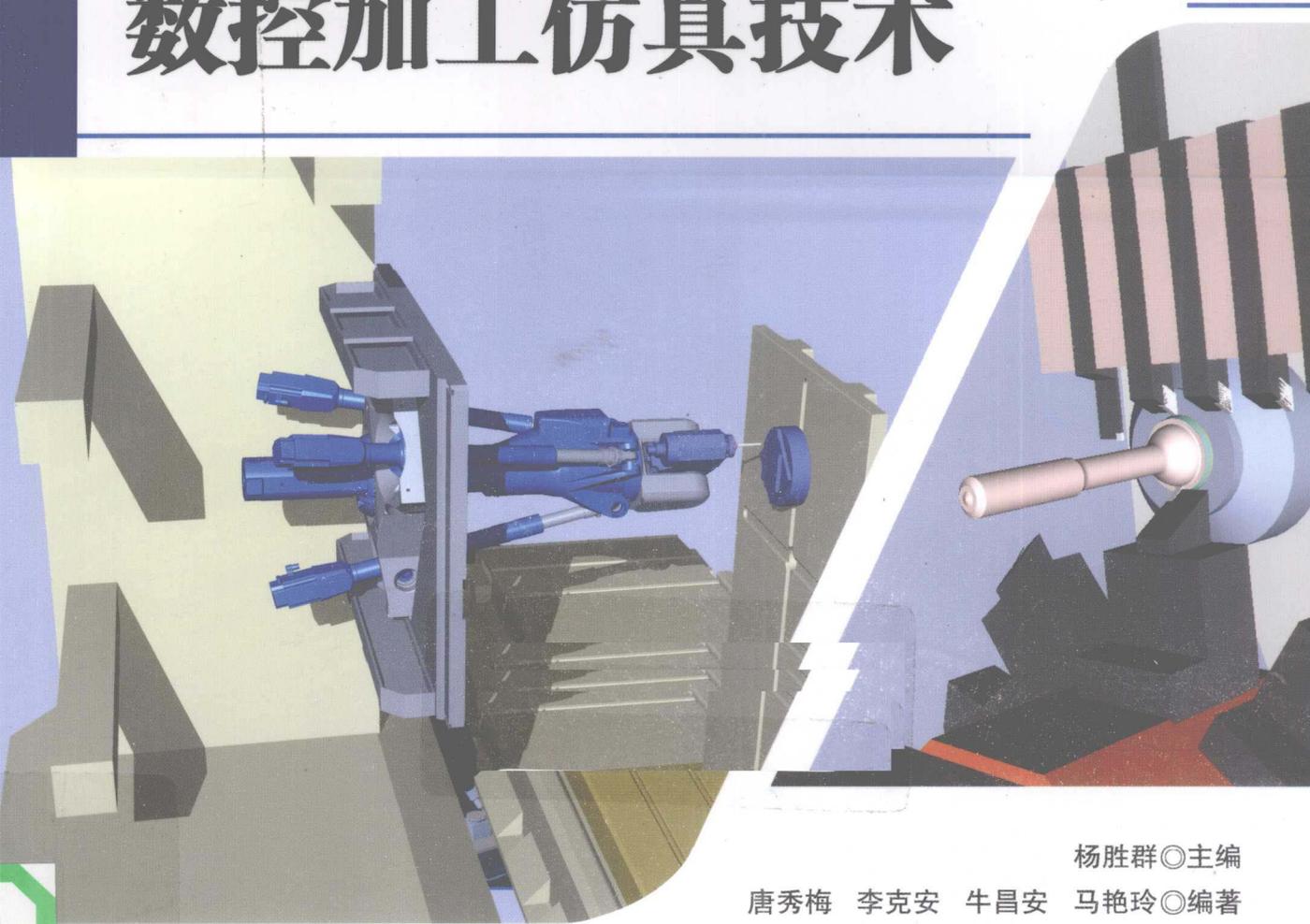


全国
数控技能大赛
参考用书!

VERICUT 7.0 中文版

数控加工仿真技术



杨胜群◎主编

唐秀梅 李克安 牛昌安 马艳玲◎编著

数控模拟、仿真、验证和优化!

国家发动机科研生产基地一线工程师经验总结!

疑难问题在线解答! 实例操作视频讲解!



