

基于ParaView和ExodusII的边界面法后处理

庄超*, 张见明

湖南大学 汽车车身先进设计与制造国家重点实验室 湖南 长沙

Email:zhc37@126.com

摘要

文章基于开源可视化程序 ParaView^[1]和有限元数据格式 ExodusII^[2], 提供了一个简易且功能强大的边界面法后处理方案, 支持并行计算可以处理大规模的分析数据, 具备云图显示, 等值线, 截面显示, 绘图, 动画演示等数据分析功能。

文章采用 ParaView 作为边界面分析后处理解决方案。ParaView 是一个开源的, 多平台的, 通用的可视化应用程序, 可以实现小型及大型科学数据可视化, 同时为超大型数据提供分布并行计算模型。ParaView 基于 VTK^[3]设计, 利用 VTK 作为数据处理和渲染引擎, 并提供应用 Qt^[4]跨平台应用程序框架编写的开放的、灵活的和直观的用户界面。ParaView 是基于开放标准的可扩展框架, 具有较好的扩展性, 用户可以根据实际应用, 借助 VTK 编写相应插件并加入到 ParaView 中, 提供新的功能。ParaView 既支持并行计算, 也可以在单处理器中运行, 既可以在超级计算机上使用, 也可以个人电脑上使用。

为了获得一个存储量大且读写效率高的数据文件, 文章采用 ExodusII 编写后处理数据。ExodusII 是一种存储和检索有限元分析数据的数据格式, 并提供了编写相应数据文件的程序接口。ExodusII 数据文件, 是一个可以随机存取, 独立于机器的, 用 C++代码写成的二进制文件, 具备存储量大且读写快速的优点, 可以被 ParaView 识别应用。ExodusII, 是 EXODUS^[5]的继任者, EXODUS 是由 Mills-Curran 和 Flanagan 开发。ExodusII 可以用于分析过程前处理 (问题定义), 后处理 (结果可视化), 以及代码到代码的数据传输。其中, 问题定义包含了网格生成, 指定边界条件和约束条件, 指定材料类型以及模型输入; 结果可视化包含了结果输出, 模型验证, 结果后处理显示, 结果审讯, 和分析追踪。它延续了通用数据的概念, 且具有较好灵活性和稳定性。

在边界元法^[6]和边界点法^[7-8]的基础上提出的边界面法(BFM)^[9], 直接基于边界表征的几何造型数据, 可以做到与 CAD 系统无缝集成。它继承了以边界积分方程为基础的边界类型方法的许多优良特点。例如, 它只需要对边界进行离散, 使求解问题域降低一级, 很大程度上简化了网格生成过程; 也可以方便地求解无限域和奇异性等问题。重要的是, 这种方法具有等几何分析的特点。例如, 不管以多么粗糙的网格离散, 分析几何是精确的; 在自适应网格细分过程中, 不需要再与 CAD 系统进行反复地交互, 使自适应分析变得简单; 计算结果精度高, 在分析弹性问题时应力与位移具有同等精度。在边界面法, 不论是对边界的数值积分还是对场变量的插值都是在边界曲面的二维参数空间里进行^[9-11]。

为了实现边界面分析数据的可视化, 文章首先, 首次采用 ExodusII 编写边界面分析数据文件, ExodusII 数据文件是二进制数据文件, 存储量大且读写效率高, 可以被 ParaView 识别应用; 其次, 对 ParaView 可视化软件进行二次开发, 主要是去除不必要的功能菜单图标, 添加新的功能, 使其简单实用, 并提供用户化的可视化功能。最终, 提供了一个完备的边界面分析数据后处理方案。

参考文献

1. <http://www.paraview.org/>
2. Gregory D. Sjaardema, Larry A. Schoof, Victor R. Yarberr. EXODUS II: A Finite Element Data Model, Computational Mechanics and Visualization Department, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM 87185
3. <http://www.vtk.org/>
4. <http://qt.nokia.com/products/>
5. W. C. Mills-Curran, A. P. Gilkey, and D. P. Flanagan, "EXODUS: A Finite Element File Format for Pre- and Post-processing" Technical Report SAND87-2977, Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico, September 1988.
6. 龙述尧编著. 边界单元法概论. 中国科学文化出版社, 2002.3.
7. Chati MK, Mukherjee S. The boundary node method for three-dimensional problems in potential theory. *Int. J. Numer. Meth. Eng.*, 2000; 47: 1523-1547.
8. Zhang JM, M Tanaka, T Matsumoto. Meshless analysis of potential problems in three dimensions with the hybrid boundary node method, *Int. J. Numer. Meth. Eng.*, 2004; 59: 1147-1160.
9. Zhang JM, Qin XY, Han X, Li GY. A boundary face method for potential problems in three dimensions. *Int. J. Numer. Meth. Eng.*, 2009; 80: 320-337.
10. Qin XY, Zhang JM, Guangyao Li, Xiaomin Sheng, et al. An element implementation of the boundary face method for 3D potential problems[J]. *Eng. Anal. Bound. Elem.*, 2010; 34: 934-943.
11. 覃先云, 张见明, 庄超. 基于参数曲面三维势问题的边界面法, *计算力学学报*, 2011; 28: 326-331.