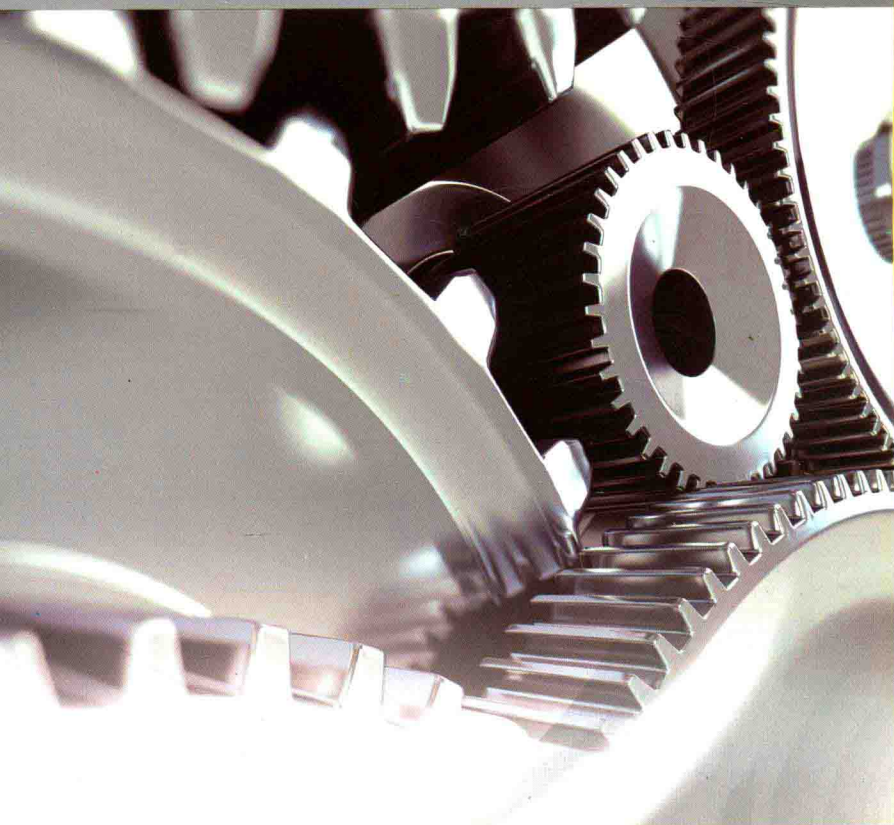


中等职业教育机械类专业“十二五”规划教材
中等职业教育改革创新教材

数控车削加工与 实训一体化教程

SHUKONG CHEXIAO JIAGONG YU
SHIXUN YITI HUA JIAOCHENG

张添孝 © 主编



配教学资源



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

中等职业教育机械类专业“十二五”规划教材
中等职业教育改革创新教材

数控车削加工与实训一体化教程

主 编 张添孝
副主编 刘建新 孙秀梅
参 编 纪红云 徐承亮 史 磊 赵 斌
贾小宁 王林强 林 斌 孟庆荣
主 审 吴 霞



机械工业出版社

本书以国家职业标准《数控车工》(中级)规定的知识和技能要求为基本目标,参照企业数控车工及相关岗位的职业技能要求,将数控车削加工的基本理论与加工操作融为一体,以操作能力的培养为重点,按照任务驱动的教学方法编排内容,注重学生专业能力和综合素质的培养。

本书共分8个模块,选用了技术先进、市场份额占有量大的FANUC系统作为加工平台,对数控车床加工知识和操作技能进行剖析。本书内容包括数控车削加工基础、简单轴类零件编程与加工、简单孔类零件编程与加工、复杂轮廓零件编程与加工、槽和螺纹的编程与加工、数控车削综合实例、自动编程与数控DNC网络应用、中级数控车工职业技能训练。

本书既可作为中等职业院校数控类专业的工学一体化教材,也可作为数控岗位培训用书,还可供相关专业技术人员自学使用或参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控车削加工与实训一体化教程/张添孝主编.

