

海山：深海中的生命“孤岛”还是“绿洲”？

海山被誉为“海底大花园”，也是“地球上人类最不了解的生物栖息地之一”。目前，在全球超过3万座的海山中，人类仅对其中约1%做过生物调查。就在这极其有限的了解中，科学家窥探到了深海生命的丰富多样。

海山是如何形成的？它究竟是生命的“孤岛”还是“绿洲”？本报特邀曾多次对西太平洋海山进行科学考察的中国科学院海洋研究所研究员徐奎栋对此一一作答。

徐奎栋

深海有着多样化的生境，例如深海平原、海山、深渊、热液、冷泉、鲸落等。不同生境孕育了不同的生态系统，其中海山生态系统中的生物多样性最高，栖息着几乎所有门类的动物，从最原始的微生物到最高等的哺乳动物都有。海山被认为是深海生物的聚居地，

目前人类从海山发现了约2000种生物，而实际“居住”在海山的物种数可能远不止这些。许多海山调查所获的物种还未准确鉴定到种。另一方面，相关调查不断有新物种发现。人们一定好奇，聚居在海山上的生命究竟是封闭地“偏居一隅”，还是借助海流四处扩散？随着海山生物调查的不断深入，一幅海山生命画卷逐渐清晰起来。

多样化生境 形成深海立体“生命乐园”

海山的高生物多样性首先得益于海山的立体结构。由于海洋生物有分层分布的特点，每一种生物都分布在特定水深，海山的立体结构可使其容纳不同水层的生物。不同的水深又与不同的水温、压力、溶解氧、酸度及食物等环境条件相关联，形成了多样化的生境，其他深海生境则没有如此丰富的环境梯度。

使得地势高的区域生物量较周边深海平原高出三倍。与此同时，山坡和海山等地形增加了海底栖息地的复杂性，并驱动了海洋生物分布。

许多深海动物，如珊瑚和海绵，需要坚硬的基质附着和生长。水流可以冲刷飘落在海山上的沉积物，暴露出岩石，这些地方就成了珊瑚和海绵的理想栖息地。同时，流经海山的海流，还能为无法移动觅食的动物源源不断地提供食物。

深海中除了热液、冷泉等特殊的化学能合成生境，生物所需的食物都来自上层水体通过光合作用产生的有机质。当洋流遇到海山，能够产生局部的上升流，将深层海洋丰富的营养盐带到有光照的上层水体，促进了浮游植物的生长。于是，初级生产力的提升，带来了浮游动物的繁盛，鱼类数量随之增加，并吸引了鲸、鲨鱼、金枪鱼、海鸟等顶级捕食者，从而形成了一场真正的生命盛会。

更有意思的是，海山周围的洋流还是深海底生物输送幼虫的交通工具。幼虫跟着洋流漂到另一座海山，有很大几率驻留下来。因此，通常很难在深海中同时出现的动物，却可以在海山中一起生活，形成多种生物和谐共处的景象。

“海洋雪”是深海底包括海山上许多生物所依赖的重要有机物质，这些海面输送来的有机碎屑看起来就像雪花一样。研究发现，山坡上滚动的“海洋雪”

此外，海山中的珊瑚和海绵所形成的立体结构，还为海星、蛇尾、虾蟹类、鱼类等生物提供了栖息地和庇护所。所有这一切都意味着，只有在海山才能发现如此多样的来自不同水深生命，呈现出如此高的生物多样性。

幽远海底隔绝 海山是孤立的水下岛屿吗？

海山其实就是海面下的岛屿，与岛屿中的火山岛有相同的起源，在形态上也与岛屿有很多相似之处。不少岛屿上的生物种群往往来自陆地，那么海山生物又是来自何处呢？一些研究发现，海山和邻近的陆坡（大陆架以下的部分，水深约在200—2000米）在生物构成上有较高的相似性。海山上的无脊椎动物种群与附近大陆架上有着相同的生物来源。

