



听(中国科学报) 《中国科学报》官微 科学网 App 科学网官微

绵延上千公里,海底惊现巨型鲸类“墓地”

■本报记者 冯丽妃

一鲸落,万物生。深海最迷人的一个生态系统是鲸落——鲸类尸体沉入海底后形成“生命绿洲”,供养着各种生物,也成为人类探索深海生命的重要窗口。

6月10日,中国科学院深海科学与工程研究所(以下简称深海所)的科学家与意大利比萨大学、新西兰地球科学研究所合作,在《自然》发表研究成果——在印度洋东南部迪亚曼蒂纳深渊发现了大量鲸类化石及完整的鲸落生态系统。该区域水深 4616 至 7001 米,绵延约 1200 千米,大范围堆积着鲸类遗骸,不仅留存大量距今 530 万年的远古鲸类化石,还分布着活跃的现代鲸落生态系统。

“可以用多个‘最’来描述这个鲸类墓地:地理范围最大、深度最深、在同类遗址中已知年代最久远。”美国马里兰州卡尔弗特海洋博物馆研究员斯蒂芬·戈弗雷在配发的观点文章中评价道。

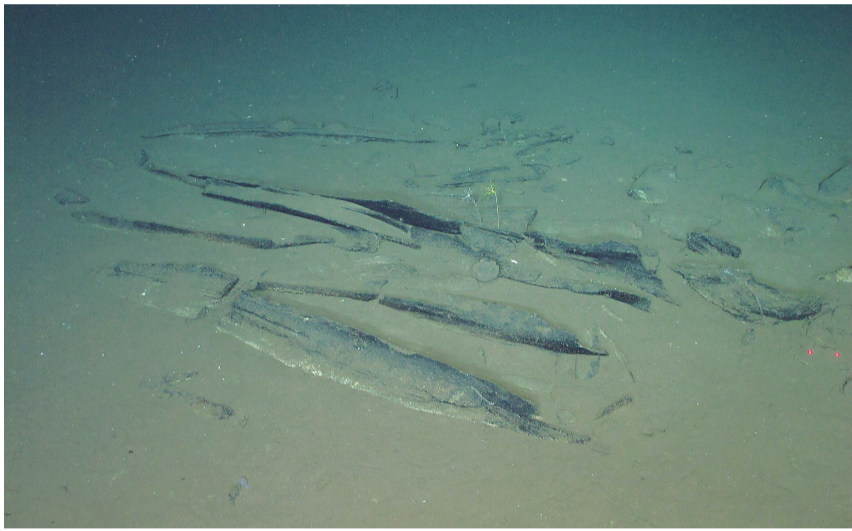
深海奇观

2023 年 1 月 1 日至 3 月 12 日,依托“探索一号”科考船和“奋斗者”号载人深潜器,深海所科学家与合作者在迪亚曼蒂纳带开展作业。迪亚曼蒂纳带最深区域是西北部的多德雷赫特深渊。在航次的第三个潜次,研究团队在多德雷赫特深渊近 7002 米水深处发现鲸类化石,它们半掩埋在软泥沉积物中,表面覆盖着黑色铁锰氧化物。此前,学界从未报道该区域存在鲸落。

首次发现后,研究团队先后开展 32 次下潜,绘制鲸落与化石的分布规律,了解其生态系统组成。在绵延 1200 千米的海底,他们记录、采集了 476 处鲸落化石堆积点和 5 处活跃的鲸落,使这里成为迪亚曼蒂纳带的一处生态地标。

研究显示,其中 5 处现代鲸落已经处于自养阶段。这是鲸落生态系统演化的第三个阶段——经过清道夫阶段的软体组织吞噬、机会主义阶段海洋蠕虫和甲壳类定居繁殖后,细菌开始分解鲸骨骼内的脂质储备,释放硫化物,让化能合成生物繁衍生息。此后将进入岩礁阶段,这时有机物已从鲸类身上全部消除,只剩骨骼中的矿物质,鲸骨成为其他常见深海底栖生物,如海葵、海百合等的附着基底。

