



工业和信息化部普通高等教育“十二五”规划教材立项项目



21 世纪高等学校机电类规划教材

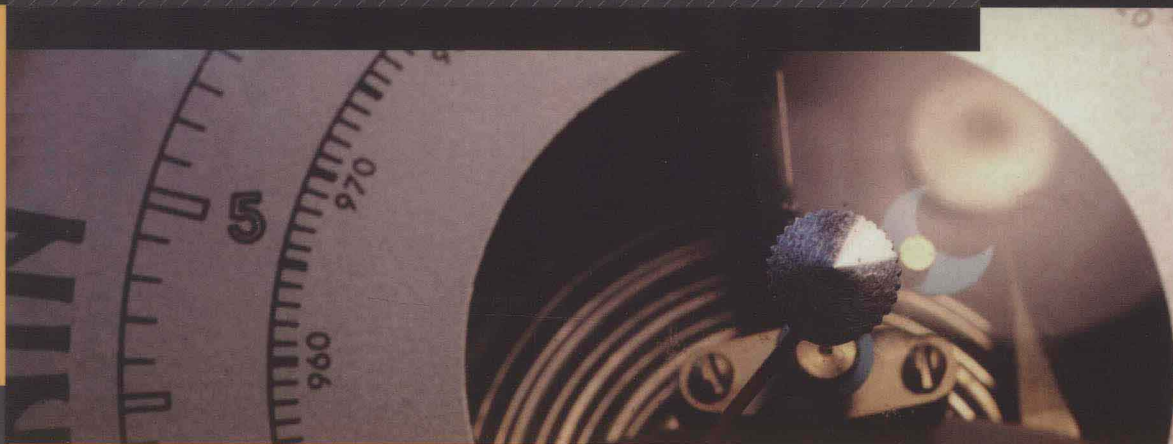
21 Shiji Gaodeng Xuexiao Jidianlei Guihua Jiaocai

N C Training

数控技能训练

章继涛 主编

田科 刘井才 卢桂琴 副主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



工业和信息化普通高等教育“十二五”规划教材立项



21 世纪高等学校机电类规划教材

21 Shiji Gaodeng Xuexiao Jidianlei Guihua Jiaocai

N C Training

数控技能训练

章继涛 主编

田科 刘井才 卢桂琴 副主编



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

数控技能训练 / 章继涛主编. — 北京 : 人民邮电出版社, 2014. 2
21世纪高等学校机电类规划教材
ISBN 978-7-115-34249-2

I. ①数… II. ①章… III. ①数控机床—高等学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第009371号

内 容 提 要

本书共分为 7 章, 共计 71 个实训项目, 全书以数控技能训练为主线, 以项目教学为核心, 重点强调通俗性、实用性、可操作性。主要内容包括: 数控铣床 (华中数控、FANUC、西门子系统)、数控车床 (FANUC、三菱、广州数控系统) 的基本操作与零件加工, 快走丝线切割机床、单轴和双轴电火花成型机床的基本操作及加工方法, 北京镭神激光加工, HPR-LOM、北京殷华快速成型机基本操作与加工, 飞雕雕铣机基本操作与加工, 三坐标测量机和对刀仪的操作, 数控机床拆装与维修 (FANUC、西门子系统) 方法, UG 软件绘图与刀路生成, 模具拆装与注塑机的使用。

本书以项目为导向, 由浅入深, 从机床的基本操作到零件的加工, 到简单故障的处理, 具有很强的实用性。

本书适合作为高等院校数控专业、模具专业、机械专业、机电专业等进行实践教学教材, 对理论教学也有较好的辅导作用, 也可作为各级各类学校相关专业学生的参考书, 还可以供工厂中数控机床操作人员与数控机床编程人员参考。

-
- ◆ 主 编 章继涛
 - 副 主 编 田 科 刘井才 卢桂琴
 - 责任编辑 李海涛
 - 责任印制 彭志环 杨林杰
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
 - 邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 北京天宇星印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 13.75 2014 年 2 月第 1 版
 - 字数: 344 千字 2014 年 2 月北京第 1 次印刷
-

定价: 32.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315

数控机床自 1952 年诞生以来,在短短的 60 年间已得到突飞猛进的发展,是现代机械工业的重要技术装备,也是先进制造技术的基础装备。数控机床随着微电子技术、计算机技术、自动控制技术的发展而得到飞速发展。目前,几乎所有传统机床都有了数控机床品种,数控技术极大地推动了计算机辅助设计、计算机辅助制造、计算机集成制造系统的发展,并为实现绿色制造打下了基础。

