



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

数控车削编程 与加工 (FANUC系统)

SHUKONG CHEXIAO BIANCHENG YU JIAGONG

◎ 朱明松 陶建东 主编



教师免费下载
www.cmpedu.com
配教学资源



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

前言

本书是根据教育部《关于中等职业教育专业技能课教材选题立项的函》(教职成司[2012] 95号),由全国机械职业教育教学指导委员会和机械工业出版社联合组织编写的“十二五”职业教育国家规划教材,是根据教育部于2014年公布的中等职业学校相关专业教学标准,同时参考数控车工职业资格标准编写的。

本书主要介绍数控车削过程中编程与加工的方法与经验,重点强调培养数控车工的实践能力,编写过程中力求体现以下的特色。

1. 本书共设置六个项目,包括数控车床基本操作、轴类零件、套类零件、成形面类零件、螺纹类零件加工,零件综合加工和CAD/CAM加工,每个项目设置多个典型任务。

2. 每个任务以数控加工实践为主线,以典型零件为载体,融入有关数控刀具选择、数控加工工艺路径确定、数控指令与编程方法、数控机床加工、精度测量与尺寸控制等知识,体现“教、学、做”一体的先进教学理念。

3. 每个任务由任务描述、知识目标、技能目标、知识准备、任务实施、检测评分、任务反馈及任务拓展等环节构成,按项目教学进行设计,以提高学生综合职业能力。

4. 每个任务后都设有任务拓展内容,提高学生应用知识解决同类问题的能力。

5. 每个任务后设置有任务反馈环节,让学生总结产生误差项目、分析产生原因及改进措施,增强学生实际解决问题能力,也让教师掌握学生完成任务的状况,改进教学方法。

6. 教材中设有仿真软件使用内容,以南京斯沃数控仿真软件为例开展数控编程与仿真加工教学,弥补部分学校数控设备不足的缺陷。

7. 书中设有CAD/CAM加工与程序传输任务。随着技术发展与进步,CAD/CAM加工在数控车床上应用越来越广,本书以CAXA数控车软件为载体,系统学习CAD/CAM加工流程,拓宽学生知识面、就业面,保持与企业技术进步同步。

8. 每个项目完成后都设置有项目小结,设置有一定数量填空题、判断题、选择题、问答题及加工训练题,以检测学生对相关理论知识掌握情况及增加业余加工编程与训练内容。

本书主要教学内容及参考学时安排如下:

项 目	任 务	参考课时	合 计
项目一 数控车床基本操作	任务一 认识数控车床	6	20
	任务二 数控车床的开机与回零	4	
	任务三 数控程序的输入与编辑	4	
	任务四 数控车床对刀操作	4	
	任务五 数控车削仿真加工	2	



(续)

项 目	任 务	参考课时	合 计
项目二 轴类零件加工	任务一 简单阶梯轴的加工	6	22
	任务二 外圆锥轴的加工	6	
	任务三 多槽轴的加工	6	
	任务四 多阶梯轴的加工	4	
项目三 套类零件加工	任务一 通孔轴套的加工	6	16
	任务二 阶梯孔轴套的加工	6	
	任务三 锥孔轴套的加工	4	
项目四 成形面类零件加工	任务一 凹圆弧滚压轴的加工	6	16
	任务二 球头拉杆的加工	6	
	任务三 球面管接头的加工	4	
项目五 螺纹类零件加工	任务一 圆柱螺栓的加工	6	16
	任务二 圆锥螺栓的加工	6	
	任务三 圆螺母的加工	4	
项目六 零件综合加工和 CAD/ CAM 加工	任务一 法兰盘的加工	4	14
	任务二 螺纹管接头的加工	4	
	任务三 圆头电动机轴的 CAD/CAM 加工	6	
合 计		104	

本书由南京六合中等专业学校朱明松、南京市职业教育教学研究室陶建东任主编，南京六合中等专业学校潘世毅、陈飞飞、王立云，贵州机械工业学校程沛秀参与了本书的编写。本书经全国职业教育教材审定委员会审定，评审专家对本书提出了宝贵的建议，在此对他们表示衷心的感谢！编写过程中，编者参阅了国内外出版的有关教材和资料，在此一并表示衷心感谢！

