



Virtual CNC

数控仿真实用教程



赵中华 编著



化学工业出版社

Virtual CNC

数控仿真实用教程

张俊青 主编



化学工业出版社
· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

Virtual CNC 数控仿真实用教程 / 赵中华编著. —北京: 化学工业出版社, 2009.7

ISBN 978-7-122-05733-4

I. V… II. 赵… III. 数控机床 - 计算机仿真 - 应用软件, Predator Virtual CNC - 教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 081076 号

责任编辑: 刘丽宏

文字编辑: 高 震

责任校对: 郑 捷

装帧设计: 杨 北

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: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 12 字数 318 千字 2009 年 9 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: 35.00 元 (附光盘)

版权所有 违者必究

从 20 世纪 80 年代开始,数控加工技术在我国逐渐进入实用阶段,数控加工具有高效和一致性等优点,已经成为现代制造技术的重要组成部分。随着机械加工零件复杂程度、精度要求的不断提高,加工材料种类不断变化,复合材料、合金材料应用越来越普遍,客户对交货期要求越来越严格,数控化、自动化更加显示出其在提高机械加工质量和效率方面的优势。但是在提高效率和加工精度的同时,数控加工程序也越来越复杂,随之带来了一些问题:数控加工程序的正确性如何保证;数控机床的安全性存在隐患;反复在机床上验证数控程序,效率低、成本高。通常采用的空走刀、试切软材料、工件试切等方法验证程序,不仅占用机床正常的生产时间,消耗刀具、毛坯材料,而且有时由于程序错误,导致切废工件、碰撞机床等生产事故,给企业带来损失。

为了解决以上问题,近年来,专业数控加工程序实体仿真得到了越来越多的认可,在企业中得到了越来越广泛的应用。这种仿真和实际生产完全相似,是对整个加工过程的模拟。

Predator Virtual CNC 软件是一款专为制造业设计的 CNC 数控机床加工仿真软件。它取代了传统的切削试验方式,通过模拟整个机床加工过程和校验加工程序的准确性,来帮助用户清除编程错误,同时提高效率、缩短生产周期、节约成本和提高设备利用率,给企业带来良好的经济效益。

本书从实用角度出发,通过实例讲解,全面介绍了 Predator Virtual CNC 软件的功能和基本应用案例。内容包括界面及菜单介绍、机床创建与配置、刀具库与刀具创建、毛坯与夹具设置、控制系统配置与开发、典型应用案例等。第 1 章至第 9 章介绍软件基础;第 10 章介绍其典型应用;第 11 章结合对常用软件的开发,从 CAD 建模、CAM 编程、后置处理开发、虚拟仿真环境设置(包括机床模型、刀具、夹具、控制器设置)等几方面,介绍 Virtual CNC 典型应用。第 12 章介绍 STL 文件修正。本书有助于 Virtual CNC 用户迅速掌握编程技巧与全面提高工作效率,对从事相关行业的用户也具有参考价值,并可供企业、研究机构、大中专院校从事 CAD/CAM 的专业技术人员参考使用。

本书是工作经验的总结,本书的出版得到了该软件代理商与软件公司总部的支持与帮助,在此表示衷心感谢。本书由 Predator Virtual CNC 软件代理商工程师审校。

本书附有光盘,光盘内含有各章节源文件资料及仿真动画,方便读者学习。

对于本书的不足之处,恳请读者批评指正,提出宝贵意见。

编著者

目 录

第1章 系统简介	1	4.1 添加程序 (NC Prog.选项夹)	41
1.1 系统需求	1	4.1.1 NC Prog.选项夹功能	41
1.2 安装向导	1	4.1.2 NC 文件程序头实例	41
1.3 启动、退出 Virtual CNC	1	4.2 程序头文件命令与功能详述	42
1.4 相关资源	2	4.2.1 程序头命令功能	42
1.5 Virtual CNC 机床加工仿真过程	2	4.2.2 程序头命令具体格式说明	43
1.6 Virtual CNC 加工仿真一般 操作步骤	2	4.3 程序头文件的应用举例	50
1.7 模块与功能	5	4.4 程序编辑器 (Predator CNC Editor)	53
思考题	9	思考题	55
第2章 Virtual CNC 操作基础	10	第5章 毛坯和夹具定义方法及 参数设计	56
2.1 菜单栏和工具栏	10	5.1 标准毛坯和夹具类型	56
2.2 File 功能	10	5.2 毛坯参数设置	56
2.3 Edit (编辑) 功能	13	5.3 定义复杂形状的毛坯模型	60
2.4 Process 功能	15	5.4 夹具定义	60
2.5 View 功能 (视图操作)	16	5.5 毛坯和夹具定义应用举例	60
2.6 Inspection 功能 (检测操作)	17	思考题	62
2.7 Options 功能 (可选项功能)	18	第6章 刀具与刀具库	63
2.8 Windows 功能	18	6.1 概述	63
2.9 控制面板(Control Panel)	19	6.1.1 刀具结构及类型	63
2.10 状态面板(Status Panel)	19	6.1.2 车刀刀尖圆弧半径补偿	65
2.11 CNC 控制面板 (CNC Panel)	20	6.1.3 铣刀刀具半径补偿	67
思考题	20	6.1.4 铣刀刀具长度补偿	68
第3章 基本操作实例	21	6.2 Virtual CNC 支持的标准 刀具形状及参数	68
3.1 车加工操作与检测	21	6.3 Virtual CNC 软件的刀具库	72
3.2 显示刀柄及复杂工件构建	24	6.3.1 刀具库文件	72
3.3 车加工过程仿真综合设置与 操作实例	25	6.3.2 向刀具库添加用户刀具信息	72
3.4 铣加工过程仿真综合设置与 操作实例	30	6.4 创建用户自定义刀具	73
思考题	40	6.5 定义铣刀刀柄和夹头	77
第4章 数控加工程序头文件与 软件编辑器	41	6.6 车刀刀杆和刀塔方位定义	78
		6.6.1 车刀刀杆定义	78

