

第五章 广西北部湾的蓝碳资源

大家都知道，绿色植物可以吸收二氧化碳、释放氧气，因此，森林被亲切地称为“氧吧”。但很少有人知道，在我们赖以生存的蓝色地球上，最大的二氧化碳吸纳器和存储器是海洋。在自然界中通过光合作用将大气中的二氧化碳去除（吸收）、固定并保存下来的碳，是所谓的绿碳。如果这个过程发生在海洋里，那就是蓝碳。蓝碳是指通过海洋和海岸带生态系统吸收并固存的碳，涵盖了海岸带、湿地、沼泽、河口、近海、浅海和深海等海洋生境的碳汇，其储存形式主要包括生物碳和沉积物碳。海洋是地球上最大的活跃碳库，其容量约是大气碳库的50倍、陆地碳库的20倍。海洋储存了全球约93%的二氧化碳，吸收了工业革命以来人类活动产生的二氧化碳的30%。目前，已知地球上45%的碳储存在陆地生态系统，另外55%的碳储存在海洋，也就是蓝碳。除此以外，陆地土壤捕获和储存的碳仅可保存几十年或几百年，而海洋中的生物碳却可以储存上千年。

一、概况

中国拥有1.8万多千米的大陆海岸线及200多万平方千米的大陆架。中国海岸带分布着各类滨海湿地，除了浅海水域、潮下水生层和珊瑚礁，还包括潮间红树林沼泽、盐水沼泽、海岸性咸水湖和淡水湖、河口水域和三角洲湿地等，面积约为5.79万平方千米，占中国湿地面积的10.85%。我国这种独特的地理环境优势，使得蓝碳成为我国碳汇事业必不可少的组成部分。我国科学家相继成立了“全国海洋碳汇联盟”和“中国未来海洋联合会”，推出了“中国蓝碳计划”，集中力量来研究我国近海及海岸典型环境中蓝碳的形成过程与调控机制，开展海岸带蓝碳现状评估、规划及增汇技术开发，建立永久性蓝碳监测站体系和信息系统，模拟气候变化与人为活动压力下的海洋生态系统实验体系大科学工程，进行陆海统筹海洋增汇的技术研发与示范，形成我国主导的蓝碳标准体系和管理体系。

海洋植物捕获碳能力极其强大且高效，虽然它们的总量只有陆生植物的0.05%，但它们的碳储量（循环量）却与陆生植物相当（表5-1）。海洋植物生长的地区还不到全球海底面积的0.5%，却有超过一半甚至高达70%的碳被海洋植物捕集转化为海洋沉积物，形成植物的蓝碳捕集和移出通道。海岸带植物生境中的红树林、盐沼湿地和海草床，尽管面积小，但捕获和储存的碳量远大于海洋沉积物的碳存储量。在广西北部湾地区，红树林、盐沼湿地、海草床和珊瑚礁均有分布，是北部湾蓝碳的重要组成部分。

表 5-1 全球生态系统的碳储量

生态系统类型	全球总面积 (平方千米)	全球碳储量 (10^{12} 克碳/年)
红树林	137760~152361	31.1~34.4
海草床	177000~600000	48.0~112.0
盐沼湿地	22000~400000	4.8~87.2
温带森林	10400000	53.0
热带森林	19622846	78.5

二、红树林

红树林是生长在热带、亚热带低能海岸潮间带上部，受周期性潮水浸淹，以红树植物为主体的常绿灌木或乔木组成的潮滩湿地木本生物群落。它是能够同时适应海洋和陆地环境的特殊植物种类，是陆地向海洋过渡的特殊生态系统，也是至今世界上少数几个物种最多样化的生态系统之一，生物资源非常丰富（图 5-1）。其最突出的特征是根系发达（图 5-2），能在海水中生长。它具有呼吸根或支柱根，种子可以在树上的果实中萌芽长成小苗，然后脱离母株，坠落于淤泥中发育生长，是一种稀有的木本胎生植物。红树林中生长的木本植物叫红树植物，其他草本植物或藤本植物称为红树林伴生植物。红树林里的常绿乔木和灌木林非常茂密，涨潮时，树干全被海水淹没，树冠在水面上荡漾；退潮后，棵棵树木又挺立在海滩上，形成了海滩上的奇特景观。



图5-1 广西防城港市北仑河口红树林保护区

图 5-1 广西防城港市北仑河口红树林保护区

红树林所处的环境极其不稳定，海水的涨落对它的威胁极大，如果没有非凡的本领，则难以在海滩上“定居”下来。就拿种子萌发来说，如果种子成熟后马上从母株脱落坠入海中，就会被无情的海浪冲走，得不到繁殖的机会。因此，红树林中的红树植物有了“胎生”现象。红树植物的胎生分为显胎生和隐胎生。种子萌发的时候，下

胚轴明显伸长，逐渐突破果皮，形成如同长长的“水笔”的胎生苗，此为显胎生（图5-3）。红树林中进行显胎生繁殖的植物主要集中在红树科，其中红树属的红树、红海榄，木榄属的木榄、海莲、尖瓣海莲，角果木属的角果木，秋茄属的秋茄，都在果实外长有长长的胎生苗，形成“树挂幼苗”的奇观。隐胎生植物的胚轴并不伸出果皮，萌发的种子被果皮包裹着，从果实外面看不出来，果实落地后胚轴才伸出果皮。马鞭草科的白骨壤、紫金牛科的桐花树和爵床科的老鼠簕等植物就属于这一类。剥开隐胎生植物的果皮，能看到里面已经萌发的种子。



图5-2 红树林发达的根系

红树林与珊瑚礁、海草床、滨海盐沼湿地并称为世界四大最富潜在资源的海洋自然生态系统。由于红树林具有消浪、护岸和减灾的作用，被人们称为“海岸卫士”（图5-4）。但在20世纪90年代以前，我国从事红树林研究工作的科研人员寥寥无几，人们对红树林的了解并不全面，更不知道红树林对于保障海洋生态安全的重大意义。

全世界约有50多种红树林树种。在中国，有26种真红树乔木、灌木，11种非专有的半红树乔木、灌木和19种常见伴生植物。中国的红树林自然分布于广东、广西、福建、台湾和海南五省（区）。浙江省于20世纪50年代引种红树植物后，也有一种成活。复旦大学生命科学学院的钟扬教授生前曾花了8年（2007~2015年）多的时间，在上海南汇临港地区进行红树林引种实验，将无瓣海桑、秋茄、桐花树、老鼠簕4种红树试种成功。目前，这4种红树已经基本适应了上海的气候，能够正常地生长和繁殖，即

即使在冬天，它们不需要大棚也能够存活。



图5-3 红树植物的胎生幼苗

图 5-3 红树植物的胎生动苗



图5-4 无人机航拍的北海红树林

图 5-4 无人机航拍的北海红树林

（一）红树林的地理分布

广西是我国红树林分布的主要省区之一。广西的红树林主要分布于英罗港、丹兜海、铁山港、大风江口、钦州港、防城江口、暗埠江口、珍珠港、北仑河口等区域，多见于滩面明显的海湾或海河口的滩涂及其附近。在广西北部湾地区，红树林的现代

地理分布主要分为两大部分，即人工海岸和自然海岸。人工海岸红树林面积占 54.9%，其中标准海堤红树林面积占 27.8%，简易海堤红树林面积占 27.1%；而岛屿、台地、山丘等自然海岸红树林面积占 45.1%。在北海市，人工海岸红树林面积为 24.37 平方千米，占全市红树林面积的 71.4%；防城港市的人工海岸红树林面积为 19.94 平方千米，占全市红树林面积的 84.3%；钦州市的人工海岸红树林面积为 6.207 平方千米，占全市红树林面积的 18.2%（表 5-2）。

表 5-2 广西红树林面积

	标准海堤 (公顷)	简易海堤 (公顷)	岛屿 (公顷)	开阔台地 (公顷)	山(沙)丘 (公顷)	其他 (公顷)	合计 (公顷)
北海市	1385.3	1051.7	9.1	351.5	208.1	405.6	3411.3
防城港市	997.8	996.2	18.3	34.2	112.7	207.3	2366.5
钦州市	177.2	443.5				2798.9	3419.6
广西	2560.3	2491.4	27.4	385.7	320.8	3411.8	9197.4

（二）红树林的群落构成

广西近海海域综合调查与评价和广西近岸综合调查与评价的结果显示，在广西北部湾地区，红树林的群落主要分为以下 11 个群系。

1. 白骨壤群系

白骨壤群系分为白骨壤和白骨壤+桐花树两个群丛。广西的白骨壤群丛占很大的比例，面积为 2276.2 公顷。北海市的白骨壤群丛面积占全广西白骨壤群丛面积的一半多，达 1291.1 公顷，主要分布在南流江口以东的潮滩上。防城港市的白骨壤群丛面积为 881.6 公顷，主要分布在东湾、西湾和珍珠港内。钦州市的白骨壤群丛面积仅 103.5 公顷，主要分布在钦州港。广西有白骨壤+桐花树群丛 889.8 公顷，其中北海市有 205.5 公顷，防城港市有 311.9 公顷，钦州市有 372.4 公顷。

2. 桐花树群系

桐花树群系分为桐花树和桐花树+白骨壤两个群丛。广西的桐花树群丛面积为 2806.6 公顷，其中北海市有 632.2 公顷，防城港市有 363.8 公顷，钦州市有 1810.6 公顷，多分布在有较多淡水调节的河口区，如南流江口、大风江口、钦江口等。桐花树+白骨壤群丛是一类过渡性群丛，仅分布在防城港市，面积为 46.8 公顷。群丛以桐花树为主基调，白骨壤在群落中的比例仅占 10010 左右。

3. 秋茄群系

秋茄群系分为秋茄群丛、秋茄+白骨壤+桐花树群丛和秋茄+桐花树群丛。秋茄群丛面积为 362.2 公顷，其中北海市有 205.9 公顷，防城港市有 84.5 公顷，钦州市有 71.8

公顷；秋茄+白骨壤+桐花树群丛面积为 87.2 公顷，其中北海市有 53.4 公顷，防城港市有 33.8 公顷；秋茄+桐花树群丛面积为 981.9 公顷，其中北海市有 268.3 公顷，防城港市有 166.6 公顷，钦州市有 547.0 公顷。

4. 红海榄群系

广西的红海榄群系面积为 335.4 公顷，分布于北海市山口红树林保护区内。

5. 木榄群系

木榄群系分为木榄群丛和木榄+秋茄+桐花树群丛。广西的木榄群丛面积为 8.1 公顷，分布于防城港市（珍珠港和西湾）。木榄+秋茄+桐花树群丛面积为 375 公顷，其中 222.1 公顷分布于北海市山口红树林保护区，152.9 公顷分布于防城港市北仑河口红树林自然保护区。

6. 无瓣海桑群系

广西从 2002 年开始大规模引种无瓣海桑。目前，引种成功的无瓣海桑面积为 182.2 公顷，其中北海市有 5 公顷，钦州市有 177.2 公顷。

7. 银叶树群系

广西的银叶树群系面积约为 50 公顷，主要分布于防城港市的渔万岛、山心岛、江平江口、黄竹江口等地。

8. 海漆群系

广西较为连片的海漆群丛面积为 12.4 公顷，其中北海市有 9 公顷，分布于银海区西塘镇曲湾村；防城港市有 3.4 公顷，分布于江平镇交东村和防城乡的大王江村。

9. 海杧果群系

广西除北海市铁山港区营盘镇火六村有 0.3 公顷的海杧果群丛分布外，仅在东兴市江平镇沿海有零星海杧果群丛分布。

10. 黄槿群系

黄槿在广西沿海村落常有零散栽植，但较少形成群落，仅在防城港市江平镇有一片黄槿群丛，面积为 1.9 公顷。

11. 老鼠簕、卤蕨、桐花树群系

在广西，老鼠簕、卤蕨、桐花树等种群混生的红树林群落面积为 58.2 公顷，其中北海市有 31.9 公顷，防城港市有 26.3 公顷。

（三）红树林的生物多样性

红树林是生物的理想家园，为众多的鱼、虾、蟹、水禽和候鸟提供了栖息和觅食的场所。在发育良好的红树林里，甚至还偶有野猪、狸类及鼠类等小型哺乳类动物出没。同时，红树林也会吸引一些蜂类、蝇类和蚂蚁等栖息，它们对红树植物的传粉和受精起着重要的作用。

在广西北部湾红树林区，植物资源非常丰富，红树植物有8科10属10种，半红树植物有4种，红树植物种类居我国第二位，仅次于海南。动物资源也极为丰富，包括底栖动物、浮游动物、游泳动物、鸟类、昆虫等。北部湾的动植物资源共同构成了一个结构复杂、资源丰富的生态系统。

