

# 海岸红树林地沙丘移动对林内大型底栖动物的影响

范航清, 何斌源, 韦受庆

(广西红树林研究中心, 广西北海 536000)

**摘要:**沙丘在广西北海大冠沙白骨壤红树林内的移动, 破碎了原有的平滩, 形成了埋没滩、过渡滩、侵蚀滩 3 种沙化滩涂生境。比较研究了不同滩涂生境间大型底栖动物群落的差异。结果表明: 除藤壶外, 研究地点共有大型底栖动物 31 种。平滩跟其它滩涂生境间的动物群落相似度都小于 0.5, 表明沙丘移动使原有底栖动物群落异质化。沙化不仅使原有底栖动物群落的种类、密度和生物量分别下降了 35.1%, 74.68% 和 89.76%, 而且还降低了原有优势种群的栖息密度, 引起群落多样性测度值的提高。沙化越严重的生境越不利于底质表面上生存的底栖动物, 但却相对提高了底质表面下生存的动物种数、密度和生物量在全部动物中所占的比例。

**关键词:**沙丘移动; 红树林大型底栖动物; 影响

## Influences of sand dune movement within the coastal mangrove stands on the macrobenthos *in Situ*.

FAN Hang-Qing, HE Bin-Yuan, WEI Shou-Qing (Guangxi Mangrove Research Center, Beihai, Guangxi 536000, China)

**Abstract:** In Daguansha, Beihai of Guangxi, the movement of sand dunes within *Avicennia marina* stands broke up the initial flat beach and formed buried, transited and eroded types of sand beach habitats. This study focused on the benthic differences among various habitats. It was indicated that there were totally 31 macrobenthic species in the study plot except barnacle. Heterogeneity occurred for the original through dune movement. The similarity values was less than 0.5 among flat and the other three habitats. The desertization not only decreased the species number, density and biomass from the original by 35.1%, 74.68% and 89.76%, respectively, but also reduced the density of the initial dominant population, which was responsible for the augmentation of diversity values. The more serious the desertization was, the more unfavorable the surface living fauna became. However, with desertization, the proportion for the surface below living fauna in number of species, density and biomass was relatively increased.

**Key words:** sand dune movement; mangrove macrobenthos; influences

文章编号: 1000-0933(2000)05-0722-06 中图分类号: Q178, Q179.4 文献标识码: A

沙滩红树林是红树林的一种特殊类型<sup>[1]</sup>, 它较广泛地分布于我国的北部湾沿岸。全球气候和海平面的变化<sup>[2]</sup>、不适当的海岸开发建设<sup>[3]</sup>都可以引起浅海沙坝的上移。沙坝的上移形成的沙丘在红树林淤泥滩涂上的移动会引起林地的沙化, 导致红树植物的迅速死亡和群落的稀疏化<sup>[4]</sup>。本文通过研究沙丘移动形成的不同生境间大型底栖动物群落的差异, 探讨沙化对林内大型底栖动物群落的影响。

### 1 研究地点概况

研究样地设于广西北海市大冠沙 117hm<sup>2</sup> 红树林的东端白骨壤 (*Avicennia marina*) 林内 (21°26'N, 109°

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (49366011)

收稿日期: 1999-06-23 修訂日期: 1999-05-14

作者简介: 范航清 (1964~), 男, 福建建瓯市人, 博士, 研究员。主要从事红树林, 海岸湿地生态系研究。

14'E)。该地气候和海洋水文特征见文献[4]。样地林带宽 150~250m,长约 450m,沿东西走向的海岸分布。多个沙丘朝着大体垂直于海岸的方向侵入白骨壤林内 50~130m。沙丘在白骨壤林内的移动破碎了原先较一致的平滩,产生了在表观上可直接辨别的平滩、埋没滩、过渡滩和侵蚀滩 4 种滩涂生境(图 1)。沙丘活动范围内的林带平滩的海陆向高程差 0.23~0.52m,属平缓潮带。各类滩涂生境的主要环境因子见表 1。