我国自改革开放以来,经济发展很快,科技水平得到大幅提高,数控机床在我国的应用越来越普遍,数量也越来越多。在我国几乎所有的机床品种都有了数控机床,极大地推动了现代制造技术的发展。

随着数控机床的应用日趋普及,社会对相应人才的需求越来越大,要求也越来越高。为此,数控技术的教学和人才培养更应强调其实用性、先进性和可操作性。为了使学生能更好地学习数控技术这一学科,使学生受到系统的实训和实际技能的训练,重点培养学生的动手能力,最大限度地发挥实训的作用,在参考各高等院校相关课程教学大纲的要求基础上,江西科技学院工程训练中心策划并编写了本书。

本书适合作为高等院校数控专业、模具专业、机械专业、机电专业等进行实践教学的教学材料,对理论教学也有较好的辅导作用,也可作为各级各类学校相关专业学生的参考书,还可以供工厂中数控机床操作人员与数控机床编程人员参考。

本书由江西科技学院工程训练中心策划,由章继涛高级工程师任主编并统稿,田科、刘井才、卢桂琴任副主编。其中第 1 章由李超、刘井才编写,第 2 章由卢桂琴、宋金波编写,第 3 章由程义编写,第 4 章由罗达编写,第 5 章由成勇编写,第 6 章由黄飞腾编写,第 7 章由田科、王芳、郭卓才编写。

由于编者水平有限,书中错误和不足之处在所难免,希望广大读者给予批评、指正。

编者
2013 年 11 月

目 录

第1章 数控铣、车技能训练.....1	项目二 电极材料的选用及放电加工 参数设置.....75
第一节 FANUC 数控铣削加工.....1	项目三 各个放电参数对零件精度 影响(选修).....76
项目一 数控铣床基本操作.....1	第三节 激光加工.....78
项目二 简单零件加工.....5	项目一 绘图软件及图形设计.....78
项目三 复合零件加工.....7	项目二 参数设置.....81
项目四 宏程序加工.....10	项目三 典型零件加工.....83
项目五 典型零件加工(选修).....13	第3章 现代测量技术技能训练.....87
第二节 SIMENS、华中系统数控 铣削加工.....16	第一节 三坐标测量机.....87
项目一 铣床基本操作.....16	项目一 三坐标测量基本操作.....87
项目二 简单零件加工.....25	项目二 典型零件测量.....92
项目三 复合零件加工.....26	项目三 型腔类零件测量(选修).....101
项目四 宏程序加工.....29	第二节 对刀仪.....101
项目五 典型零件加工(选修).....30	项目一 开机与调试.....101
第三节 三菱系统数控车削加工.....33	项目二 键槽铣刀直径测量.....103
项目一 机床基本操作.....33	项目三 镗刀测量(选修).....103
项目二 简单轮廓加工.....36	第4章 数控机床拆装与维修技能训练...105
项目三 复合零件加工.....38	第一节 数控机床拆装.....105
项目四 宏程序加工.....40	项目一 数控铣床主轴拆装.....105
项目五 典型零件加工(选修).....42	项目二 数控铣床刀库拆装.....107
第四节 FANUC、广数系统数控车削 加工.....46	项目三 数控车床刀架拆装(选修).....110
项目一 机床基本操作.....46	第二节 FANUC 系统维修实验台.....112
项目二 简单轮廓加工.....48	项目一 变频器参数设置.....112
项目三 复合零件加工.....51	项目二 限位参数设置.....114
项目四 宏程序加工.....54	项目三 手轮参数设置.....117
项目五 典型零件加工(选修).....59	项目四 PLC 编写(选修).....119
第2章 特种加工技能训练.....63	第三节 SIEMENS 系统维修实验台...122
第一节 电火花线切割加工.....63	项目一 系统初始化操作.....122
项目一 HL 线切割系统绘图软件 操作.....63	项目二 联机操作与参数设置.....124
项目二 偏心齿轮加工.....69	项目三 TOOLBOX 光盘安装 (选修).....130
第二节 电火花成型加工.....72	第5章 模具拆装与产品试制技能训练...131
项目一 基本操作及工件零点的 设置.....72	第一节 模具组成与拆装.....131
	项目一 模具组成与作用.....131