的卡尔·赫布斯提出“海山孤岛假说”，认为海山是相对孤立的水下岛屿，拥有高度特有的动物群，由独特的群落组成，在物种组成上与其他深海栖息地截然不同。

学术界曾普遍认为海山是独特的环境，是生物多样性丰富且独特的生态系统。然而，随着研究的不断深入，之前的许多观点可能是片面或不准确的。

事实真是这样吗？岛屿，尤其是远离大陆的孤岛，因为海洋的分割，确实会形成相对孤立的岛屿生物群，生物群落比较独特，特有种比例高，但总体多样性低。但在海山上，除鱼虾等游泳动物外，大型生物主要是一些固着生活或移动能力差的动物，它们主要依靠幼体通过海流来转移和扩散。

早期的海山生物调查发现，海山岩石上的生物群落与海山周边的软底沉积和深海平原上的生物群落大不相同。而且，不同海山之间的生物群落在物种构成上较少重叠，使海山看起来类似生物地理学上的“岛屿”，而海山群或海山链被认为具有类似“岛屿群”或“岛链”的作用。

由此可见，海山是否“孤立”，取决于栖息其上的生物幼体扩散是否受到限制。在某些海山，地形和海流的相互作用可在海山顶部形成“泰勒斯柱”（稳定的海流在流到海山时形成的环流）等封闭环流，从而留住幼虫。但这些物理海洋现象出现的频率很低，即便出现也不持久，因此难以将海山长期隔离成水下孤岛。另外，海山的物种多样性高，不同于孤岛的低多样性。

海山种群分布 远距或类似近邻却不同

过去几十年中，海山生物多样性研究的另一重大发现是在海山发现了大量特有种。

都是采样和研究不足造成的假象。目前，从调查比较充分的海山来看，生物特有种多在10%—20%之间。例如，东北太平洋的戴维森海山是调查最充分的海山之一，其特有种比例仅约7%。

由此，在孤岛假说的基础上，学界又提出了“海山特有种假说”，认为与其他深海生境相比，海山生境特殊，时间和空间上的隔离促使高水平的物种形成，形成了高生物多样性和高比例的特有种。

种群遗传研究还表明，在一些相距遥远的海山上，种群间的连通性也可能很高。一些研究发现，海山和邻近的陆坡在生物构成上有较高的相似性，而且某些相距较远的海山间的生物群落很相似，而距离近的却可能差异较大，这些都是“海山特有种假说”不能解释的。

早期研究发现，某些海山的特有种比例高达75%，这与岛屿拥有很多特有种的特点十分类似。但随着调查的深入，科学家发现，所谓的“高特有种”基本

海底如绿洲 海山常见“珊瑚林”“海绵场”

2000年，科学家在西南太平洋的海山发现了很高的生物多样性，由此提出了“海山物种多样性热点”假说，认为海山比其他深海生境能够支持更多的物种，其中也来自珊瑚和海绵等建群生物提供的生物立体结构。

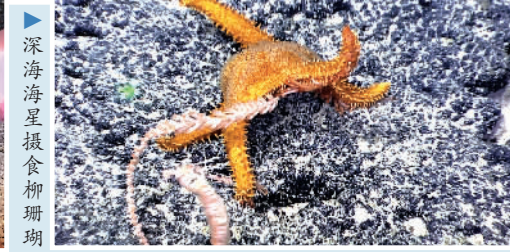
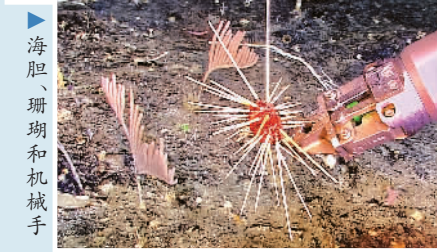
动物的分析发现，海山上的生物量是邻近陆坡类似深度中的近四倍。

这一假说得到了很多证据的支持。尽管对无脊椎动物的许多研究表明，海山和陆坡之间的物种丰富度没有差异，但一项对底栖鱼类的研究表明，陆坡上的鱼类种类比海山丰富，但海洋中上层鱼类的情况则相反。

