

---

# 科学家揭示太阳系行星普遍存在磁鞘射流现象

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/25685.html>

**本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！**

科学家揭示太阳系行星普遍存在磁鞘射流现象。哈尔滨工业大学沈超教授团队，联合北京大学和美国约翰霍普金斯大学/APL学者，在太阳系行星磁鞘射流领域取得重要进展，发现外太阳系木星等巨行星磁鞘存在射流现象。

研究成果以Magnetosheath Jets at Jupiter and Across the Solar System为题，于北京时间2024年1月10日在线发表于《自然—通讯》（Nature Communications）。本项成果入选Nature Communications亮点文章。

哈尔滨工业大学（深圳校区）理学院博士研究生周宇飞是文章的第一作者，哈尔滨工业大学（深圳校区）理学院沈超教授为通讯作者，美国JHU/APL Savvas Raptis博士、北京大学地球与空间科学学院汪珊研究员、哈尔滨工业大学（深圳校区）理学院博士研究生任年和马兰为合作作者。

磁鞘是行星磁层（行星磁场主导的空间区域称为行星磁层，地球磁层自地球向太阳方向延伸约10个地球半径，即63710km左右）与太阳风相互作用产生的外边界层；磁鞘射流是其中动能远大于周边等离子体动能的局部等离子体流。大量的地球空间探测与分析表明，磁鞘射流是弓激波能量转化和传输的重要形式。磁鞘射流也能够对带电粒子的加速发挥作用。地球磁鞘射流能够驱动磁层顶边界层的磁场重联过程，促进太阳风物质和能量向磁层内部的输运，影响地磁暴的发生和演化，对航天器运行以及空间通讯产生空间天气效应。近来的研究分析显示，这些射流也存在于类地行星火星和水星的磁鞘中。然而，在其他行星磁鞘中是否存在射流仍是未知的问题。旧的理论基于地球附近的观测结果，认为磁鞘射流仅产生于内太阳系行星的准平行弓激波区域；而外太阳系木星和土星等巨行星的弓激波通常是准垂直激波，难以出现磁鞘射流过程。

来自哈尔滨工业大学、约翰斯·霍普金斯大学以及北京大学的研究者对旅行者2号在木星磁鞘的观测数据进行了再度分析，首次发现了木星磁鞘射流存在的证据，这超出了学界过去对磁鞘射流的预期。示意图见图1。