6.6.2 车刀刀塔方位定义	78	思考题	101
6.7 刀具半径补偿和长度补偿	78	第9章 加工模型尺寸测量与精度检测	102
6.8 其他刀具参数介绍	79	9.1 加工出错显示与编辑修改	102
思考题	80	9.2 特征尺寸测量 (Inspection)	103
第7章 机床构建	81	9.2.1 特征尺寸测量功能	103
7.1 相关基础知识	81	9.2.2 应用举例	105
7.1.1 机床坐标系与机床原点	81	9.3 精度检测与模型比对	
7.1.2 机床参考点 R	82	(Compare)	108
7.1.3 编程坐标系 (工件坐标系) 及编程原点	82	9.3.1 精度检测与模型比对功能	108
7.1.4 多轴加工中心	83	9.3.2 应用举例	109
7.2 机床三维模型与三维运动链分析	83	9.4 局部深度放大检测	
7.2.1 机床三维模型建立	83	(Deep Zoom)	111
7.2.2 机床三维运动链分析	84	9.5 剖面 (X-Section)	112
7.3 机床参数设置	85	思考题	113
7.3.1 机床类型设置 (Machine Type)	85	第10章 典型应用	114
7.3.2 选择及配置控制器 (Control)	86	10.1 子程序及其加工仿真	114
7.3.3 定义行程 (Travels)	86	10.1.1 子程序的格式和调用	114
7.3.4 定义旋转轴 (Rotary axis)	87	10.1.2 子程序加工仿真例	114
7.3.5 定义主轴 (Spindles)	88	10.2 变量编程及其加工仿真	120
7.3.6 定义运动部件 (Moving Parts)	88	10.3 手工编程典型应用	123
7.3.7 定义时间参数 (Time Params)	89	10.3.1 G54~G59 综合应用	123
7.3.8 选择干涉碰撞检查对象 (Check Table)	90	10.3.2 钻孔固定循环及 G92	127
7.4 工件原点偏置 (G54 ~ G59) 设置	90	10.3.3 比例镜像 (Scale & Mirror)	129
思考题	91	10.4 多主轴加工应用	132
第8章 机床控制系统配置	92	10.5 增加夹具举例	135
8.1 Virtual CNC 支持的机床 控制系统	92	10.6 多工序四轴加工举例	137
8.2 机床控制系统配置 (.rpm 文件) 格式与实例分析	92	10.7 Heidenhain 系统固定 循环及应用	142
8.2.1 机床控制系统配置 (.rpm 文件) 格式	92	思考题	145
8.2.2 机床控制系统 FANUC 18MA.rpm 主要功能	92	第11章 与常用 CAM 软件连接案例	148
8.2.3 机床控制系统配置实例分析 (FANUC 18MA.rpm)	94	11.1 输入输出格式	148
		11.2 集成 MasterCAM 软件	148
		11.2.1 MasterCAM C-hook 插件的安装	148
		11.2.2 MasterCAM 和 Predator Virtual CNC 如何一起 工作	149
		11.2.3 将 NC 代码还原为 MasterCAM 刀具路径	149
		11.2.4 应用举例	152
		11.3 基于 SurfCAM 软件的五轴 联动加工与仿真案例	156

11.3.1	SurfCAM 数控编程	156
11.3.2	虚拟数控仿真	159
11.3.3	精度检测	160
11.3.4	实际加工	162
11.4	基于 UG 软件的五轴联动加工与仿真案例	162
11.4.1	编程加工分析	162
11.4.2	加工仿真与空运行试切削	163
	思考题	164
第 12 章	STL 文件修正	165
12.1	软件功能简介	166
12.2	菜单功能介绍	166

12.3	应用举例	167
12.3.1	Offsets 功能	167
12.3.2	STL 模型放大、缩小、旋转	169
	思考题	170
附录		171
附录 A	Virtual CNC 软件支持的 Fanuc 控制器和 G 及 M 代码类型	171
附录 B	快捷键 (Shortcut Keys)	173
附录 C	Fanuc 18MA.rpm	174
参考文献		184

第1章 系统简介

Virtual CNC 是一种先进的专用数控加工模拟仿真软件,它采用了三维动画显示及虚拟现实技术,其数控加工模拟过程生动逼真,能够观看到刀具切削毛坯形成零件的全过程和机床各轴之间的运动关系,能够分析出机床各部件之间以及与工装夹具、刀具和刀柄之间是否发生干涉与碰撞,同时可以检测加工过程中可能存在的各种问题,避免不必要的损失。数控加工模拟仿真软件是未来数控工艺仿真不可缺少的工具。

1.1 系统需求

安装软件对硬件系统的基本要求:操作系统支持 Windows 98/2000/ME/XP 和 NT,适于 Intel® 奔腾系列基本处理器或等值处理器,Internet Explorer® 5.5 或更高版本,最低要求 256M 内存,1G 硬盘空间。

1.2 安装向导

安装盘内包含正式版与 Demo 版。Demo 版的权限受到一些限制,比如只能模拟 50 行 G 代码,但软件整体功能与正式版一样。

安装步骤:

- ① 将 CD 盘插入光驱;
- ② 运行 install.exe, 出现对话框, 见图 1-1;
- ③ 选择安装 Virtual CNC;

④ 如果是初次安装 Virtual CNC, 系统出现注册窗口, 如图 1-2 所示。如果先前已经安装过了, 需要重新安装, 则不需要重新注册。输入公司名、注册号与授权码。若是网络版, License Type 则选择为“Floating License Manager”, 并输入服务器地址与端口号。若是单机版, 则选择 License Type 为“Network Card”。

⑤ 选择 OK 确认, 进行安装直至完成。若不输入注册号与授权码, 则选择“Cancel”, 进入 Demo 版本。

⑥ 若安装更新版本或软件升级, 则在软件菜单栏中选择 Options > Upgrade 重新注册, 如图 1-3 所示。

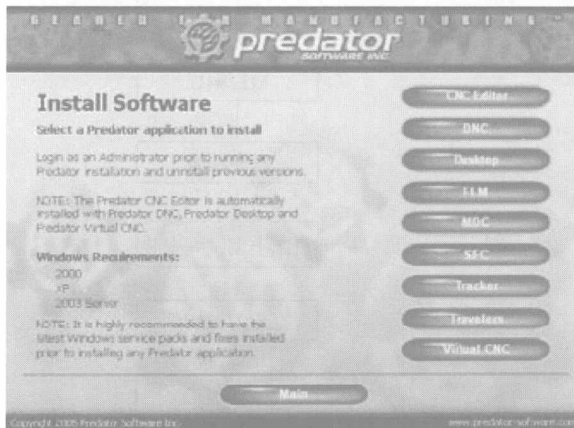


图 1-1 安装界面

1.3 启动、退出 Virtual CNC

选择“开始”>“程序”>“Predator Virtual CNC 2008”>Predator Virtual CNC 2008, 启动运行 Virtual CNC。

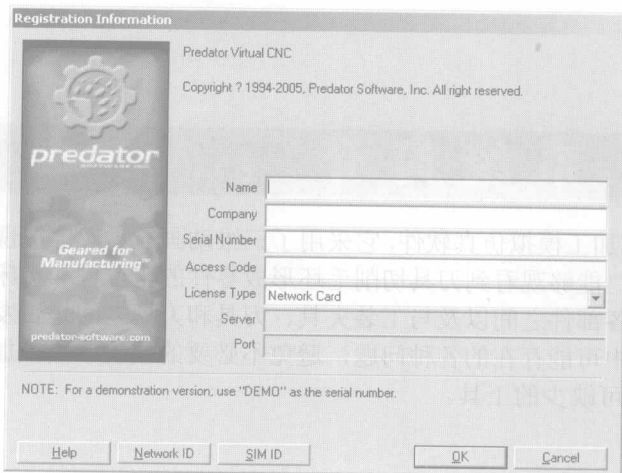


图 1-2 软件注册

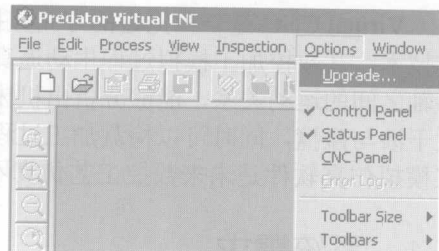


图 1-3 软件升级

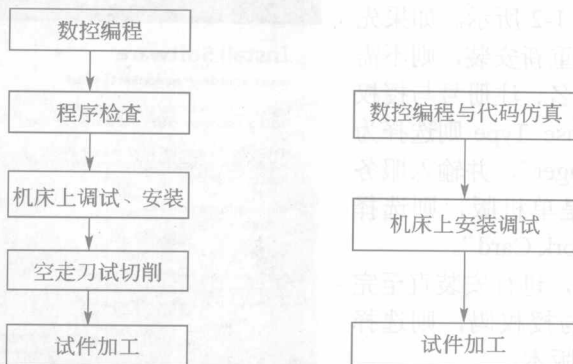
在 Virtual CNC 菜单下，选择 File > Exit 退出 Virtual CNC。

1.4 相关资源

软件含有相关的 Help 帮助文档，可打开该文档查看相关资料。

1.5 Virtual CNC 机床加工仿真过程

采用 Virtual CNC 机床加工仿真可显著提高加工效率。图 1-4 (a) 为使用仿真软件前的工作流程，图 1-4 (b) 为使用仿真软件后的工作流程。可见，使用仿真软件后，用户在进行数控编程时，可利用仿真软件随时检查编程的正确性，省去了人工的、额外的程序检查。通过仿真还可省去空走刀试切削工序。



