

CSES 和 Swarm 卫星磁场及等离子体数据的交叉检验及定标

研究进展

申旭辉¹, Claudia Stolle², 熊超³, 泽仁志玛¹, Angelo De Santis⁴, 颜蕊¹, Mirko Piersanti⁵,
杨艳艳¹, Gianfranco Cianchini⁴, 周斌⁶, Juan Sebastian Rodriguez-Zuluaga², 刘超⁶, 尹凡³
王婕¹

¹ 应急管理部国家自然灾害防治研究院, 北京, 中国

² 德国地学研究中心, 波茨坦, 德国

³ 武汉大学, 武汉, 中国

⁴ 意大利国家地球物理与火山研究所, 罗马, 意大利

⁵ 意大利国家天体物理研究所, 罗马, 意大利

⁶ 中国科学院空间中心, 北京, 中国

本报告概述了 CSES/Swarm 卫星磁场和等离子体测量交叉校准和检验的最新进展。主要研究成果如下:

(1) 首次对 Swarm 卫星上搭载的热离子成像仪的朗缪尔探针 (LP) 和面板 (FP) 测量的顶部电离层离子密度 (Ni) 进行了综合对比分析。结果表明: LP 和 FP 测得的 Ni 存在系统差异, 且系统差异与太阳通量、地方时和季节有显著的相关性。虽然两个 Ni 数据集与来自 Jicamarca 的非相干散射雷达 (ISR) 的电子密度 (Ne) 测量显示出良好的线性相关, 但 LP 测量的 Ni 显示出对太阳通量的额外依赖, 而在 FP 测得的 Ni 则没有该依赖性。更多的轻离子 (H^+) 从等离子体扩散到 Swarm 高度, 似乎导致了低太阳活动期间 LP 对 Ni 值的较高估计。

(2) 基于 CSES、Swarm A 和 B, 以及早期的 CHAMP 四颗卫星的观测数据, 详细分析了电离层电子密度 (Ne) 与温度 (Te) 的相关性。观测结果表明: 电离层 Ne 和 Te 之间的关系基本一致: Ne 较低时 Te 与 Ne 呈负相关关系, Ne 超过一定阈值后, Te 与 Ne 的负相关变弱, 甚至转为正相关。同时观测到两个有趣的异常现象: a) 当 Ne 低于 $1 \times 10^{11} m^{-3}$ 时, Te 在中低纬度有时会变得非常分散; b) 当 Ne 大于 $1 \times 10^{11} m^{-3}$ 时, Te 在赤道和低纬度分为两个分支。进一步的分析发现, Swarm Level-1 B 等离子体密度产品中使用的标志不能很好地区分 Te 的两个异常特征, 需要进一步开展校准工作。

(3) 基于 CSES 和 Swarm B 卫星的在轨磁场数据, 开展了交叉定标与校正技术研究。选择两颗卫星时空非常接近以及磁静期的数据, 设置不同的时空尺度

标准，然后借助 CHAOS 模型开展间接分析，最后将在轨数据与模型值的差异进行可视化，分析数据随时间和地磁纬度变化的现象及可能的原因。基于 2019-2020 年的观测数据的分析结果，可以发现两颗卫星的标量磁场探载荷保持了在轨长期稳定，两种标量磁场数据与 CHAOS 模型吻合较好。数据与模型的差异主要分布在地磁高纬度地区。研究结果可以证实卫星磁场数据的可靠性和多卫星探测结果的一致性。该交叉定标与校正技术可应用于在轨数据处理与分析，以提高数据的准确性和可靠性，为后续进行类似的评价与分析提供方法学参考。