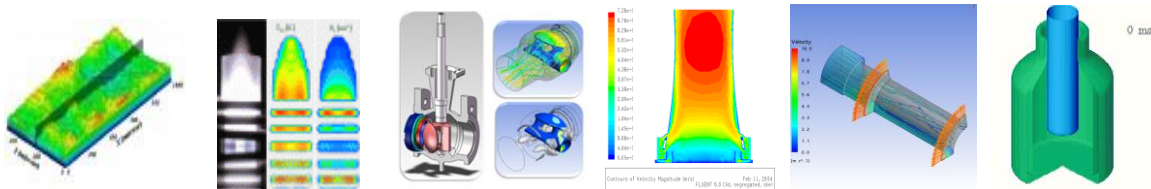


材料喷涂与自由表面流仿真 分析软件 Simulent 介绍



一、Simulent 软件概况

随着全球经济的飞速发展,工业由原来的简单机械运动进入到了智能化自动化大规模高精度生产的时代。同时伴随着计算机软硬件的提升和互联网+的发展,工业制造对材料喷涂、液滴流固耦合及粉末等离子耦合的需求也提高了。因此人们借助先进的技术手段,运用先进的材料喷涂与液滴耦合仿真分析软件 Simulent 进行虚拟预测,优化喷涂设计,最终达到提高产品质量和生产效益。中仿科技依托中仿 FEMAG 研发中心,将国际一流的数值算法及数字仿真技术引入中国。其中 Simulent 系列软件产品在研发中心广泛应用于材料科学领域,让高端设备、材料科学及科学研究更富有竞争力,提供了中国领先的材料科学数值模拟分析软件和系统解决方案。

Simulent 是国际上领先的计算流体动力学(CFD)软件开发和工程咨询公司,为热流体系统的工程设计优化提供最专业的解决方案。中仿科技公司与加拿大 Simulent 软件公司达成战略合作伙伴关系,成为其在中国区的战略伙伴,负责 CAE 仿真软件 Simulent 在中国区的业务。Simulent 提供核心软件和特定的模块来满足行业最复杂的热流体问题,可模拟各种流体喷雾仿真和液滴耦合运动。广泛应用于能源采矿、航空航天、汽车工业、生物医药以及科学研究等各个领域。中仿科技和 Simulent 公司携手为我国的企业和科研用户提供全球最先进的数值模拟产品和服务。Simulent 是一款材料喷涂与自由表面流模拟仿真分析的计算流体动力学(CFD)软件,软件产品有 SimSpray、SimCoat、SimDrop、SimSlosh、SimPlasma 及 SimFill。自由表面流仿真分析软件结构图如图 1.1 所示。

