

258-265

21156(6)

第17卷第3期
1997年5月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 17, No. 3
May, 1997

红树林生长带与潮汐水位关系的研究

张乔民 于红兵 陈欣树

郑德璋

(中国科学院南海海洋研究所, 广州, 510301)

(中国林业科学院热带林业科学研究所, 广州, 510502)

摘要 根据海南东寨港林市村、廉江车板镇那廊村、深圳锦绣中华等3个实验点10条横断面红树林滩涂高程水准测量, 林市村潮汐水位观测, 潮汐特征水位及浸淹频率分布计算, 参照有关港口潮汐实测或预报资料, 确定红树林外边界为平均海面或稍上, 内边界(或林内最大高程)为回归潮平均高高潮位(或大潮平均高潮位)。对国内外有关报道进行了评述。指出国内许多红树林文献中使用的“高潮位”、“中潮位”、“低潮位”用潮汐学术语表述应为“回归潮(或大潮)高潮位”、“中潮高潮位”、“分点潮(或小潮)高潮位”。明确红树林生长带位于平均海面以上的滩涂, 对红树林建立和演替的研究, 红树林宜林地选择及用红树林泥炭研究海平面变化均有重要意义。

关键词: 红树林, 潮汐水位, 华南海岸。THE RELATIONSHIP BETWEEN MANGROVE ZONE ON
TIDAL FLATS AND TIDAL LEVELS

Zhang Qiaomin Yu Hongbing Chen Xinshu

(South China Sea Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510301, China)

Zheng Dezhang

(The Research Institute of Tropical Forestry, The Chinese Academy of Forestry, Guangzhou, 510502, China)

Abstract The relationship between mangrove zone on tidal flats and tidal levels is one of the important subjects of mangrove ecology, but up to now there have not been clear and common opinion of it. Levelling survey was made on the 10 sections of mangrove tidal flats at three coastal sites. Linshicun of Dongzhaigang Harbor in Hainan Island, Nasaicun of Chebanzhen Town In Lianjiang County of the west Guangdong, and "Splendid China" of Shenzhen city. Based on the data from the survey, the tide observation and tidal data analysis at Linshicun, and the tide data from observation or prediction or prediction at nearest sites occurring on published "Tide Tables", we demonstrated that the mangrove zones can only occupy the upper part of the intertidal zone from slightly above mean sea-level to mean higher high water of tropic tide, the corresponding inundation frequencies in Linshicun are 47.5% and 2.9% respectively. several expression about the relationship between mangrove zone and tidal levels in previous

• 国家“八五”科技攻关 85-19-03-04 专题“红树林主要树种造林和经营技术研究”研究成果之一。

收稿时间: 1995-09-21, 修改稿收到时间 1996-01-11

mangrove literatures have been reviewed and clarified. The "high water", "middle water", and "Low water" in some mangrove literature should be "high water spring (or tropic) tide", "high water middle tide", and "high water neap (or equinoctial) tide" in tidology terminology. Above research results have great significance for studying establishment and succession of mangrove ecosystem, collecting plantable tidal flat of mangrove silviculture, and researching sea-level change with mangrove peat.

Key words: mangroves, tidal sea-levels, South China coasts.

红树林是生长在热带亚热带低能海岸潮间带, 受到海水周期性浸淹的木本植物群落。它是陆生有花植物进入海洋边缘演化而形成^[1]。它在潮滩上的分布位置(高程)反映了对潮汐浸淹程度(以及与浸淹有关的一系列物理和化学环境因素)的适应过程。潮汐和浸淹形成的环境梯度控制了红树林在潮滩上的总体分布和群落结构, 是红树林能量特征最重要的组成部分^[2], 成为红树林生态学研究的重要内容。

