

### 绵延上千公里，海底惊现巨型鲸类“墓地”

(上接第1版)

这种规模庞大、持久存在并以脉冲形式输入的有机碳汇，使鲸落成为一种独立于稳定背景海雪通量的重要碳源，极有可能在区域尺度上重塑海底的营养结构，并长期影响底栖生产力和生物多样性。

同时，这项研究在多个角度具有里程碑意义。在迪亚曼蒂纳带 6700 余米水深发现鲸落群落，将鲸落栖息地的已知深度范围拓展了 2500 余米。

极端水深造成的地理隔离，催生了这片海域特化程度极高的鲸落生物群落。这些发现不仅丰富了人类对深海无脊椎动物多样性的认知，也证明了深海鲸落生态系统存在独特的演化特征与适应性辐射现象。深海鲸落、冷泉、热液喷口生态系统共享化能共生双壳类、腹足类、铠甲虾等关键物种，存在紧密的生态与演化关联。这一结果支撑了学界假说：深海鲸落是依赖硫化物生物群的演化热点，也是深海生物跨区域扩散的“生物跳板”。

此次调查的鲸落沿西北-东南走向绵延约 1200 千米，构成一处此前从未被发现的“鲸落生态系统超级廊道”。这一大型生物地理单元对印度洋南部深海化能合成生物的扩散、种群交流与演化起到了至关重要的作用。

“过去人们对鲸的了解主要来自罕见的搁浅事件，长期以来对其种群数量、分布与生态习性知之甚少。此次发现大量安氏中喙鲸、长齿中喙鲸遗骸，为研究这类神秘鲸类提供了独一无二的样本。”研究者写道。而留存超 500 万年的鲸类化石更是一份连续的“演化档案”。迪亚曼蒂纳带鲸类化石群作为巨型深海化石遗址，为追溯上新世至今鲸类的演化历程、古生态特征与种群动态打开了一个新窗口。

结合过往拖网捕捞回收的大量化石，研究者推测，类似的鲸类“墓地”可能存在于其他鲸类的主要栖息地，如南非近海、伊比利亚半岛外海、克罗泽群岛与凯尔盖朗群岛周边。

“这项研究仿佛是一部‘史诗级’系列电影的先导预告片。我期待深海研究未来涌现出更多这样的‘大片’。”戈弗雷说。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10546-z>

### 让中国核电用上国产“筋骨”

(上接第1版)

70%关键材料

在福建宁德的 CFR600 钠冷示范快堆中，超过 70% 的关键金属结构材料出自这个团队。

快堆可将铀资源利用率从水堆的 1% 提高到近 70%。示范堆是在实验堆基础上放大而来的，但放大带来的问题是全方位的。

CN-1515 不锈钢用来做包壳管，包裹核燃料，必须保证性能稳定，否则一旦包壳管破裂，就可能发生核燃料泄漏。

团队通过对 1515Ti 不锈钢成分的正向优化，发现碳和钛的比例是核心问题之一。但实验室几十公斤的铸锭做出来是性能稳定的，放大到几吨级，冶炼控制就变得极其困难。尤其碳含量要精确控制在 ±0.015wt% 的误差范围内，精炼温度必须精准，氧含量和氮比例也要严格调控。

316KD 不锈钢的难题也很大。这种材料用在核电压力容器及堆内构件上，容器不换它就得一直用，设计寿命 40 年。国外使用 4 种奥氏体不锈钢，分别是 304L、304H、316L、316H。

而以中国科学院院士李依依和团队负责人、特种合金部原主任戎利建为代表的中国科学家团队，从设计之初就希望能用一种材料替代这 4 种不锈钢。其中最大的难题是 δ 铁素体控制，钢锭越大，碳偏析越严重，铁素体就越容易出现，而铁素体会影响材料韧性和在高温下的长期服役性能。