清华大学出版社

内容简介

VERICUT 数控加工仿真技术

杨胜群 主编

唐秀梅 李克安 牛昌安 马艳玲 编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是基于美国 CGTech 公司发行的 VERICUT 7.0 数控加工仿真教程,以中文界面进行讲解,遵循“求实、求是、求新、求精”的原则,在内容组织和编排上从理论到实践、由浅入深、图文并茂、通俗易懂,立足于应用,特别强调实践,大量实例来自生产实际。编者在写作过程中把自己学习 VERICUT 的心得体会融入到了本书的各个章节,参考了大量相关手册和资料,总结运用数控加工仿真的实际应用经验,可以帮助读者轻松了解并掌握学习数控加工仿真的思路和应用技巧。

本书既可作为 CGTech 中国公司的用户培训教程,也可以作为全国数控技能大赛的加工仿真应用参考教程,还可作为在校机械、机电专业的大学、高职的学生教材,并供具有一定基础知识人员自学的参考书。为方便读者学习,本书配有多媒体视频教程进行操作示范。读者只要按光盘中的视频以及教材中的步骤做成、做会、做熟,再举一反三,就能扎扎实实地掌握数控加工仿真技术的实际应用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

VERICUT 数控加工仿真技术/杨胜群主编. —北京:清华大学出版社,2010.4

ISBN 978-7-302-22150-0

I. ①V… II. ①杨… III. ①数控机床-加工-计算机仿真 IV. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 031680 号

责任编辑:许存权 郭 伟

封面设计:刘 超

版式设计:侯哲芬

责任校对:焦章英

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京嘉实印刷有限公司

装 订 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:20.75 字 数:479 千字

(附光盘 1 张)

版 次:2010 年 4 月第 1 版

印 次:2010 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:45.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:032243-01

序

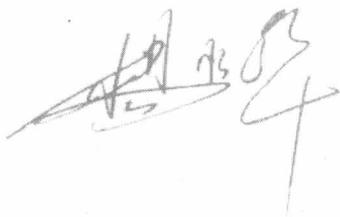
全球知识经济的发展,使机械工程成为一个跨越机械、电子、计算机、信息、控制、管理以及经济等多学科的综合技术应用学科,数控加工应用技术专业应运而生,这对传统意义上的机械加工专业提出了新的更高的要求。随着科学技术的发展,数控加工技术正在得到广泛的应用,数控人才成为劳动力市场急需的人才,如何尽快地培养出满足市场需要、掌握数控机床编程知识和操作技术的数控技能型人才已成为数控教学工作必须研究的问题。

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,数控加工程序也越来越复杂,如何保证数控加工程序的正确性、实现数控程序优化,以及如何提高数控设备利用率、降低数控机床的安全隐患就成为制造企业面临的现实问题。虚拟仿真加工技术作为先进制造技术的关键技术之一,其技术的应用成为制造企业加工过程中亟待解决的重大研究课题,也是有效提高数控设备利用率、提升数控技术应用水平的技术关键。

中航工业黎明公司是国家发动机科研生产基地,拥有国家级研发技术中心,长期以来坚持虚拟仿真加工专项技术应用,现已掌握多轴数控加工机床仿真、数控程序优化等多项关键技术,在全公司范围内达到全面普及应用,实现航空发动机系列典型零件的数控加工全过程仿真,使加工前预先验证数控程序的正确性、优化数控程序,取代试验件和传统试切方法,实现典型复杂零件研制无需试验件的目标,缩短研制周期,降低生产成本。

中航工业黎明公司作为虚拟仿真加工技术应用的先行者,有必要也有能力向社会推广数字化加工制造应用技术。为了适应现代企业发展要求,培养具有创新意识、高超实践工程项目实施能力的工程技术人员,我们组织黎明数字化加工与制造实施项目成员和具有丰富的生产实践经验的工程技术人员,同时也邀请同行业的优秀工程师共同编写此书,以满足广大读者和相关从业工程技术人员的需求。

我们相信本书的出版将促进虚拟仿真加工技术在全国范围内的广泛推广,对培养高水平的专业技术人员起到重要作用,并推动虚拟仿真加工技术不断向前发展。中航工业黎明公司更会为我国制造业信息化和制造业工程化的大发展做出更大的贡献。



前 言

本书是基于美国 CGTech 公司发行的 VERICUT 7.0 数控加工仿真教程,通过 STEP BY STEP 方式进行详尽的讲解,先解释相关的知识点,再通过实例讲解操作的关键知识点,同时配有多媒体视频教程进行操作示范。本书从使用者的角度出发,通过实例讲解,系统地介绍 VERICUT 环境界面、基本操作、参数设置、机床创建、控制系统配置、刀具、程序的调用,以及应用 VERICUT 机床仿真系统进行典型数控机床的加工仿真等内容。本书内容全面,循序渐进,以图文对照方式进行编写,通俗易懂,读者只要按光盘中的视频以及教材中的步骤做成、做会、做熟,再举一反三,就能扎扎实实掌握数控加工仿真应用,同时还可通过有声影音文件更深化地理解每章的知识点。

本书以中文界面进行讲解,在编写过程中,我们把自己学习 VERICUT 的心得体会融入到本书的各个章节,并在写作过程中参考了大量相关手册和资料,总结运用数控加工仿真的实际应用经验,使读者清晰了解学习数控加工仿真的思路和应用技巧。本书既可作为北京新吉泰软件有限公司(CGTech 中国公司)的用户培训教程,也可以作为全国数控技能大赛的加工仿真应用参考教程,并可作为在校机械、机电专业的大学、高职的学生教材,还可供具有一定基础知识的人员自学和参考。

