

人工髋关节股骨柄有限元仿真计算

孟德松

刘乾

北京爱康宜诚医疗器材有限公司 北京博识创新计算科技有限公司

摘要 本文根据《ISO 7206-4/6 人工髋关节疲劳性能》要求，通过 Inspire 易用化有限元分析软件对人工髋关节股骨柄进行有限元计算，在计算结果解析时，以位移及 VonMises 应力结果作为评判股骨柄刚度及强度性能的依据。本研究体现了 Inspire 软件在该类仿真中设置便捷性、功能易用性、结果可靠性的特点。

0. 引言

人工髋关节股骨柄是髋关节置换术中核心组件，其性能直接影响假体在体内的功能及使用寿命。为了保证股骨柄在植入患者体内后的安全有效，需要对人工股骨柄柄身进行严格的耐久性试验。为适应不同体型患者的需求，同一系列人工股骨柄通常具有多种不同型号，如若对所有产品进行逐一耐久性试验，需要占用巨大的设备资源及资金投入。为了满足人工股骨柄使用安全性验证要求同时最大化节省试验成本，将有限元方法最大风险规格的筛查和实际物理测试相结合是目前的最佳手段。

本研究按照《ISO 7206-4/6》人工髋关节植入体的耐久性和疲劳试验方法，利用有限元分析软件进行逐一评价，找出同一系列不同型号中力学性能最差产品（worse case），而后将 worse case 用于实际耐久性试验。

由于人工髋关节股骨柄几何特征复杂，如若使用传统有限元软件仿真，经常出现因网格质量问题导致计算失败的问题，加之该类产品型号众多求解设置复杂，从而提高了工作难度。因此使用一款自动化程度高、可靠性强的有限元软件是极其重要的。

Inspire 是 Altair 开发的一款易用化有限元仿真工具^[1]。其网格剖分内核由 SimLab 和 HyperMesh 组成，求解器内核由 OptiStruct 和 MotionSolve 组成，因此 Inspire 在划分网格及求解可靠性方面成为人工髋关节股骨柄计算的最佳应用工具。

1. 股骨柄仿真建模及求解设置

人工髋关节股骨柄假体由柄身及球头组成（图 1 为简化 CAD 模型）。根据《ISO 7206-4/6》人工髋关节植入体的耐久性和疲劳试验对该模型进行仿真，需要建立骨水泥及压块模型，同时将假体以规定倾角及深度插入骨水泥中。Inspire 的草绘功能及模型装配功能能够较为快捷的实现试验标准中要求的上述内容。装配好的模型如图 2 所示。

