

# 第一章 红树林

从天空中看，地球只有三大自然生态系统，即海洋生态系统、陆地生态系统和湿地生态系统。红树林是生长在热带、亚热带潮间带滩涂上的乔木和灌木森林的统称，是分布在三大生态系统边界上的特殊森林。涨潮时红树林被海水浸泡甚至被淹没成为“海底森林”；退潮时红树林挺立在松软的滩涂上，构成一道海岸绿色长城。红树林生态系统具有消浪护岸、维护海洋渔业资源和近海生物多样性、净化海水、固碳储碳、改善海岸景观、科学研究与教育等方面的生态服务价值，在全球 16 种主要生态系统中排名第四。

## 一、国内外红树林资源概况

随着经济社会的发展，不合理的开发利用使全球红树林遭受严重破坏。据联合国相关机构和国外学者的统计，1980~2000 年，全球红树林至少丧失了 20%~35%，年均减幅 1% 以上；2000 年，全球红树林仅存约 1500 万公顷。2017 年 7 月 26 日，联合国教科文组织总干事伊琳娜·博科娃女士在保护红树林生态系统国际日的致辞时称：沿海红树林是地球上面临最严重威胁的生态系统之一。按照目前的估计，迄今已经失去的红树林高达 67%，若不加以保护，100 年后几乎所有红树林都可能消失。

全球范围内组成红树林的真红树植物有 73 种。印度尼西亚、菲律宾、泰国、越南、马来西亚、柬埔寨等国家是全球红树林的分布中心，红树物种最丰富，红树林面积合计约为 480 万公顷。以红树林分布区域面积为依据，拥有红树林面积最大的前 5 个国家依次是印度尼西亚、巴西、澳大利亚、墨西哥、尼日利亚。1999~2003 年，前两者拥有红树林面积分别占全球红树林总面积的 21% 和 9%。

我国现有真红树植物 27 种（其中 2 种为引种），半红树植物 12 种，主要分布于海南、广东、广西、福建和浙江五省（区）（图 1-1）。



图 1-1 热带红树林景观

学术界普遍认为，2013年全国红树林有林面积为25311.9公顷；而第二次全国湿地资源调查（未包括港澳台和海南省三沙市）的数据为34472.1公顷。对此，业内在很大的争议。导致这一巨大差异的主要原因是广东省的湿地资源调查数据比学术界数据高出7620.3公顷；其他省（区）的红树林有林面积差别不大。如果湿地资源调查数据属实，那我国是全世界红树林保护方面最了不起的国家——12年来全国新增红树林面积12447.1公顷，比2001年多出56.51%，年均增长率高达2.57%（表1-1）。

表 1-1 我国红树林有林面积与省（区）分布

单位：公顷

年份	海南	广西	广东	福建	浙江	合计	资料来源
2001年	3930.3	8375.0	9084.0	615.1	20.6	22025.0	全国红树林资源调查，2002
2013年	4891.2	7328.0	12130.9	941.9	19.9	25311.9	学术论文
2013年	4736.1	8780.7	19751.2	1184.0	20.1	34472.1	第二次全国湿地资源调查，2009~2013

调查方法和标准对调查结果影响极大。在第二次全国湿地资源调查中，红树林的定义为有林地，且郁闭度大于20%。这么低的郁闭度有林地判定标准，可能会导致：①在河口海湾，一年生红树林的成活率往往高达90%，郁闭度也可达到20%，可这时的幼林极不稳定，两三年后往往大量死亡，甚至不见踪迹。这就是学术界建议红树林人工造林最终验收要在造林3年以后，前期的一两年只能是阶段性验收的缘故。②在野外现场查证时，要准确判断20%郁闭度的林子边界在技术上实属不易，常常会导致不少林斑之间的裸滩被笼统地划归为林子。正是基于以上原因，笔者倾向于将第二次全国湿地资源调查数据作为红树林湿地面积，而不是严格意义上的有林面积。令人匪夷所思的是，除广东省外，其他4个省（区）的数据倒像是有林面积。总之，在对待我国红树林有林面积问题上谨慎保守点比较好。

我国历史上有红树林约25万公顷，20世纪50年代有红树林约5万公顷。与历史相比，目前我国红树林有林面积大幅减少。我国现有各种级别的红树林自然保护区22个，其中国家级自然保护区6个、国际重要湿地5个、人与生物圈世界保护区1个，红树林保护面积约占中国红树林总面积的77%。近15年来，我国红树林面积虽有所增加，但红树林质量与红树林生态系统健康状况却面临严峻挑战。

我国位于全球红树林分布的北缘，受自然地理条件的限制，红树林面积只占全球红树林总面积的0.17%。随着“海上丝绸之路”建设的推进，在彰显我国应对全球气候

变化和生态保护“负责任大国”形象、展示新发展理念、引领生态经济发展等方面，红树林有着不可替代的作用，尤其是广西作为我国面向东盟国家的前沿，更应该保护和治理好红树林。

## 二、红树林的“宅基地”

强拆饱受社会诟病，而这一幕也发生在海洋里。过去30年，我国沿海地区普遍认为砍伐红树林腾出地方来修建港口码头、滨海新城、工业区等是头等大事，砍伐少量红树林没有必要小题大做，因为大家认为还有那么多的滩涂，人工异地种植就可以补偿了。殊不知，他们指定的滩涂绝大部分由于地势太低而无法生长红树林，如果要在这种不适合的滩涂上造林就必须辅以工程手段，不仅造林成本高昂，林子稳定性也差。例如，在风高浪急、水深的滩涂上种植红树林，红树植物幼苗会受到藤壶、牡蛎等海洋固着动物的攻击，枝干和叶片上会密密麻麻布满贝壳，植株幼苗不是被绞杀就是被压断，很难生长（图1-2、图1-3）。这样的滩涂叫“困难滩涂”。



图1-2 人工营造红树林失败的“困难滩涂”

任何一个物种都有自己的特性，在自然界中有明确的分工，占据不同的生存空间，完成不同的任务，即物种的“生态位”。红树林生长除要求温暖的气候、周期性潮汐淹没、滩涂高于平均海平面外，对海岸地形地貌类型也很挑剔。红树林喜欢生长在风平浪静、有淡水补充的海区，如河口、海湾、海汊等。由于广西北部湾沿海大多为开阔海岸，淡水补充少、盐度高、潮差大、风浪急，这里的红树林虽然比较矮小，但能在这样的环境中繁衍生息就已经很不容易了。我们应该崇拜它的顽强，而不应该随意伤害它，何况它还带给我们美味佳肴，保护着我们的安全。



图 1-3 深水区被藤壶绞杀的红树林

如今适合红树林生长的宜林滩涂绝大部分已消失，变成了今天的海堤和海堤陆侧的虾塘、港口码头、耕地及高楼大厦。在逐渐富裕起来的今天，如果我们还毫无节制地占用这样的滩涂，侵占红树林最后的“宅基地”，后果可想而知。

