

# 木星：太陽系的建築師與守護者

朱諾號任務如何揭開我們太陽系巨人的最深層秘密。



# 一個塑造世界的巨行星

木星不僅是太陽系最大的行星，其巨大的引力也從根本上影響了太陽系的演化。



## • 太陽系的清道夫

科學家推測，在太陽系早期，木星曾向內太陽系遷徙（**大遷徙假說**），其引力清除了大量的原始行星碎片，為今天類地行星的形成創造了條件。



## • 地球的生命之源

在被稱為「轟炸年代」的時期，木星的引力擾動了大量富含冰的小天體軌道，使它們撞向地球，為地球帶來了生命所必需的水。



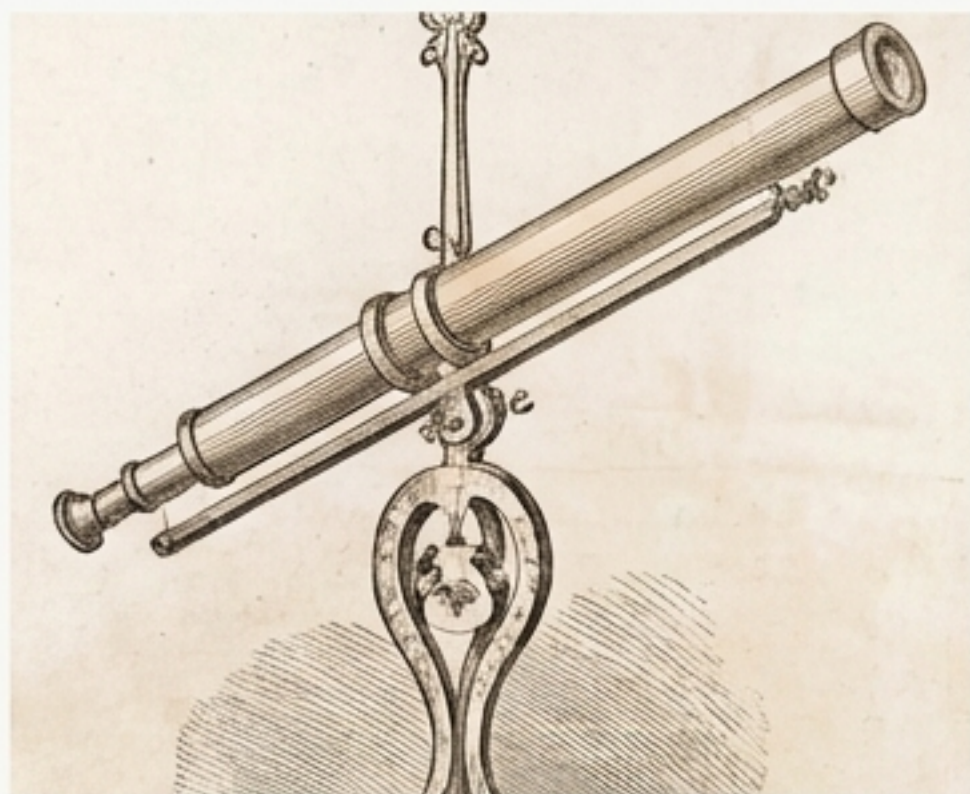
## • 塑造鄰居的命運

模型顯示，如果沒有木星的影響，火星可能會變得更大，足以擁有濃厚的大氣層；而小行星帶也可能已形成另一顆類地行星。





# 凝視巨人：從伽利略到朱諾號



**1610年**：伽利略首次用望遠鏡觀測到木星的四顆主要衛星（伽利略衛星），顛覆了當時以地球為中心的宇宙觀。



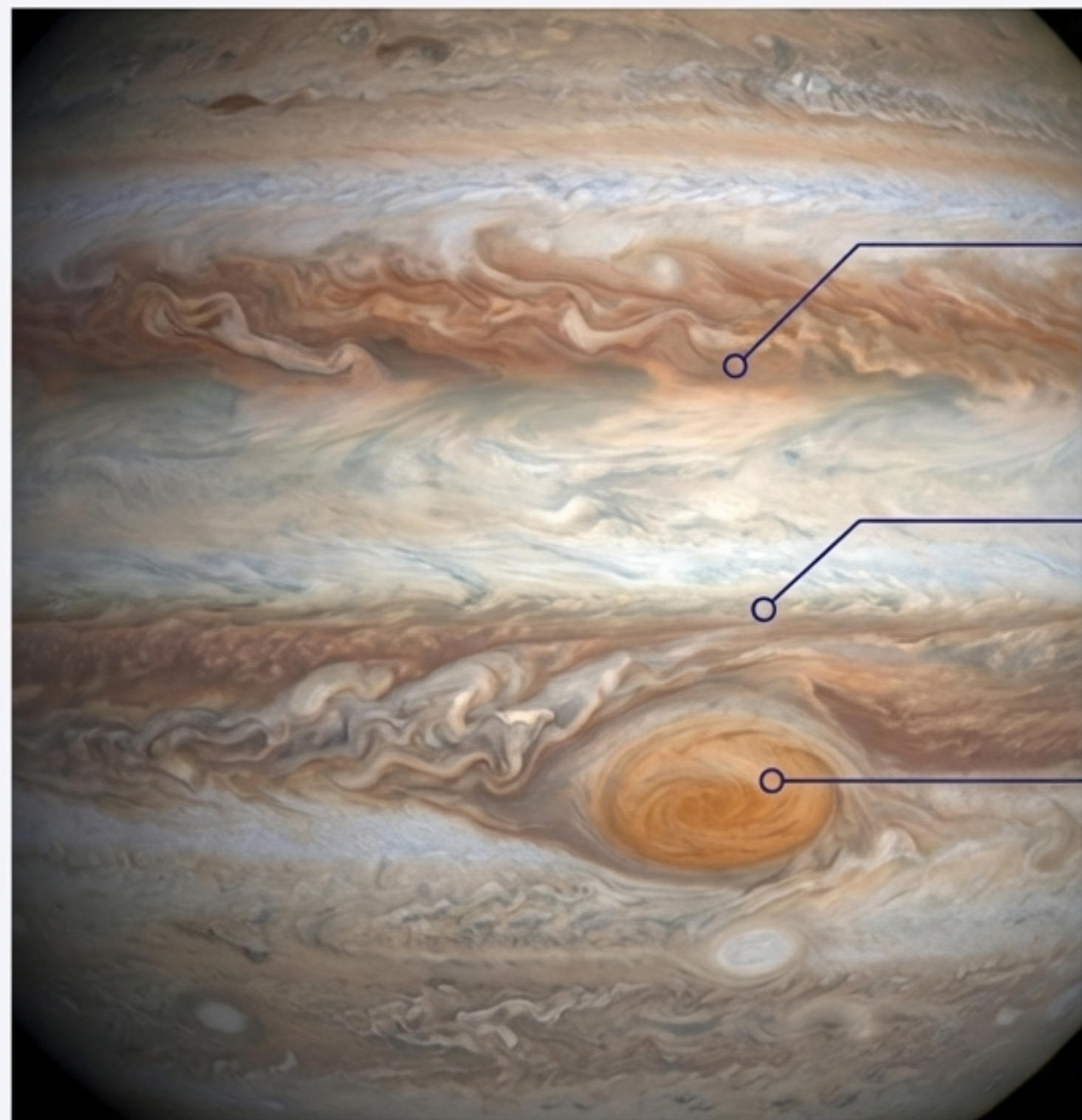
**1979年**：旅行者1號飛掠木星，首次揭示了大紅斑是一個巨大的風暴，並發現了木衛一上的活火山。



