

湖南九嶷职业技术学院
湖南潇湘技师学院

教
案
本

授课教师： 高星

授课课程： 数铣编程与操作

授课班级： 16 级大专数控班

二〇一七——二〇一八 学年 第 一 学期

目录

课程章节 及 主 题	理论 1	授 课 教 师 高星 签字
	数控编程概术	教研室主任 高星 签字

教学目标： 1、 了解数控技术的基本知识；
2、 掌握数控机床的分类；
3、 了解制造自动化技术的发展；

教学重点： 1、 了解数控技术的基本知识；
2、 数控机床的分类；

教学难点： 1、 数控技术的基本知识；

解决方法： 通过讲述、举例、演示法来说明；

教 材 和 参 考 书	《数控机床编程与操作（数控铣床加工中心分册）》沈建峰
	《加工中心编程与操作》刘加孝主编
授课班次 授课日期	16 级大专数控班
	2017 年 9 月 5 日 4-5 节

教学后记：

教 案 纸

理论 1 数控编程概术

I 组织教学

- 1、集中学生注意力；
- 2、清查学生人数；
- 3、维持课堂纪律；

II 复习导入及主要内容

- 1、自我介绍
- 2、企业需要什么样的数控人才：
A：人品好：有道德、有理想、乐于助人。
B：精神面貌好：胆大心细，勇于思考、能吃苦，不怕累、不怕脏。
C：能干事，有水平、速度快。
D：积极上进，乐于创新
- 3、学习目标及要求：
A：会操作数控机床。快，准、细心。
B：能进行简单零件的工艺处理。会、经验积累。
C：能进行简单零件的编程。思路清晰、编程细心、改错准快。

跟着老师、多练习 (作业)、准备充分、多想多问多看。

III 教学内容及过程

一、 制造自动化技术的发展

1、人工控制——手动操作

2、刚性自动化——在 20 世纪 40 50 年代已相当成熟。应用传统的机械设计与制造工艺方法，采用专用机床和组合机床、自动单机或自动化生产线进行大批量生产。其特征是高生产率和刚性结构，很难实现生产产品的改变。引入的新技术包括继电器程序控制、组合机床等。

● 说明介绍

教 案 纸

● 互动提问

3、数控加工——包括数控(NC)和计算机数控(CNC)。特点是柔性好、加工质量高,适应于多品种、中小批量(包括单件产品)的生产。引入的新技术包括数控技术、计算机编程技术等。

4、柔性制造——其特征强调制造过程的柔性和高效率,适应于多品种、中小批量的生产。涉及的技术包括成组技术(GT)、计算机直接数控和分布式数控(DNC)、柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)、柔性加工线(FML)、离散系统理论和方法、仿真技术、车间计划与控制、制造过程监控技术、计算机控制与通信网络等。

5、计算机集成制造系统(CIMS)——其特征是强调全过程的系统性和集成性,以解决现代企业生存与竞争的TQCS(Time—提供产品的时间,Quality—产品的质量, Cost—产品的成本, Service—产品的服务)问题。CIMS涉及的学科非常广泛,包括现代制造技术、管理技术、计算机技术、信息技术、自动化技术和系统工程等。

6、新的制造自动化模式——如智能制造、敏捷制造、虚拟制造、网络制造、全球制造、绿色制造等。

二、 数控技术的基本概念

1、数控技术

数控(Numerical Control)技术是用数字化的信息对某一对象进行控制的技术。控制对象可以是位移、角度、速度等机械量,也可以是温度、压力流量、颜色等物理量,这些量的大小不仅是可测量的,而且可以经A/D或D/A转换,用数字信号来表示。数控技术是近代发展起来的一种自动控制技术,是机械加工现代化的重要基础与关键技术。

2、数控加工

数控加工是指采用数字信息对零件加工过程进行定义,并控制机床进行自动运行的一种自动化加工方法。

数控加工是20世纪40年代后期为适应加工复杂外形零件而发展起来的一种自动化技术。1947年,美国帕

教 案 纸

森斯（Parsons）公司为了精确地制作直升机机翼、浆叶和飞机框架，提出了用数字信息来控制机床自动加工外复杂零件的设想。1949 年美国空军为了能在短时间内制造出经常变更设计的火箭零件，与帕森斯公司和麻省理工学院（MIT）伺服机构研究所合作，于 1952 年研制成功世界上第一台数控机床——三坐标立式铣床，可控制铣刀进行连续空间曲面的加工，揭开了，数控加工技术的序幕。

3、数控机床

数控机床就是采用了数控技术的机床。数控机床将零件加工过程所需的各种操作和步骤以及刀具与工件之间的相对位移量都用数字化的代码来表示，由编程人员编制成规定的加工程序，通过输入介质（磁盘等）送入计算机控制系统，由计算机对输入的信息进行处理与运算，发出各种指令来控制机床的运动，使机床自动地加工出所需要的零件。

特点有：高精度、高柔性、高效率、减轻工人的劳动强度，改善了劳动条件，有良好的经济效益，有利于生产的管理和现代化。

4、数控编程

数控编程（NC Programming）就是生成用数控机床进行零件加工数控程序的过程。数控程序是由一系列程序段组成，把零件的加工过程、切削用量、位移数据以及各种辅助操作，按机床的操作和运动顺序，用机床规定的指令及程序格式排列而成的一个有序指令集。如 N10 G00 X200.0 Y-39.0 M03 。

三、 数控机床的组成与工作过程

1、数控机床的组成

A、输入输出设备

实现编制程序、输入程序、输入数据以及显示、存储和打印等功能。（如键盘、CRT 显示器等）

B、数控系统

教 案 纸

是数控机床的“大脑”和“核心”，通常由一台通用或专用计算机构成。它的功能是接受输入装置输入的加工信息，经过数控系统中的系统软件或逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理后，发出相应的各种信号和指令给伺服系统，通过伺服系统控制机床的各个运用部件按规定要求动作。

C、伺服系统

伺服系统接收来自数控系统的指令信息，严格按指令信息的要求驱动机床的运动部件动作，以加工出符合要求的零件。伺服系统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。

D、机床本体

机床本体是数控机床的主体，包括：床身、立柱等去支承部件；主轴等运动部件；工件台、刀架以及运动执行部件、传动部件；此外还有冷却、润滑、转位和夹紧等辅助装置。

2、数控机床的工作过程

A、准备阶段

根据加工零件的图纸，确定有关加工数据（刀具轨迹坐标点、加工的切削用量、刀具尺寸信息等）根据工艺方案、夹具选用、刀具类型选择等确定有关期货辅助信息。

B、编程阶段

C、准备信息载体

D、加工阶段

加工

四、 数控机床的种类

1、按工艺用途分类

A、金属切削类数控机床数控车床、数控铣床、数控磨床、数控镗床以及加工中心。

B、金属成型类数控机床数控折弯机、数控组合冲床、

教 案 纸

数控弯管机、数控回转头压力机等。这类机床起步晚，但目前发展很快。

C、数控特种加工机床数控线切割机床、数控电火花机床、数控火焰切割机床、数控激光切割机床等。

D、其它类型数机床数控三坐标测量机等。

2、按运动方式分类

A、点位控制数控机床刀具点到点

B、直线控制数控机床刀具平行于某一坐标轴移动

C、轮廓控制数控机床刀具沿两个或两个以上的坐标轴同时移动。

3、按控制方式分类

A、开环控制系统

B、半闭环控制系统

C、闭环数控系统

4、按数控系统功能水平分类

数控机床按数控系统的功能水平可分为低、中、高三档。不同时期其划分标准也不同：

分辨率和进给速度

伺服进给类型

联运轴数

通信能力

显示功能

内装 PLC

主 CPU

高速、高效、高精度、高可靠性

模块化、智能化、柔性化和集成化

教 案 纸

五、 数控机床的坐标系

IV 课堂小结

- 1、 制造自动化的发展；
- 2、 数控技术的基本概念；
- 3、 数控机床的组成与工作过程；
- 4、 数控机床的种类；
- 5、 数控机床的坐标系。

V 布置作业

- 1、 简述数控机床的组成部分？
- 2、 简述数控机床的分类？
- 3、 数控机床有哪些特点？

课程章节 及 主 题	理论 2	授 课 教 师 <u>高星</u> 签字
	程序的基本结构	教研室主任 <u>高星</u> 签字

教学目标： 1、 掌握数控程序的组成与结构。；
2、 掌握数控编程的方法；
3、 掌握编写数控程序的基本思路；
4、 了解数控常见指令；

教学重点： 1、 数控程序的组成与结构；
2、 编写数控程序的基本思路；

教学难点： 1、 数控程序的组成与结构；

解决方法： 通过讲述、举例、演示法来说明；

教 材 和 参 考 书	《数控机床编程与操作（数控铣床加工中心分册）》沈建峰
	《加工中心编程与操作》刘加孝主编
授课班次 授课日期	16 级大专数控班
	2017 年 9 月 11 日晚上补课

教学后记：

教 案 纸

理论 2 程序的基本结构

I 组织教学

- 1、集中学生注意力；
- 2、清查学生人数；
- 3、维持课堂纪律；

II 复习导入及主要内容

- 1、制造自动化的发展；
- 2、数控技术的基本概念；
- 3、数控机床的组成与工作过程；
- 4、数控机床的种类；
- 5、数控机床的坐标系。

III 教学内容及过程

一、 数控编程的坐标系及假设

- 1、数控机床的标准坐标系；
 - A、右手笛卡尔直角坐标系；
 - B、数控机床坐标系的判定方法；
 - C、工件静止刀具移动的假设。
- 2、机床坐标系/机械坐标系；
- 3、工件坐标系；
- 4、零点偏移；
- 5、局部坐标系；
- 6、极坐标系；

教 案 纸

二、 数控程序的结构

- 1、 程序展示;
- 2、 程序结构;
- 3、 程序;
- 4、 程序段;
- 5、 地址;
- 6、 程序段结束符。

三、 数控程序的指令

- 1、 准备功能;
- 2、 辅助功能;
- 3、 其他;
- 4、 模态指令/非模态指令;
- 5、 指令分组。

四、 数控编程的方式

- 1、 手工编程利用一般的计算工具, 通过各种数学方法, 人工进行刀具轨迹的运算, 并进行指令编制。该方式比较简单, 容易掌握。适用于中等复杂程度、计算量不大的零件编程, 对机床操作人员来讲必须掌握的。

手工编程的步骤:

A、图样分析包括对零件轮廓形状、有关标注(尺寸公差、形状和位置公差及表面质量要求等)及材料和热处理等项要求进行分析。

B、辅助准备包括确定机床和夹具、机床坐标系、编程坐标系、对刀方法、对刀点位置及机械间隙值等。

C、工艺处理其内容包括加工余量与分配、刀具的运动方向与加工路线、切削用量及确定程序编制的允许误差等方面。

教 案 纸

D、数学处理包括尺寸分析与作图、选择处理方法、数值计算及对拟合误差的分析和计算等。

E、填写加工程序单按照数控系统规定的程序格式和要求，填写零件的加工程序单及加工条件等内容。

F、制备控制介质数控机床在自动输入加工程序时，必须输入用的控制介质。如穿孔带、磁带或软盘等。

H、程序校验包括对程序单的填写、控制介质的制备、刀具运动轨迹及等项内容所进行的单项或综合校验工作。

手工编程在目前仍是广泛采用的编程方式，即使在自动编程高速发展的将来，手工编程的重要地位也不可取代。

2、 自动编程

利用计算机（含外围设备）和相应的前置、后置处理程序对零件源程序进行处理，以得到加工程序单各数控带的一种编程方式。

对于曲线轮廓、三维曲面等复杂型面。一般采用自动编程。

在工作站或个人 PC 上利用 CAD/CAM 系统进行零件的设计、分析及加工编程。它适用于各类柔性制造系统（FMS）和计算机集成制造系统（CIMS）。

五、 编写程序的基本思路

程序初始化（安全保护）——辅助准备（换刀，主轴启动，切削液开）——定位到起刀点——快速下刀——工进下刀——走加工轮廓——提刀——快速提刀到安全平面——程序结束（换刀，主轴停止，切削液关，程序返回等）

