

# 飞机燃油箱系统雷电点火源仿真研究

杜鸣心, 段雁超, 朱犇

西安爱邦雷电与电磁环境实验室, 陕西, 西安

**简介:** 本文基于COMSOL Multiphysics有限元仿真软件, 建立内部带有液压管和燃油管的燃油箱系统模型。通过仿真考察雷电流在燃油箱上的传导路径, 根据电流分布及电场分布给出成为潜在点火源的位置。进而对比研究了两端是否屏蔽对燃油系统上雷电流物理特性的影响。

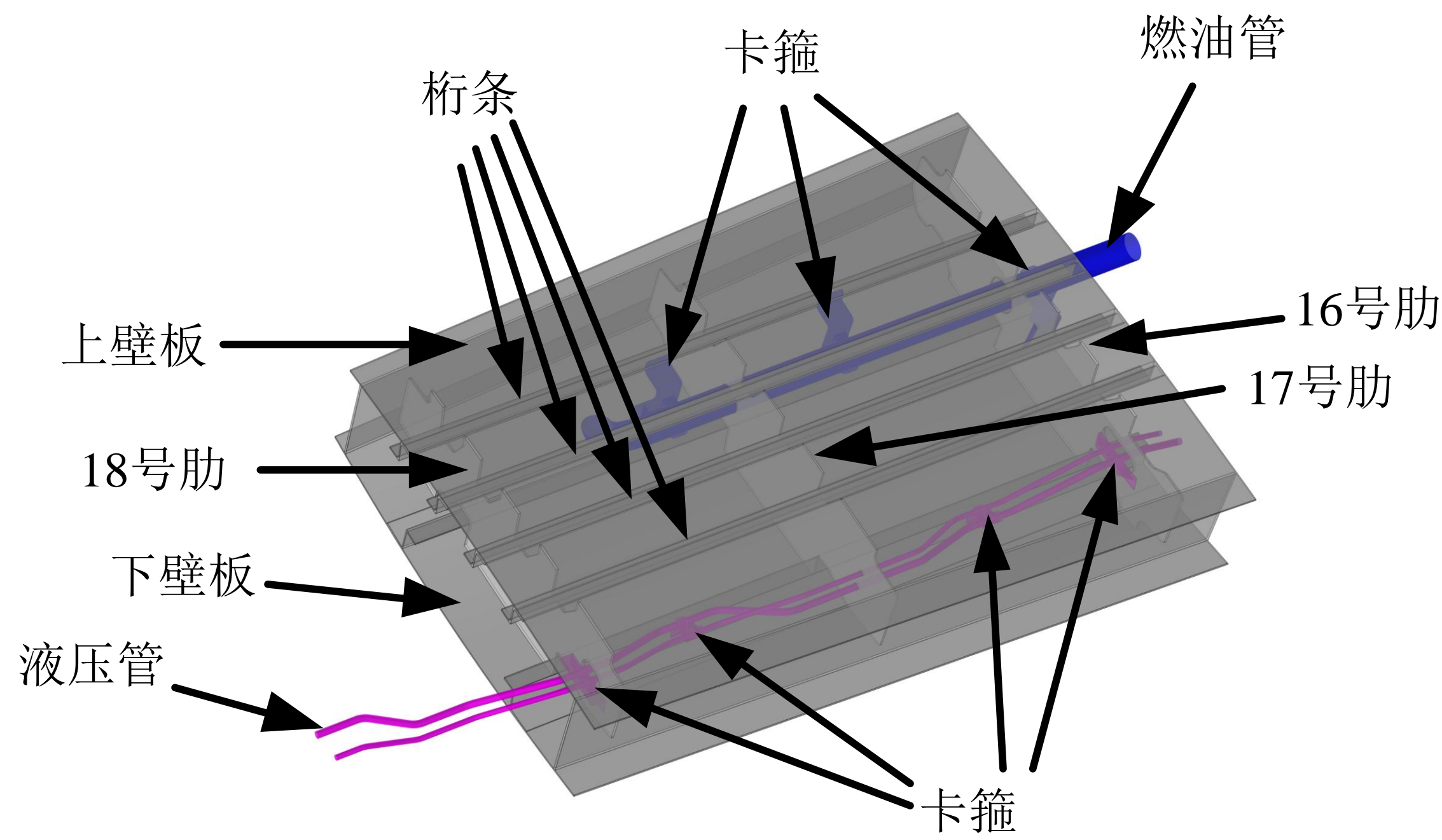


图1. 燃油箱系统仿真模型

**计算方法:** 本文中雷电仿真方程主要有安培定律和电流守恒定律。

安培定律: 
$$\sigma \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} + \nabla(\mu_0^{-1} \mu_r^{-1} \vec{B}) - \sigma \vec{v} \times \vec{B} = \vec{J}_e$$

电流守恒定律: 
$$\vec{J} = (\sigma + \epsilon_0 \epsilon_r \frac{\partial}{\partial t}) \vec{E} + \vec{J}_e$$

式中,  $\vec{A}$  为磁矢量,  $\vec{J}_e$  为外加电流源,  $\vec{v}$  为导体的速度, 此处为零, 其它为电磁学基本参数。

