



The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

K₂-18 b：線索與標題之間的距離

2025 年 4 月，*JWST* 對亞海王星 *K2-18 b* 的觀測被報導為太陽系外迄今發現的最強烈生命跡象。論文本身則謹慎得多：一個約 3σ 的線索——未達到甚至僅是穩固探測的閾值——指向兩種類似硫分子（可能的生物標記）之一的存在，而這些分子所在的行星本身是否為宜居海洋世界尚不確定。作者標記了非生物來源並呼籲更多資料；獨立團隊此後發現證據更加微弱。一次真實的測量，並非生命的發現。

Written by Vera Rubin · Cross-checked by Lucio Vaglio · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *New Constraints on DMS and DMDS in the Atmosphere of K2-18 b from JWST MIRI*, Nikku Madhusudhan, Savvas Constantinou, Mans Holmberg, Subhjit Sarkar, Anjali A. A. Piette, and Julianne I. Moses, *The Astrophysical Journal Letters* 983, L40 (2025) · DOI: 10.3847/2041-8213/adc1c8

線索與標題之間的距離

2025 年 4 月，一顆距我們 124 光年的行星短暫成為天空中討論最熱烈的世界。由 Nikku Madhusudan 領導的一個團隊報告稱，詹姆斯·韋布太空望遠鏡在亞海王星 K2-18 b 的大氣層中捕捉到了一種可能的二甲基硫信號——這種分子在地球上幾乎全部由生物製造，主要是海洋浮游生物。隨後的報導用上了能找到的最重磅詞彙：目前發現的太陽系外最強烈的生命跡象。論文本身則謹慎得多，這兩者之間的差距正是故事的全部。

K2-18 b 是一顆確實很引人關注的地方。它大約有地球質量的 8.6 倍、地球半徑的 2.6 倍，繞著一顆小型紅色恆星運行於溫帶區。關於此類行星的一種設想是它們可能是 *hycean* 世界——厚氫氣大氣層下的全球性海洋——這將使它們成為尋找生命的寬敞可觀測地點。但這種身份尚未確定：相同的測量也與迷你海王星或岩質「氣體矮星」相容，而 K2-18 b 究竟是哪一種仍是一個開放問題。宜居海洋的解讀是一個充滿希望的假說，而非已確立的事實。

在此背景下，這篇論文從光譜中此前未覆蓋的部分——中紅外波段，大約 6 至 12 微米——添加了一條新證據。而誠實地描述這條證據的方式是使用論文自身的數字，而非標題中的形容詞。

論文報告的是一個大約 3σ 的統計線索，指向兩個相似分子中的某一個的存在——低於科學家甚至僅宣布確認性探測的正常閾值，距離生命跡象更差好幾個步驟。「線索」與「生命已發現」之間的距離正是需要仔細閱讀的地方。

DMS、「生物標記」和「 3σ 」在此處真正意味著什麼

二甲基硫 (DMS) 和二甲基二硫 (DMDS) 是含硫分子。在地球上，它們幾乎全部由生命——海洋微生物——製造，且不會通過普通的非生物化學大量產生。這正是它們成為候選生物標記的原因：在合適背景下，其存在可能指向生物學。但「候選」這個詞承擔著真正的分量。

生物標記不是探測，探測也不是生命。找到一種分子是一回事；證明它確實存在（而非建模偽影或儀器怪癖）是另一回事；證明生命是最佳解釋——而非某種非生物化學——是第三件、也更為困難的事。每一步都可能獨立失敗。

3σ 是衡量一個信號有多大可能是噪聲的偶然波動的度量——此處大致為千分之幾。聽起來很強，但在物理學和天文學中， 3σ 是一個線索的級別：宣布發現的要求是 5σ ，即使那是關於分子本身的聲明，而非關於生命。作者自己也這麼說：他們的證據處於「科學證據通常所需穩健度的下限」。

[figure_pair pending]

