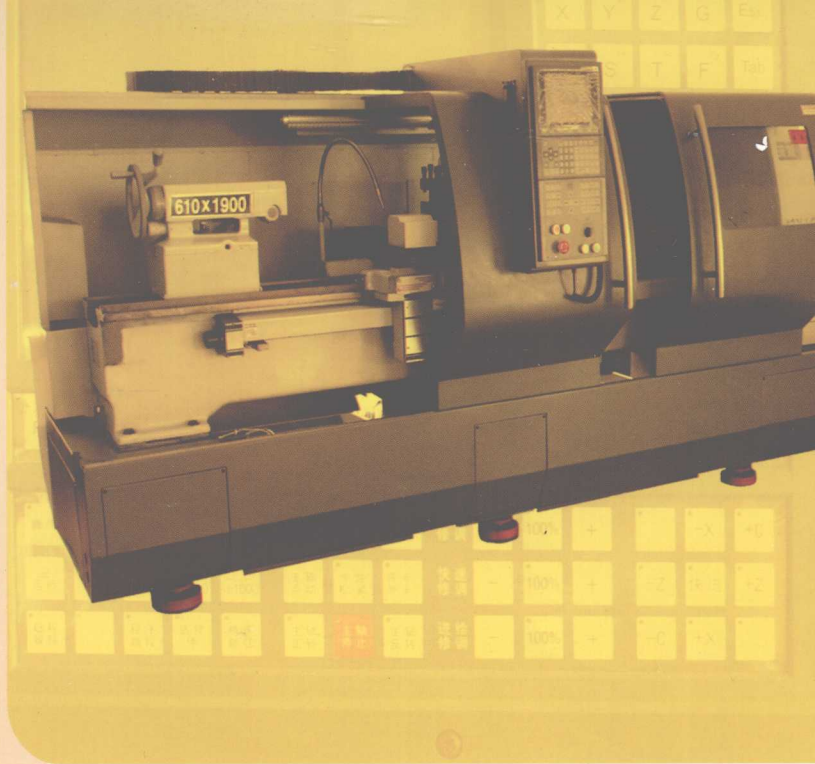




中等职业教育“十一五”规划教材

数控技术应用专业



工作过程导向

数控车削 项目教程

SHUKONGCHEXIAO

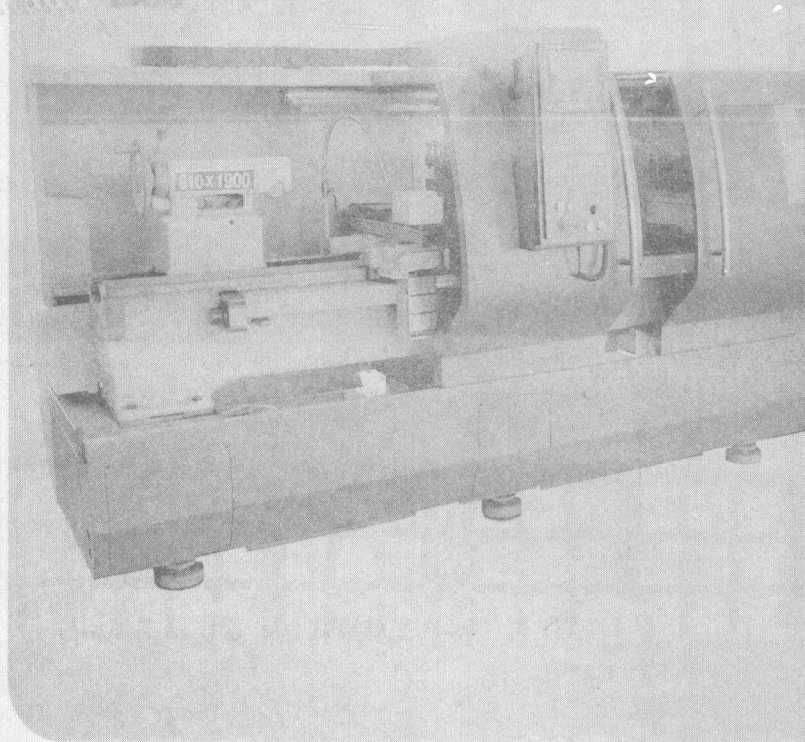
XIANGMUJIAOCHENG

适用专业

- 数控技术应用专业
- 模具设计与制造专业
- 机电一体化专业

禹诚◎主编

华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



工作过程导向

数控车削 项目教程

SHUKONGCHEXIAO

XIANGMUJIAOCHENG

适用专业

- 数控技术应用专业
- 模具设计与制造专业
- 机电一体化专业

主 编：禹 诚

副主编：宋英超 张瑜胜 马海彦

编 者：朱玉霞 杨志国 高 明 李 杰 吕宜忠

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

数控车削项目教程/禹 诚 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2008 年 8 月
ISBN 978-7-5609-4775-4