(a) 仿真软件应用前的工作流程

(b) 仿真软件应用后的工作流程

图 1-4 机床加工工作流程

1.6 Virtual CNC 加工仿真一般操作步骤

Virtual CNC 开始一般步骤如下。

Step1: 新建作业 (File>NewJOB)，弹出“Job Properties”对话框，用户首先添加 NC 程

序, 见图 1-5。NC 程序支持子程序和宏变量编程等, 在一个作业中用户可添加多达 1024 个 NC 程序。

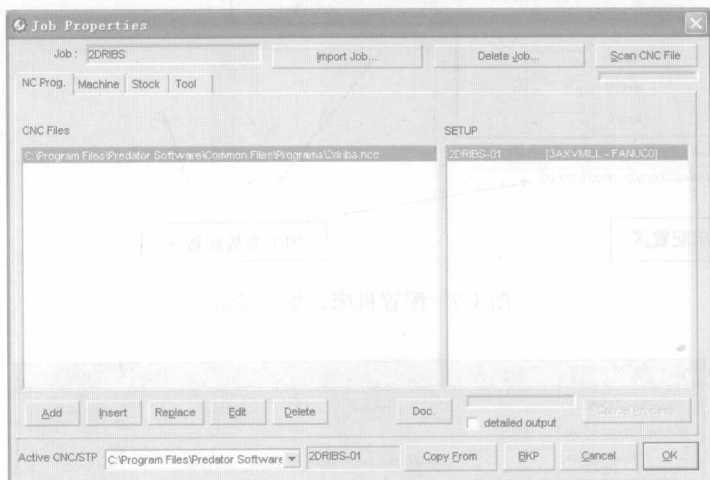


图 1-5 新建作业

Step2: 扫描文件, 获取配置信息, 见图 1-6。使用按钮 “Scan CNC File” (其用法见后面章节的内容), 可获得刀具、毛坯与夹具、机床和控制器信息, 并自动添加到相应窗体中。

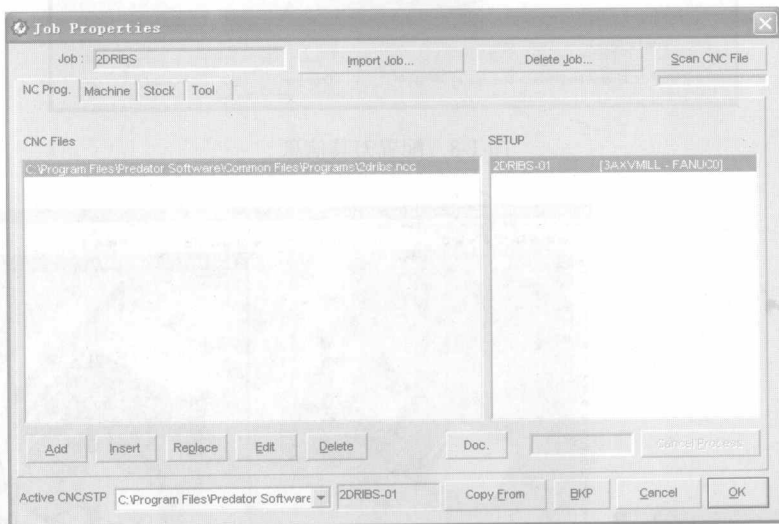


图 1-6 扫描文件

Step3: 用户也可手动配置机床 (“Machine” 选项夹)、刀具 (“Tool” 选项夹)、夹具与毛坯信息 (“Stock” 选项夹), 如图 1-7、图 1-8 所示。

