视觉中国供图

**编者按** 近年来，全球极端天气频发，严重威胁着人类的生命财产安全。近期河南的强降雨更是将气候问题推向风口浪尖。全球变暖的气候大背景是否直接造成极端天气？在人类可直观感受的温度上升之外，全球变暖还对地球环境造成了哪些影响？一系列问题引发人们的普遍关注。据此，本报推出系列报道，解读全球变暖带来的各种影响。

# 天气频繁“走极端” 温室气体难脱干系

关注全球变暖①

◎本报记者 张 晔

8月9日，联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）在日内瓦发布最新报告，报告称极端高温等极端天气将变得更加频繁。此前的8月4日，《中国气候变化蓝皮书（2021）》正式发布并指出，全球变暖趋势仍在持续，极端天气气候事件风险进一步加剧。

近年来，极端天气在全球各地频频出现。仅今年以来，我国就遭遇了年初的极寒天气、春季北方的沙尘暴、初夏武汉和南通的大风、夏季河南的暴雨……灾害天气给我们留下来深深的伤痕，也在不断提醒我们全球变暖带来的严重后果。

“从统计和观测数据来看，在全球变暖的背景下，极端天气出现的频率确实在增加。”南京信息工程大学气候与应用前沿研究院院长罗京佳教授告诉科技日报记者。

许多人会心存疑问，极端天气频发与全球变暖有什么关系？全球变暖是如何影响天气的？在全球变暖的趋势下，未来气候将会呈现出怎样的发展走向？

> 温室气体就像盖在地球上方的大棚，短波辐射的太阳光可以穿透温室气体被地表吸收，但地表反射出来的长波热量辐射则无法穿过温室气体进入太空。于是地球越来越热，雨水也越来越多。这些雨水会在大气环流的作用下集中在局部地区，并且与台风、冷涡、低涡等天气形势相伴形成极端天气。
>
> 罗京佳
> 南京信息工程大学气候与应用前沿研究院院长

## 多重因素共同作用造成强降雨

根据中国气象局数据统计，河南郑州国家基本气象站7月20日16时到17时的降水量，几乎占郑州常年总雨量——640.8毫米的1/3。

中央气象台首席预报员陈涛说，7月17日以来河南强降雨过程累计雨量大、持续时间长、降水区域集中，小时雨强的极端特征也非常明显。其中，1小时201.9毫米的记录，超过了中国大陆有气象记录以来小时雨强的极值。

据统计，7月17日—22日，河南中部和北部降水量普遍有200毫米—400毫米，河南有39个县市过程累计降水量达当地常年全年降水量的一半以上。其中，郑州、辉县、淇县等10个县市超过当地常年全年降水量。

为什么会有这么强的降雨？

“从科学角度来分析，形成河南这样的特大暴雨有多重因素，缺一不可。”罗京佳说，形成降雨不仅要有充沛的水汽，同时要有强烈的垂直上升运动，让水汽变成大水滴降落下来，还要有周围多种天气条件与之配合。

国家气候中心副主任贾小龙在接受媒体采访时表示，河南省近期极端强降水事件综合了全球变暖背景及我国北方“七下八上”的降水集中期，是东亚大气环流异常协同作用的直接结果。同时，罗京佳认为，此次河南暴雨还有中小尺度对流系统在发生作用，其尺度可能只有一两百公里、生命周期只有几个小时，比如河南西北部的太行山和伏牛山的特殊地形，对偏东气流起到抬升辐合效应，强降水区在河南省西部、西北部沿山地区稳定少动，地形迎风坡前降水增幅明显。

气候变暖加剧气候系统的不稳定，是造成极端天气气候事件频发的重要气候背景。贾小龙分析，全球变暖对今年极端强降水过程的贡献比例还有待进一步研究，但是全球变暖加大了极端强降水出现的概率已得到广泛认可。

