

演化路上 这个物种为何越努力越不幸

◎本报记者 赵汉斌

人们通常认为,在生物的进化过程中,许多大的进化分支是通过快速进化出现的,它们拥有更高的生物多样性;而较小的分支则经历了更缓慢的进化,它们的生物多样性更低。

然而在1944年,美国著名古生物学家乔治·盖洛德·辛普森在他的经典著作《进化的节奏和

样式》中,提出了相悖的观点。辛普森认为,快速的进化可能导致不稳定和灭绝,缓慢的进化则可以带来更高的生物多样性。

这曾是一个具有挑战性的观点。然而最近,英国布里斯托大学地球科学学院几位研究人员发表于国际著名期刊《古生物学》的一项研究,通过调查包括蜥蜴和蛇等在内的有鳞类以及它们的一些近亲,证实了辛普森早期的观点。他们的研究证实,生物的一些分支进化得快,灭绝得也快。

物种进化的快慢由什么决定

进化是靠什么力量来驱动的?达尔文曾经回答过这个问题。用现代的话语来表述,进化的基本模式就是族群内的基因与染色体的组态出现的频率发生了变化。

“一个基因可能会改变头颅的性状,延长寿命,重构翅膀的花色与形态,或创造出一种形态硕大的族群。”美国著名生物学家、博物学家爱德华·威尔逊在他的经典著作《缤纷的生命》中写到。

而关于物种进化,不同的理论有不同的描述。在1859出版的《物种起源》中,达尔文认为在生物多样性的演化过程中,许多大的演化枝似乎是通过快速演化而出现的,而较小的群体经历了缓慢的演化。

“传统达尔文的演化理论认为生物演化是渐进的,即生物形态上的改变是逐渐的、积累性的。而间断平衡理论则认为生物在一定环境条件范围内趋于保守,变化是突然的、爆发式的,因此生物在一段时间内保存不变,但在一个相对短的时间里会突然变化。”中国科学院古脊椎动物与古人类研究所副研究员董丽萍向记者介绍,在生物演化历史中,我们既观察到渐进的变化,也观察到突然的变化。

辛普森是美国活跃在上世纪40年代至80年代的古生物学家,以其对进化论和对物种种

际迁徙的理解和贡献而闻名。

在研究中,辛普森在达尔文演化理论的框架内审视了演化的基本模式,并观察到,许多快速演化的物种属于不稳定的群体,它们有可能适应快速变化的环境。1944年,他在经典著作《进化的节奏和样式》中提出,高演化速度不太可能持续很长时间,因为快速演化的进化枝可能非常不稳定,以至于灭绝或会转向拥有较慢进化速度的物种。

那么,我们如何衡量生物的演化速度,又如何定义一种新的性状和分类群?董丽萍介绍,生物的演化速率就是单位时间在一个支系内生物发生的变化。变化可以是分子上的,如单位时间内DNA碱基对的变化数目;也可以是形态学的,如单位时间内形态特征及性状的变化数目。同一时间段内变化数目多的支系,我们就说其演化速率快。“在生物学上,性状就是可识别的形态特征。一个新的类群由这个类群共同拥有,与其他分类群有区别的性状所定义。”董丽萍说。

然而,由于化石等研究材料的不易得,以及研究方法、模型等方面因素的影响,古生物学家长期以来一直将“早期爆发”模型确定为许多进化枝扩展的最佳解释,罕有实证检验辛普森的假说。直到布里斯托大学埃雷拉·弗洛雷斯博士等人研究的出现。

鳞龙类范本研究牵出一个意外

鳞龙类是爬行动物的一个超级支系,包括蜥蜴和蛇类组成的有鳞类,以及楔齿鼬为代表的喙头类。

其中,现存有鳞类动物大约1万种,它们的形态和生态各异,踪影遍及世界各地的水陆空生境,从马达加斯加拇指大小的微小变色龙到10米长的蟒蛇,以及同样巨大的已灭绝的海洋沧龙都属于有鳞类,它们多以海藻、植物、昆虫和哺乳动物为食。相比之下,喙头类早已式微,今天仅有单一物种——楔齿鼬存世,在地理上也仅限于

新西兰岛屿局部。

同是鳞龙类的“亲戚”,它们的命运为何如此迥异?其实鳞龙类现存的生物多样性,只是它们漫长进化历史的一个缩影。

在进行鳞龙类的进化速度研究之前,埃雷拉·弗洛雷斯博士等人原本期待会在喙头类动物身上发现缓慢进化的痕迹,而在有鳞类动物身上发现快速进化的痕迹。然而,通过对167种中生代鳞龙类样本的一系列研究,他们观察到正好相反的情况。

展高放废物地质处置相关技术研究。

高放废物的“前世今生”

需要如此大费周章处置的高放废物究竟是什么?

