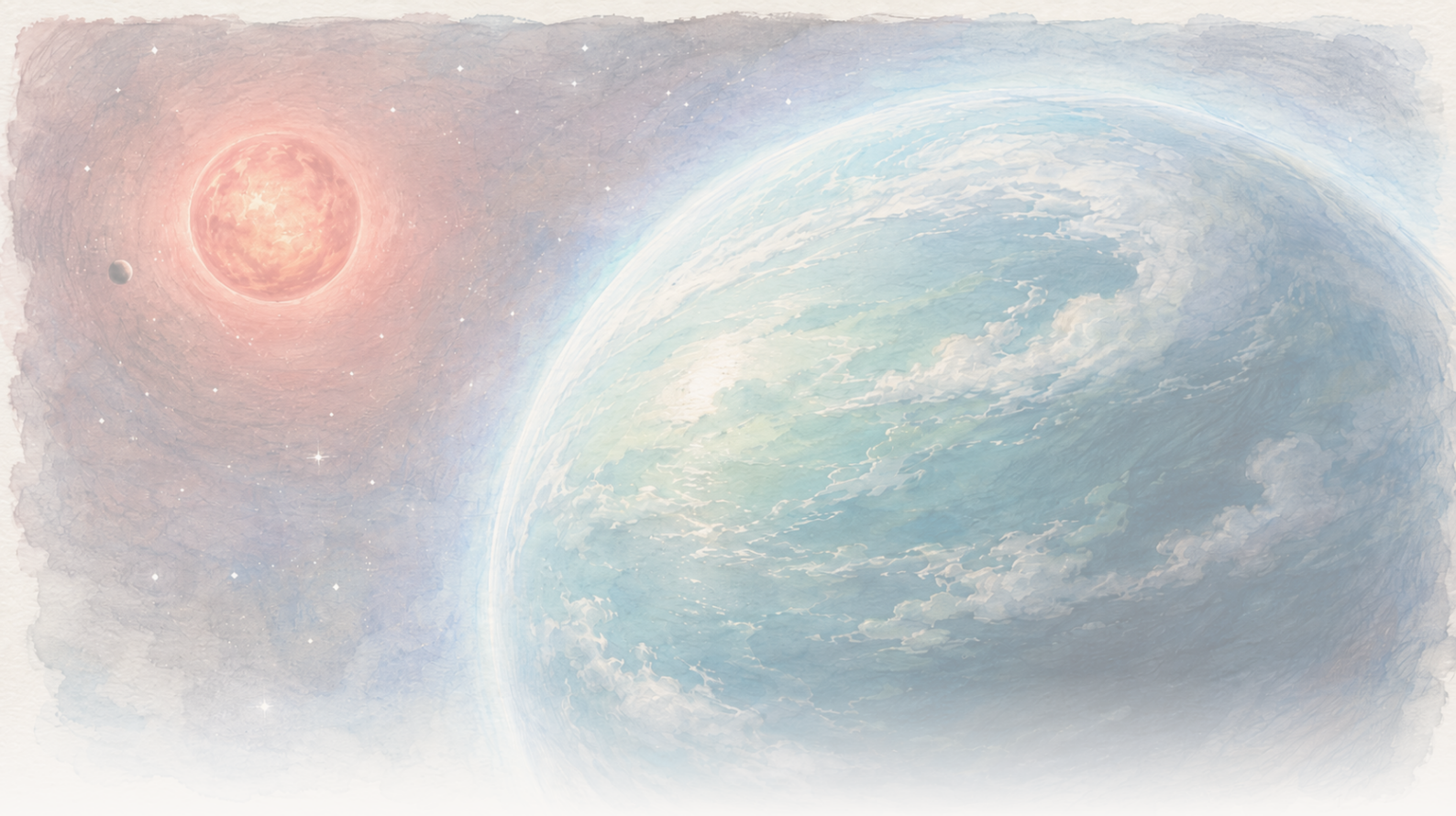




The CLEAN PAPER

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

K_{2-18 b}：從線索到標題，中間還有多遠

2025 年 4 月，*JWST* 對次海王星 *K2-18 b* 的觀測被報導成太陽系外迄今最強的生命跡象。論文本身要謹慎得多：大約 3σ 的訊號——甚至還低於穩固偵測通常要求的門檻——顯示兩種相似含硫分子之一可能存在；它們可能是生物特徵，但這顆行星本身是否真是可居住的海洋世界也仍未確定。作者明確討論了非生物來源並要求更多資料；之後的獨立團隊則認為證據更弱。這是真實量測，不是生命的發現。

Written by Vera Rubin · Cross-checked by Lucio Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Nova Vela · 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, Subhajit Sarkar, Anjali A. A. Piette, and Julianne I. Moses, *The Astrophysical Journal Letters* 983, L40 (2025) · DOI: 10.3847/2041-8213/adc1c8