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者



目 录

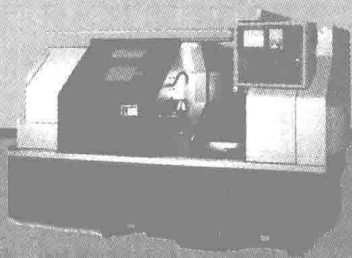
前言

项目一 数控车床基本操作	1
任务一 认识数控车床	1
任务二 数控车床的开机与回零	13
任务三 数控程序的输入与编辑	19
任务四 数控车床对刀操作	26
任务五 数控车削仿真加工	35
项目小结	42
思考与练习	42
项目二 轴类零件加工	49
任务一 简单阶梯轴的加工	50
任务二 外圆锥轴的加工	59
任务三 多槽轴的加工	67
任务四 多阶梯轴的加工	77
项目小结	87
思考与练习	87
项目三 套类零件加工	94
任务一 通孔轴套的加工	94
任务二 阶梯孔轴套的加工	104
任务三 锥孔轴套的加工	112
项目小结	122
思考与练习	122
项目四 成形面类零件加工	126
任务一 凹圆弧滚压轴的加工	126
任务二 球头拉杆的加工	137
任务三 球面管接头的加工	145
项目小结	152
思考与练习	153
项目五 螺纹类零件加工	157
任务一 圆柱螺塞的加工	157
任务二 圆锥螺塞的加工	169
任务三 圆螺母的加工	178
项目小结	186
思考与练习	186



项目六 零件综合加工和 CAD/CAM 加工	190
任务一 法兰盘的加工	190
任务二 螺纹管接头的加工	201
任务三 圆头电动机轴的 CAD/CAM 加工	210
项目小结	221
思考与练习	221
附录 FANUC 系统与 SIEMENS 系统指令一览表	225
参考文献	227





项目一

数控车床基本操作

数控车床是计算机数字控制（Computerized Numerical Control, CNC）机床的一种，它按照技术人员事先编好的程序来自动加工各种形状的零件。由于数控车床具有加工精度高、质量稳定、效率高等优点，越来越多的企业用数控车床替代普通车床作为零件加工主要设备。了解数控车床的结构、原理，掌握数控车床的使用方法，已成为机械行业技术推广的重要方面。

学习目标

- ➡ 了解数控车床的结构、种类、特点及应用。
- ➡ 熟悉机床坐标系、工件坐标系、数控程序等理论知识。
- ➡ 掌握安全生产、文明生产知识，养成良好的职业习惯。
- ➡ 掌握数控车床安全操作规程。
- ➡ 会对数控车床进行简单的维护和保养。
- ➡ 会操作数控系统面板和机床操作面板。
- ➡ 会进行手工输入数控程序及编辑数控程序。
- ➡ 会进行外圆车刀的对刀操作。
- ➡ 会应用数控仿真软件进行模拟加工。

任务一 认识数控车床

任务描述

认识数控车床的型号、种类、结构、主要加工内容及特点，熟悉 FANUC（法那科）0i Mate-TD 数控系统面板按键及机床操作面板按键功能。

知识目标

- ➡ 1. 了解数控车床的型号及种类
- ➡ 2. 熟悉数控车床的结构及主要部件功能
- ➡ 3. 了解数控车床的加工特点
- ➡ 4. 了解数控车床的主要加工内容



技能目标

- ➡ 1. 能识别各种数控车床
- ➡ 2. 熟悉 FANUC Oi Mate-TD 数控系统面板按键功能及界面切换方法
- ➡ 3. 熟悉 FANUC Oi Mate-TD 数控机床操作面板按键功能

