

东北电力大学

教 案 封 皮

开课单位	工程训练教学中心	课程名称	金工实习-车削 1
授课教师	郝德成、黄飞、杨日辉、王立、薛川、孙丽柱、周小龙	授课对象	2014 级工科本科
选用教材	金属工艺学实习	总学时	2
课次	1	第 6 章	第 1、2、3 节
教学目的及要求	1、车床的安全操作守则及实训要求。 2、卧式车床的组成、运动和用途。 3、车床主要附件的大致结构和用途。 4、常用量具及其使用方法。 5、车刀的组成，种类及常用材料。 6、按图样要求进行端面、外圆等基本车削加工。		
教学重点处理安排	1、车床的起动与停止 2、溜板箱上各组成部分的使用方法 3、方刀架的使用方法 & 车刀的装夹		
教学难点处理安排	掌握车外圆、车端面，切槽、切断的方法和示范讲解锥面、成形面、螺纹的车削特点，能独立完成简单零件的车削加工。		
教学方式、方法	现场讲解、演示		
教学内容及时间分配	1、安全操作守则和车削加工原理及工作范围 10 分钟 2、车床组成、各部分名称及作用 15 分钟 3、工件安装 5 分钟 4、刻度盘和量具的使用 5 分钟 5、车床刀具及试切的方法与步骤 10 分钟 6、基本车床工艺演示（车端面 5 分钟；车外圆 10 分钟；车台阶 5 分钟；车沟槽和切断 10 分钟 粗车和精车 10 分钟） 40 分钟 7、答疑 5 分钟		
例题、练习题	示范车床的操作步骤，然后学生进行空机练习		
作业、思考题	说明 C6136-1 普通车床型号的含义		

教 案

内 容	备 注
<p>1、安全操作守则</p> <p>(1) 起车前, 认真检查车床各部位有无异常, 以防起车时突然撞击而损坏车床。启动后, 应低速运行几分钟, 使各部位的润滑正常。</p> <p>(2) 操作人员应穿工作服, 衣物意外卷入旋转的机器。如长发应塞入帽内、袖口应扣紧、不允许戴围巾、手套等。操作前需戴好防护镜, 以防止铁屑伤害眼睛。</p> <p>(3) 加工前, 工件和刀具应装夹可靠, 既要防止夹紧力过小松脱伤人, 又要防止夹紧力过大损坏机件。装夹工件后, 卡盘扳手应随手拿下, 严禁扳手未拿而开车。</p> <p>(4) 车床开动后, 严禁触摸任何旋转部位, 不允许测量或用丝织物擦拭旋转的工件。</p> <p>(5) 进入实习场地后, 应严格遵守纪律, 不允许大声喧哗, 打闹。车床一旦启动后, 操作人员不允许随意离开, 若有特殊情况, 需停止车床, 关闭电源, 请示指导老师后方可离开。</p> <p>2、车削加工原理及工作范围</p> <p>车削加工的原理是工件作旋转运动、车刀在水平面内移动(纵向移动、横向移动、斜向移动), 从工件上去除多余的材料, 从而获得所需的加工表面。工件的旋转运动称为主运动。车刀在水平内的移动(纵向移动、横向移动、斜向移动)称为进给运动。</p> <p>车削加工主要完成的工作有:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 车内外圆柱面 (2) 车内外圆锥面 (3) 车内外螺纹 (4) 车成形面 (5) 车端面 (6) 车沟槽和切断 (7) 钻中心孔 (8) 钻孔 (9) 铰孔 (10) 镗孔 (11) 滚花 <p>机械中带有回转表面的零件很多, 车床在机械制造业中应用广泛, 需要量很大。无论是在大批大量生产中, 还是在单件小批生产以及机械维修方面, 车削加工都占有重要地位。</p> <p>车床型号</p> <p>机床型号的编制方法有新旧两种标准:</p> <p>新国标: 《金属切削机床型号编制方法》GB/T15375—94</p> <p>旧机标: 《金属切削机床型号编制方法》JB1838—85</p> <p>以 C616-1 型号为例, 简单介绍新国标的含义</p> <p>C: 机床类别代号 代表是一台车床类机床</p>	

6: 普通车床 为卧式

16: 车床所能加工工件最大回转半径的十分之一

-1: 结构上经过一次重大技术改革

以 C6136 型号为例, 简单介绍新国标的含义

C: 机床类别代号 代表是一台车床类机床

61: 普通车床 为卧式

36: 车床所能加工工件最大回转直径的十分之一

3、车床组成、各部分名称及作用

(1)、主轴箱（床头箱）

主轴箱内装有由滑移齿轮组成的变速机构。可通过改变手柄的位置来操纵滑移齿轮, 从而获得不同的主轴转速。

(2)、进给箱（走刀箱）

进给箱内也装有由滑移齿轮组成的变速机构。也通过改变手柄的位置来操纵滑移齿轮, 从而获得不同的光杠或丝杠转速, 以实现不同的进给速度。

(3)、溜板箱（拖板箱）

溜板箱是车床进给运动的操纵箱。在其上装有刀架。接通丝杠时, 合上开合螺母, 可车削螺纹。接通光杠时, 可使刀架作纵向移动或横向移动, 用来车削圆柱面或端面。

(4)、刀架

刀架用来夹持车刀, 在水平面内可作纵向移动、横向移动和斜向移动。它主要包括:

①大拖板（大刀架）: 大拖板与溜板箱相连, 可带动整个刀架沿床身导轨纵向移动。

②中拖板（横刀架）: 中拖板可带动小拖板沿大拖板上的导轨作横向移动。

③转盘: 转盘与中拖板用螺钉紧固。松开螺钉, 在水平面可内扳转任意角度。

④小拖板（小刀架）: 小拖板可沿转盘上面的导轨作短距离移动。转动转盘后小刀架的移动用于车削圆锥面。

⑤方刀架: 方刀架固定在小拖板上。可安装四把车刀, 绕垂直轴转换刀架位置, 即可快速换刀。

(5)、尾座

尾座可安装顶尖, 用来支承长轴的加工。也可安装钻头、扩孔钻或铰刀, 用来加工孔。

(6)、床身

床身是用来支承车床的基础部分, 并连接各主要部件。床身上面有两条互相平行的导轨, 以确定刀架和尾座的移动方向。床身由床脚支承并固定在地基上。

在实际应用中, 车床的种类很多, 常见的有卧式车床、转塔车床、立式车床、自动及半自动车床、数控车床等。其中卧式车床应用最广。

4、工件安装

工件安装时, 应使加工表面的回转轴线和车床主轴的轴线重合, 以确保加工后的表面有正确的位置。同时, 还需把工件夹紧, 以承受切削

力、重力等。在车床上常用的附件有：三爪卡盘、四爪卡盘、顶尖、中心架、跟刀架、心轴、花盘及压板等。这里只介绍用两种附件装夹工件的方法。

三爪卡盘的组成：爪盘体、小锥齿轮、大锥齿轮（背面为平面螺纹）和三个卡爪。

当用卡盘扳手转动任何一个小锥齿轮时，便带动大锥齿轮转动，大锥齿轮背面的平面螺纹就使三个卡爪同时等距离向中心靠拢或者向外张开，从而实现自动定心。三个卡爪可以反装，称为反爪。反爪可以装夹较大直径的工件。三爪卡盘的定心精度不高，一般为 $0.05\sim 0.15\text{mm}$ ，但装夹方便。适应于安装截面为圆形或正六边形的短轴类或盘类工件。

用三爪卡盘装夹工件时，工件必须放正。先轻轻夹紧工件，用手扳动卡盘，检查刀架与卡盘有无碰撞，然后低速开车，观察工件歪斜偏摆的方向，也可用百分表找正，并作好记号，停车后轻敲工件校正，确认无偏摆后，夹紧工件，取下扳手，开车切削。

工件的夹持长度一般不小于 10mm ，但也不宜过长，否则会引起切削振动、顶弯工件或打刀。

5、刻度盘和量具的使用

刻度盘及刻度手柄的使用

车削时，为了正确和迅速掌握切深，必须熟练地使用中拖板和大托板、小拖板上的刻度盘。

（1）中拖板上的刻度盘

中拖板上的手柄、刻度盘和丝杆紧固在一起，丝杆螺母和中拖板紧固在一起。当手柄、刻度盘连带丝杆转动一周时，丝杆螺母、中拖板连带刀架移动一个螺距。所以，横向进给的距离（即切深）可根据刻度盘上的格数来计算。

一般刻度盘一周有 200 格，丝杆的螺距为 4mm 。

当刻度盘转动一格时，刀架横向移动的距离为 $200 \div 4 = 0.02\text{mm}$

由于工件是旋转的，所以工件直径的改变量是刀具进刀量的两位，即 0.04mm 。

当刻度盘转动 n 格时，刀架横向移动的距离为 $n \times 0.02\text{mm}$ ，工件直径改变量为 $n \times 0.04\text{mm}$ 。

当要求工件半径改变量为 $\Delta R\text{mm}$ 时，刻度盘应转过 $\Delta R\text{mm} \div 0.02$ 格。

当要求工件直径改变量为 $\Delta D\text{mm}$ 时，刻度盘应转过 $\Delta D\text{mm} \div 0.04$ 格。

必须注意：因为丝杠和螺母之间存在间隙，进刻度时，如果刻度盘手柄转过了头，不能将刻度盘直接退回到所要的刻度，而是多退一些再进至所需刻度。

（2）小拖板上的刻度盘

小拖板上的刻度盘主要用于控制工件长度方向的尺寸，其刻度原理和使用方法与中拖板相同。

仅应注意两个问题：

①小拖板刻度盘上的一格与中拖板刻度盘上的一格，表示移动的距离可能不同。请看刻度盘上的标识。

②中拖板是横向进刀，直径的改变量是两倍的进刀量。而小拖板是纵向进刀，主要用于控制长度方向的尺寸，工件长度的改变量等于进刀量。不是两倍的的关系。

③大拖板上的刻度盘

大托板上刻度盘一圈是 200 个小格，一个小格代表 1mm，转动大托板时，车刀相对工件做纵向运动，可以控制长度方向的尺寸。

量具的使用

车削加工时，为了测量工件的尺寸，必须熟练地掌握几种常用量具的使用。

① 直尺

② 游标卡尺

③

千分尺（适当做简单介绍即可）

6、车床刀具

初步掌握车刀基本知识，了解车刀角度对车削加工的影响
一把车刀是由三面（前刀面、主后刀面、副后刀面）两刃（主切削刃、副切削刃）一尖（刀尖）组成，车刀立体图见图 1。车刀有几个对于切削过程中产生振动有至关重要作用的角度，包括：前角、主偏角和后角，车刀主要角度图见图 2。

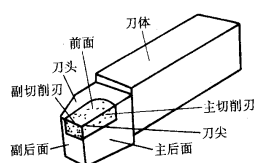


图 1 车刀立体图

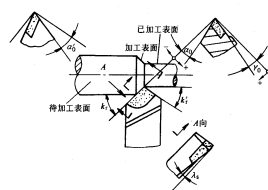


图 2 车刀主要角度图

（1）适当增大刀具前角 γ_0 可减小切削力，从而使振动减弱。但在切削速度较高的范围内，前角对振动的影响将减弱，所以高速下采用负前角切削，可减少产生强烈的振动的情况。

（2）当切削深度和进给量不变时，随着主偏角 K_r 增大，也可一定程度上减小切削力。适当增大刀具主偏角，会增加副切削刃与已加工表面的接触长度，能减小表面粗糙度值，提高刀具耐用度，可以消除或减小振动。

（3）刀具后角 α_0 太大或刀刃过分锋利，在刀具切削零件的加工过程中，容易产生振动。当后角减小到 $2^\circ \sim 3^\circ$ 时，振动会减弱。在刀具后面磨出一段约 0.1—0.3mm 的负倒棱，可以减小切削力的径向分力从而达到抑制振动的目的。

7、试切的方法与步骤

工件在车床上安装以后，要根据工件的加工余量决定走刀次数和每次走刀的切深。半精车和精车时，为了准确地定切深，保证工件加工的尺寸精度，只靠刻度盘来进刀是不行的。因为刻度盘和丝杆都有误差，往往不能满足半精车和精车的要求，这就需要采用试切的方法。试切的

方法与步骤如下：

- (1) 开车对刀，使车刀与工件表面轻微接触；
- (2) 向右退出车刀；
- (3) 横向进刀；
- (4) 切削纵向长度 1—3mm；
- (5) 退出车刀，进行度量。