“一开始从国外采购，买到的钢板不合格，倒逼着我们自己把这种钢板生产出来。”戎利建介绍。

团队改变工艺路线，不再采用连铸连轧的连续生产方式，而是先做高纯净的锭子，再锻打和轧制，一张一张地出钢板，最终把铁素体含量从常规的 3%~5% 降到 1% 以下，而在实际产品中甚至检测不到铁素体。后续回访显示，太钢、鞍钢、宝钢、酒泉钢厂都已经实现了零铁素体钢板的批量生产。

为验证 40 年寿命，团队用了加速实验的方法，“用温度换时间”，通过提高温度加速材料老化过程，评价材料的长时性能。

团队还研制出抗辐照、耐高温、耐液态铅铋腐蚀的 MA15 系列钢和 SIMP 钢，应用于我国首座四代铅铋快堆及加速器驱动嬗变研究装置 CIADS 的建设。

核电需要更耐高温、耐辐照、耐腐蚀和更长寿命(60 年或 80 年)的材料。在 10 米长无磁钢棒的加工现场，在四代铅铋快堆的材料论证会上，在更高强度超导带材的熔炼炉旁，他们一直在路上。

# 迄今最详细全球移民地图问世

## 自 2000 年以来，人口迁移激增

本报讯 一项研究绘制了过去 33 年来最详尽的全球移民地图，发现全球移民人数已从 2000 年的 1300 万增至 2023 年的约 3500 万。6 月 10 日，相关研究成果发表于《自然》。

研究人员分析了 1990 年至 2023 年间每年进出 230 个国家和地区的人口数量，并利用几个移民数据源对人工智能模型进行了训练。研究揭示了受经济变化、气候、冲突和政策改革等因素影响的移民模式。例如，最大规模的单次人口迁移事件发生在 1994 年——在卢旺达内战后，近 95 万人从该国迁往刚果民主共和国。

奥地利维特根斯坦人口与全球人力资本研究中心的人口学家 Wolfgang Lutz 表示，这些数据可在公开网站上查阅，将成为教育、社会福利和劳动力市场等“与移民相关的规划工作”的有用资源。“这比我们以往任何时候掌握的全球移民图景都要完整。”

Lutz 表示，对于研究人口如何随时间变化的人口统计学家而言，移民数据“众所周知并不可靠”。迁移趋势有时是通过无法归因于出生或死

亡的人口规模变化间接估算出来的。

与此同时，移民数据也存在缺口——一些国家并未持续收集有关人口迁出或迁入的信息。即便是联合国和世界银行关于各国移民人口的数据集，也分别每 5 年和每 10 年才发布一次。“很多人可能移民几年后就回去了，或又去了别处。”论文作者之一、中国香港大学的统计人口学家 Guy Abel 表示，“而这些情况根本没有被记录下来。”

为创建一个更详尽的移民动态数据集，Abel 与英国伦敦政治经济学院的应用数学家 Thomas Gaskin 利用了多个数据源，包括联合国、各国统计数据及社交媒体平台“脸书”的数据。

随后，研究人员设计了一种混合方法来估算人口迁移规模，将经典数学模型与深度学习网络相结合，并纳入了影响人们移民决策的数十个地理、经济、文化和政治因素。Gaskin 解释道，这些因素包括经济状况、国家间贸易、宗教相似性、战争与冲突、殖民关系，甚至包括每个国家各种语言的使用人数。

这种方法使研究团队能够估算出每年有多

少人迁入或迁出每个国家或地区。“通过采用年度分辨率进行估算，我们获得了许多额外的见解，这是目前 5 年或 10 年的间隔研究所无法获得的，因为这会掩盖许多实际发生的情况。”Abel 说。

研究人员表示，他们的研究为全球人口流动提供了重要信息，特别是在数据匮乏的地区。例如，他们发现，在研究期间，中东地区的移民流入总量最高，仅在 2010 年至 2023 年间，就有约 1900 万人从印度、巴基斯坦和孟加拉国移民至沙特阿拉伯、卡塔尔、巴林和阿拉伯酋。研究还发现，自 1990 年以来，已有 2000 万人从东欧迁往西欧，而欧洲也一直是内部移民水平最高的地区。