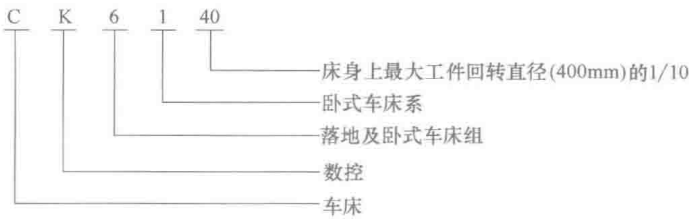


知识准备

认识数控车床，首先应观察机床外形及型号，然后分析、了解数控车床的主要结构、加工特点、加工内容，认识数控车床操作面板的按键功能。

1. 数控车床的型号

数控车床的型号表示采用《金属切削机床 型号编制方法》标准（GB/T 15375—2008），由字母及一组数字组成。例如，数控车床代号为 CK6140，含义如下：

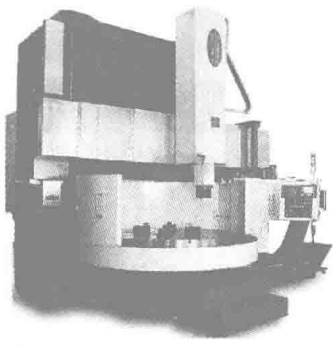
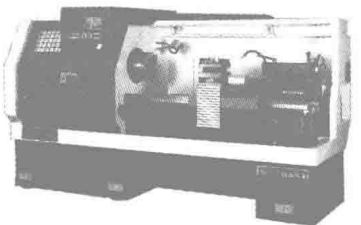


2. 数控车床的种类

数控车床根据不同的分类方法有不同的种类，现按主轴位置、数控系统、数控车床功能分有以下几类。

（1）按主轴位置分类 按主轴位置分类，数控车床有立式数控车床和卧式数控车床两大类，其中卧式数控车床又有水平导轨式和倾斜导轨式两种。立式、卧式数控车床外形及特点见表 1-1。

表 1-1 立式、卧式数控车床外形及特点

类别	外 形	特 点
立式数控车床 (数控立式车床)		主轴处于垂直位置，其上有一直径很大的圆形工作台，工件装夹在圆形工作台上，刀具装夹在横梁刀架上。用于加工径向尺寸较大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件
水平导轨卧 式数控车床		主轴与导轨均处于水平位置，与普通车床类似，用于普通车床数字化改造及经济型数控车床



(续)

类别	外形	特点
倾斜导轨卧式数控车床		主轴处于水平位置,导轨处于倾斜位置,机床刚性大,加工排屑方便,用于全功能数控车床及车削加工中心

(2) 按数控系统分类 按数控系统分类,常用的有 FANUC (法那科) 数控系统车床、SIEMENS (西门子) 数控系统车床、华中数控系统 车床、广数系统 车床等。每一种数控系统又有多种型号。本书如无特殊说明,均以 FANUC Oi Mate-TD 系统为例进行介绍。常见的数控系统面板外形见表 1-2。

表 1-2 常见的数控系统面板外形

数控系统	面板外形
FANUC Oi Mate	
SIEMENS(西门子)数控系统	
华中数控系统	

(续)

数控系统	面板外形
广数系统	

(3) 按数控车床的功能分类 按数控车床的功能分类，数控车床可分为经济型数控车床、全功能数控车床、车削加工中心和 FMC 车削单元等，其特点及应用见表 1-3。

表 1-3 数控车床种类、特点及应用

数控车床种类	特点及应用
经济型数控车床	经济型数控车床结构布局与普通车床相似，早期采用步进电动机驱动的开环伺服系统，控制部分采用单板机或单片机，显示系统采用数码管或简单的 CRT 字符显示，自动化程度和功能都比较差，加工精度也不高。随着技术进步，经济型数控车床功能有很大的发展，如采用进给伺服电动机驱动的半闭环控制系统，配备功能较强的通用数控系统和 CRT，控制功能和加工精度都大大提高
全功能数控车床	全功能数控车床广泛采用伺服电动机驱动的半闭环、闭环控制系统，机床结构采用专门设计的倾斜床身、液压卡盘及液压尾座等，其加工精度和自动化程度大大提高
车削加工中心	以全功能数控车床为基础，配置刀库、换刀装置、铣削动力头和副主轴（C 轴），实现多工序的复合加工。在一次装夹后，可以完成回转类零件的车、铣、钻、铰、攻螺纹等多种加工工序，功能全面，但价格较高
FMC 车削单元	FMC 车削单元是一个由数控车削加工中心和工业机器人组成的柔性加工单元，不仅可以完成零件自动加工，还可实现工件搬运、装卸的自动化和加工调整准备的自动化

