

2022 年天津市职业教育市级教学成果奖
支撑材料（四）

一体化课程教案（节选）



学科	车工中级	课 题	03 台阶轴的数车加工			
班级	19-6、7					
人数	36、36					
授课时数	36	课型	一体化	周次	4-6 13-15	
授课时间	具体授课时间参看项目中各学习任务					
教学目标	<p>知识目标:掌握台阶轴数车加工工艺知识,了解数控车削零件类型和数控车削刀具知识,掌握数控车程序结构和编制规则,掌握数控车 G00G01G02/G03G71G70 准备功能指令和常用辅助功能指令(M指令 F指令 S指令 T指令)</p> <p>能力目标:在正确识读零件图样的基础上,通过学习和查阅资料,能够编制台阶轴数控车加工工艺,能够编制台阶轴数控车削加工程序,能够应用仿真软件完成台阶轴模拟加工并完善程序,能够正确使用数控车床完成台阶轴的数控车实操加工并在加工过程中解决出现的简单报警,能够规范熟练的使用常用量具对台阶轴零件进行检验和进行质量分析并提出修改意见。能够严格遵守安全操作规程</p> <p>情感目标:具备安全文明生产意识,敬岗爱业,践行 6S 管理活动,培养团队合作精神和进行有效沟通,良好语言表达能力,能够主动获取有效信息、展示工作成果并对学习和工作进行反思总结</p>					
教学重点	台阶轴加工工艺分析,台阶轴数控编程,数控车床操作					
教学难点	台阶轴数控编程,台阶轴数控车床加工(实操)					
评价方式	过程评价结合工作页完成情况					
教具	PPT&计算机&数控仿真软件&数控车床&刀具&量具&工件毛坯&工作页&多媒体					
教后小结	一体化教学要注意“做中学”与“学中做”,尤其要注意各任务完成时间的把控。在实践性操作环节时要设置“安全员”,同时授课教师要时刻关注各组操作情况,安全第一,要注意培养学员的安全文明生产意识。					
授课老师	李武	2020年09月01日	审签	202 年 月 日		



学科	车工中级	课 题	03 台阶轴数控车加工 ——任务 3.1 台阶轴加工工艺分析			
班级	19-6、7					
人数	36、36					
授课时数	6	课型	一体化	周次	4 13	
授课时间	19-7 班（甲）：2020.09.21, 19-6 班（甲）：2020.09.22 19-6 班（乙）：2020.11.24, 19-7 班（乙）：2020.11.23					
教学目标	<p>知识目标：单向控制阀的作用和加工要求；了解数控车削适合加工的零件类型，加工所用刀具类型及其适用场合；掌握台阶轴数控车削加工工艺相关知识；</p> <p>能力目标：能够正确识读台阶轴零件图样；能够根据台阶轴的材料和形状特征及加工要求等选择刀具和刀具的几何参数，并确定数控加工合理的切削用量；能够对台阶轴零件进行数控车削加工工艺分析，制定台阶轴数控加工工艺路线，完成台阶轴的数控车削加工工序卡。</p> <p>情感目标：安全文明生产、敬岗爱业、6S 管理活动、团队合作和语言表达</p>					
教学重点	数控车刀的选择，数控车削工艺路线拟定，切削用量的选择					
教学难点	车刀刀片选择，台阶轴数控车工序卡					
评价方式	过程评价					
教具	PPT&工作页&多媒体					
教后小结	培养学生自主学习能力，培养学生查阅资料掌握知识能力要注意在巡回指导中加强监督，注意控制节奏，可以在一体机上设置定时器提醒学生在完成工作任务时注意时间。					
授课老师	李武	2020 年 09 月 01 日	审签	202 年 月 日		



教学过程设计

教学组织

03 台阶轴数车加工

任务 3.1 台阶轴加工工艺分析 (240min)

一、复习旧知 (5min)

- 1、检查考勤、学生劳保情况;
- 2、提问: (1) 游标卡尺维护保养 (2) 螺旋千分尺维护保养

二、新课导入 (5min)

- 1、进行安全文明生产及思政教育
- 2、点评课题 2 工作页完成情况
- 3、导入新课:

某企业机器中的单向控制阀芯 (台阶轴零件) 因长期使用出现磨损, 需要更换。现生产部门委托我校车工组来完成此加工任务。



台阶轴实体图

三、教学内容 (250min)

3.1.1 单向控制阀 (min)

单向阀又称止回阀或逆止阀。用于液压系统中防止油流反向流动, 或者用于气动系统中防止压缩空气逆向流动。



单向阀有直通式和直角式两种。直通式单向阀用螺纹连接安装在管路上。直角式单向阀有螺纹连接、板式连接和法兰连接三种形式。液控单向阀也称闭锁阀或保压阀, 它与单向阀相同, 用以防止油液反向流动。但在液压回路中需要油流反向流动时又可利用控制油压, 打开单向阀, 使油流在两个方向都可流动。液控单向阀采用锥形阀芯, 因此密封性能好。在要求封闭油路时, 可用此阀作为油路的单向锁紧而起保压作用。液控单向阀控制油的泄漏方式有内泄式和外泄式二种。在油流反向出口无背压的油路中可用内泄式; 否则需用外泄式, 以降低控制油压力。



教学过程设计

教学组织

注意事项：

①安装止回阀时，应特别注意介质流动方向，应使介质正常流动方向与阀体上指示的箭头方向相一致，否则就会截断介质的正常流动。底阀应安装在水泵吸水管路的底端。

②止回阀关闭时，会在管路中产生水锤压力，严重时会导致阀门、管路或设备的损坏，尤其对于大口管路或高压管路，故应引起止回阀选用者的高度注意。

③止回阀只供防止各类管路或设备上流体介质逆流的单向启闭阀。

单向阀符号

表1 单向阀和液控单向阀的图形符号

	单向阀		液控单向阀	
	无弹簧	带弹簧	无弹簧	带弹簧
详细符号				
简化符号				

填写工作页

3.1.2 适于数控车床加工的内容 (min)

①精度要求高的回转体零件

由于数控车床刚性好，加工精度高，以及能方便和精确地进行人工补偿和自动补偿，所以能加工尺寸精度要求较高的零件，在有些场合可以以车代磨。此外，数控车削的刀具运动是通过高精度插补运算和伺服驱动系统来实现的，能加工对母线直线度、圆度、圆柱度等形状精度要求高的零件。对于圆弧以及其他曲线轮廓，加工出的形状与图纸上所要求的几何形状的接近程度比用仿形车床要高得多。数控车削工件时，一次装夹可完成多道工序的加工，因而对提高加工工件的位置精度特别有效。不少位置精度要求高的零件用普通车床车削时，因机床制造精度低、工件反复装夹次数多，从而达不到设计要求，只能在车削后用磨削或其他方法弥补。

②表面粗糙度要求高的回转体零件

数控车床具有恒线速切削功能，能加工出表面粗糙度值小而均匀的零件。在材质、精车余量和刀具已定的情况下，表面粗糙度取决于进给量和切削速度。在普通车床上车削锥面和端面时，由于转速恒定不变，致使车削后的表面粗糙度不一致，只有某一直径处的粗糙度值最小。使用数控车床的恒线速切削功能，就可选用最佳线速度来切削锥面和端面，使切削后的表面粗糙度值能够保持一致。数控车削还适合于车削各部分表面粗糙度要求不同的零件，粗糙度值要求大的部位选用大的进给量，要求小的部位选用小的进给量。

填写工作页



教学过程设计	教学组织
<p>③表面形状复杂的回转体零件</p> <p>由于数控车床具有直线和圆弧插补功能，可以车削由任意直线和曲线组成的形状复杂的回转体零件、壳体零件封闭内腔的成型面，在普通车床上是无法加工的，而在数控车床上则很容易加工出来。组成零件轮廓的曲线可以是数学方程式描述的曲线，也可以是列表曲线。对于由直线或圆弧组成的轮廓，直接利用机床的直线或圆弧插补功能；对于由非圆曲线组成的轮廓，可以用非圆曲线插补功能，若所选机床没有非圆曲线插补功能则应先用直线或圆弧去逼近，然后再用直线或圆弧插补功能进行插补切削。</p> <p>④带特殊螺纹的回转体零件</p> <p>普通车床所能车削的螺纹相当有限，它只能车等导程的直、锥面公、英制螺纹，而且一台车床只能限定加工若干种导程。数控车床具有加工各类螺纹的功能，不但能车削任何等导程的直、锥和端面螺纹，而且能车削增导程、减导程，以及要求等导程与变导程之间平滑过渡的螺纹，还可以车削高精度的模数螺旋零件（如圆柱、圆弧蜗杆）和端面（盘形）螺旋零件等。由于数控车床可以配备精密螺纹切削功能，再加上一般采用硬质合金成型刀具以及可以使用较高的转速，所以车削出来的螺纹精度高，表面粗糙度值小。</p> <p>不适于数控加工的内容</p> <p>一般来说，上述这些加工内容采用数控加工后，在产品质量、生产效率与综合效益等方面都会得到明显提高。相比之下，下列一些内容不宜选择采用数控加工：</p> <p>①工件轮廓简单、精度要求很低或生产批量又特别大的工件，在数控机床上加工没有明显的优势；</p> <p>②装夹困难或必须依靠人工找正才能保证加工精度的单件小批量工件（占机调整时间过长，不利于有效利用数控设备的加工内容）。</p> <p>③加工部位分散，不能在一次安装中完成加工的其他零星加工表面，需要多次安装、设置工件原点。这时，采用数控加工很麻烦，效果不明显，可安排通用机床加工。</p> <p>④加工余量大或材质及余量都不均匀的毛坯工件。</p> <p>⑤特别难加工的工件材料，在加工中暂时没有解决刀具耐用度问题时，（由于刀具磨损过快，无法很好的控制加工质量）及铸铁工件（切屑不易清理使机床导轨严重磨损）等都不适合在数控机床上进行加工。</p> <p>此外，在选择和决定数控加工内容时，也要考虑生产批量、生产周期、工序间周转情况等等。总之，要尽量做到合理、高效的利用数控资源，防止把数控机床降格为通用机床使用。</p> <p>3.1.3 数控车刀 (min)</p> <p>1、数控车床常用车刀的种类和用途</p> <p>根据不同的车削加工用途可将车刀分为外圆刀、端面刀、切断刀、内孔刀、成型车刀、圆头刀、螺纹刀、钻头及铰刀等。车刀的用途，如图所示。</p>	<p>知识拓展</p> <p>★★教学重点 掌握根据加工内容选择合适的数控车刀</p>



教学过程设计

教学组织

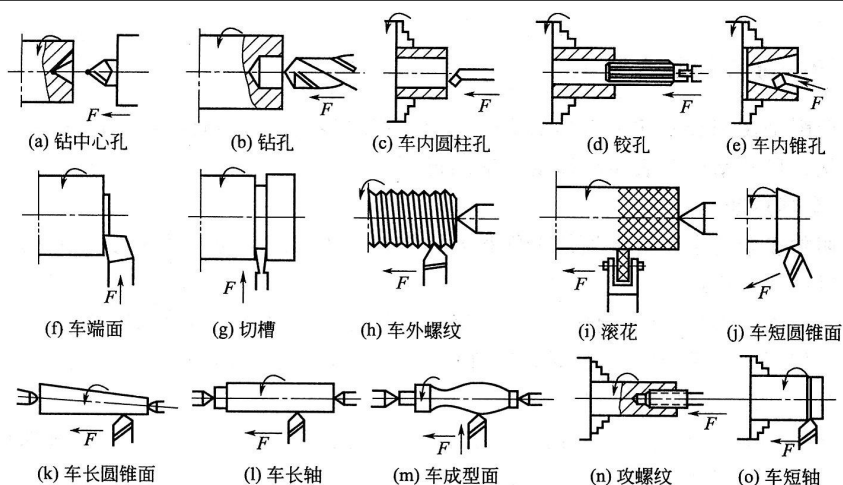
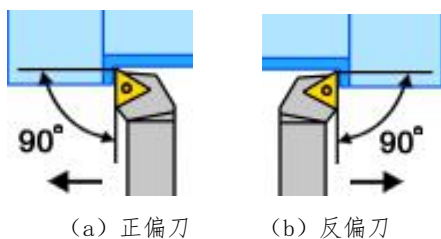


图 车刀的用途

(1) 90°车刀（外圆车刀） 又称偏刀，用于车削工件的外圆、阶台、端面。又分为正偏刀和反偏刀两种。在数控车削加工中正偏刀主要用于经济型数控车床（外刀架车床）；反偏刀主要用于全机能数控车床及车铣中心（内刀架车床）。

★★

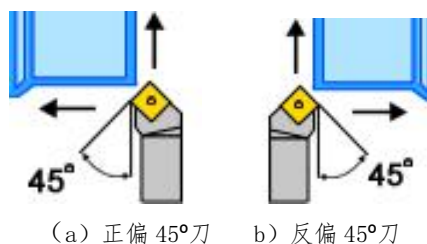


(a) 正偏刀 (b) 反偏刀

图 偏刀

(2) 45°车刀（弯头车刀） 用于车削外圆、端面和倒角。由于不便于对刀操作，在数控车床中并不常用，主要用来手动粗车外圆及端面和手动倒角等。

在普车中常用，在数控车中应用较少



(a) 正偏 45°刀 (b) 反偏 45°刀

图 弯头刀

(3) 切断刀（切槽刀） 用于切断工件及切削径向内外沟槽。切槽刀分为内槽刀和外槽刀两种，外槽刀有时也可用于加工一些不便于倒头的工件的外圆柱面。

★★



(a) 外槽刀（切断刀） (b) 内槽刀

图 切槽刀

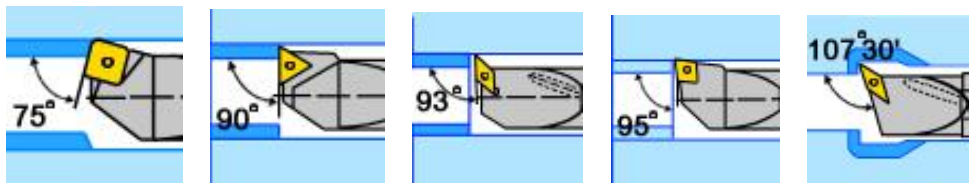


教学过程设计

教学组织

(4) 内孔车刀 (又称镗孔刀) 用于加工内圆柱面、内台阶、盲孔底面等。其形式多样、尺寸不一、用途不同, 应根据具体加工情况进行合理的选用。

★★



(a) $\kappa_r=75^\circ$ (b) $\kappa_r=90^\circ$ (c) $\kappa_r=93^\circ$ (d) $\kappa_r=95^\circ$ (e) $\kappa_r=107^\circ30'$

图 车孔刀

(5) 圆头车刀 用于加工圆弧面或成型面。刀片为圆片状直径不同用半径值“R”进行标注, 一般用圆心轨迹进行编程, 但此类刀具在加工中容易产生震动。因此, 对切削用量及刀柄材料要求较为严格。

对表面质量要求高的场合应用

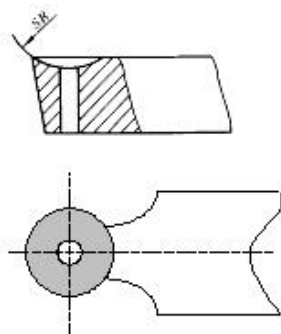
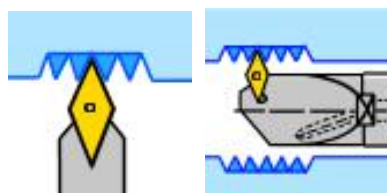


图 刀片形状

(6) 螺纹车刀 (尖刀) 用于加工螺纹。按加工性质分为内螺纹刀和外螺纹刀。按加工范围, 又可分为定螺距和变螺距车刀两种, 一般高档的螺纹车刀大多为定螺距车刀。

★★



(a) 外螺纹刀 (b) 内螺纹刀

图 螺纹刀

2、数控加工对刀具的要求

★要求理解

(1) 强度高 为适应刀具在粗加工或对高硬度材料的零件加工时, 能大切深和快走刀, 要求刀具必须具有很高的强度; 对于刀杆细长的刀具 (如深孔车刀), 还应具有较好的抗震性能。

(2) 精度高 为适应数控加工的高精度和自动换刀等要求, 刀体及其刀柄都必须具有较高的精度。

(3) 切削速度和进给速度高 为提高生产效率并适应一些特殊加工的需要, 刀具应能满足高切削速度或进给速度的要求。

(4) 可靠性好 要保证数控加工中不会因发生刀具意外损坏及潜在缺陷而影响



教学过程设计	教学组织
<p>到加工的顺利进行,要求刀具及与之组合的附件必须具有很好的可靠性和较强的适应性。</p> <p>(5) 耐用度高 刀具在切削过程中的不断磨损,会造成加工尺寸的变化,伴随刀具的磨损,还会因刀刃(或刀尖)变钝,使切削阻力增大,既会使被加工零件的表面精度大大下降,同时还会加剧刀具磨损,形成恶性循环。因此,数控加工中的刀具,不论在粗加工、精加工或特殊加工中,都应具有比普通机床加工所用刀具更高的耐用度,以尽量减少更换或修磨刀具及对刀的次数,从而保证零件的加工质量,提高生产效率。耐用度高的刀具,至少应完成1~2个大型零件的加工,能完成1~2个班次以上的加工则更好。</p> <p>(6) 断屑及排屑性能好 有效地进行断屑及排屑的性能,对保证数控机床顺利、安全地运行具有非常重要的意义。</p> <p>3、车刀切削部分的材料</p> <p>(1) 对车刀材料的基本要求</p> <p>在车削过程中,车刀的切削部分是在较大的切削抗力、较高的切削温度和剧烈的摩擦条件下进行工作的。车刀切削部分的材料是否具备优良的切削性能,直接影响了车刀的寿命长短和切削效率的高低,也影响了加工质量的好坏。因此,车刀的切削部分材料应该满足以下要求:</p> <p>(1) 应具有高硬度 刀具材料的硬度高于工件的硬度1.3~1.5倍(室温下,硬度高于60HRC)。</p> <p>(2) 应具有高的耐磨性 耐磨性指车刀材料抵抗磨损的能力,一般刀具的材料硬度越高,耐磨性越好。</p> <p>(3) 应具有耐热性 即在较高的车削温度下能保持高硬度性能,是衡量刀具材料切削性能的主要技术指标。</p> <p>(4) 应具有足够的强度和韧性 切削加工中,刀具将承受很大的切削力和冲击力,刀具要有较高的抗弯强度和冲击韧性,防止车刀脆性断裂或崩刃。</p> <p>(5) 应具有好的工艺性 好的磨削加工性、好的热处理工艺性,好的焊接工艺性以便于刀具的制造和加工。</p> <p>(2) 车刀切削部分的常用材料</p> <p>①高速钢(又称锋钢、白钢)</p> <p>高速钢是含钨、钼、铬、钒等合金元素较多的工具钢。高速钢刀具制造简单、刃磨方便、材料强度较高、韧性好能承受较大的冲击力,刃口锋利,一般能耐600°C左右的高温。但是,耐热性相对较差,故不适于高速切削。</p> <p>普通高速钢牌号有W18Cr4V、W9Cr4V2等属钨系高速钢。国内应用广泛,性能稳定,刃磨及热处理工艺简单。</p> <p>另一类高速钢加入3%~5%的钼,改善了性能。牌号有95W18Cr4v、W12CrV4Mo、W6Mo5CrV2A1等。主要用于热轧刀具(如扭槽麻花钻)。</p> <p>近年来还生产了一种粉末冶金高速钢,它是将熔炼好的钢液置于保护气罐中,用高压氩气雾化成细小的粉末,然后用高温、高压压制而成。粉末冶金克服了铸锭产生的粗大的共晶偏析,热处理变形小,耐热性好,可切削各种难加工材料。</p>	<p>车工初级旧知,由于疫情影响,在车工中级中进行复习</p>



教学过程设计	教学组织
<p>②硬质合金</p> <p>硬质合金是用钨、钛的碳化物粉末加入粘结剂，利用粉末冶金制成的。含有大量的WC、TiC。硬度、耐磨性、耐热性均高于高速钢刀具。可耐800~1000℃的高温，切削速度可高于白钢十几倍，可达220m/min。其主要缺点是抗弯强度和冲击韧性差，制造形状复杂刀具时工艺上要比高速钢困难。目前，硬质合金是应用最为广泛的一种车刀材料。</p> <p>切削用硬质合金按其切屑排出形式和加工对象的范围可分为三大类，分别用字母K、P、M表示。</p> <p>K类（钨钴钛类）：由碳化钨（WC）和钴（CO）组成，适合加工短切屑的黑色金属材料 and 有色金属及非金属材料。（国产牌号：YG）</p> <p>抗弯强度和韧性较好，因此，适用于加工铸铁、有色金属等脆性材料或冲击较大的场合。K类合金与钢的粘结温度较低（640℃）。因此，不能高速切削钢料。</p> <p>常用牌号有YG3、YG6、YG8其中3、6、8为钴的含量（%数）其余为碳化钨。YG8的硬度较低，而韧性较好，适用于粗加工。YG3硬度、耐磨性、耐热性较高适用于精加工。</p> <p>P类（钨钴钛类）：由碳化钨（WC）、碳化钛（TiC）和钴（CO）组成，适合加工长切屑的黑色金属材料。（国产牌号：YT）</p> <p>此类合金的耐磨性、粘结性较好，能承受较高的切削温度。适用于加工钢或其他韧性较大的塑性金属。但由于它较脆、不耐冲击，因此，不宜加工脆性金属材料。</p> <p>常用牌号有YT5、YT15、YT30其中5、15、30为TiC的含量（质量分数，%）。YT5抗弯强度高，较能承受冲击适合粗加工。YT30耐磨、耐热性更好，适合精加工使用。</p> <p>M类（钨钛钽（铌）钴）：此类合金是在合金中添加少量碳化钛（TiC）或（NbC）而成，适合加工长切屑或短切屑的黑色金属材料 and 有色金属。（国产牌号：YW）</p> <p>它的抗弯强度、冲击韧性及与钢的粘结温度均高于P类合金。它可以加工铸铁、有色金属、碳素钢、合金钢等。其主要用于加工难加工材料，适用范围较广但造价稍高。常用牌号有YW1、YW2。</p> <p>③特种刀具材料</p> <p>主要有涂层刀具材料、陶瓷材料、金刚石材料及立方氮化硼材料等。</p> <p>涂层高速钢、涂层硬质合金是在韧性较好的硬质合金或高速钢基体上，采用CVD法或PVD法涂覆一薄层硬质和耐磨性极高的难熔金属化合物如TiC、TiN、Al₂O₃等，而得到的刀具材料。涂层刀具既具有基体材料的强度和韧性，又具有很高的耐磨性。TiC的硬度和耐磨性好；TiN的抗氧化、抗黏结性好；Al₂O₃耐热性好。使用时可根据不同的需要选择相应涂层材料的刀具。</p> <p>陶瓷材料主要有纯氧化铝陶瓷Al₂O₃、氧化铝混合陶瓷、氧化硅陶瓷Si₃N₄等。陶瓷刀具刀片硬度可达78HRC以上，能耐1200℃~1450℃高温，故能承受较高的切削速度。但抗弯强度低，怕冲击，易崩刃。主要用于钢、铸铁、高硬度材料及高精度零件的精加工。</p> <p>金刚石做切削刀具材料用者，大都是人造金刚石，其硬度极高，可达10000HV（硬质合金仅为1300~1800HV），其耐磨性是硬质合金的80~120倍。但韧性差，对铁族</p>	



教学过程设计

教学组织

材料亲和力大。因此一般不适宜加工黑色金属，主要用于有色金属以及非金属材料的高速精加工。

立方氮化硼是人工合成的一种高硬度材料，其硬度可达 7300~9000HV，能耐 1300~1500℃ 高温，与铁族元素亲和力小。但其强度低，焊接性差。目前主要用于加工淬硬钢、冷硬铸铁、高温合金和一些难加工材料。

4、可转位车刀

★教学难点

(1) 可转位刀片形式

为了充分有效的利用数控设备、提高加工精度及减少加工辅助准备时间，现今数控车床大多采用机夹可转位车刀又称机夹车刀。可转位车刀是把硬质合金可转位刀片，用机械夹固方式，装夹在标准刀柄上的一种刀具。刀具由刀柄、刀片、刀垫和夹紧机构组成，已经形成模块化标准化结构具有很强的通用性和互换性。

