

视觉中国供图

2亿元

微藻固定二氧化碳示范能力可达每年万吨级，固碳微藻相关产品经济产值超2亿元。目前，该项目成果已在山东、江苏、广西、海南等地区进行产业化推广。

捕食温室气体，微藻变“碳”为宝

关注国家重点研发计划

“煤炭清洁高效利用和新型节能技术”重点专项④

◎本报记者 何亮

在距离内蒙古鄂尔多斯市200多公里外的鄂托克旗产业园内，一种国家地理标志农产品——鄂托克旗螺旋藻正处于快速生长期。这种古老物种虽然形貌微小，但它的一项功能却令人称奇：捕食烟气中的二氧化碳，并将其转化为蛋白质、碳水化合物、油脂和色素等高附加值产品，成为利用自然规律实现固碳减排的“妙招”。

“微藻固定二氧化碳示范能力可达每年万吨

级，固碳微藻相关产品经济产值超2亿元。”国家重点研发计划“煤炭清洁高效利用和新型节能技术”项目“二氧化碳烟气微藻减排技术”负责人、浙江大学程军教授接受科技日报采访时表示，经过4年技术攻关，浙江大学牵头联合国内19所高校、科研院所和龙头企业完成了微藻固碳工程示范，为二氧化碳资源化利用、实现碳中和和国家目标贡献了具备经济可行性的技术方案。

这颗固碳藻种来头不一般

种质资源涉及国家战略，关乎国家安全，培育本土“良种”是解决种源问题的关键。通过诱变驯化改良微藻细胞，研究人员要从大约50万个微藻细胞中筛选出5000个，再根据固碳生长速率等筛选出5个细胞，最后得到遗传稳定性最好的1个固碳藻种。

程军介绍，利用高通量筛选育种技术对微藻细胞的固碳酶关键基因进行驯化改良，目标在于提高关键固碳酶——Rubisco酶等在烟气高浓度二氧化碳条件下的催化反应活性，换句话说，就是找到决定优良品种的混合基因。

项目烟气高浓度二氧化碳条件下的固碳藻

种选育给出了可喜结论：显著增强了微藻细胞内光合色素和能量合成酶等固碳酶活性，增强了光反应中心的电子传递速率和光化学效率，提高了微藻细胞生长固碳速率。

项目团队通过二氧化碳梯度驯化，使微藻细胞内光合固碳途径中的多种固碳酶活性逐渐上调，固碳酶转运二氧化碳分子能力相应得到增强，从而在抑制微藻低效固碳反应途径的同时不断增强高效固碳反应途径，在光能转变为化学能过程中提高微藻固碳速率。

通过驯化改良与固碳途径变革，耐受烟气二氧化碳的高效固碳藻种培育成功。

涡流反应器提升微藻固碳速率

微藻进行碳捕获，本质是进行生物光合作用。该项目技术可加速生物光合作用发热反应速率，提高捕碳效率。

在反应器内，涡流可强化细胞光合作用。原因在于，微藻细胞固碳反应分为光反应和暗反应两个阶段，微藻在反应器光区和暗区进行快速漩涡流动，能够明显促进细胞混合传质和固碳反应。

基于此，项目团队提出了涡流强化细胞光量子转化效率的流体力学传质机理——在反应器内使二氧化碳气体在更短时间内产生更小的微

气泡，增强与微藻细胞的扩散混合。

基于流体力学设计反应器，使反应器内交替产生顺时针和逆时针漩涡流，增强二氧化碳气泡的扩散速度，从而使微藻细胞在光区和暗区之间高频快速漩涡流动，提高光量子转化效率和固碳反应速率。

实践成果表明，高效光反应器使户外1个月微藻固定烟气二氧化碳的干基物质生产量超过每平方米每天25克。这意味着，微藻固碳技术能生产出更多高经济价值的藻粉物质。

国内首座高铁三塔斜拉桥合龙，设计时速350公里

◎本报记者 矫阳

4月18日，全长2961.52米、主跨705米的黄（岗）黄（梅）高铁重点控制工程巴河特大桥主桥安全顺利合龙。

中国铁建十六局现场负责人李志强说，巴河特大桥有两大技术创新。

“主桥设计为时速350公里高速铁路无砟轨道，创新性采用刚构—连续梁—三塔部分斜拉桥结构体系，为国内高速铁路首次，有效解决了桥梁在运营期变形过大问题；首次在大跨度高铁桥梁建造中采用大节段设计方案，最大节段长度8米，最大梁段重量650吨，采用悬臂造桥机大节段施工工艺，至少节省有效工期4个月。”李志强说。

