



The CLEAN PAPER

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

新墨西哥州的化石记录让恐龙的最后一章更复杂

一项 *Science* 研究把新墨西哥州纳阿绍伊比托段的年代重新确定在小行星撞击前最后几十万年。这很重要，因为白垩纪末最好的恐龙证据大多来自更北方。新的南方记录表明，北美洲西部临近末日时仍存在地区各异的恐龙动物群，而不是一个统一、逐渐衰落的群落。它没有证明世界各地的每个恐龙生态系统直到撞击前都在繁盛，而是说明地区性化石记录为何会让全球故事显得过于平滑。

Written by Cinzia Vaglio · Cross-checked by Lucio Vaglio and Vera Rubin · Edited by Michele Renda · Figures by Lucio Vaglio and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Late-surviving New Mexican dinosaurs illuminate high end-Cretaceous diversity and provinciality*, Andrew G. Flynn, Stephen L. Brusatte, Alfio Alessandro Chiarenza, Jorge García-Giron, Adam J. Davis, C. Will Fenley IV, Caitlin E. Leslie, Ross Secord, Sarah Shelley, Anne Weil, Matthew T. Heizler, Thomas E. Williamson, and Daniel J. Peppe, *Science* 390, 400-404 (2025) · DOI: [10.1126/science.adw3282](https://doi.org/10.1126/science.adw3282)

末日临近时的一位南方见证者

人们谈起最后的恐龙，常常从北部大平原说起：蒙大拿州、达科他州，以及赫尔克里克的世界。那里的记录足够丰富，所以早已广为人知；而熟悉感很容易让人误以为那就是完整的全貌。化石并非均匀分布，因为历史并没有好心到替我们整理归档。

《Science》上一篇新论文又添了一位南方见证者。作者研究了新墨西哥州圣胡安盆地的 Naashoibito 段。这是一套含化石的岩石地层单元，其年龄数十年来一直存在争议。如果这些化石更古老，它们对小行星撞击前的最后时刻几乎说明不了什么。如果它们属于白垩纪最晚期，那就意义重大。

论文给出的答案是后者。研究团队利用新的地质年代学和磁性地层学提出，Naashoibito 段主要含恐龙的层位，距白垩纪—古近纪界线约 **34 万年** 以内。这样一来，新墨西哥的恐龙就足够接近末日，可以回应那个老问题：恐龙是否已经处于长期衰退之中，还是说小行星到来时，许多生态系统在区域上仍保持着多样性？

谨慎的答案并不是“恐龙当时全都过得很好，然后砰的一声就结束了”。这句话节奏不错，礼数却不太好。更准确、也更有用的说法是：在北美西部，一份年代测定可靠的南方记录支持这样一幅图景——晚期恐龙动物群在不同地区之间仍然各不相同，并不是一个低多样性的群落在各地同时衰退。

这已经足够了。它不需要再戴一顶更夸张的帽子。



新墨西哥州的 Bisti/De-Na-Zin 荒野，位于更广义的圣胡安盆地地区，是一片恶地景观。这张图用于提供背景，并非《Science》论文的证据：该研究的论点建立在经过年代测定的含化石地层之上，而不是风景之上。

“约 34 万年以内” 在这里是什么意思？

小行星撞击和白垩纪—古近纪界线的年代约为 **6605.2 万年前**。问题在于，含化石的岩石相对于这条界线处于什么位置。

作者并没有直接给恐龙骨骼测年，然后宣布一切已经尘埃落定。他们使用 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 地质年代学，测定 Naashoibito 剖面砂岩中的火山矿物颗粒，尤其是 sanidine 的年代；同时还结合了磁性地层学，也就是保存在岩石中的地球磁场反转记录。

简而言之：一个样品给出的最大沉积年龄为 **6687 ± 4 万年前**，另一个含恐龙样品给出的年龄为 **6638 ± 8 万年前**；磁极性模式则把该剖面的上部放在白垩纪最后一个反向极性时段内。综合这些限制条件，主要含恐龙层位就被定位在非常接近界线的位置。这是一只地质钟，不是秒表，但它已经足够精确，足以改变这场争论。