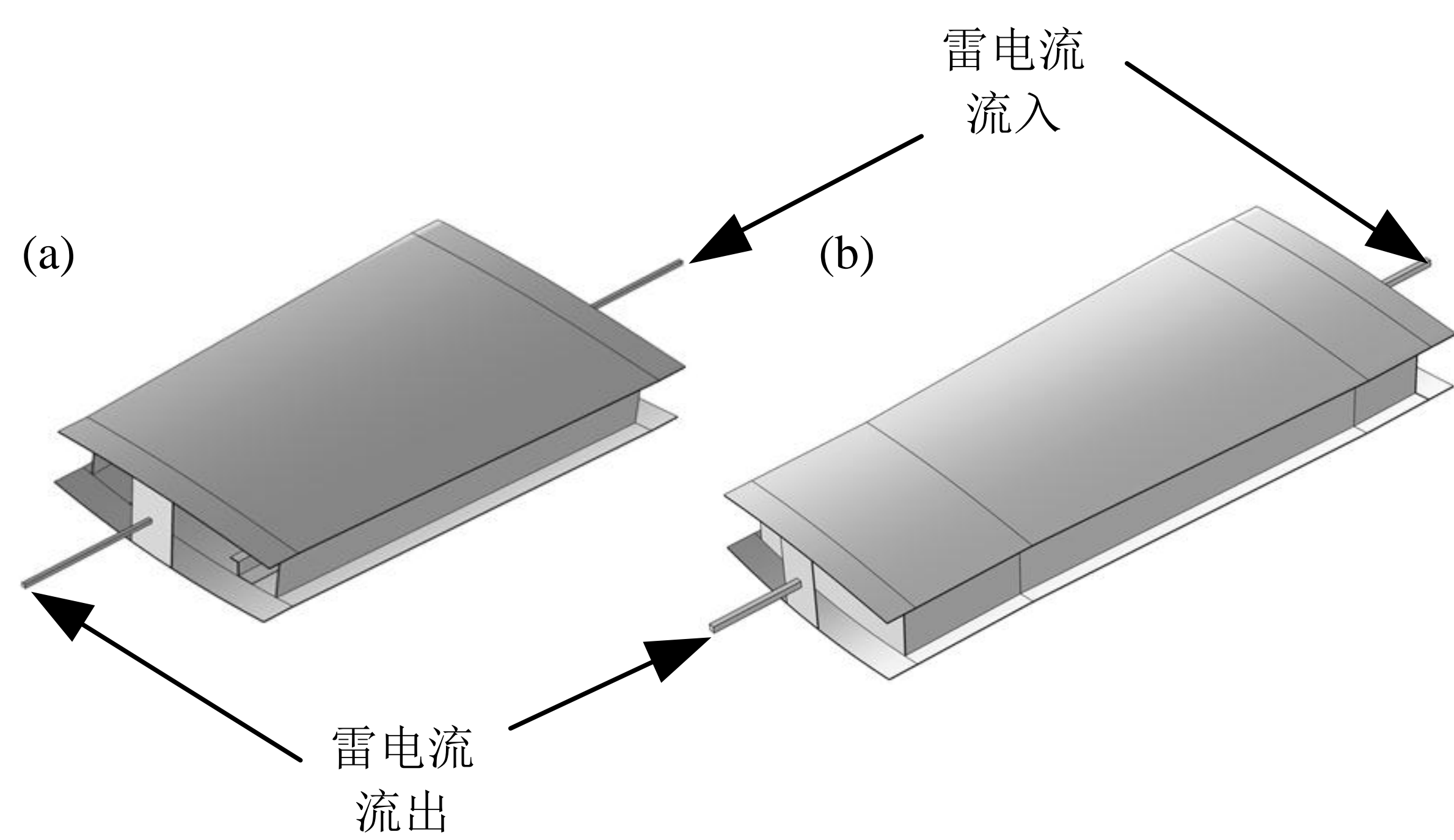


图2. 仿真模型设计  
(a) 未屏蔽 (b) 屏蔽