1. 浮游植物多样性

广西北部湾不同红树林区、不同季节（春季和秋季）的浮游植物的优势种存在明显的差异。如铁山港红树林区，春季的最大优势种是颤藻，而到了秋季，其优势种全为硅藻类。

2. 浮游动物多样性

与浮游植物一样，在广西北部湾地区，不同的红树林区、不同季节（春季和秋季）的浮游动物的优势种也存在明显的差异。如铁山港红树林区，春季除个别哲水蚤（拔针纺锤水蚤）外，其他的优势种全是各类浮游动物幼体。其中，无节幼体占了很大的份额。而到了秋季，长腹剑水蚤成为最主要的优势种。

3. 底栖生物多样性

在广西北部湾红树林区，底栖生物种类繁多。底栖软体动物中，常见的优势种有黑口滨螺、珠带拟蟹守螺、小翼拟蟹守螺、粗糙滨螺、红果滨螺、紫游螺、团聚牡蛎、石磺等。

红树林区主要的甲壳类动物有长足长方蟹、褶痕相手蟹、弧边招潮蟹、扁平拟闭口蟹、双齿相手蟹、明秀大眼蟹等。

红树林区主要的多毛类动物有长吻沙蚕、小头虫、独齿围沙蚕、软疣沙蚕、疣吻沙蚕等。

（四）红树林的生态经济功能

红树林以凋落物的方式，通过食物链转换，为海洋动物提供良好的生长发育环境，同时，由于红树林区内潮沟发达，会吸引深水区的动物前来觅食栖息、生产繁殖。此外，因为红树林生长于亚热带和温带地区，拥有丰富的鸟类食物资源，所以红树林区是候鸟的越冬场所和迁徙中转站，更是各种海鸟觅食栖息、生产繁殖的场所。

红树林另一重要的生态效益是它的防风消浪、促淤保滩、固岸护堤、净化海水和空气的功能。其盘根错节的发达根系能有效地滞留陆地来沙，减少近岸海域的含沙量；茂密高大的枝体宛如一道绿色长城，可有效抵御风浪袭击。

红树林素有“海底森林”之称，其用途较广，树木可作建筑材料，用于制造桥梁、矿柱、枕木和桅杆等。有些红树植物可用作药材、香料，果实可以食用或酿酒，从树皮中提取的鞣质可作染料。红树植物花多、花期长，是放养蜜蜂的理想区域。红树林还具有护堤防浪、净化水污染等用途。此外，红树林区为鱼虾和鼠类提供了营养物质

和繁衍生息的场所，而这些动物又吸引众多的鸟类、蛇类、鳄鱼和海鱼觅食、栖息，使红树林区成为海洋水产农牧化的基地之一，创造了极大的经济价值和生态价值。广西沿海居民对红树林的利用历史悠久，经验丰富。

1. 红树林植物资源的利用

白骨壤的果实，去掉鞣质后即可作为菜肴，一直是沿海居民的特色食物之一。秋茄、木榄、红海榄的胚轴富含淀粉，去掉鞣质后，加入米粉、甘薯粉后制成米饼，曾经是灾荒时的救命粮。卤蕨的嫩叶和黄槿的嫩叶、嫩枝也可作为蔬菜食用。桐花树、木榄、海漆等是较好的蜜源植物。红树林蜂蜜呈淡黄色，产量高，品质仅次于荔枝蜜。

白骨壤的叶子因为氮、钾元素含量较为丰富，家畜喜啃食，可作为动物的饲料。很多红树植物的嫩枝绿叶是当地村民发展畜牧业的饲料之一，它含有较多的粗蛋白和微量元素。红树植物的叶子还可作为海水养殖中的鱼饵料。此外，红树植物的叶子肥厚，含氮丰富，是一种优良的有机绿肥，特别是由枯枝落叶堆沤后的榄头泥肥分更高。合浦县群众过去种植秋薯都以它作为基肥，可以提高产量20%~30%。

红树植物的根系发达，形状各异，很适合用来作根艺、根雕的桩材。海漆的树材共鸣效果好，可用来制作小提琴等乐器。木榄树干通直，质地坚硬，可用作建筑材料。红树植物木材可以直接作为造船的原材料，如用木榄来制作尾舵、桅杆等。红树植物富含鞣质，可用作化工原料。红树属植物中还可提取纤维素黄原酸酯，这是生产轮胎帘子布、工业传送带、玻璃纸和纸浆的重要原料。此外，红树植物的提取物，也是制作熏香、胶水、蜡、墨水、纺织品保护剂、颜料转化剂、防腐剂、防锈剂、杀虫剂等的重要原料。

红树植物的药用价值很高，木榄、银叶树、白骨壤、老鼠筋、海芒果、海漆、黄槿等在民间常用来人药。红树植物在医药上多用于消炎解毒，部分具有收敛、止血等作用，可治疗烧伤、腹泻及炎症等。白骨壤的叶经研碎后可治疗脓肿，种子的水提取物可治疼痛，果实可治痢疾，未熟的果实剁碎敷在患处可医治皮肤病，晒干的果实用少量水煎煮饮用，有凉血败火、降血压之功效，还能治疗重感冒。老鼠筋的叶可治风湿骨痛，根捣烂外敷可治毒蛇咬伤，果实与根捣碎成糊状可治跌打刀伤，植株的各部分都可作为止痛、消肿、解毒药。木榄胚轴水煮口服可治腹泻。红海榄树皮熬汁口服可治血尿症。此外，老鼠筋、木榄还具有抗癌作用。综上所述，从红树植物中开发收敛止血药物、消石利尿药物和抗癌药物具有广泛的市场前景。半红树植物水黄皮具有抗菌、消炎、镇痛、抗病毒、抗溃疡和抗肿瘤等作用，民间多用其种子和叶子治疗肿瘤、痔疮、风湿等疾病。海芒果的核、果、叶都有毒，民间主要用其毒性较小的叶、树皮、树汁来催吐催泻，其余部分用于制鱼毒。桐花树的树皮和种子、秋茄的果实和种子、银叶树的树汁都含有毒素，可制成鱼毒或开发制取生物农药。

红树植物所含的鞣质在空气中氧化呈红色，用其制成的家具不用上漆就可以呈现红色。因为鞣质可以助燃，所以广西北部湾沿岸的居民会将红树植物的枝叶采回家当薪柴。红树植物也常被加工成木炭，尤其是海漆的木材，由于易着火且燃烧性能好而被用作火柴梗。由于红树属植物较耐腐蚀，因此也常被用于制作渔具，如捕蟹器具等。木榄等红树树皮的提取液常用来浸泡渔网防腐。红树植物的胚轴还可以种到花盆中，是很好的盆栽植物。红树植物的苗木目前也是海岸带造林的重要苗木来源，具有很高的利用价值。

将红树植物的树茎、树桩与土石混用建造海堤可抵抗蚁害，因此在广西北部湾地区，人们还利用红树植物建造海堤。这在钦州金鼓江两岸和防城港市防城区很普遍。20世纪60年代中后期，防城修建的海堤外用石块砌成，夹层为一层泥土一层红树植物。据调查，木榄用得最多，桐花树则是扎成捆后铺垫。这种石、土、植物混合而成的海堤造价低，施工方便，而且可抗蚁害。对当地群众而言，在石块缺乏的情况下用红树林围堤是就地取材、降低成本的方法，但这对红树林的破坏却是毁灭性的。

2. 红树林动物资源的利用

广西红树林区现已知的大型底栖动物有260多种，传统利用的经济种类是星虫类、贝类、蟹类、虾类和鱼类。

星虫类的沙蚕是一种食疗兼优的药膳，因其良好的补益强壮效果，所以有“海洋里的冬虫夏草”的美称。服用沙蚕，可以治疗胸闷、痰多、潮热、阴虚盗汗、牙龈肿痛等疾病，民间常用它煮粥喂养幼儿。可口革囊星虫俗称“泥丁”，是广西沿海居民主要挖取的产品。光裸星虫俗称“沙虫”，是广西沿海的名优特产，干货售价目前已达600~680元/千克。光裸星虫的提取物叫作星虫素，是一种毒性很强的毒素，可用来制造杀虫剂，对原生动物、蠕虫、甲壳类动物都有致瘫痪的作用。用这种杀虫剂来消灭农业害虫，可以使害虫中毒、麻痹、软化而死。而且由于星虫素是生物体内的自然成分，容易分解，没有残毒，所以使用后不会像化学农药一样引起环境污染。20世纪80年代，国际上畅销的杀虫剂“巴丹”就是日本武田药厂根据星虫素的结构合成的。我国生产的农药“杀螟丹”是星虫素的衍生物，它能有效地杀死害虫，对螟虫的杀伤力最明显。

北部湾的经济贝类包括牡蛎、泥蚶、文蛤、大竹蛏、异毛蚶、缢蛏、尖齿灯塔蛏、杂色蛤仔、红树蚶等。腹足类的玛瑙蜒螺和彩拟蟹守螺味道鲜美，有时也被采集食用。

北部湾的经济蟹类主要是锯缘青蟹，其他种类有三疣梭子蟹等。锯缘青蟹是贵重的滋补品和药用动物。中医认为青蟹有降压、消水肿、开胃、催乳、治疗产后宫缩等功效。其实在西药盛行的年代，它最大的功效是食用，如福建的青蟹蒸糯米、青蟹炒蛋，两广地区的白水煮青蟹、青蟹生地汤和青蟹粥。长腕和尚蟹是广西沿海著名土特产“沙蟹汁”的主要原料，方蟹过去常被加工成“咸水蟹”出售。

北部湾的经济虾类包括刀额新对虾、长毛对虾、宽沟对虾、脊尾白虾等种类。

北部湾的经济鱼类主要有中华乌塘鳢、弹涂鱼、鲤虎鱼、杂食豆齿鳗等。随潮水进入红树林区的鱼类有斑鰶、中华小公鱼、大眼青鳞鱼、边鲷、条金鳊、短吻鳊、鲷鱼、鳊鱼、圆颌针鱼等。其他鱼类如长蛸、虾蛄等亦是红树林区常见的经济动物。这些都是价值较高的海产品，味道鲜美。外形漂亮的鱼类还可作为观赏鱼进行饲养，数量稀少的品种甚至可以由此得到很大的收益。

红树林还是沿海居民放养鸭子的好场所。这里喂养的鸭子不仅产蛋率高，而且鸭蛋品质优，人们称这种蛋为“红银蛋”。红树林区还生活着一些蛇类、哺乳动物等，它们的肉可食用，皮可以制成皮革，但现在已经纳入保护范围，不能再擅自捕猎了。

北部湾滩面上有大量的底栖螺至今尚未得到有效开发，一些低值的贝类，如拟蟹守螺粉碎后，可用作鱼虾蟹类的饲料和配合饵料的蛋白源，是值得开发的资源。另外，贝类的壳有着美丽的花纹，进行简单的加工就可以制作成漂亮的工艺品。

（五）红树林的生态保护

据 2001 年的调查，北部湾地区面积不小于 0.1 公顷的连片红树林共有 863 块，实有面积为 8374.9 公顷，只相当于 150 年前的三分之一。红树林湿地面积大幅减少主要是由围林养殖、围海造田、乱砍滥伐、挖取可食用无脊椎动物、放牧和家禽养殖、过量收集饵料等原因造成的。

广西沿海的 2557 公顷养殖塘大部分来自对红树林湿地的围垦。在钦州港岛群红树林湿地，许多 1~2 公顷的湾汊被人们围垦用来养虾。钦州市著名的水路相通的七十二泾风景区，如今水路能相通的已不到四十泾。毁林发展海水养殖是目前破坏性利用红树林湿地的主要方式。近 20 年来围塘养殖给红树林湿地资源带来灾难性的破坏，就连位于红树林湿地自然保护区的红树林也惨遭破坏。2005 年 5 月，合浦闸口镇福祿村约 30 公顷的红树林惨遭砍伐，原因是一位外地老板要承包这片长满红树林的滩涂进行滩涂养虾。此外，在广大偏僻的海滨村落，砍伐红树林做薪柴的习惯一直存在，这对红树林湿地的恢复和保护十分不利。

红树林湿地是传统的海产生产场所，到红树林湿地林区挖掘经济海产，是生活在红树林周围的居民主要的收入来源。红树林湿地内有 30% 的区域遭到无节制地挖掘，每年的挖掘次数高者达到 20 次。挖掘活动周期性地破坏红树植物的根系，使红树林养分供给不足，生长滞缓，矮化和稀疏化，有的甚至成片死亡。挖掘和踩踏还极大危害了林下的幼苗、幼树，使红树林难以自然更新生长。此外，挖掘活动还会破坏海洋底栖动物的生境，使经济动物产量直线下降。

红树植物白骨壤、秋茄是牛羊的补充饲料。由于牛羊的践踏，导致不少地方人工造林彻底失败，牛羊的啃食也使湿地内的红树林出现矮化和稀疏化的趋势，群落难以

自然更新。在红树林区放养家禽虽然不会对红树植物造成明显的影响，但对红树林湿地生态系统生物多样性的保护十分不利。

红树林湿地滩涂生长着种类繁多的小螺，近年来这些小螺被大量收购，有的在市场上出售，有的被粉碎后作为对虾的补充饲料。红树林区的小螺是林区和近海肉食动物的主要食物，它们的减少降低了经济价值较高的肉食动物的产量。过量收集饵料，会降低红树林湿地生态系统的生产力。

