

海洋科学快报

(内部交流)

本期执行编辑

冯志纲

2017年3月2日

目 录

- 研究加勒比海加剧飓风强度的暖水环
- 去年的厄尔尼诺波动以前所未有的程度冲击加利福尼亚海岸
- 研究人员用高分辨率模型捕捉极端波
- 金刚石 20 亿年的生长过程记录了地球碳循环早期的构造变化
- 地核的“石英”晶体为其磁场提供能量
- 洞悉导致地震的物理现象
- 海冰融化可能会导致北极物种的自然生物钟变快
- 水温变暖可能引发深海物种的饥饿和灭绝
- 景观改变下鱼类的赢家和输家
- 石油和天然气废水泄漏改变西弗吉尼亚水域微生物
- 空气污染可能掩盖了 20 世纪的海冰损失
- 科学家发现甲烷催化剂是如何制造的
- 研究量化了北卡罗来纳州河流水量减少对鱼类和水生昆虫多样性的影响
- 海洋生物多样性的热点区域受全球变暖的影响最为严重
- 研究人员调查气候变化对珊瑚礁和贝类的影响

中国科学院海洋研究所 主办

中国科学院海洋研究所文献信息中心、中国海洋湖沼学会秘书处 承办
青岛市南海路 7 号, 266071, bjb@qdio.ac.cn, 0532-82898750

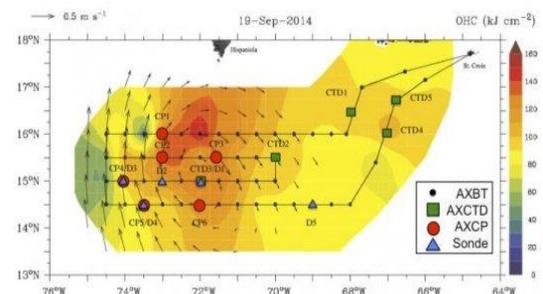
● Study targets warm water rings that fuel hurricane intensification in the Caribbean Sea

研究加勒比海加剧飓风强度的暖水环

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016JC012339/abstract;jsessionid=413E741048ADBA493BB3CD0489BAF7F6.f03t01>

研究发现,去年毁灭性的5级飓风马修可能是由存在于加勒比海上游的大规模温水环所致。

该科学团队获得了一个可能来源于北巴西流的大尺度暖水环的重要物理特征。研究人员还分析了其在热带气旋通道期间对次表层海洋条件的潜在影响。在分析数据时,他们发现一个障碍层,这是由亚马逊奥里诺科河淡水流出产生的上层海洋特征,会使得大风时期上层海洋混合的效率变低。这一特点以及暖水环加强飓风强度的这一事实导致科学家推测,拥有暖水环的障碍层可能会更加有利于飓风加强的海洋环境。热带风暴从其周围的海水接收能量。随着风暴在水面移动,它可能与涡旋相互作用。随着风暴向这些涡旋移动,下面的暖水就会通过加强并维持热通量和水汽通量来加剧风暴的强度。据研究人员介绍,为了更好地理解马修的强化是否受到暖水环的辅助和加勒比海上层海洋的障碍层,需要更多该地区上层海洋风暴的观测,来提高模型的预测。



(赵军 编译; 王琳 审校)

● Last year's El Niño waves battered California shore to unprecedented degree

去年的厄尔尼诺波动以前所未有的程度冲击加利福尼亚海岸

<http://www.nature.com/articles/ncomms14365>

科学家说,去年的厄尔尼诺对于加州南部的居民来说可能比较弱,但却是过去145年来最强大的天气事件之一。一些研究表明,如果剧烈的厄尔尼诺事件在未来变得更加普遍,加州海岸会有超过2500万人可能会越来越容易受到沿海灾害的攻击。加州大学圣芭芭拉分校(UCSB)和其他机构的科学家进行的一项新研究发现,2015-2016年的厄尔尼诺现象,冬季太平洋海岸海滩侵蚀高出正常情况的76%。本结果发表在《自然通讯》杂志上。

UCSB海洋生态学家同时也是合著者David Garrison说:“这项研究说明使用区域合作的长期数据对于理解沿海生态系统对环境变化响应具有重要价值。对于理解沿海过程,我们需要这种规模的数据来理解海岸生态的发展。”该论文的第一作者是美国地质调查局地质学家Patrick Barnard,他说:“2015-16年冬季的波能量等于或超过西海岸测量历史的最大值,导致该区域海

