

海平面上升,全球陆生脊椎动物何处安身

■本报记者 朱汉斌

世界气象组织报告显示,2015—2024 年全球海平面上升速率约为每年 4.7 毫米,是 1993—2002 年的两倍多;在高排放情景下,到 2100 年,这一速率可能超过每年 10 毫米。全球平均海平面持续抬升,正在不断挤压沿海、湿地和岛屿陆生脊椎动物的生存空间。然而,全球究竟有多少陆生脊椎动物会受到影响、哪些区域与类群最为脆弱、何处能够成为物种迁能避险的底护所,一直缺乏全球尺度的系统性量化答案。

中山大学副教授马亮、陈雅萍团队联合中国、加拿大、新加坡、美国、德国等国研究人员,系统评估了未来海平面上升背景下全球陆生脊椎动物暴露风险,并提出生物多样性保护对策。研究不仅考量不同地区海平面变化及垂直陆地运动造成的空间差异,还结合物种的精细分布信息,既揭示了全球风险格局,也在物种层面识别了具体的淹没风险。近日,相关研究成果发表于《科学》。

“海平面上升已经成为全球生物多样性保护不可忽视的重大挑战。”论文共同通讯作者马亮告诉《中国科学报》。模型显示,到 2100 年,在所评估的 34120 种陆生脊椎动物中,预计有 1.43 万至 1.53 万种可能遭受海平面上升带来的栖息地影响。东南亚受淹没影响的区域将承受巨大的生物多样性丧失压力。研究还识别出大量潜在物种避难所,但绝大多数尚未纳入现有自然保护区网络。

从区域案例到全球量化

2019 年,澳大利亚政府正式认定珊瑚裸尾鼠灭绝。这种栖息于托雷斯海峡岛屿的啮齿类动物,是首例被官方认定的因气候变暖驱离海平面上升导致栖息地丧失而灭绝的哺乳动物。海水慢慢漫过岛屿低地、摧毁植被生境,最终使这一物种失去生存根基。

“海平面上升对生物多样性的冲击,已在世界多地陆续出现。”论文共同第一作者、在中山大学进行博士后研究的姜中文告诉《中国科学报》,在欧洲瓦

登海岛屿,海平面上升导致鸬鹚繁殖地更频繁地被淹没,威胁其种群;在北美大西洋沿岸,盐沼麻雀的巢穴因海平面上升面临的淹没风险日益凸显。这类案例散见于区域研究,但海平面上升在全球尺度上究竟会威胁多少物种、风险热点分布何处、应如何布局保护措施,始终缺乏系统认知。

姜中文表示,这项研究的最大难点是实现两套高精度空间数据的全球尺度耦合。一方面,海平面上升预测需综合不同气候情景、区域海面变化、地面沉降等多重因素;另一方面,需根据每一个物种的海拔范围和生境偏好,对数万种陆生脊椎动物进行精细化栖息地处理,不能简单依靠粗略的物种地理分布范围开展评估。

这项全球尺度研究的构想,源于中山大学生态学院的一场学术午餐会。当时刚入职的陈雅萍分享了自己在海岸湿地生态、海平面变化预测领域的研究进展,这引起了长期关注气候变化与陆生脊椎动物保护的马亮的兴趣。二人一拍即合,尝试回答一个悬而未决的科学问题:海平面持续上升,究竟会给全球陆生脊椎动物带来多大冲击?

姜中文表示,历时两年多攻关,研究团队陆续邀请保护生物学、气候变化生态学、系统保护规划、海平面模拟等领域的国际学者加入,从精细化物种栖息地分析、系统保护规划、海平面上升分析、保护生物学和气候变化生态学等角度完善了研究框架。

45%物种可能受影响

马亮对《中国科学报》表示,研究突破传统评估模式,不再简单套用物种地理分布图,而是结合物种海拔分布区间、生境偏好,并叠加考虑区域海平面差异、地面垂直运动,更精细地识别了栖息地淹没风险。

马亮说,该研究最大的突破是将高精度海平面上升预测与全球物种精细化栖息地数据相结合,“在全球尺度上系统化未来海平面上升对 34120 种陆生脊椎动物的潜在影响”。这些动

物包括两栖动物、爬行动物、鸟类和哺乳动物,覆盖约 90%已知陆生脊椎动物物种。这项研究还进一步识别了能够帮助受影响物种存续的潜在避难所。

论文共同第一作者、在中山大学进行博士后研究的肖恒斌介绍,研究设置多组气候情景,分别模拟 2050 年、2100 年两个时间节点的物种暴露水平。研究发现,到 2100 年,全球约 45%的被研究物种的栖息地可能面临不同程度的淹没风险。然而,在这些可能受影响的物种中,仅有 5.9%在世界自然保护联盟(IUCN)红色名录中被标注面临气候变化的相关威胁。

