

三维人体组织建模技术与有限元仿真

由于计算机水平和软件能力的迅速提高，数值模拟技术取得很大的进展。人们已经开发出头部、大脑和血管等模型来研究头部损伤机理和损伤防护。有限元法是研究人体组织损伤机理的重要方法，由于人体组织结构的复杂性，如何建立高生物仿真度的有限元模型是有限元计算中必须解决的首要问题；其次，如何解决数值模拟中的高度非线性、流固耦合问题，是有限元模拟的关键。

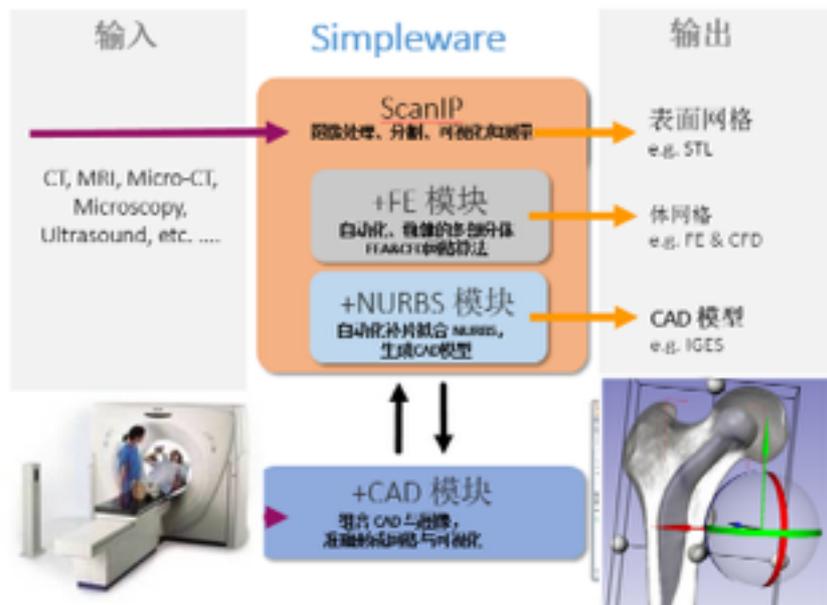
基于以上难点，中仿科技为科研人员提供一套从三维图像建模到有限元数值仿真完整解决方案。

中仿Simpleware与中仿ADINA联合仿真技术

中仿Simpleware 软件是一套集成逆向工程、材料工程、生物力学工程、有限元分析等 多工业、多学科领域的统一解决方案的专业软件,它通过对三维体图或二维平面序列图像(CT/MRI/Microscopy)进行提取、分割、合并等操作,生成表面重建后的三维图像,同时提供多种体网格生成技术,直接生成多种有限元软件或计算流体力学软件的网格文件,并支持导出 NURBS 曲面描述的CAD 模型。

中仿ADINA是国际上最著名的通用有限元分析软件之一，ADINA在计算理论和求解问题的广泛性方面处于全球领先的地位，尤其针对结构非线性、流/固耦合等复杂问题的求解具有强大优势，被业内人士认为是非线性有限元发展方向的先导，被广泛应用于各个工业领域的工程仿真计算，包括土木建筑、交通运输、石油化工、机械制造、航空航天、汽车、国防军工、船舶、生物力学以及科学研究等各个领域。