二甲基硫 (DMS) 和二甲基二硫 (DMDS) 是小型含硫分子，相差一個硫原子。JWST/MIRI 論文報告的可能是與這些分子一致的光譜特徵——但並未達到將其確立為可靠探測的顯著性水準，且資料無法區分兩者。

作者做了什麼

- 用 JWST 的 MIRI 設備在低解析度模式下觀測了 K2-18 b，捕獲了約 6 至 12 微米的透射光譜——這一波長範圍未被早期的近紅外資料覆蓋。

- 通過兩個獨立的管道簡化了資料，並運行了一組穩健性檢驗，保守地丟棄了 5.6 微米以下噪音更強的光譜部分。
- 用大氣模型擬合光譜，測試了 20 種候選分子以解釋特徵形態。
- 比較了僅 DMS、僅 DMDS 和 DMS+DMDS 合併模型在兩個管道下相對於無特徵光譜的顯著性。
- 專門花了章節討論假陽性——非生物化學能否製造這些分子——以及要鞏固或推翻結果還需要什么。

他們發現了什麼

- 中紅外光譜並非平坦的：它在 3.4σ 處偏離了無特徵譜線（相對於作者的基準模型）。有些東西在塑造它。
- 在所測試的 20 種分子中，作者報告這些特徵能被 DMS 和/或 DMDS 最好地解釋，證據約為 3σ （兩個管道上的個體模型擬合範圍從 2.9σ 到 3.2σ ）。
- 推斷的豐度很高——數量級在 10 個體積百萬分比——對於兩種分子中至少一種。
- 資料無法區分 DMS 和 DMDS：兩者是簡併的，因此即使對面值信號，哪一個分子的問題仍然未解決。
- 早期近紅外 DMS 提示非常弱（約 2σ ）且對儀器設定敏感；這是來自不同儀器和波長範圍的證據的獨立線索，正因如此作者認為它是向前的一步。

這沒有證明什麼

- 它**不**是一個探測。大約 3σ 是一個線索，而非科學家甚至僅宣布確實存在某種分子時通常要求的 5σ ——這一點作者自己做了說明，稱結果穩健性較低且需要驗證。
- 它**沒有**識別出一個特定的分子。DMS/DMDS 的簡併意味著資料支持「這兩種中的一種」，而非兩者中的某一個。
- 它**沒有**展示生命。DMS 和 DMDS 僅是可能的生物標記。論文自己的假陽性章節指出，這樣的分子可以通過非生物途徑形成（在實驗室實驗中，且 DMS 甚至曾在一顆彗星上被觀測到），並明確聲明，一項結論性的生物標記要求同時評估穩健性、環境背景和假陽性——「不太可能是瞬間的或明確的」。
- 它**沒有**確立 K2-18 b 是一個宜居海洋世界。hycean 解釋是體積資料所允許的幾種之一，且仍存在爭議。
- 分子識別依賴於這些氣體如何吸收光的實驗室測量——橫截面——作者表示這還需要進一步確定。

證據有多強？

- 光譜中存在真實信號，但其含義的約束力較弱。中紅外光譜不是無特徵的（ 3.4σ ）是最堅實的部分；從「存在特徵」到「它們是 DMS 和/或 DMDS」再到「這暗示生命」的跳躍在每一步上都逐漸變軟。

- **作者是審慎的；放大來自外部。**論文處處使用限定——「可能的」、「嘗試性的」、「需要進一步工作」——並指出只需再增加 8-24 小時的 JWST 時間，顯著性就可能推到 $4-5\sigma$ ，也可能無法復現。自信的「生命跡象」框架來自報導，而非論文本身。
- **獨立審查已提出反駁。**在發表後的幾個月裡，其他團隊重新分析了相同資料，並未發現信號是穩健的。Taylor (2025) 直接詢問 MIRI 光譜是否真的包含光譜特徵，並未發現強有力的統計證據——相對於平坦譜線僅有約 2σ 的支持。Luque 及其同事 (2025) 對 NIRISS、NIRSpec 和 MIRI 觀測的聯合重新分析報告了證據不足以支持 DMS 或 DMDS，在一系列資料簡化中均無統計顯著探測。Stevenson (2025) 領導的更廣泛評估得出結論，資料不符合生物標記的證據標準，將中紅外特徵歸因於儀器系統效應。這種來回並非過程的失敗——它就是過程本身，也是為什麼一個 3σ 的線索是開始而非結論的原因。

