

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

The Excellent Achievements in Scientific Research Project of The Chinese Society Vocational and Technical Education

高等职业教育数控技术专业“双证课程”培养方案规划教材



数控加工 仿真与实训

景海平 张武奎 主编

姜庆华 邹洪斌 副主编

NC Machining Simulation and Training

- ◆ 采用宇龙数控仿真软件
- ◆ 配有实训项目操作录像
- ◆ 所有项目均通过实际验证



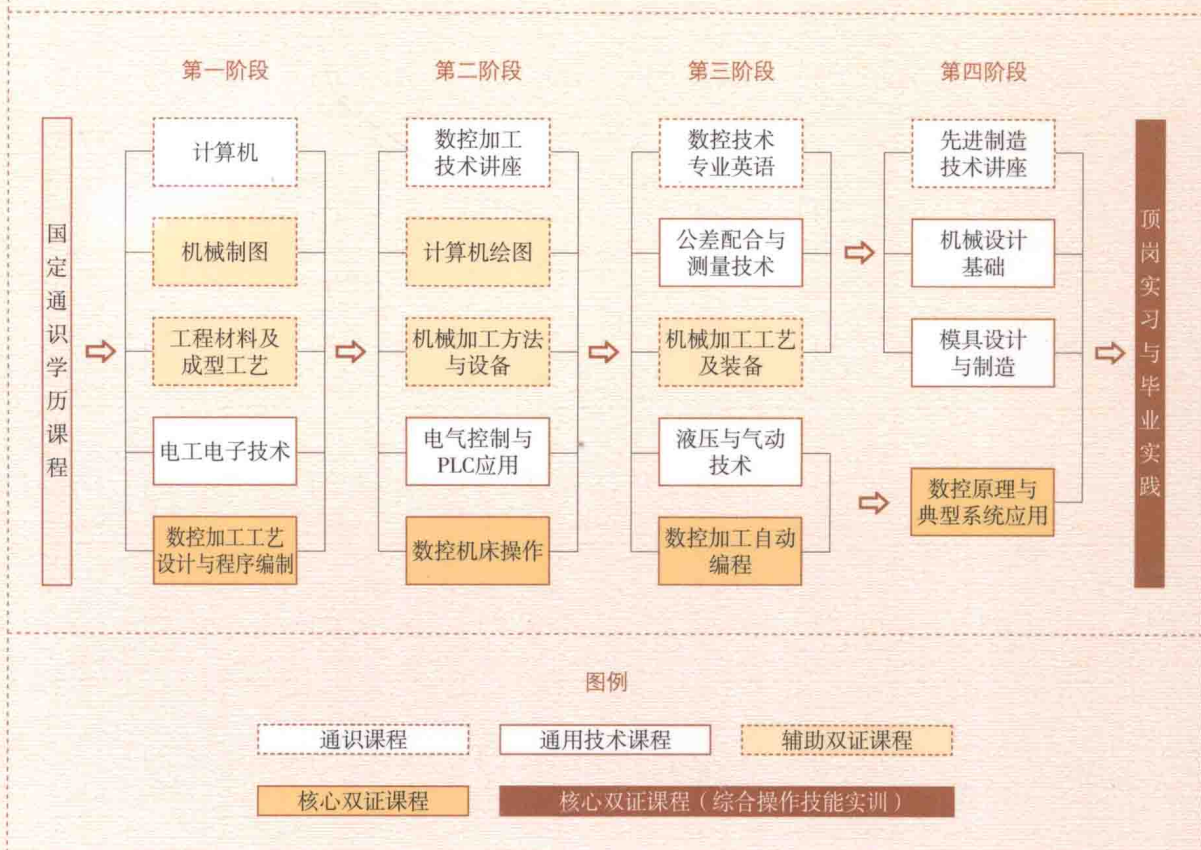
人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

NC Machining Simulation and Training

数控加工 仿真与实训

本书以宇龙数控仿真软件为背景,以普及率极高的FANUC 0i系列数控系统为基础编写而成。本书包括基础篇、数控车实训篇、数控铣(加工中心)实训篇三部分,书中每一个图形、程序均经过严格测试,读者可放心实用。本书适合作为高职高专相关专业的教材,对自学者和工程技术人员也具有一定的参考价值。

数控技术专业人才培养方案的课程体系框架图



人民邮电出版社
教学服务与资源网
www.ptpedu.com.cn

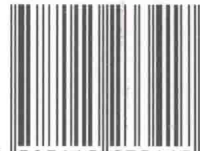
本书提供人才培养方案、电子教案
教材服务热线: 010-67170985
人民邮电出版社教学服务与资源网: www.ptpedu.com.cn