如今,鲸落表面覆盖着浓密的白色菌席与食骨蠕虫,表明已在海底停留较长时间。其中一具鲸落仅保留 3 节



鲸类化石。深海所供图

椎骨,位于多德雷赫特深渊水深 6789 米处,是目前已知最深的现代鲸落群落。最大的一具鲸落长 5 米,研究团队从鲸骨上采集到的 3 种海蛇尾,来自一头南极小须鲸。

这些现代鲸落中栖息着种类繁多的生命。研究团队鉴别出 35 种体长超过 0.5 毫米的大型底栖生物,以环节动物、甲壳动物、软体动物为主,还包括刺胞动物和线虫。体长数厘米以上的巨型底栖生物中,食骨蠕虫、腹足类、囊螺蛤以及海蛇尾占有优势,局部密度可达每平方米 2840 只。

“本次采集的生物样本中,绝大多数疑似为科学上的新物种。”深海所研究员彭晓彤与合作者在论文中指出。目前,研究团队已获得 21 个物种的分子测序,其中仅有一种深海囊螺蛤可通过基因比对鉴定至物种水平,其余仅能结合形态特征判定至属或科一级。从鲸骨上采集到的 3 种海蛇尾,与鲸落周围沉积物中的其他海蛇尾种类完全不同,证明其高度特化,可能仅栖息在富含有机质的鲸骨基质上。在 5609 米与 5634 米水深处观测到的木栖海星“海菊花”,创下该科已知的最深栖息纪录,也是首次在鲸落表面中发现。此前海菊花仅见于木落表面与热液喷口周围。

除了现代鲸落,研究团队还发现了大量远古鲸类化石。他们对 43 件鲸类化石开展古生物分析,鉴别出 5 种鲸类,1 种须鲸。大部分鲸类化石仅保存了

头骨,分属两种现存鲸类——安氏中喙鲸与长齿中喙鲸。这两种鲸类今天仍然栖息在印度洋东南部海域。

研究团队还发现了两个已灭绝的鲸类——翼喙鲸属与伊齐科喙鲸属。它们最初是通过南非近海海底拖网采集的标本中,一种为本格拉翼喙鲸;另一种为新种,研究者将其命名为迪亚曼蒂纳翼喙鲸。

研究团队对 33 件鲸骨化石开展同位素分析测定,发现化石年代为距今 526 万年至 12 万年,表明迪亚曼蒂纳带的鲸落现象至少存在于 530 万年前的上新世早期。

戈弗雷认为,这项发现“足以比肩深海探索史上诸多里程碑式的重大发现”。“如同腔棘鱼、海底热液喷口的发现颠覆了人类对深海生命的认知,这片巨型鲸类化石‘墓地’的问世,也是一次独一无二的重大突破。”

成因之谜

研究发现,迪亚曼蒂纳带区域鲸类遗骸密度达每平方米 759.5 具。若将这一实测密度外推到整个研究区域,则该区域鲸类残骸数量可能超过 1000 万具。这么多的鲸落与化石为何在此汇聚?

这项研究发现的最大鲸落源自一头南极小须鲸。南极小须鲸为环极地迁

徙物种。向北洄游至澳大利亚南部海域,主要以 150 米以上浅层水域的磷虾为食。研究还发现另一种现生须鲸——塞鲸的化石,后者同样会季节性洄游至印度洋东南部,仅在 50 米左右水深捕食桡足类。这两种须鲸的遗骸出现在深渊,并非因为它们具备深潜习性,而是尸体沿着共同的迁徙通道最终沉降至这片深海海底。

绝大多数鲸类遗骸来自两种擅长深潜的中喙鲸,它们也是印度洋东南部的常驻物种。喙鲸专以深海鱿鱼、鱼类为食,常在大陆坡、海底峡谷、深海平原与海沟周边觅食。迪亚曼蒂纳带是喙鲸理想的觅食场。

