

简单零件数控车床 加工

聊城市技师学院

内容提要

本书按照职业教育教学改革的要求，结合国家示范院校建设课程改革成果，按照行业企业对就业人员的要求，将培养学生的数控加工程序编制技能作为核心，以国家职业标准中级数控车工考核要求为基本依据，通过 7 个源于企业的典型案例，以工作过程为导向，以典型零件为载体，以具体的任务为实施，由简单到复杂、由单一到综合地培养学生掌握数控车削零件加工工艺设计及程序的编制。每个项目从【知识储备】、【制定方案】、【实施过程】、【质量检测】、【反馈评价】、【拓展链接】、【巩固提高】几个学习活动展开组织内容，涵盖了数控车工常见的工艺问题处理方法及常用的编程指令，对于每个任务实施都是一个完整的工作过程的再现，符合人才培养的规律。本书在编写过程中得到了聊城职业技术学院、山东工程技师学院的大力帮助，得到了聊城博源科技有限公司、山东日发纺织机械有限公司、山东鑫亚工业股份有限公司、聊城昌华造纸机械有限公司的大力支持，在此深表谢意。

本书是校企合作培训教材，可作为职业院校机械加工技术、数控技术、机电一体化、模具设计与制造等专业的教学用书，也可供有关技术人员、数控机床编程操作人员参考、培训之用。

2020 年 12 月

目 录

开篇导学·走进数控	1
学习活动 1 数控车床的认知	1
学习活动 2 数控车床编程基础	8
学习任务一 销轴的加工	18
学习活动 1 知识储备	19
学习活动 2 制定方案	26
学习活动 3 实施过程	27
学习活动 4 质量检测	32
学习活动 5 反馈评价	36
学习活动 6 拓展链接	38
学习活动 7 巩固提高	43
学习任务二 印章钢模毛坯的加工	44
学习活动 1 知识储备	45
学习活动 2 制定方案	54
学习活动 3 实施过程	56
学习活动 4 质量检测	60
学习活动 5 反馈评价	62
学习活动 6 拓展链接	64
学习活动 7 巩固提高	72
学习任务三 锥套的加工	73
学习活动 1 知识储备	74
学习活动 2 制定方案	78
学习活动 3 实施过程	80
学习活动 4 质量检测	94
学习活动 5 反馈评价	96
学习活动 6 拓展链接	98
学习活动 7 巩固提高	102
学习任务四 切纸辊的加工	103
学习活动 1 知识储备	104
学习活动 2 制定方案	116
学习活动 3 实施过程	121

学习活动 4	质量检测	130
学习活动 5	反馈评价	135
学习活动 6	拓展链接	137
学习活动 7	巩固提高	142
学习任务五	尾座快进丝杆的加工	144
学习活动 1	知识储备	145
学习活动 2	制定方案	162
学习活动 3	实施过程	167
学习活动 4	质量检测	171
学习活动 5	反馈评价	176
学习活动 6	拓展链接	177
学习活动 7	巩固提高	183
学习任务六	手柄的加工	185
学习活动 1	知识储备	186
学习活动 2	制定方案	198
学习活动 3	实施过程	200
学习活动 4	质量检测	206
学习活动 5	反馈评价	209
学习活动 6	拓展链接	211
学习活动 7	巩固提高	218
学习任务七	螺纹定向套的加工	219
学习活动 1	知识储备	220
学习活动 2	制定方案	225
学习活动 3	实施过程	229
学习活动 4	质量检测	237
学习活动 5	反馈评价	240
学习活动 6	拓展链接	242
学习活动 7	巩固提高	250
附录·技能鉴定		254



开篇导学·走进数控

学习活动 1 数控车床的认知

一、数控技术与数控车床

1. 先进的制造技术

首先了解一下航空母舰的建造的大体过程（如图 0-1、0-2、0-3、0-4），航空母舰的很多零件都是由数控机床制造的、其中航母的主轴就是由数控车床加工的。



图 0-1



图 0-2



航空母舰建造过程



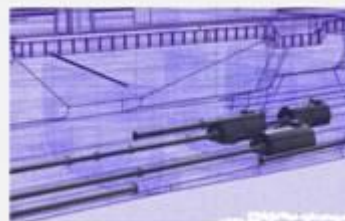
准备安装蒸汽弹射器

船建好后，向船坞中注水，等船坞中的水位和外面的水位一致后就打开闸门，船就能开出去



图 0-3

航空母舰建造过程



上图是计算主轴在浮力作用下的形变。主轴安装是重头戏，因为船在水里在浮力作用下会微小的变形，但是对这么长的轴来说就是致命了。所以以前都是在水里装轴。现在结构计算进步了，先计算水里变形。给轴一个反变形，在水里就是直的了。

航母主轴的毛坯通过车床加工完成，船舶对轴加工精度的要求是非常苛刻的，否则大功率的主机会产生高频的大扭矩，而且方向都在时刻变化。就像我们弯铁条一样，一个方向弯不断，来来回回几下就搞定了。

图 0-4

2. 数控机床

数控机床是利用数字化信号对机床的运动及加工过程进行控制的机床，或者说是装备了数控系统的机床。它将加工过程所需的各种操作(如主轴变速、松夹工件、进刀与退刀、开车与停车、自动关停冷却液等)和步骤以及工件的形状尺寸用数字化的代码表示，通过控制介质将数字信息送入数控装置，数控装置对输入的信息进行处理与运算，发出各种控制信号，控制机床的伺服系统或其他驱动元件，使机床自动加工出所需要的工件。数控机床的诞生与发展，有效地解决了一系列生产上的矛盾，为单件、小批量精密复杂工件的加工提供了自动化加工手段(如图 0-5 数控车床)。



图 0-5

二、数控机床的组成

数控机床主要由输入装置、数控装置、伺服机构、辅助控制装置、检测装置和机床本组成（如图 0-6）。

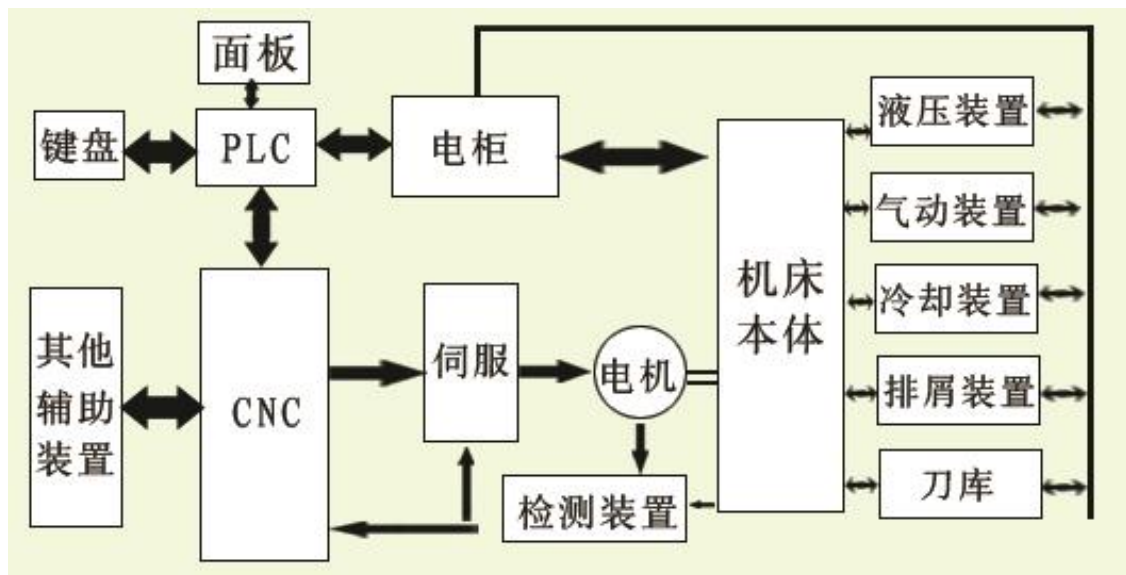


图 0-6

1. 输入装置

输入装置是指编程人员将零件加工信息传送到数控装置去的程序载体。控制介质有多种形式，常用的有磁盘、移动硬盘、Flash(U 盘)等，在某些 CNC 设备上，利用 CAD/CAM 软件先在计算机上编程，然后通过计算机与数控系统通信，将程序和数据直接传送给数控装置，也可以通过数控机床操作面板上的键盘，用手工将工件加工程序输入到数控装置（如图 0-7）。

2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心。它根据输入的数据，完成数值计算、逻辑判断、输入输出控制等。数控装置一般由专用(或通用)计算机、输入输出接口板及可编程序控制器 (PLC)等组成。可编程序控制器主要用于对数控机床辅助功能、主轴转速功能和刀具功能的控制（如图 0-7）。



图 0-7

3. 伺服系统

伺服系统是数控机床的执行机构，由驱动装置和执行部件(如伺服电动机)两大部分组成，包括主轴伺服单元、进给伺服单元、机床控制线路、功率放大线路及驱动装置，它接受数控装置发来的各种动作命令，驱动数控机床传动系统的运动。它的伺服精度和动态响应是影响数控机床的加工精度、表面质量和生产率的重要因素之一。目前数控机床的伺服机构中，常用的位移执行机构有功率步进电动机、直流伺服电动机、交流伺服电动机等（如图 0-7）。

4. 辅助控制装置

辅助控制装置是介于数控装置和机床机械、液压部件之间的强电控制装置。它接受数控装置输出的主运动变速、刀具选择和交换、辅助动作等指令信息，经过必要的编译、逻辑判断、功率放大后，直接驱动相应的电气、液压和机械部件，以完成各种规定的动作。此外，有些开关信号经过它送到数控装置进行处理。由于可编程控制器(PLC)具有响应快、性能可靠、易于使用、编程和修改程序，并可直接驱动机床电气等特点，现已广泛用作数控机床的辅助控制装置（如图 0-8）。



图 0-8

5. 检测反馈装置

检测反馈装置将数控机床各个坐标轴的实际位移量、速度参数检测出来，转换成电信号，并反馈到机床的数控装置中。数控装置将反馈回来的实际位移量、速度值与指令设定值进行比较，判断是否一致，并发出相应的指令，控制伺服机构按指令设定值运动，纠正所产生的误差。检测反馈装置安装在数控机床的工作台或丝杠上。检测装置的检测元件有多种，常用的有直线光栅、光电编码器、圆光栅、绝对编码尺等（如图 0-9）。

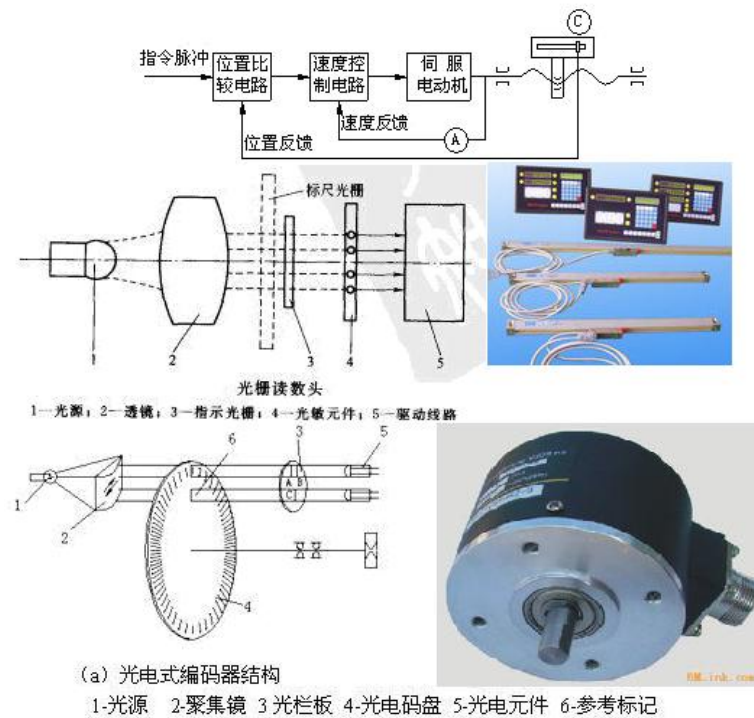


图 0-9

6. 机床本体

机床本体是数控机床的主体，是用于完成各种切削加工的机械部分。包括：主传动系统、进给系统以及辅助装置等。对于数控加工中心，还有存放刀具的刀库、自动换刀装置(ATC)和自动托盘交换装置等。与传统的机床相比，数控机床的结构强度、刚度和抗振性，传动系统和刀具系统的部件结构，操作机构等方面都发生了很大的变化，其目的是为了满足不同数控技术的要求和充分发挥数控机床的效能（如图 0-10）。



图 0-10

三、数控机床的工作原理



数控机床加工零件的工作过程图示（如图 0-11）

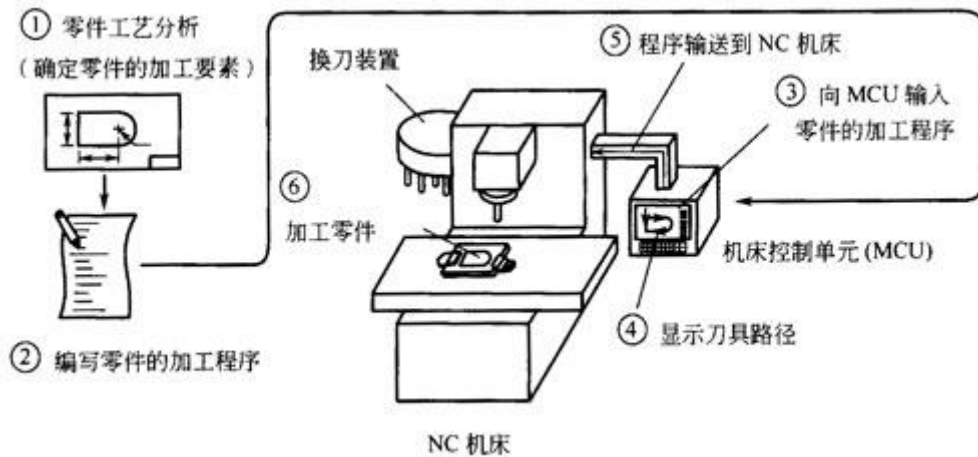


图 0-11

加工步骤如下

(1)确定被加工零件的图样与工艺方案。

(2)用规定的代码和程序段格式编写出加工程序。

(3)将所编写加工程序指令输入到机床数控装置中。

(4)数控装置对程序(代码)进行处理之后，向机床各个坐标的伺服驱动机构和辅助控制装置发出控制信号，显示刀具加工路径。

(5)伺服机构接到执行信号指令后，驱动机床的各个运动部件，并控制所需的辅助动作。

(6)机床自动加工出合格的零件。

(四) 机床按控制方式分类

(1)开环控制数控机床

开环控制系统的特征是系统中没有检测反馈装置，指令信息单方向传送，并且指令发出后，不再反馈回来，故称开环控制。

受步进电动机的步距精度和工作频率以及传动机构的传动精度影响，开环系统的速度和精度都较低。但由于开环控制结构简单，调试方便，容易维修，成本较低，仍被广泛应用于经济型数控机床上。典型的开环数控系统如下图所示（如图 0-12）。

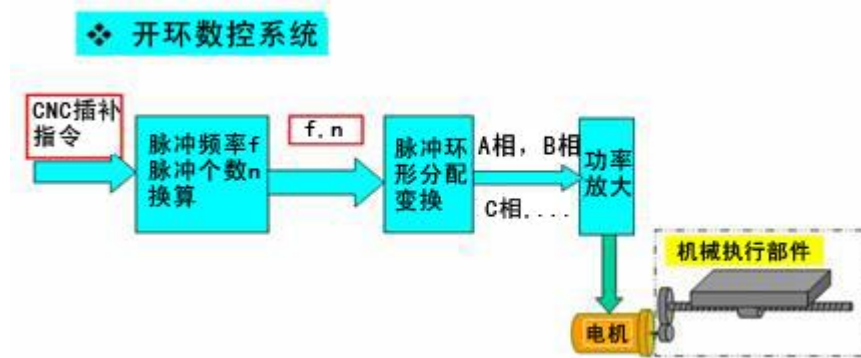


图 0-12 开环数控系统

(2)半闭环控制数控机床



半闭环控制系统框图如下图所示。半闭环控制数控机床不是直接检测工作台的位移量，而是采用转角位移检测元件，测出伺服电动机或丝杠的转角，推算出工作台的实际位移量，反馈到计算机中进行位置比较，用比较的差值进行控制。由于反馈环内没有包含工作台，故称半闭环控制（如图 0-13）。

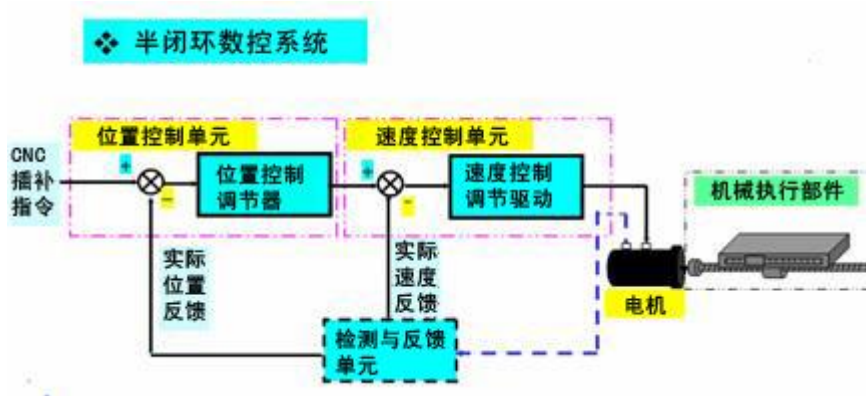


图 0-13 半闭环控制系统

半闭环控制精度较闭环控制差，但稳定性好，成本较低，调试维修也较容易，兼顾了开环控制和闭环控制两者的特点，因此应用比较普通。

(3) 闭环控制数控机床

闭环控制系统框图如下图所示。闭环控制系统的特点是，利用安装在工作台上的检测元件将工作台实际位移量反馈到计算机中，与所要求的位置指令进行比较，用比较的差值进行控制，直到差值消除为止。可见，闭环控制系统可以消除机械传动部件的各种误差和工件加工过程中产生的干扰的影响，从而使加工精度大大提高。速度检测元件的作用是将伺服电动机的实际转速转换成电信号送到速度控制电路中，进行反馈校正，保证电动机转速保持恒定不变。常用速度检测元件是测速电动机（如图 0-14）。

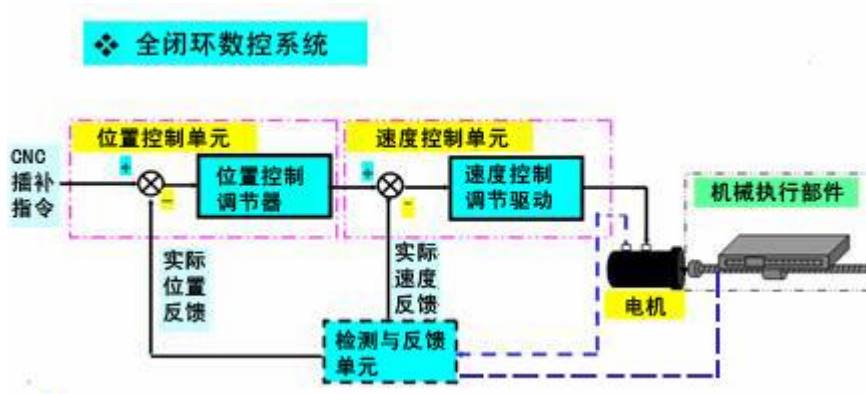


图 0-14 闭环控制系统

闭环控制的特点是加工精度高，移动速度快。这类数控机床采用直流伺服电动机或交流伺服电动机作为驱动元件，电动机的控制电路比较复杂，检测元件价格昂贵。因而调试和维修比较复杂，成本高。



学习活动 2 数控车床编程基础

一、坐标系的确定

(一) 机床坐标系

在数控机床上加工零件，机床的动作是由数控系统发出的指令来控制的。为了确定机床运动部件的运动方向和移动距离，就要在机床上建立一个坐标系，这个坐标系就是机床坐标系。

坐标系及运动方向的规定

标准的机床坐标系采用右手笛卡儿直角坐标系（如图 0-15）。

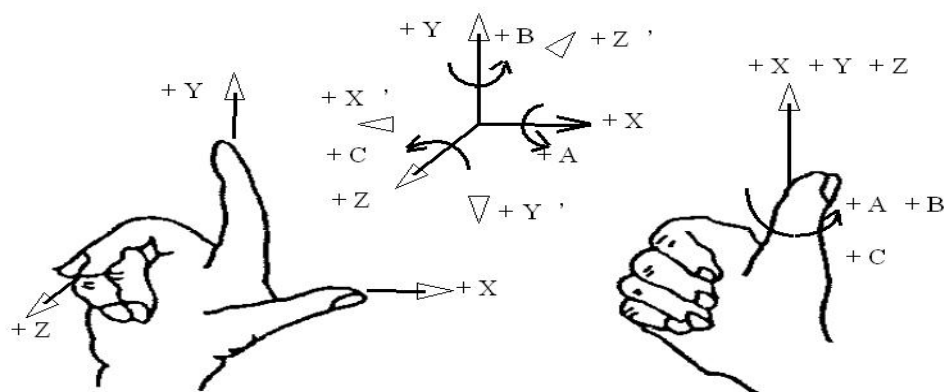


图 0-15

(1)伸出右手的大拇指、食指和中指，并互为 90°。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（如图 0-15）。

2. 坐标轴方向的确定

对于机床坐标系的方向，均将增大刀具与工件距离的方向确定为各坐标轴的正方向。图示为数控车床上两个运动的正方向。

(1)Z 坐标

Z 坐标的运动方向是由传递切削动力的主轴所决定的，即平行于主轴轴线的坐标轴即为 Z 坐标，Z 坐标的正向为刀具离开工件的方向。

(2)X 坐标

x 坐标平行于工件的装夹平面，一般在水平面内。确定 x 坐标的方向时，要考虑两种情况：



如果工件做旋转运动，则刀具离开工件回转中心的方向为 X 坐标的正方向。如图示的数控车床的 X 坐标（如图 0-16）。

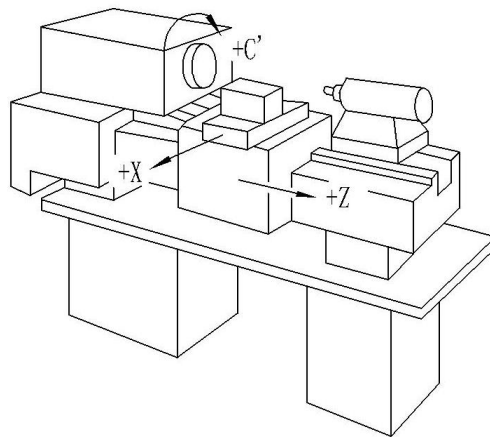


图 0-16

3. 机床原点

机床原点又称为机床零点，即机床坐标系的原点，是指在机床上设置的一个固定点，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。

在数控车床上，机床原点一般设在卡盘端面与主轴中心线的交点处（如图 0-17）。

4. 机床参考点

机床参考点是用于对机床运动进行检测和控制的固定位置点。通常位于机床溜板正向移动的极限点位置。

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。

通常在数控车床上机床参考点是离机床原点最远的极限点。图示为数控车床的参考点与机床原点（如图 0-17）。

对于大多数数控机床，开机第一步总是先使机床返回参考点(即所谓的机床回零)。开机回参考点的目的就是为了建立机床坐标系，只有机床参考点被确认后，刀具(或工作台)移动才有基准。

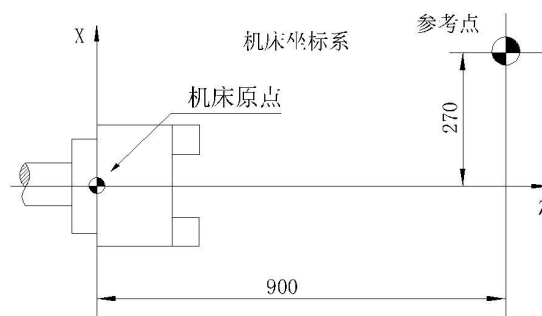


图 0-17

(二) 工件坐标系



1. 工件坐标系

工件坐标系也称为编程坐标系，是编程人员根据零件图样及加工工艺等建立的坐标系。

工件坐标系一般供编程使用，确定工件坐标系时不必考虑工件毛坯在机床上的实际装夹位置。

工件坐标系的原点(编程原点)，其位置由编程者确定，工件原点最好与零件的设计基准或工艺基准重合，工件坐标系中各轴的方向应该与所使用的数控机床相应的坐标轴方向一致，如图示为车削零件的工件坐标系及编程原点（如图 0-18）。

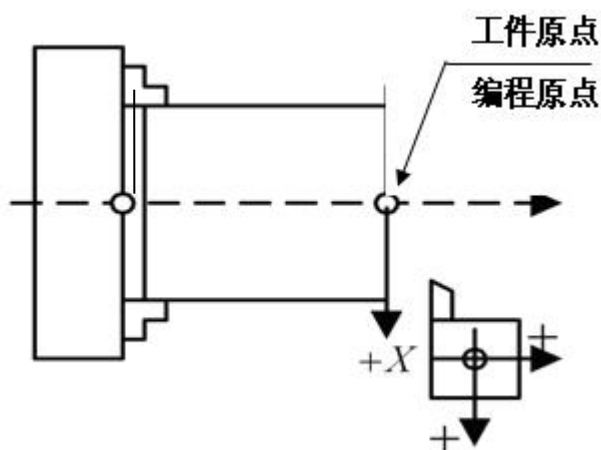


图 0-18

2. 对刀点与换刀点。

对刀点是数控加工中刀具相对工件运动的起点，程序也是从这一点开始执行，所以对刀点也称为“起刀点”或“程序起点”。对刀点可选在工件上，也可选在工件外面(如夹具上或机床上)，但必须与工件的定位基准有一定的尺寸关系，如图示为车削零件的对刀点（如图 0-19）。对刀点选择的原则如下：

- (1)找正容易。
- (2)编程方便。
- (3)对刀误差小。
- (4)加工时检查方便、可靠。

对刀是数控加工中的一项很重要的准备工作。所谓对刀是指使“刀位点”与“对刀点”重合的操作。刀位点是指刀具的定位基准点。对于车刀取为刀尖；钻头则取为钻尖。

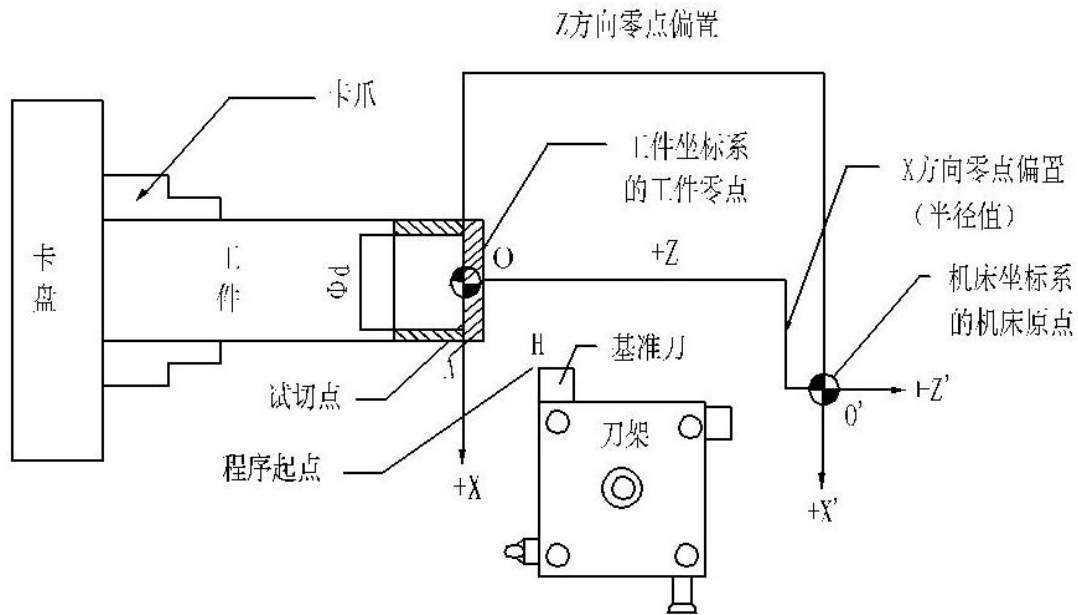
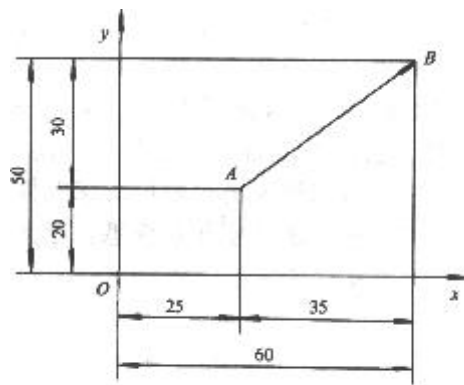


图 0-19

3. 绝对坐标与增量(相对)坐标

在坐标系中，所有的坐标点均以某一固定坐标系原点作为坐标位置的起点，并以之计算各点的坐标值，这个坐标系称为绝对坐标系，绝对坐标系可以避免尺寸的积累误差。图中（如图 0-20），
 $XA=25$ $YA=20$ $XB=60$ $YB=50$



绝对坐标及增量坐标

图 0-20

在坐标系中，运动轨迹的终点坐标是以起点计量的坐标系称为增量坐标系(相对坐标系)。图中，
 $XA=25$ $YA=20$ $XB=35$ $YB=30$

数控程序的基本指令

二、数控程序的基本指令

(一) 程序的结构

每一个完整的数控程序都是由程序号、程序内容和程序结束三部分组成的。其格式如下所示：



```

O0098;                                程序号
N10  M03  S500  T0101  F0.25;
N20  G00  X52.0  Z2.0;
N30  G71  U2.5  R0.2;
N40  G71  P50  Q90  U0.5  W0.08;
:
N180 G00  X100.0  Z50.0;
N190 M30;                             程序结束
    
```

程序内容

程序内容是由若干程序段组成的，程序段是由程序字组成的，每个程序字又是由字母和数字组成的。

1. 程序号

程序号是由字母 O 或 % 和四位数字(不能全为 0)组成，应单独占一行。在书写时，其数字前面的零可以省略不写，如 O0058 可写成 O58。不同的数控系统程序号地址也有所差别，华中数控程序号是由字母 O 或 % 和四位数字组成(%0001)，而 FANUC 数控用字母 O 和四位数字组成(O 0001)

由于程序号是加工程序的识别标记，因此同一数控机床中存储的程序号不能重复。

2. 程序内容

程序内容是整个加工程序的核心，由若干程序段组成，程序段又由一个或多个程序字组成。每个程序段要占一行，程序段结束通常应用结束符号隔开，但实际上并不完全统一，必须详细了解机床说明书中的具体指令格式和编程方法，有的系统程序段的末尾以“;”或“*”作为程序段的结束，有的系统程序段结束符号为 LE，也有的系统程序段结束直接按“回车键”可自动生成结束符。程序段的格式如下表 0-1 所示

表 0-1 程序段的格式

N__	G__	X (U)__	Z(W)__	F__	M__	S__	T__
程		X	Z	进	辅	主	刀
序	准	轴	轴	给	助	轴	具
段	备	移	移	功	功	功	功
N3	G01	X10.0	Z-5.0	F0.3	M03	S80	T0101

3. 程序结束

程序结束部分由程序结束指令构成，必须写在程序的最后，表示加工程序的结束。为了保证最后程序段的正常执行，通常要求单独占用一行。

(二) 程序指令字

一个程序指令字由地址符(指令字符)和带符号或不带符号的数字组成。程序中不同的指令字符及其后的数值确立了每个指令字符的含义，在数控程序段中包含的主要指令字符见表 0-2



表 0-2

功能	地址	意义
零件程序号	O或%	程序编号(0—9999)
程序段号	N	程序段号(N0001—N9999)
准备功能	G	指令动作方式
尺寸字	X、Y、Z、U、V、W、A、B、C	坐标轴的移动
	R	圆弧半径、固定循环的参数
	I、J、K	圆弧终点坐标
进给速度	F	进给速度指定
主轴功能	S	主轴旋转速度指定
刀具功能	T	刀具编号选择
辅助功能	M	机床开关及相关控制
补偿号	D	刀具半径补偿号
暂停	P、X	暂停时间指定
子程序号指定	P	子程序号指定
重复次数	L	子程序的重复次数
参数	P、Q、R、U、W、I、K、C、A	车削复合循环参数
倒角控制	C、R	自动倒角参数

指令字符按照功能可以分为五种，分别是准备功能代码 G、辅助功能代码 M、主轴功能代码 S、刀具功能代码 T 和进给功能代码 F。下面针对这些代码一一进行简要介绍。

1. 准备功能

准备功能又称 G 功能或 G 指令，是由地址字 G 和后面的两位数字来表示的，如

G00 X100 用来规定刀具和工件的相对运动轨迹、工件坐标系、坐标平面、刀具补偿、坐标偏置等多种加工操作，见下表 0-3、0-4。

G 功能根据功能的不同又分成若干组，其中 00 组的 G 功能称非模态 G 功能，其余组的称模态 G 功能。

(1) 模态功能代码

一组可相互注销的功能，这些功能一旦被执行，则一直有效，直到被同一组的其他功能代码注销为止。

(2) 非模态功能代码

只在所规定的程序段中有效，程序段结束时被注销，也称一次性代码。



表 0-3 FANUC 0i 系统数控车常用准备功能

G代码	组	功能	G代码	组	功能
★G00	01	快速定位	G55	14	坐标系设定2
G01		直线插补	G56		坐标系设定3
G02		顺时针圆弧插补	G57		坐标系设定4
G03		逆时针圆弧插补	G58		坐标系设定5
G04	00	暂停	G59		坐标系设定6
G20	06	英制输入	G70	00	精车循环
★G21		公制输入	G71		内外径粗车复合循环
G27	00	检查参考点返回	G72		端面粗车复合循环
G28		返回机床参考点	G73		固定形状粗加工复合循环
G29		由参考点返回	G74		端面深孔钻削循环
G30		返回第二参考点	G75		外径、内径切槽循环
G32	01	螺纹切削	G76		螺纹切削复合循环
★G40	07	取消刀尖圆弧半径补偿	G90	01	单一形状内外径切削循环
G41		刀尖圆弧半径左补偿	G92		螺纹切削循环
G42		刀尖圆弧半径右补偿	G94		端面切削循环
G50	00	主轴最高速度限定	G96	02	恒线速控制
G52		局部坐标系设定	★G97		取消恒线速控制
G53		选择机床坐标系	G98	05	指定每分钟进给量
★G54	14	坐标系设定1	★G99		指定每转进给量

表0-4 华中世纪星HNC-21T系统数控车常用准备功能

G代码	组	功能	G代码	组	功能
★G00	01	快速定位	G55	11	坐标系设定2
G01		直线插补	G56		坐标系设定3
G02		顺时针圆弧插补	G57		坐标系设定4
G03		逆时针圆弧插补	G58		坐标系设定5
G04	00	暂停	G59		坐标系设定6
G20	08	英制输入	G71	06	内外径粗车复合循环
★G21		公制输入	G72		端面粗车复合循环
G28	00	返回机床参考点	G73		闭环车削复合循环
G29		由参考点返	G75		外径、内径切槽循环
★G36	17	直径编程	G76		螺纹切削复合循环
G37		半径编程	G80		内外径车削固定循环
G32	01	螺纹切削	G81		端面车削固定循环
			G82		螺纹切削固定循环
★G40	09	取消刀尖圆弧半径补偿	★G90	13	绝对编程
G41		刀尖圆弧半径左补偿	G91		相对编程
G42		刀尖圆弧半径右补偿	G92	00	工件坐标系的设定
G50		坐标平移	G96	16	恒线速控制



G代码	组	功能	G代码	组	功能
G52		取消坐标平移	★G97	14	取消恒线速控制
			★G94		指定每分钟进给量
★G54	11	坐标系设定1	G95		指定每转进给量

说明：标记“★”号的代码为缺省G代码，即在机床系统通电时被初始化为该功能

不同组的几个 G 代码可以在同一程序段中指定且与顺序无关；同一组的 G 代码在同一程序段中指定，则最后一个 G 代码有效。不同系统的 G 代码并不一致，即使 G 代码一致功能含义也可能不完全相同，即使系统一致，不同型号 G 代码也未必完全相同，编程时一定以系统的说明书所规定的代码进行编程。

2. 辅助功能

辅助功能也称 M 功能或 M 指令，用于控制零件程序的走向，以及用来指令数控机床辅助动作及状态。它由地址字 M 及其后面的数字组成。其特点是靠继电器的通、断来实现其控制过程，见下表 0-5 所示。

表 0-5

代 码	模态	功能说明	代 码	模态	功能说明
M00	非模态	程序停止	M03	模态	主轴正转起动
M02	非模态	程序结束	M04	模态	主轴反转起动
M30	非模态	程序结束并返回程序起点	M05	模态	一主轴停止转动
			M07	模态	切削液打开
M98	非模态	调用子程序	M08	模态	切削液打开
M99	非模态	子程序结束	M09	模态	一切削液停止

(1)程序停止指令 M00

执行 M00 指令后，车床所有动作都暂停，只有当重新按下循环启动按钮后，再继续执行 M00 指令后面的程序。该指令常用于粗、精加工之间的精度检测时的暂停。

暂停时，机床的进给停止。而全部现存的模态信息保持不变，欲继续执行后续程序，重按操作面板上的“循环启动”键。M00 为非模态后作用 M 功能。

(2)程序结束指令 M02

M02 一般放在主程序的最后一个程序段中，执行 M02 程序结束指令后，表示加工程序内所有内容都已完成，执行光标停止在 M02 指令后，若要重新执行该程序，就得重新调用该程序。

(3)程序结束并返回起点指令 M30

程序结束并返回起点指令 M30 的执行过程与 M02 相似。不同之处在于执行 M30 指令后，随即停止主轴的转动和切削液的流通等所有动作，并且光标返回到程序头，准备加工下一个工件，若要重新执行该程序，只需再次按操作面板上的“循环启动”键。

(4)主轴功能指令 M03/M04/M05

M03 用于主轴正转；M04 用于主轴反转；M05 用于主轴停止转动。

(5)切削液开关指令 M08/M09 M08 用于打开切削液；M09 用于关闭切削液。

(6)子程序调用指令 M98/M99



M98 用于调用子程序；M99 用于子程序调用结束并返回其主程序

a.子程序的格式

%****

.....

M99

在子程序开头，必须规定子程序号，以作为调用入口地址。在子程序的结尾用 M99，以控制执行完该子程序后返回主程序。

b.调用子程序的格式

M98 P L

P: 被调用的子程序号

L: 重复调用次数

3. 主轴功能(S 功能)

主轴功能 S 控制主轴转速，其后的数值表示主轴转速，单位为 r/min 。

在使用恒线速度功能时(G96 表示恒线速切削，G97 表示取消恒线速切削)，s 功能后的数值表示切削线速度，单位为 m/min 。

S 为模态指令，且 S 功能只有在主轴转速可调节的机床上有效。

S 所限定的主轴转速还可借助机床操作面板上的主轴倍率开关来进行修调。

4. 刀具功能(T 功能)

刀具功能也称 T 功能，T 代码主要用来选择刀具。它是由地址符 T 和后续数字组成，有 $T \times \times$ 和 $T \times \times \times \times$ 之分，具体对应关系由生产厂家确定，使用时应注意查阅厂家说明书。

T0101 表示选择 01 号刀具并调用 01 号刀具补偿值。

T0000 表示取消刀具选择及刀补。

当一个程序段中同时指定 T 代码与刀具移动指令时，则先执行 T 代码指令选择刀具，而后执行刀具移动指令。

5. 进给功能(F 功能)

进给功能也称 F 功能，F 指令表示坐标轴的进给速度，它的单位取决于 G94 或 G95 指令。G94 表示每分钟进给量，单位为 mm/min ；G95 为每转进给量，单位为 mm/r 。

F 指令也为模态值。在 G01、G02 或 G03 方式下，F 值一直有效，直到被新 F 值取代或被 G00 指令注销。G00 指令工作方式下的快速定位速度是各轴的最高速度，由系统参数确定，与编程数值无关。

(三) 编程规则

1. 绝对值编程和相对值编程

数控车床编程时，可以采用绝对值编程、相对值编程或混合编程

绝对值编程是根据已设定的工件坐标系计算出工件轮廓上各点的绝对坐标值继而进行编程的方法，程序中用 X、Z 表示。

相对值编程是用相对前一个位置的坐标增量来表示坐标值的编程方法，程序中用 U、w 表示，其正负由行程方向确定，当行程方向与工件坐标轴方向一致时为正，反之为负。华中数控系统也可



以用 G91 编程。

混合编程是将绝对值编程和相对值编程混合起来进行编程的方法。例如：

绝对值编程	相对值编程	混合编程
N05 G01 X30.O ZO F0.3;	N05 G01 X30.O ZO F0.3;	N05 G01 X30.O ZO F0.3;
N06 X50.0 Z30.O;	N06 U20.O W30.O;	N06 U20.O W30.O;
N07 X60.O Z50.O;	N07 U10.O W20.0;	N07 X60.O W20.O;
N08 X80.O Z60.O;	N08 G91 X20.O Z10.0;	N08 U20.O Z60.O;

2. 小数点编程

数控编程时，其数值的输入方法有的系统常以小数点形式出现，如“G01 X50.0;”表示 X 方向移动距离为 50mm。如果不加小数点，系统则认为该值为脉冲数，如“G01 X50;”当脉冲当量为 0.001mm 时，系统认为 X 方向的移动距离是 0.05mm。有的系统可以省略编程时小数点，也有的系统可以通过系统参数来设定是否可以省略小数点的输入，是否省略编程时小数点要以系统的说明书为准。

3. 直径编程

在数控车床上编制轴、盘类工件的加工程序时，因其截面为圆形，一般在编写与 X 轴有关的尺寸时，都用直径编程，除非特别指定。

4. 模态指令与非模态指令

G 指令分为模态指令和非模态指令。模态指令一经指定一直有效，直至出现同组的任一 G 指令时才被取代，非模态指令只在本程序段中有效。

M 指令中，后出现的 M 指令取消以前程序段中的 M 指令。



学习任务一 销轴的加工



学习目标

1. 能对销轴零件进行数控车削加工分析；
2. 能够建立工件坐标系；
3. 能够操作数控车床面板，完成外圆车刀的对刀；
4. 能够完成程序的录入、修改与校验；
5. 能够编写销轴的数控车削加工程序。

建议完成本任务为 24 学时。



工作情景描述

某企业有一批销轴需要加工，实物图如 1-1-1 所示，订单提供有销轴的零件图纸（图 1-1-2 所示），现委托数控车工组来完成加工任务。要求同学们根据零件图的要求进行首件试生产，并检验加工精度，以便实现批量生产。

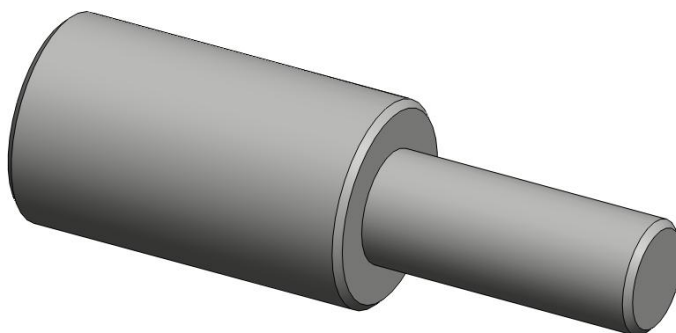
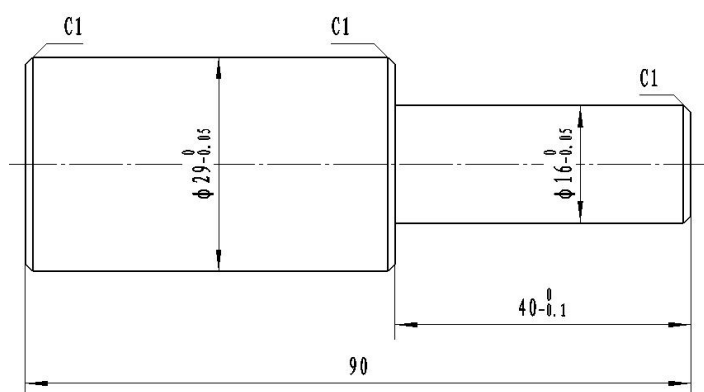


图 1-1-1



技术要求:

1. 表面粗糙度按 $\sqrt{3.2}$
2. 未注公差按 GB/T1804-M

图 1-1-2

销轴零件是一个典型的台阶轴零件，结构简单，主要进行外圆加工，加工精度要求中等，请操作数控车床，完成销轴零件的加工与检测。



学习活动 1 知识储备

一、零件的加工是通过操作数控车床来完成的；数控车床是如何操作的？

数控车床的操作与普通车床的操作有很大的区别，普通车床刀架的移动是通过操纵来完成的，而数控车床刀架的移动是通过操作控制面板或通过程序控制来完成的。



问题解答：1. 接通数控车床电源

先接通实训室总电源，在数控车床后侧或左侧将机床电源开关打至“ON”处，再旋开数控车床前面操作面板上的红色急停按钮，此时 LCD 显示器通电，机床处于待机状态。



问题解答：2. 数控车床操作面板

请观察实训室的数控车床操作面板，各有那些按键？参照图 1-2 所示的操作面板，通过操作面板或查阅华中数控车床数控系统说明书，找出各按键的名称含义。



图 1-2

(1) 开机操作（如图 1-3 所示）



图 1-3 开机操作



(2)关机操作（如图 1-4 所示）

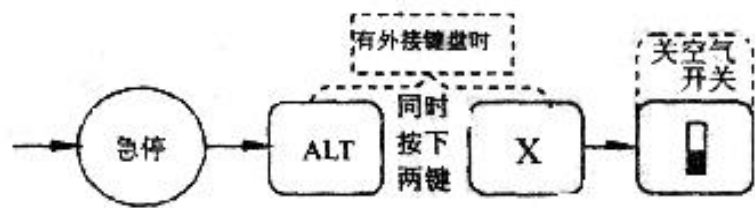


图 1-4 关机操作

(3)急停、复位（如图 1-5 所示）

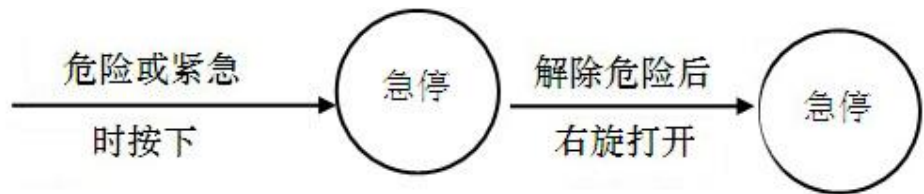


图 1-5 急停、复位

(4)回参考点操作（手动）（如图 1-6 所示）

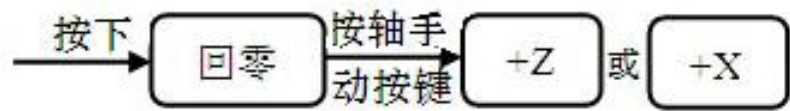


图 1-6 回参考点操作

(5)超程解除（如图 1-7 所示）



图 1-7 超程解除



问题解答：3. 通过操作数控车床面板，完成刀架的手动进给与手轮进给在数控车床上，刀架的移动可通过手动或手轮的操作实现进给。请根据表 1-1 中的操作步骤完成操作，同时记录刀架的移动情况。



表 1-1 手动和手轮操作

操作项目	操作步骤	记录刀架移动情况
手动操作	1. 在机床操作面板上按下  按键，进入手动操作状态。	在显示屏的下面显示“手动操作”，此时刀架不移动。
	2. 按住  键。	刀架向_____进给，松开按键时，刀架停止进给。
	3. 按住  键。	刀架向_____进给。
	4. 按住  键。	刀架向_____进给。
	5. 按住  键。	刀架向_____进给。
手轮操作	1. 在机床操作面板上按下  按键进入手轮操作状态。	此时进行“手轮操作”，此时刀架不移动。
	2. 选择旋钮  中的x和手轮移动量旋钮  ，调节手轮  。	顺时针旋转手轮时，刀架向_____进给。逆时针旋转手轮时，刀架向_____进给。
	3. 选择旋钮  中的Z和手轮移动量旋钮  ，调节手轮  。	顺时针旋转手轮时，刀架向_____进给。逆时针旋转手轮时，刀架向_____进给。



问题解答：4. 程序的编辑

(1)编辑新程序（如图 1-8 所示）

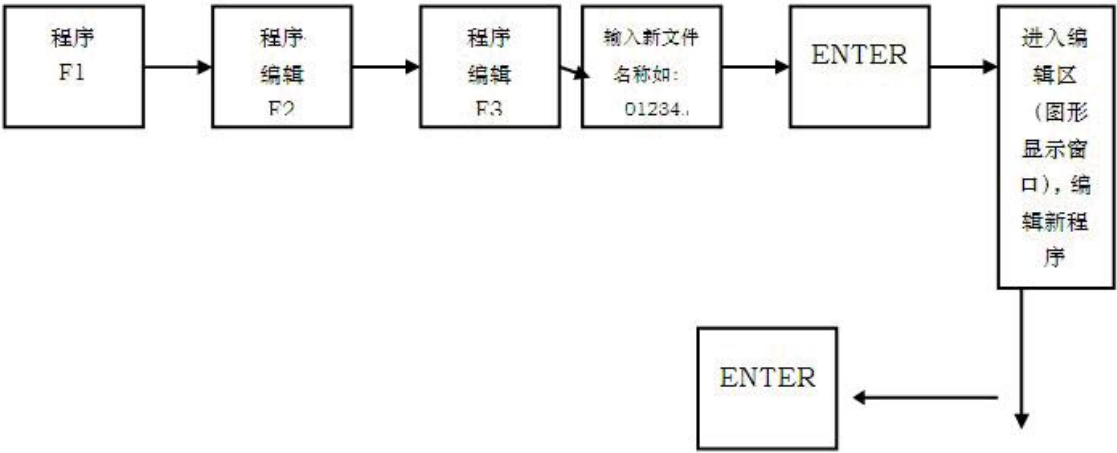


图 1-8 编辑新程序

(2)选择已有程序编辑（如图 1-9 所示）

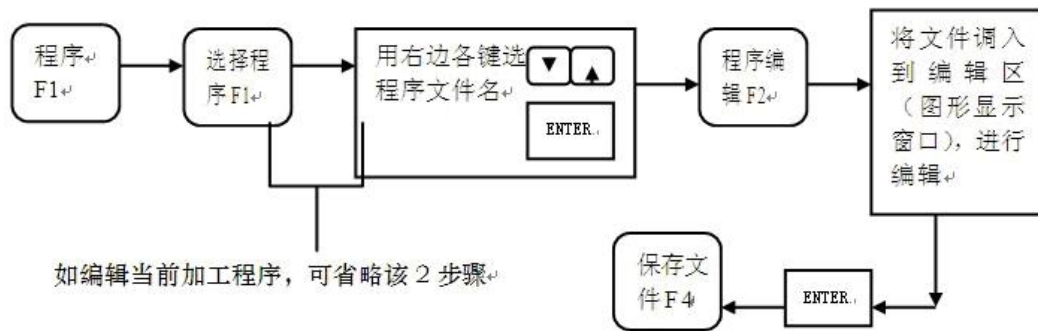


图 1-9 选择已有程序编辑



问题解答：5. 程序运行

(1)程序模拟运行 (如图 1-10 所示)

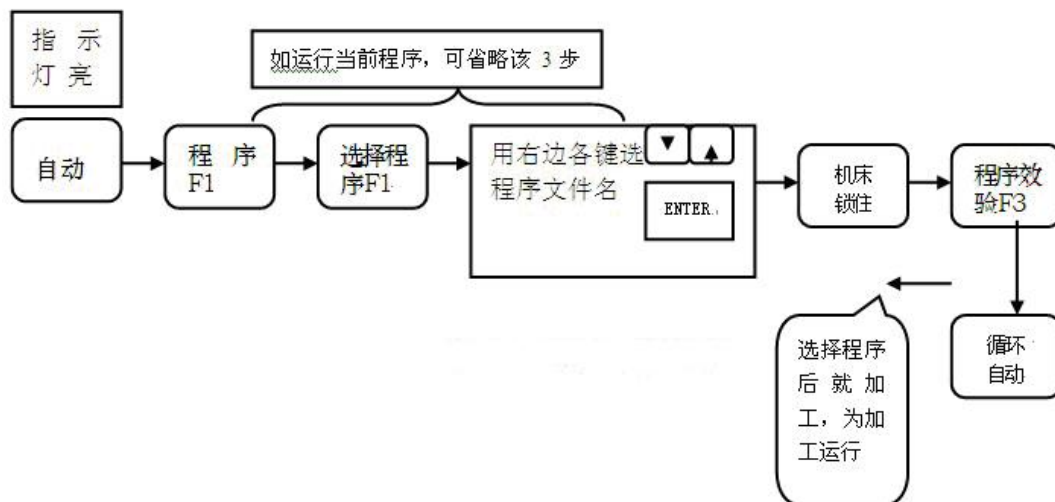


图 1-10 程序模拟运行

(2)程序自动运行 (如图 1-11 所示)

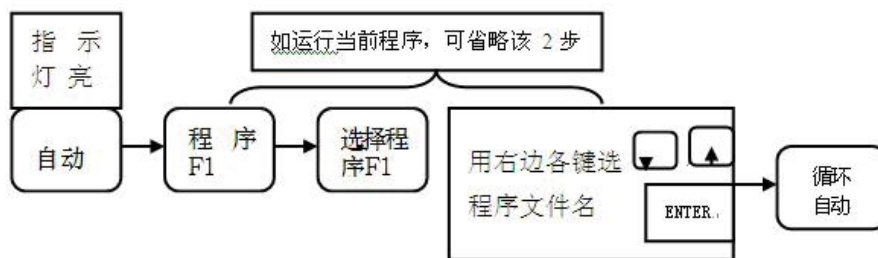


图 1-11 程序自动运行

三、零件的加工是通过操作数控车床来完成的；如何进行编制数控程序？



问题解答：1. 编程加工时主要用那些指令？

(1)快速点定位 G00

该指令使刀具从当前位置快速移动到指定的位置。

格式：G00 X (U) ___ Z (W) ___

式中 X、Z 为刀具移动的目标点的坐标值

图例：G00 X500Z 20(图示刀具由 A 点快速移动到 B 点) （如图 1-12 所示）

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

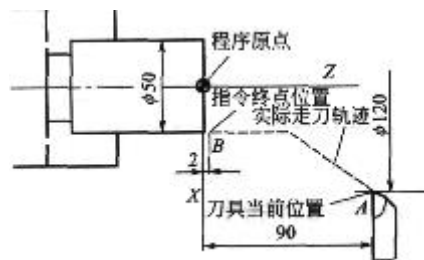


图 1-12 刀具由 A 点快速移动到 B 点

说明：

a. 刀具的实际运动路线不一定是直线，可以是折线。使用时要格外小心，以免刀具与工件或夹具发生碰撞（如图 1-13 所示）。

b. 刀具快速移动速度由机床参数设定，移动速度只能由快速修调按钮修正，无运动轨迹要求，且无切削加工过程，G00 是模态指令。

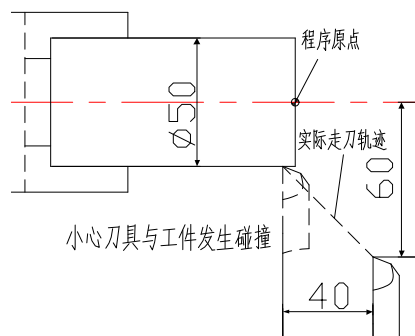


图 1-13 刀具与工件碰撞

(2)直线插补 G01

该指令使刀具从当前位置按指定的进给速度以插补联动的方式移动到指定位置。

格式：G01 X(U) ___ Z(W) ___ F ___



式中 $X(U)$ 、 $Z(W)$ 为刀具移动的目标点的坐标值， F 为进给速度。



问题解答：2. 编程实例

加工图示的圆锥零件（如图 1-14 所示）：



图 1-14-1 圆锥零件实物图

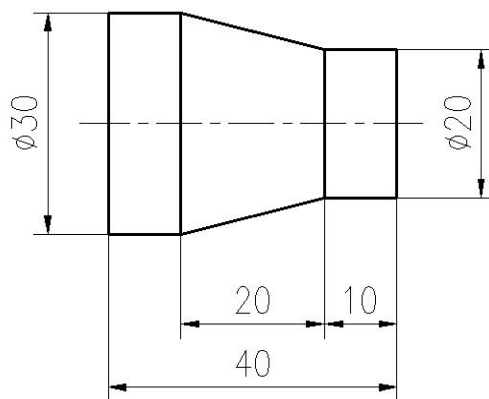


图 1-14-2 圆锥零件

```
%0111
N10 M03 S400 T0101
N20 G00 X35.0 Z5.0
N30 G01 Z0 F100
N40     X0
N50     Z2.0
N60 G00 X30.0 Z2.0
N70 G01 X25.0 F100
N80     Z -10.0
N90     X 30.0 Z -30.0
N100 G00 X35.0 Z0
N110 G01 X20.0
N120     Z-10.0
N130     X 30.0 Z -30.0
N140 G00 X100.0 Z100.0
N150 M05
N160 M30
```

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，有的数控车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，F 的单位由直线进给率或旋转进给率指令决



定。

三、零件的加工是通过操作数控车床来完成的；如何进行安装车刀的？



问题解答：1. 安装车刀

在装夹车刀时需要注意以下事项：

- (1) 车刀装夹在刀架上的伸出部分应尽量短，长度应为刀杆厚度的 1~1.5 倍
- (2) 车刀下面的垫铁要平整，数量要少(1~2 片)，并与刀架对齐。车刀至少要用 2 个螺钉压紧在刀架上，以防振动。
- (3) 车刀刀尖应与主轴中心线等高。如图 1-15 所示，以车削外圆(或横车)为例，当车刀刀尖高于工件轴线时，因其车削平面与基面的位置发生变化，使前角增大，后角减小；反之，前角减小，后角增大。

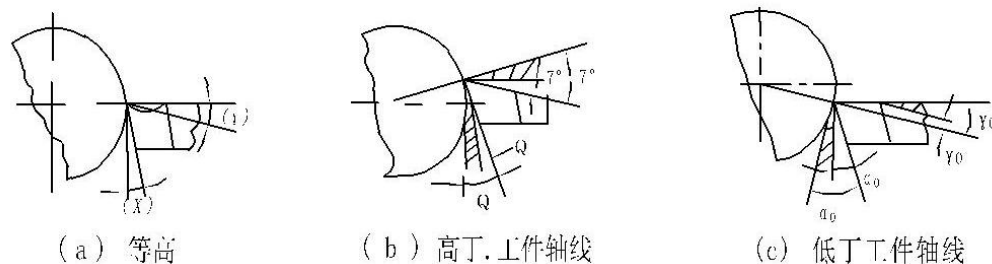


图 1-15 装刀高低对车刀前后角的影响

- (4) 车刀刀杆中心线应与进给方向垂直，如图 1-16 所示

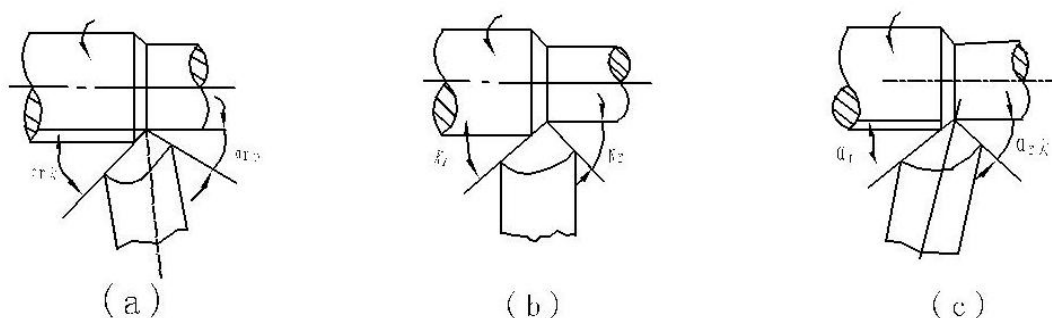


图 1-16 车刀装偏对主副偏角的影响



问题解答：2. 刀位点和对刀

刀位点是指在加工程序编制中用以表示刀具特征的点。常用车刀的刀位点如图 1-17 所示。

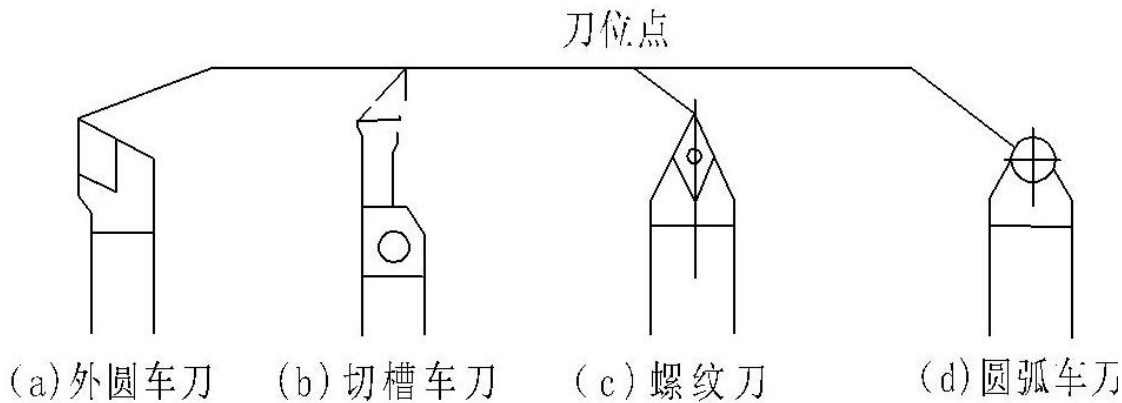


图 1-17 车刀的刀位点

在执行加工程序前，需调整每把刀的刀位点，使其尽量与某一理想基准点重合，这一过程称为对刀。理想基准点可以设定在基准刀的刀尖上，也可以设定在对刀仪的定位中心上。

刀位点也是对刀和加工的基准点，对刀的好与差，将直接影响到加工程序的编制及零件的尺寸精度。



小提示：对刀操作的目的是通过对刀操作建立工件坐标系，同时将刀具补偿值预置到系统中。

学习活动 2 制定方案

一、零件工艺分析

零件的轮廓由圆柱面构成。夹装时用三爪自定心卡盘夹紧，采用一夹一顶方式装夹定位工件，工件伸出 110mm。将工件零点设定在毛坯右端面的圆心。加工起点设在毛坯直径处且离开工件毛坯右端面 10mm（X100.0，Z10.0）处，换刀点设在距工件零点 X 向+100.0mm，Z 向+100.0mm 处。

工件轮廓可以使用 G01 车削，精车留 1mm 余量，粗车 6mm 的背吃刀量。

二、编写加工技术文件

1. 工序卡（见表 1-2）

表 1-2 工序卡

材料	45#	产品名称或代号	零件名称	零件图号
		CKA012	轴	CKA2-1
工序号	程序编号	夹具名称	使用设备	车间
001	%0101	三爪自定心卡盘	CK6140	数控实习车间



工序号	工序内容	刀具号	刀具规格 b×h(mm)	主轴转速 n(r/min)	进给量 f(mm/m in)	背吃刀量 a _p (mm)	备注
1	粗/精车外轮廓	T0101	25×20	500/800	100/50	6/0.5	
2	切断刀	T0202	25×20	300			刀宽 3mm
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页

2. 刀具卡 (见表 1-3)

表 1-3 刀具卡

产品名称或代号		CKA012	零件名称	轴		零件图号	CKA2-1
序号	刀具号	刀具名称	数量	加工表面	刀尖半径 R/mm	刀尖方位 T	备注
1	T0101	90°硬质合金	1	粗车外圆	0.4	3	
2	切断刀						刀宽 3mm
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页

学习活动 3 实施过程

一、编写加工程序 (见表 1-4)

表 1-4 加工程序

程序号: %0101		
程序段号	程序内容	说明
N10	G00 X100 Z100	快速定位至换刀点
N20	T0101 M03 S500	主轴转速 500r/mm, 换 1 号外圆车刀
N30	G00 X32 Z2	快速定位到循环起点
N40	G00 Z0	快速定位到端面
N50	G01 X0 F100	车削端面
N60	X23	第一次到粗加工外圆起点
	Z-40	粗加工外圆
	G00 X32 Z0	快速定位到循环起点
	G01 X17	第二次到粗加工外圆起点
	Z-40	粗加工外圆
	M05	主轴停
	M00	暂停



程序段号	程序内容	说明
	M03 S800	主轴转速 800r/mm, 准备精加工
	G00 X32 Z0	快速定位到循环起点
	G00 X14	快速定位到端面倒角起点
	G01X16Z-1F50	倒角
	Z-40	加工Φ16 外圆
	X27	加工端面
	X29 W-1	加工倒角
	Z-95	加工Φ29 外圆
	G00 X100 Z100	快速至换刀点
	M05	主轴停
	M00	暂停
	T0202	换切断刀
	M03 S300	主轴正转, 转速 300r/min
	G00X32 Z-93	定位到切槽起点
	G01 X25 F50	切至Φ25
	X29	退刀
	W1	向 Z 的正方形移动 1mm
	X27 W-1	加工倒角
	X-1	车断
	G00 X100	X 方向退刀
	Z100	Z 方向退刀
	M05	主轴停止
	M30	程序结束

二、加工实施

1. 填写工、量具清单 (见表 1-5)

填写工、量具清单, 然后到仓库领取有关的工、量具, 并把工、量具摆放整齐。

表 1-5 工、量具清单

班级			学号		姓名		
工具名称	规格	数量	备注	工具名称	规格	数量	备注
游标卡尺	125x0.02	1		外圆车刀	25×20	1	
表面粗糙度对照板	车削	1		切断刀	25×20	1	
压刀扳手		1		卡盘扳手		1	
借期:		还期:		签名:			



2. 启动数控车床

(1)将空气开关  扳到“ON”位置，进入数控系统。

(2)松开急停按钮 .

