

文章编号: 0258-7025(2006)Supplement-0385-03

基于 Sinda/G, Nevada 空间目标热辐射特性分析

葛成良^{1,2}, 黄志伟², 范国滨², 梁 正¹, 刘志强², 李正东², 吴剑涛², 孙和平²,
冷 杰², 郑 捷², 杨 锐², 顾静良², 路大举², 万 敏², 胡晓阳²

¹电子科技大学物理电子学院, 四川 成都 610054
(²中国工程物理研究院应用电子学研究所, 四川 绵阳 621900)

摘要 空间目标的热辐射分析一直是比较难的课题, 将 Sinda/G 和 Nevada 相结合能够比较方便地得到空间目标的热辐射。基于 Sinda/G 和 Nevada, 建立了对双层薄膜球体的空间热辐射模型, 对其空间热辐射进行了分析。仿真结果与理论计算接近, 为今后更加复杂的空间目标的热辐射分析奠定了基础。

关键词 Sinda/G; Nevada; 空间目标; 热辐射

中图分类号 TP391.9 **文献标识码** A

Heat Radiation Analysis of Space Target with Combination of Sinda/G and Nevada

GE Cheng-liang^{1,2}, HUANG Zhi-wei², FAN Guo-bin², LIANG Zheng¹, LIU Zhi-qiang²,
LI Zheng-dong², WU Jian-tao², SUN He-ping², LENG Jie², ZHENG Jie², YANG Rui²,
GU Jing-liang², LU Da-ju², WAN Min², HU Xiao-yang²

¹ College of Physical Electronics, University of Electric and Scientific Technology of China,
Chengdu, Sichuan 610054, China

² Institute of Applied Electronics, China Academy of Engineering Physics, Mianyang, Sichuan 621900, China

Abstract As a standard software used by NASA of USA, Sinda/G and Nevada are successfully used in the field of space target heat radiation analysis. The target with spherical surface is modeled by FEMAP of Sinda/G lite. Its orbit parameters is setup by Nevada. The simulation is executed by combination of Sinda/G and Nevada. The simulation results show that the heat balance is achieved within 10 minutes. While the target fly on its orbit, there are rapid changing of temperature and its distribution of target surface.

Key words Sinda/G; Nevada; space target; heat radiation

1 引 言

Nevada 和 Sinda/G 软件是美国航天标准软件, 在数以千计的航天器和工作在不同波段的光电载荷上得到了成功的应用。Nevada 软件采用光线追踪法进行能量计算, 以概率分布函数模拟表面辐射过程, 以蒙特-卡罗方法完成亿万条光线的传递统计。Sinda/G 软件基于集总参数法。复杂的换热系统被划分为多个节点, 系统内部存在着的 3 种基本换热过程(导热、对流、辐射)被抽象为节点之间 3 种不同类型的热阻, 通过构建完整的热阻——热容网络, 实现对整个换热系统的传热学描述。Sinda/G 和

Nevada 是热光学领域内非常好的计算组合。Nevada 是不能计算热在目标内的传导的, 这就需要 Sinda/G 软件进行辅助计算。实例的模型可以从 Nevada 建立, 也可以由 Sinda/G 建立^[1,2]。

空间目标的热辐射分析^[3]一直是比较难的课题, 将 Sinda/G 和 Nevada 相结合能够比较方便地得到空间目标的热辐射。基于 Sinda/G 和 Nevada, 建立了对双层薄膜球体的空间热辐射模型, 对其空间热辐射进行了分析。仿真结果与理论计算接近, 为今后更加复杂的空间目标的热辐射分析奠定了基础。

基金项目: 中国工程物理研究院预研基金资助课题。

作者简介: 葛成良(1971—), 男, 博士研究生, 助理研究员, 主要从事光电工程的研究。E-mail: gchl@263.net

2 系统仿真流程

基于 Sinda/G, Nevada 的空间目标热辐射特性分析,首先要对目标的几何结构、材料特性以及外部热载荷进行建模。建模完成后可以利用求解器进行结算,得到目标热分布信息。在空间条件下,还应考虑目标的轨道参数。此时,就要利用 Nevada 进行建模和分析。整个分析的流程如图 1 所示。首先,利用 FEMAP 采用有限元法^[4]进行空间目标的特性建模;然后启动 Sinda/G 进行求解,Sinda/G 采用有限差分法^[5]、集总参量法和热阻-热容网络法进行分析。此时要选择不同的求解模型,是求解瞬态问题还是稳态问题,选择是否求解空间热辐射,如果是就要调用 Nevada 进行空间轨道参数分析,Nevada 分析完成后返回 Sinda/G 继续求解;仿真结果在 FEMAP 和 Sinda/G 中进行后处理。FEMAP 的建模流程如图 2 所示。Sinda/G 和 Nevada 的联合求解流程如图 3 所示。

