

# 减缓全球变暖“步伐”

## ——探寻海洋调节地球气候的“密码”（上）

□ 郑立伟 郑旭峰 高树基

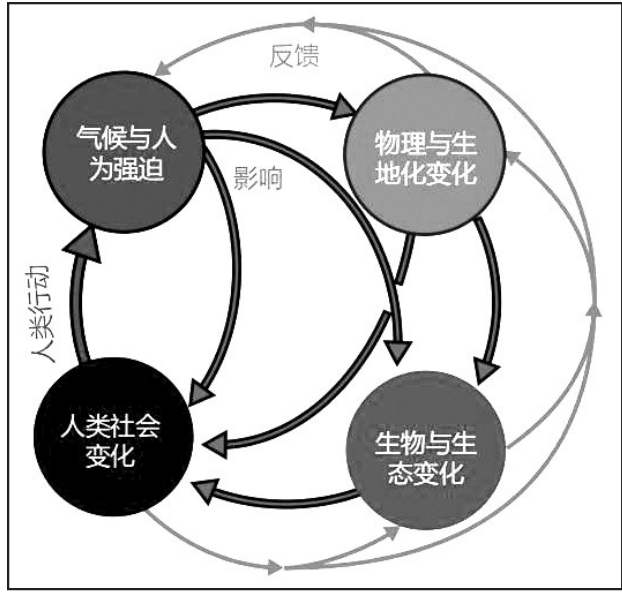
历经46亿年的演化，地球在岩石圈、水圈、大气圈、冰冻圈与生物圈的交互作用下，造就了当今的海洋生态系统。

海洋包括北冰洋、太平洋、大西洋、印度洋、南大洋以及它们的边缘海，覆盖地球表面积71%，涵盖极带到赤道气候区，是地球系统的关键组成部分，为丰富的海洋生物提供了栖息地，贡献了地球上约50%的初级生产力，是人类重要的食物来源，与人类生存息息相关。

海水的比热容是空气的4倍，储存了大量的地表热量。海水巨大的体量使得其以溶解态形式存储了高于大气中二氧化碳50倍的无机碳。通过海气界面，海洋与大气交换热量、水和生物地球化学相关的气体，如氧气和二氧化碳。而在海洋中，经由风驱动的大洋环流和极地的热盐环流，将这些物质和能量在全球海洋中重新进行水平与垂直分布。例如，西边界流将物质与热量从热带转移到高纬地区，在传输过程中海水释放热量到大气导致温度降低，密度变大，将表层高浓度的二氧化碳带入更深层的海洋。在风的驱动下，海洋环流也会在部分地区，如东赤道上升流区从深层带来富营养的冷水，从而使深海和大气之间的热量、氧气和二氧化碳发生交换。因此，海洋可以在季节、年际乃至千年尺度上调节地球气候。

事实上，海洋对地球气候的影响可以追溯到地球形成的早期。大约38亿年前，地球表面被岩浆所覆盖，完全不适合生物生存，直至地球开始冷却，地壳凝固，降雨开始发生，海洋逐步形成。大约30亿年前，海洋出现光合细菌释放氧气，改变大气组成成分。大约24亿年前，大气中的甲烷和二氧化碳逐步下降而氧气逐渐上升，这可能导致地球进入为期两亿年的雪球状态。

当太阳、月球和其他行星改变它们的相对位置时，地球的轨道会摆动，从而影响到太阳照射到地球的能量。当北半球的夏季日照量低于某个临界值，冬天的积雪不会在夏天完全融化。随着积雪增加，冰盖开始增长，从而进入冰期，反之进入间冰期。



气候变化与人为活动、生态系统之间的级联反应  
(图片由作者提供)

然而，在末次冰河时代，地球发生了20多次短期快速的气候变化事件。这些事件与冰期—间冰期旋回的不同之处在于，它们可能不涉及全球平均温度的大幅变化。在这些事件中，格陵兰岛和南大洋的变化不是同步的，而南大洋和北大西洋的变化方向相反，即所谓“跷跷板”效应。这意味着，由海洋洋流主导的在气候系统内对热量进行重新分配，就能足够触发临界点，以引起气候快速变化，而不需要全球辐射平衡发生重大变化。这些案例表明，地球气候系统本身的自然变率复杂，不同时间尺度的

