

重组“CP”让绿色氢能生产廉价高效

■本报记者 李晨 通讯员 王一凡

总有一天，人们可以将水电解的氢和氧用作燃料，并使之成为供暖和照明的无限能源……

这一种出现在一个多世纪前的科幻小说中的“未来燃料”，如今已经触手可及，成为现实。

氢能汽车、氢燃料电池……越来越多的氢能高科技产品进入了公众视野。如何才能获得这种高效又环保的能源，一直是众多科研工作者努力探索的问题。

近日，扬州大学物理科学与技术学院教授许小勇团队开创性地提出了一种通过二维过渡金属碳化物介导重构，保持电解水制氢催化剂活性持久稳定的新方法。

在此基础上，团队成功研发了一种高性能的镍铁氢氧化物催化剂，实现了绿色氢能制造工艺的“廉价高效”，为实现环境和能源的可持续发展提供了一种潜在的解决方案。相关研究成果发表于美国《国家科学院院刊》。

“氢”风袭来：降本增效成关键

随着社会的不断进步和科技的飞速发展，人类所依赖的化石燃料正被过度消耗，导致的能源危机和环境污染问题日益凸显。发展清洁能源，提升能源含“绿”量，成为当务之急。

氢能是一种清洁低碳、灵活高效的能源，对于促进全球经济社会有着不可或缺的作用，被认为是21世纪最具发展潜力的一种二次清洁能源。

根据氢气制取过程的碳排放强度，氢气被分为“灰氢”“蓝氢”和“绿氢”三

类。许小勇告诉《中国科学报》：“目前，市面上超过98%的氢气来源于化石燃料，即所谓灰氢。灰氢虽然价格相对较低，每公斤的成本大约在9至14元之间，但其生产过程往往伴随大量的二氧化碳排放，这与我们追求的‘双碳’目标背道而驰。”

与此同时，利用可再生能源进行电催化水分解制氢（即绿氢），虽然无须担忧碳排放问题，但在当前工业化生产中仍面临着能耗高、效率低的挑战，严重限制了其规模化应用的前景。

许小勇进一步分析了造成这一困局的根源：水分子以其卓越的稳定性著称，必须在充沛的电能输入和高效催化剂的共同作用下，方能实现断键，进而分离出氢分子。“若我们仅仅着眼于提升电流密度，而忽视催化剂活性的改进，不仅会增加电能消耗，还可能事倍功半。”他表示。

目前，市场上广泛应用的催化剂主要是贵金属催化剂，尽管它们表现出卓越的稳定性，但高昂的成本和相对较低的商业化程度限制了其广泛应用。数据显示，电解水制取一公斤氢气的成本大约在32-35元之间，大大超过了通过化石能源制取氢气的成本。

在此背景之下，绿色氢能经济要想实现工业化、普及化和商业化，必须攻克催化剂“降本增效”这一重大难题。

重组“CP”：廉价催化剂的重构

长期以来，许小勇团队一直致力于电解水制氢“廉价高效”催化剂的研究。

团队研究发现，镍铁氢氧化物催化剂在电解过程中展现出了卓越的“领跑”

能力。其优势在于，不仅能够显著降低电解过程中的能量损耗，提高电解效率，还具备成本低和资源储备丰富等显著优势。这使得其成为贵金属催化剂的理想替代品。

“但在持续电解水的过程中，这种催化剂会发生铁元素泄露，并且活性随之下降。”许小勇指出，这也是制约其在电解水制氢中广泛应用的难题。

为攻克这一难题，研究团队独具匠心地设计了一种解决方案，即通过二维过渡金属碳化物介导重构的方法，精确调控铁位在催化剂结构中的配位状态，从而确保催化活性的持久稳定。

“在重构过程中，原本催化剂中的‘铁-碳-氧-镍’配位发生了改变，在电解水反应过程中，铁元素流失到电解液中，二维过渡金属碳化物将流失到电解液中的部分铁元素重新绑定，形成新的‘铁-氧’配位。”论文第一作者、扬州大学物理科学与技术学院硕士研究生虞倩倩形象地比喻，“好比在一个舞会上，舞者换了新的舞伴后重组了‘CP（配对）’。”

“此外，将二维过渡金属碳化物作为介导体也是保证重构试验成功的关键因素。”团队成员之一、扬州大学物理科学与技术学院博士生李成表示。

据悉，团队在前期投入了大量时间和精力，对各种材料进行深入研究。他们惊喜地发现，二维过渡金属碳化物的表面携带电负性基团，它为锚定催化剂中的铁位点提供了极为有利的条件。此外，该材料还具有出色的导电性和亲水性，无疑成为了试验材料的首选。

