

VERICUT SHUKONG XIXIAO JIAGONG
CONG RUMEN DAO JINGTONG

附赠实例文件

VERICUT数控铣削加工 从入门到精通

黄雪梅 编著



化学工业出版社

VERICUT SHUKONG XIXIAO JIAGONG
GONG RUMEN DAO JINGTONG

VERICUT数控铣削加工 从入门到精通

黄雪梅 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

VERICUT 软件是目前国际公认的专业数控机床加工仿真软件。本书应用该软件说明三轴数控铣削加工程序验证与虚拟加工的相关技术与方法。本书分为 3 章。第 1 章为 VERICUT 实施虚拟铣削加工所必需的基本技术,包括项目树的基本内容与配置方法、虚拟加工过程的基本控制方法、仿真完成后零件的基本测量方法、三轴铣床与加工刀具的配置方法、虚拟铣削对刀方法、模板项目文件配置方法等内容。第 2 章与第 3 章结构类似,分别围绕 FANUC 30im/31im 与 SINUMERIK 840D 两种主流数控系统,说明了在具体虚拟加工仿真环境中,三轴铣削数控程序编制与虚拟铣削加工实施与验证技术。三轴铣削编程的主要内容包括基本轮廓轨迹铣削、铣削高级编程方法、铣削刀具补偿、钻镗加工循环、西门子铣削加工循环、FANUC 宏程序编程、西门子 R 参数编程等,书中均进行了详细说明。通过本书可以了解与掌握 VERICUT 三轴铣削仿真的技术与方法,学习与实践三轴铣削编程技术。同时在本书三轴铣削仿真技术基础上,可为进一步学习多轴加工编程与虚拟加工技术奠定坚实基础。

本书可作为高等院校、职业院校机械制造、数控技术、机电一体化专业的技术用书,也可作为 VERICUT 仿真技术的培训教材,还可供从事数控技术的相关技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

VERICUT 数控铣削加工从入门到精通/黄雪梅编
著. —北京:化学工业出版社, 2017. 11
ISBN 978-7-122-30537-4

I. ①V… II. ①黄… III. ①数控机床-铣削-程序
设计 IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 213416 号

责任编辑:张兴辉
责任校对:边 涛

文字编辑:陈 喆
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:三河市延风印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 332 千字 2018 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

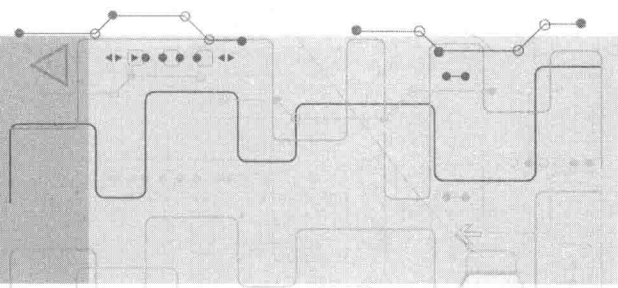
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 69.00 元

版权所有 违者必究

前言

Foreword



VERICUT 软件由美国 CGTECH 公司开发,是目前国际公认专业数控机床加工仿真软件。该软件能够真实模拟数控加工过程中刀具的切削与机床的运动过程,实现对数控加工程序的验证、机床运动过程中可能出现的干涉碰撞检验、加工后的零件分析,同时还可以优化加工程序、记录各不同加工阶段加工毛坯零件的加工状态与数据、实现多工序加工、输出加工报表等实用功能。在实际加工过程之前,通过 VERICUT 软件对数控加工过程的仿真校验,能够有效排除程序中存在的错误及机床干涉碰撞、过切欠切、超行程等问题,优化加工工艺。

在工程教育与数控技术培训领域,VERICUT 通过有效的虚拟加工仿真环境构建与典型切削加工程序的开发,可以为该领域提供有力的技术支持工具。本书即针对切削加工基础的加工形式——铣削加工,应用 VERICUT 软件,说明数控程序验证与虚拟加工的相关技术与方法。

本书分 3 章。第 1 章为 VERICUT 实施虚拟铣削加工所必需的基本技术,包括项目树的基本内容与配置方法、虚拟加工过程的基本控制方法、仿真完成后零件的基本测量方法、三轴铣床与加工刀具的配置方法、虚拟铣削对刀方法、模板项目文件配置方法等内容。第 2 章与第 3 章结构类似,分别围绕 FANUC 30im/31im 与 SINUMERIK 840D 两种主流数控系统,说明了在具体虚拟加工仿真环境中,三轴铣削数控程序编制与虚拟铣削加工实施与验证技术。三轴铣削编程的主要内容,包括基本轮廓轨迹铣削、铣削高级编程方法、铣削刀具补偿、钻镗加工循环、西门子铣削加工循环、FANUC 宏程序编程、西门子 R 参数编程等,书中均进行了详细说明。通过本书可以了解与掌握 VERICUT 三轴铣削仿真的技术与方法,学习三轴铣削编程技术。同时在本书三轴铣削仿真技术基础上,可为进一步学习多轴加工编程与虚拟加工技术奠定坚实基础。

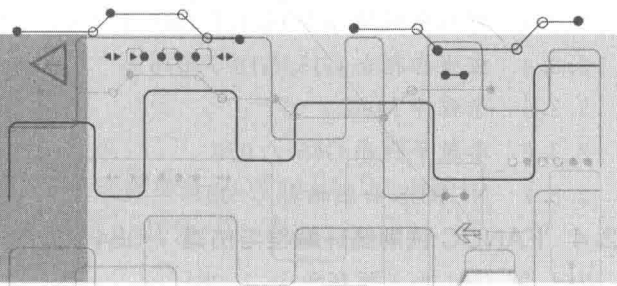
本书可作为高等院校、职业院校机械制造、数控技术、机电一体化专业的技术用书,也可作为 VERICUT 仿真技术的培训教材,还可供数控技术的相关技术人员参考。

本书由哈尔滨工程大学黄雪梅编著。本书写作过程中参考与学习了国内外相关文献和技术资料,也深入学习了各数控装备与技术提供商提供的网络在线培训课程,如山特维克可乐满、海德汉等公司,从其教学内容与教学手段方面获得了很大启发。但由于技术不断向前发展,学无止境,个人水平所限,对先进数控设备的实际操作经验较为匮乏,书中不足之处在所难免,敬请同行与专家批评指正,个人邮箱 xmhuang@hrbeu.edu.cn,期待提出宝贵意见,广泛交流,共同提高!

