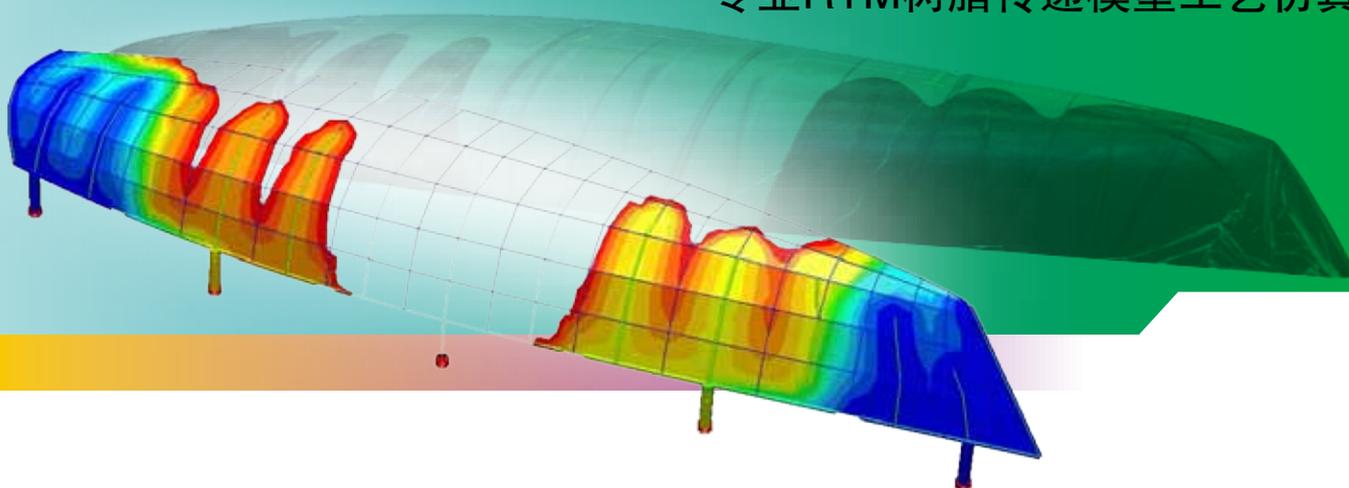


RTM-Worx

专业RTM树脂传递模塑工艺仿真软件



产品关键词 (Key Feature)

计算性能

速度更快、精度更高、更易使用、稳定性更好。

复合材料成形工艺

RTM 树脂传递模塑工艺、VIP 真空灌注工艺、RIM 反应注射成型工艺、RIP 树脂浸泡成型工艺。

应用领域

风电、航空航天、汽车、船舶、建筑等，具有全球 RTM 模拟应用市场 65% 以上的占有率。

计算系统

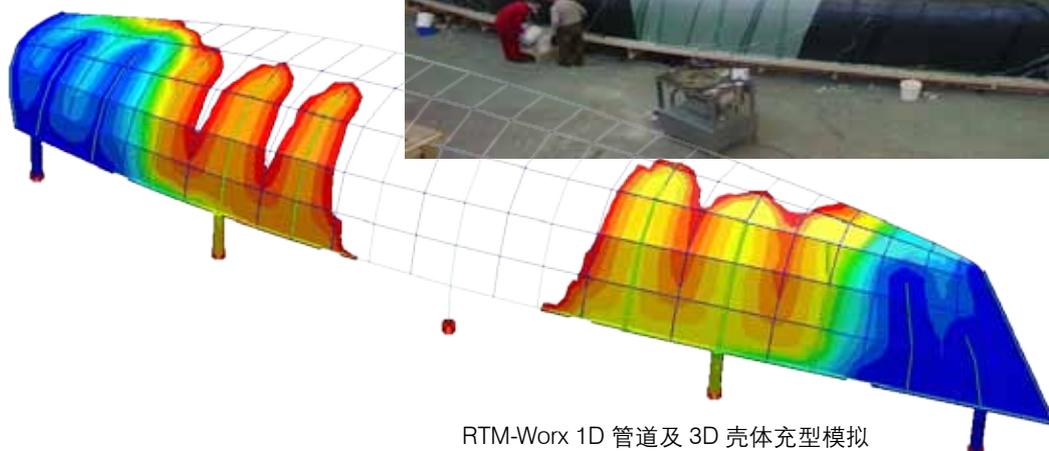
1D 管道结构、3D 壳体结构、3D 异形结构、FEM 有限元法、CVM 控制体积法。