“这非常有助于理解官方数据是多么零散。”Lutz 评价说，这项工作代表了巨大的进步，“将极大丰富世界各地的人口统计分析工作”。

研究人员已经发布了所有数据、代码和训练好的模型，供科学家在今后的分析中使用。这种深度学习方法还有助于预测未来气候变化和冲



图片来源: Pixabay

突等事件后可能出现的人口流动。但 Gaskin 表示，预测未来的世界人口格局可能相当复杂。

(文乐乐)

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10611-7>

### 科学此刻

## 世界杯来了 疫情会来吗

6 月 12 日，2026 美墨加世界杯将在墨西哥城拉开帷幕。尽管围绕本届世界杯的话题很多，但过去几个月，一些科学家一直在研究一个问题：当上百万名球迷涌入这里，会有多少危险的病毒、细菌和寄生虫搭上“顺风车”？美国卫生部门应该警惕哪些疾病？

研究团队近日在预印本平台 medRxiv 公布了研究结果，认为不必担心。研究负责人、美国东北大学的流行病学学家 Alessandro Vespignani 表示，大多数传染病不会在世界杯期间引发公共卫生问题。流感、肺结核、疟疾等或许会有少量新增病例，但考虑到每年有数百万游客入境美国，这场足球盛会并不会带来额外的重大疫病风险。

“整体来看，这份研究结论让人安心，说明 2026 年世界杯不会显著改变北美地区的传染病状况。”加拿大多伦多总医院的传染病专家 Isaac Bogoch 说。

大型体育赛事、音乐节、宗教集会向来被视为潜在的疫情暴发点。不过这类活动的举办形式和地点各不相同，可能流行的病原体也存在差异。Vespignani 团队想要评估本届世界杯期间，哪些疾病可能对美国构成实质性威胁。该研究并未覆盖加拿大与墨西哥，这两个国家在 104 场比赛中各主办 13 场。

研究团队首先梳理了各类疾病大规模传入美国的可能性。预计将有数十万球迷赴美观赛，其中许多人只是替代了原本计划赴美



研究人员表示，各国球迷赴美国观赛不会带来重大公共卫生安全问题。

图片来源: MARVIN IBO GUENGOER/GES SPORTFOTO

的游客。研究人员估计，未来几周，美国的入境游客数量只会上涨约 20%。团队结合全球 77 种病原体的流行数据，估算了球迷可能造成的额外病例输入数量；再结合每种病原体的传播特性，模拟了 100 万次疫情暴发的场景，并以暴发规模的平均值作为最佳估算值。

结果显示，有 63 种疾病的整体风险可忽略不计。其中霍乱、白喉、鼠疫等输入的可能性极低，几乎不会由球迷带入；其他病原体即便传入，也不太可能在世界杯赛事期间轻易传播。例如，最近针对大型体育活动的研究表明，梅毒、艾滋病等性传播疾病并未增加。虽然一些大型集会曾暴发胃肠道传染病——这类病毒极易在仅有移动厕所、清洁用水不足的音乐节传播，但世界杯场馆配备现代化卫生设施与标准化食品加工流程，基本可以杜绝这种情况发生。

最终，研究团队筛选出 14 种需要重点监测的病原体清单。Vespignani 称，发布这份清单是为了“帮助各州卫生部门明确哪些病原

体是需要重点关注的”。

这些病原体分为五类：

一是疟疾、登革热、基孔肯雅热等蚊媒传染病。这类疾病有可能在美国南部流行。

二是流感病毒、新冠病毒等呼吸道病毒。随着球迷入境，此类病毒的病例数量或将超出预期。

三是乙肝、肺结核等慢性传染病。相较于美国，此类疾病在全球其他地区更为常见。

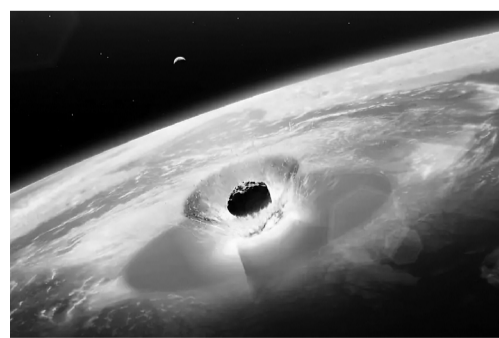
四是在美国本土流行的诺如病毒、麻疹病毒。这两种病毒在世界杯期间都极易出现大范围传播。

