SHUKONGCHECHUANG
LAODONGYUBEIZHIJIAOCAI
CAOZUOYUBIANCHENG

国家级职业教育培训规划教材
人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐

职业培训教材
劳动预备制教材

数控车床操作与编程

SHUKONG CHECHUANG
CAOZUO YU BIANCHENG

LAODONG YUBEIZHI JIAOCAI

中国劳动社会保障出版社

劳动预备制教材
职业培训教材

数控车床操作与编程

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控车床操作与编程/张智敏主编. —北京：中国劳动社会保障出版社，2010
劳动预备制教材. 职业培训教材
ISBN 978-7-5045-8327-7

Ⅰ.①数… Ⅱ.①张… Ⅲ.①数控机床:车床-操作-技术培训-教材②数控机床:车床-程序设计-技术培训-教材 Ⅳ.①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 085823 号

中国劳动社会保障出版社出版发行
(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)
出 版 人：张梦欣
*
新华书店经销
北京人卫印刷厂印刷 北京密云青云装订厂装订
787毫米×1092毫米 16开本 12.25印张 291千字
2010年6月第1版 2010年6月第1次印刷
定价:23.00元
读者服务部电话:010-64929211
发行部电话:010-64927085
出版社网址:http://www.class.com.cn
版权专有 侵权必究
举报电话:010-64954652

前　言

《中华人民共和国就业促进法》规定："国家采取措施建立健全劳动预备制度，县级以上地方人民政府对有就业要求的初高中毕业生实行一定期限的职业教育和培训，使其取得相应的职业资格或者掌握一定的职业技能。"

为进一步加强劳动预备制培训教材建设，满足各地实施劳动预备制对教材的需求，我们会同中国劳动社会保障出版社，组织有关人员对2000年出版的机械、电工、计算机、汽车、烹饪、饭店服务、商业、服装、建筑等类劳动预备制培训的专业课教材进行修订改版，并新编了美容美发、保健护理、物流、数控加工、会计、家政服务等类的专业课教材。

在组织修订、编写教材时，考虑到接受培训人员的实际水平，为了使学员在较短时间内掌握从业必备的基本知识和操作技能，我们力求做到学习的理论知识为掌握操作技能服务，操作技能实践课题与生产实际紧密结合，内容深入浅出、图文并茂，增强教材的实用性和可读性。同时，注意在教材中反映新知识、新技术、新工艺和新方法，努力提高教材的先进性。

为了在规定的期限内更好地完成劳动预备制培训，各专业按照公共课＋专业课的模式进行教学。公共课分为必修课和选修课，教材为《法律常识》《职业道德》《就业指导》《计算机应用》《劳动保护知识》《应用数学》《实用写作》《英语日常用语》《实用物理》《交际礼仪》。专业课教材分为专业基础知识教材和专业技术（理论和实训一体化）教材。

在这批教材的修订、编写过程中，编审人员克服各种困难，较好地完成了任务。在此，谨向付出辛勤劳动的编审人员表示衷心感谢。

由于编写时间有限，教材中可能有一些不足之处，我们将在教材使用过程中听取各方面的意见，适时进行修改，使其趋于完善。

人力资源和社会保障部教材办公室

简　介

本书主要内容包括：数控车削加工基础、轴类零件的加工、孔类零件的加工、槽类零件的加工、螺纹类零件的加工、综合零件的加工、数控车床的检验与保养。

本书以任务驱动和问题引导的形式组织教学内容，突出技能培训并将理论和实践灵活地结合在一起，可以实现课程的一体化教学。在编写理念上，强调以学生为主体，多使用图形、表格、框图等形象直观的表达方式，有利于学生接受；以能力为本位，以典型机械零件数控加工过程中所涉及的基本知识与操作技能为主线，从易到难，逐步深入；以就业为导向，面向企业和社会，依据国家职业标准，参照实际岗位要求，编写相关内容。