创新采用刚构—连续梁—三塔斜拉桥结构设计

巴河特大桥为何要设计成时速350公里高速铁路无砟轨道、主跨705米的刚构—连续梁—三塔部分斜拉桥结构体系？

“巴河特大桥跨越宽约520米的巴河通航水域，最高通航水位为24.81米，为3级航道。设计主跨705米为刚构—连续梁—三塔部分斜拉桥结

构体系，便于通航。”中国铁建铁四院（以下简称铁四院）黄黄高铁巴河特大桥设计负责人文望青说，柔性结构大跨斜拉桥，会随气温变化而变，影响轨道平顺度。因为有砟轨道维修技术相对成熟，此前我国设计的时速350公里高铁，桥梁轨道设计均为有砟。列车高速通过有砟轨道，道砟容易被火车吸起，并击打列车底盘或产生其他问题，铁路部门规定，高铁过有砟轨道，以时速250公里为界限。

“巴河特大桥设计为时速350公里高速铁路无砟轨道，主跨705米的刚构—连续梁—三塔部分斜拉桥结构体系，采用了中国国家铁路集团有限公司（以下简称国铁集团）“200米—400米高铁桥关键技术研究”及铁四院“高速铁路混凝土梁拱组合桥梁关键技术及应用”等最新科研成果。”文望青说，这个设计有效解决了桥梁在长时间运营时，因温度等原因造成的变形问题，达到结构体系受力合理、景观效果好、满足时速350公里高速列车等条件，在同类桥梁中处于领先水平。

8米大节段悬臂造桥机施工，节省有效工期4个月

独特的设计，给施工带来了挑战。“巴河特大桥施工技术难点多，质量要求高，通过国内外技术调研，项目技术团队在巴河特

微米级二氧化碳曝气器加速反应效率

与传统工艺1毫米孔径的钢管曝气器相比，微米级孔径的二氧化碳曝气器生成的气泡直径和时间分别减小72%和49%，使得生物质干重提高了30%，从二氧化碳气体到藻粉生物质的转化效率也得到显著提高。

曝气器设备的研发来自项目应用的迫切需求。程军告诉科技日报记者，为了将煤化工厂烟气分离提纯的食品级二氧化碳高效供给大面积跑道池培养螺旋藻，需要提高螺旋藻过滤采收后循环液中的碳酸氢钠浓度。

项目团队研制了三层交错式变孔编织网曝气器置于藻液采收后的循环回水管道中，三层曝气器结构组成曝气器，内部两层分别由一层径向编织和一层周向编织的孔网交错而成，最外面是一层微米级孔径的曝气网。

程军表示，该曝气器的效果在于，二氧化碳气体首先经过内部两层孔网的两次剪切形成初始气泡，再经过最外层孔径切割形成更小的气

泡，分层剪切能够缩短气泡生成时间和生成直径，进而提高二氧化碳气泡与螺旋藻循环液中碳酸钠的反应速率。

“微藻固碳项目的成功之处在于，开发了微藻固定二氧化碳曝气器的高效藻种、关键设备和核心技术，找到了规模化高效低成本工程实施的微藻固碳技术工艺路线。”程军表示，项目团队攻克了微藻固定烟气二氧化碳的关键核心技术，获得了自主知识产权，并形成了技术集成系统，建成的产业工程示范取得了显著的经济环境和社会效益。总体而言，微藻固碳项目对我国普遍存在的温室气体二氧化碳减排经济效益差的问题进行了有益尝试。

截至目前，该项目成果已在山东、江苏、广西、海南等地区进行产业化推广。它为烟气二氧化碳减排的商业化运行和降低生物固碳的技术经济成本提供了经济可行的技术路线选择。

延伸阅读

微藻固碳：面向“双碳”目标进行技术攻关

2020年9月习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话指出，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。