气候临界点也各不相同，而海洋很可能在短期气候突变中扮演着重要角色。

基于古气候记录和模型研究，科学家发现，如果单纯考虑地球气候系统的自然变率，地球将在未来1500年内进入冰期。然而自工业革命以来，人类活动通过矿物燃料燃烧、水泥生产、农业和土地利用等，已导致温室气体在大气中积累。截至2021年，全球平均大气二氧化碳浓度超过410 ppm（浓度单位，也称百万分比浓度），地球大气层至少在过去100万年没有经历过这一水平。

大气中的二氧化碳会吸收地球的红外线辐射，相当于给地球覆盖一层毛毯，导致全球年均温度上升了1.3℃左右，使地球气候显著偏离了其自然变化趋势。海洋以其巨大的热容量吸收了全球总二氧化碳30—40%，以及人类释放温室气体所捕获热量的93%，延缓了全球变暖。科学家评估如果没有海洋的吸热，地球平均温度将高达50℃。

然而，海洋在吸收大量二氧化碳和热量、缓和全球变暖的同时，自身的理化属性与环流结构也发生了变化，造成了海水酸化、层化加剧、缺氧恶化等后果，深刻改变了海洋的生态系统过程及其反馈，并引发一系列级联反应。

海洋变暖正在多个营养水平上影响海洋生物和渔业，对粮食生产和人类社会产生影响。政府间气候变化专门委员会报告也强烈呼吁人类需要及时采取缓解和适应措施。但目前我们对气候变化如何影响海洋生态系统的认识要滞后于陆地生态系统，这是由于海洋本身巨大的体量和复杂性，还有部分原因是海上观测较为困难，导致长期观测少于陆地。

（第一作者系海南大学南海海洋资源利用国家重点实验室副研究员；第二作者系海南大学南海海洋资源利用国家重点实验室研究员；第三作者系厦门大学、海南大学国家重点人才特聘教授。本文原载《前沿科学》2021年第4期，略有删节）

脑是神经系统的高位中枢，是自然界最复杂的事物。我们能否揭开人脑的奥秘？这个问题历来有两种见解。一种认为人脑无法完全理解人脑，就好像人不能抓住自己的头发把身体从地面上提起来。从客观角度讲，人脑中的神经元数量庞大、结构错综复杂，其功能与普通细胞有本质的区别，加上人类又不能对自己的脑进行有创的研究，脑科学的进展比其他领域更加艰难。另一种见解则认为人类对未知世界的探索永无止境，脑科学的研究成果正在快速增长，总有一天积累到彻底理解大脑的水平。这两种见解孰是孰非，只有时间能给出答案。

自从西班牙解剖学家卡哈尔创建“神经元学说”，脑科学已经诞生了100余年。这100余年中，约1/5的诺贝尔生理学及医学奖颁给了脑科学领域的科学家。《自然》杂志邀请全球科学家提出的125个当代最受关注的科学问题中，18个属于脑科学。为了促进脑科学的发展，各国政府纷纷制定脑科学研究计划：美国国立卫生院2010年启动“人类连接组”脑研究计划，2013年又启动了“通过推动创新型神经技术发展大脑研究”计划；欧盟2013年启动脑科学研究计划，旨在建立用于模拟和理解人类大脑所需的超级计算技术平台；日本脑科学研究计划2014年启动，目标是加快对人类大脑疾病尤其是神经退行性疾病的研

究。2015年，经过多次论证的“中国脑计划”被列入我国“十三五”规划纲要。中国脑计划以脑认知原理为研究主体，以脑重大疾病诊治和类脑智能研发为两翼。与欧、美、日等国启动的脑科学研究计划相比，中国脑计划所包含的内容更广泛，更关注社会需求。承担中国脑计划的科研任务的单位主要分布于中科院的相关研究所，985、211高校的相关院系，教学医院的医学研究中心。2018年，北京与上海的脑科学与类脑研究中心相继成立，成为脑科学研究的重要基地。

脑认知原理是中国脑计划的研究主体，也是人类认识自我、理解自然的终极挑战。它需要从不同层面，从行为到神经系统和回路，再到细胞和分子对认知过程进行解释。由于脑成像技术和分子与细胞生物学的快速发展，在宏观和微观层面对脑的理解已经取得了很大的进展，但在宏观和微观层面之间存在很大漏洞，我们不知道神经元如何在大脑的不同区域组装成神经网络，也不知道神经网络在特定的认知过程和行为中到底发挥什么作用。

