

国家职业教育改革发展示范院校规划教材

数控车削编程与 操作加工实训

主 编 马 喆



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

国家职业教育改革发展示范院校规划教材

数控车削编程与 操作加工实训

主 编 马 喆



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书根据国家职业标准数控车工中级的培养目标和就业市场的岗位需求,以中职学生职业素养所必需的基本技能和基本知识为原则,共设计了8个项目,包括轴类、槽类、螺纹类工件的车削和综合工件的加工。本书易学、够用,重在基本技能的培养和基本知识的学习,按照“项目教学”的职业教育改革思路,在操作的过程中,培养学生分析加工工艺、编写加工技术文件和操作数控车床的技能,达到“产”“教”“学”“做”一体化的教学要求。

本书既可作为中职学校机械类专业教材,也可作为企业培训部门、职业技能鉴定培训机构的岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控车削编程与操作加工实训 / 马喆主编. — 北京:
中国水利水电出版社, 2015.8
国家职业教育教学改革示范院校规划教材
ISBN 978-7-5170-3405-6

I. ①数… II. ①马… III. ①数控机床—车床—车削
—程序设计—中等专业学校—教材②数控机床—车床—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(2015)第163662号

书 名	国家职业教育教学改革示范院校规划教材 数控车削编程与操作加工实训
作 者	主编 马喆
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 12印张 285千字
版 次	2015年8月第1版 2015年8月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	26.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

编 委 会

主 编：马 喆

副 主 编：杨海亮 谷子平 李仲立 李效利

牛 勇 柴向峰 蒋丽丽 李 季

李东春

编 委：元玉祥 王付军 袁长有 朱 强

程素瑜 袁 红 肖彦臣 马翊钧

王 巍

前言

本书是中等职业技术学校机械类专业系列教材之一，是依据教育部相关教学指导方案，结合我校教学改革实践经验编写的。本书编写时坚持了以就业为导向，将数控加工工艺和程序编制方法等专业技术能力融合到实训操作中，采用“项目引领，任务驱动，一体化教学”教学模式，充分体现以全面素质为基础，以能力为本位，以满足学生需求和社会需求为目标的编写指导思想。本书在编写中，力求突出以下特色：

(1) 以“数控加工技术应用与操作能力的培养”为主线，本着“易学、够用”的原则，将理论与实践有机结合，使“做、学、教”统一于项目的整个进程。

(2) 着眼于对学生基本功的培养，突出基本技能和基本知识的传授。以项目引领，任务驱动的方式将加工工艺与生产实践相结合，按数控加工的一般工艺设置教学项目和教学任务，由简入繁，循序渐进组织教学内容。

(3) 根据 FANUC Oi Mate-TC 编写，学生通过对轴类、槽类、螺纹及综合件的车削等项目的学习，能够熟练掌握系统相关指令的用法和相关工艺，能够熟练操作车床完成工件的精密加工。通过项目的学习，使学生能举一反三、触类旁通，适应不同系统数控机床加工的岗位需求。

(4) 结合数控车床操作工职业资格考核标准进行实训的强化训练，注重提高学生的实践能力和岗位就业竞争力。

本书共设有 8 个项目。依据数控车工（中级）国家职业标准通过轴的车削、槽的车削、螺纹车削、孔的车削及综合件的车削，由浅入深，由易到难，使学生掌握数控车削技术，达到数控车削中级工要求。

本书由马喆担任主编，并编写了项目六，项目三由杨海亮编写、项目七由李仲立编写、项目四由谷子平编写、项目八由李效利编写、项目五由牛勇编写、项目二由蒋丽丽编写、项目一由柴向峰编写。本书在编写的过程中还得到了许多教师同仁和工厂技师的支持和帮助，同时感谢北京启迪时代科技有限公司对本书编写工作做出的大力支持，特别感谢该公司李季、李东春对本书进行了认真的审校及建议，在此一并表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中疏漏之处在所难免，恳请广大读者和同仁批评指正。