项目二 典型塑胶模具拆装	133	项目四 机床联机技术(选修)	173
项目三 模具常见问题及安装 (选修)	135	第7章 先进制造技术技能训练	177
第二节 注塑机床参数设置及机床 操作	137	第一节 HPR-LOM 快速成型机	177
项目一 注塑机床的结构分解	137	项目一 开机与软件绘图	177
项目二 注塑机床的加工参数设置	139	项目二 典型零件加工	181
项目三 注塑机试制塑胶产品	142	项目三 图档保存与转换技术 (选修)	183
项目四 注塑机床的常见故障及 诊断维修(选修)	144	第二节 北京殷华快速成型机	184
第6章 CAD/CAM 技术技能训练	148	项目一 开机与软件绘图	184
第一节 UG 软件	148	项目二 典型零件加工	189
项目一 安装与初始化设置	148	项目三 快速成型机装丝(选修) ...	194
项目二 二维图形草绘	153	项目四 快速成型机典型故障 处理(选修)	195
项目三 三维特征建模	155	第三节 飞雕雕铣机	197
项目四 典型零件图绘制(选修)	158	项目一 控制面板操作	197
第二节 刀路、后处理与联机技术	162	项目二 图形绘制与参数设置	200
项目一 二维刀路生成与后处理	162	项目三 典型零件加工	202
项目二 三维刀路生成与后处理	166	项目四 机床联机技术(选修)	209
项目三 典型零件刀路生成与后 处理	169	项目五 雕铣机常见故障处理 (选修)	211

第一节 FANUC 数控铣削加工

项目一 数控铣床基本操作

一、实训目的

1. 学习机床各系统的基本操作过程和方法。
2. 学习机床各系统的程序编辑方法。
3. 练习机床各系统的程序检验方法。
4. 掌握工件坐标系的建立和工作原理。

二、实训设备

1. FANUC-0i 系统数控铣床 5 台。
2. FANUC-0i 系统加工中心 5 台。

三、相关知识

1. 控制面板（见图 1-1-1）

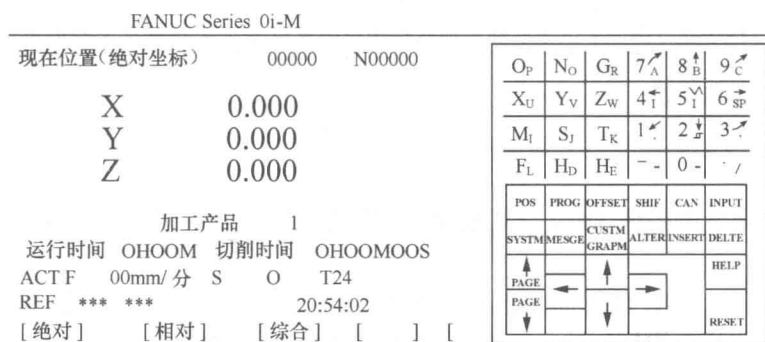


图 1-1-1 控制面板

该 CRT/MDI 面板是由一个 9 英寸显示器和一个 MDI 键盘组成的。

按任何一个功能按钮和“CAN”，画面的显示就会消失，这时系统内部照常工作。之后再按其中任何一个功能键，画面会再一次显示。

2. CRT/MDI 面板上的各键功能（见表 1-1-1）

表 1-1-1 CRT/MDI 面板上各键的详细说明

键	名 称	功能详细说明
RESET	复位键	按下此键可以使 CNC 复位或者取消报警、主轴故障复位、中途退出自动运行操作等
HELP	帮助键	当对 MDI 键的操作不明白时，按下此键可以获得帮助功能
O p	地址和数字键	按下这些键，可以输入字母、数字或者其他字符
SHIFT	换挡键	按下此键可以在地址和数字键上进行字符切换。同时在屏幕上显示一个特殊的字符“^”，此时就可输入键右下角的字符
INPUT	输入键	要将输入缓存里的数据（参数）复制到编置寄存器中，按下此键才能输入到 CNC 内
CAN	取消键	按下此键，删除最后一个进入输入缓存里的字符或符号
ALTER	替换键	在编程时用于替换已在程序中的字符
INSERT	插入键	按下此键将输入在缓存里的字符输入到 CNC 程序中
DELETE	删除键	按下此键，删除已输入的字符及删除 CNC 中的程序
POS	位置显示键	按下此键，屏幕显示铣床的工作坐标位置
PROG	程序显示键	按下此键，显示内存中的信息和程序。在 MDI 方式下，输入和显示 MDI 数据
OFFSET SETTING	偏置/设置键	按下此键显示刀具偏置量数值、工作坐标系设定和主程序变量等参数的设定与显示
SYSTEM	系统显示键	按下此键显示和设定参数表及自诊断表的内容
MESSAGE	报警显示键	按下此键显示报警信息
CUSTOM GRAPH	图形显示键	按下此键显示图形加工的刀具轨迹和参数
	光标移动键	在 CRT 屏幕页面上，按这些光标移动键，使光标向上、下、左、右方向移动
PAGE	换页键	按下此键用于 CRT 屏幕选择不同的页面（前后翻页）
EOB	程序段号键	按下此键为输入程序段结束符号（；）接着自动显示新的顺序号