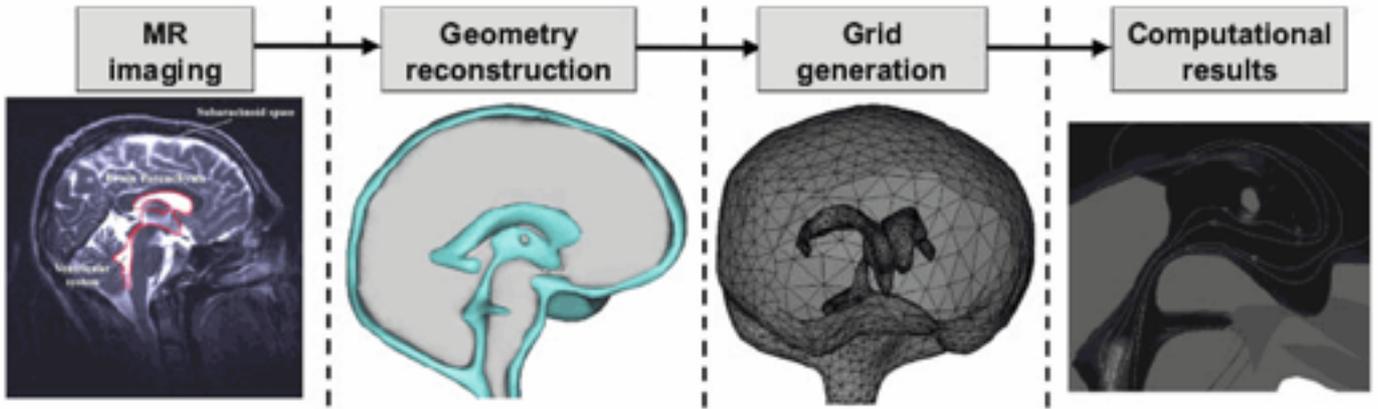
运用Simpleware与ADINA联合仿真技术，中仿科技技术工程师可以将人体组织的CT/MRI二维断层扫描图片数据创建三维模型，使用Simpleware先进的网格剖分技术，生成ADINA结构和流体模型。ADINA强大的非线性力学计算功能和流固耦合求解能力，高效并精确的模拟组织应力、应变、传热、流体动力学等问题。