“自然死亡叠加深潜带来的生理风险,可能是喙鲸遗骸在此大量堆积的核心原因。”研究团队写道,喙鲸演化出极强的深潜适应能力,常规下潜深度超过 1000 米,闭气可达 1 小时以上,最大理论下潜深度突破 3000 米。但它们若长期在 3000 米以下深海觅食,可能会超过生理耐受极限,大幅增加体力衰竭、减压病致死的概率。此外,迪亚曼蒂纳带特有的“V”形海底对沉降的鲸尸起到汇聚作用,进一步加剧了遗骸堆积。

至关重要,研究者表示,迪亚曼蒂纳带及周边布罗肯海岭的沉积速率极低,500 万年内平均每千年仅沉积 0.05 至 0.55 厘米。这意味着骨骼遗骸在海底暴露时间延长,可能持续数十年,部分遗骸暴露甚至超过数百万年。

同时,化石遗骸几乎完全是喙鲸的头骨——现存脊椎动物中,这类骨骼密度与矿物质含量最高,本身抗分解能力极强,而铁锰氧化物在骨基质内部和表面的逐渐积累进一步延长了保存时间。对于埋藏的骨骼,半有机质分解过程中还会发生自生碳酸盐沉淀,助力化石保存。

“正如其他著名的大规模化石堆积一样,持久性骨骼的特征与矿物环境共同作用,在这里形成了一场‘完美风暴’。”戈弗雷评论道。

“超级廊道”

“假设每头喙鲸的平均质量为 2 吨,脂质含量为 25%,这些遗骸对应的总碳封存量约为 670 万吨。这一碳库所代表的碳输入量相当于该区域背景‘海雪’通量约 4700 年的累积量。”研究团队说。(下转第 2 版)

3 年内城域算力 1 毫秒时延圈 覆盖率有望不低于 75%

据新华社电 工业和信息化部 6 月 10 日公布《“人工智能+信息通信”创新发展实施意见(2026—2028 年)》,提出到 2028 年,信息通信网络初步实现高等级自智,形成 30 个以上高价值典型场景,打造一批典型应用和特色智能体;城域算力 1 毫秒时延圈覆盖率不低于 75%。

人工智能技术正处于快速迭代、加速突破的爆发期,人工智能与信息通信深度融合作为新兴研究方向,具有较强的复杂性与系统性,在关键技术突破、融合路径探索、商业模式创新等方面仍面临系列问题和挑战。

实施意见明确,到 2030 年,人工智能与信息通信网络融合关键技术取得显著突破,通感算智一体化服务能力大幅提升,形成完备

的协同创新和产业生态体系,“人工智能+信息通信”步入技术引领、产业繁荣、安全可靠、智能普惠的发展新阶段。

实施意见围绕推动信息通信行业智能化升级、夯实人工智能发展底座、深化融合应用创新推广、增强信息通信行业治理能力等 4 个方面部署 17 项具体任务,包括开展人工智能驱动的新型网络架构研究;突破小模型协同、多智能体协同、智能体通信等技术;加快算力大通道建设,加快构建全国一体化、集约化、市场化的算力服务体系等。

实施意见还以专栏形式部署网络自智能力提升行动、智算网络技术产业能力提升行动、智算业务服务能力提升行动。(周圆)

地下 700 米大国重器 登上《自然》封面



《自然》期刊封面。中国科学院高能物理研究所供图

本报讯(记者倪思洁)6月10日,江门中微子实验(JUNO)首个物理成果“精确测定中微子的两个振荡参数 θ_{12} 和 Δm_{21}^2 ”以封面文章形式在《自然》正式刊出。研究人员通过对 2025 年 8 月 26 日至 11 月 2 日共 59 天有效数据的高精度分析,完成两项关键振荡参数的高精度测量,相较于过去数十年多项实验的综合结果精度提高了 1.6 倍。审稿人对此高度评价:“本成果验证了 JUNO 探测器性能与分析方法的可靠性,在中微子振荡物理步入精确测量之际,确立了 JUNO 在新时代的关键地位,对三代中微子振荡框架检验、全局振荡数据拟合,以及未来中微子质量顺序测定具有直接意义。”

《自然》配发的观点文章称:“理

解中微子的行为对于在最小尺度上建立物质和力的完整描述至关重要。JUNO 的首个结果的解析让人信服,未来将能够确定质量排序。这标志着中微子振荡精确测量时代的到来,并有望为这些神秘基本粒子的特性提供新的见解。”