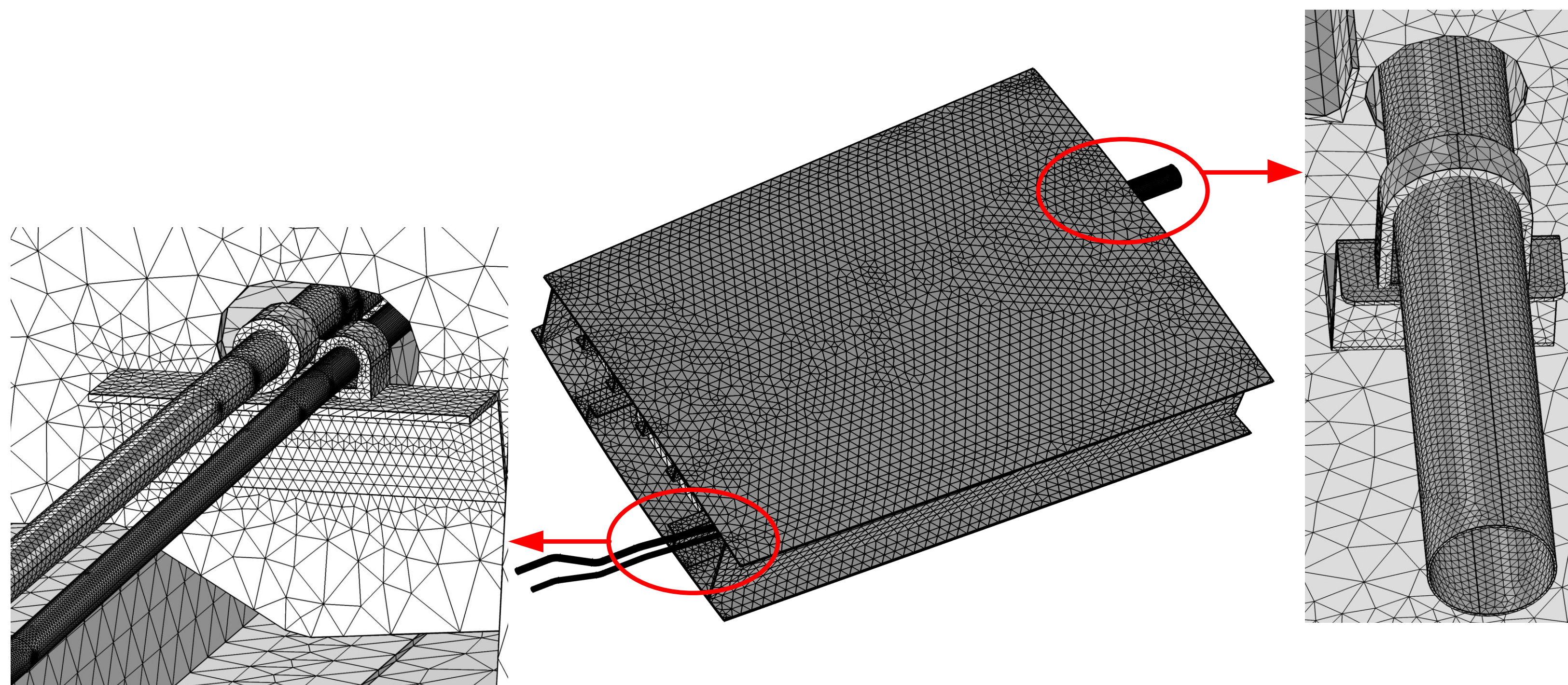


图3. 燃油箱系统网格设计

**结果:**

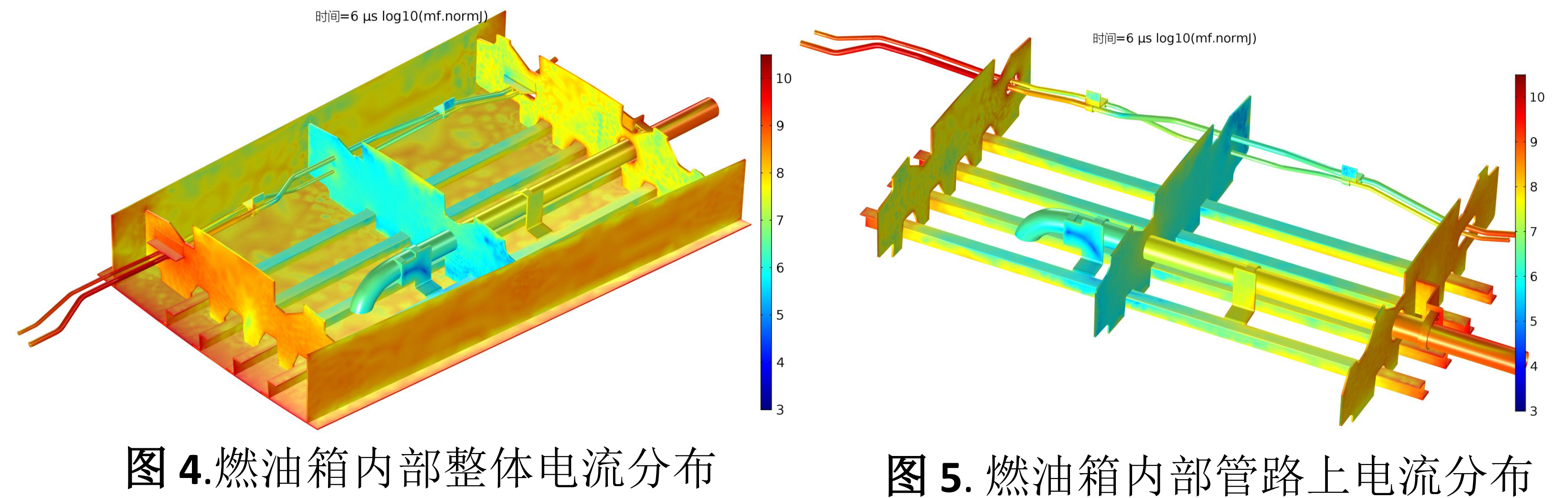