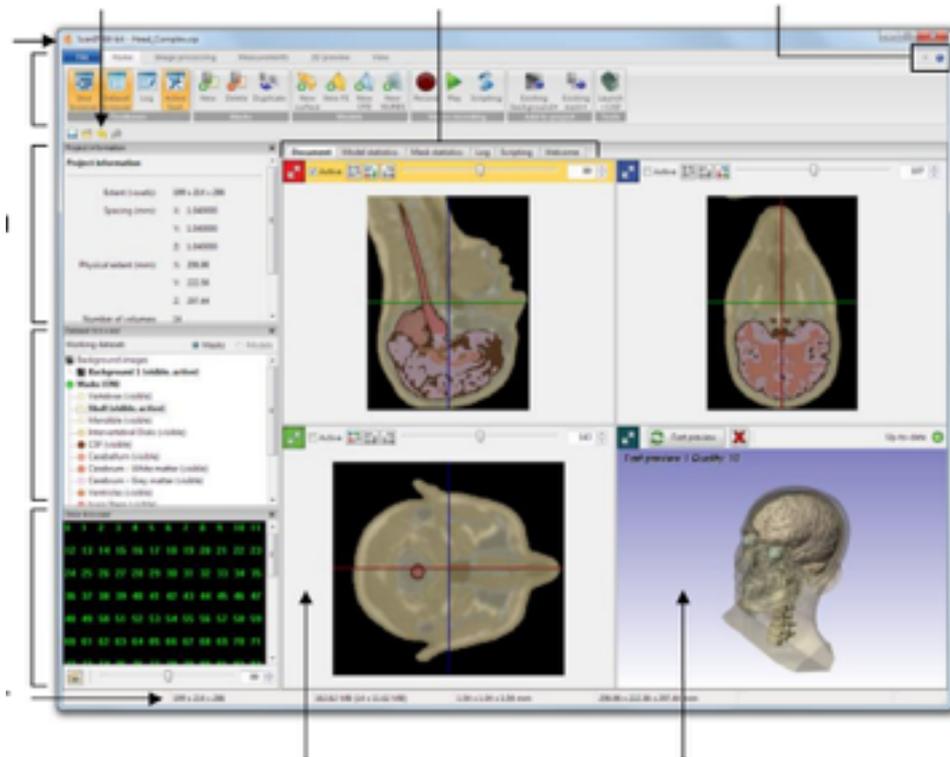
中仿Simpleware工作流程图

脑脊髓的流体动力学计算

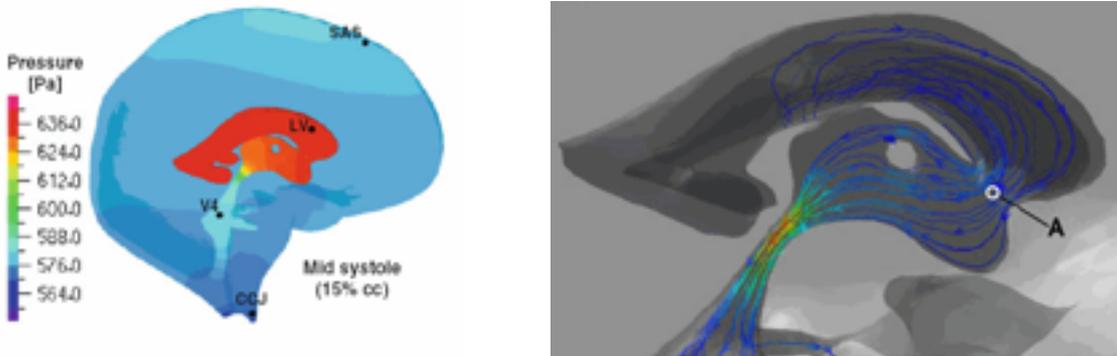
基于MRI图像，运用Simpleware进行三维模型重建，并建立了位于中枢神经系统中的脑脊髓三维流体动力学有限元模型。本例中需要计算脑脊髓的流动和循环系统中脑组织的变形，因此计算中需要调用ADINA-FSI求解器（流固耦合）



