

RTM-Worx

树脂传递模塑工艺仿真软件 技术培训

李茂源

maoyuanli@vip.sina.com.cn



内容提要

◆ 背景介绍

- ☞ RTM工艺技术
- ☞ RTM工艺特点
- ☞ RTM-Worx发展历程
- ☞ RTM-worx应用实例

◆ 软件功能介绍

- ☞ 模块功能
- ☞ RTM-Worx特点

◆ 软件界面介绍

- ☞ 菜单、工具栏、控制面板

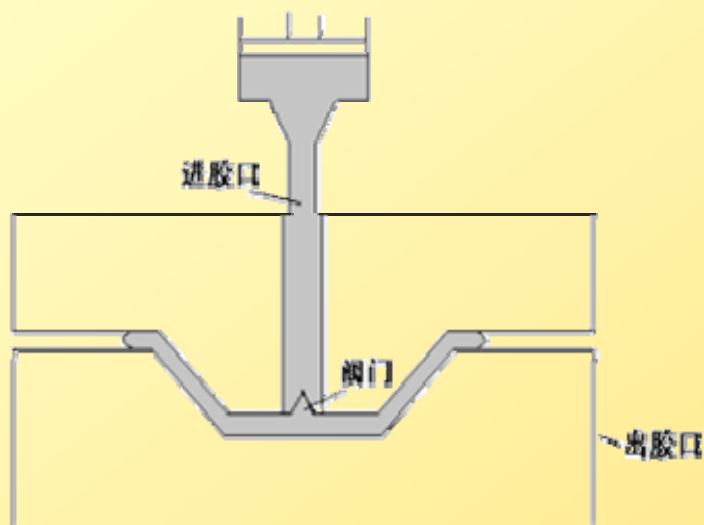
◆ 模拟计算流程

- ☞ 模型建立
- ☞ 有限元网格划分
- ☞ 参数设置
- ☞ 模拟计算
- ☞ 结果分析

◆ 例子



RTM工艺技术



RTM工艺加工步骤:

- 增强材料的铺设
- 注 射
- 固 化
- 脱 模

RTM
RIM



VARTM, 真空辅助树脂传递注塑

VARIM, 真空辅助树脂传递注塑

SCRIMP, 西曼公司树脂模塑法

CIRTM, 共注射RTM

压缩RTM, 先注射成型再加压压缩

UVRTM, 紫外线（固化）RTM

.....



背景介绍—RTM工艺特点

- RTM工艺特别适合结构复杂的构件的整体成型
- 模具成本占工艺成本的比重很大
- 模具设计不当，会使产品出现干斑、注胶不满等缺陷
- 设计不当的模具修复困难，不仅造成成本增加，还延误生产研制周期
- 根据经验设计的模具无法使生产效率和产品质量最优化



背景介绍—计算机仿真优点

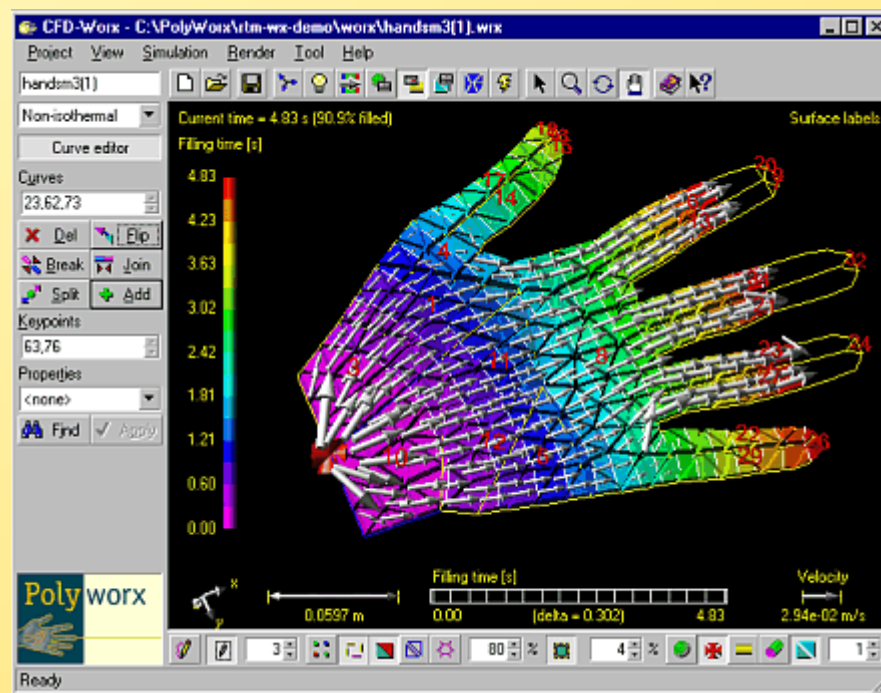
计算机仿真技术优点

- 降低工艺成本（避免模具设计失误）
- 减少工艺优化时间（快速模拟充模过程）
- 提供各种影响因素的定量分析（快速计算确定参数影响）
- 估算生产周期（大型构件充模时间估算）

背景介绍一 RTM工艺专业模拟软件

RTM-worx

正是针对RTM工艺对模拟仿真的需求而诞生的。





背景介绍一 RTM-Worx发展历程

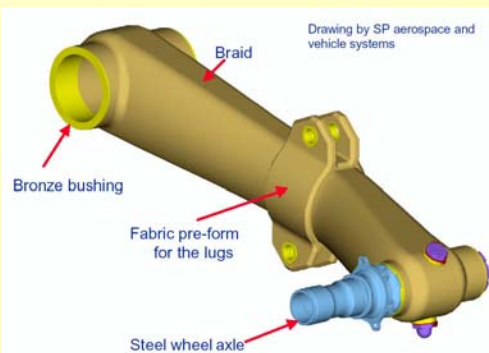
- RTM-worx是荷兰Polyworx公司旗下的树脂传递模塑工艺仿真软件;
- 该软件于1991年开始开发, 已经历十余年的应用考验;
- 最初的微机版本名为 $\pi 7$;
- 目前的最新版本为RTM-Worx2.8;
- RTM-Worx的应用相当广泛, 已被应用于航空、航海、风力发电、军事、游艇、汽车以及建筑等多个行业的复合材料构件制造领域;
- 在RTM模拟领域RTM-Worx市场占有率65%以上。



背景介绍一 RTM-worx应用实例

- RTM-Worx 应用实例:
 - ◆ NH-90 后起落臂 (Dutch Aerospace Laboratories - NLR)
 - ◆ 转动叶片(Umoe Mandal)
 - ◆ 验证翼板 (British Aerospace Airbus Ltd.)
 - ◆ 屋顶 (Ubbink / Kok & van Engelen)
 - ◆ 座椅 (Kok & van Engelen)
 - ◆ 风机桨叶 (LM 54 meter windturbine rotorblade)
 - ◆ 船体和甲板 (Conyplex - Contest 55)

背景介绍 — NH90 后起落臂



Right: Melting tin-zinc alloy with bonded composite prepreg tubes as core.

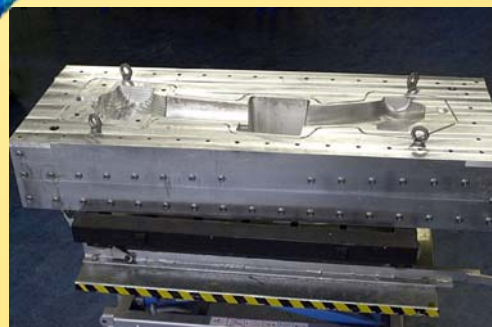


Right: braiding at Eurocarbon.

RTM-Worx Flow Simulation.
Two injection points at the end of the trailing arm, four vents in the lugs.

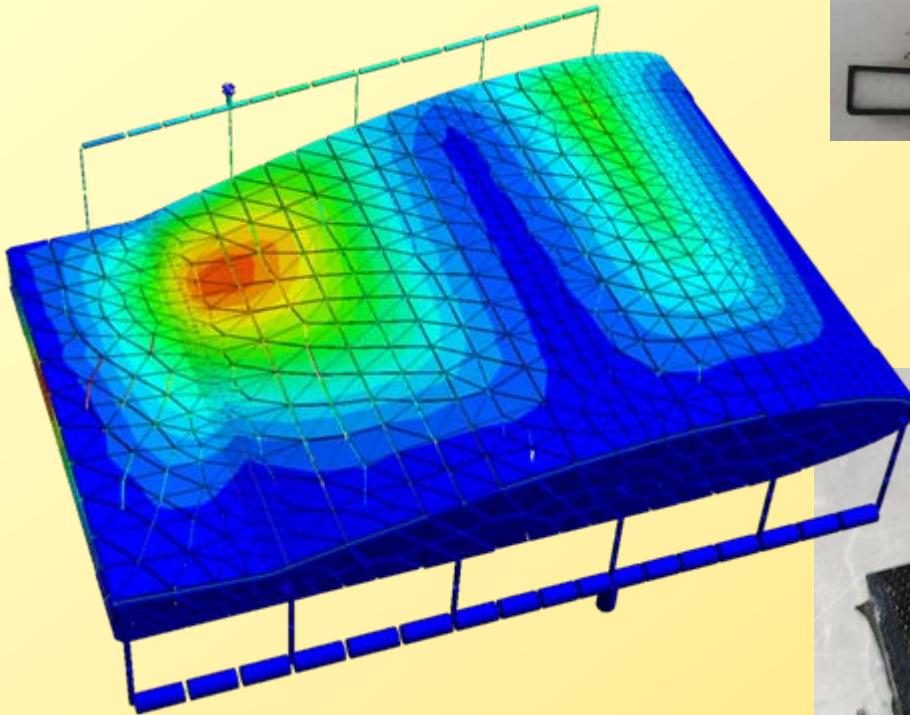


Left below: aluminium oil heated RTM mould.
Right below: Cured part after machining.

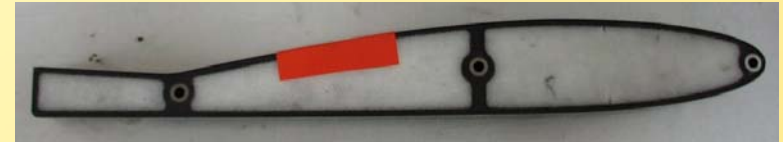


背景介绍一 Umoe Mandal飞机翼盒

Injection of a Hovercraft Rotor Blade by Umoe Mandal, Norway



Result of simulation at 100% fill shown above. Colors indicate filling time: blue area's filled first, followed by green and red area filled last. Air-traps can be recognized as islands (actual color depends on time that it occurs).