1. 保护红树林的重要意义

红树林在净化海水、抵挡风浪、保护海岸、改善生态状况、维护生物多样性和沿海地区的生态安全等方面发挥着重要作用。红树林湿地生态系统不仅具有丰富的物种多样性，生物资源宝贵且对人类生活影响巨大，而且具有多种生态功能和社会福利价值。然而，由于长期的反复破坏和不合理的开发利用，如围海造田、围垦养殖以及城镇发展等，使得广西北部湾的红树林面积日益减少，群落的外貌和结构也日趋简单。因此，加强广西北部湾红树林的保护和发展工作是一项紧迫的任务，具有保存濒危物种基因资源、保护生物多样性，改良环境，防风御浪、保护堤岸等重要意义。

物种基因资源是珍贵的自然遗产，一个物种的绝灭意味着永远丧失这种遗传基因，是人类无可弥补的损失。因此必须加强红树林的保护和发展工作，保存红树林基因资源。调查表明，红树林湿地是至今世界上少数几个物种多样化的生态系统之一，生物资源非常丰富。广西山口红树林湿地就有 111 种大型底栖动物、104 种鸟类、133 种昆虫，还有 159 种变种的藻类。红树林湿地一旦缺失，湿地中的部分生物将不复存在，生物的多样性必将逐渐消亡。

红树植物不仅对毒性大的重金属汞、镉具有吸收、净化的作用，利用红树植物还可监测海岸油污染。红树林湿地生态系统中的红树植物、藻类、鸟类、鱼类、昆虫和细菌等生物群落组成兼有厌氧、需氧的多级净化系统，林下的多种微生物能分解排入林内污水中的有机物并吸收有毒的重金属物，释放出营养物质供给红树林湿地生态系统内的各种生物，达到净化海洋环境的作用。红树林发达的根系可使粒径不小于 0.01 毫米的悬浮物大量沉积，从而净化水质，保护海洋环境。因此，保护和发 展广西北部湾红树林，对于净化海水污染具有十分重要的意义。

广西北部湾地处沿海季风地带，狂风暴潮活动频繁。而红树林湿地中的红树植物为适应潮汐及洪水冲击，已形成独特的支柱根、气生根、发达的通气组织和致密的林冠等。这些极其发达的根系纵横交织、盘根错节，形成一道密结的栅栏，这不仅使红树林牢固地扎根在常受风浪袭击的沿海滩涂上，还可滞留浮泥并使之沉积，使海滩面积不断扩大和抬升，防止风浪冲击海岸河堤，保护农田和村庄，维护海岸生态系统平衡。据测定，成片红树林林内流速是林外流速的十分之一，50 米宽的白骨壤林带可使 1

米高的海浪降到0.3米。1996年9月9日,15号强热带风暴卷起巨浪,直扑广西英罗港,停泊在红树林外裸滩的40余艘渔船除2艘带锚向东南漂移1500米幸免于难外,其余均顷刻间在狂风巨浪中翻沉,导致22人遇难。而停泊在红树林林内潮沟的350多艘渔船和船上工作人员因有红树林的庇护安然无恙。

2. 红树林的生态保护对策

做好红树林的生态保护,第一,应加强对红树林病虫害的防治和野生动物疫情的监测。应积极贯彻“预防为主,治早、治小,控制蔓延不让成灾”的森林病虫害防治方针,采用先进的科学防治方法,采取以生物防治和物理防治为主的防治措施。同时做好病虫害监测和预报体系建设,并有目的地保护、招引、繁殖益鸟,保护昆虫天敌,必要时请专家会诊防治。茅尾海保护区是自治区级野生动物疫病疫情监测点,必须安排专人负责野生动物特别是野生鸟类疫情的监测,一旦发现有病死动物尸体应立即按有关程序报告有关主管部门进行处置,严防高致病性禽流感及其他动物疫病的发生和传播。

第二,应在全面保护的基础上适度开展生态旅游。红树林湿地作为旅游载体,要全面考虑湿地生物多样性和湿地生态系统等功能的保护。要根据动植物资源和濒危动植物的分布情况进行科学规划,划定核心区、缓冲区和外围区。不同的功能区,在开发上实施不同的方式。核心区实行封闭管理,除依照法律法规经批准可进行科研观测外,任何单位和个人不得擅自进入。缓冲区实行半封闭管理,允许进行非破坏性的科研观测活动和改善生态环境的活动。外围区可进行旅游开发、科学实验和教学实习等活动。红树林湿地的开发决不能以破坏生态环境为代价来换取旅游效益,必须在绝对保护好核心区的前提下进行合理地开发,促进区域生态环境与经济社会的协调发展。

应充分利用广西北部湾红树林的生态旅游资源和自然风景资源,在不破坏红树林及其生境的前提下,适度开展红树林生态旅游等多种经营,增加保护区的经济收入,增强自养能力,实现保护区的可持续发展。红树林湿地旅游开发必须以生态旅游为主方向,通过生态旅游的开展提高和恢复湿地自然环境质量,以获得良好的经济效益、社会效益和生态效益。可优先发展生态观光、寻幽探险、休闲度假、水上娱乐、科学考察、科普教育等对湿地破坏性较小的旅游方式,这样既能满足现代旅游者“返璞归真、回归自然”的旅游需要,又能完好地保护湿地自然环境。

第三,应开展必要的科学研究,建立信息系统,控制游客数量。应在广西北部湾红树林区域开展必要的科学研究,进行一次大规模的资源本底数据调查,调查清楚保护区内各种生物的保存数量和生长生活规律等,把自身家底摸清。在此基础上建立生物资源变化监测系统、生态环境监测系统和社区监测系统等,综合评价管理效果并及时调整保护管理措施,促进保护区与社区的和谐发展。此外,红树林湿地旅游开发区

要根据实际情况，科学计算其最佳游客容量，严格控制游客数量，确保生态旅游开发的强度在红树林湿地生态系统所能承受的范围之内，最大程度地保证广西北部湾红树林湿地生态环境的质量。

第四，应完善红树林生态保护的法律法规与政策，提高保护区的管护能力和执法水平。当前有许多与湿地类型保护区有关的政策和法规，如《中华人民共和国森林法》《中华人民共和国野生动物保护法》《中华人民共和国野生植物保护条例》《中华人民共和国自然保护区条例》和《中华人民共和国环境保护法》等。制定和完善红树林湿地保护政策、建立法律体系并严格遵守执行，是实现广西北部湾红树林湿地保护的重要保证。同时，应对广西北部湾的红树林湿地进行科学合理地规划，并实施分类保护管理，建立有利于保护的激励机制。保护区每年定期选派管护人员参加林业行政执法培训班，提高其执法水平。同时，加大对保护区的巡护力度，分区定时组织巡逻检查，杜绝乱砍盗伐红树林和侵占红树林林地的违法行为，保护红树林植物及其生境，使保护管理工作真正落到实处。

第五，政府部门必须正确引导，与相关部门建立有效的管理协调机制。红树林湿地作为一种自然资源，具有巨大的经济效益，有着多方利益群体。因此，建立有效的湿地保护管理协调机制，加强政府部门间的协调与合作，是红树林湿地保护目标顺利实现的关键因素。客观地说，围塘养殖与围垦造田相比较，前者的破坏性要小一些，因为围塘养殖可以在不砍伐（或只部分砍伐）红树林的情况下进行，而围垦造田一般会把红树林全部砍伐。但由于周边群众只知道采取增加养殖面积的方式来获取更大收益，因此红树林湿地被大面积围垦，遭受毁灭性破坏。如果政府一开始就能对围塘养殖进行有效指导，如采用养殖优良品种等科学方式增加养殖收益，围塘养殖的范围就可以控制在红树林湿地的自然承受范畴之内。

保护区管理是一种开放式的保护管理，保护区管理部门应与地方部门建立保护管理协调机制。向国内外科研机构、协会和教学部门开放，吸引科技人员参与合作研究，争取多方面的技术和资金援助，把保护区建成集保护、科研、教学、生产和旅游等多功能于一体的场所。

第六，社区参与共管，充分发挥周边居民的管理积极性。保护区在保护的前提下，在合理规划与科学管理的基础上，应主动支持和参与社区经济发展，改善社区人民生活水平，促进社区群众参与红树林湿地生态保护。可制定鼓励政策，鼓励和吸引大中专院校、青少年组织、志愿者协会和环保组织等各界参与红树林的保护工作。逐步形成以保护区自身保护为主，社区联防为辅的保护方式，实现保护区保护与社区经济全面、协调和可持续发展的和谐局面。

真正做好生态旅游，没有周边社区的积极参与是不可能实现的。红树林湿地中的

红树林是珍贵的自然资源，但可以通过人工途径扩大种植规模。可以在不对其生存造成威胁的前提下，将一定量的人工品种加工成旅游商品，同时发展特色生态农业，开发无污染优质绿色食品，调整农业产业结构，以增加当地居民的经济收益，最终带动当地群众脱贫致富，从而使周边居民自觉地保护湿地生态环境。

第七，应加大对保护红树林的宣传与教育力度。红树林湿地保护的成功很大程度上取决于当地群众对当地生物资源的保护和持续利用。应充分利用广播、电视、互联网和夏令营等宣传手段，对社区开展红树林湿地保护基本知识和保护重要性的宣传。可针对沿海渔民伏季休渔期和喜欢到镇上赶圩的习俗，利用人员较集中的有利时机进行保护政策的宣传。对社区中小学教师进行与红树林保护相关的讲座或培训，在中小学校中开展有关红树林湿地保护基本知识的教育。

（六）红树林的蓝碳效应

红树林的生产力较高，占滨海湿地总生产力的 50%。全球红树林总面积仅占全球近海面积的 0.5%，但其埋藏在沉积物中的碳占近海总碳量的 10%~15%。根据印度洋—太平洋地区 25 个类型的红树林湿地的地上、地下碳储量推算，其地上部碳密度平均为 1.59×10^8 克碳/公顷，地下部为地上部的 5 倍以上，其中绝大部分的碳分布于地下 0.5~3 米深的土壤或沉积物中。就全球平均而言，储存在红树林生态系统的总碳量为 1×10^9 克碳/公顷，其中 70% 以上固存在土壤中，而光合作用固定的碳在树叶、茎干和根系中各占三分之一。红树林碳循环的关键过程除了根系分泌物和凋落物在土壤（沉积物）中的储存，还包括红树植物群落与大气间的垂直交换和各形态碳向邻近海域的横向输运。根据有关数据估算，全球红树林每年在沉积物中埋藏的碳达 1.84×10^{13} 克，向邻近海域输运 $2.4 \times 10^{13} \pm 2.1 \times 10^{13}$ 克的溶解有机碳(DOC)和 $2.1 \times 10^{13} \pm 2.2 \times 10^{13}$ 克的颗粒有机碳(POC)。中国红树林碳储量为 $6.91 \times 10^{12} \pm 0.57 \times 10^{12}$ 克，其中 82% 储存在表层 1 米的土壤中，18% 来自红树林生物量。目前，我国已在福建、广东、海南等地建立了红树林涡度相关碳通量观测网络和红树林长期定位研究站，系统探究红树林碳循环过程。据初步估算，中国红树林每年的平均净固碳量超过 200 克碳/米²，高于全球平均水平（174 克碳/米²）；红树林年固碳效率为 444.3 克碳/米²，高于全球平均水平，年总固碳量为 1.1×10^{12} 克碳/米²。红树林的碳库组成包括初级生产力（凋落物、树木和根系的生物量），以及红树林土壤固定的碳，其中深度在 1 米以内的土壤是红树林生态系统主要的碳汇，占总固碳量的 82%。在红树林中，富含有机质的土壤厚度一般在 0.5~3 米，固定的有机碳占整个红树林系统同碳量的 49%~98%。由此可见，红树林对维持和恢复蓝碳，保护海岸带生态系统的碳汇功能有着非常重要的作用。

中国现有红树林面积为 2.27 万公顷，分布在浙江及其以南的海岸带区域，其中广东、广西地区分布面积最大。但迄今为止，广西北部湾红树林区的碳汇总量及有机碳

输送的碳足迹等相关研究尚未开展，需要加大相关科研投入。

三、海草床

海草是生长于河口和浅岸水域的单子叶植物，是完全可以海水中的被子植物，是由陆地植物演化为适应海洋环境的高等植物，在植物进化史上拥有非常重要的地位（图 5-5）。海草种类丰富，生物多样性高，大面积的连片海草被称为海草床，是许多大型海洋生物甚至哺乳动物赖以生存的栖息地。海草床是典型的海洋生态系统之一，是地球生物圈中最富有生产力、服务功能价值最高的生态系统之一，在生态上具有重要意义。