本书由黎明公司总工程师杨胜群主编,最后由李海泳统稿。在编写过程中,北京新吉泰软件有限公司(CGTech 中国公司)总经理王宪斌负责全程策划,其技术工程师提供技术支持;成飞公司的刘剑光编写了本书第 10 章,陈伟编写了本书第 12 章。在此对大家的支持和帮助表示衷心的感谢。

尽管本书是我们多年工作经验的总结,但错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正,以利我们今后改进。读者可以进入 www.vericut.cn 论坛下的学习园地或者直接进入 www.artcnc.cn 工作室进行网上交流,该论坛将对本书的技术疑难问题提供在线解答,读者也可发送 E-mail 至 lihaiyong_1@163.com 与我们交流探讨。

编 者

目 录

第 1 章 数控加工仿真基础	1
1.1 VERICUT 软件介绍.....	1
1.1.1 为什么需要数控加工仿真.....	1
1.1.2 VERICUT 软件功能介绍.....	1
1.1.3 VERICUT 软件的优势和特色.....	6
1.1.4 VERICUT 软件与 CAM 软件的区别.....	8
1.2 VERICUT 软件的安装.....	8
1.2.1 安装软件.....	8
1.2.2 配置 license 许可.....	11
1.3 VERICUT 软件工作界面.....	15
1.3.1 标题栏.....	15
1.3.2 菜单栏.....	15
1.3.3 工具栏.....	16
1.3.4 图形窗口.....	18
1.3.5 信息区.....	19
1.3.6 动画速度滑尺.....	19
1.3.7 指示灯.....	19
1.3.8 进程条.....	19
1.3.9 仿真控制按钮.....	20
1.3.10 快捷菜单.....	20
1.3.11 定制用户工作界面.....	20
1.4 VERICUT 文件类型.....	21
1.4.1 库文件.....	21
1.4.2 样本文件 (Sample Files)	22
1.5 VERICUT 的坐标系.....	22
1.6 视图.....	22
1.7 公差属性.....	22
1.8 项目树.....	24
1.8.1 项目树介绍.....	24
1.8.2 项目树的配置.....	25
1.9 用 VERICUT 仿真加工工作过程.....	30

第 2 章	VERICUT 相关的几何模型	32
2.1	VERICUT 几何模型概述	32
2.1.1	组件 (Component)	32
2.1.2	组件类型	32
2.1.3	模型 (Models)	33
2.1.4	组件/模型的关系	33
2.1.5	组件/模型的操作	33
2.2	VERICUT 几何模型的定义	34
2.3	操作 VERICUT 几何模型	35
2.4	切削后的毛坯模型	36
2.5	VERICUT 几何模型操作应用案例	36
第 3 章	VERICUT 刀具库	43
3.1	VERICUT 刀具库概述	43
3.2	VERICUT 刀具类型	44
3.2.1	铣削刀具 (Mill Insert)	44
3.2.2	车削刀具 (Turn Insert)	46
3.2.3	探针刀具	46
3.2.4	螺纹刀具 (Tap)	47
3.2.5	水切割刀具 (Water Jet)	48
3.2.6	刀柄 (Holder)	48
3.3	VERICUT 刀具库的建立流程	49
3.4	创建车刀案例	50
3.5	构建铣刀	61
第 4 章	构建 VERICUT 机床仿真环境	69
4.1	VERICUT 机床仿真环境概述	69
4.2	VERICUT 机床类型	69
4.3	VERICUT 构建机床	71
4.3.1	机床建模的关键概念	71
4.3.2	VERICUT 构建机床流程	72
4.3.3	建立机床注意事项	73
4.4	VERICUT 控制系统配置	73
4.4.1	文字格式	74
4.4.2	文字/地址	74
4.4.3	控制设定	74
4.4.4	高级选项	76
4.5	构建机床案例	77