### 三、高超的生存本领

#### （一）胎生漂泊史

在某一海湾，生长在岸边的红树植物身上结满了果实，果实妈妈里头的种子似乎



图1-4 秋茄胎生苗

急于想看到外面精彩的世界，还等不到果实脱离母树，种胚就在妈妈的体内萌发了，一端形成子叶，一端成为胚轴。子叶连着妈妈，胚轴则不断生长，连续突破了种皮和果皮，形成一根根挂在树上的显胎生小苗。秋茄、木榄、红海榄等便属于显胎生红树植物（图 1-4 至图 1-6）。如果胚轴只突破种皮而不突破果皮，那么这样的胎生苗就称为隐胎生苗，如白骨壤、桐花树等。这些胎生小苗继续生长，直到有一天它们认为自己足够强壮，可以离开妈妈独自到大海里一展身手了，就会勇敢地脱离母树，落到树下的滩涂上，或就地生长，或随波另觅生境，子叶端生长枝叶，胚轴端生长根系。

一株母树孕育出来的成百上千株胎生苗兄弟走向大海的结局却大相径庭。它们中的绝大部分被潮水

带走，葬身大海，能漂到海滩上的寥寥无几，最终繁衍出一片林子、传唱着生生不息的生命之歌的强者更是少之又少；少部分胎生苗幸运地直接插入树下的土壤中生根发芽；还有相当一部分胎生苗因为跟土壤接触不良，或者受到蟹类等海洋生物的啃咬而最终死亡。总的来看，1万株胎生苗中，能长大并传宗接代的也就5株左右，其余的要么夭折，要么早衰。洋流和潮流是红树林散布其家族的载体，流水与混合让自然界“全球一体化”，并在一定程度上诠释了全世界红树植物种类不多（只有73种），且遗传多样性非常低的缘故。

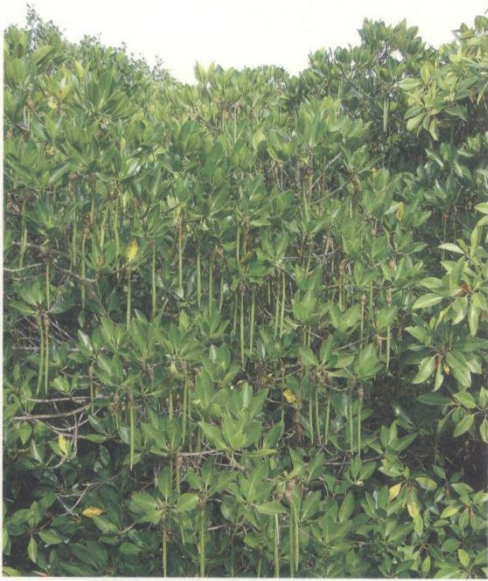


图1-5 红海榄胎生苗

红树林生长的环境不缺水，为什么有的胎生苗生根，有的不生根呢？研究发现，控制它们能否生根的“开关”是光。当胎生苗根端的光照强度大于一定值时胎生苗不生根，黑暗则促进其生根，这一特性叫作“光休眠”现象。“光休眠”对红树植物胎生苗而言是生死攸关的生存手段。在大海中漂流的胎生苗不生根或少生根，这样胎生苗可以保存营养和能量，漂得更远，提高生存概率。一旦胎生苗被推到岸边，根端与土壤接触而遮光，就等于告诉胎生苗宝宝：你已经安全到达目的地，可以开始生根萌芽了。如果胎生苗在漂流中萌根生长，它们在水中不能进行有效的光合作用，得不到养分补充，只能耗费体内原有的物质和能量，最后就会“饿死”。

只能耗费体内原有的物质和能量，最后就会“饿死”。



图1-6 用于造林的秋茄胎生苗

但并不是所有的红树植物都以胎生方式繁殖后代，事实上，多数红树植物不具备胎生现象。在国内的27种真红树植物中，超过一半的种类不以胎生方式繁殖后代。然

而，红树植物繁殖体均有各式各样的适应漂浮的机制，它们的密度低于海水，能够随海水漂流。

## （二）奇形怪状的地上根系

红树植物生长在松软的淤泥质滩涂上，常年经受风吹浪打，需要有强大的根系支撑，而缺氧的土壤不利于根系的生长。红树植物通过形成多种多样的气生根以适应潮间带环境。形态多样的气生根是红树植物最明显的形态特征，也最容易引起参观者的注意。红树植物气生根有支柱根、膝状根、表面根、板状根、呼吸根（笋状呼吸根和指状呼吸根）等类型。气生根较好地解决了红树植物机械支撑和呼吸这一对矛盾。

### 1. 支柱根

支柱根主要生长在红树属植物上，如红海榄和红树。发达的支柱根是红树属植物主要识别特征之一（图 1-7）。支柱根从主干或侧枝斜向下伸出，扎入土中，有时还会形成分枝，少则几十条，多则上百条。红树植物发达的支柱根有时使人很难判断哪个是主干。白骨壤、秋茄和老鼠簕等植物常有支柱根发育。



图 1-7 红树林的支柱根

### 2. 膝状根

膝状根主要生长于木榄、海莲、尖瓣海莲等植物，角果木、榄李等也常有膝状根发育。水平生长的根系每隔一段便向上生长形成一露出土壤表面的弓环，露出部分次生长，成为膝盖状的呼吸根。膝状根表面分布有较多皮孔。由于次生生长的不同，因此膝状根常呈蘑菇状、碗状、山峰状、塔状。膝状根是木榄、海莲、尖瓣海莲等植物根分枝的主要部位。

### 3. 表面根

红树植物的地下根系部分裸露出地表，暴露于空气中，以利于退潮时能更好地吸收氧气，这种根系即为表面根。木果楝和海漆的表面根有区别：木果楝表面根的形成是由于地下水平行走的根远地侧异常次生长而突出土壤表面，因根弯曲如蛇形，所

以也有人称之为“蛇形根”；海漆表面根的形成只是根正常加粗后突出土壤表面的结果。

#### 4. 板状根

板状根是一种热带木本植物所特有的板状不定根，可看成是一种气生根。板状根是乔木的侧根向外异常次生长所形成的，树干基部如同被木板固定而直立，通常辐射状生出，常为3~5条，并以最为负重的一侧发达，在土壤浅薄的地方板状根更易形成。红树植物秋茄、银叶树具有明显的板状根。日本、澳大利亚的银叶树板状根高度可达1.7米。板状根可大大增强植株的机械强度，以利于抵御急流和风浪。

#### 5. 呼吸根

呼吸根是一种变态根。长期生长于沼泽地带或水边的植物，由于土壤中缺乏空气，造成根部呼吸困难，为适应这种环境，一部分根背地向上生长，露出地面，增强根呼吸。这类根有发达的通气组织，表皮又有皮孔，有利于运送空气和储存氧气。白骨壤和海桑具有典型的呼吸根。白骨壤的呼吸根高度一般为10~25厘米，像人的手指般粗细，因此也叫“指状呼吸根”。白骨壤的呼吸根有时均匀地密布于海滩上，每平方米可多达400条；有时随地下缆根呈一字形旗杆排列，伸离树茎10多米。白骨壤呼吸根的延展面积常常比树冠大几倍到几十倍。白骨壤的呼吸根折断后可以再生。当白骨壤的呼吸根被海水淹没时，根内海绵组织储存的氧气被利用而导致浓度下降；退潮后呼吸根暴露于空气中，又重新吸收氧气补充到呼吸根中，以便下次涨潮时使用。这些特点使白骨壤既可以顽强地抵御风浪的袭击、耐受缺氧环境，又可以在贫瘠的土壤中扩大吸收养分的地盘。白骨壤的这些本领，使它成为红树植物中抗逆境能力最强的种类。海桑的呼吸根生长期长，像竹笋一样可以长高长粗，因此也称为“笋状呼吸根”。海桑的呼吸根一般可长到1.0~1.5米高，最高可达3.0米。