本书为劳动预备制培训专业教材，适用于无专业基础的初高中毕业生、就业与再就业人员及在职人员的培训。

本书由张智敏主编，肖琳娜参编，梁东晓主审。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目　录

第一单元　数控车削加工基础 …… (1)
模块一　数控车床概述 …… (1)
模块二　数控车削加工工艺 …… (6)
模块三　数控车削程序编制 …… (19)
模块四　数控车床的操作 …… (27)
第二单元　轴类零件的加工 …… (46)
模块一　简单阶梯轴的加工 …… (46)
模块二　圆锥面的加工 …… (51)
模块三　圆弧面的加工 …… (57)
模块四　端面的加工 …… (63)
模块五　阶梯轴的加工 …… (67)
模块六　复杂端面的加工 …… (72)
模块七　锻件与铸件的加工 …… (76)
第三单元　孔类零件的加工 …… (80)
模块一　阶梯孔的加工 …… (80)
模块二　薄壁零件的加工 …… (86)
第四单元　槽类零件的加工 …… (93)
模块一　外径槽的加工 …… (93)
模块二　内径槽的加工 …… (98)
模块三　端面槽的加工 …… (102)
第五单元　螺纹类零件的加工 …… (106)
模块一　圆柱螺纹的加工 …… (106)
模块二　圆锥螺纹的加工 …… (116)
模块三　内螺纹的加工 …… (122)
第六单元　综合零件的加工 …… (128)
模块一　综合零件 1 的加工 …… (128)
模块二　综合零件 2 的加工 …… (133)
模块三　综合零件 3 的加工 …… (137)

第七单元　数控车床的检验与保养 …… (143)
模块一　数控车床的安装与调试 …… (143)
模块二　数控车床的精度检验 …… (151)
模块三　数控车床的维护与保养 …… (164)

练习题参考答案 …… (170)
参考文献 …… (190)

第一单元　数控车削加工基础

模块一　数控车床概述

◎ 知识技能要求

1. 数控车床的基本组成、分类
2. 数控车床的加工特点
3. 掌握数控车床的结构及各部分的功能
4. 了解数控车床的分类

一、数控车床的基本组成

数控车床的组成如图 1—1 所示，数控车床的外观如图 1—2 所示。

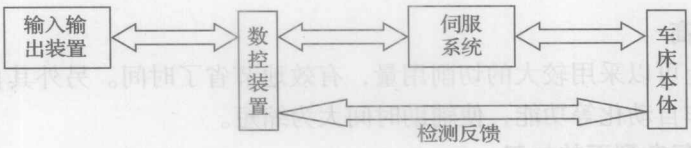

图 1—1　数控车床的组成框图

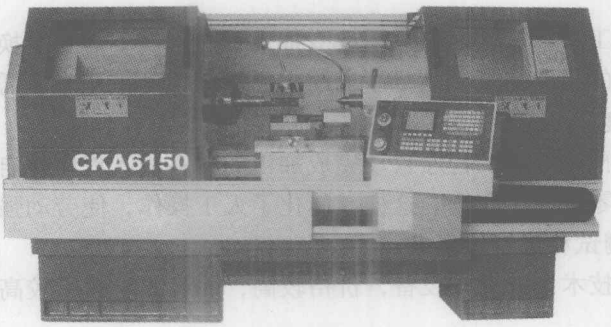

图 1—2　数控车床的外观图（经济型数控车床）

1. 输入输出装置

输入输出装置用于将程序载体内的加工信息输入到数控装置中。对现代数控机床，可以利用机床上的 CRT 显示器及键盘手动输入加工程序指令（即 MDI 方式输入）；还可以利用 CAD/CAM 软件在计算机上编程，然后通过计算机用通信方式将程序传送到数控装置。输入输出装置是机床与外部设备的接口。目前常用的输入装置有软盘驱动器、RS232C 串行通信口等。

2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心，数控装置通常由专用计算机、输入输出接口板及机床控制

器等组成。其功能是完成输入信息的存储、数据的变换、插补运算及实现各种控制。

3. 伺服系统

伺服系统是数控机床的执行机构，其作用是把来自数控装置的脉冲信号转化为机床移动部件的运动。

4. 车床本体

车床本体是数控机床的主体，是用于完成各种切削加工的机械部分。

5. 检测反馈装置

检测反馈装置的作用是通过传感器将伺服电动机角位移和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，与脉冲指令信号进行比较，由数控装置纠正误差，控制驱动执行元件准确运转。

