

# 介深充的合算

王松<sup>1</sup>

1

## Abstract

### 1. 引言：

近些年，星充放电得到了广泛关注和研究[1-3]。太空高能粒子射入航天器介质中，因介电常数低（ $10\text{-}15\text{S/m}$ 量级），使得电荷难以泄放，如此累积电荷造成介质内强电场（达到 $107\text{V/m}$ ），介质表面存在高电位，介质击穿，可能致航天器失效，影响磁控子系统正常工作。据统计，由于充放电事件导致的星故障占到和的一半。在理论分析的基础上，计算机仿真研究星充放电效应的低成本、高效率的可行方法。

### 2. COMSOL MULTIPHYSICS® 的使用：

要研究介质深充，首先需要得到高能粒子入射的介质电荷率以及射流率（通过粒子模型件Geant4得到），然后通介电平衡方程，求解得到电场强度和分布，于一般的模型，人工求解求解然太困难，于是可以采用COMSOL的AC/DC模块中的electric current接口进行求解。通过一维模型的对比，可以求解结果。

此外，考虑到介质深充过程中，由于太阳照射致介质温度化，于是有必要考虑温度化充过程的影响规律，反由于介质中存在大电流，其显著影响介电的局部温度。考虑，一方面，温度影响介电率，而影响充过程，一方面，大电流散致介质升温，而且充过程中也存在一定的流耗致介质升温，因此需要在COMSOL中外考耦合模型，二者通过多物理耦合的"磁源"温度耦合接口接起，以求电场和温度的耦合。建立模型过程中，主要参考了microbeam.mph案例，也是加培得到的案例之一。

### 3. 结果：

电场的耦合充，初步结果表明，电率相似，介质材料的电率同充结果存在显著影响，是之前研究有考虑的。模型由介质（capton）和铜（copper）区域成，介质下部有圆形接地，此温度置 $293\text{K}$ 。中通流 $5 \times 10^6\text{A/m}^2$ 的法向流密度，环境温度 $T_{\text{envir}}$ 分考虑 $350\text{K}$ 和 $200\text{K}$ ， $c_k$ 是介电常数，在默认基础上乘以系数 $c_k$ ，取 $2$ 和 $0.3$ ，外考了介质中由于高能粒子入射导致的电荷射流率。得到的结果如图2-3所示。

### 4. 结论：

考虑温度的耦合充过程是有必要的。在一定的空射环境下，考虑是十分重要的，电率充结果生不可忽视的影响。利用模型可以更加接近实际情况的，有利于进行多因素作用下的航天器介质深充研究。

## Reference

- [1] 振,全,建. 星部件部充放 [J]. 原子能科技, 2010, 44(增刊): 538-544.
- [2] 易忠,王松,唐小金. 不同度下介 充律分析[J]. 物理, 2015, 64(12): 125201.
- [3] Tang X J, Yi Z, Meng L F, et al. 3-D internal charging simulation on typical printed circuit board[J]. IEEE Transactions on plasma science, 2013, 41(12): 3448-3452.
- [4] Han J, Huang J G, Liu Z, et al. Correlation of double star anomalies with space environment[J]. Journal of Spacecraft and Rockets, Nov.-Dec. 2005, 42(6): 1061-1065.
- [5] Hatta S, Muranaka T, Kim J, et al. Accomplishment of multi-utility spacecraft charging analysis tool (MUSCAT) and its future evolution[J]. Acta Astronautica, 2009, 64(0): 495-500.

## Figures used in the abstract

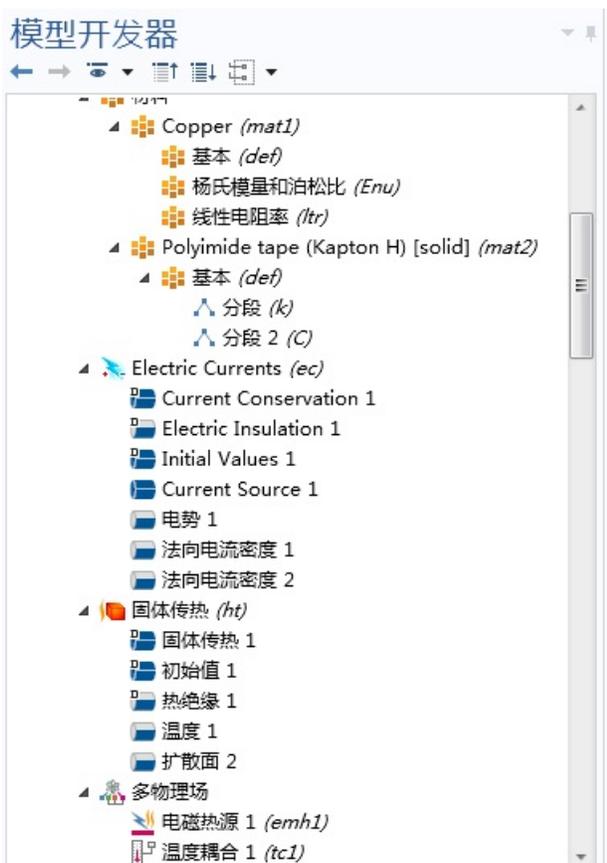
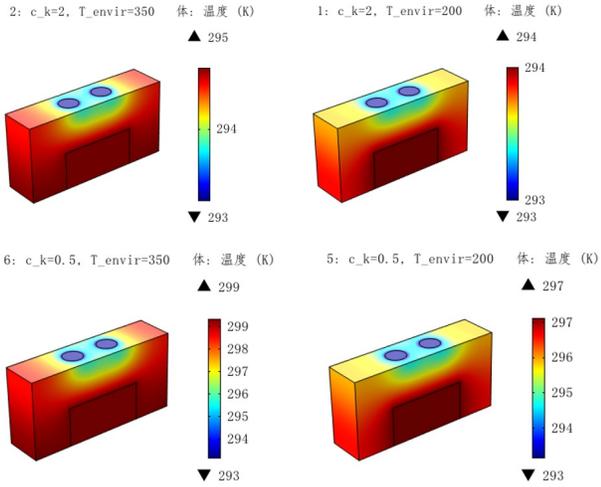
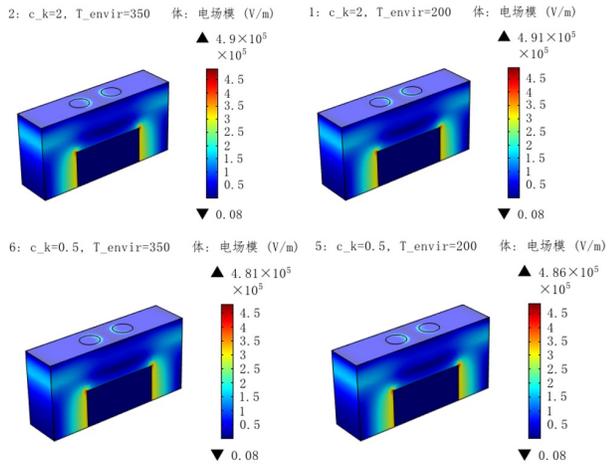


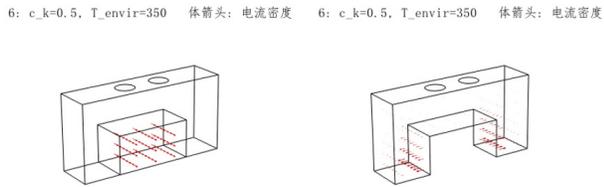
Figure 1: 模型的 件操作截



**Figure 2:** 度分布



**Figure 3:** 强度分布



**Figure 4:** 流密度分布