

教育部职业教育与成人教育司推荐教材配套用书
职业院校数控技术应用专业教学用书

技能型紧缺人才培养培训系列教材

宇龙数控仿真软件 使用指导

李桂云 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

教育部职业教育与成人教育司推荐

高等教育出版社数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材

主系列

机械制造技术基础——基本常识
机械制造技术基础教学参考书
机械制造技术基础——技能训练
数控机床控制技术基础——电气控制基本常识
数控机床控制技术基础教学参考书
数控机床控制技术基础——技能训练
气压与液压传动控制技术基本常识
数控机床操作与维护技术基础——基本常识
数控机床操作与维护技术基础——操作训练
数控车削编程与操作训练
数控铣削编程与操作训练
宇龙数控仿真软件使用指导
CAD/CAM 实训指导——CAXA2004 软件应用实例
CAD/CAM 实训指导——MasterCAM 软件应用实例
CAD/CAM 实训指导——Pro/E 软件应用实例
CAD/CAM 实训指导——Pro/E-Cimatron 软件应用实例
CAD/CAM 实训指导——UG 软件应用实例
质量分析与控制技术常识
测量技术基本常识与技能训练

维护维修系列

数控机床维修
机床维修电工
PLC 与传感器在数控机床中应用
变频器应用与实训指导

模具系列

模具技术
模具制造技术实训指导
型腔模具设计与制造实例
冷冲压工艺及模具设计与制造

强化系列

机械制图(双色)
机械制图习题集
机械制图基础与计算机绘图
机械制图基础与计算机绘图习题集
计算机绘图——AutoCAD 2004

计算机绘图——AutoCAD 2004 习题集
计算机绘图——AutoCAD 2004 上机指导
计算机绘图技能训练
SolidWorks 2004 三维造型
极限配合与技术测量应用
先进制造技术概论
数控技术应用专业英语(附音带)
数控技术应用专业实用英语

技能考核系列

钳工实习与考级
车工实习与考级
数控车工实习与考级(西门子系统)
数控车工实习与考级(发那科系统)
数控车工实习与考级(华中世纪星系统)
数控铣工实习与考级(西门子系统)
数控铣工实习与考级(发那科系统)
数控铣工实习与考级(华中世纪星系统)
加工中心操作工实习与考级(西门子系统)
加工中心操作工实习与考级(发那科系统)
加工中心操作工实习与考级(华中世纪星系统)
模具制造工实习与考级
机修钳工实习与考级
维修电工实习与考级

技能训练系列

钳工技能训练
车工技能训练
铣工技能训练
电加工技能训练
数控车床操作与编程技能训练
数控铣床和加工中心操作与编程技能训练
CAD/CAM 建模与操作技能训练
电工技能训练
电子技能训练
PLC 技能训练
传感器应用技能训练
气压与液压传动控制技能训练

ISBN 978-7-04-021049-1



9 787040 210491 >

定价 17.00 元

教育部职业教育与成人教育司推荐教材配套用书
职业院校数控技术应用专业教学用书

技能型紧缺人才培养培训系列教材

宇龙数控仿真软件 使用指导

李桂云 主 编

高等教育出版社

内容简介

本书是数控技术应用领域专业的技能型紧缺人才培养培训系列教材之一。考虑到数控专业的学生多,学校数控设备少,实训时间少,上机操作时间更少的现状,本书选择宇龙数控仿真软件作为依托,以普及率极高的FANUC-0I系统为基础进行编写。

本书主要内容包括数控车床仿真实训、数控铣床和数控加工中心机床仿真实训两篇,共有15个实训课题。

本书在编写过程中特别注意教材的实用性,每一个课题对应一组指令,学生可应用指令练习一类零件的编程,同时逐步掌握仿真软件的操作技巧。

全书以FANUC-0I数控系统为例,按课题编写,可供职业院校数控技术应用专业,机电类,机械类专业教学使用,也可作为岗位培训和相关技术工人的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

宇龙数控仿真软件使用指导/李桂云主编. —北京:高等教育出版社,2007.6

ISBN 978-7-04-021049-1

I. 宇… II. 李… III. 数控机床-计算机仿真-应用软件-专业学校-教学参考资料 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第064279号

策划编辑 张春英 责任编辑 陈大力 封面设计 于涛 责任绘图 朱静
版式设计 王艳红 责任校对 王效珍 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京印刷集团有限责任公司印刷二厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 9.5
字 数 220 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007年6月第1版
印 次 2007年6月第1次印刷
定 价 17.00元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21049-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

前 言

本书是根据教育部制定的技能型紧缺人才培养培训工程数控技术应用专业的教改方案要求,考虑到数控专业的学生多,学校数控设备少,实训时间少,上机单独操作时间更少的现状,结合学生的实际水平,选择目前市场上常见的三种软件之一——宇龙数控仿真软件作为依托,以普及率极高的 FANUC-OI 系统为基础编写的。

学生通过教材的学习与实践,可达到进一步熟悉数控程序的编写,熟练操作 FANUC 系统控制的数控车床、数控铣床与加工中心机床加工中等难度的零件。本书可作为数控编程的实训配套教材。

本教材包括数控车床仿真实训、数控铣床和数控加工中心机床仿真实训两篇,共有 15 个实训课题,每个课题包括零件的工艺分析,刀具选择,参考程序,学生练习及可能出现问题的解决方法等内容,并附带趣味练习题供学生选用。本书主要特点是:

1. 编程教学与仿真加工紧密结合,做到学与用、编程与加工、理论与实践的统一;通过仿真训练,熟悉数控机床的操作,解决设备少、上机时间短的困难,提高数控学生的技能水平。

2. 内容由浅入深,先易后难,包含了常见的车铣零件的加工工艺,基本达到了中级工等级考核标准,能够满足企业的用人要求。

3. 全书图例清晰,规范、标准,许多选自各省市技能考核试题,具有一定的参考价值。

4. 书中例题或练习题的二维图形均配有立体图,有利于学生读懂图纸。

5. 光盘中准备的图样、例题程序、案例操作过程录屏,便于学生学习。

教学参考课时如下:

序号	课程内容	课时分配
第一篇 数控车床仿真实训	G00/G01 指令应用——零件的粗加工	4
	G40/G41/G42、G71/G73/G70 指令应用——固定循环加工零件	2
	G04 指令应用——槽的加工	1
	G02/G03 指令应用——圆弧的加工	2
	G90/G92/G76 指令应用——螺纹的加工	2
	数控车床指令综合应用	2
	配合件的加工	4
	数控车床编程综合测试题	2

续表

序号	课 程 内 容		课时分配
第二篇	数控铣床和加工中心机床仿真实训	G00/G01 指令应用——槽的加工	2
		G02/G03 指令应用——刀具半径补偿与工件外轮廓的加工	2
		M98/M99 指令应用——型腔工件的加工	2
		G73/G81/G83 指令应用——孔系工件的加工	2
		加工中心指令综合应用一	2
		加工中心指令综合应用二	2
		数控铣床和数控加工中心机床编程综合测试题	2
合计		34	

本书由天津冶金职业技术学院李桂云任主编，并编写第一篇，天津城市建筑学院张福春编写第二篇，天津工业学校迟涛、麻东升制作部分插图，全书由李桂云统稿。教学光盘由李桂云、迟涛、张福春制作。

本书由天津冶金职业技术学院吴联兴担任主审，提出了许多宝贵意见，在此表示感谢！

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免存在错误和不足之处，诚望读者提出宝贵意见和建议。

编 者

2006年12月于天津

目 录

第一篇 数控车床仿真实训	1
实训一 G00/G01 指令应用——零件的精加工	3
实训二 G40/G41/G42、G71/G73/G70 指令应用——固定循环加工零件	19
实训三 G04 指令应用——槽的加工	26
实训四 G02/G03 指令应用——圆弧的加工	34
实训五 G90/G92/G76 指令应用——螺纹的加工	42
实训六 数控车床指令综合应用	48
实训七 配合件的加工	54
实训八 数控车床编程综合测试题	67
第二篇 数控铣床和数控加工中心机床仿真实训	73
实训一 G00/G01 指令应用——槽的加工	75
实训二 G02/G03 指令应用——刀具半径补偿与工件外轮廓的加工	90
实训三 M98/M99 指令应用——型腔工件的加工	100
实训四 G73/G81/G83 指令应用——孔系工件的加工	107
实训五 加工中心指令综合应用一	115
实训六 加工中心指令综合应用二	127
实训七 数控铣床与加工中心编程综合测试题	138
参考文献	143

第一篇

数控车床仿真实训

本篇以 FANUC - 0I 数控系统、平床身前置刀架、标准车床面板操作为例。

第一卷

歐戰與世界經濟

歐戰與世界經濟 歐戰與世界經濟 歐戰與世界經濟

实训一

G00/G01 指令应用——零件的精加工

学习目标

1. 了解仿真软件的界面、功能、验证程序的过程。
2. 学习工件、刀具设置、程序输入编辑、对刀与自动加工。
3. 练习 G00/G01 指令应用——零件的精加工。

一、课前学生必备知识

(一) 编程基础知识

掌握 程序组成，程序段组成，编程方法和坐标系，F、S、T、M 功能。

(二) 刀具快速点定位指令 G00

格式 G00 X(U)_Z(W)_;

应用 刀具快速定位到某一点或快速返回。

注意 快速定位目标点不能直接选在工件上，一般要离开工件表面 1~5mm。

(三) 直线插补指令 G01

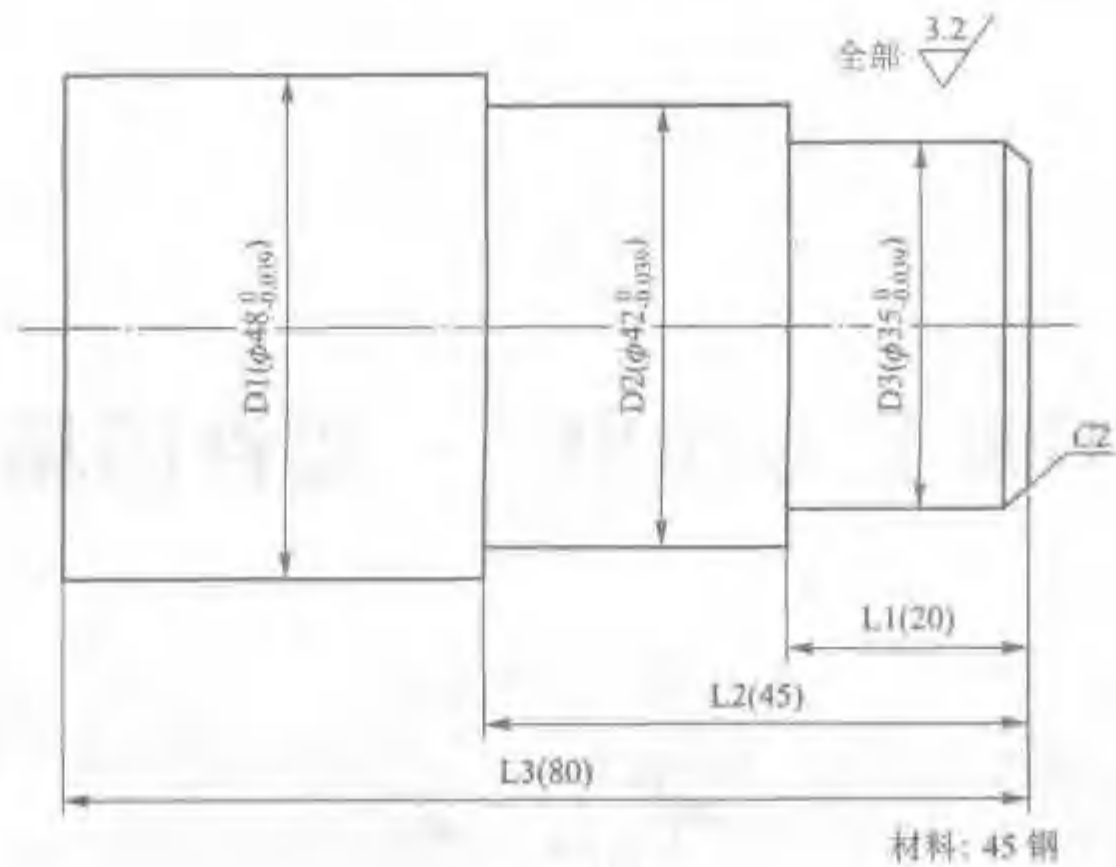
格式 G01 X(U)_Z(W)_F_;

应用 切削工件。可加工端面、外圆、内孔、圆锥、倒角、切槽和切断。

二、教师讲授与示范

(一) 零件图

零件图如图 1-1-1 所示。同类练习数据见表 1-1-1。



(a) 零件图



(b) 立体图

图 1-1-1 精加工例题

表 1-1-1 同类练习数据

零件序号	D1	D2	D3	L1	L2	L3
零件 1	$\phi 48$	$\phi 42$	$\phi 35$	20	45	80
零件 2	$\phi 46$	$\phi 38$	$\phi 32$	30	58	85
零件 3	$\phi 42$	$\phi 32$	$\phi 28$	35	62	88

(二) 工艺分析

1. 选择刀具

90°偏刀, 刀具号 T0101。

2. 加工路线


零件材料: 45 钢。坯料 $\phi 50 \times 130$ 已粗加工, 只做精加工, 工件不切断。

加工顺序：倒角→ $\phi 35 \times 20$ 外圆→ $\phi 42 \times 25$ 外圆→ $\phi 48 \times 35$ 外圆。

(三) 基本操作

1. 软件的启动

(1) 启动加密锁

“开始”→“程序”→“数控加工仿真系统”→“加密锁管理程序”。屏幕右下方出现  图标，加密锁启动成功。

(2) 启动应用程序


“开始”→“程序”→“数控加工仿真系统”→“数控加工仿真系统”→弹出“用户登录”界面，如图 1-1-2 所示。（或双击桌面的快捷方式图标 ）



图 1-1-2 应用程序启动界面

(3) 进入数控加工仿真系统


方法一 点击“快速登录”，直接进入，画面如图 1-1-3 所示；

方法二 输入用户名和密码，再点击“登录”，画面如图 1-1-3 所示。

管理员用户名：manager；口令：system。

一般用户名：guest；口令：guest。

(4) 进入数控车床界面(FANUC-01 系统,标准面版)

点击菜单“机床/选择机床”或点击  “选择机床”图标→弹出对话框→对话框选择如图 1-1-4 所示→点击“确定”按钮→进入 FANUC-01 数控车床仿真界面，如图 1-1-5 所示。

2. 软件界面组成

软件界面由机床和机床面板两部分组成。机床面板由右上角的数控系统面板和右下角的机

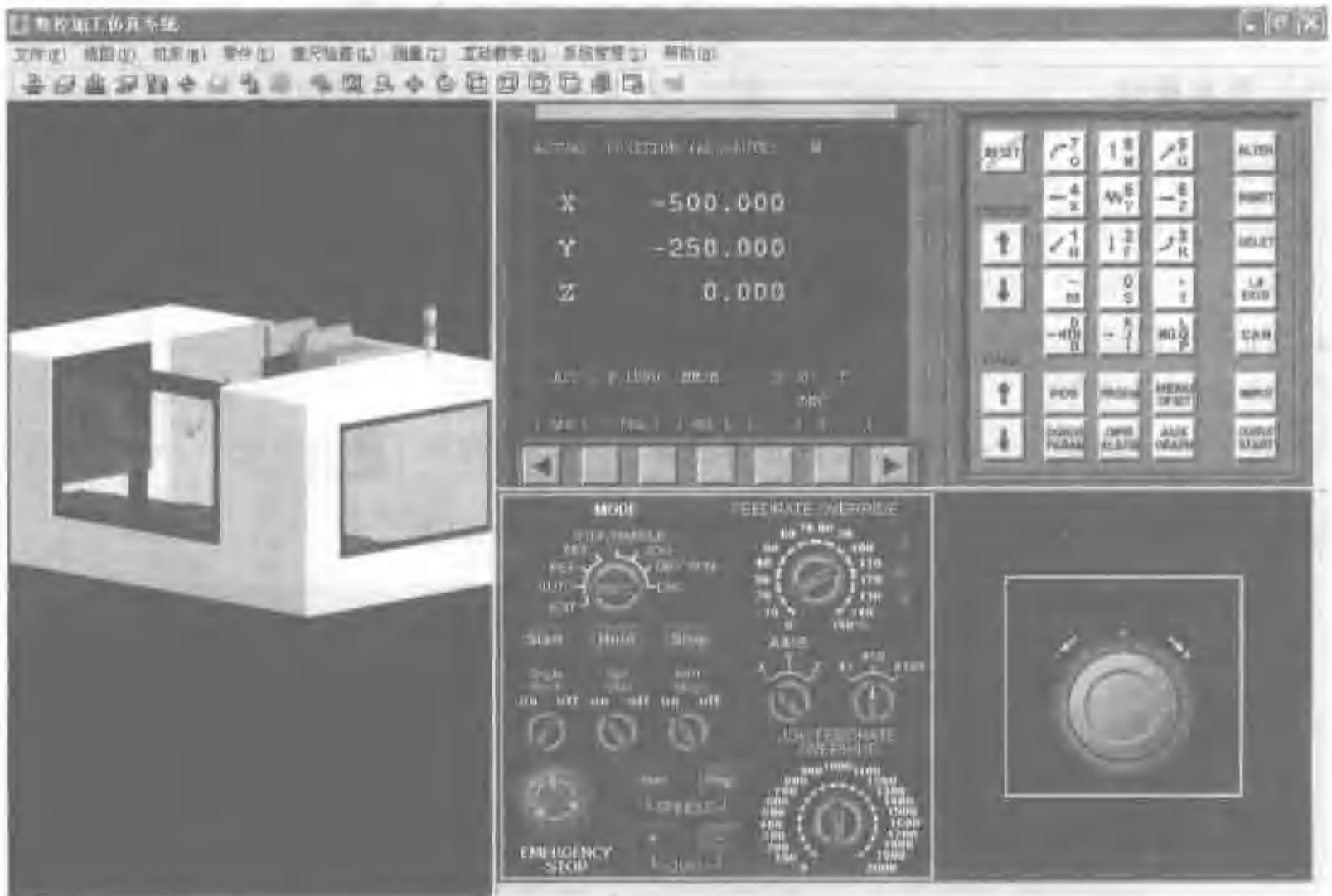


图 1-1-3 数控加工仿真系统界面



图 1-1-4 选择机床

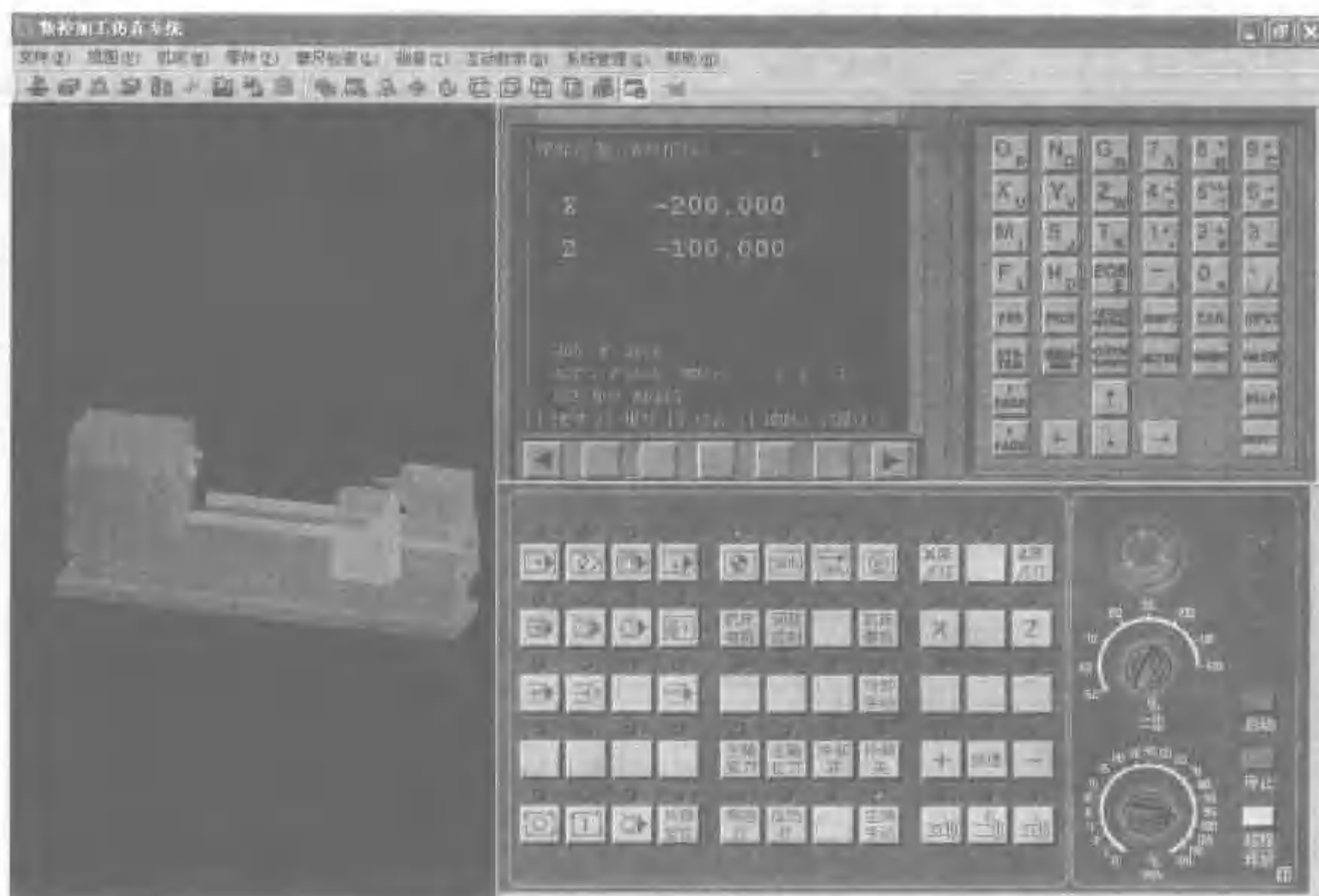


图 1-1-5 FANUC-01 数控车床仿真界面

床操作面板组成。

(1) 数控系统面板

数控系统面板如图 1-1-6 所示。

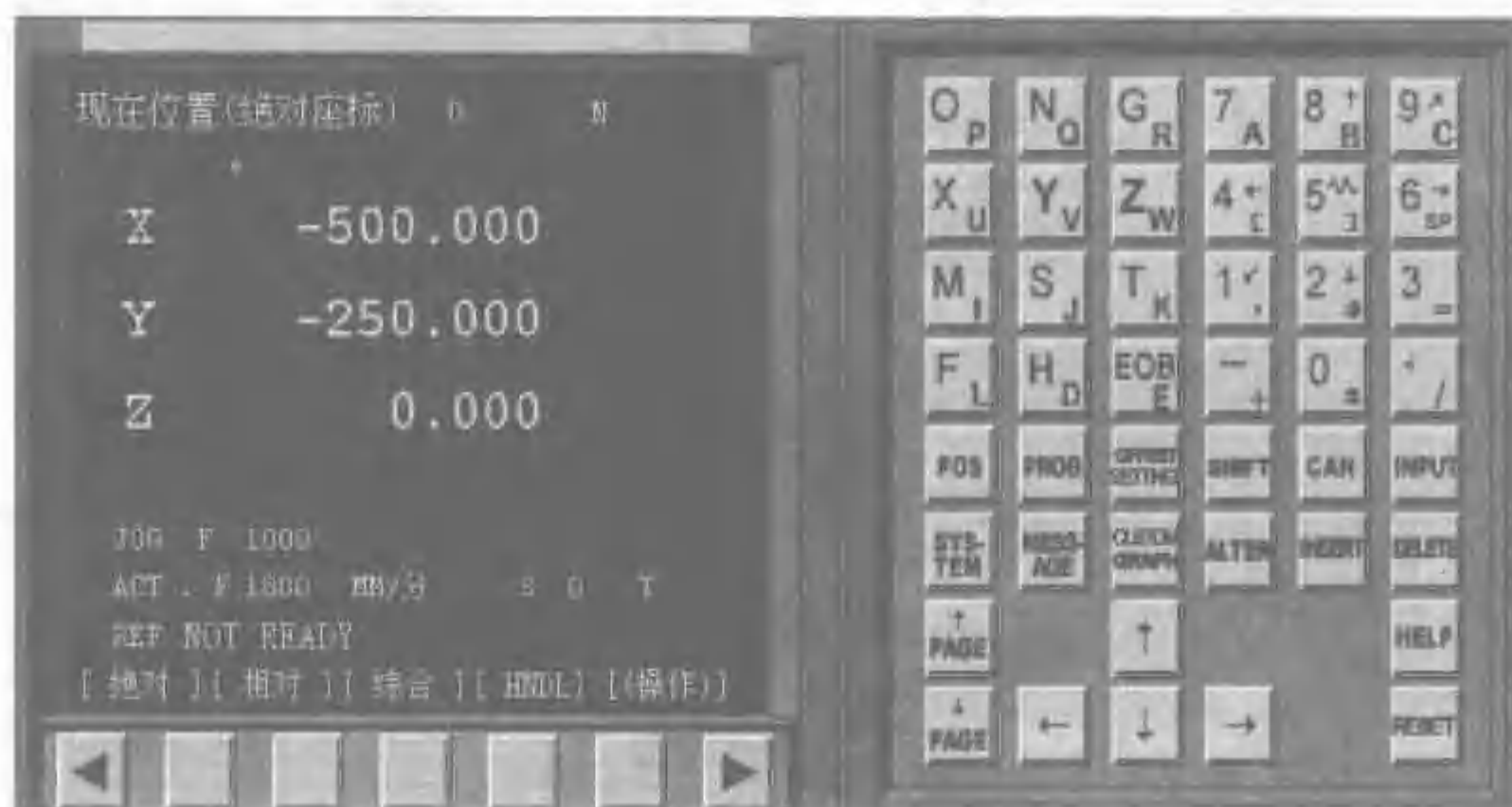


图 1-1-6 FANUC-01 数控系统面板

数控系统面板主要功能见表 1-1-2。

表 1-1-2 数控系统面板主要功能






块名	图标	功能	块名	图标	功能
数字字母键		用于输入数据到输入区域系统自动判别取字母或取数字	页面切换键		信息
					图形参数
编辑键		替换键	翻页按钮		向上翻页
		删除键			向下翻页
		插入键	光标移动 (CURSOR)		向上移动光标
		取消键			向左移动光标
		回车换行键			向下移动光标
		上档键			向右移动光标
页面切换键		程序编辑	其他键		输入键: 把输入区内的数据输入参数界面
		位置显示			系统帮助
		参数输入			复位键
		系统参数			

(2) 车床操作面板

车床操作面板如图 1-1-7 所示。

车床操作标准面板主要功能说明见表 1-1-3。

表 1-1-3 车床标准面板主要功能

图标	含义	其他表达方式	图标	含义	其他表达方式
	自动运行	AUTO/MEM		远程执行	DNC
	编辑	EDIT		单节	Single Block
	手动数据输入方式	MDI		单节忽略	Block Skip

续表

图 标	含 义	其他表达方式	图 标	含 义	其他表达方式
	选择性停止	M01 Stop/Option Stop		手动脉冲/手轮	HND/MPG
	手动示教	Teach		主轴正转	CW
	机械锁定	Lock		主轴停止	Stop
	试运行	Dry Run		主轴反转	CCW
	进给保持	AutoStop		紧急停止	Emergency Stop
	循环启动	AutoStart		主轴倍率	Main Axis (Spindle) Override
	循环停止	M00 Stop		进给倍率	Manual Transfer/Feed Override
	回原点	REF/ZRN/Home		显示手轮	Hand
	手动	JOG			
	手动脉冲/增量进给	INC			

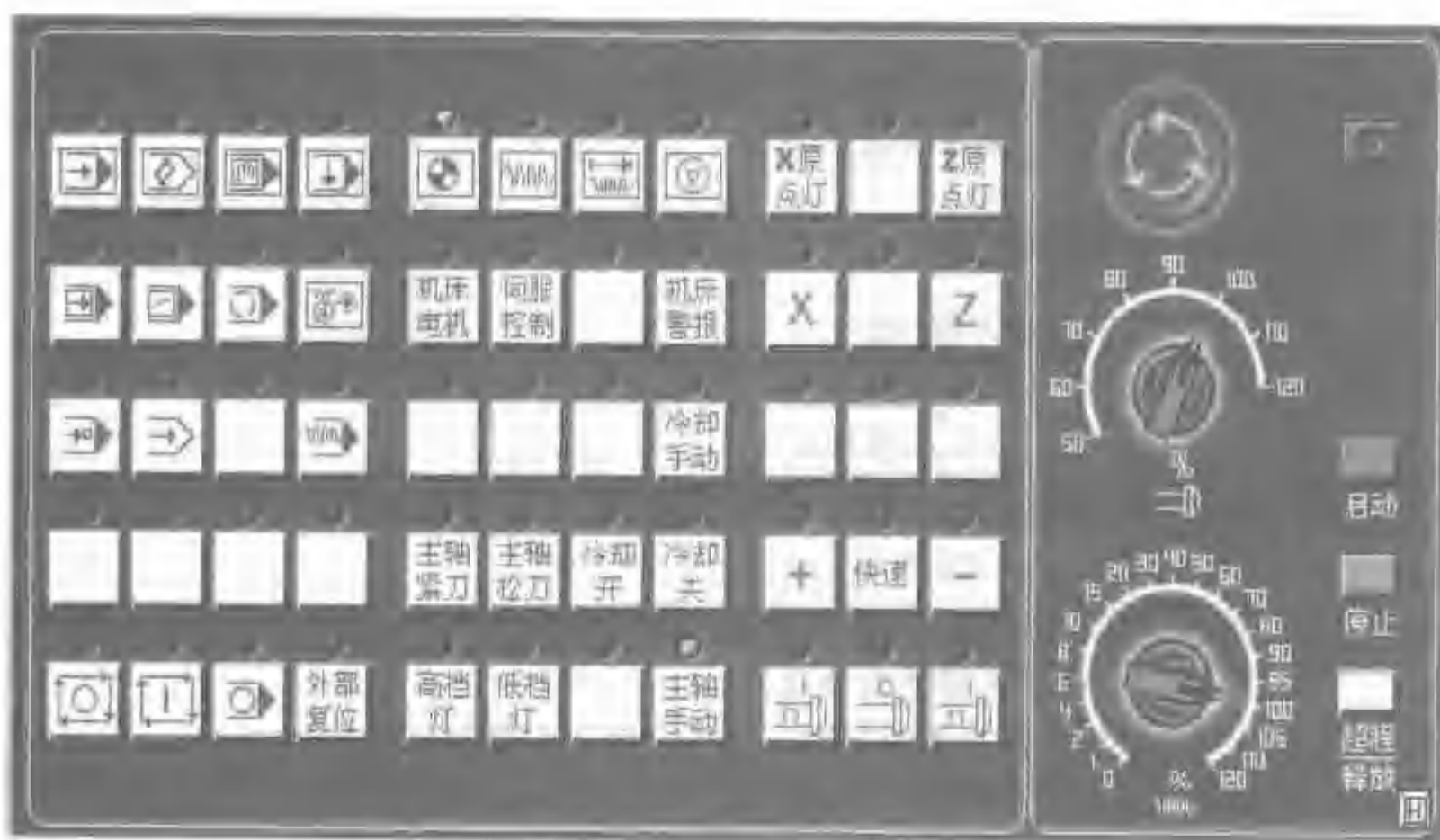


图 1-1-7 车床操作标准面板

3. 操作步骤(以图 1-1-1 所示零件精加工为例)

(1) 激活机床

1) 点击  键, 此时  指示灯变亮。

2) 点击  “紧急停止”按钮, 将其松开。


(2) 回参考点


1) 点击  “回原点”键。

2) 点击  轴键→点击  和  键, X 轴回原点,  灯变亮。

3) 同理完成 Z 轴回原点。


(3) 设置并安装工件

1) 点击菜单“零件/定义毛坯”或点击  “定义毛坯”图标→弹出对话框→对话框选择如图 1-1-8 所示→点击“确定”完成毛坯定义。

2) 点击菜单“零件/放置零件”或点击  “放置零件”图标→系统弹出对话框→选择零件→点击“安

装零件”→利用  移动工件。

(4) 选择刀具

1) 点击菜单“机床/选择刀具”或点击  “选择刀具”图标→系统弹出刀具选择对话框, 如图 1-1-9 所示。

2) 选择车刀。

① 在刀架图中点击所需的刀位(如 1);

② 选择刀片类型(如 D 型);

③ 在刀片列表框中选择刀片(如序号 2);

④ 选择刀柄类型(如外圆), 列表框中选择刀柄(如序号 1)。

完成上述选择后如图 1-1-10 所示。

3) 变更刀具长度和刀尖半径。选择车刀完成后, 界面的左下部位显示所选刀具。“刀具长度”和“刀尖半径”均可以由操作者修改。

4) 拆除刀具, 点击要拆除刀具的刀位, 点击“卸下刀具”。

5) 点击“确定”, 完成选择车刀、安装或拆除刀具的操作。

(5) 输入程序并编辑

图 1-1-1 零件的精加工参考程序见表 1-1-4。



图 1-1-8 车床定义毛坯

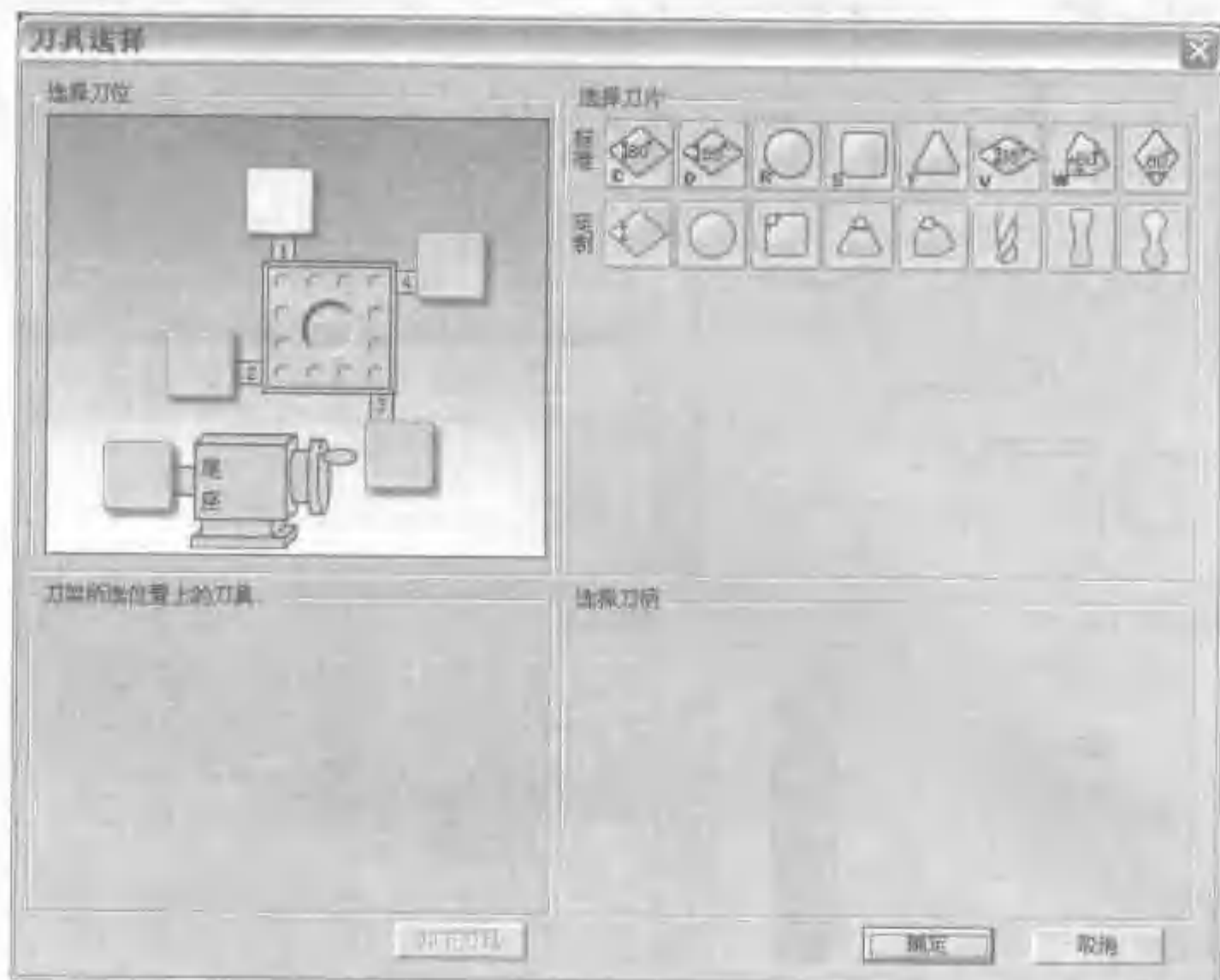


图 1-1-9 车床刀具选择初始界面

表 1-1-4 精加工零件参考程序

程序号: 011

程序段号	程序内容	说明
N10	T0101;	90° 偏刀 T01 刀位
N20	G99 M03 S1000;	主轴正转, 转速为 1 000 r/min
N30	M08;	打开切削液
N40	G00 X26.98 Z2;	快速定位
N50	G01 X34.98 Z-2 F0.1;	精车倒角
N60	Z-20;	精车 $\phi 35$ 外圆
N70	X41.98;	精车 $\phi 42$ 端面
N80	Z-45;	精车 $\phi 42$ 外圆
N90	X47.98;	精车 $\phi 48$ 端面
N100	Z-80;	精车 $\phi 48$ 外圆
N110	X52;	精车 $\phi 50$ 端面
N120	G00 X200 Z100;	快速退刀, 回换刀点
N130	M30;	程序结束

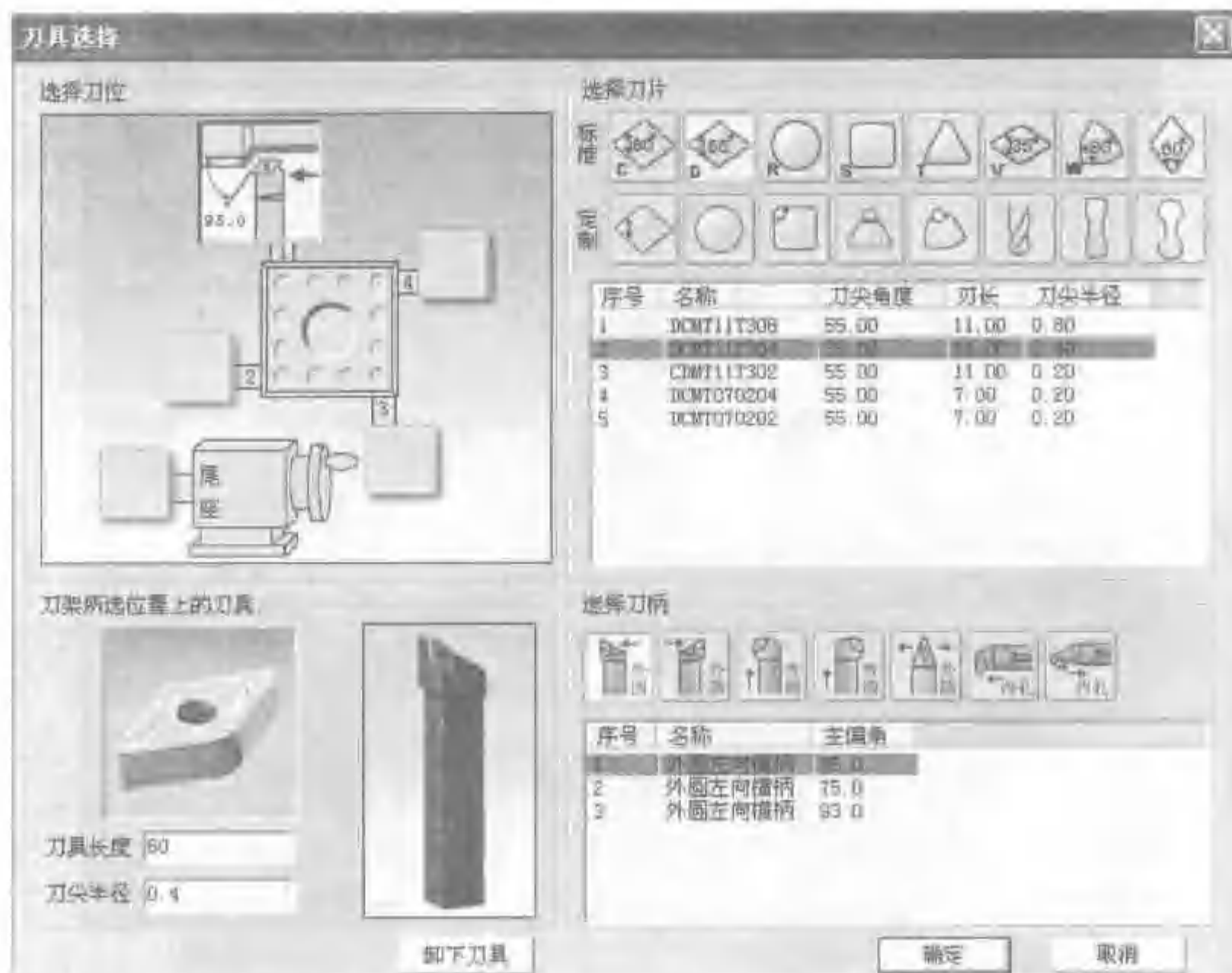

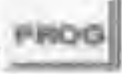






图 1-1-10 选择车刀


MDI 键盘输入程序并编辑步骤如下:







- 1) 点击  “编辑”键。
- 2) 点击  “程序”键, 进入程序界面。
- 3) 输入程序名“011”(输入的程序名不能与已有程序名重复)。
- 4) 点击  “插入”键。
- 5) 用鼠标或键盘输入 011 程序的内容。

输入程序常用功能:

① 自动生成程序段号 点击  “参数输入”键→点击【SETTING】软键, 光标移动到顺序号, 输入“1”, 点击【输入】软键, 所编程序自动生成程序段号(如 N10;N20...)。

② 换行 点击  “回车换行”键→点击  “插入”键。

③ 输入数据 点击数字/字母键, 如 G99 M03 S500, 数据被输入到输入域。如果输入错误, 可以使用  “取消”键删除输入域内的数据。


④ 移动光标 点击  “向上翻页”键或  “向下翻页”键，点击  或  或  或  向上、下、左、右移动光标。

⑤ 删除、插入、替代：

删除 点击  “删除”键，删除光标所在的代码。

插入 点击  “插入”键，输入区的内容插入到光标所在代码后面。

替代 点击  “替代”键，输入区的内容替代光标所在的代码。








⑥ 返回程序头 程序输入结束，点击  “复位”键，回到程序头。

⑦ 程序外的数据输入 点击  “输入”键。

(6) 对刀


试切法对刀步骤如下：

1) 手动切削外径 运用         图标改善显示效果。

① 点击  “位置显示”键→点击  “手动”键→点击  键→点击  键→点击  键或  键，机床 Z 向快速移动接近工件；同理移动 X 向。注意：离工件较近时取消  键。

② 点击  “主轴正转”键。

③ 点击  键→点击  键，刀具试切工件外圆。

④ 点击  键，X 方向保持不动，刀具退出。

2) 测量切削直径的尺寸。

① 点击  “主轴停止”键。

② 点击菜单“测量/剖面图测量”，如图 1-1-11 所示。点击试切外圆线段，选中的线段由红色变为黄色。记下下半部对话框中对应的 X 直径值。

3) 输入 X 向数值。

① 点击  “参数输入”键→点击【形状】软键→点击移动光标键到选择的刀具位置，如番号 01。

② 输入 X 直径值(如图输入 X49.361)→点击【测量】软键。

4) 切削端面。

① 点击  “位置显示”键→点击  “主轴正转”键。

② 刀具接近工件，点击  键，点击  键，切削工件端面。

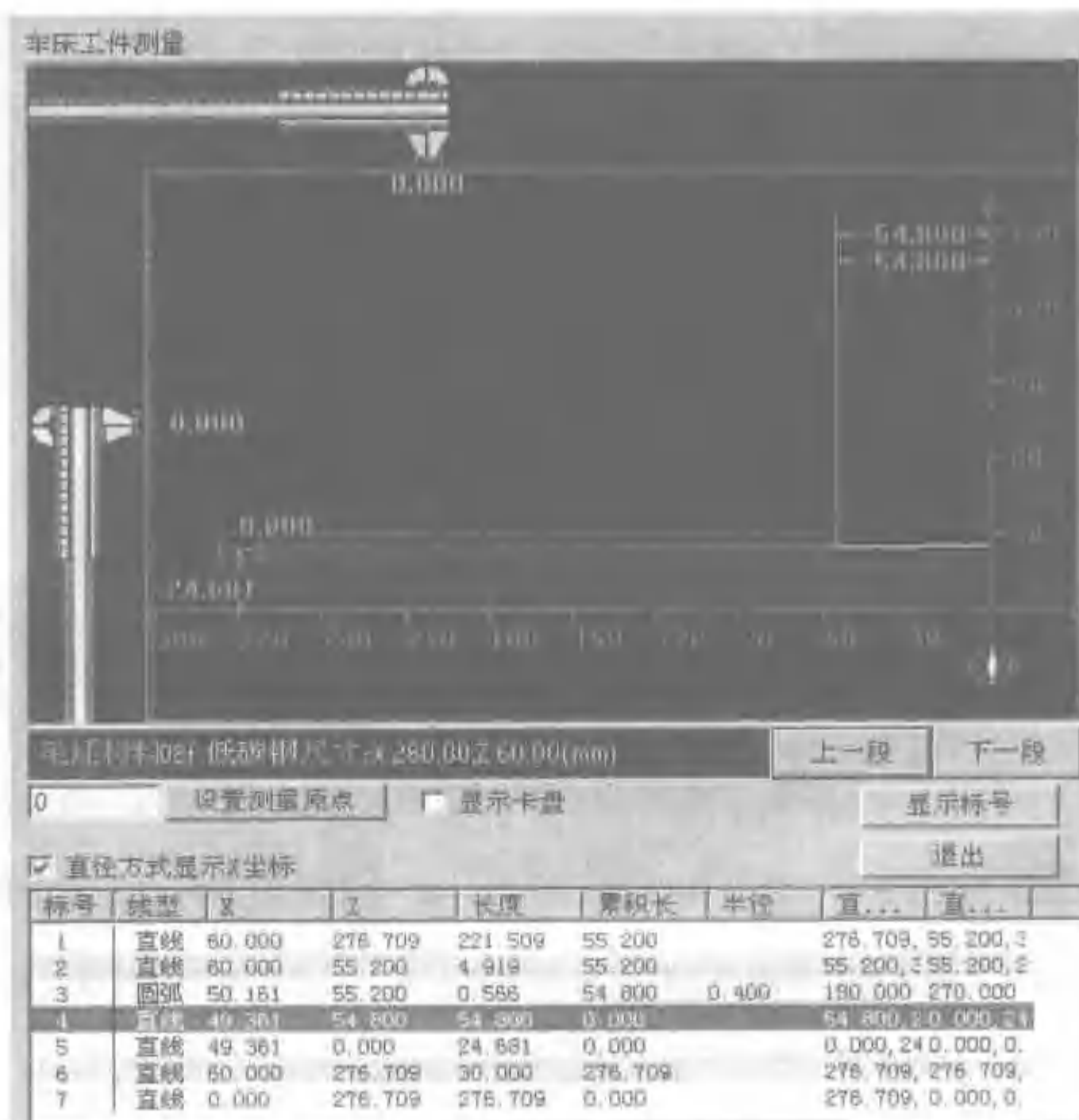


图 1-1-11 车床工件的测量

③ 点击 键，Z 方向保持不动，刀具退出。

5) 输入 Z 向数值。

① 点击 “主轴停止” 键。

② 点击 “参数输入” 键 → 点击【形状】软键 → 点击移动光标键到选择的刀具位置，如 01。

③ 输入 Z0 → 点击【测量】软键。

6) 输入 R、T 数值。

① 光标移到刀具 R 位置 → 输入刀尖半径 (如 0.4) → 点击【输入】软键。

② 光标移到刀具 T 位置 → 输入刀具方位号 (如 3) → 点击【输入】软键，完成 T01 对刀。

(7) 自动加工

1) 点击菜单“系统管理/系统设置” → 弹出系统设置对话框 → 点击 FANUC 属性 → 按图 1-1-12 设置 → 点击“应用”，“退出”。注意：本次登录有效。

