



提到碳汇，人们最先想到的往往是陆地森林。但在海陆交会的海岸带，还藏着效率惊人的“蓝色碳库”。虽然它们面积不大，却能通过植物生长和沉积物埋藏实现碳的长期封存，部分蓝碳生态系统的单位面积碳埋藏速率远超多数陆地森林。

# 藏在海岸带里的“蓝色碳库”

撰文 / 陈洁（上海海洋大学海洋科学与生态环境学院）

## 走近蓝碳家族

蓝碳生态系统，主要包括红树林、盐沼、海草床。它们生活在海岸带或近岸浅海环境中，受陆地径流与海洋潮汐、盐度等影响，演化出独特的碳封存能力。

**红树林：**生于热带、亚热带海岸，根系发达，扎根潮间带泥滩。

**盐沼：**分布于河口、海湾和潮滩，依托芦苇、碱蓬等耐盐碱植物，依靠植被根系与枯落物埋藏实现长期固碳。

**海草床：**分布在浅海海底，海草属于有根、茎、叶的高等植物，区别于藻类，能够固定海底沉积物。

此外，光滩、贝藻养殖区等海岸带类型也逐步被纳入研究。它们能参与碳固定、转移或保存，但其稳定碳汇能力取决于碳封存时长、最终去向及人类活动的干预程度。

## 碳为何能在海岸带被长期封存？

▶ 光滩  
(供图 / 陈洁)

海岸带蓝碳的优势，主要在于土壤和沉积物的长期碳封存作用。

海岸带植物固定的碳，大部分会通过根系分泌、枯落物分解进入地下。红树林、盐沼长期受潮水浸泡，土壤常处于缺氧状态，植物残体和有机质分解缓慢，碳因此能够在泥土中被保存数百年甚至上千年；海草床能减缓水流，促进有机质沉降。久而久之，沉积物如同一本厚重的“自然档案”，封存碳的同时记录生态变迁。

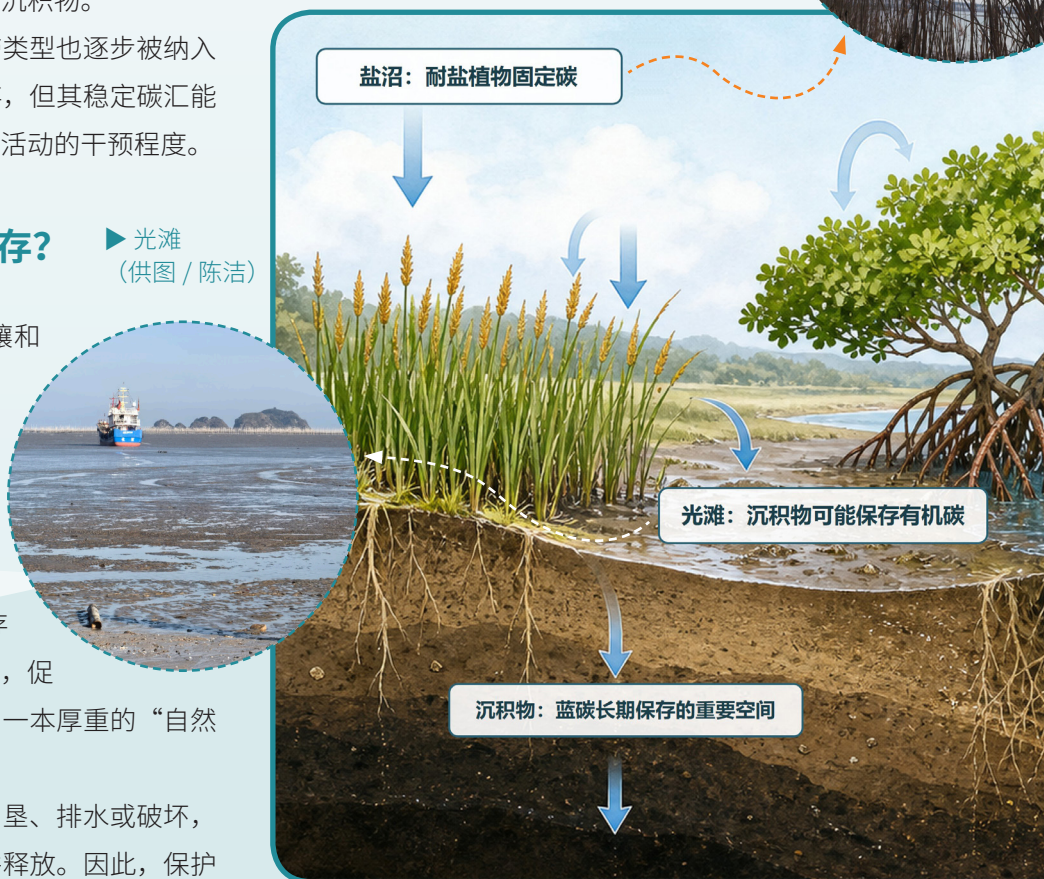
但碳封存并非永久，一旦湿地遭围垦、排水或破坏，土壤与沉积物中的碳可能会重新分解并释放。因此，保护蓝碳生态系统，就是守住碳储量的关键。

