中國科學報 3

||专家讲坛

碳中和对气候和经济的影响亟待研究

■张人禾

随着全球气候持续变暖,各种极端天气频发,碳中和问题也成为全球关注的作品

碳中和问题因人类活动向大气中排放温室气体,导致全球变暖而起。这些温室气体以二氧化碳为主,包括少量甲烷和氧化亚氮等。研究大气与陆地、海洋间的碳循环及其介面间的物质和能量交换过程,以及地球自然系统和人类社会经济系统之间的相互作用,是深入认识地球系统科学的关键,也是碳中和领域最前沿的科学挑战。

气候变化导致极端天气频发、海平面上升、生态系统改变,影响人类身体健康。 因此,我们要了解实现碳中和过程给气候 变化、公众健康和社会经济发展带来的影 响和风险。

实现碳中和的四个科学问题

在世界经济论坛发布的《2021年全球风险报告》中,位列第一的风险是气候行动失败,第二是传染病,第三是生计危机……这些自然系统或社会系统的风险和危机并非孤立存在。比如,人类活动向大气中排放温室气体,导致全球变暖,而气候行动失败会引发其他危机。

人类活动带来的碳排放最终会储存到大气、陆地或海洋系统中,但碳在各系统中的含量是不断变化的。大气、陆地、海洋三个系统之间存在碳交换过程,大气里的碳可以进入海洋或陆地中,同样,海陆之间的碳也能相互交换。因此,在实现碳

中和过程中,有四个和大气科学密切相关的科学问题需要关注。

一是要理解碳中和过程,知道大气中 到底有多少碳,要认识气候变暖背景下大 气、陆地和海洋之间碳的变化,还要知道 它们之间的碳循环过程。二是建立数值模 型,建立海、陆、气耦合的大气温室气体数 值模拟和数值预测模型系统。由于观测站 点有限, 仅靠观测无法知道碳在大气、海 洋和陆地的精确分布,碳循环过程及其时 间变化, 因此需要建立数值模拟系统,实 现海-陆-气过程与温室气体排放源、 吸收汇、区域和全球温室气体变化,以及 区域之间传输的准确测算并预测未来变 化。三是建立大气、陆地、海洋界面的物 理、化学、生物过程的一体化观测系统,认 识各圈层的相互作用,以及物质和能量交 换过程。四是建立社会经济系统的动力学 模型,认识社会经济系统与自然系统之间 的相互作用,并在一体化动力学模型中实

碳中和不仅是自然系统的问题,和人类活动也密切关联。比如,全球气候变暖和能源、金融、保险、旅游、健康等社会经济系统密切相关。自然系统和社会经济系统紧密相连、相互作用,因此要通过动力学模型刻画二者之间的相互作用。

须弄清影响和风险

能源转型(实现以清洁能源为主)是实现碳中和的关键之一。清洁能源中风能、太阳能都和大气状态有关,风能的产生取决

于大气的状态(风速、风向等),太阳辐射也受大气中云和气溶胶等的影响。因此,要更好地利用清洁能源,需要建立精细化大气数值模式,开展太阳辐射和风场预报。

大气状况还影响能源安全,比如,水 利发电与大气降水密切相关,气温高低又 影响能源消耗。此外,与大气科学有关的 极端天气事件也会对能源生产和供应产 生重大影响。2008年1月,南方冰冻雨雪 灾害天气几乎使电力设施被毁;2021年2 月,美国东部的极冷天气让一些地区的电力、能源系统崩溃;2022年夏季,中国东南 部极端高温事件给电力供应带来考验。因 此,加强极端天气事件的成因和影响研究、提升预报预防能力,是保证能源安全 的一项重要基础性工作。

全球变暖不仅是气温变化问题,还涉及海洋温度升高、极端降水增加、冰川减少、海平面上升等,对自然环境产生一系列冲击。要想实现碳中和目标,必须对减少温室气体排放可能的影响有清晰认识,要考虑实现碳中和过程中自然环境会产生怎样的变化,这对经济社会发展和人类健康都至关重要。