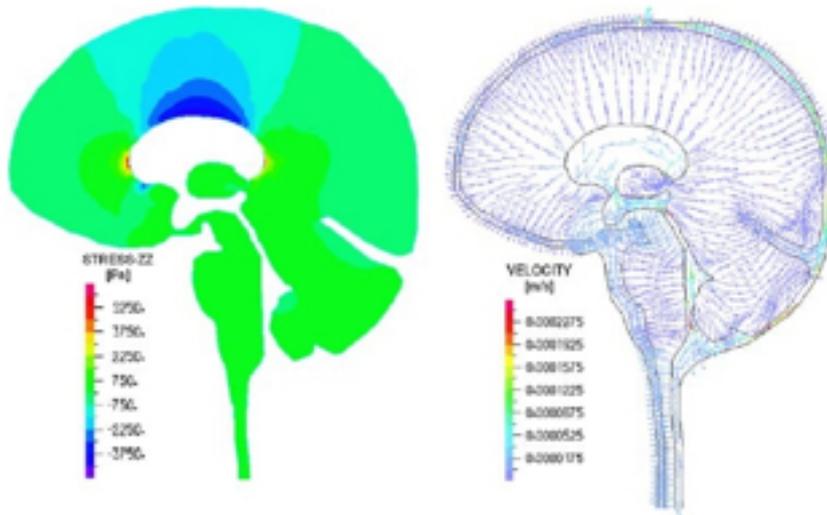
从MR图像到三维有限元模型



Simpleware操作界面



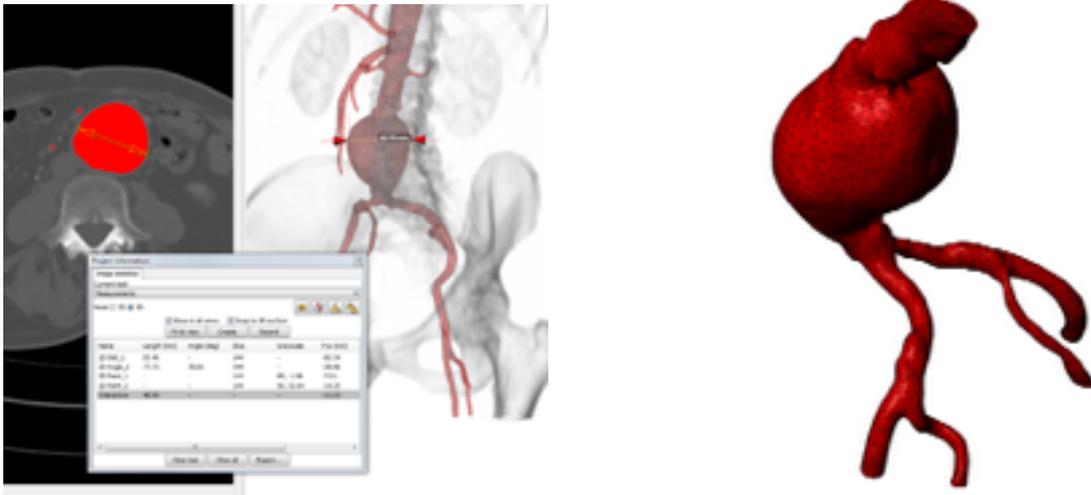
ADINA模拟的脑脊髓流动动力学模拟：压力、速度分布



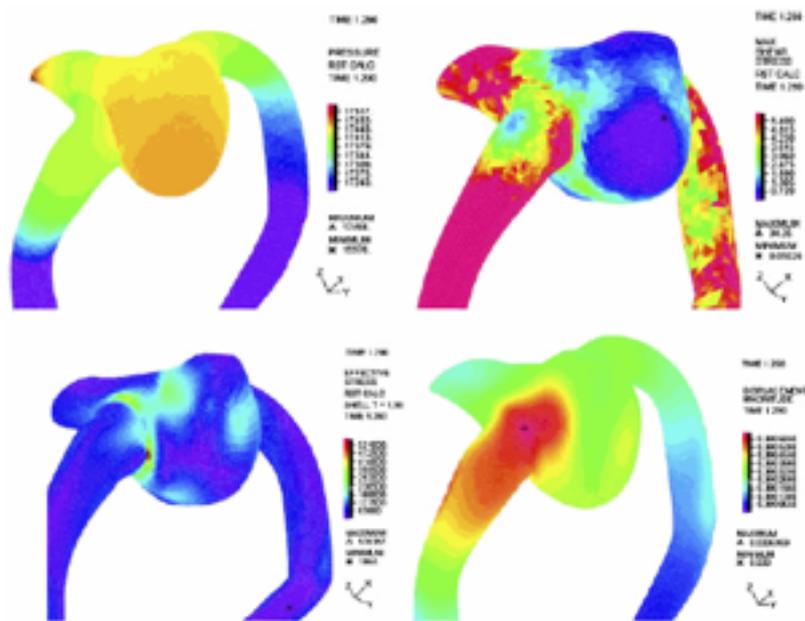
脑积水病人脑部应力分布和速度场分布（ADINA多孔介质材料、FSI计算）

脑动脉瘤的流固耦合计算

脑动脉瘤是动脉病态的膨胀，一般发现于韦利斯氏环的前部和后部。脑动脉瘤的破裂会引起蛛网膜下出血以及严重的并发症。因此，在脑动脉瘤破裂的分析中，血液动力学发挥着很重要的作用。下面的例子模拟了血液的流动以及流固耦合问题。模型的建立运用了三维图像处理技术，并选用ADINA中的非牛顿不可压缩流体、流固耦合求解器。



