

# 第四纪大冰期遇上全球变暖 人类生存环境究竟是冷是热？

关注全球变暖②

◎ 实习记者 孙明源

地球因其宜居环境成为我们的家园，但实际上，它并不是一颗温驯的星球，而只是在最近的

地球尺度下的气候变化

人类如今正处于一次大冰期中

中国矿业大学(北京)地质学讲师吴会婷介绍，在讨论地球气候变化时，“尺度”是非常重要的概念。地质学家把地球历史上大气和地表长期低温导致极地冰盖大幅扩展，甚至覆盖整个大陆的时期称为大冰期。衡量大冰期的时间尺度是百万年。从地球形成以来，至少出现过5次大冰期，每次大冰期持续时间可达上千万年。在大冰期的极盛期，南北极冰盖的覆盖面积非常广，可超过地表总面积的30%。与之相对，在大冰期之间，地球处于地质学家所称的温室期，温室期的地球上没有任何大陆冰川(包括南北极)。

科学家估计，在地球46亿年的历史中，超过85%的时间是温室期。从这一角度来说，大冰期只是温室期的“插曲”，但正如前文所说，“插曲”一词是对数亿年的时间尺度而言的。

吴会婷举例，大冰期的寒冷在“雪球事件”当中尤其典型。“雪球事件”指距今7.5亿—5.8亿年间，地球经历了持续超过千万年的大冰期，一些科学家推测，在这个时期，地球上的平均温度一度达到零下50℃，整个地球都被冰冻了起来。

气候变迁周期受多因素影响

地球轨道变化、板块运动等均作用其中

作为古生物学方向的学者，吴会婷补充说，地质史上气候变迁对生物演化有着重大影响。例如2.5亿年前的超大型火山爆发事件，使得全球气温增高、海水缺氧和酸化等，造成当时地球上的生物大量灭绝，颠覆了全球海洋生态系统的面貌。

地球上为何存在大冰期—温室期这种以百万年计的周期，大冰期内部又为何存在冰期—间冰期这种以十万年计的循环？为了解释这些问题，科学家们已经提出了大量假说，其中最具有影响力的是以南斯拉夫地球物理学家、天文学家米兰科维奇命名的“米兰科维奇循环”。米兰科维奇推测，冰期与间冰期的形成与地球轨道的变化有关，取决于离心率、地轴倾斜度、北半球夏至位置等因素。米兰科维奇提出的假说得到了后续

人类尺度下的全球变暖

我们的活动已改变气候正常变化轨迹

从长时段来看，天体和板块运动对地球气候变化的统治力是绝对的，比起它们的力量，地表生物就如同浮尘一般。然而，顽强的地球生命还是在自身演化中发展出了影响气候的能力。在气候变化以百万年尺度衡量的大张大合当中，作为整体的生物起到的作用或许只能说是重在参

与。几十万年当中恰好处于适合人类生存的状态而已。在地球的历史上，既有长达上千万年的严寒，也有持续数百万年的酷热和暴雨。地球的气温在数十亿年间一直在发生长时段的周期变化。因此，衡量全球变暖，需在人类视角下进行。我们关心全球变暖，是因为这一问题和人类的生存发展息息相关。

在“雪球事件”时期，只有少量生活在火山附近或未被冰海覆盖的生物得以幸存。

虽然并不是每个大冰期都像“雪球事件”发生时这般寒冷，每个大冰期也都有自身的演化周期，并非一直处于盛期，但是地球气候的演化周期之长和波动幅度之大已经可见一斑。事实上，我们人类今天就处于一个大冰期，即第四纪大冰期中，南极洲和格陵兰的冰盖就是这一冰期的象征。在地球历史上的大多数时光，也就是温室期当中，平均温度都比处于大冰期的当下高得多。而平均温度更低的情况在历史上的大冰期内也不罕见。

当我们把观察尺度从百万年降低到十万年时，就可以观察到冰期内部较小的冰期和间冰期。大冰期本身由许多较短的周期组成，其中相对较寒冷的时期被称为冰期，相对较温暖的时期则是间冰期。当前的人类生活在约1.1万年开始的一次间冰期当中，比起约1.8万年前的第四纪大冰期最盛时期，如今的年平均气温已经高了15℃。科学家预计，下一个冰期将在约9万年后到来，“千里冰封”的世界到那时会再度降临。

