高阶非拟合有限元方法并行软件平台研制及应用

周新鑫

摘要

本文的主要研究内容是针对高阶间断有限元和高阶非拟合有限元算法的实现，对自主开源并行自适应有限元软件平台 PHG (Parallel Hierarchical Grid) 进行重构和扩展，研制相应的支撑模块。在此基础上，研制椭圆界面问题的高阶非拟合有限元并行计算程序，并将其应用于电法勘探问题。

本文完成的主要工作如下：

在 PHG 平台的基础并行网格架构中引入了影像 (halo) 区，方便访问邻居单元数据，并设计了相应的用户接口，完成了代码实现(影像区的构建，影像区单元和用户数据通信)，以及与之相关模块的扩展或重构（邻居访问，单元遍历，自由度映射，等等）。

集成了课题组所发展的三角形、长方形、四面体和长方体等常见二维、三维单元与任意曲面界面相交形成的子区域上的高精度数值积分程序，设计了统一的应用编程接口（API），可以支撑非拟合有限元算法的实现。

设计并实现了一个新的有限元数值积分接口 QCache，与 PHG 平台原来的数值积分接口相比，新接口更加方便灵活，可以很好地支撑间断有限元和非拟合有限元算法程序的实现。

基于上述模块，研制了求解椭圆界面问题的高阶 IPDG 并行程序，对所涉及的算法和平台模块进行了数值实验验证。

最后，针对电法勘探应用问题，提出了一个新的界面问题模型，设计了基于 IPDG 格式的高阶非拟合有限元算法，并基于上述工作研制了并行应用程序，可高效求解三维电阻率方程获取电压和视电阻率的分布。

关键词： PHG 平台，间断有限元，非拟合有限元，椭圆界面问题，直流电阻率正演模拟