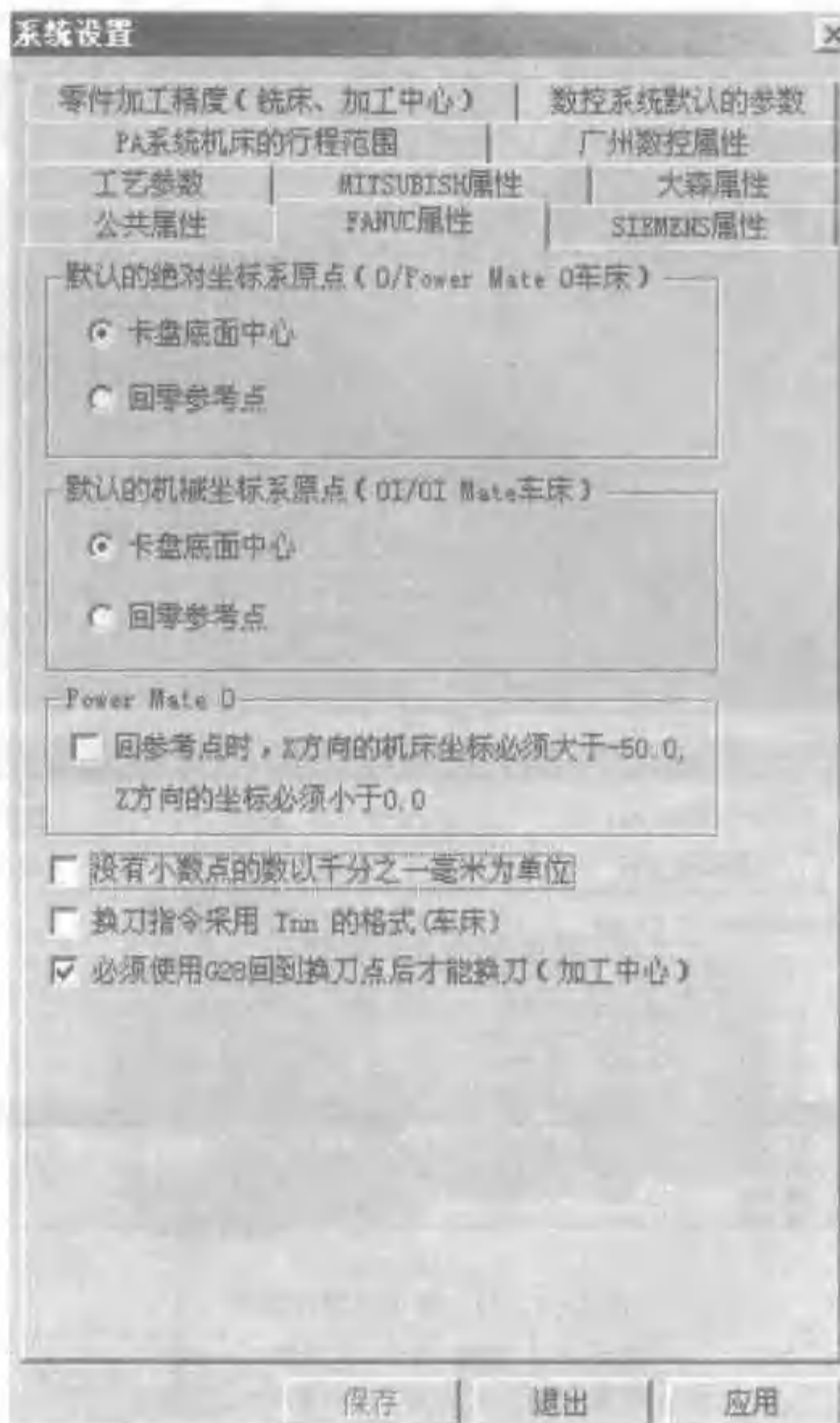



图 1-1-12 系统设置对话框

2) 点击  “自动运行” 键。

3) 点击  “循环启动” 键，自动加工零件。

(8) 测量工件

点击菜单“测量/剖面图测量”如图 1-1-13 所示。零件的几何要素均显示在下半部，点击线段，选中的线段由红色变为黄色，同时其下半部几何参数高亮显示。

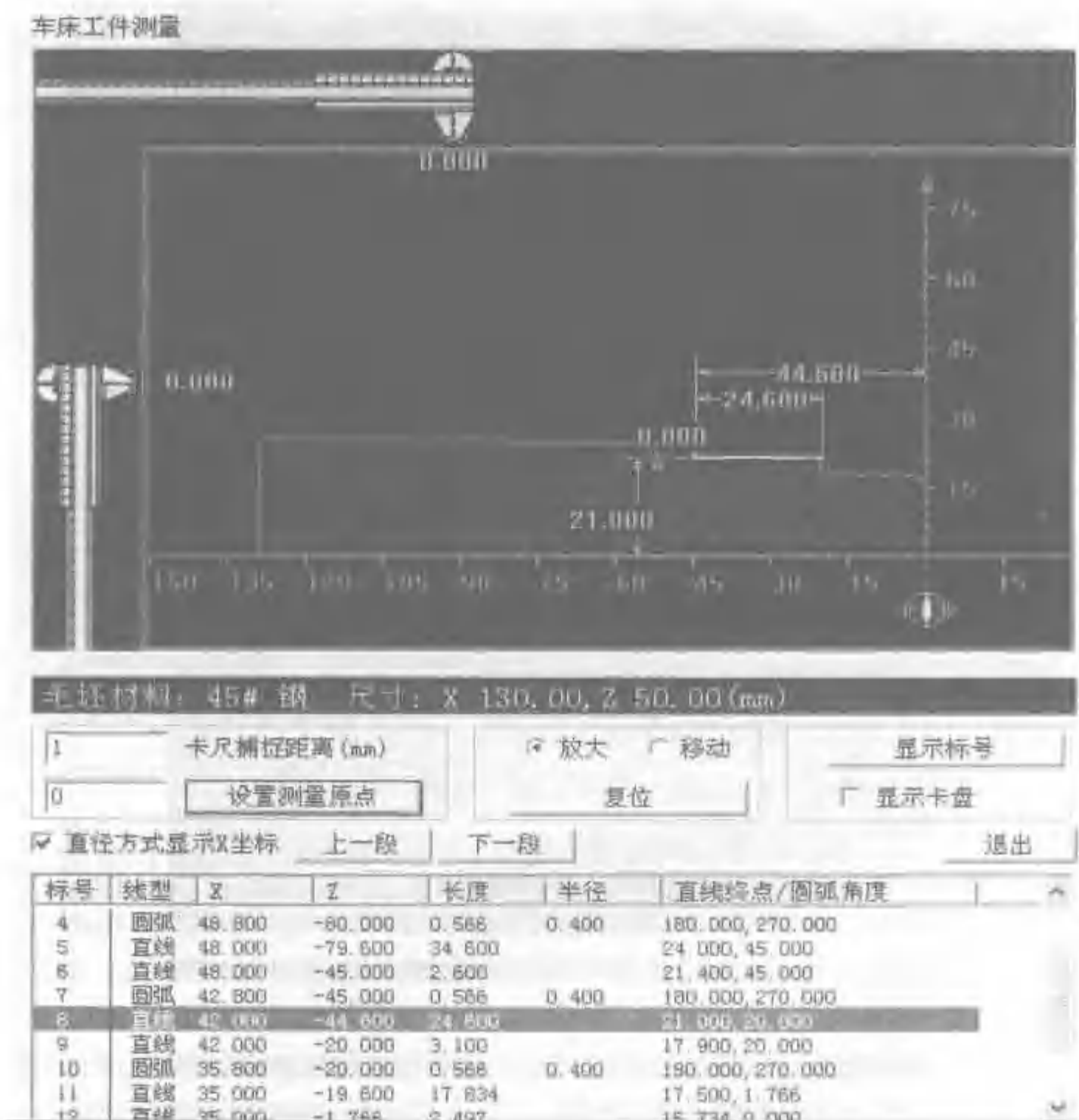


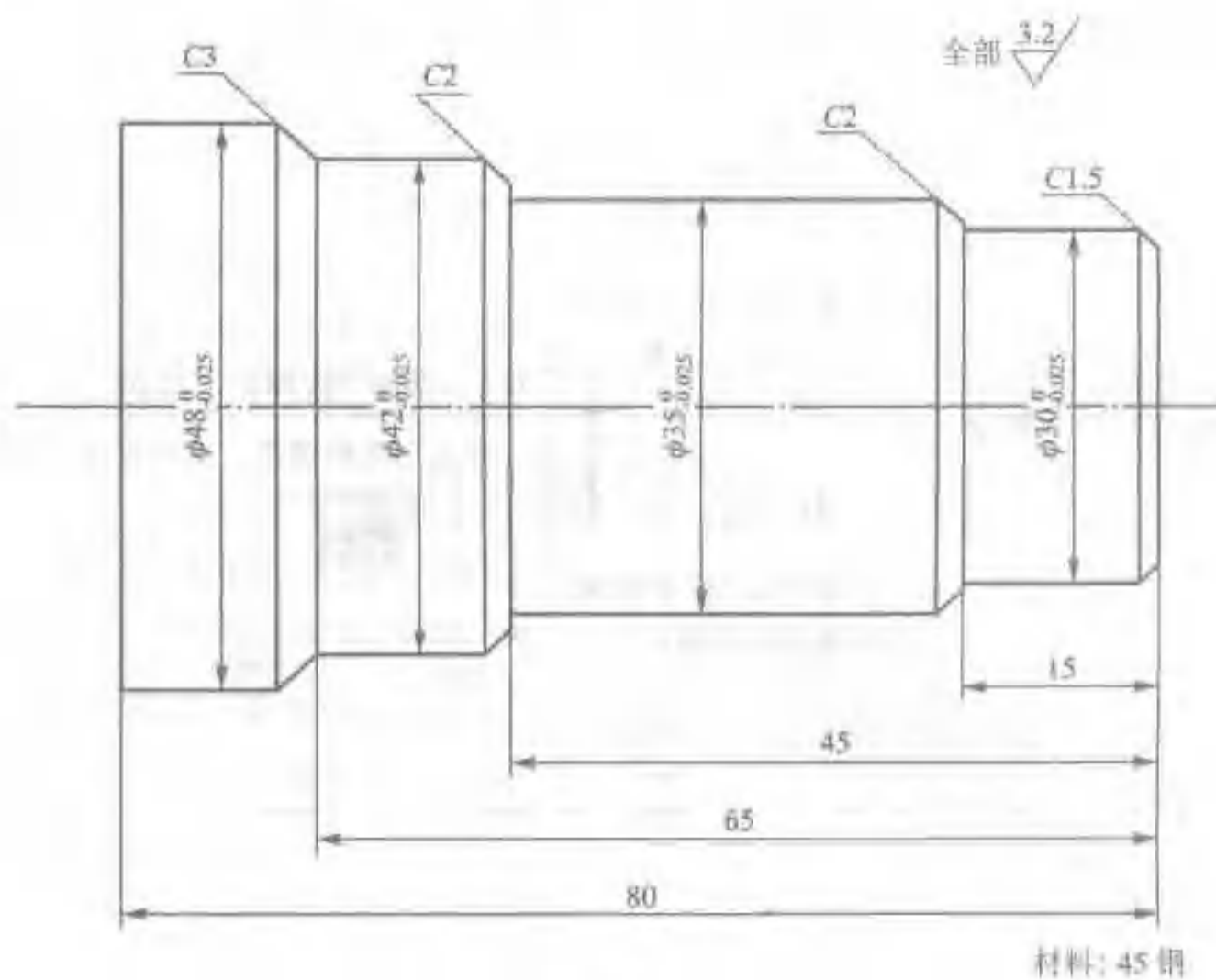
图 1-1-13 精加工零件测量

三、问题思考

1. 对刀的目的是什么? 如何对刀?
2. 在什么工作模式下可以输入并编辑程序?

四、学生练习题(课前编写加工程序)

1. 零件图
2. 可能出现的问题及解决方法
可能出现的问题及解决方法见表 1-1-5。



(a) 零件图




(b) 立体图

图 1-1-14 精加工练习

表 1-1-5 可能出现的问题及解决方法

常见问题	原因	解决方法
新程序名无法输入	工作模式不正确	工作模式 “编辑”
	新程序名已经存在	更换程序名
提示：系统没有准备好，本操作不能继续，请检查电源开关或急停开关！	未激活机床	点击 → 松开 “紧急停止”按钮
提示：请在完成回参考点后 再继续本操作！	开机后未回参考点	回参考点：点击 → 点击轴 → 点击 → 点击轴 → 点击

续表

常见问题	原因	解决方法
非程序错误撞刀或刀具远离工件	未对刀	重新对刀
	对刀位置不正确	重新对刀
	没有小数点的数以千分之一毫米为单位	系统管理/系统设置→FANUC 属性→可选框前无对号(没有小数点的数以千分之一毫米为单位)→点击“应用”、“退出”
	刀具补偿/形状参数错误地输入到磨损	<p>首先把磨损清零, 然后完成对刀操作。</p> <p>(点击  “参数输入” 键→点击【磨损】软键→移动光标到选择的刀具位置→X 处输入 0 →点击【输入】软键→Z 处输入 0 →点击【输入】软键→磨损清零)</p>

实训二

G40/G41/G42、G71/G73/G70 指令应用 ——固定循环加工零件

学习目标

1. 巩固学习工件及刀具参数设置、程序输入编辑、对刀与自动加工的步骤。
2. 学习零件模型的导入与导出。
3. 练习 G41/G42/G40、G71/G73/G70 指令的应用。

一、课前学生必备知识

1. 指令名称

G41 刀具半径左补偿指令、G42 刀具半径右补偿指令、G40 取消刀具半径补偿指令。
G71 粗车循环指令、G73 固定形状粗车循环指令、G70 精加工循环指令。

2. 指令格式

G41/G42/G40 G01/G00 X(U)___Z(W)_____;

G71 U Δ d Re;

G71 P \underline{ns} Q \underline{nf} U Δ u W Δ w;

G73 U Δ i W Δ k Rd;

G73 P \underline{ns} Q \underline{nf} U Δ u W Δ w;

G70 P \underline{ns} Q \underline{nf} ;

3. 应用

1) G41/G42/G40 直接用轮廓编程；刀具磨损、重磨、更换时程序不变；同一个程序同一把刀具，利用刀具补偿进行粗、精加工或控制加工精度。

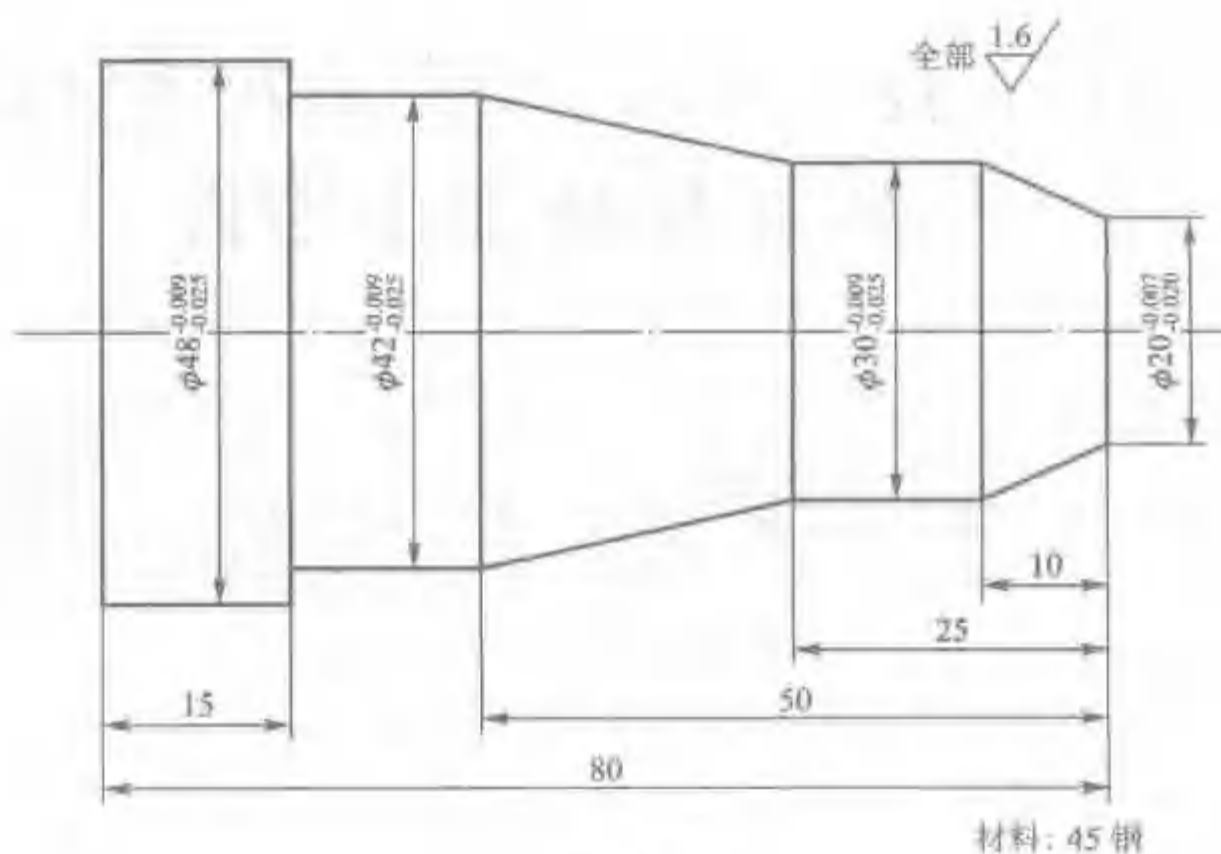
2) G71 棒料毛坯的粗加工。

3) G73 适用于粗车轮廓形状与零件轮廓形状接近的毛坯，如铸造、锻造类毛坯。

4) G70 用于精加工，切除 G71 或 G73 指令粗加工后留下的加工余量。

二、教师示范

(一) 零件图



(a) 零件图



(b) 立体图

图 1-2-1 固定循环加工例题

表 1-2-1 同类练习数据

零件序号	D1	D2	D3	D4	L1	L2	L3	L4	L5	L6
零件 1	$\phi 48$	$\phi 40$	$\phi 28$	$\phi 20$	15	25	45	55	10	80
零件 2	$\phi 44$	$\phi 36$	$\phi 24$	$\phi 16$	18	30	50	60	12	85
零件 3	$\phi 42$	$\phi 34$	$\phi 22$	$\phi 14$	20	32	53	64	15	88

(二) 工艺分析

1. 选择刀具

90°偏刀, 刀具号 T0101。

2. 注意事项

- 1) 正确使用 G41 或 G42 指令, 在恰当的位置用 G40 取消刀补。
- 2) G70 ~ G73 指令中不能出现非法指令, 循环起始, 终止要有正确的语句号。

3. 加工路线

- 1) 90°偏刀 T0101 完成粗车循环。
- 2) 90°偏刀 T0101 完成精车。

(三) 操作步骤

1. 激活机床



点击  键 → 松开  “紧急停止”按钮

2. 回参考点

点击  “回原点”键 → 点击轴  和  键 → 点击  键 → 点击轴  键 → 点击  键

3. 设置并安装工件

(1) 方法一

点击  “定义毛坯”图标 → 选择材料和尺寸: 45 钢, $\phi 50 \times 130$ → 点击  “放置零件”图标 → 选择毛坯后移动零件到适当位置。

(2) 方法二

机床加工零件时, 除了可以使用原始定义的毛坯(如方法一), 还可以对经过部分加工的毛坯进行再加工, 这个毛坯称为零件模型。这种方式在实际加工中节省材料, 值得推广。

导出、导入零件模型步骤如下:


1) 导出零件模型, 把经过部分加工的零件作为成型毛坯予以单独保存, 称为导出零件模型。

导出步骤: 点击菜单“文件/导出零件模型” → 在“另存为”对话框中输入文件名 → 点击“保存”, 零件模型即被保存。文件的默认后缀名为“.prt”, 请不要更改后缀名。

2) 导入零件模型:

导入步骤: 点击菜单“文件/导入零件模型” → 在“打开”对话框中选择所需的后缀名为“.prt”的零件文件 → 点击“打开”, 选中的零件模型被放置在主轴上。

4. 选择刀具

点击  “选择刀具”图标 → 弹出刀具选择对话框 → 点击刀位 1 → 刀片类型(D 型) → 刀片(序号 2) → 刀柄类型(外圆) → 刀柄(序号 1) → 完成 90°偏刀 T0101 设置。

5. 输入程序并编辑

图 1-2-1 所示加工零件参考程序见表 1-2-2。

表 1-2-2 固定循环加工零件参考程序

程序号: 012		
程序段号	程序内容	说明
N10	T0101;	90° 偏刀 T01 刀位
N20	G99 M03 S600;	主轴正转, 转速为 600 r/min
N30	M08;	打开切削液
N40	G00 X50 Z2;	快速进刀至循环起点
N50	G71 U2 R0.5;	定义粗车循环, 背吃刀量 2 mm, 退刀量 0.5 mm
N60	G71 P70 Q180 U0.5 W0.05 F0.25;	精车路线为 N70~N180 指定, X 方向精车余量 0.5 mm, Z 方向精车余量 0.05 mm, 进给量 0.25 mm/r
N70	G42 G00 X0 S1000;	设置刀具右补偿, 快速进刀, 设主轴转速为 1 000 r/min
N80	G01 Z0 F0.10;	设进给量为 0.10 mm/r
N90	X15.99;	精加工轮廓
N100	X19.99 Z-2;	精加工轮廓
N110	Z-15;	精加工轮廓
N120	X27.99;	精加工轮廓
N130	Z-25;	精加工轮廓
N140	X39.99 Z-45;	精加工轮廓
N150	Z-55;	精加工轮廓
N160	X47.99 Z-70;	精加工轮廓
N170	W-10;	精加工轮廓
N180	G40 X52;	取消刀补
N190	G00 X50 Z2;	定位
N200	G70 P70 Q180;	精加工
N210	G00 N200 Z100;	回换刀点
N220	M30;	程序结束

MDI 键盘输入程序步骤如下:



点击  “编辑” 键 → 点击  “程序” 键 → 输入程序名 “012” → 点击  “插入”

键 → 用键盘或鼠标输入 012 程序 → 点击  “复位” 键回到程序头。

6. 对刀

用试切法对 T0101 刀步骤如下:

(1) 手动切削外径


点击  “位置显示” 键 → 点击  “手动” 键 → 刀具接近工件 → 点击  “主轴正转”

键→点击键→点击键→点击键。






(2) 测量切削位置的直径

点击“主轴停止”键→点击菜单“测量/剖面图测量”。

(3) 输入 X 向数值

点击“参数输入”键→点击【形状】软键→番号 01 输入 X 直径值→点击【测量】软键。

(4) 手动切削端面

点击“位置显示”键→点击“主轴正转”键→刀具接近工件→点击键→点击键→点击键。

(5) 输入 Z 向数值

点击“主轴停止”键→点击“参数输入”键→点击【形状】软键→番号 01 输入 Z0→点击【测量】软键。

(6) 输入 R、T 数值

光标移到番号 01 的 R 位置→输入刀尖半径 0.4→点击【输入】软键→光标移到番号 01 的 T 位置→输入刀具方位号 3→点击【输入】软键，完成 T0101 对刀。

7. 自动加工

点击菜单“系统管理/系统设置”→点击“自动运行”键→点击“循环启动”键，自动加工零件。

8. 测量工件

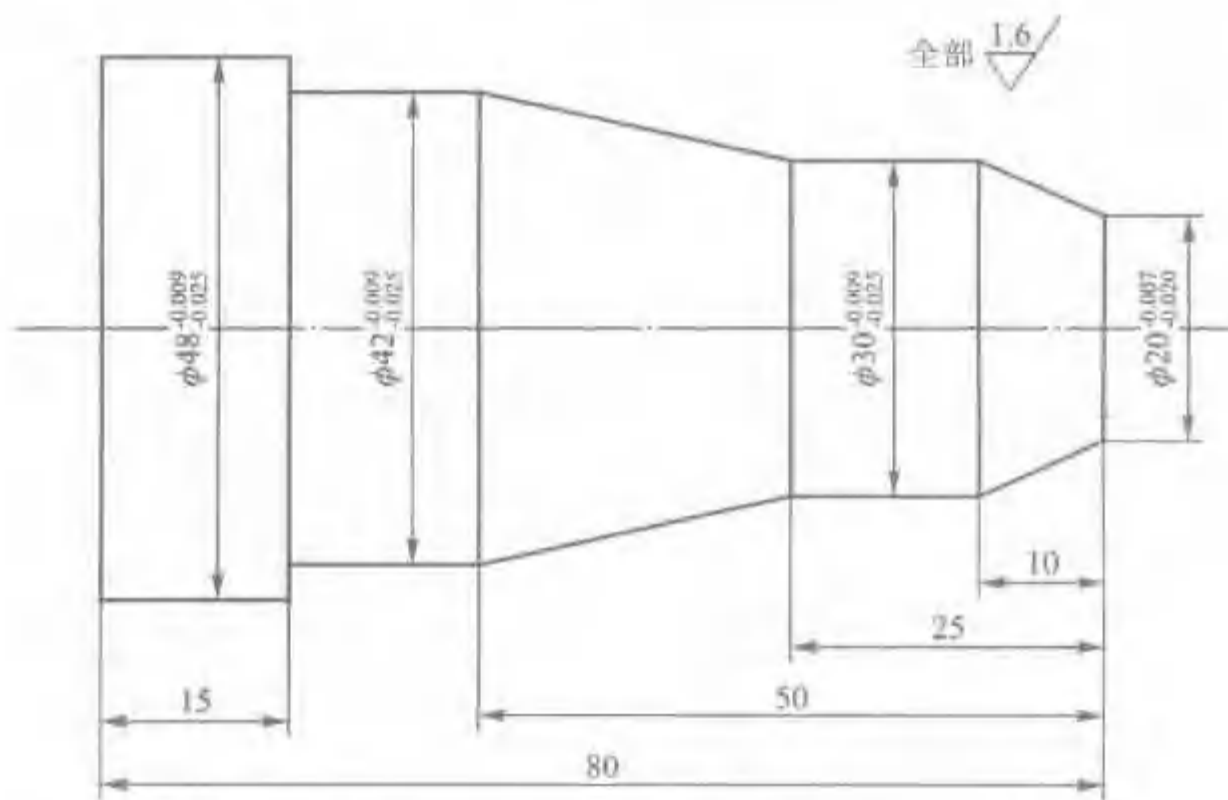
点击菜单“测量/剖面图测量”→点击测量线段→利用放大和移动等功能改善测量效果。

三、问题思考

1. 本题毛坯为棒料，能否用 G73 指令编程？和 G71 比较，加工时间是否相同？
2. G71 指令后面语句的 S1000 和 F0.10 表示粗车还是精车的切削用量？

四、学生练习题(课前编写加工程序)

1. 零件图
2. 可能出现的问题及解决方法
可能出现的问题及解决方法见表 1-2-3。



材料: 45 钢

(a) 零件图



(b) 立体图

图 1-2-2 固定循环加工练习

表 1-2-3 可能出现的问题及解决方法

常见问题	原因	解决方法
无程序段号	没有设置顺序号	点击  “参数输入” 键 → 点击【SETTING】软键 → 顺序号 1
#62 固定循环指令中参数不合适	背吃刀量为 0 或负值	修改程序
	G73 中重复次数为 0 或负值	修改程序
	P 指定的顺序号的程序段中没有 G00 或 G01 指令	修改程序
	P 指定的顺序号的程序段中分别为 Z(W) 或 X(L)	修改程序

续表

常见问题	原因	解决方法
#63/#61 在 G70 ~ G73 指令中, 没有找到指定的起始行/终止行	G70 ~ G73 指令后面没有对应的语句号	适当位置加上起始和终止语句号
找不到程序段	G41 或 G42 后面没有 G40	适当位置加上 G40
自动加工开始时提示: 如果以当前的速度和方向进给, 刀柄将与零件发生碰撞	程序在运动语句前没有刀具号	第一句写刀具号, 如 T0101
	刀具号不完整, 如 T01	输入完整的刀具号, 如 T0101
直径尺寸错误	刀尖半径值错误	选择刀尖半径值与刀具补偿值一致
	刀补方式 G41 或 G42 错误	右偏刀在前置刀架车床上, 加工外圆用 G42, 加工内孔用 G41

实训三

G04 指令应用——槽的加工

学习目标

1. 巩固学习零件模型的导入、导出。
2. 学习多把刀具的对刀方法。
3. 练习 G04 指令应用——槽的加工。

一、课前学生必备知识

1. 指令名称

G04 进给暂停指令。

2. 指令格式

G04 X(U) 或 G04 P;

X、U 暂停时间, s; P 暂停时间, ms。

3. 应用

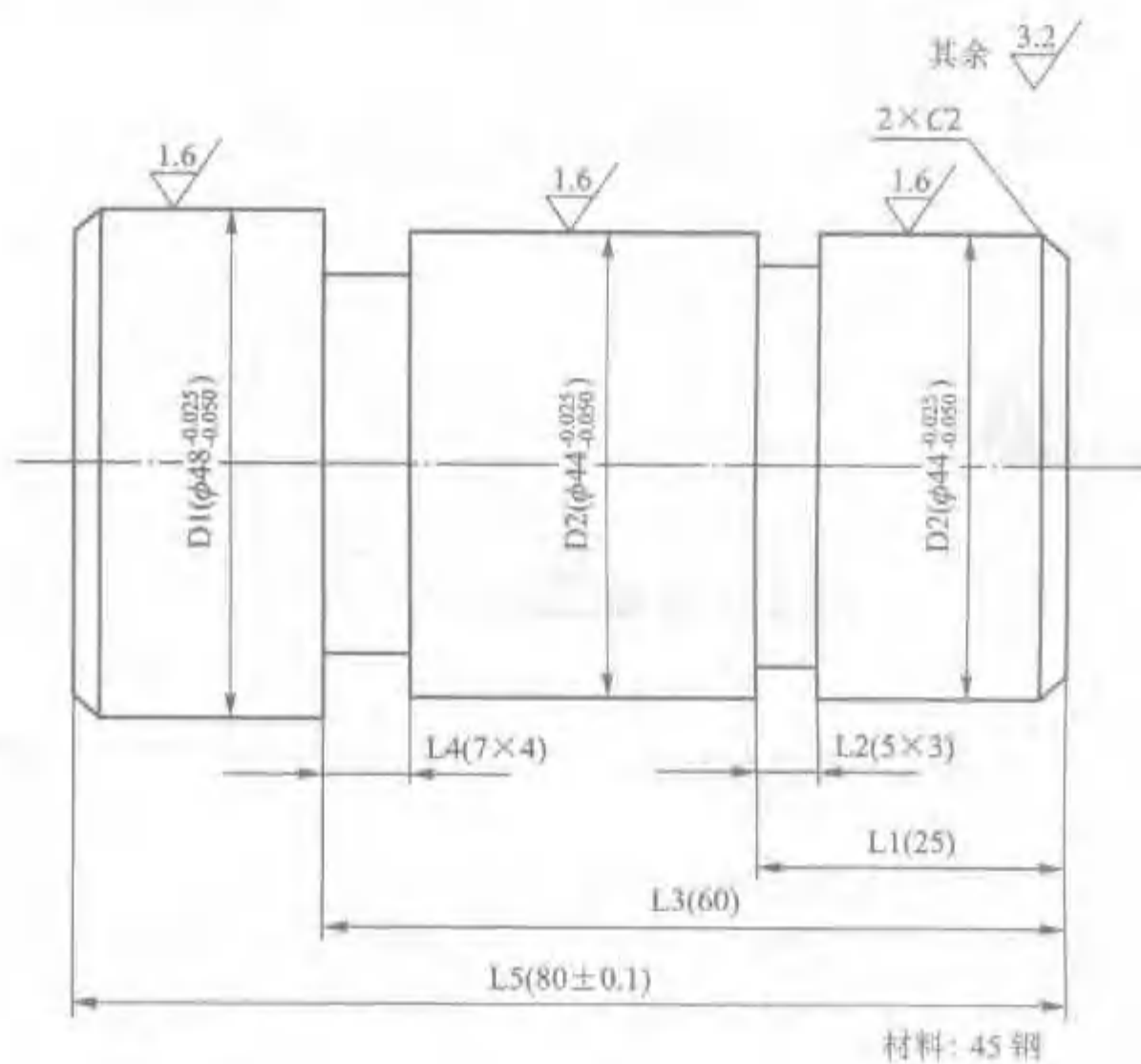
槽底的光整加工。

二、教师示范

(一) 零件图

表 1-3-1 同类练习数据

零件序号	D1	D2	C	L1	L2	L3	L4	L5
零件 1	φ48	φ44	C2	25	5 × 3	60	7 × 4	80
零件 2	φ44	φ40	C1.5	25	5 × 4	61	8 × 5	85
零件 3	φ43	φ38	C1	25	5 × 5	62	9 × 6	88



(a) 零件图



(b) 立体图

图 1-3-1 槽的加工例题

(二) 工艺分析

1. 选择刀具

90°偏刀, 刀具号 T0101。

切槽刀, 刀具号 T0303、刀宽 5 mm、以左刀尖为刀位点。

2. 加工路线

1) 粗车 $\phi 48 \times 80 \rightarrow \phi 44 \times 60$ 。

2) 精车 倒角 $\rightarrow \phi 44 \times 60 \rightarrow \phi 48 \times 20$ 。

3) 切 5×3 窄槽 \rightarrow 切 7×4 宽槽 \rightarrow 切左侧倒角 \rightarrow 切断。

3. 注意事项

- 1) 切槽时进刀和退刀的 Z 值不变。
- 2) 在一个程序中,一把刀的刀位点不能更改。
- 3) 切槽时主轴转速、进给量降到外圆粗加工的一半左右。

(三) 操作步骤



1. 激活机床

点击  → 松开 。

2. 回参考点

点击  → 点击轴  → 点击  → 点击轴  → 点击 。

3. 设置并安装工件


零件 1 新毛坯 点击  → 选择材料和尺寸: 45 钢、 $\phi 50 \times 150$ → 点击  → 选择毛坯后移动零件到适当位置。

同类练习零件 2、3 用导入零件模型作为毛坯。

导出步骤 点击菜单“文件/导出零件模型” → 输入文件名 → 点击保存。

导入步骤 点击菜单“文件/导入零件模型” → 选择零件文件 → 点击打开。

4. 选择刀具

点击  → 刀具选择界面进行如下操作:

点击刀位 1 → 刀片类型(D 型 55°) → 刀片(序号 2) → 刀柄类型(外圆) → 刀柄(序号 1) → 完成 90° 偏刀 T0101 设置,如图 1-1-10 所示。

点击刀位 3 → 刀片类型(方头切槽刀片) → 刀片(刀宽为 5,刀尖半径 0.4,序号 6) → 刀柄类型(外圆切槽柄) → 刀柄(外圆左向横柄、背吃刀量(切槽深度) 2S 即序号 5) → 完成切槽刀 T0303 设置,如图 1-3-2 所示。

5. 输入程序并编辑

图 1-3-1 槽零件的加工参考程序见表 1-3-2。

表 1-3-2 槽零件的加工参考程序

程序号: 013		
程序段号	程序内容	说明
N10	T0101;	90° 偏刀 T01 刀位
N20	G99 M03 S600;	主轴正转、转速为 600 r/min
N30	M08;	打开切削液
N40	G00 X48.5 Z2;	快速定位
N50	G01 Z-85 F0.25;	粗车 $\phi 48$
N60	G00 X50 Z2;	退刀
N70	X44.5;	定位
N80	G01 Z-60;	粗车 $\phi 44$

续表

程序号: 013		
程序段号	程序内容	说明
N90	G00 X46 Z2;	退刀
N100	X0;	定位
N110	G01 Z0 S1000;	准备精加工
N120	X40 F0.1;	精车端面
N130	X43.96 Z-2;	精车倒角
N140	Z-60;	精车 $\phi 44$
N150	X47.96;	精车台阶
N160	Z-85;	精车 $\phi 48$
N170	G00 X200 Z100;	回换刀点
N180	M09;	关闭切削液
N190	T0303 S300;	换切槽刀, 主轴转速为 300 r/min
N200	M08;	打开切削液
N210	G00 X45 Z-25;	定位
N220	G01 X38 F0.12;	切窄槽 5×3
N230	G04 U2.0;	槽底暂停 2 s
N240	G01 X45;	退刀
N250	G00 Z-60;	定位
N260	G01 X36;	切宽槽 7×4
N270	X45;	
N280	G00 Z-58;	
N290	G01 X36;	
N300	Z-60;	
N310	X45;	
N320	G00 X51;	
N330	Z-85;	定位
N340	G01 X44;	切辅助槽 5×2
N350	X48 Z-83;	切左倒角
N360	G00 Z-85;	定位
N370	G01 X0 F0.05;	切断(注意:由于零件切断后无法在仿真软件上测量,因此仿真时 X0 改为 X5,后面同理处理)
N380	G00 X200;	退刀(仿真时零件未切断退刀分两步)
N390	Z100;	回换刀点
N400	M30;	程序结束

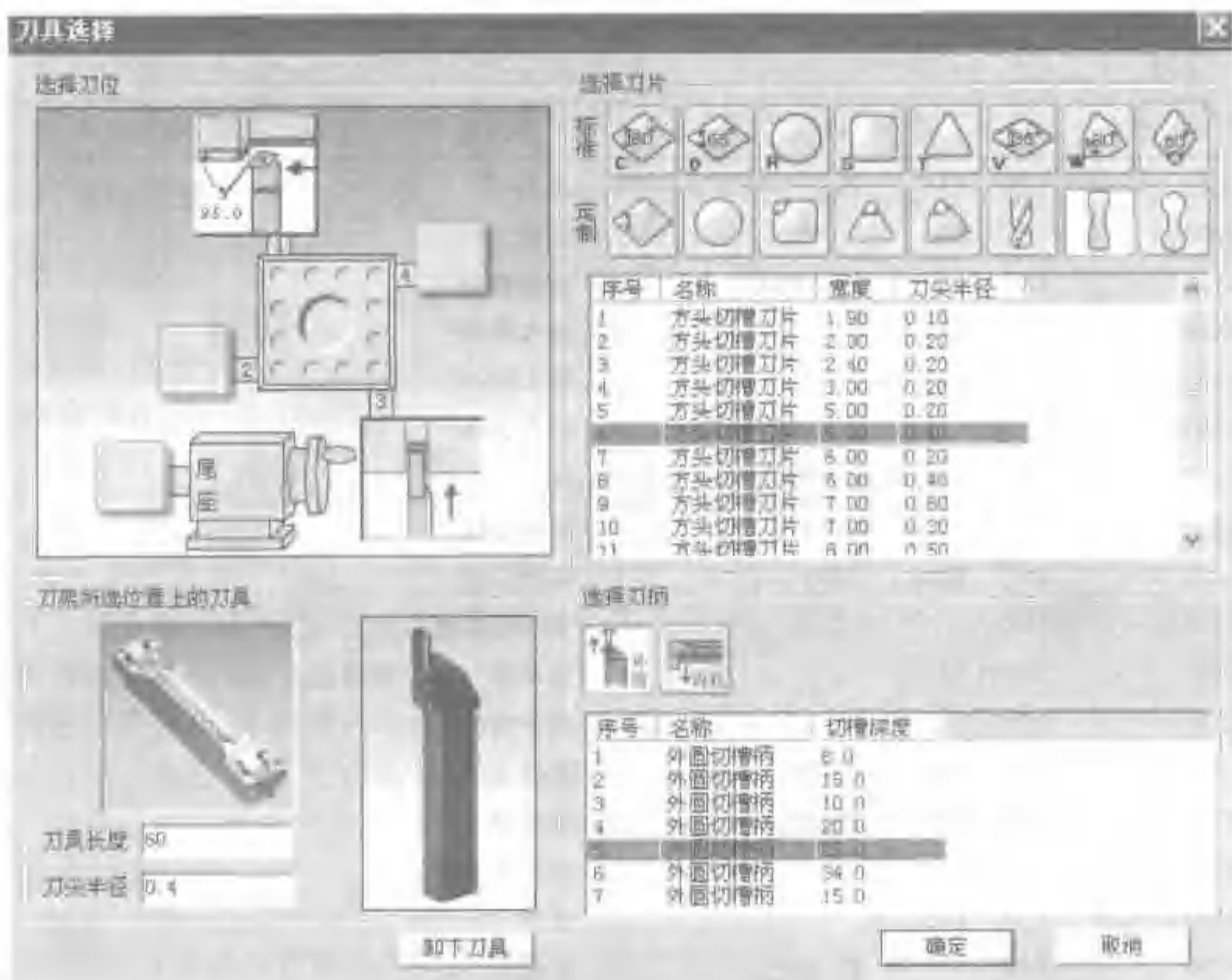


图 1-3-2 切槽刀

MDI 键盘输入程序步骤如下:

点击 → 点击 → 输入程序名“013” → 点击 → 用键盘或鼠标输入 013 程序 → 点击 回到程序头。

6. 对刀

(1) 用试切法对 T0101 刀(标准刀具)

手动切削外径 → 测量切削位置的直径 → 输入 X 向数值 → 手动切削端面 → 输入 Z 向数值 → 输入 R、T 数值 → 完成 T0101 对刀。

(2) 试切法对 T0303 刀

标准刀具以外的刀具对刀前要转到加工工位。刀具转到加工工位前必须远离工件表面,防止撞刀。

刀具转到加工工位的方法如下:

点击 “手动数据输入方式”键 → 点击 “程序”键 → 点击【MDI】软键 → 输入刀具号如 → 点击 “插入”键 → 点击 “循环启动”键 → 刀具 T0303 转到加工工位。

非标准刀具的对刀步骤如下:


1) 手动调整刀具接近工件右下角。

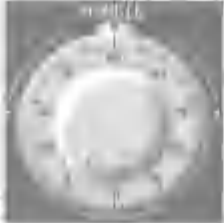

2) 利用  “手动脉冲/手轮” 微量调整刀具至工件右下角，步骤如下：

① 点击  “手动脉冲/手轮” 键。


② 点击  “显示手轮” 键，手轮如右图 。

③ 鼠标对准“轴选择”旋钮 ，点击左键或右键，选择坐标轴 X 或 Z。

④ 鼠标对准“手轮进给速度”旋钮 ，点击左键或右键，选择合适的脉冲当量，倍率选择 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 分别表示手轮每转一格工作台移动 0.001 mm、0.01 mm、0.1 mm。

⑤ 鼠标对准手轮 ，点击鼠标左键，手轮逆时针转，相应轴向负方向移动。点击鼠标右键手轮顺时针转，相应轴向正方向移动。借助图标  调整显示效果，使刀尖准确移到工件右下角。

3) 输入刀具数值。

① 点击  “参数输入” 键 → 点击【形状】软键 → 点击移动光标键到选择的刀具位置，如番号 03。

② 输入 X 直径值 → 点击【测量】软键。

③ 输入 Z0 → 点击【测量】软键。

④ 光标移到 R → 输入刀尖半径(如 0.4) → 点击【输入】软键。

⑤ 光标移到 T → 输入刀具方位号(如 3) → 点击【输入】软键，完成 T0303 对刀。

7. 自动加工

系统设置 →  →  自动加工零件。

8. 测量工件

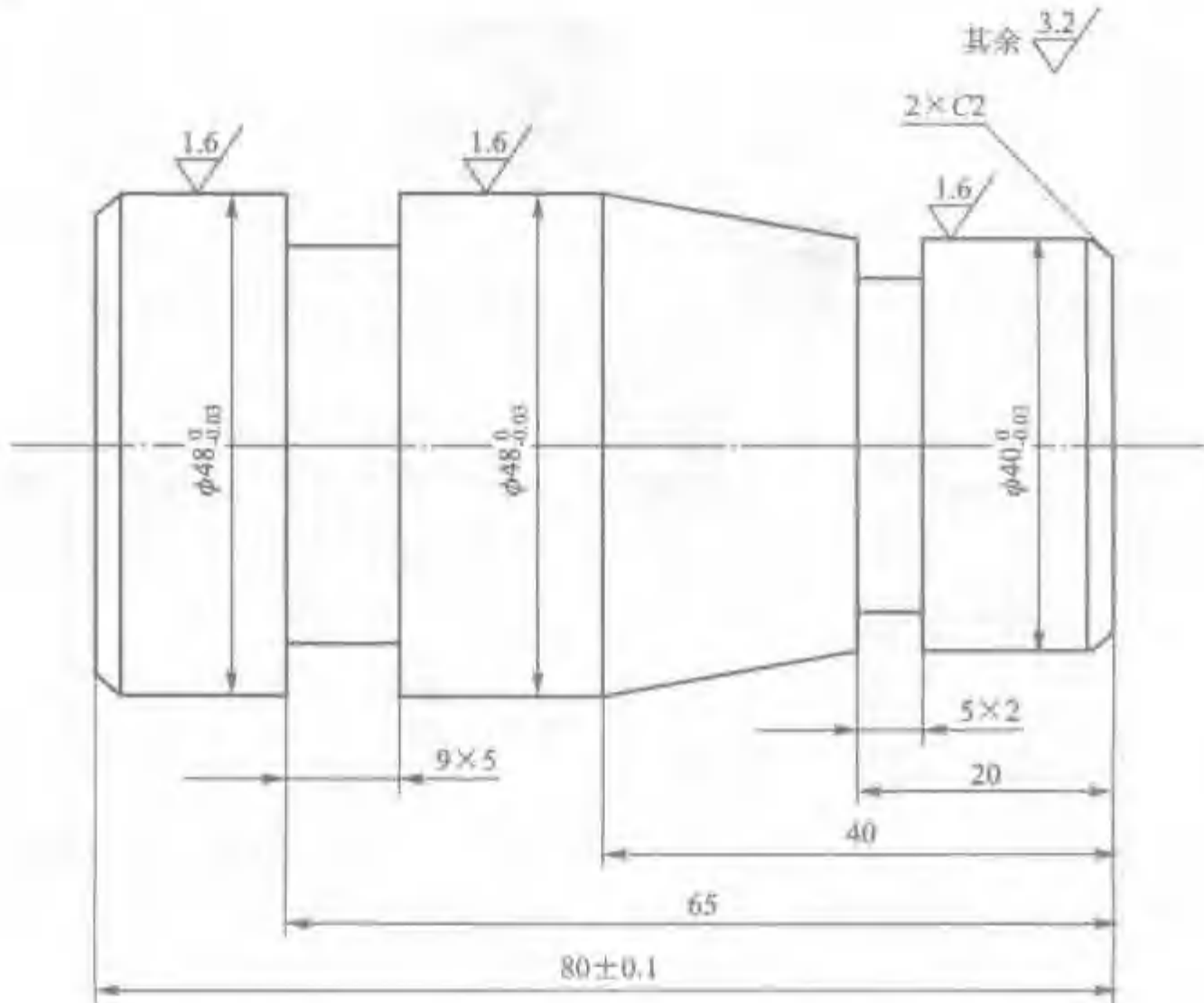
点击菜单“测量/剖面图测量” → 点击测量线段 → 利用放大和移动等功能改善测量效果。