要想解决上述问题，必须绘制出三种图谱：一是“细胞类型图谱”，也就是说要鉴定各种神经细胞的类型并确定它们在脑中各个区域的分布；二是“连接图谱”，即连接组，也就是要确认脑中所有神经元的连接关系；三是“活动图谱”，也就是脑中与特定状态或功能相联系的所有神经元的放电模式的图谱。这三份图谱互相对比，我们才能够充分理解脑认知的神经环路。乐观地估计，未来20年，科学家能获得某些模型动物（如小鼠）的上述图谱，进而加深对人类认知过程的理解。

脑重大疾病诊治是中国脑计划的一翼，也是未来社会的迫切需要。以阿尔茨海默症为例，我国患者总数在不断增加。科学家正在深入研究其病因和发病机制，对该病进行早期诊断、精细分型和针对性治疗。帕金森病、精神分裂、抑郁症、药物成瘾等疾病的诊治也是中国脑计划的研究热点。类脑智能研发是中国脑计划的另一翼，就是大家熟知的人工智能（AI），用机器模拟和拓展人类的智能并应用于生产生活的各个领域。很多人认为AI是危险的，类人机器人会取代我们的工作甚至统治人类。科本就是一把双刃剑，如果能够建立有效机制来确保这些技术只被应用于对人类有益方面，我们就无需担心被AI所奴役。

（作者系华中师范大学副教授、湖北省生理学会理事）



# 全偏振显微成像技术为何备受青睐

□ 马辉

临床上病理学是疾病诊断的“金标准”，为疾病预防和治疗提供重要依据。

传统的病理诊断模式受限于医生的个人知识和临床经验。在当前“精准医疗”的大背景下，病理医生越来越需要能定量客观地指导临床诊断、治疗及预后的深层信息，因此病理学步入了以信息技术为标志的数字病理时代。

数字病理技术主要包括两步：第一步是将整张病理切片扫描成高分辨率的数字化图像；第二步为基于人工智能技术对数字化图像进行特征提取和分析，致力于自动化疾病辅助诊断和预测患者生存率和

治疗方案。

近年来，全偏振显微成像技术发展迅速。该成像方法具有不依赖于病理切片的染色、不对组织产生损伤、多种尺度和定量测量的特点。偏振显微成像方法有潜力针对活细胞、组织、器官和个体不同层次的微观结构和动力学过程进行定量检测，成为生物和医学领域观察和认识复杂生命过程的新型工具。

2014年，第一台全偏振显微镜成功问世，并初步应用在肝组织病理切片偏振数据测量与肝纤维化定量分级的临床任务中，为无染色、快速、定量辅助病理诊断铺平道路。

2015—2018年，多种案例初步验证了这项显微成像技术在临床病理辅助诊断中的应用潜力。比如，甲状腺癌和宫颈癌的病理辅助诊断、乳腺导管癌病理组织的定量分级、肠道疾病的病理分类。

2019年至今，基于偏振成像的数字病理技术在硬件和数据分析技术方面都有了突飞猛进的发展。在硬件方面，全偏振显微镜成功升级，可快速精确对整张病理切片进行偏振数据测量；在偏振数据分析方面，基于机器学习的大数据分析方法的建立，提取了能够识别各种特异性微观结构的偏振特征参数，定量完成了多种复杂的

病理分类任务，以及实现了多种设备成像结果之间的转换，达到对病理切片虚拟染色成像的效果。

偏振数字病理对样本制备要求低，对数据分析方法的兼容性好，不但现有的机器学习方法可以被直接采用，也可根据偏振数据的特点设计新的数据处理模型。

随着基于偏振成像数字病理技术的发展，数字病理学在临床诊断中的应用潜力不断提升，未来“看见”看不见的信息将不再是梦想。

（作者系清华大学物理系、清华大学深圳国际研究生院教授）

# 野生黑猩猩使用工具或是通过社会学习

□ 国际前沿

科普时报讯（记者吴桐）施普林格·自然旗下专业学术期刊《自然·人类行为》最新发表一篇人类学论文。研究人员通过一项长期研究发现，给一组野生黑猩猩提供石制工具，他们不会用其开坚果。这说明使用工具对野生黑猩猩来说并不容易学会，可能意味着此类行为是通过社会学习后才能获得的。

该论文称，人类通过观察彼此

学会使用工具和其他技能。这种形式的社会学习，让人类文化变得越来越复杂，但关于这种累积文化是否人类所特有，争议始终未息。过去在圈养猿类实验时发现，它们不经教授就会使用工具，或许这是观察人类使用工具后，从他们那里学到了这些行为。

