

# 前 言



党的二十大报告强调，要“实施科教兴国战略，强化现代化建设人才支撑”，要“统筹职业教育、高等教育、继续教育协同创新，推进职普融通、产教融合、科教融汇，优化职业教育类型定位”。“数控机床精度检测与调整”课程是一门面向高端装备制造领域的用于培养数控机床制造高技能人才的课程，是校企联合开发的一门“现代学徒制”岗位课程，目的是培养数控机床装调工的机械部件装调、整机装调等关键岗位能力。该教材以数控机床装调工整机装调部分的典型工作任务为载体，采用任务引领的项目化教学模式，内容引入大量的企业实际生产案例，突出学生操作能力培养。

该教材形式为工作手册式，内容集知识学习、技能训练、任务评估、拓展提高于一体，并建有配套网络课程和大量的视频动画资源，纸质教材中融入二维码以突出实践教学内容，全书很好地融入了思政元素，突出了社会主义荣辱观和大国工匠精神。适用对象为高职院校机械制造与自动化专业、机电设备维修与管理专业、数控技术专业中从事数控设备制造与维护方向的学生，也可以为数控机床制造企业对应岗位员工学习提供参考。

本书由张坤领担任主编并统稿，张春亮、张海英担任副主编。根据岗位技能需要，该工作手册划分为6个大任务，具体编写分工如下：宁波职业技术学院张坤领编写任务一、任务二、任务三、任务四，宁波职业技术学院张春亮编写任务五，宁波职业技术学院张海英编写任务六。

由于编者水平有限，内容难免存在一些不足，敬请海涵。

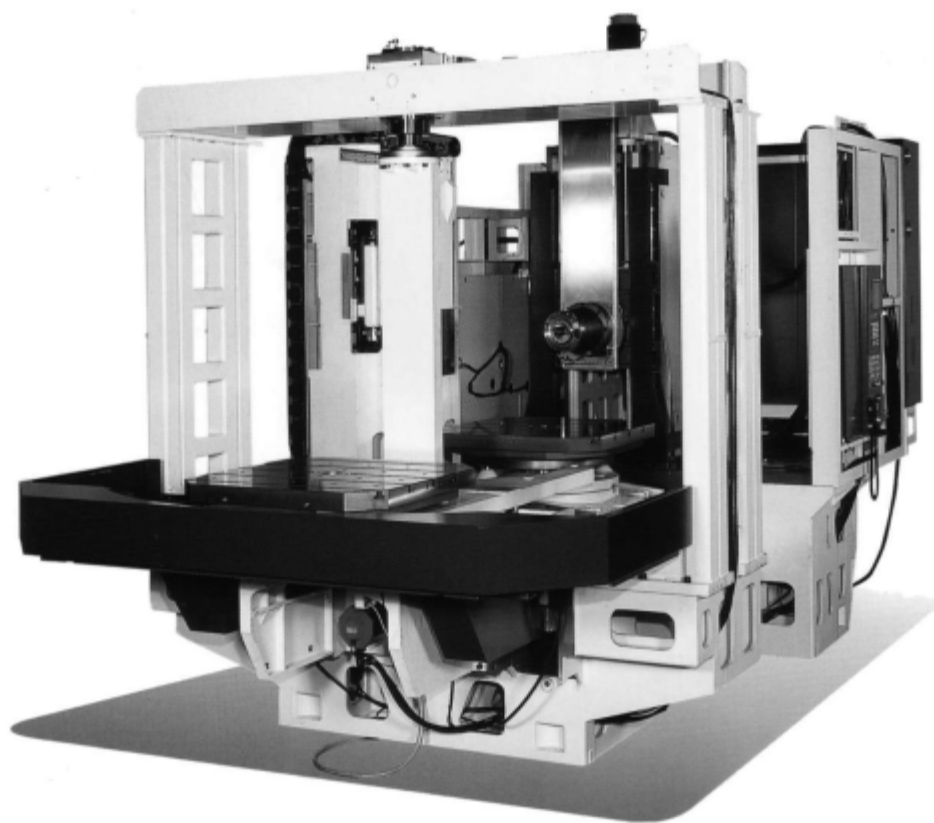
编 者



# 目 录

<b>任务一 数控机床精度检测基本知识与技能</b> .....	1
任务 1-1 辨识数控机床及其功能部件 .....	2
任务 1-2 数控机床水平调整 .....	20
<b>任务二 数控车床几何精度检测</b> .....	32
任务 2-1 数控车床导轨几何精度检测 .....	33
任务 2-2 数控车床溜板几何精度检测 .....	46
任务 2-3 数控车床主轴几何精度检测 .....	56
任务 2-4 数控车床尾座及刀架几何精度检测 .....	69
<b>任务三 立式加工中心几何精度检测</b> .....	81
任务 3-1 立式加工中心坐标轴运动几何精度检测 .....	82
任务 3-2 立式加工中心工作台几何精度检测 .....	104
任务 3-3 立式加工中心主轴几何精度检测 .....	118
<b>任务四 数控机床位置精度检测</b> .....	131
任务 4-1 激光干涉仪位置检测 .....	132
任务 4-2 直线坐标位置精度检测 .....	142
<b>任务五 数控机床切削精度检测</b> .....	154
任务 5-1 卧式数控车床切削精度检测 .....	155
任务 5-2 立式加工中心切削精度检测 .....	166
<b>任务六 数控机床运行性能检测</b> .....	183
任务 6-1 数控机床机械性能检测 .....	184
任务 6-2 数控机床试运行 .....	195
<b>参考文献</b> .....	204

**任务一**  
**数控机床精度**  
**检测基本知识与技能**



## 任务 1-1 辨识数控机床及其功能部件

### 任务描述

数控机床在现代装备制造业发挥着越来越重要的作用，各类机械产品的加工精度与机床的制造精度密不可分。而数控机床的制造精度包括各功能部件的几何精度、数控机床的位置精度和切削精度等多项指标。数控机床切削运动由主运动和进给运动构成，其主运动由主轴部件实现，而进给运动则由导轨副、丝杠副等进给部件实现，检验机床的各项几何精度是否达到行业标准要求，首先必须了解机床各功能部件构成及其功能。因此，能够准确地辨识各类数控机床及其功能部件是机床精度检测前必须进行的一项重要任务。本任务要求观察实训车间或企业现场的数控机床，能够辨别机床类别，完成如图 1-1-1 所示数控机床和加工中心机械部件的辨识。

