

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 21720091152213

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

互花米草群落与红树林群落蟹洞形态的
比较研究

Differences in Burrow Morphology of the Mud Shore Crabs
between *Spartina alterniflora* and Mangroves

高雪芹

指导教师姓名: 王文卿 副教授

专业名称: 植 物 学

论文提交日期: 2011 年 11 月

论文答辩时间: 2011 年 12 月

学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2011 年 12 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

目 录

摘要.....	1
ABSTRACT.....	3
第一章前言	4
1.1 外来植物互花米草的生态工程师效应	5
1.1.1 互花米草对潮滩生态系统生物量的影响.....	5
1.1.2 互花米草对潮滩生态系统生物多样性的影响.....	6
1.1.3 互花米草对潮滩水动力和沉积过程的影响.....	7
1.1.4 互花米草对潮滩养分循环和土壤污染的影响.....	7
1.2 掘穴蟹：红树林湿地中的重要生态系统工程师	8
1.3 蟹洞的功能及生态作用	9
1.3.1 蟹洞对蟹自身的作用.....	9
1.3.2 蟹洞的生态功能.....	9
1.4 蟹洞形态研究的意义	12
1.5 蟹洞形态研究的方法	13
1.5.1 测定方法.....	13
1.5.2 蟹洞形态参数.....	14
1.6 影响蟹洞形态的因素	16
1.6.1 蟹类的物种特征.....	16
1.6.2 环境因素.....	18
1.7 本研究科学问题及意义	19
第二章 实验方法与材料	21
2.1 样地概况	21
2.2 材料与方法	23
2.2.1 材料.....	23
2.2.2 方法.....	23
第三章 结果与分析	26

3.1 蟹类种类组成及优势种	26
3.2 环境因子参数	27
3.3 蟹洞形态参数结果	30
3.3.1 蟹洞的开口直径	30
3.3.2 蟹洞深度	31
3.3.3 蟹洞密度	32
3.3.4 蟹洞复杂度	33
3.3.5 单位体积土壤内蟹洞的总体积	34
第四章 讨论	35
4.1 蟹洞的开口直径	35
4.2 蟹洞深度	36
4.3 蟹洞密度	38
4.4 蟹洞复杂度	39
4.5 单位面积内蟹洞总体积	41
第五章结论与展望	42
5.1 主要结论	42
5.2 展望	43
参考文献	45
附录 1 秋茄群落内蟹洞的浇塑模型	54
附录 2 白骨壤群落内蟹洞的浇塑模型	55
附录 3 桐花树群落内蟹洞的浇塑模型	56
附录 4 互花米草群落内蟹洞的浇塑模型	57
附录 5 光滩内蟹洞的浇塑模型	58
致谢	59

CONTENT

ABSTRACT(IN CHINESE)	1
ABSTRACT(IN ENGLISH)	3
CHAPTER1: PREFACE	4
1.1 Ecosystem Engineering Effects of <i>Spartina alterniflora</i>	5
1.1.1 Impacts on intertidal biomass	5
1.1.2 Impacts on intertidal biodiversity	6
1.1.3 Impacts on intertidal deposition process.....	7
1.1.4 Impacts on intertidal nutrient cycling and sediment pollution.....	8
1.2 BURROWING CRABS: ECOSYSTEM ENGINEER IN MANGROVE WETLANDS	8
1.3 ECOLOGICAL FUNCTION OF CRAB BURROWS	9
1.3.1 Function of burrows for crabs.....	9
1.3.2 Function of burrows for ecosystem.....	10
1.4 THE IMPORTANCE OF INVESTIGATION ON MORPHOLOGY OF CRAB BURROW 12	
1.5 THE METHODS OF INVESTIGATION ON MORPHOLOGY OF CRAB BURROW	13
1.5.1 Measuring method	13
1.5.2 Morphological parameters of crab burrows.....	14
1.6 FACTORS EFFECT ON BURROW MORPHOLOGY	16
1.6.1 Species characteristic	16
1.6.2 environmental factor	18
1.7 SCIENTIFIC PROBLEMS AND SIGNIFICANCE OF THIS STUDY	19
CHAPTER2: MATERIALS AND METHODS	21
2.1 STUDY AREA	21
2.2 MATERIALS AND METHODS	23
2.2.1 Materials	23
2.2.2 Methods.....	23