三、问题思考

1. 如果刀宽改变，程序是否改变？哪些程序段发生变化？
2. 哪些因素影响槽的深度和宽度？

四、学生练习题

1. 零件图



(a) 零件图

材料: 45 钢



(b) 立体图

图 1-3-3 槽的加工练习

2. 可能出现的问题及解决方法

可能出现的问题及解决方法见表 1-3-3。

表 1-3-3 可能出现的问题及解决方法

常见问题	原因	解决方法
非程序错误的撞刀	换刀位置不恰当(对刀时)	刀具离开工件后再换另一把刀
	工件未切断, 直接回换刀点	两步回换刀点, 先 X 轴后 Z 轴

续表

常见问题	原因	解决方法
提示：如果以当前的速度和方向进给，刀柄将与零件发生碰撞	切槽深度大于刀刃的长度	加大刀刃的长度
找不到工件，无法测量	工件切断了	语句：X0 改为 X5
槽的尺寸不正确	对刀错误或误差大	准确对刀，正确地输入刀具修正形状值的位置

实训四

G02/G03 指令应用——圆弧的加工

学习目标

1. 巩固学习多把刀具的对刀方法。
2. 学习程序的管理与 M00 指令在自动加工中的应用。
3. 练习 G02/G03 指令应用——圆弧的加工。

一、课前学生必备知识

1. 指令名称

G02—顺圆插补、G03—逆圆插补。

2. 指令格式

格式一 用圆弧半径 R 指定圆心位置

G02 X(U)___Z(W)___R___F___;

G03 X(U)___Z(W)___R___F___;

格式二 用 I, K 指定圆心位置

G02 X(U)___Z(W)___I___K___F___;

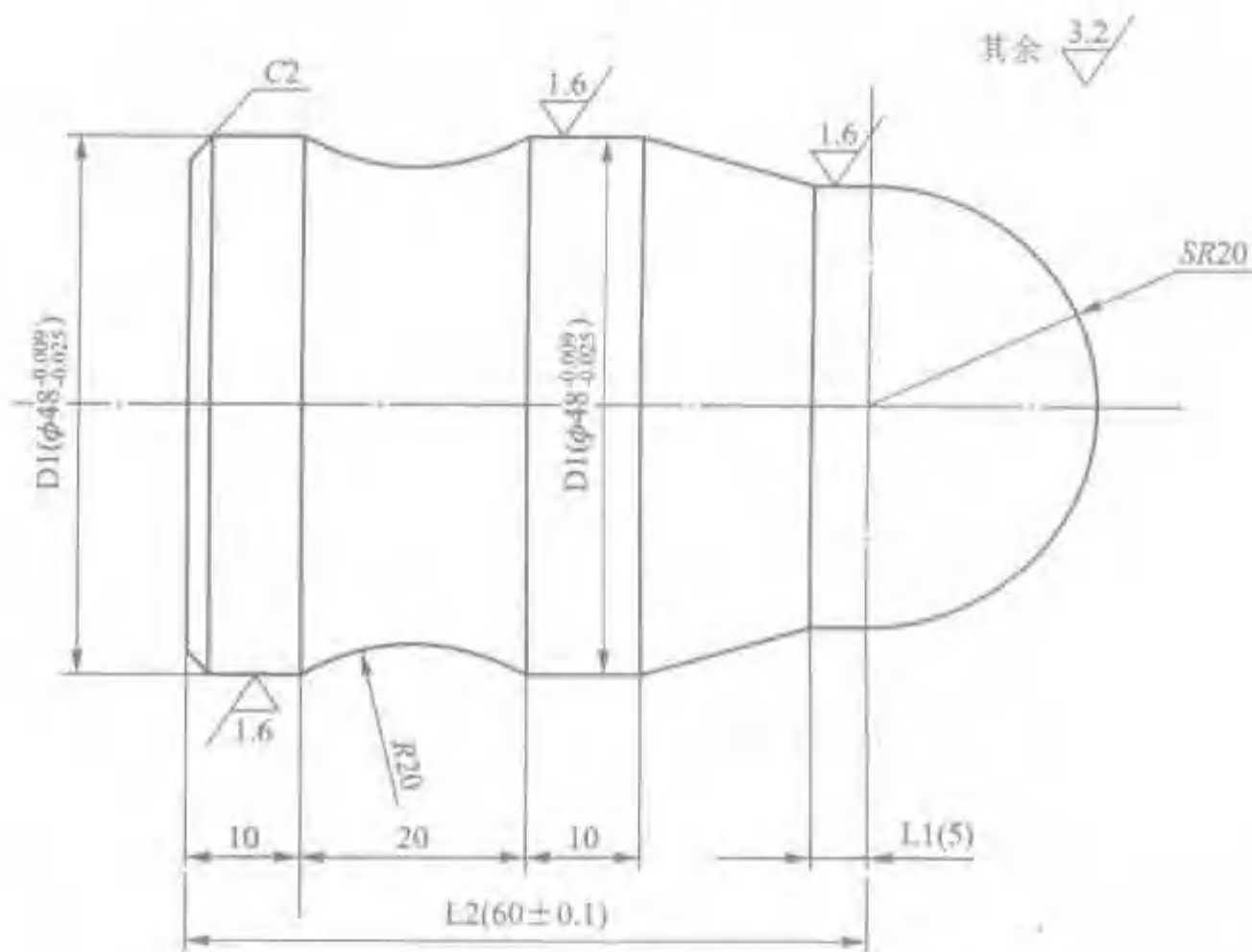
G03 X(U)___Z(W)___I___K___F___;

3. 应用

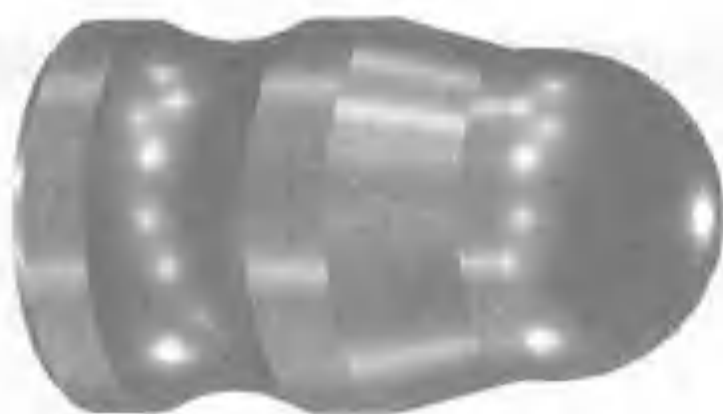
命令刀具在指定平面内以给定进给速度从当前点向终点做圆弧运动。

二、教师示范

(一) 零件图



(a) 零件图



(b) 立体图

图 1-4-1 圆弧加工例题

表 1-4-1 同类练习数据

零件序号	D1	SR	L1	L2
零件 1	$\phi 48$	SR20	5	60
零件 2	$\phi 44$	SR17	8	63
零件 3	$\phi 40$	SR13	12	67

(二) 工艺分析(不使用循环指令)

1. 选择刀具

35°刀尖角的 90°偏刀(V 型 35°刀), 刀具号 T0101。

切槽刀, 刀具号 T0303、刀宽 5 mm、以左刀尖为刀位点。

2. 加工路线

- 1) 粗车 $\phi 48 \times 85 \rightarrow \phi 40 \times 25$ 及锥面 \rightarrow 球头 \rightarrow 凹弧。
- 2) 精车 球头 $\rightarrow \phi 40 \times 5 \rightarrow$ 锥面 $\rightarrow \phi 48 \times 10 \rightarrow$ 凹弧 $\rightarrow \phi 48 \times 10$ 。
- 3) 切断。

3. 注意事项

- 1) 凹弧可以使用 V 型 35° 刀、尖刀或圆弧车刀。
- 2) 车锥法粗车圆弧时不能损坏圆弧。
- 3) 正确判断圆弧的顺逆和 I、K 的正负。

(三) 操作步骤

1. 激活机床
2. 回参考点
3. 设置并安装工件：45 钢、 $\phi 50 \times 150$
4. 选择刀具

点击刀位 1 \rightarrow 刀片类型 (V 型 35° 刀) \rightarrow 刀片 (序号 3) \rightarrow 刀柄类型 (外圆) \rightarrow 刀柄 (序号 2) \rightarrow 点击“确定”完成刀具设置，如图 1-4-2 所示。

5. 输入程序并编辑

图 1-4-1 圆弧加工零件参考程序 (未采用循环指令) 见表 1-4-2。

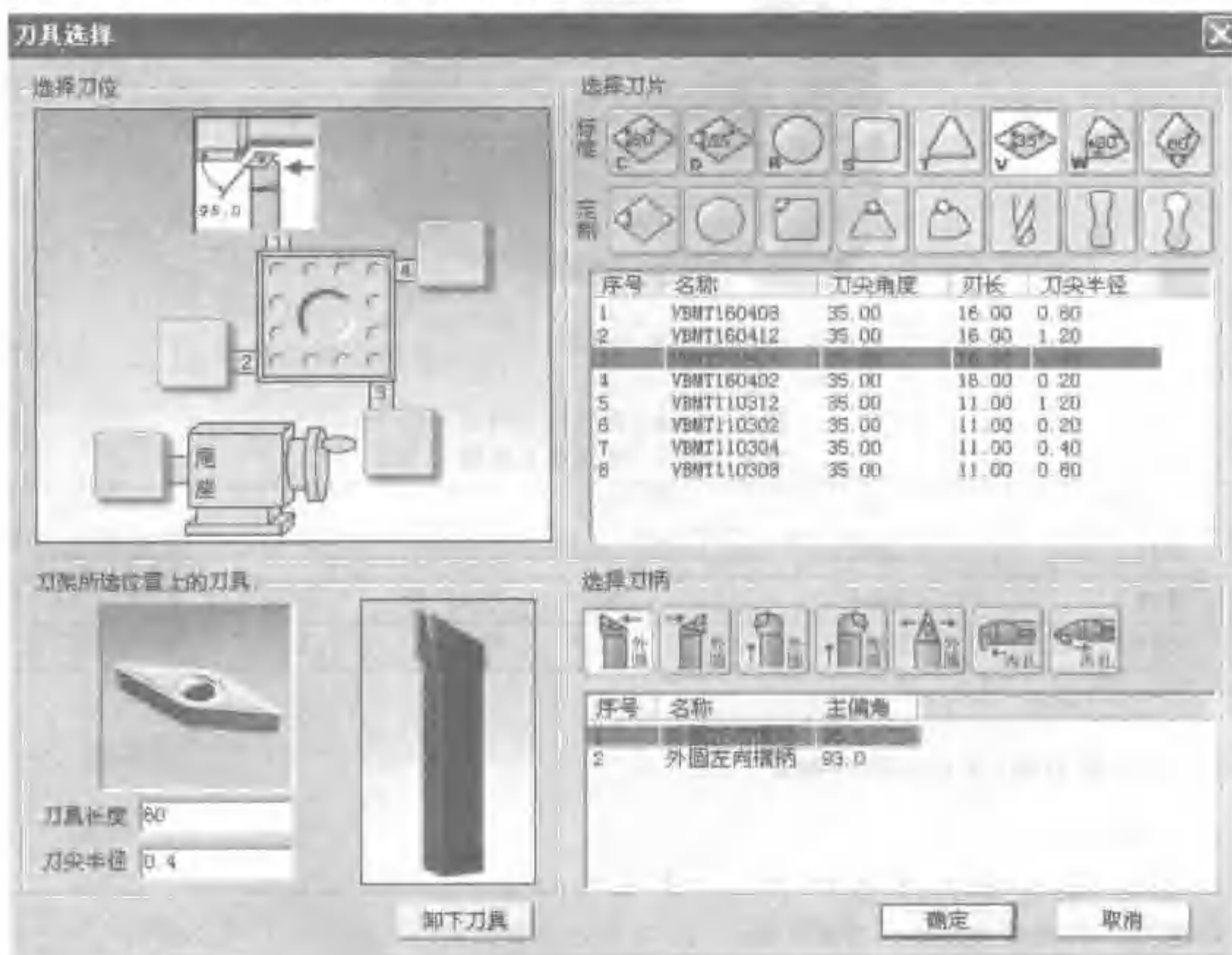


图 1-4-2 V 型 35° 刀





表 1-4-2 圆弧加工零件参考程序

程序号: 014		
程序段号	程序内容	说明
N10	T0101;	90°偏刀 T01 刀位
N20	G99 M03 S600;	主轴正转, 转速为 600 r/min
N30	M08;	打开切削液
N40	G00 X48.5 Z2;	快速定位
N50	G01 Z-85 F0.25;	粗车 $\phi 48$
N60	G00 X50 Z2;	退刀
N70	X44.5;	定位
N80	G01 Z-25;	粗车 $\phi 40$, 锥面第一刀
N90	X48.5 Z-40;	
N100	G00 Z2;	退刀
N110	X40.5;	定位
N120	G01 Z-25;	粗车 $\phi 40$, 锥面第二刀
N130	X48.5 Z-40;	
N140	G00 Z1;	退刀
N150	X36.5;	
N160	G01 X40.5 Z-2;	粗车球头第一刀(车锥法)
N170	G00 Z1;	
N180	X32.5;	
N190	G01 X40.5 Z-4;	粗车球头第二刀
N200	G00 Z1;	
N210	X28.5;	
N220	G01 X40.5 Z-6;	粗车球头第三刀
N230	G00 Z1;	
N240	X24.5;	
N250	G01 X40.5 Z-8;	粗车球头第四刀
N260	G00 Z1;	
N270	X20.5;	
N280	G01 X40.5 Z-10;	粗车球头第五刀
N290	G00 Z0.5;	
N300	X0;	
N310	G03 X41 Z-20 R20.5;	粗车球头第六刀(车圆法)
N320	G00 X50.8;	
N330	Z-50;	
N340	G02 X50.8 Z-70 R20;	粗车凹弧第一刀
N350	G00 X48.5;	
N360	G03 X48.5 Z-50 R20;	粗车凹弧第二刀
N370	G00 Z50;	
N380	M00;	程序暂停
N390	G00 X0 Z2;	
N400	G01 Z0 S1000;	
N410	G03 X40 Z-20 R20 F0.1;	精车球头
N420	G01 Z-25;	精车 $\phi 40 \times 5$
N430	X47.98 Z-40;	锥面
N440	W-10;	$\phi 48 \times 10$
N450	G02 X47.98 W-20 R20;	凹弧
N460	G01 W-10;	$\phi 48 \times 10$
N470	G00 X200 Z100;	回换刀点
N480	M09;	关闭切削液



续表



程序号: 014		
程序段号	程序内容	说明
N490	T0303 S260;	换槽刀, 主轴转速为 260 r/min
N500	M08;	打开切削液
N510	G00 X52 Z-85;	定位
N520	G01 X44;	切辅助槽 5×2
N530	X48 Z-83;	切左侧角
N540	G00 Z-85;	定位
N550	G01 X0 F0.05;	切断(注意:仿真时 X0 改为 X5)
N560	G00 X200;	退刀(零件未切断退刀分两步)
N570	Z100;	回换刀点
N580	M30;	程序结束



(1) MDI 键盘输入程序



点击  → 点击  → 输入程序名“014” → 点击  → 用键盘或鼠标输入 014 程序 → 点击  回到程序头。



(2) 程序管理

1) 显示程序目录 点击  → 点击  → 点击【LIB】→ 显示程序目录, 界面如图 1-4-3 所示。

2) 选择一个程序 点击  → 输入“0×”(×为程序目录中显示的程序号) → 点击  开始搜索, 搜索到“0×”后显示在屏幕首行程序号位置, NC 程序将显示在屏幕上。

3) 删除一个程序 点击  → 输入“0×”(×为目录中显示的要删除程序号) → 点击 , 程序被删除。

4) 删除全部数控程序 点击  → 输入“0~9999” → 点击 , 全部程序被删除。

5) 保存程序 点击  → 点击【操作】→ 点击  → 点击【Punch】, 在弹出的对话框中输入文件名, 选择文件类型和保存路径 → 点击“保存”。

6. 对刀

(1) 试切法对 T0101 刀(标准刀具)

(2) 试切法对 T0303 刀具



图 1-4-3 程序目录界面

点击 → 点击 → 点击 → 点击 → 点击 → 调整刀具接近工件右下角 → 点击 → 点击 → 鼠标选择 → 鼠标选择 → 鼠标对准 点击鼠标左、右键 → 调整刀尖准确移到工件右下角 → 点击 → 点击【形状】→ 输入 X 直径值 → 点击【测量】→ 输入 Z0 → 点击【测量】→ 输入刀尖半径 → 点击【输入】→ 输入刀具方位号 → 点击【输入】，完成 T0303 对刀。

7. 自动加工

M00 语句应用

- 1) 程序遇到 M00 语句时机床动作停止。
- 2) 测量粗加工后零件尺寸。
- 3) 测量值与程序值之差即误差作为磨损值输入刀具参数界面，方法如下：

点击 → 点击【磨损】→ 点击移动光标键到选择的刀具位置 → X 处输入 X 向误差后点击【输入】→ Z 处输入 Z 向误差后点击【输入】。

- 4) 点击循环启动继续执行后面的语句。

8. 测量工件

两次测量，粗加工结束后 M00 暂停测量工件尺寸，目的是提高零件加工精度。

精加工结束后测量工件尺寸，目的是检验产品精度。

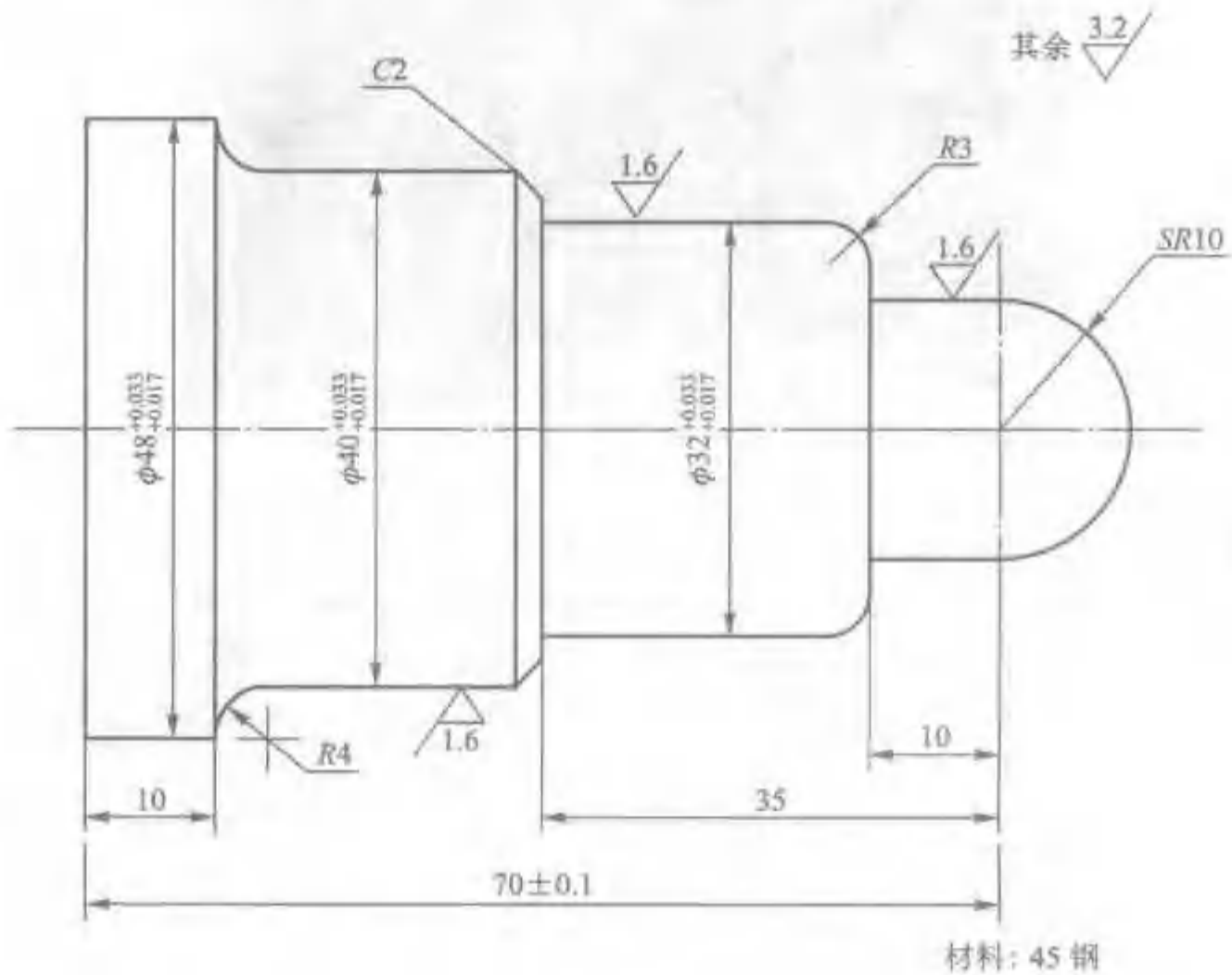
三、问题思考

1. 圆弧顺逆方向错误会产生什么结果？
2. 加工凹弧与凸弧的刀具在什么情况下不同？什么情况下相同？

3. 粗车球头的最佳工艺路线应该是什么?

四、学生练习题(课前编写加工程序)

1. 零件图



(a) 零件图



(b) 立体图

图 1-4-4 圆弧加工练习

2. 可能出现的问题及解决方法

可能出现的问题及解决方法见表 1-4-3。

表 1-4-3 可能出现的问题及解决方法

常见问题	原因	解决方法
#20 起点半径和终点半径之差超过规定值	G02/G03 程序段后面的 G00/G01 漏写	填写 G00/G01
	圆弧起点、终点坐标错误	准确计算、正确输入
	圆弧插补语句或其下一句有问题	修改程序
#22 没有圆弧半径	没有指定 R 或 I、K	修改程序
#23 非法半径指令	地址 R 中指令了负值	修改程序
自动加工时刀具不动	M03 错误地输入为 M30	用 M03 替代 M30
球头扁心	圆弧起点错误	起点为(0,0)而非(0,2)
	圆弧终点错误	准确计算圆弧终点坐标

实训五

G90/G92/G76 指令应用——螺纹的加工

学习目标

1. 巩固学习程序管理操作与 M00 的应用。
2. 学习程序的导入方法。
3. 练习 G90/G92/G76 指令应用——螺纹的加工。

一、课前学生必备知识

1. 名称

G90 简单固定循环指令, G76、G92 螺纹切削循环指令。

2. 指令格式

G90 X(U)_Z(W)_R(I)_F_;

G92 X(U)_Z(W)_R(I)_F_;

G76 P(m)(r)(α) Q(Δd_{om})R(d);

G76 X(U)_Z(W)_R(i)P(k)Q(Δd) F(f);

3. 应用

G90 用于外圆柱面和圆锥面或内孔面和内锥面毛坯余量较大零件的粗车。

G92 指令用于单一循环加工螺纹。

G76 指令用于多次自动循环切削螺纹, 设置切深和进刀次数等参数后可自动完成螺纹的加工。

二、教师示范

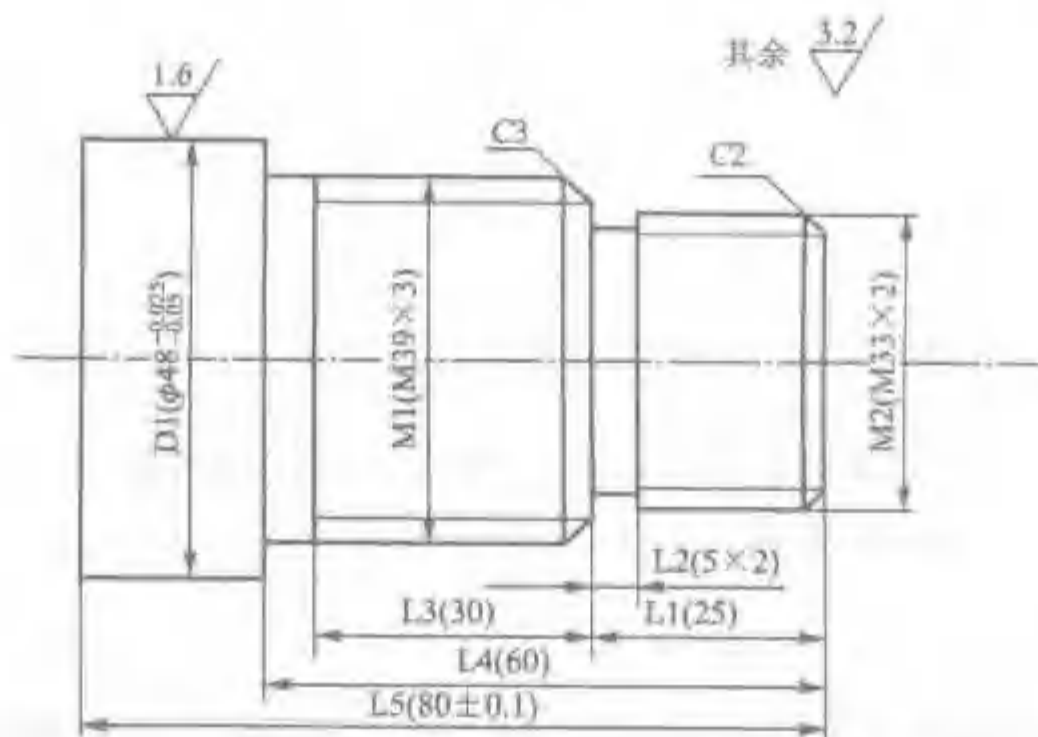
(一) 零件图

表 1-5-1 同类练习数据

零件序号	D1	M1	M2	L1	L2	L3	L4	L5
零件 1	$\phi 48$	M39 \times 3	M33 \times 2	25	5 \times 2	30	60	80

续表

零件序号	D1	M1	M2	L1	L2	L3	L4	L5
零件 2	$\phi 44$	M36 × 3	M30 × 2	30	5 × 2	32	65	85
零件 3	$\phi 40$	M33 × 2	M24 × 2	33	5 × 2	33	70	88



材料: 45 钢

(a) 零件图



(b) 立体图

图 1-5-1 螺纹加工例题

(二) 工艺分析

1. 选择刀具

90°偏刀, 刀具号 T0101。

切槽刀, 刀具号 T0303, 刀宽 5 mm, 以左刀尖为刀位点。

螺纹刀, 刀具号 T0404。

2. 注意事项

- 1) 正确计算螺纹各部分尺寸。
- 2) 主轴转速按规定方法计算后适当降低些。
- 3) 先加工退刀槽后加工螺纹。

3. 加工路线

- 1) 90°偏刀 T0101 粗车 $\phi 48 \times 85 \rightarrow \phi 39 \times 60 \rightarrow \phi 33 \times 25 \rightarrow$ 精车倒角 $\rightarrow \phi 33 \times 25 \rightarrow$ 台阶 \rightarrow 倒

角→ $\phi 39 \times 35 \rightarrow \phi 48 \times 20$ 。

- 2) 切槽刀 T0303 切槽 5×2 。
- 3) 螺纹刀 T0404 车螺纹 $M33 \times 2 \rightarrow$ 车螺纹 $M39 \times 3$ 。
- 4) 切断。

(三) 操作步骤

1. 激活机床
2. 回参考点
3. 设置并安装工件: 45 钢、 $\phi 50 \times 150$
4. 选择刀具

T0101、T0303 选择同前。

T0404 选择步骤如下:

点击刀位 4→刀片类型(60°螺纹刀)→刀片(序号 2)→刀柄类型(外圆)→刀柄(外螺纹柄即序号 1)→完成螺纹刀 T0404 设置, 如图 1-5-2 所示。

5. 输入程序并编辑

图 1-5-1 所示零件加工参考程序见表 1-5-2。

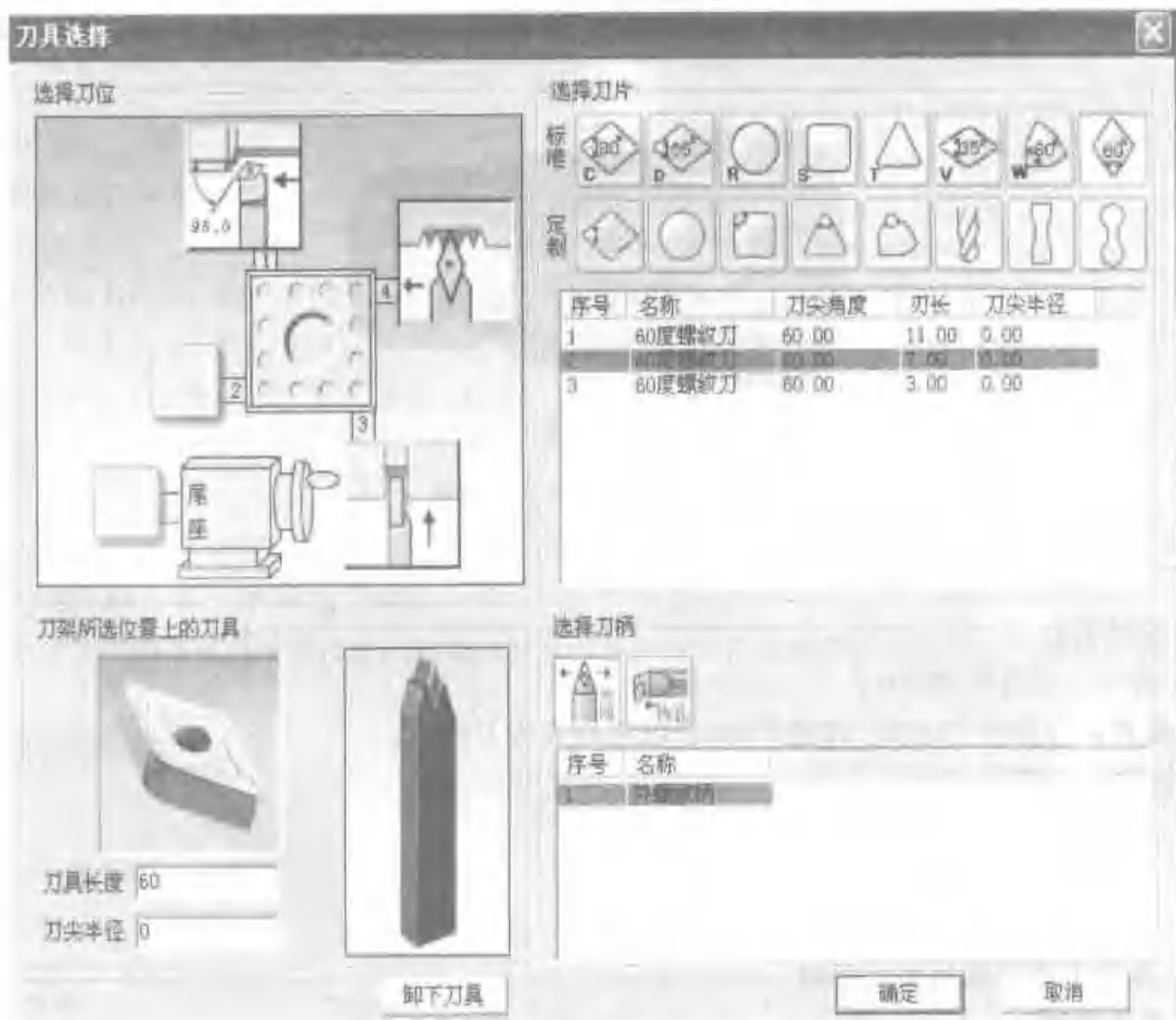


图 1-5-2 螺纹刀

表 1-5-2 螺紋加工零件参考程序

程序号: 015		
程序段号	程序内容	说明
N10	T0101;	90°偏刀 T01 刀位
N20	G99 M03 S600;	主轴正转, 转速为 600 r/min
N30	M08;	打开切削液
N40	G00 X48.5 Z2;	快速定位
N50	G01 Z-85 F0.25;	粗车 $\phi 48$
N60	G00 X50 Z2;	退刀
N70	G90 X45.5 Z-60 F0.25;	粗车 $\phi 39$
N80	X42.5;	
N90	X39.5;	
N100	X36.5 Z-25;	粗车 $\phi 33$
N110	X33.5;	
N120	G00 Z100;	回换刀点
N130	M00;	程序暂停
N140	G00 X0 Z2 S1000;	
N150	G01 Z0;	
N160	X28.8 F0.1;	精车
N170	X32.8 Z-2;	
N180	Z-25;	
N190	X38.8 Z-28;	
N200	Z-60;	
N210	X47.96;	
N220	Z-85;	
N230	G00 X200 Z100;	回换刀点
N240	M09;	关闭切削液
N250	T0303 S300;	换切槽刀, 主轴转速为 300 r/min
N260	M08;	打开切削液
N270	G00 X41 Z-25;	定位
N280	G01 X29 F0.12;	切槽 5×2
N290	X33;	
N300	G00 X200 Z100;	回换刀点
N310	M09;	关闭切削液
N320	T0404 S400;	换螺紋刀, 主轴转速为 400 r/min
N330	M08;	打开切削液
N340	G00 X34 Z4;	定位
N350	G92 X32.1 Z-22 F3;	粗车 M33×2 螺紋第一刀
N360	X31.5;	粗车 M33×2 螺紋第二刀
N370	X30.9;	粗车 M33×2 螺紋第三刀
N380	X30.5;	粗车 M33×2 螺紋第四刀
N390	X30.4;	粗车 M33×2 螺紋第五刀
N400	X30.4;	精车 M33×2 螺紋

续表




程序号: O15

程序段号	程序内容	说 明
N410	G00 X40;	
N420	Z - 21;	定位
N430	G76 P021160 Q0.05 R0.1;	循环指令车 M39 × 3 螺纹
N440	G76 X35.1 Z - 55 P1.95 Q1.2 F3;	
N450	G00 X200 Z100;	回换刀点
N460	M09;	关闭切削液
N470	T0303 S300;	换切槽刀, 主轴转速为 300 r/min
N480	M08;	打开切削液
N490	G00 X51 Z - 85;	
N500	G01 X0 F0.05;	车断(仿真时 X0 改为 X5)
N510	G00 X200;	退刀(零件未切断退刀分两步)
N520	Z100;	回换刀点
N530	M30;	程序结束


程序可以用 MDI 方式由键盘或鼠标输入, 还可以通过记事本或写字板等编辑软件输入并保存, 然后导入程序。

导入程序步骤如下:

1) 打开记事本或写字板→输入程序内容→保存文件(文本格式即 .txt 格式)。

2) 点击  → 点击  → 点击【操作】→ 点击  → 点击【READ】→ 输入程序号“O x” (x 为任意不超过四位的数字) → 点击【EXEC】→ 点击菜单“机床/DNC 传送” → 弹出的对话框中选择 NC 程序 → 点击打开 → 显示被导入的程序。

6. 对刀

三把刀具中选 T0101 为基准刀, T0303、T0404 车刀利用  对刀到工件右下角点, 方法类似于实训三的对刀。

7. 自动加工

M00 语句应用: 遇到 M00 机床动作停止 → 测量尺寸 → 输入磨耗值 → 循环启动。

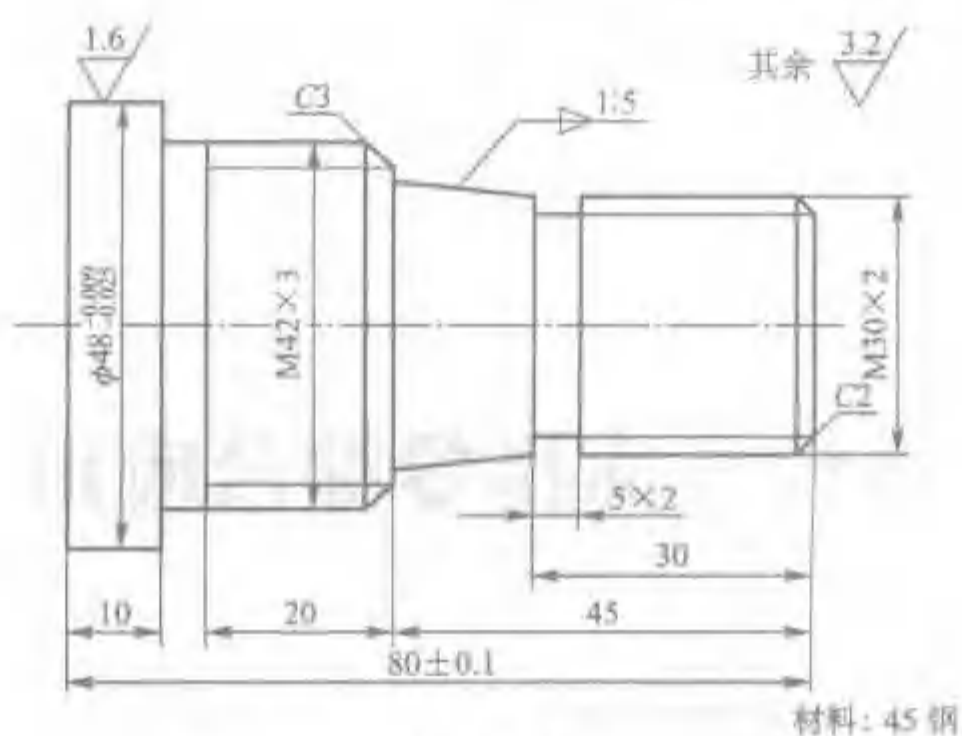
8. 测量工件

三、问题思考

1. G92、G76 指令能否互换? G76 是模态还是非模态代码?
2. 加工螺纹时转速如何确定?

四、学生练习题(课前编写加工程序)

1. 零件图



(a) 零件图



(b) 立体图

图 1-5-3 螺纹加工练习

2. 可能出现的问题及解决方法

可能出现的问题及解决方法见表 1-5-3。

表 1-5-3 可能出现的问题及解决方法

常见问题	原因	解决方法
#4 单节中没有地址	程序段开始无地址而输入了数字或字符	修改程序。删除导入时产生的多余符号
#3 数字位太多	输入了超过允许位数的数据	修改程序
#7 非法使用小数点	小数点输入错误	修改程序
#6 非法使用负号	符号“-”输入错误	修改程序
#10 不正确的 G 代码	使用了不能使用的 G 代码或指令了无此功能的 G 代码	修改程序

实训六

数控车床指令综合应用

学习目标

1. 巩固学习程序的导入方法与管理方法。
2. 学习自动/单段方式、中断运行与轨迹显示的使用方法。
3. 练习综合运用车床指令编写加工程序。

一、课前学生必备知识

熟练编排中等复杂程度零件的加工工艺及编写加工程序。

二、教师示范

(一) 零件图

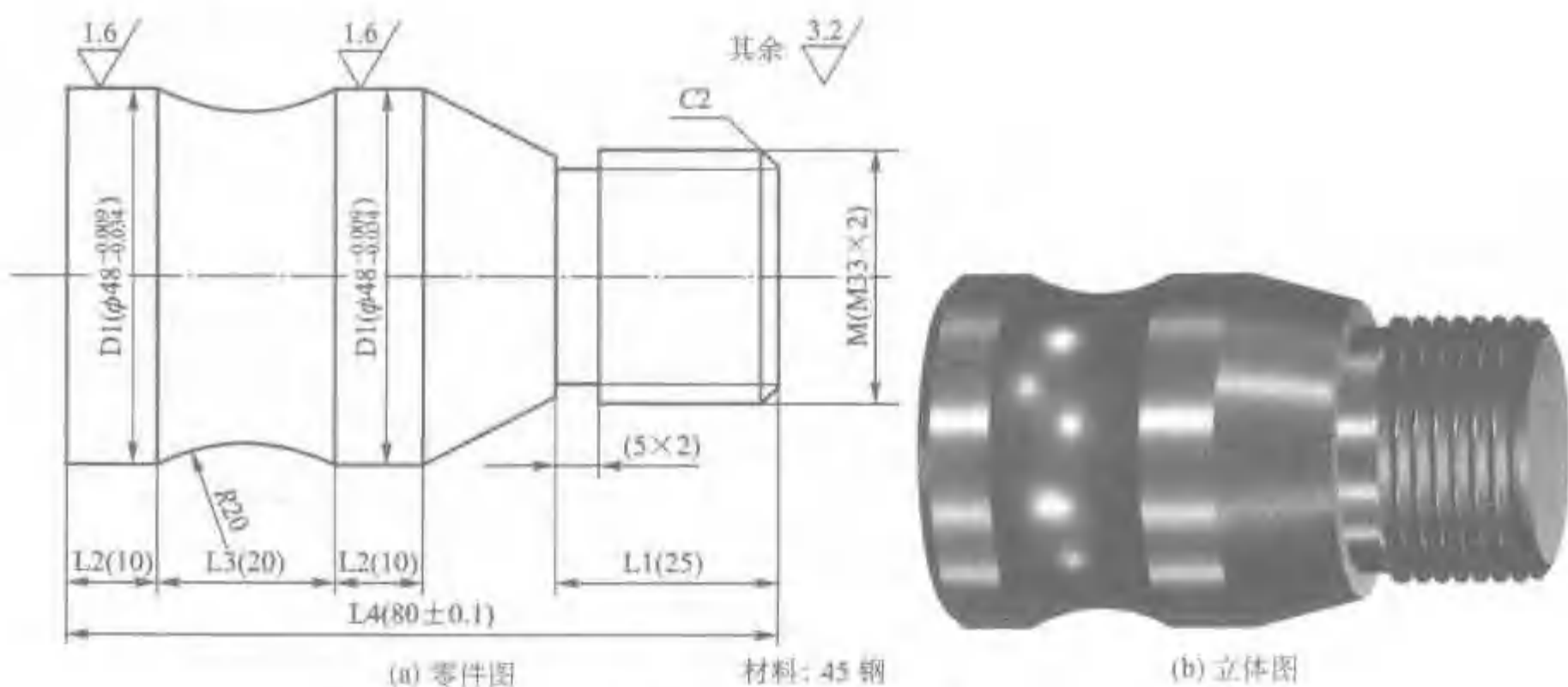


图 1-6-1 综合应用例题

表 1-6-1 同类练习数据

零件序号	D1	M	R	C	L1	L2	L3	L4
零件 1	φ48	M33 × 2	R20	C2	25	10	20	80
零件 2	φ44	M27 × 2	R22	C2	28	8	24	80
零件 3	φ40	M22 × 2	R26	C2	30	7	26	80

(二) 工艺分析

1. 选择刀具

V 型 35° 刀, 刀具号 T0101。

切槽刀, 刀具号 T0303, 刀宽 5 mm, 以左刀尖为刀位点。

螺纹刀, 刀具号 T0404。

2. 注意事项

1) 正确选择加工顺序, 计算螺纹各部分尺寸。

2) 正确判断圆弧的顺逆方向, 凹弧可以使用 V 型 35° 刀、尖刀或圆弧车刀, 但不能用小副偏角的 90° 偏刀。

3) 在一个程序中, 一把刀的刀位点不能更改。

3. 加工路线

1) V 型 35° 刀 T0101 完成粗、精车循环。



2) 切槽刀 T0303 完成切槽。

3) 螺纹刀 T0404 车螺纹 M33 × 2。

4) 切断。

(三) 操作步骤

1. 激活机床

点击  → 松开 。

2. 回参考点

点击  → 点击轴  → 点击  → 点击轴  → 点击 。

3. 设置并安装工件

零件 1 新毛坯: 45 钢, φ50 × 150。

同类练习零件 2、3 用导入零件模型作为毛坯。

4. 选择刀具

点击刀位 1 → 刀片类型 (V 型 35°) → 刀片 (序号 3) → 刀柄类型 (外圆) → 刀柄 (序号 1) → 完成 T0101 设置。

点击刀位 3 → 刀片类型 (方头切槽刀片) → 刀片 (刀宽为 5, 刀尖半径 0.4, 序号 6) → 刀柄类型 (外圆切槽柄) → 刀柄 (外圆左向横柄, 背吃刀量 (切槽深度) 25 即序号 5) → 完成切槽刀 T0303 设置。

点击刀位 4→刀片类型(60°螺纹刀)→刀片(序号 2)→刀柄类型(外圆)→刀柄(外螺纹柄即序号 1)→完成螺纹刀 T0404 设置。

点击“确定”完成 T0101、T0303 和 T0404 的设置。

5. 输入程序并编辑

图 1-6-1 所示零件加工参考程序见表 1-6-2。

表 1-6-2 综合应用零件加工参考程序





程序号: O16		
程序段号	程序内容	说明
N10	T0101;	90°偏刀 T01 刀位
N20	G99 M03 S600;	主轴正转, 转速为 600 r/min
N30	M08;	打开切削液
N40	G00 X50 Z2;	快速进刀至循环起点
N50	G71 U2 R0.5;	定义粗车循环, 背吃刀量 2 mm, 退刀量 0.5 mm
N60	G71 P70 Q160 U0.5 W0.05 F0.25;	精车路线为 N70~N160 指定, X 方向精车余量 0.5 mm, Z 方向精车余量 0.05 mm, 进给量 0.25 mm/r
N70	G42 G00 X0 S1000;	刀具右补偿, 快速进刀, 设主轴转速为 1 000 r/min
N80	G01 Z0 F0.1;	设进给量 0.1 mm/r
N90	X28.8;	精加工轮廓路线
N100	X32.8 Z-2;	
N110	Z-25;	
N120	X47.98 Z-40;	
N130	Z-50;	
N140	G02 X47.98 Z-70 R20;	
N150	G01 Z-85;	
N160	G40 X52;	
N170	G00 Z50;	
N180	M00;	程序暂停
N190	G00 Z2;	
N200	G70 P70 Q160;	精加工
N210	G00 X200 Z100;	回换刀点
N220	M09;	关闭切削液
N230	T0303 S300;	换切槽刀, 主轴转速为 300 r/min
N240	M08;	打开切削液
N250	G00 X34 Z-25;	定位
N260	G01 X29 F0.12;	
N270	X34;	
N280	G00 X200 Z100;	回换刀点
N290	M09;	关闭切削液
N300	T0404 S400;	换螺纹刀, 主轴转速为 400 r/min
N310	M08;	打开切削液

续表




程序号: 016

程序段号	程序内容	说明
N320	G00 X34 Z4;	
N330	G92 X32.1 Z-22 F2;	粗车 M33 × 2 螺纹第一刀
N340	X31.5;	粗车 M33 × 2 螺纹第二刀
N350	X30.9;	粗车 M33 × 2 螺纹第三刀
N360	X30.5;	粗车 M33 × 2 螺纹第四刀
N370	X30.4;	粗车 M33 × 2 螺纹第五刀
N380	X30.4;	精车 M33 × 2 螺纹
N390	G00 X200 Z100;	回换刀点
N400	M09;	关闭切削液
N410	T0303 S260;	换切槽刀, 主轴转速为 260 r/min
N420	M08;	打开切削液
N430	G00 X51 Z-85;	
N440	G01 X0 F0.05;	车断(仿真时 X0 改为 X5)
N450	G00 X200;	退刀(零件未切断退刀分两步)
N460	Z100;	回换刀点
N470	M30;	程序结束