#### (三) 抗盐保水

在高盐环境中生长的红树植物，首先要保证有足够的水分供应，在尽量节约利用水分的同时又要将体内多余的盐分及时排出。红树植物的根系是非常有效的过滤系统，可将根系吸收水中的大部分盐分过滤掉。秋茄、木榄、海莲等的过滤效率可达99%，它们因过滤效率较高而被称为“拒盐植物”。白骨壤、桐花树、老鼠簕因其叶片表面具有盐腺，可以主动富集盐分并把多余的盐分排出去而被称为“泌盐植物”。红树植物还可以利用落叶的方式，把植株多余的盐分集中在老叶上，落叶时一并排除。红树植物的叶片有典型的旱生植物特点，叶片往往较小，革质或肉质化程度较高，被认为是避免盐分浓度过高的一种稀释机制。在这些途径中，根系拒盐是所有红树植物避免盐分过度累积的最重要的机制。

红树植物通过积累大量渗透调节物质的方式来实现叶片的低水势，从而增强从海水中吸收水分的能力。渗透调节物质有两类：一类是无机离子，主要是钠离子、氯离

子、钾离子等；另一类是可溶性糖、脯氨酸、甜菜碱等有机小分子物质。红树植物主要通过积累无机离子进行渗透调节，如白骨壤叶片中无机离子对渗透调节的贡献率超过80%。在满足渗透调节的前提下，尽量减少盐分的吸收是所有红树植物的共同特征。

红树植物生长的环境并不缺水，但是水及沉积物含盐量很高，大大限制了红树植物对水分的吸收，热带、亚热带地区的高光强和高温环境又加剧了水分的流失。因此，几乎所有的红树植物在最大程度吸收水分的同时，都采取了节约用水的策略。红树植物吸收水分的能力主要通过保持叶片较高的渗透势来实现，而其节约用水策略在叶片的形态及结构中也得到了充分体现。与沙漠植物相类似，红树植物的叶片通常厚、革质或肉质、小型、有光泽、全缘、表皮组织有厚膜且角质化，气孔常藏于表皮下或叶背。红树植物还有其他一些保水机制，如除个别种类外，红树植物叶片肉质化程度均在0.025克/厘米<sup>2</sup>以上；秋茄、白骨壤、红海榄的叶片则具有复表皮，防止不必要的水分散失；白骨壤的叶背密生绒毛，可减少水分蒸发；木榄能够调节叶片生长角度而使其与光线平行，减少有效叶片失水面积。

#### （四）海洋中的“木乃伊”

红树植物的根、茎、叶和果实均富含单宁，树皮中的单宁含量更是高达8%~30%，使红树植物树皮内部呈红色，红树林也因此而得名。单宁苦涩，具有收敛作用，是一种广谱抗菌剂。红树植物的单宁含量丰富，适口性差，避免或减少了海洋动物对植物体的直接啃食，同时抑制了有害微生物的活动，增强了红树植物的抗病力和抗海水腐蚀的能力，因此可以喻之为“海洋木乃伊”。树上未成熟的果实、胎生苗因单宁的存在而减少了昆虫危害，增加了繁殖机会。单宁在胎生苗的海上漂流中则显示出了更为重要的化学保护作用。单宁具有很强的络合性和螯合性，能够与进入植物体内的重金属离子和过量的海水盐离子结合，沉淀为对植物体无害的物质，起到解毒作用。单宁提高了红树植物在高温、水浸、生物危害严重的海岸沼泽中的自我保护能力，富含单宁是红树植物适应潮间带生境的重要特征之一。

### 四、红树林的作用

#### （一）生命守护神

2004年12月26日，印度洋地震引发的海啸袭击了印度尼西亚、泰国、孟加拉国、斯里兰卡、印度等国家，造成约30万人死亡。仅在印度尼西亚苏门答腊岛的亚齐，海啸横扫了15%的地区（约38平方公里），17万生灵永远消失于漫漫大海中，城区满目疮痍。灾难过后，呈现在世人面前的是有高大茂密红树林的地区其死亡人数和财产损失情况明显较低。亚齐海岸原先生长有红树林，但这些红树林几乎全部被围垦成虾塘。没有了缓冲林带，巨浪肆无忌惮，是亚齐损失惨重的重要原因之一。海啸后一株木麻



黄（高约 20 米）生存了下来，据当地居民称，该树救了 12 条人命。2005 年 12 月 25 日，英国广播公司(BBC)报道，世界保护联盟(IUCN)对比了斯里兰卡被海啸巨浪袭击的两个村庄的死亡人数，发现有茂密红树林和灌木庇护的村庄死亡 2 人，而没有类似植被的村庄死亡 6000 人。血的教训促使 IUCN 在东南亚启动了“红树林未来”国际项目，利用欧洲的赠款帮助东南亚国家种植红树林。

比起平均 4 年一次受大小海啸影响的印度尼西亚，我国是远离海啸的幸运国家。然而，赤道附近国家没有的台风却永远不会忘记“光临”我国的东南沿海。台风移近海岸时可增高海潮，引发巨浪，冲垮沿岸海堤、淹没农田、掀翻渔船、摧毁村庄和生产设施，造成人员伤亡和经济上的巨大损失。每年的夏秋季是我国东南沿海台风的多发季节，也是海岸红树林减灾作用最显著的季节。红树林对海岸的保护和减灾作用的实例在我国俯拾即是。海南省陵水县的黎安港堤围外原生长着 3000 米长、宽数十米的红树林带，使堤围和堤围内的农田及村庄平平安安。自从砍伐红树林，使红树林滩涂沦为裸滩后，堤同常常被海浪冲出缺口(图 1-8)，海水淹没农田，农业生产十年九不收。海南省文昌市冯家港段因红树林被毁，海岸侵蚀加剧，海岸线后退速度曾经高达每年 15 米。



图 1-8 缺少红树林庇护而受损的海堤

红树林枝干繁茂，根系发达且盘根错节，在正常的涨退潮过程中，林内海水的漫流和排泄流速仅为无红树林裸滩的 25%~33%；在狂风巨浪中，红树林可有效地减轻波浪对堤身的淘刷和对海岸的侵蚀。红树林消浪护岸的作用与林子结构有密切关系。研究表明，作为防浪护岸林一般要求红树林覆盖率大于 40%，林子宽度达到 100~150 米，林子高度达到 2.5 米（小潮差区）和 4.5 米以上（大潮差区），这样才能产生较好的消浪护岸效果。遗憾的是，我国东南沿海至少 85% 的海岸没有红树林庇护，北部湾沿海不少地方的红树林高度小于 2.5 米。

