

铺设防雷金属网的CFRP板材雷击损伤研究

罗洋¹, 杜鸣心¹, 雷广州¹

1.西安爱邦电磁技术有限责任公司, 陕西, 西安

简介:雷电会对使用碳纤维增强复合材料 (CFRP) 的航空器产生极大安全威胁, 目前广泛使用的雷击防护手段之一是在CFRP材料表面铺设防雷金属网。本模拟采用各向异性等效参数对防雷金属网进行等效, 等效模型可以有效表示各规格金属网的烧蚀程度, 为雷电防护设计提供指导。

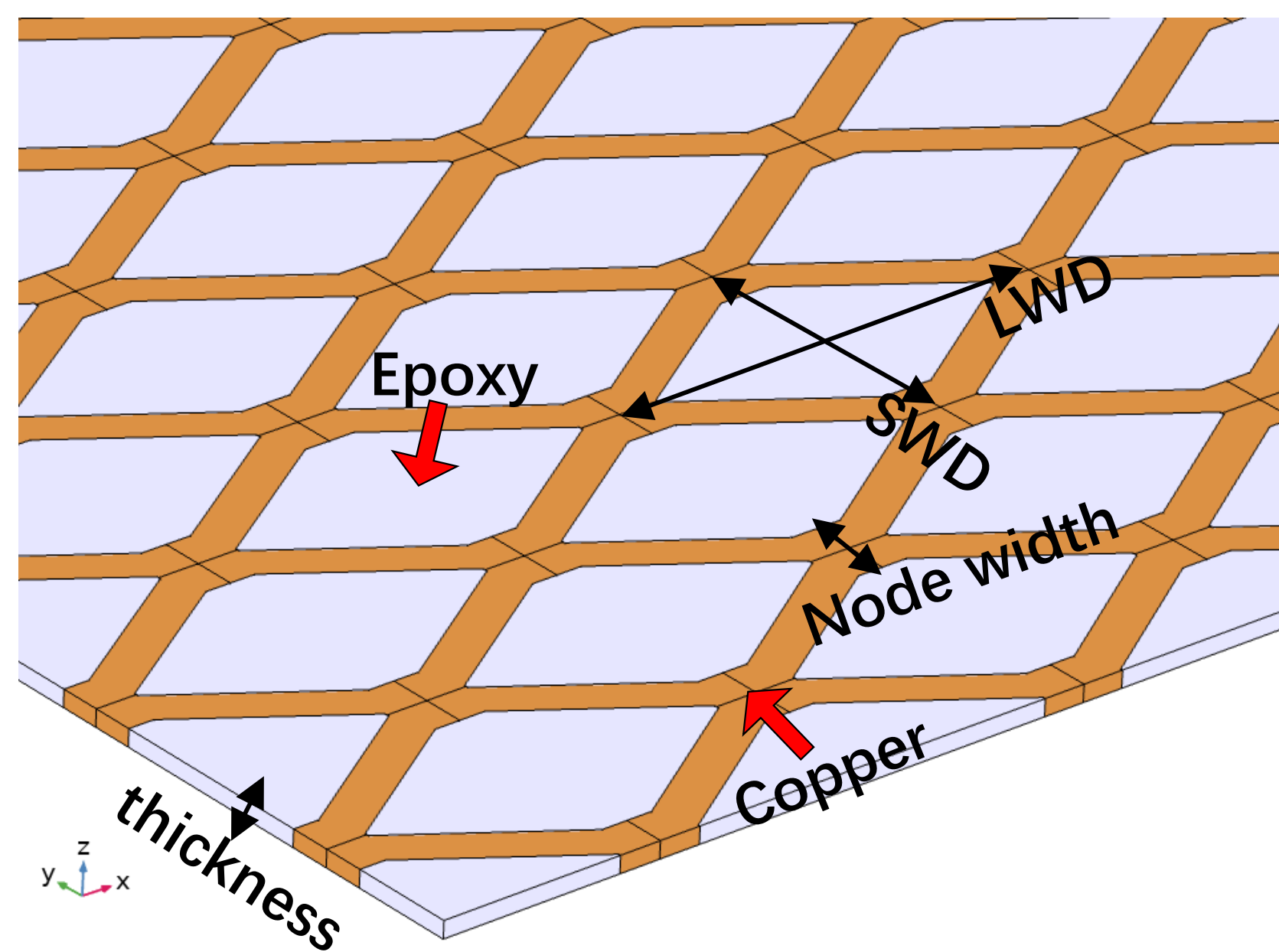


图 1. 防雷金属网几何示意图

模型简化: 防雷金属网单根梗丝在注入SAE ARP 5412中雷电流A分量时, 经过0.4us以后梗丝内部趋肤效应已不明显, 如图2。因此可以假设金属网遭受雷击时内部电流密度近似于均匀分布, 从而实现一体化等效。

