

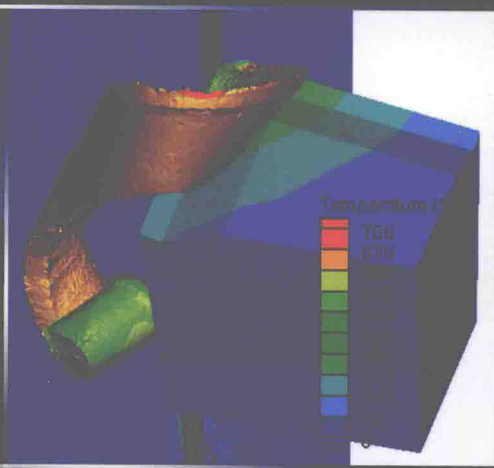
金属切削有限元仿真软件

AdvantEdge FEM

用户手册



姜峰 李宏伟 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



金属切削有限元仿真软件 AdvantEdge FEM 用户手册

姜 峰 李宏伟 编著



机械工业出版社

本书主要介绍了金属切削仿真专用软件 AdvantEdge FEM 的主要功能及其基本原理, 包括二维 / 三维仿真工艺模型及其参数设置、材料模型的建立及其应用、网格参数及其重划参数设置、仿真结果的后处理等模块。

本书可供相关研究开发人员学习 AdvantEdge FEM 软件使用, 也可作为学习其他切削数值仿真软件的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

金属切削有限元仿真软件 Advant Edge FEM 用户手册 /
姜峰, 李宏伟编著. —北京: 机械工业出版社,
2018.10

ISBN 978-7-111-60737-3

I. ①金… II. ①姜… ②李… III. ①金属切削—应
用软件—手册 IV. ①TG501-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 195722 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 郑晓光 责任编辑: 王 良

责任校对: 李 伟

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2018 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17.25 印张·414 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-60737-3

定价: 85.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: 010-88361066

读者购书热线: 010-68326294

010-88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

金书网: www.golden-book.com

教育服务网: www.cmpedu.com





前言

数值仿真是一项综合应用技术，它对教学、科研、设计、生产、管理、决策等部门都有很大的应用价值，为此，世界各国均投入了相当多的资金和人力进行研究。数值仿真本身可以被看作是一种基本试验。传统试验方法费用昂贵，且只能表征初始状态和最终状态，中间过程无法得知，因而难以帮助研究人员了解问题的实质，而数值仿真使研究人员对问题的认识更为深刻、更为细致，不仅可以使其了解问题的结果，而且可随时、连续、动态、重复地观察事物的发展，了解其整体与局部的细致过程。数值仿真可以直观显示目前还不易观测到的、说不清楚的一些现象，容易为人理解和分析；还可以显示通过任何试验都无法看到的发生在结构内部的一些物理现象。同时，数值仿真可以替代一些危险、昂贵，甚至是难于实施的试验，如反应堆的爆炸事故，核爆炸的过程与效应等。数值仿真促进了试验的发展，对试验方案的科学制订、试验过程中测点最佳位置的选择、仪表量程的确定等方面提供更可靠的理论指导。和试验相比，数值仿真可以进行复制移植、重复利用，并可进行适当修改而满足不同情况的需求。数值仿真已经与理论分析、实验研究一起并列为科学研究的三种方法。《中国制造 2025》中明确指出要“促进制造工艺的仿真优化、数字化控制、状态信息实时监测和自适应控制”，体现了数值仿真的重要应用价值。

切削过程涉及复杂的力学、物理和化学等现象，由于其中刀具和工件的高速运动状态难以实时观测分析，数值仿真技术是重现切削过程多种物理现象的首选研究方法。切削数值仿真技术包括有限元仿真、离散元仿真、光

滑粒子流仿真、分子动力学仿真等多种方法，其中有限元仿真是一种最常用的数值仿真方法，其实施的软件平台包括 Abaqus、Deform、Ansys 等通用软件平台，以及 AdvantEdge FEM 等专用软件平台。其中专用软件平台降低了切削仿真的建模难度，提高了仿真计算效率，是未来切削数值仿真发展的必然趋势。现有的切削数值仿真类著作大多以通用软件作为平台，以专用软件作为切削数值仿真平台的著作还比较少见。