地质证据的支持，已经成为科学界普遍接受的理论。至于大冰期的形成原因，科学界提出的可能影响因素包括板块运动、太阳系在银河系当中的位置等。以“雪球事件”为例，科学家推测这次大冰期的成因是板块运动带来的岩石风化消耗了过多的二氧化碳，而结束的原因则是成千上万年的火山喷发又释放积累了大量的二氧化碳。

和地球历史上这些漫长的周期和剧烈的变化相比，人类在数千年文明史当中经历的气候变化显得微不足道。比起天体和板块运动，人类活动对地球气候造成的影响看起来也像是沧海一粟。那么，全球变暖对我们来说为什么重要？“怀疑论者”“阴谋论者”的观点为何不可取？说到底，要理解这些问题，我们必须把观察尺度进一步缩小，站在人类社会的角度进行观察。

与。但是对于这些寿命只有几分钟到几百年不等的生物本身来说，一丁点气候变化就可以说是性命攸关了——人类也不例外。

安徽省地质博物馆、古生物化石科学研究所工作人员向科技日报记者介绍了人类在气候变化史上的地位：在地球的历史上，有三类生

捕获分子发光信号 1秒  
内连拍上千张图片

电致化学发光，是指具有发光活性的物质在电极表面通过化学反应实现发光的形式，可令分子产生光信号，在体外免疫诊断、成像分析等领域已有应用。

“在溶液体系还难以开展单分子化学反应的直接光学捕捉。”冯建东介绍，单分子化学反应伴随的光、电、磁信号变化非常微弱，而且化学反应过程和位置具有随机性，很难控制和追踪。

如何实现微弱乃至单分子水平电致化学发光信号的测量和成像？如何在电致化学发光成像领域实现突破光学衍射极限的超高分辨率成像，即超分辨电致化学发光成像？3年来，冯建东团队致力于这两大难题的研究，通过联用自制的具有皮安水平电流检出能力的电化学测量系统以及宽场超分辨光学显微镜，搭建了一套高效的电致化学发光控制、测量和成像系统。

“团队通过搭建灵敏的探测系统，将电压施加、电流测量、光学成像同步起来，通过时空孤立捕获到了单分子反应后产生的发光信号。”论文第一作者、浙大化学系博士生董金润介绍。



视觉中国供图

对于存在了46亿年的地球来说，一百万年也不过是须臾而已。但是对于人类社会自身来说，百万年尺度上的气候剧变是遥不可及的，9万年后才会到来的下一个冰期也无须担忧，但是，接下来一千年乃至一百年的生存和发展问题才可谓迫在眉睫。

物通过改变碳循环影响到了气候变化。首先出现的是光合作用生物(藻类)，它们具备把二氧化碳转换为氧气的功能，固定了原始大气中90%以上的二氧化碳。随后出现的是分解者(土壤微生物)，它能够分解植物纤维，把二氧化碳放回大气，使得碳循环得以建立。正是因为这两者的先后出现，地球上曾经出现过温室效应，而后又被化解。

三者中最后出现的人类，在最近200万年方才获得影响气候的能力——进入工业时代的人类挖掘出地下的化石燃料，并通过大规模消费使其释放出二氧化碳。人类活动打破了地球生物圈多年来维持的碳循环，在200年内实现了自然界原本需要数千万年乃至数亿年才能完成的化石碳库释放——这就是“全球变暖”的起源。

在科学界，全球变暖问题也曾经历整整一个世纪的争议。科学家们难以论断，人类活动是否有能力对地球气候造成哪怕比较微小的影响，以及当下的气候变化是不是自然界周期的正常表达。然而到20世纪末，越来越多的证据表明，人类活动对气候的影响确实存在，而且这种影响已经大到了改变正常变化轨迹的地步，全球变暖由此才成为科学界和政界的共识。