**2016年至今**：NASA的朱諾號（Juno）探測器進入木星的極地軌道，其任務是以前所未有的近距離探測雲層之下，解開關於其起源、內部結構和磁場的核心謎團。



# 謎團一：風暴之下，隱藏著什麼？



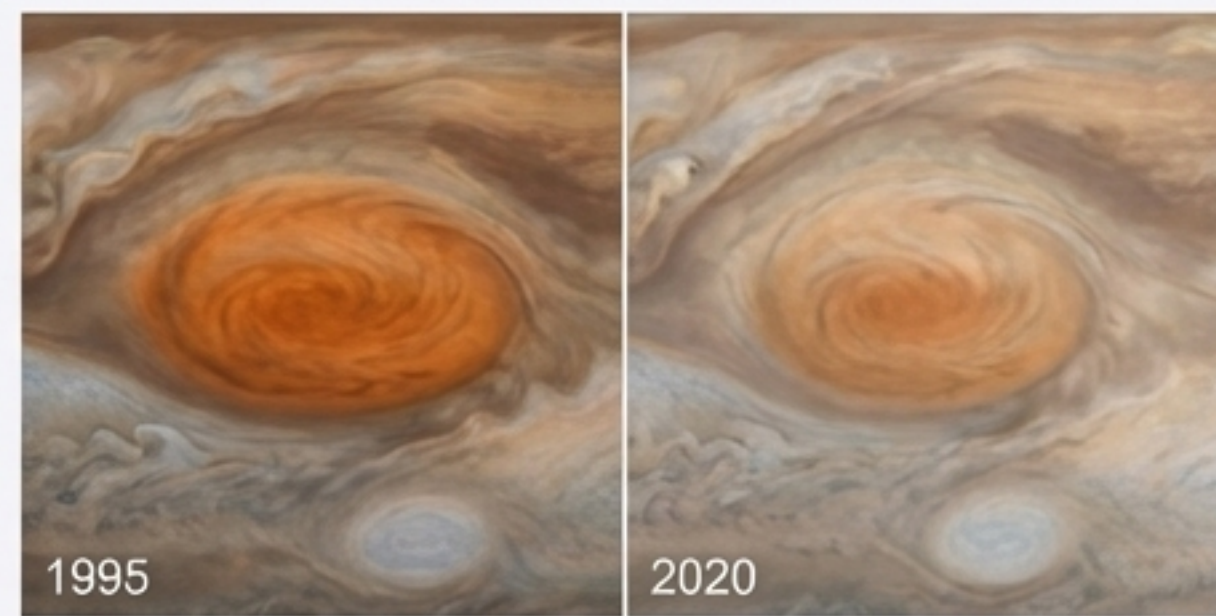
區 (Zones) :  
上升的氦晶體雲

帶 (Belts) :  
下沉的氣體

大紅斑：持續數百年的反氣旋風暴

## 木星大氣層概覽

- **成分**：大氣層主要由氫（約88-92%）和氦（約8-12%）組成。其橙色和棕色來自內部化合物上升至高層，受紫外線照射後變色而成。
- **區與帶 (Zones and Belts)**：明亮的「區」是上升的氦晶體雲，較暗的「帶」是下沉的氣體。兩者之間相互作用，產生時速高達360公里/小時的緯向急流。



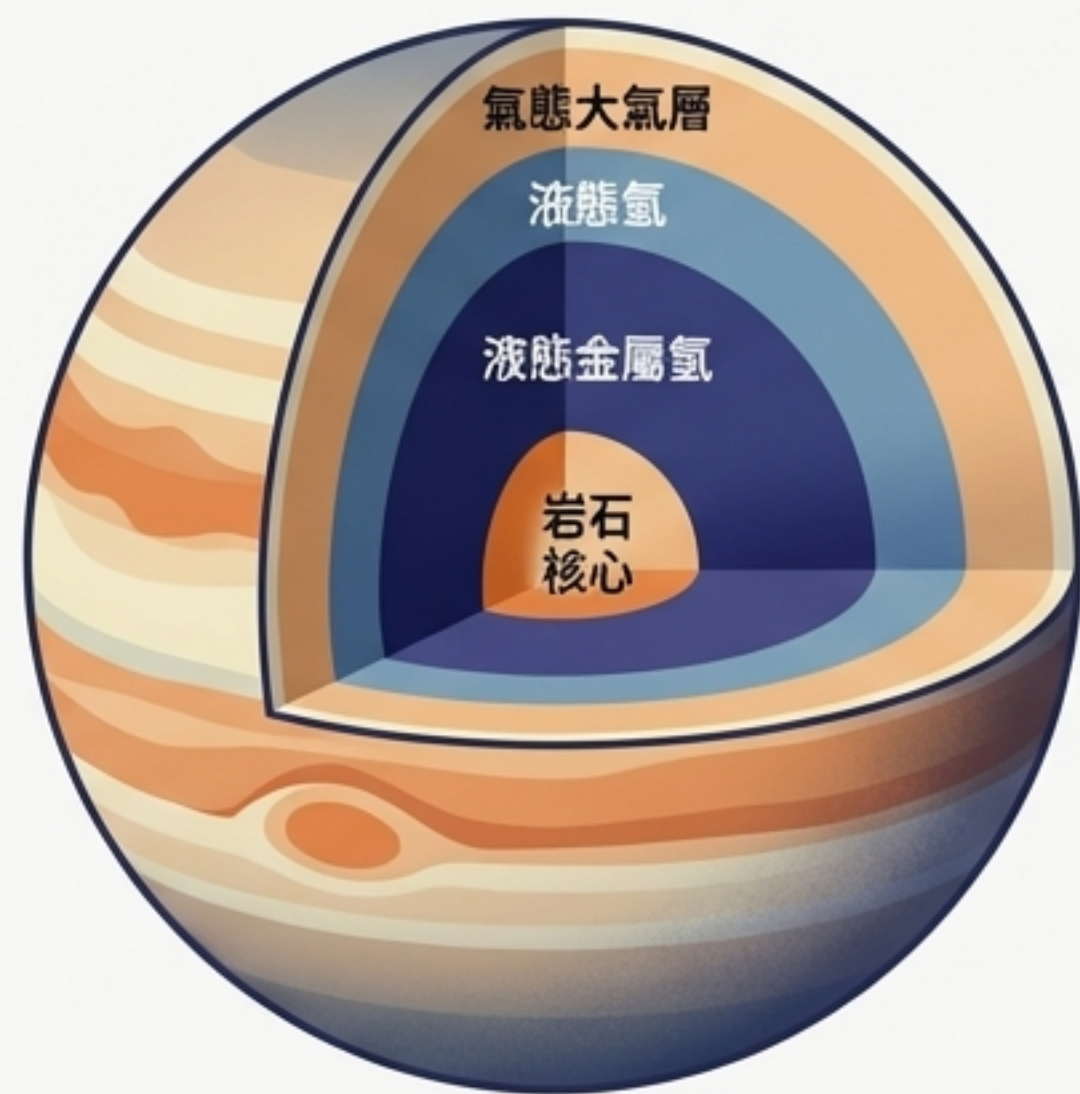
**大紅斑**：一個持續了至少數百年的反氣旋風暴，其直徑曾是地球的2-3倍。哈伯望遠鏡的觀測顯示，它正在縮小。