(3)按  键，进入回零方式（返回参考点），按  键，刀架移动到位后， 上灯变亮，CRT 上的 X 坐标变为“0.000”；按  键，刀架移动到位后， 上灯变亮，CRT 上的 Z 坐标变为“0.000”。

3. 装夹工件

将工件装夹在三爪卡盘中，伸出 100mm，找正后夹紧。

4. 安装刀具

车刀已安装在刀架上，车刀安装质量的好坏，对操作顺利与否和加工质量都有直接的影响。将外圆刀安装在 1 号刀位置，切断刀安装在 2 号刀位置，如图 1-18 所示。

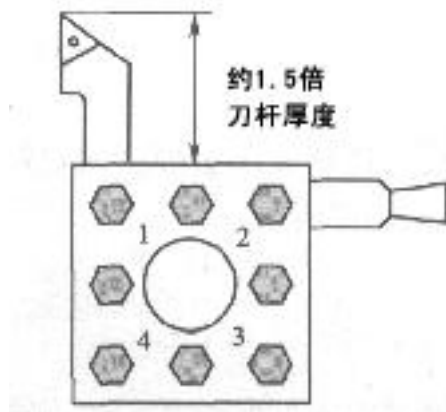


图 1-18



小提示：

(1) 刀杆伸出长度太长，产生震动，车削表面粗糙，刀具易折断；伸出过短容易发生刀架与工件碰撞。

(2) 检查刀尖与工件中心线是否等高。刀具安装太低会出现工件被抬高，工件从卡盘上掉下来或使车刀折断；刀具安装太高会使车刀主后刀面与工件发生摩擦。

5. 对刀

(1)1 号刀的对刀（如图所示 1-19）

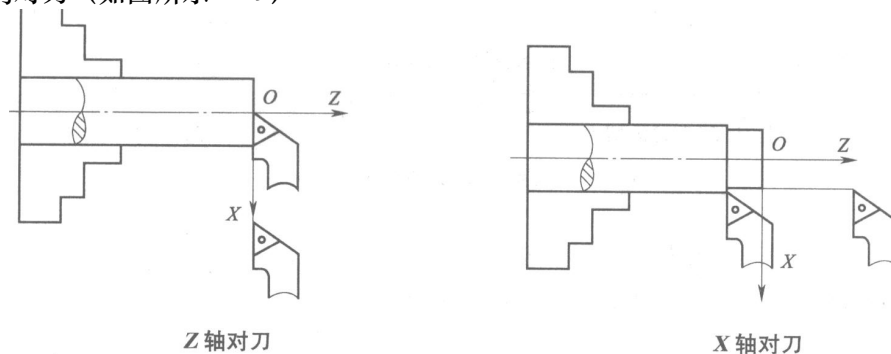
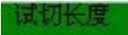


图 1-19

启动主轴，按 、 使刀具切削位置在 1 号刀位置，按  或  刀具快速靠近工件，按  键，



摇动手轮脉冲发生器，让刀具切削工件端面，沿 X 轴方向退刀，Z 轴方向不动，停车。单击，

单击，选择相应的刀偏号，在一栏输入“0”一回车。

刀偏表:						
刀偏号	X偏置	Z偏置	X磨损	Z磨损	试切直径	试切长度
#0001	0.000	-850.834	0.000	0.000	0.000	0.000
#0002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

让刀具试切外圆，沿+Z 方向退出，X 轴方向不动，停车，测量试切外圆直径，在一栏输入测量值一回车。

刀偏表:						
刀偏号	X偏置	Z偏置	X磨损	Z磨损	试切直径	试切长度
#0001	-390.326	-850.834	0.000	0.000	25.725	0.000
#0002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

(2) 2 号刀的对刀

启动主轴，按、使刀具切削位置在 2 号刀位置，操作方法 1 号刀相同。

6. 程序的录入与保存

(1) 按再按，在对话框里输入程序名，o 0101，然后单击“Enter”键，进入程序编辑页面；输入程序。

(2) 程序编辑好后，按，单击“Enter”键，则程序应经被保存。

7. 程序的调用与校验

(1) 程序的调用

按再按选择程序单击“Enter”键。

(2) 程序的校验

按再按进入程序校验。

8. 程序的运行与加工

将要加工的程序调出，按再按进入工件加工阶段。

9. 整理工量具、按规范进行机床清洁与保养



(1) 卸下余料，收拾好工量具，做好 5S 管理。工量具摆放要求，如图 1-20 所示。将工作车台面进行分区，摆放工量具；工作车的二层是摆放刀具的区域，按刀具类型分区摆放。

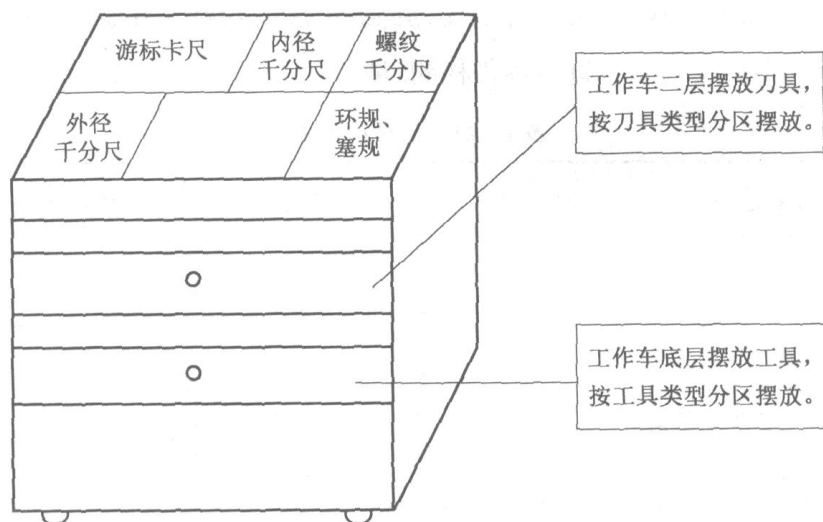


图 1-20

(2) 按下急停键，用压缩空气吹净铁屑，再用干净的棉布擦机床导轨、刀架，将冷却液擦干净。用干净棉布清洁机床操作面板和床身，以免留下污迹。

(3) 给导轨擦上润滑油。

(4) 清扫加工产生的铁屑。

(5) 再次检查机床卫生，切断机床电源。

(6) 清扫机床周围卫生。

请在表 1-6 中记录清洁与保养的结果。

表 1-6 机床清洁与保养记录单

序号	内容	要求	结果记录
1	刀具	拆卸、整理、归位	
2	量具	清洁、保养、归位	
3	工具	整理、归位	
4	工作台	清洁、保养、回零	
5	导轨	清洁、保养	
6	主轴	清洁、保养	
7	刀架	清洁、保养	
8	机床外观	清洁	
9	电源	车断	
10	切屑	清扫	
11	工作区域	清扫	



小词典：6S是指整理、整顿、清扫、清洁、素养、安全。

整理：区分必需品与非必需品，现场只保留必需的物品。

目的：腾出空间、防止误用。

整顿：合理布局、必需品按规定摆放整齐有序。

目的：不浪费时间寻找物品，提高工作效率和产品质量，保障生产安全。

清扫：清除现场内的脏污、清除作业区域的物料垃圾。

目的：保持良好的工作环境，现场干净、明亮。

清洁：将整理、整顿、清扫实施的做法制度化、规范化。

目的：形成惯例，标准化，形成企业文化组成部分。

素养：对规定的事，大家都有遵守执行。

目的：提升“人的品质”，培养良好素质习惯的人，铸造团队精神。

安全：重视成员安全教育，每时每刻都有安全第一观念，防范于未然。

目的：建立起安全生产的环境，所有的工作应建立在安全的前提下。

学习活动 4 质量检测



小知识

量具的使用

一、游标卡尺的使用

1. 游标卡尺简介

游标卡尺作为一种被广泛使用的高精度测量工具，它是由主尺和附在主尺上能滑动的游标两部分构成。游标卡尺按精度分 0.1、0.05、0.02mm 三种，常用的是 0.02mm 精度的游标卡尺；按测量尺寸的范围有 0~125mm、0~150mm、0~200mm、0~300mm 等多种规格；按显示方式有普通游标卡尺、带表游标卡尺、数显游标卡尺（见图 1-21）。

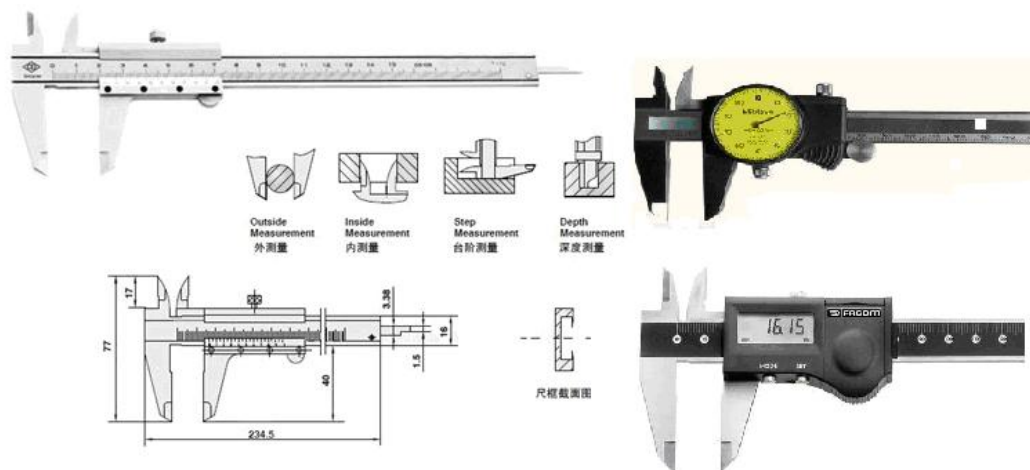




图 1-21

2. 普通游标卡尺的读数方法:

以刻度值 0.02mm 的精密游标卡尺为例, 读数方法, 可分三步:

- 1) 根据副尺零线以左的主尺上的最近刻度读出整毫米数;
- 2) 根据副尺零线以右与主尺上的刻度对准的刻线数乘上 0.02 读出小数;
- 3) 将上面整数和小数两部分加起来, 即为总尺寸。

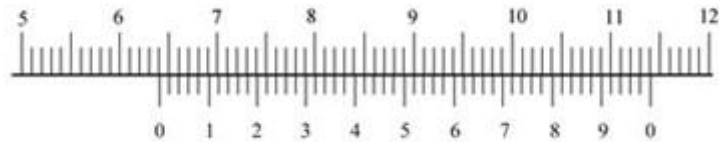


图 1-22 0.02mm 游标卡尺的读数方法

如上图 1-22 所示, 副尺 0 线所对主尺前面的刻度 64mm, 副尺 0 线后的第 9 条线与主尺的一条刻线对齐。副尺 0 线后的第 9 条线表示:

$$0.02 \times 9 = 0.18\text{mm}$$

所以被测工件的尺寸为:

$$64 + 0.18 = 64.18\text{mm}$$

3. 游标卡尺的使用方法

将量爪并拢, 查看游标和主尺身的零刻度线是否对齐。如果对齐就可以进行测量: 如没有对齐则要记取零误差: 游标的零刻度线在尺身零刻度线右侧的叫正零误差, 在尺身零刻度线左侧的叫负零误差 (这种规定方法与数轴的规定一致, 原点以右为正, 原点以左为负)。

测量时, 右手拿住尺身, 大拇指移动游标, 左手拿待测外径 (或内径) 的物体, 使待测物位于外测量爪之间, 当与量爪紧紧相贴时, 即可读数, 如下图 1-23 所示:

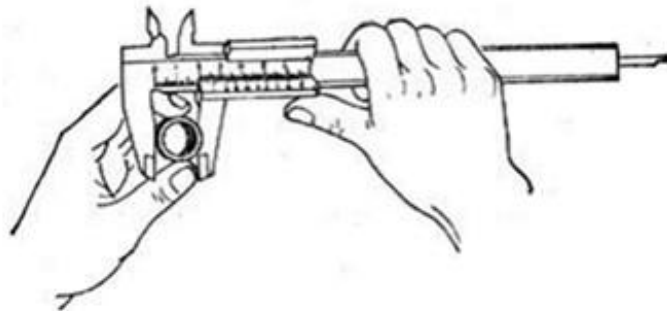


图 1-23

4. 游标卡尺使用注意事项

1) 使用前, 应先擦干净两卡脚测量面, 合拢两卡脚, 检查副尺 0 线与主尺 0 线是否对齐, 若未对齐, 应根据原始误差修正测量读数。

2) 测量工件时, 卡脚测量面必须与工件的表面平行或垂直, 不得歪斜。且用力不能过大, 以免卡脚变形或磨损, 影响测量精度。

3) 读数时, 视线要垂直于尺面, 否则测量值不准确。



- 4) 测量内径尺寸时，应轻轻摆动，以便找出最大值。
 - 5) 游标卡尺用完后，仔细擦净，抹上防护油，平放在合内。以防生锈或弯曲。
- 千分尺又叫螺旋测微器，是一种精密的测量量具（如图 1-24 所示）。



图 1-24

二、千分尺的使用

1. 千分尺的工作原理

依据螺旋放大的原理制成的，即螺杆在螺母中旋转一周，螺杆便沿着旋转轴线方向前进或后退一个螺距的距离；螺旋测微器的精密螺纹的螺距是 0.5mm，可动刻度有 50 个等分刻度，可动刻度旋转一周，测微螺杆可前进或后退 0.5mm，因此旋转每个小分度，相当于测微螺杆前进或后退这 $0.5/50=0.01\text{mm}$ 。可见，可动刻度每一小分度表示 0.01mm，所以以螺旋测微器可准确到 0.01mm。由于还能再估读一位，可读到毫米的千分位，故又名千分尺。

1. 千分尺的读数方法

- 1) 先读固定刻度
- 2) 再读半刻度，若半刻度线已露出，记作 0.5mm；若半刻度线未露出，记作 0.0mm；
- 3) 再读可动刻度（注意估读）。记作 $n \times 0.01\text{mm}$ ；
- 4) 最终读数结果为固定刻度+半刻度+可动刻度

如图 1-25 所示，读出千分尺测量尺寸：

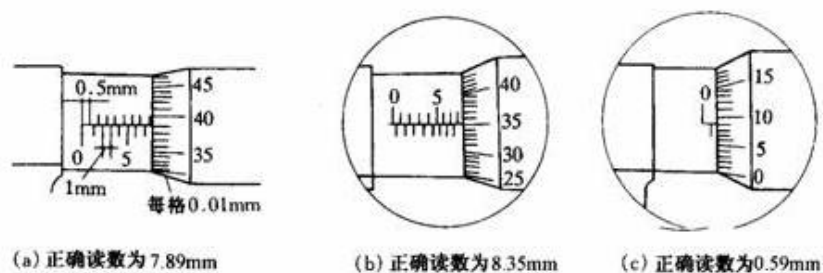


图 1-25

3. 千分尺使用注意事项

- 1) 测量前将千分尺测量杆和砧座擦干净；把工件被测量面擦干净。
- 2) 检查零位线是否准确；当小砧和测微螺杆并拢时，可动刻度的零点与固定刻度的零点不相重合，将出现零误差，应加以修正，即在最后测长度的读数上去掉零误差的数值。
- 3) 测量时，注意要在测微螺杆快靠近被测物体时应停止使用旋钮，而改用微调旋钮棘轮，避免产生过大的压力，既可使测量结果精确，又能保护螺旋测微器。
- 4) 在读数时，要注意固定刻度尺上表示半毫米的刻线是否已经露出。
- 5) 读数时，千分位有一位估读数字，不能随便扔掉，即使固定刻度的零点正好与可动



刻度的某一刻度线对齐，千分位上也应读取为“0”。

6) 不要拧松后盖，以免造成零位线改变，用后擦净上油，放入专用盒内，置于干燥处。

加工零件最重要是保证零件符合图纸要求，零件的检测是非常重要的。

1. 对加工零件进行自检、互检、专检，零件检查测评表（见表 1-7）

表 1-7

检测项目	公差范围	自 测	小组测	教师测	结果
外径 $\Phi 1$	0				
外径 $\Phi 29$	0				
长度40	0				
长度90					
粗糙度	Ra3.2				
缺陷	无碰伤，无残留				

2. 加工误差原因分析及解决办法



学习活动 5 反馈评价

1. 学习过程反馈

学习任务一	销轴的加工	
学习内容	理解的内容（要点）	存在的问题
分 析 加工工艺		
编写加工 技术文件		
加工工件		

2. 自我评价、小组评价及教师评价

理论知识部分主要通过学生口头表述、作业形式进行小组评价或教师评价。实操技能部分，一方面要对学生在实操中各个环节运用的有关方法、掌握技能的水平进行定性评价，另一方面还要对学生的实践操作结果进行抽样测量、检查，给予最终定量评价。



评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	① 指令格式及走刀路线	5				
	② 基础知识融会贯通	5				
	③ 零件图纸分析	5				
	④ 制定加工工艺	5				
	⑤ 加工技术文件的编制	5				
实操技能	① 程序的输入	5				
	② 图形模拟	10				
	③ 刀具、毛坯的装夹及对刀	5				
	④ 加工工件	5				
	⑤ 尺寸与粗糙度等的检验	5				
	⑥ 设备维护	10				
安全文明 生产	① 正确开关机床	5				
	② 工具、量具的使用及放置	5				
	③ 机床维护	5				
	④ 卫生保持及机床复位	5				
学习态度	① 出勤情况	5				
	② 车间纪律	5				
	③ 团队协作精神	5				

3. 个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	



学习活动 6 拓展链接

一、拓展训练

台阶轴的加工（图 1-25 所示）。

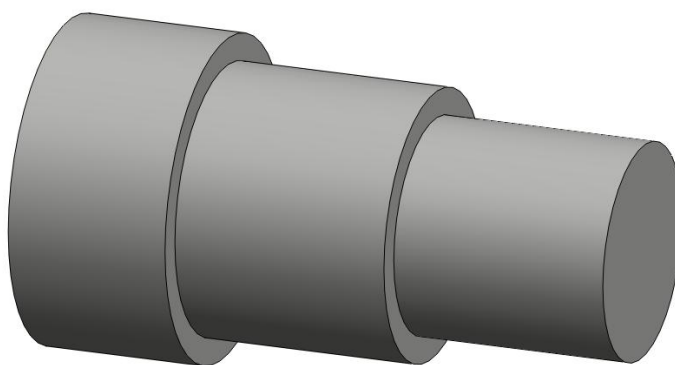


图 1-25-1

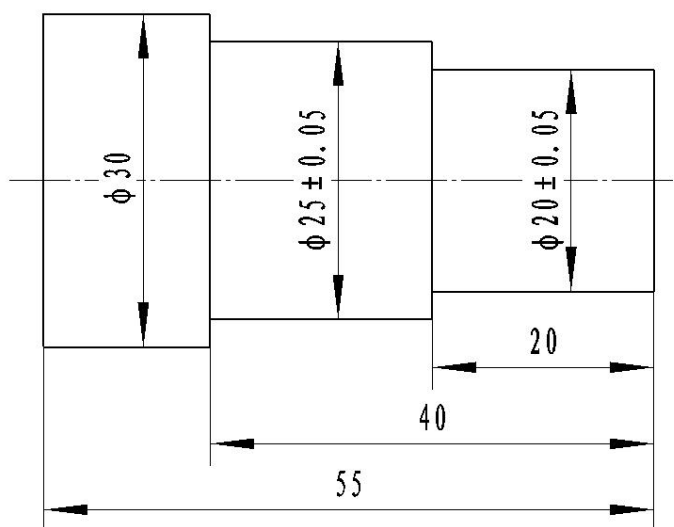


图 1-25-2

（一）加工工艺分析

1. 分析零件图

该台阶轴零件由三段直径分别为 $\phi 30$ mm、 $\phi 25$ mm、 $\phi 20$ mm 的圆柱组成，其表面粗糙度及尺寸公差没有特别要求，均为自由公差，零件右端面为其长度方向尺寸基准，零件总长为 55 mm。

2. 确定加工方案

加工方案：分析零件图形及尺寸，采用三爪自定心卡盘夹紧工件，以轴心线和右端面的交点为编程原点，运用直线插补指令加工此阶梯轴，但由于该零件是由 $\phi 35$ mm 的毛坯加工到最小尺寸为 $\phi 20$ mm 的圆柱，切削量过大，不能一刀完成，所以需要分层加工，粗加工每刀单边加工量选 2 mm，单边留 0.5 mm 的精加工余量，在精加工结束后利用切断刀保证总长。



3. 加工工艺路线:

(1)夹持零件毛坯, 伸出卡盘约 63 mm, 找正并夹紧, 粗、精加工零件右端台阶。

(2)切断零件, 保证总长

(二) 编写加工技术文件

1. 工序卡 (见表 1-8)

表 1-8

材料	45#	产品名称或代号		零件名称		零件图号	
		CKA012		轴		CKA1-31	
工序号	程序编号	夹具名称		使用设备		车间	
001	%1021 和 %1022	三爪自定心卡盘		CK6140			
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格 b×h(mm)	主轴转速 n(r/min)	进给量 f(mm/r)	背吃刀量 ap(mm)	备注
1	粗车外轮廓	T0101	25×20	600	0.2	1.5	
2	精车外轮廓	T0202	25×20	1200	0.1	0.5	
3	切断刀	T 0303		300	0.05	4	
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页

2. 刀具卡 (见表 1-9)

表 1-9

产品名称或代号		CKA012	零件名称	轴		零件图号	CKA2-1
序号	刀具号	刀具名称	数量	加工表面	刀尖半径 R/mm	刀尖方位 T	备注
1	T0101	90°硬质合金	1	粗车外圆	0.8	3	粗车刀
2	T0202	90°硬质合金	1	精车外圆	0.4	3	精车刀
	T 0303	切断刀	1				刀宽 4mm
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页

(三) 零件的参考程序

1. 粗、精加工台阶轴的参考程序 (见表 1-10)



表 1-10

程 序	说 明
%1021	程序名
N1 G95	设定mm/r的进给方式
N2 T0101	选定01号刀, 调用01刀补(粗车刀)
N3 M03S600	主轴以600 r/min的转速正转
N4 G00 Z100	快速点定位到自设换刀点位置(先Z后X, 避免刀具与尾座发生碰撞)
N5 G00 X100	
N6 G00 X31	快速定位到X向切削起点(粗加工第一刀起点)
N7 G00 Z5	快速定位到Z向切削起点(留5mm安全余量)
N8 G01 X31 Z-59 F0.2	粗加工第一刀(单边背吃刀量为2 mm)
N9 G01 X40	到退刀点
N10 G00 Z5	快速定位到Z向切削起点
N11 G00 X26	快速定位到X向切削起点(粗加工第二刀起点)
N12 G01 X26 Z-40 F0.2	粗加工第二刀(单边背吃刀量为2.5 mm)
N13 G01 X40	到退刀点
N14 G00 Z5	快速定位到Z向切削起点
N15 G00 X21	快速定位到X向切削起点(粗加工第三刀起点)
N16 G01 X21 Z-20 F0.2	粗加工第三刀(单边背吃刀量为2.5 mm)
N16 G00 X31	到退刀点
N17 G00 X100	
N18 G00 Z100	快速点定位到自设换刀点位置(先X后Z, 避免刀具与工件发生碰撞)
N19 T0202	选定02号刀, 调用02刀补(精车刀)
N20 M03 S1200	主轴以1200 r/min的转速正转
N21 G00 Z100	快速点定位到自设换刀点位置(先Z后X, 避免刀具与尾座发生碰撞)
N22 G00 X100	
N23 G00 X20	快速定位到X向切削起点(精加工起点)
N24 G00 Z5	Z向切削起点
N25 G01 X20 Z-20 F0.1	精加工 $\phi 20$ mm的外圆, 长20 mm(单边背吃刀量为0.5 mm)



程序	说明
N26 G01 X25 Z-20	精加工 $\varnothing 25$ mm的端面
N27 G01 X25 Z-40	精加工 $\varnothing 25$ mm的外圆，长40 mm(单边背吃刀量为0.5 mm)
N28 G01 X30 Z-40	精加工 $\varnothing 30$ mm的端面
N29 G01 X30 Z-59	精加工 $\varnothing 30$ mm的外圆，长59 mm，(Z向加一切槽刀刀宽，为保证总长)
N30 G01 X40	到退刀点
N31 G00 X100	快速点定位到自设换刀点位置(先x后Z，避免刀具与尾座发生碰撞)
N32 G00 Z100	
N33 M05	主轴停
N34 M30	程序结束并复位

2. 切断并保证总长的参考程序（见表 1-11）

表 1-11

程 序	说 明
%1022	程序头
N1 G95	设定mm/r的进给方式
N2 T0303	选定03号刀，调用03刀补(切断刀)
N3 M03 S300	主轴以300 r/min的转速正转
N4 G00 Z100	快速点定位到自设换刀点位置(先Z后X，避免刀具与尾座发生碰撞)
N5 G00 X100	
N6 G00 X45	快速定位到X向切削起点
N7 G00 Z-59	快速定位到Z向切削起点
N8 G01 X0.5 F0.05	切断保总长
N9 G01 X40 F1	退刀到安全位置
N10 G00 X100	
N11 G00 Z100	快速点定位到自设换刀点位置(先X后Z，避免刀具与工件发生碰撞)
N12 M05	主轴停
N13 M30	程序结束并复位



(四) 加工评价

图 1-25 所示台阶轴零件加工评价 (见表 1-12)。

表 1-12

班级		姓名		学号			
课题		台阶轴的加工		零件编号			
基本检查	编程	序号	检查内容	配分	自评分	小组评分	教师评分
		1	切削加工工艺制定正确				
		2	切削用量选择合理				
		3	程序正确、简单、规范				
	操作	4	设备操作、维护保养正确				
		5	安全、文明生产				
		6	刀具选择、安装正确、规范				
		7	工件找正、安装正确、规范				
	工作态度		8	行为规范、纪律表现			
	外圆	9	φ20 mm				
		10	φ25 mm				
		11	φ30mm				
长度		12	20 mm				
		13	40 mm				
		14	55 mm				



学习活动 7 巩固提高

一、毛坯直径为 $\phi 65\text{mm}$ 的45#圆钢，要求按图示加工零件（如图1-26所示）。

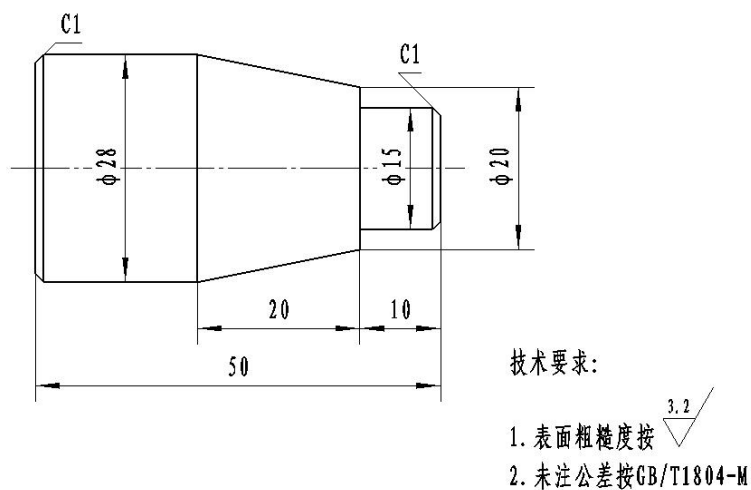


图 1-26 台阶轴零件

二、毛坯直径为 $\phi 35\text{mm}$ 的45#圆钢，要求按图示加工零件（如图1-27所示）。

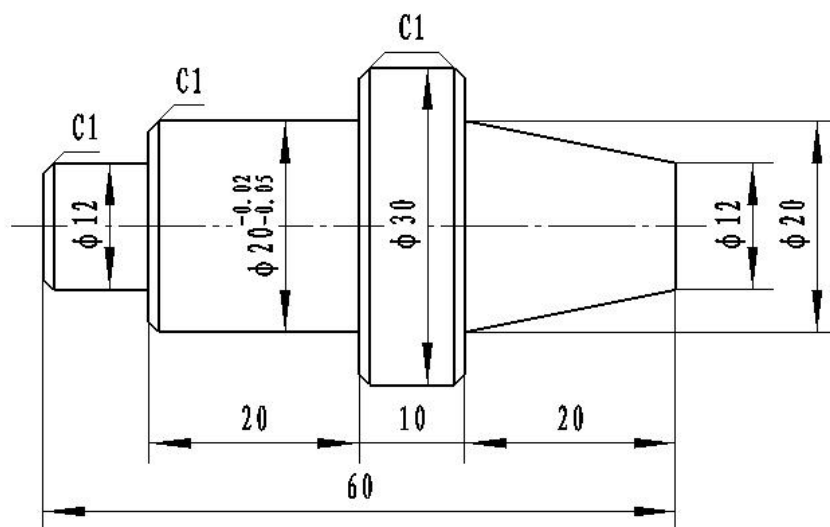


图 1-27 销轴零件



学习任务二 印章钢模毛坯的加工



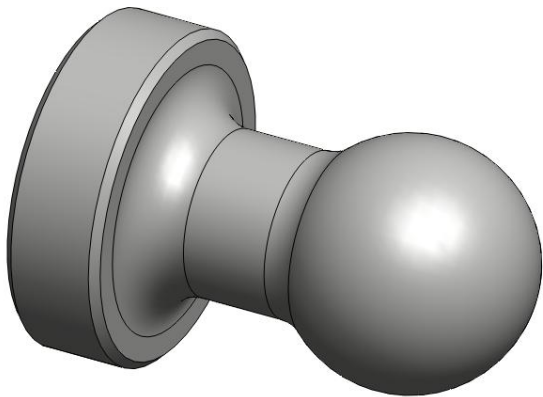
学习目标

1. 能熟练制定圆弧加工工艺；
 2. 能够使用 G02/G03 指令编写简单外圆弧的加工程序并完成加工；
 3. 掌握 G71 指令的编程格式、走刀路线、编程特点并正确应用编写圆弧的粗、精加工程序，并完成加工；
 4. 能够合理选择加工路线，提高效率；
 5. 能够正确使用 R 规对工件上的圆弧进行检测。
- 建议完成本任务为 24 学时。

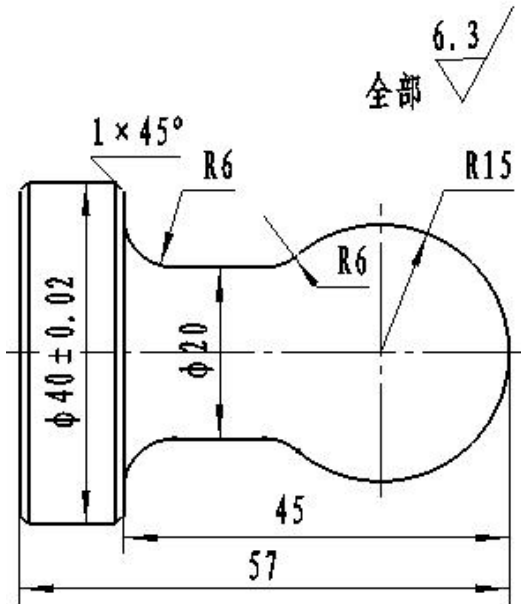


工作情景描述

钢印是常见的印章，很多人毕业证书上都会见到，这种印章有上下两个模，上方是凹模，下方是凸模，不沾颜料、盖出的印迹有凹凸感。制作钢印必须要有钢模，下面我们就来制作一个简单的钢模。如图 2-1 所示



2-1-1 印章钢模零件图



2-1-2 印章钢模实物图

图 2-1 印章钢模的加工

钢模零件是一个典型的包括圆弧、圆柱面的复杂轮廓零件，主要进行外轮廓加工，加工精度要求中等，请操作数控车床，完成该零件的加工与检测。



学习活动 1 知识储备



一、简单圆弧的编程指令

(一) 圆弧插补指令 G02、G03

该指令使刀具按给定的进给速度作圆弧插补运动，切削出圆弧曲线。按其圆弧形状可分为凸圆弧和凹圆弧，分别用①G03 顺时针圆弧插补 ②G02 逆时针圆弧插补来进行加工，其指令格式有以下两种：



- ①参数：X、Z 为绝对编程时，圆弧终点在工件坐标系中的坐标值；U、W 为增量编程时，圆弧终点相对于圆弧起点的位移量；R 为圆弧的半径；F 为进给速度；
- ②当圆弧对应圆心角 $\alpha \leq 180^\circ$ 时 R 取正值，圆弧对应圆心角 $180 < \alpha < 360^\circ$ 时 R 取负值；
- ③半径编程方法，只能用于非整圆编程，不适于整圆编程，整圆编程时需要用 I、K 编程法。



不常用

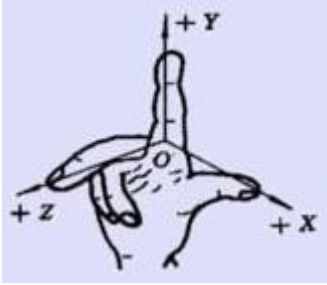
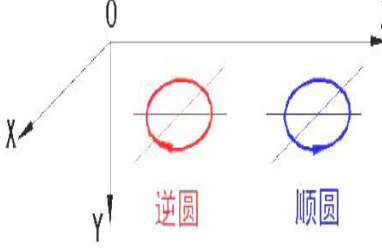
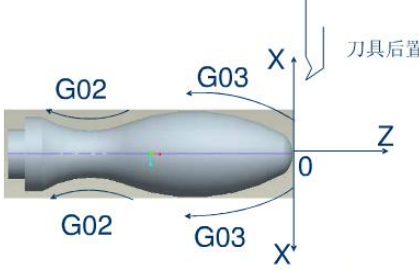


- ①I、K 为圆心在 X、Z 轴方向上相对圆弧起点的坐标增量（用半径值表示），即圆心坐标-起点坐标。I、K 为零时可以省略；
- ②如果在数控车里面，圆弧圆心角 $\alpha \leq 180^\circ$ ，同时 R 值我们是知道的，就不必用 I、K 方式编程，用 R 方式编程即可；
- ③圆心坐标方式编程适用于任何圆弧的加工。

(二) 圆弧顺逆的判断（表 2-1 所示）

表 2-1 圆弧顺逆的判断



		
先根据数控车床的 Z 轴和 X 轴，由右手笛卡尔定则判断出第三轴 Y 轴的方向。	然后从 Y 的正向负向看，顺时针圆弧称为顺弧，用 G02 加工； 逆时针圆弧称为逆弧，用 G03 加工。	也可简单的这样记： 凸圆弧用 G03 编程 凹圆弧用 G02 编程

具体实例，如下图 2-2 所示

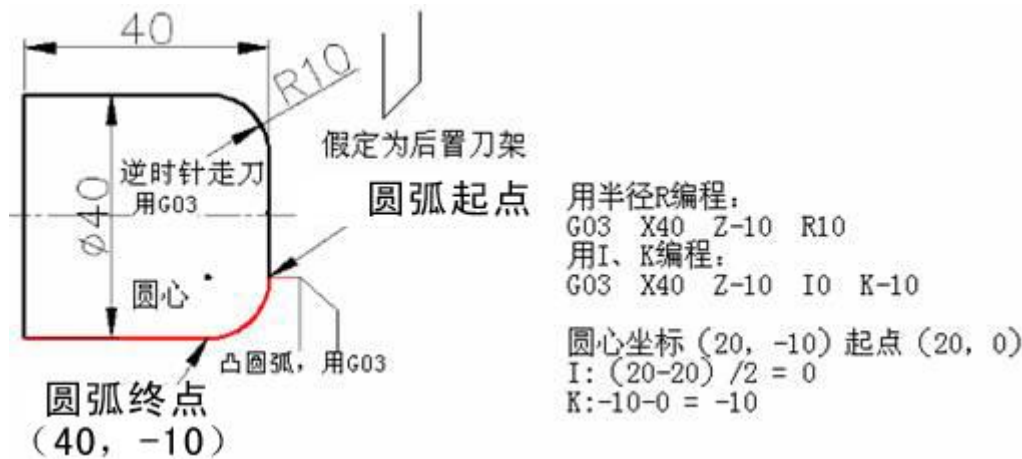


图 2-2 G02/G03 编程实例



二、圆弧插补指令的具体应用（简单圆弧的分层车削法）

在实际加工大圆弧时，由于余量较大，需分多刀切削完成，若操作现场没在 CAD 制图软件，计算机等辅助计算工具时，采用下述方法编程思路简单，可大大减少计算量，较简单实用，能达到预期的质量要求。

表 2-2 简单圆弧的分层车削方法



I	II	III	IV
阶梯车削法	同心圆弧切削法	移心圆弧切削法	圆锥车削法

例 1 如下图 2-3 所示，毛坯直径 60，用简单圆弧的同心圆弧车削法，圆心不变，圆弧起点坐标、终点坐标、半径 R 均变化，按虚线所示轨迹试切削右端 $R20$ 圆弧。

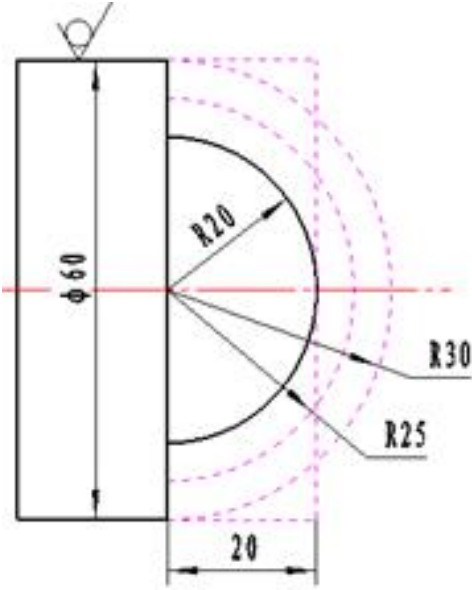


图 2-3 同心圆弧车削法

表 2-3 同心圆车削法编程

%0001		
程序段号	程序内容	说明
N10	T0101 M03 S800	主轴正转，转速 800r/min，选择 1#刀车削
N20	G00 X0 Z10	进刀至第一个圆弧切削起点 (0, 10)
N30	G03 X60 Z-20 R30 F100	第一刀车削圆弧，终点 (60, -20)，半径 30
N40	G00 Z5	退刀



程序段号	程序内容	说明
N50	X0	进刀，至第二个圆弧切削起点（0，5）
N60	G03 X50 Z-20 R25	第二刀车削圆弧，终点（50，-20），半径 25
N70	G01 X61	退刀，车削 $\phi 60$ 右台阶面
N80	Z0	退刀
N90	X0	进刀至第三刀圆弧切削起点
N100	G03 X40 Z-20 R20	第三刀车削圆弧，终点（40，-20），半径 20
N110	G01 X61	退刀，车削 $\phi 60$ 右台阶面
N120	G00 X100 Z100	退刀至（100，100）处
N130	M30	程序结束

例 2 如下图 2-4 所示，毛坯直径 60，采用简单圆弧的移心圆弧车削法，圆弧起点、终点坐标变化，半径 R 不变，按虚线所示轨迹试切外圆及凹圆弧，

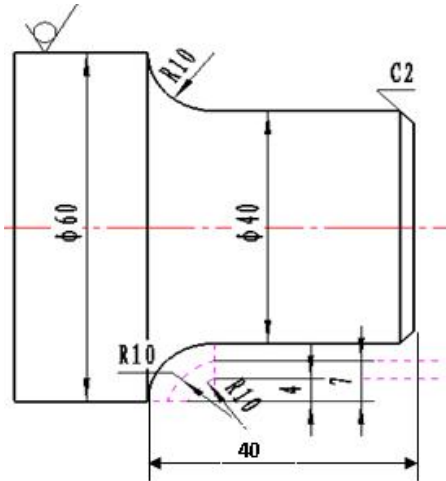


图 2-4 移心圆弧车削法

表 2-4 移心圆弧车削法编程

%0002		
程序段号	程序内容	说明
N10	T0101 M03 S800	主轴正转，转速 800r/min，选择 1#刀车削
N20	G00 X52 Z2	进刀至第一刀切削起点（52，2）
N30	G01 Z-30 F100	车削圆柱面，直径 52，长度 30，至圆弧起点（52，-30）
N40	G02 X60 Z-34 R10	第一刀车削圆弧，终点（60，-34），半径 10
N50	G00 Z2	退刀
N60	X46	进刀，至第二刀切削起点（46，2）



程序段号	程序内容	说明
N70	G01 Z-30	车削圆柱面，直径 46，长度 30，至圆弧起点（46，-30）
N80	G02 X60 Z-37 R10	第二刀车削圆弧，终点坐标（60，-37），半径 10
N90	G00 Z2	退刀
N100	X40	进刀，至第三刀切削起点（40，2）
N110	Z-30	车削圆柱面，直径 40，长度 30，至圆弧起点（40，-30）
N120	G02 X60 Z-40 R10	第三刀车削圆弧，终点坐标（60，-40），半径 10
N130	G00 Z1	退刀
N140	X34	进刀至倒角起点（34，1）
N150	G01 X42 Z-3	倒角，终点从坐标（42，-3）
N160	G00 X100 Z100	退刀至（100，100）处
N170	M30	程序结束



三、复杂圆弧零件的编程指令（复合循环指令 G71）

数控车床上工件的毛坯大多为圆柱棒料，加工余量较大，一个表面往往需要进行多次反复的加工。如果对每个加工循环都编写若干个程序段，就会增加编程的工作量，还有烦琐的计算，为了简化加工程序，所以在加工时使用复合固定循环指令如下图 2-5 所示，可简化编程。

复合固定循环指令可将多次重复动作用一个程序段来表示，只要在程序中给出最终走刀轨迹及重复次数，系统便会自动重复车削，直至加工完成。

G71 为外圆、内孔粗车复合循环指令，该指令适用于圆柱棒料粗车阶梯轴的外圆或内孔需切除较多余量时的情况，它不能进行精车。

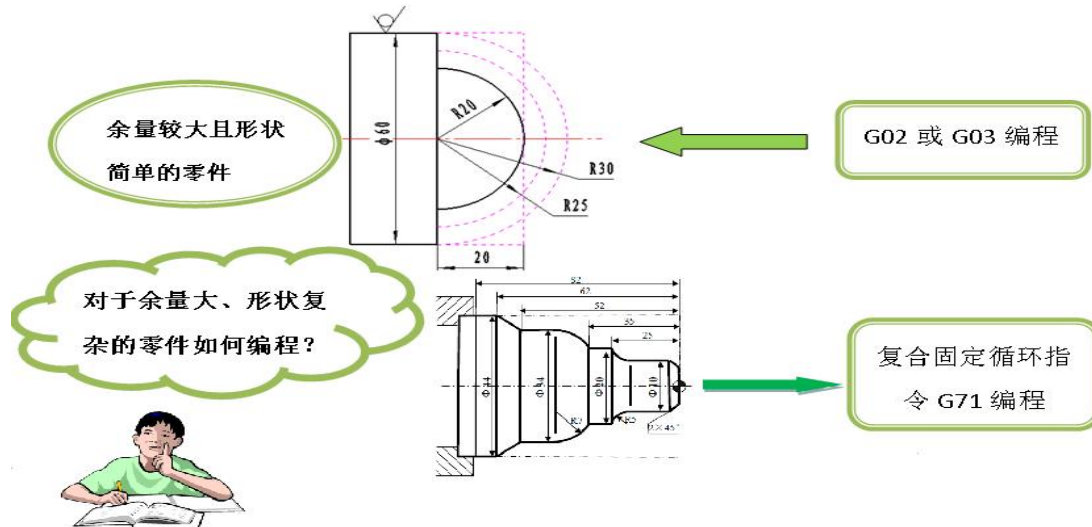
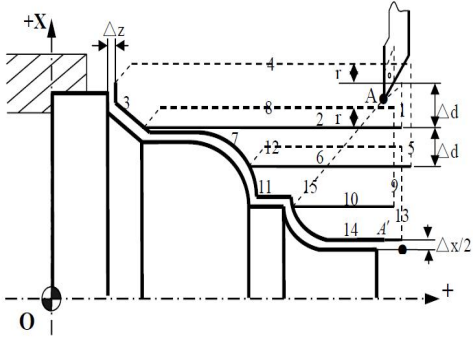


图 2-5 简单圆弧和复杂圆弧的车削



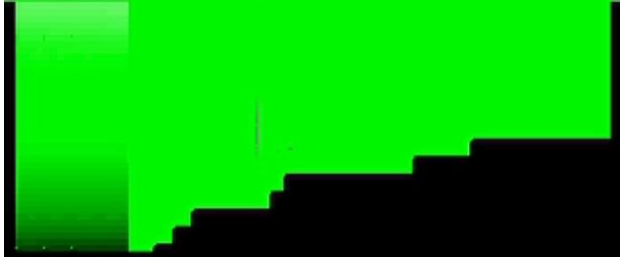
(一) 无凹槽加工如下表 2-5 所示

表 2-5 无凹槽零件指令详解

G71 U (Δd) R(r) P(ns) Q(nf) X(Δx) Z(Δz) F(f) S(s) T(t)		
	Δd	切削深度，为每次切削量，半径值，使用时不加符号。
	r	每次退刀量，半径值。
	ns	精加工路径第一程序段的程序号
	nf	精加工路径最后程序段的程序号
	Δx	X 方向精加工余量，直径值，车外圆时为正，车内孔时为负值。
精加工余量的确定： 在数控加工中精加工余量不能太大，也不能太小。如果太大，则达不到精加工的效果；反之，如果精加工余量留得太小，则不能纠正上道工序的加工误差。数控车床通常采用经验估算法或查表修正法确定精加工余量，X 向一般取 0.4~1 mm，Z 向的值可取零。 指令中的各参数只有 X 向精加工余量 (Δx) 为直径量，其余涉及径向的各类参数其数值均用半径量指定。	Δz	Z 方向精加工余量
	F	粗加工时 G71 中编程的 F、S、T 有效，而精加工时处于 ns 到 nf 程序段之间的 F、S、T 有效。
	S	
	t	

只需指定粗加工背吃刀量，精加工余量，精加工路线，系统便能自动给出粗加工路线（如下表 2-6 所示）和加工次数，完成粗加工。

表 2-6 G71 的走刀轨迹

分层车削至阶梯状	光整、完成粗车
	
从循环起点开始，刀具按照数控系统安排的路径一层一层的按照直线插补的形式分刀车削成阶梯形状。	然后沿着留有余量的精加工轨迹车削一刀，最后返回循环起点完成粗车循环。



使用 G71 指令应注意以下几点：

①其循环起点应定在毛坯外，即 X 坐标要大于毛坯直径，Z 坐标值大于毛坯端面的 Z 坐标，否则机床将不执行 G71 指令，甚至撞刀。



- ②G71 后精加工程序段的第一段只能用 G00 或 G01 指令，且 ns 段不指定 Z 坐标。
- ③G71 指令的 P 和 Q 后的数值必须和精加工轮廓的起始 ns 段和终止 nf 段的段号一致，否则程序报警。
- ④车削的路径必须是单调增大（外圆加工）或减小（内孔加工），即不可以有内凹的结构外形。
- ⑤使用 G71 指令车削内孔轮廓时注意 X (Δx) 须为负值。
- ⑥精加工轮廓的起始 ns 段和终止 nf 段之间不能调用子程序。
- ⑦华中系统 G71 指令不分粗精车，G71 指令本身即为粗车循环，粗车完毕后，系统返回到含有 G71 指令的程序段下面的程序段继续向下执行程序，如果不换刀就接着进行精加工；如果换刀，则要在精加工程序的前面编制换刀的有关程序段。

例 3 用外径粗加工复合循环编制如图 2-6 所示零件的加工程序：要求循环起始点在 A (46,2)，切削深度为 1.5mm（半径值）。退刀量为 1mm，X 方向精加工余量为 0.4mm，Z 方向精加工余量为 0.1mm，其中点划线部分为工件毛坯。

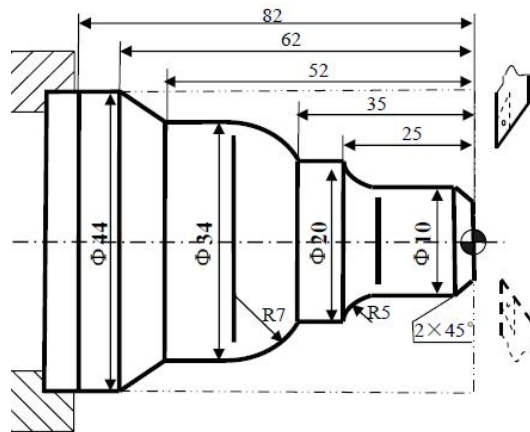


图 2-6 无凹槽零件加工实例

表 2-7 无凹槽零件加工实例

%0003		
程序段号	程序内容	说明
N10	M03 S500 T0101	主轴正转，转速 500r/min，选择 1#刀车削
N20	G00 X46 Z2	进刀至循环起点（46，2）
N30	G71 U1.5 R1 P40 Q150 X0.6 Z0 F100	按规定格式、预设数值正确书写 G71 指令
N40	G00 X6	精加工起始程序段，由循环起点（46，2）沿 X 轴快进至（6，2）
N50	G01 Z0 F80	进刀至倒角起点（6，0）
N70	X10 Z-2	倒角，终点坐标（10，-2）
N80	Z-20	车削Ø10 外圆柱面，至圆弧起点（10，-20）
N90	G02 X20 Z-25 R5	加工 R7 凸圆弧，用 G03 指令，终点坐标（34，-42），半径 7
程序段号	程序内容	说明



N100	G01 Z-35	车削Ø20 外圆柱面，至下段圆弧起点（20，-35）
N110	G03 X34 Z-42 R7	加工 R5 凹圆弧，用 G02 指令，终点（20，-42），半径 5
N120	G01 Z-52	车削Ø34 外圆柱面，至下段锥面起点（34，-52）
N130	X44 Z-62	车削圆锥，终点坐标（44，-62）
N140	Z-82	车削Ø44 外圆柱面，长度至 82
N150	X46	退刀，精加工终止程序段
N160	G00 X100 Z100	退刀至（100，100）处
N170	M30	程序结束

（二）有凹槽加工

Fanuc 和广数 980T 机床零件轮廓必须符合 X、Z 轴方向同时单调增大或单调减少，而华中可以满足几何形状单调性，意为华中系统可以用 G71 车 X 向凹轮廓，但指令格式略有变化。指令详解如下表 2-8 所示

表 2-8 G71 指令车削 X 向凹轮廓的指令详解

有凹槽加工		
指令格式：G71 U (Δd) R(r) P(ns) Q(nf) E(e) F(f) S(s) T(t)		
	Δd	切削深度，为每次切削量，半径值，使用时不加符号。
	r	每次退刀量，半径值。
	ns	精加工路径第一程序段的程序号
	nf	精加工路径最后程序段的程序号
	e	精加工余量，直径值，其为 X 方向的等高距离；外径切削时为正，内径切削时为负
	f,s,t	粗加工时 G71 中编程的 F、S、T 有效，而精加工时处于 ns 到 nf 程序段之间的 F、S、T 有效。



在加工有凹槽的工件时要使用含有 E 的指令格式，此时 X 和 Z 向的精加工余量相等，精加工时不会引起工件的过切或少切，这样符合加工过程的需要。

从理论上讲可以使用无凹槽的指令加工有凹槽的零件，但精度达不到要求，会使工件产生形状误差和尺寸误差，所以最好不要混用。

例 4 用有凹槽的外径粗加工复合循环编制图 2-4 所示零件的加工程序，其中点划线部分为工件毛坯。零件程序如下表 2-9 所示：

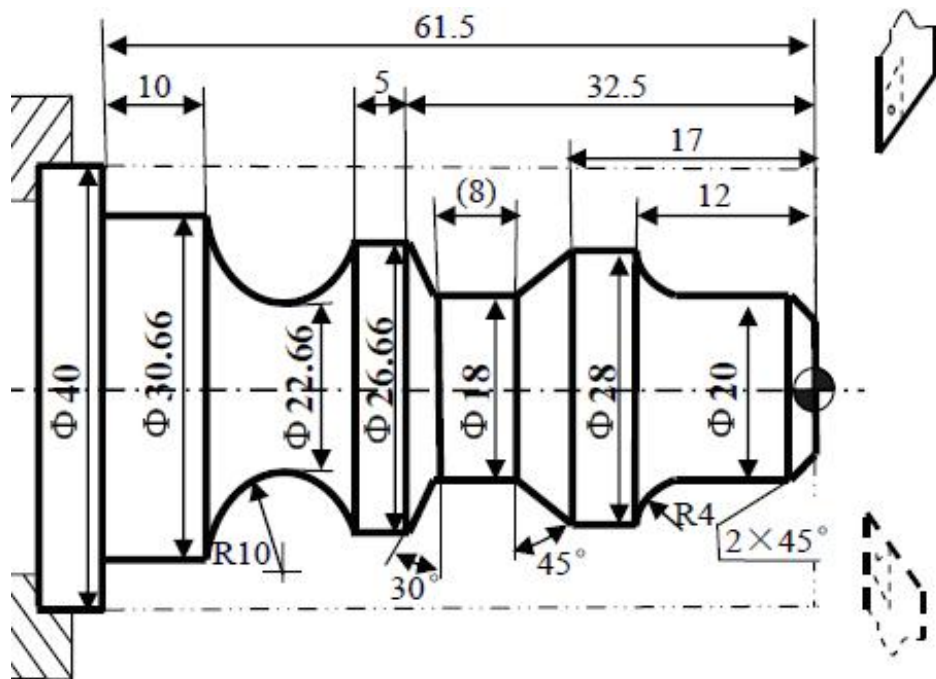


图2-7 G71指令车削有凹槽的零件实例

表2-9 有凹槽的圆弧类零件的G71指令编程

%0004		
程序段号	程序内容	说明
N10	M03 S800 T0101	主轴正转，转速 800r/min，选择 1#刀车削
N20	G00 X42 Z2	进刀至循环起点（42，2）
N30	G71 U1.5 R1 P40 Q170 E0.3 F100	按规定格式、预设数值正确书写 G71 指令
N40	G00 G42 X16	精加工起始程序段，由循环起点（42，2）沿 X 轴快进至（16，2），G42 为刀具半径补偿
N50	G01 Z0 F80	进刀至倒角起点（16，0）
N70	X20 Z-2	倒角，终点坐标（20，-2）
N80	Z-8	车削Φ20 外圆柱面，至 R4 圆弧起点（20，-8）
N90	G02 X28 Z-12 R4	加工 R4 凹圆弧，用 G02 指令，终点坐标（28，-12），半径 4
N100	G01 Z-17	车削Φ28 外圆柱面，至圆锥起点（28，-17）
N110	X18 W-5	精加工 45°下切锥，圆锥终点（18，-22）可用增量编程，锥长 5mm
N120	W-8	精加工Φ18 外圆槽，长度 8
N130	X26.66 Z-32.5	精加工 30°上切锥，终点坐标（26.66，-32.5）
N140	W-5	精加工Φ26.66 外圆，长度 5
N150	G02 X30.66 Z-51.5 R10	加工 R10 凹圆弧，用 G02 指令，终点（30.66，-51.5），半径 10
N160	G01 W-10	精加工Φ30.66 外圆，长度 10
N170	X40	退出已加工表面，精加工轮廓结束
N180	G00 G40 X100 Z100	退刀至（100，100）处，取消刀具半径补偿
N190	M30	程序结束



学习活动 2 制定方案

一、零件工艺分析

钢模零件的轮廓由多个圆弧连接而成，毛坯选用 $\Phi 45$ 的圆柱棒料，装夹时用三爪自定心卡盘夹紧，工件伸出约 65mm，将所有轮廓表面一次车削成型，切断刀切断，达到图纸要求，工件零点设定在毛坯右端面的圆心，加工循环起点设在 (X46.0, Z2.0) 处。

工件轮廓可以使用 G71 车削，精车留 0.6mm 余量，粗车 1.5mm 的背吃刀量。

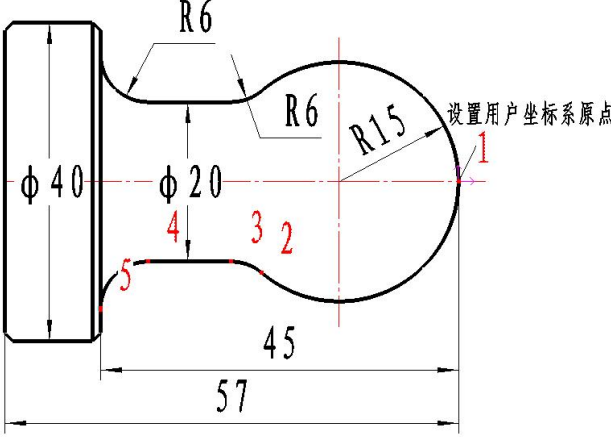
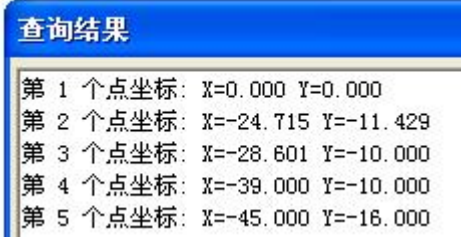


提示 圆弧轮廓基点的计算：

构成零件轮廓的不同几何素线的交点或切点称为基点，一般为运动轨迹的起点或终点。基点坐标确定前应首先确定编程原点，数控车削加工的编程原点一般取在端面的回转中心处。

基点的计算可采用平面几何的计算方法，但对数学知识的要求较高，现多采用计算机辅助计算，过程如下：

表 2-10 采用计算机辅助计算基点坐标

	1、 在 CAXA 等绘图软件上按图纸尺寸正确的绘图。 2、 在工具菜单上选择“用户坐标系”选“设置”在编程原点处建立用户坐标系，如左图 1 点。 
 查询结果 第 1 个点坐标: X=0.000 Y=0.000 第 2 个点坐标: X=-24.715 Y=-11.429 第 3 个点坐标: X=-28.601 Y=-10.000 第 4 个点坐标: X=-39.000 Y=-10.000 第 5 个点坐标: X=-45.000 Y=-16.000 转化成点的X和Z坐标: 1: X=0, Z=0 2: X=22.86, Z=-24.715 3: X=20, Z=-28.601 4: X=20, Z=-39 5: X=32, Z=-45	3、在工具菜单上选择“查询”选“点坐标”在零件图上选择需要查询的坐标点，如 1、2、3、4、5 点，按右键确认，得出查询结果如左图所示。  4、 将查得的点的坐标转化为数控编程所用到的各基点坐标值，如左图所示。



二、编写加工技术文件

1. 数控加工工序卡（表 2-11）

表 2-11 数控加工工序卡					
零件名称	印章钢模	数量		年	月 日
工序	名称	工艺要求		操作者	日期
1	下料	$\Phi 45\text{mm} \times 80\text{ mm}$			
2	数控车床	工步	工步内容		
		1	粗精车右端		
		2	切断		
3	检验				

2. 选择切削用量（表 2-12）

表 2-12 数控加工刀具卡							
刀具号	刀具名称	刀具规格 $b \times h(\text{mm})$	数量	加工内容	主轴转速 $n(\text{r/min})$	进给量 $f(\text{mm/r})$	备注
T0101	90°硬质合金	25×20	1	粗车外轮廓	500	120	
T0202	90°硬质合金	25×20	1	精车外轮廓	800	80	
T0303	切断刀	4 mm 宽	1	切断	500	40	
编制		批准			日期		

3. 车削内凹结构工件对刀具角度的要求及车刀的选择

应选择刀尖角 ϵ_r 较小的刀具，俗称“菱形刀”。实际生产和实训中可根据实际选择焊接外圆车刀按加工要求磨出相应的副偏角 kr' ，也可以选择机夹外圆车刀。

选择尖形车刀不发生干涉的几何角度，可用作图或计算的方法，副偏角的大小，大于作图或计算所得不发生干涉的极限角度值 $6^\circ \sim 8^\circ$ 即可，如上图 2-5 所示。

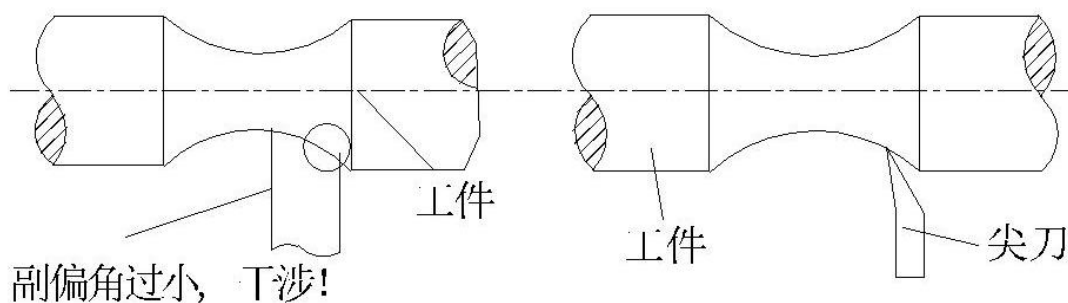


图 2-8 车圆弧过程中的干涉现象



学习活动 3 实施过程

一、编写加工程序 ， 如表 2-13 所示

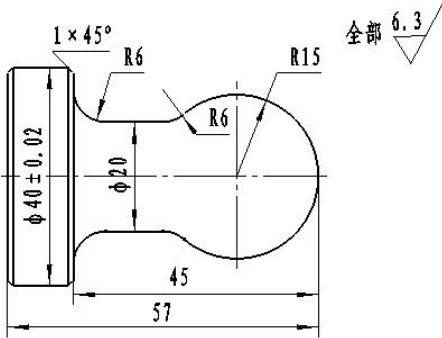


图 2-1 印章钢模的加工

表 2-13 印章钢模程序

%0005	
M03 S500 T0101	主轴正转，转速 500r/min，选择 1#刀车削
G00 X47 Z2	进刀至循环起点（47，2）
G71 U1.5 R1 P1 Q2 U0.6 W0 F120	按规定格式、预设数值正确书写 G71 指令
G00 X100 Z100	退刀至（100，100）处
T0202	换 2#精车刀
G00 X47 Z2	回至循环起点（47，2）
N1G00 G42 X0 S800	精加工起始程序段，由循环起点（47，2）沿 X 轴快进至（0，2），G42 为刀具半径补偿
G01 Z0 F80	进刀至圆弧加工起点（0，0）
G03 X22.86 Z-24.715 R15	加工 R15 凸圆弧，用 G03 指令，终点坐标（22.86，-24.715）
G02 X20 Z-28.6 R6	加工 R6 凹圆弧，用 G02 指令，终点坐标（20，-28.6，半径 6
G01 Z-39	车削Φ20 外圆柱面，至 R6 凹圆弧起点（20，-39）
G02 X32 Z-45 R6	加工 R6 凹圆弧，用 G02 指令，终点坐标（32，-45），半径 6
G01 X38	沿 X 轴进刀至倒角起点（38，-45）
X40 W-1	倒角 C1，倒角终点坐标（40，-46）
Z-62	车削Φ40 外圆柱面，长度至 Z-62，以备后续切断
N2 G40 X46	取消刀具补偿，X 向退刀至毛坯外，X46 处
G00 X100 Z100	退刀至（100，100）处
T0303	换刀，换 4mm 宽切槽刀
G00 X41 Z-61	4mm 宽切槽刀移至加工位置
G01 X-1 F40	切断
G00 X100 Z100	退刀
M30	程序结束



二、加工实施



1. 填写工、量具清单

填写工、量具清单，然后到仓库领取有关的工、量具，并把工、量具摆放整齐。

表 2-14 工量具清单

班级			学号		姓名		
工具名称	规格	数量	备注	工具名称	规格	数量	备注
90°硬质合金外圆粗车刀	25×20	1		千分尺	25~50mm	1	
93°硬质合金外圆精车刀	25×20	1		R 规		1	
4mm 宽切断刀	4 mm 宽	1				1	
游标卡尺	0~200mm	1				1	
借期:			还期:		签名:		



2. 启动数控车床

启动机床步骤:

(1)检查“急停”按钮是否松开至状态，若未松开，按下“急停”按钮将其松开。

(2)进入系统后首先应将各轴返回参考点，按如下步骤进行操作：

I．检查操作面板上回原点指示灯是否亮若指示灯亮则已进入回原点模式，若指示灯不亮，则按下“回零”按钮，使机床进入回参考点模式。

II．在回零模式下，点操作面板上的按钮，此时 X 轴将回原点，上灯变亮，CRT 上的 X 坐标变为“0.000”。

III．在回零模式下，点操作面板上的按钮，上灯变亮，CRT 上的 Z 坐标变为“0.000”。

3. 工件装夹与找正

三爪卡盘装夹，注意装夹要牢固可靠。

4. 安装刀具

按顺序装夹 3 把刀，如图 2-9 所示

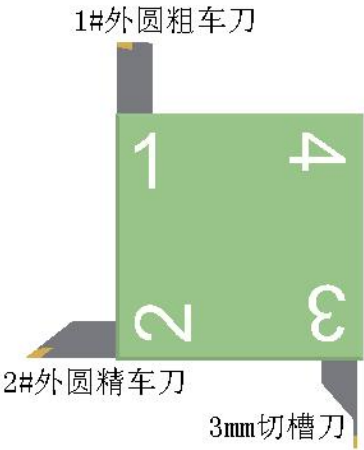


图 2-9 安装车刀



操作提示

(1)外圆车刀的伸出长度一般不超出刀杆厚度的 2 倍，以及 1~1.5 倍为宜；车刀刀尖应与机床主轴中心线等高，如不等高，应用垫刀片垫高，垫刀片要平整，尽量减少垫刀片的片数，一般只用 2 片、3 片，可选用较厚的垫刀片，以提高车刀的刚度。车刀刀杆中心线应与机床主轴中心线垂直，车刀要用两个刀架螺钉压紧在刀架上，并逐个轮流拧紧。

(2)切槽刀装夹不宜伸出太长，装刀时要找正，以保证两个副偏角对称，主切削刃必须与机床主轴中心线等高，以避免崩刃或折断。

5. 对刀

对刀方法与第一章同。



操作提示

对刀时，使用游标卡尺测量工件，使用前要对游标卡尺进行校正，读数要准确，测量误差会直接影响加工误差。

6. 程序的录入与保存



(1) 在记事本上录入程序，并保存在 D 盘或 E、F 盘，如图 2-10 所示。



图 2-10



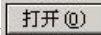
2) 在主菜单 2-11 中按  键，来到图 2-12“串口通讯”对话框，按  按键，到图 2-13“打开”界面，找到记事本上的程序按  键，重新回到“串口通讯”对话框，按 ，在程序功能子菜单下按图 2-14 的 F2  → 图 2-15 的 F3  键，将弹出“新建程序”画面，此时要求输入程序名，程序名以“%”开头后带数字或字母都可以。



图 2-11



图 2-12



图 2-13



图 2-14



图 2-15

(3) 输完后按“Enter”回车键确认，然后就会进入编辑程序的画面，在这个画面里，我们可以通过 NC 编辑键盘（也可以通过外接电脑键盘），按规定的格式进行编辑加工程序。

(4) 当程序编辑完成后，需按“保存程序 F4 ”再按“Enter”回车键确认，把刚编的程序保存到当前的存储器中。

7. 程序的调用与校验



(1) 程序的调用



在程序功能子菜单下按 F1 键，将弹出“选择程序”画面，其中有三种（电子盘、DNC、软驱）储存器选择。

进入此画面后可通过 NC 面板编辑键盘上的“◀、▶”按键左、右移动选择三个不同的储存器里的程序，再通过编辑键盘上的“▲、▼”按键移动蓝色条上、下移动来选择已存在储存器里面的程序，其操作步骤如下：

- I. 使用“◀、▶”按键左、右移动选择蓝色条到相应的储存器，即可显示该储存器里的程序。
- II. 使用“▲、▼”按键移动蓝色条上、下移动到要选择的程序。
- III. 按下“Enter”回车键，确认选择该程序，荧屏立即显示所选择的程序内容，若不是显示程序内容，可重复按“显示切换 F9”键切换直到荧屏显示的程序的内容。

(2)程序校验

程序校验用于对调入加工缓冲区的零件程序进行校验，并提示可能的错误，新编辑好的程序最好先进行校验运行，确认程序正确无误后再启动自动运行。

在程序功能子菜单下按 F4 键，将弹出的“程序校验”画面，并按“显示切换 F9”将画面切换到图形仿真画面，方便我们对程序的加工进行观察。进入“自动运行”方式，按“循环启动”就可以进行程序校验了。

在程序校验过程中，机床是不动作的。如果程序编辑有错误，系统会提示程序错误，并在画面的命令行里指出错误的内容和所在的行号，方便操作者查找并进行修改。

8. 程序的运行与加工



- (1)按机床操作规程面板上的“进给保持”键。
- (2)在运行控制菜单下按“F1”键。
- (3)在弹出的对话框中选择“从当前行开始运行”并回车。
- (4)按“循环启动”键，程序将从蓝色亮条处开始运行。

9. 整理工量具、按规范进行机床清洁与保养



- (1)一批零件加工完成后，应核对刀具号、刀补值，以及程序、偏置页面、调整卡和工艺中的刀具号、刀补值，并作必要的整理、记录。
- (2)做好机床卫生清扫工作，擦净导轨面上的冷却液，并涂防锈油，以防止导轨生锈。
- (3)检查润滑油、冷却液情况，及时添加或更换。
- (4)依次关闭机床操作面板上的电源开关和总电源开关。

学习活动 4 质量检测

一、 测量仪器



图 2-16 R 规

在工程测量中，圆弧形半径测量一般采用 R 规板（图 2-13 所示，也称 R 规）来比较测量，R 规又叫半径规，多采用 0.7mm 厚的不锈钢经线切割加工而成，有几十片，既可测量凹圆弧也可以测量凸圆弧。其端面还可以测量狭窄区域的弧度。携带方便，是不可或缺的弧度测量工具。R 规是利用光隙法测量圆弧半径的工具。测量时必须使 R 规的测量面与工件的圆弧完全的紧密的接触，当测量面与工件的圆弧中间没有间隙时，工件的圆弧度数即为此时 R 规上所表示的数字。用 R 规测圆角，最好用相邻的 3、4 片都测一下，经过对比后，选择比较准确的一片。由于是目测，故准确度不是很高，只能作定性测量。

R 规样板规格有限，只能测出 R 规样板上具有的标准圆弧形面半径，且为比较测量，无法测出待测工件的实际精确值。其它大部分非标准圆弧（R 样板上不具备的规格）是无法进行精确测量的。另外，R 样板规格较多，在实际测量中需花很长时间方能选中合适规格的样板，测量效率极低。虽然存在局限性，但相对来说使用方便，避免了无法测量的苦恼。

电子数显 R 规，图 2-14 所示，是利用数字测量显示技术，在测量圆弧时能直观精确地显示所测圆弧的半径和斜率，除此之外还可以用 CMM 或轮廓度仪器进行更精确的测量。

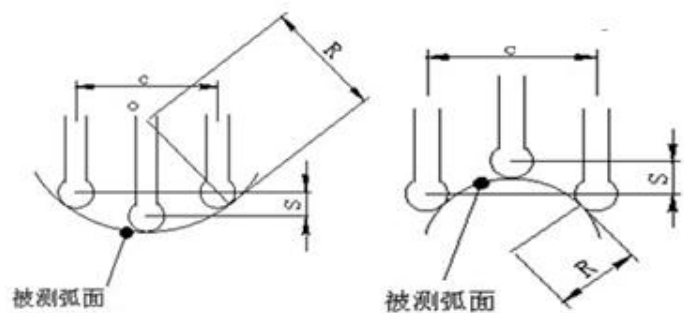


图 2-17 电子数显 R 规

二、零件检查测评表 2-15

表 2-15 印章钢模零件的检测

序号	检测项目	检测内容	配分	检测要求	学生自评		教师测评	
					自测	得分	检测	得分
1	长度 (mm)	12	5	IT14 超差不得分				



		57	5	IT14 超差不得分				
2	直径（mm）	$\phi 40 \pm 0.02$	5	超差 0.01 扣 1 分				
		$\phi 20$	5	IT14 超差不得分				
3	圆弧（mm）	R15	5	IT14 超差不得分				
		R6	5	IT14 超差不得分				
		R6	5	IT14 超差不得分				
4	表面粗糙度（ μm ）	Ra6.3	5	一处不合格扣 1 分，扣完为止。				
5	时间	工件按时完成	5	未按时完成全成				
6	外形	工件完整性	5	每漏加工一处扣 1 分				
7	工艺与编程	加工路线制定	10	加工路线未做到合理、高效，酌情扣分。				
		刀具及切削用量选择合理	10	刀具和切削用量不合理，每项扣 1 分				
		程序编写正确、规范	10	指令使用错误不规范，每处扣 1 分。				
8	现场操作规范	安全操作	10	违反操作规程，每项扣 2 分。				
		工量具的使用	5	工量具使用错误，每项扣 1 分。				
		设备操作与维护保养	5	违反维护保养规程，每项扣 1 分。				
合计（总分）			100	机床编号		总得分		
开始时间			结束时间			加工用时		

学习活动 5 反馈评价

1. 学习过程反馈



学习任务一	销轴的加工	
学习内容	理解的内容（要点）	存在的问题
分 析 加工工艺		
编写加工 技术文件		
加工工件		

2. 自我评价、小组评价及教师评价

理论知识部分主要通过学生口头表述、作业形式进行小组评价或教师评价。实操技能部分，一方面要对学生在实操中各个环节运用的有关方法、掌握技能的水平进行定性评价，另一方面还要对学生的实践操作结果进行抽样测量、检查，给予最终定量评价。

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	① 指令格式及走刀路线	5				
	② 基础知识融会贯通	5				



	③ 零件图纸分析	5				
	④ 制定加工工艺	5				
	⑤ 加工技术文件的编制	5				
实操技能	① 程序的输入	5				
	② 图形模拟	10				
	③ 刀具、毛坯的装夹及对刀	5				
	④ 加工工件	5				
	⑤ 尺寸与粗糙度等的检验	5				
	⑥ 设备维护	10				
安全文明 生产	① 正确开关机床	5				
	② 工具、量具的使用及放置	5				
	③ 机床维护	5				
	④ 卫生保持及机床复位	5				
学习态度	① 出勤情况	5				
	② 车间纪律	5				
	③ 团队协作精神	5				

3. 个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

学习活动 6 拓展链接

一、拓展训练



毛坯直径为 $\phi 80\text{mm}$ 的45#圆钢，要求按图示加工零件（如图 2-18 所示）。

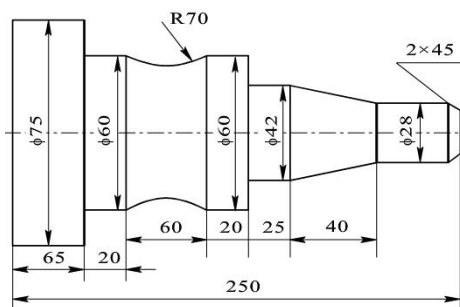


图 2-18 拓展链接零件图纸

（一）加工工艺分析

1. 分析零件图

该零件结构较复杂，由圆柱面、锥面、圆弧面等组成，表面粗糙度及尺寸公差没有特别要求，均为自由公差，较易保证，零件总长 250 mm。

2. 确定加工方案

加工方案：分析零件图样，采用一夹一顶装夹，以轴心线和右端面的交点为编程原点，运用 G71 指令编程，粗加工时每刀单边加工余量选 1.5 mm，单边留 0.3 mm 的精加工余量，在精加工结束后利用切断刀保证总长。

3. 加工工艺路线

- 1) 夹持零件毛坯，伸出卡盘约 20 mm，找正夹紧，手动平端面，打中心孔。
- 2) 夹持毛坯外圆，伸出卡盘约 260 mm，一夹一顶，找正夹紧，粗、精加工零件轮廓至 $\phi 75\text{mm}$ 处。
- 3) 切断零件，保证总长。

（二）编写加工技术文件

1. 工序卡（见表 2-19）

表 2-19

材料	45#	产品名称或代号		零件名称		零件图号	
工序号	程序编号	夹具名称		使用设备		车间	
001	%0006	三爪自定心卡盘		CK6140			
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格 b×h(mm)	主轴转速 n(r/min)	进给量 f(mm/r)	背吃刀量 a _p (mm)	备注
1	粗车外轮廓	T0101	25×20	500	120	1.5	
2	精车外轮廓	T0202	25×20	800	80	0.3	
3	切断刀	T0303	4 mm 宽	500	30	4	
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页

2. 刀具卡（见表 2-19）

表 2-20

刀具号	刀具名称	刀具规格 b×h(mm)	数量	加工内容	主轴转速 n(r/min)	进给量 f(mm/r)	备注
T0101	90°硬质合金	25×20	1	粗车外轮廓	500	120	



T0202	90°硬质合金	25×20	1	精车外轮廓	800	80	
T0303	切断刀	4 mm 宽	1	切断	500	40	
编制		批准			日期		

一、零件的参考程序

表 2-21 零件参考程序

%0006	X60
M03 S800 T0101	W-20
G00 X81 Z2	G02 X60 W-60 R70
G71 U1.5 R1 P1 Q2 E0.3 F100	G01W-20
G00 X100 Z100	X75
T0202	W-72
G00 X81 Z2	N2X85
N1G00 X24	G00 X100 Z100
G01 Z0 F80	T0303
X28Z-2	G00 X76 Z-79
Z-20	G01X0F30
X42 W-40	G00 X100 Z100
W-25	M30