除此以外，数控车床还可以按照控制方式分为开环控制系统、半闭环控制系统、闭环控制系统的数控车床；按照装夹工件方式又分为卡盘式数控车床和顶尖式数控车床；按照刀架数分为单刀架数控车床和双刀架数控车床等。

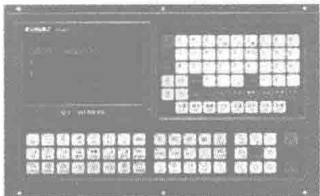
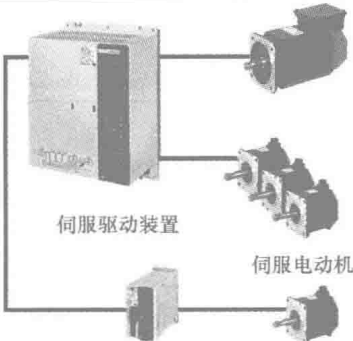
3. 数控车床的结构和功能

数控车床由车床主体、控制部分、驱动部分、辅助部分组成，见表 1-4。

表 1-4 数控车床的组成部分

序号	组成部分	说 明	图 例
1	车床主体	车床主体部分是数控车床的基础件，由床身、主轴箱与主轴部件、进给箱与滚珠丝杠、导轨、刀架、尾座等组成	

(续)

序号	组成部分	说 明	图 例
2	控制部分	它是数控车床的控制核心,由各种数控系统完成对数控车床的控制	 法那科数控系统
3	驱动部分	驱动部分是数控车床执行机构的驱动部件,由伺服驱动装置和伺服电动机组成	 伺服驱动装置 伺服电动机
4	辅助部分	完成数控加工辅助动作的装置,由冷却系统、润滑系统、照明系统、自动排屑系统、防护罩等组成	 液压冷却泵 数控机床润滑泵