黄雪梅

目录

CONTENTS



第1章 铣削仿真基础知识 / 001

1.1 VERICUT 软件基本介绍 / 001

1.1.1 软件简介 / 001

1.1.2 软件主要功能 / 001

1.2 Vericut 加工仿真基本过程 / 006

1.3 仿真过程基本控制方法 / 009

1.3.1 设置加工仿真过程 / 010

1.3.2 控制仿真过程 / 013

1.4 仿真结果测量 / 016

1.5 项目模板文件 / 025

1.5.1 生成项目模板 / 025

1.5.2 使用项目模板 / 028

1.5.3 对刀 / 030

1.5.4 构建机床 / 035

1.5.5 构建刀具 / 041

第2章 FANUC 铣削加工程序验证与虚拟加工 / 049

2.1 仿真用 FANUC 铣削加工中心模板项目文件 / 049

2.1.1 模板项目文件主要设备配置与功能 / 049

2.1.2 三坐标铣床的设置与功能 / 050

2.1.3 切削刀具设置 / 052

2.1.4 对刀 / 053

2.2 FANUC 基本铣削命令 / 056

2.2.1 直线运动命令 G00/G01 / 056

2.2.2 圆弧运动命令 G02/G03 / 058

2.2.3 刀具补偿指令 G41/G42/G43 / 061

2.2.4 刀补实例——同一刀具不同刀补值设定实现铣削粗精加工 / 067

2.2.5 刀补实例——正负刀补值设定实现相互配合凸凹件同一数控程序加工 / 069

2.3 FANUC 高级铣削命令 / 071

2.3.1 子坐标系指令 G52 / 071

2.3.2 坐标系旋转指令 G68/G69 / 073

- 2.3.3 可编程镜像指令 G51.1/G50.1 / 075
- 2.3.4 极坐标指令 G15/G16 / 076
- 2.3.5 子程序 M98 / 077
- 2.3.6 参数子程序 G65 / 079
- 2.3.7 NURBS 曲线插补 / 081
- 2.4 FANUC 铣削循环编程与仿真 / 084
 - 2.4.1 G81 加工循环命令 / 085
 - 2.4.2 G82 加工循环命令 / 085
 - 2.4.3 G83 加工循环命令 / 086
 - 2.4.4 G84 加工循环命令 / 087
 - 2.4.5 G85 加工循环命令 / 088
 - 2.4.6 G86 加工循环命令 / 089
 - 2.4.7 G88 加工循环命令 / 090
 - 2.4.8 G89 加工循环命令 / 091
 - 2.4.9 G73 加工循环命令 / 092
- 2.5 公式曲线铣削宏程序编程与虚拟加工仿真 / 093
 - 2.5.1 FANUC 系统宏程序编程 / 093
 - 2.5.2 椭圆曲线编程与加工 / 096
 - 2.5.3 正方形及圆弧曲线编程与铣削加工 / 097
 - 2.5.4 抛物线曲线编程与加工 / 099
 - 2.5.5 双曲线编程与加工 / 100
- 2.6 轮廓及型腔铣削宏程序编程与虚拟加工仿真 / 102
 - 2.6.1 椭圆轮廓编程与加工 / 102
 - 2.6.2 正六边形轮廓编程与加工 / 103
- 2.7 三维曲面铣削宏程序编程与虚拟加工仿真 / 104
 - 2.7.1 立铣刀倒凸圆角编程与加工 / 104
 - 2.7.2 立铣刀倒凹圆角编程与加工 / 107
 - 2.7.3 立铣刀倒斜角编程与加工 / 109
 - 2.7.4 球头刀倒凸圆角编程与加工 / 111
 - 2.7.5 球头刀倒凹圆角编程与加工 / 114
 - 2.7.6 球头刀倒斜角编程与加工 / 116
 - 2.7.7 立铣刀铣削半圆凸球编程与加工 / 119
 - 2.7.8 椭圆轮廓倒凸圆角编程与加工 / 120

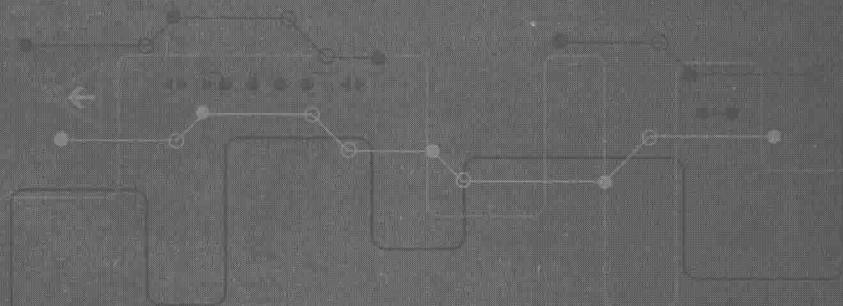
第3章 SINUMERIK 840D 铣削加工程序验证与虚拟加工 / 122

- 3.1 仿真用 SINUMERIK 840D 铣削加工中心模板项目文件 / 122
 - 3.1.1 模板项目文件主要设备配置与功能 / 122
 - 3.1.2 三坐标铣床的设置与功能 / 123
 - 3.1.3 切削刀具设置 / 124