二、知识链接

以上所讲的华中系统的数控机床是我国自主开发和研制的国产数控机床，FANUC 系统的数控机床是国内市场占有率最多的数控机床，同一种数控系统可以配置在不同型号和规格的机床上，而同种型号和规格的机床根据其功能和性能要求，也可选配不同的数控系统。数控系统是数控机床的核心，各种数控车床的不同操作方法在于它们配置了不同的数控系统。系统不同，功能不同，面板布局与操作方法也不同，编程的指令和规则也不完全相同，明白它们的指令格式和应用的区别，对我们更好的使用数控机床，降低产品成本有积极的现实意义。

（一）FANUC 0i 系统的 G71 指令

指令详解（表 2-18）

表 2-22 FANUC 系统的 G71 指令详解

G71 U (Δd) R(e) G71 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) S(s) T(t)	
Δd	切削深度，为每次切削量，半径值，使用时不加符号。
e	每次退刀量，半径值。
ns	精加工路径第一程序段的程序号
nf	精加工路径最后程序段的程序号
Δu	X 方向精加工余量，直径值，车外圆时为正，车内孔时为负值。
Δw	Z 方向精加工余量



F S t	粗加工时 G71 中编程的 F、S、T 有效，而精加工时处于 ns 到 nf 程序段之间的 F、S、T 有效。
G70 P(ns) Q(nf)	
(1)	G70 指令在程序中不能单独出现，要分别与 G71G72G73 配合使用。
(2)	G70 指令程序段的前一程序段中的 X、Z 坐标值为切削循环的起点位置，也是加工完成后刀具退回的终点位置。G70 精加工循环指令加工时循环起点的设置，一定要与 G71G72G73 等粗加工固定循环指令设定的循环起点坐标位置一致，否则精加工轨迹会移位。
(3)	精加工时，G71G72G73 程序段中的 F、S、T 指令无效，只有从 N(ns)到 N(nf)之间的程序段中的 F、S、T 才有效，或者要以在 G70 指令之前指定。



想一想

华中系统的 G71 指令和 FANUC 系统的 G71 指令区别。表 2-23

表 2-23 华中系统的 G71 指令和 FANUC 系统的 G71 指令区别

序号	FANUC 0i 系统	华中系统
1	格式略有区别，FANUC 系统一定要按格式规定分两行写，每行前面的 G71 都不能省。精加工余量用 U(Δu) W(Δw) 标示。	指令只有一行，精加工余量用 X(Δx)Z(Δz) 或 E (e) 标示。
2	所车工件在 X 向和 Z 必须同时单调递增(车外轮廓)或单调递减(车内轮廓)，即不能车削有内凹的轮廓外形，否则要用 G73 指令车削。	G71 指令有两种格式，可以车削内凹的轮廓外形。
3	G71 指令只是完成粗车程序，虽然程序中编制了精加工程序，目的只是为了定义零件轮廓，但并不执行精加工程序，只有执行 G70 时才完成精车程序。	华中系统中 G71 不分粗、精车，粗车完毕后就执行精车程序，没有 G70 指令。
4	如果要换刀在 G70 前面编制换刀的有关程序段。	如果换刀，则要在精加工程序的前面（即 ns 前面）编制换刀的有关程序段。
5	如果粗车程序走完后要改变车削参数{主轴转速、进给速度、刀具等等}，可以在 G70 前或 G70 中指定。一般来讲可以在 G70 前加上 M05 或者 M00 方便粗车完毕后测量，修正刀补值，然后执行 G70 精车程序。	要设定精车的切削用量只能在精加工程序段（即 ns~nf）之间设定。
序号	FANUC 0i 系统	华中系统
6	FANUC 系统进给功能的设定用 G98 和 G99。 G98 为每分钟进给，如：G98G01X30F100，代表车刀的进给速度为 100mm/min。	华中系统进给功能的设定用 G94 和 G95。 G94 为每分钟进给 mm/min。为默认，可不加。



	G99 为每转进给（车床默认设定，可不加），如： G99G01X30F0.3 代表车刀进给速度为 0.3mm/r. 每分钟进给量 = 每转进给量×转速	G95 为每转进给 mm/r.即工件转一周，车刀的进给量，G95G00X30F0.3
F A N U C 系统		



编程实例

用 FANUC 系统的 G71 指令编程，见表 2-20，毛坯：φ45 的圆柱棒料，1#为外圆粗车刀，2#为外圆精车刀，3#为 4mm 宽切断刀。

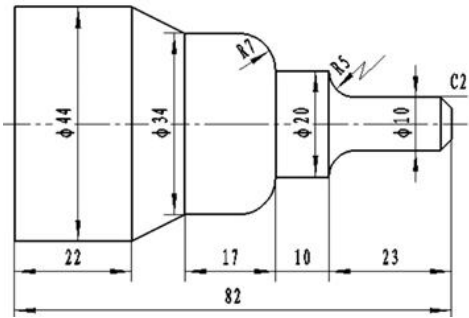


图 2-19 FANUC 系统的 G71 指令编程示例

表 2-24 FANUC 系统 G71 指令编程

O0007	
程序内容	说明
M03 S500T0101	主轴正转，转速 500r/min，选择 1#粗车刀车削
G00 X46 Z2	进刀至循环起点（46，2）
G71 U 1.5 R1 G71 P1 Q2 U0.4 W0 F0.3	按 FANUC 规定格式、预设数值正确书写 G71 指令
N1G00 X6	精加工起始程序段，段号为 N1，由循环起点（46，2）沿 X 轴快进至（6，2）
G01 Z0 F0.1	进刀至倒角起点（6，0）精加工进给速度放慢为 F0.1mm/r.。
X10 Z-2	倒角，终点坐标（10，-2）
Z-18	车削φ10 外圆柱面，至圆弧起点（10，-18）



G02 X20 Z-23 R5	加工 R5 凹圆弧，用 G02 指令，终点坐标 (20, -23)，半径 5
G01 W-10	车削 $\varnothing 20$ 外圆柱面，至下段圆弧起点 (20, -33)
G03 X34 W-7 R7	加工 R7 凸圆弧，用 G03 指令，终点 (34, -40)，半径 7
G01 W-10	车削 $\varnothing 34$ 外圆柱面，至圆锥起点 (34, -50)
X44 Z-60	车削圆锥面终点 (44, -60)
G01 Z-90	车削 $\varnothing 44$ 外圆柱面，以备切断
N2X46	精加工终止程序段号为 N2
G00 X100 Z100	退刀至换刀点 (100, 100)
T0202	换 2#精车刀
G00 X46 Z2	回循环起点
G70 P1 Q2 S800	调用精加工程序段，进行精加工。
G00 X100 Z100	退刀至换刀点 (100, 100)
T0303	换 3#切断刀，刀宽 4mm
G00 X46 Z-86	3#切断刀到加工位置，保证长度 82
G01 X-1 F0.05	切断
G00 X100 Z100	退刀至 (100, 100) 处
M30	程序结束

(二) FANUC 0i 系统的 G73 指令



如图 2-20 下列哪些适合用 G71 车削，哪些不适合，如何解决呢？

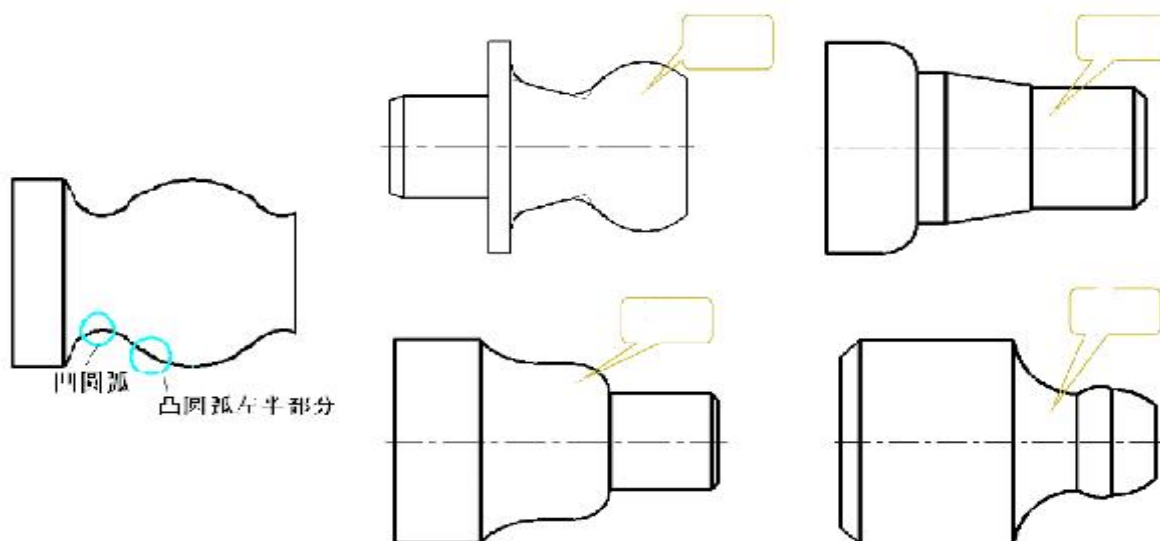


图 2-20

G71 指令的走刀轨迹决定了它不能加工内凹零件及凸圆零件圆的左半部分。在 FANUC 系统上



此类零件要用 G73 指令来车削，G73 指令如表 2-25 所示。

表 2-25 G73 指令详解

成型车削固定循环 G73	
G73 U (Δi) W (Δk) R (d)	
G73 P (ns) Q (nf) U (Δu) W (Δw) Ff Ss Tt	
Δi	X 轴方向总退刀量（半径指定，有正负号，单位 mm），用最大加工直径减最小加工直径除以 2，不用计算很精确，他的值只决定前几刀的切削量。
Δk	Z 轴方向总退刀量（有正负号，单位 mm）最好取为 0.
d	循环次数，指定时不加小数点，在决定 R 时根据 U 值来计算。如：U 值为 25.0，R 值为 10 那么这条轨迹需要运行 10 次来完成，每次切削 2.5mm。
ns	精加工路线的起始程序段号，即 N(ns)
nf	精加工路线的结束程序段号
Δu	X 方向的精加工余量（直径指定，有正负号，单位 mm），内孔加工时为负值。
Δw	Z 方向的精加工余量（有正负号，单位 mm）
f	粗加工进给量

成型加工复合循环的轨迹图

提示 (1) G73 固定形状粗车循环又叫封闭车削循环，对零件轮廓的单调性没有要求，适合车削毛坯轮廓形状与零件轮廓基本接近的铸锻毛坯件，执行 G73 功能时，每一刀的切削路线的轨迹形状是相同的，只是位置不同，每走完一刀，就把切削轨迹向工件移动一个位置，因此对于经锻造、铸造等粗加工已初步成型的毛坯，可高效加工。

(2) 也可用于加工普通未切除余料的棒料毛坯，特别是用来加工有内凹结构的工件。用普通棒料毛坯加工时，如果零件表面径向尺寸变化较大，用 G73 循环编程加工，空行程较多，加工效率较低。

(3) 循环起点的位置应选择正确，退刀方向的位移应大于最大毛坯尺寸（加工内孔时应小于最小毛坯尺寸），以免回切工件。

(4)G73 程序段中，“ns”所指程序段可以向 X 轴或 Z 轴的任意方向进刀。即允许出现：G00X16Z2 程序段，在 N (ns) 到 N(nf)之间的程序段中要以含有 G41 或 G42 指令，对精车轨迹进行刀尖圆弧半径补偿。

(5) G73 循环粗车后仍采用 G70 循环进行工件的精车，执行 G70 循环时，刀具沿工件的实际轨迹进行切削。

(6) 加工未切除余料的棒料毛坯时，Δi 为 X 方向毛坯最大切除余量，可通过（毛坯尺寸-零件轮廓最小部分尺寸）/2 来估算。加工已经成型的铸、锻件毛坯件时，Δi 取最大余量，见表 2-26

表 2-26 Δi 的计算



$\Delta i = (18 - 0) / 2 = 9$	$\Delta i = (18 - 8) / 2 = 5$



编程实例（圆柱棒料）

用 G73 指令编制钢模零件的加工程序如下表 2-27 所示，毛坯为 $\varnothing 45$ 的圆柱棒料。1#为外圆粗车刀，2#为外圆精车刀，3#为 4mm 宽切槽刀。

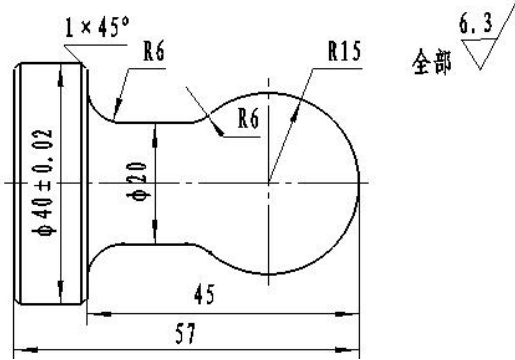


图 2-1 印章钢模零件图

表 2-27 印章钢模的 G73 指令编程

O0008	Z-62
M03 S500 T0101	N2X46
G00 X60 Z10	G00X100 Z100
G73 U22.5 W0 R15	T0202
G73 P1 Q2 U22.5 W0 F0.3	G00 X60 Z10
N1G00 X0 Z2	G70P1Q2
G01 Z0 F0.1	G00 X100 Z100
G03 X22.86 Z-24.715 R15	T0404
G02 X20 Z-28.6 R6	G00 X41 Z-61
G01 Z-39	G01 X-1F40
G02 X32 Z-45 R6	G00 X100 Z100
G01 X38	M30
X40W-1	



学习活动 7 巩固提高

一、毛坯直径为 $\phi 55\text{mm}$ 的 45#圆钢，要求按图示加工零件（如图 2-21 所示）。

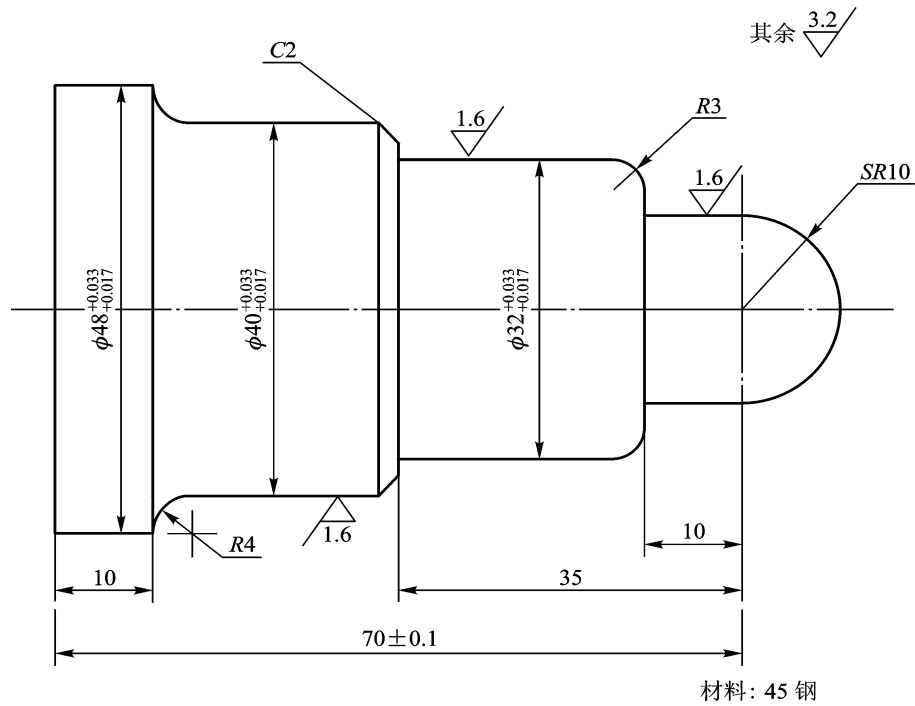


图 2-21

二、毛坯直径为 $\phi 65\text{mm}$ 的 45#圆钢，要求按图示加工零件（如图 2-22 所示）。

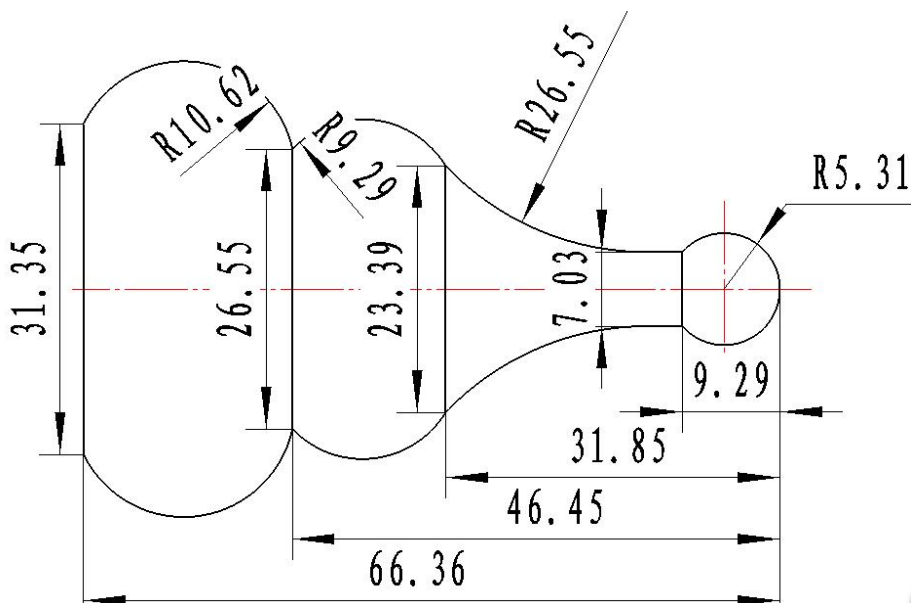


图 2-22



学习任务三 锥套的加工



学习目标

1. 会对简易回转体盘、套类零件图进行数控车削加工工艺性分析, 包括会分析零件图纸技术要求, 会检查零件图的完整性和正确性, 会分析零件的结构工艺性;
2. 会拟定简易回转体盘、套类零件数控车削加工工艺路线, 包括会选择加工方法, 会划分加工阶段, 会划分加工工序, 会确定加工路线, 会确定加工顺序;
3. 会选用回转体盘、套类零件数控车削加工刀具;
4. 会选择回转体盘、套类零件数控车削加工夹具, 并确定装夹方案;
5. 会按回转体盘、套类零件数控车削加工工艺选择合适的切削用量与机床;
6. 会编制回转体盘、套类零件数控车削加工工艺文件。

建议完成本任务为 24 学时



工作情景描述

某企业需加工一锥套, 如图 3-1 所示。现委托数控车工组来完成加工任务。要求同学们根据零件图的要求进行生产。

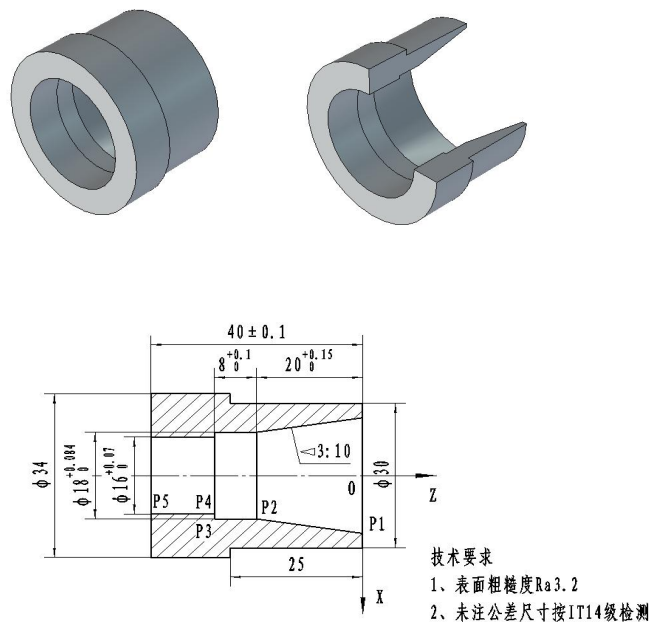


图 3-1 莫氏套

图 3-1



学习活动 1 知识储备



一、零件的加工需要哪些设备、辅具与材料？

1. 此零件在华中数控系统的数控车床上进行实际调试和加工。
2. 配备零件毛坯 1 件。毛坯材料：硬铝；毛坯尺寸为：45×35mm。
3. 配备三爪自动定心卡盘、双顶尖、鸡心夹等相关装夹辅具。
4. 配备：中心钻(A3)1 把；
Φ12 钻头 1 把。
外圆精车车刀(主偏角 $K_r=93^\circ$ ，刀尖圆弧半径 R_2)1 把；
内孔粗、精车车刀(主偏角 $K_r=93^\circ$ 、 $K_r=3^\circ$ ，刀尖圆弧半径 R_2)1 把。



二、套类零件的精度要求如何？

1. 尺寸精度
内孔直径的尺寸精度一般为 IT7，精密轴套有时取 IT6，外径的尺寸精度通常为 IT6~IT7。
2. 形状精度
内孔的形状精度，应控制在孔径公差以内，有些精密轴套控制在孔径公差的 $1/2 \sim 1/3$ 。
3. 相互位置精度
套类零件本身的内外圆之间的同轴度一般为 0.01~0.05mm。套孔轴线与端面的垂直度精度一般为 0.01~0.05mm。
4. 表面粗糙度要求
内孔表面粗糙度 R_a 值为 2.5—0.16 μm ，外径的表面粗糙度达 $Ra5 \sim 0.63\mu\text{m}$ 。



三、中心孔分为几种类型？

问题解答 1.中心孔可分 A 型中心孔，B 型中心孔、C 型中心孔和 R 型中心孔。(如图 3-2 所示)

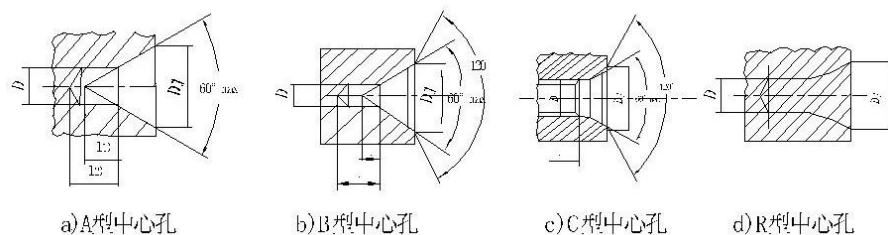


图 3-2 中心孔类型

问题解答 2. A B 中心钻有哪两种型式。



A 型不带护锥的中心钻、B 型带护锥的中心钻, (见图 3-3)。加工直径 $d=1 \sim 10\text{mm}$ 的中心孔时,通常采用不带护锥的中心钻(A 型); 工序较长、精度要求较高的工件, 为了避免 60° 定心锥被损坏, 一般采用带护锥的中心锥 (B 型)。

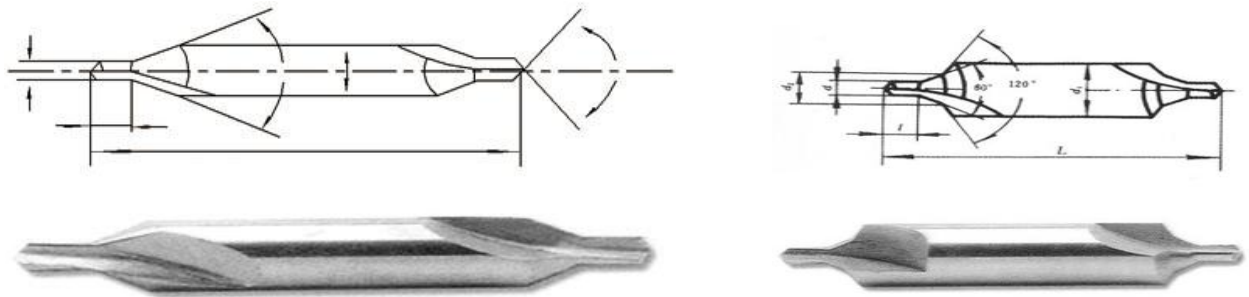


图 3-3 中心孔钻



四、麻花钻是有哪几部分组成的?

问题解答

1. 麻花钻由柄部、颈部和工作部分组成 (如图 3-4 所示)

柄部是钻头的夹持部分, 装夹时起定心作用, 切削时起传递转矩的作用, 颈部是柄部和工作部分的连接段, 颈部较大的钻头在颈部标注有商标、钻头直径和材料牌号等信息。工作部分是钻头的主要部分, 由切削部分和导向部分组成, 起切削和导向作用。

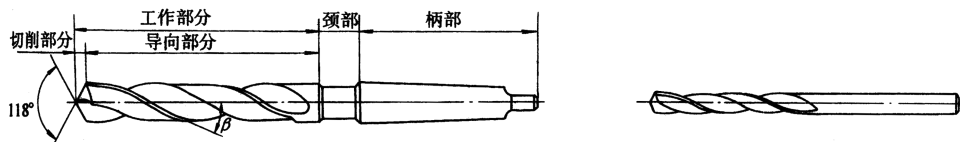


图 3-4 麻花钻

2. 麻花钻工作部分的几何形状

有两条对称的主切削刃, 两条副切削刃和一条横刃。麻花钻钻孔时, 相当于两把反向的车孔刀同时切削, 所以它的几何角度的概念与车刀基本相同。

麻花钻的螺旋角 (β)、前刀面、主后刀面、主切削刃、顶角 ($2\kappa_r$)、前角 (γ_o)、后角 (α_o)、横刃、横刃斜角 (ψ) 和棱边 (如图 3-5 所示)

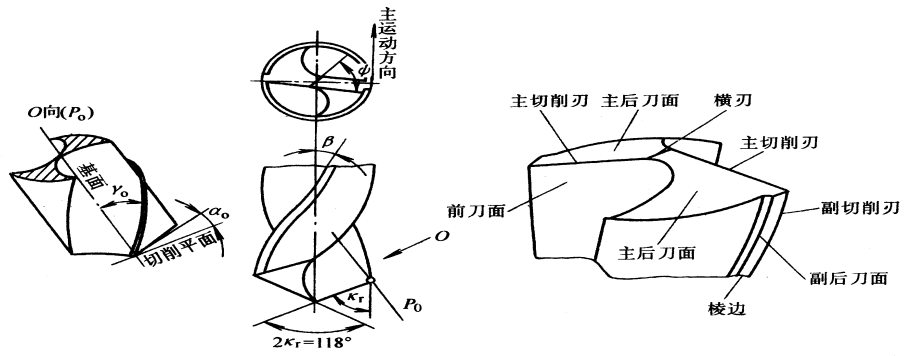


图 3-5 麻花钻工作部分几何形状

3. 内孔车刀(见图 3-7)

通孔车刀 $\kappa_r=60^\circ \sim 70^\circ$ $\kappa_r'=15^\circ \sim 30^\circ$

为了防止后刀面和孔壁的摩擦又不使后角磨得太大,一般磨双重后角 $\alpha_{01}=6^\circ \sim 12^\circ$ $\alpha_{02}=30^\circ$ 左右。(见图 3-6)

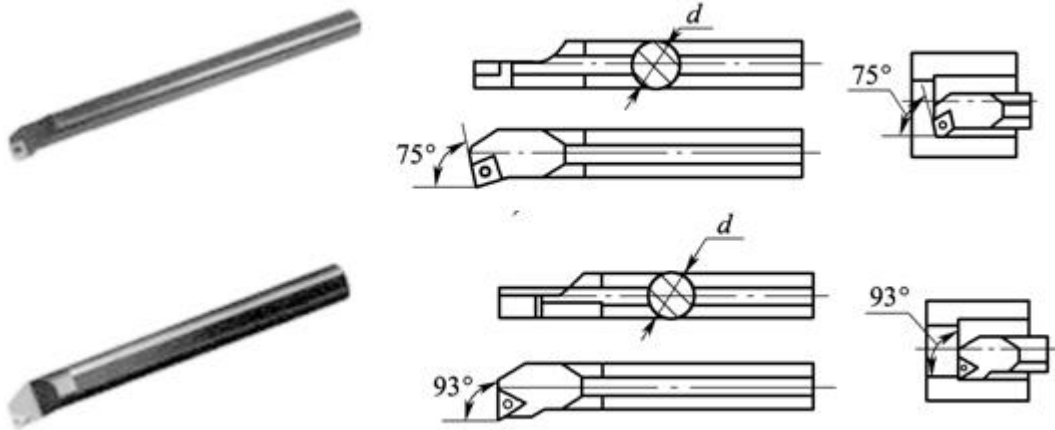
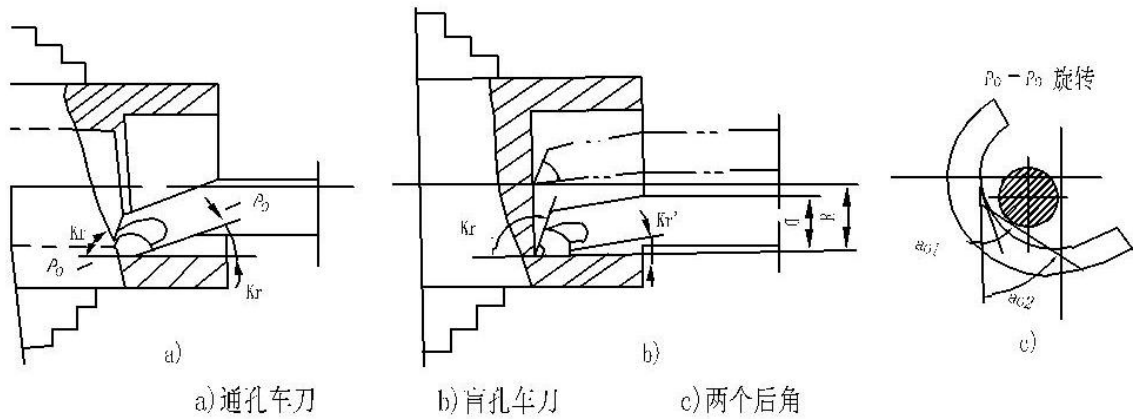


图 3-6

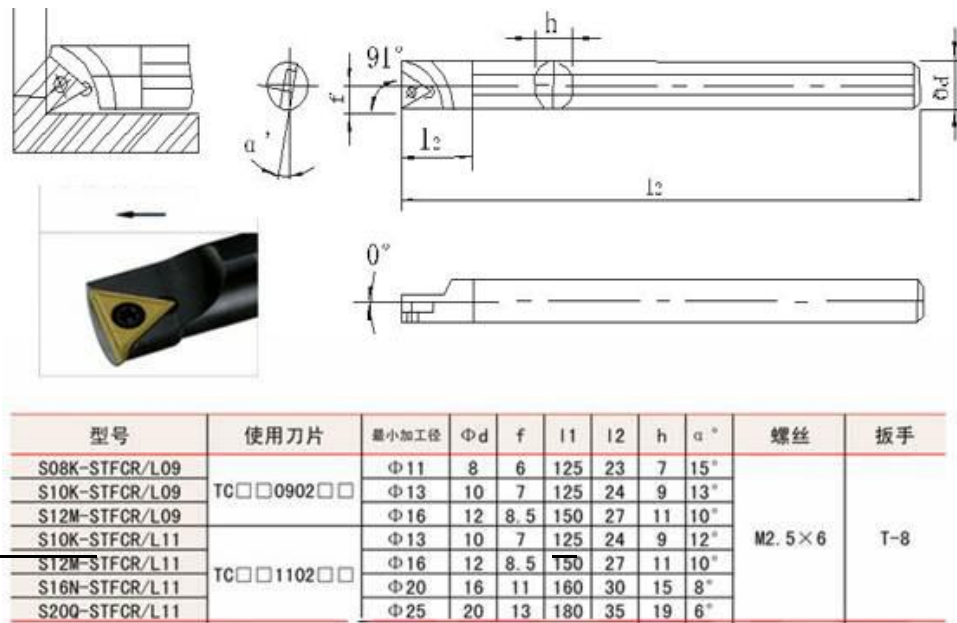


图 3-7 数控车内孔刀的形状

4. 内孔车刀的实物图 (如图 3-8)

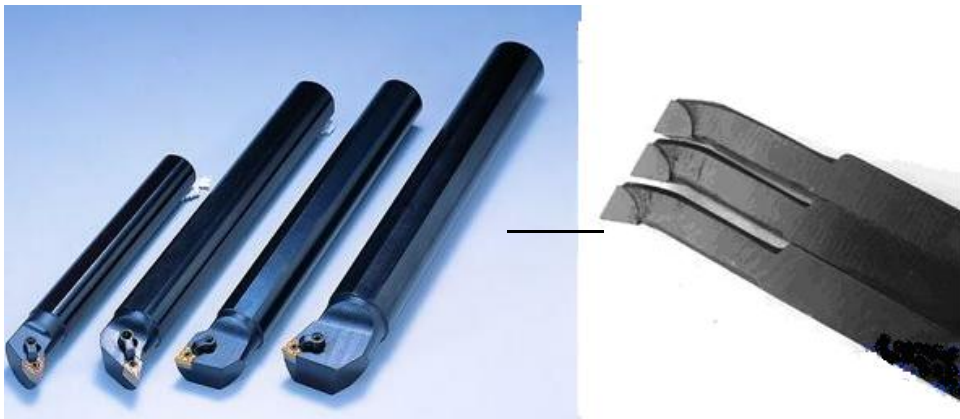


图 3-8 内孔车刀



五、内孔车削的关键技术是什么？

问题解答 内孔车削的关键技术是解决内孔车刀的刚性和排屑问题。



小词典:

1. 莫氏锥度是一个锥度的国际标准,用于静配合以精确定位。由于锥度很小,利用摩擦力的原理,可以传递一定的扭矩,又因为是锥度配合,所以可以方便的拆卸。在同一锥度的一定范围内,工件可以自由的拆装,同时在工作时又不会影响到使用效果,比如钻孔的锥柄钻,如果使用中需要拆卸钻头磨削,拆卸后重新装上不会影响钻头的中心位置。

2. 莫氏锥度有 0、1、2、3、4、5、6 共七个号,锥度值有一定的变化,每一型号公称直径大小分别为 9.045、12.065、17.78、23.825、31.267、44.399、63.348。主要用于各种刀具(如钻头、铣刀)各种刀杆及机床主轴孔锥度。



学习活动 2 制定方案

一、零件工艺分析

(一) 零件技术要求分析

1. 分析各项技术要求的完整性和合理性。
2. 分析各项技术要求，选择相应的数控车床。
3. 分析形状和位置公差要求。
4. 分析主要表面的技术要求

(二) 工、量、刀具选择

1. 工具选择 铝棒装夹在三爪自定心卡盘中，用划线盘校正，调头装夹用百分表校正，其余工具（见表 3-1）。
2. 量具选择 外圆尺寸精度要求不高，用游标卡尺测量，内孔精度较高用内径千分尺测量，内孔深度用深度千分尺测量，内锥面用万能角度量角器测量，具体规格见表 3-1 所示。
3. 刀具选择 外圆加工选用 90°硬质合金外圆车刀；内孔车削选用硬质合金内孔车刀如图 3-8 所示，（盲孔车刀如图 3-6 所示）车削内孔前还需用中心钻钻中心孔及用麻花钻钻孔。具体清单（如表 3-1 所示）。

表 3-1

工、量、刀具清单				图号	2-1	
种类	序号	名称	规格	精度	单位	数量
工具	1	三爪卡盘			个	1
	2	卡盘扳手			副	1
	3	刀架扳手			副	1
	4	垫刀片			块	若干
	5	划线盘			个	1
	6	钻夹头			个	1
	7	瓷性表座			个	1
量具	1	游标卡尺	0~150mm	0.02		1
	2	内径百分表	0~35mm	0.01		1
	3	粗糙度样板				1
	4	百分表	0~10mm	0.01		1
刀具	1	外圆车刀	90°			1
	2	中心钻	A3			1

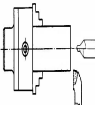
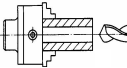
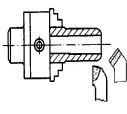
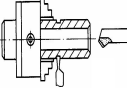


工、量、刀具清单				图号	2-1	
刀具	3	麻花钻	$\phi 18$			1
	4	内孔粗车刀	$\geq 90^\circ$			1
	5	内孔精车刀	$\geq 90^\circ$			1

二、编写加工技术文件

1. 工序卡 (见表 3-2)

表 3-2

序号	工种	工序内容	设备	刀具或工具	加工简图	安装方法	刀具号	切削用量		
								背吃刀量 a_p/mm	进给速度 mm/r	主轴转速 r/min
1	下料	下料 $\phi 42\text{mm} \times 60\text{mm}$	锯床				T01	1~2	0.2	600
2	车	夹持 $\phi 42\text{mm}$ 外圆, $L > 40\text{mm}$ 1.车 A 端面 2.钻 $\phi 3$ 中心孔	车床	90°、 45°车刀 中心钻		三爪自定心卡盘	T01	1~2	0.2	600
3	车	钻 $\phi 14\text{mm}$ 通孔	车床	$\phi 14\text{mm}$		三爪自定心卡盘	T02	1~2	0.15	600
4	车	1.粗、精车 $\phi 34\text{mm}$ 外圆至尺寸要求, $L > 40\text{mm}$ $\phi 30$ 外圆长 25mm. 2.倒角 C1	车床	90°、 45°车刀		三爪自定心卡盘	T03	0.2	0.1	800
5	车	粗、精车 $\phi 16\text{mm} \phi 18\text{mm}$ 内孔、内锥 3:10 至尺寸要求	车床	内孔车刀		三爪自定心卡盘	T01	1~2	0.15	600
6	车	1.车端面至总长 2.内外圆倒角 C1	车床	45°车刀		三爪自定心卡盘	T01	1~2	0.2	600



2. 加工工艺路线

本课题需加工端面、外圆、内孔，加工时采用调头装夹进行，先加工右端面、 $\phi 30$ 外圆及内轮廓表面；然后调头加工左侧端面及 $\phi 34$ 外圆。外圆精度要求不高，可不分粗、精车；内轮廓分粗、精加工完成，内轮廓粗车可采用编程方法分层切削也可采用毛坯循环加工，本课题采用毛坯循环完成内轮廓粗、精加工。具体路线（见表 3-2）。

学习活动 3 实施过程

一、编写加工程序

1. 建立工件坐标系

加工右侧表面时取右端面与工件轴线交点为工件坐标系原点。加工左侧表面时则取左侧端面与工件轴线交点为工件原点，本课题左侧面加工程序略。

2. 计算基点坐标

基点坐标按各点极限尺寸的平均值进行计算，内轮廓各点坐标（见表 3-3）。

表 3-3

基点	坐标 (Z, X)	基点	坐标 (Z, X)
P1	(0, 24)	P4	(-28.125, 16.035)
P2	(-20/075, 18.042)	P5	(-40, 16.035)
P3	(-28.125, 18.042)		

二、关于数控车床刀尖半径补偿

1. 数控车床刀尖半径补偿概念

数控车床在车削工件时，所使用刀具的刀尖，一方面从制造工艺的角度来看，是无法做到绝对的尖锐，另一方面从切削原理的角度来看，刀尖具有一定的圆角，既可以提高刀尖的强度、增加刀具的使用寿命，又可以改善工件的表面粗糙度。但是数控车床在采用试切法对刀时，所获得的刀尖位置是一个假想刀尖（如图 3-9 所示），按此刀尖位置进行编程加工工件，刀具实际车削点是刀尖圆弧 A—B 上与被加工表面相切的一点，当刀具轨迹与坐标轴不成正交状态时，会出现过切或欠切现象，造成加工误差。

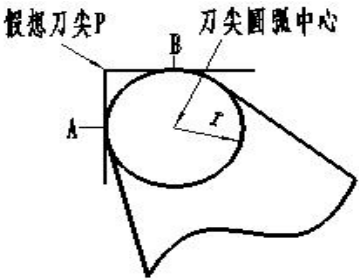


图 3-9 假想刀尖

2. 自动刀尖半径补偿方法

(1) 刀具半径补偿指令 G41、 G42、 G40



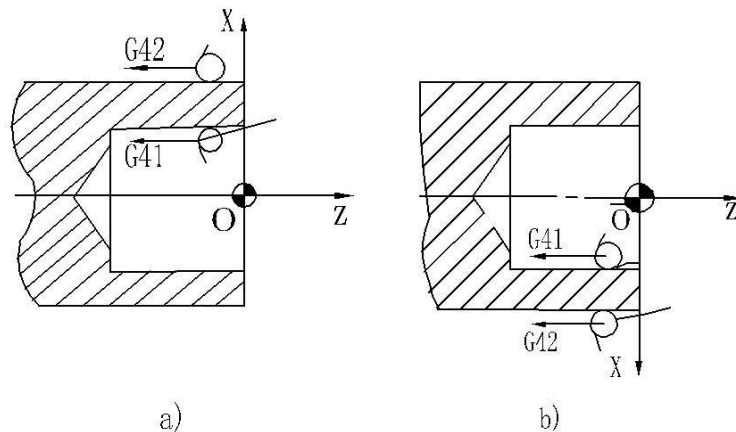
顺着刀具运动方向看，工件轮廓在刀具的左边称为左补偿，使用 G41 左补偿指令。工件轮廓在刀具的右边称为右补偿，使用 G42 刀具的右补偿指令。G40 为取消刀具半径补偿指令(如图 2-10 所示)。

(2)刀具补偿的建立过程 刀具补偿的过程分为三步。

- ①刀补的建立，刀具中心从与编程轨迹重合过渡到与编程轨迹偏离一个偏置量的过程；
- ②刀补进行，执行有 G41、G42 指令的程序段后，刀具中心始终与编程轨迹相距一个偏置量；
- ③刀补的取消，刀具离开工件，刀具中心轨迹要过渡到与编程轨迹重合的过程(如图 3-10 所示)。

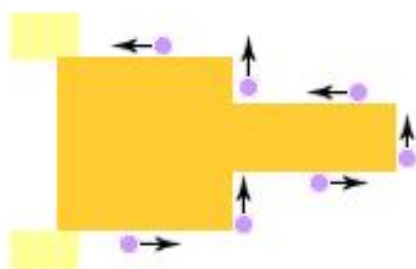


刀尖圆弧半径补偿偏置方向的判别方法



G41：刀具半径右补偿

沿着刀具运动方向看， 刀具在工件的右侧



G42：刀具半径左补偿

沿着刀具运动方向看， 刀具在工件的左侧

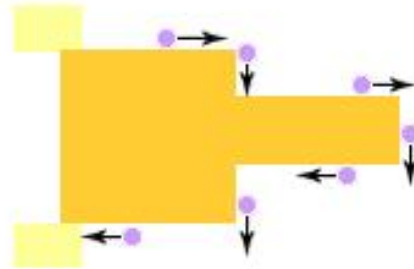


图 3-10 刀具半径补偿指令 G41 G42 G40

3. 华中系统固定循环指令中刀尖半径补偿的应用



数控车床上被加工工件的毛坯常用棒料或铸、锻件，因此，加工余量较大，一般需要多次切削加工，才能去除全部余量，华中数控系统提供了不同形式的固定循环功能，以简化编程，缩短程序长度，减少程序所占内存。其中粗车循环指令 G71，适用于切除棒料毛坯的大部分加工余量。之后采用 G70 精车循环指令进行精加工。在使用固定循环指令加工工件时，为保证加工精度，必须设置刀具半径补偿。

下面以加工如图 3-11 所示锥形工件为例，分析使用外圆粗车循环指令 G71 指令编程加工，刀尖半径补偿指令的设置方式及刀具移动轨迹，（粗精车加工使用同一把刀具，刀尖圆弧半径 0.4mm，刀尖方位 T=3）。

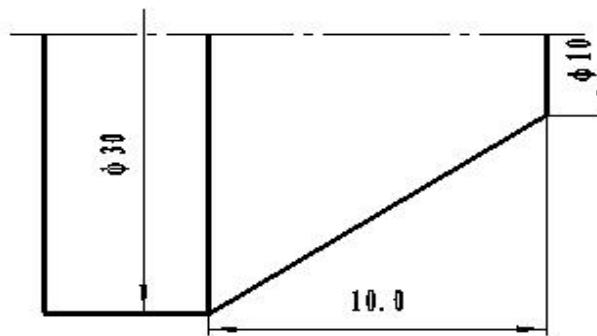


图 3-11 锥形工件

刀尖半径补偿指令设置在粗车循环指令 G71 之前

1. 加工程序

```
O0001
M03 S500
T0101
G42G00 X32.0 Z2.0
G71U1R1 P10 Q20 X0.5Z0 F100
N10 G00X10.0 S1000
G01 Z0.0 F100
X30.00Z-10.0
N20 X32.0;
G40 G00X100.0 Z100.0
M30
```

2. 刀具运动轨迹

刀尖半径补偿指令置于粗车循环指令 G71 之前,进行粗加工时,刀尖圆弧半径补偿指令不产生作用,进行粗加工沿工件轮廓走刀时,刀具轨迹为假想刀尖与工件轮廓偏移为设定精加工余量,加工工件尺寸在 X 和 Z 方向仍然存在加工误差,分别为:

$$\Delta X = r(1 - \cos\theta) = 0.4 (1 - \cos 45^\circ) = 0.117$$

$$\Delta Z = r(1 - \sin\theta) = 0.4(1 - \sin 45^\circ) = 0.117$$

精加工时,假想刀尖轨迹(如图 3-12 所示)。



A 点 (32.0 2.0) 精车循环起点

B 点 (10.0 1.2) A - B 起刀程序段, 执行刀具偏置过渡运动, 刀具半径补偿建立。在起刀程序段的下一个程序段的起点位置, 刀尖中心定位于程编轨迹的垂线上。

C 点 (10.0 -0.234) 刀尖在 Z 方向补偿偏差 $\Delta Z=0.234$ 刀具圆弧中心移动到两个程序段的程编轨迹被移动一个刀尖圆弧半径后彼此相交的位置 (称为交点)。

D 点 (29.531 -10.0) 刀尖在 X 方向补偿偏差 $\Delta X=0.234$ (直径方式编程)

E 点 (31.2 -10.0) 刀尖圆弧中心移动到交点

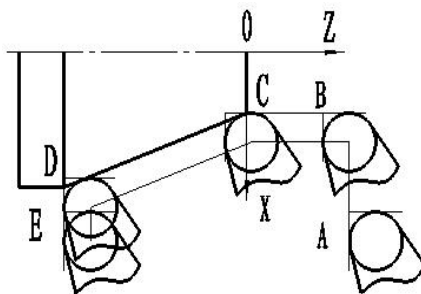


图 3-12 假想刀尖轨迹

刀尖半径补偿指令设置在精车程序段中

1. 加工程序

O0002

M03 S500

T0101

G00 X32.0 Z2.0

G71 U1R1P10 Q20 X0.5 Z0F100

N10 G42 G00 X10.0 S1000

G01 Z0.0 F100

G01 X30.0 Z-10.0

N20 G40 X32..0

G00 X100.0 Z100.

M30

2. 刀具运动轨迹

刀尖半径补偿指令置于精车程序起始段中, 在精加工过程中刀尖半径补偿功能产生作用, 刀尖圆弧中心偏离工件轮廓一个刀尖半径, 加工工件达到尺寸精度要求。精加工时假想刀尖轨迹 (如图 3-13 所示)。



A 点 (32.0 2.0) 精车循环起点 B 点 (10.0 1.2) , A - B 起刀程序段, 执行刀具偏置过渡运动, 刀具半径补偿建立。在起刀程序段的下一个程序段的起点位置, 刀尖中心定位于程编轨迹的垂线上。C 点 (10.0 -0.234) 刀尖在 Z 方向补偿偏差 $\Delta Z=0.234$, 刀具圆弧中心移动到交点。D 点 (29.766 -10.0) 刀尖在 X 方向补偿偏差 $\Delta X=0.234$ (直径方式编程), 因刀具由 D 点向 E 点移动程序段使用 G40 取消刀尖半径补偿, 则在取消半径补偿之前一个程序段, 刀尖中心运动到垂直于程编轨迹的位置。E 点 (32.0 -10.0) 刀具定位于补偿取消 (G40) 的终点位置。假想刀尖与程编轨迹重合。A 点 (32.0 2.0) 精车起点

B 点 (10.0 1.2) , A - B 起刀程序段, 执行刀具偏置过渡运动, 刀具半径补偿建立。在起刀程序段的下一个程序段的起点位置, 刀尖中心定位于程编轨迹的垂线上。C 点 (10.0 -0.234) 刀尖在 Z 方向补偿偏差 $\Delta Z=0.234$, 刀具圆弧中心移动到交点。D 点 (29.766 -10.0) 刀尖在 X 方向补偿偏差 $\Delta X=0.234$ (直径方式编程), 因刀具由 D 点向 E 点移动程序段使用 G40 取消刀尖半径补偿, 则在取消半径补偿之前一个程序段, 刀尖中心运动到垂直于程编轨迹的位置。E 点 (32.0 -10.0) 刀具定位于补偿取消 (G40) 的终点位置。假想刀尖与程编轨迹重合。

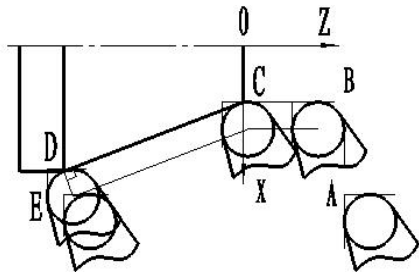


图 2-13 精加工时假想刀尖轨迹



三、加工程序（见表 3-4）

表 3-4

程序号: %0102		
程序段号	程序内容	说明
N10	T0101 M03 S800	选择 T01 号外圆车刀
N20	G00X35Z2	刀具移近至进刀点
N30	G01Z0F100	刀具移近至进刀点
N40	X32	车右端面
N50	Z-25	粗车 $\phi 30$ 外圆
N60	X36	刀具沿 X 方向退出



程序段号	程序内容	说明
N70	G00Z2	刀具沿 Z 方向退回
N80	X30	刀具沿 X 方向进刀
N90	G01Z-25F100	车 $\phi 30$ 外圆至尺寸
N100	X36G00X100Z100	刀具沿 X 方向退出
N110	M00	程序停, 手动钻中心孔、钻孔
N120	T020S1000	换内孔粗车刀
N130	G00X12Z5	刀具移至循环起点
N140	G71U1R1P190Q250X0.5Z0F100	设置循环参数, 调粗加工循环
N150	M05	主轴停、程序停、测量
N160	M00	主轴停、程序停、测量
N170	G00X100Z100	刀具退回至换刀点
N180	M03S1200T0303	换内孔精车刀
N190	G42G00X24F100	刀具补偿
N200	G01Z0	刀具移至循环起点, 直线加工至 P1
N210	X18.042Z-20.075	直线加工至 P2
N220	Z-28.125	直线加工至 P3
N230	X16.035	直线加工至 P4
N240	Z-42	直线加工至 P5
N250	G40X14	直线加工至毛坯
N260	G00X100Z100	退刀
N270	M30	程序结束, 返回程序起点

四、加工实施

1. 填写工、量具清单 (见表 3-1)

按毛坯图检查坯料尺寸



2. 启动数控车床

启动机床步骤：



(1)将空气开关扳到“ON”位置，进入数控系统。

(2)右旋松开急停按钮，复位。

(3)装夹工件

将工件装夹在三爪卡盘中，伸出 30mm，用划线盘校正后夹紧，调头装夹用百分表校正。

(4)安装刀具(如图 3-14 所示)。

将外圆车刀、中心钻、麻花钻、内孔粗车刀、内孔精车刀分别安要求装在刀架的 T01、T02、T03 刀位。普通数控车床，则将中心钻、麻花钻依次装入尾座套筒中

装夹时，刀尖必须与工件中心等高或稍高一些。如果装得低于工件中心，由于切削力的作用容易产生“扎刀”现象，而把孔车的过大。装夹后，在正式切削前，应用沿 Z 轴方向使得车刀在毛坯孔内试走一遍，避免车孔时由于车刀装得歪斜而使车孔刀杆碰到内孔表面。车孔时，由于刀杆刚性较差，容易引起振动，因此切削用量应比车外圆时小一些。

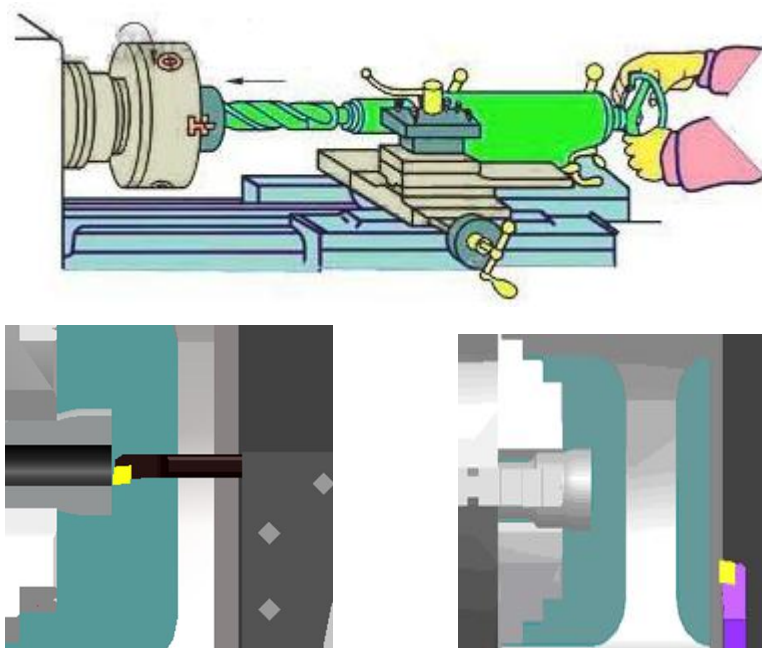


图 3-14 安装刀具

3. 对刀

数控系统选择状态。

摇动手轮脉冲发生器，让刀具轻蹭工件端面，沿+X 方向退出，单击，再单击，



选择相应的刀编号“#0001”，在 **试切长度** 一栏输入“0”

刀偏表:						
刀编号	X偏置	Z偏置	X磨损	Z磨损	试切直径	试切长度
#0001	0.000	-100.000	0.000	0.000	0.000	0.000

刀偏表:						
刀编号	X偏置	Z偏置	X磨损	Z磨损	试切直径	试切长度
#0001	0.000	-100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

让刀具试切一刀工件内孔，沿+Z方向退出，停车，测量试切内孔直径，在 **试切直径** 一栏输入测量值。

通过以上操作就完成了一把刀的对刀过程，如果要对其余的刀，就重复以上步骤，只是把数值填入相应的位置（02号刀具填入“#0002”行，03号刀具填入“#0003”行……）就行了。

内孔车刀对刀方法：

(1) X方向对刀（T0202内孔粗车刀）

用内孔车刀试车一内孔，长度为3~5mm，然后沿+Z方向退出刀具，停车测出内孔直径，将其值输入到相应刀具长度补偿中(如图3-15所示)。

(2) Z方向对刀

移动内孔车刀使刀尖与工件右端面平齐，可借助直尺确定，然后将刀数据输入到相应刀具长度补偿中（如图3-16所示）

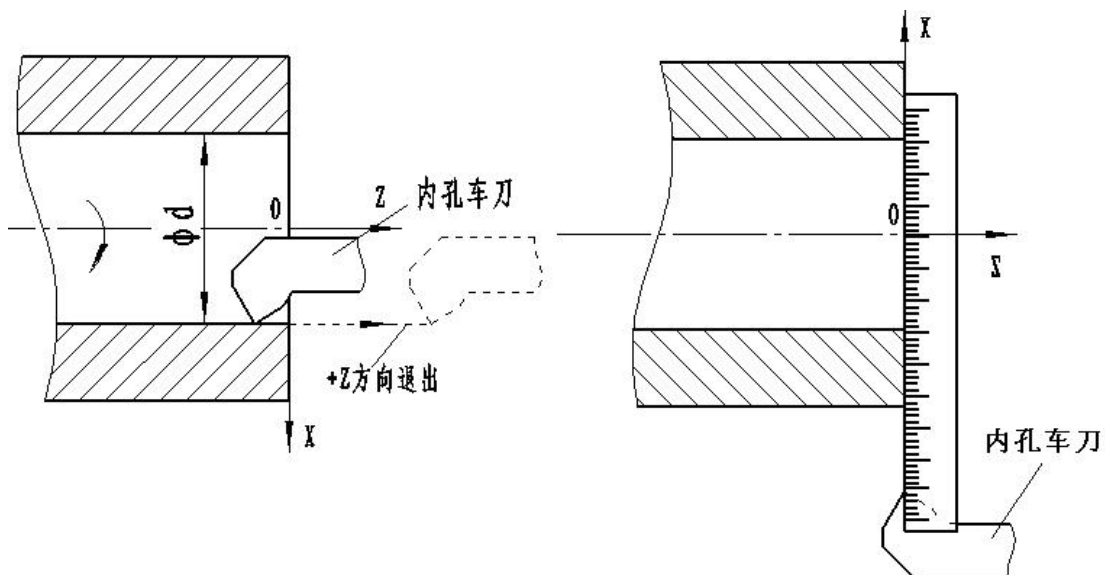


图 3-15 内孔车刀 X 方向对刀示意图

图 3-16 内孔车刀 Z 方向对刀示意图

刀偏数据设置(F4→F1)

刀具的几何补偿包括刀具的偏置补偿和刀具的磨损补偿，刀具的偏置补偿有绝对刀具偏置补偿



和相对刀具偏置补偿两种形式。我们推荐采用绝对刀具偏置补偿。在主操作界面下,按 F4→F1 进入刀具偏置编辑画面如图 3-17 所示。

华中数控		加工方式: 自动		运行正常		10:14:08	
当前加工行: G92 X0 Y0 Z50							
绝对刀偏表:							
刀偏号	X偏置	Z偏置	X磨损	Z磨损	试切直径	试切长度	
#0001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
直径	毫米	分进给	100%	100%	100%		
绝对刀偏表编辑:							
X轴置零 F1	Z轴置零 F2			刀架平移 F5			返回 F10

运行程序索引

1234 1

机床指令坐标

X 0.000

Z 0.000

F 0.000

S 0

工件坐标零点

X -100.000

Z -80.000

辅助机能

M00 T0000

CT00 ST00

图 3-17 刀具偏置编辑

车床编程轨迹实际上是刀尖的运动轨迹,但实际中不同的刀具的几何尺寸、安装位置各不相同,其刀尖点相对于刀架中心的位置也就不同。因此需要将各刀具刀尖点的位置值进行测量设定,以便系统在加工时对刀具偏置值进行补偿。我们采用试切法来设置绝对刀具偏置补偿值。

我们通过输入试切直径、长度值,自动计算工件零点相对与各刀刀位点的距离。其步骤如下:

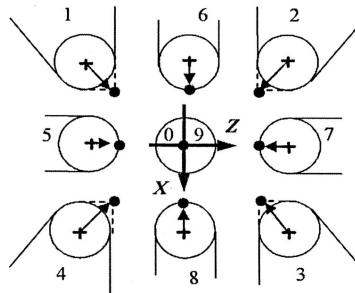
- ①用光标键将蓝色亮条移动到要设置刀具偏置值的行。
- ②用刀具试切工件的外径,然后沿 Z 轴方向退刀,在此过程中不要移动 X 轴。
- ③测量试切后的工件外径,如为 $\phi 25.26$,然后将此值输入到刀偏表中“#××01”一行中“试切直径”一栏中并确认,设置好 X 偏置。
- ④用刀具试切工件的右端面,然后沿 X 轴方向退刀,在此过程中不要移动 Z 轴。
- ⑤计算试切工件端面到该刀具要建立的工件坐标系的零点位置的有向距离,如为“3mm”,然后将“3”输入到刀偏表中“#××01”一行中“试切长度”一栏中并确认,设置好 Z 偏置。

如果要设置其余的刀具,就重复以上步骤。需要注意,对刀前,机床必须先回机床零点。

T0303 内孔精车刀的对刀方法同粗车刀(T0202)一样,只不过 X 向与 Z 向对刀的数值分别输入在#3 的位置上。

(3) 刀具半径补偿数据设置(F4→F2)

刀尖圆弧半径补偿是通过 G41、G42、G40 代码及 T 代码指定的刀尖圆弧半径补偿号来加入或取消半径补偿值。车刀刀尖的方向号定义了刀具刀位点与刀尖圆弧中心的位置关系,其从 0~9 有十个方向(如图 3-18 所示)。



●代表刀具刀位点 A，+ 代表刀尖圆弧圆心 O

图 3-18 车刀刀尖方位定义

在主操作界面下，按 F4→F2 进入刀补数据设置画面(如图 3-19 所示)。



图 3-19 刀补数据设置画面

输入刀补数据的操作步骤如下：

- ①用光标键移动蓝色亮条到要编辑的选项。
- ②按 Enter 键，蓝色亮条所指刀具数据的颜色和背景都发生变化，同时有一光标在闪烁。
- ③进行编辑修改。
- ④修改完毕，按 Enter 键确认。
- ⑤若输入正确，图形显示窗口相应位置将显示修改过的值，否则原值不变。

4. 程序的录入与保存

(1)按 再按 ，在对话框里输入程序名，如：00010，然后单击“Enter”键，进入程序编辑页面。

(2)程序编辑好后，按 ，单击“Enter”键，则程序应经被保存。

5. 程序的调用与校验

(1)单击 ，选择要校验的程序，单击“Enter”键，则数控系统进入要校验的程序。

(2)数控系统选择“自动”方式，单击 ，单击 ，则程序开始校验。(见图 3-20)

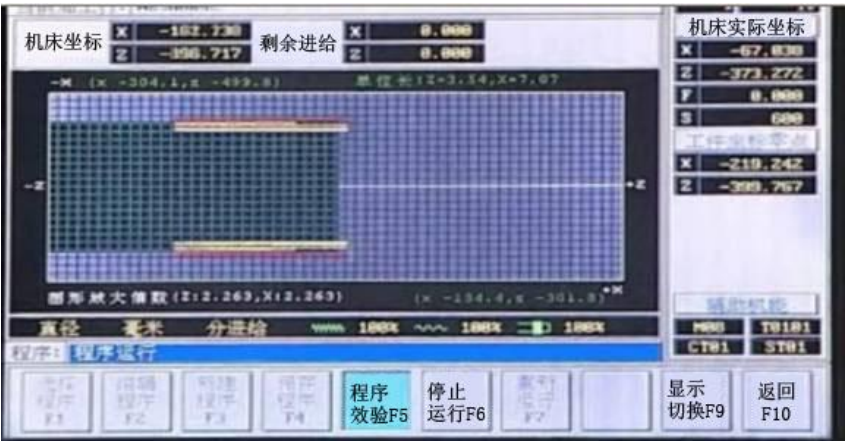


图 3-20 程序校验

6. 程序的运行与加工

(1) 数控系统选择“自动”方式，单击 ，选择要运行的程序，单击“Enter”键，单击 。

(见图 3-21)



图 3-21

(2) 在“自动”方式下，单击  后，开始进行自动加工。



小知识

量具的使用

1. 游标卡尺测量内孔

(1) 当测量零件的内尺寸时：图 3-22 所示。要使量爪分开的距离小于所测内尺寸进入零件内孔后，再慢慢张开并轻轻接触零件内表面，用固定螺钉固定尺框后，轻轻取出读数。取出量爪时，用力要均匀，并使卡尺沿着孔的中心线方向滑出，不可歪斜，免使量爪扭伤；变形和受

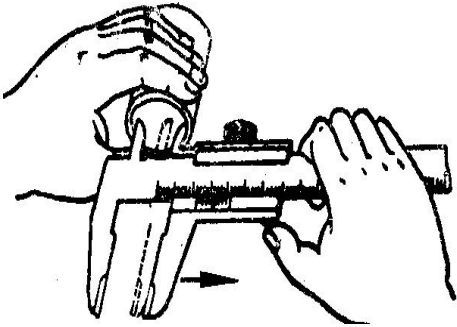


图 3-22



到不必要的磨损,同时会使尺框走动,影响测量精度。面形量爪的游标卡尺,在测量内孔时正确和错误的位置。当量爪在错误位置时,其测量结果,将比实际孔径 D 要小。

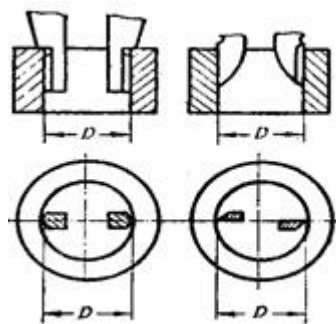


图 3-23 正确

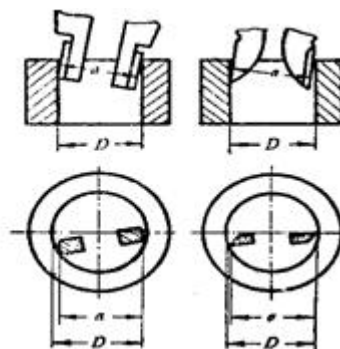


图 3-24 错误

测量内孔时的正确与错误位置

(2) 用下量爪的外测量面测量内尺寸时如用图 3-23 和图 3-24 所示的两种游标卡尺测量内尺寸,在读取测量结果时,一定要把量爪的厚度加上去。即游标卡尺上的读数,加上量爪的厚度,才是被测零件的内尺寸。测量范围在 500mm 以下的游标卡尺,量爪厚度一般为 10mm。但当量爪磨损和修理后,量爪厚度就要小于 10mm,读数时这个修正值也要考虑进去。

(3) 用游标卡尺测量零件时,不允许过分地施加压力,所用压力应使两个量爪刚好接触零件表面。如果测量压力过大,不但会使量爪弯曲或磨损,且量爪在压力作用下产生弹性变形,使测量得的尺寸不准确(外尺寸小于实际尺寸,内尺寸大于实际尺寸)。

在游标卡尺上读数时,应把卡尺水平的拿着,朝着亮光的方向,使人的视线尽可能和卡尺的刻线表面垂直,以免由于视线的歪斜造成读数误差。

(4) 为了获得正确的测量结果,可以多测量几次。即在零件的同一截面上的不同方向进行测量。对于较长零件,则应当在全长的各个部位进行测量,务使获得一个比较正确的测量结果。



小提示: 为了使读者便于记忆,更好的掌握游标卡尺的使用方法,把上述提到的几个主要问题,整理成顺口溜,供读者参考。

量爪贴合无间隙,主尺游标两对零。

尺框活动能自如,不松不紧不摇晃。

测力松紧细调整,不当卡规用力卡。

量轴防歪斜,量孔防偏歪,

测量内尺寸,爪厚勿忘加。

面对光亮处,读数垂直看。

2. 内径百分尺

内径百分尺(如图 3-25-1 所示),其读数方法与外径百分尺相同。内径百分尺主要用于内测量大孔径,为适应不同孔径尺寸的测量,可以接上接长杆(如图 3-25-2 所示)。连接时,只须将保护帽 5 旋去,将接长杆的右端(具有内螺纹)旋在百分尺的左端即可。接长杆可以一个接一个地连接起来,测量范围最大可达到 5000mm。内径百分尺与接长杆是成套供应的。目前,国产内径百分尺的测量范围 (mm)



50~250; 50~600; 100~1225; 100~1500; 100~5000; 150~1250; 150~1400; 150~2000; 150~3000; 150~4000; 150~5000; 250~2000; 250~4000; 250~5000; 1000~3000; 1000~4000; 1000~5000; 2500~5000。读数值 (mm): 0.01。

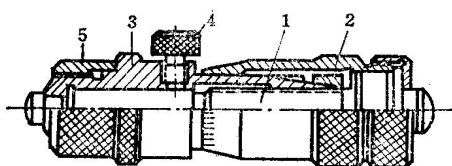


图 3-25-1 内径百分尺

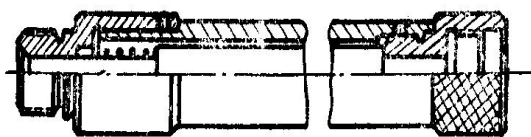


图 3-25-2 接长杆

1-测微螺杆 2-微分筒 3-固定套筒 4-制动螺钉 5-保护螺帽

图 3-25 内径百分尺

内径百分尺上, 没有测力装置, 测量压力的大小完全靠手中的感觉。测量时, 是把它调整到所测量的尺寸后(图 3-26 所示), 轻轻放入孔内试测其接触的松紧程度是否合适。一端不动, 另一端作左、右、前、后摆动。左右摆动, 必须细心地放在被测孔的直径方向, 以点接触, 即测量孔径的最大尺寸处 (最大读数处), 要防止 (如图 3-27 所示) 的错误位置。前后摆动应在测量孔径的最小尺寸处 (即最小读数处)。按照这两个要求与孔壁轻轻接触, 才能读出直径的正确数值。测量时, 用力把内径百分尺压过孔径是错误的。这样做不但使测量面过早磨损, 且由于细长的测量杆弯曲变形后, 既损伤量具精度, 又使测量结果不准确。的距离等内尺寸。但 50mm 以下的尺寸不能测量, 需用内测百分尺。

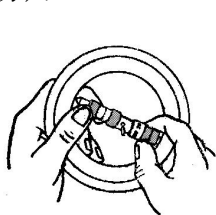


图 3-26

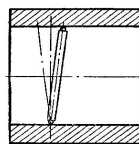
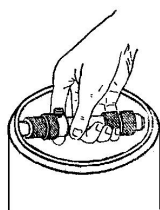


图 3-27

内径百分尺的示值误差比较大, 如测 0~600mm 的内径百分尺, 示值误差就有 $\pm 0.01 \sim 0.02$ mm。因此, 在测量精度较高的内径时, 应把内径百分尺调整到测量尺寸后, 放在由量块组成的相等尺寸上进行校准, 或把测量内尺寸时的松紧程度与测量量块组尺寸时的松紧程度进行比较, 克服其示值误差较大的缺点。(见图 3-28)

(1) 内径百分尺, 除可用来测量内径外, 也可用来测量槽宽和机体两个内端面之间。

(2) 内测百分尺

内测百分尺 (如图 3-29 所示), 是测量小尺寸内径和内侧面槽的宽度。其特点是容易找正内孔直径, 测量方便。国产内测百分尺的读数值为 0.01mm, 测量范围有 5~30 和 25~50mm 的两种,

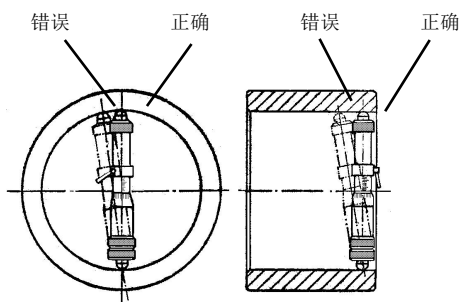


图 3-28 内径百分尺的错误位置



图 3-29 所示的是 5~30mm 的内测百分尺。内测百分尺的读数方法与外径百分尺相同，只是套筒上的刻线尺寸与外径百分尺相反，另外它的测量方向和读数方向也都与外径百分尺相反。

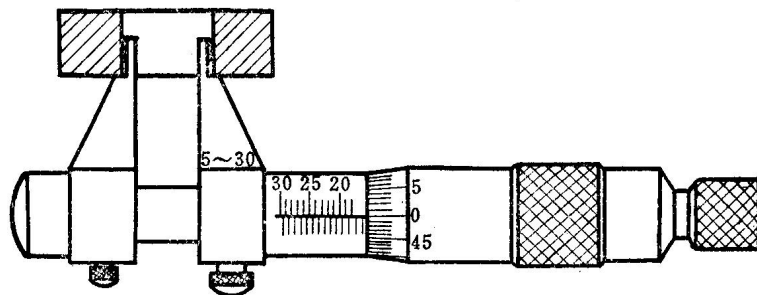


图 3-29 内测百分尺

(3) 用万能角度尺测量内锥

这种方法测量精度不高,只适用于单件、小批生产。万能角度尺的结构见图 3-30。测量时,转动万能角度尺背面的捏手 8,使基尺 5 改变角度,当转到所需角度时,用制动螺钉锁紧。