结果预测

干斑、充型时间、流体前端、流速、树脂厚度、充型率、压力分布、渗透率、渗透方向等。

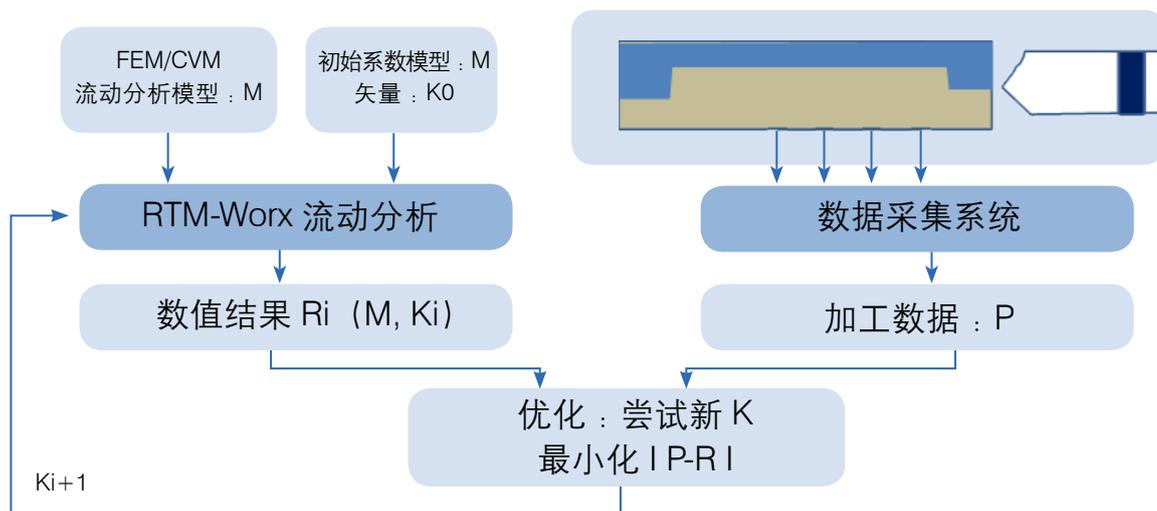
真实树脂材料及增强体参数

厚度及直径、流量、粘度、密度、纤维体积分数、温度、主副渗透率、比热容及热传导等。



RTM-Worx 1D 管道及 3D 壳体充型模拟

RTM-Worx软件简介



RTM-Worx 是一款先进的树脂模注工艺仿真软件，由荷兰应用科学研究组织 (TNO) 在 1991 年开发，广泛用于模拟 RTM、VIP 等复合材料工艺过程中树脂的充型流动情况，也可用于模拟压力驱动下多孔介质中的一般流动过程。RTM-Worx 能高效、方便地利用有限元 (FEM) 和控制体积法 (CVM) 求解多孔介质中树脂流动过程的物理方程。

RTM-Worx 的软件设计非常强调高效性、可靠性和稳定性。软件的数值精度非常高，即使在最坏的条件情况下也只需 150 左右的单元就能将误差降到 1% 以下。RTM-Worx 受单元形状和尺寸的影响很小，软件对所有必需的数据都提供了合理的缺省值。由于 FEM 或 CVM 采用相同的离散度，保证了任何情况下计算过程的收敛和压力计算的准确，以及树脂流动前端的确定性。