# 深入巨行星之心：一個超乎想像的世界

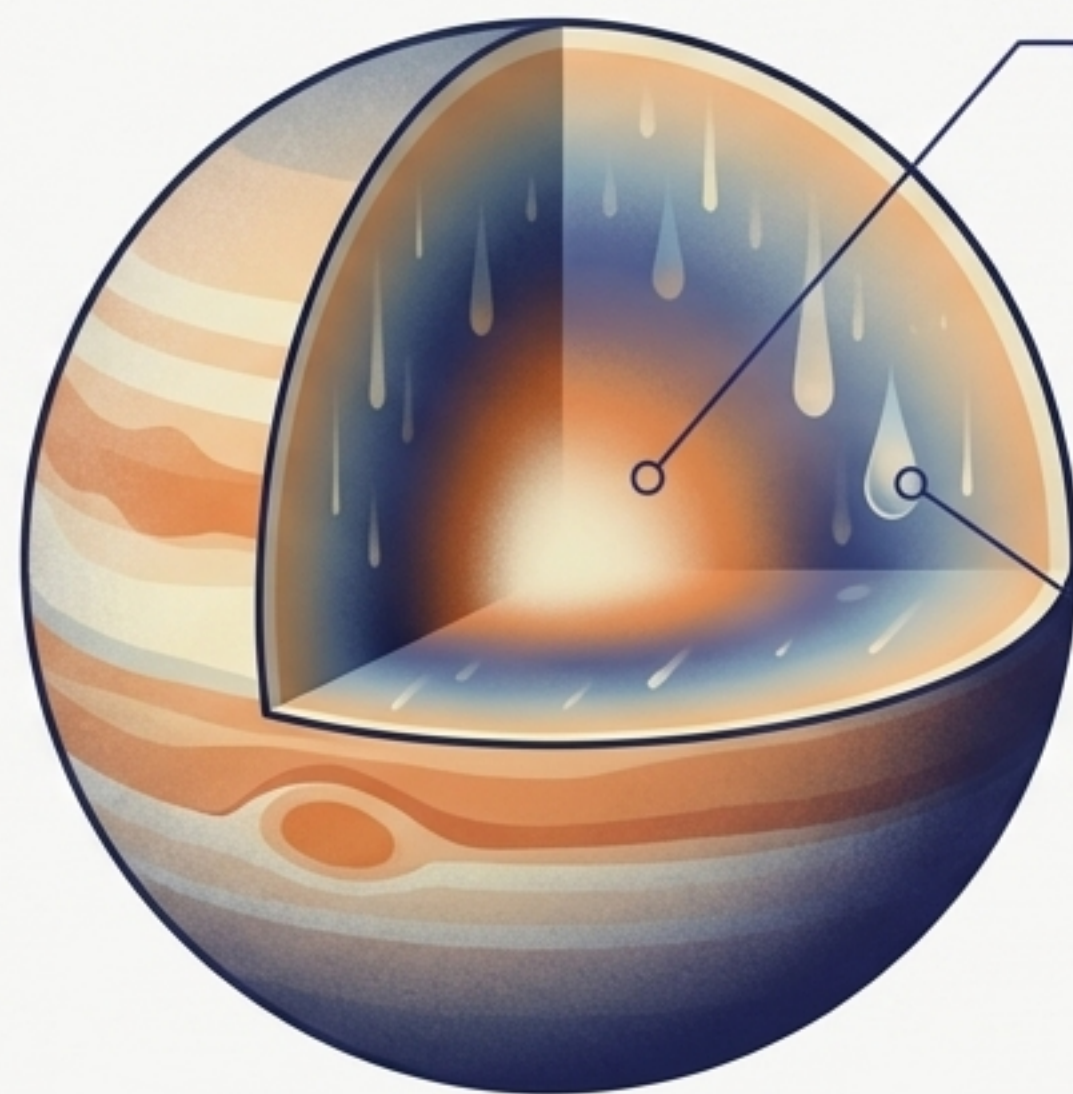
朱諾號的重力場測量數據徹底改變了我們對木星內部的傳統看法。

## 過去的猜想



科學家曾認為木星內部結構層次分明，由氣態、液態氫，以及一層液態金屬氫包裹著一個小而緻密的岩石核心。

## 朱諾號的發現



**模糊的核心 (Fuzzy Core)**：核心並非界線分明，而是更為巨大且瀰散，部分核心物質與上方的金屬氫地幔混合，可能佔木星總質量的4%至14%。

**氦雨 (Helium Rain)**：在特定深處，氦會凝結成液滴，像雨一樣穿過液態金屬氫向下沉降。



# 天降「氦雨」：驅動木星內部的奇異引擎

## 什麼是氦雨？

在木星內部極高的壓力和溫度下，氫變為導電的液態金屬，而氦則無法與其混合。

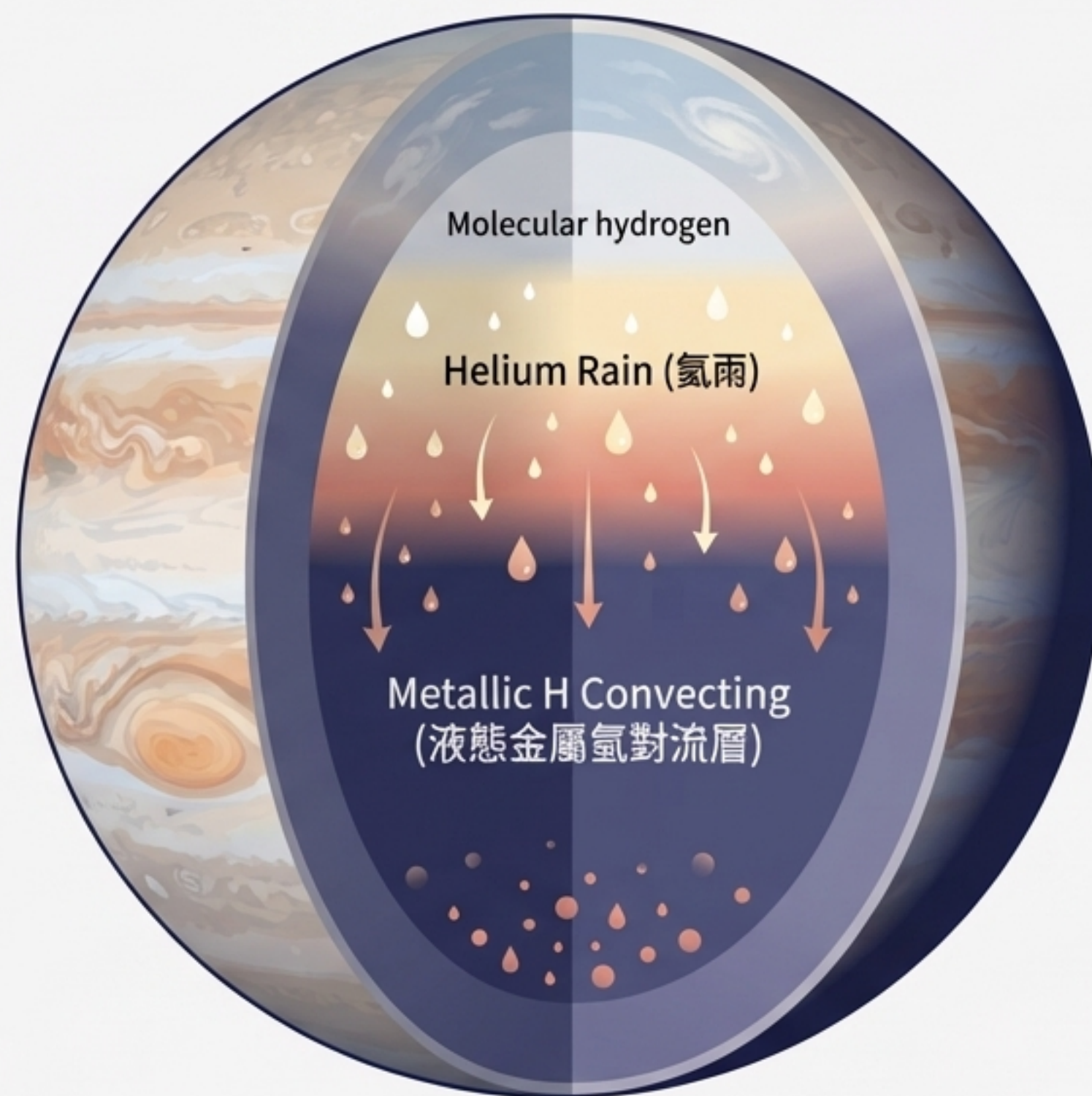
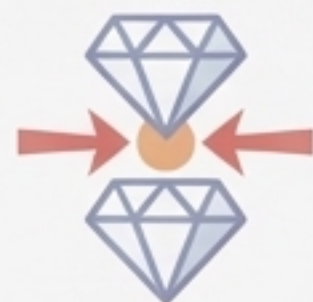
密度更大的氦會凝結成液滴，像雨一樣向行星核心沉降。