Laminate thickness about 3 mm, three core inserts and three metallic inserts (see cross-section above)

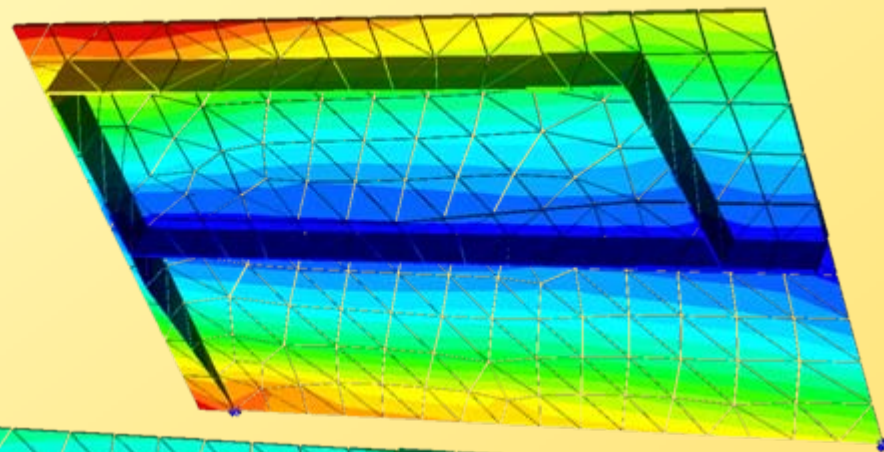
RTM-Worx accurately predicts the filling pattern and the location of the air-traps - visible as light areas on the photograph below.



背景介绍一 Airbus 验证翼板

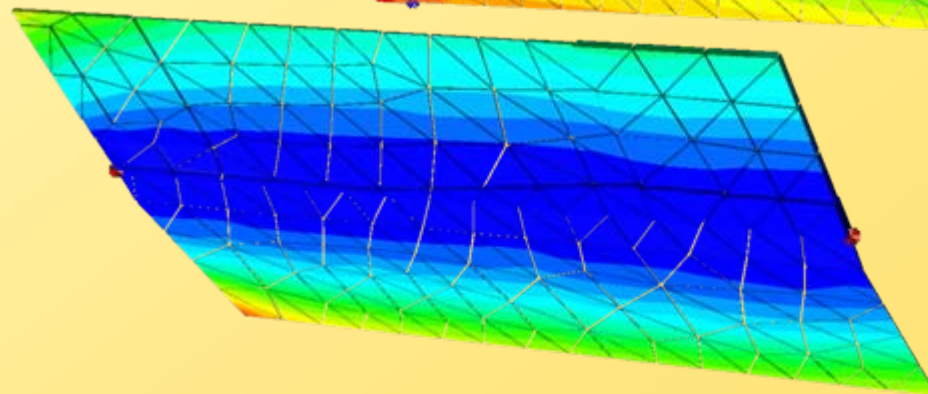


This part was produced by Bae Airbus Ltd. and used to validate the RTM simulation in the Brite Euram project "Simulation of the Resin Transfer Moulding Process for Efficient Design of Composite Components (SimRTM)"

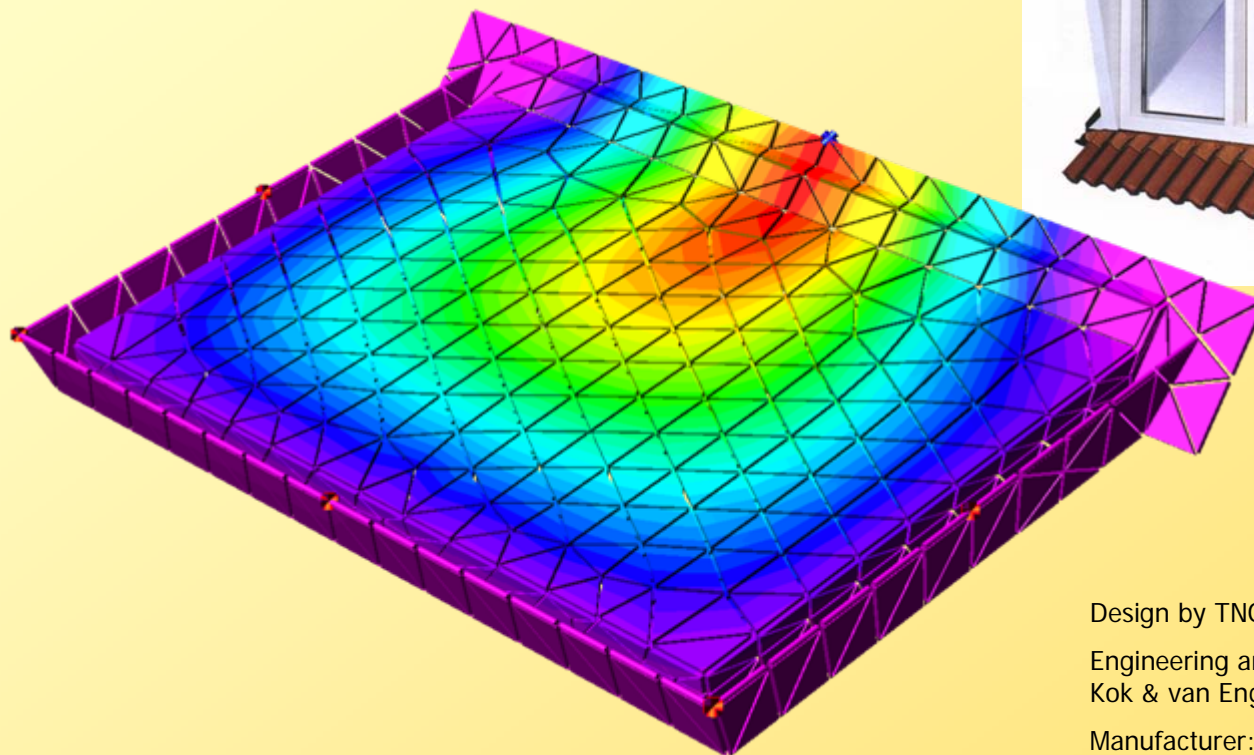


Three foam cores were used in this product, resulting in internal stiffener ribs.

Only half of the panel was modelled because of symmetry. Results from the simulation are shown here in exploded view, the top and bottom shell are actually connected. Injection is along the ribs, blue parts were filled first, red parts last.



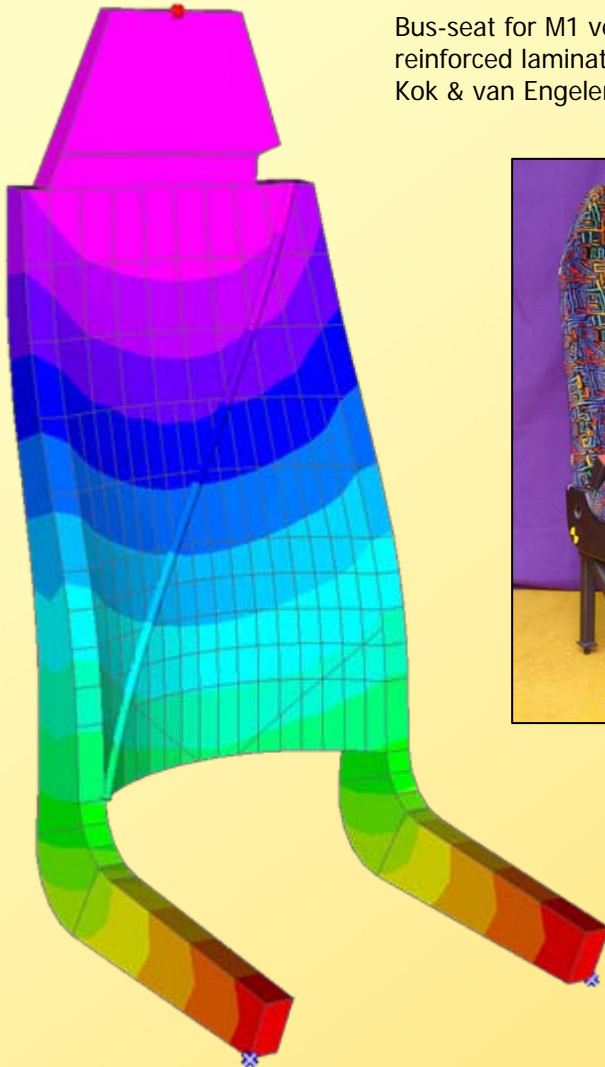
背景介绍一屋顶



Design by TNO, Eindhoven, The Netherlands;
Engineering and RTM-Worx simulations carried out by
Kok & van Engelen, Rijswijk, The Netherlands;
Manufacturer: Sotira, France.

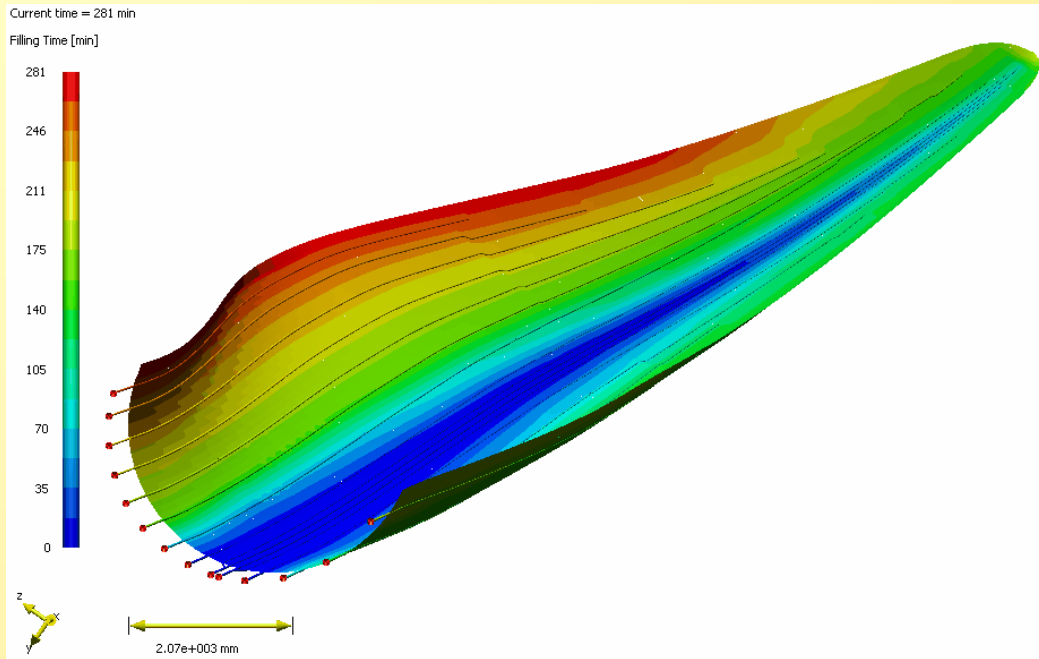
背景介绍—汽车座椅

Bus-seat for M1 vehicles, with integrated safety belt (foam core with glass fiber reinforced laminate, inserts made of aluminium and reinforced plastic). Engineered by Kok & van Engelen Composietconstructies, Rijswijk, the Netherlands.