RTM-Worx 计算速度非常快，在目前主流的硬件配置下，对于一个 2000 到

4000 个单元的模型，计算时间不足 1 分钟。对非等温反应模型，当充分考虑了速度、温度和固化信息时，计算过程也仅约两倍长的时间。

RTM-Worx 提供了丰富的单元类型，包括 1D 线单元，3D 壳体单元和 3D 实体单元，三种单元类型可以在同一个模型中耦合计算，而且可设置不同的渗透率，这是业内独有的模型计算能力，使得异常复杂的流通管道可以方便地建立。对于不同的单元类型，采用达西流 (Darcy)、泊肃叶流 (Poiseuille) 以及用赫尔-肖模型 (Hele-Shaw) 来模拟计算树脂流动状态。通过点直接建立注射口或排气口，通过线可建立管道及流道，并可包含多孔介质或中空环境。

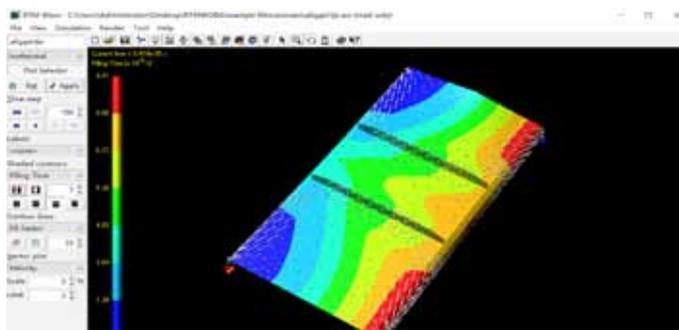
RTM-Worx 通过在计算机上模拟复合材料树脂注射过程，帮助工程师和设计人员进行快速的充模过程模拟，避免模具设计失误。

- 快速计算确定各工艺参数的影响。
- 可对大型构件进行充型时间估算。
- 实现计算机“试模”，节省能源、降低成本。
- 强化生产、设计、技术各部门间的连接。
- 提升企业技术实力等。

特色功能

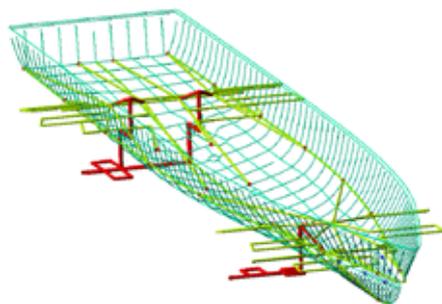
友好的图形界面

RTM-Worx 操作界面具有典型的 WINDOWS 风格，简单易用，通过导入几何体结构或者在软件中直接建立点、线、面结构构成模型。属性信息可以直接赋给几何实体，与有限元分析单元组概念类似但更加智能，可以任意指定或改变单元属性。它能够提供一个比人工单元组更切合实际情况的概念模型，适用于所有的几何体。



高度集成化的模拟系统

RTM-Worx 是一个高度集成化的模拟系统，前处理器、求解器、后处理器三大模块集成于同一界面，可独立完成完整的树脂注射过程分析并获得分析结果。求解器采用有限元法（FEM）构建单元，采用控制体积法（CVM）计算流体前端，获得高精度的计算结果，各分析模块可任意切换。软件独特地将点（可模拟注射口或排气口）、1D 线单元（可模拟管道或流道）、3D 壳体单元（模拟壳体结构）、3D 实体单元（模拟异形件）建立在同一个结构模型里，实现复杂形状、多管道的快速建模和分析。