I. 数… II. 禹… III. 数控机床:车床-车削-专业学校-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 128041 号

数控车削项目教程

禹 诚 主编

责任编辑:孙基寿

封面设计:秦 茹

责任校对:李 琴

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87556191

录 排:武汉众心图文激光照排中心

印 刷:湖北万隆印务有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:14.5

字数:355 000

版次:2008 年 8 月第 1 版

印次:2008 年 8 月第 1 次印刷

定价:23.00 元

ISBN 978-7-5609-4775-4/TG·93

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内容提要

本书以零件的数控车削加工工作过程为主线进行编写。全书共分五个项目，五个附录。项目一为数控车床认识；项目二为零件的工艺分析；项目三为数控车削程序编制；项目四为程序的输入、编辑与校验；项目五为零件加工及检测；附录 1～3 为宏指令编程；附录 4 为 FANUC 数控系统编程指令；附录 5 为 SINUMERIK802D 数控系统编程指令。每一项目都设置了目标明确、操作性强的具体任务，并在完成任务的过程中插入理论知识，基本上做到了理论与实践的一体化。

本书分“教程”和“同步练习”两册，本册为“教程”。

本书既可作为数控技术应用专业、模具设计及制造专业、机电一体化专业的中等职业教育教材，也可作为从事数控车床工作的工程技术人员参考书及数控车床短期培训用书。

前言

近年来,数控机床的应用日益广泛,企业对掌握数控技术应用的技能型人才的需求年年增加,培养数控技术应用领域的专业技能人才十分迫切。在这种情况下,多位长期从事中职数控技术应用专业教学并参加了全国中职学校数控/机电专业骨干教师赴德培训班的教师通力合作,针对我国中职学校生源特点,结合国外先进的职业教育理念及多年的数控技术应用职业教学经验,以培养学生学习能力及操作技能为目的,编写了本教材,包括“教程”和“同步练习”两册,本册为“教程”。

“教程”共分五个项目,以零件的数控车削加工工作过程为主线,以具体的工作任务为驱动力,引导读者系统地掌握零件的数控加工工艺方案的定制、刀具选择、程序编制、机床操作及零件检测等各项工作。“同步练习”的练习内容与“教程”对应。

本书介绍的指令是以国产数控系统——华中数控世纪星 HNC-21T 为根据的。为了方便读者学习其他系统,本书在附录中介绍了国外的 FANUC 和 SINUMERIK802D 数控系统编程指令。

本书由湖北省武汉市第二轻工业学校禹诚主编。参加本书编写的人员有武汉市第二轻工业学校禹诚(编写项目三的部分内容、项目四和附录 1~3)、陕西省电子工业学校马海彦(编写项目一)、潍坊工商职业学院宋英超和吕宜忠(编写项目二和附录 4)、湖南岳阳中南工业学校杨志国(编写项目三的部分内容)、太原交通学校张瑜胜(编写项目五

的部分内容和附录 5)、武汉市第二轻工业学校朱玉霞、高明和李杰(编写项目三和项目五的部分内容)、南京高等职业技术学校谢兵(编写项目五的部分内容)。

由于编者的水平和经验所限,书中难免有错漏,恳请同行专家和读者批评指正。

编 者

2008. 4. 29

目 录

项目一 数控车床的认识与基本操作

任务 1-1	数控车床的认识	(3)
任务 1-2	数控车床控制面板的认识	(8)
任务 1-3	数控车床坐标系的建立	(11)
任务 1-4	数控车床的手动操作	(14)
任务 1-5	数控车床的对刀	(17)