本书主要介绍了金属切削仿真专用软件 AdvantEdge FEM 的主要功能及其基本原理，包括二维 / 三维仿真工艺模型及其参数设置、材料模型的建立及其应用、网格参数及其重划参数设置、仿真结果的后处理等模块。本书可供相关研究开发人员学习 AdvantEdge FEM 软件使用，也可作为学习其他切削数值仿真软件的参考书。本书结合作者十多年的 AdvantEdge FEM 软件使用经验，在 AdvantEdge FEM 软件英文版说明书的基础上对软件的使用原理和使用方法进行补充和修订，形成一本完整的用户使用手册。作者希望本书的出版能够为我国切削数值仿真技术的发展及相关软件的推广提供帮助。

作者

2018 年 8 月

目录

前言

AdvantEdge FEM 引言 // 1

第1章

入门——2D 仿真 // 8

1.1 打开 AdvantEdge FEM // 8

1.2 确定加工类型 // 8

1.2.1 车削 // 9

1.2.2 铣削 // 9

1.2.3 锯削 // 9

1.2.4 拉削 // 9

1.3 图形用户界面 (GUI) // 10

1.4 选择单位制 // 10

1.5 设置参数 // 11

第2章

入门——3D 仿真 // 12

2.1 打开 AdvantEdge FEM // 12

2.2 确定加工类型 // 12

2.2.1 车削 // 13

2.2.2 铣削 // 14

- 2.2.3 钻孔 // 14
- 2.2.4 螺旋铣孔 // 14
- 2.3 图形用户界面 (GUI) // 15
- 2.4 选择单位 // 18
- 2.5 设置参数 // 18
- 刀具参数——2D 仿真 // 19**
 - 3.1 标准刀具 // 19
 - 3.2 自定义刀具 // 19
 - 3.2.1 绘制或导入自定义刀具几何形状 // 20
 - 3.2.2 编辑自定义刀具几何形状 // 20
 - 3.2.3 编辑边界点 / 刀具切削刃钝圆半径 // 21
 - 3.2.4 添加 / 删除刀具边界点 // 21
 - 3.2.5 设置边界条件 // 21
 - 3.3 刀具动态特性输入 // 22
 - 3.3.1 振动辅助加工 // 22
 - 3.3.2 刚度和阻尼 // 23
 - 3.3.3 垂直速度 // 24
 - 3.4 刀具材料 // 24
 - 3.4.1 标准刀具材料 // 24
 - 3.4.2 刀具涂层 // 24
 - 3.4.3 自定义刀具材料 // 25
 - 3.5 刀具磨损 // 25
 - 3.5.1 标准磨损模型 // 26
 - 3.5.2 自定义磨损模型 // 26
 - 3.5.3 臼井英治 (Usui) 磨损模型 // 27
 - 3.5.4 用户定义的磨损模型 // 27
 - 3.6 刀具网格查看器 // 29

- 刀具参数——3D 仿真 // 31**
 - 4.1 车刀 // 31

- 4.1.1 斜角车刀 // 32
- 4.1.2 圆角车刀、外圆车刀、端面车刀 // 32
- 4.1.3 具有修光刃的车刀片（仅用于圆角车削） // 33
- 4.2 切槽刀具 // 33
 - 4.2.1 标准切槽刀具 // 34
 - 4.2.2 锥形切槽刀具 // 35
- 4.3 铣削刀具 // 35
 - 4.3.1 整体圆柱立铣刀 // 36
 - 4.3.2 可转位铣刀 // 37
 - 4.3.3 适用于其他加工方式的整体铣刀 // 37
 - 4.3.4 适用于其他加工方式的可转位铣刀 // 39
 - 4.3.5 镶嵌式铣刀（玉米铣刀） // 39
 - 4.3.6 跳动 // 40
 - 4.3.7 不等齿距 // 41
- 4.4 钻削刀具 // 42
 - 4.4.1 整体钻头 // 43
 - 4.4.2 可转位钻头 // 45
- 4.5 螺旋铣孔刀具 // 45
- 4.6 镗刀 // 46
- 4.7 攻螺纹刀具 // 47
- 4.8 锯切刀具 // 48
- 4.9 拉刀 // 48
- 4.10 自定义刀具 // 49
 - 4.10.1 自定义刀具编辑器 // 49
 - 4.10.2 自定义斜角车刀 // 53
 - 4.10.3 自定义圆角车刀、外圆车刀、端面车刀 // 54
 - 4.10.4 自定义镗刀和可转位铣刀 // 56
- 4.11 刚度和阻尼 // 56
- 4.12 刀具材料 // 57
 - 4.12.1 刀具涂层 // 58
 - 4.12.2 刀体材料 // 58
- 4.13 刀具变形 // 58