4. 数控车床传动系统

数控车床传动路线较普通车床大大缩短,这有利于减少传动误差,提高精度。数控车床传动路线如图 1-1 所示。

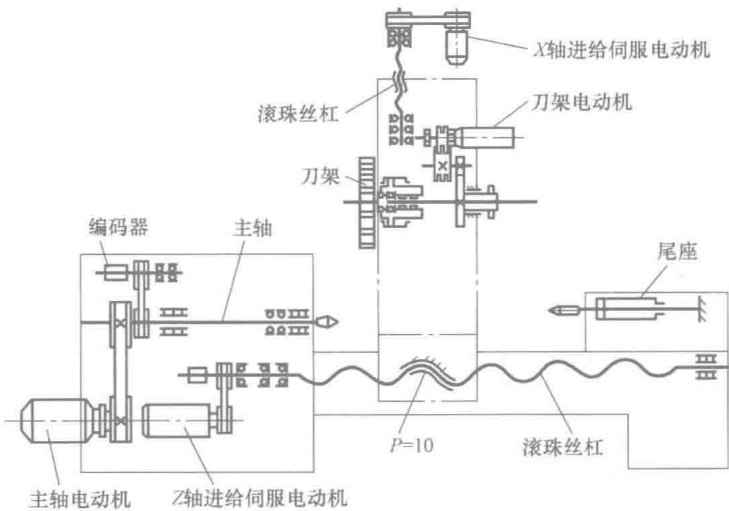


图 1-1 数控车床传动路线



5. 数控车床的加工特点

数控车床的加工特点见表 1-5。

表 1-5 数控车床的加工特点

序号	特 点	说 明
1	加工精度高、质量稳定	数控车床按照预定的加工程序自动加工工件,加工过程中消除了操作者人为的操作误差,能保证零件加工质量的一致性;利用反馈系统进行校正及补偿加工精度,可以获得比机床自身精度还要高的加工精度及重复精度
2	能加工复杂型面	数控车床能实现两坐标轴联动,容易实现许多普通车床难以完成甚至无法完成的曲线、曲面构成的回转体加工及非标准螺距螺纹、变螺距螺纹加工
3	适应性强	只需重新编写(或修改)数控加工程序即可实现对新零件的加工,不需要重新设计模具、夹具等工艺装备,适用于多品种、小批量零件的生产及新产品试制
4	生产率高	数控车床结构刚性好,主轴转速高,可以进行大切削用量的强力切削;此外,机床移动部件的空行程运动速度高,加工时所需的切削时间和辅助时间均比普通机床少,生产率比普通机床高 2~3 倍;加工形状复杂的零件时,生产率可高达十几倍到几十倍
5	自动化程度高、工人劳动强度低	数控车床上加工零件,操作者除了输入程序、装卸工件、对刀、关键工序的中间检测等,不需要进行其他复杂的手工操作,劳动强度和紧张程度均大大减轻;此外,机床上一般都具有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却等装置,操作者的劳动条件也大为改善
6	经济效益高	单件、小批量生产情况下,使用数控车床可以减少划线、调整、检验时间,节省了工艺装备,减少生产费用,从而获得良好的经济效益;加工精度稳定,废品率低,大批量生产经济效益也高;此外,数控机床还可以实现一机多用,节省厂房,节省建厂投资等
7	有利于生产管理的现代化	用数控车床加工零件,能准确地计算零件的加工工时,有效地简化了检验和工夹具、半成品的管理工作;加工及操作均使用数字信息与标准代码输入,目前已成为计算机辅助设计、制造及管理一体化的基础

6. 数控车床加工的应用范围

数控车床主要用于轴类、套类、盘类等回转体零件的加工,如各种内外圆柱面、内外圆锥面、圆柱螺纹、圆锥螺纹的加工及切槽、钻孔、扩孔、铰孔等工序,它还可用于普通车床上不能完成的由各种曲线构成的回转面、非标准螺纹、变螺距螺纹等表面加工。车削加工中心还可以完成径向和轴向平面铣削、曲面铣削、中心线与零件回转中心不重合的端面孔和径向孔的钻削加工等。