项目二 零件的工艺分析

任务 2-1	工艺路线的确定	(25)
任务 2-2	工件与刀具的装夹	(29)
任务 2-3	数控车刀的选择 (车刀认识、车刀分类、车刀角度)	(32)
任务 2-4	切削用量的选择	(37)
任务 2-5	工艺卡片的填写	(41)

项目三 数控车削程序编制

任务 3-1	数控程序结构	(53)
--------	--------------	------

任务 3-2	数控编程的基本功能指令	(56)
任务 3-3	直线插补 G00、G01 的应用	(71)
任务 3-4	圆弧进给 G02、G03 的应用	(78)
任务 3-5	简单循环 G80、G81 的应用	(86)
任务 3-6	复合循环 G71、G72、G73 的应用	(94)
任务 3-7	刀尖圆弧半径补偿 G40、G41、G42 的应用	(111)
任务 3-8	螺纹车削 G32、G82、G76 的应用	(117)

项目四 程序的输入、编辑与校验

任务 4-1	数控系统操作面板的认识	(131)
任务 4-2	零件程序的输入	(139)
任务 4-3	零件程序的编辑	(142)
任务 4-4	零件程序的校验	(148)

项目五 零件的加工与检测

任务 5-1	零件的加工	(161)
任务 5-2	零件的检测	(176)

附 录 宏指令与编程指令

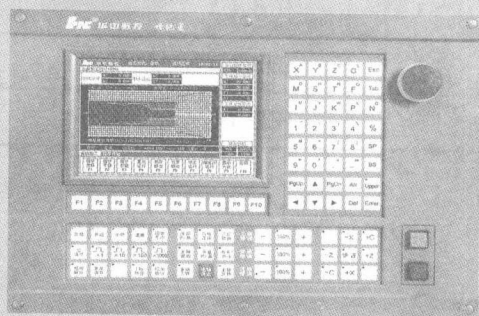
附录 1	华中数控 HNC-21/22T 数控系统宏指令编程	(184)
附录 2	FANUC Oi 数控系统宏指令编程	(196)
附录 3	西门子 802D 数控系统宏指令编程	(204)
附录 4	FANUC 数控系统编程指令	(212)
附录 5	SINUMERIK802D 数控系统编程指令	(218)

项目一

【教学重点】

- 数控车床的认识
- 数控车床控制面板的认识
- 数控车床的坐标系
- 数控车床的手动操作
- 数控车床的对刀

数控车床的认识与基本操作



教学建议

序 号	任 务	建 议 学 时	建 议 教 学 方 式	备 注
1	任务 1-1	2	讲授、示范教学、辅导教学	
2	任务 1-2	2	讲授、示范教学、辅导教学	
3	任务 1-3	1	讲授、示范教学、辅导教学	
4	任务 1-4	1	讲授、示范教学、辅导教学	
5	任务 1-5	2	讲授、示范教学、辅导教学	
总计		8		

教学准备

序 号	任 务	设 备 准 备	刀 量 具 准 备	材 料 准 备
1	任务 1-1	数控车床 10 台		
2	任务 1-2	数控车床 10 台		
3	任务 1-3	数控车床 10 台		
4	任务 1-4	数控车床 10 台		
5	任务 1-5	数控车床 10 台	外圆车刀 10 把、游标卡尺 10 把	$\phi 30 \times 100$ 尼龙棒或 45 钢 10 根

(注：以每 40 名学生为一教学班，每 3~5 名学生为一个任务小组)

教学评价

序 号	任 务	教 学 评 价
1	任务 1-1	好 ☐ 一般 ☐ 差 ☐
2	任务 1-2	好 ☐ 一般 ☐ 差 ☐
3	任务 1-3	好 ☐ 一般 ☐ 差 ☐
4	任务 1-4	好 ☐ 一般 ☐ 差 ☐
5	任务 1-5	好 ☐ 一般 ☐ 差 ☐