(1) MDI 键盘输入程序

点击  → 点击  → 输入程序名“016” → 点击  → 输入 016 程序 → 点击  回到程序头。

(2) 导入程序


打开记事本或写字板 → 输入程序内容 → 保存 → 点击  → 点击  → 点击【操作】 → 点击  → 点击【READ】 → 输入程序号“0x” → 点击【EXEC】 → 点击菜单“机床/DNC 传送” → 选择程序 → 点击打开。

6. 对刀

(1) 试切法 T0101 对刀(标准刀具)

手动切削外径 → 测量切削位置的直径 → 输入 X 向数值 → 手动切削端面 → 输入 Z 向数值 → 输入 R、T 数值 → 完成 T0101 对刀。

(2) 试切法对其余刀具





点击  → 点击  → 点击  → 点击  或  → 点击  或  → 调整刀具接近工件右下角 → 点击  → 点击  → 鼠标选择  鼠标选择  → 鼠标对准  点击鼠标左、右键 →

调整刀尖准确移到工件右下角→点击→点击【形状】→输入 X 直径值点击【测量】→输入 Z0→点击【测量】→输入刀尖半径→点击【输入】→输入刀具方位号→点击【输入】，完成一把非标准刀具的对刀。

同理完成其余非标准刀具的对刀。



7. 自动加工



(1) 自动/单段方式执行方法

- 1) 点击单步执行，点击一次，执行一条程序指令，直至程序结束。
- 2) 点击单节跳过，程序运行时跳过符号“/”有效，该行成为注释行，不执行。
- 3) 点击选择性停止，程序中 M01 有效。






(2) 中断运行

程序在运行过程中可根据需要暂停，急停和重新运行。

程序在运行时，点击进给保持，程序停止执行，再点击循环启动，程序从暂停位置开始执行。

程序在运行时，点击急停，程序中断运行，继续运行时，先将急停按钮松开，再点击循环启动，余下的程序从中断运行开始作为一个独立的程序执行。

(3) 轨迹显示

点击→点击→输入“O×”（×为所需要检查运行轨迹的程序号）→点击显示程序→点击轨迹模式→点击→观察程序的运行轨迹。

通过“视图”菜单中的动态旋转、动态放缩、动态平移等方式对三维运行轨迹进行全方位的动态观察。

8. 测量工件

点击菜单“测量/剖面图测量”。

粗加工结束后 M00 暂停测量工件尺寸，目的是提高零件加工精度，提供磨耗数值。精加工结束后测量工件尺寸，目的是检验产品精度。

三、问题思考

1. 螺纹和槽的加工顺序能否颠倒？
2. 使用循环指令有什么好处？
3. 本题凹弧用尖刀加工，哪些语句会发生变化？

四、学生练习题(课前编写加工程序)

实训七

配合件的加工

学习目标

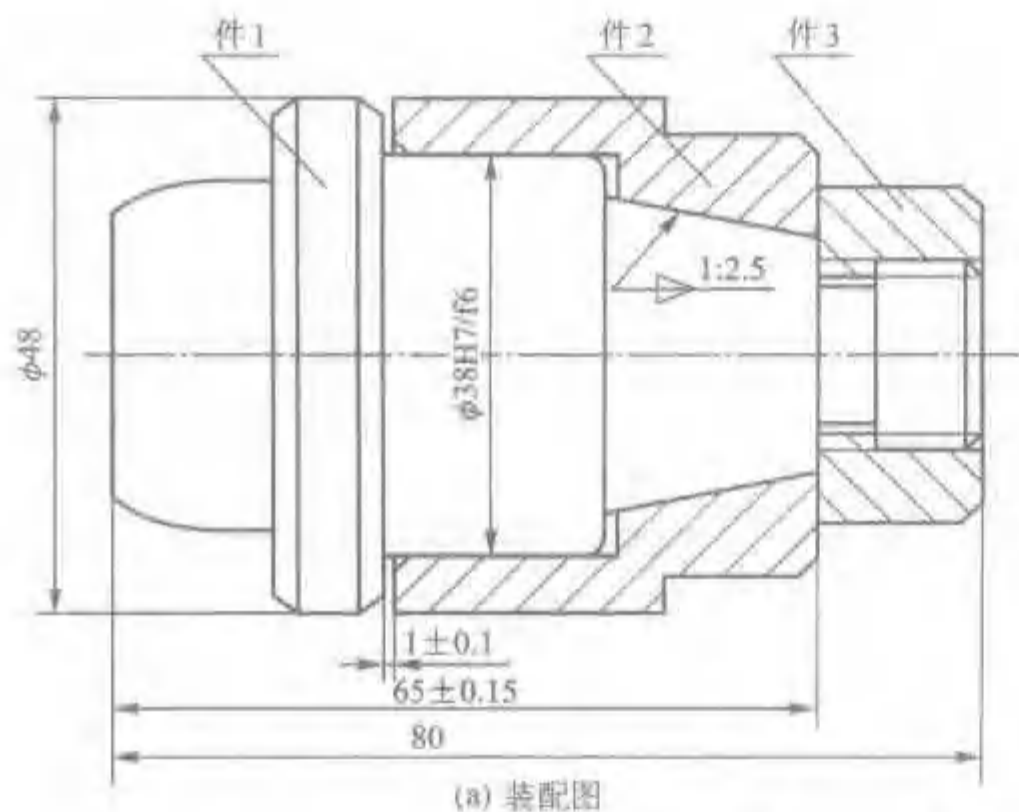
1. 巩固学习前面所学的仿真操作技能。
2. 学习设置偏置值，完成多把刀具对刀。
3. 学习套类零件的工件设置与镗刀对刀方法。
4. 练习调头零件与配合件的加工。

一、课前学生必备知识

本学期所学全部指令及其应用。

二、教师讲授与示范

(一) 装配图



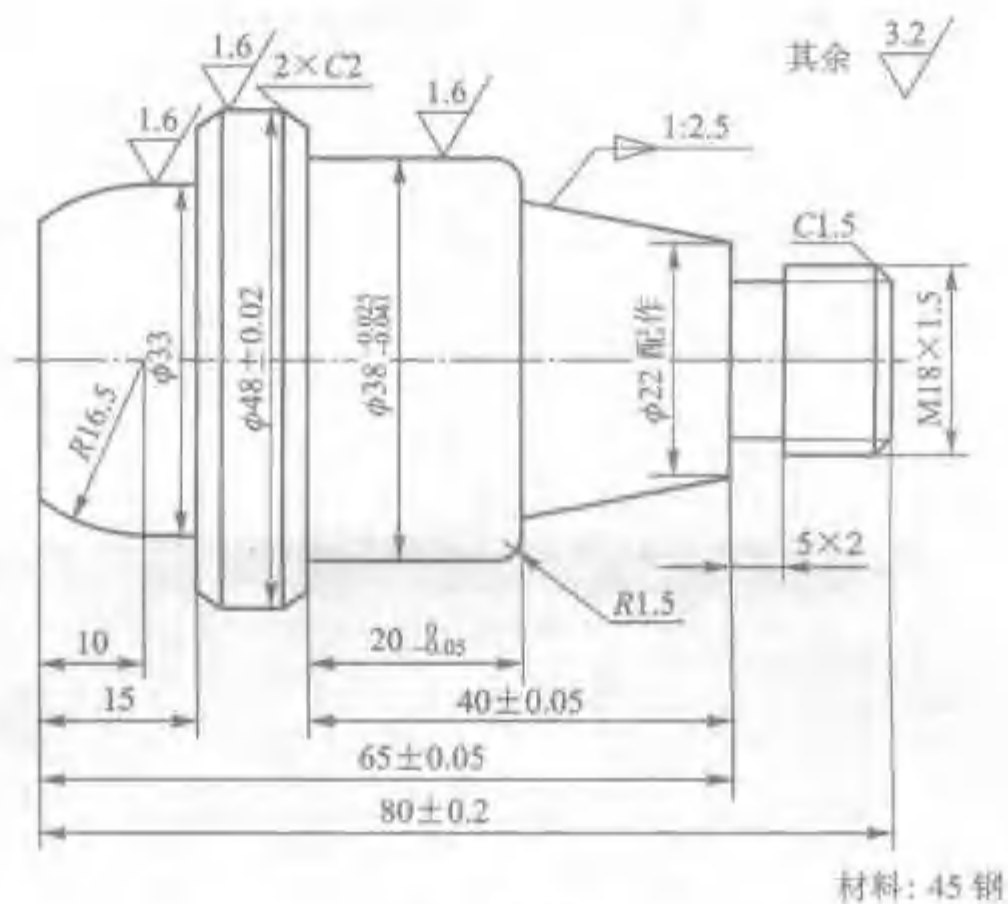
(a) 装配图

(b) 立体图

图 1-7-1 装配图

(二) 零件 1

1. 零件图



(a) 零件图



(b) 立体图

图 1-7-2 零件 1

2. 工艺分析

(1) 选择刀具

90°偏刀, 刀具号 T0101 (粗车)。

90°偏刀, 刀具号 T0202 (精车)。

切槽刀, 刀具号 T0303、刀宽 5 mm、以左刀尖为刀位点。

螺纹刀, 刀具号 T0404。

(2) 注意事项

1) 考虑装夹可行性, 安排先加工哪一端?

2) 正确计算螺纹各部分尺寸, 主轴转速按规定方法计算后适当降低些。

(3) 加工路线

1) 第一次装夹 90°偏刀 T0101 粗车 $\phi 48$ 及其右侧所有表面→90°偏刀 T0202 精车 $\phi 48$ 及其右侧所有表面→T0303 切槽→T0404 车螺纹 M18×1.5。

2) 第二次装夹 90°偏刀 T0101 粗车 $\phi 48$ 左侧所有表面→90°偏刀 T0202 精车 $\phi 48$ 左侧所有表面。

3. 操作步骤

(1) 激活机床

(2) 回参考点

(3) 设置并安装工件：45 钢， $\phi 50 \times 85$

(4) 选择刀具

90°偏刀 T0101 如图 1-7-3 所示。

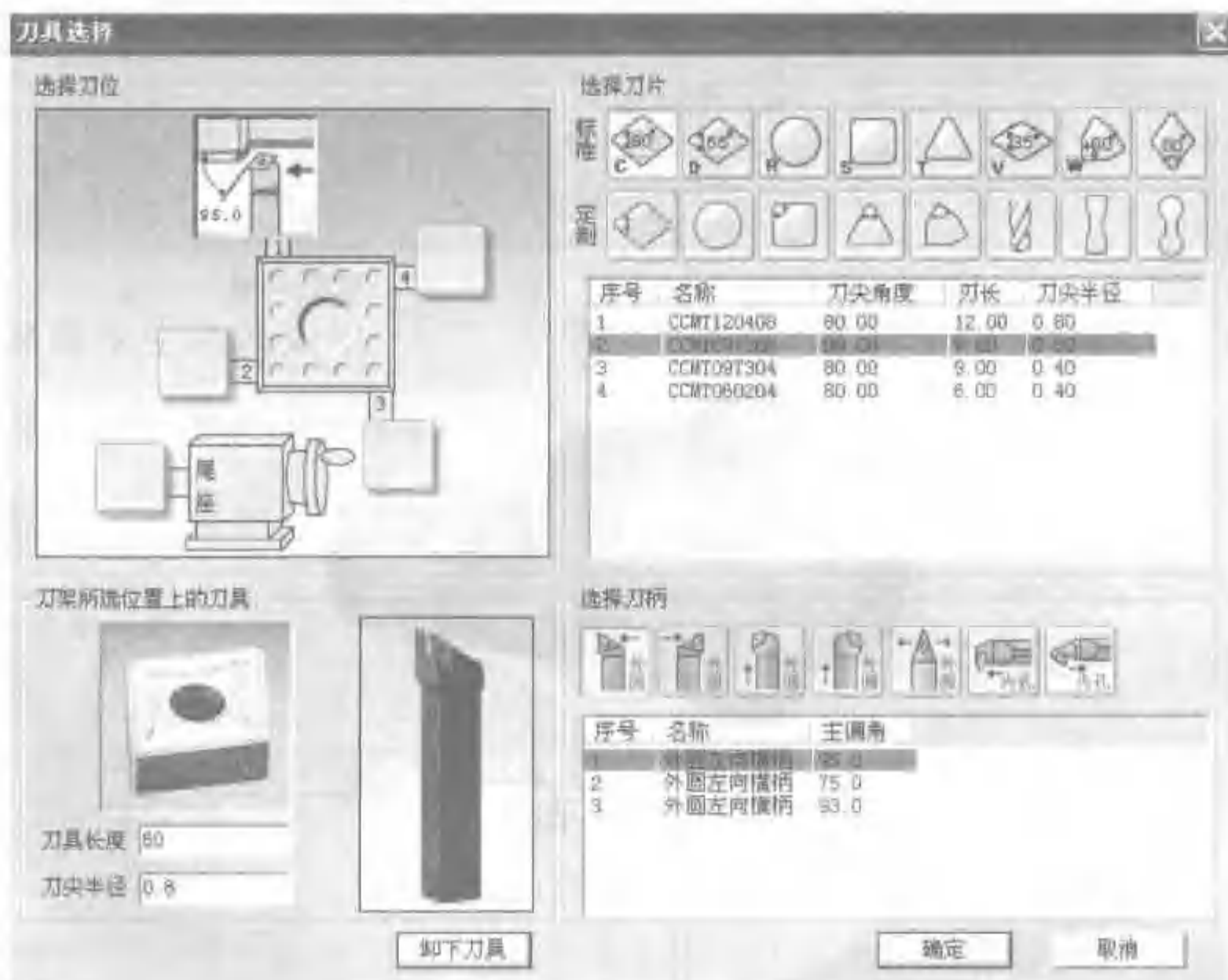


图 1-7-3 选择 T0101 刀具

90°偏刀 T0202 如图 1-7-4 所示。

T0303、T0404 选择同前。

(5) 输入程序并编辑

图 1-7-2 所示零件加工参考程序见表 1-7-1、表 1-7-2。

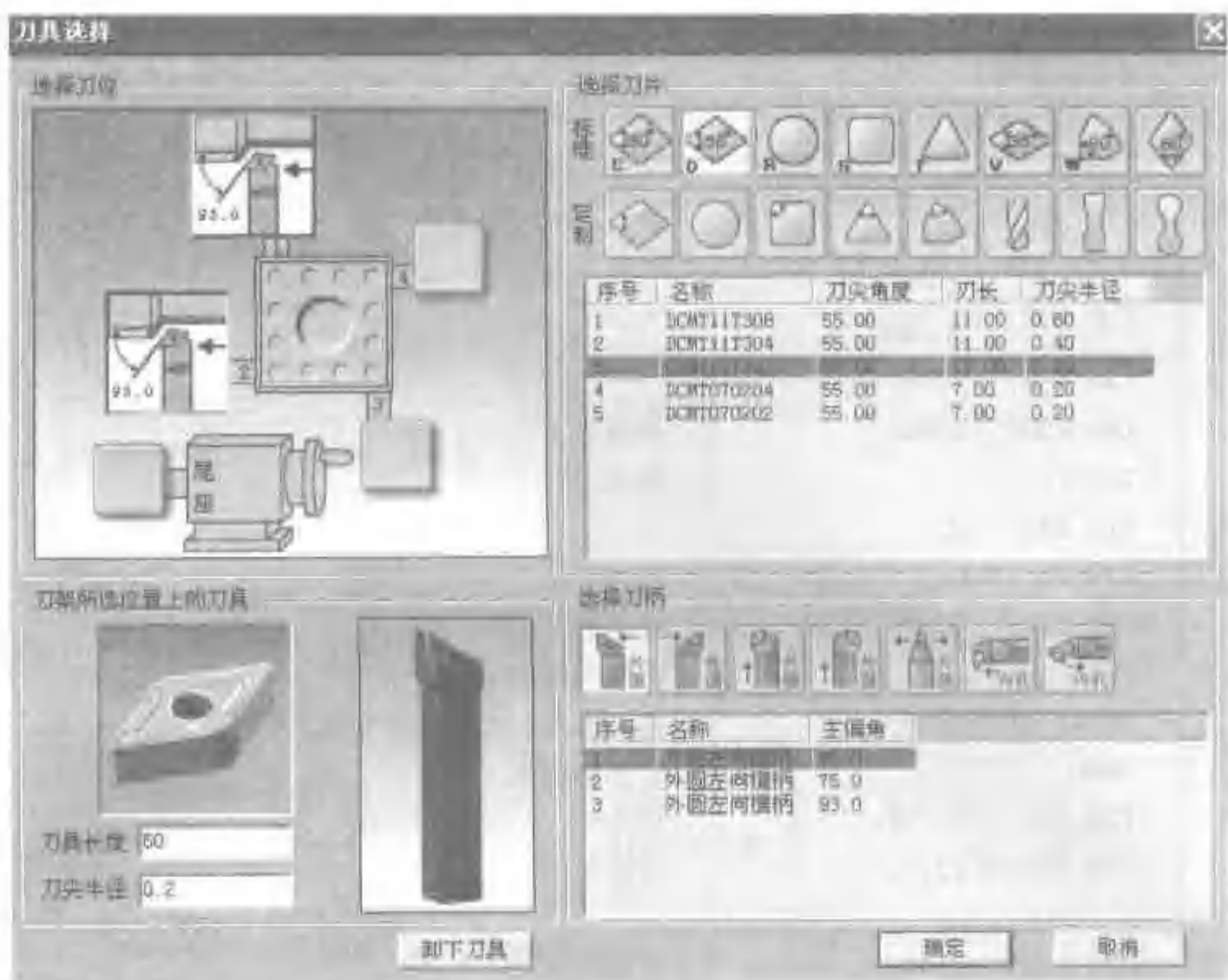


图 1-7-4 选择 T0202 刀具

表 1-7-1 配合加工件零件 1 参考程序 1

程序号: 0171(第一次装夹)

程序段号	程序内容	说明
N10	T0101;	90° 偏刀 T01 刀位
N20	G99 M03 S600;	主轴正转, 转速为 600 r/min
N30	M08;	打开切削液
N40	G00 X50 Z2;	快速进刀至循环起点
N50	G71 U2 R0.5;	定义粗车循环, 背吃刀量 2 mm, 退刀量 0.5 mm
N60	G71 P70 Q200 U0.5 W0.05 F0.25;	精车路线为 N70 - N200 指定, X 方向精车余量 0.5 mm, Z 方向精车余量 0.05 mm, 进给量 0.25 mm/r
N70	G42 G00 X0 S1000;	刀具右补偿, 快速进刀, 设主轴转速为 1000 r/min
N80	G01 Z0 F0.1;	设进给量 0.1 mm/r
N90	X15;	精加工轮廓路线
N100	X18 Z-1.5;	
N110	Z-15;	
N120	X22;	
N130	X30 Z-35;	
N140	X34.98;	
N150	G03 X37.98 Z-36.5 R1.5;	

续表

程序号: 0171(第一次装夹)

程序段号	程序内容	说明
N160	G01 Z-55;	
N170	X44;	
N180	X48 Z-57;	
N190	Z-60;	
N200	G40 X52;	
N210	G00 X200 Z100;	回换刀点
N220	T0202;	换刀
N230	G00 X50 Z2;	
N240	G70 P70 Q200;	精加工
N250	G00 X200 Z100;	回换刀点
N260	M09;	关闭切削液
N270	T0303 S300;	换切槽刀, 主轴转速为 300 r/min
N280	M08;	打开切削液
N290	G00 X19 Z-15;	定位
N300	G01 X14 F0.12;	切槽 5×2
N310	X19;	
N320	G00 X200 Z100;	回换刀点
N330	M09;	关闭切削液
N340	T0404 S400;	换尖刀或螺纹刀, 主轴转速为 400 r/min 打开切削液
N350	M08;	
N360	G00 X18 Z4;	
N370	G92 X17.2 Z-13 F1.5;	粗车 M18×1.5 螺纹第一刀
N380	X16.7;	粗车 M18×1.5 螺纹第二刀
N390	X16.2;	粗车 M18×1.5 螺纹第三刀
N400	X16.05;	粗车 M18×1.5 螺纹第四刀
N410	X16.05;	精车 M18×1.5 螺纹
N420	G00 X200 Z100;	回换刀点
N430	M30;	程序结束

表 1-7-2 配合加工工件零件 1 参考程序 2

程序号: 0172(第二次装夹)

程序段号	程序内容	说明
N10	T0101;	90°偏刀 T01 刀位
N20	G99 M03 S600;	主轴正转, 转速为 600 r/min
N30	M08;	打开切削液
N40	G00 X50 Z2;	快速进刀至循环起点
N50	G71 U2 R0.5;	定义粗车循环, 背吃刀量 2 mm, 退刀量 0.5 mm

续表

程序号: O172(第二次装夹)

程序段号	程序内容	说明	
N60	G71 P70 Q150 U0.5 W0.05 F0.25;	精车路线为 N70 ~ N150 指定, X 方向精车余量 0.5 mm, Z 方向精车余量 0.05 mm, 进给量 0.25 mm/r 刀具右补偿, 快速进刀, 设主轴转速为 1 000 r/min 设进给量 0.10 mm/r 精加工轮廓路线	
N70	G42 G00 X0 S1000;		
N80	G01 Z0 F0.10;		
N90	X26.25;		
N100	G03 X33 Z-10 R16.5;		
N110	G01 Z-15;		
N120	X44;		
N130	X48 Z-17;		
N140	Z-25;		
N150	G40 X52;		
N160	M09;		
N170	G00 X200 Z100;		回换刀点
N180	M08;		打开切削液
N190	T0202;		换刀
N200	G00 X50 Z2;		
N210	G70 P70 Q150;	精加工	
N220	G00 X200 Z100;	回换刀点	
N230	M30;	程序结束	

程序可以通过 MDI 键盘输入或导入。


(6) 对刀

注意: 两个程序需要两次对刀且相互独立。

设置偏置值完成多把刀具对刀。

1) O171 程序对刀 选择一把刀 T0101 为标准刀具, 采用试切法完成对刀, 然后通过设置偏置值完成其他刀具的对刀。

刀具偏置值的获取办法如下:

点击  → 点击【相对】软键 → 对刀试切端面 → 输入“w0” → 点击【预定】软键 (Z 轴当前坐标值设为相对坐标原点) → 对刀试切外圆 → 输入“u0” → 点击【预定】软键 (X 轴当前坐标值设为相对坐标原点)。

换刀 → 刀尖与标准刀切削过的表面接触 → 显示的相对值, 即为该刀相对于标刀的偏置值 ΔX 、 ΔZ 。

将偏置值输入到磨损参数补偿表或形状参数补偿表内。

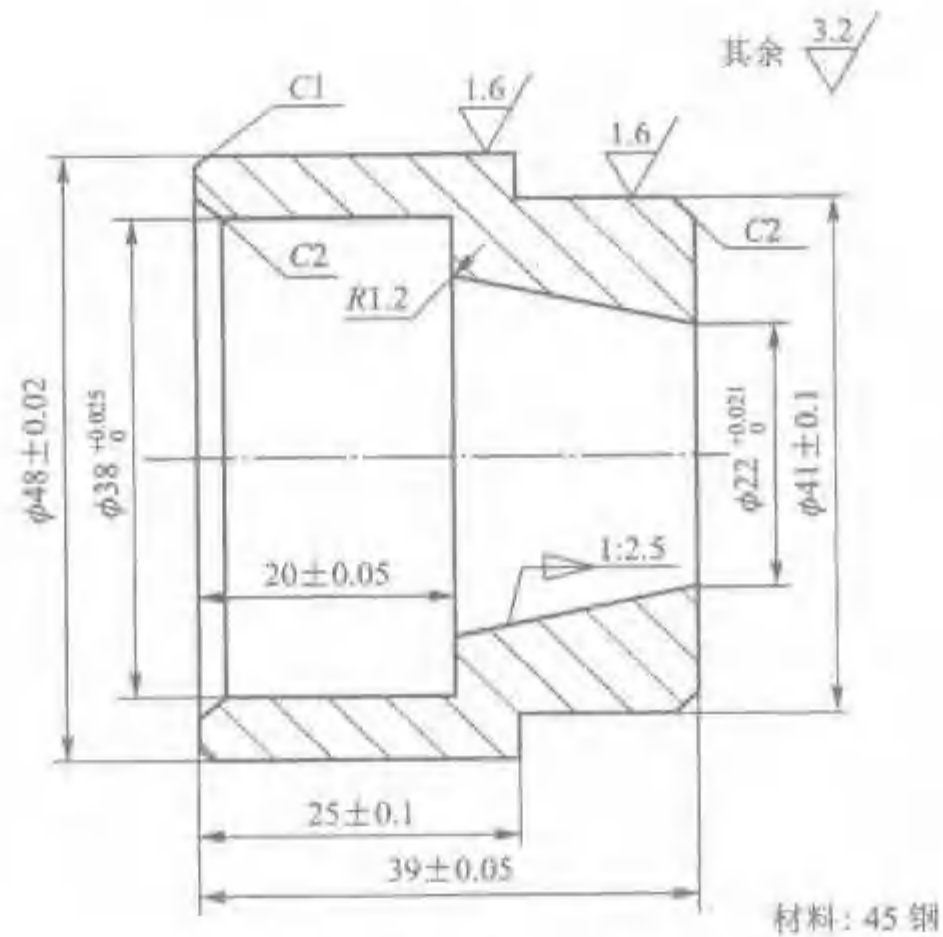
注意: 完成该侧自动加工与测量后再进行后面步骤操作。

2) 调头, 手动平端面保证零件的总长。

- 3) O172 程序对刀 同实训一。
 (7) 自动加工
 O171 程序对刀后执行第一次自动加工。
 O172 程序对刀后执行第二次自动加工。
 (8) 测量工件

(三) 零件 2

1. 零件图



(a) 零件图



(b) 立体图

图 1-7-5 零件 2

2. 工艺分析

(1) 选择刀具

$\phi 3$ 中心孔钻, 手动加工中心孔。

$\phi 20$ 钻头, 手动钻孔。

90°偏刀, 刀具号 T0101。

镗孔刀, 刀具号 T0202。

(2) 注意事项

1) 零件 2 的加工方法和毛坯有关, 如果装配图两零件用一个毛坯加工比较简单, 本次课按两个独立的毛坯来讲授。

2) 孔加工时注意退刀路线和换刀点, 否则易出现撞刀现象。

3) G41、G42 不能同时使用, 必须先用 G40 指令解除 G41/G42 刀补状态后, 才可使用 G42/G41 刀补指令。

(3) 加工路线

1) 第一次装夹 90°偏刀 T0101 粗、精车 $\phi 48$ 外表面→T0202 粗、精镗 $\phi 38$ 内圆柱孔, 内锥孔。

2) 第二次装夹 90°偏刀 T0101 粗、精车 $\phi 41$ 外表面。

3. 操作步骤

(1) 激活机床

(2) 回参考点

(3) 设置并安装工件



点击  → 选择材料和尺寸如图 1-7-6 所示 → 点击“确定” → 点击  → 选择毛坯后移动零件到适当位置。



图 1-7-6 空心毛坯选择

(4) 选择刀具

90°偏刀 T0101 同前。

镗孔刀 T0202, 如图 1-7-7 所示。

(5) 输入程序并编辑

图 1-7-5 所示零件加工参考程序见表 1-7-3、表 1-7-4。

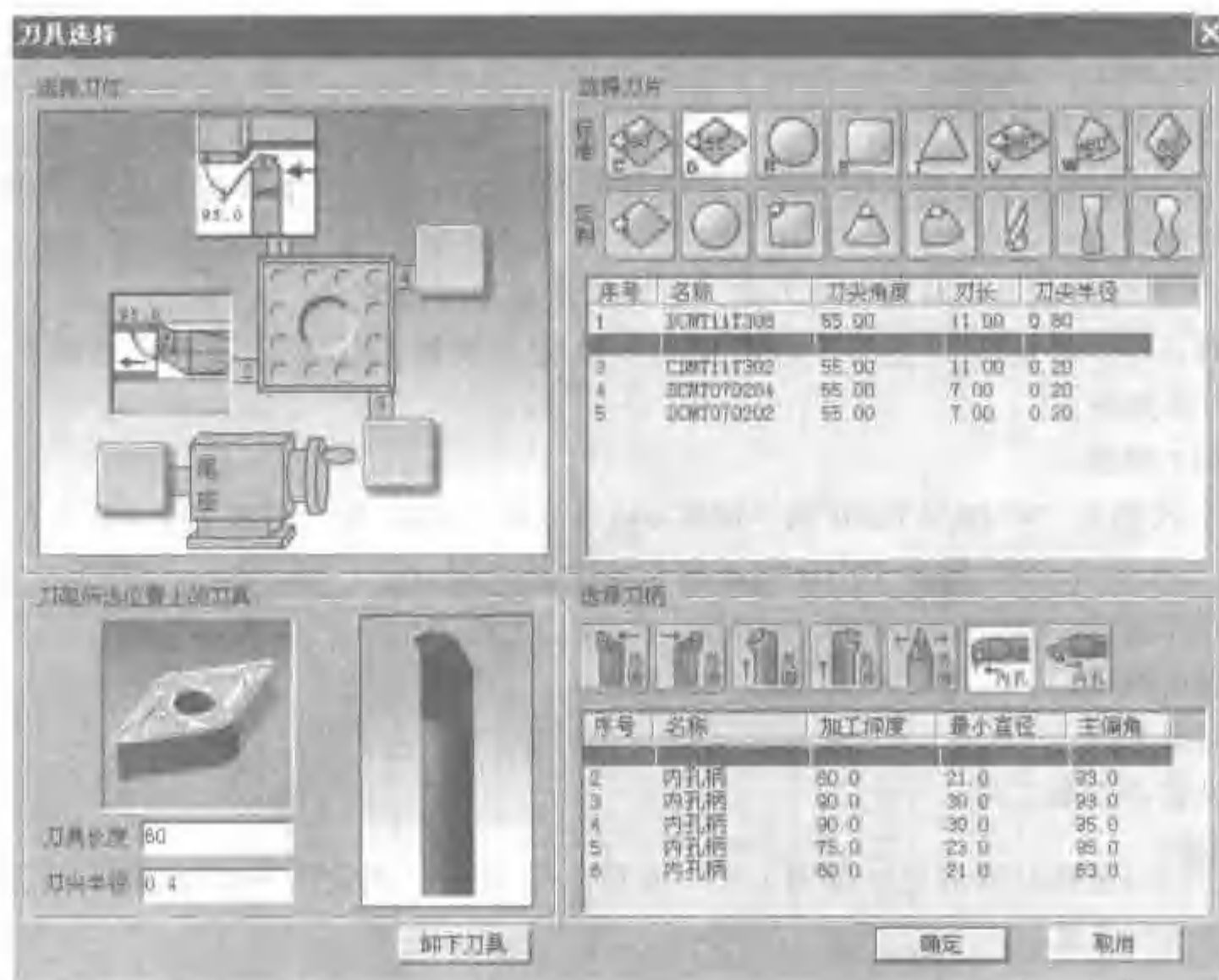


图 1-7-7 镗孔刀

表 1-7-3 配合加工件零件 2 参考程序 1

程序号: 0173(第一次装夹)

程序段号	程序内容	说明
N10	T0101;	90°偏刀 T01 刀位
N20	G99 M03 S600;	主轴正转, 转速为 600 r/min
N30	M08;	打开切削液
N40	G00 G42 X48.5 Z2;	快速定位
N50	G01 Z-25 F0.25;	粗车 $\phi 48$
N60	G00 X50 Z2;	退刀
N70	X20;	快速定位
N80	G01 Z0;	定位
N90	X46 S1000 F0.1;	精车端面
N95	X48 Z-1;	
N100	Z-25;	精车 $\phi 48$
N110	G40 X52;	
N120	G00 X200 Z150;	回换刀点
N130	M09;	关闭切削液
N140	T0202 S300;	换镗刀, 主轴转速为 300 r/min
N150	M08;	打开切削液
N160	G00 G41 X20 Z2;	建立刀具半径左补偿

续表

程序号: O173(第一次装夹)		
程序段号	程序内容	说明
N170	G90 X23 Z-20 F0.12;	粗镗孔
N180	X26;	
N190	X29;	
N200	X32;	
N210	X35;	
N220	X37.5;	
N230	G00 X22.5 Z-17;	
N240	G01 X21.5 Z-40;	
N250	G00 Z-17;	
N260	X25;	
N270	G01 X21.5 Z-40;	
N280	G00 Z-17;	
N290	X27.5;	
N300	G01 X21.5 Z-40;	
N310	G00 Z-17;	
N320	X29;	
N330	G01 X21.5 Z-40;	
N340	G00 Z5;	精镗孔
N350	X42 S600;	
N360	G01 Z0;	
N370	X38 Z-2 F0.06;	
N380	Z-20;	退刀
N390	X29.6 R1.2;	
N400	X22 Z-39;	取消刀具半径补偿回换刀点 程序结束
N410	G00 Z2;	
N420	G40 G00 X200 Z150;	
N430	M30;	

表 1-7-4 配合加工件零件 2 参考程序 2

程序号: O174(第二次装夹)		
程序段号	程序内容	说明
N10	T0101;	90°偏刀 T01 刀位
N20	G99 M03 S600;	主轴正转, 转速为 600 r/min
N30	M08;	打开切削液
N40	G00 G42 X50 Z2;	快速定位



续表

程序号: O174(第二次装夹)

程序段号	程序内容	说明
N50	G90 X47 Z-14 F0.25;	粗车 $\phi 41$
N60	X44;	
N70	X41.5;	
N80	G00 X20 Z2 S1000;	快速定位
N90	G01 Z0;	定位
N100	X37 F0.1;	精车端面
N110	X41 Z-2;	精车倒角
N120	Z-14;	精车 $\phi 41$ 外圆
N130	G40 X52;	取消刀具半径补偿
N140	G00 X200 Z100;	回换刀点
N150	M30;	程序结束

(6) 对刀

镗孔刀 T0202 对刀方法如下:

- 1) 手动试切削内孔→测量内径→输入 X 向数值。
- 2) 操纵手轮, 微量调整刀具至工件右下角→输入 Z0。
- 3) 输入 R、T 数值, 完成 T0202 对刀。

(7) 自动加工

可以通过“主轴倍率”和“进给倍率”旋钮来调节主轴旋转的速度和移动的速度。

(8) 测量工件

(四) 零件 3

装配图右侧螺母为标准件。

三、问题思考

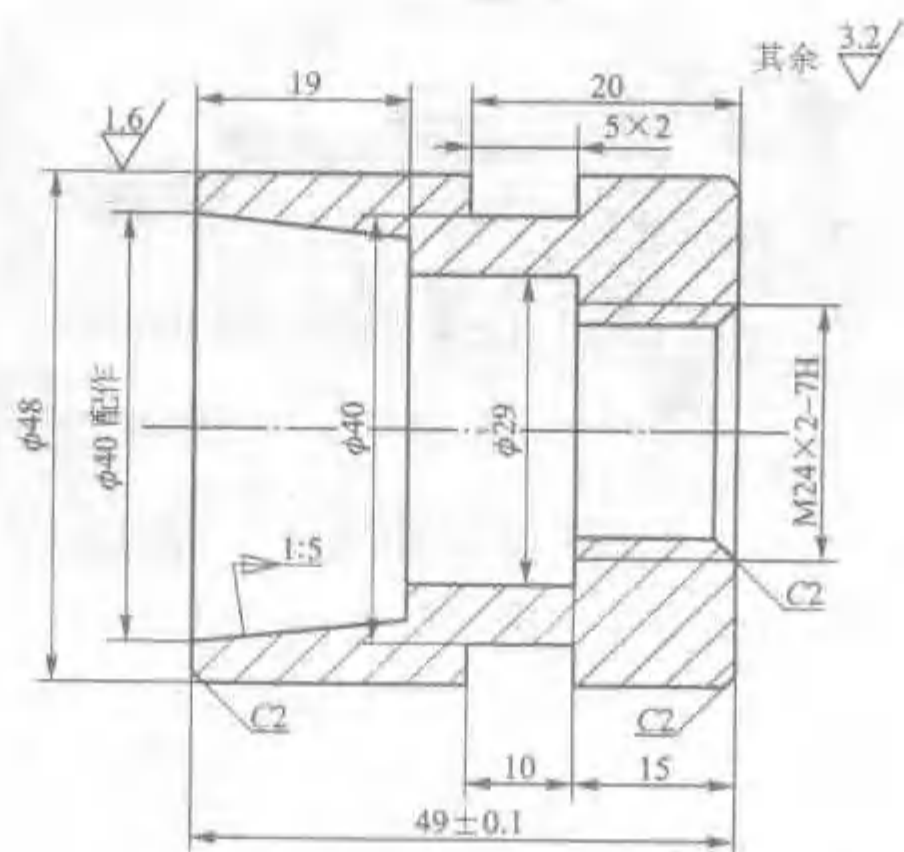
1. 孔加工退刀与外圆加工退刀主要区别是什么?
2. G90 指令能否加工锥面? G90 是模态还是非模态代码?
3. 零件 2 的左倒角能否用 G01 X41 Z0 C2 语句? 什么情况下可以使用这种方式编程?

四、学生练习题(课前编写加工程序)



(b) 立体图

图 1-7-9 零件 1



材料: 45 钢

(a) 零件图



(b) 立体图

图 1-7-10 零件 2

实训八

数控车床编程综合测试题 (5套试题任选一套)

学习目标

1. 巩固学习车削加工仿真操作。
2. 学习操作记录的存储与读取。
3. 检验学生综合运用指令编程与仿真软件操作的熟练程度。

一、教师演示

操作记录的存储与读取步骤如下：

1. 开始记录

点击菜单“文件/开始记录”→打开另存为对话框：选择路径、输入文件名。

2. 仿真操作

3. 结束记录

点击菜单“文件/结束记录”。

4. 读取记录

点击菜单“互动教学/读取操作记录”→选取要打开的操作记录→点击“打开”。

5. 观察记录

提示“此记录是在机床操作过程中开始记录的，是否快速到开始记录位置？”→点击

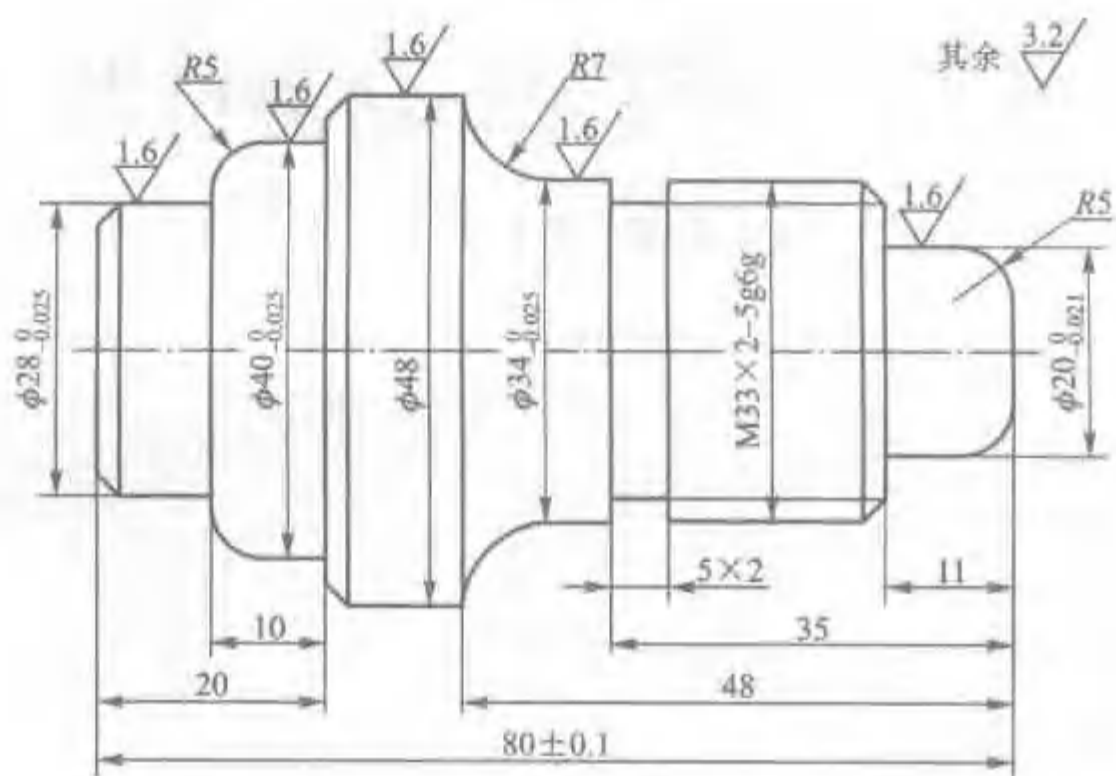
“是”→利用图标调整效果。

6. 退出记录

点击最右端图标，退出操作记录。

二、综合测试

综合测试题一



材料: 45 钢
未注倒角: C2

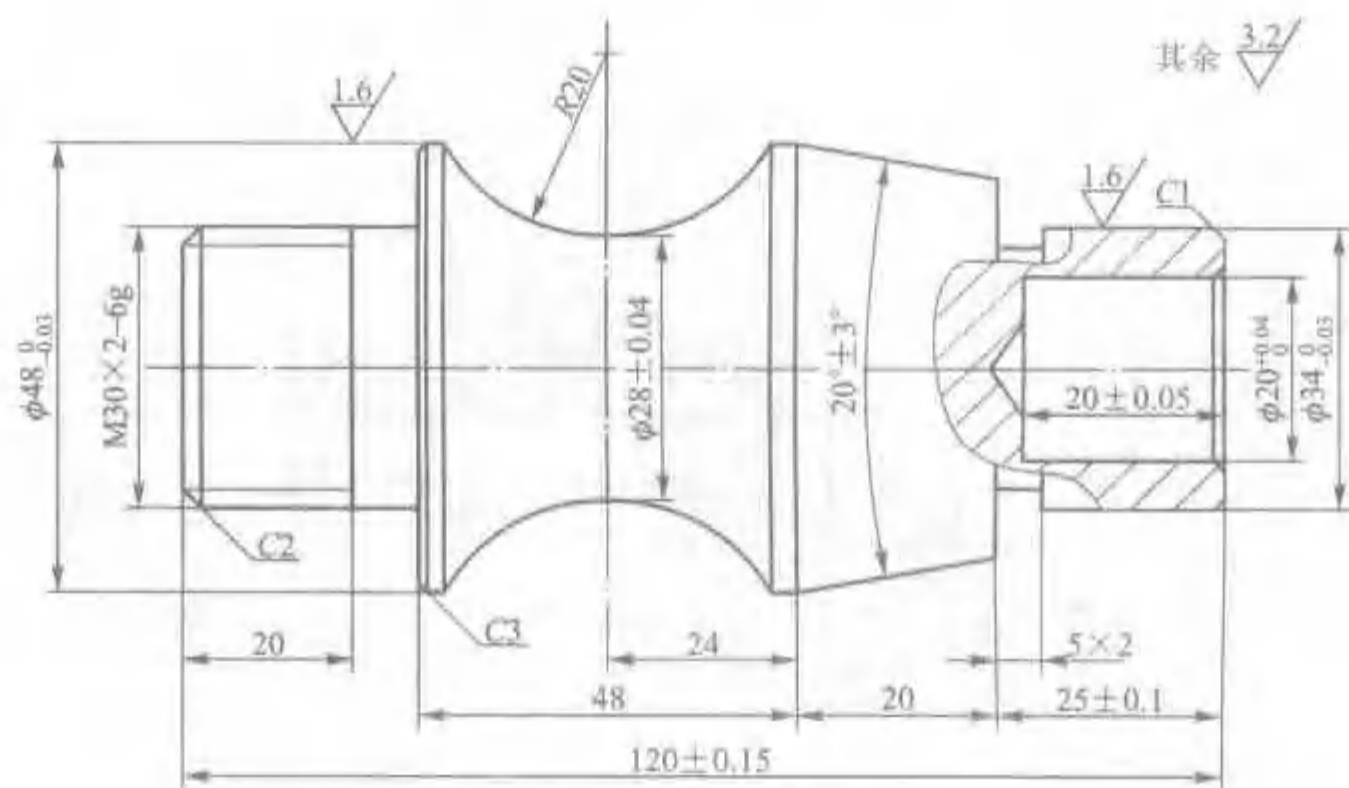
(a) 零件图



(b) 立体图

图 1-8-1 综合测试题一

综合测试题四



材料: 45 钢

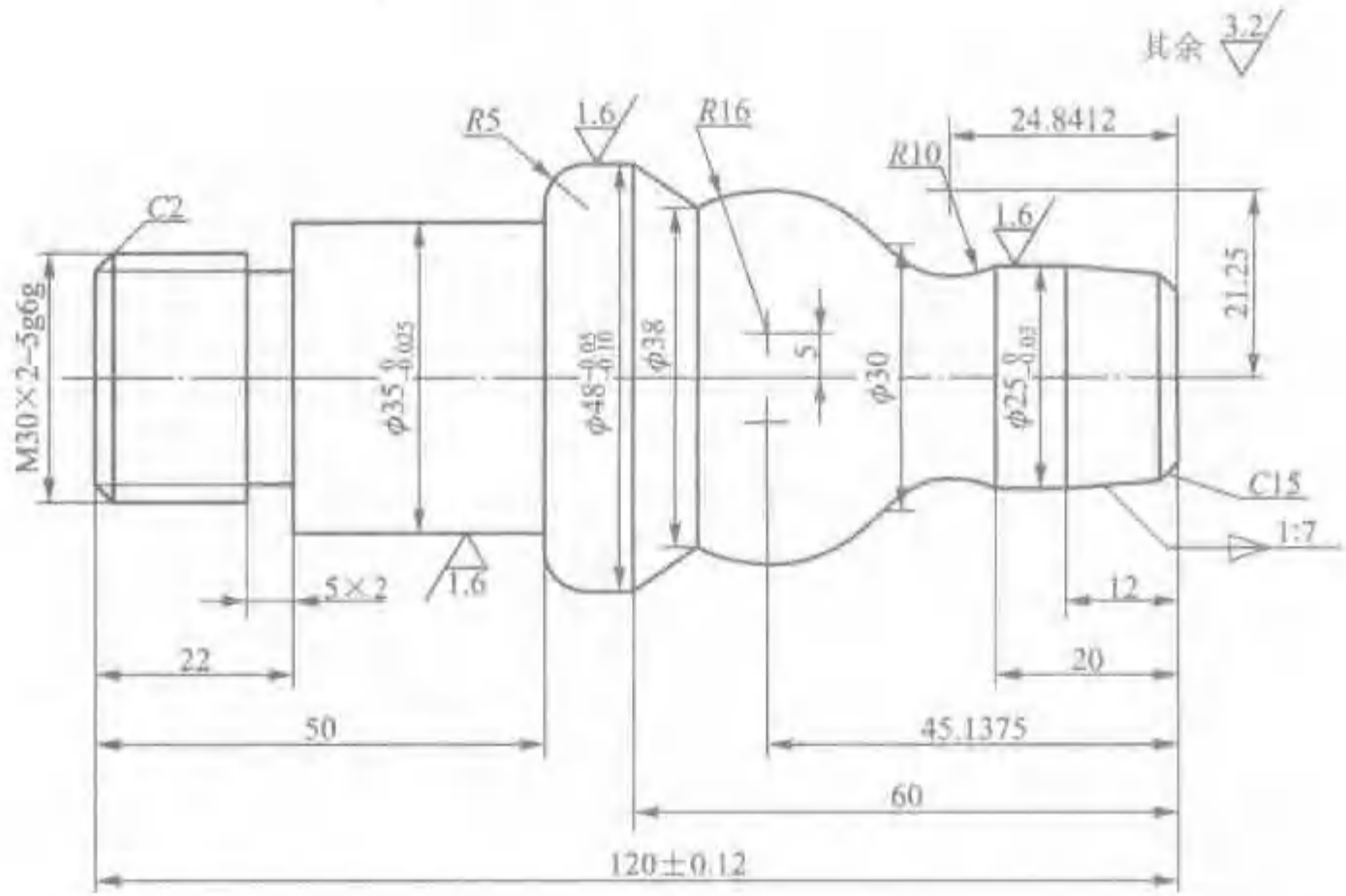
(a) 零件图



(b) 立体图

图 1-8-4 综合测试题四

综合测试题五



材料: 45 钢

(a) 零件图



(b) 立体图

图 1-8-5 综合测试题五

第二篇

数控铣床和数控加工中心 机床仿真实训

本篇以 FANUC - 0I 数控系统、JOHNFOR D VMC850 机床、标准操作面板为例。

实训一

G00/G01 指令应用——槽的加工

学习目标

1. 熟悉仿真软件界面。
2. 学习仿真软件验证程序的各个环节。
3. 练习 G00/G01 指令应用——槽的加工。

一、课前学生必备知识

(一) 编程基础知识

应当掌握：程序组成、程序段组成、编程方法、坐标系、F、S、T、M 功能。

(二) 刀具快速点定位指令 G00

- 1) 格式 G00 X_Y_Z_;
- 2) 应用 刀具快速定位到某一点或快速返回。
- 3) 注意 快速定位目标点不能直接选在工件上，一般要离开工件表面 1~5mm，即安全距离。