封面设计: 董志桢

人民邮电出版社网址: www.ptpress.com.cn



ISBN 978-7-115-23341-7



9 787115 233417 >

ISBN 978-7-115-23341-7

定价: 27.00 元

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

The Excellent Achievements in Scientific Research Project of The Chinese Society Vocational and Technical Education

高等职业教育数控技术专业“双证课程”培养方案规划教材



数控加工 仿真与实训

景海平 张武奎 主编

姜庆华 邹洪斌 副主编

NC Machining Simulation and Training

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

数控加工仿真与实训 / 景海平, 张武奎主编. -- 北京: 人民邮电出版社, 2010.9
中国职业技术教育学会科研项目优秀成果
ISBN 978-7-115-23341-7

I. ①数… II. ①景… ②张… III. ①数控机床—加工—计算机仿真—职业教育—教材 IV. ①TG659-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第145652号

内 容 提 要

本书以宇龙数控仿真软件为依托, FANUC 0i 系列数控系统为基础介绍数控加工仿真实训, 全书内容包括基础操作篇、数控车床加工实训篇、数控铣床和加工中心加工实训篇 3 部分。书中每一个实例、程序均经过严格测试。

本书可作为高等职业院校的机械类专业教材, 也可供自学者使用。

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果
高等职业教育数控技术专业“双证课程”培养方案规划教材

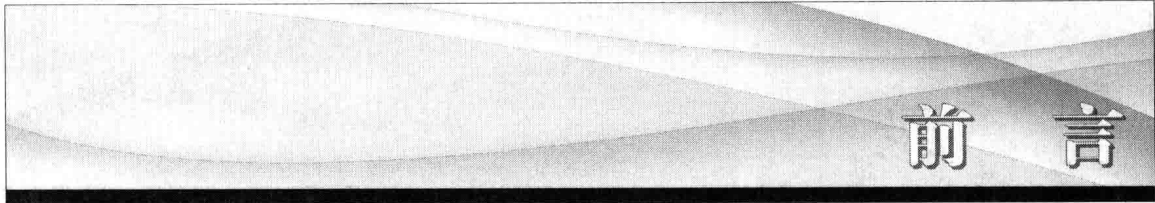
数控加工仿真与实训

-
- ◆ 主 编 景海平 张武奎
副 主 编 姜庆华 邹洪斌
责任编辑 潘新文
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 14.75 2010 年 9 月第 1 版
字数: 369 千字 2010 年 9 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-23341-7

定价: 27.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154



前言

随着我国高等职业教育的飞速发展,以及数控加工技术在机械制造领域的广泛应用,大批数控机床操作人员的专业培训成为迫切需要解决的问题。在传统的操作培训中,数控机床编程与操作的有效培训必须在真实的机床上进行。可是随着学生人数的增加,有限的机床数量难以保证每位学生都有足够的上机操作时间,同时,学生在真实的机床上操作还具有一定的不安全性,培训中的误操作经常会导致设备、刀具等的损坏,甚至可能引发人身伤害事故,增加了培训成本。因此,传统的机床操作培训方法效率低,教师工作量大,培训费用高,需要用更有效的方法来取代。

随着计算机技术的发展,尤其是虚拟现实理论和技术的发展,产生了可以模拟实际设备加工环境及其工作状态的计算机数控加工仿真系统。用计算机仿真技术进行培训,不仅可以迅速提高操作者的编程、操作技能,而且安全可靠、费用低。宇龙数控仿真软件是源自美国的基于虚拟现实技术的仿真软件,是一种富有价值的教学辅助工具,它可以实现对数控铣床、加工中心和数控车床加工零件全过程的仿真,其中包括工件的定义与选用,模拟加工,零件测量,数控程序输入、编辑和调试。它拥有 FANUC 数控系统、SIEMENS 数控系统、华中数控系统、广州数控系统等多种数控系统,具有多系统、多机床、多零件的加工仿真模拟功能。

本书是以宇龙数控仿真软件为依托,以普及率较高的 FANUC 0i 系列数控系统为基础编写的数控加工仿真实训配套教材。本书包括基础操作篇、数控车床加工实训篇、数控铣床和加工中心加工实训篇 3 部分,书中每一个实例、程序均经过严格测试,具有一定的参考价值。

本书由唐山职业学院姜庆华、太原城市职业技术学院张莉、太原城市职业技术学院雷丽萍、湖南城建职业学院邹洪斌编写第一篇,山西职业技术学院景海平、关锐钟、花峰编写第二篇,山西职业技术学院张武奎、谢永岗、蔡启培编写第三篇,参加本书图形处理、软件测试、录像制作的人员还有侯志利、武海燕。本书在编写过程中得到了上海宇龙软件有限公司的大力支持在此表示感谢!由于编者水平有限,书中存在疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