—北京:机械工业出版社,2014.7

中等职业教育机械类专业“十二五”规划教材 中等
职业教育改革创新教材

ISBN 978-7-111-47185-1

I. ①数… II. ①张… III. ①数控机床—车床—车削
—加工工艺—中等专业学校—教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第140720号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:汪光灿 责任编辑:王莉娜

版式设计:霍永明 责任校对:张征

封面设计:张静 责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2015年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·14.75印张·325千字

0001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-47185-1

定价:32.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

中等职业教育机械类专业“十二五”规划教材编委会

主 任：于万成

副主任：于光明 孙明红 刘其伟 王桂莲 汪光灿 张添孝

委 员（排名不分先后）：

姚建平 柴 华 李志江 苗长兵 李银生 孙秀梅

信玉芬 葛宪金 樊明涛 李 昊 张建起 赵焰平

段接会 陈锡宗 何钻敏 苏 伟 朱红梅 于 水

冯 斌 薛 峰 王 贤 罗建新 高洪辉 安 珂

王寒里 朱来发 王 姬 李宝玲 李 召 余娅梅

张尔薇 朱学明 荆荣霞 许鹏飞 张英臣 张 静

马 超 马永清 卓良福

秘 书：齐志刚 王佳玮

为了贯彻《国务院关于大力发展职业教育的决定》，落实国务院关于加快数控类人才培养的重要指示精神，满足数控行业发展对一线技能型人才的需求，教育部决定实施“职业院校数控行业技能型紧缺人才培养培训工程”，全面提高教育教学质量，制定职业教育数控行业技能型紧缺人才培养培训教学方案(以下简称方案)。本书按照“方案”要求，配合教育部中等职业教育“十二五”规划教材建设工作的开展，针对职业教育和教学模式的需要。以就业为导向，紧紧围绕“以能力为本位、以任务为主体、以职业实践为主线的模块化课程体系”的课程改革理念，结合岗位实际和职业技能鉴定考核标准编写而成。

本书具有以下特点。

1. 充分注重调动学生的学习兴趣

中职学生普遍缺乏理论知识学习的兴趣。本书针对理论知识入门教学难的特点，采用了任务驱动教学法，让学生以完成工作任务为目标来获取相应的理论知识，将理论知识教学与加工实践紧密结合，从而真正做到“做中学、学中做、做中教、教中做”。让学生首先“有兴趣”，充分调动学生的学习积极性；再让老师“教得好”，学生“学得来”，最终达到增强教学效果的目的。

2. 以任务为载体来有机地融合数控车工知识

本书以典型零件的加工任务为载体设计教学内容，除了包含与典型零件加工相关的数控编程基本知识外，还融合了安全与规范操作，刀具、夹具、量具的相关知识及使用，数控加工工艺以及工作过程等知识。

3. 注重循序渐进自主学习模式的构建

教学组织突破了“先理论、后实训”的模式，通过精心的教学设计，将专业理论知识的教学与加工训练、教学互动等多种教学形式融为一体，实现教学形式的灵活切换。学生参与互动、训练的时间将占总学时的近80%，在专业入门学习阶段即可实行以学生为主体的教学模式。

4. 注重关键能力培养方法的创新与设计

将抽象的关键能力转变为可以操作的教学活动，如“说”“写”“归纳”“组织协调”能力等，将其作为基本的教学能力融入教学过程，从而实现培养综合能力的教学目标。

本书按照工学一体化的教学模式设计教学内容，在激发学生的学习兴趣、调动学生参与互动的热情、引导学生自主学习上采取了多项创新举措。其中：“课堂互动”包含了与链接知识相关的互动引导，便于学生更好地理解知识，培养思考问题、分析问题的方法；实践操作过程采用“派工单”的形式给定工件加工方案，并采用“小贴士”形式进行

“操作提示”，帮助学生顺利进行零件的加工并避免安全事故的发生；零件加工完成后让学生先进行自测评分等。这些都是本书的特色及创新点。

5. 注重培养学生的职业规范和综合职业素养

将安全和规范教育作为重中之重的教学内容，将其融入各个教学环节之中，培养规范意识和综合职业素养，即：只要在工作或实习、实训岗位就必须注意安全规范、就必须检测工件质量，就必须保持环境与设备整洁；注重工件加工方案的应用；注重培养学生节约资源的意识；注重培养学生的团队协作精神和组织协调能力。

