

数控车编程与技能训练目录

前言

项目一： 数控车床编程基础知识

任务 1 认识数控机床坐标系

任务 2 数控机床操作过程中的安全事项

项目二： 数控车的常用刀具

任务 1 数控车刀的常见类型与选用

任务 2 数控车刀的安装与修磨技术

项目三： 数控车床操作

任务 1 FANUC 系统数控车床操作

任务 2 FANUC 系统数控车床的数控指令

任务 3 仿真软件操作

任务 4 FANUC 系统图形模拟加工和自动加工

项目四： 数控车削基本典型生产案例技术训练

生产任务 1 300、500 离心机端盖销子加工

生产任务 2 风口大套吊装销子加工

生产任务 3 轴套 A 加工

生产任务 4 主机地脚螺栓

生产任务 5 密封环加工

生产任务 6 前端头特型面加工

项目五： 数控车削典型综合生产案例技术训练

生产任务 1 HL6 出炉电减联轴器加工

生产任务 2 闷盖加工

生产任务 3： 下引锭法兰

生产任务 4： 定位锥心合座

附录：

一、数控机床常见的一些机械故障以及维护维修

二、FANUC OM 系统参数丢失的处理

三、FANUC 0 系统常用参数

参考文献

前言

迁西县职业技术教育中心的机械加工技术专业有实训场地 4100 平方米，有四个教学生产车间，分为立车教学生产车间、高速钢复合耐磨轧辊教学生产车间、通用设备教学生产车间、车工实训教学车间，设备先进、齐全，可以为社会进行各种服务，我校实行教学生产一体化的人才培养模式，机械加工专业实行四段式现代师徒制教学模式，教学与生产相融合，校企融合，达到厂中校，校中厂。为了适应当地经济发展的需要，适合我校的人才培养模式和教学模式的需求，特引入实际生产为案例，以实用，适用为原则进行编写了这门教材，还可能不足之处，请给予指正。

知识目标

1. 熟悉数控车机床原点
2. 熟悉数控车常用刀具、夹具。
3. 熟悉数控车机床安全操作要求 4. 会按要求检查设备。

技能目标

1. 掌握机床的坐标系的规定。2. 根据卡笛儿手则判定机床正方向

情感目标

养成良好的学习态度，和严谨认真的兴格。

任务 1：认识数控机床坐标系

理论知识

机床的原点和参考点

1. 机床原点

机床原点是指在机床上设置的一个固定点，即机床坐标系的原点。它在机床装配、调试时就已确定下来，是数控机床进行加工运动的基准参考点。

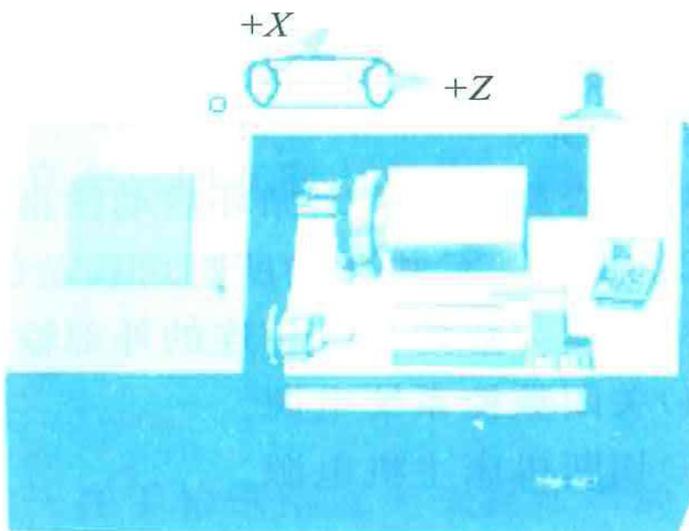


图 1-1-1 车床各坐标轴及其正方向

在数控车床上，机床原点一般取在卡盘端面与主轴中心线的交点处。同时，通过设置参数的方法，也可将机床原点设定在 x 、 Z 坐标的正方向极限位置上。

2. 机床参考点

机床参考点的位置是由机床制造厂家在每个进给轴上用限位开关精确调整好的，坐标值已输入数控系统中。因此参考点对机床原点的坐标是一个已知数。图 1-1-2 所示为数控车床的参考点与机床原点。

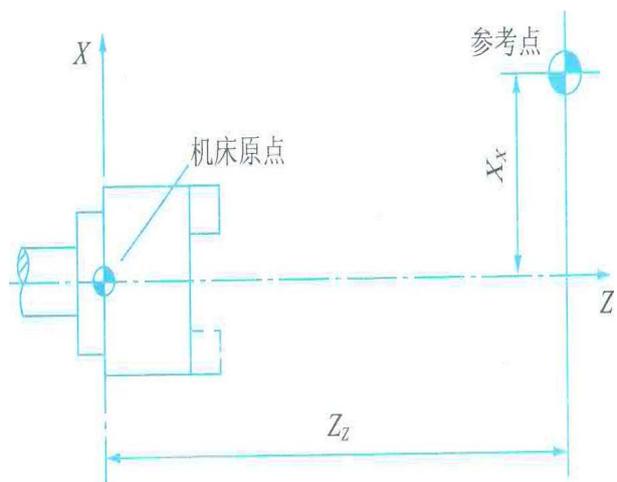


图 1-1-2 机床原点与机床参考点

小提示：机床原点和机床参考点都是机床制造商设定，制造商通过设置机床参数可将机床原

点与机床参考点之间的距离输入到数控系统里。

技能训练

一、机床坐标系

1. 机床相对运动的规定

数控编程时，不管是什么样的机床，我们始终认为工件静止，而刀具是运动的。这样编程人员存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，确定机床的加工过程。

2. 机床坐标系的规定

标准机床坐标系中 X、y、Z 坐标轴的相互关系用右手笛卡儿直角坐标系决定。

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。

标准机床坐标系中 X、y、Z 坐标轴的相互关系用右手笛卡儿直角坐标系建立。

1) 伸出右手的大拇指、食指和中指，并互为 90 度。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) 同绕 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，如图 1-1-3 所示。

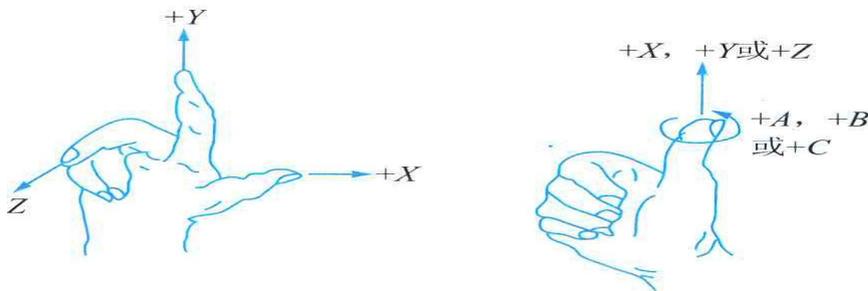


图 1-1-3 右手笛卡儿直角坐标系

3. 各坐标轴的确定

数控机床一般先确定 Z 轴，然后确定 X、y 轴。Z 轴是带动工件旋转的主轴；X 轴处于水平方向，垂直于 Z 轴，平行于工件的装夹平面；最后再利用右手笛卡儿直角坐标系确定 y 轴。数控车床只有 X、Z 两个轴，没有 y 轴。

4. 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。

任务 2：数控机床操作过程中的安全事项

理论知识

一、数控机床操作过程中的安全事项

1. 操作人员必须熟悉数控车床的使用说明书等有关资料。如：主要技术参数、传动原理、主要结构、润滑部位及维护保养等一般知识。
2. 开机前应对数控车床进行全面细致的检查，包括操作面板、导轨面、卡爪、尾座、刀架、刀具等，确认无误后方可操作。
3. 数控车床通电后，检查各开关、按钮和按键是否正常、灵活，机床有无异常现象。
4. 检查电压、油压是否正常，有手动润滑的部位先要进行手动润滑。
5. 各坐标轴手动回零。注意“回零”前，机床各轴的位置要距离机械原点 100mm 以上。
6. 程序输入后，应仔细核对代码、地址、数值、正负号、小数点及语法是否正确。
7. 正确测量和计算工件坐标系，并对所得结果进行检查。
8. 输入工件坐标系，并对坐标、坐标值、正负号及小数点进行认真核对。
9. 未装工件前，空运行一次程序，看程序能否顺利运行，刀具和夹具安装是否合理，有无超程现象。
10. 无论是首次加工的零件，还是重复加工的零件，都必须对照图样、工艺规程、加工程序和刀具调整卡，进行试切。
11. 试切时快速进给倍率开关必须打到较低挡位。
12. 试切进刀时，在刀具运行至工件表面 30~50mm 处，必须在进给保持下，验证 z 轴和 X 轴坐标剩余值与加工程序是否一致。
13. 试切和加工中，刃磨刀具和更换刀具后，要重新测量刀具位置并修改刀补值和刀补号。
14. 程序修改后，对修改部分要仔细核对。
15. 手动进给连续操作时，必须检查各种开关所选择的位置是否正确，运动方向是否正确，然后再进行操作。
16. 必须在确认工件夹紧后才能启动机床，严禁工件转动时测量、触摸工件。
17. 操作中出现工件跳动、打抖、异常声音、夹具松动等异常情况时必须立即停车处理。
18. 紧急停车后，应重新进行机床“回零”操作，才能再次运行程序。
19. 加工完毕，要将机床清理干净。

技能训练

二、数控车床的日常维护

数控车床是自动化程度高、结构复杂且价格昂贵的先进加工设备，做好数控车床的日常维护、保养，降低数控车床的故障率，将能充分发挥数控车床的功效。

一般情况下，数控车床的日常维护和保养是由操作人员来进行的。具体维护保养要求在数控车床说明书中有明确规定。表 1-2-1 列出了 CKA6150 定期维护的内容和要求。

表 1-2-1 CKA6150 定期维护表

序号	检查周期	检查部位	检查要求
1	天	导轨润滑油箱	检查油标、油量及时添加润滑油，润滑泵能定时启动打油及停止

2	天	X、z轴导轨面	清除切屑及脏物，检查润滑油是否充分，导轨面有无划伤损坏
3	天	压缩空气气源压力	检查气动控制系统压力，应在正常范围
4	天	气源自动分水滤气器、自动空气干燥器	及时清理分水器中滤出的水分，保证自动空气干燥器工作正常
5	天	气液转换器和增压器油面	发现油面不够时及时补足油
6	天	主轴润滑恒温油箱	工作正常、油量充足并调节温度范围

续表

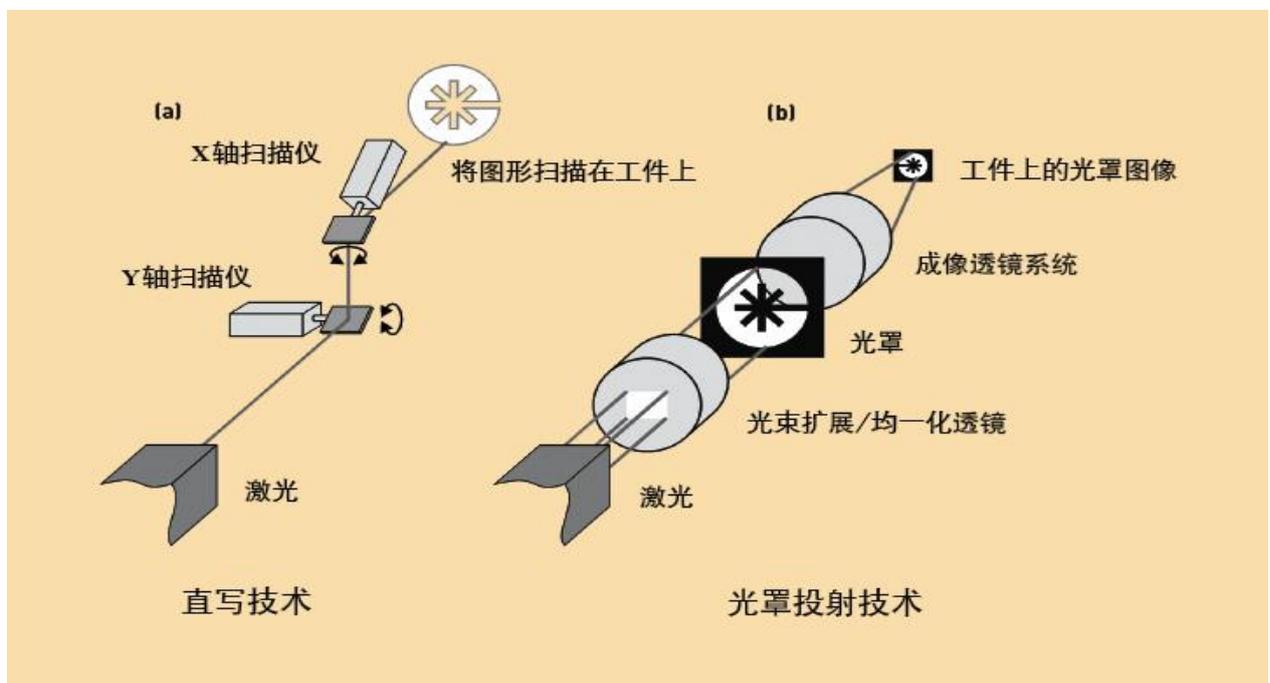
序号	检查周期	检查部位	检查要求
7	天	机床液压系统	油箱、液压泵无异常噪声，压力表指示正常，管路及各接头无泄漏，工作油面高度正常
8	天	液压平衡系统	平衡压力指示正常，快速移动时平衡阀工作正常
9	天	CNC的输入 / 输出单元	机械结构润滑良好等
10	天	各种电气柜散热通风装置	各电柜冷却风扇工作正常，风道过滤网无堵塞
11	天	各种防护装置	导轨、机床防护罩等应无松动、漏水
12	天	清洗各电柜过滤网	
13	半年	滚珠丝杠	清洗丝杠上旧的润滑脂，涂上新油脂
14	半年	液压油路	清洗溢流阀、减压阀、滤油器、油箱箱底，更换或过滤液压油
15	半年	主轴润滑恒温油箱	清洗过滤器，更换润滑油
16	半年	润滑油泵，清洗滤油器	清理润滑油池底，更换滤油器
17	不定期	检查各轴导轨上镶条、压紧滚轮松紧状态	按机床说明书调整
18	不定期	冷却水箱	检查液面高度，冷却液太脏时需更换并清理水箱底部，经常清洗过滤器
19	不定期	排屑器	经常清理切屑，检查有无卡住等
20	不定期	清理废油池	及时取走废油池中的废油，以免外溢
21	不定期	调整主轴驱动带松紧	按机床说明书调整

为了充分发挥数控车床的作用，减少故障的发生，延长机床的平均无故障时间。数控机床的编程、操作和维修人员必须经过专门的技术培训，要有机械加工工艺、液压、测量、自动控等专业知识。

知识的延展

激光微加工技术应用于金属微加工

如今激光技术已经被广泛的应用于各种行业，例如：造船、汽车、医疗器械工业等，激光设备主要被用于打孔、切割、雕刻、焊接金属。但是近些年来，许多新兴的应用产品需要使用很薄的金属薄片来进行加工，而且要求有光洁的边缘和很高的精确度。紫外激光器具有很好的可聚焦性和模式质量，这对于满足很小的尺寸特征以及光洁的边缘来说非常重要，于是紫外激光器被用于激光微加工设备。



激光微加工技术的优势?

金属的微加工有很多种技术，然而他们都具有一定弊端，尤其与激光技术相比的时候。例如：

1、利用电火花加工（EDM）来加工金属，它在加工对象的最小特性尺寸上存在着限制。此外，电

火花加工越小的电极越昂贵，而且越容易出现故障，频繁更换更增加了成本。？

2、蚀刻技术也被用于加工金属，此技术在某些情况下可能十分经济，但是这种加工方法也有着一些严重的缺陷。首先，蚀刻加工需要很多步的加工工序，而激光加工只需一步便可完成。其次，蚀刻加工的机械打孔或者刻槽特征直径局限在 250 μm ，虽然有 100 μm 的钻头出售，但是这些钻头不仅价格昂贵而且使用寿命短。与此同时，纵横比局限为 1:1,在这种情况下甚至会出现底切作用或者锥形侧壁。最后，你不得不处理蚀刻技术导致的一些腐蚀性化学制品和有毒废品。

使用激光来将金属切割成不同的形状和样式带来了许多便利。利用了激光以后，不再需要考虑钻头破损和工具磨损的问题。此外，利用激光技术对可达到的孔直径以及特征尺寸的限制小的多。激光技术也使在有角度或者弯曲的表面钻孔成为可能，而且不论材料是硬质还是软质均适用。另外，激光设备的可编程特性也使得在很短周期时间内高速完成数千个这类的高速打孔和常规应用成为可能。？

许多难以加工的薄片金属，包括：铜（Cu），铝（Al），镍（Ni），钛（Ti），铜铍合金（BeCu），磷青铜（Pbronze），钼（Mo），不锈钢（SS），回火钢（TS），以及具金属性质的氧化铟锡（ITO）薄层（在软与硬材料基片上）和其它金属的薄覆盖层。在要求光洁边缘和特征尺寸小的主流加工和外来加工应用方面目前都使用着上述的金属。随着电路不断的变小而且更加集成，绝缘体和导体的厚度也在不断变薄。在这些方面有很多应用，厚度很薄的金属膜目前倍受关注。其中就和很薄的导体材料有关，例如 Cu，Au，Ag，和 ITO。这些薄片被用于许多产品，如半导体产业，LED，触摸屏，平板显示，以及医疗器械，而激光微加工技术正能为这些应用提供完美的解决方案。这只是几个例子，更多的应用尚在研究开发中。

思考与练习

1. 简要说明数控机床各坐标轴的确定原则？
2. 数控车床的机床坐标点和参考点之间的关系如何？
3. 简述右手笛卡儿坐标系？
4. 机床操作安全事项？
5. 机床的日常保保养要求？

2 数控车的常用刀具

知识目标

1. 熟悉数控车刀的常见类型
2. 熟悉数控车常用刀
3. 数控车刀的安装要求

技能目标

1. 掌握机床刀具的选择。
2. 数控车刀刃磨技术
3. 数控车刀刃磨注意安全事项

情感目标

养成良好的学习态度，和严谨认真的性格。

任务 1：数控车常用刀具



理论知识

数控车床主要用于加工轴类、盘类等回转体零件。通过数控加工程序的运行，可自动完成内外圆柱面、圆锥面、成形表面、螺纹和端面等工序的切削加工，并能进行车槽、钻孔、扩孔、铰孔等工作。

一、根据加工的零件形状不同选择的刀具也不同，常用刀具有外圆车刀、切槽刀、螺纹刀、镗刀、钻头，如图 2-1-1 所示。

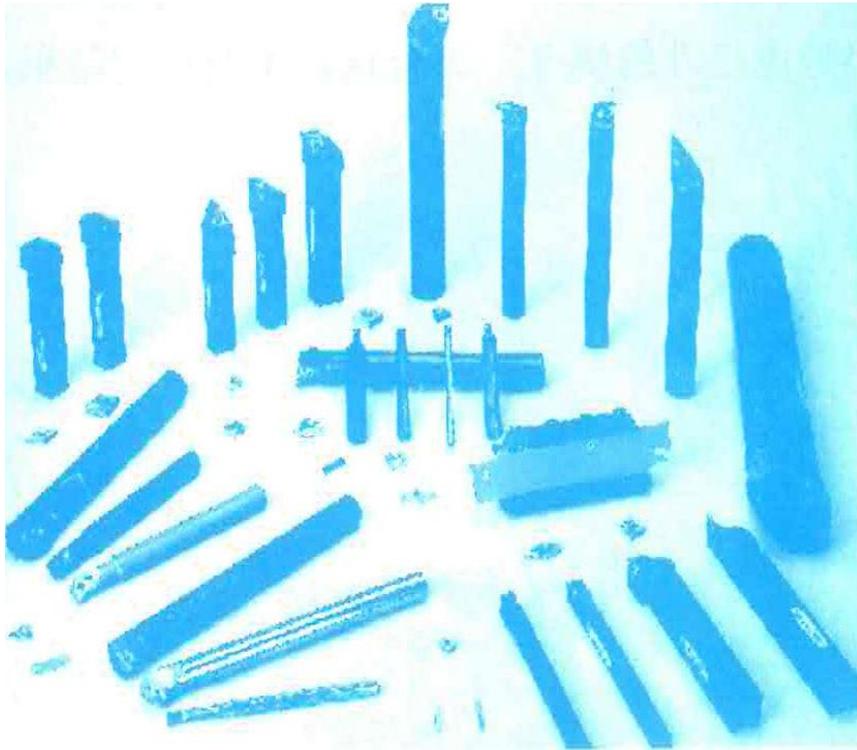


图 2-1-1 数控车常用刀具

1. 数控车刀的组成

数控车刀主要由刀体、刀片和刀片紧固系统 3 部分组成。其中，刀片通过紧固系统与刀体合成一体，刀片材料、形状都会有所不同，如图 2-2-2 所示。

刀具材料 刀部形状

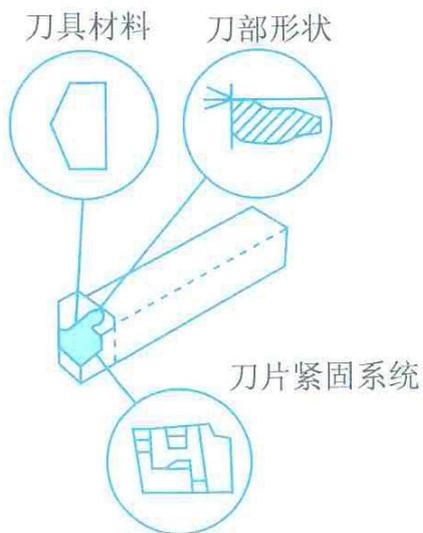


图 2-1-2 数控车刀组成

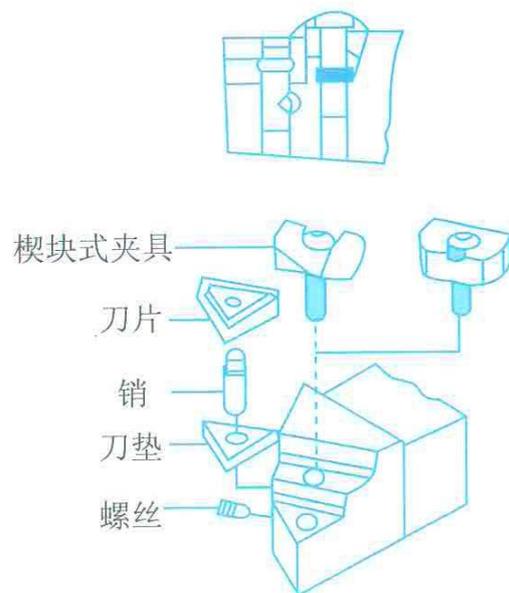


图 2-1-3 机夹式车刀

机夹式车刀按刀片紧固方法的差异，可分为杠杆式、楔块式、螺钉式、上压式。如图 1. 11 所

示是上压式紧同系统结构图，它由楔块式夹具、销、刀垫和螺丝组成。

2. 车刀刀片的材料

车刀刀片的材料主要包括高速钢、硬质合金、涂层硬质合金、陶瓷和金刚石等，其中应用最多的是硬质合金和涂层硬质合金刀片。

3. 数控车削刀具的分类

根据刀具结构的不同，数控车削刀具可分为整体式和镶嵌式。镶嵌式刀具按车刀与刀体的连接固定方式的不同又可分为焊接式与机械夹紧式两大类。

(1) 焊接式车刀

将硬质合金刀片用焊接的方法固定在刀体上称为焊接式车刀。这种车刀的优点是结构简单，制造方便，刚性较好。缺点是由于存在焊接应力，使刀具材料的使用性能受到影响，甚至出现裂纹。另外，刀杆不能重复使用，硬质合金刀片不能充分回收利用，造成刀具材料的浪费。

如图 2-1-3 所示，根据工件加工表面以及用途的不同，焊接式车刀可分为切断刀，外圆车刀(左偏刀、右偏刀、弯头车刀、直头车刀和宽刃精车刀)，端面车刀，内孔车刀(内槽车刀、通孔车刀和盲孔车刀)，螺纹车刀(内、外)以及成型车刀等。

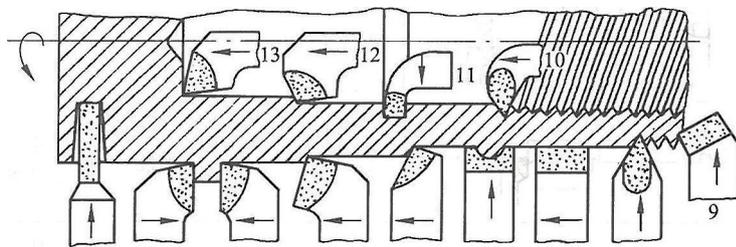


图 2-1-3 焊接式车刀种类

1 一切断刀 2—90°左偏刀 3—90°右偏刀 4—弯头车刀 5—直头车刀
6—成型车刀 7—宽刃精车刀 8—外螺纹车刀 9~端面车刀
10—内螺纹车刀 11—内孔车刀 12—通孔车刀 13—盲孔车刀

(2) 机械夹紧式车刀

分为不转位和可转位两种。可转位车刀是使用可转位刀片的机夹车刀，把经过研磨的可转位多边形刀片用夹紧组件夹在刀杆上。车刀在使用过程中，一旦切削刃磨钝后，通过刀片的转位，即可用新的切削刃继续切削，只有当多边形刀片所有的刀刃都磨钝后，才需要更换刀片。

如图 2-1-4 所示，该车刀由刀杆 1、刀垫 2、刀片 3 以及夹紧元件 4 组成。刀片每边都有切削刃，当某切削刃磨损钝化后，只需松开夹紧元件，将刀片转一个位置便可继续使用。

可转位刀片与焊接式刀具相比有以下特点：刀片是独立的功能元件，其切削性能得到了扩展和提高；机械夹紧式避免了焊接工艺的影响和限制，更利于根据加工对象选择各种材料的刀片，并充分发挥其切削性能，从而提高了切削效率；切削刃空间位置相对刀体固定不变，节省了换刀、对刀等所需的辅助时间，提高了机床的利用率。

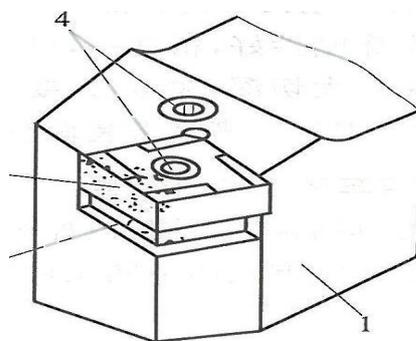


图 2-1-4 机械夹紧式可转位车刀的组成

1—刀杆 2—刀垫 3—刀片 4—夹紧元件

二、常用车刀类型

数控车削常用车刀一般分为三类，即尖形车刀、圆弧形车刀和成型车刀。

(1) 尖形车刀

以直线形切削刃为特征的车刀一般称为尖形车刀。这类车刀的刀尖(同时也为其刀位点)由直线形的主、副切削刃构成，如 90°。内外圆车刀、左右端面车刀、切断(车槽)车刀及刀尖倒棱很小的各种外圆和内孔车刀。

(2) 圆弧形车刀

其特征是，构成主切削刃的刀刃形状为一圆度误差或轮廓误差很小的圆弧，该圆弧上的每一点都是圆弧形车刀的刀尖。因此，刀位点不在圆弧上，而在该圆弧的圆心上。

圆弧形车刀可以用于车削内、外表面，特别适宜于车削各种光滑连接(凹形)的成型面。

选择车刀圆弧半径时应考虑两点：一是车刀切削刃的圆弧半径应小于或等于零件凹形轮廓上的最小曲率半径，以免发生加工干涉；二是该半径不宜选择太小，否则不但制造困难，还会因刀尖强度太弱或刀体散热能力差而导致车刀损坏。

(3) 成型车刀

俗称样板车刀，其加工零件的轮廓形状完全由车刀刀刃的形状和尺寸决定。数控车削加工中，常见的成型车刀有小半径圆弧车刀、非矩形车槽刀和螺纹车刀等。在数控加工中，应尽量少用或不用成型车刀，当确有必要选用时，则应在工艺准备文件或加工程序单上进行详细说明。

三、机床刀具选择

从对被加工零件图样的分析开始，到选定刀具，共需经过 10 个基本步骤。从第 1 “零件图样”开始，经箭头所示的两条路径，共同到达最后一个目标“选定刀具”，以完成选刀工作。其中，第一条路线为：零件图样、机床影响因素、选择刀杆、刀片夹紧系统、选择刀片形状，主要考虑机床和刀具的情况；第二条路线为：工件影响因素、选择工件材料、确定刀片的断屑槽型代码或断屑相同代码、选择加工工件形状，这条路线主要考虑工件的情况。综合这两条路线的结果，才能确定所选用的刀具。

1. 装夹工件的设备

普通数控车床常采用二爪自定心卡盘、四爪单动卡盘装夹工件。此种装夹需校正工件，所需时间长、效率低。高档数控车床采用液压卡盘装夹工件，效率高，但机床成本高。i 爪卡盘外形如图 1.13 所示。

2. 装夹刀具的设备

车刀装夹在刀架上，数控车床上常用四工位电动刀架和六、八工位同转刀架。四工位电动刀架如图 2-1-5 所示。

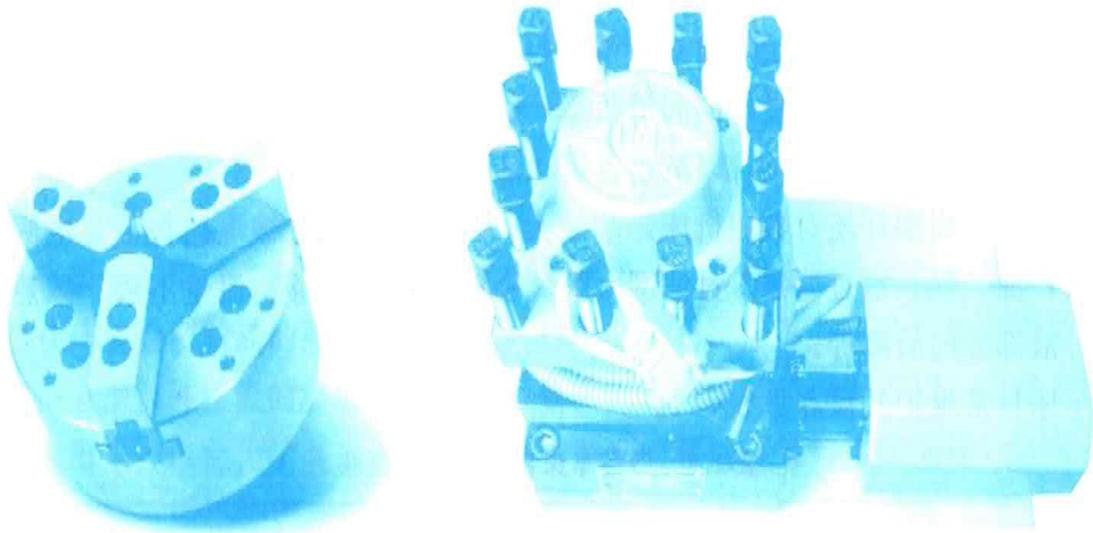


图 2-1-5 所示

任务 2：数控车刀的安装与修磨技术



理论知识

一、车刀的安装一般要遵循以下操作，具体机床型号不同，随之可能有所改动，大家视情况而定。

- ① 车刀需安装在车床刀架上，一般伸出刀架的长度为刀杆厚度的 1~1.5 倍，不宜过长，长度要适当。车刀的刀尖一般要与工件轴线等高。如果不等高，将会因基面和切削平面的位置发生变化，而需要改变车刀工作前角和后角的大小。刀尖高于轴线时，会使后角减小，增大车刀后刀面和工件间的摩擦，影响工件质量和减小刀具寿命；当刀尖低于工件轴线时，会使前角减小，切削不顺利。
- ② 数控车床车刀垫铁要平整，数量越少越好，而且应与刀架对齐，以防产生振动。
- ③ 数控车床车刀至少要用两个螺钉压紧在刀架上，并轮流逐个拧紧，拧紧的力量要适当。
- ④ 数控车床车刀刀杆中心线应与进给方向垂直，否则会使主偏角和副偏角的数值发生变化。