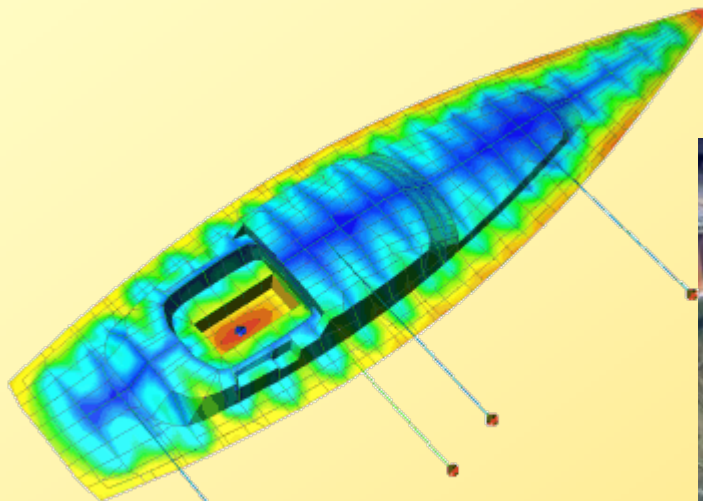
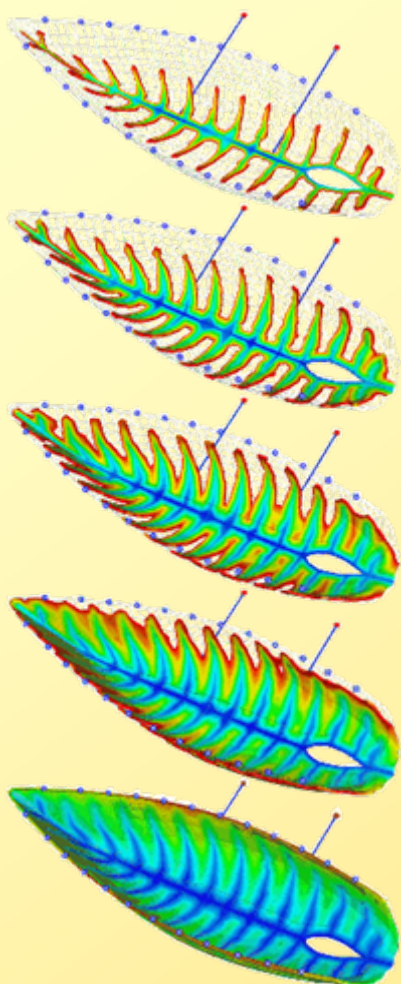


背景介绍 — LM 54m风机桨叶

- Case example: LM 54 meter windturbine rotorblade:
 - ◆ 18500 elements, 2000 kg resin, 170 m²



背景介绍 — Contest 55 船体和甲板





软件功能介绍

- 确定导流槽、注胶和出胶口，避免干胶区，估算并降低注胶时间；
- 评估树脂和纤维性能参数变化的影响，确定快速流动路径和工艺窗口；
- 通过进行大量不同状况下的仿真分析，辅之以极少量的试验就可以提高产品性能；
- 利用仿真分析和简单的小试件试验就可以得知产品中所用加强板的渗透性。

软件功能介绍—模块功能

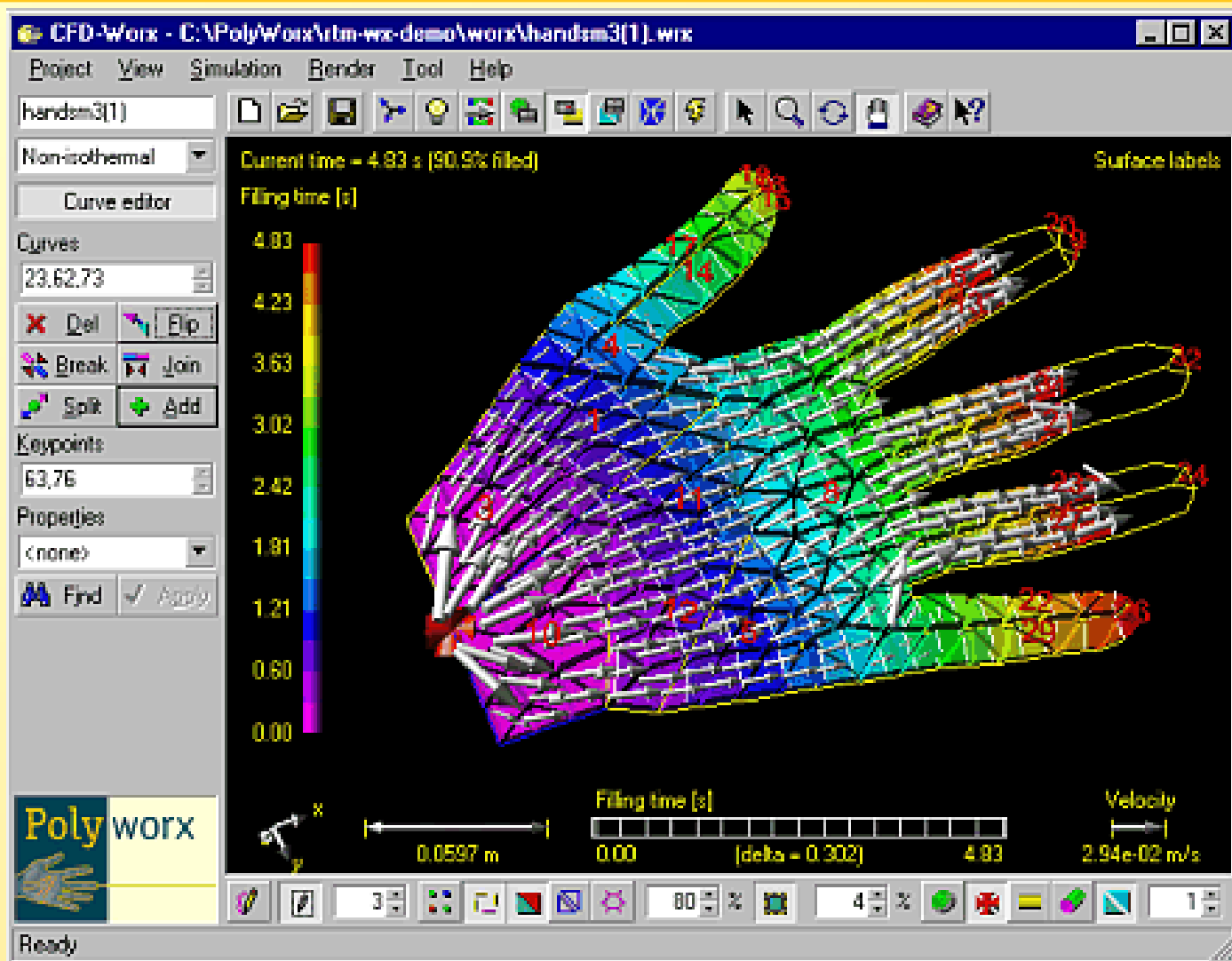
模块	功能描述	特点
Isothermal (标准)	快速验证模块： 能够在模型划分有限元网格的基础上，不考虑增强体的渗透率，快速的验证模腔内流动模式。	<ul style="list-style-type: none">综合的前后处理系统能够导入STL, DXF等格式文件快速模拟树脂传输流动路径稳定精确快速的算法支持国际单位制和英制单位体系支持任意向量（速度、渗透性）、图层和轮廓线图（流动前沿，压力，各种性能等等）的联合显示
Isothermal -RTM (标准)	RTM过程模拟模块： 该模块可以在模型划分有限元网格的基础上，具有Isothermal模块的全面功能，还能够对各向异性的增强材料进行充模情况模拟。	具有全部Isothermal模块的功能 全面支持各向异性材料
Non- isothermal / Ractive (可选)	非等温RTM过程模拟模块： 能够模拟非等温情况下各向异性增强材料的充满情况。	具有全部Isothermal-RTM模块的功能 支持非等温反应扩展（Non-isothermal reactive extension）



