

1 不靠阳光也能活  
深海冷泉打造生命绿洲

人们常说“万物生长靠太阳”，然而在2000米深的海底，没有阳光穿透，压力相当于200头大象踩在指尖，温度低至2℃，却有一片生机勃勃的“绿洲”——冷泉生态系统。

这里没有光合作用，却孕育着独特的生命群落：源源不断的甲烷气泡如深海烟花般喷涌；长达3米多的管状蠕虫如“海底竹林”般摇曳；贻贝与铠甲虾密集如星空，簇拥在冷泉喷口周围；化能自养微生物则像“自助餐大厨”一样，将甲烷和硫化氢转化为生命能量。

生活在这里的600多种“冷泉居民”，不依赖光合作用，仅凭化能合成“魔法”而繁衍生息。这不仅是地球最极端的生命奇迹，更是破解全球气候变化、能源革命与生命起源的“深海密钥”。

那么，神秘的冷泉究竟是什么？其实，它并非真正的“冷”泉，其温度与周围海水相近（约2℃-4℃），因喷涌出的甲烷、硫化氢等气体而得名。这些气体来自海底沉积层中的天然气水合物（可燃冰）分解或地质活动释放，像“地球的呼吸”一样，持续向深海输送化学物质。

冷泉生态系统不依赖阳光，而是以微生物为起点，构建起一条“黑色食物链”：微生物“吃掉”甲烷，供养贻贝、管状蠕虫等生物，它们再被鱼类、章鱼等捕食，形成生机勃勃的“生命绿洲”。冷泉生物生长缓慢，部分管状蠕虫寿命超过200年，堪称“深海活化石”。

2015年，中国“海马号”潜水器在南海发现“海马冷泉”，这里浅表层富含可燃冰，生物群密集如“海底森林”。科学家观察到冷泉生态随着喷口活动由盛而衰的全过程，仿佛上演一部“深海生命史诗”。

2 中国冷泉实验室：  
全球首个“深海空间站”

2025年2月，由中国科学院南海海洋研究所牵头建设的“冷泉生态系统研究装置”在广州南沙开工，总投资26.6亿元，计划2030年建成。这也是世界首个2000米级坐底式可载人长期驻留的深海实验室，将为冷泉生态系统的研究提供全新的视角和技术手段。

中国科学院南海海洋研究所所长、冷泉生态系统研究装置总指挥李超伦介绍，它可以支撑6人在深海开展30天的海底原位实验。

这个横跨海陆的大科学装置，由水面保障母船、海底实验室、保真模拟系统三大部分组成。

其中，海底实验室长33米、宽7米、高8米，由5个耐压球体串联，总容积相当于3个中国空间站核心舱，类似建在深海中的“空间站”，既能停在海底开展原位实验，也能上浮进行补给。6名科学家可以在这里连续工作30天，开展甲烷渗漏监测、生物基因测序等实验。

深海实验室还能释放AUV（自主式水下机器人）、ROV（遥控操作无人潜水器），进一步拓展海底的探测范围和取样能力。

水面保障母船堪称“深海科研航母”，排水量9380吨，配备600吨级深海升降平台，可实现实验室精准布放与回收；其智能中枢集成了AI决策系统，可实时监测台风、海底地震等风险。

保真模拟舱，则好似一个“深海高压锅”，能模拟海底生态群落和环境。其压力相当于2000米水深，温度可在-2℃至30℃之间调节，通过注入人工合成的冷泉流体，养殖管状蠕虫、贻贝等生物，验证深海实验结果。

这也是世界首个面向海底冷泉系统的大科学装置，其最大意义就是把实验室搬到了海底，建成后将促进冷泉发育机制、极端生命演化过程、可燃冰的生态效应等海洋科学跨越式发展，推动深远海科技进步。

我国打造『冷泉宫』，探秘海底生命绿洲

不靠阳光也能活，深海『冷泉居民』有哪些生存密码

在阳光无法触及的海底，有一片被称为“深海绿洲”的神秘区域——冷泉。这里没有光合作用，却孕育着独特的生命群落。我国正通过建设全球首个2000米级深海载人驻留实验室，向这片黑暗世界发起探索“总攻”。

主笔：于梅君



3 住在“深海空间站”，如何正常生活工作

海底两千米，相当于200个大气压，在这样的极端条件下，载人驻留实验室如何保持长期稳定运行？如何保障科研人员正常生活工作？

据悉，在这个海底实验室内，供氧、供水、二氧化碳消除等生命支持系统，均借鉴了潜艇和中国空间站的相关技术，氧气循环率达98%，废物处理后可转化为饮用淡水。

为确保科研人员在紧急情况下能快速逃脱，海底实验室制定了多重、体系化的应急救生方案。例如，实验室上方有一个应急逃逸舱，可载6人，在密闭环境下，可提

供不少于6小时的空气，逃逸舱内还准备了3天的淡水和食物，方便等待救援。

那么，研究冷泉，为什么必须在海底进行原位观测？中国科学院院士、冷泉生态系统研究装置首席科学家张偲表示，冷泉区生活着贻贝、蟹类、海胆等600多种生物，一旦离开冷泉生态系统，整个系统就会瞬间崩塌，所以必须在海底进行原位的长时间观测。

