



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 · 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)

末日临近时来自南方的见证

关于最后一批恐龙的故事，常常借助北部大平原的记录来讲述：蒙大拿、达科他地区、地狱溪的世界。那里的化石记录足够好，因而变得耳熟能详；而熟悉很容易冒充完整。化石分布并不均匀，因为历史没有好心到替我们整理归档。

一篇新的 *Science* 论文带来了来自南方的见证。作者研究了新墨西哥州圣胡安盆地的纳阿绍伊比托段 (Naashoibito Member)，这是一个含化石的岩层单元，其年代已经争论了几十年。如果这些化石更古老，它们就无法为小行星撞击前的最后时刻提供多少信息；如果它们属于白垩纪最晚期，意义就会大不相同。

论文给出的答案是后者。团队利用新的地质年代学和磁性地层学，论证纳阿绍伊比托段主要含恐龙层位距白垩纪—古近纪界线约 **340,000 年以内**。这使新墨西哥州的恐龙记录足够接近末日，可以参与回答那个老问题：恐龙是否早已陷入长期衰退，还是撞击发生时许多生态系统仍保有地区多样性？

谨慎的答案不是“恐龙全都过得很好，然后砰的一声”。这句话节奏不错，分寸却很差。更好的答案范围更窄，也更有用：在北美洲西部，一份年代测定可靠的南方记录支持这样一幅图景——晚期恐龙动物群仍存在地区差异，并不是同一个低多样性群落在各地同时衰落。

这样就够了，不需要再给它戴一顶更响亮的帽子。



新墨西哥州比斯蒂/德纳津荒野，是圣胡安盆地更广大区域内的一片恶地地貌。图像仅供背景参考，并非 *Science* 论文的证据：研究论证依赖的是经过年代测定的含化石地层，而不是风景。

这里的“距界线约 340,000 年以内”是什么意思？

小行星撞击与白垩纪—古近纪界线的年代约为距今 **66.052 百万年**。问题在于含化石岩层相对于这条界线处在什么位置。

作者并没有直接测定恐龙骨骼的年代，然后就宣布问题解决。他们使用⁴⁰Ar/³⁹Ar 地质年代学，测定纳阿绍伊比托剖面砂岩中的火山矿物颗粒，尤其是透长石，并将这些年代与**磁性地层学**结合：即保存在岩石中的地球磁场反转记录。

简而言之：一个样本给出的最大沉积年龄为 **66.87 ± 0.04 百万年**，另一个含恐龙样本为 **66.38 ± 0.08 百万年**；磁性模式则把剖面上部置于白垩纪最后一个反极性时段。综合这些限制，主要含恐龙层位非常接近界线。这是一座地质时钟，不是秒表，但已经近到足以改变争论。

作者做了什么

团队结合了两类彼此不可或缺的工作。第一，他们收紧了纳阿绍伊比托段的年代范围。该单元位于较老的坎潘阶岩层之上、古新世早期岩层之下，但其确切年代一直存在争议：一些早期解释认为它形成于距今约 70–69 百万年，另一些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。作者测量地层剖面，在含恐龙地点取样，以⁴⁰Ar/³⁹Ar 方法测定碎屑透长石颗粒的年代，并把剖面与已知磁极性时段对应起来。

第二，他们考察这套动物群在整体背景下呈现怎样的面貌。他们汇集了北美洲西部坎潘期、马斯特里赫特期和古新世早期陆生及淡水脊椎动物的出现记录，再使用生态学和生物地理学方法，检验动物群具有地区性还是趋于统一。关键词是**分区性**：不同地区是否拥有不同群落，而不是各地都生活着同样的动物。

这很重要，因为关于恐龙晚期历史的一种说法认为，北美洲西部在马斯特里赫特期变得更加同质，地区差异减少，动物群分布更广。一个更统一、多样性更低的系统，很容易被想象成在小行星撞击前已经脆弱不堪。一个具有地区结构的系统讲述的则是另一个故事。

他们发现了什么

年代测定是论证的枢纽。两个含恐龙的纳阿绍伊比托样本都提供了马斯特里赫特期晚期的限制条件。一个砂岩样本 H08-Sand-08 给出的最大沉积年龄为 **66.87 ± 0.04 百万年**。“34 号骨骼地点”的一个样本含有一具不完整的赖氏龙亚科鸭嘴龙骨架，其最大沉积年龄为 **66.38 ± 0.08 百万年**。结合磁极性记录，作者把纳阿绍伊比托段主要含恐龙层位置于 K-Pg 界线前约 **340,000 年以内**。

这使圣胡安盆地记录与更北部、也更为人们熟知的地狱溪动物群大致处于同一时代。它还把纳阿绍伊比托恐龙与古新世最早期的纳西维托动物群分开约 **700,000 年**；这一点很重要，因为谁都不想误把非鸟类恐龙放到灭绝界线的另一边。那不只会把时间线弄乱，而且是错误的。

生态学结果构成另一半。作者分析了白垩纪最晚期的各个时段，发现北美洲西部存在**两个生物地理分区**的证据。单独分析恐龙时，在研究所涵盖的所有白垩纪最晚期时段中，恐龙都分成两个生物地理分区。论文认为，这些地区差异在小行星撞击前并没有简单坍缩成一个统一的动物群。

驱动因素并不只是地图上从北到南画出一条线。分析指向**温度**是白垩纪塑造这些生物地理分区的主要因素，地理位置则起次要作用。较温暖的南部地区可能有利于某些动物，例如蜥脚类；较凉爽的北部地区则可能有利于另一些动物，例如鸭嘴龙亚科。重点不是每个分区都比其他分区更健康，而是白垩纪晚期的地图仍然具有结构。

