生态观察 shengtai guancha

氢能，距离我们有多远

人们对于氢气最深的印象，可能就是五彩斑斓的氢气球。不过，大家不太了解的是，作为一种高效、清洁的能源载体，氢能在全球能源转型中扮演着越来越重要的角色。那么，氢气真的能逐步发展为未来的能源支柱吗？

资料图

为何要发展氢能

近年来，全世界都在积极探索绿色、低碳、可持续的能源解决方案。氢能作为一种高效、环保且可再生的能源，受到了世界各国的广泛关注。中国作为全球最大的能源消费国，已将氢能产业视为未来能源转型的重要方向。

根据《中国氢能产业发展报告2020》，预计到2050年，氢能将在我国能源结构中占据10%的份额。国家发改委和能源局联合发布的《氢能产业发展中长期规划（2021-2035年）》强调，氢能作为我国未来能源结构的重要组成部分，是推动能源终端绿色低碳转型的关键载体，也是国家重点发展的战略性新兴产业。

尽管中国的氢能产业仍处于起步阶段，但正是这种初创状态，使其站在了历史性的机遇窗口。为了加速清洁能源发展，我国政府已推出一系列鼓励与支持政策，特别是对绿色产氢行业给予了重点政策和资金支持。这些措施将在未来一段时间内为氢能产业提供坚实支撑，推动其健康稳定发展。

在市场层面，氢能在交通（如氢燃料电池汽车）、工业及能源储存等领域的应用正迅速增长。为了实现氢能规模化应用，我国正积极推进从产氢、储氢、运氢到用氢的全产业链协同发展，以期降低整体成本、提高综合效益。此外，氢能还有望在化工、冶金、制冷等传统产业中，开拓新的应用场景，进一步拓宽其发展空间并创造更多增长机遇。

结合国际能源趋势、我国能源资源状况以及“双碳”目标，笔者认为，氢能的发展不仅是全球能源趋势，更是我国能源发展的必然选择。通过发展氢能，我们将更好地实现能源转型，满足经济社会发展的需求，同时为全球绿色低碳目标贡献力量。

发展氢能要解决几个问题

目前，我国已成为全球最大的制氢国，并且在可再生能源装机量方面，位居全球首位。这让我国在清洁低碳的氢能供给领域，展现出巨大的发展潜力。然而，氢能的规模化应用，仍面临两大技术难题。

首先是制氢成本问题。制氢成本比较高，尤其是电解水产氢——其成本主要受可再生电力价格影响。此外，电解水产氢等绿色产氢方式，还需在技术效率、稳定性和成本方面持续优化。

其次是氢气的储运问题。由于氢能生产与应用可能存在时空分布差异，导致其储存与输送过程不可或缺。特别是氢气的安全、高效和低成本储运，是氢能真正融入并规模化应用于现有能源体系的必要条件。

除了技术难题，政策与法规环境，也是影响氢能发展的重要因素。目前，关于氢能在产氢、储存、运输等环节的法规和标准，尚处于完善阶段。相信随着一系列制度体系的完善和健全，氢能产业将生发更大的动力，汲取更强劲的动能。

如今，大量资本和企业正进入氢能产业链，预示着这一行业将持续繁荣。这意味着，虽然我国氢能产业仍面临一些挑战，但拥有着广阔的发展空间。

产生氢气的几大途径

氢气的生产主要有四大技术路径：电解水制氢、化石能源制氢、工业副产制氢及生物质制氢。

从长期视角看，电解水制氢可能是未来主流的产氢方式，其他多种产氢技术将作为补充手段，共同构建多元化制氢格局。从中短期角度来看，电解水制氢仍面临技术瓶颈和可再生电力成本等挑战，其广泛应用仍受到制约。相比之下，化石能源产氢，凭借低成本和现有的大规模基础设施，在中短期内仍将维持主导地位。

水制氢，被认为是最可持续的途径——原料成本低廉且取用方便，燃烧释放能量后，又再生成水，循环往复、取之不尽，整个过程不会造成任何环境污染。例如，电解水产氢可以耦合可再生能源实现绿色产氢。

但现阶段，水制氢仍面临能源利用效率低下、工程适配性不足及经济性挑战。推动电解水制氢技术的广泛应用与产业化，核心在于降低清洁电力的成本，增强其整体经济性和市场竞争力。此外，制氢催化剂长效稳定性的维持，也是当前电解水制氢技术中亟待突破的技术难题。

笔者所在的研究团队结合多相催化的研究特点，专注探索从水中提取氢气的科学过程。“水中取氢”的核心步骤是水分子的活化——水分子具有很高的热力学稳定性，因此在低温条件下实现水的活化并高效制氢，是当前面临的关键科学挑战。