CHAPTER3: RESULTS AND ANALYSIS	26
3.1 SPECIES OF CRAB IN MANGROVE HABITATS	26
3.2 ENVIRONMENT PARAMETER.....	27
3.3 RESULTS OF MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF CRAB BURROWS	30
3.3.1 Openning diameter.....	30
3.3.2 Depth.....	31
3.3.3 Density	32
3.3.4 Complexy	33
3.3.5 Total volum in per m ²	34
CHAPTER4: DISCUSSION	35
4.1 OPENNING DIAMETER.....	35
4.2 DEPTH	36
4.3 DENSITY	38
4.4 COMPLEXY.....	39
4.5 TOTAL VOLUM IN PER M²	41
CHAPTER5: CONCLUSION AND PERSPECTIVE.....	42
5.1 CONCLUSION.....	42
5.2 PERSPECTIVE	43
REFERENCES.....	45
APPENDIX 1 RESIN CAST OF CRAB BURROW IN KO	54
APPENDIX 2 RESIN CAST OF CRAB BURROW IN AM	55
APPENDIX 3 RESIN CAST OF CRAB BURROW IN AC	56
APPENDIX 4 RESIN CAST OF CRAB BURROW IN SPA.....	57
APPENDIX 5 RESIN CAST OF CRAB BURROW IN MF	58
THANKS.....	59

摘 要

本实验用聚酯树脂浇塑法制备了云霄红树林区光滩、互花米草群落、白骨壤群落、秋茄群落和桐花树群落五个生境内蟹洞的形态模型,并测量了蟹洞的密度、开口直径、深度、分支数、单位面积内蟹洞总体积五个形态参数,并对五个生境中每种蟹洞形态参数进行了单因子方差分析 (One-Way ANOVA)。同时测定了五个生境中植物群落参数、土壤理化性质、植物根系密度及植物叶片中单宁含量等环境因子,并对不同的环境因子与蟹洞的各形态参数进行了相关性分析,并根据相关性分析的结果推断每个生境中影响蟹洞形态的主要环境因子。最后通过比较外来种互花米草群落中蟹洞的形态与本地种红树植物群落中蟹洞形态的差异,分析了互花米草的入侵对蟹类生态工程师效应的影响。主要结果如下:

(1)单因子方差分析的结果显示互花米草群落中蟹洞的深度($15.82\pm 1.56\text{cm}$) (ANOVA, d.f.=27, $F=24.212$, $P=0.000$) 和单位面积内蟹洞的总体积 ($1.09\pm 0.42\text{ m}^3$) (ANOVA, d.f.=23, $F=3.666$, $P=0.022$) 都显著小于红树植物群落和光滩。其中蟹洞深度最深的是桐花树群落和光滩,平均深度分别为 $47.29\pm 11.67\text{cm}$ 和 $37.98\pm 9.96\text{cm}$ 。蟹洞的开口直径最大的是桐花树群落 ($2.92\pm 0.43\text{cm}$), 而白骨壤群落($2.25\pm 0.17\text{cm}$)和秋茄群落 ($2.29\pm 0.17\text{cm}$) 中蟹洞的开口直径最小。另外两个生境内蟹洞的开口直径的大小介于最大值和最小值之间分别为光滩 $2.57\pm 0.37\text{cm}$ 和互花米草群落 $2.48\pm 0.21\text{cm}$ 。互花米草群落和白骨壤群落内蟹洞的密度最高,分别为 $15.60\pm 2.97\text{ ind/m}^2$ 和 $15.50\pm 3.42\text{ ind/m}^2$ 。秋茄群落和白骨壤群落内蟹洞的开口数、分支数最多,形态结构复杂度最高。

(2)相关性分析结果表明蟹的大小(甲壳宽)是影响蟹洞开口直径的决定性因素,而且两者呈显著的正相关 ($P<0.05$)。土壤含水率是影响蟹洞开口直径的一个重要环境因子,土壤含水率越低开口直径越大。潮滩高程、植被覆盖率,淹水时间和根系密度是影响蟹洞深度的重要环境因子,而蟹的大小和行为是蟹洞深度的决定性因素。随着潮位的增高,蟹洞深度有逐渐变深的趋势。土壤表层沉积物的 C:N 比以及植物叶片中的单宁含量是影响蟹洞密度的中要环境因子。植物群落内根系密度是影响蟹洞复杂度的主要环境因素,而且两者之间的关系符合中度干扰理论:在没有根系或根系干扰较小的生境中(如光滩和桐花树群落),蟹

洞的形态结构通常比较简单，蟹洞的分支数较少；在根系密度适中的生境中（如秋茄和桐花树群落）蟹洞的复杂度达到最大，分支数最多；而在根系十分密集的生境中（如互花米草群落），由于蟹洞的挖掘受到严重的阻碍，蟹洞的结构通常也比较简单。