- 3.1.4 对刀方法 / 126
- 3.2 基本铣削命令 / 129
 - 3.2.1 直线运动指令 G00/G01 / 129
 - 3.2.2 圆弧插补指令 G02/G03 / 132
 - 3.2.3 坐标轴平移指令 TRANS/ATRANS 与旋转指令 ROT/AROT / 135
 - 3.2.4 可编程比例缩放指令 SCALE/ASCALE / 136
 - 3.2.5 可编程镜像指令 MIRROR/AMIRROR / 138
 - 3.2.6 可编程坐标系控制 \$P_PFRAME / 139
 - 3.2.7 子程序编程 / 142
- 3.3 SINUMERIK840D 铣削刀具补偿仿真 / 143
- 3.4 SINUMERIK 840D 钻镗循环编程与仿真 / 147
 - 3.4.1 普通钻削循环 CYCLE81 / 147
 - 3.4.2 钻削与镗平面循环 CYCLE82 / 149
 - 3.4.3 深孔钻削循环 CYCLE83 / 150
 - 3.4.4 攻螺纹, 不带补偿衬套循环 CYCLE84 / 152
 - 3.4.5 攻螺纹, 带补偿衬套循环 CYCLE840 / 154
 - 3.4.6 镗孔循环 CYCLE85 / 156
 - 3.4.7 镗孔循环 CYCLE86 / 158
 - 3.4.8 镗孔循环 CYCLE87 / 160
 - 3.4.9 螺纹铣削循环 CYCLE90 / 161
- 3.5 SINUMERIK840D 铣削循环编程与仿真 / 163
 - 3.5.1 平面铣削 CYCLE71 / 163
 - 3.5.2 轨迹铣削 CYCLE72 / 165
 - 3.5.3 铣削矩形轴颈 CYCLE76 / 166
 - 3.5.4 铣削环形轴颈 CYCLE77 / 168
 - 3.5.5 铣削矩形槽 POCKET1 / 169
 - 3.5.6 铣削环形凹槽 POCKET2 / 171
 - 3.5.7 铣削矩形凹槽 POCKET3 / 172
 - 3.5.8 铣削环形凹槽 POCKET4 / 174
 - 3.5.9 铣圆弧上长形孔 LONGHOLE / 175
 - 3.5.10 铣圆弧上键槽 SLOT1 / 176
 - 3.5.11 成排孔铣削 HOLES1 和圆周孔铣削 HOLES2 / 178
 - 3.5.12 雕刻循环命令 CYCLE60 / 180
 - 3.5.13 加工实例 / 182
- 3.6 公式曲线铣削宏程序编程与虚拟加工仿真 / 189
 - 3.6.1 SIEMENS 系统 R 参数编程 / 189
 - 3.6.2 圆曲线编程与铣削 / 190
 - 3.6.3 椭圆曲线编程与铣削 / 191
 - 3.6.4 抛物线编程与铣削 / 192

- 3.6.5 双曲线编程与铣削 / 194
- 3.6.6 正弦及余弦曲线编程与铣削 / 195
- 3.6.7 渐开线编程与铣削 / 197
- 3.6.8 心形线编程与铣削 / 198
- 3.6.9 等速螺线编程与铣削 / 200
- 3.6.10 星形线编程与铣削 / 201
- 3.6.11 阿基米德螺线编程与铣削 / 201
- 3.7 轮廓及型腔铣削宏程序编程与虚拟加工仿真 / 203
 - 3.7.1 椭圆轮廓编程与铣削 / 203
 - 3.7.2 椭圆型腔编程与铣削 / 205
- 3.8 三维曲面铣削宏程序编程与虚拟加工仿真 / 207
 - 3.8.1 立铣刀加工凸半球编程与铣削 / 207
 - 3.8.2 球头铣刀加工凸半球编程与铣削 / 208
 - 3.8.3 立铣刀加工圆台编程与仿真 / 209
 - 3.8.4 天圆地方凸台编程与铣削 / 211

参考文献 / 213



第 1 章

铣削仿真基础知识

1.1 VERICUT 软件基本介绍

1.1.1 软件简介

VERICUT 软件是美国 CGTECH 公司开发的专业数控机床加工仿真软件，能够真实模拟数控加工过程中刀具的切削与机床的运动过程，实现对数控加工程序的验证、机床运动过程中可能出现的干涉碰撞检验、加工后的零件分析，同时还可以优化加工程序、记录各不同加工阶段加工毛坯零件的加工状态与数据、实现多工序加工、输出加工报表等实用功能。在实际加工过程之前，通过 VERICUT 软件对数控加工过程的仿真校验，能够有效排除程序中存在的错误及机床干涉碰撞、过切欠切、超行程等问题，从而取代或简化传统的切削件试切方式，节省时间，降低加工成本。

VERICUT 软件能够提供高真实度的机械加工过程仿真，功能涵盖机械加工过程中的数控车、数控铣、多轴、车铣复合及多轴机器人加工等。同时软件配置了世界著名与目前国内通用的控制系统，如 FANUC、SIEMENS、HEIDENHAIN、华中、广数等。软件还对目前世界著名厂家的典型机床设备进行绘制，能够提供如 DMG、MAZAK、MORI_SEIKI、HERMLE、OKUMA、DOOSAN 等厂家的机床模型，在以上设备与系统的虚拟加工环境中真实模拟零件的加工过程。软件还提供个性化设备的配置定制能力，用户可以根据自有机床与控制系统的实际情况，在软件中进行个性化配置，从而实现高真实度的模拟加工。