技能训练

二、车刀刃磨的步骤

- 1) 磨主后刀面，同时磨出主偏角及主后角
- 2) 磨副后刀面，同时磨出副偏角及副后角
- 3) 磨前面，同时磨出前角
- 4) 修磨各刀面及刀尖

三、刃磨车刀的姿势及方法

- (1) 人站立在砂轮机的侧面，以防砂轮碎裂时，碎片飞出伤人；
- (2) 两手握刀的距离放开，两肘夹紧腰部，以减小磨刀时的抖动；
- (3) 磨刀时，车刀要放在砂轮的水平中心，刀尖略向上翘约 $3^{\circ} \sim 8^{\circ}$ ，车刀接触砂轮后应作左右方向水平移动。当车刀离开砂轮时，车刀需向上抬起，以防磨好的刀刃被砂轮碰伤；
- (4) 磨后刀面时，刀杆尾部向左偏过一个主偏角的角度；磨副后刀面时，刀杆尾部向右偏过一个副偏角的角度；

(5) 修磨刀尖圆弧时，通常以左手握车刀前端为支点，用右手转动车刀的尾部。

四、磨刀安全知识

- 1) 刃磨刀具前，应首先检查砂轮有无裂纹，砂轮轴螺母是否拧紧，并经试转后使用，以免砂轮碎裂或飞出伤人。
- 2) 刃磨刀具不能用力过大，否则会使手打滑而触及砂轮面，造成工伤事故。
- 3) 磨刀时应戴防护眼镜，以免砂砾和铁屑飞入眼中。
- 4) 磨刀时不要正对砂轮的旋转方向站立，以防意外。
- 5) 磨小刀头时，必须把小刀头装入刀杆上。
- 6) 砂轮支架与砂轮的间隙不得大于 3mm，如发现过大，应调整适当。
- 7) 车刀在刃磨时不要加水

注意事项：车刀造修磨的过程中，它在硬质合金的局部会有温度聚集很高，因为硬质合金基体不能像高速钢那样散热快，如果一遇冷水的话相当于短时间淬火，影响它的热硬性，且容易产生局部裂纹。但高速钢却正相反，为了不把它磨糊，要勤用水来降温。硬质合金在 800 度以上，突然遇冷水会崩裂。

知识的延展

激光雕刻加工简介

激光雕刻加工就是将高能量的激光束，投射到材料表面，利用激光产生的热效应，在材料表面产生清晰图案的激光加工过程，它是激光加工方式中的一种。一般说来，激光雕刻加工按加工效果一般分为如下三种：

一、激光雕刻线条加工：就是利用激光束，在材料表面产生清晰的线条效果的加工方法。

如下图一所示：

二、激光雕刻填充加工：就是利用激光束，将某一特定区域内的材料表层全部汽化，形成凹陷效果的加工方法。

如下图二所示：

三、激光雕刻镂空加工：就是利用激光束，将某一特定区域内的材料全部汽化，形成镂空效果的加工方法。

如下图三所示：

四、激光切割加工：将激光束投到物体表面进行切割，雕花用，做精美的工艺品和纸制礼品比较多。

2 激光雕刻的优势



- 1、节省时间：制作一块 5*5cm 的金属板材只需要 2 分钟，
- 2、激光雕刻机没有任何耗材和易损品，每小时约 0.5 度电的耗力，
- 3、环保节能，金属激光打标雕刻机，雕刻时不需要任何化学试剂。不会产生化学影响。
- 4、体积小，操作简单。
- 5、质量可靠，性能稳定，高度集成，寿命长久，零维护成本。
- 6、利用本软件系统简单易学，操作非常简单

思考与练习

1. 数控车常用刀具怎样分类的及组成？
2. 常见车刀类型？
3. 机床刀具选择的原则？
4. 数控车刀的安装一般要遵循的操作原则？
5. 数控车刀刃磨步骤与方法？

P 项目 PROJECT

3 数控车床操作

知识目标

1. 掌握数控系统操作面板功能
2. 掌握机床程序基本格式与组成编写
3. 初步掌握数控编程的基本指令。

技能目标

1. FANUC 系统数控车床操作。
2. 仿真软件操作模拟加工技术
3. FANUC 系统图形模拟加工和自动加工

情感目标

养成良好的学习态度，和严谨认真的性格。

任务 1: FANUC 系统(CKA6150)数控车床操作

技能训练

一、数控车床的启动和停止



图 3-1-1

(一) 启动前, 必须检查机床的外部设施(如刀架、导轨、卡爪、防护门、电柜门等), 观察是否正常, 然后才能启动车床。

1. 电源接通前的检查操作

在机床主电源开关接通之前, 操作者必须做好下面的检查工作:

- ①检查机床的防护门、电箱门等是否关闭;
- ②检查各润滑装置上油标的液面位置是否充足;
- ③检查切削液是否充足;
- ④检查所选择的液压卡盘的夹持方向是否正确;
- ⑤检查切屑槽内的切屑是否已清理干净。

2. 以上检查均符合要求时正式开机

①接通供给电源首先确定设备的供给电源是否接通，如未接通，应合上刀闸接通供给电源。

②开启机床电源 面对机床，在其左后侧处(电器柜上)为电源开关。将其手柄拨到(NO)启动挡，开启机床电源。此时电器柜的冷却风扇(电器柜的侧上方)随之启动，仔细听，可听到其运转的声音。

③旋转松开急停按钮(红色)，按下操作面板上的NC通电按钮(绿色)。操作面板上电源的指示灯亮，等待位置画面的显示。画面显示正常前，请勿动任何按钮。此时，机床液压泵也随之启动。可明显感觉到其启动的声音。

3. 电源接通后的检查操作

机床通电之后，操作者应做好下面的检查工作：

- ①检查冷却风扇是否启动，液压系统是否启动。
- ②检查操作面板上各指示灯是否正常，各按钮、开关是否正确。
- ③显示屏上是否有报警显示，若有应及时予以处理。
- ④液压装置的压力表指示是否在正常的范围内。
- ⑤回转刀架夹紧是否可靠，刀具是否有损伤。

4. 机床运转后的检查

- ①运转中，主轴、卡爪、刀架、滑板处是否有异常。
- ②有无其他异常现象。

(二) 数控车床的停止

- ①检查循环情况，控制面板上循环启动的指示灯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急停按钮(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。

二、手动操作

手动操作主要有手动操作回参考点、手动连续进给(JOG)、手轮进给方式。

(一) 手动操作回参考点

数控机床开机后，必须进行回参考点操作。回参考点操作又称回零操作，机床参考点是数控机床上的一个固定基准点。

开机后回参考点，可消除屏幕显示的随机动态坐标，使机床有个绝对的坐标基准。在连续重复的加工以后，回参考点可消除进给运动部件的坐标累积误差。

回参考点一般有手动操作回参考点及指令回参考点两种方法。

1、手动操作回参考点

手动操作回参考点的步骤如下：

- ①转动“方式选择”开关到“回零”处。
- ②转动“快速倍率”选择开关到较低挡位(共有×F0、×25、×50、×100挡)。目的是降低移动速度，避免“超程”现象的出现。
- ③按下进给轴(x或z)和方向(±X或±z)触摸键。选择要返回参考点的轴和方向。先回+X轴，接着回+Z轴。

2、指令回参考点

通过加工程序中的指令(G28, G30), 可实现自动返回机床有关参考点。此种方法适合程序回参考点。

(二) 手动连续进给(JoG)

手动连续进给便于操作者远距离快速移动刀架到目的地。

- ①转动“方式选择”开关到“连续进给”(JOG)处。
- ②转动“快速倍率”选择开关到适当挡位(共有 $\times F0$ 、 $\times 25$ 、 $\times 50$ 、 $\times 100$ 挡)处。
- ③按下进给轴(X或z)触摸键后, 同时按下(-X或-Z)和快速移动“~”触摸键, 刀具将快速移动。

(三) 手轮进给步骤

①转动“方式选择”开关到“手轮($\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$)”处, 并选定放大倍数。
其步骤是:

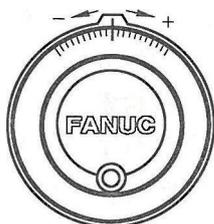


图 3-1-2 手摇脉冲发生器

- ②选择刀具要移动的轴, 即按下进给轴(x或z)触摸键。
- ③按刀具移动方向旋转手轮(如图 4—1 所示), 顺时针转为+X, +z 方向, 逆时针转为-X、-Z 方向。

三、程序的编辑和管理

本节介绍如何编辑存储在 CNC 中的程序。主要包括字的插入、修改、删除和替换等; 编辑还包括程序的建立、删除和自动插入顺序号; 程序编辑扩展功能还可以复制、移动和合并程序; 本节还叙述了程序编辑前的程序号检索、顺序号检索、字检索以及地址检索。

(一) 新程序的创建

- ①旋转“方式选择”开关到程序编辑(EDIT)方式。
- ②按操作面板上的程序键 **PROG** 功能键。
- ③按 MDI 键盘上的地址键/数字键, 并在其后输入程序号 0(是字母) $\times\times\times\times$ (是数字)。
- ④按插入键[INSERT]键后, $0\times\times\times$ 被输入到程序显示区。
- ⑤按结束键[EOB], 再按插入键[INSERT]键后, 则程序结束符号“;”被输入;
- ⑥输入程序段, 每输入一个程序段, 按结束键[EOB], 再按插入键[INSERT]键, 直到全部程序段输入。

(二) 字的插入、修改和删除方法

- ①选择“方式选择”开关到程序编辑(EDIT)方式。
- ②按操作面板上的程序键[PROG]功能键。
- ③选择要编辑的程序。

如果要编辑的程序未被选择, 用程序号检索。按显示屏下的软键[DIR], 显示所有存储的程序号。利用地址键/数字键, 输入有关程序号 $0\times\times\times j$; , 并按显示屏下的软键[检索], 该编号的程序将被调出并显示在显示屏上。

如果要编辑的程序已被选择(即要编辑的程序在画面中已显示出来), 直接执行第④

步操作。

④检索要修改的字，可运用下述两种方法：

- 扫描方法
- 字检索方法

检索字的步骤

例如检索 M03 的步骤如下：

①键入 M。

②按[检索↓]键。

检索操作完成时，光标显示在 M03 处。

按[检索↑]键，则按反方向执行检索。

程序和字的扫描方法

① 按光标键  光标在屏幕上向前逐字移动，光标在被选择字处显示。

② 按光标键  光标在屏幕上往回逐字移动，光标在被选择字处显示。

③ 持续按光标键  或  连续扫描字。

④ 按光标键  下一个程序段的第一个字被检索。

⑤ 按光标键  前一个程序段的第一个字被检索。

⑥ 持续按光标键  或  光标连续移动到程序段开头。

⑦ 按翻页键  显示下一页并检索到该页的第一个字。

⑧ 按翻页键  显示上一页并检索到该页的第一个字。

⑨ 持续按翻页键  或  一页接一页地显示。

⑤执行字的修改、插入或删除。

修改：键入数据，按[ALTER]键；

插入：键入数据，按[INSERT]键；

删除：选中要删除的字，按[DELETE]键。

在程序执行期间，如果通过程序单段运行或进给中停等操作，使程序暂停，对程序进行修改、插入或删除后，必须使系统进入复位状态，或者在程序的编辑结束后、程序执行前，使系统复位。系统才能按修改后的程序运行。

程序扫描的步骤

(三) 指向程序头的步骤

将光标移到程序的起始位置，该功能称为将程序指针指向程序头。主要有下面三种方法：

方法 1：

在 EDIT(程序编辑)方式，当选择程序画面时，按  键。当光标已经返回到程序的开始处时，在画面上从头开始显示程序的内容。

方法 2：

①在 MEMORY(存储器运行)方式或 EDIT(程序编辑)方式，当选择程序画面时，按地址 0。

②输入程序号×××。

③按软键[检索]。

方法 3：

- ①选择 MEMORY (存储器运行) 方式或程序编辑 (EDIT) 方式。
- ②按 [PROG] 功能键。
- ③按软键 [操作]。
- ④按软键 [REWIND]。

(四) 删除一个或多个程序段的步骤

1. 删除一个程序段的步骤

- ①检索或扫描要删除程序段的地址 N。
- ②键入地址 N 键。
- ③按 DELETE 键。

2. 删除多个程序段的步骤 (如删除太多, 会产生 P / S 报警)

- ①检索或扫描要删除部分的第一个程序段的字。
- ②键入地址 N 键。
- ③键入要删除部分最后一个程序段的顺序号。
- ④按 DELETE 键。

例如: 如图 3-1-3 所示, 删除从 N01234 到 N56789 号程序段的步骤。

- 检索或扫描 N01234。
- 键入 N56789。
- 按 DELETE 键。

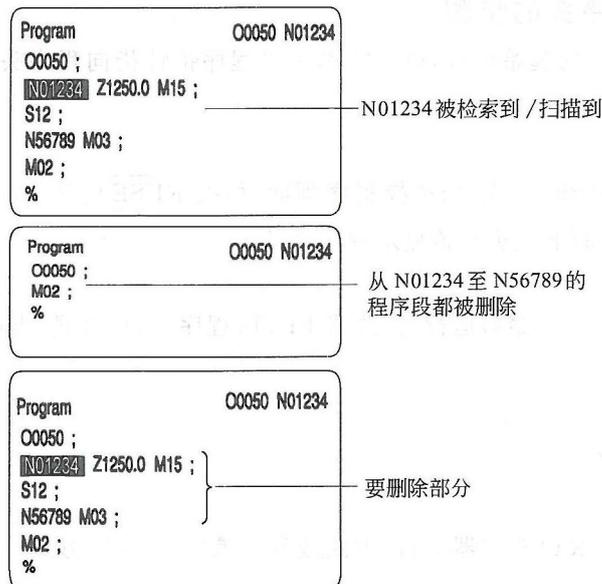


图 3-1-3 删除程序段画面

(五) 检索程序号的步骤

当存储器中存有多程序时, 可以对程序进行检索, 检索有以下两种方法。

方法 1:

- ①选择程序编辑 (EDIT) 或 MEMORY (存储器运行) 方式。
- ②按 [PROG] 键显示程序画面。
- ③键入地址 0 键。
- ④键入要检索的程序号 × × × ×。
- ⑤按 [检索] 键。

检索操作完成后, 程序显示在画面上, 并在 CRT 屏幕的右上角显示被检索的程序号。如果程序

未找到，则产生 P / S 报警 71 号。

方法 2:

- ①选择程序编辑(EDIT)或 MEMORY(存储器运行)方式。
- ②按[1PROG]键显示程序画面。
- ③按[检索]键。

(六) 删除程序的步骤

在存储器中存储的程序可以一个一个地删除，也可以同时全部删除，还可以指定一个范围来删除多个程序。

1. 删除一个程序的步骤

- ①选择程序编辑(EDIT)方式。
- ②按 1PROG1 键显示程序画面。
- ③键入地址键。
- ④键入要求的程序号×××。
- ⑤按[DELETE]键。
- ⑥按显示屏左下角的确认软键[EXEC]，键入程序号的程序被删除。

2. 删除存储器中全部程序的步骤

- ①选择程序编辑(EDIT)方式。
- ②按[PROG]键显示程序画面。
- ③键入地址键。
- ④键入数字 9999。
- ⑤按[DELETE]键。
- ⑥按显示屏左下角的确认软键[EXEC]，删除全部程序。

3. 删除存储器中指定范围内多个程序的步骤

- ①选择程序编辑(EDIT)方式。
- ②按[PROG]键显示程序画面。
- ③按下面的格式用地址键和数字值输入要删除程序的程序号范围：OXXXX，OYYYY，其中 XXXX 为起始号，YYYY 为结束号。
- ④按[DELETE]键。
- ⑤按显示屏左下角的确认软键[EXEC]，删除 NO. XXXX 至 NO. YYYY 的程序。

(七) 复制、移动、合并程序的步骤

用复制程序号为 XXXX 的程序建立了一个程序号为 YYYY 的新程序。由复制操作建立的程序，除程序号外，其他均与原程序一样。

1. 复制整个程序的步骤(如图 3-1-3 所示)

- ①进入 EDIT(程序编辑)方式。
- ②按程序键[PROG]。
- ③按软键[操作]。
- ④按菜单继续键[➡]。
- ⑤按软键[EX-EDT]。
- ⑥确认被复制程序的画面被选中并按软键[COPY]。
- ⑦按软键[ALL]。
- ⑧输入新程序号(用数字键)并按[INPuT]键。
- ⑨按确认软键[EXEC]。

2. 复制部分程序的步骤

- ①执行复制整个程序步骤中第①~⑥步。

- ②将光标移到要复制范围的开头并按软键[CRSR]。
- ③将光标移到要复制范围的终点并按软键[CRSR]或[BTTM] (在后一种情况,复制范围是到程序的终点而与光标位置无关)。
- ④输入新程序号(用数字键)并按[INPuT]键。
- ⑤按确认软键[EXEC]。

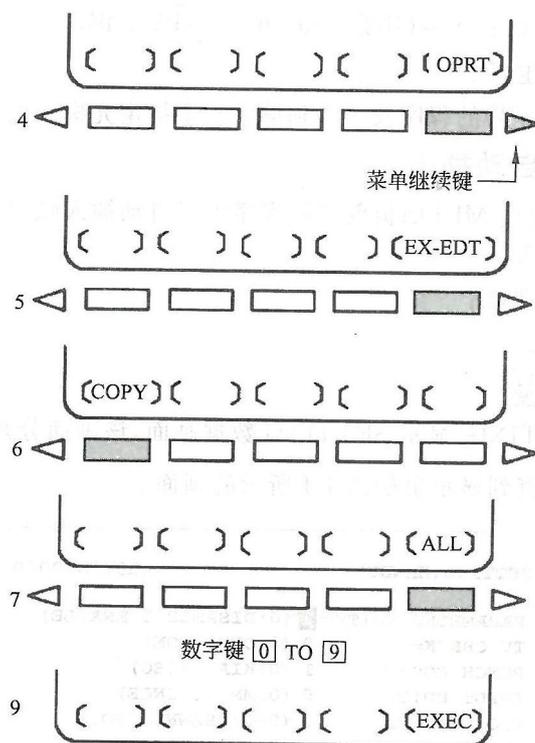


图 3-1-3 程序复制步骤

3. 移动部分程序的步骤

- ①执行复制整个程序步骤中的第①步至第⑤步。
- ②确认要移动程序的画面已被选择,并按软键[MOVE]。
- ③移动光标到要移动范围的开始处并按软键[CRSR~]。
- ④移动光标到要移动范围的结束处并按[~CRSR]或[~BTTM] (在后一种情况,被移动范围是到程序的终点,而与光标位置无关)。
- ⑤输入新程序号(用数字键)并按[INPuT]键。
- ⑥按确认软键[EXEC]。

4. 合并程序的步骤

- ①执行复制整个程序步骤中第①步至第⑤步。
- ②确认要编辑程序的画面已被选择,并按软键[EMERGE]。
- ③移动光标到另一程序要插入的位置,并按软键[~CRsR]或[~BTTM,] (后一种情况,显示当前程序的终点)。

数控车床编程与操作实训教程

- ④输入要插入程序的程序号(用数字键)并按[INPuT]键。

⑤按确认软键[EXEC]。

在第④步中指定程序号的程序被插入到第③步中指定光标位的前面。

(八) 顺序号的自动插入

在 EDIT 方式中，通过 MDI 面板创建的程序可以自动插顺序号。这样可为后面程序的编辑提供极大的方便。

自动插入顺序号的步骤：

①选择 MDI 方式。

②按下功能键 。

③按下软键 1-SETTING], 显示 SETTING 数据画面，该画面分几个页面。

按翻页键  或  到显示出如图 3-1-4 所示的画面。

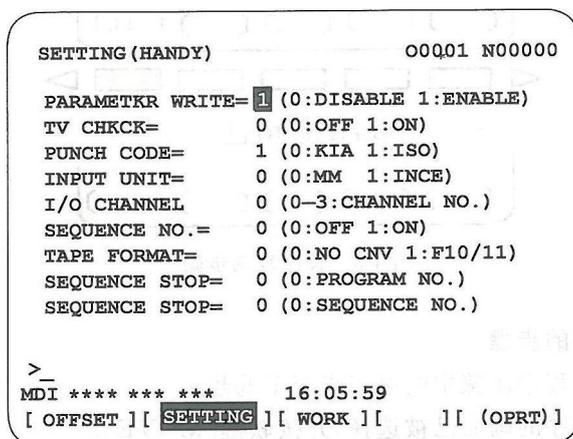


图 3-1-4 参数设置画面

④设置 SEQUENCE NO 为 1。

⑤进入程序编辑(EDIT)方式。

⑥按下功能键[PRoG]，显示程序屏幕。

⑦搜索或者注册将要编辑的程序号，并且将光标移动到要插入顺序号的程序段的“;”处。当程序号被存储并通过[INsERT]键输入[EOBE]时，顺序号就会自动从 0 开始插入。如果有必要，根据第⑩步修改初始值，然后跳到第⑩步。

⑧按下地址键[N]，并输入 N 的初始值。

⑨按下[INSERT]键。

⑩输入程序段的每一个字。

⑥按下[EOBE]键。

⑥按[INSERT]键。[EOBE]被存入存储器且顺序号自动插入。例如，如图 3-1-5 所示，如 N 的初始值是 10 且将增量参数设定为 2，N12 被插入并显示在下一行，该行是新的程序段。

⑩在上例中，如果下一程序段不需要 N12，则在显示 N12 之后，按 1DELETE1 键删除 N12。为在下一程序段中插入 N100 来代替 N12，则在显示 N12 之后输入 N100 并按 1ALTER1 键。N100 被存储而且初始值改为 100。

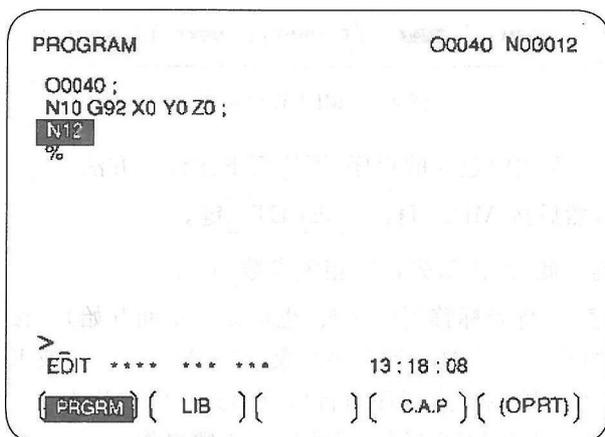


图 3-1-5 程序段号的自动设定

四 MD1 的运行

图 3-1-6 程序段号的自动设定

在 MD1 方式中，用机床操作 (MDI) 面板上的键在程序显示画面可编制最多 6 行程序段 (与普通程序的格式一样)，然后执行。

MD1 运行用于简单的测试 (如检测对刀的正确性、工件坐标的位置) 操作、对刀操作、主轴临时启动操作。MD1 方式中建立的程序不能储存。其运行步骤如下：

- ① 旋转“方式选择”开关到手动数据输入 (MDI) 方式处。
- ② 按 MD1 面板上 [PROG] 功能键，选择程序画面。屏幕如图 3-1-6 所示，系统自动输入程序号 00000。
- ③ 按普通程序编辑方法，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 MD1 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。

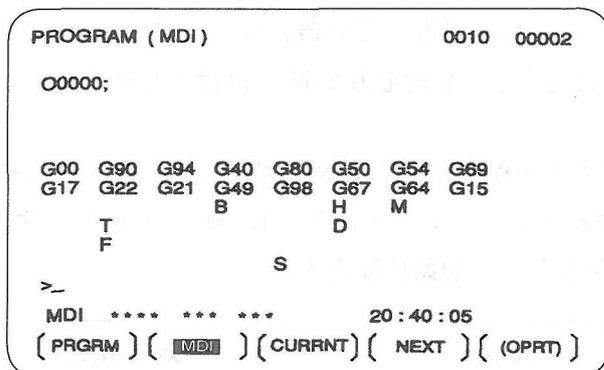


图 3-1-6 MD1 程序画面

- ④ 为了删除 MD1 方式中建立的程序，可使用下述任一方法：
 - 输入地址 [0]，然后按 MDI 面板 [IDELETE] 键。
 - 按 [REsET] 键。此时，需事先设定相关参数为 1。
- ⑤ 为了执行程序，需将光标移到程序头 (也可以从中间开始)。按操作板上的循环启动按钮，于是程序开始执行。当执行到程序结束代码 (M02, M30) 或 ER (%) 时，程序自动删除而且结束运行。用 M99 指令，程序执行后返回到程序的开头。
- ⑥ 如果中途停止或结束 MD1 运行，可按以下步骤操作。
 - (a) 停止 MD1 运行

按机床控制面板上的“进给中停”按钮。进给中停灯亮而循环启动灯灭。机床的响应如下：

- 机床正在移动时，进给立即减速并停止。
- 当程序正处于暂停(停刀)时，暂停(停刀)继续。
- 当 M、S 或 T 功能正在执行时，在 M、S 或 T 功能完成之后操作停止。

(b) 终止 MD1 运行

按 MD1 面板上的 IRESET1 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。

任务 2: FANUC 系统数控车床的数控指令

理论知识

一、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。

1. G 指令

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。

本教材主要介绍 BEIJING—FANUC Oi Mate. 一 Tb 系统的编程指令，其 G 指令见表 3-2-1

表 3-2-1 FANUC Oi Mate—TB 数控系统 G 指令表

G 代码			组	功 能
A	B	C		
G00	G00	G00	01	点定位
G01	G01	G01	01	直线插补
G02	G02	G02	01	顺圆弧插补
G03	G03	G03	01	逆圆弧插补
G04	G04	G04	00	暂停
G07.1	G07.1	G07.1	00	圆柱插补
(G107)	(G107)	(G107)		
G10	G10	G10	00	可编程数据输入
G11	G11	C-11	00	可编程数据输入方式取消
G12.1	G12.1	G12.1	21	极坐标插补方式
(G112)	(G112)	(G112)		
G13.1	G13.1	(j13.1)	21	极坐标插补方式取消
(G113)	(G113)	(G113)		
G17	G17	G17	16	选择 XY 平面
G18	G18	G18	16	选择 XZ 平面
G19	G19	G19	16	选择 YZ 平面
G20	G20	G20	06	英寸输入
G21	G21	G21	06	毫米输入

G22	G22	G22	09	存储行程检查接通
G23	G23	G23	09	存储行程检查断开
G25	G25	G25	08	主轴速震波动检测断开
G26	G26	G26	08	主轴速度波动检测接通
G27	G27	G27	00	返回参考点检查

续表

G代码			组	功 能
A	B	C		
G28	G28	G28	00	返回参考位置
G30	G30	G30	00	返回第2、3、4. 参考点
G31	G31	G31	00	跳转功能
G32	G33	G33	01	螺纹削
G34	G34	G34	01	变螺距螺纹切削
G36	G36	G36	00	自动刀具补偿X
G37	G37	G37	00	自动刀具补偿z
G40	G40	G40	07	刀具半径补偿取消
G41	G41	G41	07	刀具半径补偿, 左侧
G42	G42	G42	07	刀具半径补偿, 右侧
G50	G92	G92	00	坐标系设定或最大主轴速度设定
G50.3	G92.1	G92.1	00	工件坐标系预置
G50.2	G50.2	G50.2	20	多边形车削取消
(G250)	(G250)	(G250)		
G51.2	G51.2	G51.2	20	多边形车削
(G251)	(G251)	(G251)		
G52	G52	G52	00	局部坐标系设定
G53	G53	G53	00	机床坐标系设定
G54	G54	G54	14	选择工件坐标系1
G54.1	G54.1	G54.1	14	选择附加工件坐标系
G55	G55	G55	14	选择工件坐标系2
G56	G56	G56	14	选择工件坐标系3
G57	G57	G57	14	选择工件坐标系4
G58	G58	G58	14	选择工件坐标系5
G59	G59	G59	14	选择工件坐标系6
G65	G65	G65	00	宏程序调用
G66	G66	G66	12	宏程序模态调用
G67	G67	G67	12	宏程序模态调用取消
G70	G70	G72	00	精加工循环
G71	G71	G73	00	粗车外圆
G72	G72	G94	00	粗车端面

G73	G73	G75	00	多重车削循环
G94	G94	G76	00	排屑钻端面孔
G75	G75	G77	00	外径, 7内径钻孔
G76	G76	G78	00	多头螺纹循环

续表

G代码			组	功 能
A	B	C		
G80	G80	G80	10	固定钻循环取消
G83	G83	G83	10	钻孔循环
G84	G84	G84	10	攻皇么循环
G85	G85	G85	10	正面镗循环
G87	G87	G87	10	侧钻循环
G88	G88	G88	10	侧攻丝循环
G89	G89	G89	10	侧镗循环
G90	G77	G20	01	外径/内径车削循环
G92	G78	G21	01	螺纹切削循环
G94	G79	G24	01	端面车削循环

G96	G96	G96	02	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	05	每分进给
G99	G95	G95	05	每转进给
-	G90	G90	03	绝对值编程
-	G91	G91	03	增量值编程
-	G98	G98	11	返回到起始平面
-	G99	G99	11	返回到 R 平面

①表 3-2-1 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。

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 Z5 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 2-3 中 BEIJING—FANUC Oi Mate—TB 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, 本教材介绍 A 类型的 G 功能。

2. M 指令

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：

M 代码	说明
M00	程序停
M01	选择停止
M02	程序结束(复位)
M03	主轴正转 (CW)
M04	主轴反转 (CCW)
M05	主轴停
M06	换刀
M08	切削液开
M09	切削液关
M16	刀具入刀座
M28	刀座返回原点
M30	程序结束(复位) 并回到开头
M48	主轴过载取消 不起作用
M49	主轴过载取消 起作用
M60	APC 循环开始
M80	分度台正转 (CW)
M81	分度台反转 (CCW)
M98	子程序调用
M99	子程序结束

(1) 程序停止

指令：M00

功能：执行完包含 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，用循环启动使自动运行重新开始。

(2) 选择停止

指令：M01 ‘

功能：与 M00 类似，执行完包含 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

功能：M03 可使主轴正转、M04 主轴反转，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。

格式：M03 S

M04 S

M05

(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。

(5)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，故程序结束使用 M30 比 M02 要方便些。

技能训练

二、代码解释

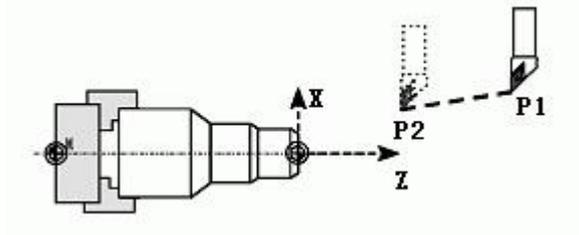
G00 定

位

1. 格式

G00 X_ Z_

这个命令把刀具从当前位置移动到命令指定的位置（在绝对坐标方式下），或者移动到某个距离处（在增量坐标方式下）。



2. 举例

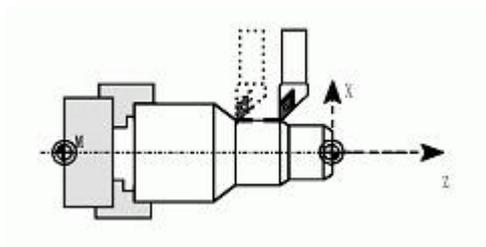
N10 G0 X100 Z65

G01 直线插补

1. 格式

G01 X(U)_ Z(W)_ F_ ;

