自适应有限元软件包 ALBERT 的并行化研究

刘青凯

摘要

本文的主要内容是自适应有限元软件包 ALBERT (Adaptive multi-Level finite element toolbox using Bisection refinement and Error control by Residual Techniques)的并行化研究。

我们首先给出一个基于 Kossaczky 算法的改进二分网格细化算法。该算法将递归网格细化的过程分成了标记和细化两个阶段，避免了因初始网格单元的细化边选择不当而可能出现的无限递归。在改进二分网格细化算法的基础上，我们设计了适用于并行计算环境特别是分布式内存并行计算环境的二分网格细化算法。该并行算法和原有串行算法在细化结果上完全等效。数值实验证明该并行算法能有效地在分布式内存的计算机上执行。

在充分利用已有成熟的数值计算软件（METIS/ParMETIS 和 PETSc）的基础上，本文通过改造 ALBERT 的数据结构和算法、设计新的数据结构和算法实现了 ALBERT 二维代码的并行化。在这个过程中，我们解决了建立分布式网格、分布式网格中的自由度管理、合成分布式线性系统、并行后验误差估计、并行自适应网格局部细化和动态负载平衡等问题。数值实验表明，并行化的 ALBERT 有很好的稳定性和可扩展性。

关键词： 有限元方法，自适应方法，二分网格细化，并行算法，MPI