图4. 燃油箱内部整体电流分布

图5. 燃油箱内部管路上电流分布

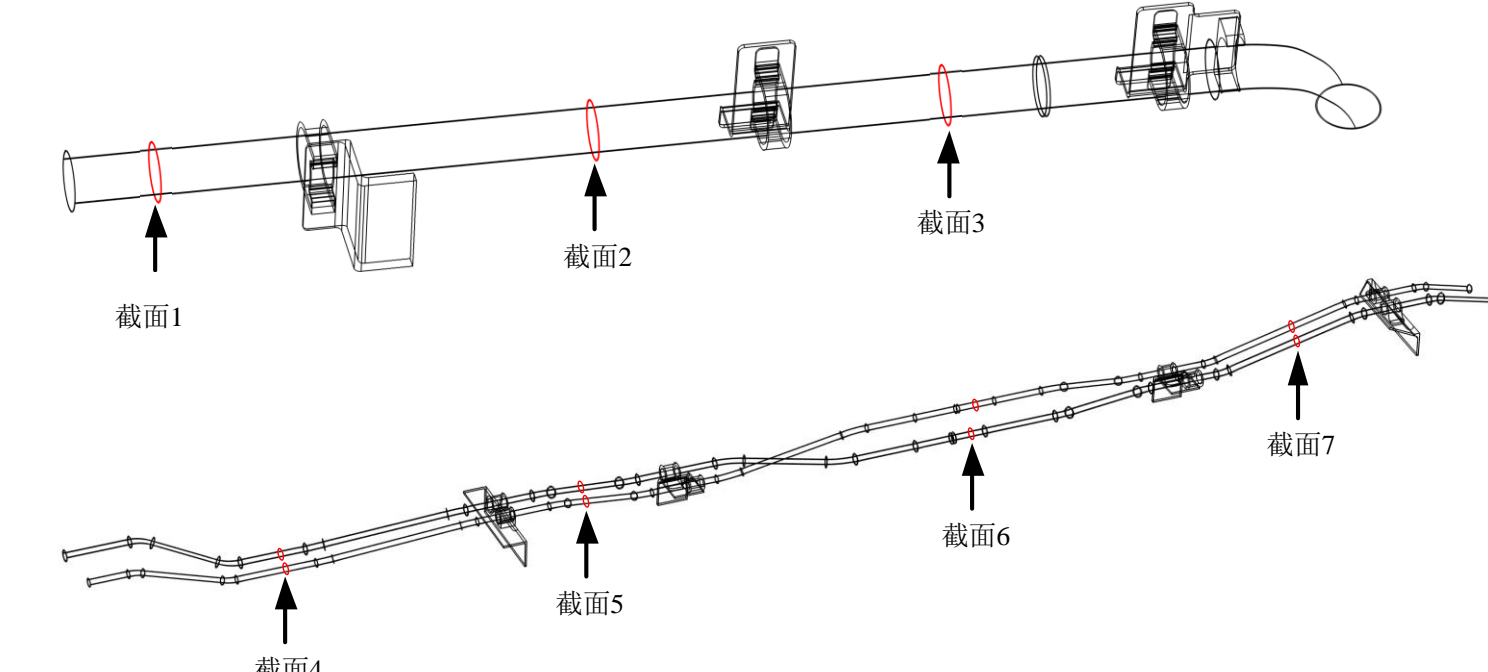