6. 突出系统性、实用性和通俗性

全书各部分联系紧密，并精选大量经过实践验证的典型实例。同时，将中级数控车工职业技能鉴定标准引入教学实训，把数控车床编程与操作项目教程的职业技能鉴定内容和国家职业标准相结合、相统一，满足上岗培训和就业的需要。为适应市场需求，在数控系统选型上，注重了市场应用的普遍性，选择目前在数控车床上使用最普遍的 FANUC 数控系统，以期通过典型数控系统的编程、操作和加工，在今后的工作中能起到触类旁通的作用。

本书推荐学时为 280 学时，教师在组织教学时，可根据实际情况对知识内容作适当调整。每个模块后面的“思考与训练”既可作为学生课后复习、训练的题目，也可作为课堂上学有余力的学生拓展学习的内容。

本书由张添孝担任主编，刘建新、孙秀梅担任副主编，吴霞担任主审。纪红云、徐承亮、史磊、赵斌、贾小宁、王林强、林斌、孟庆荣参与了本书的编写。在此，向为本书出版付出辛勤劳动的老师表示衷心的感谢。

由于本书是职业教育课程改革的探索，而且编者水平有限，疏漏和不妥之处在所难免，恳望广大读者批评指正。

编者

参考学时

教学内容	总学时	讲授	实训
模块一 数控车削加工基础			
任务一 数控车床概述		4	
任务二 数控车床安全操作与保养		2	
任务三 数控车削编程与操作基础（一）	30	4	2
任务四 数控车削编程与操作基础（二）		2	2
任务五 数控车削编程与操作基础（三）		2	4
任务六 数控车削模拟操作基础		2	6
模块二 简单轴类零件编程与加工			
任务一 数控车削加工工艺基础		2	4
任务二 G00、G01 指令的应用	34	2	6
任务三 G90、G94 指令的应用		2	8
任务四 G02、G03 指令的应用		2	8

(续)

教学内容	总学时	讲授	实训
模块三 简单孔类零件编程与加工			
任务一 直孔加工	24	2	10
任务二 简单内轮廓加工		2	10
模块四 复杂轮廓零件编程与加工			
任务一 轴向粗车循环加工	42	4	12
任务二 径向粗车循环加工		2	10
任务三 多次成形粗车循环加工		2	12
模块五 槽和螺纹的编程与加工			
任务一 切槽加工	26	2	10
任务二 螺纹加工		2	12
模块六 数控车削综合实例			
任务一 中级技能加工实例(一)	38	2	18
任务二 中级技能加工实例(二)		2	16
模块七 自动编程与数控 DNC 网络应用			
任务一 自动编程	26	4	18
任务二 数控 DNC 网络应用		2	2
模块八 中级数控车工职业技能训练			
任务一 中级数控车工理论知识	60	10	50
任务二 中级数控车工专业技能			
合计	280	60	220

前言

模块一 数控车削加工基础	1
任务一 数控车床概述	1
任务二 数控车床安全操作与保养	6
任务三 数控车削编程与操作基础 (一)	8
任务四 数控车削编程与操作基础 (二)	14
任务五 数控车削编程与操作基础 (三)	18
任务六 数控车削模拟操作基础	22
思考与训练	31
模块二 简单轴类零件编程与加工	32
任务一 数控车削加工工艺基础	32
任务二 G00、G01 指令的应用	39
任务三 G90、G94 指令的应用	45
任务四 G02、G03 指令的应用	51
思考与训练	57
模块三 简单孔类零件编程与加工	59
任务一 直孔加工	60
任务二 简单内轮廓加工	69
思考与训练	77
模块四 复杂轮廓零件编程与加工	78
任务一 轴向粗车循环加工	79
任务二 径向粗车循环加工	86
任务三 多次成形粗车循环加工	93
思考与训练	100
模块五 槽和螺纹的编程与加工	102
任务一 切槽加工	103
任务二 螺纹加工	109
思考与训练	120