## （二）蓝色碳汇硬通货

碳排放导致的温室效应、气候异常和海平面上升正在影响着每一个地球人，成为

一个国际环境政治问题。与陆地森林相比，红树林的面积实在是太小了，能跟气候扯上边儿吗？

我们知道，植物吸收大气中二氧化碳制造碳水化合物的过程叫作光合同碳。如果植物固定下来的碳经过一系列复杂过程后又很快回到大气中，就不能对降低大气中二氧化碳浓度做出贡献。例如，水稻的光合同碳能力很强，可储备碳的能力不强，因为我们消费大米后通过呼吸、排泄又将大部分碳排放回到大气中了；稻草和根系留在田里腐烂做肥，其中的碳最后也大部分排放回到大气中了。只有那些被植物固定后存储在植物体或土壤中、三五十年内不再回到大气中的碳才是有效固碳，即碳汇或碳储量。因此，有效的同碳不仅取决于植物的光合同碳效率，也取决于植物的储碳能力。

以中国科学院院士方精云为首的研究团队于2018年4月18日在《美国科学院院刊》上发表了“生态系统固碳”重大研究成果：2001~2010年，中国陆地生态系统年均固碳2.01亿吨，相当于抵消了同期中国石化燃料碳排放量的14.1%。其中，森林生态系统贡献了约80%的同碳量，农田生态系统和灌丛生态系统分别贡献了12%和8%的固碳量，草地生态系统的碳收支基本处于平衡状态。可见，陆地生态系统具有强大的固碳作用，可依然不足以平衡人类活动所释放的碳总量，于是人们将目标投向了海洋。相对于陆地的“绿碳”，海洋中的碳统称为“蓝碳”。尽管海洋中生长的全部植物的重量只有陆地所有植物重量的0.05%，但得益于浩瀚的洋面和巨大的水体，海洋每年的固碳量不仅和陆地植物相当，而且还储存了地球上93%的二氧化碳，每年清除掉30%的二氧化碳排放量。

研究发现，海洋中的浮游植物、红树林、盐沼草、海草床等是“蓝碳”的主力军。有报道指出，热带原生红树林储碳能力是同面积的亚马孙热带雨林的6倍。可见红树林在碳问题上“吃多吐少”，是地球上捕获二氧化碳和储碳的明星。我国科学家的研究表明，从福建到海南东海岸的红树林每年净固碳量达7.2吨/公顷。这些碳除自身呼吸消耗、落叶落果输送到海洋外，其他的被长期保留在活树木和土壤中，活树木的碳在50吨/公顷以上，土壤中的碳超过108吨/公顷，合计超过158吨/公顷。红树林土壤之所以成为储碳的主要场所，是因为红树林根系发达，其地下部分的重量占整个植物总重量的60%左右，新陈代谢死亡的根系直接累积为土壤碳储，并被海岸沉积的淤泥不断填埋到深处（图1-9）。此外，红树林根系纵横交错，有利于海水悬浮物的沉积，河口等外部输入的碳会在林区内沉积、堆埋，最终形成泥泞的滩涂。

欧洲的威尼斯风光迷人，可在1560多年以前那里还是一片泥泞的沼泽。当时逃难的人们将大量的原木打进淤泥中构筑地基，硬是在一片荒芜的沼泽上逐步建起了今日的“海上漂浮宫殿”，且千年不倒。其中的奥秘就是湿地土壤缺氧，微生物活动受到抑制，木材不易腐烂，土壤中的碳被长期堆埋封存。总之，湿地是地球上最重要的储存

碳的地方，红树林则是滨海湿地固碳的森林高手，是捕获二氧化碳的神奇机器，是碳的“终结者”与“黑洞”。



图1-9 蕴藏碳汇的红树林滩涂

“蓝碳”的存在形式很多，但至今已被国际公认、无争议、技术上能计量、经济上可交易的却很少，目前只有红树林成为“蓝碳国际硬通货”。为履行国际气候变化协定承诺，国家海洋局于2015年提出了“推动实施蓝碳行动”。2016年5月成立了蓝碳工作组，做出了实施“蓝色港湾”“南红北柳”重点工程的决定。2017年5月《全国沿海防护林体系建设工程规划（2016-2025年）》提出，将在全国新造红树林48650公顷，其中广西16500公顷，这个任务分别是全国现有红树林面积的1.92倍，广西现有红树林面积的2.28倍。

2016年4月22日，全球100多个国家在纽约共同签署了《巴黎气候变化协定》，并于2016年11月4日正式生效。能否履行并主导《巴黎气候变化协定》，是衡量一个国家能否成为世界负责任大国的表征之一。2017年6月1日，美国宣布退出这个协定，而我国不仅是协议缔约国，还是积极行动者和推动者，这必然会在环境问题上增加我国的国际话语权，提升负责任大国形象，助推大国崛起。我国陆地生态系统只能吸收14.1%的我国石化燃料碳排放量，为了弥补固碳缺口，海洋“蓝碳”成为国家战略资源，而红树林是目前国际上公认的唯一“蓝碳”资源。2017年4月19日，习近平总书记在北海金海湾红树林生态保护区考察时明确指出“一定要尊重科学、落实责任，把红树林保护好”。在碳汇问题上，我国提出了“参与、贡献、引领”的战略方针。

综上所述，在全球气候变化和环境治理的背景下，作为“固碳神器”的红树林不再是以往我们印象中单纯的树林，在一定程度上它寄托着人类对地球家园前途的深深忧虑与期望。

### （三）近海生物多样性的摇篮

红树林湿地是连接陆地与海洋的重要枢纽，具有独特的地貌特征，内部构造复杂多样，集海洋与陆地的普遍性与特殊性于一体，具有强大的包容性，为数以千计的海洋生物提供了生存、觅食、繁衍的环境。红树林地上部凋落的花、果、树叶、枝条及地下部死亡的细根经微生物的分解，为底栖动物提供了丰富的有机碎屑型食物；红树林的呼吸根、支柱根、树干及松软的滩涂为底栖动物提供了多样的栖息地和安全的庇

护地，从而使林区成为多姿多彩、生机勃勃的动物世界。

据 2007 年统计数据，我国红树林湿地共记录有 2895 种生物。其中，真菌 136 种，放线菌 13 种，细菌 7 种；小型藻类 441 种，大型藻类 55 种；维管束植物 37 种；浮游动物 109 种，底栖动物 873 种，游泳动物 258 种；昆虫 434 种，蜘蛛 31 种；两栖类 13 种，爬行类 39 种；鸟类 421 种；兽类 28 种。这些生物中，有 8 种国家一级保护动物，75 种国家二级保护动物。我国红树林湿地单位面积的物种丰度是海洋平均水平的 1766 倍。如果加上近 10 年的新记录种，尤其是微生物、微藻和昆虫方面的新发现，则我国红树林的生物种数肯定超过 3000 种。红树林湿地是我国濒危海洋生物生存和发展的重要场所，是近海许多动物的“托儿所”和“幼儿园”，在跨国鸟类保护中也有重要作用。红树林生态系统中的许多物种是传统的经济种类，如青蟹、中华乌塘鳢、大弹涂鱼、泥丁（可口革囊星虫）、沙虫（光裸方格星虫）、牡蛎、中华鲎和各种贝类等（图 1-10、图 1-11）。在亚洲一些国家，红树林生态系统高度发达，除海洋动物外，林内还生活着梅花鹿、长鼻猴、猕猴甚至老虎（图 1-12、图 1-13）。