作者

2015 年 5 月

目 录

前言

项目一 数控车削的基本知识	1
任务一 认识数控机床	1
任务二 数控车削的加工工艺	7
项目二 数控车削的基本操作	13
任务一 数控机床的基本操作	14
任务二 数控机床的操作加工	22
项目三 轴类零件的车削	32
任务一 外圆的车削	33
任务二 阶梯轴类工件的车削	39
任务三 锥面工件的车削	45
任务四 圆弧工件的车削	51
任务五 成型轴类工件的车削	57
任务六 孔类工件的车削	64
项目四 切槽与切断	74
任务一 切槽与切断相关工艺知识	75
任务二 窄槽的车削	78
任务三 宽槽的车削	83
项目五 螺纹的车削	91
任务一 连续螺纹的车削	91
任务二 三角形外圆螺纹的车削	100
任务三 内螺纹的车削	107
项目六 综合工件的加工	118
任务一 复杂轴类工件的加工	119
任务二 配合件的加工	126
任务三 批量生产	134

项目七 中级工考模拟	145
任务一 理论知识试题	145
任务二 中级工件的仿真加工	157
任务三 中级工件的实操加工	162
项目八 仿真软件的使用	172
任务一 宇龙数控仿真软件的操作	173
任务二 FANUC 数控车床加工实例	178

项目一 数控车削的基本知识

【情景导入】

数控车削加工是在数控车床上利用工件相对于刀具旋转对工件进行切削加工的方法。数控车削适于加工各种回转表面，如内外圆柱面、内外圆锥面、端面、沟槽、螺纹和回转成形面等。它可以利用工件的旋转运动和刀具的直线运动或曲线运动来改变毛坯的形状和尺寸，把它加工成符合图纸要求的零件。因此，我们要了解数控车床的结构；掌握数控车床的功能；最后还要学会认真分析并确定数控车削的加工工艺。

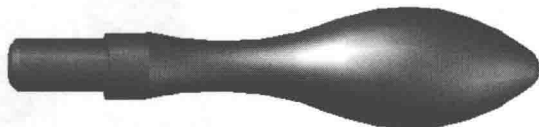


图 1-1 手柄

【项目学习目标】

学习目标		学习方式	学时
技能目标	1. 了解数控车床的结构及各部分的功能 2. 熟悉数控车床的操作面板	实践操作机床	8 课时
知识目标	1. 数控车床的型号及特点 2. 学会分析并确定数控车削加工工艺 3. 数控车床的安全操作规程	教师实例分析、讲解	4 课时
情感目标	通过实例分析具体讲解，组织学生工厂实践操作，让学生从感官了解到具体分析掌握问题。不仅锻炼了学生学习知识的能力，更进一步达到分析问题、解决问题的能力	理论联系实际，学生互助协作完成	

【情景案例分析】

本项目是数控车削各知识点的基础知识项目。本项目首先从数控车床的结构、功能及型号三方面让学生有了简单的感性认识，结合基础知识点进一步了解数控车床的基本原理掌握其工作方法和内容；其次，从数控车削的加工工艺方面着重入手，深入强化理论。结合实际操作中出现的各种问题及时解决并处理，进一步深化并认识数控车床。

任务一 认识数控机床

一、数控车床的简介

1. 数控车床的组成

数控车床由数控系统（输入/输出设备及接口；数控装置；伺服系统；检测反馈装置；可编程控制器）和机床本体（组成机床本体的各机械部件）组成。一个档次较高的数控车

床由数控装置、床身、主轴箱、回转刀架、进给系统、尾座、冷却系统、润滑系统、液压系统、排屑器等部分组成。如图 1-1-1 所示为典型的卧式车床。数控车床的主要特征是具有强大的、智能化的计算机数控系统，且机械结构比普通车床简单，因为它没有进给箱、挂轮箱和溜板箱。数控车床能加工各种螺纹，这是因为在主轴端部安装了与主轴同步运转的脉冲编码器，使主运动与进给运动建立起联系，严格保证了主轴回转运动与切削进给运动的运动关系。