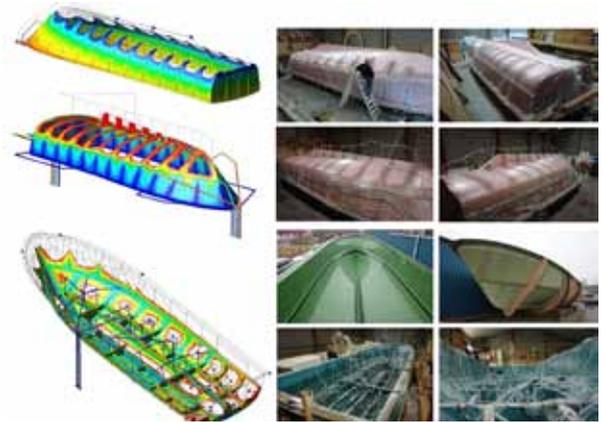
RTM-Worx 1D 管道及 3D 壳体结构模型

强大及可扩展的复合材料工艺模拟

RTM-Worx 设计目标是用来模拟 RTM 工艺的，但也能模拟树脂浸泡成型工艺 (RIP)，软件的非等温反应模块使 RTM-Worx 也可用于模拟反应注射成型工艺 (RIM)。软件已广泛应用在航空航天、风能、汽车、土木工程、造船等领域中。

RTM-Worx 使用了 CFD-Worx 核心。CFD-Worx 已在热塑性塑料注射成形和气体辅助成形 (GAIM WORX) 与芯片封装 (3P-Worx) 软件中得到广泛应用，核心的共享也为 RTM-Worx 用户的验证工作提供了便利。

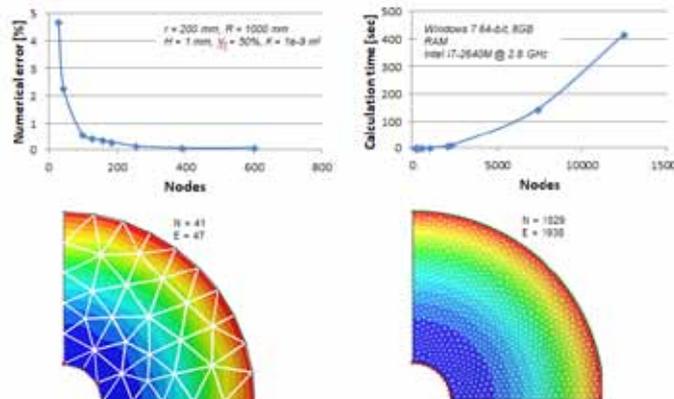
虽然 RTM-Worx 未明确是否适用于树脂模渗透成型工艺 (RFI)，但德国航空中心 (DLR) 通过巧妙地利用 RTM-Worx 提供的单元类型将所有单元集中于一个模型中，展示了 RTM-Worx 在 RFI 工艺中的仿真应用。



船舶树脂模渗透成形

更高的计算稳定性和高效性，计算速度快，模拟精度高

RTM-Worx 拥有完全重新设计的界面、更快的计算速度 (比第一款 RTM 工艺模拟软件 $\pi 7$ 快四倍)。求解速度非常快，粗网格一般数分钟即可完成计算。当充分考虑了速度、温度和固化信息时，计算过程也仅约两倍长的时间。软件的数值精度非常高，即使在最坏的情况下 (压力成对数下降的点注射) 也只需 150 左右的单元就能将误差降到 1% 以下。RTM-Worx 完全不受渗透率巨大差异的困扰，可简单作为物理参数来应用，无论是实测渗透率还是 Poiseuille 或 Hele-Shaw 流动的树脂通道。由于采用了 FEM/CVM 算法，使得树脂流动前端计算精度高，对于不同的单元类型，采用 Darcy 和 Poiseuille、Hele-Shaw 模拟流动现象。