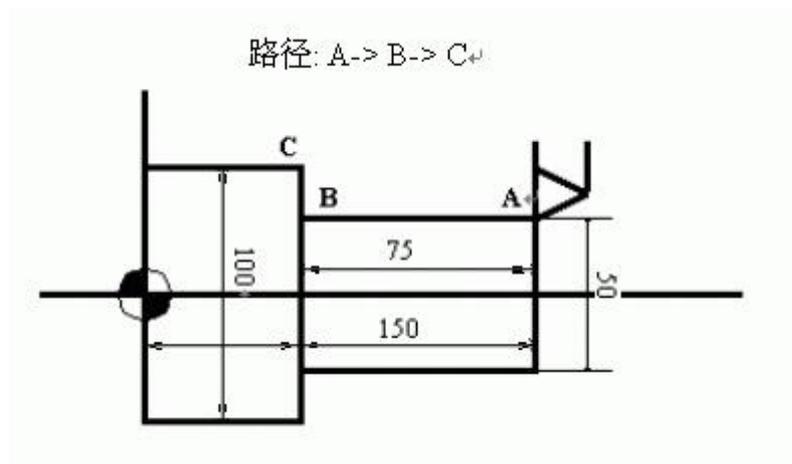
直线插补以直线方式和命令给定的移动速率从当前位置移动到命令位置。



X, Z: 要求移动到的位置的绝对坐标值。

U, W: 要求移动到的位置的增量坐标值。

2. 举例



① 绝对坐标程序

```
G01 X50. Z75. F0.2 ;
X100. ;
```

② 增量坐标程序

```
G01 U0.0 W-75. F0.2 ;
U50.
```

G02/G03 圆弧插补 (G02, G03)

1. 格式

```
G02(G03) X(U) __Z(W) __I __K __F__ ;
G02(G03) X(U) __Z(W) __R __F__ ;
```

G02 - 顺时针 (CW)

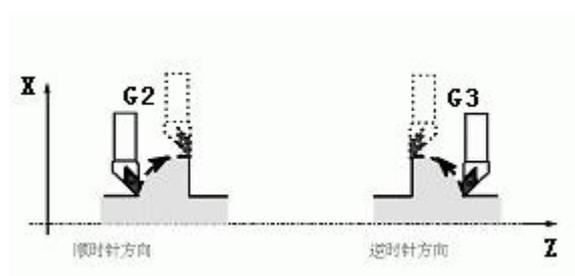
G03 - 逆时针 (CCW)

X, Z - 在坐标系里的终点

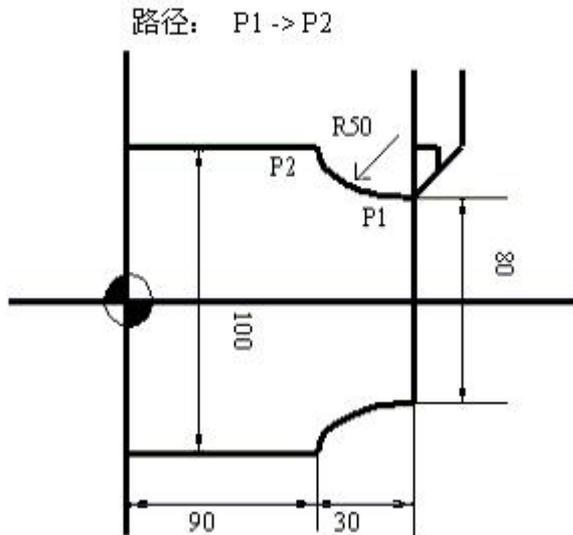
U, W - 起点与终点之间的距离

I, K - 从起点到中心点的矢量 (半径值)

R - 圆弧范围 (最大 180 度)。



2. 举例



① 绝对坐标系程序

G02 X100. Z90. I50. K0. F0.2

或

G02 X100. Z90. R50. F0.2;

② 增量坐标系程序

G02 U20. W-30. I50. K0. F0.2;

或

G02 U20. W-30. R50. F0.2;

G32 切螺纹

(G32)

1. 格式

G32 X(U) __ Z(W) __ F __ ;

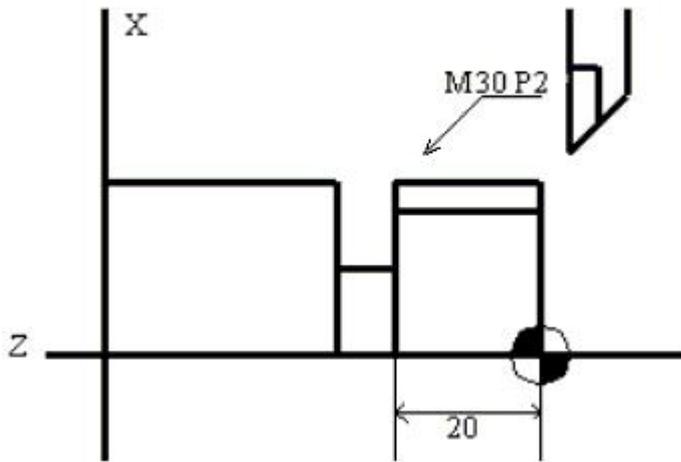
G32 X(U) __ Z(W) __ E __ ;

F - 螺纹导程设置

E - 螺距 (毫米)

在编制切螺纹程序时应当带主轴转速 RPM 均匀控制的功能 (G97), 并且要考虑螺纹部分的某些特性。在螺纹切削方式下移动速率控制和主轴速率控制功能将被忽略。而且在送进保持按钮起作用时, 其移动进程在完成一个切削循环后就停止了。

2. 举例



```

G00 X29.4; (1 循环切削)
G32 Z-23. F2;
G00 X32;
      Z4. ;
      X29. ; (2 循环切削)
G32 Z-23. F2;
G00 X32. ;
      Z4.

```

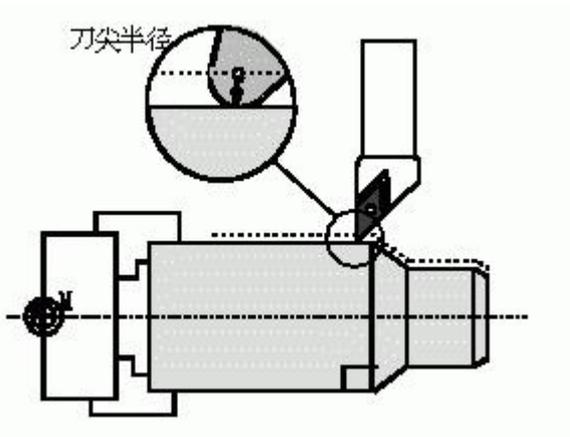
G40/G41/G42 刀具半径偏置功能
(G40/G41/G42)

1. 格式

```

G41 X_ Z_;
G42 X_ Z_;

```



在刀具刃是尖利时，切削进程按照程序指定的形状执行不会发生问题。不过，真实的刀具刃是由圆弧构成的（刀尖半径）就像上图所示，在圆弧插补和攻螺纹的情况

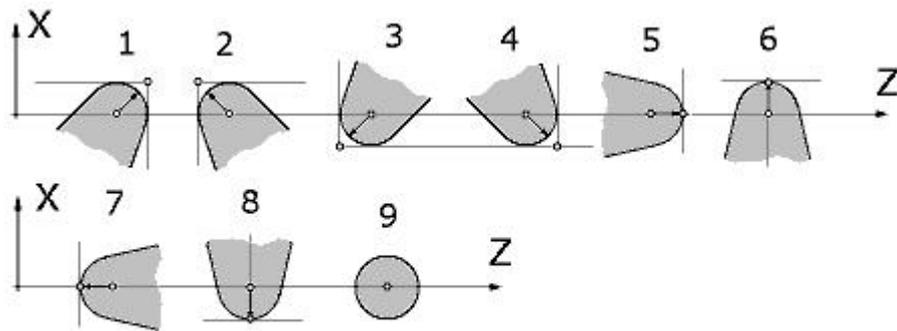
下刀尖半径会带来误差。

2. 偏置功能

命令	切削位置	刀具路径
G40	取消	刀具按程序路径的移动
G41	右侧	刀具从程序路径左侧移动
G42	左侧	刀具从程序路径右侧移动

补偿的原则取决于刀尖圆弧中心的动向，它总是与切削表面法向里的半径矢量不重合。因此，补偿的基准点是刀尖中心。通常，刀具长度和刀尖半径的补偿是按一个假想的刀刃为基准，因此为测量带来一些困难。

把这个原则用于刀具补偿，应当分别以 X 和 Z 的基准点来测量刀具长度刀尖半径 R，以及用于假想刀尖半径补偿所需的刀尖形式数（0-9）。



这些内容应当事前输入刀具偏置文件。

“刀尖半径偏置”应当用 G00 或者 G01 功能来下达命令或取消。不论这个命令是不是带圆弧插补，刀不会正确移动，导致它逐渐偏离所执行的路径。因此，刀尖半径偏置的命令应当在切削进程启动之前完成；并且能够防止从工件外部起刀带来的过切现象。反之，要在切削进程之后用移动命令来执行偏置的取消过

G 70 精加工循环 (G70)

1. 格式

G70 P(ns) Q(nf)

ns:精加工形状程序的第一个段号。

nf:精加工形状程序的最后一个段号

2. 功能

用 G71、G72 或 G73 粗车削后，G70 精车削。

G 71 外圆粗车固定循环 (G71)

1. 格式

G71U(Δd)R(e)

G71P(ns)Q(nf)U(Δu)W(Δw)F(f)S(s)T(t)

.F__从序号 ns 至 nf 的程序段的指定进给量指令。

.S__主轴转速

.T__刀具刀号

Δd :切削深度(半径指定)

e:退刀行程。

ns:精加工形状程序的第一个段号。

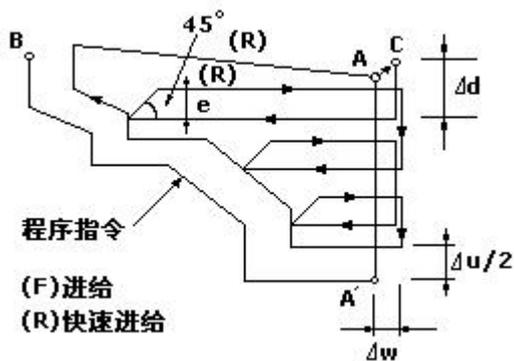
nf:精加工形状程序的最后一个段号。

Δu : X 方向精加工预留量的距离及方向。(直径/半径)

Δw : Z 方向精加工预留量的距离及方向。

2. 功能

如果在下图用程序决定 A 至 A'至 B 的精加工形状,用 Δd (切削深度)车掉指定的区域,留精加工预留量 $\Delta u/2$ 及 Δw 。



G 72 端面车削固定循环 (G72)

1. 格式

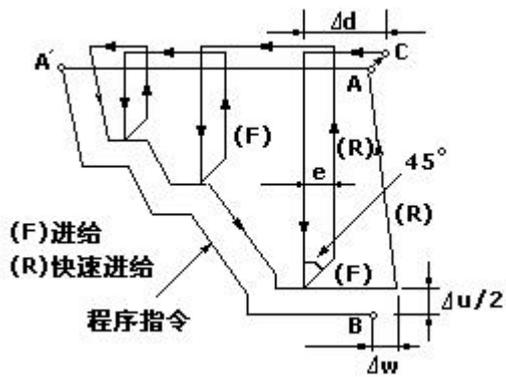
G72W (Δd) R(e)

G72P(ns)Q(nf)U(Δu)W(Δw)F(f)S(s)T(t)

Δt , e, ns, nf, Δu , Δw , f, s 及 t 的含义与 G71 相同。

2. 功能

如下图所示，除了是平行于 X 轴外，本循环与 G71 相同。



G 73 成型加工复式循环 (G73)

1. 格式

G73U(Δi)W(Δk)R(d)

G73P(ns)Q(nf)U(Δu)W(Δw)F(f)S(s)T(t)

Δi : X 轴方向退刀距离(半径指定)指定。

Δk : Z 轴方向退刀距离(半径指定)指定。

d: 分割次数。

ns: 精加工形状程序的第一个段号。

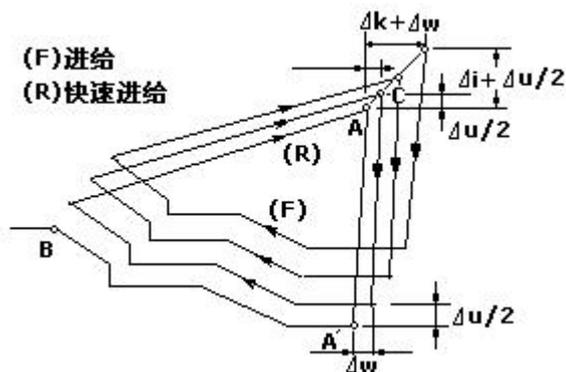
nf: 精加工形状程序的最后一个段号。

Δu : X 方向精加工预留量的距离及方向。(直径/半径)

Δw : Z 方向精加工预留量的距离及方向。

2. 功能

本功能用于重复切削一个逐渐变换的固定形式, 用本循环, 可有效的切削一个用粗加工段造或铸造等方式已经加工成型的工件。



G90 内外直径的切削循环 (G90)

1. 格式

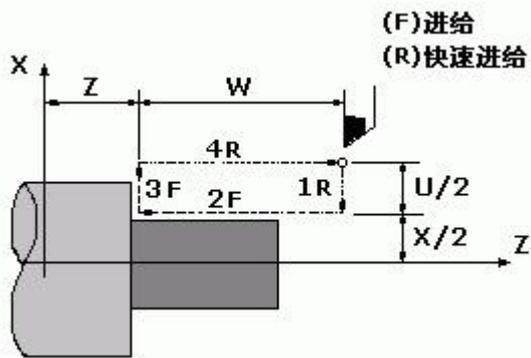
直线切削循环:

G90 X(U)___Z(W)___F___ ;

按开关进入单一程序块方式,操作完成如图所示 1→2→3→4 路径的循环操作。U 和 W 的正负号 (+/-) 在增量坐标程序里是根据 1 和 2 的方向改变的。

2. 功能

外园切削循环。



G92 切削螺纹循环

(G92)

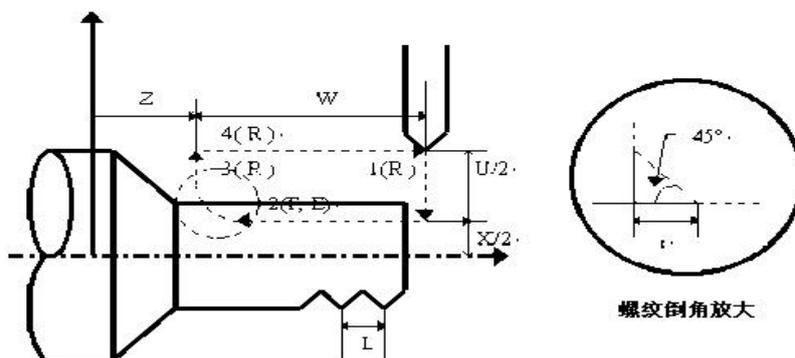
1. 格式

直螺纹切削循环:

G92 X(U)___Z(W)___F___ ;

2. 功能

切削螺纹循环



G98/G99 设置位移量

(G98/G99)

G98 代码来指派每分钟的位移（毫米/分）

G99 代码来指派每转位移（毫米/转）。

每分钟的移动速率（毫米/分）= 每转位移速率（毫米/转）x 主轴 RPM

小注意：

①对刀点是数控加工中刀具相对于工件运动的起点，是零件程序加工的起始点，所以也称程序起点。

②对刀的目的是确定工件原点在机床坐标系中的位置，即工件坐标系与机床坐标系的关系。对刀点可设在工件上并与工件原点重合，也可设在工件外任何便于对刀之处，但该点与工件原点之间必须有确定的坐标联系。

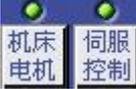
③换刀点是指车床刀架转位换刀时所在的位置。换刀点的位置是可以固定的，也可以是任意一点，其设定原则是以刀架转位时不碰撞工件和机床上其他部件为原则，通常和刀具起始点重合。

任务 3 FANUC-0i 仿真软件操作

FANUC-0i 仿真软件的操作是宇龙仿真操作，其他的仿真软件根据说明去操作。

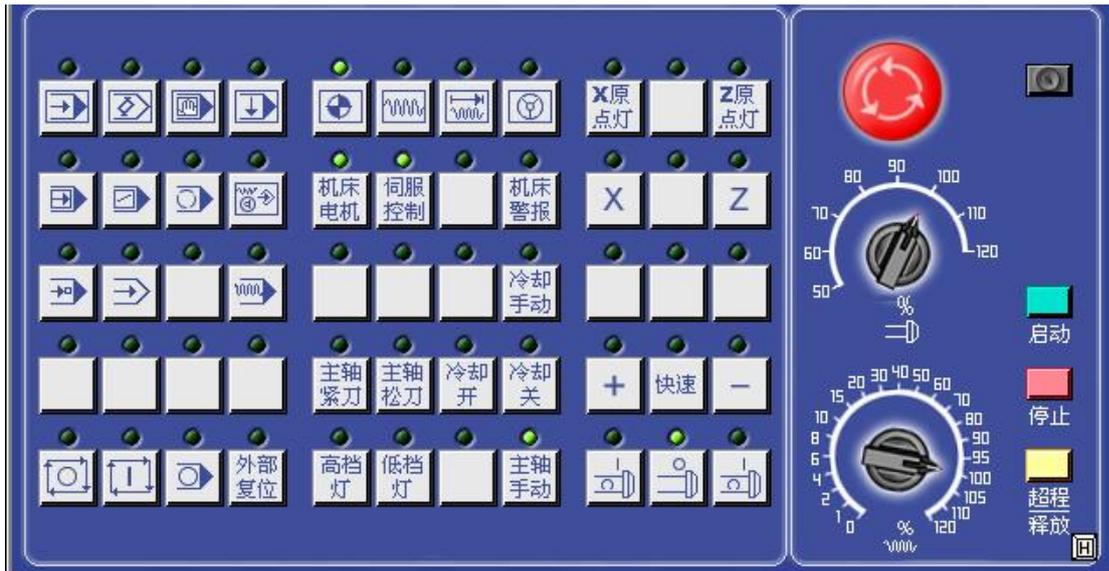
技能训练

1. 启动：

 → 按  键 → 这时“机床电机”与“伺服控制”指示灯亮 → 

操作页面如下：





2. 回零：

按  回零键 → 按  或  → 按  → 完成回零操作 →  或  回零指示灯亮 → 机床位于零位：



3. 程序输入：

按  进入程序编辑状态 → 按  面键 → 按 “O0001;” → 按  → 整段程序输入 → 按  → 直到程序全部输入完成

4. 轨迹显示：

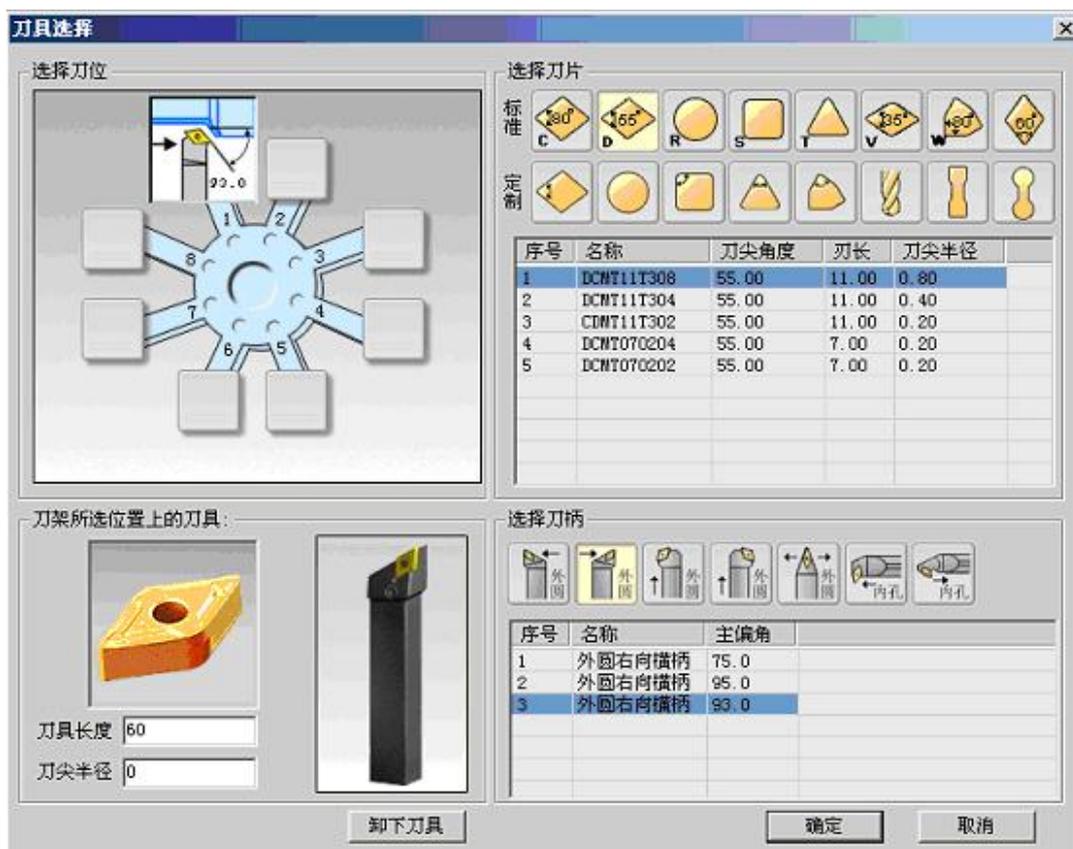
按  选择自动方式 → 按  进入图形显示页面 → 按  循环启动键 → 显示程序轨迹

5. 安装工件：

按  进入机床显示页面 → 按  选择毛坯尺寸，如车床毛坯直径 $\phi 40\text{mm}$ → 按“确定” → 按  安装工件

6. 安装刀具：

按  进入刀具选择页面 → 如车床：选  → 选  → 选刀尖圆弧半径为“0”  → 按  → 页面显示如下：



刀具选择

选择刀位

选择刀片

序号	名称	刀尖角度	刃长	刀尖半径
1	DCNT11T308	55.00	11.00	0.80
2	DCNT11T304	55.00	11.00	0.40
3	DCNT11T302	55.00	11.00	0.20
4	DCNT070204	55.00	7.00	0.20
5	DCNT070202	55.00	7.00	0.20

刀架所选位置上的刀具：

刀具长度

刀尖半径

选择刀柄

序号	名称	主偏角
1	外圆右向横柄	75.0
2	外圆右向横柄	95.0
3	外圆右向横柄	93.0

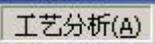
卸下刀具 确定 取消

7. 工件坐标系设置：

按  选择手动操作方式 → 按  主轴反转 → 按  或  和  或  → 完成车端面 → 按  → 按软键[坐标系] → 光标移至“G54” → 按“Z” → 按软键[测量] →

G54 的 Z 值自动输入 → 页面如下：



按  或  和  或  → 完成车外圆 → 按  主轴停 → 按  测量... 测量所车的直径值 → 按“X” → 输入直径值，如“X20.” → 按软键[测量] → G54 的 X 值自动输入 → 页面如上

8. 仿真加工：

按  选择自动方式 → 按  循环启动键 → 零件加工完成

注：选择停止键  ；铣床的刀具半径补偿用 D01；

9. 程序传输：

(1) 程序输出：

在程序编辑状态 → 按[PUNCH]软键 → 程序输出，存入 FANUC 的程序目录下；

(2) 程序输入：

在程序编辑状态 → 按[操作]软键 → 按[READ]“读”软键 → 输入程序名，如“O1” → 按 [EXEC]“执行”软键 → 按  进入远程执行状态 → 进入程序目录，选择所需传送的程序名 → 按“打开” → 程序出现在机床页面上，如下图所示：





任务4 FANUC 系统图形模拟加工和自动加工

技能训练

一、FANUC 系统图形模拟加工（图 3-4-1）

- ①按功能键[GRAPH],显示绘图参数画面,如不显示绘图参数画面按软键软键[参数]。
- ②将光标移动到所需设定的参数处。
- ③输入数据,然后按[INPuT]键。
- ④重复第②和第③步直到设定完所有需要的参数。
- ⑤旋转方式选择开关到“自动循环”。
- ⑥按下软键[图形],再按下软键[EXEC],于是机床开始图形模拟加工,并且在显示屏上绘出刀具的运动轨迹。图形可整体放大或局部放大。
- ⑦按功能键[GRAPH],然后按软键[放大]以显示放大图,放大图画面有两个放大光标(■)。用两个放大光标定义的对角线的矩形区域将被放大到整个画面。
- ⑧按软键[上/下],激活放大光标,激活后的放大光标会闪烁不停,移动放大光标。
- ⑨为使原来图形消失,按[ERASE]键。
- ⑩恢复前面的操作,通过放大光标所定义的绘图部分将被放大。

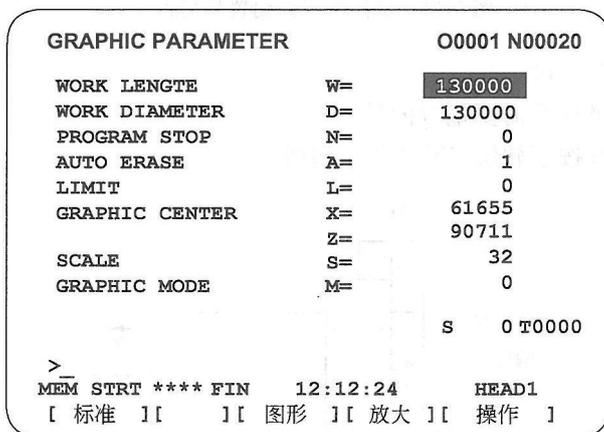


图 3-4-1

二、自动加工

常见的自动加工方式有全自动循环、机床锁住循环、倍率开关控制循环、机床空运转循环、单段执行循环、跳段执行循环等。

1. 全自动加工循环

全自动加工循环是指在自动加工状态下，机床可完成选定程序的执行。程序预先存储在存储器中。当选定了一个程序并按下机床操作面板上的“循环启动”按钮时，机床开始自动运行，此时循环启动灯(LED)点亮。

在自动运行期间，当按下机床控制面板上的“进给中停”按钮时，自动运行停止。再按一次“循环启动”按钮时，自动运行恢复。按下[MD1]板上的[RESET]键，自动运行结束并进入复位状态。

存储器运行(全自动加工循环)的操作步骤如下：

- ①旋转方式选择开关到“自动循环”处。
- ②从存储的程序中选择一个程序。步骤如下：
 - 按[PROG]键显示程序画面。
 - 按地址键。
 - 用数字键输入程序号 XXXX。
 - 按[0 检索]软键。
- ③按机床控制面板上“循环启动”按钮，自动运行启动。
- ④为了中途停止或取消存储器运行，按以下步骤进行：
 - 停止存储器运行：按机床控制面板上“进给中停”按钮。
 - 结束存储器运行：按[MD1]面板上的[RESET]键，自动运行结束并进入复位状态。

在运行期间复位时，机床移动减速然后停止。

2. 机床锁住循环

机床锁住循环是指数控系统工作时，显示屏动态显示机床的运动情况，但不执行主轴、进给、换刀、冷却液等动作(有的机床仅锁住进给运动)。此功能可用于全自动循环加工前的程序调试。机床锁住有两类，一是锁住所有轴，停止全部轴的移动；二是锁住指定轴，仅停止指定轴移动。另外，还有辅助功能锁住，能使M、S和T指令锁住。

机床锁住和辅助功能锁住步骤如下：

①按控制面板上“机床锁住”触摸键。机床不移动，但显示器上各轴位置在改变。有些机床各个轴都有一个机床锁住开关。对于这类机床，按各轴的锁住开关，相应轴不动。

②按操作面板上辅助功能锁住开关，M、S和T代码无效，不被执行。

3. 倍率开关控制循环

自动加工时，可用倍率开关将转速、快速进给速度和切削进给速度调整到最佳数值，而不必修改程序。程编的进给速度可通过选择倍率刻度盘的百分值(%)来减小或增加，这个特性用于检查程序。例如，程序中指定进给速度为100mm/min，如果设定倍率刻度为50%，则机床按50mm/min速度移动。

改变进给倍率的步骤是：在自动运行之前或运行中，将机床控制面板上“进给修调倍率”刻度盘设定到希望的百分值(%)。

在螺纹切削期间，倍率无效并且维持由程序指定的进给速度。

4. 机床空运转循环

自动加工前，不将工件或刀具装上机床，进行机床空运转，以检查程序的正确性。空运转时的进给速度与程序无关，为系统设定值。

空运行步骤如下：

①旋转方式选择开关到“自动循环”处。

②按机床控制面板上的“空运行”触摸键，机床便快速移动，速度大小可用快速移动开关来改变，如图 3-4-2 所示。

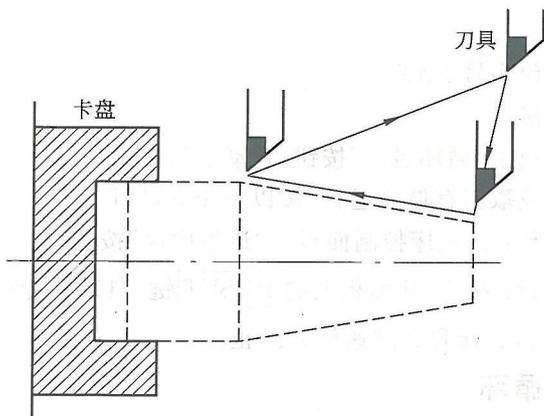


图 3-4-2

5. 单段执行循环

在试切时，出于安全考虑，可选择单段方式执行加工程序。

单段运行步骤如下：

①按机床控制面板上的“单程序段”触摸键，当前程序段被执行之后机床停止。

②按“循环启动”按钮执行下一个程序段，程序段执行完后机床停止。

6. 跳段执行循环

自动加工时，系统可跳过某些指定的程序段，称跳段执行。如在某程序段首加上“/”（如 H/N0050G01...），并在操作面板上按下“跳段”触摸键，则在自动加工时，该程序段被跳过不执行；而当释放此开关后，“/”不起作用，则该段程序可被执行。

三、数控车床的加工操作实例

1. 准备工作

在数控车床上加工如图 3-4-3 所示零件，零件材料为 45 号钢。

其余影

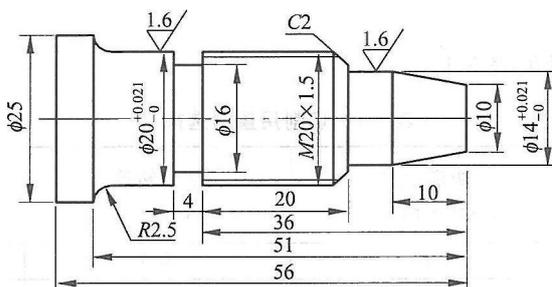


图 3-4-3 零件图

在进行零件加工之前，必需做好一定的准备工作。如零件图的审核、工艺的分析、加工工艺路线的确定、刀具的选择、切削用量的确定、程序的编制等。具体操作步骤如下：

(1) 工艺的分析

①选用 $\phi 28$ 的棒料，材质为 45 号钢。

②以工件左端面及外圆为安装基准，并取工件右端面回转中心为工件坐标系零点。

③该零件的加工面有外圆面、锥面、螺纹、槽。对带公差值的尺寸，取中间值加工。

可采用 G71 与 G70 组合加工。工序安排如下：

先粗车外圆面、锥面；
再精车外圆面、锥面；
接着车槽、车螺纹；
最后车断。

(2) 工艺路线的确定

①车右端面—粗车锥面—粗车 $\phi 14$ 外圆—粗车 $M20 \times 1.5$ 螺纹外圆—粗车 $\phi 20$ 外圆—粗车 $R2.5$ 圆弧面—粗车 $\phi 25$ 外圆。

②精车上述各外表面(先后次序同上)。

③车 $\phi 16$ 处退刀槽。

④车 $M20 \times 1.5$ 螺纹。

⑤切断。

(3) 刀具的选择

根据加工要求选用以下刀具各一把，其编号分别为 01、02、03、04，材料采用硬质合金。

①90。外圆车刀 T0101：副偏角小，用于粗加工。

②90。外圆车刀 T0202：副偏角大，用于精加工。

③切槽刀 T0303：宽 4mm，切槽，切断。

④60。螺纹车刀 T0404：车螺纹。

(4) 确定车削用量

各工序的切削用量见表 3-4-1。

表 3-4-1 切削用量的选择

切削用量 工序	切削速度 $v / (m \cdot min^{-1})$	主轴转速 $S / (r \cdot min^{-1})$	进给量 $F / (mm \cdot r^{-1})$
粗车	80	500	0.3
精车	120	1200	0.1
车槽、切断	60	600	0.1
车螺纹	80	500	1.5