ISO 标准和我国标准规定了可转位刀片的型号是由代表一定意义的字母和数字按照一定顺序位置排列组成。可转位刀片的型号，共用 10 个号位的内容来表示主要参数。

我国型号的表示方法、品种规格、尺寸系列、制造公差以及尺寸的测量方法等，都和 ISO 标准相同。为适应我国的国情还在国际标准规定的 9 个号位之后，加一短横线，再用一个字母和一位数字表示刀片断屑槽形式和宽度。按照规定，任何一个型号刀片都必须用前七个号位，后三个号位在必要时才使用。但对于车刀刀片，第十号位属于标准要求标注的部分。不论有无第八、九两个号位，第十号位都必须用短横线“-”与前面号位隔开，并且其字母不得使用第八、九两个号位已使用过的字母，当只使用其中一位时，则写在第八号位上，中间不需空格。现对十个号位具体内容作说明。

下面代号即表示，正三角形刀片、后角为 11°、精度等级 M 级、具有中间圆孔和单面断屑槽、刃口长度为 12.70 mm、厚度为 03 级 (3.18mm)、刀尖圆弧半径为 0.4mm、主切削刃带倒圆角、切削方向为左切、断屑槽宽 3 mm 的钢用精加工车刀片，见表。

表 示例的代号表示方法

ISO	T	P	M	M	12	04	08	E	L	-	A3
项目	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]		[10]

第一位字母，表示可转位刀片的形状，如图所示：

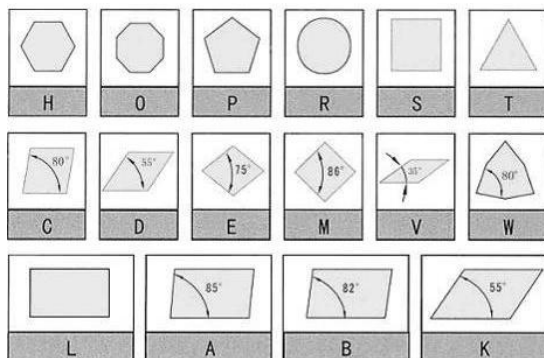


图 刀片的形状与字母的对应关系

常用 55° 刀片和 35° 刀片



教学过程设计

教学组织

第二位字母，表示可转位刀片的后角，如图所示：

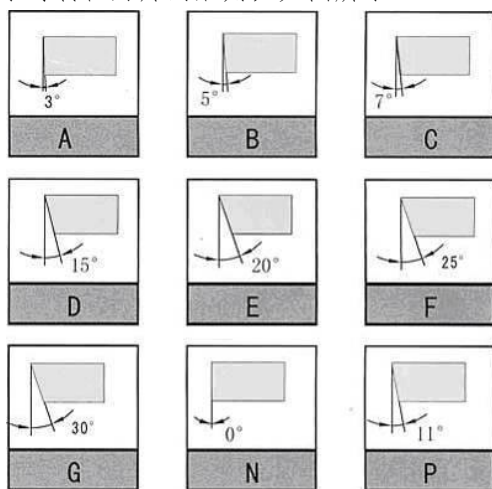


图 刀片的后角与字母的对应关系

第三位字母，表示可转位刀片的精度等级，如表所示

表 字母与刀片的精度等级

允许偏差等级	IC		B		T	
	in	mm	in	mm	in	mm
C	±0.010	±0.025	±0.005	±0.013	±0.001	±0.025
H	±0.005	±0.013	±0.005	±0.013	±0.010	±0.025
E	±0.010	±0.025	±0.010	±0.025	±0.010	±0.025
G	±0.010	±0.025	±0.010	±0.025	±0.005	±0.013
M	±0.005	±0.13	±0.005	±0.13	±0.005	±0.013
U	±0.005	±0.13	±0.005	±0.13	±0.005	±0.013

第四位字母，表示可转位刀片的前刃面及中心孔型，如图所示：

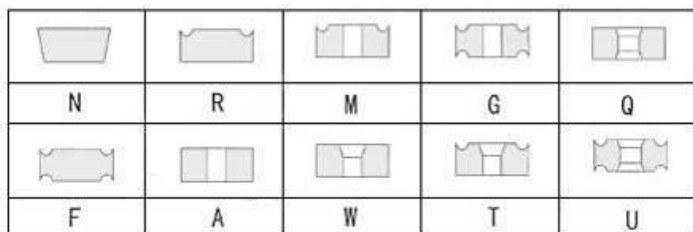


图 刀片的前刃面及中心孔型与字母的对应关系

第五位数字，表示可转位刀片刃口长度的整数值

用两位阿拉伯数字表示刀片刃口边长，选取整数部分的刀片切削刃长度或刀片的理论边长作为代号。

第六位数字，表示可转位刀片厚度数值，如表所示：



教学过程设计

教学组织

表 各个数字对应得刀片厚度数值

	01	T1	02	03	T3	04	05	06
	S= 1.59	S= 1.98	S= 2.38	S= 3.18	S= 3.97	S= 4.76	S= 5.56	S= 6.35

第七位数字，表示刀尖圆弧半径值，用省去小数点的圆角半径毫米数表示，若刀尖转角为尖角或圆形刀片时，则代号为“00”。

第八位字母，用一个字母表示刀片主切削刃的截面形状，共有4种。

表 刀片主切削刃的截面形状与字母的对应关系

切削刃截面形状	尖锐切削刃	倒圆切削刃	倒棱切削刃	既倒棱又倒圆切削刃
代号及形式	F 	E 	T 	S

第九位字母，表示可转位刀片的切削方向。R表示右切，L表示左切，N表示可用于左切也可用于右切，如图所示。

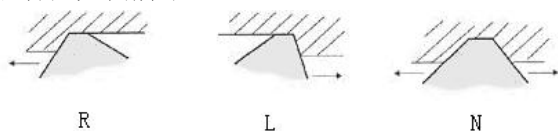


图 刀片的切削方向与字母的对应关系

第十位字母、数字组合，用一个字母表示断屑槽的形式用其后面的数字表示断屑槽的宽度（mm）。断屑槽的形式共有13种。

表 断屑槽的形式

代号	断屑槽型式举例	代号	断屑槽型式举例	代号	断屑槽型式举例
A		H		V	
B		J		W	
C		K		Y	
D		P			
G		T			



教学过程设计	教学组织
<p>(2) 机夹刀片选用</p> <p>应根据使用的场合、工件的加工特点及切削用量等合理正确的选用刀具的形式、角度、材质、品牌。并安排合适的切削用量，以提高机床的利用率、保证工件的加工质量并延长刀具的使用寿命。</p> <p>①几何形状的选择 一般要选通用性较高的及在同一刀片上切削刃数较多刀片。粗车时选较大尺寸的刀片，精、半精车时选较小尺寸刀片。</p> <p>S形：四个刃口，刃口较短（指同等内切圆直径），刀尖强度较高，主要用于75°、45°车刀，在内孔刀中用于加工通孔。</p> <p>T形：三个刃口，刃口较长，刀尖强度低，使用时常采用带副偏角的刀片以提高刀尖强度。主要用于90°车刀。在内孔车刀中主要用于加工盲孔、台阶孔。</p> <p>C形：80°刀尖角的两个刃口强度较高，用来粗车外圆、端面。且用它不用换刀即可加工端面或圆柱面，在内孔车刀中一般用于加工台阶孔。</p> <p>R形：圆形刃口，用于特殊圆弧面的加工，刀片利用率高。但径向力大，切削时极易产生振动，要注意切削用量不可过大。</p> <p>W形：三个刃口且较短，刀尖角80°刀尖强度较高，主要用在普通车床上加工圆柱面和台阶面。</p> <p>D形：两个刃口且较长，刀尖角55°刀尖强度较低，主要用于成型面的加工，在加工内孔时可用于台阶孔及较浅的清根。</p> <p>V形：两个刃口并且长，刀尖角35°刀尖强度低，用于成型面加工。</p> <p>切削刃长度应根据背吃刀量进行选择，一般通槽形的刀片切削刃长度选≥ 1.5倍的背吃刀量，封闭槽形的刀片切削刃长度选≥ 2倍的背吃刀量。</p> <p>②刀尖圆弧 粗车时只要刚性允许，应尽可能采用较大刀尖圆弧半径，精车时一般用较小圆弧半径，不过当刚性允许时也应自较大值选取，常用压制成型的圆半径有0.4mm、0.8mm、1.2mm、2.4mm等。</p> <p>③刀片厚度 其选用原则是使刀片有足够的强度来承受切削力，通常是根据背吃量与进给量来选用的，如有些陶瓷刀片就要选用较厚的刀片。</p> <p>④刀片法后角 刀片法后角常用的是0°后角，一般用于粗、半精车；5°、7°、11°，一般用于半精、精车、仿形及加工内孔。</p> <p>⑤刀片精度 刀片精度等级根据加工作业（例如精加工、半精加工、粗加工等）选择，以便在保证作业任务完成的前提下，降低加工成本。国家标准有A~U共12个精度等级，车削常用等级为G、M、U。一般，精密加工选用高精度的G级刀片；非铁金属材料的精加工、半精加工宜选用G级刀片。淬硬（45HRC以上）钢的精加工也可选用G级刀片。精加工至重负荷粗加工可选用M级，粗加工可选用U级刀片。</p> <p>(3) 使用机夹刀具的注意事项</p> <p>①合理选择刀片几何角度和切削用量。可转位刀具的特点之一是卷屑和断屑性能好，但只是在限定的切削用量范围内。因此使用时必须根据加工条件、刀片型号和工件材料，查阅有关手册，或进行试切削，选用断屑效果较好的切削用量。</p> <p>②使用前仔细检查刀片和刀柄，刀片的定位和夹紧是否可靠，压紧螺钉有否松动及变形。</p> <p>③装夹刀片时刀片定位面与刀垫、刀槽应保证接触良好，夹紧力不要过大。否则，</p>	<p>★教学重难点</p>



教学过程设计

教学组织

在切削力作用下，刀片有可能由于受力不均而碎裂。

④刀片磨损后及时转位或更换。

5、常用外圆车刀的种类、特征及安装

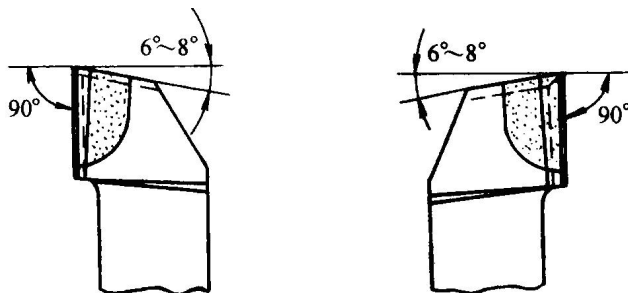
(1) 常用的外圆车刀

常用的外圆车刀有三种，主偏角 (κ_r) 分别为 90° 、 75° 、 45° 。而我们的数控车床大多选用 90° 车刀，又称偏刀。

① 90° 外圆车刀 简称偏刀，按进给方向不同分为右偏刀(正偏刀)和左偏刀(反偏刀)两种，一般常用右偏刀。

右偏刀，由右向左进给。一般用来车削工件的外圆、端面和右向台阶。由于它的主偏角较大，车削外圆时作用于工件的径向力小，不易将工件顶弯，见图 a。

左偏刀，可以由左向右进给。一般用于车削工件外圆和左向台阶，也适用于车削外径较大而长度较短的工件(盘类零件)的端面，见图 b。



(a) 正偏刀

(b) 反偏刀

图 偏刀的形式

② 75° 车刀 刀尖角 (ϵ_r) 大于 90° 刀头强度高、耐用。因此适用于粗车轴类工件的外圆和强力切削铸件、锻件等。

③ 45° 车刀 俗称弯头刀，它也分左右两种。其刀尖角 (ϵ_r) 等于 90° ，刀体强度和散热条件都好于 90° 车刀，常用于车削工件的端面和 45° 倒角，也可用于较短工件的外圆加工。

(2) 外圆车刀安装

① 刀具安装

a. 车刀伸出刀架部分的长度应尽量短，以增强其刚性(一般为刀柄厚度的 $1\sim 1.5$ 倍)。车刀垫一般不超过 2 片，并与刀架边缘对齐，且至少用两个螺钉压紧。

b. 车刀刀尖与工件中心等高。刀尖高于工件的轴线，车刀实际后角减小，车刀后面与工件之间的摩擦力变大。刀尖低于工件的轴线，车刀实际前角减小，切削阻力增大。

如果刀尖没有对准工件中心，在车至端面中心时会留有凸台。使用硬质合金车刀时，若忽视此点，车至中心处会使刀尖崩碎。刀尖没有严格对准工件中心还会产生双曲线误差，且在车削直径相差较大的阶梯轴时，将无法保证各个部位的尺寸精度。

② 调整刀尖的高度使其对准工件的中心的常用方法

a. 根据车床主轴中心高，用钢尺测量装刀。

b. 根据机床尾座顶尖的高低，用顶尖对准刀尖进行装刀。



教学过程设计

教学组织

c. 将车刀靠近工件端面，用目测估计车刀的高低，然后夹紧车刀，试车端面，再根据车削端面的情况来调整车刀的安装高度。

d. 根据机床要求的刀具尺寸，直接用高度尺测量刀尖到刀具底面的高度。

3.1.4 分析零件图样 (min)

分析零件图样是工艺准备中的首要工作，必须熟悉零件在产品中的作用、位置、装配关系和工作条件，搞清楚各项技术要求对零件装配质量和性能的影响，找出主要的、关键的技术要求，然后对零件图样进行分析。零件图样的分析直接影响零件加工程序的编制及加工结果。

分析零件图样包括以下内容。

(1) 构成加工轮廓的几何条件

由于设计、制图等多方面的原因，可能在图样上出现构成加工轮廓的数据不充分、尺寸模糊不清及尺寸封闭等缺陷，增加了编程工作的难度，有时甚至无法编程。

a. 图样上漏掉某尺寸，使其几何条件不充分，影响到图样轮廓的构成。例如，在图中，漏掉了锥度尺寸就属于这种缺陷，使程序编制无法进行。

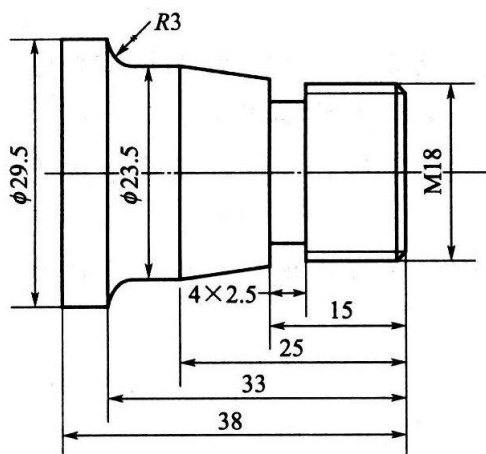


图 遗漏锥度尺寸标注

b. 图样上的图线位置模糊或尺寸标注不清，使编程工作无从下手。例如，如图所示，圆弧与斜线的关系标注不够明确，无法分析圆弧 R5 和斜线 ad 是否相切，不同的理解将得到完全不同的结果。

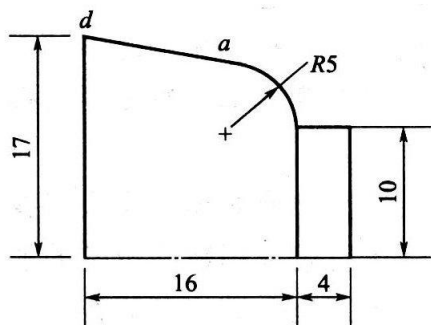


图 尺寸标注关系不清

c. 图样上所给定几何条件造成尺寸链封闭，这不仅给数学处理造成困难，还可能



教学过程设计

教学组织

产生不必要的计算误差。例如，在图中，其圆锥体的各构成尺寸已经封闭。

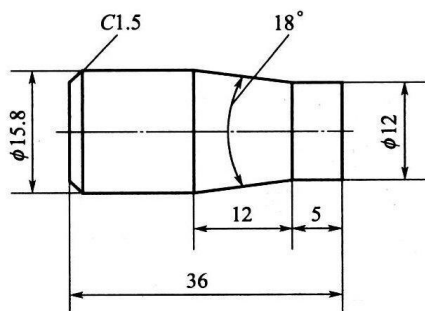


图 尺寸链封闭

d. 图样上给定几何条件自相矛盾。例如，在图中，所示出的各段长度之和不等于其总长尺寸即为这种缺陷。

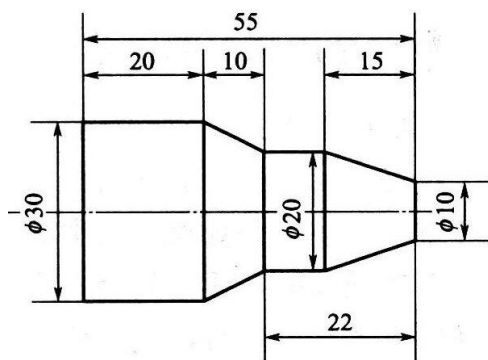


图 尺寸标注错误

e. 对于数控加工来说，零件图上应以同一基准引注尺寸或直接给出坐标尺寸，这就是坐标标注法。这种尺寸标注法既便于编程，也便于尺寸之间的相互协调，还利于设计基准、工艺基准、测量基准与编程原点设置的统一。因此可将局部的尺寸分散标注法改为坐标式标注法。

(2) 尺寸公差要求

分析零件图样的公差要求，以确定控制其尺寸精度的加工工艺（如刀具选择及确定其切削用量等）。

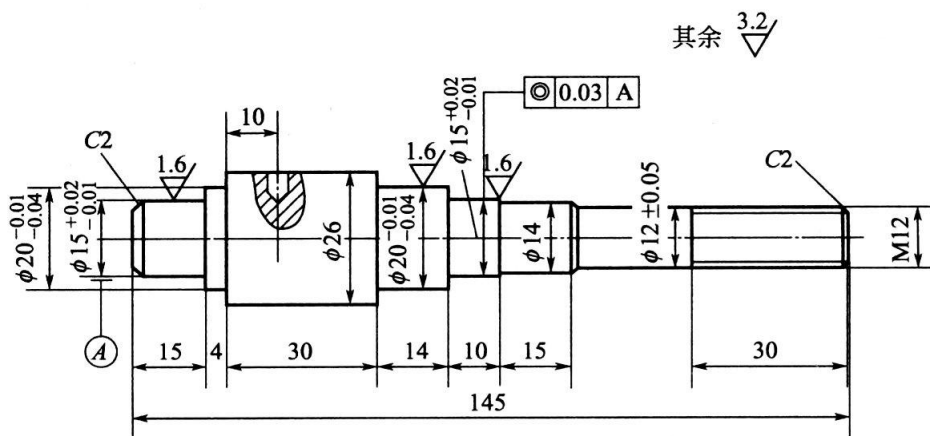


图 尺寸分散标注法



教学过程设计

教学组织

在尺寸公差分析过程中，还可以同时进行一些编程尺寸的简单换算，如增量尺寸与绝对尺寸及尺寸链解算等。在数控车削实践中，常常对零件要求的尺寸取其最大和最小极限尺寸的平均值，取中值后的尺寸作为编程的尺寸依据。以便于在加工中，通过磨损补偿对工件的尺寸公差进行控制（如图 3-7，是将图 3-6 所示零件进行尺寸变换后的结果）。

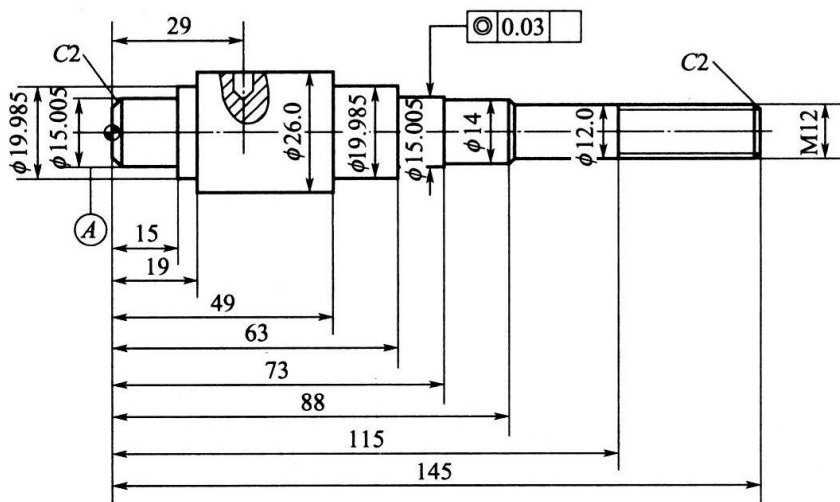


图 坐标式标注法

(3) 形状和位置公差要求

图样上给定的形状和位置公差是保证零件精度的重要要求。找出图样上有较高位置精度要求的表面，这些表面应在一次安装下完成。在工艺准备过程中，除了按其要求确定零件的定位基准和检测基准，并满足其设计基准的规定外，还要根据工件的特点确定适合的加工方法，以便有效地控制其形状和位置误差。

(4) 表面粗糙度要求

表面粗糙度是保证零件表面微观精度的重要要求，也是合理选择机床、刀具及确定切削用量的重要依据。对表面粗糙度要求较高的表面，应该采用恒线速切削加工指令。

(5) 材料与热处理要求

图样上给出的零件材料与热处理要求，是选择刀具（材料、几何参数及耐用度）和选择机床型号及确定有关切削用量等的重要依据。

(6) 毛坯要求

零件的毛坯要求主要指对坯件形状和尺寸的要求，如棒材、管材或铸、锻坯件的形状及其尺寸等。分析上述要求，对确定数控机床的加工工序，选择机床型号、刀具材料及几何参数、走刀路线和切削用量等，都是必不可少的。例如，当其铸、锻坯件的加工余量过大或很不均匀时，若采用数控加工，则既不经济，又降低了机床的使用寿命。因此，在确定毛坯时要综合考虑各个方面的因素，以求最佳的加工效果。

(7) 件数要求

零件的加工作件数量，对于装夹与定位、刀具选择、工序安排及走刀路线的确定等都是不可忽视的条件。如单件小批量加工尽量在一序中完成并尽量不要采用专用夹具，而大批量的生产则要考虑是否由多台机床分多序完成并制造专用夹具等。



