

区域分解频率域波动方程波场模拟及反演

戴银云

摘要

本文具体研究了,基于有限差分方法,如何应用区域分解方法来求解频率域波动方程。所求解的波动方程包括声波方程和弹性波方程。

数值求解频率域声波方程,即Helmholtz方程时,当方程中的参数波数 k 很大时,通过各种离散得到的离散矩阵的条件数很大,而对于这种问题这时用直接法或迭代法求解一般所得到结果都不理想。我们知道对于这类坏条件数问题,通常需构造预条件子去求解。构造预条件子的方式通常有两类,一类是基于矩阵的构造方法,如通过ILU方式构造,另外一类是基于偏微分算子的构造方法。

本文第三章简单回顾了第二类基于偏微分算子的预条件子的构造方法,主要是复共轭移位拉普拉斯预条件(CSL)方法,并将这种预条件方法用到了Helmholtz方程的区域分解求解,包括非重叠型和重叠型区域分解算法,对均匀模型、层状模型和Marmousi模型做了数值计算。

在对Helmholtz方程区域分解求解的基础上,第四章研究了频率域弹性波方程的区域分解求解,包括非重叠和重叠区域分解方法。详细阐述了如何基于有限差分方法去构造界面条件,以及如何转化为子区域问题,并进行有限差分离散,最后通过预条件GMRES法和Bi-CGSTAB迭代法来求解,也进行较多的数值计算。

最后,在第五章,初步探讨了频率域波场反演问题。该问题通过在求解区域中或边界上的某部分的观测值,来反演出最好的模型使得计算值和观测值之间的误差尽量小,这是一个非线性最小二乘问题。我们结合最优化计算方法中的Gauss-Newton法、Levenberg-Marquardt方法、拟牛顿法等来求解这个最优化问题,并作了数值计算。

关键词: 声波方程,弹性波方程,预条件子,有限差分,频率域,反演,重叠型,非重叠型,非线性优化,迭代法