為什麼重要

這是近期記憶中關於一個謹慎結果和一個失控的標題如何共享同一天的最乾淨的例子之一。這裡的科學是真實的且值得做：JWST 現在可以探測小型溫帶行星的大氣層，硫分子是合理的目標。但 K2-18 b 的誠實狀態是：一個微弱的、模糊的線索，指向兩個分子中的一個，在一顆性質本身尚不確定的行星上，可信度連發現者自己都稱之為較低——並且此後已被其他分析提出質疑。這些都不令人失望，除非你曾被許諾了外星人。正確的把握方式是研究領域實際運作的方式：作為一個有趣的線索來跟進，在未來幾年內用更多 JWST 時間和獨立檢查。對外星生命的搜索不會以單一標題的方式到來；它會通過一次一次謹慎的測量來積累或消融。

清潔摘要

利用 JWST 的中紅外設備，天文學家發現 K2-18 b 的光譜並非無特徵，並且在所測試的分子中，最佳擬合解釋是二甲基硫和/或二甲基二硫——可能的生物標記氣體——約為 3σ ，這兩種分子在資料中無法區分。這是一個線索，而非探測，而探測本身也不等於生命跡象：作者自己這麼說了，標記了可能的非生物來源，並呼籲更多觀測。獨立重新分析此後發現證據更加微弱。K2-18 b 是一個真實且值得觀測的目標，這是一次真實的測量。它不是生命的發現，論文也從未聲稱它是。

No-BS 檢查

論文所展示的：JWST/MIRI 觀察到了一個可能由 DMS 和/或 DMDS 解釋的約 3σ 光譜信號——一個線索，而非一個牢固的探測。**合理但未經證實的：**該信號是真實的且來自 K2-18 b 的大氣層；它是這兩種分子中的一種；非生物來源可以排除。**它沒有展示的：**一個可靠的探測、一個特定分子、生命、一個宜居海洋世界。**主要侷限：**統計顯著性低；分子簡併；尚不確定的實驗室橫截面；可能存在的非生物來源；以及外部分析提出的挑戰。**普通讀者應該抱有多大信心？**低信心認為這是一個牢固的分子探測。非常低信心認為這是一個生命跡象。恰當的立場：一次值得做、有微弱線索的觀測，遠非已解決的發現。

來源

Madhusudhan et al., New Constraints on DMS and DMDS in the Atmosphere of K2-18 b from JWST MIRI, *ApJL* 983, L40 (2025)

<https://doi.org/10.3847/2041-8213/adc1c8>

J. Taylor, Are there Spectral Features in the MIRI/LRS Transmission Spectrum of K2-18b?, *Research Notes of the AAS* (2025), DOI 10.3847/2515-5172/add881 (arXiv:2504.15916)

<https://doi.org/10.3847/2515-5172/add881>

R. Luque et al., Insufficient evidence for DMS and DMDS in the atmosphere of K2-18 b, *A&A* 700, A284 (2025), DOI 10.1051/0004-6361/202555580 (arXiv:2505.13407)

<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202555580>

K. B. Stevenson et al., K2-18b Does Not Meet the Standards of Evidence for Life, *AJ* 170, 257 (2025), DOI 10.3847/1538-3881/ae0338 (arXiv:2508.05961)

<https://doi.org/10.3847/1538-3881/ae0338>