

“绿氢”制备时发生爆燃？“元凶”找到了

■本报记者 陈彬

近年来，伴随着各项氢能政策的出台，中国氢能产业发展逐渐步入快车道。今年 5 月国家能源局公布的《中国氢能发展报告(2025)》显示，截至 2024 年底，我国氢气产能超 5000 万吨 / 年。

然而，这些氢能大部分是通过传统方式获得的，比如煤的气化、天然气的重整等。相对而言，通过电解水的方式获得氢气则环保得多，特别是利用光电、风电等清洁电力，其碳排放几乎为零，是一种相对理想的制氢方式。

不过，这种方式也有弊端。比如，制氢装置有时会发生不明原因的局部爆燃现象，一直困扰着相关产业的安全生产。对于此现象产生的原因，人们长期找不到答案。

不久前，华北电力大学国家储能技术产教融合创新平台 / 新型储能技术北京实验室教授刘建国和副研究员谭爱东团队通过大量研究，终于破解了其背后的谜题。相关研究成果发表于《自然 - 通讯》。

电解水制氢有一定“门道”

在氢能制造行业，通过传统方式获得的氢被称为“灰氢”，原因就是这种氢气的制作过程中会排放大量二氧化碳。

“目前，我国每年生产的氢气大多源自煤炭的气化。这种方式下，每生产 1 公斤氢气，大约需要排放 20 公斤二氧化碳。”刘建国说，这显然不利于“双碳”目标的实现。因此，在新能源发电的基础上，通过电解水制氢成为行业发展的大趋势，这种方式制得的氢也被称为“绿氢”。

不过，其中也是有一定“门道”的。刘建国告诉《中国科学报》，传统电解水制氢工艺使用的电能主要来自电网，而风电或光电一旦进入电网，其价格会有大幅上涨。“在入网前，每度风电、光电的成本只有两三角钱；入网后，其价格涨到四角钱，等真正用到工业一线时，每度电的价格可能要七八角钱。”

因此，电解水制氢的最佳方式是直接与光伏或风能发电设备连接，使其发出的电能可以通过“离线”的方式，直接进入电



光伏直联制氢示范项目全景图。
受访者供图

解水的工艺流程。

然而，问题也由此出现。

“近年来，国内发生了数起 PEM 水电解槽爆燃事故，不仅造成了巨大的经济损失，更影响了投资者和用户对电解水制氢技术的信心。”谭爱东说。

谭爱东口中的“PEM”，全名叫质子交换膜，是 PEM 水电解技术的核心材料之一。该技术因具有高效、快速响应，制氢纯度高等特点而备受关注，目前已广泛应用于工业级制氢产业。其日益凸显的安全问题，却阻碍着这项技术从实验室走向更广泛的工业化应用。

事故背后真正的“元凶”

“PEM 水电解技术的原理并不难理解。”刘建国说，简单而言，就是将电导入电解槽，在电场和催化剂的作用下，槽内的水会在导电线的正极附近发生水解反应，水分子分裂成氢离子、电子和气泡。其中的氢离子会通过 PEM 传到负极，电子则由仪器内部的电路传至负极，两者在负极附近相互结合生成氢气。

在该研究中，团队成员对 100 千瓦和 2 千瓦的 PEM 水电解槽的实际安全事故进行了深入分析。他们通过技术手段重现了事故发生全过程，并利用高速摄像技术成功捕获了电解槽内爆燃的实时影像。

正是这些工作，最终揭示了 PEM 水电解槽爆燃事故的真正“元凶”。

“这需要回到新能源发电的自身特点。”刘建国解释说，与传统的水电、火电相比，风电、光电的发电效率受到风力大小和光照强度的巨大影响，而这些因素在随时变化。这导致风电、光电强度具有明显的波动性、间歇性和随机性。而风电、光电入网后的价格提升，很重要的原因也在于电网需要付出额外成本来平衡这种波动。

于是，当风电、光电不经过电网平衡、直接参与电解水反应时，问题就出现了。

谭爱东解释说，被输进电解槽的电能并非全部参与电解反应，而是会有部分电能转化为热能，并被槽内的水吸收。

不过，这种吸收需要一个过程，而风电、光电的强度变化却是毫秒级的。

电流瞬时的变化会在短时间内产生大量热，如果电解槽内的水不够多，不能将产生的热量快速吸收，将导致槽内温度上升。研究团队将这一现象称为“水饥饿”。

“水饥饿会使 PEM 电导率降低至 1/100，其内部的电极组件的温度则会超过 150 摄氏度。这会导致 PEM 软化、变薄甚至形成穿孔，引发氢气与氧气相互混合。”刘建国说，在高温环境下，这种混合气体几乎必然引发爆燃。