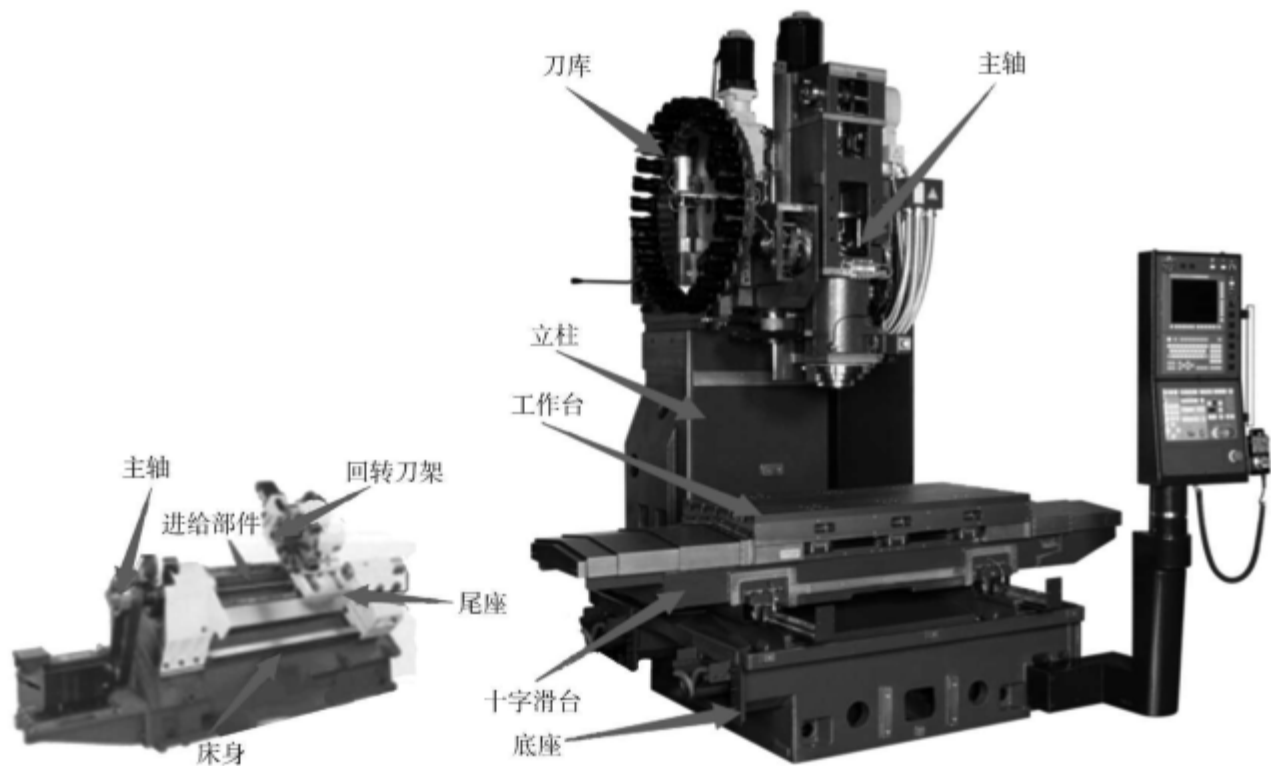


图 1-1-1 数控机床和加工中心机械部件辨识

### 任务目标

- (1) 能够绘制图形计算导轨的直线度，并判断直线度是否超标。

- (2) 能够利用水平仪检测基准导轨的直线度。
- (3) 能够利用板桥和水平仪检测两导轨的平行度。
- (4) 培养耐心细致、一丝不苟的工作作风。

## 知识链接

### (一) 数控机床相关知识

#### 1. 数控机床概念

数控机床，是指用\_\_\_\_\_信息控制机床运动，按照预定轨迹加工出工件的机床。数控机床的基本组成是由机床主机+\_\_\_\_\_装置、\_\_\_\_\_装置和其他辅助装置，如图 1-1-2 所示。

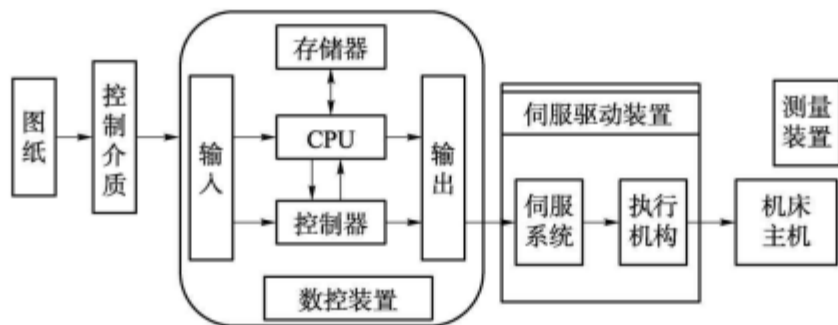


图 1-1-2 数控机床构成

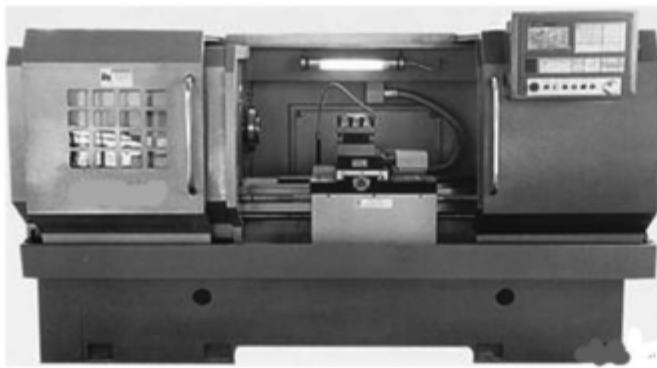
机床主机是数控机床的主体，它包括床身、底座、立柱、横梁、滑座、工作台、主轴箱、进给机构、刀架及自动换刀装置等机械部件。它是在数控机床上自动地完成各种切削加工的机械部分。与传统机床相比，数控机床主体具有以下结构特点：

- (1) 采用具有高刚度、高抗振性及较小热变形的机床新结构。
- (2) 广泛采用高性能的主轴伺服驱动和进给伺服驱动装置，使数控机床的传动链缩短，简化了机床机械传动系统的结构。
- (3) 采用高传动效率、高精度、无间隙的传动装置和运动部件，如滚珠丝杠螺母副、塑料滑动导轨、直线滚动导轨、静压导轨等。