## 全球变暖导致气候不稳定性加剧

近年来，无论是中国还是全球其他地方，极端天气气候事件频发。科学家一方面在不断追求极端天气的预报精度，一方面也在反思，近些年为何会有这么多极端天气出现？

罗京佳认为，全球气候变暖加剧了气候系统不稳定，是造成极端天气气候事件频发、强度增强的根本原因。

以暴雨为例，简单来说，天要下雨就需要积雨云，云是由水汽上升凝结而成的，而水蒸发成水汽需要受热，也就是说天气越热，积雨云就越多，雨也就越多。

人类进入工业革命后，二氧化碳等温室气体排放快速增加。“这些温室气体就像盖在地球上方的大棚，短波辐射的太阳光可以穿透温室气体被地表吸收，但地表反射出来的长波热量辐射则无法穿过温室气体进入太空。于是地球越来越热，雨水也越来越多，这些雨水会在大气环流的作用下集中在局部地区，并且与台风、冷涡、低涡等天气形势相伴形成极端天气。”罗京佳解释说。

而对于冬季的极寒事件，罗京佳认为，个别地方出现破纪录的低温只是个例，从全球有气象数据记录以来，平均气温上升是普遍现象。“就比如我是浙江人，小时候年年冬天都会下雪结很厚的冰，但是现在却很少见了。”罗京佳表示，由于现代人生活条件大大改善，导致抗寒能力下降，稍有降温就会形成深刻印象，但这并不能推翻科学仪器的观测记录。总的来说，无论冬季还是夏季，全球气温上升是不争的事实。

虽然冬季的平均气温在上升，但时不时出现的强降雪，确实也是全球变暖在背后作祟。

“地球平均气温每提升1℃，大气中就会多7%的水汽，这些水汽在夏季会以雨的形式落回地面，在冬季则是以降雪的方式出现，导致暴雪等灾害性天气发生。”罗京佳说。

## 地球自我调节规律或被打破

对于有着46亿年“球龄”的地球来说，冷暖交替是常态，地球就像自带了一台超级空调。

“在整个地球历史中，有考据的冰期发生过7—8次。”据中国科学院南京地质古生物研究所的陈吉涛研究员介绍，从地球历史大尺度的角度看，我们现在仍处在相对较冷的时期。

冰期是指地球表面覆盖有大规模冰川的地质时期，又称为冰川时期。地球表面没有大陆冰川的时期则为“温室”气候。而在冰川时期，冰川的进退会造成冰期和间冰期的交替出现。

事实上，我们的地球现在正处于第四纪大冰期中的一次小的间冰期。其开始于一万一千多年前。按照“时间表”，间冰期结束之后，地球即将进入下一个小冰期，也就是说全球会逐渐变冷。但是因为人类活动的干扰，科学家无法对此次间冰期何时结束进行一个准确的预测。

自从进入工业革命后，人类对化石能源的需求大大提高，导致温室气体排放显著提升，地球平均气温正在向相反的方向转变，并且让地球的自我调节机制“失灵”，从而影响到全球气候变化。

“可以说，从极端天气频发现象来看，现在全球变暖已经从幕后走向台前。”罗京佳表示，如果全球变暖得不到有效控制，地球的自我调节规律将被打破，并有可能发生多米诺骨牌一样的效应，使得地球气候进入不可逆阶段，从而彻底滑向不可知的未来。

罗京佳认为，全球变暖不仅制造出更强的降雨、更大的洪水和热浪，气温上升还会融化冰川，炎热会导致陆地干旱、荒漠化，加快水分蒸发与水土流失，最终形成更多的极端天气。

在当前这样的情况下，头痛医头、脚痛医脚的治理思路基本已经穷尽潜力，未来需要新的应对思路，比如大规模地减少化石燃料的消耗，大规模实施新能源的替代，才能减缓全球变暖。

“全球气候变化不仅仅是科学家的事情，事实上全球气候变化已经成为一种共识，它不再是单一的具有科学性的问题，而会涉及到一系列经济和政策问题。”罗京佳认为，为了应对气候变化的威胁，需要采取国际协议和必要政策，共同限制温室气体排放。