德国经济问题观察家弗里德黑姆·施瓦茨在《气候经济学》中指出,天气在全球4/5的经济活动中扮演着决定性的角色。英国经济学家尼古拉斯·斯特恩在《斯特恩报告》中指出,不断加剧的温室效应将会严重影响全球经济发展,其严重程度不亚于世界大战和经济大萧条。

但碳中和过程所造成的气候变化对经济产生多大影响、有哪些风险,这些问

题我们仍不清楚。目前,相关研究主要集中在气候变暖对公众健康的影响上,实际上,社会经济发展与气候变化密切联系,碳中和过程导致的气候变化对经济产生的影响亟待研究。

以科学研究推动实现碳中和

大气与陆地、海洋之间碳循环及其介面之间的物质和能量交换过程的研究, 地球自然系统和人类社会经济系统之间相互作用的研究,是大气科学与其他学科深度交叉的过程,是深入认识地球系统科学的关键,也是碳中和领域最前沿的科学挑战。

对这些挑战,目前我们还给不出比较好的答案。但建立自然和社会经济耦合模型,不仅是科学制定和评估碳中和实现路径的重要工具,也是人类社会实现可持续发展的基础数字设施。

现在,数字地球建设已提上日程,上海也在建设数字化城市。自然和社会经济耦合模型,将自然和社会经济系统数字化,这会成为数字地球的重要组成部分。

当前,世界各国都在进行减排和能源 替代探索,因此我们更要知道这一过程对 气候变化有什么影响,对经济社会发展和 公众健康有什么潜在威胁,这也是实现碳 中和目标的一项基础性工作。

(作者系中国科学院院士、复旦大学 大气科学研究院院长,本报记者张双虎据 其在"瞰见未来"2023 复旦大学管理学院 新年论坛上的演讲整理)

||集装箱

智能计算中心 2.0 时代展望报告发布

本报讯(记者赵广立)近日,"智算中心:实践与展望"研讨会在国家工业信息安全发展研究中心召开。该中心在会上发布了《智能计算中心 2.0 时代展望报告》(以下简称《报告》)。《报告》主要揭示了智算中心发展路径的研究成果,并阐释了智算中心在不同发展阶段的特征、挑战和趋势。

以 2022 年"十四五"规划及行业政策的陆续出台为分界点,《报告》将智算中心的发展划分为高速扩张 1.0阶段与行业引导 2.0阶段,深入调研剖析了 1.0阶段在建设发展和实际应用层面面临的挑战,明确了 2.0阶

段从相对粗放式扩张走向精细式规 划的建设方向及路径。

《报告》认为,2.0阶段的智算中心 应以算力多元化、产业协同化、服务 一体化、能耗低碳化、价格普惠化、部 署超前化、技术可信化为建设方向, 实现公共算力服务、数据开放共享、 产业生态创新等功能的集聚。同时, 应强调通过增强产业链协作,使不同 技术路线的芯片、算法、模型、应用等 要素,实现"横向"兼容、"纵向"耦合, 确保智算中心整体架构开放及全精 度多元算力供给,以此提升算力底座 的易用性、通用性。

"天格计划"合作组成功发射 4 颗卫星



火箭发射现场。 **清华大学供图**

本报讯(记者陈彬)1 月 15 日 11时 14 分,清华大学发起的"天格计划"合作组 4 所高校的 4 颗卫星载荷成功发射。其中,清华大学的GRID-05B 卫星载荷搭载于长光卫星 MF02A07 星,由长征二号丁运载

中能建300兆瓦级

火箭从太原卫星发射中心发射升空,成功进入预定轨道,卫星状态良好。

除清华大学外,南京大学和四川大学共同研制的 GRID-06B(搭载于长光卫星 MF02A04 星)、GRID-08B(搭载于天仪研究院TY-28号星)、北京师范大学的GRID-07(搭载于天仪研究院TY-28号星)也成功发射。此次成功发射的4颗卫星载荷,将与此前已发射在轨的多颗卫星载荷开展联合观测,对伽马射线暴、太阳活动和脉冲星等进行持续在轨观测与分析。