关于红树林生长带与潮汐水位关系的研究, 自从早期红树林浸淹等级分类研究^[3]以来, 开展的专门研究甚少, 以至于新西兰著名盐生植物专家 Chapman 在其遗作中评述: "从大多数情况来看, 目前还未建立红树林与当地潮汐水位的确切关系"^[4]。目前关于红树林在潮滩上的分布位置, 国内外许多文献说法不一。McGraw-Hill 科技百科全书(第 5 版)、中国大百科全书有关红树林分布笼统地说"高潮位与低潮位之间"^[4,5], 另一种说法"潮上带"^[6]。仍沿用 1952 年的笼统说法"大潮高潮线以下"^[7]。许多文献的描述或所附生态系列图表示红树林向海伸展可达"低潮线"甚至以下^[8,9-11]。也有不少文献说"平均海平面(或平均潮位或海面稍上)与平均高潮位(或大潮平均高潮位)之间"^[12-18]。由此可见, 对红树林生长带的内外边界(尤其是外边界)与潮汐水位的关系的论述比较混乱, 差别甚大。此外, 上述文献中大多没有交代确定红树林生长界限与潮汐水位关系的具体研究方法。作者于 1992 年以来开展红树林造林技术及红树林防浪护岸效益研究^[19], 在海南东寨港林市村、粤桂边界英罗港东岸廉江车板镇那腮村, 珠江口深圳湾北岸深圳锦绣中华等岸段设立半定位观测站, 定期进行各项观测研究, 并曾简单报道红树林生长于中潮位以上滩地^[20]。本文依据上述半定位试验点潮滩高程水准测量资料、潮位观测与分析等资料, 详细分析论证红树林生长带内外边界(或高程范围)与潮汐水位的关系, 并试图对国内外文献的不同论述进行评述。

1 研究区域概况(图 1)^[20]

海南东寨港(口门称铺前港)是海南岛北岸的溺谷型海湾, 总面积 52.4 km², 其中低潮水域、红树林潮滩、无红树林光滩大致各占 1/3。热带海洋性季风气候。是我国红树林种类最丰富、保存面积最大的红树林分布中心区之一。1980 年和 1986 年定为省级和国家级保护区。属不正规半日潮混合潮型海区, 潮汐日潮不等(尤其低潮不等)显著。平均潮差约 1 m。试验点位于西部林市村——塔市小港湾东岸南北向 900 m 长围垦大堤外侧。堤外有一条来自口门铺前水道的潮沟。红树林带 80~190 m 宽分布于大堤与潮沟之间, 少量分布于潮沟外侧形成不连续林岛。树种以密集支柱根为特色的红海榄(*Rhizophora stylosa*)为主, 其次有角果木(*Ceriops tagal*)、木榄(*Bruguiera gymnorhiza*)、桐花树(*Aegiceras corniculatum*)、秋茄(*Kandelia eripostage*)等, 外侧近潮沟处有少量白骨壤(*Avicennia marina*)镶边。树高 1.0~3.0 m, 覆盖度 85%~90%。该林区发育历史悠久, 原为天然林, 后经多次小块状砍伐和自然恢复变为次生林^①。

深圳湾为珠江口伶仃洋东岸溺谷型海湾, 面积 75 km²。亚热带海洋性季风气候。湾顶深圳河口两侧有宽广的泥滩并生长红树林。南岸有香港米埔红树林保护区, 北岸 1984 年和 1988 年定为省级和国家级保护区。不正规半日潮混合潮型海区, 平均潮差 1.36 m, 日潮不等(高潮不等和低潮不等)显著。锦绣中华试验点位于深圳福田保护区红树林带以西, 为一片约 600 m 长的孤立红树林带, 宽约 150 m, 树高 1.0~2.4 m, 覆盖度 70%~90%, 树种以桐花树、秋茄、白骨壤为主。