岸的极端侵蚀。”然而从水资源角度看，最近的厄尔尼诺现象导致降雨异常低。Hubbard 说：“缺乏降雨意味着沿海河流产生很少的沙子填补海滩,所以恢复缓慢。我们需要了解这些挑战，包括海平面上升和厄尔尼诺峰值期间出现的各种问题。然后我们需要修复并管理海岸来保护海滩生态系统。”

(赵军 编译; 王琳 审校)

● Researchers Catch Extreme Waves with High-Resolution Modeling

研究人员用高分辨率模型捕捉极端波

<http://newscenter.lbl.gov/2017/02/15/catch-extreme-waves-with-higher-resolution-modeling/>

美国能源部劳伦斯伯克利国家实验室的科学家使用几十年的全球气候数据生成空间分辨率约 25 公里的模型,研究人员能够捕捉热带气旋(也称为飓风和台风)的形成,以及它们生成的极端波。而 100 公里分辨率的相同模型则错过了热带气旋和高达米的巨浪。他们的发现发表在近期的《地球物理研究快报》期刊上,展示了高分辨率气候模型的重要性。更好地预测极端波浪的率对沿海城市至关重要,包括军事、工业、航运和海上石油平台。

研究报告的主要作者 Ben Timmermans 博士后说:“大部分现有的全球气候模型不足以预测热带气旋。我们所研究的模拟是首次使用 25 公里分辨率的长期全球数据集。该研究也是首次专门检验在全球气候尺度中分辨率增加对海浪的影响。”通过对未来的高分辨率模拟,研究人员能够看看 21 世纪结束时可能的条件。研究人员还指出,在未来更加温暖的世界中,夏威夷最大的海浪预计将大幅增加。本研究的数据将免费供科学界广泛使用。

(赵军 编译; 王琳 审校)

● Diamond's 2-billion-year growth charts tectonic shift in early Earth's carbon cycle

金刚石 20 亿年的生长过程记录了地球碳循环早期的构造变化

<http://www.europlanet-eu.org/2-billion-year-old-diamond/>

对博茨瓦纳金刚石中的微小矿物包裹体的研究表明,金刚石晶体可能需要数十亿年的生长。单个金刚石检测到最大的年龄范围发现,金刚石内部含有 23 亿年形成的硅酸盐物质,其外部边缘是 2.5 亿年的石榴子石晶体。

包裹体的研究分析还表明,过去 25 亿年碳在大气圈、生物圈、海洋以及岩石圈之间的交换和沉积方式可能发生了显著变化。

“尽管含有大量包裹体的金刚石对珠宝商来说是有缺陷的,但是对于地质学家来说,这些是最有价值的标本”,这项研究的合作者-阿姆斯特丹自由大学的 Gareth Davies 教授说,“利用包裹体确



定单个金刚石不同部分年龄，进而观察金刚石形成过程随地质时期可能发生的变化以及与地球碳循环变化之间可能的联系。”

此次研究分析了来自博茨瓦纳东北部两个矿区 16 颗金刚石样品，其中奥拉帕矿区 7 颗，莱特哈卡内矿区 9 颗。阿姆斯特丹自由大学研究团队测定了金刚石包裹体中放射性同位素、氮和微量元素含量。尽管两矿区相距仅 40km，但是两矿区的金刚石包裹体的年龄范围和化学组成却具有明显的差异。

奥拉帕矿区金刚石包裹体年龄为 4 亿-14 多亿年之间，而莱特哈卡内矿区金刚石包裹体分布在小于 7 亿年和 20-25 亿年两个年龄段。然而在每种情况下，研究者都能够将包裹体中的矿物年龄和组分与地壳中局部发生的板块碰撞、大陆裂解或岩浆作用等构造事件联系起来，这表明构造事件引起的热波动和岩浆流体运动触发了金刚石的形成机制。

莱特哈卡内金刚石也为研究地球早期提供了鲜有的机会，最老的包裹体年龄可追溯到 23 亿年左右的大氧化事件（GOE）之前。

“金刚石中最老的包裹体具有较高的轻质碳同位素。由于植物进行光合作用时优先吸收 ^{12}C ，因此高轻质碳同位素的发现表明，在金刚石形成区，地球历史上具有比我们现今发现的更加丰富的生物来源的有机物质，”这项研究的首席 Suzette Timmerman 解释到。“大氧化事件之前地球内部的高温可能已影响了碳释放到金刚石形成区的方式，这可能是构造活动发生根本变化的证据，但由于我们现今数据较少，需要进一步研究来确定这是否是一个全球的现象”。

