

## 助力实现第十四项可持续发展目标: 利用水下实验室保护和修复海洋

Inês Raimundo \* 和 Raquel S. Peixoto \*

阿卜杜拉国王科技大学 (KAUST), 生物、环境科学与工程部 (BESE), 海洋微生物组实验室 (沙特阿拉伯 图沃)

### 少年审稿人

	ABDULLAH
年龄: 13	
	KATERINA
年龄: 10	
	SANTI
年龄: 12	
	TAIMOOR
年龄: 12	
	VOJTECH
年龄: 12	

覆盖地表大部分区域的海洋对数十亿人至关重要, 但环境污染和过度捕捞等人类活动正破坏海洋生态。为此, 联合国制定了第十四项可持续发展目标 (SDG 14): 水下生物, 旨在恢复海洋健康。科学家们通过观测研究, 不断提出保护海洋及海洋生物的新方案。万物共生相连, 海洋健康与人类福祉息息相关。一支科学家团队创建了“珊瑚益生菌生态园”, 在那里合作测试新技术与治理方案, 保护珊瑚礁及依存生物。这些研究可引导人类做出更明智的决策, 推动各国携手守护这颗巨大的蓝色星球。

欢迎观看本文作者的专访视频, 获取更多精彩内容! ([视频 1](#))。

### 守护蓝色星球

地球表面大部分被海洋覆盖。水下栖息地生活着大量多样生物, 调节地球气候, 并且对人类生活极为重要。遗憾的是, 随着人口增长、城市扩张和工厂增多, 污染、气候变化 和过度捕捞 等问题正严重破坏海洋生态, 伤害海洋动物 (图 1)。

**图 1**

海洋的重要性及其面临的挑战如何影响全球。**(A)** 海洋的重要意义体现在:**(B)** 为人类提供健康营养的食物、就业机会和医药资源;**(C)** 作为众多海洋生物的栖息地;**(D)** 调节全球气候。然而海洋正面临三大挑战:**(E)** 过度捕捞;**(F)** 污染;**(G)** 气候变化。图示中绿色箭头表示正面相互作用,红色箭头表示负面相互作用,箭头始端表示作用发起方,末端表示受影响方。与 BioRender.com 联合制作。

### 气候变化 (Climate Change)

地球气候的长期变化,可能由自然因素或人类活动引发。

### 过度捕捞 (Overfishing)

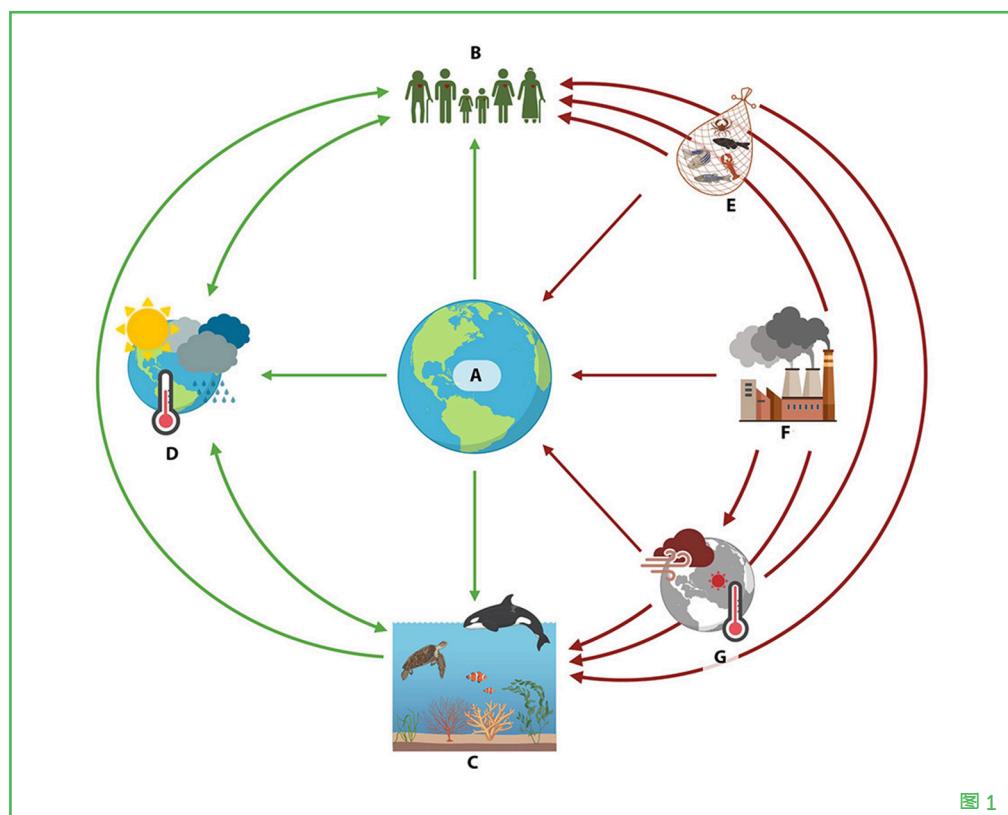
从海洋中捕获鱼类的速度超过其种群恢复速度,可能导致未来海洋生物和人类面临鱼类资源短缺。