核地研院副院长、北山地下实验室总设计师王驹介绍,高放废物的全称是“高水平放射性废物”,它是一种对环境具有较大潜在危害的放射性废物。其中,“高水平”是相较于“中、低水平”而言,核工业产生的放射性废物中99%属于中、低放废物,经过一段时间后,其放射性就会衰变至无害水平,只有剩下的1%属于高放废物。如果高放废物不能得到合理且安全的处置,将对人

高放废物的全称是“高水平放射性废物”,它是一种对环境具有较大潜在危害的放射性废物。其中,“高水平”是相较于“中、低水平”而言,核工业产生的放射性废物中99%属于中、低放废物,经过一段时间后,其放射性就会衰变至无害水平,只有剩下的1%属于高放废物。



视觉中国供图

不同类群的生物、不同时间段的演化速率的异质性在生物中广泛存在,但产生异质性的机制还不清楚,可能与其自身的遗传和形态特征有关,但也与其他生物和生存环境相关。

董丽萍
中国科学院古脊椎动物与古人类研究所副研究员

埃雷拉·弗洛雷斯博士说,鳞龙类起源于2.5亿年前的中生代早期,它们分化成有鳞类和喙头类。他们发现,在有鳞类前三分之二的进化史中,演化速率缓慢,而其姐妹演化分支喙头类,虽然如今只由一个物种组成,却显示出曾有过快速的演化速率。

各种研究证据表明,在早期的鳞龙类演化过

程中,喙头类是更成功的、形态更具多样化的群体,而最早的有鳞类动物的多样性要少得多。直到白垩纪,喙头类动物数量下降,但有鳞类动物却经历了大量辐射,包括形态学和系统发育扩展。也就是说,在新生代,蜥蜴、蛇等有鳞类动物仍然是陆地生态系统的重要组成部分,但喙头类动物已减少为楔齿鼬这样“硕果仅存”的孑遗物种。

“进化越快灭绝越快”或不具有普遍性

6600万年前,恐龙灭绝之后,喙头类动物和有鳞类动物都遭受了重创,但有鳞类动物的物种数目却在后来得到了恢复,今天有超过1万个物种存世,并且演化速度普遍较快。

这个结论,为辛普森当年富有挑战性的观点提供了一个实例,证实了快速演化的生物类群在现代生命世界中不一定更繁盛。正如古老《伊索寓言》中赛跑的龟与兔,与喙头类相比,有鳞类拥有像龟一样缓慢的演化速率,但这却意味着低水平的波动性和更少的灭绝风险。

但是,董丽萍认为,不同类群生物的演化速率有显著区别。如埃雷拉·弗洛雷斯等人在《古生物学》上的这项新研究所示,同为鳞龙类的喙头类和蜥蜴、蛇等有鳞类,就有明显不同的演化速率。在中生代时,喙头类的演化速率显著快于有鳞类。

同时,同一类群在不同时间段的演化速率也不相同,例如喙头类和有鳞类身体大小的演化速

率在白垩纪时都要比在侏罗纪时高。“不同类群的生物、不同时间段的演化速率的异质性在生物中广泛存在,但产生异质性的机制还不清楚,可能与其自身的遗传和形态特征有关,但也与其他生物和生存环境相关。”董丽萍说。

事实上,此前古生物学家对恐龙、辐鳍鱼类、鳄鱼类和甲壳类动物形态进化的研究结果,已经将演化枝的演化成功与快速演化速度等联系起来。大多数其他定量研究表明,快速的演化速度是长期成功的关键,只是鳞龙类的情况正好相反而已。

“因此,‘进化越快,灭绝也越快’这一现象不具有普遍性。现代生命世界中也存在快速演化且非常繁盛的生物类群,如上述提到的辐鳍鱼类。目前还未能确定演化速率是否为一个类群最终能否延续下来有直接关系,而控制一个类群演化速率的因素也还不清楚。”董丽萍说。

