

科技新闻

·前沿动态·

蓝藻水华为何会在几天内“集体自杀”？

盛夏的湖面上，蓝藻水华常以惊人的速度蔓延，却又可能在短短几天内成片“崩溃”。不过，蓝藻的大规模死亡往往会引发更棘手的次生灾害：腐败的藻类会耗尽水中氧气，并释放微囊藻毒素，直接威胁鱼类生存与饮用水安全。

过去，人们通常将这种突然的衰亡归结于营养耗尽、气温骤降或风浪冲击。但这些外部因素很难解释一个反常现象——密集的藻团为何会像被点燃的导火索一样，从局部迅速“传染”到整片水域？

清华大学深圳国际研究生院的陶益、王潇雄团队给出了一种全新的解释机制：这可能是一场由铁元素和脂质过氧化共同推动的“铁死亡”（ferroptosis）。通过对云南滇池自然水华的长期追踪，结合实验室模拟，该研究团队

还原了这场“集体自杀”的全过程：从游离铁浓度上升、氧化压力积聚，直至最终的细胞膜破裂。2026年6月26日，相关研究成果发表于《Science》。

铁虽然是细胞生长的必需元素，但也是危险自由基反应的催化剂。当水华进入衰亡期，蓝藻细胞内活跃的二价铁含量显著增加，产生的活性氧开始疯狂攻击细胞膜上的多不饱和脂质。随着脂质过氧化产物的堆积和抗氧化防线（如谷胱甘肽）的退却，细胞膜的通透性急剧上升，最终导致细胞裂解。而真正让这场死亡在水域中迅速蔓延的，是一种“被截短的氧化磷脂”。

当细胞膜上的脂肪酸链被自由基切断后，这些分子就像一头扎在膜里、另一头四处狂舞的“刺客”，严重破坏了脂质的排列。分子模拟和实验显示，它们能在细胞膜上撕开纳米级的孔洞，导致离子和小分子泄漏，彻底瓦解细胞边界。

更致命的是，这些受损的脂质还会“逃逸”。它们不仅以游离态游走，还会聚集成微小的胶束进入水体。当带有氧化脂质的水体接触到健康的微囊藻时，就会像一串油脂做成的“化学火星”，在无需活细胞传递信号的情况下，直接点燃邻居细胞的脂质过氧化反应，引发

新一轮的死亡。野外成像也证实，滇池样品中死亡的细胞呈聚集分布，且与铁过载、脂质氧化区域高度重合。

“铁死亡”这一概念直到2012年才在哺乳动物肿瘤研究中被提出。微囊藻作为一种古老的原核生物，并没有像动物般经典的细胞凋亡程序。清华团队的这项研究，不仅在野外样本、实验室培养物和人工膜三层证据上实现了交叉验证，还准确抓住了执行和传播死亡的“元凶”——特定的氧化磷脂。

当然，自然界中的水华消亡是一个复杂的生态过程。病毒感染、细菌分解或是营养光照的改变，都可能成为扣动扳机的第一根手指；而“铁-脂质链”更像是一个高效的放大器，将局部的损伤迅速扩散。

（综合：清华深圳国际研究生院官网、《Science》）

陨石雨或让早期大陆迟到数亿年

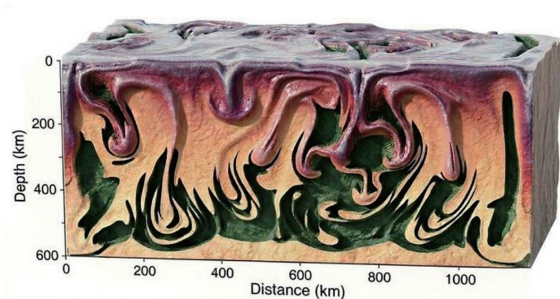
地球诞生之初的前5亿年被称为“冥古宙”（Hadean）。顾名思义，这曾被认为是一个如同炼狱般的熔岩火海。然而，地质学家在古老锆石中发现的线索却表明，那时的地球上可能已经有了液态水和零星的陆地。

这2个矛盾的画面困扰了科学界很久：早期的地球到底是一成形就迅速冷却了，还是在陨石的狂轰滥炸下反复回炉，直到很晚才得以孕育出稳定的大陆？

澳大利亚科廷大学联合昆士



卫星拍摄的伊利湖蓝藻水华呈明亮绿色涡旋
（图片来源：美国宇航局地球观测站）



撞击后的三维数值模拟显示,上地幔在数百千米尺度上翻涌

并产生不同成分的熔体:富含玄武岩的区域(紫色),

也包含玄武岩含量低的区域(绿色)

