复合材料周期结构 Maxwell 方程组多尺度算法和分析

张娅

摘要

复合材料周期结构 Maxwell 方程组多尺度计算在材料科学 (场效晶体管、光子晶体) 、电力、通讯、航空航天、医学、军事等领域有着十分广泛的应用. 本论文主要包括三个部分, 分别解决了时谐 Maxwell 方程组, 含时 Maxwell 方程组, 带记忆项的 Maxwell 方程组在复合材料周期结构中的多尺度渐近展开和数值算法.

本文的第一部分是时谐 Maxwell 方程组在复合材料周期结构的中的多尺度算法与分析: 对时谐 Maxwell 方程给出了多尺度渐近展开式, 首次给出高阶校正项的表达式, 通过克服单胞问题的解在边界处的切向连续性, 给出了精确的收敛阶, 并给出严格证明. 数值计算结果验证了我们的理论和构造的高阶校正项是必要且有效的;

第二部分是含时 Maxwell 方程组在复合材料周期结构中的多尺度算法与分析: 对含时 Maxwell 方程组给出了多尺度渐近展开式, 得到了收敛阶, 发展了多尺度辛几何算法, 并给出严格证明. 数值试验结果表明: 多尺度辛几何算法是稳定的, 特别是对长时间数值计算十分有效;

第三部分是带记忆项 Maxwell 方程组在复合材料周期结构中的多尺度算法与分析: 在本构关系中若存在磁化系数项, 得到的是一个积分-微分方程, 经典的多尺度分析方法不能处理方程中的积分项, 我们将 Laplace 变换的技术和多尺度分析方法相结合, 得到一个稳态的方程进行多尺度分析, 运用逆 Laplace 变换得到原问题的解, 对逆 Laplace 变换采用 Tzou 等人的数值方法: 用 Riemann 求和来近似逆 Laplace 变换的积分. 数值试验证明该算法是稳定和高效的.

关键词: Maxwell 方程组, 复合材料, 棱单元, 多尺度渐近展开, 均匀化, Laplace 变换, 记忆项, 周期振荡系数.