据悉,"天格计划"由清华大学于2016年发起,是一个以本科生团队为主体的空间科学项目,也是一个理工学科交叉的基础科学人才培养项目,以寻找与引力波、快速射电暴成协的伽马暴及其他高能天体物理瞬变源为主要科学目标。

接图索技

鼻喷剂有望"修复"中风大脑

本报讯 近日,一项发表于美国《国家科学院院刊》的研究指出,对抗中风影响的药物可以通过鼻喷剂的方式输送到大脑,至少在大鼠身上可以实现。

长期以来,如何将大分子药物送 人大脑一直被视为一项关键的医学挑战。因为大多数这样的化合物受血脑 屏障阻碍,不能大量到达大脑。

此前研究表明,一些药物可通过 鼻腔中探测气味的神经细胞到达大 脑,因为这些神经细胞具有从鼻腔延 伸到大脑的长纤维。

瑞士苏黎世联邦理工学院的 Martin Schwab 表示,能否通过上述方式让足够多的药物分子进入大脑,从而带来医疗益处,比如将药物带入大脑治疗阿尔茨海默病等尚不清楚。 为了找到答案,Schwab 和同事利用大鼠测试了经鼻内递送一种抗体。这种抗体能够阻断抑制脑细胞生长的化合物——Nogo-a。

该团队首先通过阻止血液流向大鼠大脑部分区域来模拟中风的影响。这会造成大鼠通过孔洞获取食物颗粒时行动笨拙。然后研究人员连续两周给组大鼠每天喷一次抗体鼻喷剂,另一组作为对照喷安慰剂。4周后,喷抗体鼻喷剂的大鼠取食成功率提高到了60%左右,而对照组的成功率约为30%。

Schwab等人对大鼠大脑进行检查,发现接受治疗的大鼠已经长出了更多新的神经纤维,证明上述给药方式能够帮助恢复中风造成的损伤。

不过,在英国纽卡斯尔大学的



Moein Moghimi 看来,虽然任何让药物进入大脑的治疗方法都能产生广泛益处,但该研究并不能证明这些抗体是沿着神经到达大脑的,它们也可能是通

过鼻子被吸收到血液中的。因为,少量 抗体是可能从血液到达大脑的。(**徐锐**) 相关论文信息: https://doi.org/10. 1073/ppas 2200057120

压缩空气储能电站落户长沙

本报讯(记者王昊昊 通讯员谢璐)近日,中能建300兆瓦级压缩空气储能电站示范项目签约落户长沙市望城区。据了解,这是2023年长沙市引进的首个投资额超过百亿元的项目。

该项目由中能建数字科技集团有限公司、中国葛洲坝集团三峡建设工程有限公司共同投资建设,拟选址在望城区桥驿镇建设300兆瓦/1200兆瓦时压缩空气储能电站,必要条件下可协调省市相关部门配套2000兆瓦风力和光伏发电站,按照"风光储

一体化"模式开发,项目预计总投资约120亿元人民币。

约 120 亿元人民币。 压缩空气储能作为大规模、长储 能时长、长寿命的新型储能技术,技术

能时长、长寿命的新型储能技术,技术指标对标抽水蓄能,能实现电网深度调峰、旋转备用、黑启动等功能,可有效解决新能源电力不稳定、不连续、不可预测等问题,因此投资建设大规模长时压缩空气储能电站十分必要。

据介绍,项目预计 2025 年建成, 建成后将对促进区域新能源发展建 设具有重要意义。

制造更"听话"的点火药

■本报记者 李清波

李晨阳戴上防毒面具,小心翼翼地称出 0.465 克无定形硼,加上 1.395 克硝酸钾,再将它们加入聚偏二氟乙烯黏结剂溶液中。混合均匀后,膏体状的药品被从可视化的 3D 打印设备中挤出成型。

利用高速摄影机,李晨阳逐一拍下了 这些含能药线燃烧的瞬间,耀眼的光芒一 次次点亮整个实验台。

这样的工作李晨阳重复了数百次。这位中北大学环境与安全工程学院的博士研究生,首次采用 3D 微笔直写技术,实现了高固含量硼/硝酸钾点火药含能油墨的集成化可控构筑,并研究了它在线性集成状态下的化学释能规律,为微尺寸下药剂释能控制及微能量器件阵列的反应性研究提供了借鉴。相关研究近日发表于《化学工程杂志》。