“这意味着海平面上升带来的生物多样性风险,尚未被充分纳入现行物种保护评估体系。”肖恒斌说。

研究发现,风险的空间分布极不均衡,东南亚及周边岛屿是全球最突出的风险热点。该区域岛屿密布,大量物种分布范围狭窄,不少类群属于区域特有种,受威胁物种集中,一旦低地被海水淹没,将造成难以挽回的生物多样性损失;亚马孙河口及邻近低海拔区域同样是风险核心区,该区域陆生脊椎动物物种丰富度极高,海水倒灌会持续破坏河岸森林、滨海湿地交错带的生境。

同时,不同动物类群的脆弱性明显分化。在鸟类、哺乳动物中,暴露于海平面上升威胁的物种数量占比更高;但在所有受影响物种中,两栖动物、爬行动物承受的栖息地损失比例明显更大。统计数据显示,爬行动物平均栖息地淹没比例约为鸟类、哺乳动物的两倍。分布范围狭窄、当前已处于受威胁状态的物种处境最为凶险。在高排放情景下,栖息地淹没比例超过 10%的物种数量将从 2050 年的 18 种激增至 2100 年的 109 种,其中爬行动物、受威胁物种占绝大多数。

研究进一步识别出一批潜在的“海平面上升避难所”。这类区域地势条件适宜,保有很多受海平面上升威胁物种的栖息地,能够接纳从沿海低地退守的物种,对维持物种长期存续至关重要。不过测算结果表明,超过 96%的潜在避

难所未被现有自然保护区覆盖,相当一部分分布在低收入与中等收入国家。这揭示出现有保护地体系的短板:传统保护优先区划定多基于当前生物多样性分布格局,难以匹配海平面上升带来的新生物多样性风险,二者存在明显的空间错配。若仅依靠现有保护地网络,不足以抵御未来海平面上升带来的生态冲击。

让保护“跑”在海平面上升之前

“这项研究对于沿海、湿地及岛屿脆弱物种的保护和管理具有重要意义。”《科学》审稿人表示,这是一篇兼具创新性和重要影响力的研究论文。

在科学认知层面,研究打通了海洋气候科学与陆生生物多样性保护领域,将海平面变化这一物理环境过程与陆生脊椎动物生存风险直接关联;在研究方法层面,大幅提升了淹没风险评估的空间精确度,将分析单元从粗略地理分布推进至实际适宜栖息地层面;在保护实践层面,把避难所识别、保护地覆盖现状、不同国家保护需求整合到统一分析框架,可为全球生物多样性治理提供实证依据。

在实际应用层面,该研究不仅能够帮助保护管理部门识别未来可能受到严重影响的物种和区域,也为《昆明—蒙特利尔全球生物多样性框架》目标的实现提供了重要科学依据。

具体而言,研究强调未来的空间规划不能仅依据当前的生物多样性分布,还需要充分考虑海平面上升带来的长期影响,避免未来具有重要保护价值的区域遭到破坏;研究发现大量潜在避难所尚未纳入现有保护区,因此未来保护区的扩展应优先考虑这些能够帮助物种应对海平面上升的关键区域;研究强调,对于可能丧失大部分适宜栖息地的物种,需要提前制定有针对性的保护方案,包括栖息地恢复和必要的迁地保护措施。此外,研究强调应将海平面上升纳入气候变化适应和生物多样性保护的长期规划。

(下转第 2 版)

侯建国当选 发展中国家科学院院长

本报讯 近日,发展中国家科学院(TWAS)宣布,经 TWAS 院士选举产生新一届理事会,中国科学院院长侯建国当选发展中国家科学院院长。TWAS 成立于 1983 年 11 月,是非政府、非政治、非营利性的国际科学组织,总部设在意大利城市的里雅斯特。目前,TWAS 共有来自 112 个国家的 1400 余名院士,青年通讯院士网络

成员超 400 名。TWAS 致力于支持和促进发展中国家的科学研究、科学能力建设以及优秀人才培养,每年在亚洲、非洲、南美洲等地区的发展中国家开展学术研讨会、能力建设培训班、青年科研人员交流访问等多种形式的活动,为应对发展中国家面临的粮食安全、气候变化、生命健康等可持续发展问题贡献科技力量。(柯讯)

2025 年我国研究与试验发展经费投入突破 3.9 万亿元

据新华社电 记者近日从国家统计局获悉,2025 年,我国研究与试验发展(R&D)经费投入总量突破 3.9 万亿元,达到 39288.2 亿元,比上年增长 8.2%,保持稳定增长趋势。

数据显示,“十四五”时期,我国 R&D 经费年均增长 10.0%,在世界主要经济体中居于前列。目前我国 R&D 经费总量位居世界第二位,仅次于美国,是德国(第三位)的 3.4 倍、日本(第四位)的 3.5 倍。