Step4: 按图 1-8 中的 “OK” 开始模拟, 选择 “是” 进行处理运算, 见如图 1-9。

Step5: 进入仿真界面并仿真, 见图 1-10。左图为实体仿真, 右图为带机床实体仿真。

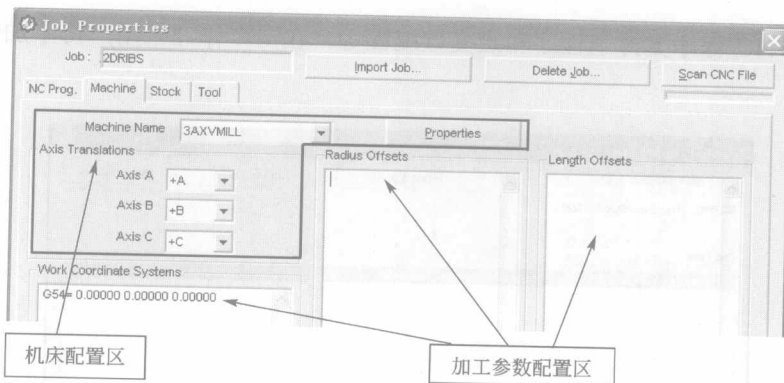


图 1-7 配置机床、加工参数

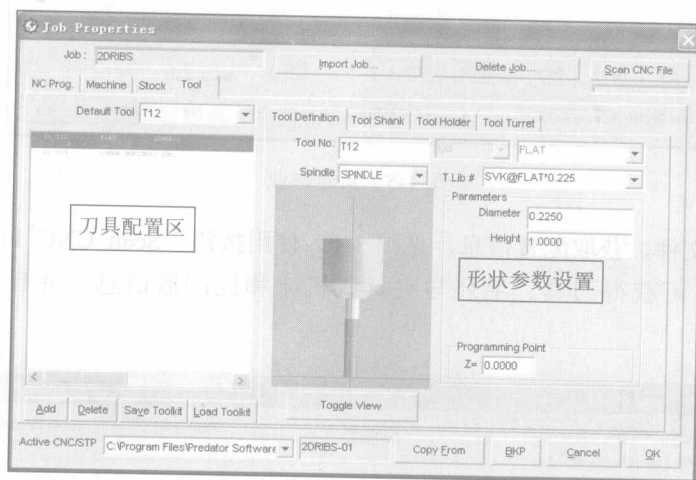


图 1-8 配置刀具信息

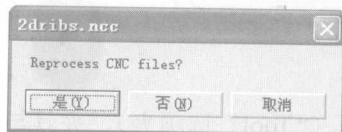


图 1-9 开始模拟

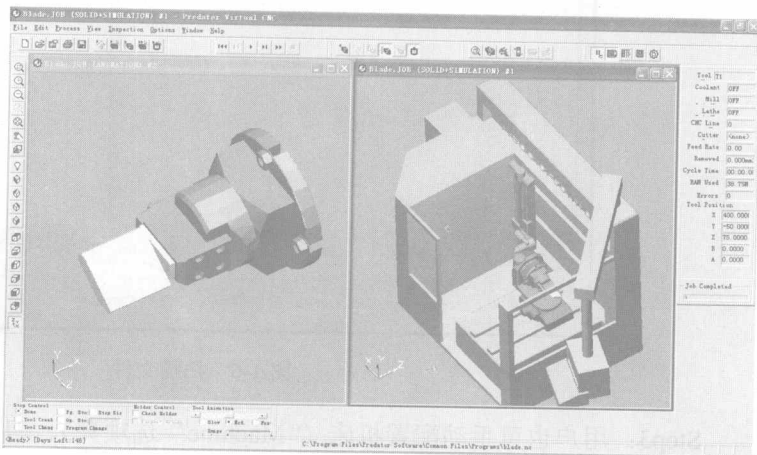


图 1-10 仿真界面

Step6: 仿真时可选择多种不同的仿真模式以适合不同需求，见图 1-11。用户可选择实体仿真、带机床仿真、快速仿真、轨迹显示等不同模式。亦可显示模拟控制面板、设置模拟停

止条件和仿真速度、显示 NC 代码等。用户可在仿真过程中随时暂停，进行工件尺寸测量。

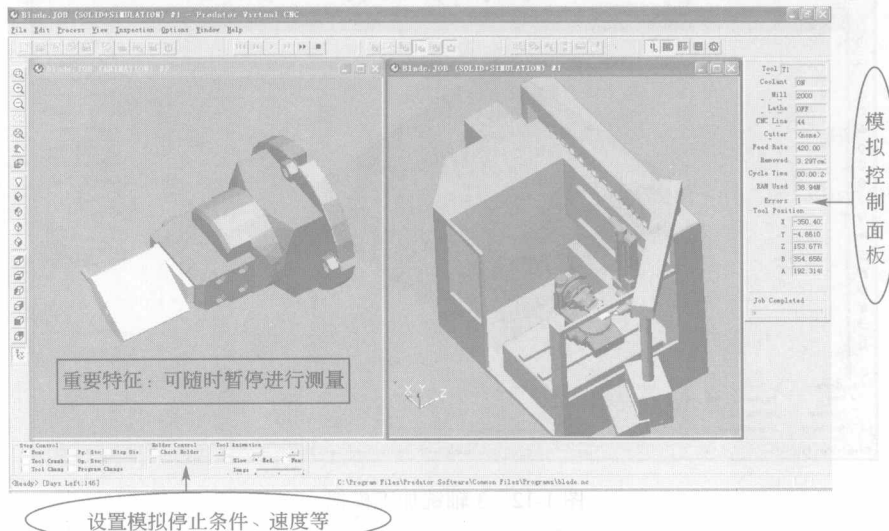


图 1-11 多种仿真模式

1.7 模块与功能

软件主要用途如下：

- ① 取代传统的切削试验加工方式；
- ② 模拟整个机床加工过程，检查出机床的不同部件、工件、工装夹具和刀具等之间是否会出现干涉或碰撞；
- ③ 模拟机床控制系统，使虚拟机床运行像真实机床一样；
- ④ 校验加工程序的正确性，进行语法检查，判断程序可能存在的各种错误，并编辑错误代码段；
- ⑤ 按用户要求拟合刀具路径，生成新的 G 代码；
- ⑥ 生成加工工艺文件报告。

具体模块与功能如下：

(1) **支持 2 至 5 轴铣加工模拟仿真 (2, 3, 4 & 5 Axis Milling)** Virtual CNC 支持多种 2 至 5 Axis 数控机床，如 VMC3-Axis, VMC4-Axis, VMC5-Axis, HMC X-Vert, HMCY-Vert, HMC4AxisX-Vert, HMC4AxisY-Vert, HMC5AxisX-Vert, HMC5AxisY-Vert。在模拟仿真这些机床的加工过程中，可以检测各运动部件的运动干涉情况。虚拟仿真支持旋转头、旋转台、摆动头、摆动台、多主轴等复杂机床的运动。此外，用户可根据机床类型和控制器型号，灵活地客户化配置机床。模拟仿真支持标准铣削和钻孔循环等。增强功能包括：支持子程序、宏、变量表达式、循环与分支语句等。图 1-12 是 3 轴铣加工模拟仿真。图 1-13 是带机床多轴加工模拟仿真。

(2) **2 轴车加工 (2 Axis Turning)** Virtual CNC 支持标准 2-Axis 车削加工，如 Lathe Z-Hor/Vert。包括 OD/ID 粗车、精车、端面车削、车槽、螺纹、钻孔等工艺。用户可根据机床类型和控制器型号，灵活地配置机床。支持子程序、宏、变量表达式、循环与分支语句等。车加工模拟见图 1-14。