辅助装置是保证充分发挥数控机床功能所必需的配套装置，常用的辅助装置包括：气动、液压装置，排屑装置，冷却、润滑装置，回转工作台和数控分度头，防护，照明等各种辅助装置。

#### 2. 数控机床类别

常见的数控机床分为金属切削类数控机床、金属成型类数控机床、特种加工机床及其他类别数控机床。金属切削类数控机床主要有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_及加工中心、数控磨床和数控钻床等，如图 1-1-3 所示。



(a)



(b)



(c)



(d)

图 1-1-3 常见数控机床

(a) 卧式数控车床; (b) 立式加工中心; (c) 数控磨床; (d) 数控钻床

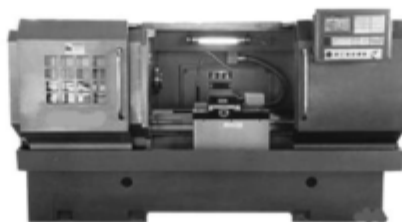
### 3. 数控车床 (CNC lathe 或 CNC turning machine)

数控车床应用于加工回转体类零件, 如轴套类零件、圆盘类零件, 主要用于外圆柱(锥)面、内圆柱(锥)面、端面、旋转曲面、螺纹以及中心孔的加工。

根据主轴的布置不同, 数控车床可以分为\_\_\_\_\_数控车床和\_\_\_\_\_数控车床, 如图 1-1-4 所示。



(a)



(b)



(c)

图 1-1-4 数控车床类别

(a) 立式数控车床; (b) 水平导轨卧式数控车床; (c) 倾斜导轨卧式数控车床

主轴轴线垂直布置的为\_\_\_\_\_数控车床, 其工作台一般为圆盘状, \_\_\_\_\_布置。

卧式数控车床主轴轴线为\_\_\_\_\_布局,主要用于加工径向尺寸较小的轴套类零件或圆盘类零件,根据导轨的布置不同,可以分为\_\_\_\_\_导轨卧式数控车床和\_\_\_\_\_导轨卧式数控车床。倾斜导轨刚性较好,易于排除切屑,主要用于高档卧式数控车床。

#### 4. 数控铣床 (CNC milling machine) 及加工中心 (CNC machining center)

数控铣床和加工中心适用于复杂零件如箱体类零件、模具零件等的加工,主要用于镗孔,铣削平面,加工沟槽、台阶以及各种平面或曲面轮廓。根据主轴配置形式,数控铣床可以分为卧式数控铣床、立式数控铣床和龙门数控铣床;加工中心和数控铣床结构基本相同,但多了刀库和自动换刀装置,加工中心可以分为\_\_\_\_\_加工中心、\_\_\_\_\_加工中心、\_\_\_\_\_加工中心和万能加工中心,如图 1-1-5 所示。

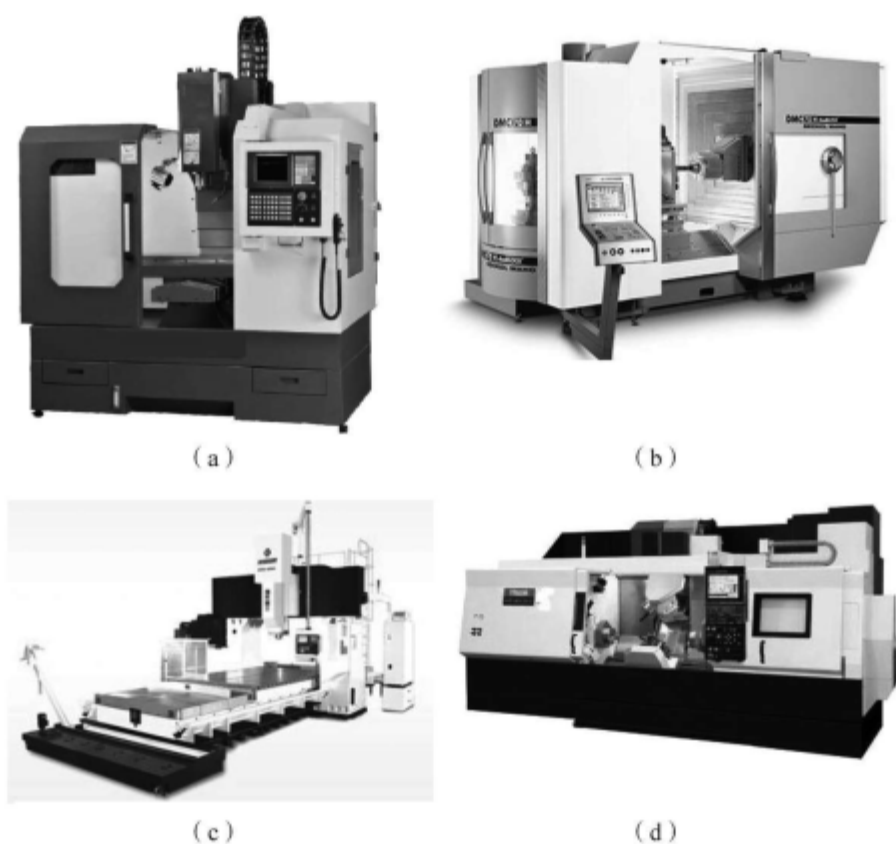


图 1-1-5 加工中心类别

(a) 立式加工中心; (b) 卧式加工中心; (c) 龙门加工中心; (d) 万能加工中心

#### 5. 其他数控机床

(1) 数控磨床 (CNC grinding machine): 数控磨床是利用磨具对工件表面进行磨削加工的机床,有数控平面磨床、数控万能磨床、数控无心磨床、数控工具磨床、数控坐标磨床、数控成型磨床等。

(2) 数控钻床 (CNC drilling machine): 数控钻床用于孔系加工,有立式钻床、摇臂钻床和龙门钻床等多种形式。

(3) 电加工机床: 电火花成型机床和数控线切割机床,如图 1-1-6、图 1-1-7 所示。



图 1-1-6 数控电火花成型机床



图 1-1-7 数控线切割机床

## (二) 数控机床机械部件

### 1. 数控机床的机械本体构成

(1) 基础部件：是指用来支撑机床整体的部件，如车床的床身或者铣床的底座等，基础部件要求具有高强度、高刚度、抗振性能好、热变形小，材料一般为高强度铸铁，如 HT300 或球墨铸铁等。