从投入强度看,2025 年我国 R&D 经费投入强度(R&D 经费与 GDP 之比)为 2.80%,比上年提高 0.11 个百分点,延续较快提升态势。2025 年我国 R&D 经费投入强度在世界上位列第 12 位,首次超过经合组织(OECD)国家平均水平。

企业科技创新主体地位稳固。

近日,中共中央、国务院印发《关于发展新质生产力的意见》(以下简称《意见》),将新质生产力重要论述转化为加快高质量发展的具体行动方案。《意见》从科技创新、科技产业融合、发展方式创新、体制机制创新、人才工作机制创新五大维度系统部署 19 项举措,不再局限于划定重点产业清单,而是着力调整束缚新质生产力发展的生产关系,标志着政策焦点从产业扶持转向生产力—生产关系协同变革的制度叙事。如何加快形成与新质生产力相适应的新型生产关系,成为当前高质量发展必须解决的重大问题。

新质生产力的底层逻辑重构

新质生产力的底层逻辑包括生产要素、价值创造和创新生态 3 个层面。

从生产要素来说,实现从传统要素集聚到新型要素重组。经典生产力三要素是劳动者、劳动资料、劳动对象。在工业经济时代,劳动者主要是掌握标准化技能的产业工人,劳动资料是机器设备,劳动对象是矿产、农产品等实体资源。新质生产力的劳动者转向科学家、工程师、技术经理,劳动资料扩展为算力、算法、科研设施,劳动对象拓展至数据、基因、量子信息等非物质对象。

这就意味着新质生产力不是简单增加要素投入数量,而是要素的创新性配置。《意见》中关于数据要素、科技成果转化、人才评价改革的部署,本质上不是单纯增加经费和人才供给,而是改变要素组合方式。这正是新质生产力的区别于传统生产力的最核心的标志。

从价值创造来说,实现从规模驱动走向全要素生产率驱动。传统增长模式的底层逻辑是规模报酬,依靠扩大产能、追加资本、增加劳动力实现增长,但边际收益持续递减,同时伴随资源环境压力。新质生产力的价值逻辑是创新驱动的效率提升,增长不必然伴随资源消耗的同步增长。

这里需要破除一个普遍认知误区:新质生产力并非高新技术产业专属。传统产业改造是否能够生成新质生产力,判断标准不在于产业名称,而在于价值创造的方式是否发生质变。一家纺织企业如果只是增开厂房、增加织机数量、扩大出货规模,依旧是传统生产力;如果依托功能性材料研发、工业软件仿真打样、柔性智能产线和用户需求算法匹配,用新材料、新工艺、新数据快速响应市场,依靠知识与技术创造价值,就形成了新质生产力。《意见》提出“改造提升传统产业、培育壮大新兴产业、前瞻布局未来产业”,三者并列,核心判断标准是价值创造范式是否升级,而非产业标签。

从创新生态来说,实现从线性创新走向场景驱动的非线性创新。过去主流的创新模型是线性模式,即基础研究→应用研究→产品开发→市场销售,这套模式容易导致科研与产业“两张皮”现象。在新一轮技术革命下,创新是非线性迭代,真实应用场景持续反馈问题,倒逼技术优化,技术迭代反过来拓展新的应用场景。

《意见》强调“加大应用场景建设和开放力度”,把场景定义为稀缺创新资源,这是治理理念的重大转变。政府不再仅仅是项目资助者,更是场景供给者。开放智慧城市、先进制造、医疗、

2025 年,企业 R&D 经费首次突破 3 万亿元,占全社会 R&D 经费的比重为 77.4%,连续四年稳定在 77%以上,对全社会 R&D 经费增长的贡献率达到 73.7%,是拉动我国 R&D 经费增长的主要力量。

基础研究经费增速高于 R&D 经费增速 5.1 个百分点,延续两位数快速增长势头。目前,我国基础研究经费总量位列世界第二。

区域创新高地的引领作用突出。2025 年,我国京津冀、长三角地区和广东 R&D 经费分别为 5368.2 亿元、12219.1 亿元和 5510.4 亿元,分别比上年增长 10.3%、8.7%和 8.1%。三大创新高地的 R&D 经费合计占全国比重为 58.8%,比上年提高 0.4 个百分点。(王雨萧)

把握底层逻辑，以生产关系变革赋能新质生产力发展

■杜鹏

能源、交通等公共场景,允许新技术开展真实场景试错,用市场真实需求持续校准研发方向。这就是以需求侧力量深度嵌入创新链条,实现需求牵引供给。

重构适配新质生产力的生产关系

传统产业政策是扶持产业,《意见》的核心是改革制度。尽管《意见》仍然包含产业创新、产业升级内容,但产业只是新质生产力的载体,文件主线是体制机制创新,以制度供给释放新质生产力潜能。这也表明新质生产力不是靠政策“培育出来”的产业集群,而是在适配知识、技术、数据要素流动,鼓励原创试错的制度生态中涌现出的先进生产力质态。