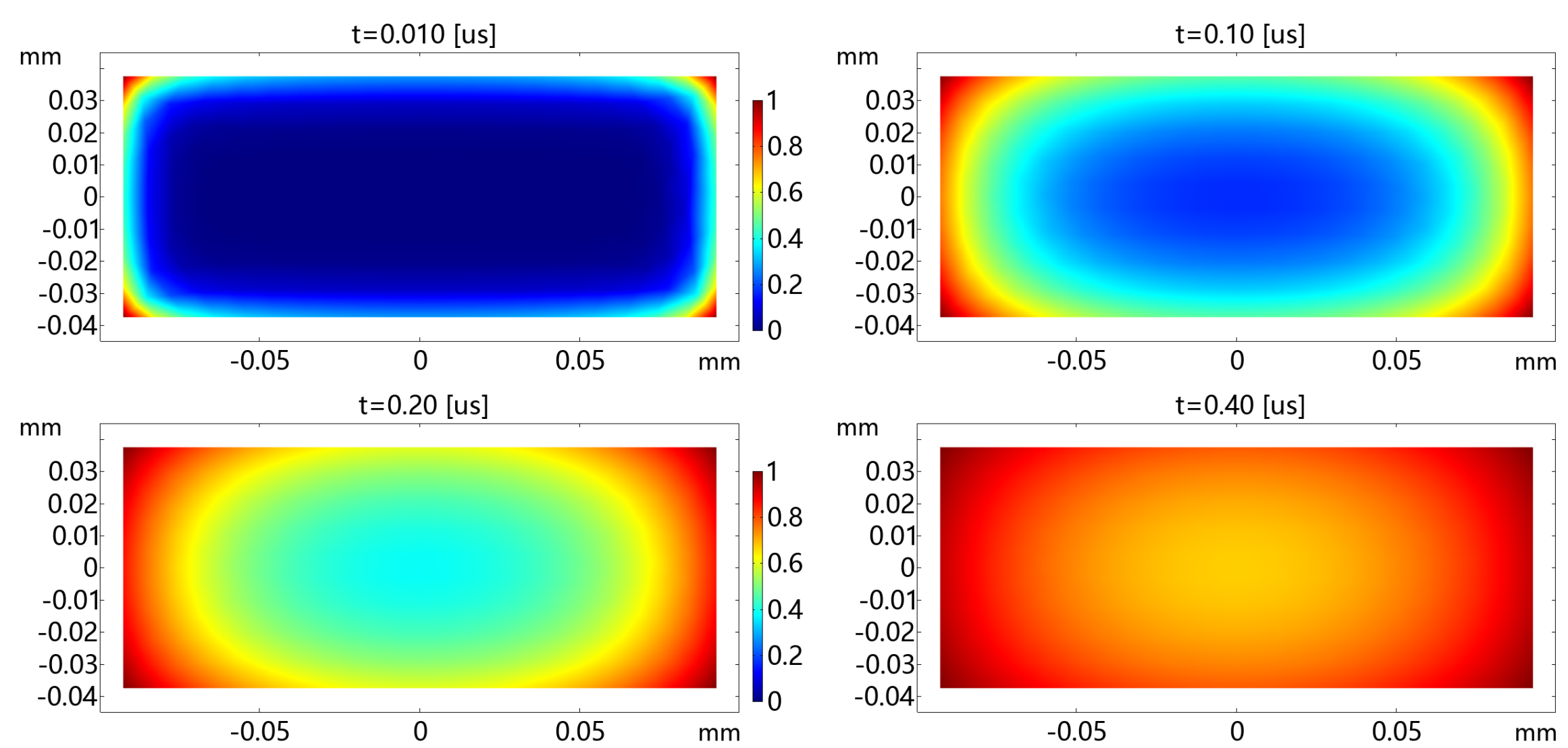


图 2. 防雷金属网单根梗丝内部注入雷电流A分量时, 在0~0.4us时刻截面上的归一化电流密度分布

计算方法: 使用焦耳热模块计算雷击损伤, 从中心注入电流, 从一侧边缘流出。边界和网格设置见图3。等效模型中使用各向异性等效参数来表征金属网沿长菱边、短菱边方向的不同材料特性。

