

跨越“死亡谷”后，氢能产业如何“跑”起来？

■本报记者 高雅丽

“我国氢能产业已经跨越了‘死亡谷’，进入正常发展阶段。”在6月10日至12日于江苏昆山举办的2026国际氢能与燃料电池汽车大会上，中国科学院院士、国际氢能燃料电池协会理事长欧阳明高作出了这一判断。

“十五五”规划将氢能列为未来产业和新的经济增长点。今年3月，工业和信息化部、财政部、国家发展改革委联合发布《关于开展氢能综合应用试点工作的通知》，明确到2030年全国燃料电池汽车保有量力争达到10万辆，终端用氢价格降至25元/千克以下，全面降低氢商用成本。

历经十年耕耘，氢能产业告别概念探索与初步示范阶段，步入理性务实的发展周期，同时技术瓶颈、成本高企、供需错配等现实难题也依然横亘在前。下一步，氢能与燃料电池产业如何突破发展困局，实现商业化规模化发展？与会专家就此进行了深入探讨。

仍未走出“政策依赖”

经过多轮示范推广与技术迭代，我国氢能与燃料电池汽车产业已稳居全球第一梯队。截至2025年末，国内燃料电池汽车累计销量达3.9万辆，建成加氢站590余座，燃料电池系统成本从早年8000元/千瓦~10000元/千瓦降至3000元/千瓦左右，核心部件功率密度等关键指标实现数倍提升，部分环节（如电堆、膜电极）自主可控能力持续增强，核心材料国产替代进程加速。

欧阳明高预测，2025到2030年是关键的窗口期，2030年后将迎来爆发期。

然而，“跨越‘死亡谷’”不等于前方一马平川。

中国汽车工程学会理事长张进华认为，氢能汽车产业正进入“更加理性、更加务实”的发展阶段，其中最关键的是氢能的降本与供需错配。

上海汽车集团股份有限公司副总裁、总工程师祖似杰认为，中国燃料电池汽车技术层面已实现从跟跑到并跑、部分领域领跑的跨越，但产业尚未真正摆脱“政策依赖”。

他还指出，我国氢能资源禀赋地域差异较大，东西部供需错配问题突出。河南、河北、川渝等地有丰富的低成本氢能，但车辆推广规模小，消纳困难；而部分需求大的地区，氢能又严重不足。

这种结构性矛盾在成本账上体现得淋漓尽致。祖似杰透露，以49吨氢能重卡为例，百公里实测氢耗已降至8.5千克，平均加氢价格降至30.42元/千克，在特定场景下运营成本已低于燃油车。但这一“胜利”高度依赖局部区域的低氢价和通行费减免。一旦离开这些“温室”，经济性便摇摇欲坠。

长城控股集团副总兼氢能董事长张天羽深感“行业发展面临的巨大挑战”。他坦言，依靠政策和资本快速膨胀的时代正在过去，下一个示范周期，“产品跑得起来、用得起来”才是核心。

面临核心技术“攻坚战”

如果说产业化的第一道坎是规模与成本的博弈，那么第二道坎则是核心技术的自主与突破。

氢能产业成本分为制氢、储运、加注、应用四大环节，其中催化剂、质子交换膜等核心材料，以及储氢设备是主要成本高点。

香港城市大学讲座教授吕坚说：“如果将燃料电池成本进行‘解剖’，催化剂占了超过三分之一。”他的团队开发的“图灵催化剂”能将单位体积产氢贵金属用量最多降低至传统催化剂的四分之一，同时大幅提升催化活性。

“相较于商业铂碳(Pt/C)催化剂，我们的‘图灵催化剂’析氢反应质量活性提升20倍，析氧反应质量活性提升17倍。”吕坚透露，该技术已完成小试、正在进行中试，有望将单位体积制氢催化剂整体价格比商业Pt/C催化剂降70%。

燃料电池低温冷启动难、高温散热差是长期存在的技术痛点。欧阳明高介绍，团队研发的新一代宽温质子交换膜，可实现120℃工况稳定运行，大幅降低散热器体积与能耗，同时提升电流密度。在极端环境测试中，搭载该技术的90吨级燃料电池重卡在零下28℃、高原大风环境下连续运行4500小时零故障，充分验证了技术的可靠性。

