

高职高专教材改革系列丛书

总 主 编 邓福田

副总主编 廖承军

数控车床编程 与操作

SHUKONG CHECHUANG BIANCHENG
YU CAOZUO

本册主编 黄 鹏 潘新奇

副 主 编 岑 华



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

广西师范大学出版社

高职高专教材改革系列丛书

总 主 编 邓福田

副总主编 廖承军

数控车床编程 与操作

本册主编 黄 鹏 潘新奇

副 主 编 岑 华



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

广西师范大学出版社

· 桂林 ·

图书在版编目(CIP)数据

数控车床编程与操作 / 黄鹏, 潘新奇主编. —桂林: 广西师范大学出版社, 2008.9

(高职高专教材改革系列丛书 / 邓福田主编)

ISBN 978-7-5633-7718-3

I. 数… II. ①黄…②潘… III. ①数控机床: 车床—程序设计—高等学校: 技术学校—教材②数控机床: 车床—操作—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 132179 号

广西师范大学出版社出版发行

(广西桂林市中华路 22 号 邮政编码: 541001
网址: <http://www.bbtpress.com>)

出版人: 何林夏

全国新华书店经销

桂林漓江印刷厂印刷

(广西桂林市西清路 9 号 邮政编码: 541001)

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印张: 11.25 字数: 260 千字

2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

印数: 0 001~3 000 册 定价: 30.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂联系调换。

高职高专教材改革系列丛书编委会

总 主 编	邓福田				
副总主编	廖承军				
编 委	李建和	潘尚河	农乐设	覃志航	主 毅

本书编委会

主 编	黄 鹏	潘新奇			
副 主 编	岑 华				
编写人员	黄 鹏	潘新奇	岑 华	罗忠可	
	莫世创	李和明	兰小光	韦定元	

前 言

21 世纪以来,数控技术得到了广泛的应用,对高素质机床操作人员的需求量不断增加,数控车床是目前应用得最广泛的数控机床之一,为适应新形势的发展,培养更多、更好的技能型人才,特编写本教材。本书在课程内容的组织上,按照高职高专人才培养目标的要求,将数控车床的编程与操作等知识有机整合,有效地体现了“以应用为目的”和“以必需够用为度”的特色,内容精练,针对性、实用性强。全书共分十一章,具体内容有数控机床概述、数控车床加工工艺基础、数控车床编程基础、GSK980T 和 FANUC 系统数控车床插补功能、GSK980T 和 FANUC 系统数控车床单一固定循环功能、GSK980T 和 FANUC 系统数控车床简化编程功能、GSK980T 和 FANUC 系统数控车床螺纹编程及其应用、GSK980T 和 FANUC 系统数控车床的基本操作、典型零件的综合编程与加工实例、数控车床实操(中级工)练习题。每章均附有教学目标、教学重点和难点以及思考与练习。

本书由多所高职院校数控技术专业老师和长期从事实训指导工作的老师合作编写:黄鹏编写第一章和第六章;潘新奇编写第二章和第八章;罗忠可编写第三章;莫世创编写第四章和第五章;李和明编写第七章;兰小光编写第九章;岑华编写第十章;韦定元编写第十一章。全书由黄鹏、潘新奇担任主编,负责全书的统稿及修改,岑华任副主编。

我们在编写过程中参考了大量同类书刊,也得到了兄弟院校、有关企业专家的大力支持和帮助。在此向相关人员表示衷心的感谢。

本书适用于各类高职高专等院校的数控技术、模具制造、机械制造、机电一体化等专业的学生使用,也可供有关人员参考。

由于编者水平有限,书中不当和错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2008 年 6 月

目 录

第一章 数控机床概述.....1

- 1.1 数控机床的产生、发展过程.....1
- 1.2 数控机床的组成及其工作原理.....2
- 1.3 数控机床的特点.....3
- 1.4 数控机床的分类.....3
- 1.5 数控车床的应用.....6
- 思考与练习.....6