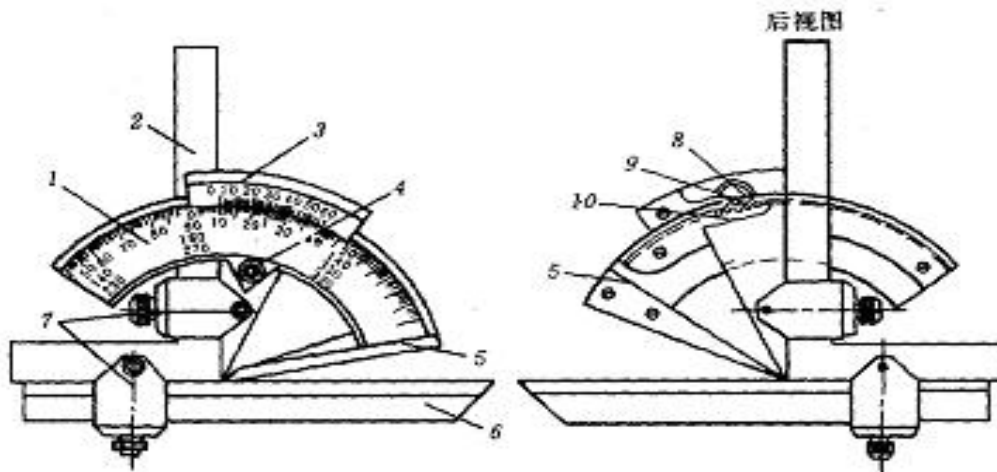


图 3-30

(4) 圆锥塞规检测内锥 (见 图 3-31)

7. 内锥体综合测量方法

(1) 主要检测设备：圆锥塞规。

(2) 测量过程及注意事项：图 3-31 为测量简图。圆锥塞规一般用涂色法检验成批生产的内圆锥的锥角、形状误差和基面距的偏差。检验时，在圆锥塞规母线方向上均匀涂上三条厚为 1 微米到 3 微米的红丹粉（或蓝油），再与被测工件配合转动 30°后取下，若圆锥塞规上着色均匀的擦去，说明被测工件锥角合格。其次，将被测工件与圆锥塞规配合，若被测工件端面在圆锥塞规两刻线之间，则被测工件基面距合格。

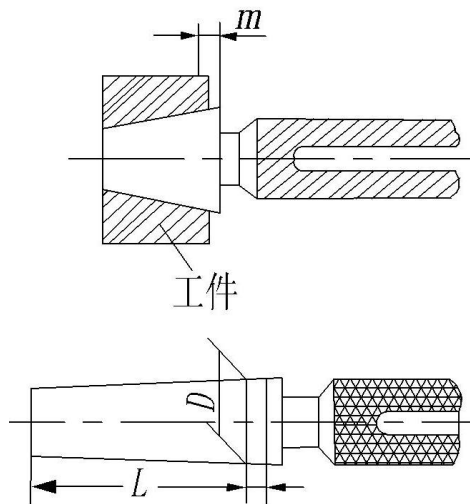


图 3-31 锥度环规检测内锥

7. 刀具补偿值的输入和修改

根据刀具的实际参数和位置，将刀尖圆弧半径补偿值和刀具几何磨损补偿值输入到与程序对应的存储位置。如试切加工后发现工件尺寸不符合要求时，可根据零件实测尺寸进行刀偏量的修改。例如测得工件外圆尺寸偏大 0.5mm，可在刀偏量修改状态下，将该刀具的 X 方向刀偏量改小 0.25mm，在 X 磨损栏内输入“-0.25”即可。

8. 数控机床操作注意事项

- (1) 注意实习操作规范、机床熟练程度等；
- (2) 遵守数控工房安全、纪律，安全文明实习；
- (3) 正确安装刀具，合理选用刀具和切削量，并经常检查刀具的紧固和磨损情况。
- (4) 经常注意各部分运转情况，如有异常现象，立即 停车，排除故障。
- (5) 离开机床时，必须切断电源，下班前应将各手柄、刀架和尾架置于非工作位置，作好交接班记录。

学习活动 4 质量检测

1.莫氏套检查测评表（见表 3-5）

表 3-5

序号		考核内容与要求	配分		评分标准
			精度	表面粗糙度	不合格全扣
1		Φ34mm Ra3.2μm	8	2	不合格全扣



	项目与权重 （60%）				
2		Φ18mm Ra3.2μm	8	2	不合格全扣
3		Φ16mm Ra3.2μm	8	2	不合格全扣
4		Φ30mm Ra3.2μm	8	2	不合格全扣
5		40mm Ra3.2μm	5	1	不合格全扣
6		25mm Ra3.2μm	5	1	不合格全扣
7		8mm Ra3.2μm	5	1	不合格全扣
8		3:10 Ra3.2μm	10	2	不合格全扣
9		倒角C2	3	1	不合格全扣
10		程序格式、正确性	5		每处错扣2分
11		加工步骤、路线、切削用量	5		每处错扣2分
12		刀具选择安装	5		不正确全扣
13	程 序 与 加 工 工 艺 (20%)	装夹方式	5		不正确全扣
序号		考核内容与要求	配分		评分标准
			精度	表面粗糙度	
14	车床操作（10%）	对刀的正确性	3		14
15		坐标系设定正确性	3		15
16		车床操作正确性	4		16
17		安全操作	4		17
18	文明生产（10%）	车床维护与保养	3		18
19		工作场所整理	3		19
总配分			100		

2. 莫氏套加工误差分析及解决方法 (见表 3-6)

表 3-6

误差现象	产生原因	解决办法
内孔尺寸超差	1. 看错图纸	1. 仔细阅读图纸, 看正确尺寸



	2. 程序错误	2. 检查、修改加工程序
锥孔尺寸不符合要求	1. 程序错误 2. 刀具磨损	1. 正确编制加工程序 2. 及时更换车刀
切削过程出现干涉	1. 刀具参数不正确 2. 刀具安装不正确	1. 正确检查刀具参数 2. 正确安装刀具
内孔有锥度	1. 刀具磨损 2. 产生让刀 3. 车头轴线歪斜	1. 更换刀具 2. 尽可能采用大尺寸刀杆 3. 检查车床导轨平行度
内孔或内锥不光	1. 车刀磨损 2. 刀具刃磨不正确 3. 车刀安装不合理 4. 切削用量选择不当	1. 及时更换车刀 2. 正确刃磨刀具或更换车刀 3. 按要求正确安装刀具 4. 适当降低切削速度，减小进给量

学习活动 5 反馈评价

1. 学习过程反馈

学习任务一	销轴的加工	
学习内容	理解的内容（要点）	存在的问题
分 析 加工工艺		



编写加工 技术文件		
加工工件		

2. 自我评价、小组评价及教师评价

理论知识部分主要通过学生口头表述、作业形式进行小组评价或教师评价。实操技能部分，一方面要对学生在实操中各个环节运用的有关方法、掌握技能的水平进行定性评价，另一方面还要对学生的实践操作结果进行抽样测量、检查，给予最终定量评价。

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	① 指令格式及走刀路线	5				
	② 基础知识融会贯通	5				
	③ 零件图纸分析	5				
	④ 制定加工工艺	5				
	⑤ 加工技术文件的编制	5				
实操技能	① 程序的输入	5				
	② 图形模拟	10				
	③ 刀具、毛坯的装夹及对刀	5				
	④ 加工工件	5				
	⑤ 尺寸与粗糙度等的检验	5				
	⑥ 设备维护	10				
安全文明 生产	① 正确开关机床	5				
	② 工具、量具的使用及放置	5				
	③ 机床维护	5				



	④ 卫生保持及机床复位	5				
学习态度	① 出勤情况	5				
	② 车间纪律	5				
	③ 团队协作精神	5				

3. 个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

学习活动 6 拓展链接

一、拓展训练

在完成任务三的基础上，完成下图 3-32 所示工件锥套的编程加工。

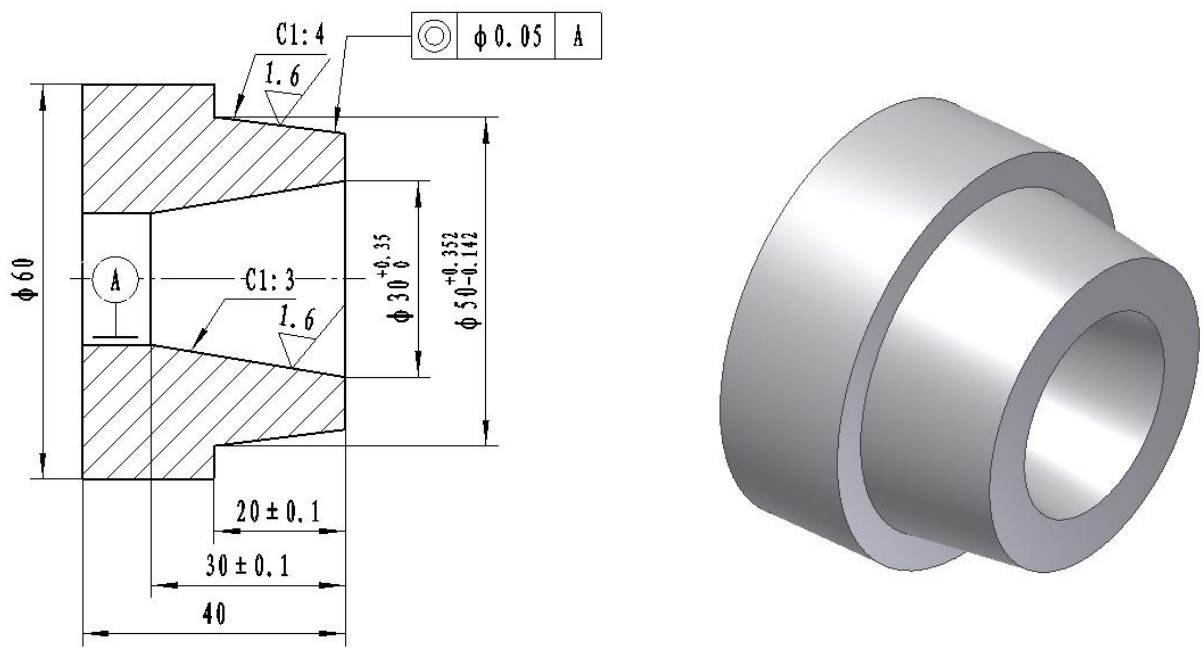




图 3-32 锥套

(一) 加工工艺分析

(1) 技术要求分析零件包括外圆锥面、外圆柱面、内圆锥面、内圆柱面等加工。内外圆锥面处尺寸精度要求较高,是作为锥度配合面设计的,内孔与外圆锥有同轴度要求。

(2) 确定装夹方案、定位基准和刀位点。

a. 装夹方案: 原料为毛坯棒料,可采用三爪自定心卡盘装夹定位,伸出卡盘端面50mm

b. 设定程序原点: 在工件右端面与轴线的交点处建立工件坐标系(采用试切对刀法建立)。

c. 换刀点设置: 在工件坐标系X200 Z100处。

d. 加工起点设置: 外表面粗、精加工设定在(X67 Z2)处;内孔粗、精加工设定在(X18 Z2)处。

(3) 刀具选择、加工方案制定和切削用量确定其见下表3-7、3-8。

(二) 编写加工技术文件

1. 工序卡

表 3-7

材料	45#	产品名称或代号		零件名称		零件图号	
		CK6140		锥套		CKA001	
工序号	程序编号	夹具名称		使用设备		车间	
001	%0301	三爪自定心卡盘				数控实习车间	
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格 b×h(mm)	主轴转速 n(r/min)	进给量 f(mm/r)	背吃刀量 ap(mm)	备注
1	粗车外轮廓	T0101	25×20	600	0.2	1.5	
2	精车外轮廓	T0202	25×20	1000	0.08	0.25	
3	粗精车内孔圆	T0303	12×200×20	600/1000	0.15/0.08	1/0.25	
4	切断棒材	T0404	25×20	450			
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页

2. 刀具卡

表 3-8

产品名称或代号		CKA012	零件名称	锥套		零件图号	CKA001
序号	刀具号	刀具名称	数量	加工表面	刀尖半径 R/mm	刀尖方位 T	备注
1	T0101	90°硬质合金	1	粗车外圆	0.8	3	粗车刀
2	T0202	93°硬质合金	1	精车外圆	0.2	3	精车刀
3	T0303	镗孔车刀	1		0.2	3	
4	T0404	切断刀(刀宽 4mm)	1			3	
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页



3. 相关数值计算:

根据锥度计算公式: $C = \frac{D-d}{L}$

$$d = D - CL = 30 - \frac{1}{3} \times 30 = 20$$

基点值为 X20 Z0

c. 其他各基点值可通过标注尺寸识读或换算出来(请自己算出)。

4. 工艺路线确定

a. 手动钻毛坯孔---打中心孔 $\phi 3$ ---用 $\phi 10$ 钻头钻孔,深 42mm---用 $\phi 18$ 钻头扩孔,深 42mm---用 $\phi 18$ 平头钻平孔底面。

b. 用 G71 复合固定循环指令粗车外圆表面(精加工余量 0.5mm)。

c. 用 G71 复合固定循环指令粗车内圆表面(精加工余量 0.5mm)。

d. 手动切断工件。

(三) 零件的参考程序 (见表 3-6)

表 3-6

程序号: %0301		
程序段号	程序内容	说明
N10	M03 S600	开启主轴
N20	T0101	选用一号刀
N30	G00 X67.0 Z2.0	刀具靠近工件(起刀点)
N40	G95 G71 U1.5 R0.5 P50 Q100 X0.5 Z0.05 F0.2	G71 外径粗车复合循环
N41	G00 X100 Z100	粗加工外圆后返回换刀点
N42	M05	主轴停止
N43	M00	进给停、检测
N44	M03S1000	精加工外圆主轴转速
N45	T0202	换 2 号刀
N50	G00 X28.0	粗加工外圆轮廓
N60	G01 Z0 F0.08	
N70	X45.0	
N80	X50.0 Z-20.0	
N90	X60.0	
N100	Z-40.5	
N110	G00 X200.0 Z100.0	刀具返回换刀点
N111	M05	主轴停止
N112	M03S600	粗加工内孔主轴转速
N120	T0303	换 3 号刀
N130	G00 X18.0 Z2.0	刀具靠近工件(起刀点)
N140	G71 U1.0 R0.5 P150 Q180 X-0.5 Z0.05 F0.15	G71 内径粗车复合循环



N141	M05	主轴停止
N142	M00	进给停、检测
N143	M03S1000	精加工内孔主轴转速
N150	G00 X30.0	精加工内孔轮廓
N160	G01 Z0 F0.08	
N170	X20.0 Z-30.0	
N170	X20.0 Z-30.0	
N180	Z-40.5	
N190	G00 X200.0 Z100.0	刀具返回换刀点
N420	M05	主轴停止
N430	M30	主程序结束并复位

(五)、零件加工评价

图 3-32 所示锥套零件加工评价（见表 3-7）。

表 3-7

班级		姓名		学号			
课题		台阶轴的加工		零件编号			
基本 检 查	编 程	序号	检查内容	配分	自评分	小组评分	教师评分
		1	切削加工工艺制定正确				
		2	切削用量选择合理				
	操 作	3	程序正确、简单、规范				
		4	设备操作、维护保养正确				
		5	安全、文明生产				
		6	刀具选择、安装正确、规范				
		7	工件找正、安装正确、规范				
	工作态度		8	行为规范、纪律表现			
外圆		9	φ60 mm				
		10	φ50 mm				
内孔 外锥 内锥 长度		11	φ30mm				
		12	φ20 mm				
		13	C1:4				
		14	C1:3				
		15	20±0.1				
		16	30±0.1				
		17	40				



学习活动 7 巩固提高

一、毛坯直径为 $\phi 40\text{mm}$ 的 45#圆钢，要求按图示加工零件（如图 3-33 所示）。

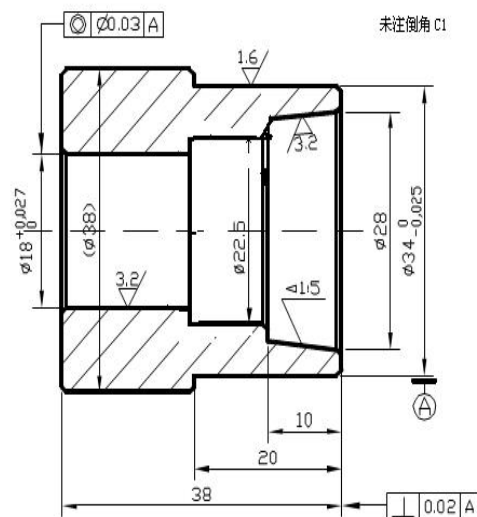


图 3-33

二、毛坯直径为 $\phi 55\text{mm}$ 的 45#圆钢，试加工如图所示零件（如图 3-34）

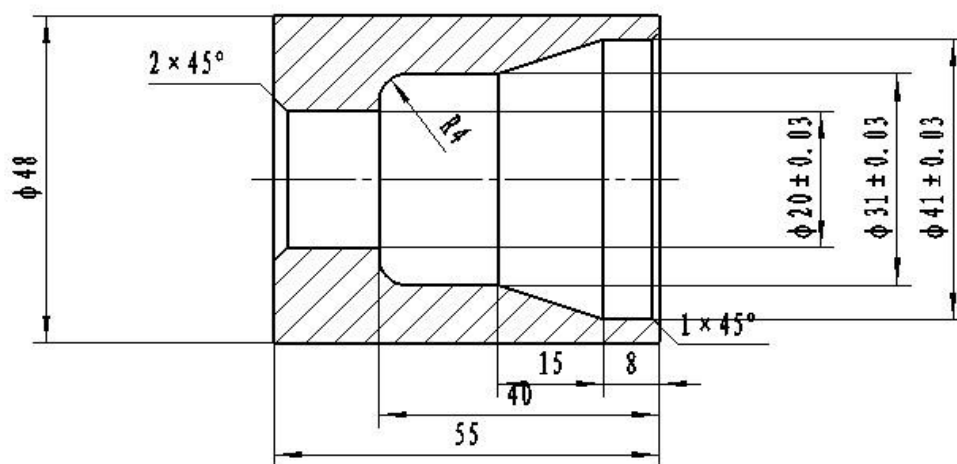


图 3-34



学习任务四 切纸辊的加工



学习目标

1. 能独立阅读切纸辊生产任务书，明确工时、加工数量等要求，说出所加工零件的用途、功能和分类。
2. 由零件的加工任务图编制加工工艺、选择合适指令编程。
3. 据任务书准备工、量、夹具。
4. 根据加工要求正确刃磨硬质合金切槽刀及相关刀具。
5. 按加工任务书对零件进行粗、精加工。
6. 能按车间现场 6S 管理和产品工艺流程要求，进行质量检验和确认。
7. 能按车间要求，规范填写交接班记录表。
8. 能主动获得有效信息，展示工作成果，对学习工作进行总结反思，能与他人展开良好合作，进行有效沟通。

建议完成本任务为 40 学时。



工作情景描述

切纸辊是切纸机上的重要部件，用来保证将纸张切整齐。现某造纸机械有限公司有一批切纸辊需要加工，订单提供有切纸辊的零件图纸如图 4-1 所示，生产部门委托我校数控车工来完成加工任务。要求同学们根据零件图的要求进行首件试生产，并检验加工精度，以便实现批量生产。

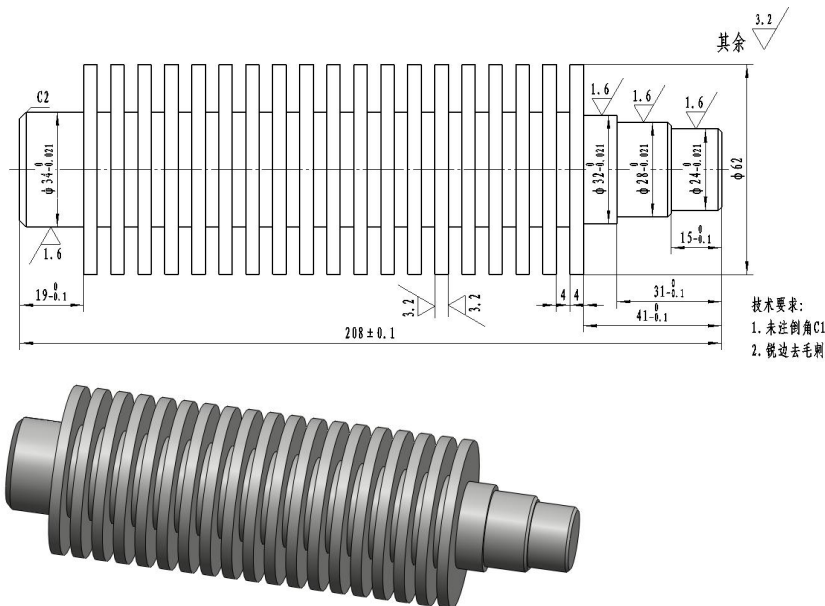


图 4-1 切纸辊零件图



学习活动 1 知识储备

在机械零件上,由于工作情况和结构工艺性的需要,有各种不同断面形状的沟槽,如退刀槽、砂轮越程槽、轴肩槽以及 V 型槽、单槽及多槽等.根据沟槽的工作要求,要求部分槽底及沟槽两侧有较高的尺寸精度、形位精度和表面加工质量,因此沟槽类零件的加工是数控车床加工过程中非常重要的环节。



一、在数控车床上加工槽类零件需要用到哪些工艺知识?



想一想

1. 零件的装夹

根据槽的宽度,在切槽中经常采用直接成型法,即槽的宽度等于切槽刀的宽度,也就是等于背吃刀量。采用这种方法切削时会产生较大的切削力。同时,大多数的槽位于零件外圆表面,切槽时产生的主切削力的方向与工件轴线垂直,必然会影响工件的稳定性。在数控车床上加工槽一般可采用下面两种装夹方式:

(1) 三爪自定心卡盘或四爪单动卡盘夹持工件一端,另一端伸出,并适当增加夹持面的长度,以保证定位准确,装夹稳固,必要时可以利用软卡爪。

(2) 利用尾座和顶尖作为辅助支撑,采用一夹一顶方式装夹,最大限度地保证零件装夹稳定。



提示

软卡爪: 在车削批量较大的工件时,为了提高工件在加工时的定位精度和节约工件安装时的辅助时间,常利用软卡爪。为了根据实际需要随时改变爪面圆弧直径与形状,把三爪卡盘淬火的卡爪,改换为低碳钢、铜或铝合金卡爪。如卡盘爪是两体的,可把爪部换成软金属;如卡爪是一体的,可在卡爪上固定一个软金属块。



想一想

2. 进刀方式

(1) 对于宽度不大、深度不大、且精度要求不高的槽,可采用与槽等宽的刀具直接切入,一次成形。刀具切入到槽底后,可利用延时指令进行短暂停留,以修整槽底圆度,退刀时采用快速退刀,如有必要可采用工进速度。

(2) 对于宽度不大,但深度较大的深槽零件,为了避免在切槽过程中由于排屑不流畅,使刀具前刀面压力过大出现扎刀和折断刀具的现象,应采用分次进刀的方式,刀具在切入工件一定深度后,停止进刀并回退一段距离,达到断屑和排屑的目的。注意尽量选择强度较高的刀具。

(3) 宽槽的切削。通常把大于一个切刀宽度的槽称为宽槽,宽槽的宽度、深度的精度要求以及表面粗糙度要求相对较高。在切宽槽时采用排刀的方式进行粗切,然后用精切槽刀沿槽的一侧且至槽底,精加工槽底至槽的另一侧,再沿侧面退出。

以上三种进刀方式见下图 4-2

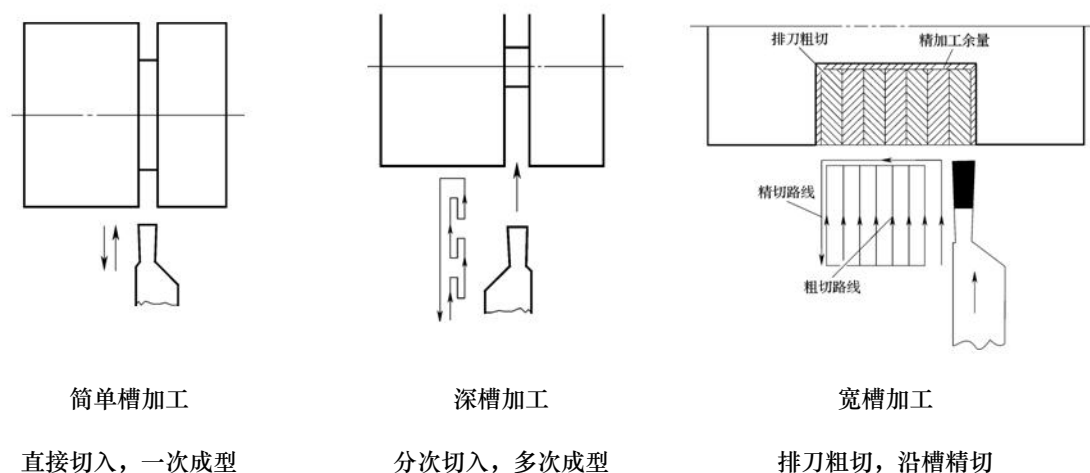


图 4-2 三种进刀方式



3. 刀具的选择

(1) 切槽刀的选用

① 外切槽刀的几何形状和角度 外切槽刀车削时是以横向进给为主。前端的切削刃是主切削刃，两侧的切削刃是副切削刃，一般外切槽刀的主切削刃较窄，刀头较长，刀头强度比其他车刀差，所以在选择几何参数和切削用量时应特别注意。

外切槽刀的几何形状和角度如图 4-3 所示。

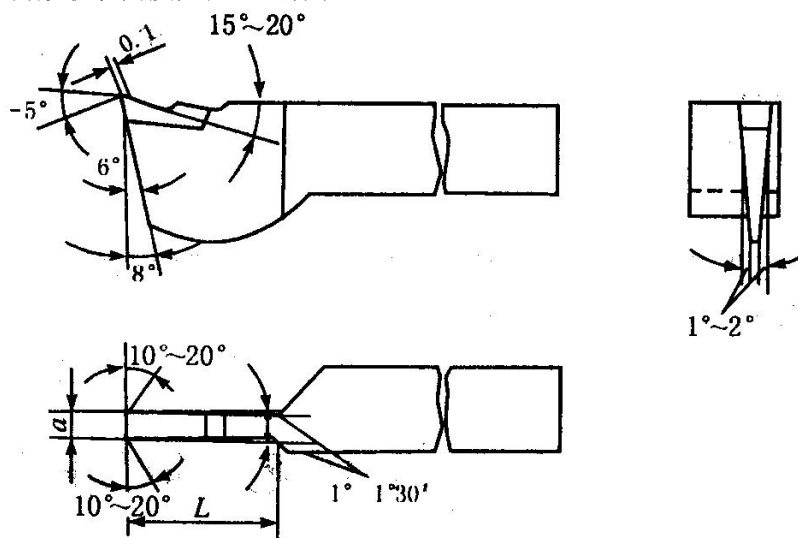


图 4-3 外切槽刀的几何形状

② 选用外切槽刀主要从两方面考虑

A. 外切槽刀主切削刃的宽度 a 要适宜，太宽会因切削力太大而振动，同时浪费材料；太窄又削弱刀体强度。主切削刃宽度可用下面的经验公式计算：

$$a \approx (0.5 \sim 0.6) \sqrt{d}$$

式中： d ——工件直径（mm）



B. 切削刃的长度 L 要大于槽深，以免刀具发生碰撞，一般采用经验公式计算：

$$L=h+(2\sim3)\text{mm}$$

式中： L ——刀体长度，mm。

h ——切入长度，mm。

③ 内切槽刀的选择

内切槽刀与外切槽刀的几何形状相似，只是装夹方向相反，且在内孔中车槽。需注意车槽时主后面的影响，应刃磨成两个主后面或刃磨圆弧形主后面，在较小的孔中加工内槽，一般刃磨成整体式，如图 4-4 (a) 所示。在较大直径的孔中加工内槽，可将车槽刀刀体装夹在刀柄上使用，如图 4-4 (b) 所示。由于内槽通常与孔轴线垂直，因此要求内槽车刀的刀体与刀柄轴线垂直。

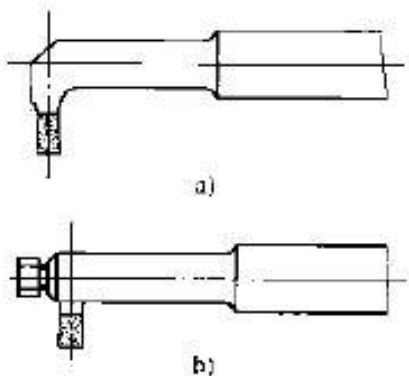


图 4-4 内切槽刀 a) 整体式 b) 装夹式

(2) 切槽刀的装夹 装夹切槽刀时应注意：

① 切槽刀伸出刀架不宜过长，刀头中心线必须装得与工件轴线垂直，以保证两副偏角相等，主切削刃与工件轴线平行。

② 切断实心工件时，切刀刀尖必须装得与工件轴线等高，否则不能切到中心，而且容易使刀刃崩断。



想一想

4. 切削用量以及切削液的选择

在数控车床上切槽时，为了避免出现扎刀现象，增加切削稳定性，提高切削效率，必须选择合理的切削用量参数

(1) 切削深度 a_p 确定 切槽时，切削深度 a_p 等于切槽刀的主切削刃宽度。

(2) 进给量 f 的确定 用硬质合金刀具加工普通钢料或铸铁，粗车时，一般取 $f=0.1\sim0.3\text{mm/r}$ ；精车时，常取 $f=0.05\sim0.15\text{mm/r}$ ；加工淬硬钢料时根据硬度不同而选取不同的进给量，一般取 $f=0.05\sim0.2\text{mm/r}$ 。

(3) 主轴转速 S 的确定 切槽时，主轴转速选取的过高，机床容易产生振动现象，选取的过低，影响生产加工效率。数控车床的刚性以及抗振性远高于普通车床。因此，在切削用量的选取上可以选择相对较高的速度，切削速度可以选择外圆切削的 $60\%\sim80\%$ 。

切槽过程中，为了解决切槽刀刀头面积小、散热条件差、易产生高温而降低刀片切削性能等问



题，可以选择冷却性能较好的乳化类切削液进行喷注，使刀具充分冷却。



5. 编写程序时刀位点的确定

切槽刀有左右两个刀尖及切削中心处三个刀位点，在编写程序时采用其中一个作为刀位点。对于外槽类、内槽类零件，一般常采用刀位点 1（即左刀尖）。如图 4-5 所示。

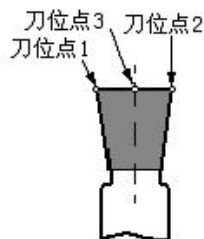


图 4-5 切槽刀的刀位点示意图



二、零件的加工是通过操作数控车床来完成的；如何进行编制数控程序？

1. 直线插补指令 G01

格式： G01 X(U)___ Z(W)___ F___

说明

X、Z：绝对值编程时，切削终点的坐标值；

U、W：增量值编程时，切削终点相对切削起点的增量坐标值；

F：进给速度 单位:mm/min



G01 指令可用来加工外沟槽、内沟槽。

(1) 用 G01 指令编写如图 4-6 所示外沟槽零件的加工程序。

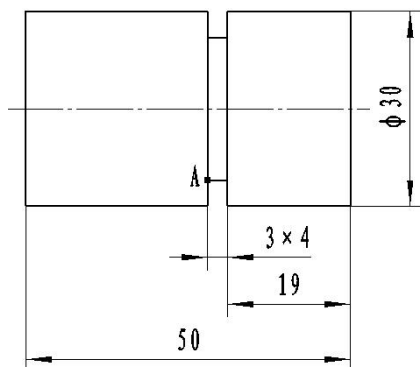


图 4-6 G01 指令加工外沟槽实例



操作提示：

采用 G01 指令编写该外沟槽零件程序时，以工件右端面与主轴轴线交点为工件坐标系原点。采用的切槽刀宽度等于槽宽为 3mm，同时以切槽刀左刀尖作为刀位点，先快速定位至起刀点，然后 Z



向进至切槽起刀点，横向进给切槽一次成型，切槽刀左刀尖进给至槽底，即 A 点坐标为 (X22.0, Z-22.0)，加工程序如下表 4-1 所示。

表 4-1 外沟槽零件加工程序

%0001	程序号
M03 S400 T0101	选用 1 号外切槽刀，左刀尖对刀，1 号刀具补偿，启动主轴
G00 X32.0 Z2.0	快速定位至起刀点
Z-22.0	Z 向进至切槽起刀点，准备切槽
G01 X22.0 F40	切槽至Φ22mm
X32.0 F100	退刀
G00 X100.0 Z100.0	快退至起始点
M05	主轴停止
M30	程序结束

(2) 用 G01 指令编写如图 4-7 所示内槽零件的加工程序。

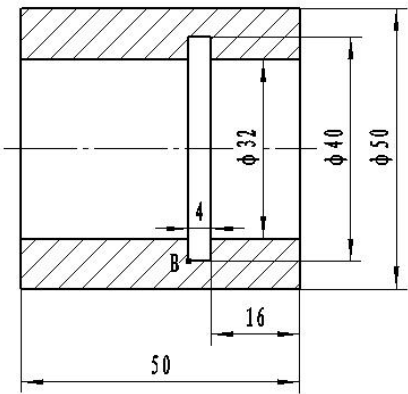


图 4-7 G01 指令加工内沟槽实例



操作提示：

- ① 切削内沟槽零件时，以工件右端面与主轴轴线交点为工件坐标系原点。选用的切槽刀宽度等于槽宽，为 4mm，同时以切槽刀左刀尖作为刀位点，切槽刀左刀尖进给至槽底，即 B 点坐标为 (X40.0, Z-20.0)。
- ② 当切削内沟槽至尺寸退刀时，应让内切槽刀先沿-X 方向退刀，再沿 +Z 方向退刀，以免刀具与内孔壁发生碰撞，造成安全事故。
- ③ 加工程序如表 4-2

表 4-2 内沟槽零件加工程序



%0002	程序号
M03 S300 T0101	选用 1 号外切槽刀，左刀尖对刀，1 号刀具补偿，启动主轴
G00 X30.0 Z2.0	快速定位至起刀点
Z-22.0	Z 向进至切槽起刀点，准备切槽
G01 X40.0 F30	切槽至Φ40mm
X30.0 F100	-X 方向退刀
G00 Z2.0	+Z 方向退刀
Z100.0	快退至起始点
M05	主轴停止
M30	程序结束

(3) 用 G01 指令编写如图 4-8 所示深槽零件的加工程序。

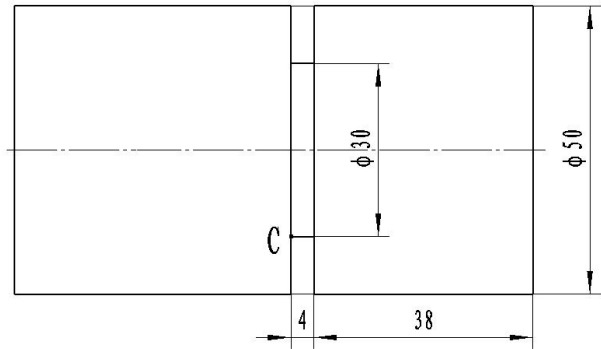


图 4-8 深槽零件



操作提示：

采用 G01 指令编写该外沟深槽零件程序时，以工件右端面与主轴轴线交点为工件坐标系原点。采用的切槽刀宽度等于槽宽，为 4mm，同时以切槽刀左刀尖作为刀位点，先快速定位至起刀点，然后 Z 向进至切槽起刀点，横向进给切槽，对于深槽采用分次进刀的方式，刀具在切入工件一定深度后，停止进刀并回退一段距离，达到断屑和排屑的目的，切槽刀左刀尖进给至槽底，即 C 点坐标为 (X30.0, Z-42.0)。该零件单侧槽深为 $(50-30)/2=10\text{mm}$ ，分次进刀时，以相对坐标编程，可分三次切至槽底，加工程序如下表 4-3 所示。



表 4-3 深槽零件加工程序

%0002	程序号
M03 S300 T0101	选用 1 号外切槽刀，左刀尖对刀，1 号刀具补偿，启动主轴
G00 X52.0 Z2.0	快速定位至起刀点
Z-42.0	Z 向进至切槽起刀点，准备切槽
G01 U-10.0 F40	径向切入
U2.0 F120	径向回退断屑
U-10.0 F40	径向切入
U2.0 F120	径向回退断屑
U-6.0 F40	径向切入
U3.0 F120	径向回退断屑
G00 X52.0	刀具退到 X52.0
Z100.0	返回起刀点
M05	主轴停止
M30	程序结束并返回

2. 暂停指令 G04

利用暂停指令,可以推迟下个程序段的执行,推迟时间就是指令的时间。

格式: G04 P__

其中: P__暂停时间 (单位: 秒)



操作提示:

- a. 程序在执行到某一段后,需要暂停一段时间,进行某些人为的调整,这时就可用 G04 指令使程序暂停。
- b. 该指令可使刀具作短暂时间的无进给光整加工,常用于车槽、镗平面以及镗孔等场合,以降低表面粗糙度。

例如: 加工图 4-6 所示外沟槽零件,要求槽底表面粗糙度为 Ra3.2,则编写程序时需采用暂停指令 G04,

Z-20.0

G01 X40.0 F30

G04 P0.4

X30.0 F100

G00 Z2.0

...

快速靠近槽,准备切槽

切槽至槽底Φ40mm

暂停 1s

-X 方向退刀

+Z 方向退刀

3. 外径切槽复合循环指令 G75



格式:

G75 X(U)___ Z(W)___ R(e)___ Q(Δk)___ I(Δi)___ F(f)___

式中:

X: 绝对值编程时, 为槽底终点在工件坐标系下关于 X 方向的坐标。

U: 增量值编程时, 为槽底终点 A 相对于循环起点 C 关于 X 方向的增量。

Z: 绝对值编程时, 为槽宽的终点在工件坐标系下关于 Z 方向的坐标。

W: 增量值编程时, 为槽底终点 A 相对于循环起点 C 关于 Z 方向的增量。

e: 每次沿 X 方向切削 Δk 后的退刀量, 半径值。

Δk : 切槽过程中径向的每次切入量, 不带符号, 半径值, 单位: 微米。

Δi : Z 方向的进刀次数。

F: 进给速度。

用途: 一般应用于外径有宽槽或者等距槽的情况。

下图 4-9 所示为外径沟槽复合循环指令 G75 轨迹。

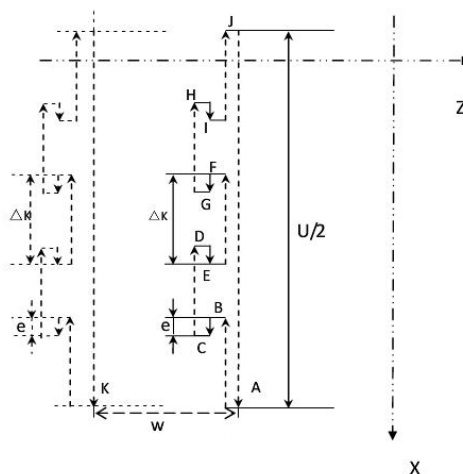


图 4-9 外径切槽复合循环指令 G75 轨迹图

指令应用:

使用 G75 指令编写图 4-10 所示宽槽零件的加工程序。

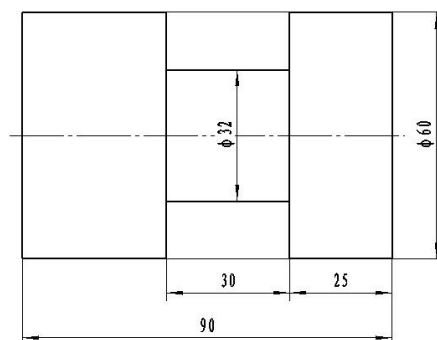


图 4-10 加工简单宽槽零件



操作提示:

① 由图 4-10 所示宽槽零件可知, 槽宽 30mm, 槽深 $= (60-32)/2=14\text{mm}$ 。采取粗精车时, 宽槽两



侧各留 0.2mm 精车余量，槽底留 0.1mm 精车余量（半径方向）。则粗车余量为：Z 方向 $30-0.2 \times 2=29.6\text{mm}$ ，X 方向（单边）为 $14-0.1=13.9\text{mm}$ 。

② 编程时以工件右端面与主轴轴线交点为工件坐标系原点。若采用的切槽刀刀宽为 4mm，且以切槽刀左刀尖作为刀位点。则使用 G75 指令时，切槽刀所在的循环起点坐标为 (X62.0, Z-29.2) (29.2=右端轴颈长度 25mm+刀宽 4mm+单侧精车余量 0.2mm)，切削终点坐标为 (X32.2, Z-54.8)。因循环开始第一刀切出的槽宽就是刀宽，则余下的 Z 方向粗车余量为 29.6-4=25.6mm。我们定义接下来的每次循环切槽刀沿-Z 方向移动 3mm，也就是从第二次循环开始，每次循环 Z 方向切除的金属层宽度为 3mm，则循环次数为 $25.6/3.5=7.3$ ，也就是 8 次，则使用 G75 指令粗车宽槽，总的循环次数为 8+1=9 次。参照图 4-11。

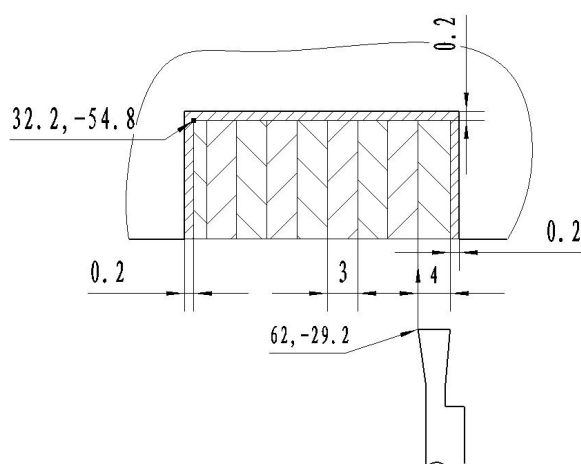


图 4-11 切宽槽进刀原理

③ 加工程序见表 4-4。

表 4-4 切宽槽加工程序

%0004	程序号
M03 S300 T0101	
G00 X62.0 Z-29.2	选用 1 号外切槽刀（刀宽 4mm），左刀尖对刀，1 号刀具补偿，启动主轴
G75 X32.2 Z-54.8 R0.5 Q3.5 I9 F30	快速定位，槽两侧面各留余量 0.2mm，槽底单边留余量 0.1mm，准备切槽
G01 X62.0 Z-29.0 F100	调用切槽循环指令加工宽槽，每次沿 X 方向切削 3.5mm，退刀量 0.5mm，沿 Z 方向进刀次数为 9 次
X32.0 F30	Z 向进至切槽起刀点，准备切槽
Z-55.0	右侧面精加工
X62.0	左侧面精加工
G00 X100.0 Z100.0	快退至起始点
M05	主轴停止
M30	程序结束



4. 子程序的应用与多槽加工

如果一个程序包含重复出现的程序段，或零件上有频繁重复的图形，例如多槽，这样的程序段或图形可以变成子程序以简化编程。调用子程序的程序称为主程序。

在主程序执行期间出现子程序的调用指令时，就执行子程序。当子程序执行程序时，返回主程序继续执行后续程序，如图 4-12 所示。子程序必须在主程序结束指令后建立，其作用相当于一个固定循环。

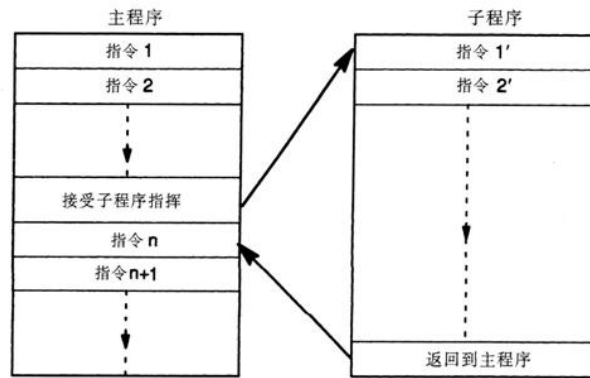


图 4-12 主程序和子程序

(1) 相关指令：

子程序指令 M98、M99

M98：调用子程序

M99：表示子程序结束。执行 M99 使控制返回到主程序

① 主程序调用子程序的指令格式：

M98 Pxxxx Lnnnn

该指令在程序段中的位置：

.....

M98 Pxxxx Lnnnn

.....

M30

说明：

a. 调用程序号为 %xxxx 的子程序 nnnn 次，当不指定重复次数 nnnn 时，子程序只能被调用一次。

b. 当调用次数未输入时，子程序号的前导 0 可以省略；当输入调用次数时，子程序号必须为 4 位数。

c. 在一次调用指令中，子程序最多循环 9999 次。

② 子程序的格式：

%xxxx 子程序号

.....

.....



M99 子程序结束，返回主程序

在子程序开头，必须规定子程序号，以作为调用入口地址。在子程序的结尾用 M99，以控制执行完该子程序后返回主程序。

下图 4-13 表示了主程序调用子程序的执行路径。

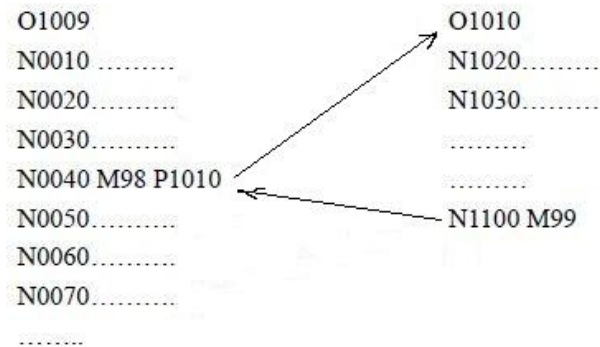


图 4-13 主程序调用子程序的执行路径

为了进一步简化程序，可以让子程序调用另一个子程序，成为子程序的嵌套。上一级子程序与下一级子程序的关系，和主程序与第一层子程序的关系相同。如图 4-14 所示是子程序的嵌套以及执行顺序。

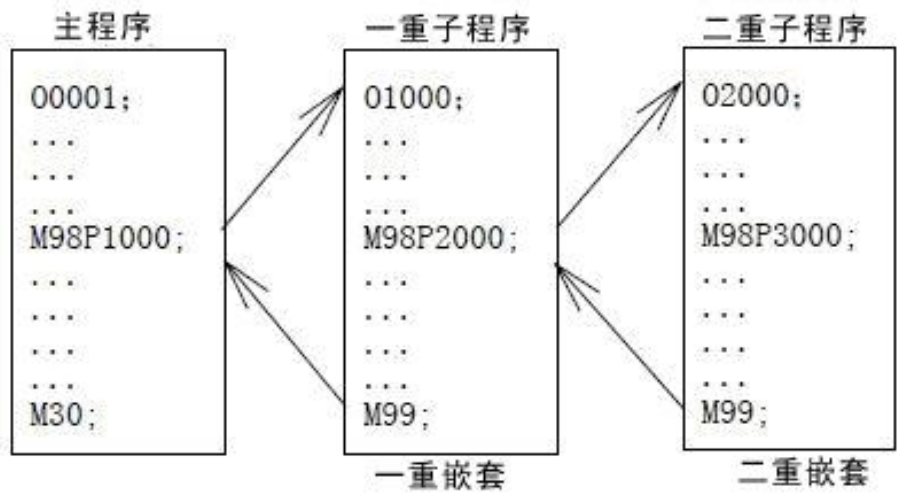


图 4-14 子程序调用的嵌套以及执行顺序



提示：

对于子程序调用的嵌套这个知识点，同学们只要了解即可，不做过深要求。

子程序指令 M98、M99 指令应用：

使用子程序命令编制如图 4-15 所示零件的加工程序。

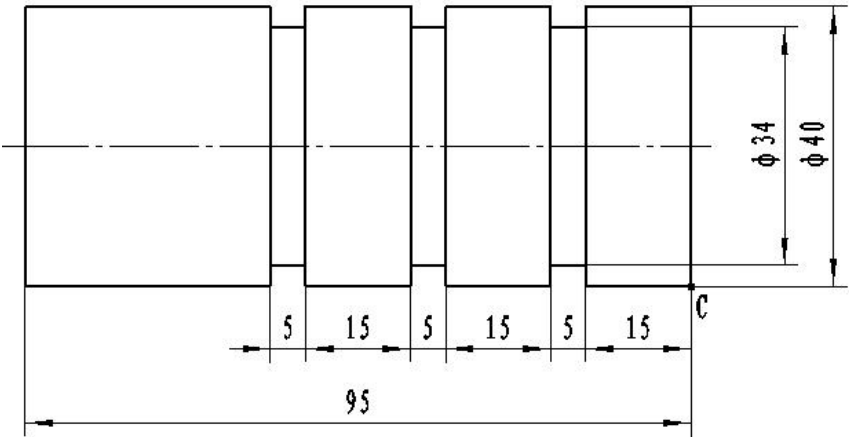


图 4-15 简单多槽零件



操作提示：

- ① 由图 4-15，采用切槽刀刀宽为 5mm，左刀尖为刀位点，则开始运行子程序时的起刀点为 C 点 (X42.0，Z0)。
- ② 编写子程序时，因该零件三个槽槽宽相等，且槽同侧间距相等，为 15+5=20mm。所以每次子程序运行，切槽刀首先往-Z 方向移动 20mm。因为是三个槽，所以调用子程序三次。
- ③ 加工程序见表 4-5。

表 4-5 简单多槽零件加工程序

%0005	程序号
M03 S300 T0101	选用 1 号外切槽刀（刀宽 5mm），左刀尖对刀，1 号刀具补偿，启动主轴
G00 X42.0 Z2.0	快速定位，准备切槽
Z0	
M98 P1000L3	调用切槽子程序（%1000）3 次
G00 X100.0 Z100.0	回参考点
M05	主轴停止
M30	程序结束
%1000	快退至起始点
G00 W-20.0	Z 向进至切槽起刀点
G01 X34.0 F30	切槽至槽底
G00 X42.0	退刀
M99	子程序结束



学习活动 2 制定方案

一、确定切纸辊零件的数控车削加工工艺方案

1. 零件结构及技术要求分析

切纸辊零件需要加工的轮廓有外圆柱面、18 个尺寸相同、槽间距也相同的槽。外圆柱面除 $\Phi 62$ 为自由公差，其余各外圆的尺寸精度要求较高，且表面粗糙度要求也较高，为 $Ra1.6$ ，18 个槽里每个槽的槽宽为 4mm，单侧槽深为 $(62-34)/2=14\text{mm}$ ，槽的两侧面表面粗糙度为 $Ra3.2$ ，要求较高。零件毛坯规格为 $\Phi 65\text{mm}\times 210\text{mm}$ ，材料 45 钢。

2. 装夹方式与加工路线的确定

(1) 工件装夹方式的确定

切纸辊零件在加工时伸出卡盘较长、重量较重、端部刚性较差，为保证工件加工精度，可采用一夹一顶装夹方式进行加工。



操作提示：

利用三爪或四爪卡盘夹住工件一端，另一端用后顶尖顶住，形成一夹一顶装夹结构，如下图 4-16 所示。

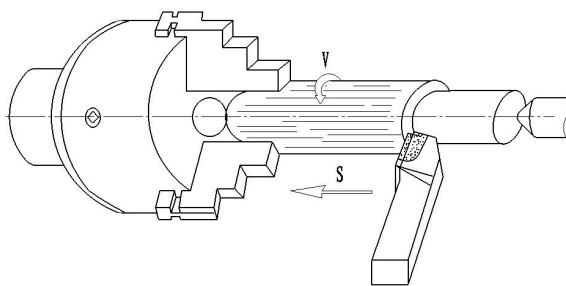


图 4-16 一夹一顶装夹结构图

采用一夹一顶装夹方式装夹工件有以下优点：

- ① 装夹比较安全、可靠，能承受较大的轴向切削力；
- ② 安装刚性好，轴向定位正确；
- ③ 增强较长工件端部的刚性，有利于提高加工精度和表面质量；

但是在轴向切削力的作用下，工件容易产生轴向位移。为防止加工时出现此种情况，可以采取用轴向限位支撑或利用工件的阶合作限位的方法。装夹结构如下图 4-17 所示。

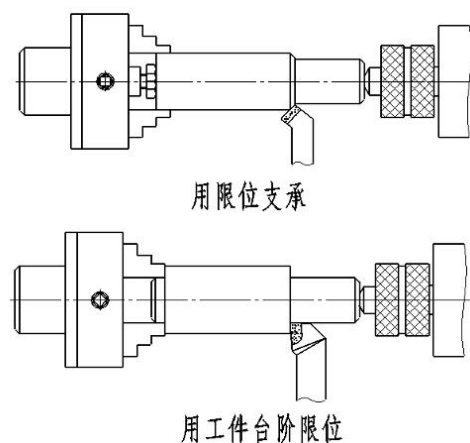


图 4-17

针对切纸辊零件，一夹一顶装夹时采取用工件台阶限位的方法。

(2) 加工路线的确定

① 加工工件台阶限位，三爪自定心卡盘夹持工件毛坯，外伸 50mm，车毛坯外圆，直径 $\Phi 57$ mm，长 25mm。见下图 4-18。

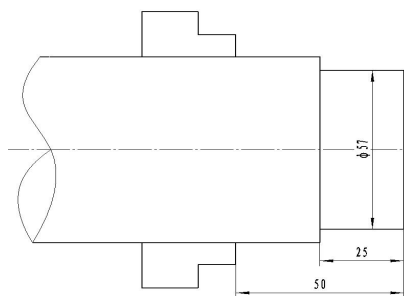
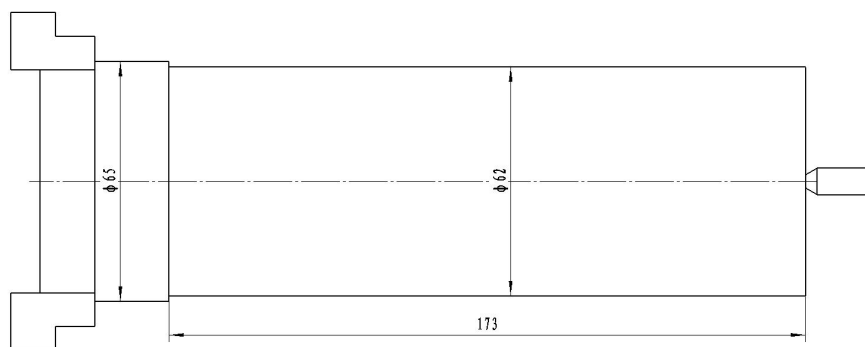


图 4-18 台阶限位图

② 采用一夹一顶，三爪自定心卡盘夹持上一步车好的工件台阶限位，回转顶尖顶持右端中心孔，首先粗精车左端外圆 18 个槽的外圆 $\Phi 62$ mm、 $\Phi 34$ mm、18 个槽至尺寸。工件装夹方式以及加工后的形状见下图 4-19。

粗精车外圆 $\Phi 62$ mm

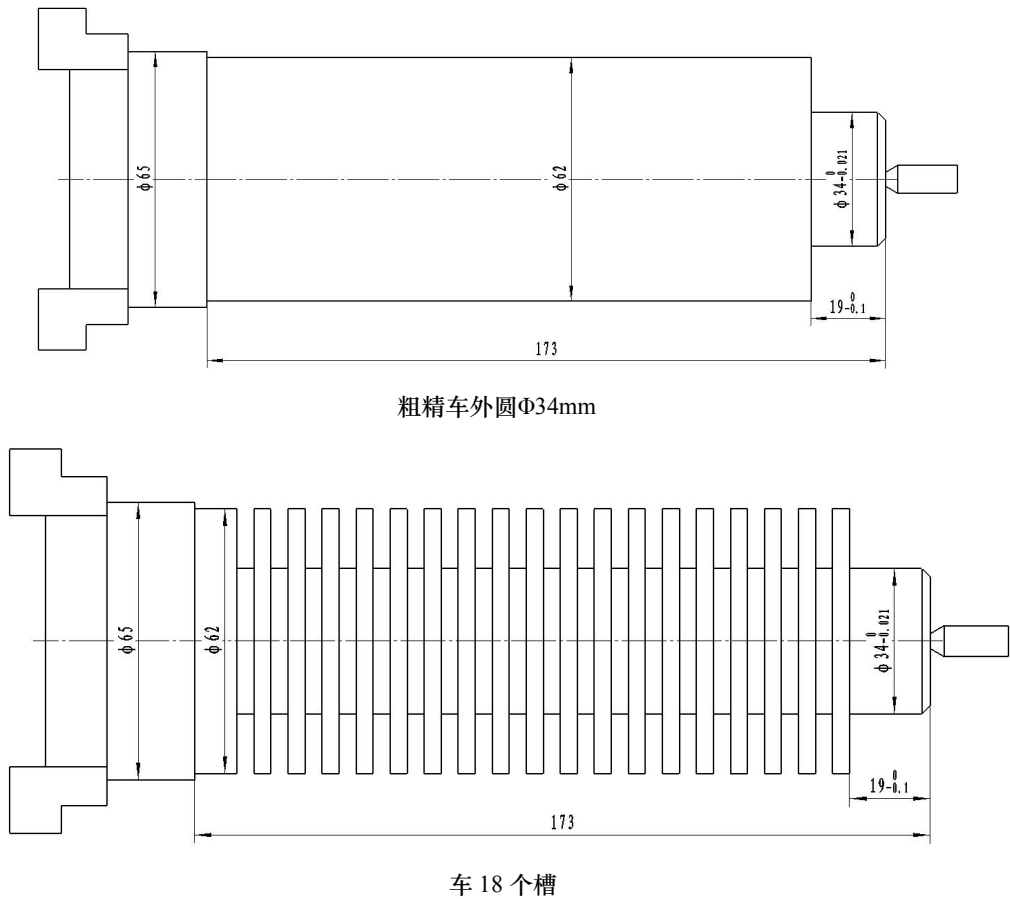


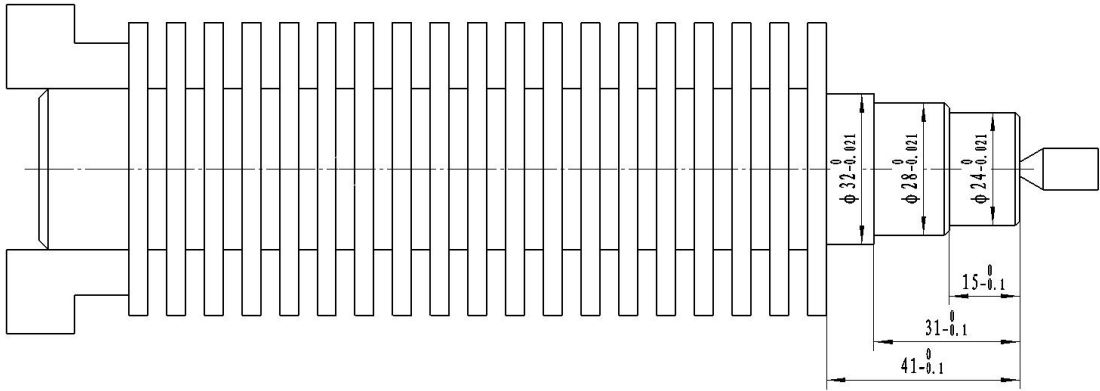
图 4-19 装夹方式以及加工后的形状



操作提示：

执行该步骤时，三爪卡盘夹持台阶限位应先使卡爪轻夹，保证回转顶尖能与工件右端中心孔有效接触后，再夹紧台阶限位，防止主轴启动后工件轴线与顶尖轴线偏离过大使得顶尖锥面大幅跳动进而挤坏顶尖内滚动轴承。

③ 工件调头，三爪自定心卡盘加持工件左端 $\Phi 34\text{mm}$ 外圆，粗精车右端外圆 $\Phi 24\text{mm}$ 、 $\Phi 28\text{mm}$ 、 $\Phi 32\text{mm}$ 至尺寸。工件装夹方式以及加工后的形状见下图 4-20。



粗精车右端外圆 $\Phi 24\text{mm}$ 、 $\Phi 28\text{mm}$ 、 $\Phi 32\text{mm}$

图 4-20 装夹方式以及加工后的形状



操作提示：

为保证左端 $\Phi 34\text{mm}$ 外圆不被卡爪夹伤，可以垫铜皮，铜皮包裹外圆时两头不要闭合，且开口在两卡爪之间，保证卡爪夹持牢固。

二、刃磨硬质合金切槽刀的步骤

1. 粗磨切槽刀

粗磨车槽刀选用粒度号为 $36^\# \sim 60^\#$ 的绿色碳化硅砂轮。

(1) 粗磨两侧副后面

两手握刀，车刀前面向上，如图 4-21 所示，同时磨出左侧副后角 $\alpha_{OL} = 1^\circ 30'$ 和副偏角 $\kappa_r = 1^\circ 30'$ 。

两手握刀，车刀前面向上，如图 4-22 所示，同时磨出右侧副后角 $\alpha_{OR} = 1^\circ 30'$ 和副偏角 $\kappa_r' = 1^\circ 30'$ 。

对于主切削刃宽度，尤其要注意留出 0.5mm 的精磨余量。

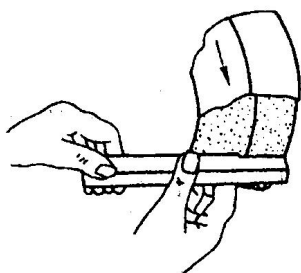


图 4-21

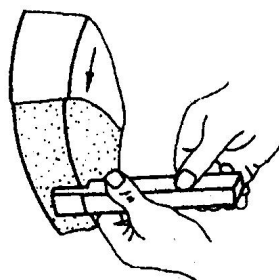


图 4-22

(2) 粗磨主后面

两手握刀，车刀前面向上，如图 4-23 所示，磨出主后面，主后角 $\alpha_o = 6^\circ$ 。

(3) 粗磨前面

两手握刀，车刀前面对砂轮磨削表面，如图 4-24 所示，刃磨前面和前角、卷屑槽，保证前角 $\gamma_o = 25^\circ$ 。

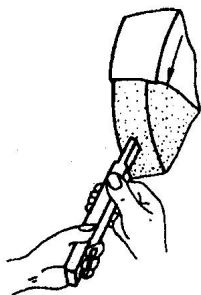


图 4-23

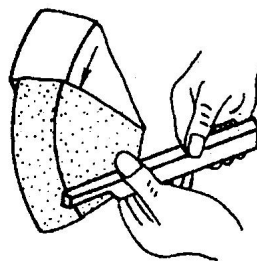


图 4-24

2. 精磨切槽刀

精磨选用粒度号为 $80^\# \sim 120^\#$ 的绿色碳化硅砂轮。

(1) 修磨主后面，保证主切削刃平直。

(2) 修磨两侧副后面，保证两副后角和两副偏角对称，主切削刃宽度 $a = 4\text{mm}$ (工件槽宽)。

(3) 修磨前面和卷屑槽，保持主切削刃平直、锋利。

(4) 修磨刀尖可在两刀尖上各磨出一个小圆弧过渡刃。

三、编写加工技术文件



1. 刀具卡（见表 4-6）

表 4-6 刀具卡

产品名称或代号		CKA012	零件名称	切纸辊		零件图号	CKA2-1
序号	刀具号	刀具名称	数量	加工表面	刀尖半径 R/mm	刀尖方位 T	备注
1	T0101	90°车刀	1	粗车外轮廓	0.8	3	
2	T0202	90°车刀	1	精车外轮廓	0.2	3	
3	T0303	4mm 宽切槽刀	1	切槽		0	
4	T0404	45°车刀	1	平端面			
5		中心钻	1	打中心孔			
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页

2. 编写加工工艺卡（见表 4-7）

表 4-7 加工工艺卡

工 步 号	工步内容	刀 具	转速 (r/min)	进给量 (mm/min)	背吃 刀量 (mm)	操作 方式
装夹 1：三爪卡盘夹持，工件毛坯齐总长 208mm 至尺寸，两头打中心孔。						
1	平端面	T01	800			手动
2	打中心孔		800			手动
装夹 2：三爪卡盘夹持工件毛坯外圆，伸出卡盘长度约 50mm，车削右端台阶限位						
3	车外圆Φ57mm，长度至 25mm	T01	500	100	2	手动
装夹 3：三爪卡盘夹持工件右端台阶限位，另一头活动顶尖顶持						
4	粗车外圆Φ62mm、Φ34mm、留精车余量 1mm	T01	500	100	2	自动
5	精车外圆Φ62mm、Φ34mm 至尺寸		800	80	0.5	
6	切 18 个槽	T03	300	30		自动
装夹 4：调头，垫铜皮，三爪卡盘夹持Φ34 部分，另一头活动顶尖顶持						
1	粗车右端外圆Φ32mm、Φ28mm、Φ28mm， 留精车余量 1mm	T01	500	0.25	2	自动
2	精车右端外圆Φ32mm、Φ28mm、Φ28mm 至 尺寸	T02	800	0.1		自动



学习活动 3

实施过程

一、编写加工程序



操作提示：

切纸辊零件中 18 个槽尺寸相同、槽间距相同，属于频繁重复的图形，符合子程序调用的使用场合。因此采用子程序编制单槽加工内容，并在主程序中调用子程序切削 18 个槽。因为槽比较深，且槽两侧面表面质量要求高，编写子程序时选用断屑切削方法。

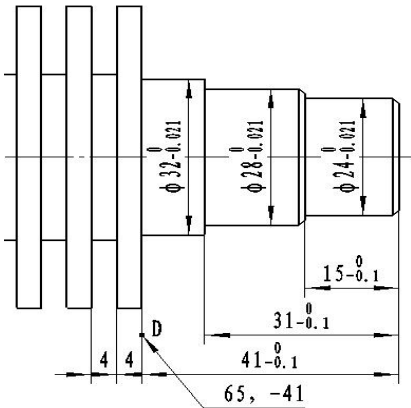


图 4-25

根据右图 4-25，编程时，将工件坐标系原点设置在工件右端面与主轴轴线交点，以切槽刀左刀尖为对刀点，子程序运行时的起点设置在 D 点 (65，-41)，每次子程序运行，切槽刀首先往-Z 方向移动 4+4=8mm。

编写子程序时，切槽刀切单个槽的双侧深度为 65-34=31mm，采用断屑切削，前三次进刀每次进给 10mm，退刀量 3mm，这样每次实际进刀量为 7mm，前三次实际进刀量为 21mm，第四次进刀量为 10mm，虽然退刀量为 3mm，但不影响最终切槽深度。

1. 18 个槽的外圆Φ62mm 的加工程序（表 4-8）

表 4-8

程序号：%0401		
程序段号	程序内容	说明
N10	M03 S500 T0101	以 500 r/min 启动主轴正转，选择 1 号外圆粗车刀，选择 1 号刀具补偿
N20	G00 X65 Z2	刀具快速移动到循环起点位置
N30	G80 X62.5 Z-173 F100	执行外圆粗车循环
N40	G00 X100 Z100	精车程序段循环起点
N50	M05	主轴停转
N60	M00	程序暂停
N70	M03 S800 T0202	主轴以 800r/min 正转，选择 2 号外圆精车刀以及 2 号刀具补偿
N80	G00 X62 Z2	精车轮廓起始行
N90	G01 Z-173 F80	精车Φ62mm 外圆
N100	X65	退出已加工表面
N110	G00X100Z100	刀具返回程序起点
N120	M30	主程序结束并返回



2. 零件左端外圆Φ34mm 的加工程序（表 4-9）

表 4-9

程序号：%0402		
程序段号	程序内容	说明
N10	M03 S500 T0101	以 500 r/min 启动主轴正转，选择 1 号外圆粗
N20	G00 X65 Z2	刀具快速移动到循环起点位置
N30	G71U2R0.5P80Q120X0.5Z0.1F120	粗车量：2mm 精车量：X0.5mm Z： 0.2mm
N40	G00 X100 Z100	精车程序段循环起点
N50	M05	主轴停转
N60	M00	程序暂停
N70	M03 S800 T0202	主轴以 800r/min 正转，选择 2 号外圆精车刀
N80	G00X30	精车轮廓起始行
N90	G01Z0F80	刀具到达倒角起点
N100	X34Z-2	精车 C2 倒角
N110	Z-19	精车Φ34mm 外圆
N120	X65	退出已加工表面
N130	G00X100Z100	刀具返回程序起点
N140	M30	主程序结束并返回

3. 切槽主程序（表 4-10）

表 4-10

程序号：%0403		
程序段号	程序内容	说明
N10	M03 S400 T0303	以400 r/min启动主轴正转，选择3号外切槽刀（4mm），左刀尖对刀，3号刀具补偿
N20	G00 X65.0 Z-41.0	刀具快速移动到第一个槽附近
N40	M98 P1000L18	子程序一级嵌套，主程序调用子程序%1000共18次
N50	G00 X100.0 Z50.0	返回 X100.0 Z50.0
N60	M30	主程序结束并复位



4. 子程序（表 4-11）

表 4-11

程序号：%1000		
程序段号	程序内容	说明
N10	G00 W-8.0	左刀尖对准左侧面，准备切槽
N20	G01 U-10.0 F40	径向切入
N30	U3.0 F120	径向回退断屑
N40	U-10.0 F40	径向切入
N50	U3.0 F120	径向回退断屑
N60	U-10.0 F40	径向切入
N70	U3.0 F120	径向回退断屑
N80	U-10.0 F40	径向切入
N90	U3.0 F120	径向回退断屑
N100	G00 X65.0	刀具退到 X65.0，准备车下一个槽
N110	M99	子程序结束

5. 零件右端Φ24、Φ28、Φ32 外圆加工程序（表 4-12）

表 4-12

程序号：%0404		
程序段号	程序内容	说明
N10	M03 S500 T0101	以 400 r/min 启动主轴正转，选择 1 号外圆粗车刀，选择 1 号刀具补偿
N20	G00 X65 Z2	刀具快速移动到循环起点位置
N30	G71U2R1P80Q170X0.5Z0.2F120	粗车量：2mm 精车量：X0.5mm Z: 0.2mm
N40	G00 X100 Z100	精车程序段循环起点
N50	M05	主轴停转
N60	M00	程序暂停
N70	M03 S800 T0202	主轴以 800r/min 正转，选择 2 号外圆精车刀以及 2 号刀具补偿
N80	G00X22	精车轮廓起始行



N90	G01Z0F80	刀具到达倒角起点
N100	X24Z-1	精车 C2 倒角
程序段号	程序内容	说明
N110	Z-15	精车Φ24mm 外圆
N120	X26	精车端面
N130	X28Z-16	精车 C1 倒角
N140	Z-31	精车Φ28mm 外圆
N150	X32	精车端面
N160	Z-41	精车Φ32mm 外圆
N170	X65	退出已加工表面
N180	G00X100Z100	刀具返回程序起点
N190	M30	主程序结束并返回

二、加工实施

1. 填写工、量具清单 （见表 4-13）

填写工、量具清单，然后到仓库领取有关的工、量具，并把工、量具摆放整齐。

表 4-13 工、量具清单

班级			学号		姓名		
工具名称	规格	数量	备注	工具名称	规格	数量	备注
游标卡尺	0~150mm	1		外径千分尺	0~25mm	1	
卡盘扳手		1		外径千分尺	25~50mm	1	
压刀扳手		1		铜皮	0.2mm	若干	
活顶尖							
借期：		还期：		签名：			