本书的辅助教学资料和实训项目操作录像等可从人民邮电出版社教学服务与资源网下载。

编者

2010 年 6 月

目 录

第一篇 基础操作

第 1 章 数控加工仿真基础知识	2	3.4.3 设置工件坐标系	18
1.1 数控加工仿真系统介绍	2	3.5 数控程序处理	18
1.1.1 软件功能介绍	2	3.5.1 导入数控程序	18
1.1.2 运行环境要求	3	3.5.2 数控程序管理	19
1.2 仿真系统安装	3	3.5.3 编辑程序	20
1.2.1 系统安装	3	3.5.4 导出数控程序	21
1.2.2 安装准备工作及注意事项	5	第 4 章 数控机床操作面板功能及操作介绍	22
1.3 仿真系统的启动与运行	6	4.1 数控车床操作面板功能介绍	22
1.3.1 启动加密锁管理程序	6	4.2 数控铣床和加工中心操作面板功能介绍	25
1.3.2 运行数控加工仿真系统	6	4.3 激活机床	27
1.3.3 用户名与密码	7	4.4 手动操作	27
1.4 仿真系统的工作界面	7	4.4.1 手动/连续方式	27
1.4.1 软件菜单	8	4.4.2 手动脉冲方式	28
1.4.2 工具栏	8	4.4.3 MDI 模式	28
1.4.3 机床显示区	9	第 5 章 数控车床编程要点及指令	29
1.4.4 数控系统面板	9	5.1 数控车床坐标系	29
1.4.5 机床操作面板	9	5.1.1 机床坐标系	29
第 2 章 数控加工仿真基本操作	10	5.1.2 工件坐标系	29
2.1 数控系统与机床的选择	10	5.1.3 机床参考点	30
2.2 机床/零件显示方式的设置	10	5.2 数控车床的编程特点	30
2.3 视图变换	11	5.3 数控系统的功能	31
2.3.1 视图变换	11	5.3.1 准备功能 (G 功能)	31
2.3.2 控制面板切换	12	5.3.2 辅助功能 (M 功能)	33
2.4 文件管理	12	5.3.3 其他功能代码	34
2.4.1 项目的新建、打开与保存	12	第 6 章 数控车床仿真系统操作	36
2.4.2 操作过程的记录及演示	12	6.1 机床准备	36
2.5 系统设置	13	6.1.1 机床选择	36
第 3 章 数控系统面板功能及操作介绍	14	6.1.2 机床激活	36
3.1 MDI 键盘功能说明	14	6.1.3 车床回参考点	37
3.2 机床位置界面	15	6.2 工件的定义和使用	37
3.3 程序管理界面	16	6.2.1 定义毛坯	37
3.4 参数设置界面	16	6.2.2 导出零件模型	38
3.4.1 数控车床刀具补偿参数的输入	16	6.2.3 导入零件模型	38
3.4.2 数控铣床和加工中心刀具补偿参数的输入	17		

6.2.4 放置零件	38	8.1 机床准备	53
6.2.5 调整零件位置	39	8.1.1 机床选择	53
6.2.6 一夹一顶装夹的使用	39	8.1.2 机床激活	53
6.3 车床刀具的选择和安装	39	8.1.3 机床回参考点	54
6.3.1 刀具的选择及安装	39	8.2 工件的定义和使用	54
6.3.2 数控车床 MDI 换刀操作	41	8.2.1 定义毛坯	54
6.4 对刀	41	8.2.2 导出零件模型	55
6.4.1 试切法设置工件坐标系	41	8.2.3 导入零件模型	55
6.4.2 试切法设置刀具偏置值	43	8.2.4 安装夹具	55
6.4.3 设置偏置值完成多把刀具的 对刀	43	8.2.5 放置零件	56
6.4.4 输入数控车床刀具补偿	44	8.2.6 调整零件位置	57
6.5 自动加工	44	8.2.7 数控铣床和加工中心压板的 使用	57
6.5.1 自动/连续方式	44	8.3 数控铣床和加工中心刀具的选择 和安装	58
6.5.2 自动/单段方式	45	8.3.1 刀具的选择及安装	58
6.5.3 检查运行轨迹	45	8.3.2 加工中心 MDI 换刀操作	59
6.6 车床工件测量	46	8.4 对刀	60
第 7 章 数控铣床和加工中心编程要点 及指令	47	8.4.1 刚性靠棒 X、Y 轴对刀	60
7.1 数控铣床和加工中心的坐标系	47	8.4.2 寻边器 X、Y 轴对刀	61
7.1.1 机床坐标系	47	8.4.3 塞尺检查法 Z 轴对刀	62
7.1.2 工件坐标系	47	8.4.4 试切法对刀	63
7.1.3 机床参考点	48	8.4.5 设置工件坐标系	64
7.2 数控铣削加工编程特点	48	8.4.6 数控铣床和加工中心输入刀具 补偿	66
7.3 数控系统的功能	50	8.5 自动加工	66
7.3.1 准备功能	50	8.5.1 自动/连续方式	66
7.3.2 辅助功能	51	8.5.2 自动/单段方式	67
7.3.3 其他功能指令	52	8.5.3 检查运行轨迹	67
第 8 章 数控铣床和加工中心仿真系统 操作	53	8.6 工件测量	68