二、数控车床的特点

1. 加工精度高

数控车床具有很高的控制精度和制造精度，一般在 0.005 ~ 0.01 mm 之间，某些高精度的数控车床所加工的工件，其尺寸精度可达 0.01 μm，表面粗糙度 R_a 值可达 0.02 μm。数控车床的加工精度不受零件复杂程度的影响，车床传动链的反向齿轮间隙和丝杠的螺距误差等都可以通过数控装置自动进行补偿，其定位精度比较高，同时还可以利用数控软件进行精度校正和补偿。

2. 生产效率高

在数控车床上可以采用较大的切削用量，有效地节省了时间。另外其自动调速、自动换刀和其他辅助操作自动化等功能，使辅助时间大为缩短。

3. 可以进行复杂型面的加工

由于数控车床能实现两轴或两轴以上的联动，所以能完成复杂型面的加工。

4. 生产柔性大

在数控车床上加工不同零件时，只需改变加工程序，而不需要更换许多工具和夹具，且可利用采用成组技术的成套夹具，满足了当前产品更新快的市场竞争需要。

5. 减轻劳动强度

数控机床是按照预先编好的程序自动完成加工的，在输入程序并启动后，数控车床就自动地连续加工，直至零件加工完毕。这样就简化了人工操作，使劳动强度大大降低。

6. 价格较高且调试和维修较复杂

数控车床是一种技术含量高的设备，价格较高，而且要求具有较高技术水平的人员来操作和维修。

三、数控车床的分类

数控车床的分类见表 1—1。

表 1—1　　数控车床的分类

分类方法	机床类型
按坐标轴数分类	两轴数控车床、多轴数控车床
按伺服系统的类型分类	开环控制数控车床、半闭环控制数控车床、闭环控制数控车床
按功能水平分类	低档、中档、高档

1. 按坐标轴数分类

（1）两坐标数控车床。两坐标数控车床是指可以控制两个坐标轴同时运动来加工曲线轮廓零件的车床，即两轴联动，例如，可以同时控制 x 和 z 坐标轴的数控车床。

（2）多坐标数控车床。联动坐标轴以及可以控制的坐标轴均为三轴或三轴以上的车床，统称为多坐标数控车床。这类数控车床的控制精度较高，加工零件的形状多为空间曲面，故适宜加工形状特别复杂、精度要求较高的零件。

2. 按伺服系统的类型分类

（1）开环控制数控车床。开环控制数控车床的控制原理如图 1—3 所示。

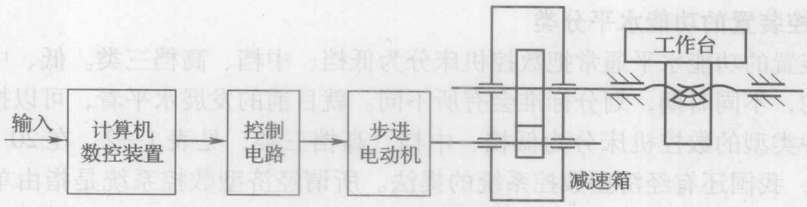

图 1—3　开环控制框图

这类车床所采用的开环伺服系统又称为步进电动机驱动系统，它的主要特征是该系统内没有位置检测反馈装置。我国目前的经济型数控车床普遍采用步进电动机驱动系统。开环伺服系统在工作中不需要比较其指令位置与实际位置之间的误差，也不存在用该误差进行补偿控制的问题。这类车床的控制精度主要取决于伺服系统的传动链及步进电动机本身，故控制精度不高。但这类车床结构简单，调试及维修方便，价格低廉。

（2）半闭环控制数控车床。半闭环控制数控车床的控制原理如图 1—4 所示。

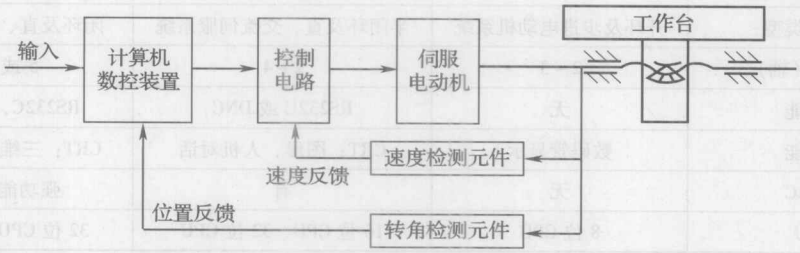

图 1—4　半闭环控制框图

这类车床所采用的伺服系统与全闭环伺服系统相比，其特点是该系统内设有以位置检测元件为主的测量反馈装置，它在车床的控制过程中形成部分位置随动控制环路，但不把机械传动位置等部分包括在内，故称该控制环路为“半闭环”。该伺服系统因能自动进行位置检测和误差比较，可对部分误差进行补偿，故其控制精度比开环伺服系统高。常用于中档数控车床。