2. 启动数控车床

启动机床步骤：



(1) 将空气开关 扳到“ON”位置，进入数控系统。

(2) 检查“急停”按钮是否松开至  状态，若未松开，右旋松开急停按钮 ，复位。

(3) 进入系统后首先应将各轴返回参考点，按如下步骤进行操作：



① 检查操作面板上回原点指示灯是否亮  若指示灯亮则已进入回原点模式，若指示灯不亮，则按下“回零”按钮，使机床进入回参考点模式。

② 在回零模式下，点操作面板上的  按钮，此时 X 轴将回原点， 上灯变亮，CRT 上的 X 坐标变为“0.000”。

③ 在回零模式下，点操作面板上的  按钮， 上灯变亮，CRT 上的 Z 坐标变为“0.000”。

3. 装夹工件

加工左端时：用三爪卡盘夹住工件台阶限位，另一端用后顶尖顶住。

加工右端时：用三爪卡盘夹住 $\Phi 34$ 外圆，另一端用后顶尖顶住。

装夹工件要注意的事项：

- (1) 一夹一顶装夹后顶尖应找正，与主轴轴线重合，否则工件会产生锥度。
- (2) 中心孔形状应正确，表面粗糙度要小，应清除中心孔的切屑或异物，。
- (3) 尾座套筒在不影响车刀切屑的前提下，尽量伸出短一些，以增加刚性防止振动。
- (4) 一夹一顶装夹工件时，夹持部位 $\Phi 34$ 外圆需垫铜皮，且夹紧力不要过大，以免夹伤已加工表面。

4. 安装刀具

1 号刀位安装 90° 外圆粗车刀；2 号刀位安装 90° 外圆精车刀；3 号刀位安装切槽刀。

安装车刀时应注意：

(1) 外圆车刀的伸出长度一般不超出刀杆厚度的 2 倍，以及 1~1.5 倍为宜；车刀刀尖应与机床主轴中心线等高，如不等高，应用垫刀片垫高，垫刀片要平整，尽量减少垫刀片的片数，一般只用 2、3 片，可选用较厚的垫刀片，以提高车刀的刚度。车刀刀杆中心线应与机床主轴中心线垂直，车刀要用两个刀架螺钉压紧在刀架上，并逐个轮流拧紧。

(2) 切槽刀的刀尖对准工件中心，车刀主切削刃与工件轴线等高（用弹性刀杆应高于轴线约 0.2mm）。装夹时，车槽刀不宜伸出过长，同时车槽刀的中心线必须与工件轴线垂直，以保证两个副偏角对称；其主切削刃必须与工件轴线平行。

装夹车槽刀时，可用 90° 角尺检查其副偏角，见图 4-26。

(3) 切槽刀的底平面应平整，以保证两个副后角对称。

如图 4-26 所示。

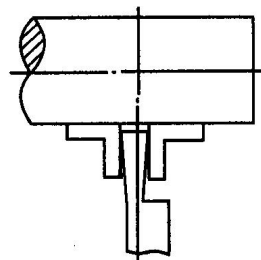


图 4-26

5. 对刀

(1) 1 号刀的对刀：

① 数控系统选择  状态。

② 摇动手轮脉冲发生器 ，让 2 号刀轻蹭工件端面，沿+X 方向退出，如图 4-27 所示：



图 4-27

数控系统操作面板上单击 ，单击 ，选择相应的刀偏号 # 001，在 **试切长度** 一栏输入“0”，如图 4-28 所示。



图 4-28

③ 让 1 号刀试切一刀工件外圆，沿+Z 方向退出，停车，如图 4-29 所示：

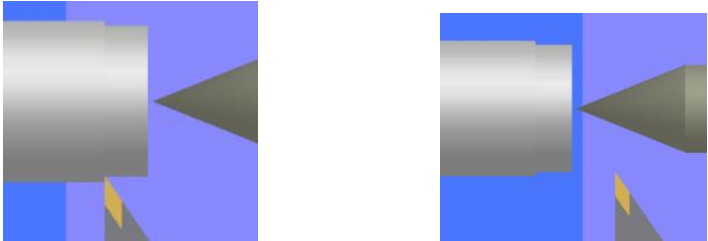


图 4-29

测量试切外圆直径，在 **试切直径** 一栏输入测量值：Φ59.22，如图 4-30 所示



图 4-30



自此，1 号刀的刀具偏置设置工作完成。

(2) 2 号刀的对刀

① 数控系统依旧选择状态。

② 摇动手轮脉冲发生器，让 2 号刀轻蹭工件端面，沿+X 方向退出，如图 4-31 所示：

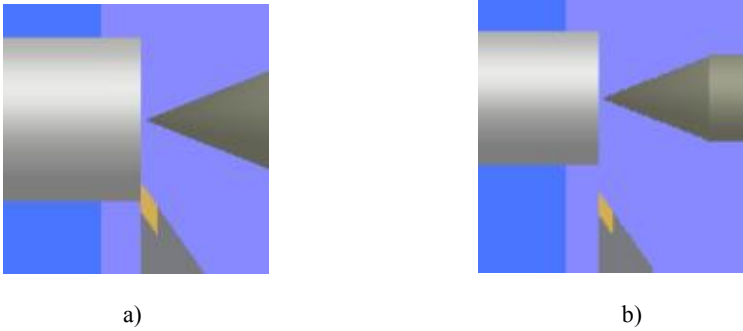


图 4-31

数控系统操作面板上单击，单击，选择 2 号刀的刀偏号 # 002，在一栏输入“0”。如图 4-32 所示：

 华中数控		加工方式：手轮		运行正常		17:09:56	
当前加工程序行：							
刀偏表：							
刀偏号	X偏置	Z偏置	X磨损	Z磨损	试切直径	试切长度	
#0001	0.000	-766.060	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0002	0.000	-766.001	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
#0013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
MDI：							

图 4-32

③ 让 2 号刀试切一刀工件外圆，沿+Z 方向退出，停车，如图 4-33 所示：

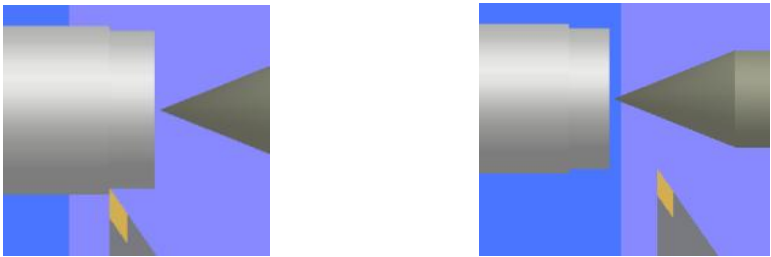




图 4-33

测量试切外圆直径，在 **试切直径** 一栏输入测量值： $\Phi 57.973$ 。如图 4-34 所示

#0002	-388.634	-766.001	0.000	0.000	57.973	0.000
-------	----------	----------	-------	-------	--------	-------

图 4-34

自此，2 号刀的刀具偏置设置工作完成。

(3) 3 号刀的对刀

① 数控系统依旧选择  状态。

② 摇动手轮脉冲发生器 ，让 3 号刀的左刀尖轻蹭工件端面，沿+X 方向退出，如图 4-35 所示

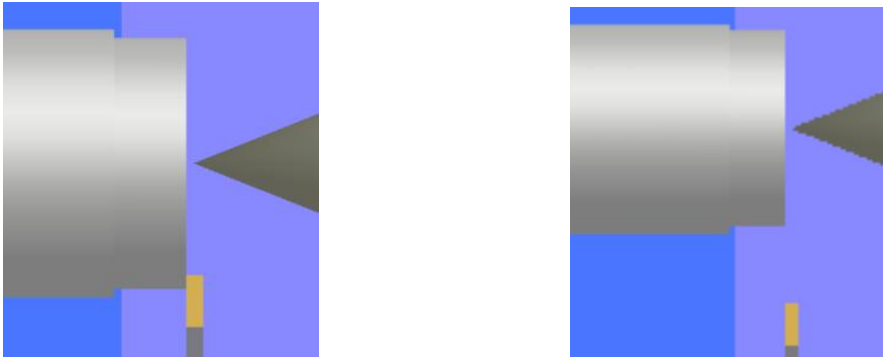


图 4-35

数控系统操作面板上单击 ，单击 ，选择 3 号刀的刀偏号 # 003，在 **试切长度** 一栏输入“0”。

③ 让 3 号刀轻蹭 2 号刀试切的工件外圆，沿+Z 方向退出，停车，如图 4-36 所示



图 4-36

测量试切外圆直径，在 **试切直径** 一栏输入测量值： $\Phi 57.973$ 。

自此，3 号刀的刀具偏置设置工作完成。



6. 程序的录入与保存

(1) 按  再按 ，在对话框里输入程序名，如：00010，然后单击“Enter”键，进入程序编辑页面。

(2) 程序编辑好后，按 ，单击“Enter”键，则程序已经被保存。

7. 程序的调用与校验

(1) 程序的调用：

在程序功能子菜单下单击 ，弹出“选择程序”画面，其中有三种（电子盘、DNC、软驱）储存器选择。

进入此画面后可通过 NC 面板编辑键盘上的“◀、▶”按键左、右移动选择三个不同的储存器里的程序，再通过编辑键盘上的“▲、▼”按键移动蓝色条上、下移动来选择已存在储存器里面的程序，其操作步骤如下：

- ① 使用“◀、▶”按键左、右移动选择蓝色条到相应的储存器，即可显示该储存器里的程序。
- ② 使用“▲、▼”按键移动蓝色条上、下移动到要选择的程序。
- ③ 按下“Enter”回车键，确认选择该程序，荧屏立即显示所选择的程序内容，若不是显示程序内容，可重复按“显示切换 F9”键切换直到荧屏显示的程序的内容。

(2) 程序校验：

程序校验用于对调入加工缓冲区的零件程序进行校验，并提示可能的错误，新编辑好的程序最好先进行校验运行，确认程序正确无误后再启动自动运行。

在程序功能子菜单下按 F4 键，将弹出的“程序校验”画面，并按“显示切换 F9”将画面切换到图形仿真画面，方便我们对程序的加工进行观察。数控系统选择“自动”方式，单击 ，单击 ，则程序开始校验。

在程序校验过程中，机床是不动作的。如果程序编辑有错误，系统会提示程序错误，并在画面的命令行里指出错误的内容和所在的行号，方便操作者查找并进行修改。

8. 程序的运行与加工

- (1) 在程序功能子菜单下，单击 ，弹出程序选择界面。
- (2) 使用“◀、▶”按键左、右移动选择蓝色条到相应的储存器。
- (3) 使用“▲、▼”按键移动蓝色条上、下移动到要选择的程序。
- (4) 单击“Enter”键，程序文件将被选中。



(5) 数控系统选择“自动”方式，单击 ，程序开始运行。

9. 整理工量具、按规范进行机床清洁与保养

- (1) 一批零件加工完成后，应核对刀具号、刀补值，以及程序、偏置页面、调整卡和工艺中的刀具号、刀补值，并作必要的整理、记录。
- (2) 做好机床卫生清扫工作，擦净导轨面上的冷却液，并涂防锈油，以防止导轨生锈。
- (3) 检查润滑油、冷却液情况，及时添加或更换。
- (4) 依次关闭机床操作面板上的电源开关和总电源开关。

学习活动 4 质量检测

一、对加工零件进行自检、互检、专检

零件检查测评表（见表 4-14）

表 4-14

序号	项目与权重	考核内容与要求	配分		测量情况			
			精度	表面粗糙度	自检结果	得分	教师检测结果	得分
1	工件加工（68%）	Φ62mm Ra3.2μm	6	2				
2		Φ34 ⁰ _{-0.021} mm Ra1.6μm	6	2				
3		Φ32 ⁰ _{-0.021} mm Ra1.6μm	6	2				
4		Φ28 ⁰ _{-0.021} mm Ra1.6μm	6	2				
5		Φ24 ⁰ _{-0.021} mm Ra3.2μm	6	2				
6		18×4mm Ra3.2μm	6	2				
7		208mm Ra3.2μm	3	1				
8		19 ⁰ _{-0.1} mm	3					
9		41 ⁰ _{-0.1} mm	3					
10		31 ⁰ _{-0.1} mm	3					
11		15 ⁰ _{-0.1} mm	3					



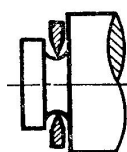
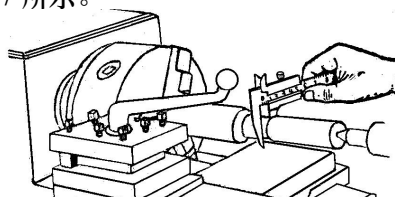
12		倒角C2	2					
13		倒角C1	2					
序号	项目与权重	考核内容与要求	配分		测量情况			
			精度	表面粗糙度	自检结果	得分	教师检测结果	精度
14	程序与加工工艺 (12%)	程序格式、正确性	3					
15		加工步骤、路线、切削用量	3					
16		刀具选择安装	3					
17		装夹方式	3					
18	车床操作 (10%)	对刀的正确性	3					
19		坐标系设定正确性	3					
20		车床操作正确性	4					
21	文明生产 (10%)	安全操作	4					
22		车床维护与保养	3					
23		工作场所整理	3					

二、沟槽的检测方法

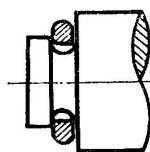
1. 槽底的检测

因为切纸辊零件沟槽槽底尺寸精度要求不高，可采用游标卡尺测量。

测量沟槽时，应当用量爪的平面测量刃进行测量，尽量避免用端部测量刃和刀口形量爪去测量外尺寸。而对于圆弧形沟槽尺寸，则应当用刃口形量爪进行测量，不应当用平面形测量刃进行测量，如 4-37 所示。



正确



错误



图 4-37 测量沟槽时正确与错误的位置

2. 外圆的检测

切纸辊零件外圆尺寸要求较高,可采用千分尺测量。如下图 4-38 所示。



图 4-38 在车床上使用外径千分尺测量外圆的方法

使用千分尺测量零件尺寸时,必须注意下列几点:

(1) 使用前,应把千分尺的两个测砧面揩干净,转动测力装置,使两测砧面接触(若测量上限大于 25mm 时,在两测砧面之间放入校对量杆或相应尺寸的量块),接触面上应没有间隙和漏光现象,同时微分筒和固定套筒要对准零位。

(2) 转动测力装置时,微分筒应能自由灵活地沿着固定套筒活动,没有任何轧卡和不灵活的现象。如有活动不灵活的现象,应送计量站及时检修。

(3) 测量前,应把零件的被测量表面揩干净,以免有脏物存在时影响测量精度。绝对不允许用千分尺测量带有研磨剂的表面,以免损伤测量面的精度。用千分尺测量表面粗糙的零件亦是错误的,这样易使测砧面过早磨损。

(4) 用千分尺测量零件时,应当手握测力装置的转帽来转动测微螺杆,使测砧表面保持标准的测量压力,即听到嘎嘎的声音,表示压力合适,并可开始读数。要避免因测量压力不等而产生测量误差。

绝对不允许用力旋转微分筒来增加测量压力,使测微螺杆过分压紧零件表面,致使精密螺纹因受力过大而发生变形,损坏千分尺的精度。有时用力旋转微分筒后,虽因微分筒与测微螺杆间的连接不牢固,对精密螺纹的损坏不严重,但是微分筒打滑后,千分尺的零位走动了,就会造成质量事故。

(5) 使用千分尺测量零件时(图 4-38),要使测微螺杆与零件被测量的尺寸方向一致。如测量外径时,测微螺杆要与零件的轴线垂直,不要歪斜。测量时,可在旋转测力装置的同时,轻轻地晃动尺架,使测砧面与零件表面接触良好。

(6) 用千分尺测量零件时,最好在零件上进行读数,放松后取出千分尺,这样可减少测砧面的磨损。如果必须取下读数时,应用制动器锁紧测微螺杆后,再轻轻滑出零件,把千分尺当卡规使用是错误的,因这样做不但易使测量面过早磨损,甚至会使测微螺杆或尺架发生变形而失去精度。

(7) 在读取千分尺上的测量数值时,要特别留心不要读错 0.5mm。

(8) 为了获得正确的测量结果,可在同一位置上再测量一次。尤其是测量圆柱形零件时,应在同一圆周的不同方向测量几次,检查零件外圆有没有圆度误差,再在全长的各个部位测量几次,检查零件外圆有没有圆柱度误差等。

(9) 对于超常温的工件,不要进行测量,以免产生读数误差。

(10) 用单手使用外径千分尺时,如图 4-39 (a) 所示,可用大拇指和食指或中指捏住活动套



筒,小指勾住尺架并压向手掌上,大拇指和食指转动测力装置就可测量。用双手测量时,可按图 4-3 (b) 所示的方法进行。

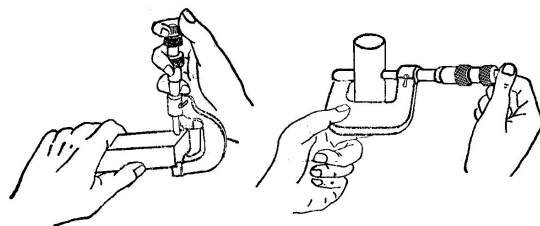


图 4-39 正确使用 (a) 单手使用 (b) 双手使用

值得提出的是几种使用外径千分尺的错误方法,比如用千分尺测量旋转运动中的工件,很容易使千分尺磨损,而且测量也不准确;又如贪图快一点得出读数,握着微分筒来挥转(图 4-40) 等,这同碰撞那样,也会破坏千分尺的内部结构。

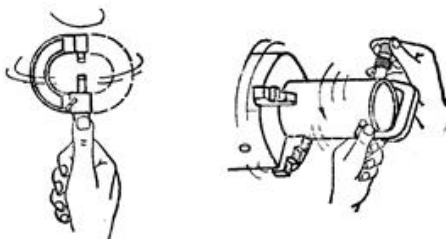


图 4-40 错误使用

2. 槽宽的测量

槽的宽度采用游标卡尺检测,如下图 4-41 所示。

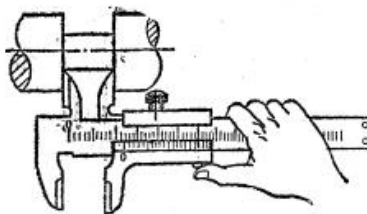


图 4-41

测量沟槽宽度时,要放正游标卡尺的位置,应使卡尺两测量刃的连线垂直于沟槽,不能歪斜.否则,量爪若在如图 4-42 所示的错误的位置上,也将使测量结果不准确(可能大也可能小)。

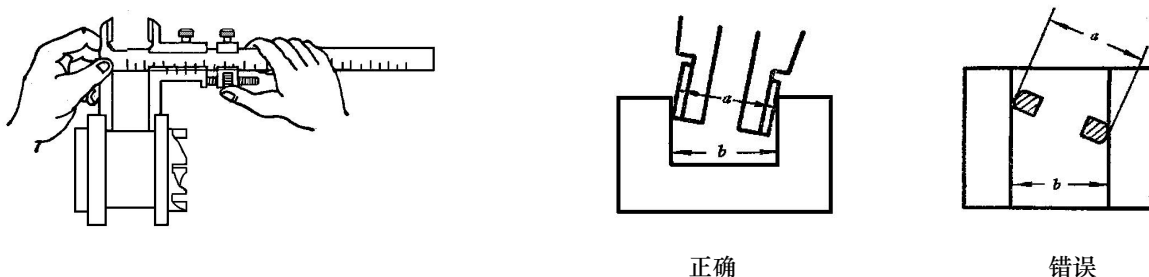


图 4-42 测量沟槽宽度时正确与错误的位置

3. 加工误差原因分析及解决办法 ((见表 4-15)



表 4-15

误差现象	产生原因	解决办法
槽的一侧或两侧出现 小台阶	1.刀具数据不准确 2.程序错误	1.调整或重新设定刀具数据 2.检查、修改加工程序
槽底出现倾斜	刀具安装不正确	正确安装刀具
槽的两侧呈凹凸面	1.刀具刃磨角度不对称 2.刀具安装角度不对称 3.刀具两刀尖磨损不对称	1.更换刀片 2.重新刃磨刀具 3.正确安装刀具
槽的两个侧面倾斜	刀具磨损	重新刃磨刀具或更换刀片
槽底出现振动现象，留有 振纹	1. 工件安装不正确 2. 刀具安装不正确 3. 切削参数不正确 4. 程序延时时间太长	1、检查工件装夹，增加装夹刚度 2、调整刀具安装位置 3、提高或降低切削速度 4、缩短程序延时时间



学习活动 5 反馈评价

1. 学习过程反馈

学习任务一	销轴的加工	
学习内容	理解的内容（要点）	存在的问题
分 析 加工工艺		
编写加工 技术文件		
加工工件		

2. 自我评价、小组评价及教师评价

理论知识部分主要通过学生口头表述、作业形式进行小组评价或教师评价。实操技能部分，一方面要对学生在实操中各个环节运用的有关方法、掌握技能的水平进行定性评价，另一方面还要对学生的实践操作结果进行抽样测量、检查，给予最终定量评价。



评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	① 指令格式及走刀路线	5				
	② 基础知识融会贯通	5				
	③ 零件图纸分析	5				
	④ 制定加工工艺	5				
	⑤ 加工技术文件的编制	5				
实操技能	① 程序的输入	5				
	② 图形模拟	10				
	③ 刀具、毛坯的装夹及对刀	5				
	④ 加工工件	5				
	⑤ 尺寸与粗糙度等的检验	5				
	⑥ 设备维护	10				
安全文明 生产	① 正确开关机床	5				
	② 工具、量具的使用及放置	5				
	③ 机床维护	5				
	④ 卫生保持及机床复位	5				
学习态度	① 出勤情况	5				
	② 车间纪律	5				
	③ 团队协作精神	5				

3. 个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	



学习活动 6 拓展链接

一、拓展训练

T 型槽的加工（图 4-43）

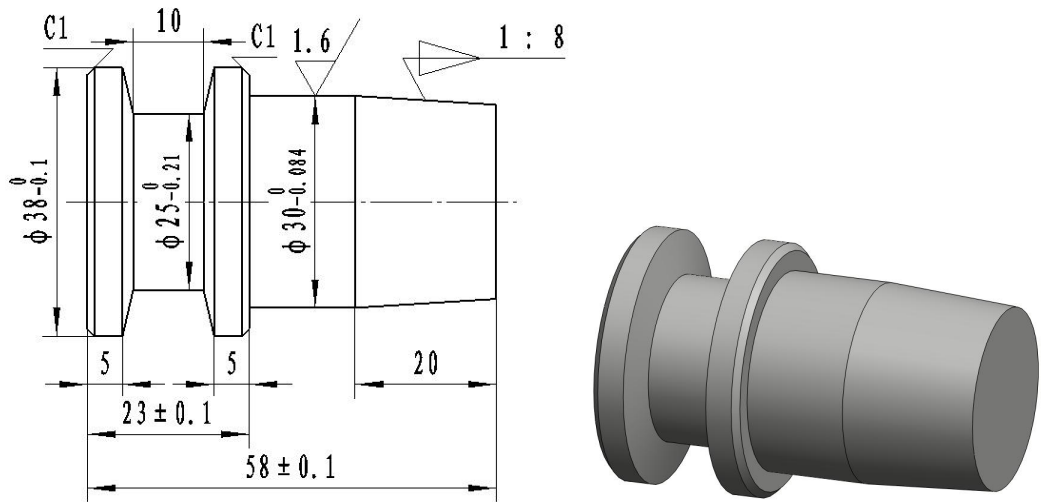


图 4-43

（一）加工工艺分析

1. 分析零件图

加工该零件时一般先加工零件外形轮廓，切断零件后调头加工零件总长。编程零点设置在零件右端面的轴心线上。

2. 加工工艺路线：

- （1）夹零件毛坯，伸出卡盘长度 70 mm。
- （2）手动车削端面。
- （3）粗、精加工零件外形轮廓至尺寸要求。
- （4）粗、精加工梯形槽至尺寸要求。
- （5）切断零件，总长留 0.5~1 mm 余量。
- （6）零件调头，夹φ38 外圆(校正)。
- （7）加工零件总长至尺寸要求。

（二）编写加工技术文件

1. 工序卡（见表 4-19）

表 4-19

材料	45#	产品名称或代号		零件名称		零件图号	
		CKA012		轴		CKA2-7	
工序号	程序编号	夹具名称		使用设备		车间	
001	%0405	三爪自定心卡盘		CK6140			
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格 b×h(mm)	主轴转速 n(r/min)	进给量 f(mm/min)	背吃刀量 a _p (mm)	备注
1	粗车外轮廓	T0101	25×20	800	160	1.5	



工步号	工步内容	刀具号	刀具规格 b×h(mm)	主轴转速 n(r/min)	进给量 f(mm/min)	背吃刀量 a _p (mm)	备注
2	精车外轮廓	T0202	25×20	1200	120	0.25	
3	切槽刀	T 0303		300	15	4	
4	切断刀	T 0404		300	15	4	
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页

2. 刀具卡 (见表 4-20)

表 4-20

产品名称或代号		CKA012	零件名称	轴		零件图号	CKA2-7
序号	刀具号	刀具名称	数量	加工表面	刀尖半径 R/mm	刀尖方位 T	备注
1	T0101	90°硬质合金	1	粗车外圆	0.8	3	粗车刀
2	T0202	90°硬质合金	1	精车外圆	0.4	3	精车刀
3	T 0303	切槽刀	1	切槽	0.4		刀宽 4mm
4	T 0404	切断刀	1		0.4		刀宽 4mm
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页

(三) 零件的参考程序 (见表 4-21) 表 4-21

程 序	说 明
%0405	
G95	设定mm/r的进给方式
T0101	选定01号刀, 调用01号刀补(粗车刀)
M03 S800	主轴以800 r/min的转速正转
G00 X45 Z5	快速定位到循环起点位置
G71 U2 R1 P1 Q2 X0.5 Z0.1 F0.2	外径粗切循环加工
G00 X80 Z100	粗切后, 到换刀点位置
M05	
M00	
M03 S1200 T0202	换02号刀, 确定其坐标系
G00 X45 Z5	刀具快速定位到复合切削循环起点
N1 G01 G42 X25 F120	精加工起始行, 加入02号刀尖半径补偿
Z0	刀具接触工件,
X27.5 C0.5	
X30 Z-20	
Z-35	
X38 C1	
Z-63	
N2 X50	
G00 G40 X80 Z100	
G95 T0303	
S300 M03	
G00 X40 Z-48.5	
G01 X25 F15	切梯形槽
X40	



程 序	说 明
Z-45.5	
X25	
X40	
Z-51.5	
X25	
X40	
X38 Z-53	
X25 Z-51.5	
Z-48.5	
X38	
Z-44	
X25 Z-45.5	
Z-48.5	
X40	
G00 X80 Z100	
S300 M03 T0404	
G00 X50 Z-63	
G01 X0 F15	
G00 X100 Z100	
M05	主轴停
M30	主程序结束并复位

(四) 加工评价

图 4-43 所示 T 型槽零件加工评价见表 4-22。

表 4-22

班级				姓名				学号				
课题			台阶轴的加工			零件编号						
基本 检 查	编 程	序号	检查内容			配分		自评分		小组评分		教师评分
		1	切削加工工艺制定正确									
		2	切削用量选择合理									
		3	程序正确、简单、规范									
	操 作	4	设备操作、维护保养正确									
		5	安全、文明生产									
		6	刀具选择、安装正确、规范									
		7	工件找正、安装正确、规范									
		序号	检查内容			配分		自评分		小组评分		教师评分
工作态度		8	行为规范、纪律表现									
外圆		9	φ38 mm									



	10	φ30 mm				
	11	φ25 mm				
	12	锥度				
	13	T型槽				
长度	14	58 mm				
	15	23 mm				
	16	20 mm				
	17	5 mm				
	18	倒角				

二、FANUC Oi 系统相关编程知识

1. 外径沟槽复合循环指令 G75，指令运行轨迹如图 4-44 所示。

格式：

G75 R(e)

G75 X(U)___ Z(W)___ P(Δi) Q(Δk) R(Δd) F(f)

式中：

e：每次沿 X 方向切削Δi 后的退刀量，半径值。

X ：槽底直径。

U ：A 点到 C 点的 X 方向的增量。

Z：切槽时的 Z 方向终点位置坐标。

W：A 点到 C 点的 Z 方向的增量。

Δi：切槽过程中径向的每次切入量，不带符号，半径值，单位：微米。

Δk：Z 方向的每次切削移入量，其值应小于刀头宽度，不带符号，单位：微米。

Δd：切削到终点时 Z 方向的退刀量，通常不指定，以免折断刀具。

f ：进给速度。

用途：一般应用于外径有宽槽或者等距槽的情况。

下图 4-44 所示为外径沟槽复合循环指令 G75 轨迹。

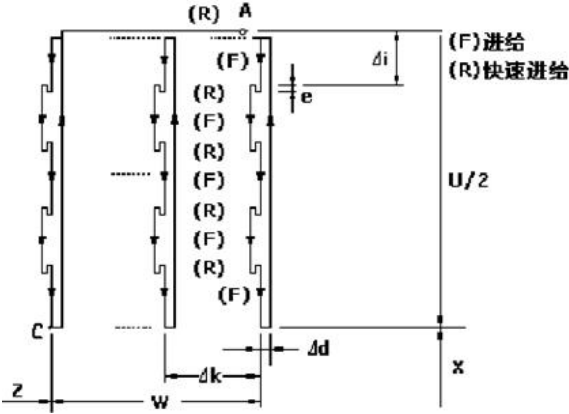




图 4-44 外径沟槽复合循环指令 G75 轨迹



FANUC 系统的 G75 指令虽然与华中系统的 G75 指令同为外径沟槽复合循环，指令运行轨迹相似，但指令格式是不一样的。

- (1) FANUC 系统的 G75 指令为两行，华中系统为一行。
- (2) FANUC 系统 G75 指令里面的参数含义跟华中系统相比较是不一样的，详细比较见下表 4-23。

表 4-23

指令参数	FANUC 系统	华中系统
R(e)	每次沿 X 方向切削 Δi 后的退刀量	每次沿 X 方向切削 Δk 后的退刀量
Q(Δk)	切槽刀沿 Z 方向的每次切削移入量	切槽过程中沿 X 方向的每次切入量
指令参数	FANUC 系统	华中系统
Δi	切槽过程中沿 X 方向的每次切入量，且编程时代号为 P。FANUC 不设定进刀次数	Z 方向的进刀次数，编程时代号为 I。华中系统不设定 Z 方向的每次切削移入量
Δd	切削到终点时 Z 方向的退刀量，通常不指定	指令中没这个参数

2. 指令应用：使用 G75 指令编写图 4-45 所示零件的加工程序（加工程序见表 4-45）

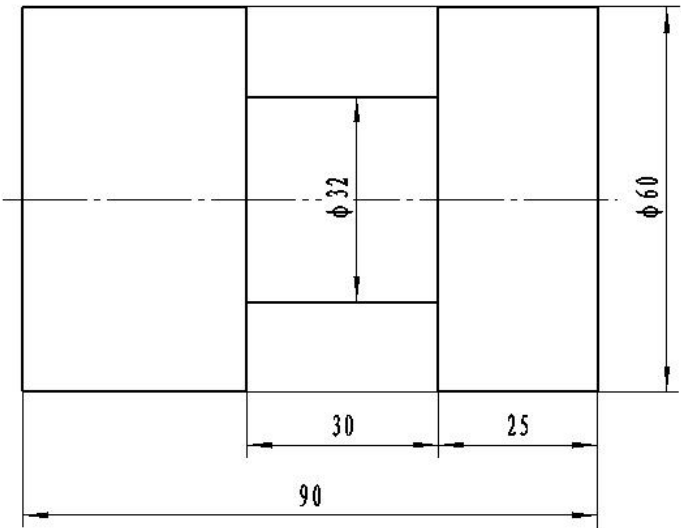


图 4-45 加工简单宽槽零件



表 4-24 加工程序

00001	程序号
G98 M03 S300 T0101	选用 1 号外切槽刀（刀宽 4mm），左刀尖对刀，1 号刀具补偿，启动主轴
G00 X62.0 Z-29.2	快速定位，槽两侧面各留余量 0.2mm，槽底单边留余量 0.1mm，准备切槽
G75 R2.0	回退量
G75 X32.2 Z-54.8 P3.0 Q3.5 F30	调用切槽循环指令加工宽槽，每次沿 X 方向切削 3mm，沿 Z 方向的每次切削移入量 3.5mm
G01 X62.0 Z-29.0 F100	Z 向进至切槽起刀点，准备切槽
X32.0 F30	右侧面精加工
Z-55.0	槽底精加工
00001	程序号
X62.0	左侧面精加工
G00 X100.0 Z100.0	快退至起始点
M05	主轴停止
M30	程序结束

学习活动 7 巩固提高

一、运用所学知识编写所示零件的加工程序

1. 请编写图 4-46 所示多槽零件的加工程序。材料 45 钢，毛坯直径φ55mm。

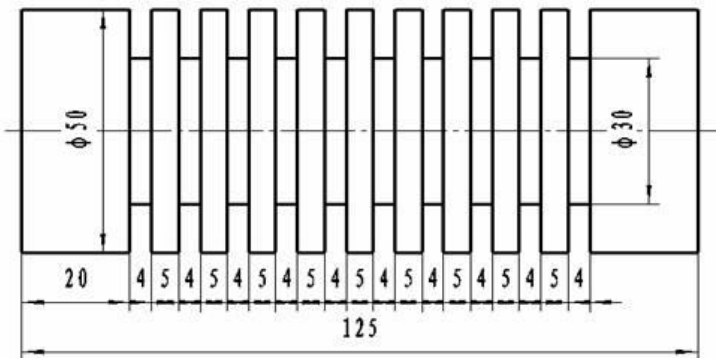




图 4-46 多槽零件 零件图

2. 毛坯直径为 $\phi 25\text{mm}$ 的 45#圆钢，要求编写如图所示零件的加工程序（如图 4-47 所示）。

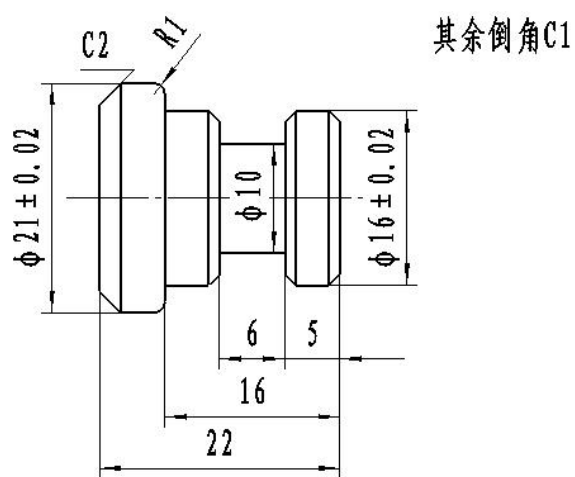


图 4-47



学习任务五 尾座快进丝杆的加工



学习目标

- 1.由零件的加工任务图编制加工工艺、选择合适指令编程。
- 2.根据任务书准备工、量、夹具。
- 3.根据加工要求正确刃磨多线外梯形螺纹车刀及相关刀具。
- 4.能根据线数的不同正确选择多线螺纹分线方法。
- 5.按加工任务书对零件进行粗、精加工。
- 6.能按车间现场 6S 管理和产品工艺流程要求，进行质量检验和确认。
- 7.能按车间要求，规范填写交接班记录表。
- 8.能主动获得有效信息，展示工作成果，对学习工作进行总结反思，能与他人展开良好合作，进行有效沟通。

建议完成本任务为 40 学时。



工作情景描述

本校有 10 台 CA6140 车床，由于经常使用尾座协助加工，丝杆进给速度较慢，为提高效率，需改进为快速进给，故把单头丝杆改为双头丝杆来提高进给速度如图 5-1 所示。请同学们在完成工艺制定及首件试切，经检验合格再完成其余件的加工，保质保量按时完成任务。

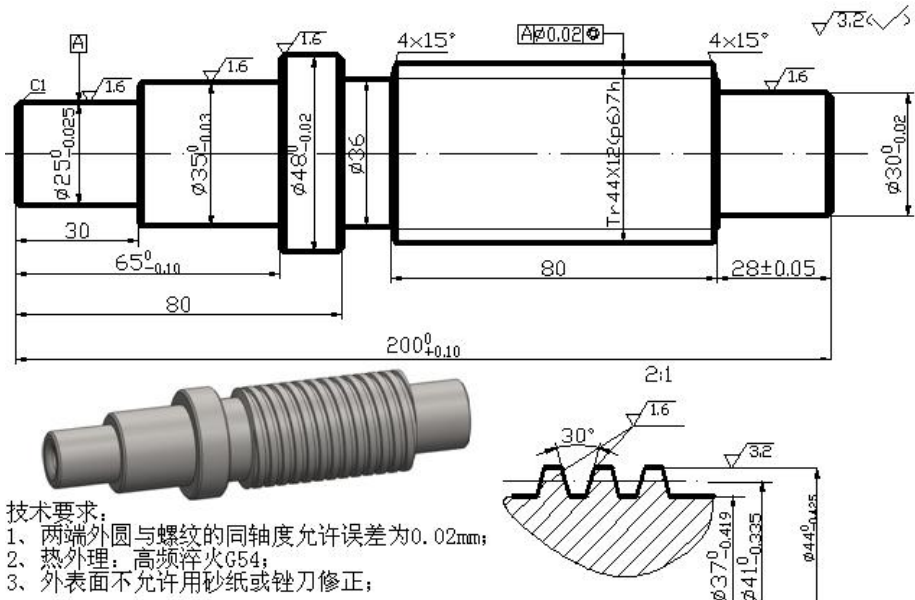


图 5-1

尾座快进丝杠杆零件是一个典型的螺纹加工零件，结构简单，主要进行外圆加工，槽的加工，双线梯形螺纹加工，加工精度要求中等，请操作数控车床，完成尾座快进丝杠杆零件的加工与检测。



学习活动 1 知识储备

一、数控车床与普通车床相比加工螺纹有何优势？

问题解答：

传统车床所能切削的螺纹相当有限，数控车床不但能加工任何等节距直、锥面，公、英制和端面螺纹，而且能加工增节距、减节距，以及要求等节距、变节距之间平滑过渡的螺纹。

数控车床加工螺纹时主轴转向不必像传统普通车床那样交替变换，它可以一刀又一刀不停顿地循环，直至完成，所以它车削螺纹的效率很高，且劳动强度大大降低。

数控车床还配有精密螺纹切削功能，再加上一般采用硬质合金成型刀片，以及可以使用较高的转速，所以车削出来的螺纹精度高、表面粗糙度小。

可以说，包括丝杠在内的螺纹零件很适合于在数控车床上加工。在数控车床上加工螺纹，虽然与普通车床加工螺纹的原理相同，但由于数控车床的自身特点，在实际操作中有许多特殊之处。数控系统不同，螺纹加工指令也有差异，实际应用中按所使用机床的要求编程。

对比在普通车床和数控车床上加工螺纹，哪一个方案加工效率高，质量好，劳动强度低？

☐ 采用普通车床加工 ☐ 采用数控车床加工

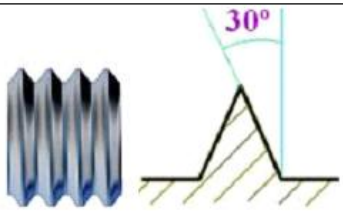
原因是 _____。

二、在数控车床上加工螺纹需要用到哪些工艺知识？

1. 螺纹类型

常用螺纹的类型主要有普通螺纹、管螺纹、圆锥螺纹、梯形螺纹、矩形螺纹、锯齿形螺纹等（如表 5-1 所示），前三种主要用于连接，后三种主要用于传动。连接螺纹就是把两个东西固定，比如玩具，电动车，电脑的外壳...就是用螺丝固定。传动螺纹是把对方向前或后移动，车间里车床的丝杠传动、千分尺的手柄转动、修车用的螺纹千斤顶都是螺纹旋转的传动。梯形螺纹、矩形螺纹、锯齿形螺纹是应用很广泛的传动螺纹，其工作长度较长，精度要求较高，而且导程和螺纹升角较大，所以要比车削三角形螺纹困难。

表 5-1 螺纹类型

螺纹类型	特点	图示
三角形螺纹	三角形螺纹自锁性能好。它分粗牙和细牙两种，一般连接多用粗牙螺纹。细牙的螺距小，升角小，自锁性更好，常用于细小零件薄壁管中，有振动或变载荷的连接，以及微调装置等。	



螺纹类型	特点	图示
梯形螺纹	梯形螺纹属于传动螺纹的一种常见形式。牙型为等腰梯形，效率比矩形螺纹低，但易于加工，对中性好，牙根强度较高，广泛应用于螺旋传动中。	
管螺纹	管螺纹用于管件紧密连接	
矩形螺纹	矩形螺纹也称方牙螺纹，是一种非标准螺纹，传动效率高，但因不易磨制，且内外螺纹旋合定心较难，故常为梯形螺纹所代替	
锯齿形螺纹	锯齿形螺纹牙的工作边接近矩形直边，多用于承受单向轴向力	
圆锥螺纹	圆锥螺纹的牙型为三角形，主要靠牙的变形来保证螺纹副的紧密性，多用于管件	



2. 螺纹基本要素

螺纹的基本参数有大径、小径、中径、牙高、螺距、线数、牙型角（如表 5-2 所示）。其中牙型角是螺纹车刀刀尖角刃磨的依据，其他则要根据螺纹加工的实际情况进行计算。

表 5-2 螺纹基本要素



公称直径 (大径)	与外螺纹牙顶或内螺纹牙底相重合的假想圆柱体直径。螺纹的公称直径除管螺纹以管子内径为公称直径外，其余都以外径为公称直径。	
小径	与外螺纹牙底或内螺纹牙顶相重合的假想圆柱体直径。加工螺纹时，螺纹的大径减去二个牙高的尺寸就是小径的尺寸。	
中径	母线通过牙型上凸起和沟槽两者宽度相等的假想圆柱体直径。同规格的外螺纹中径和内螺纹中径的公称尺寸相等，所以中径影响螺纹的配合性质，也是判断螺纹是否合格的重要依据。螺纹中径可用螺纹千分尺来测量，也可以用三针测量法测量。	
螺距	相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离	
导程	同一螺旋线上相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离。	
牙型角	螺纹牙型上相邻两牙侧间的夹角	
螺纹升角	中径圆柱上螺旋线的切线与垂直于螺纹轴线的平面之间的夹角。切削螺纹时，由于螺纹升角的影响，引起切削平面和基面位置的变化，从而使车刀工作时的前角和后角与车刀的刃磨前角和刃磨后角的数值不相同。螺纹的导程越大，对工作时的前角和后角的影响越明显。因此，必须考虑螺纹升角对螺纹车刀工作角度的影响	
牙型高度	在螺纹牙型上，牙顶到牙底在垂直于螺纹轴线方向上的距离。在加工出完整的螺纹时，牙型高度实际是螺纹车刀刀尖没入工件的深度。 普通螺纹牙高：0.6495×螺距 P 梯形螺纹牙高：0.5×螺距 P+ac	



小结:

- ◆ 螺纹大径=公称直径
- ◆ 螺纹牙高决定螺纹车刀刀尖刃磨的长度
- ◆ 螺纹小径尺寸是加工螺纹时中滑板进给数值的依据，车外螺纹时是螺纹刀的最终进刀位置，车内螺纹时是螺纹加工前钻孔或车孔的尺寸。
- ◆ 螺纹的中径尺寸用于检验螺纹的正确与否。
- ◆ 螺纹升角对车刀刃磨前角和刃磨后角有影响。



想一想

3. 螺纹加工时的切削用量

由于螺纹加工属于成型加工，为了保证螺纹的导程，加工时主轴旋转一周，车刀的进给量必须等于螺纹的导程，进给量较大；另外，螺纹车刀的强度一般较差，如果螺纹牙型较深、螺距较大，可分多次进给，每次进给背吃刀量用螺纹深度减去精加工余量所得的差按递减规律分配，常用螺纹切削的进给次数与背吃刀量可参见表 5-3。

表 5-3 三角形螺纹车削的进给次数与背吃刀量

螺距		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
牙深		0.65	0.975	1.3	1.625	1.95	2.275	2.6
背吃刀量及切削次数	第 1 次	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
	第 2 次	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
	第 3 次	0.15	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	第 4 次		0.175	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
	第 5 次			0.1	0.2	0.3	0.3	0.3
	第 6 次				0.125	0.2	0.3	0.3
	第 7 次					0.15	0.2	0.3
	第 8 次						0.175	0.2
	第 9 次							0.1



想一想

4. 切入长度 δ_1 和切出长度 δ_2

在数控机床上车削螺纹时，沿螺距方向的 Z 向进给应和机床主轴的旋转保持严格的速比关系，因此应避免在进给机构加速或减速过程中切削。但机床伺服系统本身具有滞后特性，会在螺纹起始段和停止段发生螺距不规则现象，所以实际加工螺纹的长度应包括切入长度 δ_1 和切出长度 δ_2 （如下表 5-4 所示）。



表 5-4 切入长度 δ_1 和切出长度 δ_2

	切入长度 δ_1	一般 δ_1 为 2~5mm, 对于大螺距和高精度的螺纹取大值;
	切出长度 δ_2	一般取 δ_1 的 1/4 左右, 若螺纹的收尾处没有退刀槽, 一般按 45° 退刀收尾。



三、零件的加工是通过操作数控车床来完成的，如何进行数控程序的编制？

在目前的数控车床中，螺纹切削一般有三种加工方法：G32 单行程螺纹切削、G82 螺纹切削单次循环和 G76 多重复合螺纹切削，由于切削方法的不同，编程方法不同，造成加工误差也不同。我们在操作使用上要仔细分析，争取加工出精度高的零件。

(一) G32 X (U) __Z (W) __ R__ E__ P__ F__;

表 5-5 G32 指令参数详解

X、Z	用于绝对编程，为有效螺纹终点在工件坐标系中的坐标
U、W	用于相对编程，为有效螺纹终点相对于螺纹切削起点的位移量
F	螺纹导程，即主轴每转一圈，刀具相对于工件的进给量
R、E	螺纹切削的退尾量，R 为 Z 向退尾量，E 为 X 向退尾量；根据螺纹标准 R 一般取 2 倍的螺距，E 取螺纹牙型高；R、E 可以省略，表示不用回退功能。
P	主轴基准脉冲处距离螺纹切削起始点的主轴转角



提示

G32 指令能加工圆柱螺纹、锥螺纹和端面螺纹。

G32 单行程螺纹切削指令在编写加工程序时，车刀的切入、切出、返回均需编入程序。编程切削深度分配方式一般为常量值，双刃切削，直进式切削方式，其每次切削深度一般由编程人员编程给出，如图 5-3 所示。



圆柱外螺纹的加工

例 1 用 G32 指令对如图 5-2 所示的圆柱螺纹编程，螺纹导程为 1.5， $\delta_1=3\text{ mm}$ ， $\delta_2=1\text{ mm}$ ，毛坯外形已加工完成。

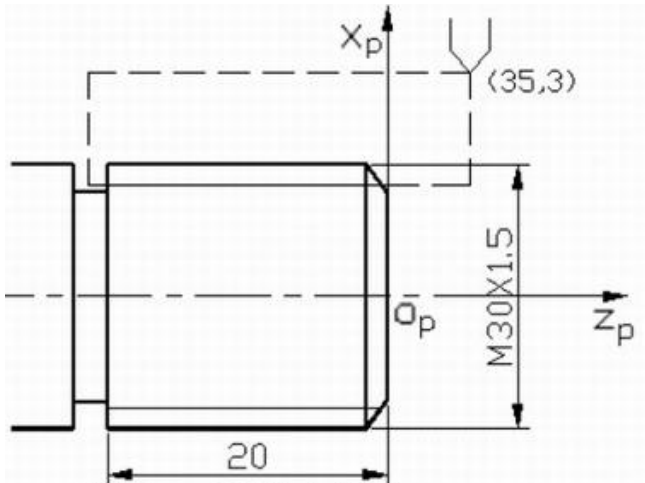


图5-2 G32指令编程

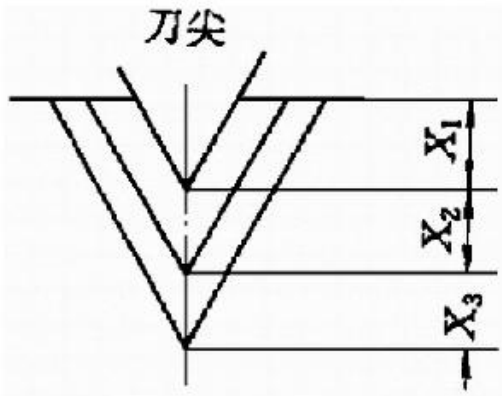


图5-3 直进式车削，每刀切削深度



操作提示

按照公式,三角形螺纹总的螺纹切削深度(牙高) $=0.6495 \times P$ (P为螺距) $=0.6495 \times 1.5 = 0.974\text{mm}$, 采用直进式车削,查表得每次的背吃刀量为 0.8、0.6、0.4、0.16,考虑螺纹加工牙型的膨胀量,螺纹加工前工件直径为 $D/d - 0.1P$,即螺纹大径减 0.1 倍螺距,一般根据材料变形能力大小取比螺纹大径小 0.1 mm 到 0.5 mm;设定此螺纹加工前工件直径加工至 $\phi 29.8\text{ mm}$ 。图 5-2 所示,程序如表 5-6 所示。

表 5-6 圆柱外螺纹的 G32 指令编程

%0001	
M03 S300 T0101	调用 1#刀, 主轴以 300r/min 正转
G00 X29 Z3 M08	到螺纹切削起点, 升速段 3 mm, 吃刀深度 0.8 mm, 切削液开
G32 Z-21 F1.5	纵向走刀切削螺纹至终点, 降速段 1mm, 导程 1.5
G00 X35	X 轴方向快退
Z3	Z 轴方向快退至螺纹起点处
X28.4	X 轴方向快进到螺纹起点处, 吃刀深 0.6 mm
G32 Z-21 F1.5	第二刀切削螺纹到螺纹切削终点
G00 X35	X 轴方向快退
Z3	Z 轴方向快退至螺纹起点处
X28	X 轴方向快进到螺纹起点处, 吃刀深 0.4mm
G32 Z-21 F1.5	第三刀切削螺纹到螺纹切削终点
G00 X35	X 轴方向快退
Z3	Z 轴方向快退至螺纹起点处



X27.84	X 轴方向快进到螺纹起点处，吃刀深 0.16mm
G32 Z-21 F1.5	第四刀切削螺纹到螺纹切削终点
G00 X35 M09	X 方向快退，关水泵
X100 Z100	退刀至安全位置
M30	程序结束

(二) G82 X(U)_ Z(W)_ I_ R_ E_ C_ P_ F_

表 5-7 G82 指令参数详解

X、Z	螺纹终点坐标值
U、W	螺纹终点相对循环起点的坐标分量
I	锥螺纹始点与终点在 X 轴方向的坐标增量（半径值），圆柱螺纹切削循环时 I 为零，可省略；加工圆锥螺纹时，应根据螺纹起点、终点坐标计算出 I 值，特别要注意的是：I 值是起点与终点的半径差，而不是圆锥大小端的半径差。
R、E	螺纹切削的退尾量，R 为 Z 向退尾量，E 为 X 向退尾量； R、E 可以省略，表示不用回退功能。
C	螺纹头数，为 0 或 1 时切削单头螺纹。
P	单头螺纹切削时，为主轴基准脉冲处距离螺纹切削起始点的主轴转角（缺省值为 0）；多头螺纹切削时，为相邻螺纹头的切削起始点之间对应的主轴转角。
F	螺纹导程



在 G82 螺纹切削循环中，螺纹刀以直进的方式进行螺纹切削。总的螺纹切削深度（牙高）一般以常量值进行分配，螺纹刀双刃参与切削。每次的切削深度一般由编程人员在编程时给出。G82 螺纹切削单次循环简化了编程，较 G32 指令提高了效率，采用此循环指令，需要在 G82 的前一段设置一个循环起点，每加工完一刀，刀具都会返回到循环起点，走刀轨迹如图 5-4 所示。

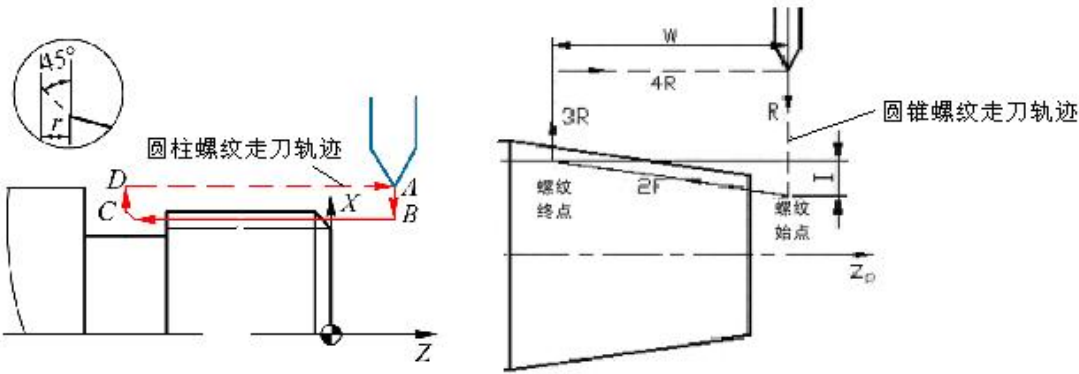


图 5-4 G82 指令走刀轨迹



双线圆柱外螺纹的加工，图 5-6 双线螺纹的螺距和导程。

例 2 用 G82 指令编制如图 5-5 所示的双线圆柱外螺纹程序，毛坯外形已加工完成。

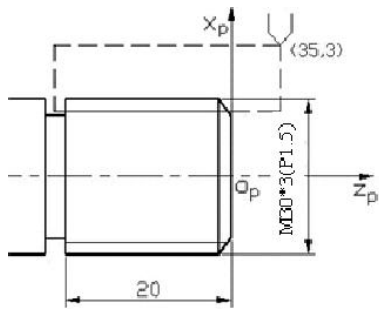


图 5-5 G82 车削双线螺纹

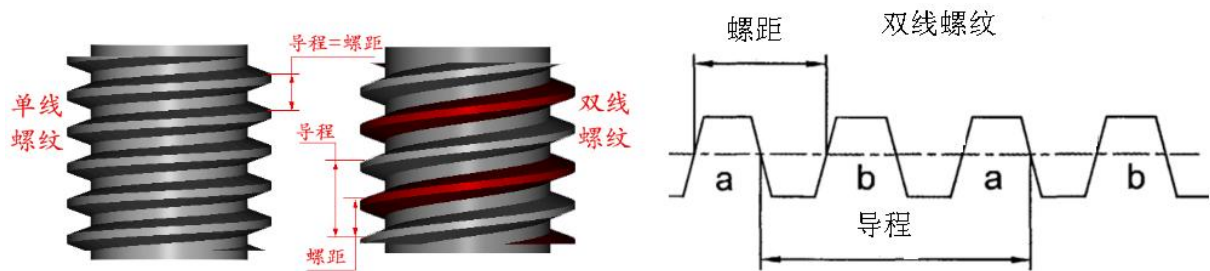


图 5-6 双线螺纹的螺距和导程

表 5-8 双线螺纹的轴向分线法

轴 向 分 线	(1)、由一条螺旋线形成的螺纹叫单线(单头)螺纹,由两条或两条以上的轴向等距分布的螺旋线所形成的螺纹叫多线(多头)螺纹。多线螺纹每旋转一周时,能移动几倍的螺距,它多用于快速机构中。 (2)、多线螺纹分头精度是加工中的重点所在。多线螺纹在车削加工时不仅要保证每条螺纹的尺寸精度和形状精度,而且还要保证几条螺纹的相对位置精度。如果几条螺纹的位置精度(分线精度)出现较大误差,将会影响其配合精度,甚至造成无法安装,工件报废。编程加工时,我们多选用轴向分线法,即根据螺纹的导程除以螺纹线数计算出螺纹的螺距,第一条螺纹加工完后,在 Z 向上偏移一个螺距的距离加工第二条螺纹,以此类推直到加工完所有的螺纹。 (3)在加工多线螺纹时,无论用何螺纹切削指令,指令中的 F 一定要写导程。	操作 内容	图 示
		1、车第一条螺旋线	
		2、车刀向前或向后移动一个螺距	
		3、车第二条螺旋线	



操作提示

按照公式，总的螺纹切削深度（牙高） $=0.6495 \times P$ （ P 为螺距） $=0.6495 \times 1.5 = 0.974 \text{ mm}$ ，查表得每次的背吃刀量为 0.8、0.6、0.4、0.16，考虑螺纹加工牙型的膨胀量，此螺纹加工前工件直径加工至 $\phi 29.8 \text{ mm}$ 。程序如下：

表 5-9 双线普通螺纹的 G82 指令编程

%0002	
M03 S300 T0101	选择 1#刀，主轴以 300r/min 正转
G00 X35 Z3	到循环起点
G82 X29 Z-21 C2 P180 F3	第一次循环切螺纹，切深 0.8 mm，导程 3
X28.4 Z-21 C2 P180 F3	第二次循环切螺纹，切深 0.6 mm
X28 Z-21 C2 P180 F3	第三次循环切螺纹，切深 0.4 mm
X27.84 Z-21 C2 P180 F3	第四次循环切螺纹，切深 0.16 mm
G00 X100 Z100	退刀
M30	程序结束



圆锥管螺纹的加工

例 3 加工如图 5-7 所示的固定接头中的圆锥管螺纹（精铸件），假定外形各部分尺寸已加工完毕，请编写螺纹部分加工程序。

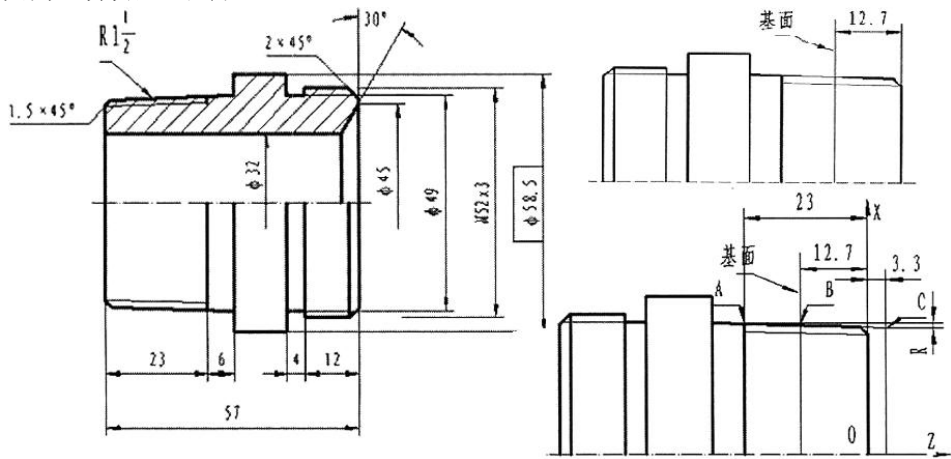


图 5-7 圆锥管螺纹的加工



提示

管螺纹应用在流通气体或液体的管接头、旋塞、阀门及其他附件上，起着密封的作用，有着严格的密封要求。它是在管子上加工的特殊的细牙螺纹，在加工的过程中若出现质量问题，达不到要求就起不到密封的作用。影响圆锥管螺纹密封的主要因素是：牙型、锥度、螺距、切削用量，其中最关键的是锥度（图 5-8 所示）。

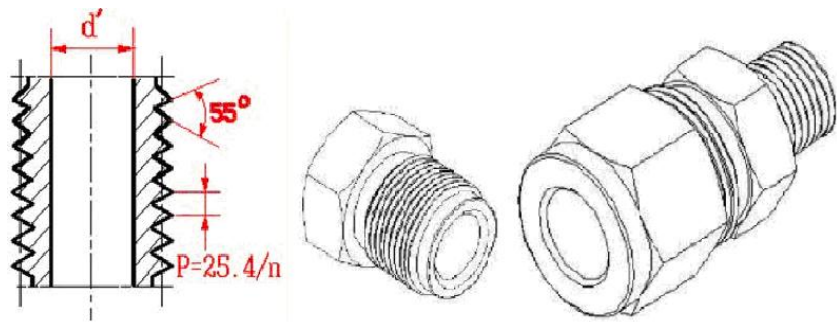
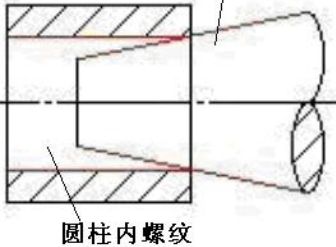
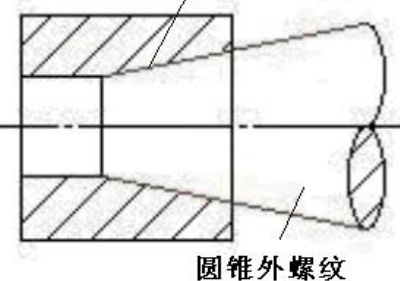


图 5-8 管螺纹图示

管螺纹的配合方式及应用场合如下表 5-10 所示

表 5-10 用螺纹密封的管螺纹的配合方式及应用场合

圆柱内螺纹/圆锥外螺纹		易于实现密封,是因为扭紧时扭紧力矩集中于内外螺纹的一环上,使之处于过盈状态并产生变形,但也存在易于破坏的缺点, 常用于低压静载的场合。
圆锥内螺纹/圆锥外螺纹		螺纹副同时在整个锥面上接触,扭紧时受力不均匀,加之受到多个要素一致性不好的影响,很难实现完整的密合,但是一旦实现密封后不易被破坏, 常用于高压变载的场合。

G 是 55 度非螺纹密封管螺纹,是管螺纹的统称(Guan),标记 G 代表圆柱螺纹。ZG 俗称管锥,即螺纹由一圆锥面加工而成,一般的水管接头都是这样。

管螺纹中的 1/4、1/2、1/8 标记单位是英寸,它不是螺纹的实际尺寸。也不是管螺纹本身任何一个直径的尺寸,而是带有外螺纹的管子的孔径,根据尺寸代号可从相关表中查出该螺纹的大径、小径和螺距。行内人通常用“分”来称呼螺纹尺寸,1 等于 8 分,1/4 就是 2 分,以此类推。

锥管螺纹的直径在长度方向上是变化的,为了保证内、外螺纹的配合,就确定了一个基准面,用来控制加工和检测用,在这个基准面上的尺寸对内螺纹和外螺纹都是相同的,也是拧入配合的尺寸。

所谓基准长度,就是螺纹用手旋合到的位置(保证密封性能),定为基准面,确定基准面位置



的长度尺寸就是基准长度。相关概念总结如下表 5-11 所示

表 5-11 管螺纹的相关概念

	基准直径： 设计给定的内锥螺纹或外锥螺纹的基本大径。
	基准平面： 垂直于锥螺纹轴线，具有基准直径的平面，简称基面。
	基准距离： 从基准平面到外锥螺纹小端的距离，简称基距。
	完整螺纹： 牙顶和牙底均具有完整形状的螺纹。
	不完整螺纹： 牙底完整而牙底不完整的螺纹。
	有效螺纹： 由完整螺纹和不完整螺纹组成的螺纹，不包括螺尾。
	螺尾： 向光滑表面过渡的牙底不完整的螺纹。

用螺纹密封的管螺纹的基本尺寸计算总结如下表 5-12 所示

表 5-12 用螺纹密封的管螺纹基本尺寸(R)

尺寸代号	每 25.4mm 内的牙数 n	螺距 p	牙高 h	基面上的直径			基准长度
				大径（基准直径）d=D	中径 d2	小径 d1=D1	
1/16	28	0.91	0.581	7.723	7.142	6.561	4
1/8	28	0.91	0.581	9.728	9.147	8.566	4
1/4	19	1.34	0.856	13.157	12.301	11.445	6
3/8	19	1.34	0.856	16.662	15.806	14.95	6.4
1/2	14	1.81	1.162	20.955	19.793	18.631	8.2
3/4	14	1.81	1.162	26.441	25.279	24.117	9.5
1	11	2.31	1.479	33.249	31.77	30.291	10.4
1+1/4	11	2.31	1.479	41.91	40.431	38.952	12.7
1+1/2	11	2.31	1.479	47.803	46.324	44.845	12.7
2	11	2.31	1.479	59.614	58.135	56.656	15.9
2+1/2	11	2.31	1.479	75.184	73.705	72.226	17.5
尺寸代号	每 25.4mm 内的牙数 n	螺距 p	牙高 h	基面上的直径			基准长度
				大径（基准直径）d=D	大径（基准直径）d=D	大径（基准直径）d=D	



3	11	2.31	1.479	87.884	86.405	84.926	20.6
3+1/2	11	2.31	1.479	100.33	98.851	97.372	22.2
4	11	2.31	1.479	113.03	111.551	110.072	25.4
5	11	2.31	1.479	138.43	136.951	135.472	28.6
6	11	2.31	1.479	163.83	162.351	160.872	28.6



操作提示

通过查表可知：此例基面长度为 12.7mm。基面上的螺纹大径为 47.803mm、螺纹中径为 46.324mm、螺纹小径为 44.845mm。锥度 C=1：16，每英寸长度内牙数 n=11 牙，螺距 P=25.4/11=2.309mm，牙型高度 h=P×0.6495=1.5mm（直径量 3）。现拟定分 5 次吃刀加工，每次的吃刀量（直径值）分别为 1 mm、0.7 mm、0.6 mm、0.5 mm、0.2mm，设δ1=3.3mm，δ2=1.7mm。

相关计算

锥度 C= (R-r) /L

即圆锥的最大圆锥直径和最小圆锥走径之差与圆锥长度之比，而同一圆锥上各段锥度一致，以此进行计算：

C 点离基面距离为 16mm，Xc=47.803 - 1/16×16=46.803mm。 则 C(Xc 46.803，Zc 3.3)

切削终点离基面距离为 (23+1.7) - 12.7=12mm，Xa=47.803+1/16×12=48.553mm。

则切削终点 (X48.447，Z -24.7)

R=(46.803 -48.553)÷2= -0.875mm

程序如下表 5-13 所示：表 5-13 圆锥管螺纹的 G82 指令编程

%0003	
M03 S300 T0101	选择 1#刀，主轴以 300r/min 正转
G00 X60 Z3	到循环起点
G82 X47.553 Z-24.7 I-0.875 F2.309	第一次循环切螺纹，切深 1 mm
G82 X46.853 Z-24.7 I-0.875 F2.309	第二次循环切螺纹，切深 0.7 mm
G82 X46.253 Z-24.7 I-0.875 F2.309	第三次循环切螺纹，切深 0.6 mm
G82 X45.753 Z-24.7 I-0.875 F2.309	第四次循环切螺纹，切深 0.5 mm
G82 X45.553 Z-24.7 I-0.875 F2.309	第五次循环切螺纹，切深 0.2 mm
G00 X100 Z100	退刀
M30	程序结束



提示

在数控车床上加工圆锥管螺纹编程时的计算较复杂，主要是锥度与编程所需的数据之间的关系。在加工程序编制过程中，不少编程人员仍用三角函数来计算参数，然而锥度与角度等参数的转换既繁琐又不可靠。其实我们只要将圆锥管螺纹基面的尺寸作为标准，计算出各编程基点的坐标，



如上例所示，就能很快解决问题，且易懂易掌握。



双线内螺纹的加工

例 4 车削如图 5-9 所示内螺纹，用 G82 指令编程，假设内螺纹实际小径已钻出，材料为青铜。

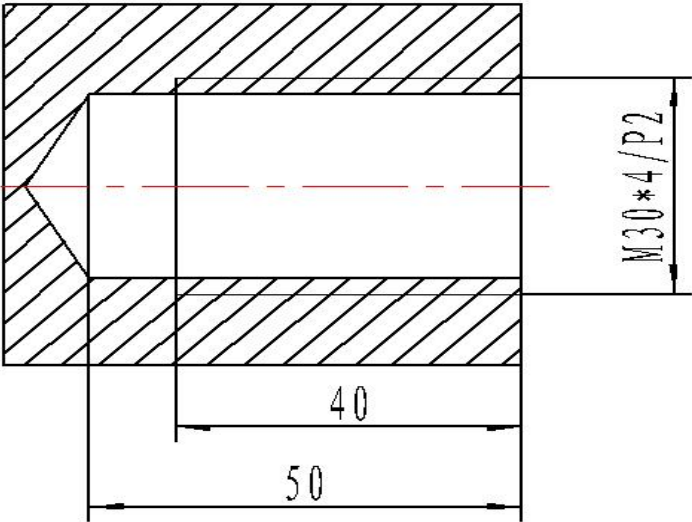


图 5-9 双线内螺纹的加工



操作提示

(1) 车削内螺纹是在车床上采用内螺纹车刀加工出内螺纹，内螺纹的加工与外螺纹的加工方法基本相同，但进、退刀方向相反。车削内螺纹时，由于刀杆细长，刚度差，切屑不易排出，切削液不易注入及不便于观察等原因，比车削外螺纹要难一些。

(2) 在车削内螺纹时，一般先钻孔或车孔，由于车削时的挤压作用，内孔直径会缩小，所以车削内螺纹前孔径略大于小径的基本尺寸，一般可按下式计算：

车削塑性材料： $D_1 = D - P$

车削脆性材料： $D_1 = D - 1.05P$

式中： D ——螺纹大径

D_1 ——螺纹底孔直径

P ——螺距

对于此内螺纹，螺纹材料为青铜，为脆性金属， $D_1 = D - 1.05P = 30 - 1.05 \times 2 = 27.9\text{mm}$ 。

用 G82 指令加工内螺纹，牙高 $= 0.6495P$ (P 为螺距) $= 0.6495 \times 2 = 1.299\text{mm}$ ，查表得每次的背吃刀量为 0.9、0.6、0.6、0.4、0.1， $\delta_1 = 3\text{ mm}$ ， $\delta_2 = 1\text{ mm}$ ，循环起点设为 (27, 3)。

(3) 可用螺纹塞规检验内螺纹，测量时如果通端刚好能旋入，而止端不能旋入，说明螺纹精度合格；对于精度要求不高的内螺纹，也可以用标准螺杆来检验，以旋入工件时是否顺利和松动的程度来确定是否合格。

程序如下表 5-14 所示

表 5-14 双线内螺纹的 G82 指令编程

%0004	
-------	--



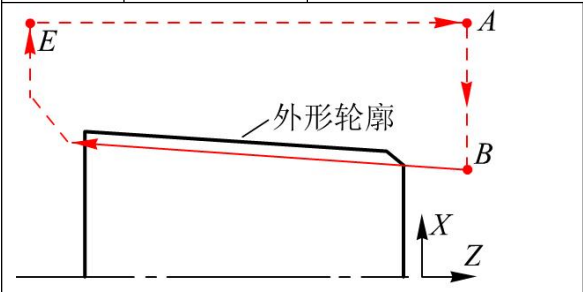
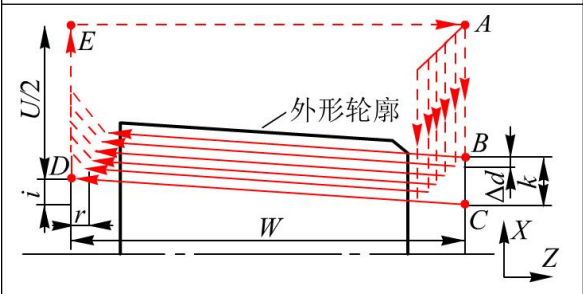
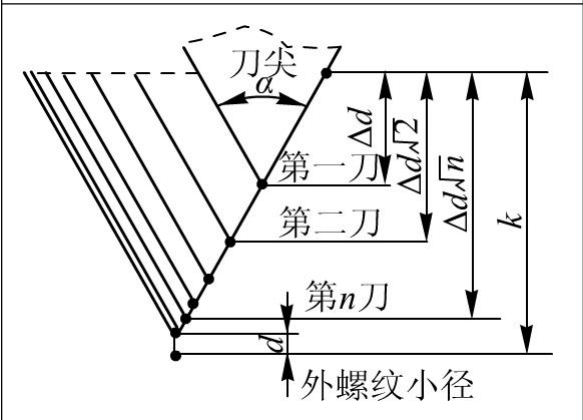
M03 S300 T0101	选择 1#刀，主轴以 300r/min 正转
G00 X27 Z3	到循环起点
G82 X28.8 Z-41 C2 P180 F2	第一次循环切螺纹，切深 0.9 mm
X29.4 Z-41 C2 P180 F2	第二次循环切螺纹，切深 0.6 mm
X30 Z-41 C2 P180 F2	第三次循环切螺纹，切深 0.6 mm
X30.4 Z-41 C2 P180 F2	第四次循环切螺纹，切深 0.4 mm
X30.5 Z-41 C2 P180 F2	第五次循环切螺纹，切深 0.1 mm
G00 X100 Z100	退刀
M30	程序结束

