



图为灭绝动物渡渡鸟和猛犸象示意图。视觉中国供图

基因技术能让灭绝动物“起死回生”？

◎ 实习记者 李谔宇

斑鳖是现存体型最大的淡水龟鳖类动物，曾经遍布我国南方和越南广大地区，近百年来数量却急剧减少，濒临灭绝。4月24日，越南有关部门确认，栖息于该国同莫湖中的一只雌性斑鳖因不明原因死亡。而该斑鳖是目前为止世界上幸存的三只斑鳖中的一只，也是唯一的一只雌鳖。也许，斑鳖最终灭绝的命运已经难以逆转。

和斑鳖一样几乎灭绝或已经完全灭绝的物种还有很多。既然没有“时光机”，何不研究“复活药”？据美国媒体报道，美国一家生物技术公司日前宣布计划利用基因技术复活17世纪灭绝的鸟类——渡渡鸟。渡渡鸟、袋狼、猛犸象甚至是恐龙，都是人们尝试复活的“常客”。

那么，复活灭绝动物需要哪些条件？如果我们真的成功复活了灭绝动物，又该基于何种原则让其回归自然界？应该如何理解复活灭绝动物和保护濒危物种的关系？

复活灭绝动物：DNA保存难题待克服

“通常意义上的灭绝分两个层次，第一个层次是功能性灭绝，第二个层次则是真正的灭绝。”深圳华大生命科学研究院院长徐讯对记者说。

功能性灭绝指某类生物在自然条件下，种群数量减少到无法维持繁衍的状态，即失去了基本的生态功能，但仍可能有部分个体暂时勉强生存。华南虎目前就属于功能性灭绝，在野外难觅虎踪，仅在保护基地及动物园有少量华南虎存活。

真正的灭绝则是指一个物种的所有个体均已死亡，在地球上彻底消失了。例如，冰河时期的古生物猛犸象就属于真正的灭绝。我们只能通过博物馆中的冰冷化石来追忆这些曾经遍布西伯利亚草原的巍峨巨兽。

“对于功能性灭绝的物种，我们需要先扩大人工繁育种群，然后通过科学的野化训练，逐步将圈养个体重新引入野外环境，最后使它们达到种群自我维持的状态，即进行所谓的放归。”徐讯说。1981年，朱鹮的种群数量仅有7只，属于典型的功能性灭绝物种。在科研人员的努力下，截至2022年底，全球朱鹮数量已达9000余只。可惜，朱鹮的“幸运”难以复制到斑鳖种群上，缺乏雌性个体的斑鳖基本不具备通过人工繁育等方法扩大种群的条件。

“对已真正灭绝的物种，在伦理许可的前提下，只能通过采用包括克隆在内的基因工程手段进行复活。”徐讯表示。首先要获取灭绝物种的遗传物质或基因组信息；其次，要把遗传物质或基因组序列信息体外合成的基因组，利用体细胞核移植技术整合到现存近缘物种的卵母细胞中，使其

可以进行正常的有丝分裂和遗传信息的表达；最后要找到合适的代孕母体，将卵母细胞导入母体内进行发育。

有关专家认为，由于目前对古DNA的测序不能做到完整恢复遗传信息，复活出的动物的大部分DNA可能来自灭绝物种，但少部分DNA来自当代物种，因此，对灭绝动物的复活只能是部分复活，也就是复活出一个杂交物种。

徐讯介绍，2016年，深圳华大生命科学研究院曾参与一个国际项目，通过对一块带有皮毛的冻存猛犸象肌肉样本进行基因测序，帮助国际合作者进行猛犸象的基因鉴定。国际合作者在深圳华大生命科学研究院工作的基础上，进行了猛犸象细胞培养。此外，还有一些国外科学家试图通过把猛犸象的基因组片段编辑合成后加入亚洲象基因组，以达到在亚洲象的基础上恢复猛犸象特征的目的。但目前这些尝试均尚未取得明显突破。

有关研究曾指出，在不同的保存条件下，DNA的半衰期有所不同，在温度较高等不利条件下，DNA的半衰期最短不过30年，在低温等有利条件下，最长也不超过16万年。较短的半衰期，让通过DNA测序完全复原灭绝动物变得极为困难。因为大多数完全灭绝动物灭绝较久，即使灭绝时间有限的猛犸象、渡渡鸟等物种，其遗骸也并非全部保存在适宜的条件下，可能早已降解殆尽或质量极差。即使有少部分遗骸妥善保存，其数量也往往不足以支撑复活研究。

“或许人类离真正在技术上复活猛犸象等灭绝物种还有很远的路要走。”徐讯表示，“但科研工作者在这方面不断努力，不仅推动了科技的进步，也带来了许多其他方面的潜在应用场景。”