(2) 主传动部件：是指与机床的主运动相关的部件，即从主轴电动机到主轴的相关部件，如主轴箱、主轴、主传动机构等。

(3) 进给部件：是指与进给运动（一般为沿坐标轴方向移动）相关的机械部件，即把伺服电动机的旋转运动转化为部件的直线移动的相关部件，由传动装置（丝杠螺母副）、导向装置（导轨副）以及支撑辅助装置（轴承及轴承座、电动机座）等部分构成。

(4) 安装部件：是指把工件固定在机床上的机械部件，如车床的卡盘、顶尖、尾座，铣床的工作台及其平口钳等。

(5) 刀辅机构：用来安装刀具或改变刀具位置的机械机构，如车床的刀架、加工中心的刀库及自动换刀装置等。

### 2. 数控机床基础部件

#### 1) 数控机床床身

床身是数控机床的基础部件，用来支撑机床其他部件，并使各部件在工作时保持正确位置，要求具有很高的动、静刚度。数控车机床身固定在前后床腿上，床身下部床腿为整台机床的支撑与基础，所有机床部件均安装在其上。床身左端为床头箱，右端安装尾座。床身导轨间留有供排屑的通道。

卧式数控机床床身一般有平床身和斜床身两种。平床身数控车床的导轨为一大山形导轨和平导轨的组合，供床鞍纵向移动；尾座导轨为一小山形导轨和平导轨的组合，供尾座纵向移动，如图 1-1-8 所示。斜床身数控机床的床身导轨为一对大平导轨，尾座导轨为一对小平导轨，如图 1-1-9 所示。



图 1-1-8 平床身



图 1-1-9 斜床身

## 2) 加工中心基础部件——底座及立柱

如图 1-1-10 所示，加工中心底座为加工中心的支撑和基础件，一般由高强度铸铁整体铸造而成。

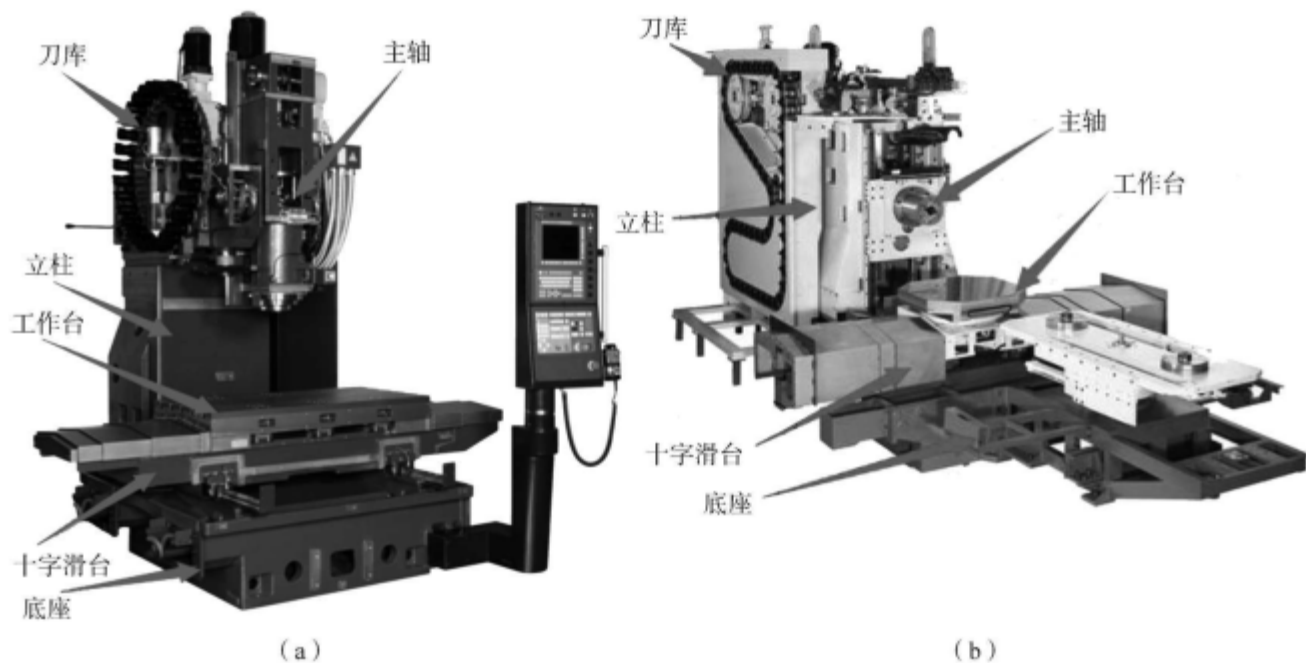


图 1-1-10 加工中心机械结构

(a) 立式加工中心；(b) 卧式加工中心

卧式加工中心通常采用移动式立柱，工作台不升降，T形床身。卧式加工中心的立柱普遍采用双立柱框架结构形式，主轴箱在两立柱之间，沿导轨上下移动。这种结构刚性大，热对称性好，稳定性高。小型卧式加工中心多数采用固定立柱式结构，其床身不大，且都是整体结构。

立式加工中心与卧式加工中心相比，结构简单，占地面积小，价格也便宜。中小型立式

加工中心一般采用固定立柱式,因为主轴箱吊在立柱一侧,通常采用方形截面框架结构、米字形或井字形筋板,以增强抗扭刚度,而且立柱是中空的,以放置主轴箱的平衡重。

### 3. 主传动部件

主传动部件由主传动机构以及容纳主传动机构的主轴箱组成。主传动机构是主轴电动机经过传动机构转变为合适的转速和转向,将运动和动力传递到主轴的一系列装置。

主传动的传动类型主要有三种,如图 1-1-11 所示。

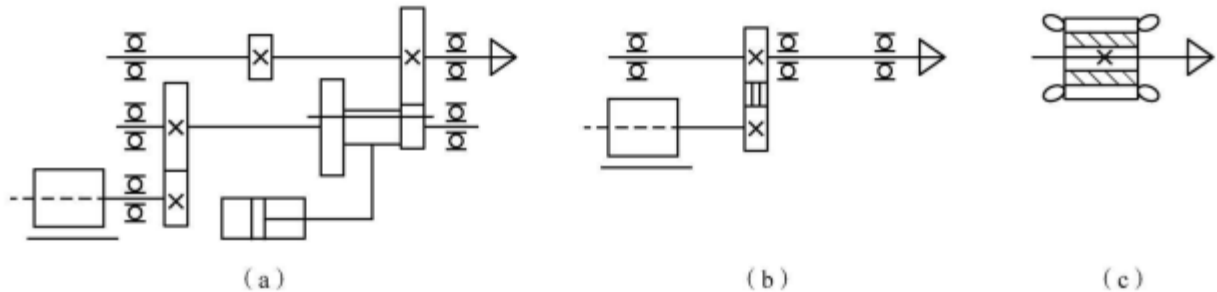


图 1-1-11 主传动形式

(1) 通过变速齿轮的主传动,如图 1-1-11 (a) 所示。通过两对齿轮变速,实现了高、低两挡变速范围,在低挡变速范围扩大了输出转矩,以满足主轴对高输出转矩特性的要求。主轴正反转、启停与制动均是靠直接控制电动机来实现的。滑移齿轮的移位大都采用液压拨叉或直接由液压缸带动齿轮实现。