工件参数——2D 仿真 // 60

- 5.1 标准工件——车削 / 锯削 / 拉削 // 60
- 5.2 标准工件——顺铣和逆铣 // 61
- 5.3 工件材料 // 62
 - 5.3.1 标准工件材料 // 62
 - 5.3.2 自定义材料 // 62
- 5.4 自定义工件——车削 / 拉削 / 锯削 // 62

工件参数——3D 仿真 // 64

- 6.1 车削工件 // 64
 - 6.1.1 斜角车削工件 // 64
 - 6.1.2 圆角车削工件 // 65
 - 6.1.3 外圆与端面车削工件 // 65
- 6.2 切槽工件 // 66
- 6.3 铣削工件 // 67
 - 6.3.1 侧铣工件 // 67
 - 6.3.2 角铣工件 // 68
 - 6.3.3 端面铣工件 // 68
 - 6.3.4 坡走铣工件 // 69
 - 6.3.5 插铣工件 // 69
 - 6.3.6 型腔铣工件 // 70
- 6.4 钻削工件 // 70
 - 6.4.1 钻削标准工件 // 70
 - 6.4.2 带导向孔的钻削工件 // 71
 - 6.4.3 斜面钻孔工件 // 72
- 6.5 螺旋铣孔工件 // 72
- 6.6 镗削工件 // 73
- 6.7 攻螺纹工件 // 73
- 6.8 锯切工件 // 74
- 6.9 拉削工件 // 74
- 6.10 高级工件设置选项 // 74

- 6.10.1 初始网格划分参数 // 75
- 6.10.2 自适应网格划分参数 // 77
- 6.11 工件材料 // 77

第7章

外部文件导入——2D 仿真 // 78

- 7.1 DXF 刀具查看器 // 79
- 7.2 自定义刀具编辑器 // 80

第8章

外部文件导入——3D 仿真 // 82

- 8.1 STL/VRML 刀具导入 // 83
 - 8.1.1 输出 STL/VRML 文件 // 83
 - 8.1.2 导入 STL/VRML 文件 // 84
- 8.2 STEP 文件导入 // 86
 - 8.2.1 STEP 文件组成 // 87
 - 8.2.2 导入 STEP 刀具文件 // 87
 - 8.2.3 STEP 分析器 // 92
 - 8.2.4 导入 STEP 工件文件 // 102
 - 8.2.5 STEP 文件的导入前准备 // 103
 - 8.2.6 修复导入的 STEP 文件 // 105

第9章

工艺设置——2D 仿真 // 106

- 9.1 车削 / 锯削 / 拉削工艺参数 // 106
- 9.2 逆铣和顺铣工艺参数 // 106
- 9.3 摩擦 // 107
- 9.4 冷却介质建模 // 107
 - 9.4.1 随温度变化的对流传热系数 // 108
 - 9.4.2 浸入式冷却介质建模 // 108
 - 9.4.3 排除刀尖附近区域的冷却介质建模 // 109
 - 9.4.4 刀具强制冷却介质建模 // 110
 - 9.4.5 工件强制冷却介质建模 // 110
- 9.5 工艺选项 // 111

工艺设置——3D 仿真 // 113

- 10.1 车削 // 113
 - 10.1.1 斜角车削和圆角车削 // 113
 - 10.1.2 外圆车削和端面车削 // 113
- 10.2 切槽 // 114
- 10.3 铣削 // 115
 - 10.3.1 侧边铣削 // 115
 - 10.3.2 角铣 // 115
 - 10.3.3 端面铣 // 116
 - 10.3.4 坡走铣 // 116
 - 10.3.5 插铣 // 117
 - 10.3.6 型腔铣 // 117
- 10.4 钻削工艺参数 // 118
- 10.5 螺旋铣孔 // 119
- 10.6 镗削工艺参数 // 120
- 10.7 攻螺纹工艺参数 // 121
- 10.8 锯切 // 121
- 10.9 拉削 // 122
- 10.10 工艺类型窗口 // 123
- 10.11 摩擦因数 // 123
- 10.12 冷却模型 // 124
- 10.13 工艺选项 // 124