7. FANUC Oi Mate-TD 系统数控车床的操作面板功能

(1) FANUC Oi Mate-TD 数控系统面板功能 图 1-2 所示为 FANUC Oi Mate-TD 数控系统面板。



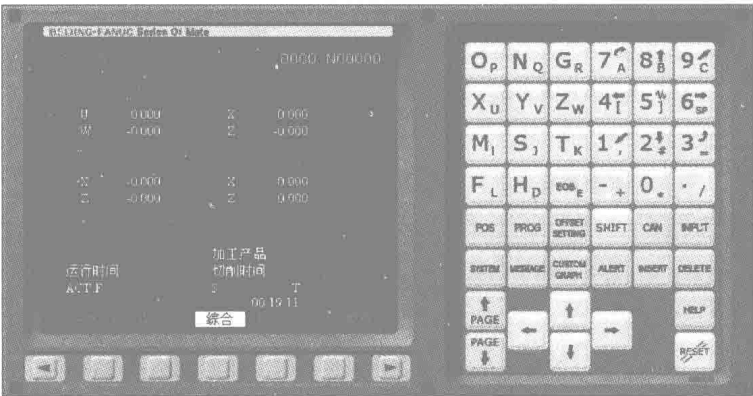


图 1-2 FANUC Oi Mate 数控系统面板

面板按键及其功能见表 1-6。

表 1-6 FANUC Oi Mate 数控系统面板按键及其功能

按 键		功 能
O_P N_Q G_R 7_A 8_B 9_C X_U Y_V Z_W 4_T 5_W 6_{SP} M_I S_J T_K 1_F 2_I 3_J F_L H_D EOB_E - + 0 . /		数字/字母键。用于输入数据到输入区域,通过 SHIFT (上档)键切换字母和数字键的输入
编辑键	ALERT	替换键。用输入的数据替换光标所在的数据
	DELETE	删除键。删除光标所在的数据;删除一个程序或全部程序
	INSERT	插入键。把输入区之中的数据插入到当前光标之后的位置
	CAN	取消键。消除输入区内的数据
	EOB_E	回车换行键。结束一段程序的输入并且换行
	SHIFT	上档键。用于切换数字/字母键中的输入字符
页面切换键	PROG	程序显示与编辑页面
	POS	位置显示页面。位置显示有三种方式,用翻页键选择
	OFFSET SETTING	显示参数输入页面。按第一次进入坐标系设置页面,按第二次进入刀具补偿参数页面。进入不同的页面以后,可用翻页键切换
	SYSTEM	显示系统参数页面



(续)

按 键		功 能
页面切换键		显示信息页面,如“报警”信息
		显示图形参数设置页面
		显示系统帮助页面
翻页键		向上翻页
		向下翻页
光标移动键		向上移动光标
		向左移动光标
		向下移动光标
		向右移动光标
输入键和复位键		输入键。把输入区内的数据输入参数页面
		复位键

(2) 机床操作面板 机床操作面板如图 1-3 所示,主要用于控制机床的运动和选择机床运行状态,由模式选择旋钮、数控程序运行控制开关等多个部分组成,每一部分的详细说明见表 1-7。

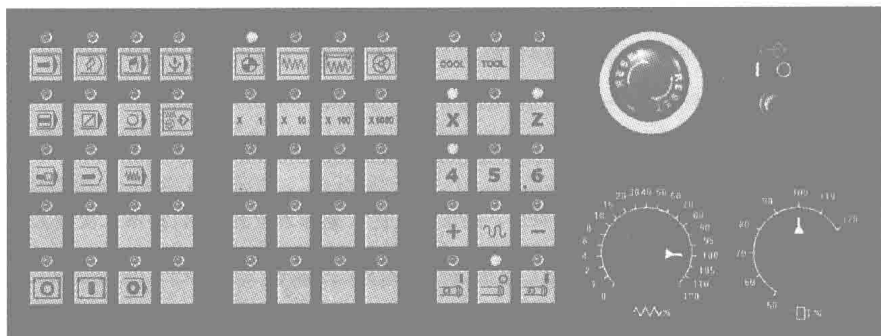


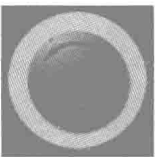


表 1-7 机床操作面板按键或旋钮的功能及含义

按键或旋钮	功能及含义
	AUTO(MEM)键(自动模式键):进入自动加工模式
	EDIT 键(编辑键):用于直接通过操作面板输入数控程序和编辑程序
	MDI 键(手动数据输入键):用于直接通过操作面板输入数控程序和编辑程序
	文件传输键:通过 RS232 接口把数控系统与计算机相连并传输文件
	REF 键(回参考点键):通过手动回机床参考点
	JOG 键(手动模式键):通过手动连续移动各轴
	INC 键(增量进给键):手动脉冲方式进给
	HANDLE 键(手轮进给键):按此键切换成通过手摇轮移动各坐标轴
	切削液开关键:按下此键,切削液开
	刀具选择键:按下此键,在刀库中选刀
	SINGL 键(单段执行键):自动加工模式和 MDI 模式中,单段运行
	程序段跳选键:在自动模式下按此键,跳过程序段开头带有“/”的程序
	程序停键:自动模式下按下此键,遇到 M00 指令时程序停止
	程序重启键:由于刀具破损等原因程序自动停止后,按下此键,程序可以从指定的程序段重新启动
	机床锁住开关键:按下此键,机床各轴被锁住
	空运行键:按下此键,各轴以固定的速度快速运动
	机床主轴手动控制开关:手动模式下按此键,主轴正转
	机床主轴手动控制开关:手动模式下按此键,主轴停



