

铺设防雷金属网的CFRP-金属紧固件连接结构雷击直接效应研究

罗洋¹, 段雁超¹

1.上海量维信息科技有限公司西安分公司, 陕西, 中国

简介: 本研究以铺设防雷金属网的CFRP-金属紧固件连接结构为研究对象, 重点分析了连接结构遭受雷击时的电-热多物理场效应。

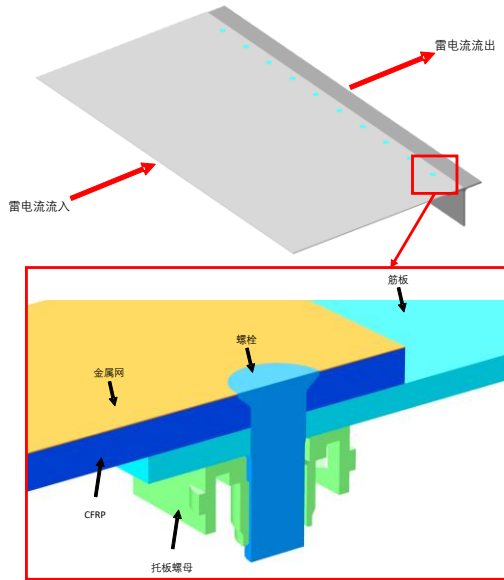


图 1. 铺设防雷金属网的CFRP-金属紧固件连接结构

计算方法: 雷击直接效应问题涉及时变电磁场与传热场之间的多物理场耦合。

$$\nabla \times (\mu^{-1} \nabla \times \vec{A}) + \sigma \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t} \left(\epsilon \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \right) = 0$$

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p \vec{u} \cdot \nabla T + \nabla \cdot \vec{q} = Q$$

$$\vec{q} = -k \nabla T$$

温度分布结果: 连接结构通入雷电流后的温度分布如图2。两侧螺孔处温升最为明显。

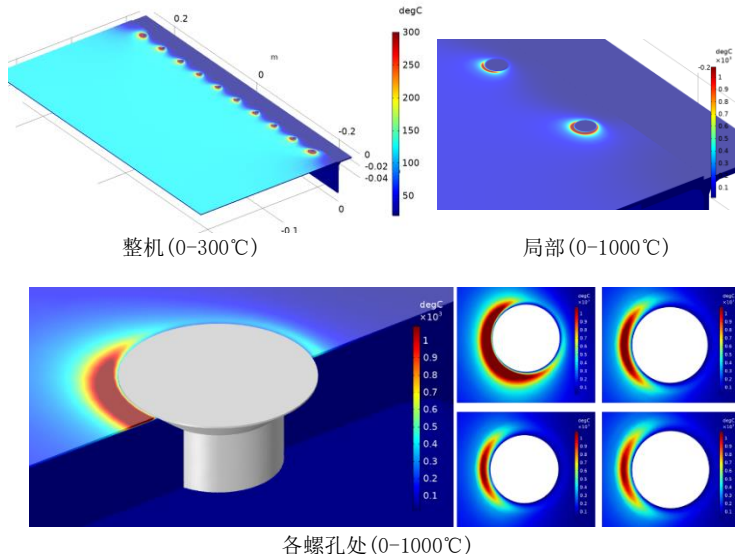


图 2. 雷击时结构达到温度极值时的温度分布

电流分布结果: 各螺栓的电流分量极不均匀, 两侧的螺栓电流分量较高; 单一螺栓剖面的电流密度分布受趋肤效应影响十分明显。

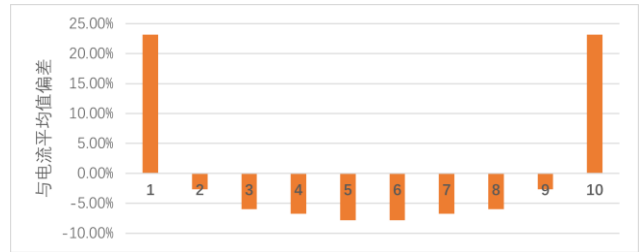


图 3. 各螺栓流过的电流与平均电流差异

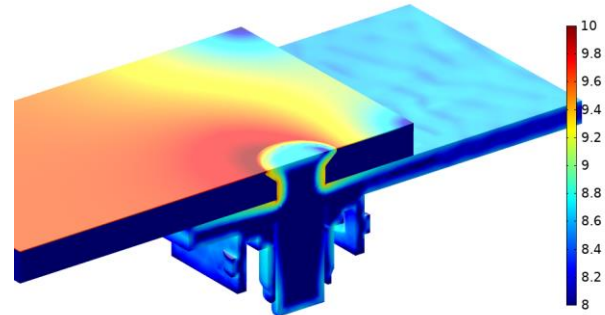


图 4. 螺栓剖面电流密度对数分布

工艺改进措施仿真评估: 为降低螺孔处局部温升, 评估各类工艺改进措施带来的温升降低效果。图5为温度仿真结果, 由图可见改进措施B的温升降低效果更为显著。

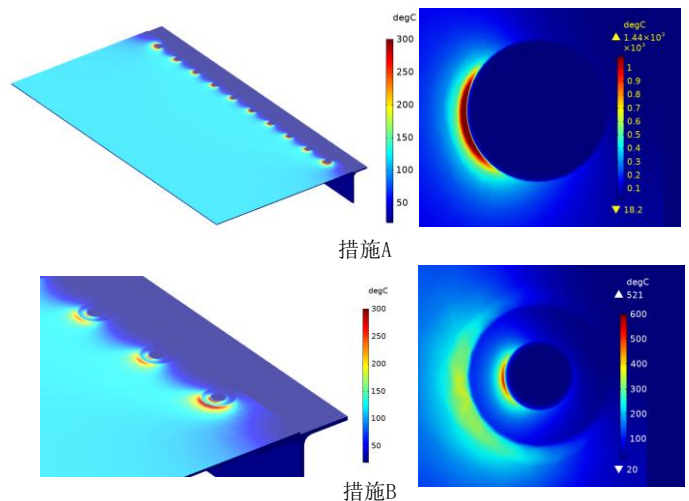


图 5. 施加工艺改进措施后的雷击温升仿真结果

结论: 通过对铺设防雷金属网的CFRP-金属紧固件连接结构遭受雷击时的温度分布和电流分布仿真研究, 分析了加入紧固件后对于防雷金属网防雷效果的影响, 找出了连接结构中易产生高温过热的薄弱区域, 并利用多物理场仿真针对薄弱区域各类工艺改进措施的温升降低效果进行评估。