表 1 各滩涂生境环境因子(1995-07)

Table 1 Environmental factors for the various beach habitats

滩涂类型 Type of beach	平滩 Flat	埋没滩 Buried	过渡滩 Transited	侵蚀滩 Eroded
相对于平滩高程 Elevation based on flat beach(cm)	0	25~88	5~25	0~20
植物群落密度 Density of plant community(No./m <sup>2</sup> )	0.48	0.17	0.23	0.10
植物群落高度 Height of plant community(cm)	58.7	34.8	44.8	52.5
表层土温度 Temperature of topsoil(°C)	31.4	38.0	34.2	32.0
20cm 层土温 Temperature of soil at 20cm depth(°C)	27.9	30.5	29.3	28.3
温差 Difference of temperature(°C)	3.5	7.5	4.3	3.7
土壤 pH Soil pH	6.26	6.96	6.36	6.77

## 2 材料与方法

### 2.1 取样方法

夏季台风季节是沙丘活动最频繁和最激烈的季节,最有利于揭示沙丘运动对林内底栖动物的影响。因此本研究的取样调查工作开展于 1995 年 7 月。在沙丘活动林带范围内,每一种生境滩涂随机取 8 个样方,除埋没滩样方因动物稀少样方面积为 4m×4m 外,其它滩涂的样方面积均为 0.25m×0.25m。先收集样方内表面的动物,然后快速挖取底质土壤,放入 5mm 和 1mm 孔径套筛内用海水冲洗,挑出可见动物,用 5% 的福尔马林溶液临时保存。挖取土层深度为 0.5m。所得样品分类计数后用吸水纸吸干表面固定液称鲜重(Fresh weight, fw),结合样方面积计算动物密度和生物量。野外记录各种动物的栖息环境和生活习性。

以藤壶为主的红树植物树上固着动物的密度和湿重生物量,在大冠沙可高达 2558ind./m<sup>2</sup> 和 139g/m<sup>2</sup> (植物体表面积)<sup>[5]</sup>,白骨壤地面指状呼吸根上的固着动物可高达 72.4ind/根<sup>[4]</sup>,它们的数量直接取决于植物群落的密度,与滩涂物理环境变化间的关系不大。因此,本文讨论的底栖动物不包括树上和呼吸根上的固着动物。

### 2.2 生活型和类群划分

动物生活型按底上型、固着型、底内型和穴居型划分。底上型生活的种类包括软体动物腹足纲所有种及中国鲎。底内型生活的种类包括环节动物门、星虫动物门和软体动物门双壳纲种类。穴居型生活者为甲壳纲蟹类。根据动物相对于底质表面的栖息位置,本文将上述 4 个生活型分为 2 个生活类群,面上生活群(Group of surface, GS),包括底上型和固着型;面下生活群(Group of surface below, GSB),包括底内型和穴居型。它们的数量比值 GS/GSB 反映沙丘活动对两类生活类群动物的数量影响。

### 2.3 群落相似性指数

$C: C = W / (A + B - W)$ , 式中 A、B 为两生境各自的大型底栖动物种数, W 为两生境共有的大型底栖动物种数, C 为群落相似性指数。

### 2.4 群落物种多样性指数

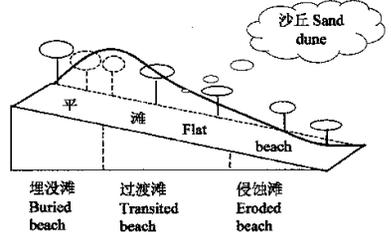


图 1 北海大冠沙白骨壤林内沙丘移动引起的生境分化示意图

Fig. 1 The schematics of the differentiation of habitats resulted from the movement of sand dune within *Avicennia marina* forest in Daguansha of Beihai