任务 1-1 数控车床的认识

任务描述

认真观察一台数控车床后，指出图 1-1 中数控车床各部分的名称及功能。

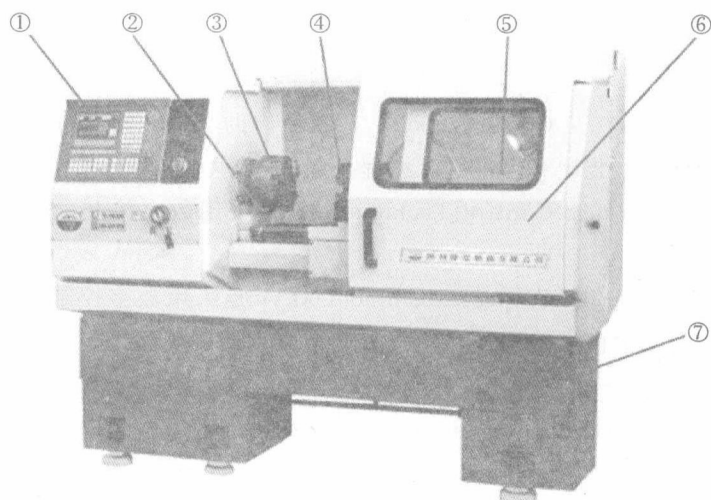


图 1-1 数控车床

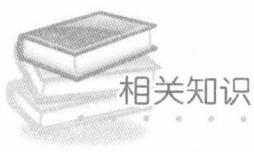
工作过程

第 1 步 阅读与该任务相关的知识。

第 2 步 仔细观察数控车间的数控机床，了解各组成部分的名称及功能。图 1-1 中数控车床各部分的名称及功能见表 1-1。

表 1-1 数控车床各部分名称及功能

序 号	名 称	功 能
①	数控装置	主要功能是接收输入装置的信号，经过编译、插补运算和逻辑处理后，输出信号和指令到伺服系统，进而控制机床的各个部分进行动作
②	导轨	起导向及支承作用，它的精度、刚度及结构形式等对机床的加工精度和承载能力有直接影响
③	卡盘	夹持工件
④	刀塔	安装刀具
⑤	尾座	用于安装顶尖、钻头 etc
⑥	防护门	安全防护作用
⑦	床身	支撑数控车床各部件



与普通车床相似，数控车床是应用最广泛的一种数控机床。在数控车床上可以加工精度和表面粗糙度要求较高、轮廓形状复杂或难以控制尺寸、带特殊螺纹的回转体零件。车削加工中心除了可以进行一般车削外，还可以进行径向和轴向铣削、曲面铣削、中心线不在零件回转中心的孔和径向孔的钻削等加工。

1. 几个概念

① 数字控制 (Numerical Control, NC) 是一种借助数字、字符或其他符号对某一工作过程 (如加工、测量、装配等) 进行可编程控制的自动化方法。

② 数控技术 (Numerical Control Technology) 是采用数字控制的方法对某一工作过程实现自动控制的技术。

③ 数控机床 (Numerical Control Machine Tools) 是采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的一类机床。它是数控技术典型应用的例子。

④ 数控系统 (Numerical Control System) 是实现数字控制的装置。

⑤ 计算机数控系统 (Computer Numerical Control, CNC) 是以计算机为核心的数控系统。

2. 数控机床的发展史

1952 年, Parsons 公司和 M. I. T. 公司合作研制了世界上第一台三坐标数控机床。

1955 年, 第一台工业用数控机床由美国 Bendix 公司生产出来。从 1952 年至今, NC 机床按 NC 系统的发展经历了五代。其中, 前三代 NC 系统, 由于其数控功能均由硬件实现, 故历史上又称其为“硬线 NC”。

第一代: 1955 年, NC 系统由电子管组成, 体积大, 功耗大。

第二代: 1959 年, NC 系统由晶体管组成, 广泛采用印刷电路板。

第三代: 1965 年, NC 系统采用小规模集成电路作为硬件, 其特点是体积小, 功耗低, 可靠性进一步提高。

第四代: 1970 年, NC 系统采用小型计算机取代专用计算机, 其部分功能由软件实现, 它具有价格低、可靠性高和功能多等特点。

第五代: 1974 年, NC 系统以微处理器为核心, 不仅价格进一步降低, 体积进一步缩小, 而且使真正意义上的机电一体化成为可能。这一代又可分为以下六个发展阶段。