(三)、复合型螺纹切削循环指令 G76

表 5-15 G76 指令详解

G76 C(c)R(r)E(e)A(a)X(x)Z(z)I(i)K(k)U(d)V(Δdmin)Q(Δd)P(p)F(L)		
c	精加工重复次数	必须用两位数表示（01 至 99），一般取 01~03 次，若 c=03 则是精车 3 次，第一刀是精车，第二第三刀是精车重复，重复精车的切削深度为 0，用于消除切削时的机械应力（让刀）造成的欠切，提高螺纹精度和表面质量，去除了牙侧的毛刺，对螺纹的牙型起修光作用。
r	螺纹 z 向退尾长度	即螺纹切削退刀尾处(45 度)的 z 向退刀距离，其值为螺纹导程的倍数，取值范围从 00~99，一般取 00~20，必须输 2 位数，可实现无退刀槽螺纹的加工。
e	螺纹 x 向退尾长度	同 r
a	刀尖夹角	可以选择 80°、60°、55°、30°、29°和 0 六种中选择，由两位数规定，普通螺纹取 60，梯形螺纹取 30。
X、Z：	螺 纹 切 削 终 点坐标值	外螺纹的 X 值即为螺纹小径 内螺纹的 X 值为螺纹的公称直径 Z 值根据图纸可得
i	螺纹锥度值	即锥螺纹始端半径与终端半径之差，如果 i=0，可进行普通圆柱螺纹切削，单位 mm。
G76 C(c)R(r)E(e)A(a)X(x)Z(z)I(i)K(k)U(d)V(Δdmin)Q(Δd)P(p)F(L)		
k	螺纹高度	用 X 轴方向半径值指定，单位为 um
d	精加工余量	半径量，螺纹精车的切削深度，单位为 um，一般取 50~100um，



Δd_{min}	最小切削深度	该值用不带小数点的半径量表示，单位为 μm ，一般取 $50\sim 100\mu m$ ，当一次循环运行的背吃刀量小于此值时，背吃刀量就执行此值。
Δd	第一次的切削深度	半径值，根据机床刚性和螺距大小来取值，建议取 $300\sim 800\mu m$ 。
P	主轴基准脉冲距离切削起始点的主轴转角	缺省值为 0，多头螺纹切削时，为相邻螺纹头的切削起始点之间对应的主轴转角。 例如双线螺纹 P 为 180，三线螺纹 P 为 120..... 在车削多线螺纹时不存在分头精度低的问题，而在使用普通车床车螺纹时就较难控制分头精度。
f	螺线程数	单位为 mm。
		第一刀 切削轨迹 G76 指令用于多次自动循环切削螺纹，背吃刀量和进刀次数等参数设置后可自动完成螺纹的加工，常用于不带退刀槽的圆柱螺纹和圆锥螺纹的加工。
		复合切削 轨迹 在 G76 螺纹切削循环中，螺纹刀以斜进的方式进行螺纹切削。总的螺纹切削深度（牙高）一般以递减的方式进行分配，螺纹刀单刃参与切削。每次的切削深度由数控系统计算给出。
		切削深度递减公式计算： $n^2\sqrt{n(n+1)n(n+1)(n+1)}$ $d_2 = \sqrt{2} \Delta d$; $d_3 = \sqrt{3} \Delta d$; $d_n = \sqrt{n} \Delta d$; 每次粗切深： $\Delta d_n = \sqrt{n} \Delta d - \sqrt{n-1} \Delta d$



该指令较为复杂，不易记忆，应用时需参阅编程说明书，以防程序出错。简单螺纹的加工可采用其它螺纹循环指令。



梯形外螺纹的加工
例 5 用 G76 指令加工如图 5-10 所示梯形螺纹零件，假设外径与槽已加工完毕，只编写螺纹部



分加工程序。

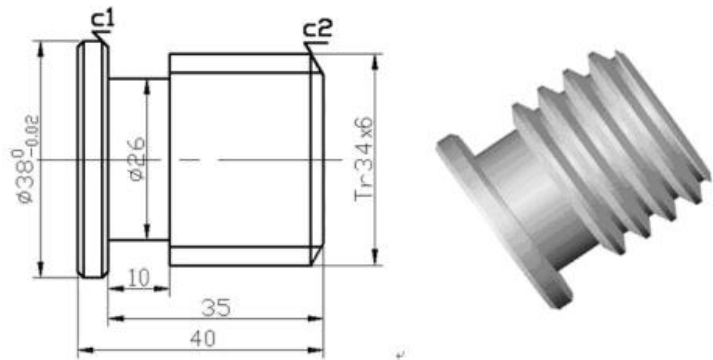


图 5-10 梯形外螺纹的 G76 指令编程



操作提示

梯形螺纹的加工难点是牙型深，导程大。加工中易出现三个刀刃同时吃刀，引发振动；加工时参加切削的刀刃长度大，因此切削力、切削热也大，如果工艺安排不合理，由于切削热、切削力过大，导致刀尖磨损严重，影响加工精度；更严重的是，由于三个刀刃切削引发振动，一旦在牙侧面产生波纹，每一次刀走到这里都发生振动，损坏刀具，容易产生扎刀现象，使得后面的加工无法进行。因此实现单刃切削，减少切削力，避免三个切削刃同时参予切削，是解决这一难题的关键。

刀具的刃磨是关键，除注意刀具宽度、长度、卷屑槽外，为提高刀具耐用度，刀具刃磨表面要用油石精修，因螺距较大，必须要考虑螺纹升角对加工的影响，图 5-11 螺纹车刀的刃磨角度。

车右旋螺纹时，左侧的刃磨后角（ α_{OL} ）应等于工作后角加上螺纹升角（ ψ ），为了保证刀头有足够的强度，车刀右侧的刃磨后角（ α_{OR} ）应等于工作后角减去螺纹升角，即

$$\alpha_{OL} = (3^{\circ} \sim 5^{\circ}) + \psi$$

$$\alpha_{OR} = (3^{\circ} \sim 5^{\circ}) - \psi$$

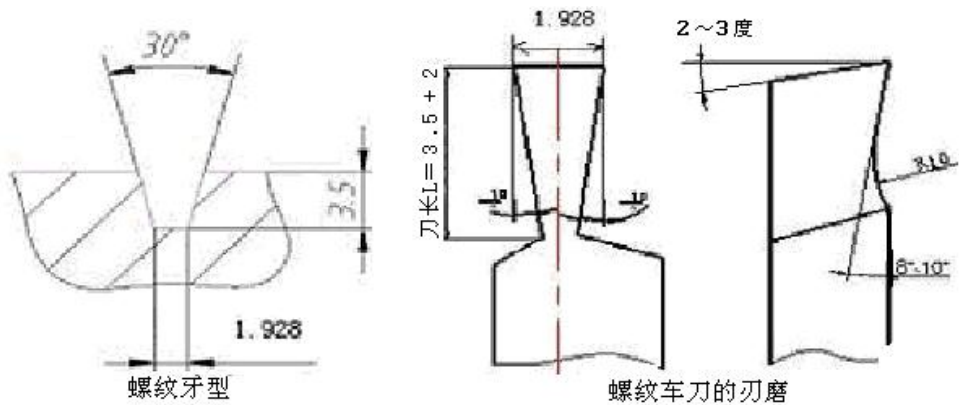


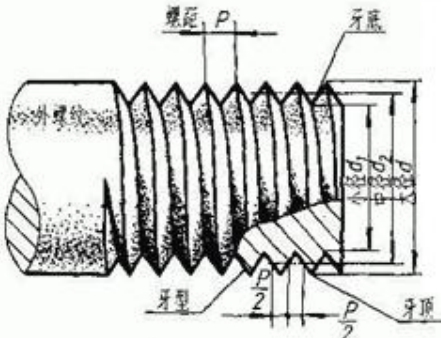
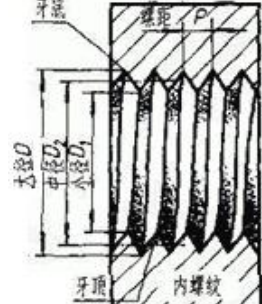
图 5-11 螺纹车刀的刃磨

梯形螺纹各部分名称、代号及计算公式如下表 5-16 所示

表 5-16 梯形螺纹相关参数计算

外螺纹	内螺纹
-----	-----



							
外螺纹	大 径	d	公称直径	内螺纹	大 径	D ₄	D ₄ =d+2 a _c
	中 径	d ₂	d ₂ =d-0.5P		中 径	D ₂	D ₂ = d ₂
	小 径	d ₃	d ₃ =d-2 h ₃		小 径	D ₁	D ₁ =d-P
	牙 高	h ₃	h ₃ =0.5P+ a _c		牙 高	H ₄	H ₄ = h ₃
牙 型 角	a	a=30°					
螺 距	P	由螺纹标准确定					
牙 顶 间 隙	a _c	P	1.5~5	6~12	14~44		
		a _c	0.25	0.5	1		
牙 顶 宽	f、f'	f=f'=0.366P					
牙 槽 底 宽	W、W'	W=W'=0.366P-0.536 a _c					

相关计算

梯形螺纹底径 $d_3=d-2h_3=d-2(0.5P+a_c)=34-2(0.5*6+0.5)=27\text{mm}$

螺纹中径： $d_2=d-0.5P=34-0.5*6=31\text{ mm}$

螺纹牙顶宽度： $W=0.366P-0.536a_c=0.366*6-0.536*0.5=1.928\text{ mm}$

螺纹牙型深度： $h_3=0.5P+a_c=0.5*6+0.5=3.5\text{ mm}$



操作提示

根据 G76 指令要求：设循环起点为 (40, 6)；精整次数为 02；R=5、E=3；刀尖角度为 30；螺纹有效长度 25，设 $\delta_1=6\text{mm}$ ， $\delta_2=2\text{mm}$ ；切削终点 X 坐标为外螺纹小径， $d_3=27$ ；圆柱螺纹，i=0 或缺省；螺纹高度（半径）为 $h_3=3.5$ ；精加工余量（半径值）设为 0.1；最小背吃刀量（半径值）设为 0.02；单线螺纹切削 P 为零或缺省；第一次背吃刀量（半径值）设为 0.9；螺纹导程为 6，程序如下表 5-17 所示。

表 5-17 梯形螺纹的 G76 指令编程

%0005	
M03 S200 T0101	选择 1#刀，主轴以 300r/min 正转



G00 X40 Z6	到循环起点
G76 C02R5.0E3.0A30X27Z-27K3.5U0.1V0.02Q0.9F6.0	螺纹切削复合循环
G00 X100 Z100	退刀
M30	程序结束



重点归纳

1. 装夹螺纹车刀时，刀尖要与工件中心等高（可根据尾座顶尖高度检查）。
2. 为保证螺纹的牙型角正确，要用对刀样板来校对螺纹车刀的角度。
3. 刀头伸出不要过长，一般为 20~25mm（约为刀杆厚度的 1.5 倍）
4. 切削螺纹时，应始终保持刀刃锋利，刀具前后刀面光洁，以减小螺纹的表面粗糙度。
5. 螺纹刀具需要中途换刀或磨刀后，必须对刀以防乱牙。
6. 工件转动时，不能用棉纱擦工件，否则会使棉纱卷入工件，把手也一起卷进而造成人身事故。
7. 加工圆锥螺纹前必须将圆锥体加工成形，编程时重点是 R 的计算，要按切入点和切出点的位置来计算，不能按实际大、小端直径来考虑。
8. 加工螺纹时可以增加空行程次数，以降低螺纹的表面粗糙度。

学习活动 2 制定方案

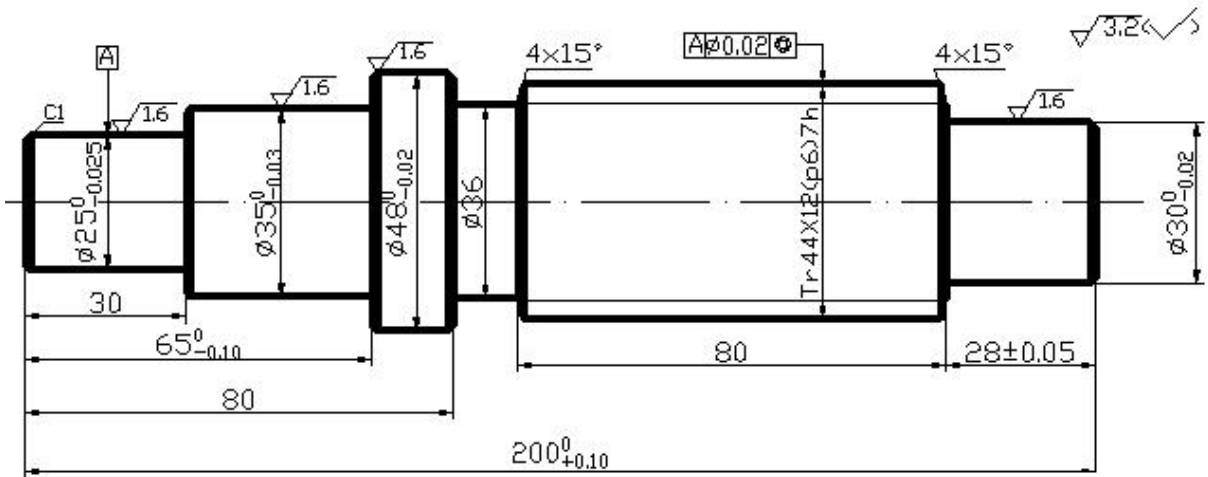


图 5-1 尾座丝杠图纸

一、零件工艺分析

零件的轮廓由外圆柱面、台阶面、槽、螺纹构成。精度要求较高，粗糙度要求中等，要粗精车分开加工。将工件零点设定在毛坯右端面的圆心。加工起点设在毛坯直径处且离开工件毛坯右端面 3 mm (X 5 5 , Z 3) 处。



二、螺纹加工精度分析及相关指令应用

G32、G82 螺纹切削循环采用直进式进刀方式，由于刀具两侧刃同时切削工件，切削力较大，而且排屑困难，因此在切削时，两切削刃容易磨损。在切削螺距较大的螺纹时，由于切削深度较大，刀刃磨损较快，从而造成螺纹中径产生误差。但由于其加工的牙形精度较高，因此一般多用于小螺距高精度螺纹的加工。由于其刀具移动切削均靠编程来完成，所以加工程序较长。由于刀刃在加工中易磨损，因此在加工中要经常测量。

G76 螺纹切削循环采用斜进式进刀方式，由于单侧刀刃切削工件，刀刃容易损伤和磨损，使加工的螺纹面不直，刀尖角发生变化，而造成牙形精度较差。但由于其为单侧刃工作，刀具负载较小，排屑容易，并且切削深度为递减式，因此，此加工方法一般适用于大螺距低精度螺纹的加工。此加工方法排屑容易，刀刃加工情况较好，在螺纹精度要求不高的情况下，此加工方法更为简捷方便。如果需加工高精度、大螺距的螺纹，则可采用 G82、G76 混用的办法，即先用 G76 进行螺纹粗加工，再用 G82 进行精加工。需要注意的是粗精加工时的起刀点要相同，以防止螺纹乱扣的产生。

综合分析，此例选择 G76 指令进行梯形螺纹切削。

三、指令选择

工件轮廓可以使用 G71 粗精车，G81 指令切槽，G76 指令切削双线梯形螺纹。

四、工件的装夹

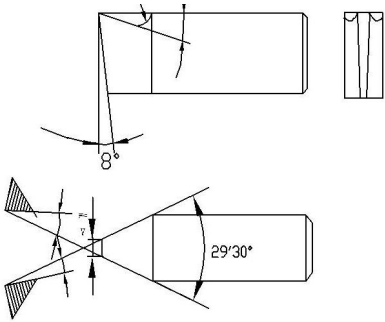
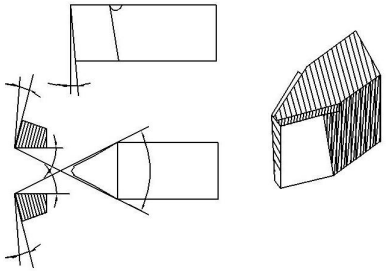
此零件两端面外圆与螺纹的同轴度允差为 $\Phi 0.02$ ，为保证同轴度要采用两顶尖装夹工件，相关工件装夹知识如表 5-18 所示。

表 5-18 两顶尖装夹相关知识			
两顶尖装夹： 加工轴的各个外表面时，用顶尖作为定位基准，能做到基准统一，各个外圆面的同轴度高，跳动小，保证了较高的加工精度。 优点：装夹方便，不需找正，装夹精度高； 缺点：装夹刚度低，影响了切削用量的提高。			
鸡心夹头： 一种用于加工轴类零件使用的夹具，主要通过主轴头上安装的卡盘拨动鸡心夹转动，由于工件紧紧地夹在鸡心夹上，工件随着卡盘和顶尖转动。			
装夹注意事项： 鸡心夹头必须牢靠地夹紧工件，以防车削时移动、打滑、损坏车刀。 注意安全，防止鸡心夹头勾衣伤人。			
表 5-18 两顶尖装夹相关知识			



前顶尖： 分为装夹在卡盘上的前顶尖和插于主轴锥孔内的前顶尖两种，它与工件中心孔无相对运动，因而不产生摩擦。	
后顶尖：插入尾座套筒锥孔中的顶尖。分为固定顶尖和回转顶尖两种。 固定顶尖：又叫死顶尖，优点是定心准确刚度好，切削时不易产生振动；缺点是顶尖与中心孔之间要产生滑动摩擦，易产生高热，常会反顶尖或中心孔烧坏。般适用于低速精车。 回转顶尖：优点是顶尖与工件之间无摩擦；缺点是定心精度和刚度稍差。	 活顶尖  ▲死顶尖

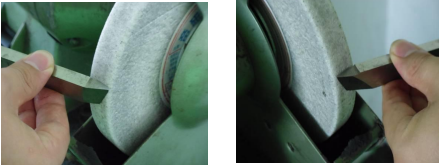
五、高速钢螺纹车刀刃磨角度

表 5-19 高速钢粗精车螺纹刀的刃磨		
车刀	粗车刀	精车刀
车刀图		
刀尖角 ϵ_r	$\epsilon_r < \alpha$ 一般取 $29^\circ 30'$	$\epsilon_r = \alpha = 30^\circ$
刀尖宽度	$< W$, 一般取 $(2/3) W$	$= W - 0.05 \text{mm}$
背前角 γ_p	$10^\circ \sim 15^\circ$	0°
背后角 α_p	$6^\circ \sim 8^\circ$	$6^\circ \sim 8^\circ$
两侧刃磨前角 γ_o	—	前角 $\gamma_o = 0^\circ$,
车刀	粗车刀	精车刀



刃磨 后角	左侧	$\alpha_{OL}=3^{\circ}\sim 5^{\circ}+\Psi$	$\alpha_{OL}=5^{\circ}\sim 8^{\circ}+\Psi$
	右侧	$\alpha_{OR}=3^{\circ}\sim 5^{\circ}-\Psi$	$\alpha_{OR}=5^{\circ}\sim 8^{\circ}-\Psi$
刀尖	刀尖处适当倒圆		刀尖处适当倒圆

六、高速钢螺纹车刀的刃磨过程

表 5-20 高速钢螺纹车刀的刃磨过程		
步骤	操作内容	图例
1. 刃磨进给方向后刀面	刃磨进给方向后刀面，刀杆与砂轮圆周夹角约为 $\epsilon_r/2$,刀面向外倾斜 $\alpha_{OE}+\Psi$ 。	
2. 刃磨背进给方向后刀面	刃磨背进给方向后刀面，以初步形成两刃夹角，控制刀尖角 ϵ_r 及后角 α_{LR} ($\alpha_{OE}-\Psi$) (刀杆与砂轮圆周夹角约为 $\epsilon_r/2$ ，刀面向外侧倾斜 $\alpha_{OE}-\Psi$ 。)	
3. 精磨后刀面	精磨后刀面，保证左右侧角（用样板或角度尺测量）及角（用螺纹车刀样板或角度尺测量，此时刀刃要平直、刀面要光洁）	
4. 测量刀尖角	用螺纹车刀样板测量刀尖角，测量时样板应与车刀底面平行，方法如图。	



5.（粗车刀）精磨前刀面	精磨前刀面，以形成前角 （在离开刀尖、大于牙型深度处 以砂轮边角为支点，夹角等于前角，使火花最后在刀尖处磨出。）	
6. 研磨前、后刀面	用油石研磨刀刃处的前刀面、后刀面（注意保持刀口锋利）	



提示对螺纹车刀的要求主要有以下几点：

- （1）精车刀的刀尖角一定要等于螺纹的牙型角。
- （2）精车时，车刀的纵向前角应等于 0°；粗车时，允许有 5°~15°的纵向前角。
- （3）因受螺纹升角的影响，车刀两侧面的静止后角应磨的不相等，进给方向的后角较大，一般应保证两侧面均有 3°~5°的工作后角。

七、编写加工技术文件

1. 数控加工工序卡（表 5-21）

表 5-21 数控加工工序卡					
零件名称	尾座快进丝杠杆	数量	10	年 月 日	
工序	名称	工艺要求		操作者	日期
1	下料	Φ52mm×210 mm			
2	普通车	车削外圆至Φ50mm			
3	打中心孔	两端 GB/T44595-B3.15/10			
4	数控车	工步	工步内容		
		1	粗精车左端至Φ52mm 处		
		2	粗精车右端		
		3	切槽		
		4	切螺纹		
5	检验				

2. 选择切削用量（表 5-22）

表 5-22 数控加工刀具卡



刀具号	刀具名称	刀具规格 b×h(mm)	数量	加工内容	主轴转速 n(r/min)	进给量 f(mm/r)	备注
	中心钻		1	两端打中心孔	900		
刀具号	刀具名称	刀具规格 b×h(mm)	数量	加工内容	主轴转速 n(r/min)	进给量 f(mm/r)	备注
T0101	90°硬质合金	25×20	1	粗车外轮廓	500	120	
T0202	90°硬质合金	25×20	1	精车外轮廓	800	80	
T0303	切断刀	4 mm 宽	1	切槽	500	40	
T0404	螺纹刀		1	车螺纹	90		
编制		批准			日期		

学习活动 3 实施过程

一、编写加工程序

1. 粗精车左端

表 5-23 尾座丝杠杆左端程序

程序号: %0601		
程序段号	程序内容	说明
N10	T0101 M03 S500	选择 1#外圆粗车刀, 主轴以 500r/min 正转
N20	G00 X55 Z3	刀具快进至循环起点 (53, 3)
N30	G71U2R0.5P90Q190X1Z0F120	粗车量 2mm, 精切量: 1mm
N40	G00X100Z100	退刀回换刀点
N50	T0202	换 2 号精车刀
N60	M05	主轴暂停
N70	M03S800	主轴以 800r/min 正转
N80	G00X55Z3	2 号精车刀回循环起点
N90	G00X23	精加工轮廓起始行, 快速 X 向进刀
程序段号	程序内容	说明



N100	G01Z0F80	至 C1 倒角起点
N110	X25Z-1	倒角
N120	Z-30	精车 $\phi 25$ 外圆
N130	X33	精车 $\phi 25$ 外圆左台阶面至 C1 倒角起点
N140	X35W-1	倒角
N150	Z-65	精车 $\phi 35$ 外圆
N160	X46	精车台阶面至倒角起点
N170	X48W-1	倒角
N180	Z-82	精车 $\phi 48$ 外圆柱面
N190	X52	退刀，精加工轮廓结束行
N200	G00X100Z100	退刀回换刀点
N200	M30	程序结束

2. 粗精车右端，切槽，车螺纹。

表 5-24 尾座丝杠杆右端程序

程序号：%0602		
程序段号	程序内容	说明
N10	M03S500T0101	选择 1#外圆粗车刀，主轴以 500r/min 正转
N20	G00 X55 Z3	刀具快进至循环起点（55，3）
N30	G71U2R0.5P70Q150X1Z0F120	粗车量 2mm，精切量 1mm
N40	G00X100Z100	退刀
N50	T0202	换 2 号刀
N60	G00X55Z3	刀快速回精车起点
N70	G00X28S800	精加工轮廓起始行，快速 X 向进刀
N80	G01Z0F80	至 C1 倒角起点
N90	X30Z-1	倒角
N100	Z-28	精车 $\phi 30$ 外圆



N110	X34	精车台阶面至 $4 \times 15^\circ$ 倒角起点
N120	X43.4W-0.991	倒角，为抵消膨胀量梯形螺纹外圆车至 $\phi 43.4$
N130	Z-120	精车梯形螺纹 $\phi 43.4$ 外圆
N140	X46	精车台阶面至倒角起点
N150	X50W-2	倒角，精加工轮廓结束行
N160	G00X100Z100	退刀
N170	T0303	调用 3 号刀，刀宽 4mm
N180	M05	主轴停
N190	M03S500	重新启动主轴正转，转速 500r/min
N200	G00X48Z-112	定位到起刀点（36，-112）
N210	G81X36.2Z-112F40	在原位切第一刀，X 向留余量 0.1 mm
N220	G81X36.2Z-115.5	切第二刀，Z 方向进给 3.5 mm
N230	G81X36.2Z-119	切第三刀，Z 方向进给 3.5 mm
N240	G81X36Z-120	切第四刀，Z 方向进给到尺寸，X 切到槽底尺寸
N250	G00X100Z100	退刀
N260	T0404	调用 4 号螺纹刀
N270	M05	主轴停
N280	M03S300	重新启动主轴正转，转速 300r/min
N290	G00X46Z-22	定位到第一根线切削起刀点（46，-22）
N300	G76 C02R5.0E3.0A30X37Z-110 K3.5U0.1V0.02P0Q0.9F12.0	螺纹切削复合循环，车削第一根螺旋线
N320	G00X46Z-16	定位到第二根线切削起刀点（46，-16）
N330	G76 C02R5.0E3.0A30X37Z-110 K3.5U0.1V0.02P180Q0.9F12.0	螺纹切削复合循环，车削第二根螺旋线
N340	G00X100Z100	退刀
N140	M30	程序结束



二、加工实施



1. 填写工、量具清单

填写工、量具清单，然后到仓库领取有关的工、量具，并把工、量具摆放整齐。

表 5-25 工、量具清单

班级			学号		姓名		
工具名称	规格	数量	备注	工具名称	规格	数量	备注
90°硬质合金外圆粗车刀		1		活动顶尖		1	
90°硬质合金外圆精车刀		1		游标卡尺	0~200mm	1	
4mm 宽切断刀		1		千分尺	25~50mm	1	
螺纹刀		1		百分表		1	
借期:			还期:			签名:	



2. 启动数控车床

启动机床步骤:

- (1) 检查“急停”按钮是否松开至状态，若未松开，按下“急停”按钮将其松开。
- (2) 进入系统后首先应将各轴返回参考点，按如下步骤进行操作：

I、检查操作面板上回原点指示灯是否亮若指示灯亮则已进入回原点模式，若指示灯不亮，则按下“回零”按钮，使机床进入回参考点模式。

II、在回零模式下，点操作面板上的按钮，此时 X 轴将回原点，上灯变亮，CRT 上的 X 坐标变为“0.000”。

III、在回零模式下，点操作面板上的按钮，上灯变亮，CRT 上的 Z 坐标变为“0.000”。

3. 装夹工件

两顶尖装夹



- (1) 后顶尖应找正，与主轴轴线重合，否则工件会产生锥度。
- (2) 中心孔形状应正确，表面粗糙度要小，应清除中心孔的切屑或异物，。
- (3) 尾座套筒在不影响车刀切屑的前提下，尽量伸出短一些，以增加刚性防止振动。

4. 安装刀具



按顺序装夹 4 把刀。



操作提示

(1) 外圆车刀的伸出长度一般不超出刀杆厚度的 2 倍，以及 1~1.5 倍为宜；车刀刀尖应与机床主轴中心线等高，如不等高，应用垫刀片垫高，垫刀片要平整，尽量减少垫刀片的片数，一般只用 2 片、3 片，可选用较厚的垫刀片，以提高车刀的刚度。车刀刀杆中心线应与机床主轴中心线垂直，车刀要用两个刀架螺钉压紧在刀架上，并逐个轮流拧紧。

(2) 切槽刀装夹不宜伸出太长，装刀时要找正，以保证两个副偏角对称，主切削刃必须与机床主轴中心线等高，以避免崩刃或折断。

(3) 螺纹车刀装刀时刀尖与机床主轴中心线要等高，左右切削刃要对称，为此要用螺纹对刀样板进行对刀。

5. 对刀

与前几章所示同。

6. 程序的运行与加工



- (1) 按机床操作规程面板上的“进给保持”键。
- (2) 在运行控制菜单下按“F1”键。
- (3) 在弹出的对话框中选择“从当前行开始运行”并回车。
- (4) 按“循环启动”键，程序将从蓝色亮条处开始运行。

7. 整理工量具、按规范进行机床清洁与保养



(1) 一批零件加工完成后，应核对刀具号、刀补值，以及程序、偏置页面、调整卡和工艺中的刀具号、刀补值，并作必要的整理、记录。

(2) 做好机床卫生清扫工作，擦净导轨面上的冷却液，并涂防锈油，以防止导轨生锈。

(3) 检查润滑油、冷却液情况，及时添加或更换。

(4) 依次关闭机床操作面板上的电源开关和总电源开关。

学习活动 4 质量检测



提示 螺纹应根据不同的质量要求和生产批量的大小，相应地选择不同的检测方法。常见的检测方法有单项测量法和综合检验法两种。

一、多线螺纹的工艺技术要求：

1. 多线螺纹的螺距必须相等
2. 多线螺纹每条螺纹的牙型角，中径处螺距要相等。

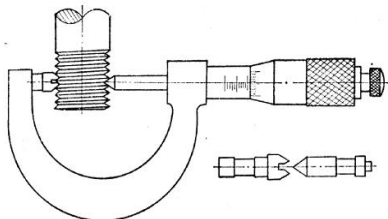
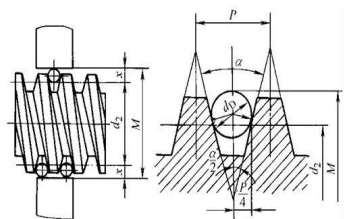
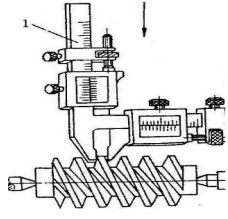
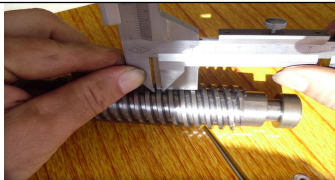
螺纹的检测方法总结如下表 5-26 所示：

表 5-26 螺纹的检测



测量方法	测量项目	测量仪器	测量方法	图示
综合检测法		环规 塞规	环规用来检测外螺纹 塞规用来检测内螺纹 综合检验法是用螺纹量规对 螺纹各基本要素进行综合性检验， 三角形螺纹和梯形螺纹均可采用 综合检验法。	
单项检测法	公称直径	游标卡尺 千分尺	外螺纹的大径和内螺纹的小径，一般有游标卡尺或千分尺测量。	
	螺距的测量	钢直尺 游标卡尺 螺纹样板	用钢直尺、游标卡尺或螺纹样板测量。 车削螺纹前，先用螺纹车刀在工件外圆上划出一条很浅的螺旋线，再用钢直尺、游标卡尺或螺纹样板对螺距（或导程）进行测量。最好量 5 个或 10 个牙的螺距（或导程长度），然后取其平均值。 车削螺纹后螺距（或导程）的测量，也可用同样的方法。	
			螺纹样板分为英制 55 度和公制 60 度两种，55 度样板上的数值表示每英寸的牙数，60 度样板上的数值表示螺纹的螺距，测量螺纹螺距时，以螺纹样板组中齿形钢片作为样板，卡在被测螺纹工件上，如果不密合，就另外换一片，直到密合为止，这时该螺纹样板上记的尺寸即为被测螺纹工件的螺距。	 螺纹样板
	牙型角的测量	螺纹样板 牙型角样板	用螺纹样板测量牙型角时，把螺距与被测螺纹工件相同的螺纹样板靠放在被测螺纹上面，然后检查它们的接触情况，如果有不均匀间隙的透光现象，说明被测螺纹的牙形不准确。这种测量方法只能粗略判断牙型角误差的大概情况。	
		游标万能 角度尺	梯形螺纹和锯齿形螺纹的牙型角可用游标万能角度尺来测量。	



	中 径 的 测 量	螺 纹 千 分 尺	三角形螺纹的中径可用螺纹千分尺来测量，螺纹千分尺有 60° 和 55° 两套适用于不同牙型角和不同螺距的测量头，可根据测量的需要进行选择，然后分别插入千分尺的测杆和砧座的孔内，注意更换测量头后一定要先对零位。 螺纹千分尺的误差较大，为 0.1mm 左右，一般用来测量精度不高，螺距或导程为 0.4~6mm 的三角形螺纹。	 螺纹千分尺测三角形螺纹中径
		三 针 测 量 法	用三针测量螺纹中径，是一种比较精密的、间接测量螺纹中径的方法。三角形螺纹、梯形螺纹和锯齿形螺纹的中径均可采用三针测量。 测量时，将三根精度很高、直径相同的量针放在被测螺纹的牙凹中，用测量外尺寸的计量器具如千分尺、机械比较仪，测量出量针的外围距离，再减去量针的直径，就是所测量外螺纹中径。	
	齿 厚 的 测 量	齿 厚 游 标 卡 尺	测量时将齿厚卡尺调整到螺纹中径距牙顶尺寸（实际尺寸），$h=1/2(d-d_2)$ 法向嵌入螺纹，使齿厚卡尺和梯形螺纹轴线大致相交一个螺旋升角的角度。此时测量爪与螺纹表面相切，并作微量转动，消除测量间隙，测量时达到最佳状态。此时的最小读数即为螺杆中径处的法向齿厚。	
			分线精度的测量： 分别测量相邻两齿的厚度，比较其厚度误差，确定分线精度	

二、三针测量法

三针的选取与螺纹的半角和螺距有关。只要半角和螺距一样，就可以使用同一副三针，比如 M30 x 1.5 的塞规和 M45 x 1.5 的塞规、M25 x 1.5 的塞规就可以使用同一副三针，但是 M30x3.5 的塞规就要另选三针了。三针是由量具厂专门制造，也可用三根新直柄麻花钻的柄部代替。量针直径 d_D 不能太大或太小，量针最佳直径是指量针横截面与螺纹中径处牙侧相切时的量针直径，如下表 5-27 所示，选用量针时，应尽量接近最佳值，以便获得较高的测量精度。

表 5-27 三针测量法

螺纹或	牙型角 α	M 值计算公式	量针直径 d_D
-----	--------------	---------	------------



螺杆			最大值	最佳值	最小值
普通螺纹	60°	$M=d_2+3d_D-0.866P$	1.01 P	0.577P	0.505 P
梯形螺纹	30°	$M=d_2+4.864d_D-1.866P$	0.656 P	0.518 P	0.486 P
英制螺纹	55°	$M=d_2+3.166d_D-0.961P$	0.894 P -0.029	0.564 P	0.481 P -0.016
米制蜗杆	20° (齿形角)	$M=d_1+3.924d_D-4.361m_x$	2.446 m_x	1.672 m_x	1.610 m_x

对于尾座快进丝杠杆，梯形螺纹部分为 Tr44×12（P6）7h，螺纹中径的基本尺寸和极限偏差为 $\Phi 41_{-0.025}^0$ ，查表得最佳量针直径为 $d_D=0.518 P=0.518\times 6=3.108\text{mm}$ ，使用 3.1mm 的量针，则三针测量千分尺的读数 $M=d_2+4.864d_D-1.866P=41+4.864\times 3.1-1.866\times 6=44.8824\text{mm}$ ，根据规定的极限偏差，M 值应在 44.8824~44.857 mm 的范围内才算合格。

三、齿厚游标卡尺的使用

标准环规造价昂贵，三针测量操作复杂，初学者难以达到要求，采用齿厚游标卡尺测量双线梯形螺纹中径的法向齿厚的同时，也能测量出螺距产生的误差，这种方法通用性强，使用方便，测量也比较准确，应用广泛。

四、尾座快进丝杠杆检测分析表（见表 5-28）

表 5-28 尾座丝杠杆的检测分析表

序号	检测内容	检测项目及分值			测量情况			
		检测项目	配分 IT Ra	评分标准	自检 果	得分	教师检 测结果	得分
1	主要尺寸	$\varphi 25_{-0.025}^0 \text{mm} R_a 1.6\mu\text{m}$	7	超差不得分				
		$\varphi 28_{-0.02}^0 \text{mm} R_a 1.6\mu\text{m}$	7	超差不得分				
		$\varphi 35_{-0.03}^0 \text{mm} R_a 1.6\mu\text{m}$	7	超差不得分				
		$\varphi 48_{-0.02}^0 \text{mm} R_a 1.6\mu\text{m}$	7	超差不得分				
		$28_{-0.05}^{+0.05} \text{mm}$	7	超差不得分				
		$65_{-0.1}^0 \text{mm}$	7	超差不得分				

序	检测内容	检测项目及分值	测量情况
---	------	---------	------



号		检测项目	配分 IT Ra	评分标准	自检测 果	得 分	教师检 测结果	得分
1	主要尺寸	200 ^{+0.1} ₀ mm	7	超差不得分				
		梯形螺纹各项参数	16	超差不得分				
		30mm、80mm、80mm、 φ36mm	4	IT14 超差不 得分				
		槽宽	3	超差不得分				
2	形位公差	同轴度 0.02	8	超差不得分				
3	中心孔与倒角、粗 糙度质量	C1	2—5	超差不得分				
		螺纹两端倒角 4×15°	2—2	超差不得分				
		中心孔两处	4—2	超差不得分				
总分								

五、双线梯形螺纹的检测分析表（见表 5-29）

表 5-29 双线梯形螺纹的检测分析表

序 号	名称	检测项目	检测工具	分 值	理论值	自己检测 结果	老师检测 结果	得分
1	双线梯形 外螺纹	大径/Ra1.6		3				
2		中径/Ra1.6		3				
3		螺距		3				
4		牙型角		2				
5		分线（P6）		3				
6	倒角	4 x 15°倒角（两 处）		2x1				
总分				16				
教师总评意见								



学习活动 5 反馈评价

1. 学习过程反馈

学习任务一	销轴的加工				
学习内容	理解的内容（要点）			存在的问题	
分 析 加工工艺					
编写加工 技术文件					
加工工件					

2. 自我评价、小组评价及教师评价

理论知识部分主要通过学生口头表述、作业形式进行小组评价或教师评价。实操技能部分，一方面要对学生在实操中各个环节运用的有关方法、掌握技能的水平进行定性评价，另一方面还要对学生的实践操作结果进行抽样测量、检查，给予最终定量评价。

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	① 指令格式及走刀路线	5				
	② 基础知识融会贯通	5				



	③ 零件图纸分析	5				
	④ 制定加工工艺	5				
	⑤ 加工技术文件的编制	5				
实操技能	① 程序的输入	5				
	② 图形模拟	10				
	③ 刀具、毛坯的装夹及对刀	5				
	④ 加工工件	5				
	⑤ 尺寸与粗糙度等的检验	5				
	⑥ 设备维护	10				
安全文明 生产	① 正确开关机床	5				
	② 工具、量具的使用及放置	5				
	③ 机床维护	5				
	④ 卫生保持及机床复位	5				
学习态度	① 出勤情况	5				
	② 车间纪律	5				
	③ 团队协作精神	5				

3. 个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

学习活动 6 拓展链接

一、拓展训练



螺纹轴的加工（图 5-2 所示）。

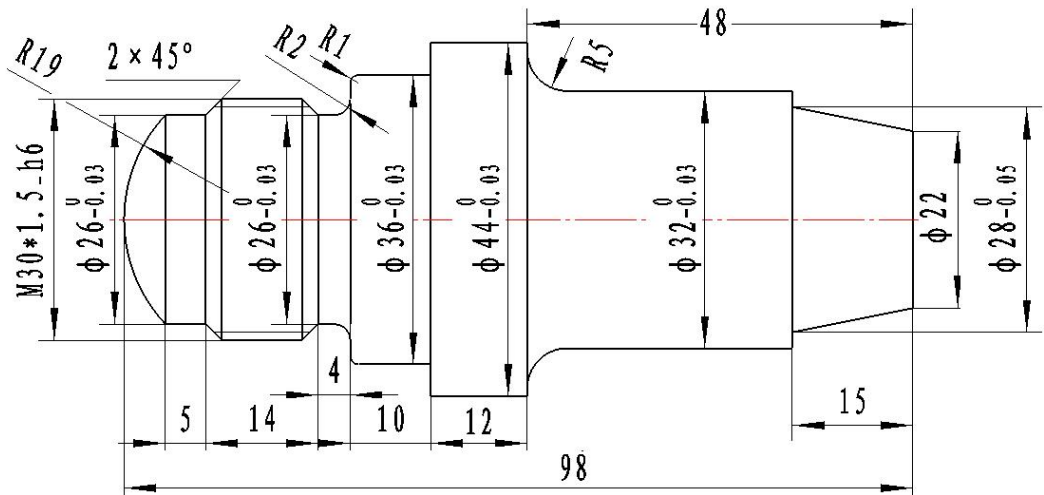


图 5-2

（一）加工工艺分析

1. 分析零件图

图 5-13 所示零件结构较复杂，由圆柱面、锥面、圆弧面、螺纹等部分组成，表面粗糙度没有要求，直径上尺寸公差要求较严，需要划分粗精加工，零件总长 98 mm。选用Φ50 的圆柱棒料，从两端分别加工。

2. 确定加工方案

加工方案：分析零件图样，采用三爪卡盘装夹，以轴心线和右端面的交点为编程原点，运用 G71 指令编程车外圆，粗加工时每刀单边加工余量选 1.5 mm，单边留 0.3 mm 的精加工余量，左端精加工为防干涉，换用 35°精车刀；螺纹部分选用 G82 指令编程。

3. 加工工艺路线：

- 1) 夹持零件毛坯，伸出卡盘约 70 mm，找正夹紧，手动平端面，G71 指令编程车削右端轮廓。
- 2) 铜皮包裹，夹持Φ44 外圆，伸出卡盘约 45 mm，找正夹紧，粗加工零件左端外轮廓。
- 3) 换 35°精车刀精车左端外圆，
- 4) 换螺纹刀车削左端螺纹

（二）编写加工技术文件

1. 工序卡（见表 5-33）

表 5-33 拓展链接工序卡

材料	45#	产品名称或代号		零件名称		零件图号	
工序号	程序编号	夹具名称		使用设备		车间	
001	%	三爪自定心卡盘		CK6140			
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格 b×h(mm)	主轴转速 n(r/min)	进给量 f(mm/r)	背吃刀量 a _p (mm)	备注



1	粗精车右端 外轮廓	T0101	25×20	500	120	1.5	
2	粗车左端外 轮廓	T0101	25×20	500	120	1.5	
2	精车左端外 轮廓	T0202	25×20	800	80	0.3	
3	螺纹刀	T0303		300			
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页

2. 刀具卡

表 5-34 拓展链接刀具卡

刀具号	刀具名称	刀具规格 b×h(mm)	数量	加工内容	主轴转速 n(r/min)	进给量 f(mm/r)	备注
T0101	90°硬质合金	25×20	1	粗车外轮廓	500	120	
T0202	90°硬质合金	25×20	1	精车外轮廓	800	80	
T0303	螺纹刀				300		
编制		批准			日期		

(一) 零件的参考程序

表 5-35 拓展链接零件参考程序

右端程序：	左端程序：
%0006	%
M03 S500 T0101	M03 S500 T0101
G00 X51 Z2	G00 X51 Z2
右端程序：	左端程序：
G71 U1.5 R1 P1 Q2 X0.6Z0 F120	G71 U1.5 R1 P1 Q2 X0.6Z0 F120
N1G00 X22	G00 X100 Z100
G01 Z0 F80	T0202
X28Z-15	G00X51Z2
X32	N1G00 X0S800
Z-43	G01 Z0 F80



G02 X42Z-48 R5	G03 X26Z-5 R19
X44	G01Z-10
Z-62	X26
N2X52	X30W-2
G00 X100 Z100	W-10
M30	X26W-2
	W-2
	G02U4W-2R2
	X36
	W-10
	N2X45
	G00 X100 Z100
	T0303
	G00X32Z-8S300
	G82X29.2Z-25F1.5
	X28.6
	X28.2
	X28.05
	G00 X100 Z100
	M30

二、知识链接

FANUC 0i 系统相关编程知识

FANUC 0I 系统在我国很多制造企业应用普遍，国产的华中数控系统，编程指令是在 FANUC 基础之上而来的，所以大部分指令是相同的，但毕竟还有些区别。现就螺纹车削循环指令进行讲解，通过比较这两个系统在车削编程指令方面的区别，得以让掌握其中一种系统的学生快速掌握另外一种系统。

(一) 螺纹车削固定循环 G92 (同华中系统的 G82 指令)



FANUC 系统的 G92 指令与华中系统的 G82 指令的走刀轨迹完全相同，指令格式略有差别。

表 5-36 FANUC 系统的螺纹车削固定循环 G92

螺纹车削固定循环 G92，可用内外圆柱和圆锥螺纹的车削		
G92 X(u) ____ Z(w) ____ R ____ F		
X(u) ____ Z(w)	螺纹切削终点的坐标值	
R	圆锥螺纹起点和终点的半径差	即 (X 起点 -X 终点) /2
F	螺纹导程	单线螺纹螺距等于导程

(二) 多重复合螺纹切削指令 G76

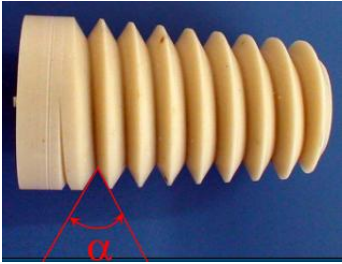
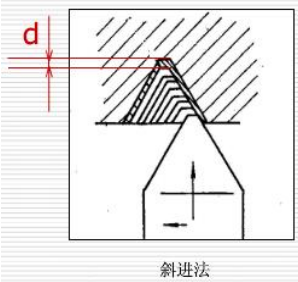
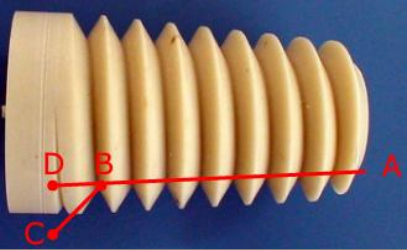
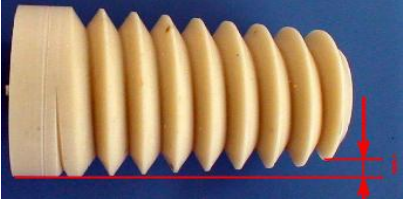
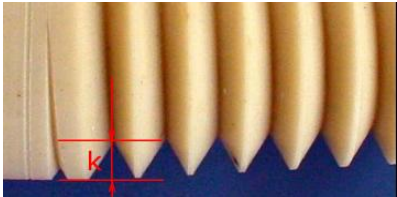


FANUC 系统的 G76 指令与华中系统的 G76 指令的走刀轨迹完全相同，指令格式略有差别。

表 5-37 FANUC 系统的 G76 指令

多重复合螺纹切削指令 G76			
G76 P(m)(r)(a) Q(Δdmin) R(d)			
G76 X(u) Z(w) R(i) P(k) Q(Δd) F(f)			
m	精加工重复次数 (1 至 99)	一般取 01~03 次，若 m=03 则是精车 3 次，第一刀是精车，第二第三刀是精车重复，重复精车的切削深度为 0，用于消除切削时的机械应力（让刀）造成的欠切，提高螺纹精度和表面质量，去除了牙侧的毛刺，对螺纹的牙型起修光作用。	
r	倒角量，	即螺纹切削退刀尾处(45 度)的 z 向退刀距离，其值为螺纹导程的倍数，取值范围从 00~99，一般取 00~20，必须输 2 位数，可实现无退刀槽螺纹的加工。	



a	刀尖夹角	可以选择 80°、60°、55°、30°、29°和 0 六种中选择，由两位数规定，普通螺纹取 60，梯形螺纹取 30。	
Δd_{min}	最小切削深度	该值用不带小数点的半径量表示，单位为 μm ，一般取 50~100 μm ，当一次循环运行的背吃刀量小于此值时，背吃刀量就执行此值。	
d	精加工余量	螺纹精车的切削深度，半径量，单位为 μm ，一般取 50~100 μm	
X、Z	螺纹切削终点坐标值	外螺纹的 X 值即为螺纹小径 内螺纹的 X 值为螺纹的公称直径 Z 值根据图纸可得 如图 D 点坐标	
i	螺纹锥度值	即锥螺纹始端半径与终端半径之差， 如果 $i=0$ ，可进行普通圆柱螺纹切削。 单位 mm	
k	螺纹高度	用 X 轴方向半径值指定，单位为 μm	
多重复合螺纹切削指令 G76			
G76 P(m)(r)(a) Q(Δd_{min}) R(d)			
G76 X(u) Z(w) R(i) P(k) Q(Δd) F(f)			



Δd	第一次的 切削深度	半径值, 根据机床刚性和螺距大小来取值, 建议取 300~800um。	
f	螺纹导程	单位为 mm	

(三) 尾座快进丝杠部分用 FANUC 系统的 G76 指令编程如下

FANUC 系统 G76 指令对于多头螺纹的加工只能将螺纹加工起点 Z 坐标按螺矩偏移

表 5-38 FANUC 系统的 G76 指令编写尾座快进丝杠双线螺纹部分

程序 段号	O0001	
	加工程序	程序说明
N10	M03 S500 T0404	
N20	G00 X46 Z-22	定位到第一条螺旋线的起刀点
N30	G76 P021030 Q50 R100 G76 X37 Z-110 P3500 Q500 F12	第一条螺旋线切削
N40	G00 X46 Z-18	定位到第二条螺旋线的起刀点, 与第一 条螺旋线起刀点相距一个螺矩 (本例为 6mm) 距离。
N50	G76 P021030 Q50 R100 G76 X37 Z-110 P3500 Q500 F12	第二条螺旋线的切削
N60	G00X100Z100	退刀
N70	M30	程序结束

学习活动 7 巩固提高

一、毛坯直径为φ50mm 的 45#圆钢, 要求按图示加工零件 (如图 5-3 所示)

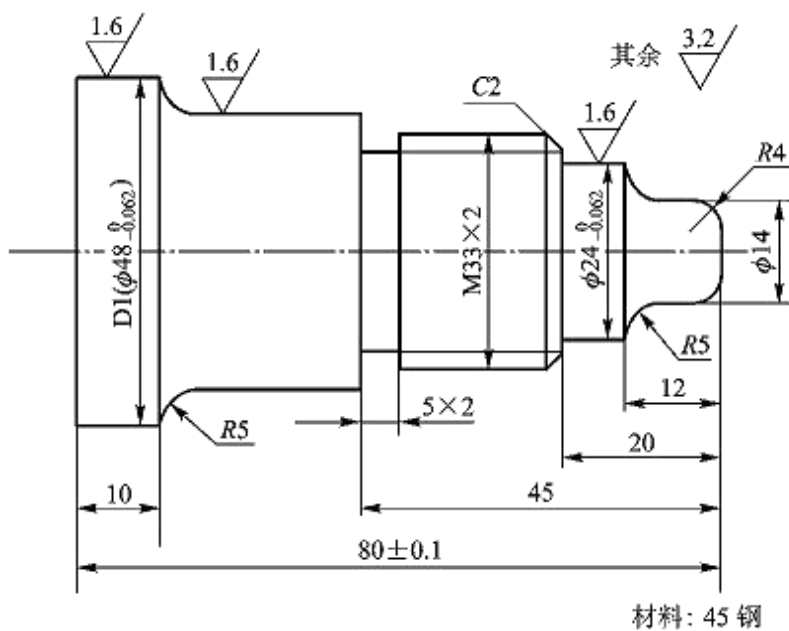


图 1-3

二、毛坯直径为 $\phi 50\text{mm}$ 的45#圆钢,要求按图示加工零件(如图5-4所示)

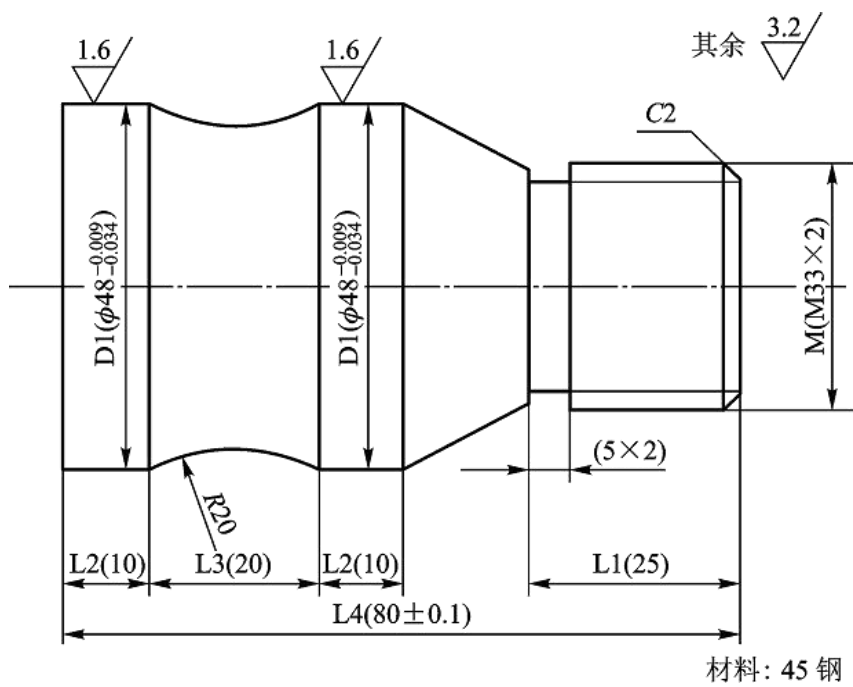


图 1-4



学习任务六 手柄的加工

学习目标

完成本学习任务后应当

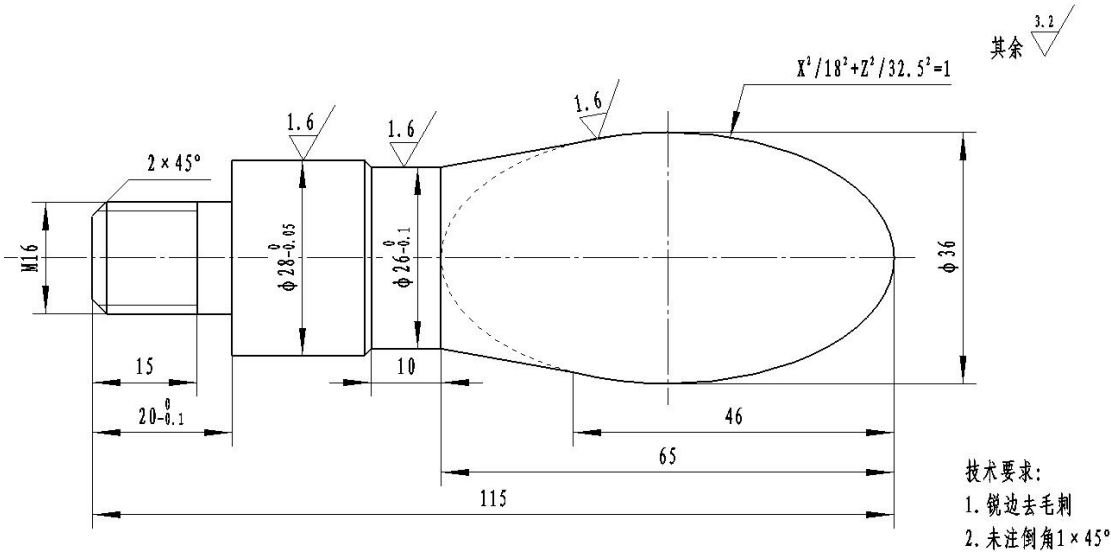
- 1. 掌握宏程序的相关知识；
- 2. 由零件的加工任务图编制加工工艺、选择合适指令编程。
- 3. 根据任务书准备工、量、夹具。
- 4. 能按车间现场 6S 管理和产品工艺流程要求，进行质量检验和确认。
- 5. 能主动获得有效信息，展示工作成果，对学习工作进行总结反思，能与他人展开良好合作，进行有效沟通。

建议完成本任务为 40 学时。



工作情景描述

手柄是机械设备中常见零件，通过一端的螺纹安装在手轮轮毂端面上，某机床设备有限公司有一批手柄需要加工，订单提供有手柄的零件图纸（图 6-1 所示），现生产部门委托我校数控车工来完成加工任务。要求同学们根据零件图的要求进行首件试切，并检验加工精度，以便实现批量生产。



a)

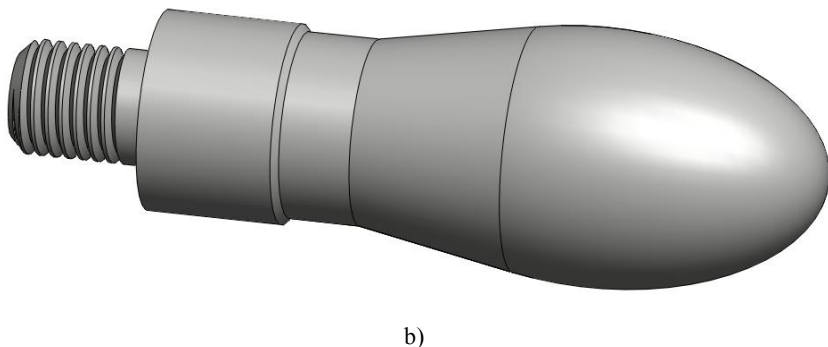


图 6-1 椭圆轮廓手柄零件图 a) 零件图 b) 实物图

学习活动 1 知识储备



学习引导

零件图中包含了外圆、锥面、螺纹以及非圆曲线椭圆的加工，难点在于非圆曲线的程序编制及精度控制。

从零件图中可以分析得到椭圆轮廓手柄上外圆直径为 $\Phi 28_{-0.05}^0$ mm，尺寸精度要求较高，位置精度要求低，同时对于椭圆轮廓的表面粗糙度要求较高。如果采用一般曲线加工编制程序，不能达到椭圆轮廓精度，特别是在不支持特殊曲线插补功能的数控车床上更难于实现椭圆曲线的加工。所以，在经济型数控车床上，要运用宏程序编制加工程序，利用变量建立宏程序中的椭圆方程表达式。



提示：

本学习任务的重点便是学习宏程序知识。

一、数控车床上加工非圆曲线零件需要用到的宏程序相关知识？



问题解答：1. 宏程序的定义

将一组命令所构成的功能，像子程序一样事先存入存储器中，用一个命令作为代表，执行时只需写出这个代表命令，就可以执行其功能。这一组命令称为用户宏程序。用户宏程序按功能分为 A、B 两种类型。A 类宏程序是以 G65 H×× P#×× Q#×× R#×× 的格式输入的；而 B 类宏程序则以直接的公式和语言输入，和 C 语言很类似，在各类数控系统中应用比较广。本学习任务主要介绍 B 类宏程序的基本使用方法。



问题解答：2. 宏程序的特点

- (1) 可以在用户宏主（本）体中使用变量。
- (2) 变量之间可以进行运算。
- (3) 用户宏程序命令可以对变量进行赋值。



问题解答：3. 宏程序的变量



(1) 变量表示

在一般的数控加工程序中，G 代码移动距离可以直接用数值指令，如 G01 X200 F100。而数控系统的宏程序中，数值可以直接指定，也可以用变量号指定。因此，变量是指可以在宏主体的地址上代替具体数值，在调用宏主体时再用引数进行赋值的符号。

在华中数控系统中，变量是用变量符号“#”加上后面的变量号指定，即#i (i=1,2,3, ...)。例如：#4、#50。

(2) 变量的引用

将跟随在一个地址后的数值用一个变量来代替，即引入了变量。

例如：

F[#10]，若#10=100，则为 F100；

Z[#2]，若#2= -10，则为 Z-10；

G01 X[#1+#2] Z[#4] F[#5]，若#1=10、#2=20、#4=-50、#5=50，则该程序段我们可以表示为 G01 X30 Z-50 F50。

(3) 变量的类型

华中数控系统中的变量，分三种类型，分别是：局部变量、公共变量和系统变量。见下表 6-1。

表 6-1 变量类型

变量号	变量类型	功能
#0-#49	局部变量	局部变量只能用于在宏程序中存储数据。例如运算结果。
#50-#199	公共变量	公共变量在不同的宏程序中意义是相同。
#599 之后	系统变量	系统变量用于读与写 CNC 各种数据，例如刀具补偿等等。

局部变量：在局部变量中，当断电时，局部变量变量被初始化为空，调用宏程序时，自变量对局部变量赋值。

公共变量：断电时变量#50—#199 初始化为空。

系统变量：有固定用途的变量。它的值决定系统的状态。



问题解答：

4. 变量的算术与逻辑运算

(1) 算术运算

在华中 HNC-21/22T 数控系统中，一般的编程都是只能使用数值加工无法使用函数运算。宏程序中，一般使用函数方程式运算。华中系统常用算数符运算见表 6-2。

表 6-2 华中数控算术运算符

功能		格式	备注
定义、置换		#i=#j	
算术运算	加法	#i=#j+#k	
	减法	#i=#j-#k	



	乘法	#i=#j*#k	三角函数以及反三角函数的数值均要转换为小数； 例如 90°30'=90.5°
	除法	#i=#j/#k	
	正弦	#i=SIN[#j]	
	反正弦	#i=ASIN[#j]	
	余弦	#i=COS[#j]	
	反余弦	#i=ACOS[#j]	
功能		格式	备注
定义、置换		#i=#j	
算术运算	正切	#i=TAN[#j]	三角函数以及反三角函数的数值均要转换为小数； 例如 90°30'=90.5°
	反正切	#i=ATAN[#j]/[#k]	
	平方根	#i=SQRT[#j]	
	绝对值	#i=ABS[#j]	
	舍入	#i=ROUND[#j]	
	指数对数	#i=EXP[#j]	
	(自然) 对数	#i=LN[#j]	
	上取整	#i=FIX[#j]	
	下取整	#i=FUP[#j]	

(2) 混合运算的运算顺序

表 6-2 中函数与函数之间的运算，如数学中运算一样，有运算优先级，其顺序与数学中的定义一样，优先级顺序从高到底依次如图 6-2 所示。

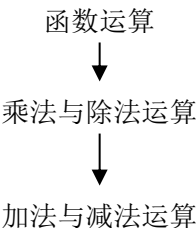


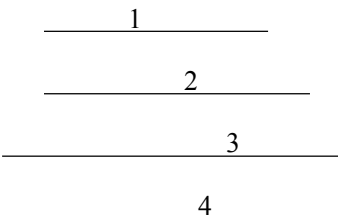
图 6-2 计算优先级流程图

(3) 括号嵌套

在数控宏程序编程中，对于程序中出现多层运算的时候，可以使用“[]”进行改变运算的顺序，最里面层的“[]”优先运算。括号内最多可以嵌套 5 个“[]”。



例：#1=SIN[[[#2+#3]*#4+#5]/#6]；



该例子中 1、2、3 和 4 表示运算的次序。

(4) 宏程序表达式

当用表 6-1-2 中的算术运算符将常数、变量连接起来时，就构成了宏程序表达式。

例如：把下式用宏程序表达式表示

A. 变量#1 中初始值为 15.0

B. $\frac{19}{30}\sqrt{24^2-\#2^2}$

解：根据表 6-2 所示华中系统常用算数运算以及图 6-2 所示计算优先级流程可以得出：

A. #1=15.0

B. 19*SQRT[30*30-[#2*#2]]/30



问题解答：

5. 循环指令语句

在一个程序中，如果有相同轨迹的指令，我们可以通过语句改变程序的流向，让其反复运算执行，即可达到简化编程的目的，在宏程序中得到程序的简洁、精悍的效果。华中数控系统提供了 WHILE 语句执行循环这种循环指令语句供技术操作人员使用。

在 WHILE 后指定一条件表达式，当条件满足时，执行 DO 到 END 之间的程序，(然后返回到 WHILE 重新判断条件,)不满足则执行 END 后的下一程序段。

编程格式：

WHILE [条件表达式] ；

处理；

ENDW；

该语句中的条件表达式必须包括条件运算符，这种运算符是插在两个变量或者一个变量和一个常量之间，并且要用[]封闭。条件运算符见下表 6-3，运算符由两个字母组成，用于两个值的比较。

表 6-3 条件运算符

运算符	含义	运算符	含义
EQ	等于 (=)	GE	大于或等于 (≥)
NE	不等于 (≠)	LT	小于 (<)
GT	大于 (>)	LE	小于或等于 (≤)



例如：求 1~10 的和

```
09501
#1=0
#2=1
WHILE [#2 LE 10] D01
#1=#1+#2
#2=#2+1
ENDW
M30
```

二、非圆曲线宏程序的编程思路

1. 逼近法简述

非圆曲线的加工，常采用逼近法编程，就是采用多段圆弧或者直线逼近非圆曲线轮廓。如图 6-3 所示。采用直线段逼近非圆曲线，各条直线段间的连接处存在尖角。由于尖角处刀具不能连续地对零件进行切削，零件表面会出现硬点或切痕，使加工面质量变差。为提高工件表面质量，这就需要零件上所形成的最大误差 $\delta \leq$ 所要求的最小允许误差 δ' 。

在实际的手工编程中，我们主要采取直线逼近法，即用直线段逼近非圆曲线，目前常用的有等间距法、等步长法和等误差法等。应用这些方法加工非圆曲线，只要划分的步距足够小，使得 $\delta \leq \delta'$ （允许误差），从而加工出图样所要求的非圆曲线轮廓。本学习任务是以等间距法对非圆曲线编程加工。

等间距法就是将某一坐标轴划分成相等的间距。如图 6-4 所示，沿 X 轴方向取 Δx 为等间距步长，根据已知方程 $y=f(x)$ ，可由 x_i 求得 y_i ， $y_{i+1}=f(x_i+\Delta x)$ 。如此求得的一系列点就是节点坐标值。

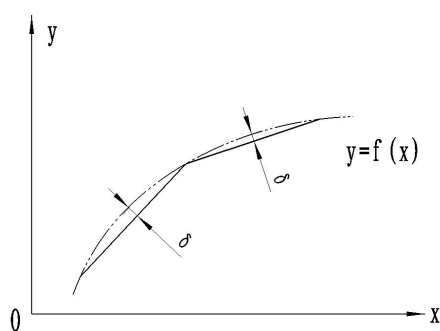


图 6-3 误差逼近图

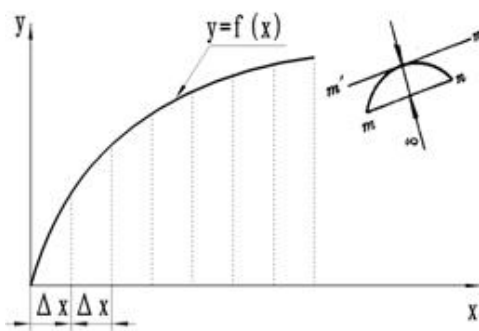


图 6-4 等间距法直线逼近图

由于数控车床使用 XZ 坐标系，则用 Z、X 分别表示 X、Y，即数控车床数控车削加工非圆曲线中曲线方程实际上是变量 X 与 Z 的关系。图 6-4 所示的曲线函数 $Y=f(X)$ 变为 $X=f(Z)$ ，Z 为自变量，X 为因变量。根据上述思路，沿 Z 轴方向取 Δz 为等间距步长，根据已知方程 $x=f(z)$ ，可由 z_i 求得 x_i ，……， z_n 求得 x_n 。如此求得的一系列节点坐标值，用直线插补指令 G01 将各点依次连接就能得到非圆曲线的近似轮廓。



2. 非圆曲线零件曲线段加工宏程序变量处理步骤

对于非圆曲线函数 $X=f(Z)$:

(1) 选择自变量

- ① 非圆曲线中的 X 和 Z 坐标任意一个都可以被定义为自变量。
- ② 一般选择变化范围大的一个作为自变量。数控车加工时通常将 Z 坐标选定为自变量。
- ③ 根据表达式方便情况来确定 X 或 Z 作为自变量。例如: $Z = X^3$, 将 X 坐标定义为自变量比较恰当, 如果将 Z 坐标定义为自变量, 则因变量 X 的表达式为 $X = \sqrt[3]{Z}$, 其中含有三次开方函数在宏程序表达式中不方便表达。

④ 定义宏变量, 为了方便一般可将和 Z 坐标相关的变量设为 #1, 将和 X 坐标相关的变量设为 #2。

(2) 确定自变量的起止点坐标值 (即自变量的定义域) 自变量的起止点坐标值是相对于公式曲线自身坐标系的坐标值 (如椭圆自身坐标原点为椭圆中心, 抛物线自身坐标原点为其顶点)。其中起点坐标为自变量的初始值, 终点坐标为自变量的终止值。

(3) 确定因变量相对于自变量的宏表达式。对曲线函数进行数学变换, 确定因变量相对于自变量的宏表达式。

3. 椭圆的方程

如图 6-5 所示椭圆, 椭圆自身坐标原点为椭圆中心, 其中 a 为椭圆长半轴, b 为椭圆短半轴, 椭圆的标准方程为:

$$\frac{Z^2}{a^2} + \frac{X^2}{b^2} = 1 \quad (\text{式 1})$$

可以得出: $X = b\sqrt{1 - \frac{Z^2}{a^2}}$ (式 2)

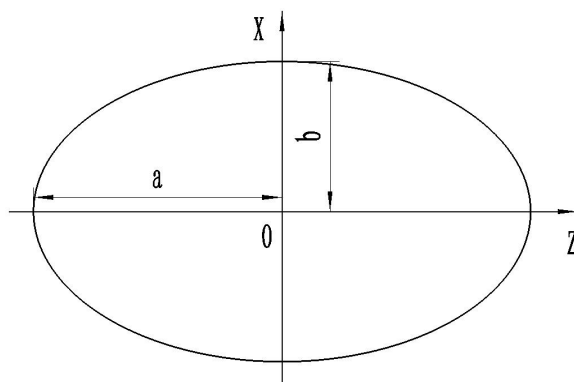


图 6-5

依上所述, 我们可以将 (式 1) 转变为 $\frac{\#1^2}{a^2} + \frac{\#2^2}{b^2} = 1$, (式 2) 转变为:

$$\#2 = b * \text{SQRT}[1 - [\#1 * \#1] / [a * a]]$$

4. 抛物线的方程

本学习任务关于抛物线的知识主要介绍主轴与 Z 坐标轴平行的抛物线的方程、图形和顶点坐标如下表 6-4 所示。



表 6-4

方程	$X^2 = 2pZ$ (标准方程)	$X^2 = -2pZ$
图形		
顶点	(0,0)	(0,0)

由方程 $X^2 = \pm 2pZ$ (式 3) 得出:

$$X = \sqrt{\pm 2pZ} \quad (\text{式 4})$$

依上所述, 我们可以将 (式 3) 转变为: $\#2*\#2=\pm 2p*\#1$, (式 4) 转变为:

$\#2=\text{SQRT}[\pm 2p*\#1]$ 。

5. 坐标的转换

编程加工时须把各点的坐标转换到工件坐标系下, 数控车床上加工是直径编程, 所以 X 值应转换为直径量, Z 值应根据曲线自身坐标原点到工件坐标原点的距离进行转换。

三、宏程序加工编程实例

1. 用宏程序编制如图 6-6 所示椭圆曲线的加工程序。(φ25mm 毛坯)