不同生境的大型底栖动物群落多样性采用如下指标进行分析<sup>[6,7]</sup>：

Margalef 丰富度指数  $D = (S - 1) / \ln N$

Shannon-Weaver 变化度指数  $H = - \sum P_i \ln p_i$

Pielou 均匀度  $J = H / \ln S$

式中,  $P_i$  是第  $i$  种的个体数  $n_i$  占所有种个体总数  $N$  的比例(即  $P_i = n_i / N$ ),  $S$  为出现的物种数。

表 2 不同滩涂生境大型底栖动物的种类及其生活型

Table 2 Species and life forms of macrobenthos recorded at different beach habitats

种名 Species	生境 Habitats				生活型 Life form			
	Fb	Bb	Tb	Eb	in	ep	en	ca
1. 沙蚕 <i>Nereis</i> sp.	+	+	+	+	+			
2. 可口革囊虫 <i>Phascolosoma esculenta</i> (Cehn et Yeh)			+		+			
3. 光裸方格星虫 <i>Sipunculus nudus</i> Linnaeus	+				+			
4. 黑荞麦蛤 <i>Vignadus atrata</i> (Lischke)	+							+
5. 团聚牡蛎 <i>Qstrea glomerata</i> Gould	+							+
6. 环纹坚石蛤 <i>Atactodea striata</i> (Gmelin)					+			
7. 闪蚬 <i>Corbicula nitens</i> (Philippi)	+	+	+	+	+			
8. 缢蛏 <i>Sinonovacula constricta</i> (Lamarck)	+				+			
9. 日本镜蛤 <i>Dosinia japonica</i> (Reeve)					+			
10. 文蛤 <i>Meretrix meretrix</i> (Linnaeus)					+			
11. 曲崎心蛤 <i>Anomalocardia flexuosa</i> (Linnaeus)				+	+			
12. 中国绿螂 <i>Glauconme chinensis</i> Gray	+	+	+	+	+			
13. 马蹄螺 <i>Trochus</i> sp.	+					+		
14. 奥莱彩螺 <i>Clithon oualaniensis</i> (Lesson)	+			+	+			
15. 粗糙滨螺 <i>Littoraria (Littorinopsis) scabra</i> (L.)	+	+	+	+	+			
16. 黑口滨螺 <i>L. melanostoma</i> Gray	+		+	+	+			
17. 珠带拟蟹守螺 <i>Cerithidea cingulata</i> (Gmelin)	+		+	+	+			
18. 小翼拟蟹守螺 <i>C. microptera</i> (Kiener)			+	+	+			
19. 纵带滩栖螺 <i>Batillaria zonalis</i> (Bruguere)	+		+	+	+			
20. 玉螺 <i>Natica vitellus</i> (Linnaeus)	+		+	+	+			
21. 中国耳螺 <i>Ellobium chinensis</i> (Pfeiffer)	+				+			
22. 中国鲎 <i>Tachypleus tridentatus</i> (Leach)						+		
23. 斜方五角蟹 <i>Nursia rhomboidalis</i> (Miers)				+				+
24. 长腕和尚蟹 <i>Mictyris longicarpus</i> Latreille			+	+				+
25. 清白招潮 <i>Uca lactea</i> (de Haan)	+							+
26. 并齿大额蟹 <i>Macrophthalmus dentatus</i> Stimpson		+						+
27. 六齿猴面蟹 <i>Camptandrium sexdentatum</i> Stimpson	+		+	+				+
28. 泥蟹 <i>Ilyoplax</i> sp.		+	+					+
29. 四齿大额蟹 <i>Metopograpsus quadridentatus</i> Stimpson	+			+				+
30. 红螯相手蟹 <i>Sesarma (Holometopus) haematocheir</i> (de Haan)	+		+					+
31. 无齿相手蟹 <i>S. (holometopus) denhanni</i> H. Milne-Edwards			+	+				+
合计 Total	19	6	15	16	10	10	2	9

\* Fb 平滩 Stands for flat beach, Bb 埋没滩 Buried beach, Tb 过渡滩 Transited beach, Eb 侵蚀滩 Eroded beach; in 底内型 Infaunal, ep 底上型 Epifaunal, en 固着型 Encrusting, ca 穴居型 Caving.