## 為何重要？

- **穩定磁場**：這層「氦雨」穩定住了下方的液態金屬氫對流層，這正是木星強大磁場的發源地。
- **解釋大氣成分**：這一過程解釋了為什麼朱諾號在木星高層大氣中探測到的氦豐度比預期的要低。

## 科學驗證

實驗室透過鑽石砧板和高能雷射，模擬木星內部近200萬倍地球大氣壓和數千攝氏度的環境，成功複製並證實了氫氦分離現象。





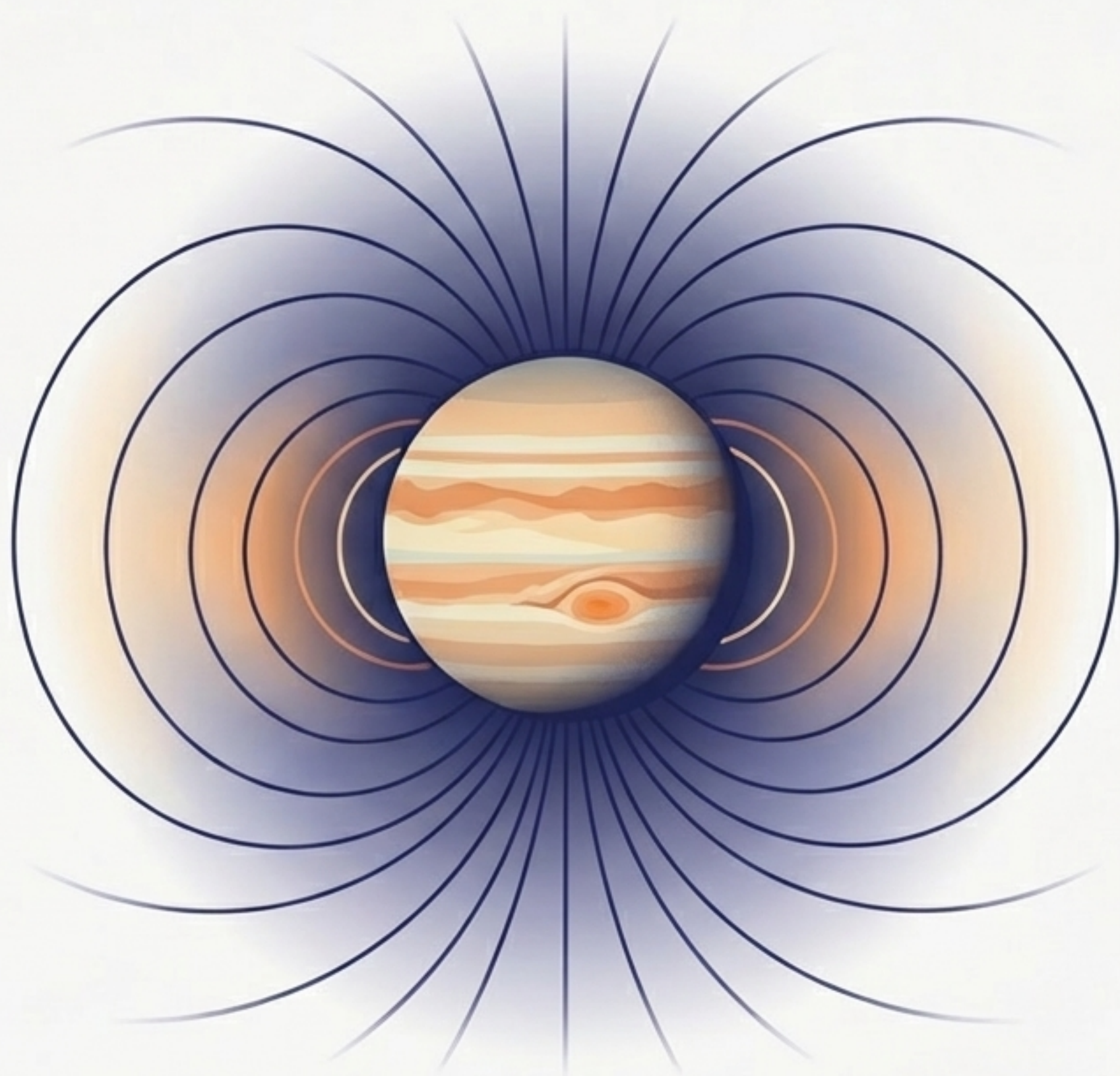
# 謎團二：太陽系最強大的磁場引擎

## 木星磁場的驚人強度

- 強度是地球的14倍，是太陽系中除太陽黑子外最強的磁場。