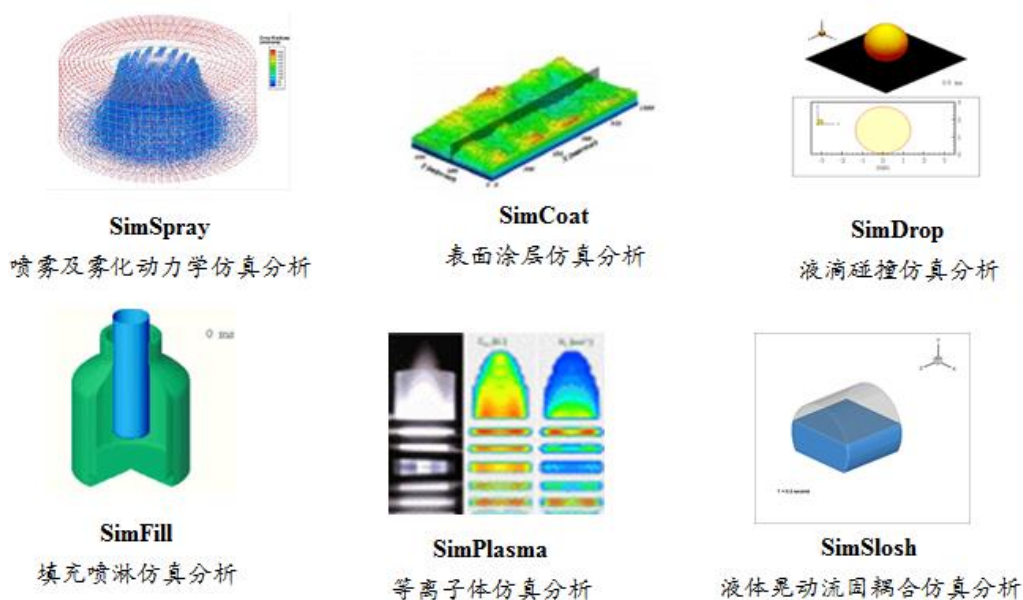


图 1.1 材料喷涂与自由表面流仿真分析软件结构图

目前 Simulent 软件包括下列产品：

SimSpray—喷雾及雾化动力学仿真分析软件

SimCoat—表面涂层仿真分析软件

SimDrop—液滴碰撞仿真分析软件

SimSlosh—液体晃动流固耦合仿真分析软件

SimPlasma—等离子体仿真分析软件

SimFill—填充喷淋的仿真分析软件

Simulent 软件可以高效地模拟材料喷涂过程及液滴碰撞效果，有力地促进了材料喷涂与液滴耦合技术的相关生产与研发工作。Simulent 可以解决复杂的材料喷涂与自由表面流的相关的动力学问题，优化不同设计性能，降低原型设计的时间、成本费用和风险。

二、Simulent 软件产品

2.1 SimSpray 软件

SimSpray 是一个在虚拟环境中用于设计和测试喷雾嘴的喷雾及雾化动力学仿真分析软件。对各种流体（含化学反应流）的喷雾过程及喷嘴进行模拟仿真，精确预测喷嘴雾化结果。由于喷雾系统里复杂的流动，目前还没有精确的技术能够实现喷嘴喷雾的特性。当前喷雾嘴的设计都是基于试验性测量，这个过程消耗了大量的时间，也付出了昂贵的代价。这个仿真分析软件使用三维模型，将 N-S 方程中的网格离散与分段线性的追踪算法相结合，实现了对复杂形状自由面的跟踪，也能够精确地预测所得到的喷嘴使用流量的喷雾模拟情况。图 2.1 是计算机模拟的关于 Kraft 在余热回收方面的一个喷雾器的喷雾仿真模拟图像。