根据前述非圆曲线宏程序变量处理步骤以及椭圆方程,

- (1) 将 Z 坐标选定为自变量; X 坐标选定为因变量。
- (2) 确定自变量的起止点坐标值。分析图 6-6 可知: 该椭圆的自身坐标原点为椭圆中心, 长半轴为 20mm, 自变量的起止点坐标值为 Z[20,0]。
- (3) 确定因变量相对于自变量的宏表达式。Z 坐标宏变量表示为 #1, X 坐标宏变量表示为 #2。 $\#2=10 * \text{SQRT}[1 - [\#1 * \#1] / [20.0 * 20.0]]$ 。
- (4) 编程加工时须把各点的坐标转换到工件坐标系下, 数控车床上加工是直径编程, 所以 X 值应转换为直径量, Z 值应根据椭圆中心到工件坐标原点的距离进行转换。结合图 6-6, X 坐标表示为 X[2*#2].该椭圆自身坐标原点在工件坐标系 Z 轴, 且沿 Z 轴负方向从工件坐标原点平移 20mm, 所以 Z 坐标表示为 Z[#1-20]。
- (5) 加工程序见表 6-5。

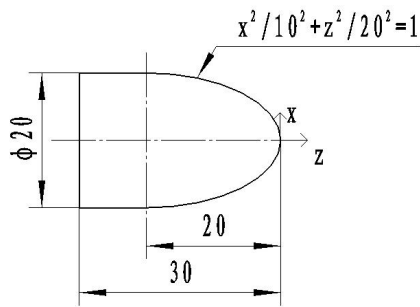


图 6-6 椭圆曲线工作图

表 6-5 加工程序

%0001	程序号
G94	每分钟进给
T0101	选择 1 号刀以及 1 号刀补
M03 S600	主轴正转
G00 X25.0 Z2.0	快速定位
G71U1 R0.5 P1 Q2 X0.5 Z0.2 F100	外径车削复合循环
N1 G00 X0	快速定位
G01 Z0 F100	工进
#1=20.0	长度变量赋初始值为 20mm
WHILE #1GE 0	判断 Z 长度变量值
#2=10 * SQRT[1-[#1 * #1]/[20.0 * 20.0]]	X 变量值赋值
G01 X[2 * #2] Z[#1-20] F100	切削进给
%0001	程序号
#1=#1-0.1	每次步进值为 0.1mm
ENDW	结束循环
N2 G01 Z-30.0 F100	车削外圆
G00 X100.0 Z100.0	退刀
M05	主轴停止
M30	程序结束并返回

2. 用宏程序编制如图 6-7 所示半椭圆曲线的加工程序。(φ25mm 毛坯)





- (1) 将 Z 坐标选定为自变量；X 坐标选定为因变量。
- (2) 确定自变量的起止点坐标值。分析图 6-7 可知：该椭圆的自身坐标原点为椭圆中心，长半轴为 16mm，自变量的起止点坐标值为 Z[8,0]。
- (3) 确定因变量相对于自变量的宏表达式。Z 坐标宏变量表示为 #1，X 坐标宏变量表示为 #2。 $\#2=10 * \text{SQRT}[1 - [\#1 * \#1] / [16.0 * 16.0]]$ 。
- (4) 结合图 6-7，X 坐标表示为 X[2*#2],该椭圆自身坐标原点在工件坐标系 Z 轴，且沿 Z 轴负方向从工件坐标原点平移 8mm，所以 Z 坐标表示为 Z[#1-8]。
- (5) 加工程序见表 6-6。

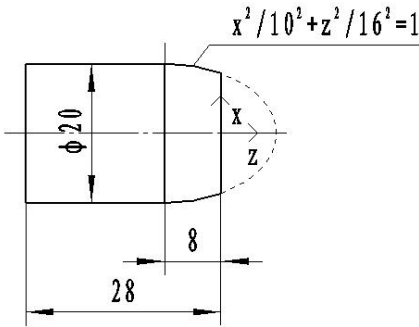


图 6-7 半椭圆曲线工作图

表 6-6 加工程序

%0002	程序号
G94	每分钟进给
T0101	选择 1 号刀以及 1 号刀补
M03 S1000	主轴正转
G00 X25.0 Z2.0	快速定位
%0002	程序号
G71U1 R0.5 P1 Q2 X0.5 Z0.2 F100	外径车削复合循环
N1 G00 X0	快速定位
X0	快速定位
G01 Z0 F100	接近工件
#1=8	长度变量赋初始值为 8mm
WHILE#1GE0	判断 Z 长度变量值
#2=10 * SQRT[1 - [#1 * #1] / [16.0 * 16.0]]	X 变量赋值
G01 X[2 * #2] Z[#1 - 8] F100	切削进给
#1=#1 - 0.1	每次步进值为 0.1mm



ENDW	结束循环
N2 G01 Z-28.0 F100	车削外圆
G00 X100.0 Z100.0	退刀
M05	主轴停止
M30	程序结束并返回

3. 用宏程序编制如图 6-8 所示凹椭圆曲线的加工程序。(φ35mm 毛坯)



- (1) 将 Z 坐标选定为自变量；X 坐标选定为因变量。
- (2) 确定自变量的起止点坐标值。分析图 6-8 可知：该椭圆的自身坐标原点为椭圆中心，长半轴为 16mm，自变量的起止点坐标值为 Z[0,-16]。
- (3) 确定因变量相对于自变量的宏表达式。Z 坐标宏变量表示为 #1，X 坐标宏变量表示为 #2。#2=8 * SQRT[1-[#1 * #1] / [16.0 * 16.0]]。
- (4) 结合图 6-8，该椭圆自身坐标原点在工件坐标系 X 轴，且沿 X 轴正方向从工件坐标原点平移 15mm，因为插补的是第三象限的椭圆轮廓，椭圆自身 X 坐标为负值，所以 X 坐标表示为 X[2*[15-#2]],Z 坐标表示为 Z[#1]。
- (5) 加工程序见表 6-7。

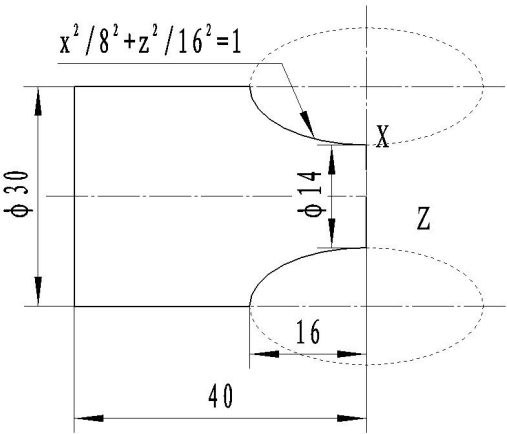


图 6-8 凹椭圆曲线工作图

表 6-7 加工程序

%0003	程序号
G94	每分钟进给
T0101	选择 1 号刀以及 1 号刀补
M03 S1000	主轴正转



G00 X15.0 Z2.0	快速定位
G71U1 R0.5 P1 Q2 X0.5 Z0.2 F100	外径车削复合循环
N1 G00 X14.0	接近工件
G01 Z0 F100	接近工件
#1=0	长度变量赋初始值为 0
WHILE#1GE-16.0	判断 Z 长度变量值
#2=8 * SQRT[16 * 16-[#1 * #1]]/16.0	X 变量值赋值
G01 X[2 * [15-#2]] Z[#1] F100	切削进给
#1=#1-0.1	每次步进值为 0.1mm
ENDW	结束循环
N2 G01 Z-40.0 F100	车削外圆
G00 X100.0 Z100.0	退刀
M05	主轴停止
M30	程序结束并返回

4. 用宏程序编制如图 6-9 所示抛物线的加工程序。(毛坯底孔直径为 $\phi 30\text{mm}$)



- (1) 将 Z 坐标选定为自变量；X 坐标选定为因变量。
- (2) 确定自变量的起止点坐标值。分析图 6-9 可知：自变量的起止点坐标值为 Z[100,20]。
- (3) 确定因变量相对于自变量的宏表达式。Z 坐标宏变量表示为 #1，X 坐标宏变量表示为 #2。 $\#2=\text{SQRT}[16 * \#1]$ 。
- (4) 结合图 6-9，该抛物线自身坐标原点在工件坐标系 Z 轴，且沿 Z 轴正方向从工件坐标原点平移 100mm，X 坐标表示为 $X[2 * \#2]$ ，Z 坐标表示为 $Z[\#1-100]$ 。
- (5) 加工程序见表 6-8。

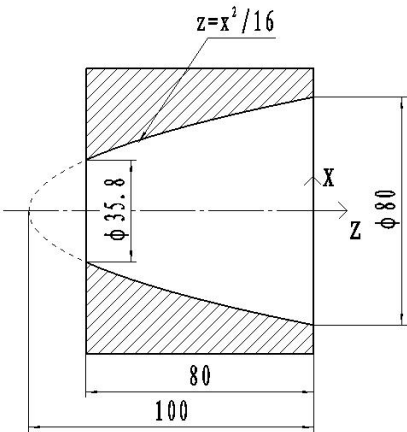


图 6-9 抛物线曲线工作图

表 6-8 加工程序

%0004	程序号
G94	每分钟进给
T0101	选择 1 号刀以及 1 号刀补
M03 S500	主轴正转
G00 X30.0 Z2.0	快速定位
G71U1 R0.5 P1 Q2 X0.5 Z0.2 F100	内径车削复合循环
N1 G00 X80	快速定位
G01 Z0 F100	工进
#1=100	长度变量赋初始值为 100mm
WHILE#1GE20	判断 Z 长度变量值
#2=SQRT[16 * #1]	X 变量值赋值
G01 X[2 * #2] Z[#1 - 100] F100	抛物线插补
%0004	程序号
#1=#1 - 0.2	每次步进值为 0.2mm
ENDW	结束循环
N2 G01 X30.0	退刀
G00 Z2.0	退刀
G00 X100.0 Z100.0	退刀
M05	主轴停止



M30	程序结束并返回
-----	---------

学习活动 2 制定方案

一、确定椭圆轮廓手柄零件的数控车削加工工艺方案

1. 零件结构及技术要求分析

椭圆轮廓手柄零件需要加工的轮廓包含了外圆、锥面、螺纹以及非圆曲线椭圆，椭圆轮廓手柄上外圆直径为 $\Phi 280 - 0.05\text{mm}$ ，尺寸精度要求较高；表面粗糙度方面，外圆、椭圆轮廓要求较高，为 $Ra1.6$ 。零件毛坯规格为 $\Phi 40\text{mm} \times 118\text{mm}$ ，材料 45 钢。

2. 装夹方式与加工路线的确定

(1) 工件的右端面为椭圆，不易于三爪卡盘装夹，因而，先用三爪自定心卡盘夹持毛坯面，工件毛坯伸出约 60mm，粗精车端面，加工左端 $\Phi 28\text{mm}$ 外圆以及 M16 螺纹至尺寸要求。装夹方式以及加工后的形状如图 6-10 所示。

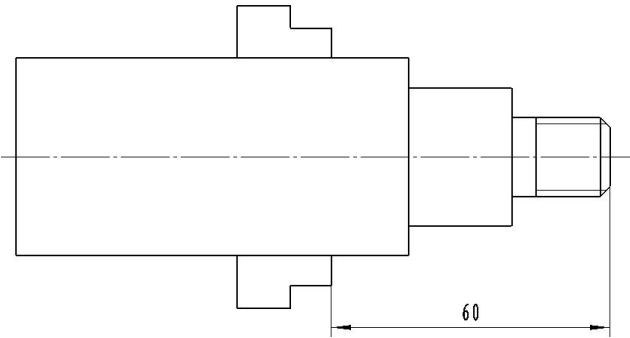


图 6-10 装夹方式及加工后的形状

(2) 工件调头，用铜皮夹持 $\Phi 28\text{mm}$ 外圆（夹持长度 10~15mm），粗精车右端的椭圆、斜面、 $\Phi 26\text{mm}$ 外圆以及 C1 倒角至尺寸要求。装夹方式以及加工后的形状如图 6-11 所示。

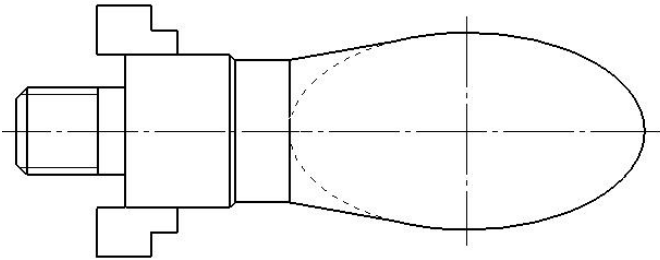


图 6-11 装夹方式及加工后的形状

3. 加工刀具选择

由于有锥面，为了使刀具与工件的斜面在走刀加工的过程中，不产生干涉或是过切，因此需要计算锥面的斜度，为刀具角度的选择提供可靠依据。根据图 6-12，我们首先要求出锥面与椭圆轮廓的切点，即 A 点的尺寸。根据椭圆的标准方程：
$$\frac{Z^2}{32.5^2} + \frac{X^2}{18^2} = 1$$
，A 点相对于椭圆自身坐



标系的 Z 坐标值为 $32.5-46=-13.5$ ，代入椭圆方程，得出：X 坐标值为 16.37mm（半径值）。

Z 轴方向上尺寸差： $65-46=19\text{mm}$ ；

X 轴方向上尺寸差： $16.37-13=3.37\text{mm}$ ；

则防止过切的刀具副偏角 $< \arctan 3.37/19 = 10.058^\circ$ ；

刀具刀尖角 $< 90^\circ - 10.058^\circ = 79.942^\circ$ 。

因此，在加工右端椭圆轮廓和锥面的时候选择刀尖角为 75° 的外圆车刀。

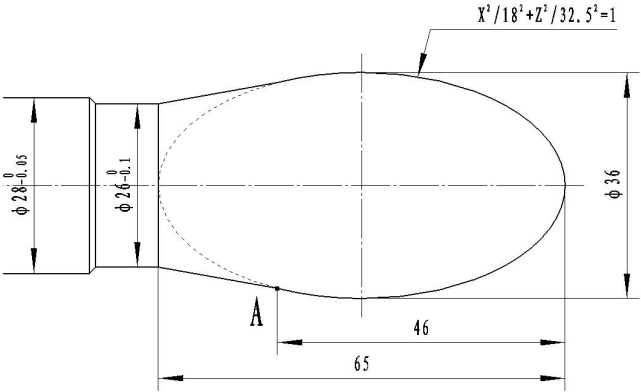


图 6-12

二、编写加工技术文件

1. 刀具卡（表 6-9）

表 6-9 刀具卡

产品名称或代号		CKA012	零件名称	椭圆轮廓手柄		零件图号	CKA2-1
序号	刀具号	刀具名称	数量	加工表面	刀尖半径 R/mm	刀尖方位 T	备注
1	T0101	75°外圆车刀	1	粗车外轮廓	0.8	3	
2	T0202	75°外圆车刀	1	精车外轮廓	0.2	3	
3	T0303	60°螺纹刀	1	车螺纹		8	
4	T0404	45°车刀	1	平端面			
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页

2. 加工工艺卡（表 6-10） 表 6-10 加工工艺卡

工序号	工步内容	刀具	转速 (r/min)	进给速度 (mm/min)	背吃刀量 (mm)	操作方式
装夹 1：三爪卡盘夹持，工件毛坯齐总长 115mm 至尺寸						
1	平端面	T04	800			手动
装夹 2：三爪卡盘夹持工件毛坯外圆，伸出卡盘长度约 60mm						



1	粗车左端Φ28mm外圆、M16螺纹外圆，留精车余量0.5mm	T01	700	150	2	自动
2	精车左端Φ28mm外圆、M16螺纹外圆至尺寸	T02	1200	100		自动
3	车M16螺纹	T03	600			自动
装夹3：调头，垫铜皮，三爪卡盘夹持Φ28外圆，夹持长度10~15mm						
1	粗车右端椭圆轮廓、锥面、Φ26mm外圆、C1倒角，留精车余量0.5mm	T01	500	0.25	2	自动
2	精车右端椭圆轮廓、锥面、Φ26mm外圆、C1倒角至尺寸	T02	800	0.1		自动

学习活动3 实施过程

一、编写加工程序



提示：1. 程序的编写

- (1) 加工手柄左右两端外轮廓，采用 G71 指令。
- (2) （2）对于右端椭圆轮廓：

① 将 Z 坐标选定为自变量；X 坐标选定为因变量。

② 确定自变量的起止点坐标值。分析图 6-1 可知：该椭圆的自身坐标原点为椭圆中心，长半轴为 32.5mm，自变量的起止点坐标值为 Z[32.5,-13.5]。

③ 确定因变量相对于自变量的宏表达式。Z 坐标宏变量表示为#1，X 坐标宏变量表示为#2。
#2=18 * SQRT[1－[#1 * #1] / [32.5 * 32.5]]。

④ 根据图 6-1，X 坐标表示为 X[2*#2],该椭圆自身坐标原点在工件坐标系 Z 轴，且沿 Z 轴负方向从工件坐标原点平移 32.5mm，所以 Z 坐标表示为 Z[#1-32.5]。

2. 零件左端加工程序（表 6-11）

表 6-11

程序号：%0601		
段号	程序内容	说明



N10	M03 S700 T0101	以 700 r/min 启动主轴正转, 选择 1 号外圆粗车刀, 选择 1 号刀具补偿
N20	G00 X40 Z2	刀具快速移动到循环起点位置
N30	G71U1R1P80Q150X0.5Z0F120	粗车量: 1mm 精车量: X0.5mm Z: 0mm
N40	G00 X100 Z100	精车程序段循环起点
N50	M05	主轴停转
N60	M00	程序暂停
N70	M03 S1200 T0202	主轴以 1200r/min 正转, 选择 2 号外圆精车刀以及 2 号刀具补偿
N80	G00X12	精车轮廓起始行
N90	G01Z0F100	刀具到达倒角起点
N100	X15.8Z-2	精车 C2 倒角
N110	Z-20	精车 M16 螺纹外圆
N120	X28	加工端面
N130	G01Z-45	精车Φ28 外圆
N140	X29	刀具沿 X 方向退刀
段号	程序内容	说明
N150	G00X100Z100	退刀, 返回换刀点
N160	M03 S600 T0303	主轴以 600r/min 正转, 选择 3 号 60°螺纹车刀以及 3 号刀具补偿
N170	G00 X20Z3	刀具快速定位至螺纹切削循环起点
N180	G82 X15 Z-15 F2	第一次循环车螺纹, 车深 1mm
N190	X14.4	第二次循环车螺纹, 车深 0.6mm
N200	X14	第三次循环车螺纹, 车深 0.4mm
N210	X13.6	第四次循环车螺纹, 车深 0.4mm
N220	X13.4	第五次循环车螺纹, 车深 0.2mm
N230	G00 X100 Z100	退刀, 返回换刀点
N240	M05	主轴停止
N250	M30	程序结束并返回参考点

3. 零件右端加工程序 (表 6-12)

表 6-12

程序号: %0602		
程序段号	程序内容	说明
N10	M03 S700 T0101	主轴以 400 r/min 正转, 选择 1 号外圆粗



		车刀，选择 1 号刀具补偿
N20	G00 X40 Z2	刀具快速移动到循环起点位置
N30	G71U1R1P80Q190X0.5Z0F120	粗车量：1mm 精车量：X0.5mm Z：0mm
N40	G00 X100 Z100	精车程序段循环起点
N50	M05	主轴停转
N60	M00	程序暂停
程序段号	程序内容	说明
N70	M03 S1200 T0202	主轴以 1200r/min 正转，选择 2 号外圆精车刀以及 2 号刀具补偿
N80	G00X0	精车轮廓起始行
N90	G01Z0F80	刀具到达起点
N100	#1=32.5	长度变量赋初始值 32.5mm
N110	WHILE#1GE-13.5	判断 Z 长度变量值
N120	#2=18 * SQRT[1-[#1 * #1] / [32.5 * 32.5]]	X 变量值赋值
N130	G01 X[2 * #2] Z#1 F100	切削进给
N140	#1=#1-0.1	每次步进值 0.1mm
N150	ENDW	结束循环
N160	X26Z-65	精车锥面
N170	Z-75	精车Φ26 外圆
N180	X28 Z-76	精车 C1 倒角
N190	G00 X100.0 Z100.0	退刀，返回换刀点
N200	M05	主轴停止
N210	M30	主程序结束并返回

二、加工实施

1. 填写工、量具清单 （见表 6-13）

填写工、量具清单，然后到仓库领取有关的工、量具，并把工、量具摆放整齐。

表 6-13 工、量具清单



班级			学号		姓名		
工具名称	规格	数量	备注	工具名称	规格	数量	备注
游标卡尺	0~150mm	1		外径千分尺	25~50mm	1	
卡盘扳手		1					
方刀架扳手		1					
活顶尖							
借期:		还期:			签名:		

2. 启动数控车床

启动机床步骤：



(1) 将空气开关扳到“ON”位置，进入数控系统。



(2) 检查“急停”按钮是否松开至状态，若未松开，右旋松开急停按钮，复位。



(3) 进入系统后首先应将各轴返回参考点，按如下步骤进行操作：



① 检查操作面板上回原点指示灯是否亮。若指示灯亮则已进入回原点模式，若指示灯不亮，则按下“回零”按钮，使机床进入回参考点模式。



② 在回零模式下，点操作面板上的按钮，此时 X 轴将回原点，上灯变亮，CRT 上的 X 坐标变为“0.000”。



③ 在回零模式下，点操作面板上的按钮，上灯变亮，CRT 上的 Z 坐标变为“0.000”。

3. 装夹工件

车削左端：用三爪卡盘夹持毛坯外圆，伸出卡盘长度约 60mm

车削右端：调头，垫铜皮，三爪卡盘夹持Φ28mm 部分约 10~15 mm

4. 安装刀具

1 号刀位安装 75°外圆粗车刀；2 号刀位安装 75°外圆精车刀；3 号刀位安装螺纹车刀。

5. 对刀

(1) 1 号刀的对刀

① 启动主轴，用刀具试切工件的外径，然后 X 轴方向不动，沿 Z 轴方向退刀，停车；



测量外圆直径，数控系统操作面板上单击，单击，进入如图 6-13 所示的刀偏表；



图 6-13

用光标键“←、→、▲、▼”将蓝色亮条移动到 01 号刀具的“#0001”行中的“试切直径”栏中。(图 6-14 所示)

刀编号	X 偏置	Z 偏置	X 磨损	Z 磨损	试切直径	试切长度
#0001	0.000	-904.823	0.000	0.000	0.000	0.000

图 6-14

按下“Enter”键，利用 NC 键盘填入所测得的直径值，再按回车键确认，这样 X 偏置就设置好了。(图 6-15 所示)

刀编号	X 偏置	Z 偏置	X 磨损	Z 磨损	试切直径	试切长度
#0001	-388.876	-904.823	0.000	0.000	36.776	0.000

图 6-15

② 再次启动主轴，用刀具试切工件的端面，然后 Z 轴方向不动，沿 X 轴方向退刀；停止主轴，按下“→”键，将蓝色亮条移动到“试切长度”栏中；(图 6-16 所示)

刀编号	X 偏置	Z 偏置	X 磨损	Z 磨损	试切直径	试切长度
#0001	-388.876	-904.823	0.000	0.000	36.776	0.000

图 6-16

按下“Enter”键，利用 NC 键盘填入“0”，再按回车键确认，这样 Z 偏置就设置好了。(图 6-17 所示)

刀编号	X 偏置	Z 偏置	X 磨损	Z 磨损	试切直径	试切长度
#0001	-388.876	-884.416	0.000	0.000	36.776	0.000

图 6-17

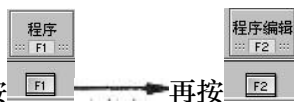
通过以上操作就完成了一把刀的对刀过程，如果要对其余的刀，就重复以上步骤，只是把数值填入相应的位置（02 号刀具填入“#0002”行，03 号刀具填入“#0003”行……）就行了，注意其它刀具在对 Z 轴时只用刀尖碰到工件端面就设置为“0”，这样就不用测量 Z 方向的长度了。(图 6-18 所示)

刀编号	X 偏置	Z 偏置	X 磨损	Z 磨损	试切直径	试切长度
#0001	-388.876	-884.483	0.000	0.000	36.776	0.000
#0002	-388.601	-884.483	0.000	0.000	34.434	0.000
#0003	-388.601	-917.289	0.000	0.000	34.434	0.000

图 6-18



6. 程序的录入与保存



(1) 按  再按 ，在对话框里输入程序名，如：00010，然后单击“Enter”键，进入程序编辑页面。



(2) 程序编辑好后，按 ，单击“Enter”键，则程序已经被保存。

7. 程序的调用与校验

(1) 程序的调用



在程序功能子菜单下单击 ，弹出“选择程序”画面，其中有三种（电子盘、DNC、软驱）储存器选择。

进入此画面后可通过 NC 面板编辑键盘上的“◀、▶”按键左、右移动选择三个不同的储存器里的程序，再通过编辑键盘上的“▲、▼”按键移动蓝色条上、下移动来选择已存在储存器里面的程序，其操作步骤如下：

- ① 使用“◀、▶”按键左、右移动选择蓝色条到相应的储存器，即可显示该储存器里的程序。
- ② 使用“▲、▼”按键移动蓝色条上、下移动到要选择的程序。
- ③ 按下“Enter”回车键，确认选择该程序，荧屏立即显示所选择的程序内容，若不是显示程序内容，可重复按“显示切换 F9”键切换直到荧屏显示的程序的内容。

(2) 程序校验

程序校验用于对调入加工缓冲区的零件程序进行校验，并提示可能的错误，新编辑好的程序最好先进行校验运行，确认程序正确无误后再启动自动运行。

在程序功能子菜单下按 F4 键，将弹出的“程序校验”画面，并按“显示切换 F9”将画面切换到



图形仿真画面，方便我们对程序的加工进行观察。数控系统选择“自动”方式，单击 ，单击 ，则程序开始校验。

在程序校验过程中，机床是不动作的。如果程序编辑有错误，系统会提示程序错误，并在画面的命令行里指出错误的内容和所在的行号，方便操作者查找并进行修改。

8. 程序的运行与加工



(1) 在程序功能子菜单下，单击 ，弹出程序选择界面。

(2) 使用“◀、▶”按键左、右移动选择蓝色条到相应的储存器。

(3) 使用“▲、▼”按键移动蓝色条上、下移动到要选择的程序。



(4) 单击“Enter”键，程序文件将被选中。

(5) 数控系统选择“自动”方式，单击，程序开始运行。

9. 整理工量具、按规范进行机床清洁与保养

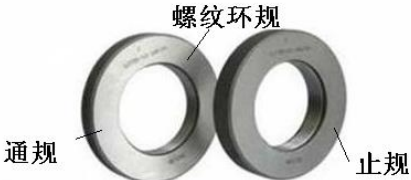
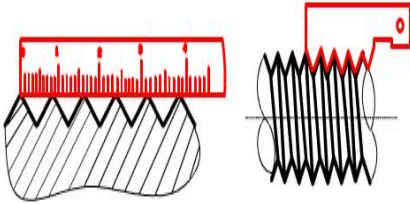
- (1) 一批零件加工完成后，应核对刀具号、刀补值，以及程序、偏置页面、调整卡和工艺中的刀具号、刀补值，并作必要的整理、记录。
- (2) 做好机床卫生清扫工作，擦净导轨面上的冷却液，并涂防锈油，以防止导轨生锈。
- (3) 检查润滑油、冷却液情况，及时添加或更换。
- (4) 依次关闭机床操作面板上的电源开关和总电源开关。

学习活动 4 质量检测

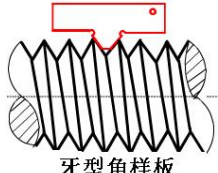
一、螺纹的检测

手柄左端的 M16 螺纹应根据不同的质量要求和生产批量的大小，相应地选择不同的检测方法。针对该学习任务，常见的检测方法有单项测量法和综合测量法（见表 6-14）。

表 6-14 常见螺纹检测方法

测量方法	测量项目	测量仪器	测量方法	图示
综合检测方法		环规	环规用来检测外螺纹 综合检验法是用螺纹量规对螺纹各基本要素进行综合性检验，三角形螺纹和梯形螺纹均可采用综合检验法。	
		螺母	当对螺纹的精度要求不高时，可以采用标准螺母进行检测，以拧入时是否顺利和松紧的程度来确定是否合格。	
单项检测方法	公称直径	游标卡尺	外螺纹的大径和内螺纹的小径，一般有游标卡尺测量。	
	螺距的测量	钢直尺 游标卡尺	用钢直尺、游标卡尺或螺纹样板测量。 车削螺纹前，先用螺纹车刀在工件外圆上划出一条很浅的螺旋线，再用钢直尺、游标卡尺或螺纹样板对螺距（或导程）进行测量。最好量 5 个或 10 个牙的螺距（或导程长度），然后取其平均值。 车削螺纹后螺距（或导程）的测量，也可用同样的方法。	



	螺纹样板	螺纹样板分为英制 55 度和公制 60 度两种，55 度样板上的数值表示每英寸的牙数，60 度样板上的数值表示螺纹的螺距，测量螺纹螺距时，以螺纹样板组中齿形钢片作为样板，卡在被测螺纹工件上，如果不密合，就另外换一片，直到密合为止，这时该螺纹样板上记的尺寸即为被测螺纹工件的螺距。	 螺纹样板
牙型角的测量	螺纹样板牙型角样板	用螺纹样板测量牙型角时，把螺距与被测螺纹工件相同的螺纹样板靠放在被测螺纹上面，然后检查它们的接触情况，如果有不均匀间隙的透光现象，说明被测螺纹的牙形不准确。这种测量方法只能粗略判断牙型角误差的大概情况。	 牙型角样板

二、外圆的检测

外圆可以采用千分尺和游标卡尺测量。

三、椭圆轮廓的检测

手柄的椭圆轮廓测量可以采用 0.7mm~1mm 厚的不锈钢薄板经线切割加工而成的专用轮廓样板（图 6-19）来比较测量。专用轮廓样板测量椭圆轮廓采用的光隙法。测量时必须使专用轮廓样板的测量面与工件的椭圆轮廓完全的紧密的接触，当测量面与工件的椭圆轮廓没有间隙或者间隙比较均匀时，说明工件的椭圆轮廓的表面轮廓度合格。

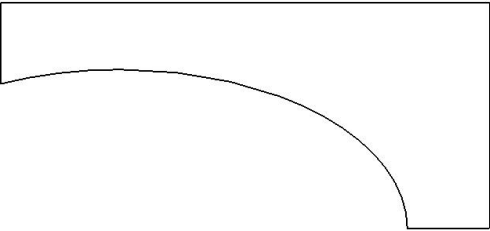


图 6-19 专用轮廓样板

四、工件检测表

表 6-15 工件检测表

序号	项目与权重	考核内容与要求	配分		测量情况			
			精度	表面粗糙度	自检结果	得分	教师检测结果	得分
1		$\Phi 36\text{mm}$ Ra1.6 μm	3	2				
2		$\Phi 28_{-0.05}^0\text{mm}$ Ra1.6 μm	8	2				
3		$\Phi 26_{-0.1}^0\text{mm}$ Ra1.6 μm	6	2				



4	工件加工 (53%)	M16螺纹 Ra3.2μm	6	2				
5		115mm	3					
6		65mm	3					
7		20 ⁰ _{-0.1} mm	4					
8		15mm	3					
9		10mm	3					
序号		考核内容与要求	配分		测量情况			
			精度	表面粗糙度				精度
10		倒角C2	3					
11		倒角C1	3					
12	程序与加工工艺 (20%)	程序格式、正确性	5					
13		加工步骤、路线、 切削用量	5					
14		刀具选择安装	5					
15		装夹方式	5					
16	车床操作 (15%)	对刀的正确性	5					
17		坐标系设定正确性	5					
18		车床操作正确性	5					
19	文明生产 (12%)	安全操作	4					
20		车床维护与保养	4					
21		工作场所整理	4					

五、加工误差原因分析及解决办法（见表 6-16）

表 6-16

误差现象	产生原因	解决办法
切削过程出现干涉现象	1. 刀具参数不准确 2. 刀具安装不正确	1. 正确选择刀具几何参数 2. 正确安装刀具



椭圆轮廓尺寸不符合要求	1. 程序不正确 2. 刀具磨损	1. 正确编制程序 2. 及时更换刀具
表面粗糙度达不到要求	1. 车刀刚度不足或伸出太长引起振动 2. 刀具几何参数不合理, 如选用过小的前角和后角 3. 切削参数不正确	1. 提高车刀刚度, 正确装夹车刀 2. 合理选择车刀角度 3. 进给量不宜太大, 选择适当的精车余量和切削速度

学习活动 5 反馈评价

1. 学习过程反馈

学习任务一	销轴的加工	
学习内容	理解的内容(要点)	存在的问题
分 析 加工工艺		
编写加工 技术文件		
加工工件		



2. 自我评价、小组评价及教师评价

理论知识部分主要通过学生口头表述、作业形式进行小组评价或教师评价。实操技能部分，一方面要对学生在实操中各个环节运用的有关方法、掌握技能的水平进行定性评价，另一方面还要对学生的实践操作结果进行抽样测量、检查，给予最终定量评价。

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	① 指令格式及走刀路线	5				
	② 基础知识融会贯通	5				
	③ 零件图纸分析	5				
	④ 制定加工工艺	5				
	⑤ 加工技术文件的编制	5				
实操技能	① 程序的输入	5				
	② 图形模拟	10				
	③ 刀具、毛坯的装夹及对刀	5				
	④ 加工工件	5				
	⑤ 尺寸与粗糙度等的检验	5				
	⑥ 设备维护	10				
安全文明 生产	① 正确开关机床	5				
	② 工具、量具的使用及放置	5				
	③ 机床维护	5				
	④ 卫生保持及机床复位	5				
学习态度	① 出勤情况	5				
	② 车间纪律	5				
	③ 团队协作精神	5				

3. 个人学习总结

成功之处	
不足之处	



改进方法	
------	--

学习活动 6 拓展链接

一、拓展训练

运用以上所学知识编写所示零件的加工程序（图 6-20）

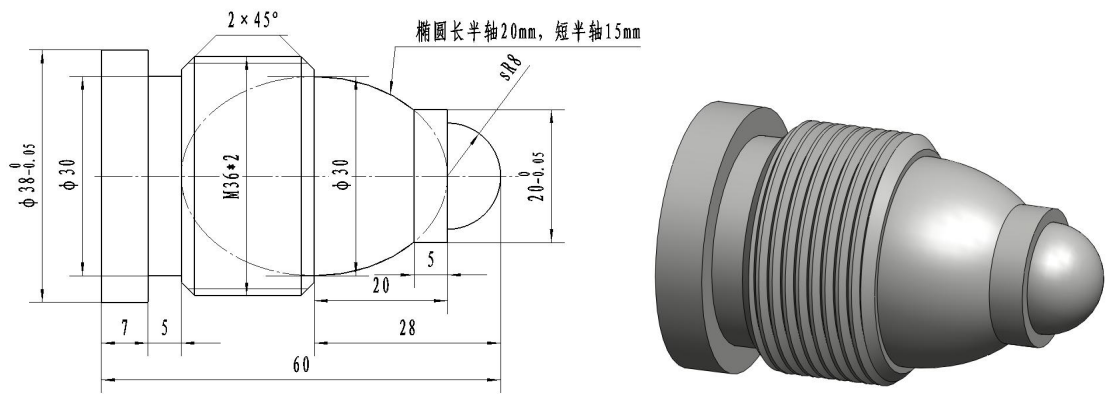


图 6-20

(一) 加工工艺分析

1. 分析零件图

该零件由三段直径分别为外圆 $\phi 20\text{ mm}$ 、外圆 $\phi 38\text{ mm}$ 、SR8 半圆球、椭圆轮廓、M36 $\times 2$ 螺纹以及退刀槽组成，其尺寸公差除外圆 $\phi 20\text{ mm}$ 、外圆 $\phi 38\text{ mm}$ 要求较高外没有特别要求，均为自由公差，表面粗糙度亦没有特别要求，零件总长为 60 mm。

2. 确定加工方案

加工方案：分析零件图形及尺寸，采用三爪自定心卡盘夹紧工件，以轴心线和右端面的交点为编程原点，运用 G71 指令加工此零件，但由于该零件是由 $\phi 40\text{ mm}$ 的毛坯加工到最小尺寸为 0 的圆柱，切削量过大，不能一刀完成，所以需要分层加工，粗加工每刀单边加工量选 1.5 mm，单边留有 0.25 mm 的精加工余量，螺纹采用 G82 指令加工，在精加工结束后利用切断刀保证总长。

3. 加工工艺路线：

- (1) 夹持零件毛坯，伸出卡盘约 75mm，找正并夹紧，粗、精加工零件右端。
- (2) 切断零件，保证总长

(二) 编写加工技术文件

1. 工序卡（见表 6-17）

表 6-17

材料	45#	产品名称或代号	零件名称	零件图号
		CKA012	轴	CKA1-31



工序号	程序编号	夹具名称	使用设备		车间		
001	%0603 和%0604	三爪自定心卡盘	CK6140				
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格 b×h(mm)	主轴转速 n(r/min)	进给量 f(mm/r)	背吃刀量 a _p (mm)	备注
1	粗车外轮廓	T0101	25×20	800	0.2	1.5	
2	精车外轮廓	T0202	25×20	1200	0.1	0.5	
3	切断刀	T0303		300	0.05	4	
4	螺纹刀	T0404		400			
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页

2. 刀具卡 (见表 6-18)

表 6-18

产品名称或代号		CKA012	零件名称	轴		零件图号	CKA2-1
序号	刀具号	刀具名称	数量	加工表面	刀尖半径 R/mm	刀尖方位 T	备注
1	T0101	90°硬质合金	1	粗车外圆	0.8	3	粗车刀
2	T0202	90°硬质合金	1	精车外圆	0.2	3	精车刀
3	T0303	切断刀	1	切槽、切断		0	刀宽 5mm
4	T0404	螺纹刀	1	车螺纹		8	
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页

(三) 零件的参考程序

1. 粗、精加工该零件的参考程序 (见表 6-19)

表 6-19

%0603	W-5
M03 S800 T0101	X38
G00 X40 Z2	W-7
G71 U1.5 R1 P1 Q2 X0.6 Z0 F160	N2 X40
G00 X100 Z100	G00 X100 Z100
M03 S1200 T0202	M03 S300 T0303
N1 G00 X0	G00 X42 Z-53
G01 Z0 F120	G01 X34 F100
G03 X16 Z-8 R8	X30 F15
X20	X42 F200
Z-13	G00 X100 Z100



#1=15	M03 S400 T0404
WHILE#1GE0	G00 X40 Z-25
#2=15 * SQRT[1-#1 * #1/400]	G82 X35 Z-51 F2
G01 X[2 * #2] Z[#1-28] F100	X34.4
#1=#1-0.2	X33.8
ENDW	X33.4
G01 X32	X33.2
X35.8 W-2	G00 X100 Z100
Z-48	M30
X32 W-2	

2. 切断并保证总长的参考程序（见表 6-20）

表 6-20

%0604	G01 X42 F200
M03 S300 T0303	G00 X100
G00 X45	G00 Z100
G00 Z-65	M30
G01 X2 F15	

（四）零件加工评价（见表 6-21）

表 6-21

序号	项目与权重	考核内容与要求	配分		测量情况			
			精度	表面粗糙度	自检结果	得分	教师检测结果	得分
1	工件加工（53%）	$\Phi 20_{-0.05}^0$ mm Ra1.6 μ m	5	2				
2		$\Phi 38_{-0.05}^0$ mm Ra1.6 μ m	5	2				
3		$\Phi 30$ mm Ra1.6 μ m	4	2				
4		M36 $\times$ 2螺纹 Ra3.2 μ m	5	2				
5		SR8	4	2				
6		椭圆轮廓	4	2				
7		60mm	2					



8		28mm	2					
9		20mm	2					
10		7mm	2					
序号	项目与权重	考核内容与要求	配分		测量情况			
			精度	表面 粗糙度	自检 结果	得分	教师检测 结果	精度
11	工件加工(53%)	5mm	2					
12		5mm	2					
13		倒角C2(两处)	2					
14	程序与加工工艺 (20%)	程序格式、正确性	5					
15		加工步骤、路线、 切削用量	5					
16		刀具选择安装	5					
17		装夹方式	5					
18	车床操作(15%)	对刀的正确性	5					
19		坐标系设定正确性	5					
20		车床操作正确性	5					
21	文明生产(12%)	安全操作	4					
22		车床维护与保养	4					
23		工作场所整理	4					

二、知识链接

FANUC 0i 系统相关编程知识

编程实例：如图 6-21，以本学习任务为载体，分析如何去编写右端加工程序。

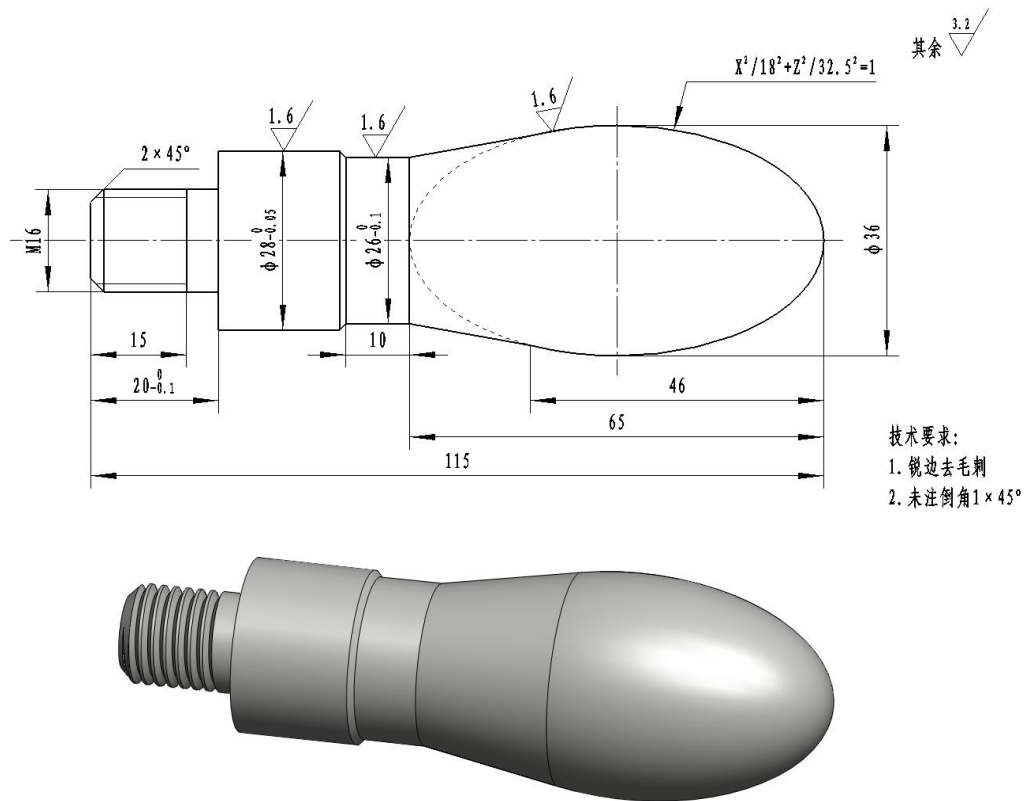


图 6-21

1、宏程序的相关知识

跟华中数控系统中常用的循环语句不同的是，FANUC 数控系统使用的是条件转移语句。

条件转移：

在 IF 后指定一条件，当条件满足时，转移到顺序号为 n 的程序段，不满足则执行下一程序段。

格式：

IF [条件表达式] GOTO n;

处理；

Nn ...;

n 顺序号为 1--9999 的数值

当运用无条件转移时，只要执行到该含 GOTO 的程序段后，程序就会调用到 n 程序段，执行相关的程序（一般很少使用到无条件转移）。采用条件转移，则需要条件表达式进行比较，条件表达式包含有两个变量以及用于比较的运算符，当条件满足时，即可跳到 GOTO 所指定的程序段执行程序。

例：

求 1~10 的和。

O9500

#1=0 和

#2=1 加数



```
N1 IF[#2 GT 10] GOTO2  相加条件
#1=#1+#2      相加
#2=#2+1      下一加数
GOTO1        返回 1
N2 M30      结束
```

2、FANUC 0i 系统的 G73 指令

本学习任务是有内凹的轮廓外形，在华中数控系统上可以采用 G71 指令，但 FANUC 0i 系统的 G71 指令的使用必须符合工件在 X 向和 Z 必须同时单调递增（车外轮廓）或单调递减（车内轮廓），所以在 FANUC 0i 系统上加工本学习任务要用 G73 指令车削。下表 6-22 是 G73 指令详解。

表 6-22

成型车削固定循环 G73	
G73 U (Δi) W (Δk) R (d)	
G73 P (ns) Q (nf) U (Δu) W (Δw) Ff Ss Tt	
Δi	X 轴方向总退刀量（半径指定，有正负号，单位 mm），用最大加工直径减最小加工直径除 2，不用计算很精确，他的值只决定前几刀的切削量。
Δk	Z 轴方向总退刀量（有正负号，单位 mm）最好取为 0.
d	循环次数，指定时不加小数点，在决定 R 时根据 U 值来计算。如：U 值为 25.0，R 值为 10 那么这条轨迹需要运行 10 次来完成，每次切削 2.5mm。
ns	精加工路线的起始程序段号，即 N (ns)
nf	精加工路线的结束程序段号
Δu	X 方向的精加工余量(直径指定，有正负号，单位 mm)，内孔加工时为负值。
Δw	Z 方向的精加工余量(有正负号，单位 mm)
f	粗加工进给量

成型加工复合循环的轨迹图



- (1) 使用 G73 指令加工本学习认为，首先要确定的参数是Δi: X 方向毛坯最大切除余量，可通过（毛坯尺寸-零件轮廓最小部分尺寸）/2 来估算。则Δi=（40-0）=20。
- (2) 为了保证刀尖角为 75°的车刀刀尖使用强度，可以把循环次数定的多一些，d=16 次，即每次切削 20/16=1.25mm。
- (3) 宏变量的设定与华中系统上是一致的，Z 坐标宏变量表示为#1，X 坐标宏变量表示为#2。
#2=18 * SQRT[1-[#1 * #1] / [32.5 * 32.5]]。



(4) X 坐标表示为 $X[2 \times \#2]$, 该椭圆自身坐标原点在工件坐标系 Z 轴, 且沿 Z 轴负方向从工件坐标原点平移 32.5mm, 所以 Z 坐标表示为 $Z[\#1 - 32.5]$ 。

(5) 加工程序见表 6-23。

表 6-23 加工程序

程序号: %0602	
程序内容	说明
M03 S700 T0101	主轴以 400 r/min 正转, 选择 1 号外圆粗车刀, 选择 1 号刀具补偿
G00 X40 Z2	刀具快速移动到循环起点位置
G73 U20 W0 R16	X 最大切削量: 20mm 循环 16 次
G73 P1 Q2 X0.5 Z0 F120	精车余量: X 方向 0.5mm Z 方向 0
G00 X100 Z100	精车程序段循环起点
M05	主轴停转
M00	程序暂停
M03 S1200 T0202	主轴以 1200r/min 正转, 选择 2 号外圆精车刀以及 2 号刀具补偿
G00 X0	精车轮廓起始行
G01 Z0 F80	刀具到达起点
#1=32.5	长度变量赋初始值 32.5mm
#2=18 * SQRT[1 - [#1 * #1] / [32.5 * 32.5]]	X 变量值赋值
G01 X[2 * #2] Z#1 F100	切削进给
#1=#1 - 0.1	每次步进值 0.1mm
IF #1 GE -13.5 GOTO1	判断 Z 长度变量值
X26 Z-65	精车锥面
Z-75	精车 $\phi 26$ 外圆
X28 Z-76	精车 C1 倒角
N2 X29	退刀
G00 X100.0 Z100.0	退刀, 返回换刀点
M05	主轴停止
M30	主程序结束并返回



学习活动 7 巩固提高

一、毛坯直径为 $\phi 30\text{mm}$ 的 45#圆钢，要求按图示加工零件（如图 6-22 所示）

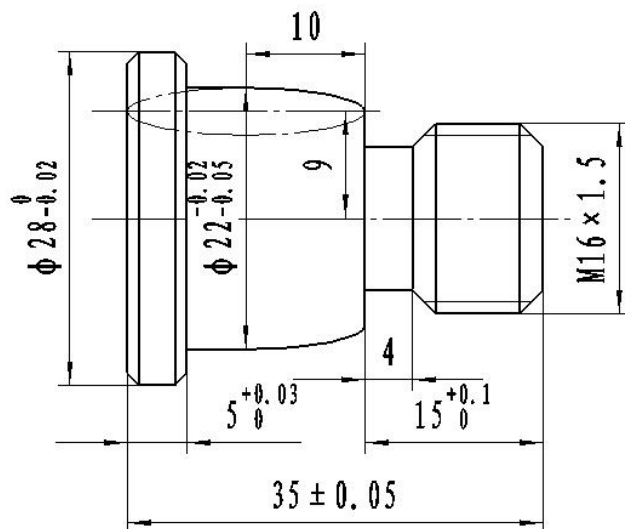


图 6-22

二、毛坯直径为 $\phi 35\text{mm}$ 的 45#圆钢，要求按图示加工零件（如图 6-23 所示）。

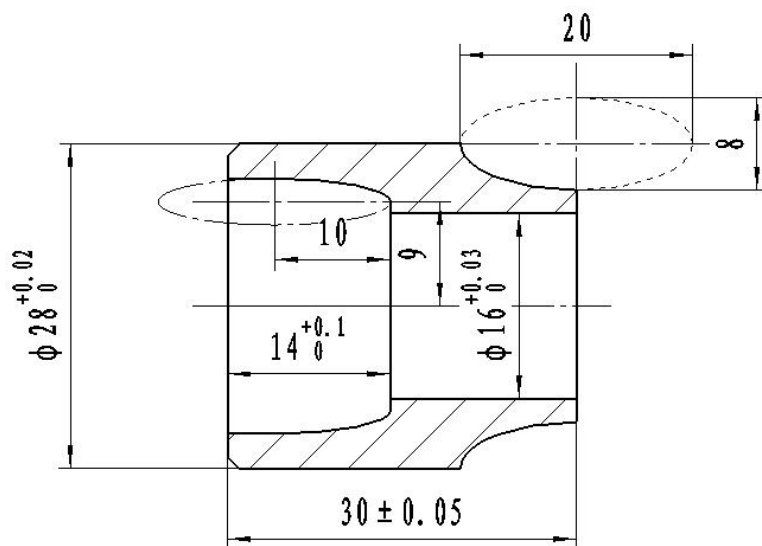


图 6-23



学习任务七 螺纹定向套的加工

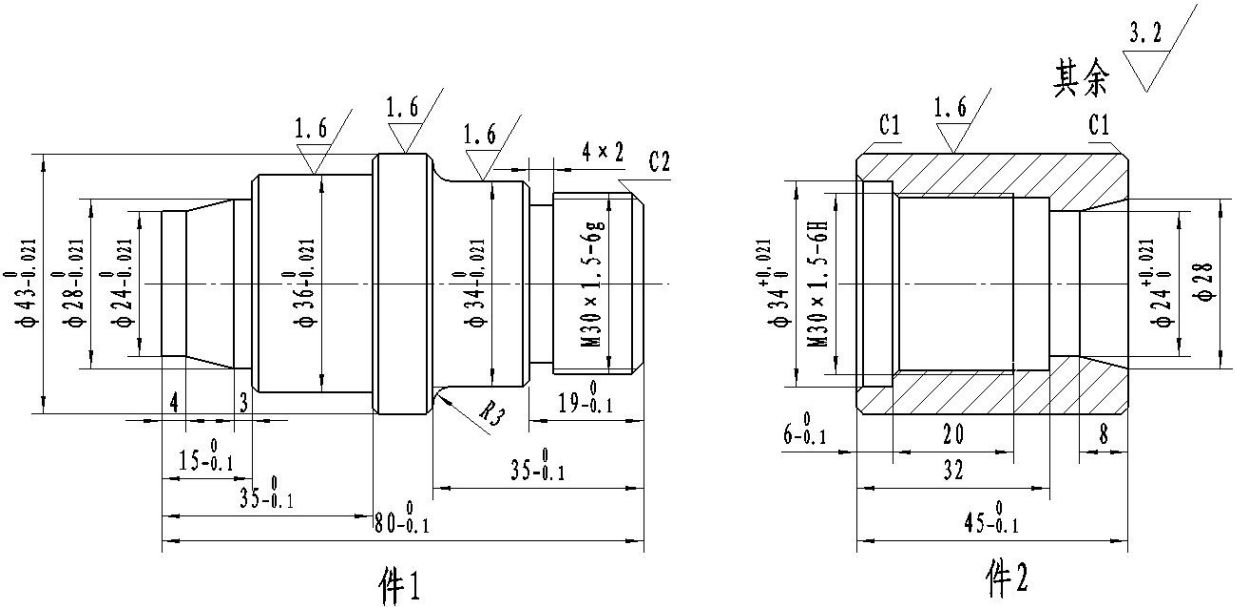
学习目标

- 1. 掌握配合零件加工的相关知识；
 - 2. 由零件的加工任务图编制加工工艺、选择合适指令编程。
 - 3. 根据任务书准备工、量、夹具。
 - 4. 能按车间现场 6S 管理和产品工艺流程要求，进行质量检验和确认。
 - 5. 能主动获得有效信息，展示工作成果，对学习工作进行总结反思，能与他人展开良好合作，进行有效沟通。
- 建议完成本任务为 40 学时。



工作情景描述

某机械加工厂有一批螺纹定向套需要加工，订单提供有配合零件的图纸（图 7-1 所示），现生产部门委托我校数控车工来完成加工任务。要求同学们根据零件图的要求进行首件试切，并检验加工精度，以便实现批量生产。



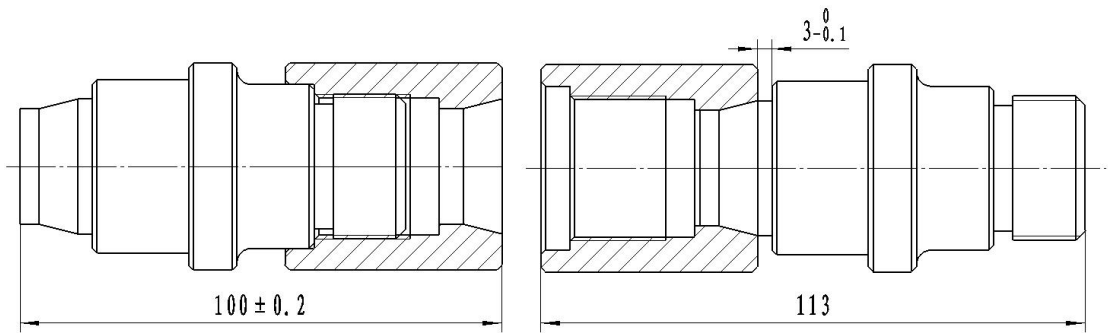


图 7-1 配合零件的零件图

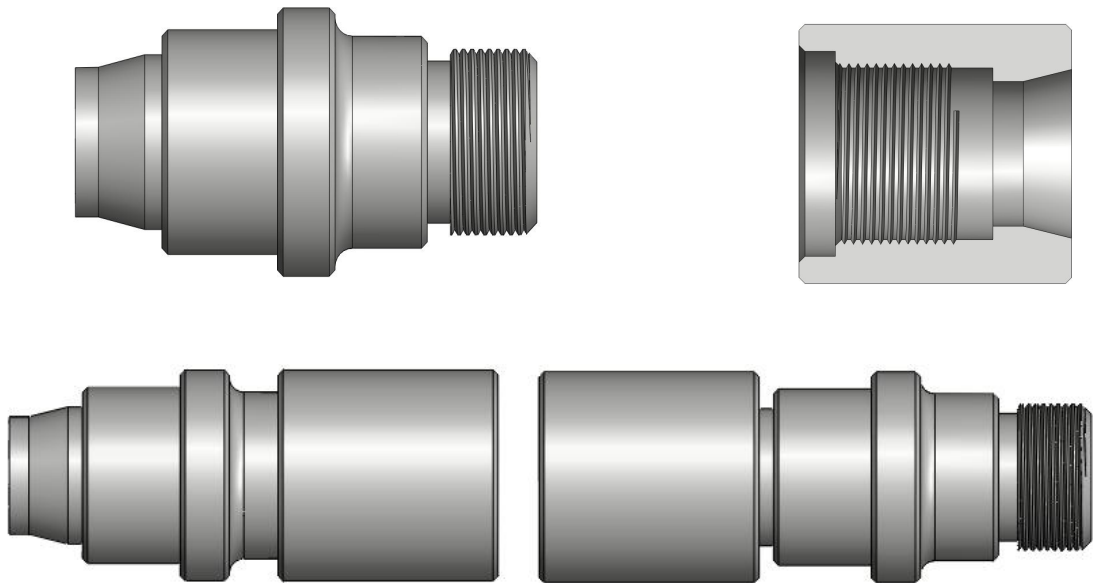


图 7-2 配合零件的实物图

学习活动 1 知识储备

一、数控车床上加工配合零件需要用到的相关知识？

问题解答：

1. 对零件图的初步分析

我们可以看到，零件图中包含外圆、内孔、内外圆锥面、外沟槽、内外普通三角螺纹以及圆弧的加工，各主要加工面的表面粗糙度要求非常高，其中各主要外轮廓面的表面粗糙度 Ra 值不大于 1.6 μ m,其余内外轮廓面的的表面粗糙度 Ra 值不大于 3.2 μ m。在制定加工工艺时，应该分粗车和精车。加工该配合零件需要用到的刀具有：外圆粗车刀、外圆精车刀，外三角螺纹车刀、内三角螺纹车刀、内孔车刀。

问题解答：



2. 如何保证件 1 与件 2 以 M30×1.5 内外螺纹、Φ34 外圆/内孔配合时，两件的配合总长 $100 \pm 0.2\text{mm}$?

 **提示**：这里就要用到尺寸链及其相关计算的知识。

机械零件无论在设计或制造中，一个重要的问题就是如何保证产品的质量。也就是说，设计一部机器，除了要正确选择材料，进行强度、刚度、运动精度计算外，还必须进行几何精度计算，合理地确定机器零件的尺寸、几何形状和相互位置公差，在满足产品设计预定技术要求的前提下，能使零件、机器获得经济地加工和顺利地装配。为此，需对设计图样上要素与要素之间，零件与零件之间有相互尺寸、位置关系要求，且能构成首尾衔接、形成封闭形式的尺寸组加以分析，研究它们之间的变化；计算各个尺寸的极限偏差及公差；以便选择保证达到产品规定公差要求的设计方案与经济的工艺方法。

(1) 尺寸链

在机器装配或零件加工过程中，由相互连接的尺寸形成封闭的尺寸组，该尺寸组称为尺寸链。按在不同生产过程中的应用情况，可分为：

① **零件尺寸链** 同一零件上由各个设计尺寸构成相互有联系封闭的尺寸组，称为零件尺寸链。如图 7-3 (a) 所示，零件经过加工依次得尺寸 A_1 、 A_2 和 A_3 ，则尺寸 A_0 也就随之确定。 A_0 、 A_1 、 A_2 和 A_3 形成尺寸链，如图 7-3(b) 所示， A_0 尺寸在零件图上是根据加工顺序来确定，在零件图上是不标注的。

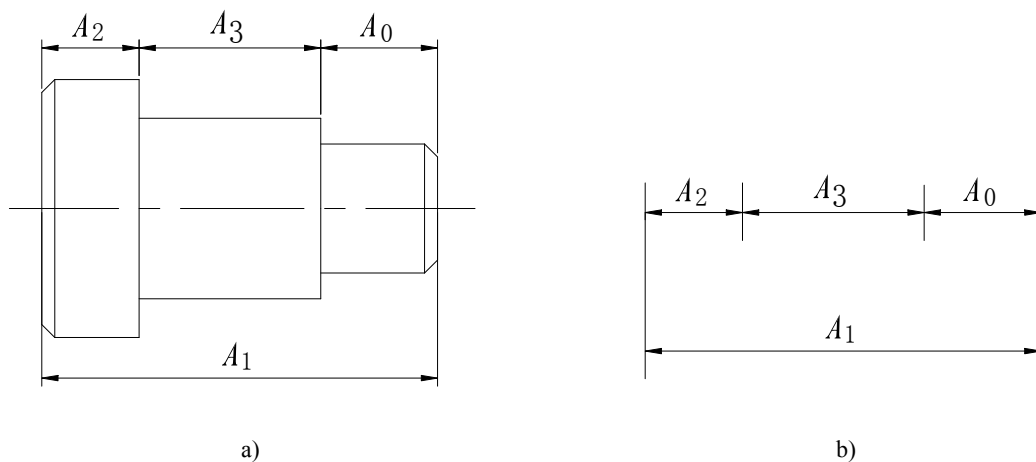


图 7-3 零件尺寸链

② **装配尺寸链** 在机器设计或装配过程中，由一些相关零件形成有联系封闭的尺寸组，称为装配尺寸链，如图 7-4 (a) 所示，车床主轴轴线与尾架顶尖轴线之间的高度差 A_0 ，尾架顶尖轴线高度 A_1 、尾架底板高度 A_2 和主轴轴线高度 A_3 等设计尺寸相互连接成封闭的尺寸组，形成尺寸链，如图 7-4 (b) 所示。

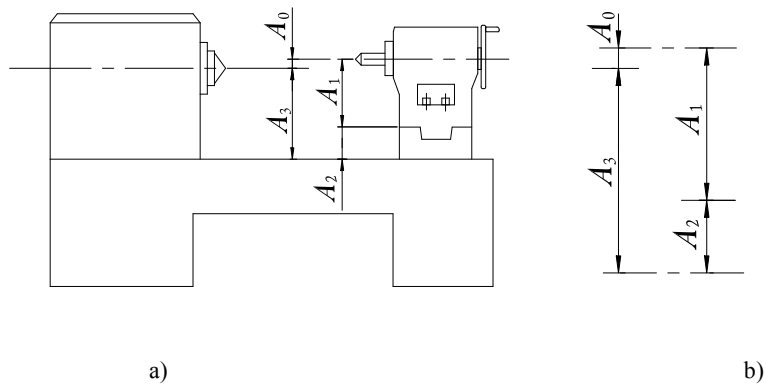


图 7-4 装配尺寸链

③ 工艺尺寸链 零件在机械加工过程中，同一零件上由各个工艺尺寸构成相互有联系封闭的尺寸组，称为工艺尺寸链。工艺尺寸是指工序尺寸、定位尺寸、基准尺寸。
装配尺寸链与零件尺寸链统称为设计尺寸链。

(2) 环

尺寸链中的每一个尺寸，都称为环。如图 7-3 和图 7-4 中的 A_0 、 A_1 、 A_2 和 A_3 ，都是环。

① 封闭环 尺寸链中在装配过程或加工过程最后自然形成的一环，它也是确保机器装配精度要求或零件加工质量的一环，封闭环加下角标“0”表示。任何一个尺寸链中，只有一个封闭环。如图 7-3 和图 7-4 所示的 A_0 都是封闭环。

② 组成环 尺寸链中除封闭环以外的其他各环都称为组成环，如图 7-3 和图 7-4 中的 A_1 、 A_2 和 A_3 。组成环用拉丁字母 A、B、C、……、或希腊字母 α 、 β 、 γ 等再加下角标“i”表示，序号 $i=1$ 、2、3、…、m。同一尺寸链的各组成环，一般用同一字母表示。

组成环按其封闭环影响的不同，又分为增环与减环。

A. 增环 当尺寸链中其他组成环不变时，某一组成环增大，封闭环亦随之增大，则该组成环称为增环。如图 7-3 中，若 A_1 增大， A_0 将随之增大，所以 A_1 为增环。

B. 减环 当尺寸链中其他组成环不变时，某一组成环增大，封闭环反而随之减小，则该组成环称为减环。如图 7-3 中，若 A_2 和 A_3 增大， A_0 将随之减小，所以 A_2 和 A_3 为减环。

有时增减环的判别不是很容易，如图 7-5 所示的尺寸链，当 A_0 为封闭环时，增、减环的判别就较困难，这时可用回路法进行判别。方法是从封闭环 A_0 开始顺着一定的路线标箭头，凡是箭头方向与封闭环的箭头方向相反的环，便是增环，箭头方向与封闭环的箭头方向相同的环，便为减环。如图 7-5 所示， A_1 、 A_3 、 A_5 和 A_7 为增环， A_2 、 A_4 、 A_6 为减环。

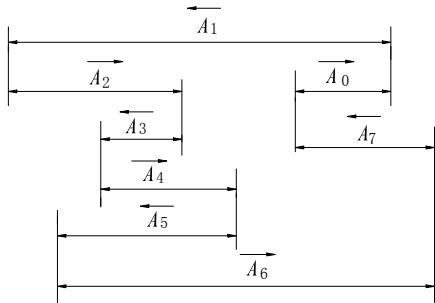


图 7-5 回路法判别增、减环



(3) 尺寸链的相关计算

尺寸链的计算方法有极值法和概率法两种。一般多采用极值法计算。

极值法是按各环的极限值进行尺寸链计算的方法。这种方法的特点是从保证完全互换着眼,由各组成环的极限尺寸计算封闭环的极限尺寸,从而求得封闭环公差,所以这种方法又称为完全互换法。

极值法解尺寸链的基本公式

① 封闭环的基本尺寸 A_0 : 等于所有增环的基本尺寸 A_i 之和减去所有减环的基本尺寸 A_j 之和。用公式表示为: (式中: n - 增环环数; m - 全部组成环数。)

$$A_0 = \sum_{i=1}^n A_i - \sum_{j=n+1}^m A_j \quad (\text{式 1})$$

② 封闭环的最大极限尺寸 $A_{0\max}$: 等于所有增环的最大极限尺寸之和减去所有减环的最小极限尺寸之和。用公式表示为:

$$A_{0\max} = \sum_{i=1}^n A_{i\max} - \sum_{j=n+1}^m A_{j\min} \quad (\text{式 2})$$

封闭环的最小极限尺寸 $A_{0\min}$: 等于所有增环的最小极限尺寸之和减去所有减环的最大极限尺寸之和。用公式表示为:

$$A_{0\min} = \sum_{i=1}^n A_{i\min} - \sum_{j=n+1}^m A_{j\max} \quad (\text{式 3})$$

封闭环的上偏差 ES_0 : 由(式 2) 减(式 1) 得:

$$ES_0 = \sum_{i=1}^n ES_i - \sum_{j=n+1}^m EI_j \quad (\text{式 4})$$

即封闭环的上偏差等于所有增环的上偏差之和减去所有减环的下偏差之和。

封闭环的下偏差 EI_0 : 由(式 3) 减(式 1) 得:

$$EI_0 = \sum_{i=1}^n EI_i - \sum_{j=n+1}^m ES_j \quad (\text{式 5})$$

即封闭环的下偏差等于所有增环的下偏差之和减去所有减环的上偏差之和。

封闭环公差 T_0 : 由(式 2) 减(式 3) 得:

$$T_0 = \sum_{i=1}^m T_i \quad (\text{式 6})$$

即封闭环公差等于所有组成环公差之和。

当尺寸链环数较多时,上述公式应用起来比较烦琐,增环和减环的判别也比较复杂,下面介绍一种比较简便的列表计算方法。

图 7-6 所示为一尺寸链简图。已知, $A_1 = 80 \pm 0.1$, $A_2 = 50_{-0.1}^0$, $A_3 = 10_{-0.1}^0$, 计算封闭环及其上下偏差。



先用箭头法判别尺寸链中的增环和减环:

从封闭环开始沿任一方向画箭头,直至封闭为止。与封闭环箭头方向相同者为减环,以(-)表示;与封闭环箭头方向相反者为增环,以(+)表示。然后利用表 7-1 所示的方法进行计算。先将增环的尺寸及偏差顺次写上,再将减环的上下偏差位置对调,符号改变(即原来正号改为负号,原来负号改为正号),同时给减环的基本尺寸也冠以负号,然后将各列数值作代数和,即得到封闭环的基本尺寸及上下偏差为 40 ± 0.2 。这种列表计算方法可归纳成两句口诀:“增环,上下偏差照抄;减环,上下偏差对调、变号。”这种方法也可用来求解其中任一组成环。

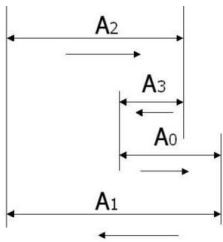


图 7-6

表 7-1 尺寸链的列表计算

基本尺寸			ES	EI
增环	A1	80	+0.1	-0.1
	A3	10	0	-0.1
减环	A2	50	+0.1	0
封闭环	A0	40	+0.2	-0.2

二、针对本学习任务的相关尺寸链计算

如图 7-7, 件 1 与件 2 以 M30×1.5 内外螺纹、 $\Phi 34$ 外圆/内孔配合, 件 1 $\Phi 34$ 外圆右端台阶面与件 2 $\Phi 34$ 内止口的右端台阶贴紧, 试问所规定的零件公差及极限偏差能否保证两件的配合总长 $100\pm0.2\text{mm}$?