VERICUT 软件目前已广泛应用在航空、航天、船舶、汽车、能源等多行业中。

1.1.2 软件主要功能

(1) 数控程序验证与机床仿真

VERICUT 可以搭建与实际加工环境极为酷似的虚拟仿真环境，提供机床、切削刀具、

夹具等的数字模型，模拟高真实度的零件机构制造过程，是进行程序验证、机床仿真的理想平台。图 1-1～图 1-10 是相关仿真实例。

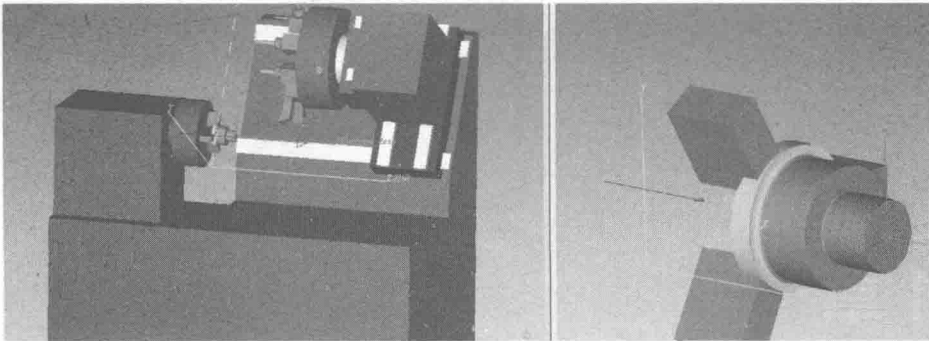


图 1-1 2 轴车削

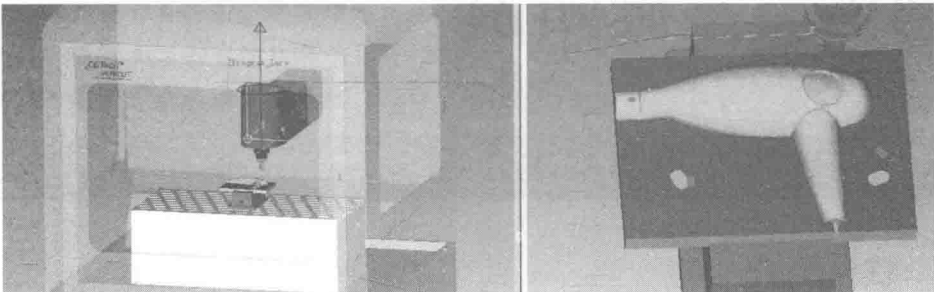


图 1-2 3 轴铣削

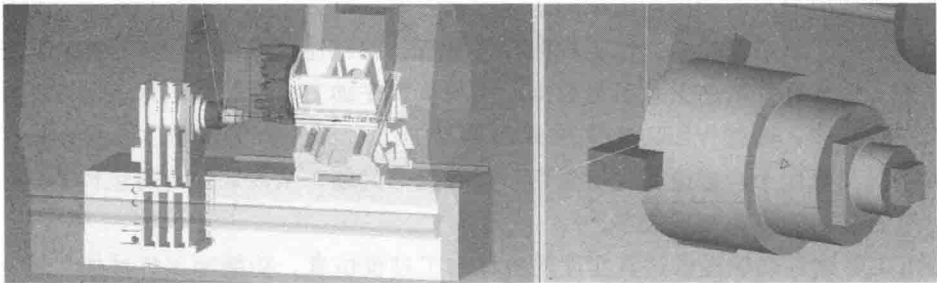


图 1-3 简单车铣加工

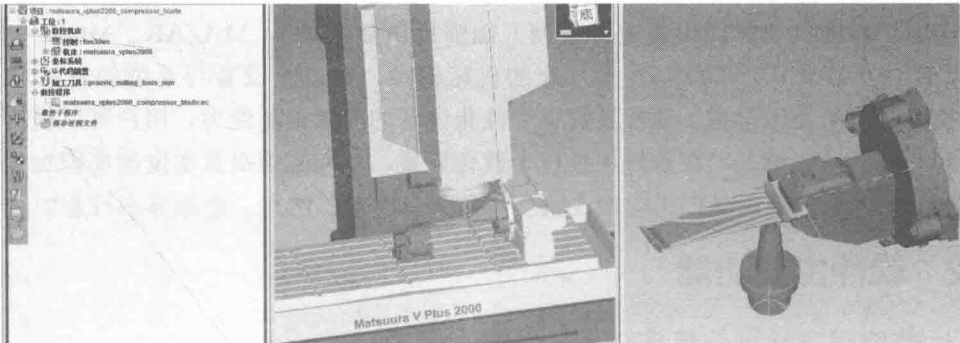


图 1-4 4 轴铣削加工

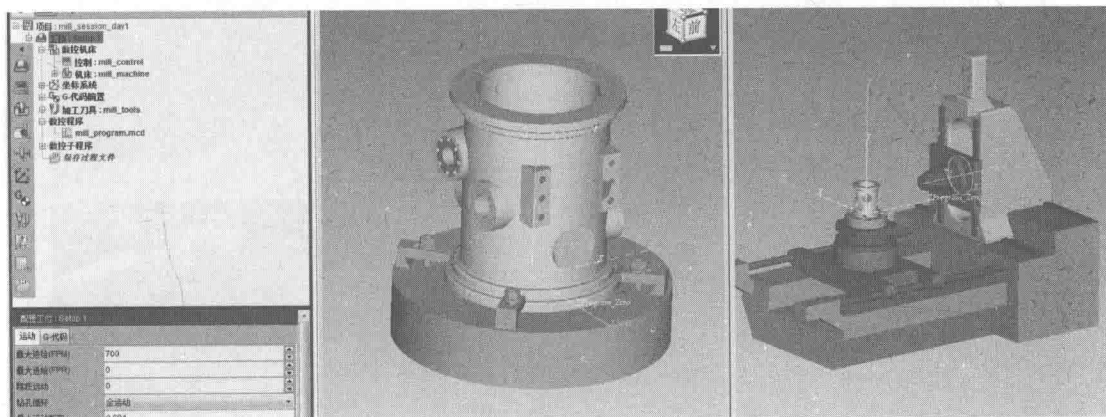