（3）闭环控制数控车床。闭环控制数控车床的控制原理如图 1—5 所示。

这类车床的控制精度很高，在加工中，随时将测量到的实际位移值反馈到数控装置中，与输入的指令位移值进行比较，及时消除误差，形成全部位置随动控制环路，自动检测并补偿所有的位移误差。其特点是加工精度很高，但设计和调整困难，价格也较高。主要用于一些精度要求较高的超精车床和车削中心等。

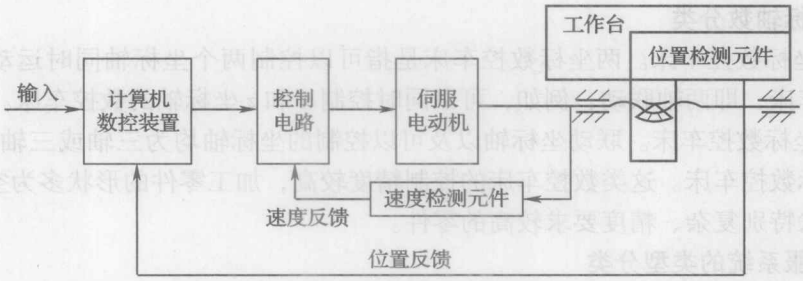

图 1—5　闭环控制框图

3. 按数控装置的功能水平分类

按数控装置的功能水平通常把数控机床分为低档、中档、高档三类。低、中、高三档的界限是相对的，不同时期，划分标准会有所不同。就目前的发展水平看，可以按照一些功能及指标将各种类型的数控机床分为低档、中档、高档三类，见表 1—2。在 20 世纪 80 年代至 90 年代初，我国还有经济型数控系统的提法。所谓经济型数控系统是指由单板机、单片机和步进电动机组成的数控系统以及功能简单、价格低的数控系统。随着数控技术的发展，经济型数控系统也在不断进步，新一代经济型数控车床（见图 1—2）介于低档与中档数控车床之间。为此，经济型数控已被称做普及型或简易型数控。高、中档数控车床一般称为全功能型数控车床（见图 1—6）或车削中心（见图 1—7）。

表 1—2　　不同档次数控机床功能及指标

功能	低档	中档	高档
系统分辨率/μm	10	1	0.1
进给速度/（m/min）	8～15	15～24	24～100
伺服进给类型	开环及步进电动机系统	半闭环及直、交流伺服系统	闭环及直、交流伺服系统
联动轴数（轴）	2～3	2～4	5 或 5 以上
通信功能	无	RS232C 或 DNC	RS232C，DNC，MAP
显示功能	数码管显示	CRT：图形、人机对话	CRT：三维图形、自诊断
内装 PLC	无	有	强功能内装 PLC
主 CPU	8 位 CPU	16 位 CPU、32 位 CPU	32 位 CPU、64 位 CPU