# 用简单规则生成复杂图案，大自然的绝招是重复

◎陈天真

人类大脑天生擅长识别各种图案，如湖面波纹、斑马条纹，甚至晶体结构。但自然是如何创造出这些复杂图案的？

答案是靠一遍又一遍重复同样的简单规则。1952年，计算机科学家艾伦·图灵提出，仅仅通过简单的物理和化学定律，就能形成自然界丰富多样的图案。

## 随机缺陷产生错落有致的图案

最初吸引图灵思考图案形成原理的是一个问题：在胚胎发育早期，由相同细胞组成的球形胚胎如何发育成具有不同特征的有机体，即生物体如何从均匀对称自发分化出不同结构，经历所谓的对称性破缺。

图灵提出，是一种叫作形态发生素的化学物质在细胞和组织中扩散，将胚胎塑造成了不同结构。不过对于形态发生素到底是什么，图灵却含糊其词，它们可能是激素，也可能是基因。关键之处在于，它们扩散并相互反应。

图灵的理论对于胚胎发育并非必需，反而对生物学中的模式形成产生了广泛影响。它证明了生物的发展并不需要注入神秘的生命力，而是同样遵循普通的物理化学规律。

1972年，德国马克斯·普朗克病毒研究所的发育生物学家在不知道图灵工作的情况下，独立提出了一种生物模式形成理论。他们发现，静态的化学模式可以仅由两种相互作用的成分产生：一种是激活剂，它是自催化的，可以促进图案生长，另一种是抑制剂，可以抑制激活剂的作用。

抑制剂由于扩散速率更快，会将激活剂的扩散限制在局部区域，并阻止相邻斑块距离太近。这就像一片森林由于干旱有许多起火点，如果迅速扑灭火苗，就只会让一些区域沦为焦土，火势不会蔓延到整片森林。

事实上，这里的激活剂和抑制剂正是图灵所说的形态发生素。这种激活—抑制的方案可以产生斑点、条纹等图案，被称为图灵斑图。理论上，图灵斑图可以是完美有序的点阵或条纹阵列，但在实际中，随机缺陷会打破这种完美，产生错落有致却并非秩序井然的图案。

## 自然如何创造图灵斑图

要识别出图灵斑图并不难，但要找出是哪些反应发挥了激活剂和抑制剂的作用，则非常具有挑战性。

斑马鱼的身体侧面覆盖着五条横纹，和斑马颇为相似。对斑马鱼条纹的实验表明，它们确实按照图灵机制形成，但不是利用分泌到身体中的化学物质，而是用两种不同类型的细胞，嵌入细胞膜中的分子很可能发挥了激活和抑制的作用。

鲨鱼的皮肤表面覆盖着一层叫皮齿的微小鳞片，像盔甲一样保护它们的身体。这些皮齿的排布也会形成图灵斑图，正如鸟类羽毛、哺乳动物毛囊的排布，而且促使它们形成图灵斑图的很可能是类似的基因。这些基因穿越数百万年的演化历史，在亲缘关系遥远的鸟类和鲨鱼身上都保留了下来。

图灵斑图在自然界可以说无处不在。自然似乎非常懒惰，一旦发现图灵斑图这样简单而高效的方法，就会乐此不疲地一再使用，制造出各种美丽图案。

沙漠的波纹和图灵斑图非常类似。沙堆由风吹的沙粒沉积而成，随着一道沙堆变大，会从空气中吸收更多沙子，从而进一步促进自身生长。不过在长大过程中，沙堆从风中留下了沙子，也抑制了其他沙堆在旁边形成。这个过程类似于一种激活—抑制系统，确保沙堆之间的距离大致均匀。

图灵斑图也可以出现在原子尺度上。近期发表在《自然·物理学》上的一项研究发现，在二硒化铌（$NbSe_2$）晶体表面形成的铋单原子层，由于原子间相互作用和动力学影响，会形成规则的条纹图案，相邻条纹间距为5个原子（大约2纳米）。这里促使图案形成的只有一种化学成分，那就是铋原子。铋原子在垂直方向和水平方向的不同位移，发挥了激活剂和抑制剂的作用，创造出了这种目前最小的图灵斑图。