图 1-5 卧式加工中心



图 1-6 HERMLE_C30 五轴双转台加工中心

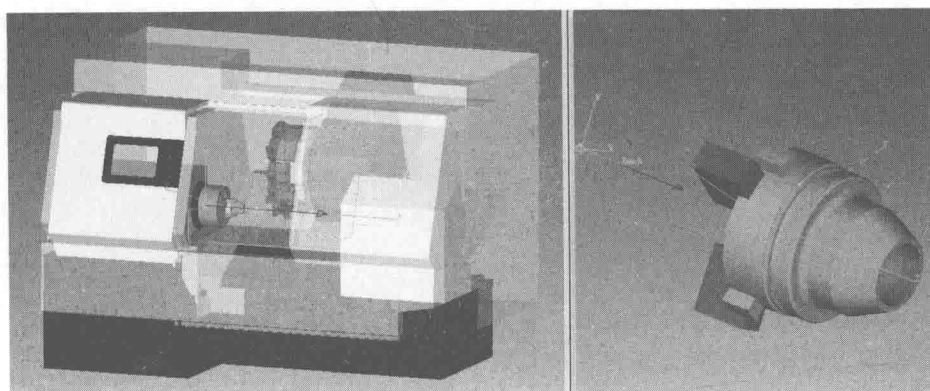


图 1-7 MAZAK QTN250MY 车削加工中心

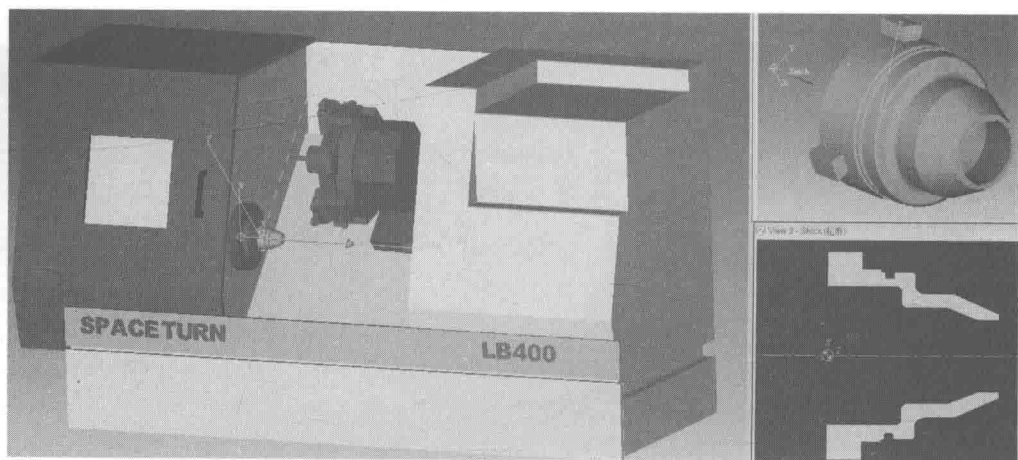


图 1-8 OKUMA _ LB400L 车削加工中心

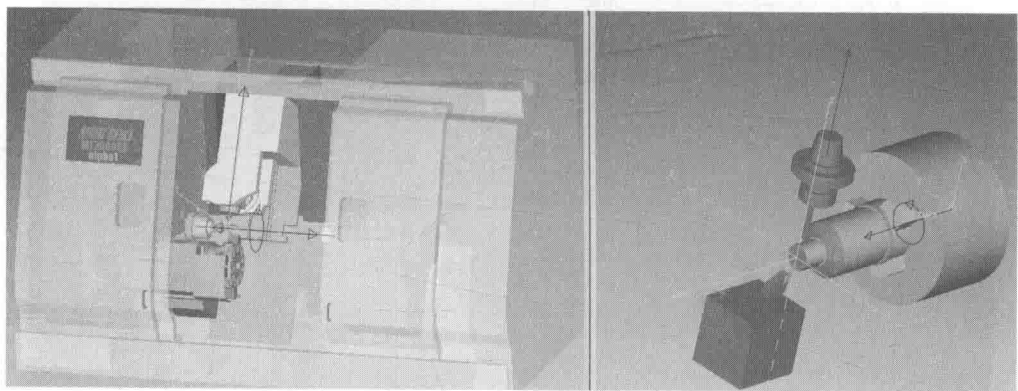


图 1-9 MORI SEIKI MT2000 车铣加工中心

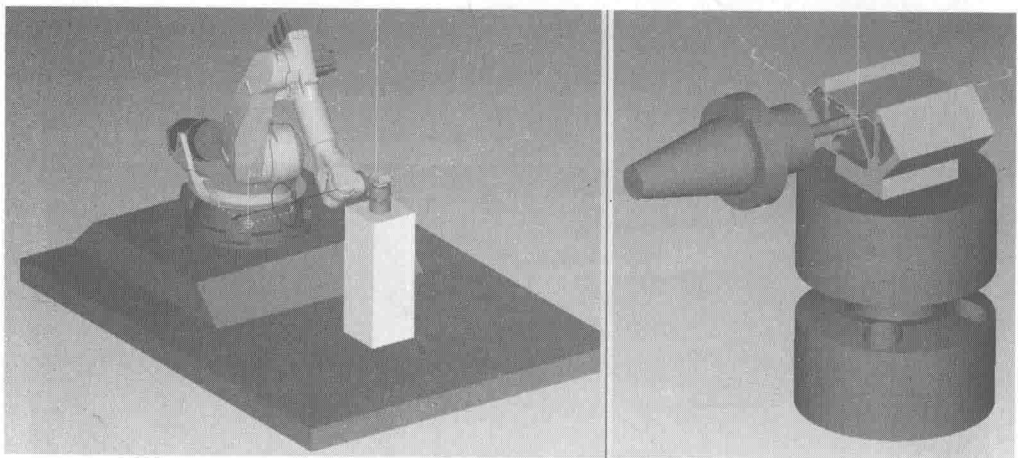


图 1-10 机器人仿真

(2) 零件工序间及最终加工结果分析

VERICUT 可以对虚拟加工过程中及加工后的零件进行全面分析，包括形状、位置和质量，分析与排除零件在实际加工之前存在的问题，提高加工质量与首件加工成功率。图 1-11