按图索技

“智能桥梁医生”来了

本报讯（记者李思辉 通讯员储敏）近日，由武汉科技大学人工智能与自动化学院教授熊凌团队、武汉科大电控设备有限公司研发团队联合研发的“油电混合型智能行轨式桥梁检测车控制系统”在湖北宜宾至攀枝花高速公路新市金沙江特大桥成功完成首次全系统通电运行。

据悉，该桥梁检测车是我国首台位于桥底的双向跨越式油电混合型智能桥检车，系统采用磷酸铁锂电池供电或柴油动力发电合并充电运行。全系统通电运行标志着智能桥梁检测技术取得重要突破，为桥梁检测与维护提供强有力的技术支持。

传统的桥梁检测车多依赖人工操作，存在效率低、风险高、数据精度有限等问题。面对我国交通基础设施维护的迫切需求，研发团队决心打造一款全新

的“智能桥梁医生”。这款桥检车最大的特点在于高度智能化控制系统。

研究团队集成高精度多传感器、先进智能控制、先进控制及机器学习算法，实现智能桥检车对混凝土主梁、桥梁底部和桥梁支座等的检测、维修及养护。他们构建了集成化智能控制平台，通过平台统一调度传感器、执行机构及算法模块，实现了车辆行驶状态的自动调节、路径自主规划与任务智能执行。

团队通过多源数据融合与智能校准技术，建立了高精度的状态监测体系，保障了作业过程的安全性及稳定性。整车采用双传感器冗余配置，关键部件实现备份，同时配备自动故障诊断、声光报警以及紧急停止功能，一旦出现异常情况可自动报警并停机，确保设备与人员安全。

此外，该桥检车及控制系统设备



新市金沙江特大桥应用场景。

武汉科技大学供图

支持 4G/5G 远程监控与故障诊断，模块化设计便于升级维护，显著提升桥梁运维的智能化水平和可靠性。其具

备自主分析和远程控制功能，可实时监测桥梁结构健康，及时发现并反馈潜在问题，为后续检修提供科学依据。

低嘌呤“浆水啤酒”问世，高尿酸人群有了新选择

■本报记者 叶满山

近年来，随着人们健康意识的增强，高尿酸血症及痛风患者的饮食选择备受关注。传统啤酒因含有较高嘌呤物质，常被列为“禁忌饮品”。

兰州大学环境微生物课题组的一项研究为啤酒爱好者带来了福音。他们通过益生菌后发酵技术，成功将啤酒中的嘌呤含量降低超 40%，并开发出具有独特果香与健康益处的“浆水啤酒”。目前，该产品已实现规模化量产，为高尿酸人群提供了新的选择。近日相关论文发表于《食品科学与人类健康》。

益生菌“吃掉”嘌呤

啤酒中的嘌呤物质主要来源于麦芽，包括嘌呤核苷和游离嘌呤碱基，过量摄入会导致尿酸升高，进而引发痛风或肝肾损伤。

传统啤酒发酵过程中，酿酒酵母虽能吸收部分游离嘌呤碱基，但对嘌呤核苷的降解能力有限。兰州大学教授李祥锴团队从西北传统发酵食品“浆水”中分离出一株名为 GR-5 的乳酸片球菌，发现其能高效降解嘌呤核苷。

他们研究的创新点在于“二次发酵”



李祥锴(左)和王泽民检测啤酒嘌呤含量。
受访者供图

工艺，即在啤酒主发酵(由酿酒酵母完成)结束后，加入 GR-5 菌株进行为期 2 天的后发酵。

实验数据显示，这一工艺使啤酒中的嘌呤核苷含量降低约 80.15%，总嘌呤含量从 77.83 毫克 / 升降至 45.21 毫克 / 升，降幅达 41.92%。更关键的是，GR-5 在代谢过程中上调了嘌呤补救途径基因，将降解产物转化为腺嘌呤、黄嘌呤等物质，进一步减少了尿酸前体的积累。

“这一技术相当于在啤酒中添加了‘生物过滤器’，GR-5 菌株像‘清洁工’一

样精准清除嘌呤。”课题组青年研究员季晶解释道。

低嘌呤啤酒的“双重升级”