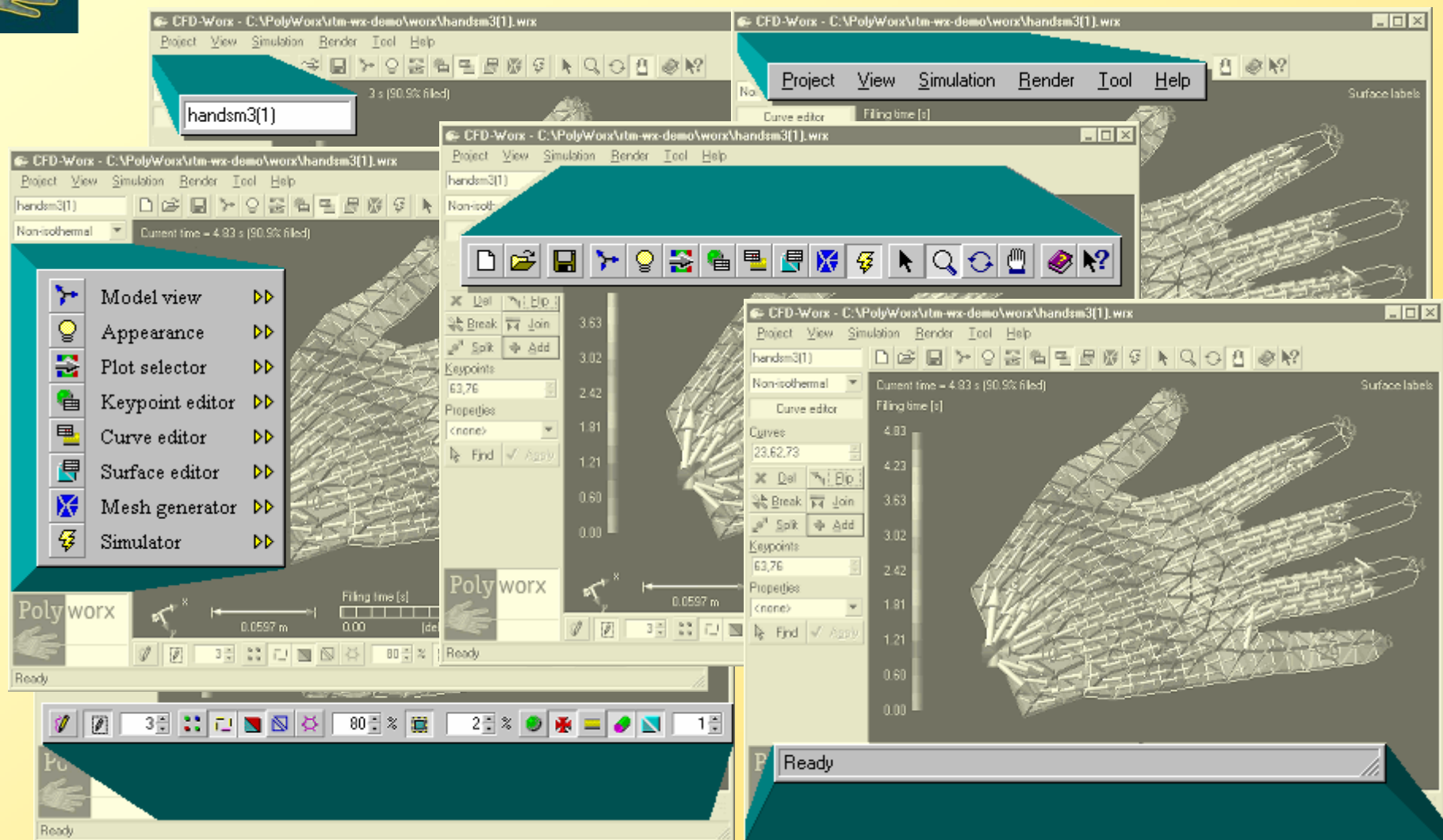
软件功能介绍—RTM-Worx特点

- 操作简便
 - ◆ 拥有简洁的界面，使操作一目了然
 - ◆ 针对RTM工艺特点，内置了很多参数
- 计算迅速
 - ◆ 先进的有限元模拟，采用了有限元和控制体积技术
 - ◆ 完整的预处理和后处理
- 人性化设计
 - ◆ 分级的文件系统，防止误操作对计算结果造成损失
 - ◆ 设置参数校验，保证参数输入有效
- 占用资源小
 - ◆ 可运行于Windows95系统以上的PC上，对硬件要求低
 - ◆ 培训时间少于一天

软件界面介绍—RTM-worx用户界面



软件界面介绍— 菜单,工具栏,控制面板





模拟计算流程

- 模型建立
- 有限元网格划分
- 参数设置
- 模拟计算
- 结果分析



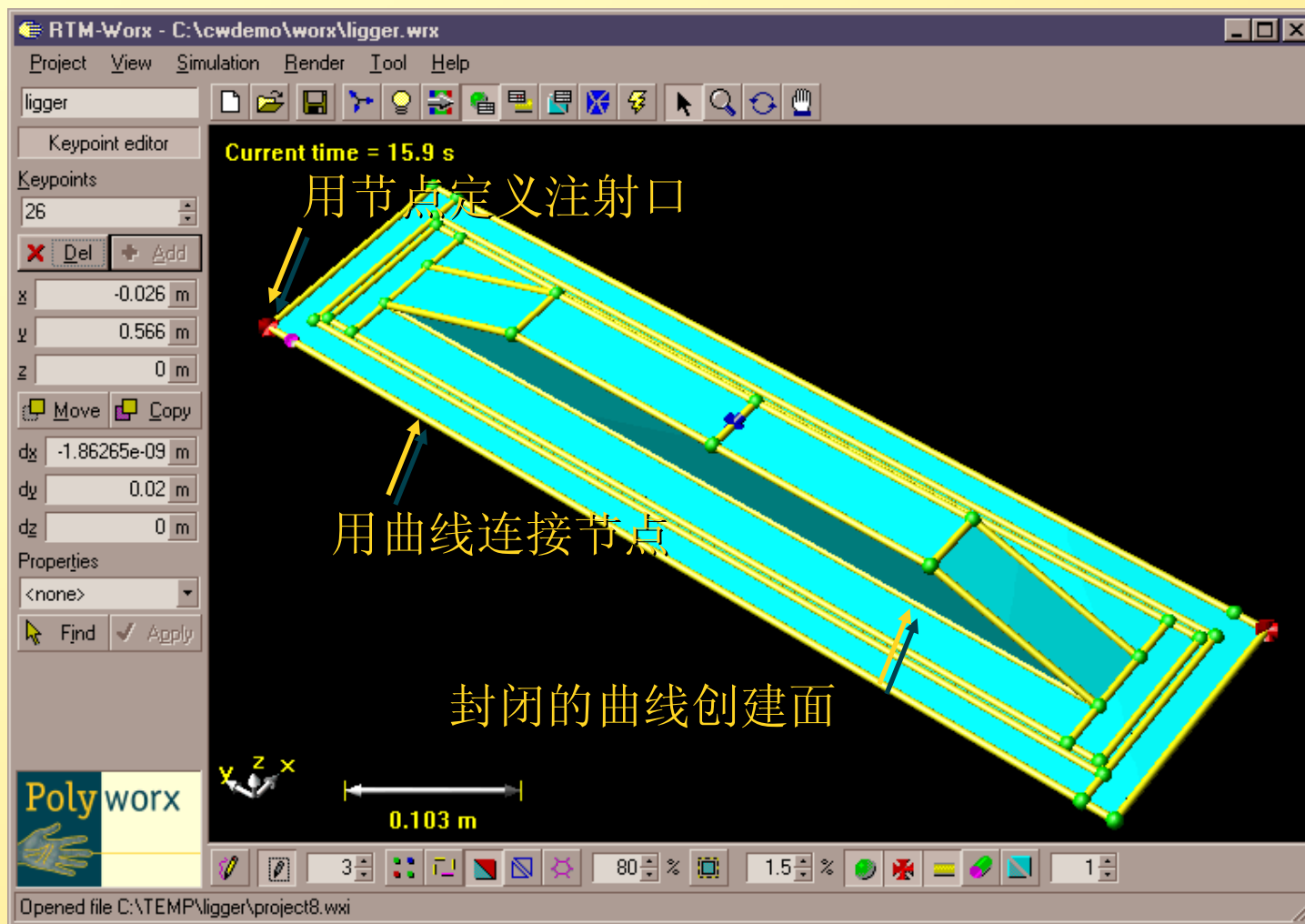
模型建立

- 模型特性组成：
 - ◆ 节点（Keypoints）用以定义注射口和溢料口
 - ◆ 曲线（Curve）用以定义流动通道
 - ◆ 曲面（Surface）用以定义厚度和增强体参数
- RTM-worx具有完善的建模系统
 - ◆ 支持鼠标界面拾取
 - ◆ 单位体系可变，可在公制和英制之间自动转换
- 可导入模型文件
 - ◆ AutoCAD DXF（2D完全支持，3D有时不）
 - ◆ STL
 - ◆ Patran Neutral File
 - ◆ MSC Laminate Modeller(Layup File)
 - ◆ FiberSIM

