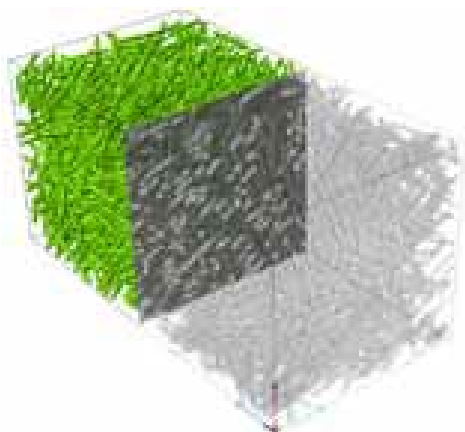
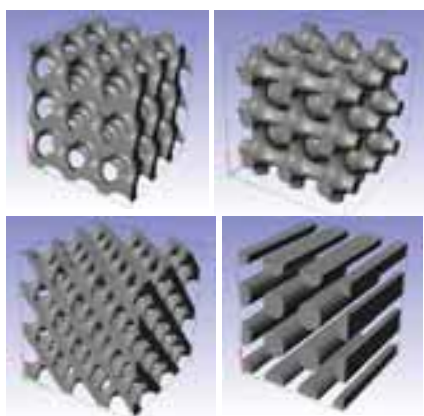


基于 Simpleware 的 3D 打印建模与仿真分析解决方案



一、概述

3D 打印工艺是近几十年来全球先进技术，它与传统切削等材料的“去除法”不同，增材技术将采用细微原材料一层一层的堆叠而生成三维立体的实体，因此被通俗的称为“3D 打印”，也可以把 3D 打印理解为无数个 2D 打印平面堆叠而成的。该工艺只需在电脑上设计出模型(或者扫描实体得到数据)，就可以用 3D 打印机打印出实物。该工艺无需传统的刀具，模具，车床以及复杂工艺，可快速地将设计生产为实物。

3D 打印的基础在于构建产品三维模型，三维模型的质量对最终生产出来产品的质量具有决定性的影响。所以对于 3D 打印行业来说，三维建模技术尤为重要。

二、3D 建模的问题和需求

传统 3D 建模方法是通过 CAD 软件在电脑上设计出模型。

CAD 软件建模的局限性：

- 无法构建结构复杂的模型，例如人体结构模型。
- 无法对复杂结构进行有效的赋予材质，例如人体内部结构。



图 2.1 CAD 软件人体建模



图 2.2 复杂的人体结构

从图中可以看出，想要用 CAD 软件构建复杂的人体模型几乎是不可能的。

三、3D 数字建模及数值仿真计算全球高端解决方案 Simpleware

基于影像技术和计算机技术的飞速发展，通过物体扫描图像可以对复杂物体进行较为精确的三维重构并建模。复杂模型的构建使 3D 打印应用更为广泛。给大家推荐中仿 Simpleware 软件，它致力于为 CAD、CAE 以及 3D 打印领域提供世界领先的三维图像处理、分析以及建模和服务，已在世界范围内被业界广泛采用。中仿科技参加了主题为工业 CT 在 3D 打印领域

的新应用的 2014 年全国射线数字成像与 CT 新技术研讨会，详细介绍 Simpleware 软件基于图像的三维建模功能，并就 Simpleware 在 3D 打印领域的应用做详细介绍及案例操作，并得到了与会人员一致的认可。

Simpleware 软件具有扫描图像三维处理功能，其强大而精确的建模功能将物体扫描图像转换为逼真的三维模型，直接应用于 3D 打印。

（一）软件相关模块简介

Simpleware 软件帮助您全面处理 3D 图像数据（MRI，CT，显微 CT，FIB-SEM.....），并导出适用于 CAD、CAE、以及 3D 印刷的模型。使用图像处理模块（ScanIP）对数据进行可视化，分析，量化和处理，并输出模型或网格。

利用有限元模块（+FE Module）生成 CAE 网格；利用全新的物理模块：固体力学模块（+SOLID Module）、流体分析模块（+FLOW Module）以及多学科分析模块（+LAPLACE Module），通过均质化技术计算扫描样品的有效材料属性。