### 海洋污染 (Marine Pollution)

垃圾或石油等有害物质进入海洋,伤害海洋生物并破坏其栖息地的洁净与安全。

### 海洋资源 (Marine Resources)

人类从海洋获取的各类可用于改善生活的资源,如鱼类、矿物等。保护这些资源免于枯竭极为重要。

**图 1**

为拯救海洋及其他地区,帮助地球恢复健康,联合国制定了 17 项可持续发展目标 (SDG) [1]。各项 SDG 既拥有独立的议题与行动方案,又相互关联。SDG 14 名为“水下生物”,旨在保护海洋生态健康,促进海洋资源的可持续开发利用。该目标与 SDG 2 (零饥饿) 及 SDG 13 (气候行动) 紧密相连:推进 SDG 2 需要保障海洋生物健康和安全,因为大量人口依赖鱼和其他海产品提供的营养;实现 SDG 13 需要维护海洋多样性,因为海洋如同从大气中吸收二氧化碳的巨大海绵,帮助地球保持凉爽。

SDG 14 设有多项具体目标,包括减少海洋污染,管控捕捞强度,深化海洋认知,优化海洋资源利用。海洋科学家们同样遵循这些目标,潜心研究海洋,针对海洋面临的严重问题寻求解决方案。但孤军奋战的力量毕竟有限,科学家们应该与公众分享研究成果,引导每个人做出更加明智的选择,学会更加合理地利用海洋资源。各国政要与商界领袖也需要做出能够保护海洋的决策。只有用心守护海洋,才能长久维护这片蔚蓝家园的安全和健康,让所有独一无二的海洋生物拥有更美好的栖息之地。

### 科学如何提供帮助?

科学家在解决海洋问题中扮演着关键角色。他们运用专业知识收集重要海洋数据,助力实现 SDG 14 等联合国目标。具体而言,科学家通过

## 渔业 (Fisheries)

从海洋或湖泊中捕捞鱼类及其他生物的职业或产业, 通常以获取食物为目的。

监测水温变化与污染程度 [2], 精准识别伤害海洋动物和其他生物的因素, 并制定应对策略 [3]。在探索保护海洋生物的新方案和新产品时, 科学家还可告知公众如何以实际行动协助保护海洋, 同时为政要和政府等政策制定者与领导者提供决策依据。

海洋科学家还与渔民携手开展渔业研究: 通过统计渔获量防止过度捕捞 [4], 监测捕捞区域与捕捞方式, 以保护幼鱼和非目标鱼种。他们追踪濒危海洋生物的栖息地、食性与繁殖规律, 为相关保护条例的制定提供依据, 甚至帮助设计大型养殖系统, 以减少远洋捕捞 [5], 为鱼类创造更佳生长环境。

另有科学家专注于海洋动物栖息地的生态研究。以珊瑚礁为例。这些由珊瑚构成的水下复合结构既是众多海洋生物的家园, 也是人类的天然防波堤。它们能生成沙滩沉积物, 发挥固碳作用, 以缓解全球变暖。通过研究珊瑚礁, 我们可了解其生态功能与共生网络, 维护这座“水下城堡”的健康运转, 同时更好地保护其中生存的万千生物。

## 水下实验室的力量

全球海洋科学家致力于日常协作: 他们开展研究并将成果撰写成论文供同行参阅。通过知识共享, 人类对海洋的认知不断深化。科学家掌握的信息越丰富, 便越能为决策者制定明智的海洋政策提供精准指导。但问题是: 做实验、写论文和分享数据都需要花费大量时间, 并且各国科学家有时在不同海域进行重复研究而不自知。更关键的是, 如果科学家们能在相同时间与条件下采用相似的实验方法采集数据, 研究成果将更具价值。