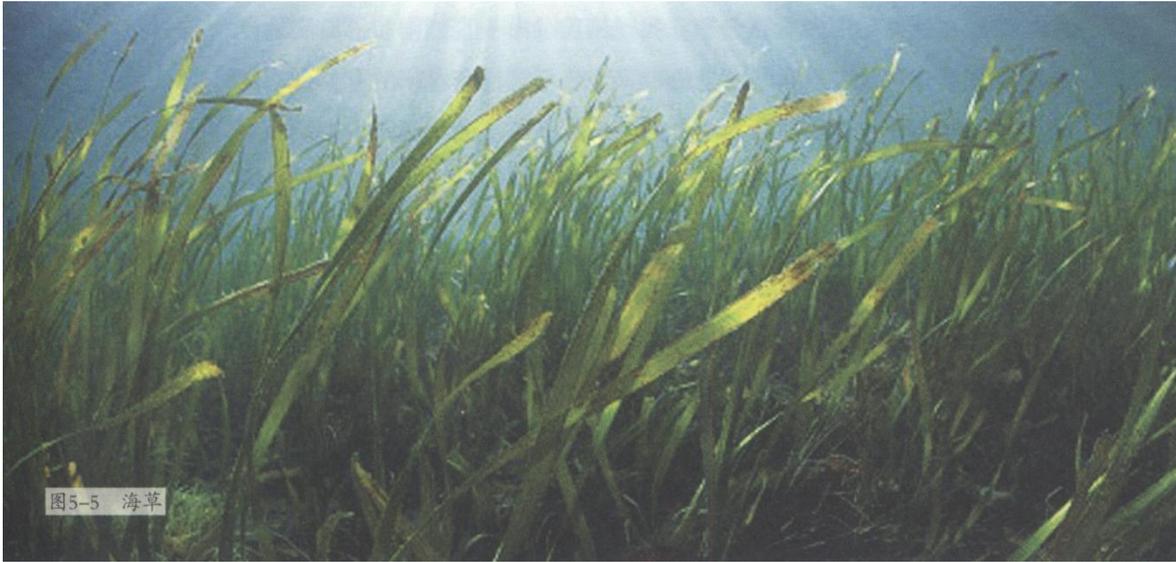


图 5-5 海草

海草床具有极高的生产力，与红树林和珊瑚礁并称为三大典型的海洋生态系统，是地球上最有效的碳捕获和封存系统之一。

海草床生态系统能通过降低悬浮物的密度和吸收营养物质来改善水质，提高海水的透明度，减少富营养质，是浅海水域食物网的重要组成部分。直接食用海草的生物包括儒艮、海胆、马蹄蟹、绿海龟、海马、部分鱼类等。海草床不仅可以为海洋生物提供重要的栖息地和育幼场所，而且在全球碳、氮、磷循环中具有重要作用。研究表明，全球海草种类有 72 种，而中国现有海草 22 种，隶属 4 科 10 属，约占全球海草种类数的 30%。中国海草的 4 个科包括丝粉藻（海神草）科、水鳖科、大叶藻科、川蔓藻科。这里虽然有 3 个科是以“藻”命名的，但都是名副其实的被子植物，即“有花植物”，它们都是通过开花、传粉、受精，并最终结成果实来繁殖下一代的。最近的研究发现，海草主要依靠海洋里的甲壳类动物来传播花粉（它们执行的任务与陆上蜜蜂的任务是相同的）。此外，海草床还有减弱海浪冲击力、固定底质、保护海岸线的作用。

(一) 海草床的地理分布

海草在全球范围内广泛分布，我国从黄渤海一直到南沙群岛附近海域都有海草分布，广西和海南是热带—亚热带区域海草床的重要分布区域。中国海草分布区可划分为两个大区：南海海草分布区和黄渤海海草分布区。南海海草分布区包括海南、广西、广东、香港、台湾和福建沿海，共有海草9属15种，以喜盐草分布最广。黄渤海海草分布区包括山东、河北、天津和辽宁沿海，分布有3属9种，以大叶藻分布最广。

中国现有海草场的总面积约为8765.1公顷，其中海南、广东和广西分别占64%、11%和10%，南海海草分布区的海草场在数量和面积上明显大于黄渤海海草分布区。南海海草分布区的海草场主要分布于海南东部、广东湛江市、广西北海市和台湾东沙岛沿海，黄渤海海草分布区的海草场主要分布于山东荣成市和辽宁长海县沿海。广东、广西两省（区）的海草场主要以喜盐草为优势种，海南和台湾的海草场多以泰来藻为优势种，山东和辽宁的海草场多以大叶藻为优势种。

广西北部湾海域属南亚热带海洋性季风气候，其优势种主要为喜盐草。据调查，20世纪50年代海草床主要分布在广西北部湾的北海东海岸、丹兜海、茅尾海、钦州湾外湾、铁山港、珍珠港等地，原保有面积约770公顷。铁山港海域拥有海草床近600公顷，国家濒危保护动物儒艮经常出没在这片海域，其中面积最大的合浦海草床，主要分布在铁山港和英罗港的西南部，基本上呈8块斑状分布，各斑块面积为20~250公顷不等，总面积约为540公顷。

(二) 海草床的群落构成

广西北部湾现有的海草场面积为942.2公顷，占全国海草场总面积的10%。海草场面积从大到小依次为北海市的铁山港沙背、铁山港北暮、山口乌坭、铁山港下龙尾、铁山港川江，防城港市的交东，北海市的沙田山寮，钦州市的纸宝岭，北海市的丹兜海。其中前5个分布点面积较大，分别为283.1公顷、170.1公顷、94.1公顷、79.1公顷和73.3公顷，均以喜盐草为优势种。广西防城港市交东海草场和北海市沙田山寮海草场以矮大叶藻为优势种。钦州市纸宝岭海草场、北海市丹兜海海草场则以贝克喜盐草为优势种（表5-3）。

表5-3 广西北部湾现有海草场的分布状况

分布区域	面积（公顷）	主要种类
北海市铁山港沙背	283.1	喜盐草、矮大叶藻、小喜盐草、贝克喜盐草
北海市铁山港北暮	170.1	喜盐草、矮大叶藻、小喜盐草、贝克喜盐草
北海市山口乌坭	94.1	喜盐草
北海市铁山港下龙尾	79.1	喜盐草、矮大叶藻、贝克喜盐草、小喜盐草
北海市铁山港川江	73.3	喜盐草、二药藻

分布区域	面积 (公顷)	主要种类
防城港市交东 (珍珠湾)	41.6	矮大叶藻、贝克喜盐草
北海市沙田山寨	14.3	矮大叶藻
钦州市纸宝岭	10.7	贝克喜盐草
北海市山口丹兜海	10.7	贝克喜盐草
其他零星分布点	165.2	喜盐草、矮大叶藻、贝克喜盐草等
广西北部湾 (总计)	942.2	

(三) 海草床的生物多样性

海草床为海洋生物提供了重要的栖息地和育幼场所，有着较高的生物多样性。

合浦海草床与山口红树林国家自然保护区相邻，海草床主要分布在红树林向外海延伸的地段。合浦海草床的喜盐草是世界级珍稀保护动物儒艮的重要食物，该海草床的大部分已经划为国家级儒艮自然保护区。除了儒艮 (图 5-6)，该海草床还分布有 5 种对虾 (长毛对虾、日本对虾、布氏对虾、刀额新对虾和边缘新对虾)、2 种篮子鱼 (黄斑篮子鱼和褐篮子鱼)、3 种海胆 (薄饼干海胆、葛氏刻肋海胆和扁平蛛网海胆)、4 种海参 (马什海参、瘤五角瓜参、糙海参和蛇锚参)、2 种海星 (鹿儿岛槭海星和单棘槭海星)。



图 5-6 儒艮

(四) 海草床的生态经济功能

海草床的直接使用价值包括作为饲料和化妆品原料、编织成工艺品、滩涂生产作业及海水养殖业等。但鉴于目前广西北部湾的海草床受破坏严重，已很少作为饲料原

料、工艺品原材料、化妆品原料等。广西合浦海草床所在区域海水养殖主要以养螺和养贝为主，但由于养螺与养贝对合浦海草床破坏严重，当地政府已禁止居民在海草床区域养殖螺和贝。

此外，海草床还具有护堤减灾、调节气候、维持生物多样性、科学研究、生态系统营养循环及净化水质等作用，由此可带来间接经济价值（表 5-4）。

表 5-4 广西北部湾合浦海草床生态系统经济价值

价值类型	生态经济功能分类	评价方法	价值小计 [元/（年·公顷）]
直接经济价值	水产养殖价值	市场价值法、专家调查法	20200
	滩涂渔业价值	市场价值法	8200
间接经济价值	近海渔业价值	市场价值法、专家调查法	171000
	护堤减灾价值	专家调查法	14500
	气候调节价值	碳税法	230
	生物多样性价值	影子工程法、专家调查法	36000
	科学研究价值	效益转移法	610
	生态系统营养循环价值	市场价值法、效益转移法	224000
	净化水质价值	市场价值法	316
非利用价值	选择、存在、遗传价值	条件价值法、效益转移法	154300
总经济价值			629356

（五）海草床的生态保护

1. 海草床面临的生境威胁

由于人们对海草床的重要性缺乏认识，广西北部湾海草床的生境受到严重的威胁。造成威胁的原因包括修建虾塘与进行海水养殖，围网捕鱼和底拖网鱼，毒虾、电虾与炸鱼，台风。

近年来，广西北部湾的海水养虾业迅速发展，围海养虾成为海水养虾的主要形式，潮间带大面积的海草床变成了虾塘，对虾塘范围内的海草床造成了毁灭性的破坏。在海草床及其周围海域插桩吊养贝类（包括牡蛎和珍珠贝等）、养殖大型海藻等，也会对海草床带来严重的破坏。如广西合浦涠洲沙滩涂，由于插桩吊养贝类，养殖范围内的海草床已经遭到大面积的破坏，好在这种现象近年来有所改善。

因海草床内鱼类资源比较丰富，附近居民常在海草床内设置大范围的渔网，利用

潮水的涨落围捕鱼类。这种作业方式在打桩时会破坏海草，作业时会践踏海草，对海草的生长造成不利影响。底拖网作业对海草的破坏更为严重。在广西北部湾合浦海域，共有400多艘底拖网船，一般作业于10米以内的浅海海域。这些底拖网船在拖网作业时会把海底的海草成片连根拖起，对海草造成毁灭性的破坏。

对虾是海草床内主要的渔业资源。退潮后，大批渔民在海草床内进行毒虾和电虾，对海草床造成严重的破坏，这种现象在广西北部湾地区普遍存在。此外，海草床的炸鱼现象也比较突出，对海草床构成严重威胁。

在广西北部湾的绝大多数海草床内，普遍存在挖贝、挖沙虫和耙螺等活动，如在合浦海草床，每天挖贝、耙螺者近千人。挖贝和耙螺是当地居民重要的经济来源之一，但挖贝、耙螺时常常会将海草连根翻起，对海草造成毁灭性的破坏。此外，挖贝、耙螺时也会挖松滩涂的泥沙，造成泥沙流动，使泥沙埋没海草，影响海草的正常生长。

陆地和海上人为排放的废水、生活垃圾等污染物，会使海水中难降解的有机物、营养盐和悬浮物等的含量大大增加，破坏海草床的生存环境，影响海草的生长。另外，开挖航道对海草床的影响也很大，在工程实施区内，原来生长的海草会连同泥沙一起被挖掉，导致海草床被彻底毁灭。同时，非工程区内的海水受到开挖航道的影 响，水中悬浮物会大量增加，严重时甚至会覆盖海草床，影响海草的光合作用。这种现象在广西北部湾合浦海草床较为严重。

台风引起的风暴潮等会冲刷海草，将海草连根冲刷起来，或是将滩涂中的泥沙冲刷起来埋没海草，从而影响海草的生长，造成海草资源的破坏。2002年9月底的一次正面袭击的台风，对广西北部湾合浦海草床造成了严重的破坏，直到3个月后才逐步恢复。

2. 海草床的保护对策

第一，要对广西北部湾海草种类资源和海草床分布情况进行全面普查，摸清海草种类资源和海草场分布状况是海草床保护工作的基础。因此，应在国家层面上对广西北部湾海草分布区的海草种类资源、海草场分布区域及群落结构组成等特征进行详细调查，并在此基础上对广西北部湾海草种类进行濒危等级评估，填补《中国物种红色名录》中海草类植物的空缺。

第二，应加强海草床动态监测，建立广西北部湾海草监测网。通过监测海草床的动态，可以了解海草床生态系统的演化状态，揭示其演化的过程和机理。2008年9月，中国内地首个全球海草监测网分站在北海建成，运行至今积累了大量的数据，为广西北部湾海草床的保护、恢复及有效管理提供了科学依据，但要想更系统地揭示海草床的演化机理，需要加强广西北部湾地区的海草床监测网建设，从而真正实现对海草床的动态监测。

第三，应加快海草床自然保护区的建立步伐。建立自然保护区是保护与恢复海草床生态系统的重要保障。当前我国海草床保护区明显偏少且缺乏国家级保护区，因此，应在国家、省、市等多个层面建立海草床保护区与示范区，在保护区内加大对海洋环境及海草床生态系统的监控和保护力度，为研究海草的培植技术和海草床生态系统的恢复、修复技术提供实验平台。