此外,JUNO 的探测器性能文章已于今年 4 月以封面文章形式在《中国物理 C》正式刊出。

中微子不带电,质量非常轻,只参与非常微弱的弱相互作用,具有极强的穿透力,很难被探测到。在所有基本粒子中,人们对中微子了解最少。

JUNO 于 2025 年 8 月正式运行,至今已平稳运行 9 个月。JUNO 的首要科学目标是测定中微子质量顺序,还可精确测量中微子 6 个振荡参数中的 3 个,达到好于 1% 的精度,并进行超新星中微子、地球中微子、太阳中微子、大气中微子等多项研究。

JUNO 探测器位于地下 700 米深处,有效质量达两万吨的液体闪烁体探测器(中心探测器)浸泡于地下实验大厅 44 米深的水池中央。直径达 41.1 米的不锈钢外壳作为主要支撑结构,承载了 35.4 米直径的有机玻璃球,两万吨液体闪烁体、两万只 20 英寸光电倍增管、2.5 万只 3 英寸光电倍增管,以及前端电子学、电缆、防磁线圈和隔光板等众多关键部件。遍布探测器内壁的光电倍增管协同工作,探测中微子与液闪相互作用产生的闪烁光,并将其转换为电信号输出。JUNO 可精确测量中微子的能量,从而精确测定中微子振荡参数。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10538-z>

百年卡介苗 有望治疗糖尿病



本报讯 一项 II 期临床试验表明,一种已有百年历史的结核病疫苗有助于调节某些类型糖尿病患者的血糖,从而减少胰岛素用量。这一发现支持了一个备受争议的假设,即减毒活疫苗可以同时预防目标疾病和非目标疾病。

据《自然》报道,这项试验中使用的疫苗为卡介苗,源自一种减毒的牛结核病致病菌。20 世纪 20 年代的研究发现,该疫苗不仅能保护儿童免受结核病侵害,还能预防其他致命感染,降低儿童死亡率。如今,卡介苗已获得美国食品药品监督管理局(FDA)批准用于治疗膀胱癌,研究人员甚至在分析它对阿尔茨海默病等疾病的疗效。主持这项糖尿病试验的美国马萨诸塞州总医院的 Denise Faustman 表示,其更广泛的益处“不再是偶然”。

6 月 7 日,Faustman 在美国糖尿病协会会议上公布了相关结果,证明卡介苗有助于调节自身免疫性糖尿病患者的血糖。患有这种疾病(包括 1 型糖尿病)的人,其免疫系统会攻击胰腺中产生胰岛素的 β 细胞。

Faustman 和同事研究了两组人群:一组是青少年 1 型糖尿病患者,通常在 21 岁或以前发病;另一组是成人隐性自身免疫性糖尿病患者,通常在 30 岁及以后发病。在这两组人群中,卡介苗均显著减少了胰岛素用量。

“这表明,可以以一种全新的方

式治疗糖尿病患者,无需新设备或新机器就能实现良好的血糖控制。” Faustman 说。

“这项研究的重要性在于证明了通过疫苗激活免疫系统,能够抑制自身免疫反应。”瑞典隆德大学的 Ake Lernmark 说。

研究人员认为,卡介苗并不是在保护 β 细胞,而是通过另一种机制来调节血糖。影像学研究表明,疫苗可能激活脾脏中的免疫细胞以消耗更多糖分。Faustman 推测,这会形成一个“糖库”,有助于降低血糖水平。

目前,针对自身免疫性糖尿病的疗法价格昂贵,像卡介苗这种安全、低成本的选择,可能是一个有吸引力的替代方案。为获得 FDA 批准将卡介苗用于治疗糖尿病,团队接下来需要在更大规模的 III 期试验中证明其有效性。(李木子)



卡介苗。图片来源:Nikolay Doycinov

让中国核电用上国产“筋骨”

70% 关键材料他们包了

■本报记者 张楠

中国科学院金属研究所(以下简称金属所)的一个团队,曾在一年里每周派研究人员至少往返江苏两次,累计超过 100 人次,只为盯住一卷厚度只有头发丝粗细一半的金属薄带。