进行科学评估：解答复活动物放归之问

尽管复活灭绝动物困难重重，但我们仍不免畅想，假如灭绝动物真的在科学家的努力下重回地球，我们又该如何处置这些复活后的灭绝动物呢？是应该将之放归大自然，抑或将其关在人造的囚笼中？

“当我们谈到灭绝动物是否应该放归大自然的问题时，我们需要在科学评估的基础上，着重考虑两个具体问题。”徐讯介绍，“其一，这个物种能不能适应当下环境，也就是我们能否放归；其二，这个物种会不会破坏现有的生态环境或生态平衡，也就是我们是否应该放归。”

要想把复活后的灭绝动物放归大自然，首先需要考虑目前的自然界是否满足其生存所需的必要条件。对于那些灭绝时间较久的物种来说，现在地球的环境已经发生了改变，自然界可能不再能满足该物种生存的必要条件。

其次，需要考虑的是该物种是否具备适应环境的能力。“因为技术限制，科学家在复活一个灭绝动物的时候，很难完全保留其所有本该有的遗传特征，或多或少地会有一些特征的丢失或替换。”徐讯补充说，“在这种情况下，复活后的灭绝动物是否还能保有灭绝前的生存和适应能力，是一个需要充分考虑的问题。”

即便一个复活后的灭绝动物完全具备对现有环境的生存和适应能力，以破坏现有生态环境和生态平衡为代价将其放归仍是不可取的。“在一些物种灭绝之后，当下的生态环境已经形成了新的平衡。如果不加考虑地重新放归复活后的灭绝动物，平衡可能会被打破，需要付出更大的生态代价才能形成新的平衡。”徐讯说。

此外，基因污染是另一个需要考虑的问题。“如果复活的物种与现有物种进行杂交，可能会造成现有物种种群基因的污染。”徐讯表示，“这种污染可能造成远交衰退，进而严重破坏现有物种种群，甚至导致现有物种的灭绝。”

徐讯进一步指出，灭绝动物放归之问并非简单的问题，需要考虑的因素很多。如果复活一个物种，仅仅是为了满足人类的好奇心或用于展示，那么复活的将大打折扣。

保护现有物种：避免更多灭绝惨剧发生

复活灭绝动物和保护尚未灭绝的濒危物种是互相促进的关系，二者应并重而不可偏废。“保护濒危物种是为了预防物种灭绝，而复活灭绝动物不仅可以助力濒危物种的保护和保育，也可以助力提高生物多样性。”徐讯说。

有关专家认为，研究复活技术能帮助扩展濒危物种的种群数量和遗传多样性水平。例如，美国某公司通过复活濒危物种黑足鼬，为丰富其基因库作出了巨大贡献。

灭绝物种复活研究的第一步，往往是对这个物种灭绝前遗传状态的充分理解。“研究灭绝物种在灭绝前的遗传状态，以及该物种从繁荣到灭绝的整个过程中遗传状态的变化规律，会对濒危物种濒危机制的研究提供最直接的参考。”徐讯说，“如果仅研究现有物种，很难得到对濒危物种的保护具有极大推动作用的信息。”

徐讯表示，从保护基因组学的角度出发，评估分析濒危物种近交和远交的程度、遗传多样性的高低、不同种群之间的基因交流、有害突变的积累和清除等要素，有助于更充分地理解其濒危状态、认识其濒危程度，能为保育濒危物种提供科学指导，为诸多问题提供参考。

千姿百态的各类物种，既是美丽地球的瑰宝，更是人类走向未来的无尽财富。“我们并不希望通过更多现有濒危物种灭绝的经验，来告诉我们怎么保护尚未灭绝的濒危物种。”徐讯坦言。

新知

稀树草原研究新成果 或改写古猿进化历史

◎ 实习记者 沈唯

人类的祖先古猿是何时开始从四肢爬行进化成双腿直立行走，进化的契机和过程又是怎样的？这个未解之谜一直是人类学领域重要的研究课题。主流的一种猜想认为，人类能够直立行走，是我们的祖先在稀树草原环境中进化适应的结果，这一猜想被称为稀树草原假说。

日前发表在美国《科学》杂志上的两项研究显示，耐旱草本植物在非洲崛起的时间比原先认为的早1000万年左右，古猿的一些重要形态特征正是为了适应树木减少、草地增加的环境而进化出来的。

稀树草原假说的依据是什么？稀树草原出现的时间提前对古猿进化研究有何影响？5月4日，中南大学遗传学教授黄石在接受记者采访时对上述问题进行了解答。

稀树草原出现时间与古猿进化息息相关

稀树草原是非洲的代表性景观，是一种在开阔草地上散布着零散树木的生态系统。在稀树草原中占据主导地位的是碳4草本植物，这类植物对水的利用率较高，能适应高温、干燥气候。