以上是试切的一个循环，如果尺寸还大，则进刀仍按以上的循环进行试切，如果尺寸合格了，就按确定下来的切深将整个表面加工完毕。

8、基本车削工艺演示

车端面

圆柱体两端的平面叫做端面。常用偏刀和弯头车刀车端面。

(1) 用右偏刀车端面：应注意车刀由里向外进刀。如果是由外向里进刀，容易形成凹面。

(2) 用弯头刀车端面：以主切削刃进行切削则很顺利，如果再提高转速也可车出粗糙度较细的表面。弯头车刀的刀尖角等于 90° ，刀尖强度要比偏刀大，不仅用于车端面，还可车外圆和倒角等：厂倒：。

车外圆

车外圆是车削中最基本的加工方法。车外圆时常见的方法有下列几种：

- (1) 用直头车刀车外圆：这种车刀强度较好，常用于粗车外圆。
- (2) 用 45° 弯头车刀车外圆：适用车削不带台阶的光滑轴。
- (3) 用主偏角为 90° 的偏刀车外圆：适于加工细长工件的外圆。

车台阶

由直径不同的两个圆柱体相连接的部分叫做台阶。

(1) 低台阶车削方法：较低的台阶面可用偏刀在车外圆时一次走刀同时车出，车刀的主切削刃要垂直于工件的轴线，这可用角尺对刀或以车好的端面来对刀，使主切削刃和端面贴平。

(2) 高台阶车削方法：车削高于 5mm 台阶的工件，因肩部过宽，车削时会引起振动。因此高台阶工件可先用外圆车刀把台阶车成大致形状，然后将偏刀的主切削刃装得与工件端面有 5° 左右的间隙，分层进行切削，但最后一刀必须用横走刀完成，否则会使车出的台阶偏斜。为使台阶长度符合要求，可用刀尖预先刻出线痕，以此作为加工界限。

车沟槽和切断

在车削加工中，经常需要把太长的原材料切成一段一段的毛坯，然后再进行加工，也有一些工件在车好以后，再从原材料上切下来，这种加工方法叫切断。

有时为了车螺纹或磨削时退刀的需要，在靠近台阶处车出各种不同的沟槽。

粗车和精车

在车床上加工一个零件，往往要经过许多车削步骤才能完成。为了提高生产效率，保证加工质量，生产中把车削加工分为粗车和精车。如果零件精度要求高还需要磨削时，车削又可分为粗车和半精车。粗车的目的是尽快地从工件上切去大部分加工余量，使工件接近最后的

形状和尺寸。粗车要给精车留有合适的加工余量，而表面粗糙度等技术要求都较低。实践证明，加大切深不仅使生产率提高，而且对车刀的耐用度影响不大。因此，粗车时要优先选用较大的切深，其次根据可能适当加大进给量，最后选用中等偏低的切削速度。

粗车给精车(或半精车)留的加工余量一般为 0.5—2mm，加大切深对精车来说并不重要。精车的目的是要保证零件的尺寸精度和表面粗糙度等技术要求。其尺寸精度主要是依靠准确地度量、准确地进刻度并加以试切来保证的。因此，操作时要细心认真。精车时，保证表面粗糙度要求的主要措施是：采用较小的主偏角、副偏角或刀尖磨有小圆弧，这些措施都会减少残留面积，可使 Ra 数值减小；选用较大的前角，并用油石把车刀的前刀面和后刀面打磨得光一些，也可使 Ra 数值减小；合理选择切削用量，当选用高的切削速度、较小的切深以及较小的进给量，都有利残留面积减小，从而提高表面质量。

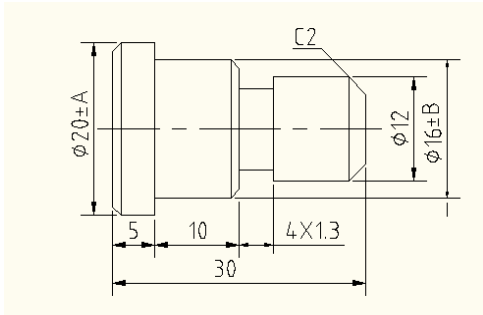
在实际加工过程中，工件的安装、车刀的安装及工件的测量都直接影响到所加工工件的精度，所以在操作中必须按照正确的步骤进行操作。

东北电力大学

教 案 封 皮

开课单位	工程训练教学中心	课程名称	金工实习-车削 2
授课教师	郝德成、黄飞、杨日辉、王立、薛川、孙丽柱、周小龙	授课对象	2014 级工科本科
选用教材	金属工艺学实习	总学时	2
课次	2	第 6 章	第 4、5 节
教学目的及要求	读懂图纸。了解简单零件的加工工艺，重要尺寸的公差以及保证方法。树立零件加工的质量意识。掌握车工的基本操作技能，要求学生完全独立完成阶梯轴零件加工操作。		
教学重点处理安排	主运动和进给运动在车削上的表现；主轴变速和进给量调整方法；车床各手柄的使用方法，大中小拖板的精度和进退方向。		
教学难点处理安排	合理选择切削用量及编制简单工艺。		
教学方式、方法	现场讲解；教师演示；学生操作；教师巡回指导。		
教学内容及时间分配	1、安全教育复习 10 分钟 2、教师演示操作（分析图纸 5 分钟；工件装夹 5 分钟；外圆车削方法 25 分钟） 35 分钟 3、学生实际操作（加工阶梯轴到 $\Phi 20\text{mm}$ 10 分钟； $\Phi 16\text{mm}$ 10 分钟； $\Phi 12\text{mm}$ 10 分钟；切槽 $\Phi 9.4\text{mm}$ 5 分钟；切断 5 分钟） 40 分钟 4、组织同学打扫、维护车床 5 分钟		
例题、练习题	示范示例一零件的加工，学生进行此零件的加工。		
作业、思考题	粗车和精车有何区别（从进给量和主轴转速方面进行分析）。		