第二章 数控车床加工工艺基础.....8

- 2.1 数控车削加工的工艺特点.....8
- 2.2 数控车削加工工艺的制定.....9
 - 2.2.1 分析零件图.....9
 - 2.2.2 选择加工内容.....10
 - 2.2.3 加工方案的拟订.....10
 - 2.2.4 装夹方案的拟订.....15
 - 2.2.5 刀具的选择.....16
 - 2.2.6 切削用量的选择.....23
- 2.3 典型零件的车削加工工艺分析.....26
- 思考与练习.....30

第三章 数控车床编程基础.....32

- 3.1 数控车床编程概述.....32

3.1.1	数控编程的概念	32
3.1.2	数控车床编程的步骤	33
3.1.3	数控车床编程特点	34
3.2	数控机床的坐标系统	35
3.2.1	坐标轴及其运动方向	35
3.2.2	机床坐标系和编程坐标系	36
3.2.3	绝对坐标编程和相对坐标编程	36
3.2.4	刀具位置补偿	37
3.3	常用数控车床系统介绍	38
3.4	GSK980T 和 FANUC 系统数控车床编程	40
3.4.1	程序结构与格式	40
3.4.2	常用功能	43
	思考与练习	49

第四章 GSK980T 和 FANUC 系统数控车床插补功能

50		
4.1	快速移动指令 G00	50
4.1.1	指令说明	50
4.1.2	编程实例	50
4.2	直线插补指令 G01	51
4.2.1	指令说明	51
4.2.2	编程实例	51
4.3	圆弧插补指令 G02、G03	53
4.3.1	指令说明	53
4.3.2	编程实例	53
4.4	暂停指令 G04	55
	思考与练习	55

第五章 GSK980T 和 FANUC 系统数控车床单一固定循环功能

56		
5.1	内、外圆车削单一固定循环指令 G90	56
5.1.1	指令说明	56
5.1.2	编程实例	57
5.2	端面车削固定循环指令 G94	57
5.2.1	指令说明	57
5.2.2	编程实例	58