2020年我国二氧化碳排放量达到110亿吨，其中约60亿吨来自于燃煤烟气二氧化碳，为实现国家碳中和战略目标，燃煤电厂和煤化工烟气是我国二氧化碳减排的攻坚重点。

燃煤电厂排放的烟气中含有二氧化碳、硫化物、氮氧化物、重金属等污染物，显著影响了大气环境。传统的电厂烟气处理技术包括烟尘控制、烟气脱硫和脱硝等，但存在工艺设备复杂、能耗高、处理成本高及二次污染重等问题，制约其应用。

相比于传统燃煤电厂烟气减排技术，微藻固碳减排技术具有工艺设备简单、操作方便和绿色环保等优势。

“二氧化碳烟气微藻减排技术”项目以燃煤电厂烟气二氧化碳和煤化工厂烟气二氧化碳的减排为目标，以实现规模化养殖的螺旋藻、小球藻、微拟球藻等固碳藻种为基础，将高效低成本微藻反应器研发作为突破口，开发了微藻减排烟气二氧化碳成套技术与微藻废水养殖技术，从而降低微藻固碳养殖系统成本。

项目建立了燃煤电厂和煤化工厂烟气二氧化碳微藻固碳的两种模式，实现工艺稳定、过程可控、连续稳定的微藻养殖，为微藻烟气固碳产业和实现碳中和国家战略目标提供了一个可持续的技术选择。

建筑信息模型科技创新联盟第五届“科创杯”中夺得银奖；在工信部“优路杯”BIM大赛中摘得铜奖。

“在建造巴河特大桥的过程中，我们充分利用BIM技术可视化、参数化、模拟性、优化性等特点，将BIM应用贯穿于场地布置、施工组织设计、施工方案编制、施工工艺交底等技术管理所有环节，实现建造阶段BIM技术全方位、全过程、全覆盖。”李志强说。

基于BIM模型与系统集成，项目通过BIM+GIS、物联网、互联网、大数据等技术处理，建立轻量化BIM应用系统，参数化模拟建造施工，实现全程可追溯；路基填筑连续压实信息系统，精准压实，提高效率；CFG信息化桩基系统，规避偏差，优化施工；试验室及拌合站信息化管理系统，动态核算，规避物料短缺；智慧工地综合管理平台系统，实时采集施工现场人员、车辆、水位、环境等数据，并通过短信等方式，通知警告信息；建设高科技展厅，融合警示、教学、展示等实际需要，打造高品质信息化教育体验馆。

黄黄高铁是国家《中长期铁路网规划》中“八纵八横”高速铁路主通道之一“京港通道”重要组成部分，建成通车后将完善长江经济带铁路网布局、推动大别山革命老区振兴发展、辐射带动武汉城市圈协同发展具有重要意义。届时，武汉到黄冈仅需15分钟。

成果播报

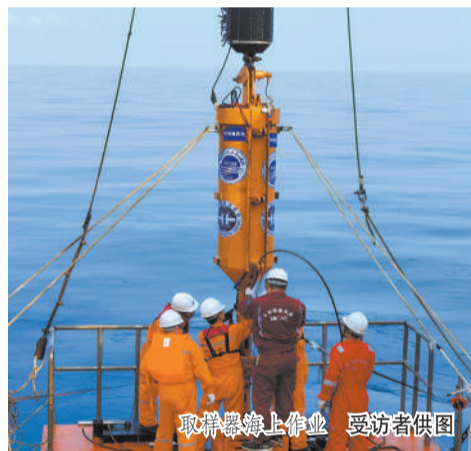
地质取样长度达15.83米

我国自研深海装备通过海试验收

科技日报讯（记者王健高 通讯员王敏）4月16日，记者从中国科学院海洋研究所（以下简称中科院海洋所）获悉，该院海军科研团队研发的“中科海开拓”系列深水可视化可控沉积物柱状取样系统完成装备成果转化，正式列入中国地质调查局青岛海洋地质研究所“海洋地质九号”地球物理勘探船。

“中科海开拓”系列3500米级深水可视化可控沉积物柱状取样系统搭载“海洋地质九号”地球物理勘探船，在我国南海1778米水深成功完成海试验收，获取单柱、连续、低扰动沉积物柱状样品15.83米，取样率88%，超过该取样系统15米的设计最大取样长度，创造了该海域具有姿态和方位信息样品的最长纪录，大幅刷新了青岛海洋地质研究所地质取样长度纪录（9.5米）。