图6. 两类管上监测截面位置示意图

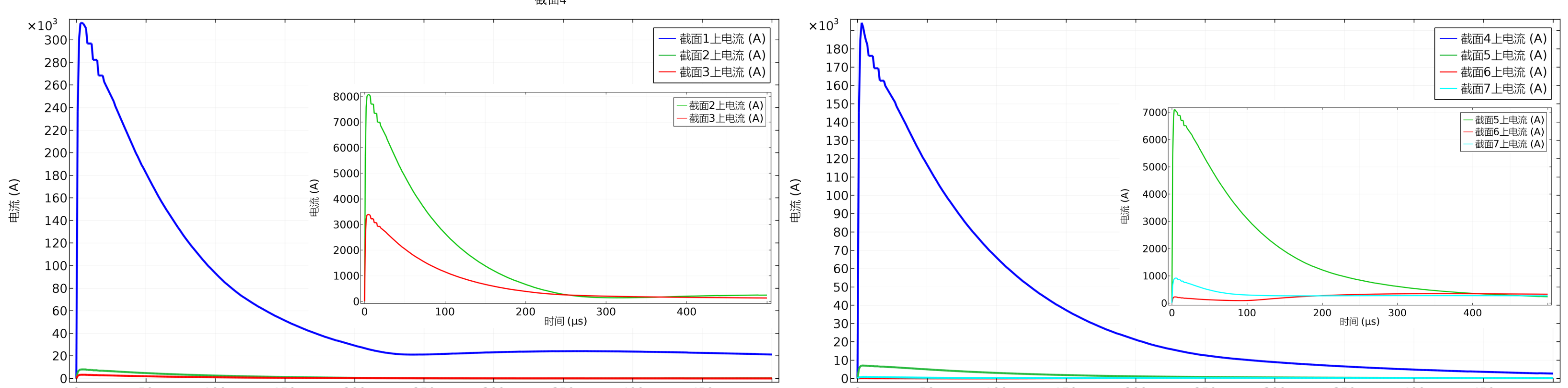


图7. 燃油管上电流曲线

图8. 液压管上电流曲线

