自适应 UPML 方法及其在散射问题中的应用

吴新明

摘 要

本论文包括两部分，前一部分主要研究求解时谐散射问题的自适应单轴完全匹配层(UPML)方法， 后一部分主要讨论求解时域声波散射问题的自适应UPML方法。

在时谐散射问题这一部分，我们提出了求解时谐散射问题的自适应UPML方法。 UPML方法采用矩形PML层，因此在实际应用中也更方便，另外对于各向异性的散射体也更为有效。 基于Helmholtz方程Dirichlet外问题的积分表示，以及复坐标延拓的思想，我们证明了UPML方法的收敛性。 自适应UPML方法在自适应有限元方法的框架下，提供了一套完整的数值策略来求解时谐散射问题， PML参数(包括PML层的厚度和人工材料参数)都可以由后验误差估计来确定。 另外该方法可以自动的在离我们关心的求解区域较远的地方产生较粗的网格， 这就使得整个计算量对PML层的厚度不敏感。 数值算例展示了自适应UPML方法的优良性态。

在时域声波散射问题这一部分，我们将UPML方法推广到时域声波散射问题的求解中。 通过Laplace变换，我们把时域声波散射问题与频域声波散射问题联系起来， 进而推导出与时域声波散射问题相对应的时域UPML方法。 利用能量估计以及复坐标延拓等办法，我们分析了UPML方法的收敛性， 并结合自适应有限元方法，给出求解时域声波散射问题的自适应UPML方法。 数值算例表明该方法是十分有效的。

关键字：声波散射，自适应有限元，后验误差分析，完全匹配层(PML)，单轴完全匹配层(UPML)