5.3 注意事项	59
----------	----

思考与练习	59
-------	----

第六章 GSK980T 和 FANUC 系统数控车床简化编程功能

.....61	61
---------	----

6.1 外圆/内孔粗车循环指令 G71	61
---------------------	----

6.1.1 指令说明	61
------------	----

6.1.2 编程实例	62
------------	----

6.2 端面粗车循环指令 G72	65
------------------	----

6.2.1 指令说明	65
------------	----

6.2.2 编程实例	65
------------	----

6.3 仿形切削循环指令 G73	66
------------------	----

6.3.1 指令说明	66
------------	----

6.3.2 编程实例	67
------------	----

6.4 精车加工循环 G70	69
----------------	----

6.4.1 指令说明	69
------------	----

6.5 端面切槽或深孔啄孔加工循环指令 G74	69
-------------------------	----

6.5.1 指令说明	69
------------	----

6.6 外圆、内圆切槽循环指令 G75	70
---------------------	----

6.6.1 指令说明	70
------------	----

6.6.2 编程实例	71
------------	----

6.7 子程序编程实例	74
-------------	----

思考与练习	76
-------	----

第七章 GSK980T 和 FANUC 系统数控车床螺纹编程及其应用

.....78	78
---------	----

7.1 普通螺纹加工工艺	78
--------------	----

7.1.1 保证正确的牙型角(α)	78
----------------------------	----

7.1.2 保证工件的螺距(P)	79
----------------------	----

7.1.3 保证螺纹中径(d_2)	80
-----------------------	----

7.1.4 螺纹牙型高度计算(h)	80
-----------------------	----

7.1.5 螺纹进刀方式及进刀量	81
------------------	----

7.2 螺纹切削常用指令	83
--------------	----

7.2.1 单行程螺纹切削指令 G32	83
---------------------	----

7.2.2 单一循环螺纹切削指令 G92	86
----------------------	----

7.2.3 复合循环螺纹切削指令 G76	89
----------------------	----

思考与练习	91
-------	----

第八章 GSK980T 系统数控车床的基本操作 93

8.1 G-CNC6135 数控车床概述	93
8.1.1 主要功能和用途	93
8.1.2 G-CNC6135 车床的主要技术参数	93
8.2 G-CNC6135 数控车床操作面板与功能	94
8.2.1 数控车床数控系统操作面板	94
8.2.2 机床操作面板	96
8.3 GSK980T 系统数控车床的操作	99
8.3.1 安全操作	99
8.3.2 开机与关机	99
8.3.3 手动方式	100
8.3.4 录入方式(即 MDI 方式)	101
8.3.5 编辑方式	101
8.3.6 自动方式	106
8.3.7 对刀操作	109
思考与练习	115

第九章 FANUC 系统数控车床的基本操作 116

9.1 FANUC OiMaTe-TC 数控车床的概述	116
9.1.1 主要功能和用途	116
9.1.2 机床的技术参数	116
9.2 FANUC 系统数控车床操作面板与功能	117
9.2.1 数控车床的操作面板	117
9.2.2 数控车床操作面板的功能	117
9.3 FANUC OiMaTe-TC 系统数控车床的操作	120
9.3.1 机床的启动、关闭和回零	120
9.3.2 手动方式	121
9.3.3 MDI 方式	121
9.3.4 编辑方式	121
9.3.5 自动方式	122
9.3.6 对刀方式	122
思考与练习	123

第十章 典型零件的综合编程与加工实例 124

10.1 综合实例一	124
------------	-----

10.2	综合实例二	126
10.3	综合实例三	127
10.4	综合实例四	130
10.5	综合实例五	132
10.6	综合实例六	135
10.7	综合实例七	137
	思考与练习	140
第十一章 数控车床实操(中级工)练习题		142
11.1	练习题一	142
11.2	练习题二	147
11.3	练习题三	151
11.4	练习题四	156
11.5	练习题五	161
	练习题一部分参考答案	166
	练习题二部分参考答案	166
	练习题三部分参考答案	167
	练习题四部分参考答案	167
	练习题五部分参考答案	168
	参考文献	168

第一章 数控机床概述

教学目标:

1. 了解数控机床的产生、发展过程和数控车床的应用;
2. 熟悉数控机床的组成及其工作原理;
3. 掌握数控机床的分类及其特点。

教学重点和难点:

1. 数控机床的组成;
2. 数控机床的特点;
3. 数控机床的分类方法。

1.1 数控机床的产生、发展过程

早在 20 世纪 40 年代初,美国就提出了采用 NC 技术进行机械加工的思想。并在美国北密执安的一个小型飞机工业承包商商帕尔森兹公司制造飞机框架及直升机叶片轮廓样板时,采用了 NC 技术,取得很好的效果。