(5) 编程

程序内容	说 明
000041	输入程序号
N1 G54 G97 G99;	建立工件坐标系并初始化
N2 M03 S500 T0101;	主轴正转，调用1号刀
N3 G00 X35 Z0;	快进至近工件端面处(对刀点)
N4 G01 X0 F0.1;	车端面，进给量 $0.1mm/r$
N5 G00 Z1;	快速退刀至粗车循环起点
N6 X35;	
N7 G71 U2 R1;	外圆粗车固定循环
N8 G71 P9 Q19 U0.3 W0.2 F0.3;	
N9 G00 X10;	锥面起刀点
N10 G01 X20;	
N11 X14.01 Z-10;	车锥面
N12 W-6;	车 $\phi 14$ 外圆

N13 X16:	车端面
N14 X19.9 W-2:	倒角C2
N15 W-22:	车螺纹外表面
N16 X20.01:	车台阶
N17 W-8.5:	车 $\Phi 20$ 外表面
N18 G02 X25 W-2.5 R2.5:	车R2.5圆弧
N19 G01 W-10:	车 $\Phi 25$ 外圆
N20 G00 X150:	快速回换刀点
N21 Z150:	
N22 T0202 M03 S1200 F0.1:	换精车刀并指定转速及方向等
N23 G00 X35 Z2:	快速回对刀点
N24 G70 P9 Q19:	精车固定循环
N25 G00 X150:	快速回换刀点
N26 Z150:	
N27 M01:	与面板配合, 停车检验
N28 T0303 M03 S600 F0.1:	换车槽刀
N29 G00 X30 Z-40:	车槽定位
N30 G01 X16:	车槽到 $\Phi 6$
N31 G00 X150:	快速回换刀点
N32 Z150:	
N33 T0404 M03 S500:	换螺纹刀并指定转速及方向
N34 G00 X30 Z-38:	车螺纹定位
N35 G92 X19.2 Z-14 F1.5:	第一刀
N36 X18.6:	第二刀
N37 X18.2:	第三刀
N38 X18.04:	第四刀
N39 G00 X150:	快速回换刀点
N40 Z150:	
N41 M01:	与面板配合, 停车检验
N42 T0303 M03 S500 F0.1:	换车槽刀并指定转速及方向等
N43 G00 X30 Z-60:	车断定位
N44 G01 X5:	车断
N45 X35:	退刀
N46 G00 X150:	快速回换刀点
N47 Z150:	
N48 M05:	主轴停
N49 M30:	程序结束

知识的延展

五轴钻铣复合机床



近几年来，无论在国际还是国内的机床展均可看到数控机床正朝著高速度、高精度、复合化的方向发展。复合化是指在一台机床上利用一次装夹完成大部分或全部切削加工，以提高加工效率及保证工件的位置精度。国外数控镗铣床、加工中心均采用多轴加工技术，包括五轴联动功能来实现多面体和曲面零件加工。在实际应用中，五轴数控机床的加工效率相对普通三轴机床能大幅度的提高，有时高达数倍甚至十倍以上(视工件的复杂程度)。由於五轴功能大大提高数控机床的加工能力，便於简化生产工序，节省工件装夹及周转运输的时间和花费，同时也可省去某些大型自动化生产流水线，大大节约了占地空间和生产成本。

目前市场上有一种机械专门针对以上所提到的复角加工，此机械为环球工业机械(东莞)有限公司 www.wim.hk 所研发的专利产品，亚洲首创。主要为加工复杂模具而设计的“五轴钻铣复合机床(CAMDER)”是一台配备了先进 6 轴数控系统，最大承重 30 吨，配有数控回转工作台及主轴摇摆机构，配合先进的设计，能以极短时间内在深孔加工钻削模式与铣削模式之间互相切换，是一台集铣削、深孔加工为一体的复合数控机床。正好为企业解决加工复杂曲面、斜导柱、斜抽芯、斜顶杆及斜水路的困难。

在传统机床或一般三轴加工中心上，若要加工斜导柱、斜抽芯、斜顶杆及斜水路，除需要额外的工装及多次装夹才能完成外，期间由于模具需要转换不同角度，容易因为人为错误而导致模具报废。另外若是加工大型的模具如汽车保险杠模具，这些模具重量一般会有 20~30 吨重，在吊运及转换角度时是非常困难及耗时，用于调校角度及装夹的时间往往需要大半天的时间。应用五轴钻铣复合机床，好处是能通过工作台回转及主轴摇摆(tilt)使工件与刀具成任意角度，免除额外的工装及减少装夹次数，由于工作台的回转及主轴的摇摆是由数控系统控制，配合 CAM 系统，可于 NC 程序中自动转换工件角度，避免人为错误，减少报废率。除些以外，钻铣模式的快速转换使得在加工斜孔前必须加工的导向孔或台阶孔可在同一台机床上加工，无需在其它数控铣床上加工，减少了工件的周转。

CAMDER 的强大铣削工能，能完成全部或大部份的粗加工及精加工项目。由于机床有良好的刚性，在精加工上有着出色的表现，同时数控系统配有高精度轮廓控制功能，加工出来的曲面不但有良好的光洁度，而且形位公差也能达至一般加工中心的精度。利用工作台回转及主轴摇摆的特性除可以提高倾斜面加工的效率外亦可在加工落差较大的位置时，减少刀具长度，提高加工效率。另外，机床亦配有大功率及大扭力主轴，除可使用大直径的刀具以一般加工中心的切削参数作粗加工外，亦可以使用大直径高效率的刀粒钻、丝攻作一般孔加工。

根据东莞明利钢材模具制品有限公司生产部的负责人表示，现在大部份的汽车保险杠模具上的冷却水路均会随着保除杆的形状布置，所以每一条水路的角度均有不同，加工这些水路以往最快都需要 4~5 天才能完，但在 CAMDER 上只需要 1~2 天时间便能完成，有效缩短了加工时间。另外江苏省常州市的一间全国最大的汽车零件模具制造商在购入了第一台 CAMDER 不到一年的时间，便再订购多 4 台不同大小的 CAMDER，可见五轴钻铣复合机床 CAMDER 确实能提高模具加工的效率。

思考与练习

- 1、数控车床如何启动和停止？
- 2、回参考点的方法是什么？
- 3、程序编辑操作字的插入、修改和删除方法？
- 4、FANUC 系统数控车床的数控指令有哪些及参数如何规定？
- 5、FANUC-0i 仿真软件如何操作？
- 6、FANUC 系统如何进行图形模拟加工和自动加工？
- 7、下边图形进行编程和仿真模拟演示

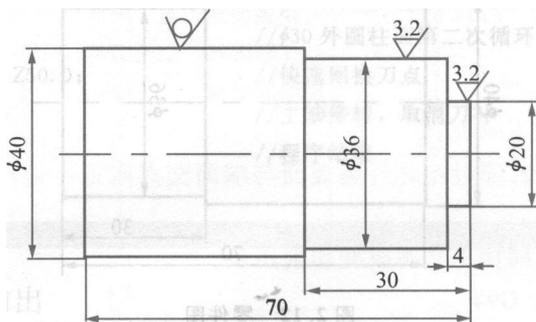


图 1

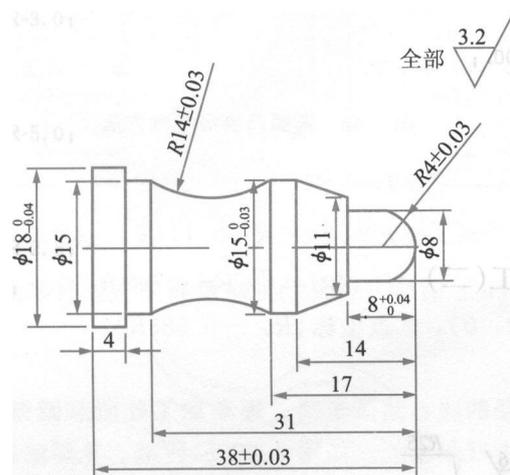


图 2

知识目标

1. 掌握各单项技能的工艺分析和流程
2. 掌握各常用的G指令和M、S、T等辅助指令

技能目标

1. 掌握机床刀具的选择、刃磨和对刀。
2. 掌握外圆、内孔、锥度、螺纹的加工技术
3. 数控机床操作注意安全事项。

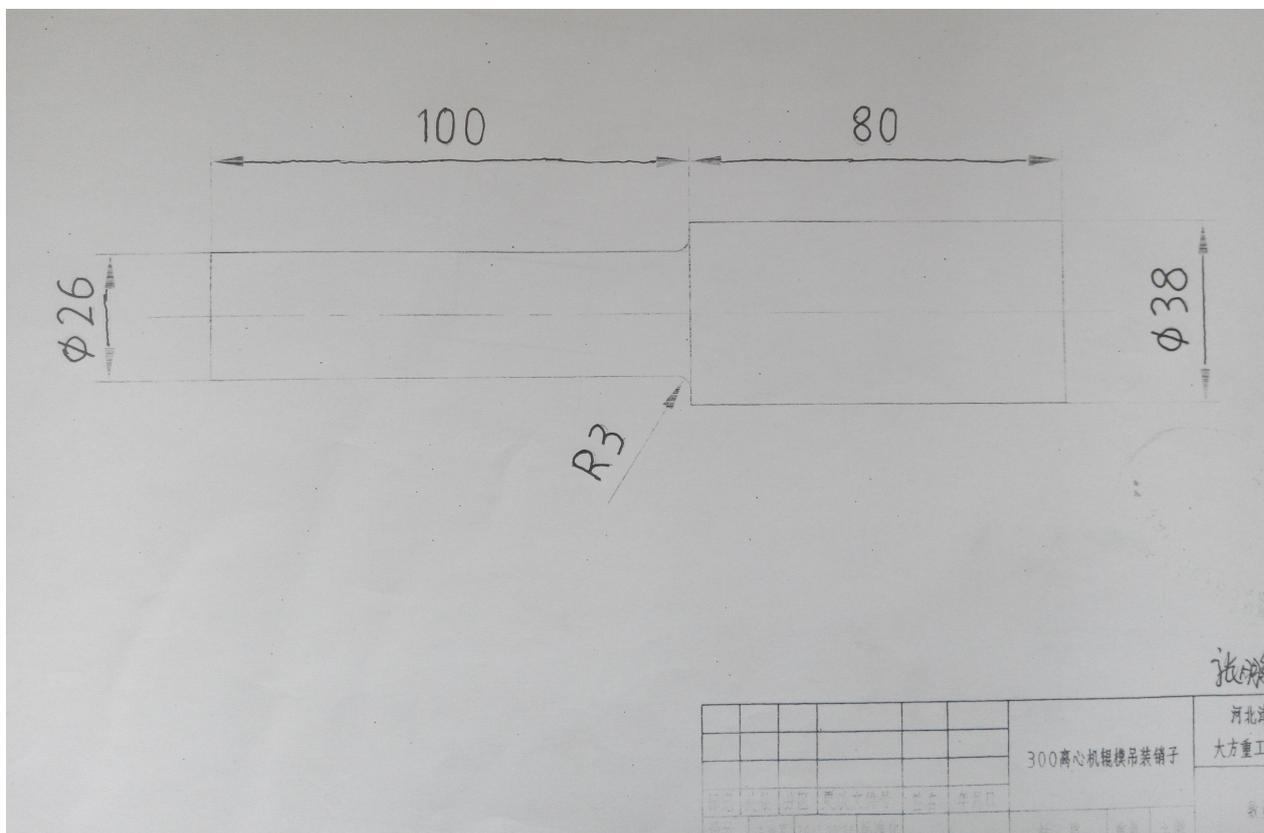
情感目标

养成良好的学习态度，和严谨认真的性格。

生产任务1 300 离心机端盖销子加工

典型生产案例：

一、加工图纸



二、加工零件 图纸分析

(1) 工艺的分析

- ①来料加工为 Q235，毛坯直径为 $\phi 40$ ，长度为 182，并且是大批量加工。加工的零件名称为 300 离心机端盖销子，应用离心机端盖孔的制造，加工精度不是要求太高，外表面粗糙度为 3.2，尺寸公差为自由公差，图上没有形位公差要求。为是大批量的加工，所以制定工艺为流水作业。
- ②用一夹一项的装夹方式，以工件左端面及左面的外圆为安装基准，并取工件右端面回转中心为工件坐标系零点。
- ③该零件的加工面有外圆面。
- ④机床选用 CKA6150，三爪卡盘。
- ⑤量具选用 300 的钢板尺、0—150 的游标卡尺

(2) 工序安排如下：

- 工序 1、以经齐好两端面，一端打好中心孔 A3/6，锥孔大端的孔径不超 ± 0.5 ，保总长 180；
- 工序 2、用一夹一项装夹方式，并主轴孔放限位轴块，以确保伸出长度；
- 工序 3、再调头车外圆面，倒角；

(3) 工艺路线的确定

由于是大批量的生产，采用流水加工方式，先齐好两端面保总长 180，打好中心孔 A3/6；由普车先做好。

- ①车 $\phi 40$ 外圆至 $\phi 26$ ，长度为 100——倒角 C1。
- ②批量完成后，调头车 $\phi 40$ 外圆至 $\phi 38$ ，长度为 80——倒角 C2

(4) 刀具的选择

根据加工要求选用以下刀具各一把，其编号分别为 01、02，材料采用硬质合金 YT5 刀头。

- ①90。外圆车刀 T0101：副偏角小，用于粗加工。
- ②90。外圆车刀 T0202：副偏角大，用于精加工。

(5) 确定车削用量

各工序的切削用量见表 4—1。

表 4-1 切削用量的选择

切削类型	切削速度 V / (m/min)	主轴转速 S / (r/min)	进给量 F / (mm/r)
粗车	50	400	0.2
精车	100	600	0.1

三、加工程序

机床系统为，FANUC-0i，刀架前置式，参考点设在右端面中心点上。

工艺程序为：

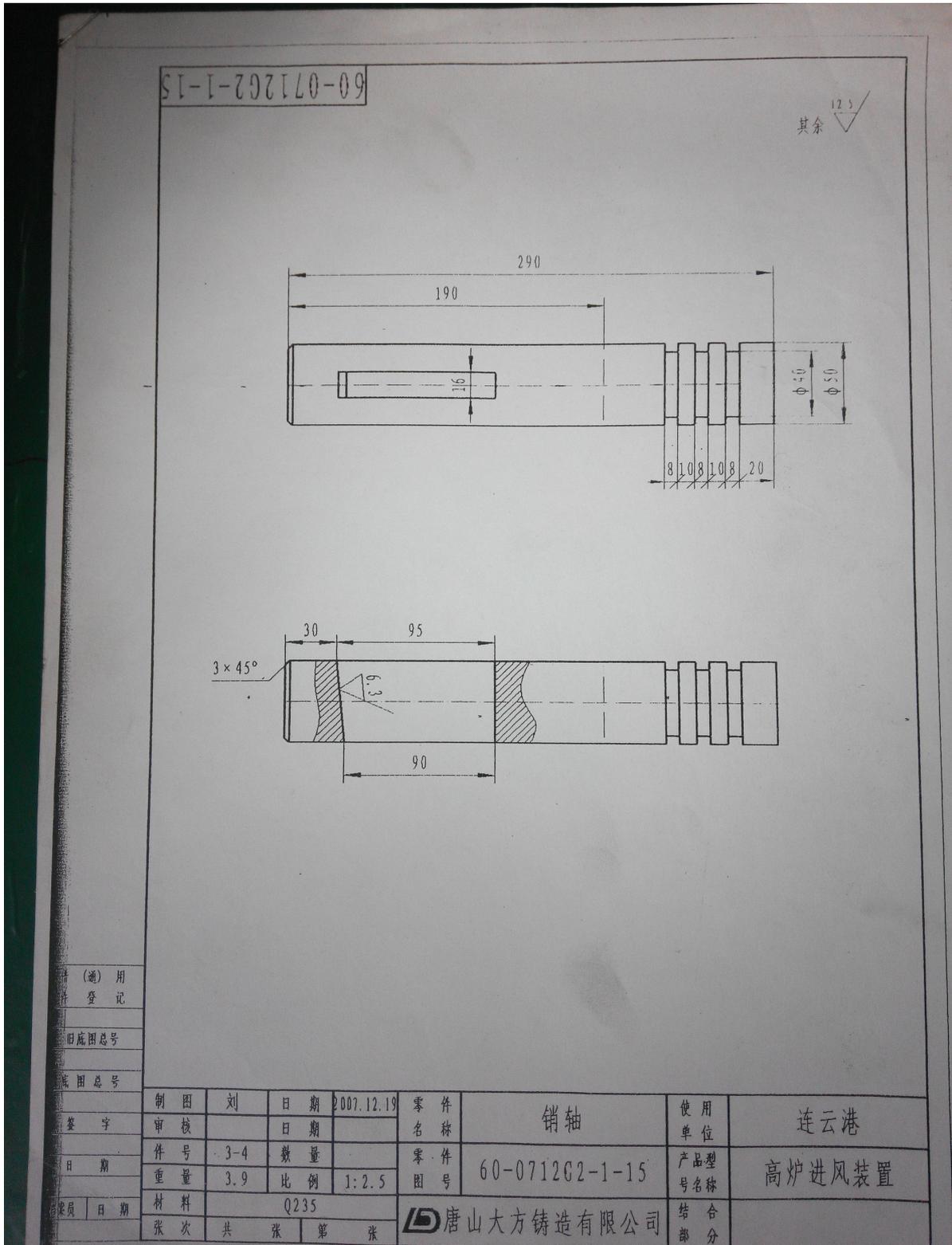
程序内容	说 明
O0001	输入程序名
N1	第一段程序
N01 G99;	进给量定为mm/转
N02 M03 S400	主轴正转400转
N03 G00 X200 Z200 T0101;	换刀点，调用1号刀
N04 G00 X40 Z5;	快速进到工件右端面附近
N05 G90 X36 Z—98 F0.2;	车外圆单循环，进给量0.2mm / r

N06 X32;	第二次循环
N07 X28;	第三次循环
N08 X26.5;	第四次循环
N09 G00 X200 Z200;	回换刀点
N11 M00	暂停, 进行测量
N10 T 0202 M0 S600;	换2号刀
N11 G00 X24 Z2 F0.1;	快速进到工件右端面附近
N12 G01 X24 Z0;	进刀到工件端面
N13 X26 Z-1;	进行倒角C1
N14 Z-98	精车外圆至 $\Phi 26$
N15 G03X42 Z-100 R3 F0.1;	车R3圆弧过渡
N16 G00 X200 Z200;	回换刀点
N17 M05	主轴停止
N18 M30;	程序结束回到程序起点
N2	第二程序段
N20 G99;	进给量定为mm/转
N21 M03 S400	主轴正转400转
N22 G00 X200 Z200 T0101;	换刀点, 调用1号刀
N23 G00 X40 Z5;	快速进到工件右端面附近
N24 G01 X38.5 Z80 F0.2;	粗车外圆至 $\Phi 28.5$, 进给量 0.2mm/r
N25 G00 X200 Z200;	回换刀点
N26 M00	暂停, 进行测量
N27 T 0202 M0 S600;	换2号刀
N28 G00 X34 Z2 F0.1;	快速进到工件右端面附近
N29 G01 X34 Z0;	进刀到工件端面
N30 X38 Z-2;	进行倒角C2
N31 Z-80	精车外圆至 $\Phi 38$
N32 G00 X200 Z200;	回换刀点
N33 M05	主轴停止
N34 M30;	程序结束回到程序起点

生产任务 2 风口大套吊装销子加工

典型生产案例：

一、加工图纸



二、加工零件图纸分析

机床选用 CK6150，三爪卡盘，量具选用 300 的钢板尺、0—150 的游标卡尺

(1) 工艺的分析

- ①来料加工为 Q235，毛坯直径为 $\phi 50$ ，长度为 290，并且是大批量加工。加工的零件名称为风口大套吊装销子，应用于高炉进风装置吊装，加工精度不是要求太高，外表面见亮就形，尺寸公差较大，图上没有形位公差要求。为是大批量的加工，所以制定工艺为流水作业。
- ②用一夹一顶的装夹方式，以工件左端面及外圆为安装基准，并取工件右端面回转中心为工件坐标系零点。
- ③该零件的加工面有外圆面、槽。
- ④机床选用 CKA6150，三爪卡盘。
- ⑤量具选用 300 的钢板尺、0—150、0—300 的游标卡尺各一把。

(2) 工序安排如下：

- 工序 1、先齐好两端面保总长 290，打好中心孔 A3/6，锥孔大端的孔径不超 ± 0.5 ；
- 工序 2、用一夹一顶装夹方式，夹持长度为 10 毫米，并主轴孔放限位轴块，以确保伸出长度，先车外圆面、槽；
- 工序 3、再调头车外圆面；
- 工序 4、销轴槽孔为气割，转序。

(3) 工艺路线的确定

由于是大批量的生产，先齐好两端面保总长 290，打好中心孔 A3/6；由普车先做好。

- ①倒角 C2—车 $\phi 50$ 外圆共一刀，长度为 268——车槽 $\phi 40 \times 8$ ，共 3 个槽，每个槽车两刀。
- ②批量完成后，调头车 $\phi 50$ 外圆长度为 25，正好接刀到沟槽位置，防止出现接刀的痕迹——倒角 C2

(4) 刀具的选择

根据加工要求选用以下刀具各一把，其编号分别为 01、02，材料采用硬质合金。

- ①90。外圆车刀 T0101：副偏角小，用于粗加工。
- ②切槽刀 T0202：宽 4mm，切槽。

(5) 确定车削用量

各工序的切削用量见表 4—2。

表 4-2 切削用量的选择

切削类型	切削速度 V / (m/min)	主轴转速 S / (r/min)	进给量 F / (mm/r)
粗车	50	400	0.3
车槽	40	300	0.1

三、加工程序

机床系统为，FANUC-0i，刀架前置式，参考点设在右端面中心点上，切槽刀以左刀尖对刀。

工艺程序为：

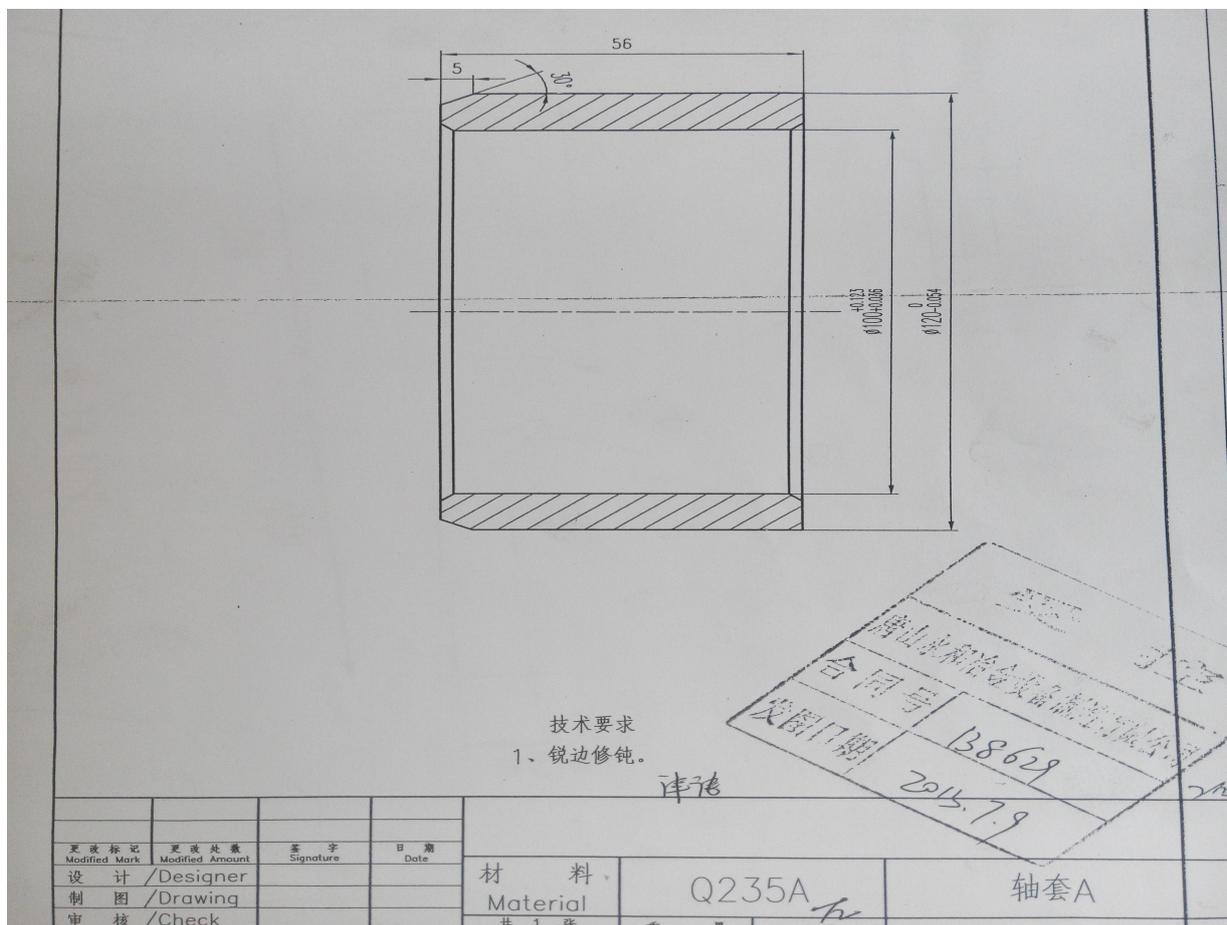
程序内容	说 明
O0002	输入程序名
N1	第一段程序
N01 G99 G40 F0.2;	进给量定为mm/转，进给量0.2mm / r
N02 M03 S400	主轴正转400转
N03 G00 X200 Z200 T0101;	换刀点，调用1号刀

N04 G00 X46 Z5;	快速进到工件右端面附近
N05 G01 Z0;	进给到工件端面
N06 X50 Z-2;	进行倒角C2
N07 Z-268 ;	车外圆 ϕ 50外圆，长度为268
N08 G00 X200 Z200;	回换刀点
N10 T0202 M03 S300;	换2号刀
N11 G00 X55 Z-230 F0.1;	快速进到工件车槽附近
N12 G01 X40;	进刀车好第一个槽的第一刀
N13 G00 X55;	X轴方向退刀
N14 G00 Z-234;	Z轴方向快速移动一个刀宽
N15 G01X40;	进刀车好第一个槽
N13 G00 X55;	X轴方向退刀
N14 G00 Z-248;	Z轴方向快速移动第二个槽位置
N15 G01X40;	进刀车好第二个槽的第一刀
N13 G00 X55;	X轴方向退刀
N14 G00 Z-252;	Z轴方向快速移动一个刀宽
N15 G01X40;	进刀车好第二个槽
N13 G00 X55;	X轴方向退刀
N14 G00 Z-266;	Z轴方向快速移动第三个槽的位置
N15 G01X40;	进刀车好第三个槽第一刀
N13 G00 X55;	X轴方向退刀
N14 G00 Z-270;	Z轴方向快速移动一个刀宽
N15 G01X40;	进刀车好第三个槽
N13 G00 X200;	X轴方向退刀
N14 G00 Z200;	Z轴方向退刀回到换刀点
N17 M05	主轴停止
N18 M30;	程序结束回到程序起点
N2	第二程序段
N19 G99 G40 F0.2;	进给量定为mm/转，进给量0.2mm / r
N20 M03 S400	主轴正转400转
N21 G00 X200 Z200 T0101;	换刀点，调用1号刀
N22 G00 X46 Z5;	快速进到工件右端面附近
N23 G01 Z0;	进给到工件端面
N24 X50 Z-2;	进行倒角C2
N25 Z-20 ;	车外圆 ϕ 50外圆，长度为20
N26 G00 X200 Z200;	回换刀点
N27 M05	主轴停止
N28 M30;	程序结束回到程序起点

生产任务3 轴套A加工

典型生产案例：

一、加工图纸



二、加工零件 图纸分析

(1) 工艺的分析

- ①来料加工为 Q235，毛坯外直径为 $\phi 125$ ，内孔直径为 $\phi 95$ ，长度为 150，一个毛坯料出两个零件，并且是小批量加工。加工的零件名称为轴套 A，应用轴上的隔套，加工精度要求较高，表面粗糙度图纸上没有要求但按实际使用中要求较高，尺寸公差较小，因为是小批量的加工，所以制定工艺为流水作业，由于是薄壁件，所以必须充分浇切屑液。
- ②用三爪的装夹方式，工件要倒角，所以还要准备一付软卡爪，以工件左端面及外圆为安装基准，并取工件右端面回转中心为工件坐标系零点。
- ③该零件的加工面有外圆面、内孔、切断。

(2) 工序安排如下：

- 工序 1、以先齐好两端面保总长 150 的毛坯料；
- 工序 2、先车外圆面，再车内孔，最后要切断；
- 工序 3、再调头用软卡爪夹持另一端面的倒角；

(3) 工艺路线的确定

由于是大批量的生产，先下料并齐好两端面保总长 150，由普车先做好。

①车粗车外圆——粗车内孔——精车外圆——精车内孔——倒角——切断——车外锥面——倒角——切断。

②批量完成后，调头换软卡爪另一端面倒角

(4) 机床选用 CKA6150，三爪卡盘。

(5) 量具选用 300 的钢板尺一个、0—150 游标卡尺一把、100—125 千分尺一把、内径百分表 50—150 一把。

(6) 刀具的选择

根据加工要求选用以下刀具各一把，其编号分别为 01、02、03，材料采用硬质合金 YT5。

①90 外圆车刀，T0101：副偏角大些。

②盲孔车刀 T0202：角度偏大些，长度 150。

③切断刀 T0303：刀宽为 4，长度 20

(7) 确定车削用量

各工序的切削用量见表 4—3。

表 4-3 切削用量的选择

切削类型	切削速度 V / (m/min)	主轴转速 S / (r/min)	进给量 F / (mm/r)
车外圆	100	400	0.1
车内孔	80	300	0.1
切断	50	150	0.1

三、加工程序

机床系统为，FANUC-0i，刀架前置式，参考点设在右端面中心点上，切槽刀以左刀尖对刀。

工艺程序为：

程序内容	说 明
O0003	输入程序名
N1	第一段程序
N01 G99 G40 F0.1;	进给量定为mm/转，进给量0.1mm / r
N02 M03 S400	主轴正转400转
N03 G00 X200 Z200 T0101;	换刀点，调用1号刀
N04 G00 X125 Z5 M08;	快速进到工件右端面附近，浇切屑液
N05 G90 X123 Z-120;	车外圆单循环第一次走刀
N06 X120.5;	第二次走刀
N08 M09 G00 X200 Z200;	切屑液停，回到换到点
N10 T0202 M03 S300;	换2号刀
N11 G00 X90 Z5 M08;	快速进到工件附近，切屑液开
N12 G90 X98 Z-120 F0.1;	车内孔单循环第一刀
N13 X99.5;	车孔第二刀
N14 M09 G00 X200 Z200;	切屑液停，回到换到点
N15 M00;	暂停，进行测量检测
N16 T0202 M03 S300;	调用2号刀，正转，300转
N17 G00 X96 Z5 M08;	快速进到工件附近，切屑液开