3 结果与讨论

3.1 林内滩涂的大型底栖动物种类组成

调查结果表明, 红树林林内滩涂共有底栖动物 31 种(表 2), 隶属于 4 门, 7 纲, 21 科。其中, 软体动物 18 种(双壳类和腹足类各 9 种); 节肢动物 10 种, 其中蟹类 9 种; 环节动物 1 种; 星虫动物 2 种。软体动

物和甲壳动物总共 28 种, 占了总种数的 90.32%, 构成大冠沙红树林林内滩涂大型底栖动物的主要组成部分。这种群落种类组成结构与福建九龙江口<sup>[8]</sup>、广东深圳福田<sup>[9]</sup>、广西山口<sup>[10]</sup>、广西钦州<sup>[11]</sup>红树林区大型底栖群落的相似。31 种底栖动物中, 营底内、底上、穴居和固着生活型的种类分别有 10 种、10 种、9 种和 2 种。

### 3.2 群落相似度

4 种不同生境出现的种数分别为平滩 19 种、埋没滩 6 种、过渡滩 15 种、侵蚀滩 16 种(表 2)。后三者平均为 12.33 种。可见沙化使原有林地动物的种数(平滩 19 种)减少了 35.1%。图 2 显示: 埋没滩与平滩、侵蚀滩之间的相似度最小; 过渡滩与侵蚀滩之间的相似度最大; 平滩、过渡滩、侵蚀滩三者间的相似度中等。总体看, 埋没滩跟其它类型滩涂的差别最大, 这显然与埋没滩明显高于其它滩涂、沙丘生境因子变化剧烈的特征有关(表 1)。平滩跟其它滩涂的群落相似度均小于 0.5, 说明沙化使原有较均匀的动物群落异质化。

### 3.3 密度

各生境滩涂中大型底栖动物的密度间存在显著的差异(表 3), 表现为平滩 > 侵蚀滩 > 过渡滩 > 埋没滩。沙丘移动形成的 3 种生境动物密度的平均值为 296.2 ind./m<sup>2</sup>, 远小于平滩的 1170.0 ind./m<sup>2</sup>, 表明沙化使原有林地动物群落的密度下降了 74.68%。各生境中密度优势种分别是: 平滩珠带拟蟹守螺, 埋没滩粗糙滨螺, 过渡滩黑口滨螺, 侵蚀滩玉螺。优势种种个体数占各生境各自总个体数的比例分别为: 平滩 84.92%, 埋没滩 51.38%, 过渡滩 21.35%, 侵蚀滩 73.67%。除过渡滩外, 其余生境的优势种都非常明显。

表 3 不同滩涂生境大型底栖动物密度(ind./m<sup>2</sup>)的方差分析

Table 3 Analysis of variance for the macrobenthos densities among various beach habitats

组 Group	样方数 Count	合计 Sum	平均 Mean	方差 MS	
平滩 Flat	8	14160.0	1770.0	847721.1	
侵蚀滩 Eroded	8	4496.0	562.0	217997.7	
过渡滩 Transited	8	2560.0	320.0	77458.3	
埋没滩 Buried	8	52.3	6.5	66.8	
差异源 Source	SS	df	MS	F	F <sub>0.05</sub>
组间 Between	14273916.4	3	4757972.1	16.647	2.947
组内 Within	8002707.3	28	285811.0		
总计 Whole	22276623.7	31			

### 3.4 生物量

各滩涂生境中的大型底栖动物鲜重生物量间的差异显著(表 4), 表现为平滩 > 过渡滩 > 侵蚀滩 > 埋没滩。后三者的均值为 26.8g/m<sup>2</sup>.fw, 平滩为 261.6g/m<sup>2</sup>.fw。跟密度相似, 沙化使原有林地动物的生物量下降了 89.76%。各生境中生物量优势种分别为: 平滩珠带拟蟹守螺, 埋没滩中国绿螂, 过渡滩中国绿螂, 侵蚀滩长腕和尚蟹。优势种鲜重占各生境各自总生物量的百分率分别是: 平滩 83.23%, 埋没滩 77.36%, 过渡滩 52.24%, 侵蚀滩 18.53%。