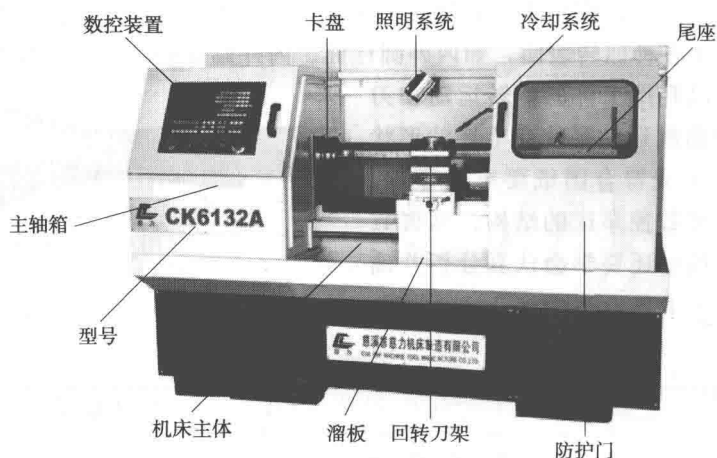


图 1-1-1 数控车床外形

2. 数控装置的认识

数控 (NC) 是数字控制的简称，它是一种借助数字、字符或其他符号对某一工作过程进行可编程控制的自动化控制技术。现在的数控车床简称 CNC (Computer Numerical Control) 车床，即计算机数字控制机床。车床的运动由计算机数字控制系统控制，包括主轴的启动、停止、转速和刀架的运动控制等。CNC 系统是根据计算机存储器存储的控制程序，执行部分或全部控制加工功能，并配有接口电路和伺服驱动装置，实现数值控制的计算机系统，其结构如图 1-1-2 所示。

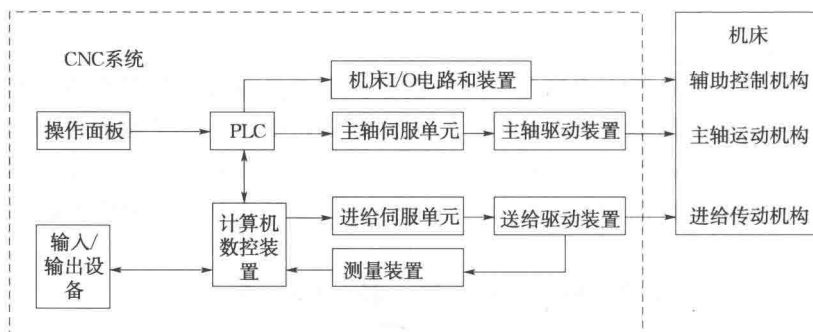


图 1-1-2 数控机床的 CNC 系统

二、数控车床面板的名称及功能

数控车床的操作面板由机床操作面板和数控系统操作面板两部分组成。下面以 FANUC Series Oi Mate-TC 为例，来介绍数控车床的操作面板的功能及组成。

1. CRT/MDI 面板（CRT/MDI 面板由 CRT 显示器和 MDI 键盘组成）

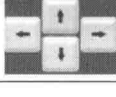
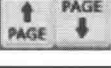
北京 FANUC Oi Mate-TC 的 CRT/MDI 面板由 CRT 软键、复位键、地址键、数字键、编辑键、功能键、方向键和翻页键构成，如图 1-1-3 所示。



图 1-1-3 数控车床的 CRT/MDI 面板

CRT/MDI 操作面板主要功能键的用途如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 CRT/MDI 操作面板主要功能键的用途