是对加工后的零件进行测量，图 1-12 是将加工后零件与零件设计模型进行比较分析。

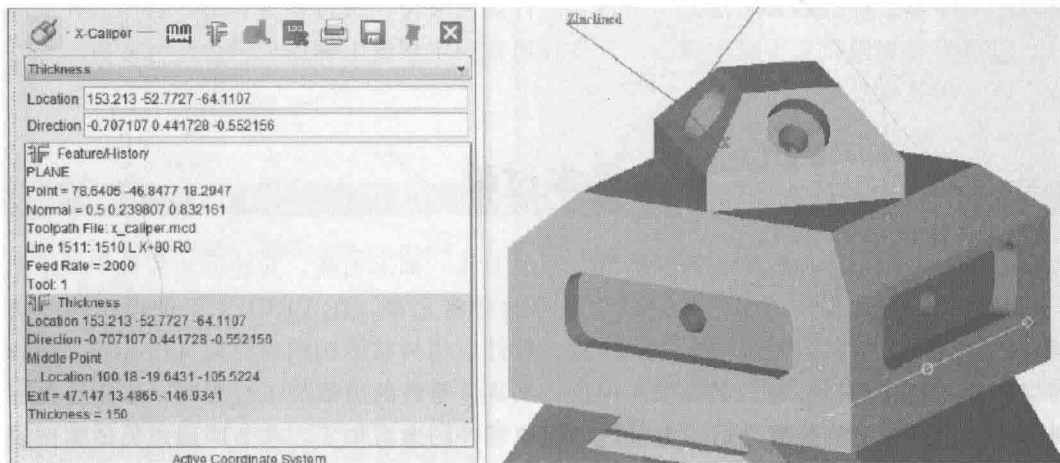


图 1-11 加工尺寸测量

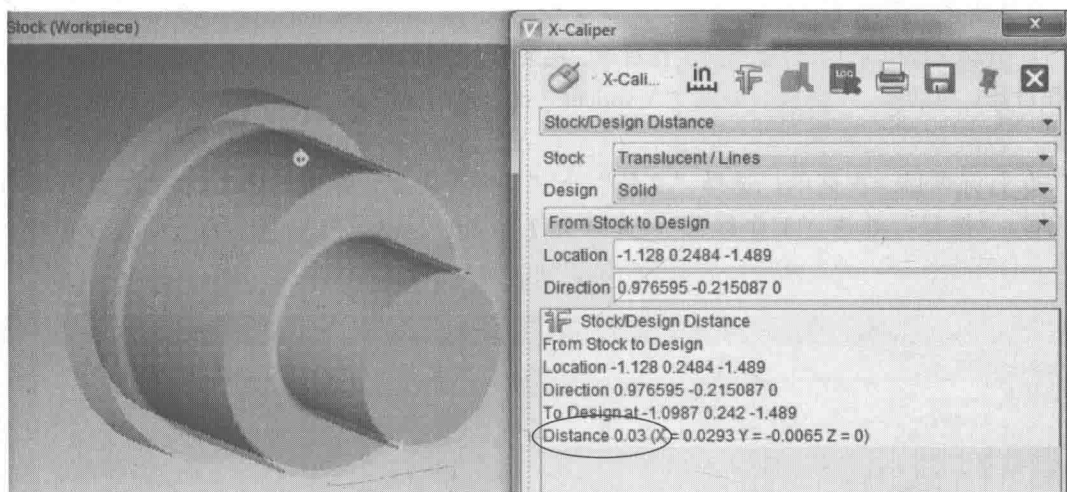


图 1-12 加工结果与设计零件的对比分析

(3) 加工程序与加工参数优化

VERICUT 可应用基于经验的优化原理对编制的数控加工程序进行有优化。交互式的优化模式可以观察优化结果、修改优化参数直至得到满意的数控程序。

(4) 车间文档

VERICUT 可以利用各种定制好的模板，帮助用户产生各种工艺报告，包括配刀表报告、零件毛坯定位装夹图报告、工序测量报告等。这些报告根据定制的模板，可以灵活插入虚拟加工过程中的各种信息，如加工时间、刀具最短装夹长度、切削加工过程中零件的阶段性加工结果图片等，供实际生产车间使用，实现无图纸化加工。

(5) 工艺辅助设计

VERICUT 可以通过提供可靠的虚拟加工仿真数据，帮助用户在工艺设计阶段进行辅助

分析。原来需要在生产实际环境下完成的许多细节工作，可以转换到 VERICUT 环境中虚拟进行。具体如工件的装夹定位方案分析，工件如何夹持、夹持多少合适，选用何种类型的刀具、刀具参数如何设置等具体问题。软件环境在一定程度上辅助工艺设计与分析工作，为实际生产提供技术支持。

1.2 Vericut 加工仿真基本过程

在数控加工时，数控机床与控制系统、切削刀具、加工毛坯、安装毛坯到机床并正确对刀、编制数控程序等是成功完成数控加工过程的必需元素。在 VERICUT 的虚拟加工仿真环境中，以上相关因素也是必须提供的信息。软件应用树状结构的项目树（Project tree）形式对以上相关信息进行管理。当在软件中执行某具体零件的虚拟加工过程时，必须首先在项目树中完成以上信息的配置之后，方可进行对象零件的虚拟加工。本节即通过具体实例说明项目树的基本组成元素，包括控制系统、机床、刀具、工件毛坯等的基本设置方法，使读者初步了解 VERICUT 加工仿真的基本过程。

- 具体实现过程如下：
- ① 启动 VERICUT，设置当前工作目录。主菜单，选择“文件”→“工作目录”命令，弹出“工作目录”对话框，“捷径”处选“\ vericut _ milling \ program \ chap1 \ 1-2”，选择“确定”按钮。
 - ② 打开项目。主菜单，选择“文件”→“打开”命令，弹出如图 1-13 的“打开项目”对话框，“捷径”处选“工作目录”，选择文件 begin _ mitsui _ seiki _ vertex550. VcProject，选择“打开”按钮，进入该项目的加工仿真界面。

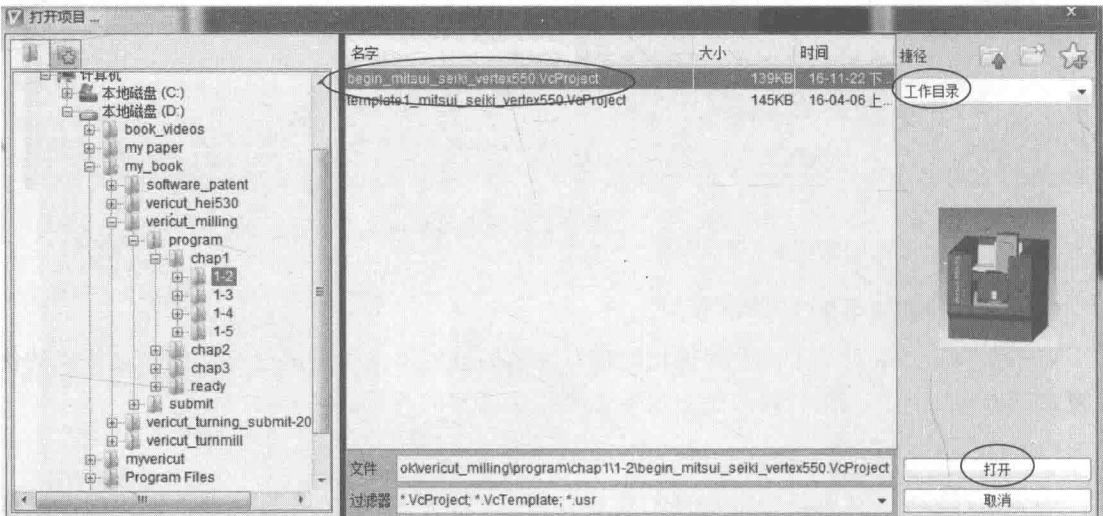


图 1-13 打开项目文件

- ③ 显示与分析项目树。项目树基本配置与相关信息如图 1-14 所示。此时加工机床、机床的控制系统、基本的对刀工作在项目模板文件中均已设置完成。
- ④ 设置加工所需毛坯。设置加工所需圆柱体毛坯，右击项目树 Stock (0, 0, 0) → “添加模型” → “圆柱”，设置高度为为 260，直径为 140，如图 1-15~图 1-17 所示。