为应对这些挑战, 一支国际科学家团队正共同推进一项名为“珊瑚益生菌生态园”(CPV)的大型项目。这座位于沙特阿拉伯红海珊瑚礁区的水下实验室致力于帮助海洋生物应对生存挑战。水下实验室是科学家易于抵达的海洋采样区, 能有效收集关键数据。与陆地实验室不同, 科学家可在水温、盐度、洋流等条件完全真实的自然海洋环境中开展实验。CPV 的科学家如同珊瑚礁的“水下医生”, 专注于探究海水变暖导致珊瑚生病的原因, 解析珊瑚生存压力源。这座“水下城市”规划有街道、广场和社区, 方便科学家与访客在实验室内部顺畅通行。在 CPV 内, 多领域科学家正同步推进大量实验, 可进行实时数据共享、成果交叉比对, 逐步拼凑出更完整的海洋生态图谱。

## 用细菌守护海洋

还记得我们说过地球气候正在变化吗? 全球变暖就是其中一个迹象。珊瑚难以适应这种变化, 水温过高就会生病 [6]。CPV 的科学家正在进行一项激动人心的实验——他们想验证能否增强珊瑚礁的抵抗力 (图 2)。

## 益生菌 (Probiotics)

含有活性有益菌的补充剂，可促进人类或其他生物体的健康。

图 2

CPV 中开展的增强珊瑚抗压能力（高温）的实验。（A）未补充益生菌的珊瑚；（B）补充益生菌的珊瑚（绿色云状物表示有益菌群）。实验结果显示：补充益生菌的珊瑚在夏季过后能够保持健康状态，而未补充益生菌的珊瑚难以从热应激中恢复，即使水温回落仍呈现病态。与 BioRender.com 联合制作。

## 益生菌自动投放装置 (Automatic Probiotic Dispenser)

可远程控制的装置，用于在珊瑚礁区域精准释放益生菌。

## 灌溉系统 (Irrigation System)

灌溉系统带微孔的管道网络，能将水或其他液体输送至特定区域（如园林植物），以维持植物健康。

研究人员为珊瑚补充特殊的有益菌，即益生菌 [7, 8]。就像人类在吃坏肚子或肠胃感染时会服用某些益生菌一样，这些有益菌群能帮助珊瑚恢复健康。科学家在冬季为一部分珊瑚补充益生菌，另一部分则不补充。当夏季水温升高时，珊瑚开始出现应激反应和病症。等到夏季结束，水温回落，珊瑚要么逐渐恢复，要么走向死亡。CPV 团队在珊瑚因高温出现应激反应的前、中、后期持续收集健康数据，最终发现补充过益生菌的珊瑚不仅耐热性更强，病后恢复速度也远超未补充的群体 [9, 10]。