(三) 直线插补指令 G01

- 1) 格式 G01 X_Y_Z_F_;
- 2) 应用 切削工件。可加工工件的上表面、侧面、内外轮廓、倒角、沟槽等。

二、教师讲授与示范

(一) 零件图

(二) 工艺分析

1. 加工工艺

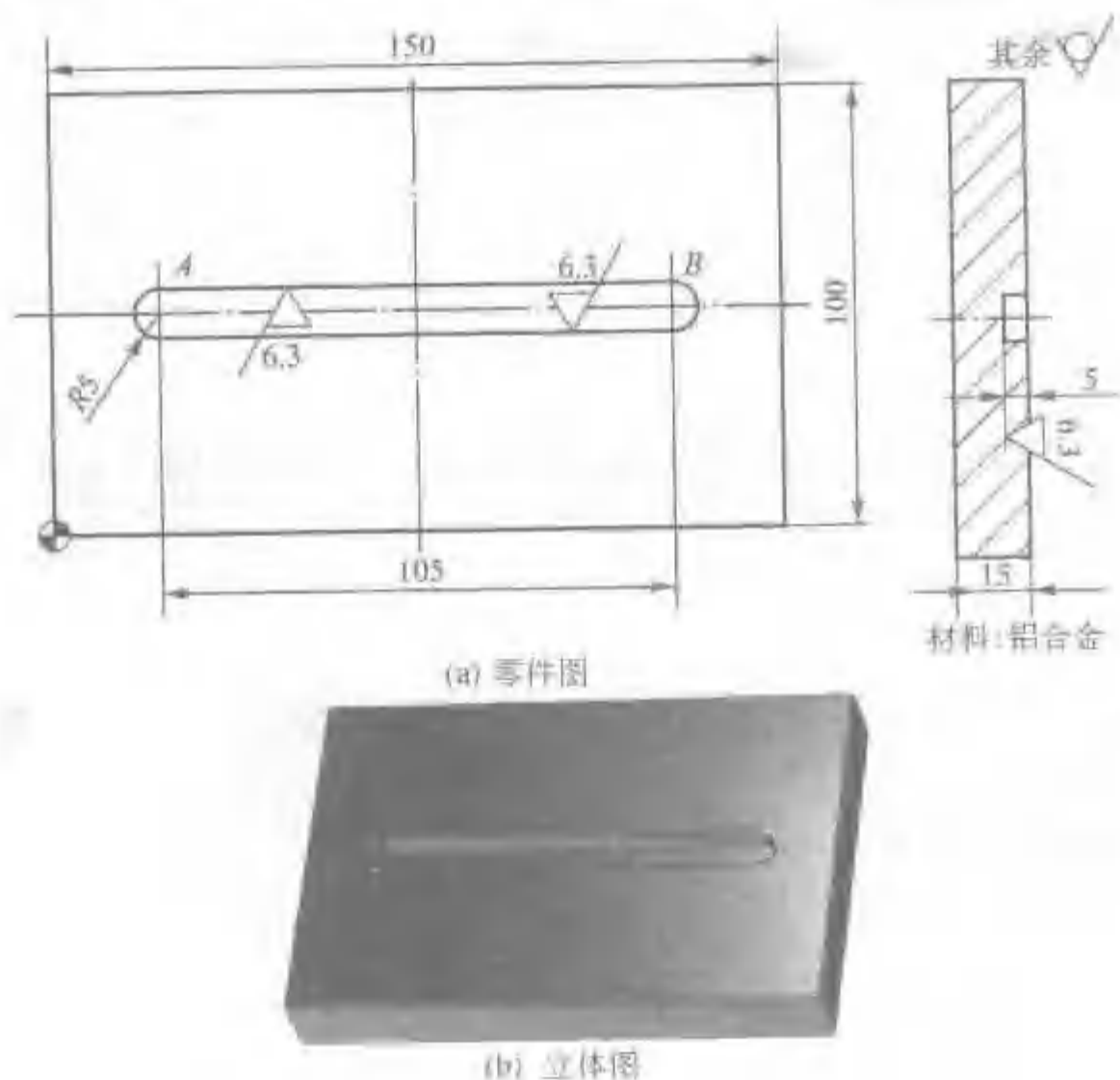


图 2-1-1 槽的加工例题

表 2-1-1 同类练习数据

	起点坐标	终点坐标	备注
零件 1	22.5, 50	127.5, 50	图 2-1-1
零件 2	22.5, 85	127.5, 15	
零件 3	22.5, 15	127.5, 85	

零件材料为铝合金，坯料 $150 \times 100 \times 15$ 已加工，这里只加工槽。



加工顺序：点 A 处下刀→运动到点 B→抬刀。

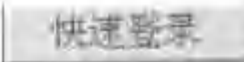
2. 选择刀具

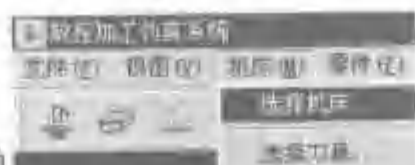
$\phi 10$ 键槽铣刀，刀号 T01。

(三) 操作步骤

1. 软件的启动

启动加密锁→双击  →系统显示启动界面如图 2-1-2 所示→点击  或

 →进入仿真软件界面，如图 2-1-3 所示。





点击菜单  或点击  选择机床→弹出如下对话框，如图 2-1-4 所示→选择系统及机床型号→点击“确定”，界面如图 2-1-5 所示。



图 2-1-2 启动界面

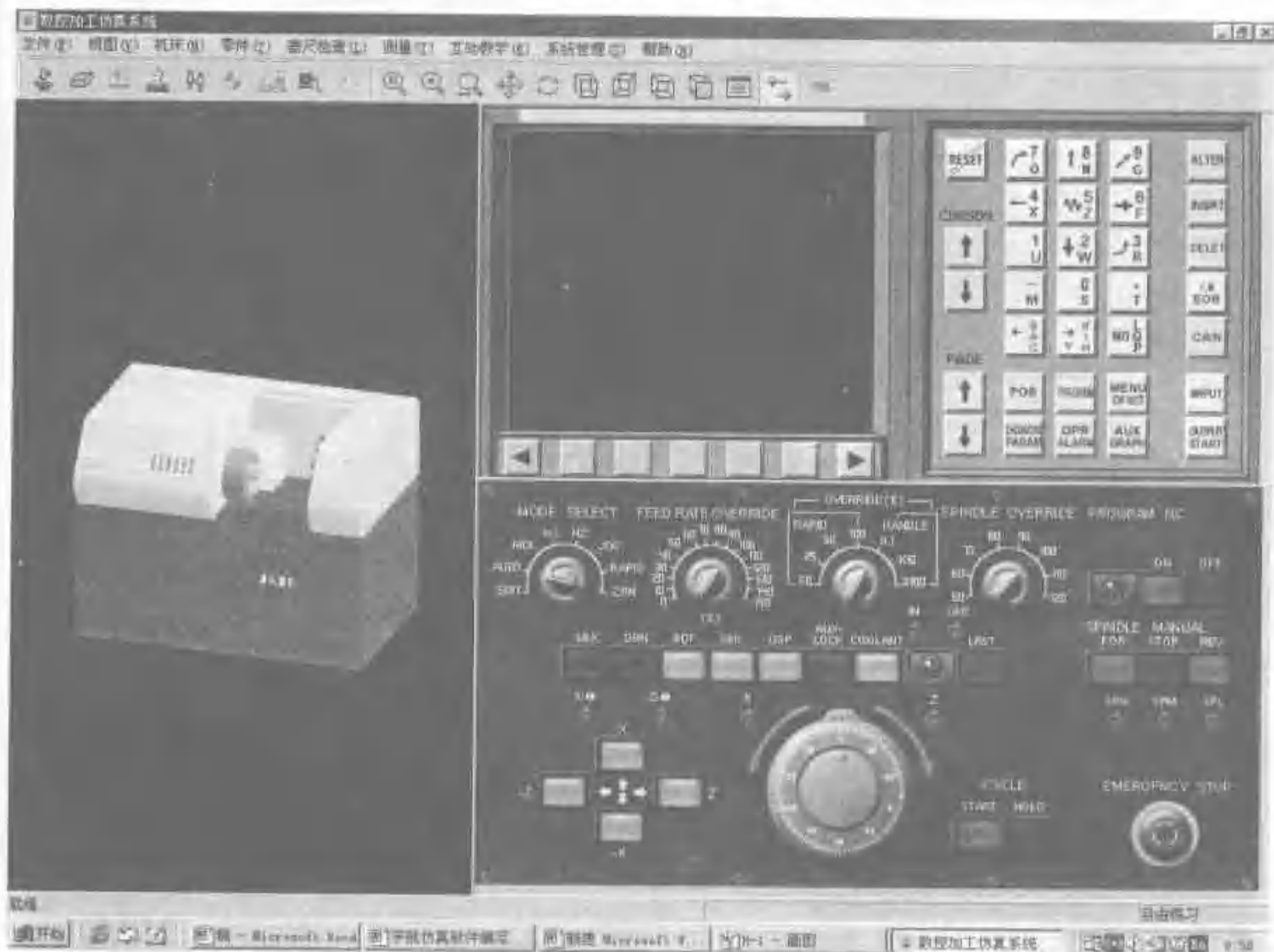


图 2-1-3 车床界面

2. 软件界面组成

软件界面由机床和机床面板两部分组成。机床面板由数控系统面板和机床操作面板组成。数控系统标准面板如图 2-1-6 所示。



图 2-1-6 系统面板

数控系统面板主要功能见表 2-1-2。

表 2-1-2 数控系统面板点击键功能

点 击 键	功 能	备 注	点 击 键	功 能	备 注
	地址/数字	键盘上部四行六列		复位	系统复位, 取消报警等
	位置显示			参数	参数设定、诊断资料显示
	编辑程序			报警	
	显示偏置			图形	
	光标移动			换页	
	上档键	输入地址/数字键上的另一个		替换	用于程序输入状态
	取消	删除最后一个进入缓冲区的字符		插入	用于程序输入状态
	输入	用于工件偏移, 刀具补偿的输入		删除	用于程序输入状态
	换行	同时生成“;”			


机床操作面板如图 2-1-7 所示。











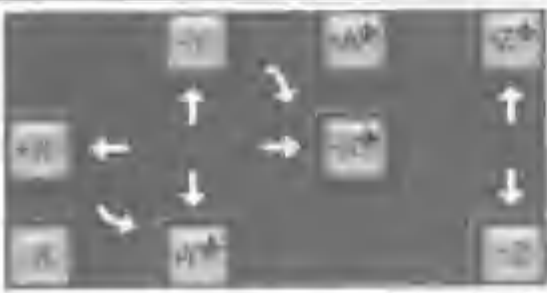



图 2-1-7 机床操作标准面板

机床操作面板的按钮功能见表 2-1-3。



表 2-1-3 机床操作面板按钮功能

按 钮	功 能	备 注
	操作模式 选择旋钮	图示状态顺时针依此为：编辑、自动加工、 在线加工、MDI、手轮、手动工作进给、手动快 速进给、回参考点操作
	快速倍率旋钮	手动快速进给 程序指定的 G00 速度
	急停按钮	
	循环启动	
	冷却按钮	依次为程序控制，手动控制，吹气

续表

按 钮	功 能	备 注
	单节	点击后, 每点击循环启动键执行一句程序
	单节忽略	点击下后, 程序前加“/”的语句不执行
	机械锁定	机械锁定取消后必须再作回参考点操作
	Z轴锁定	Z轴锁定取消后必须再作回参考点操作
	系统启动	
	电源开关	
	工作进给速度旋钮	外圈为手动工作进给速度 (mm/min) 内圈为自动进给速度为程序指定值的百分比
	主轴倍率旋钮	程序指定值的百分比
	手动移动按钮	用于手动工作进给, 手动快速进给
	循环停止	
	主轴手动控制	依次为正转, 停, 反转
	试运转	点击该键程序中 G00 按手动进给指定值运动

续表

按 钮	功 能	备 注
	选择停	点击该按钮后程序执行到 M01 时程序停止, 再点击循环启动键后继续执行
	辅助功能锁定	M、S、T 功能无效

3. 加工零件的操作步骤


(1) 开机

点击数控系统电源  → 打开急停开关  → 点击启动控制系统 

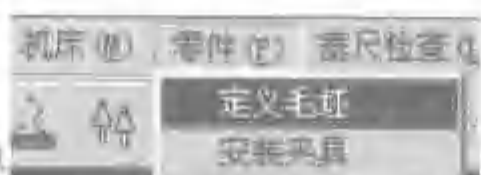
(2) 回参考点

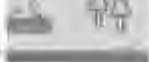



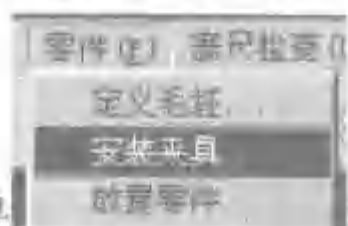
1) 操作模式回参考点

2) 依次点击轴 , 完成 Z、X、Y 轴回参考点(一般按先 Z 轴, 再 X 轴, 后 Y 轴的顺序)。并注意机床 Z、X、Y 轴距参考点应大于 100 mm。

(3) 设置工件参数



1) 定义毛坯 点击菜单  或点击定义零件点击  按钮 → 弹出对话框 → 按图 2-1-8 所示设置毛坯材料、形状、尺寸。



2) 选择夹具类型 点击菜单  或点击安装夹具点击  按钮 → 弹出选择夹

具对话框 → 确定毛坯号 → 确定夹具类型 → 用  调整位置。

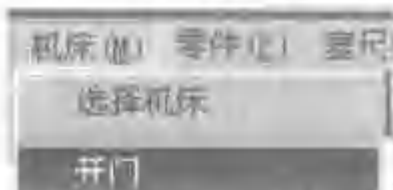


定义毛坯...

安装夹具...

3) 安装(放置)工件 点击菜单  或点击  按钮 → 弹出选择零件对话框 → 点

选各项内容 → 点击安装零件按钮 → 点击控制面板切换按钮  全屏显示机床 → 点击菜单



→ 调整工件位置, 如图 2-1-9 所示。




图 2-1-8 铣床定义毛坯



图 2-1-9 安装零件界面

4) 设置工件原点 X、Y 向坐标如图 2-1-1 所示, Z 轴以工件上表面为 $Z=0$ 平面。

(4) X、Y 向对刀

1) 选择寻边器 点击菜单机床/基准工具或点击  按钮 → 弹出基准工具选择对话框, 如图 2-1-10 所示 → 选择寻边器 → 确定。

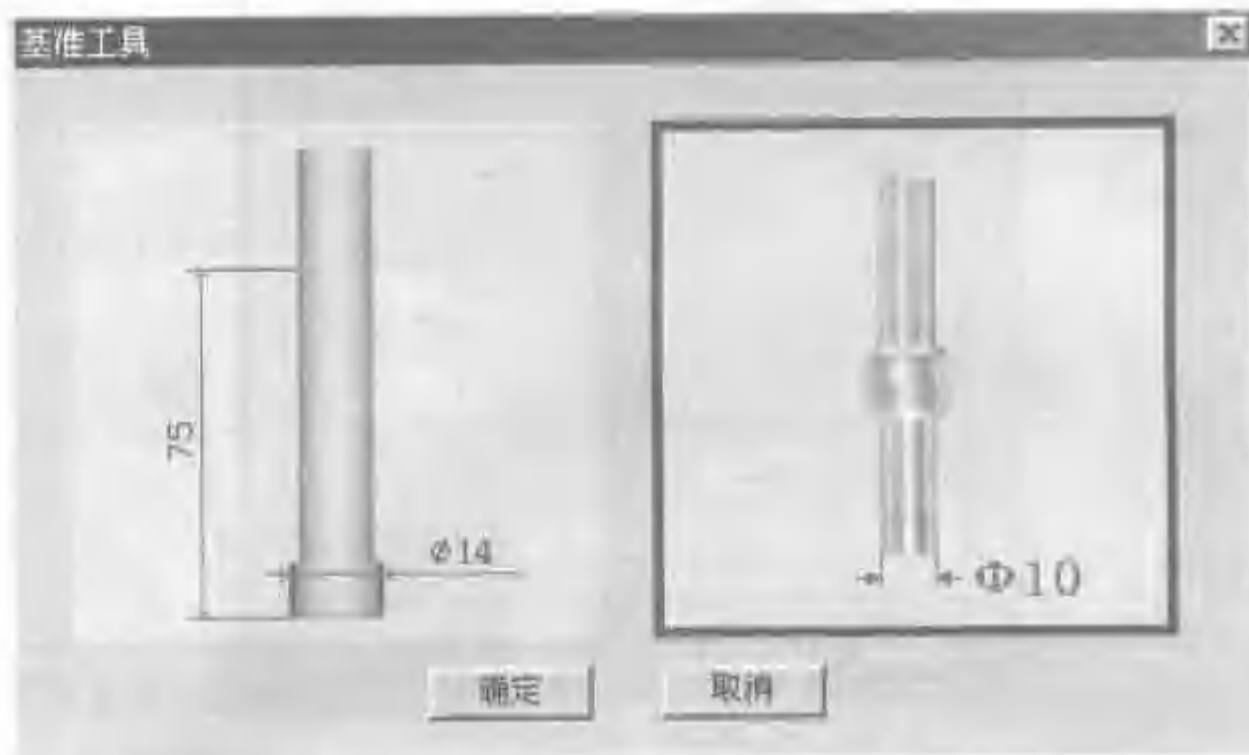



图 2-1-10 基准工具选择对话框

2) 主轴转动 操作模式 MDI



→ 点击 **PROG** → 输入 M03 S400 → 点击  → 点

击循环启动  按钮, 主轴转动。



3) 显示手轮 操作模式手轮 → 点击按钮 **HAND** → 显示手轮, 如图 2-1-11 所示。手轮控制由轴选择开关、倍率选择开关、手轮及手轮显示开关键组成。倍率选择 $\times 1$ 、 $\times 10$ 或 $\times 100$ 分别表示手轮每转过 1 格时工作台移动 0.001、0.01 或 0.1 mm。

4) X 向对刀:






① 操作模式快速  → 寻边器接近工件 → 寻边器上下两部分不同心, 如图 2-1-12a 所示, → 利用按钮  把图显示到合适的大小和角度。





图 2-1-11 手轮控制



图 2-1-12 寻边器同心状态

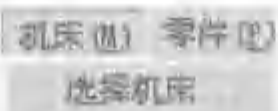
② 操作模式工作进给  → 工作台向工件左面运动 → 寻边器上下两部分同心度不断提高。



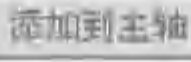
③ 操作模式手轮  → 轴选择 X、倍率选择 ×100 继续按前面的运动方向运动，寻边器上下两部分同心度继续提高 → 倍率选择 ×10……观察寻边器上下两部分同心度越来越好，如图 2-1-12b 所示 → 寻边器上、下两部分同心。



④ 点击 POS → 点击【综合】软键 → 记下机械坐标数值和寻边器半径的代数和（以工件的左边为 X 的零点） → 点击  → 点击【坐标系】软键 → G54 的 X 值位置输入上述代数和 → 完成 X 轴的对刀。


5) Y 向对刀 同理完成 Y 轴的对刀。

(5) 选择刀具及 Z 轴对刀



1) 选择刀具 点击菜单  或  → 弹出选择铣刀对话框，如图 2-1-13 所示 → 在可选刀具栏内选择刀具 → 点击  → 点击 确认 → 选择刀具被安装在主轴上。

2) Z 向移动 移动刀具到工件的上方 → 操作模式快速挡  → 刀具 Z 向快速向下运动 → 系统提示  → 操作模式工作进给

挡  → 刀具 Z 向向下运动 → 提示上述信息 → 刀具 Z 向退回 1 mm 以上 → 点击菜单

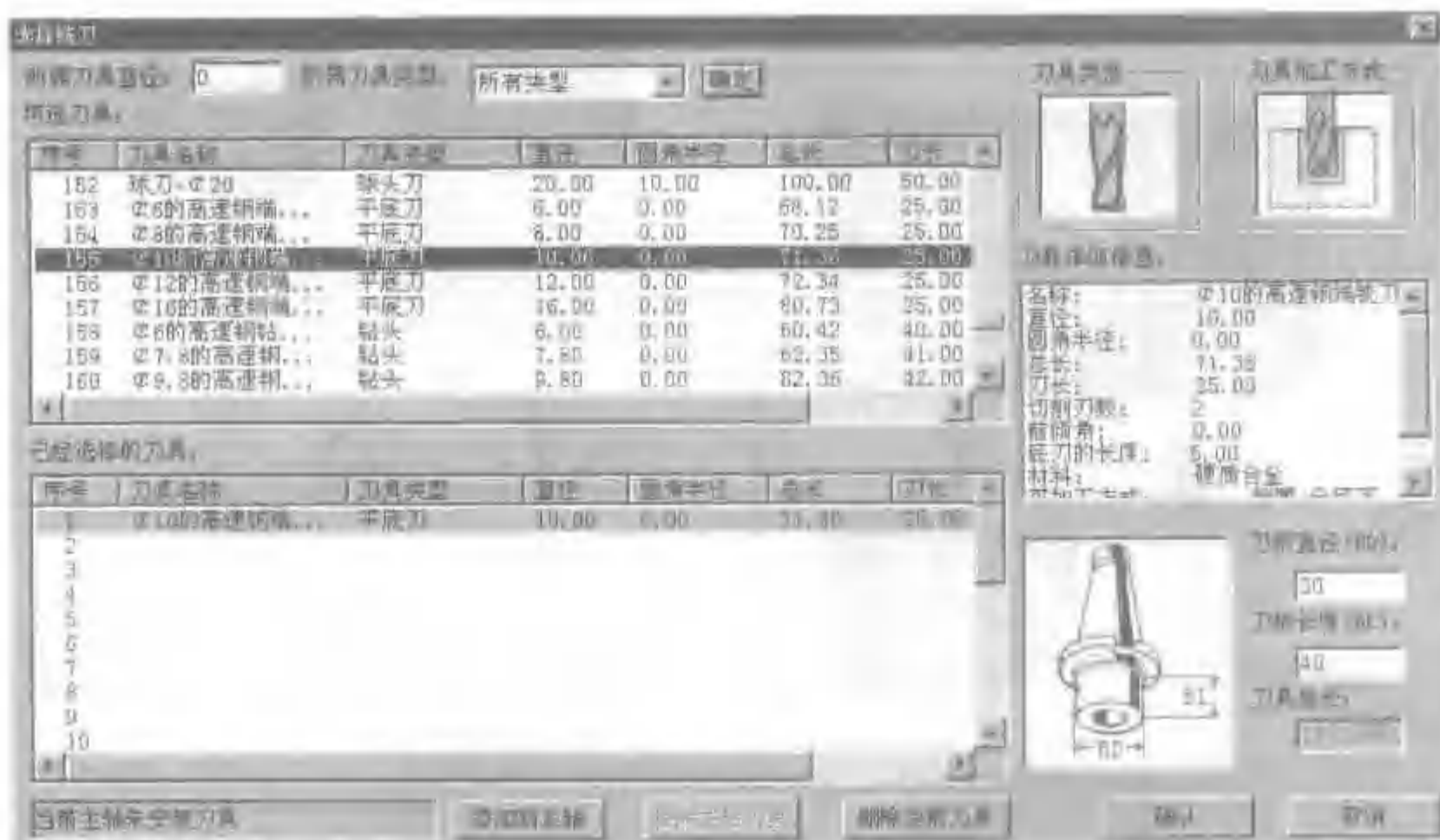
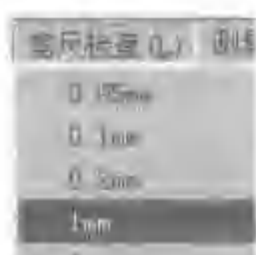


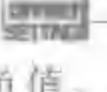
图 2-1-13 选择铣刀对话框

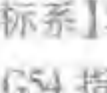


选择 1 mm 厚塞尺→显示器左下角出现  →操作模式手轮挡 

选 Z 轴 $\times 100$ 挡→刀具继续向下运动→提示塞尺检查太松→继续向下运动→提示塞尺检查太紧→反向点击手轮一次→选 Z 轴 $\times 10$ 继续上述操作→选 Z 轴 $\times 1$ 点击手轮至提示塞尺检查合适为止。

3) 参数输入:

① 数控加工中心机床 点击 **POS** →点击【综合】软键→显示机械坐标值→点击  →点击【补正】软键→光标移到对应刀的补偿号处输入前述机械坐标值加上塞尺厚度的负值。注意: 程序 Z 向运动的第一语句中应有 G43 H $\times\times$ 指令, 建立长度补偿。

② 数控铣床 点击 **POS** →点击【综合】软键→显示机械坐标值→点击  →点击【坐标系】软键→光标移到 01(G54)的 Z 处输入前述机械坐标值加上塞尺厚度的负值。注意: 程序头中应有 G54 指令。

(6) 输入程序并编辑

图 2-1-1 所示零件加工的参考程序见表 2-1-4。

表 2-1-4 零件加工参考程序

程序号: 02010	以工件图的左下角点为 X0 Y0, 上表面为 Z0。	
程序段号	程序内容	说明
N10	G90 G54 G80 G40 G49 T01;	绝对坐标, 第一工件坐标系, 取消各种刀补, 用 1 号刀具
N20	G00 X150. Y150. M03 S800;	快速点定位到 (150, 150), 主轴正转, 800r/min
N30	G43 H01 Z100. M08;	快速点定位到 Z100 并建立刀具 1 号长度补偿, 切削液开
N40	X22.5 Y50. Z50. ;	快速点定位到 (22.5, 50)

续表

程序号: O2010		以工件图的左下角点为 X0 Y0, 上表面为 Z0。
程序段号	程序内容	说明
N50	Z2.;	快速点定位到 Z2
N60	G01 Z-5. F50;	切削到槽深, 进给量 50mm/min
N70	X127.5 Y50. F80;	铣削槽
N80	G00 Z150. M09;	快速抬刀, 关闭切削液
N90	M05 X150. Y150.;	主轴停, 快速定位到(150,150)(便于装卡工件)
N100	M30;	程序结束

(7) 自动加工

1) 调用程序。



2) 操作模式

3) 点击 , 自动加工零件。

(8) 测量工件

1) 点击菜单测量/剖面图测量, 弹出界面如图 2-1-14 所示。



图 2-1-14 测量工件对话框

2) 测量图 2-1-1 零件槽的长、宽尺寸

① 测量槽宽 填写对话框, 内卡, 垂直测量, 自动测量, 视图放大(左键框选将图放大到合适尺寸)、视图保持, 工件坐标, 测量平面 X-Y, 上下移动测量平面 Z, 使其位于槽深范围

内→光标拖动两端红色或黄色箭头到要测量位置附近



→在读数框

内显示出测量结果 读数: 10.019 mm。

② 测量槽长 填写对话框, 内卡, 水平测量, 自动测量, 视图放大(左键选框将图放大到合适尺寸), 视图保持, 工件坐标, 测量平面 X-Y, 上下移动测量平面 Z, 使其位于槽深范围

内→光标拖动两端红色或黄色箭头到要测量位置附近

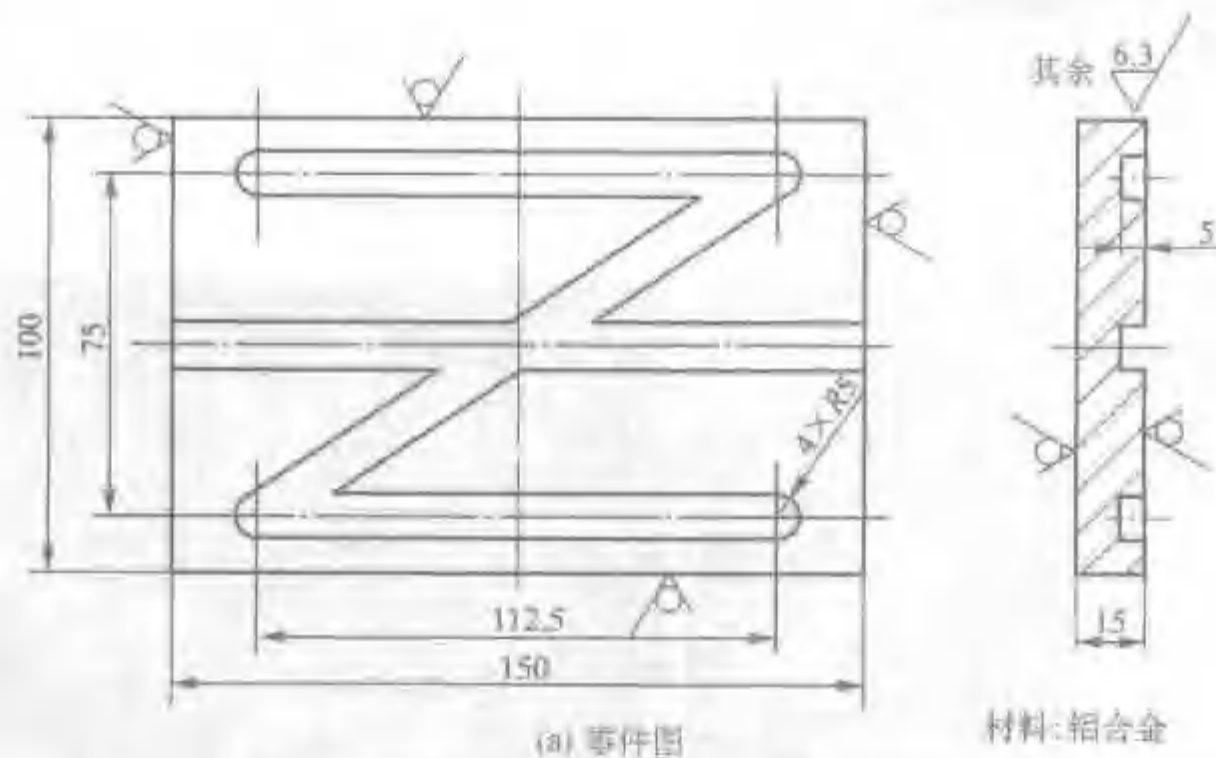


→光标拖动两端红

色或黄色箭头到要测量位置附近→在读数框内显示出测量结果 读数: 114.99 mm。

三、学生练习题(课前编写加工程序)

1. 零件图




(b) 立体图

图 2-1-15 槽的加工练习

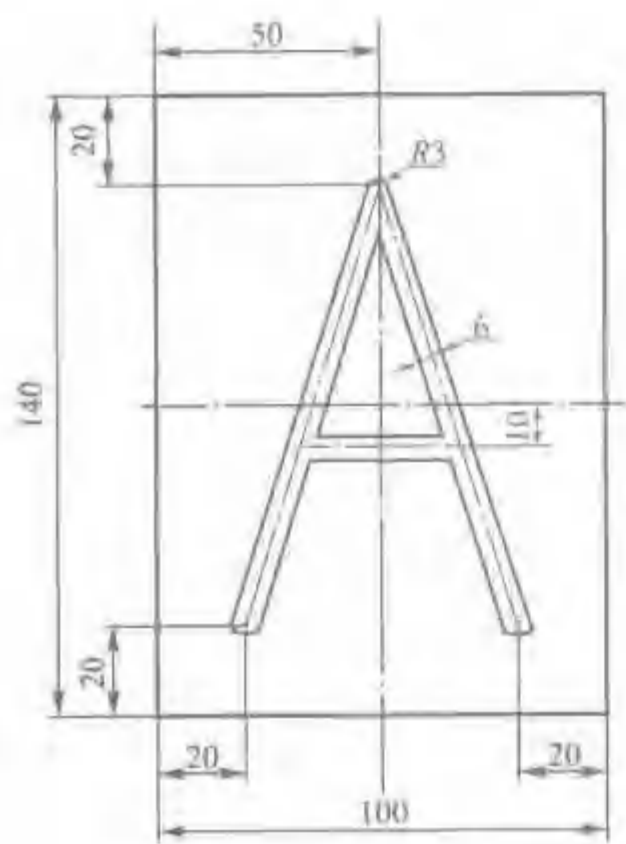
2. 可能出现的问题及解决方法

可能出现的问题及解决方法见表 2-1-5。

表 2-1-5 可能出现的问题及解决方法

常见问题	原因	解决方法
新程序名无法输入	操作模式位置错误	操作模式 
	新程序名已经存在	更换程序名
提示请回参考点	开机后未回参考点	执行回参考点操作
撞刀或刀具远离工件	未对刀	重新对刀
	对刀位置不正确	重新对刀
	程序错误	修改程序
	程序在运动语句前未指定 G90 或 G91	指定 G90 或 G91

四、趣味练习题(选做)



(a) 零件图



(b) 立体图

图 2-1-16 趣味练习题

实训二

G02/G03 指令应用——刀具半径补偿与工件外轮廓的加工

学习目标

1. 巩固学习仿真软件验证程序的各个环节。
2. 学习分中对刀操作。
3. 练习 G02/G03 指令应用——刀具半径补偿与工件外轮廓的加工。

一、课前学生必备知识

1. 刀具半径补偿指令

(1) 名称

G41 左刀具半径补偿指令，G42 右刀具半径补偿指令，G40 取消刀具半径补偿指令。

(2) 格式

$$\left. \begin{array}{l} G41 \\ G42 \\ G40 \end{array} \right\} D \times \times \left. \begin{array}{l} G01 \\ G00 \end{array} \right\} X_ Y_ (F_);$$

(3) 应用

直接用轮廓编程；刀具磨损、更换时程序不变；同一个程序同一把刀具，利用刀具补偿进行粗精加工及控制精度。

(4) 提示

- ① 在刀具运动的语句中建立或取消刀具半径补偿，运动的距离应大于刀具的半径；补偿号 D × × 表示存储在数控系统中的刀具半径值。
- ② 一般在工件毛坯外建立或取消刀具半径补偿，内轮廓建立或取消刀具半径补偿时只能用 G01，注意避免过切。
- ③ 半径补偿指令后面，必须有连续的 XY 平面内移动指令，以供数控系统预读（一般预读三句）并判断补偿方向。
- ④ 最后一次粗加工半径补偿量 = 刀具半径 + 精加工余量
- ⑤ 精加工半径补偿量 = 刀具半径 + 微调值

2. 圆弧插补指令

(1) 名称

G02 刀具顺时针圆弧插补指令、G03 刀具逆时针圆弧插补指令

(2) 格式

格式一：用圆弧半径 R 指定圆心位置。

G02 X_Y_ R_F_;

G03 X_Y_ R_F_;

格式二：用 I、J 指定圆心位置。

G02 X_Y_ I_J_V; Z_F_;

G03 X_Y_ I_J_V; Z_K_F_;

(3) 应用

命令刀具在指定平面内按给定进给量从当前点向终点做圆弧运动。

(4) 提示

① 切削半径小于刀具补偿半径的内圆弧时，将出现轮廓补偿错误，因而要避免大刀切小内圆弧。

② 整圆必须用 I、J、K 指定圆心位置，圆心位置是关于圆弧起始点的相对坐标。

二、教师示范

(一) 零件图

表 2-2-1 同类练习数据

零件 1	R4	R6	4	112	5	70	图 2-2-1
零件 2	R6	R8	6	108	6	68	和零件 1 对应位置尺寸
零件 3	R8	R9	8	104	8	64	

(二) 工艺分析

1. 加工工艺

零件铝合金，坯料 $120 \times 80 \times 14$ 已加工，这里只加工外轮廓。

加工顺序：

首先，去除工件左下角，左上角，右上角多余的边角余料。然后，轮廓单边留 1mm 的精加工余量，由改变刀具半径补偿量来完成粗精加工。

轮廓加工走刀路线如下：








在工件右下角下刀→刀具运动到点 A 并建立左刀具半径补偿→直线运动到点 B→顺圆运动到点 C→直线运动到点 D→……→点 G→点 A→点工件右下角并取消刀具半径补偿，完成粗加工。改变刀具半径补偿量仍按上述走刀路线完成精加工后抬刀。

2. 选择刀具




$\phi 6$ 立铣刀, 刀号 T01。

(三) 操作步骤

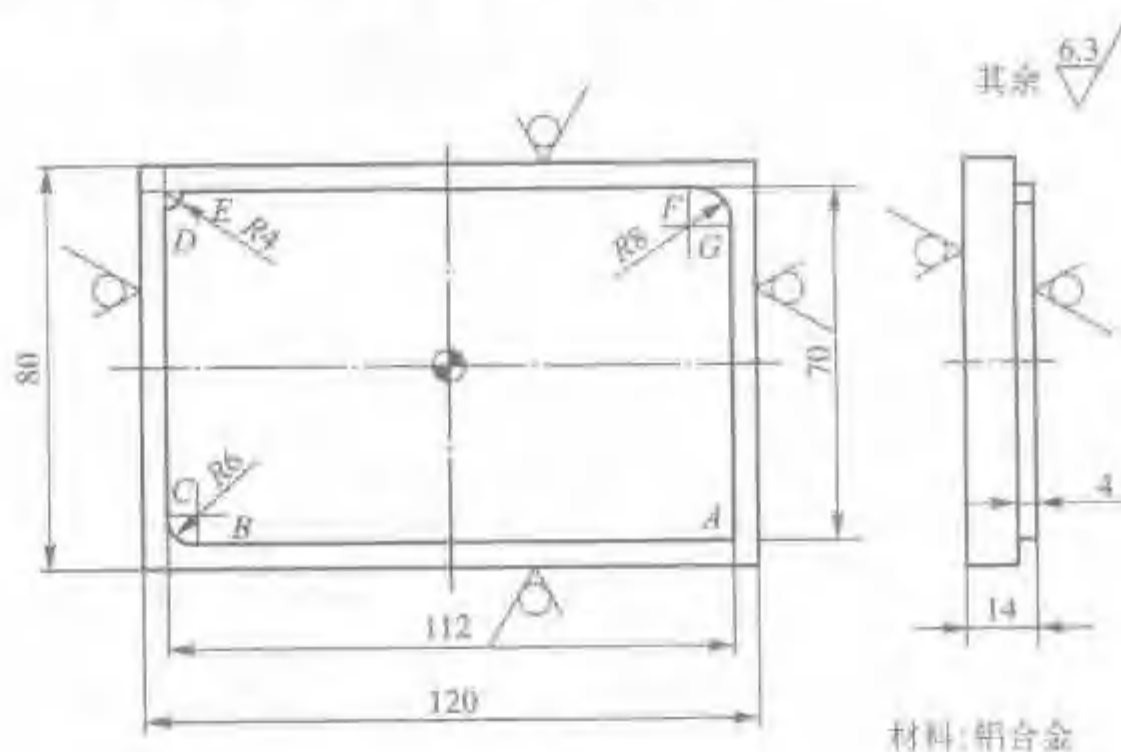
1. 回参考点

点击  → 打开  → 点击  →  → 依次点击轴    , 完成回参考点。

2. 和工件相关的设置

点击  定义毛坯 → 填写选项包括: 名字、材料(铝板)、形状(长方形)、尺寸(120 × 80 × 14) → 点击“确定” → 点击  安装夹具 → 填写选项包括: 毛坯号、夹具类型、调整毛坯的位置 → 点击“确定” → 点击  放置工件 → 填写选项包括: 选择零件、安装零件 → 调整工件位置 → 点击“退出”。

设置工件原点: X、Y 向坐标如图 2-2-1 所示, Z 轴以工件上表面为 $Z=0$ 平面。



(a) 零件图



(b) 立体图



图 2-2-1 外轮廓加工例题

3. 选择刀具及分中对刀

(1) 分中对刀概念

以工件一个坐标方向的精确对称中心为该方向零点的对刀方法称为该坐标方向的分中对刀。

(2) 主轴转动

点击  按钮→选择 $\phi 10$ 寻边器→操作模式 MDI→输入 M03 S400→点击循环启动按钮 , 主轴转动。

(3) X 向对刀

操作模式快速挡→寻边器接近工件左侧边缘→(沿 Y 轴方向看)距离较近时→操作模式手轮 $\times 100$ →寻边器继续接近工件→ $\times 10$ 并改变观察方向(沿 X 轴方向看)→寻边器上下两部分同心度不断提高→寻边器上下两部分同心度突然大幅变差→手轮退回一格→这时刀具中心距工件边缘为寻边器半径值。(如认为对刀精度不能满足要求,可将手轮倍率选择开关选 $\times 1$ ……)→点击 **POS**→点击【相对】软键→点击 X 键→点击【起源】软键,界面如图 2-2-2 所示,此时相对坐标为 X0。

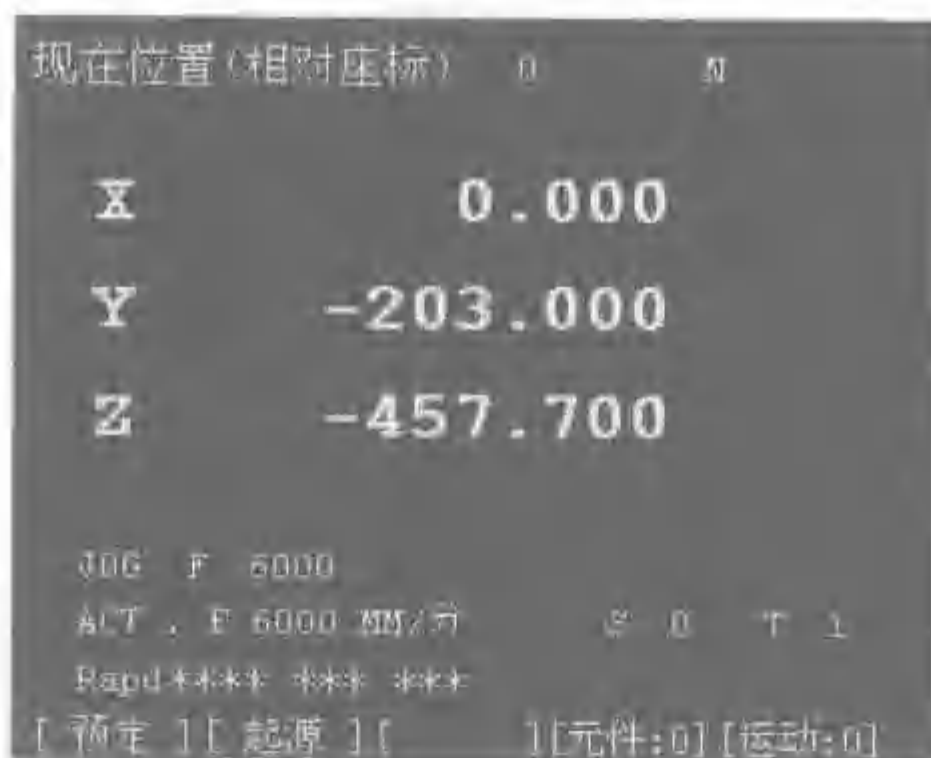




图 2-2-2 相对坐标起点显示

Z 向退出寻边器→寻边器从右侧接近工件右侧边缘→……→刀具中心距工件边缘为寻边器半径值时→点击 **POS**→点击【相对】软键→记下 X 值→Z 向退出寻边器→X 向运动到相对坐标 X 值的一半位置即工件左右边缘的 X 向对称中心。

点击 **POS**→点击【综合】软键→记下机械坐标数值 K→点击 →点击【坐标系】软键→光标移到 01(G54)的 X 值处→输入机械坐标数值 K→点击 , 完成 X 轴对刀值的输入。

(4) Y 向对刀

过程和 X 向对刀相似。

区别:观察寻边器和工件边缘距离时先沿 X 轴方向看。输入数值时,光标移到 01(G54)的 Y 值处输入。

(5) Z 轴对刀

点击 → 在可选刀具栏内选择 $\phi 6$ 铣刀 → 点击 添加到主轴 → 点击 确认 → 刀具移动到工件的上方 → 操作模式快速挡 → 刀具 Z 向快速向下运动 → 接近工件时 → 机床操作模式进给挡 → 点击菜单塞尺检查/1mm 塞尺 → 刀具 Z 向慢速向下运动 → 操作模式手轮 → 刀具 Z 向向下运动 → 塞尺检查合适。

点击 POS → 点击【综合】软键 → 记下机械坐标数值，机械坐标数值和塞尺厚度(1mm)的代数和 $\Sigma Z = \text{机械坐标数值} + (-1)$ → 点击 → 点击【补正】软键 → 光标移到对应的补偿长度号处 → 形状下输入 ΣZ 。

程序头中应有 G54 指令，程序中有 Z 向运动的第一语句中应有 G43 H $\times\times$ 指令，建立长度补偿，H 后面的数字为刀具长度补偿号。

(6) 刀具半径补偿

点击 → 点击【补正】软键 → 光标移到补偿号 01 形状(D)处 → 输入刀具半径值(3 + 0.5)。点击 → 点击【补正】软键 → 光标移到补偿号 02 形状(D)处 → 输入刀具半径值(3)。

4. 输入程序并编辑

图 2-2-1 所示零件的加工参考程序见表 2-2-2。

表 2-2-2 外轮廓零件的加工参考程序

程序段号	程序内容	说明
N010	G90 G54 G80 G40 G49;	绝对坐标，第一工件坐标系，取消各种刀补
N020	G00 X90. Y90. T01;	快速定位到点(90,90)，用 01 号刀具
N030	G43 H01 Z100.;	Z 向快速定位并建立刀具长度补偿
N040	Z2. M03 S800;	Z 向快速定位到安全平面，主轴正转，转速 800r/min
N050	X65. Y27.;	快速定位到(65,27)点
N060	G01 Z-4. F80 M08;	Z 向直线插补到 -4，进给量 80mm/min，打开切削液
N070	X64. Y27.;	去除工件 GF 右上余料的加工
N080	G03 X48. Y43. R16.;	逆时针圆弧插补到(48,43)点，R16
N090	G01 Y39.;	直线插补到(48,39)点
N100	G02 X60. Y27. R12.;	顺时针圆弧插补到(60,27)点，R12
N110	G01 X65.;	直线插补到(65,27)点
N120	G00 Y45.;	快速定位到点(65,45)点
N130	X-60.;	快速定位到点(-60,45)点
N140	G01 Y37.;	去除工件 ED 左上余料的加工
N150	G03 X-57. Y40. R3.;	逆时针圆弧插补到(-57,40)点，R3
N160	G01 X-55.;	直线插补到(-55,40)点
N170	G02 X-60. Y35. R5.;	顺时针圆弧插补到(-60,35)点，R5
N180	G01 X-65.;	直线插补到(-65,35)点
N190	Y-29.;	直线插补到(-65,-29)点
N200	G03 X-50. Y-44. R15.;	逆圆插补到(-50,-44)点，R15
N210	G01 Y-41.;	直线插补到(-50,-41)点
N220	G02 X-62. Y-29. R12.;	顺时针圆弧插补到(-62,-29)点，R12
N230	G01 X-65.;	直线插补到(-65,-29)点

续表


程序号: 02020

程序段号	程序内容	说明
N240	G00 Y -45. ;	快速定位到点(-65, -45)点
N250	X65. ;	快速定位到点(65, -45)点
N260	Y -35. ;	快速定位到点(65, -35)点
N270	G01 G41 X56. Y -35. D01 ;	直线插补到点 A, 建立 01 号左半径刀补, 粗加工开始
N280	X -50. ;	直线插补到 B 点
N290	G02 X -56. Y -29. R6. ;	顺时针圆弧插补到 C 点, R6
N300	G01 X -56. Y31. ;	直线插补到 D 点
N310	G03 X -52. Y35. R4. ;	逆时针圆弧插补到 E 点, R4
N320	G01 X48. Y35. ;	直线插补到 F 点
N330	G02 X56. Y27. R8. ;	顺时针圆弧插补到 G 点, R8
N340	G01 X56. Y -35. ;	直线插补到 A 点
N350	G40 X65. Y -35. ;	直线插补到(65, -35)点, 取消刀具半径补偿
N360	G41 X56. Y -35. D02 ;	直线插补到 A 点, 建立 02 号左半径刀补, 精加工开始
N370	X -50. ;	直线插补到 B 点
N380	G02 X -56. Y -29. R6. ;	顺时针圆弧插补到 C 点, R6
N390	G01 X -56. Y31. ;	直线插补到 D 点
N400	G03 X -52. Y35. R4. ;	逆时针圆弧插补到 E 点, R4
N410	G01 X48. Y35. ;	直线插补到 F 点
N420	G02 X56. Y27. R8. ;	顺时针圆弧插补到 G 点, R8
N430	G01 X56. Y -45. ;	直线插补到(56, -45)点
N440	G00 G40 X62. M09 ;	快速定位到点(62, -45), 取消刀具半径补偿, 切削液关
N450	Z100. M05 ;	快速拾刀到 Z100, 主轴停
N460	X90. Y90. ;	快速定位到点(90,90)
N470	M30 ;	程序结束

5. 自动加工



调程序“02020”→操作模式  → 点击 .

