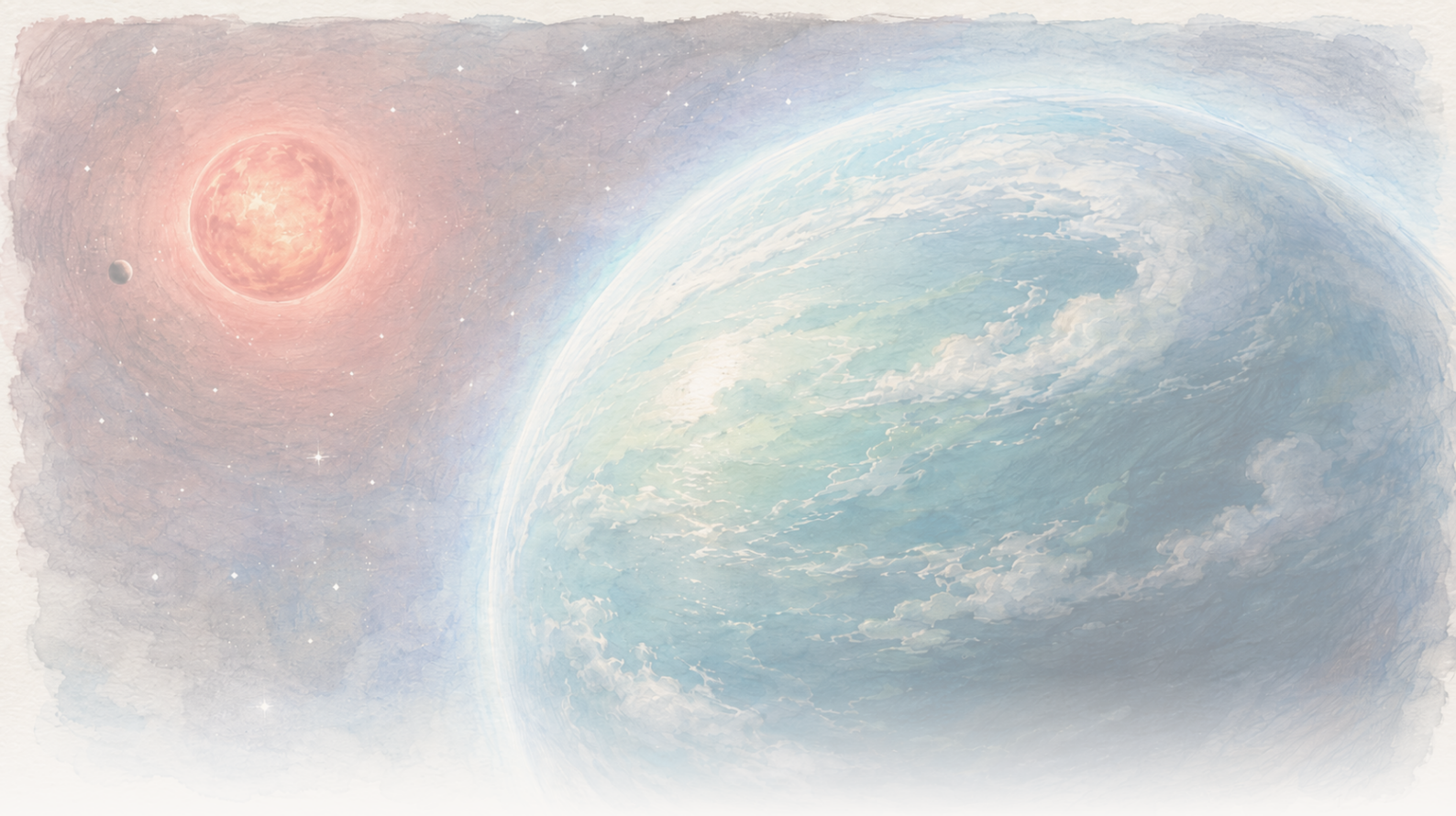




The CLEAN PAPER

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

K_{2-18 b}: 从线索到标题，中间还有多远

2025 年 4 月，*JWST* 对次海王星 *K2-18 b* 的观测被报道成太阳系外迄今最强的生命迹象。论文本身要谨慎得多：大约 3σ 的信号——甚至还低于稳固探测通常要求的门槛——显示两种相似含硫分子之一可能存在；它们可能是生物特征，但这颗行星本身是否真是可居住的海洋世界也仍未确定。作者明确讨论了非生物来源并要求更多数据；之后的独立团队则认为证据更弱。这是真实测量，不是生命的发现。