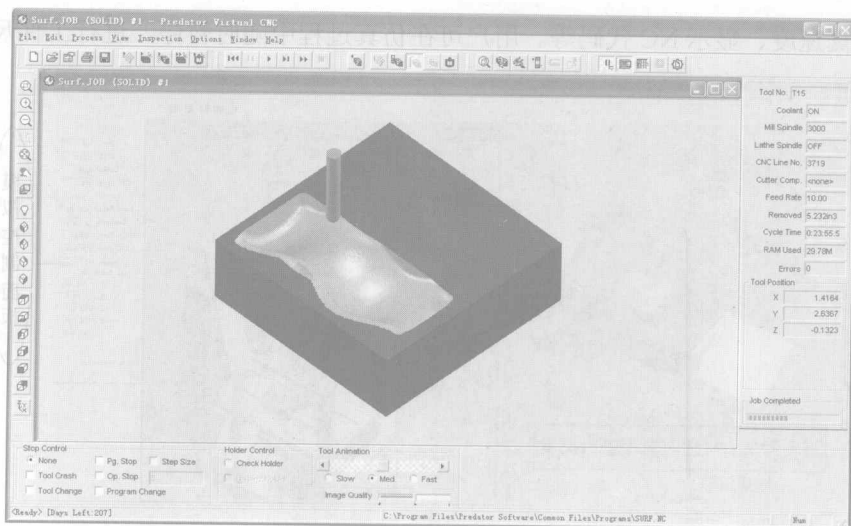


图 1-12 3 轴铣加工模拟

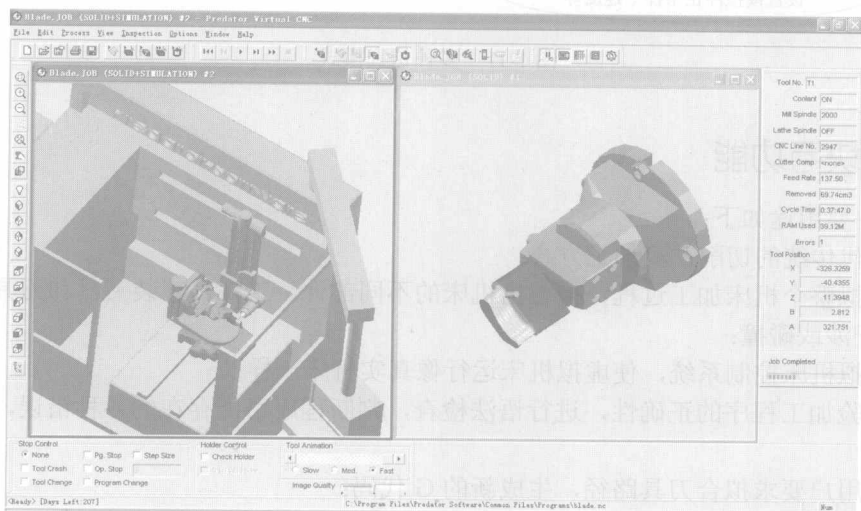


图 1-13 多轴加工模拟仿真

(3) 实体仿真技术 (True Solids) 软件拥有完整的基于实体的 NC 代码仿真模拟。Predator Virtual CNC 支持五种仿真模式。

- ① 路径模拟 (Backplot): 以一系列直线和圆弧 (lines and arcs) 显示刀具路径。
- ② 运动仿真 (Animation): 以像素方式显示模拟加工, 所需要的内存最少。
- ③ 实体仿真 (Solid): 3D 实体仿真, 支持所有刀具形状、加工方法和所有特征。
- ④ 快速仿真 (Turbo): 快速进行 3D 仿真模拟, 该功能优化了加工路径, 模拟时间大大减少, 在 Pentium4 电脑上每秒钟模拟 10000 到 40000 行 G 代码。
- ⑤ 机床仿真 (Machine Simulation): 带机床仿真, 多用于 4 或 5 轴模拟加工。

Predator Virtual CNC 采用称为 CMS Modeling™ 的专利模型技术, 该技术发展至今已 20 年了, 是 Predator 公司专为 CNC 机床模拟仿真而开发的。它比一般 CAD/CAM 软件的实体内核技术具有更大的优势。

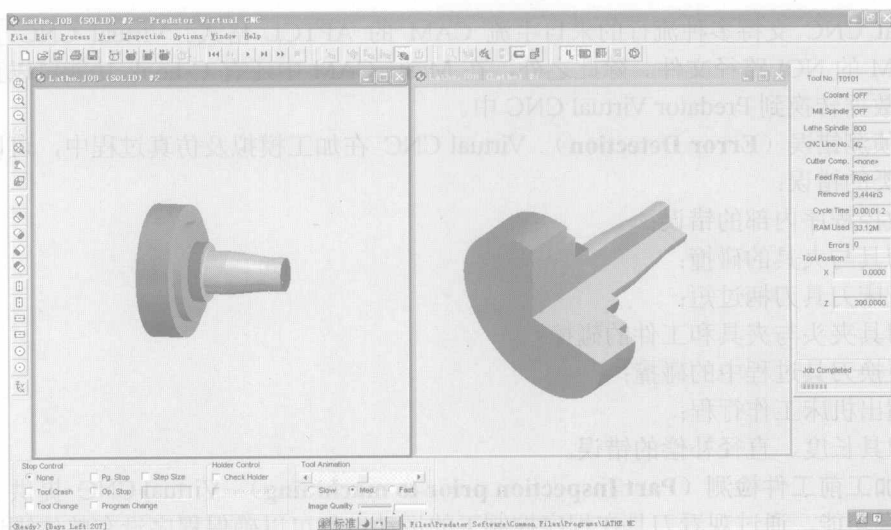


图 1-14 车加工模拟

Predator Virtual CNC 快速仿真 (Turbo) 铣削优化了三轴表面加工技术, 如图 1-15 所示, 其仿真速度通常快数倍, 同时精度往往超出预期。快速仿真在 Pentium 4 处理器上每秒钟可以仿真 10000 到 40000 个代码段。快速仿真车削技术提供了更优化的方案, 以便更快、更容易地进行两轴车削零件的仿真与检测。