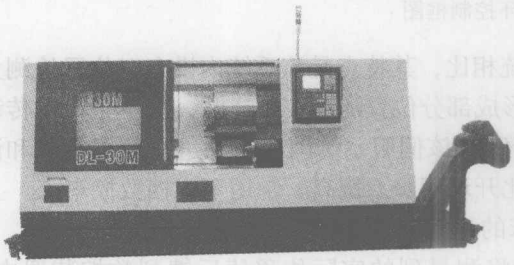

图 1—6　全功能型数控车床

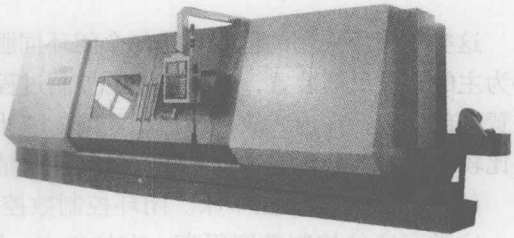

图 1—7　车削中心

四、数控车床的工作过程

数控车床的工作过程如图 1—8 所示，其主要步骤是：

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

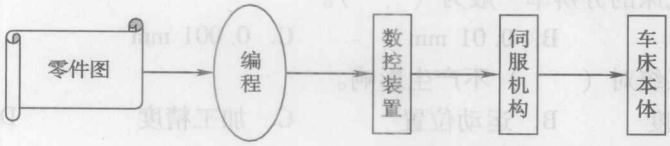

图 1—8　数控车床的工作过程框图

1. 读图

根据被加工零件的零件图制定零件加工的工艺过程，刀具、零件的运动轨迹，切削参数以及辅助动作顺序等。

2. 编程

用手工编程或计算机自动编程的方法，编写零件的加工程序。

3. 输入

通过操作面板或通过接口将加工程序输入数控装置。

4. 控制转换

数控装置根据输入的信息进行一系列运算和控制处理，将结果以脉冲形式送入机床的伺服机构。

5. 加工

伺服机构驱动车床的运动部件，完成零件的加工。

◎ 练习题

一、判断题

1. 闭环伺服系统数控机床不直接测量机床工作台的位移量。
2. 目前常用的输入装置有软盘驱动器、RS232C 串行通信口等。
3. 半闭环伺服系统数控机床直接测量机床工作台的位移量。
4. 分辨率在 0.000 1 mm 的数控机床属于高档数控机床。
5. 闭环进给伺服系统必须采用绝对式检测装置。
6. 半闭环进给伺服系统只能采用增量式检测装置。
7. 程序只有通过键盘才能输入数控系统。

二、填空题

1. 伺服系统是数控系统的_____，其作用是把来自数控装置_____转化为_____的运动。

2. 程序可以通过_____直接输入数控系统，也可以先制作控制介质再将控制介质上的程序输入数控系统。

3. 数控装置是数控机床的_____。数控装置由_____、_____和_____等构成。

三、选择题

1. 只能间接测量机床工作台的位移量的伺服系统是（　　）。

A. 开环伺服系统　　B. 半闭环伺服系统

C. 闭环伺服系统　　D. 混合环伺服系统

2. 中档数控机床的分辨率一般为（　　）。

A. 0.1 mm　　B. 0.01 mm　　C. 0.001 mm

3. 进给伺服系统对（　　）不产生影响。

A. 进给速度　　B. 运动位置　　C. 加工精度　　D. 主轴转速

4. （　　）伺服系统的控制精度最高。

A. 开环　　B. 半闭环　　C. 闭环　　D. 混合环

5. 高档数控机床的联动轴数一般为（　　）。

A. 2 轴　　B. 3 轴　　C. 4 轴　　D. 5 轴

6. 对于闭环进给伺服系统，可采用（　　）作为检测装置。

A. 增量式编码器　B. 绝对式编码器　C. 圆光栅　D. 长光栅

7. 在开环数控机床上，一般采用（　　）。

A. 小惯量直流电动机　　B. 大惯量直流电动机

C. 交流伺服电动机　　D. 步进电动机

8. FANUC 0i 数控系统的制造商为（　　）。

A. 日本　　B. 德国　　C. 美国　　D. 中国

四、名词解释

1. 数控装置
2. 伺服系统
3. 检测反馈装置

五、简答题

1. 画出半闭环伺服系统的框图，并说明其工作特点。
2. 同普通车削相比，数控车削加工有哪些特点？

模块二　数控车削加工工艺

◎ 知识技能要求

1. 零件图的工艺性分析
2. 定位与夹紧方案的确定
3. 夹具的选择
4. 加工顺序的确定
5. 刀具进给路线的确定
6. 刀具的选择
7. 切削用量的选择
8. 能够制定合理的数控车削加工工艺方案