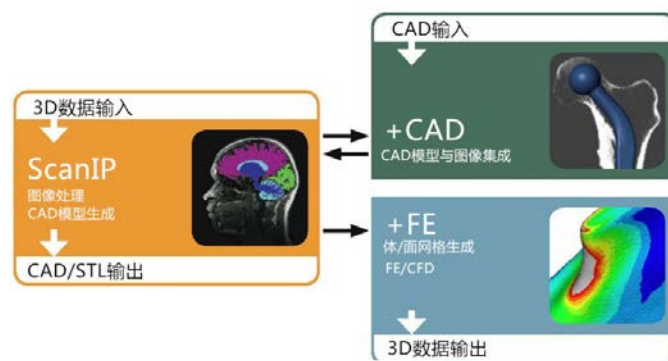


图 3-1.1 simpleware 建模流程

Simpleware 软件基于核心的图像处理平台——ScanIP，结合可选模块，实现 FE/CFD 网格生成、CAD 一体化以及有效材料属性的计算。

Simpleware 三维图像建模软件的主要模块如下：

- **ScanIP Software:** 核心图像处理平台
- **+FE Module:** 网格生成模块
- **+NURBS:** 曲面建模模块
- **+CAD Module:** CAD 模块
- **Physics Modules:** 物理模块
 - **+SOLID Module:** 结构力学模块
 - **+FLOW Module:** 流体分析模块
 - **+LAPLACE Module:** 多学科分析模块

1、核心图像处理平台 ScanIP

ScanIP 为 3D 图像数据的图像可视化、测量和处理工具提供了宽泛的选择。处理后的图像可导出为 STL 或点云文件，应用于 CAD 分析、求解、和 3D 打印领域。

ScanIP 为 3D 图像数据（MIR, CT, micro-CT, FIB-SEM...）的综合处理提供了软件环境。软件为用户提供了功能强大的数据可视化、分析、分割、以及量化工具。

ScanIP 易于学习和使用，内置视频录制功能，并能基于处理后的数据导出可用于 CAD 或 3D 打印的曲面模型/网格。附加模块可用于通过扫描数据导出 CAE 网格、整合图像数据、建模、导出 NURBS 曲面、计算有效材料属性的功能。

- 优势
 - 直观的用户界面
 - 易学易用
 - 生成高质量的多部分 STL 和曲面模型
 - 无需手动修正或重剖网格
 - 脚本
 - 自动执行可重复的任务及操作
 - 直接进行图像到曲面的转换，曲面输出及可视化
 - 准确、高质量地重构数据
- 重要特征
 - 支持导入多种文件格式
 - 提供具有多个 2D/3D 视角的可定制化工作区
 - 背景图像及蒙片的立体渲染
 - 动画录制和视频文件导出
 - 综合测量和统计工具
 - 功能强大的半自动分割工具
 - 确保多部分面网格/STL 的一致性

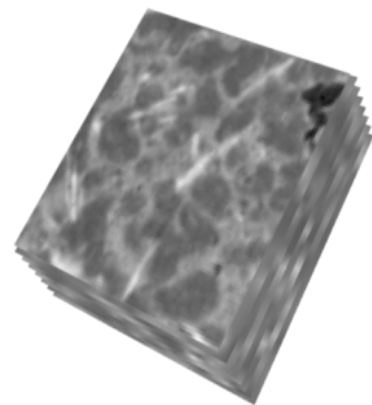


图 3-1.2 复合材料扫描数据三维处理

2、网格生成模块+FE

Simpleware⁺FE模块具有强大的基于图像的网格剖分能力，提供高质量解决方案，将分割后的 3D 图像数据转换为多部分的体积网格，导出并应用于有限元(FE)或计算流体力学(CFD)软件包。

