摘　　要

随着并行超级计算机性能的提高，全波形反演方法成为一个不仅在地震反演研究而且在石油勘探工业中的热点问题。全波形反演(FWI)是一种最小化记录数据和模拟数据之间的残差来反演地下介质物性参数的方法。在数学上，全波形反演实际上是求解一个非线性最小二乘问题来得到地下介质物性参数的成像方法。本文在第二章介绍基于梯度的优化方法的基础上，着重进行了频率域声波和弹性波全波形反演的研究，主要内容有如下三个方面：

1. 用有限差分方法求解频率域声波和弹性波方程。对于声波方程，我们用加权九点差分格式来计算；而对于弹性波方程，我们则用经典的九点差分格式来计算。在计算区域的边界上均采用完美匹配层(PML)吸收边界条件。我们使用大规模并行直接解法器(MUMPS)来求解由有限差分法离散化导出的大型稀疏线性方程组。

2. 使用多种数值优化方法来求解声波和弹性波方程反演问题，这些方法包括最速下降法、共轭梯度法和拟牛顿方法。由于梯度类优化方法经常使问题收敛到局部极小值，这使得我们采用利用二阶导数信息的方法—拟牛顿方法，如Gauss-Newton和LBFGS方法等，同时我们也采用了预条件方法，预条件方法的使用能加快优化问题的收敛速度。对于声波方程我们采用Fréchet导数矩阵来计算目标函数的梯度；而对于弹性波方程我们基于Born近似的方法，给出了一种新的梯度计算公式，使得梯度计算更加简单。

3. 对两个国际标准复杂模型—Overthrust模型和Marmousi模型进行了声波和弹性波全波形反演的并行计算，取得了较好的结果，这表明了方法的有效性，为该方法的进一步应用，如实际资料的反演，奠定了良好的基础。

关键词： 声波方程，弹性波方程，有限差分，频率域全波形反演，数值优化，Born近似，逐级反演，并行计算