第二篇 数控车床加工实训

实训一：G00/G01 指令的应用——零件 外圆加工	70	实训三：G90/G94 单一循环指令的 应用——零件外圆加工	85
一、实训目的	70	一、实训目的	85
二、必备知识	70	二、必备知识	85
三、操作实例	71	三、操作实例	86
四、实训练习题	77	四、实训练习题	92
实训二：G02/G03 指令的应用——零件 的圆弧加工	78	实训四：G32/G92/G76 指令的应用—— 零件的螺纹加工	93
一、实训目的	78	一、实训目的	93
二、必备知识	78	二、必备知识	93
三、操作实例	79	三、操作实例	95
四、实训练习题	84	四、实训练习题	102

实训五：G71 指令的应用——外圆粗切循环加工零件	103
一、实训目的	103
二、必备知识	103
三、操作实例	104
四、实训练习题	110
实训六：G72 指令的应用——端面粗切循环加工零件	112
一、实训目的	112
二、必备知识	112
三、操作实例	113
四、实训练习题	119
实训七：G73 指令的应用——封闭切削循环加工零件	121

一、实训目的	121
二、必备知识	121
三、操作实例	122
四、实训练习题	128
实训八：数控车床综合练习	129
一、实训目的	129
二、必备知识	129
三、操作实例	130
四、实训练习题	136
实训九：数控车床仿真实训综合测试	137
一、操作过程的记录及演示	137
二、数控车床仿真实训综合测试	138
三、实训操作考核标准	140