四、实训内容与步骤

1. 基本操作

(1) 开机

机床开机之前应先接通 380V 三相交流电源，然后按下 CNC 启动按钮后等待系统正常后即可进行操作。

在机床通电后，CNC 装置尚未出现位置显示或报警画面之前，不得按 MDI 面板上的任何按键。如按下这其中的任何键，可能使 CNC 装置处于非常状态或有可能引起机床误动作。

(2) 手动连续进给和快速进给

在 JOG 手动方式中，持续按下操作面板上的进给轴及其方向选择按键，会使刀具沿着该轴的所选方向连续移动，旋转快速进给旋钮会使刀具沿着所选轴，以快速移动速度移动。

具体操作步骤：①将方式选择旋钮旋转到手动进给（或快速移动）位置上；②通过进给轴和方向选择按键，选择移动的轴和方向；③点动方向按键，并注意运动方向；④其他各轴

的移动按上述步骤操作即可。

(3) 手轮进给（手摇脉冲发生器）

在手轮进给方式中，刀具可以通过旋转机床操作面板上的手摇发生器与电子倍率修调进行微量移动，在设定工件坐标系时，可使用手轮进给轴选择开关，选择要移动的轴进行精确定位。

具体操作步骤：①将方式选择按钮放宽转到手轮进给位置上；②旋转轴向选择开关，选择所要移动的轴；③将手轮进给倍率放宽到所需移动的倍率位置；④放宽转手轮以对应刀具移动方向；⑤其他各轴按上述步骤操作即可达到要求。

(4) 返回参考点（机械坐标零点）

启动机床执行具体运行之前，都必须进行手动返回参考点。这是为了使机床系统能够进行复位，找到机床坐标（即机械坐标）。

注意：手动返回参考点之前，一定要将机械坐标（即综合）画面调出，并使机械坐标上 X、Y、和 Z 的各轴坐标值都是负值，且在-50.000mm 以上。只有在这种情况下才可进行返回参考点的操作。

具体操作步骤：①将方式选择旋转到手动回零；②按点动按钮“+”方向之前，旋转选择返回的坐标轴；（一般先选择 Z 轴）；③持续按下“+”方向按钮，直到该选择返回轴的回零结束灯亮。其他各轴按上述同样步骤操作即可。

(5) MDI 运行

在 MDI 方式中，通过 MDI 面板，可以编制最多 4 行的程序并被执行。程序格式与通常程序一样。MDI 程序适用于简单的测试操作，所编制的程序将不保留在存储器内。

操作步骤：①将方式选择按钮旋转在“MDI”的位置；②按下“PRDG”程序显示键，使屏幕显示“MDI”程序画面；③输入简单测试程序；④按下循环启动按键，即进入 MDI 运行状态。

(6) 刀具半径补偿

数控铣床进行零件加工时，编程是以主轴的中心线，而实际刀具是有半径的，所以在铣削零件时必须使用半径补偿。补偿功能代码是 D--，就是刀具半径补偿代码号。刀具补偿设定如表 1-1-2 所示。

刀具补偿操作步骤：①方式选择开关在任何位置均可；②按下 OFFSET 键或软键，使屏幕显示刀具补偿画面；③将光标移到要设定或改变补偿的位置上；④输入设定的值，即要修改的补偿值；⑤按下输入键，刀具的补偿值或修改值即显示在光标停留的位置上。

表 1-1-2 刀具补偿

编号	长度 (H)	磨损 (H)	半径 (D)	磨损 (D)
001	0.000	0.000	0.000	0.000
002	0.000	0.000	0.000	0.000
003	0.000	0.000	0.000	0.000
004	0.000	0.000	0.000	0.000
005	0.000	0.000	0.000	0.000
006	0.000	0.000	0.000	0.000
007	0.000	0.000	0.000	0.000
008	0.000	0.000	0.000	0.000