功能键	用途	功能键	用途
	显示当前位置的各种坐标		显示程序的内容
	显示或者输入刀具偏置量和磨损值		显示或输入设定，选择图形模拟方式
	显示对系统参数的设置选项		显示帮助信息
	显示报警信息和用户提示信息		上档键
	消除输入的字符		用于指令段的输入
	替换键		删除光标位置的字符
	用于 CNC 复位，解除报警		方向键用于光标的移动
	向前/向后翻页键		

2. 数控机床操作面板

数控机床操作面板的主要功能为用来控制机床的运行方式、运行状态，它的操作会直接引起机床的某些相应动作。FANUC Series Oi Mate-TC 数控车床操作面板由两部分组成，分别位于 CRT 显示器的下方和左侧。

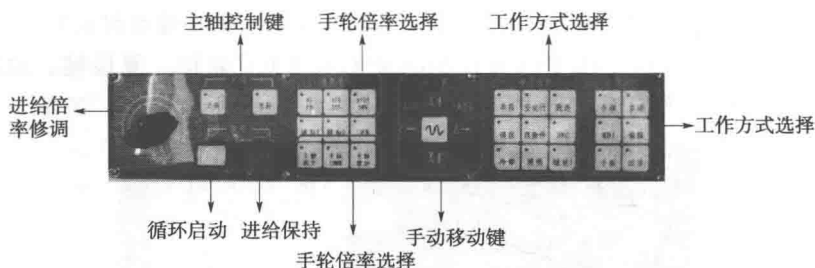


图 1-1-4 数控车床的操作面板（下方）

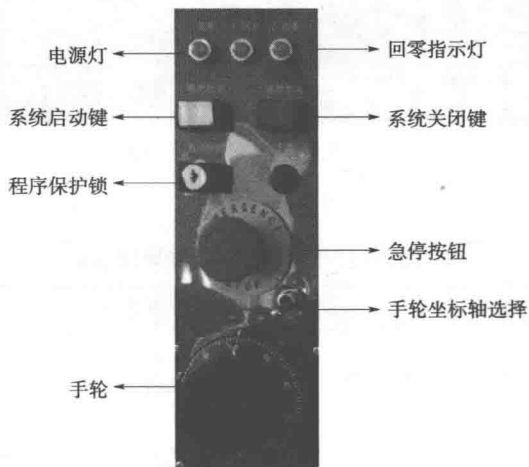


图 1-1-5 数控车床的操作面板（左方）

三、数控车削加工感性认识

数控车床主要用于加工轴套类、盘状类等回转体零件，通过执行数控程序，可以自动完成车削外圆、成形表面、螺纹、端面、切断等工序的切削加工，并能进行车槽、外圆锥面、特形面、钻孔、扩孔、铰孔、滚花等加工。此外，数控车床加工效率高，精度稳定性好，操作劳动强度低，特别适用于加工形状复杂、精度要求高的零件或中、小批量零件的加工。如图 1-1-6 所示为数控车削能够完成的内容。