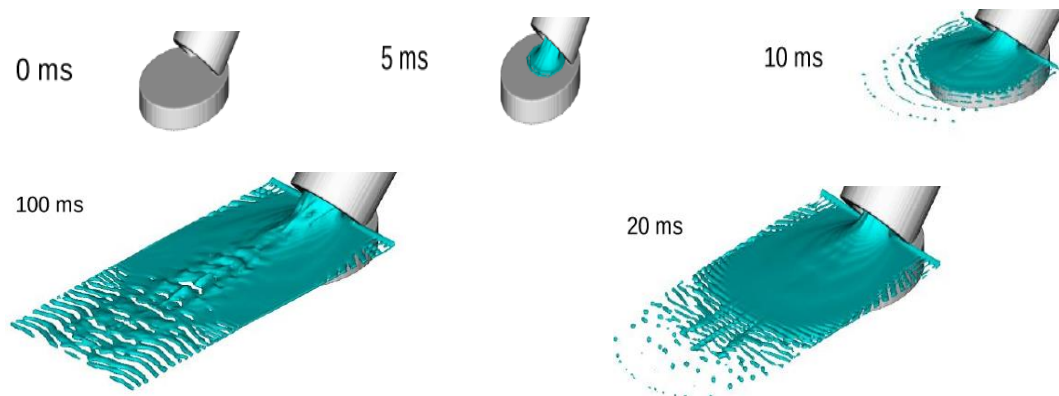


图 2.1 喷雾器的喷雾模拟图像

2.1.1 SimSpray 软件应用及特征

SimSpray 软件应用于：

- 设计新的喷嘴
- 改善目前的喷嘴设计

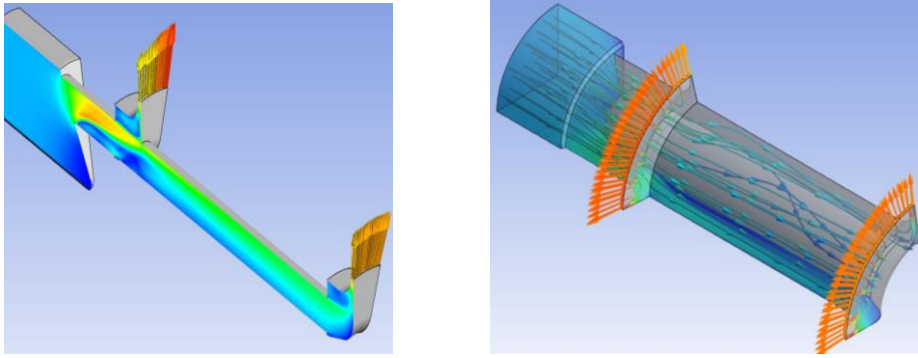


图 2.2 应用 SimSpray 软件设计新喷嘴和优化设计的喷嘴

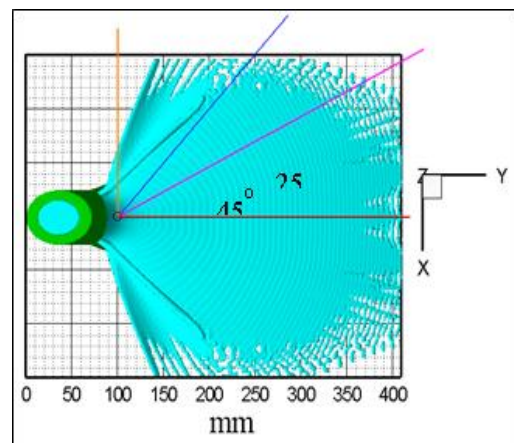
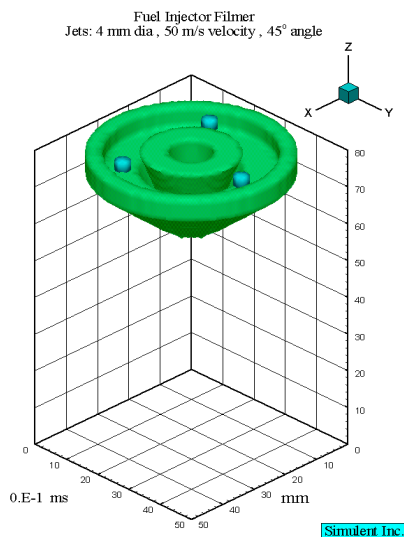
- 模拟喷嘴的流动特性
- 模拟喷嘴出口处膜厚度和速度分布
- 建立喷雾角度和喷雾模式

在不同的操作条件。一些具体的行业应用主要有：喷雾燃烧炉中，燃气涡轮机，火箭；喷雾冷却；粉状冶金；喷漆，农业喷洒；火喷头。

SimSpray 能够模拟各种类型的流动和喷雾的喷雾系统，诸如防溅板的喷嘴，旋流喷嘴和加压喷雾喷嘴。该方案稳健和有效的促进了连接接口直接向预处理器（ICEM-CFD）导入形状复杂的喷嘴，建设正确的网格，并输入初始和边界条件，输出文件用 Tecplot 软件进行后处理。

2.1.2 SimSpray 软件优势

- SimSpray 是国际上模拟分解和雾化过程的最专业软件
- 基于每个客户的应用简化了用户界面和数据输入页面
- 针对准确实验结果进行测试和验证
- 使用有效数值和实证模型
- Simulent 在处理喷雾雾化问题上有超过 20 年的专业知识和经验



