

中仿 Simpleware 生物医疗数字建模与数值分析解决方案

一、概述

随着计算机技术的日益发展,3D 技术已经越来越成熟,在许多领域中都有 3D 技术的影子。在计算机医学领域引入 3D 建模技术具有很大的意义。

由于人体解剖结构的复杂性,曲面的任意性,最高端的 CAD 软件也无法设计出符合需要的结构模型。使用逆向工程方法进行三维重建只能得到解剖结构外轮廓,不能得到人体解剖内部结构。结构材质分布的不均一性,各种材质的分布界限非线性决定了有限元前处理软件在赋材质时不能有效针对人体结构赋予不同的材质,赋予的材质不能很好的体现人体组织的材料属性。

运用计算机仿真技术,基于人体 CT 或 MRI 数据建立数字化三维人体模型,可为解剖教学、生理模拟、手术培训提供医疗教学平台。临床医师根据患者的数字化仿真模型,可制订个体化的诊断、术前规划和手术模拟。人体结构的有限元分析有重大的研究意义。

二、传统 CAD 建模和仿真分析的一般步骤

a. CAD 软件设计构建结构模型

局限:

- 1.结构简单,不真实
- 2.无法构建复杂的内部结构

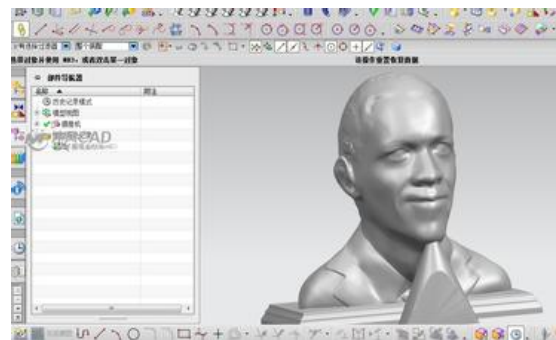


图 2.1 CAD 人体建模

b.导入至 CAE 软件中划分网格、赋予材质

局限:

- 1.结构复杂,无法根据区域需求分别划分网格
- 2.各部分无法准确地赋予材质

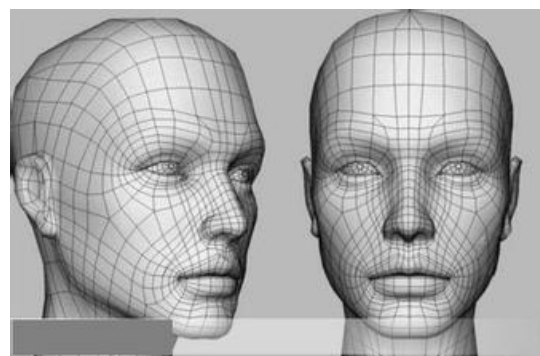


图 2.2 网格划分

c.模拟分析计算

基于以上步骤的局限性，计算结果可想而知，必然严重偏离真实情况，传统建模方式无法在生命科学和医疗领域得到有效的应用。

医学有限元分析要解决两个重要的问题

- 得到精确的组织结构几何模型。
- 根据密度对组织精确地赋予材质。

三、生物医疗数字建模及数值仿真计算全球高端解决方案 Simpleware

基于上述人体解剖结构的复杂性、曲面的任意性、结构材质分布的不均一性，传统建模方式不能构建完整的人体模型和有效针对人体结构赋予不同的材质。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。2015 年 5 月中仿科技应邀参加北京大学 3D 图像数字建模与有限元分析软件 Simpleware 数值仿真技术专题研讨会，详细介绍 Simpleware 软件，并就 Simpleware 在相关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 软件具有医学影像三维处理功能，其强大而精确的建模功能将三维医学影像转换为计算模型，用于生物医学的研究，提供完善的生物医学数值计算解决方案。