① 陈焕雄。个人通讯。

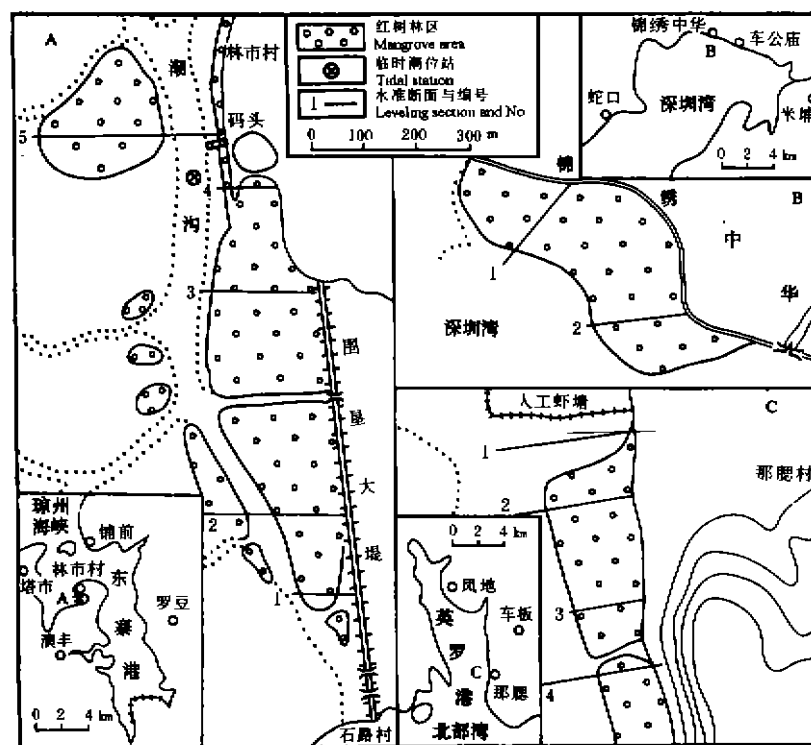


图1 研究区域概况

Fig. 1 Position map of study areas

- A 东寨港林市村试验点 Linshicun study area of Dongzhaigang Harbor
 B 深圳湾锦绣中华试验点 "Splendid China" study area of Shenzhen Bay
 C 英罗港那厝村试验点 Nasaicun study area of Yingluogang Harbor

英罗港为粤桂边界南北向潮谷型海湾,面积 42.4 km²。南亚热带海洋性季风气候。红树林分布于东岸几条支流河口及西岸近口门处。1990 年在西岸建立山口国家级保护区,1991 年在东岸建立省级保护区,不正规日潮混合潮型海区。平均潮差 2.45 m,是华南海岸最大潮差海区。廉江车板镇那厝村试验点位于港湾南段东岸,距口门 2.5 km,为 1986 年以来栽种和自繁形成的 80~150 m 宽的窄条带状红树林带。近岸白骨壤、桐花树为主,外侧混生少量红海榄、木榄。树高 0.5~2.0 m,覆盖度 60%。

2 研究方法与结果

2.1 潮汐水位观测与潮汐特征水位计算

2.1.1 根据潮汐表资料分析试验点海区潮汐特征潮汐运动受各种不同周期引潮力及海岸复杂地形影响而呈现复杂的周期运动。很难用短期实测潮位直接代表长期平均特征潮水位。另一方面,已有相当成熟的潮汐分析技术,可依据短期资料推算潮汐调和常数,潮汐特征水位和进行潮汐预报^[21]。从国家海洋局海洋科技情报所每年刊行的潮汐表中可以查找华南海岸相当多港点的潮汐特征资料,包括潮汐类型数(判别潮汐类型)、平均海面(在潮高基面以上的高度),大潮平均高潮位、小潮平均高潮位(上述两项适用于日潮不等不显著的半日潮型港点)。回归潮平均高高潮位、回归潮平均低低潮位、分点潮平均高潮位、分点潮平均低低潮位(上述 4 项适用于日潮型港点和日潮不等显著的混合潮港点)。试验点附近的铺前(距林市村 3.5 km)、铁山港(距那厝村 30 km)、赤湾(距锦绣中华 11 km)3 港点潮汐的特征资料(表 1)可代表试验点海区潮汐的基本特征。

表 1 铺前、铁山港、赤湾潮汐特征资料*

Table 1 Tide characteristic data of Puqian Harbor, Tieshangang Harbor and Chiwan Harbor

港口 Harbor	潮汐类型数 Number of tide type	潮汐类型 Tide type	平均海面 MSL(m)	回归潮 Tropic tide		分点潮 Equinoctial tide	
				平均高高潮位 MHHW(m)	平均低低潮位 MLLW(m)	平均高潮位 MHW(m)	平均低潮位 MLW(m)
铺前	1.97	不正规半日潮	1.30	1.73	0.44	1.59	1.01
铁山港	3.29	不正规日潮	3.59	6.01	1.64	4.21	3.04
赤湾	1.23	不正规半日潮	1.52	2.62	0.40	2.07	0.90

* 资料来源: 海洋科技情报研究所编, 1994 潮汐表(第 3 册), 海洋出版社, 1993, P. 530~535。

就一太阳日(约 24h50min)而言, 大多数港口潮汐为两涨两落且其高度不等, 可据此划分潮滩浸淹程度的 5 个区^[16]: (1) 无浸淹区, 高高潮位(HHW)以上; (2) 一天一次短时浸淹区, 高高潮位与低高潮位之间(HHW-LHW), 大部分时间暴露; (3) 一天两次浸淹两次暴露区, 低高潮位与高低潮位之间(LHW-HLW); (4) 一天一次暴露区, 高低潮位与低低潮位之间(HLW-LLW), 在大部分时间浸淹; (5) 全部浸淹区, 低低潮位以下。图 2 为铺前, 铁山港, 赤湾 3 港口 1993 年 7 月预报潮位曲线及相应的浸淹程度分区图。该日为日潮时(铁山港有近一半天数为日潮)第 3 带缺失, 由图 3 可见, 潮汐过程及相应 5 个带的高程逐日变化甚大, 这是月亮盈亏、月球赤纬等天文因素影响所致。月亮盈亏变化周期 29.53d 形成半日潮为主的港口(铺前、赤湾)潮差的大小潮变化。月球赤纬变化周期 27.32d, 形成一天中两次高潮或低潮高度不等(日潮不等)的变化, 月赤纬最大后 2~3d 为回归潮, 日潮不等最大, 日潮为主的港口(铁山港)有数日低高潮和高低潮完全消失, 一天一次高潮和低潮且潮差最大(相应于半日潮型的大潮); 月赤纬为 0(位于赤道)后 2~3d 为分点潮, 日潮不等最小, 潮汐类似半日潮性质且潮差最小(相应于半日潮型的小潮)^[21]。