多重曝光合成叠加  
实现纳米级超高分辨率

现如今，传统光学显微镜在数百纳米以上的尺度工作，而高分辨电镜和扫描探针显微镜则可以揭示原子尺度。“但能够用于原位、动态和溶液体系观测几个纳米到上百纳米这一尺度范围的技术非常有限。”冯建东提到，这主要在于受到光的衍射极限限制，光学成像分辨率不足，即相邻很近的两个点难以分辨。

为此，冯建东团队在获取单分子信号图像的基础上，着手研究电致化学发光的超高分辨成像。受到超分辨荧光显微镜技术的启发，研究团队利用通过空间分子反应定位的光学重构方法进行成像。“好比人们夜晚抬头看星星，可以通过星星的‘闪烁’将离得很近的两颗星区分开一样。”

“我们发现，当下地球上生物物种数量、气候变化的速率和幅度，实则已经远远超过了地质历史时期曾发生过的最惨烈、最严重的生物大灭绝事件。”吴会婷说，“目前，科学家正在深入研究地球早期生命的起源演化过程同气候变化的关系，并用大数据分析趋势。”

近年来的一些研究表明，牛羊打嗝、放屁释放甲烷，野猪觅食破坏土壤都会增加碳排放。其中，畜牧业排放温室气体的问题已经得到国际组织和各国政府重视，野猪活动排碳则是科学家在2021年新发表的研究成果。不过，比起这些动物活动，人类对化石能源的消费才始终是温室气体排放的主导因素。

地质学家很少关注十万年以下尺度的研究问题。对于存在了46亿年的地球来说，一百万年也不过是须臾而已。但是对于人类社会自身来说，百万年尺度上的气候剧变是遥不可及的，9万年后才会到来的下一个冰期也无须担忧，但是，接下来一千年乃至一百年的生存和发展问题才可谓迫在眉睫。正是在属于人类的时间尺度上，人类造成的全球变暖才有至关重要的意义。保护环境，努力维持适宜的气候，力争实现碳达峰、碳中和，归根结底是在保护人类自己。

新知

昆虫当中介

植物病毒实现高效传播

科技日报讯(记者翟剑)据中国农业科学院(以下简称中国农科院)最新消息，该院植物保护研究所(以下简称植保所)作物病毒病害流行与控制创新团队，研究发现南方水稻黑条矮缩病毒(SRBSDV)通过病毒外壳蛋白与白背飞虱家族的膜融合相关蛋白互作而进入到中肠上皮细胞的囊泡，并融合形成一个大的囊泡，最终突破中肠细胞释放大量病毒粒子，以实现病毒高效传播。相关研究成果新近在线发表于《分子植物病理学》。

团队首席、中国农科院植保所研究员王锡锋介绍，自然界中近70%的植物病毒传播需要依靠介体昆虫。如蚊子可以传播登革热病毒，蚊子就是介体昆虫。介体昆虫在取食植物韧皮部汁液时，植物病毒尤其是持久型病毒会随着汁液被摄入昆虫肠道中，通过跨越上皮细胞进入血淋巴，借助昆虫的循环系统到达唾液腺。再次取食时，病毒会随着唾液进入健康植物体内。介体昆虫的高效传毒是导致病害暴流行的关键，而突破中肠是病毒进入昆虫体内第一个、也是最为重要的屏障。

团队以南方水稻黑条矮缩病毒和介体白背飞虱为对象，电镜观察发现很多病毒存在于肠道上皮细胞的囊泡中，同时在靠近血腔一侧的细胞膜附近形成一个包裹大量病毒的大囊泡。通过互作筛选发现病毒的外壳蛋白P10与两种囊泡相关膜蛋白VAMP7和Vti1a互作，含有VAMP7/Vti1a的复合体主要参与细胞的物质运输。介体昆虫获毒后，病毒与VAMP7或Vti1a在细胞中随着时间的延长共定位逐渐增多，并由细胞质转移到细胞膜上。干扰VAMP7或Vti1a表达后不影响病毒进入肠道及在肠道中的积累，但显著降低了病毒在血淋巴的积累量，同时抑制了传毒率。这说明病毒通过与VAMP7和Vti1a互作、利用介体囊泡运输系统进行自身的运输和扩散。