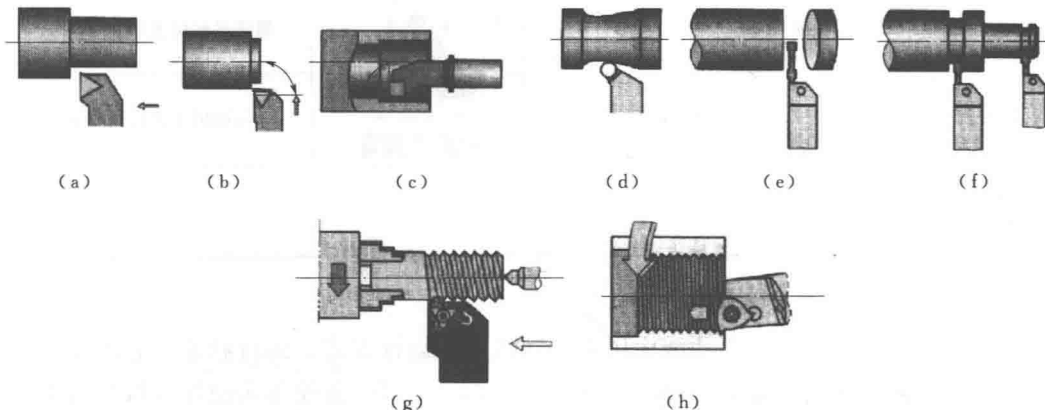
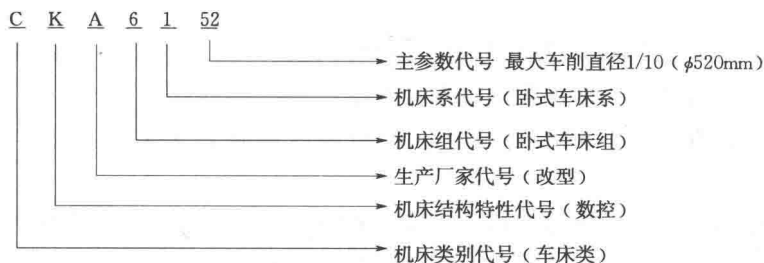


图 1-1-6 数控车床的加工内容

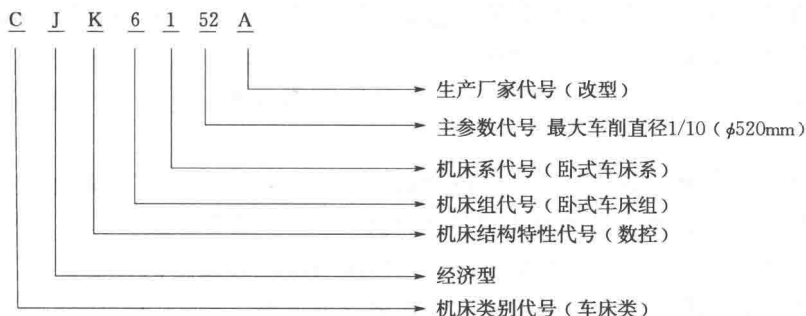
四、数控车床的分类

(1) 按数控系统的功能分：①全功能型数控车床；②经济型数控车床。

数控车床 CKA6152 各代码的含义说明：



数控车床 CJK6152A 各代码的含义说明：



(2) 按主轴的配置形式分：①卧式数控车床；②立式数控车床。

立式数控车床用于回转直径较大的盘类零件的车削加工，卧式数控车床用于轴向尺寸较长或小型盘类零件的车削加工。

五、文明生产与安全操作

1. 安全文明生产

安全文明生产是工厂管理的一项十分重要的内容，它直接影响着产品质量的好坏及设备的使用寿命。作为企业的后备技术工人，从开始学习数控车床的操作时必须做到以下几点：

(1) 操作前要戴好防护用品，穿工作服，袖口扎紧。女同志要戴工作帽，并把头发塞入帽内。夏季禁止穿裙子、短裤和凉鞋上机操作。操作中不准戴手套。

(2) 不允许在卡盘及床身上敲击或校正工件，床头箱上不准放置工具或工件。

(3) 在车削铸铁工件时，导轨上润滑油要擦去；使用冷却液后，要再次在导轨上涂润滑油。

(4) 机床开始加工前，应关上机床防护门。

(5) 加工过程中严禁两人或两人以上同时操作一台机床。

(6) 凡装夹工件、更换刀具、测量加工表面以及主轴变换速度时，须先停机。停机时不准用手刹住转动的卡盘。车床开动时不准用手摸工件表面，特别是加工螺纹时，严禁用手摸螺纹面。