模块六 数控车削综合实例	121
任务一 中级技能加工实例（一）	121
任务二 中级技能加工实例（二）	129
思考与训练	136
模块七 自动编程与数控 DNC 网络应用	137
任务一 自动编程	137
任务二 数控 DNC 网络应用	150
思考与训练	152
模块八 中级数控车工职业技能训练	153
任务一 中级数控车工理论知识	153
任务二 中级数控车工专业技能	195
附录	204
附录 A 全国职业院校技能大赛中职组数控车加工技术赛项规程及参考样题	204
附录 B 数控车工国家职业标准	214
参考文献	225

模块一 数控车削加工基础



情景描述

灵活、通用、高精度、高效率的“柔性”自动化设备是当代机械制造业的主流设备。如图 1-1 所示的数控车床可加工普通车床(图 1-2)无法加工的复杂零件,同时具有很高的加工质量和效率。



图 1-1 数控车床

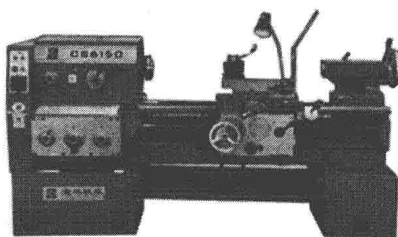


图 1-2 普通车床



职业目标

- 熟悉数控车床的基本概念。
- 了解数控车床安全操作规程的要求和注意事项。
- 熟悉数控系统用户操作面板各按键、旋钮的功能。
- 熟悉编制数控程序的内容和方法。
- 掌握数控车床对刀方法。
- 熟悉数控车床仿真软件的功能。

任务一 数控车床概述

职业知识

- ◆ 数控车床的基本概念。
- ◆ 数控车床的组成及工作原理。
- ◆ 数控车床的分类。
- ◆ 数控车床的加工特点。

【任务描述】

通过参观实训车间，认识普通车床、数控车床、数控铣床及加工中心等类型机床。通过对数控车床近距离的观察，掌握数控车床的组成，熟悉数控车床的工作原理、分类及加工特点等。通过此任务引导学生了解自己所学知识在实际中的应用，并对将要学习的内容有直观的了解。

【知识链接】

1. 什么是数控车床

数控车床又称为 CNC (computer numeral control) 车床，即计算机数字控制车床，是目前国内使用量最大、覆盖面最广的一种数控机床，约占数控机床总数的 25%。它在数控机床中占有非常重要的位置，几十年来一直受到世界各国的普遍重视并得到了迅速的发展。

2. 数控车床的应用

数控车床主要用于加工轴类、盘类等回转体零件。如图 1-3 所示，数控车床可自动完成内、外圆柱面，圆锥面，成形表面，螺纹和端面等的切削加工，并能进行车槽、钻孔、扩孔、铰孔等工作。