从宏观到微观尺度，从生命到非生命世界，如果有任何两种作用可以作为激活剂和抑制剂，彼此之间达到一种动态平衡状态，总是可以产生周期性的模式。这些模式形成的具体机制或许不同，背后却遵循着相同的数学规律。

## 自然中其他图案形成机制

除了图灵斑图，自然还有一种图案形成机制——分形。分形同样是从非常简单的数学物理规则，得到自然中复杂美妙的图案。海岸线、山峰、树枝、闪电，甚至血管，都是分形结构。

分形结构又是如何创造出来的？答案依旧是重复。

以最简单的分形结构——科赫曲线为例，从一个等边三角形开始，将每条边中间的三分之一替换成一个较小的等边三角形的两条边组成的“尖峰”，接着继续重复同样的操作，无限重复，最终会得到一个雪花一样的美妙曲线。

另一种分形结构——曼德布洛特集合则可以由一个简单的公式反复迭代获得。

如果我们不断放大分形结构，会发现其复杂性并不会减少，同样的结构会反复出现。也就是说，分形结构的局部和整体的形状是相同的，在不同尺度上看起来一模一样，具有自相似性和尺度不变性。

分形结构向我们展示出，简单规则的无限重复，可以产生惊人的复杂性，也让我们看到更真切的自然。 （据“科普中国网”）

新知

## 新方法可制备超薄纳米片 $CO_2$分离性能达工业要求

**科技日报讯** （记者**郝晓明**）双碳目标下，捕获二氧化碳（$CO_2$），发展低能耗、环境友好的$CO_2$选择性分离膜具有重要意义和价值。记者从中国科学院大连化学物理研究所获悉，该所研究员杨维慎、副研究员彭媛团队在纯相共价有机框架气体分离膜方面取得新进展，以二维共价有机框架（COFs）纳米片为分离膜构筑基元，诱发错排缩孔效应，成功将COFs的孔径缩小，实现小分子气体$CO_2$的高效分离。相关成果发表在《德国应用化学》上。

长久以来，针对混合气体的高效分离，研究人员将目光聚焦在拥有较小孔径的金属—有机框架材料上，而COFs由于孔径大于0.8纳米，一直被用作液体分离，难以精确分离小分子气体。为了构建具有高效$CO_2$分离性能的纯相二维COFs膜，研究团队提出错位堆叠COFs纳米片以缩小孔径的设想。“这就像把大孔的渔网错位叠在一起网住小鱼一样。”彭媛说。

要拆解重新组装，必须要有极薄的COFs纳米片。在前期研究基础上，该团队以三种不同表面化学和孔径的层状COFs材料为研究对象，发展出一种弱酸性溶剂剥层，并辅以温和机械外力的方法，将厚度约3000纳米的COFs材料剥离为厚度约2纳米、尺寸达微米级的系列超薄纳米片层。而后，通过精确控制纳米片错排组装策略，成功构建出孔径尺寸适合$CO_2$分离的纯相COFs膜；此外，COFs有丰富的表面官能团，能够选择识别和吸附$CO_2$。实验结果表明，COFs纳米片错排缩孔效应与骨架对$CO_2$选择性吸附特性的协同作用诱发了气体在膜内表面扩散机制，实现了$CO_2$/氢气（$H_2$）混合气中大分子$CO_2$优先渗透分离，分离性能达到工业应用要求。

杨维慎表示，不同种类的COFs孔径不同，经过改造后或可实现其他气体的分离，这为开发新型COFs气体分离膜材料提供了新思路。

## 甘肃发现剑齿虎化石 填补“大猫”演化迁徙研究空缺

**新华社讯** （记者**金地 董瑞丰**）记者从中科院古脊椎动物与古人类研究所获悉，我国科学家最近在甘肃临夏盆地首次发现了隐匿剑齿虎带有颊齿的下颌骨化石。这填补了该种乃至剑齿虎属原始类型在中国的空白，为研究晚中新世剑齿虎属演化和迁徙路径补上了关键一环。