4.5.1	构建一个 3 轴铣的机床	77
4.5.2	构建一个 4 轴机床	79
4.5.3	使用 STL 模型构建一个 5 轴机床	82
4.5.4	构建一个 2 轴运动的车床模型	87
4.5.5	构建一个 2 轴运动的车铣中心	89
4.6	控制系统配置案例	97
4.6.1	配置一个数控控制系统文件	97
4.6.2	在控制文件中设置一个条件检查	101
4.6.3	在控制文件中客户化定制, 控制系统输出错误信息	103
4.6.4	处理子程序	105
4.6.5	控制旋转设置	106
4.6.6	定义移动夹具	110
4.6.7	车床增加一个尾部支撑	113
4.6.8	配置一个带刀库的机床	115
4.6.9	创建一个托盘转换器子程序	117
第 5 章	VERICUT 刀具轨迹仿真	119
5.1	VERICUT 刀具轨迹介绍	119
5.2	APT-CLS 刀具轨迹仿真	119
5.2.1	APT-CLS 刀具轨迹设定	119
5.2.2	APT-CLS 刀具轨迹仿真工作流程	119
5.2.3	APT-CLS 刀具轨迹仿真应用	120
5.3	G-代码模拟仿真	124
5.3.1	G-代码设定	124
5.3.2	G-代码变量	125
5.3.3	G-代码处理选项	126
5.3.4	G-代码模拟仿真工作流程	126
5.3.5	G-代码模拟仿真应用	126
第 6 章	VERICUT 仿真加工过程监控	132
6.1	VERICUT 仿真加工过程监控概述	132
6.2	仿真数控程序	132
6.3	仿真状态	134
6.4	仿真图表	135
6.5	仿真机床偏置	135
6.6	VERICUT 文件汇总	136
6.7	VERICUT 日志	136
6.8	VERICUT 仿真加工过程监控应用	137

第 7 章 VERICUT 仿真加工质量检查.....	145
7.1 VERICUT 仿真加工质量检查概述.....	145
7.2 VERICUT 测量.....	145
7.3 VERICUT 自动比较.....	146
7.4 VERICUT 比较测定器.....	147
7.5 VERICUT 检查功能.....	148
7.6 VERICUT 仿真加工质量检查应用.....	148
7.6.1 使用测量工具检查特征尺寸.....	148
7.6.2 比较切削的毛坯和设计的模型.....	153
7.6.2 自动比较案例 2.....	157
第 8 章 VERICUT 切削速度优化.....	161
8.1 VERICUT 切削速度优化原理.....	161
8.2 VERICUT 切削速度优化方法.....	161
8.2.1 恒定体积去除率切削方式优化.....	161
8.2.2 恒定切屑厚度方式优化.....	162
8.2.3 两种方式结合优化.....	162
8.3 VERICUT 切削速度优化流程.....	162
8.3.1 VERICUT 优化刀具库的建立.....	162
8.3.2 调用优化库进行程序优化.....	163
8.3.3 优化后数控程序比较.....	165
8.4 VERICUT 切削速度优化应用.....	165
第 9 章 VERICUT 3 轴机床仿真应用.....	171
9.1 3 轴机床构建.....	171
9.1.1 NX 输出机床模型.....	171
9.1.2 在 VERICUT 中建立机床模型.....	173
9.1.3 机床设置.....	179
9.2 定义控制系统.....	181
9.3 刀具构建.....	181
9.3.1 创建刀具.....	181
9.3.2 刀具文件的保存.....	184
9.3.3 刀具的测试.....	185
9.4 数控程序的添加.....	185
9.4.1 数控程序的编写.....	185
9.4.2 数控程序的添加.....	187
9.5 加工模型的添加.....	187
9.6 定义加工坐标系 G54.....	188

9.7	仿真数控程序.....	189
9.8	文件汇总.....	189
第 10 章	WFL M35 5 轴车铣仿真应用.....	191
10.1	构建 WFL M35 5 轴车铣仿真环境.....	192
10.1.1	构建 WFL M35 5 轴车铣仿真机床.....	192
10.1.2	机床设置.....	206
10.1.3	定义控制系统.....	209
10.2	WFL M35 5 轴车铣仿真实例.....	234
10.2.1	添加刀具库.....	235
10.2.2	添加毛坯.....	235
10.2.3	添加程序.....	235
10.2.4	添加 G54 加工坐标系原点.....	237
10.2.5	仿真零件.....	237
第 11 章	DMU50V 5 轴机床仿真应用.....	239
11.1	DMU50V 5 轴仿真环境构建.....	239
11.1.1	NX 输出机床模型.....	239
11.1.2	DMU50V 5 轴仿真机床构建.....	240
11.1.3	DMU50V 5 轴仿真机床设置.....	246
11.1.4	DMU50V 5 轴仿真控制系统配置.....	248
11.2	DMU50V 5 轴机床仿真实例.....	251
11.2.1	添加刀具库.....	251
11.2.2	添加毛坯.....	251
11.2.3	添加工装.....	251
11.2.4	添加数控程序.....	252
11.2.5	设置程序零点.....	253
11.2.6	仿真零件.....	254
第 12 章	VERICUT 接口及应用.....	255
12.1	VERICUT 接口概述.....	255
12.2	NXV 接口及应用.....	255
12.2.1	NXV 介绍.....	255
12.2.2	NXV 的安装.....	256
12.2.3	NXV 界面.....	258
12.2.4	NXV 应用.....	260
12.3	CATV 接口及应用.....	264
12.3.1	CATV 介绍.....	264
12.3.2	CATV 配置与安装.....	265