生成的网格具有一致的接口和共享节点，可指定材料属性、定义接触、节点集和壳单元，并定义 CFD 边界条件，通过减少在其他软件重划网格的步骤加快用户的工作流程。

- 优势

- 自动、高效、快速

- ➔ 几分钟即可完成从图像分割到分析模型的生成

- 一般的个人电脑”进行处理生成复杂的网格

- ➔ 完成复杂模型不依赖于高性能计算机

- 仅取决于图像质量的拓扑/形态学精确度

- ➔ 分割与平滑图像过程中保持图像精度不变

- FEA 和 CFD 网格一致，尤其适用于流固耦合分析

- ➔ 强大的多部分模型避免间隙和重叠

- 重要特征

- 可基于任意形状的复杂几何体生成网格

- 用户可选择基本网格或自由网格

- 根据图像信号强度分配材料属性

- 具有拓扑保留和体保留的光滑算法

- 可对感兴趣的多结构/区域进行网格划分

- 可保证接触的表面/界面的一致性

- 生成用户自定义的自适应网格

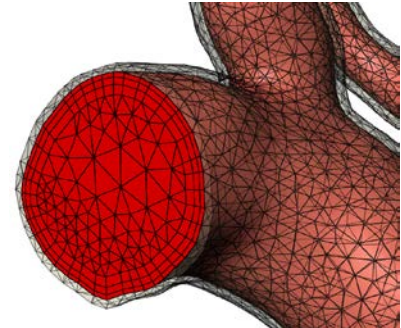


图 3-1.3 边界层生成

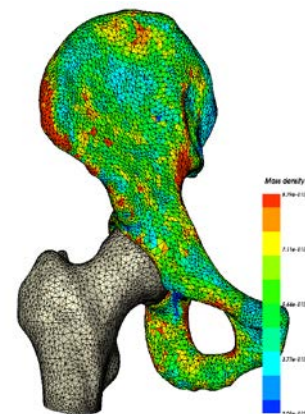


图 3-1.4 骨骼模型网格生成

材料灰度值计算

3、URBS 曲面建模模块

+NURBS 曲面建模模块提供了，一种从图像到 CAD 数据转换的一种途径，通过创建 NURBS（Non-Uniform Rational B-Splines）模型。

该集成模块运用自动拟合和表面生成技术，将 ROI（regions of interest）感兴趣区域，转换为 NURBS IGES 文件，转换后可导入至 CAD 软件中。

- 优势

- 完全自动化补片拟合 NURBS 模型

- ➔ 只需几分钟即可完成图像到 CAD 模型的转换

- 高精度保留几何及拓扑结构

→ 从分割到模型保存无特征损失

➤ 控制补片布局和控制点

→ 最优化补片布局根据原始几何形状

● 重要特征

- +NURBS 模块可以完全集成于 ScanIP
- 从图像到 CAD 数据的转换
- NURBS IGES 文件，可导入至 CAD 软件中

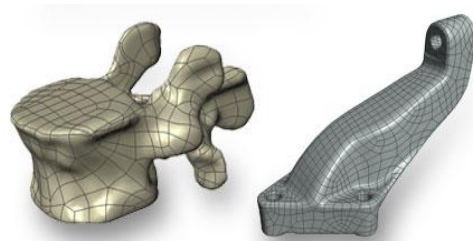


图 3-1.5 NURBS 曲面模型实例

4、CAD 模块

+CAD 模块与 ScanIP 模块紧密结合，为 CAD 模型与三维图像的融合提供一系列的工
具。所获得的几何模型能够输出为众多 CAD 文件格式模型，或者利用+FE 模块自动生成众多
有限元网格。在 32 位或 64 位 Windows 平台支持多处理器进行 CAD 建模。

● 优势

- 轻松组合图像与 CAD 数据
 - 避免在 CAD 环境中用到图像
- 为组合图像和 CAD 数据准确生成网格
 - ScanIP 和 +FE 模块强大的网格算法
- 为外科手术可变性效应简化多网格的生成
 - 快速，可重复，精确
- 设计外科手术指南和范本，阐述支架/微架构
 - 完美重现真实场景

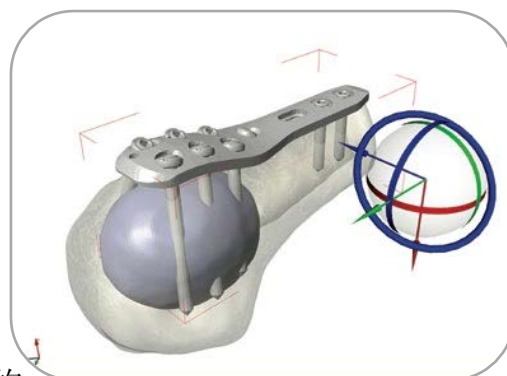


图 3-1.6 骨近端固定
骨折后的相对定位

● 重要特征

- 将大部分常见 CAD 文件格式直接导入到三维图像
- 根据用户定义提供二维/三维视图
- 利用实时交互式输入和键盘输入进行定位
- 沿着用户定义的矢量进行限定性运动定位
- 重采样的几何保留
- 生成 CAD 为图元的模板生成内部微小结构
- 以 STL 形式导出组合模型或导入 ScanIP 做进一步体网格划分