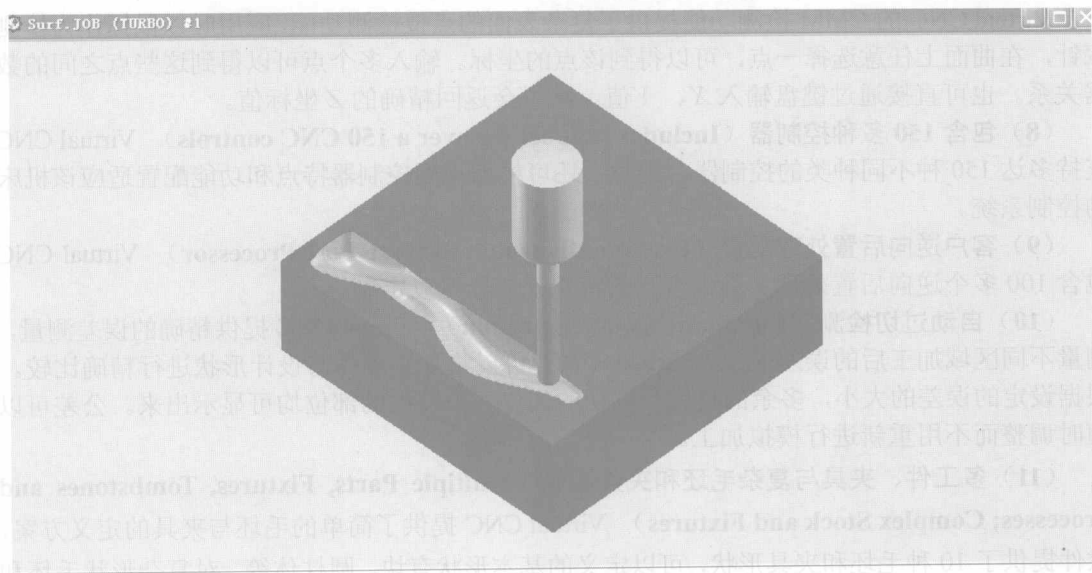


图 1-15 快速仿真 (Turbo)

(4) 支持复杂 G 代码和 M 代码 软件支持复杂 G 代码和 M 代码, 用户可方便定义 G 代码和 M 代码功能与参数、格式等。

(5) 支持 APTCL, NCI 和 INC 等 Virtual CNC 可以和各种常用 CAD/CAM 软件结合, 将其生成的加工代码或刀位文件进行仿真模拟。同时将 G 代码转换成 CAD 模型文件或 APT 文件, 供进一步编辑、修改使用。与常用软件 MasterCAM, UG, CATIA, PRO/E 等能便捷地结合。

Virtual CNC 支持多种流行的来自主流 CAM 的 APTCL 格式。Virtual CNC 直接支持 MasterCAM 的 NCI 路径文件。除此之外,在 MasterCAM 中还有 C-hook 功能可以直接将毛坯和刀具数据转换到 Predator Virtual CNC 中。

(6) 侦测错误 (**Error Detection**) Virtual CNC 在加工模拟及仿真过程中,可以检测以下不同种类的错误:

- ① 数控程序内部的错误;
- ② 刀具与夹具的碰撞;
- ③ 机床刀具刀柄过短;
- ④ 刀具夹头与夹具和工件的碰撞;
- ⑤ 更换刀具过程中的碰撞;
- ⑥ 超出机床工作行程;
- ⑦ 刀具长度、直径补偿的错误。

(7) 加工前工件检测 (**Part Inspection prior to machining**) Virtual CNC 提供了机床加工动态仿真功能。通过观看刀具在程序控制下的运动过程可以确保程序没有整体错误,使得造成微小错误的原因易于诊断,从而确保安全。同时,快速缩放、旋转、平移、剖切,使得工件内部细小部位也同样易于检测。

由于软件基于实体模型技术,可以提供加工过程的真实仿真和工件加工后的精确模型。Virtual CNC 具有基于特征检验和虚拟计算机坐标测量 (CMM) 检测功能。

特征检验利用实体模型的准确性来测量零件特征的尺寸和不同特征 (例如直线、边、圆弧、圆柱、球体、平面、圆锥等) 之间的关系。

Virtual CNC 的 CMM 检测功能提供了复杂表面的点位检测功能,应用时以鼠标作为检测探针,在曲面上任意选择一点,可以得到该点的坐标。输入多个点可以得到这些点之间的数据关系。也可直接通过键盘输入 X 、 Y 值,结果会返回精确的 Z 坐标值。

(8) 包含 150 多种控制器 (**Includes support for over a 150 CNC controls**) Virtual CNC 支持多达 150 种不同种类的控制器。同时,还可根据不同控制器特点和功能配置适应该机床的控制系统。

(9) 客户逆向后置处理配置 (**User Configurable Reverse Post Processor**) Virtual CNC 包含 100 多个逆向后置处理文件,客户的特殊控制器可以定制。

(10) 自动过切检测 (**Automatic Gouge Detection**) Virtual CNC 提供精确的误差测量,测量不同区域加工后的误差大小。Virtual CNC 可以将加工零件与设计形状进行精确比较。根据设定的误差的大小,多余的材料、过切的部位、公差内的部位均可显示出来。公差可以随时调整而不用重新进行模拟加工。

(11) 多工件、夹具与复杂毛坯和夹具功能 (**Multiple Parts, Fixtures, Tombstones and Processes; Complex Stock and Fixtures**) Virtual CNC 提供了简单的毛坯与夹具的定义方案,软件提供了 10 种毛坯和夹具形状,可以定义的基本形状有块、圆柱体等。对复杂形状毛坯和夹具,Virtual CNC 采用更简单的 CAD 实体 STL 定义方法,用户可灵活地通过三维造型方法建立自己的毛坯与夹具模型。