12.3.3	CATV 界面	266
12.3.4	CATV 应用	270
12.4	MCAMV	273
12.4.1	MCAMV 简介	273
12.4.2	MCAMV 配置与安装	273
12.4.3	MCAMV 界面	275
12.4.4	MCAMV 应用	276
第 13 章	VERICUT 典型仿真技术应用	278
13.1	VERICUT 刀具径向补偿应用	278
13.2	VERICUT 子程序调用	281
13.3	G00 线性插补和非线性插补应用	284
13.4	极坐标仿真应用	287
13.5	5 轴转换功能仿真应用	288
附录 A	SINUMERIK 840D 控制系统代码指令	292
附录 B	iTNC 530 控制系统代码指令	299
B.1	与刀具有关的指令	299
B.1.1	与刀具有关的数据指令	299
B.1.2	刀具数据指令	299
B.1.3	刀具补偿	299
B.1.4	三维刀具补偿	300
B.1.5	用切削数据表进行加工	300
B.2	与路径功能有关的指令	301
B.2.1	直线路径功能	301
B.2.2	圆和圆弧功能	302
B.2.3	轮廓切入与切出	304
B.3	辅助功能 M 指令	309
B.4	循环程序加工指令	311
B.5	子程序和程序段重复指令	312
附录 C	FANUC 控制系统代码指令	313
C.1	FANUC 0i-TB G 代码指令	313
C.2	FANUC 0i-MB G 代码指令	315
C.3	FANUC 控制系统辅助功能	317
C.3.1	辅助功能 (M 代码)	317
C.3.2	第二辅助功能 (B 代码)	318
致谢	319

第 1 章 数控加工仿真基础

1.1 VERICUT 软件介绍

1.1.1 为什么需要数控加工仿真

随着制造技术的不断提高，现代制造技术逐渐向集成化方向发展。国际上许多大公司都在进行零件、刀具、夹具、机床三维参数化一体化研究及加工过程仿真、参数优化、加工程序优化研究。利用仿真加工，可以消除程序中的错误，如切伤工件、损坏夹具、折断刀具或碰撞机床；可以减少机床的加工时间，减少实际的切削验证，完美地完成第一个工件成为可能，并减少废品和重复工作；可以大幅度提高加工效率，改善加工质量，并降低生产成本，对现代制造业的发展具有重要意义。

随着零件结构越来越复杂，加工程序增多，加工周期变长，加工程序的好坏直接影响加工质量和生产效率。目前程序员编制数控程序时，一般采用手工编程和计算机辅助编程相结合，程序编制完成后，传输到数控机床进行加工。由于缺乏第三方软件对数控程序进行仿真验证，程序的安全性和正确性受到质疑，导致首件调试时间延长，加工效率降低。

数控仿真软件主要解决以下问题：

- 验证数控程序的正确性，减少零件首件调试风险，增加程序的可信度。
- 模拟数控机床的实际运动，检查潜在的碰撞错误，降低机床碰撞的风险。
- 优化程序，提高加工效率，延长刀具寿命。

1.1.2 VERICUT 软件功能介绍

VERICUT 是一款专为制造业设计的 CNC 数控机床加工仿真和优化软件。VERICUT 取代了传统的切削实验部件方式，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和改进切削效率。VERICUT 模块介绍见表 1-1。

表 1-1 VERICUT 模块介绍

模 块	解 释
VERICUT Verification	仿真、验证和分析 3 轴铣削、钻削、车削、车铣复合加工和线切割刀路
Machine Simulation	建立并仿真 CNC 机床及各种控制系统，检验机床干涉与碰撞
OptiPath	通过修改切削速度，优化刀路，实现高效切削
Multi-Axis	仿真与验证 4 轴与 5 轴铣削、钻削、车削和车铣复合加工

续表

模 块	解 释
AUTO-DIFF	通过比较设计模型与 VERICUT 输出模型, 进行过切和余量检查与设计实体自动比较过切
Advanced Machine Features	增强 VERICUT 仿真高级加工功能的能力
Model Export	从 VERICUT 中输出各种格式的 CAD 模型
Machine Developer's Kit	定制 VERICUT 功能, 增强 VERICUT 仿真复杂机床的功能, 用来解释复杂或不常用数据
CNC Machine Probing	模拟机床探头操作, 减少潜在错误, 节省购买探测设备的成本
Inspection Sequence	快速准确地为用户提供零件加工过程中的各部位尺寸, 并以 PDG、TXT 或 HTML 的格式输出, 供各个部门引用
Customizer	定制用户使用界面
EDM Die Sinking	模拟线切割和电火花加工
Mold & Die	模具行业专用模块。该模块集中了模具行业常用的 VERICUT 功能 (3 轴加工、线切割、电火花加工、AUTO-DIFF 模块功能、优化模块功能), 节约用户在软件上的投资
Cutter/Grinder Verification	磨削加工仿真
Cutter/Grinder Machine Simulation	磨床运动仿真
CAD/CAM 接口	VERICUT 和各种 CAD/CAM 软件的接口, 包括: Pro/E-to-VERICUT、Unigraphics-to-VERICUT、CATIAV5-to-VERICUT、CATIA V4-to-VERICUT、WorkNC-to-VERICUT、Mastercam-to-VERICUT、EdgeCAM-to-VERICUT、Walter TDM 等