把高放废物深埋地下 科学“挖坑”有讲究

◎实习记者 孙瑜

近日,中国国家原子能机构主任张克俭和国际原子能机构总干事格罗西以视频会议形式,共同见证国际原子能机构与中核集团核工业北京地质研究院(以下简称核地研院)签署协议,在核地研院设立“国际原子能机构高放废物地质处置协作中心”。

这是国际原子能机构在全球设立的首个高放废物地质处置协作中心。中心正式成立后,双方将以中国北山高放废物地质处置地下实验室(以下简称北山地下实验室)为重要平台,共同开



视觉中国供图

类生存环境产生巨大影响。

高放废物大多产生于核电站乏燃料,即经达到设计燃耗、使用过的核燃料的后处理或直接处置,以及其他国防军事设施。它的特点在于放射性核素含量或浓度高、毒性大、会发热并含有半衰期长的长寿命核素。“半衰期长”意味着高放废物的放射性需要相当长的时间才能消除。

“高放废物地质处置是核工业产业链最后一环,也是国际社会共同关注的重要一环。”王驹强调。

关于安全处置高放废物这一世界性难题,科学家们曾提出“太空处置”“岩石熔融处置”“深海处置”等多种方案。但出于安全、环保、可行性、成本等考虑,这些方案或停留在研究阶段,或被搁浅甚至禁止。比如,深海处置是将高放废物倾倒入固定海域,利用海洋的稀释、自我修复和调节能力来隔离核废料的放射性,但由于无法全面评估其对海洋环境的影响,这种方法在国际社会中存在较大争议,按照《伦敦倾废公约》《巴塞尔公约》等国际公约,1993年后其已被世界各国全面禁止。

核地研院刘旭东博士告诉记者,经过全球科学家几十年的研究与探索,目前国际公认的高放废物处置方案是在地下数百米的稳定地质体中对高放废物进行地质处置。

“现在提到高放废物处置,大部分是在讨论高放废物地质处置。”刘旭东进一步解释,“地质处置即把高放废物深埋于距离地表深度约500至1000米的处置库中,通过多重屏障系统消除有害核素对生物圈的不利影响。处置库须在各种未来演化情景及不确定因素的影响下,实现对有害核素万年以上的包容、隔离,以确保长期安全,满足监管要求。”

经过几十年的发展完善,世界各国在高放废物地质处置方面已积累了丰富的经验。在适宜

场址的基础上,结合地下实验室开展深入研究,完善多重屏障系统,即可实现处置库对放射性核素的包容、隔离,进而确保人与环境的长期安全。

为高放废物找到“安身之所”

通俗地说,高放废物地质处置就是挖一个深“坑”把高放废物埋起来。但在哪儿挖坑,挖什么样的坑,怎么挖,怎么埋,埋了以后如何保证其长久的安全性?这其中大有学问。

为找到北山这个理想的场址,核地研院高放废物地质处置研究团队已整整奋斗了35年。

1985年,我国高放废物地质处置研究开发的起点。2011年,国家国防科工局和国家环保

部联合召开专家评审会,确定甘肃北山可作为我国高放废物处置库首选预选区。

甘肃北山何以成首选预选区?

王驹告诉记者,一个合适的“坑”要考虑多种因素。单从地质角度来讲,区域应地形平缓,地壳稳定,还需具备地表水系不发育、地下水贫乏、岩体完整、岩体工程质量优良和工程地质条件适宜等有利条件。“这一切都是为了更好地‘关’住高放废物。比如,地壳稳定才不会有大动静,损坏地下处置库。同时,地表水和地下水容易渗透侵蚀地下处置库,所以干燥缺水的自然环境很重要。”王驹说。

同时,高放废物的“安身之所”还需综合考虑经济条件和社会效应。地区应尽量人口稀少、交通便利,土地无耕种价值,动植物资源和矿产资源贫乏,这样才能避免影响未来区域经济社会发展。

而甘肃北山,正是满足这些条件的“理想”区域。在北山,团队通过钻孔获得大量极完整岩心。国内外同行一致认为,北山新场址为当前世界上高放废物处置选址中国岩最为完整的花岗岩场址。

新知

金粟兰目基因组信息被揭示 或可助解开达尔文“恼人之谜”

科技日报讯(记者顾满斌)11月26日,《自然·通讯》在线发表了来自兰州大学刘建全团队的文章《四川金粟兰基因组揭示被子植物早期分化历程》,填补了核心被子植物最后一个主要分支——金粟兰目的基因组信息,并对被子植物的早期演化历程提供了更为翔实的证据。