IV 课堂小结

- 1、 数控编程的坐标系及假设；
- 2、 数控程序的结构；

教 案 纸

- 3、 数控程序的指令；
- 4、 数控编程的方式；
- 5、 编写程序的基本思路。

V 布置作业

- 1、 写出数控程序的基本结构。
- 2、 数控编程的方式有哪些？

课程章节 及 主 题	理论 3	授 课 教 师 高星 签字
	基本指令及写程序思路	教研室主任 高星 签字

教学目标： 1、 掌握手工编程的流程；
2、 掌握基本指令；
3、 编写矩形凸台的程序；
4、 掌握编程基本思路。

教学重点： 1、 掌握 G90、G91、G0、G1 指令；
2、 编写数控程序的基本思路；

教学难点： 1、 掌握 G90、G91、G0、G1 指令；

解决方法： 通过讲述、举例、演示法来说明；

教 材 和 参 考 书	《数控机床编程与操作（数控铣床加工中心分册）》沈建峰
	《加工中心编程与操作》刘加孝主编
授课班次 授课日期	16 级大专数控班
	2017 年 9 月 12 日 4-5 节

教学后记：

教 案 纸

理论 3 基本指令及写程序思路

I 组织教学

- 1、集中学生注意力;
- 2、清查学生人数;
- 3、维持课堂纪律;

II 复习导入及主要内容

- 1、数控编程的坐标系及假设;
- 2、数控程序的结构;
- 3、数控程序的指令;
- 4、数控编程的方式;
- 5、编写程序的基本思路。

III 教学内容及过程

一、案例分析

在数控铣床或加工中心上加工如图1所示的零件，试完成程序的编写，已知毛坯为 $\Phi 110 \times 30$ 。

- 1、图样分析;
- 2、确定加工内容;
- 3、确定装夹及工件坐标系;
- 4、确定刀具及切削用量;
- 5、确定工序及走刀路线;
- 6、计算点坐标;
- 7、编写程序单。

教 案 纸

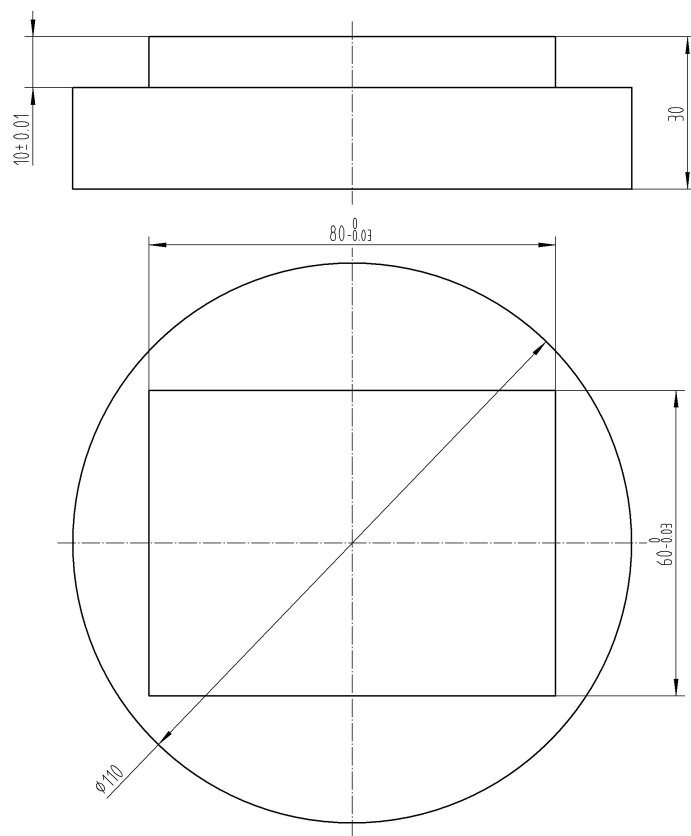


图 1:

教 案 纸

二、 程序名

1、Fanuc 的程序号与 Siemens 的程序名

Fanuc 中用程序号区分各程序，程序号由位址 O 跟 4 位数字构成；是号，也就是说 O0001 号与 O1 号，表示同一个程序。

注意：1-7999 为用户区域

8000-8999 为加锁用户区域

9000-9999 为厂方提供（扩展功能如 O9001 为换刀程序，也是加锁的）

所以用户最好别用 8000-9999 这些号码

2、Siemens 中用程序名来区分各程序，确定程序名的规则是：

A、开始的两个符号必须是字母

B、其后的符号可以是字母，数字或下划线

C、最多为 16 个字符

D、不得使用分隔符

三、 安全注销指令

1、G54-G59 选用工件坐标系，（后面讲）。

2、G17-G19 加工平面选择：

G17: XY 平面第一轴为 X 轴

G18: YZ 平面第一轴为 Y 轴

G19: ZX 平面第一轴为 Z 轴

圆弧指令、刀具半径补偿指令、钻孔指令等使用之前有设定平面。

3、G40、G49、G80 取消半径补偿、长度补偿、钻孔循环。

4、G90、G91 绝对坐标编程增量坐标编程

教 案 纸

G90 指令按绝对坐标方式设定输入坐标，即移动指令终点的坐标值 X、Y、Z 都是以工件坐标系坐标原点（程序零点）为基准来计算。

G91 指令按增量坐标方式设定输入坐标，即移动指令终点的坐标值 X、Y、Z 都是以始点为基准来计算，再根据终点相对于始点的方向判断正负，与坐标轴正方向一致则取正，相反取负。

一般用 G90，需要时采用 G91，用完应立即改成 G90。

四、 主轴正反转

M3 S____ 主轴正转，其中 S 设定主轴转速，单位为 r/min.

注意：本学校的机床，只有加工中心可以用 S，数控铣床是机械调速，S 无效，Siemens 上不能使用 S，不然机床会一直等主轴到达设定的转速后，才接着执行后面的程序。

五、 位移指令 G0、G1

定位（G0）

G00 指令使刀具以绝对或相对指令快速移到工件系统指定的位置。在绝对指令状态下，编程端点的坐标值。在相对指令状态下编程中刀具移动的距离。

[格式]

G00 IP____;

IP____：对于绝对指令，端点的坐标值。对于相对指令，是指刀具移动的距离。

[说明]

刀具轨迹通常不是一条直线。

G00 指令的快速移动速度是由参数 No.1420 由机床制造商来设定的。在实际执行 G00 时，刀具在单节的开始

教 案 纸

加速到预先指定的速度并在单节的结束减速。在确认到位后执行下一单节。到位的含义是指进给马达在指定的误差范围内。这个范围是由制造商在参数 No.1826 中设定的。

刀具沿直线移动。

[格式]

G01 IP___ F___ ;

IP___ : 对于绝对指令, 指端点的坐标, 相对指令是指刀具移动的距离。

F___ : 刀具进给的速度 (进给率)

[说明]

刀具以指定的进给率 F 沿直线移动到指定的位置。

进给率 F 有效直到赋予新值, 不需要在每个单节都指定。

F 码指定的进给率是沿刀具轨迹测量的。

如果不指定 F 值, 则认为进给率为零。

每个轴的进给率方向如下:

[限制]

G01 Ff ;

轴方向的进给率: $F = \sqrt{L} \times f$

轴方向的进给率: $F = \sqrt{L} \times f$

轴方向的进给率: $F = \sqrt{L} \times f$

轴方向的进给率: $F = \sqrt{L} \times f$

$L^2 = L_1^2 + L_2^2 + L_3^2 + L_4^2$

[举例]

直线插补

教 案 纸

六、 编写程序的基本思路

程序初始化 (安全保护)——辅助准备 (换刀, 主轴启动, 切削液开)——定位到起刀点——快速下刀——工进下刀——走加工轮廓——提刀——快速提刀到安全平面——程序结束 (换刀, 主轴停止, 切削液关, 程序返回等)

IV 课堂小结

- 1、 案例分析;
- 2、 指令讲解;
- 3、 编写程序;
- 4、 编写程序的基本思路。

V 布置作业

- 1、 自定尺寸, 编写加工一个矩形外形的程序?

课程章节 及 主 题	理论 4	授 课 教 师 高星 签字
	基本指令 (一)	教研室主任 高星 签字

教学目标： 1、 掌握 G1 与 G0 的区别。
2、 掌握 G2/G3 的基本应用。
3、 掌握编写数控程序的基本思路。
4、 了解数控常见指令。

教学重点： 1、 掌握 G1 与 G0 的区别；
2、 掌握 G2/G3 的基本应用；

教学难点： 1、 掌握 G2/G3 的基本应用；

解决方法： 通过讲述、举例、演示法来说明；

教 材 和 参 考 书	《数控机床编程与操作（数控铣床加工中心分册）》沈建峰
	《加工中心编程与操作》刘加孝主编
授课班次 授课日期	16 级大专数控班
	2017 年 9 月 14 日 4-5 节

教学后记：

教 案 纸

理论 4 基本指令 (一)

I 组织教学

- 1、集中学生注意力;
- 2、清查学生人数;
- 3、维持课堂纪律;

II 复习导入及主要内容

- 1、案例分析;
- 2、指令讲解;
- 3、编写程序;
- 4、编写程序的基本思路。

G0 与 G1 的区别

- 1、指令格式不同: G1 使用前必须用 F 设定进给速度, G0 的速度与 F 无关
- 2、运动轨迹不同: G0 为快速定位, 其路径可能为直线, 也可能为折线。G1 为直线插补, 其路径为直线。
- 3、进给速度不同: G0 的速度由机床参数及快速倍率决定, 档位少。G1 的速度由 F 及进给倍率决定, 可调档位多。
- 4、功能用途不同: G0 用于加工前的定位及加工后的提刀, G1 用于车削加工

注意:

新学的同学用 G1 F2000 代替 G0 (可控与不可控)
不要三坐标编程, 定位时, 先提刀, 再定位。

教 案 纸

III 教学内容及过程

一、 案例分析

在数控铣床或加工中心上加工如图8所示的零件，试完成程序的编写, 已知毛坯为 $\Phi 110 \times 30$ 。

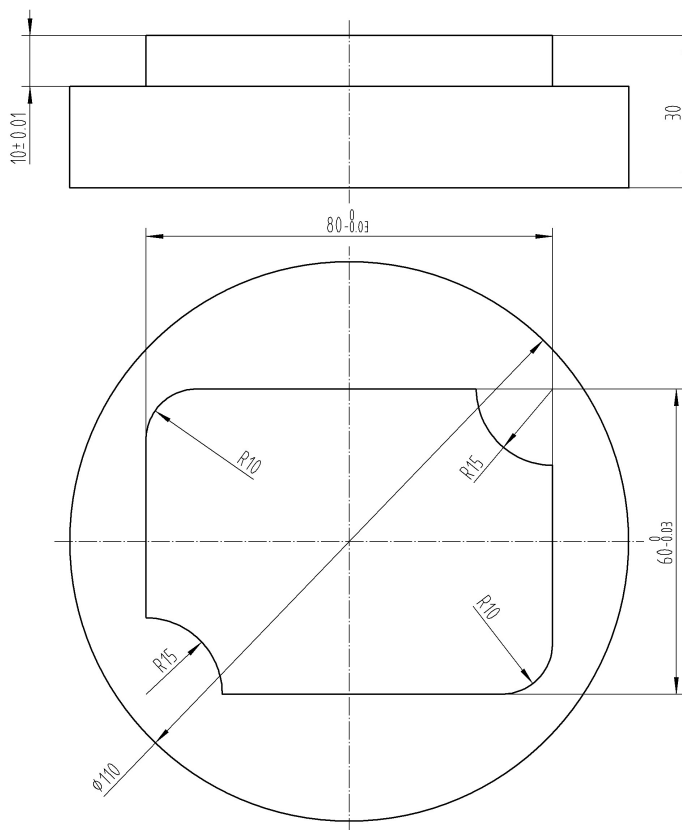


图 2:

- 1、 图样分析；
- 2、 确定加工内容；
- 3、 确定装夹及工件坐标系；
- 4、 确定刀具及切削用量；
- 5、 确定工序及走刀路线；

教 案 纸

6、 计算点坐标；

7、 编写程序单。

二、 G02/G03 指令（只讲 R 编程）

常见的圆弧标注——半径

起点——终点——半径

圆弧插补指令：

1、 [格式] XpYp 平面的圆弧 G17 G2/G3 X__ Y__ R__
F__ ZpXp 平面的圆弧 G18 G2/G3 Z X R F YpZp 平面的
圆弧 G19 G2/G3 Y Z R F 对于我们学校的一般用 G17 平
面

指令格式的说明

G17 指定圆弧在 XpYp 平面

G18 指定圆弧在 XpZp 平面

G19 指定圆弧在 YpZp 平面

G02 顺时针方向圆弧插补（CW）

G03 逆时针方向圆弧插补（CCW）

Xp__ X 轴或平行于 X 轴的指令值（由参数 No.1022
设定）

Yp__ Y 轴或平行于 Y 轴的指令值（由参数 No.1022
设定）

Zp__ Z 轴或平行于 Z 轴的指令值（由参数 No.1022
设定）

R__ 圆弧半径指定的带符号的圆弧半径

F__ 沿圆弧的进给率

2、 圆弧插补的方向

在 XpYp 平面（ZpXp 平面或 YpZp 平面）“顺时针方
向”（G02）和“逆时针方向”（G03）是从笛卡尔坐标系
的 Zp 轴（Yp 轴或 Xp 轴）去看正负方向来决定的，

3、 目标点坐标

教 案 纸

用位址 X_p , Y_p , Z_p 指定的圆弧的端点是根据 G90 还是 G91 来表达是绝对值还是相对值。

对于相对值, 终点的距离要从指定圆弧的起点来看。

4、举例:

A-B G91 G90

……(学生练习)

三、 编写程序的基本思路

程序初始化 (安全保护)——辅助准备 (换刀, 主轴启动, 切削液开)——定位到起刀点——快速下刀——工进下刀——走加工轮廓——提刀——快速提刀到安全平面——程序结束 (换刀, 主轴停止, 切削液关, 程序返回等)

IV 课堂小结

- 1、 案例分析;
- 2、 指令讲解;
- 3、 编写程序;
- 4、 编写程序的基本思路。

V 布置作业

- 1、 自定尺寸, 编写加工一个矩形外形的程序?

课程章节 及 主 题	理论 5	授 课 教 师 高星 签字
	基本指令 (二)	教研室主任 高星 签字

教学目标： 1、 掌握 G2/G3 半径-R 的使用；
2、 掌握 G2/G3 圆心编程的使用；
3、 能用 G2/G3 进行程序的编写；
4、 掌握编写数控程序的基本思路。

教学重点： 1、 G2/G3 半径-R 的使用；
2、 G2/G3 圆心编程的使用；

教学难点： 1、 G2/G3 圆心编程的使用；

解决方法： 通过讲述、举例、演示法来说明；

教 材 和 参 考 书	《数控机床编程与操作（数控铣床加工中心分册）》沈建峰
	《加工中心编程与操作》刘加孝主编
授课班次 授课日期	16 级大专数控班
	2017 年 9 月 21 日 4-5 节

教学后记：

教 案 纸

理论 5 基本指令 (二)

I 组织教学

- 1、集中学生注意力;
- 2、清查学生人数;
- 3、维持课堂纪律;

II 复习导入及主要内容

- 1、案例分析;
- 2、指令讲解 G2/G3;
- 3、编写程序;
- 4、编写程序的基本思路。

案例分析

在数控铣床或加工中心上加工如图8所示的零件, 试完成程序的编写, 已知毛坯为 $\Phi 110 \times 30$ 。

- 1、图样分析;
- 2、确定加工内容;
- 3、确定装夹及工件坐标系;
- 4、确定刀具及切削用量;
- 5、确定工序及走刀路线;
- 6、计算点坐标;
- 7、编写程序单。

教 案 纸

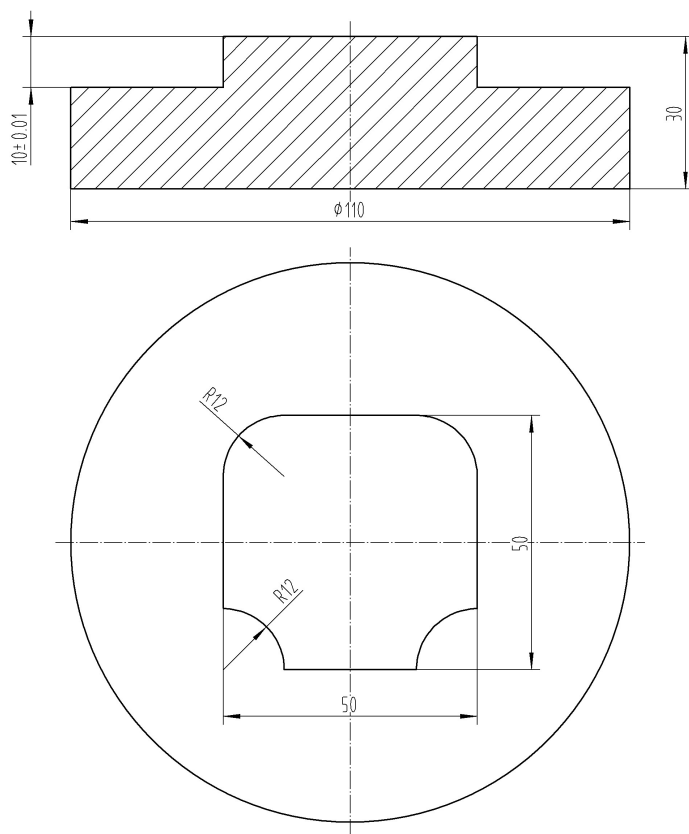


图 3:

III 教学内容及过程

一、 案例分析

在数控铣床或加工中心上加工如图8所示的零件，试完成程序的编写，已知毛坯为 $\Phi 110 \times 30$ 。

- 1、 图样分析；
- 2、 确定加工内容；
- 3、 确定装夹及工件坐标系；
- 4、 确定刀具及切削用量；
- 5、 确定工序及走刀路线；

教 案 纸

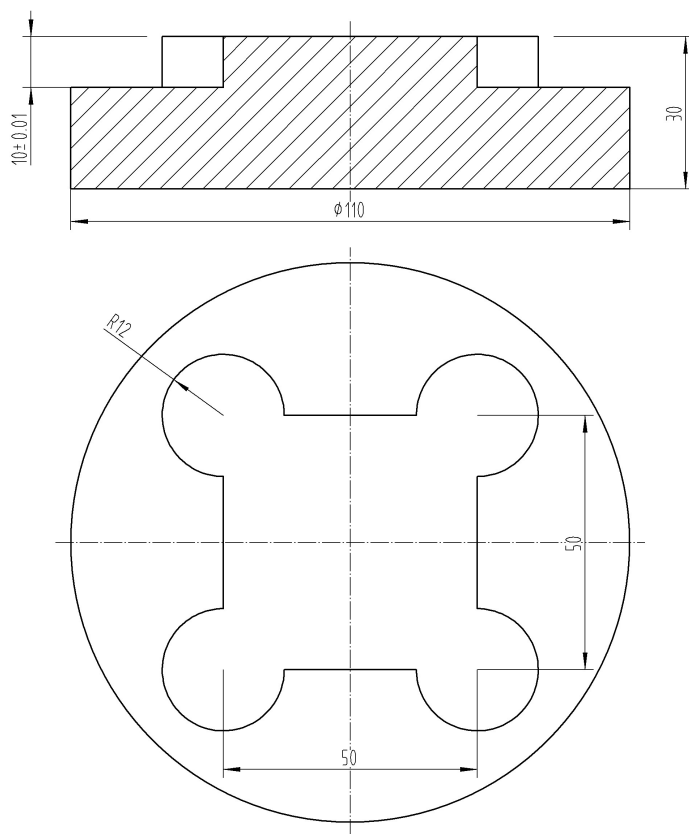


图 4:

6、 计算点坐标;

7、 编写程序单。

路径特点:

圆弧的圆心角大于 180 度,显然不能直接用前面的程序。

解决方法: 解决方法:

1、 把圆弧分成多个圆心角小于 180 度的圆弧。

2、 掌握圆心角大于 180 度圆弧指令的使用。

当圆心角大于 180 度时,用负的半径值来表示。

当圆心角小于 180 度时,用正的半径值来表示。

Siemens 上用 CR= 正负规则一样。

教 案 纸

二、 整圆编程

在数控铣床或加工中心上用整圆的路径进行面铣，面铣深度为 1mm，试完成加工成型的编写。

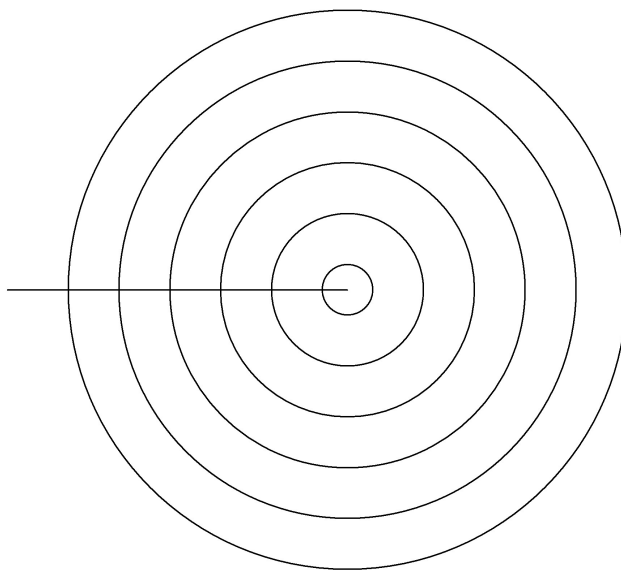


图 5:

整圆路径也可以分成多个圆弧。

一个整圆路径可以用 IJK 圆心来编程。

不能用半径来编写一个整圆。

I、J、K 表示圆心相对于起点的坐标。即：

$I = X_{\text{圆心}} - X_{\text{起点}}$

$J = Y_{\text{圆心}} - Y_{\text{起点}}$

$K = Z_{\text{圆心}} - Z_{\text{起点}}$

教 案 纸

I、J、K 与 G90/G91 无关，只与整圆的起点有关。

如：G17 G90 G2 X-50.0 Y-50.0 I50.0 J0;

参考程序：

```
1 O0001;  
2 G54G17G90;  
3 M3S500;  
4 G1Z30.0 F2000;  
5 X-65.Y0;  
6 Z5.0;  
7 Z-1.0 F200;  
8 X-55.0;  
9 G2X-55.0 Y0 I55.0;  
10 G1X-45.0;  
11 G2I45.0;  
12 G1X-35.0;  
13 G2I-35.0;  
14 G1X-25.0;  
15 G2I-25.0;  
16 G1X-15.0;  
17 G2I-15.0;  
18 G1X-5.0;  
19 G2I5.0;  
20 G1Z5.0;  
21 Z30.0 F2000;  
22 M5;  
23 M30;
```

三、 I、J、K 的应用

在数控铣床或加工中心上加工如图所示的零件，试用 I、J、K 完成程序的编写。参考程序：

```
1 O0001;  
2 G54G17G90;  
3 M3S500;  
4 G1Z30.0 F2000;  
5 X-65.0 Y0;  
6 Z5.0;  
7 Z-10.0 F2000;  
8 X-25.0;  
9 Y13.0;  
10 G2X-13.0 Y25.0 J13.0;  
11 G1X13.0;  
12 G2X25.0 Y13.0 J-13.0;  
13 ...
```

手工编程中，能用半径编程就用半径编程，一般零件

教 案 纸

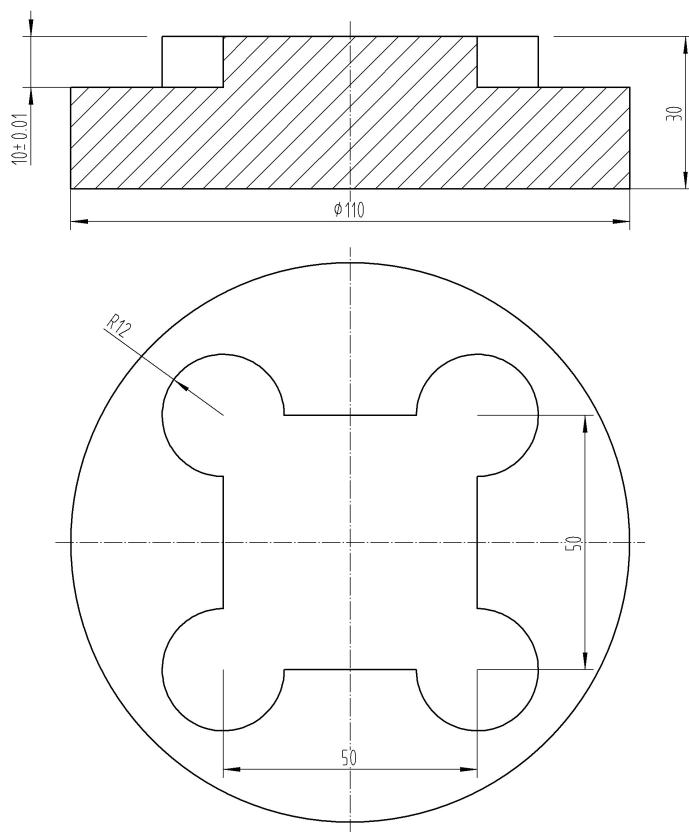


图 6:

图标的是半径，也不容易出错。

自动编程，可以输出 I、J、K 以增加程序在不同机床通用性。

四、 编写程序的基本思路

程序初始化 (安全保护)——辅助准备 (换刀, 主轴启动, 切削液开)——定位到起刀点——快速下刀——工进下刀——走加工轮廓——提刀——快速提刀到安全平面——程序结束 (换刀, 主轴停止, 切削液关, 程序返回等)

教 案 纸

IV 课堂小结

- 1、 案例分析；
- 2、 指令讲解；
- 3、 编写程序；
- 4、 编写程序的基本思路。

V 布置作业

- 1、 自定尺寸，编写加工一个矩形外形的程序？

课程章节 及 主 题	理论 6	授 课 教 师 高星 签字
	基本指令 (三)	教研室主任 高星 签字

教学目标： 1、 掌握 G2/G3 半径-R 的使用；
2、 掌握 G2/G3 圆心编程的使用；
3、 能用 G2/G3 进行程序的编写；
4、 掌握编写数控程序的基本思路。

教学重点： 1、 G2/G3 半径-R 的使用；
2、 G2/G3 圆心编程的使用；

教学难点： 1、 G2/G3 圆心编程的使用；

解决方法： 通过讲述、举例、演示法来说明；

教 材 和 参 考 书	《数控机床编程与操作（数控铣床加工中心分册）》沈建峰
	《加工中心编程与操作》刘加孝主编
授课班次 授课日期	16 级大专数控班
	2017 年 9 月 26 日 4-5 节

教学后记：

教 案 纸

理论 6 基本指令 (三)

I 组织教学

- 1、集中学生注意力;
- 2、清查学生人数;
- 3、维持课堂纪律;

II 复习导入及主要内容

- 1、案例分析;
- 2、指令讲解 G2/G3;
- 3、编写程序;
- 4、编写程序的基本思路。

案例分析

在数控铣床或加工中心上加工如图8所示的零件, 试完成程序的编写, 已知毛坯为 $\Phi 110 \times 30$ 。

- 1、图样分析;
- 2、确定加工内容;
- 3、确定装夹及工件坐标系;
- 4、确定刀具及切削用量;
- 5、确定工序及走刀路线;
- 6、计算点坐标;
- 7、编写程序单。

教 案 纸

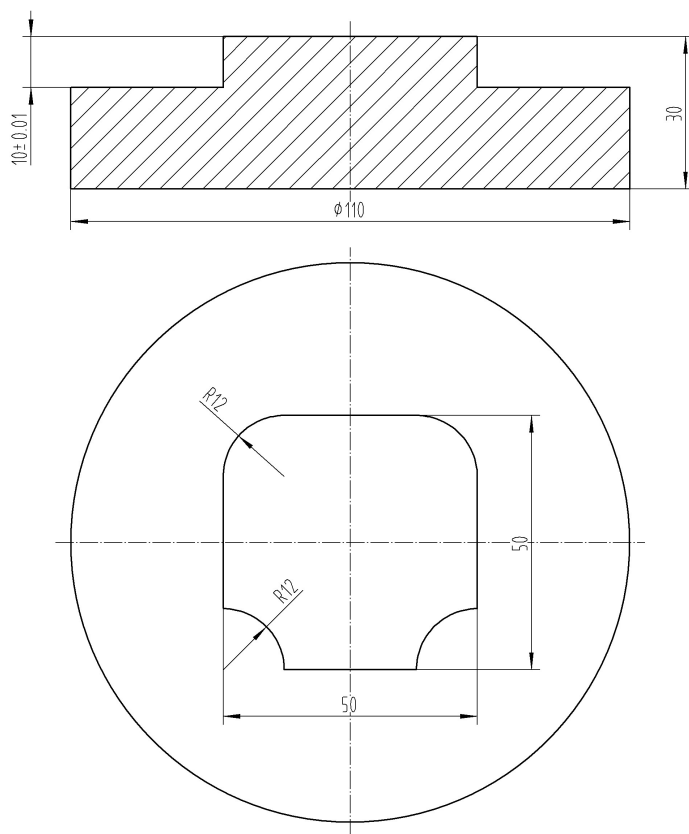


图 7:

III 教学内容及过程

一、 案例分析

在数控铣床或加工中心上加工如图8所示的零件，试完成程序的编写，已知毛坯为 $\Phi 110 \times 30$ 。

- 1、 图样分析；
- 2、 确定加工内容；
- 3、 确定装夹及工件坐标系；
- 4、 确定刀具及切削用量；
- 5、 确定工序及走刀路线；

教 案 纸

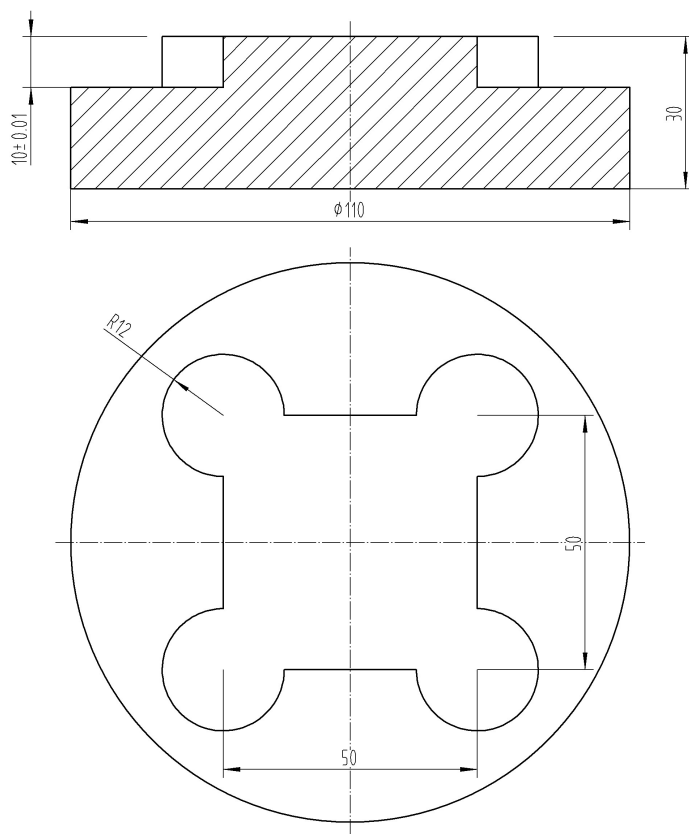


图 8:

6、 计算点坐标;

7、 编写程序单。

路径特点:

圆弧的圆心角大于 180 度,显然不能直接用前面的程序。

解决方法: 解决方法:

1、 把圆弧分成多个圆心角小于 180 度的圆弧。

2、 掌握圆心角大于 180 度圆弧指令的使用。

当圆心角大于 180 度时,用负的半径值来表示。

当圆心角小于 180 度时,用正的半径值来表示。

Siemens 上用 CR= 正负规则一样。

教 案 纸

二、 整圆编程

在数控铣床或加工中心上用整圆的路径进行面铣，面铣深度为 1mm，试完成加工成型的编写。

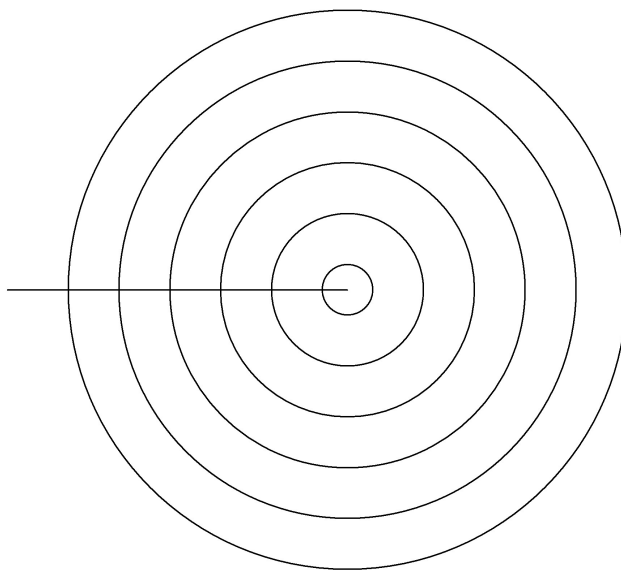


图 9:

整圆路径也可以分成多个圆弧。

一个整圆路径可以用 IJK 圆心来编程。

不能用半径来编写一个整圆。

I、J、K 表示圆心相对于起点的坐标。即：

$I = X_{\text{圆心}} - X_{\text{起点}}$

$J = Y_{\text{圆心}} - Y_{\text{起点}}$

$K = Z_{\text{圆心}} - Z_{\text{起点}}$

教 案 纸

I、J、K 与 G90/G91 无关，只与整圆的起点有关。

如：G17 G90 G2 X-50.0 Y-50.0 I50.0 J0;

参考程序：

```
1 O0001;  
2 G54G17G90;  
3 M3S500;  
4 G1Z30.0F2000;  
5 X-65.Y0;  
6 Z5.0;  
7 Z-1.0F200;  
8 X-55.0;  
9 G2X-55.0Y0I55.0;  
10 G1X-45.0;  
11 G2I45.0;  
12 G1X-35.0;  
13 G2I-35.0;  
14 G1X-25.0;  
15 G2I-25.0;  
16 G1X-15.0;  
17 G2I-15.0;  
18 G1X-5.0;  
19 G2I5.0;  
20 G1Z5.0;  
21 Z30.0F2000;  
22 M5;  
23 M30;
```

三、 I、J、K 的应用

在数控铣床或加工中心上加工如图所示的零件，试用 I、J、K 完成程序的编写。参考程序：

```
1 O0001;  
2 G54G17G90;  
3 M3S500;  
4 G1Z30.0F2000;  
5 X-65.0Y0;  
6 Z5.0;  
7 Z-10.0F2000;  
8 X-25.0;  
9 Y13.0;  
10 G2X-13.0Y25.0J13.0;  
11 G1X13.0;  
12 G2X25.0Y13.0J-13.0;  
13 ...
```

手工编程中，能用半径编程就用半径编程，一般零件

教 案 纸

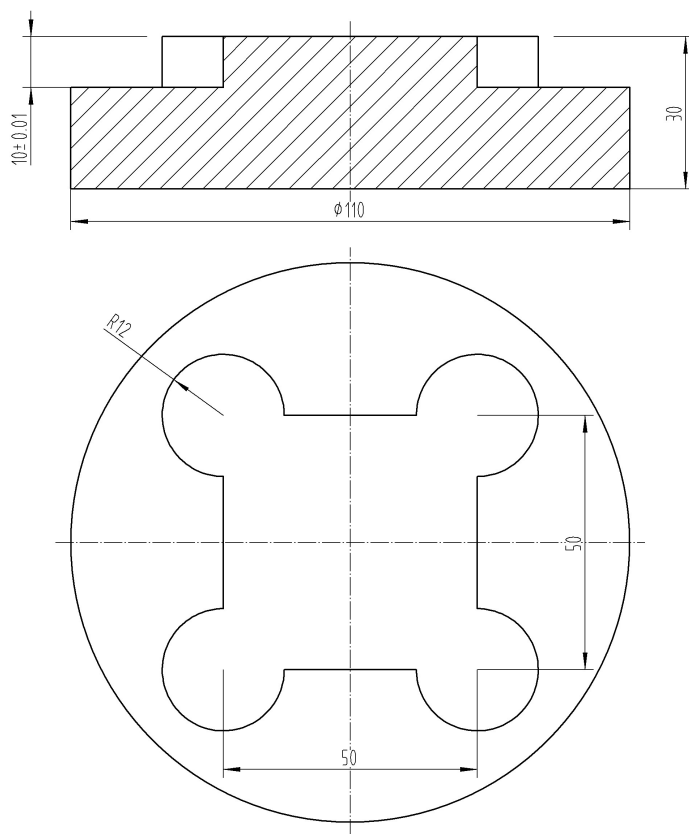


图 10:

图标的是半径，也不容易出错。

自动编程，可以输出 I、J、K 以增加程序在不同机床通用性。

四、 编写程序的基本思路

程序初始化 (安全保护)——辅助准备 (换刀, 主轴启动, 切削液开)——定位到起刀点——快速下刀——工进下刀——走加工轮廓——提刀——快速提刀到安全平面——程序结束 (换刀, 主轴停止, 切削液关, 程序返回等)

教 案 纸

IV 课堂小结

- 1、 案例分析；
- 2、 指令讲解；
- 3、 编写程序；
- 4、 编写程序的基本思路。

V 布置作业

- 1、 自定尺寸，编写加工一个矩形外形的程序？

课程章节 及 主 题	理论 7	授 课 教 师 高星 签字
	刀具半径补偿	教研室主任 高星 签字

教学目标： 1、 了解补偿的意义；
2、 掌握 G41/G42 刀具半径补偿指令的使用；
3、 会用 G41/G42 刀具半径指令编写程序；
4、 了解常用切入切出的方法。

教学重点： 1、 掌握 G41/G42 刀具半径补偿指令的使用；
2、 会用 G41/G42 刀具半径指令编写程序；

教学难点： 1、 会用 G41/G42 刀具半径指令编写程序；

解决方法： 通过讲述、举例、演示法来说明；

教 材 和 参 考 书	《数控机床编程与操作（数控铣床加工中心分册）》沈建峰
	《加工中心编程与操作》刘加孝主编
授课班次 授课日期	16 级大专数控班
	2017 年 9 月 28 日 4-5 节

教学后记：

教 案 纸

理论 7 刀具半径补偿

I 组织教学

- 1、集中学生注意力;
- 2、清查学生人数;
- 3、维持课堂纪律;

II 复习导入及主要内容

- 1、在数控铣床或加工中心上加工如图所示的零件，试完成程序的编写。（试用 I、J、K 编写，凸台高 5mm）

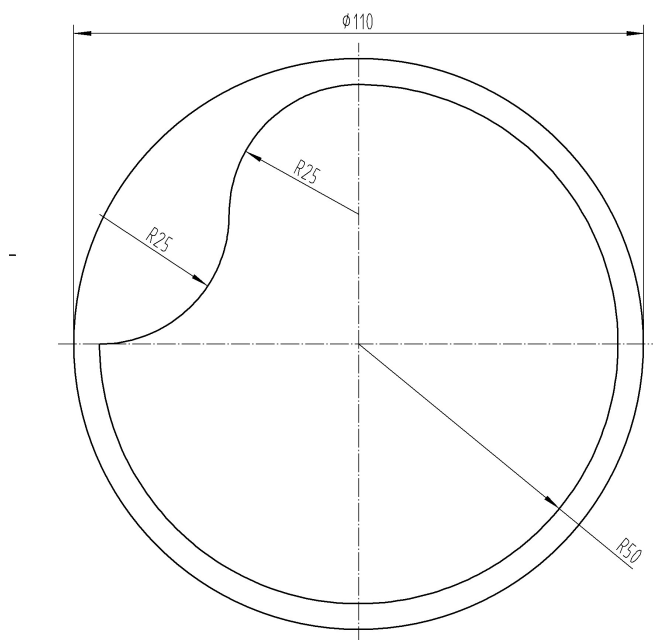


图 11: 复习题

- 2、G2/G3 指令半径编程;
- 3、G2/G3 指令圆心编程;
- 4、编写程序的基本思路。

教 案 纸

III 教学内容及过程

一、 加工尺寸的分析

由于加工刀具存在一个尺寸，故加工出来的尺寸值会每边少一个刀具半径。

解决方法：

1、更改加工刀路，使其偏移一个刀具半径（粗加工及去残料）。

2、使用刀具半径补偿指令进行编程。

例子：

```
1 O0001;
2 G54G71G40G90;
3 M3S500;
4 G1Z30.F200O;
5 X70.YO;
6 Z5.;
7 Z-5.F200;
8 X66.Y10.;
9 G3X56.Y0R10.;
10 G2X-56.I-56.;
11 G2X-50.Y6.0.I6.0;(中间的过度)
12 G3X-31.Y25.J19.;
13 G2X0Y56.I31.;
14 X56.YOJ-56.;
15 G3X66.Y-10.I10.;
16 G1Z5.0;
17 Z30.F2000;
18 M5;
19 M30;
```

(麻烦，但有时必须这么做)

二、 刀具半径补偿

由 CNC 系统内部使刀具在加工时，自动偏移一个刀具半径。简化编程的难度。

指令 G40、G41/G42

1、补偿方向的确定：

ISO 标准规定，当刀具中心轨迹在编程轨迹前进方向

教 案 纸

的左边时，称为左刀补，用 G41 表示；刀具中心轨迹在编程轨迹前进方向的右边时，称为右刀补，用 G42 表示；注销刀具半径补偿时用 G40 表示。

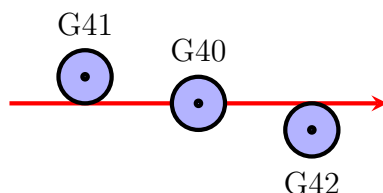


图 12: 刀补位置

2、补偿值的设定：

通过参数进行设定：

[OfFset]—[补偿]—[位置号]—[D 形状 +D 磨 shen 损]

3、指令的格式：

在开始刀补的位置，结合 G1 指令设定补偿方向及补偿值位置号，在结束的位置，用 G40 结合 G1 指令即可：

G41/G42 G1 X_ Y_ D_;

.....

G40 G1 X_ Y_;

4、补偿平面

可以在 G18 及 G19 平面上进行刀具半径补偿，（常用于球头刀）

5、补偿过程分析：

1) 刀具半径补偿建立：当输入 BS 缓冲器的程序段包含有 G41/G42 命令时，系统认为此时已进入刀补建立状态。当以下条件成立时，加工中心以移动坐标轴的形式开始补偿动作。

- 有 G41 或 G42 被指定；
- 在补偿平面内有轴的移动；
- 指定了一个补偿号或已经指定一个补偿号但不能是 D00；

教 案 纸

d. 偏置 (补偿) 平面被指定或已经被指定;

e. G00 或 G01 模式有效。

2) 补偿模式: 在刀具补偿进行期间, 刀具中心轨迹始终偏离编程轨迹一个刀具半径值的距离。此时半径补偿在 G00、G01、G02、G03 情况下均有效。

3) 取消补偿: 使用 G40 指令消去程序段偏置值, 使刀具撤离工件, 回到起始位置, 从而使刀具中心与编程轨迹重合。当以下两种情况之一发生时加工中心补偿模式被取消。

