

白垩纪恐龙灭绝的新解

张来明等 中国地质大学（北京）

白垩纪 - 古近纪生物大绝灭是发生在 6600 万年之前的一次大规模生物绝灭事件，这次绝灭事件对于地球上生活着的动物和植物来说是一场灾难，约有 75% 的动物和植物在这次生物浩劫中消失（图 1）。陆地上有一部分哺乳动物、翼龙类、鸟类、蜥蜴、昆虫和植物，海洋中有沧龙、蛇颈龙、菊石以及各种各样的浮游生物都发生了绝灭。而恐龙作为统治地球长达 1.7 亿年之久地球的霸主，很不幸，也在这次绝灭事件中消失不见了。

在这次大绝灭事件之后，地球的生物多样性在很长一段时间才得以恢复。但是这次大绝灭事件并没有摧毁地球上的所有物种，如哺乳动物与鸟类就存活下来，成为了新的优势物种。另外，许多物种在绝灭之后还发生了适应性的扩张，哺乳动物得到了空前发展，产生了许多新的物种，例如马、鲸、蝙蝠和灵长类。

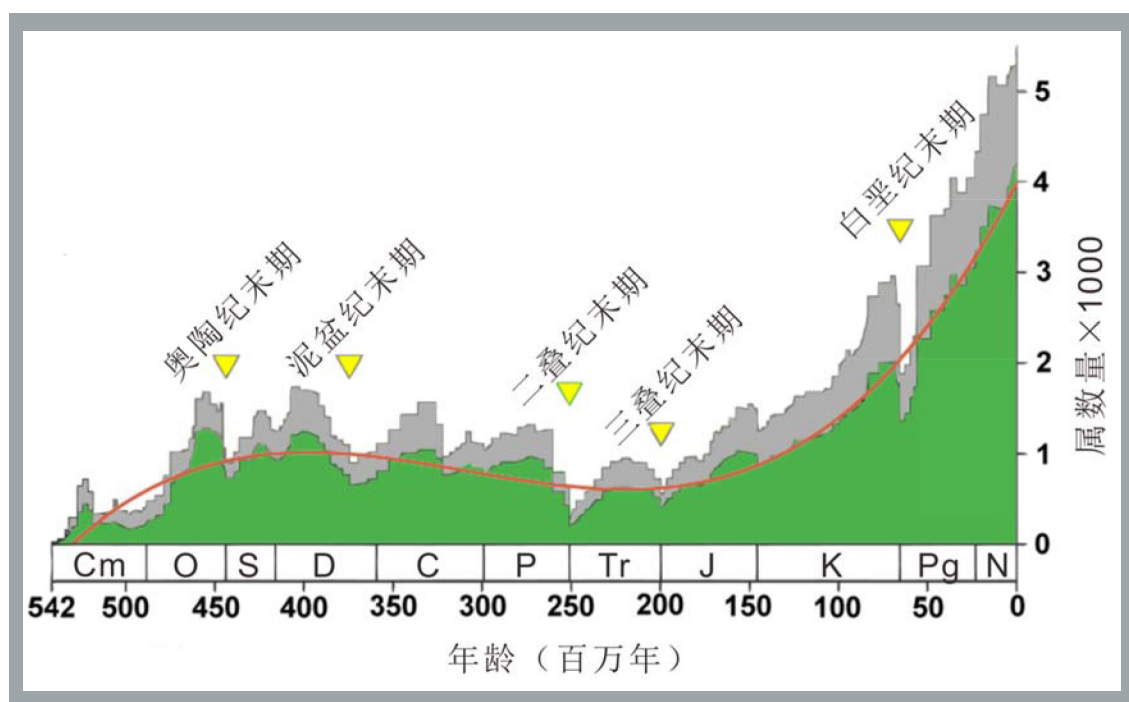


图 1 显生宙五次生物大绝灭

白垩纪末期恐龙灭绝的原因众说纷纭，目前影响力较大的是“小行星撞击假说”。该假说是 1980 年 Luis Alvarez 和他的团队研究发现的。他们团队在世界多个白垩纪 - 古近纪界线的黏土层中发现了异常高丰度的铱元素（Ir）。铱元素本身在地壳中的含量很低，而白垩纪 - 古近纪界线黏土层的铱元素丰度为正常值的近百倍。由于大部分小行星以及彗星中铱元素的丰度是很高的，因此，Alvarez





