

数控加工实训指导书

罗杜宇 李小敏

广东工程职业技术学院
机电工程学院
数控模具教研室
2014年11月30日

绪论

1 《数控加工与编程》实训的目的

- 1、熟悉了解数控车床、数控铣床、数控加工中心的结构组成及工作原理。
- 2、熟练掌握待加工零件的装夹、定位、加工路线设置及加工参数调校等实际操作工艺。
- 3、熟练掌握阶梯轴、成型面、螺纹等车削零件和平面轮廓、槽形、钻、镗孔等类型铣削零件的手工及自动换刀的编程技术以及复杂曲面零件的自动编程技术。能分析判断并解决加工程序中所出现的错误。
- 4、学会排除机床电气及机械方面的一般性故障。
- 5、熟练操作数控车、数控铣床、并能加工出中等复杂程度的零件。
- 6、能初步使用加工中心机床，了解刀库及其设置，了解加工中心的加工过程与特点
- 7、初步了解与掌握程序转存和联机控制等DNC加工方面的知识及操作方法。
- 8、复习掌握数控技术职业资格考试的其它应知、应会的内容。积极争取通过职业技术资格考试。

2 实训内容与实训计划安排

1、实训的主要内容

1. 1 数控车床的操作与编程训练

- (1)、操作面板的熟悉和控制软件的基本使用。
- (2)、坐标系的建立，工件和刀具的装夹，基准刀具的对刀找正。
- (3)、基本编程指令的讲解。手工编程与程序输入训练，空运行校验。
- (4)、固定循环指令的讲解。编程与程序输入训练，空运行校验。
- (5)、螺纹零件的车削编程训练。学会排除程序及加工方面的简单故障。
- (6)、刀具补偿及编程训练。手工换刀与自动换刀的基本操作。
- (7)、多把刀具的对刀、刀库数据设置。
- (8)、实际车削训练，合理设置各工艺参数。
- (9)、理论课：复习总结车床加工的应知、应会内容。

1. 2 数控铣床操作与编程训练

- (1)、操作面板的熟悉和控制软件的基本使用。
- (2)、坐标系的建立，工件和刀具的装夹，基准刀具的对刀找正。
- (3)、基本编程指令的讲解。手工编程与程序输入训练，空运行校验模拟。
- (4)、轮廓铣削和槽形铣削编程训练与上机调试，掌握程序校验方法。
- (5)、刀长与刀径补偿及编程训练。手工换刀基本操作，多把刀具的对刀、刀库数据设置。
- (6)、子程序调用技术，程序调试技巧，钻孔加工的基本编程。
- (7)、实际铣削训练，合理设置、调校工艺参数，排除基本故障。
- (8)、了解润滑与冷却系统，机床的维护与保养。
- (9)、理论课：复习总结铣床加工的应知、应会内容。

1. 3 加工中心机床操作与编程训练

- (1)、操作面板和控制软件的简单用法。
- (2)、刀具基本知识及应用状况了解。刀库结构与自动换刀装置的初步了解。
- (3)、加工中心编程的特点。手工编程与程序阅读理解，空运行校验。
- (4)、固定钻镗循环编程与上机调试。
- (5)、刀具补偿及编程训练。多把刀具的对刀、刀库数据设置，自动换刀的程序实施。
- (6)、理论课：刀具基本知识及其它应知、应会内容。

1. 4 自动编程与DNC控制训练

- (1)、自动编程系统原理的了解。
- (2)、图纸分析，基本加工零件图形的绘制，复杂曲面类零件的绘制。
- (3)、轮廓铣削、挖槽、钻孔等基本刀具加工路线的建立。
- (4)、工艺参数、刀具补偿等的设定，模拟加工校验。
- (5)、曲面铣削加工刀路的建立，粗、精加工的参数设定。
- (6)、刀路的编辑。
- (7)、程序的生成与编辑修改，程序与机床控制系统间的接口技术。
- (8)、车床的自动编程技术。
- (9)、自动编程的实用训练、DNC加工。

2、实训计划安排

2. 1 实训内容与学时总体分配表

序号	实训内容	时 间	
		实训	讲课
1	数控车床操作	1.3 周	6
2	数控铣床操作	1.3 周	6
3	加工中心机床操作	0.4周	4
4	自动编程训练	1周	6
5	联机传送、DNC加工、备考和考核	0.5周	4
合 计 培 训 周 数		4.5 周	26 学时

2. 2 实训具体内容与时间安排表

周次	学时	星期	教 学 内 容 (理论学习、实训操作、复习、考试等)	实训报告	备注
	2		数控加工原理、程序格式		
	2		机床坐标系统、机床基本操作		
	2		演示：数控加工原理与加工过程	报告1	
	2		数控车削基本编程		
	4		实训：数控车的基本操作、程序输入调试	报告2	
	2		车削循环编程		
	4		实训：车削循环程序调试		
	2		实训：数控车床的对刀、坐标系建立		
	2		实训：自编程序调试	报告3	
	2		螺纹车削、刀补与换刀		
	4		实训：螺纹车削程序调试	报告4	
	2		实训：刀补及其设置		

周次	学时	星期	教 学 内 容 (理论学习、实训操作、复习、考试等)	实训 报告	备 注
	2		实训：换刀程序处理		
	2		实训：综合车削程序调试		
	4		实训：车削零件的综合加工		
	4		实训：车削零件的综合加工	报告5	
	2		数控铣削基本编程		
	4		实训：数控铣的基本操作、程序输入调试		
	2		实训：自编程序调试	报告6	
	2		实训：数控铣床的对刀、坐标系建立		
	2		实训：数控铣床的对刀、坐标系建立		
	2		刀具补偿及编程		
	4		实训：刀补设置与程序调试	报告7	
	2		挖槽、钻孔编程		
	2		钻镗循环编程		
	2		实训：挖槽、钻孔程序调试		
	4		实训：钻镗循环程序调试	报告8	
	2		主、子程序调用，镜像、旋转功能		
	4		实训：主、子程序调试		
	2	3	实训：综合铣削程序调试		
	4		实训：铣削零件的综合加工		
	4	4	实训：铣削零件的综合加工	报告9	
	2		加工中心刀库、编程特点		
	4		实训：加工中心基本操作		
	2		加工中心换刀编程训练		
	2		实训：加工中心换刀及加工演练	报告10	
	2		MasterCAM自动编程演示		
	4		实训：MasterCAM-2D绘图		
	6	2	实训：MasterCAM-2D编辑	报告11	
	2		MasterCAM 2D刀路定义		
	4		实训：2D刀路定义-轮廓、挖槽、钻孔		
	2		实训：MasterCAM-2D综合刀路定义	报告12	
	2		MasterCAM-3D构图知识		
	4		实训：MasterCAM 3D构图训练		
	2		MasterCAM-3D刀路定义		
	4	6	实训：MasterCAM-3D刀路定义	报告13	
	4		后置处理-程序生成		
	2		DNC-程序传送		
	4		实训：DNC-程序传送与加工	报告14	
	2		复习备考		
	4	3	考核		

3 数控机床的安全操作规程

- 1、工作前认真检查电网电压、油泵、润滑、油量是否正常，检查压力、冷却、油管、刀具、工装夹具是否完好，并作好机床的定期保养工作。

- 2、机床通电启动后，先进行机械回零操作，然后试运转5分钟，确认机械、刀具、夹具、工件、数控参数等正确无误后，方能开始正常工作。
- 3、认真查验程序编制、参数设置、动作排序、刀具干涉、工件装夹、开关保护等环节是否完全无误，以免循环加工时造成事故、损坏刀具及相关部件。严格按操作流程进行试切对刀，调试完成后要做好程序保护工作。
- 4、自动循环加工时，应关好防护拉门，在主轴旋转同时需要进行手动操作时，一定要使自己的身体和衣物远离旋转及运动部件，以免将衣物卷入造成事故。
- 5、主轴或刀塔刀库装刀操作一定要在机械运动停止状态下进行，并注意和协作人员间的配合，以免出现事故。在手动换刀或自动换刀时，要注意刀塔、刀库、机械手臂转动及刀具等的安装位置，身体和头部要远离刀具回转部位，以免碰伤。对加工中心机床，还应注意检查刀库刀套号与刀具号间的对应关系，以防止刀库刀号混乱造成换刀干涉或加工撞刀事故。
- 6、工件装夹时要夹牢，以免工件飞出造成事故，完成装夹后，要注意将卡盘扳手及其它调整工具取出拿开，以免主轴旋转后甩出造成事故。
- 7、机床操作者应能够处理一般性报警故障，若出现严重故障、应迅速断电、并保护现场，及时上报，并做好记录。
- 8、工作完毕后，应将机床导轨、工作台擦干净，并认真填写工作日志。

数控加工原理与加工过程

一、实训目的

- <1> 了解数控加工原理与数控系统的基本组成；
- <2> 了解数控机床加工与普通机床加工的异同；
- <3> 了解数控机床的基本结构组成；
- <4> 了解零件从编程到数控加工的大致过程；

二、预习要求

认真阅读数控加工原理，数控机床结构组成等相关资料，了解加工一个简单轮廓形状轨迹的数控程序。

三、实训理论基础



编程部分

机床控制部分

数控加工原理框图

1、数控加工原理

采用数控机床加工零件时，只需要将零件图形和工艺参数、加工步骤等以数字信息的形式，编成程序代码输入到机床控制系统中，再由其进行运算处理后转成驱动伺服机构的指令信号，从而控制机床各部件协调动作，自动地加工出零件来。当更换加工对象时，只需要重新编写程序代码，输入给机床，即可由数控装置代替人的大脑和双手的大部分功能，控制加工的全过程，制造出任意复杂的零件。

CJK6032数控车床 ZJK7532A-1数控铣床 南通XH713A立式加工中心



2、数控系统的基本组成

(以华中数控车CJK6032、数控铣ZJK7532A-1机床、南通XH713A立式加工中心为例)

数控机床一般由输入/输出设备、CNC数控装置、主轴单元、进给伺服驱动装置、可编程控制器及电气控制装置、机床本体及位置检测装置（开环机床无）等组成。除机床本体外的部分统称数控系统。

1 数控装置：

华中数控车CJK6032、数控铣ZJK7532A-1机床采用华中数控“世纪星”HNC-21T/M数控装置，内置嵌入式工业PC机、配置7.7”彩色液晶显示屏和通用工程面板，具故障诊断与报警、多种形式的图形加工轨迹显示。集成进给轴接口、主轴接口、（手持单元接口）、内嵌式PLC接口于一体。具直线插补、圆弧插补、螺纹切削、刀具补偿、宏程序等功能。由于采用PC机的管理机制，可外挂硬盘，因此程序存贮容量可以非常大，容易实现大数据量程序的“海量”加工。

南通XH713A型加工中心机床采用BEIJING-FANUC-Oi数控系统，能够控制的主要有X、Y、Z三坐标轴的联动（包括移动量及移动速度的控制，能进行直线、圆弧的插补加工控制），具有16把刀具的斗笠式刀库、采用气动换刀方式。程序存贮容量限制在200K以内，若需要进行大数据量程序的加工，应采用DNC连线控制的模式。

2 变频调速主轴单元：

现代数控机床的主轴大多采用矢量控制的变频器配三相异步电动机的变频无级调速或直接将主轴作为电机转子的“电主轴”形式。经济型数控机床的主轴变速还保留用传统的齿轮减速箱的手动换挡变速形式，这类机床通常不接受S指令功能。也有些机床采用机械-液压的自动换挡结构，此时若用S指令，其功能仅在于控制吸合的电液阀的序号。

4 进给轴伺服驱动单元：

CJK6032数控车（两轴联动控制）与ZJK7532A-1数控铣（三轴联动控制）的进给轴采用雷塞M535细分型步进驱动器和四相混合式步进电机，采用先进的双极性等角度恒力矩技术。可以通过驱动器侧边的一排拨码开关选择细分精度，以及设置动、静态工作电流。由于没有位置传感检测，各进给轴都是开环控制的。南通XH713A型加工中心机床的进给轴采用半闭环控制，通过丝杠端的脉冲编码器进行角位移检测和反馈。

5 输入/输出装置：

开关量输入/输出装置通过输入接线端子板和继电器板，作输入/输出接口的转接单元用，以方便连接及提高可靠性。开关量控制是用于主轴启停、正反转、冷却液启停、刀架（刀库）换刀等的信号开关控制。

按下操作面板上的“循环启动”按钮后，就向CNC装置发出中断请求。一旦CNC装置所处状态符合启动条件，则CNC装置就响应中断，控制程序转入相应的控制机床运动的中断服务程序。进行插补运算，逐段计算出各轴的进给速度，插补轨迹等。并将结果输出到进给伺服控制接口及其它输出接口，控制工作台（或刀具）的位移或其它辅助动作。这样机床就自动地按照零件加工程序的要求进行切削运动。

3、机床坐标系统及联动加工

数控机床加工时的横向、纵向等进给量都是以坐标数据来进行控制的。象数控车床、数控线切割机床等是属于两坐标控制的，数控铣床则是三坐标控制的，还有四坐标轴、五坐标轴甚至更多的坐标轴控制的加工中心机床等。坐标联动加工是指数控机床的几个坐标轴能够同时进行移动，从而获得平面直线、平面圆弧、空间直线、空间螺旋线等复杂加工轨迹的能力。当然也有一些早期的数控机床尽管具有三个坐标轴，但能够同时进行联动控制的可能只是其中两个坐标轴，那就属于两坐标联动的三坐标机床。象这类机床就不能获得空间直线、空间螺旋线等复杂加工轨迹。要想加工复杂的曲面，只能采用在某平面内进行联动控制，第三轴作单独周期性进给的“两维半”加工方式。

数控机床各坐标轴及其正方向的确定原则是：

（1）先确定Z轴。以平行于机床主轴的刀具运动坐标为Z轴，Z轴正方向是使刀具远离工件的方向。如立式铣床，主轴箱的上、下或主轴本身的上、下即可定为Z轴，且是向上为正，若主轴不能上下动作，

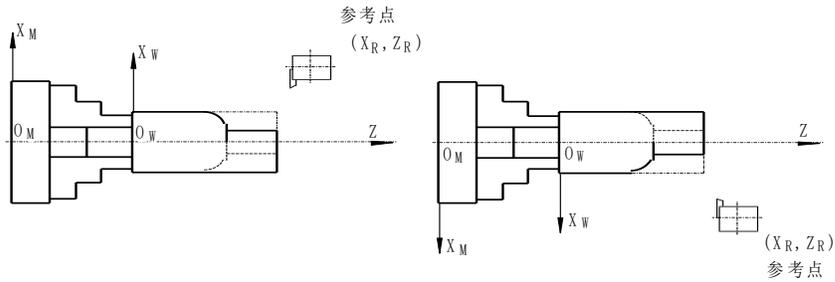
则工作台的上、下便为Z轴，此时工作台向下运动的方向定为正向。

(2) 再确定X轴。X轴为水平方向且垂直于Z轴并平行于工件的装夹面。

对于立铣或立式加工中心，工作台往左（刀具相对向右）移动为X正向。

对于卧铣或卧式加工中心，工作台往右（刀具相对向左）移动为X正向。

对于数控车床，视刀架前后放置方式不同，其X正向亦不相同，但都是由轴心沿径向朝外的。



车床坐标系统

(a) 刀架后置式

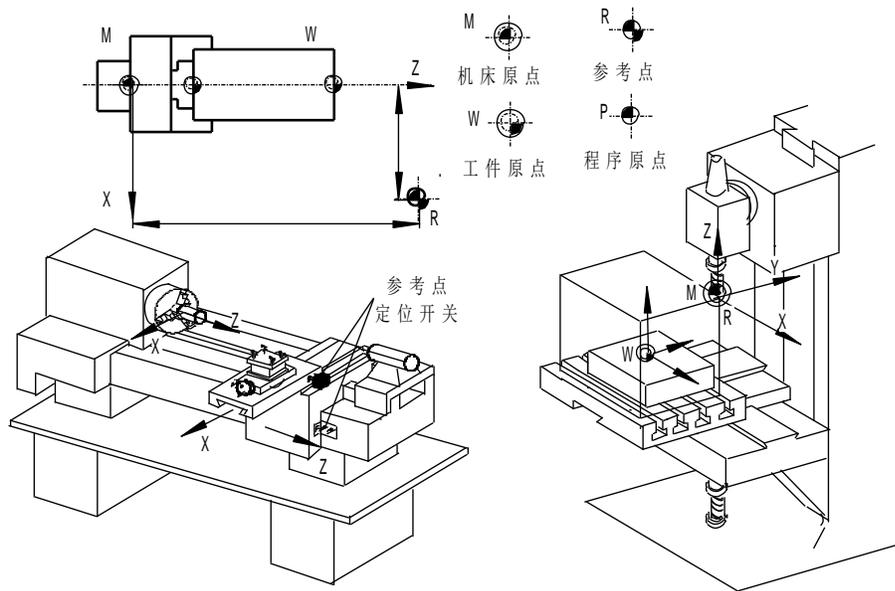
(b) 刀架前置式

(3) 最后确定Y轴。在确定了X、Z轴的正方向后，即可按右手定则定出Y轴正方向。

对于立铣或立式加工中心，工作台往前（刀具相对向后）为Y正向。

对于卧铣或卧式加工中心，工作台往前（刀具相对向后）为Y正向。

机床坐标的原点是由厂家确定的，用户一般不可更改，它是由回参考点操作建立起来的。很多机床都将参考点和机床原点设为同一点，所以回参考点也叫“回零”。参考点的位置通常都设在各轴的正向行程极限附近，也有厂家将个别轴设在负向极限附近。