（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。

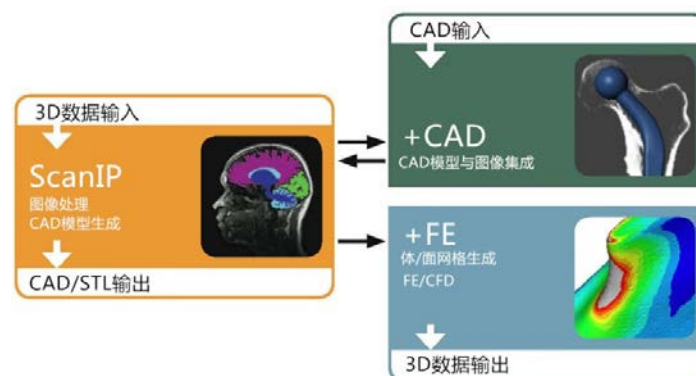


图 3-1.1 simpleware 建模流程

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

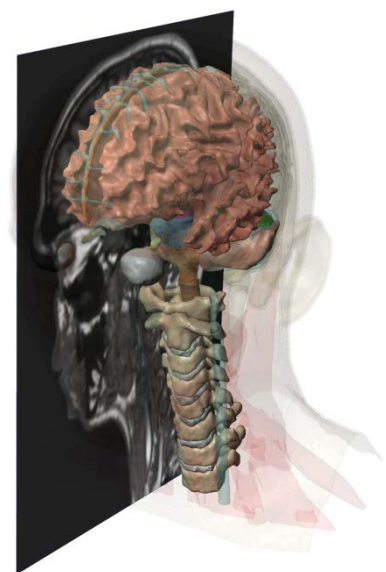


图 3-1.2 CT 数据提取和可视化

- 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

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

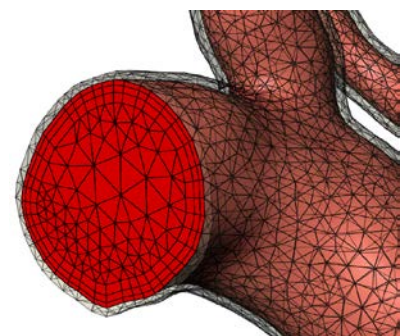


图 3-1.3 边界层生成

● 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

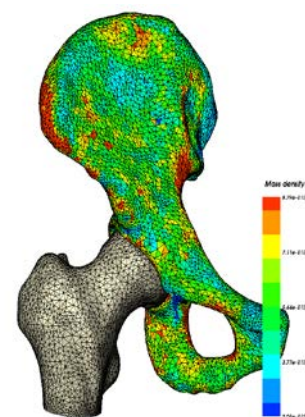


图 3-1.4 骨骼模型网格生成

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

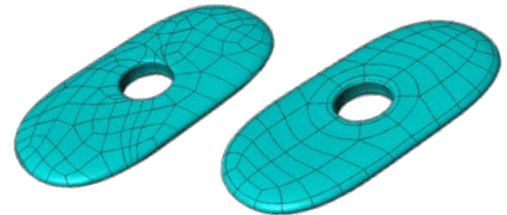


图 3-1.5 自动化 NURBS 曲面

● 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

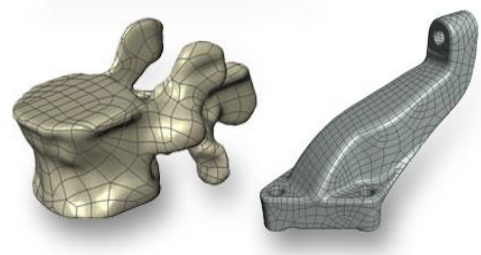


图 3-1.6 NURBS 曲面模型实

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

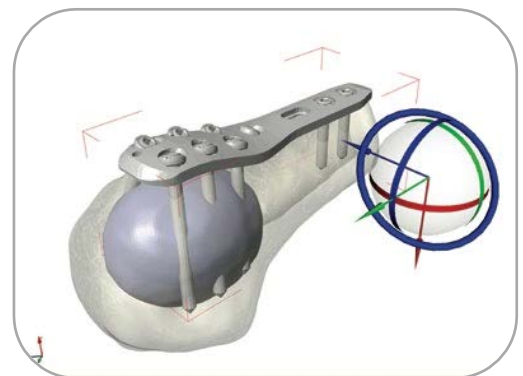


图 3-1.7 骨近端固定骨折后的相对定位+ CAD 模块

●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 3-1.9 距离测量定

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，解约时间
- 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
 - 自动重复任务和操作