图 3-1.7 距离测量定位

5、物理模块

物理模块包括结构力学模块（+SOLID Module）、流体分析模块（+FLOW Module）、以及多学科分析模块（+LAPLACE Module）。物理模块的主要功能如下：

模块	结构力学模块 (+SOLID Module)	流体分析模块 (+FLOW Module)	多学科分析模块 (+LAPLACE Module)
概述	计算材料有效刚度张量和弹性模量。调用软件内置的有限元求解器或采用基于分割图像的快速半解析法来执行数值均匀化计算。	计算多孔介质渗透率等参数，数值均匀化计算调用软件内置的 Stokes 求解器。	计算由 Laplace 方程控制的材料行为对应的有效材料参数，包括但不限于电导率、介电常数、热传导系数、扩散系数等。采用软件内置的有限元求解器或者基于分割图像的快速半解析法来执行数值均匀化计算。
核心功能	- 计算有效刚度张量/弹性模量 - 内置有限元求解器 - 多相材料模型构建 - 快速半解析法评估 - 可视化变形、应力应变	- 计算多孔介质渗透率 - 内置有限元求解器 - 可视化速度场和压力场	- 计算有效电导率和介电常数 - 计算热传导系数 - 计算扩散系数 - 内置有限元求解器 - 快速半解析法评估 - 可视化场分布
特性	结构力学模块 (+SOLID Module)	流体分析模块 (+FLOW Module)	多学科分析模块 (+LAPLACE Module)
生成高质量的体网格 (Hex/Tet 或 Tet)	✓	✓	✓
灰度值材料映射	✓		
计算有效弹性参数	✓		
计算渗透率系数		✓	
计算电参数和热参数			✓
可视化有限元模拟结果	✓	✓	✓

- 优势
 - 稳定而有效的均质化方法
 - ➔ 复合材料的简化分析
 - 基于 3D 扫描的高效仿真分析
 - ➔ 在ScanIP中快速计算有效属性
 - 在多种预定义边界条件中进行选择
 - ➔ 基于标准设计进行分析，节约时间
 - 高质量数据可视化及动画功能
 - ➔ 与同事分享和探讨仿真结果
 - 脚本

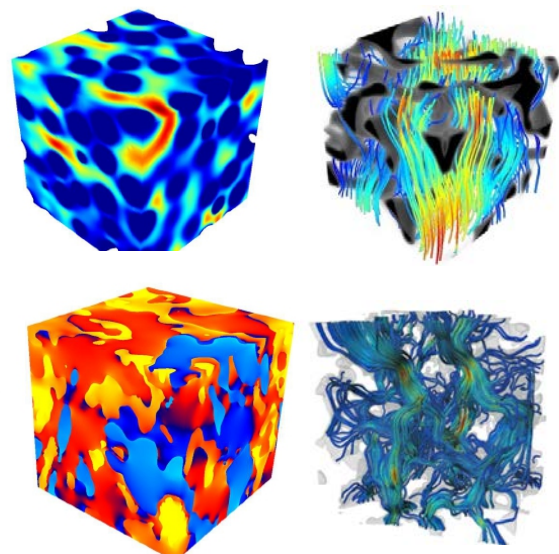


图 3-1.10 多孔材料样品绝对渗透率张量、有效的导电性、透气性、导热性和分子扩散

→自动重复任务和操作

● 重要特征

- 计算有效弹塑性特性（结构模块）、绝对渗透率（流体模块）、电导率和介电常数、导热系数和分子扩散系数（拉普拉斯模块）
- 可在完整的基于有限元的均质化方法和快速半解析法之间进行选择（仅适用于结构模块和拉普拉斯模块）
- 自动计算最适合的各向同性（所有物理模块）、正交各向异性（结构模块）、以及单轴（流体模块和拉普拉斯模块）近似值，以及算有效张量
- 自动测定模型主轴方向
- 计算结果可导出为 text 或 VTK 格式文件

（二）Simpleware 软件在 3D 打印领域的应用案例

基于图像的建模技术极大促进了 3D 打印行业的发展，Simpleware 是该技术的先驱者和领航者。中仿科技参加了 2014 第三届深圳国际 3D 打印技术展览会暨研讨会，详细介绍了 Simpleware 软件在 3D 打印领域的应用及优势，得到了与会人员的一致好评。下面将展示 Simpleware 应用与 3D 打印的典型案列。