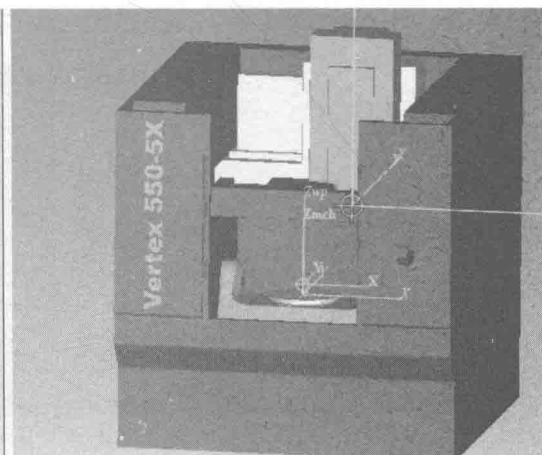
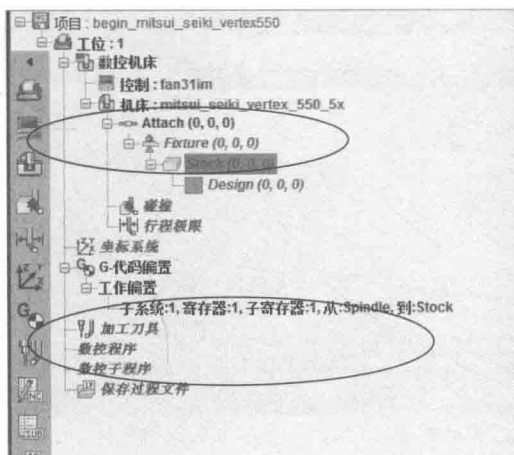


图 1-14 显示项目树



图 1-15 设置毛坯参数

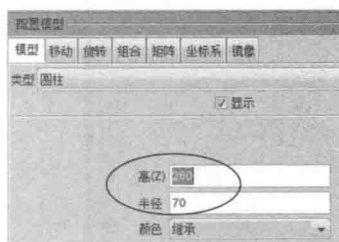


图 1-16 设置毛坯参数

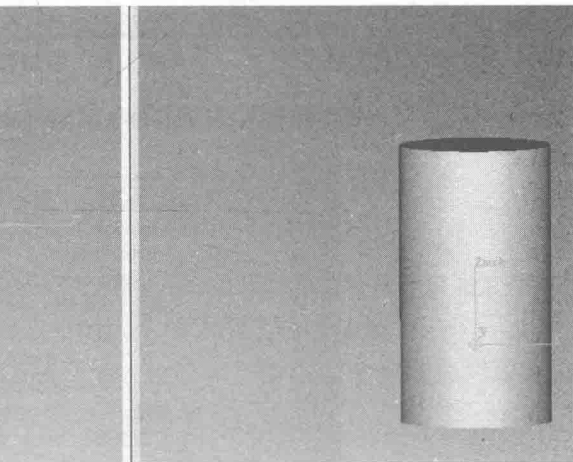
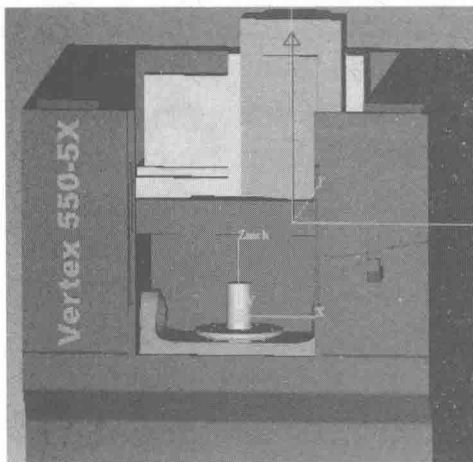


图 1-17 毛坯参数设置结果

⑤ 加入切削刀具。右击项目树“加工刀具”→“打开”，弹出如图 1-18 所示的“打开刀具文件”对话框，“捷径”处选“工作目录”，选择文件 part1_tools.tls，选择“打开”按钮。

⑥ 加入数控加工程序。右击项目树“数控程序”→“添加数控程序文件...”，弹出如图 1-19 所示的“数控程序...”对话框，“捷径”处选“工作目录”，选择文件 part1_nc_program.mcd，选择“打开”按钮。