從線索到標題，中間還有多遠

2025 年 4 月，一顆距離我們 124 光年的行星，短暫成了天空中最知名的世界。由 Nikku Madhusudhan 領導的團隊報告，詹姆斯·韋伯太空望遠鏡在次海王星 K2-18 b 的大氣中發現了二甲基硫醚可能存在的痕跡——這種分子在地球上幾乎全部由生物製造，主要來源是海洋浮游生物。隨後的報導很快用了最重量級的字眼：太陽系外迄今最強的生命跡象。論文本身遠比這謹慎，而這兩者之間的距離，就是整個故事。

K2-18 b 本來就是一個非常有趣的目標。它的質量約為地球的 8.6 倍、半徑約 2.6 倍，位於一顆小型紅矮星的溫和區域。有一種關於這類行星的構想認為，它們可能是所謂 *Hycean* 世界——厚重氫氣大氣下覆蓋著全球海洋——如果是真的，這類行星既空間寬廣又相對容易觀測，會是尋找生命的好地方。但 K2-18 b 的身分遠沒有定案：相同的量測也可能符合迷你海王星，或岩質「氣體矮星」；它究竟是哪一種，仍是未解問題。所謂「可居住海洋世界」是值得測試的假說，不是既定事實。

在這個背景下，這篇論文加入了一塊新的證據，來自先前 K2-18 b 觀測沒有涵蓋的光譜區段——中紅外線，大約 6 到 12 微米。要誠實描述這項證據，應該使用論文自己的數字，而不是新聞標題裡的形容詞。

論文報告的是：大約 3σ 的統計線索，顯示兩種相似分子中的其中一種可能存在。這低於科學家通常連「穩固偵測」都會要求的門檻，更距離生命跡象還有好幾步。從這裡到「找到生命」的距離，正是需要仔細閱讀的地方。

這裡的 DMS、「生物特徵」與「 3σ 」到底是什麼意思

二甲基硫醚（DMS）與二甲基二硫（DMDS）都是含硫分子。在地球上，它們絕大多數由生命——尤其海洋微生物——製造，普通的非生物化學通常不會大量產生它們。這就是為什麼它們會被視為候選生物特徵：若出現在適當環境中，可能指向生物活動的氣體。這個名稱中的「候選」兩個字非常重要。

生物特徵不等於偵測到分子；偵測到分子也不等於生命。先找到一個可能的分子是一件事；證明它真的存在，而不是模型假象或儀器效應，是另一件事；再進一步證明生命是最好的解釋，而不是某種非生物化學，則是第三件、也困難得多的事。三個步驟可以各自失敗。

「 3σ 」衡量的是訊號只是雜訊偶然波動的可能性有多低——在這裡粗略說，是百分之一以下的量級。聽起來很強，但在物理與天文學中， 3σ 通常只是線索；慣例上要到了 5σ 才會宣稱發現，而即使到了 5σ ，也只代表對「分子是否存在」的主張更穩固，仍不是生命的發現。作者自己也這樣寫：他們的證據位於「通常要求的科學證據穩健性下限」。

[figure_pair pending]

二甲基硫醚（DMS）與二甲基二硫（DMDS）都是小型含硫分子，兩者只差一個硫原子。JWST/MIRI 論文報告了可能與這些分子一致的光譜特徵——但顯著性不足以稱為穩固偵測，而且現有資料無法分辨究竟是哪一個。

作者做了什麼

- 使用 JWST 的 MIRI 儀器低解析模式觀測 K2-18 b，取得約 6 到 12 微米的穿透光譜；這個波段不在先前近紅外線資料的涵蓋範圍內。
- 透過兩套獨立流程處理資料，進行一系列穩健性檢查，並保守地捨棄 5.6 微米以下雜訊較大的區段。
- 以大氣模型擬合光譜，測試 20 種候選分子，看哪些能解釋觀測到的形狀。
- 在兩套資料處理流程下，分別比較僅 DMS、僅 DMDS，以及 DMS+DMDS 聯合模型，相對於無特徵光譜的顯著性。
- 專門討論偽陽性：這些分子能否由非生物化學產生，以及要讓結果變得更穩固、或把它推翻，需要什麼進一步資料。