第四，应加强海草床恢复和海草种质资源保护研究工作。当前，广西北部湾的海草床出现了严重的退化现象，一些海草种类甚至已经处于濒危状况，因此，加强海草床的恢复和海草种质资源的保护研究工作刻不容缓。鉴于目前广西北部湾海草床退化的主要诱因仍不明确，而海草床的人工恢复才刚刚起步，因此要加强海草床退化机理的研究，在广西北部湾地区不同海域进行人工恢复实验，探索海草床自然恢复的可行性，为大规模的海草床恢复提供实践经验。同时，应对一些濒危海草物种进行就地、迁地保护以及室内种质资源保存及增殖技术研究。

第五，应加强宣传与教育。在我国的海洋生物学和生态学本科教材中，有关海草的内容很少，相关科普读物更是少之又少。因此，利用多种途径宣传海草床的重要价值，提高保护海草床的意识显得尤为迫切。海草床保护是一项长期工作，宣传教育的影响比行政法规更长远更有效，其作用不能忽视。

（六）海草床的蓝碳效应

海草床是红树林以外的一个重要、典型的海洋生态系统，其固碳能力略低于红树林，全球平均年固碳量为 138 ± 38 克碳/米²，高于除红树林外的几乎所有类型的海洋生态系统。研究表明，海草床是底栖藻类固着和繁衍的一个重要生境，已发现附生微藻种类达 150 种，其中大部分是硅藻。附生生物群落产生的初级生产力甚至可以占到整个海草床初级生产力的 20%~60%。

海草床生态系统的固碳能力主要来源于四个方面：海草的初级生产力、海草茎与根对碳的固定、海草上附生植物的固碳作用、海草草冠对有机悬浮颗粒物的捕获。中国还处于海草床碳汇研究的起步阶段，仅有少数研究报告，全国范围的海草床固碳率和固碳量数据尚未见报道。

海草床生态系统的固碳、储碳过程主要体现在几个方面。首先，海草自身的初级生产力高。初步研究发现，分布在桑沟湾的大叶藻海草床的初级生产力为 543 克碳/(米²·年)。海草叶片上，通常附着较多的生物群落，可以进行光合作用，因而达到固碳作用。通过光合作用被海草植物固定的碳，有一部分会被运输到地下根状茎和根部进行存储。据估算，每年通过初级生产力固定的碳有 15%~28% 被长期埋存于海底，对海草床中表层沉积物有机碳库的贡献率达到 50% 左右。其次，海草床生态系统处在陆海交错带，是陆源物质入海后的前沿阵地，陆地径流输入的有机悬浮颗粒物等会被海草床

生态系统截获，并促使它们沉积到海底，长期埋存于沉积物中，这是海草床固碳的另一条重要途径。封存于海草床沉积物中的有机碳长期处于厌氧状态，其分解率比存储在陆地土壤中的有机碳低，相对稳定。

另外，由于陆地森林易受火灾、病虫害等的干扰，导致所固定的碳不稳定，而且陆地森林很多为个人所拥有，易被砍伐变为农用地或改作其他用途，已被固定的碳常受火灾、砍伐、土地利用变化等干扰而重新释放于大气中。但位于海底的海草生境不受火灾等的干扰，病虫害相对也较少，因此，封存于海草床生态系统的碳相对更稳定。海草床等蓝碳生态系统可将碳封存于海底中达数千年，而陆地的热带雨林所封存的碳通常只能维持数十年，最多数百年。

综上，与其他生态系统相比，海草床生态系统所封存于海草床沉积物中的有机碳具有比陆地森林土壤中有有机碳更低的分解率和更高的稳定性，这也是海草床生态系统固碳区别于其他生态系统固碳的一个显著特点。

四、盐沼湿地

盐沼湿地是基质为淤泥质或泥沙质的一种湿地生态系统，一般陆缘指含60%以上湿生植物的植被区，水缘指海平面以下6米的近海区域，包括江河流域中自然的或人工的、咸水的或淡水的、流动的或静止的、间歇的或永久的所有富水区域（枯水期水深2米以上的水域除外）。它是被海水周期性淹没的海岸草本高等植物生态系统，是滨海地区中具有特定自然条件和复杂生态系统的地域，是地球上生产力最高的生态系统之一，在维护陆地—海洋—大气系统中碳、氮、硫、磷等资源要素循环、生态系统平衡及生物多样性中发挥着重要作用。同时，盐沼湿地也是脆弱的生态敏感区，处于海洋和陆地两大生态系统的过渡地带，是一个“边缘地区”。

我国于1992年7月正式加入湿地公约组织。截至2003年1月，135个湿地公约缔约国中的1235个湿地被列入国际重要湿地名录，总面积达到10660万公顷。我国列入该名录的湿地共有21处，总面积达到303万公顷，其中属于滨海盐沼湿地的有海南东寨港、香港米埔和后海湾、上海崇明东滩、大连斑海豹国家级自然保护区、江苏大丰麋鹿自然保护区、广东湛江红树林、广东惠东港口海龟自然保护区、广西山口红树林、江苏盐城共9处。

（一）盐沼湿地的地理分布

盐沼湿地是我国最普遍的湿地类型之一，主要分布于沿海11个省（区）和港澳台地区，总体上以杭州湾为界，分成杭州湾以北和杭州湾以南两个部分。杭州湾以北的盐沼湿地除山东半岛、辽东半岛的部分地区为岩石型海滩外，其余多为沙质和淤泥质型海滩，主要由环渤海滨海湿地和江苏滨海湿地组成。环渤海滨海有莱州湾湿地、马

棚口湿地、北大港湿地和北塘湿地，总面积约为 600 万公顷。黄河三角洲和辽河三角洲是环渤海的重要滨海湿地区域，其中辽河三角洲有集中分布的世界第二大苇田——盘锦苇田，其面积约为 7 万公顷。江苏滨海盐沼湿地主要由长江三角洲和黄河三角洲的一部分构成，仅海滩面积就达 55 万公顷，主要由盐城地区湿地、南通地区湿地和连云港地区湿地组成。杭州湾以南的盐沼湿地以岩石型海滩为主，其主要河口及海湾有钱塘江—杭州湾、晋江口—泉州湾、珠江口河口湾和北部湾等。

根据 2009~2012 年进行的第二次全国湿地资源调查结果，广西北部湾滨海盐沼湿地面积为 431.35 公顷（统计中仅包括不小于 8 公顷的湿地面积）。鉴于广西北部湾滨海盐沼湿地与红树林常形成交错带且斑块较小，第二次全国湿地资源调查的统计结果要比实际分布面积小。据何斌源等的调查，广西北部湾滨海盐沼湿地的面积应在 1000 公顷以上，且随着外来入侵种互花米草的持续扩散以及海三棱藤草的发现，广西北部湾滨海盐沼湿地面积仍在持续增大（图 5-7）。



图 5-7 无人机航拍的广西北海市的滨海盐沼湿地

（二）盐沼湿地的群落构成

滨海盐沼湿地群落主要分布于淡水充足、底质为淤泥质的河口区潮间带。构成广西滨海盐沼湿地的植物种类主要有 45 种，隶属 13 科 33 属（表 5-5）。其中数量最大的科为莎草科（6 属 17 种），其次为禾本科（10 属 10 种），这 2 个科共 27 种植物占广西

滨海盐沼湿地植物总种数的 60%。此外，含有超过 1 个种的科有菊科（5 属 5 种）、藜科（3 属 3 种）、马齿苋科（1 属 2 种），其余 8 科均为单属单种。整体来看，广西滨海盐沼植物以单属单种为主，热带性强。

广西北部湾滨海盐沼植物中，可以形成盐沼湿地、连续分布且面积至少在 1 公顷以上的有茳芏、短叶茳芏、互花米草、海三棱藨草、芦苇、南方碱蓬等少数种类，其余种类分布较零散。常见的盐沼群落有茳芏群落、短叶茳芏群落、茳芏+短叶茳芏群落、互花米草群落、芦苇群落、海三棱藨草群落、海雀稗群落、南方碱蓬群落等。广西北部湾滨海盐沼湿地与红树林经常形成交错带，常见的共生群落有桐花树+茳芏群落、桐花树+短叶茳芏群落、桐花树+海三棱藨草群落等。

表 5-5 广西北部湾滨海盐沼湿地的植物种类

科名	属名	中文名	拉丁学名
莎草科 Cyperaceae	莎草属 Cyperus	茳芏	<i>Cyperus malaccensis</i>
		短叶茳芏	<i>Cyperus mala</i>
		粗根茎莎草	<i>Cyperus stoloniferus</i>
	荸荠属 Heleocharis	木贼状荸荠	<i>Heleocharis equisetina</i>
		牛毛毡	<i>Heleocharis yokoscensis</i>
	飘拂草属 Fimbristylis	佛焰苞飘拂草	<i>Fimbristylis spathacea</i>
	飘拂草属 Fimbristylis	少穗飘拂草	<i>Fimbristylis schoenoides</i>
		锈鳞飘拂草	<i>Fimbristylis Ferrugineae</i>
		双穗飘拂草	<i>Fimbristylis subbipicata</i>
		独穗飘拂草	<i>Fimbristylis ovata</i>
		结壮飘拂草	<i>Fimbristylis rigidula</i>
	两歧飘拂草	<i>Fimbristylis dichotoma</i>	
	海滨莎属 Remirea	海滨莎	<i>Remirea maritima</i>
	刺子莞属 Rhynchospora	华刺子莞	<i>Rhynchospora chinensis</i>
		刺子莞	<i>Rhynchospora rubra</i>
莎草科 Cyperaceae	藨草属 Scirpus	海三棱藨草	<i>Scirpus mariqueter</i>

科名	属名	中文名	拉丁学名
		南水葱	Scirpus validus
禾本科 Poaceae	狗牙根属 Cynodon	狗牙根	Cynodon dactylon
	龙爪茅属 Dactyloctenium	龙爪茅	Dactyloctenium aegyptium
	白茅属 Imperata	白茅	Imperata cylindrica
	黍属 Panicum	铺地黍	Panicum repens
	雀稗属 Paspalum	海雀稗	Paspalum vaginatum
	芦苇属 Phragmites	芦苇	Phragmites australis
	米草属 Spartina	五花米草	Spartina alterniflora
	鬃刺属 Spinifex	老鼠芳	Spinifex littoreus
	鼠尾粟属 Sporobolus	盐地鼠尾粟	Sporobolus virginicus
	结缕草属 Zoysia	沟叶结缕草	Zoysia matrella
菊科 Compositae	蒿属 Artemisia	茵陈蒿	Artemisia Capillaris
	白酒草属 Conyza	小飞蓬	Conyza canadensis
	菊三七属 Gynura	白子菜	Gynura divaricata
	阔苞菊属 Pluchea	阔苞菊	Pluchea indica
	羽芒菊属 Tridax	羽芒菊	Tridax procumbens
藜科 Chenopodiaceae	滨藜属 Atriplex	匍匐滨藜	Atriplex repens
	盐角草属 Salicornia	盐角草	Salicornia europaea
	碱蓬属 Suaeda	南方碱蓬	Suaeda australis
马齿苋科 Portulacaceae	马齿苋属 Portulaca	马齿苋	Portulaca oleracea
		毛马齿苋	Portulaca pilosa
石蒜科 Amaryllidaceae	文殊兰属 Crinum	文殊兰	Crinum asiaticum
大戟科 Euphorbiaceae	官木属 Sauropus	艾蒿	Sauropus bacciformis

科名	属名	中文名	拉丁学名
草海桐科 Goodeniaceae	草海桐属 Scaevola	小草海桐	Scaevola hainanensis
白花丹科 Plumbaginaceae	补血草属 Limonium	中华补血草	Limonium sinense
番杏科 Aizoaceae	海马齿属 Sesuvium	海马齿	Sesuvium portulacastrum
旋花科 Convolvulaceae	番薯属 Ipomoea	厚藤	Ipomoea pes-caprae
玄参科 Scrophulariaceae	假马齿苋属 Bacopa	假马齿苋	Bacopa monnieri
刺鳞草科 Centrolepidaceae	刺鳞草属 Centrolepis	刺鳞草	Centrolepis banksii

(三) 盐沼湿地的生态经济功能

滨海盐沼湿地的生态经济功能主要有促淤造陆、增加湿地面积，防风抗浪、减缓流速、保滩护岸，改良土壤、净化环境三个方面。

盐沼湿地是一个比较完整的生态系统。在该系统中，盐沼植物吸收光能和空气中的二氧化碳，将其转变为有机物和能量储存在根、茎、叶中。随着根、茎、叶的腐烂，再转变为有机质、腐殖质，成为微生物和小动物的食物，而微生物和小动物又成为各种鱼类和鸟类的食物。最后，这些鱼类和鸟类的粪便又增加了土壤的肥力，使盐沼湿地获得更好的发展。从生态学角度来看，盐沼植物是主要的初级生产者，它输出的有机物是浅海和光滩生物食物链的重要组成部分。盐沼生态系统不仅能使其本身得以完善的发展，而且能通过潮流作用，为邻近海域提供营养物质和能量。此外，盐沼湿地也为大量沿岸鸟类和水鸟提供越冬的场所。因此，盐沼湿地在促淤、护堤方面的作用及其在海岸生态环境中的地位是不可替代的。