1952 年,美国麻省理工学院成功研制出了世界上第一台(也是第一代)数控机床(三坐标联动、NC 铣床),其电子元件是电子管。

1959 年,因计算机技术的发展,出现了晶体管元器件,使 NC 机床跨入了第二代加工中心(具有自动换刀功能)。

1960 年开始,其他一些工业国家(德国、日本等)开始开发研制、生产及使用 NC 机床。

1965 年,因小规模集成电路的出现,使 NC 机床发展到了第三代,提高了可靠性。

以上三代均为普通数控机床,采用专用控制计算机的硬逻辑数控系统。

1967 年,出现了 FMS(柔性制造系统),英国首先将几台 NC 机床连接成具有柔性的加工系统。

1970 年,在美国芝加哥国际机床展览会上,出现了计算机数控系统 CNC,数控机床进入了第四代。

1974 年,因微处理器在数控系统中的应用,使数控机床跨入了第五代(MNC)。

20 世纪 80 年代初,国际上又出现了 FMC,而 FMC 和 FMS 被认为是实现 CIMS 的必

经阶段和基础。

可见,数控机床的产生是为了解决复杂型面零件加工的自动化而产生的。

我国数控机床的发展情况:从1958年开始研究(从电子管入手);1965年研制晶体管数控系统;60年代末至70年代初研制成了数铣、数控非圆齿轮插齿机、CJK-18晶体管数控系统、X53K-1G立铣数控铣床;从70年代开始,数控技术在车、铣、钻、磨、齿轮加工、电加工等领域全面应用,加工中心在上海、北京研制成功(但可靠性、稳定性差,未解决电子元器件的质量差和制造工艺水平低的问题);80年代,从国外进口(如日本、美国、德国等国),从而使我国的数控技术得到了发展和提高;90年代至今,数控机床正在向高速、高精度和高效经济方向发展。专家们曾预言:机械制造的竞争,其实质就是数控的竞争。

现代数控技术集机械制造技术、计算机技术、成组技术与现代控制技术、传感检测技术、信息处理技术、网络通信技术、液压气动技术及光机电技术于一体,是现代制造技术的基础,开创了制造业的新时代、新纪元。

1.2 数控机床的组成及其工作原理

1. 定义:数控机床是一种利用数控技术,按照事先编制好的程序实现动作的机床。

2. 组成:数控机床由程序载体、输入装置、数控装置、伺服系统、位置反馈系统及机床机械部件六大部分组成。如图1-1所示。



图 1-1 数控机床的组成

(1)程序载体:将零件加工程序以一定的格式和代码存储在一种载体上,通过数控机床的输入装置,将程序信息输入数控装置内。如穿孔纸带、磁带、光盘、软盘等。

(2)输入装置:将程序载体内有关加工程序读入数控装置。输入装置有:光电阅读机、录音机、软盘驱动器等。

现代数控机床已经可以不用任何程序载体,将零件加工程序通过数控装置上的键盘,用手工方式(MDI)输入或者将存储在编程计算机硬盘上的加工程序用通信方式传到数控装置,实现在线加工。

(3)数控装置:数控装置是数控机床的核心,它根据输入的程序和数据,完成数值计算、逻辑判断、输入输出控制等功能。

(4)伺服系统:伺服系统包括伺服控制线路、功率放大线路、伺服电动机等执行装置,它接收数控装置发来的各种动作命令,驱动数控机床进给传动系统的运动。

(5)位置反馈系统:位置反馈系统是通过传感器将伺服电动机的角位移或数控机床执行机构的直线位移转换成电信号,输送给数控装置,与指令位置进行比较,并由数控装置发出指令,纠正所产生的误差。

(6)机床的机械部件:数控机床的机械部件包括主传动系统、进给传动系统及辅助装置。对于加工中心数控机床,还包括存放刀具的刀库、自动换刀装置(ATC)和自动托盘交换装置等部件。与传统的机床相比,数控机床的机构强度、刚度和抗震性,传动系统与刀具系统的机械结构,操作机构等方面已经发生了根本性的变化。

1.3 数控机床的特点

1. 数控机床的优点

(1)对加工对象改型的适应性强。零件形状尺寸的改变,只需更改程序即可,这为单件、小批量零件加工及试制新产品提供了极大的便利。

(2)加工精度高。数控机床的自动加工方式避免了生产者的人为操作误差,同一批加工零件的尺寸一致性好,加工产品的尺寸变化小,质量稳定。

(3)加工生产率高。主要体现在数控机床加工通常不需要使用专用的夹具和复杂的刀具,因而可以省去夹具的设计和制造时间,同时由于数控机床的刚性比较好,还可以进行大切削量加工,与普通机床相比,生产率可提高3~5倍,在加工复杂型面时可达几十倍。

