

五、大规模高速算法及人工智能应用研究

● 基于 GPU 的快速并行计算系统开发

以 GPU 通用计算为基础的 HPC 是当前工程数值研究的热点之一。本团队基于 NVIDIA 研发的 CUDA 计算平台，配合 MPI 进程、OpenMP 线程控制，搭建了 CPU+GPU 混合异构并行计算系统，进行了结构和流动数值模拟，通过优化具体算法，充分发挥并行计算的优势，加速了传统计算程序。主要研究方向包括：透平叶片非线性接触与振动特性的有限元分析、球窝球凸传热性能的大涡模拟 (LES)、基于光滑粒子动力学算法 (SPH) 的高速液固撞击数值模拟等。

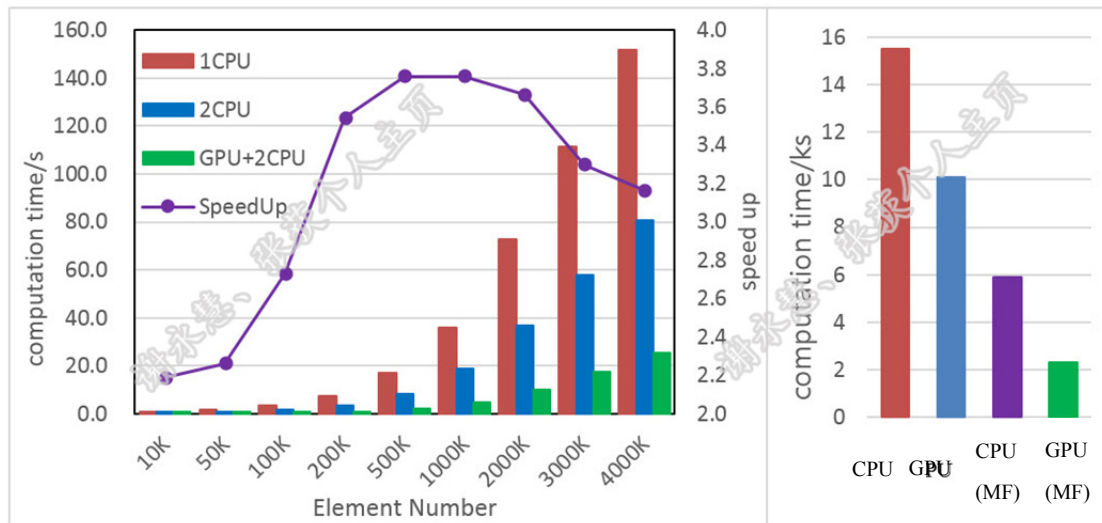


图 5.1 不同硬件并行方式的有限元方程组建加速效果

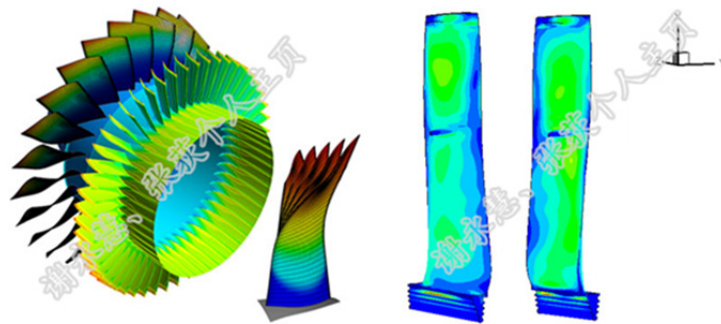


图 5.2 整圈叶片及单叶片有限元分析模型（基于 GPU 计算）

● 基于深度学习的叶片设计方法研究

基于传统的透平机械叶片设计优化方法，引入深度学习进行叶片强度、振动、气动特性参数的数据预测，采用 MonteCarlo 搜索树搜索以及多尺度仿真模型协同计算提升学习样本量、使用 Gauss 随机过程分析细致平衡优化过程，并根据在线循环、全局寻优的思想增强设计决策的鲁棒性。有效提高了传统优化方法的效率，降低了分析更高维度变量工程设计优化过程的难度。

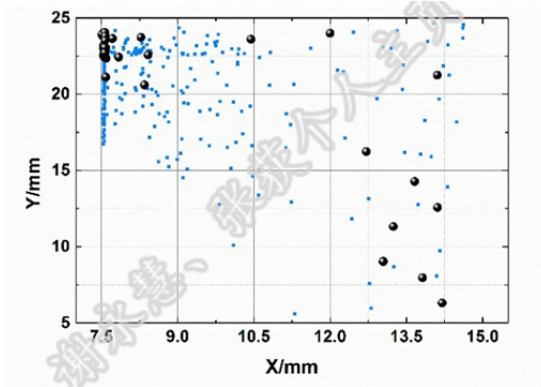


图 5.3 二维设计问题不同优化算法搜索空间
(黑色点: 新型算法高精度模型计算次数; 蓝色点: 传统算法高精度模型计算次数)

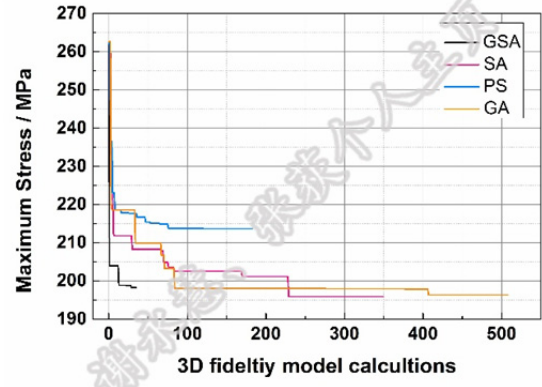


图 5.4 不同优化算法目标变量的收敛曲线
(GSA 为新型算法, SA 为模拟退火方法, PS 为模式搜索方法, GA 为遗传算法)

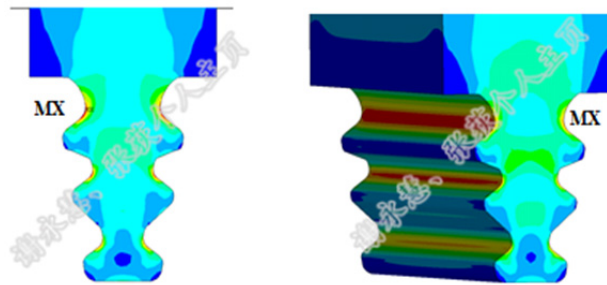


图 5.5 优化后的三齿枫树型叶根 Von-Mises 等效应力分布