

高配峰¹,毛佳丽,耿鑫¹

¹兰州大学

Abstract

涂层高温超带材是一种典型的多层复合结构，带材中三层宽厚比极大的薄层（银层，超导层和缓冲层），在3D有限元分析中网格剖分数目大而且单元奇异性增大，进而导致计算量极大。为了有效解决由于涂层高温超导带中各层在3D有限元模型网格划分和计算上带来的困难，针对诸如轴向拉伸、弯曲、扭转等基本变形模式，本研究基于COMSOL Multiphysics® 5.4复合材料模块建立了涂层高温超导带高效数值计算模型。为了验证2D多层壳结构模型的计算精度和效率，同时基于固体力学模块构建了3D实体结构模型，并分别对于轴向拉伸、扭转变形下两模型的计算结果和计算效率进行了对比分析。结果表明2种模型的计算结果基本一致（相对误差<1%），相比于传统的3D实体结构模型，2D多层壳结构模型的计算效率与计算收敛性显著提高，尤其对于更为复杂的扭转变形，计算效率提高20倍以上。在此基础上，进一步基于2D多层壳结构模型开展了涂层高温超导带材拉伸、扭转组合变形下应力/应变分析，并结合临界电流定标关系以及超导层应力/应变状态，给出临界电流随外加组合加荷载的变化关系，模型计算结果与实验结果吻合良好。最后，基于所构建的2D多层壳结构模型与临界电流退化关系，提出了涂层高温超导电缆结构的优化方案。