VERICUT 的如下 6 个模块能满足工厂目前的各项要求, 这些模块分别是: 验证模块、优化模块、机床仿真模块、多轴模块、AUTO-DIFF 模块、接口模块。

1.1.2.1 验证模块 (Verification Module)

(1) 功能概述

验证模块具有仿真和验证三轴铣和两轴车削所需的所有功能, 这些功能包括编程的精确与否、快速移动时刀具是否碰到毛坯、走刀路径是否正确、与工装夹具是否发生碰撞、图纸或读图是否错误、刀具和刀柄是否与毛坯碰撞、CAD/CAM 和后置处理器是否错误、按用户要求拟合刀具路径, 以及生成新的 G 代码等。

(2) 精确的错误检测及报告

经过十几年的开发, VERICUT 的错误检测已经非常精确了。错误会以用户所选的颜色显示出来, 只需用鼠标单击错误处即可看到相关的刀具路径记录。所有错误都记录在一个结果文件中, 用户可以在批处理模式下运行仿真功能并设置 VERICUT 将所有错误的瞬态记录下来。

(3) 毛坯及刀具仿真

可以在 VERICUT 中定义毛坯模型或从 CAD 系统输入毛坯模型。VERICUT 可为多步

或分阶段安装提供多个独立运动的毛坯模型。VERICUT 可仿真多个同步运动的刀具，并带有一套完整的 Ingersoll 公司的刀库。如果所用刀具不在此刀库里，可以修正或自定义刀具。刀杆可被指定为刀具的“非切削”部分，用来检查碰撞。VERICUT 支持凹面或非中心切削端铣刀，例如：硬质合金端铣刀，可以充分利用设备而无须担心由于错误的摆动损坏工件或切刀。

(4) 模型处理及分析

可以平移、缩放、翻转及旋转切削模型。可在任何方向作剖面视图，查看原本无法看到的区域（例如钻孔的截面）。X-Caliper 工具能提供详细的测量结果，如毛坯厚度、体积、深度、间隙、距离、角度、孔径、转角半径、刀痕间的残留高度等。

(5) 用 FastMill 加速验证

FastMill 切削模式可用于快速处理大型 NC 程序，对模具制造商特别有用。利用 FastMill 可完全控制速度、精度和模型质量。

(6) VERICUT 支持绝大多数常用功能，例如：转轴转动中心、预知或三维刀具补偿、刀尖的编程和刀具长度补偿、主轴转动点编程、封闭循环和夹具偏置、变量、子程序和宏指令、循环或分支逻辑的使用，也可以灵活地修改控制系统。使用下拉列表框，将 G 代码字符和数字定义为逻辑“字/地址”格式，然后配置并调入模拟控制功能的 CGTech 执行宏指令。控制逻辑还支持有条件地改变字/地址解释方式的检查（块中的其他代码、当前变量值、机床状态等）。

(7) 转换 NC 数据

利用 VERICUT 可将后置 NC 程序（G 代码程序或通用程序）转换成 APT 或其他格式。使用 VERICUT，旧的或不兼容的 NC 程序可被循环利用或修正后在各类机床上运行。

(8) 模型转换工具

IGES 转换器可用于将 IGES 模型转换为 STL 和 VERICUT 模型。输入铸件、夹具、夹具和设计模型，可以将 IGES 实体、曲面（纵倾的、NURBS、参数的、规则的）、曲线和矩阵实体转换为二进制或 ASCII 格式的 STL 和 VERICUT 模型。输出模型的精度可以由人工控制。

二进制 APT-CL 转换器可以读取不同类型的二进制 CL 文件并输出 ASCII 格式的“简单 APT”译本。

曲面到实体利用将敞开的曲面投影到平面上的方法，从曲面的 STL 和 VERICUT 模型中创建实体模型。可以偏置曲面从而创建出材料的精确图像（如铸件或锻件）。特别是对模具/冲模非常有用，比如：一个用铸件加工大型压模的汽车公司，可以从“最终的”或精加工的表面创建实体。

PolyFixTM（多样修正）可用于修复错误和不合理的曲面法线。当用户输入某一错误的 STL 或 VERICUT 文件时，PolyFix 可以修复此文件并输出正确的 STL 模型。

