三维电磁场自适应有限元方法：时谐散射问题和涡流问题

陈俊清

摘要

本论文包括两部分，前一部分主要解决三维时谐电磁散射问题，后一部分则集中讨论三维拟静态涡流场的数值模拟。

在三维电磁散射问题这一部分，我们提出了求解时谐电磁散射问题的自适应PML技术，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。自适应PML方法在自适应有限元方法的框架下，提供了一整套完整的数值策略来求解三维电磁散射问题。该方法可以根据后验误差自动地在离我们感兴趣的区域较远的地方产生较粗的网格，这样就使得整个计算量对PML层的厚度不敏感（从而在实际的应用中可以选择较厚的吸收层，以使得离散得到的代数方程组较容易求解）。数值算例向我们展示了自适应PML方法的优良性态。

在三维涡流场的数值模拟这一部分，我们首先用磁矢量势和电标量势模型将实际的电压输入耦合到涡流场方程中，通过求解鞍点问题来得到电路中的电流分布及导体的各种电磁特性，包括（电感和电阻）。在证明了连续问题解的存在唯一性之后，我们对鞍点问题进行了混合元离散，然后证明了离散问题解的唯一性。并对该模型推导了相应的后验误差估计。之后，我们提出了这个鞍点问题的一个正则化模型，证明了该模型对鞍点问题的逼近性，同时进行了相应的后验误差分析。对于离散代数问题的求解，我们提供了一个高效的预条件子。最后给出的一系列数值结果说明我们的自适应方法和预条件方法都是最优的。

关键词：电磁散射，自适应有限元，棱单元，完全匹配层（PML），自适应PML，涡流场，鞍点问题，混合元，正则化方法，参数提取。