- 磁場延伸範圍極廣，其磁尾甚至可以觸及土星軌道。

## 傳統理論：發電機效應 (Dynamo Effect)

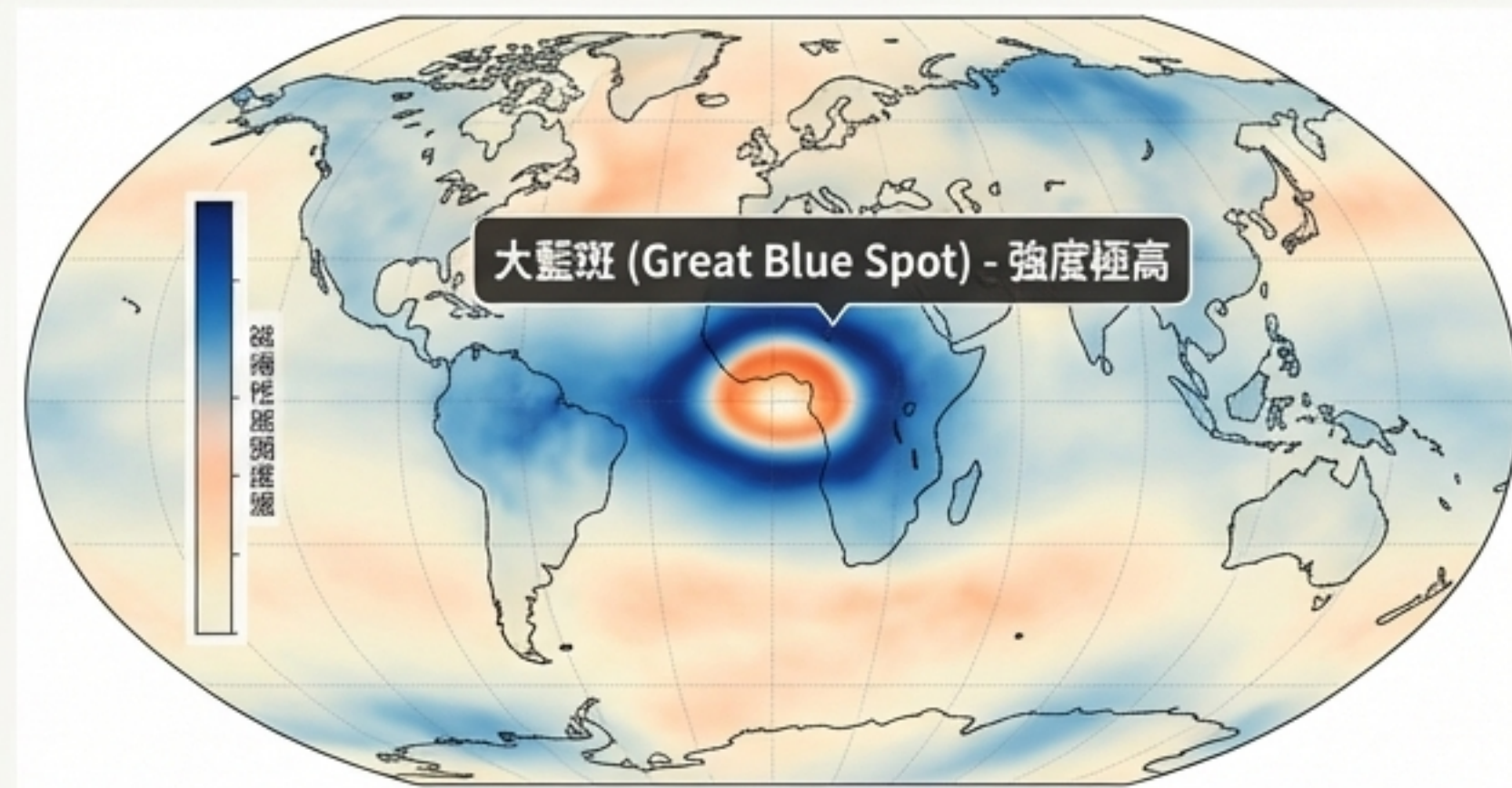
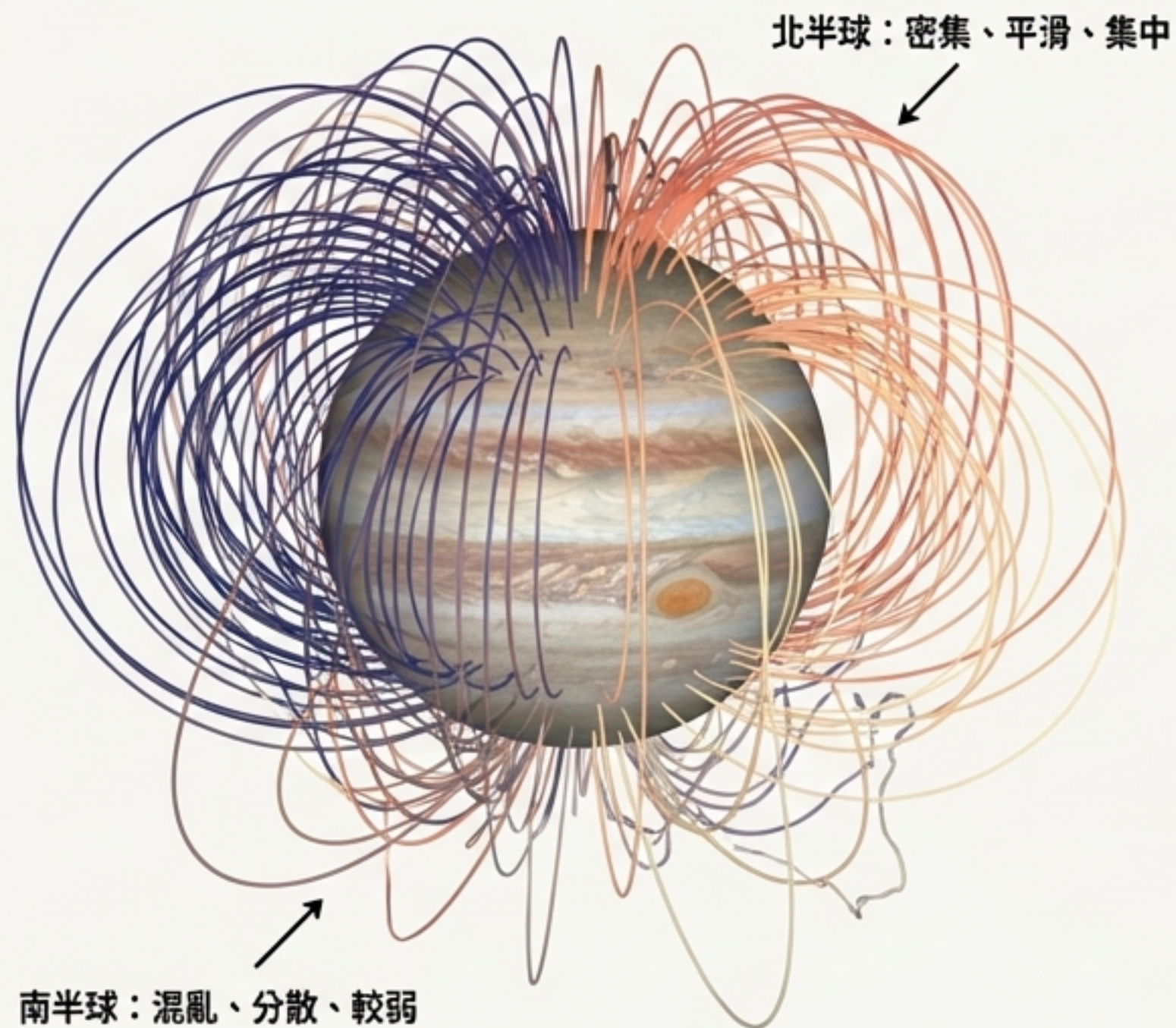
- 科學家曾認為，磁場源於木星內部深處的液態金屬氫層。
- 隨著木星不到10小時的快速自轉，這層導電的流體像發電機一樣產生了強大的磁場。
- 這個模型預測磁場應該是相對對稱的偶極結構（類似地球）。