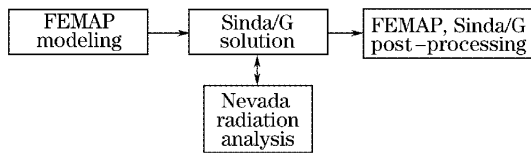


图 1 空间目标热辐射特性仿真分析流程
Fig.1 Simulation flow of space target

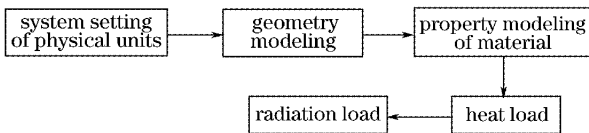


图 2 FEMAP 建模流程
Fig.2 System model flow of FEMAP

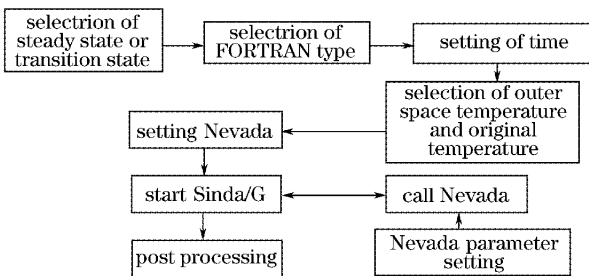


图 3 Sinda/G 和 Nevada 求解流程
Fig.3 Problem solution flow of Sinda/G and Nevada

3 对球面目标的仿真

球面体是比较简单的目标,也是物体基本结构之一。对其进行仿真有助于进一步解决复杂目标的仿真分析。我们选择的球面体为双层薄膜球,材料

为铝化聚酯薄膜,厚度为 2.54 μm ,球半径为 3 m,表面发射率为 0.77,可见光吸收率为 0.19。太阳辐射选择 1400 W/m^2 。系统初始温度为 26.85 $^\circ\text{C}$ 。空间目标高度为 7000km(距离地心的距离)。分两种情况进行仿真:稳态和瞬态。在稳态条件下,希望得到空间中薄膜球稳态时的温度。在瞬态条件下,希望得到不同空间位置上目标的温度分布。

图 4 是达到稳态时目标的温度分布。在上述条件下,该球面目标在大约 10 min 的时间里就达到了平衡。因为没有旋转,所以迎着太阳的方向,目标各个节点的温度较高;背着太阳的方向,目标各个节点的温度较低。节点的最高温度约为 347 K,节点的最低温度约为 270 K。

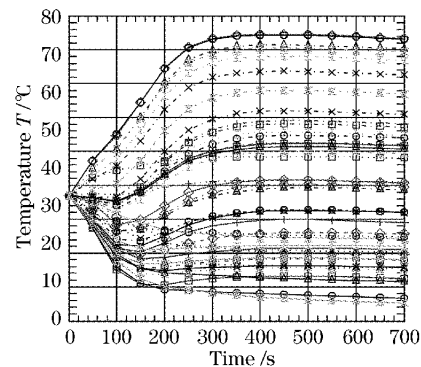


图 4 目标的稳态分析
Fig.4 Steady state analysis of target

当目标的环境温度存在剧烈变化时,目标的温度分布也存在变化,其热辐射也是不同的。假设一个目标轨道来对在轨道目标的热辐射进行分析。地球半径为 6370 km,目标轨道选为距离地心 7000 km。轨道运行周期为 1.65 h,轨道倾角 23.5 $^\circ$ 。图 5^[2]是对目标轨道参数进行设置的画面。这个过程是在 Nevada 程序中完成的。参数设置完成后,Nevada 对目标内部以及目标周围环境的热辐射进