另外，可燃冰样品如果离开原环境，也会迅速发生分解，所以研究冷泉就不能离开原位相环境。

4 冷泉里孕育着哪些深海宝藏

不少人好奇，我们为什么要大费周章，在深海里建设“冷泉宫”？

专家解释，一是因为冷泉生态系统里藏着气候密码。冷泉甲烷是强效温室气体，其泄漏量相当于全球年碳排放量的10%，但90%的甲烷在海底被微生物“吃掉”，形成天然碳汇。

因此，借助“冷泉实验室”，科学家可以精确监测冷泉区甲烷的释放规律、通量变化等，助力应对全球气候变化挑战。

这里还是能源富矿，冷泉区储藏着全球70%的可燃冰，中国南海

作为全球四大可燃冰富集区之一，预测资源量高达744亿吨油当量。

科学家还发现，海底冷泉与热液系统，可能共同孕育了地球最早的生命形式，其化能合成机制，可为外星生命探测提供参考。

此外，冷泉系统还可以帮助人类挖掘新型生物资源。研究表明，冷泉微生物群体中，约有20%—30%的菌株可产生具有抗菌、抗病毒活性的化合物。在抗生素、抗氧化和抗癌领域展现出优异的活性。这些天然产物构成了潜在的“蓝色药库”，为新药开发提供了宝贵资源。

5 我国在南海新发现两处大型冷泉喷口

目前在全球海洋中，可能存在着900多处海底冷泉区。在我国，已探明的近海冷泉区主要有7个。其中东海仅发现冲绳海槽1个冷泉区；而在南海则分布着6个冷泉区。

2015年，我国自主研发的4500米级“海马”号无人遥控潜水器，在南海珠江口盆地首次发现巨型活动性冷泉“海马冷泉”，成为我国首个近海冷泉系统。

最近，中国科学院海洋研究所冷泉研究团队，搭载“蛟龙”号载人

深潜器深入南海，又探测到两处大型冷泉喷口。

这片位于南海1500米海底、面积超4万平方米的冷泉生态区，拥有两个活跃喷口，持续释放着甲烷，形成了独特的生态系统，科研人员记录到深海贻贝、希伯来管虫、海参和海葵等多种生物。

冷泉生态系统，这种独特的黑暗生物圈，还有哪些不可思议的奇观？不久的将来，随着我国深海“冷泉宫”的建成投用，谜底将一一揭晓。



“海马冷泉”底部甲烷的喷溢奇观。

■知多一点  
你知道吗？在海洋世界里，除了冷泉，还有热泉。冷泉热泉大不同

海底热泉，又称海底热液，是渗入地壳的海水被地幔加热，又在泵系统作用下喷涌而出的奇观。热泉如同林立在海底的烟囱一般，源源不断吐出浓烟似的热水，影响着周围一切生命活动。

冷泉与热泉是两种截然不同的现象。热泉通常与海底火山相关，温度较高，而冷泉则是海底储存的天然气水合物，以喷涌或渗透方式溢出，温度较低。

深海“黑烟囱”

在北大西洋2400米深的海底，一座由“水晶”构筑的“魔幻城堡”正在喷发“黑烟”。在这里，直径3米的巨型管状蠕虫随水流摇曳，雪白的盲虾大军不停盘旋，这里是地球最接近外星世界的秘境——深海热泉生态系统，一个颠覆生命认知的极端世界。

1977年“阿尔文号”深潜器首次拍摄到热泉奇观，让科学家惊觉地球内部竟藏着天然化工厂。

当400℃的酸性热液从地壳裂缝喷涌而出，与4℃的海水相遇瞬间，铜、铁、锌等金属硫化物立即结晶沉淀。

这种纳米级矿物的自组装过程，会以每天30厘米的速度，铸造出18米高的“黑烟囱”，其结构精密程度堪比3D打印建筑。

这些矿物在形成过程中，会自发形成蜂窝状多孔结构，为生物群落提供理想的“精装公寓”。

神奇盲虾的生存密码

在大西洋中脊热泉区，白色盲虾以每平方米3000只的密度构建起“虾城”。这些没有眼睛的生物进化出背部感光器，能捕捉热液发出的微弱红外辐射。

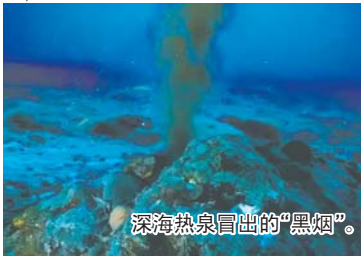
盲虾消化系统内，共生着嗜热菌群，能在121℃高温下存活。

盲虾体内存在特殊的超氧化物歧化酶(SOD)，其清除自由基的效率是人类的40倍。

探究生命起源

充分认识海底热泉后，我们会发现这是一个不同寻常的生态系统，它无需阳光能量，在高温、高压、强酸或强碱的严酷环境中，仍有细菌在生长、繁殖。

更令人震撼的是热泉生态系统的能量获取方式。传统光合作用链在这里被“地热合成作用”取代。科学家推测，海底热泉可能就是原始生命的发源地。



深海热泉冒出的“黑烟”。