# 意想不到的發現：一個非對稱且混亂的磁場

朱諾號近距離測量結果顯示，木星磁場遠比預期複雜，對傳統的發電機模型提出了嚴峻挑戰。



## 主要發現

- 非偶極結構：磁場在南北半球極不對稱，北半球磁場平滑且集中，南半球則混亂且分散。
- 大藍斑 (Great Blue Spot)：在木星赤道附近發現一個磁場強度極高的區域，被稱為「大藍斑」。這與預期磁場主要集中在兩極的理論完全不同。這可能代表磁場的產生深度比之前想像的要淺。

## 結論

木星磁場的來源遠比單純的液態金屬氫發電機模型複雜，可能涉及更淺層的交互作用。



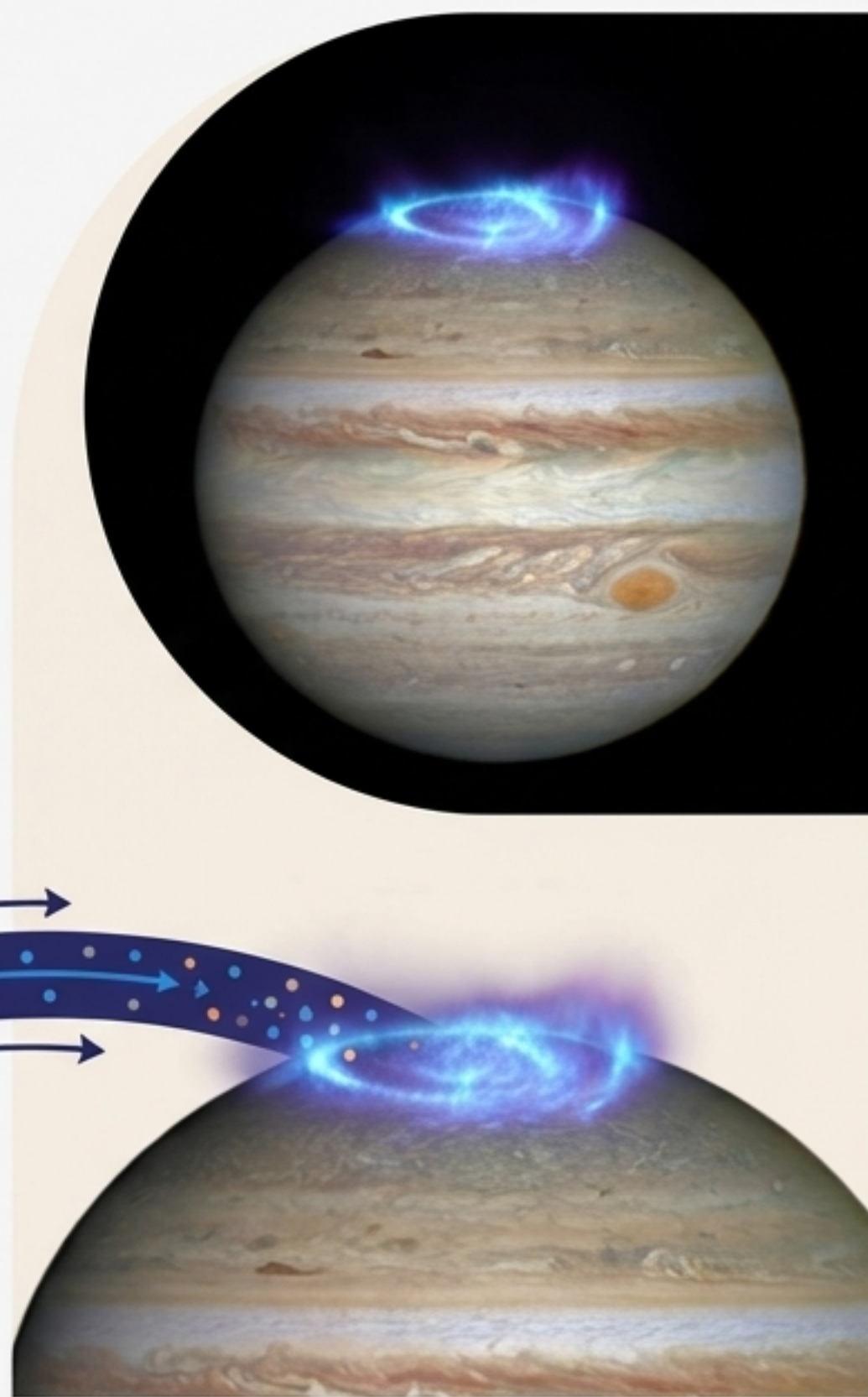
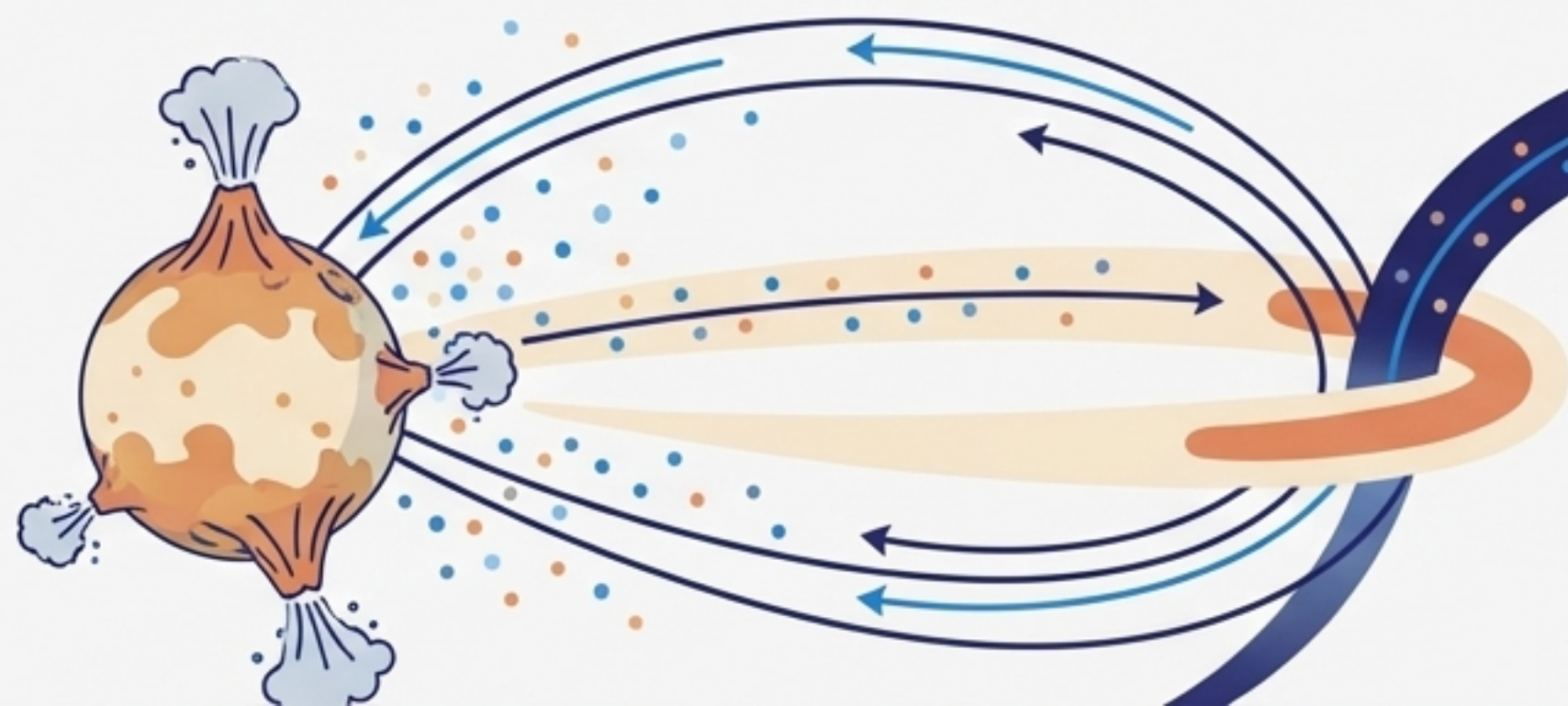
# 宇宙燈光秀：由火山衛星驅動的極光

