



沙滩、河口、海湾均属于近岸生态系统，是海洋和陆地的“握手区”，也是人类活动最密集的区域——全球超一半人口生活在距海岸 100 公里以内。别看它面积不大，这里的生态服务功能却远超深海或陆地，可谓身兼数职：为鱼虾贝蟹等提供家园，缓冲陆地污染物输入，阻挡海浪冲刷……可是，近岸生态系统也很“娇气”，人类活动和全球气候变化等多重压力，会让它们变得爱“生病”。

近岸生态系统 “生病”了怎么办？

撰文 / 袁涌铨（中国科学院海洋研究所）

近岸生态系统的“常见病”

就像人会感冒发烧，近岸生态系统也会生病，这些“病”被称为海洋生态灾害。

一方面，工厂排污、过度捕捞、填海造地等人类活动会导致生态系统服务功能丧失；另一方面，全球气候变化也会导致生态系统自身稳定性改变，表现为生物多样性下降、食物链重构等，这些均会使得近岸生态系统的“免疫力”下降，进而生病。



► 山东省青岛市近海区域出现大面积浒苔（供图 / 袁涌铨）

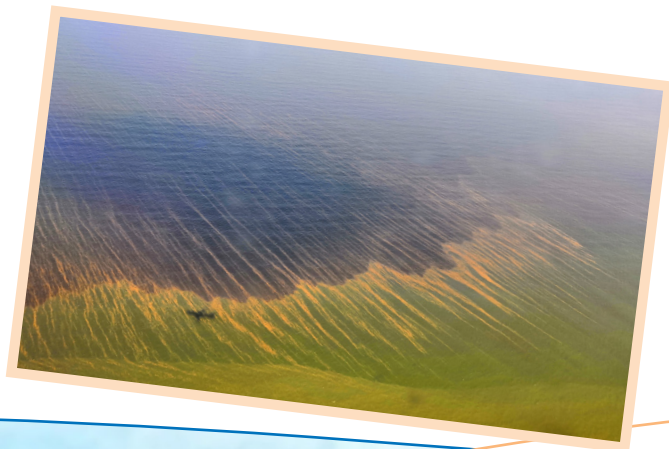
看得见的“大块头”

有些海洋生物一旦大量暴发，会形成肉眼可见的灾害。例如浒苔，它们疯狂生长，犹如给海面铺上绿色地毯；成千上万的水母聚集在一起，形成密密麻麻的景观；另外，海星、海地瓜（可食用的小型海参，因外形似地瓜而得名）等底栖动物也可能突然大暴发。

看不见的“隐形人”

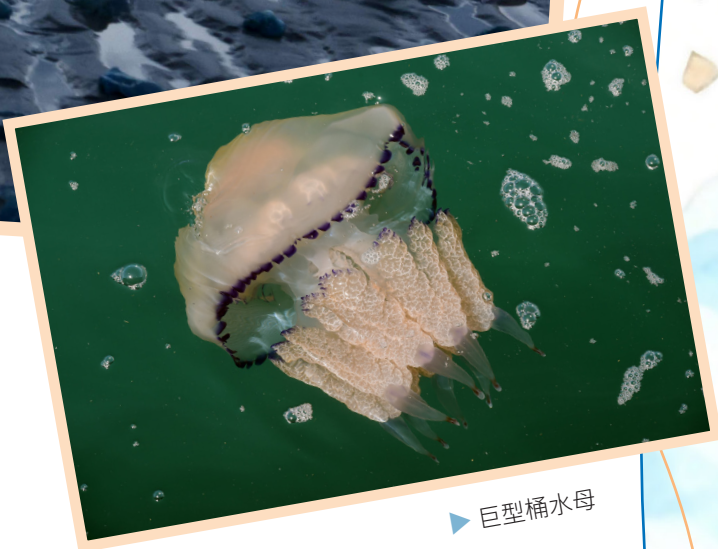
还有一些灾害中的致灾生物体形极小，往往只有几微米到几百微米，在显微镜下才能看到。然而，这些微藻大量暴发并聚集在一起时，会使数百至上千平方公里海水变色，对近岸生态安全造成严重威胁，这类现象被称为有毒有害赤潮。

► 近岸赤潮暴发（供图 / 袁涌铨）





▶ 大量水母搁浅在格拉夫林斯核电站附近海岸



▶ 巨型桶水母

这些“病”会带来哪些麻烦？

影响沿海的重大工程

核电站和海水淡化厂等沿岸工程都需要大量海水冷却设备，一旦取水口被海洋生物堵塞，可能造成严重后果。2025年8月，法国最大的核电站——格拉夫林斯核电站遭遇大量巨型桶水母入侵，进水过滤设备被堵塞，导致4台反应堆机组先后停机，6台机组全部停止运行。