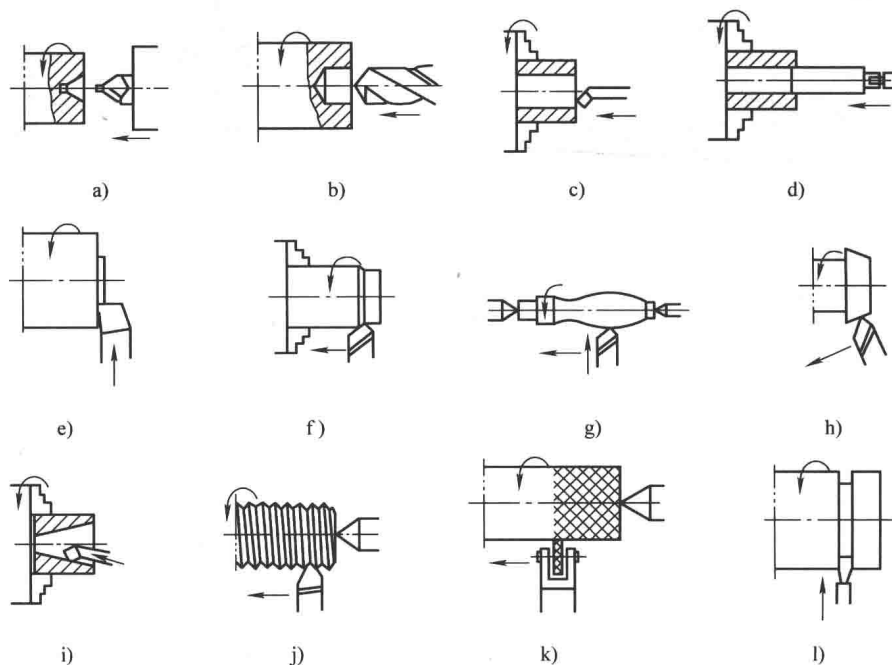


图 1-3 常见数控车床的应用

a) 钻中心孔 b) 钻孔 c) 车孔 d) 铰孔 e) 车端面 f) 车外圆 g) 车成形面 h) 车锥面
i) 车锥孔 j) 车螺纹 k) 滚花 l) 车槽与切断



同学们想一想，与普通车床相比，你觉得利用数控车床加工零件有哪些优势？

3. 数控车床的组成

如图 1-4 所示,可以把数控车床看做是一台由“专用计算机”控制的普通车床。数控车床的组成主要包括三大部分,即计算机部分、电气控制部分和车床本体部分,如图 1-5 所示。

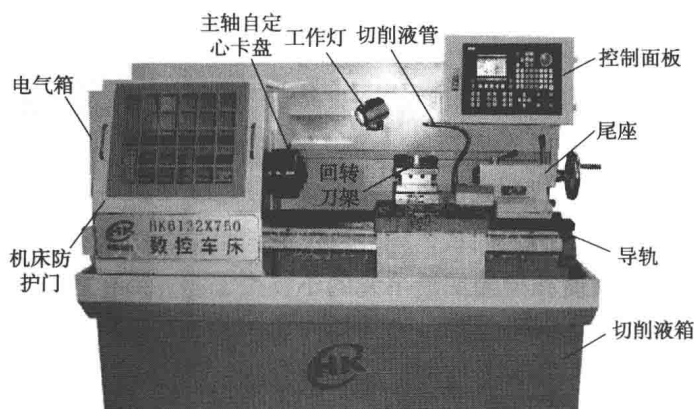


图 1-4 数控车床的结构

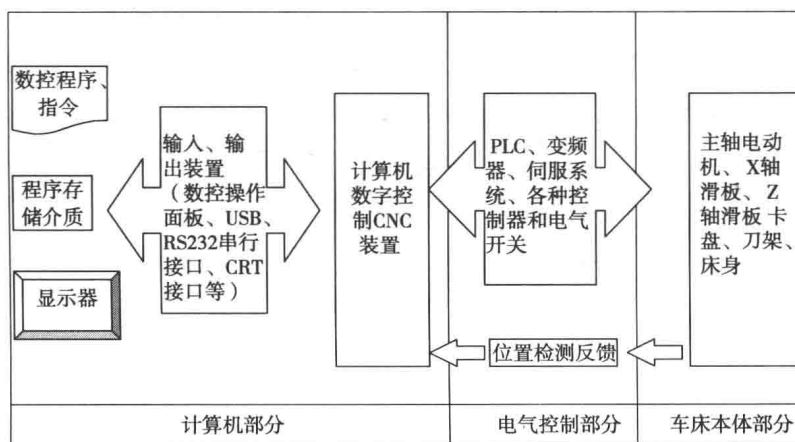


图 1-5 数控车床的组成

(1) 计算机部分 数控程序是车床自动加工零件的指令。程序的编制可以由人工进行,也可以用自动编程软件完成。随着科技的发展,现在的数控车床内都有磁盘等存储介质,用于存储数控程序。

编制好的程序可以通过操作面板直接手工输入并保存到车床的存储器中。如果编制好的程序存在 U 盘、CF 卡或者计算机里,也可以通过各种接口将程序传输给车床。比如通过 USB 接口、PCMCIA 接口和 RS232 串行通信接口,将 U 盘、CF 卡或计算机上的程序内容传输给车床。

CNC 装置即计算机数控装置,是数控加工中的专用计算机。它除了具有一般计算机的结构外,还有与数控车床功能有关的功能模块结构和接口单元。它对数控程序语言进行解码,并将其转换成各种控制机床的电信号,通过电气控制系统控制机床的运动,从而实现各种功能和进行零件的加工。因此,CNC 装置是数控车床的核心装置。