日前,这个团队——金属所先进核电关键金属结构材料创新团队获评中国科学院第七届“科苑名匠”(团队)。从 REBCO(稀土钽铜氧)二代高温超导合金基带到智能超导无磁钢,从我国首座钠冷示范快堆到第四代铅铋反应堆,他们数十年扎根科研一线,攻克了一个又一个“卡脖子”技术难题。

“四超”基带

2023 年底,一项紧急任务摆在团队面前:REBCO 二代高温超导合金基带需要在 20 个月内实现国产化。

这种基带是制备 REBCO 高温超导带材的金属底板,起到关键的支撑作用,要超薄、超长、超光滑、超高强度——厚度仅 0.046 毫米,相当于头发丝直径的一半,长度却要到达数百米甚至上千米,表面比镜面还光滑,同时具备超高强度。此前,这种材料完全依赖进口。

“基带很薄,那么薄的东西如果表面落上稍大一点的颗粒,加工过程就会出问题,表面质量就不能保证。”团队

成员、金属所特种合金部主任马颖澈回忆。从 1 毫米轧到 0.046 毫米,材料越薄越容易硬化,每道工序需要同时调控 20 多个参数,例如温度高了组织不均匀,温度低了又会硬化,轧制力分配不好,板性又不能满足要求。

更大的挑战来自表面质量。原本在百公斤级铸锭上使用的工艺,在放大到吨级工程化生产中,带材表面随机出现了微小瑕疵。这些瑕疵肉眼几乎看不见,却会直接影响超导层的生长。

团队从源头开始排查。查合金熔炼是不是有夹杂物,查锻造是不是有氧化皮问题,从热轧、冷轧一道道往回找。“投入的人力物力很大。”马颖澈说。他们前后花了将近 4 个月,占整个研发周期的 1/5,最终发现问题出在锻造环节的工人打磨不均匀上。团队通过改进机械加工方法解决了问题。

20 个月里,团队协作的触角延伸到江苏 10 多家企业。由于这种薄带国内从未有企业生产过,40 多道工序分布在 12 家企业,团队成员需要一家一家找合作方,再一家一家衔接工艺,这就出现了文章开头那一幕。

2025 年,团队成功研制出满足“四超”设计要求的 C276 合金基带,整体性能达到国际先进水平。“材料强度越高、均匀性越好,产生的磁场强度就越高,约束等离子体就越容易。”马颖澈



先进核电关键金属结构材料创新团队。金属所供图

说,“这对核聚变实验装置的实现有重要支撑作用。”

10 米无磁钢棒

另一个“卡脖子”难题来自地下。

智能导钻装备要打到地下 8000 到 10000 米寻找油气资源。装备中的无磁钢起传动承载和保障传感精度的作用,既要有高强度、高韧性,承受极端载荷,又必须“无磁”,以保证信号传输。国外虽然有同类产品,但国内尚不具备自主研发能力。

“强韧性倒置”是核心难题——材料强度提高,韧性往往下降。团队成员、特种合金部副主任陈胜虎介绍,团队引入了一种梯度位错结构的设计思路:经径锻造变形调控位错梯度,获得外层高强、内层高韧的复合组织结构。

实验室里做小样品是一回事,做成 10 米长的工程棒材是另一回事。放



先进核电关键金属结构材料创新团队。金属所供图

大过程中,组织均匀性、性能一致性都会出现新问题。团队专门设计了一套高温环境下的加工工艺,避免损伤设备能力。

“我们遇到问题,就经常去跟所里其他专家探讨,碰撞火花。”陈胜虎说。金属所学科范围宽广,从材料设计、材料制备到性能评价,任何技术难题都能找到人讨论。这种学科交叉的机制,让团队在攻坚时不再是孤军奋战。

最终,团队突破了直径 140 至 190 毫米棒材的国产化制备技术,制备的棒材性能与奥地利进口棒材相当,已用于下井绝缘短节和伽马钻铤的制造。(下转第 2 版)



科苑星光 科苑名匠