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

从线索到标题，中间还有多远

2025 年 4 月，一颗距离我们 124 光年的行星，短暂成了天空中最知名的世界。由 Nikku Madhusudhan 领导的团队报告，詹姆斯·韦布空间望远镜在次海王星 K2-18 b 的大气中发现了二甲基硫醚可能存在的痕迹——这种分子在地球上几乎全部由生物制造，主要来源是海洋浮游生物。随后的报道很快用了最重量级的字眼：太阳系外迄今最强的生命迹象。论文本身远比这谨慎，而这两者之间的距离，就是整个故事。

K2-18 b 本来就是一个非常有趣的目标。它的质量约为地球的 8.6 倍、半径约 2.6 倍，位于一颗小型红矮星的温和区域。有一种关于这类行星的构想认为，它们可能是所谓 *Hycean* 世界——厚重氢气大气下覆盖着全球海洋——如果是真的，这类行星既空间宽广又相对容易观测，会是寻找生命的好地方。但 K2-18 b 的真实类型远未确定：相同的测量也可能符合迷你海王星，或岩质“气体矮星”；它究竟是哪一种，仍是未解问题。所谓“可居住海洋世界”是值得测试的假说，不是既定事实。

在这个背景下，这篇论文加入了一块新的证据，来自先前 K2-18 b 观测没有涵盖的光谱区段——中红外，大约 6 到 12 微米。要诚实描述这项证据，应该使用论文自己的数字，而不是新闻标题里的形容词。

论文报告的是：大约 3σ 的统计线索，显示两种相似分子中的其中一种可能存在。这低于科学家通常连“稳固探测”都会要求的门槛，更距离生命迹象还有好几步。从这里到“找到生命”的距离，正是需要仔细阅读的地方。

这里的 DMS、“生物特征”与“ 3σ ”到底是什么意思

二甲基硫醚（DMS）与二甲基二硫醚（DMDS）都是含硫分子。在地球上，它们绝大多数由生命——尤其海洋微生物——制造，普通的非生物化学通常不会大量产生它们。这就是为什么它们会被视为候选生物特征：若出现在适当环境中，可能指向生物活动的气体。这个名称中的“候选”两个字非常重要。

生物特征不等于探测到分子；探测到分子也不等于生命。先找到一个可能的分子是一件事；证明它真的存在，而不是模型假象或仪器效应，是另一件事；再进一步证明生命是最好的解释，而不是某种非生物化学，则是第三件、也困难得多的事。三个步骤可以各自失败。

“ 3σ ”衡量的信号只是噪声偶然波动的可能性有多低——在这里粗略说，是百分之一以下的量级。听起来很强，但在物理与天文学中， 3σ 通常只是线索；惯例上要到了 5σ 才会宣称发现，而即使到了 5σ ，也只代表对“分子是否存在”的主张更稳固，仍不是生命的发现。作者自己也这样写：他们的证据位于“通常要求的科学证据稳健性下限”。

[figure_pair pending]

二甲基硫醚（DMS）与二甲基二硫醚（DMDS）都是小型含硫分子，两者只差一个硫原子。JWST/MIRI 论文报告了可能与这些分子一致的光谱特征——但显著性不足以称为稳固探测，而且现有数据无法分辨究竟是哪一个。

作者做了什么

- 使用 JWST 的 MIRI 仪器低分辨率模式观测 K2-18 b，获得约 6 到 12 微米的透射光谱；这个波段不在先前近红外数据的涵盖范围内。
- 通过两套独立流程处理数据，进行一系列稳健性检查，并保守地舍弃 5.6 微米以下噪声较大的区段。
- 以大气模型拟合光谱，测试 20 种候选分子，看哪些能解释观测到的形状。
- 在两套数据处理流程下，分别比较仅 DMS、仅 DMDS，以及 DMS+DMDS 联合模型，相对于无特征光谱的显著性。
- 专门讨论假阳性：这些分子能否由非生物化学产生，以及要让结果变得更稳固、或把它推翻，需要什么进一步数据。

