

# 自主采样航行器 “看”到更真实的深海

从古至今,人类从未停止对深海的探索。近日,我国研究团队在深海装备系统领域取得进展。由我国涉海院校与科研院所等单位组成的项目攻关组,围绕深海微生物原位采样与宏基因组分析核心技术展开攻关,完成首台国产深海微生物原位采样自主水下航行器(以下简称“航行器”)的研制。

“水理化数据和生物样品分析数据不同步是海洋科考面临的一个难题。这影响了调查研究的时效性。航行器及配套系统的研发使我国具备了深海微生物原位探测和核酸样品原位提取保存能力,为深海、远海生物多样性调查,基因资源挖掘以及功能资源化利用提供了有力保障,是我国在海洋探测装备领域的一项重要突破。”项目总负责人、中国工程院院士包振民说。

传统探测技术有何不足?航行器研制过程中有哪些技术突破?这些技术如何支持深海微生物探索工作?

## 传统采样技术存在不足

深海是地球系统中最大的生境,其高盐、高压、低温、低营养和无光照的独特生态系统中蕴藏着人们未认知和开发的微型生物资源。深海微生物适应极端生存环境,形成了特殊的基因类型、生理机制及代谢产物等。因此开展深海微生物的探索研究有助于阐明生命起源与进化、环境适应与生态效应等重大科学前沿问题,同时也是深海资源开发的重要方式。

开展深海微生物基因探索一度受限于采样技术。传统的深海微生物采样技术主要依赖于船舶定点式大量采水、ROV 远程遥控操作采样或深海坐底平台静态采样等,这些技术和设备通常需配合母船开展短时作业,将采集样品带回实验室后进行分析。

然而,传统检测方式要经过“大体积采水采水、船基过滤、冻存、核酸提取”等过程,许多微生物在取样过程中因环境骤变而导致核酸严重降解,给解析深海原位状态下微生物的群落组成及基因表达规律带来挑战。此外,中国海洋大学海洋生命学院教授王师提道,海洋微生物的分布具有广域性和深度梯度性,对其分布规律及特性的研究需要长周期的连续观测与原位取样。

“深海微生物具有分布范围广、尺寸变化大和演变周期长的特点。如何在海洋高压、高腐蚀、变密度等环境下,实现小型化多通道采样仪器设计,使采样设备同时具备环境适应、长时运动、敏捷航行、原位采样和高保真保存等能力,是深海微生物自主采样设备的研发难点。”课题负责人、天津大学机械工程学院

教授刘玉红介绍。

## 实现自主、原位采样突破

“由于光照度、含氧量、温度和水压等影响,深海微生物群落多聚集在 1000 米以内浅水域。团队研制的航行器最大采样深度可至 1000 米,最小取样直径达 0.22 微米,单次采样水量突破 15 升,最大采样个数 70 个,连续工作时间可达到 15 天以上。”刘玉红说。航行器通过配备的深海微生物原位采样仪器和基因分析装置,可以实现深海微生物从采样、制备到保存的无缝衔接,有效避免样本因环境变化导致的污染、降解和核酸结构变化,显著提高样本质量,缩短采样周期,提升研究效率。

航行器如何实现深海微生物长时间、多点位、大深度、高保真保存采样?刘玉红介绍,长时间、大深度采样主要依靠在航行器设计、优化与研制等方面的技术突破,多点位、高保真保存则是通过微生物多通道原位采样仪器设计、航行器系统集成及运动控制方法等技术的突破实现,进而使得航行器具备深海微生物的自主采样能力。

自主采样是指通过自动化设备或自动化系统,在无人员干预的情况下,通过融合实时感知的环境信息,高效、精准、独立地完成样本采集的过程。

海洋广阔且环境复杂多变,深海微生物类型与种群分布随海洋环境的温度、光照、压力、含氧量及地形发生明显变化。因此,自主采样对航行器的极端环境适应性和可靠性、采样精度与样本保真、设备高精度导航与自主决策、能源精益化管理和运动控制等提出多方面挑战。

项目技术骨干、天津大学助理

研究员孙通帅介绍,项目组研制的航行器配备了多种传感器,可实时监测深海环境的物理、化学参数,如温度、盐度、压力、溶解氧、浊度、叶绿素浓度等,并通过多源数据融合,实现在环境信息扰动条件下的深海微生物采样区域边界识别与跟踪,进而保证自主采样的实现和品质。此外,航行器还具备组合导航和航位推算能力,能够面向水下预设区域,开展微生物的长期连续采样。

## 支撑深海微生物前沿研究

航行器的成功研制,不仅填补了相关技术空白,也让深海时空交变环境中微生物的长时间、多点位、多尺度和大深度的原位采样与高保真保存成为可能。同时,它还发现与探索海洋微生物新物种、揭示海洋微生物多样性格局与演变规律、明晰微生物碳泵与海洋碳汇的影响机理等提供决定性样本与基因数据支撑,促进了新型海洋装备和海洋生命前沿技术的发展。

项目组针对深海微生物鉴定面临原位采样核酸量低、易高度降解及难以实现跨界域同步分析等难题,研制了 holo-2bRAD 技术。该技术可实现对低至 0.1 纳克的痕量、高度降解样品的分析,动态追踪原核和真核生物的协同变化,定性定量分析准确性可达 95% 以上。项目组将 holo-2bRAD 技术与深海原位采样核酸提取等装备系统整合后形成的高效一体化深海原位采样鉴定分析系统,是进行深海生物多样性调查及功能深度解析的有力工具。

项目组还设计开发了具备多维宏组学特色、系统分析模块、面向学科交叉的海洋微生物综合资源数据库 OceanM。(吴叶凡)