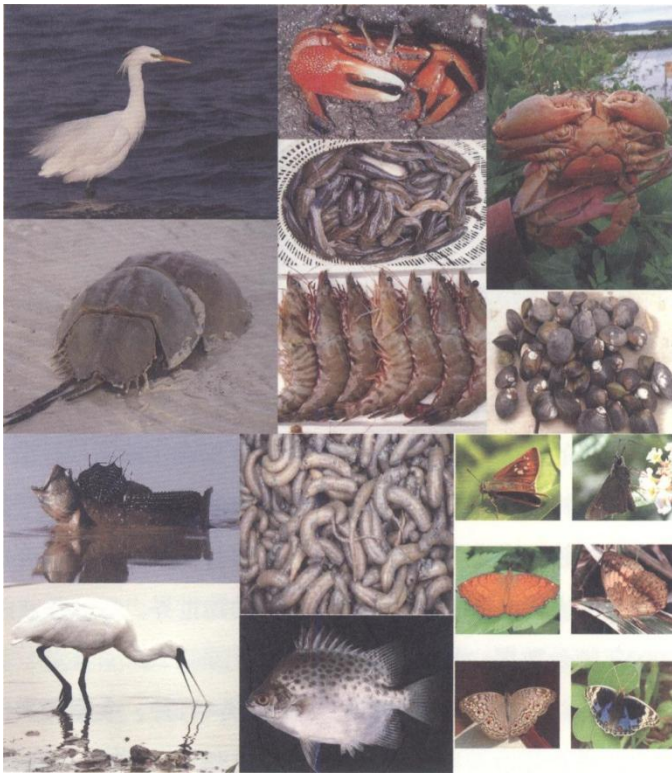


图 1-10 红树林生态系统的生物多样性



图 1-11 广西红树林海区的贝类养殖



图 1-12 生活在孟加拉国红树林区的梅花鹿



图 1-13 生活在孟加拉国红树林区的猕猴

红树林以很小的森林面积支撑起数千种生物的“大厦”，这在地球上十分罕见。谁敢确定某些物种将来不会给人类创造出巨大的经济效益？在食品安全风声鹤唳的今天，天然海鲜已成为奢侈生活的象征。今天社会上有一种说法：“40年前猪吃的东西如今成为富豪们追逐的目标。”如果连猪吃的东西都没有了，再有钱，活着还带什么劲？保护生物多样性的意义可见一斑。人永远是自然界中渺小的尘埃，自然界互利互惠的法则如今已成为我国转型发展的“生态文明”国策，这是一个民族在经济高速发展付出巨大环境代价后的大彻大悟与理性回归，必将写人民族复兴的伟大史册。

#### (四) 海岸水质净化带

众所周知，海洋的污染物主要源于陆地。随着经济社会的快速发展，人类生产生活产生的大量污染物通过河流、排污口和雨水冲刷等方式进入近岸海域（图 1-14），使海水污染加重、水质恶化。红树林因其独特的生长地理位置，在海水污染带来的危害中首当其冲。但由于红树林湿地具有独特而复杂的净化机制，使其出淤泥而不染，能够持续净化水质、庇护生物，令湿地鱼游虾戏、鹭鸟齐飞，一派生机盎然。而这一特殊的净化机制，主要是通过土壤—植物—微生物复合生态系统的物理、化学和生物的共同作用实现的（图 1-15）。



图 1-14 红树林区的海漂垃圾



图 1-15 红树林净化水质的过程

##### 1. 微生物的净化作用

红树林湿地里还有另外一群“看不见”的净水物质，那就是细菌、放线菌和真菌

等微生物。这些微生物种类丰富，据不完全统计，我国红树林湿地有真菌 136 种、放线菌 13 种、细菌 7 种。丰富的微生物是污染物降解的重要基础，不同污染物在红树林湿地都能找到相应的克星。在硝化细菌和反硝化细菌的共同作用下，红树林湿地的大部分氮或转变为植物易吸收的氨氮，或变成氮气逸出湿地。海水中的大分子含磷有机化合物能被一些红树林湿地微生物降解为可供植物吸收、土壤吸附的无机化合物（如磷酸盐）。有些红树林湿地微生物能将海水中的重金属元素吸附并固定至土壤中。还有些红树林湿地微生物能有效降解石油类大分子有机化合物，尤其降解柴油的能力较强。研究显示，在柴油污染红树林湿地 1 个月后，柴油可被微生物降解 70% 以上。还有些红树林湿地微生物能有效降解农药，对农药甲胺磷等的降解率是同潮带光滩微生物的 2~3 倍。红树林湿地微生物的作用远不止这些，对那些难降解的持久性有机污染物，甚至抗生素，都能有效降解。从红树林土壤中分离出的降解菌能以茚、菲和苯并[a]芘等持久性有机污染物作为生长的碳源，降解效率分别为 100%（28 天后）、100%（28 天后）和 32.8%（63 天后）。此外，对虾养殖常使用诺氟沙星、恶喹酸、甲氧苄啶和磺胺甲恶唑等抗生素防治病害，这些抗生素随养殖废水流入红树林后，导致红树林湿地产生耐药性强的细菌，加快了对上述抗生素的降解，降解速率比抗生素废水流入之前分别提高了 50.5%、55.5%、41.3% 和 40.0%。

微塑料是指直径小于 5 毫米的塑料颗粒，主要源于直接排放的小塑料颗粒以及大块塑料垃圾降解产生的碎屑。自 20 世纪 40 年代塑料大规模生产以来，全球生产和使用塑料的数量急剧上升，生产生活中未被有效处置的塑料垃圾以碎片或颗粒等形式进入海洋，导致海洋产生微塑料污染。微塑料污染不仅会影响海洋动物的生长发育，降低它们的繁殖能力，还会通过食物链的传递富集作用，进而威胁人类的健康。据估算，全球海洋塑料碎片超过 5 万亿个，总重量超过 25 万吨。这些塑料碎片需要数十年甚至上百百年才能降解！而红树林湿地微生物在降解海洋塑料上同样发挥着重要作用。当海洋微塑料随海水涌入红树林湿地后，被红树植物发达的根系过滤、沉降固定于土壤内，并在微生物的作用下逐渐降解。有研究表明，聚羟基脂肪酸酯(PHA)和聚羟基丁酸酯(PHB)两种塑料埋在红树林土壤 112 天后，4.5% 的 PHA 被降解，PHB 则被完全降解；而塑料单体对苯二甲酸二甲酯和增塑剂邻苯二甲酸二丁酯在红树林微生物的作用下均可被快速分解。

## 2. 土壤的净化作用

红树林林下堆积的厚厚淤泥是鱼、虾、蟹、贝等海洋生物的理想栖息地。那么，这层厚厚的淤泥是如何形成的呢？科学研究证实它主要有两种形成机制：一种是红树植物凋落的枯枝败叶、花、果及海洋生物死亡后堆积而成；另一种是涨潮或海浪冲击时，海水将泥沙等颗粒物带入红树林中，在红树林阻滞作用下逐渐沉降淤积而成。红