(3)通过比较外来种互花米草群落中蟹洞的形态与本地种红树植物群落中蟹洞形态的差异，发现前者蟹洞的深度和单位面积内蟹洞总体积都显著低于后者。一方面，蟹洞总体积大小间接代表蟹类对土壤的周转速率，因此互花米草的入侵造成土壤周转率降低，从而使各种营养元素周转速率降低，在一定程度上阻碍了生态系统的物质循环和能量流动，也就是说在一定程度上消弱了蟹的生态工程师效应。另一方面，互花米草群落内蟹洞的结构简单，而且通常每个蟹洞通常只有一个开口，严重限制了地下水的交换，也在一定程度上影响了营养物质的循环利用，以及导致土壤盐分的滞留。因此，互花米草的入侵在一定程度上减弱了蟹的生态工程师效应的效应。

关键字：红树林； 互花米草； 蟹洞； 树脂模型； 生态工程师效应

Abstract

Density and morphology of crab burrows were studied using resin casts at *Spartina alterniflora* community (Spa) and the other four habitats (*Avicennia marina* communities, Am; *Kandelia obovata* communities, Ko; *Aegiceras corniculatum* communities, Ac; Mudflat, Mf) in a mangrove estuary, Yunxiao, China. Five burrow-morphological parameters (density, opening diameter, depth, branching and total burrow volume per m³) were measured. The results showed that there were significant differences in burrow morphology (depth and volume) between *Spartina alterniflora* community and the other four habitats. The depth (ANOVA, d.f.=27, F=24.212, P=0.000) and total burrow volume (ANOVA, d.f.=23, F=3.666, P=0.022) in per m³ in Spa habitat is significantly smaller than the other four habitats. Correlation analysis indicated significant negative correlation between burrow depth and root biomass. It could be that the over-dense roots system and subterranean stem of *Spartina alterniflora* impede crabs excavating burrows severely, both in the vertical and horizontal direction. Consequently, the invasion of *Spartina alterniflora* weakens the ecosystem engineering effects of mangrove crabs to some extent. Burrow densities in the Spa and Am habitats are higher than that in the other three habitats. This could be explained by the low tannin content of Am and Spa leaves or low C:N of the surface sediment. The burrow opening in Ac habitat is the widest among the five habitats. Burrows in Ko and Am habitats have significantly higher burrow complexity than that in the other three habitats. We speculate that plant root system was the main environmental variable resulting in the varied complexity of crab burrows. The parabolic correlation between crab burrow complexity and root biomass is consistent with intermediate disturbance hypothesis.

Key words: mangrove; *Spartina alterniflora*; crab burrow; resin cast; ecosystem engineering effects

第一章 前言

红树林是生长在热带、亚热带海湾河口潮间带的木本植物群落 (Chapman, 1976; Tomlinson, 1986; 林鹏, 1997)。红树林生态系统具有巨大的初级生产力, 并且可以为该系统内的消费者提供良好的栖息、繁衍地以及丰富的食物来源 (王文卿和王瑁, 2007; Lee, 2008; Nagelkerken *et al.*, 2008)。互花米草 (*Spartina alterniflora*) 原产于大西洋西海岸及墨西哥湾, 是一种多年生草本植物 (Daehler & Strong, 1996; 邓自发等, 2006; 王卿等, 2006)。互花米草具有生长快、根系发达、繁殖能力高、高耐盐和耐淹等特点, 表现出很强的入侵性 (Wang *et al.*, 2006; An *et al.*, 2007), 互花米草的入侵显著影响土著生态系统的组成结构(如图 1-1 所示)。近年来红树林生态系统受到互花米草的严重威胁 (欧建和卢昌义, 2006; Qin *et al.*, 2006; An *et al.*, 2007; Shi & Bao, 2007; 张祥霖等, 2008)。在福建云霄漳江口互花米草能够迅速侵占光滩、红树林林缘和林窗, 从而影响底栖动物群落结构, 改变沉积物特征和阻碍红树林幼苗的扩散, 形成与红树林竞争生存空间的现象 (Qin *et al.*, 2006; 王文卿和王瑁, 2007; 张祥霖等, 2008)。