1.1.2.2 优化模块（OptiPath Module）

优化模块可基于切削条件和需切削的材料量自动修正进给率。通过优化模块可大量节

省加工零件的时间并提高车间生产率和利润率。

(1) 引入优化模块

随着当前切削刀具、材料和刀具路径自动生成软件的发展，在刀具路径中对每一次切削使用合适的进给率就变得越来越重要了。但在确定和设置最佳进给率时会出现很多问题。错误的估计会导致切刀折断、夹具损坏或划伤零件。因此，通常只使用一种或两种保守的进给率，所选进给率是在考虑刀具寿命、周期时间和所能出现的最差切削条件之后确定的。当遇到切削材料的最大切削量或最恶劣的切削条件时，使用这些“最差条件”下的进给率非常适合。但是这种缓慢、难于控制的进给速度不但浪费时间、增加成本，还会在零件上的其他区域形成恶劣的切削条件。即使用户知道每次切削的最佳进给率，将它们插入刀具路径程序还是很费时间，而且容易出错。

切削大量材料时，刀具进给率降低；切削少量材料时，进给率相应地提高。根据每部分需要切削的材料量的不同，优化模块可以自动计算并在需要的位置插入改进后的进给率。无须改变轨迹，优化模块即可为新的刀具路径更新进给率。

(2) 优化模块的工作原理

优化模块可以读入 NC 刀具路径文件并把文件分为若干个小部分。在需要时，它可根据每部分切削材料量的不同，为每种切削条件指定最佳进给率。然后输出新的刀具路径，除进给率提高了之外，其余均与原来的路径相同而且不改变刀具轨迹，可为一系列预先设定好的机加工条件输入理想的进给率。优化模块会自动将它们与以下因素相结合，例如：机床性能（功率、主轴类型、快速横动速度、冷却液等）、夹具刚度、切削刀具类型（材料、设计、齿数、长度等）以确定每部分切削的最佳进给率。优化模块还考虑到了那些随刀具路径特性而定的因素（如切削深度、体积切削率、进给率、切削宽度、刀具磨损、切削角度等）。这个解决方法是自动生成的，能在程序输入到机床之前确定最佳进给率。它还可以利用 NC 程序员和机加工工人的专业经验来决定特殊切削条件下的最佳进给率。

(3) 优化库 (The OptiPath Library)

可以在中心数据库中存储关于各种切削刀具、材料和切削条件的信息，例如进给率和表面速度。所有项目都以类型划分（不同切削刀具、CNC 机床等）。由于每个人都可以从优化库中读取相同信息，因此它是一个非常好的工具，可以在不同的操作者、机床和班次之间达到更为一致的加工结果。这个库里包含了关于 Ingersoll 刀具公司生产的所有端铣刀和平面铣刀进给率和速度的信息，对确定用于特殊加工条件、刀具形状和工件材料的最佳进给率和速度非常有用。

(4) 优化使整个机加工过程受益

粗加工目的是尽快去掉多余的材料。在不断变化的切削条件下，优化模块会保证刀具以最大安全速度切入材料。优化模块在验证刀具路径的同时使用已知信息（每部分的切削材料量），从而确定刀具路径上每部分应切削的材料量并为其指定最佳进给率。进给率是根据 NC 程序员和/或机床操作员提供的信息确定的。例如：在铝制航空结构件的二维粗加工过程中，材料轴向切削深度保持不变，但每次切削的径向宽度却有很大的不同。优化模块可保证随时修正进给率以保持恒定的体积切削率。

半精加工和精加工时当刀具铣削经过粗加工后留下的材料或经过近成品的工件成型面上时，切削抗力会变化很大。在此，优化模块会考虑刀具在何处切入材料，从而调节进给率以维持稳定的切削抗力。这将延长刀具寿命并得到更高质量的表面光洁度，尤其是在用球头端铣刀进行斜切或用小 step-over（例如：在工具钢模具型腔中进行半精加工或精加工时）加工表面时非常关键。

在高速机加工时，刀具切入材料的方式至关重要。进给率太低会产生磕碰声、振动和工件硬化。这将导致表面光洁度降低，刀具过早损坏。切削抗力过高会造成切削压力过大及不良的切削条件，从而引起刀具、主轴、夹具或机床的损坏。调节进给率以保持稳定的切削抗力或体积切削率，将有助于减少上述问题的出现，刀具制造商推荐使用此方法解决“切屑变薄”的问题。当进给率和主轴转速很高时，在只需切削少量材料的区域，用球头端铣刀以大的进给率和主轴转速进行高速精加工，优化效果非常好。也可优化主轴转速从而在刀的最大接触直径上保持恒定的表面速度。这依赖于机床的性能，持续的表面速度将优化有助于提高表面光洁度。如果是以最大进给率进行很浅的切削，则需要多次切削，通常效率很低，无法达到缩短生产时间的目的。用更大的切削深度效率会更高（比如 0.500 和 0.100 比较），但切刀可能会因负载过大而损坏或使机床超过额定功率。

优化模块可以准确地测得每部分材料的切削量，并在负载过多的区域将进给率调低。这将防止刀具损坏并使机床不超出其额定功率。只要是条件允许的区域就保持同样高的进给率，这与每次只切削 0.100 的深度相比，切削效率更高，加工时间更短。