树林枝繁叶茂、根系发达，就像一张张密密的网，即便潮水退去也难以将沉积下来的淤泥带走。如此日积月累，便形成了大量淤泥淤积的独特地质地貌。

可别小瞧了这些看起来脏兮兮、黏糊糊的淤泥，它们的作用大着呢，在净化海水的过程中相当于家用净水器中的活性炭！这些淤泥酸度高，黏粒、有机质含量丰富，并呈还原状等特征，决定了土壤是红树林湿地净化水质的功能主体。红树林土壤主要通过络合和共沉淀两种作用吸附、净化海水中的重金属。其中，络合作用是黏粒、有机质含量丰富的颗粒物与重金属离子发生交换、表面吸附、螯合、胶溶和絮凝等物理、化学反应，形成不溶于水的大分子物质；共沉淀作用是非金属离子（如硫离子）与重金属离子形成难溶于水的沉淀物。有研究表明，红树林土壤净化水体重金属（镉、铅、锌、铜和镍等元素）的效率在90%以上。到目前为止，富营养化、赤潮多发已是我国近岸海域普遍存在的现象，而海水中氮、磷等营养元素含量升高正是导致这一现象的主要诱因。红树林土壤富含有机质和黏粒，通过胶结凝聚作用能将海水中的大部分氮、磷等营养元素同定下来，储存在土壤表层的0~5厘米范围内，可有效降低海水中氮、磷等营养元素的含量，从而实现富营养化水体的净化。

### 3. 植物的净化作用

红树植物发达的根系像一块巨大的海绵，能源源不断地吸收富集在土壤和水体中的重金属，再通过呼吸作用和蒸腾作用运送到红树植物的各个组织器官，但重金属主要储存在树根、质地坚硬的树干和多年生的枝丫等不活跃的细胞组织中。一般来说，红树植物的叶和花的重金属含量最低，其次是茎，根部重金属含量最高，根、茎这些部位累积的重金属总量占其在群落植物中总量的80%~85%。恰巧这些重金属含量较高的部位都是动物不容易直接啃食或利用的，从而避免了重金属通过食物链传递给海洋生物，危害人类健康。据估算，我国红树林每年平均净累积铜、铅、锌、镉、铬、锰、镍和汞等重金属的量分别为1278.3公斤/公顷、1191.7公斤/公顷、6919.2公斤/公顷、35.8公斤/公顷、100.8公斤/公顷、199.2公斤/公顷、283.3克/公顷和372.5克/公顷。氮、磷是植物生长的必需元素，红树植物通过吸收海水中的氮、磷，在促进自身生长发育的同时，也可以起到净化水质、降低海水富营养化风险的作用。与重金属元素不同，红树植物吸收氮、磷后主要累积在地上部分，尤其是叶片。研究发现，红树林年净吸收氮、磷的量分别为150~250公斤/公顷和10~20公斤/公顷。

海水中还存在着大量的有机污染物，如有机磷农药、有机氯农药和多环芳烃等持久性有机污染物(POPs)，这些有毒有害的物质同样可以被红树植物吸收利用。红树植物吸收有机污染物的途径主要有两种：土壤—红树植物模式和海水—红树植物模式。土壤—红树植物模式是红树植物通过根系吸收土壤中的有机污染物，其中不易溶于水的有机污染物固定在根部的脂类物质中，而易溶于水的有机污染物则通过凯氏带穿过木



质部迁移至红树植物的各组织中。海水—红树植物模式是海水中的有机污染物通过叶片的表皮、蜡质层和气孔吸收进入植物体。海水中的有机污染物在涨潮时与红树植物的叶片接触，部分有机污染物被蜡质层吸附，部分缓慢迁移至叶片内部。红树植物吸收了这些有毒有害的有机污染物后，可通过自身代谢活动将部分有机污染物分解为低毒或无毒的化合物，这称得上是绿色可持续的有机污染物分解净化机制。

#### 4. 物极必反

红树林湿地的土壤、植物和微生物在水体净化过程中分别扮演着不同的角色，是一个有机结合体，只有三者共同作用，涌入湿地的海水水质才能得以净化。但红树林湿地净化海水水质的容量有限，过量的污染物排入红树林湿地会破坏湿地的生态平衡，导致湿地的功能退化、植被枯亡。研究显示，水体中固体颗粒物的过量沉积会影响红树植物的光合作用，降低红树林的生长率，增加植株死亡风险；水体中的重金属浓度过高，与红树植物的接触时间过长，都会影响红树植物的生长发育，甚至致死；高浓度的氮、磷等营养物质会使红树植物出现“烧苗”现象；过量的石油污染会堵塞红树植物的根系皮孔和叶片气孔，影响其呼吸作用、光合作用和水分的代谢，造成红树植物损伤坏死；高含量的有机污染物不仅可能产生毒害作用，抑制红树植物的生长，还会因降解而消耗大量氧气，在林下形成缺氧环境，产生甲烷、硫化氢、氨等有毒有害物质，影响红树植物的呼吸根和幼苗的正常发育，甚至窒息死亡。

总而言之，虽然红树林生态系统具有很强的降解净化功能，但必须在合理的容量范围内。因此，只有保护环境、降低陆源污染物的入海量和合理开发利用红树林湿地，才能持续发挥其生态价值。

#### （五）海洋药物宝库

现代化学研究发现，红树植物中含有大量与治疗人类重大疾病（如艾滋病、恶性肿瘤、心血管病）有关的化合物，如萜类、甾体、生物碱、多糖等。

木榄含有一种结构新奇的多聚二硫环类化合物，可以治疗Ⅱ型糖尿病，且该化合物可以化学合成。木榄胚轴含有一些苯丙素类化合物，其中菝葜亭、开环异落叶松脂素及 Lyoniresionin-3 $\alpha$ -o- $\beta$ -D-glucopyranosides 能抑制肿瘤细胞的生长。

海漆又名倒念子、都念子。《本草纲目》记载：“可补人之血，与漆同功，功逾青黏，故名。以其为用甚众，食治皆需，故又名都念。”海漆能止咳、通便、消肿、解毒；主治肺热咳嗽、便秘、皮肤溃疡、手足肿痛病。树汁及木材有泻下的功效，用于通便；叶用于治疗癫痫、皮肤溃疡、麻风；种子有止泻的功效。《苏沈良方》记载：“夏秋痢下，食其叶辄已；治小便白浊，肠腑滑泄，海漆嫩叶，酒蒸焙燥为末，酒糊丸或晒煮为膏服。”海漆含有二萜、三萜、甾体等成分。其中，二萜显示显著的抗非洲淋巴瘤活性；蒲公英赛酮及邻苯二甲酸二乙基己酮能抑制人体白血病细胞。海漆的叶及茎分离

得到的二萜化合物为抗艾滋病的主要成分。海漆的 95%乙醇浸取液及水浸液对植物真菌的增殖有不同程度的抑制作用。

桐花树在广西民间用于治疗哮喘、糖尿病及风湿病等。其茎皮及叶提取物均有不同程度的清除过氧化氢作用，表明其具有抗氧化活性；其茎皮的乙醇提取物有抗炎活性。桐花树含有镰叶芹二醇，可以治疗 II 型糖尿病。

秋茄在广西沿海地区作为民间药物使用，其皮具有收敛、止血及抗菌作用；其根的乙醇提取液可以治疗风湿性关节炎；其果实的乙醇浸取液及水浸液对某些植物病原真菌有抑制作用。秋茄含有白桦脂酸及齐墩果酸，对人鼻咽癌细胞具有细胞毒活性。