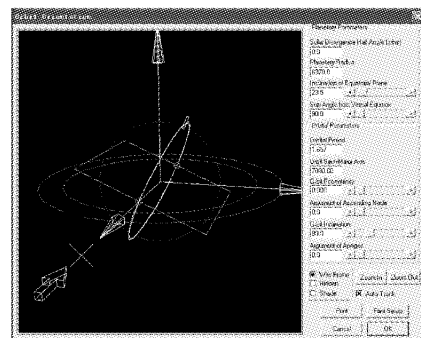


图 5 目标轨道参数设置
Fig.5 Parameter setting of target orbit

行分析,将计算结果传递给 Sinda/G 进行继续分析,如图 6^[1]所示。

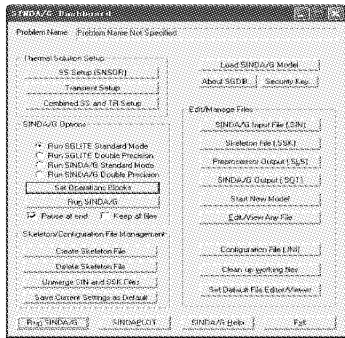


图 6 Sinda/G 的运行画面
Fig. 6 Diagram of Sinda/G

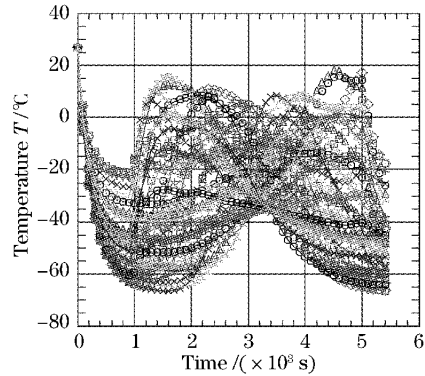


图 8 一个轨道周期的目标温度分布变化曲线
Fig. 8 Temperature distribution of sphere surface on its orbit

图 7 是瞬态温度分布(如图 8 所示)在第一次达到平衡时的温度分布。目标在轨道运行开始阶段,处在地球阴影中的目标由于外部温度很低(假设为 273.15 K),所以目标的温度急剧下降,在大约 10 min 时建立热平衡。在大约 1000 s 时进入太阳阴影交汇点,之后,目标由于受到阳光的照射,温度急剧上升。在大约经过 2000 s 之后,目标从阳光照射区域进入地球阴影,温度迅速下降,直到下一个进出地球阴影点。

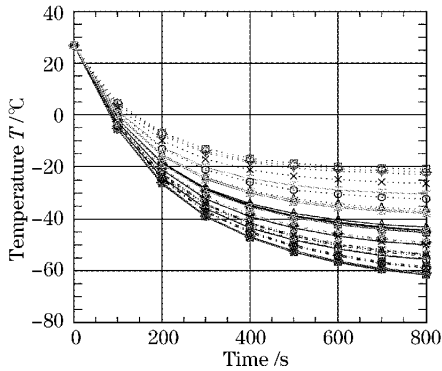


图 7 空间辐射条件下球面的温度变化曲线
Fig. 7 Temperature curves of sphere surface under space free radiation

4 结 论

将 Sinda/G 和 Nevada 软件相结合,对空间球面目标的热辐射特性进行了仿真分析。得到了目标在稳态和瞬态时的温度分布。仿真结果表明,类似的目标在空间环境条件下,大约 10 min 就可以达到热平衡。当目标进出太阳地球的阴影点时,目标的温度存在着剧烈的变化。

参 考 文 献

- 1 Network Analysis Inc. Sinda/G Users' Guide [M]. Network Analysis Inc. 2004
- 2 TAC Technologies, Inc. Nevada User's Guide [M]. TAC Technologies, Inc. 2004
- 3 Wu Zhensen, Dou Yuhong. Visible light scattering and infrared radiation of spatial object [J]. *Acta Optica Sinica*, 2003, **23**(10): 1250~1254
吴振森, 窦玉红. 空间目标的可见光散射与红外辐射 [J]. *光学学报*, 2003, **23**(10): 1250~1254
- 4 Qi Wenzong, Huang Wei, Zhang Bin *et al.*. Thermal distortion measurements and absorption analysis by finite element method of high power DF laser reflectors [J]. *Chinese J. Lasers*, 2005, **32**(3): 379~383
齐文宗, 黄伟, 张彬等. DF 强激光反射镜热畸变的检测及热吸收的有限元分析 [J]. *中国激光*, 2005, **32**(3): 379~383
- 5 Feng Di, Yan Yingbai, Jin Guofan *et al.*. Rigorous vector analysis of diffractive micro-cylindrical lenses' characteristics of focal depth and focal shift [J]. *Chinese J. Lasers*, 2004, **31**(9): 1045~1049
冯迪, 严瑛白, 金国藩等. 衍射微柱透镜轴向光强分布特性的严格电磁分析 [J]. *中国激光*, 2004, **31**(9): 1045~1049