教学过程设计				教学组织																																		
<p>3.1.5 数控车床加工工艺路线的拟订 (min)</p> <p>拟订车削加工工艺路线的主要内容包括：选择各加工表面的加工方法、划分加工阶段、划分工序以及安排工序的先后顺序等。应根据从生产实践中总结出来的一些综合性工艺原则，结合实际的生产条件，提出几种方案，通过对比分析，从中选择最佳方案。</p> <p>(1) 工序的划分</p> <p>在数控车床上加工零件，应按工序集中的原则划分工序，应在一次安装下尽可能完成大部分甚至全部表面的加工。对于需要多台不同的数控机床、多道工序才能完成加工的零件，工序划分自然以机床为单位进行。而对于需要很少的数控机床就能加工完零件全部内容的情况，一般应根据零件的结构形状不同，选择外圆、端面或内孔、端面装夹，并力求设计基准、工艺基准和编程原点的统一。在批量生产中，常用下列两种方法进行工序的划分。</p> <p>a. 按安装次数划分工序 以每一次装夹完成的那一部分工艺过程作为一道工序。此种划分工序的方法可将位置精度要求较高的表面安排在一次安装下完成，以免多次安装所产生的安装误差影响位置精度。这种工序划分方法适用于加工内容不多的零件。</p> <p>b. 按粗、精加工划分工序 为了保证切削加工质量，及延长刀具的使用寿命，工件的加工余量往往不是一次切除的，而是逐步减少切削深度分阶段切除的。切削加工可分为粗加工、半精加工、精加工、精密加工、超精密加工等 5 个阶段。各个加工阶段的目的、尺寸公差等级和表面粗糙度 Ra 值的范围见表。</p> <p style="text-align: center;">表 加工阶段的划分</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>加工阶段</th> <th>目的</th> <th>尺寸公差等级范围</th> <th>Ra 值范围 (μm)</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>粗加工</td> <td>尽快从工件毛坯上切除多余材料，使其接近零件的形状和尺寸</td> <td>IT12~IT11</td> <td>25~12.5</td> <td>粗</td> </tr> <tr> <td>半精加工</td> <td>进一步提高精度和降低表面粗糙度 Ra 值，并留下合适的加工余量</td> <td>IT10~IT9</td> <td>6.3~3.2</td> <td>半</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">精加工</td> <td rowspan="2">使一般零件的主要表面达到规定的精度和粗糙度要求，或为要求很高的主要表面进行精密加工作准备</td> <td>一般精加工</td> <td>IT8~IT7 (精车外圆可达 IT6)</td> <td>1.6~0.8</td> <td rowspan="2">粗 等</td> </tr> <tr> <td>精密精加工</td> <td>IT7~IT6 (精磨外圆可达 IT5)</td> <td>0.8~0.2</td> </tr> <tr> <td>精密加工</td> <td>在精加工基础上进一步提高精度和减小表面粗糙度 Ra 值的加工 (对于不提高精度，只减少表面粗糙度值的加工又称光整加工)</td> <td>IT5~IT3</td> <td>0.1~0.008</td> <td>加</td> </tr> <tr> <td>超精密加工</td> <td>比精密加工更高级的亚微米加工，只用于加工极个别的超精密零件</td> <td>高于 IT3</td> <td>0.012 或更低</td> <td>超</td> </tr> </tbody> </table> <p>对于毛坯余量较大和加工精度要求较高的零件，应将粗车和精车分开，划分成两道或更多的工序。将粗车安排在精度较低、功率较大的数控车床上 (或普通车床上) 完成，将精车安排在精度较高的数控车床上。对于容易发生加工变形的零件，通常粗车后需要进行矫形，这时粗加工和精加工作为两道工序，可以采用不同的刀具或不同的数控车床加工。这种划分方法适用于零件加工后易变形或精度要求较高的零件。而</p>				加工阶段	目的	尺寸公差等级范围	Ra 值范围 (μm)		粗加工	尽快从工件毛坯上切除多余材料，使其接近零件的形状和尺寸	IT12~IT11	25~12.5	粗	半精加工	进一步提高精度和降低表面粗糙度 Ra 值，并留下合适的加工余量	IT10~IT9	6.3~3.2	半	精加工	使一般零件的主要表面达到规定的精度和粗糙度要求，或为要求很高的主要表面进行精密加工作准备	一般精加工	IT8~IT7 (精车外圆可达 IT6)	1.6~0.8	粗 等	精密精加工	IT7~IT6 (精磨外圆可达 IT5)	0.8~0.2	精密加工	在精加工基础上进一步提高精度和减小表面粗糙度 Ra 值的加工 (对于不提高精度，只减少表面粗糙度值的加工又称光整加工)	IT5~IT3	0.1~0.008	加	超精密加工	比精密加工更高级的亚微米加工，只用于加工极个别的超精密零件	高于 IT3	0.012 或更低	超	★教学重点
加工阶段	目的	尺寸公差等级范围	Ra 值范围 (μm)																																			
粗加工	尽快从工件毛坯上切除多余材料，使其接近零件的形状和尺寸	IT12~IT11	25~12.5	粗																																		
半精加工	进一步提高精度和降低表面粗糙度 Ra 值，并留下合适的加工余量	IT10~IT9	6.3~3.2	半																																		
精加工	使一般零件的主要表面达到规定的精度和粗糙度要求，或为要求很高的主要表面进行精密加工作准备	一般精加工	IT8~IT7 (精车外圆可达 IT6)	1.6~0.8	粗 等																																	
		精密精加工	IT7~IT6 (精磨外圆可达 IT5)	0.8~0.2																																		
精密加工	在精加工基础上进一步提高精度和减小表面粗糙度 Ra 值的加工 (对于不提高精度，只减少表面粗糙度值的加工又称光整加工)	IT5~IT3	0.1~0.008	加																																		
超精密加工	比精密加工更高级的亚微米加工，只用于加工极个别的超精密零件	高于 IT3	0.012 或更低	超																																		



教学过程设计

教学组织

且，很多锻、铸件通过粗车削一遍，可以及时发现毛坯的内在缺陷而决定取舍，以免浪费更多的工时。

综上所述，在划分数控加工工序时，一定要视零件的结构与工艺性，零件的批量，机床的功能，零件数控加工内容的多少，程序的大小，安装次数及生产组织状况灵活掌握。

(2) 加工顺序的确定

在数控车床加工过程中，由于加工对象复杂多样，特别是轮廓曲线的形状及位置千变万化，加上材料、批量不同等多方面因素的影响，具体在确定加工顺序时应根据零件的结构和毛坯的状况，结合定位及夹紧的需要一起考虑，重点应保证工件的刚度不被破坏，尽量减少变形。制订零件车削加工顺序一般遵循下列原则：

a. 先粗后精原则 为了提高生产效率并保证零件的精加工质量，在切削加工时，应先安排粗加工工序，在较短的时间内，将精加工前大量的加工余量（如图中的虚线内所示部分）去掉，同时尽量满足精加工的余量均匀性要求。当粗加工工序安排完后，应接着安排换刀后进行的半精加工和精加工。其中，安排半精加工的目的是，当粗加工后所留余量的均匀性满足不了精加工要求时，则可安排半精加工作为过渡性工序，以便使精加工余量小而均匀。

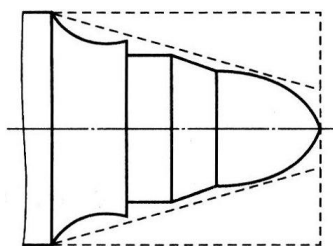


图 先粗后精

b. 先近后远原则 这里所说的远与近，是按加工部位相对于对刀点的距离大小而言的。在一般情况下，离对刀点近的部位先加工，离对刀点远的部位后加工，以便缩短刀具移动距离，减少空行程时间。对于车削加工，先近后远还有利于保持毛坯件或半成品件的刚性，改善其切削条件。

例如，当加工如图所示零件时，如果按照 $\Phi 50 \rightarrow \Phi 45 \rightarrow \Phi 40 \rightarrow \Phi 35$ 的次序安排车削，不仅会增加刀具返回对刀点所需的空行程时间，而且一开始就削弱了工件的刚性，还可能使台阶的外直角处产生毛刺（飞边）。因此，我们可以按照 $\Phi 35 \rightarrow \Phi 40 \rightarrow \Phi 45 \rightarrow \Phi 50$ 的次序，先近后远的安排车削加工。

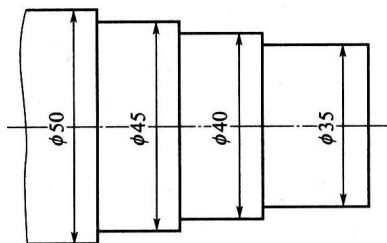


图 先近后远

c. 先内后外原则 对于精密套筒，其外圆与孔同轴度要求较高，一般采用“先内孔后外圆”的原则。即先以外圆定位加工内孔，再以内孔定位加工外圆，这样可以保证高的同轴度要求，并且使所用的夹具简单。



教学过程设计	教学组织
<p>d. 内外交替原则 对既有内表面（内型、腔），又有外表面需加工的回转体零件，安排加工顺序时，应先进行内、外表面粗加工，后进行内、外表面精加工。切不可将零件上一部分表面（外表面或内表面）加工完毕后，再加工其他表面（内表面或外表面），此要求对薄壁工件及加工余量较大的工件加工尤为重要。</p> <p>e. 基面先行原则 用作精基准的表面应优先加工出来，因为定位基准的表面越精确，装夹误差就越小。例如，轴类零件加工时，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。</p> <p>3.1.6 切削用量的选择 (min)</p> <p>1、切削用量的基本概念</p> <p>切削用量又称切削要素，它是度量主运动和进给运动大小的参数。包括切削深度、进给量和切削速度（在切削加工中又称为三大参数）。在金属切削加工过程中要根据不同的刀具材料、工件材料、加工条件、加工精度及机床性能等综合考虑选择合理的切削用量。</p> <p>(1) 切削深度 (a_p)</p> <p>车削工件上已加工表面与待加工表面之间的垂直距离叫切削深度又称背吃刀量，即每次进给车刀时车刀切入工件的深度（mm）。外圆柱表面车削的切削深度计算公式为</p> $a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$ <p>式中 d_w——工件待加工表面的直径，mm； d_m——工件已加工表面的直径，mm。</p> <p>(2) 进给量 (f)</p> <p>刀具在进给方向上相对工件的位置移动量称为进给量，它是衡量进给运动大小的参数。可用工件每转一圈，车刀沿进给方向移动的距离表示（mm/r）；也可以用车刀每分钟的移动距离来表示（mm/min）</p> <p>FANUC 系统数控车床默认的进给参数是每转进给量形式，即 mm/r。</p> <p>注：有一些经济型数控系统的车床默认的参数是每分进给量形式，即 mm/min。它们之间表示的数值也可以通过工件的转速进行换算。</p> <p>(3) 切削速度 (v_c)</p> <p>在切削加工中，刀具切削刃上的某一点相对于工件待加工表面在主运动方向上的瞬时速度，它是衡量主运动大小的参数（m/min）。也可以理解为车刀在 1 分钟内车削工件表面的理论展开直线长度（假定切屑没有变形或收缩）。切削速度的计算公式为</p> $v_c = \frac{\pi d n}{1000}$ <p>式中 v_c——切削速度，m/min； d——工件待加工表面直径，mm； n——车床主轴转速，r/min。</p>	<p>★教学重点</p> <p>切削速度是线速度，要与主轴转速区分</p>



教学过程设计	教学组织
<p>车削时，当转速 n 值一定，工件上不同直径出的切削速度是不同的，在计算时应取最大的切削速度。在车端面或切断、切槽时切削速度是变化的，切削速度随直径的变化而变化。因此，有些加工中为了保证工件表面质量，我们可采用恒速切削指令 G96。在实际生产加工中，往往是已知工件的直径，并根据刀具材料、工件材料和加工性质的因素来选择切削速度，再依据切削速度求出合理的主轴转速范围给到加工程序中。计算公式为</p> $n = \frac{1000v_c}{\pi d}$ <p>此公式在加工生产中更为实用。</p> <p>2、合理选择切削用量的目的</p> <p>在工件材料、刀具材料、刀具几何参数、车床等切削条件一定的情况下，选择切削用量，不仅对切削阻力、切削热、积屑瘤、工件的加工精度、表面粗糙度有很大的影响，而且还与提高生产率，降低生产成本有密切的关系。虽然加大切削用量对提高生产效率有利，但过分增加切削用量却会增加刀具磨损，影响工件质量，甚至会撞坏刀具，严重时还会产生“闷车”现象，所以必须合理的选择切削用量。</p> <p>合理的切削用量应满足以下要求：在保证安全生产，不发生人身、设备事故，保证工件加工质量（几何精度和表面粗糙度）的前提下，能充分地发挥机床的潜力和刀具的切削性能，在不超过机床的有效功率和工艺系统刚性所允许的额定负荷的情况下，尽量选用较大的切削用量。从而获得高的生产率和低的加工成本。</p> <p>3、选择切削用量的一般原则</p> <p>(1) 粗车时切削用量的选择</p> <p>粗车时，加工余量较大，主要应考虑尽可能提高生产效率和保证必要的刀具寿命。加工中对刀具寿命影响最小的是 a_p，其次是 f，影响最大的是 v_c。这是因为切削速度对切削温度影响最大，切削速度增大，导致切削温度升高，刀具磨损加快，刀具使用寿命明显下降。所以应首先选择尽可能大的切削深度，然后再选取合适的进给量，最后在保证刀具经济耐用度的条件下，尽可能选取较大的切削速度。</p> <p>①选择切削深度 a_p 切削深度应根据工件的加工余量和工艺系统的刚性来选择。在保留半精加工余量（1~3mm）和精加工余量 0.1~0.5mm）后，应尽量将剩下余量一次切除，以减小走刀次数。</p> <p>若总加工余量太大，一次切去所有余量将引起明显振动，或者刀具强度不允许，机床功率也不够。这时就应分两次或多次进刀，但第一次进刀深度必须选取得大一些。特别是当切削表面层有硬皮的铸铁、锻件毛坯或切削不锈钢等冷硬现象较严重的材料时，应尽量使切削深度超过硬皮或冷硬层厚度，以免刀尖过早磨钝或破损。</p> <p>②选择进给量 f 制约进给量的主要因素是切削阻力和表面粗糙度要求。粗车时，对加工表面粗糙度要求不高，只要工艺系统的刚性和刀具强度允许，可以选较大的进给量，否则应适当减小进给量。</p> <p>粗车铸件比粗车钢件的切削深度大，而进给量小。</p> <p>③选择切削速度 v_c 粗车时切削速度的选择，主要考虑切削的经济性，既要保证刀具的经济耐用度，又要保证切削负荷不超过机床的额定功率。</p> <p>刀具材料耐热性好，则切削速度可选高些。用硬质合金车刀比用高速钢车刀切削</p>	<p>★教学重点</p>



教学过程设计	教学组织
<p>时的切削速度高。</p> <p>工件材料的强度、硬度高或塑性太大或太小切削速度均应选取低些。断续切削(即加工不连续表面时); 应取较低切削速度。</p> <p>(2) 半精车和精车时切削用量的选择</p> <p>半精车、精车时的切削用量, 应以保证加工质量为主, 并兼顾生产率和必要的刀具寿命。半精车、精车时的切削深度是根据加工精度和表面粗糙度要求由粗车后留下的余量确定的。半精车、精车的切削深度较小, 产生的切削力不大, 所以加大进给量对工艺系统的强度和刚性的影响较小, 主要受表面粗糙度的限制。此时, 应尽量可能选择较高的切削速度, 然后再选取较大的进给量。</p> <p>①选择切削速度 为了抑制切屑瘤的产生, 提高表面粗糙度, 当用硬质合金车刀切削时, 一般可选用较高的切削速度(80~100m/min), 目前, 有些涂层刀具的切削速度可以达到250m/min以上), 这样既可提高生产效率, 又可以提高工件表面质量。但是, 如果采用高速钢车刀精车时, 则要选用较低的切削速度(<5m/min), 以降低切削温度。</p> <p>②选择进给量 半精车和精车时, 制约增大进给量的主要因素是表面粗糙度。尤其是精车时通常选用较小的进给量。</p> <p>③选择切削深度 半精车和精车的切削深度, 是根据加工精度和表面粗糙度要求并由粗加工后留下的余量决定的。若精车时选用硬质合金车刀, 由于其刀口在砂轮上不易磨得很锋利(至少有R0.2mm的刀尖圆弧)。因此, 最后一刀的切削深度不易选得过小一般要大于刀尖圆弧半径, 否则很难满足工件的表面粗糙度要求。若选用高速钢车刀, 则可选较小切削深度。</p> <p>④大件精加工 大件精加工时为保证至少完成一次走刀, 避免切削时中途换刀。选择切削用量时一定要考虑刀具寿命及刀具材料的耐用度问题, 并按零件精度和表面粗糙度来确定合理的切削用量。</p> <p>⑤单件小批量加工 单件小批量加工时, 为了便于控制加工精度及时补正精度偏差。可以考虑半精车和精车时切削用量应尽量选择一致。</p>	
<p>4、切削用量的确定</p> <p>数控编程时, 编程人员必须确定每道工序的切削用量, 并以指令的形式写入程序中。切削用量应根据加工性质、加工要求、工件材料及刀具的尺寸和材料等查阅切削手册并结合经验确定。确定切削用量时除了遵循择切削用量的一般原则中所述原则和方法外, 还应考虑以下因素。</p> <p>(1) 刀具差异 不同厂家生产的刀具质量差异较大, 所以切削用量须根据实际所用刀具和现场经验加以修正, 一般进口刀具允许的切削用量高于国产刀具。</p> <p>(2) 机床特性 切削用量受机床电动机的功率和机床的刚性限制, 必须在机床说明书规定的范围内选取, 避免因功率不够发生闷车, 或刚性不足产生大的机床变形或振动, 影响加工精度和表面粗糙度。</p> <p>(3) 数控机床生产率 数控机床的工时费用较高, 刀具损耗费用所占比重较低, 应尽量用高的切削用量, 通过适当降低刀具寿命来提高数控机床的生产率。数控车削加工中常用切削用量见下表。</p>	



教学过程设计

教学组织

表 数控车削加工中常用切削用量参考表

刀具材料	工件材料	粗加工			精加工		
		切削深度 (mm)	进给速度 (mm/r)	切削速度 (m/min)	切削深度 (mm)	进给速度 (mm/r)	切削速度 (m/min)
硬质合金涂层刀具	碳钢	5	0.3	220	0.4	0.12	260
	低合金钢	5	0.3	180	0.4	0.12	220
	高合金钢 (退火)	5	0.3	120	0.4	0.12	160
	铸钢	5	0.3	80	0.4	0.12	140
	不锈钢	4	0.3	80	0.4	0.12	120
	钛合金	3	0.2	40	0.4	0.12	60
	铝合金	3	0.3	1600	0.5	0.2	1600
	灰口铁	4	0.4	120	0.5	0.2	150
	球墨铸铁	4	0.4	100	0.5	0.2	120
陶瓷	淬硬钢	0.2	0.15	100	0.1	0.1	150
	灰口铁	1.5	0.4	500	0.3	0.2	550
	球墨铸铁	1.5	0.4	350	0.3	0.2	380

另外，采用切削性能更好的新型刀具材料；在保证工件机械性能的前提下，改善工件材料加工性；改善冷却润滑条件；改进刀具结构，提高刀具制造质量等，都是提高切削用量的有效途径。

5、切削用量对断屑的影响

车削塑性材料时，根据加工要求控制切屑的流向卷曲和折断是非常重要的问题，处理不当会影响生产（经常停车清理切屑）、拉毛工件甚至影响操作者的安全等。而切削用量的选择也是直接影响断屑的效果的一个主要因素。

生产实践和实验证明，切削用量对断屑影响最大的是进给量，其次是切削深度，而切削速度影响较小。

(1) 进给量 进给量增大时，切屑厚度成正比例增大，则切屑上的弯曲应力也随之增大，容易断屑。当进给量很小时，切屑很薄，往往在切削刃附近便因为发生卷曲而脱离前刀面，很可能碰不到断屑槽阶台，或者即使相碰，也因为产生的弯曲应力较小，而不足以使切屑折断。所以适当增大进给量是达到断屑目的的有效措施之一。

(2) 切削深度 切削深度对断屑的影响一般不是十分明显。但切削深度在一定范围内加大时也会由于切屑厚度增加使切屑容易折断。

(3) 切削速度 切削速度对断屑的影响较小，只有在进给量和切削深度较小的情况下，才能显示它对断屑的影响。

3.1.7 数控加工工艺文件的格式 (min)

填写数控加工专用技术文件是数控加工工艺设计的内容之一。这些技术文件既是数控加工的依据、产品验收的依据，也是操作者必须遵守、执行的规程。技术文件是对数控加工的具体说明，目的是让操作者更明确加工程序的内容、装夹方式、各个加工部位所选用的刀具及其他技术问题，防止盲目性、临时性等错误操作的发生。数控

知识拓展

★教学重点



教学过程设计

教学组织

加工技术文件主要有：机械加工工艺过程卡、机械加工工序卡、数控加工工序卡片、数控刀具卡片、数控加工走刀路线图、工件安装和原点设定卡片和数控编程任务书等。对于数控机床一般不可缺少的工艺文件是：数控刀具卡片、工序和操作清单及程序卡，文件格式可根据企业实际情况自行设计。

1、数控刀具卡片

数控加工时，对刀具的要求十分严格，刀具编号应与刀具名称、加工部位以及加工程序严格对应。一般刀具卡上能够反映刀具编号、刀具名称及规格、刀具的刀尖圆弧半径、加工表面、并在备注中描述刀片型号和材料对刀点的位置等。它是刀具领用、安装、调整的重要依据，详见表。

表 刀具卡

零件名称		零件图号		刀柄尺寸		
序号	刀具号	刀具名称及规格	刀尖半径	数量	加工表面	备注
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

2、数控加工工序卡

数控加工工序卡与普通加工工序卡有许多相似之处，须将切削参数（即程序编入的主轴转速、进给速度、最大切削深度或宽度等）的选择对应进给路线标注清楚。还要注明所用机床型号、程序编号，并将对刀点、工件探出长度、装夹部位等作以简要说明。详见表。

表 数控加工工序卡（某工件工序、操作清单）

材料	45#	零件图号	xxx		系统	FANUC	工序号	xxx
操作序号	工步内容 (走刀路线)		G 功能	T 刀具	切削用量			
					转速 S r/min	进给速度 F mm/min	切削深度 /mm	
主程序 1	车一刀毛坯表面，夹已加工表面，伸出xxxmm，车端面，对刀，调用主程序 1 加工。							
(1)	粗车整个外轮廓		G71	T0101	600	0.2	2.0	
(2)	精车整个外轮廓		G70	T0202	1400	0.05	0.4	
(3)	切 4mm 外沟槽		G01	T0404	400	0.05	1.5	
(4)	车削 M20×2.5 的外螺纹		G92/G76	T0303	600			
(5)	切断		G75	T0404	400	0.05		
(6)	调头找正，钻φ20 内孔			φ20 钻头	200			
(7)

★重点、难点

数控加工工序卡是编写数控加工程序以及零件加工的重要文件依据



教学过程设计

教学组织

3、程序卡

程序卡就是将数控加工程序按表格形式进行填写，便于对程序进行校对、审核、更正及准确输入。主要包括：零件名称、图纸编号、工件的材质、该程序所对应的数控系统系统、机床型号及程序的简要说明等。

表 程序卡

编程原点	工件右端面与轴线交点			编写日期	
零件名称	轴类零件	零件图号	图xxx	材料	45#
车床型号	CAK6150	夹具名称	三爪卡盘	加工地点	数控车间
程序号	Oxxxx			编程系统	FANUC Oi-Tc
序号	程序			简要说明	
N010					
N020					
N030					
N040					
N050					
N060					

四、作业布置 (10min)

- 1、改善、完善课题工作页
- 2、实训室环境及工作场地环境卫生



学科	车工中级	课 题	03 台阶轴数控车加工 ——任务 3.2 台阶轴的程序编制			
班级	19-6、7					
人数	36、36					
授课时数	6 (12)	课型	一体化	周次	4 13	
授课时间	19-7 班 (甲) : 2020.09.24、27, 19-6 班 (甲) : 2020.09.23、25、26 19-6 班 (乙) : 2020.11.25, 19-7 班 (乙) : 2020.11.26					
教学目标	<p>知识目标: 掌握数控车床坐标系及其运动方向的判定方法, 掌握数控车床的编程规则, 数控加工程序的组成、数控车床加工程序编程的特点, 数控车床编程方式, 数控车床基本移动指令和常用固定循环指令, 数控车床常用辅助指令以及数控车床加工程序的基本格式。</p> <p>能力目标: 能够综合运用数控车床编程规则和编程指令完成台阶轴的数控车削加工程序的编制。</p> <p>情感目标: 安全文明生产、敬岗爱业、6S 管理活动、团队合作和语言表达、精益求精、工作严谨</p>					
教学重点	工件坐标系和编程原点以及方向判定, 常用编程指令与辅助指令, 数控车加工程序基本格式					
教学难点	台阶轴的数控车削加工程序编制					
评价方式	过程评价+工作页评价					
教具	PPT&工作页&多媒体&计算机					
教后小结	<p>在编程过程中特别强调精益求精和严谨的工作态度, 一个符号、一个小数点的错误均有可能使整个程序发生问题, 从而在实际生产过程中造成严重的后果。</p> <p>在教学过程中发现学生数学功底非常薄弱, 原定的 6 学时很难完成教学任务, 可考虑增加为 12 学时, 以多个图例来讲解坐标和数控加工指令的应用, 以加深学生的理解, 从而掌握数车编程技能。</p>					
授课老师	李武	2020 年 09 月 01 日	审签	202 年 月 日		