被子植物是地球上分布范围最广、多样化最高、适应性最强的陆生植物类群,极大地影响了其他生物类群的演化进程。然而,由于被子植物在早期经历了快速的辐射进化,其内部演化关系迟迟未被解决,这一问题也被称为达尔文的“恼人之谜”。

目前被子植物被划分为无油樟目、睡莲目、木兰藤目和核心被子植物。无油樟目、睡莲目、木兰藤目是被子植物的基部类群,系统发育关系相对稳定,而核心被子植物包含了约99.95%的被子植物,又可被划分为双子叶、单子叶、木兰类、金藻目和金粟兰目5大类别,它们之间的演化关系一直存在争议。

近年来,随着各类群代表物种的全基因组测序相继完成,其各自的演化历程均有了可靠的证据。刘建全团队在2020年首次报道了金鱼藻和芡实的基因组,证明了核心被子植物内部存在广泛的不完全谱系分选和杂交事件是导致树形冲突的主要原因。但是金粟兰目一直未有基因组报道,其演化历程以及整个核心被子植物的演化过程还有待深入分析。为此,该团队再次利用Nanopore、Illumina和Hi-C技术,构建了第一个金粟兰目植物(四川金粟兰)的高质量染色体级别基因组,并使用多种分析方法对上述问题进行了深入的阐述。

通过使用多种系统发育基因组学分析,研究团队进行串联树和溯祖树的构建,同时评估长枝吸引、物种选择和同源聚类方法等的影响,使用多套数据集和多种分析方法,获得了高可信度的拓扑结构,即金粟兰目和木兰类具有最近的亲缘关系,且它们一起与金藻目+双子叶植物构成姊妹关系,而单子叶植物是其他所有核心被子植物的姊妹枝。

同时,作者也发现了大量的基因树或叶绿体树与物种树不一致的情况,因此着重评估了不完全谱系分选(ILS)和杂交事件对此冲突的贡献。

此外,本研究还鉴定了四川金粟兰独有的一次WGD事件,同时5大核心被子植物分支的加倍事件都不共享;鉴定了花发育相关的基因家族,解析了其特有花器官的可能形成原因;鉴定了萜类合成和木质部形成相关的基因家族,为今后研究其简单木质部形成和萜类物种合成通路演化提供了基础。

该研究报道了高质量的四川金粟兰基因组,填补了核心被子植物金粟兰目的基因组信息,并通过多种分析策略和方法,深入揭示了核心被子植物间的复杂演化历程。该成果对于早期被子植物的起源、辐射进化以及适应性演化提供数据支撑和理论基础。



视觉中国供图

科学家获得界面水分子结构 为绿色制氢提供新途径

科技日报讯(记者符晓波)水分子直接参与众多重要的电催化反应,但对处于固液两相界面的水分子在电催化反应过程中的结构变化与作用机制研究一直是电化学领域的难点。近日,厦门大学化学化工学院李剑锋教授课题组与北京大学深圳研究生院潘锋教授团队合作,利用电化学原位拉曼光谱技术揭示了界面水分子结构,解开了界面水分子结构如何调控电催化反应这一科研难题,为提升电催化反应速率、进一步指导绿色制氢提供了一种新的策略。这一研究成果于12月2日刊登于《自然》杂志。

研究团队利用原位表面增强拉曼光谱技术,在电催化析氢反应过程中,对钨单晶电极/溶液界面水分子的构型及其动态变化过程进行实时监测。研究人员发现,电极/溶液界面除了已知的含有氢键的水分子之外,界面上还有一类与阳离子键合的水分子。后者在阳离子和负电势协同作用下,无序的水分子排布成更为有序的特殊结构。这种结构可以加速电极与水分子间的电荷转移,进而极大提升电催化反应析氢的速率,为指导绿色制氢提供新的理论途径。

研究显示,这类界面水分子比氢键水分子更加接近电极表面,可以提高和电极表面间的电荷转移效率,极大提升电催化析氢反应速率。提高阳离子的浓度和价态会进一步增加界面区有序水分子的含量,进一步提高电催化析氢反应速率。

研究还发现单晶电极的晶体结构和电子结构都将影响阳离子键合水分子的含量和电催化析氢反应速率,证实了阳离子键合水分子加速电催化析氢反应速率具有普适性。该研究从单晶模型体系出发,深入认识界面水分子结构对电催化反应过程的调控机制,解决了困扰电化学领域长期存在的难题。