教 案

内 容		备 注			
<p>1、安全操作守则</p> <p>(1) 起车前，认真检查车床各部位有无异常，以防起车时突然撞击而损坏车床。启动后，应低速运行几分钟，使各部位的润滑正常。</p> <p>(2) 操作人员应穿工作服，衣物意外卷入旋转的机器。如长发应塞入帽内、袖口应扣紧、不允许戴围巾、手套等。操作前需戴好防护镜，以防止铁屑伤害眼睛。</p> <p>(3) 加工前，工件和刀具应装夹可靠，既要防止夹紧力过小松脱伤人，又要防止夹紧力过大损坏机件。装夹工件后，卡盘扳手应随手拿下，严禁扳手未拿而开车。</p> <p>(4) 车床开动后，严禁触摸任何旋转部位，不允许测量或用丝织物擦拭旋转的工件。</p> <p>(5) 进入实习场地后，应严格遵守纪律，不允许大声喧哗，打闹。车床一旦启动后，操作人员不允许随意离开，若有特殊情况，需停止车床，关闭电源，请示指导老师后方可离开。</p> <p>2、加工零件演示</p>					
<div></div>					
附评分标准:					
序号	名称	实测值			
1	$\phi 20 \pm A$	± 0.10	± 0.15	± 0.20	超差 ± 0.15
2	$\phi 16 \pm B$	± 0.02	± 0.05	± 0.10	超差 ± 0.10
3	$\phi 12 \pm C$	± 0.02	± 0.04	± 0.08	超差 ± 0.10

4	粗糙度	3.2	6.3	12.5	超差 12.5
5	得分	100	80	60	40

(示意图 1)

- (1) 分析图纸。对图纸进行分析，确定加工过程中所采用的刀具、主轴转速以及进给速度。并对整个零件的加工工艺进行阐述。示意图 1 所加工的是一造型相对简单的台阶轴，需要用到的刀具为外圆车刀（硬质合金）和切断刀（高速钢）。其中，外圆车刀用于画线、外径和倒角的车削，切断刀用于切削退刀槽和切断。
- (2) 工件的装卡。根据图纸，对工件进行装卡，将毛坯件留出 50mm--55mm 余量进行车削。需要注意的是，用三爪卡盘装夹工件时，工件必须放正。先轻轻夹紧工件，用手扳动卡盘，检查刀架与卡盘有无碰撞，然后低速开车，观察工件歪斜偏摆的方向，确认无偏摆后，夹紧工件，取下扳手，开车切削。强调工件一定要加紧，并且掌握套管的使用方法，不要伤到手指。
- (3) 外圆车削方法：开车—外圆画线—外圆对刀—向右退出车刀—横向进刀（调整中滑板手柄刻度，引出背吃刀量 a_p ）—纵向车削—退刀—停车—测量。
 - a、根据图纸，首先在距离端面 35mm 的位置处画一条线（画线时需要考虑切断所需要的余量），并将外圆车削至直径 20mm。在车削外径过程中，需要告知学生，每次横向进给量不要超过 2mm；并且在手摇中溜板箱时，不要手触摸刻度盘，会造成横向进给的尺寸不准确；要尽量避免车床反转的情况；退刀时，先将横向退后，再退后纵向，目的是为了避免在切削表面造成划痕；需要强调画线对刀与切削直径对刀的区别，避免混淆。
 - b、在距端面 25mm 的位置处画第二根线，并将外径车削至 16mm，进行第二阶台阶的车削，需要注意的是在手动纵向进给时，需要将刀行至画线处。
 - c、在 15mm 的位置处画第三根线，并将外径车削至 12mm，进行第三阶台阶的车削。
 - d、车削 1mm 的倒角。此处可采用倒角专用道具，也可采用将外圆车刀偏转四十五度进行车削。对好刀后，纵向转动一个小格即 1mm，即可完成倒角的车削。须注意先将方刀架远离卡盘，在进行换刀，否则易造成刀具的损坏。
 - e、换切断刀，并将主轴转速调至 350r/min 左右。进行退刀槽的加工，和整个零件的切断。退刀槽的深度为 1.3mm，将切断刀对好到后，计算好数值，进行切槽。在切断时需要注意

<p>的事项是避免高速钢刀具过热，不能一次性进刀，要适当的将刀具后退冷却，在进行车削，并且需要两个手握住手柄，尽量以均匀的力和转速进行切断。</p> <p>3、在学生加工过程中需要对一些安全常识进行强调。在用游标卡尺进行直径的测量时，须将扳手从开关取下，以避免误操作而对学生带来伤害。对学生游标卡尺的度数进行确认以及纠正，以保证车削质量。注意学生不戴眼镜操作及其他违规操作的行为，及时进行纠正，以保证学生的人身安全。</p> <p>4、对加工完成的零件进行尺寸检查和分析。对加工完的零件，与学生进行尺寸的测量并总结在加工过程中遇到的问题和解决的方法。</p> <p>5、组织同学打扫、维护车床。</p> <p>通过对普通车床的操作演示和练习，初步掌握利用普通车床对简单零件的加工方法。</p>	
---	--