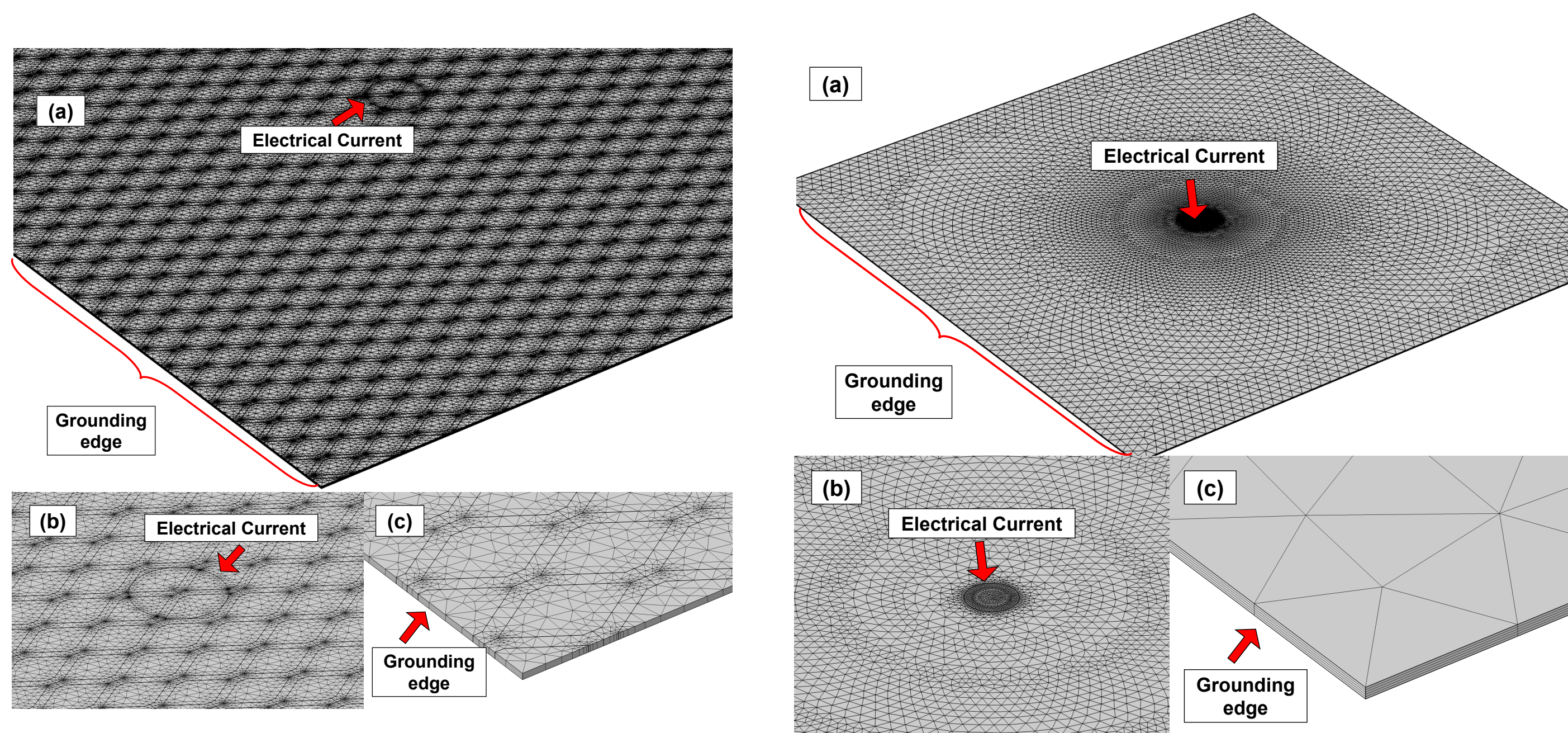


图 3. 精细化建模(左)和等效建模(右)的网格设置、边界条件

结果: 图4中空白区域为温度高于铜汽化点的区域, 等效模型仿真结果与精细建模仿真结果一致性良好。