2.1.2 用海面水准法确定当地平均海面 与高低潮位相比, 平均海面在现场无法直接观测到但对红树林生长带是更重要的潮汐水位参数。在有现场日、月或年实测逐时潮位资料时, 可用海面水准法与已有长期平均海面资料的附近港口间的相应实测潮位对比, 即把相邻港口间的日、月或年平均潮位看成是一个水准面, 从而确定当地平均海面。有关海面水准方法的详细说明见文献^[22]。以日、月平均海面为水准面的海面水准联测, 距离 100 km 以内的平均误差分别为±10 cm 与±2 cm。在没有现场潮位观测资料时, 可参照附近港口潮汐预报资料, 粗略确定某时刻潮位与平均海面的关系。

应该注意, 平均海面与中潮位不宜混用, 二者是用不同方法计算出来的两个不同的面。前者为逐时潮位平均而来, 后者是所有高、低潮位平均而来^[21]。由于平均海面易于在潮汐表中查找且使用广泛, 本研究中使用了平均海面为宜。

2.1.3 潮汐调和常数计算及潮位特征值、潮汐浸淹频率分布计算 当地有数日或一个月潮位实测资料时, 可进行潮汐调和常数计算, 再用调和常数计算各种潮位特征值和浸淹频率分布。具体方法参阅文献^[21], 计算通常在微机上实现。其中浸淹频率分布即文献^[21]所述之潮位频率分布(低于某一潮位的累积频率), 可绘制成浸淹频率分布曲线。

2.1.4 潮汐水位观测及分析计算结果 3 个半定位试验点中, 仅海南东寨港林市村分别于 1993-07 与 1994-07 共进行 89 h 逐时潮位观测, 其潮汐曲线与铺前预报潮位基本对应, 但潮差略大^[20]。根据与海口秀英港(距试验点 40 km)实测潮位进行以日平均海面为海面水准的对比分析, 求取林市村平均海面与两次潮位观测基面的关系。计算了林市村潮汐调和常数及主要潮汐特征水位, 并绘制了潮汐浸淹频率分布曲线(图 3)。其有关高(低)潮位均比铺前(表 1)略高(低)。

2.2 红树林潮滩高程水准测量

在 3 个试验点共布设 10 条高程水准测量横断面(图 1), 测量距离通常从岸边(通常为人工堤坝, 未发育半红树林带)至林外边缘部分光滩。平均 10~15m 一个测点。由于林区通行和通讯困难, 采用了对讲机进行现场测量指挥。测量于 1992 年 8~9 月完成, 1993 年又进行了加密与校核测量。此外进行了瞬时水面(水

边线)高程测量,以与验潮资料(或附近港点预报资料)对比,确定二者基面关系及与平均海面的关系。摘取各断面红树林带前缘最低高程与后缘(或林内)最高高程,换算至潮高基面高程后(表 2),即可与特征潮汐水位对比。