黄石介绍，稀树草原假说的关键在于远古时代的冠层森林是何时转变成稀树草原，以及这个时间点是否与古猿开始直立行走的时间一致。“因此把稀树草原出现的时间提前到1700万—2000万年前，将对古猿进化的研究范式产生颠覆性影响。”黄石说。

过去的研究认为，稀树草原出现的时间或者说人类离开冠层森林的时间大约是在距今1000万年前，与分子钟计算的人类与黑猩猩分离的时间大致一致。黄石表示，得出这一结论的主要依据是碳同位素测量所判定的碳4植物的出现时间，但由于1000万年前的数据较少，因此该结论并不明确。

按照稀树草原假说，由于在这样的环境中需要长时间行走来寻找食物和水源，人类便逐渐演化出了直立行走的行走方式。与四肢爬行或者在矮树丛中生活的动物相比，直立行走可以让人类的视野更加开阔，也更容易观察周围的环境和发现潜在的危险。

离开森林对于古猿而言意味着需要适应草原、半干旱地区等新的地貌和气候环境，还需要发展出更为复杂的社会关系以开展狩猎、分工合作等活动。这些进化适应和变化为人类的进化奠定了基础，推动了人类的进一步进化和智慧的发展。

“稀树草原假说并不是解释人类为什么能够直立行走的唯一理论，也不是被充分论证的理论。”黄石补充说，其他的理论假说还包括水栖人理论、树栖理论、热调节理论、运输理论等。而稀树草原假说在众多假说中占据主流地位的原因，可能是它解释了古人与猿类在生存环境方面的主要差别——前者是在稀树草原，后者则是在森林。

新结论或对古猿进化研究具有颠覆意义

分析碳4草本植物可以确定稀树草原的出现时间，而古猿的牙齿特征可以用来分辨其食用食物的种类，古猿的骨骼特征则能够用来判断其体型大小和运动模式。

除此之外，黄石还介绍了古猿进化研究中其他的常见研究线索。例如，分子遗传学通过研究DNA序列来了解古猿的亲缘关系、种群分化和进化速度等方面的信息；生物地理学通过研究古猿化石在地理空间上的分布来了解古猿的演化历程、迁徙和适应能力等方面的信息；动态地层学通过对岩石及沉积物的层序和年代测定来确定古猿化石的年代和演化时间线。

在近期发表的两项新研究中，来自美国、加拿大、肯尼亚等地的研究团队对非洲东部9个哺乳动物化石的出土地点进行考察，分析发现在距今2100万年至1600万年间，碳4草本植物在这些地区已经非常丰富，植被环境多种多样，既有茂密的森林，也有点缀着树木的草原。

而另一个由美国、乌干达等地的科学家组成的团队则研究了乌干达莫罗托地区一个有2100万年历史的遗址，通过分析当地出土的莫罗托古猿的骨骼和牙齿特征，发现莫罗托古猿生活在会发生季节性干旱的林地—草原开阔环境中，主要食物是含水量较低的叶子，而不是多汁的成熟果实，其行动模式除了在树上吃叶子和水果，也包括经常在树下行走，通过草原开阔地，从一片树林走到另一片树林。

这两项研究从多个层面把稀树草原出现的时间点往前推了1000万年左右，黄石认为，这对推算古猿行走模式的变化时间点具有重要意义。

“按照最新研究得出的结论，如果目前主流认为的根据分子钟计算的人猿分离时间属实，即700万年前，那么现在流行的稀树草原假说就必须被推翻。”黄石解释，若该理论成立，则不能解释为何双腿直立行走模式不是与稀树草原同步出现。古猿生存环境从森林到稀树草原的巨大改变，理论上也会引起古猿生存方式和生理模式的相应剧变。但如果分子钟计算出的结论成立，则意味着这种变化在很长一段时间内并没有发生。

而如果稀树草原假说被印证，人类的双腿直立行走模式就应该与稀树草原同步出现，那么分子钟计算的人猿分离时间就会被推翻。这就直接支持了之前流行的、由古生物学家和古人类学家所推出的人猿分类模型。该模型认为与人亲缘关系最近的物种不是黑猩猩，而是人猿类，与人猿类的分离时间距今1800万年左右。

“这两项新研究的结论对认识从古猿到人的进化过程具有重大意义，在一定程度上挑战了流行的分子进化理论，同时也支持了与其相对的遗传多样性上限理论以及按该理论分析DNA所推导的人与猿类的分离时间。”黄石说。



图为在肯尼亚马察马拉国家保护区拍摄的稀树草原。新华社记者 龙雷摄

会嬉戏、哀悼死去的同伴……

大象善交流也许出于自我驯化

◎ 实习记者 孙明源

自我驯化是生物学的经典理论假说之一。早在19世纪，达尔文就发现，驯化过程中的选择性繁殖会对不同的动物产生相似的作用，他还指出：“人类在很多方面或许可以同那些经过长期驯化的动物相比较。”