机床坐标原点与参考点

CJK6032数控车（两轴联动控制）与ZJK7532A-1数控铣（三轴联动控制）及南通XH713A型加工中心机床的机床原点和参考点重合，都是设在各轴的正向行程极限附近，其位置是通过档铁和行程开关来确定。由于自动换刀的需要，南通XH713A型加工中心机床还设有第二参考点作为换刀要求位置。

四、实训仪器及设备

- <1> CJK6032数控车床 1台
- <2> ZJK7532A-1数控铣床 1台
- <3> XH713A立式加工中心 1台
- <4> 120x100x20加工毛坯料 2块
- <5> Φ40x200圆形棒料 2根
- <6> 压板螺钉等基本装夹工具、刀具 1套

五、实训内容及步骤

- <1>数控车削加工过程的认识
- <2>数控铣削加工过程的认识
- <3>加工中心加工过程的认识
- <4>加工中心换刀过程的认识

步骤：

(1) 针对一个简单的阶梯轴零件，先进行编程、程序输入，然后利用数控车床将其加工出来。了解数控车床的控制轴数、手动操作和自动运行的过程。

(2) 针对一个简单的矩形轮廓零件，先进行编程、程序输入，然后利用数控铣床将其加工出来。了解数控铣床的控制轴数，联动轴数，走直线、圆弧的指令，主轴启停等的控制代码。

(3) 针对一个简单的矩形带孔零件，先进行编程、程序输入，然后利用加工中心机床将其加工出来。了解加工中心的控制轴数、联动轴数、自动换刀方法、切削液的指令控制代码等。

性能特征 机床类型	型号	控制 轴数	联动 轴数	主轴 变速	换刀 方式	数控 系统	插补 能力	加工适 应性	常用指令 代码	
数控车床									直线	
									顺圆	
									逆圆	
数控铣床									正转	
									反转	
									停转	
加工中心									冷却开	
									冷却关	
									换刀	
普通机床								进给速度		

六、注意事项：

- <1> 数控机床加工时操作面板端和机床主轴端的操作尽量由一人进行操作，以避免发生多人操作时相互间配合失误而引起事故。多人操作时一定要注意相互间的配合。

- 3 机床自动加工时要注意安全，最好把防护门关上。
- 4 注意操作规程和先后操作顺序。

七、实训报告要求：

- <1> 对观察到的机床型号作记录，说明它们所代表的意义。
- 2 对了解到的数控机床的传动及工作台拖板的运动控制和普通机床进行比较。
- 3 写出所了解到的直线、圆弧控制，主轴启停和切削液启停，自动换刀的基本指令代码。
- 4 根据所了解知识，认真填写上表。
- 5 简要说明用数控机床加工一个零件的大致过程。

思考题：

1. 数控机床在实际切削运动过程中，刀具和工作台间的相对运动是什么样的关系？
2. 当更换一个零件时，数控加工比普通机床、自动机床有什么优势？
3. 数控机床加工的劳动强度及其安全性能如何？

《数控加工与编程》实训报告

实训项目_____

班级_____ 学号_____ 姓名_____ 成绩_____
 周次_____ 实训时段_____/_____/_____ 机床型号_____ 同组者_____

一、实训目的与要求

二、实训设备

三、实训内容简述

四、实训报告内容

1、根据实训记录，填写下表

性能特征 机床类型	型号	控制 轴数	联动 轴数	主轴 变速	换刀 方式	数控 系统	插补 能力	加工适 应性	常用指令 代码	
数控车床									直线	
									顺圆	
									逆圆	
数控铣床									正转	
									反转	
									停转	
加工中心									冷却开	
									冷却关	
									换刀	
普通机床								进给速度		

2、从结构特点到控制方式等方面比较一下数控机床与普通机床的区别。

3、以一个简单程序为例，说明数控加工的大致过程。

数控车床的基本编程、操作与简单程序调试

一、实训目的

- <1> 掌握数控车削加工基本编程指令及其应用
- <2> 熟悉了解数控车床的操作面板和控制软件；
- <3> 掌握数控车床的基本操作方法和步骤；
- <4> 进一步了解数控车床的结构组成、加工控制原理；
- <5> 熟练掌握精车程序的输入调试过程；

二、预习要求

认真阅读数控车床组成、位置调整和坐标系设定及基本编程指令与调试的章节内容。

三、实训理论基础

(一)、基本编程指令功能介绍

1. G功能(格式: G2 G后可跟2位数)

表 常用G功能指令

代码	组	意义	代码	组	意义	代码	组	意义
*G00		快速点定位	*G40		刀补取消	G73		车闭环复合循环
G01		直线插补	G41	07	左刀补	G76		车螺纹复合循环
G02		顺圆插补	G42		右刀补	G80		车外圆固定循环
G03		逆圆插补	G52	00	局部坐标系设置	G81		车端面固定循环
G32		螺纹切削	G54		零点	G82		车螺纹固定循环
G04	00	暂停延时	~G59		偏置	*G90		绝对坐标编程
G20		英制单位	G65	00	简单宏调用	G91		增量坐标编程
*G21		公制单位	G66		宏指令调用	G92	00	工件坐标系指定
G27		回参考点检查	G67		宏调用取消	*G98		每分钟进给方式
G28	06	回参考点	G71		车外圆复合循环	G99		每转进给方式
G29		参考点返回	G72		车端面复合循环			

(1)、表内 00 组为非模态指令，只在本程序段内有效。其它组为模态指令，一次指定后持续有效，直到被本组其它代码所取代。

(2)、标有* 的G代码为数控系统通电启动后的默认状态。

2. M功能(格式: M2 M后可跟2位数)

车削中常用的M功能指令有：

M00-- 进给暂停 M01-- 条件暂停 M02-- 程序结束

M03-- 主轴正转 M04-- 主轴反转 M05-- 主轴停转

M98-- 子程序调用 M99-- 子程序返回。

M08-- 开切削液 M09-- 关切削液 M30-- 程序结束并返回到开始处

3. T功能 (格式: T2 或T4)

有的机床T后只允许跟2位数字，即只表示刀具号，刀具补偿则由其它指令。

有的机床T后则允许跟4位数字，前2位表示刀具号，后2位表示刀具补偿号。如：T0211表示用

第二把刀具，其刀具偏置及补偿量等数据在第11号地址中。

4. S功能(格式: S4 S后可跟4位数)

用于控制带动工件旋转的主轴的转速。实际加工时,还受到机床面板上的主轴速度修调倍率开关的影响。按公式: $N=1000V_c / \pi D$ 可根据某材料查得切削速度 V_c , 然后即可求得 N . 例如: 若要求车直径为60mm的外圆时切削速度控制到48mm/min, 则换算得: $N=250 \text{ rpm}$ (转/分钟) 则在程序中指令 S250;

5. 车床的编程方式

(1). 绝对编程方式和增量编程方式。

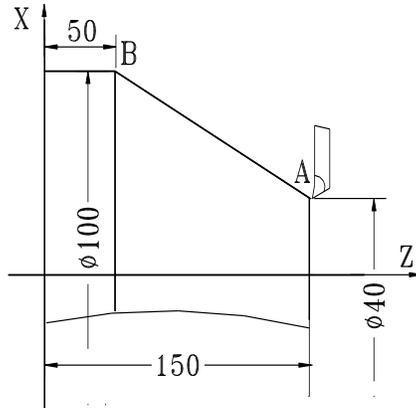


图 2-1 编程方式示例

绝对编程是指程序段中的坐标点值均是相对于坐标原点来计量的, 常用G90来指定。增量(相对)编程是指程序段中的坐标点值均是相对于起点来计量的。常用G91来指定。如对图2-1所示的直线段AB编程

绝对编程: G90 G01 X100.0 Z50.0;

增量编程: G91 G01 X60.0 Z-100.0;

(注: 在某些机床中用X、Z表示绝对编程, 用U、W表示相对编程, 允许在同一程序段中混合使用绝对和相对编程方法。如上图直线AB,可用:

绝对: G01 X100.0 Z50.0; 相对: G01 U60.0 W-100.0;

混用: G01 X100.0 W-100.0; 或 G01 U60.0 Z50.0;

这种编程方法不需要在程序段前用G90 或G91 来指定。)

(2). 直径编程与半径编程

当地址X后所跟的坐标值是直径时, 称直径编程。如前所述直线AB 的编程例子。

当地址X后所跟的坐标值是半径时, 称半径编程。则上述应写为: G90G01X50.0Z50.0;

注: (1) 直径或半径编程方式可在机床控制系统中用参数来指定。

(2) 无论是直径编程还是半径编程, 圆弧插补时R、I和K的值均以半径值计量。

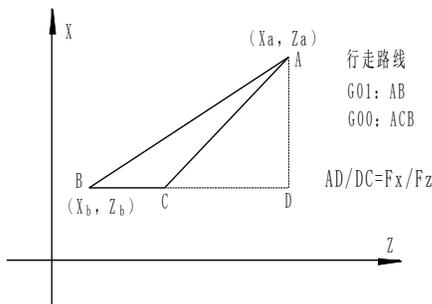


图 2-2 点、线控制

(二) 基本编程指令及其用法

1. G00、G01 ----- 点、线控制。

格式： G90 (G91) G00 X... Z...

G90 (G91) G01 X... Z... F...

G00用于快速点定位、G01用于直线插补加工。

如图2-2所示从A到B，其编程计算方法如下：

绝对： G90 G00 X x_b Z z_b ;

增量： G91 G00 X (x_b-x_a) Z (z_b-z_a) ;

绝对： G90 G01 X x_b Z z_b F f ;

增量： G91 G01 X(x_b-x_a) Z(z_b-z_a) F f ;

说明：

(1) G00时X、Z轴分别以该轴的快进速度向目标点移动，行走路线通常为折线。图示AB段，G00时，刀具先以X、Z的合成速度方向移到C点，然后再由余下行程的某轴单独地快速移动而走到B点。

(2) G00时轴移动速度不能由F代码来指定，只受快速修调倍率的影响。一般地，G00代码段只能用于工件外部的空程行走，不能用于切削行程中。

(3) G01时，刀具以F指令的进给速度由A向B进行切削运动，并且控制装置还需要进行插补运算，合理地分配各轴的移动速度，以保证其合成运动方向与直线重合。G01时的实际进给速度等于F指令速度与进给速度修调倍率的乘积

另外G01指令还可用于在两相邻轨迹线间自动插入倒角或倒圆控制功能。

在指定直线插补或圆弧插补的程序段尾，若

加上C___，则插入倒角控制功能；

加上R___，则插入倒圆控制功能。

C后的数值表示倒角起点和终点距未倒角前两相邻轨迹线交点的距离，R后的值表示倒圆半径。

如图2-3所示几段轨迹间，可使用倒角或倒圆控制功能编程。对应部分程序为：

O0001

G91 G01 Z-75.0 R6.0;

X40.0 Z-10.0 C3.0;

Z-80.0;

M02;

注：

- (1) 第二直线段必须由点B而不是从点C开始；
- (2) 在螺纹切削程序段中不得出现倒角控制指令；
- (3) X、Z轴指定的移动量比指定的R或C小时，系统将报警。

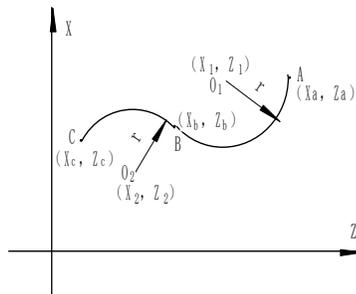


图2-4 圆弧控制

2. G02、G03 ----- 圆弧控制。

格式:G90 (G91) G02 X... Z... R... (I... K...) F...

G90 (G91) G03 X... Z... R... (I... K...) F...

如图2-4所示弧AB，编程计算方法如下：

绝对: G90 G02 X xb Z zb R r1 F f; -- R 编程

或 G90 G02 X xb Z zb I(x1-xa)/2 K(z1-za) F f;

增量: G91 G02 X(xb-xa) Z(zb-za) R r1 F f;

或 G91G02 X(xb-xa) Z(zb-za)I(x1-xa)/2 K(z1-za) F f;

图示弧BC，编程计算方法如下：

绝对: G90 G03 X xb Z zc R r2 F f;--R编程

或 G90 G03 X xb Z zc I(x2-xb)/2 K(z2-zb) F f;

增量: G91 G03 X(xc-xb) Z(zc-zb) R r2 F f;

或 G91 G03 X(xc-xb) Z(zc-zb) I(x2-xb)/2 K(z2-zb) F f;

说明：

(1) G02、G03时，刀具相对工件以F指令的进给速度从当前点向终点进行插补加工，G02为顺时针方向圆弧插补，G03为逆时针方向圆弧插补。

(2) 圆弧半径编程时，当加工圆弧段所对的圆心角为 0~180° 时，R取正值，当圆心角为180~360° 时，R取负值。同一程序段中I、K、R同时指令时，R优先，I、K无效。

(3) X、Z同时省略时，表示起终点重合，若用I、K指令圆心，相当于指令了360° 的弧，若用R编程时，则表示指令为0° 的弧。

G02 (G03) I...; 整圆 G02 (G03) R...; 不动。

(4) 无论用绝对还是用相对编程方式，I、K都为圆心相对于圆弧起点的坐标增量，为零时可省略。(也有的机床厂家指令I、K为起点相对于圆心的坐标增量)

3. G04 ----- 暂停延时

格式: G04 P... 后跟整数数值，单位m s (微秒)

或 G04 X (U) ... 后跟带小数点的数，单位s (秒)

由于在两不同轴进给程序段转换时存在各轴的自动加减速调整，可能导致刀具在拐角处的切削不完整。如果拐角精度要求很严，其轨迹必须是直角时，应在拐角处使用暂停指令。

如：欲停留1.5s时，程序段为：G04 X1.5; 或：G04 P1500;

4. G20、G21 ----- 输入数据单位设定，即单位制式 (英制和米制) 的设定。

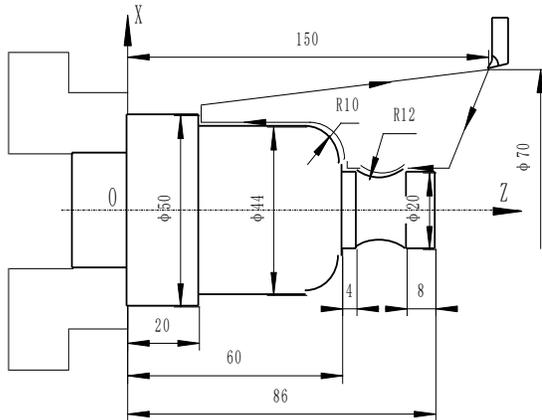


图2-5 精车轮廓编程图例

G20和G21是两个互相取代的G代码，机床出厂时将根据使用区域设定默认状态，但可按需要重新设定，在我国一般均以米制单位设定（如G21），常用于米制（单位：mm）尺寸零件的加工。如果一个程序开始用G20指令，则表示程序中相关的一些数据均为英制（单位：in/10）；在一个程序内，不能同时使用G20与G21指令，且必须在坐标系确定之前指定。系统对本指令状态具有断电记忆功能，一次指定，持续有效，直到被另一指令取代。

（注：本机床用G20表示米制，为默认值，英制则为G21）

（三）编程实例

精车如图2-5所示零件。

该零件车削的整体程序由程序头、程序主干及程序尾组成。

一般地，程序头包括程序番号、建立工件坐标系，启动主轴、开启切削液、从起刀点快进到工件要加工的部位附近等准备工作，如例题中程序前部带下划线的程序段；程序主干则是由具体的车削轮廓的各程序段组成，有必要的可含子程序调用；程序尾包括快速返回起刀点、关主轴和切削液、程序结束停机等，如例题中程序后部带下划线的程序段。

其通用加工程序如下：

若以工件右端轴心为原点，则程序如下：

<u>O0002</u>		<u>O0003</u>	程
<u>G92 X70.0 Z150.0;</u>	建立工件坐标系	<u>G92 X70.0 Z64.0;</u>	序
<u>S630 M03;</u>	让主轴以630 rpm正转	<u>S630 M03;</u>	头
<u>G90 G00 X20.0 Z88.0 M08;</u>	刀具快速移到毛坯的右端	<u>G90 G00 X20.0 Z2.0;</u>	
G01 Z78.0 F100;	工进车外圆F20	G01 Z-8.0 F10;	程
G02 Z64.0 R12.0;	车R12圆弧成型面	G02 Z-22.0 R12.0;	
G01 Z60.0;	车外圆F20	G01 Z-26.0;	序
G04 X2.0;	转角处暂停	G04 X2.0;	
G01 X24.0;	车端面	G01 X24.0;	主
G03 X44.0 Z50.0 R10.0;	车转角圆弧R10	G03 X44.0 Z-36.0 R10.0;	
G01 Z20.0;	车外圆F44	G01 Z-66.0;	干
X55.0;	车端面并退出到工件外	X55.0;	
<u>G00 X70.0 Z150.0 M09;</u>	返回起刀点	<u>G00 X70.0 Z64.0;</u>	程
<u>M05;</u>	主轴停转	<u>M05;</u>	序
<u>M30;</u>	程序结束	<u>M02;</u>	尾