自定义材料 // 125

- 11.1 本构模型 // 125
 - 11.1.1 Power Law 材料模型（适用于塑性材料） // 125
 - 11.1.2 Drucker Prager 材料模型（适用于脆性材料） // 126
 - 11.1.3 用户自定义 // 127
- 11.2 热传导 // 127
- 11.3 应变强化 // 127
- 11.4 热软化 // 129
- 11.5 应变率 // 130

- 11.6 弹性 // 131
- 11.7 损伤 // 132
- 11.8 热传导 // 134
- 11.9 比热容 // 135
- 11.10 线胀系数 // 136
- 11.11 依赖温度变化的参数表 // 136
- 11.12 Drucker Prager 材料模型 // 137
- 11.13 用户自定义本构模型（仅适用于 2D 仿真） // 138
 - 11.13.1 状态变量初始化 // 139
 - 11.13.2 图形用户界面（GUI） // 139
 - 11.13.3 输入文件格式 // 140
 - 11.13.4 Tecplot 输出 // 141
 - 11.13.5 编译 // 141
 - 11.13.6 用户自定义材料示例 // 142
- 11.14 用户定义的屈服面本构模型 // 150
 - 11.14.1 求解算法 // 150
 - 11.14.2 实施案例 // 151
 - 11.14.3 材料参数 // 152
 - 11.14.4 屈服面本构模型的设置 // 153
 - 11.14.5 用户自定义屈服面模型中依赖温度变化的参数表 // 155
- 11.15 导入和导出材料文件 // 156

仿真选项——2D 仿真 // 158

- 12.1 常规选项 // 158
 - 12.1.1 仿真模式 // 158
 - 12.1.2 切屑折断 // 159
 - 12.1.3 残余应力分析 // 159
 - 12.1.4 稳态分析 // 159
 - 12.1.5 仿真约束 // 160
 - 12.1.6 最大节点数 // 160
- 12.2 网格划分选项卡 // 160
 - 12.2.1 最小 / 最大单元尺寸 // 161

- 12.2.2 确定最小单元尺寸 // 161
- 12.2.3 网格细化因子 // 163
- 12.2.4 网格粗化因子 // 163
- 12.2.5 残余应力分析 // 164
- 12.3 结果选项 // 164
 - 12.3.1 输出帧的数量 // 164
 - 12.3.2 定义输出窗口 // 164
 - 12.3.3 其他输出选项 // 165
- 12.4 并行处理 // 165

仿真选项——3D 仿真 // 167

- 13.1 常规选项 // 167
 - 13.1.1 仿真模式 // 167
 - 13.1.2 残余应力分析 // 168
 - 13.1.3 稳态分析 // 168
- 13.2 网格划分选项 // 168
- 13.3 结果选项 // 170
- 13.4 并行处理 // 171

参数影响研究——2D 仿真 // 173

仿真管理 // 175

- 15.1 保存仿真文件 // 175
- 15.2 任务监视器 // 176
- 15.3 许可证监视器 // 179
- 15.4 浮动的许可证 // 180
 - 15.4.1 提交一个仿真 // 180
 - 15.4.2 提交批处理任务 // 181
- 15.5 停止和重新启动任务 // 181
 - 15.5.1 停止一个任务 // 181
 - 15.5.2 重新启动单任务仿真 // 182

- 15.5.3 重新启动批处理任务 // 182
- 15.5.4 在 Tecplot 中打开当前区域 // 182
- 15.6 支持 / 存档文件功能 // 183
- 15.7 转换成二进制文件 // 184
- 结果分析——Tecplot // 185**
 - 16.1 启动和停止 Tecplot // 185
 - 16.2 AdvantEdge FEM 分析结果文件 // 185
 - 16.2.1 云图文件 // 185
 - 16.2.2 力文件 // 186
 - 16.3 云图绘制 // 186
 - 16.3.1 云图变量 // 186
 - 16.3.2 云图风格 // 187
 - 16.3.3 区域选择 // 187
 - 16.3.4 云图类型 // 187
 - 16.3.5 云图图例和云图水平 // 187
 - 16.4 网格图 // 188
 - 16.5 矢量图 // 188
 - 16.6 XY 坐标图 // 188
 - 16.6.1 XY 显示属性 // 189
 - 16.6.2 曲线拟合 // 189
 - 16.7 动画 // 189
 - 16.7.1 AdvantEdge FEM 快速分析窗口 // 189
 - 16.7.2 动画菜单 // 190
 - 16.7.3 创建 AVI/RM 文件 // 190
 - 16.8 区域选择 // 190
 - 16.9 打印图形 // 192
 - 16.9.1 打印到文件或打印机 // 192
 - 16.9.2 打印格式 // 192
 - 16.10 提取数据 // 192
 - 16.10.1 提取一个点的数据 // 192
 - 16.10.2 提取一段折线上的数据 // 192