在制氢与储能技术方面，依托可再生能源的绿氢制备成为研发重点。欧阳明高认为，氢能是长时、大容量储能的最优选择，可与抽水蓄能、电化学储能形成差异化互补。预计2030年至2050年，可再生能源发电量会成为电力主体，绿色氢能产业将迎来大发展；2050年至2060年，绿氢达1亿吨至1.75亿吨，其中绿色氢能占终端能源消费10%至15%。

“当前，氢储能模式逐步多元化，集中式氢储能可参与电网调峰、火电厂掺氢燃烧，分布式氢储能结合热泵技术，综合效率可达86%，能够替代传统柴油机组作为备用电源，在零碳园区、算力中心等场景具备经济竞争力。”欧阳明高团队

还在内蒙古鄂尔多斯打造“风光氢储车”一体化示范项目，将制氢、储氢、发电、交通应用串联，构建闭环能源系统，为行业提供了可参考的范本。

在储氢与运氢技术上，目前高压车载储氢、液氢储运、集装箱运氢多路线并行。佛吉亚氢能中国区总经理潘锋认为，针对跨区域运氢难题，行业应当加快推进集装箱运氢标准制定，推动团体标准向国家标准转化，降低氢气流通成本。

全球协同实现“系统最优解”

当技术逐步成熟，产业的第三个深层矛盾浮出水面：氢能本质上是一个需要“系统最优解”的产业，而当前的实践往往是“局部最优解”。多位专家指出，氢能产业想要真正实现规模化发展，必须打通制、储、运、加、用全链条，推动产业从“政策驱动”全面转向“市场驱动”。

张进华强调，“燃料电池汽车规模化发展关键不仅在于车，还在于氢，核心是构建稳定、经济、可持续的区域用氢生态。”他主张推动可再生能源制氢与风光基地、工业园区、港口物流深度耦合，实现制、储、输、配、加、用全链条协同。

深化全球开放合作，是做氢能市场的必然选择。联合国工业发展组织气候与技术伙伴司司长佩特拉·施瓦格直言：“没有全球统一的标准，就不会有全球氢能经济。”

当前，全球范围内氢能全链条标准尚未统一，各国技术规范、检测认证、安全标准存在差异，阻碍了技术、产品与装备的跨国流通。佩特拉·施瓦格正通过五大支柱战略——本土应用、技能发展、融资、国际合作、可持续燃料，推动全球氢能生态建设。

“人工智能+制造”创新发展推进会召开

本报讯(见习记者江庆龄)日前，国家流程制造智能调控技术创新中心(以下简称国创中心)“人工智能(AI)+制造”创新发展推进会在上海召开。会议以“AI赋能制造·协同创新引领新型工业化”为主题，参会代表共同见证了我国流程制造智能调控领域自主工业软件的最新成果，共商人工智能赋能制造业高质量发展新路径。

会上，国创中心发布了流程制造智能调控套件SPM 2.0。作为SPM 1.0的全面升级版，SPM 2.0深度融合人工智能技术，在工艺孪生、实时优化、计划排产、调度决策、安环管控五大核心模块上实现了突破性提升，打造了覆盖“感知-分析-优化-决策-执行-验证-再学习”全链条的闭环解决方案。据了解，SPM套件已在国内20余家行业龙头企业成功应用，覆盖石化、钢铁、建材等多个流程制造领域，有力支撑了我国流程制造业的数字化转型与智能化升级。

为加快推动工业软件自主创新和产业化应用，国创中心发起成立了“流程制造智能工业软件创新应用联合体”。联合体由45家单位自愿组成，涵盖行业链主企业、工程建设单位、工业软件企业、算力底座企业及高校和科研院所，形成了从算力底座、软件开发到场景验证的全链条协同体系。

同时，国创中心联合上海闵行区相关单位成立了“闵行区‘AI+制造’创新生态联合体”，旨在立足区域、辐射全市，打造“AI+制造”的“闵行样板”，推动技术成果在真实场景中落地见效。