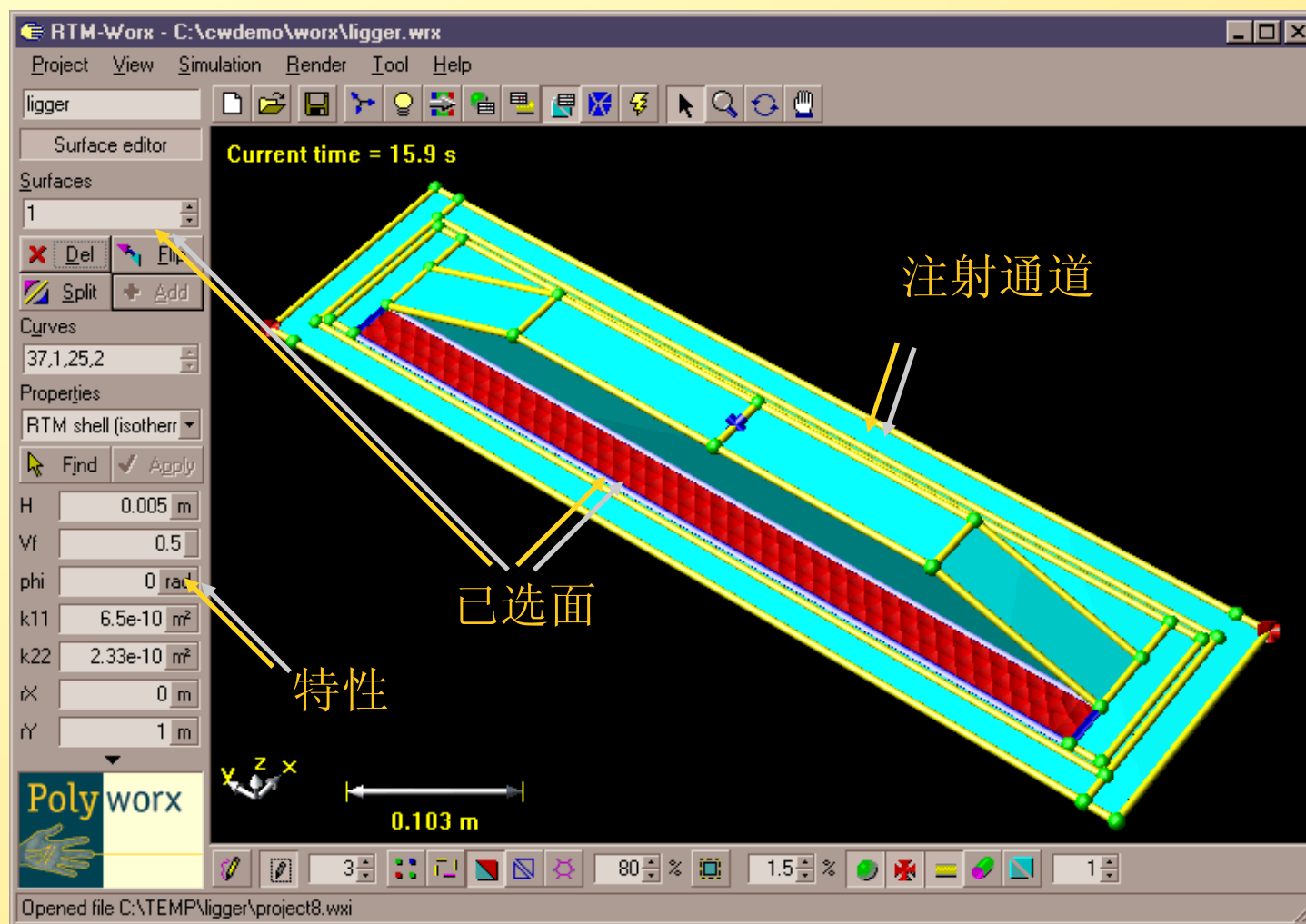
注意！

- 导入任何一种格式的模型文件RTM-Worx都不是读取全部信息
- 导入的某些模型需要不同程度的简化和修改

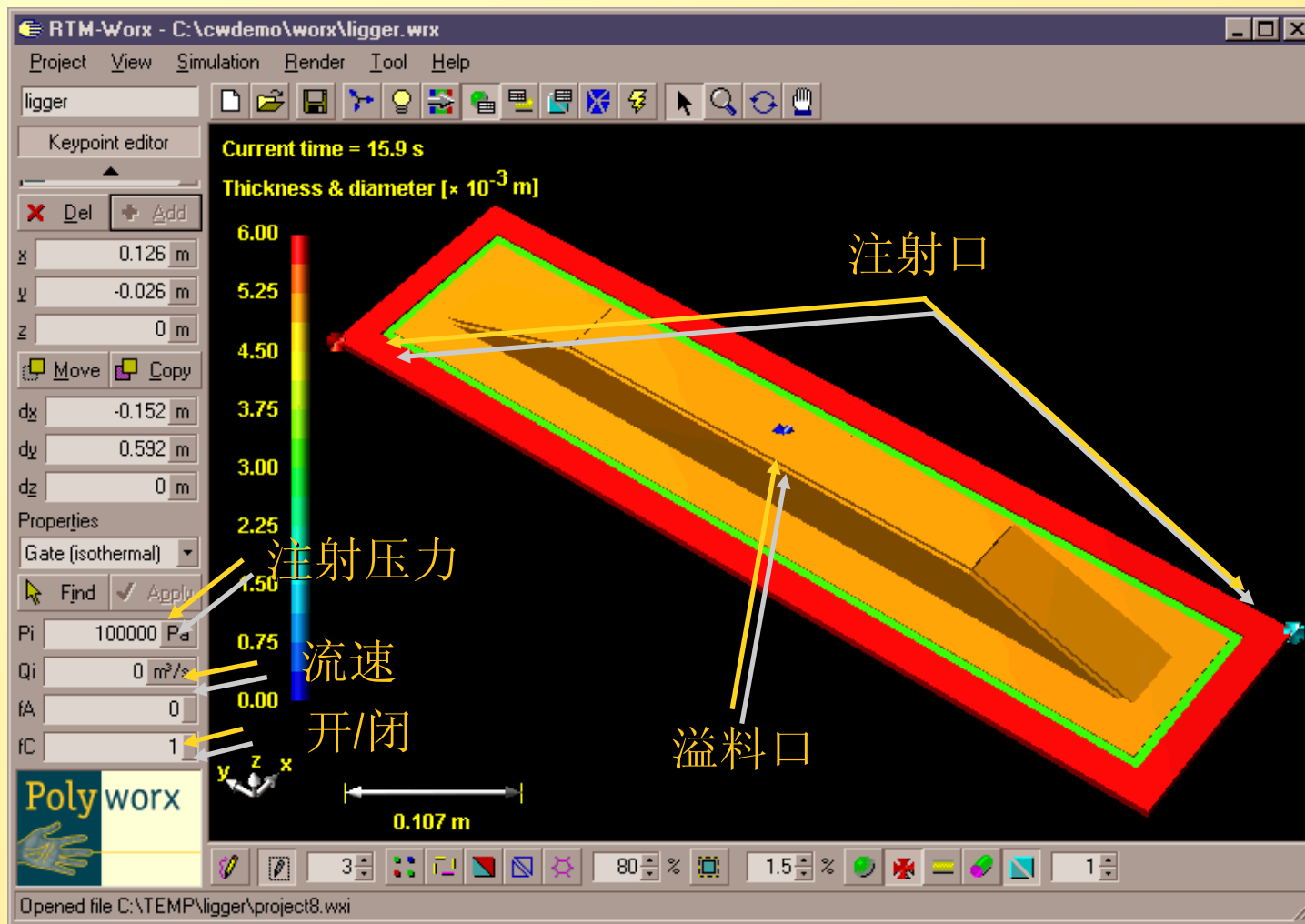
模型建立-直接建模



模型建立-增强体特性设置



模型建立-注射口、溢料口设置



模型建立—导入数据

可导入模型文件

导入几何模型

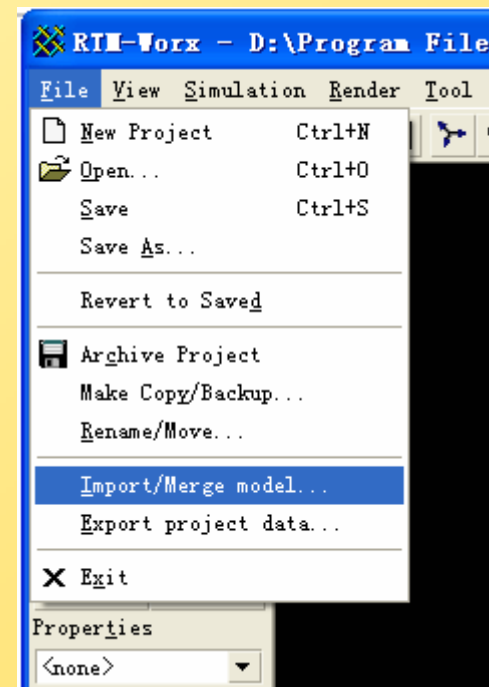
- ◆ AutoCAD DXF（2D完全支持，3D有时不行）
- ◆ STL
- ◆ Patran Neutral File
- ◆ MSC Laminate Modeller
- ◆ FiberSIM
- ◆ Pi7数据

向下兼容

导入数据后，需要进行简化和修补

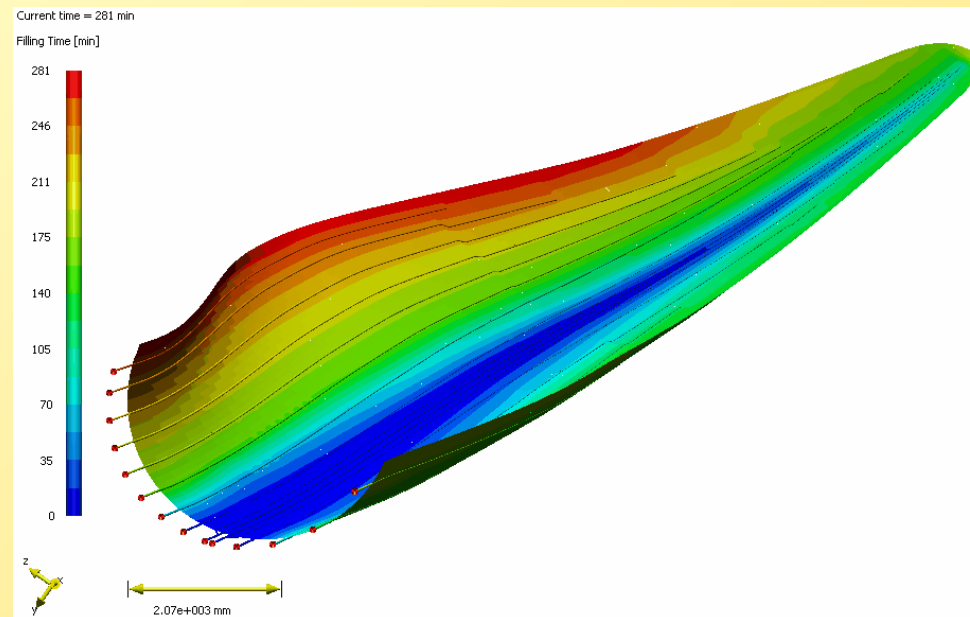
不同的文件格式、不同的模型需要简化和修补的程度不同

RTM—Worx 2.8 提供了Squeeze、merge keypoints、merge surface、remove tag 四个简化工具。



模型建立—导入几何和材料数据

- 实例: LM 54 meter windturbine rotorblade:
 - ◆ 18500 elements, 2000 kg resin, 170 m²
 - ◆ Import Layup file: 60 hours of time saved!