“在重构配位后，催化剂在电解水制

氢过程中起到了加快反应速率的作用，同时还能自身的铁位点筑起一道坚实的防护屏障，抵御氧化的侵袭，从而提高整个电解水过程的效率和稳定性。”李成表示。

持续探索：对接产业需求

“在实际的工业环境下，为了实现高效生产，水电解过程通常需要在高电流密度（>500毫安/平方厘米）的条件下进行。”许小勇强调，这一要求使得传统操作方式无法满足水电解制氢工业化发展的需求。

据悉，传统的镍铁氢氧化物催化剂在进行电解水制氢时，随着电流密度的增加，其活性会逐渐降低。这一现象在大电流密度的条件下表现得尤为显著。

不过，在团队的最新试验中，通过二维过渡金属碳化物介导重构得到的镍铁基催化剂在电流密度大幅提升至1000毫安/平方厘米时，依然能展现出卓越的催化性能。

“据我们所知，目前在超过500毫安/平方厘米的工业级电流密度下，关于镍铁氢氧化物催化剂的耐久性几乎没有鲜有报道。”许小勇说，“这意味着，我们的研究成果为水电解制氢工业的大规模发展提供了依据和可能。”

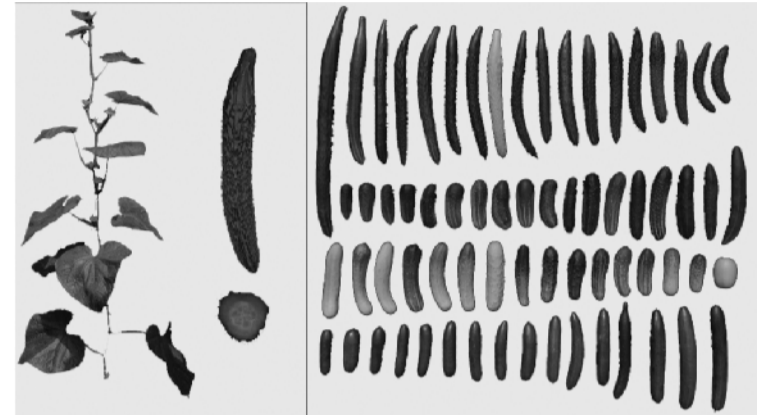
“未来，团队将对产业需求，加大投入力度投入制氢装备的自主研发，持续开展可再生能源制氢等关键技术攻关，实现技术升级，力争为领跑‘零碳时代’贡献更大力量。”许小勇表示。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1073/pnas.2319894121>

进展

中国农业科学院蔬菜花卉研究所

首个近完整黄瓜基因组及多组学综合数据库发布



黄瓜参考基因组“9930”（左）和核心种质资源。
图片来源：中国农业科学院蔬菜花卉研究所

本报讯（记者李晨）近日，中国农业科学院蔬菜花卉研究所胡芦科蔬菜遗传育种创新团队在黄瓜基因组学方面取得重要进展，首次完成接近完整的黄瓜参考基因组组装和基因注释，搭建了第一个黄瓜多组学综合数据库。相关研究成果发表于《分子植物》。

黄瓜是葫芦科的重要经济蔬菜作物。黄瓜基因组中有近30%的区域是由大片复杂重复序列组成的，这个比例远高于水稻、玉米等作物。受测序技术及组装方法的限制，目前广泛使用的华北密刺型黄瓜自交系“9930”参考基因组仍有大量未知序列缺口。与此同时，这些重复序列严重影响了基因注释的准确性，黄瓜参考基因组质量亟待提高。

此次，研究人员获得了仅剩1个缺口的黄瓜参考基因组近完成图。基于大规模二代全长和二代转录组数据，他们构建了接近完整的黄瓜参考转录本数据集。通过整合泛基因组、群体变异组、转录组以及核心种质材料信息，他们搭建了第一个黄瓜多组学综合数据库 Cucumber-DB，为黄瓜功能基因组学和分子育种研究提供了全面的共享平台。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.molp.2024.06.012>

广东省人民医院

研发一种通用现场超敏检测病毒技术

本报讯（记者张思玮）广东省人民医院检验科教授顾兵和汪崇文团队发现，苯硼酸分子修饰的膜状磁性荧光探针可以通过高效、广谱捕获病毒包膜糖蛋白，实现对各种高致病性病毒的通用精准检测。日前，相关研究成果以封面论文形式发表于《美国化学会-纳米》。

病毒是对人类健康构成最大威胁的最小致病微生物之一，引发病毒性肺炎、肝炎、病毒性腹泻、获得性免疫缺陷综合征等各类严重传染病，每年导致全球数千万人死亡。及时、准确诊断出病毒感染者，不仅有助于切断传播链，而且对指导治疗和挽救生命至关重要。

免疫层析是目前最受欢迎的即时检验技术之一，具有简单快速、成本低廉和可以居家自检等显著优势，但仍存在灵敏度低、通量小、依赖高性能抗体、通用性差等瓶颈，难以满足现场准确诊断病毒感染的需求。