智慧农林传感检测与智能装备高峰论坛举行

本报讯(记者王昊昊)近日，智慧农林传感检测与智能装备高峰论坛暨省级重点实验室启动仪式在湖南长沙举行。

与会人员实地观摩了中南林业科技大学自主研发的农林智能装备成果，27台套立足湖南丘陵地貌特点的自主创新装备集中亮相，涵盖耕地种植、抚育管理、收获运输、加工利用、通用机械五大板块。

智慧农林传感检测与智能装备湖南省普通高等学校重点实验室当日正式启动。该实验室立足湖南特色农林产业智能化、绿色化与高值化发展需求，将针对农林对象信息获取难、复杂林地自主通行难、生物体-机构耦合作业难、农林生物质高值加工难等瓶颈，重点突破多源信息精准感知、复杂场景自主通行、低损高效智能作业与绿色加工利用等基础理论与关键技术，构建“精准感知-自主通行-低损作业-高值加工”一体化智慧农林装备技术体系。

中国科学院院士、中南林业科技大学党委书记吴义强表示，实验室将紧扣国家需求找准学科发展定位，深耕林业装备与智能化领域，以学科提质夯实根基，以人才赋能激发活力，助力打造国家重要先进制造业高地。

集装箱

大型全海深材料服役模拟评价装置通过测试

本报讯(记者张楠)日前，中国科学院宁波材料技术与工程研究所(以下简称宁波材料所)大型全海深材料服役模拟评价装置，顺利通过了120兆帕的15天保压测试验收，标志着该装置具备长周期、全海深模拟试验能力。

该装置整体占地面积150平方米，最高试验压力132兆帕，压力舱直径1米×深度2米，升压速率每分钟0-10兆帕，可实现大尺寸材料及构件的全海深环境模拟测试需求，进一步提升了海洋关键材料全国重点实验室深海极端环境材料研究能力。

至此，宁波材料所已建成涵盖深海高压磨蚀试验装置、深海高温高压应力与冲刷腐蚀装置、深海高压力学与原位拉曼测试装置、深海多通道高压电化学测试装置、深海微生物腐蚀模拟装置及大型全海深材料服役模拟评价装置等六大子系统的体系化深海耦合损伤试验平台。该系列平台具备深海-磨蚀-应力-冲刷-电化学-微生物等单因素及多因素耦合损伤的综合试验与原位表征能力。

同时，宁波材料所还成功建立深海原位材料腐蚀试验站。该试验站最大设计工作水深11000米，工作周期1年，具备深海材料损伤原位动态监测能力。

目前，该试验站已完成南海、西太、北冰洋等跨海域的深海试验十余次，获取了深海防护材料、金属材料、复合材料、功能材料四大类20余种工程材料的实海环境与性能数据200万条。相关实海试验工作不断填补了我国在南海、菲律宾海、马里亚纳海沟、加克洋中脊等海域深海关键材料服役数据空白。

粤港澳大湾区无精子症联盟成立

本报讯(记者朱汉斌 通讯员蔡佳琪)日前，由广东省生殖医院牵头的粤港澳大湾区无精子症联盟(以下简称联盟)正式成立。联盟首批成员包括中山大学附属第一医院、中山大学附属第六医院、广东省人民医院、广东省妇幼保健院、广州医科大学附属第三医院、香港大学深圳医院、澳门镜湖医院等50余家医疗机构。

联盟以“健康湾区、孕育希望、协同创新、规范共赢”为宗旨，构建临床协作、学术交流、人才培养、科研创新、质控管理、公益服务“六位一体”的区域协同平台，通过推动诊疗标准化、精准化，使患者从初筛到手术每个环节均有章可循，避免因信息与技术差异而“走弯路”。

作为联盟发起单位，广东省生殖医院是省内唯一的公立三级生殖专科医院，拥有国家卫健委男性生殖与遗传重点实验室及人类精子库。该院院长安庚带领团队长期致力于男性不育症，尤其是无精子症的病因与诊疗研究。2015年，安庚在华南地区率先开展睾丸显微取精术联合睾丸组织冷冻技术，累计完成手术超3000例，居华南首位、全国前列。团队牵头编写了《非梗阻性无精子症病因及诊断专家共识》《睾丸显微取精术围手术期管理中国专家共识》等专家标准。