模型建立—导入后增强材料参数设置

- 导入几何模型后
 - ◆ 注射口、溢料口设置（需要）
 - ◆ 增强体特性设置（需要）
 - ◆ 流动通道设置（需要）

} 设置方法同直接建模
- 导入MSC Laminate Modeller文件后
 - ◆ 注射口、溢料口设置（需要）
 - ◆ 流动通道设置（需要）
 - ◆ 增强体特性设置（需要）

} 设置方法同直接建模

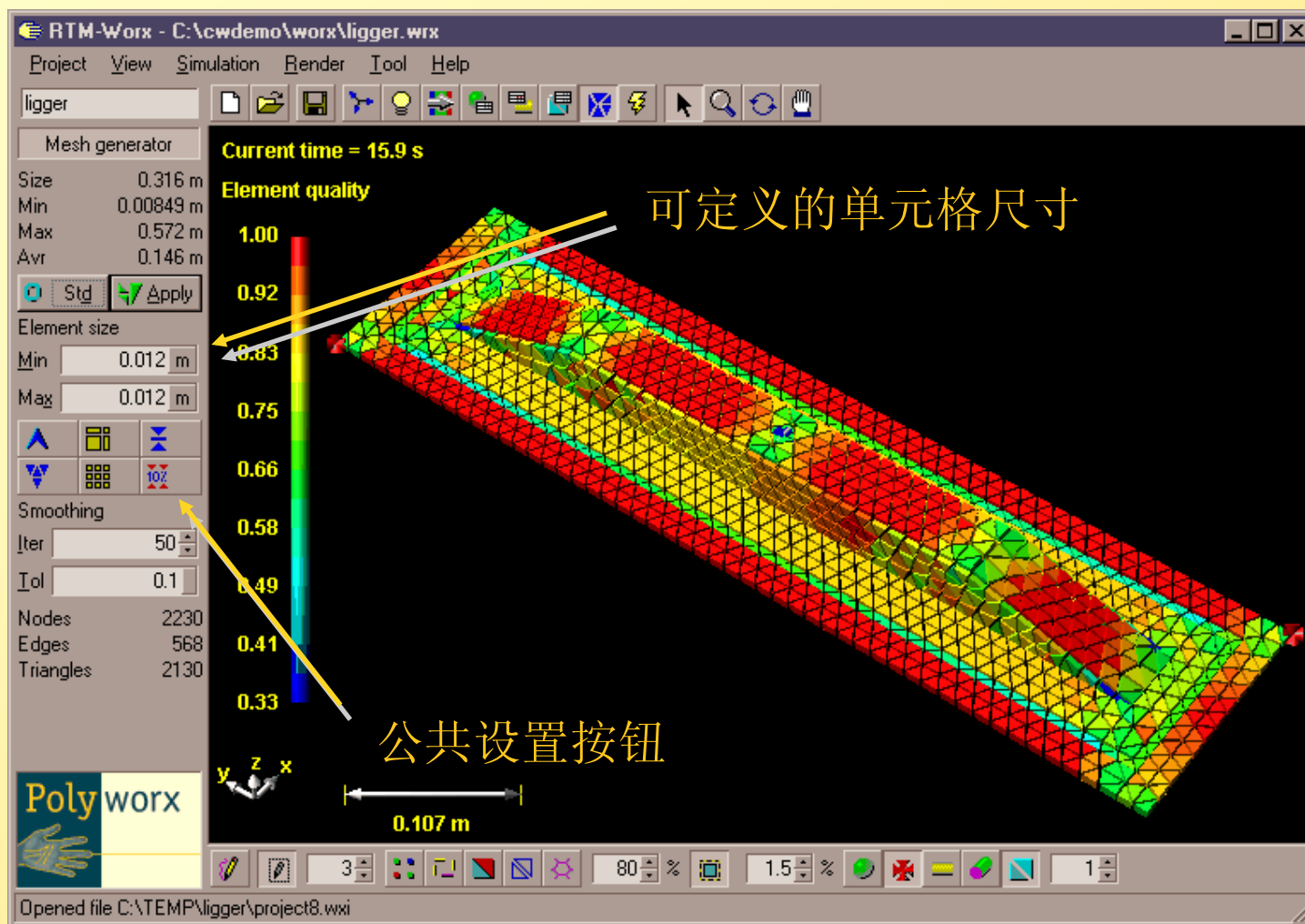
— 利用编辑Xdata文件设置



有限元网格划分

- 自动划分有限元网格
- 分级的有限元网格使三角元和边缘尺寸适应几何尺寸细节
- 单元格尺寸可精确控制
- 直观察看单元格质量，可以决定网格是否需要再细分
- 网格生成速度快，每秒可生成超过2000个三角元
- 拥有快捷的网格调整工具
 - ◆ **Coarse mesh.** 稀疏网格，生成尽可能少的网格数目，主要用于粗略分析。
 - ◆ **Uniform mesh.** 等大小网格，生成所有网格的尺寸几近相等。
 - ◆ **10% of model.** 最大网格尺寸为包裹整个几何模型圆球半径的10%。
 - ◆ **Double minimum size.** 将最小单元尺寸增加一倍。
 - ◆ **Halve maximum size.** 将最大单元尺寸缩小一倍。

有限元网格划分



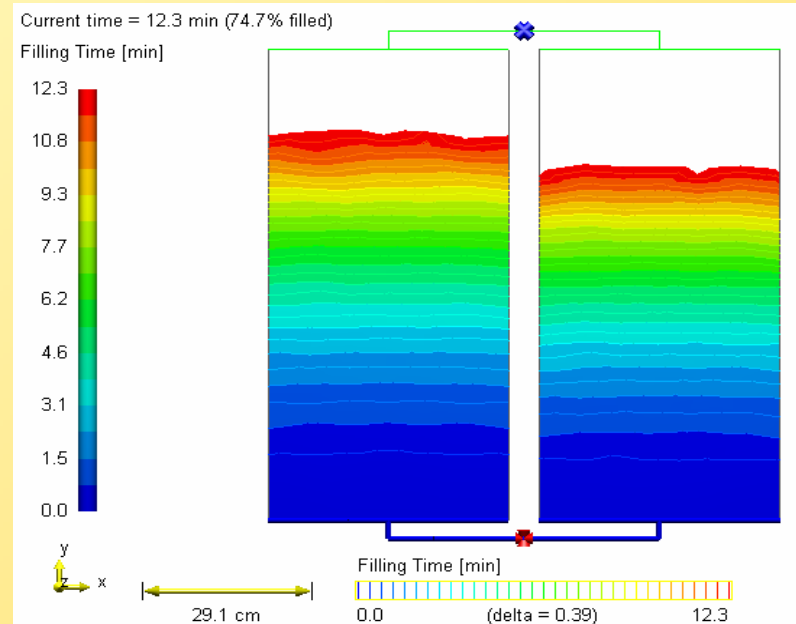


参数设置

- 模拟过程需要以下参数：
 - ◆ 产品或织物的几何尺寸，注射口、溢料口位置
 - ◆ 树脂粘度，树脂密度（非必须，但可以提高准确程度）
 - ◆ 纤维体积含量和渗透率
- 产品的几何尺寸、注口位置等已经在模型建立过程中完成
- 纤维的参数通过定义面的属性完成
- 树脂粘度、密度在模拟计算控制面板中填入即可

准确性验证

■ 渗透率测量过程验证

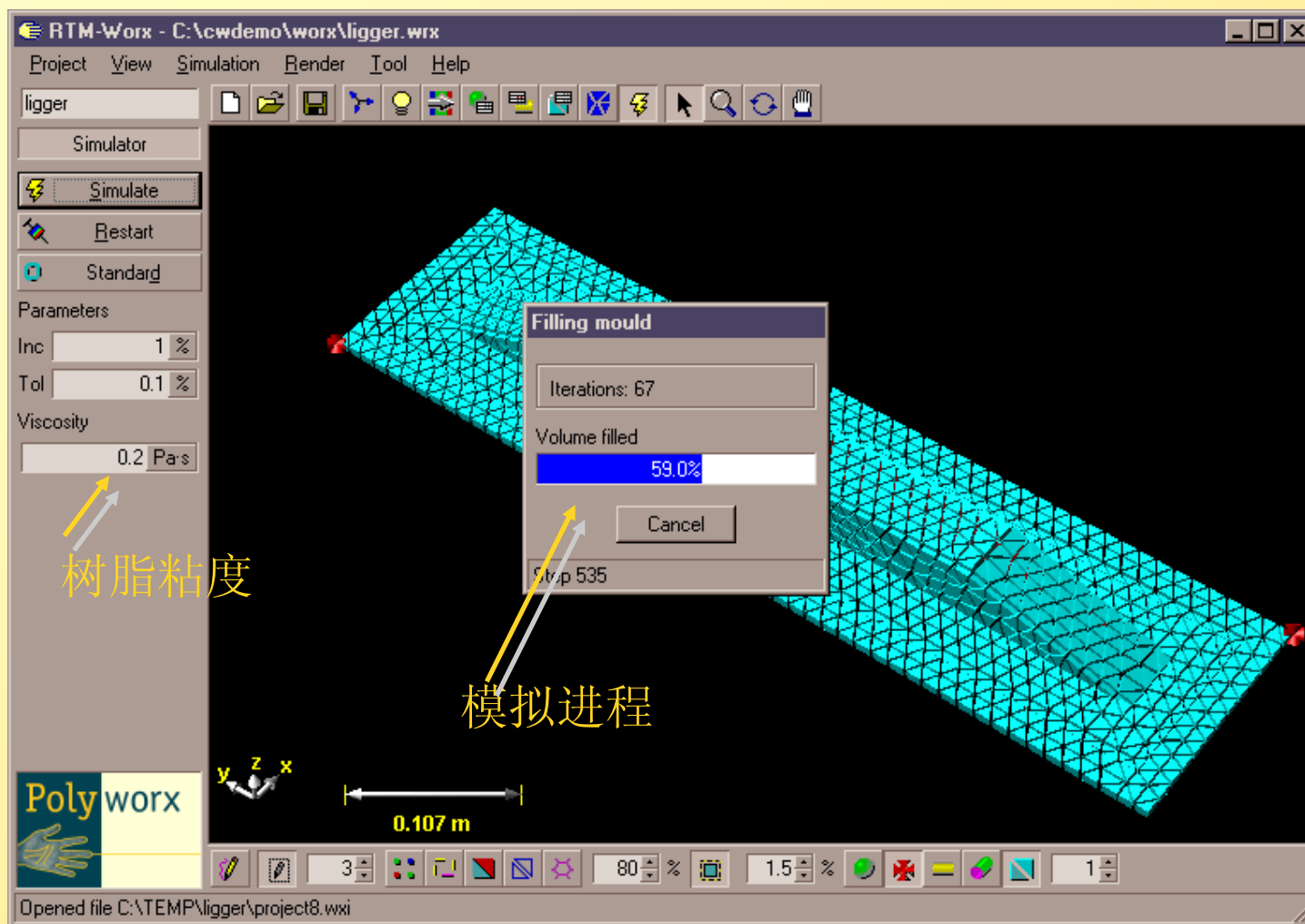




模拟计算

- 可靠的算法
 - ◆ RTM-Worx自带解算器可以保证结果的可靠
 - ◆ 基于稳定的FEM/CV方法对流动前锋进行准确追踪
- 灵活的计算方式
 - ◆ 可任意更改参数，并可选择在任一点重新启动计算过程
 - ◆ 较粗糙的网格划分迅速获得结果，精细的网格划分获得精确预报
- 高效的计算速度
 - ◆ 一般的模型只需划分不到1000个单元就能得到满意的计算结果（误差一般在1%以内）
 - ◆ 这样规模的单元模型的计算在不到一分钟的时间里就可以完成。