(12) 强大的刀具功能 (**Advanced Tooling**) Virtual CNC 刀具库包含有 1100 多种刀具和刀柄的定义,支持 10 多种标准铣刀和 10 多种标准车刀。对于用户化刀具,可通过输入代码来定义刀具,刀具定义简单。

(13) 代码编辑软件 (**Predator CNC Editor**) 在 Virtual CNC 软件中包含有 Predator CNC

Editor 编辑软件, 该软件是一款优秀的刀具路径编辑器, 可进行智能 NC 代码编辑、文件比对、路径模拟、CNC 模板、数据传输等功能。

(14) 提供 API 及 ActiveX 开发平台, 供用户做二次开发。

思考题

1. 分析 Virtual CNC 软件一般操作过程 (本章 1.6 节), 与实际机床 (例如一般 3 轴加工中心) 的加工过程与面板显示进行比较, 理解该仿真软件可替代实际机床模拟加工的原因。
2. 了解 Virtual CNC 软件的基本功能。

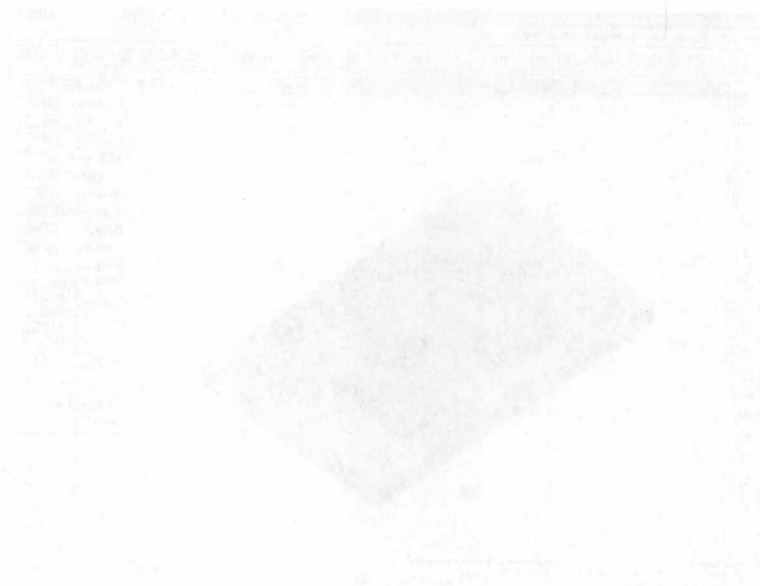


图 1-5 Virtual CNC 软件界面

1. File: 文件
2. Edit: 编辑
3. View: 视图
4. Process: 模拟
5. Inspection: 检测
6. Options: 选项
7. Windows: 窗口
8. Help: 帮助

2.5 File 功能

(1) File 功能: 如图 2-2 所示, 各选项主要功能如下:

第2章 Virtual CNC 操作基础

本章介绍 Virtual CNC 菜单及其基本操作。

2.1 菜单栏和工具栏

打开 Virtual CNC，显示出主界面及其菜单栏、工具栏，如图 2-1 所示。

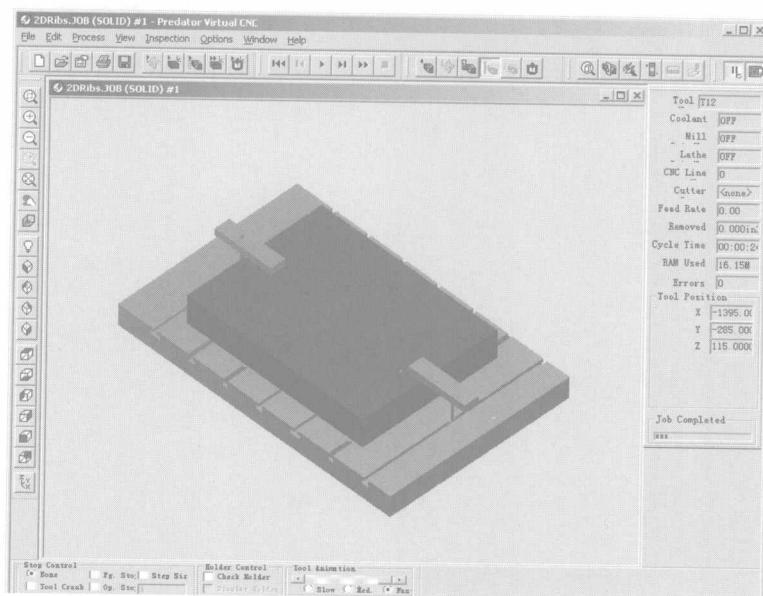


图 2-1 Virtual CNC 主界面

主界面中包含八个菜单栏。

- ① **File:** 文件操作与模型加载
- ② **Edit:** 模拟方式
- ③ **View:** 视图方向
- ④ **Process:** 模拟进程控制
- ⑤ **Inspection:** 检测、误差判别等
- ⑥ **Options:** 面板控制
- ⑦ **Windows:** Windows 窗口布局
- ⑧ **Help:** 帮助

工具栏和菜单栏是对应的，如图 2-2 所示，用户可以选择只用工具栏或菜单栏功能。

2.2 File 功能

(1) File 功能 如图 2-3 所示，各选项主要功能见表 2-1。