● 人体下颌种植体的建模和 3D 打印

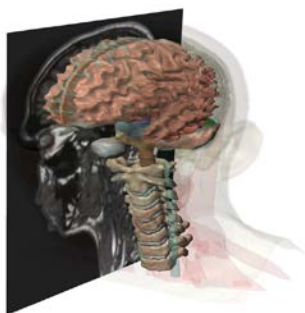


图 3-2.1 扫描图像的立体化和可视化

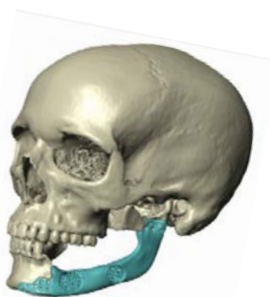


图 3-2.2 构建虚拟人体下颌模型并进行虚拟安装



图 3-2.3 3D 打印定制的下颌种植体



图 3-2.4 下颌种植体在头骨模型上安装

首先运用图像处理模块 ScanIP 使扫描图像立体化，再利用 CAD 模块和网格模块构建缺损的下颌模型，接着进行虚拟安装并调整修改模型，最后输出下颌模型进行 3D 打印。基于 Simpleware 软件强大的图像处理功能可以精确地提取图像信息，网格模块和 CAD 模块构建高精度 3D 模型，还可进行模拟安装并修改，最终形成的三维模型既精确又契合。

- 对模型添加微结构

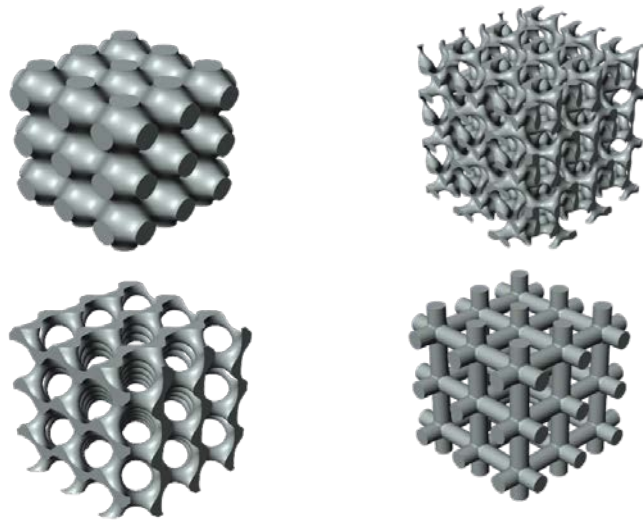


图 3-2.5 材料晶格结构



图 3-2.6 对模型添加微结构

Simpleware 软件可以方便地添加扫描数据和 CAD 模型的内部结构。加入微观结构模型，可以减少零件的重量，降低 3D 打印的成本。

Simpleware 软件的优势

- 界面简单，易学易用。
- 能够处理 MRI、CT、显微 CT、纳米 CT 等多种 3D 图像数据。
- 强大的图像处理功能，重构和优化图像数据。
- 多种材料的 3D 打印功能，多部件打印的协调功能。
- 微观结构的生成，降低模型重量，节省材料和成本。
- 快速自动生成精确的 STL 文件。
- 自定义和扩展功能。

关于 Simpleware 软件

借助其 image-to-mesh 技术，Simpleware 三维数字图像建模软件已成为图像到数值模型的图像处理先驱者，获得了包括 Queen's Award for Enterprise in Innovation 2012、Institute of Physics' (IOP) Innovation Award 2013 在内的多个国际奖项，为数字图像三维建模的发展做出了重要贡献。2014 年 12 月中仿科技在重庆医科大学举办 Simpleware 三维图像建模软件技术讲座和操作培训，详细介绍 Simpleware 软件，并就 Simpleware 在医学领域的应用做详细介绍，并带领参会人员一步步学习操作案例，熟悉软件操作流程。目前 Simpleware 在世界范围内广泛应用于生物医学、材料科学、石油天然气科学、3D 打印等众多领域。

关于中仿科技

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。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。（了解更多详细信息，请访问：www.CnTech.com）

全国统一客服热线：400-888-5100 info@cntech.com