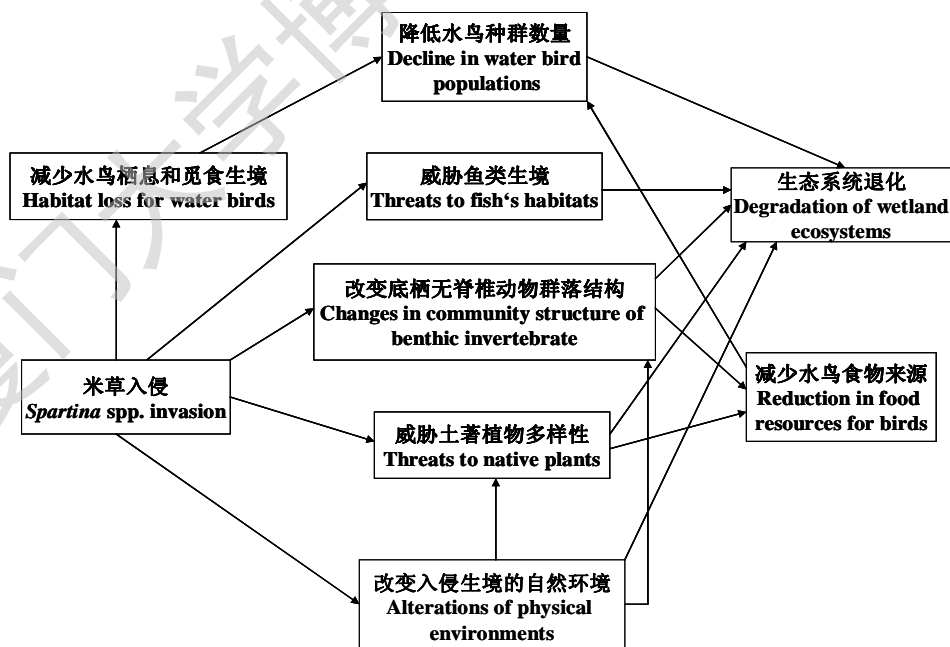


图 1-1 米草入侵影响土著生态系统组成的框架图(陈中义等, 2004)

Fig 1-1 Potential ecological impacts of *Spartina* spp. invasion on native wetland ecosystems

1.1 外来植物互花米草的生态工程师效应

Lawton 和 Jones (1993) 为了寻找整合生物种群与生态系统过程的方法最先提出了“生态系统工程师 (ecosystem engineers)”的概念。1994 年 Jones 等人将生态系统工程师定义为: 能够引起生物和非生物材料物理状态发生改变从而直接或间接调节生态系统中其它物种资源有效性的生物。2006 年 Wright 和 Jones 把生态系统工程效应 (ecosystem engineering effects) 表述为: 生态系统工程师改变了生境的物理状态进而直接或间接地控制着其它生物可利用的资源、影响着其它物种某些行为特征。唐龙等 (2008) 认为生态系统工程师通过改变生物或非生命物质的某些状态从而直接或间接地控制资源有效性的生物。生态系统工程师的关键性质是调节了生态系统中资源流动的性质, 包括方向、路线、数量、时间跨度等, 从而改变了生物所利用资源的多度、质量及分布, 而不是直接为其它生物提供资源 (唐龙等, 2008)。

互花米草的秆密集粗壮、地下根系发达, 能够对潮水起到显著的消浪及缓流作用, 故能促进泥沙的快速沉降与淤积。因此, 互花米草对促淤保滩及堤岸防护具有一定的作用。同时, 互花米草也被公认为生态系统工程师 (Daehler & Strong, 1996; Crooks, 2002; Chung, 2006), 对土著生态系统多样性和生态系统过程产生深刻的影响 (Li *et al.*, 2008)。互花米草的扩散及其对潮滩的占领, 极大地改变了原生潮滩生态系统结构, 从而引起潮滩生态系统服务功能的变化。主要表现在影响生态系统生物量、生物多样性、潮滩水动力和沉积过程、土壤形成和营养物质积累、植被演替序列等方面。对于不同区域而言, 互花米草对同一种服务功能的影响可能表现出完全相反的特征, 即正、负两方面的影响。

1.1.1 互花米草对潮滩生态系统生物量的影响

互花米草植株高大, 生物量丰富, 每公顷鲜生物量达 30 t, 最多达 50~80 t, 使得潮滩生态系统的初级生产力大大提高。互花米草生态系统可蕴育多种底栖生物资源, 如沙蚕、锯缘青蟹、弹涂鱼等具经济价值的底栖生物资源。杭州湾南岸潮滩宽广, 潮间带面积 408 km², 互花米草面积 38 km², 通过计算得到互花米草生物量及其底栖动物生物量的经济价值达 6.00×10^6 元。在负面影响上, 福建三都湾口小腹大, 潮滩面积为 308 km², 大米草和互花米草面积 40 km², 互花米草