4月初，发表在美国《国家科学院院刊》的一篇研究论文显示，大象的一些高级情感表现可能属于自我驯化，比如它们会哀悼死去的大象、帮助生病或受伤的大象，甚至能在镜子里认出自己。

研究报告从20个方面将非洲草原象与人类、倭黑猩猩进行了对比，发现这3个物种都有一些相同的身体特征，而且表现出相同的习惯。研究人员认为，大象有嬉戏行为，有社会性，有漫长的童年，而且会替种群中的其它成员照看小象。如果说人类和倭黑猩猩都是自我驯化动物，那么据此推理，大象可能也具备这种演化倾向。

自我驯化是一种自然现象

“自我驯化这个概念容易被误会。望文生义的理解是，动物有意识地对自身进

行了驯化，甚至要‘服务人类’。这种理解是错误的，实际上自我驯化只是人类观察归纳的一种自然现象。”2021年度知乎新知答主、动物行为学领域优秀答主王豆皮表示，自我驯化中的“驯化”一词和人类没有直接关系。

所谓自我驯化是指某一物种在没有其它物种对其进行驯服的情况下，发展出了一些近似于被驯化动物的特征。

被人类驯化过的动物往往会表现出一些相似的特征，例如攻击性降低、幼年期延长、外表变白等。自达尔文时代以来，动物学家已经总结了大量驯化综合特征，例如在20世纪的一项研究中，苏联科学家发现经过驯养的银狐也会表现出一些驯化综合特征，例如头上出现白色斑块、尾巴卷曲、耷拉耳朵等。

动物学家观察到，在人类不参与的情况下，一些动物也表现出了驯化综合特征，这种情况被称为自我驯化。

动物之所以如此演化，可能是因为外部的选择压力出现了变化，最基本的生存问题不再如以往严峻，因此合作开始大于竞争，在诸如此类选择压力下，具有自我驯化倾向的动物，攻击性逐渐下降，种群内部冲突减少，而亲社会性与协作能力逐渐增强，并产生了更复杂的交流系统。

在大象的例子中，科学家发现大象会

互相学习，通过社交相互传播关于食物和养育幼崽的知识，而不是只依靠本能。此外，大象还拥有复杂多样的交流系统。它们发出的声音组合极其广泛，从咆哮、尖声鸣叫、低频次地“咕啾”等都是大象和同类交流的“语言”。

“这些行为都被认为是自我驯化的显著结果。或许可以说，这就是动物版的‘仓廩实而知礼节’——由于最基本的生存问题变得相对不严峻，动物的演化开始倾向于那些更具合作性、更少攻击性的个体，原本群居的哺乳动物，其社会性得到了进一步增强，并能发展出更加复杂的社会行为，例如复杂的沟通系统。”王豆皮总结道。

自我驯化与生存压力有关

《国家科学院院刊》发表的研究成果表明，大象具备几种与自我驯化有关的基因。研究人员将野象的基因与261种驯化哺乳动物的基因进行了比较，并建立了一份通常与驯化相关的基因清单。

“但是，自我驯化依然是个不够完备的概念，我们应该谨慎地使用它。”王豆皮直言。

在常规的驯化条件下，更复杂的沟通机制有望出现，比如，孟加拉雀能够发出

声音丰富的鸣叫，相比其野生祖先白腰文鸟，孟加拉雀的“曲目库”大大扩充。这是因为人类驯养放松了孟加拉雀的各种选择压力，增加了它们的学习机会，使得孟加拉雀原本刻板单调的鸣声变得丰富多彩。类似的外部条件或许也是自我驯化能发展出复杂沟通系统的基础。

“在生存压力较小的情况下，一些动物可能发展出类似人类‘文化’的一些行为，例如日本著名的泡温泉的猕猴。那么除了人类，具有自我驯化现象的动物，是否也能发展出更复杂的、类似‘文化’的行为呢？”王豆皮畅想道。

发表研究报告的科学家认为，大象的自我驯化可能与它们体型庞大和力气较大有关。大象通常不太担心为了生存而躲避或与其它动物开战。这种安全环境可以减轻对外来侵略的担忧，让它们有更多能量用于认知世界，同时拥有更多探索、交流和游戏的机会。此类现象在自然界广泛存在。当然，目前，自我驯化不是一个边界明确、内涵清晰的概念，仍处于假说阶段，因此，部分人认为，不宜把“大象是自我驯化的动物”这句话视为确定的结论。但不可否认的是，这项前沿研究的确提供了新的视角，有助于学界更多地关注灵长类以外动物自我驯化的可能性。