近年来，团队在“水中取氢”与“重整产氢”方向，发表了多篇具有国际影响力的科研论文，并形成了一系列发明专利。例如，我们与合作者最近的两项成果均围绕制氢反应过程的不同科学技术关键难点，进行探索突破。一项研究聚焦于制氢催化剂的稳定性问题，进一步开创了一种全新、具有广泛适用性的高活性产氢催化剂稳定策略，为开发高效、稳定的制氢技术提供了全新思路。另一项则聚焦于乙醇和水分子重整的零碳排放制氢路径，将为零碳排放的工业制氢奠定坚实的科学基础，为未来清洁能源的发展提供了重要的技术支撑。

要实现氢能产业的绿色、可持续发展，还需解决一系列科学技术和应用难题。具体来说，针对中短期内仍占较大比例的化石能源制氢和工业副产制氢过程，应继续发展二氧化碳捕集与利用技术，在控制成本的同时，尽可能实现绿色环保；对于绿色可持续的催化产氢过程，需进一步优化效率以减少碳足迹；对于未来将成为主流的电解水产氢过程，如何提高其集成度、规模化以及降低可再生电能成本，则是核心问题。

做化学研究，尤其是基础研究的人，都希望自己的成果既能“上书架”，也能“上货架”。未来，我们将紧密关注行业动态，聚焦产氢及相关过程的核心科学技术问题，发展绿色清洁的可持续产氢、储氢、运氢和用氢技术，推动重大的原创性科学研究实践落地，助力中国在氢能领域取得国际领先地位。

高子睿 马丁

专家之声 zhuanjia zhisheng

耕地保护一亩也不能少

耕地保护是“国之大者”，事关粮食安全、事关民生福祉。中央对耕地问题高度重视，反复强调耕地保护和高标准农田建设，体现了坚持最严格耕地保护制度的战略定力和造福当代、润泽后代的人民情怀。

对于我国这样一个人多地少的发展中国家来说，耕地保护的难度要远大于其他国家。城乡发展依然有增量用地需求，农田基础设施和水利欠账还很多，耕地空间分布格局还需优化。如何在经济发展的同时保护好耕地，是个难题。

近年来，我国耕地保护法治水平不断提升，相关法律法规完成了修订，为解决耕地问题提供了有力的法律武器。有关部门建立耕地保护“长牙齿”硬措施工作机制，严肃查处各类违法占用耕地行为。在耕地保护上出实招，每年对省级党委和政府落实耕地保护和粮食安全责任制情况进行考核，全面落实耕地保护党政同责。在耕地建设上增投入，推进高标准农田建设，加强退化耕地治理，加强水利配套建设，推进第三次全国土壤普查。

在一系列强有力举措下，耕地保护和建设形势发生了喜人变化。从数量看，全国耕地总量连续3年净增加。从布局看，持续多年的耕地“南减北增”转为“南北双增”。从质量看，耕地地力下降趋势得到遏制。但是，我国人均耕地少、耕地质量总体不高、耕地后备资源不足的基本国情没有改变，考虑到一段时期内粮食需求还会持续增加，耕地保护面临的矛盾和挑战依然突出。今后要继续坚持系统观念和问题导向。

系统观念，就是要数量、质量、生态三位一体推进。耕地保护是个系统工程，涉及数量、质量、生态三个维度。继续通过规划管控、用途管制、标准控制等政策措施，严控非农建设占用耕地，强化占补平衡管理，确保占一亩补一亩，做到补足补优，坚决守住耕地红线；统筹推进高标准农田新建和改造提升，合理调入适合耕种的优质土地，有序调出不稳定耕地，进一步增加优质耕地的比例；统筹耕地保护和乡村生态治理，把耕地放在山水林田湖草沙生命共同体层面来系统治理，宜耕则耕、宜林则林、宜草则草、宜沙则沙。

问题导向，就是要完善健全耕地保护激励机制。国家要粮食，地方要发展，农民要收益。确保农民收益，是耕地保护的重要一环，要真正做到让保护耕地的地方不吃亏、让保护耕地的农民得实惠。近年来，由于人工成本和服务费用持续增长，种粮利润空间不断压缩。落实良田粮用，要健全种粮农民收益保障机制，调动农民种粮积极性。按照“谁保护、谁受益”原则，对处于耕种状态的耕地进行精准补贴。加强撂荒地治理，通过代种代耕等方式，尽快恢复农业生产。在存量问题治理时，也要充分考虑农民利益，不搞简单“一刀切”。