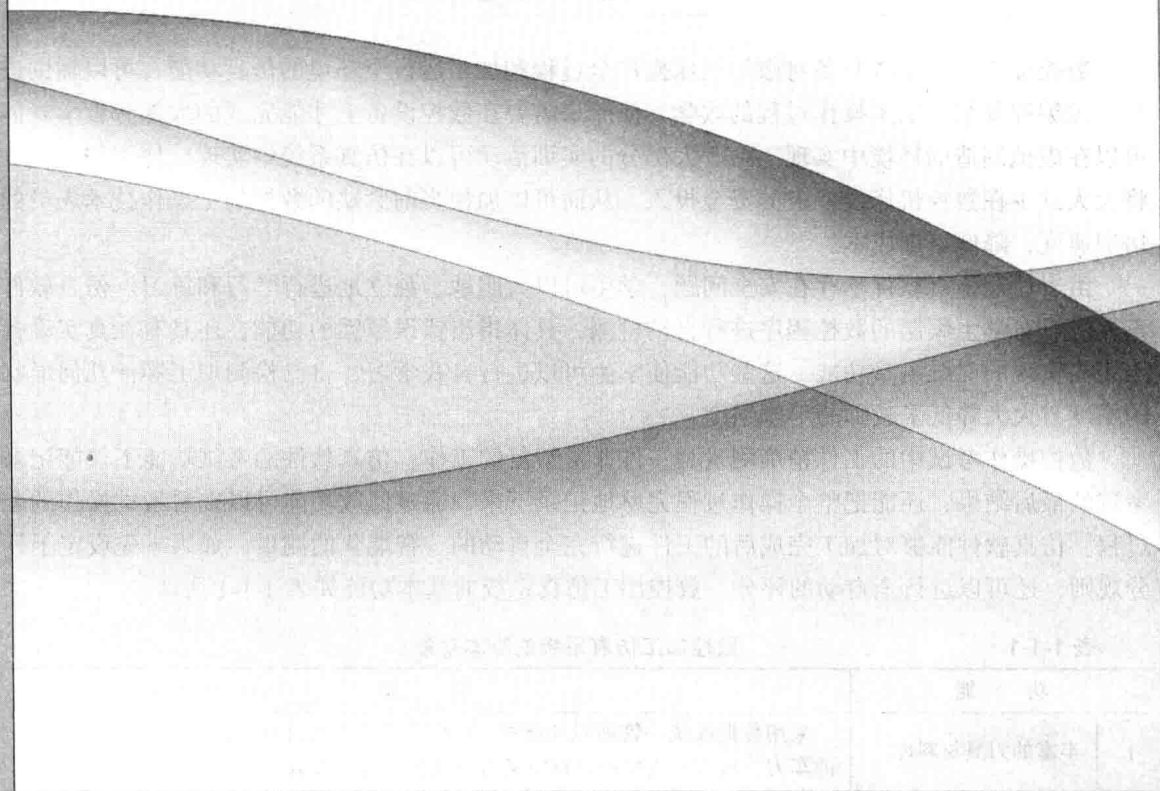
第三篇 数控铣床和加工中心加工实训

实训一：G00/G01 指令的应用——零件的槽加工	142
一、实训目的	142
二、必备知识	142
三、操作实例	143
四、实训练习题	149
实训二：G02/G03 指令的应用——零件的外轮廓加工	150
一、实训目的	150
二、必备知识	150
三、操作实例	151
四、实训练习题	157
实训三：G43/G44 指令的应用——零件的槽加工	158
一、实训目的	158
二、必备知识	158
三、操作实例	159
四、实训练习题	165
实训四：G41/G42 指令的应用——零件的型腔加工	166
一、实训目的	166
二、必备知识	166
三、操作实例	167
四、实训练习题	174
实训五：M98/M99 指令的应用——零件的外轮廓加工	176
一、实训目的	176
二、必备知识	176
三、操作实例	177
四、实训练习题	184

实训六：G27/G28 指令的应用——零件的型腔加工	186
一、实训目的	186
二、必备知识	186
三、操作实例	187
四、实训练习题	194
实训七：G81/G83 指令的应用——孔系工件的加工	196
一、实训目的	196
二、必备知识	196
三、操作实例	197
四、实训练习题	204
实训八：数控铣床和加工中心综合练习	205
一、实训目的	205
二、必备知识	205
三、操作实例	206
四、实训练习题	214
实训九：数控铣床和加工中心实训综合测试	216
一、操作过程的记录及演示	216
二、数控铣床和加工中心仿真实训综合测试	217
三、实训操作考核标准	219
附录一 FANUC 数控指令格式	220
附录二 FANUC 数控指令	222
附录三 数控仿真系统常见问题及解决方法	228
参考文献	230

第一篇

基础操作



第1章

数控加工仿真基础知识

1.1

数控加工仿真系统介绍

上海宇龙软件工程有限公司的“数控加工仿真系统”是一个应用虚拟现实技术进行数控加工操作技能培训和考核的仿真软件。

1.1.1 软件功能介绍

数控加工仿真系统具备对数控机床操作全过程和加工运行全环境的仿真功能，可以辅助进行数控编程及整个加工操作过程的教学，使原来需要在数控设备上才能完成的大部分教学功能可以在虚拟制造的环境中实现。由于大部分的实训活动可以在仿真系统中实现，使用仿真软件将大大减少在数控机床设备上的资金投入，从而可以加快当前紧缺的数控加工操作技术人员的培训速度，降低培训成本。

由于使用仿真软件不存在安全问题，学生可以大胆地、独立地进行学习和练习。仿真软件不仅具有对学生编制的数控程序进行自动检测，具体指出错误原因的功能，还具有在真实设备上无法实现的三维测量功能。这些功能使学生可以进行自我学习，自己检测加工零件几何形状的精度，大大降低了教师的工作强度。

数控操作考试中的工件精确测量是一件非常繁复的工作，仿真软件的考试功能不仅能记录考试的最后结果，还能把整个操作过程完整地记录下来，通过回放功能可以查看考试操作的全过程。仿真软件能够对加工完成后的工件进行完全自动的、智能化的测量，如果事先设定了评分规则，还可以进行全自动的评分。数控加工仿真系统的基本功能如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1

数控加工仿真系统的基本功能

功 能		描 述
1	丰富的刀具材料库	采用数据库统一管理刀具材料、特性参数；含数百种不同材料、类型和形状的车刀、铣刀；支持用户自定义刀具及相关特性参数

续表

功 能		描 述
2	机床操作全过程仿真	仿真机床操作的整个过程,包括毛坯定义、工件装夹、压板安装、基准对刀、刀具安装及机床手动操作
3	加工运行全环境仿真	具有多种数控程序的运行模式,可以进行三维工件的实时切削,三维刀具轨迹的显示,也可进行刀具补偿、坐标系设置等系统参数的设定
4	全面的碰撞检测	可进行手动、自动加工等模式下的实时碰撞检测,包括刀柄、刀具与夹具、压板之间的碰撞,机床行程越界,主轴不转时刀柄、刀具与工件等的碰撞
5	数控程序处理	可以导入各种 CAD/CAM 软件生成或自行编写的数控程序,如 Pro/E、UG、CAXA-ME、Mastercam 等;可进行数控程序的编辑、输入(支持键盘输入)、输出;特有数控程序预检查和运行中的动态检查功能
6	加工工件测量	可实现对零件模型的三维测量,可以对加工工件的直径、长度、圆弧半径、端面距离等进行测量
7	考试及自动评分	可实现仿真考试的自动评分,即可根据考试前事先设定的评分标准对考试的操作过程及工件的尺寸(直径、长度、圆弧半径、端面距离等)进行自动评分;可实现考试结果的自动保存、考试操作过程的自动记录以及考试过程的回放(亦可快速回放到错误点)
8	互动教学	在局域网内可以实现教师、学生操作过程的实时双向互动观察