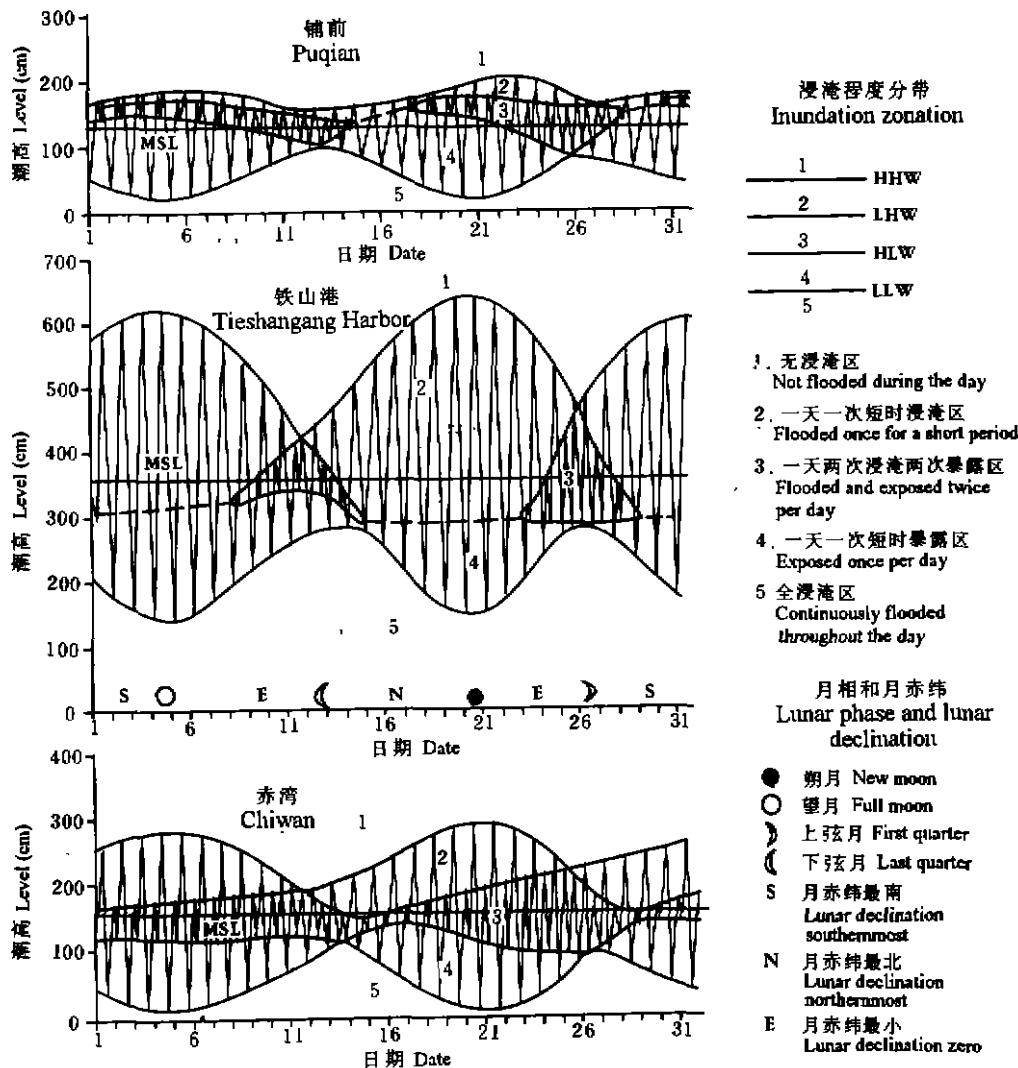


图 2 铺前、铁山港、赤湾 1993 年 7 月预报潮汐曲线及浸淹程度分带图

Fig. 2 Predicted tidal curves and inundation zonation of Puqian Harbor, Tieshangang Harbor, and Chiwan Harbor

2.3 红树林带高程与特征潮汐水位对比结果

显然,与红树林分布高程边界最接近的潮汐特征水位是平均海面与回归潮平均高高潮位。在对比中,林市村使用当地实测潮位资料分析计算结果(图 3)1.30m 与 1.88m。那腮村与锦绣中华未进行现场潮位观测及相应潮汐特征值计算,只能沿用铁山港与赤湾的特征潮位值(表 1),分别为 3.59 m 与 6.01, 1.52 m 与 2.62 m。对比结果,林市村、那腮村、锦绣中华 3 个实验点红树林外边界高程与平均海面差值为 0.05~0.18 m,平均 0.10 m; -0.04~-0.11 m,平均 -0.07 m; 0.11~0.12 m,平均 0.12 m。红树林内边界与回归潮平均高高潮位差值为: 0.06~0.18 m,平均 0.10 m; 0.47~-1.37 m,平均 -0.89 m; -0.01~-0.21 m,

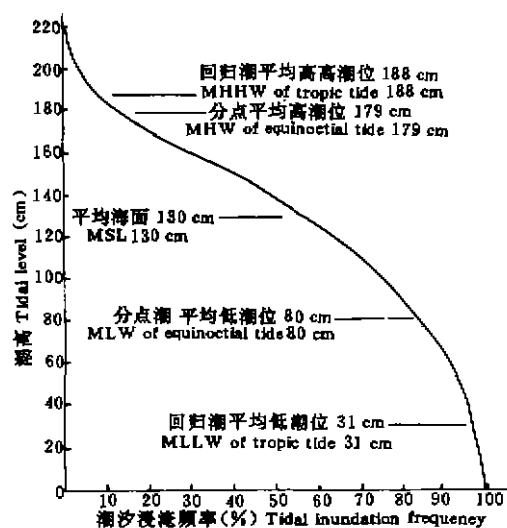


图3 海南东寨港林市村潮汐淹没频率分布曲线及潮位特征值

Fig. 3 Tidal inundation accumulation frequency curve and special tidal sea-levels at Linshicun of Dongzhaihang Harbor in Hainan Island