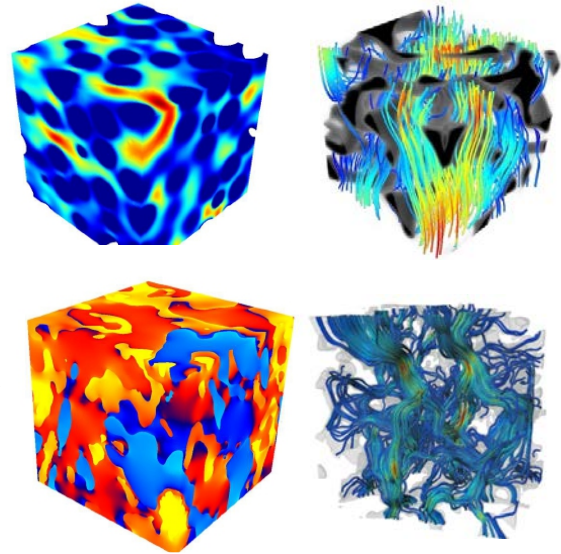


图 3-1.10 多孔材料样品绝对渗透率张量、有效的导电性、透气性、导热性和分子扩散

- 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 软件在生物医疗领域的应用

Simpleware 软件目前在世界生命科学和医疗领域已经被广泛应用。极大促进了医学研究和临床医学的发展。2015 年 6 月中仿科技应邀参加哈尔滨工业大学 3D 图像数字建模与有限元分析软件 Simpleware 数值仿真技术专题研讨会。详细地介绍了 Simpleware 软件，并就 Simpleware 软件在相关领域的应用做详细介绍及案例操作。如植入物制造、解剖模拟、可视化病理分析、手术模拟评估、人体结构建模及分析研究等。

Simpleware 软件处理 CT/MRI 数据并建模



1.输入扫描图像

图 3-2.1CT/MRI 数据获取设备

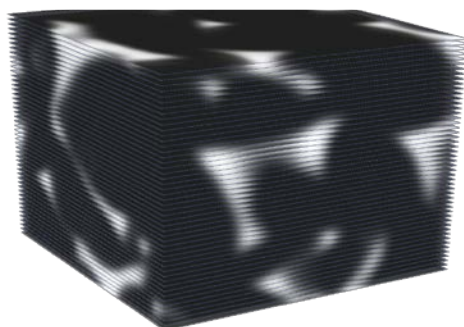


图 3-2.2 CT 扫描图像

2.图像处理模块处理图像

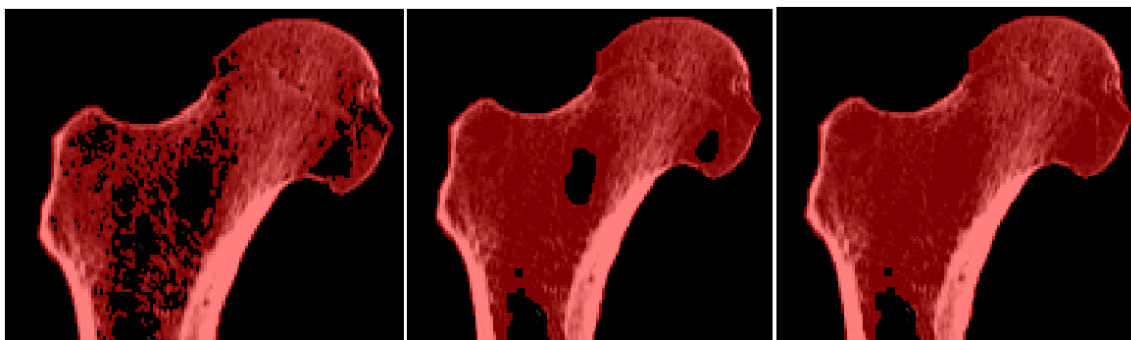
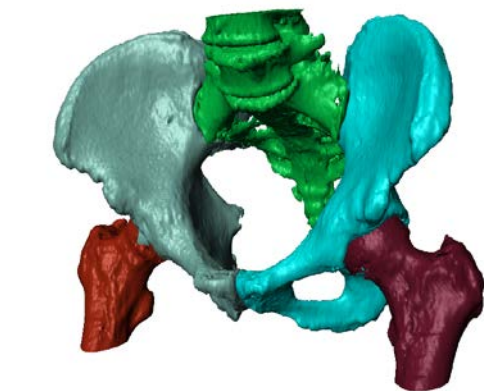