(7) 工件和车刀必须装夹牢固，工件装夹完毕后，应及时取下卡盘扳手，以防扳手在旋转中飞出发生事故。车削过程中清除切屑时应使用铁钩子，绝对不允许用手直接去拿，

或用量具去钩。

(8) 每件工具都应放在规定的位置上,不可随便乱放。

(9) 爱护量具,经常保持量具的清洁。

2. 安全操作规程

(1) 开机前应对数控机床进行全面、细致的检查,内容包括操作面板、导轨面、卡爪、尾座、刀架、刀具等,确认无误后方可操作。

(2) 数控机床通电后,检查各开关、按钮和按键是否正常、灵活、机床有无异常现象。

(3) 程序输入后,应仔细对代码、地址、数值、正负号、小数点进行认真的核对。

(4) 正确测量和计算工件坐标系,并对所得结果进行检查。对工件坐标系中各基点坐标值、正负号、小数点进行认真的核对。

(5) 手动对刀时,应注意选择合适的进给速度;手动换刀时,刀架距工件、尾座要有足够的转位距离,以免换刀时发生碰撞。

(6) 未装工件前,空运行一次程序,看程序能否顺利进行,刀具和夹具安装是否合理。

(7) 试切削时快速倍率开关必须打到最低挡位。在刀具运行至工件 3~5mm 处,必须在进给保持下,验证 Z 轴和 X 轴坐标剩余值与加工程序是否一致。切入工件后再加大倍率。首先应采用单段执行方式进行加工,这样可及时处理突发情况,验证加工程序、对刀操作和刀具补偿的正确性,并在后续加工中作适当的调整。

(8) 在加工进行中,需细心观察加工情况,如果出现意外情况应及时按下“进给保持”“复位”或“急停按钮”,紧急停车后,应重新进行机床“回零”操作,才能再次运行程序。

(9) 试切削和加工中,刃磨刀具和更换刀具后,要重新测量刀具位置并修改刀补值和刀补号。

(10) 程序修改后,要对修改部分仔细核对。

(11) 必须在确认工件夹紧后才能启动机床,严禁工件转动时测量、触摸工件。

(12) 操作中出现工件跳动、打抖、异常声音、夹具松动等异常情况时必须停车处理。

3. 机床的清理与保养

(1) 在每天操作前要给机床加润滑油后方可工作。

(2) 每天工作结束后,应清除切屑,擦拭机床外表,保持内外洁净,无锈蚀,无油污,清理现场,保持地面清洁,使机床与环境保持清洁状态。

(3) 每天工作完毕后,对所有相对运动部位进行加油润滑,并在手动方式下,将各坐标轴进行往复运动后置于相应行程的中间偏正向位置。

(4) 刀具、量具、夹具等用完要归还,并按要求擦净、涂油。

(5) 清洁保养后,先按下急停开关,再关闭系统电源,最后关闭机床电源,得到指导老师许可后方可离开。

(6) 检查润滑油、冷却液的状态,及时添加或更换。按规定定期对机床进行保养、维护。

任务二 数控车削的加工工艺

一、数控加工工艺技术文件的编写

数控加工工艺技术是数控加工的依据、产品验收的依据,也是操作者遵守、执行的规程。技术文件是对加工内容的具体说明,目的是让操作者更明确加工的内容。技术文件包括加工工序卡、刀具卡、加工程序单的编制。

1. 加工工序卡的编制

数控加工工序卡是编制加工程序的主要依据和操作人员数控加工的指导性文件。

表 1-2-1 加工工序卡

材料		产品名称或代号		零件名称		零件图号	
工序号	程序编号	夹具名称		使用设备		数控系统	
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格	主轴转速	进给量	背吃刀量	备注
			$B \times M /$ (mm $\times$ mm)	$n /$ (r/min)	$f /$ (mm/r)	$a_p /$ mm	
编制			批准		日期		共 1 页

2. 刀具卡的编制

刀具卡是操作员进行数控加工中安装刀具的主要依据。

表 1-2-2 刀具卡

产品名称或代号				零件名称		零件图号	
序号	刀具号	刀具名称	数量	加工表面	刀尖半径 $R /$ mm	刀尖方位 T	备注
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页