(4)减轻了操作工人的劳动强度。操作者可以从繁重的重复劳动中解放出来。

(5)能加工复杂型面。数控机床可以加工普通机床难以加工的复杂型面零件。

(6)有利于生产管理的现代化。用数控机床加工零件,能精确地估算出零件的加工工时,这样可以精确编制生产计划,有利于生产管理的现代化。

(7)可以向更高级的制造系统发展。数控机床使用数字信息与标准代码输入,适用于数字计算机联网,成为计算机辅助设计与制造,以及生产管理一体化的基础。

2. 数控机床的缺点

(1)增大了起始阶段的投资(初期投资大)。

(2)增加了电子设备的维护难度(维护难)。

(3)对操作人员的技术水平要求高。

3. 适合数控机床加工的零件

(1)多品种小批量生产的零件。

(2)几何形状复杂的零件。

(3)需频繁改型的零件。

(4)贵重的、不允许报废的关键零件。

(5)必须严格控制公差的零件。

1.4 数控机床的分类

数控机床的种类很多,常见的分类有以下几种:

1. 按工艺用途分类

按传统的加工工艺方法来分有:数控车床、数控钻床、数控镗床、数控铣床、数控磨床、

数控齿轮加工机床、数控冲床、数控折弯机、数控电加工机床、数控激光与火焰切割机和加工中心等。其中,现代数控铣床基本上都兼有钻镗加工功能。当某数控机床具有自动换刀功能时,即可称之为“加工中心”。

2. 按加工控制路线分类

(1) 点位控制机床

如图 1-2(a)所示,它只控制刀具从一点向另一点移动,而不管其中间行走轨迹的控制方式。在从点到点的移动过程中,只做快速空程的定位运动,因此不能用于加工过程的控制。属于点位控制的典型机床有数控钻床、数控镗床和数控冲床等。这类机床的数控功能主要用于控制加工部位的相对位置精度。

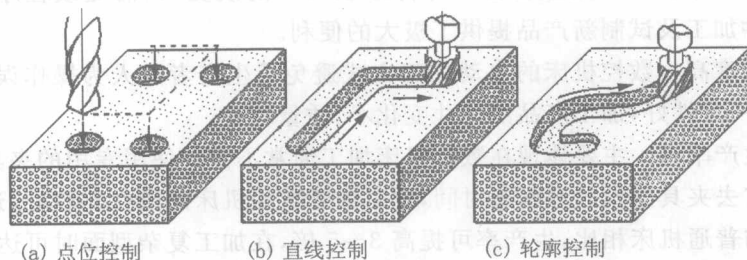


图 1-2 按加工控制路线分类

(2) 直线控制机床

如图 1-2(b)所示,可控制刀具相对于工作台以适当的进给速度,沿着平行于某一坐标轴方向做直线轨迹的加工。这种方式是一次同时只有某一轴在运动,或让两轴以相同的速度同时运动以形成 45° 的斜线,因此其控制难度不大,系统结构比较简单。一般的,都是将点位与直线控制方式结合起来,组成点位直线控制系统而用于机床上。这种形式的典型机床有车阶梯轴的数控车床、数控镗铣床等。

(3) 轮廓控制机床

轮廓控制机床又称连续控制机床。如图 1-2(c)所示,可控制刀具相对于工件做连续轨迹的运动,能加工任意斜率的直线,任意大小的圆弧,配以自动编程计算,可加工任意形状的曲线和曲面。典型的轮廓控制机床有数控车床、数控铣床以及加工中心等。

3. 按伺服系统的控制方式分类

(1) 开环控制系统的数控机床

开环控制系统数控机床的伺服机构通常由步进电机、功率步进电机和电液脉冲马达等组成。如图 1-3 所示,由数控系统送出的进给指令脉冲,通过环形分配器、按步进电机的通电方式进行分配,并经功率放大后送给步进电机的各相绕组,使之按规定的方式通、断电,从而驱动步进电机旋转。再经同步齿形带、滚珠丝杠螺母副驱动执行部件。每给一脉冲信号,步进电机就转过一定的角度,工作台就走过一个脉冲当量的距离。数控装置按程序加工要求控制指令脉冲的数量、频率和通电顺序,达到控制执行部件运动的位移量、速度和运动方向的目的。由于它没有检测和反馈系统,因此称之为开环。其特点是结构简单,维护方便,成本较低。但加工精度不高,如果采取螺距误差补偿和传动间隙补偿等措施,定位精度可稍有提高。