⑦ 仿真基本项目树形成。如图 1-20 所示。

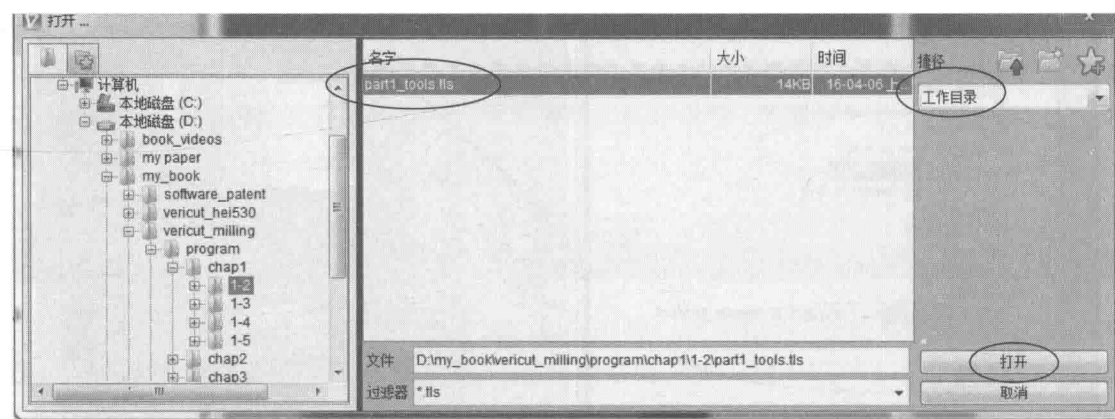


图 1-18 打开刀具文件

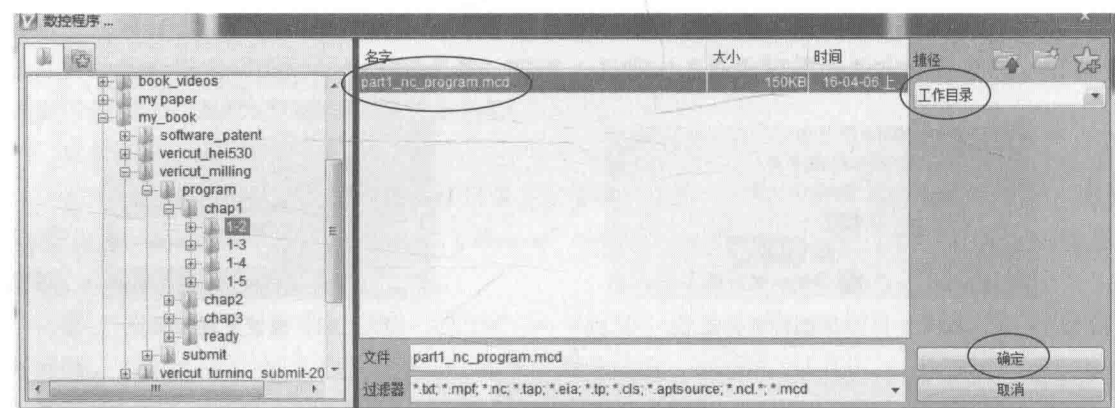


图 1-19 添加数控程序

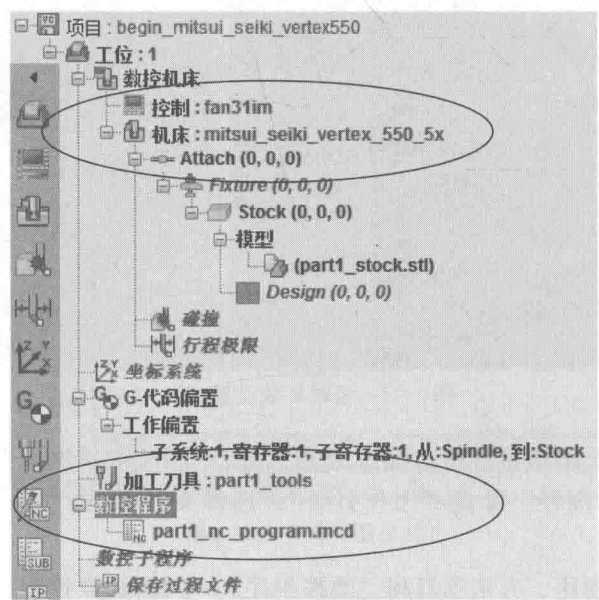


图 1-20 配置完成的项目树结构

⑧ 运行仿真过程。点击“重置模型”按钮重置系统，点击“仿真到末端”按钮仿真加工过程，如图 1-21 所示。

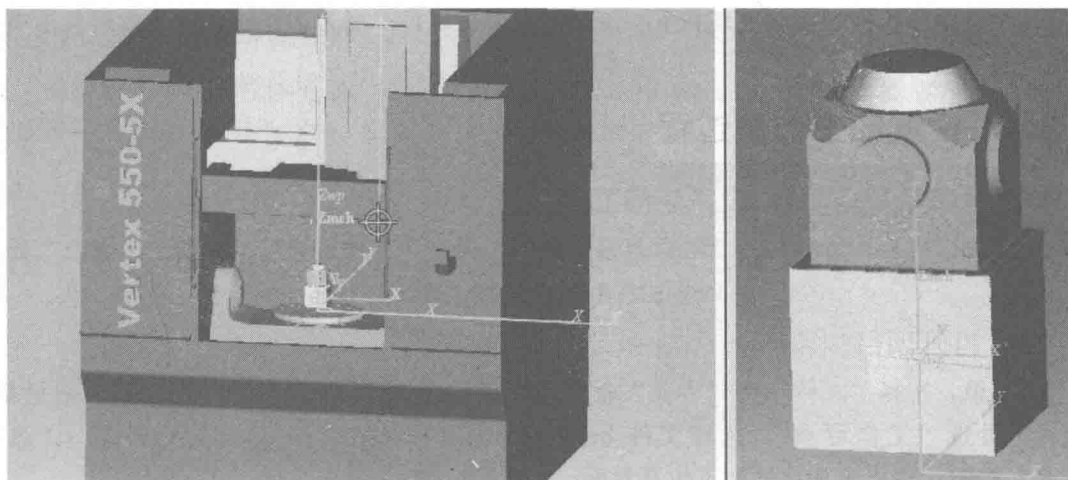


图 1-21 加工仿真结果

⑨ 保存仿真结果。在主菜单, 选择“文件”→“另存项目为”命令, 弹出“另存项目为”对话框, 选择“捷径”处选“工作目录”, 输入项目名称 finish_mitsui_seiki_vertex550.VcProject, 选择“保存”按钮, 保存相关文件。

综合以上, VERICUT 的加工仿真实现过程可以归结为以下步骤:

- ① 新建仿真项目, 新项目可以从空白开始或者从已有的项目模板文件开始建立;
- ② 设置仿真用机床环境, 可以自定义客户化的机床模型或者调用软件中现有的机床模型文件;
- ③ 设置仿真用的控制系统;
- ④ 设置工装夹具、切削用毛坯等;
- ⑤ 调用或创建仿真用刀具库;
- ⑥ 根据加工工艺编制与调用数控程序;
- ⑦ 根据具体设备设置对刀方式;
- ⑧ 重置系统, 使配置后的各项信息生效, 开始仿真过程;
- ⑨ 控制仿真过程, 对加工中以及加工后零件进行测量比较分析, 综合分析评价加工过程;
- ⑩ 若加工仿真结果满足要求, 则结束仿真过程, 根据需要转至现场加工;
- ⑪ 若仿真中出现碰撞干涉错误等具体问题, 对数控程序、加工设置等出现问题处进行修改, 返回上述仿真过程, 直至结果满足要求。

1.3 仿真过程基本控制方法

在 VERICUT 中执行仿真过程时, 有时需要对仿真过程进行适当控制。如程序的执行方式, 可采取连续执行方式或单步执行方式, 单步执行方式可以更加方便地观察与分析刀具切削运动轨迹、机床切削情况等。也可通过拖动仿真速度控制滚动条, 来设置合适的仿真速度。或在数控程序段的某处设置暂停点, 如换刀处、工位加工结束处等。加工程序暂停的作用, 可用于分析零件此时的加工状态, 如零件粗加工结束后的加工尺寸测量、余量设置是否如预期、刀补设置是否合理等的检测工作。或在工位处暂停用于工位之间转换传递加工毛