2.1.3 SimSpray 模块

SimSpray 包括几个模块：

- 对喷嘴内部流模块设计
- 初步分解模块：统计模块
- 雾化模块

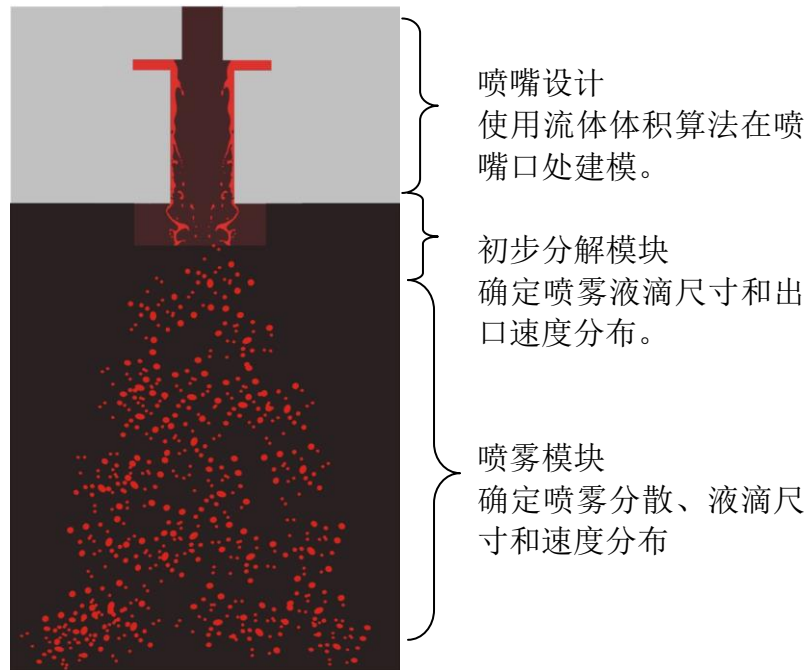


图 2.3 SimSpray 软件模块分布图

2.2 SimCoat 软件

SimCoat 是一款对材料表面喷涂的仿真分析软件。诸如厚度，粗糙度以及孔隙率，帮助用户制定合理的喷射涂层的工艺，可以计算出算出被覆层厚度，粗糙度和固定或移动的基片上的任何期望位置的孔隙率，无论使用固定或是移动的喷枪，可以计算出每一个注射质点的初始速率，直径和温度，并对这些数据计算出平均差和标准差。适用于分析和开发不同类型的液体以及熔化的金属用于喷射涂层。SimCoat 计算初始速度，直径和温度对每个注入的粒子，给出的平均和标准偏差等这些参数。SimCoat 基于笛卡尔网格定义计算域和追踪的形状和位置的涂层表面。中仿科技公司曾多次承担国家科技部创新基金项目，其中在材料科学计算领域与中航工业北京航空材料研究院在高端设备的涂料研制、性能测试及应用中仿 CAE 仿真软件进行表面喷涂过程模拟等合作。获得了各类普通涂料与功能涂料在喷涂模拟、填料设计及改进工艺设计方面的显著成果，技术处于国内领先水平。用 SimCoat 软件模拟 1000 x 500 微米镍喷枪以 x 恒定速度为 0.2 米/秒移动形成效果图如图 2.4 所示。

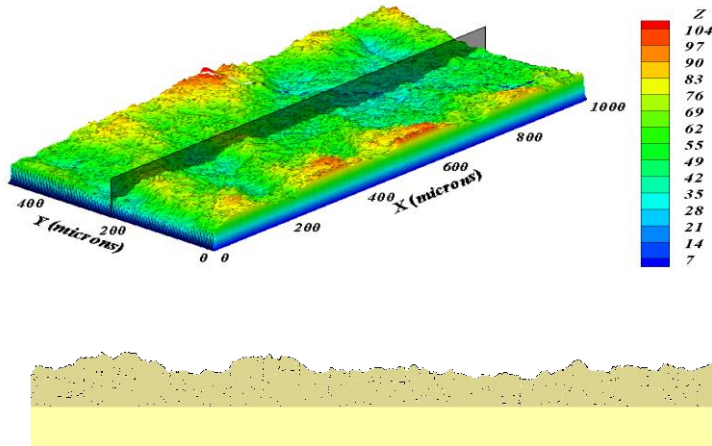
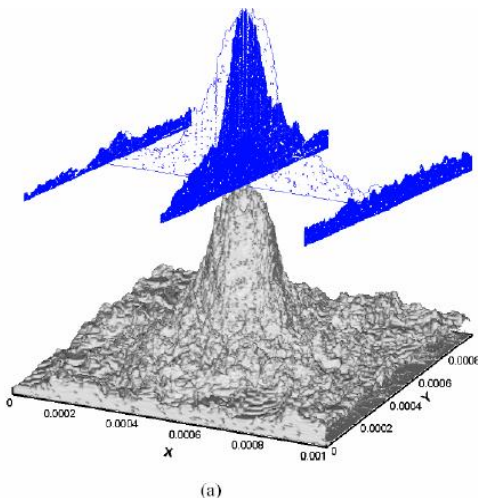


图 2.4 模拟 1000 x 500 微米镍喷枪在 x 方向上以恒定速度 0.2m/s 移动形成的效果

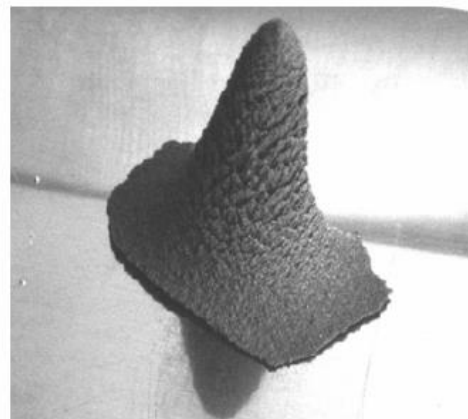
2.2.1 SimCoat 软件应用

SimCoat 软件应用于:

- 开发多种类型的液体和金属熔液的涂覆应用
- 确定最佳的参数和特性（如液滴速度，粒径分布，液体和基片的温度）
- 用于确定涂层中的热应力
- 建模金属和陶瓷涂层



(a) SimCoat 模拟图像



(b)

(b)显微照片图像

图 2.5 等离子喷枪中的镍粒子沉积固定在基片上

2.3 SimDrop 软件

SimDrop 是一款专门的用于分析各种液滴碰撞情景仿真分析软件工具。SimDrop 基于流体体积法对各种单一及多液滴与壁面撞击进行模拟仿真，这个应用程序也解决了传热方程，模拟了熔融材料的凝固问题。SimDrop 基于一个强健的、自由表面建模技术，称为体积流体技术。

用 SimDrop 模拟熔镍液滴如图 2.6 所示。

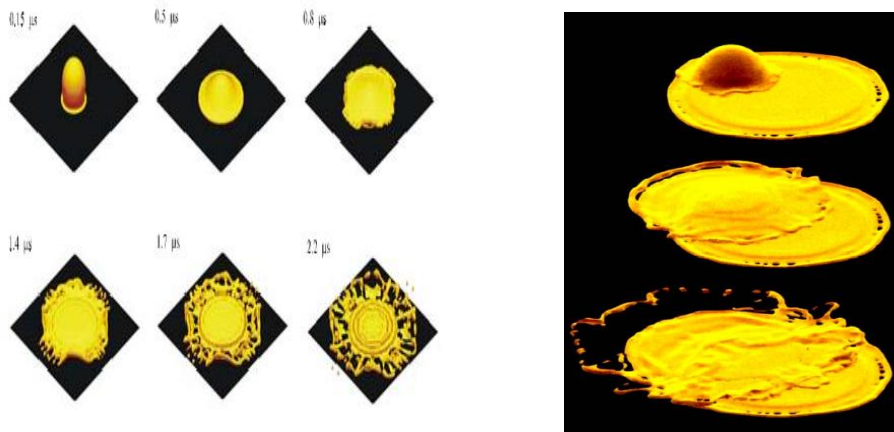


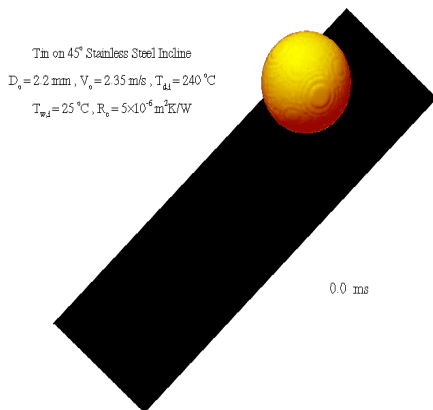
图 2.6 模拟熔镍液滴在热表面上的影响

2.3.1 SimDrop 软件应用

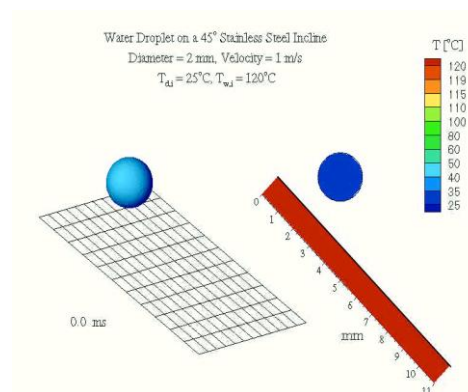
- 找到基片上凝固液体的厚度
- 设计新的农业喷淋系统
- 涂层、冷却系统涂装系统和其他涂料应用