(2) 电气控制部分 电气控制是数控系统与车床本体之间的电传动连接环节,是直接控制主运动和进给运动的系统,通常称之为伺服系统。数控机床的伺服系统分为主轴伺服系统和进给伺服系统,而一般所说的伺服系统主要指进给伺服系统。

数控机床进给伺服系统一般由位置控制、速度控制、伺服电动机、检测部件和机械传动机构五大部分组成。习惯上讲的进给伺服系统,只是指速度控制、伺服电动机和检测部件三个部分,其中的速度控制部分称为伺服单元或伺服驱动器,如图 1-6 所示。

按照伺服系统有无反馈和检测反馈单元的不同位置,可以将其分为开环、闭环和半闭环伺服系统。

(3) 车床本体部分 车床本体部分是车床的实际机械部件,其组成与普通车床相近,主要包括主运动部件、进给运动部件和支承部件,还有冷却、润滑等部件。

数控机床的进给机械传动机构在原有普通车床传动链的基础上做了大幅的简化,如取消了挂轮箱、进给箱、溜板箱及很多操纵机构,仅保留了纵向和横向进给的螺旋传动机构。

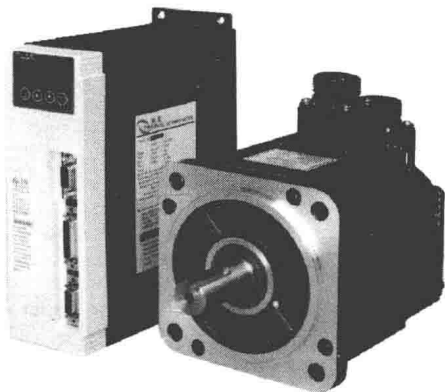


图 1-6 交流伺服驱动器与伺服电动机



同学们可以尝试着对比计算机和普通车床的组成来熟悉数控机床的组成。

4. 数控机床的分类

数控机床的分类方法较多,具体有以下几种。

(1) 按车床主轴位置分类

1) 卧式数控机床。卧式数控机床又分为数控水平导轨(平床身)卧式车床和数控倾斜导轨(斜床身)卧式车床。平床身数控机床最为常见,如图 1-1 所示,斜床身数控机床导轨为倾斜放置的,其倾斜导轨结构可以使车床具有更大的刚性,并易于排出切屑。

2) 立式数控机床。立式数控机床简称为数控立车,如图 1-7 所示,其车床主轴垂直于水平面,一个直径很大的圆形工作台用来装夹工件。这类机床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件。

(2) 按可控制轴数分类

1) 两轴控制。当数控车床上只有一个回转刀架时,可以实现两坐标轴控制。大多数中小型经济数控机床都是两轴联动控制机床。

2) 多轴控制。当数控机床具备两个回转刀架时,

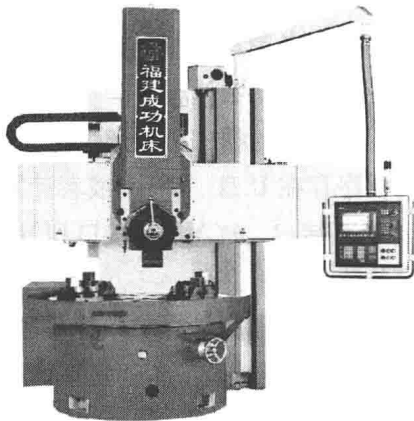


图 1-7 立式数控机床

可以实现四坐标轴的控制。档次较高的数控车削中心配备了动力铣头和 Y 轴,不但可以进行车削加工,还可以完成铣削加工。

(3) 按刀架数分类 数控车床可以分为单刀架数控车床和双刀架数控车床。

(4) 按数控系统的功能分类 数控车床可以分为经济型数控车床、全功能型数控车床、数控车削中心。

5. 数控车床的加工特点

与普通车床相比,数控车床在零件加工中有三方面特点。

(1) 高难度加工 对于由非圆曲线或列表曲线(如流线型曲线)构成其旋转面的零件,在普通车床上很难加工。采用数控车床加工时,车刀刀尖的运动轨迹由程序控制,可以实现两轴准确联动,高效率地完成加工。对于各种非标准螺距或变螺距螺纹,以及表面质量要求非常均匀的变径表面类零件,都可以通过车床的数控功能方便地解决。