老鼠簕是红树林重要的药用植物之一。瘰疬又称老鼠疮，老鼠簕能散结消肿，可用以治疗瘰疬。海南民间将其根捣碎水煮，加上蜂蜜口服，是治疗乙型肝炎的特效药。在泰国传统医药中，老鼠簕被用作泻药，还被用于消炎、退热，治疗风湿性关节炎、皮肤病、天花、脓肿、溃疡，同时还被用于解毒，作为健康促进剂。其叶片被用于治疗风湿病、蛇咬伤、麻痹及哮喘，也有人将其叶片与胡椒配伍作补品。老鼠簕有清热解毒、散瘀消肿、止痛、化痰利湿、止咳平喘的功效；主治疟腮、瘰疬、肝脾肿大、急慢性肝炎、胃痛、腰肌劳损、痰热咳嗽、黄疸、白浊。老鼠簕叶中的黄酮类及萜类化合物，具有保肝及抗氧化作用；其叶提取物能抗肿瘤；叶中分离提取的 2-苯并噁唑啉酮有抗利什曼原虫的作用，还有镇痛、降温、抗惊厥、催眠等作用，并具有抗真菌活性，其核糖衍生物有抗肿瘤及抗病毒活性。老鼠簕根部提取物有抗弗氏白血病病毒的作用。豆甾醇有降血脂作用，而对心脏及肝脏无明显影响。在东南亚一些国家，人们将老鼠簕制作成袋装茶出售。

榄李含有 2-methyl-1,3-dihydroxy-5-tridecylbenzene 及 1,3-dihydroxy-5-undecyl-benzene，能治疗 II 型糖尿病。榄李的水、75%乙醇及正丁醇提取物均有一定的抗氧化作用。

白骨壤果实含有 Jacaranone 类化合物 marinoids F-I、苯乙醇苷类化合物及肉桂酰糖苷类化合物，具有较好的抗氧化活性。白骨壤叶片含有黄酮，具有较好的抗氧化活性，其抗氧化能力强于相同浓度的维生素 C 及柠檬酸，表明白骨壤叶片中的黄酮是一种极具潜力的天然抗氧化剂。

无瓣海桑的果实、叶及花均可作为内科用药。无瓣海桑的果实含有异鼠李素、木栓酮及熊果酸，具有良好的抗氧化活性，在我国民间曾用于治疗扭伤。

水黄皮在广西民间应用广泛，其种子油可治疗疥癬、脓疮及风湿症；其叶片可治疗痔疮、肿瘤，还可用于伤口消炎；其根含有黄酮类化合物，可通过抑制胃泌素分泌、促进表皮细胞生长因子及胃黏液分泌来治疗胃溃疡。

杨叶肖槿含有倍半萜类化合物，对乳腺癌、宫颈癌、结肠癌、口腔表皮癌的癌细胞有明显抑制作用，并对枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌及粪肠球菌表现出抗菌效果。

海杧果果实的甾体皂苷，对口腔表皮样癌、乳腺癌、小细胞肺癌、肝癌、卵巢癌、胰腺胆管癌的癌细胞有细胞毒活性。

此外，一些红树林伴生植物也有药用价值，如苦槛蓝、鱼藤及球兰。苦槛蓝为传统药物，其根可治疗肺病及湿病，茎叶煎服可为解毒剂，有解诸毒之效；茎叶提取物对一些农作物病原真菌有明显的抑菌活性。鱼藤为民间常用药，用于散瘀止痛及杀虫止痒，主治跌打止痛、关节疼痛、疥癣及湿疹；其根含有羟基鱼藤素及鱼藤酮，对回盲肠癌、肝癌、卵巢癌的癌细胞具有较强的抑制作用。鱼藤酮杀虫谱广，可防治 800 多种害虫，因此鱼藤是三大传统杀虫植物之一。球兰是常见中草药，有清热化痰、消肿止痛、通经下乳的功效，主治流行性乙型脑炎、风湿性关节炎、睾丸炎、中耳炎等疾病；其茎中的有效化学成分包括孕甾烷；其中的有效化学成分为固醇类及黄酮类，还含有黄烷醇、甾醇、三萜、倍半萜等化学物质。

我国乡土红树植物生长速度慢，应该采取保护性开发的总体思路，重点开展红树植物药用资源的现代理论验证及产品开发，尤其是对红树植物果实在保健食品及药用产品方面的深入研究。上述红树植物的药用研究仅停留在提取物水平，还需要鉴定具有药用价值的具体化学成分。

#### （六）直接利用方式

在今天看来，全球范围内红树林的传统利用方式基本上属于破坏性的直接利用。为了便于读者从历史角度去感受人类在红树林保护理念上的进步，特介绍红树林的直接利用历史，包括用作木材、薪柴、木炭、饲料、食材、染料和绿肥。

##### 1. 木材

红树林在东南亚地区一直是重要的用材林，其木材被广泛地用作栏杆、建材、码头桩材、木地板、网具框架、纸浆木片和铁路枕木等，或用于造船，制作家具、工艺品等。例如，马来西亚的马登红树林区，人工种植的红树林 30 年后可进入砍伐期，这时树干的平均直径达 14.7 厘米，树高 20 多米，每公顷红树林可生产木材 171 吨。人工林生长 15~19 年和 20~24 年要分别进行两次间伐，间伐所得的枝条直径为 7.5~10.0 厘米，主要用于建房子打地基和建筑业的脚手架。历史上，我国华南地区沿海群众也利用红树林木材修建房屋、制作家具和生产工具，迄今在一些滨海小村庄还留有遗迹。我国处于红树林全球分布生长的北缘地区，林子生长缓慢，大面积高大的红树林本来就有限，再加上近几十年来的围填海和破坏，高大而树干通直的林木已是凤毛麟角，因此红树林在木材方面的用途在我国失去了现实意义，尤其是 20 世纪 90 年代后，国家将红树林列为保护对象之后就更加不可能了。

##### 2. 薪柴

在经济相对落后的发展中国家，沿海地区能源紧缺，红树林是沿海居民重要的薪

材林。印度和巴基斯坦交界的印度三角洲生长着 16 万公顷的白骨壤红树林，仅三角洲北部沿海的 10 万居民每年就烧掉 1.8 万吨的红树林薪柴。20 世纪 70 年代以前，红树林薪柴也曾经是广西沿海城镇居民的主要薪柴，沿海 60 岁以上的人对这样的情景记忆犹新：一捆捆扎好的红树林薪柴成船运到码头交易，几乎家家户户都烧过红树林薪柴。70 年代以后，因红树林的锐减和其他能源替代品的丰富，城镇消耗的红树林薪柴逐年减少。在广西沿海农村，以红树林为主要薪柴的时间则持续到 1985 年前后，每户农家一年要烧掉 3~4 吨的红树林干柴。90 年代以前的越南也是如此，群众将砍伐的红树林薪柴用木排沿林中潮沟外运。1996 年，在中越边境东兴市的沙寮村，笔者看到家家户户的屋檐下都堆放着 2~4 立方米的桐花树薪柴。其实，未经雨水淋洗过的红树林干柴不好生火，因为其所含的单宁在生火时会造成黑烟浓重、火苗不旺。因此，我国沿海居民将砍伐的红树林薪柴露天堆放，任由雨打日晒，让雨水淋洗完薪柴中的单宁后才烧。还有一种方法是用水泡红树林薪柴。广西沿海的红树林枝干上常常附生着大量的藤壶和牡蛎，这些藤壶和牡蛎是人工养殖青蟹的上好饲料；而养殖塘中适量的单宁可改善水质条件，抑制鱼病的发生。于是青蟹养殖户将砍伐的红树林茎枝投入蟹池，让青蟹啃食茎枝上的附着生物，同时浸泡出茎枝中的单宁，这样处理后再晒干的红树林茎枝才好用作薪柴。随着沿海地区生活水平的提高，这种低值利用红树林的方式如今已极为少见。