# 国产大型核电机组用大容量发电机断路器发布

90 千安发电机断路器成套装置日前正式发布。这是我国首台百万千瓦以上核电机组用大容量发电机断路器。

据介绍,该产品由中国电气装备集团有限公司旗下中国西电西开电气有限公司(以下简称“西开电气”)自主研发,主要用于 1000—1400 兆瓦容量的大型核电机组,实现了大容量核电机组用重大装备的国产化,可解决 AP1000、“华龙一号”等大型核电站对发电机断路器的迫切需求,为我国大型核电站工程建设和运行服务提供自主可控的安全保障。

在当天举行的“国产大容量发电机断路器、刚性气体绝缘输电线路应用成果研讨会”上,西开电气

聚焦国产大容量发电机断路器、管道母线的技术成果,向业界推介了 200—1400 兆瓦发电机用大容量发电机断路器成套装置、电气制动开关成套装置、抽水蓄能机组成套开关设备、燃气机组用发电机断路器成套装置以及 252—1100 千伏系列刚性气体绝缘输电线路(GIL)解决方案。

作为中国电气装备集团有限公司所属中国西电的核心子企业,西开电气自主研发制造的大容量发电机断路器系列产品广泛应用于水电、火电、核电、燃气和抽水蓄能电站。“西开电气聚焦前沿技术,加速成果转化攻破‘卡脖子’技术难题,研发出一系列达到国际顶尖水平的创新产品和技术,填补了多项国内

外技术空白,夯实了电气装备‘国家队’的基石。”中国西电党委书记、副总经理谢庆峰说。

“在全球化的背景下,我国电力装备行业面临着激烈的市场竞争。未来我们应依托工程建设,加强交流合作,带动国内骨干制造厂硬件条件和软实力的大幅提升,形成我国高端电力设备的自主研发和生产能力。”全球能源互联网发展合作组织副主席刘泽洪说,只有在电力建设中更多、更广泛地使用国产先进设备,才能推进电力装备领域高端核心技术和装备的自主可控,从而出现更多类似“大容量发电机断路器”这样技术先进、填补国内空白的产品,实现我国电力设备整体技术水平的突破和超越。(刘园园)

## 资讯

# AEP100 发动机配装 全球最大无人运输机

近日,据中国航空发动机集团(以下简称“中国航发”)消息,由中国航发完全自主研发、具备国际竞争力的 900 千瓦级涡桨发动机 AEP100,于日前成功配装全球最大无人运输机——白鲸航线 W5000 大型无人运输机。

AEP100 涡桨发动机在 1000 千瓦级民用涡桨发动机 AES100 基础上进行“轴改桨”研制,具备安全、可靠、长寿命、低油耗等特征,可显著降低运营成本,计划 2025 年适航取证。

AEP100 涡桨发动机可配装 2 至 6 吨级通用飞机或 3 至 10 吨级无人飞机,综合性能达到国际现役同级别先进水平。此次配装白鲸航线 W5000 大型无人运输机总装下线,是该发动机市场开拓的重要里程碑,表明其已初步获得市场认可。

据介绍,W5000 大型无人运输机最大起飞重量 10.8 吨,载重量近 5 吨,航程达到 2600 公里,是全球最大的无人货运飞机,主要用于支线航空物流和应急救援物资投送等领域。

近年来,中国航发以科技创新为指引,加快开发适应低空经济市场需求的通航动力产品,形成了以 AES100、AEP100、AEF100、AES20 等发动机为代表的多型通航动力产品,为推动低空经济发展、加快建设交通强国提供了有力动力保障。(孙瑜)

# 复合光催化剂 可高效去除 水中残留抗生素

近日,据西安建筑科技大学消息,该校交叉创新研究院教授石辉团队以活化生物炭为载体,通过水热反应联合化学共沉淀法,研发出新型复合光催化剂。该催化剂对水中高浓度诺氟沙星表现出高效去除效果。相关论文发表于《自然》旗下期刊《npj 清洁水》。

近年来,抗生素作为新兴污染物引发全球学者关注。诺氟沙星是目前最常用的喹诺酮类抗生素药物。由于其无法被人体完全代谢,因此易残留在多种水体中。光催化是目前降解此类污染物最有效的技术之一,但传统光催化剂存在在光生载流子快速重组的现象,限制了该技术的推广应用。

为解决这一难题,石辉团队构建了本质上含有纳米银颗粒的硫化银、磷酸银、活化生物炭三元复合光催化剂,在光照 120 分钟时,对高浓度(每升 50 毫克)诺氟沙星的去除率超过 90.42%,降解速率常数为 0.0175 每分钟,总有机碳去除率达 69.67%。在光照 60 分钟时即可完全去除常见浓度(每升 10 毫克)的诺氟沙星。

“新型复合光催化剂具有可重复利用性、光稳定性和在复杂环境下的抗干扰性。”论文第一作者兼通讯作者、西安建筑科技大学教师王彤彤介绍,该复合光催化剂具有 Z-scheme 型光生载流子转移模式。他们的研究采用氮硫共掺杂方式丰富了复合光催化剂的元素组成、表面官能团和缺陷,同时也活化了介孔结构。

“我们还发现了尚未见报道的某个新降解中间体。”王彤彤介绍,该降解中间体是喹诺酮类抗生素共有的官能团,在这类抗生素的降解过程中起到承上启下的关键作用。

石辉说,该研究揭示了非金属元素氮硫共掺杂协同增强磷酸银的光催化作用机制,提供了喹诺酮类抗生素降解过程及新降解中间体的关键数据,有助于推动低成本光催化技术的高效应用。(王禹涵)