3. 加工程序单的编制

数控加工程序单是编程人员根据工艺分析、数值计算,按照机床指令代码的特点编制的记录着数控加工工艺过程、工艺参数、位移数据等信息的加工程序清单,是手动输入数据、实现数据加工的主要依据。

表 1-2-3 加工程序单

程序号		
程序段号	程序内容	说明

二、数控车床加工工艺的主要内容

根据数控车床加工实际要求，数控加工工艺主要包括以下几个内容：

- (1) 分析零件图样、选择并决定适合在数控车床上加工的内容。
- (2) 加工工序的划分原则及工序间的衔接要求。
- (3) 典型零件加工工序的处理。
- (4) 加工方案制定原则及加工线路的确定。
- (5) 工件的定位与装夹。
- (6) 数控车床刀具。
- (7) 切削用量的确定。

三、确定加工路线和加工顺序

加工路线是刀具的刀位点在整个加工工序中相对于零件的运动轨迹。

1. 加工顺序的确定原则

(1) 基面先行：用作精基准的表面应当首先加工出来。定位基准的表面越准确，装夹的误差就越小。例如加工轴类零件时，总是先加工中心孔，再以中心孔为精基准加工外圆表面和端面。

(2) 先粗后精：为提高效率并保证加工精度，应先安排粗车，快速去除加工余量并尽量满足精加工余量均匀性要求；然后换精车刀进行半精车和精车。半精车可使精车余量小而均匀，零件的最后轮廓应由最后一刀连续加工完成。

(3) 先近后远：先加工离起刀点近的部位，后加工离起刀点远的部位，以便缩短空走刀行程，提高加工效率。同时，对于数控车削而言，先近后远原则有利于保持毛坯件或半成品件的刚性，改善其切削条件。

(4) 内外交叉：对既有内腔又有外圆面的工件，应先进行内、外表面粗车，再进行内、外表面精车。

2. 常用的进给路线选择方法

- (1) 最短的空行程路线。
- (2) 最短的切削进给路线。
- (3) 零件轮廓精加工一次走刀完成。

四、车削刀具的选择

(1) 数控车床对刀具性能的要求：强度高，刚性好，精度高，而且要求尺寸稳定，耐用度高，断屑和排屑性能好；同时要求安装调整方便，对于长径比较大的内径刀杆最好具有抗震性，以满足数控机床高效率的要求。

(2) 刀具材料必须具备的主要性能：较高的硬度和耐磨性、较高的耐热性、足够的强度和韧性、较好的导热性、良好的工艺性、较好的工艺性。

(3) 数控车削使用的刀具：焊接车刀或机械夹紧可转位车刀。

(4) 数控车刀常见类型：外圆粗车刀、外圆精车刀、端面车刀、切槽车刀、螺纹车刀和镗孔刀等。

五、夹具的选择

要充分发挥数控车床的加工效能，工件的装夹必须快速，定位必须准确，数控车床对工件的装夹要求：首先应具有可靠的夹紧力，以防止在加工过程中工件松动；其次应具有较高的定位精度，并便于迅速和方便地装、拆工件。

六、切削用量的选择

数控车床加工中的切削用量是表示机床主体的主运动和进给运动速度大小的重要参数，包括切削深度、主轴转速和进给速度，并与普通车床加工中所要求的各切削用量基本一致，但由于数控车床的各种配置较好，切削参数应比普通车床高了一个档次。

在加工程序的编制工作中，选择好切削用量，使切削深度、主轴转速和进给速度三者间能互相适应，以形成最佳切削参数，这是工艺处理的重要内容之一。

数控车削加工时切削用量的确定方法。

1. 切削深度 α

零件上已加工表面与待加工表面之间的垂直距离（半径值）。

在车床主体——夹具——刀具——零件——这一系统刚性允许的条件下，尽可能选取较大的切削深度，以减少走刀次数，提高生产效率。当零件的精度要求较高时，则应考虑适当留出精车余量，其所留精车余量一般比普通车削时所留余量小，常取 $0.1 \sim 0.5 \text{ mm}$ 。