威胁人体健康

赤潮毒素通过贝类进入人体，可致人中毒甚至死亡。据不完全统计，全球每年因食用有毒贝类而引发的中毒事件约2000起。有些赤潮毒素还能随海浪气雾飘散，人吸入后会出现咳嗽、眼睛刺痛等症状。

破坏沿海经济和环境

2025年，澳大利亚南部暴发大规模有毒赤潮，导致当地渔业损失1亿元、旅游业损失4680万元。赤潮藻类死亡后会大量分解，这个过程还会消耗海水中的氧气，加剧水体低氧，产生持续性恶臭。2024年，土耳其伊兹密尔湾就因类似现象导致超80吨鱼类死亡，恶臭影响达80天。



如何治疗“常见病”？

治疗一般分为两步走：**短期应急处置**和**长期综合调控**。短期应急处置就像是给病人吃退烧药，可以快速控制病情；长期综合调控则像是通过改善生活习惯来增强体质，让生态系统摆脱易发病的“亚健康”状态。



短期应急处置

● 看得见的灾害——拦截为主

对于海藻、水母这些“大块头”灾害，拦截是最直接的办法。例如，每年夏天山东青岛近海区域暴发浒苔绿潮时，相关部门会派出数百艘打捞船作业，并在海上布设拦截网，阻止浒苔上岸。拦截打捞后的部分藻类将会被加工成饲料或肥料，变废为宝。

● 看不见的灾害——赤潮治理

赤潮由微小藻类引起，治理起来复杂得多。面对大规模赤潮的治理，科学家总结出3条**基本原则**：第一，必须**快速有效**，能在几小时内控制赤潮；第二，**避免二次污染**；第三，要能**大规模应用**。为此，科学家尝试过多种办法：

- **物理方法（拦截、紫外线、超声等）**：小池塘适用，但难以大规模应用。
- **化学方法（硫酸铜等杀藻剂）**：虽然能很快杀死藻类，但也会杀死鱼虾贝蟹，甚至污染海水，可谓伤敌一千、自损八百。
- **生物方法（病毒、细菌、浮游动物等）**：见效慢，还可能引入外来物种，造成新的生态问题。

▶ 国内应用改性粘土技术治理大规模赤潮（供图 / 袁涌铨）



▶ 为确保岸线清洁，青岛近海处岸上环卫工人随到随清，海上渔民乘渔船打捞



● 粘土絮凝法——赤潮治理的“灭火器”：

正当人们望“潮”兴叹时，这种简单又巧妙的方法出现了。将粘土撒入赤潮水体，其颗粒会与藻细胞“抱在一起”并形成大块的絮团，一起沉入海底，使海水变清。但粘土除藻效率低、用量大，去除1平方公里的赤潮需100~400吨粘土，从而限制了粘土法的大规模推广应用。

● 改性粘土技术——给天然粘土穿上“战袍”：提升天然粘土除藻效率的关键在于改变其表面性质，为粘土颗粒赋予除藻、降毒、净水等不同功能，即粘土表面改性。简单来说，就像给普通粘土“穿上”一套特殊的“战袍”，让它更容易“抓住”藻细胞。改性后粘土的除藻效率提高了十几倍甚至几十倍——每平方公里仅需4~10吨粘土。成本大幅降低，使大规模推广与应用成为可能。

2005年至今，改性粘土技术已在中国沿海从南至北20多个水域成功应用，并走出国门，推广至美国、马来西亚、土耳其等十余个国家。同时，依托改性粘土技术，中国科学家已构建起了辐射亚太、美洲和环地中海地区的全球赤潮治理合作网络，改性粘土技术被誉为赤潮治理的“中国方案”。



▶ 土耳其伊兹密尔湾赤潮治理工作（供图 / 袁涌铨）

长期综合调控

相较于以急病快治为目的的应急处置，我们还需要依靠长期综合调控，固本培元，保障近岸生态系统的长治久安。

这主要包括：减少陆源污染排放——控制农田化肥进入大海，建设污水处理厂，不让污水直排入海；修复受损生态——种植海草床、恢复红树林、投放人工鱼礁，给鱼虾贝蟹重建家园；科学放流和管理——合理捕捞，保护海洋生物多样性。只有把这些“功课”做扎实，近岸生态系统才能摆脱“亚健康”状态，不再反复生病。

“智”护蔚蓝

未来，我们或可从两个方向继续努力：

第一，装上“智慧大脑”。借助AI（人工智能）技术，建立数智化监测预警系统——通过卫星、无人机和传感器实时“把脉”，探清近岸环境状况，快速诊断出哪里可能暴发赤潮等灾害，提前干预、靶向治疗，避免灾害扩大。

第二，为生态系统做“长期体检”。通过对热点区域的持续监测和科学评估，判断其稳定性是否改变，预测未来发展趋势，真正做到防患于未然。

让近岸生态系统从“反复生病”走向“长治久安”，需要科技的力量，更需要我们每个人的努力。 📖

（责任编辑 / 王佳璇 美术编辑 / 周游）