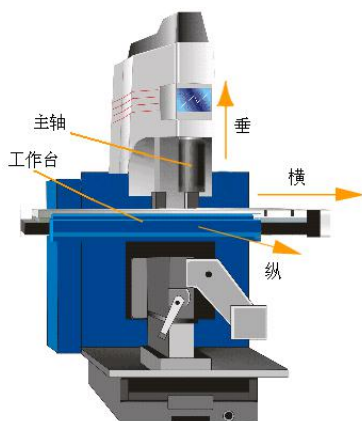
教学过程设计	教学组织
<p style="text-align: center;">03 台阶轴数车加工</p> <p style="text-align: center;">任务 3.2 台阶轴的程序编制 (240min)</p> <p>一、复习旧知 (5min)</p> <p>1、检查考勤、学生劳保情况； 2、提问：①常用数控车刀的种类及用途；②数控车粗、精车的切削用量选择</p> <p>二、新课导入 (5min)</p> <p>1、进行安全文明生产及思政教育 2、点评课题 2 工作页完成情况 3、导入新课： 数控加工程序是数控加工最重要的文件，是整个数控加工工作的核心。</p> <p>三、教学内容 (250min)</p> <p>3.2.1 数控机床的坐标系 (min)</p> <p>数控加工中描述机床的运动、刀具与工件的相对位置，必须在相应坐标系下才能确定。数控机床的坐标系包括：坐标系、坐标原点和运动方向，对于数控工艺制定、编程及操作，是一个十分重要的概念。比如在考虑工件装夹方案时，工件在普通机床或专用机床上找正或定位，目的是保证工件的定位基面（本质是设计基准）与刀具的相对位置关系，而在数控机床上找正或定位时，是保证工件坐标系与机床坐标系的相对位置关系。要保证工件坐标系各坐标轴与机床坐标系各对应坐标轴平行、正方向一致，工件坐标系原点位置则由对刀保证。由于工件在数控机床上一次安装往往加工许多工艺内容，工序集中，在确定工件坐标系时需考虑的因素必然很多，所以每一个数控工艺员、程序员和数控机床的操作者，都必须对数控机床的坐标系有一个完整、正确的理解。否则，工艺制定、程序编制将发生混乱，操作时更会发生事故。为了使数控系统规范化及简化数控编程，ISO 对数控机床规定了标准坐标系。</p> <p>(一) 标准坐标系及其运动方向</p> <p>1、机床坐标系的确定</p> <p>(1) 机床相对运动的规定</p> <p>在数控机床上，不论机床的具体结构是工件静止、刀具运动，或是工件运动、刀具静止，在确定坐标系时，一律看作是刀具相对静止的工件运动。这样编程人员在不考虑机床上工件与刀具具体运动的情况下，就可以依据零件图样，确定加工过程。</p> <p>(2) 机床坐标系的规定</p> <p>在数控机床上，机床的动作是由数控装置来控制的，为了确定数控机床上的成形运动和辅助运动，必须先确定机床上运动的位移和运动的方向，这就需要通过坐标系来实现，这个坐标系被称为机床坐标系。</p> <p>例如普通铣床上，有机床的纵向运动、横向运动以及垂向运动，如下图所示。在</p>	



教学过程设计

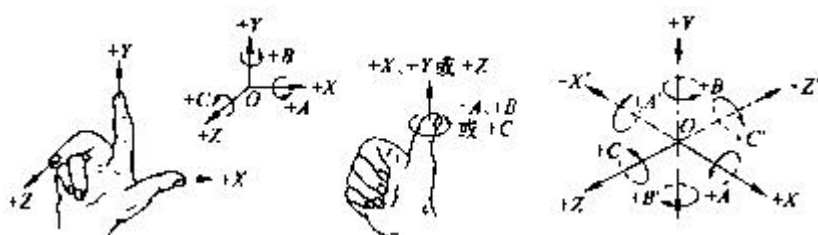
教学组织

数控加工中就应该用机床坐标系来描述。



立式铣床

标准机床坐标系中 X、Y、Z 坐标轴的相互关系用右手笛卡尔直角坐标系决定



右手笛卡儿坐标系

①伸出右手的大拇指、食指和中指，并互为 90° 。则大拇指代表 X 坐标，食指代表 Y 坐标，中指代表 Z 坐标。

②大拇指的指向为 X 坐标的正方向，食指的指向为 Y 坐标的正方向，中指的指向为 Z 坐标的正方向。

③围绕 X、Y、Z 坐标旋转的旋转坐标分别用 A、B、C 表示，根据右手螺旋定则，大拇指的指向为 X、Y、Z 坐标中任意轴的正向，则其余四指的旋转方向即为旋转坐标 A、B、C 的正向。

(3) 运动方向的规定

增大刀具与工件距离的方向即为各坐标轴的正方向。

2、各坐标轴方向的确定

机床的直线坐标轴 X、Y、Z 的判定顺序是：先 Z 轴，再 X 轴，最后判定 Y 轴。

(1) Z 轴

- ①规定传递切削力的主轴轴线为 Z 坐标轴。
- ②无主轴的机床，规定 Z 轴垂直于工件的装夹表面。
- ③多主轴的机床选垂直于工件装夹表面的轴为 Z 轴。
- ④Z 轴可以是垂直的，也可是水平的，主要是看动力轴的方向。

(2) X 轴

- ①X 轴总是水平的，它平行于工件的装夹面。

★教学重点

★★★★重点强调

★难点

结合机床实物进行学习以突破难点

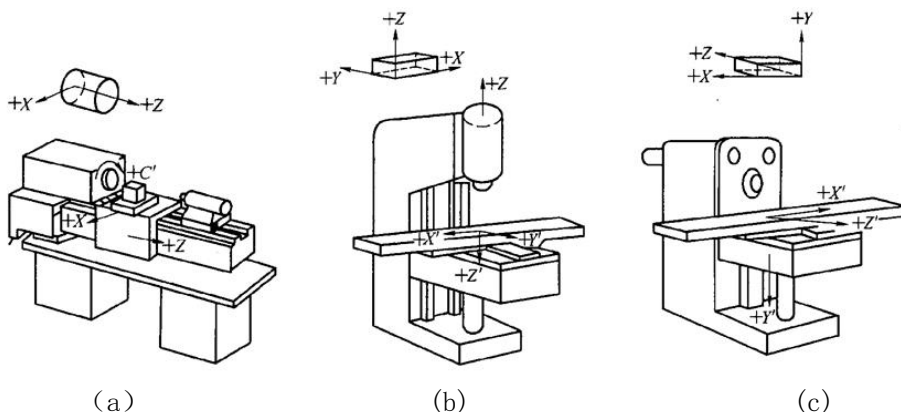


教学过程设计

教学组织

②对工件旋转的机床，X轴的方向在工件的径向上，并且平行于横滑座。（如数控车床，图a）

③对刀具旋转的机床，如果Z轴坐标是水平的（如卧式数控铣床图c），当从主轴向工件看时，+X坐标方向指向右方；如果Z坐标是垂直的（如立式数控铣床，图b），对单立柱机床，当从刀具的主轴向立柱看时，+X坐标方向指向右方。对于双立柱机床，当从主轴向左侧立柱看时，X轴的正方向指向右边。



数控机床坐标轴方向

④对刀具或工件均不旋转的机床，X坐标平行于主要切削方向，并以该方向为正方向。

(3) Y轴

根据Z坐标轴和X坐标轴，按照右手直角坐标系（笛卡儿坐标系）确定Y坐标轴。

3、附加坐标系

为编程和加工方便，有时还要设置附加坐标系，如有平行于X, Y, Z的第二组和第三组坐标，则规定为：U、V、W和P、Q、R。所谓第一坐标是指靠近主轴的直线运动，稍远的为第二坐标系，更远的为第三坐标系。

(二) 数控机床的两种坐标系

1、机床坐标系与机床原点、机床参考点

(1) 机床坐标系

机床坐标系是机床上固有的坐标系，是用来确定工件坐标系的基本坐标系，是确定刀具（刀架）或工件（工作台）位置的参考系，并建立在机床原点上。机床坐标系各坐标和运动正方向按前述标准坐标系规定设定。

(2) 机床原点

现代数控机床都有一个基准位置，称为**机床原点，是机床制造商设置在机床上的一个物理位置，其作用是使机床与控制系统同步，建立测量机床运动坐标的起始点**。机床上有一些固定的基准线，如主轴中心线；固定的基准面，如工作台面、主轴端面等。机床原点一般设在主轴位于正极限位置时的一基准点上，当机床的坐标轴手动返回各自的零点以后，用各坐标轴部件上基准线和基准面之间的给定距离来决定机床原点的位置。

★概念的理解，要相互对应，要区分理解机床坐标系与工件坐标系的区别，要区别机床原点、机床参考点、编程原点的区别。



教学过程设计

教学组织

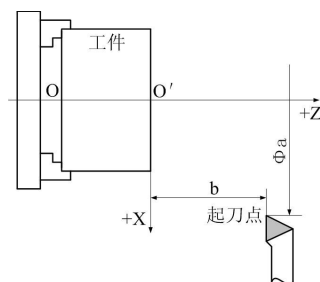
(3) 机床参考点

与机床原点相对应的还有一个**机床参考点**，它也是机床上的一个**固定点**，通常**不同于机床原点**。一般来说，加工中心的参考点设在工作台位于负极限位置时的一基准点上。**通常数控机床工作前，必须先进行回参考点动作（即各坐标轴回零），才可建立机床坐标系**。参考点的位置可以通过调整机械挡块的位置来改变，但必须位于各坐标轴移动范围内，改变后必须重新精确测量并修改机床参数。

2、工件坐标系与工件坐标系原点

(1) 工件坐标系（编程坐标系）

工件坐标系又称编程坐标系，是编程时用来定义工件形状和刀具相对工件运动的坐标系。为保证编程与机床加工的一致性，工件坐标系也应是右手笛卡儿坐标系。工件装夹到机床上时，应使工件坐标系与机床坐标系的坐标轴方向保持一致。所以说工件坐标系是编程人员在编程时设定的坐标系。在进行数控编程时，首先要根据被加工零件的形状特点和尺寸，在零件图纸上建立工件坐标系，使零件上的所有几何元素都有确定的位置，同时也决定了在数控加工时，零件在机床上的安放方向。工件坐标系的建立，包括坐标原点的选择和坐标轴的确定。



工件坐标系

(2) 工件坐标系原点

工件坐标系原点也称为工件原点或编程原点，一般用 G54~G59 或 G92 指令指定。（即使同样采用这些指令，在不同的数控系统中其含义仍有不同，要参阅具体数控系统的编程手册。）

工件坐标系原点是由编程人员根据编程计算方便、机床调整方便、对刀方便，而在毛坯上任意确定的。在选择工件坐标系原点时，尽可能将工件零点选择在工艺定位基准上，这样对保证加工精度有利。工件原点最好与设计基准或装配基准重合，以利于编程（一般将回转轴线定为 X0，工件端面定为 Z0）。编程人员以零件图上的某一固定点为原点建立工件坐标系，编程尺寸均按工件坐标系中的尺寸给定，编程是按工件坐标系进行的。加工时，首先测量工件原点与机床原点之间的距离，即工件原点偏置值。该偏置值可预存到数控系统中，在加工时工件原点偏置值便自动加到工件坐标系上，使数控系统可按机床坐标系确定加工时的坐标值。而编程人员不必考虑工件坐标系在机床坐标系中的实际位置，这样使用起来非常方便。

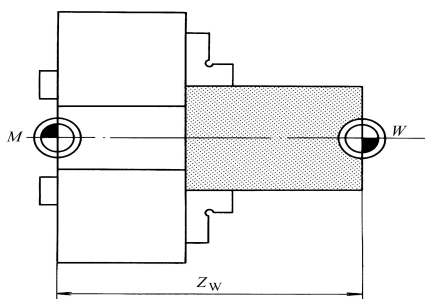
下图所示分别为数控车床机械原点和工件原点之间的关系与数控铣床机械原点和工件原点之间的关系。

★★★教学重点

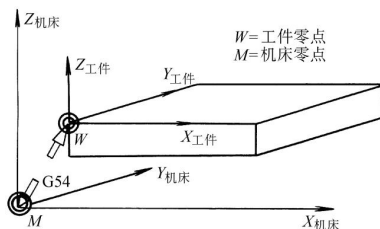


教学过程设计

教学组织



数控车床机械原点和工件原点的关系



数控铣床机械原点和工件原点的关系

3.2.2 数控车床的编程规则 (min)

★★★教学重点

(一) 数控加工程序的构成

在数控车床上加工零件，首先要编制程序，然后用该程序控制机床的运动。数控指令的集合称为程序。在程序中根据机床的实际运动顺序书写这些指令。

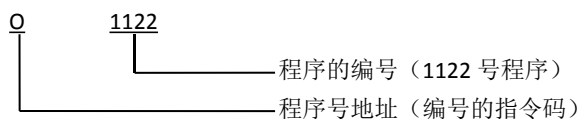
一个完整的数控加工程序由**程序开始部分**、**程序内容(若干个程序段)**、**程序结束部分**组成。一个程序段由程序段号和若干个“字”组成，一个“字”由地址符和数字组成。

下面是一个完整的数控加工程序，该程序由程序号开始，以 M30 结束。

程序	说明
O1122	程序开始
N001 T0101;	程序段 1
N002 G98 M03S500;	程序段 2
N003 G00 X150 Z150;	程序段 3
N004 G00 X26 Z0;	程序段 4
N005 G01 X0 F50;	程序段 5
N006 Z1;	程序段 6
N007 G00 X150;	程序段 7
N008 Z150;	程序段 8
N009 M05;	程序段 9
N010 M30;	程序结束

(1) 程序号

程序号也称程序名，为了区分每个程序，要对程序进行编号，程序号由程序号地址和程序的编号组成，程序号必须放在程序的开头。如：



不同的数控系统，程序号地址也有所差别。FANUC 系统必须用字母“O”作为程序号的地址码。

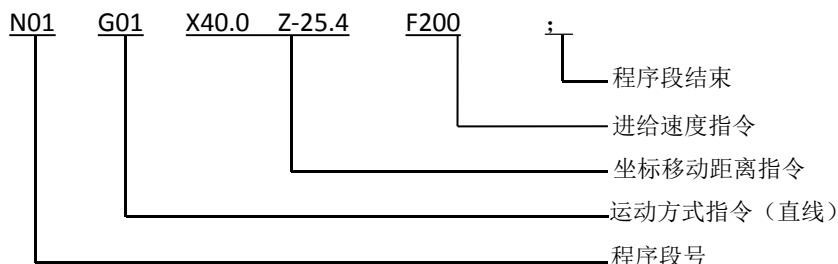


教学过程设计

教学组织

(2) 程序段的格式和组成

程序段的格式可分为地址格式、分隔地址格式、固定程序段格式和可变程序段格式等。其中以可变程序段格式应用最为广泛，所谓可变程序段格式就是程序段的长短是可变的。如：



其中N是程序段地址符，用于指定程序段号；G是指令动作方式的准备功能地址，G01为直线插补；X、Z是运动终点坐标轴地址；F是进给速度指令地址，其后的数字表示进给速度的大小，例如F200表示进给速度为200mm/min。

(3) “字”

一个“字”的组成如下所示：



程序段号加上若干个程序字就可组成一个程序段。在程序段中表示地址的英文字母可分为尺寸地址和非尺寸地址两种。表示尺寸地址的英文字母有X、Y、Z、U、V、W、P、Q、I、J、K、A、B、C、D、E、R、H共18个字母。表示非尺寸地址有N、G、F、S、T、M、L、O等8个字母。

X、Z (坐标轴-绝对值)

U、W (坐标轴-增量值)

R (半径值)

(二) 数控加工程序的分类

数控加工程序可分为主程序和子程序，子程序的结构同主程序的结构一样。在通常情况下，数控车床是按主程序的指令进行工作的，但是，当主程序中遇到调用子程序的指令时，控制转到子程序执行。当子程序遇到返回主程序的指令时，控制返回到主程序继续执行。一般情况下，FANUC系统最多能存储200个主程序和子程序。在编制程序时，若相同模式的加工在程序中多次出现，可将这个模式编成一个子程序，使用时只需通过调用子程序命令进行调用，这样就简化了程序的设计。



教学过程设计

教学组织

(三) 数控车床及车削中心的编程特点

数控车床加工零件的主要特征是回转体零件，由于这些零件的径向尺寸，无论是测量尺寸还是图纸标注尺寸，都是以直径值来表示的，所以数控车床采用直径值编程方式，即规定用绝对值编程时，X 为直径值；用相对值编程时，则以刀具径向实际位移量的二倍值为编程值。具体特点如下：

(1) 在一个程序段中，根据图样上标注的尺寸，可以采用绝对值编程、增量值编程或二者混合编程。

(2) 由于被加工零件的径向尺寸在图样上和测量时，都是以直径值表示。所以直径方向用绝对值编程时，X 以直径值表示，用增量值编程时，以径向实际位移量的二倍值表示，并附上方向符号(正向可以省略)。

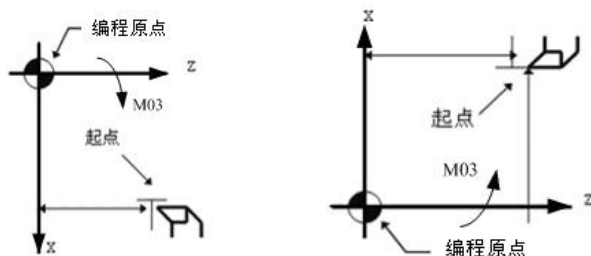
(3) 为提高工件的径向尺寸精度，X 向的脉冲当量取 Z 向的一半。

(4) 数控车床编程时，可以使用小数点编程或脉冲数编程。用小数点编程时，轴坐标移动距离的计算单位是 mm 用脉冲数编程时，轴坐标移动距离的计算单位是数控系统的脉冲当量。在编程时，一定要注意编写格式和小数点的输入。如 Z100.0 (或 Z100.) 表示 Z 轴运动终点坐标是距坐标原点 100mm 处。如果将其误写为 Z100，则表示 Z 轴运动终点坐标是距坐标原点 0.1mm 处，结果相差 1000 倍。当然，我们可以通过系统参数设置(SYSTEM)将脉冲编程方式忽略，使上述各种方法(Z100 Z100. Z100.0)均表示为 Z 轴运动 100mm。

(5) 由于车削加工常用棒料或锻料作为毛坯，加工余量较大，所以为简化编程，数控装置大都具备不同形式的固定循环，可进行多次重复循环切削。

(6) 编程时，常认为车刀刀尖是一个点，而实际上为了提高刀具寿命和工件表面质量，车刀刀尖常磨成一个半径不大的圆弧，因此为提高工件的加工精度，当编制圆头刀程序时，需要对刀具半径进行补偿。大多数数控车床都具有刀具半径自动补偿功能(G41、G42)这类数控车床可直接按工件轮廓尺寸编程。对不具备刀具半径自动补偿功能的数控车床，编程时，需先计算补偿量。

(7) 数控车床与车削中心在外观及操作上有一定差异(刀架位置不同、坐标方向不同、主轴正转方向不同)，但其编程原点设置相同且在程序编制中没有本质上的区别。



a 经济型数控车

b 车削中心

普通数控车床与车削中心的坐标方向

对于不同的数控车床、不同的数控系统，其编程基本上是相同的，个别有差异的地方，要参照具体的机床的用户手册或编程手册。

★★教学重点
理解、强调



教学过程设计

教学组织

(四) 绝对编程方式与增量编程方式

数控车床在编程时，可以采用绝对值编程方式、相对值（增量值）编程方式和混合编程方式，其编程非常灵活无需采用 G90/G91 进行绝对/增量编程方式的转换。

(1) 绝对值编程坐标指令

绝对值编程是用刀具移动的终点位置的坐标值进行编程的方法，它是用绝对值坐标指令 X、Z 进行编程的。绝对值编程格式如下：

X___Z___为绝对值坐标指令，其地址字 X 后的数字为直径值。

(2) 相对值坐标指令

相对值编程是用刀具移动量直接编程的方法，程序段中的轨迹坐标都是相对于前一位置坐标的增量尺寸，用地址字 U、W 及后面的数字分别表示 X、Z 方向的增量尺寸。相对值编程格式如下：

U___W___为相对值坐标指令，地址 U 后的数字为 X 方向实际移动量的二倍值。

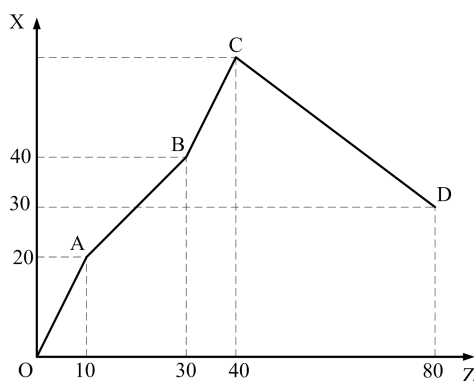
(3) 混合编程坐标指令

在一个程序段中，可以混合使用绝对值坐标指令（X 或 Z）和相对值坐标指令（U 或 W）进行编程。混合编程坐标指令有两组指令，一组指令是 X 轴以绝对值，Z 轴以相对值坐标指令（X，W）另一组是 X 轴以相对值，Z 轴以绝对值的坐标指令（U，Z）。混合编程书写格式如下：

X___W___为 X 轴以绝对值，Z 轴以相对值的坐标指令；地址 X 后的数字为直径值。

U___Z___为 X 轴以相对值，Z 轴以绝对值的坐标指令；地址 U 后的数字为 X 方向实际移动量的二倍值。

现以下图为例，刀具从坐标原点 O 依次沿 A→B→C→D 做直线插补运动。计算及记录绝对值和增量值



用绝对值和增量值编程

★学习难点

以生活中的例子进行讲解说明以突破难点



教学过程设计

教学组织

3.2.3 数控车床基本编程指令功能介绍 (min)

★★★教学重点

在数控加工程序中，主要有准备功能 G 指令和辅助功能 M 指令。G、M 指令分别由地址符 G、M 及两位数字组成，数字从 00~99。

(一) G 功能 (格式: G2 G 后可跟 2 位数)

G 指令是用来规定刀具和工件的相对运动轨迹 (即插补功能)、机床坐标系、坐标平面、刀具补偿、坐标偏置等多种加工操作的。不同的数控系统，G 指令的功能不同，编程时需参考机床制造厂的编程说明书。

1、BEIJING-FANUC Oi Mate-TC 数控系统 G 指令表

表 1 BEIJING-FANUC Oi Mate-TC 数控系统 G 指令表

G 代码			组	功能
A	B	C		
G00	G00	G00	01	定位 (快速)
G01	G01	G01		直线插补 (切削进给)
G02	G02	G02		顺时针圆弧插补
G03	G03	G03		逆时针圆弧插补
G04	G04	G04	00	暂停
G07.1 (G107)	G07.1 (G107)	G07.1 (G107)		圆柱插补
G10	G10	G10		可编程数据输入
G11	G11	G11		可编程数据输入方式取消
G12.1 (G112)	G12.1 (G112)	G12.1 (G112)	21	极坐标插补方式
G13.1 (G113)	G13.1 (G113)	G13.1 (G113)		极坐标插补方式取消
G18	G18	G18	16	选择 XZ 平面
G20	G20	G20	06	英寸输入
G21	G21	G21		毫米输入
G22	G22	G22	09	存储行程检查接通
G23	G23	G23		存储行程检查断开
G27	G27	G27	00	返回参考点检查
G28	G28	G28		返回参考点
G30	G30	G30		返回第 2、3、4 参考点
G31	G31	G31		跳转功能
G32	G33	G33	01	螺纹切削
G40	G40	G40	07	刀尖半径补偿取消
G41	G41	G41	07	刀尖半径补偿, 左侧
G42	G42	G42	07	刀尖半径补偿, 右侧
G50	G92	G92	00	坐标系设定或最大主轴速度设定



教学过程设计					教学组织
G50.3	G92.1	G92.1		工件坐标系预置	
G52	G52	G52		局部坐标系设定	
G53	G53	G53		机床坐标系设定	
G54	G54	G54		选择工件坐标系 1	
G54.1	G54.1	G54.1		选择附加工件坐标系	
G55	G55	G55		选择工件坐标系 2	
G56	G56	G56	14	选择工件坐标系 3	
G57	G57	G57		选择工件坐标系 4	
G58	G58	G58		选择工件坐标系 5	
G59	G59	G59		选择工件坐标系 6	
G65	G65	G65	00	宏程序调用	
G66	G66	G66		宏程序模态调用	
G67	G67	G67	12	宏程序模态调用取消	
G70	G70	G72		精加工循环	
G71	G71	G73		粗车外圆	
G72	G72	G74		粗车端面	
G73	G73	G75	00	多重车削循环	
G74	G74	G76		排屑钻端面孔	
G75	G75	G77		外径/内径钻孔	
G76	G76	G78		多头螺纹循环	
G80	G80	G80		固定钻循环取消	
G83	G83	G83		钻孔循环	
G84	G84	G84		攻丝循环	
G85	G85	G85	10	正面镗循环	
G87	G87	G87		侧钻循环	
G88	G88	G88		侧攻丝循环	
G89	G89	G89		侧镗循环	
G90	G77	G20		外径/内径车削循环	
G92	G78	G21	01	螺纹切削循环	
G94	G79	G24		端面车削循环	
G96	G96	G96		恒表面切削速度控制	
G97	G97	G97	02	恒表面切削速度控制取消	
G98	G94	G94		每分进给	
G99	G95	G95	05	每转进给	
-	G90	G90		绝对值编程	
-	G91	G91	03	增量值编程	
-	G98	G98		返回到起始平面	
-	G99	G99	11	返回到 R 平面	