这项研究没有证明什么

- 它**没有**证明小行星撞击前，世界各地的恐龙都繁盛兴旺。作者明确指出，这在很大程度上仍是一幅北美洲图景。
- 它**没有**抹去某些类群、地区或分析显示的衰退证据。它反驳的是一种过度平滑的全大陆叙事，而不是灭绝前可能存在压力的每一种版本。
- 它**没有**表明小行星并不重要。撞击仍是界线处的主要事件；这篇论文追问的是，遭到撞击的究竟是什么样的生态系统。
- 它**没有**把新墨西哥州变成观察整个地球的完美窗口。它补充的是一个此前缺失的南方数据点，而既有记录一直由北方地点主导。
- 它**没有**让“繁盛直到撞击发生”成为一个稳妥的标题。那是最宽泛的说法，并不是最准确的研究结果。

证据有多强？

对于纳阿绍伊比托段含恐龙层位的年代，正文证据足够有力，具有实质意义。作者把碎屑透长石颗粒的放射性同位素年龄与磁性地层学结合起来，关键年代与白垩纪最晚期解释相符。论文也直接处理了这些化石究竟早得多、属于白垩纪最晚期，甚至属于古新世的旧争议。

但仍有一个技术性限制。详细的地质年代学、磁性解释和数据表收录在 *Science* 补充材料中。正文给出了必要主张和数字，但在把每项方法细节都视为定论之前，最终发表版本仍应核对补充材料。

对于更宽泛的生态学主张，证据具有提示性和实用价值，却更加依赖模型。作者使用出现记录数据集、聚类和重采样来推断生物地理分区。这类工具适合回答该问题，但也意味着结果取决于化石采样、分类学归属、时间分箱和缺失记录的处理方式。化石记录是一套牙齿残缺的数据。

因此，最稳妥的解读应当拆开来看：新墨西哥州记录确实是一份重要的白垩纪晚期南方记录；作者的分析充分支持北美洲西部在末日临近时仍保有地区动物群结构；但不应由此跳到有关全球恐龙健康状况的结论。

为什么重要

关于恐龙衰退的旧争论，不只关系到恐龙，也关系到一份化石记录能够承载多大的解释重量。

如果白垩纪末最好的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，却也正是地区模式如何不买票就搭电梯变成全球故事。

新墨西哥州的结果让故事不再那么平滑。它说：向南看。这里有一个接近界线的含恐龙岩层单元；这里的动物群并不只是复制北方动物群；这里有证据表明，在这场漫长演出的后期，温度和地区生态仍然重要。

这并不会让小行星撞击显得不那么灾难性。恰恰相反，它让灾难更加鲜明。撞击到来时，面对的不是一个已经简化成单一形态的生态系统，而是一组仍有各自结构的地区世界。

论文还有一条更安静的教训：可靠的年代测定会改变叙事。一组没有可靠年代的化石，可以变成一个带着骨头的传闻。把它放到时间轴的正确位置，同一批化石就会成为证据。

清晰摘要

一项 *Science* 研究重新检视了新墨西哥州的纳阿绍伊比托段，这个含恐龙岩层单元的年代长期存在争议。作者采用碎屑透长石⁴⁰Ar/³⁹Ar 测年和磁性地层学，把主要含恐龙层位限制在白垩纪—古近纪界线前约 340,000 年以内，使其成为北美洲已知最晚期的非鸟类恐龙之一，并与更北方的地狱溪动物群大致同时。随后，他们利用北美洲西部脊椎动物出现记录进行生态学和生物地理学分析，论证白垩纪晚期动物群仍保有地区结构：恐龙分成两个生物地理分区，而温度似乎是造成这些差异的主要驱动因素。结果反驳了一个低多样性、全大陆一致的恐龙动物群在小行星撞击前均匀衰落观点。它没有证明全球恐龙健康，不能解决关于衰退的每一场争论，也没有表明所有恐龙直到最后都在繁盛。它表明，一份测年更可靠的南方记录，让北美洲最后阶段的故事更具地区性、结构性，也不再那么平滑。

不绕弯核查

论文证明了什么：新墨西哥州纳阿绍伊比托段的含恐龙层位属于白垩纪最晚期，很可能位于 K-Pg 界线前约 340,000 年以内；北美洲西部的脊椎动物记录支持末日临近时仍存在持续的地区生物地理分区。

什么合理但尚未证明：许多恐龙生态系统在小行星撞击前仍然稳健；温度有助于维持南北方不同的动物群世界；过去那种简单的全大陆衰退叙事过于平滑。

它没有证明什么：世界各地的恐龙都在繁盛；没有任何类群或地区处于衰退；小行星不是主要灭绝诱因；仅凭新墨西哥州就能改写全球白垩纪末期。

主要局限：地区性化石记录；依赖模型的分区性分析；化石采样偏差；详细地质年代学和出现记录方法仍需与 *Science* 补充材料进行最终核对。

普通读者应该有多大信心？可以高度确信，新墨西哥州如今提供了一份重要的白垩纪晚期南方恐龙记录。可以较有信心地认为，北美洲西部在末日临近时仍保有地区动物群结构。对于把这一点压缩成“恐龙在小行星撞击前到处都过得很好”，应持低信心。真实结果更好：最后一章并不是一个平坦、全大陆一致的故事。

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>