2.3.2 SimDrop 软件特点

- 分析各种液体的影响



锡滴的传热与凝固影响



水滴的传热影响

- 确定最佳的喷嘴参数和特性，如液滴速度大小分布和理想的液体温度
- 包含不同的液体和基片材料的文库
- 允许用户创建自己的属性文件库

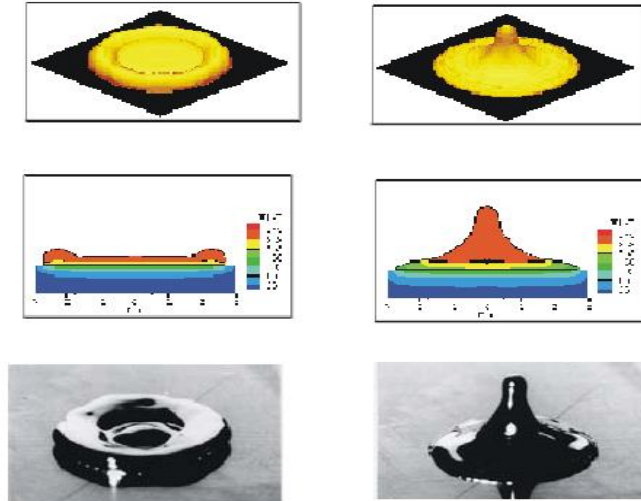


图 2.7 热梯度下的 3D 电影的实验结果。

2.3.3 SimDrop 软件优点

- 可以模拟任何类型的液滴撞击和固化的情况以及任何类型角度的表面。
- 节省时间和试验成本
- 模拟整个下落撞击过程（包括沉积和单个或多个液滴凝固成角度的基片上）
- 自由表面流分析
- 液体飞溅的建模
- 卫星滴的形成
- 传热
- 相变

2.4 SimSlosh 软件

SimSlosh 是一款使用耦合技术分析模拟动态运动和容器中的液体晃动仿真分析软件。SimSlosh 模拟运动液体容器的流固耦合（晃动）问题，耦合处理容器中的动力运动与流体晃动。例如为了设计更安全的油罐卡车和机动车油箱进行仿真分析。

晃动会导致：

- 携带液体的油轮晃动
- 在严重情况下车辆的翻转
- 汽车油箱里生产噪声
- 在微重力情况下航天器推进剂的安全问题
- 在地震条件下核反应堆的安全问题

图 2.8 是模拟微重力环境下球形容器减速度为 0.01 m/s^2 下的液体晃动，图 2.9 是模拟汽车燃料箱的燃料晃动。

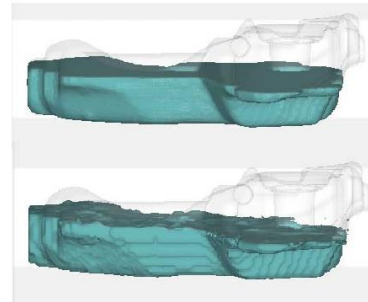
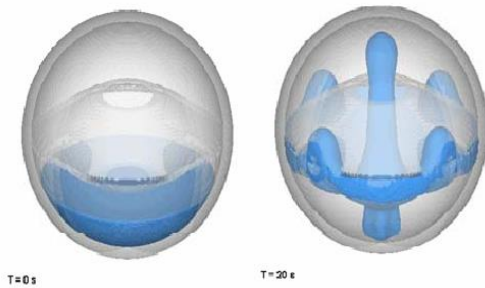


图 2.8 模拟微重力环境下球形容器的液体晃动 图 2.9 模拟汽车燃料箱的燃料晃动。

2.4.1 SimSlosh 软件应用

SimSlosh 主要应用在：

- 确定晃动容器壁上力和力矩
- 研究固定和移动容器内液体的晃动（如海上结构物、道路油轮和汽车油箱）
- 模拟容器内液体波的 3D 图像, 并呈现出所有结构上的能量分布
- 研究不同挡板设计减少晃动效果的有效性
- 通过模拟晃动条件设计更有效的控制系统

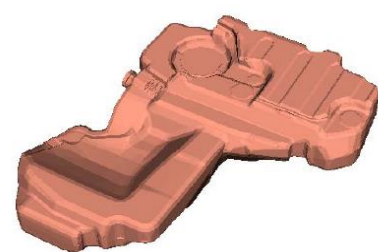
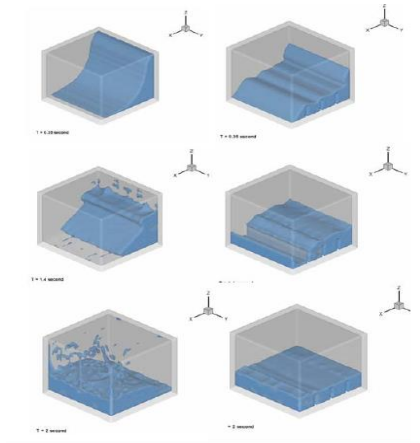


图 2.10 海上结构物航行中在晃动 图 2.11 油罐车行驶中晃动 图 2.12 汽车油箱的晃动

2.4.2 SimSlosh 软件优点

- 在不同的条件下，对任何复杂的形状都可以模拟容器内的液体晃动
- 在运动系统的参考下 SimSlosh 具备自由表面流算法和提供解决方案的能力
- 使用一个动态模块耦合液体的模块模拟实际路况
- 分析和消除汽车油箱晃动产生的噪音
- 节省时间和原型实验设计或容器应用上的成本