(2) 通过带传动的主传动,如图 1-1-11 (b) 所示。主要应用在小型数控机床上,由伺服电动机通过皮带直接带动主轴。这种传动方式可以避免齿轮传动所引起的振动与噪声。常用的皮带是同步齿形带,它综合了带、链传动的优点,可实现主动、从动带轮无相对滑动的同步传动。

(3) 电主轴直接驱动,如图 1-1-11 (c) 所示。高速主轴是由内装交流高频伺服电动机直接驱动,又称电主轴,具有转速高、功率大、结构简单,高转速下可保持良好的动平衡。

### 4. 进给部件

进给部件的功能是把伺服电动机的旋转运动转化为工件或刀具沿某一坐标轴方向的直线移动,由传动装置(一般为丝杠螺母副)、导向装置(导轨副)以及支承辅助装置等构成。数控机床进给传动链机械结构组成如图 1-1-12 所示。加工中心工作台进给部件如图 1-1-13 所示。

(1) 传动装置——滚珠丝杠副(图 1-1-14):数控机床的传动丝杠一般采用滚珠丝杠,螺母也采用滚珠螺母,由滚珠丝杠、滚珠螺母、滚珠、反向器等组成的螺旋传动部件。滚珠丝杠螺母副可将伺服电动机的旋转运动转换为车床溜板或铣床工作台的直线运动。

(2) 导向装置——导轨副:导轨副由静导轨(简称导轨)和动导轨(又称导轨滑块,简称滑块)组成,导轨的作用是支撑安装在其上的部件并确保其沿着正确的方向移动。直线导轨副如图 1-1-15 所示。