点击选项按钮  → 弹出如图 2-2-3 所示界面 → 可以改变仿真速度, 开关切削时的声音, 切削时铁屑的图像等信息。

6. 测量工件

测量图 2-2-1 所示加工零件的轮廓尺寸 112, 70。

(1) 点击菜单测量/剖面图测量

弹出如图 2-2-4 所示界面。

(2) 测量 112 尺寸

填写对话框: 外卡、水平测量、自动测量、视图放大(左键框选将图放大到合适尺寸)、视图保持、工件坐标、测量平面 XY、测量平面 Z12(轮廓在零件距底面 11~14 间) → 光标拖动两端红色或黄色箭头到要测量位置附近 → 在读数框内显示出测量结果 112.000 mm。

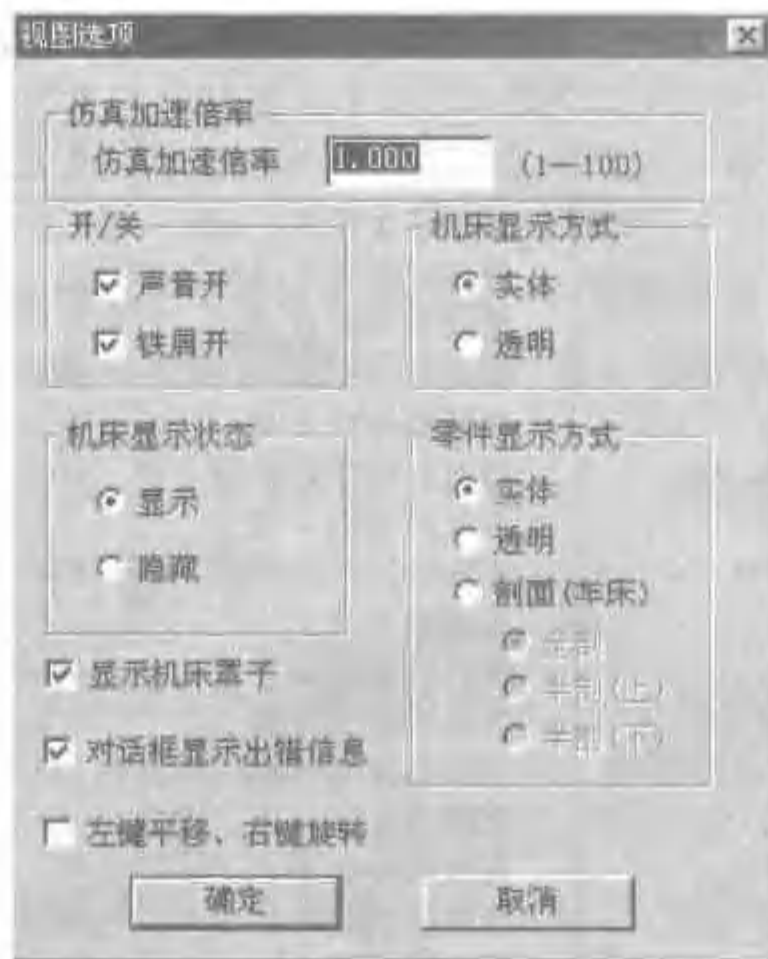


图 2-2-3 视图选项菜单

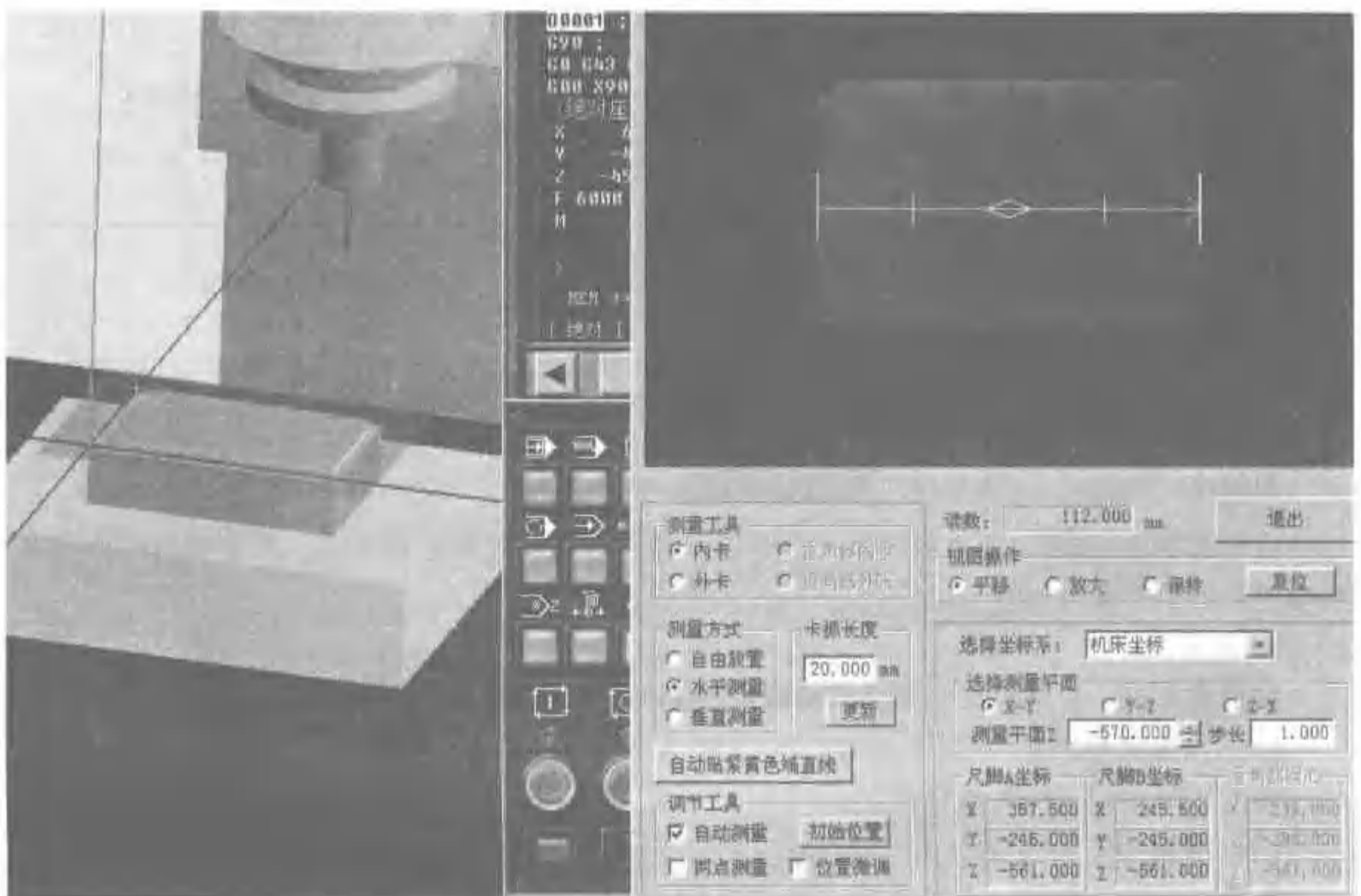


图 2-2-4 零件测量界面

(3) 测量 70 尺寸

填写对话框：外卡、垂直测量、自动测量、工件坐标、测量平面 XY、测量平面 Z = 11 (工件坐标系 Z11) → 光标拖动两端红色或黄色箭头到要测量位置附近如图 2-2-5 所示 → 在读数框内显示出测量结果 读数：70.000 mm。

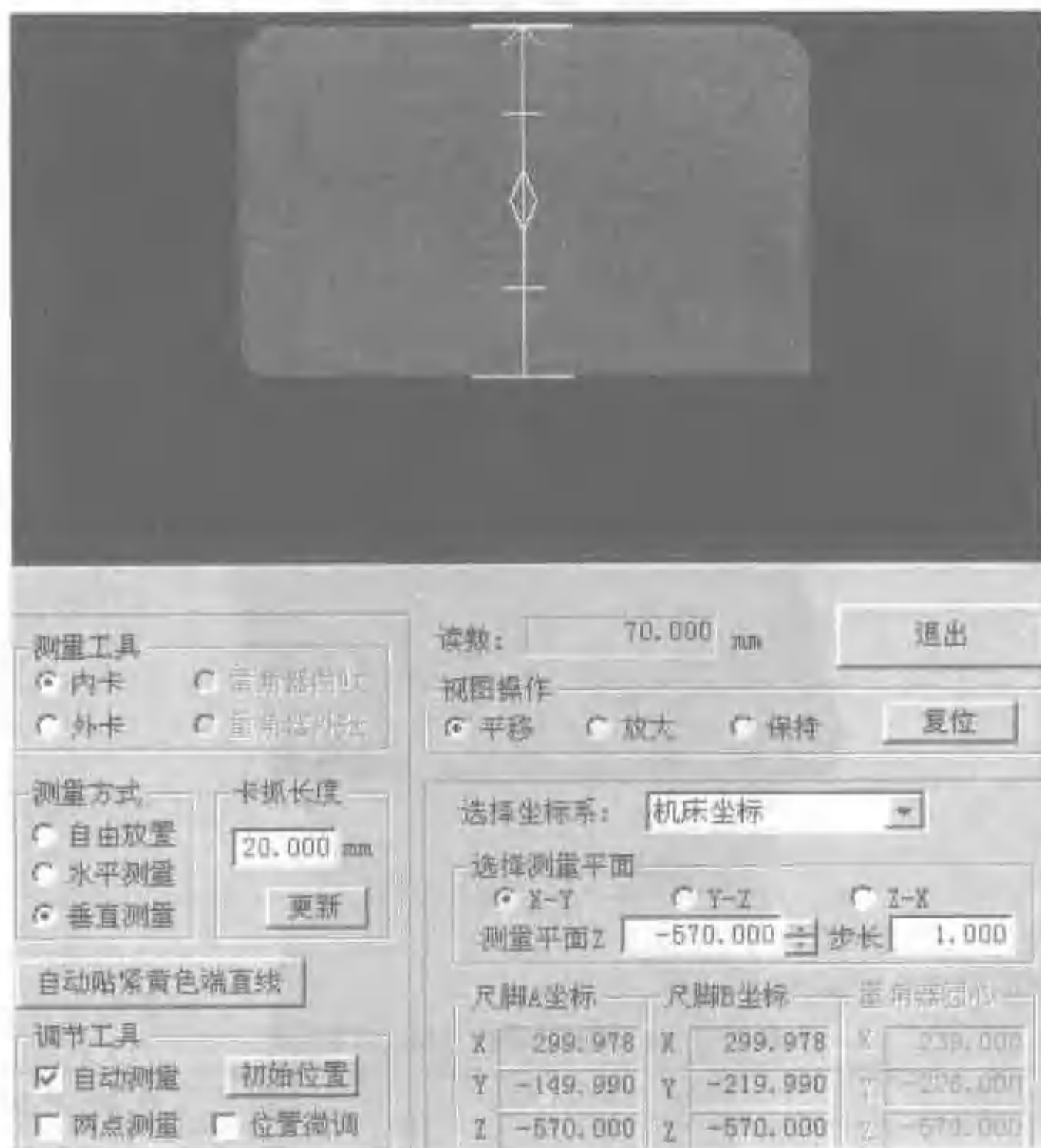


图 2-2-5 测量尺寸

三、问题思考

1. 怎样确定外轮廓粗加工最后一刀的刀具补偿量?
2. 怎样用改变刀具补偿量的办法来控制工件的尺寸公差?

四、学生练习题

1. 零件图

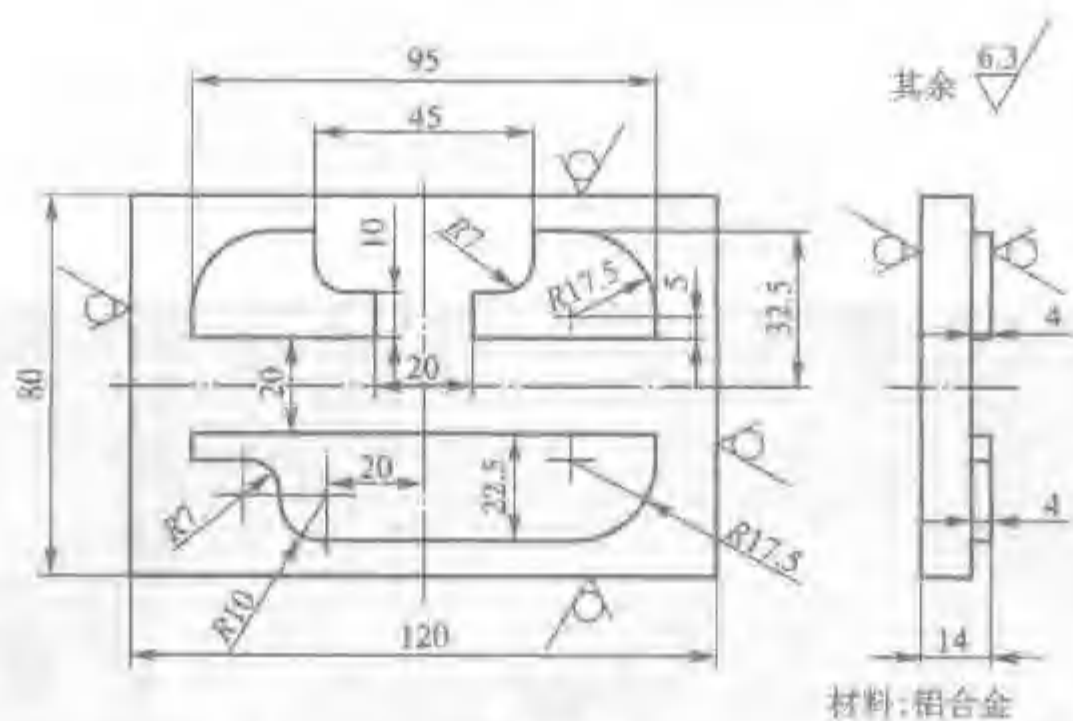


图 2-2-6 轮廓加工练习

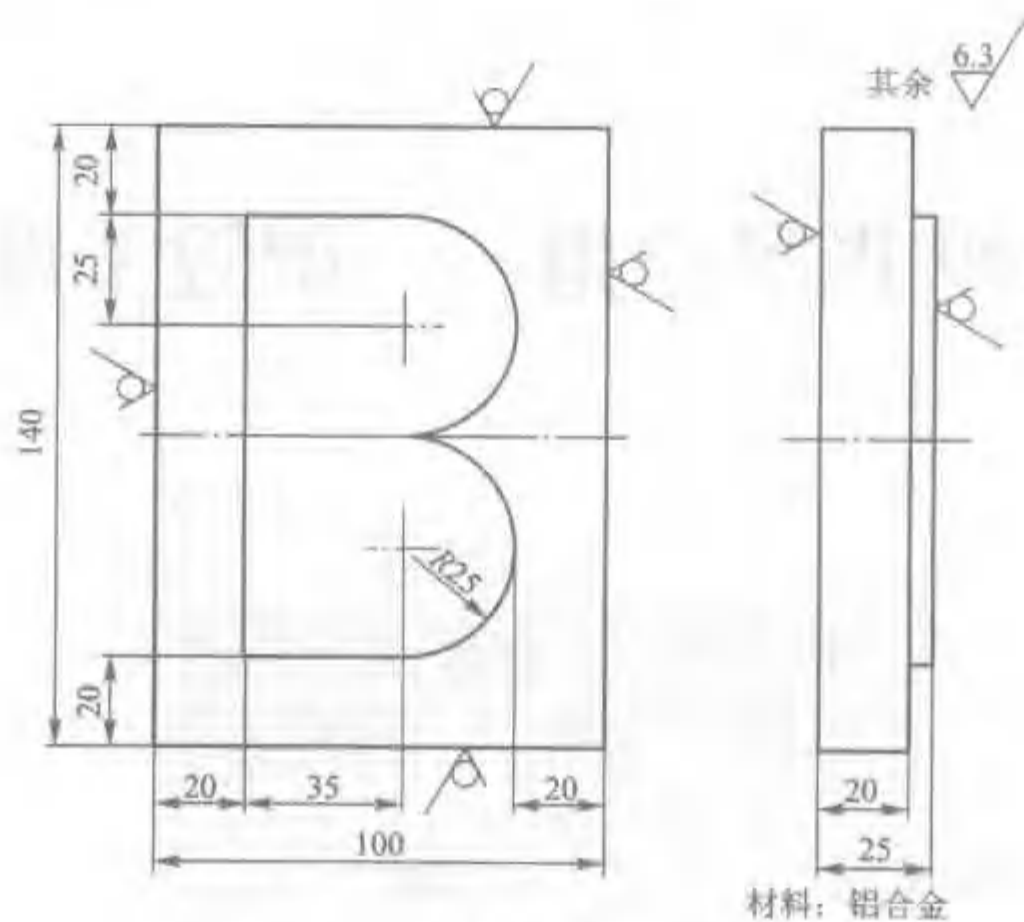
2. 可能出现的问题及解决方法

可能出现的问题及解决方法见表 2-2-3。

表 2-2-3 可能出现的问题及解决方法

常见问题	原因	解决方法
刀具半径补偿建立失败	没有 XY 向运动的程序段	修改程序: 运动程序段, 建立半径刀补
	补偿指令后面 XY 平面连续移动位置少, 系统不能判断补偿方向	修改程序: 改变 Z 向运动指令位置, 使 XY 平面连续移动指令在三句以上
到圆弧插补时不向下执行	圆弧起点、终点与半径间矛盾	重新计算刀位点
	半径补偿值大于程序圆弧半径	换小直径刀或不用改变补偿半径的方法去除余量
找不到工件轮廓, 无法测量	测量平面 Z 选择错误	修改为轮廓所在 Z 范围
工件轮廓尺寸不对	刀具半径补偿量错误	修改刀具半径补偿量
	程序错误	修改程序

五、趣味练习题(选做)



(a) 零件图



(b) 立体图

图 2-2-7 趣味练习题

实训三

M98/M99 指令应用——型腔工件的加工

学习目标

1. 巩固学习分中对刀操作方法。
2. 学习调用不同刀具半径补偿值实现粗、精加工转换。
3. 练习 M98/M99 指令应用——型腔工件的加工。

一、课前学生必备知识

1. 指令名称

M98 调用子程序、M99 返回主程序。

2. 指令格式

M98 P××0000。

M99

3. 应用

- 1) 重复的图形可以简化程序。
- 2) 结构比较复杂的零件可以分解编程，使程序结构清晰。
- 3) 配合刀具半径补偿功能，实现外围(内部)余量的去除及粗、精加工的切换。

4. 提示

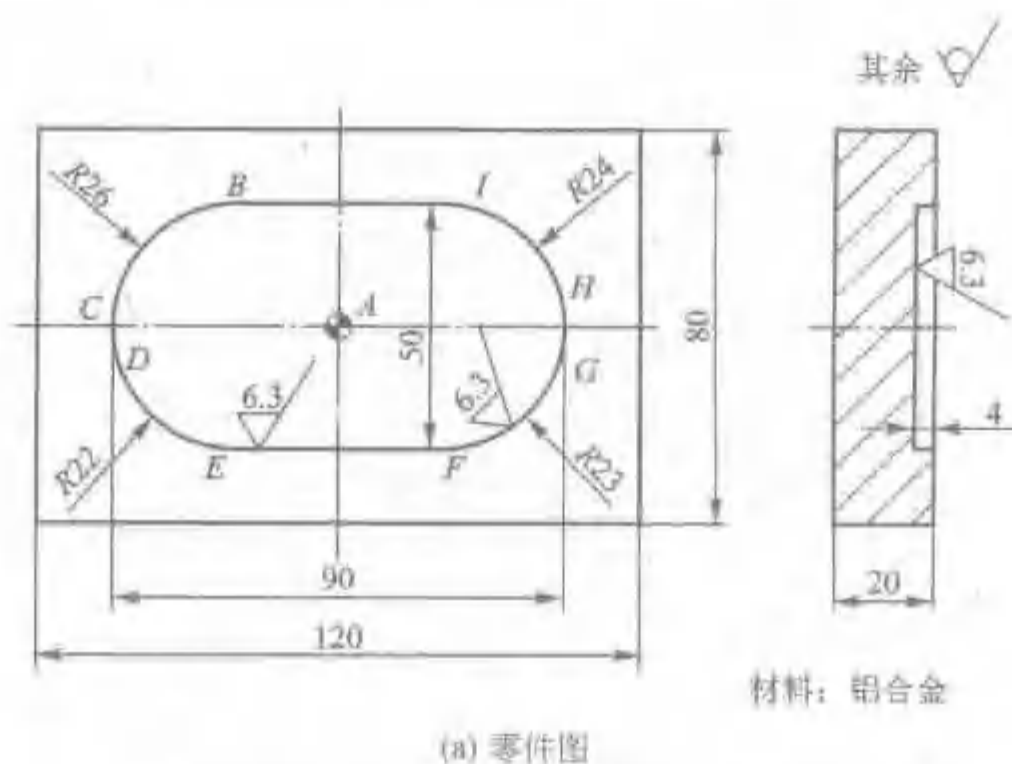
子程序中不得出现 M30，子程序结尾处用 M99 返回主程序。

二、教师示范

(一) 零件图

表 2-3-1 同类练习数据

零件 1	R26	R24	90	图 2-3-1
零件 2	R24	R23	95	
零件 3	R22	R20	100	



材料: 铝合金



图 2-3-1 型腔加工例题

(二) 工艺分析

1. 加工工艺

图 2-3-1 所示零件, 铝合金坯料 $120 \times 80 \times 20$ 已加工。

加工顺序: 在对称中心点处下刀, 铣去型腔中间部分走刀过程如图 2-3-2 所示→走刀路线不变, 用改变补偿半径的方法去除余量并精加工。

2. 选择刀具

$\phi 12$ 立铣刀 T01。

3. 计算刀位点

$A(0,0)$ 、 $B(-19,25)$ 、 $C(-45,-1)$ 、 $D(-45,-3)$ 、 $E(-23,-25)$ 、 $F(22,-25)$ 、 $G(45,-2)$ 、 $H(45,1)$ 、 $I(21,25)$

(三) 操作步骤

1. 回参考点

启动电源→打开急停→启动控制系统→回参考点→先 Z 轴, 再 X 轴、Y 轴。

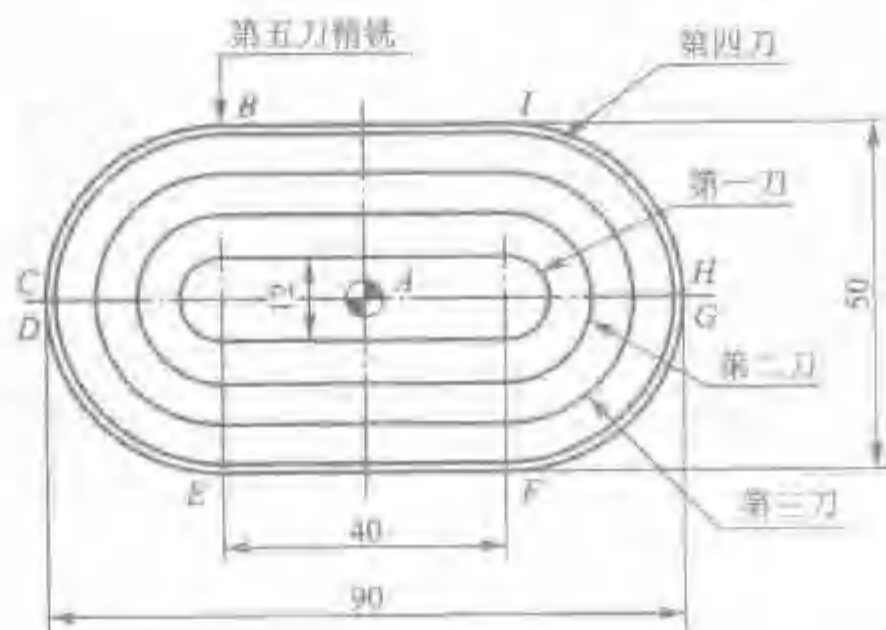


图 2-3-2 内轮廓去除多余材料走刀路线示意图

2. 和工件相关的设置

点击 → 填写选项包括：名字、材料(铝板)、形状(长方形)、尺寸(120×80×20) → 点击“确定” → 点击 安装夹具 → 填写选项包括：毛坯号、夹具类型、调整毛坯的位置 → 点击“确定” → 点击 放置工件 → 填写选项包括：选择零件、安装零件 → 调整工件位置 → 点击“退出” → 设置 X、Y 向坐标原点如图 2-3-1 所示，Z 轴以工件上表面为 Z=0 平面。

3. 选择刀具及对刀

(1) 主轴转动

点击 → 选择寻边器 → MDI 模式 → 输入 M03 S400 → 点击循环启动按钮。

(2) X 向对刀

快速挡模式 → 寻边器接近工件 → 手轮 ×100、×10、×1 模式 → 寻边器继续接近工件 → 寻边器上下两部分同心度不断提高 → 寻边器上下两部分同心度突然大幅变差 → 手轮退回一格 → 这时刀具中心距工件边缘为寻边器半径值。 → 点击 → 点击【相对】软键 → 点击 X 键 → 点击【起源】软键。

寻边器从右侧接近工件右侧边缘 → …… → 刀具中心距工件边缘为寻边器半径值时 → 点击 → 点击【相对】软键 → 记下 X 值 → Z 向退出寻边器 → X 向运动到相对坐标 X 值的一半位置即工件左右边缘的 X 向对称中心。



点击 → 点击【综合】软键 → 记下机械坐标数值 K → 点击 → 点击【坐标系】软键 → 光标移到 O1 (G54) 的 X 值处 → 输入机械坐标数值 K → 点击 ，完成 X 轴对刀值的输入。

(3) Y 向对刀

(4) Z 轴对刀


点击 → 在可选刀具栏内选择 $\phi 12$ 立铣刀 → 点击 添加到主轴 → 点击 确认 → 刀具移动到工件的上方 → 操作模式快速挡 → 刀具 Z 向快速向下运动 → 接近工件时 → 机床操作模式进给挡 → 点击菜单塞尺检查/1mm 塞尺 → 刀具 Z 向慢速向下运动 → 操作模式手轮 → 刀具 Z 向向下运动 → 塞

尺检查合适。

点击  → 点击【综合】软键 → 记下机械坐标数值，机械坐标数值和塞尺厚度(1mm)的代数和 $\Sigma Z = \text{机械坐标数值} + (-1)$ → 点击  → 点击【补正】软键 → 光标移到对应的补偿长度号处 → 形状下输入 ΣZ 。

程序头中应有 G54 指令，程序中有 Z 向运动的第一语句中应有 G43 H×× 指令，建立长度补偿，H 后面的数字为刀具长度补偿号。

(5) 刀具半径补偿

点击  → 点击【补正】软键 → 光标移到补偿号 10 形状(D)处 → 输入 6 → 光标移到补偿号 11 形状(D)处 → 输入 6.5 → 光标移到补偿号 12 形状(D)处 → 输入 13 → 光标移到补偿号 13 形状(D)处 → 输入 19。

注意：机床上一个补偿号只能输入一个补偿值。要么长度补偿要么半径补偿。调用时长度补偿号前加 H，半径补偿号前加 D。

调用 11 号刀具半径(6.5mm)补偿时，刀具切削刃距工件轮廓 0.5mm，留 0.5mm 的精加工余量，调用 10 号刀具半径(6mm)补偿时精加工。

4. 输入程序并编辑

图 2-3-1 所示零件的加工参考程序见表 2-3-2。

表 2-3-2 型腔零件的加工参考程序

程序号：O2030		
程序段号	程序内容	说明
N10	G90 G54 G80 G40;	绝对坐标，第一工件坐标系，取消各种刀补
N20	G00 X90 Y90 T01;	快速定位工件外一点，位置应便于装夹工件，用 01 号刀具
N30	G43 H01 Z100;	Z 向快速定位并建立 1 号刀具长度补偿
N40	Z50 M03 S500;	Z 向快速定位到位置检查平面，主轴正转，转速 500r/min
N50	X0 Y0 M08;	快速定位到(0,0)，切削液开
N60	Z2;	Z 向快速定位到安全平面
N70	G01 X20 Y0 Z-4 F60;	直线插补(斜向下刀)到点(20,0,-4)，进给量 60mm/min
N80	X-23;	直线插补到(-23,0)点
N90	G01 G41 X-23 Y-25 D13;	直线插补到 E 点，建立 13 号左刀具半径补偿，补偿量 R19
N100	M98 P2031;	调用子程序 2031 号，走刀路线逆时针 E→E 在子程序中取消刀补
N110	G01 G41 X-23 Y-25 D12;	直线插补到 E 点，建立 12 号左刀具半径补偿，补偿量 R13
N120	M98 P2031;	调用子程序 2031 号
N130	G01 G41 X-23 Y-25 D11;	直线插补到 E 点，建立 11 号左刀具半径补偿，补偿量 R6.5
N140	M98 P2031;	调用子程序 2031 号
N150	G01 G41 X-23 Y-1 D10;	直线插补到 E 点，建立 10 号左刀具半径补偿，补偿量 6
N160	G03 X-23 Y-25 H12;	逆时针圆弧插补到 E 点，圆弧半径 R12(沿切向进入轮廓精加工)
N170	M98 P2032;	调用子程序 2032 号，精加工
N180	G00 Z100 M09;	Z 向快速抬刀到 Z100，关闭切削液
N190	X90 Y90 M05;	快速定位到便于装夹工件位置，主轴停转
N200	G80 G40;	取消各种刀补
N210	M30;	程序结束

续表

子程序



程序号: O2031

程序段号	程序内容	说明
N10	G01 X22. Y -25. ;	直线插补到 F 点
N20	G03 X45. Y -2. R23. ;	逆时针圆弧插补到 G 点, R23
N30	G01 X45. Y1. ;	直线插补到 H 点
N40	G03 X21. Y25. R24. ;	逆时针圆弧插补到 I 点, R24
N50	G01 X -19. Y25. ;	直线插补到 B 点
N60	G03 X -45. Y -1. R26. ;	逆时针圆弧插补到 C 点, R26
N70	G01 X -45. Y -3. ;	直线插补到 D 点
N80	G03 X -23. Y -25. R22. ;	逆时针圆弧插补到 E 点, R22
N90	G01 G40 X -23. Y0. ;	直线插补到 (-23,0) 点, 取消半径刀补
N100	M99;	返回主程序

程序号: O2032

程序段号	程序内容	说明
N10	G01 X22. Y -25. ;	直线插补到 F 点
N20	G03 X45. Y -2. R23. ;	逆时针圆弧插补到 G 点, R23
N30	G01 X45. Y1. ;	直线插补到 H 点
N40	G03 X21. Y25. R24. ;	逆时针圆弧插补到 I 点, R24
N50	G01 X -19. Y25. ;	直线插补到 B 点
N60	G03 X -45. Y -1. R26. ;	逆时针圆弧插补到 C 点, R26
N70	G01 X -45. Y -3. ;	直线插补到 D 点
N80	G03 X -23. Y -25. R22. ;	逆时针圆弧插补到 N 点, R22
N90	G03 X -23. Y -1. R12. ;	逆时针圆弧插补, R12(沿切向进入轮廓精加工)
N100	G01 G40 X -23. Y0. ;	直线插补到 (-23,0) 点, 取消半径刀补
N110	M99;	返回主程序

5. 自动加工

单节执行方法: 自动加工→点击  / 单节执行键→点击一次  →机床执行一条程序指令, 直至程序结束。

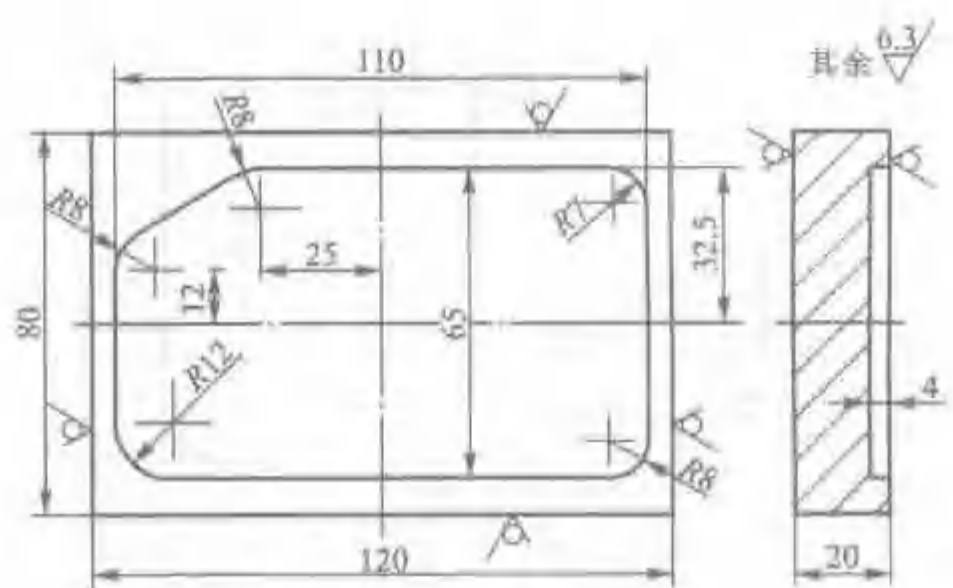
6. 测量工件

三、问题思考

如果按程序加工工件完毕, 轮廓尺寸(90,50)均比图纸要求小 0.5mm, 如不修改程序应怎样处理才能达到图纸尺寸要求?

四、学生练习题

(一) 零件图



材料：铝合金

(a) 零件图



(b) 立体图

图 2-3-3 型腔加工练习

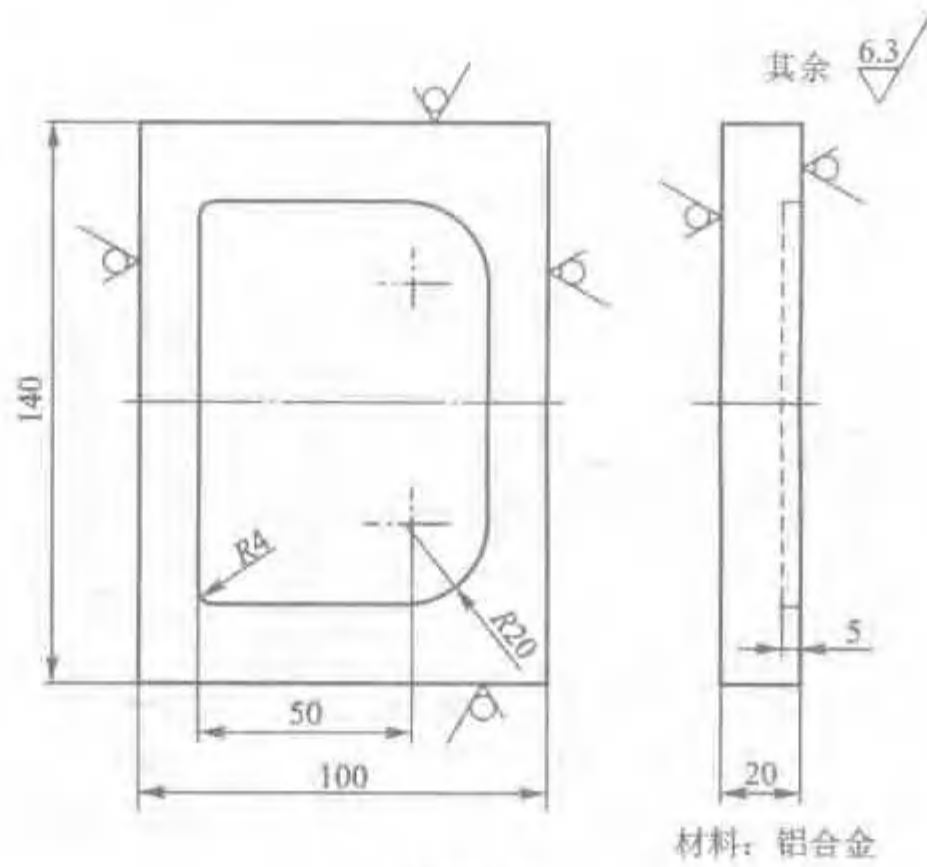
(二) 可能出现的问题及解决方法

可能出现的问题及解决方法见表 2-3-3。

表 2-3-3 可能出现的问题及解决方法

常见问题	原因	解决方法
工件轮廓尺寸不对	刀具半径补偿量错误	修改刀具半径补偿量
	程序错误	修改程序
	补偿号调用错误或补偿量输入错误的补偿号	修改程序或在相应补偿号输入正确补偿量

五、趣味练习题(选做)



(a) 零件图



(b) 立体图

图 2-3-4 趣味练习题

实训四

G73/G81/G83 指令应用——孔系工件的加工

学习目标

1. 巩固学习对刀操作。
2. 学习多把刀具的对刀方法。
3. 学习 G73/G81/G83 指令应用——孔系工件的加工。

一、课前学生必备知识

1. 指令名称

G73 钻中浅孔(扩孔)固定循环指令。

G81 点孔、浅孔固定循环。

G83 钻深孔固定循环指令。

G80 取消固定循环指令。

2. 指令格式

$$\begin{cases} G98 \\ G99 \end{cases} G73 X_Y_Z_R_Q_F_;$$
$$\begin{cases} G98 \\ G99 \end{cases} G81 X_Y_Z_R_F_;$$
$$\begin{cases} G98 \\ G99 \end{cases} G83 X_Y_Z_R_Q_F_;$$

3. 应用

孔的加工。

4. 提示

1) G81 钻到指定深度后退出。

2) G73 完成一个钻孔步距,快速后退一段距离,再快速前进到上一次钻孔深度前的某一指定位置继续钻孔。每次退后的距离是一样的,但后退到的位置是不同的,和 G81 比利于排屑。

3) G83 每完成一个钻孔步距,快速后退到指定的同一位置,钻深孔时更便于排屑到孔外,和 G73 比更利于排屑。

4) 特别注意有台阶的工件, 返回初始平面和 R 平面的问题。

二、教师示范

(一) 零件图

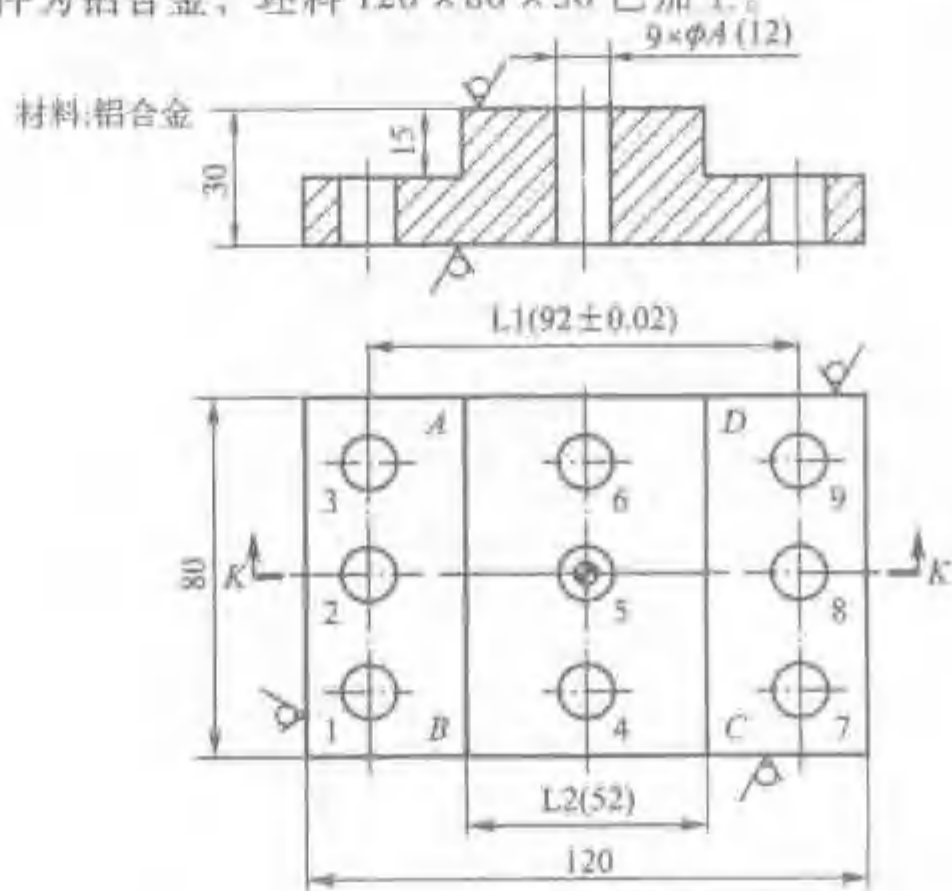
表 2-4-1 同类练习数据

零件	L1	L2	ϕA	
零件 1	92	52	$\phi 12$	图 2-4-1
零件 2	68	40	$\phi 8$	
零件 3	55	30	$\phi 4$	

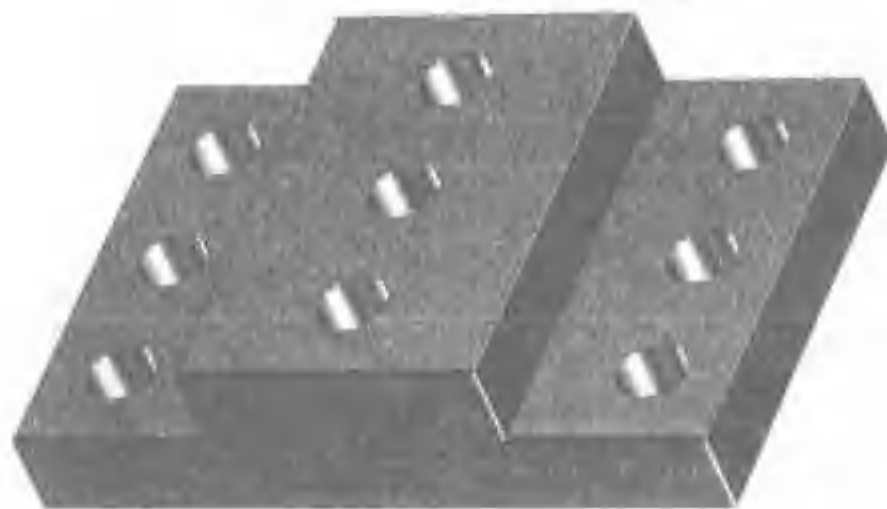
(二) 工艺分析

1. 加工工艺

图 2-4-1 所示零件为铝合金, 坯料 $120 \times 80 \times 30$ 已加工。



(a) 零件图



(b) 立体图

图 2-4-1 孔系加工例题

加工顺序：加工 $52 \times 80 \times 15$ 凸台→按顺序 1~9 钻中心孔→按顺序 1~9 钻 $\phi 12$ 孔。

2. 选择刀具




$\phi 20$ 立铣刀，刀号 T01。 $\phi 3$ 中心孔钻，刀号 T02。 $\phi 12$ 麻花钻，刀号 T03。

(三) 操作步骤

1. 回参考点

启动电源→打开急停→启动控制系统→回参考点→先 Z 轴，再 X 轴、Y 轴。

2. 和工件相关的设置


点击  →填写选项包括：名字、材料(铝板)、形状(长方形)、尺寸($120 \times 80 \times 30$)→点击“确定”→点击  安装夹具→填写选项包括：毛坯号、夹具类型、调整毛坯的位置→点击“确定”→点击  放置工件→填写选项包括：选择零件、安装零件→调整工件位置→点击“退出”→设置 X、Y 向原点如图 2-4-1 标记，Z 轴以工件上表面为 $Z=0$ 平面。


3. 选择刀具及对刀

(1) X、Y 向分中对刀

寻边器完成 X、Y 向对刀，方法同前。


(2) $\phi 20$ 立铣刀 Z 向对刀

点击  →弹出选刀界面→输入刀具直径 20，选择刀具类型(平底刀)，确认→点击可选刀具栏下 $\phi 20$ 平底刀→该刀具添加到已选刀具栏序号 1→点击已选刀具栏序号 2→输入刀具直径 3，选择刀具类型(钻头)，确认→点击可选刀具栏下 $\phi 3$ 中心钻→ $\phi 3$ 中心钻添加到已选刀具栏序号 2→输入刀具直径 12，选择刀具类型(钻头)，确认→点击已选刀具栏序号 3→点击可选刀具栏下 $\phi 12$ 钻头→ $\phi 12$ 钻头添加到已选刀具栏序号 3→点击已选刀具栏序号 1→选中后该栏亮→添加到主轴→仿真系统显示如图 2-4-2 所示。