海岸由于长期遭受潮汐、近岸流、海浪、风暴潮等因素的直接影响，经常出现侵蚀现象。为了减少上述因素给潮滩、堤岸造成的灾害，保证人民生命财产安全，过去主要采取的方法是用块石或钢筋混凝土来护岸。这种方法投资巨大，施工、材料、运输以及维护等方面存在很多困难。盐沼湿地的抗浪护岸作用是通过湿地植物消浪、缓流和对基地的稳固作用来实现的。植物根系及植物体通过对基地的稳固作用，降低了海浪和水流的冲击速度，从而减少海浪侵蚀。波浪是海岸塑造过程中的主要动力因素之一。在波浪向岸靠近的过程中，盐沼植物在波浪的冲击下向前方、下方摆动，当其弯曲到一定程度后，在水体浮力和自身恢复力（弹力）的作用下，会向后方、上方摆动。这种波浪和植物的相对运动以及植物茎叶的摩阻作用，可以导致波能衰减。潮流进入盐沼湿地后，由于植物茎叶阻挡导致流速减小。长江口潮间带的观测结果表明，盐沼植物可使近底流的流速降低16%~84%，且植物的盖度越大，盐沼湿地内观测点离

盐沼湿地和光滩交界线的距离越大，流速降低越明显。因此，在广西北部湾保护和重建盐沼湿地后，就可以充分利用盐沼湿地生态系统复杂的“草连草、根连根”所形成的强固草滩的防风抗浪作用。当海浪来袭时，湿地植物可以削减波浪、降低流速，减轻波浪或风暴潮对海堤的破坏，促进潮流中泥沙的沉积，从而保护滩岸，降低海堤的造价。有研究表明，在英国，有盐沼湿地的海堤造价为1.4万英镑/千米，而没有盐沼湿地的海堤造价高达30万英镑/千米。

盐沼湿地是一个“沉积箱”和“转换器”，可以通过拦蓄径流中的悬浮物，移出和固定营养物质、有毒物质，沉淀沉积物等，降低土壤和水中营养物质、有毒物质及污染物的含量或使其转化为其他存在形式。湿地的净化与过滤功能有益于河流保持良好的水质和水域功能，防止因为泥沙的堆积而影响航运和分洪作用，同时可增加土壤中有营养物质的含量，提高土壤的潜在肥力，有利于农牧业生产。广西北部湾盐沼湿地植物如芦苇、互花米草和海三棱蔗草等分布较广，其根系发达，可深入土层40厘米处，对金属和非金属物质有较强的吸附作用，从而减少污水对水体的污染。因而，广西北部湾的滨海及河口的盐沼湿地成了稀释、净化污水的天然场所。盐沼湿地还具有调节区域气候的功能。一般来说，盐沼湿地周围的地区比其他地区气候相对温和湿润。盐沼湿地的晨雾还可以去除大气中的扬尘和颗粒物，从而净化空气，提高环境空气质量。

此外，盐沼湿地可以有效防止广西北部湾地势较低的沿海地区的淡水资源受到海水入侵的影响，为野生生物提供栖息地和避难所，保护濒危物种以维持生物多样性。

（四）盐沼湿地的生态保护

1. 盐沼湿地的现状

中国滨海盐沼湿地受人口增加和经济发展产生的巨大压力而破坏严重。自加入湿地公约组织之后，中国滨海盐沼湿地的研究和保护工作有了一定进展，在盐沼湿地资源调查、法制建设和技术手段等方面取得了一些成果。总体而言，中国滨海盐沼湿地研究水平较低，基础研究条件差，应在基础理论和基础设施方面进一步加强。

2. 保护盐沼湿地的生态意义

保护盐沼湿地的生态意义主要表现在保护生物多样性；调蓄洪水，防止自然灾害；降解污染物、滞留营养物；保护海岸线四个方面。

河口带来的大量悬浮物和营养盐在滨海盐沼湿地汇集沉淀，给生物种群的栖息和繁衍提供了良好的自然生态环境。盐沼湿地是重要的遗传基因库，对野生物种种群的存续、筛选和改良均具有重要意义。因此，盐沼湿地通常具有丰富的生物多样性。广西北部湾天然的盐沼湿地环境为鸟类、鱼类提供了丰富的食物和良好的生存繁衍空间，在物种繁衍和保护物种多样性方面发挥着重要作用。

盐沼湿地在控制洪水、调节河川径流、补给地下水和维持区域水平衡中发挥着重

要作用，是蓄水防洪的天然“海绵”。广西北部湾地区降水的季节分配和年度分配不均匀，通过天然的盐沼湿地的调节，可以储存来自降水和河流过多的水量，从而避免发生洪水灾害，保证工农业生产稳定的水源供给。

进入水体生态系统的许多有毒有害物质，都是吸附在沉积物的表面或含在黏土的分子链内。因此，在盐沼湿地中，较慢的水流速度既有助于沉积物的下沉，也有助于与沉积物结合在一起的有毒有害物质的储存与转化。如盐沼湿地中的许多水生植物，包括挺水、浮水和沉水植物，它们的组织中富集重金属的浓度比周围水中的重金属浓度高出10万倍以上，许多植物还含有能与重金属链接的物质，从而参与重金属的解毒过程。径流带来的生活污水、农用肥和工业排放物会给近海海域带来营养物质。通常营养物质与沉积物结合在一起，当营养物质随沉积物沉降后，被盐沼湿地植物吸收，经化学和生物学过程转换且被储存起来。许多盐沼湿地在转移和排除营养物质方面的效率比陆地生境的效率高。因此，保护好广西北部湾的盐沼湿地，可以很好地降解污染物和滞留营养物质。

广西北部湾盐沼湿地中的植物根系及堆积的植物体对基地有稳固作用。此外，它们还可以沉降沉积物，削减海潮和波浪的冲力，从而防止或减轻海水对海岸线、河口湾的侵蚀。

3. 盐沼湿地的生态保护对策

第一，应加强盐沼湿地的生境保护。生境破坏是广西北部湾一些珍稀动物濒危的重要原因，通过生境管理和生境调整，可以减轻生境破碎化，补偿受损生境。应保护栖息环境，为水禽及盐沼湿地动物创建和谐的活动空间。对于濒危鸟类和水禽迁徙停歇地、栖息和繁殖地，应坚决不予随意开发和破坏。对于已经被破坏的生境，要通过生境调整修复一些替代生境，提高盐沼湿地生境的生态承载力，为珍稀濒危动物的栖息、繁衍营造良好的生态环境。

第二，应加强对污水的治理，减少输入污染物。广西北部湾盐沼湿地的自净能力毕竟是有限的，因而必须加强对污水的治理，限制污水排放量。在港口等的开发过程中，应加大监管力度，尽量减少污染。此外，还应合理规划农业，在滨海盐沼湿地周边开展生态农业建设，合理使用农药、化肥，研发高效、低毒、低残留的农药，积极推广有机肥、生物菌肥、配方施肥和平衡施肥，减少输入盐沼湿地的化肥、农药量。污水排污口应尽量靠近水交换活跃区以加快污染物的稀释扩散，充分发挥海洋的物理自净能力，净化北部湾的环境。

第三，应保证盐沼湿地生态需水，对其进行保护和修复。水是盐沼湿地演化的重要驱动力，因此，在保护和修复盐沼湿地时，要充分保证盐沼湿地的生态需水。在广西北部湾流域水资源规划与水资源配置中，要将生态需水作为重要的内容，积极发挥

流域管理机构的宏观调控作用，进行统一调度、统一管理，协调好上游、下游用水的关系，保证盐沼湿地的生态需水。在一些由于过量抽取地下水导致海水入侵的地区，可在雨季回灌补充地下水，抬高地下水位，减弱海水对湿地的盐化作用。在恢复盐沼湿地环境时，应充分依靠其自然演化能力及人工修复措施，逐步恢复其受干扰前的结构、功能及相关的物理、化学和生物特性。对于需要生物修复的盐沼湿地，可采用微生物、植物恢复法进行修复，使其尽量恢复原貌。此外，还可根据土壤、水质条件栽种芦苇、翅碱蓬等耐盐碱植物，拆除废弃虾田、蟹田的塘坝、池埂，实施护岸堤防、道路改造、围栏建设等工程，恢复广西北部湾盐沼湿地的原有状态。

第四，应加强法制建设，切实保障湿地的管理与保护。法制建设是广西北部湾盐沼湿地资源保护的根本保证。中国现有的有关盐沼湿地的法律条款分散在《中华人民共和国森林法》《中华人民共和国野生动物保护法》《中华人民共和国野生植物保护条例》《中华人民共和国渔业法》等不同的法律条文中。行使管理职能的部门分属林业、环保、海洋、农业、渔业等部门，给管理造成很大的不便，导致实际工作中操作性差，执法困难。应尽快制定盐沼湿地保护与管理的专门法，逐步建立完善的盐沼湿地保护法律体系，明确统一的管理机构，协调不同部门之间的利益，切实保证湿地的有效管理和湿地环境的良性循环。

第五，公众的广泛参与是保障。生态环境关系着每个人的切身利益，广西北部湾盐沼湿地保护是社会性很强的公益事业，必须依靠全社会的共同参与和齐抓共管。除政府的主导作用外，公众思想觉悟的提高、公众的主动性与自觉性对盐沼湿地的保护也至关重要。因此，必须重视各个渠道的宣传、教育工作，培养公众的环境意识，使其认识到滨海盐沼湿地保护的紧迫性。同时应建立和完善公众参与的制度和机制，鼓励公众广泛参与到盐沼湿地生态环境保护活动中来。可以在学校开设相关课程，对中小學生进行教育；通过电视、广播、网络等媒体广泛宣传盐沼湿地的环境功能及重要的经济价值；举办环保知识讲座，呼吁全社会保护盐沼湿地；设立盐沼湿地保护基金，保证盐沼湿地保护工作进行顺利。只有综合采取以上措施才能保证广西北部湾盐沼湿地的保护、开发工作得以顺利进行，才能将盐沼湿地的保护、开发纳入北部湾循环经济体系，进而将其作为其中的重要部分促进经济、社会、环境、生态协调发展。

（五）盐沼湿地的蓝碳效应

盐沼湿地有着较高的碳沉积速率和固碳能力，在缓解全球气候变暖方面发挥着重要的作用。盐沼湿地土壤中所积累的有机物有内源输入和外源输入两种，内源输入主要指湿地植被的地上凋落物和地下根残体、浮游植物、底栖生物的初级生产和次级生产的输入；外源输入主要指通过外界水源补给过程，如地表径流、地下水和潮汐等携带进来的颗粒态和溶解态有机质。中国海岸带的盐沼湿地面积为17.17万公顷，总固碳

量为 0.4×10^{12} 克碳/年，年固碳效率初步估算为 235.6 克碳/米²，略高于全球平均水平。盐沼植被作为滨海潮滩有机碳的最主要来源，植被类型差异显著影响盐沼湿地的固碳能力。如长江口崇明东滩的芦苇带湿地植被的固碳能力为 1240~2020 克碳/(米²·年)，而海三棱藨草湿地植被的固碳能力仅为 350~910 克碳/(米²·年)。盐沼植被的差异也会影响湿地土壤的有机碳含量，如贾瑞霞等在闽江河口盐沼湿地调查发现，芦苇下土壤有机碳含量及储量最大，咸草下土壤次之，藨草下土壤最小。可见湿地土壤的有机碳含量与储量和植物种类及其生物量密切相关。

近年来，盐沼湿地在全球碳封存中的重要性备受关注，引发了相关研究的快速发展。然而，由于当前对控制滨海盐沼湿地碳储存变异的基本因素尚未认识充分，对测量盐沼湿地沉积物碳储量和沉积碳埋藏速率的方法还未形成统一标准，对潮汐影响下盐沼湿地碳与邻近生态系统之间的横向交换通量的量化等研究仍有待深入，因此在测量碳储存时，很难进行准确的碳收支评估。

五、珊瑚礁

珊瑚礁的主体是珊瑚虫。珊瑚虫是海洋中的一种腔肠动物，在生长过程中能吸收海水中的钙和二氧化碳，然后分泌出石灰石，并将其变为自己生存的外壳。每一个单体的珊瑚虫只有米粒大小，它们一群群地聚居在一起，一代代的生长繁衍，同时不断分泌出石灰石，并黏合在一起。这些石灰石经过后来的压实、石化，形成岛屿和礁石，也就是珊瑚礁。珊瑚礁在深海和浅海中均有存在，它们为蠕虫、软体动物、海绵、棘皮动物和甲壳动物等多种动植物提供了生存环境。此外，珊瑚礁还是大洋带鱼类幼鱼的生长地。