在生产中，编制程序之前，首先要看懂图样和工艺要求，明确工艺过程，合理地选择刀具、夹具及切削用量。数控车削加工工艺制定得合理与否，对程序编制、机床的加工效率和

零件的加工精度都有重要影响。

◎ 加工任务

如图 1—9 所示的典型轴类零件，其毛坯规格是 $\phi65$ mm×160 mm，材料为 45 钢。在数控车床上完成加工，试编制其加工工艺方案。

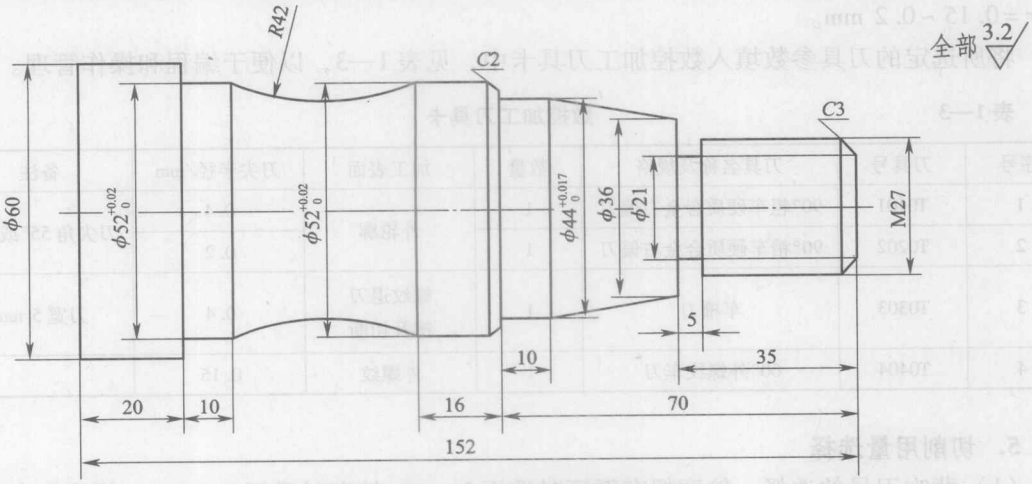

图 1—9　典型轴类零件

一、确定加工工艺

1. 零件图工艺分析

该零件表面由圆柱、圆锥、圆弧及螺纹等组成，其多个直径尺寸有较严格的尺寸精度和表面粗糙度要求。零件材料为 45 钢，尺寸标注完整，轮廓表达清楚，无热处理和硬度要求。

通过上述分析，采取以下工艺措施。

（1）对图样上给定的几处带公差的尺寸，编程时取平均值。

（2）为便于装夹，在左端面先车出夹持部分。

（3）毛坯选 $\phi65$ mm 棒料。

2. 确定装夹方案

确定坯件轴线和左端大端面（设计基准）为定位基准。左端采用三爪自定心卡盘夹紧，右端采用活动顶尖支撑的装夹方式。

3. 确定加工顺序及进给路线

加工顺序按由粗到精、由近及远（由右到左）的原则确定。即先从右到左进行粗车（留 0.4 mm 精车余量），换精车刀，然后从右到左进行精车；换车槽刀，采用车槽循环或端面车削方式粗、精加工至普通螺纹大径尺寸，车削螺纹退刀槽，换螺纹刀，最后车削螺纹，切断工件。

数控车床具有粗、精车外圆循环和车螺纹循环功能，只要正确使用编程指令，机床数控系统就会自行确定其进给路线。

4. 刀具选择

（1）选用 $\phi4$ mm 中心钻钻削中心孔。

（2）粗车外轮廓及端面选用 90°硬质合金右偏刀，为防止刀具副后面与工件轮廓干涉，

副偏角不宜太小，可选30°。

（3）精车外轮廓时采用刀尖角为35°、刀尖圆弧半径为0.2 mm的涂层刀具或硬质合金刀具。

（4）切削螺纹退刀槽和切断时采用车槽刀，刀宽为5 mm。

（5）车外螺纹选用硬质合金60°外螺纹车刀，刀尖圆弧半径应小于轮廓最大圆角半径，取 $r=0.15\sim0.2$ mm。

将所选定的刀具参数填入数控加工刀具卡中，见表1—3，以便于编程和操作管理。

表1—3　　数控加工刀具卡

序号	刀具号	刀具名称及规格	数量	加工表面	刀尖半径/mm	备注
1	T0101	90°粗车硬质合金右偏刀	1	外轮廓	0.4	刀尖角55°或35°
2	T0202	90°精车硬质合金右偏刀	1		0.2	
3	T0303	车槽刀	1	螺纹退刀槽及切断	0.4	刀宽5 mm
4	T0404	60°外螺纹车刀	1	外螺纹	0.15	