Z 向对刀同前点击 **POS** →点击【综合】软键→记下机械坐标数值→点击  →点击【补正】软键→光标移到对应的长度补偿号处→形状下输入上述机械坐标数值。

(3) $\phi 3$ 中心孔钻 Z 向对刀


点击选刀界面的撤除主轴刀具→点击已选刀具栏序号 2→选中后该栏亮→添加到主轴→仿真系统显示如图 2-4-3 所示。

Z 向对刀同前点击 **POS** →点击【综合】软键→记下 T02 的机械坐标数值→点击  →点击【补正】软键→光标移到对应的另一个长度补偿号形状处→输入 T02 的机械坐标数值。

(4) $\phi 12$ 钻头 Z 向对刀

点击选刀界面的撤除主轴刀具→点击已选刀具栏序号 3→选中后该栏亮→添加到主轴→后面过程如前述。

(5) 刀具半径补偿(T01 刀)

点击  →点击【补正】软键→光标移到补偿号 10 形状(D)处→输入 10→光标移到补偿号 11 形状(D)处→输入 11→光标移到补偿号 12 形状(D)处→输入 22→光标移到补偿号 13 形状(D)处→输入 33。

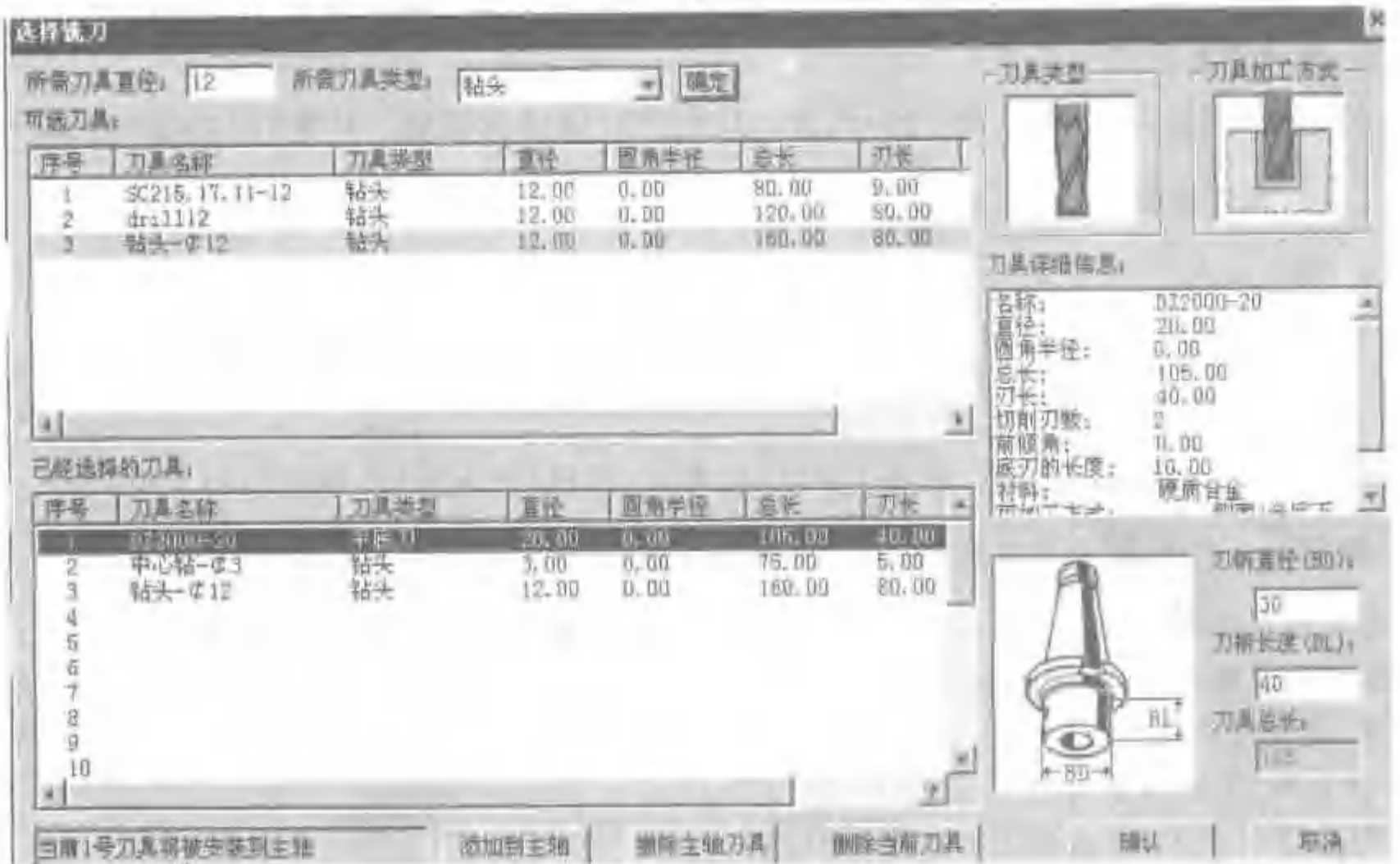


图 2-4-2 选刀界面 1

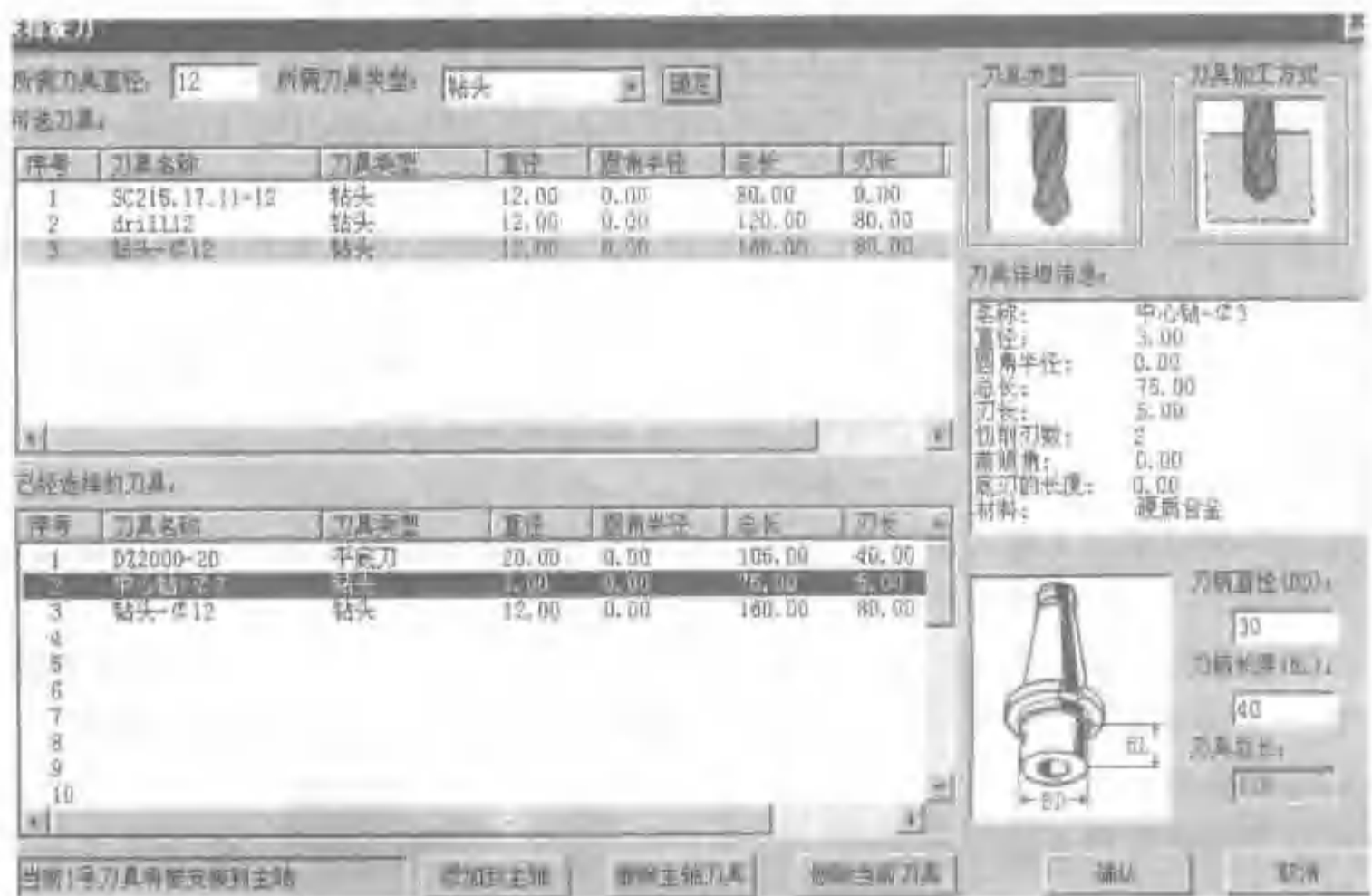


图 2-4-3 选刀界面 2

4. 输入程序并编辑

图 2-4-1 所示零件的加工参考程序见表 2-4-2。

表 2-4-2 孔系零件的加工参考程序

程序号: O2040		
程序段号	程序内容	说明
N10	G90 G54 G80 G49 G40 T01;	绝对坐标, 第一工件坐标系, 取消各种刀补, 1号刀 $\phi 20$ 立铣刀
N20	G00 G43 H01 Z100.;	Z向快速定位到 Z100 平面, 并建立 1号刀长度补偿
N30	X-26. Y65.;	快速定位起刀点(-26,65)
N40	M03 S400;	主轴正转, 转速 400 r/min
N50	G00 Z2. M08;	Z向快速定位安全平面, 切削液开
N60	G01 Z-15. F80;	直线插补到 Z-15, 进给量 80 mm/min
N70	G42 G01 X-26. Y42. D13;	直线插补到(-26,42)点, 建立 13号右刀具半径补偿, R33
N80	M98 P2041;	调用子程序 2041号
N90	G01 G42 X-26. Y42. D12;	直线插补到(-26,42)点, 建立 12号右刀具半径补偿, R22
N100	M98 P2041;	调用子程序 2041号
N110	G01 G42 X-26. Y42. D11;	直线插补到(-26,42)点, 建立 11号右刀具半径补偿, R11
N120	M98 P2041;	调用子程序 2041号
N130	G01 G42 X-26. Y42. D10;	直线插补到(-26,42)点, 建立 10号右刀具半径补偿, R10 精加工
N140	M98 P2041;	调用子程序 2041号
N150	G00 Z100.;	Z向快速抬刀到 Z100 平面
N160	M09;	切削液关
N170	M05;	主轴停转
N180	G28;	回换刀点
N190	M06 T02;	换 2号刀(中心钻)
N200	G90 G54 G80 G49 G40;	绝对坐标, 第一工件坐标系, 取消各种刀补
N210	G00 G43 H02 Z100. M08;	Z向快速定位到 Z100 平面, 并建立 2号刀长度补偿, 切削液开
N220	M03 S800;	主轴正转, 转速 800 r/min
N230	G00 Z2.;	Z向快速定位到安全平面
N240	G90 G99 G81 X-46. Y-26. Z-21. R-13. F50;	在(-46,-26)点钻中心孔, 绝对坐标, 返回 R-13 平面, 进给量 50 mm/min
N250	Y0.;	在(-46,0)点钻中心孔
N260	Y26.;	在(-46,26)点钻中心孔
N270	G00 Z2.;	Z向快速定位到安全平面
N280	G90 G99 G81 X0. Y26. Z-6. R2.;	在(0,26)点钻中心孔, 返回 R2 平面

续表

程序号: O2040

程序段号	程序内容	说明
N290	Y0. ;	在(0,0)点钻中心孔
N300	Y-26. ;	在(0,-26)点钻中心孔
N310	G99 X46. Y-26. Z-21. R -13. ;	在(46,-26)点钻中心孔, 返回 R-13 平面
N320	Y0. ;	在(46,0)点钻中心孔
N330	G98 Y26. ;	在(46,26)点钻中心孔, 返回初始平面
N340	G00 G80 X-46. Y-26. Z100. ;	取消钻孔循环指令, 快速定位到(-46,-26,100)
N350	M09;	切削液关
N360	M05;	主轴停
N370	G28;	回换刀点
N380	M06 T03;	换3号刀, $\phi 12$ 钻头
N390	G90 G54 G80 G49 G40;	绝对坐标, 第一工件坐标系, 取消各种刀具补偿
N400	G00 G43 H03 Z100 M08;	Z向快速定位到 Z100 平面, 并建立3号刀长度补偿, 切削液开
N410	M03 S500;	主轴正转, 转速 500 r/min
N420	G00 Z2. ;	Z向快速定位到安全平面
N430	G90 G99 G73 X-46. Y- 26. Z-35. R-13. Q6. F60;	钻 $\phi 12$ 孔, 绝对坐标, 返回 R-13 平面, 钻孔步距 6, 进给量 60 mm/min
N440	Y0. ;	在(-46,0)点钻孔
N450	Y26. ;	在(-46,26)点钻孔
N460	G00 Z2. ;	Z向快速定位到安全平面
N470	G90 G99 G73 X0. Y26. Z -35. R2. Q6. ;	在(0,26)点钻孔
N480	Y0. ;	在(0,0)点钻孔
N490	Y-26. ;	在(0,-26)点钻孔
N500	G99 X46. Y-26. R-13. ;	在(46,-26)点钻孔, 返回 R-13 平面
N510	Y0. ;	在(46,0)点钻孔
N520	Y26. ;	在(46,26)点钻孔
N530	G80 G00 Z100. M09;	取消钻孔循环指令, 快速定位到 Z100, 切削液关
N540	M05;	主轴停
N550	G28;	回换刀点
N560	M06 T01;	换1号刀, $\phi 20$ 立铣刀
N570	G00 X-80. Y65. ;	快速定位到起刀点(-80,65)
N580	M30;	程序结束

续表

程序号: O2041 子程序		
程序段号	程序内容	说明
N10	G01 Y-42.;	直线插补到(-26,-42)点
N20	G00 X26.;	快速定位到(26,-42)点
N30	G01 Y42.F80;	直线插补到(26,42)点,进给量80 mm/min
N40	G00 G40 Y65.;	快速定位到点(26,65),并取消刀具半径补偿
N50	X-26.;	快速定位到点(-26,65)
N60	M99.;	返回主程序

5. 自动加工

6. 测量工件

三、问题思考

1. 钻孔指令前指定 G90 或 G91 对哪几个参数有影响?
2. 钻孔指令中指定 G98 或 G99 的含义是什么?

四、学生练习题

(一) 零件图

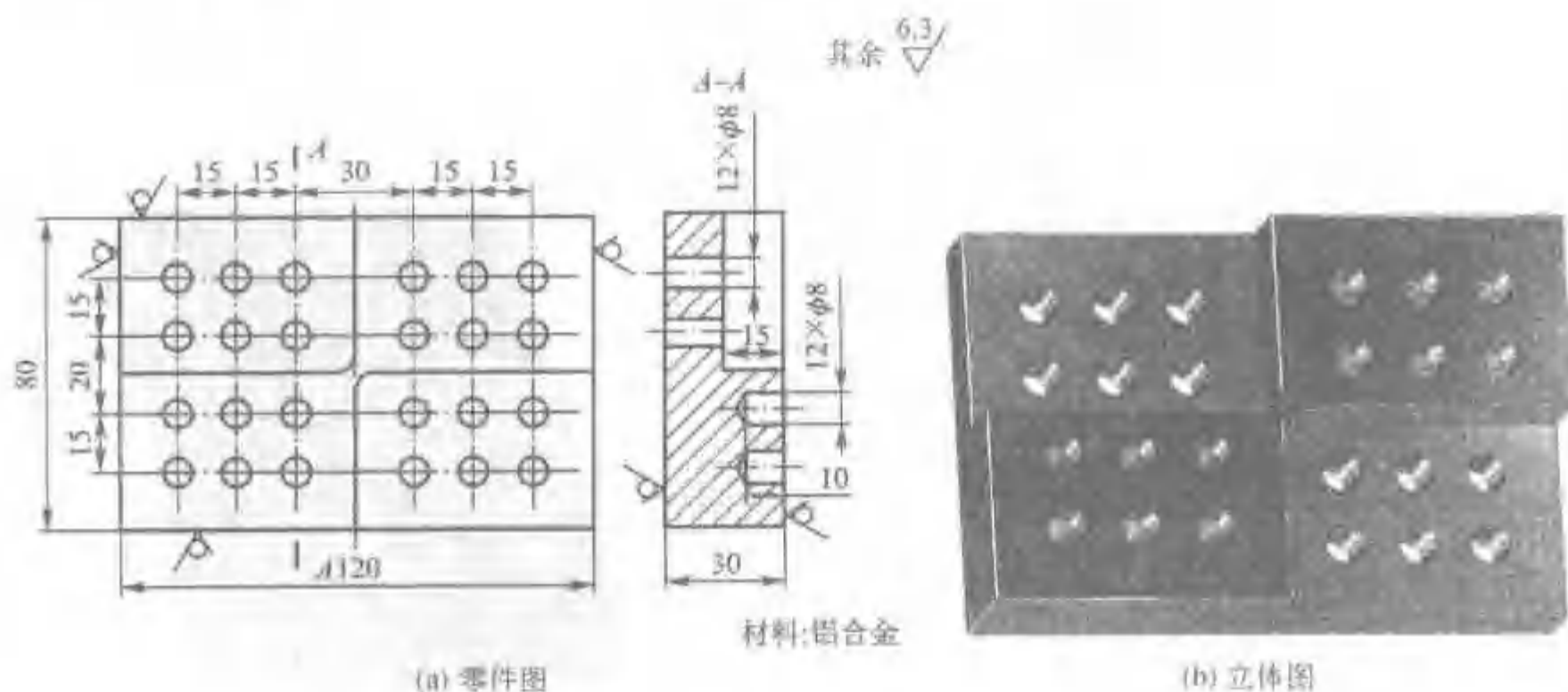


图 2-4-4 孔系加工练习

(二) 可能出现的问题及解决方法

可能出现的问题及解决方法见表 2-4-3。

表 2-4-3 可能出现的问题及解决方法

常见问题	原因	解决方法
撞刀	刀具长度补偿量错误	修改刀具长度补偿量
	程序中 G98/G99 应用错误	修改程序
孔未钻透或深度不够	未考虑切削刃的尺寸	修改 Z 值
	应用相对坐标钻孔 Z 值应由 R 平面计算	重新计算 Z 值
应用重复钻孔指令钻一排孔时位置不移动	坐标为绝对坐标	采用相对坐标
钻孔位置向 X 正向移一个孔位	钻孔指令前的坐标位置不对	X 坐标修改为第一孔位减一个孔距

五、趣味练习题(选作)

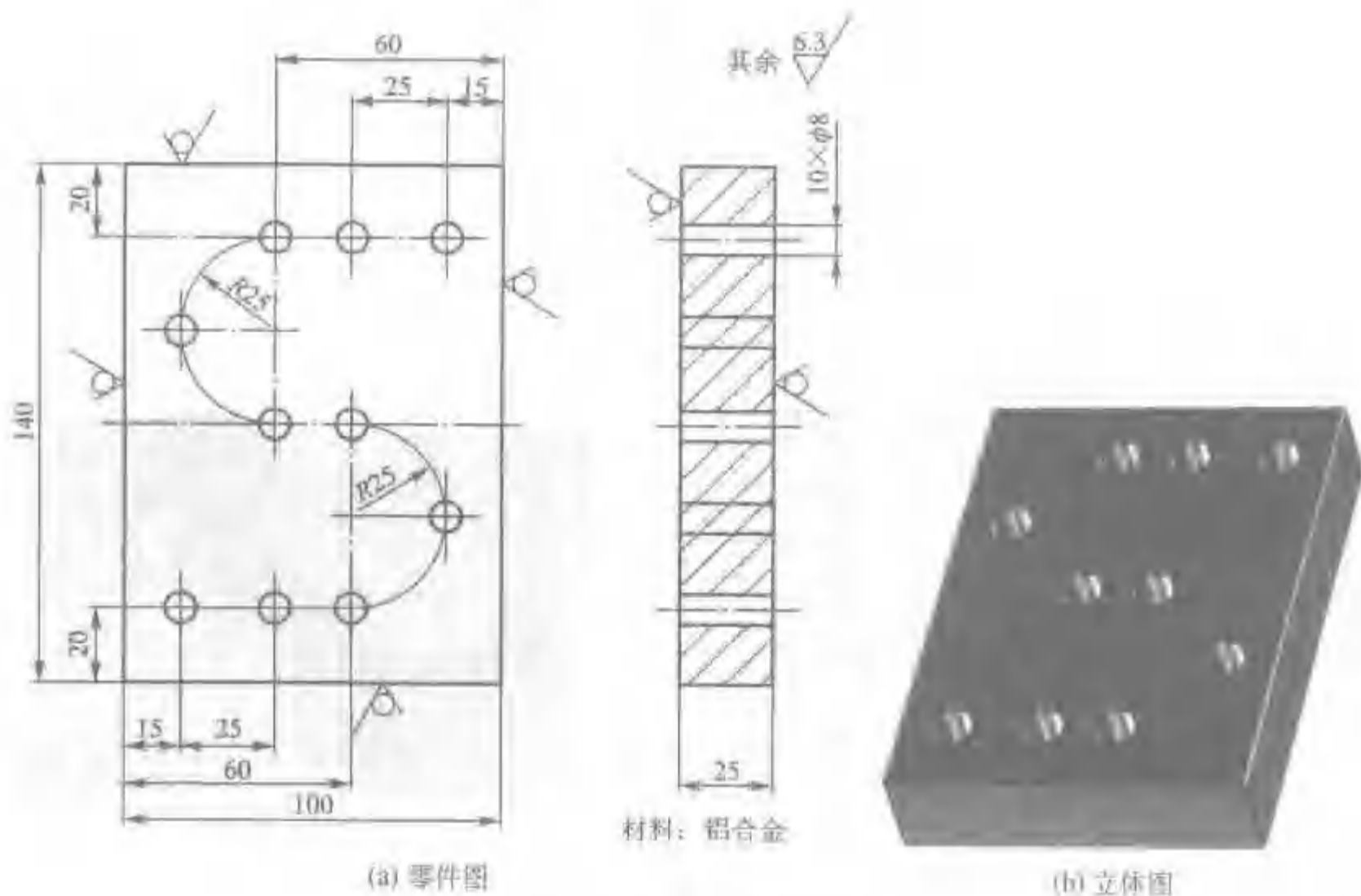


图 2-4-5 趣味练习题

实训五

加工中心指令综合应用一

学习目标

1. 巩固学习用改变刀具半径补偿量来去除加工余量完成粗精加工。
2. 学习试切法完成 X、Y 及 Z 向对刀的操作。
3. 练习综合运用铣床、加工中心指令编写加工程序。

一、课前学生必备知识

1. 子程序与刀具半径补偿配合实现外围粗精加工

(1) 指令格式

$$\left. \begin{array}{l} G41 \\ G42 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} D11 \\ G00 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} G01 \\ G00 \end{array} \right\} X_Y_Z_;$$

M98 P × × × _;

$$\left. \begin{array}{l} G41 \\ G42 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} D01 \\ G00 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} G01 \\ G00 \end{array} \right\} X_Y_Z_;$$

M98 P × × × _;

(2) 应用提示

当补偿号 D01 对应的补偿量是刀具的实际半径时，D11 对应的补偿量是 D01 对应的补偿量 + 单边精加工余量。

2. 子程序与刀具半径补偿配合实现去除外围的余量

(1) 指令格式

$$\left. \begin{array}{l} G41 \\ G42 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} D \times \times \\ G00 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} G01 \\ G00 \end{array} \right\} X_Y_Z_;$$

M98 P × × × _;

$$\left. \begin{array}{l} G41 \\ G42 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} (D \times \times - 1) \\ G00 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} G01 \\ G00 \end{array} \right\} X_Y_Z_;$$

M98 P××_;

.....

(2) 应用提示

① 刀补半径的计算 余量对称的工件，外围余量的去除采用增大刀补半径的方法完成。

精加工前的刀补半径 $R_{01} = R + \Delta$ 。

每次向外推刀具切削宽度 $(1 \sim 1.6)R$ ，外围轮廓刀补 $R_{02} \approx R + \Delta + (1 \sim 1.6)R$ 。

检验是否可以完全去除，否则再依次叠加 $R_{03} \approx R + \Delta + (1 \sim 1.6)R + (1 \sim 1.6)R$ 。直至外围余量被全部去除。

计算时，由轮廓起向外计算。编程时，调用刀补从大半径刀补量到小半径刀补量顺序，完成外围余量去除。

② 补偿号的含义，如图 2-5-1 所示。

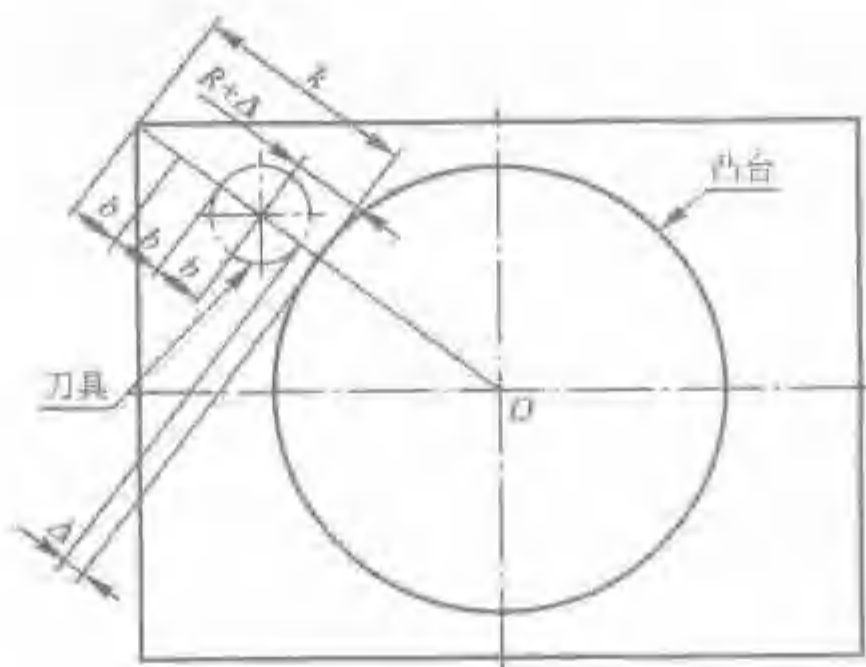


图 2-5-1 去除外围余量示意图

补偿号 D(n-1) 的补偿量 = 外围余量 k 为刀具的切削宽度 b。

补偿号 D(n-2) 的补偿量 = 外围余量 k 为 2 × 刀具的切削宽度 b。

.....

补偿号 D1 的补偿量 = 刀具的实际半径 R + 单边精加工余量 Δ。

补偿号 D0 的补偿量 = 刀具的实际半径 R。

③ 当外围余量去除采用增大刀补半径的方法完成时，如果加工平面内刀具最大补偿半径 R_{\max} 大于最小内角半径 R_{\min} 或最窄沟槽宽度 B_{\min} 时，将出现过切或轮廓错误（如图 2-5-2 所示）。这个局部应采用其他方法去除外围余量。

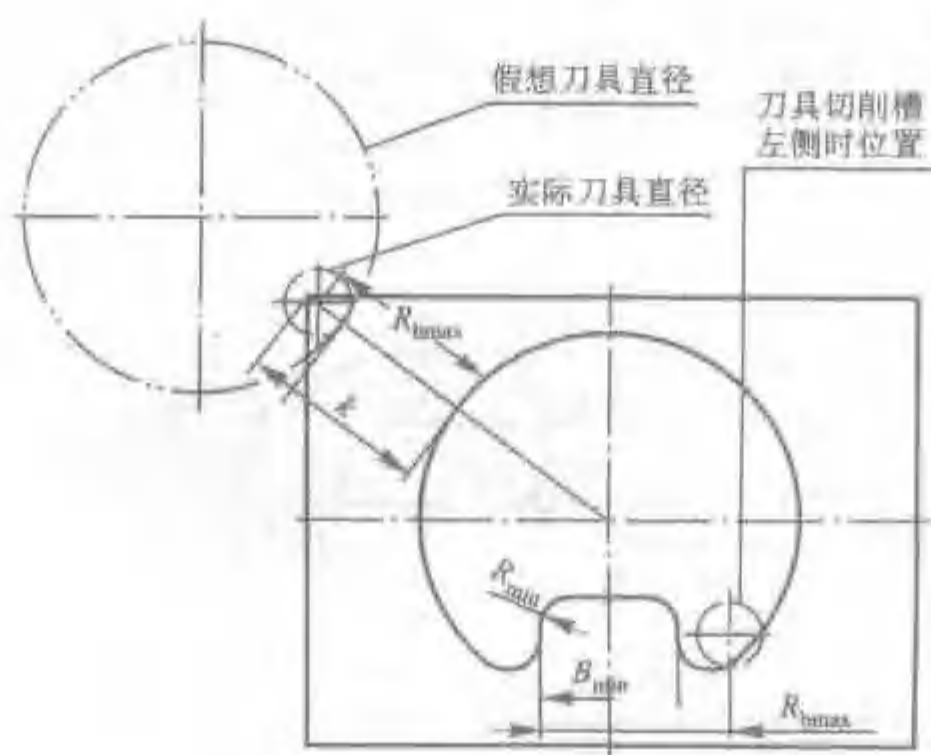


图 2-5-2 去除外围余量过切示意图

二、教师示范

(一) 零件图

(二) 工艺分析

1. 加工工艺

图 2-5-3 所示零件材料铝合金，坯料 $180 \times 120 \times 25$ 已加工。

加工顺序：铣削上面凸台右上角余料→铣削上面凸台左上角余料→铣削上面凸台下部分的余料→上面凸台轮廓粗加工→上面凸台轮廓精加工→依此去除下面凸台四个角的余料→下面凸台轮廓粗加工→下面凸台轮廓精加工(用改变半径刀补量来控制尺寸公差)。

2. 选择刀具

$\phi 20$ 立铣刀 T01。

(三) 操作步骤

1. 回参考点

2. 和工件相关的设置

3. 选择刀具及对刀

试切法完成 X、Y 及 Z 向对刀，步骤如下：

(1) X 向对刀

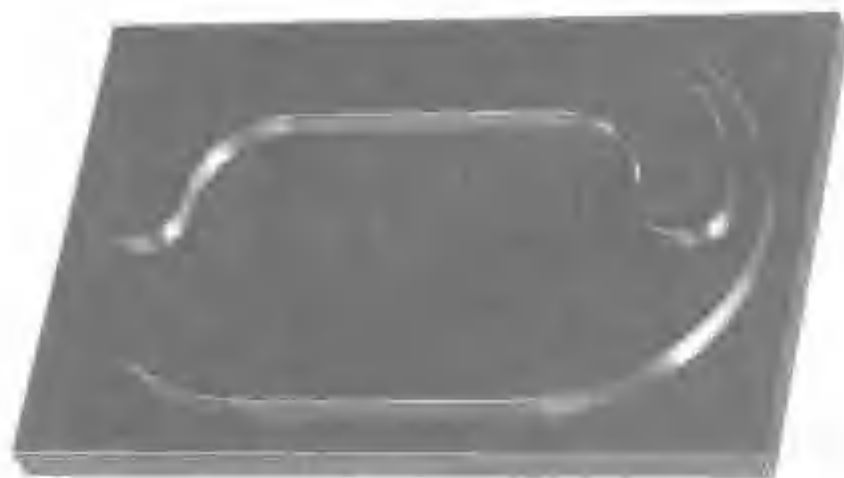
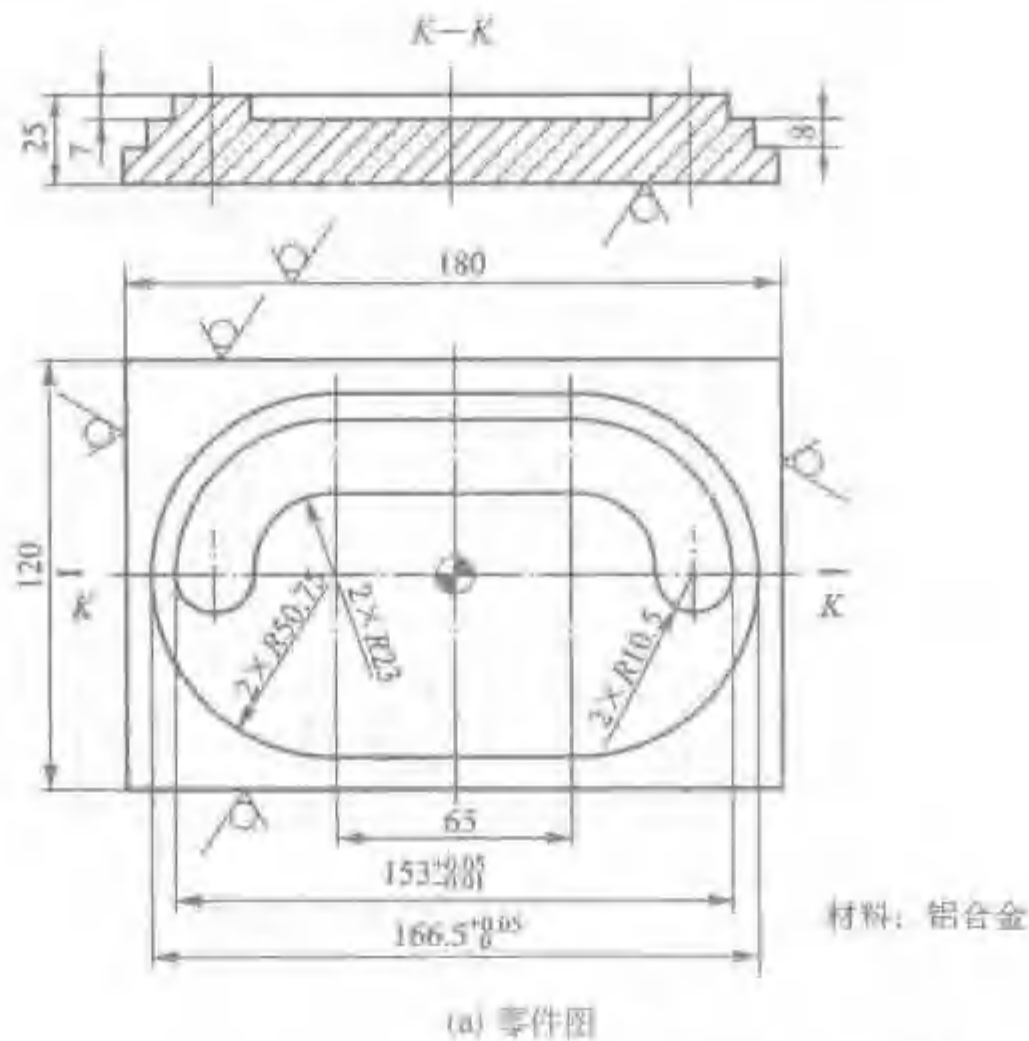


图 2-5-3 综合应用 1 例题

点击 → 弹出图 2-5-4 选择铣刀界面 → 在可选刀具栏内选择刀具 → 点击已选的 1 号刀具 → 点击添加到主轴 → 点击确认 → 1 号刀安装在主轴 → 定义毛坯 → 安装夹具 → 放置零件移动零件到合适位置 → MDI 方式 → 主轴 400 r/min → 手动方式 → 移动刀具到相对零件的合适位置 → 点击 → 视图选项区 → 由工件左侧先快后慢接近工件 → 当出现如图 2-5-5 所示画面时 → 手轮反向转一格 → 此时刀具和工件在一个方向的位置就已经确定 → 按前述方法输入系统。

(2) Y、Z 向对刀

同理完成 Y、Z 方向的对刀。

(3) 输入补偿值

点击 → 弹出图 2-5-4 选择铣刀界面 → 点击已选的 1 号刀具 → 点击添加到主轴 → 点击确认 → 1 号刀安装在主轴 → 按前面方法把 1 号刀长度补偿值存入系统 H01 内 → 按表 2-5-1 把各半径补偿值存入系统相对应半径补偿号内。



图 2-5-4 选择刀具界面图



图 2-5-5 切削时的铁屑

表 2-5-1 刀具参数表

刀号	类型	直径	圆角半径	长度刀补号	半径刀补号	补偿量	备注
T01	立铣刀	φ20	0	H01	D10	R10	
T01					D11	R10.5	
T01					D12	R20	

4. 输入程序并编辑

图 2-5-3 所示零件的加工参考程序见表 2-5-2。

表 2-5-2 图 2-5-3 零件加工参考程序

程序号: O2050		
程序段号	程序内容	说 明
N0010	G90 G54 G80 G49 G40 T01;	绝对坐标, 第一工件坐标系, 取消各种刀补, 用 1 号刀具
N0020	G00 G43 H01 Z100.;	Z 向快速定位到 Z100 平面, 并建立 1 号刀长度补偿
N0030	X120. Y0.;	快速定位到起刀点(120, 0)
N0040	M03 S350;	主轴正转, 转速 350 r/min
N0050	M08;	切削液开
N0060	Z-7.;	Z 向快速定位到切削平面
N0070	M98 P2051;	调用子程序 2051 号
N0080	G00 Z2.;	Z 向快速定位到安全平面
N0090	X-120. Y0.;	快速定位起刀点(-120, 0)
N0100	Z-7.;	Z 向快速定位到切削平面
N0110	M98 P2052;	调用子程序 2052 号
N0120	G00 X-102. Y-61.5;	快速定位起刀点(-102, -61.5)
N0130	M98 P2053;	调用子程序 2053 号
N0140	G00 X102. Y0.;	快速定位起刀点(102, 0)
N0150	Z-7.;	Z 向快速定位到切削平面
N0160	G01 G42 X76.5 Y0. D12 F50;	直线插补到(76.5, 0)点, 右半径补偿, 补偿号 12, R20
N0170	M98 P2054;	调用子程序 2054 号
N0180	G01 G40 X102. Y0.;	直线插补到铣削上凸台轮廓起刀点(102, 0), 取消半径刀补
N0190	G01 G42 X76.5 Y0. D11 F50;	直线插补到(76.5, 0)点, 右半径补偿, 补偿号 11, R10.5
N0200	M98 P2054;	调用子程序 2054 号, 加工凸台
N0210	G01 G40 X90. Y0.;	直线插补到铣削上凸台轮廓起刀点(90, 0), 取消半径刀补
N0220	G42 X106.5 Y0. D10 F50;	直线插补到(106.5, 0)点, 右半径补偿, 补偿号 10, R10
N0230	G02 X76.5 Y0. R15.;	顺时针圆弧插补进入切削到(76.5, 0), R15
N0240	M98 P2054;	调用子程序 2054 号
N0250	G02 X106.5 Y0. R15.;	顺时针圆弧插补
N0260	G00 Z2.;	Z 向快速定位到安全平面
N027	G40 X120. Y0.;	快速定位到起刀点(120, 0), 取消半径刀补
N0280	Z-15.;	Z 向快速定位到第二个切削平面, 开始加工下一个凸台;
N0290	M98 P2055;	调用子程序 2055 号
N0300	G00 Z2.;	Z 向快速定位到安全平面

续表

程序号: O2050		
程序段号	程序内容	说明
N0310	X -120. Y0. ;	快速定位起刀点(-120, 0)
N0320	Z -15. ;	Z向快速定位到切削平面
N0330	M98 P2056;	调用子程序 2056 号
N0340	G00 Z2. ;	Z向快速定位到安全平面
N0350	X -102. Y -61.5 ;	快速定位起刀点(-102, -61.5)
N0360	X -120. Y0. ;	快速定位起刀点(-120, 0)
N0370	G01 Z -15. ;	直线插补到第二个切削平面
N0380	M98 P2057;	调用子程序 2057 号
N0390	G00 Z2. ;	Z向快速定位到安全平面
N0400	X120. Y0. ;	快速定位到起刀点(120, 0)
N0410	Z -15. ;	Z向快速定位到切削平面
N0420	M98 P2058;	调用子程序 2058 号
N0430	G00 Z2. ;	Z向快速定位到安全平面
N0440	G01 G40 X102. Y0. ;	直线插补到(102, 0), 取消半径刀补
N0450	Z -15. ;	直线插补到第二个切削平面
N0460	G00 G42 X113.25 Y0. D10;	到精加工起刀点(113.25, 0)10号右半径补偿, 补偿量 R10
N0470	G02 X83.25 Y0. R15. ;	顺时针圆弧插补, 精加工切削到(83.25, 0), R15
N0480	M98 P2059;	调用子程序 2059 号
N0490	G02 X113.25 Y0. R15. ;	顺时针圆弧插补, 退出精加工切削到(113.25, 0), R15
N0500	G01 G40 X120. Y0. ;	直线插补到(120, 0), 取消半径刀补
N0510	G00 Z100. ;	Z向快速抬刀到 Z100 平面
N0520	M09 ;	切削液关
N0530	M05 ;	主轴停转
N0540	G90 G54 G80 G49 G40 ;	绝对坐标, 第一工件坐标系, 取消各种刀补
N0550	M30 ;	程序结束
程序号: O2051		
铣削凸台右上角余料的子程序		
程序段号	程序内容	说明
N10	G00 X102. Y50.417 F50 ;	快速运动到(102, 50.417)点, 进给量 50 mm/min
N20	G01 X90. Y60. ;	直线插补到(90, 60)点
N30	X76.992 Y60. ;	直线插补到(76.992, 60)点

续表

程序号: O2051		铣削凸台右上角余料的子程序
程序段号	程序内容	说明
N40	X90. Y47.534;	直线插补到(90,47.534)点
N50	Y35.069;	直线插补到(90,35.069)点
N60	X63.986 Y60.;	直线插补到(63.986,60)点
N70	X52.273;	直线插补到(52.273,60)点
N80	X90. Y23.845;	直线插补到(90,23.845)点
N90	X102.;	直线插补到(102,23.845)
N100	M99;	返回主程序
程序号: O2052		铣削凸台左上角余料的子程序
程序段号	程序内容	说明
N10	G00 X-102. Y50.417;	快速运动到(-102,50.417)点
N20	G01 X-90. Y60. F50;	直线插补到(-90,60)点。进给量 50 mm/min
N30	X-76.992 Y60.;	直线插补到(-76.992,60)点
N40	X-90. Y47.534;	直线插补到(-90,47.534)点
N50	Y35.069;	直线插补到(-90,35.069)点
N60	X-63.986 Y60.;	直线插补到(-63.986,60)点
N70	X-52.273;	直线插补到(-52.273,60)
N80	X-90. Y23.845;	直线插补到(-90,23.845)
N90	X-102.;	直线插补到(-102,23.845)
N100	M99;	返回主程序
程序号: O2053		铣削上面凸台凹槽以下部分余料的子程序
程序段号	程序内容	说明
N10	G01 X90. F50;	直线插补到(90,-61.5)点。进给量 50 mm/min
N20	Y-53.;	直线插补到(90,-53)点
N30	X-90.;	直线插补到(-90,-53)点
N40	Y-44.5;	直线插补到(-90,-44.5)点
N50	X90.;	直线插补到(90,-44.5)点
N60	Y-36.;	直线插补到(90,-36)点
N70	X-90.;	直线插补到(-90,-36)点
N80	Y-30.;	直线插补到(-90,-30)点
N90	X60.;	直线插补到(60,-30)点

续表

程序号: O2053		铣削上面凸台凹槽以下部分余料的子程序
程序段号	程序内容	说明
N100	X45. Y - 20. ;	直线插补到(45, -20)点
N110	X - 45. ;	直线插补到(-45, -20)点
N120	X - 35. Y - 10. ;	直线插补到(-35, -10)点
N130	X35. ;	直线插补到(35, -10)点
N140	Y0. ;	直线插补到(35, 0)点
N150	X - 35. ;	直线插补到(-35, 0)点
N160	X - 32.5 Y5. ;	直线插补到(-32.5, 5)点
N170	X32.5 ;	直线插补到(32.5, 5)点
N180	G00 Z2. ;	Z向快速定位到安全平面
N190	X102. Y - 26.5 ;	快速运动到(102, -26.5)点
N200	M99 ;	返回主程序
程序号: O2054		铣削上面凸台轮廓粗精加工子程序
程序段号	程序内容	说明
N10	G03 X32.5 Y44. R44. F50 ;	逆时针圆弧插补到(32.5, 44), R44, 进给量 50 mm/min
N20	G01 X - 32.5 ;	直线插补到(-32.5, 44)
N30	G03 X - 76.5 Y0. R44. ;	逆时针圆弧插补到(-76.5, 0), R44
N40	X - 55.5 Y0. R10.5 ;	逆时针圆弧插补到(-55.5, 0), R10.5
N50	G02 X - 32.5 Y23. R23. ;	顺时针圆弧插补到(-32.5, 23), R23
N60	G01 X32.5 ;	直线插补到点(32.5, 23)
N70	G02 X55.5 Y0. R23. ;	顺时针圆弧插补到(55.5, 0), R23
N80	G03 X76.5 Y0. R10.5 ;	逆时针圆弧插补到(76.5, 0), R10.5
N90	M99 ;	返回主程序
程序号: O2055		铣削下层凸台右上角余料的子程序
程序段号	程序内容	说明
N10	G00 X102. Y50.417 F50 ;	直线插补到(102, 50.417)点, 进给量 50 mm/min
N20	G01 X90. Y60. ;	直线插补到(90, 60)点
N30	X76.992 Y60. ;	直线插补到(76.992, 60)点
N40	X90. Y47.534 ;	直线插补到(90, 47.534)点
N50	Y35.069 ;	直线插补到(90, 35.069)点
N60	X63.986 Y60. ;	直线插补到(63.986, 60)点

续表

程序号: O2055		铣削下层凸台右上角余料的子程序
程序段号	程序内容	说明
N70	G91 X-3.5;	相对坐标向 X 负方向直线插补 3.5 mm
N80	G90;	绝对坐标
N90	M99;	返回主程序
程序号: O2056		铣削下层凸台左上角余料的子程序
程序段号	程序内容	说明
N10	G01 X-102. Y50.417 F50;	直线插补到(-102, 50, 417)点, 进给量 50 mm/min
N20	G01 X-90. Y60.;	直线插补到(-90, 60)点
N30	X-76.992 Y60.;	直线插补到(-76.992, 60)点
N40	X-90. Y47.534;	直线插补到(-90, 47.534)点
N50	Y35.069;	直线插补到(-90, 35.069)点
N60	X-63.986 Y60.;	直线插补到(-63.986, 60)点
N70	G91 X3.5;	相对坐标向 X 正方向直线插补 3.5 mm
N80	G90;	绝对坐标
N90	M99;	返回主程序
程序号: O2057		铣削下层凸台左下角余料的子程序
程序段号	程序内容	说明
N10	G01 X-102. Y-50.417 F50;	直线插补到(-102, -50, 417)点, 进给量 50 mm/min
N20	G01 X-90. Y-60.;	直线插补到(-90, -60)点
N30	X-76.992 Y-60.;	直线插补到(-76.992, -60)点
N40	X-90. Y-47.534;	直线插补到(-90, -47.534)点
N50	Y-35.069;	直线插补到(-90, -35.069)点
N60	X-63.986 Y-60.	直线插补到(-63.986, -60)点
N70	G91 X3.5;	相对坐标向 X 正方向直线插补 3.5 mm
N80	G90;	绝对坐标
N90	M99;	返回主程序
程序号: O2058		铣削下层凸台右下角余料的子程序
程序段号	程序内容	说明
N10	G01 X102. Y-50.417 F50;	直线插补到(102, -50, 417)点, 进给量 50 mm/min
N20	G01 X90. Y-60.;	直线插补到(90, -60)点
N30	X76.992;	直线插补到(76.992, -60)点

续表

程序号: O2058		铣削下层凸台右下角余料的子程序
程序段号	程序内容	说明
N40	X90. Y -47.534;	直线插补到(90, -47.534)点
N50	Y -35.069;	直线插补到(90, -35.069)点
N60	X63.986 Y -60.;	直线插补到(63.986, -60)点
N70	G91 X -3.5;	相对坐标向 X 负方向直线插补 3.5 mm
N80	G90;	绝对坐标
N90	M99;	返回主程序
程序号: O2059		铣削下凸台精加工的子程序
程序段号	程序内容	说明
N10	G03 X32.5 Y50.75 R50.75 F50;	逆时针圆弧插补到(32.5, 50.75), R50.75, 进给量 50 mm/ min
N20	G01 X -32.5;	直线插补到(-32.5, 50.75)点
N30	G03 X -32.5 Y - 50.75 R50.75;	逆时针圆弧插补到(-32.5, -50.75), R50.75
N40	G01 X32.5;	直线插补到(32.5, -50.75)点
N50	G03 X83.25 Y0. R50.75;	逆时针圆弧插补到(83.25, 0), R50.75
N60	M99;	返回主程序

5. 自动加工

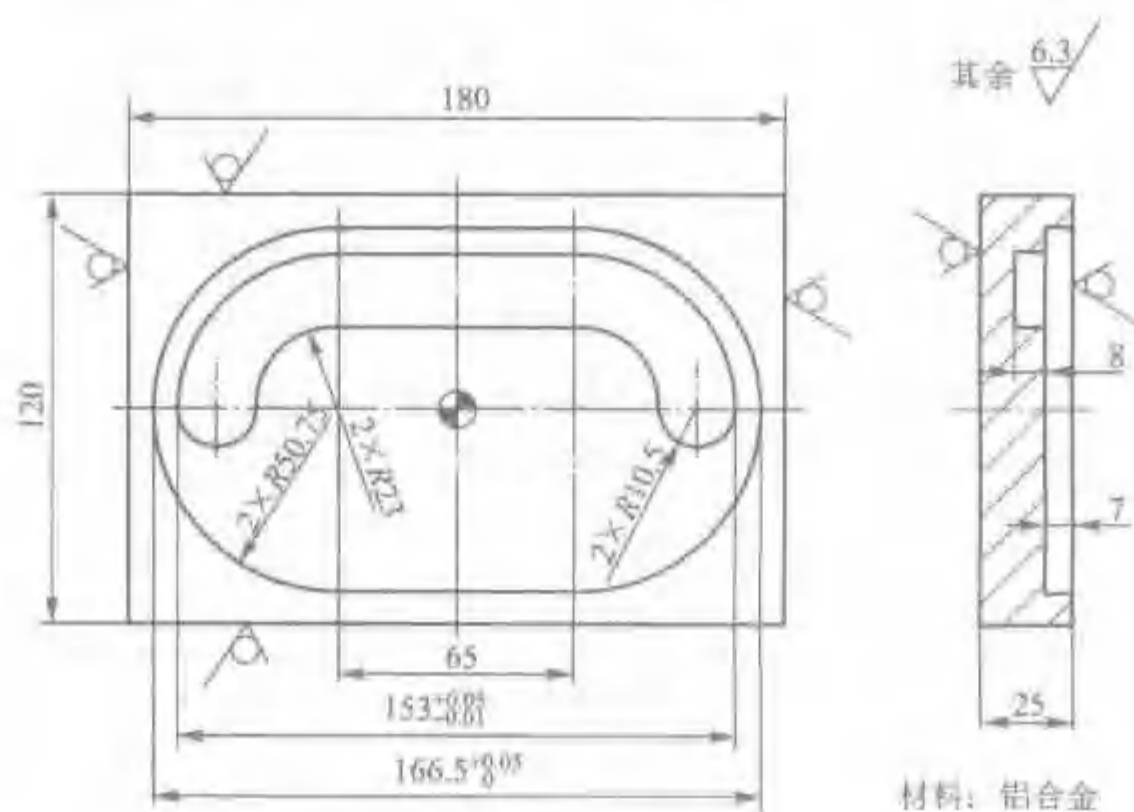
6. 测量工件

三、问题思考

1. 外围余量的去除采用增大刀补半径的方法完成时, 计算刀补量由内向外计算出于什么考虑?
2. 零件有何种结构时不能用增大刀补半径的方法去除外围余量, 为什么?