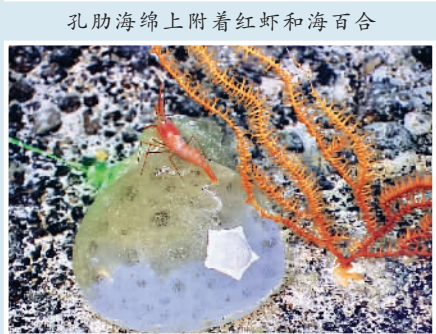
但是，“绿洲假说”可能只解释了海山的高生物量，却很难解释其高生物多样性。因此，海山的“绿洲假说”仅就海底的生物量而言是恰切的。调查发现，就水体中的浮游生物量而言，太平洋和大西洋的一些海山并非明显高于周边深海，因此对于海山如何形成了高生物量还有待解释。

于是，又有学者在2007年提出了“海山绿洲假说”。这种假说认为，在相对贫瘠的深海中，海山如同海底沙漠中的绿洲，海山区水体的高生产力和高生物量，使得更多的有机质得以输送到底部，从而形成海底的高生物量，由此形成高生物多样性。

总体上，目前还没有一个假说能普遍解释海山的生物多样性分布，不同海山往往有不同的地理和环境条件，生物群落组成差异较大。全球3万座海山中，仅有约1%的海山开展了生物调查，研究比较充分的海山也就50多座。调查采样和研究的不足是造成目前种种不明假说的主要原因。并且，早期的工作大多通过底拖网采集生物，获得的样本具有片面性。未来，随着更多水下机器人的应用，将有助于我们真正深入到地形复杂的海山中，探测海山生物构成与分布的奥秘。



▲我国新一代科考船“科学”号上装备的“发现”号遥控无人潜水器(ROV)。



采集于水深2300米处的甲胃海葵

关于海山，我们了解多少

什么是海山？

海山，就是海底山。与岛或礁不同，海山是完全在海面以下的。

狭义上，海山通常是指海面下高度超过1000米的海底隆起，从洋壳上开始测量，海山的高度一般在1000至4000米之间。全球有3万多座海山，占据了全球约4.7%的海底面积。海山因其隆起高度超过1000米，因此必然处于深海中，是深海中显著的生态景观。

广义上的海山也包括海底隆起高度在500—1000米的海丘，占全球约16.3%的海底面积。此外，海底还有不计其数高度不足500米的深海丘陵。

海山主要是由火山活动形成的死火山，板块构造运动可使海山呈链状分布或细长形集群。夏威夷—皇帝海山链就是一条比较著名的海山链，其北端最古老的海山已有8100万年的历史，而这条链上最年轻的海山是位于夏威夷岛东南35公里处的罗希海山，处于夏威夷—皇帝海山链的东南端。它还是一座仍不时喷发的海底活火山，在喷口周边形成了海底热泉生

物群落，在远离喷口的地方则是一般的海山生物群落。

海山可分为板内海山和板块边界海山。

板内海山位于深海平原上，例如太平洋中的麦哲伦海山链、夏威夷—皇帝海山链等。板块边界海山又称岛弧海山，通常位于岛弧上，例如雅浦海沟和马里亚纳海沟边缘的海山。它们通常也是由火山岩岩浆活动形成的，但其形成又常常与板块俯冲相关联。

从形态上，海山可分为尖顶海山和平顶海山。一部分海山在火山喷发形成后，其山顶可能超出海面，随着波浪的侵蚀，形成了较为平坦的山顶，又随着地质演化慢慢下沉到海面之下，这种海山被称为平顶海山。

海山的基底以硬底为主，在平坦的海山顶部或海山的平缓处，可见到软泥、砂等沉积物，有些可形成含有孔虫或珊瑚砂等物质的软底沉积，由生物的遗壳或碎片形成的。与陆地山不同的是，海山通常在岩石等硬底区域的生物更繁盛，而在软底区则往往生物稀少。