1.1.2 运行环境要求

数控加工仿真系统采用客户机—服务器结构,运行于局域网系统,要求安装有 TCP/IP。

- 硬件配置: CPU PII 350 以上、主内存 64MB 及以上、显存 8MB 及以上、显示分辨率 1 024 × 768 及以上。
- 操作系统: 中文版 Windows 98、Windows 2000、Windows XP、Windows7 均可使用。

1.2

仿真系统安装

1.2.1 系统安装

将“数控加工仿真系统”的安装光盘放入光驱。在“资源管理器”中打开光盘,在显示的文件夹目录中单击“数控加工仿真系统”的文件夹,打开文件夹后,在显示的文件名目录中双击 图标,系统弹出如图 1-1-1 所示的安装向导界面。

安装准备完成后,系统接着弹出“欢迎”界面,如图 1-1-2 所示。

单击“下一步”按钮进入“选择安装类型”界面,如图 1-1-3 所示,选择“教师机”或“学生机”。

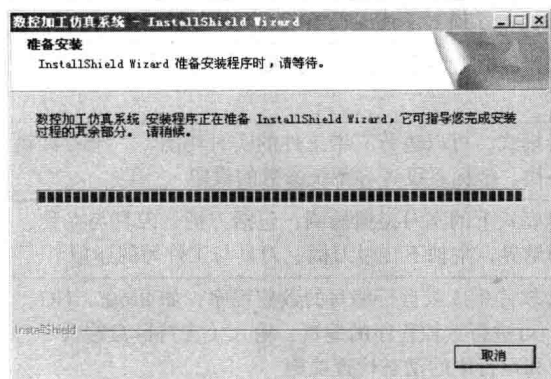


图 1-1-1 安装向导界面

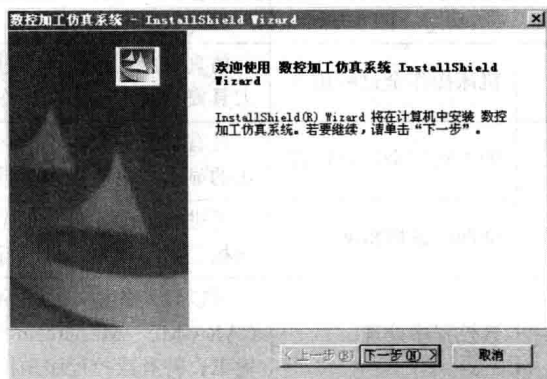


图 1-1-2 数控加工仿真系统“欢迎”界面

选择合适的安装类型后单击“下一步”按钮, 系统接着弹出“许可证协议”界面, 如图 1-1-4 所示, 选择“我接受许可证协议中的条款”单选按钮。

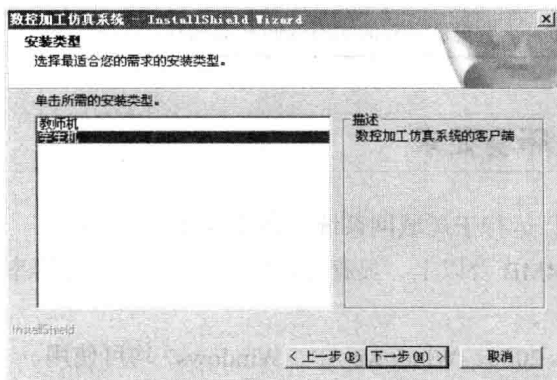


图 1-1-3 “选择安装类型”界面

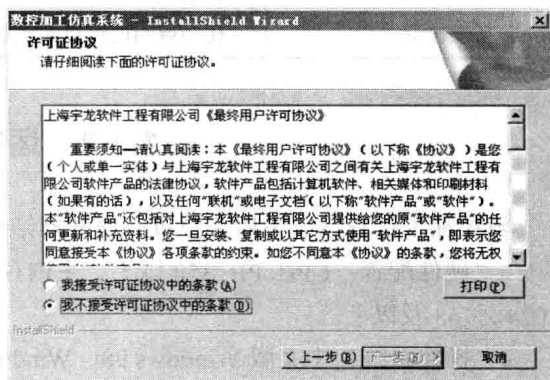


图 1-1-4 “许可证协议”界面



如果选择了“我不接受许可证协议中的条款”, 安装将被终止。

单击“下一步”按钮, 系统弹出“选择目的地位置”界面, 如图 1-1-5 所示在“目的地文件夹”中单击“浏览”按钮, 选择所需的目的地文件夹, 默认的是“C:\Program Files\数控加工仿真系统”。