珊瑚礁是一种重要的海洋生态资源。作为海洋中极为特殊的一类生态系统，它因惊人的生物多样性和极高的初级生产力而被誉为“海洋中的热带雨林”和“蓝色沙漠中的绿洲”。一般认为珊瑚礁达到了海洋生态系统发展的上限，它是无数海洋生物理想的栖息场所，其中已经记录的海洋生物种类高达近 10 万种，占已记录的海洋生物种类的一半以上。在一个珊瑚礁区共同生活的鱼类种数可高达 3000 种。珊瑚礁区鱼类的密度是大洋鱼类平均密度的 100 倍以上。世界上近一半的海岸线位于热带，其中约三分之一是由珊瑚礁组成的，100 多个国家有珊瑚礁分布。珊瑚礁不仅能为世界各地沿海地区的居民提供海洋水产品、海洋新药材、建筑和工业原材料及旅游休闲收益，还能抵御风浪侵袭、保护岸堤，是地方和国家的重要财富。近年来，由于遭受人为和自然的双重压力，珊瑚礁出现了不同程度的退化和白化现象。为了唤起人们对珊瑚礁保护的意识，国际上将 1997 年定为“珊瑚礁年”。

(一) 珊瑚礁的地理分布

在广西北部湾地区，珊瑚礁生态系统主要分布在涠洲岛的西南部、北部和东部以及斜阳岛，其中涠洲岛的珊瑚礁海岸发育较好（图 5-8）。

涠洲岛地处北纬 $21^{\circ} 00' \sim 21^{\circ} 10'$ 、东经 $109^{\circ} 00' \sim 109^{\circ} 15'$ ，属热带季风气候区，多年平均海水温度为 24.55°C ，在造礁珊瑚最适温度 ($24.5 \sim 29^{\circ}\text{C}$) 范围内。截至目前，涠洲岛已探明的珊瑚分属 26 个属科共 43 个种类。涠洲岛珊瑚礁是我国最北端的成片珊瑚礁，主要分布于岛的北面、东面和西南面，是北部湾近海海洋生态系统的重要组成部分。涠洲岛周边的海水属于一类海水水质，虽然水质良好，但有部分种类的珊瑚依然出现了衰退的迹象，如比较靠近海岸的鹿角珊瑚。

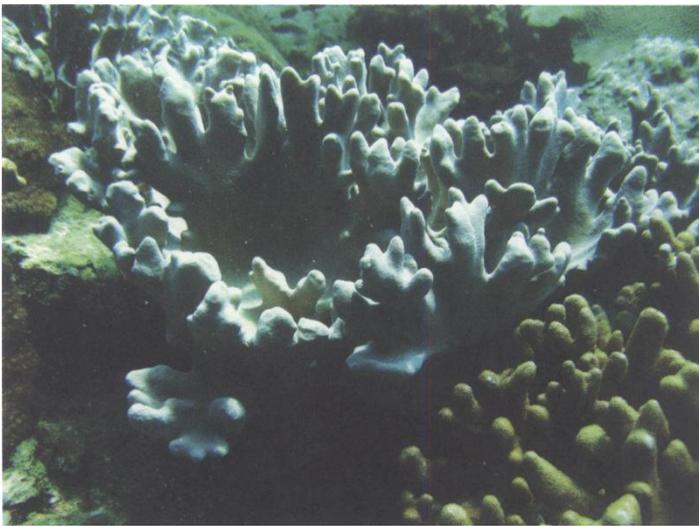


图 5-8 广西北部湾涠洲岛的海底珊瑚

(二) 珊瑚礁的群落组成

黄晖和梁文等通过对涠洲岛沿岸海域进行生态调查，了解了珊瑚礁的种类、分布状况及覆盖率等，发现整个岛区的珊瑚属种分布比较均匀，在科级组成中，蜂巢珊瑚科、滨珊瑚科、鹿角珊瑚科为优势类群；在属级组成中，角蜂巢珊瑚属、滨珊瑚属、蔷薇珊瑚属为优势类群（表 5-6、表 5-7）。

表 5-6 涠洲岛珊瑚种类名录

科	属	种
滨珊瑚科 Poritidae	滨珊瑚属	扁枝滨珊瑚 <i>Porites andrewsi</i>
		澄黄滨珊瑚 <i>Porites lutea</i>
		普哥滨珊瑚 <i>Porites pukoensis</i>

只供阅读 请勿转载

科	属	种
滨珊瑚科 Poritidae	角孔珊瑚属	二异角孔珊瑚 <i>Goniopora duofasciata</i>
		角孔珊瑚 <i>Goniopora sp.</i>
		柱角孔珊瑚 <i>Goniopora columna</i>
蜂巢珊瑚科 Faviidae	扁脑珊瑚属	扁脑珊瑚 <i>Platygyra sp.</i>
		交替扁脑珊瑚 <i>Platygyra crosslandi</i>
		精巧扁脑珊瑚 <i>Platygyra daedalea</i>
	刺孔珊瑚属	刺孔珊瑚 <i>Echinopora sp.</i>
	刺星珊瑚属	锯齿刺星珊瑚 <i>Cyphastrea serailia</i>
	蜂巢珊瑚属	标准蜂巢珊瑚 <i>Favia speciosa</i>
		蜂巢珊瑚 <i>Favia sp.</i>
		罗图马蜂巢珊瑚 <i>Favia rotumana</i>
		翘齿蜂巢珊瑚 <i>Favia matthaii</i>
	角蜂巢珊瑚属	海孔角蜂巢珊瑚 <i>Favites halicora</i>
		角蜂巢珊瑚 <i>Favites sp.</i>
		秘密角蜂巢珊瑚 <i>Favites abdita</i>
	菊花珊瑚属	粗糙菊花珊瑚 <i>Goniastrea aspera</i>
		菊花珊瑚 <i>Goniastrea sp.</i>
		少片菊花珊瑚 <i>Goniastrea yamanarii</i>
		网状菊花珊瑚 <i>Goniastrea retiformis</i>
	小星珊瑚属	横小星珊瑚 <i>Leptastrea transversa</i>
		紫小星珊瑚 <i>Leptastrea purpurea</i>

只供阅读 请勿侵权

科	属	种
菌珊瑚科 Agariciidae	牡丹珊瑚属	牡丹珊瑚 Pavona sp.
	牡丹珊瑚属	十字牡丹珊瑚 Pavona decussata
		叶形牡丹珊瑚 Pavona frondifera
		易变牡丹珊瑚 Pavona varians
鹿角珊瑚科 Acroporidae	假鹿角珊瑚属	尖锥假鹿角珊瑚 Anacropora tapera
	鹿角珊瑚属	粗野鹿角珊瑚 Acropora humilis
		多孔鹿角珊瑚 Acropora millepora
		佳丽鹿角珊瑚 Acropora pulchra
		浪花鹿角珊瑚 Acropora cytherea
		美丽鹿角珊瑚 Acropora formosa
		霜鹿角珊瑚 Acropora pruinosa
		松枝鹿角珊瑚 Acropora brueggemanni
		蔷薇珊瑚属
	浅窝蔷薇珊瑚 Montipora foveolata	
	鬃刺蔷薇珊瑚 Montipora hispida	
	星孔珊瑚属	多星孔珊瑚 Astreopora myriophthalma
	裸肋珊瑚科 Merulinidae	刺柄珊瑚属
木珊瑚科 Dendrophylliidae	陀螺珊瑚属	波形陀螺珊瑚 Turbinaria undata
		不规则陀螺珊瑚 Turbinaria irregularis
		盾形陀螺珊瑚 Turbinaria peltata
木珊瑚科 Dendrophylliidae	陀螺珊瑚属	复叶陀螺珊瑚 Turbinaria frondens

科	属	种
		优雅陀螺珊瑚 <i>Turbinaria elegans</i>
		皱褶陀螺珊瑚 <i>Turbinaria mesenterina</i>
		小星陀螺珊瑚 <i>Turbinaria stellulata</i>
枇杷珊瑚科 Oculinidae	盃形珊瑚属	丛生盃形珊瑚 <i>Galaxea fascicularis</i>
		稀杯盃形珊瑚 <i>Galaxea astreata</i>
石芝珊瑚科 Fungiidae	帽状珊瑚属	小帽状珊瑚 <i>Halomitra pileus</i>
	足柄珊瑚属	壳形足柄珊瑚 <i>Podabacia crustacea</i>
梳状珊瑚科 Pectiniidae	刺叶珊瑚属	粗糙刺叶珊瑚 <i>Echinophyllia aspera</i>
铁星珊瑚科 Siderastreidae	沙珊瑚属	毗邻沙珊瑚 <i>Psammocora contigua</i>
		深室沙珊瑚 <i>Psammocora profundacella</i>
褶叶珊瑚科 Mussidae	棘星珊瑚属	棘星珊瑚 <i>Acanthastrea echinata</i>
	叶状珊瑚属	赫氏叶状珊瑚 <i>Lobophyllia hemprichii</i>

表 5-7 涠洲岛海域珊瑚优势种及其优势度

区域	优势种	优势度 (%)
南湾	澄黄滨珊瑚 <i>Porites lutea</i>	70.6
北港	十字牡丹珊瑚 <i>Pavona decussata</i>	81.4
滴水丹屏	多孔鹿角珊瑚 <i>Acropora millepora</i>	62.3

注：优势度是指优势种覆盖率占总活造礁珊瑚覆盖率的百分比

(三) 珊瑚礁的生态经济功能

珊瑚礁生态系统是海洋生境的一种，同红树林、海草床、盐沼湿地一样，在维持渔业经济、保障生物多样性和保持生态平衡等方面具有重要作用。它在维持自身动态平衡的同时，承担着调节海洋环境、提供海岸保护、阻挡沉积物的功能；它能够通过固氮作用进行海洋氮的循环利用，通过生物作用维护二氧化碳和钙的收支平衡；它是种群的栖息地和避难所，调节热带、亚热带海洋种群食物链的平衡；它的净初级生产力

是人类食物和工业原材料的巨大输出地。珊瑚礁的生态经济功能主要体现在维持渔业资源、为人类提供药物及其他资源、是潜力极大的旅游资源三个方面。

珊瑚礁生物群落是海洋环境中物种最丰富、多样性程度最高的生物群落。珊瑚礁的分布面积仅占全球陆地面积的1%，但生活在其中的海洋生物种类繁多，几乎所有的海洋生物门类都有代表性属种生活在珊瑚礁里面。据报道，世界海洋鱼类中有25%仅分布在珊瑚礁水域。对于居住在珊瑚礁附近的居民们来说，珊瑚礁是获取蛋白质的最佳场所。在濠洲岛，珊瑚礁是维持渔业资源、获得商业价值的重要保障。

珊瑚礁生态系统还为人类提供了丰富的海洋艺术品。珊瑚礁骨质紧密，经精工雕琢可制成精致的工艺品，如雕刻成戒指、佛珠、项链、耳环等首饰以及人像、花鸟虫鱼、珍禽异兽等艺术珍品。此外，珊瑚礁还可以用作建筑材料。

珊瑚礁集热带风光、海洋风光、海底风光、珊瑚花园、生物世界于一体，是发展生态旅游的绝好胜景。珊瑚的形态丰富，颜色各异，黄、红、橙、白、紫、蓝、绿各色应有尽有，美丽非凡，构成仙境般的水下奇观，很有观赏价值。在不破坏自然环境的前提下，游客在观赏珊瑚礁的同时，还可看到各种各样的海底植物及海底动物。在濠洲岛，珊瑚礁资源吸引了大量的游客前来观赏，不仅促进了旅游业的发展，也为当地的居民提供了许多就业机会。由此可见，只要能适度安排旅游观光，并及时做好管理及监测，就能够确保濠洲岛珊瑚礁生态旅游的可持续发展。

总而言之，珊瑚礁是一种生态经济效益很高的海洋生态系统，应对其加以保护，甚至可以说，保护好珊瑚礁，就是保障濠洲岛渔业、旅游业等相关产业的发展。

（四）珊瑚礁的生态保护

珊瑚礁生态系统作为浅海区极具特色的重要的生态系统，具有极高的初级生产力和生物多样性，被誉为“海洋中的热带雨林”。由于珊瑚礁具有极高的观赏价值和药用价值，近年来，濠洲岛珊瑚礁的人为破坏较为严重。因此，无论是为了维持生态系统的完整性与平衡性，还是为了人与自然的和谐发展，对濠洲岛珊瑚礁的保护都迫在眉睫、刻不容缓。

1. 珊瑚礁的白化

珊瑚礁白化是由于珊瑚失去体内共生的虫黄藻或共生的虫黄藻失去体内色素而导致五彩缤纷的珊瑚礁变白的生态现象。早在20世纪30年代人们就认识到在环境胁迫下珊瑚会失去大量的虫黄藻而变白，并首次提到了白化。珊瑚生存环境受高温、高辐射、低温、高（低）盐度、有毒污染物、病毒及这些因素的共同影响，这些因素都能导致珊瑚礁发生白化。目前人们提及的珊瑚礁白化多指由于全球气候变暖（高辐射）导致的大范围珊瑚礁白化事件，它以影响面积大、破坏严重为主要特点。除自然因素以外，不合理的人类活动导致的泥沙淤积、城乡水源污染、挖礁、炸鱼和滥采集珊瑚活体等，