（杨娅敏 编译；王琳 审校）

● 'Quartz' crystals at Earth's core power its magnetic field

地核的“石英”晶体为其磁场提供能量

<http://www.titech.ac.jp/english/news/2017/037545.html>

东京工业大学地球生命科学研究所的研究人员在《Nature》上报道了关于地核的意外发现，包括对驱动地磁场能量源的认识，控制地核冷却和化学组分的因素以及地球形成过程中存在的条件。

地表下 3000km 处的地核主要是由一个液态金属球组成，周围是地幔熔融岩石。值得注意的是，在这样的深度范围，地心和地幔都承受着极高的温度和压力。此外，研究表明热浮力岩以每年几厘米的速度缓慢蠕动将地核热量带至地表，导致地质历史时期地核的逐渐冷却。然而，地核自形成以来的冷却程度一直是地球科学家们激烈争论的焦点。

东京工业大学地球生命研究所主任 Kei Hirose 在 2013 年报告指出，自地球形成 45 亿年以来，地核可能已冷却了 1000 摄氏度，并认为除非存在另一个尚未被发现的能量源，否则对于维持地磁场这种大量冷却是必要的。这一研究结果震惊了深部地球研究者们。

除地核冷却和地磁场能量源等问题外，另一个尚未解决的问题是地核化学成分的不确定性。“除主要的组分铁和一些镍之外，地核还含有硅、氧、硫、碳、氢和其他化合物约 10%的轻合金，但是我们不清楚这些元素的含量” Hirose 说。

在最新研究中，科学家们利用精密切割的金刚石将微小的尘埃大小的样品挤压到与地核相同的压力条件下，并利用模拟地核高温的激光束来加热样品。通过不同条件下对一系列可能的合金组分进行实验，研究人员惊讶地发现，开始样品中少量的硅和氧已经结合形成了与地表石英矿物组分一致的二氧化硅晶体。

“研究结果对于理解地核能量和演化具有重要的作用”，该研究的合作者 John Hernlund 说，“我们的计算结果显示地核中二氧化硅晶体的结晶作用可为地磁场提供巨大的新能源”。

（杨娅敏 编译；王琳 审校）

● Insight into a physical phenomenon that leads to earthquakes

洞悉导致地震的物理现象

<https://www.sciencedaily.com/releases/2017/02/170222113802.htm>

科学家们能很好地预测地震发生的地点，但对其发生的时间和毁坏量级还是一无所知。为更好地理解地震，宾夕法尼亚大学科学家正在研究一种称为“老化”的现象，两种物质彼此接触的时间越长，移动其所需要的力越大，这种阻力称为静摩擦力。例如断层静止时间越长，静摩擦力越大，断层就越强。

构造运动持续发生，应力在断层中不断累积，直到其超过静摩擦力开始滑动。研究人员认为，老化机理对于了解导致地震产生的断层潜在不稳定行为是至关重要的，若没有老化，断层很容易发生滑动，会导致频繁地发生小型地震或者甚至只是平滑的运动。老化导致偶尔的毁灭性的大地震的发生。

科学家在宏观尺度已研究断层运动和地质物质老化问题几十年，利用其产生的现象学理论和模型描述实验结果，但由于模型不是基于物理的，因此不能从基本物理学中推导模型。

该研究成果发表在《Physical Review Letters》，研究人员验证了描述关于老化的第一个基本理论，并解释随着负载的增加将会发生什么。最新研究中，研究人员通过改变材料上法向力的大小来了解负载对老化行为的影响。利用研究发现，当法向力增加时，仅接触量和可反应原子数量增加。

目前该团队正在研究当顶端在样品中停留极短时间内会发生什么情况。通过极短时间尺度的观察，就可获得化学键能量的详细情况，进而了解是否一些化学键很容易形成而其他的需要更长的时间形成。由于较容易形成的化学键是形成的第一个键，可能为洞察开始接触时发生的情况提供信息，因此研究它们是非常重要的。

该项研究工作除了能更好地了解地震外，还可能会引导生产更有效的纳米仪器。但研究人员希望通过了解老化能帮助他们预测地震发生的时间。

(杨娅敏 编译; 王琳 审校)