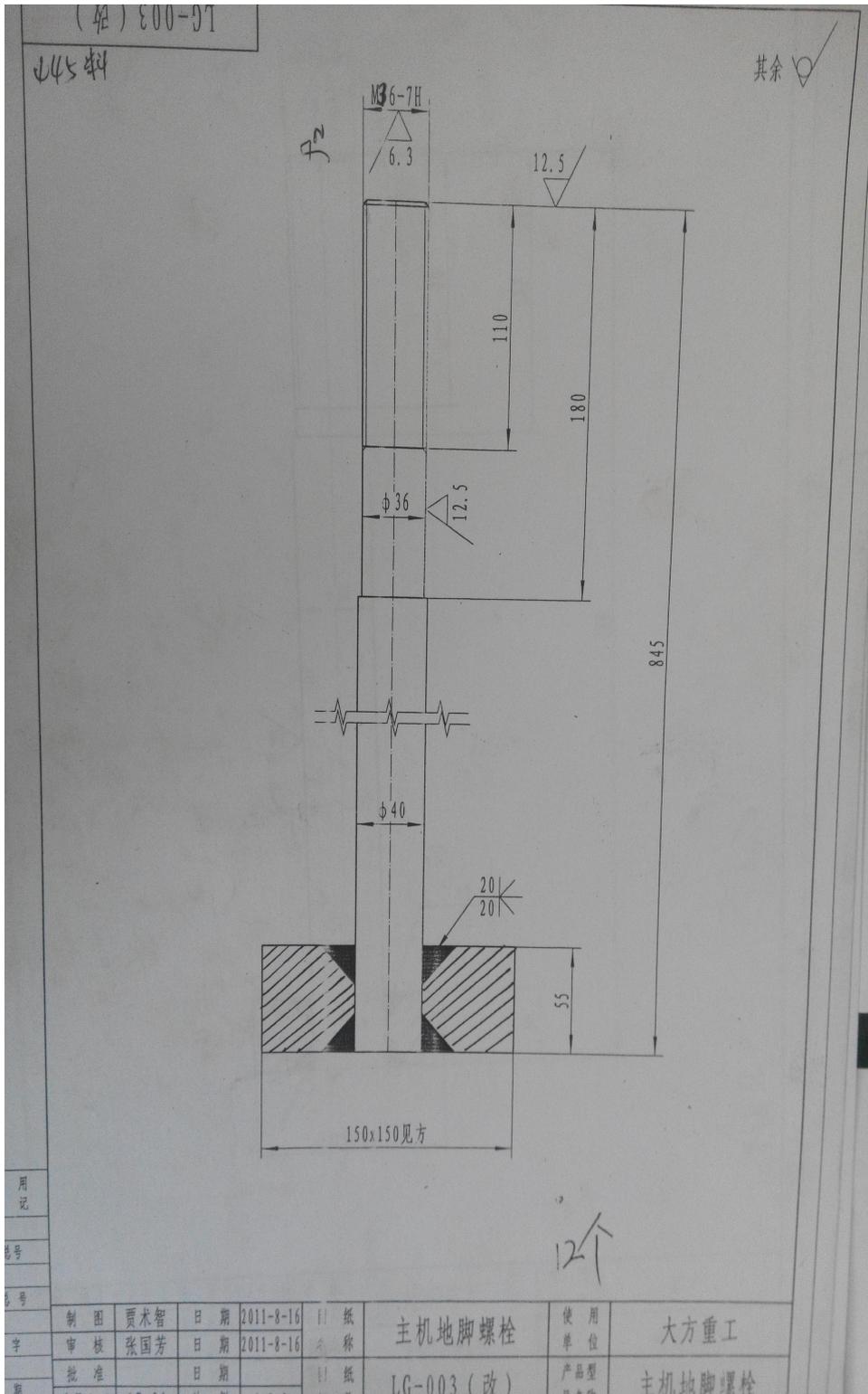
N18 G01 Z0 F0.05;	到工件的端面, 进给量为0.05
N19 X100.05 Z-2;	倒角C2
N20 Z-120;	精车内孔, 保证公差值
N21 M09 G00 X95;	切屑液停, X轴方向快速退刀
N22 G00 Z5;	Z轴方向快速退刀
N23 G00 X200 Z200 T0101;	回换刀点, 调用1号刀
N24 G00 X114.23 Z5;	回到工件端面附近
N25 G01 Z0 F0.05;	Z轴方向到端面
N26 G01X119.98 Z-5;	车削外圆锥面
N27 Z-120;	精车外圆
N28 M09 G00 X200 Z200;	回换刀点
N29 S200 T0303;	主轴200转, 调用3号刀
N30 G00 X125;	
N31 M08G00 Z-69;	到第一个切断位置附近
N32 G01X98;	切断
N33 M09 G00 X200 Z200;	切屑液停, 回到换刀点
N34 T0202 M03 S300;	调用第2把刀, 正转, 300转
N35 G00 X96 Z-65 M08;	快速进到工件附近, 切屑液开
N36 G01 Z-69 F0.05;	到工件的端面, 进给量为0.05
N37 X100.05 Z-71;	倒角C2
N38 M09 G00 X95;	切屑液停, X轴方向快速退刀
N39 G00 Z5;	Z轴方向快速退刀
N40 G00 X200 Z200 T0101;	回换刀点, 调用第一把刀
N41 G00 X114.23 Z-65;	回到工件端面附近
N42 G01 Z-69 F0.05;	Z轴方向到端面
N43 G01X119.98 Z-74;	车削外圆锥面
N44 M09 G00 X200 Z200;	切屑液停, 回换刀点
N45 S200 T0303;	主轴200转, 调用3号刀
N46 G00 X125;	
N47 M08G00 Z-120;	到第二个切断位置附近
N48 G01X98;	切断
N49 M09G00 X200;	切屑液停, 回到换刀点
N50 M05	主轴停止
N51 M30;	程序结束回到程序起点
N2	第二程序段
N52 G99;	进给量定为mm/转
N53 T0202 M03 S300;	调用第2把刀, 正转, 300转
N54 G00 X96 Z5 M08;	快速进到工件附近, 切屑液开
N55 G01 Z0 F0.05;	到工件的端面, 进给量为0.05
N56 X100.05 Z-2;	倒角C2
N57 M09 G00 X95;	切屑液停, X轴方向快速退刀
N58 G00 Z5;	Z轴方向快速退刀
N59 G00 X200 Z200 T0101;	回换刀点, 调用1号刀
N60 G00 X114.23 Z5;	回到工件端面附近

<p>N61 G01 Z0 F0.05; N62 G01X119.98 Z-2; N63 M09 G00 X200 Z200; N64 M05 N65 M30;</p>	<p>Z轴方向到端面 倒角C2 切屑液停, 回换刀点 主轴停止 程序结束回到程序起点</p>
--	--

生产任务 4 主机地脚螺栓

典型生产案例：

一、加工图纸



二、加工零件 图纸分析

(1) 工艺的分析

①来料加工为 Q235，毛坯外直径为 $\phi 40$ 圆钢长棒料，下料长度为 845，并且是小批量加工。

加工的零件名称为主机地脚螺栓，应用机械设备安装的地脚紧固，加工精度要求较低，表面粗糙度图纸上没有要求但按实际使用中要求不高，尺寸公差可以大些，因为是小批量的加工，所以制定工艺为流水作业。

②用一夹一顶的装夹方式，以工件左端面及外圆为安装基准，并取工件右端面回转中心为工件坐标系零点。

③该零件的加工面有外圆面、三角粗牙普通螺纹，车螺纹外圆直径要比公称直径小 0.2—0.4，螺距是 4，牙形高度为， $0.5413 \times 4 = 2.1652$ ，牙顶宽为 0.6。

(2) 工序安排如下：

工序 1、先下料，再打中心孔以先完成；

工序 2、先车外圆面，再倒角，最后车螺纹；

工序 3、焊地脚栓板转其它车间转序；

(3) 工艺路线的确定

由于是大批量的生产，先下料并打好中心孔，由普车先做好。

①车外圆——倒角——车螺纹。

②焊接地脚板转序

(4) 机床选用 CKA6150，三爪卡盘，主轴孔中放限位轴块确定伸出长度。

(5) 量具选用 300 的钢板尺一个、0—150 游标卡尺一把。

(6) 刀具的选择

根据加工要求选用以下刀具各一把，其编号分别为 01、02，材料采用硬质合金 YT5。

①90 外圆车刀，T0101：副偏角小此。

②60 度三角螺纹车刀 T0202：牙形角磨成 59.5 度。

(7) 确定车削用量

各工序的切削用量见表 4—4。

表 4-4 切削用量的选择

车削类型	切削速度 V / (m/min)	主轴转速 S / (r/min)	进给量 F / (mm/r)
车外圆	80	600	0.2
车三角螺纹	40	300	

三、加工程序

机床系统为，FANUC-0i，刀架前置式，参考点设在右端面中心点上，螺纹刀以刀尖对刀。

工艺程序为：

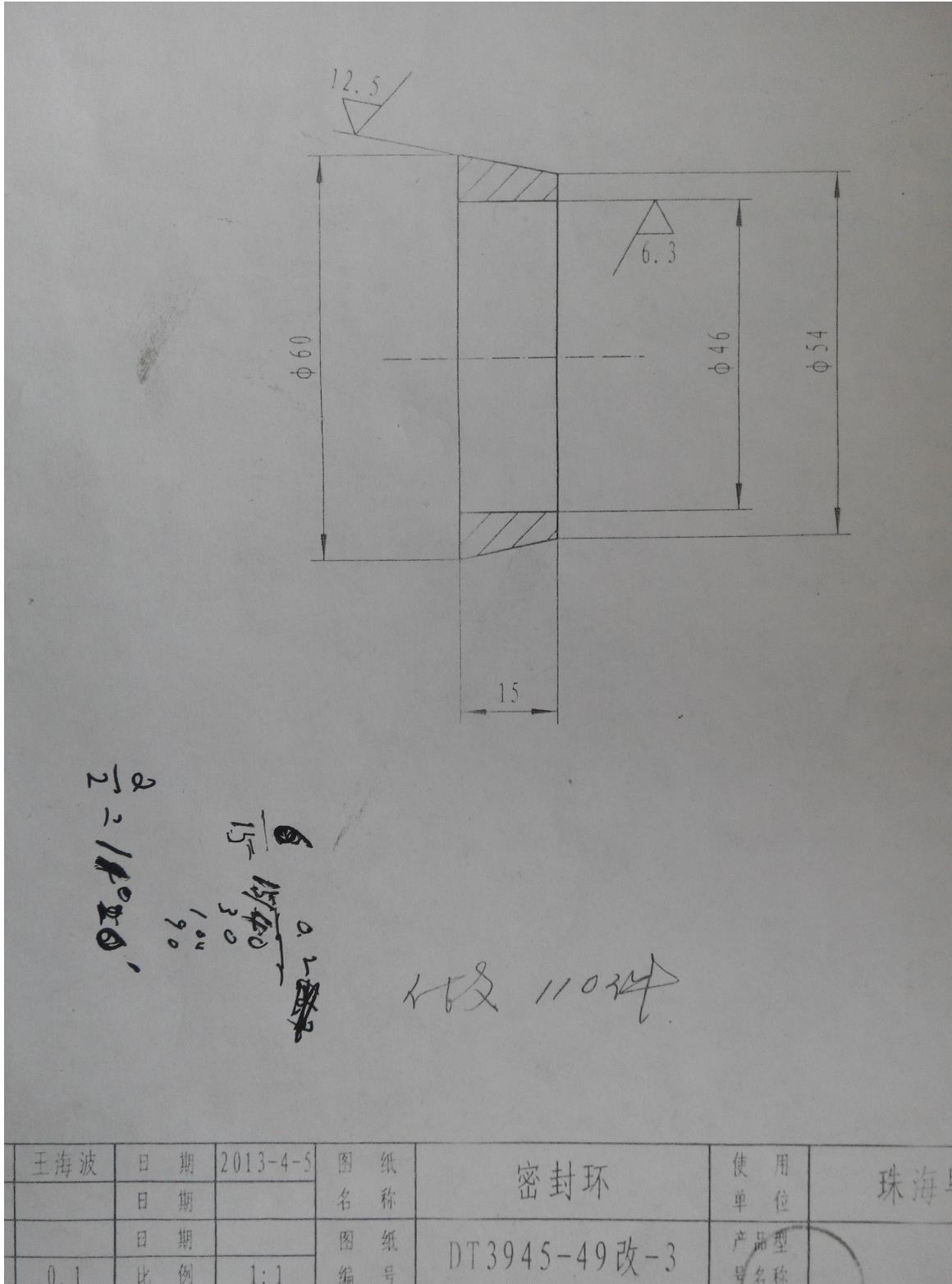
程序内容	说 明
O0004	输入程序名
N1	第一段程序
N01 G99 G40 F0.2;	进给量定为mm/转，进给量0.2mm / r
N02 M03 S600	主轴正转600转
N03 G00 X200 Z200 T0101;	换刀点，调用1号刀
N04 G00 X45 Z5;	快速进到工件右端面附近
N05 G01 X36 Z0;	进给到工件端面进刀位置

<p>N06 X36 Z-180; N07 G00 X45 Z0 ; N08 G01 X32; N10 G01 X35.8 Z-2; N11 Z-110; N12 G00 X200 Z200 S300 T0202; N13 G00 X40; N14 G00 Z5; N15 G92X34.3 Z-110 E4; N16 X33.3; N17 X32.3; N18 X0.8; N19 G00 X200; N20 G00 Z200; N21 M05 N22 M30;</p>	<p>车外圆，长度为180 快速退刀到工件右端面 进到倒角的位置 螺纹端面倒角 车螺纹的外圆到尺寸 回到换刀点，调用2号刀 主轴300转 X轴方向快速进刀 Z轴方向快速移动到工件端面附近 车螺纹单循环第一刀 车螺纹第二刀 车螺纹第三刀 车螺纹第四刀 X轴方向退刀 Z轴方向退刀回到换刀点 主轴停止 程序结束回到程序起点</p>
---	--

生产任务5 密封环加工

典型生产案例：

一、加工图纸



二、加工零件 图纸分析

(1) 工艺的分析

①来料加工为 Q235，毛坯外直径为 $\phi 60$ 圆管长料，内孔直径为 $\phi 40$ ，下料长度为 160，并且是大批量加工。加工的零件名称为密封环，应用在风口大套中水冷管中两管的联接密封焊接，所以加工精度要求较低，表面粗糙度图纸上要求不高，尺寸公差可以大，因为是批量的加工，一次装夹五个依次加工完成。

②用三爪装夹方式，以工件左端面及外圆为安装基准，并取工件右端面回转中心为工件坐标系零点。

③该零件的加工面有外圆锥面，锥面小头可以小，内孔加工可以大 0.5。

(2) 工序安排如下：

工序 1、锯床先下料，长度为 160；

工序 2、先车外圆锥面，再车内孔，切断；

(3) 工艺路线的确定

由于是大批量的生产，先下料。

①车外圆锥面——车内孔——切断。

②清毛刺

(4) 机床选用 CKA6150，三爪卡盘，主轴孔中放限位轴块确定伸出长度为 110。

(5) 量具选用 300 的钢板尺一个、0—150 游标卡尺一把。

(6) 刀具的选择

根据加工要求选用以下刀具各一把，其编号分别为 01、02、06，材料采用硬质合金 YT5。

①90 外圆车刀，T0101：副偏角小此。

②盲孔车刀 T0202：长度为 120，刀杆直径 30 以增加车刀体钢性。

③切断刀 T0303：刀头宽 4，长度为 10

(7) 确定车削用量

各工序的切削用量见表 4—5。

表 4-5 切削用量的选择

车削类型	切削速度 V / (m/min)	主轴转速 S / (r/min)	进给量 F / (mm/r)
车外圆	80	400	0.2
车内孔	80	400	0.1
切断	40	200	0.1

三、加工程序

机床系统为，FANUC-0i，刀架前置式，参考点设在右端面中心点上，切槽刀以左刀尖对刀。

工艺程序为：

程序内容	说 明
O0005	输入程序名
N1	第一段程序
N01 G99 G40 F0.2;	进给量定为mm/转，进给量0.2mm / r
N02 M03 S400	主轴正转400转
N03 G00 X200 Z200 T0101;	换刀点，调用1号刀
N04 G00 X65 Z0;	快速进到工件右端面附近

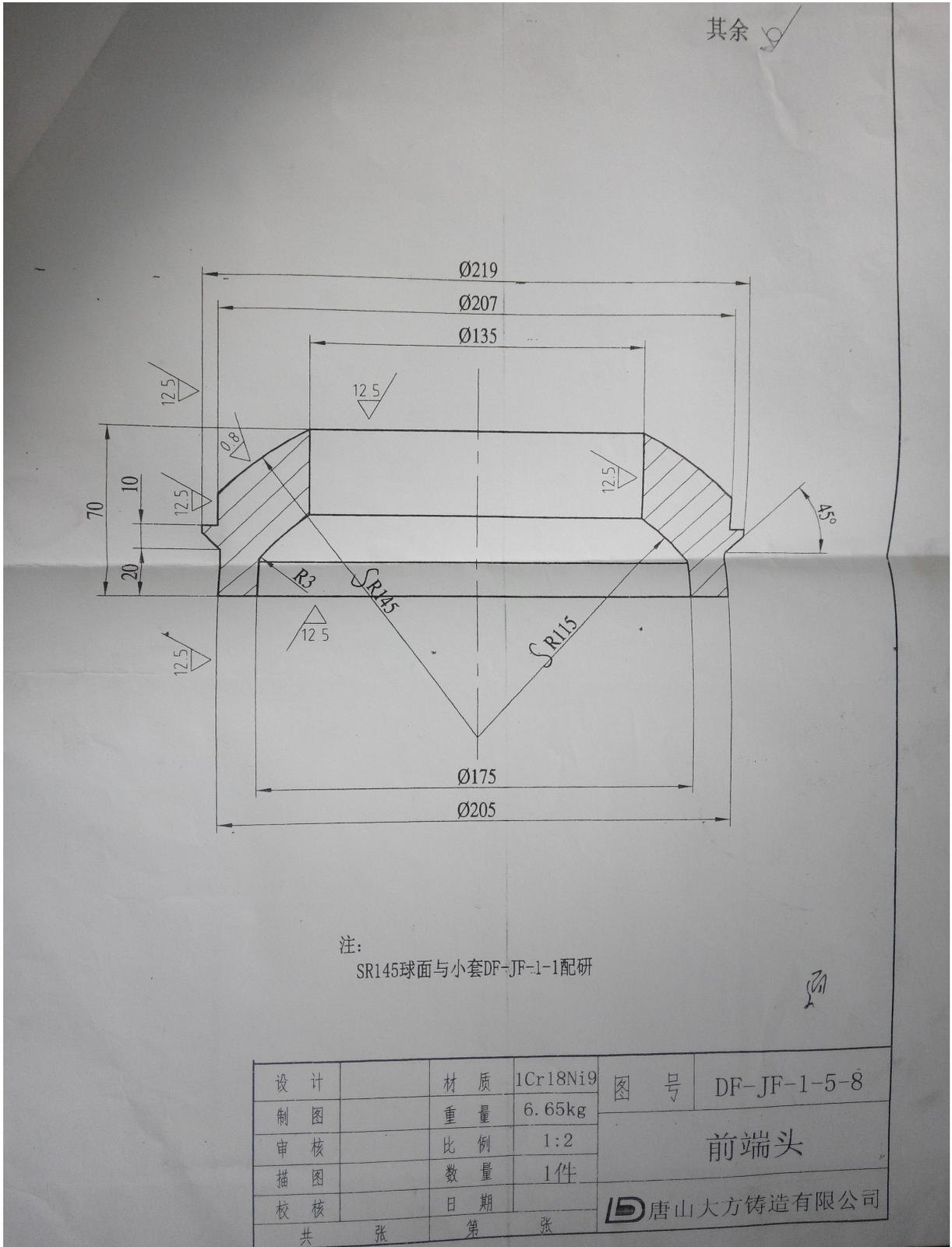
N05 G01 X40 ;	齐工件端面
N06 G00 X54	退刀
N06 G01 X60 Z-15;	车锥度
N08 G00 X200 Z200;	回换刀点
N10 T0202;	换2号刀
N11 G00 X43 Z5 F0.1;	快速进到工件端面附近
N12 G01 Z-100;	车内孔第一刀
N13 G00 X40;	X轴方向退刀
N14 G00 Z2;	Z轴方向快速退刀
N15 X46;	进刀
N13 G01 Z-100;	车内孔第二刀
N14 G00 X40;	X轴方向退刀
N15 Z2;	Z轴方向退刀
N13 G00 X200 Z200;	回到换刀点
N14 T0303 S200;	调用3号刀, 主轴正转200r/min
N04 G00 X65 Z-19;	快速进刀到切断位置附近
N05 G01 X 42;	切断, 第一个件完成
N03 G00 X200 Z200 T0101;	回换刀点, 调用1号刀
N04 G00 X54 Z-17;	快速进到工件右端面附近
N05 G01 Z-19 ;	进给到工件端面
N06 G01 X60 Z-34;	车锥度
N08 G00 X200 Z200;	回到换刀点
N14 T0303 S200;	调用3号刀, 主轴正转200r/min
N04 G00 X65 Z-38;	快速进刀到切断位置附近
N05 G01 X 42;	切断, 第二个件完成
N03 G00 X200 Z200 T0101;	回换刀点, 调用1号刀
N04 G00 X54 Z-36;	快速进到工件右端面附近
N05 G01 Z-38 ;	进给到工件端面
N06 G01 X60 Z-53;	车锥度
N08 G00 X200 Z200;	回到换刀点
N14 T0303 S200;	调用3号刀, 主轴正转200r/min
N04 G00 X65 Z-57;	快速进刀到切断位置附近
N05 G01 X 42;	切断, 第三个件完成
N03 G00 X200 Z200 T0101;	回换刀点, 调用1号刀
N04 G00 X54 Z-55;	快速进到工件右端面附近
N05 G01 Z-57 ;	进给到工件端面
N06 G01 X60 Z-72;	车锥度
N08 G00 X200 Z200;	回到换刀点
N14 T0303 S200;	调用3号刀, 主轴正转200r/min
N04 G00 X65 Z-76;	快速进刀到切断位置附近
N05 G01 X 42;	切断, 第四个件完成
N03 G00 X200 Z200 T0101;	回换刀点, 调用1号刀
N04 G00 X54 Z-74;	快速进到工件右端面附近
N05 G01 Z-76 ;	进给到工件端面

<p>N06 G01 X60 Z-91; N08 G00 X200 Z200; N14 T0303 S200; N04 G00 X65 Z-95; N05 G01 X 42; N33 M05 N34 M30;</p>	<p>车锥度 回到换刀点 调用3号刀，主轴正转200r/min 快速进刀到切断位置附近 切断，第五个件完成 主轴停止 程序结束回到程序起点</p>
--	---

生产任务6 前端头特型面加工

典型生产案例：

一、加工图纸



二、加工零件 图纸分析

1、工艺的分析

①来料加工为 1Cr18Ni9 无锈钢材料，并且是大批量加工。加工的零件名称前端头，应用于高炉进风装置，加工精度要求较高，要求圆弧配合面尺寸和表面粗糙度较高。转为上序加工件，只精加工外圆弧面和端面，毛坯余量为 10 mm，表面有些铸沙。

②机床选用 CKA6150，量具选用 300 的钢板尺、0—150 的游标卡尺、SR145 圆弧样板，用三爪卡盘夹 $\phi 205$ 外圆的装夹方式，参考点设在左端面中心 O 点上。

③该零件的加工面有外圆弧面、端面。

(2) 刀具的选择

根据材料分析，所选取刀具为 YG6 硬质合金 90 度偏刀粗、精车刀各一把,45 度车刀一把，其编号分别为 01、02、03。

①90。外圆车刀 T0101：副偏角小，用于粗加工。

②90。外圆车刀 T0202：副偏角大，用于精加工。

(3) 确定车削用量

各工序的切削用量见表 4—6。

表 4-6 切削用量的选择

切削用量 工序	切削速度 v / (m/min)	主轴转速 S / (r/min)	进给量 F、(mm/r)
粗车	50	400	0.1
精车	90	600	0.1

三、加工程序

机床系统为，FANUC-0i，刀架前置式，参考点设在左端面中心 O 点上，

工艺程序为：

程序内容	说 明
O0006	输入程序名
N01 G99 F0.1;	进给量为0.1mm/转
N02 M03 S400	主轴正转400转
N03 G00 X200 Z200 T0303;	换刀点，调用3号刀
N04 G00 X235 Z78;	快速进到工件右端面附近
N05 G94 X130 Z75 F0.1;	车端面单循环，进给量0.1mm / r
N06 Z72;	第二次循环
N07 Z70;	第三次循环
N08 G00 X200 Z200 T0101;	回换刀点，调用1号刀
N09 G00 X217Z75;	快速进到工件右端面附近
N10 G90 X215 Z40 F0.1;	外圆粗车单循环
N11 X211	第二次循环
N12 X207	第三次循环
N10 G71U1 R0.1;	外圆弧粗车复合循环
N45 G71 P45 Q65 U0.5 W0.1 F0.1 S600;	起始程序段和结束程序段
N50 G01 Z73;	
N55 GO3 X207 Z43.22 R145;	逆时针粗车车外圆弧
N60 G00 Z200;	

<p>N65 G00 X200; N13 M00 N70 T0202 S600 F0.05 M03; N75 G70 P45 Q65; N80 M05; N85 M30;</p>	<p>回换刀点 暂停，测量 调用2号刀 精车固定循环 主轴停止 程序结束回到程序起点</p>
---	--

知识的延展

3D 打印技术一般指 3D 打印

3D 打印，即快速成型技术的一种，它是一种以数字模型文件为基础，运用粉末状金属或塑料等可粘合材料，通过逐层打印的方式来构造物体的技术。

3D 打印通常是采用数字技术材料打印机来实现的。常在模具制造、工业设计等领域被用于制造模型，后逐渐用于一些产品的直接制造，已经有使用这种技术打印而成的零部件。该技术在珠宝、鞋类、工业设计、建筑、工程和施工（AEC）、汽车，航空航天、牙科和医疗产业、教育、地理信息系统、土木工程、枪支以及其他领域都有所应用。



3D 打印技术出现在 20 世纪 90 年代中期，实际上是利用光固化和纸层叠等技术的最新快速成型装置。它与普通打印工作原理基本相同，打印机内装有液体或粉末等“打印材料”，与电脑连接后，通过电脑控制把“打印材料”一层层叠加起来，最终把计算机上的蓝图变成实物。这打印技术称为

3D 打印汽车 Urbee[2]

3D 立体打印技术。

1986 年，Charles Hull 开发了第一台商业 3D 印刷机。

1993 年，麻省理工学院获 3D 印刷技术专利。

1995 年，美国 ZCorp 公司从麻省理工学院获得唯一授权并开始开发 3D 打印机。

2005 年，市场上首个高清晰彩色 3D 打印机 Spectrum Z510 由 ZCorp 公司研制成功。

2010 年 11 月，世界上第一辆由 3D 打印机打印而成的汽车 Urbee 问世。

2011 年 6 月 6 日，发布了全球第一款 3D 打印的比基尼。

2011 年 7 月，英国研究人员开发出世界上第一台 3D 巧克力打印机。

2011 年 8 月，南安普敦大学的工程师们开发出世界上第一架 3D 打印的飞机。

2012 年 11 月，苏格兰科学家利用人体细胞首次用 3D 打印机打印出人造肝脏组织。[3]

2013 年 10 月，全球首次成功拍卖一款名为“ONO 之神”的 3D 打印艺术品。[4]

2013年11月，美国德克萨斯州奥斯汀的3D打印公司“固体概念”(SolidConcepts)设计制造出3D打印金属手枪。

海军舰艇应用

2014年7月1日，美国海军试验了利用3D打印等先进制造技术快速制造舰艇零件，希望借此提升执行任务速度并降低成本。[13]

2014年6月24日至6月26日，美海军在作战指挥系统活动中举办了第一届制汇节，开展了一系列“打印舰艇”研讨会，并在此期间向水手及其他相关人员介绍了3D打印及增材制造技术。

美国海军致力于未来在这方面培训水手。采用3D打印及其他先进制造方法，能够显著提升执行任务速度及预备状态，降低成本，避免从世界各地采购舰船配件。

美国海军作战舰队后勤科副科长Phil Cullom表示，考虑到成本及海军后勤及供应链现存的漏洞，以及面临的资源约束，先进制造与3D打印的应用越来越广，他们设想了一个由技术娴熟的水手支持的先进制造商的全球网络，找出问题并制造产品。

航天科技应用

2014年9月底，NASA预计将完成首台成像望远镜，所有元件基本全部通过3D打印技术制造。NASA也因此成为首家尝试使用3D打印技术制造整台仪器的单位。

这款太空望远镜功能齐全，其50.8毫米的摄像头使其能够放进立方体卫星(CubeSat，一款微型卫星)当中。据了解，这款太空望远镜的外管、外挡板及光学镜架全部作为单独的结构直接打印而成，只有镜面和镜头尚未实现。该仪器将于2015年开展震动和热真空测试。

这款长50.8毫米的望远镜将全部由铝和钛制成，而且只需通过3D打印技术制造4个零件即可，相比而言，传统制造方法所需的零件数是3D打印的5-10倍。此外，在3D打印的望远镜中，可将用来减少望远镜中杂散光的仪器挡板做成带有角度的样式，这是传统制作方法在一个零件中所无法实现的。

2014年8月31日，美国宇航局的工程师们刚刚完成了3D打印火箭喷射器的测试，本项研究在于提高火箭发动机某个组件的性能，由于喷射器内液态氧和气态氢一起混合反应，这里的燃烧温度可达到6000华氏度，大约为3315摄氏度，可产生2万磅的推力，约为9吨左右，验证了3D打印技术在火箭发动机制造上的可行性。本项测试工作位于阿拉巴马亨茨维尔的美国宇航局马歇尔太空飞行中心，这里拥有较为完善的火箭发动机测试条件，工程师可验证3D打印部件在点火环境中的性能。

制造火箭发动机的喷射器需要精度较高的加工技术，如果使用3D打印技术，就可以降低制造上的复杂程度，在计算机中建立喷射器的三维图像，打印的材料为金属粉末和激光，在较高的温度下，金属粉末可被重新塑造成我们需要的样子。火箭发动机中的喷射器内有数十个喷射元件，要建造大小相似的元件需要一定的加工精度，该技术测试成功后将用于制造RS-25发动机，其作为美国宇航局未来太空发射系统的主要动力，该火箭可运载宇航员超越近地轨道，进入更遥远的深空。马歇尔中心的工程部主任克里斯认为3D打印技术在火箭发动机喷油器上应用只是第一步，我们的目的在于测试3D打印部件如何能彻底改变火箭的设计与制造，并提高系统的性能，更重要的是可以节省时间和成本，不太容易出现故障。本次测试中，两具火箭喷射器进行了点火，每次5秒，设计人员创建的复杂几何流体模型允许氧气和氢气充分混合，压力为每平方英寸1400磅。

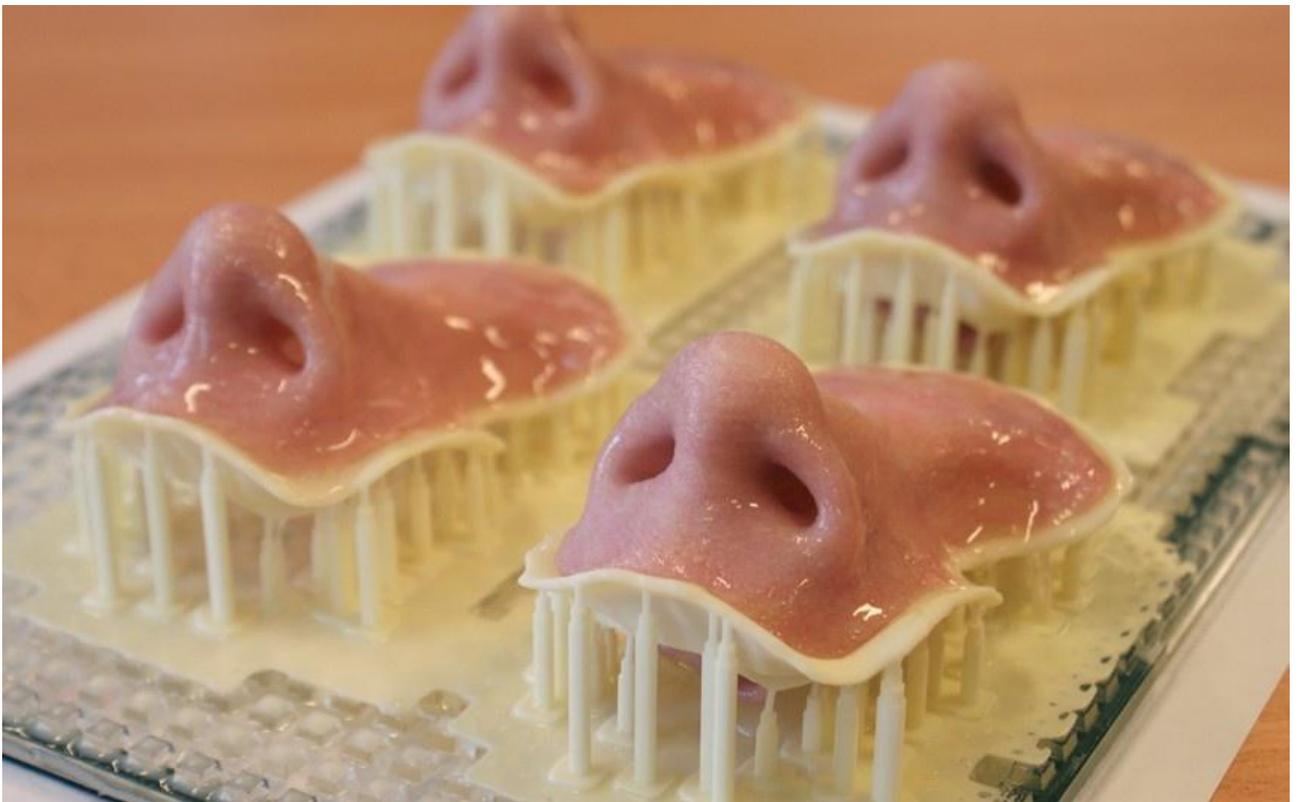
2014年10月11日，英国一个发烧友团队用3D打印技术制出了一枚火箭，他们还准备让这个世界上第一个打印出来的火箭升空。该团队于当地时间在伦敦的办公室向媒体介绍这个世界第一架用3D打印技术制造出的火箭。团队队长海恩斯说，有了3D打印技术，要制造出高度复杂的形状并不困难。就算要修改设计原型，只要在计算机辅助设计的软件上做出修改，打印机将会做出相对的调整。这比之前的传统制造方式方便许多。既然美国宇航局已经在使用3D打印技术制造火箭的零件，3D打印技术的前景是十分光明的。