数控机床常用导轨主要有滚动导轨和贴塑导轨两种。

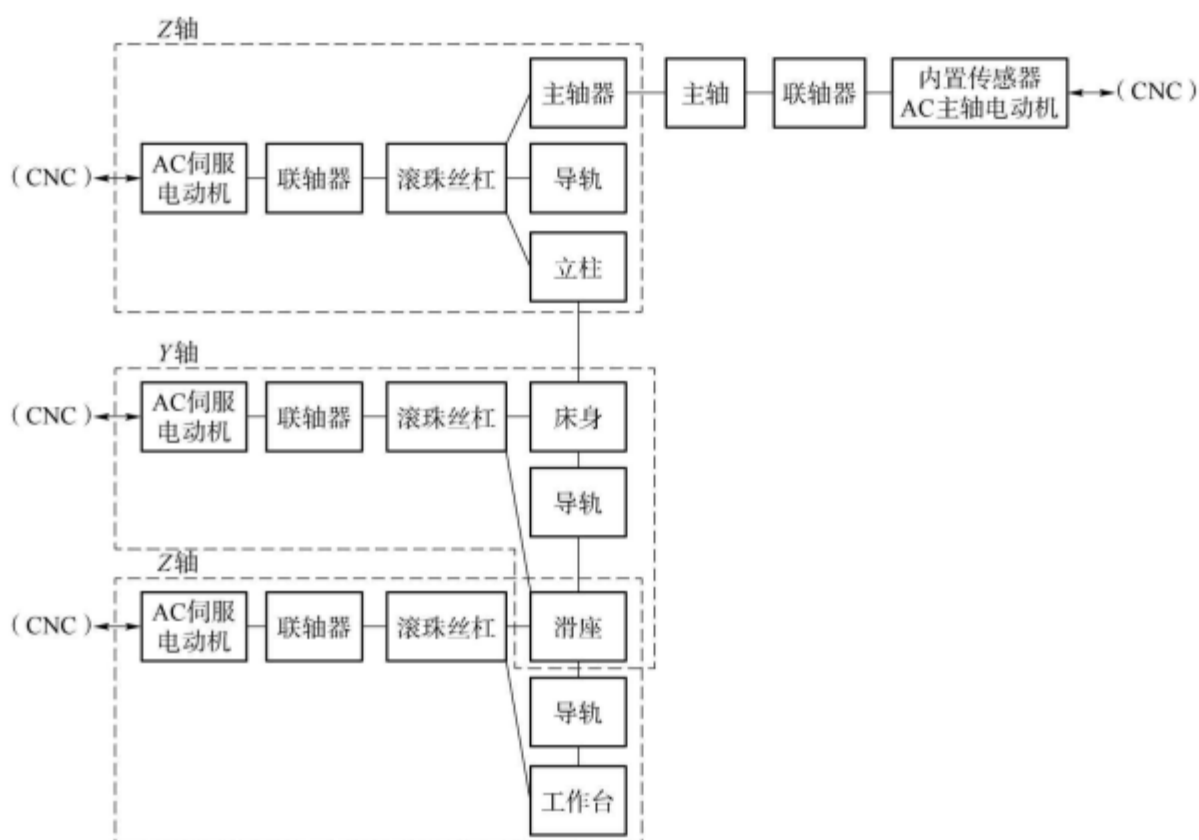


图 1-1-12 数控机床进给传动链机械结构组成

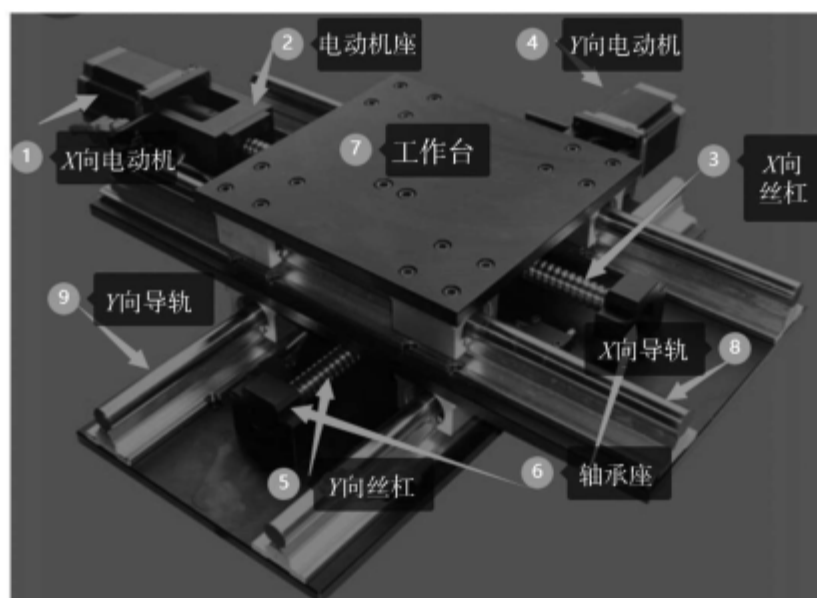


图 1-1-13 加工中心工作台进给部件

滚动导轨副，是由滚动导轨、滚珠及反向器、滑块等组成的导向装置。目前数控机床上使用最多的滚动导轨副是双V形（或称矩形）直线滚动导轨副，受力较小时也可以使用圆柱形直线滚动导轨副（见图 1-1-16）。

贴塑导轨属于滑动导轨，由于其表面贴了一层聚四氟乙烯，良好的摩擦特性和耐磨性，可保证较高的重复定位精度和满足微量进给时无爬行的要求。贴塑导轨具有寿命长、结构简单、成本低、使用方便、吸振性好、刚性好等优点。贴塑导轨如图 1-1-17 所示。