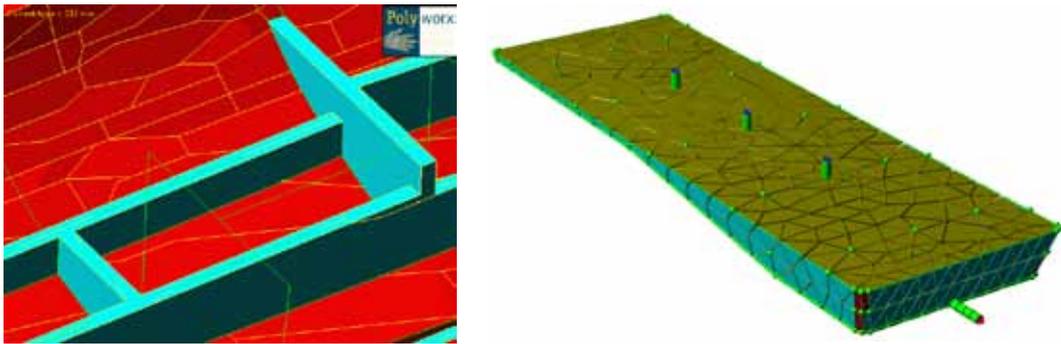


计算精度和速度

先进的网格处理技术

RTM-Worx 软件集成了一个全三维的表面建模工具。首先输入定义中性面的节点坐标 x、y、z，然后将节点连接成曲线构成表面的边界线。表面是由一系列闭合的连续曲线组成的，同时带有厚度、织物特性等属性。

RTM-Worx 内置了网格生成器，可以对曲线和曲面进行自动、快速的网格划分，同时支持渐增式划分。单元的尺寸决定了流动模拟的准度和精度。默认情况下，单元的尺寸与节点间距是适应的，即所谓的“分级”网格。在一般情况下，当所有单元尺寸近似相等时 RTM-Worx 模拟性能最佳。除此之外，还可以通过增加节点的方法，提高模型局部的网格划分精度，用户有很大的选择弹性，可根据实际情况选择恰当的划分方法。即使在导入错误的曲线和曲面时，如自重叠和边界相交，网格生成器也可产生正确的网格并顺利进行计算。



RTM-Worx 混合网格

丰富的软件模型接口

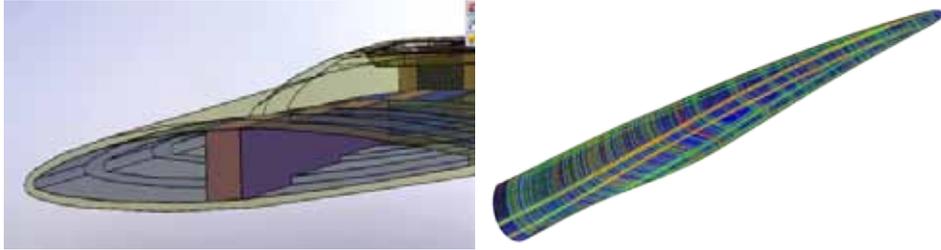
RTM-Worx 支持多种格式文件的导入，包括：

- WDX 文件：RTM-Worx 数据格式，包含所有 RTM-Worx 模型数据的 ASCII 文件。允许用户自定义生成文件，从其他软件导入或导出到其他 RTM 分析软件。
- STL 文件：3D Systems 公司的 SLA 接口，属于二进制和 ASCII 格式。
- Patran Neutral 文件格式（网格以曲面模型导入）。
- C-mold 网格文件（FEM），以曲面模型导入网格及属性。
- Fluent GAMBIT 网格文件。
- AutoCAD 的 DXF 文件。
- SEPRAN 文件（MSH），包括连接单元。
- $\pi 7$ 模型数据库（Pi7）文件：全面支持。

另外，具备可扩展模块，可导入由 MSC laminate Modeler 软件(或 Anaglyph 公司的 Laminate Tools)生成的 layup 文件。Layup 文件包含模型、有限元网格、铺层顺序及纤维取向等信息。RTM-Worx 软件可以根据这些信息自动计算预成形体性能，并把它保存在一个单独的文件。RTM-Worx 导入的文件会与现有的模型合并，各个单独的部分将合并为一个整体模型。RTM-Worx 还支持导出 Patran Neutral、DXF 格式（可用于生成注射方式图）和 Tecplot 数据文件格式。

