信赖域方法全波形反演研究

李翊君

摘 要

自上世纪 80 年代以来,全波形反演已发展成为地球物理勘探领域高精度成像的重要方法之一。全波形反演对油藏资源勘探有重要意义，一直是国际上研究的热点和难点。随着计算机性能的提高,全波形反演得到了充分的发展和应用。在数学上全波形反演可以被视为一个带有偏微分方程约束的最优化问题。由于问题的非线性以及不适定性,求解该问题的全局最优解变得非常困难。在全波形反演中,通常会使用线搜索的方法来得到最优解,在本文中,我们研究比较了信赖域方法在全波形反演中的应用。本论文的研究内容主要包括如下四个方面:

1. 基于交错网格有限差分格式求解了时间域弹性波方程和频率域声波方程,同时在计算区域的边界上,采用完美匹配层 (PML) 为边界条件,吸收边界反射波。在模拟频率域声波方程时,使用 UMFPACK 解法器求解由离散形式导出的大型稀疏线性方程组。

2. 基于 L-BFGS 方法进行了时间域弹性波方程和频率域声波方程的全波形反演,分别对 Marmousi 模型和 Overthrust 模型进行数值计算,取得了较好的反演结果。

3. 基于信赖域方法 (Dogleg 方法、二维子空间方法) 进行了时间域弹性波方程和频率域声波方程的全波形反演,分别对 Marmousi 模型和 Overthrust 模型进行了反演,采用与 L-BFGS 方法相同的计算参数,比较发现,信赖域方法可以提高反演精度,减少迭代次数和节约迭代时间。

4. 研究了预条件子信赖域方法全波形反演,以 Hessian 矩阵的近似作为预条件子,将信赖区域由圆形变为椭圆形,用 Dogleg 方法和二维子空间方法进行了时间域弹性波方程全波形反演,对 Marmousi 模型进行了计算,与非预条件子方法比较发现,预条件子可以进一步提高反演结果的精度。

5. 将信赖域方法应用于截断牛顿法中,进行了时间域弹性波方程的全波形反演,对 Marmousi 模型进行了计算,比较发现,信赖域方法可以进一步提高截断牛顿法的反演精度。

关键词: 弹性波方程,声波方程,有限差分,全波形反演,信赖域方法