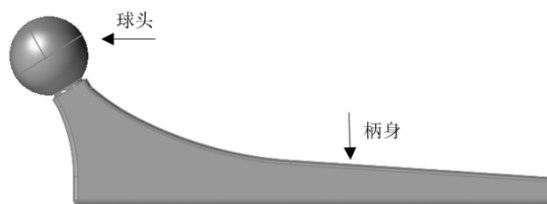


图 1. 股骨柄 CAD 模型

根据试验条件，对压头顶端施加竖直向下的集中载荷，并将 Inspire 内嵌的材料库中的材料（钢、钛六铝四钒、骨水泥）材料分别赋予相应的部件，如图 3 所示。

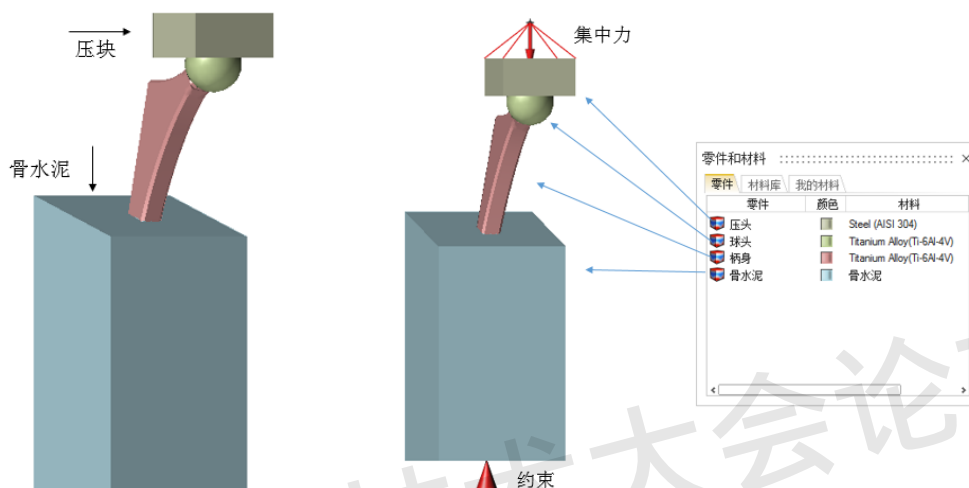


图 2. 股骨柄仿真计算装配模型

图 3 材料、载荷及约束

基于 Inspire 界面交互友好的开发理念，其可以自动识别各部分的接触关系，如图 4 所示，其中球头与柄身及压块为可分离接触，柄身与骨水泥为绑定接触。同时 Inspire 可以根据结构几何特征及内嵌的单元网格质量参数自动划分高质量网格，如图 5 所示。

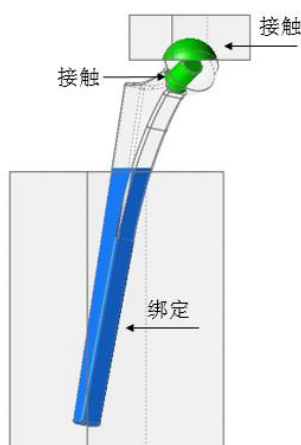


图 4 股骨柄接触识别

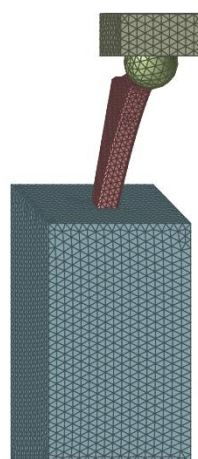


图 5. 股骨柄网格模型

2. 股骨柄仿真计算评价

人工股骨柄计算结果进行评估的主要方法为刚度及强度评估。刚度优劣可以通过评估结

构变形（位移）间接实现，强度优劣可以通过评估结构应力间接实现。由于人工股骨柄假体材料为塑形金属（钛合金），因此通常用 VonMises 应力作为衡量应力大小的准则。

图 6 为股骨柄位移计算结果云图，该结果通过 Inspire 比例放大功能显示，其中阴影部分为未变形结构位置，用于突出结构受力变形的趋势。图 7 为股骨柄 VonMises 应力云图，图中最大应力位置出现于柄身与骨水泥交界处。计算结果与试验结果趋势一致。

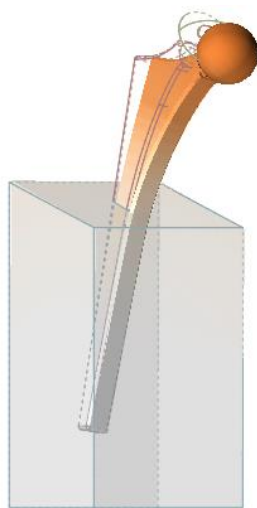


图 6 股骨柄位移云图

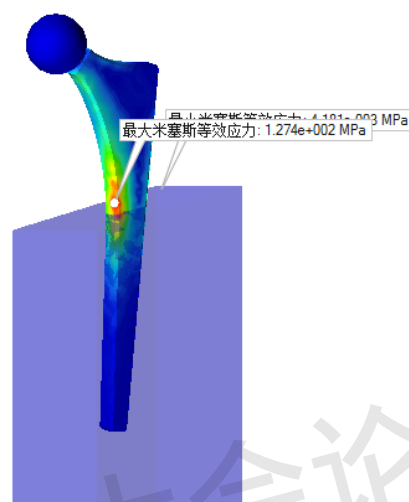


图 7 股骨柄应力云图

3. 结论

对人工髋关节股骨柄进行受力仿真是有效节省耐久性试验成本的重要措施。股骨柄几何特征复杂，型号众多，本研究采用 Inspire 易用化有限元软件对该类结构进行有限元计算，方法简单有效；同时通过位移云图及应力云图股骨柄刚度及强度性能，效果直观、科学，对相似研究具有借鉴意义。

参考文献

- [1] solidThinking Inspire 优化设计基础与工程应用. 徐成斌, 路明村, 张卫明