①表 1 中的 G 功能以组别可区分为二类，属于“00”组别者，为非模态指令；属于“非 00”组别者，为模态指令。



教学过程设计

教学组织

模态指令又称续效指令，一经程序段中指定，便一直有效，直到以后程序段中出现同组另一指令或被其他指令取消时才失效。编写程序时，与上段相同的模态指令可省略不写。不同组模态指令编在同一程序段内，不影响其续效。例如：

N0010 G01 X20 Z-5 F150;

N0020 X35;

N0030 G00 Z100 M30;

上例中，第一段出现了模态指令 G01，G01 功能在第二段中继续有效，至第三段出现 G00 时才失效。

非模态指令，又称非续效指令，其功能仅在出现的程序段中有效。

②表 1 中 BEIJING-FANUC 0i Mate-TC 数控系统的 G 功能有 A、B、C 三种类型，一般数控车床大多设定为 A 类型。

2、数控车常用 G 功能指令

表 2 常用 G 功能指令

代码	意义	代码	意义
*G00	快速点定位	G70	精车循环
G01	直线插补	G71	车外圆复合循环
G02	顺圆插补	G72	车端面复合循环
G03	逆圆插补	G73	车闭环复合循环
G32	螺纹切削	G76	车螺纹复合循环
G04	暂停延时	G92	螺纹车削循环
G20	英制单位	G96	恒切削速度
*G21	公制单位	*G97	取消恒切削速度
*G40	刀补取消	G98	每分钟进给方式
G41	左刀补	*G99	每转进给方式
G42	右刀补		

标有* 的G代码为数控系统通电启动后的默认状态。

(二) M 功能 (格式: M2 M 后可跟 2 位数)

M 指令是控制数控车床“开、关”功能的指令，主要用于完成加工操作时的辅助动作。

M 指令有模态与非模态之分，常用 M 指令的功能及应用如下：

(1) 程序停止

指令: M00

功能: 执行包含 M00 的程序段后，机床停止自动运行，此时所有存在的模态信息保持不变，按下循环启动按钮使自动运行重新开始。

(2) 选择停止

指令: M01

功能: 与 M00 类似，执行包含 M01 的程序段后，机床停止自动运行，只是当机床操作面板上的选择停开关压下时，这个代码才有效。

(3) 主轴正转、反转、停止

指令: M03、M04、M05

★学习难点

★★★重点重点



教学过程设计	教学组织
<p>功能：M03、M04 可使主轴正、反转，与同段程序其他指令一起开始执行。M05 指令可使主轴在该程序段其他指令执行完成后停止转动。</p> <p>格式：M03 S__ M04 S__ M05</p> <p>(4) 冷却液开、关 指令：M08、M09 功能：M08 表示开启冷却液，M09 表示关闭冷却液。</p> <p>(5) 子程序调用及返回 指令：M98、M99 功能：M98 用于调用子程序，执行 M99 后控制返回到主程序。</p> <p>(6) 程序结束 指令：M02 或 M30 功能：该指令表示主程序结束，同时机床停止自动运行，CNC 装置复位。M30 还可使控制返回到程序的开始位置，故程序结束使用 M30 比 M02 要方便些。 说明：该指令必须编在最后一个程序段中。 对于 BEIJING-FANUC 0i 系统，一般情况下，在一个程序段中仅能指定一个 M 代码。但是，设定参数 No. 3404#7 (M3B) =1 时，在一个程序段中一次最多可以指定三个 M 代码。</p>	
<p>(三) T 功能 (格式：T2 或 T4)</p> <p>指令格式：TXX XX</p> <p>有的机床 T 后只允许跟 2 位数字，即只表示刀具号，刀具补偿则由其它指令。 有的机床 T 后则允许跟 4 位数字，前 2 位表示刀具号，后 2 位表示刀具补偿号。 如：T0211 表示用第二把刀具，其刀具偏置及补偿量等数据在第 11 号地址中。</p>	<p>★★★重点重点</p>
<p>(四) S 功能 (格式：S4 S 后可跟 4 位数)</p> <p>指令格式：SXXXX</p> <p>用于控制带动工件旋转的主轴的转速。实际加工时，还受到机床面板上的主轴速度修调倍率开关的影响。按公式：$n=1000vc/\pi d$，可根据某材料查得切削速度 vc，然后即可求得 n。 例如：若要求车直径为 60mm 的外圆时切削速度控制到 48mm/min，则换算得：$n=230$ r/min，则在程序中指令 S230。</p>	<p>★★★重点重点</p>
<p>(五) F 功能 (格式：F__)</p> <p>指令格式：FXX</p> <p>用于指定刀具与工件之间相对移动的进给速度。G99 状态下单位为：mm/r；G98 状态下单位为 mm/min。</p>	<p>★★★重点重点</p>

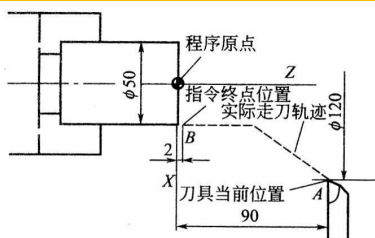


教学过程设计

教学组织

3.2.4 台阶轴编程指令 (min) 【增6学时】

(一) 快速点定位 G00



快速定位 G00

该指令使刀具以点定位控制方式从当前位置快速移动到坐标系中另一指定位置。它适用于将刀具进行快速定位，无运动轨迹要求。

格式：G00 X__ Z__ ；

图例：G00 X50.0 Z2.0；（上图所示刀具由 A 点快速移动到 B 点）

绝对坐标：X Z

相对坐标：U W

上例又可表示为：

G00 U-70.0 W-88.0；



说明

a. 刀具从当前位置快速移动到切削开始前的位置，在切削完了之后，快速离开工件，一般在刀具非加工状态的快速移动时使用 G00。

b. G00 指令中的快移速度由机床参数“快移进给速度”对各轴分别设定，所以快速移动速度不能在地址 F 中规定，快移速度可由面板上的快速修调按钮修正。

c. 目标点位置坐标可以用绝对值，也可以用相对值，甚至可以混用，如上图中，G00 U-70.0 Z2.0；

d. 指令只是快速定位，无运动轨迹要求。在执行 G00 指令时，由于各轴以各自的速度移动，不能保证各轴同时到达终点，因此联动直线轴的合成轨迹不一定是直线，操作者必须格外小心，以免刀具与工件发生碰撞。

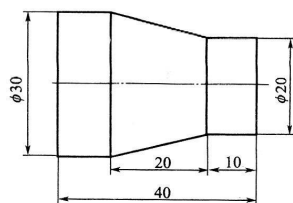
(二) 直线插补 G01

该指令控制刀具从当前位置按指定的进给速度沿直线移动到坐标系中指定的另一位置，适用于加工内外圆柱面、内外圆锥面、切槽、切断工件及倒角等。

格式：G01 X (U) __ Z (W) __ F__ ；（其中 F 是进给指令）

F 的单位：mm/r（毫米/转）或 mm/min（毫米/分），一般车削时默认设置为 mm/r。

例 1：



直线插补 G01

★★★教学重点

要求：每一个指令均要理解其工作内容，指令格式、使用



教学过程设计

教学组织

```

01001;
G00 X200.0 Z100.0;
G00 X20.0 Z2.0;
G01 X20.0 Z-10.0 F0.2;
      X30.0 Z-30.0;
      X30.0 Z-40.0;
G00 X200.0 Z100.0;
M02;

```

说明:

a. G01 指令后的坐标值取绝对值编程还是取增量值编程, 由尺寸字地址决定, 有的数控机床由数控系统当时的状态 (G90、G91) 决定。

b. 进给速度由 F 指令决定。F 指令也是模态指令, 它可以用 G00 指令取消。如果在 G01 程序段之前的程序段没有 F 指令, 而现在的 G01 程序段中也没有 F 指令, 则机床不运动。因此, G01 程序中必须含有 F 指令。

c. 上例程序中, 加方框的程序指令字, 可以省略。

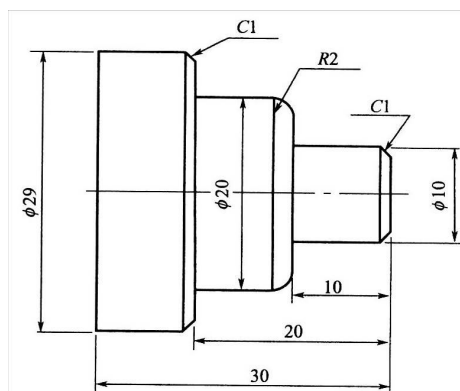
(三) G01 的倒角和倒圆功能

G01 倒角控制功能可以在两相邻轨迹的程序段之间插入直线倒角或圆弧倒角。

指令格式: G01 X (U) __ Z (W) __ C__ ; (直线倒角)

G01 X (U) __ Z (W) __ R__ ; (圆弧倒角)

如下图中, 倒角 C1 和倒圆 R2 在编程加工中, 如用直线插补和圆弧插补指令编程会使编程增加节点计算过程, 太麻烦又容易出错, 如果使用倒角、倒圆指令功能命令就简单多了。



G01 倒角和倒圆功能

```

.....
G00 X0 Z2.0;
G01 Z0 F0.2;
X10.0 C1.0;
Z-10.0;
X20.0 R2.0;
Z-20.0;
X29.0 C1.0;

```



教学过程设计

教学组织

Z30.0;
G00 X200.0 Z100.0;
M02;

(四) 圆弧插补 G02、G03

该指令控制数控机床在各坐标平面内执行圆弧运动，将工件切削出圆弧轮廓，该指令使刀具从圆弧起点沿圆弧移动到圆弧终点。

(1) 指令格式：

G02 (G03) X (U) __ Z (W) __ I__ K__ F__ ;

G02 (G03) X (U) __ Z (W) __ R__ F__ ;

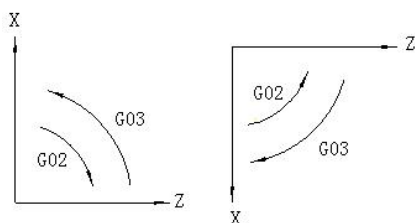
G02——顺时针 (CW) ;

G03——逆时针 (CCW) ;

X, Z——坐标系里的终点坐标;

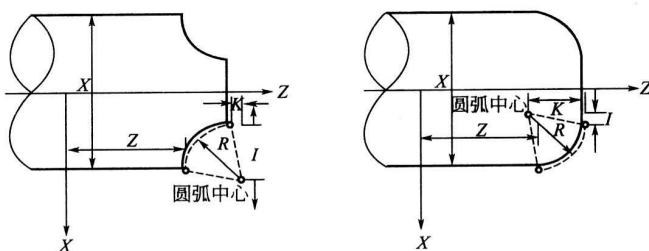
U, W——起点与终点之间的距离;

I, K——从起点到中心点的矢量 (半径值);



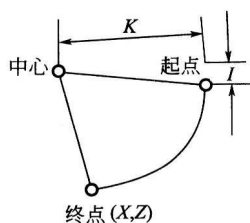
圆弧插补 G02、G03

(2) 方向判别 沿着垂直于圆弧所在平面的坐标轴 (Y 轴) 负方向看, 顺时针为 G02, 逆时针 G03。



圆弧插补的方向判断

用地址 X, Z 或者 U, W 指定圆弧的终点, 用绝对值或增量值表示。增量值是从圆弧的始点到终点的距离值。圆弧中心用地址 I, K 指定。它们分别对应于 X, Z 轴。但 I, K 后面的数值是从圆弧始点到圆心的矢量分量, 是增量值。



圆弧终点的指定

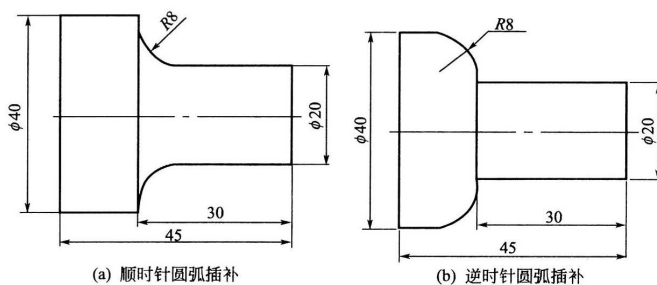
I、K 方式的圆弧编程更重要的是应用在铣削加工中, 在数控车可以简单的讲一下



教学过程设计

教学组织

- a. 圆弧终点位置 指刀具切削的圆弧最后一点。
 b. 绝对状态 指 X、Z 两坐标在工件坐标系中终点位置。
 c. 相对状态 指 X、Z 两坐标在工件坐标从起点到终点的增量距离。
 d. 圆弧中心 I、K、R 的含义
- I: 从起点到圆心的矢量在 X 轴方向的投影。
 - K: 从起点到圆心的矢量在 Z 轴方向的投影。
 - R: 圆弧半径。



圆弧插补例题图

例 2: 顺时针圆弧插补 (如图 a 所示)

方法一: 用 I、K 表示圆心位置时,
绝对值编程:

.....

```
N03 G00 X20.0 Z2.0;
N04 G01 Z-22.0 F0.2;
N05 G02 X36.0 Z-30.0 I8.0 K0 F0.1;
```

.....

增量值编程:

.....

```
N03 G00 U-180.0 W-98.0;
N04 G01 W-24.0 F0.2;
N05 G02 U16.0 W-8.0 I8.0 K0 F0.1;
```

.....

方法二: 用 R 表示圆心位置

.....

```
N03 G00 X20.0 Z2.0;
N04 G01 Z-22.0 F0.2;
N05 G02 X36.0 Z-30.0 R8.0 F0.1;
```

.....

例 3: 逆时针圆弧插补

方法一: 用 I、K 表示圆心位置时, 绝对值编程。

.....

```
N03 G00 X20.0 Z2.0;
N04 G01 Z-30.0 F0.2;
N05 X24.0;
```

例题讲解, 提问程序中各指令、各坐标的含义



教学过程设计

教学组织

N06 G03 X40.0 Z-38.0 I0 K-8.0 F0.1;

.....

增量值编程:

.....

N03 G00 U-180.0 W-98.0;

N04 G01 W-30.0 F0.2;

N05 U4.0;

N06 G03 U16.0 W-8.0 I0 K-8.0 F0.1;

.....

方法二: 用 R 表示圆心位置

.....

N03 G00 X20.0 Z2.0;

N04 G01 Z-30.0 F0.2;

N05 X24.0;

N06 G03 X40.0 Z-38.0 R8.0 F0.1;

.....



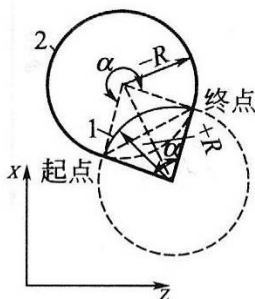
说明

a. 采用绝对值编程时, 圆弧终点坐标为圆弧终点在工件坐标系中的坐标值, 用 X、Z 表示。当采用增量值编程时, 圆弧终点坐标为圆弧终点相对于圆弧起点的增量值, 用 U、W 表示。

b. 圆心坐标 I、K 为圆弧起点到圆弧中心所作矢量分别在 X、Z 坐标轴方向上的分矢量(矢量方向指向圆心)。本系统 I、K 为增量值, 并带有“±”号, 当分矢量的方向与坐标轴的方向不一致时取“-”号。

c. 当用半径 R 指定圆心位置时, 由于在同一半径 R 的情况下, 从圆弧的起点到终点有两个圆弧的可能性, 为区别二者, 规定圆心角 $\alpha \leq 180^\circ$ 时, 用“+R”表示, $\alpha > 180^\circ$ 时, 用“-R”表示。

d. 如图, 用半径 R 指定圆心位置时, 不能描述整圆。



(五) 复合固定循环

它应用于切除非一次加工即能加工到规定尺寸的场合。如用棒料毛坯车削阶梯相差较大的轴, 或切削铸、锻件的毛坯余量时, 都有一些多次重复进行的动作。每次加工的轨迹相差不大。在复合固定循环中, 对零件的轮廓定义之后, 即可完成从粗加工



教学过程设计

教学组织

到精加工的全过程，使程序得到进一步简化。利用复合固定循环功能，只要编出最终加工路线，给出每次切除的余量深度或循环次数，机床即可自动地重复切削直到工件加工完为止。下面我们向大家介绍几种常用复合固定循环指令。

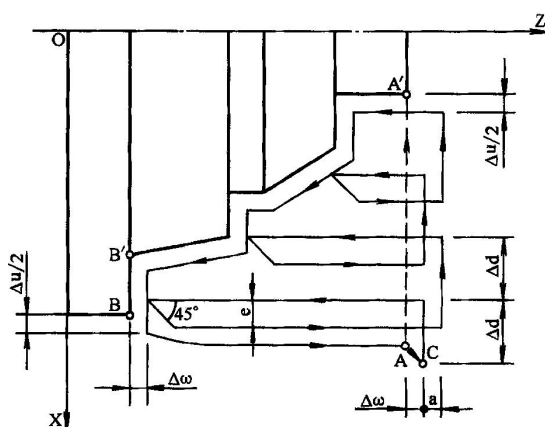
1、外径（内径）粗加工复合固定循环指令 G71

它适用于外圆柱毛坯料作粗车外径和内圆孔毛坯料作粗车内径，需多次走刀才能完成的粗加工。图中所示为用 G71 粗车外径的粗车循环的编程指令格式为（以直径编程）：

格式：G71 U Δd R Δe ;

G71 Pns Qnf U Δu W Δw F__ S__ T__ ;

★★★教学重难点



外径（内径）粗加工循环指令

其中： Δd ——切削深度（背吃刀量、每次切削量），半径值，无正负号，方向由矢量 AA' 决定（X 向）；

Δe ——每次退刀量，半径值，无正负；

ns——精加工路线中第一个程序段（即图中 AA' 段）的序号；

nf——精加工路线中最后一个程序段（即图中 BB' 段）的序号；

Δu ——X 方向精加工余量，直径编程时为 Δu ，半径编程为 $\Delta u/2$ ；

Δw ——Z 方向精加工余量；



说明

a. G71 程序段本身不进行精加工，粗加工是按后续程序段 ns~nf 给定的精加工编程轨迹 A→A' →B→B'，沿平行于 Z 轴方向进行。

b. G71 程序段不能省略除 F、S、T 以外的地址符。G71 程序段中的 F、S、T 只在粗加工循环时有效，精加工时处于 ns 到 nf 程序段之间的 F、S、T 有效。

c. 循环中的第一个程序段（即 ns 段）必须包含 G00 或 G01 指令的 X 向坐标移动，即 A→A' 的动作必须是直线或点定位运动，但不能有 Z 轴方向上的移动。

d. ns 到 nf 程序段中，不能调用子程序。

e. G71 循环时可以进行刀具位置补偿，但不能进行刀尖半径补偿。因此在 G71 指令前必须用 G40 取消原有的刀尖半径补偿。在 ns 到 nf 程序段中可以含有 G41 或 G42 指令，对精车轨迹进行刀尖半径补偿。



教学过程设计

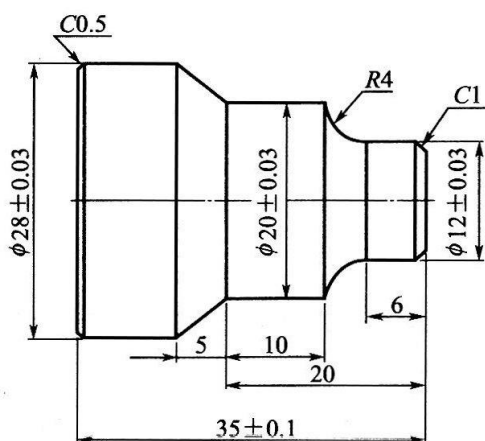
教学组织

f. 循环点位置选定应正确，需考虑退刀方向，应大于最大坯料尺寸（内孔应小于坯料尺寸），避免回切工件。（在循环加工退刀操作时，都是以 45° X、Z 方向联动，然后再沿 Z 向快退）

g. 零件轮廓必须符合 X 轴、Z 轴方向同时单调增大或单调减少模式。

h. 恒线速度控制指令，在循环移动指令中 G96 或 G97 指令无效。可在 G71 指令程序段或前程序段指令有效。

例 4：按图所示尺寸编写外圆粗切循环加工程序。



例 4 图样

```

O0002;                                X12.0 C1.0;
G99 G97 S600 M03;                       Z-6.0;
T0101;                                   G02 X20.0 Z-10.0 R4.0;
G00 X200.0 Z100.0;                       G01 Z-20.0;
X32.0 Z2.0;                               X28.0 Z-25.0;
G71 U1.5 R0.5;                            N11 Z-35.0;
G71 P10 Q11 U0.5 W0.05 F0.15;           G00 X200.0 Z100.0;
N10 G00 X0;                               M05;
G01 Z0;                                   M02;
    
```

2、精车循环 G70

当用 G71、G72、G73 粗加工车削工件后，用 G70 来指定精车循环，切除粗加工中留下的余量。其指令格式为：

格式：G70 P_{ns} Q_{nf} F_{__}；

ns—精加工轮廓程序段中开始程序段的段号；

nf—精加工轮廓程序段中结束程序段的段号；



说明

a. G70 精加工循环指令加工时循环点的设定，一定要与其它的粗加工固定循环指令加工时设定的循环点坐标位置相一致，否则精加工轨迹会移位。

b. 精加工时，G71、G72、G73 程序段中的 F、S、T 指令无效，只有在 ns----nf 程序段中的 F、S、T 才有效。

★★★教学重点



教学过程设计	教学组织
<p>例 5:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>例 4 图样所示尺寸编写外圆粗切循环加工程序的精加工程序</p> <p>.....</p> <p>G99 G97 S800 M03;</p> <p>T0101;</p> <p>G00 X200.0 Z100.0;</p> <p>X32.0 Z2.0;</p> <p>G70 P10 Q11 F0.05;</p> <p>G00 X200.0 Z100.0;</p> <p>M05;</p> <p>M30;</p> </div> <p>3.2.5 数控车程序通用格式（经验）（min）</p> <p>O102;（程序名）</p> <p>N1;</p> <p>T0101;（选择刀具）</p> <p>S450 M03;（主轴正转）</p> <p>G00 X__ Z5.;（起刀点）</p> <p>G71 U2.0 R0.5;（粗车循环）</p> <p>G71 P10 Q20 U0.5 W0 F0.15;</p> <p>N10 G00 X0;（循环起点）</p> <p>G01 Z0 F0.1;</p> <p>...（轮廓车削）</p> <p>N20 G01 X__;（循环终点，X 向退刀）</p> <p>G00 X100. Z50.;（换刀点）</p> <p>M05;（主轴停转）</p> <p>M30;（程序结束）</p>	<p>★★★★教学重点 要求：熟记熟背</p>

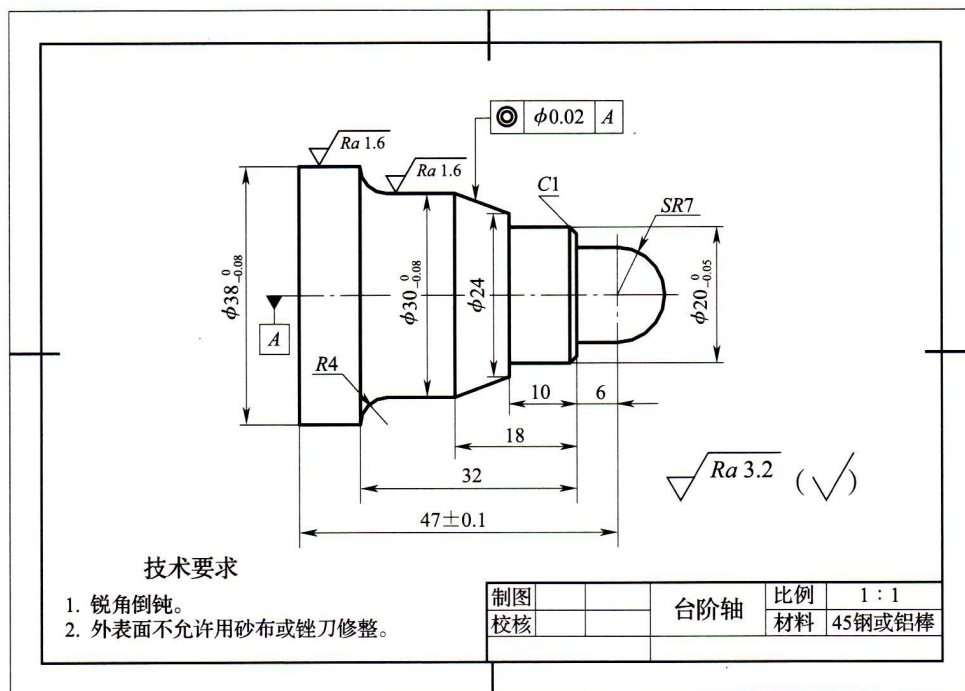


教学过程设计

教学组织

3.2.6 台阶轴数控车程序编写 (min)