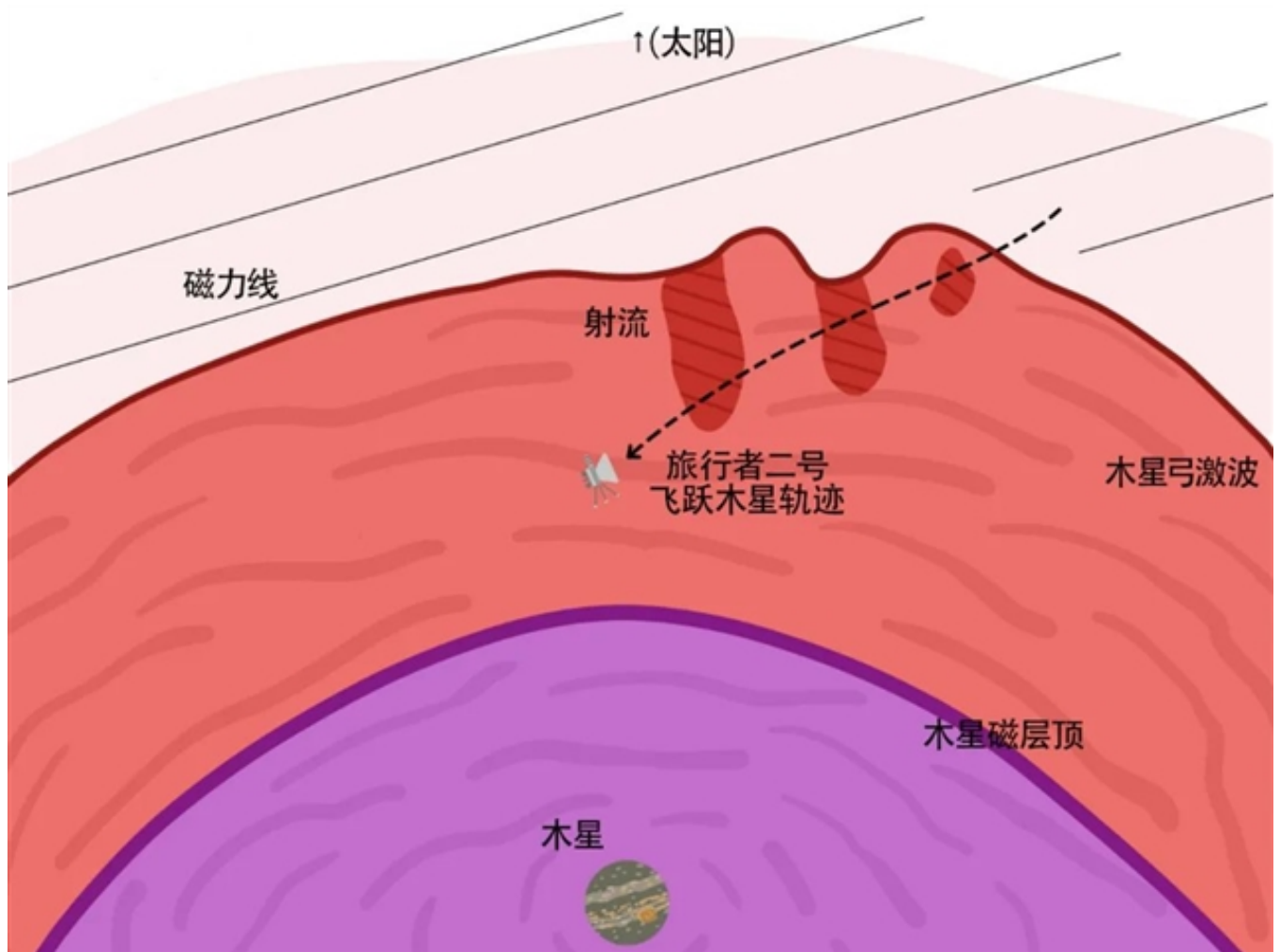


图1. 旅行者二号在木星观测到磁鞘射流。

他们共发现有三个射流事件。其中一个射流向太阳方向运动。类似的日向射流尚未在任一行星发现，其来源有待进一步研究。目前一种可能的解释与木星磁层的高度可压缩性有关。当木星磁层被强烈压缩后再膨胀，扩张的磁层顶可能驱动了日向射流。然而，此射流孤立于磁层顶存在于磁鞘中，这表明前述机制无法完全解释它的起源。

另外两个射流向行星方向运动，类似于在地球发现的射流，虽然其起源与地球大多数射流的来源（准平行激波的涟漪和重构）迥然不同：产生于弓激波与太阳风间断面的相互作用。在发生此类相互作用时，在激波附近会形成热流异常区域。该区域温度远大于周围等离子体，区域扩张的边界形成新的弯曲的激波面。热流异常的扩张过程能够压缩其边界处的流体从而产生较高密度的等离子体。这些等离子体穿过弯曲的激波面后未能被有效减速，从而比背景磁鞘流速度更高。综合高密度和高速度，该流体的动能会比背景流体动能更大，从而形成射流。

研究者将这些新发现的射流与过去在地球和火星发现的射流对比，发现其空间尺度随弓激波空间尺度增长而增长。研究者也分析了卡西尼计划的数据，发现了初步的土星磁鞘射流证据。将可能的土星射流与水星射流纳入对比发现所有射流都符合随弓激波尺度增长变化的规律（图2）。这一变化规律表明磁鞘射流起源于中间尺度的激波物理过程。如果磁鞘射流起源于微观尺度过程，其空间尺度应当与离子回旋半径或者离子惯性长度等微观特征长度相关联；如果磁鞘射流起源于激波全局过程，其尺度则应当与弓激波尺度成比例。此外，图2中统一的射流空间尺度规律支持