粗加工时，应在条件允许的情况下尽可能采用较大背吃刀量，快速去除加工余量，减少走刀次数，提高生产效率；精加工时应选择较小的背吃刀量（最后一刀不得小于 0.1 mm ），以保证加工精度及表面粗糙度。

2. 进给量 f

进给量是指工件旋转一周，车刀沿进给方向移动的距离（ mm/r ），它与切削深度有着较密切的关系。粗车时一般取 $0.3 \sim 0.8 \text{ mm/r}$ ，精车时常取 $0.1 \sim 0.3 \text{ mm/r}$ ，切断时宜取 $0.05 \sim 0.2 \text{ mm/r}$ 。

确定进给速度的原则如下：

(1) 当工件的质量要求能够得到保证时，为提高生产效率，可选择较高（ 2000 mm/min 以下）的进给速度。

(2) 切断、车削深孔或用高速钢刀具车削时，宜选择较低的进给速度。

(3) 刀具空行程，特别是远距离“回零”时，可以设定尽量高的进给速度。

(4) 进给速度应与主轴转速和切削深度相适应。

在编制加工程序时，大多凭实践经验或通过试切确定其速度值。应该注意的是：对一些精度要求较高、或断屑、切削效果拿捏不定的切削用量，应进行必要的试切削，以得到最佳的切削效果，为程序编制提供可靠依据。

3. 主轴转速

(1) 普通加工的主轴转速。除螺纹加工外，其他与普通车削加工时一样，应根据零件

上被加工部位的直径，并按零件和刀具的材料及加工性质等条件所允许的切削速度来确定。在实际生产中，主轴转速可用下式计算：

$$n=1000V_c/(\pi d)$$

式中： n 为主轴转速， r/min ； V_c 为切削速度， m/min ； d 为零件待加工表面的直径， mm 。

(2) 车螺纹时的主轴转速。在车削螺纹时，车床的主轴转速将受到螺纹的螺距（或导程）大小、驱动电机的降频特性及螺纹插补运算速度等多种因素影响，故对于不同的数控系统，推荐有不同的主轴转速范围。如大多数经济车床数控系统推荐车螺纹时的主轴转速如下：

$$n\leq 1200/p-k$$

式中： p 为工件螺纹的螺距或导程， mm ；英制螺纹为相应换算后的毫米值； k 为保险系数，一般取为 80。

如何确定加工时的切削用量，可参考如表 1-2-4 所示的数值。

表 1-2-4

切削用量参考表

零件材料及毛坯尺寸	加工内容	背吃刀量 a_p/mm	主轴转速 $n/(r/min)$	进给量 $f/(mm/r)$	刀具材料
45 号钢， $\phi 20\sim 60$ 坯料，内孔 $\phi 13\sim 20$	粗加工	1~2.5	300~800	0.15~0.4	硬质合金 YT 类
	精加工	0.25~0.5	600~1000	0.08~0.2	
	切槽、切断（切刀 宽度 3~5mm）	切刀宽度	300~500	0.05~0.1	
	钻中心孔		800~1200	0.1~0.2	高速钢
	钻孔		300~500	0.1~0.2	高速钢

【项目学习评价】

【项目小结】

- (1) 对数控车床的组成、功能、型号及分类有一定的认识。
- (2) 会通过分析零件图纸确定零件的加工进给路线。
- (3) 了解数控车床的结构、功能、型号及工作过程。
- (4) 通过分析零件图纸能确定零件加工路线。
- (5) 掌握数控加工工序原则及刀具的性能要求。



1. 思考题

- (1) 哪些零件适合用数控车床加工？
- (2) 数控车床是如何分类的？
- (3) 数控车床通常由哪几个部分组成？
- (4) 数控车床加工中如果出现意外，如何处理？