剑齿虎亚科是一类长有发达的匕首状上犬齿的猫科动物，是史前的“顶级掠食者”。生活在约1300万年至533万年前中新世的剑齿虎属，是剑齿虎亚科的一个典型代表，成员普遍有着与现代狮虎相当的体型。

中科院古脊椎所助理研究员孙博阳介绍，此次在甘肃发现的化石，属于晚中新世最原始的剑齿虎属成员——隐匿剑齿虎。此前隐匿剑齿虎被认为仅分布于欧洲。

化石具有明显的原始特征，如相对较垂直的下颌联合部侧面轮廓、尺寸相对较大的下前臼齿，下裂齿具有较发育的下跟座残留等。孙博阳解释，用来切肉的裂齿是食肉类动物最重要的器官之一，猫科动物普遍的演化趋势是处理肉食的能力越来越强，这突出表现为裂齿的大小在全部牙齿中所占的比例越来越大，结构越来越简洁。甘肃发现的新材料和一些后期进步成员相比，下裂齿尺寸在全部牙齿中占比相对小，如装饰物一般的细小结构也更多。

据介绍，在约1000万年前，隐匿剑齿虎借由连通的白令陆桥向北美迁徙，由此开启了剑齿虎属在北美的称霸之路。然而，东亚地区此前一直未发现与隐匿剑齿虎处于相同演化水平的类群，使这条路径在亚洲出现间断。隐匿剑齿虎在临夏盆地出现的记录堪称完美地填补了这一空缺。

“可以推测，剑齿虎从欧洲向东，先到达土耳其，再穿越中亚，最有可能行进的路线是通过伊朗后进入中国，再向北美进发。”孙博阳说。

该研究由中科院古脊椎所与玉溪师范学院古生物研究中心领衔，和政古动物化石博物馆和云南大学参与完成，成果已在线发表于国际古生物学期刊《历史生物学》。

## 科学家实现用量子系统 得到黎曼函数前80个零点

**科技日报讯** （记者**吴长锋**）记者从中国科学技术大学获悉，该校郭光灿院士团队在基于离子阱系统寻找黎曼函数零点的研究中取得重要进展。该团队李传锋、黄运锋、崔金明等人，联合西班牙的合作者利用周期性地驱动囚禁离子的量子状态，成功在实验上测量到黎曼函数的前80个零点。该研究成果日前发表在国际知名学术期刊《NPJ 量子信息》上。

伯恩哈德·黎曼于1859年提出了黎曼猜想，是千禧年七大难题之一，其证明将极大地促进人们对于质数分布规律的认识。虽然数学家们对其孜孜以求，但至今黎曼猜想仍然悬而未决。在所有可能的解决方案中，一个非常有趣的想法是希尔伯特-波利亚猜想，它将黎曼函数与量子理论结合起来。希尔伯特-波利亚猜想认为存在一个量子系统，其哈密顿量的本征值与黎曼函数的零点对应。很多物理学家被这个猜想所吸引，并发现了许多有潜力的静态哈密顿量。但是这些静态哈密顿量难以在实验上实现。

研究团队在国际上首次提出了一种准静态哈密顿量方法。通过设计一种驱动函数周期性地驱动量子比特，能够实现量子态的准静态演化，使得当系统的准能量等于黎曼函数零点时，该量子系统在整数周期节点保持不变，即发生相干隧穿抑制。科研人员在自主研发的囚禁离子阱中率先实现了该方案。得益于该离子阱系统的长相干时间，研究团队实现了30个周期的高保真度驱动，并测量到了黎曼函数的前80个零点，比该领域此前的工作提升了近两个量级。

该实验结果对于人们研究希尔伯特-波利亚猜想，并深入理解黎曼猜想与量子系统的联系提供了重要的实验依据。审稿人高度评价：“实现该方案需要高度的实验独创性，理论和实验描述得很清晰，得到的黎曼零点数量大而且准确度高。”