● Melting sea ice may be speeding nature's clock in the Arctic

海冰融化可能会导致北极物种的自然生物钟变快

<https://www.ucdavis.edu/news/melting-sea-ice-may-be-speeding-natures-clock-arctic>

加州大学戴维斯分校发表在《Biology Letters》上的研究表明，一些物种的春天似乎来的越来越早，北极自然生物钟变快与海冰覆盖的减少相关。这项研究涵盖了 12 年来西格陵兰戴维斯海峡约 150 英里内陆的野外观测，靠近拉塞尔冰川。每年 5 月初到 6 月末，研究人员每天观察物种生长的先兆。一种莎草物种在春季生发的时间比十年前早了 26 天，这是研究者在北极记录中看到的最大时间差。其它的物种并不着急，灰柳的生长并未有变化，一种矮桦树物种每十年仅提前了五天。虽然植物何时结束冬眠取决于物种，但研究表明北极的局面正在迅速地变化着，这些变化将对该地区今后几年的生态结构产生影响。首席作者 Eric Post 早前的研究展示了这种变化如何影响该地区的驯鹿。驯鹿在每年的产犊季节来到研究地点，利用有营养的植物帮助其从冬季中恢复过来并供养新生儿。但随着植物在春天发生了变化，驯鹿受季节性变化调节的内部生物钟并未跟上这种变化。尽管有食物存在但不如它们初长时那么有营养，导致出生的小鹿变少而夭折的变多。Post 说：“这仅是这种变化对消费者物种产生影响的一个例子。近期的研究中我们正在了解北极海冰损失的影响是多么地广泛和神秘。”

(韦秦怡 编译; 郭琳 审校)

● Warming temperatures could trigger starvation, extinctions in deep oceans

水温变暖可能引发深海物种的饥饿和灭绝

<https://phys.org/news/2017-02-temperatures-trigger-starvation-extinctions-deep.html>

来自 20 个世界顶级海洋研究中心的研究人员警告说，世界上最大的栖息地深海在 2100 年之前可能会面临饥饿和全面的生态变化。研究成果发表在本周《Elementa》杂志上。该研究利用地球系统模型来预测 2100 年温度、氧含量、酸度和深海食物供给的变化。作者发现到 2100 年，北大西洋和南、北冰洋深海底 (3000 至 6000 米深) 的温度预计会比现在上升 0.5 至 1.0℃。太平洋、大西洋和北冰洋半深海深处 (200 至 3000 米深) 的温度将上升更多，部分地区预计将上升 4℃。俄勒冈大学海洋生态学家 Andrew Thurber 指出气候变暖将加剧食物的缺乏。最有可能受到食物减少影响的地区是南、北太平洋，南、北大西洋和印度洋南北部。不仅如此，海

洋变暖在一些地区会加剧分层而在另一些地区会增加上涌，这可能会改变水中的营养和氧气，低氧水会影响渔业及沿海社区。Thurber 说：“北大西洋极易受温度、酸化、食物匮乏和低氧的影响，该地区的水从大气中吸收碳，然后扩散至全球范围，所以它可能会第一个感受到变化带来的冲击。回顾地球的历史我们可以看到，深海微小的改变将造成生物多样性巨大的变化。”

（韦秦怡 编译；郭琳 审校）

● **Winners, losers among fish when landscape undergoes change**

景观改变下鱼类的赢家和输家

<http://www.washington.edu/news/2017/02/21/winners-losers-among-fish-when-landscape-undergoes-change/>

华盛顿和西蒙弗雷泽大学的一项新研究发现，城市和农业发展侵占美国小溪和河流时，有些鱼成了输家而有些鱼会获益，物种的多样性有助于缓冲发展可能带来的生态系统受损。该研究成果在线发表在 12 月份的《Global Change Biology》上。作者分析了美国溪流约 8100 个位点 500 多种鱼类的数据，特别研究了鱼养分循环的量级，包括排泄物和鳃排泄。研究结果表明，物种多样性似乎帮助生态系统保持平衡。分析显示，最有助于缓冲生态系统的变化的是鱼的种类。鲶鱼这样更大的鱼类可以储存和排泄更多的营养，有助于生产力的流动。此外，用于垂钓的大型外来鱼种在土地使用发生改变时通常存活得更好且可作为生态系统的缓冲者。在西方国家，小溪和河流中一半以上的鱼类都是外来物种，尽管一些外来鱼类会带来潜在的生态系统危害，但研究者们指出它们在环境恶化中起的缓冲作用也日渐重要。