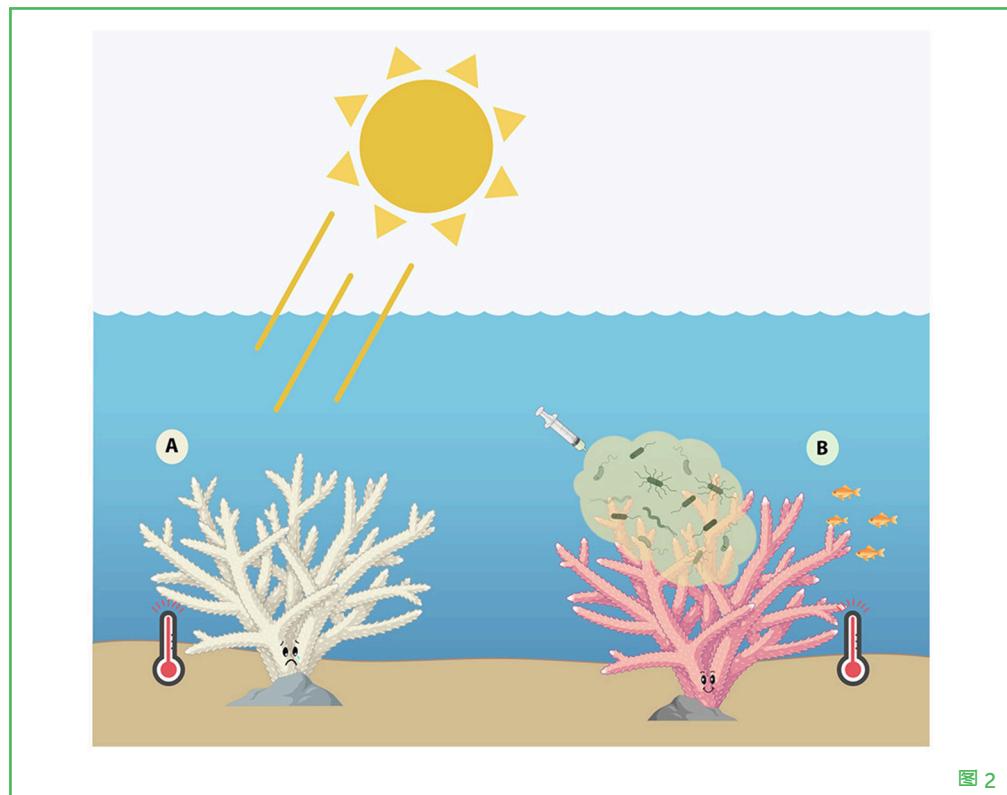


图 2

CPV 科学家始终在探索更高效的珊瑚保护方案。他们当前正在测试一款益生菌自动投放装置：比如两位科学家忙于实验室工作，无暇乘船前往 CPV 现场投放药剂。现在他们只需打开手机应用轻点按钮，15 公里外的投放装置就会为珊瑚精准释放益生菌。终极目标是打造类似园林灌溉系统的大型投放网络，只不过喷出的不是水，而是益生菌药剂。这样一来，全球拥有珊瑚礁的国家都能通过该系统促进珊瑚健康！该方案需要多领域专家协同推进，彰显了海洋科学中合作的重要性。请记住：单独行动虽然也能成事，但合作更能提升效率与效果。

## 我们的海洋保护责任

海洋对地球至关重要，联合国 SDG 14 正是要守护海洋。科学家在海洋保护中扮演着重要角色，但他们需要更多支持。你也能成为海洋卫士！了解海洋的奥秘并宣传海洋保护理念，减少塑料使用、清理水域垃圾，学习鱼类和渔业知识，选择对海洋更友好的海产品，这些举措都能切实保护

海洋及海洋生物。你还可以向成年人阐述制定海洋及海洋生物保护法规的重要性，并参与公民科学项目，支持科研工作，鼓励立志钻研海洋科学的朋友。

## 致谢

本研究由阿卜杜拉国王科技大学 (KAUST) 资助 (项目编号 CRG22: URF/1/4723-01-01, KAUST 基础经费 BAS/1/1095-01-01)。谨向 KAUST 的 Ruben Costa 与 Nicki Talbot 致以诚挚谢意，感谢他们在初始撰写和审校阶段提供的宝贵支持，本系列的完成离不开他们的专业贡献。同时向 KAUST 可持续发展办公室与联合国开发计划署沙特阿拉伯国家办公室表示谢意，感谢他们始终致力于提升公众对联合国可持续发展目标 (SDG) 的认知，共同推动世界走向更可持续的未来。

## AI 人工智能工具使用声明

本文中所有图表附带的替代文本 (alt text) 均由 Frontiers 出版社在人工智能支持下生成。我们已采取合理措施确保其准确性，包括在可行情况下经由作者审核。如发现任何问题，请随时联系我们。

## 参考文献

1. United Nation 2015. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Available online at: <https://sdgs.un.org/2030agenda>
2. Leite, D. C., Salles, J. F., Calderon, E. N., Castro, C. B., Bianchini, A., Marques, J. A., et al. 2018. Coral bacterial-core abundance and network complexity as proxies for anthropogenic pollution. *Front. Microbiol.* 9:360247. doi: 10.3389/fmicb.2018.00833
3. O'Hara, C. C., Frazier, M., and Halpern, B. S. 2021. At-risk marine biodiversity faces extensive, expanding, and intensifying human impacts. *Science* 372:84–87. doi: 10.1126/science.abe6731
4. Steins, N. A., Mackinson, S., Mangi, S. C., Pastoors, M. A., Stephenson, R. L., Ballesteros, M., et al. 2022. A will-o'-the wisp? On the utility of voluntary contributions of data and knowledge from the fishing industry to marine science. *Front. Mar. Sci.* 9:954959. doi: 10.3389/fmars.2022.954959
5. Froehlich, H. E., Koehn, J. Z., Holsman, K. K., and Halpern, B. S. 2022. Emerging trends in science and news of climate change threats to and adaptation of aquaculture. *Aquaculture* 549:737812. doi: 10.1016/j.aquaculture.2021.737812
6. Knowlton, N., Grottoli, A. G., Kleypas, J., Obura, D., Corcoran, E., de Goeij, J., et al. 2021. Rebuilding coral reefs: a decadal grand challenge. *Int. Coral Reef Soc. Fut. Earth Coasts* 56:9386. doi: 10.53642/NRKY9386
7. Peixoto, R. S., Sweet, M., and Bourne, D. G. 2019. Customized medicine for corals. *Front. Mar. Sci.* 6:686. doi: 10.3389/fmars.2019.00686
8. Peixoto, R. S., Voolstra, C. R., Sweet, M., Duarte, C. M., Carvalho, S., Villela, H., et al. 2022. Harnessing the microbiome to prevent global biodiversity loss. *Nat.*