了行星磁鞘射流在太阳系中的普遍性。

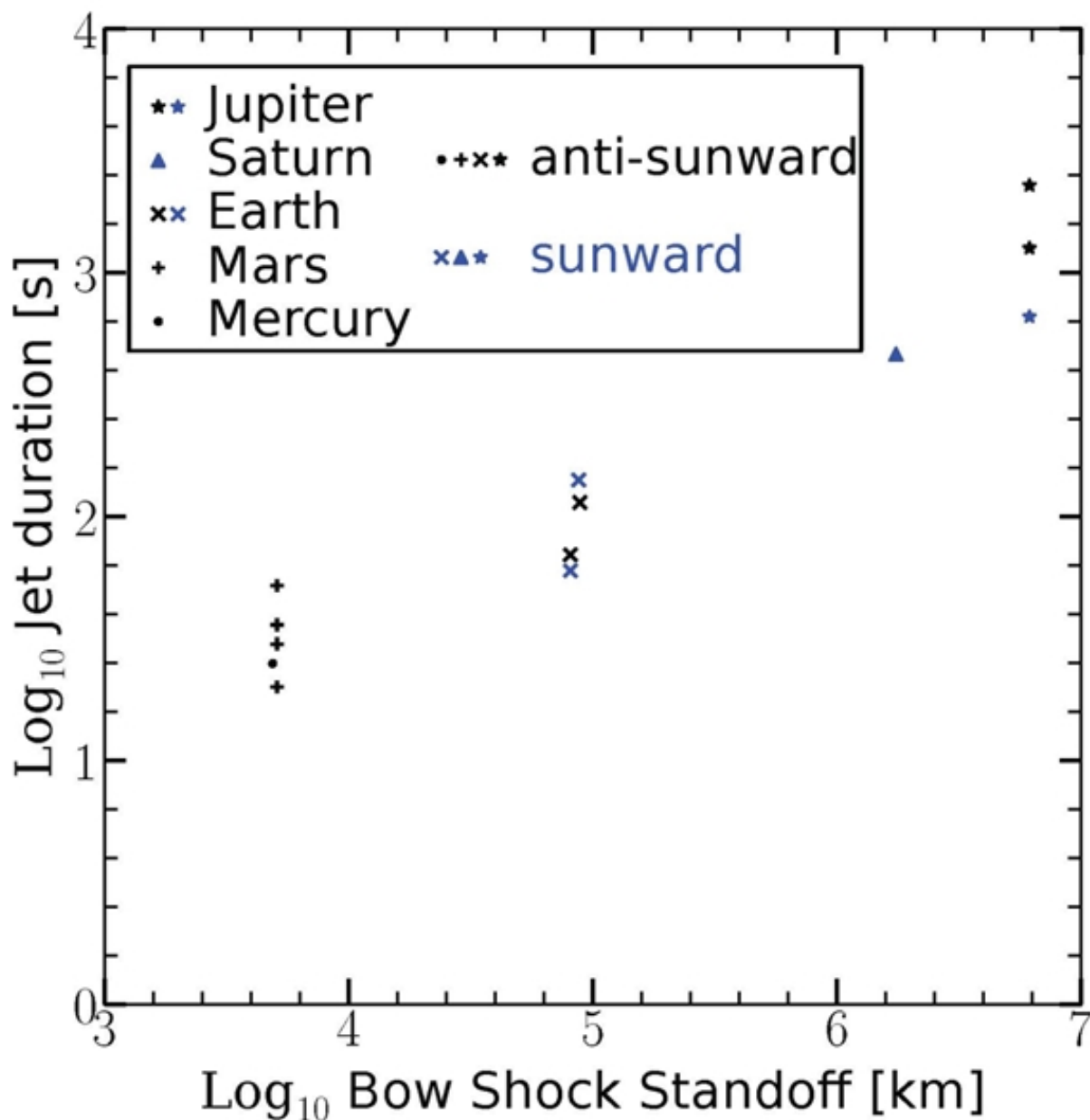


图2. 行星磁鞘射流持续时间（空间尺度）与相应行星弓激波尺度的关系。

此项研究增进了对空间无碰撞等离子体激波机制的理论认识，是空间等离子体能量传输和转化研究领域的重要进展，具有重要的空间天气学应用价值。

未来有待进一步探索的问题是，磁鞘射流如何与行星磁层相互作用，如何影响磁层活动，以及对于木星和土星等巨行星的卫星系统的效应。

该项研究得到国家自然科学基金重点项目（42130202）和国家自然科学基金重点项目（42330202）

---

) 以及国家重点研发计划大科学装置前沿研究重点专项 (2022YFA1604600) 共同资助。(来源 : 科学网)

相关论文信息 : <https://www.nature.com/articles/s41467-023-43942-4>

作者 : 沈超等 来源 : 《自然—通讯》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有 , 请勿用于商业用途 , [爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发