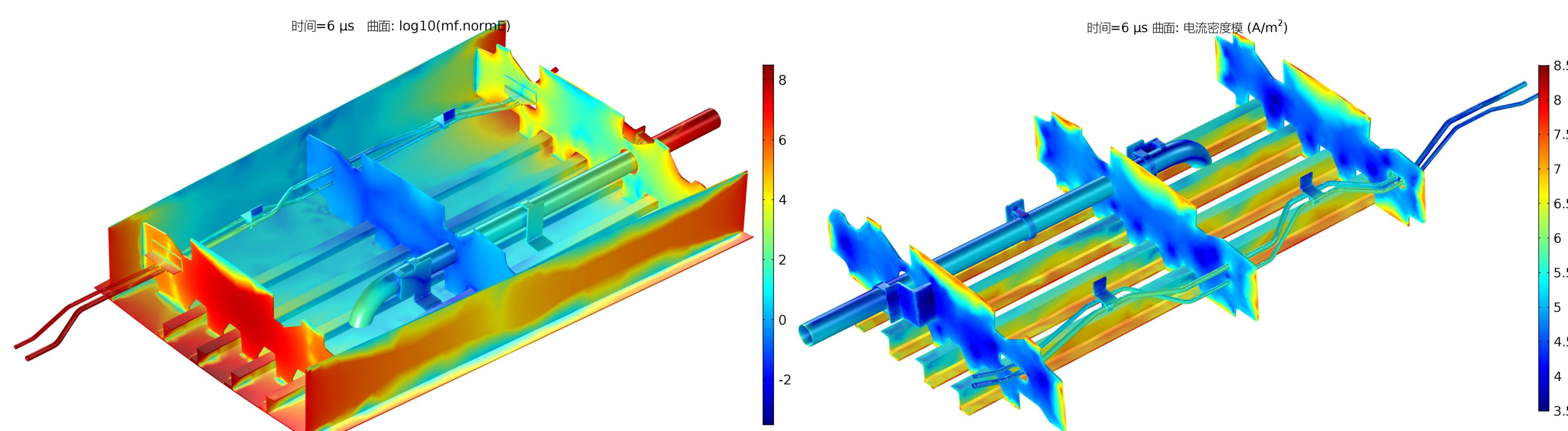


图9. 燃油箱系统电场分布(未屏蔽)

图10. 液压管和燃油管上电流分布(屏蔽)