1.1.2.3 机床仿真模块 (Machine Simulation Module)

(1) 仿真 CNC 机床

机床仿真模块可帮助用户完成整个 CNC 机床的真实三维仿真，就如同车间实际生产一样，同时它还具有最精确的碰撞检测功能。本软件会检测所有机床零件如轴滑块、轴头、回转头、旋转工作台、主轴、刀具变换器、夹具、工件和切削刀具及其他用户定义对象之间碰撞和接近碰撞的情况。用户可以在零件周围设置一个“临近碰撞区域”来检测周围的临界碰撞状态，其中包括精选的机床范例。可以人为修改这些机床，这与车间的实际机床一样。

(2) 建立和修正 CNC 机床

可以建立整个 CNC 机床和单个零件（机床轴类零件、旋转工作台、主轴、夹具、夹钳等）的模型。可以输入 IGES、STL 和 VERICUT 模型文件，并在 VERICUT 中定义块状、柱面或锥形模型。用组件树将模型组合在一起，组件树可以控制零件的连接方式，比如哪个零件安装在哪个零件上。组件树在一个固定的基准之上逐步建立其余的机床零件。如果夹有工件的夹具移动到了另一个位置，工件也随之移动。VERICUT 支持铣、车类机加工操作，包括不同主轴和工件上的同步铣和车。用户可以在任何工件组合中以任何顺序成功地仿真铣/车加工操作，与机床主轴相连的所有机床零件均可自动跟随旋转。因此，当启动主轴时，不对称零件、夹具（如三爪卡盘）和不对称毛坯会变成“离心铸造”模式。车削操作可动态地更新铣削的毛坯，铣操作可更新车削的“旋转”毛坯。这将提供非常真实的仿

真和碰撞检测。此程序支持大多数 CNC 控制车削和螺纹车削操作过程和复杂的刀具结构，包括刀具转换器、转塔、分度头等。用户也可以仿真辅助设备（如尾杆、固定支架、零件稳定装置和拉杆等），甚至可以仿真工件被转移到捡出器或辅助轴的自动传输过程。

1.1.2.4 多轴模块（Multi-Axis Module）

随着零件和机加工操作变得越来越复杂，出现错误的机会也随之增加。设计加工操作时不要拿刀具路径的精度、零件质量和机床及机械工人的安全去冒险。对于铣加工，铣刀定位对 4 轴和 5 轴铣来说是至关重要的，这更增加了进行精确 NC 刀具路径验证的重要性。多轴模块可以仿真和验证 4 轴和 5 轴铣或镗的加工过程。对于车加工，多轴模块可仿真并验证多个刀具的 4 轴同步（混合）的车削操作。VERICUT 使用独有的高精度车削成形技术，当启动主轴时，它可以自动地带动所有与车床主轴相连的机床组件（如夹具、夹钳和卡盘）及工件一起旋转。

1.1.2.5 AUTO-DIFF 模块

当准备开始加工零件时，零件的设计已经过许多人、部门、公司和 CAD/CAM 系统的修改了，到最后已很难判断刀具路径是否准确地反映了设计者的真实意图。而如果使用 AUTO-DIFF 模块，用户就可以做到心中有数。它能把设计模型和“与实际加工一样的”模型作比较，从而检测出擦伤和残余材料。AUTO-DIFF 模块支持大部分 CAD/CAM 系统的实体模型，可以把一个表面、一组表面或一个实体模型的外壳与被仿真零件进行比较。当无法使用实体或表面数据时，可以用从 CMM 或手工方法得出的三维点来检测错误或超出公差范围的情况。AUTO-DIFF 模块的交互式擦伤检测功能是通过将设计模型嵌入毛坯材料中实现的。如果刀具切入到嵌入的设计模型中，VERICUT 会突出显示擦伤并记录下错误。为了更容易地辨别出擦伤、碰撞或残余的材料，可以为设计模型、毛坯和错误指定不同的颜色。用模型输出模块，可以输出 AUTO-DIFF 结果作为 IGES 表面模型。

1.1.2.6 接口模块

可以从 UG、CATIA、Pro/E 等所有流行之编程软件的加工模块里直接调用 VERICUT 进行仿真和优化，减少操作步骤和中间格式的图形数据。并且此模块支持手工编制的程序。

1.1.3 VERICUT 软件的优势和特色

VERICUT 软件具有以下优势和特色：

(1) 不仅可以模拟各种软件生成的刀位文件，而且可以模拟各种软件生成的 G、M 代码，可以支持手工编辑、修改的程序，还可以支持子程序的嵌套。

(2) VERICUT 经历了 19 年的发展，已经积累和开发好了大量的控制系统库，可以支持国内外各种各样的控制系统。这样就做到了实际的切削运动仿真，是真正控制系统驱动