给出 G40 同时要有补偿平面内坐标轴移动。

刀具补偿号为 D00。

4) 不同平面内的半径补偿

刀具半径补偿用 G17、G18、G19 命令在被选择的工作平面内进行补偿。即当 G18 命令执行后, 刀具半径补偿仅影响 X、Z 移动, 而对 Y 轴没有作用。

三、 注意事项

1、G41/G42 必须与 G1/G0 结合使用, 不可在 G2/G3 圆弧指令下使用。

2、刀具必须在加工平面内有移动。

3、使用与取消必须成对使用。

4、加工前必须设定其补偿值。

5、切入前指定、切出后取消。

四、 编程实例

1、在数控铣床或加工中心上加工如图13所示的零件, 试完成程序的编写。

2、在数控铣床或加工中心上加工如图14所示的零件, 试完成程序的编写。

教 案 纸

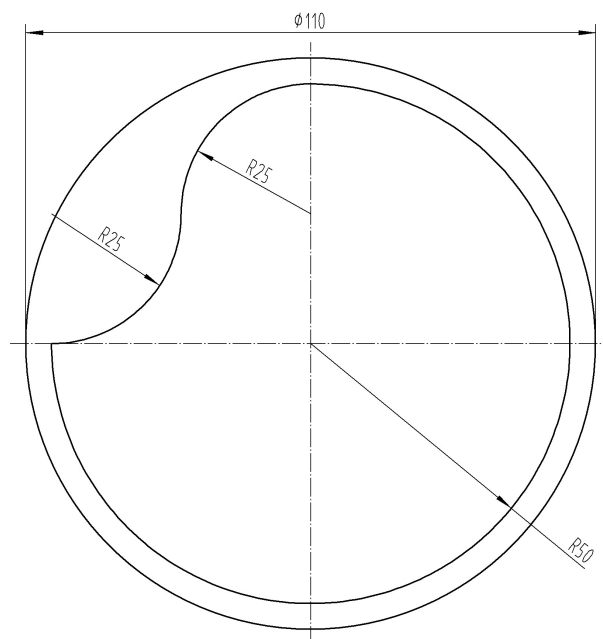


图 13: 刀补实例 1

IV 课堂小结

- 1、刀补的概念
- 2、G40、G41/G42 指令的使用；
- 3、注意事项；
- 4、刀补的编程；

V 布置作业

- 1、写出上面的程序。
- 2、习题集。

教 案 纸

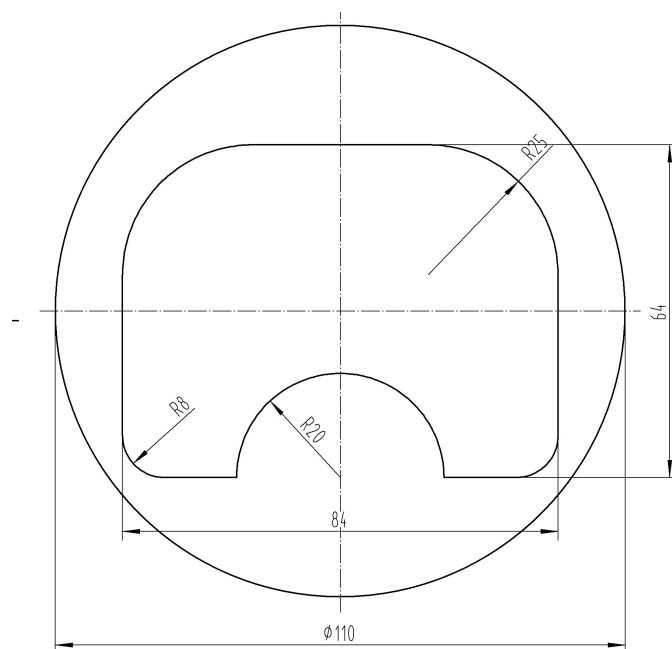


图 14: 刀补实例 2

课程章节 及 主 题	理论 8	授 课 教 师 高星 签字
	刀具半径补偿的应用 (一)	教研室主任 高星 签字

教学目标： 1、 掌握用刀补进行精加工；
2、 掌握刀补值的计算；
3、 会用 G41/G42 刀具半径指令编写程序；
4、 了解常用切入切出的方法。

教学重点： 1、 用刀补进行精加工；
2、 刀补值的计算。

教学难点： 1、 刀补值的计算。

解决方法： 通过讲述、举例、演示、分析法来说明；

教 材 和 参 考 书	《数控机床编程与操作（数控铣床加工中心分册）》沈建峰
	《加工中心编程与操作》刘加孝主编
授课班次 授课日期	16 级大专数控班
	2017 年 10 月 10 日 4-5 节

教学后记：

教 案 纸

理论 8 刀具半径补偿的应用 (一)

I 组织教学

- 1、集中学生注意力;
- 2、清查学生人数;
- 3、维持课堂纪律;

II 复习导入及主要内容

- 1、刀补的概念
- 2、G40、G41/G42 指令的使用;
- 3、注意事项;
- 4、刀补的编程;
- 5、在数控铣床或加工中心上加工如图15所示的零件,试完成程序的编写。(试用 I、J、K 编写,凸台高 5mm)

III 教学内容及过程

一、 刀具半径补偿

由 CNC 系统内部使刀具在加工时,自动偏移一个刀具半径。简化编程的难度。

指令 G40、G41/G42

1、补偿方向的确定:

ISO 标准规定,当刀具中心轨迹在编程轨迹前进方向的左边时,称为左刀补,用 G41 表示;刀具中心轨迹在编程轨迹前进方向的右边时,称为右刀补,用 G42 表示;注销刀具半径补偿时用 G40 表示。

2、补偿值的设定:

通过参数进行设定:

[OfFset]—[补偿]—[位置号]—[D 形状 +D 磨 shen 损]

教 案 纸

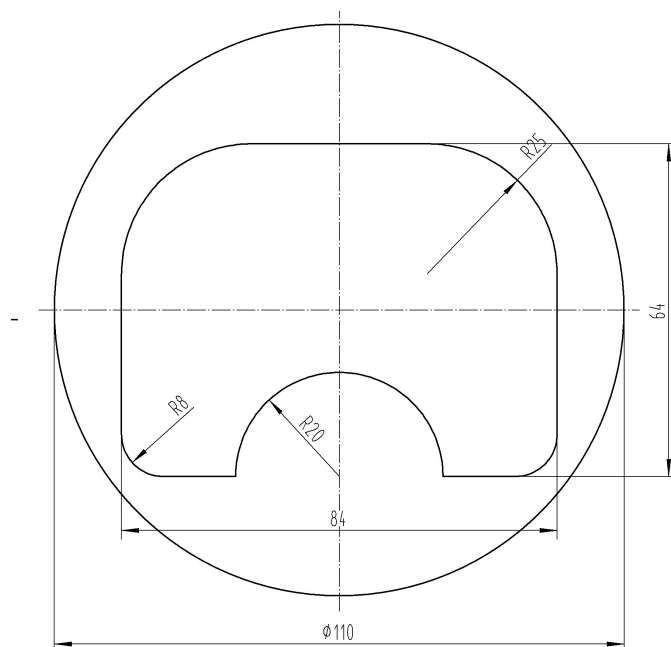


图 15: 复习实例 2

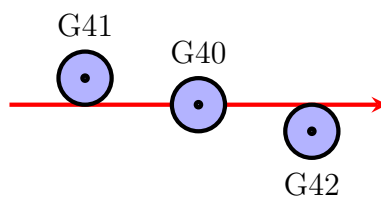


图 16: 刀补位置

3、指令的格式:

在开始刀补的位置, 结合 G1 指令设定补偿方向及补偿值位置号, 在结束的位置, 用 G40 结合 G1 指令即可:

G41/G42 G1 X_ Y_ D_;

.....

G40 G1 X_ Y_;

4、补偿平面

可以在 G18 及 G19 平面上进行刀具半径补偿, (常用于球头刀)

教 案 纸

5、补偿过程分析：

1) 刀具半径补偿建立：当输入 BS 缓冲器的程序段包含有 G41/G42 命令时，系统认为此时已进入刀补建立状态。当以下条件成立时，加工中心以移动坐标轴的形式开始补偿动作。

- a. 有 G41 或 G42 被指定；
- b. 在补偿平面内有轴的移动；
- c. 指定了一个补偿号或已经指定一个补偿号但不能是 D00；
- d. 偏置 (补偿) 平面被指定或已经被指定；
- e. G00 或 G01 模式有效。

2) 补偿模式：在刀具补偿进行期间，刀具中心轨迹始终偏离编程轨迹一个刀具半径值的距离。此时半径补偿在 G00、G01、G02、G03 情况下均有效。

3) 取消补偿：使用 G40 指令消去程序段偏置值，使刀具撤离工件，回到起始位置，从而使刀具中心与编程轨迹重合。当以下两种情况之一发生时加工中心补偿模式被取消。

给出 G40 同时要有补偿平面内坐标轴移动。

刀具补偿号为 D00。

4) 不同平面内的半径补偿

刀具半径补偿用 G17、G18、G19 命令在被选择的工作平面内进行补偿。即当 G18 命令执行后，刀具半径补偿仅影响 X、Z 移动，而对 Y 轴没有作用。

二、 注意事项

1、G41/G42 必须与 G1/G0 结合使用，不可在 G2/G3 圆弧指令下使用。

2、刀具必须在加工平面内有移动。

3、使用与取消必须成对使用。

教 案 纸

```
13 G03 X-34.641 Y-20 R40.0
14 G02 X-40 Y0 R40.0
15 G03 X-60 Y0 R20.0
16 G40 G01 X-70 Y0
17 G0 Z30
18 M05
19 M30
```

四、 刀具半径补偿值的确定

1、粗加工：

为半精/精加留余量：0.2-0.6 （单边）

$\text{Offset} = D/2 + \text{余量}$

2、半精加工：

为精加留余量：0.1-0.2 （单边）

$\text{Offset} = D/2 + \text{余量}$

3、精加工：

$\text{Offset} = \text{Offset (上次)} + \text{修正}$

修正 = (理论值-测量值) 双边/2

4、处多余材料：

Offset 值不能太大

IV 课堂小结

1、刀补的概念

2、G40、G41/G42 指令的使用；

3、注意事项；

4、刀补的编程；

5、刀补值的计算。

教 案 纸

V 布置作业

- 1、 写出上面的程序。
- 2、 习题集。

课程章节 及 主 题	理论 9	授 课 教 师 高星 签字
	刀具半径补偿的应用 (二)	教研室主任 高星 签字

教学目标： 1、 掌握用刀补去残料。
2、 掌握去材料刀补的计算；
3、 掌握多个刀补的编程；
4、 巩固粗/精加工刀补值的确定。

教学重点： 1、 用刀补去残料；
2、 去材料刀补的计算。

教学难点： 1、 去材料刀补的计算。

解决方法： 通过讲述、举例、演示法来说明；

教 材 和 参 考 书	《数控机床编程与操作（数控铣床加工中心分册）》沈建峰
	《加工中心编程与操作》刘加孝主编
授课班次 授课日期	16 级大专数控班
	2017 年 10 月 12 日 4-5 节

教学后记：

教 案 纸

理论 9 刀具半径补偿的应用 (二)

I 组织教学

- 1、集中学生注意力;
- 2、清查学生人数;
- 3、维持课堂纪律;

II 复习导入及主要内容

- 1、刀补的概念
- 2、G40、G41/G42 指令的使用;
- 3、注意事项;
- 4、刀补的编程;
- 5、刀补值的计算。

III 教学内容及过程

一、去残料刀补的计算

步骤

- 1、计算最大残料值

以实际毛坯尺寸来计算

- 2、根据刀具直径确定粗加工刀补值

刀具半径 + 单边余量 (0.2-0.6)

- 3、根据刀具直径确定加工宽度

刀具直径的 50%-80%

也可: (残料-粗加工刀补) / 次数

- 4、刀补值的计算:

去残料刀补 = 粗加工刀补 + 加工宽度 × 次数

- 5、判断残料是否去完

教 案 纸

最大刀补 + 刀具半径 > 最大残料表示已去完

6、其他：

根据最大刀补确定切入切出半径

最大刀补不能大于最小内凹圆弧半径

二、 去残料刀补的计算

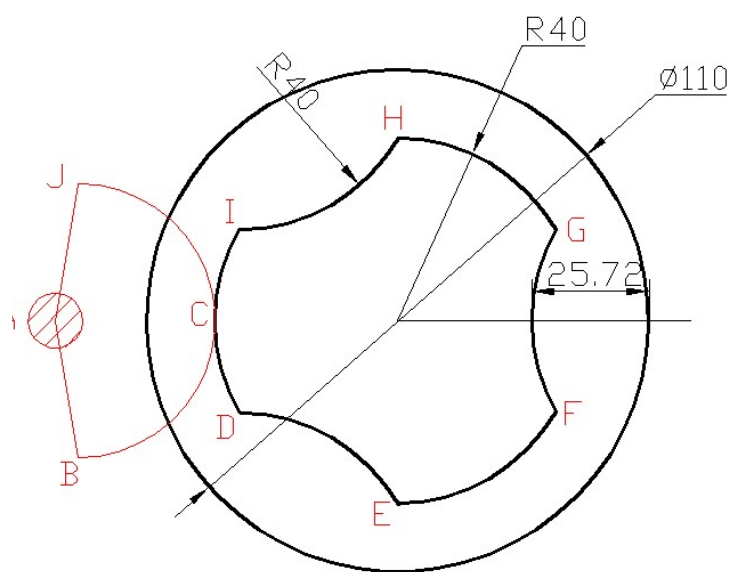


图 18: 刀补实例

1、计算最大残料值

以实际毛坯尺寸来计算 25.72

2、根据刀具直径确定粗加工刀补值

刀具半径 + 单边余量 (0.2-0.6)

直径为 12 的立铣刀 6.5

3、根据刀具直径确定加工宽度

刀具直径的 50%-80% 取 10.

也可：(残料-粗加工刀补) / 次数

教 案 纸

4、刀补值的计算：

去残料刀补 = 粗加工刀补 + 加工宽度 × 次数

D2 16.5

D1 26.5

5、判断残料是否去完

最大刀补 + 刀具半径 > 最大残料表示已去完

6、切入切出半径：

取 R30

7、参考程序：

```

1 O0001 （粗加工）
2 G54G17G40G49G90
3 M3S500
4 G1Z30.0F2000
5 X-75.0Y0
6 Z5.0
7 Z-5.0F200
8 G41X-70.Y-30.D1 （D1=26.5）
9 G3X-40.Y0R30.
10 G2X-34.64Y20.R40.
11 G3X0Y40.R40.
12 G2X34.64Y20.R40.
13 G3Y-20.R40.
14 G2X0Y-40.R40.
15 G3X-34.64Y-20.R40.
16 G2X-40.Y0R40.
17 G3X-70.Y30.R30.
18 G40G1X-75.Y0
19 G41X-70.Y-30.D1 （D2=16.5）
20 G3X-40.Y0R30.
21 G2X-34.64Y20.R40.
22 G3X0Y40.R40.
23 G2X34.64Y20.R40.
24 G3Y-20.R40.
25 G2X0Y-40.R40.
26 G3X-34.64Y-20.R40.
27 G2X-40.Y0R40.
28 G3X-70.Y30.R30.
29 G40G1X-75.Y0
30 G41X-70.Y-30.D1 （D3=6.5）
31 G3X-40.Y0R30.
32 G2X-34.64Y20.R40.
33 G3X0Y40.R40.
34 G2X34.64Y20.R40.
35 G3Y-20.R40.
36 G2X0Y-40.R40.
37 G3X-34.64Y-20.R40.

```

教 案 纸

38 G2X-40.Y0R40.
39 G3X-70.Y30.R30.
40 G40G1X-75.Y0
41 M5
42 M30

精加工程序另写

IV 课堂小结

- 1、 去残料刀补的计算；
- 2、 程序的编写

V 布置作业

- 1、 写出上面的程序。
- 2、 习题集。

课程章节 及 主 题	理论 10	授 课 教 师 <u>高星</u> 签字
	子程序概述及 Z 向分层	教研室主任 <u>高星</u> 签字

教学目标： 1、 掌握子程序的概念；
2、 掌握子程序命令的使用；
3、 掌握使用子程序进行 Z 向分层的思路；
4、 掌握掌握子程序的编程。

教学重点： 1、 Z 向分层的思路；
2、 子程序命令的使用。

教学难点： 1、 Z 向分层的思路。

解决方法： 通过讲述、举例、演示法来说明；

教 材 和 参 考 书	《数控机床编程与操作（数控铣床加工中心分册）》沈建峰
	《加工中心编程与操作》刘加孝主编
授课班次 授课日期	16 级大专数控班
	2017 年 10 月 17 日 4-5 节

教学后记：

教 案 纸

理论 10 子程序概述及 Z 向分层

I 组织教学

- 1、集中学生注意力;
- 2、清查学生人数;
- 3、维持课堂纪律;

II 复习导入及主要内容

- 1、用刀补去残料的思路。
- 2、去材料刀补的计算;
- 3、多个刀补的编程;
- 4、巩固粗/精加工刀补值的确定。

III 教学内容及过程

一、Fanuc 上子程序的格式及调用

[格式] 子程序构成

O55; 子程序名

G1 ...

.

.

.

M99; 子程序结束

子程序呼叫

M98P55L1

[说明]

当主程序呼叫子程序时，它是一重子程序呼叫。因此，子程序可以做四重呼叫，。

教 案 纸

一个单个呼叫指令可以重复呼叫子程序最多到 9999 次。

对于兼容的编程装置，在第一个单节里，Nxxxx 可以代替子程序 O（或：）跟着的数字。在 N 后面的顺序号被认为是子程序号。

[注意] 1. M98 和 M99 信号不输出到机床。2. 不到位址指定的子程序号，输出报警（No. 078）。

[举例]

M98 P51002;

这条指令指定“呼叫子程序（程序号 1002）5 次”。

子程序呼叫指令（M98P_____）可以在移动指令单节中指定。

X1000.0 M98 P1200;

这个例子在 X 轴移动之后呼叫子程序（子程序号 1200）。

从主程序呼叫子程序的执行顺序

主程序子程序

N0010 O; N0010 O;

N0020 O; N0020 O;

N0030 M98 P21010; N0030 M98 P21010;

N0040 O; N0040 O;

N0050 O; N0050 O;

子程序可以象主程序呼叫子程序一样呼叫另一个子程序。

[特殊用途]

主程序中使用 M99

如果在主程序中执行 M99，控制返回主程序开头。

举例说，/M99 放在程序中并执行 M99;

在主程序的适当位置设定选择性单节跳跃功能，在执

教 案 纸

行主程序时关掉。

当执行 M99 时，控制返回到主程序的开头，然后主程序从头开始重复执行。

当选择性单节跳跃功能设定关时，重复执行程序。当选择性单节跳跃功能设定开时，/M99 单节被跳过；控制进入下一个单节继续执行。

二、使用子程序的场合：

- 1、同一零件上有重复加工的部位
- 2、批量加工，一次加工多个相同的工件
- 3、同一个零件上有多个不同形状的加工轮廓

可使程序看起来方便，简单

不使用的场合：

自动编程不用子程序：

- 1、多程序传输不方便
- 2、自动编程子程序完成后，修改的内容多，

三、编程实例

方形：

```
1 O0001
2 G54G17G40G49G90
3 M3S500
4 G1Z30.F2000
5 X-50.Y0
6 Z5.0
7 Z0F200
8 D1M98P40002
9 G1Z30.F2000
10 M4
11 M30
12 O0002
13 G91G1Z-5.0
14 G90G41X-40.Y0
15 G3X-30.Y0R10.
16 G1Y30.
17 ...
18 M99
```

教 案 纸

IV 课堂小结

- 1、 加工轮廓的处理;
- 2、 极坐标;
- 3、 加工工序。

V 布置作业

- 1、 自选一零件图, 写出其工艺与程序。

课程章节 及主题	实习 1	授课教师 <u>高星</u> 签字
	安全操作及机床面板认识	教研室主任 <u>高星</u> 签字

教学目标： 1、 明确数控铣/加工中心的文明生产及安全操作规程；
2、 掌握数控铣床/加工中心的组成及坐标系的判定；
3、 明确数控铣床/加工中心 MDI 面板按键的作用；
4、 掌握回零操作、轴移动操作及开/关机的步骤。

教学重点： 1、 明确数控铣床/加工中心 MDI 面板按键的作用；
2、 掌握回零操作、轴移动操作及开/关机的步骤。

教学难点： 1、 掌握回零操作、轴移动操作及开/关机的步骤；

解决方法： 通过讲述、举例、演示法来说明；

教材和 参考书	《数控机床编程与操作（数控铣床加工中心分册）》沈建峰
	《加工中心编程与操作》刘加孝主编
授课班次 授课日期	16 级大专数控班
	2017 9.5 1-3 节

教学后记：

教 案 纸

实习 1 安全操作及机床面板认识

I 实习教学要求

- 1、明确数控铣/加工中心的文明生产及安全操作规程；
- 2、掌握数控铣床/加工中心的组成及坐标系的判定；
- 3、明确数控铣床/加工中心 MDI 面板按键的作用；
- 4、掌握回零操作、轴移动操作及开/关机的步骤。

II 相关工艺

一、文明安全生产要求

- 1、精神饱满、文明交流；
- 2、统一工作服；
- 3、操作台只站一个人、在规定的区域里活动；
- 4、工件、量具等摆放整齐有序；
- 5、精密量具放在盒子里；
- 6、爱护机床卫生、保持车间整洁；
- 7、严格按机床安全操作规程操作；
- 8、禁止修改系统参数；
- 9、实行“一人一机上机操作”；
- 10、穿合适的工作服，禁止戴手套、穿拖鞋；
- 11、女生盘好头发；
- 12、加工中禁止离机。

二、安全操作规程

- 1、开机；
- 2、程序调试；
- 3、加工中；
- 4、关机。

三、数控铣/加工中心的组成

- 1、主轴箱主轴；

● 具体后面讲解

教 案 纸

- 2、 控制面板;
- 3、 电气柜;
- 4、 立柱床身;
- 5、 工作台;
- 6、 冷却液箱;
- 7、 刀库。

四、 机床面板及数控系统界面

- 1、 加工方式: 手动、MDI、自动、编辑、回零、DNC 等;
- 2、 进给倍率、快速倍率、主轴倍率;
- 3、 复位、进给保持、循环启动;
- 4、 轴移动、主轴正转/反转/停止、切削液开/关、刀库正/反转;
- 5、 跳段、单段、选择停、空运行、机床锁住、Z 轴锁住、M 功能锁住;
- 6、 急停、手轮;
- 7、 地址键: OPGR……;
- 8、 数据键: 1234……;
- 9、 功能键: POS、PROG、OFFSETSETTING、SYSTEM、MESSAGE、GRAPH;
- 10、 编辑键: SHIFT、CAN、INPUT、ALTER、INSERT、DELETE、EOB;
- 11、 坐标显示: 绝对、相对、总和等;
- 12、 程序编辑与管理: 程序显示、程序信息、背景编程;
- 13、 加工参数设定: 半径、长度、工件坐标系;
- 14、 图形模拟;
- 15、 帮助及报警。