团队认为在白垩纪 - 古近纪之交发生了小行星撞击事件。他们推测这颗小行星的直径可达 10 千米，剧烈的撞击释放出相当于 100 万亿吨 TNT 炸药的能量，是氢弹爆炸能量的两百万倍。撞击假说提出约 10 年后，科学家在墨西哥湾的尤卡坦半岛 (Yucatan peninsula) 发现了直径为 180 ~ 200 千米的希克苏鲁伯陨石坑 (Chicxulub crater) (图 2)，进一步证实了小行星撞击的猜测。这次小行星撞击事件对整个地球的生态环境造成极其恶劣的影响，导致了全球性的降温、大范围的野火和酸雨，以及超过 11 级的地震、海岸线垮塌和巨大的海啸。



图 2 小行星撞击的陨石坑位置

(资料来源 :<http://www.jsg.utexas.edu/news/2016/10/drilling-into-dino-doomsday/>)

尽管很多证据支持现在的小行星撞击假说，仍有很多科学家提出了不同的意见。在地质历史时期，出现过多次的生物大绝灭事件，而这些大绝灭事件与大规模火山喷发事件有着紧密联系，如，二叠纪中期的峨眉山火山喷发事件、二叠纪末期的西伯利亚火山喷发事件和三叠纪末期的中大西洋火山喷发事件。特别是，白垩纪末期，德干高原开始大规模的火山喷发，这次喷发造成了全球性升温以及大范围的酸雨。而火山喷发出的玄武岩覆盖了整个印度大陆 (图 3)，共约 150 万平方千米，喷出的玄武岩在垂向上叠加上千千米，总量约 120 万千米。近年来，越来越多的研究开始关注这些地质事件之间的联系，并提出了小行星撞击很可能加剧了德干高原火山喷发。随着研究的深入，科学家发现仅依靠德干高原火山喷发或者小行星撞击单独作用，可能并不足以引发大规模绝灭，进而提出是多事件叠加共同导致绝灭的观点。





图3 德干高原火山喷发堆积的玄武岩

(资料来源: Archibald et al. (2010) 《Science》。)

中国地质大学(北京)王成善院士科研团队与美、英、德等多国科学家合作得出的最新研究成果为恐龙灭绝原因提出了新证据。通常,相对海洋环境而言,地质记录的不连续性和不完整性是制约精细研究陆地气候变化的“瓶颈”。为了突破这一“瓶颈”,王成善院士团队深入研究松科二井岩芯,获取了连续完整的地质记录,首次重建了相对连续的白垩纪-古近纪界线附近的陆相气候记录。