据悉，联盟将把学术交流与人才培养作为核心任务，纵向联动、横向贯通，每年围绕无精子症领域国际前沿进展，开展外科精准操作规范等主题进行深度研讨与系统培训，持续引入全球最新诊疗理念，致力于打造一支高水平精准施治人才队伍。同时，联盟将为华南乃至全国无精子症协作网络建设提供实践经验，以区域协同推动整体水平跃升。

按图索技

“国盐油1号”创环渤海盐碱地油菜高产纪录

本报讯(记者李晨)近日，山东东营盐碱地的油菜迎来丰收。中国工程院院士、中国农业科学院油料作物研究所研究员王汉中团队联合相关单位选育的耐盐碱强抗寒油菜新品种“国盐油1号”，经专家现场鉴定，机械化收获亩产达283.45公斤，创环渤海盐碱地油菜百亩实收高产纪录。

长期以来，环渤海地区仅有少量传统白菜型油菜种植，规模小、产量低、品质差。为此，王汉中团队创新采用“生物技术+生态育种”组合策略，历经多年攻关选育出兼具高产优质、耐盐碱、强抗寒、适宜机械化等优良特性的甘蓝型油菜新品种“国盐油1号”。

该品种在河北、山东盐碱地多年多点试验中表现突出，区试平均亩产226.73公斤，比对照增产31.16%，能耐零下12℃极端低温和含盐量4%的中度盐碱地，配套集成机械化精量播种、密植抗盐栽培、蜜蜂辅助授粉、机械减损收获等核心技术，有效解决了盐碱地油菜出苗难、越冬难、产量低、机械化难度大等关键问题，实现了甘蓝型油菜在环渤海寒旱盐碱地规模化生产应用。



“国盐油1号”示范田。

中国农业科学院供图

没有“标准答案”的世界模型来了

■本报记者 沈春蕾

一块被随机打乱的华容道棋盘，每一步移动都会改变当前局面，也会影响后续路径的安排。人可以通过逻辑推理快速复原，机器人则需要作出一系列连续决策。

“机器人需要理解的不仅是‘现在看到什么’，还包括‘如果这样移动，接下来会发生什么’。”近日，北京星源智机器人科技有限公司(以下简称星源智)联合创始人孙振国在北京智源大会上介绍，星源智此次发布的具身交互世界模型ω-EVA将尝试回答这个问题。

近年来，“世界模型”是人工智能(AI)领域常被提及的概念，但其技术路线尚无“标准答案”，真实物理数据供给严重不足，实现规模化应用仍有较长距离。6月12日至13日，第八届北京智源大会召开，世界模型再次成为会上热议的焦点。

世界模型是什么、与视觉-语言-动作模型(VLA)有什么不同、未来有哪些应用场景……带着这些问题，《中国科学报》记者走进北京智源大会现场寻找答案。

不是全新概念

从去年到今年，世界模型突然就“火”了，但“世界模型”并不是一个新概念。

早在1943年，美国认知科学家肯尼斯·克雷克(Kenneth Craik)就提出“心智模型”，即人类大脑是通过构建一个小规模的外部世界模型来理解和预测事件的。20世纪60年代，美国AI科学家马文·明斯基将这一思想引入了计算机领域，他提出的“智能即构建环境抽象模型”以及“框架理论”，是AI领域探索世界模型的起点。

1990年，慕尼黑工业大学研究员Jürgen Schmidhuber首次提出“世界模型”这一概念。2018年，Jürgen Schmidhuber等人首次系统定义了神经网络世界模型的框架，掀起了学界对世界模型的研究热潮。

2023年，大语言模型兴起。时任美国Meta公司首席AI科学家的杨立昆(Yann LeCun)在北京智源大会的主题演讲中首次系统阐述了“世界模型”的概念，并指出大语言模型隐藏着四个难以突破的致命弱点：一是理解物理世界，二是拥有持久记忆，三是具备推理能力，四是复杂规划能力。