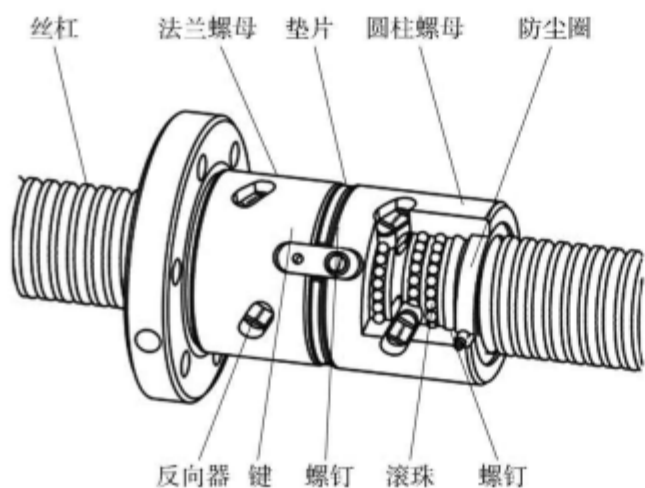


图 1-1-14 滚珠丝杠副

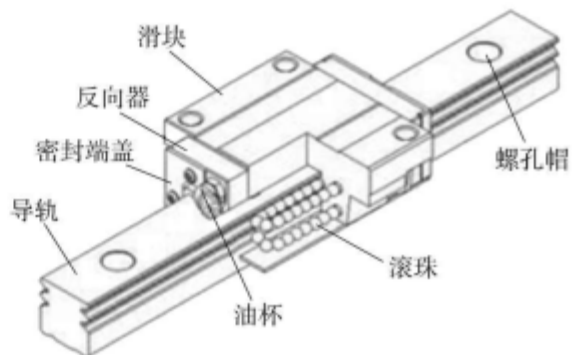


图 1-1-15 直线导轨副

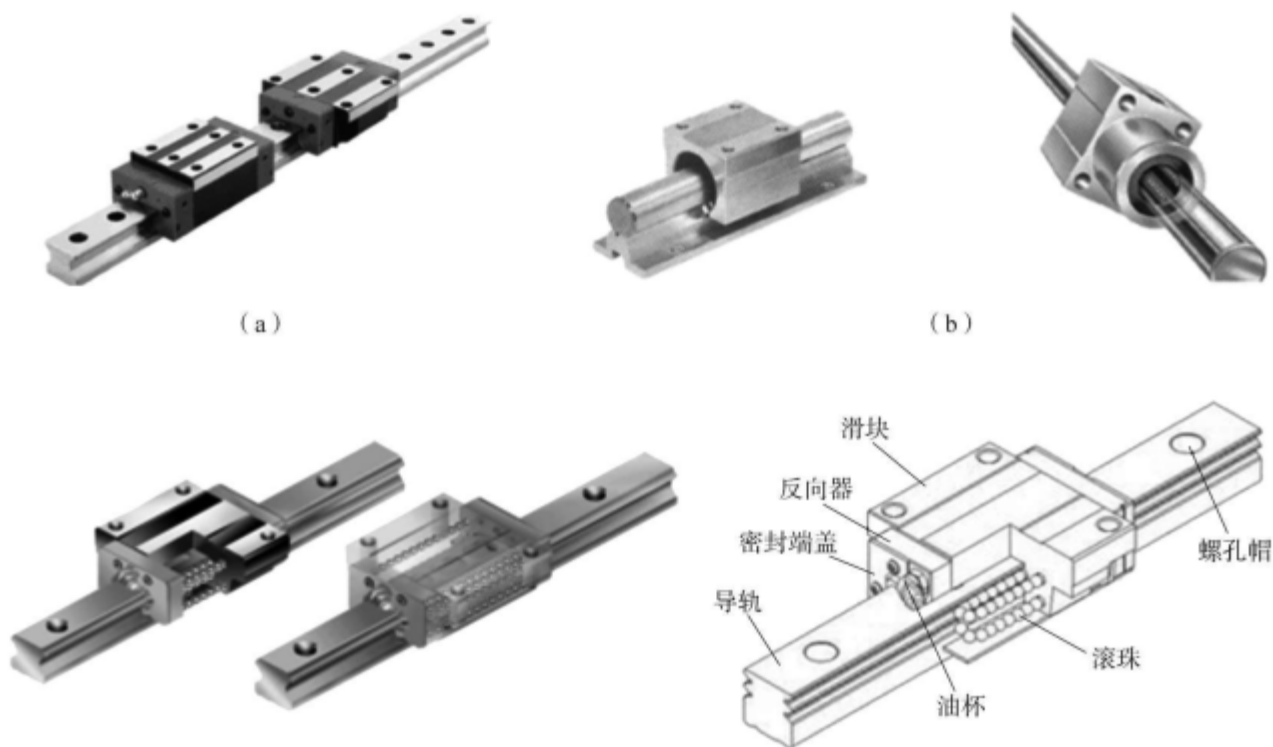


图 1-1-16 滚动导轨副构成

(a) 双 V 形直线滚动导轨副；(b) 圆柱形直线滚动导轨副

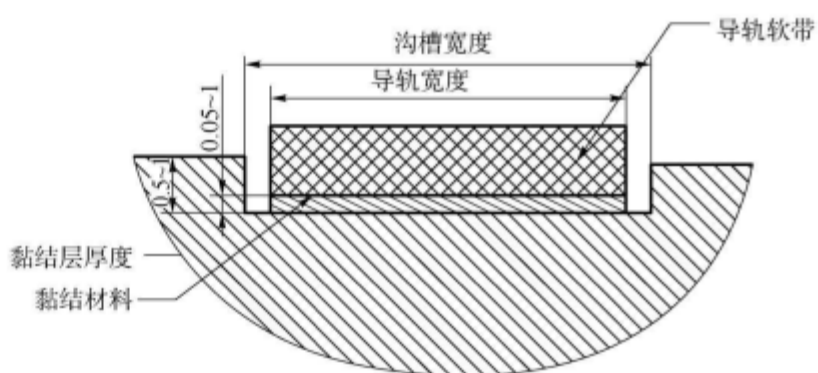


图 1-1-17 贴塑导轨

(3) 支承辅助装置：由电动机座、轴承座、轴承和联轴器等组成，如图 1-1-18 所示。



图 1-1-18 轴承座、电动机座

## 5. 安装部件

(1) 车床夹持部件——把工件装夹在车床上的部件，如卡盘、卡箍、尾座等。

卡盘是车床上用来夹持工件的机械部件，通常有三爪自定心卡盘、四爪单动卡盘，如图 1-1-19 所示。

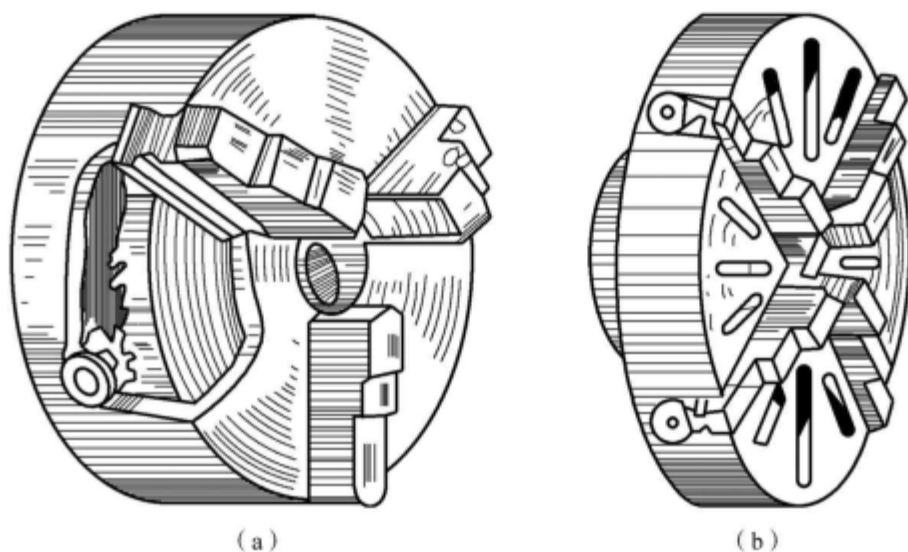


图 1-1-19 卡盘

(a) 三爪卡盘；(b) 四爪卡盘

尾座是用于配合主轴箱支撑工件或工具的机床配件，如图 1-1-20 所示，主要由尾座基体、尾座紧固机构、顶尖套及其驱动机构和顶尖套锁紧装置等 4 部分构成。

(2) 数控铣床承载部件——十字滑台及工作台，如图 1-1-21 所示。

工作台及十字滑台均为高强度铸铁，组织稳定，结构经过机床动力学分析和有限元分析，具有很好的刚性，且结构紧凑。数控工作台用来承载工件，其刚性高低对工件的加工精度有直接影响。

数控工作台能够执行某一个固定坐标轴的进给运动。按照坐标轴的性质，数控工作台可以分为：直线工作台（图 1-1-22 (a)）、回转工作台（图 1-1-22 (b)）和交换工作台。



图 1-1-20 尾座

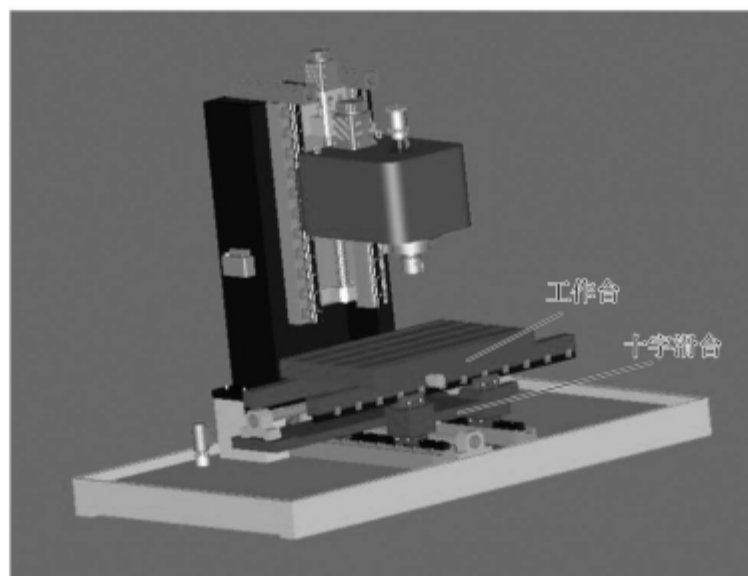
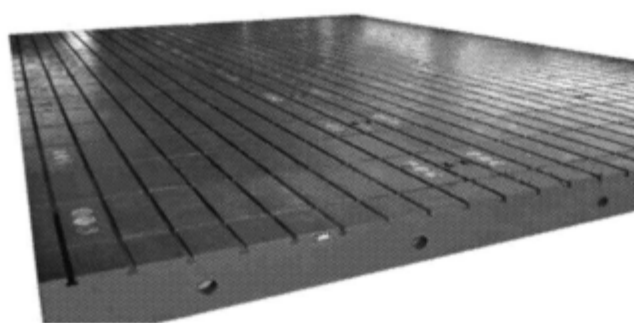


图 1-1-21 工作台及滑台



(a)



(b)