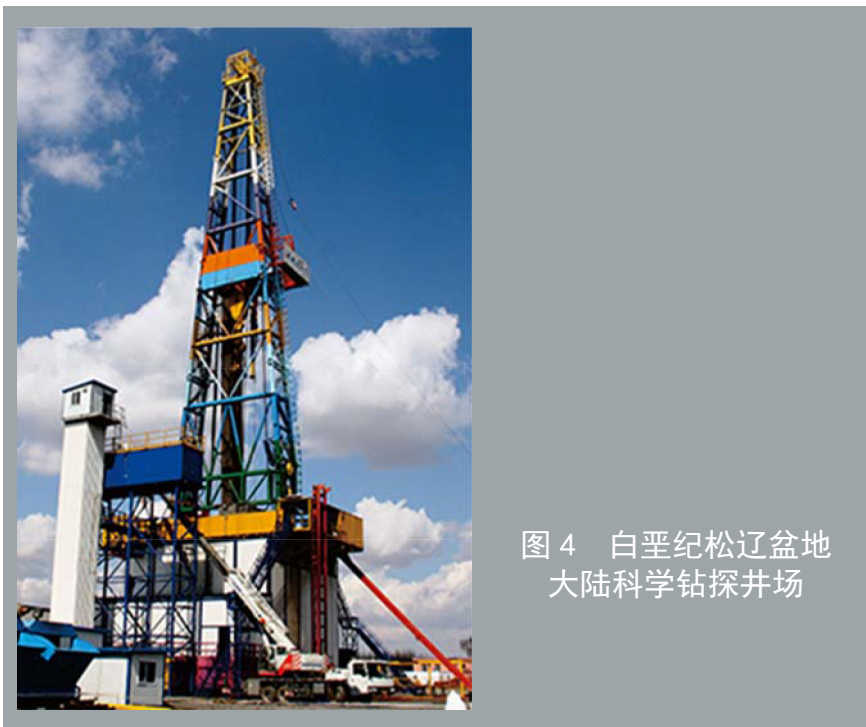


图4 白垩纪松辽盆地大陆科学钻探井场





这次重建的白垩纪 - 古近纪界线附近的陆相气候记录可以看出来，在小行星撞击地球之前约三十万年，地球上的温度和大气中的二氧化碳浓度都明显的升高，而这与德干高原火山喷发的时间高度一致。而根据陆相记录的研究还发现，在德干火山喷发之后，小行星撞击之前，松辽盆地约 2/3 的物种已经发生了绝灭（图 5）。这说明德干火山喷发与小行星撞击的连续二次打击是造成恐龙等物种绝灭的原因：首先，德干火山喷发导致剧烈的升温和二氧化碳浓度上升，破坏了生态系统的稳定性，造成了部分物种的绝灭；之后，短时间内小行星的撞击使原本不稳定的生态系统发生崩溃，形成了压垮骆驼的最后一根稻草。

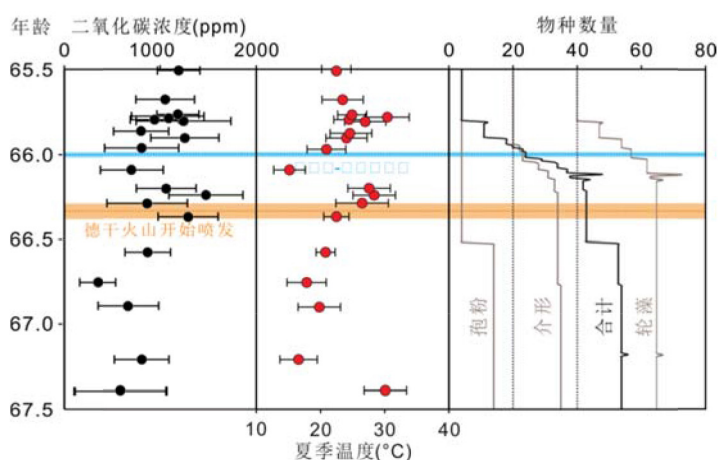


图 5 白垩纪 - 古近纪绝灭时期温度和二氧化碳浓度变化及物种绝灭

(资料来源 Zhang et al. (2018) 《Geology》)

此外，白垩纪 - 古近纪在地质历史中是典型的温室气候时期。这一时期赤道地区海水表面温度高达 36°C ，比现今高约 $8 \sim 10^{\circ}\text{C}$ ；赤道到两极温度梯度仅为 24°C ，比现今低约 25°C ；大气 CO_2 浓度是现今的 $2 \sim 4$ 倍。除个别短暂时期外，地球南北两极都没有冰盖发育；海平面比现今高约 50 米。

供稿：中国地质大学（北京） 张来明 高远