1970 年: 系统采用 CRT 显示、大容量磁泡存储器及可编程接口和遥控接口等。

1974 年: 系统以微处理器为核心, 有字符显示和自诊断功能。

1981 年: 具有人机对话、动态图形显示及实时精度补偿功能。

1986 年: 数字伺服控制诞生, 大容量的交直流电机进入实用阶段。

1988 年: 采用了高性能 32 位机为主机的主从结构系统。

1994 年：基于 PC 的 NC 系统诞生，使 NC 系统的研发进入了开放型、柔性化的新时代，新型 NC 系统的开发周期日益缩短。这是数控技术发展的又一个里程碑。

3. 数控车床的机构

CKA6150 数控车床主要由输入输出装置、数控装置及辅助装置、伺服驱动系统及位置检测装置、机械主体四部分组成。数控机床组成框图如图 1-2 所示。

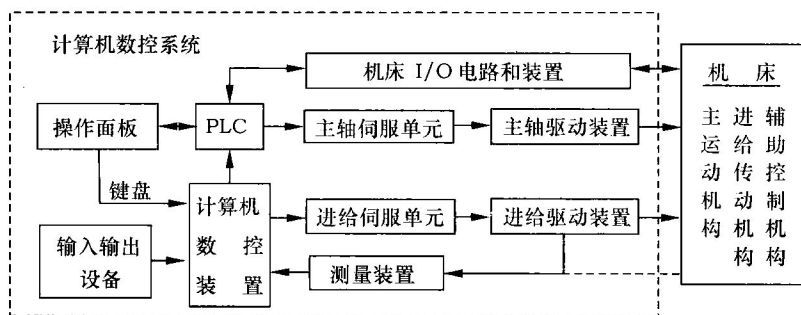


图 1-2 数控机床组成框图

(1) 输入输出装置

输入输出装置是数控系统和操作人员进行信息交流的一种装置。

将数控程序输入到数控装置中，可采用以下三种方式。

① 控制介质输入。主要控制介质有纸带、网络、磁盘、磁带等，目前纸带已逐渐被淘汰。

② 手动输入。利用机床的显示屏及键盘输入加工程序，控制数控机床等。手动输入可分为两种：一种是手动数据输入（MDI），用于一些短的程序，只使用一次，机床动作后就消失；另一种是在编辑（EDIT）状态下，用键盘输入加工程序，存入控制装置内存中，可以反复使用。

③ 直接输入。目前，所有的数控系统基本上都配置有标准的串行口（RS-232 等串行口）、自动控制专用接口（DNC 方式，MAP 协议等），并有网络技术（Internet，LAN 等）支持。可以使用数控装置的这些通讯接口，通过设置有关参数和传输软件，就可以直接读入在自动编程机上或其他计算机上编制好的程序。

(2) 数控装置及辅助控制装置

数控装置是数控系统的核心，它的主要功能是接收输入装置的信号，经过编译、插补运算和逻辑处理后，输出信号和指令到伺服系统，进而控制机床的各个部分进行动作。例如，国产华中 HNC-21T 系统数控装置的操作面板如图 1-3 所示。

辅助控制装置是连接数控装置、机床机械和液压部件的控制系统。数控装置发出的主轴变

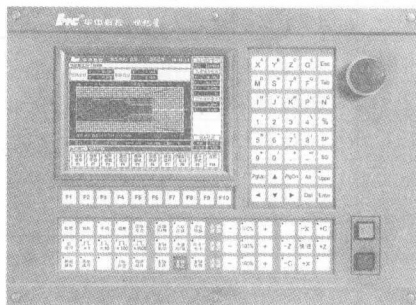


图 1-3 华中 HNC-21T 系统数控装置

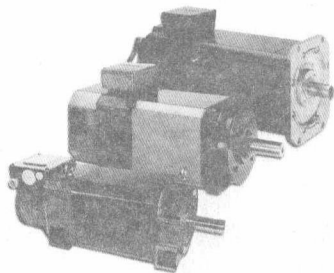
速、刀具选择和辅助装置的动作等信号,经过编译和功率放大后驱动相应的电器、液压、气动、机械部件,使其完成相应的动作。