东北电力大学 教案封皮

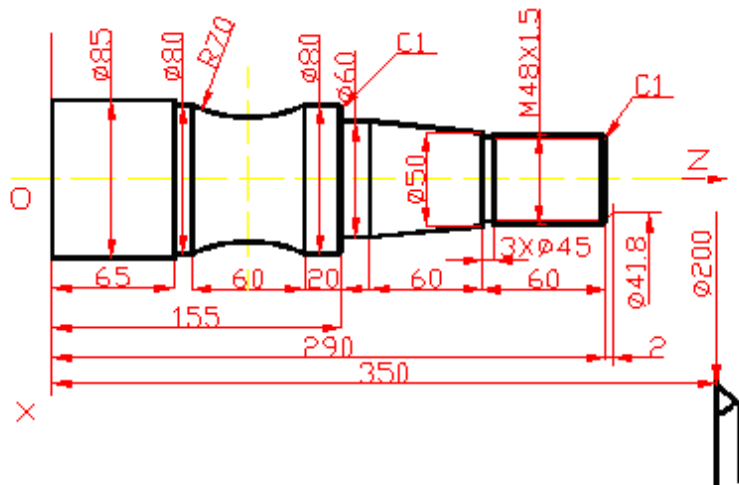
开课单位	工程训练教学中心	课程名称	金工实习-数控 3
授课教师	郝德成、黄飞、杨日辉、王立、薛川、孙丽柱、周小龙	授课对象	2014 级工科本科
选用教材	金属工艺学实习	总学时	2
课次	3	第 9 章	第 2 节
教学目的及要求	1、学习数控车的基本知识，灵活运用各种指令功能，提高手工编程技巧 2、提高数控加工的操作技能 3、利用有限课时使学生有一个基本的数控车加工和编程的概念		
教学重点处理安排	通过课堂讲解使学生了解数控车的基本知识及可以灵活使用简单指令代码，通过实训操作完成数控车床控制面板介绍		
教学难点处理安排	绝对坐标编程和相对坐标编程方法的区别		
教学方式、方法	课堂授课和实训授课相结合；采用启发式教学，探索提升动手能力的创新教育模式。		
教学内容及时间分配	教师讲解：基础知识 20 分钟 1、数控车床的基本原理、特点及应用 10 分钟 2、数控车床的组成及结构特点 5 分钟 3、数控车床的工艺制定方法 5 分钟 实例讲解：25 分钟 1、数控车床的两种分类 5 分钟 2、数控车床程序格式 10 分钟 3、数控车床编程实例 10 分钟 实训操作：45 分钟 1、学生提问 5 分钟 2、数控车床编程练习 20 分钟 实体数控车床介绍 20 分钟		
例题、练习题	1、从零件图开始，到获得数控机床所需控制 <u>加工程序</u> 的全过程称为程序编制，程序编制的方法有 <u>手动</u> 和 <u>自动</u> 。 2、数控机床实现插补运算较为成熟并得到广泛应用的是 <u>脉冲增量</u> 插补和 <u>数据采样</u> 插补。 3、数控机床按控制运动轨迹可分为 <u>点位控制</u> 、点位直线控制和 <u>轮廓控制</u> 等几种。按控制方式又可分为 <u>开环控制</u> 、 <u>闭环控制</u> 和半闭环控制等。 4、数控零件加工程序的输入必须在 <u>编辑</u> 工作方式下进行。 5、刀具位置补偿包括 <u>刀具几何偏执</u> 和 <u>刀具长度补偿</u> 。		

	6、每个脉冲信号使机床运动部件沿坐标轴产生一个最小位移叫 <u>脉冲当量</u> 。
作业、思考题	综合利用所学知识，进行实例编程。

教 案

内 容	备 注
<p>随着科学技术的和社会生产的发展，机械产品日趋复杂，社会对机械产品的质量和生产率提出了更高的要求。在航空航天、造船等工业中，数控技术的应用越来越广泛。</p> <p>1952 年美国麻省理工学院与巴森司公司合作成功的研制出了世界上第一台数控机床——数控铣床，制造业便进入了数控化时代， 50 年来伴随着计算机、自动控制、电子技术、传感器等学科的发展数控技术不断进步，目前已进入了第五代，数控系统的功能越来越强大，数控加工技术呈现出精度高、速度快、效率高、智能化的特点。</p> <p>[讲解]</p> <p>数控机床又称 CNC（计算机数字控制）机床，即计算机数字控制机床。</p> <p>一．数控车床的基本原理、特点及应用</p> <p>普通车床是靠手工操作机床来完成各种切削加工，而数控车床是将编制好的加工程序输入到数控系统中，由数控系统通过控制车床 X，Z 坐标轴的伺服电机去控制车床运动部件的动作顺序,移动量和进给速度,再配以主轴的转速和转向，便能加工出各种不同形状的轴类和盘类回转体零件。</p> <p>数控车床的加工特点：加工精度高，稳定性强；加工效率高，经济效益好；自动化程度高，劳动强度低；价格昂贵，控制复杂，维修较难。</p> <p>数控车床的加工范围：数控车床除了可以完成普通车床能够完成的轴类和盘套类零件外，还可以完成各类复杂形状的回转体零件，例如复杂曲面；还可以加工各种螺距和变螺距的螺纹。</p> <p>数控车床一般应用：精度较高、批量生产的零件；各种形状复杂的轴类零件和盘套类零件。</p> <p>二．数控车床的组成及结构特点</p> <p>数控车床由数控系统和机床本体组成，数控系统包括控制电源，伺服控制器，主机，轴编码器，图像管显示器等组成。机床本体包括床身、电动机、主轴箱、电动回转刀架、进给传动系统、冷却系统、润滑系统、安全保护系统等组成。</p> <p>[提问]数控车床和普通数控车床结构上有什么异同</p> <p>数控车床和普通车床相比较具有如下特点：</p> <p>1、传动链短：数控车床刀架的两个方向分别由两台伺服电机驱动。伺服电机直接与丝杠联结带动刀架运动，伺服电机与丝杠间也可以用同步皮带副联结。多功能数控车床是采用直流或交流主轴控制单元来驱动主轴，它可以按控制指令无级变速，它与主轴之间无须再用多级齿轮副来进行变速。随着电机宽调速技术的发展，目标是取消变速齿轮副，目前还要通过一级齿轮副变几个转速范围。因此，床头箱内的结构已比传统车床简单得多。</p>	

<p>2、刚性好：与控制系统的高精度控制相匹配，以适应高精度的加工。</p> <p>3、轻拖动：刀架移动一般采用滚珠丝杠副，为了拖动轻便，数控车床的润滑都比较充分，大部分采用油雾自动润滑。</p> <p>三．数控车床加工工艺制定方法</p> <p>在数控车床上加工零件时，应该遵循如下原则：</p> <p>1、选择适合在数控车床上加工的零件。</p> <p>2、分析被加工零件图样，明确加工内容和技术要求。</p> <p>3、确定工件坐标系原点位置。</p> <p>4、制定加工工艺路径，应该考虑加工起始点位置，起始点一般也作为加工结束的位置，起始点应便于检查和装夹工件；应该考虑粗车、半精车、精车路线，在保证零件加工精度和表面粗糙度的前提下，尽可能以最少的进给路线完成零件的加工，缩短单件的加工时间；应考虑换刀点的位置，换刀点是加工过程中刀架进行自动换刀的位置，换刀点位置的选择应考虑在换刀过程中不发生干涉现象，且换刀路线尽可能短，加工起始点和换刀点可选同一点或者不选同点。</p> <p>5、选择切削参数。在加工过程中，应根据零件精度要求选择合理的主轴转速、进给速度、和切削深度。</p> <p>6、合理选择刀具。根据加工的零件形状和表面精度要求，选择合适的刀具进行加工。</p> <p>7、编制加工程序，调试加工程序，完成零件加工。</p> <p>四．数控车床程序格式</p> <p>程序段格式分为 ISO 国际代码和 EIA 代码，我们以日本 FANUC OI-TC 系统为例介绍 ISO 国际代码。</p> <p>所谓程序格式，就是指程序段书写的规则，它包括程序名、程序段号等，每个程序都由以下几部分组成：</p> <p>O####程序名以 O 开头，####代表程序号，通常为四位数，范围为 0000 ~ 9999 。</p> <p>N##程序顺序号以 N 开头，##代表顺序号</p> <p>G 准备功能</p> <p>X,Z 绝对坐标运动指令</p> <p>U,W 相对坐标运动指令</p> <p>S 主轴功能，指定主轴转速，本系统无此功能</p> <p>T 刀具功能，指定刀具和偏移量</p> <p>M 辅助功能，指定机床辅助性动作，例如换刀，工作液的开关等。</p> <p>F 进给速度或螺纹导程。</p> <p>五．数控车床编程实例</p> <p>下图为一车削加工零件图，图中 $\Phi 85\text{mm}$ 外圆不加工，要求编制其精加工程序。</p>	
---	--