论文通讯作者、瑞士苏黎世大学凯瑟琳·库普斯和同事在一个长期田野实验中，为几内亚的一个野生黑猩猩社群提供了其邻近黑猩猩社群所用的工具。他们还给这些黑猩猩提供了坚果，并使用红外相机拍摄。他们观

察到黑猩猩起初对工具很感兴趣，但没有用它们开坚果，并在数月后逐渐失去兴趣。而仅6公里之外，在几内亚另一个孤立黑猩猩社群里，黑猩猩则使用工具开坚果。

论文作者表示，这项研究发现为黑猩猩文化的性质提供了进一步见解。黑猩猩开坚果被认为是一种文化行为，仅在特定黑猩猩社群中才有。这些实验表明，即使得到工具，其他黑猩猩也不能轻易习得这部分黑猩猩文化。他们认为，黑猩猩的文化与人类文化非常相似，可能也是从社会群体成员那里学习而得来的。

# 我国旋转电机首次主导制定国际标准

科普时报讯（周溢 王学善 记者李丽云）记者日前从哈电集团获悉，国际电工委员会网站公布了一条消息，由哈电集团哈尔滨电机厂有限责任公司副总专业师、全国大型发电机械标准化技术委员会秘书长孙玉田牵头制定的国际标准“同步水轮发电机基本技术要求”，正式发布实施。这是我国旋转电机领域首次主导制定的国际标准。

该国际标准是在我国水轮发电机多年工程实践基础上，结合国内外水电领域最新科研成果建立的。标准内容反映了国际水电行业的主流思想，

首次引入了我国自主知识产权蒸发冷却技术，使标准成为国际上第一个同时涵盖空冷、水冷和蒸发冷却三种冷却方式的水轮发电机和发电电动机的技术标准，并在电气参数、损耗效率、温度、绝缘、电气连接等方面吸收了很多最新成果。

在电机工程领域，新的标准改变了国外项目过去无“法”可依的状况，将直接促进国内外水电产品的招投标、设计、生产、现场安装运行服务等一系列工作，将对国内外企业开发国际市场起到重要的助推作用。

过去，中国、俄罗斯、美国等

少数几个国家拥有此方面的国内标准，但在国际标准层面一直缺少一个标准来规范全球范围的水电设备市场，使我国企业在发电设备“走出去”进程中，经常遇到因缺乏国际标准带来的交流障碍，由此产生的沟通不畅有时还可能给国内企业带来经济损失。

2014年在国际电工委员会旋转电机技术委员会赫尔辛基年会上，孙玉田就提出由中国牵头制定水轮发电机国际标准提案的构想，其发表的立项倡议报告获得反响与支持。

# 面临逐步被替代命运的镉元素

□ 宋丹

镉，元素周期表48号元素。

1931年，日本某地出现一种怪病，患者骨骼疼痛不堪，直到1961年才查明是日本富士山平原神通川河附近工厂排放的大量含镉废水，污染了神通川水体，两岸农民引水灌溉稻田，生产出的稻米被农民吃了以后患上了骨骼疼痛病，重者全身多处骨折，最后疼痛死亡。

镉最早是由1817年德国斯特罗尔在分析一批氧化锌时找到的，本来以为这批奇怪的氧化锌中可能含有砷，但是深入研究后发现里面并没有砷，而是一种未知金属——将这些不纯的氧化锌中分离出褐色粉末，与木炭共热得到金属镉。

镉在地壳中含量比锌少很多，很少单独成矿，少量包含于锌矿中，在高温炼锌时总会早于锌被挥发掉，让人难以察觉，这也是镉在锌之后才被发现的原因。

镉主要用于制作合金。含镉0.5—1.0%的硬铜合金，有较高的抗拉强度和耐磨性，镉镍合金则是飞机发动机的轴承材料，其中镉含量并不多。

镉极易与硫化物形成黄色的固体硫化镉，与硒形成的固溶体可制成橙色到红色的染料，硫化镉与硫化锌混合则会生成黄绿色。从19世纪开始，艺术家们就在使用镉颜料了，覆盖力、耐久性和稳定性都十分优异，特别是这种颜料能耐3000℃高温，也把它用作热管或玻璃涂料，例如红色交通信号灯或者红色的亮灯装饰物。现代化工中，人们又发现硫化镉和硒化镉的纳米颗粒在色彩方面的应用，可以根据自己的需求通过控制颗粒尺寸来调节光学性能，特别适用于显示屏中的色彩显示。从某种意义上说，它们是现代颜料的组成部分。