因此，在热带寡营养海域的海山底部或山腰的平缓处，常覆盖着一层白

茫茫的砂，这些地方往往生物稀少，如同海底沙漠。而在海山的海流通畅的某些硬底区域，却可能见到繁茂的珊瑚林，如同沙漠绿洲。

海山生境有多脆弱？

海山既有极其丰富的富结壳资源，又蕴藏有大量具有重要商业价值的鱼类资源，是大洋渔场的主要所在地，近年来受到越来越多的关注。然而，海山生物具有生长慢、生命周期长、繁殖力低等特点，其生态环境十分脆弱。

许多海山生物都已生长上百年。来自夏威夷附近海山的一株黑珊瑚，经同位素测年分析显示，已经有4265岁了，堪称全球已知最长寿的动物。这样的生物一旦遭到破坏，则很难恢复。

冷水珊瑚是海山最具多样性且数量最占优势的巨型动物类群，主要生活在水深超过200米的海底或海山上。每个冷水珊瑚就像一棵树一样，可为许多生物（如蛇尾、铠甲等）提供附着生境，是海山等深海生态系统的关键物种。

当前的过度捕捞已造成严重的海山生境破坏和生物多样性丧失。以长寿鱼为例，它的学名叫大西洋胸棘鲷，生活在水深500—1500米的海山区及大陆坡上的岩石区。长寿鱼的渔获量已从上世纪90年代的9万吨，急剧下降到现在的1万吨左右。

此外，海山还是价值昂贵的红珊瑚的重要栖息地，过度捕捞导致了其栖息地已经见不到它们的踪影了。海底拖网作业方式往往对海山生境造成毁灭性影响。在海底拖网作业频繁的地方，海山岩石表面光秃秃的，几乎见不到珊瑚或其他大型动物。

当前，已有数据显示，海山生物群落具有对捕捞活动的脆弱性、对底拖网扰动的高敏感性和低恢复力。海山及其冷水珊瑚已被列入脆弱海洋生态系统，纳入联合国主导的国家管辖海域外生物多样性养护与可持续利用国际协议谈判议题中。

科学规范海山系统的资源开发活动，保护海山生态系统已经日益受到国际社会的关注。对海山生物本底资源的调查和认识，是进行海山生物资源有序开发利用和保护的先行基础。

深海生物趣事

偕老同穴

偕老同穴其实是一种玻璃海绵，在西方也被称为“维纳斯的花篮”。一种名为“偕老”的小虾从小就成双结对地钻进偕老同穴的筛板孔进入中空的中央腔，待到小虾长大，它们就在海绵体内出不来，成对相伴直至寿终。故而偕老同穴被认为是永恒爱情的象征，其标本在一些地方被作为结婚礼物，用来祝福新人白头偕老。

长寿海葵

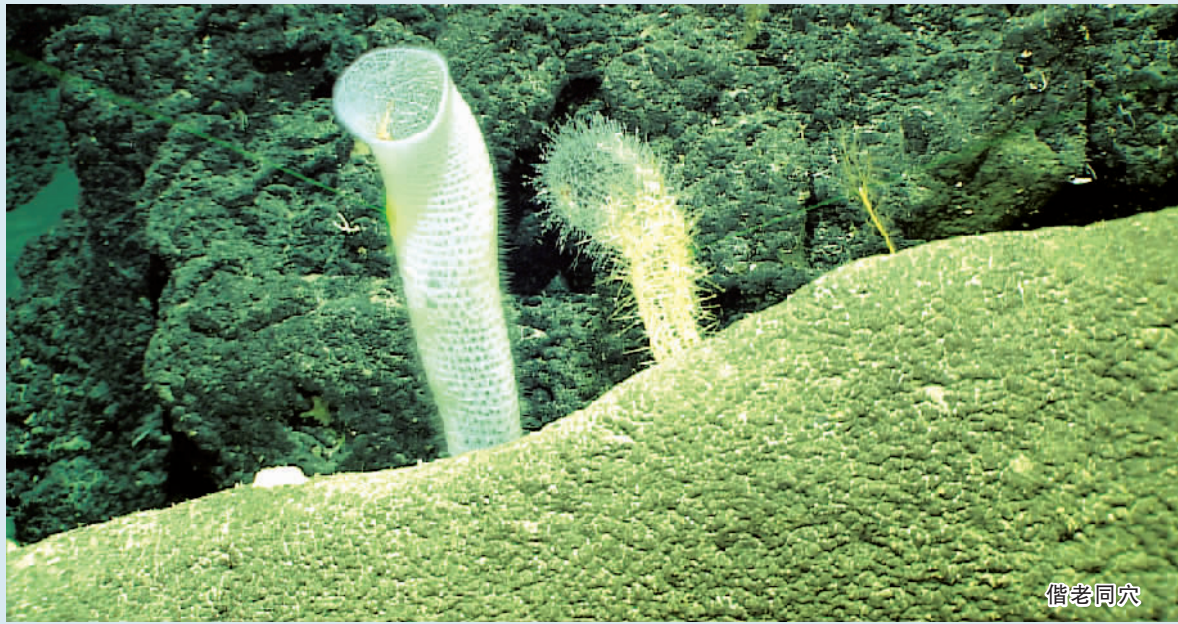
虽然海葵看上去很像花朵，但其实是捕食性动物。海葵多数不移动，有的偶尔蠕动，或以缓慢蠕动方式移动。科学家还发现，海葵的寿命大大超过海龟、珊瑚等寿命达数百年的物种，是世界上寿命最长的海洋动物之一。有研究者对三只来自深海的海葵进行测定，发现它们的年龄竟高达1500岁至2100岁。