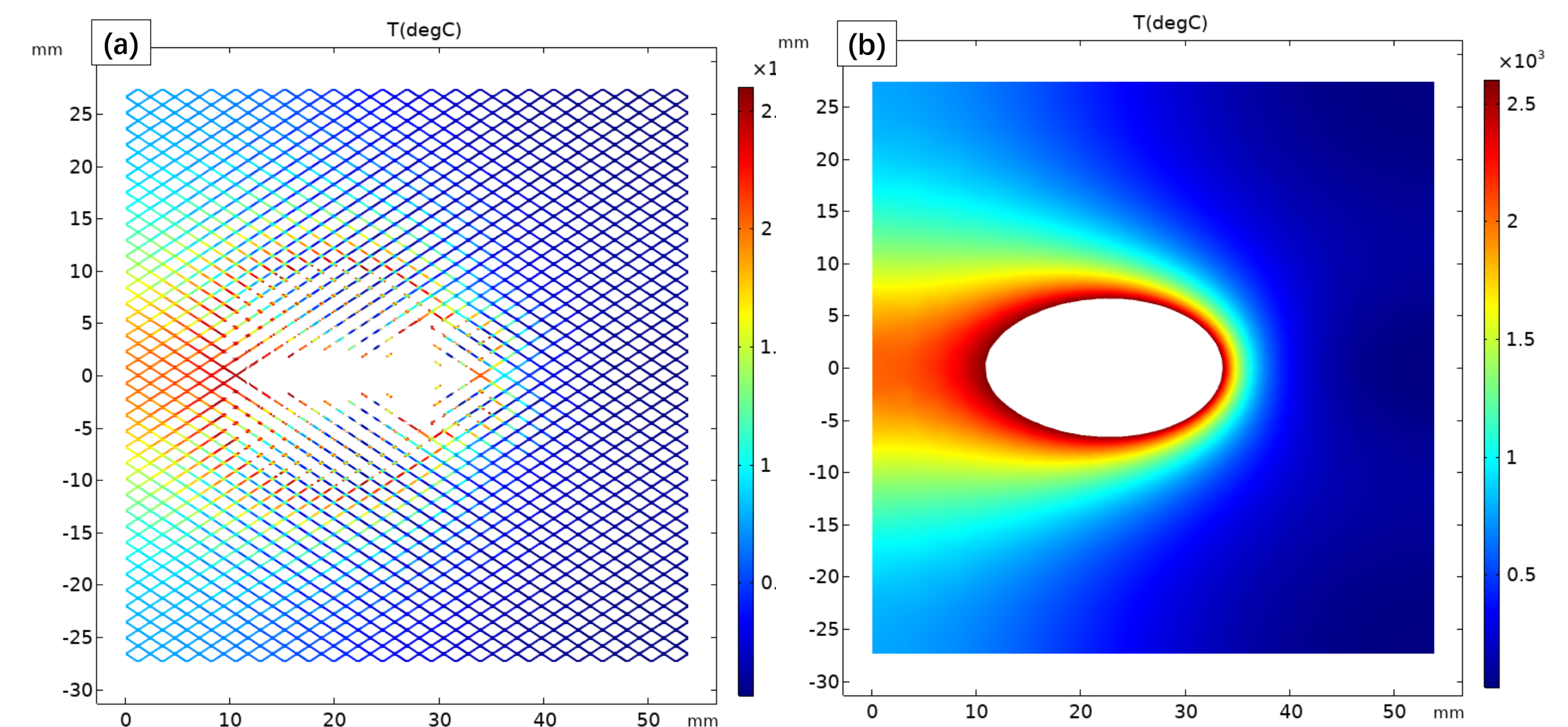


图 4. 某型防雷金属网精细模型(左)与等效模型(右)的雷击损伤结果对比

图5中CFRP样品为500mm×500mm, 注入200kA雷电流A分量。试验样品表面的金属网烧蚀区域大小接近仿真结果中温度高于铜熔点区域的大小。