- 16.11 用户定义输出变量 // 193
- 16.12 体积平均残余应力（仅适用于 3D 仿真） // 193
- 16.13 分析用户指定单元的刀具应力与温度历程——2D 仿真 // 194

结果工具——Tecplot // 197

- 17.1 AdvantEdge FEM 快速分析 // 197
 - 17.1.1 云图选项卡 // 197
 - 17.1.2 时间历程选项卡 // 200
 - 17.1.3 AdvantEdge FEM 快速分析窗口菜单 // 201
- 17.2 前刀面与后刀面数据提取 // 205
- 17.3 AE 残余应力数据提取 // 206
- 17.4 刀具挠度历程记录输出 // 207
- 17.5 输入 ANSYS 软件的稳态数据 // 208
- 17.6 AdvantEdge FEM 仿真报告 // 210
- 17.7 Tecplot 的其他功能 // 213

附录 // 220

AdvantEdge FEM 引言

欢迎您选择使用 Third Wave Systems 公司的 AdvantEdge FEM 软件！通过使用 AdvantEdge FEM，您将能做出关于加工过程更明智的决策，这将大大提高生产效率。

一、AdvantEdge FEM 优点

AdvantEdge FEM 软件是一款功能强大的 CAE 工具，该软件包括设计、建模、改善和优化加工工艺的功能。它能够使得用户准确确定加工参数和刀具配置，这样可以降低切削力、温度和加工变形，所有这些都是在线状态下进行的。这将减少在线测试的时间、费用及宝贵的生产时间。

AdvantEdge FEM 的优点包括：

- 减少昂贵的切削试验。
- 延长刀具寿命和减少刀具磨损。
- 优化刀具几何尺寸和切屑控制。
- 加快加工过程。
- 提高生产效率。
- 减少由于切削热、切削力和残余应力等引起的加工变形。
- 增加材料去除率。
- 提高设备利用率。

二、AdvantEdge FEM 组件

AdvantEdge FEM 软件包中包含三个主要组件（即仿真的基本流程，如图引 -1 所示）：

1）仿真设置界面允许用户设置完整的仿真过程，包括确定刀具几何参数、材料性能和加工参数。

2）AdvantEdge FEM 仿真引擎将执行所有仿真设置中输入的参数进行计算。

3）仿真结果显示组件使得用户可以提



图引 -1 仿真的基本流程

取需要的仿真结果，包括切削力、刀具温度和稳态结果等。

三、AdvantEdge FEM 特点

AdvantEdge FEM 将先进的有限元技术和专为金属切削仿真所建立的用户图形界面相结合。AdvantEdge FEM 的主要特点是：

1. 刀具性能的仿真

- 建立包括前后角的标准切削刀具几何模型。
- 具有完整的绘图能力来建立用户自定义的具有断屑槽的刀具几何模型。
- 可以精确定义切削刃钝圆半径（锋利度）。
- 可供用户自定义刀具旋转，进行刀具夹持装置的补偿。
- 可供用户选择的刀具基体材料库和工件材料库。
- Sandvik 刀具公司的带有断屑槽的刀具库。
- 用户可以自定义刀具涂层的层数、材料和厚度。

2. 加工参数

- 加工类型的选择：
 - 车削。
 - 锯削。
 - 拉削。
 - 铣削。
 - 钻孔。
 - 攻螺纹。
 - 切槽。
 - 镗削。
- 微细车削加工过程的仿真。
- 具有输入加工工艺参数的功能，可以输入的加工工艺参数有进给量、切削速度、背吃刀量、切削长度和径向背吃刀量等。
- 具有可变的切削负载用来仿真逆铣和顺铣。
- 具有毛刺仿真功能。
- 国际单位制或英制单位制的选项。

3. 材料的仿真

- 具有不断扩展的通过实验和数值计算验证过的工件和刀具的材料模型库，开发了专用于描述切削过程中材料性质的材料模型。
- 自定义材料输入功能。
- 材料力学性能包括：
 - 弹性。
 - 应变强化。
 - 应变率敏感性。