在该研究中，研究人员开发了苯硼酸修饰的类膜状探针，并在侧向免疫层析上应用，能够显著提升现有免疫层析病毒检测技术的灵敏度和准确性，有效降低对特异性抗体的依赖，突破传统胶体金试纸条的性能瓶颈。

研究人员表示，以新冠病毒、埃博拉病毒、猴痘病毒3种新发病毒为模型，该技术可在咽拭子样本中同时精准检测3种目标病毒，灵敏度比传统免疫检测技术提高200-500倍，且检测时间仅需20分钟，具有成为新一代免疫检测试剂的巨大潜力。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1021/acsnano.4c01824>

中国科学院西双版纳热带植物园

望天树叶功能性状随不同树高而改变

本报讯（记者胡瑞琦）中国科学院西双版纳热带植物园西双版纳生态站依托林冠塔吊，对望天树个体尺度上不同树冠高度的形态结构、光合生理、水分生理和养分元素四类共计14个叶功能性状的变异性和相关性进行了研究。近期，相关成果发表于《植物科学前沿》。

热带森林生态系统具有非常复杂的群落结构、丰富的生物多样性和极其重要的生态意义。望天树隶属于龙脑香科柳安属，是我国热带地区的标志性旗舰物种之一，以其巨大的碳储量和高效的固碳速率，在减缓二氧化碳排放过程中发挥着重要作用。

叶片是碳水耦合的重要器官，探究叶功能性状的差异能直观反映望天树对环境变化的响应。这项研究表明，望天树大部分叶片功能性状在个体尺度上存在显著差异。以形态结构性状为例，从树冠上层到树冠下层，叶面积、叶密度和气孔导度分别增加了1.16倍、1.29倍和1.73倍，而比叶重并无显著差异。这说明望天树在权衡平衡和叶寿命方面具有很高的灵活性。

这项研究发现，望天树叶片的光合生理性状和叶片水力性状之间是解耦关系，不同类型的功能性状能够彼此独立变化，从而实现多维性状的组合。这说明望天树能够更自由地调整功能性状，以适应特定的精细尺度环境，从而保持整体冠层性能以及增强其生态适应性。此外，研究团队还发现，不同的光合生理性状测量方式会显著影响测定参数的结果。

这项研究有助于进一步理解林冠树种对环境变化的生态适应策略和森林生物多样性的维持机制，为受损及退化的森林生态系统的修复与重建提供实践指导。

相关论文信息：<https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1335524>

狮子洋大桥锚碇完成底板施工

本报讯（记者朱汉斌 通讯员钟维健）7月8日，经过33个小时的连续浇筑，狮子洋通道项目控制性工程——狮子洋大桥锚碇底板最后一方混凝土完成浇筑，标志世界最大锚碇基坑安全筑底，即将转入填芯施工阶段。

记者获悉，狮子洋通道是继港珠澳大桥、深中通道后粤港澳大湾区又一超级工程，是横向串联粤港澳大湾区三大都市圈、辐射东西两翼的东西向干线通道、国家沿海大通道的的重要组成部分，建成后将为珠江口东西两岸融合发展开辟新的重要通道。

狮子洋大桥采用主跨2180米双层钢桁悬索桥的方案“一跨过江”，是目前我国乃至世界上技术难度最大、建造工艺最为复杂的桥梁之一，建成后将创造双层悬索桥“主跨跨径、车道数量、主塔塔高、锚碇基础、主塔规模”5项世界第一。



▲狮子洋大桥西主塔及西引桥航拍。
▼狮子洋大桥东锚碇基坑。
狮子洋通道项目组供图



顾伯忠：铸造利器 追星逐日

■本报记者 沈春蕾

郭守敬望远镜（LAMOST）、1米红外太阳望远镜、南极巡天望远镜AST3……说起这些望远镜，中国科学院南京天文光学技术研究所（以下简称南京天光所）研究员顾伯忠如数家珍，因为他曾先后参与了这些望远镜的研制工作。

从2000年至今，顾伯忠数十年如一日，长期坚持在科研一线工作，从事天文望远镜总体及机械结构的研究，成为我国天文仪器结构领域的主要学术带头人之一。近期，顾伯忠获得第五届中国科学院“科苑名匠”称号。

“我手里还有几个正在做的望远镜项目，等我把手头这些项目都干完了，就可以踏实退休了。”日前，顾伯忠在接受《中国科学报》采访时感叹到，“干了几十年望远镜工程，还真有点舍不得！”

LAMOST 建设中第一座里程碑

“LAMOST项目MA机架是我承接的第一个望远镜大科学装置工程任务，也是LAMOST项目中最大、最复杂的高精度机械系统。”顾伯忠告诉《中国科学报》，“2000年以前，我只研制过1米的科普望远镜，还没有做过6米的大望远镜，对我来说，技术难度的跨越非常大。”