耕地是我国最为宝贵的资源。让每一寸耕地都成为丰收的沃土，就要努力做到“现有耕地一亩不少、新增耕地一亩不假、乱占耕地一亩不让、用途管制一亩不乱”。

金观平

生态环境部等15部门联合印发

建设国家应对气候变化标准体系

科学导报讯 生态环境部等15部门联合印发的《国家应对气候变化标准体系建设方案》5月30日对外公布，加快构建科学实用、系统规范的国家应对气候变化标准体系。

生态环境部应对气候变化司负责人介绍，方案明确国家应对气候变化标准体系建设目标为：一是坚持“急用先行、逐步完善”的原则，分期分批制修订一批涵盖各领域、各要素、各环节的关键标准，增强标准的前瞻性和可操作性，充分发挥标准对应对气候变化工作的基础支撑和规范引领作用；二是强化部门协同，推动各级各类标准协调衔接，形成标准合力；三是积极参与相关国际标准制定，提升标准国际影响力，推动标准国际衔接互认。

方案从基础能力、减缓气候变化和适应气候变化3方面搭建了应对气候变化标准体系建设框架，进一步细分为15类二级标准和45类三级标准，并细化了每个二级子体系的定位作用与标准制修订工作的重点任务。

这位负责人表示，生态环境部将会同有关部门加强组织实施、完善工作机制、强化能力建设、推进国际合作，抓紧推动方案各项工作的落实。

高敬

一院跨三地 跨域建筑水乡客厅正式亮相

方厅水院实景图

科学导报讯 5月28日，太浦河上、沪苏浙交界的“原点”处，跨越三个省级行政区域的建筑工程、长三角生态绿色一体化发展示范区标志性建筑——方厅水院，获得了综合竣工验收合格通知书，正式亮相。

方厅水院总建筑面积约10.4万平方米，项目总体布局采用四合院形制，设计采用新江南风格，在太浦河南岸以长三角原点为中心沿中轴线设置主馆，四角分别设置沪苏浙皖的主题展馆，具有人文交流、文旅休闲与国际会展等功能。

长三角生态绿色一体化发展示范区执委会副主任卢刚介绍，为推动项目顺利实施，相关主体探索形成了跨域项目“一体化立项、一体化审查、一体化审批、一体化招标、一体化监管、一体化验收”等六位一体审批新模式。同时，在项目建设过程中全面落实水乡客厅总规划师制度，协同推进各类规划落地实施，实现“一张蓝图干到底”。

据悉，下一步，方厅水院开发将聚焦三方面：一是组建专业化公司，承担方厅水院的运营工作；二是加快周边地块开发建设，加速功能性项目建设和配套基础设施项目建设，形成功能互补；三是研究制定促进水乡客厅产业高质量发展的若干政策意见，对各功能板块予以政策支持。胡洁菲 杨绍功

建立碳普惠市场，激活消费端巨大减排潜力

生态前沿 shengtai qianyan

当前，我国碳市场体系由全国碳排放权交易市场和全国温室气体自愿减排交易（CCER）市场组成，二者对于我国推进碳减排工作的意义重大，但均聚焦生产端规模化减排，忽视了消费端的分散减排需求。笔者认为，建立碳普惠市场，可以填补这一结构性空白，从而构建覆盖生产端与消费端的完整减排市场体系。

碳普惠市场以个人、家庭、社区和中小企业为核心，能有效激活消费端的巨大减排潜力。从机制设计看，碳普惠市场突破现有的碳市场“限额—交易”强制模式和CCER的项目化开发模式，基于“行为—量化—激励”的自愿参与逻辑，将日常低碳行为转化为标准化碳减排量，并赋予其经济价值，从而有效聚集分散、微小的减排行为，解决消费端碳减排“小而散”的难题。

激发公众绿色行为，重塑公众与环境的关系

碳普惠市场可通过创新机制将公众环境意识转化为实际行动，有效解决长期困扰消费端减碳的“意愿—行为”落差鸿沟，重塑公众与环境的关系。

行为量化与可视化是碳普惠市场激励公众参与的基石。碳普惠将低碳行为精准转化为碳减排数据，如绿色出行1公里减碳0.25千克等，使无形减排变得可测量、可追溯，为持续参与奠定了心理基础。

碳普惠市场通过多元激励措施，可解决公众参与动力不足问题。与单一的政策倡导不同，市场机制可整合经济价值、社会认可、服务优待等多元激励，精准匹配不同人群需求。以四川泸州的“绿芽积分”为例，积分兑换实物对家庭主妇具有吸引力，公共服务优先权更受老年人青睐，而荣誉表彰对年轻人具有激励效果。