模拟计算—界面

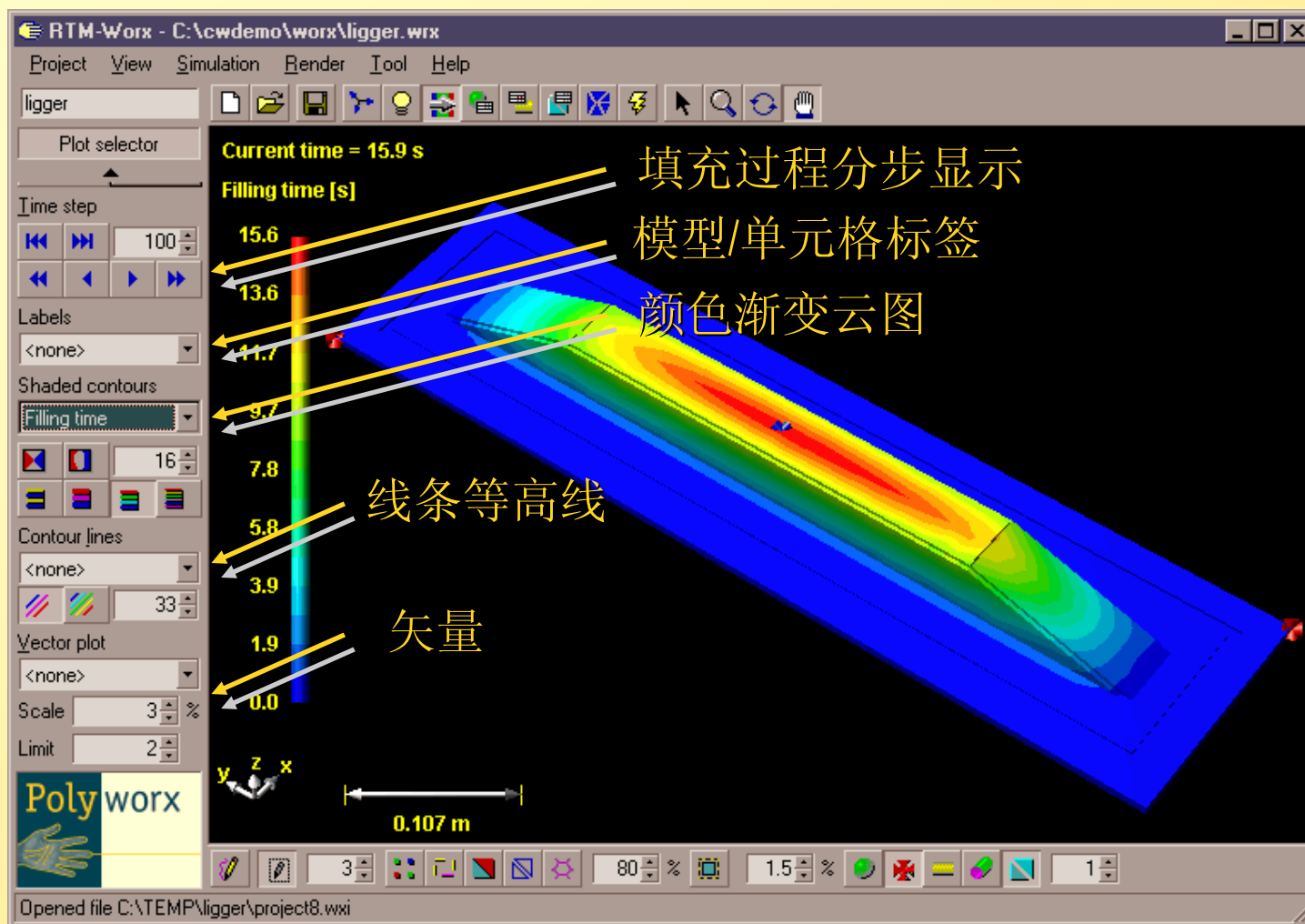




结果分析

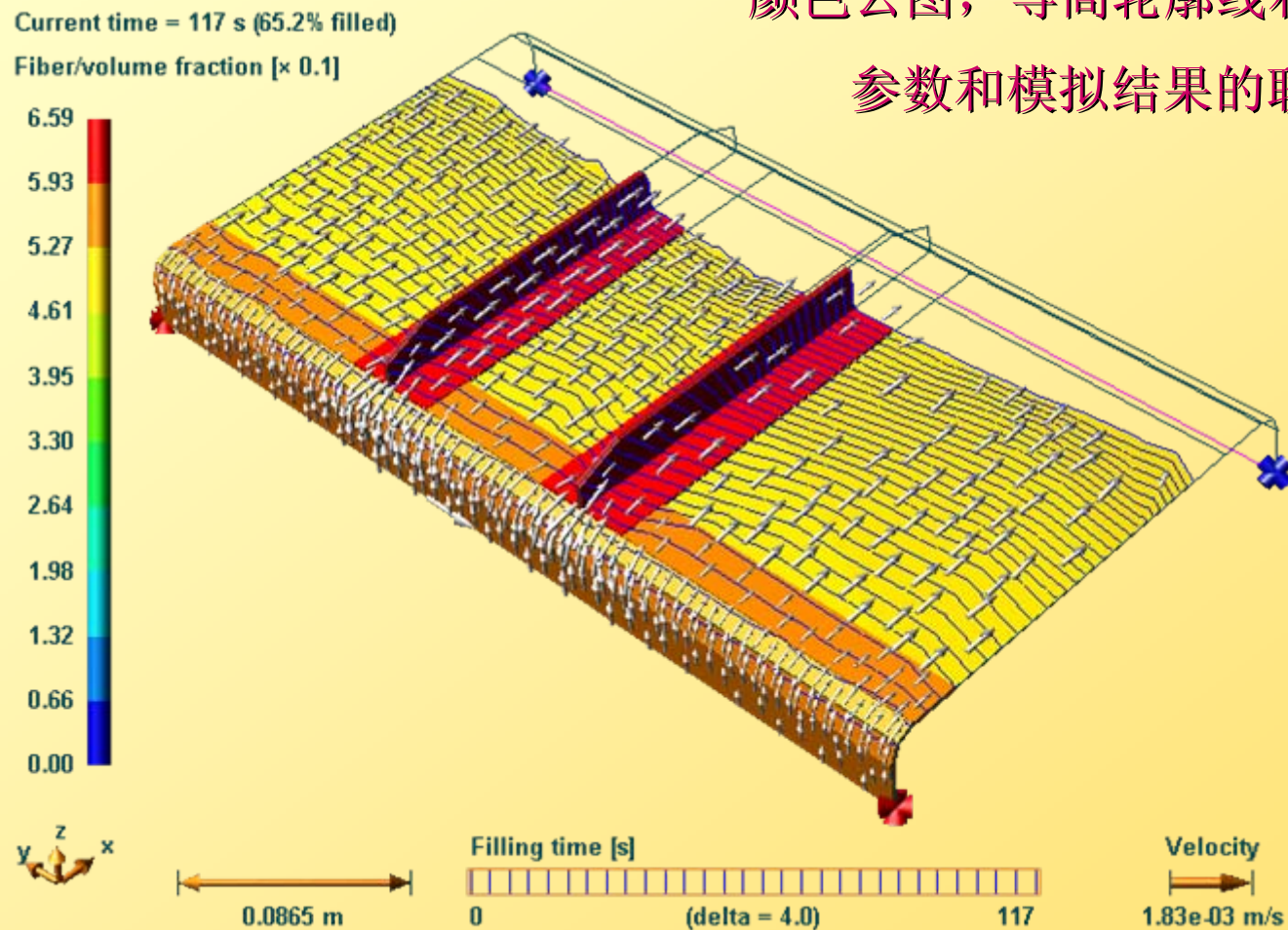
- 显示
 - ◆ 支持颜色云图、等高线绘图、矢量图联合显示
 - ◆ 支持充模过程分步显示(动画)
 - ◆ 可利用结果显示界面来坚持模型参数设置
- 保存
 - ◆ 可存储为wrx、arx文件，占有磁盘空间少
 - ◆ 可转换为图片和动画，需要第三方软件支持