据介绍，这个名为“低轨道氩辅助导航”的工程项目由一家德国数据分析公司赞助。打印出的这枚火箭重 3 公斤，高度相当于一般成年人身高，是该团队用 4 年时间、花了 6000 英镑制造出来的。等一笔 1.5 万英镑的资助确定之后，他们将于今年底在新墨西哥州的美国航天港发射该火箭。一个装满氩的巨型气球将把火箭提升到 20000 米高空，装置在火箭里的全球定位系统将启动火箭引擎，火箭喷射速度将达到每小时 1610 公里。之后，火箭上的自动驾驶系统将引导火箭回返地球，而里头的摄像机将把整个过程拍摄下来。

中国的 3D 打印技术

中国科学家成功研制生物材料 3D 打印机 可打印人耳、肝脏组织

近日，杭州电子科技大学的科学家自主研发出一台生物材料 3D 打印机，该 3D 打印机使用生物医用高分子材料、无机材料、水凝胶材料或活细胞，目前已成功打印出较小比例的人类耳朵软骨组织、肝脏单元等，细胞存活率高达 90%。



8月7日，杭州电子科技大学研究人员在调试生物材料 3D 打印机。

多位专家 6 日出具鉴定报告认为，这台生物材料 3D 打印机具有打印生物材料种类多、对细胞损伤率低、打印精度较高和操作方便等特点。在生物材料兼容性、细胞打印特性等参数上在同类产品中处于国际领先水平。

该生物材料 3D 打印机研发团队负责人徐铭恩说，和国际同类打印机相比，这台名为“regeno”的 3D 打印机不仅实现了无菌条件下的生物材料和细胞 3D 打印，而且新型的温控单元和打印喷头设计，能够支持从 -5℃ 到 260℃ 熔融的多种生物材料打印。

另外，“regeno”支持活细胞打印，打印的细胞有着高达 90% 的存活率。目前打印出来的活细胞存活时间最长为 4 个月。

不过，从人体细胞、组织乃至器官被“打印”出来，到真正应用于临床，还有相当长一段路要

走，徐铭恩说。

8月7日，徐铭恩在展示用打印机打印出来的活细胞组织。

人工肝脏打印有望突破

作为一项前沿制造技术，“3D打印”已经逐步应用于航天军工，模具制造，动漫制作、文化创意等多个领域，而随着技术的发展，生物3D打印也是一个发展前景广阔的领域，在3D打印中有望率先形成成熟的盈利模式。

生物3D打印技术是使用3D打印的方法成型生物材料，特别是细胞材料，用来制造人工的组织、器官，还有各种假肢，手术导板等一系列生物医疗领域的产品。它是3D打印研究中最前沿的领域。现阶段，生物3D打印的应用主要包括：细胞打印、组织工程支架和植入物打印、假体打印和手术器械打印。

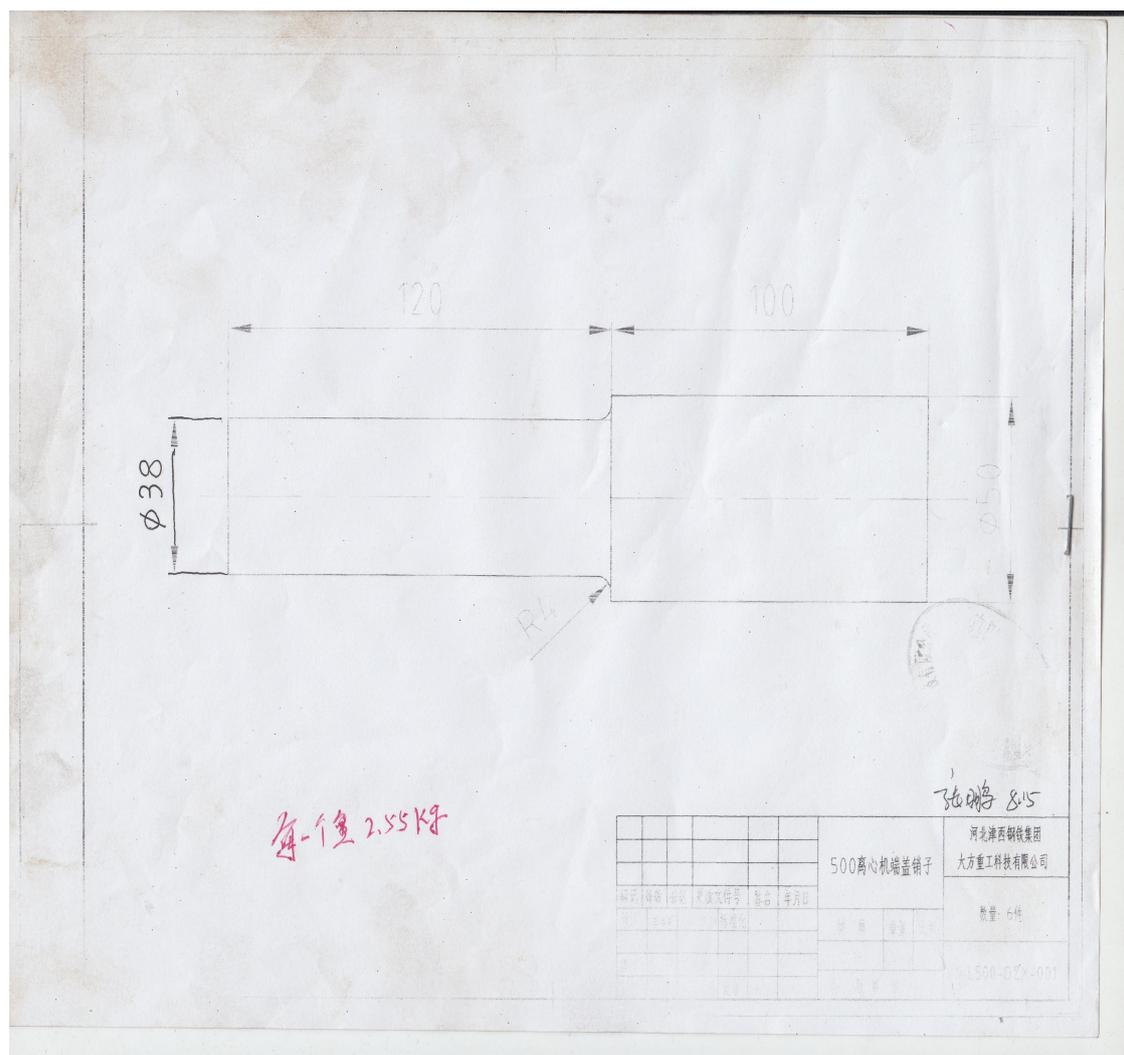
其中，细胞打印最具想象空间，将成为“生物制造”的技术基石，可以构建和修复人体组织器官，作为医学研究甚至临床治疗的材料。现阶段，一些皮肤、脂肪组织已经可以打印并用于修复，打印移植器官还在研究中，最有希望率先突破的领域可能就在人工肝脏方面。

思考与练习

一、制定500离心机端盖销子的工艺分析和编写加工工艺流程，进行加工。

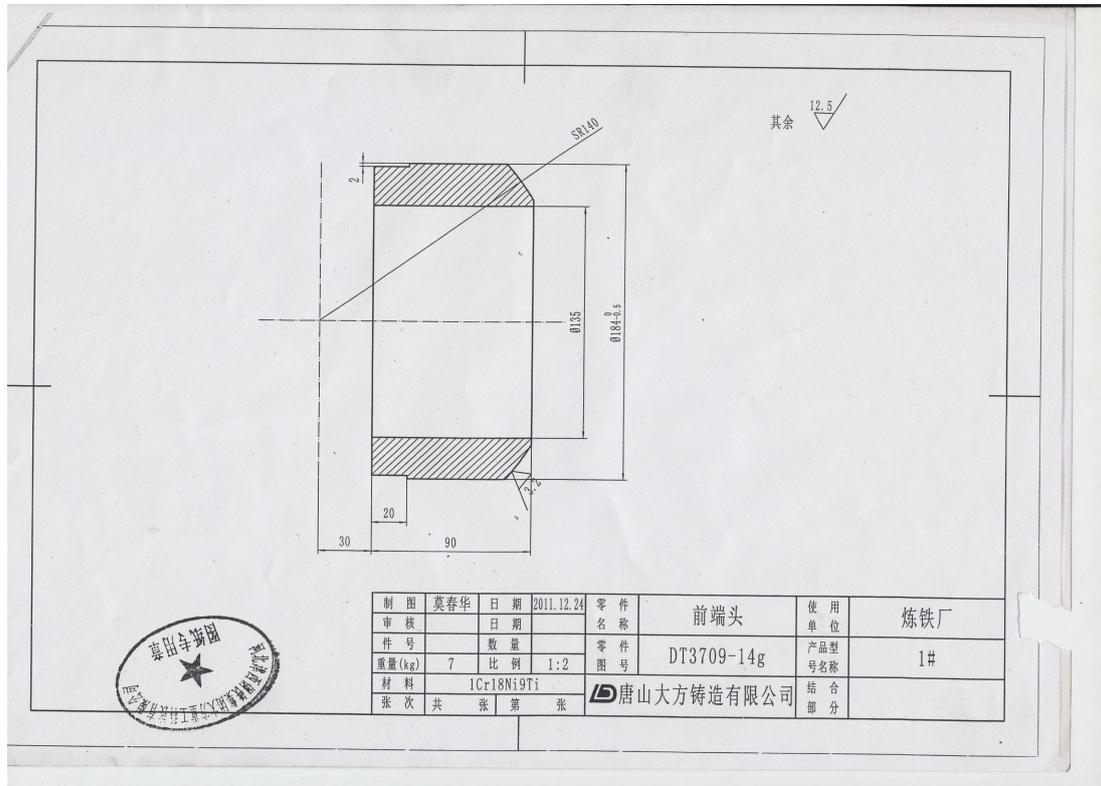
1、毛坯直径为： $\phi 55 \times 224$ ，材料：Q235

2、图纸



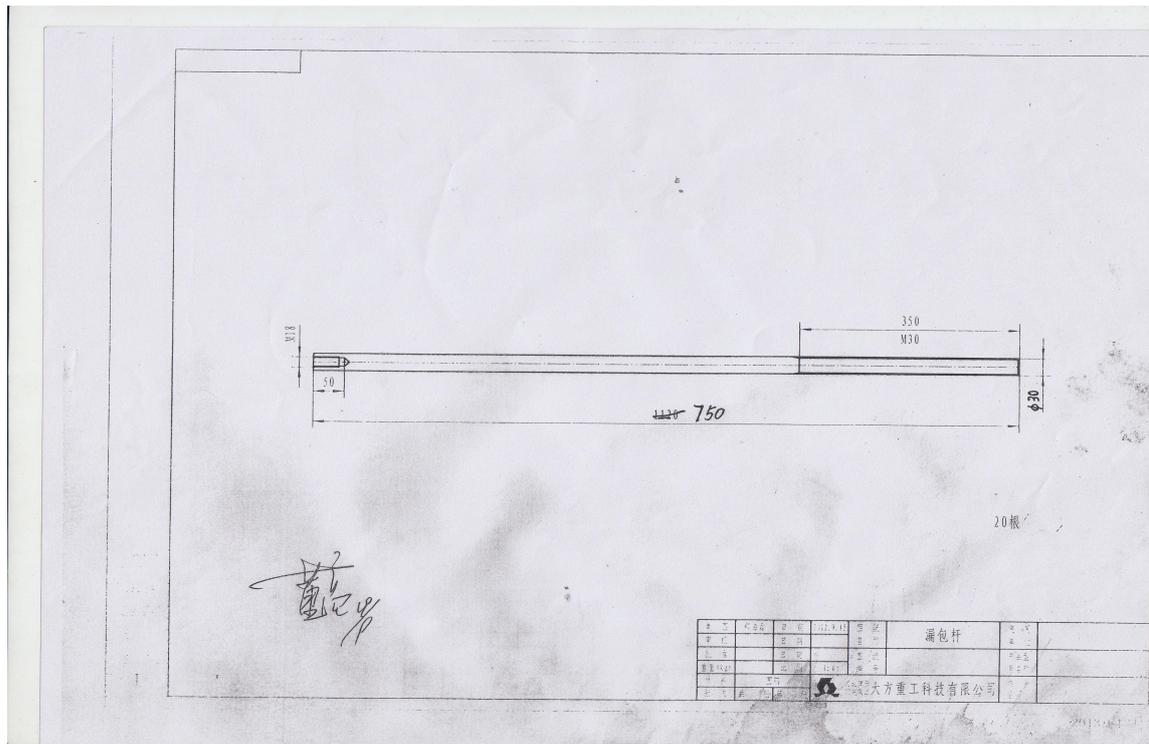
二、制定前端头的工艺分析和编写加工工艺流程，进行加工。

- 1、毛坯直径为： $\phi 55 \times 224$ ，材料：1Cr18Ni9Ti
- 2、图纸



三、制定漏包杆的工艺分析和编写加工工艺流程，进行加工。

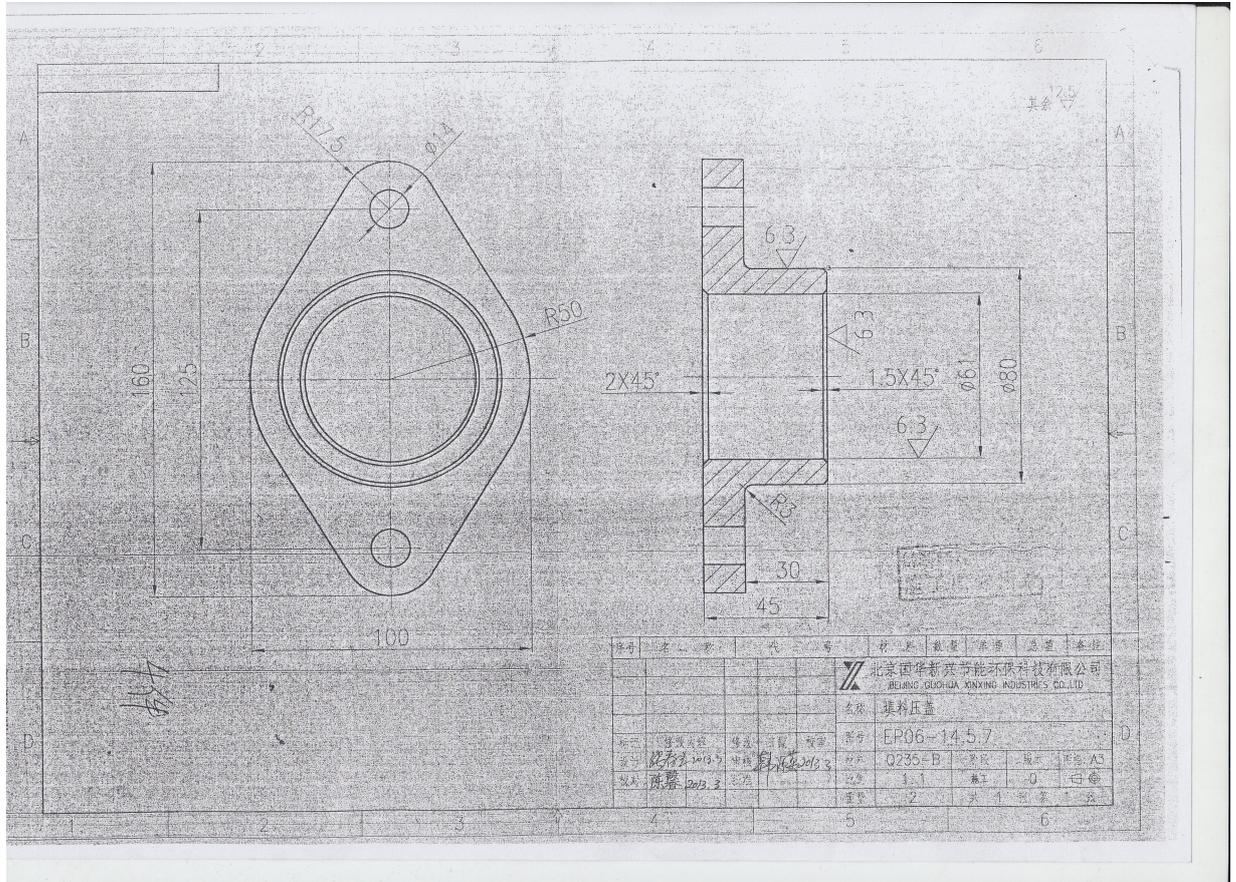
- 1、毛坯直径为： $\phi 30 \times 224$ ，材料：Q235
- 2、图纸



四、制定填料压盖的工艺分析和编写加工工艺流程，进行加工。

1、毛坯直径为： $\phi 30 \times 224$ ，材料：Q235

2、图纸



知识目标

1. 掌握外圆、内孔、锥度、螺纹等的加工工艺。
2. 掌握 G94、G71、G70 等复合指令的参数选择

技能目标

1. 掌握机床多种刀具的对刀及选用、刃磨。
2. 掌握综合技能编程与加工技术。

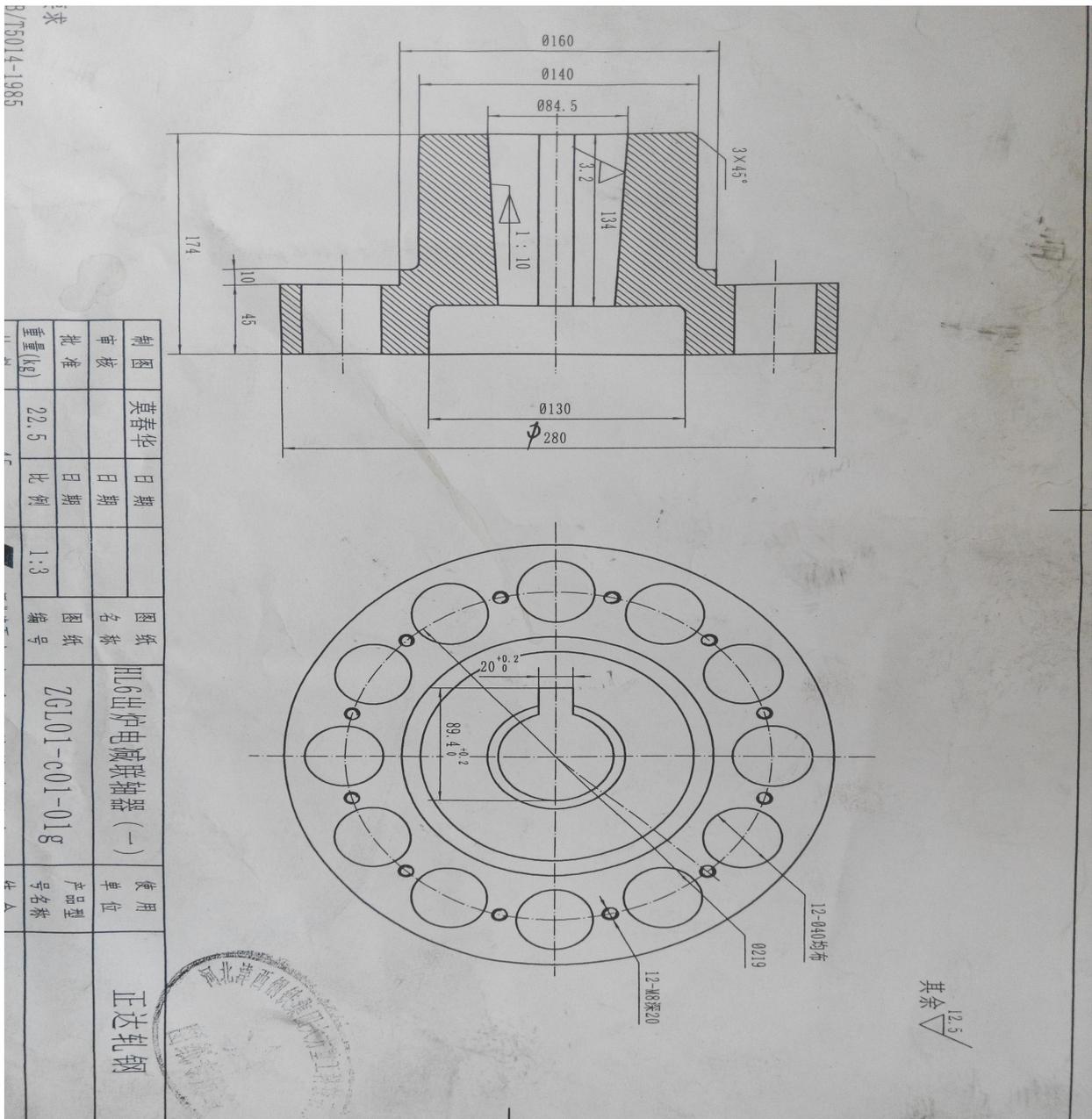
情感目标

养成良好的学习态度，和严谨认真的性格。

生产任务 1 HL6 出炉电减联轴器加工

典型生产案例：

一、加工图纸



二、加工零件 图纸分析

(1) 工艺的分析

- ① 来料加工为 45 # 铸钢, 毛坯外直径均比图纸尺寸加 10 毫米和内孔直径比图纸减少 10 毫米, 长度比图纸长为 10 毫米, 并且是批量加工。加工的零件名称为出炉电减联轴器 (一), 还有另一半和它配套使用, 用呢绒棒连接, 应用在出炉电机减速联轴器, 所以加工精度要求一般, 表面粗糙度图纸上要求不高, 尺寸公差按自有公差加工, 所有加工的外圆尺寸都减小 0.2, 内孔直径都加大 0.2。因为是批量的加工, 所以采用流水作业, 有利于提高加工效率。内锥孔小头直径=84.5-134*(1/20)*2=71.1
- ② 用三爪装夹方式, 准备俩付卡爪一正一反, 以工件端面及外圆为安装基准。
- ③ 该零件的加工面有外圆台阶面, 内孔锥面, 转序加工 12 个 $\phi 40$ 、12M8 的孔和键槽

(2) 工序安排如下:

工序 1、夹持 $\phi 150$ 的小外圆, 车大外圆和端面;

工序 2、用反抓夹 $\phi 280$ 的以加工外圆, 车 $\phi 150$ 下外圆端面和外圆、车 $\phi 170$ 的短外圆, 再车内孔;

(3) 工艺路线的确定

- ① 车大外圆——车大外圆端面 (见平、没有缺陷就行) ——车 $\phi 150$ 内孔。
- ② 车小外圆端面保长度——车小外圆——车 $\phi 280$ 另一端面——车 $\phi 170$ 的短外圆——车锥内孔。

(4) 机床选用 CKA6150, 三爪卡盘。

(5) 量具选用 300 的钢板尺一个、0—150、0—300 游标卡尺各一把、万能角度尺一把。

(6) 刀具的选择

根据加工要求选用以下刀具各一把, 其编号分别为 01、02、03、04, 材料采用硬质合金 YT5。

- ① 90 度外圆车刀, T0101: 副偏角小此。
- ② 45 度刀 T0202:
- ③ 盲孔车刀 T0303: 长度为 120, 刀杆直径 40 以增加车刀体钢性。
- ④ 通孔车刀 T0404: 长度为 120, 刀杆直径 50 以增加车刀体钢性。

(7) 确定车削用量

各工序的切削用量见表 5—1。

表 5-1 切削用量的选择

车削类型	切削速度 V / (m/min)	主轴转速 S / (r/min)	进给量 F / (mm/r)
车外圆	80	100	0.2
车内孔	80	100	0.1

三、加工程序

机床系统为, FANUC-0i, 刀架前置式, 第一段程序参考点设在右端面中心点上, 第二段程序 (工序二) 参考点设在左端面中心上。

工艺程序为:

程序内容	说明

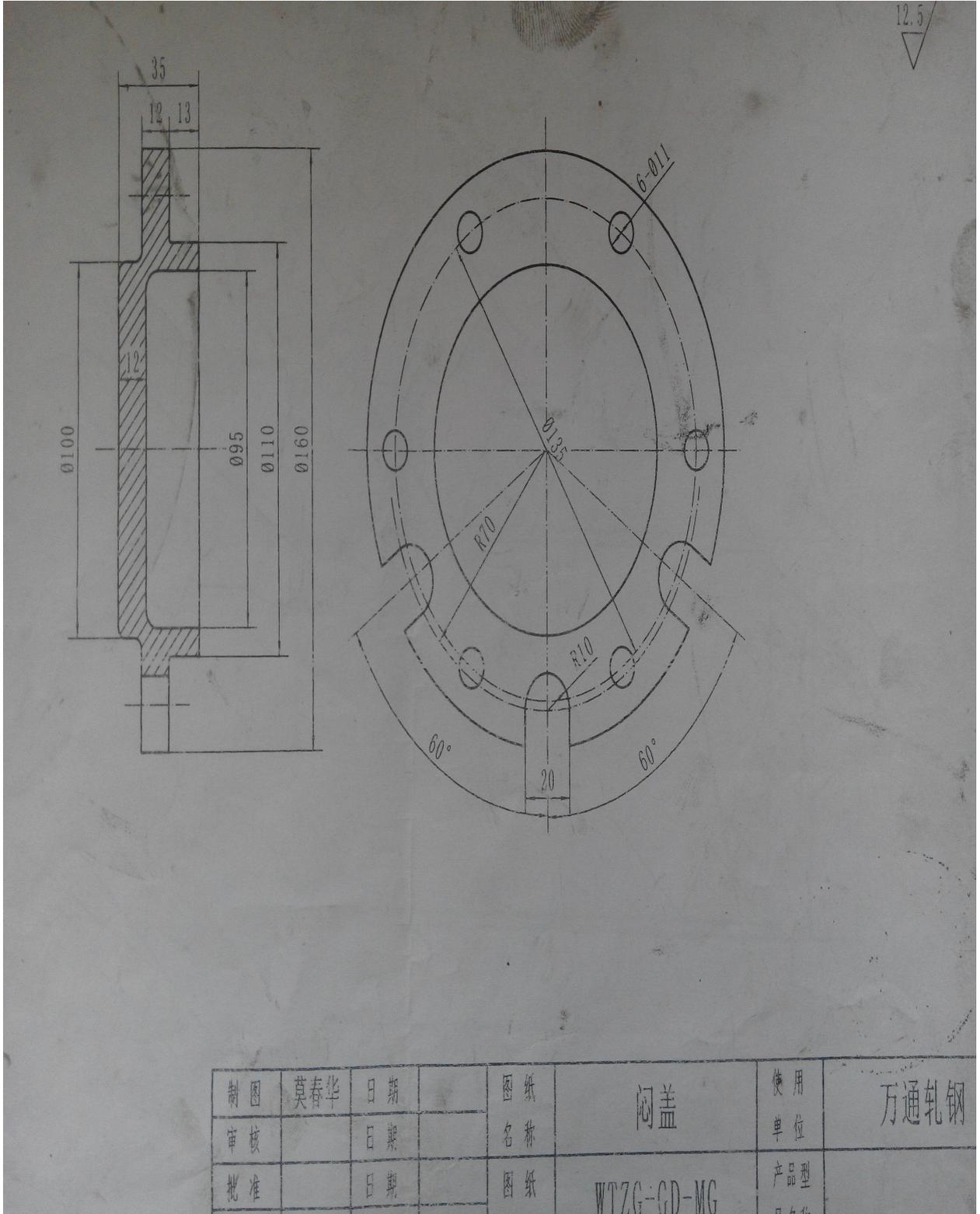
O0007	输入程序名
N1	第一段程序
N01 G99 G40 F0.2;	进给量定为mm/转，进给量0.2mm / r
N02 M03 S100	主轴正转100转
N03 G00 X200 Z200 T0202;	换刀点，调用2号刀
N04 G00 X295 Z5 ;	快速进到工件右端面附近
N05 G94 X120 Z-2 F0.2;	端面单循环，齐工件端面第一刀
N06 Z-4	齐工件端面第二刀
N06 G90 X287 Z-50 F0.2 ;	车外圆单循环第一刀
N08 X283;	车外圆第二刀
N09 X276 Z-4;	
N10 Z-6;	ϕ 280外圆倒角C2
N11 X279.8;	
N12 Z-50;	车外圆第三刀， ϕ 280完成
N13 G00 X200 Z200 T0303;	回换刀点，调用3号刀
N14 G00 X118 Z5;	到工件端面附近，准备车孔
N15 G90 X120 Z-44 F0.1;	单循环车内孔第一刀
N16 X124;	车内孔第二刀
N17 X128;	车内孔第三刀
N18 X130.2;	车内孔第四刀，内孔完成
N19 G00 X200 Z200;	回到换刀点
N20 M05;	主轴停止
N21 M30;	程序结束回到程序起点
N2	第二个程序段
N01 G99 G40 F0.2;	进给量定为mm/转，进给量0.2mm / r
N02 M03 S100	主轴正转100转
N03 G00 X200 Z200 T0202;	换刀点，调用2号刀
N04 G00 X155 Z184 M08 ;	快速进到工件右端面附近，浇切削液
N05 G94 X80 Z179 F0.2;	车工件端面第一刀
N06 Z176 ;	车工件端面第二刀
N08 Z174;	车工件端面第三刀，保工件长度174
N09 X276 Z-4;	快速进刀到切断位置附近
N10 Z-6;	切断，第二个件完成
N11 G00 X285 Z55;	快速到工件大端面附近
N12 G94 X172 Z49 F0.2;	齐大端面第一刀
N13 Z47 ;	齐大端面第二刀
N14 Z45;	齐大端面第三刀，保长度45
N15 G00 X200 Z200 T0101;	回到换刀点，调用1号刀
N16 G00 X175 Z179;	快速进刀到工件附近
N17 G71 U4 R1 ;	
N18 G71 P20 Q25 U0.5 W 0.1 F0.2;	粗车复合循环
N20 G00 X134 Z179;	快速进到工件右端面附近
N21 G01 Z174;	进给到工件端面
N22 X140 Z171;	倒角C3

<pre> N23 Z55; N24 X160; N25 Z45; N26 G70 P20 Q25 ; N27 G00 X200 Z200 T0404; N28 G00 X70 Z179; N29 G71 U2 R0.5 ; N30 G71 P31 Q32U0.5 W 0.1 F0.1; N31 G01 X84.5 Z174; N32 G01 X71.1 Z40; N33 G70 P20 Q25 ; N03 G00 M09 X200 Z200; N33 M05 N34 M30; </pre>	<pre> 车 φ 140外圆 车 φ 160端面 车 φ 160外圆 精车循环 回换刀点，调用4号刀 快速进到工件右端面附近 内孔粗车复合循环 车锥度 精车 回到换刀点，切削液停 主轴停止 程序结束回到程序起点 </pre>
--	---