MA机架是LAMOST的关键部件，必须具备精确对准天体并克服地球自转精确跟踪天体的功能。“机架方位轴系的直径达到8米，为寻找有研制能力的机床厂商，我们花了近两年时间。”顾伯忠说。

经多方了解，武汉的一家机床企业被选入意向合作单位。顾伯忠说：“这家企业有加工直径16米的数控机床的经验，我们要做的8米直径的圆盘结构转台在其能力范围内的。”

在解决了8米液压转台的研制难题

后，顾伯忠提出了片式端面摩擦驱动技术方案。该方案以简单的加工工艺、低廉的制造成本，实现了超高精度驱动，节约了本就捉襟见肘的项目经费，解决了高精度轴系驱动的技术问题。

“LAMOST项目MA机架采用了液轴系、摩擦驱动、计算机全自动控制等技术，是国内结构尺寸最大、精度最高的地平面式双轴跟踪机架。”顾伯忠表示，他一边学习大型光学望远镜的先进技术，一边尝试用所学知识解决遇到的种种技术和工艺难题。

最终，LAMOST项目MA机架各项技术指标均达到设计要求，其主要技术指标指向精度优于5角秒，跟踪精度优于0.34角秒，跟踪实时跟踪精度达到了0.1角秒的超高精度，与国外8至10米的望远镜相当。

顾伯忠表示，MA机架是南京天光所承接的LAMOST项目中第一个出所前往台址装配的部件。这项工作成果成为LAMOST项目建设中的第一座里程碑。

同期承接两个望远镜项目

2002年，在LAMOST项目MA机架的研制工作最紧张时，顾伯忠作为项目组组长还承接了“973”项目的子项目——中国科学院云南天文台1米红外太阳望远镜光机主体的研制任务。

“当时遇到的最大困难，是每天都需要在两个截然不同的望远镜项目中来回转换思维。”顾伯忠说。

在1米红外太阳望远镜的研制中，顾伯忠提出逆向补偿的技术方案，解决了在复杂温度环境下，太阳望远镜主副

镜位置的精确定位和保持难题。他还采用钢带摩擦驱动创新技术方案，成功实现了高精度跟踪驱动，有效降低了望远镜的研制成本。

2010年，1米红外太阳望远镜完成了现场安装调试。顾伯忠自豪地介绍，这台望远镜获得的太阳光球高分辨率图像达到目前太阳望远镜高分辨率成像的国际一流水平。该望远镜随后成为国际三大太阳观测主干设备之一，取得了丰硕的观测成果。

关键零部件必须实现国产化

多年参与天文望远镜的研制经历让顾伯忠意识到，关键零部件必须实现国产化。他列举了一个中法国际合作项目——俄罗斯莫斯科大学2.5米望远镜研制的例子。

传统的望远镜传动有皮带传动、蜗轮蜗杆传动、齿轮传动、摩擦传动等。这些传动技术有一个共同缺点，即传动链的存在使得刚度降低，同时，传动误差的存在使得传动精度受限，无法满足现代大口径天文望远镜越来越高的精度需求。

作为项目组组长的顾伯忠决定在该望远镜中采用直接驱动技术，而当时国内尚无应用先例。让他下定决心的理由是直接驱动不用传动链，驱动刚度和精度可以大幅度提升，“必将成为望远镜跟踪驱动的发展趋势”。

“我们边学边用，最终掌握了直接驱动技术，使轴系驱动精度上了一个新台阶，填补了国内望远镜跟踪驱动技术的一项空白。”顾伯忠说。

另外，该望远镜的准直调整需要对副镜进行空间五自由度调整，高精度五自由



顾伯忠

受访者供图

度或六自由度调整机构是实现主动准直所必备的执行部件。

“当时国内没有满足该精度要求的产品，合作公司的产品也无法满足载荷要求，需要定制。尽管合作方推荐了备选的公司，但在不久后，那家公司就破产了，我们只拿到了初步的设计方案。”顾伯忠说，“幸亏合同是按阶段付款，损失不大。但这件事也提醒我们，向国外公司订货，可能会出现经费和时间上的双重风险，因此，能否自己掌握核心零部件的研制很关键。”

最终，顾伯忠提出满足望远镜副镜准直调整需要，且易于实施、串并结合的五维运动机构技术方案。在团队成员齐心协力攻关下，运动机构的研制成功完成。该运动机构不仅可以满足这架望远镜的需要，还应用于其他望远镜。

“天文学研究依靠观测和数据，尤其是第一手的观测数据非常重要。为了支撑我国天文学研究，我们有责任致力于大型天文望远镜的研制，并且要把关键核心技术牢牢掌握在自己手中。”顾伯忠说。

弘扬科学家精神