平均-0.11 m。那厝村红树林内边界明显偏低,显然是由于红树林发育历史短(6 a),原始滩地高程低,不能代表红树林生长的极限高度。其前缘似乎也偏低,怀疑是由于沿用试验点以西 30 km 的铁山港位预报资料(另两个试验点的参照潮位站距离近且有实测潮位资料)导致误差所致。林市村红树林高程范围(1.98 m 与 1.40 m)相应的淹没频率为 2.9% 与 47.5%(图 3)。

3 结论与讨论

3.1 红树林生长带与潮汐水位关系的基本认识

根据华南海岸具不同气候、潮汐、红树林群落特点的 3 个实验点的研究结果,红树林生长带前缘高程在平均海面或稍上,后缘或林内最大高程可达回归潮平均高高潮位附近(红树林发育历史短时可明显低于此界面)。在林市村,此两界面潮汐淹没频率分别为 47.5% 与 2.9%。由此可见,本文开头的表述:“红树林是生长在热带亚热带低能海岸潮间带,受周期性海水淹没的木本植物群落”可以更准确地表述为:“红树林是生长在热带亚热带低能海岸平均海面(或稍上)与回归潮平均高高潮位(或大潮平均高高潮位)之间,受年海水周期性淹没与周期性暴露,通常暴露时间较浸

淹时间较长的木本植物群落。”这一基本认识与不少前人文献^[12-17]是一致的。

表 2 红树林潮滩高程水准测量数据表

Table 2 Data for leveling survey of mangrove tidal flats

试验点 Study area	断面号 Number of section	红树林带宽 Width of mangrove zone (m)	红树林带高程范围 Altitude range of mangrove zone (m)	
			假定基面 Arbitrary datum	潮高基面*3 Tidal datum
林市村	1	86	2.20~2.68	1.48~1.96
	2	129+66*1	2.13~2.71	1.41~1.99
	3	181	2.07~2.66	1.35~1.94
	4	70+16*2	2.11~2.78	1.39~2.06
	5	205	2.09~2.68	1.37~1.96
那厝村	2	152	3.03~4.76	3.48~5.21
	3	120	3.01~5.09	3.55~5.54
	4	86	3.08~4.19	3.53~4.64
锦绣中华	1	164	1.73~2.50	1.64~2.41
	2	123	1.72~2.72	1.63~2.63

*1 潮沟内宽度+潮沟外宽度, *2 海岸沙嘴内宽度+沙嘴外宽度,

*3 试验点潮高基面分别在假定基面以上 0.72m, -0.45 m, 0.09 m。

3.2 关于前人对红树林生长带与潮汐水位关系论述的评述

前人关于红树林生长于“高潮位与低潮位之间”^[4,5]、“大潮高潮位以下”^[7]属于研究不够深入的粗略表述,生长于“潮上带”^[6]看来是误述。20、30 年代红树林淹没等级分类中,最前缘红树林“所有高潮都能淹没,每月淹没 56~62 次”,或“每月淹没 20 天以上”^[3],已隐含其外边界不可能在最高低潮位以下。红树林生长至“低潮位”甚至以下的论述^[3,8-11],其中可能包含着名词术语的不同理解。郑德璋^[8]曾指出:“我国学者以每月的大、中、小潮日期内潮水所达海滩的位置划分为低潮滩、中潮滩、高潮滩(引用者注:顺序

有误,应为高潮滩、中潮滩、低潮滩),以表示种类分布与潮水位淹没时间的关系。”莫竹承等^[8]指出,在潮滩上种植红树林,不能超越“宜林临界线”,它位于“低潮期(小半眼、半眼子、一眼子)(引用者注:这是广西沿