探寻释能规律

所谓含能材料,是指含有爆炸性基团或氧化剂和可燃物,并能独立进行化学反应且输出能量的一类物质。这种物质具有高能量密度和高释能功率的特点,成为航空航天、工程爆破、军事毁伤等领域的重要物质基础。要实现含能材料的精细化、多功能化应用,实现其释能的可控调节是重中之重。只有可控可调节的释能才能满足不同领域的应用需求。

点火药是一种蕴含丰富化学能的分子间含能复合物,常作为传爆序列中的始发装药。它既不能像战斗部火药那样"敏感躁动",又不能太过"迟钝"。硼/硝酸钾"性情温和",可产生气体、喷射热值高,机械感度高,燃烧速度适中,刚好符合要求。

自从硼/硝酸钾应用于点火药以来, 科学家研究的目光局限于药品配方、性能



李晨阳利用 3D 打印设备进行含能油墨定制化成型。

受访者供图

表征等,对如何精准控制缺乏深入探索。 李晨阳所在课题组,利用物理阵列或几何结构实现化学能释放,成为调控含能材料反应性的有效手段。这些研究利用含能复合物反应产生的气体和热量的对流,或者灼热粒子的平流实现能量输出优化,

借助线性燃速来度量建筑结构的反应性。 但李晨阳表示,这一研究并未在硼/ 硝酸钾中得以应用。

3D 打印破解难题

含能材料的能量释放一直受到广泛 关注,然而粉体属性的含能材料的释能规 律并不完全适用于集成态的含能材料。无 论是浇铸成型,还是压制成药柱,集成状 态下的含能材料与其最初的粉末形态都 有很大差异。因此需要先实现含能材料的 集成,再来研究其释能规律。

2021年,李晨阳在极微小的尺度内开始了试验。

他举例解释说,如果要制作一根直径 1 毫米的圆柱状火药,粉状的硼和硝酸钾都需要一个容器,用压药或螺旋的方法装药时不可避免会产生损耗,而且工艺上也很难使其密度均匀。
"形状和密度这两个难

点,可以通过3D打印来实现。"李晨阳利用微笔直写技术,制造出了理想的火药线——含能药线。

制作该药线,首先需要 将硼和硝酸钾以规定比例 搭配,再辅以聚偏二氟乙烯

做黏结剂,3D打印机便可在设定的程序下制造出形态各异的网络结构。这种方法既没有外形和结构的限制,又可以保持内部结构密度的均匀,网络化装药提升了打印棒燃烧的稳定性。

论文通讯作者、中北大学教授安崇伟 表示,尽管将3D打印技术应用于含能材料不是新鲜事,但通过3D打印构筑阵列结构,从构效角度调控含能材料的释能特性很少见。

"而且,我们不满足于含能材料的打印成型。未来,我们希望将含能阵列应用于含能器件中,借助 3D 打印设备,实现包括含能阵列、器件外壳、点火单元等在内的含能器件一体化制造。"安崇伟说。

燃烧快慢自己说了算

线性燃速是研究点火药最重要的指标,受限于制造工艺,理想的化学反应条件在现实中几乎不存在。为了找到规律,

不得不重复试验。李晨阳在装有拍摄窗口的防爆箱进行燃烧实验,通过 2000 帧 / 秒的高速摄像设备拍摄样品燃烧过程。

实验表明,在保持油墨稳定性和打印棒结构完整性的前提下,颗粒负载率为93wc%(硼/硝酸钾的质量占比,其余物质为黏结剂)时,线性燃速可达60毫米每秒,此时,打印棒的反应性最佳。随后颗粒负载率(硼/硝酸钾的质量占比)从97wc%降低到85wc%,打印棒的线性燃速从126.34毫米每秒降低至28.12毫米每秒。

"这个速度在点火药中并不算快,我们不追求极限的指标,更注重对燃烧过程的控制和观察。"李晨阳表示,"黏结剂越多,线性燃速越慢;黏结剂减少,燃速会加快,但成型效果会变差。可以根据需求综合调控燃烧速度,自己说了算。"