（可试试用I、K取代R对圆弧段进行编程。或试用G91方式，或试用半径编程方式进行编程）

四、实训仪器与设备

<1>	CJK6032数控车床	1台
<2>	Φ40x200圆形棒料	1根
<3>	基本装夹工具、刀具	1套

五、实训内容及步骤

- <1> 了解机床结构及机床操作面板
- <2> 回参考点操作
- <3> 手动位置调整操作
- <4> MDI操作

<5> 简单精车程序调试与运行



CJK6032数控车床

1 了解机床的结构组成

CJK6032型数控车床能够控制的主要有X、Z轴的运动（包括移动量及移动速度的控制，能进行直线、圆弧的插补加工控制）、一些电器开关的通断（包括主轴正反转及停转、进给随意暂停和重启、急停及超程保护控制）、主轴采用变频器实现无级调速。该机床可用于车削内外圆表面、锥面、平面、复杂的回转表面和公、英制螺纹等，若采用宏指令编程，可车削椭圆、抛物线等轮廓形状。

HNC21-T数控系统操作面板如图所示

2、机床操作

1). 参考点操作：

(1) 先检查一下各轴是否在参考点的内侧，如不在，则应手动回到参考点的内侧，以避免回参考点时产生超程

(2) 按功能键区的“回零”功能按键

(3) 分别按+X、+Z轴移动方向按键，使各轴返回参考点，回参考点后，相应的指示灯将点亮。

2). 点动、步进操作

(1) 按功能键区的“手动”或“增量”功能按键

(2) “增量”时按倍率选择键x1、x10、x100、x1000选择增量进给的倍率大小

(3) 按机床操作面板上的“+X”或“+Z”键，则刀具向X或Z轴的正方向移动，
按机床操作面板上的“-X”或“-Z”键，则刀具向X或Z轴的负方向移动；

(4) 如欲使某坐标轴快速移动，只要在按住某轴的“+”或“-”键的同时，按住“快移”键即可。

3). MDI操作

(1) 在主菜单下，按F4键选择MDI功能；

(2) 再按F6键选择MDI运行功能项；

(3) 在菜单行上部的提示输入行上将出现光标，在光标处输入想要执行的MDI程序段，此时可左右移动光标以修改程序；

如输入：G91 G01 X20.0 Z20.0 F200 ；然后按“Enter”键

(4) 按功能键区的“自动”键选择为自动运行方式

(5) 按“循环启动”键，则所输入的程序将立即运行；

(6) 在运行过程中，按“循环停止”键，则刀具将停止运动，但主轴并不停转，此时再按“循环启动”键即可继续运行程序；

4). 程序输入及调试

(1) 在主菜单下按F2键选择“程序编辑”→“文件管理”→“新建文件”进行。之后在光标处输入程序号并回车，然后即可开始输入编辑程序。程序编写完成后可按F4功能键保存。

(2) 要想调入已编写好的程序，应在主菜单下按“自动加工”→“程序选择”→“磁盘程序”，至出现程序列表后再移动光标到需调入的程序号处并按“Enter”键回车即可，若当前页没有所需程序，可按“Pgup”、“Pgdn”前后翻页查找。

(3) 当用上述方法调入某程序，并对好刀后，即可按“循环启动”键开始自动运行。如中途想暂停运行，可按机床面板上的“进给保持”键，则X、Z轴方向的进给将暂时停止，直至再按“循环启动”时便可继续执行（此时主轴并不停转，若要主轴停应按“主轴停转”键，但按循环启动前必须先按“主轴正转”键启动主轴）。若想彻底中断程序的继续运行，可按菜单键区上的功能键F7“停止运行”—“Y”来中止自动运行。

六、注意事项：

14 程序文件名最好以“O”开头并不带后缀。另外，程序中尽量避免写入系统不能识别的指令，应牢记，程序格式的基本组成是一个字母后跟一些数字，不允许出现连续两个字母，或缺少字母的连续两组数字。特别地，字母“O”和数字“0”不能写混。若要将某行程序内容改为注释内容，可在行首加“；”。

七、实训报告要求：

- 1 画出CJK6032数控车床的传动简图。
- 2 说出数控系统操作面板上各主要操作按钮的功用。并简要说出数控车床手动操作进行粗调和微调的大致过程。
- 3 选定一工件原点，写出图示精车轮廓图形的车削程序。并解释各程序段的含义。
- 4 说说你在程序调试运行过程中遇到了些什么问题。

思考题：

1. 所用的数控车床如何实现主轴变速？螺纹加工时对主轴和进给轴间有什么要求？
2. 车床的参考点在哪里？机床原点又在哪里？工件坐标系是怎么一回事？有哪些确立工件原点的方法？
3. “超程”是怎么回事？在你手动或自动调整刀架位置时，有没有出现过超程现象？怎么解除超程？回参考点方式下会产生超程吗？

《数控加工与编程》实训报告

实训项目_____

班级_____ 学号_____ 姓名_____ 成绩_____
周次_____ 实训时段_____/_____/_____ 机床型号_____ 同组者_____

一、实训目的与要求

二、实训设备

三、实训内容简述

四、实训报告内容

1、CJK6032数控车床的传动简图。

2、HNC21-T数控系统操作面板上各主要操作按钮的功用。

为获得各加工程序段的坐标值，可采用单段方式执行程序。

车削对刀、车削循环程序的上机调试及应用

一、实训目的

- 1 进一步熟悉数控车床的操作；
- 2 掌握数控车削加工的对刀操作方法及工件坐标系的建立；
- 3 掌握简单车削循环程序的编写规则及其应用；
- 4 掌握复合车削循环的编程及其在车削加工中的应用；

二、预习要求

认真阅读数控车床基本操作及车床循环程序编写与调试的章节内容。

三、实训理论基础

1、车削加工的对刀

数控程序中所有的坐标数据都是在编程坐标系中确立的，而编程坐标系并不和机床坐标系重合，所以在工件装夹到机床上后，必须告诉机床，程序数据所依赖的坐标系统，这就是工件坐标系。要完成这样一个过程，就需要对刀。对刀操作就是用来沟通机床坐标系、编程坐标系和工件坐标系三者之间的相互关系。

采用G92指令构建工件坐标系时，对刀操作即是测定某一位置处刀具刀位点相对于工件原点的距离。采用G54指令构建工件坐标系时，是先测定出欲预置的工件原点在机床坐标系中的坐标（即相对于机床原点的偏置值），并把该偏置值预置在为G54设置的寄存器中。由于G54的原点是以固定不变的机床原点作为基准的，对起刀位置无严格的要求，而G92的原点则对起刀位置有较高的要求，所以实际加工应用中，G54比G92使用起来更方便。

另外，在现代数控车床中，有更多的机床直接采用刀偏设置通过Txxxx指令来构建工件坐标系，即直接将工件零点在机床坐标系中的坐标值设置到刀偏地址寄存器中。和G54构建工件坐标系的原理类似。

关于车削加工中的对刀操作方法，可依据实训步骤进行。

2、简单车削循环编程

简单车削循环是指只用一个G功能指令就可实现由4条线段组成的单一阶梯形轨迹的加工控制操作。按照车削路线安排，可有以车外圆为主（G80）和以车端面为主（G81）两种方式。其走刀路线如图所示。

1). G80 ----- 外圆车削循环

格式： G90 (G91) G80 X... Z... I... F... ;

算法： G90 G80 X x_b Z z_b I (x_c/2- x_b/2) F f ; 或 G91 G80 X(x_b-x_a) Z(z_b-z_a) I(x_c/2- x_b/2) F f ;

2). G81 ----- 端面车削循环

格式： G90 (G91) G81 X... Z... K... F... ;

算法： G90 G81 X x_b Z z_b K (z_c-z_b) F f ; 或 G91 G81 X(x_b-x_a) Z(z_b-z_a) K (z_c-z_b) F f ;

例：如图所示阶梯轴零件，先用G80循环两次车至 $\phi 30$ 的外圆柱面，再用G81循环四次车锥端面 and 前端 $\phi 15$ 的圆柱面。两次车削循环的起点分别为a和A，设其坐标位置分别为： A(75, $\phi 35$)、 a(72, $\phi 45$)，两次的切削路线分别为：

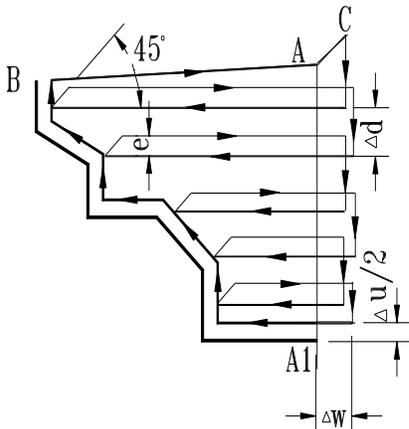
矩形循环区 a→b→a

梯形循环区 A→B→A

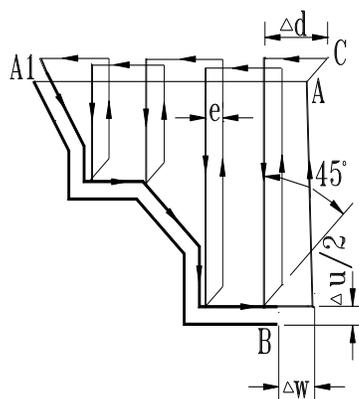
用直径、绝对方式编程：

```
O0008
S400 M03;
G54G90G00 X45.0 Z72.0M08;
G90 G80 X38.0 Z20.0 F30.0;
      G80 X30.0 Z20.0;
      G00 X35.0 Z75.0 M09;
M00;           手工换刀
G81 X15.0 Z65.0 K-13.33 F30.0;
G81 X15.0 Z60.0 K-13.33;
G81 X15.0 Z55.0 K-13.33;
      G81 X15.0 Z50.0 K-13.33;
M30;
```

3、复合车削循环编程



外圆车削复合循环



端面车削复合循环

复合车削循环是指仅用一个G指令就可实现多阶梯复杂轴类零件的全部粗加工控制操作。除有以车外圆方式为主（G71）的和以车端面方式为主（G72）的外，还有环状粗车方式（G73）的复合循环。

1). G71 ----- 外圆粗车复合循环

如图所示，工件成品形状为A1--B，若留给精加工的余量为 $\Delta u/2$ 和 Δw ，每次切削用量为 Δd ，则程序格式为：

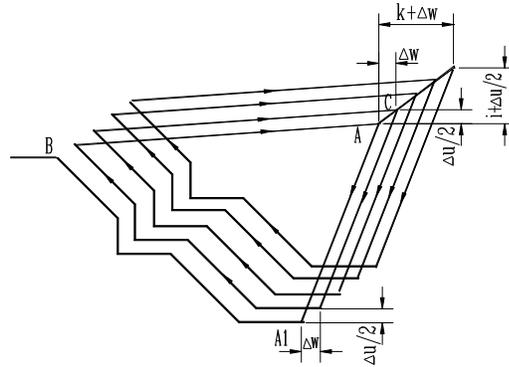
```
G71 U( $\Delta d$ ) R(e) P(ns) Q(nf) X( $\Delta u$ ) Z( $\Delta w$ ) F(f) S(s) T(t)
```

其中：e 为退刀量

ns 为按A--A1--B的走刀路线编写的精加工程序中第一个程序行的顺序号N(ns)和最后一个程序行的顺序号N(nf)。

f. s. t为粗切时的进给速度、主轴转速、刀补设定，此时这些值将不再按精加工的设置。

2). G72 ----- 端面粗车复合循环



环状车削复合循环

程序格式为:

G72 W(Δd) R(e) P(ns) Q(nf) X(Δu) Z(Δw) F(f) S(s) T(t)

各参量的含义同G71。

3). G73 ----- 环状粗车复合循环

如图所示, 该切削方式是每次粗切的轨迹形状都和成品形状类似, 只是在位置上由外向内环状地向最终形状靠近, 其程序格式为:

G73 U(Δi) W(Δk) R(m) P(ns) Q(nf) X(Δu) Z(Δw) F(f) S(s) T(t)

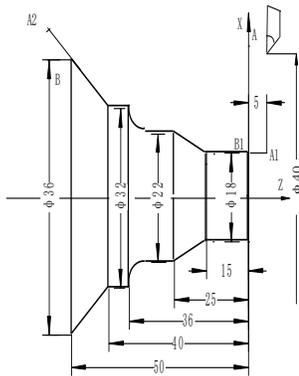
其中: m 为粗切的次数

Δi 、 Δk 分别为起始时X轴和Z轴方向上的缓冲距离

其余各参量含义同G71。

例: 图示车削零件, 分别采用粗车外圆、粗车端面及环状车削复合循环三种方式编程并上机调试。

1. 粗车外圆复合循环方式 (A-A1-B-A)



复合车削循环图例

O0009

G92 X0 Z0;

G90 G00 X40.0 Z5.0 M03 ;

G71 U1 R2 P100 Q200 X0.2 Z0.2 F50 ;

N100 G00 X18.0 Z5.0 ;

G01 X18.0 Z-15.0 F30 ;

X22.0 Z-25.0 ;

```

X22.0 Z-31.0 ;
G02 X32.0 Z-36.0 R5.0 ;
G01 X32.0 Z-40.0 ;
N200 G01 X36.0 Z-50.0 ;
G00 X40.0 Z5.0 ;
M05 M02 ;
2. 粗车端面复合循环方式 (A-A2-B1-A)          3. 环状复合循环方式 (A-A1-B-A)
O0010                                           O0011
G92 X0 Z0 ;                                    G92 X0 Z0 ;
G90 G00 X40.0 Z5.0 ;                          G90 G00 X40.0 Z5.0 ;
G72 W3 R2 P100 Q200 X0.2 Z0.2 F50 M03 ;      G73 U12 W5 R10 P100 Q200 X0.2 Z0.2F50 M03 ;
N100 G00 X40.0 Z-60.0 ;                      N100 G00 X18.0 Z0.0 ;
G01 X32.0 Z-40.0 F30 ;                       G01 X18.0 Z-15.0 F30 ;
X32.0 Z-36.0 ;                               X22.0 Z-25.0 ;
G03 X22.0 Z-31.0 R5.0 ;                     X22.0 Z-31.0 ;
G01 X22.0 Z-25.0 ;                          G02 X32.0 Z-36.0 R5.0 ;
G01 X18.0 Z-15.0 ;                          G01 X32.0 Z-40.0 ;
N200 G01 X18.0 Z1.0 ;                        N200 G01 X36.0 Z-50.0 ;
G00 X40.0 Z5.0 ;                            G00 X40.0 Z5.0 ;
M05 M02 ;                                    M05 M02 ;

```

四、实训仪器及设备

<1>	CJK6032数控车床	1台
<2>	Φ40x200圆形棒料	2 根
<3>	基本装夹工具、刀具	1套
<4>	游标卡尺	1把

五、实训内容及步骤

- <1> 简单车削循环程序调试
- <2> 复合车削循环程序调试
- <3> 双台肩零件的车削加工—简单循环应用
- <4> 复杂零件的粗、精加工。

步骤:

1. 程序输入与空运行调试:

(1) 可用一般的文本编辑器, 输入编辑程序。程序编写完成后以Oxxxx作文件名保存, 不要带后缀(扩展名), 或在CNC系统中直接编辑输入程序。

(2) 程序输入完成后, 在主菜单下按F1选择“自动加工”→“程序选择”→“当前编辑的程序”。

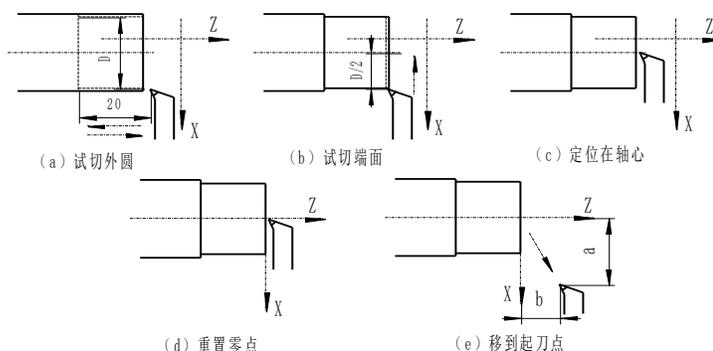
(3) 按功能键区的“空运行”键, 再按“循环启动”, 则机床将忽略程序中的F指令, 快速按程序顺序运行, 可察看程序轨迹检查编程效果。若按下“机床锁定”按钮, 则机械部分将不移动, 但程序将照样运行。

(4) 可在没装工件的情形下, 分别输入前述车削循环的程序例程, 再分别空运行调试检验。

2. 对刀操作

① 装夹好工件及刀具后，按功能键区的“点动”键选择点动操作方式，后按-X、-Z轴移动键，使刀具慢慢靠近工件，并调好一定的吃刀深度为车外圆作准备，再按+Z方向键稍离开工件。

② 按主轴正转按钮，启动主轴；



③ 在主菜单下按F4键选择“MDI功能”，再按F6“MDI运行”，出现光标后，输入“G91G01Z-20F15”，按功能键区的“自动”键，再按“循环启动”键开始执行（即让车刀以15mm/min的速度向Z轴负向移动20mm进行车外圆，见图（a）），车完后，再输入“G91G01Z25F100”退出。按“主轴停转”按钮，使主轴停转。

④ 测量加工后工件的外径值，记为D。

⑤ 置点动操作方式，点按一下-Z方向键，调整好用于端面车削的吃刀深度，然后正转启动主轴。

⑥ 切换至“MDI功能”，按F6键后，在光标处输入如：“G91G01X-D/2F15”，然后再按“自动”、“循环启动”执行（由工件外圆面处向轴心处进给以车端面，见图（b））。

注：-D/2应为按步骤④实测值计算的结果。

⑦ 待车完端面后，让主轴停转。则刀尖就已经定位在工件右端回转轴心处，见图（c）。如果工件坐标原点就设在此右端轴心处的话，则可用MDI方式执行程序“G92X0Z0;”指令建立工件坐标系。