（韦秦怡 编译；郭琳 审校）

● **Air pollution may have masked mid-20th Century sea ice loss**

空气污染可能掩盖了 20 世纪的海冰损失

<https://www.sciencedaily.com/releases/2017/02/170223124327.htm>

研究人员研究了空气污染对 20 世纪海冰生长的影响，结果显示，人类改变北极海冰的时间可能比以前认为的更长。科学家自上世纪 70 年代中期以来，观察到北极海冰的减少，一些气候模型模拟表明该地区早在 1950 年就存在海冰消失。在一项新研究中，根据俄罗斯最近恢复的观测结果显示，海冰在 1950-1975 年期间是增长的，增长量与 1975-2005 年的减少量相当。研究者开始探究新观测到的世纪中叶海冰扩张的原因。这项新的研究支持了“观测到的北极海冰膨胀归咎于空气污染”的这一观点。研究人员说，主要来自化石燃料燃烧的空气污染粒子可能暂时隐藏了二十世纪第三季度全球变暖对北极地区的影响。这些粒子被称为硫酸盐气溶胶，将阳光反射回太空并冷却表面。最新研究表明，这种降温效应可能掩盖了全球变暖对北极海冰

的影响，并可能导致 1950-1975 年间俄罗斯在该地区航空调查记录中所观测到的海冰增长。为了测试气溶胶的想法，研究人员利用计算机模型模拟 1950-1975 年间在北极地区的硫酸盐气溶胶。这项研究的作者随后将硫酸盐气溶胶模拟与俄罗斯观测数据相匹配，这些数据表明在北极东部地区有相当数量的海冰增长。由此产生的模拟表明，气溶胶的冷却贡献抵消了二十世纪中叶温室气体增加持续变暖对北极部分地区的影响。根据新的研究，这可以解释当年北极海冰覆盖扩大的原因。气溶胶在大气中只停留几天或几周，所以它们的影响是短暂的。1980 年之后，随着清洁空气法的颁布，气溶胶冷却效果减少。根据这项研究结果，在没有这种降温作用的情况下，二氧化碳等长寿温室气体的变暖效应已经盛行，导致北极海冰损失。

（杨皓月 编译；王琳 审校）

● Oil and gas wastewater spills alter microbes in West Virginia waters

石油和天然气废水泄漏改变西弗吉尼亚水域微生物

<https://www.sciencedaily.com/releases/2017/02/170223092140.htm>

据罗格斯大学领导的研究称，石油和天然气产业所产生的废水在西弗吉尼亚的一个监测站点改变了下游微生物。该研究发表在《全环境科学》（Science of the Total Environment）杂志上。研究表明，含有石油和其他污染物的盐水的排放，改变了微生物的多样性、数量和功能。微生物群落的变化表明，随着污水胁迫的加强，它们的呼吸和养分循环发生变化。这项研究还记录了下游沉积物中抗生素耐药性的变化，但没有发现热点区域或高水平的耐药区域。此外，研究人员说，沉积物中的微生物变化可能会影响废水的处理和有益的再利用。

（杨皓月 编译；王琳 审校）

● Scientists discover how essential methane catalyst is made

科学家发现甲烷催化剂是如何制造的

<https://www.sciencedaily.com/releases/2017/02/170222131439.htm>

科学家们发现细菌能制造出一种促进二氧化碳转化为甲烷的成分，这使得利用二氧化碳生产甲烷的新方法又向前迈进一步。肯特大学生物科学学院 Martin Warren 教授带领的研究团队对甲烷菌所产生的关键分子，辅酶 F430 进行了探讨。F430 与血红素和叶绿素结构非常相似，这种亮黄色的辅酶的特性是使产甲烷细菌吸入二氧化碳而呼出甲烷。该研究团队发现，辅酶 F430 与血红素和叶绿素有相同的起始模板分子，但是使用不同的酶将起始原料转换为 F430。这个过程的关键是插入一个金属离子，将其粘进辅酶的中心。

（杨皓月 编译；王琳 审校）

● New studies quantify the impacts of water use on diversity of fish and aquatic insects in NC streams

研究量化了北卡罗来纳州河流水量减少对鱼类和水生昆虫多样性的影响

<http://www.rti.org/news/new-studies-quantify-impacts-water-use-diversity-fish-and-aquatic-insects-nc-streams>