海群众描述日潮为主潮汐半月变化使用的名词,相当于潮汐学上的分点潮)的海水最高水位为低潮线”。即把分点潮(相当于小潮)称为“低潮期”(因为高潮位最低),其高潮位则称为“低潮线”,即最低的高潮位。可见部分(也许绝大部分)文献中的低、中、高潮位,翻译成潮汐学上通用的相应名词应为小潮(或分点潮)高潮位、中潮高潮位、大潮(或回归潮)高潮位。通常小潮(或分点潮)高潮位在平均海面以上,但也有甚至低于平均海面(图2)。这样看来,纠正名词术语上的误解,这些文献的论述与我们的研究结果就比较接近了。国外也有些文献划分红树林潮滩为高、中、低潮滩(high-intertidal, middle-intertidal, low-intertidal)^[25],也易于与整个潮滩的划分名称相混淆。Boto等^[26]在研究同一地区时,则定义低、中、高潮滩分别位于平均海面以上0~0.3m,0.3~1.1m,1.1~1.4m,这就说明红树林潮滩均位于平均海面以上,真正的低潮滩是平均海面以下不长红树林的光滩。总之,为防止与高低潮位之间整个潮滩划分为高潮滩、中潮滩、低潮滩的名词发生混淆,建议红树林潮滩分带时称为红树林高潮滩、红树林中潮滩、红树林低潮滩,相应的潮位称为大潮(或回归潮)高潮位、中潮高潮位、小潮(或分点潮)高潮位。

3.3 关于临界潮位的评述

红树林生长于平均海面或稍上与大潮平均高潮位(或回归潮平均高潮位)之间,体现了红树林对海水浸淹程度的适应。认为“每一种潮位有一种界限作用,当超越这个界限时,暴露和干燥时间会骤然成倍在增加,相应的物理和化学因素也必然引起较大变化”^[27]或Colman提出的临界潮位线假说,已被证明是不恰当的^[28]。因为浸淹(或暴露曲线是一条单调平滑的曲线(如图3),每条生物分布界限并不能在曲线上找到相应的突变性的坡折,只能找到相应的浸淹或暴露的累积频率(时间百分比)。至于每条生物界限的生理学定量解释尚待深入研究。潮汐现象很复杂,各种人为确定的特征潮位名称甚多^[21]。用潮汐浸淹(或暴露)累积频率代替特征潮位也许更为合适。

3.4 红树林生长边界的区域变化

除了潮水浸淹程度外,还有其它因素会影响红树林生长边界的高程。Long和Mason研究盐沼在温带潮滩上分布时指出^[29],强波能不利于维管植物的定居。盐沼通常分布在小潮平均高潮位与最高天文潮位之间,但在缺乏掩护的强波能开阔海岸,只限于最高天文潮位附近,而掩护条件为好可伸展至小潮平均高潮位以下。红树林可能也有类似分布特征,有待进一步研究。红树林生长边界还会受全球海面上升的影响。Jimenez与Sauter^[30]研究哥斯达黎加太平洋海岸红树林分带时,认为多花红树(*Rhizophora racemosa*)向岸扩展形成与双色白骨壤(*Avicennia bicolor*)混生林带可能是海面上升影响所致。

3.5 确定红树林生长带与潮汐水位关系的意义

明确红树林只生长在平均海面以上的潮滩,为研究红树林定居和演替提供了线索。只有当潮滩发生淤积并达平均海面以上的高程,红树林生态系统才能建立。林外白滩也只有首先淤涨至平均海面以上的高程,才能提供红树林向海扩展的可能。由此还可以看出,红树林在使海滩淤涨和建造陆地的过程中的作用只是第二位的^[15],先有海滩淤涨才能生长红树林,当然红树林的生长会显著促进海滩淤涨^[16]。

由于红树林对海岸生态与环境重要性的认识,以及世界范围内红树林大规模破坏的现实,使红树林造林与引种扩种及有关技术越来越引起重视^[7]。然而并不是所有的潮滩都适于人工种植红树林。明确只有平均海面以上的潮滩才适于种植红树林有重要现实意义。国内外都有这方面的经验与教训。马来西亚海岸工程师Othman^[14]指出:“在许多情况下种植红树林于低潮滩,浸淹时间长,波浪作用强,造成失败。如白骨壤着床要求浪小,滩地能每天暴露,所以通常在平均海面以上”。莫竹承等^[20]总结广西沿海红树林造林经验,指出分点潮高潮位(通常在平均海面以上)是严格的“潮滩宜林临界线”,在此线外种植红树林保存率为0。深圳福田红树林保护区还在进行类似的试验。