⑧ 如果使用G54作为工件坐标系指令，则应记下此时屏幕上显示出的刀具在机床坐标系中的坐标值，然后在主菜单下按“MDI F4”→“坐标系 F4”，将记录下来的坐标值赋给G54，再用MDI方式，执行指令“G54”即可。

如果采用Txxxx指令功能来直接构建工件坐标系，可如下操作：

先按上述步骤①、②、③、④进行试切对刀操作，得到试切加工后的直径D，在不改变当前刀架拖板的X坐标位置的情况下，通过按“MDI F4”→“刀具表 F2”键操作，直接将该直径D值键入到所用刀具的试切直径栏中，则系统将自动推算出毛坯轴心线处X方向相对机床原点的坐标，将此值作为该刀具的X向刀偏。

然后用同样的方法试切一下端面，保持Z坐标不变，将当前刀具相对于欲设为工件原点的Z向距离值，键入到该刀具的试切长度栏中，则系统将自动推算出工件原点处Z方向相对于机床原点的坐标，并将此值作为这样该刀具的Z向刀偏。这样设置好后，只要在程序中使用“T0101”的刀具指令即可自动按机床坐标系的偏置关系建立起一个工件坐标系，程序中就不再需要使用G92或G54指令来建立工件坐标系了。

3. 车削循环的加工应用

《数控加工与编程》实训报告

实训项目_____

班级_____ 学号_____ 姓名_____ 成绩_____
周次_____ 实训时段_____/_____/_____ 机床型号_____ 同组者_____

一、实训目的与要求

二、实训设备

三、实训内容简述

四、实训报告内容

1、车削循环走刀路线图解

2、双台肩回转体零件的简单循环程序释义

螺纹车削编程、上机调试与加工

一、实训目的

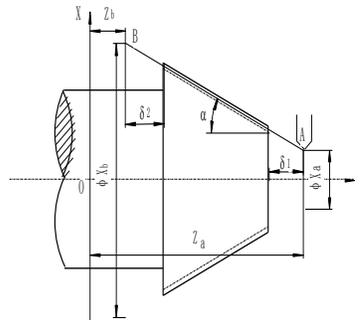
- <1> 了解数控车床车削螺纹的解决方法；
- <2> 掌握螺纹车削的编程法则；
- <3> 掌握螺纹车削时进给量及切削次数的确定方法；
- <4> 掌握螺纹车削循环的编程及其在车削加工中的应用；

二、预习要求

认真阅读数控车床基本操作及螺纹车削程序编写与调试的章节内容。

三、实训理论基础

1. 基本车螺纹的指令G32



基本螺纹车削

G32指令相当于一个走刀速度比较快的G01指令。其后的F指令为螺距，即主轴每转一圈刀具所切削移动的距离。需要注意的是：螺纹车削的开始和结束部分应留有适量的缓冲变化段 δ_1 和 δ_2 ，以保证有效行程段内的螺纹螺距均匀不变。

格式：G90 (G91) G32 X... Z... F...

如图2-33所示锥面螺纹段AB，其编程计算方法如下：

绝对：G90 G32 X x_b Z z_b F f；

增量：G91 G32 X(x_b-x_a) Z(z_b-z_a) F f；

对于圆柱螺纹，格式为：G90 (G91) Z... F...；

对于端面螺纹，格式为：G90 (G91) X... F...；

2、简单车螺纹循环G82

和前述车外圆简单循环G80指令类同，其差别就在于其中切削段一个是用G32来实现，一个是用G01来实现。

格式：G90 (G91) G82 X... Z... I... F...；

算法：G90 G82 X x_b Z z_b I ($x_c/2 - x_b/2$) F f；

G91 G82 X(x_b-x_a) Z(z_b-z_a) I($x_c/2 - x_b/2$) F f；

整个螺纹牙深的车削需要根据螺纹螺距的大小按下表来分配每次的吃刀深度。用G32或G82时都需要多次车削才能完成。

表 常用米制螺纹切削的进给次数与背吃刀量 (双边) (mm)

螺 距		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
牙 深		0.649	0.974	1.299	1.624	1.949	2.273	2.598
背 吃 刀 量 及 切 削 次 数	1 次	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	1.5
	2 次	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8
	3 次	0.2	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	4 次		0.16	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6
	5 次			0.1	0.4	0.4	0.4	0.4
	6 次				0.15	0.4	0.4	0.4
	7 次					0.2	0.2	0.4
	8 次						0.15	0.3
	9 次							0.2

3、螺纹车削复合循环G76

复合车螺纹循环是指仅用一个G指令就可实现整个螺纹的加工。由系统根据程序指定的吃刀次数自动分配吃刀量来进行加工。

格式：G76 C(m) R(r) E(e) A(a) X(U) Z(W) I(i) K(k) U(d) V(dmin) Q(Δd) F(f)；

其中：m – 精整次数（取值01~99）

r – 螺纹Z向退尾长度(00~99)

e – 螺纹X向退尾长度(00~99)

a -- 牙型角（取80°，60°，55°，30°，29°，0°）通常为60°

U、W – 绝对编程时为螺纹终点的坐标值；

相对编程时，为螺纹终点相对于循环起点A的有向距离。

i -- 锥螺纹的始点与终点的半径差

k -- 螺纹牙型高度（半径值）

d -- 精加工余量

Δd -- 第一次切削深度（半径值）

f -- 螺纹导程（螺距）

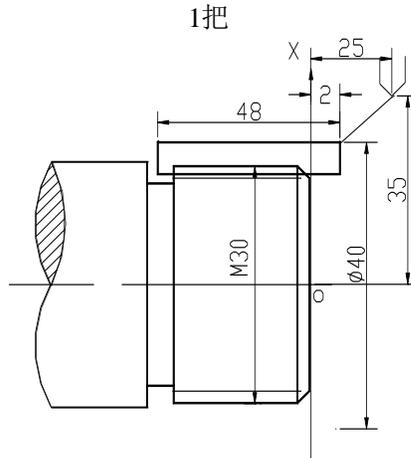
dmin -- 最小进给深度，当某相邻两次的切削深度差小于此值时，则以此值为准

按照车螺纹的规律，每次吃刀时的切削面积应尽可能保持均衡的趋势，因此相邻两次的吃刀深度应按递减规律逐步减小，本循环方式下，第一次切深为 Δd ，第n次切深为 $\Delta d \sqrt{n}$ ，相邻两次切削深度差为 $(\Delta d \sqrt{n} - \Delta d \sqrt{n-1})$ ，若邻次切削深度差始终为定值的话，则必然是随着切削次数的增加切削面积逐步增大，有的车床为了计算简便而采用这种等深度螺纹车削方法，这样螺纹就不易车光，而且也会影响刀具寿命。

四、实训仪器及设备

<1>	CJK6032数控车床	8台
<2>	$\Phi 32 \times 150$ 圆形棒料	2根
<3>	基本装夹工具、刀具	1套

<4> 游标卡尺



圆柱螺纹车削编程图例

五、实训内容及步骤

<1>基本车螺纹指令实现螺纹车削

<2>简单车削循环实现螺纹车削

<3>复合车削循环实现螺纹车削

步骤:

1. 程序输入与空运行调试:

(1) 针对图示零件, 分别键入如下螺纹加工的程序内容

① 用基本车螺纹指令G32

O0012

G92 X70.0 Z25.0 ;

S160 M03 ;

G90 G00 X40.0 Z2.0 M08 ;

X29.3 ; 第一刀深度

G32 Z-46.0 F1.0 ;

G00 X40.0 ;

Z2.0 ;

X28.9 ; 第二刀深度

G32 Z-46.0 ;

G00 X40.0 ;

Z2.0 ;

X28.7 ; 第三刀深度

G32 Z-46.0 ;

G00 X40.0 ;

Z2.0 ;

X70.0 Z25.0 M09 ;

M05 M02 ;

② 用车螺纹简单循环指令G82

O0014

G92 X70.0 Z25.0 ;

```

S100 M03 ;
G90 G00 X40.0 Z2.0 ;
G91 G82 X-10.7 Z-48.0 F1.0 ;
G82 X-11.1 Z-48.0 ;
G82 X-11.3 Z-48.0 ;
G90 G00 X70.0 Z25.0 ;
M05 M02 ;

```

③ 用车螺纹复合循环指令 G76

```

O0014
G92 X70.0 Z25.0 ;
S100 M03 ;
G90 G00 X40.0 Z2.0 ;
G76 C2 R03 E2 A60 X28.7 Z-46.0 K0.649 U0.1 V0.2 Q0.7 F1.0 ;
G90 G00 X70.0 Z25.0 ;
M05 M02 ;

```

(2) 进行对刀操作。

(3) 可在没装工件的情形下，分别输入本次调试用的全部程序，再分别空运行调试检验。

2. 螺纹车削程序的加工应用

装夹好工件，且程序经过调试检查和对刀操作无误后，可解除锁定，采用正常方式自动加工运行。分别用基本指令、简单车削循环功能及用复合车螺纹循环车出螺纹零件。

六、注意事项：

<1> 循环程序编写时，每行的X、Z数据最好全部都书写。螺距F也应该每行书写。

<2> 对于复合循环编程的零件，着重注意其各参数的含义。

<3> 车螺纹时、主轴转速不要选得太高。

<3> 空运行调试时，应注意：若主轴不转，程序将会停在车螺纹的指令处，因为车螺纹的进给速度是依据主轴转速来调整的。

七、实训报告要求：

< 1 > 画图表示G82的螺纹车削循环路线图，说说其中各条轨迹线是如何确定出来的。

< 2 > 比较分析用绝对坐标和用增量坐标车削编写螺纹车削程序的方便程度。

< 3 > 画图并说出车螺纹复合循环程序中各参数的具体含义。

思考题：

1. 用数控车床车削螺纹和用普通车床车削螺纹在机理上有何不同？
2. FANUC-0T系统车螺纹采用的是什么指令格式？
3. 双头螺纹应该如何车削？不等距螺纹是个什么样的概念？
4. 端面螺纹是什么？主要用于什么场合？

《数控加工与编程》实训报告

实训项目_____

班级_____ 学号_____ 姓名_____ 成绩_____
周次_____ 实训时段_____/_____/_____ 机床型号_____ 同组者_____

一、实训目的与要求

二、实训设备

三、实训内容简述

四、实训报告内容

1、简单车螺纹循环（G82）的走刀路线图解。

2、用G32、G82、G76指令车削螺纹各有什么特点？

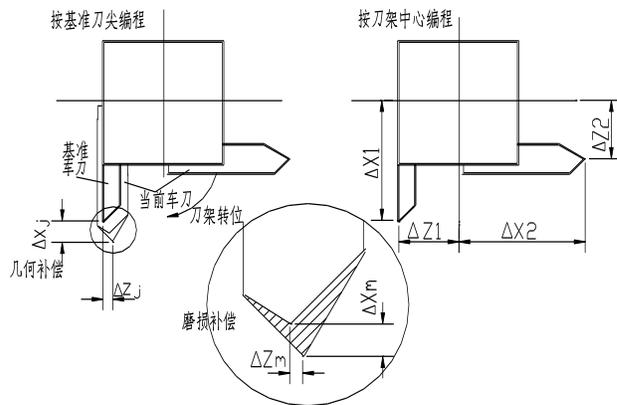
3、画图表示内、外螺纹的大径、小径，螺纹的公称尺寸是如何确定的？牙深指的是什么？牙深和螺距呈什么样的比例关系？

综合车削加工工艺、换刀程序的上机调试及应用

一、实训目的

- <1> 掌握多把刀具的对刀及刀偏设置；
- <2> 掌握刀补的基本概念及其实现机理；
- <3> 了解掌握综合车削加工工艺知识，学会阅读理解数控车削工艺文件；
- <4> 了解用多把刀具进行综合车削加工的实现方法；
- <5> 了解换刀时对刀具位置的要求；
- <6> 了解FANUC-0T数控系统的基本操作；
- <7> 了解和使用长城CK7810或绮发T6数控车床的机械操作面板；

二、预习要求



刀具的几何补偿和磨损补偿

认真阅读数控车床刀具补偿与换刀程序处理的章节内容。复习车削对刀章节、数控加工工艺文件等的相关内容。

三、实训理论基础

1. 刀具的几何位置补偿和磨损补偿

刀具几何补偿是补偿刀具形状和刀具安装位置与编程时理想刀具或基准刀具的偏移的，刀具磨损补偿则是用于当刀具使用磨损后刀具头部与原始尺寸的误差的。这些补偿数据通常是通过通过对刀后采集到的，而且必须将这些数据准确地贮存到刀具数据库中，然后通过程序中的刀补代码来提取并执行。

刀补指令用T代码表示，常用T代码格式为：**T_{xx xx}**，即T后可跟4位数，其中前2位表示刀具号，后两位表示刀具补偿号，当补偿号为0或00时，表示不进行补偿或取消刀具补偿。若设定刀具几何和磨损补偿同时有效时，刀补量是两者的矢量和。即： $\Delta X = \Delta X_j + \Delta X_m$ 、 $\Delta Z = \Delta Z_j + \Delta Z_m$ 。

2. 刀偏数据的测定

基准刀具的对刀按以前实训中所介绍的方法进行，在此所称的刀偏数据事实上就是前面所讲到的各刀具相对于基准刀具的几何补偿。可通过下述方法获得其偏置数据。

方法（1）用点动或步进或手轮操作移动刀架拖板，使基准刀具的刀尖对准工件上的一基准点（如右端面轴心或外圆角点），然后将屏幕上显示的X轴、Z轴坐标清零，再点动使刀具退到远离刀架的某位置。旋动刀架换一把刀具，再用点动及步进方式（不可再动小刀架手柄）使该刀具刀尖对准工件上的同一基准点，此时屏幕上显示的坐标值即是该刀号刀具的几何偏置 ΔX_j ， ΔZ_j 。同理可测定到其它刀具相对于基

准刀具的几何偏置。

方法（2）用试切对刀方法：先用基准车刀试切，获得 X_1 、 D_1 、 Z_1 、 L_1 ，换刀后再去试切，获得另一组数据 X_2 、 D_2 、 Z_2 、 L_2 ，则该刀号刀具的几何偏置为： $\Delta X=X_2-X_1-(D_2-D_1)$ ， $\Delta Z=Z_2-Z_1-(L_2-L_1)$ 。

方法（3）用对刀测头对刀：基本原理同方法（1），只是让每把刀具都去对准测头上的相同位置，直至指示灯点亮。由此而获得各刀具相对于基准刀具的偏差。

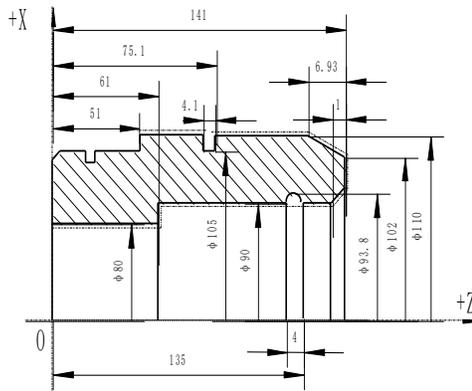
3. 刀偏数据的输入

（1）将基准刀具对刀所得到的刀尖相对于机床原点的偏置距离存入第一号刀具的刀偏寄存器中。然后将该刀具选择为标刀。

（2）将上述测量到的各刀具相对于基准刀具（标刀）的刀偏数据输入到对应刀号的刀偏寄存器中。

（3）若将第一把刀具的标刀选择取消，则其余几把刀具的刀偏数据将自动换算为相对于机床原点的偏置值；再将第一把刀具选择为标刀方式时，刀偏数据又换算回相对于基准刀具的偏置值。

4. 换刀位置的确定



缸盖零件图

车床换刀时需要让刀架转位，因此应在远离工件的位置上进行，此时刀具的刀位点即称为换刀点，对带参考点功能的机床来说，换刀位置通常就设在机床参考点上。如果加工零件较小，每次都回参考点换刀太费时间的话，可以设定一远离工件的某坐标处为换刀点位置。（有的机床可用G30来自动返回所设定的第二参考点）

应用习惯通常为：在换刀程序前先执行G28或G30指令回参考点(换刀点)，执行换刀程序后，再用G29指令往新的目标点移动。

5. 典型零件的车削工艺

如图所示活塞缸零件，该零件采用数控车床加工。先将左端长51mm的外圆部分及其卡圈槽车出，作为装夹定位端，先后完成外形、内孔及切槽等的车削，其车削工艺安排见表

四、实训仪表及设备

<1>	CJK6032数控车床	1台
	长城CK7810数控车床	1台
	绮发T6数控车床	1台
<2>	Φ40x150圆形棒料	1根
	缸盖铸造毛坯	1件
<3>	基本装夹工具、刀具	1套
<4>	游标卡尺	1把
	内径百分表	1把
	深度尺	1把

五、实训内容及步骤

- <1> 基准刀具的对刀、刀偏设置。
- <2> 其它刀具的刀偏数据测定。
- <3> 标刀选择设置及刀偏数据设定。
- <4> 第二参考点（换刀点）的设置、换刀程序调试。
- <5> 换刀综合加工的编程及加工应用。

步骤：

1、基准刀具的试切对刀及刀偏数据设定：

- (1) 先手动进行回参考点的操作。
- (2) 装夹上工件毛坯，试切外圆和端面，记录坐标数据。
- (3) 设定第一把刀具的刀偏数据。并选择为标刀。

2、其它刀具刀偏数据的测定及刀偏数据设定：

移动刀架到某一测试基准点处（或碰触对刀仪测头至灯亮），将X、Z坐标清零。

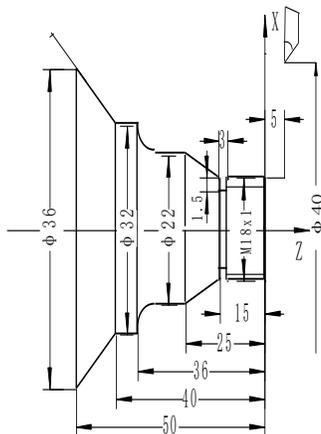
移动刀架到远离工件处，进行换刀操作。再移动刀架，用新换的刀具去对同一基准点（或碰触对刀仪测头至灯亮），记录下此时该刀具的相对坐标，即该刀具相对于基准刀具的刀偏距离。将此值设置到该刀号所对应的刀偏寄存器中。

用同样的方法分别对其它刀具进行刀偏测定和设定刀偏数据。

3、设定一远离工件的某点作为换刀点，编写程序，进行回换刀点换刀、刀补移动、并定位到一新的目标点，再回换刀点换刀的操作。

参考程序：

```
T0101
G90G00X150Z150T0100
T0202
G90G01X10Z5F200
```



换刀车削零件

```
G00X150Z150T0200
T0303
G01X10Z5F150
G00X150Z150T0300
```

T0404

.....