程序编制的步骤如下：

1. 据图纸要求，确定工艺方案，即加工路线

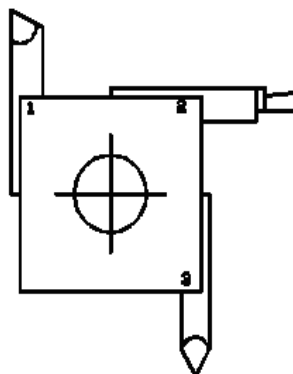
根据先主后次的原则，其精加工方案为：

- (1) 从右到左切削零件的外轮廓面。其路线为：倒角—切削螺纹的实际外圆—切削锥度部分—车削 $\Phi 62\text{mm}$ 的外圆—倒角—车 $\Phi 80\text{mm}$ 的外圆—切削圆弧部分—车 $\Phi 80\text{mm}$ 的外圆。
- (2) 切 $3 \times \Phi 45\text{mm}$ 的槽。
- (3) 车 $M48 \times 1.5$ 的螺纹。

2. 选择刀具并画出刀具布置图

根据加工要求，选用三把刀具。1号刀车外圆，2号刀切槽，3号刀车螺纹。刀具布置图如图 9—3 所示。

在绘制刀具布置图时，要正确选择换刀点。以避免换刀时刀具与机床、工件及夹具发生碰撞现象。本例换刀点选择为 A (200, 350) 点。



3. 选择切削用量

切削用量应根据工件材料、硬度、刀具材料及机床等因素来考虑。一般由经验确定。本例中，精车外轮廓时主轴转速选为 630r/min ，进给量选为 0.2mm/r ，切槽时转速 315r/min ，进给量为 0.02mm/r ，车螺纹时转速 400r/min ，螺距为 1.5mm 。

4. 编写加工程序

选择工件坐标系 XOZ ，0 为原点（如图 9—2 所示），将 0 点作为工件原点，即编程原点。

根据本例所用数控系统的程序段格式规定，编出所需的零件加工程序。本例所用的程序段格式为：

```
N10 G01 X(U)±50 Z(W)±50 I±50 K±50 F20 S500 T0101
M03;
```

就对坐标指令用 X 和 Z ，增量坐标指令用 U 和 W ，可以混合编程。坐标值可用小数点表示，小数点前 4 位，小数点后 2 位。 X 、 U 、 I 按直径值编程。主轴转速和进给量都采用直接给定法。刀具功能 T 后跟四位

数字，前两位数字表示刀具号，后两位数字表示刀具补偿号。螺纹加工采用循环指令 G92。零件的加工程序见表 9-1。

表 9-1 零件数控加工程序

N10	M03 S630;	主轴正转，转速为每分钟 630 转
N20	T0101;	选择一号车刀（外圆车刀）
N30	G00 X41.8 Z292.0 M08;	刀具快速移动至加工起点，切削液开
N40	G01 X47.8 Z289.0 F0.2;	倒角
N50	U0 W-59.0;	车 $\Phi 47.8$ 外圆
N60	X50.0 W0;	退刀
N70	X62.0 W-60.0;	车锥度
N80	U0 Z155.0;	车 $\Phi 62$ 外圆
N90	X78.0 W0;	退刀
N100	X80.0 W-1.0;	倒角
N110	U0 W-19.0;	车 $\Phi 80$ 外圆
N120	G02 U0 W-60.0 I63.25 K-30.0;	加工圆弧
N130	G01 U0 Z65.0;	车 $\Phi 80$ 外圆
N140	X90.0 W0;	退刀
N150	G00 X200.0 Z350.0;	刀具快速移动至换刀点
N160	T0202;	选择二号车刀（切槽刀）
N170	X51.0 Z230.0 S315;	刀具快速移动至切槽起点，转速改变为切槽转速
N180	G01 X45.0 W0 F0.02;	切槽
N190	G04 U5.0;	延迟 5 秒
N200	G00 X51.0 W0;	退刀
N210	X200.0 Z350.0;	刀具快速移动至换刀点
N220	T0303;	选择三号车刀（螺纹刀）
N230	X52.0 Z296.0 S400;	快速移动至螺纹加工的循环起点，转速改变为加工螺纹转速
N240	G92 X47.2 Z231.5 F1.5;	加工螺纹
N250	X46.6;	
N260	X46.1;	
N270	X45.8;	
N280	G00 X200.0 Z350.0;	快速退至换刀点
N290	M09;	切削液关
N300	M05 M30;	主轴停，程序停止，光标返回程序首行