(2) 高精度加工 复印机中的回转鼓、录像机上的磁头等超精度零件,其尺寸精度可达到 $0.01\mu\text{m}$,表面粗糙度值 R_a 可达 $0.02\mu\text{m}$,这些零件均可在高精度的特殊数控车床上完成加工。

(3) 高效率加工 为进一步提高车削加工的效率,通过增加数控车床的控制坐标轴,就能在一台数控车床上同时完成多道工序。如车削中心就通过增加动力铣、钻、镗,以及副主轴的功能,从而使需要两次、三次加工的工序在车削中心上一次完成。

课堂互动

- 1) 什么是数控车床?它常见的车削应用有哪些?
- 2) 数控车床由哪些部分组成?
- 3) 数控车床是怎样分类的?
- 4) 对比卧式数控车床及立式数控车床,谈谈它们之间有什么不同。

【实践操作】

1) 对比图 1-2 所示的普通车床和图 1-1 所示的数控车床,指出它们的不同之处。

2) 近距离观察机床,熟悉数控车床的基本结构,说出如图 1-8 所示数控车床各组成部件的名称。

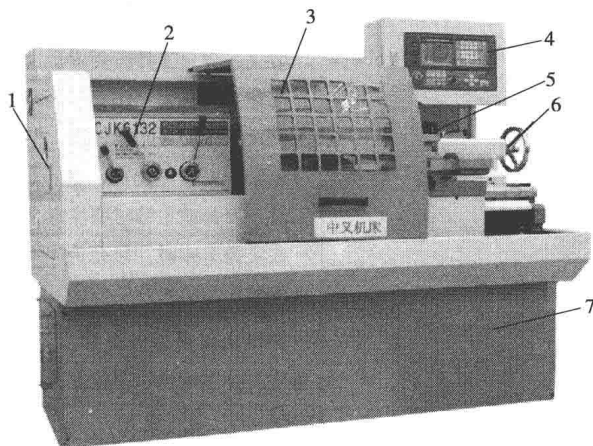


图 1-8 卧式数控车床

任务二 数控车床安全操作与保养

职业知识

- ◆ 安全操作规程和操作机床的注意事项。
- ◆ 数控车床的日常维护与保养要求。
- ◆ 文明生产要求的基本内容。

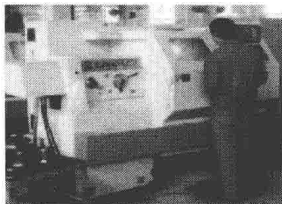
【任务描述】

学习安全操作规范，日常维护与保养要求，着装要求，按照规范进行车床的操作、维护及保养。做好安全操作，文明生产。

【知识链接】

1) 数控车床安全操作规程见表 1-1。

表 1-1 数控车床安全操作规程一览表

注意事项	图 片	说 明
总原则		必须服从教师管理，未经允许，不得任意开动车床
		禁止从事一些未经老师同意的工作，不得随意触摸、启动各种开关
衣着方面		穿工作服、工作鞋，不得穿短裤、拖鞋
		女同学禁止穿裙子，长头发要盘在适当的帽子里
		禁止戴手套，且不能穿着过于宽松的衣服
操作前		必须先检查电源连接线、控制线及电源
在操作范围内，应把刀具、工具、量具、材料等物品放在工作台上，车床上不应放任何杂物		
操作控制面板上的各种功能按钮时，一定要辨别清楚并确认无误后，才能进行操作		
操作中		装夹、测量工件时要停机进行
		车床工作时，操作者不能离开
		开动车床应关闭保护罩，以免发生意外事故
		主轴未完全停止前，禁止触摸工件、刀具或主轴。触摸工件、刀具或主轴时要注意是否烫手，小心灼伤
在实操车床时，只允许一名同学单独进行操作，其余非操作的同学应离开工作区		
操作后		操作结束后将各手柄、开关、旋钮置于“停机”位置，依次关掉车床操作面板上的电源和总电源
		清除切屑、擦拭机床，使车床与环境保持清洁状态