“中科海开拓”系列深水可视化可控沉积物柱状取样系统提出了全新的理念，颠覆了原有重力活塞取样的设计原理，降低了对作业海况等级的要求，极大地提升了海上作业安全程度，可搭载多类水下传感器，具有在线和声学通讯控制等功能，在不显著增加自身重量和有限作业甲板面积的前提下，可完成连续、低扰动的柱状沉积物定点采样、沉积物多层温度探测、打桩基、布设小型海底空间站等工作。



取样器海上作业 受访者供图

兼具低温活性和高温稳定性

新型催化剂高效净化柴油车尾气

科技日报讯（记者张景阳 通讯员李宝乐）记者4月18日从包头稀土研究院获悉，该院的稀土催化材料课题组六稀土选择性催化还原（SCR）催化剂的部分研发成果已经通过国家质量监督检验检疫中心、东方商用车等第三方机构的台架试验认证。

“国六排放标准是目前世界上最严格的排放标准之一，而SCR后处理系统是柴油车尾气后处理系统中的关键一环，其作用是对尾气中的NOx组分进行还原转化，已达到相应的国六排放标准。”该课题组组长李兆强说道。

对于柴油车排放的氮氧化物治理，市场上主要采用SCR技术，其核心是催化剂。“商业化的脱硝催化剂主要有钨钨钼和分子筛两种，且以上两种催化剂的相关技术及知识产权主要被国外的大企业所垄断。”包头稀土研究院湿法冶金研究所所长王荣介绍说，钨钨钼催化剂主要用于国五排放阶段，具有较低的生产成本，但其主要活性成分氧化钨是一种有毒物质，国外正逐步淘汰；而分子筛催化剂主要用在国六阶段，虽然具有较好的低温活性和高温稳定性，但其成本较高。

通过数年的方案改进及实验测试，李兆强的课题组成功开发出了同时具有优良低温活性和高温稳定性的催化剂粉体，通过配方及制备工艺的调整，使得催化剂在满足国六阶段各项物理、SCR性能的基础上，提升其抗水热老化性及抗毒性，目前拥有专利8项，打破国外企业垄断。

该课题组在催化剂中加入了足量的稀土成分。“与目前普遍使用的钨基催化剂、分子筛催化剂相比，具有良好的转化效率和耐久性。”李兆强介绍，尾气后处理系统可以在稀土SCR催化剂的作用下，以氨作为还原剂，与柴油车（机）排放出的氮氧化物进行反应，将其还原成无害的氮气和水排出，达到净化柴油车尾气的目标。

“这就好比每个安装稀土SCR催化剂的汽车都成了过滤器，汽车尾气经过治理后，排出的气体完全符合排放标准。”李兆强说。通过测算，使用这项具有自主知识产权的稀土SCR催化剂，相比国外催化剂能够节约成本10%—20%。

广东石化炼化一体化项目

4606吨抽余液塔吊装就位

科技日报讯（记者龙跃梅 通讯员许创盛）4月17日，在广东省揭阳市的广东石化炼化一体化项目建设现场，5000吨门式起重机、4000吨履带起重首次“双剑合璧”，成功将4606吨抽余液塔吊装就位，一举刷新亚洲最重塔器吊装纪录。

广东石化炼化一体化项目是中国石油迄今为止一次性投资建设规模最大的炼化一体化项目，可实现2000万吨/年炼油、260万吨/年芳烃、120万吨/年乙烯，其中260万吨/年芳烃联合装置是目前全球单套生产能力最大的芳烃装置。

此次吊装的抽余液塔是芳烃联合装置的核心设备，高116米（相当于41层楼高）、直径13.8米、最大壁厚145毫米、吊装重量4606吨（相当于900多头成年非洲大象的重量），为亚洲最重塔器设备，同时也是同类塔器中最高设备。

为确保抽余液塔吊装安全，中国石油工程建设有限公司第一建设公司与科研院所合作，对吊装受力进行有限元分析及方案优化，确定设备摆放和吊耳方位、吊耳直径参数，在吊耳和设备本体接触的地方设置72个应力检测点，以监测现场吊装情况，并为今后大型设备吊装积累技术数据。