<p>六. 数控机床的基本操作要求和安全操作规程</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、进入实训中心实习时，要穿好工作服，袖口要扎紧，衬衫要系入裤内。女同学要戴安全帽并将发辫纳入帽内。不得穿凉鞋、拖鞋、高跟鞋、背心、裙子和戴围巾进入车间。 2、工作场地严禁打闹，上机床操作前严禁饮酒，如发现反常现象或身体不适（如头晕等）不能上机床操作。 3、数控机床开关机顺序一定要按照机床说明书的规定操作，开机后必须完成返回机床参考点操作。 4、机床运转时，头部不要离工件太近，手和身体不能靠近正在旋转的工件。 5、主轴启动前一定要关好防护门，程序运行期间严禁打开防护罩。 6、机床动转时，不能进行测量，不能用手接触工件。 7、手动对刀时，应该选择合适进给速度，使用手脉时，动作要均匀，同时注意掌握好进刀与退刀方向，切勿搞错。手动换刀时刀架离工件要有足够的转位距离。 8、操作人员必须按照机床各项操作的加工参数编制加工程序，加工程序必须严格检查后方可运行。 9、加工过程中如发现异常危机可按急停按钮，以保证人身和设备的安全。 10、机床发生事故后操作者要保留现场，并叫老师过来查看。 11、不得随意修改数控系统内部制造厂家参数。 12、工作完后，应切断电源，清扫切屑，擦净机床，在导轨面上，加注润滑油，各部件应调整到正常位路，打扫现场卫生，填写设备使用记录。 <p>七. 小结</p> <p>本节课主要是通过对数控车床的介绍，了解了数控车床的发展过程，加工特点，加工工艺流程，基本分类；以及对数控车床使用的 G 代码等有初步的了解，在理论上了解了数控车床实体加工的工艺思路。</p>	
--	--

东北电力大学

教 案 封 皮

开课单位	工程训练教学中心	课程名称	金工实习-数控 4
授课教师	郝德成、王立、黄飞、杨日辉、薛川、孙丽柱、周小龙	授课对象	2014 级工科本科
选用教材	金属工艺学实习	总学时	2
课次	4	第 9 章	第 3 节
教学目的及要求	<p>本课程要求学生使用斯沃软件模拟数控车床实训，从而了解数控车床结构，掌握数控车床基本操作，掌握数控车床一般参数设置，数控编程等基本技能，避免数控车床初学者在数控车床上无谓的失误，损坏设备及发生危险。</p>		
教学重点处理安排	<p>数控车床的编程 仿真加工实验</p>		
教学难点处理安排	<p>数控加工对刀的基本步骤，通过教师反复演示及学生反复操作完成本内容</p>		
教学方式、方法	<p>采用启发式教学，配合多媒体讲解、演示、上机操作等方法；使理论教学与实践教学相结合</p>		
教学内容及时间分配	<p>数控车床基本介绍 45 分钟 1、数控车床基本组成 5 分钟 2、数控车床开、关机操作及其注意事项 5 分钟 3、数控车床基本加工要求 35 分钟、 数控编程及仿真加工 45 分钟 1、编程示例 15 分钟 2、学生提问 5 分钟 3、学生编程练习 25 分钟</p>		
例题、练习题	<p>编程仿真加工例题，学生进行仿真加工模拟练习</p>		
作业、思考题	<p>阶梯轴数控编程</p>		

教 案

内 容	备 注
-----	-----

<p>1、安全教育</p> <p>1、电器柜内部及操作台内部有中、高压终端，不得用手及其它导电物质触摸，也不得随意打开电器柜及操作柜。</p> <p>2、不要敲击、拍打电器柜及其操作台，因为里面有电器元件及其控制系统、否则可能引起报警和事故的发生。</p> <p>3、时刻牢记“急停开关”的位置，并时刻准备操作它，以防发生重大事故。</p> <p>4、不得用湿手、油手触摸电器元件及其开关。</p> <p>5、老师未教过的按钮不能去按，更不能更改机床参数。</p> <p>6、禁止在机床旁边打闹、拥挤，以防发生安全事故。</p> <p>7、一个同学在操作时，不允许另一个同学帮他按面板上的按钮，除“急停开关”以外。当旁边的同学发现操作着的同学操作错误时，应该及时制止其操作，并告知他错误所在并让他改正。</p> <p>8、加工过程中，不能接触或接近驱动部件，不得将手、头伸向正在运动的部件，否则会引起严重事故。</p> <p>2、数控车床基本组成</p> <p>数控机床是机电一体化的典型产品，是集机床、计算机、电动机及拖动、自动控制、检测等技术为一体的自动化设备。数控机床的基本组成包括控制介质、数控装置、伺服系统、反馈装置及机床</p> <p>1、控制介质</p> <p>数控机床工作时，不要人去直接操作机床，但又要执行人的意图，这就必须在任何数控机床之间建立某种联系，这种联系的中间媒介物称之为控制介质。</p> <p>2、数控装置</p> <p>数控装置是数控机床的核心。其功能是接受输入装置输入的数控程序中的加工信息，经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理后，发出相应的脉冲送给伺服系统，使伺服系统带动机床的各个运动部件按数控程序预定要求动作。</p> <p>它具备的主要功能如下：</p> <p>(1) 多轴联动控制。</p> <p>(2) 直线、圆弧、抛物线等多种函数的插补。</p> <p>(3) 输入、编辑和修改数控程序功能。</p> <p>(4) 数控加工信息的转换功能：ISO/EIA 代码转化，米英制转换，坐标转换，绝对值和相对值的转换，计数制转换等。</p> <p>(5) 刀具半径、长度补偿，传动间隙补偿，螺距误差补偿等补偿功能。</p> <p>(6) 实现固定循环、重复加工、镜像加工等多种加工方式选择。</p> <p>(7) 在 CRT 上显示字符、轨迹、图形和动态演示等功能。</p> <p>3、伺服系统</p> <p>机床上的执行部件和机械传动部件组成数控机床的进给系统，它根据数控装置发来的速度和位移指令控制执行部件的进给速度、方向和位移量。每个进给运动的执行部件都配有一套伺服系统。伺服系统的作用是把来自数控装置的脉冲信号转换为机床移动部件的运动，它相当于手工操作人员的手，使工作台（或溜板）精确定</p>	
---	--

位或按规定的轨迹作严格的相对运动，最后加工出符合图样要求的零件。

4、反馈装置

反馈装置是闭环（半闭环）数控机床的检测环节，该装置可以包括在伺服系统中，它由检测元件和相应的电路组成，其作用是检测数控机床坐标轴的实际移动速度和位移，并将信息反馈到数控装置或伺服驱动中，构成闭环控制系统。检测装置的安装、检测信号反馈的位置，决定于数控系统的结构形式。无测量反馈装置的系统称为开环系统。

3、开、关机操作及其注意事项

（1）开机

操作步骤：

打开机床总电源开关，接通机床电源（电源开关一般在机床左侧，顺时针旋转 90°）→ 按下面板上的“系统启动”开关，系统上电，CRT 显示初始页面。系统进行自检查状态 → 打开“急停”开关，并按“复位”键解除报警。系统进入待机状态，可以进行操作。