也会使珊瑚礁生态系统面临着严重的退化及白化威胁，尤其是靠近大陆和高密度人群的珊瑚礁，其生存情况更为严峻。

珊瑚礁是全球最大的生态系统之一，然而，珊瑚礁白化却给这个和谐的生态系统带来了灾难。珊瑚礁白化后，珊瑚大面积死亡，造成珊瑚礁生态系统严重退化。珊瑚礁白化后，海藻大量生长，一方面占据了珊瑚礁的固着体，另一方面藻类覆盖在珊瑚上会造成珊瑚窒息死亡。研究表明，当珊瑚礁区的造礁珊瑚较少时，大海藻将大量生长并逐渐成为优势群体，这时珊瑚礁将由海藻型取代珊瑚型。珊瑚礁白化后，其珊瑚骨骼和外层结构易被海浪摧毁。白化事件几年后，会有大量的碎石留在珊瑚礁及其斜坡上，这些破碎的珊瑚骨骼不利于新珊瑚的生长和同着。珊瑚礁白化破坏珊瑚礁的原有结构，减缓珊瑚礁的生长，降低珊瑚的繁殖能力。珊瑚礁发生白化后，尽管有恢复功能，但白化后恢复的珊瑚组成和白化前相比有一定的变化。珊瑚礁白化不仅破坏了礁栖生物的生存环境，还断绝了一些礁栖生物的食物来源。研究发现，珊瑚礁白化后，珊瑚礁区生活的鱼群组成较白化前有所不同，有些种类鱼丰度严重降低，有些则有增加趋势。

珊瑚礁白化后，如果其生活环境有所改善，珊瑚礁可恢复到原来的景象。但从恢复过程来看，完全恢复大范围白化的珊瑚礁需要几年到几十年时间。珊瑚礁白化的恢复有三种方式。其一是原来已经白化的珊瑚重新获得虫黄藻，从而获得新生。白化的珊瑚通过这种方式几天就可以恢复。其二是珊瑚白化死亡后，在原珊瑚体上芽殖出新珊瑚。其三是在珊瑚礁区通过有性生殖或者附近珊瑚礁中的珊瑚浮浪幼体移居重新获得新居住珊瑚。在人类活动较少的偏远海域，珊瑚礁恢复的速度较快。如在澳大利亚大堡礁，由于人类干扰活动相对较少，珊瑚礁白化后的恢复速度较快。而在人类干扰活动较频繁的加勒比海地区，珊瑚礁恢复速度比较慢。此外，一些以珊瑚为食的动物（如棘冠海星）爱吃新移居的珊瑚（尤其是鹿角珊瑚），阻碍了珊瑚礁的恢复进程。

从2005年涠洲岛珊瑚礁的生态调查结果来看，整个涠洲岛海域的死亡珊瑚覆盖率很高（表5-8），珊瑚的死亡时间主要在1~2年内，死珊瑚覆盖率平均为31.4%。北港浅水区的死珊瑚覆盖率最高，达到91.3%。滴水丹屏和南湾浅水区死珊瑚覆盖率分别达到51%和39.7%。不过，深水区（3~5米）死珊瑚覆盖率很低，说明涠洲岛浅水区比深水区珊瑚礁遭到的破坏程度更大。

表 5-8 2005 年涠洲岛海域 1~2 年内死亡的珊瑚覆盖率

区域	死亡珊瑚覆盖率 (%)			备注
	1~3 米	3~5 米	平均值	
南湾	39.7	0	19.8	平均死珊瑚覆盖率为 31.4%
滴水丹屏	51.0	6.7	28.8	
北港	91.3	0	45.7	

2. 保护珊瑚礁的生态意义

保护珊瑚礁一方面能为海洋生物提供生存环境，维护生物多样性，另一方面能促进淤保滩、固岸护堤，保护海岸线。此外，保护珊瑚礁还能缓解温室效应。

在所有的海洋生态系统中，珊瑚礁的生物多样性是最丰富的，其丰富程度只有热带雨林可以与之比拟。珊瑚礁是所有已知海洋栖息地中物种最丰富的地区。珊瑚礁生物群落具有旺盛的生产力，其净生产力比河口区还高。

珊瑚礁能使脆弱的海岸线免于被海浪侵蚀。珊瑚礁就好像自然的防波堤一般，70%~90%的海浪冲击力量在遭遇珊瑚礁时会被吸收或减弱，是对红树林防风消浪的一种有效的补充。目前国内外很多地区都形成了海防林-红树林-珊瑚礁的海岸保护线，均取得了很好的效果。在2004年12月26日发生的印度尼西亚大海啸中，同样遭受海啸冲击的毛里求斯，因为其周围拥有发达的珊瑚礁，几乎没有遭受损失。事实证明，珊瑚礁具有很强的消能作用，可以说，珊瑚礁已成为人类重要的避难所。

珊瑚礁在造礁的过程中，通过体内的虫黄藻吸收大量的二氧化碳，不断地将海水里的二氧化碳转化成碳酸钙。这个过程有助于调节海水中的二氧化碳含量，减缓全球气候变暖的速度，从而缓解温室效应。如果没有了珊瑚，海洋中的二氧化碳含量很可能急剧增加，进而对全球生命体产生不良的影响。

3. 珊瑚礁的生态保护对策

珊瑚礁对人类的重要性不必多说，加强生态保护刻不容缓。以涠洲岛为例，在珊瑚礁的生态保护对策方面，第一，应建立涠洲岛珊瑚礁长期监测机制。通过开展针对涠洲岛珊瑚礁生态系统的调查，对珊瑚礁生态系统进行分级，划分出生态脆弱区域、一般区域以及较旺盛区域；查清珊瑚礁死亡区域、危急区域以及暂且平安区域。同时对珊瑚礁恢复做出评价分析，分为可恢复区域、不可恢复区域以及不需要人工恢复区域等。通过系统的分级调查，针对不同情况分别采取相应的保护措施。此外，还应建立涠洲岛珊瑚礁长期监测机制，掌握珊瑚礁自然生长信息，并加强评估珊瑚礁生态旅游的负面冲击，以确保珊瑚礁生态系统的可持续发展。

第二，应制定珊瑚礁生态功能区划。可邀请中国海洋局等有关部门对涠洲岛珊瑚礁进一步进行详细调查，摸清涠洲岛珊瑚礁生态系统发育状况，并据此因地制宜地研究制定涠洲岛珊瑚礁生态功能区划，合理利用珊瑚礁资源，遏制涠洲岛珊瑚礁生态系统退化情势。

第三，应加强旅游产业的监督管理。珊瑚礁生态旅游为涠洲岛带来了新的收入，保护珊瑚礁无疑比摧毁珊瑚礁更具有经济效益。然而，旅游观光产业也存在着负面影响，要谨慎合理地开发，以确保珊瑚礁的可持续利用。在开展珊瑚礁海底潜水旅游项目前，要对项目进行环境影响评估；在开发新的旅游项目之前，要展开关于如何将项

目影响程度降至最低的研究，准备充足的废弃物处理设备，必要时限制旅游观光客的数量，以防止对环境造成危害。

第四，迫切需要建立珊瑚礁自然保护区。濠洲岛的珊瑚环岛生长（历史上西边没有成礁），群体大，种类多，岛周围的自然环境非常适宜珊瑚生长、繁衍。保护好濠洲岛珊瑚礁生态环境，对于该岛及其海区生物多样性的保持、渔业和旅游业的发展、科学研究和科普教育都具有重要意义。目前在濠洲岛只建立了濠洲岛自治区级鸟类自然保护区和濠洲岛火山国家地质公园，尚未建立珊瑚礁保护区。建立珊瑚礁自然保护区，是保护珊瑚礁生态环境和生物多样性的有力措施。1975年，澳大利亚的大堡礁成为世界上第一个珊瑚礁保护区。该保护区建立后，在保护区及其附近礁区，渔业鱼产量保持稳定并有显著提高的趋势，还带动了生态旅游的发展，从而促进了地方经济的发展。建立濠洲岛珊瑚礁保护区可以使珊瑚资源得到有效保护，并提供良好的研究基地，方便科研人员开展长期的生态监测和研究，进而为珊瑚礁的保护及管理提供科学依据。

第五，应加大珊瑚礁环境保护的监管力度。加强海洋环境执法监察，由环保、海洋、工商、旅游、渔业等有关部门组成联合执法队伍，严厉打击破坏濠洲岛珊瑚礁资源和水生野生动物的行为，严格控制和合理开发珊瑚礁资源，控制通向珊瑚礁区域的通路和航线，规范渔民的作业和捕捞方式，尤其是要坚决取缔炸鱼等毁灭性的捕捞方式，消除对濠洲岛珊瑚礁的破坏性干扰。

第六，应普及珊瑚礁知识，提高人们的保护意识。保护濠洲岛珊瑚礁是一项以保护全民利益为目标的长期任务，需要人们共同的关注和维护，因此普及珊瑚礁知识必不可少。加强珊瑚礁生态保护的教育工作，要向濠洲岛沿海居民、渔民和游客进行全面宣传教育，普及珊瑚礁科学知识，让公众了解珊瑚礁对当地的自然环境和居民生活质量的长远影响，逐步形成群众性的生态科普教育活动，使其自觉避免破坏行为并参与保护工作。可以组织青少年开展以认识和保护珊瑚礁生态环境为主题的夏令营、冬令营等活动，大力推行生态教育，培养具有生态环境保护知识和意识的一代新人。还可以建立公众参与制度，只有公众共同参与，共同保护，才能自下而上地完成对珊瑚礁的保护。

（五）珊瑚礁的蓝碳效应

珊瑚礁是海洋中生产力水平最高的生态系统之一，是海洋中最主要的碳酸盐生产区，其碳酸盐年产率达到全球海洋碳酸盐年产率的7%~15%。珊瑚礁生态系统的碳循环受到有机碳代谢（光合作用、呼吸作用）和无机碳代谢（钙化、溶解）两大代谢过程的共同作用，过程十分复杂。珊瑚礁植物的光合作用保证了有机碳的有效补充，动物摄食及微生物降解等生物过程驱动了珊瑚礁区有机碳高效循环，只有不超过7%的有机碳进入沉积物。向大洋区水平输出的有机碳通量变化幅度较大，主要受到水动力条

件的影响。由于其高生产力水平、高碳酸钙生产量、快速变化的生态特征和复杂的理化环境，珊瑚礁的碳循环过程虽然一直备受关注，但关于现代珊瑚礁究竟是大气二氧化碳的“源”还是“汇”的认识却一直存在较大的争议。珊瑚礁由于净钙化作用导致海水中二氧化碳的分压上升而表现为大气二氧化碳的“源”，但 Kayanne 等人在 Shiraho 岸礁的研究表明，其也存在“汇”的可能。近年来，广西大学余克服研究团队通过对南海珊瑚礁的三种主要类型（岸礁、环礁、台礁）开展夏季珊瑚礁区海-气二氧化碳的连续观测研究，得出南海珊瑚礁夏季为大气二氧化碳“源”的结论。同时，他们对海南鹿回头岸礁进行了不同季节的现场观测研究，海-气二氧化碳通量的研究结果显示，不同季节鹿回头岸礁均表现为大气二氧化碳的“源”，在生产力水平最高的夏季其“源”的作用最强。

珊瑚礁作为发育在热带及部分亚热带海域的具有高生产力水平的生态系统，其有机碳的循环效率很高，虫黄藻等藻类的光合作用是有机碳输入的稳定来源，直接影响到珊瑚礁生态系统的发育。同时，作为必要的补充，珊瑚礁生态系统也必然从礁外海水和生物中输入了碳。无机碳是珊瑚礁生态系统中碳的主要存在形式，其总碳的收支主要受溶解平衡与钙化作用的控制。珊瑚礁区碳酸盐沉积（无机碳代谢）是全球碳酸盐库的重要组成部分，年累积量达到全球碳酸钙年累积量的 23%~26%，是影响大气二氧化碳浓度的重要因素。珊瑚礁是大气二氧化碳的“源”还是“汇”取决于净有机生产力与净无机生产力的比值，当比值小于 0.6 时，珊瑚礁区是大气二氧化碳的“源”；反之，则是大气二氧化碳的“汇”。

但从地质年代的长时间尺度看，由于珊瑚礁不断积累碳酸钙，应是大气二氧化碳的“汇”。在珊瑚白化和死亡现象日趋严重的今天，保护好珊瑚礁，加强对珊瑚礁碳循环的研究，对全球碳汇，尤其是海洋蓝碳的认识与利用，显得尤为迫切和重要。目前，对珊瑚礁的研究，已经从单一礁体的短期研究发展为对不同位置不同类型的礁体进行长期的观测研究，而且不断地引进一些新的分析研究手段。但是，珊瑚礁的研究仍然存在很多亟待解决的问题，如珊瑚礁常发育在营养贫瘠的热带海区，但其却有较高的初级生产力水平和几乎为零的净生产力，它们如何维持较高的生产力，其高效的物质循环机制又是什么，等等。