参数化 SALT 扩展脚本功能

RTM-Worx 提供了 SALT 扩展功能，采用类似 C 语言的程序，用户可以自己编写程序对模拟过程进行扩展。SALT 程序可用记事本打开和编辑，在 SALT 控制台进行。特别对于复杂的铺层结构可灵活使用。

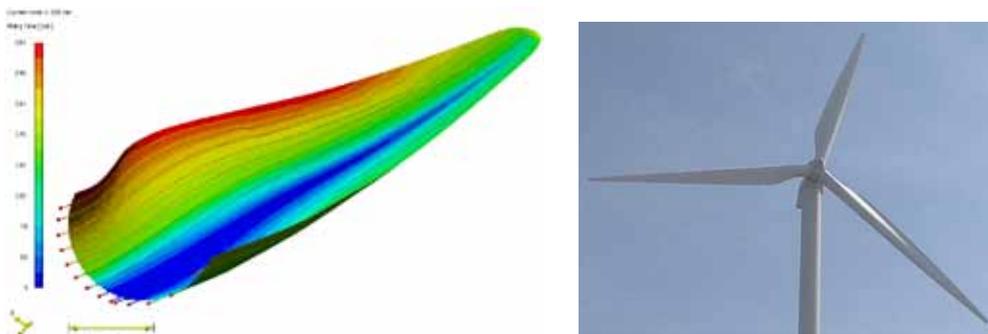


风机叶片复杂铺层材料 SALT 命令流建模

实用价值

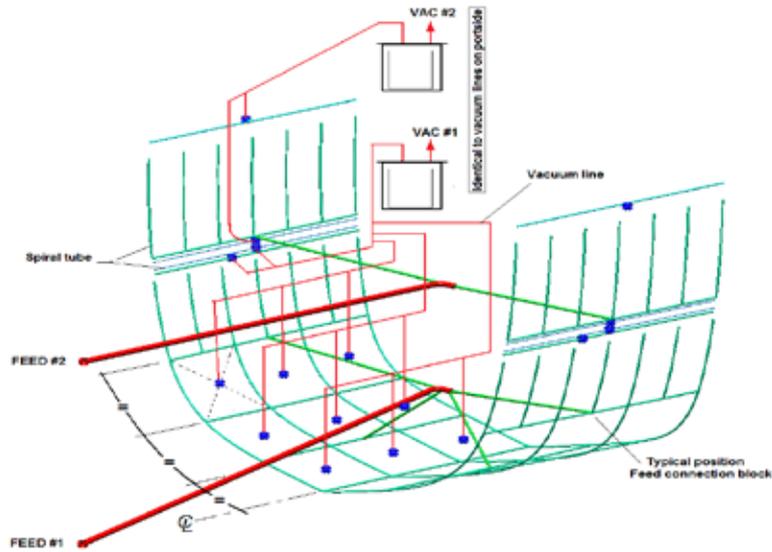
友好的图形界面

- 具备 Windows 操作风格，简便易用。
- 进行结构异常处理的全面整合，能完美地处理 Windows 产生的错误故障而不产生崩溃现象。
- 计算过程具有高效性、稳定性及快速性。
- 可导入多种类型的模型及网格，如 STL、Fluent GAMBIT、DXF 等。具有 MSC laminate Modeler 复合材料铺层结构接口。
- 能够模拟壳状或管状几何体中的等温流动。
- 能模拟无增强材料情况下树脂在多孔介质或型腔中的等温流动。
- 能够模拟非等温反应注射成型工艺（RIM）、树脂传递模塑工艺（RTM）和树脂浸泡成型工艺（RIP）工艺。
- 具有先进的 FEM/CVM 算法，精确计算流动前端现象。
- 能够将 1D 线单元、3D 壳体单元及 3D 实体单元整合在同一个模型中，对于分析复杂的 3D 注射过程具有简便的建模特点和强大的分析功能。
- 能够分析同一模型不同的渗透率特性，可设置预成型体厚度、纤维体积分数或孔隙率、主渗透率和副渗透率、主渗透方向。



