

复合材料与结构综合热传输问题的多尺度模型与算法

黄记祖

摘要

本论文研究的是复合材料与结构综合热传输问题的多尺度模型与算法。首先,我们讨论了复合材料及界面热传导问题的有限元和分子动力学耦合算法。我们通过分子动力学方法,计算了纳米薄膜的导热系数,并发现其有明显的尺度效应。进一步,我们提出了复合材料及界面热传导问题的有限元和分子动力学耦合算法,并将该算法的计算结果与完全 MD 方法进行比较。通过比较发现,我们的算法是有效的。另外,数值结果表明,具有纳米掺杂复合材料的热传输问题采用耦合算法是非常有必要的。接下来,我们考虑了具有非线性热源辐射传热问题的多尺度渐近分析和数值算法。通过证明该方程解的存在性和正解的唯一性,进一步地证明了多尺度渐近展开方法的收敛性。数值结果验证了多尺度有限元方法的正确性和有效性,同时还告诉我们需找高阶多尺度校正算法的必要性。通过提出修正的多尺度渐近展开方法,得到了非零初边值问题更高精度的多尺度渐近格式。然后,针对具有快速振荡系数稳态线性化和非线性的热电耦合方程,给出了原问题的多尺度渐近展开解,并给出了具体的算法。对于稳态线性化的热电耦合方程,我们证明了渐近解具有很好的收敛性。数值结果也表明,我们的方法有很好的数值精度,验证了多尺度有限元方法的正确性和有效性。另外,数值结果还揭示了考虑热电耦合的必要性以及在一般情况下采用线性化近似非线性热电耦合方程的可行性。最后,我们针对具有快速振荡系数的含时热电耦合方程,给出了原问题的多尺度渐近展开解,并给出了具体的算法。数值结果表明,我们的方法有很好的数值精度,验证了多尺度有限元方法的正确性和有效性。