结果分析—结果分析界面



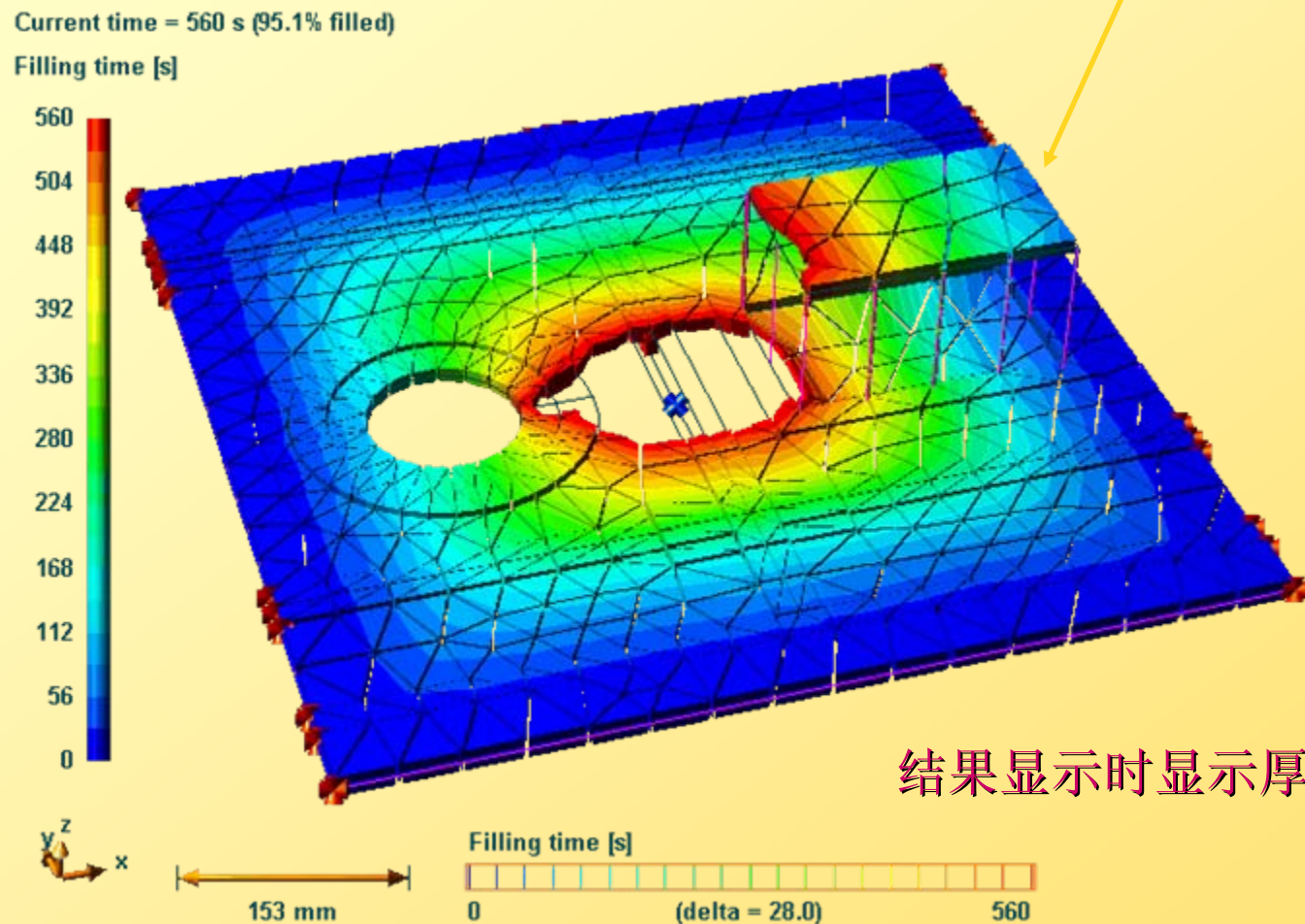
结果分析—联合显示

颜色云图，等高轮廓线和矢量图
参数和模拟结果的联合显示



结果分析—复杂零件的分解显示

可通过连接器做出分解图

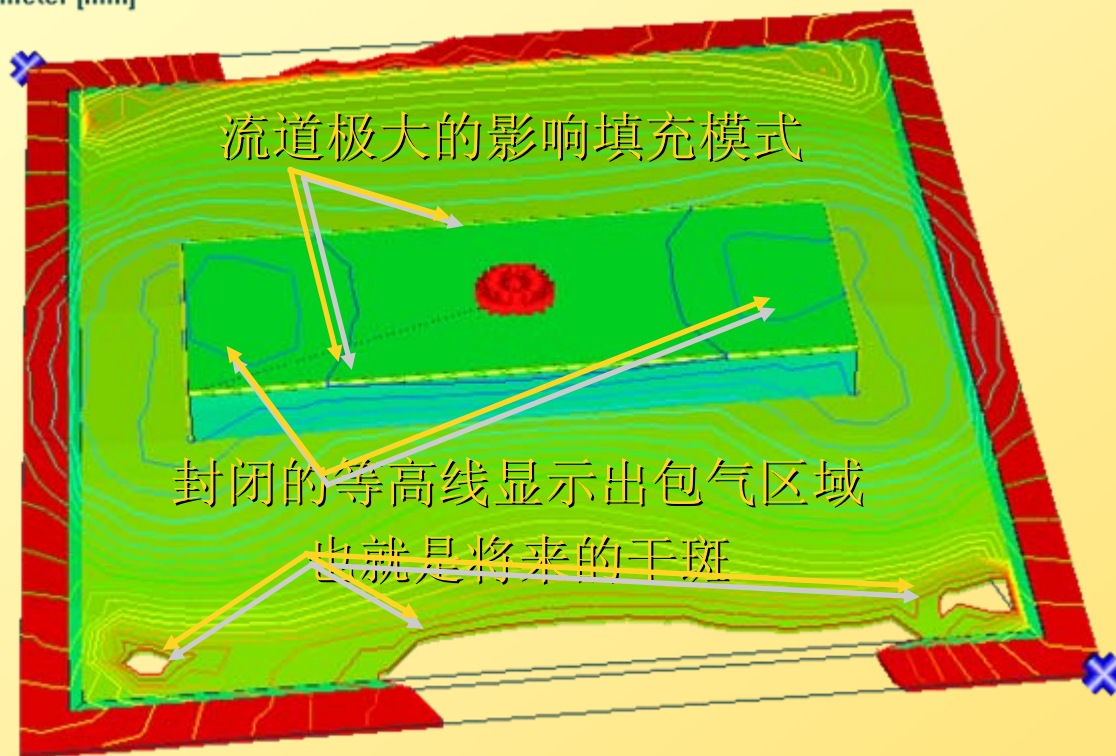


结果显示时显示厚度

结果分析—制品缺陷显示

Current time = 744 s (91.1% filled)

Thickness & diameter [mm]



流道极大的影响填充模式

封闭的等高线显示出包气区域

也就是将来的干斑



Filling time [s]





结果保存

- 存储为wrx、arx文件
 - ◆ RTM-Worx直接保存即可
- 可转换为图片和动画，需要第三方软件支持
 - ◆ Thumbsplus (www.cerious.com)
 - ☞ Ideal for archiving pictures, pasting snapshots from the clipboard
 - ☞ You can download a 30 days evaluation version.
 - ◆ SnagIt!
 - ☞ Good alternative for Alt+PrintScrn, especially if you want to capture images to produce an AVI animation.
 - ◆ Fast Movie Processor
 - ☞ Cheap and easy to use program to convert a sequence of images into an AVI movie.



结果保存—本人常用的保存方法

- 保存图片
 - ◆ 拷屏+windows图片工具

- 保存动画
 - ◆ 拷屏+windows图片工具+GIF Animator生产GIF格式文件
 - ◆ Camtasia studio录屏，直接剪辑生产GIF或AVI格式文件



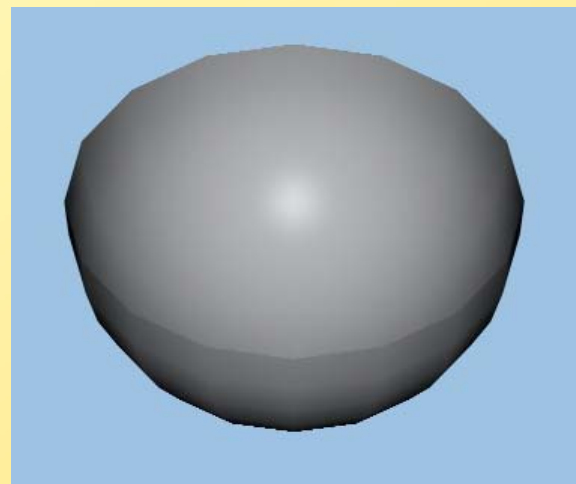
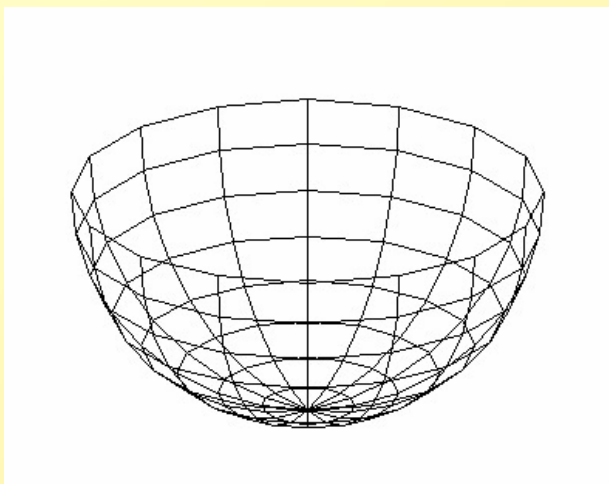
RTM-Worx+PATRAN联合使用

- 优点
 - ◆ 可以将纤维织物铺放过程中产生的变形考虑到模拟计算中
- 工作流程
 - ◆ Layup文件创建
 - ☞ 在PATRAN中利用Lilminate Moduler建立新的Layup文件
 - ◆ 将Layup文件导入RTM—Wrox
 - ☞ 导入方法和导入其它格式的文件相同
 - ◆ 试计算
 - ☞ 添加注射口和溢料口，如需要同时添加流到，定义树脂粘度进行试计算
 - ◆ 编辑XData文件
 - ☞ 用文本编辑器对XData文件进行编辑，在所用标记为“599”的地方指定正确的渗透率和纤维体积含量
 - ◆ 再次导入Layup文件
 - ◆ 模拟计算



实例1

■ DXF导入模型



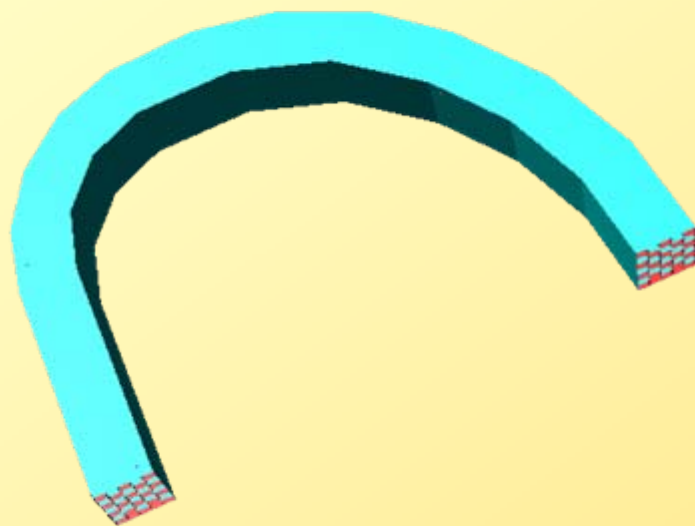
■ 实例过程

- ◆ 导入RTM-Worx——简化修补模型——设置参数——划分网格——模拟计算——显示结果

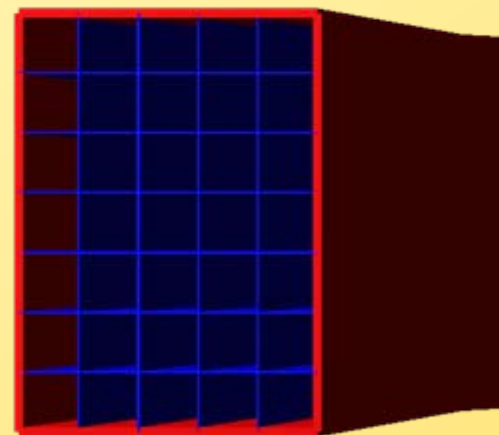


实例2

- STL导入模型



模 型



截面形状

- 建立模型和修复模型技巧



谢谢大家！



有任何疑问请联系：

CAEDA公司

www.caeda.com.cn