作者做了什么

团队结合了两类彼此配合的工作。首先，他们进一步确定了 Naashoibito 段的年代。该地层单元位于更古老的坎帕阶岩石之上、早古新世岩石之下，但其确切年龄一直有争议：一些早期解释把它放在约 7000 万至 6900 万年前，另一些则主张它属于白垩纪最晚期，还有少数说法甚至把部分记录推到了古新世。作者测量了地层剖面，采集了含恐龙化石地点的样品，用 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 方法测定碎屑 sanidine 颗粒的年代，并将该剖面与已知的磁极性时段对应起来。

其次，他们考察了动物群在其环境背景中的样貌。他们汇集了北美西部从坎帕阶、马斯特里赫特阶到早古新世的陆生和淡水脊椎动物出现数据，然后利用生态学和生物地理学方法，检验这些动物群究竟具有区域性，还是趋于一致。关键术语是 **provinciality**：不同地区是否拥有各自不同的群落，而不是到处都是同一批动物。

这很重要，因为关于恐龙晚期历史的一种说法认为，北美西部在马斯特里赫特阶变得更加同质化，区域差异减少，动物群也更加广布。一个更加均一、低多样性的系统，似乎更容易被想象成在小行星到来前已经很脆弱。一个具有区域结构的系统则讲述了另一种故事。

他们发现了什么

年代测定是关键。两个含恐龙的 Naashoibito 样品都带来了马斯特里赫特阶晚期的年代限制。砂岩样品 H08-Sand-08 给出的最大沉积年龄为 **6687 ± 4 万年前**。来自 “34-Bone Site” 的样品含有一具部分赖氏龙亚科鸭嘴龙骨骼，其给出的最大沉积年龄为 **6638 ± 8 万年前**。结合磁极性记录，作者将 Naashoibito 主要含恐龙层位确定在距 K-Pg 界线约 **34 万年以内**。

这使圣胡安盆地的记录与更北方、更加知名的赫尔克里克动物群大体同时代。它还把 Naashoibito 恐龙与最早的古新世 Nacimiento 动物群区分开来，两者相差约 **70 万年**；这一点很重要，因为谁也不想不小心把非鸟类恐龙放到灭绝界线的错误一侧。那样既不整齐，也不正确。

生态学结果是另一半。作者分析的白垩纪最晚期各时段中，都发现了北美西部存在**两个生物省**的证据。单独分析恐龙时，在研究涵盖的所有白垩纪最晚期时段里，它们都分成了两个生物省。论文认为，这

些区域差异并没有在小行星撞击前简单地收缩成一个统一的动物群。

造成这种格局的并不只是一条从北到南画出的线。他们的分析指出，在白垩纪，**温度**是塑造这些生物省的主要因素，地理位置则起次要作用。较温暖的南方地区可能更有利于某些动物，例如蜥脚类；较凉爽的北方地区则更有利于另一些动物，例如鸭嘴龙亚科。重点并不是每个生物省都比其他生物省更健康，而是白垩纪晚期的地图仍然有结构。

这项研究没有证明什么

- 它**没有**证明世界各地的恐龙一直繁盛到小行星撞击。作者明确指出，这仍主要是一幅北美图景。
- 它**没有**抹去某些类群、地区或分析中显示衰退的证据。它反对的是过于平滑的整个大陆故事，而不是灭绝前压力的每一种可能版本。
- 它**没有**表明小行星并不重要。撞击仍然是界线处的主要事件；这篇论文问的是，被撞击的生态系统处于什么样的状态。
- 它**没有**把新墨西哥变成一扇观察整个地球的完美窗口。它只是为一份由北方地点主导的记录补上了一个缺失的南方数据点。
- 它**没有**让“繁盛到撞击发生前”成为一个稳妥的标题。这是把主张推到最宽泛的说法，而不是最清晰的研究结果。

证据有多强？

对于 Naashoibito 含恐龙层位的年代，正文证据已经强到足以产生影响。作者把碎屑 sanidine 颗粒的放射性同位素年代与磁性地层学结合起来，关键年代也与白垩纪最晚期的解释相吻合。论文还直接处理了较早的争议：这些化石究竟年代更早、属于白垩纪最晚期，还是甚至属于古新世。

但仍有一个技术层面的保留。详细的地质年代学、磁性解释和数据表位于《Science》的补充材料中。论文正文给出了必要的主张和数字，但在把每一项方法细节视为已经确定之前，最终发表前的核查仍应查看补充材料。

