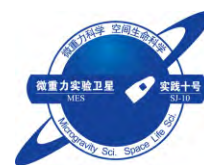


# 搭载实践十号卫星的蒸发液滴空间实验研究<sup>1)</sup>



刘秋生<sup>\*,†,2)</sup> 解京昌<sup>\*</sup> 朱志强<sup>\*</sup> 林海<sup>\*</sup> 陈雪<sup>\*,†</sup> 徐国峰<sup>\*,†</sup> 高原<sup>\*,†</sup>

<sup>\*</sup>(中国科学院力学研究所, 中国科学院微重力重点实验室, 北京 100190)

<sup>†</sup>(中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要** 实践十号蒸发对流实验以微重力环境中的蒸发相变流体界面过程为主要研究内容, 利用空间微重力条件下浮力对流消失和热毛细对流起主导作用的特殊环境, 实验研究置于加热底板的蒸发液滴相变过程中表面蒸发与表面张力驱动对流的耦合机理. 利用研制的空间蒸发对流装置完成了在轨工况的科学匹配实验, 得到了不同工况(温度、液滴大小、加热底板材料)下蒸发液滴形貌和热流量、蒸发速率等变化规律. 为后续空间实验结果的比对分析提供了前期结果.

**关键词** 液滴, 相变传热, 热毛细效应, 微重力, 空间实验

中图分类号: O359 文献标识码: A doi: 10.6052/1000-0879-16-066

## 引 言

“蒸发与流体界面效应空间实验研究”(SJ-10-A1-1)是我国实践十号科学实验卫星的微重力流体物理实验项目之一, 项目前期与法国空间研究中心开展了 IMPACT 合作项目的落塔和失重飞机等联合实验研究<sup>[1-2]</sup>. 该项目针对空间应用两相流体与传热系统的工程背景和国际微重力流体物理研究热点, 利用空间长时间微重力环境研究具有蒸发相变界面的流体系统热、质传输特性, 实验观测研究液滴蒸发过程中的相变蒸发效应与表面张力驱动对流的相互作用规律. 主要科学研究内容如下:

(1) 利用微重力条件, 获得“蒸发-热毛细对流”界面热、质运输的实验结果, 认识空间蒸发界面现象和传热传质的特殊规律;

(2) 研究重力变化对蒸发相变传热过程的影响, 为相关空间两相系统与相变传热的工程应用提供基础理论.

本文于 2016-03-11 收到.

1) 国家自然科学基金(11532015)和中国科学院空间科学战略性先导科技专项(XDA04020202-02)资助项目.

2) E-mail: liu@imech.ac.cn

**引用格式:** 刘秋生, 解京昌, 朱志强等. 搭载实践十号卫星的蒸发液滴空间实验研究. 力学与实践, 2016, 38(2): 201-202

Liu Qiusheng, Xie Jingchang, Zhu Zhiqiang, et al. Space experiment study of drop evaporation onboard SJ-10 satellite. *Mechanics in Engineering*, 2016, 38(2): 201-202

## 1 空间实验的研究内容简介

本项目将利用所研制的蒸发对流空间实验装置系统(“蒸发对流箱”), 搭载 SJ-10 卫星开展空间长时间微重力环境下蒸发液滴相变传热过程中的热质传输特性, 观测液滴蒸发传热过程与表面张力驱动对流的耦合作用现象. 实现空间微重力环境中的附壁(控温固壁底座)液滴成形和蒸发过程; 实现空间蒸发液滴实验参数(如底座加热温度、液滴注入体积、蒸发气体环境等)的在轨控制, 达到预定实验工况, 观测空间液滴蒸发过程中的形貌与接触角变化, 获得空间液滴蒸发速率、热流量和温度等科学实验数据.