根据下面台阶轴图样和前面进行的台阶轴加工工艺分析,编写台阶轴的数控车加工程序。



台阶轴零件图样

★★★教学重难点

根据零件图完成台阶轴的数控车加工程序编写并落实在工作页中

四、作业布置 (10min)

- 1、改善、完善工作页
- 2、实训室环境及工作场地环境卫生



学科	车工中级	课 题	03 台阶轴数控车加工 ——任务 3.3 台阶轴的模拟加工			
班级	19-6、7					
人数	36、36					
授课时数	6	课型	一体化	周次	5 14	
授课时间	19-07（甲班）2020.9.28, 19-06（甲班）2020.9.29 19-6班（乙）：2020.12.01, 19-7班（乙）：2020.11.30					
教学目标	<p>知识目标：了解数控车床的基本结构，理解掌握数控机床的坐标系及机床的运动方向，掌握数控编程的格式及指令含义。</p> <p>能力目标：能够独立操作数控车床面板、控制数控车床的主轴启停及正反转，能够完成机床的机床回零操作，手动运动机床，控制主轴转动和进给倍率，能够运用 MDI 模式完成机床动作，能够录入、编辑、调用、运行数控程序。</p> <p>情感目标：具备安全文明生产意识，敬岗爱业，践行 6S 管理活动，培养团队合作精神和良好语言表达能力。</p>					
教学重点	斯沃数控仿真系统工具介绍基础操作					
教学难点	斯沃数控仿真系统工具介绍基础操作					
评价方式	过程评价					
教具	计算机&数控仿真加工系统&工作页					
教后小结	使用斯沃数控仿真加工系统可以有效锻炼学员对数控车床的认识，在教学过程中采用四段教学法进行教学：布置任务→教师示范→学员模仿→总结练习，加强学员动手能力和学习兴趣，从而掌握教学重点，突破教学难点。					
授课老师	李武	2020年09月20日	审签	202 年 月 日		



教学过程设计	教学组织
<p style="text-align: center;">03 台阶轴数车加工</p> <p style="text-align: center;">任务 3.3 台阶轴的模拟加工 (240min)</p> <p>一、复习旧知 (5min)</p> <p>1、检查考勤、学生劳保情况； 2、提问：①G00、G01 指令的区别；②如何判断使用 G02、G03？</p> <p>二、新课导入 (5min)</p> <p>1、进行安全文明生产及思政教育 2、点评任务 3.2 工作页完成情况 3、导入新课： 为确保数控加工过程的正确性，在数控加工之前对加工程序进行验证是一个十分重要的环节。目前，计算机仿真技术的发展使得在计算机环境中对数控加工过程进行验证的技术在实际生产中广泛应用。采用仿真方法可以在计算机上模拟出加工走刀和零件切削的全过程，直接观察在切削过程中可能遇到的问题并进行调整，而不实际占用和消耗机床、工件等资源。此外，还可以利用计算机仿真技术预先对数控加工结果进行估计，统计各种加工数据并对加工过程进行优化，实现智能化的加工。</p> <p>三、教学内容 (220min)</p> <p>教学环节：</p> <p>(一) 数控仿真加工的目的</p> <p>(二) 数控仿真加工软件简介</p> <p>1、南京斯沃数控仿真软件(SSCNC) 2、宇龙数控仿真软件</p> <p>(三) 斯沃数控仿真系统工具介绍基础操作</p> <p>1、打开斯沃数控车仿真系统 2、文件管理 3、回零操作（手动返回参考点） 4、机床参数设置 5、刀具管理 6、工件参数及附件 7、快速模拟加工 8、工件测量 9、录制参数设置 10、工件装夹微调</p> <p>(四) 斯沃数控仿真系统菜单介绍</p> <p>1、“文件”菜单</p>	<p>讲授</p> <p>讲授</p> <p>★教学重点 讲授、演示、模仿、 练习四段学习</p> <p>讲授、演示、模仿、 练习四段学习</p>



教学过程设计	教学组织
<p>2、“视窗视图”菜单 3、“显示模式”菜单 4、“机床操作”菜单 5、“工件操作”菜单 6、“工件测量”菜单</p> <p>(五) 在斯沃数控系统中基本操作</p> <p>1、换刀 2、刀架移动 3、主轴操作</p> <p>(六) 台阶轴数控车模拟加工 根据讲授和练习情况，完成以下子任务：</p> <p>1、工件毛坯设定； 2、数控车刀具安装（90°外圆粗车刀、93°外圆精车刀、3mm刀片宽度切槽刀） 3、回零操作； 4、项目保存； 5、打开指定工程文件（文件名：台阶轴数控车加工模拟仿真） 6、台阶轴数控车模拟加工； 7、观察台阶轴数控车模拟加工刀具路径及工件完成质量，小组讨论找出问题，并提出改进措施。</p> <p>(七) 展示、评价与改善</p> <p>1、分组展示工作页完成情况； 2、小组评价； 3、教师总结点评； 4、工作页改善</p>	<p>★教学重点 讲授、演示、模仿、练习四段学习</p> <p>★教学难点 采用任务驱动法给每个学习组布置任务，小组讨论并实施任务，教师巡回指导并观察各学习组任务完成情况</p> <p>自评、互评、教师总结点评，小组改善</p>
技术指导	
<p>数控加工仿真的主要目的包括：</p> <p>(1) 检验数控加工程序是否有过切或欠切。 通过数控加工仿真，可用几何图形、图像或动画的方式显示加工过程，从而检验零件的最终几何形状是否符合要求，目前主流的CAD/CAM软件中都具有数控加工轨迹模拟及过切、欠切的分析功能。</p> <p>(2) 碰撞干涉检查。 通过数控加工仿真，可以检查数控加工过程中刀具、刀柄等与工件、夹具等是否存在碰撞干涉，以及检查机床运动过程中主轴是否与机床零部件、夹具等存在碰撞干涉，从而确保能加工出符合设计的零件，并避免刀具、夹具和机床的不必要损坏。</p> <p>(3) 切削过程中的力热仿真。 近年来，随着仿真技术的发展及实际生产的需要，对加工过程中产生的力、热等物理量的分析受到越来越多的关注。通过仿真切削过程中力、热等物理量，可以对加工过程中的受力状态、热力耦合、残余应力等进行分析，从而为加工过程控制、切削参数优化等提供参考。</p>	



教学过程设计	教学组织
<p>(4) 切削参数优化。</p> <p>数控加工过程仿真的重要目的之一是切削参数优化，即通过数控加工过程的仿真，发现现有轨迹中存在的问题以及参数设置有待提升的部分，从而对切削参数进行优化以提高加工效率。</p> <p>(5) 刀具磨损预测。</p> <p>在难加工材料、高精度材料零件的加工过程中，刀具的磨损速率较快且刀具磨损导致零件加工精度和已加工表面的完整性受到影响。因此，预测加工过程中刀具磨损对确保加工精度与工件的表面完整性有重要作用。</p> <p>其中，针对过切、欠切和碰撞干涉检查的仿真通常称为几何与运动仿真，主要是检查数控加工过程中的几何量及运动关系是否正确；力热仿真与刀具磨损的预测等通常称为物理仿真，主要是用于仿真数控加工过程中物理量，并可以对加工后的工件变形与质量进行分析。</p> <p>数控仿真系统软件简介</p> <p>1、南京斯沃数控仿真软件(SSCNC)</p> <p>(1) 软件介绍</p> <p>南京斯沃软件技术有限公司开发的，发那科(FANUC)、西门子(SINUMERIK)、三菱(MITSUBISHI)、广州数控(GSK)、华中世纪星(HNC)、北京凯恩帝(KND)、大连大森(DASEN)、南京巨森(JNC)、南京华兴(WA)、江苏仁和(RENHE)、美国哈斯(HAAS)、成都广泰(GREAT)、PA8000、南京四开数控车铣及加工中心仿真软件，是结合机床厂家实际加工制造经验与高校教学训练一体所开发的。通过该软件可以使学生达到实物操作训练的目的，又可大大减少昂贵的设备投入。</p> <p>斯沃数控仿真(数控模拟)软件包括 16 大类，65 个系统，119 个控制面板。具有 FANUC、SIEMENS(SINUMERIK)、MITSUBISHI、FAGOR、美国哈斯 HAAS、广州数控 GSK、华中世纪星 HNC、北京凯恩帝 KND 系统、大连大森 DASEN、南京华兴 WA、成都广泰 GREAT、南京巨森、江苏仁和 RENHE、PA8000、南京四开编程和加工功能，学生通过在 PC 机上操作该软件，能在很短的时间内掌握各系统数控车、数控铣及加工中心的操作，可手动编程或读入 CAM 数控程序加工，教师通过网络教学，可随时获得学生当前操作信息。斯沃数控仿真软件也是目前国内唯一自动免费下载更新的数控仿真软件。</p> <p>(2) 功能介绍：</p> <p>①SSCNC 数控系统：包括 FANUC、SINUMRIK、华中数控、广州数控、大连大森、北京凯恩帝、南京华兴数控、上海 PA 系统等多种数控系统。</p> <p>-FANUC 0MD、-FANUC 0TD、-FANUC 0IM、-FANUC 0IT、-FANUC 18IM、-FANUC 18IT、-SINUMRIK 801、-SINUMRIK 802SM、-SINUMRIK 802ST、-SINUMRIK 802DM、-SINUMRIK 802DT、-SINUMRIK 802SEM、-SINUMRIK 802SET、-SINUMRIK 810DM、-SINUMRIK 810DT、-MITSUBISHI EZMotion-NC 60M、-MITSUBISHI EZMotion-NC 60T、-MITSUBISHI EZMotion-NC 68M、-MITSUBISHI EZMotion-NC 68T、-PA 系统 PA8000M、-PA 系统 PA8000T、-美国哈斯系统 HAAS VF、-华中世纪星 HNC-21M、-华中世纪星 HNC-21T、-华中世纪星 HNC-22T、-北京凯恩帝 KND100M、-北京凯恩帝 KND100T、-北京凯恩帝 KND1000T、-北京凯恩帝 KND1000M、-北京凯恩帝 KND1Ti、-北京凯恩帝 KND1TB、-北京凯恩帝 KND10M、-大连大森 DASEN3IM、-大连大森 DASEN3IT、-广州数控 GSK928TC、-广州数控 GSK928TA、-广州数控 GSK980T、-广州数控 GSK990M、-广州数控 GSK928MA、-成都广泰 GREAT150iM、-成都广泰</p>	

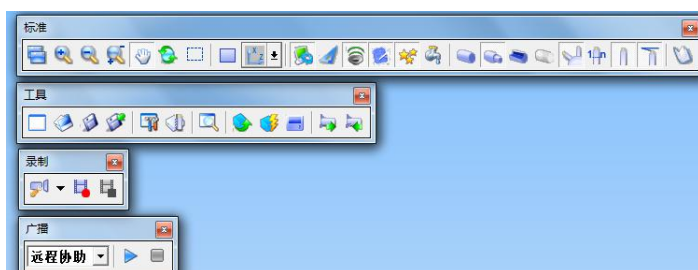


教学过程设计	教学组织
<p>GREAT150iT、-南京华兴数控 WA-310M、-南京华兴数控 WA-310T、-南京华兴数控 WA-31DM、-南京华兴数控 WA-31DT、-南京华兴数控 WA-21DT、-南京巨森数控 JNC30M、-南京巨森数控 JNC30T、-天津三英数控 JTX3E、-天津三英数控 JTX2E、-江苏仁和 RENHE 系统 RENHE32T/5、-南京四开 SKY2003N 系统 SKY2003N。</p> <p>②SSCNC 数控面板：</p> <p>-GSK928TA、北京凯恩蒂 KND1TB、美国哈斯 HAAS VF、TONMAC 纵横国际 FANUC0i MC、沈阳一机 SIEMENS802DT 面板、南京四开 SKY2003N、广数 GSK928MA、江苏仁和 RENHE32T/5、南京华兴数控 WA-31DM、南京华兴数控 WA-31DT、西班牙 FAGOR8055M 面板、西班牙 FAGOR8055T 面板、南京迈顺 FANUC 0i MC 面板、南京迈顺 FANUC 0i TC 面板、安阳鑫盛机床厂 SIEMENS 802DT 面板、大连机床厂 FANUC 0i MC 面板、南京迈顺 FANUC 0i MB 面板、BEIJING FANUC 系列标准操作面板、SINUMERIK 系列标准操作面板、EZMotion-NC E60 标准操作面板、EZMotion-NC E68 标准操作面板、世纪星 HNC21 操作面板、北京凯恩蒂 KND 操作面板、大连大森 DASEN 操作面板、广州数控 GSK 系列标准操作面板、南京华兴 WA-310 操作面板、友嘉机床操作面板、南通机床厂操作面板、大连机床厂操作面板、云南机床厂操作面板、宝鸡机床厂操作面板、沈阳第一机床厂操作面板、南京机床厂操作面板、南京第二机床厂操作面板、济南机床厂操作面板、多棱操作面板、宝鸡机床厂操作面板、云南机床厂操作面板、MYTOP 加工中心操作面板、汉川机床厂操作面板、长城机床厂操作面板。</p> <p>③SSCNC 功能特点：</p> <p>数控铣床,加工中心圆柱体毛坯、网络版提供远程协助功能、GSK928MA 参数编程、GSK980T 宏程序编程、网络版示教功能增加视频广播质量设置、FANUC, SIEMENS 极坐标编程,G02, G03 螺旋插补、三菱 E60 宏程序编程、华中数控 HNC-21M,HNC-21T 宏程序编程、卧式和立式 ATC 自动换刀系统切换、SINUMERIK 系列数控系统增加了参数编程(变量编程), 以及有条件跳转、FANUC 宏程序编程。</p> <p>国内第一款自动免费下载更新的数控仿真软件、真实感的三维数控机床和操作面板、动态旋转、缩放、移动、全屏显示等功能的实时交互操作方式、支持 ISO-1056 准备功能码(G 代码)、辅助功能码(M 代码)及其它指令代码、支持各系统自定义代码以及固定循环、直接调入 UG、PRO-E、Mastercam 等 CAD/CAM 后置处理文件模拟加工、Windows 系统的宏录制和回放、AVI 文件的录制和回放。</p> <p>工件选放、装夹、换刀机械手、四方刀架、八方刀架、基准对刀、手动对刀零件切削,带加工冷却液、加工声效、铁屑等、寻边器、塞尺、千分尺、卡尺等工具、采用数据库管理的刀具和性能参数库、内含多种不同类型的刀具、支持用户自定义刀具功能、加工后的模型的三维测量功能、基于刀具切削参数零件光洁度的测量。</p> <p>(3) 具条简介</p> <p>全部命令可以从屏幕左侧工具条上的按钮来执行。当光标指向各按钮时系统会立即提示其功能名称,同时在屏幕底部的状态栏里显示该功能的详细说明。</p>	



教学过程设计

教学组织



①工具工具条

建立新 NC 文件、 打开保存的文件(如 NC 文件)、 保存文件(如 NC 文件)、 另存文件、 机床参数、 刀具库管理、 工件显示模式、 选择毛坯大小、工件坐标等参数、 开关机床门。

②标准工具条：

屏幕安排：以固定的顺序来改变屏幕布置的功能、 屏幕整体放大、 屏幕整体缩小、 屏幕放大、缩小、 屏幕平移、 屏幕旋转、 X-Z 平面选择、 Y-Z 平面选择、 Y-X 平面选择、 机床罩壳切换、 工件测量、 声控、 坐标显示、 铁屑显示、 冷却水显示、 毛坯显示、 零件显示、 透明显示、 ACT 显示、 显示刀位号、 刀具显示、 刀具轨迹、 在线帮助、 录制参数设置、 录制开始、 录制结束、 示教功能开始和停止。

2、宇龙数控仿真系统

该数控仿真系统是上海宇龙软件公司开发了含有数控车、数控铣和加工中心多种数控系统的仿真操作软件，其功能特点有：

①系统提供车床，立式铣床，卧式加工中心，立式加工中心等机床。控制系统由 FANUC 系统、西门子系统、三菱系统、大森系统、华中数控系统、广州数控系统以及上海市技能鉴定机构所采用的 PA 系统。

②具有丰富的刀具材料库。采用数据库统一管理刀具材料和性能参数库，刀具库含数百种不同材料和形状的车刀、铣刀，并支持用户自定义刀具及相关特征参数。

③机床操作全过程仿真。仿真机床操作的整个过程，包括毛坯定义、工件装夹、压板安装、基准对刀、安装刀具，机床手动、自动加工操作等。

④加工运行全环境仿真。仿真数控程序的自动运行和 MDI 运行模式，三维工件的实时切削，刀具轨迹的三维显示，提供刀具补偿、坐标系设置系系统参数的设定。

⑤全面的碰撞检测。手动自动加工等模式下实时碰撞检测。包括刀柄刀具与夹具、压板、机床等的碰撞，也包括机床行程越界及主轴不转时刀柄刀具与工件等的碰撞。



教学过程设计

教学组织

⑥数控程序处理。能够通过 DNC 导入各种 CAD/CAM 软件生成的数控程序，例如 Mastercam、Pro/E、UG、CAXA-ME 等，也可以导入手工编制的文本格式数控程序，还能够直接通过面板手工编辑输入输出数控程序，具有数控程序预检查和运行中的动态检查功能。


⑦考试操作过程和结果记录回访。具有记录考试操作全过程和考试结果的功能以及多种回放方式。

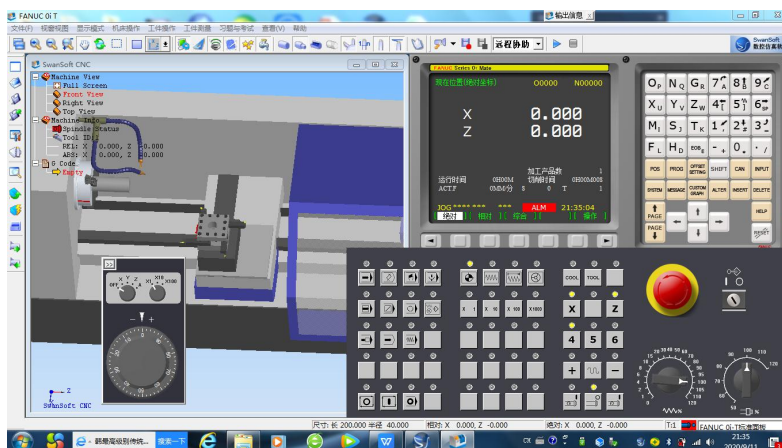
⑧互动教学。教师和学生科相互观看对方操作，进行互动交流。

斯沃数控仿真系统工具介绍基础操作


1、打开斯沃数控车仿真系统



点击桌面  图标，在弹出的对话框中选择“单机版”，“FANUC 0iT”，“机器码加密”等选项，然后点击“运行”按钮，进入斯沃数控仿真系统。



2、文件管理

①  打开：相应的对话框被打开，可进行选取所要代码的文件，完成取后相应的 NC 代码显示在 NC 窗口里。在全部代码被加载后，程序自动进入自动方式；在屏幕底部显示代码读入进程。

★教学重点难点

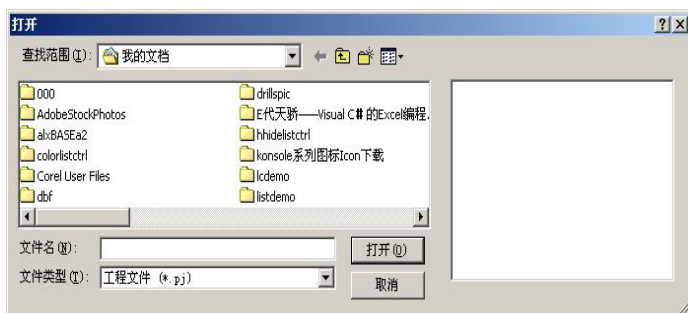
★教学重点

★教学难点



教学过程设计

教学组织



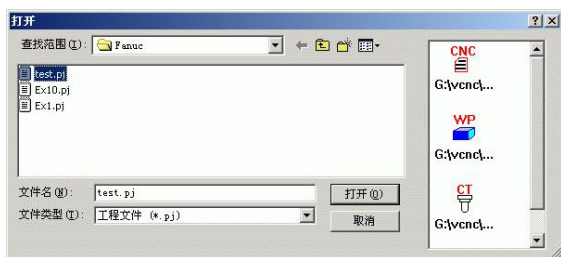
② 新建：删除编辑窗口里正在被编辑和已加载的 NC 码。如果代码有过更改，系统提示要不要保存更改的代码。

③ 保存：保存在屏幕上编辑的代码。对新加载的已有文件执行这个命令时，系统对文件不加任何改变地保存，并且不论该文件是不是刚刚加载的，请求给一个新文件名。



另存为：把文件以区别于现有文件不同的新名称保存下来。

④ 加载项目文件：把各相关的数据文件(wp 工件文件；nc 程序文件；刀具 ct 文件)保存到一个工程文件里(扩展名：*.pj)，此文件称为项目文件，这个功能用于在新的环境里加载保存的文件。



⑤ 项目文件保存：把全部处理过的数据保存到文件里。屏幕的各空白部分可以做修改。

3、回零操作（手动返回参考点）

进入斯沃数控仿真系统（数控车）后，此时机床控制面板上面的“回零模式”指示灯常亮，X 轴、Z 轴、4 轴的显示灯闪烁，这时需要进行回零操作（手动返回参考点）。

★教学重点



教学过程设计

教学组织



操作步骤:

- ①释放机床控制面板上“急停”按钮（红色大鼻子）；
- ②依次点击控制面板上的“X”，“Z”，“4”按钮，机床刀架开始分别向各坐标轴的基础参考点移动，同时，CRT（机床显示器）上的坐标值跳动，最终各坐标轴数值显示为“0.000”，此时完成数控车床的各坐标轴的回零操作。

说明:

大多数数控车床，尤其是使用增量编码器的数控车床，在开机后的第一步都需要进行回零操作，其目的是使刀架返回机床参考点，建立机床坐标系，以确定刀具在机床坐标系中的位置。

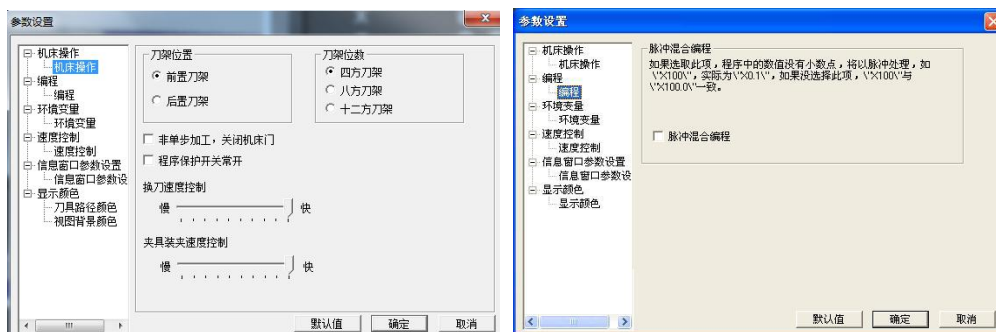
在数控车床“回零”操作时，一定要X轴先进行返参，再进行Z轴的返参操作，否则很有可能在Z轴返回机床参考点时，安装在刀架上的刀具与尾座发生碰撞事故。

★★教学重点

4、机床参数设置

(1) 机床参数设置:

- ①拖动“参数设置”对话框中的滑块选择合适的换刀速度



- ②单击“选择颜色”按钮可以改变机床背景色。

- ③调节“加工图形显示加速”和“显示精度”可以获得合适的仿真软件运行速度。



★教学重点难点



教学过程设计

教学组织

(2) 显示颜色:

选择刀路和加工颜色后, 单击“确定”按钮。




5、刀具管理



刀具库管理对话框

添加刀具对话框

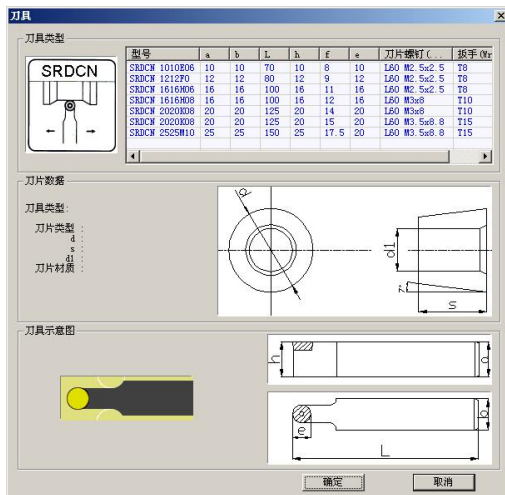
(1) 添加刀具:

点击图标弹出刀具卡管理对话框→输入刀具号→输入刀具名称→可选择外圆车刀、割刀、内割刀、钻头、镗刀、丝攻、螺纹刀、内螺纹刀、内圆刀。→可定义各种刀片、刀片边长、厚度→选确定,即可添加到刀具管理库

例: 内圆刀的添加:

①单击“添加”按钮, 弹出“添加刀具”对话框, 如图:

②选择“添加刀具”对话框中最右边的圆头刀, 弹出“刀具”对话框, 如图:



★教学重点难点



教学过程设计

教学组织

③在“刀具”对话框中选择所需的刀具单击确定，返回到“添加刀具”对话框，输入刀具号和刀具名称单击确定，添加刀具完成。

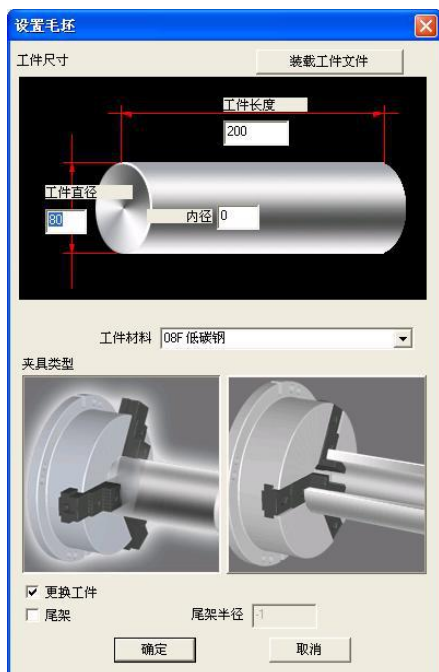
(2) 刀具添加到刀架：

- ①在刀具数据库里选择所需刀具,如 01 刀
- ②按住鼠标左键拉到机床刀库上
- ③添加到刀架上,按确定

6、 工件参数及附件

(1) 工件参数设置

★教学重点



- ①定义毛坯类型，长度、直径以及材料
- ②定义夹具
- ③选择尾夹

2、冷却液管调整





教学过程设计

教学组织

7、快速模拟加工

- ①用 EDIT 编程。
- ②选择好刀具。
- ③选择好毛坯、工件零点。
- ④方式模式放置 AUTO
- ⑤无须加工，可按此键快速模拟加工

8、工件测量

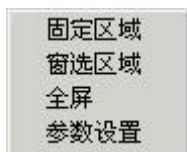
测量的三种方式

- ①特征点
- ②特征线
- ③粗糙度分布

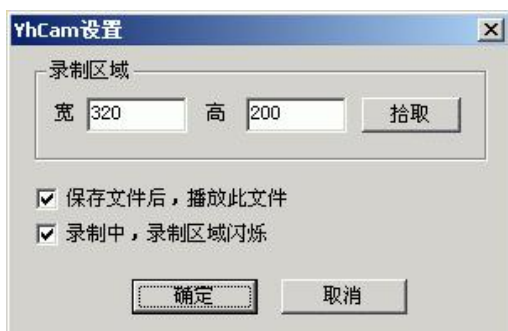
工件测量可用计算机数字键盘上的向上、向下、向左和向右光标键测量尺寸，也可利用输入对话框。



9、录制参数设置



三种录制区域选择方式，参数设置为



★教学重点难点



教学过程设计

教学组织

10、 工件装夹微调

斯沃数控仿真系统菜单介绍

文件(F) 视窗视图 显示模式 机床操作 工件操作 工件测量 习题与考试 查看(V) 帮助(H)

1、点击“文件”可以看到以下子菜单



2、点击“视窗视图”可以看到以下子菜单



3、点击“显示模式”可以看到以下子菜单

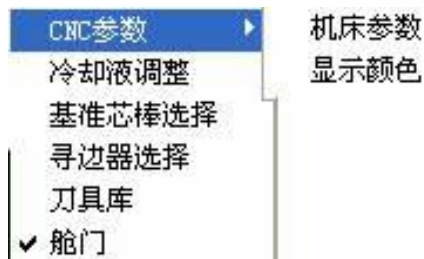




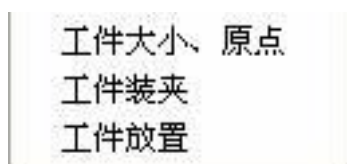
教学过程设计

教学组织

4、点击“机床操作”可以看到以下子菜单



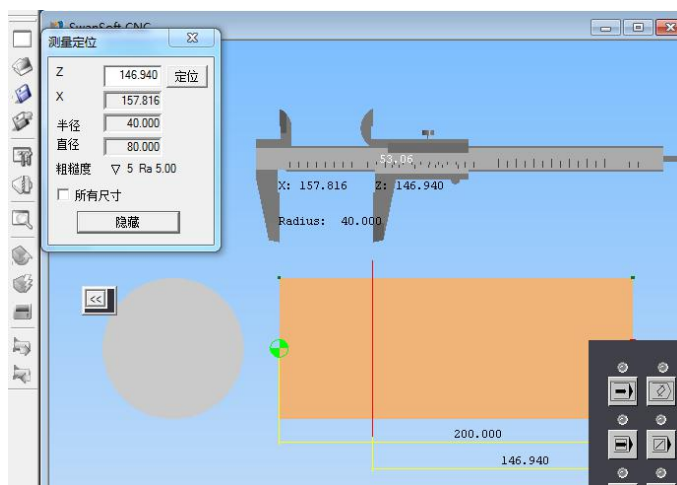
5、点击“工件操作”可以看到以下子菜单



6、点击“工件测量”可以看到以下子菜单



单击“测量进入”后，进入测量界面，如图



在“工件测量”菜单中可以选择“特征点”，“特征线”，“粗糙度分布”三种测量方式





教学过程设计

教学组织


在斯沃数控系统中基本操作

1、换刀

(1) 手动换刀

在机床操作面板上点击“手动进给方式”按键，进入手动模式，按  按键，可以进行手动换刀操作。



(2) MDI 手动数据换刀

在机床操作面板上点击“MDI 手动数据输入”按键，进入手动数据输入模式，点击系统面板上“PROG”功能键，进入程序界面，在程序界面中输入“T0202;”，然后再按机床操作面板上“循环启动”按钮，则将2号刀更换到当前工作刀位。



2、刀架移动

(1) 手动点动

“X”或“Z”按键选择要手动进给的坐标轴，然后按住“+”或“-”按键

 进行正方向或负方向的手动点动进给；如果“手动快进按键” 按下，这时手动快进按键上方显示灯亮，此时为手动快进模式，刀架将以系统设定的G00速度进行快速移动。



(2) 手轮进给

在机床操作面板上点击“手摇进给方式”按键，进入手轮进给模式，点击显示区左上方  按钮，释放手轮，此时屏幕上将显示机床手轮，在手轮面板上通过鼠标选择要进给的坐标轴和进给倍率“X1、X10、X100”，然后转动手轮可进行不同

速度手摇进给。






3、主轴操作

(1) 主轴正转：

在机床操作面板上点击“手动进给方式”按键，按“主轴正转”按键，

★教学重点
四段教学法



教学过程设计	教学组织
<p>机床主轴开始正转；</p> <p>(2) 主轴停转</p> <p>在机床操作面板上点击“手动进给方式”按键，按“主轴停转”按键，机床主轴停转；</p> <p>(3) 主轴反转</p> <p>在机床操作面板上点击“手动进给方式”按键，按“主轴反转”按键，机床主轴开始反转。</p> <p>四、作业布置 (10min)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、改善、完善工作页 2、实训室环境及工作场地环境卫生 	



学科	车工中级	课 题	03 台阶轴数控车加工 ——任务 3.4 数控车床基本操作			
班级	19-6、7					
人数	36、36					
授课时数	6	课型	一体化	周次	7 14	
授课时间	19-07（甲班）2020.10.12，19-06（甲班）2020.10.13 19-6班（乙）：2020.12.02，19-7班（乙）：2020.12.03					
教学目标	<p>知识目标：了解数控车床的组成、结构、功能，掌握数控车床面板各功能键的名称和功用，掌握数控车床在数控仿真系统中的对刀操作方法</p> <p>能力目标：能够独立操作数控车床面板、控制数控车床的主轴启停及正反转，能够完成机床的机床回零操作，手动运动机床，控制主轴转动和进给倍率，能够运用 MDI 模式完成机床动作，能够录入、编辑、调用、运行数控程序，能够使用数控仿真系统进行数控车床对刀操作。</p> <p>情感目标：具备安全文明生产意识，爱岗敬业，践行 6S 管理活动，培养团队合作精神和严谨的工作作风</p>					
教学重点	数控车床基本操作步骤，数控车床对刀仿真操作					
教学难点	数控车床基本操作（实操），数控车床对刀仿真操作					
评价方式	考勤+工作页+任务完成度					
教具	交互式教学一体机、计算机、数控仿真系统、数控车床、工作页					
教后小结	四段教学法（任务准备→教师示范演示→学生模仿跟做→学生总结练习）是实践性教学非常有效的教学方法，在教学过程中要注意节奏的控制，即不要过于追求速度而使学生的技能掌握囫圇吞枣做成夹生饭，也不能过慢而等待现场每一名学生全部完成，这时，主讲教师要与辅助教师默契配合，对学习较慢的学生进行重点辅导和关注，只有这样，才能是实践性教学任务顺利完成，而不会出现“吃不饱”和“吃不了”的学习情况。					
授课老师	李武	2020年09月20日	审签	202 年 月 日		



教学过程设计	教学组织
<p style="text-align: center;">03 台阶轴数车加工</p> <p style="text-align: center;">任务 3.4 数控车床的基本操作与对刀仿真操作 (240min)</p> <p>一、复习旧知 (5min)</p> <p>1、检查考勤、组织签到； 2、提问： ①数控加工程序的组成？ ②G00/G01/G02/G03 指令格式？ ③X30 与 X30. 的区别？</p> <p>二、新课导入 (5min)</p> <p>1、进行安全文明生产及思政教育 2、点评工作页完成情况 3、导入新课： 视频（安全事故）导入熟练的掌握数控车床的基本操作是进行数控车削加工的最基本技能也是安全的保证。</p> <p>三、教学内容 (220min)</p> <p>教学环节：</p> <p>（一）知识讲解【25min】</p> <p>1、数控车床的结构（10min） 2、数控车床的面板【FANUC 系统】（15min） (1) 系统面板 (2) 控制面板</p> <p>（二）对刀仿真操作【45min】</p> <p>1、对刀准备（5min） (1) 系统及机床准备：运行斯沃数控车仿真加工系统，释放急停，回零，视图-俯视，切削液管关，平移（鼠标）等。 (2) 参数设置 (3) 毛坯设置：Φ40mm×200mm。 (4) 刀具准备：90° 外圆粗车刀，93° 外圆精车刀，刀宽 4mm 切断刀。</p> <p>2、90° 外圆粗车刀对刀仿真操作（15min） (1) 教师演示，学生模仿跟做 (2) 学生练习，教师巡回指导</p> <p>3、93° 外圆精车刀与切断刀对刀仿真操作（20min） (1) 教师演示，学生模仿跟做 (2) 学生练习，教师巡回指导</p> <p>4、教师小结</p> <p>（三）数控车床基本操作（现场实操）【80min】</p> <p>1、安全教育（现场讲述）（5min）： 要确保安全生产，就必须按要求穿戴好工作服，严格按照数控车床的安全操作规程操作机床。为了使数控车床保持良好状态，必须坚持对数控车床进行定期检查和维护保养，这样可以把许多故障隐患消灭在萌芽之中，防止或减少事故的发生。</p>	<p style="text-align: center;">视频导入/讨论</p> <p style="text-align: center;">讲授 讲授（结合工作页与斯沃数控仿真系统）</p> <p>★★教学重难点 四段教学法（任务准备→教师演示→学生模仿→总结练习）掌握重点，突破难点</p> <p>★★★教学重难点 四段教学法（任务准备→教师演示→学生模仿→总结练习）掌握重点，突破难点</p>



教学过程设计	教学组织
<p>2、数控车床结构与车床面板（现场讲解与演示）（15min）：</p> <p>（1）数控车床的组成与结构，数控车床与普通车床的区别</p> <p>（2）系统面板</p> <p>（3）控制面板</p> <p>3、数控车床的基本操作（教师现场讲解与演示，学生实战练习）（20min）</p> <p>（1）数控车床的开/关机。</p> <p>（2）手动返回机床参考点（回零）。</p> <p>（3）手动连续进给，点动进给，手轮进给。</p> <p>（4）主轴开/关，变速操作。</p> <p>（5）手动换刀。</p> <p>（6）手动尾座的操作（尾座体的移动和尾座套筒的移动）。</p> <p>（7）机床的急停方式：</p> <p>①按下紧急停止按钮“EMERSTOP”；</p> <p>②按下复位键（RESET）；</p> <p>③按下NC装置电源断开按钮“OFF”【注意：非万不得已强烈不推荐使用】；</p> <p>④按下进给中停按钮</p> <p>⑤进给倍率旋钮调至0%。</p> <p>（8）MDI的运行（教师现场讲解与演示，学生实战练习）</p> <p>（1）①MDI模式下换刀</p> <p>（2）②设定主轴转速并使主轴正转</p> <p>4、短外圆柱面车削操作练习（教师现场讲解与演示，学生实战练习）（20min）</p> <p>在手摇方式（HANDLE）或手动方式（JOG）状态下，车削短圆柱外圆面，车削时以每次直径方向1mm逐次进行。</p> <p>5、程序的编辑和管理（教师现场讲解与演示，学生实战练习）（20min）</p> <p>程序的编辑和管理主要包括如何新建程序和编辑程序。</p> <p>现场操作注意事项：</p> <p>（1）操作数控车床时应确保安全，包括人身和设备的安全。</p> <p>（2）禁止多人同时操作机床。</p> <p>（3）禁止让机床在同一方向连续“超程”。</p> <p>（四）总结、展示与评价（70min）</p> <p>1、知识学习</p> <p>教师发布工作任务，学生查阅电子学习资料（手机/计算机），填写学习工作页，教师巡回指导。</p> <p>教材P1-2-6~P1-3-13工作页相关题目/知识的学习与填写。</p> <p>分组讨论，组长分解任务，共同完成工作任务</p> <p>2、展示与评价</p> <p>（1）学生展示</p> <p>（2）教师点评与记录</p> <p>3、归纳总结</p> <p>（1）教师归纳总结知识点，对部分共性问题知识点进行讲解。</p> <p>（2）学生根据教师归纳总结的知识完善工作页。</p>	<p>★★★安全第一，安全监督是重中之重，在学生练习阶段两名指导教师一定要加强巡回指导，确保教学安全顺利实施</p>



教学过程设计	教学组织
<p>四、作业布置 (10min)</p> <ol style="list-style-type: none">1、改善、完善工作页2、实训室环境及工作场地环境卫生 <p>思考</p> <ol style="list-style-type: none">(1) 数控车床的安全操作规程。(2) 机床的开启、运行、停止有哪些注意事项?(3) 急停机床主要有哪些方法?(4) 手动操作机床的主要内容有哪些?机床“回零”的主要作用是什么?	



教学过程设计	教学组织
<p style="text-align: center;">技术指导</p> <p>3.4.1 数控技术的基本概念与数控机床的特点</p> <p>1、数控技术的基本概念</p> <p>(1) 数字控制 (Numerical Control), 简称数控 (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。</p> <p>(2) 数控技术 (Numerical Control Technology) 用数字量及字符发出指令并实现自动控制的技术, 它已经成为制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础技术。</p> <p>(3) 数控系统 (Numerical Control System) 采用数字控制技术的控制系统。</p> <p>(4) 计算机数控 (Computer Numerical Control System) 以计算机为核心的数控系统。</p> <p>(5) 数控机床 (Numerical Control Machine Tools) 采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的机床。数控机床是一个装有程序控制系统的机床, 该系统能够逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令编制的程序。定义中所说的程序控制系统即数控系统。也可以这么说: 把数字化的刀具移动轨迹信息输入数控装置, 经过译码、运算, 从而实现控制刀具与工件相对运动, 加工出所需要的零件的机床即为数控机床</p> <p>2、数控机床的特点</p> <p>现代数控机床具有许多普通机床无法实现的特殊功能, 其特点如下:</p> <p>(1) 加工零件适应性强, 灵活性好 数控机床是一种高度自动化和高效率的机床, 可适应不同品种和不同尺寸规格工件的自动加工, 能完成很多普通机床难以胜任或者根本不可能加工出来的复杂型面的零件的加工。当加工对象改变时, 只要改变数控加工程序, 就可改变加工零件的品种, 为复杂结构的单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的便利。数控机床首先在航空航天等领域获得应用, 如复杂曲面的模具加工、螺旋桨及涡轮叶片加工等。</p> <p>(2) 加工精度高, 产品质量稳定 数控机床按照预定的程序自动加工, 不受人为因素的影响, 加工同批零件尺寸的一致性好, 其加工精度由机床来保证, 还可利用软件来校正和补偿误差, 加工精度高, 质量稳定, 产品合格率高。因此, 能获得比机床本身精度还要高的加工精度及重复精度 (中、小型数控机床的定位精度可达 0.005 mm, 重复定位精度可达 0.002 mm)。</p> <p>(3) 综合功能强, 生产效率高 数控机床的生产效率比普通机床高 2~3 倍。尤其是某些复杂零件的加工, 生产效率可提高十几倍甚至几十倍。这是因为数控机床具有良好的结构刚度, 可进行大切削用量的强力切削, 能有效地节省机动时间, 还具有自动变速、自动换刀、自动交换工件和其他辅助操作自动化等功能, 使辅助时间缩短, 而且无需工序间的检测和测量。对壳体零件采用加工中心进行加工, 利用转台自动换位、自动换刀, 几乎可以实现在一次装夹的情况下完成零件的全部加工, 节约了工序之间的运输、测量、装夹等辅助时间。</p> <p>(4) 自动化程度高, 减轻工人劳动强度 数控机床主要是自动加工, 能自动换刀、启停切削液、自动变速等, 其大部分操作不需人工完成, 可大大减轻操作者的劳动强度和紧张程度, 改善劳动条件。</p>	



教学过程设计

教学组织

(5) 生产成本降低, 经济效益好

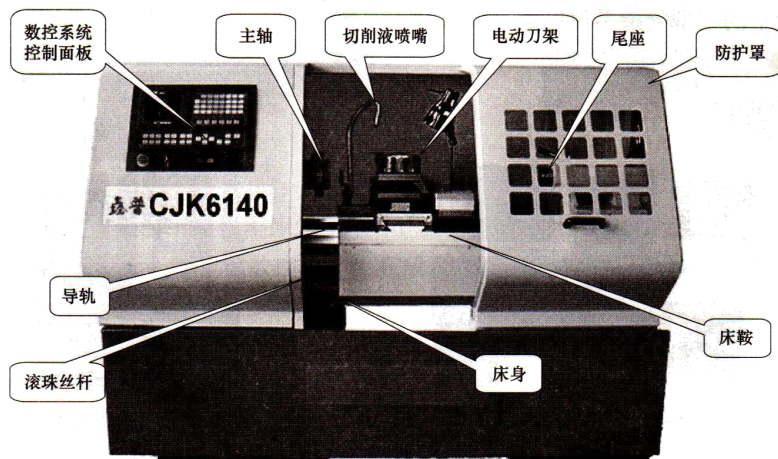
数控机床自动化程度高, 减少了操作人员的人数, 同时加工精度稳定, 降低了废品、次品率, 使生产成本下降。在单件、小批量生产情况下, 使用数控机床加工, 可节省划线工时, 减少调整、加工和检验时间, 节省直接生产费用和工艺装备费用。此外, 数控机床可实现一机多用, 节省厂房面积和建厂投资。因此, 使用数控机床仍可获得良好的经济效益。

(6) 数字化生产, 管理水平提高

在数控机床上加工, 能准确地计算零件加工时间, 加强了零件的计时性, 便于实现生产计划调度, 简化和减少了检验、工具与夹具准备、半成品调度等管理工作。数控机末具有的通信接口, 可实现计算机之间的连接, 组成工业局部网络 (LAN), 采用制造自动化协议 (MAP) 规范, 实现生产过程的计算机管理与控制。

3、数控车床的结构

数控车床的布局, 大都采用机、电、液、气一体化布局, 全封闭或半封闭防护。数控车床的组成也有许多不同于普通车床之处。数控车床主要由车床本体和数控系统两大部分组成。车床本体由床身、主轴、导轨、刀架、冷却装置等组成。CJK6140 数控车床的组成如图所示。



- (1) 床身: 用于连接车床上的主要部件。
- (2) 床鞍: 支撑刀架在导轨上移动。
- (3) 防护罩: 防止切屑及工件飞出。
- (4) 尾座: 用于安装顶尖或钻头。
- (5) 四位电动刀架 (也可安装六位电动刀架): 用于安装车刀并根据指令换刀。
- (6) 切削液喷嘴: 将切削液注入切削区。
- (7) 主轴: 带动工件旋转。
- (8) 数控系统控制面板: 通过面板上的按键输入程序或控制数控车床各种方式的运动。
- (9) 导轨: 用来引导床鞍和尾座的移动。
- (10) 滚珠丝杠: 将伺服电动机的旋转运动转化为刀架的移动。

由于数控车床刀架的纵向 (Z 向) 和横向 (X 向) 运动分别采用两台伺服电动机驱动, 经滚珠丝杠传到滑板和刀架, 不必使用挂轮、光杠等传动部件, 所以它的传动链短; 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, 它可以按控制指令作无级变速, 与主轴间无须再用多级齿轮副来进行变速, 其床头箱内的结构也比普通车床简单得多。故数控车床的结构大为简化, 其精度和刚度大大提高。



教学过程设计

教学组织

3.4.2 数控车床的日常维护保养

1、接通电源前

- ①检查冷却液、液压油、润滑油的油量是否充足。
- ②检查工具、量具等是否已准备好。
- ③切屑槽内的切屑是否已处理干净。

2、接通电源后

- ①检查操作盘上的各指示灯是否正常，各按钮、开关是否处于正确位置。
- ②CRT 显示屏上是否有任何报警显示，若有问题应及时予以处理。
- ③液压装置的压力表是否指示在所要求的范围内。
- ④各控制箱的冷却风扇是否正常运转。
- ⑤刀具是否正确夹紧在刀夹上，刀夹与回转刀台是否可靠夹紧，刀具是否有损伤。
- ⑥若机床带有导套、夹簧，应确认其调整是否合适。

3、机床运转后

- ①运转中，主轴、滑板处是否有异常噪音。
- ②有无与平常不同的异常现象。如：声音、温度、裂纹、气味等。

4、数控车床的停止

- ①检查循环情况 控制板上循环启动指示灯 LED 熄灭，循环启动应在停止状态。
- ②检查可移动部件 车床的所有可移动部件都应处于停止状态。
- ③检查外部设备 如有外部输入/输出设备，应全部关闭。
- ④关闭机床操作电源 按操作面板上电源断电按钮（红色）。此时操作面板上电源的指示灯熄灭，机床液压泵也随之关闭。
- ⑤关闭机床电源 将电源开关的手柄拨到关闭挡，关闭机床电源。此时电器柜的冷却风扇随之关闭。如果较长时间不用机床，可关闭机床供给电源。