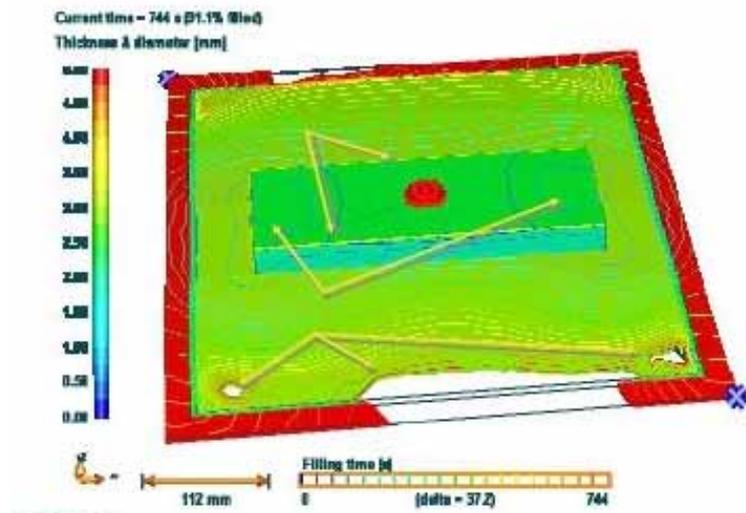
风机叶片 RTM 模塑充型过程分析

- 对于非等温反应模型，还可定义模具表面的 BIOT 热边界条件、增强体材料的热性能如比热容、热传导系数及密度。
- 可定义树脂材料的粘度和密度、热传导、比表面能及固化动力学特性。



线性管道分布

- 可直接定义点为注射口或排气口、线为管道或流道、面为增强体材料，同时具备阀门开关条件的管道设置。
- 后处理可获得充型时间、压力、速度、树脂厚度、渗透率、渗透方向、纤维体积分数、充型率、温度、固化率等结果。
- 能够预测干斑及流体前端形状。



干斑缺陷

模块描述

模块 1

- RTM-Worx Base Module (2.5D) 基本模块

树脂模注分析基本模块，等温流动分析 (Isothermal Flow)。用于分析 1D 线性管体、3D 壳体的树脂材料流经非增强材料的模流过程，无增强材料情况下树脂在多孔介质中或型腔中的等温流动。能够优化零件充型，预测干斑缺陷等。包含前处理、求解器、后处理三个部分，适合 Windows 平台。

模块 2

- RTM-Worx Extension Module (3D) 扩展模块

附加扩展模块，3D 实体分析 (3D)。在基本模块基础上进行扩展，用于三维模型的充型分析，全面支持四面体、三角元和四面体混合计算，支持 1D&2.5D&3D 的耦合计算，具有方便的三维渗透率输入和高效率算法，计算快捷。

模块 3

- RTM-Worx Extension Module (Non-Isothermal Reactive) 扩展模块

附加扩展模块，非等温反应分析 (Non-Isothermal Reactive)。在基本模块基础上进行扩展，用于树脂材料的反应注射成型工艺 (RIM) 的仿真分析，树脂传递模塑工艺 (RTM) 和树脂浸泡成型工艺 (RIP) 的非等温反应模拟。可计算各项异性材料。

模块 4

- RTM-Worx MSC/Laminate Modeller Extension Module (MSC/ 复合材料模型接口扩展模块)