图 2.13 是模拟在同时刻一辆坦克车容器中液体以加速度 9.8 m/s^2 在 x 方向上行驶时发生晃动的情况。（左图为无挡板，右图为有挡板），图 2.14 是用 SimSlosh 软件模拟动能和力的晃动效果图（上图为动能模拟，下图为力模拟）



无挡板 有挡板

图 2.13 模拟坦克车在行驶时容器中液体发生晃动的情况。

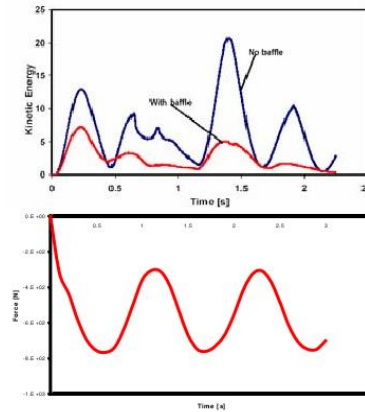


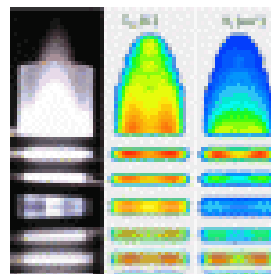
图 2.14 SimSlosh 软件模拟动能和力的晃动

2.5 SimPlasma 软件

SimPlasma 是一款等离子体喷涂的仿真分析软件。可以模拟 DC（直流）与 RF（射频）激励，等离子体与外部气体的质量流动率，反应堆内部的温度、压力与速度分布。SimPlasma 解决了方程的运输质量、动量和能量以及麦克斯韦方程。

SimPlasma 应用于:

- 薄膜化学气相淀积
- 分析化学
- 喷涂层
- 危险废物销毁
- 粉末处理等工业领域



2.6 SimFill 软件

SimFill 是一款模拟容器中液体或粉末填充喷淋的仿真分析软件，能够捕捉泡沫并截留,可以模拟仿真灌装过程中的容器任何振动或摇动，可以用于优化灌装喷嘴设计。SimFill 是一个非常有价值的工具。SimFill 能够建立灌装过程模型，对任何特定的容器都可以找到最优速度,确定的流体的性质。

SimFill 广泛应用于:

- 制药工业
- 包装工业

- 容器灌装的机械设计

图 2.15 是用 SimFill 软件模拟仿真容器灌装水的过程

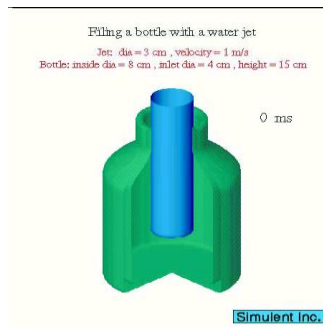


图 2.15 模拟仿真容器灌装水的过程

三. Simulent 应用

Simulent 软件已在以下领域中得到了广泛的应用:

石油天然气工业

- 通风设备建模
- 气体扩散仿真
- 空气动力学建模
- 海上平台液体晃动的建模

汽车工业

- 发动机传热分析
- 油箱内噪音生成分析
- 燃油晃动建模

工业过程

- 热等离子体
- 热喷涂层
- 混合、油/水分离
- 流体系统实时仿真
- 喷嘴、阀门设计

生物医药

- 混合、填充及喷涂过程中的自由面建模
- 药用设备中的微流体分析

典型应用:

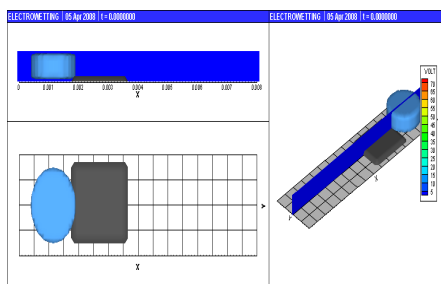


图 3.1 模拟一维流动的水滴

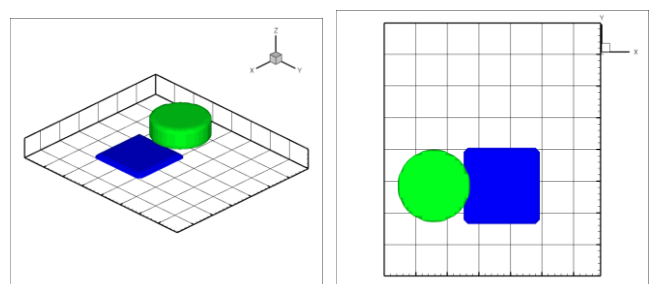


图 3.2 模拟二维流动的水滴

材料喷涂与自由表面流模型的验证:

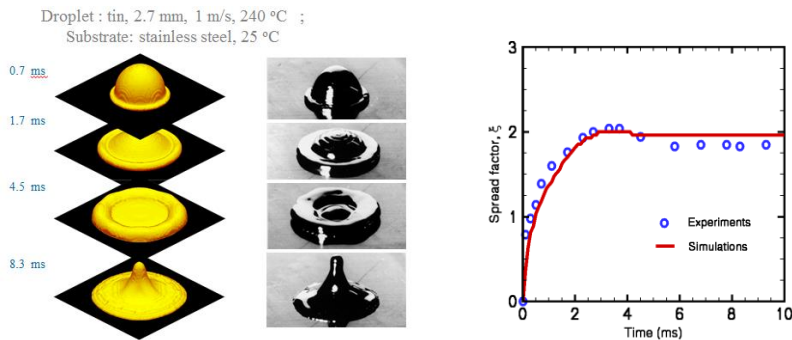


图 3.3 用 Simulent 的模拟仿真图与实验图

另外还包括一些工业应用：炉内雾化燃烧、汽轮机、火箭；喷雾冷却；粉末冶金术；雾化喷涂；农业喷洒；喷雾灭火器以及在能源和气象行业的应用。图 3.4 是应用软件对阀门设计改进，图 3.5 是用模拟的方法分析风力的影响自然通风冷却塔的性能。

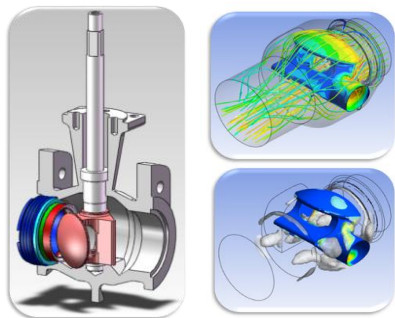


图 3.4 阀门设计改进

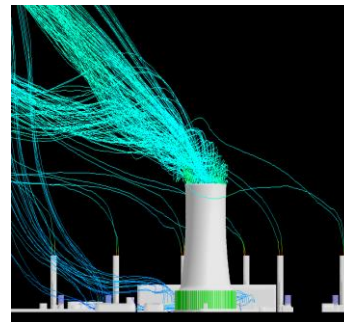


图 3.5 分析风力的影响自然通风冷却塔的性能

Simulent 软件使用客户部分列表:

- US Department of Energy
- UT-Battelle (Oakridge National Lab) (US)
- Alstom Power (ON)
- General Electric Global Research (NY)
- Japan Fine Ceramic Centre (JFCC)
- Candu Owner Group (CA)
- 中国航天科技集团
- 北京航空材料研究院
- 武汉材料保护研究所
- 上海交通大学



中国航天科技集团公司
China Aerospace Science and Technology Corporation



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



四、关于中仿科技（CnTech）公司

中仿科技(CnTech)公司成立于 2003 年，是中国领先的仿真分析软件和系统解决方案的提供者。Simulent 公司全球合作伙伴，负责 Simulent 材料喷涂与自由表面流仿真分析软件在中国地区的技术支持及市场推广工作。

中仿科技依靠自主创新研发拥有自主知识产权的中仿 CAE 系列产品，同时与国际上领先的数值仿真技术公司有长期而紧密的合作关系，具备较强的自主研发能力和创新能力，能够为中国企业和科研机构提供世界一流的仿真技术解决方案。公司总部设在上海，目前在北京、武汉设有分公司。

过去的十多年来，中仿科技一直致力于仿真技术领域最专业的系统实施和项目咨询。目前在中国已有超过 1500 家用户，其中包括中国航天、中国商飞、中石化、中海油、交通部、地震局、国家电网、中广核以及各大高校和中科院所。服务领域涉及高端制造、国防军工、石油化工、水利水电、汽车交通、能源采矿、生物医学、教学科研等。

“仿真智领创新”是中仿企业的核心理念，也是中仿坚持的产品核心价值观。中仿始终遵循“客户满意为止”的服务宗旨，坚持不懈地为国内外客户提供全球最前沿最顶端的科技服务，力争成为仿真技术行业的典范。

www.cntech.com

全国统一客服热线：400-888-5100

info@cntech.com

Simulent 资源分享交流 QQ：470120812