由于红树林生长的上下界限有了明确的界定,红树林泥炭层可以成为很好的海平面指示物^[31]为利用红树林泥炭研究历史时期或地质时期的海面变化提供了依据。

参 考 文 献

- 1 Nybakken J W. (林光恒, 李和平译). 海洋生物学, 生态学探讨. 北京海洋出版社, 1991. 262~272
- 2 Lugo A E and Snedaker S C. The ecology of mangroves. *Ann. Rev. Ecol.*, 1974, 5: 39~64
- 3 Snedaker S C and Snedaker J G (eds). *The Mangrove Ecosystem, Research Methods*. Unesco. 1984. 53~80. 中译本, 郑法璋, 郑松发, 廖宝文译. 红树林生态系统研究方法. 广州: 广东科技出版社, 1994. 78~134
- 4 McGraw-Hill. *Encyclopedia of Science & Technology*. 5th Edition. V. 8. McGraw-Hill Book Company. 1982. 112
- 5 中国大百科全书. 生物学 I. 北京·上海: 中国大百科全书出版社, 1991. 55
- 6 中国大百科全书. 大气科学海洋科学水文科学. 北京·上海: 中国大百科全书出版社, 1987. 47~49
- 7 FAO. Mangrove Forest Management Guideline. FAO Forestry Paper 117. Rome; FAO. 1994. 5
- 8 林 鹏. 中国东南部海岸红树林的类群及其分布. 生态学报, 1981, 1(3): 283~290
- 9 黄庆昌, 曾沛, 栗舜英. 深圳市福田红树林鸟类自然保护区红树林群落的初步研究. 生态科学, 1985, (1): 11~18
- 10 张宏达, 王伯荪, 胡玉佳等. 香港地区的红树林. 生态科学, 1985, (2): 1~18
- 11 陈树培, 梁志贤, 邓义. 海南岛的红树林及其保护问题. 生态科学, 1986, (1): 12~19
- 12 潘树荣, 徐希杨, 温伟英. 西江河口红树林荒滩的自然地理基本特征. 中山大学学报(自然科学版), 1965, (1): 100~109
- 13 Macnae W. Zonation within mangroves associated with estuaries in North Queensland. In: Lauff G H (ed.), *Estuaries*. AAAs Publication No. 83. 1967. 432~441
- 14 毛树珍, 宋朝景, 许祖康. 海南岛北部红树林海岸调查报告. 南海海岸地貌学论文集, 第二集. 广州: 中国科学院南海海洋研究所, 1975. 169~200
- 15 Lear R and Turner T. Mangroves of Australia. University of Queensland Press, 1977. 4~17
- 16 Pugh D T. Tides, Surge and Mean Sea-Level. A Handbook for Engineers and Scientists. John Wiley & Sons. 1987. 375~415
- 17 庄武艺, J. 谢佩尔. 海草对潮滩沉积作用的影响. 海洋学报, 1991, 13(6): 813~821
- 18 Orhman Ir M A. Value of mangrove in coastal protection. Paper Presented at the symposium on mangroves. Kuala-Lumpur, Malaysia. 1991
- 19 张乔民. 红树林防浪护岸机理与效益评价. 第七届全国海岸工程学术讨论会论文集(下). 北京: 海洋出版社, 1993. 853~861
- 20 张乔民, 于红兵, 陈欣树等. 红树林潮汐动力学初步研究. 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. 13~20
- 21 方国洪, 郑文振, 陈宗镛等. 潮汐和潮流的分析和预报. 北京: 海洋出版社, 1986. 1~15, 216~254
- 22 王志豪, 刘天珍. 论我国海岸带的三个基准面. 全国海岸带和海涂资源综合调查, 海岸工程学术会议论文集(上集). 北京: 海洋出版社, 1982. 72~79
- 23 郑德璋, 廖宝文. 海南岛清澜港和东寨港红树林及其生境的调查研究. 林业研究, 1989, 2(5): 433~441
- 24 莫竹承, 梁士楚, 范航清. 广西红树林造林技术的初步研究. 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. 164~172
- 25 Smith T J. Effect of light and intertidal position on seedling survival and growth in tropical tidal forest. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1987. 110: 133~146
- 26 Boto K G and Robertson A L. The relationship between nitrogen fixation and tidal export of nitrogen in a tropical mangrove system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 1990. 31(5): 531~540
- 27 李荣冠, 江锦祥, 鲁淋等. 大亚湾埔渔洲红树林区大型底栖生物生态研究. 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. 136~145
- 28 Underwood A J. A refutation of critical tidal levels as determination of the structure of intertidal communities on British shore. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1987. 33: 261~276
- 29 Long S P and Mason C F. *Saltmarsh Ecology*. Blackie and Sons Ltd. 1983. 1~11
- 30 Jimenez J A and Sauter K. Structure and dynamics of mangrove forests along a flooding gradient. *Estuaries*. 1991. 14(1): 49~56
- 31 Woodroff C D. Mangrove swamp stratigraphy and Holocene transgression, Grand Cayman, West India. *Mar. Geol.* 1981. 41: 271~294