5. 切削用量选择

（1）背吃刀量的选择。轮廓粗车循环时选用3 mm，精车时采用0.5 mm；螺纹粗车循环时选用0.5 mm，精车时采用0.1 mm。

（2）主轴转速的选择。车直线和圆弧轮廓时，选用粗车切削速度90 m/min、精车切削速度130 m/min，然后利用公式 $n=1\,000v_c/\pi d$ 计算主轴转速（粗车工件直径65 mm，精车工件直径取平均值），粗车主轴转速约450 r/min，精车主轴转速约1 000 r/min，车螺纹时主轴转速按公式 $n\leqslant(1\,200/P)-K$ 计算，其中 P 取3 mm，K 取80 r/min，计算主轴转速取320 r/min。

（3）进给量的选择。选择粗车、精车每转进给量分别为0.5 mm/r和0.16 mm/r。

二、数控加工工序

工序清单见表1—4。

表1—4　　工序清单

材料	45钢	零件名称	典型轴	系统	FANUC 0i
使用设备	CAK6140	工序号	001	程序编号	00001
操作序号	走刀路线	刀具号	切削用量		
			主轴转速/（r/min）	进给量/（mm/r）	背吃刀量/mm
1	加工工件端面	T0101	450	0.5	0.5
2	粗车工件外轮廓	T0101	450	0.5	3
3	车削螺纹退刀槽	T0303	300	0.06	
4	精车工件外轮廓	T0202	1 000	0.16	0.5
5	粗车螺纹	T0404	320		0.5
6	精车螺纹	T0404	320		0.1
7	切断	T0303	300	0.03	

◎ 加工知识

一、零件图样的分析

分析零件图样是工艺准备中的首要工作，它包括工件轮廓的几何条件、尺寸、形状和位置公差要求、表面粗糙度要求、毛坯、材料与热处理要求及件数要求的分析，这些都是制定合理工艺方案必须考虑的，也直接影响到零件加工程序的编制及加工的结果。分析零件图样主要包括以下几方面的内容：

1. 尺寸标注应符合数控加工的特点

在数控编程中，所有点、线、面的尺寸和位置都是以编程原点为基准的，因此零件图样上最好直接给出坐标尺寸，或尽量以同一基准标注尺寸。

2. 检查构成加工轮廓的几何要素是否完整、准确

在程序编制中，编程人员必须充分掌握构成零件轮廓的几何要素参数及各几何要素间的关系。因为在自动编程时要对零件轮廓的所有几何元素进行定义，手工编程时要计算出每个节点的坐标，无论哪一点不明确或不确定，编程都无法进行。

3. 分析尺寸公差、表面粗糙度要求

分析零件图样的尺寸公差要求和表面粗糙度要求，是确定机床、刀具、切削用量，以及确定零件尺寸精度的控制方法、手段和加工工艺的重要依据。在分析过程中，对不同精度的尺寸要求和表面粗糙度要求，在刀具选择、切削用量、走刀线路等方面进行合理的选择，并将这些选择在程序编制中予以应用。

4. 分析形状和位置公差要求

除了零件的尺寸公差和表面粗糙度要达到图样要求外，形状和位置公差也是保证零件精度的重要要求。在工艺准备过程中，应按图样的形状和位置公差要求来确定零件的定位基准、加工工艺，以满足其公差要求。

5. 结构工艺性分析

零件的结构工艺性是指零件对加工方法的适应性，即所设计的零件结构有利于加工成形。

二、定位与夹紧方案的确定

在零件加工的工艺过程中，合理选择定位基准对保证零件的尺寸精度、形状和位置精度起着决定性的作用。定位基准有两种，一种是以毛坯表面作为基准面的粗基准，另一种是以已加工表面作为基准面的精基准。在确定定位基准与夹紧方案时，应注意以下几点：

（1）设计基准、工艺基准与编程原点应统一，以减少基准不重合误差和数控编程中的计算工作量。

（2）选择粗基准时，应尽量选择不加工表面或能牢固、可靠地进行装夹的表面，并注意粗基准不宜重复使用。

（3）选择精基准时，应尽可能采用设计基准或装配基准作为定位基准，并尽量与测量基准重合，基准重合是保证零件加工质量最理想的工艺手段。精基准虽可重复使用，但为了减少定位误差，仍应尽量减少精基准的重复使用（即多次掉头装夹等）。