四、学生练习题

1. 零件图
2. 可能出现的问题及解决方法
可能出现的问题及解决方法见表 2-5-3。



(a) 零件图

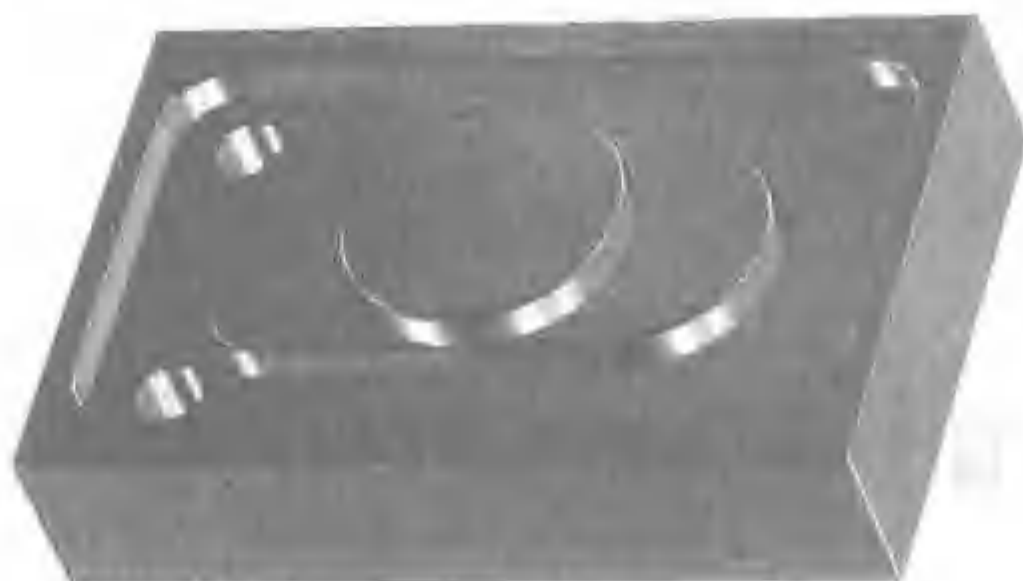


(b) 立体图

图 2-5-6 指令综合应用 1 练习

表 2-5-3 可能出现的问题及解决方法

常见问题	原因	解决方法
过切	用加大半径刀补去除边角余料时, 刀具补偿半径 R_c 大于最小内角半径或最窄沟槽宽度	改用直径较小刀具, 或用其他方法去除边角余料
有剩余边角余料未切除	计算错误	重新计算
和图 2-5-3 零件配合间隙超差	半径补偿调整超差	修改精加工时的刀具半径值



(b) 立体图

图 2-6-1 综合应用 2 例题

表 2-6-1 同类练习数据

零件 1	$\phi 40$	R19	R8
零件 2	$\phi 38$	R18	R9
零件 3	$\phi 36$	R16	R10

(二) 工艺分析

1. 加工工艺

图 2-6-1 所示零件为铝合金, 坯料 $120 \times 80 \times 30$ 已加工。

加工顺序: $\phi 40$ 凸台的粗精加工(用改变刀具半径补偿量的办法去除轮廓周边余量)→钻 $\phi 10$ 中心孔→钻 $\phi 10$ 通孔→型腔与岛屿间粗加工(注意型腔与岛屿轮廓的过切问题并留有足够精加工余量)→型腔轮廓粗精加工。(沿轮廓切线方向进入切削, 改变刀具半径补偿量完成型腔轮廓粗精加工, 沿轮廓切线方向退出切削)

2. 选择刀具

$\phi 16$ 立铣刀, 刀号 T01; $\phi 3$ 中心孔钻, 刀号 T02; $\phi 10$ 麻花钻, 刀号 T03; $\phi 10$ 立铣刀, 刀号 T04。

3. 重要刀位点轨迹基点

图中 R19 与 $\phi 40$ 的两条公切线的 4 个交点的计算比较复杂, 可用下面方法计算:

(1) CAXA 电子图板绘图软件

画出零件图(可只画两圆及两条公切线)→菜单设置(S)→用户坐标系(U)→设置(S)→计算机提示 请指定用户坐标系原点: →空格键→C 圆心→点击图中圆→计算机提示 请输入旋转角度: →输入 0 回车(也可直接回车)→查询(I)→点坐标(P)→空格键→I 交点→点击图中切线→再点击图中圆→图上显示该二者交点→空格键→I 交点→点击图中切线→再点击图中另一圆弧→图上显示该二者交点→点击鼠标右键→出现查询结果。

(2) AutoCAD 绘图软件

画出零件图(可只画两圆及两条公切线)→打开对象捕捉→点击菜单工具(T)→下拉菜单→移动 UCS(Y)→光标移动到工件坐标原点附近→显示圆心或交点标记符号→点击鼠标左键→打开对象捕捉→点击→光标移动到圆弧和切线切点附近→图上显示交点或切点标记符号→提示栏显示该点坐标值。

(三) 操作步骤

1. 回参考点
2. 和工件相关的设置
3. 选择刀具及对刀

塞尺检查完成 X、Y 向对刀, 步骤如下:

(1) X 向对刀


点击→弹出图 2-6-2, 选择铣刀界面→在可选刀具栏内选择刀具(一般选较大直径刀具以便于观察)→手动将刀具运动到相对于工件的适当位置→点击塞尺检查(L)→选择塞尺厚度→对刀方法与前面 Z 向塞尺对刀相似, 即手动快速使刀具接近工件→进给速度使刀具接近工件→手轮×100 速度使刀具接近工件→手轮×10 速度使刀具接近工件→手轮×1 速度使刀具接近工件→出现塞尺检查的结果: 合适提示→将刀具在工件坐标系的位置输入数控系统。(注意:



图 2-6-2 选择刀具界面图

应考虑塞尺厚度尺寸)

(2) 同理 Y 向对刀

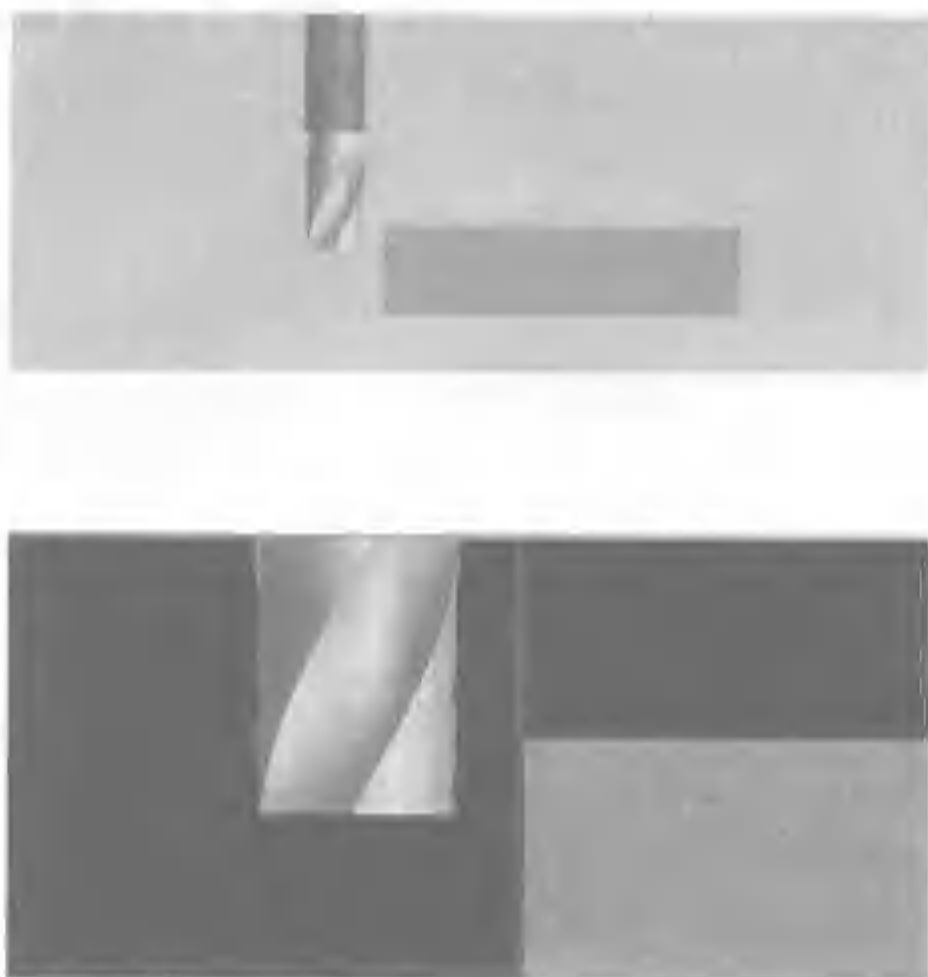




图 2-6-3 X、Y 向塞尺对刀仿真界面

(3) Z 向对刀

点击→弹出图 2-6-2, 选择铣刀界面→在可选刀具栏内选择刀具→图 2-6-2 右上角显示刀具图形及参数→选择铣刀界面已选刀具栏显示刀具参数→点击已选的 1 号刀具→点击添加到主轴→点击确认→则 1 号刀安装在主轴(2、3、4 号刀安装在刀库)→1 号刀长度补偿值存入系统 H01 内→点击→选择铣刀界面→点击已选的 2 号刀具→点击添加到主轴→点击确认→则 2 号刀安装在主轴(1、3、4 号刀安装在刀库)→同样方法把 2 号、3 号、4 号刀长度补偿值存入系统 H02、H03、H04 内。

当刀具较多或一把刀有几个刀具补偿值时, 工艺参数如表 2-6-2 确定。

表 2-6-2 刀具参数表

刀号	类型	直径	刀具长度补号	刀具半径补号	半径补偿量	备注
T01	立铣刀	φ16	H01	D16	R51	
				D15	R42.5	
				D14	R34	
				D13	R25.5	
				D12	R17	
				D11	R8.5	

续表

刀号	类型	直径	刀具长度补号	刀具半径补号	半径补偿量	备注
				D10	R8	实际刀具半径
T02	中心钻	$\phi 3$	H02			
T03	钻头	$\phi 10$	H03			
T04	立铣刀	$\phi 10$	H04	D04	R5	实际刀具半径
				D24	R5.5	

4. 输入程序并编辑

图 2-6-1 所示零件的加工参考程序见表 2-6-3。

表 2-6-3 图 2-6-1 零件加工参考程序

程序号: O2060

程序段号	程序内容	说明
N010	G90 G54 G80 G49 G40 T01;	绝对坐标, 第一工件坐标系, 取消各种刀补, 用 1 号刀具
N020	G00 G43 H01 Z100.;	Z 向快速定位到 Z100 平面, 并建立 1 号刀长度补偿
N030	X0. Y80.;	快速定位到点(0,80)
N040	Y50.;	快速定位起刀点(0,50)
N050	M03 S400;	主轴正转, 转速 400r/min
N060	G00 Z2. M08;	Z 向快速定位安全平面, 切削液开
N070	G01 Z-4. F80;	Z 向快速定位到切削平面, 直线插补进给量 80mm/min
N080	G41 X0. Y40. D16;	直线插补到点(0,40), 建立 16 号左刀具半径补偿, R51
N090	M98 P2061;	调用子程序 2061 号
N100	G01 G41 X0. Y40. D15;	直线插补到点(0,40), 建立 15 号左刀具半径补偿, R42.5
N110	M98 P2061;	调用子程序, 程序号 2061
N120	G01 G41 X0. Y40. D14;	直线插补到点(0,40), 建立 14 号左刀具半径补偿, R34
N130	M98 P2061;	调用子程序 2061 号
N140	G01 G41 X0. Y40. D13;	直线插补到点(0,40), 建立 13 号左刀具半径补偿, R25.5
N150	M98 P2061;	调用子程序 2061 号
N160	G01 G41 X0. Y40. D12;	直线插补到点(0,40), 建立 12 号左刀具半径补偿, R17
N170	M98 P2061;	调用子程序 2061 号
N180	G01 G41 X0. Y40. D11;	直线插补到点(0,40), 建立 11 号左刀具半径补偿, R8.5
N190	M98 P2061;	调用子程序 2061 号

续表

程序号: O2060

程序段号	程序内容	说明
N200	G01 G41 X0. Y40. D10;	直线插补到点(0,40), 建立 10 号左刀具半径补偿, R8
N210	M98 P2062;	调用子程序 2062 号
N220	G00 Z100.;	Z 向快速抬刀到 Z100 平面
N230	M09;	切削液关
N240	M05;	主轴停转, 铣圆凸台加工完毕, 准备钻中心孔
N250	G28;	回换刀点
N260	M06 T02;	换 2 号刀(中心钻)
N270	G90 G54 G80 G49 G40;	绝对坐标, 第一工件坐标系, 取消各种刀补
N280	G00 G43 H02 Z100.;	Z 向快速定位到 Z100 平面, 并建立 2 号刀长度补偿
N290	M03 S800;	主轴正转, 转速 800r/min
N300	G00 Z2. M08;	Z 向快速定位安全平面, 切削液开
N310	G90 G99 G81 X-45. Y22.5 Z-10. R-2. F50;	在(-45, 22.5)点钻中心孔, 钻孔后返回 R 平面
N320	Y-22.5.;	在(-45, -22.5)点钻中心孔, 钻孔后返回 R 平面
N330	G00 Z100.;	Z 向快速抬刀到 Z100 平面
N340	M09;	切削液关
N350	M05;	主轴停转, 钻中心孔加工完毕, 准备钻 $\phi 10$ 孔
N360	G28;	回换刀点
N370	M06 T03;	换 3 号刀($\phi 10$ 钻头)
N380	G90 G54 G80 G49 G40;	绝对坐标, 第一工件坐标系, 取消各种刀补
N390	G00 G43 H03 Z100.;	Z 向快速定位到 Z100 平面, 并建立 3 号刀长度补偿
N400	M03 S600;	主轴正转, 转速 600r/min
N410	G00 Z2. M08;	Z 向快速定位安全平面, 打开切削液
N420	G90 G99 G81 X-45. Y-22.5 Z-35. R-2. F50;	在(-45, -22.5)点钻 $\phi 10$ 通孔, 钻孔后返回 R 平面
N430	Y22.5.;	在(-45, 22.5)点钻 $\phi 10$ 通孔
N440	G00 Z100.;	Z 向快速抬刀到 Z100 平面
N450	M09;	切削液关
N460	M05;	主轴停, 钻 $\phi 10$ 孔完毕, 准备加工型腔及岛屿

续表

程序号: O2060

程序段号	程序内容	说明
N470	G28;	回换刀点
N480	M06 T04;	换4号刀, 去除型腔岛屿间多余材料
N490	G90 G54 G80 G49 G40;	绝对坐标, 第一工件坐标系, 取消各种刀补
N500	G00 G43 H04 Z100.;	Z向快速定位到Z100平面, 并建立4号刀长度补偿
N510	X-45. Y22.5;	快速定位到点(-45, 22.5)
N520	M03 S800;	主轴正转, 转速800 r/min
N530	G00 Z2. M08;	Z向快速定位到安全平面, 切削液开
N540	G01 Z-8. F80;	Z向直线插补到Z-8平面
N550	M98 P2063;	调用子程序2063号
N560	G01 G41 X-45. Y20.5 D24;	直线插补到点(-45, 20.5), 24号左半径刀补, R5.5
N570	M98 P2064;	调用子程序2064号
N580	G01 G41 X-45. Y20.5 D04;	直线插补到点(-45, 20.5), 04号左半径刀补, R5
N590	M98 P2064;	调用子程序2064号
N600	G01 G41 X-50. Y12. D24;	直线插补到点(-50, 12), 24号左半径刀补, R5.5
N610	M98 P2065;	调用子程序2065号
N620	G01 G41 X-50. Y12. D04;	直线插补到点(-50, 12), 04号左半径刀补, R5
N630	M98 P2065;	调用子程序2065号
N640	G00 Z100.;	Z向快速抬刀到Z100平面
N650	M09;	切削液关
N660	M05;	主轴停
N670	G28;	回换刀点
N680	M06 T01;	换1号刀具
N690	G00 X0. Y80.;	回到程序开始时X, Y坐标位置
N700	G90 G54 G80 G49 G40;	绝对坐标, 第一工件坐标系, 取消各种刀补
N710	M30;	程序结束

续表

程序号: O2061		子程序(粗加工 $\phi 40$ 圆凸台)
程序段号	程序内容	说明
N10	G01 X0. Y20. F80;	直线插补到点(0,20), 进给量 80 mm/min
N20	G02 X20. Y0. R20. ;	顺时针圆弧插补到点(20,0), R20
N30	X0. Y-20. R20. ;	顺时针圆弧插补到点(0,-20), R20
N40	X-20. Y0. R20. ;	顺时针圆弧插补到点(-20,0), R20
N50	X0. Y20. R20. ;	顺时针圆弧插补到点(0,20), R20
N60	G01 G40 X0. Y50. ;	快速定位到起刀点(0,50), 并取消刀具半径补偿
N70	M99 ;	返回主程序
程序号: O2062		子程序(精加工 $\phi 40$ 圆凸台)
程序段号	程序内容	说明
N10	G03 X0. Y20. R10. F80;	逆时针圆弧插补到点(0,20), R10, 进给量 80 mm/min
N20	G02 X20. Y0. R20. ;	顺时针圆弧插补到点(20,0), R20
N30	X0. Y-20. R20. ;	顺时针圆弧插补到点(0,-20), R20
N40	X-20. Y0. R20. ;	顺时针圆弧插补到点(-20,0), R20
N50	X0. Y20. R20. ;	顺时针圆弧插补到点(0,20), R20
N60	G03 X0. Y40. R10. F80;	逆时针圆弧插补到点(0,40), R10
N70	G01 G40 X0. Y50. ;	快速定位到起刀点(0,50), 并取消刀具半径补偿
N80	M99 ;	返回主程序
程序号: O2063		子程序(型腔与岛屿间粗加工)
程序段号	程序内容	说明
N10	G01 X-45. Y22.5 F50;	直线插补到点(-45,22.5), 进给量 50 mm/min
N20	Y-26.25;	直线插补到点(-45,-26.25)
N30	X47.5;	直线插补到点(47.5,-26.25)
N40	Y26.25;	直线插补到点(47.5,26.25)
N50	X-45.;	直线插补到点(-45,26.25)
N60	Y22.5;	直线插补到点(-45,22.5)
N70	M99;	返回主程序

续表

程序号: O2064		子程序(型腔轮廓粗精加工)
程序段号	程序内容	说明
N10	G03 X-45. Y32.5 R6. F80;	逆圆弧插补到点(-45,32.5), R6, 进给量 80 mm/min
N20	X-55, Y22.5 R10.;	逆圆弧插补到点(-55,22.5), R10
N30	G01 X-55. Y-22.5;	直线插补到点(-55,-22.5)
N40	G03 X-45. Y-32.5 R10.;	逆圆弧插补到点(-45,-32.5), R10
N50	G01 X45. Y-32.5;	直线插补到点(45,-32.5)
N60	G03 X55. Y-22.5 R10.;	逆圆弧插补到点(55,-22.5), R10
N70	G01 X55. Y22.5;	直线插补到点(55,22.5)
N80	G03 X45. Y32.5 R10.;	逆圆弧插补到点(45,32.5), R10
N90	G01 X-45. Y32.5;	直线插补到点(-45,32.5)
N100	G03 X-45. Y17.5 R7.5;	逆圆弧插补到点(-45,17.5), R7.5, 退出切削
N110	G01 G40 X-45. Y22.5;	直线插补到点(-45,22.5), 并取消半径刀具补偿
N120	M99;	返回主程序
程序号: O2065		子程序(岛屿轮廓粗精加工)
程序段号	程序内容	说明
N10	G03 X-38. Y12. R6. F60;	逆圆弧插补到点(-38,12), R6, 进给量 60 mm/min
N20	G02 X-30. Y20. R8.;	顺时针圆弧插补到点(-30,20), R8
N30	G01 X0.;	直线插补到点(0,20)
N40	X21.905 Y18.978;	直线插补到点(21.905,18.978)
N50	G02 X21.905 Y-18.978 R19.;	顺时针圆弧插补到点(21.905,-18.978), R19
N60	G01 X0. Y-20.;	直线插补到点(0,-20)
N70	X-30.;	直线插补到点(-30,-20)
N80	G02 X-38. Y-12. R8.;	顺时针圆弧插补到点(-38,-12), R8
N90	G01 Y13.;	直线插补到点(-38,13)
N100	G01 G40 X-45. Y22.5;	直线插补到点(-45,22.5), 退出切削, 并取消半径刀补
N110	M99;	返回主程序

5. 自动加工

6. 测量工件

三、问题思考

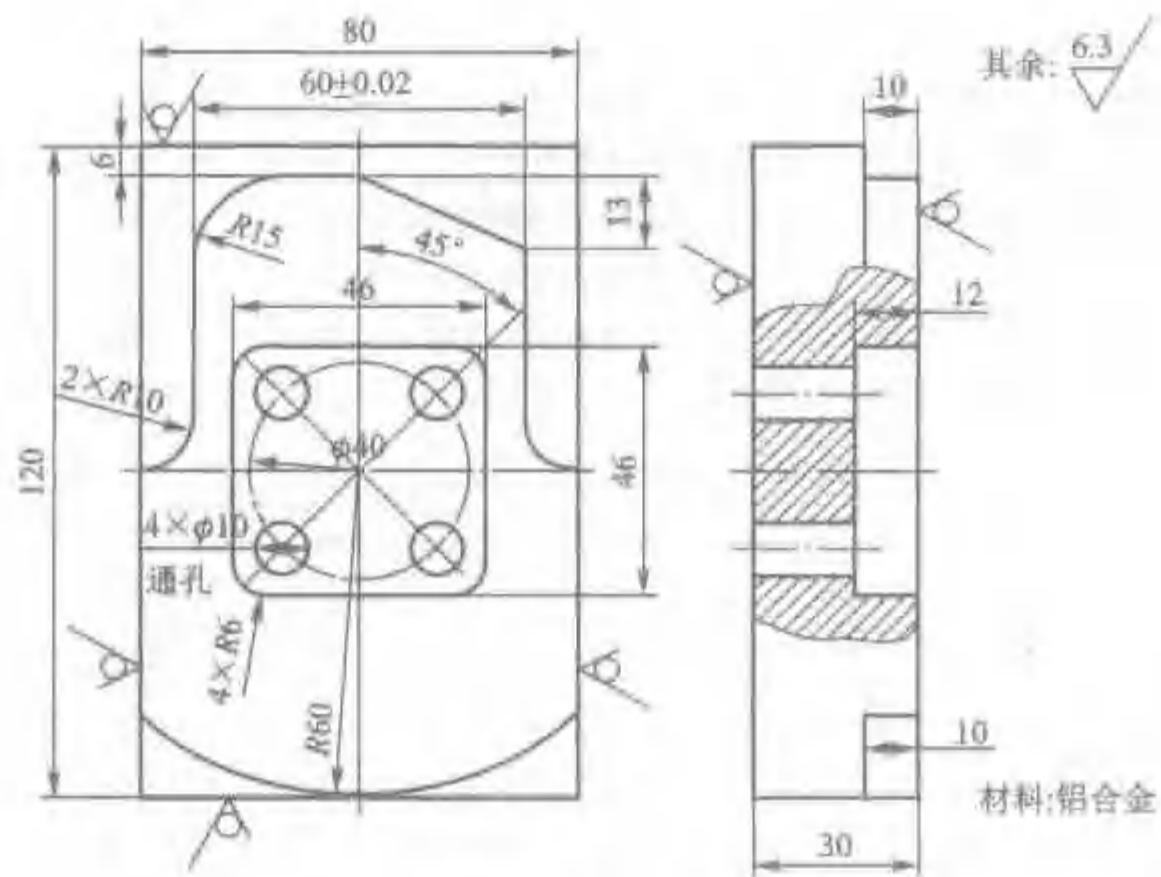
1. 三个子程序主要由哪一类指令组成, 请归纳出一般格式。返回主程序前的位置与何时

的位置相同,出于何种考虑?

2. 使用子程序形式有什么好处?在什么情况下使用子程序?
3. 应用子程序和刀具半径补偿去除外围余量时,怎样计算刀具最大半径补偿量?

四、学生练习题

(一) 零件图



(a) 零件图



(b) 立体图

图 2-6-4 指令综合应用 2 练习

(二) 可能出现的问题及解决方法

可能出现的问题及解决方法见表 2-6-4。

表 2-6-4 可能出现的问题及解决方法

常见问题	原因	解决方法
轮廓尺寸不对	精加工刀具半径补偿量微调量不对	测量工件修改精加工刀具半径补偿量
钻孔撞刀	G98、G99 选用错误	修改程序
	刀具长度补偿量错误	修改刀具长度补偿量
轮廓在进退刀处有刀痕	没有沿着轮廓的切线方向进入和退出轮廓切削	修改程序改为沿切线方向进入和退出轮廓切削
铣削内轮廓的刀具寿命短	立铣刀中心附近没有切削刃,且Z向直接进刀时未加工工艺孔	加工工艺孔,或斜向下刀,也可改用键槽铣刀

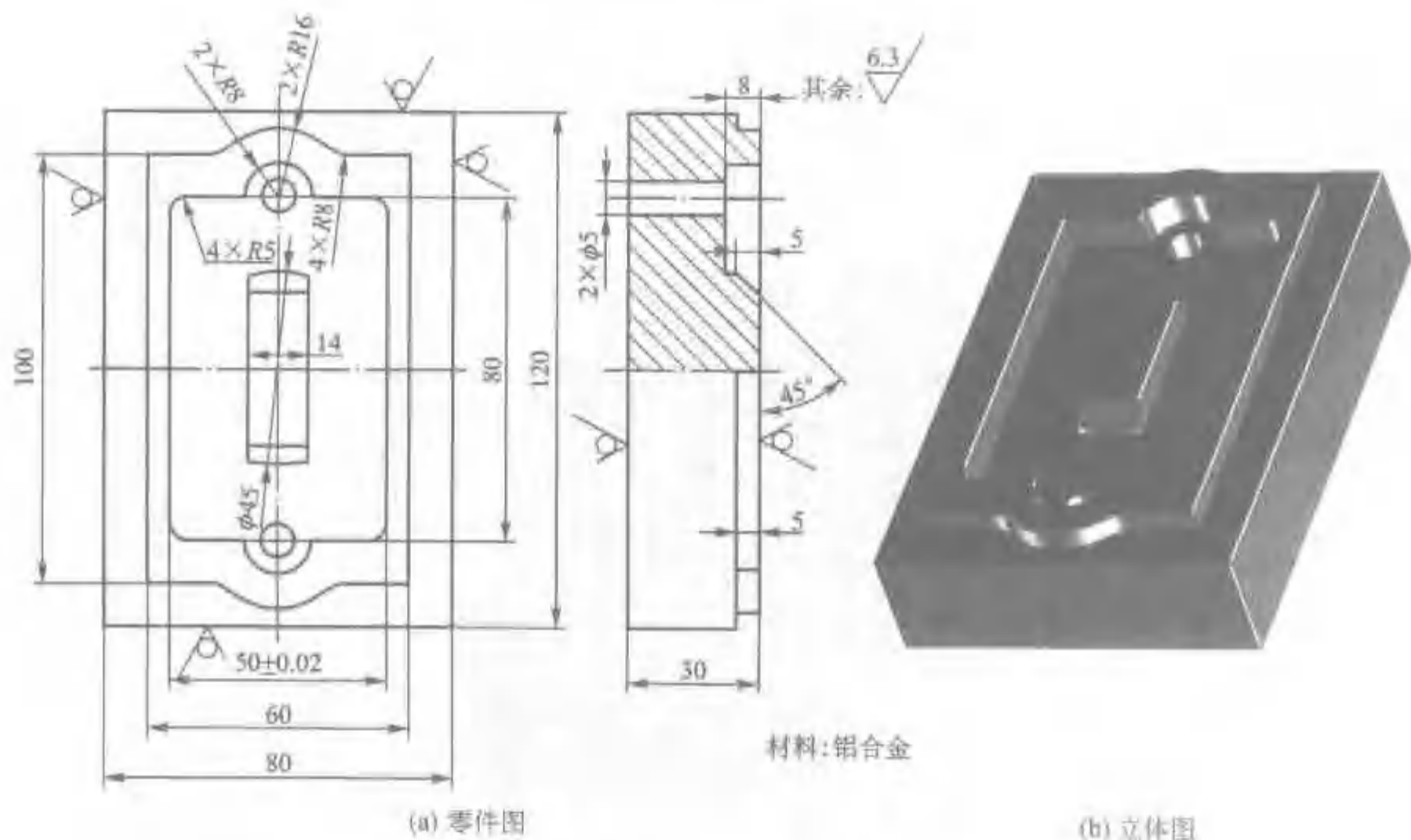
实训七

数控铣床与加工中心编程综合测试题 (5套试题任选一套)

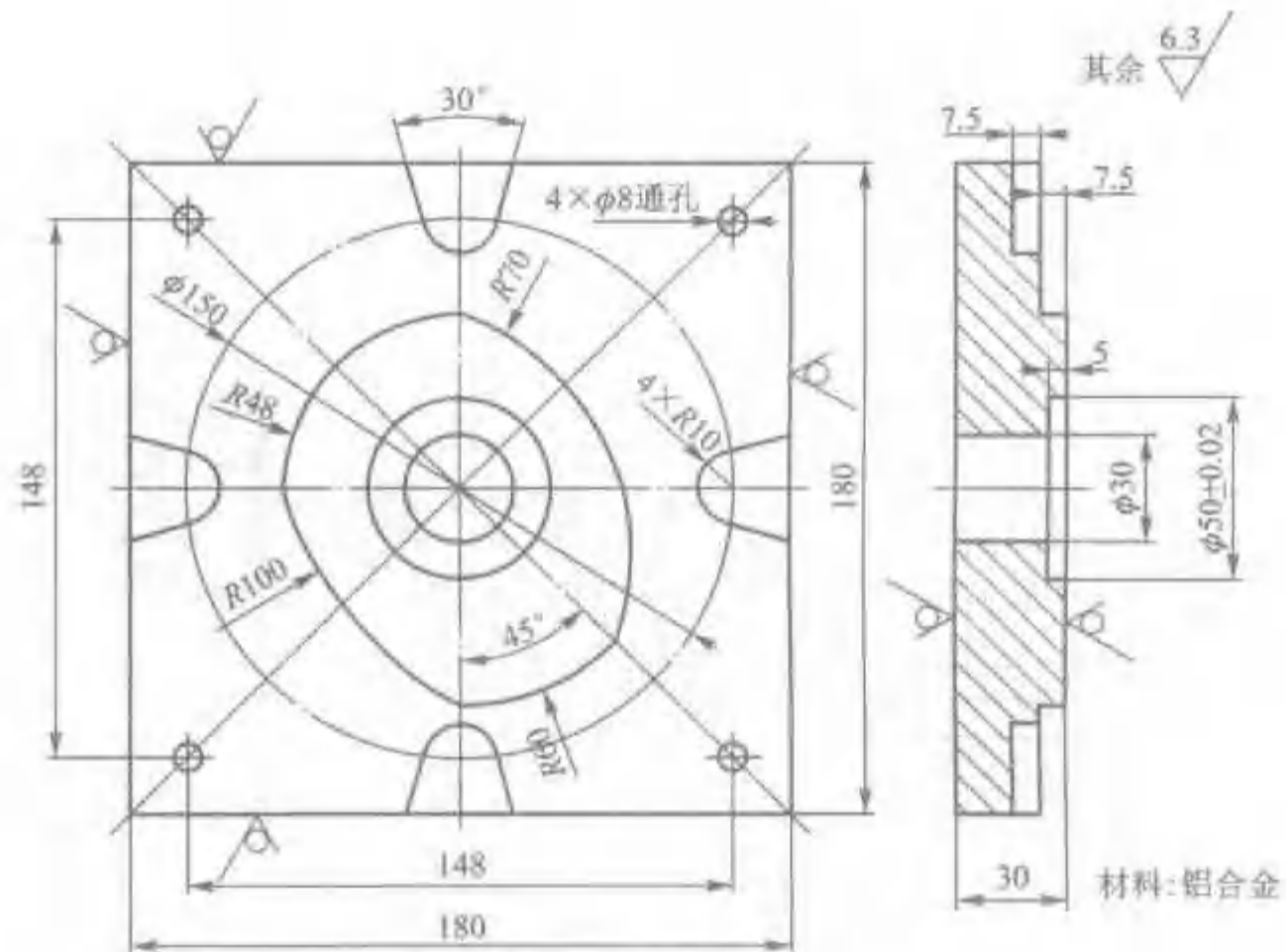
学习目标

1. 巩固学习仿真操作。
2. 检验学生综合运用指令编程与仿真软件操作的熟练程度。

综合测试题一



综合测试题二



(a) 零件图



(b) 立体图

图 2-7-2 综合测试题二

综合测试题三

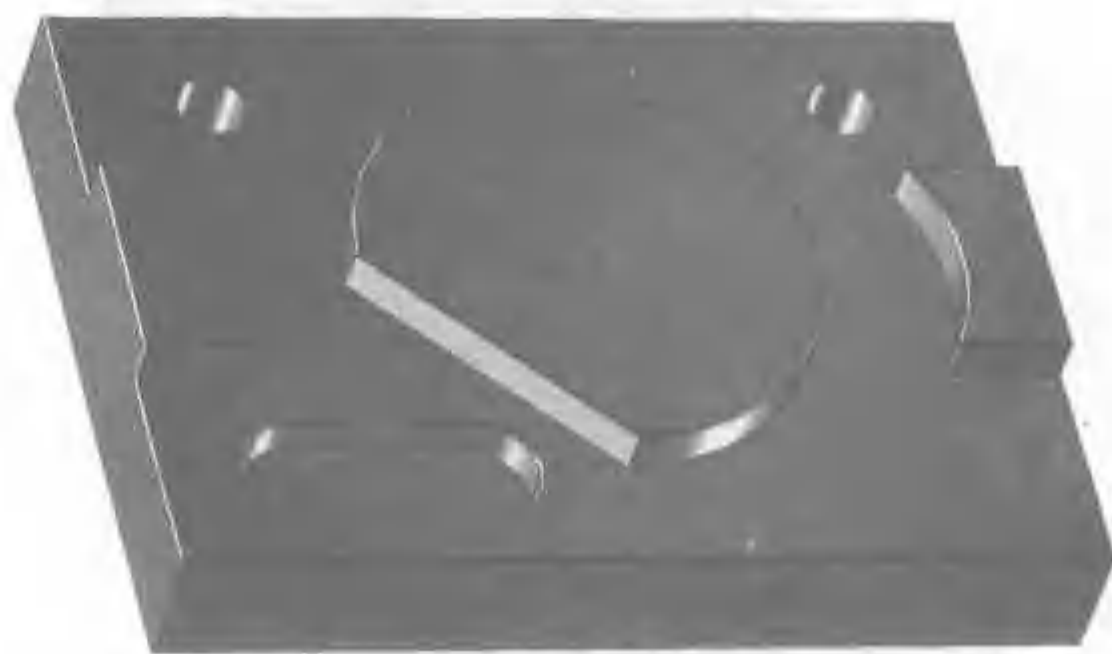
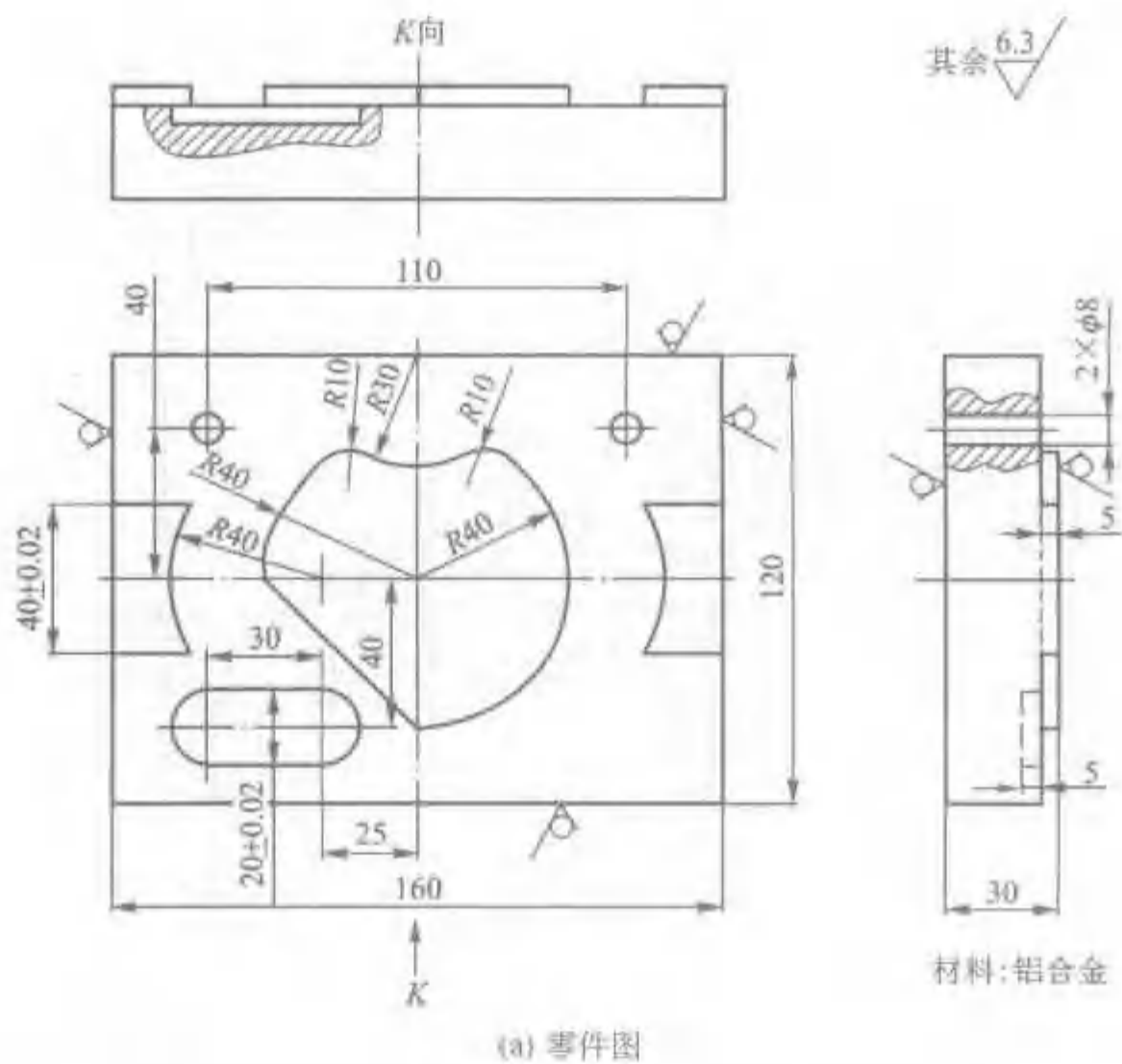
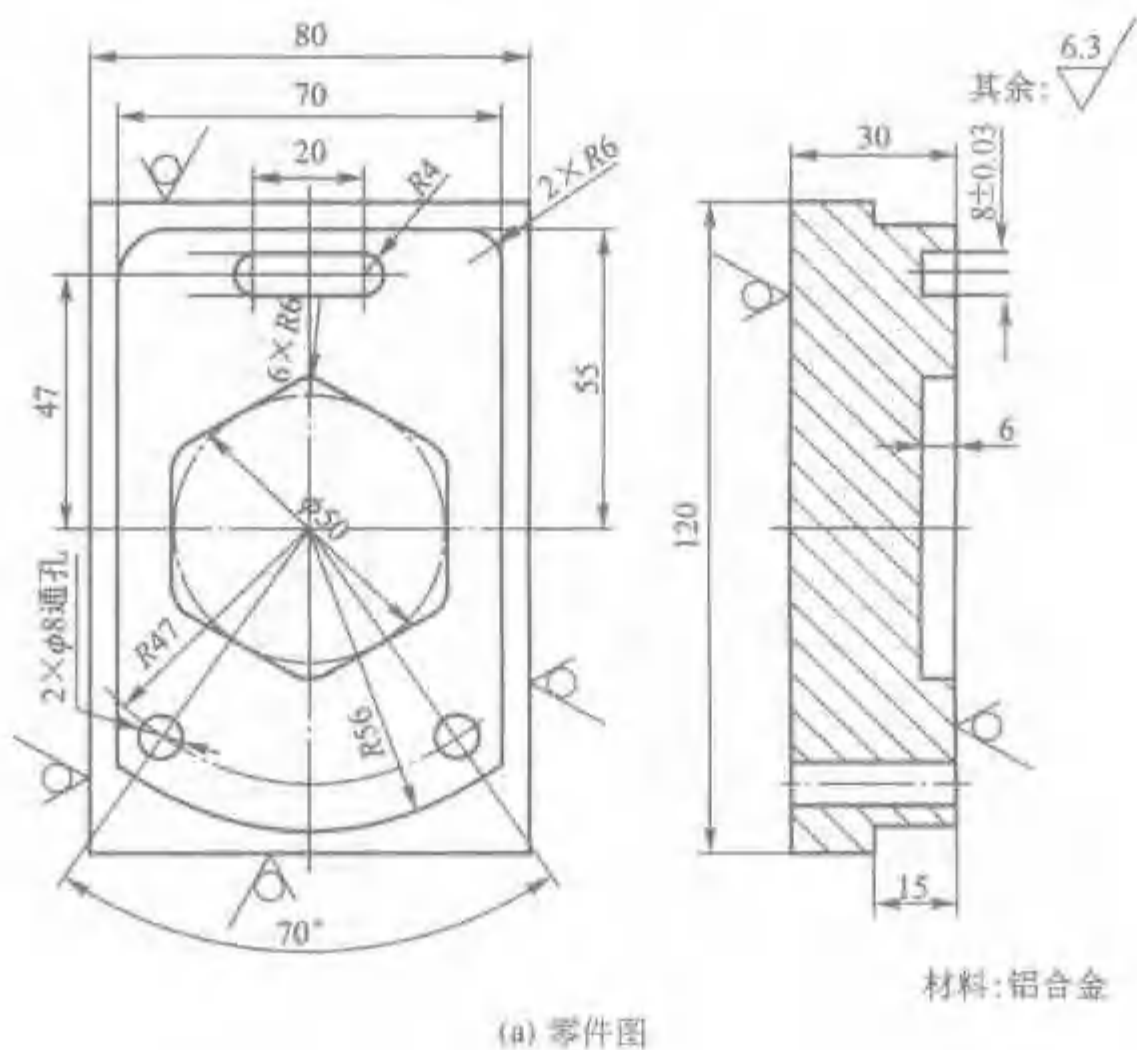


图 2-7-3 综合测试题三

综合测试题四



(b) 立体图

图 2-7-4 综合测试题四

参 考 文 献

- [1] 数控加工仿真系统 FANUC 系统使用手册. 上海宇龙软件工程有限公司.
- [2] 高枫. 数控车削编程与操作训练. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [3] 郑书华. 数控铣削编程与操作训练. 北京: 高等教育出版社, 2005.