镉具有较大的热中子俘获截面，因此含银（80%）钨（15%）镉（5%）的合金可作原子反应堆的控制棒，在早期核反应堆建设中起到了非常重要的作用。

1907年到1960年间，镉也被用作计量标准。当时的物理学家阿尔伯特·迈克尔逊提议将镉光谱中辨识度非常高的一条红色谱线的波长定义为1埃，并以此定义长度单位，1埃等于10<sup>-10</sup>米。

镉还被广泛应用于电池制作，1899年发明的可充电电池中就含有镉，作负极，与正极的氢氧化镍电极之间可以提供1.2V的电势。制作出的镍镉电池性能优良、使用寿命长，曾经在很多国家大规模生产。但由于镉对人体的危害，很多生产镍镉电池的厂家纷纷因为污染问题而停产，镍镉电池也逐步被禁用。《欧盟电池指令》中就鼓励人们使用更为安全的替代品，如镍氢电池、锂离子电

池等。镉并不是人体的必需元素。人体内的镉都是出生以后从外界环境中吸收，如果镉超标就极有可能引起镉中毒，吸入含镉气体会导致呼吸道症状，经食物摄入则会引起肝、肾等脏器病变，尤其对肾脏损害最为明显，还可导致骨质疏松。

镉即使有众多优异的应用，也不得不接受逐步被替代的命运。

（作者系武汉市第二十中学化学教师、武汉市科学科普团成员）

# “十四五”科普工作怎么干？政协委员有话说

（上接第1版）

丁磊在《关于推动急救知识纳入素质教育培养提升全民急救素养的提案》中提出，全民急救教育要从校园抓起。他建议，将急救知识纳入素质教育教学与培养范畴，充分探索VR、AR等数字技术与校园急救科普的结合，将“边看边学”转化为“体验式教学”；通过上线权威的急救科普平台，加强急救培训专业师资力量的模块化培养，设立急救培训硬性指标等方式，为生命救援打开绿色通道。

推动均衡发展 填补城乡“科学素质鸿沟”

2020年，我国城镇居民和农村居民科学素质水平差距达7.3个百分点，城

乡之间存在着一条“科学素质鸿沟”。“长期以来，科技进步、科普普及与公民科学素养的短板在农村、难点在农民。”全国政协委员、北京国际城市发展研究院院长连玉明建议，应加大乡村科普力度，推动农村现代化建设。

连玉明认为，在乡村振兴战略实施过程中，应对标科技强国战略，把科普普及放在与科技创新同等重要的位置，破解科技创新偏热、科普普及偏冷的问题；对表农业农村现代化总目标，突破科普普及和生产技术、轻文明生活的瓶颈；对照世界发达国家水平，缩小我国在科普基础和环境方面的差距；对比城乡居民科学素质，着力推动科学素质均衡发展。

当前是乡村振兴战略重要窗口期，

连玉明表示，应组织编制开展农村科普普及与提升农民科学素养的专项规划；争取从脱贫攻坚到乡村振兴过渡期政策的支持，在西部地区设立的乡村振兴重点帮扶县，深化东西部协作，高质量推进农村科普；把农村科普示范创建纳入国家及省级乡村振兴试点示范体系建设；完善农村科普发展体系，把提升农民科学素养作为乡村文明建设的重要任务，在实施乡村振兴农民科学素质提升行动等方面，做好新时代农村科普的顶层设计、政策创新、试点示范和体系重构。

连玉明牵头并参与了相关乡村科普专题调研，他在提案中建议，乡村振兴应以“满足人民日益增长的美好生活需要”为价值导向，把农村健康科普纳入

健康扶贫工作体系，定期开展易懂管用的防疫科普普及；加快研究编制农村地区综合减灾防灾攻坚规划，把防灾减灾科普普及纳入农村防灾减灾预案管理，建立农村灾害科普专家队伍和灾害信息员队伍，定期开展防灾减灾救灾科普宣传；把农民金融素养提升行动纳入普惠金融改革试验区建设，探索建立乡村金融服务特派员制度；让“碳达峰碳中和”知识进农村纳入“清洁乡村”建设，把科普普及与发展“低碳型”现代农业结合起来；建立新型数字农民学习平台，降低门槛、智能化开展农业数字化技能培训，鼓励和引导大学生、志愿者、返乡就业人员参与数字乡村建设。“以此五大抓手为主导，有望进一步推动农民科学素养迈上新台阶。”