除了降低嘌呤含量，研究团队还通过代谢组学和风味分析技术，揭示了 GR-5 发酵对啤酒品质的全面提升。

通过顶空固相微萃取 / 气相色谱 - 质谱联用技术，研究人员在 GR-5 发酵啤酒中检测到 136 种挥发性风味物质，其中 13 种显著上调。例如，2-壬醇、9-癸烯酸乙酯等物质赋予啤酒浓郁的果香，而二氢-5-戊基-2-呋喃酮则带来桃香、椰香等独特气息。与此同时，传统啤酒中可能产生的不悦气味，如二甲基硫醚的“熟卷心菜味”显著降低。

“GR-5 发酵后的啤酒酸度适中，其 pH 值稳定在 3.5，类似巴西 Catharina 酸啤酒的风味，更符合现代消费者对清爽口感的需求。”论文第一作者、兰州大学博士生王泽民表示。

动物实验进一步验证了 GR-5 发酵啤酒的生理益处。研究团队以小鼠为模型，模拟人类高尿酸血症状态，发现饮用含活菌 GR-5 的啤酒组较对照的普通啤

酒组血清尿酸水平降低 40.28%，同时改善肝肾指标，如肌酐、尿素氮水平出现下降。此外，GR-5 通过调节肾脏尿酸合成酶和 NLRP3 炎症通路，抑制了啤酒诱导的炎症因子的升高。

“这意味着，GR-5 不仅减少了尿酸生成，还可能通过肠道 - 肾脏轴促进尿酸排泄，形成双重保护机制。”兰州大学副教授令桢民指出。

“我们通过基因组测序和代谢工程手段，优化了菌株的发酵性能，使其更适应工业化生产。”李祥锴介绍。

首批“浆水啤酒”上市后，迅速在健康消费群体中引发热议。消费者王先生表示：“以前喝啤酒总担心痛风，现在有了低嘌呤选项，口感更丰富，真的很惊喜。”据悉，团队正在开发更多风味型低嘌呤啤酒，并探索益生菌在功能性食品中的广泛应用。

“科学研究的价值在于服务民生。”李祥锴表示，“未来，我们希望将浆水益生菌技术推广至全球，让传统智慧焕发新生机。”

相关论文信息：
<https://doi.org/10.26599/FSHW.2025.9250729>

集装箱

我国星地数据传输速率再创新高

本报讯（记者高雅丽）近日，中国科学院空天信息创新研究院（以下简称空天院）联合北京融为科技有限公司（以下简称融为公司）在空天院丽江站组织开展了星地微波高码率通信实验，重点对高阶调制解调技术进行验证。此次实验成功将 X 频段星地数据传输速率提升至 6.0 吉比特每秒（Gbps），Ka 频段提升至 20Gbps，数据传输速率再创新高，标志着我国在该领域取得重要技术突破。

星地传输带宽不足一直是制约我国卫星载荷利用效能的核心瓶颈。采用高阶调制解调技术可大幅提升频谱利用效率，是提高星地传输速率最为经济、有效的技术手段。然而，调制阶数越高，信号受传输信道非线性、相位噪声等因素的影响就越大，极易导致数据误码率偏高，难以满足卫星数据接收的质量要求。这也成为行业内亟待攻克的技术难题。

为破解这一难题，空天院和

融为公司针对影响高阶体制的各类非理想因素持续开展联合攻关研究，突破了深度神经网络非线性失真校正、高性能信道自适应线性失真校正、网格回溯相位噪声补偿等关键技术，成功研发智能极化干扰抵消、深度神经网络邻道干扰消除等核心算法，并构建起一套先进的地面接收系统技术指标体系，为本次实验的成功奠定坚实基础。

本次实验基于双方最新技术研究成果，通过有线、无线等一系列星地对接测试，系统验证了高阶调制解调技术对 X 频段和 Ka 频段数据传输带宽利用率的提升效果。实验过程中，星座图无明显畸变，误码率可归零且具备一定余量。这是继今年上半年我国成功实现 X 频段单通道最高 2.1Gbps@128QAM（128 正交幅度调制解调模式）下，每秒 2.1 吉比特的通信码速率）高通量数据通信技术验证后，再次创下国内外 X 频段和 Ka 频段星地数据传输速率的最高纪录。

国内首例 低龄无导线起搏器植入术成功实施

本报讯（记者张思玮）11 月 12 日，首都医科大学附属首都儿童医学中心心血管内科团队成功为一名年仅 4 岁的患儿小文（化名）实施无导线起搏器植入术。这是全国接受无导线起搏治疗的最低龄患儿，也是世界范围内第二例同类低龄手术。