2. FANUC 系统程序的输入和编辑

(1) 编辑键

: 替代键, 用输入的数据替代光标所在的数据。

: 删除键, 删除光标所在的数据, 或者删除一个数控程序。

: 插入键, 把输入域之中的数据插入到当前光标之后的位置。

: 取消键, 消除输入域内的数据。

: 回车换行键, 结束一行程序的输入并且换行。

(2) 数字/字母键

例: 若要输入数字“7”, 则用鼠标单击  即可; 若要输入字母“A”, 则用鼠标单击 , 然后单击  即可。

(3) 编辑数控程序

① 选择一个数控程序。

选择模式在 EDIT 方式下, 按 , 输入字母“O”; 按 , 输入数字“7”, 即输入搜索号码: “O7”; 按  开始搜索; “O0007” 显示在屏幕上。

② 删除一个数控程序。

选择模式在 EDIT 方式下, 按 , 输入字母“O”; 按 , 输入数字“7”, 即输入要删除的程序的号码: “O7”; 按 , “O7” NC 程序被删除。

③ 删除全部数控程序。

选择模式在 EDIT 方式下, 按 , 然后输入“O-9999”; 按 , 屏幕提示“此操作将删除所有登记程式, 你确定吗?”, 单击“是”, 则全部数控程序被删除。

④ 搜索一个指定的代码。

一个指定的代码可以是: 一个字母或一个完整的代码。例如: “N0010”、“M”“F”、“G03”等。在当前数控程序内进行搜索。操作步骤如下。

在 EDIT 方式下, 按 , 然后选择一个 NC 程序, 输入需要搜索的字母或代码, 按  在当前数控程序中搜索, 光标停留在需搜索的字母或代码处。

⑤ 编辑 NC 程序 (删除、插入、替换操作)。

将模式选择在 EDIT 方式下, 选择 , 输入被编辑的 NC 程序名, 如“O7”, 按  即可编辑。

输入数据: 用光标单击数字/字母键, 数据被输入到输入域。  键用于删除输入域内的数据。

⑥ 通过控制操作面板手工输入 NC 程序。

将模式选择在 EDIT 方式下, 按 , 进入程序页面, 键入程序名, 但不可以与已有程序名重复, 按 , 开始输入程序。

注意: 每输完一段程序, 键入 , 进行换行, 再继续输入下一段程序。

3. 工件坐标系的建立

(1) 目的

设定坐标系是在工件装夹完成以后进行的操作, 主要目的是为寻找工作原点在机械座标系中的位置, 其本质就是建立工件坐标系与机床坐标系的关系, 为零件加工、程序的自动运行作准备。

注意: 初学者对刀前一定要将主轴上的刀具旋转起来, 否则易碰坏刀具。

(2) 操作步骤

① 将方式选择旋转到手动输入位置，按下 PROG（程序）功能键，使屏幕显示 MDI 程序画面，输入正转与速度指令，使主轴转动起来。

② 将方式选择旋转在手轮进给位置，手摇轮移动三个坐标轴，使刀具切削中心点精确地定位到工件所设定的位置。

③ 按功能键 OFFSET 进入参数设定页面，如图 1-1-2 所示，选择软键坐标系（坐标系），使屏幕显示工件坐标系设定画面。

④ 将光标移到所选择或要改变的工件原点值上，一般都设定到番号 01（G54）中。

⑤ 通过地址数字键写入 x0.，按下测量软键，所测数值就自动被指定为工件 X 轴的偏移量（或者直接将偏移量值输入到光标所在位置）。

⑥ y0 和 z0 的设定重复④、⑤的操作，即可实现设定和要改变的偏移量。

⑦ 将模式选择在 MDI 模式下，输入一段程序后，按数控程序运行控制开关中的运行按钮，检验坐标系是否设定正确。

FANUC Series 0i-M							
工件坐标系设定				00000	N00000		
(G54)				番号	数据	番号	数据
(EXT)	00	X	0.000	02	X	0.000	
		Y	0.000	(G55)	Y	0.000	
		Z	0.000		Z	0.000	
				番号	数据	番号	数据
(G54)	01	X	-250.000	03	X	0.000	
		Y	-240.000	(G56)	Y	0.000	
		Z	-220.000		Z	0.000	
>							
REF *** **				22:22:22			
[补正]				[SETING]	[坐标系]	[]	[操作]