在具有第二参考点设置功能的数控车床上进行第二参考点的设置，并进行自动回第二参考点换刀的操作。

4、根据对换刀程序的理解，对图示零件进行换刀综合加工程序调试和切削加工。参考程序如下：

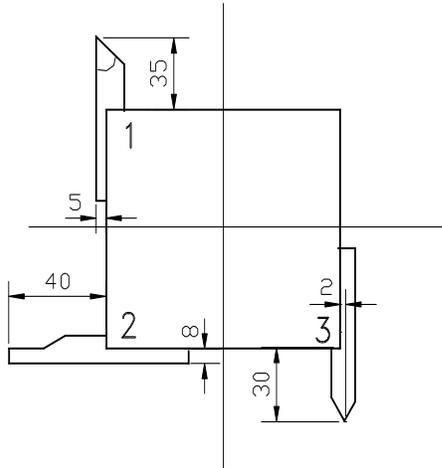
O0018

T0101

G90 G00 X40.0 Z5.0 M03 ;

G71 U1 R2 P100 Q200 X0.2 Z0.2 F50 ;

N100 G00 X18.0 Z5.0 ;



刀具安装位置关系图

G01 X18.0 Z-15.0 F30 ;

X22.0 Z-25.0 ;

X22.0 Z-31.0 ;

G02 X32.0 Z-36.0 R5.0 ;

G01 X32.0 Z-40.0 ;

N200 G01 X36.0 Z-50.0 ;

G00 X70.0 Z100.0 T0100 ;

(/ G28 X40.0 Z5.0 T0000 ;)

M05 M00 ;

T0202 ;

G00 X20.0 Z-15.0 M03 ;

(G29 X20.0 Z-15.0 M03 ;)

G01 X15.0 F20 ;

G04 X2.0 ;

G00 X20.0 ;

G00 X70.0 Z100.0 T0200 ;

(/ G28 X40.0 Z5.0 T0000 ;)

M05 M00 ;

T0303 ;

G00 X20.0 Z5.0 M03 ;

```
(G29 X20.0 Z5.0 M03;)
G82 X17.3 Z-16.0 F1.0;
G82 X16.9 Z-16.0;
G82 X16.7 Z-16.0;
G00 X70.0 Z100.0 T0300;
(/G28 X40.0 Z5.0 T0000;)
M05 M02;
```

5、长城CK7810数控车或绮发T6数控车的操作面板及其使用

6、FANUC-0T数控系统基本操作方法简介

1 MDI程序运行

- (1) 置手动操作面板上的方式开关于MDI运行方式。
- (2) 按数控面板上的“PROG”功能键。屏幕显示如图所示。当前各指令模态也可在此屏中查看出。
- (3) 在输入缓冲区输入一段程序指令，并以分号（EOB）结束，然后按INSERT（插入）键，程序内容即被加到番号为O0000的程序中。
- (4) 程序输入完成后，按“循环启动”键即可实施MDI运行方式。

2 程序输入及调试

1). 程序的检索和整理

程序的检索是用于查询浏览当前系统存储器内都存有哪些番号的程序，程序整理主要用于对系统内部程序的管理，如删除一些多余的程序。

- (1) 将手动操作面板上的工作方式开关置编辑（EDIT）或自动挡，按数控面板上的程序（PROG）键显示程序画面。
- (2) 在自动运行方式的程序屏幕下，按“▶”软键，按“FL.SDL”软键，再按“目录（DIR）”软键，即可列出当前存储器内已存的所有程序。
- (3) 若要浏览某一番号程序（如O0001）的内容，可先键入该程序番号如“O0001”后，再按向下的光标键即可。若如此操作产生“071”番号的报警，则表示该程序番号为空，还没有被使用。

```

PROG (程序)                00012 N00100
00012;
N10 G92 X0 Y0 Z0;
N12 S1000 M03;
N14 G90 G01 X10.0 Y-5.0 F80;
N16 Z-50.0 F100;
N18 Y10.0;
N20 X-10.0;
N22 Y-10.0;
N24 X10.0;
N26 X-10.0 Y5.0 M05;
N28 M30;
%
)-
EDIT *** ** 10:08:04
[ 程序 ] [ LIB ] [ ] [ C.A.P ] [ 操作 ]
    
```

程序显示画面

- (4) 由于受存储器的容量限制，当存储的程序量达到某一程度时，必须删除一些已经加工过而不再

需要的程序，以腾出足够的空间来装入新的加工程序。否则将会在进行程序输入的中途就产生“070”番号的存贮范围不够的报警。删除某一程序的方法是：在确保某一程序如“O0002”已不再需要保留的情况下，先键入该程序番号“O0002”后，再按删除（DELETE）键即可。

2). 程序输入与修改

程序输入和修改操作同样也必须在编辑档方式下进行。

(1) 用手工键入一个新程序

- ① 选定某一还没有被使用的程序番号作为待输程序番号（如 O0012;），键入该番号 O0012; 后按插入（INSERT）键，则该程序番号就自动出现在程序显示区，各具体的程序行就可在其后输入。如图所示。
- ② 将上述编程实例的程序顺次输入到机床数控装置中，可通过 CRT 监控显示该程序。注意每一程序段（行）间应用“；”（EOB键）分隔。

(2) 调入已有的程序

若要调入先前已存贮在存贮器内的程序进行编辑修改或运行，可先键入该程序的番号如“O0001”后再按向下的光标键，即可将该番号的程序作为当前加工程序。

(3) 程序的编辑与修改

- ① 采用手工输入和修改程序时，所键入的地址数字等字符都是首先存放在键盘缓冲区内，此时若要修改可用退格键“CAN”来进行擦除重输，当一行程序数据输入无误后，可按“INSERT”或“ALTER”键以插入或改写的方式从缓冲区送到程序显示区（同时自动存贮），这时就不能再用“CAN”键来改动了。
- ② 若要修改程序局部，可移光标至要修改处，再输入程序字，按“改写（ALTER）”键则将光标处的内容改为新输入的内容；按“插入（INSERT）”键则将新内容插入至光标所在程序字的后面；若要删除某一程序字，则可移光标至该程序字上再按“删除（DELET）”键。FANUC系统中程序的修改不能细致到某一个字符上，而是以程序字（某一个地址后跟一些数字）作为程序更改的最小单位。
- ③ 若要删除某一程序行，可移光标至该程序行的开始处，再按“；”+“DELET”。

3). 程序的空运行调试

空运行操作方法：将光标移至主程序开始处，或在编辑档方式下按复位（RESET）键使光标复位到程序头部，再置“MODE SELECT（工作方式）”为“自动（MEM或AUTO）”档，按下手动操作面板上的“DRY RUN（空运行）”开关至灯亮后，再按“CYCLE START（循环启动）”按钮，机床即开始以快进速度执行程序，由数控装置进行运算后送到伺服机构驱动机械工作台实施移动。空运行时将无视程序中的进给速度而以快进的速度移动，并可通过“快速倍率”旋钮来调整。

7、使用带FANUC-0T系统、圆盘回转刀架的长城CK7810或绮发T6数控车床上车削前述缸盖零件。车削程序如下：

程 序 内 容	含 义
O0021	主程序号
G54G99	建立工件坐标系，进行刀具补偿
G00 X150.0 Z200.0 T0101;	主轴正转，转速300 r/min
S300 M03;	快进到X=118, Z=141.5
G90 G00 X118.0 Z141.5 ;	X方向工进到X=82, 进给速度0.3mm/r（粗车端面）
G01 X82.0 F0.3;	快退至X=103
G00 X103.0;	工进至X=110.5, Z=135, 速度0.2 mm/r（粗车短锥面）
G01 X110.5 Z135.0 F0.2;	Z向进给至Z=48（粗车φ110的外圆）
Z48.0 F0.3;	返回起刀点，取消刀补 [可用G28回参考点去换刀]
G00 X150.0 Z200.0 T0100;	自动换刀，并进行刀具补偿 [不能自动换刀的机床用M00]
M06 T0303;	快进至X=89.5, Z=180
G00 X89.5 Z180.0;	Z向快进至Z=145

Z145.0; G01 Z61.5 F0.3; X79.5; Z-5.0; G00 X75.0; Z180.0; G00 X150.0 Z200.0 T0300; M06 T0505; S600 M03; G00 X85.0 Z145.0; G01 Z141.0 F0.5; X102.0 F0.2; G91 X8.0 Z-6.93; G90 G00 Z48.0 F0.08; G00 X112.0; X150.0 Z200.0 T0500; M06 T0707; S200 M03; G00 X85.0 Z180.0; Z131.0 M08; G01 X93.8 F0.2; G00 X85.0; Z180.0; X150.0 Z200.0 T0700 M09; M06 T0909; S600 M03; G00 X94.0 Z180.0; Z142.0; G01 X90.0 Z140.0 F0.2; Z61.0; X80.2; Z-5.0; G00 X75.0; Z180.0; X150.0 Z200.0 T0900; M06 T1111; S240 M03; G00 X115.0 Z71.0; G01 X105.0 F0.1M08; X115.0; G00 X150.0 Z200.0 T1100 M09; M05 M30;	Z向工进至Z=61.5（粗车 ϕ 90的孔） X向工进至X=79.5（粗车内孔阶梯面） Z向工进至Z=-5（粗车 ϕ 80的孔） X向快退至X=75 Z向快退至Z=180 返回起刀点，取消刀补 [或用G28] 自动换刀，并进行刀具补偿 [或用M00] 主轴正转，转速600 mm / r 快进至X=85，Z=145 Z向工进至Z=141 X向工进至Z=102（精车端面） X向轴外工进8，Z向左工进6.93，（精车短锥面）[增量] Z向工进至Z=48（精车 ϕ 110的外圆）[绝对] X向快退至X=112 返回起刀点，取消刀补 [或用G28] 自动换刀，并进行刀具补偿 [或用M00] 主轴正转，转速200 mm / r 快进至X=85，Z=180 Z向快进至Z=131，打开切削液 X向工进至X=93.8（车 ϕ 93.8的槽）刀头为弧形，和槽形一致 X向快退至X=85 Z向快退至Z=180 返回起刀点，取消刀补，关闭切削液 [或用G28] 自动换刀，并进行刀具补偿 [或用M00] 主轴正转，转速600 mm / r 快进至X=94，Z=180 Z向快进至Z=142 工进至X=90，Z=140（内孔倒角） Z向工进至Z=61（精车 ϕ 90的内孔） X向工进至X=80.2（精车内孔阶梯面） Z向工进至Z=-5（精车 ϕ 80的内孔） X向快退至X=75 Z向快退至Z=180 返回起刀点，取消刀补 [或用G28] 自动换刀，并进行刀具补偿 [或用M00] 主轴正转，转速240 mm / r 快进至X=115，Z=71 X向工进至X=105，打开切削液，（车4.1x 2.5的槽） X向工进至X=115（粗车 ϕ 80的孔） 返回起刀点，取消刀补，关闭切削液 程序结束，复位。
---	---

六、注意事项：

- <1> 换刀一定要在远离工件处进行，以免产生碰刀事故。
- <2> 多人操作时一定要注意相互间的操作配合。
- <3> 退刀回换刀点应视当前刀具所处的位置及移动过程中可能的干涉情况而定，刀具已在毛坯外部时，可X、Z轴同时移动退刀。否则应X、Z轴单独移动先后退出。
- <4> 换刀前最好先取消前一把刀具的刀补。

七、实训报告要求:

- < 1 > 画图表示前述换刀参考程序的走刀路线，说出换刀动作的实施过程。
- < 2 > 简要叙述刀偏数据测定及其刀偏设置的大致方法和步骤。画图表示一种车床用对刀仪的结构，并说明其工作原理。
- < 3 > 写出换刀综合加工程序并解释主要程序行的含义。
- < 4 > 画图表示车削前述缸盖零件所用刀具及其在圆盘刀架上的安装示意。所谓“正手刀”和“反手刀”是个什么样的概念？
- < 5 > 通过综合车削零件的编程和加工训练，说出你对数控车削加工的认识。

思考题:

3. 用刀偏数据及Txxxx指令直接建立工件坐标系的方便程度如何？
4. 若在某程序中同时具有Txxxx和G92、G54指令，结果会怎样？
5. FANUC-0T系统可以怎样建立工件坐标系？
6. FANUC-0T系统和HNC21-T系统在坐标编程方式上有何不同？

《数控加工与编程》实训报告

实训项目_____

班级_____ 学号_____ 姓名_____ 成绩_____
周次_____ 实训时段_____/_____/_____ 机床型号_____ 同组者_____

一、实训目的与要求

三、实训设备

四、实训内容简述

五、实训报告内容

1、画图表示前述换刀参考程序的走刀路线，说出换刀动作的实施过程。

2、简要叙述刀偏数据测定及其刀偏设置的大致方法和步骤。画图表示一种车床用对刀仪的结构，并说明其工作原理。

HNC-21M数控铣系统的操作与简单程序调试

一、实训目的

- <1> 掌握数控铣削加工基本编程指令及其应用
- <2> 熟悉了解数控铣床的操作面板和控制软件；
- <3> 掌握数控铣床的基本操作方法和步骤；
- <4> 进一步了解数控铣床的结构组成、加工控制原理；
- <5> 熟练掌握铣削程序的输入调试过程；

二、预习要求

认真阅读数控铣床组成、位置调整和坐标系设定及基本编程指令与调试的章节内容。

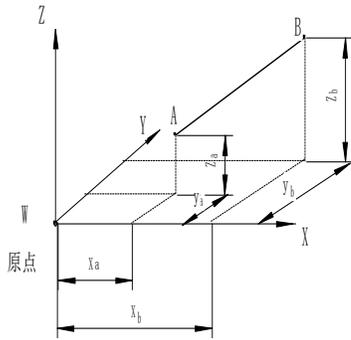
三、实训理论基础

1、铣削常用G指令功能

代码	组	意义	代码	组	意义	代码	组	意义
*G00		快速点定位	G28		回参考点	G52		局部坐标系设定
G01		直线插补	G29		参考点返回	G53		机床坐标系编程
G02	01	顺圆插补	*G40	09	刀径补偿取消	*G54	11	工件坐标系1
G03		逆圆插补	G41		刀径左补偿	~G59		~ 6 选择
G33		螺纹切削	G42		刀径右补偿	G92		工件坐标系设定
G04	00	暂停延时	G43	10	刀长正补偿	G65	00	宏指令调用
G07	00	虚轴指定	G44		刀长负补偿	G73		钻、镗
*G11		单段允许	*G49		刀长补偿取消	~G89		循环
G12		单段禁止	*G50		缩放关	*G90		绝对坐标编程
*G17	02	XY加工平面	G51		缩放开	G91		增量坐标编程
G18		ZX加工平面	G24		镜象开	*G94		每分钟进给方式
G19		YZ加工平面	*G25		镜象关	G95		每转进给方式
G20		英制单位	G68		旋转变换	G98		回初始平面
*G21		公制单位	*G69		旋转取消	*G99		回参考平面

标有* 的G代码为数控系统通电启动后的默认状态。

HNC-21T铣削系统能控制的M、S功能和车床基本相同。F功能也一样具有mm / min还是mm / r两种单位，但由G94、G95两指令分别控制。G98、G99则用于钻镗循环时提刀高度的控制。



G00/G01指令

2、基本编程指令

(1). 快速定位指令G00和直线进给指令G01

格式: G90 (G91) G00 X...Y... Z...

G90 (G91) G01 X...Y... Z... F...