（4）减少装夹次数，尽可能做到一次定位装夹后能加工出工件上全部或大部分待加工表面，以减少装夹误差，提高加工表面之间的相互位置精度，充分发挥机床的效率。

三、夹具的选择

1. 数控车床用通用夹具

在数控车床上加工零件时，一般采用通用夹具进行装夹。在数控车床上常用的通用夹具有三爪自定心卡盘、四爪单动卡盘、自制薄壁套或弹簧夹套、前后顶尖和两顶尖支撑用拨杆以及软爪、拨动顶尖等，部分通用夹具如图 1—10 所示。同轴度要求较高，工序较多的长轴用两顶尖装夹较合适。

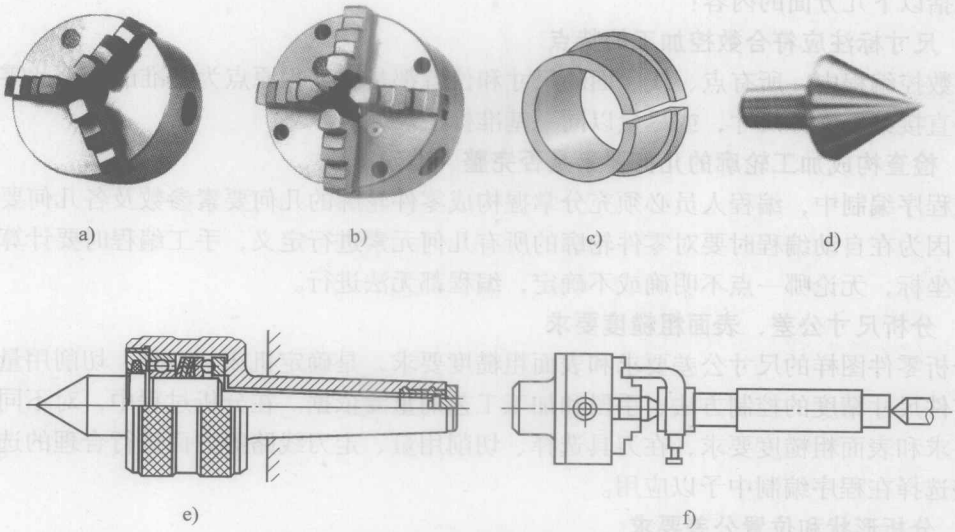

图 1—10　数控车床上常用通用夹具

a）三爪自定心卡盘　b）四爪单动卡盘　c）自制薄壁套　d）前顶尖　e）后顶尖　f）两顶尖支撑用拨杆

2. 三爪自定心卡盘的装夹与校正

以上夹具中，最常用的是三爪自定心卡盘。在工件加工过程中采用掉头装夹时，通常需对工件进行找正，其找正方法如图 1—11 所示，将百分表固定在工作台面上，测量头触压在圆柱侧母线的上方，然后轻轻手动转动卡盘，根据百分表的读数用铜棒轻敲工件进行调整，在主轴再次旋转的过程中百分表读数不变时，表示工件装夹表面的轴线与主轴轴线同轴。

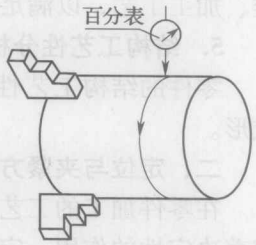

图 1—11　三爪自定心卡盘的校正

3. 花盘与角铁

数控车床加工（特别是批量加工）的零件，有时是一些形状复杂的不规则零件，这些零件不能用卡盘和顶尖进行装夹，这时，可借助花盘、角铁等辅助夹具进行装夹。花盘、角铁及常用的附件如图 1—12 所示。

加工表面的回转轴线与基准面垂直、外形复杂的零件可以装夹在花盘上加工。而一些加工表面的回转轴线与基准面平行、外形复杂的零件则可以装夹在角铁上加工。

四、加工阶段的划分

当零件的加工质量要求较高时，往往不可能用一道工序来满足其要求，而要用几道工序逐步达到所要求的加工质量。零件的加工过程通常按工序性质不同，可分为粗加工、半精加工、精加工和光整加工四个阶段。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com