五、 机床基本操作

- 1、 开机: 开机前检查——外部电源——机床电源——取消急停——复位;
- 2、 回零: 回零方式——调节快速倍率——Z+——X+——Y+——各轴指示灯亮;
- 3、 手动移动: 手动方式——调节进给倍率——X/Y/Z 轴;

教 案 纸

4、手轮移动：手轮方式——选择轴——选择倍率——手摇手轮；

5、快速移动：快速方式——调节快速倍率——X/Y/Z 轴。

注意：

- 1、开机中禁止按任何按键；
- 2、开机后确认显示正常、无报警、风扇电机转动正常；
- 3、禁止在零点附近回零；
- 4、转动手轮不能过快，以不超过 5r/s 为宜；
- 5、手轮倍率应以 X100、X10、X1 的顺序操作；
- 6、移动轴时应先确认好刀具的移动方向；
- 7、超程时解除超程。

III 实习内容及过程

一、 集合、组织实习

- 1、清查学生人数
- 2、文明安全生产讲解
- 3、实习内容说明

二、 开机 15 分钟

- 1、由组长记录机床相关问题
- 2、开机前检查仔细
- 3、空转几分钟预热

三、 机床操作及编程

- 1、教师演示基本操作
- 2、组长安排 2 人员操作机床 (1 人操作,1 个指导)
- 3、其他人员自选图形编程
- 4、每人操作时间不得超过 2 小时

教 案 纸

5、教师巡回指导

四、 操作点评及工件检测

- 1、学生操作感想说明及自评
- 2、教师提问及点评
- 3、学生对工件自测
- 4、教师检测及评分

五、 准备下课

- 1、清洁数控机床
- 2、正常关机
- 3、集合教师点评

IV 练习题及作业

- 1、 写出你所操作的机床的主要技术参数。
- 2、 按 X+、Y + 工作台向什么方向称动，与坐标系有什么关系，为什么？
- 3、 数控铣床开机之后为什么要执行回机床参考点的操作？如何操作？
- 4、 在启动数控铣床前，操作者要做哪些检查？
- 5、 什么叫“超程”？如何解除超程报警？
- 6、 在数控铣床运行过程中，当出现异常情况时如何处理

教 案 纸

V 加工准备与加工要求

一、 加工准备

- 1、 设备：数控铣床、加工中心。
- 2、 材料：45 圆钢（82*50）。
- 3、 工具：活动扳手，平行垫铁，百分表，其它常用辅具。
- 4、 量具：外径千分尺（0 25、100 125，0.01），深度千分尺（0 25，0.01），R 规。
- 5、 刀具：10、16、14 立铣刀、64 面铣刀。
- 6、 夹具：三爪自定心卡盘、螺杆压板、平口钳。

二、 课题评分表

教 案 纸

工件编号			总得分			
项目与配分	序号	技术要求	配分	评分标准	检测记录	得分
文明生产 (20%)	1	工作服	8	未穿禁止进车间并全扣		
	2	工具、量具摆放整齐	8	不整齐有序全扣		
	3	其它	4	不守纪律全扣		
安 全 操 作 规 程 (20%)	4	操作安全	20	酌情扣分		
加 工 中 心 组 成 (10%)	5	说出各部分名称	10	出错一处扣 2 分		
面 板 系 统 界 面 (20%)	6	操作面板	10	出错一处扣 2 分		
	7	系统界面的认识	10	出错一处扣 2 分		
机床操作 (30%)	8	手动、手轮、快速	10	出错一处扣 2 分		
	9	点的定位	10	出错一处扣 2 分		
	10	机床操作规范	5	出错一处扣 2 分		
	11	工件刀具装夹	5	出错一处扣 2 分		
安全文明 生 产（倒 扣分）	12	安全操作	倒扣	安全事故停止 操作或酌情扣 分		
	13	机床整理	倒扣			

课程章节 及 主 题	实习 2	授 课 教 师 高星 签字
	程序手工录入、编辑及刀路模拟	教研室主任 高星 签字

教学目标： 1、 掌握 MDI 键盘各按键的作用；
2、 掌握程序的录入与编辑；
3、 认识机床面版及系统界面；
4、 掌握程序的检查及模拟。

教学重点： 1、 掌握 MDI 键盘各按键的作用；
2、 掌握程序的录入与编辑。

教学难点： 1、 掌握 MDI 键盘各按键的作用。

解决方法： 通过讲述、举例、演示法来说明；

教 材 和 参 考 书	《数控机床编程与操作（数控铣床加工中心分册）》沈建峰
	《加工中心编程与操作》刘加孝主编
授课班次 授课日期	16 级大专数控班
	2017 9.11 1-3 节

教学后记：

教 案 纸

实习 2 程序手工录入、编辑及刀路模拟

I 实习教学要求

- 1、掌握 MDI 键盘各按键的作用；
- 2、掌握程序的录入与编辑；
- 3、认识机床面版及系统界面；
- 4、掌握程序的检查及模拟。

II 相关工艺

一、MDI 键盘说明

- 1、地址键：O、N、G……

EOB——程序段结束符，显示为“；”。

- 2、数据键：1、2、3……

- 3、功能键：

POS——在 CRT 中显示坐标值。

PROG——CRT 将进入程序编辑和显示界面

OFFSET SETTING——CRT 将进入加工参数设定界面

SYSTEM——CRT 将进入系统参数设定界面

MESSAGE——CRT 将进入信息（如报警）界面

CUSTOM-GRAPH——图行模拟

- 4、编辑键：

SHIFT——输入字符切换

CAN——删除缓存中的字符

INPUT——输入机床数据

ALTER——字符替换

INSERT——插入字

DELETE——删除

教 案 纸

HELP——获取帮助

RESET——系统复位

5、 方向及换页键

二、 程序录入与编辑

1、 程序管理

检索程序：

编辑方式——PROG 界面——O+ 程序号——向下方向键

新建程序：

编辑方式——PROG 界面——O+ 程序号——INSRT
——EOB

删除程序：

编辑方式——PROG 界面——O+ 程序号——DELET
——EXEC

程序信息：

编辑方式——PROG 界面——[DIR]——[DIR+]

2、 程序录入编辑

字的检索：

地址 + 数据——[SRH↓]（或直接用方向键）

字的插入：

检索或定位到插入字之前——地址 + 数据——INSTRT（可一次插入多个字）

字的替换：

检索或定位到插入字之前——地址 + 数据——ALTER

字的删除：

检索或定位到插入字之前——DELETE

3、 背景编程

进入背景编程：

PROG——[OPRT]——[BG-EDT]——屏幕的左上显示 [BG-EDIT]

教 案 纸

退出背景编程：

PROG——[OPRT]——[BG-EDT]——屏幕的左上 [BG-EDIT] 不显示

三、 机床面板按键

- 1、 跳段：使注释符号 “/” 有效，即跳过 “/” 开头的程序段
- 2、 单段：加工时按循环启动执行一条程序段
- 3、 空运行：循环启动时以空运行速度运行，程序中的 F 无效
- 4、 机床锁定：锁定机床，即机床不动，系统模拟运行。
- 5、 选择停：使程序中 “M01” 有效
- 6、 Z 轴锁定：锁定 Z 轴不动

四、 程序的图形模拟

CUSTOM GRAPH——设定好显示参数——GRAPH——启动程序

注意：可结合上面的自动加工控制功能来模拟

五、 需要回零点的情况

回零可重新建立机床坐标系

- 1、 开机后；
- 2、 机床断电后再次接通数控系统电源；
- 3、 紧急停止按钮按下后；
- 4、 Z 轴锁住后；
- 5、 机床锁住后；
- 6、 超程取消后。

教 案 纸

III 实习内容及过程

一、 集合、组织实习

- 1、清查学生人数
- 2、文明安全生产讲解
- 3、实习内容说明

二、 开机 15 分钟

- 1、由组长记录机床相关问题
- 2、开机前检查仔细
- 3、空转几分钟预热

三、 机床操作及编程

- 1、教师演示基本操作
- 2、组长安排 2 人员操作机床 (1 人操作,1 个指导)
- 3、其他人员自选图形编程
- 4、每人操作时间不得超过 2 小时
- 5、教师巡回指导

四、 操作点评及工件检测

- 1、学生操作感想说明及自评
- 2、教师提问及点评
- 3、学生对工件自测
- 4、教师检测及评分

五、 准备下课

- 1、清洁数控机床

教 案 纸

- 2、正常关机
- 3、集合教师点评

IV 练习题及作业

FANUC 机床输入 P8 页的程序

SIEMENS 机床输入 P85 页的程序

宏程序输入：

```
1 O1000;  
2 N10 #100=1.0;  
3 N20 #101=0;  
4 N30 #102=361.0;  
5 N40 #103=45.0;  
6 N50 #104=25.0;  
7 N60 #105=-10.0;  
8 N70 G54 G17 G49 G90 G40;  
9 N80 M03;  
10 N90 G00 Z50.0;  
11 N100 X[#103+30.0] Y0;  
12 N110 Z5.0;  
13 N120 G01 Z#105 F100;  
14 N130 G01 G42 X[#103+15.0] Y-15.0 D01 F200;  
15 N140 G02 X#103 Y0 R15.0;  
16 N150 #114=#101;  
17 N160 WHILE [ #114 LT #102 ] DO1;  
18 N170 #112=#103*COS[#114];  
19 N180 #113=#104*COS[#114];  
20 N190 G01 X[ROUND[#112]] Y[ROUND[#113]];  
21 N200 #114=#114+#100;  
22 N210 END1  
23 N220 G02 X[#103+15.0] Y15.0 R15.0;  
24 N230 G40 G01 X[#103+30.0] Y0;  
25 N240 G00 Z50.0;  
26 N250 M05;  
27 N260 M30;
```

注意事项

- 1、不要乱删程序
- 2、注意安全

教 案 纸

V 加工准备与加工要求

一、 加工准备

- 1、 设备：数控铣床、加工中心。
- 2、 材料：45 圆钢（82*50）。
- 3、 工具：活动扳手，平行垫铁，百分表，其它常用辅具。
- 4、 量具：外径千分尺（0 25、100 125，0.01），深度千分尺（0 25，0.01），R 规。
- 5、 刀具：10、16、14 立铣刀、64 面铣刀。
- 6、 夹具：三爪自定心卡盘、螺杆压板、平口钳。

二、 课题评分表

教 案 纸

工件编号			总得分			
项目与配分	序号	技术要求	配分	评分标准	检测记录	得分
程序管理 (18%)	1	新建、删除、复制	6	操作不正确全扣		
	2	检索、打开	6	操作不正确全扣		
	3	程序信息显示	6	操作不正确全扣		
程序录入 (20%)	4	正确录入	20	出错一处扣 2 分		
程序编辑 (15%)	5	光标定位、复位	5	操作不正确全扣		
	6	字的检索、插入	5	操作不正确全扣		
	7	字的删除、替换	5	操作不正确全扣		
程序检查 与 模 拟 (10%)	8	程序检查与模拟	10	操作不正确全扣		
面 板 系 统 界 面 (15%)	9	操作面板	7	出错一处扣 2 分		
	10	系统界面的认识	8	出错一处扣 2 分		
机床操作 (22%)	11	手动、手轮、快速	5	出错一处扣 2 分		
	12	点的定位	7	出错一次扣 2 分		
	13	机床操作规范	5	出错一次扣 2 分		
	14	工件刀具装夹	5	出错一次扣 2 分		
安全文明 生产（倒 扣分）	15	安全操作	倒扣	安全事故停止 操作或酌情扣 分		
	16	机床整理	倒扣			