### 3.5 多样性

4 个滩涂生境的丰富度 *D* 间的差别不大, 明显小于变化度 *H* 和均匀度 *J* 间的差别(表 5)。平滩动物种类数最多(19 种), 但其优势种个体数量占该生境总个体数的比例高达 84.92%, 造成其变化度 *H* 和均匀度 *J* 最低。过渡滩优势种个体数占该生境总个体数的比例虽然最低(21.25%), 但其 3 个多样性测度值却都是最高的。这说明, 稳定的平滩生境有利于少数种群扩张成为优势种, 其多样性测度值并不一定高; 而沙丘生境的动物群落物种间关系不稳定, 优势种的优势程度相对较低, 多样性测度反而较高。可见优势种的优势程度是影响大冠沙各生境大型底栖动物群落多样性测度值的主要原因。

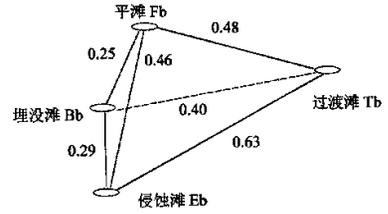


图 2 不同滩涂生境间大型底栖动物群落的相似指数

Fig. 2 The similarity indexes of macrobenthos communities among the various beach habitats

表 4 不同滩涂生境大型底栖动物生物量(g/m<sup>2</sup>, fw)的方差分析

Table 4 Analysis of variance for the macrobenthos biomasses among various beach habitats

组 Group	样方数 Count	合计 Sum	平均 Mean	方差 MS	
平滩 Flat	8	2092.7	261.6	18505.6	
侵蚀滩 Eroded	8	268.0	33.5	533.4	
过渡滩 Transited	8	362.1	45.3	3422.0	
埋没滩 Buried	8	13.2	1.6	6.2	
差异源 Source	SS	df	MS	F	F <sub>0.05</sub>
组间 Between	338871.0	3	112957.0	20.111	2.947
组内 Within	157270.5	28	5616.8		
总计 Whole	496141.5	31			

### 3.6 生活型与生活类群

**3.6.1 生活型** 各滩涂生境的不同生活型动物种数见表 6。平滩、侵蚀滩和过渡滩的底上型动物种类都较多,分别有 8、7 种和 6 种。埋没滩唯一的底上型动物为粗糙滨螺。底内型动物种数最多的是平滩(5 种),最少的是埋没滩(3 种)。穴居型动物以过渡滩和侵蚀滩最多,均为 5 种,埋没滩最少,仅有 2 种。固着型生活的种类较少,仅有黑荞麦蛤和团聚牡蛎 2 种。

**3.6.2 生活类群** 不论是种数、密度还是生物量,GS/GSB 值均表现为:平滩>侵蚀滩>过渡滩>埋没滩(表 6),说明沙化越严重的生境越不利于底质表面上生活动物的生存,却相对提高了底质表面下生活动物在总数中所占的比例。面上生活动物易受到沙化的危害,而面下生活动物因可深入底质下层而躲避或减少表层恶劣环境条件对它们的不利影响。

表 6 各滩涂生境动物生活型和生活类群的数量特征

Table 6 Numerical features of life forms and life groups for the macrobenthos in various beach habitats

项目 Item	生活型和生活型组 Life form & life group	平滩 Flat	侵蚀滩 Eroded	过渡滩 Transited	埋没滩 Buried
生活型种数 Number of species for each life form	底上型 Epifaunal	8	7	6	1
	固着型 Encrusting	2	0	0	0
	底内型 Infaunal	5	4	4	3
	穴居型 Caving	4	5	5	2
生活类群的种数 Number of species for life group	面上群 GS	10	7	6	1
	面下群 GSB	9	9	9	5
	GS/GSB	1.11	0.78	0.67	0.20
生活类群密度 Density for life group(ind./m <sup>2</sup> )	面上群 GS	1621.50	486.00	190.00	3.34
	面下群 GSB	148.50	76.00	130.00	3.16
	GS/GSB	10.92	6.39	1.46	1.06
生活类群生物量 Biomass for life group(g/m <sup>2</sup> , fw)	面上群 GS	230.04	14.970	13.39	0.05
	面下群 GSB	28.45	18.53	31.87	1.55
	GS/GSB	8.09	0.81	0.42	0.03