(续)

按键或旋钮	功能及含义
	机床主轴手动控制开关:手动模式下按此键,主轴反转
	循环(数控)停止键:数控程序运行中,按下此键,停止程序运行
	循环(数控)启动键:在“ AUTO”或“ MDI”工作模式下按此键,启动自动加工程序,其余时间按下无效
	X 轴方向手动进给键
	Z 轴方向手动进给键
	正方向进给键
	快速进给键,手动方式下同时按住此键和一个坐标轴点动方向键,坐标轴以快速进给速度移动
	负方向进给键
	选择手动移动(步进增量方式)时每一步的距离。X1 为 0.001mm
	选择手动移动(步进增量方式)时每一步的距离。X10 为 0.01mm
	选择手动移动(步进增量方式)时每一步的距离。X100 为 0.1mm
	选择手动移动(步进增量方式)时每一步的距离。X1000 为 1mm
	程序编辑开关:置于“ON”或“I”位置,可编辑程序;置于“O”位置,程序保护状态,不可编辑
	进给速度(F)调节旋钮:调节进给速度,调节范围为 0~120%
	主轴转速调节旋钮:调节主轴转速,调节范围为 50%~120%
	紧急停止按钮:按下此按钮,可使机床和数控系统紧急停止,按指示箭头方向旋转按钮可释放





8. 安全文明生产知识

(1) 着装要求 正确穿戴工作服、工作鞋、防护眼镜、工作帽等劳动保护用品,女同学必须将头发塞入帽中,以免发生事故;时时佩戴防护眼镜,防止切屑飞溅,损伤眼睛。

(2) 纪律要求 严格听从实习指导教师安排,严格遵守上课纪律,不迟到,不早退,坚守岗位,不串岗、离岗,严禁在车间打闹、嬉戏。

(3) 安全防护要求 牢固树立安全意识,对不熟悉的设备、设施、按钮,不私自乱开乱动,不做有安全隐患的各种操作;在车间不慎受伤,应及时处理并尽快向指导教师汇报。

(4) 行为习惯和工作态度要求 认真聆听老师的每一步讲解,认真按老师的示范进行操作,认真执行岗位职责,严格遵守机床操作规程,不做与岗位无关的任何事情。

(5) 团队合作要求 能与他人和睦相处,学会与他人共事,能尊重、理解、帮助他人,能坦然面对竞争。

任务实施

本任务是认识数控车床型号、种类、结构、特点、加工内容及 FANUC Oi Mate-TD 数控系统面板按键功能。实施任务需具备一定的条件,如各种类型数控车床、数控车床加工实例、数控仿真软件等,根据具体情况采用以下方法和步骤。

1. 实施方法及途径

通过参观数控实训车间或本地数控加工企业等形式认识数控车床,也可通过上网查询、老师提供图片、影印资料等途径来弥补设备的不足。对于数控系统面板按钮功能,主要通过上机实际操作或采用仿真软件来认识。

2. 实施步骤

1) 进行安全文明生产知识教育和纪律教育。

2) 认识数控车床型号、种类、特点。

① 记录并分析数控车床型号、加工零件形状、结构。

② 记录所看到的数控车床种类,分析其特点。

③ 分析数控车床加工内容。

3) 认识数控车床各部分结构、功能。

① 观察数控车床整机。分析数控车床数控系统、床身组件、各部分结构及位置。

② 认识主轴箱。观察主运动传动组成,观察其内部构造,分析其工作原理。

③ 认识 X、Z 向运动部件。观察进给传动组成、传动过程及特点。

④ 认识刀架。了解其使用方法,熟悉其功能。

⑤ 认识尾座。了解其使用方法,分析其工作原理。

⑥ 认识数控车床的辅助装置组成。

4) 认识 FANUC Oi Mate-TD 系统数控车床的操作面板功能。

① 认识数控系统面板各按键功能。

② 认识机床操作面板各按键功能。

③ 数控系统操作界面切换。

检测评分

将学生任务完成情况的检测与评分填入表 1-8 中。