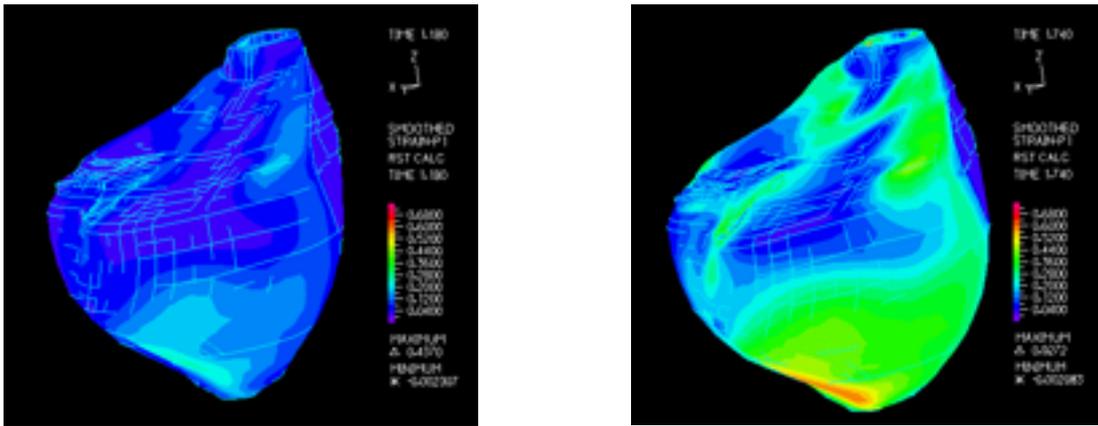
Simpleware图像处理并输出ADINA有限元网格



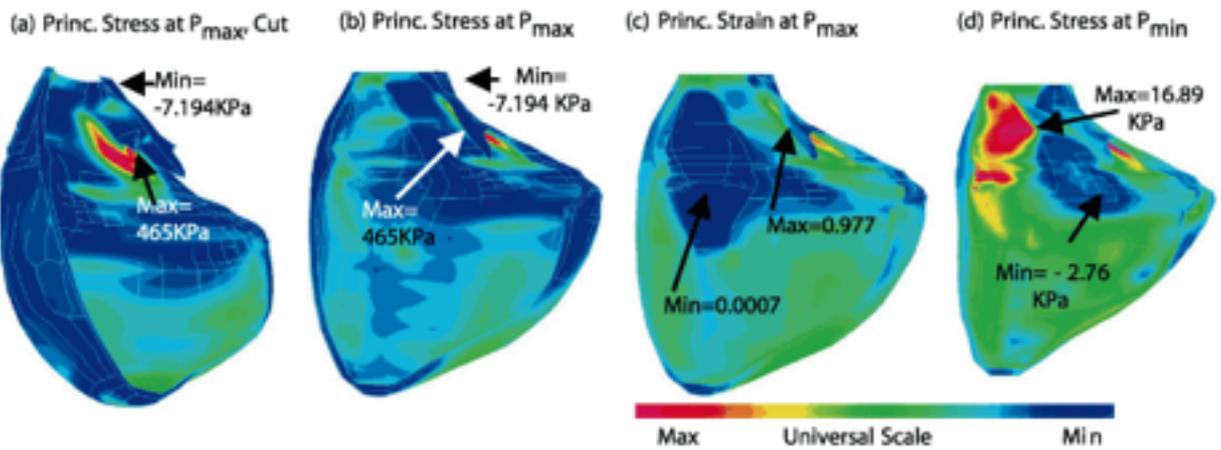
图示分别为血液压力分布、组织剪切应力、有效应力、位移分布

心脏的流固耦合模拟

大多数的生物组织运动过程都与流固耦合有关。本例就使用了流固耦合计算方法，模拟了某位病人左右心房和膜片的模型，目的是用来优化心脏肺动脉瓣的外科手术。



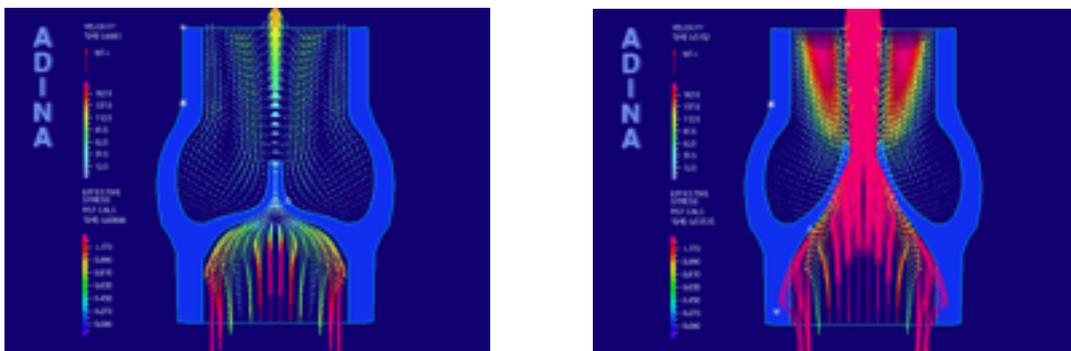
心脏的流固耦合模型



心脏的主应力和主应变云图

主动脉瓣的流固耦合模拟

本例使用ADINA建立了主动脉根和主动脉瓣的二维平面应变模型，弱可压缩流体，并在入口给定14mmHg的压力。



不同时刻的速度场分布

多孔弹性有限元模型预测腰椎间盘的渐进破坏

腰椎间盘突出症是较为常见的疾患之一，主要是因为腰椎间盘各部分（髓核、纤维环及软骨板），尤其是髓核，有不同程度的退行性改变后，在外力因素的作用下，椎间盘的纤维环破裂，髓核组织从破裂之处突出（或脱出）于后方或椎管内，导致相邻脊神经根遭受刺激或压迫，从而产生腰部疼痛，一侧下肢或双下肢麻木、疼痛等一系列临床症状。腰椎间盘复杂的模型建立，是有限元分析的重点。

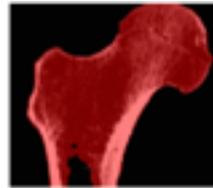
中仿Simpleware提供多种图像处理工具，从二维CT/MRI图像中提取三维模型。