## 从太空给蓝碳“做体检”

海岸带蓝碳分布零散、变化快，仅靠野外调查难以实现大范围、长时序监测。这时，卫星遥感就像一位在太空中的“体检助手”，可持续记录海岸带地表和近岸水域的颜色、亮度、纹理、形状及季节变化。

不过，卫星并不能直接探测碳本身。

▶ 芦苇：盐沼湿地典型植被之一（供图 / 陈洁）



▶ 海岸带典型蓝碳生态系统及相关碳汇类型示意图（供图 / 陈洁）



## 知识链接

### 碳储量和碳汇能力有何不同？

**碳储量：**生态系统中已储存的碳总量，如同“已存的钱”。

**碳汇能力：**生态系统在一定时间内新增的固碳量，如同“每年新增存款”。

评价蓝碳生态系统，需兼顾碳储量与碳汇能力，关注存量与长期固碳潜力。

研究人员需根据影像线索，识别红树林、盐沼、光滩、养殖区和水体等类型。例如，植被有着独特的光谱特征，潮间带滩涂随潮汐涨落呈现明显影像差异，人工养殖区也具备规整的形态特征。各类卫星监测手段各有优势，可适配不同海岸带监测需求。

当然，野外实地调查仍然不可替代。研究人员需实地记录植被、采集样品，测量碳含量。蓝碳遥感研究通常先由卫星识别分布与面积，再结合实地数据、模型，进一步估算碳储量及其变化。

### 计算机如何识别蓝碳生态系统？

海量卫星影像难以依靠人工判读，研究人员会先选取已知样品（如蓝碳在影像中的特征）训练计算机，再借助随机森林算法完成影像分类，依托云计算与人工智能技术，高效绘制出海岸带蓝碳生态系统分布图。

### 追踪海岸带蓝碳变化

海岸线处于持续动态变化中，自然过程与人类活动共同改变海岸带生态系统格局。借助不同时期的卫星影像，可观察蓝碳生态系统的消长与演变。研究表明，过去 30 年，我国海岸带不同的蓝碳生态系统变化迅速且差异明显，如盐沼和红树林呈现波动上升趋势，光滩面积大幅减少，而海水养殖面积显著上升。

### 守护蓝碳也是守护海岸

海岸带蓝碳的价值不止于固碳：红树林、盐沼能削弱风浪，为生物提供栖息地；海草床能改善水质、稳定海底沉积物；养殖区保障沿海食物供给与产业发展。保护蓝碳生态系统，既是守护碳库，更是筑牢海岸生态安全屏障。

随着卫星遥感、人工智能和生态监测技术的发展，海岸带蓝碳研究正在变得更加精细。[1]

(责任编辑 / 段雯娟 美术编辑 / 周游)