如图所示从A到B。其编程计算方法如下:

绝对: G90 G00 X x_b Y y_b Z z_b ;

增量: G91G00 X(x_b-x_a) Y(y_b-y_a) Z(z_b-z_a) ;

绝对: G90 G01 X x_b Y y_b Z z_b F f ;

增量: G91 G01 X(x_b-x_a) Y(y_b-y_a) Z(z_b-z_a) F f ;

说明:

G00时X、Y、Z三轴同时以各轴的快进速度从当前点开始向目标点移动, G01时, 刀具以F指令的进给速度由A向B进行切削运动。G01时的实际进给速度等于F指令速度与进给速度修调倍率的乘积。G00代码段只能用于工件外部的空程行走, 不能用于切削行程中。

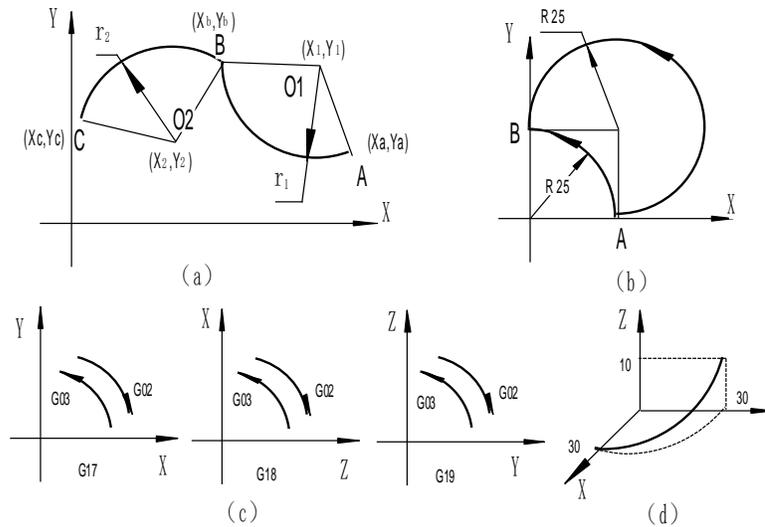
(2). 圆弧插补指令G02、G03

圆弧插补只能在某平面内进行, 若要在某平面内进行圆弧插补加工, 必须用G17、G18、G19指令事先将该平面设置为当前加工平面, 否则将会产生错误警告。空间圆弧曲面的加工, 事实上都是转化为一段段的空间直线(或平面圆弧)而进行的。

格式: G17G90 (G91) G02(G03) X... Y... R... (I... J...) F...

或 G18G90 (G91) G02(G03) X... Z... R... (I... K...) F...

G19G90 (G91) G02(G03) Y... Z... R... (J... K...) F...



平面圆弧插补

如图 (a) 所示X-Y平面内的圆弧AB，编程计算方法如下：

绝对：G17G90 G02 X xb Y yb R r1 F f; -- R 编程

或 G17G90 G02 X xb Y yb I(x1-xa) J (y1-ya) F f ;

增量：G91G02 X (xb-xa)Y (yb-ya) R r1 F f ;

或 G91G02 X(xb-xa)Y(yb-ya)I(x1-xa)J(y1-ya)F f ;

图 (b) 所示弧BC，如果前面已有G17平面设置指令，则编程计算方法如下：

绝对：G90G03 X xc Y yc R r2 F f;--R编程

或 G90G03 X xc Y yc I(x2-xb) J(y2-yb) F f ;

增量：G91 G03 X(xc-xb) Y(yc-yb)R r2 F f ;

或 G91 G03 X(xc-xb) Y(yc-yb) I(x2-xb) J(y2-yb) F f ;

说明：

1) G02、G03时，刀具相对工件以F指令的进给速度从当前点向终点进行插补加工，G02为顺时针方向圆弧插补，G03为逆时针方向圆弧插补。圆弧走向的顺逆应是从垂直于圆弧加工平面的第三轴的正方向看到的回转方向，如图(c)所示。

2) 圆弧插补既可用圆弧半径R指令编程，也可用I、J、K指令编程。在同一程序段中I、J、K、R同时指令时，R优先，I、J、K指令无效。当用R指令编程时，如果加工圆弧段所对的圆心角为 0~180度，R取正值，如果圆心角为180~ 360度，R则取负值。如图(b)所示的两段圆弧，其半径、端点、走向都相同，但所对的圆心角却不同，在程序上则仅表现为R值的正负区别。

小圆弧段：G90 G03 X 0 Y 25.0 R 25.0 ; 或：G91 G03 X -25.0 Y 25.0 R 25.0

大圆弧段：G90 G03 X 0 Y 25.0 R -25.0 ; 或：G91 G03 X -25.0 Y 25.0 R -25.0

3) X、Y、Z同时省略时，表示起、终点重合，若用I、J、K指令圆心，相当于指令了360度的弧，若用R编程时，则表示指令为0度的弧。

G02 (G03) I... ; 整圆 G02 (G03) R... ; 不动。

4) 无论用绝对还是用相对编程方式，I、J、K都为圆心相对于圆弧起点的坐标增量，为零时可省略。(也有的机床厂家指令I、J、K为起点相对于圆心的坐标增量)

5) 机床启动时默认的加工平面是G17，如果程序中刚开始时所加工的圆弧属于X-Y平面，则G17可省略，一直到有其它平面内的圆弧加工时才指定相应的平面设置指令，再返回到X-Y平面内加工圆弧时，则必须指定G17。

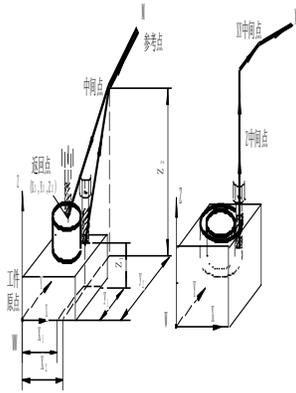
G17、G18、G19主要用于指定圆弧插补时的加工平面，并不限制G00、G01的移动范围。如果当前加工平面设置为G17，同样可以在G00、G01中指定Z轴的移动。如果在G02、G03中使用了第三轴指令，将会形成空间螺旋线插补的效果。

(3). 自动返回参考点操作 G28指令

格式： G28 X...Y... Z...； 经指令中间点再自动回参考点。

G28指令中的XYZ坐标是中间点在当前坐标系中的坐标，执行G28指令时，各轴先以G00的速度快移到中间点位置，然后自动返回参考点。到达参考点后，相应坐标方向的指示灯亮。当用增量编程时，G28中指令值为中间点相对于当前位置点的坐标增量。若各坐标点位置如图所示，则可编程如下：

G90 G28 X x2 Y y2 Z z2 回参考点 或： G91 G28 X (x2-x1) Y (y2-y1) Z (z2-z1) ；



M00 ; 暂停换刀 M00 ;

说明：

- 1) 使用G28指令前，必须预先取消刀径补偿和刀长补偿(用G40、G49)，否则会发生不正确的动作。
- 2) 由于G28是采用G00一样的移动方式，其行走轨迹常为折线，较难预计，因此在使用上经常将XY和Z分开来用。先用G28 Z...提刀并回Z轴参考点位置，然后再用G28 X...Y...回到XY方向的参考点。

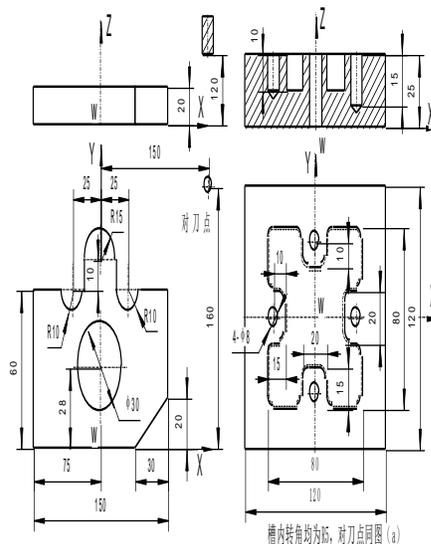
技巧：采用G91G28Z0； G91G28X0Y0；以当前点为中间点的方式编写程序。

3. 程序实例

外形轮廓的铣削。如图所示零件，以中间φ30的孔定位加工外形轮廓，在不考虑刀具尺寸补偿的情况下，编程如下：

%0001	主程序号	程
G92 X150.0 Y160.0 Z120.0	建立工件坐标系，编程零点w	序
G90 G00 X100.0 Y60.0	绝对值方式，快进到X=100, Y=60	头
Z-2.0 S100 M03	Z轴快移到 Z= -2, 主轴以130 r/min速度正转	----
G01 X75.0 F100	直线插补至 X= 75, Y= 60, 进给速度100 mm/s	程
X35.0	直线插补至 X= 35, Y= 60	序
G02 X15.0 R10.0	顺圆插补至 X=15, Y=60	主
G01 Y70.0	直线插补至 X=15, Y=70	干
G03 X-15.0 R15.0	逆圆插补至 X= -15, Y=70	----
G01 Y60.0	直线插补至 X= -15, Y=60	
G02 X-35.0 R10.0	顺圆插补至 X= -35, Y=60	
G01 X-75.0	直线插补至 X= -75, Y=60	
G09 Y0	直线插补至 X= -75, Y=0处，并准停校验以确保尖角形成	
X45.0	直线插补至 X= 45, Y=45	
X75.0 Y20.0	直线插补至 X= 75, Y=20	
Y65.0	直线插补至 X=75, Y=65, 轮廓切削完毕	----

<p>G00 X100.0 Y60.0 M05 Z120.0 X150.0Y160.0 M30</p>	<p>快速退至 X=100, Y=60的下刀处, 主轴停 快速抬刀至 Z=120的对刀点平面 快速退刀至对刀点 程序结束, 复位。</p>	<p>程 序 尾</p>
---	---	----------------------



图表 1

四、实训仪器及设备

- | | |
|-------------------------|-----|
| <1> ZJK7532数控钻铣床 | 1台 |
| <2> 120x100x20矩形金属板或塑料板 | 1 块 |
| <3> 基本装夹工具、刀具 | 1套 |

五、实训内容及步骤

- <1> 了解机床结构与操作面板
 - <2> 回参考点操作
 - <3> 手动位置调整操作
 - <4> MDI操作
 - <5> 简单轮廓铣削程序调试与运行
1. 了解机床结构组成



ZJK7532A数控铣床

ZJK7532A型数控铣钻床能够控制的主要有X、Y、Z三坐标轴的联动（包括移动量及移动速度的控制，能进行直线、圆弧的插补加工控制）、一些电器开关的通断（包括主轴正反转及停转、进给随意暂停和重启、急停及超程保护控制）、主轴采用变频器实现无级调速。该机床可用于轮廓铣削、挖槽、钻镗孔及其各类复杂曲面轮廓的粗、精加工等。可进行刀具半径补偿和刀具长度补偿。

HNC-21M数控系统操作面板如图所示

2、机床操作

1). 参考点操作:

(1) 先检查一下各轴是否在参考点的内侧，如不在，则应手动回到参考点的内侧，以避免回参考点时产生超程

(2) 按功能键区的“回零”功能按键

(3) 分别按+X、+Y、+Z轴移动方向按键，使各轴返回参考点，回参考点后，相应的指示灯将点亮。

2). 点动、步进操作

(1) 按功能键区的“手动”或“增量”功能按键

(2) “增量”时按倍率选择键x1、x10、x100、x1000选择增量进给的倍率大小

(3) 按机床操作面板上的“+X”、“+Y”或“+Z”键，则刀具相对工件向X、Y或Z轴的正方向移动，按机床操作面板上的“-X”“-Y”或“-Z”键，则刀具相对工件向X、Y或Z轴的负方向移动；

(4) 如欲使某坐标轴快速移动，只要在按住某轴的“+”或“-”键的同时，按住“快移”键即可。

3). MDI操作

(1) 在主菜单下，按F4键选择MDI功能；

(2) 再按F6键选择MDI运行功能项；

(3) 在菜单行上部的提示输入行上将出现光标，在光标处输入想要执行的MDI程序段，此时可左右移动光标以修改程序；

如输入：G91 G01 X50.0 Y50.0 Z50.0 F200 ；然后按“Enter”键

(或走整圆的程序：G02 I-20.0 F 500)

(4) 按功能键区的“自动”键选择为自动运行方式

(5) 按“循环启动”键，则所输入的程序将立即运行；

(6) 在运行过程中,按“循环停止”键,则刀具将停止运动,但主轴并不停转,此时再按“循环启动”键即可继续运行程序;

4). 程序输入及调试

(1) 在主菜单下按F2键选择“程序编辑”→“文件管理”→“新建文件”进行。之后在光标处输入程序号并回车,然后即可开始输入编辑程序。程序编写完成后可按F4功能键保存。

(2) 要想调入已编写好的程序,应在主菜单下按“自动加工”→“程序选择”→“磁盘程序”,至出现程序列表后再移动光标到需调入的程序号处并按“Enter”键回车即可,若当前页没有所需程序,可按“Pgup”、“Pgdn”前后翻页查找。

(3) 当用上述方法调入某程序,并对好刀后,即可按“循环启动”键开始自动运行。如中途想暂停运行,可按机床面板上的“进给保持”键,则X、Z轴方向的进给将暂时停止,直至再按“循环启动”时便可继续执行(此时主轴并不停转,若要主轴停应按“主轴停转”键,但按循环启动前必须先按“主轴正转”键启动主轴)。若想彻底中断程序的继续运行,可按菜单键区上的功能键F7“停止运行”—“Y”来中止自动运行。

六、注意事项

(1) 回参考点时应先走Z轴,待提升到一定高度后再走向X、Y轴,以免碰撞刀、夹具;

(2) 程序文件名最好以“O”开头并不带后缀。另外,程序中尽量避免写入系统不能识别的指令,应牢记,程序格式的基本组成是一个字母后跟一些数字,不允许出现连续两个字母,或缺少字母的连续两组数字。若要将某行程序内容改为注释内容,可在行首加“;”。

(3) 手动或自动移动过程中若出现超程报警,必须转换到“手动”方式,然后按住“超程解除”,待屏幕显示由“急停”→“复位”→“正常”后,再按住反方向轴移动按钮,退出超程位置。

七、实训报告要求

(1) 数控铣床由哪几部分组成?“回零”是指什么操作?为什么每次启动系统或急停后都需要进行“回零”操作?

(2) 说出数控系统操作面板上各主要操作按钮的功用。

(3) 选定一工件原点,写出铣削实训报告中图示轮廓的程序。并解释各程序段的含义。

(4) “超程”是什么意思?出现超程后应如何处理?为什么加工前要进行程序校验或空运行?

思考题:

1. 大多数控铣床在XY方向上是刀具不动,而是由工作台带动工件在移动,这对编程来说是不是很不方便?Z轴如果也是刀具不动,该如何实现?

2. 空运行和自动加工运行有什么不同?程序校验又如何?

《数控加工与编程》实训报告

实训项目_____

班级_____ 学号_____ 姓名_____ 成绩_____
周次_____ 实训时段_____ / _____ 机床型号_____ 同组者_____

一、实训目的与要求

二、实训设备

三、实训内容简述

四、实训报告内容

1、数控铣床的基本组成。

2、HNC21-M数控系统操作面板上各主要操作按钮的功用。

3、回零的概念，为什么每次启动系统或急停后都需要进行“回零”操作？

5、如何进行解除超程的操作？若自动加工中出现了超程，加工能继续吗？

XH713A加工中心的操作与简单程序调试

一、实训目的

- (1) 熟悉了解加工中心机床的操作面板和控制软件；
- (2) 掌握加工中心机床的基本操作方法和步骤；
- (3) 了解加工中心机床的结构组成、换刀动作实现机理；
- (4) 熟练掌握程序的输入调试过程；

二、预习要求

认真阅读加工中心机床组成、换刀装置、位置调整、坐标系设定等章节内容。

三、实训理论基础



XH713A加工中心

1 XH713A加工中心机床组成

XH713A型加工中心机床XH713A采用BEIJING-FANUC-Oi数控系统，能够控制的主要有X、Y、Z三坐标轴的联动（包括移动量及移动速度的控制，能进行直线、圆弧的插补加工控制）；一些电器开关的通断（包括主轴正反转及停转、进给随意暂停和重启、急停及超程保护控制、刀库及其驱动）；主轴采用变频器实现无级调速；具有16把刀具的斗笠式刀库、采用气动换刀方式。该机床可用于轮廓铣削、挖槽、钻镗孔、刚性攻丝及其各类复杂曲面轮廓的粗、精加工等。可实现刀具半径补偿和刀长补偿。

2、刀库及其自动换刀装置

XH713A加工中心机床使用斗笠式刀库，刀库容量16把，采用顺序选刀方式。换刀采用气动方式，通过调用内建子程序O9000换刀，指令格式：Txx M98 P9000。换刀位置：第二参考点。换刀动作分解见图示。和机械手换刀要求不同，Txx指令的选刀动作和M98P900指令的换刀动作不可分割。

编程格式基本同于数控铣床，只要添加自动换刀的程序代码进行换刀即可。

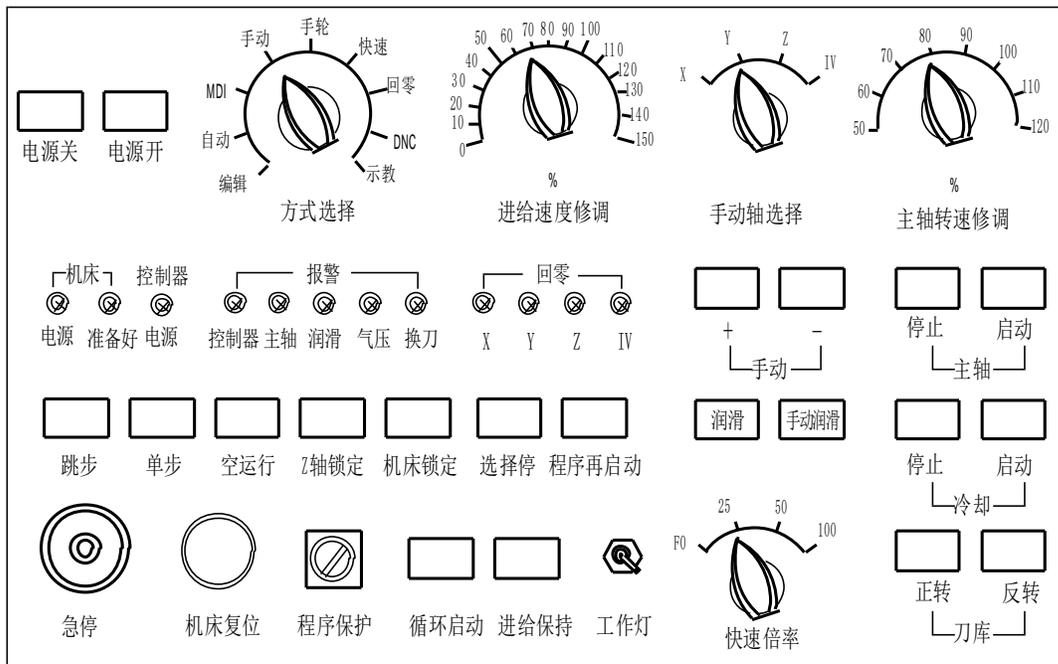
四、实训仪器及设备

- | | |
|--------------------|-----|
| <1> XH713A加工中心 | 1台 |
| <2> 120x100x20金属板料 | 1 块 |
| <3> 基本装夹工具、刀具 | 1套 |