小文 1 岁时，因先天性心脏病在外院接受手术，术后却出现三度房室传导阻滞，心率远低于同龄儿童，不仅无法正常生活，还伴随心脏扩大症状，急需永久起搏治疗。经多学科会诊与详细检查，首都儿童医学中心医疗团队认为，无导线起搏器或许是挽救小文生命的唯一方案。

但手术难度远超想象。国际上仅美国有过同类低龄患儿手

术先例，国内植入无导线起搏器的最小年龄为 8 岁，而小文年龄更小、体重轻、血管细、胸腔空间狭小，手术风险堪称“空前”，对团队技术、经验与勇气都是极大考验。

为确保手术万无一失，多学科专家反复推演手术方案，最终确定通过颈内静脉这条“生命通道”植入 Micra 无导线起搏器。术中测试显示，起搏器参数完全达标、固定牢靠，心脏超声检查未发现心脏穿孔、三尖瓣反流等问题，最后以“8 字缝合”处理创口，无出血、无闭塞。这个体积极小却力量强大的“心脏卫士”，不仅挽救了孩子的生命，更为她未来的健康成长筑起坚实屏障。

司牧大模型 汇聚超 1 亿条养殖行业数据

本报讯（记者李媛 通讯员杨月）日前，在第三届智慧牧业发展校企联盟年会上，由西北农林科技大学动物科技学院副教授李曼菲牵头研发的一个面向智慧牧业的产学研一体化人工智能创新平台——司牧大模型发布，为中国畜牧业高质量发展注入智慧新动能。

据介绍，司牧大模型在功能设计上围绕三大方向展开：一是实现了智慧教学，支持知识精准整合与智能查询，构建贯穿学生职业发展全周期的个性化知识体系，缓解新农科专业师资力量不足的问题；二是增加了科研赋能，提供畜牧领域文献智能检索与综述生成服务，辅助科研流程设计，推动学科实验与前沿探索；三是提供了行业支持，支持产业数据查询、趋势分析与辅助决策，提供

专业数据处理工具，赋能养殖管理、疾病防控等实际场景，并开放企业应用程序编程接口。

目前，司牧大模型已汇聚超过 1 亿条养殖行业数据，涵盖疾病、饲养、繁育、标准、管理流程等内容，构建了猪、牛、羊等知识图谱。

据介绍，司牧大模型由智慧牧业发展校企联盟主导，教育部智慧牧业科学与工程专业虚拟教研室打造，科大讯飞提供技术支持。该模型通过改进通用大模型在专业领域的“水土不服”与“人工智能幻觉”问题，能够提供高质量智慧牧业知识服务，推动行业在数据确权、模型共享等方面形成共识，可应用于教育教学、科学研究、行业应用等领域，是一个面向智慧牧业的产学研一体化人工智能创新平台。

《中国制造业数字化创新报告(2025)》发布

本报讯（记者朱汉斌 通讯员秦玲玲）近日，《中国制造业数字化创新报告（2025）》蓝皮书（以下简称《蓝皮书》）发布会在广州举行。发布会由中国工业经济学会数字化与创新学科专业委员会、广东工业大学数字经济与数据治理哲学社会科学重点实验室及粤港澳离散制造智能化联合实验室联合主办。

《蓝皮书》显示，2025 年我国制造业数字化创新水平实现跨越式提升，整体发展呈现“亮点突出、结构分化”的鲜明特征。在细分维度上，场景迁移拓展取得显著突破，制造业数字化转型正从“规模扩张”向“质量提升”阶段转型。

在企业发展格局上，《蓝皮书》揭示了三大分化趋势。一是规模分化。大企业凭借资金、技术优势持续领跑，与中小企业在数字化投入、转型成效上的差距

再度扩大，“不会转”“没钱转”仍是中小企业面临的主要困境。二是性质分化。民营企业数字化创新优势持续巩固，在技术迭代速度、市场响应效率等方面表现突出，与国有企业的差距进一步拉开，成为数字化转型的核心动力。三是行业分化。仪器仪表制造业以技术密集型优势位居数字化创新水平榜首，电子信息、高端装备等行业紧随其后，而资源流程型行业转型步伐相对滞后，行业间分化加剧。

发布现场，来自清华大学、武汉大学等高校的专家学者，以及欧派集团、广州数据交易所等企业代表围绕人工智能赋能制造业数字化转型等议题展开研讨。与会专家指出，《蓝皮书》提出的场景迁移创新、区域协同发展等思路，将为破解企业“转型路径不清晰”等痛点提供重要支撑。