(3) 伺服驱动系统及检测装置

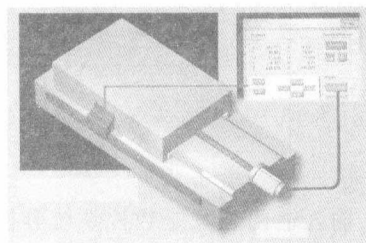
伺服系统是数控系统和机床本体之间的电传动联系环节,主要由伺服电动机、驱动控制系统、位置检测与反馈装置组成。伺服电动机是系统的执行元件,驱动控制系统则是伺服电动机的动力源。数控系统发出的指令信号与位置反馈信号比较后作为位移指令,再经过驱动系统的功率放大后,驱动电动机运转,通过机械传动装置带动工作台或刀架运动。图 1-4 中的 (a) 是数控机床的交流伺服驱动单元, (b) 是数控机床的伺服电机, (c) 是数控机床的检测装置——光栅尺。



(a) 交流伺服驱动单元



(b) 伺服电机



(c) 光栅尺

图 1-4 数控机床的伺服和检测装置

(4) 机床本体

机床本体是数控机床的基础结构,与普通机床相似,由床身、主轴部件、冷却部件、润滑部件等部分组成。由于数控机床是高精度、高效率的自动化设备,因此必须具有更好的抗振性和刚度。

4. 数控机床的主要技术规格

CKA6150 数控机床的主要技术规格见表 1-2。

表 1-2 数控机床的主要技术规格

项 目	单 位	参 数
机床型号		CKA6150/1000
床身上最大回转直径	mm	$\phi 500$
滑板上最大回转直径	mm	$\phi 280$
最大加工长度	mm	930
主轴通孔直径	mm	$\phi 82$
主电机功率	kW	7.5, 变频
主轴转速范围	r/min	45~2200, 三档
尾台套筒直径	mm	$\phi 75$

续表

项 目	单 位	参 数
尾台套筒锥孔	MT	No. 5
X 轴最大行程	mm	280
Z 轴最大行程	mm	935
X/Z 伺服电机	N · m	7.5/11
刀台快移速度 (X/Z)	m/min	4/8
刀架刀位数		4/6 (选配)
刀具安装尺寸	mm	25×25
机床外形 (长×宽×高)	mm	2580×1450×1780
机床净重	kg	2600
机床系统		HNC-21T

5. 数控车削的加工特点及应用

(1) 数控机床的加工特点

与普通车削相比,数控车削的加工具有以下特点。

① 对加工对象适应性强。在数控机床上要改变加工零件时只需要重新编制程序,不需要变换更多的夹具和重新调整机床,就可以快速地从加工一种零件转变为加工另一种零件,这给单件、小批量及新产品的试制提供了极大的便利。

② 加工精度高,质量稳定。由于数控机床的制造特点,与普通机床相比,数控机床能够达到比较高的加工精度,对于一般的数控机床,定位精度能达到 ± 0.01 mm,重复定位精度可达到 ± 0.005 mm,而且,在加工过程中,操作人员不参与,这样就消除了人为误差。

③ 生产效率高。由于数控机床具有自动换刀、自动调速等功能,自动化程度高。另外,机床的刚性好,在加工过程中可以采用较高的转速和较大的切削用量,从而可有效地减少零件的加工时间和辅助时间。所以,数控机床的加工效率比普通机床要高几倍,尤其加工复杂的零件时,生产效率可以提高到十几倍甚至几十倍。

④ 劳动条件好。数控机床的自动化程度高,大大减轻了操作者的劳动强度。另外,数控机床一般采用封闭式加工,既清洁又安全,劳动条件得到了改善。

⑤ 有利于生产管理。由于目前所有的数控系统在加工过程中都能准确地计算出零件的加工时间,从而有利于编制生产计划、简化检验工作。此外,还可以对刀具、夹具进行规范化管理。