生产任务2 闷盖加工

典型生产案例：

一、加工图纸



二、加工零件 图纸分析

(1) 工艺的分析

- ①来料加工为 Q235，毛坯外直径为 $\phi 170$ 厚 40 的圆板料，并且是大批量加工。加工的零件名称为闷盖，应用在遮盖轴承、限制轴承位置的和防尘，所以加工精度要求一般，表面粗糙度图纸上要求不高，尺寸公差按自由 IT12 加工，外径尺寸不能大了，内孔尺寸不能小了。因为是批量的加工，所以是流水作业加工完成。
- ②用三爪装夹方式，以工件左端面及外圆为安装基准。
- ③该零件的加工面有外圆面，端面，内孔，6 个 $\phi 11$ 的孔和 U 型铣口转序加工。

(2) 工序安排如下：

- 工序 1、用反爪加紧一面，车端面，见亮就行，车 $\phi 100$ 的外圆，批量完成；
- 工序 2、调头车外圆，齐端面，再车内孔；

(3) 工艺路线的确定

由于是大批量的生产，流水作业。

- ①齐端面——车外圆——倒钝。
- ②车台阶外圆——齐端面——车孔。

(4) 机床选用 CKA6150，三爪卡盘，用反爪加紧。

(5) 量具选用 300 的钢板尺一个、0—150 游标卡尺一把。

(6) 刀具的选择

根据加工要求选用以下刀具各一把，其编号分别为 01、02、03，材料采用硬质合金 YT5。

- ①93 度外圆车刀，T0101：副偏角大此。
- ②45 度车刀 T0202：
- ③盲孔车刀 T0303：长度为 60，刀杆直径 40 以增加车刀体钢性。
- ④ $\phi 60$ 钻头

(7) 确定车削用量

各工序的切削用量见表 5—2。

表 5-2 切削用量的选择

车削类型	切削速度 V / (m/min)	主轴转速 S / (r/min)	进给量 F / (mm/r)
车外圆	90	300	0.2
车内孔	90	300	0.1
钻孔	40	150	0.1

三、加工程序

机床系统为，FANUC-0i，刀架前置式，第一段程序参考点设在右端面中心点上，第二段程序参考点设在左端面中心上。

工艺程序为：

程序内容	说 明
O0008	输入程序名
N1	第一段程序
N01 G99 G40 F0.2;	进给量定为mm/转，进给量0.2mm / r
N02 M03 S300	主轴正转300转

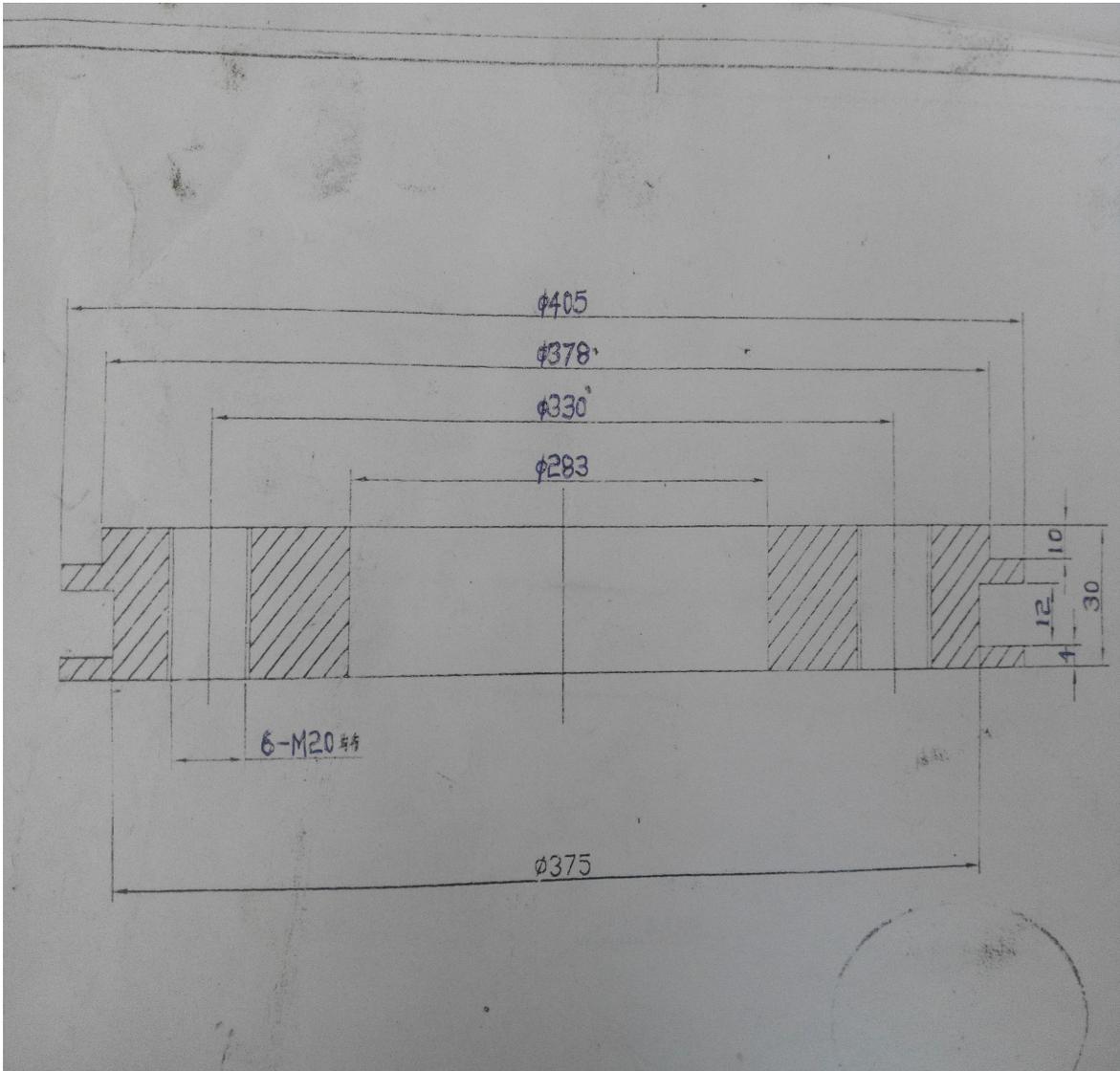
N03 G00 X200 Z200 T0202;	换刀点，调用2号刀
N04 G00 X175 Z-2;	快速进到工件右端面附近
N05 G01 X0 ;	齐工件端面
N06 G00 X200 Z200 T0101;	换刀点，调用1号刀
N06 G00 X175 Z5;	快速进到工件右端面附近
N07 G90 X168 Z-12 F0.2;	车外圆第一刀，进给量 0.2mm/r
N08 X164;	车外圆第二刀
N09 X159.8;	车外圆第三刀，完成 $\phi 100$ 外圆
N10 G00 X158.8 Z5;	
N11 G01 Z-12.5;	倒钝
N12 G00 X200 Z200;	换刀点
N13 M05	主轴停止
N14 M30;	程序结束回到程序起点
N2	第二程序段
N15 G99 G40 F0.2;	进给量定为 mm/转 ，进给量 0.2mm/r
N16 M03 S300	主轴正转300转
N17 G00 X200 Z200 T0101;	换刀点，调用1号刀
N18 G00 X175 Z40 M08;	快速进到工件右端面附近，开切削液
N19 G90 X168 Z38 F0.2 ;	车外圆第一刀，进给量 0.2mm/r
N20 X164;	车外圆第二刀
N21 X159.8;	车外圆第三刀，完成 $\phi 160$ 外圆
N22 G00 X165 Z40;	快速进到工件右端面附近
N23 G71 U4 R1 ;	
N24 G71 P25 Q26 U0.5 W 0.1 F0.2;	复合循环车外圆
N25 G00 X109.8	
N26 G01 Z22;	完成 $\phi 110$ 的外圆加工
N26 G70 P25 Q26 ;	切断，第二个件完成
N27 G00 X200 Z200 T0202;	回换刀点，调用2号刀
N28 G00 X115 Z30;	快速进到工件右端面附近
N29 G94 X112 Z38 F0.51 ;	单循环车端面第一刀
N30 Z36;	车端面第二刀
N31 Z35;	车端面第三刀，保证总长
N32 G01 M09 Z34.5;	
N33 X108.5	$\phi 110$ 端面倒钝
N34 G00 X165;	
N35 Z21.5 ;	$\phi 160$ 端面倒钝
N36 G00 X200;	X轴方向退刀
N37 M08	钻孔 $\phi 60$ ，深度23,手动
N38G00 Z200 T0303 S300;	回换刀点，调用3号刀，主轴正转300
N39 G00 X55 Z40;	快速进到工件右端面附近
N40 G90 X 66Z12 F0.1;	单循环车内孔第一刀
N41 X72;	车内孔第一刀
N42 X78;	车内孔第二刀
N43 X84 ;	车内孔第三刀

N44 X90;	车内孔第四刀
N45 X94 ;	车内孔第五刀
N46 X95.2;	车内孔第六刀
N47 G00 X90 Z34.5;	
N48 G01 X95 ;	
N49 G01 X96 Z35;	倒角
N50 G00 X200 Z200 M09;	回到换刀点，切削液停
N51 M05	主轴停止
N52 M30;	程序结束回到程序起点

生产任务3 引锭法兰

典型生产案例：

一、加工图纸



二、加工零件 图纸分析

(1) 工艺的分析

① 材料分析

来料加工为45号钢材料，毛坯外圆直径为 $\phi 420$ ，内孔直径为 $\phi 270$ ，厚度为40，并且是大批量加工。加工的零件名称为上引锭法兰，应用于轧辊模具中，固定在芯棒上，加工精度要求不高，尺寸公差较为自由公差，图上没有形位公差要求，外径尺寸加工不能大了，内孔尺寸不能小了，槽不能窄。为是大批量的加工，所以制定工艺为流水作业。

② 因为是气割的，用四爪装夹方式，以工件左端面及外圆为安装基准。

③ 该零件的加工面有外圆面，槽，内孔。

(2) 工序安排如下:

工序 1、齐端面, 车外圆, 车孔;

工序 2、调头先车外圆面, 再车槽;

(3) 工艺路线的确定

由于是大批量的生产

①车端面——车外圆——车内孔。

②调头车外圆——齐端面——车槽

(4) 机床选用 CKA1050, 四爪卡盘(有可能外圆与内孔的气割不同心, 需要找正)。

(5) 量具选用 300 的钢板尺一个、0—300 游标卡尺一把。

(6) 刀具的选择

根据加工要求选用以下刀具各一把, 其编号分别为 01、02、03、04, 材料采用硬质合金 YT5。

①90 外圆车刀 T0101: 副偏角大些。

②45 外圆车刀 T0202

③通孔车刀 T0303: 长度为 60, 刀杆直径 60 以增加车刀体刚性。

④切断刀 T0404: 刀头宽 8, 长度为 20

(7) 确定车削用量

各工序的切削用量见表 5-4。

表 5-3 切削用量的选择

车削类型	切削速度 V / (m/min)	主轴转速 S / (r/min)	进给量 F / (mm/r)
车外圆	90	100	0.2
车内孔	90	100	0.1
切断	40	50	0.1

三、加工程序

机床系统为, FANUC-0i, 刀架前置式, 第一段程序参考点设在右端面中心点上, 第二段程序参考点设在左端面中心上。

工艺程序为:

程序内容	说 明
O0009	输入程序名
N1	第一段程序
N01 G99 G40 F0.2;	进给量定为mm/转, 进给量0.2mm / r
N02 M03 S100	主轴正转100转
N03 G00 X200 Z200 T0202;	换刀点, 调用2号刀
N04 G00 X425 Z0;	快速进到工件右端面附近
N05 G01 Z -3;	
N06 X270	齐工件端面
N07 G00 X200 Z200 T0101;	回换刀点, 调用2号刀
N08 G00 X418 Z5;	进刀到工件端面附近
N09 G71 U4 R1 ;	复合循环车外圆
N10 G71 P11 Q12 U0.5 W 0.1 F0.2;	
N11 G00 X405	
N12 G01 Z-18;	粗车 φ 405外圆

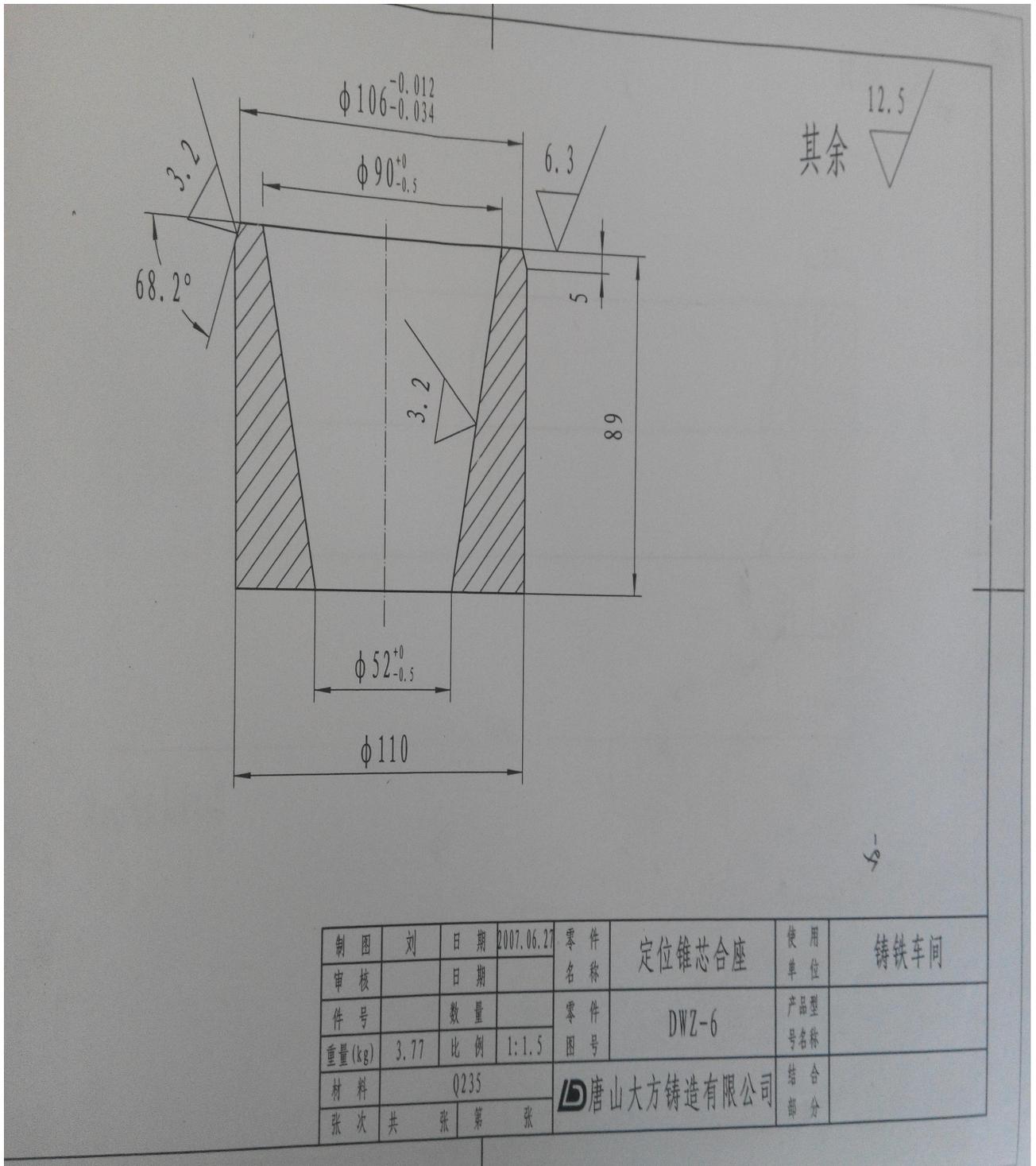
<p> N13 G70 P10 Q11 ; N14 G00 X410 Z2; N15G71 U4 R1 ; N16 G71 P17 Q18 U0.5 W 0.1 F0.2; N17 G00 X379.2 N18 G01 Z-13; N19 G70 P10 Q11 ; N20 G00 X 377.8 Z2; N14 G01 Z-3; N15 X379.8 Z-4; N13 G00 X200 Z200; N14 T0303 S100; N04 G00 X265 Z2; N05 G90 X273 Z-33; N03 X277; N04 X281; N05 X 283.2 ; N06 G00 X280 Z-5; N08 G01 X284 Z0; N03 G00 X200 Z200; N33 M05 N34 M30; N2 N35 G99 G40 F0.2; N36 M03 S100 N37 G00 X200 Z200 T0202; N38 G00 X425 Z40; N39 G94 X425 Z37 F0.2; N40 Z34 N41 Z33; N42 Z 30; N43 G00 X200 Z200 T0101; N44 G00 X425 Z35; N45 G71 U4 R1 ; N46 G71 P47 Q48 U0.5 W 0.1 F0.2; N47 G00 X405 N48 G01 Z10; N49 G70 P47 Q48 ; N50 G00 X200 Z200; N51 T0404 M03 S50; N52 G00 X410 Z30 M08; N53 G01 Z20; N54 X375; N55 G00 X410; </p>	<p> 精车 ϕ 405外圆 快速进刀 复合循环车外圆 粗车 ϕ 378外圆 精车 ϕ 378外圆 ϕ 378外圆倒角 回到换刀点 调用3号刀， 主轴正转100r/min 快速进刀到工件端面附近 单循环车内孔第一刀 车内孔第二刀 车内孔第三刀 车内孔第四刀， 车好 ϕ 283的内孔 ϕ 283的内孔倒角 回到换刀点 主轴停止 程序结束回到程序起点 第二段程序 进给量定为mm/转， 进给量0.2mm / r 主轴正转100转 换刀点， 调用2号刀 快速进到工件右端面附近 齐工件端面 保证厚度30 回换刀点， 调用1号刀 快速进到工件右端面附近 复合循环车外圆 粗车 ϕ 405外圆 精车 ϕ 405外圆 回换刀点 调用4号刀， 转速50 快速进到工件右端面附近 车槽的第一刀 </p>
---	--

<p>N56 Z14 ; N57 G01 X375; N58 G00 X410; N59 Z200; N60G00 X200 M09; N61 M05 N62 M30;</p>	<p>快速退刀 车槽的第二刀，完成槽</p> <p>退刀 回换刀点，切削液停 主轴停止 程序结束回到程序起点</p>
--	--

生产任务 4 定位锥芯合座

典型生产案例：

一、加工图纸



二、加工零件 图纸分析

(1) 工艺的分析

①来料加工为铸铁材料，毛坯直径为 $\phi 120$ 和，内孔为 $\phi 45$ ，长度为120，并且是大批量加工。加工的零件名称定位锥芯合座，应用于铸铁车间，加工精度要求不高，尺寸公差较为自由公差，图上没有形位公差要求。为是大批量的加工，所以制定工艺为流水作业。

②用三爪装夹方式，以工件左端面及外圆为安装基准。

③该零件的加工面有外圆面，内孔。

(2) 工序安排如下：

工序 1、齐端面，车外圆；

工序 2、调头夹持以车外圆，齐端面保总长、车内孔锥度；

(3) 工艺路线的确定

由于是大批量的生产

①齐端面——车外圆——车外锥倒角。

②调头齐端面卡总长——车内锥孔。

(4) 机床选用 CKA6150，三爪卡盘，主轴孔中放限位轴块确定伸出长度为 91。

(5) 量具选用 300 的钢板尺一个、0—150 游标卡尺一把、100—125 千分尺。

(6) 刀具的选择

根据加工要求选用以下刀具各一把，其编号分别为 01、02，材料采用硬质合金 YG6。

①90 度外圆车刀，T0101：前角不开断屑槽。

②45 度外圆车刀 T0202：前角不开断屑槽

③通孔车刀 T0303：前角不开断屑槽，长度为 120，刀杆直径 30 以增加车刀体钢性。

(7) 确定车削用量

各工序的切削用量见表 5—4。

表 5-4 切削用量的选择

车削类型	切削速度 V / (m/min)	主轴转速 S / (r/min)	进给量 F / (mm/r)
车外圆	80	400	0.2
车内孔	80	400	0.1

三、加工程序

机床系统为，FANUC-0i，刀架前置式，第一段程序参考点设在右端面中心点上，第二段程序参考点设在左端面中心上。

工艺程序为：

程序内容	说 明
O00010	输入程序名
N1	第一段程序
N01 G99 G40 F0.2;	进给量定为mm/转，进给量0.2mm / r
N02 M03 S400	主轴正转400转
N03 G00 X200 Z200 T0202;	换刀点，调用2号刀
N04 G00 X125 Z0;	快速进到工件右端面附近
N05 G01 X40 ;	齐工件端面
N06 G00 X200 Z200;	回换刀点
N07 T0101;	调用一号刀

N08 G00 X125 Z5 F0.1;	快速进到工件端面附近
N09 G90 X118 Z-87;	单循环车外圆第一刀
N10 X112;	车外圆第二刀
N11 X109.8;	车外圆第三刀，完成 $\phi 110$ 外圆加工
N12 G00 X200 Z200;	回换刀点
N13 M05	主轴停止
N14 M30;	程序结束，回到程序开始
N2	第二段程序
N15 G99 G40 F0.2;	进给量定为mm/转，进给量 $0.2\text{mm}/r$
N16 M03 S400	主轴正转400转
N17 G00 X200 Z200 T0202;	换刀点，调用2号刀
N18 G00 X125 Z125;	快速进到工件右端面附近
N19 G94 X125 Z118 F0.2 ;	齐工件端面第一刀
N20 Z112;	第二刀
N21 Z106;	第三刀
N22 Z100 ;	第四刀
N23 Z94;	第五刀
N24 Z90;	第六刀
N25 Z89;	第七刀，齐完端面，保证工件总长
N26 G00 X125 Z95;	快速到工件端面附近
N27 G90 X 118 Z84 F0.2;	单循环车外圆第一刀
N28 X114;	车外圆第二刀
N29 X110;	车外圆第三刀，完成 $\phi 110$ 外圆加工
N30 G00 X200 Z200 ;	回换刀点
N31 M00;	暂停，测量
N32 M03 S400	主轴正轴，400转
N33 G00 X105.78 Z95;	快速到工件的端面附近
N34 G01 Z89;	进给到端面，保证 $\phi 106_{-0.034}^{-0.012}$
N35 X110 Z84;	车外圆锥度
N36 G00 X200 Z200 T0303;	回换刀点，调用3号刀
N37 G00 X40 Z95;	快速进到工件右端面附近
N38 G71 U3 R1 ;	
N39 G71 P40 Q42 U0.5 W 0.1 F0.2;	
N40 G00 X90.2	复合循环车外圆
N41G01 Z89;	
N42 G01X52.2 Z0;	到工件端面
N43 G70 P40 Q42 ;	粗车锥孔
N03 G00 X200 Z200;	精车锥孔
N33 M05	回到换刀点
N34 M30;	主轴停止
	程序结束回到程序起点

知识的延展

高速、高效、环保：现代刀具切削加工技术的重要趋势

一、中国制造业快速发展和重点用户行业对刀具的需求

中国制造业近年发展迅速。对刀具行业来说，这意味极大的市场。而在这种背景下，中国低水平的制造成本是公认的事实。从劳动生产率看，有统计资料表明，中国和德、美、日等发达国家相比，大约差距 3-5 倍。

如此大的市场，低水平的劳动生产率，再加上制造技术的不断进步和发展，对刀具行业来说，既是机遇，更是挑战。市场对刀具的需求，不仅是量的增长，更重要的是质的提高。从用户行业看，有七大行业对刀具的需求量最为显著。

其一是发电设备制造业。在全球能源供应逐日紧张，石油价格持续上涨等背景下，对发电设备的需求已越来越明显。在发电设备制造过程中，仅花在刀具部分的成本，就非常可观。

模具制造业也是刀具用量最大的行业之一。在模具制造过程中，成型模、热作模、冷作模、塑模等几乎所有环节中，都需要用到刀具。此外，汽车、高速列车、一般机械制造业、以及近年来逐渐扩大用量的木材加工业，都已成为刀具行业的主要用户。

航空航天业是最传统的、也是最为重要的刀具应用领域。在该行业中，刀具一般用来切削飞机结构件。这些结构件一般体积较大，过去大量采用铝合金。随钛合金、复合材料应用领域的扩大，对刀具加工的要求也越来越高。

作为国家重点扶持工业之一，近年来，政府已投入大量资金用于航空航天业大型客机的研发。这些研发是方方面面的，我们抽出与刀具有关的方面来分析，重研讨结构件材料的使用。从最新的波音 787 机身可以看出，过去大量采用铝合金直接覆盖的方法已逐渐被舍弃，取而代之的是复合材料的直接铺设和缠绕。此外，钛合金的用量也在增加。与过去相比，新的方法可大大降低飞机重量，节省燃油和能耗，对大型客机来说，这一点尤其重要。

钛合金是公认的难加工材料。只需要铺设和缠绕的复合材料看似不需要很大的加工量，但是对加工质量的要求却越来越高。对刀具行业来说，这都是不小的挑战。

除了机身结构件外，对飞机发动机的加工也是一个难点。发动机一般采用难加工材料制成，形状复杂，需要切槽钻孔、叶片加工等工序，对刀具的实际切削效果要求非常高。此外，为满足飞机结构件的高质量要求，一般情况下都选用整体件来加工，但是事实上 90%以上的材料都将被切除掉。加工量大，对加工效率要求极高。

二、切削加工技术的发展趋势

从刀具发展历程看，从十九世纪末到二十世纪中期，刀具材料以高速钢为主要代表；1927 年德国首先研制出硬质合金刀具材料并获得广泛应用；二十世纪 50 年代，瑞典和美国分别合成出人造金刚石，切削刀具从此步入以超硬材料为代表的时期。二十世纪 70 年代，人们利用高压合成技术合成了聚晶金刚石(PCD)，解决了天然金刚石数量稀少、价格昂贵的问题，使金刚石刀具的应用范围扩展到航空、航天、汽车、电子、石材等多个领域。

刀具材料的选择是切削加工成功的基础。与硬质合金相比，PCD 刀具速度可达 4000 m/min，而硬质合金只有其 1/4。从寿命上看，PCD 刀具一般能提高 20 倍。从加工出的表面质量看，PCD 的效果比硬质合金要好 30%-40%。此外，CBN(立方氮化硼)超硬材料刀具和表面涂层刀具的发展对推动切削加工技术的进步也功不可没。

100 多年来，刀具的切削速度不断提高，带来了加工效率的变化，进一步带来了加工范围的拓展。切削加工发展的最大标志，就是高速切削加工(high speed cutting，简称 HSC)的发展。

一个高速切削加工系统所涉及的方面很多。仅从加工过程上看，传统的切削加工，一个被

加工工件如模具，需要经过毛坯退火—粗加工—精加工—淬火—EDM 准备—电火花加工—特别的精加工—人工抛光等程序。而高速加工仅需要毛坯的淬火—粗加工—半精加工—精加工以及超精加工等环节，从步骤上来说，就减少了三个，加工时间比传统加工方法缩短 30%-50%左右；在加工小尺寸部件时，这种优势尤其明显。更有甚者，过去某些企业制作复杂的模具，基本上都需要 3、4 个月才能交付使用，采用高速切削加工后，只需要半个月便可完成。

一个高速切削加工系统，由刀具和技术两部分组成。与刀具相关的因素有刀具材料的选择、刀具系统的组成结构、刀具需加工的边缘形状。而与技术密切相关的是 CAD/CAM 系统的选择、刀具加工路径的规划、切削参数的设置以及冷却与润滑环节。

自高速切削普及以来，从 1950 年至 2000 年的半个世纪内，加工效率提高了 4-5 倍。当然，需要提到的是，高速切削一般是由其加工物件来定义其“高速”的范围。

刀具在全部加工成本中所占比重并不大。我们以汽车业某制造过程为例来分析：机床等设备投资占总成本 35%；设备工作时的能耗占 7%；企业的正常运营成本占 27%；冷却及润滑成本占 17%；直接人工占 9%；刀具占 4%。无独有偶，机床加工铝合金工件的批量生产成本中，冷却及润滑占 16%；刀具 4%；其他加工成本占 80%。可以看出，刀具在整个成本中，仅占了极小的一部分。但是，不可忽视的是，这 4%成本的刀具，却可能影响到 10%-15%的整体加工效率。

对刀具来说，最关键的因素有三个，成本、寿命、效率。有实验表明，若刀具成本降低 30%，整体成本大约降低 1%；若提高 50%的刀具寿命，整体成本大约降低 1%；但是，若尽可能的优化切削参数，提高 20%的刀具加工效率，那么，每一个工件整体成本能降低 15%以上。

当然，要全面提高机床的生产效率，不仅应通过高速切削减少工件的切削加工时间，还需大力压缩加工辅助时间(含机床调整、程序运行检查、空行程、起制动空运转、工件上下料和装夹、换刀等时间)、待机时间和故障停机时间，因为在多品种小批量生产条件下，机床的有效切削时间一般只占其全部工时的 25%-35%。可见，除高速切削外，如何更加有效的加工，是制造业面临的重要课题之一。

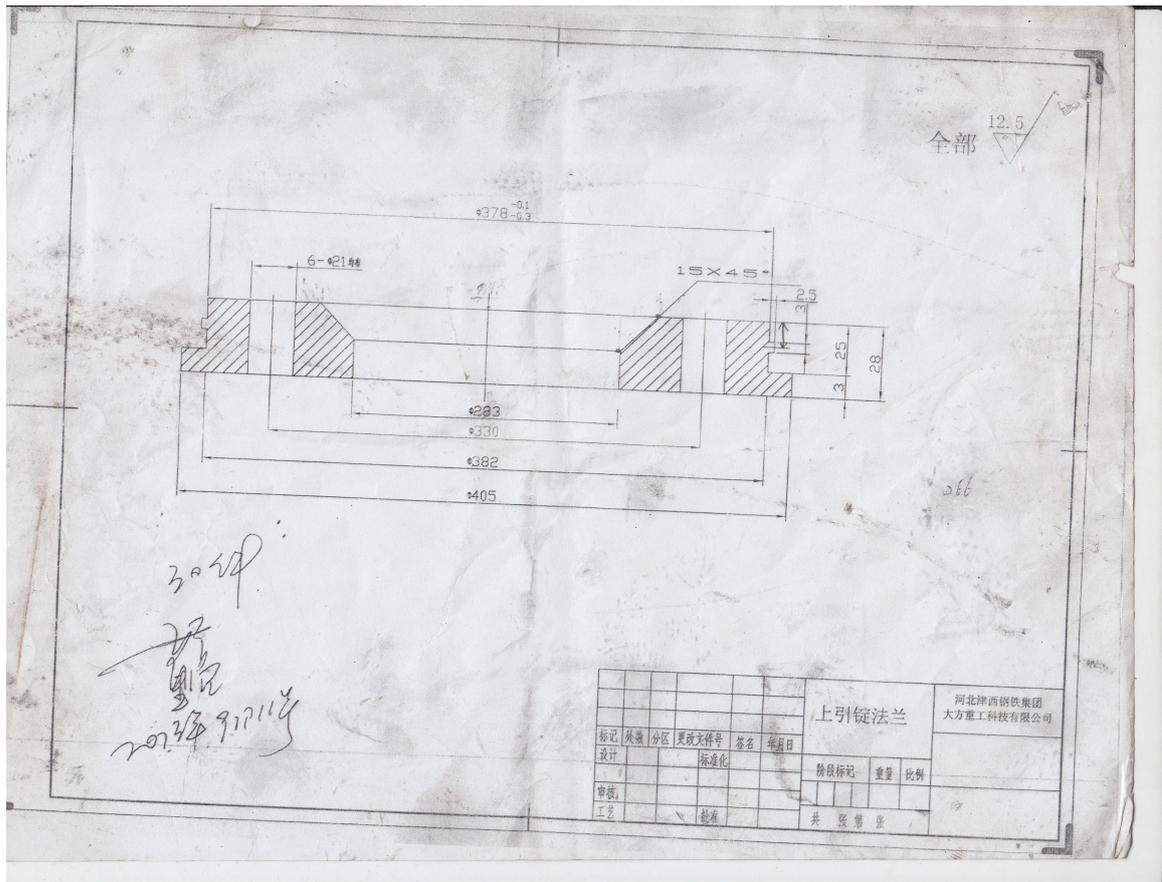
目前，绿色加工技术已成为全球的热点，这个绿色，包括了经济、环保、高效。从环保角度看，一方面是高速高效加工带来能耗的降低，另一方面，冷却液与润滑液的选择是非常关键。如上所述，冷却液的成本在整体成本中所占比例颇高，达到 16%左右。润滑与冷却的效果与整体的加工效率也非常相关，尤其是对难加工材料，如钛合金，切削到一定程度后，必须进行适当的冷却。随高速切削的发展，冷却液浇注时，刀具经常出现热裂的情况，导致刀具寿命降低，这一点需要改进。