李晨阳从数据中推测出,打印棒的线性燃速表现出强烈的燃氧比依赖性。常规来说,按化学计量比配比硼和硝酸钾,理论上是最有效率、化学反应最剧烈的,硼和硝酸钾都可以在燃烧结束后全部消失。

"但实际和理论并不一致,我们发现,由于硼的活性因素,略富燃料的配方(即硼多一点)燃烧效率更高。"李晨阳说。

得出点火药药线的线性燃速约为 60 毫米 / 秒的结论其实并不容易。"当时我重 复实验多次,始终没有将数字稳定在 60 毫米 / 秒,导师一度害怕我'走火人魔'。" 李晨阳回忆道。

研究燃烧速度,制作含能药线的厚度 是操控燃烧的关键。李晨阳实验发现,打 印棒燃速具有明显的尺寸效应,厚度低于 110 微米时,燃烧不能稳定传递,当厚度在 750~1400 微米之间时,燃速 - 厚度曲线 表现出平台效果,燃速始终稳定。

除聚偏二氟乙烯外,课题组还引入多种高分子材料,目前已经实现炸药、推进剂、纳米铝热剂等含能材料的粉体集成。

安崇伟还向《中国科学报》表示,将 3D 打印技术应用于含能材料领域仅仅是 一种手段,探寻其规律才是不变的初心。 相关论文信息: 这次培育的"中生 1 号"生菜新品种,首次采用植物工厂育种加速器培育方法,通过环境 - 营养的动态精准调控,快速诱导生菜开花与结

https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.138376

改性黏土技术入选 《国家先进污染防治技术目录》

本报讯(记者廖洋 通讯员李河

昭)近日,生态环境部正式印发 2022 年《国家先进污染防治技术目录(水 污染防治领域)》,中科院海洋研究所 研发的"改性黏土应急处置赤潮技 术"作为"推广技术"人选。

据了解,《国家先进污染防治技术目录(水污染防治领域)》是由生态环境部结合环境污染治理的重点及热点领域推出的技术水平先进、环境效益明显、经济可行的污染防治技术名录。2022年,该目录共收录38项污染防治技术,分为"示范技术"和"推广技术"两大技术类别,其中,"推广技术"是指经工程实践证明了的成熟技术,治理效果稳定、经济合理可

方面的有效性。

全面临潜在威胁。

生菜又名叶用莴苣,是广受国内外消费者青睐的叶类蔬菜。目前,中

国生菜(含莴笋)产量占全球的56%。

但长期以来,我国生菜品种基本以进

口为主,核心种源受制于人,种业安

实,仅用不到4年时间就育出一个新

行,鼓励推广应用。

改性黏土技术是由中科院海洋研究所科学家成功研发的一项赤潮应急处置技术。该技术通过天然黏土矿物表面改性,可制备出一系列绿色、高效的赤潮治理新型功能材料,解决了国际上赤潮治理长期存在二次污染、效率低、用量大、不能大规模应用的技术难题。该技术在我国近海从南到北20多个水域大规模应用,成功保障了相关水域的水环境安全,产生了显著的社会经济效益。该技术集理论、方法、应用于一体,近年来走出国门,被誉为"中国制造的赤潮灭火器""国际赤潮治理领域的引领者"。

"中生1号"填补我国自主生菜品种空白 本报讯(记者李晨通讯员昌剑啸)近日,中国农科院都市农业研究所自主培育的生菜新品种"中生1号"通过四川省非主要农作物品种认定委员会组织的专家审定,填补了我国缺乏自主生菜品种的空白,同时也验证了育种加速器在加快育种速度

"中生1号"。

。 中国农科院供图

品种,而传统育种方法一般需要 8~10年甚至更长时间。

新育成的"中生 1号"属皱叶莴苣,2021—2022年经过多点试验证明,其平均亩产达1284公斤,较现有主栽品种增产55.90%。该品种水培适应性好,可以广泛应用于温室和植物工厂等环境的工厂化生产。