图 1-1-22 工作台类别

(a) 直线工作台; (b) 回转工作台

## 6. 刀辅机构

(1) 数控车床的刀架或刀塔：用来安装夹持刀具，并能够实现刀具转换的机构。

常见数控车床刀架有立式刀架和卧式刀架，立式刀架有四、六工位两种形式，主要用于简易数控车床，如图 1-1-23 (a) 所示；卧式刀架有八、十、十二等工位，如图 1-1-23 (b) 所示，可正、反方向旋转，就近选刀，用于全功能数控车床。

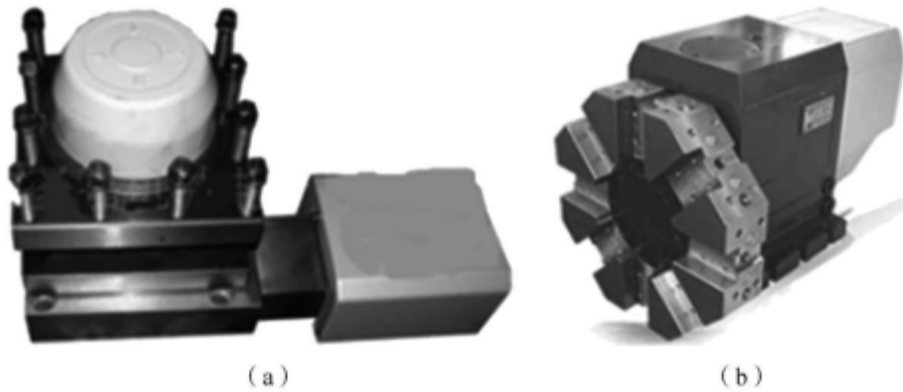


图 1-1-23 数控车床刀架

(a) 四工位立式刀架；(b) 八工位卧式刀架

(2) 加工中心的自动换刀装置：由换刀机构和刀库组成，刀库是实现加工中心机床刀具储备及主轴刀具自动交换的重要功能部件，其储备能力（刀库容量、刀柄型号、刀具尺寸、质量、选刀速度）和换刀性能（换刀速度、动态性能、可能性）等是影响主机水平性能的重要标志。

按刀具储备刀库结构的不同，刀库分为：斗笠式刀库（DL）、圆盘式刀库（YP）、链式刀库（LS）及货架式刀库（HJ）等，如图 1-1-24 所示。

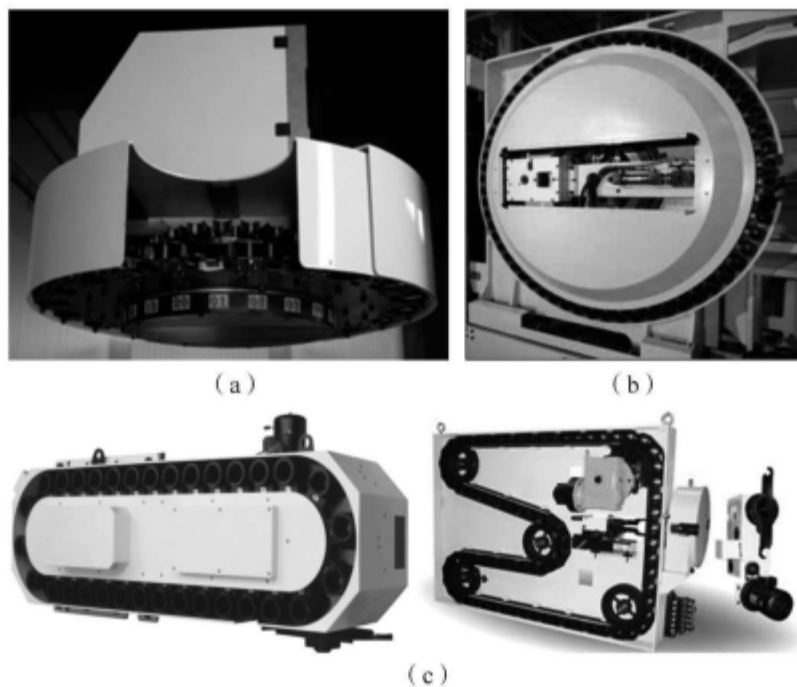


图 1-1-24 加工中心刀库类型

(a) 斗笠式刀库；(b) 圆盘式刀库；(c) 链式刀库

## 任务实施

### (一) 准备工作

#### 1. 实训场所及仪器设备

- (1) 实训场所：数控实训车间或企业现场。
- (2) 实训设备：各类数控机床。

#### 2. 其他

记录纸笔、拍照设备、教材。

### (二) 实施步骤

#### 子任务1 数控机床辨识

- (1) 观察各类数控机床，并进行拍照。
- (2) 对各机床铭牌进行拍照。

#### 子任务2 了解机床部件及其功能

- (1) 数控车床主要功能部件辨识。
- (2) 数控铣床主要功能部件辨识。

### (三) 实施记录

#### 1. 数控机床辨识：记录表（表 1-1-1）填写

实训记录表 1-1-1 数控机床辨识

实训地点：

序号	机床名称	机床铭牌图片	机床照片
1			
2			
3			
4			
5			

#### 2. 数控车床和加工中心机械部件辨识：记录表（表 1-1-2）填写

实训记录表 1-1-2 数控车床机械部件辨识

机床名称/编号：

序号	零部件名称	零部件功能	零部件照片
1	床身		
2	导轨		
3	丝杠		

续表

序号	零部件名称	零部件功能	零部件照片
4	溜板		
5	刀架		
6	主轴		
7	尾座		
8	卡盘		

### 3. 数控铣床/加工中心机械部件辨识：记录表（表 1-1-3）填写

实训记录表 1-1-3 数控铣床/加工中心机械部件辨识

机床名称/编号：

序号	零部件名称	零部件功能	零部件照片
1	床身/底座		
2	导轨		
3	X 轴丝杠		
	Y 轴丝杠		
	Z 轴丝杠		
4	十字滑台		
5	立柱		
6	主轴		
7	工作台		
8	刀库		

## 检查与评估

### 1. 过程检查（表 1-1-4）

表 1-1-4 过程检查表

序号	检查项	自查	教师检查
1	5S 管理： A. 实训之前，是否按时到岗； B. 实训过程中，是否按要求拍照记录； C. 实训之后，是否打扫清洁，仪器设备是否按要求摆放； D. 实训之后，是否按时提交表格（电子版）		
2	规范性检查： A. 照片拍摄是否完整； B. 照片与文字是否对应		