复合材料周期结构热力耦合问题的多尺度算法和分析

李巍峰

摘要

复合材料和结构是各类航空、航天飞行器的关键材料和结构之一，于是研究复合材料和结构热力耦合问题具有非常重要的科学意义。本论文主要研究了复合材料周期结构考虑热传导和对流换热综合的热力耦合问题的多尺度算法与收敛性分析。由于此时考虑的问题是瞬态问题而含有同时关于时间和空间导数的耦合项，传统的均匀化理论和多尺度渐近展开方法并不能直接得以应用。为了能发展原瞬态问题的多尺度算法，我们引入了 Laplace 变换，利用 Laplace 变换，我们将原瞬态问题转化成为稳态问题，并给出了稳态问题的多尺度渐近展开式，然后利用逆 Laplace 变换，给出了原瞬态问题的多尺度渐近解，且证明了二阶多尺度渐近解的收敛结果。由于经 Laplace 变换后的稳态问题可以实现并行计算，相比在细网格上直接求解原瞬态问题进一步提高了计算效率。本文计算的是一类三维复合材料周期结构热力耦合模型问题，数值结果表明，文中发展的多尺度算法在求解三维问题时是有效的。

需要说明的是，本文研究的只是非对流占优情况下复合材料周期结构考虑热传导和对流换热综合的热力耦合问题。发展复合材料周期结构对流占优情况下热力耦合问题的多尺度算法，是进一步的研究工作中十分有意义却也十分困难的研究课题。

关键字：复合材料，周期结构，热力耦合问题，热传导，对流换热，均匀化，多尺度渐近展开方法，Laplace 变换