\* GS; Stands for the life group of surface that includes the epifaunal and encrusting; GSB; the life group of surface below that includes the infaunal and caving.

表 5 不同滩涂生境大型底栖动物群落的多样性指数

Table 5 Diversity indexes of macrobenthos communities for various beach habitats

生境 Habitats	平滩 Flat	埋没滩 Buried	过渡滩 Transited	侵蚀滩 Eroded
D	2.4070	2.2665	2.4270	2.3691
H	0.7631	1.2498	2.1207	1.1789
J	0.2592	0.6975	0.7831	0.4252

#### 4 结论

(1)在动物群落相似度上,平滩跟其它滩涂生境的相似度都小于 0.5,埋没滩跟其它滩涂的相似度最小,说明沙化使原有林地大型底栖动物群落异质化。

(2)动物种类数、栖息密度和生物量均表现为平滩 > 侵蚀滩、过渡滩 > 埋没滩,表明沙丘的移动降低了原有林地底栖动物群落的种数、密度和生物量,其下降幅度分别达 35.1%、74.68%和 89.76%。

(3)各滩涂生境间动物群落的物种丰富度  $D$  差别不大。无沙丘活动的平滩因优势种的优势度最大,造成变化度  $H$  和均匀度  $J$  最低。过渡滩的情况则相反。这表明沙化会降低原有林地优势种群的栖息密度,进而提高多样性测度值。

(4)沙化越严重的生境越不利于底质表面上生活动物的生存,却相对提高了底质表面下生活动物的种数、密度和生物量在所有动物中所占的比例。

#### 参考文献

- [1] 林 鹏. 中国红树林种类分布和林相类型. 见:李振基主编. 环境与生态论丛. 厦门:厦门大学出版社,1993. 74~79.
- [2] 莫永杰,等. 海平面上升对广西沿海的影响与对策北京:科学出版社,1996. 140~142.
- [3] 范航清,黎广钊. 海堤对广西沿海红树林的数量、群落特征和恢复的影响. 应用生态学报,1997,8(3):240~244.
- [4] 范航清. 广西海岸沙滩红树林的生态研究 I:海岸沙丘移动及其对白骨壤的危害. 广西科学,1996,3(1):44~48.
- [5] 陈 坚,范航清,黎建玲. 广西北海大冠沙白骨壤树上大型固着动物的数量及其分布. 广西科学院学报,1993,9(3):67~72.
- [6] 谢晋阳,陈灵芝. 暖温带落叶林的物种多样性特征. 生态学报,1994,14(4):337~344.
- [7] 马克平. 生物群落多样性的测量方法. 见:钱迎倩,马克平主编. 生物多样性研究的原理与方法. 北京:中国科学技术出版社,1994. 141~165.
- [8] 高世和,李复雪. 九龙江口红树林区底相大型底栖动物的群落生态. 台湾海峡,1985,4(2):179~191.
- [9] 余日清,等. 深圳福田红树林大型底栖动物的种类组成研究. 见:范航清,梁士楚主编. 中国红树林研究与管理. 北京:科学出版社,1995. 130~135.
- [10] 韦受庆,等. 广西山口红树林保护区大型底栖动物及其生态学的研究. 广西科学院学报,1993,9(2):45~57.
- [11] 韦受庆,等. 红树林区大型底栖动物及其与家禽关系的调查. 见:范航清,梁士楚主编. 中国红树林研究与管理. 北京:科学出版社,1995. 146~152.