五、实训内容及步骤

- <1>回参考点操作
- <2>手动位置调整操作
- <3>MDI操作
- <4>自动换刀操作
- <5>钻镗固定循环程序调试与运行

FANUC-0i数控系统操作面板和手动操作面板如图所示



手动操作面板

(1) MODE SELECT (方式选择开关): 选择操作方式的开关, 有以下几种方式。

- | | |
|-----------------|------------------|
| ① 编辑 (EDIT) | 编辑方式 |
| ② 自动 (MEM或AUTO) | 存储运转方式 (或称自动加工) |
| ③ MDI | MDI手动数据输入方式 |
| ④ 手动 (JOG) | 手动连续进给方式 |
| ⑤ 手轮 | 手动连续进给方式 |
| ⑥ 快速 | 快速进给方式 |
| ⑦ 回零 (REF或ZRN) | 手动返回参考点方式 |
| ⑧ DNC | 联机通信、计算机直接加工控制方式 |
| ⑨ 示教 | 示教方式 |

操作步骤:

1. 手动回参考点

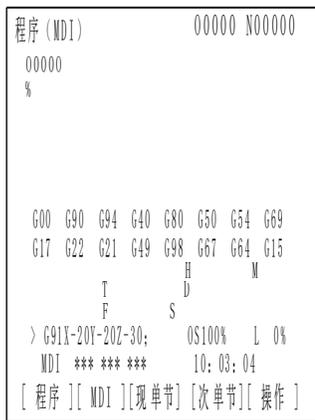
手动回机床原点（参考点）：将手动操作面板上的操作方式(MODE)开关置“REF.RETURN（回零）”档位，先将手动轴选择为Z轴，再按下“+”移动方向键，则Z轴将向参考点方向移动，一直至回零指示灯亮。然后分别选择Y、X轴进行同样的操作。

2. 工作台的手动调整

工作台拖板的手动调整是采用方向按键通过产生触发脉冲的形式或使用手轮通过产生手摇脉冲的方式来实施的。和手柄的粗调、微调一样，其手动调整也有两种方式。

(1) 粗调：置操作方式开关为“JOG（手动连续进给）”方式档。先选择要移动的轴，再按轴移动方向按钮，则刀具主轴相对于工作台向相应的方向连续移动，移动速度受“JOG FEEDRATE”（快速倍率）旋钮的控制，移动距离受按压轴方向选择钮的时间的控制，即按即动，即松即停。采用该方式无法进行精确的尺寸调整，当移动量大时可采用此方法。

(2) 微调：本机床系统的微调需使用手轮来操作。将方式开关置为“手轮”方式档。再在手轮中选择移动轴和进给增量，按“逆正顺负”方向旋动手轮手柄，则刀具主轴相对于工作台向相应的方向移动，移动距离视进给增量档值和手轮刻度而定，手轮旋转360°，相当于100个刻度的对应值。



MDI操作画页

3. MDI程序运行

(1) 置手动操作面板上的方式开关于MDI运行方式。

(2) 按数控面板上的“PROG”功能键。屏幕显示如图所示。当前各指令模态也可在此屏中查看出。

(3) 在输入缓冲区输入一段程序指令，并以分号(EOB)结束，然后按INSERT（插入）键，程序内容即被加到番号为O0000的程序中。本系统中MDI方式可输入执行最多6行程序指令，而且在MDI程序指令中可调用已经存储的子程序或宏程序。MDI程序在运行以前可编辑修改，但不能存储，运行完后程序内容即被清空。若用M99作结束，则可重新运行该MDI程序。

(4) 程序输入完成后，按“循环启动”键即可实施MDI运行方式。

4. 程序输入及调试

1). 程序的检索和整理

程序的检索是用于查询浏览当前系统存储器内都存有有哪些番号的程序，程序整理主要用于对系统内部程序的管理，如删除一些多余的程序。

(1) 将手动操作面板上的工作方式开关置编辑(EDIT)或自动挡，按数控面板上的程序(PROG)键显示程序画面。

(2) 输入地址“O”和要检索的程序号，再按 [O SRH] 软键，检索到的程序号显示在屏幕的右上角，若没有找到该程序，即产生“071”的报警。再按 [O SRH] 软键，即检索下一个程序。在自动运行方式的程序屏幕下，按“▶”软键，按“FL.SDL”软键，再按“目录(DIR)”软键，即可列出当前存储器内已存的所

有程序。

(3) 若要浏览某一番号程序(如O0001)的内容,可先键入该程序番号如“O0001”后,再按向下的光标键即可。若如此操作产生“071”番号的报警,则表示该程序番号为空,还没有被使用。

```

PROG (程序)          00012 N00100
00012;
N10 G92 X0 Y0 Z0;
N12 S1000 M03;
N14 G90 G01 X10.0 Y-5.0 F80;
N16 Z-50.0 F100;
N18 Y10.0;
N20 X-10.0;
N22 Y-10.0;
N24 X10.0;
N26 X-10.0 Y5.0 M05;
N28 M30;
%
)-
EDIT *** ** 10:08:04
[程序] [LIB] [ ] [C.A.P] [操作]
    
```

程序显示画面

(4) 由于受存贮器的容量限制,当存贮的程序量达到某一程度时,必须删除一些已经加工过而不再需要的程序,以腾出足够的空间来装入新的加工程序。否则将会在进行程序输入的中途就产生“070”番号的存贮范围不够的报警。删除某一程序的方法是:在确保某一程序如“O0002”已不再需要保留的情况下,先键入该程序番号“O0002”后,再按删除(DELETE)键即可。注意:若键入“O0010, O0020”后按“DELETE”则将删除程序号从O0010到O0020之间的程序。若键入“O-9999”后按“DELETE”则将删除已存贮的所有程序,因此应小心使用。

2). 程序输入与修改

程序输入和修改操作同样也必须在编辑档方式下进行。

(1) 用手工键入一个新程序

① 先根据程序番号检索的结果,选定某一还没有被使用的程序番号作为待输程序番号(如O0012),键入该番号O0012后按插入(INSERT)键,则该程序番号就自动出现在程序显示区,各具体的程序行就可在其后输入。如图所示。

② 将上述编程实例的程序顺次输入到机床数控装置中,可通过CRT监控显示该程序。注意每一程序段(行)间应用“;”(EOB键)分隔。

(2) 调入已有的程序

若要调入先前已存贮在存贮器内的程序进行编辑修改或运行,可先键入该程序的番号如“O0001”后再按向下的光标键,即可将该番号的程序作为当前加工程序。

(3) 从PC机、软盘或纸带中输入程序

在PC机中用通讯软件设置好传送端口及波特速率等参数,联接好通讯电缆,将欲输入的程序文件调入并作好输出准备,置机床端为“编辑”方式,按“PROG”功能键,再按下[操作]软键,按“▶”软键,输入欲存入的程序番号,如“O0013”,然后再按[READ]和[EXEC]软键,程序即被读入至存贮器内,同时在CRT上显示出来。如果不指定程序号,就会使用PC机、软盘或纸带中原有的程序番号;如果机床存贮器已有对应番号的程序,将出现“073”的报警。

(4) 程序的编辑与修改

① 采用手工输入和修改程序时,所键入的地址数字等字符都是首先存放在键盘缓冲区内,此时若要修改可用退格键“CAN”来进行擦除重输,当一行程序数据输入无误后,可按“INSERT”或“ALTER”键以插入或改写的方式从缓冲区送到程序显示区(同时自动存贮),这时就不能再用“CAN”键来改动了。

② 若要修改程序局部,可移光标至要修改处,再输入程序字,按“改写(ALTER)”键则将光标处的内容改为新输入的内容;按“插入(INSERT)”键则将新内容插入至光标所在程序字的后面;若要删除某

一程序字，则可移光标至该程序字上再按“删除（DELET）”键。本系统中程序的修改不能细致到某一个字符上，而是以某一个地址后跟一些数字（简称程序字）作为程序更改的最小单位。

③ 若要删除某一程序行，可移光标至该程序行的开始处，再按“；”+“DELET”，若按“Nxxxx”+“DELET”则将删除多个程序行。

3). 程序的空运行调试

空运行操作方法：将光标移至主程序开始处，或在编辑档方式下按复位（RESET）键使光标复位到程序头部，再置“MODE SELECT（工作方式）”为“自动（MEM或AUTO）”档，按下手动操作面板上的“DRY RUN（空运行）”开关至灯亮后，再按“CYCLE START（循环启动）”按钮，机床即开始以快进速度执行程序，由数控装置进行运算后送到伺服机构驱动机械工作台实施移动。空运行时将无视程序中的进给速度而以快进的速度移动，并可通过“快速倍率”旋钮来调整。有图形监控功能时，若需要观察图形轨迹，可按数控操作面板上的“GRAPH”功能键切换到图形显示画页。

六、注意事项：

- （1）回参考点时应先走Z轴，待提升到一定高度后再走向X、Y轴，以免碰撞刀、夹具；
- （2）启动系统后，必须用MDI执行M19实施主轴准停操作，尔后才可以进行换刀操作。
- （3）手动或自动移动过程中若出现超程报警，必须转换到“手动”方式，然后按反方向轴移动按钮，退出超程位置，再按“RESET”复位键解除报警。

七、实训报告要求：

- （1）加工中心是什么？斗笠式刀库自动换刀分为几个动作步骤？
- （2）FANUC-0i系统和HNC-21M系统在编程上有何异同？
- （3）FANUC数控系统中如何输入程序？程序管理有何特点？
- （4）XH713A自动换刀采用什么样的程序格式？O9000子程序大致包含哪些动作指令？

思考题：

1. 加工中心的选刀、换刀有哪些形式？顺序选刀和任选选刀是怎么一回事？
2. 开机后没有进行过自动换刀操作，但用手动进行过刀库转位导致刀号混位，该怎么办？

《数控加工与编程》实训报告

实训项目_____

班级_____ 学号_____ 姓名_____ 成绩_____
周次_____ 实训时段_____/_____/_____ 机床型号_____ 同组者_____

一、实训目的与要求

二、实训设备

三、实训内容简述

四、实训报告内容

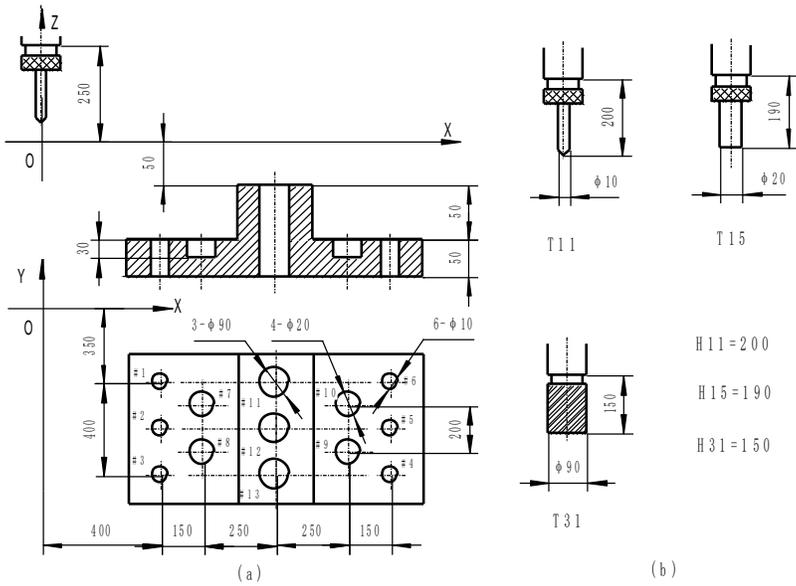
1、加工中心是什么？XH713A是如何实现自动换刀的？

2、FANUC-0i系统和HNC-21M系统在编程上的异同。

3、FANUC数控系统中如何输入程序？程序管理有何特点？

4、XH713A自动换刀采用什么样的程序格式？O9000子程序大致包含哪些动作指令？

5、钻孔加工图示零件的程序清单及释义。



V-40加工中心的操作与调试

一、实训目的

- (1) 熟悉了解台湾丽伟加工中心机床的操作面板和控制软件；
- (2) 掌握台湾丽伟加工中心机床的基本操作方法和步骤；
- (3) 进一步了解加工中心机床的结构组成、机械手换刀动作实现机理；
- (4) 熟练掌握程序的输入调试过程；

二、预习要求

认真阅读加工中心机床组成、换刀装置、位置调整、坐标系设定等章节内容。

三、实训理论基础

1. 机床组成

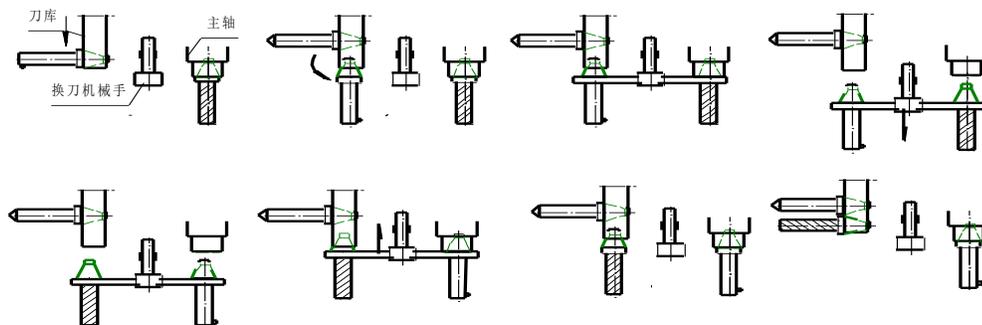


XH713A加工中心

台湾丽伟V-60型加工中心机床采用最新的FANUC-18M数控系统，能够控制的主要有X、Y、Z三坐标轴的联动（包括移动量及移动速度的控制，能进行直线、圆弧的插补加工控制），可选配第四轴；一些电器开关的通断（包括主轴正反转及停转、进给随意暂停和重启、选择暂停和程序跳段控制、急停及超程保护控制、刀库及其驱动）；主轴采用变频器实现无级调速；具有24把刀具的鼓轮式刀库、采用机械手气动换刀方式。该机床可用于轮廓铣削、挖槽、钻镗孔、刚性攻丝及其各类复杂曲面轮廓的粗、精加工等。可实现刀具半径补偿和刀长补偿。

2、刀库及其自动换刀装置

V-60加工中心机床使用鼓轮式刀库，刀库容量24把，采用任选选刀方式。换刀采用机械手气动方式，指令格式：**Txx M6**。换刀位置：第二参考点。换刀动作分解见图示。换刀时，**Txx**指令的选刀动作和**M6**指令的换刀动作可分开使用。



换刀机械手的换刀过程

编程格式基本同于XH713加工中心机床，只是自动换刀的程序代码可直接用TxxM6指令格式，且Txx指令与M6指令可分开使用。

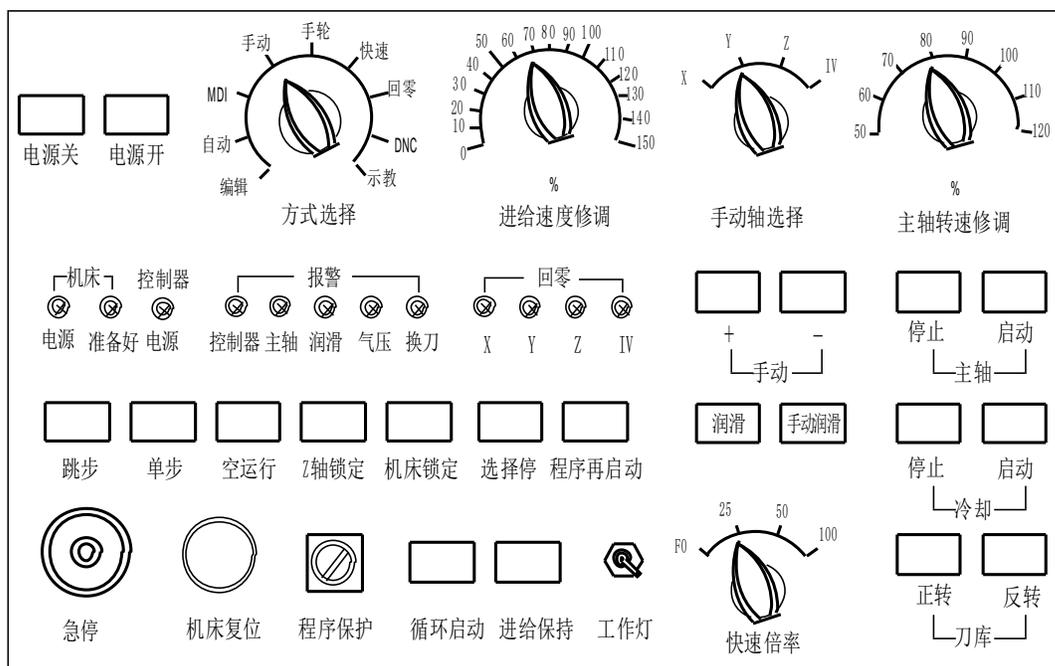
四、实训仪器及设备

- | | | |
|-----|----------------|-----|
| <1> | 台湾丽伟V-60立式加工中心 | 1台 |
| <2> | 120x100x20金属板料 | 1 块 |
| <3> | 基本装夹工具、刀具 | 1套 |