从要素来看,需要重构新型生产要素市场化配置规则。传统制度框架以土地、资本要素为核心。《意见》把知识、技术、人才、数据作为改革重点。健全数据要素基础制度,完善科技成果产权、收益分配机制,改革科研评价,破除人才流动壁垒,推动要素跨区域、跨主体自由重组。核心不是补贴要素,而是确立新型要素的产权、定价、交易、收益分配规则,让创新要素自发向高价值创新活动集聚。(下转第 2 版)

高半米、重逾两公斤 云南发现真菌新科

本报讯(记者高雅丽)中国科学院昆明植物研究所高级工程师于富强团队在云南亚热带与热带森林中发现了一个全新的真菌科——滇菌科,唯一成员被命名为霸王滇菌。霸王滇菌最高可达 50 厘米、单个体重超过两公斤。近日,相关研究成果发表于《真菌生物学前沿》。

霸王滇菌幼年阶段子座表面覆盖一层白色粉状纤维物,成熟后渐变为暗黄、顶部钝圆,形如蒜头,长大后伸出手指状分枝;内部组织为实心、海绵状,呈米白至黄色,既无强烈气味,也无明显味道。在显微镜下,其子囊孢子具有一条标志性的“S”形萌发缝,子囊顶端有遇碘

变蓝的倒梯形顶环。这些特征组合在整个炭角菌目中独一无二。

基因组尺度的分子钟估算显示,滇菌科的分化时间约为 6500 万年前的古新世早期,即在白垩纪—古近纪大灭绝之后。全基因组分析进一步揭示了霸王滇菌特殊的生存策略。科研人员推测,它可能过着“双重生活”。先作为内生真菌栖居于健康树体,待宿主死亡后转为腐生,以低廉的酶维持成本将碳源快速转化为生物量,最终发育出巨型子座。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.3389/ffunb.2026.1940464>

国际计量大会决定取消闰秒



本报讯 10 月 15 日,第 28 届国际计量大会(CGPM)在法国举行。会上,各成员国投票通过决议,决定自 2027 年 5 月 20 日起实施连续协调世界时(UTC),不再人为增减闰秒。

据《自然》报道,世界上有两种常用计时系统,一种是基于地球自转的世界时(UT),另一种是基于原子振荡周期的国际原子时(TAI)。然而,这两套系统对应的时间会随着时间累积逐渐产生差

值。于是,UTC 诞生了。它与 TAI 运行速率相同,同时通过闰秒等方式与 UT 尽量接近,是目前唯一被推荐作为国际参考的时间尺度。

1972 年举行的 CGPM 决定,当监测时差达到 0.9 秒时,UTC 就增加或减少 1 秒,这个修正即为闰秒。根据此次大会的决议,以后这个时间差值的最大允许值设定为 3600 秒,即 1 小时。这意味着 UTC 在未来数百年可以持续稳定运行。

对计时和计算系统来说,这是一个好消息。闰秒一直是计时人员的“眼中钉”,因为它会干扰计算系统,造成时钟错位。例如,2012 年,闰秒就使 Reddit

等网站崩溃,并扰乱了澳洲航空公司的订票系统,导致乘客滞留。此外,很多应用场景要求时间精度小于 1 秒。因此,在 2022 年举行的 CGPM 上,各国投票决定到 2035 年废除闰秒。

迄今,全球已实施过 27 次增加 1 秒的“正闰秒”,但还从未实施过减少 1 秒的“负闰秒”。然而,随着地球自转加速,“负闰秒”的威胁日益增加,这会带来未知风险,可能造成大范围系统故障。专家认为,未来几年,负闰秒出现的可能性快速增加,到 2035 年将达到 30%。因此,不少人建议立即淘汰闰秒而不是等到 2035 年,于是便有了此次决议。

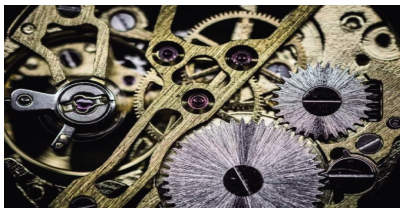
对于这一决定,加拿大国家研究委



于富强展示采集到的霸王滇菌。

中国科学院昆明植物研究所供图

员会会计量研究中心总干事 Georgette Macdonald 说:“取消闰秒将确保 UTC 在未来数个世纪中的连续性和相关性。”(徐锐)



“负闰秒”可能导致计算机系统不再像时钟般精准运行。

图片来源:Florian Gaertner