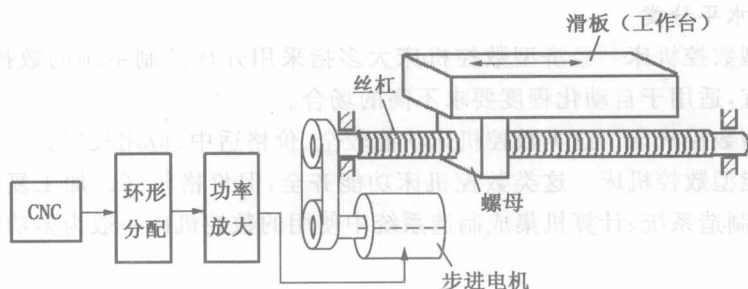


图 1-3 开环控制系统的数控机床

(2) 半闭环控制系统的数控机床

半闭环伺服系统具有检测和反馈系统,如图 1-4 所示。测量元件(脉冲编码器、旋转变压器和圆感应同步器等)装在丝杠或伺服电机的轴端部,通过测量元件检测丝杠或电机的回转角。间接测出机床运动部件的位移,经反馈回路送回控制系统和伺服系统,并与控制指令值相比较。如果二者存在偏差,便将此差值信号进行放大,继续控制电机带动移动部件向着减小偏差的方向移动,直至偏差为零。由于只对中间环节进行反馈控制,丝杠和螺母副部分还在控制环节之外,故称半闭环。对丝杠螺母副的机械误差,需要在数控装置中用间隙补偿和螺距误差补偿来减小。

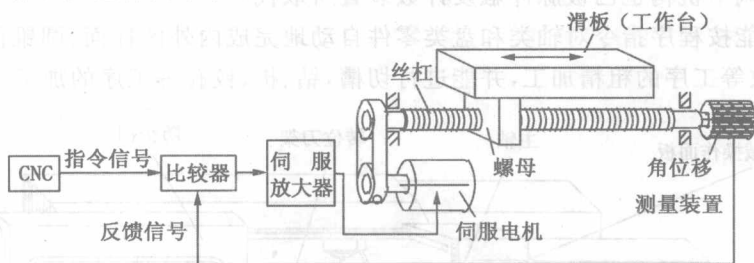


图 1-4 半闭环控制系统的数控机床

(3) 闭环控制系统的数控机床

闭环伺服系统如图 1-5 所示。它的工作原理和半闭环伺服系统相同,但测量元件(直线感应同步器、长光栅等)装在工作台上,可直接测出工作台的实际位置。该系统将所有部分都包含在控制环之内,可消除机械系统引起的误差,精度高于半闭环伺服系统,但系统结构较复杂,控制稳定性较难保证,成本高,调试、维修困难。