深海小飞象

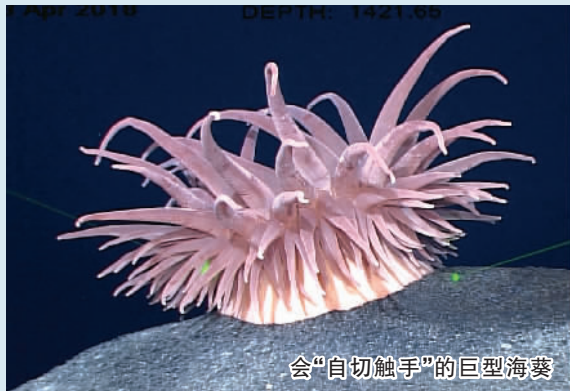
“深海小飞象”是一种人们了解不多的特殊章鱼，是烟灰蛸属 *Grimpteuthis* 章鱼。因其外貌酷似迪斯尼动画片中的小飞象而得名，俗称“深海小飞象”或“小飞象章鱼”。其胴部具有一对较大的肉鳍，在水中游泳时犹如小飞象扇动耳朵在水中摇曳，憨态可掬。它有八条腕，每条腕上具吸盘1行，可以让它们在海底爬行、捕食等。

“活化石”翁戎螺

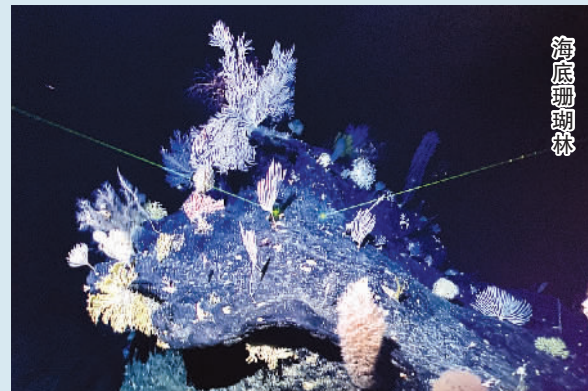
翁戎螺的栖息地是水深80米至数百米的海底礁石缝中，被认为是软体动物腹足纲中最原始的类群之一。科学家已确认，翁戎螺是在5.7亿年前寒武纪时就出现在地球上的海洋生物之一，发现有大量的化石种，而现存种较少。由于翁戎螺历经数亿年演化，依然保留了和祖先相同的形态，生物学家将翁戎螺誉为海洋贝类中的“活化石”。



偕老同穴



会“自切触手”的巨型海葵



深海小飞象



深海小飞象



寺町翁戎螺

本版图片均为徐奎栋提供