⑥ 价格昂贵。数控机床涉及机械、计算机、自动化控制、软件技术等诸多领域,总体价格昂贵,加工成本高。

⑦ 调试、维修较困难。由于数控机床涉及的领域较多,结构较复杂,所以其调试、维修较困难,要求其操作人员要经过专门的技术培训。

(2) 数控机床的应用

数控机床最适合加工以下零件。

① 形状复杂的零件，特别是精度要求高、尺寸繁多或用数字定义的复杂曲线、曲面轮廓的零件，以及“口小肚大”的内成型面零件。

② 多品种、中小批量生产的零件。图 1-5 标示了各种机床的使用范围，从中可以看出，在多品种、中小批量生产情况下，采用数控机床最为合理。

③ 不允许报废的关键性零件。

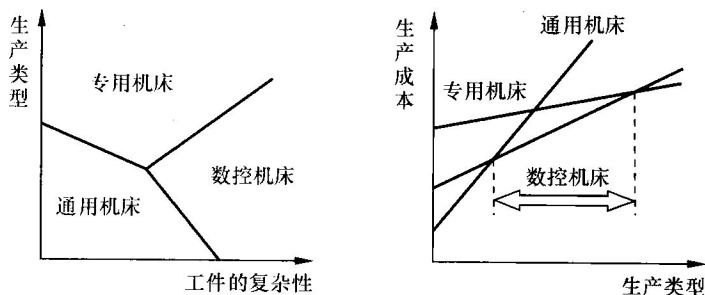
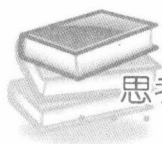


图 1-5 各种机床使用范围



思考与交流

- ① 说说你所见过的数控机床，并比较它们的差别。
- ② 你认为数控车床和普通车床相比，有什么区别。

任务 1-2 数控车床控制面板的认识

任务描述

认真观察一台数控车床的控制面板，了解各功能按键的作用。国产数控系统 HNC-21T 的控制面板如图 1-6 所示，请指出各区域功能。

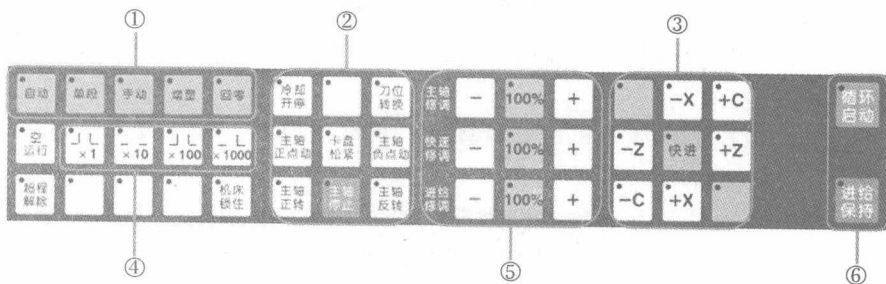


图 1-6 HNC-21T 的控制面板

工作过程

第1步 阅读与该任务相关的知识。

第2步 仔细观察数控机床的控制面板，了解各功能键的名称及作用。HNC-21T 数控系统的控制面板上的各区域按键的功能见表 1-3。

表 1-3 HNC-21T 数控系统的控制面板功能

序 号	名 称	功 能
①	加工方式选择键	包括【自动】、【单段】、【手动】、【增量】、【回零】等工作方式选择键，用于选择机床的工作方式
②	辅助动作手动控制键	包括主轴控制、冷却液控制及换刀控制键
③	坐标轴移动手动控制键	包括 X 正反方向移动、Z 正反方向移动及快速移动键
④	增量倍率选择键	用于【增量】工作方式时的倍率选择
⑤	倍率修调键	包括主轴修调、快速修调和进给修调键
⑥	自动控制键	用于【自动】和【单段】工作方式下的机床控制
⑦	其他键	包括空运行和机床锁住及超程解除等辅助动作按键

相关知识

HNC-21T 数控系统的控制面板如图 1-6 所示，有“加工方式选择”按键、“辅助动作手动控制”按键、“坐标轴移动手动控制”按键、“倍率修调”按键、“增量倍率选择”按键、“自动控制”按键及其他按键。各按键的功能如下。

①  按键 用于机床的自动加工。

②  按键 用于单段程序的运行。在自动运行时，每按下一次  键，NC 系统执行一个程序段后自动停止。

③  按键 选择此方式，可以手动控制机床，比如手动换刀、手动移动机床各轴、主轴正反转等。

④  按键 选择此方式，每按一次，机床将移动“一步”。定量移动机床坐标轴，移动距离由倍率调整（可控制机床精确定位，但不连续）。当手持盒打开后，“增量”方式变为“手摇”。倍率仍有效。可连续精确控制机床的移动。机床进给速度受操作者的手动速度和倍率控制。

⑤  按键 用于机床返回参考点。

⑥  按键 用于程序的快速空运行，此时程序中的 F 代码无效。按下一次，指示灯亮，说明此状态选中，再按一次，指示灯暗。下面各按键同。