五是致死性拉沙热病毒等罕见病毒。这类病毒在部分国家传播较为普遍，存在感染者进入美国的可能。

不过，Vespignani 表示，即便是世界杯这种顶级的盛会，对全球而言也只是相对轻微的大型活动。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.64898/2026.05.28.26354384>

# 灭绝恐龙的小行星带来 800 万年地下高温



发生于 6600 万年前的撞击事件。图片来源: MARK GARLICK

本报讯 一项 6 月 9 日发表于《通讯-地球与环境》的研究指出，导致恐龙灭绝的小行星撞击威力惊人，以至于撞击区域至少花了 800 万年才得以冷却下来，由此形成了一个温暖的地下生态环境，微生物得以在此繁衍生息。

6600 万年前，希克苏鲁伯小行星撞击了如今的墨西哥湾。据推测，这颗小行星直径达 15 千米。这场撞击引发了极为严重的气候灾难，造成地球上 3/4 的物种灭绝。除鸟类祖先外，恐龙彻底消亡，地球也陷入了至少长达 15 年的“核冬天”。

撞击带来的影响深入了地下。论文第一兼

通讯作者、英国格拉斯哥大学的 Annemarie Pickersgill 表示：“希克苏鲁伯撞击的规模极大，地表以下至少 35 千米的岩层均发生形变。这一点已通过地球物理勘测得到证实。”

Pickersgill 介绍，此次撞击熔化了约 1 万立方千米的岩石。熔融岩石与海水相互作用，形成遍布微小孔洞的多孔地质构造，里面充满热水，被称为热液系统。

由于部分矿物质仅能在液态水与高温并存的环境中形成，研究人员由此推断，此次小行星撞击在地下数千米的深处创造出热液环境。但在此之前，人们严重低估了这片区域的受热情况，以及热液系统的规模与存续时间。

以往观点认为，撞击区域仅需 200 万年就能冷却。而 Pickersgill 团队的研究表明，实际冷却时间至少是此前预估的 4 倍，也为热液环境中的生命提供了更长的繁衍时间。

“对于所有撞击形成的热液系统，尤其是希克苏鲁伯陨石坑，最大的未解之谜之一就是热量能让地下水在地质构造中循环多久。”Pickersgill 说。

为解开这一谜题，研究团队向陨石坑地下钻探了 1000 米，以获取岩芯样本。岩石中的钾元素会随时间推移衰变为氩气，研究人员通过检测岩芯样本中封存的氩气含量，便能推算岩层的形成年代。

“我们测出的岩层形成年代从 6600 万年前

撞击发生时一直延续到约 5800 万年前。”Pickersgill 解释道，“这足以证明，撞击发生后的 800 万年内，希克苏鲁伯陨石坑部分区域始终存在热液活动。”

岩芯中的硫同位素也证实，热液系统内曾存在微生物，并在撞击后迅速恢复生机。

该研究结果表明，远古地球乃至其他星球上最早期的陨石坑，其内部宜居热液系统的存续时间或许比我们此前设想的更久。

“这为生命诞生、演化与扩散创造了更多可能。该研究还佐证了一种观点，即地球上的早期生命或许曾长期栖息在陨石坑中，而那些表面遍布大型陨石坑的其他星球也有可能孕育出生命。”Pickersgill 表示。

澳大利亚科廷大学的 Chris Kirkland 认为，虽然目前还无法完全证实希克苏鲁伯陨石坑内的热液活动从未中断，但已有充分证据表明，这片撞击区域在数百万年间始终处于高温状态。

“巨大的撞击不仅会摧毁环境，还可能造就长期稳定的地下系统，而高温流体会在破碎的岩层中不断循环。这类化学成分丰富的环境，既能为微生物提供庇护栖息地，也有望为生命起源初期的一系列化学反应创造有利条件。”Kirkland 说。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s43247-026-03618-5>