目的地文件夹选择完成后, 单击“下一步”按钮, 系统进入“可以安装该程序了”界面, 如图 1-1-6 所示。

单击“安装”按钮, 此时弹出数控加工仿真系统的安装界面, 如图 1-1-7 所示。

安装完成后, 系统会弹出“问题”对话框, 询问“是否要在桌面上安装数控加工仿真系统的快捷方式?” 如图 1-1-8 所示。

创建快捷方式后, 即可单击“完成”按钮, 完成仿真软件的安装, 如图 1-1-9 所示。

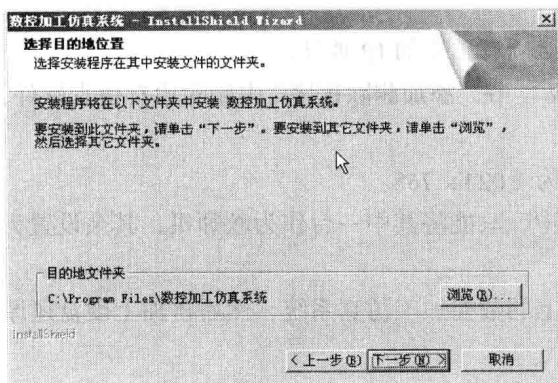


图 1-1-5 “选择目的地位置”界面

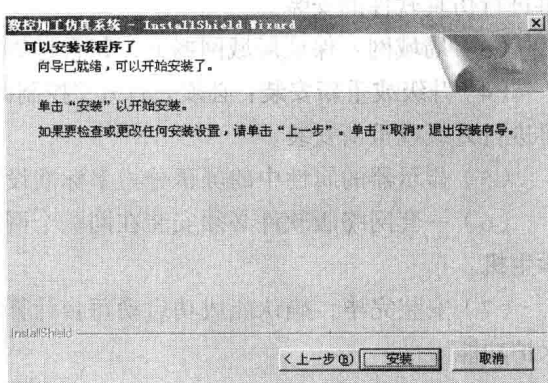


图 1-1-6 “可以安装该程序了”界面

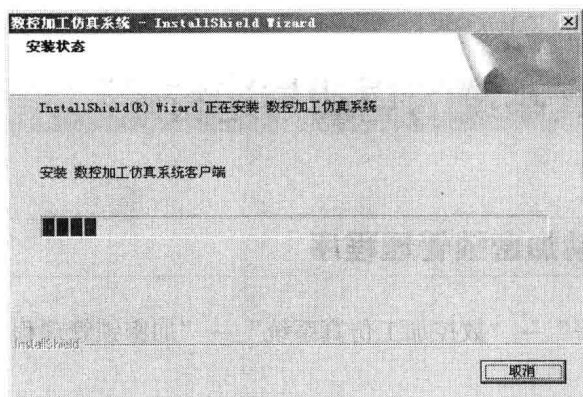


图 1-1-7 数控加工仿真系统安装界面

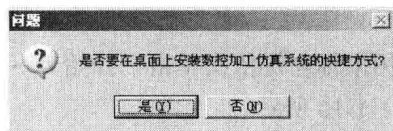


图 1-1-8 “问题”对话框

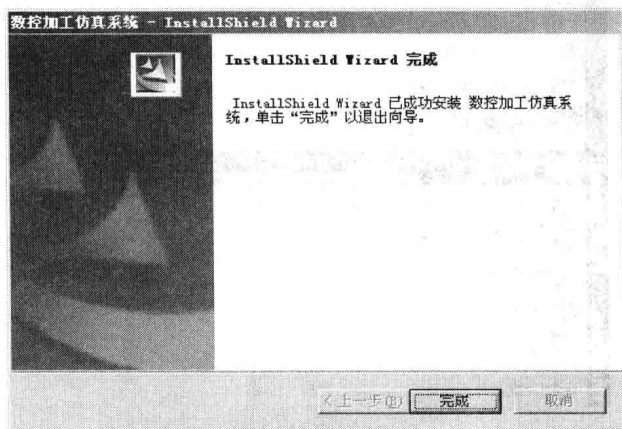


图 1-1-9 安装完成界面

1.2.2 安装准备工作及注意事项

- (1) 安装光盘：安装前可将光盘内容复制到硬盘，并将该目录设置为共享目录，以提高安装速度，便于多台学生机（无光驱）同时进行安装。
- (2) 有硬盘保护的情况：如计算机装有硬盘还原保护软件，在安装前须取消还原保护功能，