2) 数控车床日常保养见表 1-2。

表 1-2 数控车床日常保养一览表

序号	检查周期	检查部位	检 查 要 求
1	每天	润滑油箱	检查油量, 及时添加润滑油, 检查油泵是否定时启动停止
2	每天	X、Z 轴导轨面	清除金属屑和脏物, 检查导轨面有无划伤和损坏, 检查润滑是否充分
3	每天	各种防护装置	导轨、车床防护罩是否齐全, 防护罩移动是否正常
4	不定期	切削液箱	检查液面高度, 及时添加切削液; 切削液太脏时应及时更换和清洗箱体及过滤器
5	不定期	排屑器	经常清理切屑, 检查有无卡住等现象
6	半年	检查传动带	按车床说明书的要求调整传动带的松紧程度
7	半年	各轴导轨上的镶条压紧轮	按车床说明书的要求调整松紧程度
8	一年	主轴润滑、润滑油箱	清洗过滤器、油箱, 更换润滑油
9	一年	润滑油泵、过滤器	清洗润滑油池
10	一年	滚珠丝杠	清洗滚珠丝杠上的润滑脂, 添上新的润滑油

课堂互动

- 1) 谈谈操作数控车床时的正确着装。
- 2) 在启动数控车床之前要做哪些准备工作?
- 3) 谈谈数控车床操作过程中应注意哪些问题?
- 4) 数控车床保养分哪几个阶段进行?

【实践操作】

1) 结合数控车床安全操作规范、操作注意事项和日常保养表, 想想每天上、下课时要做好哪些工作, 并填好表 1-3。

表 1-3 上、下课工作记录

上课前	下课后

2) 分析如图 1-9 所示数控车床操作存在的错误之处,谈谈自己在数控车床操作时应注意的问题。

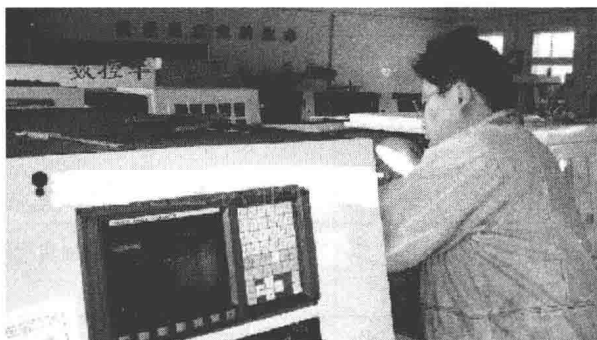


图 1-9 数控车床操作

3) 对数控车床进行简单检查和保养。

任务三 数控车削编程与操作基础(一)

职业知识

- ◆ 理解数控机床坐标系的确定方法。
- ◆ 掌握数控系统用户操作面板各按键、旋钮的功能。
- ◆ 了解数控车床的基本功能。

【任务描述】

完成车床的开机、回零、关机操作; X、Z 方向手动、手轮的使用; 在手动、手轮模式下, 实现主轴的正转、停止、反转功能; 在使用手动、手轮移动工作台或刀具时, 能够快速、准确地判断移动方向, 并能使用手轮进行 X、Z 方向精确的定位。在理解并掌握数控机床坐标系的基础上, 认识数控车床的 X、Z 轴及其方向。在了解、判断 X、Z 轴方向的同时掌握数控系统操作面板按键、旋钮的功能。

【知识链接】

1. 车削加工的切削运动

在车削加工中, 切削的过程是刀具和工件之间相互作用的过程, 刀具要从工件上切除多余的材料, 刀具和工件之间必须要有相对运动, 即切削运动。根据在车削过程中所起的作用不同, 切削运动可分为主运动和进给运动, 如图 1-10 所示。

(1) 主运动 车削时工件的旋转运动为主运动。在切削运动中主运动的速度最高, 所消耗的功率最大。在车削运动中主运动只有一个。

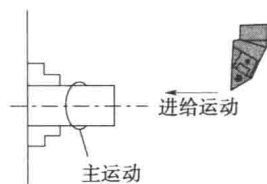


图 1-10 车床的两个切削运动