通过光电指示或指针判断刀具与对刀器是否接触，对刀精度一般可达0.005 mm。Z轴设定仪带有磁性表座，可以牢固地附着在工件或夹具上，其高度一般为50 mm或100 mm，如图2-2-7所示。



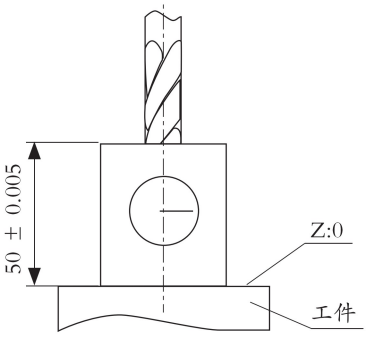


图2-2-7　Z轴设定仪

任务实施

一、对刀操作

对90 × 90 × 30 mm的长方体工件进行对刀，见图2-2-8，并将数值输入到工件坐标系中。

1. 将长方体在平口钳中定位并夹紧，将光电式寻边器通过刀柄装到主轴上。

2. 将机床工作方式置于“手轮”，选择相应的坐标轴，倍率旋

2.2.1　数控铣对刀操作

至“100”，使用手轮操作移动机床工作台，使寻边器靠近工件左侧。

3. 当寻边器距离工件较近时，将倍率旋至“10”，慢慢移动寻边器并靠近工件，如图2–2–9所示，直至灯亮。

4. 使寻边器往–X方向移动，远离工件，将手轮倍率旋至“1”，再次接近工件，并使寻边器发亮。

5. 将相对坐标系里的X清零。如图2–2–10所示。

6. 将寻边器往+Z方向移动，以相同方法靠近工件右侧，如图2–2–11与图2–2–12所示，并记录当前相对坐标系里的X值为189.999。

7. 将X的数值除以2，以图2–2–12所示为例，得到的数值为189.999 ÷ 2=94.999，此时在如图2–2–13所示工件坐标系中输入“X94.999”后，按下“测量”对应的软键，完成X方向的对刀。

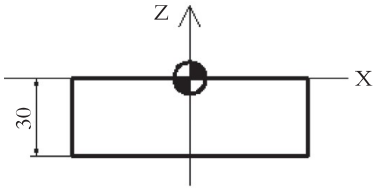
8. 以相同方法对Y轴，试切前表面并将相对坐标里的Y清零，再试切后表面，将Y坐标值除以2，若得到的数值为98.337，则输入“Y98.337”后按下“测量”对应的软键，完成Y方向的对刀。

9. 将机床工作方式旋至“手动”，把寻边器拆下。

10. 装入刀具，以便进行Z轴方向的对刀。

11. 将机床工作方式旋至“手轮”，移动刀具慢慢接近Z轴设定仪。

12. 当寻边器指针指向“0”，此时在图2–2–13所示工件坐标系中输入Z50后按下“测量”对应的软键，完成这把刀具的Z向对刀。



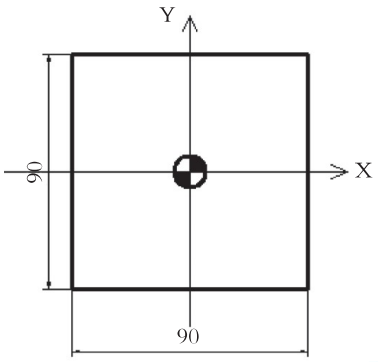


图2–2–8　任务图

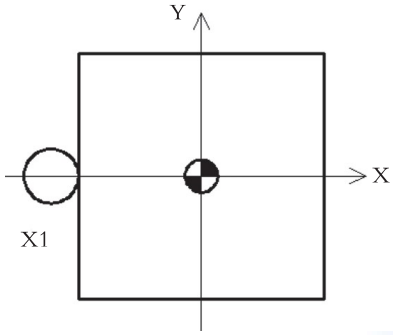


图2–2–9　X方向对刀



图2–2–10　机床显示数据

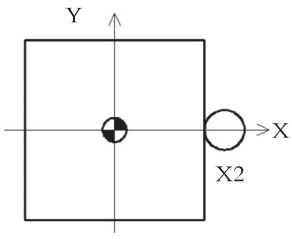


图2–2–11　X方向对刀



图2–2–12　机床显示数据



图2–2–13　数据输入

二、学生模仿操作

学生分组进行对刀练习，并记录对刀数值，并输入至机床G54工件坐标系寄存器中。

任务评价

1. 对长方体进行面的铣削和对刀操作。

2. 任务要求：

（1）根据已有的毛坯进行正确的装夹。

（2）用面铣刀对长方体进行加工。

（3）能对长方体进行对刀，为后续工作做准备。

3. 任务评分要求见表2-2-1。

表2-2-1　评价表

班级			姓名		同组姓名				
开始时间				结束时间					
序号	考核项目	考核要求		配分	评分标准	自评	互评	师评	
1	学习准备（15分）	资料准备		5	参与资料收集、整理、自主学习				
		计划制订		5	能初步制订计划				
		小组分工		5	分工合理，协调有序				
2	学习过程（50分）	操作技术	正确装夹工件	5	正确得分，否则酌情扣分				
			正确使用工具	5	正确得分，否则酌情扣分				
			面铣刀的安装及使用	5	正确得分，否则酌情扣分				
			工艺安排是否合理	5	正确得分，否则酌情扣分				
			长方体尺寸 ± 0.06	5	正确得分，否则酌情扣分				
			表面粗糙度Ra1.6	5	正确得分，否则酌情扣分				
			正确对刀	5	正确得分，否则酌情扣分				
		职业与安全意识	完成工作任务的所有操作是否符合安全操作规程	5	符合安全规程得分，否则酌情扣分				
			工具摆放、包装物品、导线线头的处理，是否符合职业岗位的要求	5	符合职业岗位的要求得分，否则酌情扣分				
			尊重教师，遵守实训纪律，爱惜实训室的设备和器材，保持工位的整洁	5	符合要求得分，否则酌情扣分				
3	学习拓展（15分）	知识迁移		5	能实现前后知识的迁移				
		应变能力		5	能举一反三，提出改进建议或方案				
		创新程度		5	有创新建议提出				
4	学习态度（20分）	主动程度		5	自主学习主动性强				
		合作意识		5	协作学习，能与同伴团结合作				
		严谨细致		5	认真仔细，不出差错				
		问题研究		5	能实践中发现问题，并用理论知识解释实践中的问题				
教师签字				总 分					