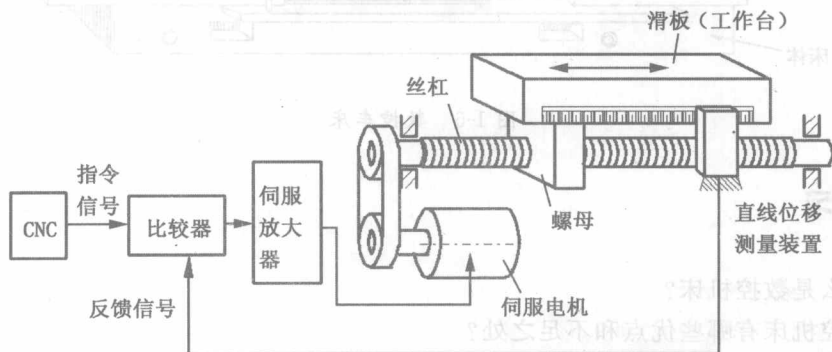


图 1-5 闭环控制系统的数控机床

4. 按功能水平分类

(1)经济型数控机床 经济型数控机床大多指采用开环控制系统的数控机床,其功能简单、价格便宜,适用于自动化程度要求不高的场合。

(2)标准型数控机床 这类数控机床功能较全、价格适中、应用较广。

(3)多功能型数控机床 这类数控机床功能齐全,但价格较高。加工复杂零件的大中型机床及柔性制造系统、计算机集成制造系统中使用的数控机床一般为多功能型。

1.5 数控车床的应用

数控车床具有加工通用性好、精度高、质量稳定,以及简单的刀具和加工效率高等特点,因而被广泛应用于回转类零件的加工上,在切削类机床中占有很大的比重。如图 1-6 所示为数控车床的示意图。它的整体结构基本与普通车床相似,同样具有床身、主轴、刀架及拖板和尾座等基本部件,但数控柜、操作面板和显示监控器却是数控车床特有的部件。但即使是机械部件,数控车床和普通车床也有很大的区别。如数控车床的主轴箱内部省掉了机械式的齿轮变速部件,因而结构非常简单;车螺纹也不再需要另配丝杆和挂轮;刻度盘式的手摇移动调节机构也已被脉冲触发计数装置所取代。

数控车床能按程序指令对轴类和盘类零件自动地完成内外圆柱面、圆锥面、球面、圆柱螺纹、圆锥螺纹等工序的粗精加工,并能进行切槽、钻、扩、铰孔等工序的加工。

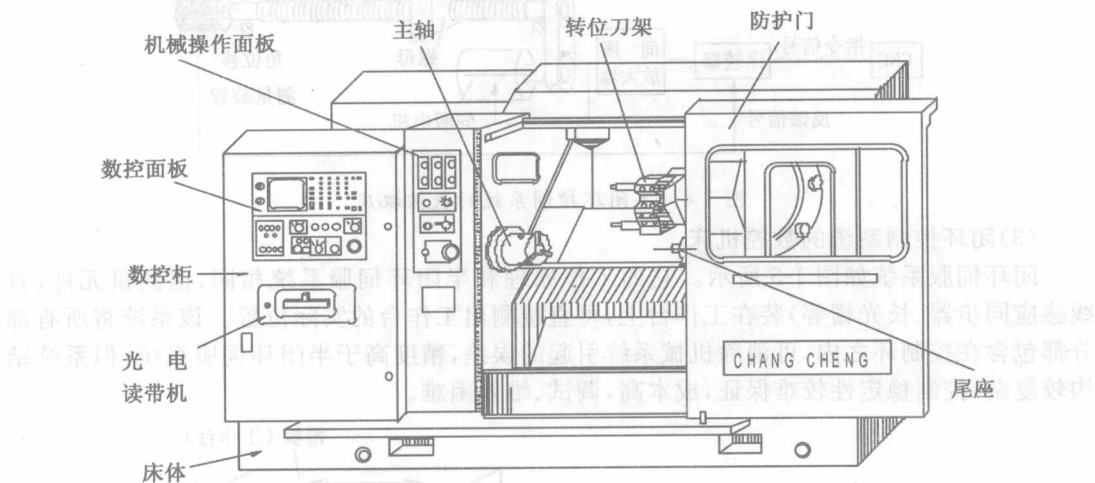


图 1-6 数控车床

思考与练习

1. 什么是数控机床?
2. 数控机床有哪些优点和不足之处?
3. 数控机床多用于加工哪些零件?

4. 数控机床由哪几部分组成?
5. 数控机床有哪些分类方法?
6. 开环、闭环和半闭环控制系统各由哪些部分组成? 它们的工作原理是什么?
7. 数控车床和普通车床相比有什么特点?
8. 数控车床适合加工哪些零件?

：科目学姓

：点科本基的工工成圆半外操数零

：从道数工工成圆半外操数操型合各具零件

：点数时点重零姓

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

点科本基的工工成圆半外操数零 1.1

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件

：部操数工工成圆半外操数操型合各具零件