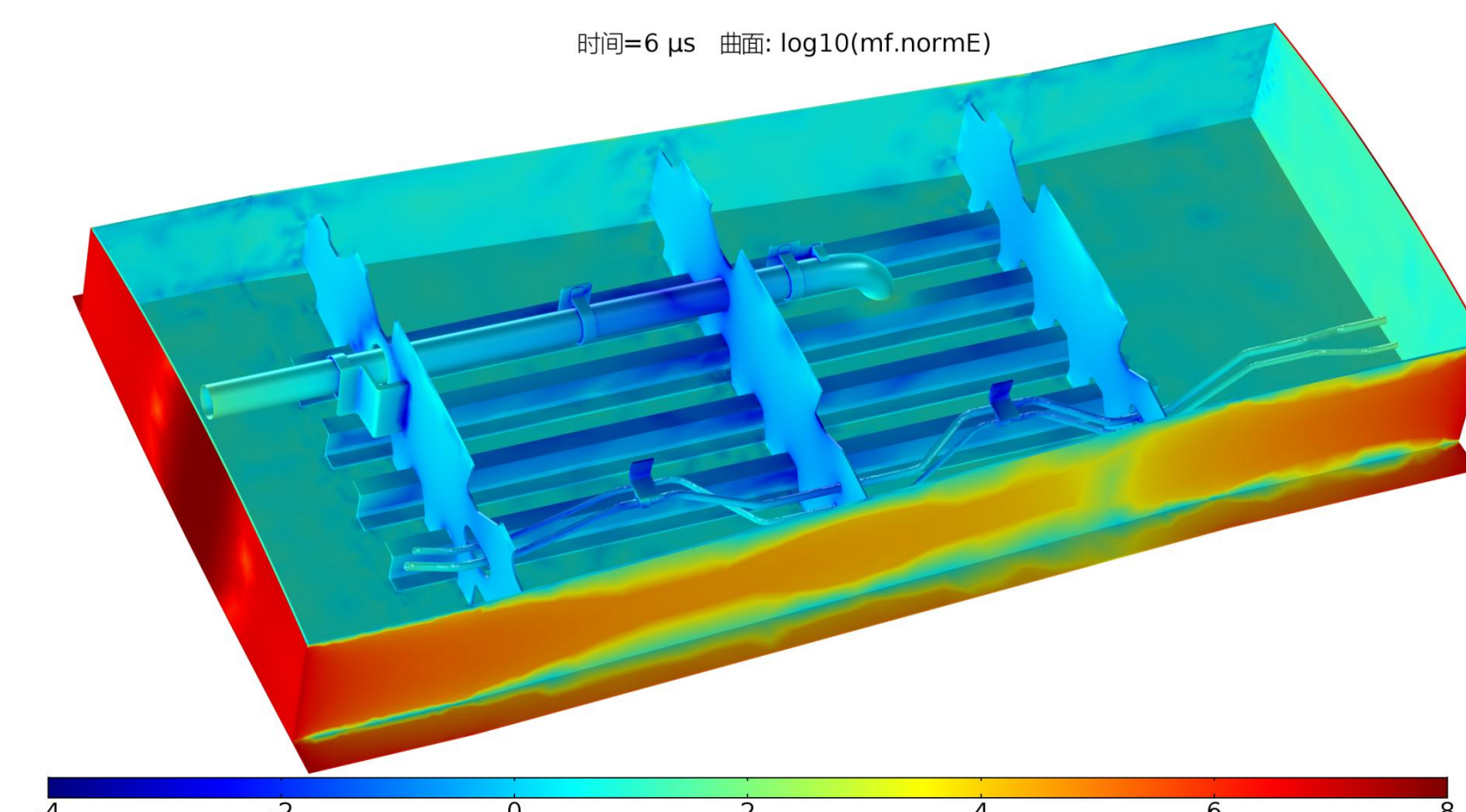


图11. 燃油箱内部电场分布(屏蔽)

**结论:** 1)雷电流主要沿燃油箱上下壁板传播, 燃油箱两端不屏蔽时燃油管和液压管上电流较大; 燃油箱两端屏蔽后, 非常少量电流传导至肋上, 燃油管和液压管上传导电流和感应电流都非常小。  
2)燃油箱两端不屏蔽时, 燃油管、液压管及桁条上靠近开孔的地方电场强度较大。燃油箱两端屏蔽后其上下壁板和四周形成了一个封闭金属舱, 将内部进行了屏蔽, 内部电场较小。  
3)燃油箱内部电流密度较大的地方及电场强度较大的地方会成为潜在点火源。在16号肋和18号肋两端进行屏蔽处理能有效减少燃油箱系统内部潜在点火源。

**参考文献:**

1. Larsson A. The Interaction Between a Lightning Flash and an Aircraft in Flight[J]. Comptes Rendus Physique, 2002, 3: 1423-1444.
2. Gerstein M. Investigation of mechanism of potential aircraft fuel tank vent fires and explosions caused by atmospheric electricity[J]. 1964: 231-236.
3. Pontecorvo J A. Protection of Airplane Fuel Systems Against fuel Vapor Ignition Due to Lightning [J]. Federal Aviation Administration, Advisory Circular, 1985: 20-53.