图 1-1-2 参数设定页面

五、实训练习

学生练习：① 手动、手轮、回零、MDI、操作；

② 程序录入、修改、模拟；

③ 工件坐标系的建立。

项目二 简单零件加工

一、实训目的

1. 掌握加工方法。
2. 学会简单零件的程序编辑。

二、实训设备

1. FANUC-0i 系统数控铣床 5 台。
2. FANUC-0i 系统加工中心 5 台。

三、相关知识

1. 直线

G00：快速定位。

G01：FXX 直线命令。

2. 圆弧

G02：顺时针圆弧。

G03：逆时针圆弧。

3. 刀具补偿

G41：左补偿。

G42：右补偿。

G40：取消补偿。

四、实训内容与步骤

例 1 加工图 1-1-3 所示工件，深度 2mm。

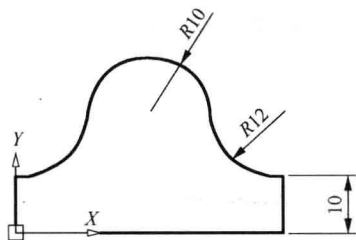


图 1-1-3 例 1 用图

1. 程序

O0001	程序名	G02X32Y22 R12
G54G90G00X10Y10Z100		G03X12R10
M03S1000		G02X0Y10
G00X0Y0Z5G42D01		G01Y0
G01Z-2F200		Z5
G01X44		G40G00X0Y0Z100
Y10		M30

2. 加工步骤

(1) 回零操作

对于增量控制系统（使用增量式位置检测元件）的机床，必须首先执行回参考点操作，以建立机床各坐标的移动基准。

(2) 工件装夹与找正

上工件、找正对刀采用手动增量移动、连续移动或采用手摇轮移动机床。将起刀点对到程序的起始处，并对好刀具的基准。

(3) 程序的编辑与模拟

输入的程序若需要修改，则要进行编辑操作。此时，将方式选择开关置于编辑位置，利用编辑键进行增加、删除、更改。

(4) 工件坐标系的建立

① X、Y 向对刀。

a. 将工件通过夹具装在机床工作台上，装夹时，工件的 4 个侧面都应留出寻边器的测量位置。

b. 快速移动工作台和主轴，让寻边器测头靠近工件的左侧。

c. 改用微调操作，让测头慢慢接触到工件左侧，直到寻边器发光，记下此时机床坐标系中的 X 坐标值，如-310.300。

d. 抬起寻边器至工件上表面之上，快速移动工作台和主轴，让测头靠近工件右侧。

e. 改用微调操作，让测头慢慢接触到工件右侧，直到寻边器发光，记下此时机械坐标系中的 X 坐标值，如-200.300。

f. 若测头直径为 10mm，则工件长度为 $-200.300 - (-310.300) - 10 = 100$ ，据此可得工件坐标系原点 W 在机床坐标系中的 X 坐标值为 $-310.300 + 100/2 + 5 = -255.300$ 。

g. 同理可测得工件坐标系原点 W 在机械坐标系中的 Y 坐标值。

② Z 向对刀。

a. 卸下寻边器，将加工所用刀具装上主轴。

b. 将 Z 轴设定器（或固定高度的对刀块，以下同）放置在工件上平面上。

c. 快速移动主轴，让刀具端面靠近 Z 轴设定器上表面。改用微调操作，让刀具端面慢慢接触到 Z 轴设定器上表面，直到其指针指示到零位。

d. 记下此时机床坐标系中的 Z 值，如 -250.800 。

e. 若 Z 轴设定器的高度为 50mm ，则工件坐标系原点 W 在机械坐标系中的 Z 坐标值为 $-250.800 - 50 - (30 - 20) = -310.800$ 。