近日，由美国北卡三角洲国际研究院（RTI）的生态学家领导的一项研究显示，鱼类和水生昆虫的健康可能受到来自北卡罗来纳州河流和溪流的淡水被抽取后的显著影响，该研究还量化了人类对水体的抽提对水生系统的生态健康造成的影响，以了解河流变化与鱼类多样性和水生昆虫丰富度之间的关系。

研究表明，人类破坏自然流动模式的行为将会导致鱼类和昆虫丰度和多样性的降低，对大多数鱼类来说，任何规模的河流流量的减少都将可能会导致鱼类数量减少。研究人员认为，世界范围内越来越需要更好地量化必要的河流流动模式，以确保水生物种，特别是鱼类和其他重要食物来源的充分生长。本研究在评估方面开创的方法在北卡罗来纳州及其以外的区域均具有广泛的相关性，代表着定义生态流量科学的重大进步。详细内容已发表在《Journal of the American Water Resources Association》上。

（江凤娟 编译； 郭琳 审校）

● Hot spots of marine biodiversity most severely impacted by global warming

海洋生物多样性的热点区域受全球变暖的影响最为严重

<http://advances.sciencemag.org/content/3/2/e1601198>

尽管众所周知人类活动可能导致环境变化，从而可能导致生态系统崩溃，但以前的研究并没有考察全球物种在海洋中的分布，及最容易受到气候变化威胁的海洋区域之间的重叠。近日，刊登在《Science Advances》上的一项旨在确定世界海洋最优先保护领域的研究，发现了六个“海洋生物多样性热点区域”，这些区域的生物多样性受到了来自气候变化和渔业压力严重影响。研究人员构建了一个包含 2,183 种海洋物种和三十多年海洋表面温度、洋流和海洋生产力信息的有价值的数据库，还评估了过去 60 年的捕捞产业数据。数据显示地球海洋的变化分布不均，极地和热带地区的变化最为显著。研究人员确定了生物多样性高的六个区域，包括大西洋、印度洋和太平洋的温带和热带的海洋区域。不仅是环境变化影响了这些物种丰富地区的海洋温度、

养分利用率和水流，捕鱼产业也导致了全球鱼类储量减少。对渔业数据的分析表明，渔获压力将继续，并进一步加剧这些地区鱼类种群的压力。研究人员称，在保护生物多样性时，应同时考虑到气候和捕捞产业的影响，呼吁国际社会通过渔业政策保护生物多样性，采取类似于全球范围内应对气候变化的方式。

(江凤娟 编译; 郭琳 审校)

● Professor examines effects of climate change on coral reefs, shellfish

研究人员调查气候变化对珊瑚礁和贝类的影响

<http://web.uri.edu/celsnews/new-uri-professor-examining-effects-of-climate-change-on-coral-reefs-shellfish/>

近日，罗德岛大学环境与生命科学学院的 **Hollie Putnam** 教授研究成果表明，一些珊瑚和贝类可能有足够好的“记忆”缓冲由全球气候变化造成的海洋化学的变化。

Putnam 教授正在研究多种海洋生物如何响应其环境的变化，她正在研究珊瑚礁和受到温度升高和海洋酸化威胁的贝类生物，以确定物种如何适应新的环境。**Putnam** 教授对环境如何变化、动物如何应对这些变化、以及动物适应这些条件的潜力非常感兴趣，特别是在不同的世代和生命阶段。

亲本经历过某些恶化的气候条件，其后代是否会表现得更好？如果是，其驱动机制是什么？在一项珊瑚研究中，**Putnam** 教授将亲代暴露于温度升高和酸化的气候条件下，然后将它们的后代暴露在相同的条件下，观察它们是否表现得更好。有趣的是，研究发现，父母的经历对子代有潜在的有益驯化作用，如果亲本已经经过未来条件的预处理，其子代能产生更积极的代谢反应和生态反应，从而更有利于生存和生长。目前 **Putnam** 教授正在用象拔蚌做类似的实验，她首先将它们暴露于不断增加的酸化条件下，然后将它们放回到正常环境条件，最后将它们再暴露于更高的酸化条件下以观察它们是否具有酸化条件的“记忆”，研究发现，驯化后的象拔蚌对酸化条件变得不敏感。为了解引起这种“记忆”的机制，她还进行了表观遗传学研究，以确定基因组的哪些变化使得物种适应环境的效应发生。

(江凤娟 编译; 郭琳 审校)