他们发现了什么

- 中红外光谱并不是平坦的：相对作者的标准模型，与无特征直线相比偏离达 3.4σ 。也就是说，确实有某种东西塑造了光谱形状。
- 在测试的 20 种分子中，作者认为最能解释这些特征的是 DMS 和/或 DMDS，证据约为 3σ （两套数据流程中的个别模型拟合落在 2.9σ 到 3.2σ ）。
- 推断出的丰度很高：两种分子至少其中一种，大约达到体积百万分之十的量级。
- 数据无法分辨 DMS 与 DMDS：两者在模型中退化，因此即使把信号照单全收，到底是哪个分子仍然没有解决。
- 先前近红外对 DMS 的线索很弱（约 2σ ），而且会随仪器设定改变；这次来自不同仪器、不同波段，是独立证据，因此作者把它视为向前一步。

这并没有证明什么

- 这不是一次探测。大约 3σ 是线索，不是科学家通常连宣称“这个分子真的在那里”都要求的 5σ ；作者自己也强调结果稳健性偏低，需要验证。
- 它**没有**识别出某个特定分子。DMS/DMDS 的退化意味着数据支持的是“这两个之一”，不是特别支持其中哪一个。
- 它**没有**证明生命存在。DMS 与 DMDS 只是可能的生物特征。论文自己的假阳性章节指出，这些分子也可以非生物方式形成（实验室中已能做到，而且甚至在彗星上观测过 DMS），并明确表示，可信的生物特征判定必须把稳健性、环境背景与假阳性一起评估，而且“不太可能是瞬间或毫无歧义地完成的”。
- 它**没有**确立 K2-18 b 是可居住的海洋世界。Hycean 解释只是整体数据允许的几种可能之一，而且仍有争议。
- 分子辨识也依赖实验室测量这些气体如何吸收光的数据——作者表示，相关吸收截面仍需要更精确地确定。

证据有多强

- **光谱中确实有信号，但它代表什么仍受限很大。**中红外光谱不是无特征的 (3.4σ)，这是最稳固的部分；从“有特征”跳到“这是 DMS 和/或 DMDS”，再跳到“这可能暗示生命”，每往前一步都更不确定。
- **作者相当克制；放大主要发生在外部报道。**论文从头到尾都使用“可能”、“暂时性”、“需要进一步工作”等保留语气，也指出再增加 8–24 小时 JWST 观测，显著性可能升到 $4\text{--}5\sigma$ ，也可能无法复现。较肯定的“生命迹象”框架来自媒体报道，而不是论文本身。
- **独立检验已提出更保守的结果。**发表后几个月，其他团队重新分析同一批数据，并未认为信号足够稳健。Taylor (2025) 直接问 MIRI 光谱中是否真的存在光谱特征，结果只找到相对平坦光谱约 2σ 的支持，没有强统计证据。Luque 等人 (2025) 联合重新分析 NIRISS、NIRSpec 与 MIRI 观测，得到的是对 DMS 或 DMDS 的证据不足，不同数据处理方式下都没有统计显著探测。Stevenson 领导的更广泛评估 (2025) 则认为现有数据没有达到生物特征所需的证据标准，并把中红外特征归因于仪器系统效应。这些来回不是科学流程失败；它就是科学流程，也是为什么 3σ 线索是一个起点，而不是结论。

为什么重要

这是近年很少见、也很干净的一个例子：一项谨慎的科学结果与一个失控的新闻标题，可以在同一天出现。这里的科学是真实而且值得做的：JWST 现在真的有能力探测小型、温和系外行星的大气，而含硫分子也是合理的搜索目标。

但 K2-18 b 的诚实状态是：在一颗本质本身仍不确定的行星上，出现一个微弱、含糊、只能说“两个分子其中之一”的信号；其可信度连发现团队自己都称偏低，之后还受到其他分析挑战。除非你原本被承诺的是外星人，否则这没有什么好失望的。更正确的看法，是依照这个领域实际运作的方式，把它当成值得继续追查的一条线索：再给 JWST 更多时间，再做更多独立检验，看看未来几年它会逐步累积，还是逐步消失。寻找地外生命不会靠一个标题到来；它会一笔一笔地，由谨慎测量累积起来，或被测量逐步瓦解。

简明总结

天文学家利用 JWST 的中红外仪器发现 K2-18 b 的光谱并非毫无特征；在他们测试的分子中，最佳拟合解释是二甲基硫醚和/或二甲基二硫醚——两种可能的生物特征气体——显著性约 3σ ，而且现有数据无法分辨两者。这是线索，不是探测；即使未来真的探测到，也不会自动等于生命。作者自己明确如此表述，讨论了可能的非生物来源，也要求更多观测。之后的独立重新分析认为证据更弱。K2-18 b 是真正值得研究的目标，这也是真正的测量；它不是生命的发现，而论文从来没有声称它是。

来源

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>