图 3-2.3 图像处理

功能:

- 图像过滤和转换范围广
- 3D 编辑工具
- 脚本和宏录制
- 手动和自动分割工具来定义感兴趣区域
- 表面过滤器功能，使区域平滑和固定

3.内部结构可视化

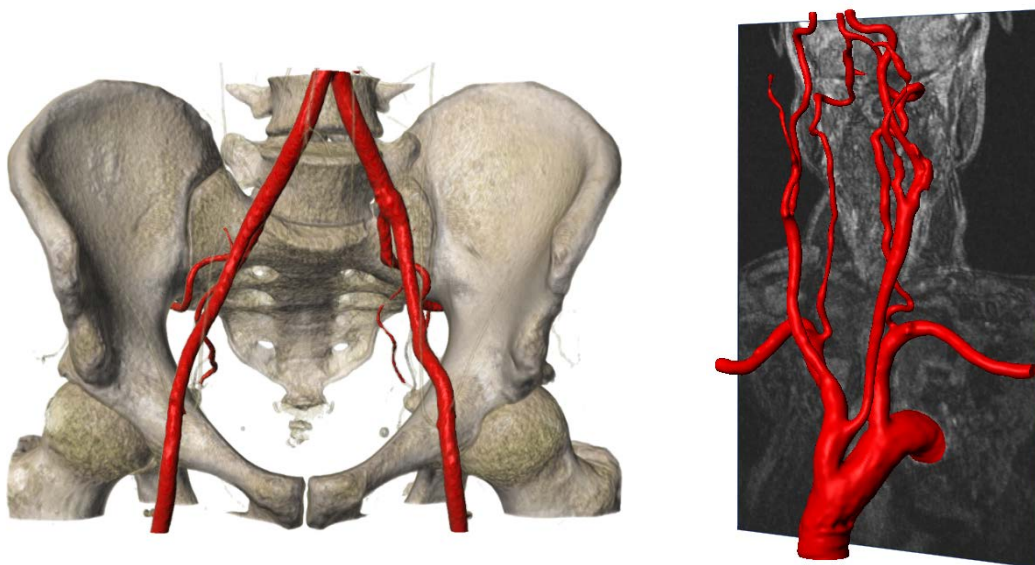


图 3-2.4 骨骼血管立体图像生成

功能:

- 图像立体渲染
- 曲面分割渲染
- 剪辑和阴影
- 3D 立体模式
- 动画工具箱录制视频

4.计算分析

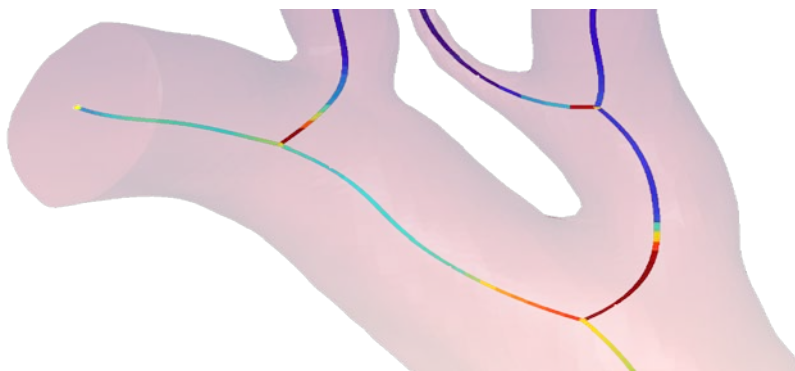


图 3-2.5 血管中心线生成图

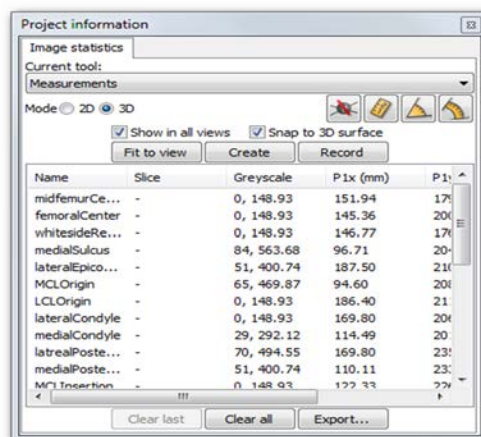
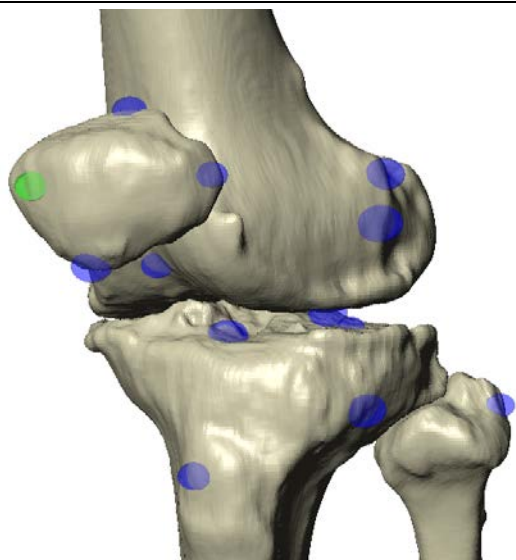


图 3-2.6 骨骼测量、计算和数据统计

功能:

- 收集交互式测量工具
- 中心线生成和测量工具
- 图像和模型的统计框架
- 植入物的定位和评估

5.输出

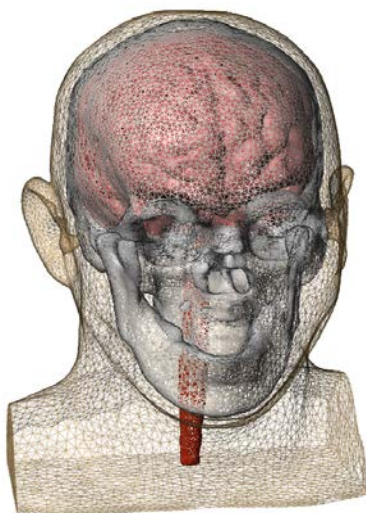


图 3-2.7 头部结构网格模型

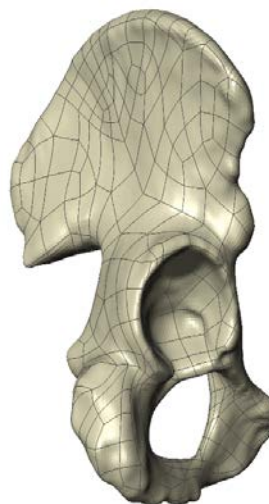


图 3-2-8 骨骼 NURBS 曲面网格模型

功能:

- 表面网格
 - 输出完整的 STL 文件进行 3D 打印
 - 添加内部结构

- 体积网格
 - 独特的多重网格算法
 - ABAQUS 输出格式 (*.inp)
 - 线性或二次元素
 - 边界层生成
 - 基于特征的或用户定义的网格细化
 - 根据材料特性计算灰度
- NURBS 曲面
 - 拟合 NURBS 曲面，输出 IGES 文件

Simpleware 软件的优势

- 可视化，分割以及分析复杂的解剖数据集。
- 整合植入物的 CAD 模型与具体患者的数据。
- 提供强大的网格生成功能，用于有限元和计算流体力学。
- 遵循国际 FDA 法规并通过 FDA 510K 认证。

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）

（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