再进行仿真软件的安装。

(3) 局域网：保证局域网畅通，每台计算机必须有独立的 IP 地址。

(4) 升级或重新安装：必须先打开“控制面板”，在“添加删除程序”中删除原有仿真软件，再进行升级或重新安装。

(5) 显示器的属性中的屏幕分辨率标准设置为 $1\ 024 \times 768$ 。

(6) 一套网络版软件必须安装在同一个网段中，只能将其中一台作为教师机，其余设置为学生机。

(7) 安装完毕，确认能成功启动每台计算机上的数控加工仿真系统，然后再加上硬盘还原保护功能。

1.3

仿真系统的启动与运行

1.3.1 启动加密锁管理程序

用鼠标左键依次单击“开始”→“程序”→“数控加工仿真系统”→“加密锁管理程序”，如图 1-1-10 所示。



图 1-1-10 启动加密锁管理程序

加密锁程序启动成功后，屏幕右下方的工具栏中将出现“”图标。

1.3.2 运行数控加工仿真系统

依次单击“开始”→“程序”→“数控加工仿真系统”→“数控加工仿真系统”（也可以双击桌面快捷方式图标），系统将弹出如图 1-1-11 所示的“用户登录”界面。



图 1-1-11 “用户登录”界面

此时，可以通过单击“快速登录”按钮进入数控加工仿真系统的操作界面或通过输入用户名和密码，再单击“登录”按钮，进入数控加工仿真系统。



在局域网内使用本软件时，必须按上述方法先在教师机上启动“加密锁管理程序”，等到教师机屏幕右下方的工具栏中出现“”图标后，才可以在学生机上依次单击“开始”→“程序”→“数控加工仿真系统”→“数控加工仿真系统”登录到软件的操作界面。

1.3.3 用户名与密码

宇龙数控仿真软件默认有如下两个用户名。

- (1) 管理员用户名: manage; 密码: system; 一般用于系统设置和考试模式。
- (2) 一般用户名: guest; 密码: guest。



一般情况下，在使用授课模式和练习模式时，单击“快速登录”按钮登录即可。

1.4

仿真系统的工作界面

宇龙仿真软件界面由菜单栏、工具栏、机床显示区和操作面板 4 部分组成，其中操作面板包括右上角的数控系统面板和右下角的机床操作面板，如图 1-1-12 所示。

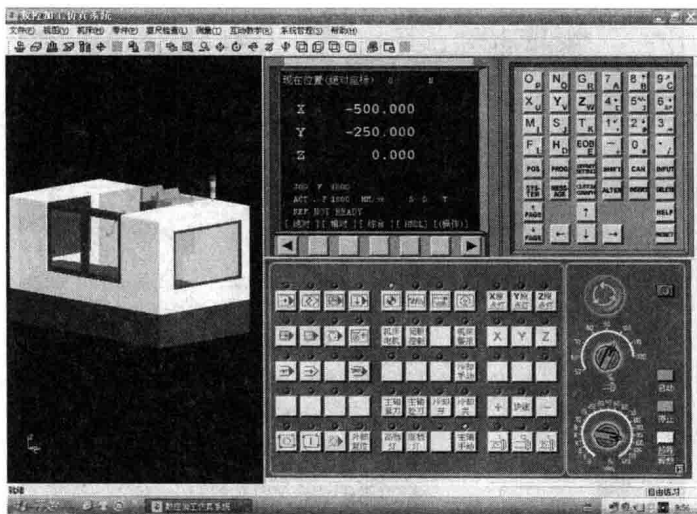


图 1-1-12 仿真系统工作界面

1.4.1 软件菜单

宇龙仿真软件菜单栏包括软件本身所有功能指令，主要有：文件、视图、机床、零件、塞尺检查、测量等，如图 1-1-13 所示。

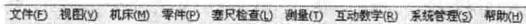


图 1-1-13 菜单栏

- 文件：“项目”的保存、“零件模型”的导入与导出、操作过程“记录”与“演示”等。
- 视图：旋转、缩放、移动视图。
- 机床：选择机床、刀具、基准工具等。
- 零件：定义毛坯、夹具、工件安装等。
- 塞尺检查：用于铣床对刀。
- 测量：测量零件尺寸。
- 互动教学：选择授课模式或考试模式。
- 系统管理：机床、用户、刀具管理以及系统设置。

1.4.2 工具栏

宇龙仿真软件的工具栏包括软件操作的一些常用功能按钮，如图 1-1-14 所示，单击快捷按钮可以快速进行相应的操作。当光标指向各按钮时，系统会立即提示其功能名称，同时在屏幕底部的状态栏里显示该功能的详细说明。

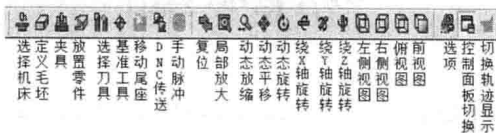


图 1-1-14 工具栏