思考与练习

一、制定上引铰法兰的工艺分析和编写加工工艺流程，进行加工。

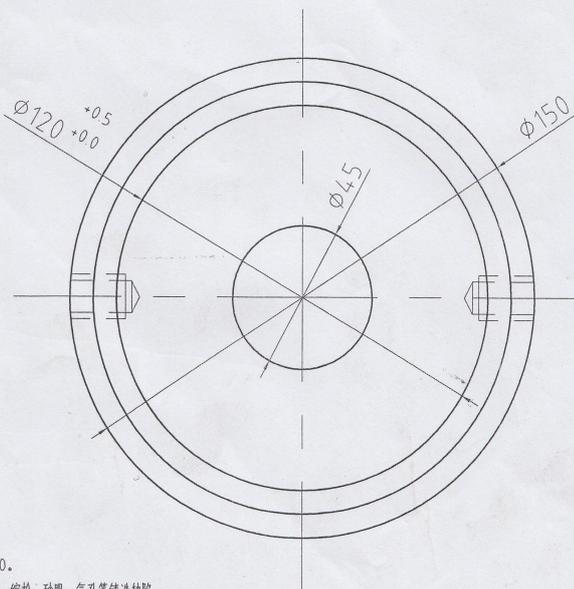
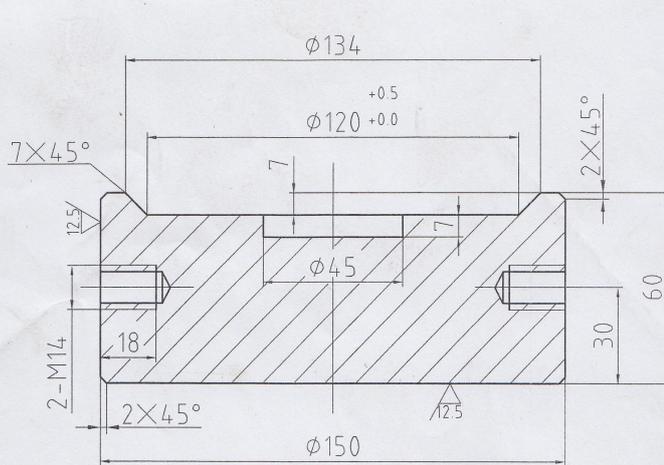
1、毛坯直径为： $\phi 415 \times \phi 273 \times 35$ ，材料：Q235

2、图纸



二、制定光谱取样模底座的工艺分析和编写加工工艺流程，进行加工。

- 1、毛坯直径为 $\phi 160$ ，厚度 80，材料：HT150
- 2、图纸



技术要求:
 1、材质: HT150。
 2、不允许有缩孔、缩松、砂眼、气孔等铸造缺陷。

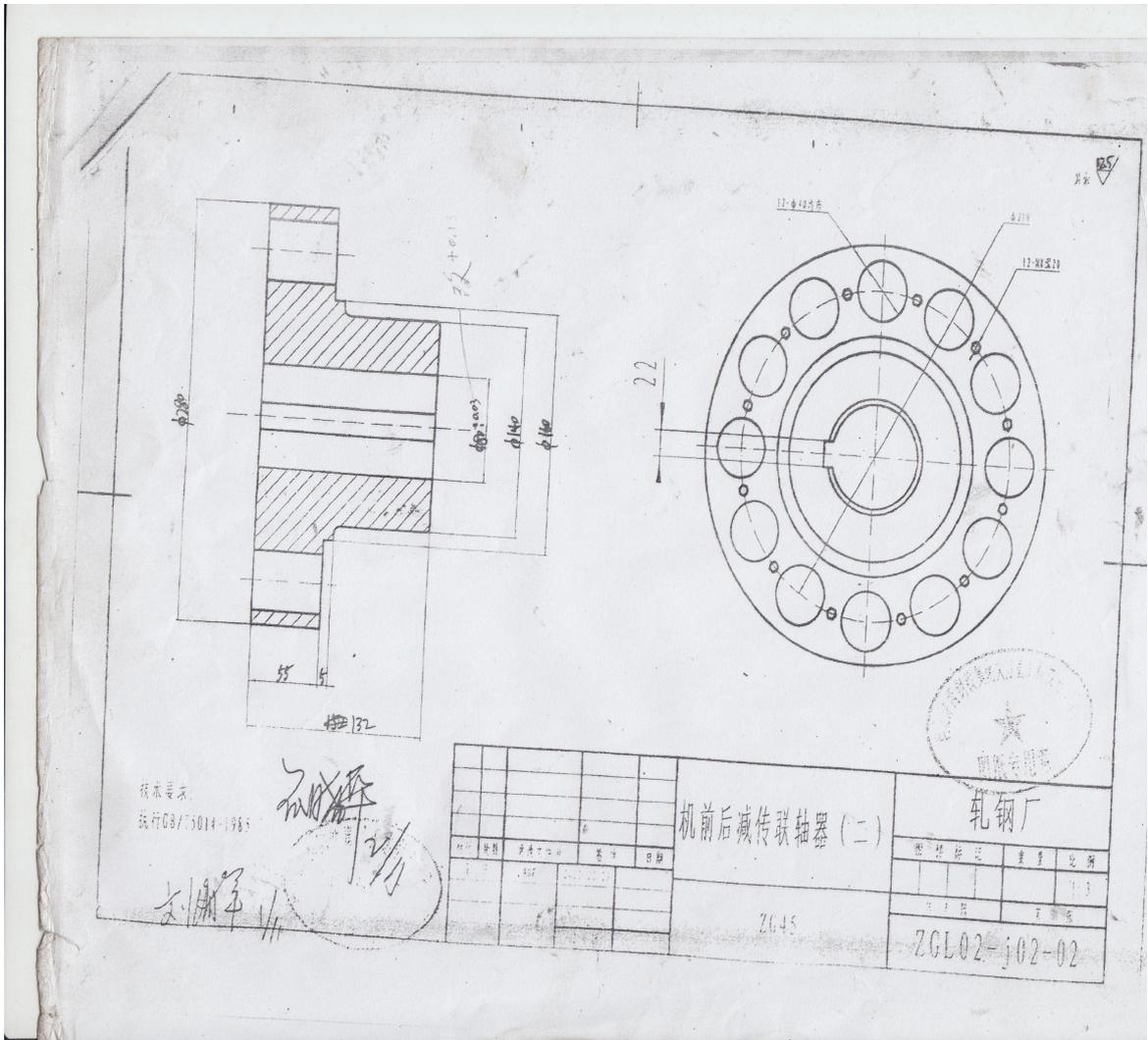
张明宇

						光谱取样模底座			河北津西钢铁集团 大方重工科技有限公司	
标记	处数	分区	更改文件号	签名	年月日	阶段标记	重量	比例	数量: 3件	
设计	李焕军		2013.05.26	标准化						
审核							4.5Kg		GPM-001-2	
工艺				批准		共 张 第 张				

三、制定“机前后减传联轴器（二）”的工艺分析和编写加工工艺流程，进行加工。

1、毛坯外圆直径均比图纸尺寸加 10 毫米，内孔直径均比图纸尺寸小 10 毫米，长度长 10 毫米，厚度 80，材料：ZG45

2、图纸



附录:

一、数控机床常见的一些机械故障以及维护维修

近年来，随着我公司市场需求的不断扩大以及生产产品技术含量的提高，公司大批引进、制造并应用了众多的数控机床，成为我公司活塞生产的关键设备。为了能更好的使用数控机床，使数控机床高效的发挥它的性能，现结合我公司的数控机床对数控机床常见的一些机械故障以及维护维修措施阐述如下：

一、主轴部分

1、主轴电机。

数控机床大多采用变频调速电动机。变频调速电动机具有较硬的机械特性，稳定性良好；无转差损耗，效率高；接线简单、控制方便、价格低；能高效率的平滑调速，而且转速高、功率大，速度变换迅速、可靠；能无级变速等特点。

变频调速电动机一般常见的机械故障表现为电机发热、振动、噪声等。

（1）电机发热：

首先排除电器故障引起的电机发热，机械故障一般是电机轴承损坏、轴承间隙大导致电机转子高速旋转时与定子摩擦或者轴承缺润滑脂引起的，散热排风扇不工作或者损坏等。

维修方法：一般更换电机轴承或者轴承加适量润滑脂，检查排风扇是否良好，清除排风扇上的污物。

（2）电机振动：

振动的原因除了轴承损坏外，电机紧固螺栓松动或者电机皮带轮与电机轴间隙过大都能够引起电机的振动。

维修方法：更换电机轴承或者轴承加润滑脂，紧固电机与机床床身连接螺栓，检查皮带轮动平衡，皮带轮内孔尺寸与电机主轴的配合间隙是否超差。

（3）电机噪声：

电机产生噪声的机械故障原因主要是由于电机轴承损坏或轴承缺少润滑脂引起的。

维修方法：更换电机轴承，轴承重新更换润滑脂，最好采用耐高温的润滑脂，并且润滑脂涂抹要适量。

2、主轴箱。

主轴箱部件是机床的重要部件之一。主轴部件和支承件均采用了刚度和抗振性较好的新型结构。主轴的加工精度、抗振性能以及热变形等对活塞的加工质量有直接的影响。因为采用了变频调速电动机，数控机床的主轴箱结构比较简单。主要是前后轴承支撑主轴，由电动机靠皮带传送动力直接带动旋转，主轴前端一般采用双列圆柱滚子轴承 2 和角接触球轴承组合 3，后支承采用双列圆柱滚子轴承。前后轴承利用锁紧螺母 4 与轴承间隙调整垫 1 消除调整轴向和径向间隙。这种结构能够具有强有力的切削性能，并且加工精度也能满足活塞加工的要求，是目前我公司制造的大多数数控机床采用的结构形式。

主轴的主要故障表现为主轴发热、噪音、加工尺寸不稳定等。

(1) 主轴发热、噪音：

主轴发热的原因主要是轴承损坏或者轴承缺润滑脂，轴承的预紧力过紧引起的。

维修方法：主轴发热是要先找到发热源，判断是哪一端轴承发热引起的，然后用手转动主轴，判断主轴转动时松紧是否均匀，有没有沉点。如果是轴承引起的主轴发热，就要更换或清洗主轴轴承、轴承加适量润滑脂。在清洗轴承的时候一般采用煤油或者汽油清洗，先粗洗后精洗，然后均匀涂抹耐高温润滑脂后再重新装配。如果轴承预紧力过大引起的发热，先分别检查测量前后轴承与轴承间隙调整垫之间的间隙，要求在无锁紧螺母的外力下，轴承与轴承间隙调整垫之间的间隙在 0.08mm-0.10mm 之间，然后重新锁紧螺母，消除轴承间隙即可。

(2) 加工尺寸不稳定：

主轴轴承损坏或者轴承间隙过大或过小都会引起加工产品的尺寸不稳定。

维修方法：检查更换主轴轴承。轴承磨损严重会直接影响加工工件的尺寸精度和工件表面粗糙度。调整轴承间隙调整垫的厚度，使主轴的轴向跳动和径向跳动达到最佳状态。

3、静压电主轴技术：

在精孔和异型孔等要求加工精度高并且吃刀量小的工序，公司采用了先进的静压电主轴技术。电机的转子直接与主轴连接，电机外壳与主轴箱连接，静压油通过前后油眼喷射到主轴上，使主轴与铜瓦之间形成一层油膜，通过电机转动带动主轴旋转。由于主轴旋转时没有机械摩擦，所以适合

加工精度要求高，表面粗糙度要求高的产品。这种主轴关键是要保持静压车头的每个进油孔畅通均匀，使静压轴承的压力稳定。

静压电主轴常见的故障有主轴发热、加工尺寸不稳定等。

(1) 主轴发热：

主轴发热的主要原因是由于静压油通过旋转摩擦发热，导致主轴升温，所以静压系统要有良好的冷却系统，一般靠安装冷却空调或散热器解决。

(2) 加工尺寸不稳定：

以 BHT-20 销孔镗床为例，被加工的活塞尺寸不稳定主要表现为销孔圆度超差、销孔的尺寸不稳定等。

维修方法：因为主轴旋转时利用油膜托住主轴，所以要求静压压力前后稳定均匀是保证加工尺寸稳定的关键。维修时先检查调整静压压力，使主轴前端和后端的静压压力在 0.5Mpa-0.8Mpa 之间，保证回油管回油畅通，无气泡。清洗过滤网和喷油孔，使各喷油孔无无污物堵塞，喷油均匀。

二、进给部分

1、导轨。导轨的作用是用来支撑和引导运动部件，按给定的方向做往复直线运动的。在数控机床的进给传动系统中，常见的导轨一般有滚动导轨、静压导轨和滑动导轨等。如果导轨出现故障，主要反映是运动质量下降。如：托板未运动到规定位置、运行中断、定位精度下降、反向间隙增大、爬行等。

维修方法：

- (1) 调整预紧力、调整松动部位、消除传动间隙等可提高传动精度。
- (2) 调整楔铁条与托板的间隙，使托板与导轨的摩擦力适中，提高运动精度。
- (3) 贴塑导轨要保证贴塑良好，无破损。
- (4) 导轨与导轨之间的间隙不能存有赃物，必须要有良好的防护装置。
- (5) 静压导轨应有一套过滤效果良好的供油系统。
- (6) 定时、定量、准确、的给每一个运动部位润滑良好。

2、丝杠。目前，数控机床基本上都采用了滚珠丝杠传动，在进给部分，滚珠丝杠的刚性、安装质量和丝杠与丝母的间隙直接影响活塞加工的精度与尺寸，选择合适的滚珠丝杠，调整消除传动间隙能够减少产品加工的误差。常见的机械故障有轴向间隙过大、丝杠转动有沉点等。

维修方法：

(1) 轴向间隙过大。检查调整丝杠的轴向间隙，丝杠两端的支撑轴承是否良好，调整轴承预紧螺母，使丝杠的轴向间隙在 0.01mm 以内，保证传动精度。对于滚珠丝杠螺距的累积误差，通常采用间隙补偿的办法进行螺距补偿。

(2) 丝杠转动有沉点：检查丝杠支撑和床身连接是否松动以及丝杠支撑轴承是否损坏，定期清洗滚珠丝杠上的费旧油脂和杂物切屑。

(3) 测量丝杠与传动电机主轴的同轴度是否合格，避免过度的弯曲负载，最好使用柔性联轴器。

(4) 每天定时定量做好良好的润滑是保证滚珠丝杠精度的维护措施。

3、旋转刀库。旋转刀库的种类不外乎有两类，一类是机械传动，一类是液压传动。液压传动方式，即采用液压马达、电磁阀、流量控制阀等来驱动刀库的运转。液压压力的稳定和换向阀的灵敏是液压刀库正常动作强有力的保证。机械传动刀库是通过电机旋转，经联轴器带动蜗轮蜗杆旋转，使离合盘转动带动刀库。旋转刀库一般出现的机械故障是刀库旋转不到位、刀库不转动等。

(1)、刀库不转动。

维修方法：检查联接电动机轴与蜗杆轴的联轴器是否脱落，检查液压刀库压力是否稳定，换向阀、节流阀是否灵敏。

(2)、刀库转不到位。

维修方法：电动机转动故障，传动机构误差。装置调整不当或加工误差过大而造成拨叉位置不正确，原因可能是装置调整不当或加工误差过大而造成拨叉位置不正确；限位开关安装不正确或调整不当造成的。可通过调整刀库提起的间隙和限位开关的位置消除故障。

4、伺服电机。伺服电机在传动部分作为执行电动机有控制速度,位置精度准确等优点。在与丝杠连接时最好用柔性联轴器，能避免过度的弯曲负载导致轴端和轴承的损坏磨损。在安装或拆卸伺服电机时，尽量不要用锤子直接敲打轴端。以防伺服电机轴另一端的编码器损坏。

三、液压部分

液压泵一般都采用变量泵，常见的故障有油封因磨损漏油、泵体磨损、泵轴与电机轴间隙过大等，应及时更换或修理损坏部位，以防因压力不稳发生事故。液压油的选用也很关键，根据工作环境和空气温度等具体情况综合考虑液压油的类型和粘度的选择。并且做到定期更换液压油和过滤网，使用降温系统控制油温等保养措施。

四、润滑系统

数控机床的润滑系统是一项非常重要的环节，对机床的精度和使用寿命起着至关重要的作用。在数控机床的使用过程中，应保证各部件润滑良好，一般采用集中润滑系统，集中润滑系统有定时、定量、准确、效率高，使用方便等优点，有利于延长机床的使用寿命，保证加工精度。

在润滑系统中常见的故障有油泵失效、油路不畅通、给油循环时间不准确等。

(1) 油泵失效。

维修方法：检查油泵电机运转是否正常，清洗油泵进油口污物，保证润滑油清洁。

(2) 油路不畅通。

维修方法：检查油管有无破裂或堵塞，清洗或更换单向阀。

(3) 给油循环时间不准确。

维修方法：调整给油循环时间，保证给有充足。

五、其他辅助

1、气动部分。在活塞加工中，很多道工序要用到气压夹紧或拉紧，所以高压气体经过的分水滤气器一定要定时放水和清洗，油雾器里的液位应该符合上下限要求，并且保持气压系统的密封性，以保证整个气压系统的工作压力。

2、排屑部分。数控机床的排屑部分一般采用的是链条式排屑机，是可以和机床分离的部分，主要出现的故障是链条和刮板损坏。在使用时要注意排屑机要在机床工作时同时运转，不要等到积攒切屑多了再开启，容易造成链条受力大拉断，当发现有物品掉入排屑机时，要赶紧关闭排屑机运转，并及时取出物品，检查无误后再开启。

二、FANUC OM 系统参数丢失的处理

0

数控系统参数是数控机床的灵魂，数控机床软硬件功能的正常发挥是通过参数来设定的。机床

的制造精度和维修后的精度恢复也需要通过参数来调整，所以数控机床没有参数等于是一堆废铁。数控机由于数控系统参数全部丢失而引起的机床瘫痪，称为“死机”。“死机”固然可怕，若我们掌握了解决的方法和预防措施，问题就容易了。下面是针对 FANUC OM 系统出现“死机”情况的分析和处理。仅供从事数控人员参考。

一、引起“死机”的主要原因。

1、做 DNC 通讯中，在 M51 执行动作完成后，M50 尚未解除 M51 时不能执行 M30 自动断电功能，否则会出现“死机”现象。

2、在执行 M51 动作，进行 DNC 通讯期间若断电，可能会出现“死机”。

3、在更换电池时，没有开机或断电，就会使参数丢失。若长期不开机，电池耗尽，也会丢失参数。

4、误操作，若同时按住 Reset 及 Delete 两键，并按电源 Power ON，就会消除全部参数。

5、处理 P / S 报警有时会引起参数丢失。如：处理 P / SI01 报警（DNC）执行中断共有三种方法。在前两种排除不掉报警时，必须要用第三种方法，而最后一种会“死机”。

A: ① PEW=1

② Power OFF

③ 同时按 Delete Power ON 两键

④PWE=0

B: ① PWE=1

② 参数 901=01000100 改为 0

③ 按 DEL 键

④ Power OFF

⑤ Power ON

⑥ 参数 901= 010001000

⑦ PWE= 0

C: ①备份所有 PC、NC、DGN 参数（会死机）

② Power OFF

③ 同时按 RESET POWER ON 键，PWE= 1

④ 输入 900 以上参数，输入 NO.1-900 参数输入 DGN 参数

⑤ POWER OFF

⑥ POWER ON

⑦ PWE=0（应按 A、B、C 序排除，若 A、B 都不能排除就只有用 C 方法）

二、“死机”后的状态显示

CRT 显示屏上出现如下报警：

417# X AXIS DGTL PARAM 417#、427#、437#报警分别

427# Y AXIS DGTL PARAM 为 X、Y、Z（或第 3 轴）马达

437# Z AXIS DGTL PARAM 参数设定异常

.....

.....

等

417#报警：X 轴有以下条件之一，就会造成此警示。

① 在参数 NO.8120 的马达形式，设定指定范围以外的值。

② 在参数 NO.8122 的马达旋转方向，未设定正确值（111 或-111）

③ 在参数 NO.8123 马达每一转的速度反馈脉冲数，设定 0 似下的不正确值。

④ 在参数 NO.8124 马达每一转的位置反馈脉冲数，设定 0 以下的不正确值。

427#：Y 轴参数分别为 NO.8220 NO.8222 NO.8223 NO.8224

427#：Z 轴（OM）或第 3 轴（OT）参数分别为 NO.8320 NO.8322 NO.8223 NO.8324

原因是所有轴的设定参数全部丢失引起各轴伺服报警。此时机床瘫痪，功能尽失。

三、“死机”的具体的处理过程：

如果机床出现“死机”，首先请与机床制造厂商联络。最好在厂方指导下排除故障，恢复运行。

下面是本人实际遇到的问题及取得厂商支持的处理方法：

1、CLEAR（清除）剩余参数

同时按下 RESET，DELETE 两键，并按 Power ON 直到 CRT 显示屏出现版本号，且变换后才松开。

2、INPUT（输入）参数

选择 MDI 模式，翻开参数（PARAM）画面，按下急停，打开保护器，PWE=1，然后输入参数。输入方法有：MDI 手动输入和 DNC 传输两种。

A、手动输入法：依照随机附的参数表一一输入所有参数

①所有 PC，NC 参数

②以上功能参数

③96N 参数

B、DNC 输入法：

1) 须先设定

①ISO=1

②参数 2.0=1 2.7=0 12.0=1 12.7=0 50=11 51=11（停止位=2）

③参数：250=10 251=10 552= 10 553 = 10（波特率=4800）

④参数：900=00111001（OMC） =00111011（OMF）

⑤参数：901=01000100 917=10（画面出现选择条件时选 Delete）

⑥参数：38.3=1（半键型先设为“1”，待读入参数后，再设 38.3=0）

设定后，若 CRT 显示屏出现 NOT Ready 则不能传输，须重新设定。

2) 输入操作：

①MDI 模式下，执行 M51（DNC 开）翻开参数画面，同按下 EOB、INPUT 两键，CRT 右下角出现“SKP”（标头）闪动。

②PC 个人电脑准备好 DNC 通讯软件（如 V24）设置环境参数：

COM1: BaudRate=4800

Parity =None

Data Bit=8bit

Stop Bit =2

Code=130

COM1: BaudRate=4800

Parity: None

Data Bit=86bit

stop Bit =2

code=ISO

Active Port=COM1

然后敲下“ENTER”键，此时机床 CRT 上“SKP”变为“INPUT”闪动，即为正输入参数中。输入完毕执行 M50（DNC 关），再用手敲入 NO.9m 以上功能参数。（请依照参数表）

③传输 DGN 参数翻开 DGN 画面即可。

④若有 TAPE（纸带）方式，请从 TAPE 方式直接传输，方法同前所述。

3、试机检验各种功能和机床精度。

1) 程序输入完后，先不要移动机床及执行 M、S、T 功能。

2) 将参数：NO.508=0 NO.509=0 NO.510=0（X、Y、z 轴原点补正）NO.700、NO.701、NO.702 先设为为 99999999。

3) 做三轴的手动回零。

4) 输入参数 NO.508 NO.509 NO.510（依照机床参数表）

5) 断电后，再送电，再做手动回零（为防撞机，先将各轴移至中间位置）

6) 输入参数 NO.700 NO.701 NO.702（依照机床参数表）

7) 此时完成全部参数设定。可以仔细检查各功能，是否恢复正常，检验机床各项精度。

四、预防“死机”和机床参数做备份的重要性：

数控机床的参数如此重要，一旦丢失会造成死机，严重影响生产。若请厂家来人处理时间很长，费用高，损失大。如果能及时快速处理，恢复生产，就可以将损失降至最低限度。如何及时处理？只有认真做好以下预防工作：

1、随机文件附有参数表，一定要交设备部分妥善保管，机床编号要注明；即使用一型号的机床有些关键参数都不一样。

2、有 DNC 通讯软件的用户，可以将每台机床的各种参数，输至电脑作备份；并标明该机床的编号有参数类型。

3、对长期停机的机床应每周开 2、3 次两小时以上。严格按机床维护说明书的要求和方法，更换电池，应选用高性能，高容量的电池。

4、在执行 M51 时，不能执行 M30 自动断电功能。经常停电的地区停电前供电部门应事先通知。

5、在机床出现 P / S 报警时需专职维修人员在场处理，严禁非专职人员随便修改参数。

通过以上各项措施可以预防数控机床参数丢失，虽然这种“死机”现象极少发生，且有偶然性，但万一发生就会带来极大的损失，因此预防工作必须要做好。若一时不慎而丢失参数请及时与机床厂家联络，再结合维护说明将备份参数输入机床，即可恢复运行。

三、FANUC 0 系统常用参数

序号 T 系列 M 系列

1.1 显示 1 程式位置 0 考虑补正实际位置显示 1 程式位置 0 考虑补正实际位置

1.2 用 MDIstart 键 1 可以 0 无法启动程式加工同前

1.3 重新设定后刀具补正 1 消除 0 不消除重新设定 1 保留 G43G44 补正 0 不保留

1.4 刀具补正 1 为半径 0 直径刀具补正为 1 增量 0 绝对

1.5 原点减速信号 1 为 1，0 为 0 同前

1.6 快速移动 dry run1 有效，0 无效同前

2.6 手动教导模式手轮 1 进给 0 不进给同前

2.5 手轮控双轴时轴选择开关 1 有效 0 无效 G76G87 刀具逃逸方向

2.4 G76G87 刀具逃逸方向

3 主轴和位置解码器齿数比同前

3.63.7 主轴和位置解码器齿数比 1 刀长补正和指定平面垂直轴，0Z 轴

3.13.3 4、ZYX 各轴上电背隙方向 1 负向 0 正向同前

8.5 快速可调信号 0 有效 1 无效同前

10.49000-9999 程序 1 不可编辑 0 可同前
11.1 上电 1G01, 0G0 状态同前
11.2 第四轴为 1 直线轴 0 旋转轴
11.611.0 罗距误差修正倍率同前
13job 状态手轮 1 有效 0 无效同前
14.2 刀具重设 1 取消 0 不取消原补正量
15.7 忽略小数点以 1mm、inch 'sec 输入 0 最小单位同前
19.5M02 执行后 1 回到程式开头 0 不回同前
21 各轴有 1 绝对编码器 0 无同前
22 绝对编码器 1 设原点 0 不设同前
23 屏显语种同前
24.1 输入输出单位 1 0.01mm, 0,0.001mm
30.7 上电 1G91, 0G90 状态同前
49.4 手动可控轴数 1,3 0, 1 同前
49.7 快速和进给上限速度以 1 与一般同 0 不同同前
60.414"CRT 诊断为 1 14", 0 9"同前
60.7CRT1 彩色 0 单色同前
63.3 刚性攻丝主轴位置解码 1 任意齿比 0 28 参数
63.4 刚性攻丝途中调整率一无效 0 有效
64 主轴与第二解码器齿数比同前
65.7 一单节中 1 有 3 个 M 码 0, 1 个同前
121 手动操作倍率同前
254 刚性攻丝主轴及 z 轴加减速类别 0 指数 1 直线
255 刚性攻丝主轴背隙量
256 刚性攻丝 M 码
258 刚性攻丝拉伸途中的调整率
504507 各轴位置极限偏差同前
508511 各轴删格偏移量同前
512515 环路增益同前
517 伺服回路增益同前
518524 快速进给速度同前
525 快速时加减速时间常数同前
527 切削上限速同前
529 切削加减速时间常数同前
530 加减速时最低速度同前
531 主轴转速实际与命令允差 G73 回退量
532 主轴转速允许范围 G73 开始点设定
535538 各轴背隙量同前
539 主轴速度指令电压修正主轴转速上限
548 指数加减速手动下限速度同前
551 主轴周速一定控制时最低速度同前
556 主轴周速 一定控制时最高速三段换档高档最低速
559562 各轴手动时移动速度同前
577 主轴速度修正

580 内侧转角自动调速终点减速距离
581 内侧转角自动速度调整终点减速距离
585 主轴快速进给最低速
586 主轴定向转速三段换档中高档换档速度
591C 轴家具松夹延时时间
592 孔加工避开量 d
593596 停止是位置偏差极限值同前
601604 手进给指数加减速时间常数同前
605608 手动进给指数加减速下限速同前
620 刚性攻丝 z 轴移动中偏差极限
621 刚性攻丝主轴移动中偏差极限
622 刚性攻丝 Z 轴停止中偏差极限
623 刚性攻丝主轴停止中偏差极限
6309"屏显横偏量同前
6319"屏显纵偏量同前
700707 轴行程同前
708711 自动坐标系时原点坐标值同前
717G71G72 的切深
718G71G72 的预留量
719 复合切削 G73X 预留量
720G73z 预留量
721G73 分区数
722G94G75 回退量
723G76 最后精加工次数
724G76 刀尖角度
725G76 最小切深
726G76 精加工预留量
728 刀具磨耗增量允许值
729 刀具磨耗补正最大允许值
735 第二原点到第一原点坐标 x 同前
736 第二原点到第一原点坐标 y 同前
737 第二原点到第一原点坐标 z 同前
738 第二原点到第一原点坐标 4 同前
755778 工件坐标系
779 加工零件总数同前
780783 第三原点同前
784787 第四原点同前
788 796F 一位进给速度
1000x 轴罗距误差补正原点 x 轴罗距误差补正原点
10011128x 轴罗距误差补正 1128x 轴罗距误差补正
2000z 轴罗距误差补正原点 y 轴罗距误差补正原点
20012128z 轴罗距误差补正 y 轴罗距误差补正值
30003 轴罗距误差补正原点 z 轴罗距误差补正原点
30013128Y 轴罗距误差补正 z 轴罗距误差补正

40004 轴罗距误差修正原点同前
40014128 四轴罗距误差修正同前
50005 轴罗距误差修正原点同前
50015128 五轴罗距误差修正同前
60006 轴罗距误差修正原点同前
60016128 六轴罗距误差修正同前
70007714 五六轴控制同前

参考文献

- 司乃均. 机械加工工艺基础. 北京: 高等教育出版社, 1993
王启平. 机械制造工艺学. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1995
乔世民. 机械 f5j 造基础. 北京: 高等教育出版社, 2003
吕焯. 热加工工艺基础与实习. 北京: 高等教育出版社, 2000
张亮峰. 机械加工工艺基础与实习. 北京: 高等教育出版社, 1999
田坤. 数控机床与编程. 武汉: 华中科技大学出版社, 2001
张超英, 罗学科. 数控机床加工工艺、编程及操作实训. 北京: 高等教育出版社, 2003
宋本基, 张铭均. 数控加工. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2000
张宇. 投控技术实践. 北京: 机械工业出版社, 2001
孙伟伟. 数控车工实习与考级. 北京: 高等教育出版社, 2004
睦润舟. 数控编程与加工技术. 北京: 机械工业出版社, 2002
刘书华. 数控机床与编程. 北京: 机械工业出版社, 2001
宋放之. 数控工艺培训教程(数控车部分). 北京: 清华大学出版社, 2003
蒋建强. 数控编程技术 200 例. 北京: 科学出版社, 2004
刘雄伟. 数控机床操作与编程培训教程. 北京: 机械工业出版社, 2003
袁锋. 数控车床培训教程. 北京: 机械工业出版社, 2005
徐伟. 数控机床仿真实训. 北京: 电子工业出版社, 2004