(图片来源:澳大利亚科廷大学官网)

兰科技大学、麦考瑞大学的研究团队给出了一个新的解释:长期阻碍早期地球“长出”稳定大陆的罪魁祸首,正是漫天飞舞的陨石。2026年6月26日,相关研究成果发表于《Science》。

过去,人们往往低估了陨石撞击带来的热量。一次大型撞击不是仅仅在地上砸个坑那么简单。高速天体的巨大动能在几分钟内转化为极其强烈的冲击热,直接穿透地壳、直达上地幔。受热的岩石膨胀上升、减压熔融,产生的新岩浆又把深处的高温带回地表。这种热异常可以持续数千万年之久。在陨石密集的早期地球,往往上一处“伤口”还没冷却,新的撞击就已经叠加上来。

研究团队将太阳系早期的陨石撞击模型与地球内部的热演化进行了综合计算。结果令人吃惊:在冥古宙时期,陨石撞击带来的“外来热量”甚至远超地球内部自身的放射性和原始的热量。

在这种极其爆裂的热源主导下,地球早期薄薄的地壳就像是在铁锅里被反复翻炒,地壳下方数千米的范围长期接近熔融状态,刚一成型的稳定大陆很快就

不仅解释了早期地壳为何难以保存,也顺理成章地说明了后来的大陆为何富含硅元素。

那么,地球究竟是什么时候才得以喘息的?

模型显示,在39亿年前,陨石撞击的频率大幅下降,这项“外来热源”迅速退居次席,地球的陆壳才终于有机会增厚并保存下来。巧合的是,目前已知的大陆地质记录也正是从这个时期开始增加的。由于地球表面不断被板块运动和风化侵蚀抹除,科学家们不得不向月球“借用”日历——月球表面坑坑洼洼的陨石坑,原封不动地记录了这几十亿年间的撞击历史,为地球的这一转折点提供了完美的旁证。

更有趣的是,这个新模型完美解决了一开始提到的“水火不容”的矛盾。撞击发生后,虽然几千米以下的深处依然保持着熔融状态,但地球最表层却

会被重新熔化、回收。

这种反复的熔融也悄悄改变了地壳的成分:富含铁、镁的致密物质由于较重而容易下沉,富含硅的较轻物质则像浮沫一样逐渐留在浅层。这

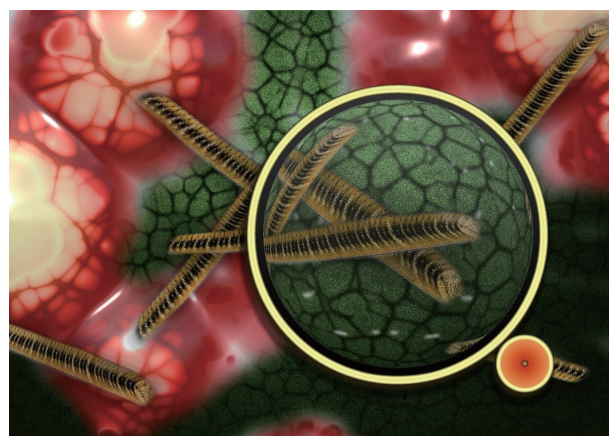
可能短暂冷却,甚至与液态海水接触。这就意味着,古老锆石所记录的低温水环境,其实是一层覆盖在滚烫地幔之上的、薄且短命的“冷皮”。

(综合:科廷大学官网、《Science》、EurekAlert)

细菌如何在抗生素处理后“死灰复燃”

一轮抗生素治疗后,培养皿里常剩下极少数细菌。它们未必带有耐药突变,只是暂时把代谢和生长速率降低,等药物撤走后重新繁殖。这类“持留细胞”让慢性感染容易反复。过去的解释多把它们看成独自蛰伏的“幸存者”,贝勒医学院等机构的研究发现,“邻居”细胞还会把现成蛋白送过去。2026年6月26日,相关研究成果发表于《Science》

研究团队在大肠杆菌中建立了一把只对蛋白转移亮灯的开关:供体细胞制造Cre酶,受体细胞带着只有Cre进入后才会翻转的遗传标记。结果显示,正常培



细菌在抗生素压力下分形成释放膜囊泡的

供体和容易摄取囊泡的持留细胞

(图片来源:贝勒医学院官网)