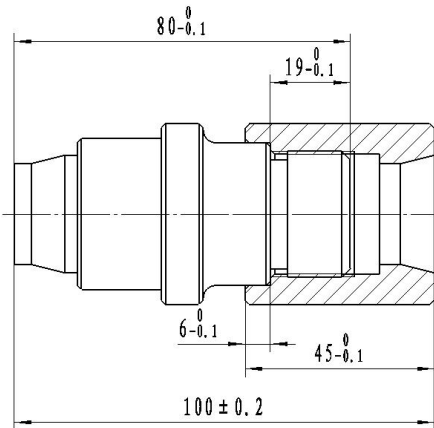


图 7-7



解:

画尺寸链图,区分增环、减环。

两件的配合总长 A0 是装配过程最后形成的,是尺寸链的封闭环,A1~A4 是 4 个组成环,如图 7-8 所示,其中 A1、A4 是增环,A2、A3 是减环。

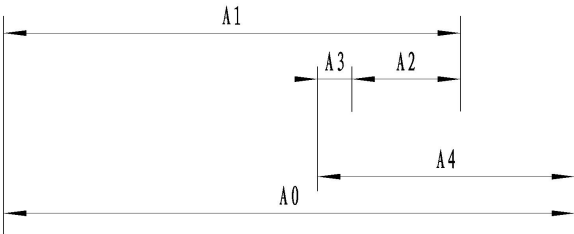


图 7-8

然后对尺寸链列表计算,如表 7-2 所示。

表 7-2 尺寸链的列表计算

基本尺寸			ES	EI
增环	A1	80	0	-0.1
	A4	45	0	-0.1
减环	A2	19	+0.1	0
	A3	6	+0.1	0
封闭环	A0	40	+0.2	-0.2

由此得到封闭环的基本尺寸及上下偏差为 100 ± 0.2 ,符合设计要求。

学习活动 2 制定方案

一、配合零件工艺分析

1. 加工该配合零件采用华中数控系统车床。
2. 材料为 45 钢,毛坯尺寸为 $\Phi 45\times 130\text{mm}$ 的圆形棒料。
3. 加工路线的确定

(1) 用三爪自定心卡盘夹持毛坯面,粗精车端面,用 $\Phi 20\text{mm}$ 麻花钻钻底孔。装夹方式以及加工后的形状如图 7-9 所示。

(2) 粗精车件二 $\Phi 43\text{mm}$ 外圆,C1mm 倒角至要求的尺寸,长度为 50mm。

(3) 切断长 46mm。

(4) 加工件一,车削端面,粗精车 $\Phi 24\text{mm}$ 外圆柱面、圆锥面、 $\Phi 28\text{mm}$ 外圆柱面、 $\Phi 36\text{mm}$ 外圆柱面、C1mm 倒角和 $\Phi 43\text{mm}$ 外圆柱面至要求尺寸。装夹方式以及加工后的形状如图 7-10 所示。

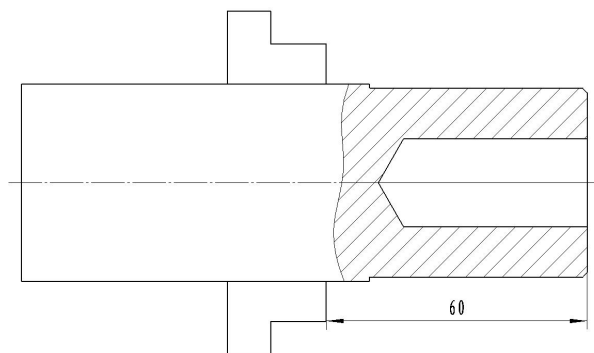


图 7-9 装夹方式及加工后的形状

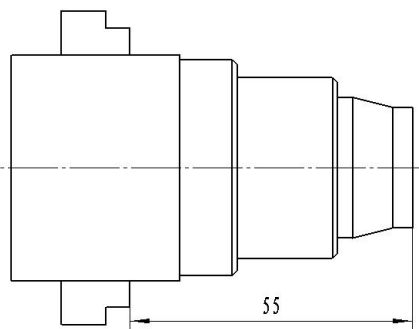


图 7-10 装夹方式及加工后的形状

- (5) 工件调头, 三爪自定心卡盘夹持薄铜皮包住的 $\Phi 43\text{mm}$ 外圆, 车削端面, 保证件一总长 $80_{-0.1}^0$ 。
- (6) 粗精车 $M30 \times 1.5-6g$ 螺纹牙顶圆、 $\Phi 34\text{mm}$ 外圆、 $R3$ 圆弧和 $C2\text{mm}$ 倒角。
- (7) 粗精车 $4\text{mm} \times 2\text{mm}$ 螺纹退刀槽。
- (8) 粗精车 $M30 \times 1.5-6g$ 螺纹, 完成件一的加工, 装夹方式以及加工后的形状如图 7-11 所示。
- (9) 加工件二, 夹持已经加工好的外圆 $\Phi 43\text{mm}$, 精车端面、车削 $C1\text{mm}$ 倒角, 保证总长为 $45_{-0.1}^0$ 。
- 装夹方式以及加工后的形状如图 7-12 所示。

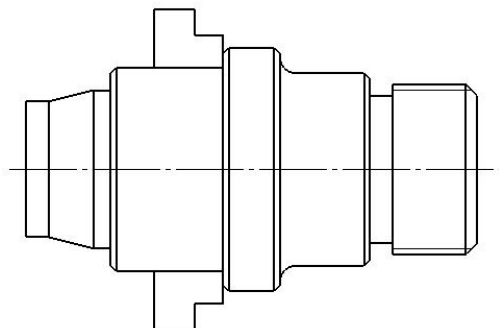


图 7-11 装夹方式及加工后的形状

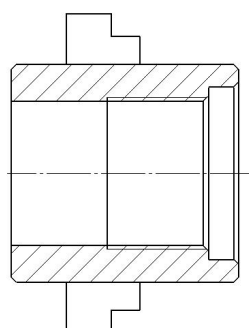


图 7-11 装夹方式及加工后的形状

- (10) 用内孔车刀粗精车 $C1\text{mm}$ 倒角、内孔 $\Phi 34\text{mm}$ 、 $M30 \times 1.5-6H$ 内螺纹底孔至尺寸。
- (11) 用内螺纹车刀车削内螺纹 $M30 \times 1.5-6H$ 至要求的尺寸。保证与件一的配合总长度为 100mm , 如图 7-12 所示。

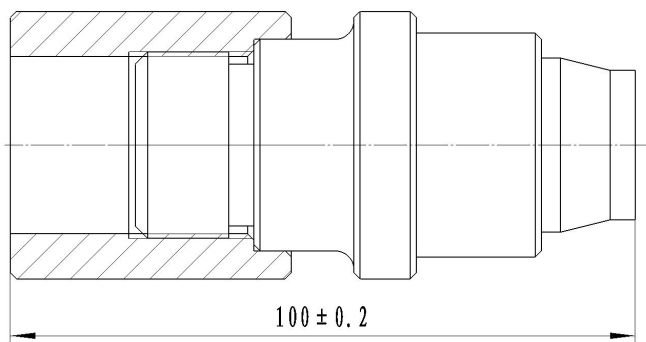




图 7-12 装夹方式及加工后的形状

(12) 件二掉头装夹，夹持已经加工好的Φ43mm 外圆，粗精车内圆锥面. Φ24mm 内圆柱面至要求的尺寸，装夹方式以及加工后的形状如图 7-所示，并保证与件一的配合间隙为 3mm，配合总长为 113mm，如图 7-13 所示。

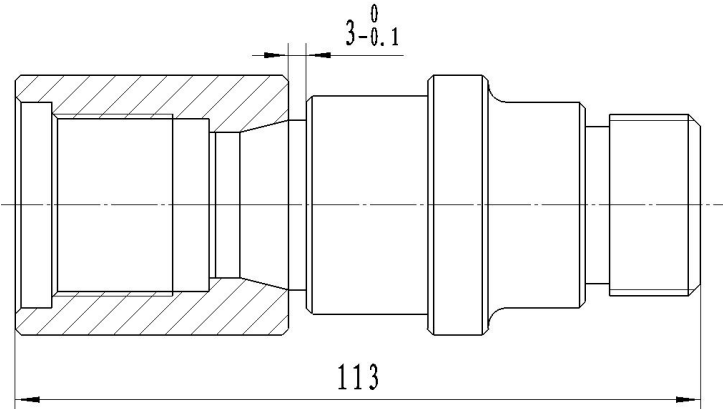


图 7-13 装夹方式及加工后的形状

二、编写加工技术文件

1. 刀具卡（表 7-3）

表 7-3 刀具卡

产品名称或代号		CKA012	零件名称	配合零件		零件图号	CKA2-1
序号	刀具号	刀具名称	数量	加工表面	刀尖半径 R/mm	刀尖方位 T	备注
1	T01	90°外圆车刀	1	粗车外轮廓	0.8	3	
2	T02	90°外圆车刀	1	精车外轮廓	0.2	3	
3	T03	4mm 宽切槽刀		切退刀槽		0	
4	T04	60°外螺纹刀	1	车外螺纹	0.1	8	
5	T05	内孔车刀	1	车内孔	0.2	2	
6	T06	60°内螺纹刀	1	车内螺纹	0.1	6	
7	T07	45°车刀	1	平端面			
8	T08	Φ20mm 麻花钻	1	钻Φ20mm 底孔			
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页



2. 加工工艺卡 (表 7-4)

表 7-4 加工工艺卡

工序号	工步内容	刀具	转速 (r/min)	进给速度 (mm/min)	背吃刀量 (mm)	操作方式
装夹 1: 三爪卡盘夹持工件毛坯						
1	平端面	45°车刀	600			手动
2	钻Φ20mm 底孔, 深 48mm	Φ20mm 麻花钻	300			手动
3	粗车件二Φ43mm 外圆, C1mm 倒角	T01	700	150	2	自动
4	精车件二Φ43mm 外圆, C1mm 倒角	T02	1200	100	0.25	自动
5	切断Φ43mm×50mm	T03	300			手动
装夹 2: 三爪卡盘夹持件一工件毛坯						
6	粗车Φ24mm 外圆、圆锥面、Φ28mm 外圆、Φ36mm 外圆、C1mm 倒角和Φ43mm 外圆	T01	700	150	2	自动
7	精车Φ24mm 外圆、圆锥面、Φ28mm 外圆、Φ36mm 外圆、C1mm 倒角和 Φ43mm 外圆至尺寸	T02	1200	100	0.25	自动
装夹 3: 件一掉头用铜皮夹持毛坯Φ36mm 外圆, 车端面, 保证件一总长 $80_{-0.1}^0$ mm						
8	粗车 M30×1.5-6g 螺纹牙顶圆、Φ34mm 外圆、R3 圆弧和 C2mm 倒角	T01	700	150	2	自动
9	精车 M30×1.5-6g 螺纹牙顶圆、Φ34mm 外圆、R3 圆弧和 C2mm 倒角至尺寸	T01	1200	100	0.25	自动
10	粗精车 4mm×2mm 螺纹退刀槽	T03	400	40		自动
11	粗车 M30×1.5-6g 螺纹	T04	500			自动
12	精车 M30×1.5-6g 螺纹	T04	500			自动



装夹 4: 夹持已经加工好的件二外圆Φ43mm, 精车端面、车削 C1mm 倒角, 保证总长 $45_{-0.1}^0$ mm						
13	粗车 C1mm 倒角、内孔 Φ34mm、M30×1.5-6H 内螺纹底孔	T05	500	100	2	自动
14	精车 C1mm 倒角、内孔 Φ34mm、M30×1.5 -6H 内螺纹底孔至尺寸	T05	700	70	0.25	自动
15	车削内螺纹 M30×1.5-6H 至要求的 尺寸	T06	400			自动
装夹 5: 件二掉头装夹, 垫铜皮夹持已经加工好的Φ43mm 外圆						
16	粗车内圆锥面、 Φ24mm 内圆柱面	T05	500	100	2	自动
17	精车内圆锥面, Φ24mm 内圆柱面至尺寸	T05	700	70	0.25	自动

学习活动 3 实施过程

一、编写加工程序

1. 件 2Φ43 $_{-0.021}^0$ mm 外圆加工程序 (表 7-5)

程序号: %0701		
段号	程序内容	说明
N10	M03 S700 T0101	以 700 r/min 启动主轴正转, 选择 1 号外圆粗车刀, 选择 1 号刀具补偿
N20	G00 X45 Z2	刀具快速移动到工件附近
N30	G80 X43.5 Z-50 F150	车外圆循环
N40	G00 X100 Z100	退刀
N50	M05	主轴停转
N60	M00	程序暂停
N70	M03 S1200 T0202	主轴以 1200r/min 正转, 选择 2 号外圆精车刀以及 2 号刀具补偿
N80	G00 X45 Z2	刀具快速移动到工件附近
N90	G80 X43 Z-50 F100	车外圆循环
N100	G00 X100 Z100	退刀
N110	M30	程序结束并返回



2. 件 1 左端加工程序（表 7-6）

表 7-6

程序号： %0702		
段号	程序内容	说明
N10	M03 S700 T0101	以 700 r/min 启动主轴正转，选择 1 号外圆粗车刀，选择 1 号刀具补偿
N20	G00 X45 Z2	刀具快速移动到循环起点位置
N30	G71U1R1P80Q180X0.5Z0F120	粗车量： 1mm 精车量： X0.5mm Z： 0mm
N40	G00 X100 Z100	精车程序段循环起点
N50	M05	主轴停转
N60	M00	程序暂停
N70	M03 S1200 T0202	主轴以 1200r/min 正转，选择 2 号外圆精车刀以及 2 号刀具补偿
N80	G00X24	精车轮廓起始行
N90	G01Z0F100	刀具到达倒角起点
N100	Z-4	精车Φ24 外圆
N110	X28 Z-12	精车锥面
N120	Z-15	精车Φ24 外圆
N130	X34	精车台阶
N140	X36W-1	精车 C1 倒角
N150	G01Z-35	精车Φ36 外圆
N160	X41	刀具沿 X 方向退刀
N170	X43W-1	精车 C1 倒角
N180	Z-46	精车Φ43 外圆
N190	G00X100Z100	退刀，返回换刀点
N200	M30	程序结束并返回参考点



3. 件 1 右端加工程序 (表 7-7) 表 7-7

程序号: %0703		
段号	程序内容	说明
N10	M03 S700 T0101	主轴以 400 r/min 正转, 选择 1 号外圆粗车刀, 选择 1 号刀具补偿
N20	G00 X40 Z2	刀具快速移动到循环起点位置
N30	G71U1R1P80Q160X0.5Z0F120	粗车量: 1mm 精车量: X0.5mm Z: 0mm
N40	G00 X100 Z100	精车程序段循环起点
N50	M05	主轴停转
N60	M00	程序暂停
N70	M03 S1200 T0202	主轴以 1200r/min 正转, 选择 2 号外圆精车刀以及 2 号刀具补偿
N80	G00X26	精车轮廓起始行
N90	G01X29.8Z-2F80	精车倒角
N100	Z-19	精车 M30×1.5-6g 螺纹外圆
N110	X32	精车台阶
N120	X34W-1	倒角 C1mm
N130	Z-32	精车Φ34mm 外圆
N140	G02X40Z-32R3	精车 R3 圆弧
N150	G01X41	精车台阶
N160	X43W-1	倒角 C1mm
N170	G00 X100 Z100	返回到换刀点
N180	M03 S300 T0303	主轴以 300r/min 正转, 选择 3 号切槽刀以及 3 号刀具补偿
N190	G00 X32 Z2	快速定位
N200	Z-19	快速定位, 开始切槽
N210	G01 X26 F15	切槽
N220	X35 F200	退刀
N230	G00 X100 Z100	
N240	M03 S600 T0404	主轴以 600r/min 正转, 选择 4 号 60°螺纹车刀以及 4 号刀具补偿
N250	G00 X35Z4	刀具快速定位至螺纹切削循环起点



N260	G82 X29.2 Z-17 F1.5	第一次循环车螺纹，车深 1mm
N270	X28.6	第二次循环车螺纹，车深 0.6mm
N280	X28.4	第三次循环车螺纹，车深 0.4mm
N290	X28.2	第四次循环车螺纹，车深 0.4mm
N300	X28.05	第五次循环车螺纹，车深 0.2mm
N310	G00 X100.0 Z100.0	退刀，返回换刀点
N320	M05	主轴停止
N330	M30	主程序结束并返回

4. 件 2 左端加工程序（表 7-8）

表 7-8

程序号：%0704		
段号	程序内容	说明
N10	M03 S500 T0101	主轴以 500 r/min 正转，选择 1 号内孔车刀，选择 1 号刀具补偿
N20	G00 X19 Z2	刀具快速移动到循环起点位置
N30	G71U1R1P70Q140X-0.5Z0F100	粗车量：1mm 精车量：X0.5mm Z：0mm
N40	G00 Z100	退刀
N50	M05	主轴停转
N60	M00	程序暂停
N70	M03 S700 T0101	主轴以 700r/min 正转
N80	G00 X36	精车轮廓起始行
N90	G01 X34 Z-1 F70	精车倒角 C1mm
N100	Z-6	精车Φ34mm 内孔
N110	X30.5	精车台阶
N120	X28.5 W-1	倒角 C1mm
N130	Z-32	精车螺纹内孔
N140	G01 X23	退刀
N150	G00 Z100	刀具返回换刀点
N160	M03 S400 T0202	主轴以 400r/min 正转，选择 2 号内螺纹刀以及 2 号刀具补偿
N170	G00 X25 Z4	快速定位至螺纹切削循环起点



N180	G82 X28.7 Z-26 F1.5	第一次循环车螺纹
N190	X29	第二次循环车螺纹
N200	X29.3	第三次循环车螺纹
N210	X29.6	第四次循环车螺纹
N220	X30	第五次循环车螺纹
N230	G00 Z100.0	退刀，返回换刀点
N240	G00 X100.0	
N250	M30	主程序结束并返回

5. 件 2 左端加工程序（表 7-9）

表 7-9

程序号：%0705		
段号	程序内容	说明
N10	M03 S500 T0101	主轴以 500 r/min 正转，选择 1 号内孔车刀，选择 1 号刀具补偿
N20	G00 X19 Z2	刀具快速移动到循环起点位置
N30	G71U1R1P70Q140X-0.5Z0F100	粗车量：1mm 精车量：X0.5mm Z：0mm
N40	G00 Z100	退刀
N50	M05	主轴停转
N60	M00	程序暂停
N70	M03 S700 T0101	主轴以 700r/min 正转
N80	G00 X28	精车轮廓起始行
N90	G01 X24 Z-8 F70	精车内锥面
N100	Z-14	精车Φ24mm 内孔
N110	X22	退刀
N120	G00 Z100	刀具返回换刀点
N130	G00X100	
N140	M30	主程序结束并返回

二、加工实施

1. 填写工、量具清单（见表 7-10）

填写工、量具清单，然后到仓库领取有关的工、量具，并把工、量具摆放整齐。

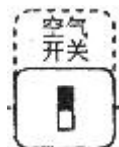
表 7-10 工、量具清单



班级			学号		姓名		
工具名称	规格	数量	备注	工具名称	规格	数量	备注
游标卡尺	0~150mm	1		外径千分尺	0~25mm	1	
卡盘扳手		1		外径千分尺	25~50mm	1	
方刀架扳手		1		内径千分尺	25~50mm	1	
螺纹塞规	M30×1.5-6H			螺纹环规	M30×1.5-6g	1	
塞尺	0.02~1mm	1					
借期:		还期:			签名:		

2. 启动数控车床

启动机床步骤:



(1) 将空气开关扳到“ON”位置，进入数控系统。



(2) 检查“急停”按钮是否松开至状态，若未松开，右旋松开急停按钮，复位。

(3) 进入系统后首先应将各轴返回参考点，按如下步骤进行操作：



① 检查操作面板上回原点指示灯是否亮。若指示灯亮则已进入回原点模式，若指示灯不亮，则按下“回零”按钮，使机床进入回参考点模式。



② 在回零模式下，点操作面板上的按钮，此时 X 轴将回原点，上灯变亮，CRT 上的 X 坐标变为“0.000”。



③ 在回零模式下，点操作面板上的按钮，上灯变亮，CRT 上的 Z 坐标变为“0.000”。

3. 装夹工件

加工件一时：

车削左端：用三爪卡盘夹持毛坯外圆，伸出卡盘长度约 50mm

车削右端：调头，垫铜皮，三爪卡盘夹持Φ26 部分，伸出约 75 mm

4. 安装刀具

加工件一时：1 号刀位安装 90°外圆粗车刀；2 号刀位安装 90°外圆精车刀；3 号刀位安装切槽刀，4 号刀位安装 60°外螺纹车刀。

加工件二时：1 号刀位安装内孔车刀，2 号刀位安装 60°内螺纹车刀。

安装加工件二用的内孔刀具时应注意：

(1) 对于内孔车刀，尽可能缩短刀杆的伸出长度，以增加车刀刀杆的刚性，减小切削过程中的



振动。

(2) 安装内螺纹车刀时，应使刀尖对准工件中心，同时使两刃夹角角平分线垂直于工件轴线。装好刀后，应让车刀在空走刀一遍，检查刀杆是否与孔口相碰。

5. 对刀

(1) 1 号刀的对刀

① 启动主轴，用刀具试切工件的外径，然后 X 轴方向不动，沿 Z 轴方向退刀，停车。



测量外圆直径，数控系统操作面板上单击 ，单击 ，进入如图 7-14 所示的刀偏表。



刀编号	X偏置	Z偏置	X磨损	Z磨损	试切直径	试切长度
#0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0004	-220.000	140.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0005	-232.000	140.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0007	-242.000	140.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0008	-238.464	139.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0011	-232.000	140.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

图 7-14

用光标键“←、→、▲、▼”将蓝色亮条移动到 01 号刀具的“#0001”行中的“试切直径”栏中(图 7-15)。



刀编号	X偏置	Z偏置	X磨损	Z磨损	试切直径	试切长度
#0000	0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

图 7-15

按下“Enter”键，利用 NC 键盘填入所测得的直径值，再按回车键确认，这样 X 偏置就设置好了(图 7-16)。



刀编号	X偏置	Z偏置	X磨损	Z磨损	试切直径	试切长度
#0000	0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0001	-411.324	0.000	0.000	0.000	21.000	0.000

图 7-16

② 再次启动主轴，用刀具试切工件的端面，然后 Z 轴方向不动，沿 X 轴方向退刀；停止主轴，按下“→”键，将蓝色亮条移动到“试切长度”栏中(图 7-17)。



刀编号	X偏置	Z偏置	X磨损	Z磨损	试切直径	试切长度
#0000	0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0001	-411.324	0.000	0.000	0.000	21.000	0.000

图 7-17

按下“Enter”键，利用 NC 键盘填入“0”，再按回车键确认，这样 Z 偏置就设置好了（图 7-18）。

刀编号	X偏置	Z偏置	X磨损	Z磨损	试切直径	试切长度
#0000	0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0001	-411.324	-264.847	0.000	0.000	21.000	0.000

图 7-18

通过以上操作就完成了一把刀的对刀过程，如果要对其余的刀，就重复以上步骤，只是把数值填入相应的位置（03 号刀具填入“#0003”行……）就行了，注意其它刀具在对 Z 轴时只用刀尖碰到工件端面就设置为“0”，这样就不用测量 Z 方向的长度了（图 7-19）。

刀编号	X偏置	Z偏置	X磨损	Z磨损	试切直径	试切长度
#0000	0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
#0001	-411.324	-264.847	0.000	0.000	21.000	0.000
#0002	-448.994	-294.184	0.000	0.000	0.000	0.000
#0003	-469.994	-294.184	0.000	0.000	21.000	0.000

图 7-19

6. 程序的录入与保存

(1) 按  再按 ，在对话框里输入程序名，如：O0010，然后单击“Enter”键，进入程序编辑页面。

(2) 程序编辑好后，按 ，单击“Enter”键，则程序已经被保存。

7. 程序的调用与校验

(1) 程序的调用：

在程序功能子菜单下单击 ，弹出“选择程序”画面，其中有三种（电子盘、DNC、软驱）存储器选择。

进入此画面后可通过 NC 面板编辑键盘上的“◀、▶”按键左、右移动选择三个不同的储存器里的程序，再通过编辑键盘上的“▲、▼”按键移动蓝色条上、下移动来选择已存在储存器里面的程序，其操作步骤如下：

- ① 使用“◀、▶”按键左、右移动选择蓝色条到相应的储存器，即可显示该储存器里的程序。
- ② 使用“▲、▼”按键移动蓝色条上、下移动到要选择的程序。
- ③ 按下“Enter”回车键，确认选择该程序，荧屏立即显示所选择的程序内容，若不是显示程序内容，可重复按“显示切换 F9”键切换直到荧屏显示的程序的内容。



(2) 程序校验:

程序校验用于对调入加工缓冲区的零件程序进行校验,并提示可能的错误,新编辑好的程序最好先进行校验运行,确认程序正确无误后再启动自动运行。

在程序功能子菜单下按 F4 键,将弹出的“程序校验”画面,并按“显示切换 F9”将画面切换到图

形仿真画面,方便我们对程序的加工进行观察。数控系统选择“自动”方式,单击 ,单击 ,则程序开始校验。

在程序校验过程中,机床是不动作的。如果程序编辑有错误,系统会提示程序错误,并在画面的命令行里指出错误的内容和所在的行号,方便操作者查找并进行修改。

8. 程序的运行与加工



(1) 在程序功能子菜单下,单击 ,弹出程序选择界面。

(2) 使用“◀、▶”按键左、右移动选择蓝色条到相应的储存器。

(3) 使用“▲、▼”按键移动蓝色条上、下移动到要选择的程序。

(4) 单击“Enter”键,程序文件将被选中。

(5) 数控系统选择“自动”方式,单击 ,程序开始运行。

9. 整理工量具、按规范进行机床清洁与保养

(1) 一批零件加工完成后,应核对刀具号、刀补值,以及程序、偏置页面、调整卡和工艺中的刀具号、刀补值,并作必要的整理、记录。

(2) 做好机床卫生清扫工作,擦净导轨面上的冷却液,并涂防锈油,以防止导轨生锈。

(3) 检查润滑油、冷却液情况,及时添加或更换。

(4) 依次关闭机床操作面板上的电源开关和总电源开关。

学习活动 4 质量检测

一、有关量具的使用简介



本学习任务中,件一与件二以 $\Phi 24$ 内外圆柱面、内外锥面配合形成的配合间隙 3mm,在检测时采用塞尺检测。



1. 塞尺定义：由一组具有不同厚度级差的薄钢片组成的量规（图 7-20）。用于测量间隙尺寸。塞尺一般用不锈钢制造，最薄的为 0.02 毫米，最厚的为 3 毫米。自 0.02~0.1 毫米间，各钢片厚度级差为 0.01 毫米；自 0.1~1 毫米间，各钢片的厚度级差一般为 0.05 毫米；自 1 毫米以上，钢片的厚度级差为 1 毫米。



图 7-20

2. 塞尺使用方法

- (1) 用干净的布将塞尺测量表面擦拭干净，不能在塞尺沾有油污或金属屑末的情况下进行测量，否则将影响测量结果的准确性。
- (2) 将塞尺插入被测间隙中，来回拉动塞尺，感到稍有阻力，说明该间隙值接近塞尺上所标出的数值；如果拉动时阻力过大或过小，则说明该间隙值小于或大于塞尺上所标出的数值。
- (3) 进行间隙的测量和调整时，先选择符合间隙规定的塞尺插入被测间隙中，然后一边调整，一边拉动塞尺，直到感觉稍有阻力时拧紧锁紧螺母，此时塞尺所标出的数值即为被测间隙值。

3. 使用注意事项

- (1) 不允许在测量过程中剧烈弯折塞尺，或用较大的力硬将塞尺插入被检测间隙，否则将损坏塞尺的测量表面或零件表面的精度。
- (2) 使用完后，应将塞尺擦拭干净，并涂上一薄层工业凡士林，然后将塞尺折回夹框内，以防锈蚀、弯曲、变形而损坏。
- (3) 存放时，不能将塞尺放在重物下，以免损坏塞尺。

二、工件检测表（表 7-11）

表 7-11 工件检测表

序号	项目与权重	考核内容与要求	配分		测量情况			
			精度	表面粗糙度	自检结果	得分	教师检测结果	得分
1	件一加工（38%）	$\Phi 43_{-0.021}^0 \text{ mm Ra1.6}\mu\text{m}$	2	1				
2		$\Phi 36_{-0.021}^0 \text{ mm Ra1.6}\mu\text{m}$	2	1				
3		$\Phi 28_{-0.021}^0 \text{ mm Ra1.6}\mu\text{m}$	2	1				



4		$\Phi 24_{-0.021}^0 \text{ mm Ra1.6}\mu\text{m}$	2	1				
5		$\Phi 34_{-0.021}^0 \text{ mm Ra1.6}\mu\text{m}$	2	1				
6	件一加工 (38%)	R3圆弧 Ra1.6 μm	1	1				
7		M30 $\times$ 1.5-6g螺纹 Ra3.2 μm	2	1				
8		$80_{-0.1}^0 \text{ mm}$	2					
9		$35_{-0.1}^0 \text{ mm}$	2					
10		$15_{-0.1}^0 \text{ mm}$	2					
11		4mm	1					
12		3mm	1					
13		$35_{-0.1}^0 \text{ mm}$	2					
14		$19_{-0.1}^0 \text{ mm}$	2					
15		槽4 $\times$ 2	2					
16		倒角C2	2					
17		倒角C1 (4处)	2					
18	件二加工 (25%)	$\Phi 43_{-0.021}^0 \text{ mm Ra1.6}\mu\text{m}$	2	1				
19		$\Phi 34_0^{+0.021} \text{ mm Ra1.6}\mu\text{m}$	2	1				
20		$\Phi 24_0^{+0.021} \text{ mm Ra1.6}\mu\text{m}$	2	1				
21		$\Phi 28 \text{ mm Ra1.6}\mu\text{m}$	2	1				
22		M30 $\times$ 1.5-6H螺纹 Ra3.2 μm	2	1				
23		$45_{-0.1}^0 \text{ mm}$	2					
24		$6_{-0.1}^0 \text{ mm}$	2					
25	件二加工 (25%)	32mm	2					



26		20mm	2					
27		倒角C1（4处）	2					
28	配合尺寸（6%）	100±0.2mm	2					
29		$3 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.1 \end{smallmatrix} \text{mm}$	2					
30		113mm	2					
31	程序与加工工艺（13%）	程序格式、正确性	4					
32		加工步骤、路线、 切削用量	3					
33		刀具选择安装	3					
34		装夹方式	3					
35	车床操作（9%）	对刀的正确性	3					
36		坐标系设定正确性	3					
37		车床操作正确性	3					
38	文明生产（9%）	安全操作	3					
39		车床维护与保养	3					
40		工作场所整理	3					

学习活动 5 反馈评价

1. 学习过程反馈

学习任务一	销轴的加工	
学习内容	理解的内容（要点）	存在的问题
分 析 加工工艺		



编写加工 技术文件		
加工工件		

2. 自我评价、小组评价及教师评价

理论知识部分主要通过学生口头表述、作业形式进行小组评价或教师评价。实操技能部分，一方面要对学生在实操中各个环节运用的有关方法、掌握技能的水平进行定性评价，另一方面还要对学生的实践操作结果进行抽样测量、检查，给予最终定量评价。

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	① 指令格式及走刀路线	5				
	② 基础知识融会贯通	5				
	③ 零件图纸分析	5				
	④ 制定加工工艺	5				
	⑤ 加工技术文件的编制	5				
实操技能	① 程序的输入	5				
	② 图形模拟	10				
	③ 刀具、毛坯的装夹及对刀	5				
	④ 加工工件	5				
	⑤ 尺寸与粗糙度等的检验	5				
	⑥ 设备维护	10				
安全文明 生产	① 正确开关机床	5				
	② 工具、量具的使用及放置	5				
	③ 机床维护	5				
	④ 卫生保持及机床复位	5				
学习态度	① 出勤情况	5				
	② 车间纪律	5				



	③ 团队协作精神	5				
--	----------	---	--	--	--	--

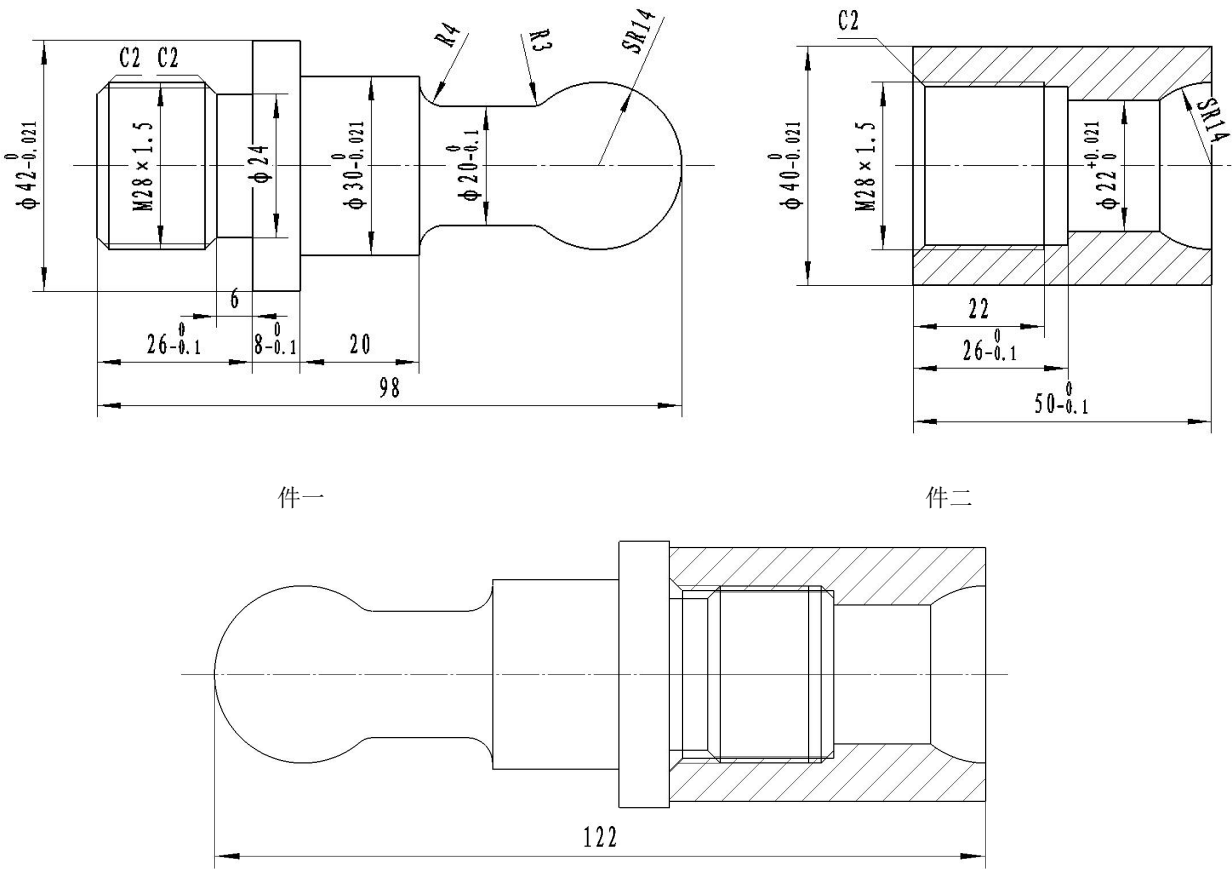
3. 个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

学习活动 6 拓展链接

一、拓展训练

运用所学知识加工图 7-21 所示的零件



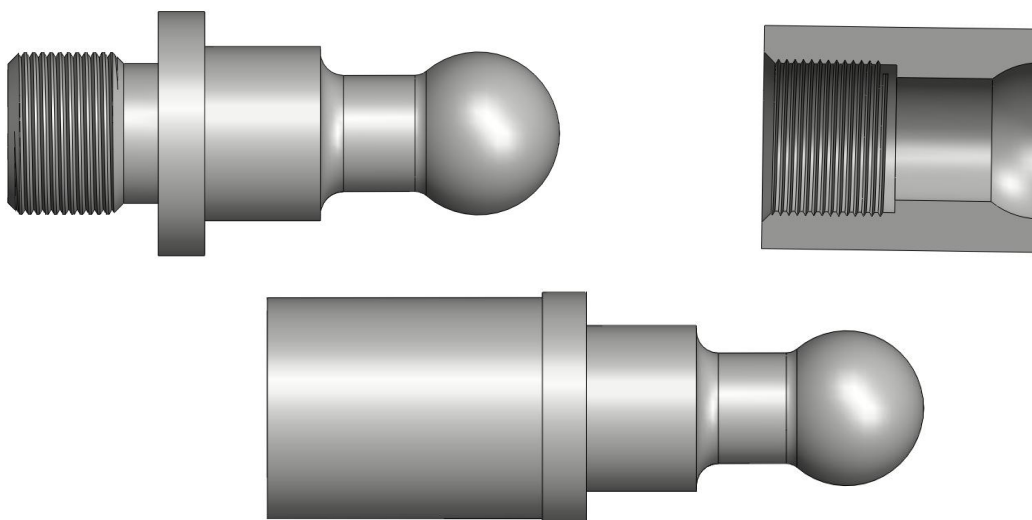


图 7-21

(一) 加工工艺分析

1. 分析零件图，确定加工方案

零件图中包含外圆、内孔、内外圆弧面、外沟槽、内外普通三角螺纹的加工，外圆、内孔要求的尺寸精度比较高。在制定加工工艺时，应该分粗车和精车。加工该配合零件需要用到的刀具有：外圆粗车刀、外圆精车刀，外三角螺纹车刀、内三角螺纹车刀、内孔车刀。

采用三爪自定心卡盘夹紧工件，以轴心线和右端面的交点为编程原点，运用 G71 指令加工件一、件二，但由于件一是由 $\phi 45$ mm 的毛坯加工到最小尺寸为 0 的圆球面，切削量过大，不能一刀完成，所以需要分层加工，粗加工每刀单边加工量选 1.5 mm，单边留 0.5 mm 的精加工余量。

2. 加工工艺路线：

- (1) 用三爪自定心卡盘夹持毛坯面，粗精车端面，用 $\Phi 20$ mm 麻花钻钻底孔。
- (2) 粗精车件二 $\Phi 40$ mm 外圆至要求的尺寸，长度为 55 mm。
- (3) 切断长 51 mm。
- (4) 加工件一，车削右端面，粗精车 SR14 球面、R3、R4 圆弧、 $\Phi 20$ mm 外圆、 $\Phi 30$ mm 外圆、 $\Phi 42$ mm 外圆至要求尺寸。
- (5) 工件调头，三爪自定心卡盘夹持薄铜皮包住的 $\Phi 30$ mm 外圆，车削左端面，保证件一总长。
- (6) 粗精车 M28 $\times$ 1.5 螺纹牙顶圆、 $\Phi 24$ mm 外圆。
- (7) 粗精车 4 mm $\times$ 2 mm 螺纹退刀槽。
- (8) 粗精车 M30 $\times$ 1.5-6g 螺纹，完成件一的加工。
- (9) 加工件二，夹持已经加工好的外圆 $\Phi 40$ mm，精车端面保证总长。
- (10) 用内孔车刀粗精车内孔 $\Phi 22$ mm、M28 $\times$ 1.5 内螺纹底孔至尺寸。
- (11) 用内螺纹车刀车削内螺纹 M28 $\times$ 1.5 至要求的尺寸。
- (12) 件二掉头装夹，夹持已经加工好的 $\Phi 40$ mm 外圆，粗精车 SR14 mm 球面至要求的尺寸。

(二) 编写加工技术文件

1. 工序卡（见表 7-15）

表 7-15



材料	45#	产品名称或代号		零件名称		零件图号	
		CKA012		轴		CKA3-1	
工序号	程序编号	夹具名称		使用设备		车间	
001	%0706、0707	三爪自定心卡盘		CK6140			
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格 b×h(mm)	主轴转速 n(r/min)	进给量 f(mm/r)	背吃刀量 a _p (mm)	备注
1	粗车外轮廓	T0101	25×20	600	0.25	1.5	
2	精车外轮廓	T0202	25×20	800	0.15	0.25	
3	车螺纹	T0303	25×20	350			
4	粗精车内轮廓	T0101	25×20	600	0.25	1.5	
5	车内螺纹	T0303	25×20	300			
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页

2. 刀具卡（见表 7-16）

表 7-16

产品名称或代号		CKA012	零件名称	轴		零件图号	CKA3-1
序号	刀具号	刀具名称	数量	加工表面	刀尖半径 R/mm	刀尖方位 T	备注
1	T0101	35°硬质合金	1	粗车外圆	0.8	3	粗车刀
2	T0202	35°硬质合金	1	精车外圆	0.2	3	精车刀
3	T 0303	螺纹刀	1	车外螺纹		8	
3	T0101	内孔车刀	1	车内孔			
4	T0303	内螺纹车刀		车内螺纹			
编制		批准		日期		共 1 页	第 1 页

（三）零件的参考程序

1. 件 2Φ40⁰_{-0.021} mm 外圆加工程序（见表 7-17）

表 7-17

程序号： %0706	
程序内容	
M03 S700 T0101	以 700 r/min 启动主轴正转, 选择 1 号外圆粗车刀, 选择 1 号刀具补偿
G00 X45 Z2	刀具快速移动到工件附近
G80 X40. Z-55 F150	车外圆循环



G00 X100 Z100	退刀
M05	主轴停转
M00	程序暂停
M03 S1200 T0202	主轴以 1200r/min 正转, 选择 2 号外圆精车刀以及 2 号刀具补偿
G00 X45 Z2	刀具快速移动到工件附近
G80 X40 Z-55 F100	车外圆循环
G00 X100 Z100	退刀
M30	程序结束并返回

2. 件 1 右端加工程序 (表 7-18)

表 7-18

程序号: %0707	
程序内容	说明
M03 S700 T0101	以 700 r/min 启动主轴正转, 选择 1 号外圆粗车刀, 选择 1 号刀具补偿
G00 X45 Z2	刀具快速移动到循环起点位置
G71U1R1P1Q2X0.5Z0F120	粗车量: 1mm 精车量: X0.5mm Z: 0mm
G00 X100 Z100	精车程序段循环起点
M05	主轴停转
M00	程序暂停
M03 S1200 T0202	主轴以 1200r/min 正转, 选择 2 号外圆精车刀以及 2 号刀具补偿
N1G00X0	精车轮廓起始行
G01Z0F100	刀具到达倒角起点
G03 X21.412 Z-23.021 R14	精车 SR14 球面



G02 X20 Z-24.954 R3	精车 R3 圆弧
G01 Z-40	精车Φ20 外圆
G02 X28 Z-44 R4	精车 R4 圆弧
G01 X30	精车台阶
G01 Z-64	精车Φ30 外圆
X42	刀具沿 X 方向退刀
W-10	精车Φ42 外圆
N2 G01 X45	
G00X100Z100	退刀，返回换刀点
M30	程序结束并返回参考点

3.件 1 左端加工程序（表 7-19）

表 7-19

程序号：%0708	
程序内容	说明
M03 S700 T0101	主轴以 400 r/min 正转，选择 1 号外圆粗车刀
G00 X40 Z2	刀具快速移动到循环起点位置
G71U1R1P1Q2X0.5Z0F120	粗车量 1mm 精车量 X 0.5mm Z 0mm
G00 X100 Z100	精车程序段循环起点
M05	主轴停转
M00	程序暂停
M03 S1200 T0202	主轴以 1200r/min 正转，选择 2 号外圆精车刀
N1 G00X24	精车轮廓起始行
G01X27.8Z-2F80	精车倒角
Z-18	精车 M28×1.5 螺纹外圆
X24W-2	倒角 C2mm
Z-26	精车Φ34mm 外圆
G01X43	精车台阶
G00 X100 Z100	返回到换刀点
M03 S600 T0303	主轴以 600r/min 正转，选择 3 号 60°螺纹车刀以及 3 号刀具补偿



G00 X35Z4	刀具快速定位至螺纹切削循环起点
G82 X27.2 Z-22 F1.5	第一次循环车螺纹，车深 0.8mm
X26.6	第二次循环车螺纹，车深 0.6mm
X26.4	第三次循环车螺纹，车深 0.4mm
X26.2	第四次循环车螺纹，车深 0.4mm
X26.05	第五次循环车螺纹，车深 0.2mm
G00 X100.0 Z100.0	退刀，返回换刀点
M05	主轴停止
M30	主程序结束并返回

4.件 2 左端加工程序（表 7-20）

表 7-20

程序号：%0709	
程序内容	说明
M03 S500 T0101	主轴以 500 r/min 正转，选择 1 号内孔车刀，选择 1 号刀具补偿
G00 X19 Z2	刀具快速移动到循环起点位置
G71U1R1P1Q2X-0.5Z0F100	粗车量：1mm 精车量：X0.5mm Z：0mm
G00 Z100	退刀
M05	主轴停转
M00	程序暂停
M03 S700 T0101	主轴以 700r/min 正转
G00 X30.5	精车轮廓起始行
G01 X26.5 Z-2 F70	精车倒角 C2mm
Z-26	精车螺纹内孔
X21	精车台阶
G00 Z100	刀具返回换刀点
M03 S400 T0303	主轴以 400r/min 正转，选择 3 号内螺纹刀以及 3 号刀具补偿
G00 X25 Z4	快速定位至螺纹切削循环起点
G82 X26.4 Z-22 F1.5	第一次循环车螺纹
X27	第二次循环车螺纹
X27.4	第三次循环车螺纹
X27.8	第四次循环车螺纹



X28	第五次循环车螺纹
G00 Z100.0	退刀，返回换刀点
G00 X100.0	
M30	主程序结束并返回

5.件 2 右端加工程序（表 7-21）

表 7-21

程序号：%0710	
程序内容	说明
M03 S500 T0101	主轴以 500 r/min 正转，选择 1 号内孔车刀，选择 1 号刀具补偿
G00 X19 Z2	刀具快速移动到循环起点位置
G71U1R1P1Q2X-0.5Z0F100	粗车量：1mm 精车量：X0.5mm Z：0mm
G00 Z100	退刀
M05	主轴停转
M00	程序暂停
M03 S700 T0101	主轴以 700r/min 正转
G00 X28	精车轮廓起始行
G01 Z0 F70	
G03 X22 Z-8.66 R14 F70	精车 SR14 球面
G01 Z-28	精车Φ22mm 内孔
X20	退刀
G00 Z100	刀具返回换刀点
G00 X100	
M30	主程序结束并返回

（四）零件加工评价(见表7-22)

表 7-22 工件检测表

序号	项目与权重	考核内容与要求	配分		测量情况			
			精度	表面粗糙度	自检结果	得分	教师检测结果	得分



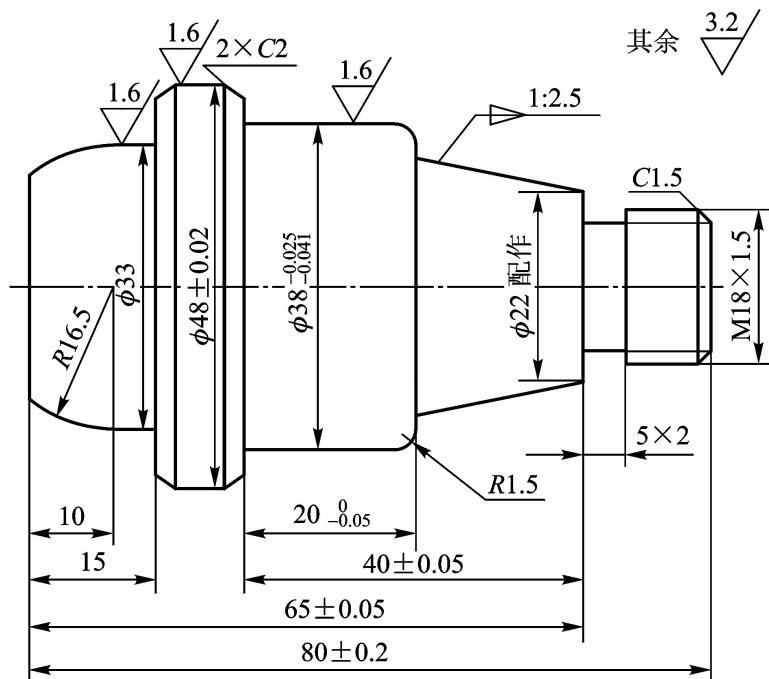
1		$\Phi 42_{-0.021}^0 \text{ mm Ra1.6}\mu\text{m}$	4	1				
2		$\Phi 30_{-0.021}^0 \text{ mm Ra1.6}\mu\text{m}$	4	1				
3		$\Phi 28_{-0.1}^0 \text{ mm Ra1.6}\mu\text{m}$	4	1				
4		$\Phi 24 \text{ mm Ra1.6}\mu\text{m}$	2	1				
5	件一加工 (40%)	R3圆弧 Ra1.6 μm	2	1				
6		R4圆弧 Ra1.6 μm	2	1				
7		R14圆弧 Ra1.6 μm	2	1				
8		M28 $\times$ 1.5螺纹 Ra3.2 μm	2	1				
9		98mm	2					
10		$26_{-0.1}^0 \text{ mm}$	2					
11		$8_{-0.1}^0 \text{ mm}$	2					
12		20mm	1					
13		6mm	1					
14		倒角C2 (2处)	2					
15	件二加工 (20%)	$\Phi 43_{-0.021}^0 \text{ mm Ra1.6}\mu\text{m}$	2	1				
16		$\Phi 22_0^{+0.021} \text{ mm Ra1.6}\mu\text{m}$	2	1				
17		M28 $\times$ 1.5螺纹 Ra3.2 μm	2	1				
18		R14圆弧 Ra1.6 μm	2	1				
19		$50_{-0.1}^0 \text{ mm}$	2					
20		$26_{-0.1}^0 \text{ mm}$	2					
21		22mm	2					
22		倒角C2	2					



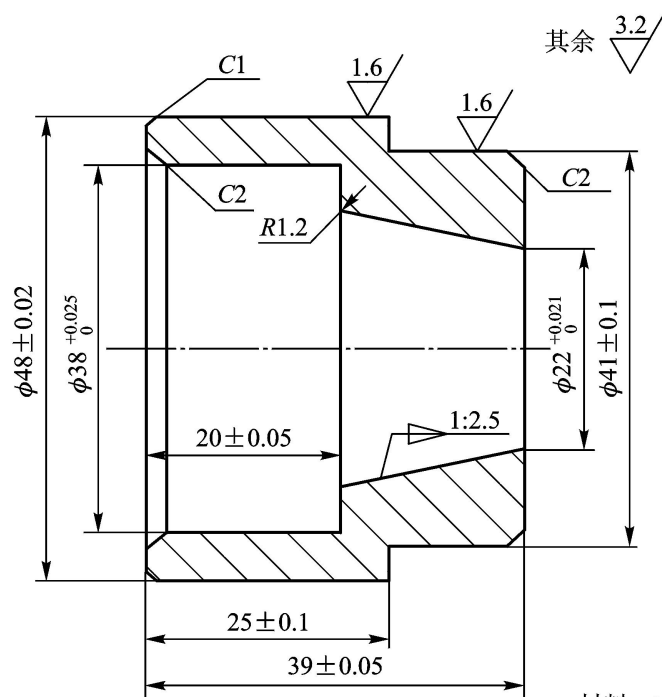
23	配合尺寸 (3%)	113mm	3					
24	程序与加工 工艺 (13%)	程序格式、正确性	4					
25		加工步骤、路线、 切削用量	3					
26		刀具选择安装	3					
27		装夹方式	3					
28	车床操作 (12%)	对刀的正确性	4					
29		坐标系设定正确性	4					
30		车床操作正确性	4					
31	文明生产 (12%)	安全操作	4					
32		车床维护与保养	4					
33		工作场所整理	4					

学习活动 7 巩固提高

一、编写所示零件的加工程序（图 7-22），毛坯直径为 $\phi 50\text{mm}$ 的 45#圆钢。



材料: 45 钢



材料: 45 钢

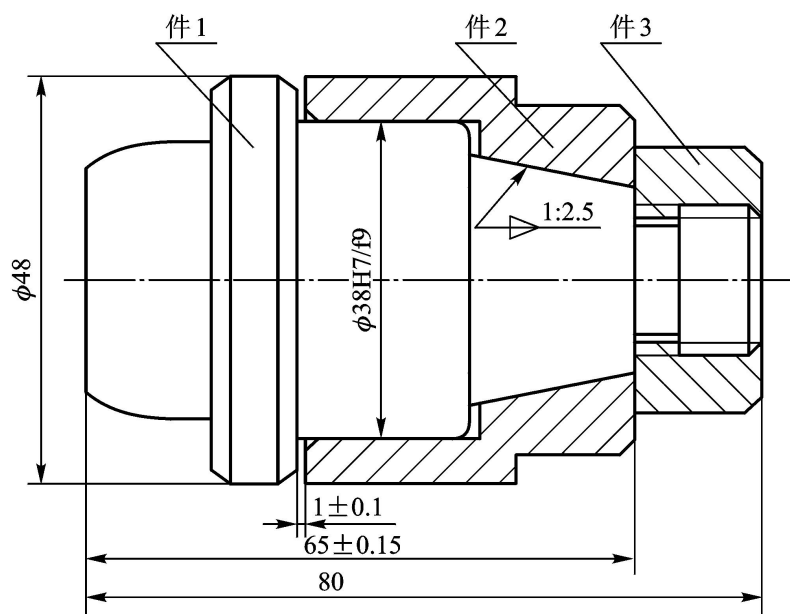
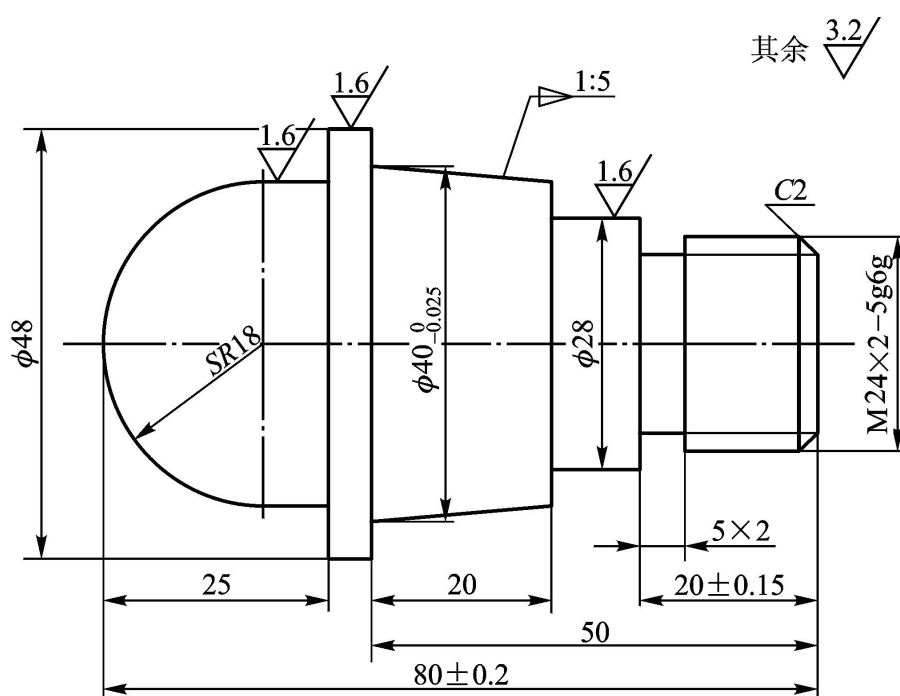


图 7-22

二、编写所示零件的加工程序 (图 7-23), 毛坯直径为 $\phi 50\text{mm}$ 的 45#圆钢。



材料：45 钢

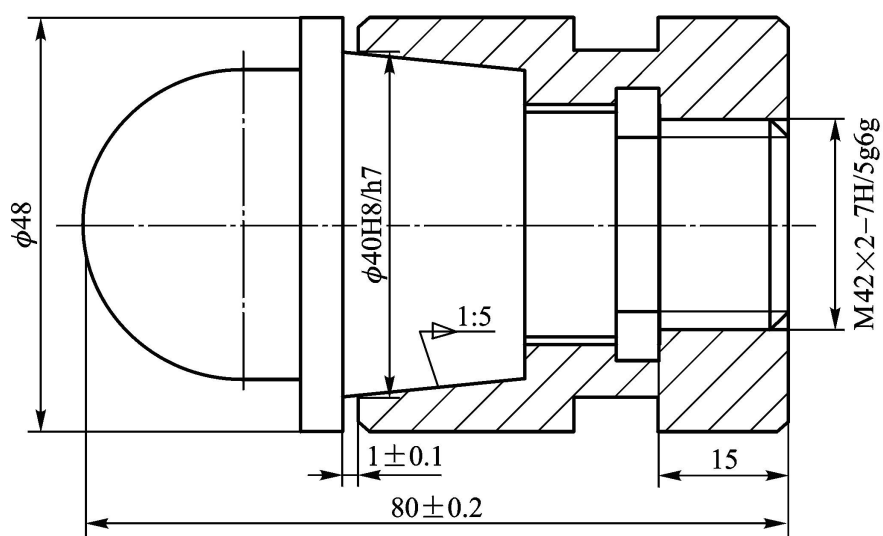
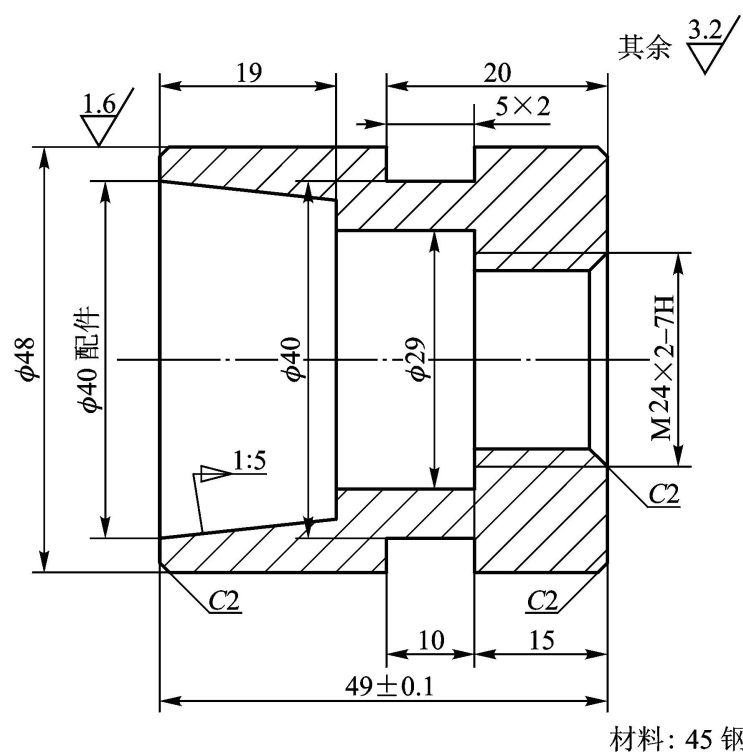
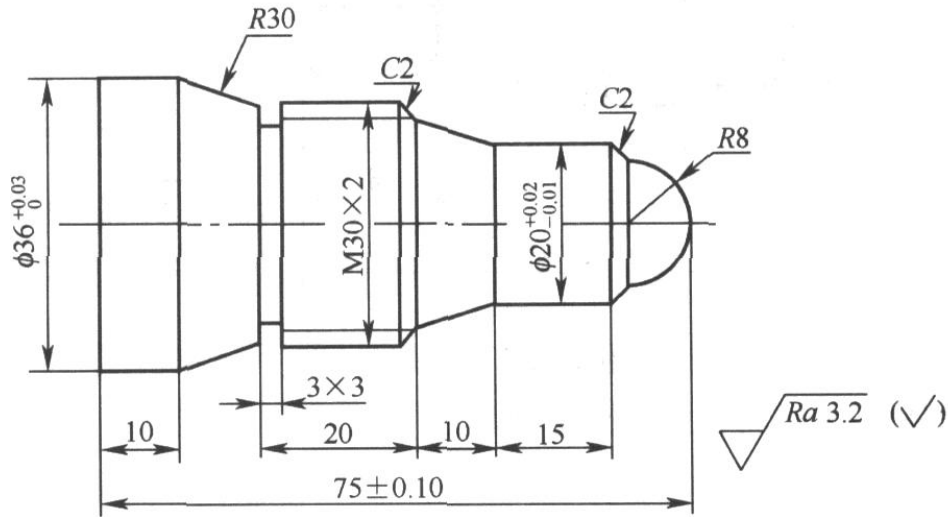


图 7-23



附录·技能鉴定

一、零件材料及备料尺寸：45 号钢(Φ40mm×110mm)，零件图如附图 00-1 所示。



- 技术要求：
- 1. 未注公差尺寸按 GB 1804—M；
 - 2. 未注倒角 0.5×45°；
 - 3. 不准用砂布及锉刀等修饰表面。

附图 00-1

1. 要求编程、操作加工时间

- (1)编程时间：60min。
- (2)操作时间：120min。

2. 评分表

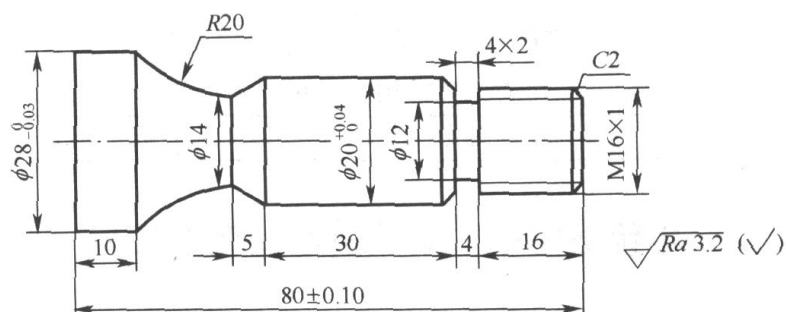
考件编号 _____ 班级 _____ 姓名 _____ 学号 _____ 总分 _____

序号	检测项目	技术要求	配分	评分标准	检测结果	得分
1	外圆	$\Phi 20^{+0.02}_{-0.01}$	12	超0.01扣2分		
2		$\Phi 36^{+0.03}_0$	12	超0.01扣2分		
3	锥度	10和Φ20	8	超0.02扣3分		
4	槽	3×3	8	超0.02扣3分		



序号	检测项目	技术要求	配分	评分标准	检测结果	得分
5		70±0.10	8	超0.02扣3分		
6	长度	15	6	超0.01扣1分		
7		20	6	超0.01扣1分		
8		10	6	超0.01扣1分		
9	圆弧	R8	5	不合格不得分		
10		R30	5	不合格不得分		
11	螺纹	M30×2	12	不合格不得分		
12	粗糙度	Ra	7	降一级扣3分		
13	其他	倒角	5	一处未倒扣1分		
14	安全操作, 文明生产	违章视其情节扣1~20分, 发生重大事故取消考试资格。			扣分不超过20分	
15	其他项目	一般按照GB1804-M, 有明显缺陷倒扣2~10分。				
监考员			检测员		总分	

二、零件材料及备料尺寸: 45 号钢(Φ30mm×120mm), 零件图如附图 00-2 所示。



技术要求:
 1. 未注公差尺寸按 GB 1804—M;
 2. 未注倒角 0.5×45°;
 3. 不准用砂布及锉刀等修饰表面。

附图 00-2



1. 编程、操作加工时间

(1)编程时间：60min。

(2)操作时间：120 min。

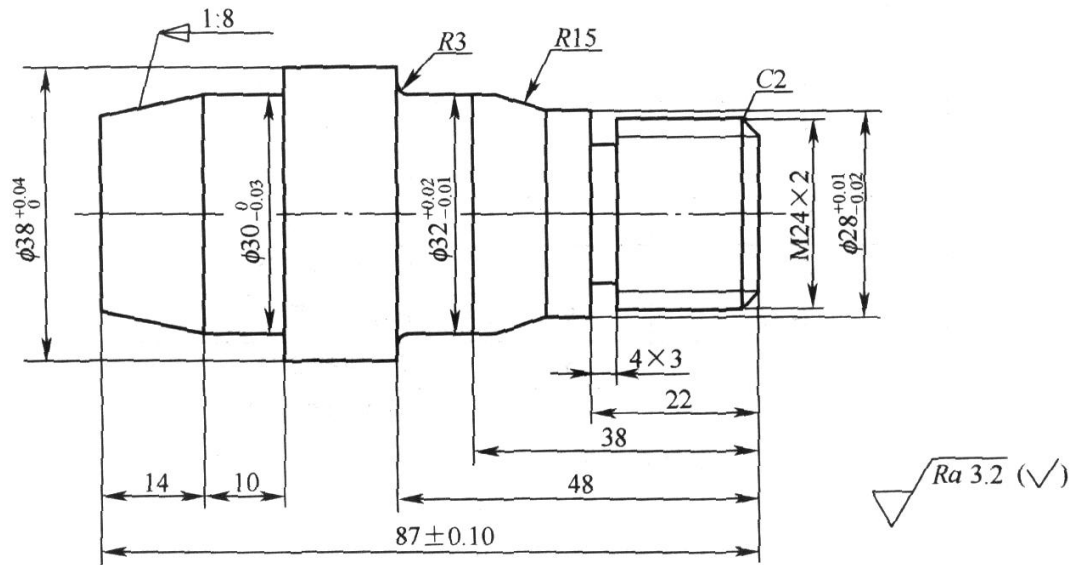
2. 评分表

考件编号 _____ 班级 _____ 姓名 _____ 学号 _____ 总分 _____

序号	检测项目	技术要求	配分	评分标准	检测结果	得分
1	外圆	$\Phi 20^{+0.04}_0$	12	超0.01扣2分		
2		$\Phi 28^0_{-0.03}$	12	超0.01扣2分		
3	锥度	5和 $\Phi 14$	8	超0.02扣3分		
4	槽	4×2	8	超0.02扣3分		
5	长度	80±0.10	10	超0.02扣3分		
6		16	6	超0.01扣1分		
7		30	6	超0.01扣1分		
8		10	6	超0.01扣1分		
9	圆弧	R20	6	不合格不得分		
10	螺纹	M30×2	12	不合格不得分		
11	粗糙度	Ra	8	降一级扣3分		
12	其他	倒角	6	一处未倒扣1分		
13	安全操作, 文明生产	违章视其情节扣1~20分, 发生重大事故取消考试资格。			扣分不超过20分	
14	其他项目	一般按照GB1804-M, 有明显缺陷倒扣2~10分。				
监考员		检测员		总分		



三、零件材料及备料尺寸：45 号钢(Φ40mm×90mm)，零件图如附图 00-3 所示。



- 技术要求：
- 1. 未注公差尺寸按 GB 1804—M；
 - 2. 未注倒角 0.5×45°；
 - 3. 不准用砂布及锉刀等修饰表面。

附图 00-3

1. 编程、操作加工时间。
- (1)编程时间：60min。
 - (2)操作时间：120min。

2. 评分表

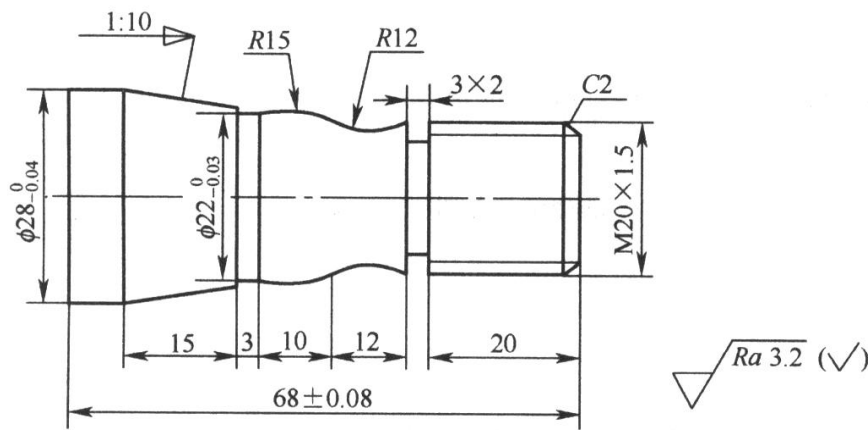
考件编号 _____ 班级 _____ 姓名 _____ 学号 _____ 总分 _____

序号	检测项目	技术要求	配分	评分标准	检测结果	得分
1	外圆	$\Phi 28^{+0.01}_{-0.02}$	10	超0.01扣2分		
2		$\Phi 32^{+0.02}_{-0.01}$	10	超0.01扣2分		
3		$\Phi 30^0_{-0.03}$	10	超0.01扣2分		
4		$\Phi 38^{+0.04}_0$	10	超0.01扣2分		
5	锥度	1： 8	6	超0.02扣3分		
6	槽	4x3	6	超0.02扣3分		



序号	检测项目	技术要求	配分	评分标准	检测结果	得分
7	长度	87±0.10	8	超0.02扣3分		
8		22	4	超0.01扣1分		
9		38	4	超0.01扣1分		
10		48	4	超0.01扣1分		
11		14	4	超0.01扣1分		
12	圆弧	R15	3	不合格不得分		
13		R3	3	不合格不得分		
14	螺纹	M24x2	8	不合格不得分		
15	粗糙度	Ra	5	降一级扣3分		
16	其他	倒角	5	一处未倒扣1分		
17	安全操作，文明生产	违章视情节轻重扣1~20分，发生重大事故取消考试资格。			扣分不超过20分	
18	其他项目	一般按照GB1804—M，有明显缺陷倒扣2~10分。				
监考员		检测员		总分		

四、零件材料及备料尺寸：45 号钢(Φ30mm×100mm)，零件图如附图 00-4 所示。



- 技术要求：
- 1. 未注公差尺寸按 GB 1804—M；
 - 2. 未注倒角 0.5×45°；
 - 3. 不准用砂布及锉刀等修饰表面。

附图 00-4



1. 编程、操作加工时间

(1)编程时间：60min。

(2)操作时间：120min。

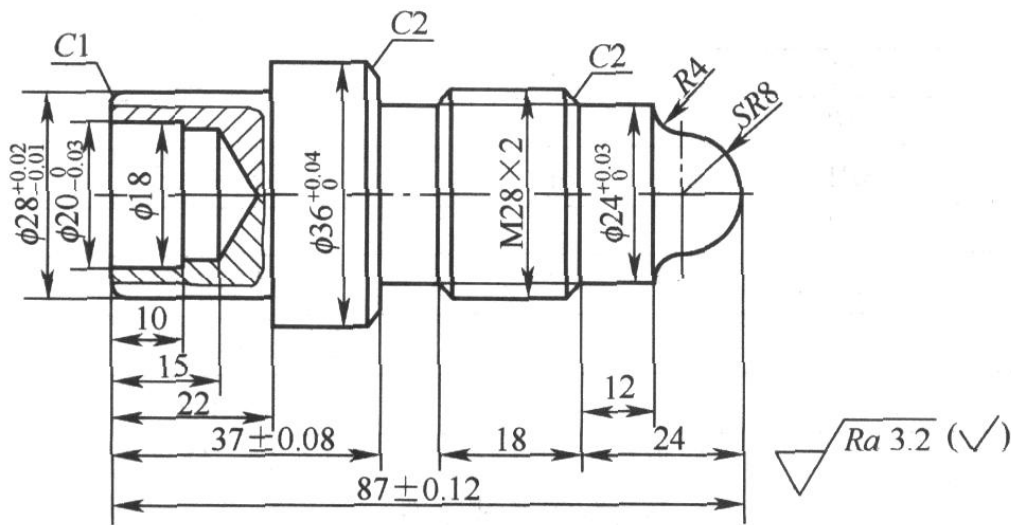
2. 评分表

考件编号_____ 班级_____ 姓名_____ 学号_____ 总分_____

序号	检测项目	技术要求	配分	评分标准	检测结果	得分
1	外圆	$\Phi 22_{-0.03}^0$	12	超0.01扣2分		
2		$\Phi 28_{-0.04}^0$	12	超0.01扣2分		
3	锥度	1: 10	6	超0.02扣3分		
4	槽	3x2	6	超0.02扣3分		
5	长度	68±0.08	10	超0.01扣3分		
6		20	4	超0.01扣1分		
7		12	4	超0.01扣1分		
8		10	4	超0.01扣1分		
9		3	4	超0.01扣1分		
10		15	4	超0.01扣1分		
11	圆弧	R12	4	不合格不得分		
12		R15	4	不合格不得分		
13	螺纹	M20×1.5	12	不合格不得分		
14	粗糙度	Ra	8	降一级扣3分		
15	其他	倒角	6	一处未倒扣1分		
16	安全操作，文明生产	违章视情节轻重扣1~20分，发生重大事故取消考试资格。			扣分不超过20分	
17	其他项目	一般按照GB 1804--M有明显缺陷倒扣2~10分。				
监考员		检测员		总分		



五、零件材料及备料尺寸：45 号钢($\Phi 30\text{mm} \times 100\text{mm}$)，零件图如附图 00-5 所示。



- 技术要求：
1. 未注公差尺寸按 GB 1804—M；
 2. 未注倒角 $0.5 \times 45^\circ$ ；
 3. 不准用砂布及锉刀等修饰表面。

附图 00-5

1. 编程、操作加工时间

- (1)编程时间：60 min。
- (2)操作时间：120min。

2. 评分表

考件编号_____ 班级_____ 姓名_____ 学号_____ 总分_____						
序号	检测项目	技术要求	配分	评分标准	检测结果	得分
1	外圆	$\Phi 24^{+0.03}_0$	8	超0.01扣2分		
2		$\Phi 36^{+0.04}_0$	8	超0.01扣2分		
3		$\Phi 28^{+0.02}_{-0.01}$	8	超0.01扣2分		
4	内孔	$\Phi 20^0_{-0.03}$	8	超0.01扣2分		
5		$\Phi 20$	6	超0.01扣1分		



序号	检测项目	技术要求	配分	评分标准	检测结果	得分
6	长度	87±0.12	8	超0.02扣3分		
7		37±0.08	8	超0.01扣1分		
8		12	3	超0.01扣1分		
9		24	3	超0.01扣1分		
10		18	3	超0.01扣1分		
11		22	3	超0.01扣1分		
12		15	3			
13		10	3			
14	圆弧	SR10	4	不合格不得分		
15		R4	4			
16	螺纹	M28x2	8	不合格不得分		
17	粗糙度	Ra	6	降一级扣3分		
18	其他	倒角	6	一处未倒扣1分		
19	安全操作，文明生产	违章视情节轻重扣1~20分，发生重大事故取消考试资格。			扣分不超过20分	
20	其他项目	一般按照GB 1804-M，有明显缺陷倒扣2~10分。				
监考员		检测员	总分			