该项研究揭示了植物叶脉病毒可以通过劫持囊泡克服媒介昆虫中肠逃逸障碍的关键机制，为囊泡运输在病毒传播中的作用提供了新的见解，同时为阻断病毒病的传播提供候选靶标。

青藏高原高寒生态系统

将对气候变暖形成负反馈

科技日报讯(李迪 陈科)近期，一项研究表明，青藏高原高寒生态系统总体是重要的碳汇且持续增强，将对气候变暖形成负反馈。8月9日，相关研究结果在线发表在国际学术期刊《美国科学院院刊》上。

中国科学院(以下简称中科院)成都山地灾害与环境研究所西藏生态环境创新团队与中科院青藏高原研究所、中科院西北生态环境资源研究院、中科院地理科学与资源研究所、兰州大学等合作，通过综合定位监测、控制试验和模型模拟等技术手段进行了这项对青藏高原陆地生态系统碳源汇现状及动态的系统研究。

气候变暖会造成二氧化碳持续排放，为何该研究表明青藏高原高寒生态系统总体将对气候变暖形成负反馈？“作为重要的国家生态安全屏障，青藏高原高寒生态系统碳汇功能变化对我国乃至北半球的气候系统影响强烈，被称为气候变化‘启动器’‘调节器’。”该研究团队负责人、中科院成都山地灾害与环境研究所研究员王小丹说，高原气体总体变暖变湿有利于植被生长，近20年来以西藏生态安全屏障建设为主的一系列重大生态工程实施，使青藏高原生态环境得到有效保护，综合效益显著。

此次研究发现，青藏高原32个监测点中26个呈现净碳汇状态，区域净碳汇是此前科学界预期的4倍。高寒生态系统净碳汇最强值出现在约海拔4000米左右。碳交换的温度敏感性分析发现，水热同期的夏天碳固定速率系统性地高于冬季碳释放对温度的敏感性，且这一现象在更高海拔地区更加明显。

此外，16个控制实验结果显示，青藏高原碳汇在模拟变暖情境下总体呈现增强趋势且存在阈值，模式模拟也表明青藏高原暖湿化对碳固定的促进超过了冻土碳释放的影响。

王小丹表示，该研究为理解高寒冻土区生态系统碳过程和区域碳平衡提供了新的认知，也为青藏高原生态安全屏障关键功能量化和重大生态工程时空格局优化提供了重要科技支撑。

抑制催化剂烧结的

临界颗粒距离被成功量化

科技日报讯(记者吴长锋)记者从中国科学技术大学获悉，该校梁海伟教授课题组与李微雪教授课题组开展实验和理论合作研究，成功量化抑制催化剂烧结的临界颗粒距离，在此基础上提出了制备高负载纳米催化剂的有效策略。该研究成果日前发表在国际期刊《自然·通讯》上。

负载型金属纳米颗粒催化剂的烧结问题一直是研究热点。特别在高温下，由于表面能随着粒径的减小而急剧增加，金属纳米颗粒有很强的烧结倾向，从而不可避免地会导致活性金属表面积损失，导致催化剂失活。催化剂烧结需要跨越颗粒间距建立接触才能发生，颗粒间距在催化剂烧结中起到关键作用，但迄今缺少相关量化研究。

研究人员首先使用具有不同比表面积的碳载体，通过调控金属载体构建出不同颗粒间距的催化体系，并考察其在高温900℃下的烧结情况。高角环形暗场透射电镜和X射线衍射表征发现存在明显的抑制金属烧结的临界承载量和临界颗粒距离。基于此，研究人员量化出抑制催化剂烧结的临界颗粒距离。

通过结合烧结动力学理论研究，研究人员得到颗粒在载体表面扩散的动力学关系，并发现临界颗粒距离取决于金属和载体相互作用的强度。进一步，研究人员探索了该类催化剂在高温丙烷脱氢催化反应中的抗烧结特性，说明了临界颗粒距离的量化研究对实际催化反应的意义。

“相比于荧光成像技术，电致化学发光成像不需要对细胞结构做标记，意味着不易影响细胞状态，对细胞可能是潜在友好的。”冯建东表示，未来，这项显微镜技术将作为一项研究工具，在单分子水平揭示更多化学奥秘，也有助于揭示更为清晰的生物结构和看清生命基本单位细胞如何工作。