③ 将测得的 X 、 Y 、 Z 值输入到机床工件坐标系存储地址中（一般使用 $G54 \sim G59$ 代码存储对刀参数）。

④ 加工。

根据刀具的实际尺寸和位置，将刀具半径补偿值和刀具长度补偿值输入到与程序对应的存储位置。

需注意的是，补偿的数据正确性、符号正确性及数据所在地址正确性都将威胁到加工，从而导致撞车危险或加工报废。

⑤ 打扫机床。

五、实训练习

学生练习：简单零件编辑与加工。

项目三 复合零件加工

一、实训目的

1. 学习完整零件的编程工艺。
2. 掌握零件程序的编辑。
3. 培养学生动手能力。

二、实训设备

1. FANUC-0i 系统数控铣床 5 台。
2. FANUC-0i 系统加工中心 5 台。

三、相关知识

1. 循环

在数控加工中，有些典型的加工工序是由刀具固定的动作完成的，这种用单一程序段的指令即可完成加工，此种指令称为固定循环指令。

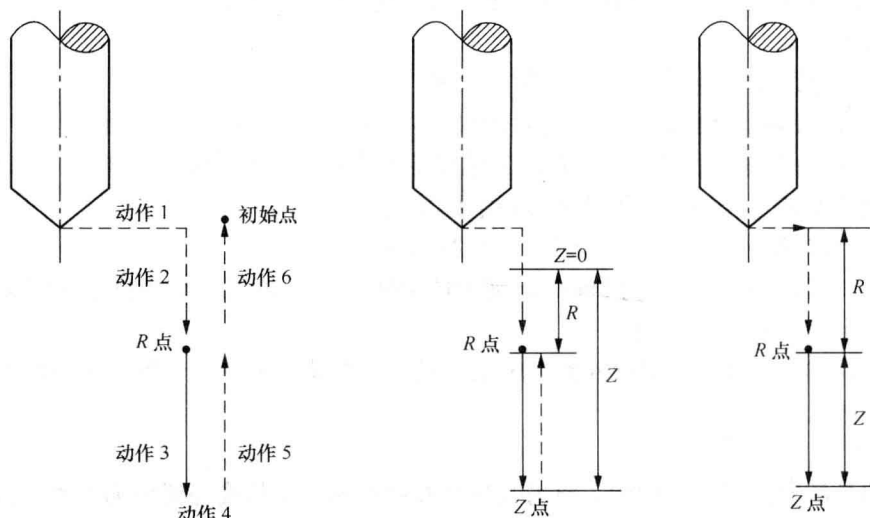
固定循环指令格式：

$$\begin{array}{l} G90 \left\{ \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} G98 \left\{ \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} G_X_Y_R_Z_P_Q_K_ \\ G91 \left\{ \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} G99 \left\{ \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} F_L_ \end{array}$$

固定循环动作与数据形式如图 1-1-4 所示。

其中：G98——返回平面为初始平面；

G99——返回平面为安全平面（ R 平面）；



实线—切削进给 虚线—快速进给

图 1-1-4 固定循环动作与数据形式

L——固定循环的重复次数；

G——固定循环指令；

X、Y——孔位置；

R——安全平面高度；

Z——孔深；

P——在孔底停留时间，ms；

Q——每次进刀深度；

K——每次向上退刀量；

F——进给速度。

固定循环指令分类如下。

钻孔循环：G73，G81，G83。

攻螺纹循环：G74，G84（切换至攻螺纹模式）。

镗孔循环：G76，G81，G82，G85，G86，G87，G88，G89。

取消固定循环：G80（G00，G01，G02，G03）。

2. 镜像

(1) 镜像指令格式

G51.1：可编程镜像。

G50.1：取消镜像。

格式：G51.1 X--Y--；

G50.1 X---Y--；

如果以 Y 轴为镜像对称轴：

格式：G51.1 X0；（Y 轴为镜像对称轴）

G50.1 X0；（取消 Y 轴为镜像对称轴）

(2) 图 1-1-5 所示为对称腰形工件，加工深 5mm

(3) 参考程序

```

O3001; 腰形凹槽
G54 G90 G00 X0 Y0 Z100;
M03 S1200;
M98 P3002;
G51.1 X0;
M98 P3002;
G50.1 X0;
G40 G00 X0 Y0 Z100;
M30;
O3002;

```

```

G00 X-13.856 Y8 Z5 G41 D01;
G01 Z-5 F200;
G03 X-24.249 Y14 R6;
G03 Y-14 R28;
G03 X-13.856 Y-8 R6;
G02 Y8 R16;
G01 Z5;
G40 G00 X0 Y0 Z100;
M99

```

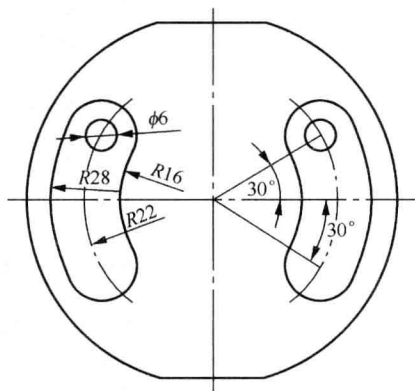


图 1-1-5 对称腰形工件

四、实训内容与步骤

编程实例（钻孔与轮廓）

给定图 1-1-6 所示图形，用 $\phi 16$ 的刀具加工凹台，用 $\phi 10$ 键槽刀加工凹槽，用 $\phi 10$ 的钻头加工孔。以工件中心为工件坐标系原点。