五、实训内容及步骤

- <1>回参考点操作
- <2>手动位置调整操作
- <3>MDI操作
- <4>自动换刀操作
- <5>钻镗固定循环程序调试与运行

FANUC-18M数控系统采用图形操作面板，如图所示



手动操作面板

(1) MODE SELECT (方式选择开关): 选择操作方式的开关, 有以下几种方式。

- ① 编辑 (EDIT) 编辑方式
- ② 自动 (MEM或AUTO) 存储运转方式 (或称自动加工)
- ③ MDI MDI手动数据输入方式
- ④ 手动 (JOG) 手动连续进给方式
- ⑤ 手轮 手动连续进给方式
- ⑥ 快速 快速进给方式
- ⑦ 回零 (REF或ZRN) 手动返回参考点方式
- ⑧ DNC 联机通信、计算机直接加工控制方式
- ⑨ 示教 示教方式

操作步骤:

1. 手动回参考点

手动回机床原点 (参考点): 将手动操作面板上的操作方式 (MODE) 开关置“REF.RETURN (回零)”档, 先将手动轴选择为Z轴, 再按下“+”移动方向键, 则Z轴将向参考点方向移动, 直至回零指示灯亮。然后分别选择Y、X轴进行同样的操作。

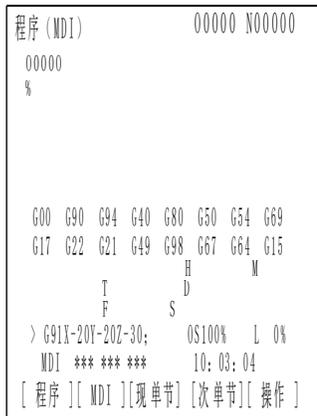
2. 工作台的手动调整

工作台拖板的手动调整是采用方向按键通过产生触发脉冲的形式或使用手轮通过产生手摇脉冲的方式来实施的。和手柄的粗调、微调一样, 其手动调整也有两种方式。

(1) 粗调: 置操作方式开关为“JOG (手动连续进给)”方式档。先选择要移动的轴, 再按轴移动方向按钮, 则刀具主轴相对于工作台向相应的方向连续移动, 移动速度受“JOG FEEDRATE” (快速倍率) 旋钮的控制, 移动距离受按压轴方向选择钮的时间的控制, 即按即动, 即松即停。采用该方式无法进行精确的尺寸调整, 当移动量大时可采用此方法。

(2) 微调: 本机床系统的微调需使用手轮来操作。将方式开关置为“手轮”方式档。再在手轮中选择移

动轴和进给增量，按“逆正顺负”方向旋动手轮手柄，则刀具主轴相对于工作台向相应的方向移动，移动距离视进给增量档值和手轮刻度而定，手轮旋转 360° ，相当于100个刻度的对应值。



MDI操作画页

3. MDI程序运行

(1) 置手动操作面板上的方式开关于MDI运行方式。

(2) 按数控面板上的“PROG”功能键。屏幕显示如图所示。当前各指令模态也可在此屏中查看出。

(3) 在输入缓冲区输入一段程序指令，并以分号（EOB）结束，然后按INSERT（插入）键，程序内容即被加到番号为O0000的程序中。本系统中MDI方式可输入执行最多6行程序指令，而且在MDI程序指令中可调用已经存储的子程序或宏程序。MDI程序在运行以前可编辑修改，但不能存储，运行完后程序内容即被清空。若用M99作结束，则可重新运行该MDI程序。

(4) 程序输入完成后，按RESET（复位）键，光标回到程序头，按“循环启动”键即可实施MDI运行方式。若光标处于某程序行行首时，按了“循环启动”键，则程序将从当前光标所在行开始执行。

4. 程序输入及调试

1). 程序的检索和整理

程序的检索是用于查询浏览当前系统存储器内都存有有哪些番号的程序，程序整理主要用于对系统内部程序的管理，如删除一些多余的程序。

(1) 将手动操作面板上的工作方式开关置编辑（EDIT）或自动挡，按数控面板上的程序（PROG）键显示程序画面。

(2) 输入地址“O”和要检索的程序号，再按 [O SRH] 软键，检索到的程序号显示在屏幕的右上角，若没有找到该程序，即产生“071”的报警。再按 [O SRH] 软键，即检索下一个程序。在自动运行方式的程序屏幕下，按“▶”软键，按“FL.SDL”软键，再按“目录（DIR）”软键，即可列出当前存储器内已存的所有程序。

(3) 若要浏览某一番号程序（如O0001）的内容，可先键入该程序番号如“O0001”后，再按向下的光标键即可。若如此操作产生“071”番号的报警，则表示该程序番号为空，还没有被使用。

```

PROG (程序)          00012 N00100
00012:
N10 G92 X0 Y0 Z0;
N12 S1000 M03;
N14 G90 G01 X10.0 Y-5.0 F80;
N16 Z-50.0 F100;
N18 Y10.0;
N20 X-10.0;
N22 Y-10.0;
N24 X10.0;
N26 X-10.0 Y5.0 M05;
N28 M30;
%
)-
EDIT *** ** 10:08:04
[程序] [LIB] [ ] [C.A.P] [操作]
    
```

程序显示画页

(4) 由于受存贮器的容量限制，当存贮的程序量达到某一程度时，必须删除一些已经加工过而不再需要的程序，以腾出足够的空间来装入新的加工程序。否则将会在进行程序输入的中途就产生“070”番号的存贮范围不够的报警。删除某一程序的方法是：在确保某一程序如“O0002”已不再需要保留的情况下，先键入该程序番号“O0002”后，再按删除（DELETE）键即可。注意：若键入“O0010，O0020”后按“DELETE”则将删除程序号从O0010到O0020之间的程序。若键入“O-9999”后按“DELETE”则将删除已存贮的所有程序，因此应小心使用。

2). 程序输入与修改

程序输入和修改操作同样也必须在编辑档方式下进行。

(1) 用手工键入一个新程序

① 先根据程序番号检索的结果，选定某一还没有被使用的程序番号作为待输程序番号（如 O0012），键入该番号 O0012 后按插入（INSERT）键，则该程序番号就自动出现在程序显示区，各具体的程序行就可在其后输入。如图4-23所示。

② 将上述编程实例的程序顺次输入到机床数控装置中，可通过 CRT 监控显示该程序。注意每一程序段（行）间应用“；”（EOB键）分隔。

(2) 调入已有的程序

若要调入先前已存贮在存贮器内的程序进行编辑修改或运行，可先键入该程序的番号如“O0001”后再按向下的光标键，即可将该番号的程序作为当前加工程序。

(3) 从PC机、软盘或纸带中输入程序

在PC机中用通讯软件设置好传送端口及波特速率等参数，联接好通讯电缆，将欲输入的程序文件调入并作好输出准备，置机床端为“编辑”方式，按“PROG”功能键，再按下 [操作] 软键，按“▶”软键，输入欲存入的程序番号，如“O0013”，然后再按[READ]和[EXEC]软键，程序即被读入至存贮器内，同时在 CRT 上显示出来。如果不指定程序号，就会使用PC机、软盘或纸带中原有的程序番号；如果机床存贮器已有对应番号的程序，将出现“073”的报警。

(4) 程序的编辑与修改

① 采用手工输入和修改程序时，所键入的地址数字等字符都是首先存放在键盘缓冲区内，此时若要修改可用退格键“CAN”来进行擦除重输，当一行程序数据输入无误后，可按“INSERT”或“ALTER”键以插入或改写的方式从缓冲区送到程序显示区（同时自动存贮），这时就不能再用“CAN”键来改动了。

② 若要修改程序局部，可移光标至要修改处，再输入程序字，按“改写（ALTER）”键则将光标处的内容改为新输入的内容；按“插入（INSERT）”键则将新内容插入至光标所在程序字的后面；若要删除某一程序字，则可移光标至该程序字上再按“删除（DELET）”键。本系统中程序的修改不能细致到某一个字符上，而是以某一个地址后跟一些数字（简称程序字）作为程序更改的最小单位。

③ 若要删除某一程序行，可移光标至该程序行的开始处，再按“；”+“DELET”，若按“Nxxxx”+“DELET”

则将删除多个程序行。

3). 程序的空运行调试

空运行操作方法：将光标移至主程序开始处，或在编辑档方式下按复位（RESET）键使光标复位到程序头部，再置“MODE SELECT（工作方式）”为“自动（MEM或AUTO）”档，按下手动操作面板上的“DRY RUN（空运行）”开关至灯亮后，再按“CYCLE START（循环启动）”按钮，机床即开始以快进速度执行程序，由数控装置进行运算后送到伺服机构驱动机械工作台实施移动。空运行时将无视程序中的进给速度而以快进的速度移动，并可通过“快速倍率”旋钮来调整。有图形监控功能时，若需要观察图形轨迹，可按数控操作面板上的“GRAPH”功能键切换到图形显示画页。

六、注意事项：

- (1) 回参考点时应先走Z轴，待提升到一定高度后再走向X、Y轴，以免碰撞刀、夹具；
- (2) 启动系统后，必须用MDI执行M19实施主轴准停操作，尔后才可以进行换刀操作。
- (3) 手动或自动移动过程中若出现超程报警，必须转换到“手动”方式，然后按反方向轴移动按钮，退出超程位置，再按“RESET”复位键解除报警。

七、实训报告要求：

- (1) 加工中心是什么？斗笠式刀库自动换刀分为几个动作步骤？
- (2) FANUC-0i系统和HNC-21M系统在编程上有何异同？
- (3) FANUC数控系统中如何输入程序？程序管理有何特点？
- (4) XH713A自动换刀采用什么样的程序格式？O9000子程序大致包含哪些动作指令？

思考题：

1. 加工中心的选刀、换刀有哪些形式？顺序选刀和任选选刀是怎么一回事？
2. 开机后没有进行过自动换刀操作，但用手动进行过刀库转位导致刀号混位，该怎么办？

《数控加工与编程》实训报告

实训项目_____

班级_____ 学号_____ 姓名_____ 成绩_____
周次_____ 实训时段_____/_____/_____ 机床型号_____ 同组者_____

一、实训目的与要求

二、实训设备

三、实训内容简述

四、实训报告内容

1、加工中心是什么？XH713A是如何实现自动换刀的？

2、FANUC-0i系统和HNC-21M系统在编程上的异同。

3、FANUC数控系统中如何输入程序？程序管理有何特点？

数控线切割机床的操作使用

一、实训目的与要求：

1. 了解数控电加工的过程。
2. 熟悉FANUC-6系统程序的输入，编辑修改及调试方法。
3. 初步了解机床数控面板各操作键的功能。
4. 掌握机床自动对刀找正等定位调试方法。

二、实训仪器与设备：

1. DK 7625 型数控线切割机床
2. 穿孔机及程序纸带
3. 零件样板及装夹工具

三、实训内容与步骤：

（一）用手工键盘输入程序

1. 将手动操作面板上的操作方式开关置编辑（EDIT）挡，按数控面板上的程序键显示程序画面
2. 先选某一程序番号作为待输程序用，如 O0002，为确保不出错，可先键入 O0002 后，按删除（DELETE）键，以清除旧有程序，然后再键入 O0002 后按插入（INSERT）键。
3. 将以前自动编程时产生的普通零件图形的 G91 格式程序顺次输入到机床数控装置，在 CRT 上即显示该程序。注意每一程序段间应用“；”分隔。
4. 检查修改程序，可用编辑键和光标键进行。

（二）工艺准备程序指令的添加

置操作方式开关为编辑档，在主程序番号后插入“G92 X0 Y0；”，用于建立工件坐标系；在第一个程序段尾插入“F100”，在引入段 G01 前加载刀补指令“G41 或G42”，在引出段 G01 后插入卸载刀补指令“G40”，对未添加引入、引出线的程序则应添加引入、引出程序段，等等。

（三）空运行、绘图

将光标移至主程序开始处，或在编辑档方式下按复位（RESET）键，置操作方式开关为存贮运转档，按下手动操作面板的空运行开关至灯亮后，按循环启动按钮，机床即开始执行程序，由数控装置进行运算后送到伺服机构驱动机械工作台实施移动。在绘图机械手臂处装上纸笔即可同时绘出图形。空运行的速度可通过连续进给速度修调旋钮来调整。

（四）复选功能键的操作使用

1. 调出上次输入的程序（如键入O0002后按“下光标键”）或手工输入一简单程序
2. 在某程序段前加上“/”后进行空运行操作，再按下跳跃程序按钮至灯亮后，进行空运行操作，比较执行结果。
3. 在某程序段中插入“M01”后空运行，按下程序暂停按钮至灯亮后，再进行空运行操作，比较执行过程的异同。
4. 修改程序尾部的 M02 为“M30”，或 M30 为“M02”，分别进行空运行操作，比较执行结果。
5. 按单段停止按钮至灯亮后进行空运行操作，观察其执行情况。
6. 按机械锁住按钮至灯亮后执行空运行操作，察看坐标变化情况和机械动作情况。

（五）回零、对刀找正操作

1. 置方式操作开关至手动回机床原点档，分别按住 +X，+Y，+U，+V 不放，直至 X，Y，U，V

回零指示灯亮，察看机床原点的位置及坐标关系。然后置方式操作开关至手动连续进给档，进行“回起始点”操作。

2. 装夹好工件样板，穿好丝，加上张力，置方式开关至找端面档，选好欲定位的两基准面，分别按向其靠近的相应轴移动键，以粗、精找方式找到 X、Y 的端面，即工件某一转角处的坐标。则以后便可以该基准点作任意坐标的相对运动。

3. 先粗略地移动工作台到某一圆孔内（穿丝孔），再穿好丝，加上张力，置方式操作开关至找中心档，按任一 X、Y 轴移动钮，即可自动进行找孔中心操作。拨方式操作开关至存贮运转档，按数控面板上的现位功能键并翻页至三倍文字的工件坐标显示画面，然后分别按 X 键至闪烁，再按原点按钮，同样对 Y、U、V 轴进行清零操作，这样若在程序开始处有“G92 X0 Y0;”程序段的话，通过一次空运行操作后该孔中心便自动存贮记忆为加工起始点。

注：以上操作中，若出现报警信息，都可通过按复位键来清除。

（六）调试加工

1. 用压板螺钉装固好工件毛坯，若由于毛坯形或加工范围等的需要，可架搭桥板后进行装夹。
2. 挂好电极丝，进行走丝，加载张力，供水等调试操作，检查确保各部件的运转灵活可靠。
3. 进行回机床原点操作，确保准确的相对位置，然后选定一基准点，进行对刀定位操作，并确立一合适的加工起点，调入存贮好的普通零件图形的加工程序，放低上丝架至合适的位置，松开电极丝，进行空运行操作，检查确保运行区间内无任何干涉现象。再挂好电极丝。
4. 置操作方式开关为存贮运转档，按参数手册上建议的值设定机械操作面板上的各参数。（如 脉宽：5，间隔：5，张力：19，丝速：7，短路电压：21，电压：1；电流：粗：8，细：4 等）
5. 加载张力，走丝开，供水，然后按下电源开按钮，在电极丝和工件之间加上电压，（不可触摸电极丝，以免触电！）再按循环启动按钮，便可开始放电加工。
6. 开始时可通过调整进给速度修调旋钮以较快的速度接近工件，快靠上时则应减慢速度，以防断丝，待切入工件 2—3 mm 至水柱基本渗入缝隙内裹住丝后，方可逐渐提高进给速度至加工效率满足要求。同时还应结合调整电容、电流等参数。
7. 加工中若出现短路回退不可自动解除，则机床将自动切断加工电源，并显示后退控制报警，此时不可按复位按钮，否则加工将无法继续，可一边手工帮助解除短路，一边加电运行直至正常。
8. 加工中若出现断丝现象，亦会自动切断加工电源，待结好丝则又可继续加工。若在断丝处无法进行穿丝操作，可先回加工起点，待穿好丝并加电后，按下空行再开按钮，则机床将自动按原路线以较快的速度移至断丝点，到达后再按循环启动即可继续加工。
9. 可在意外断电的情况下试用锁住再开按钮的功能。

四、实训报告要求：

1. 简要说明用纸带输入程序至机床数控装置的操作步骤。
2. 本次实验中，在什么情况下用到过哪些操作键？
3. 说说线切割机床的对刀是怎么一回事？
4. 说说电加工中相对短路和绝对短路的概念，本机床处理短路有哪些措施？

《数控加工与编程》实训报告

实训项目_____

班级_____ 学号_____ 姓名_____ 成绩_____
周次_____ 实训时段_____/_____/_____ 机床型号_____ 同组者_____

一、实训目的与要求

二、实训设备

三、实训内容简述

四、实训报告内容