注意：

系统在启动过程中，不能按到面板上的任何一个按键，否则会引引起意想不到的运动并带来危险。

关机重新启动系统时，为了让伺服系统充分放电，关机时间不能少于 1min，不要连续短时频繁开关机。

如果开机后机床报警，应检查急停开关是否打开，或是超程。如果超程，用则用手摇方式向超程相反的方向移动刀架，并离开参考点一定的距离，解除报警。

（2）关机

操作步骤：

按“复位”键复位系统 → 按下“急停”开关，以减少电流对系统硬件的冲击 → 按下机床面板上的“系统停止”开关，让系统断电 → 关闭机床总电源（逆时针旋转机床左侧的电源开关）。

4、回参考点

开机后，必须首先进行回参考点（回零）操作。具有断电记忆功能绝对编码器的机床不用进行回参考点操作。

回参考点的目的：建立机床坐标系（机床坐标系：以机床原点为坐标原点建立起来的直角坐标系）

（1）按下“回零”键，然后按“+X”键，刀架向 X 正方向移动，CRT 上坐标参数显示变化。待 X 回零指示灯亮了，表明该轴已回到参考点。

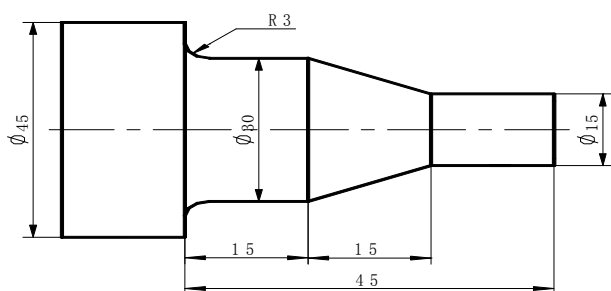
（2）待 X 轴回零指示灯亮后，方可按下“+Z”键，刀架向 Z 正方向移动，CRT 上坐标参数显示变化。待 Z 回零指示灯亮了，表明该轴已回到参考点。

（3）回参考点结束后，方可进行其他操作

<p>注意：不回参考点机床会产生意想不到的运动，发生碰撞及伤害事故。机床开机重启后必须立即进行回参考点操作。当进行机床锁住、图形演示、空运行操作后，必须重新进行回参考点操作。</p> <p>为了保证安全，回参考点时必须先回“+X”，再回“+Z”；如果先“+Z”则可能导致刀架电机与尾座发生碰撞。</p> <p>回参考点时，如果刀架本来就接近参考点位置时，应该用手摇方式，用手轮把刀架往负方向移一段距离，开机后如果两个坐标都处于参考点位置时，任然按“回零”键会使机床坐标碰到正限位开关，机床会出现报警。</p> <p>5、工件装夹</p> <p>工件安装时，应使加工表面的回转轴线和车床主轴的轴线重合，以确保加工后的表面有正确的位置。同时，还需把工件夹紧，以承受切削力、重力等。在车床上常用的附件有：三爪卡盘、四爪卡盘、顶尖、中心架、跟刀架、心轴、花盘及压板等。这里只介绍用两种附件装夹工件的方法。</p> <p>三爪卡盘的组成：爪盘体、小锥齿轮、大锥齿轮（背面为平面螺纹）和三个卡爪。</p> <p>当用卡盘扳手转动任何一个小锥齿轮时，便带动大锥齿轮转动，大锥齿轮背面的平面螺纹就使三个卡爪同时等距离向中心靠拢或者向外张开，从而实现自动定心。三个卡爪可以反装，称为反爪。反爪可以装夹较大直径的工件。三爪卡盘的定心精度不高，一般为 0.05—0.15mm，但装夹方便。适应于安装截面为圆形或正六边形的短轴类或盘类工件。</p> <p>用三爪卡盘装夹工件时，工件必须放正。先轻轻夹紧工件，用手扳动卡盘，检查刀架与卡盘有无碰撞，然后低速开车，观察工件歪斜偏摆的方向，也可用百分表找正，并作好记号，停车后轻敲工件校正，确认无偏摆后，夹紧工件，取下扳手，开车切削。</p> <p>工件的夹持长度一般不小于 10mm，但也不宜过长，否则会引起切削振动、顶弯工件或打刀。</p> <p>6、手动方式</p> <p>操作步骤：</p> <p>（1）按“手动”键，进入手动运行方式。分别按“-X”、“+X”、“-Z”、“+Z”键，可以使刀架按相应的方向运动。运动速度的快慢可以通过“进给倍率”开关调节，倍率从 0-150%。</p> <p>（2）按住“快进”开关同时分别按住“-X”、“+X”、“-Z”、“+Z”键，则可以使刀架快速移动，移动的速度可以通过手摇倍率开关来选择，倍率有 F0、25%、50%、100%。</p> <p>注意：在手动方式操作刀架移动时，应时刻注意刀架的位置，防止刀架与工件、尾座发生碰撞。</p> <p>7、手轮方式</p> <p>刀架的运动可以通过手轮来实现。在微动、对刀、精确移动刀架等操作中使用此功能。通过“X 手摇”、“Z 手摇”选择要移动的</p>	
---	--

轴，通过手摇脉冲发生器的转动使刀架移动。

8、编程示例



O4008

N10 T0101;

N20 G00 X46Z0.5 S500 M03;

N30 G71 U2. R0.5; 每层切深 2mm，退刀 0.5mm 。

N40 G71 P50 Q110 U0.3 W0.1 F0.3; 精加工余量 X 向单边量 0.3mm，Z 向 0.1mm。 粗切进给量 0.3mm/r。

N50 G01 X15;

N60 G01 Z0 F0.15 S800; 精加工进给量 0.15mm/r。精切转速为 800RPM。

N70 Z-15;

N80 X30 Z-30;

N90 Z-42;

N100 G2 X36 Z-45 R3;

N110 G01 X46;

N120 G70 P50 Q110; 精加工循环

N130 G00 X100Z100;

N140 M05 M30;

9、小结

本节课主要是对数控车床实体操作进行学习，了解数控车床使用方法，操作要求，工艺特点；了解 G 代码的使用环境，编辑特点，以及编辑时容易出现的难点及问题，如坐标原点确定，快速移动刀具时的注意事项等。