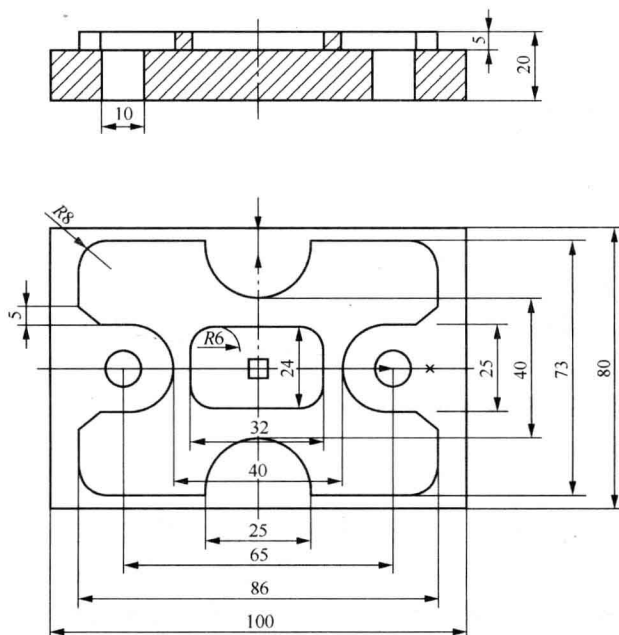


图 1-1-6 实训零件图

参考程序:

```

O0001  φ16 的面铣刀
G54 G90 G00 X-60 Y-50 Z100;
M03 S1200;
M98 P0002;
G51.1 X0;
M98 P0002;
G50.1 X0;
G40 G00 X0 Y0 Z100;
M30

```

```

O0002
G00 G41 X-38 Y-12.5 Z5 D01
X32.5
G03 Y12.5 R12.5
G01 X-38
X-43 Y17.5
Y28.5
G02 X-35 Y36.5 R8
G01 X-12.5
G03 X12.5 R12.5
G01 X35
G02 X43 Y28.5 R8
G01 Y17.5
X38 Y12.5
X32.5
G03 Y-12.5 R12.5
G01 X38
X43 Y-17.5
G01 Z5
G40 G00 X0 Y0 Z100

```

```

M99
O0003  φ10 的立铣刀
G54 G90 G00 X10 Y10 Z100
M03 S1200
G00 X-16 Y0 Z5 G42 D02
G01 X-16 Z-5 F100
Y6
G02 X-10 Y12 R6
G01 X10
G02 X16 Y6 R6
G01 Y-6
G02 X10 Y-12 R6
G01 X-10
G02 X-16 Y-6 R6
G01 Y0
X10
Z5
G40 G00 X0 Y0 Z100
M30
O0004 φ10 的钻头
G54 G90 G00 X0 Y0 Z100
M03 S800
G00 Z10
G98 G81 X32.5 Y0 Z-21 R-6 F50
G81 X-32.5 Y0 Z-21 F50
G00 Z100
X0 Y0
M05
M30

```

五、实训练习

学生练习：加工上述零件。

项目四 宏程序加工

一、实训目的

1. 了解宏程序代码、指令。
2. 掌握基本的零件编程。

二、实训设备

1. FANUC-0i 系统数控铣床 5 台。
2. FANUC-0i 系统加工中心 5 台。

三、相关知识

数控宏程序分为 A 类和 B 类宏程序，其中 A 类宏程序比较老，编写起来也比较费时费力，B 类宏程序类似于 C 语言的编程，编写起来很方便。不论是 A 类还是 B 类宏程序，它们运行的效果都是一样的。一般说来，华中的数控机床用的是 B 类宏程序。数控宏程序具有如下优点。

① 可以编写一些非圆曲线,如椭圆、双曲线、抛物线等。

② 编写一些大批相似零件的时候,可以用宏程序编写,这样只需要改动几个数据就可以,不用进行大量重复编程。

下面主要介绍 B 类宏程序。

1. 定义

#I=#j

2. 算术运算

#I=#j+#k (加)

#I=#j-#k (减)

#I=#j×#k (乘)

#I=#j/#k (除)

3. 逻辑函数

(1) 布尔函数

= EQ 等于

≠ NE 不等于

> GT 大于

< LT 小于

≥ GE 大于或等于

≤ LE 小于或等于

例: #I = #j 即 #I EQ #J

(2) 二进制函数

#I=#J AND #k (与, 逻辑乘)

#I=#J OR #k (或, 逻辑加)

#I=#J XOR #k (非, 逻辑减)

4. 三角函数

#I=SIN[#j] 正弦

#I=COS[#j] 余弦

#I=TAN[#j] 正切

#I=ASIN[#j] 反正弦

#I=ACOS[#j] 反余弦

#I=ATAN[#j] 反正切

5. 四舍五入函数

#I=ROUND[#j] 四舍五入化整

#I=FIX[#j] 上取整

#I=FUP[#j] 下取整

6. 辅助函数

#I=SQRT[#j] 平方根

#I=ABS[#j] 绝对值

#I=LN [#j] 自然对数

#I=EXP [#j] 指数函数