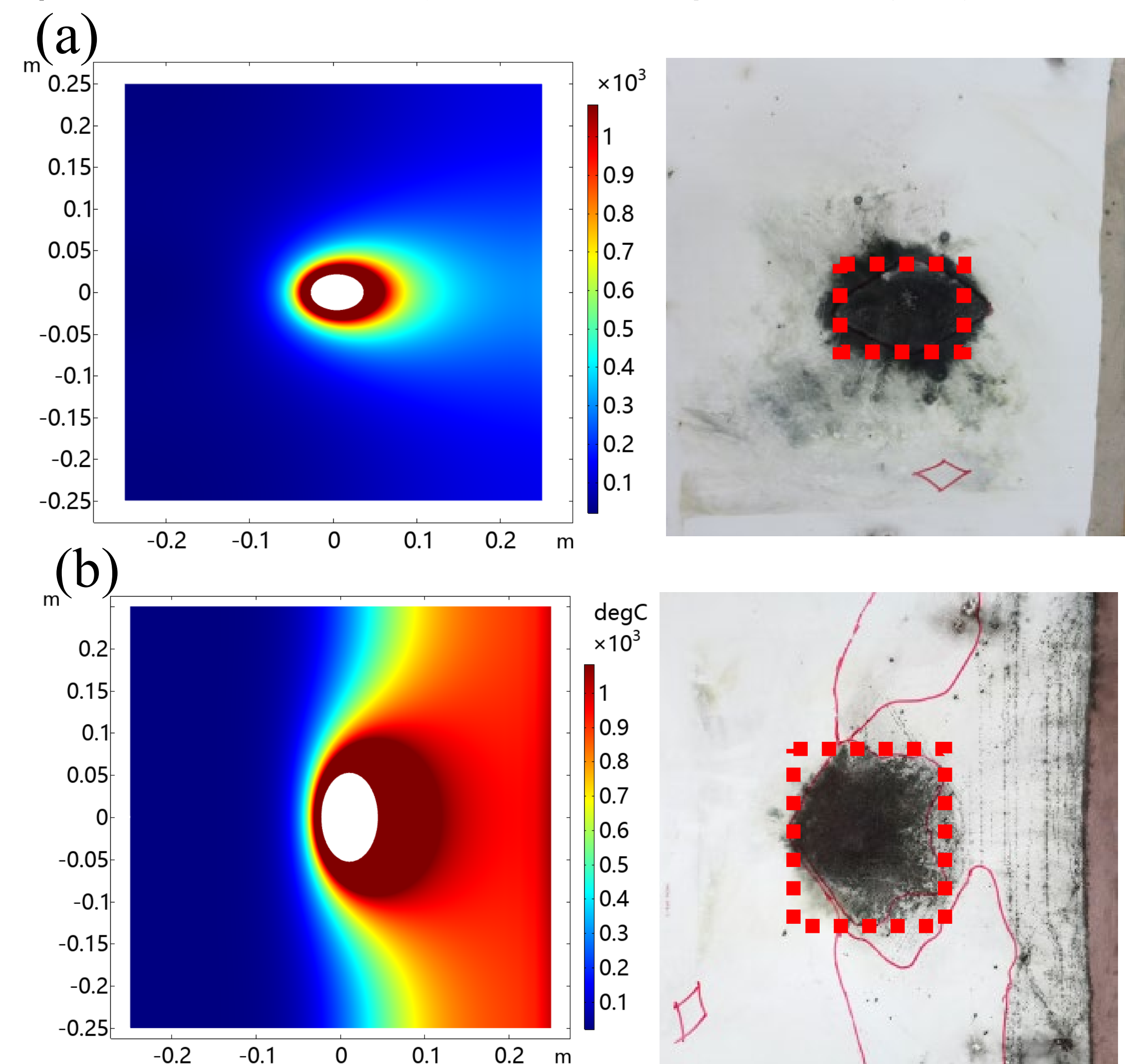


图 5. 某型防雷金属网仿真与试验的雷击损伤结果对比

图6显示无防护CFRP材料注入200kA雷电流A分量后会严重烧蚀, 铺设金属网可有效保护CFRP材料。

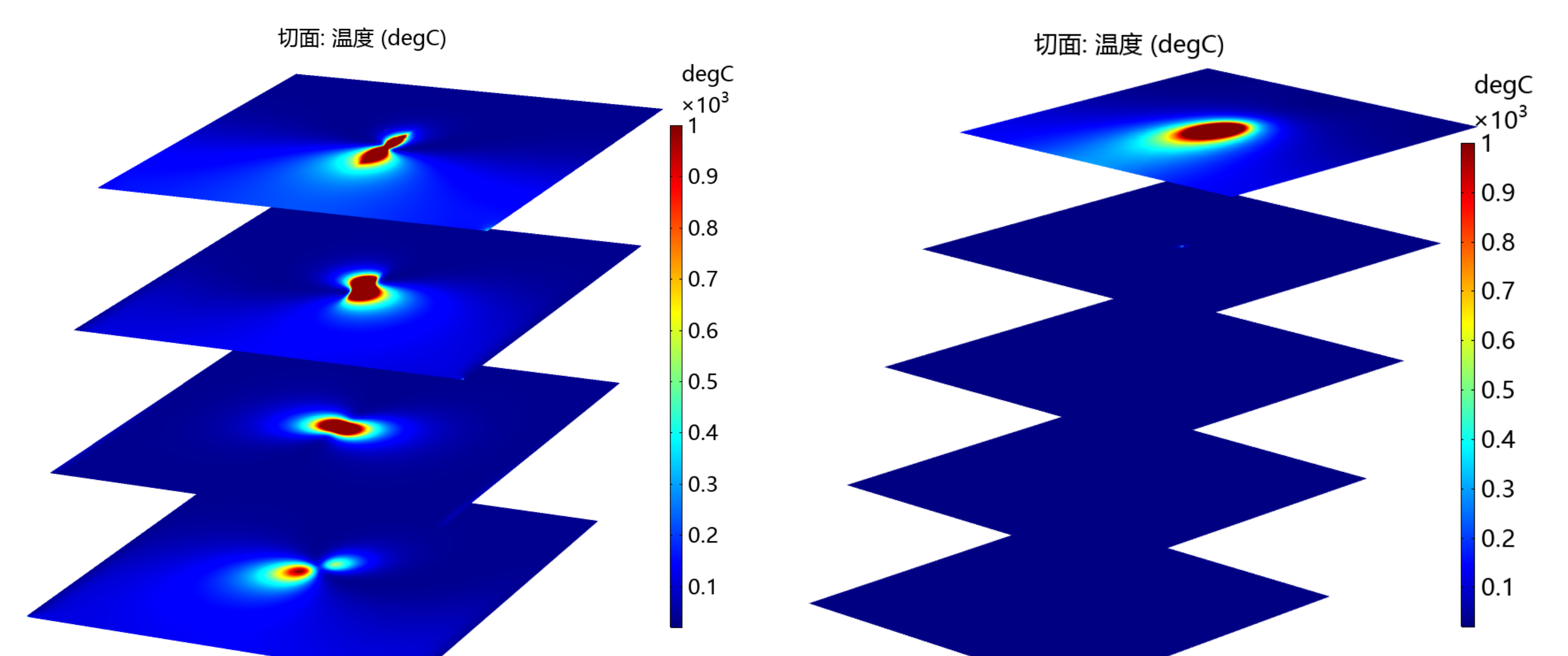


图 6. 防雷金属网防护前后的CFRP板材烧蚀
左: 无防护, 右: 有金属网防护(最上方切面为金属网)

结论: 1) 本模拟采用的防雷金属网等效建模仿真方法, 仿真结果与试验结果一致性良好。
2) 采用防雷金属网可以有效减少CFRP材料的雷击直接效应损伤。