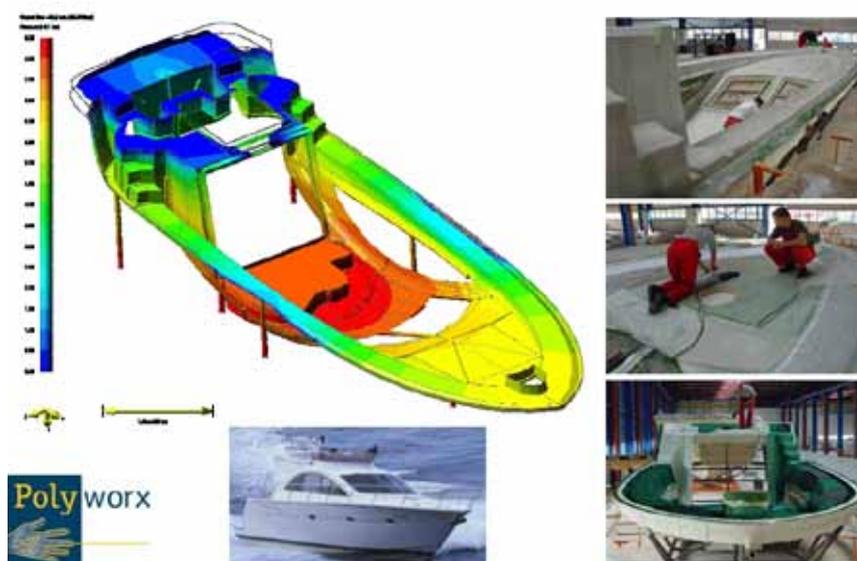
附加扩展模块，作为复合材料接口。在基本模块基础上进行扩展，用于导入 *.Layup 文件 (可以从 Catia 和 Anaglyph 层压板工具导出)。

典型应用

● NH-90 直升机起落架应用



● 甲板注射工艺模拟应用

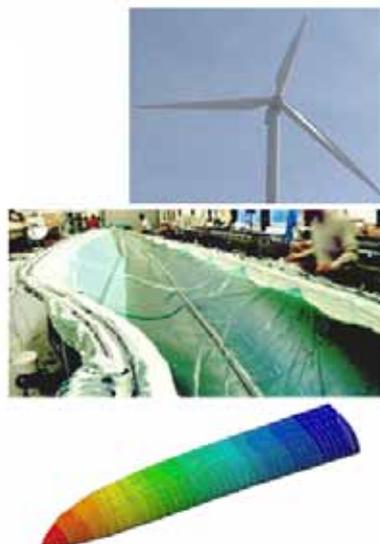
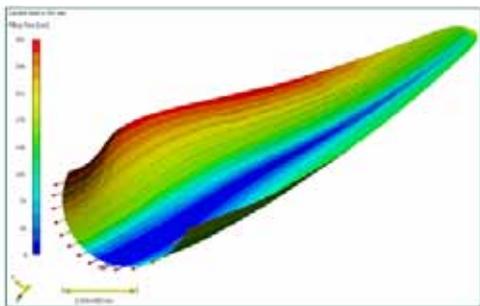


● 汽车座椅应用



● 风电叶片应用

- 可复杂的布局，流动
- 大约 2000kg 树脂，170m²
- 接合：多层板模型





安世工仿官方微信



安世亚太官方微信

安世工仿科技有限公司

服务热线：400-608-0401

邮箱：cae@peraglobal.com



安世工仿
PERA CAE

亿维讯
IWINT, INC.

安世亚太
PERA CHINA

安世中德
PERA-CAD/FEM

金铭瑞通
JIN MING RUI TONG

安世亚太科技股份有限公司

010-52167777

info@peraglobal.com

北京市朝阳区八里庄东里1号
莱锦TOWN园区CN08座

客服专线：400-6600-388

集团总部
010-52167777

北京子公司
010-52167777

上海子公司
021-61077288

成都子公司
028-86671505

西安分公司
029-88348317

南京子公司
025-84677666

武汉分公司
027-87115335

沈阳子公司
024-23181789

广州子公司
020-38682890

香港子公司
00852-31139711