- Microbiol.* 7, 1726–1735. doi: 10.1038/s41564-022-01173-1
- 9. Saraiva, J. P., Leite, D. C., Chaloub, R. M., da Rocha, U. N., Jospin, G., Bourne, D. G., et al. 2019. Marine probiotics: increasing coral resistance to bleaching through microbiome manipulation. *ISME J.* 13, 921–936. doi: 10.1038/s41396-018-0323-6
  - 10. Santoro, E. P., Borges, R. M., Espinoza, J. L., Freire, M., Messias, C. S., Villela, H. D., et al. 2021. Coral microbiome manipulation elicits metabolic and genetic restructuring to mitigate heat stress and evade mortality. *Sci. Adv.* 7:eabg3088. doi: 10.1126/sciadv.abg3088

线上发布: 2025 年 12 月 12 日

编辑: Susana Carvalho

科学导师: Nicki Talbot

引用: Raimundo I 和 Peixoto RS (2025) 助力实现第十四项可持续发展目标: 利用水下实验室保护和修复海洋. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2025.1489470-zh

英文原文: Raimundo I and Peixoto RS (2025) Towards SDG 14: Protecting and Restoring Our Oceans Using Underwater Labs. *Front. Young Minds* 13:1489470. doi: 10.3389/frym.2025.1489470

利益冲突声明: 作者声明本研究不涉及任何潜在商业或财务关系。

版权 © 2025 © 2025 Raimundo 和 Peixoto. 这是一篇依据 [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#) 条款发布的开放获取文章。根据公认的学术惯例，在注明原作者和版权所有者，及在标明本刊为原始出处的前提下，允许使用、传播、复制至其他平台。如违反以上条款，则不得使用、传播或复制文章内容。

## 少年审稿人



ABDULLAH, 年龄: 13

我是 Abdullah, 来自沙特阿拉伯, 热爱足球、排球等体育运动, 对海洋科学很感兴趣, 渴望学习更多自然知识。



KATERINA, 年龄: 10

我是 Katerina, 热爱体操、钩针编织和弹钢琴。



SANTI, 年龄: 12

我是一名来自西班牙的六年级学生, 热爱科学、数学和设计, 现在和家人一起生活在沙特阿拉伯的图沃。



TAIMOOR, 年龄: 12

大家好, 我叫 Taimoor, 来自巴基斯坦, 今年 12 岁, 喜欢玩游戏和打板球。



VOJTECH, 年龄: 12

我是一名七年级学生, 喜欢打高尔夫和看飞机, 头像是我自己拍的一张照片。

## 作者



INÊS RAIMUNDO

Inês Raimundo 博士来自葡萄牙里斯本, 现居沙特阿拉伯, 近期在阿卜杜拉国王科技大学 (KAUST) 获得"海洋科学"博士学位, 研究方向为通过珊瑚益生菌增强红海珊瑚礁的恢复力。她在珊瑚修复、生态恢复和可持续性领域拥有深厚的专业积淀, 已发表多篇科学论文并参与海洋主题科普活动。怀着对科普的热忱, 她致力于搭建科研与大众认知之间的桥梁。毕生迷恋海洋、一心保护珊瑚礁的她始终围绕 SDG 14 展开工作, 全力守护海洋生态系统。[\\*ines.goncalvesraimundo@kaust.edu.sa](mailto:ines.goncalvesraimundo@kaust.edu.sa)



RAQUEL S. PEIXOTO

Peixoto 博士专注于研究如何调控珊瑚相关微生物, 即珊瑚有益微生物 (BMC), 以提升珊瑚对环境威胁的耐受性与恢复力。她的开创性研究不仅建立了技术标准, 更验证了此种方案的有效性, 推动了海洋微生物学与共生互动领域的发展。作为海洋生物有益微生物 (BMMO) 网络的创始人兼主席, 她致力于构建国际平台, 将基础研究成果转化为保护并修复海洋生态系统、促进可持续发展的实践方案。[\\*raquel.peixoto@kaust.edu.sa](mailto:raquel.peixoto@kaust.edu.sa)

中文翻译由下列单位提供  
Chinese version provided by