## 極光的成因

- 木星的極光主要以紫外線形式存在，其能量遠超地球極光。
- 其能量主要來源並非太陽風，而是木星自身的快速自轉和其衛星的交互作用。

## 木衛一（Io）的角色

- 木衛一是太陽系火山活動最活躍的天體，不斷向太空噴發硫、氧等離子。
- 這些帶電粒子被木星磁場捕獲，形成一個環繞木星的電漿環。
- 當粒子沿磁力線加速撞向木星兩極大氣時，便產生了壯麗的極光。朱諾號甚至觀測到了木衛一在木星大氣上留下的「足跡」。





# 正在進行的調查：與火山世界的極致致近距離接觸

## 最新動態

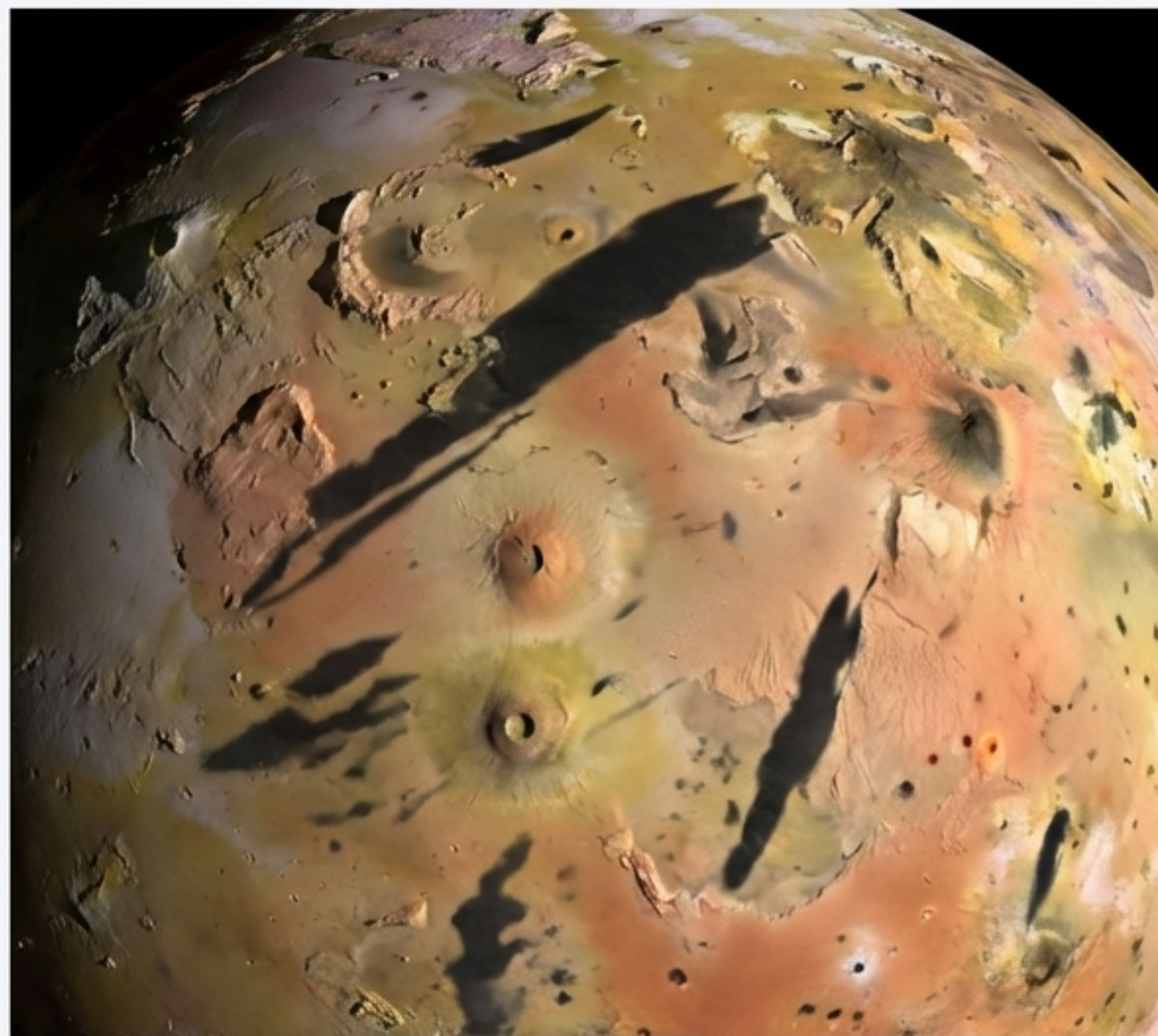
2023年12月30日，朱諾號以極近距離飛掠木星的衛星木衛一（Io），距離其表面僅1500公里。

## 任務目標

- 這是自2001年伽利略號以來最接近的觀測，旨在以前所未有的解析度拍攝這顆火山衛星。
- 通過對比多次飛越的圖像和數據，科學家希望了解木衛一上數百座活火山隨時間的變化，以及它們為何如此活躍。