分割工具

- Paint, 阈值Paint
- 阈值分割
- 填充 (FloodFill)
- 磁性套索
- 区域生长法

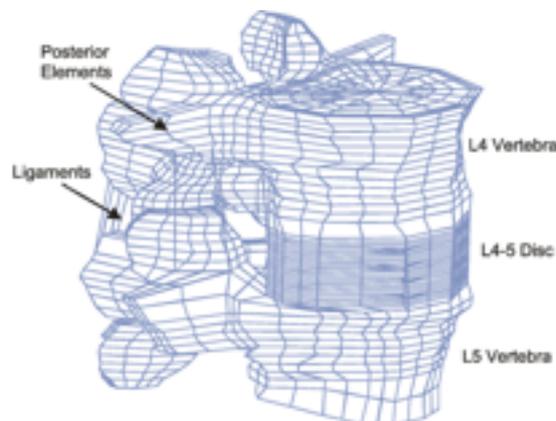
Mask 过滤

- 形态学图像处理
 腐蚀、膨胀、开、闭
- 平滑/降噪
 高斯、中值、均值滤波等
- 空洞填充、去除“孤岛”



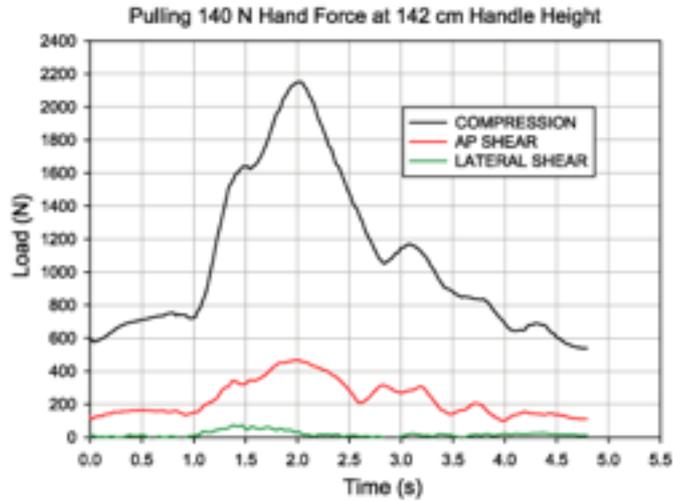
本例中使用ADINA进行循环加载，来模拟腰椎间盘渐进破坏。模拟的结果可以用来研究如何避免由于重复的负重而引起的疼痛。

使用多孔介质材料来模拟椎间盘，并且考虑固相和液相。下图为腰椎间盘的有限元模型。



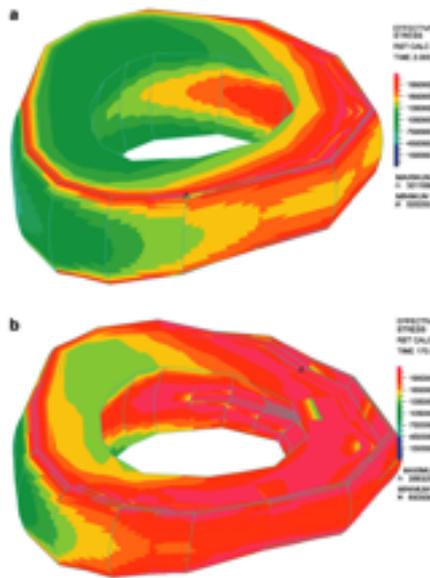
腰椎间盘网格图

一个循环加载后，各部位所受的力与时间的关系如下图所示。



受力与时间的关系

同时，我们也能获得在不同加载力和循环次数条件下的椎间盘有效应力云图。



有效应力云图

中仿Simpleware和中仿ADINA联合仿真技术，为图像处理-有限元模型生成-有限元计算提供了高效的解决方案。

Simpleware图像处理能力，有以下主要功能：

- | | |
|---------------|---------|
| 降噪滤波器 | 覆盖/解除覆盖 |
| 平滑滤波器 | 阈值分割 |
| 降低金属伪影 | 漫水填充 |
| 形态滤波器 | 置信度关联 |
| 三维变换（旋转、二次采样） | 区域生长法 |

全国统一客户服务热线：400 888 5100 网址：www.CnTech.com.cn 邮箱：info@cntech.com.cn

墙体填充
孤岛去除
布尔运算
多部分算法
表面平滑滤波器
表面提取

输出节点
输出六面体、四面体、壳、线、中点
接触面
基于灰度的材料属性
节点集/单元集
与CAD交互/集成

中仿ADINA广泛的应用生物力学领域，主要因为：

高级材料模型
可靠和有效的单元准则，包含大变形和大应变
强大的接触准则
快速强劲的算法
强大的CFD-NS计算能力
最先进的流固耦合计算功能：考虑非线性、N-S流体
强大的多物理耦合求解能力

关于中仿科技

中仿科技(CnTech)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拥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。更详细的信息请参考：www.CnTech.com.cn