

# CSES/Swarm 卫星磁场和等离子体测量交叉校准与验证研究进展

Xuhui Shen<sup>1</sup>, Claudia Stolle<sup>2</sup>, Chao Xiong<sup>3</sup>, Yan Yan Yang<sup>1</sup>, Zeren Zhima<sup>1</sup>, Rui Yan<sup>1</sup>, Angelo De Santis<sup>4</sup>, Mirko Piersanti<sup>5</sup>, Gianfranco Cianchini<sup>4</sup>, Bin Zhou<sup>6</sup>, Juan Sebastian Rodriguez-Zuluaga<sup>2</sup>, Chao Liu<sup>6</sup>, Fan Yin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Natural Hazards, MEMC, Beijing, China

<sup>2</sup>German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany

<sup>3</sup>Wuhan University, Wuhan, China

<sup>4</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Rome, Italy

<sup>5</sup>National Institute of Astrophysics-IAPS, Rome, Italy

<sup>6</sup>National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

## 摘要:

本文概述了 CSES/Swarm 卫星磁场和等离子体测量交叉校准和验证的最新进展。

(1)自 CSES 发射以来,高精度磁强计(HPM)已经成功地提供了 5 年多的连续磁场测量。通过对这些年来观测数据的检验,有必要对磁通门磁强计(FGM)的正交校准(估计偏移量、标度值和非共向性)和校准(估计三个欧拉角)进行改进。在正交校准方面,我们进一步考虑了 FGM 传感器温度对偏移量和比例尺值的校正,以消除季节影响。在此基础上,结合全球地磁场模拟,估算欧拉角,改进东分量的纬向效应。经过以上改进,可以将所有校准参数的更新周期从每天延长到 10 天,不需要日夜侧数据的分离。这些算法将有助于提高 HPM 日常数据处理效率和数据质量,为更多的科学研究提供支持。

(2)首次详细分析了在 400 ~ 500 km 飞行的 Swarm 卫星的航天器势能( $v$ )变化。与以往研究极端充电事件(通常航天器电位为负-100 V)的研究不同,我们关注的是 Swarm 航天器势能在几个负伏特内的变化。Swarm 观测显示,在低地球轨道(LEO)高度的航天器带有轻微负电荷,在-7 V 和 0 V 之间变化,大多数在-2 V 左右。有趣的是,第二个航天器势能峰值出现在-5.5 V,尽管事件数比-2 V 附近的第一个峰值少了一个数量级。两组在时空分布上存在差异。对于负电荷较轻的组,在低纬度和中纬度,磁赤道上方的航天器势能值相对较大,而在低纬度和中纬度,白天的航天器势能值要大得多;在高纬度地区,当地夏季航天器势能值相对为负值。对于较深的负电荷基团,赤道和低纬度地区的  $V_s$  在 SAA 区域略低;在高纬度地区,有效的航天器势能值主要出现在当地冬季。我们发现,对于第一组,在背景等离子体密度较高的区域观察到大量的负航天器势能,而对于

第二组，在背景等离子体密度较低的区域观察到大量的负航天器势能。

(3)欧空局 Swarm 卫星星座的高分辨率磁场测量为重新考察电离层电流的平均特性提供了很好的机会。在欧空局提供的 Swarm Level 2 数据产品中，有基于单航天器 (single-SC) 和双航天器 (dual-SC) 解决方案的场对准电流(FAC)估计。对于更可靠的双 sc 方法，只考虑流经集成环路的电流的磁特征。在单 sc FAC 估计的情况下，所有远程电流系统的磁效应也有助于结果。直接比较两种 FAC 产品在极光纬度的结果表明，单 sc 估计系统地高估了 2 区(R2) FACs 的电流密度 (~15%)，而低估了 1 区(R1) FACs 的电流密度(~10%)。两种 FAC 产物的差异与水平极电喷流(PEJ)在极光纬度的位置和方向密切相关。对这两种电流系统的直接比较表明，PEJ 感应磁场对单 sc FACs 溶液的影响。