## 未來計畫

朱諾號將在2024年2月再次以同樣的近距離飛越木衛一。





# 探索一個迷你太陽系

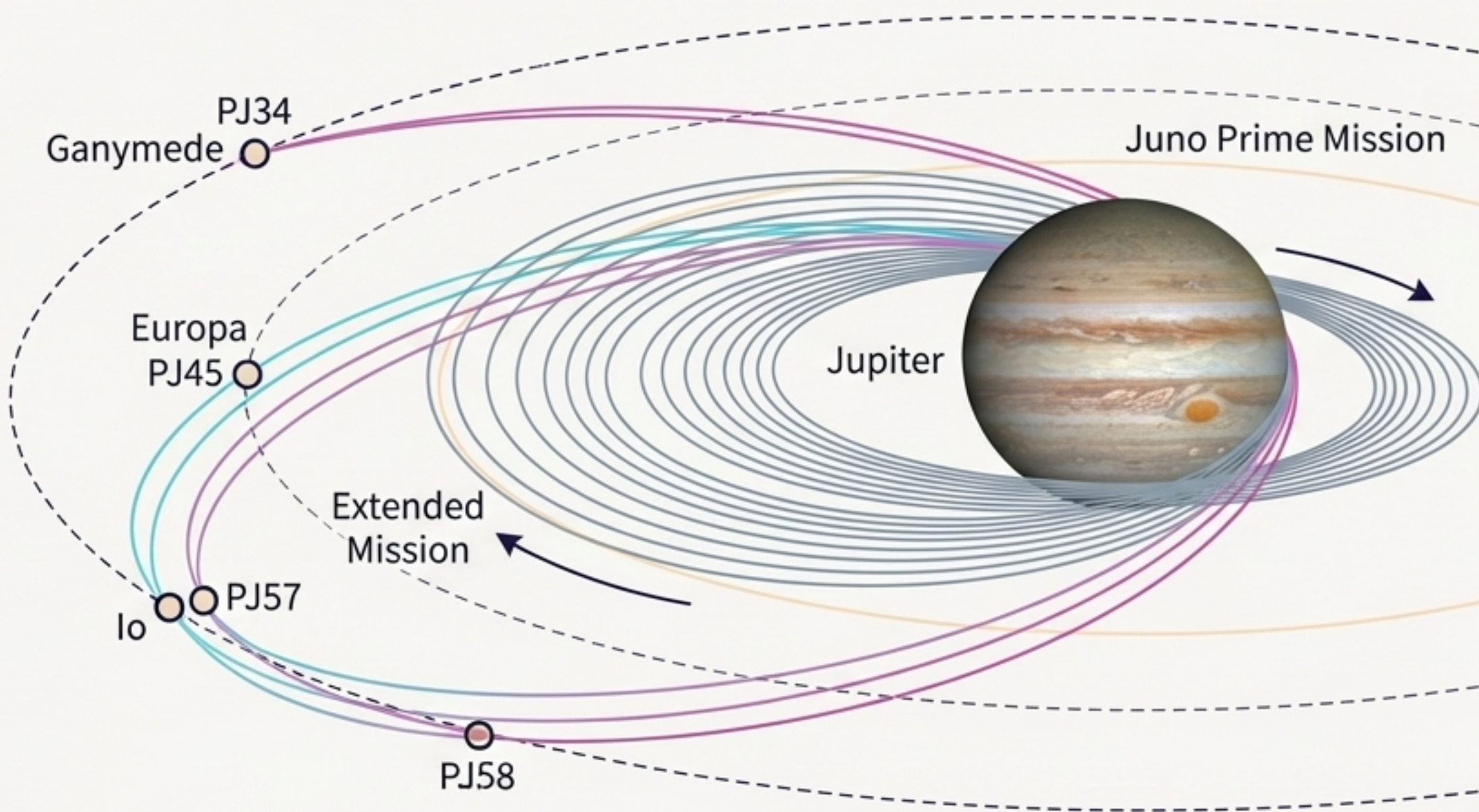
**延伸任務：**在完成對木星的主要探測任務後，朱諾號的任務被延長至2025年，目標轉向對木星的衛星系統進行開創性探測。

## 軌道演變

朱諾號的軌道被精心調整，使其能夠依次飛掠木星最大的幾顆衛星。

### 主要成就：

- 已成功近距離飛掠木衛三 (Ganymede) 和木衛二 (Europa)。
- 目前正在對木衛一 (Io) 進行一系列的詳細觀測。





# 下一章：尋找冰層下的生命跡象

## NASA 歐羅巴快船 (Europa Clipper)



計畫於2024年10月發射，2030年抵達。

將多次飛掠木衛二，其儀器將穿透冰層探測下方神秘海洋的性質，評估其宜居性。

## ESA 木星冰月探測器 (JUICE)



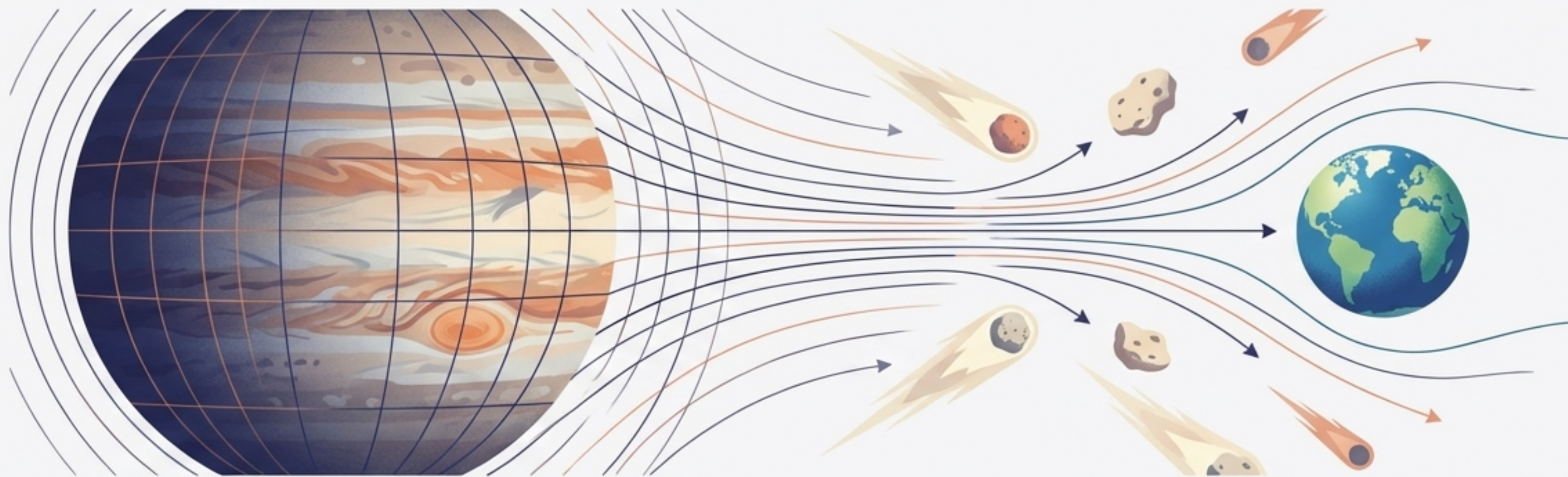
已於2023年4月發射，預計2031年抵達。

將重點探測木衛三、木衛四和木衛二，是首個將環繞一顆地外行星衛星（木衛三）運行的探測器。

**核心目標：**這些任務的核心是回答一個根本問題：在木星的冰凍衛星海洋中，是否存在生命所需的條件？



# 木星的雙重遺產：毀滅者與創造者



## 回顧核心主題

- **建築師**：在太陽系黎明時期，木星的引力扮演了「清道夫」的角色，其劇烈的遷徙可能摧毀了第一代內行星，但也為地球等新世界的形成掃清了道路。
- **守護者**：如今，木星作為「太陽系的真空吸塵器」，其巨大的引力捕獲或彈射了無數可能威脅地球的彗星和小行星，在過去和現在都保護著內太陽系。

**最終結論**：對木星的研究，不僅僅是探索一顆遙遠的行星。它揭示了我們太陽系動盪的過去，解釋了地球生命得以存在的微妙平衡，並指引著我們在宇宙中尋找下一個家園的方向。