2024年北京智源大会发布了其对大模型技术演进路线的预测，提出大模型会沿着大语言模型向多模态大模型再向世界模型的方向发展，明确将世界模型作为AI领域下一个重要范式。

在去年的北京智源大会上，北京智源研究院院长王仲远指出，世界模型是下一代AI技术的基座模型，可以让AI真正理解并交互于真实的物理世界。随着多模态模型的深入交互，AI正经历一场重大的范式变革——从“预测下一个词元”演进到“预测下一个物理状态”，这也是世界模型的核心本质。

不同路径的探索

当前，物理世界依然有很多问题无法被AI解决，这也是近几年世界模型被重新提及、反复讨论的根源。随着一系列标志性产品的发布，世界模型开始走进公众视野，从学术探索迈向产业化落地。

2024年4月，美国斯坦福大学教授李飞飞等人创办初创企业World Labs，这是一家致力于构建能够感知、生成并与3D世界互动的大型世界模型的空间智能公司。一年后，World Labs推出了空间智能模型Marble预览版。Marble是一款多模态世界模型产品，旨在通过空间智能技术将二维图像、视频或文本提示转化为可探索、可交互且具备物理一致性的三维环境。

2025年11月，李飞飞曾撰文指出，AI下一阶段探索前沿是空间智能，即AI理解、构

想、推理世界并与之交互的能力，而世界模型则是机器获得这些能力的必经之路。今年6月4日，李飞飞团队发表的文章将世界模型分为渲染器、模拟器、规划器三大类。

其中，渲染器是把信息转换成人眼能看到的像素；模拟器输出的不是画面，而是几何数据、材质参数、碰撞网格这类信息；规划器决定下一步要做什么。李飞飞提出，这三类模型共用同一套底层世界知识，三者的边界正不断消融，最终将变成能够灵活切换输出形式的世界基座模型。

而在王仲远看来，当前世界模型可分为四类：第一类是以语言为中心的世界模型，包括大语言模型等；第二类是以像素为中心的世界模型，但视频生成模型不等于世界模型；第三类是以三维结构为中心的世界模型，包括3D重建等；第四类则是以视觉表征为轴心的世界模型。

“世界模型分成四类会更具通用性，但未来不排除世界模型的分类会走向统一。”王仲远说，世界模型距离真正面向物理世界的基座模型还很远，需要开展大量的科研探索工作。

“90后”和“00后”同台竞技

在会场体验区，星源智展示了华容道世界模型互动、流水线智能分拣、机器狗清洁官与机器人咖啡服务等具身智能场景，展现机器人从“看见环境”走向“理解任务、完成行动”的能力闭环。

孙振国是一位“90后”，也是北京智源研究院具身交互世界模型研究中心负责人。在谈及世界模型与VLA差异时，他指出，VLA是单纯的模仿学习，要训练出比较好的模型需要高质量的数据；世界模型哪怕最终训练失败了，训练的轨迹也是可以利用起来的。换言之，世界模型



机器人在复原华容道棋盘。

星源智供图

数据采集无论是成功还是失败，都可以继续用于训练世界模型。

北京智源研究院则展示了一款正在研发的世界模型——悟界·Physis。22岁的北京大学本科生陈博远是该模型项目的核心负责人。这位“00后”也是逆矩阵科技(Physis)创始人。

王仲远透露，“研发悟界系列的几个负责人都是30岁左右，我们非常欢迎青年人挑大梁，也特别希望悟界·Physis模型能在陈博远的带领下顺利研发出来。当然科研有失败的风险，我们会尽全力推动科研，给有潜力的年轻人机会和锻炼的平台。”

谈及如今世界模型的研究人员越来越年轻化，北京大学计算机学院教授黄铁军告诉《中国科学报》：“当下不管是就业还是创业，都得结合个人实际情况。年轻人系统学完所有知识技能再行动，固然是稳妥的选择，但发展的机遇不等人，如果等到毕业再行动，窗口很可能就彻底关闭了。”