### 人为原因导致沿海极端事件从“百年一遇”变成“八年一遇”

本报讯 《自然-气候变化》6 月 11 日发布的一项研究显示，自 1900 年以来，人为原因导致的海平面上升带来的沿海极端事件的发生频率增加了 3 倍。研究结果表明，气候变化已经改变了沿海洪涝风险，并强调有必要将这些变化纳入适应和风险管理策略中。

当基准海平面上升与潮汐及风暴潮叠加时，就会发生极端海平面事件，形成沿海洪涝，破坏基础设施和生态系统。全球有超过 6.8 亿人居住在低洼的沿海地区。在这些地区，即使海平面发生微小变化，也会对洪涝风险产生显著影响。尽管长期海平面上升已被广泛研究，但人为原因导致的气候变化在多大程度上影响了极端事件的发生频率，至今仍不明确。

在这项研究中，美国杜兰大学的 Sonke Dangendorf 和同事结合潮位观测数据与气候模型模拟，分析了 1900 年至 2005 年间极端海平面事件发生频率的变化。

他们的全球分析表明，在此期间，由海平面上升引发的“百年一遇”洪水(即某一年的发生概率为 1%)的中位发生频率增加了 11 倍以上，升至“八年一遇”(即某一年的发生概率为 12.5%)。仅由人类活动驱动的辐射强迫就使此类事件发生的概率增加了约 4 倍。辐射强迫是指温室气体排放和土地利用变化等人因素对全球气候系统的影响。此外，自然变率，如火山活动、厄尔尼诺-南方涛动等因素，也在其中发挥了作用，但在大多数海岸线上的影响程度较小。

研究人员总结道，鉴于中位频率变化的严重性，采取紧急适应措施和持续缓解行动对于控制未来洪水事件的风险至关重要。不过他们指出，该研究的一个局限性在于潮位计直接观测数据的分布不均，数据主要集中在北美和欧洲沿岸地区。此外，2005 年以后的历史气候模型模拟数据也存在缺失。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41558-026-02659-0>

### 血液检测可助结肠癌术后精准治疗

据新华社电 德国德累斯顿大学医院牵头开展的一项临床研究发现，检测 II 期结肠癌患者术后血液中的循环肿瘤 DNA，或可帮助识别复发风险，并为术后辅助化疗决策提供依据。相关研究成果日前发表于《肿瘤学年鉴》。

对于 II 期结肠癌患者，肿瘤切除手术后是否接受辅助化疗，是临床治疗中的一个难题。研究人员称，虽然未接受辅助化疗的患者中约五分之一会出现复发，但化疗也可能给部分无需治疗的患者带来额外负担。

研究团队于 2020 年至 2025 年间在德国和奥地利进行了随机对照试验，共涉及 2100 多名 II 期结肠癌患者。试验中，术后血液检测结果为循环肿瘤 DNA 阳性的患者，被随机分为两组，一组接受辅助化疗，另一组按照现行标准治疗方案仅接受观察随访。

循环肿瘤 DNA 是肿瘤释放到血液中的微小 DNA 片段，可通过分子生物学方法进行检测。研究人员认为，这一指标可用于评估术后患者体内是否仍可能存在微小残留病灶。

结果显示，术后 3 年，循环肿瘤 DNA 检测结果为阴性的患者中，87% 未出现复发；检测结果为阳性的患者中，这一比例为 52%。研究还显示，在接受化疗的循环肿瘤 DNA 阳性患者中，术后 3 年无复发生存率为 77%，未接受化疗者仅为 38%。

研究负责人、德累斯顿大学医院肿瘤学家贡纳尔·福尔普雷赫特说，该研究确认了循环肿瘤 DNA 作为临床风险标志物的价值，并显示检测结果呈阳性的患者可从化疗中获益。不过研究人员也指出，研究中使用的血液检测方法尚未商业化，还需解决可及性及费用等问题才可能进入广泛临床应用。

(褚怡)