3.4.3 了解数控车床面板

FANUC 系统数控车床控制面板分为数控系统面板，机床操作面板和 CRT 显示屏三个部分，如图：



FANUC 系统数控车床控制面板

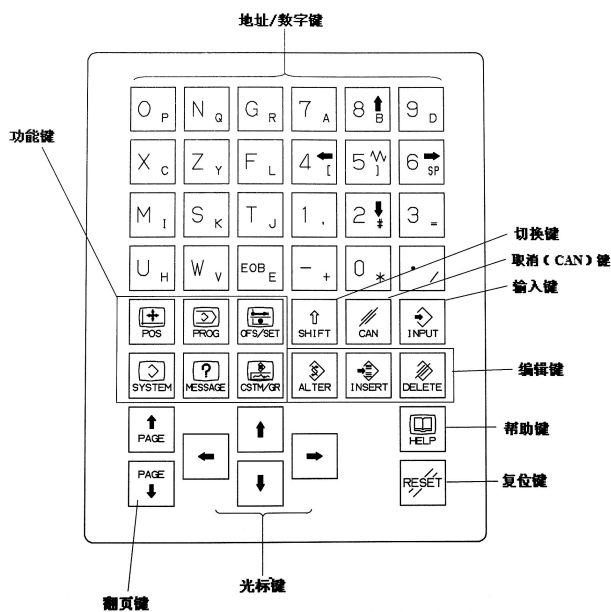
1、FANUC 数控系统面板（MDI 面板）

数控系统面板由地址/数字键区、程序编辑键区、功能键区、光标页面键区及复位键、切换键、CAN 取消键、输入键、帮助键等组成了四区五键式的 MDI 键盘单元。如图所示。



教学过程设计

教学组织



FANUC 系统面板

数控系统面板功能键说明见下表。

表 数控系统面板功能键说明

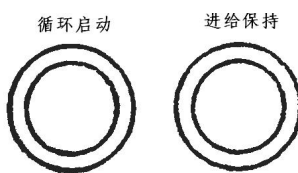
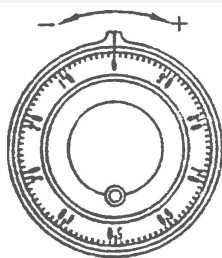
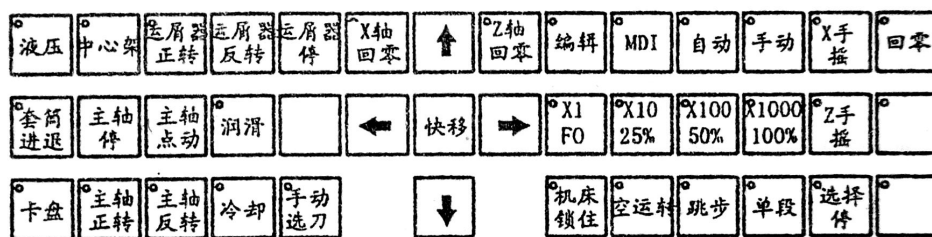
序号	名称	说明
1	复位键 	按此键可使 CNC 复位，用以消除报警等。
2	帮助键 	按此键用来显示如何操作机床，如 MDI 键的操作。可在 CNC 发生报警时提供报警的详细信息（帮助功能）。
3	软键	根据其使用场合，软键有各种功能。软键功能显示在 CRT 屏幕的底部。
4	地址和数字键 	按这些键可输入字母，数字以及其它字符。
5	换挡键 	在有些键的顶部有二个字符。按〈SHIFT〉键来选择字符。当一个特殊字符 \hat{E} 在屏幕上显示时，表示键面右下角的字符可以输入。
6	输入键 	当按了地址键或数字键后，数据被输入到缓冲器，并在 CRT 屏幕上显示出来。为了把键入到输入缓冲器中的数据拷贝到寄存器，按〈INPUT〉键。这个键相当于软键的 [INPUT] 键，按此二键的结果是一样的。
7	取消键 	按此键可删除已输入到输入缓冲器的最后一个字符或符号。 当显示键入缓冲器数据为：>N001 X100Z_时，按  键，则字符 Z 被取消，并显示：>N001X100



教学过程设计		教学组织
8	<p>程序编辑键</p> 	当编辑程序时按这些键。
9	<p>功能键</p> 	按这些键用于切换各种功能显示画面。
10	<p>光标移动键</p> 	<p>这是四个不同的光标移动键。</p> <ul style="list-style-type: none"> : 将光标朝右或前进方向移动。 : 将光标朝左或倒退方向移动。 : 将光标朝下或前进方向移动。 : 将光标朝上或倒退方向移动。
11	<p>翻页键</p> 	<p>这二个翻页键的说明如下:</p> <ul style="list-style-type: none"> : 这个键是用于在屏幕上朝前翻一页 : 这个键是用于在屏幕上朝后翻一页

2、数控车床操作面板

机床操作面板是由机床厂家配合数控系统自主设计的。不同厂家的产品，机床控制面板是各不相同的。甚至同一厂家，不同批次的产品，其机床控制面板也不相同。因此，这部分内容的学习，应该根据本单位实际机床的操作面板来学习。如图所示的机床操作面板为沈阳机床厂生产的CKA6136/750型数控车床机床操作面板。



CAK6136/750型数控车床的机床操作面板



教学过程设计	教学组织
<p>(1) 电源控制功能按钮</p> <p>(1) NC 系统电源按钮 按  按钮数秒钟后, 荧光屏出现显示, 表示机床控制系统已通入电源, 准备工作。按  按钮后, 控制机电源切断后, 荧光屏显示消失, 机床控制系统断电。</p> <p>(2) 急停按钮 在紧急情况下按此按钮, 则机床各部分将全部停止运动, NC 控制系统处于清零状态, 并切断主电机系统。</p> <p>(2) 刀架移动控制按键</p> <p>①点动按键 是控制刀架进行移动的。在手动状态下, 点动按键按图示箭头方向, 以+X、-X、+Z、-Z 方向实现刀架移动, 放开按键则停止运动。</p> <p>②快移按键 当此按键与点动按键同时按下时, 刀架按快速移动 G00 速度移动所按方向运动。</p> <p>③快速移动倍率按键: 按键“F0、25%、50%、100%”, 可改变刀架的快速移动速度。(快速移动速度 G00 是按系统参数设定的, 此按键是改变快移速度的倍率)</p> <p>④进给倍率开关 刀架进行自动时调整进给倍率, 在 0~120% 区间调节。</p> <p>⑤回零操作 在“回零”方式下, 分别按 X 轴或 Z 轴的正方向按回零键不松手, 则 X 轴或 Z 轴以指定的倍率向正方向移动, 当压合回零限位开关时机床刀架减速, 以设定的低速进给速度移到回零点。相应 X 轴或 Z 轴回零指示灯亮, 表示刀架已回到机床零点位置。</p> <p>⑥手摇轮操作 启动“X 手摇”或“Z 手摇”按键, 通过手摇实现刀架移动。</p> <p>⑦“X 手摇”或“Z 手摇”键 按下“X 手摇”或“Z 手摇”键, 指示灯亮, 机床处于 X 手摇或 Z 手摇进给操作状态, 操作者可以通过手摇轮来控制 X 轴或 Z 轴的运动方向。其速度快慢可由“×1、×10、×100、×1000”四个键来控制。(在示例机床中此四个按键, 分别与快速移动倍率键“F0、25%、50%、100%”为同一按键)</p> <p>(3) 主轴控制按键</p> <p>①“主轴正转”按钮 按此键, 主轴将顺时针旋转, 按键内指示灯亮。(此按键仅在手动状态下时起作用, 若主轴需反转, 则须先按“主轴停”按钮, 停转后, 再按“主轴反转”键)</p> <p>②“主轴反转”按钮 按此键, 主轴将逆时针旋转, 按键内指示灯亮。(主轴的转速由手动数据输入或程序中的 S__ 码指令决定)</p> <p>③“主轴停止”按钮 按此键, 主轴电机停止, 并且通过刹车盘进行刹车控制。(一般情况下, 刹车动作保持 4 秒钟, 主轴电机停止也可通过复位键和操作面板上“急停按钮”来进行控制)</p> <p>④“主轴点动”按钮 按此键, 主轴电机旋转, 抬手主轴电机停止。(有档位的车床, 可检测换档时的连接状况和主轴试启动)</p> <p>⑤主轴倍率开关 此开关可以调整主轴的转速, 即改变 S__ 码指令速度, 使之按主轴的转速调整范围 50%~120% 之间的倍率发生变化。(此开关在除螺纹加工的任何工作状态下均起作用)</p> <p>(4) 工作状态控制按键</p> <p>①“编辑”按键 在此状态下可以把工件程序读(输)入 NC 数控系统中, 可以对编入的程序进行修改、插入和删除等操作。</p> <p>②“自动”按键 在此状态下可进行存储程序的顺序号检索、自动加工等操作。如加工程序在编辑状态下以登录 NC 数控系统, 按下此键, 指示灯亮, 机床进入自动操作方式, 再按下循环启动键启动 NC 控制机, 程序自动执行加工操作。</p> <p>③“MDI”按键 此状态为手动数据输入状态。一般情况下“MDI”方式是用来进行单段程序的输入, 并按循环启动键启动 NC 控制机执行。如换刀语句 T0101, 或者主轴旋转语句 M03 S××等短语句, 它只是针对一句或几句的程序段, 不需要编写程序号和程序序号, 并且程序一旦执行完以后,</p>	



教学过程设计	教学组织
<p>程序就不再驻留在内存。</p> <p>④“手动”按键 手动状态即 JOG 状态，按下此键，指示灯亮，机床进入手动操作方式，此时可按刀架移动控制方向按键，移动机床各轴和实现机床各种手动功能的操作。</p> <p>(5) 循环控制按键</p> <p>①“循环启动”按键 按此键，使采用编辑及手动方式输入数控系统内的程序被自动执行，在执行程序时，该键内的指示灯亮，执行完毕后灯灭。</p> <p>循环启动键在以下情况下不起作用：</p> <ol style="list-style-type: none"> 急停状态。 复位状态。 程序顺序号检索时。 在报警发生时。 在“状态键”选择了除“自动”或“MDI”按键状态以外的按键状态。 在 NC 控制机没有准备好时。 <p>②“进给保持”按键 当机床在自动循环操作中，按此按键，刀架运动立即停止，循环启动键指示灯灭，进给保持指示灯亮。循环启动键可以消除进给保持状态，使机床继续工作。</p> <p>说明：</p> <ol style="list-style-type: none"> 在“进给保持”状态，可以对机床进行任何的手动操作。 G32、G76、G92 螺纹切削时“进给保持”按键无效。 <p>③“选择停”键 当机床在自动循环操作中，“选择停”按钮被按下时，“选择停”指示灯亮，程序中有 M01（选择停）指令时，机床将停止工作，若重新继续工作，再按“循环启动”按钮，可以使“选择停”机能取消，使机床继续按规定的程序执行动作。</p> <p>④程序段“跳步”键 程序段跳步又叫“块删除”，此按钮有两个工作状态。当按下此键时指示灯亮，表示“程序段跳步”机能有效，再按下此键，指示灯灭，表示取消了“程序段跳步”机能。</p> <p>在“程序段跳步”机能有效时，运行程序中有“/”标记的程序段不执行，也不能进入缓冲寄存器，程序执行转到跳步程序段的下一段，即无“/”标记的程序段。</p> <p>在“程序段跳步”机能无效时，运行程序中带有“/”标记的程序段执行，因而，程序中的所有程序段均被依次执行。</p> <p>⑤“单程序段”键 此按钮有两个工作状态。当按一下此键时，指示灯亮，表示“单段”机能有效，再按一下此键，指示灯灭，表示“单段”机能取消。当“单段”机能有效时，每按一下“循环启动”按钮，机床只执行一个程序段的指令。</p> <p>⑥“空运转”键 此按钮有两个工作状态。当按一下此键时，指示灯亮，表示“空运转”机能有效。通常，使用空运行来确认机床运行状态的正确性。此时程序中的全部 F 码都无效，机床的进给按“点动倍率”选择开关所选定的进给量 (mm/min) 来执行。“进给倍率”选择开关无效，通常机床的进给是 mm/转（即 F 码），置“空运转”后机床的进给是 mm/分，再按一下此按钮，指示灯灭，表示“空运转”机能取消。</p> <p>⑦“机床锁住”键 此按钮有两个工作状态。当按一下此键时，指示灯亮，表示“机床锁住”机能有效，此时机床刀架不能移动，也就是机床进给不能执行。但程序的执行和显示都正常，但可能造成坐标系的改变，应谨慎使用（一般取消该功能后应对机床进行回零操作）。再按一下此按钮，指示灯灭，表示本机能取消。</p> <p>(6) 电动刀架控制按键</p> <p>电动刀架可通过 T 代码进行自动转位选刀，也可用“手动选刀”按钮进行手动转位选刀。</p>	




教学过程设计


教学组织

①“手动选刀”按键 手动状态下，按此键，刀架转过一个工位并在最近的一个工位停止锁紧，如继续按下不松开，刀架始终转位。手动转位只能朝一个方向转动。在MDI和自动方式下，手动转位失效。

②自动选刀方法如下：

a. 将状态选择在  手动数据输入状态按键；

b. 按  键在MDI画面；

c. 再按  码和数学键0-4选择刀号及刀补号；

d. 再按  及  输入；

e. 按“循环启动”按键，刀架转至指定位置落下卡紧。

(7) 冷却液控制按键

“冷却”按键：冷却液的控制部分有自动和手动控制两种。

①手动时，当按冷却键时，冷却泵启动。此时冷却键内的指示灯亮，再按之则指示灯灭，冷却液停止。

②自动时可加在程序中通过M08指令来实现，当有冷却液开指令（M08）时，冷却泵启动，且冷却键内的指示灯亮；当有冷却液停指令（M09）时，冷却液停止，且冷却键内的指示灯灭。

(8) 数据保护按键

数据保护开关是钥匙开关，用以防止破坏内存程序。当在“0”状态是，程序保护有效，内存程序将受到保护即不可以对内存程序进行编辑、修改。当在“1”状态是，程序保护无效，即可以对内存程序进行编辑、修改。

(9) 导轨润滑按键

“润滑”按键：有自动和手动两种工作状态。自动时，系统上电后，机床自动间歇润滑，直至系统断电。手动时，当按下此键时，指示灯亮，导轨润滑。


3.4.4 数控车床的基本操作

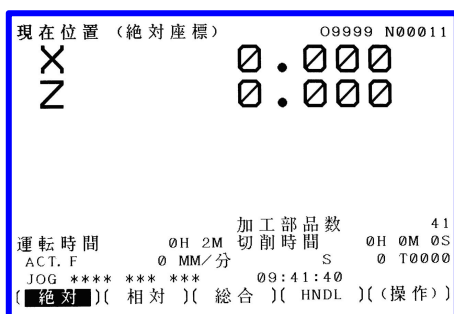
1、电源的通/断

(1) 接通电源操作

①检查CNC机床的外表是否正常（如后面电控柜的门是否关上，车床内部是否有其他异物等）。

②将数控车床头侧边电控柜上的主电源开关旋至“ON”位（应能听到电控柜风扇和主轴电动机风扇开始工作的声音）。

③按操作面板上，系统电源  按键，接通系统电源。该过程需等待10几秒时间，完成CNC系统的装载，CRT显示屏出现如图示画面：



位置画面




报警画面



教学过程设计

教学组织


④在电源接通后，检查位置画面的显示。如果接通电源时发生报警，会显示报警画面（如急停开关未松开，轴超行程或机床故障等），如图所示。

⑤电源启动后，该系统会显示液压报警信息，是因为开机后液压泵工作要人工开启，按下  液压报警按钮，启动液压泵后，报警消除进入正常系统画面。

警告：

电源接通后，在坐标画面或报警画面出现之前，不要对机床按键进行任何操作。某些键是用于维护或是专用的。当它们被按时，可能会发生意想不到的现象。






(2) 断开电源操作

- ①将工作台移动到安全位置，检查操作面板上循环启动的指示灯 LED，循环启动应在停止状态。
- ②检查 CNC 机床的所有可移动部件都处于停止状态。
- ③清除工作区加工件积屑，擦拭机身、导轨、刀架、拖板处冷却残液，人工或自动注导轨油。
- ④按下系统电源  按键，关闭 CNC 系统和 CRT 下屏幕电源。
- ⑤将电气柜侧面的电源开关旋至“OFF”关闭机床主电源。

2、手动操作

(1) 手动返回参考点操作

由于该系统装置，采用增量式检测反馈装置，未设有绝对测量零点。所以开机后，必须进行“回零”操作，以确认其测量起点。即将刀架返回机床参考点。有手动参考点返回和自动参考点返回两种方法。通常情况下，在开机时采用手动参考点返回方法，其操作方法如下：

- ①将机床操作模式  按键启动，回零灯亮。
- ②按住“+X”  方向键，直至刀具返回到参考点， 灯亮，完成 X 轴回零操作。
- ③同理，按住“+Z”  方向键，至  灯亮，完成 Z 轴回零操作。

注意：

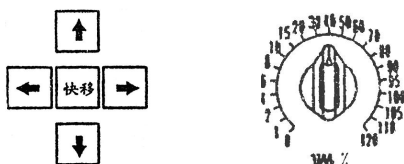
- a. 参考点返回时，先移动“+X”轴。
- b. 应防止参考点返回过程中刀架与工件、尾座发生碰撞。
- c. 回零操作时，刀具以快速移动速度运动。

快速移动速度可以有四档倍率。当刀具返回到参考点后，返回参考点完成灯 LED 点亮。通常刀具是沿着一个轴移动的。由四档倍率控制，为了达到回零操作更准确性，应减小速度。

(2) 手动连续进给 (JOG) 操作

在手动连续进给方式，按机床操作面板上的进给轴的方向选择键，机床沿选定轴的选定方向移动。手动连续进给速度由系统参数来设定。在操作过程中，手动连续进给速度可用进给倍率开关调节控制。

按快速移动按键，以快速移动速度移动机床，而与 JOG 进给速度倍率刻度盘的位置无关。此功能称之为手动快速移动。手动操作通常一次只能移动一个轴。





进给倍率开关和方向选择键





教学过程设计

教学组织



手动连续进给操作步骤：

- ①按手动连续按键  操作方式。
- ②按进给轴的方向选择开关，机床沿相应的轴的相应方向移动。（在按键被按期间，机床按系统参数设定的进给速度移动。释放开关，机床就停止。
- ③手动连续进给速度可由手动连续进给速度倍率刻度盘调整。
- ④若在按进给轴的方向选择按键期间，同时按下  按键，则在快速移动按键被按期间，机床按快速移动速度运动（在快速移动期间，快速移动倍率有效）。

说明：



- a. 在手动每转进给期间，机床按下述速度进给：
主轴每转进给距离 F (mm/转) \times JOG 进给速度倍率 \times 实际主轴速度 (转/分)。
- b. 在按进给轴的方向选择按键期间，将操作方式按键切换到手动连续按键  操作方式，此操作方式进给无效。为了使“手动”进给有效，首先切换到手动连续按键  操作方式，然后再按进给轴的方式选择按键。

(3) 手轮进给操作

在手轮进给操作方式下，可使机床微量进给，机床可采用转动机床操作面板上手摇脉冲发生器而连续不断地移动各轴。用   按键选择移动轴。

手摇脉冲发生器旋转一个刻度时刀具移动的最小距离等于最小输入增量单（如该数控系统最小输入增量是 0.001mm，移动量可按每摇一个刻度，刀台将走 0.001mm、0.01mm、0.1mm、1mm 计算）

手摇轮进给操作步骤：

- ①按  或  按键选定手摇进给操作方式。
- ②转动手轮，顺时针旋转……向+X 向移动；逆时针旋转……向-X 向移动。
- ③转动手轮，顺时针旋转……向+Z 向移动；逆时针旋转……向-Z 向移动。
- ④旋转手轮机床沿选择轴移动（旋转手轮 360°，机床移动距离相当于 100 个刻度的距离）。
- ⑤轴移动量是按手轮进给倍率按键 [$\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 、 $\times 1000$]，选择机床移动的倍率。手摇脉冲发生器转过一个刻度机床移动的最小距离等于最小输入增量单位。


注意：

- a. 手摇脉冲发生器应以 5r/s 或低于 5 转的速度转动手摇脉冲发生器。若非常快的速度转动，手摇脉冲发生器停止转动时刀具可能不立即停止，或者运动距离与手摇脉冲刻度值不相符。
- b. 当倍率大时（如 $\times 100$ ），快速转动手轮会使刀具移动太快，此时速度被箝制在快速移动速度。

3、MDI 运行操作方式

在 MDI 运行操作方式下，用 MDI 编辑面板上的按键，在程序显示画面可编制最多 10 行程序段（与普通程序的格式一样），然后执行。MDI 运行用于简单的测试操作。


MDI 运行的操作步骤：

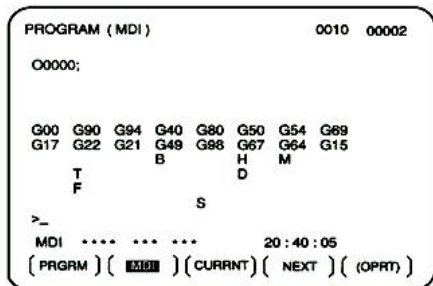
- ①按  运行方式操作按键。



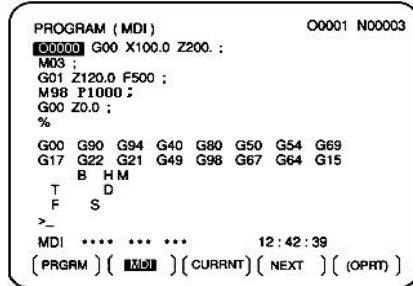
教学过程设计

教学组织

②按 MDI 编辑面板上  功能键选择程序画面。出现图示画面：自动输入程序号 00000。



程序画面




执行中的程序画面


③与普通程序编辑方法类似，编制要执行的程序。在最后一个程序段中指定 M99，可在运行结束之后返回到程序的开头。在 MDI 方式中建立的程序，字的插入，修改，删除，字检索，地址检索以及程序检索都是有效的。

④删除 MDI 方式中建立的程序，可使用下述方法：

a. 输入地址 ，然后按 MDI 面板上  键删除程序。

b. 按  键删除输入的程序。

⑤为了执行程序，须将光标移到程序头（也可以从中间开始）。按操作板上的循环起动按钮，于是程序开始执行如图所示。当执行到程序结束代码 [M02, M30] 或 ER [%] 时，程序自动删除而且运行结束（用 M99 指令，程序执行后返回到程序的开头）。

⑥停止 MDI 运行可按机床操作面板上的进给暂停按钮。进给暂停灯亮而循环起动灯灭。终止 MDI 运行可按 MDI 面板上的  键。自动运行结束并进入复位状态。当在移动期间复位时，移动减速然后停止。

4、安全功能操作

为了安全，要立即停止机床运动时，可以按急停按钮。为了防止机床超出行程终点，系统有超程检查和行程检查功能。本节介绍急停、超程检查和行程检查。

(1) 急停按钮操作

①机床在遇到紧急情况时，为了安全，要立即停止机床运动，可以按急停按钮。主轴也马上紧急刹车。

②急停按钮按下后，机床被锁住，电机电源被切断。

③排除不正常故障，当清除故障因素后，急停按钮复位，机床操作正常。

说明：a. 该按钮被按下时，会产生直接自锁，但通常是旋转按钮即可释放。

b. 当机床排除故障，急停按钮旋转复位后，一定要执行返回参考点（回零）操作，然后在进行其它正常操作。

5、程序的编辑

程序编辑操作包括新程序的建立，字的插入、修改、删除和替换。编辑操作还包括整个程序的删除和自动插入顺序号。在编辑功能操作中，主要包括编辑功能区各键，地址/数字键区各键和切换键等功能键的使用和相应的功能操作。

(1) 编辑功能键的作用：



教学过程设计

教学组织



替换键 替换光标所在位置的指令字



程序输入键 把键入到输入缓冲器中的程序拷贝到寄存器



程序删除键



取消键



切换键



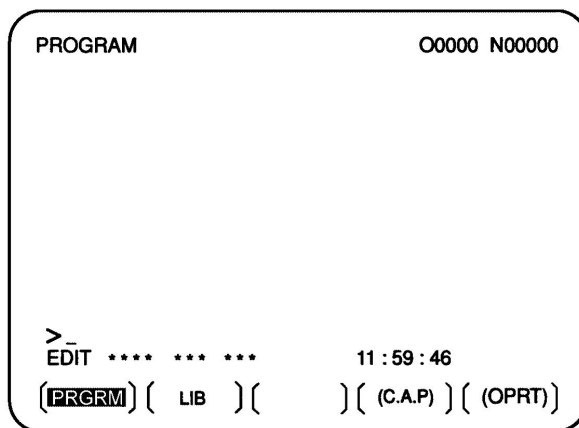
输入键

(2) 创建程序的步骤

①进入 EDIT 方式。



②按 键。如没有存储程序，则显示图示画面。如果有存储程序，则显示当前选择的程序。



无存储程序的程序画面

③按地址键 并输入欲存储程序的程序号。

④按 键。

例如，当程序用程序号 10 存储时，键入 *，然后按 。这就存储了一个新程序号 O0010。