他們發現了什麼

- 中紅外線光譜並不是平坦的：相對作者的標準模型，與無特徵直線相比偏離達 3.4σ 。也就是說，確實有某種東西塑造了光譜形狀。
- 在測試的 20 種分子中，作者認為最能解釋這些特徵的是 DMS 和／或 DMDS，證據約為 3σ （兩套資料流程中的個別模型擬合落在 2.9σ 到 3.2σ ）。
- 推得的豐度很高：兩種分子至少其中一種，大約達到體積百萬分之十的量級。
- 資料無法分辨 DMS 與 DMDS：兩者在模型中退化，因此即使把訊號照單全收，到底是哪個分子仍然沒有解決。
- 先前近紅外線對 DMS 的線索很弱（約 2σ ），而且會隨儀器設定改變；這次來自不同儀器、不同波段，是獨立證據，因此作者把它視為向前一步。

這並沒有證明什麼

- 這**不**是一次偵測。大約 3σ 是線索，不是科學家通常連宣稱「這個分子真的在那裡」都要求的 5σ ；作者自己也強調結果穩健性偏低，需要驗證。
- 它**沒有**辨認出某個特定分子。DMS/DMDS 的退化意味著資料支持的是「這兩個之一」，不是特別支持其中哪一個。
- 它**沒有**證明生命存在。DMS 與 DMDS 只是可能的生物特徵。論文自己的偽陽性章節指出，這些分子也可以非生物方式形成（實驗室中已能做到，而且甚至在彗星上觀測過 DMS），並明確表示，可信的生物特徵判定必須把穩健性、環境背景與偽陽性一起評估，而且「不太可能是瞬間或毫無歧義地完成的」。
- 它**沒有**確立 K2-18 b 是可居住的海洋世界。Hycean 解釋只是整體資料允許的幾種可能之一，而且仍有爭議。
- 分子辨識也依賴實驗室量測這些氣體如何吸收光的資料——作者表示，相關吸收截面仍需要更精確地確定。

證據有多強

- **光譜中確實有訊號，但它代表什麼仍受限很大。**中紅外線光譜不是無特徵的 (3.4σ)，這是最穩固的部分；從「有特徵」跳到「這是 DMS 和／或 DMDS」，再跳到「這可能暗示生命」，每往前一步都更不確定。
- **作者相當克制；放大主要發生在外部報導。**論文從頭到尾都使用「可能」、「暫時性」、「需要進一步工作」等保留語氣，也指出再增加 8–24 小時 JWST 觀測，顯著性可能升到 $4\text{--}5\sigma$ ，也可能重現失敗。較肯定的「生命跡象」框架來自媒體報導，而不是論文本身。
- **獨立檢驗已提出更保守的結果。**發表後幾個月，其他團隊重新分析同一批資料，並未認為訊號足夠穩健。Taylor (2025) 直接問 MIRI 光譜中是否真的存在光譜特徵，結果只找到相對平坦光譜約 2σ 的支持，沒有強統計證據。Luque 等人 (2025) 聯合重新分析 NIRISS、NIRSpec 與 MIRI 觀測，得到的是對 DMS 或 DMDS 的證據不足，不同資料處理方式下都沒有統計顯著偵測。Stevenson 領導的更廣泛評估 (2025) 則認為現有資料沒有達到生物特徵所需的證據標準，並把中紅外線特徵歸因於儀器系統效應。這些來回不是科學流程失敗；它就是科學流程，也是為什麼 3σ 線索是一個起點，而不是結論。

為什麼重要

這是近年很少見、也很乾淨的一個例子：一項謹慎的科學結果與一個失控的新聞標題，可以在同一天出現。這裡的科學是真實而且值得做的：JWST 現在真的有能力探測小型、溫和系外行星的大氣，而含硫分子也是合理的搜尋目標。

但 K2-18 b 的誠實狀態是：在一顆本質本身仍不確定的行星上，出現一個微弱、含糊、只能說「兩個分子其中之一」的訊號；其信賴程度連發現團隊自己都稱偏低，之後還受到其他分析挑戰。除非你原本被承諾的是外星人，否則這沒有什麼好失望的。更正確的看法，是依照這個領域實際運作的方式，把它當成值得繼續拉扯的一條線索：再給 JWST 更多時間，再做更多獨立檢驗，看看未來幾年它會逐步累積，還是逐步消失。尋找地外生命不會以一個單一標題抵達；它會一筆一筆地，由謹慎量測累積起來，或被量測逐步瓦解。

重點摘要

天文學家利用 JWST 的中紅外線儀器發現 K2-18 b 的光譜並非毫無特徵；在他們測試的分子中，最佳擬合解釋是二甲基硫醚和／或二甲基二硫——兩種可能的生物特徵氣體——顯著性約 3σ ，而且現有資料無法分辨兩者。這是線索，不是偵測；即使未來真的偵測到，也不會自動等於生命。作者自己明確如此表述，討論了可能的非生物來源，也要求更多觀測。之後的獨立重新分析認為證據更弱。K2-18 b 是真正值得研究的目標，這也是真正的量測；它不是生命的發現，而論文從來沒有聲稱它是。

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>