## 2 空间实验装置与地面对比实验

研究项目组已完成了空间蒸发对流实验装置系统的电性件、鉴定件和飞行件(见图 1 和图 2)研制工作, 分别完成了相关的系统级试验和地面科学匹配实验, 获得了地面蒸发液滴形貌变化(见图 3 和

图4)等科学实验结果,并将与未来的在轨空间实验结果进行比对分析,定量分析重力变化对蒸发传热传质规律的影响.

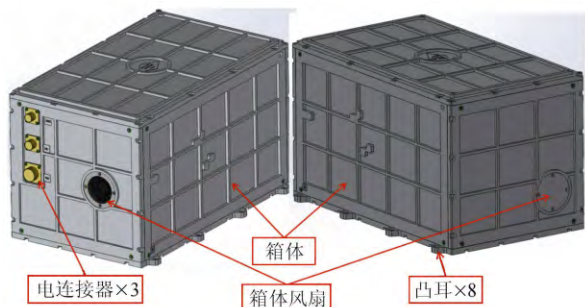


图1 蒸发对流箱体结构图

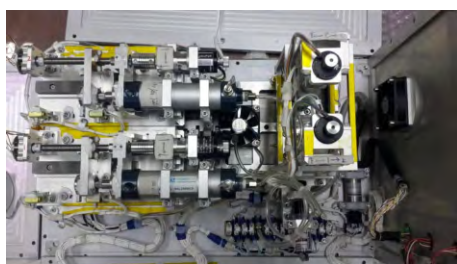


图2 蒸发对流箱内部组成实物图

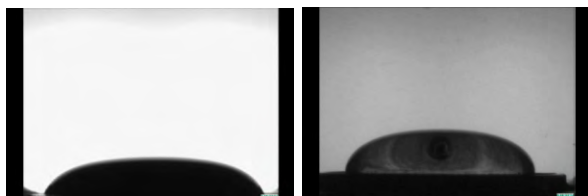


图3 不同台基上液滴形貌

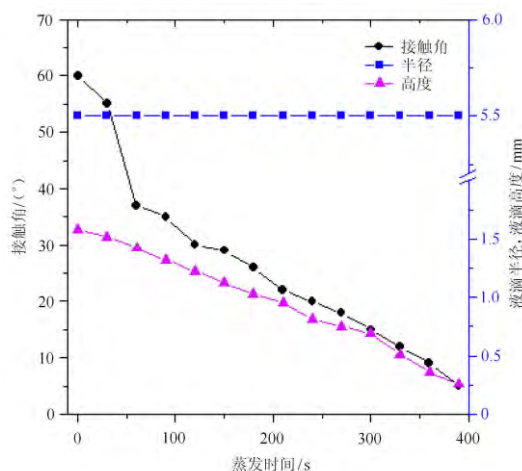


图4 液滴接触角、接触半径和液滴高度随时间变化律

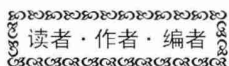
### 3 结论

本项空间实验可望获得宝贵的科学实验数据,所获得的微重力环境中流体相变传热基本现象和特殊规律的研究结果,将丰富流体复杂界面动力学与相变传热理论,并为深空探测与载人航天工程中的空间热流体设备设计开发提供理论依据.

### 参考文献

- 1 Zhu ZQ, Brutin D, Liu QS, et al. Experimental investigation of pendant and sessile drops in microgravity. *Microgravity Sci Technol*, 2010, 22 (3): 339-345
- 2 Brutin D, Zhu ZQ, Rahli O, et al. Evaporation of ethanol drops on a heated substrate under microgravity conditions. *Microgravity Sci Technol*, 2010, 22 (3): 387-395

(责任编辑:胡漫)



读者·作者·编者

### 封面图片说明

“实践十号”卫星为一个专门用于微重力科学和生命科学的空间实验平台.卫星前部为返回舱、后部为留轨舱,工作12天后两舱分离,材料、生物样品随返回舱返回地面,留轨舱载荷继续在轨工作3~5日.卫星无太阳能帆板,在轨期间可提供较好的微重力水平.(图文供稿:康琦,中国科学院力学研究所国家微重力实验室)