对于更广泛的生态学主张，证据具有启发性，也很有用，但更多地依赖模型。作者使用出现数据集、聚类 and 重采样来推断生物省。这是适合回答该问题的工具，但也意味着结果取决于化石采样、分类单元归属、时间分箱方式，以及如何处理缺失记录。化石记录是一种缺了几颗牙的数据。

因此，最稳妥的解读需要分开来看：新墨西哥记录是一份真实且重要的白垩纪晚期南方记录；北美西部在末日前后仍保有区域性动物群结构这一结论，得到了作者分析的有力支持；但不要把这一步进一步跳跃成全球恐龙健康状况的结论。

为什么重要

关于恐龙衰退的老争论，不只关乎恐龙。它还关乎一份化石记录究竟能承载多大的分量。

如果最好的白垩纪末期记录来自北部大平原，人们很容易让这份记录代表整个大陆，再让整个大陆代表全世界。这样做很高效。但这也是区域模式如何乘上电梯、没买票就变成全球故事的方式。

新墨西哥的结果让故事不再那么平滑。它说：看看南方。这里有一个接近界线的含恐龙地层单元。这里的动物群并不只是北方动物群的复制品。这里有证据表明，温度和区域生态在这场游戏接近尾声时仍然重要。

这并不会削弱小行星带来的灾难性影响。恰恰相反，它让这场灾难显得更加尖锐。撞击到来的时候，面对的不是一个已经被简化的单一生态系统，而是一组仍各自保有独特组织方式的区域世界。

这篇论文还有一个更安静的启示。可靠的年代测定会改变叙事。一组没有确切年代的化石，可能变成一则长着骨头的传闻。把它放到时间尺度上正确的位置，同一批化石就成了证据。

简明总结

《Science》的一项研究重新审视了新墨西哥的 Naashoibito 段，这是一套含恐龙化石、年龄长期存在争议的地层单元。作者利用碎屑 sanidine 的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代测定和磁性地层学，将主要含恐龙层位的年代限制在距白垩纪—古近纪界线约 34 万年以内，使它们成为北美已知的最后一批非鸟类恐龙，并与更北方的赫尔克里克动物群大体同时代。随后，他们对北美西部脊椎动物出现记录进行生态学和生物地理学分析，提出白垩纪晚期的动物群仍保有区域结构：恐龙分成了两个生物省，而温度似乎是造成这些差异的重要因素。该结果反驳了这样一种观点：在小行星撞击前，整个大陆只有一个低多样性的恐龙动物群，并且在各地均匀衰退。它并不能证明全球恐龙的健康状况，不能解决有关衰退的所有争论，也不能说明所有恐龙都一直繁盛到末日。它说明的是，更准确测年的南方记录让北美最后的故事更加区域化、更有结构，也不那么平滑。

不绕弯检查

论文显示了什么：新墨西哥 Naashoibito 段的含恐龙层位属于白垩纪最晚期，可能距 K-Pg 界线约 34 万年以内；北美西部的脊椎动物记录支持末日前后持续存在区域性生物省。

什么是合理但尚未证实的：许多恐龙生态系统在小行星撞击前仍然稳健；温度帮助维持了不同的南北动物群世界；“整个大陆简单衰退”的旧观点过于平滑。

它没有显示什么：恐龙在世界各地都很繁盛；没有任何类群或地区正在衰退；小行星不是灭绝的主要触发因素；仅凭新墨西哥就能改写白垩纪末期的全球故事。

主要局限：区域性化石记录；依赖模型的生物省分析；化石采样偏差；详细的地质年代学和出现记录方法仍需对照《Science》补充材料进行最终核查。

一般读者应有多大信心？可以高度确信，新墨西哥如今提供了一份重要的白垩纪晚期南方恐龙记录。可以较有把握地认为，北美西部在末日前后仍保有区域性动物群结构。至于把它压缩成“恐龙在小行星到来前一直到处都没问题”，信心应当很低。真实的结果更好：最后一章不是一个平坦的、覆盖整个大陆的故事。

来源

Flynn et al., Late-surviving New Mexican dinosaurs illuminate high end-Cretaceous diversity and provinciality, Science 390, 400-404 (2025)
<https://doi.org/10.1126/science.adw3282>