### 3. 木炭

红树林木材的另外一个重要利用方式是烧制木炭。斐济、泰国、马来西亚、印度尼西亚、菲律宾、委内瑞拉等国家长期以来都有烧制红树林木炭的传统产业。笔者在印度尼西亚的加里曼丹木炭厂看到，烧制木炭的窑窑直径为 6.7 米，能排置红树林原木 40.8 吨，经过 25~35 天的窑烧干馏后可生产出 11 吨高质量的木炭（图 1-16）。红树林



图 1-16 印度尼西亚加里曼丹用于烧制木炭的红树林木材

木炭乌黑发亮，敲声清脆，被加工成鸡蛋大小的产品，包装出售。日本人认为只有上好的木炭才能烤炙出味道纯正的佳肴，因此生产的红树林木炭主要出口到日本。烧制红树林木炭时排放出的气体经冷却后可收集到褐色焦液。木炭厂的老板告诉笔者，日本人还购买这些焦液，据说可从中提取到有价值的物质。随着全球越来越关注红树林的保护，红树林木炭生产在一些地区已受到严格限制。

#### 4. 饲料

红树林区历史上曾经是沿海群众放养水牛、羊的牧场。我国生长于靠近陆地滩涂上的白骨壤、秋茄、木榄、红海榄等红树植物是牛、羊的主要啃食对象，特别是这些红树植物的幼叶和幼枝，更是让牛、羊嗜食成性。1996年笔者为研究而在广西沿海建立的多处红树林苗圃和营造的幼林就曾因为耕牛的啃食而近乎全军覆没。在炎热干旱季节，印度洋内陆牧场和草地变为荒地，以草为食的骆驼就面临饥饿甚至死亡。因此，每年的6月之前都有约16000头的骆驼从陆地走向海洋，在印度洋三角洲以啃食滩涂上大片的白骨壤为生，直至10月它们才返回原地。用红树植物饲料大规模饲养牲畜以巴基斯坦最为出名。在印度洋沿岸的印度、巴基斯坦、阿拉伯联合酋长国和伊朗等国家，居民们还普遍采摘白骨壤枝叶用于喂养村里圈养的水牛、黄牛、毛驴、绵羊、山羊、幼小的骆驼和鹅等。这些牲畜为什么都非常喜食红树植物饲料呢？因为红树植物的叶片含有大量牲畜生长和发育所必需的各种矿物质、维生素、氨基酸、蛋白质、脂肪和粗纤维，其营养价值往往高于许多陆生植物饲料。此外，红树植物含有大量的食盐和碘，而陆生植物饲料含盐量少，几乎不含碘。食盐和碘是牲畜生长发育所需的物质，如果缺少碘，幼畜也会像人类一样得“大脖子病”。红树植物枝叶中的单宁有收敛作用，牛、羊摄取红树植物饲料还有助于消化。研究人员利用红树植物饲料喂养奶牛，发现其产奶量增加；用红树植物作为普通饲料添加剂时，加速小鸡的体重增加。由于红树植物叶片的营养含量比苜蓿还高，因此有人认为红树植物叶片为“饲料之王”。虽然红树植物有较高的饲料价值，但在红树林区放牧和采集青饲料不可避免地会发生过渡啃食、枝条折断和踩踏幼苗等情况，将导致红树林的矮化和稀疏化，这对红树林的生长和保护十分不利。

#### 5. 食材

白骨壤、海桑、水椰等红树植物的果实可食，是海洋绿色食物。在我国食用最普遍、资源量最大的是白骨壤果实（后文详述）。海桑为热带红树林树种，我国的海桑仅生长在海南岛。海南岛的海桑高可达10多米，在6~9月、12月至翌年3月有2次熟果期。海桑果实为扁球形浆果，直径3~5厘米，可作为水果生食，味微甜带酸，具有解渴、充饥、提神的作用。水椰为棕榈科植物，外形像棕榈树，在我国也仅存于海南岛。水椰的果期在6~10月，其果肉可食，味道跟椰肉相似（图1-17）。水椰的花序轴

切开后流出汁液，汁液含糖量高达 14%~17%。水椰的汁液在东南亚地区被用于酿制食用酒，在当地很受欢迎。水椰酒在不同的国家有不同的名称，菲律宾称“Tuba”，印度尼西亚称“Drak”，马来西亚、印度和孟加拉国称之为“Toddy”。2004 年笔者在菲律宾巴拉望岛第一次品尝了水椰酒（图 1-18），个人感觉有点像俄罗斯的伏特加酒。此外，秋茄、红海榄、木榄、海莲等红树植物的胎生胚轴内含淀粉，清除单宁后也可食用。虽然它们只是在历史上的饥荒时期供充饥之用，但现在一些国家仍会将其制作为蜜饯食用（图 1-19）。



1. 水椰林（前排）



2. 水椰果肉

图 1-17 水椰林及其果肉



1. 品尝水椰酒



2. 水椰酒

图 1-18 笔者在菲律宾巴拉望岛品尝水椰酒



图 1-19 木榄胚轴制作的蜜饯

红树植物食谱是一项文化，据说东南亚沿海国家有 60 多种红树植物吃法。联合国环境规划署全球环境基金“扭转南中国海与泰国湾环境退化趋势”的项目（2002~2008 年）经理约翰·佩涅塔(John Pernetta)博士一直想在退休之前完成《红树林食谱》，可惜 10 年过去了，仍未见书。希望有人能完成这项有趣的工作，为“海上丝绸之路”的建

设做出贡献。

## 6. 染料和绿肥

全球拥有红树林的国家几乎都有将红树植物作为染料植物加以利用的古老历史，古代印第安人对红树植物的染料利用还成为今天“红树林”名称的起源。红树植物在我国主要用于布料和网具染色。在广西中越边境的江平镇一带，20世纪70年代以前农家还利用秋茄树皮提取单宁酸为丝绸染色。据说，这种浸染过的浅红色丝绸透气性好，裁剪成的衣服飘逸清凉，深受当地居民的喜爱。渔网浸染过红树林染料后可提高其对海水的防腐性能。

白骨壤叶片含有较高的氮，因此许多国家把白骨壤叶片用作绿肥。广西沿海群众曾用白骨壤叶片作为绿肥来种植红薯。除了少数经济十分落后的国家和地区，随着工业的发达和红树林资源的减少，将红树植物作为染料和绿肥已成为历史。