碳普惠市场独立运作可培育公众的碳资产意识。当个人减排量可流通、交易、增值时，公众将逐渐认识到环境正外部性的经济价值。这种认知转变意义深远，除了带来“数字红包”的即时反馈外，还通过塑造“碳账户稀缺感”，激发公众更深层次的行为改变。未来，随着碳减排与金融系统深度融合，碳资产将成为公众参与绿色生活的持久驱动力。

碳普惠市场还为公众参与环境治理提供了制度化渠道。通过记录和奖励每个人的减排贡献，形成“公众行为—市场信号—政策调整”的良性循环，实现自下而上的治理创新，推动公众自发主动参与。

碳普惠市场有助于打破数据孤岛。通过政府主导的公共平台，运用隐私计算技术联通多源数据，实现个人统一归集和价值整合的“一站式”体验，大大降低了公众参与碳减排的复杂度和信息碎片化问题。

长远来看，碳普惠市场将通过培养绿色消费习惯，实现对生产端的逆向拉动。以消费者选择为指引，推动企业调整生产结构和投资方向。这种需求侧牵引供给侧的变革路径，可与传统的“命令—控制”型环境政策形成互补，为绿色转型提供更为灵活和可持续的驱动机制。

开辟多元化收益渠道，推动中小企业低碳转型

碳普惠市场不仅对公众绿色行为具有激励作用，也是弥补中小企业减排制度空白的关键。中小企业作为国民经济的重要力量，因规模小、分布散、能力弱等特性，难以融入现有碳市场，而碳普惠市场恰好为其提供了系统性的参与路径。

降低参与门槛是碳普惠市场助力中小企业减排的首要优势。相较于全国碳市场仅纳入大型企业、CCER项目开发成本较高的现状，碳普惠市场通过简化方法学、数字化监测与规模化运作，可显著降低中小企业的减排认证成本。其“小而美”的模式，能帮助中小企业将日常经营中的低碳行为转化为收益，推动可持续运营。

碳普惠市场为中小企业开辟了多元化的收益渠道。参与企业不仅能通过减排量交易增收，还可享受政策红利，包括政府绿色采购倾斜、品牌形象提升、绿色金融优惠等。

长远来看，碳普惠市场为中小企业创造了实现绿色转型的战略机遇，提供了一条渐进式、低风险的绿色转型路径，助力其积累碳资产，实现可持续发展。

构建碳普惠市场的政策建议与实施路径

碳普惠市场的构建，需要系统性制度和策略的支持。为打造兼顾减排激励与市场稳定的碳普惠市场体系，基于国内外实践经验，笔者提出以下建议：

完善顶层制度设计。建议相关部门共同制定建设指导意见，明确碳普惠市场的法律地位、监管框架、运行规则。着重确立碳普惠减排量的法律属性，厘清其与碳市场配额、CCER的关系；构建碳普惠方法学体系，形成覆盖生活场景与中小企业减排行为的量化标准；建立市场调节机制，确立减排量定价区间、储备制度等，防范市场波动。

搭建技术支撑体系。建议运用大数据、区块链、物联网技术，打造碳普惠数字化基础设施。开发全国统一的碳普惠平台，实现与地方平台、企业系统的数据对接；以区块链技术保障减排量登记结算透明可溯；利用人工智能优化行为识别与量化算法，提高数据处理能力。

创新激励兼容机制。建议构建多元复合激励体系，具体而言，在经济激励方面，可实施减排量市场价格保障、绿色金融优惠等；在政策激励方面，可考虑纳入绿色信贷评估、政府采购加分项等；在社会激励方面，可建立碳普惠荣誉体系等。针对公众和中小企业设计差异化的激励方案，提高复合激励的有效性。

推进区域协同发展。建议按照“试点先行、梯度推进、区域联动”原则，以京津冀、长三角、粤港澳大湾区等为重点，推动区域内规则互认、平台互联，逐步向全国扩展。同时，建立区域间减排量调剂机制，平衡成本差异，避免市场碎片化，促进全国减排资源优化配置。

强化能力建设。建议开展能力建设培训，提升政府监管、企业减排管理及公众参与积极性。融合碳普惠宣传与低碳生活倡导，利用新媒体互动宣传，提升社会参与的趣味性和便捷性。

建立风险管理机制。碳普惠市场可能面临减排量重复计算、数据造假、市场操纵等风险。建议建立严格的风险防控体系，如实施编码防重复计算、引入第三方核查、建立监测预警系统、设立风险准备金、落实隐私保护等，确保风险可控。

朱虹 孙越 赵汉斌 王祝华 吴纯新