的蔓延扩展, 侵占缢蛭、牡蛎、泥蚶、花蛤等贝类良好的养殖埋地或贝苗的天然产地, 使得三都湾滩涂养殖业遭受巨大损失(李加林等, 2005)。此外, 互花米草枯枝落叶的漂移对湾内紫菜、海带等藻类的生长、收获及产品质量也有明显的不良影响(林如求, 1997)。也有研究指出互花米草入侵对土壤动物群落没有影响。Hedge和Kriwoken (2000) 在澳大利亚塔斯马尼亚岛比较外来植物大米草 (*S. anglica*) 群落与土著植物群落, 发现大米草对大型底栖动物的种类与数量没有影响。周晓等 (2006) 认为互花米草群落中底栖动物的种类组成与其他生境有一定差异, 但种类数、密度和多样性均处于平均水平, 而且总体群落结构没有显著改变。洪荣标等 (2005) 调查发现光滩底栖动物的种类、生物量高于互花米草区, 而互花米草区底栖动物的栖息密度、丰度和种类多样性比红树林区高。

1.1.2 互花米草对潮滩生态系统生物多样性的影响

互花米草作为潮滩先锋植被, 通过对潮滩的占领, 形成单优势群落。茅草、盐蒿等植被很难在滩面淤高后侵入其中, 使得互花米草与本土植物存在竞争生长空间的现象, 从而威胁本地的植物多样性。同时, 高大互花米草植株的庇护也为大量底栖生物的生存、穴居和繁衍提供了饵料和庇护地。此外, 由于互花米草海滩生态系统中大量底栖动物的存在及互花米草秋后产生大量种子, 也引来各种珍稀海鸟觅食栖息。氨氧化细菌和真菌的数量。Wang (2007) 采用 16S rDNA 扩增产物变性梯度电泳以及克隆测序, 发现长江河口盐沼湿地外来植物互花米草群落中根际微生物的多样性和均匀度皆低于土著芦苇群落(*Phragmites australis*)和海三棱藨草 (*Scirpus mariqueter*) 群落。Chen 等 (2007a, b) 发现互花米草植被下底栖线虫营养多样性指数显著降低, 而食细菌线虫比例显著增加。陈中义 (2004) 发现互花米草替代海三棱藨草群落后, 显著降低了大型底栖无脊椎动物的多样性, 他认为互花米草入侵导致植物群落的高度、密度、盖度和生物量发生改变, 这可能是造成当地土壤无脊椎动物群落结构发生改变的重要原因。土著植物海三棱藨草的种子与地下球茎是一些雁鸭类与白头鹤等水鸟的主要食物来源, 互花米草入侵以后显著影响了这些水鸟的分布。同样, 互花米草替代芦苇群落, 也降低了鸟类的多样性(陈中义, 2004)。当然互花米草通过对潮滩态结构的改变, 也改造了本地底栖动物的生存环境, 从而影响本地动物区系。如三都湾宁德二都垦区外互花米草的扩展, 几乎造成“二都泥蚶”的绝迹。徐晓军等 (2006) 调查发

现互花米草群落中心区域的底栖动物的物种数、密度、生物量及多样性都比边缘要低,说明互花米草密集的地面部分枝干及发达的地下根系严重抑制底栖动物的栖息和生长,使底栖动物亚系统出现衰退的迹象。密度不同的互花米草群落中大型底栖动物的密度和生物量变化规律为:稀疏区>光滩>浓密区(赵永强等,2009)。谢志发等(2008)认为大型底栖动物群落的物种丰富度和多样性只是在互花米草发育初期低于本土植物芦苇盐沼,而随着时间的推移,会逐步形成新的大型底栖动物群落,其物种丰富度和多样性逐渐上升,并可能高于芦苇盐沼。

1.1.3 互花米草对潮滩水动力和沉积过程的影响

互花米草根系发达,盘根错节,杆粗叶茂,在潮滩上形成一道软屏障,高潮位附近的波浪伴随着强大的波能冲击互花米草滩时,互花米草植株随波摆动并对波浪产生反作用,降低波能,从而降低高潮位波浪对其后海岸、堤坝的冲刷破坏作用。挟带泥沙的潮流进入互花米草滩时,能量大量消耗,流速显著降低,潮流挟带的泥沙大量沉积于草滩中,使得滩面逐渐淤高,并促使潮滩土壤的形成和营养物质的积累。程晓丽的研究表明互花米草由于促进了土壤沉积,并具有很高的生物量,显著促进了温室气体排放(Cheng *et al.*, 2007)。而且互花米草通过影响土壤沉积过程显著改变潮沟的形态(王卿等,2006)。互花米草形成的草地盐沼能够提高沉积速率,改变当地潮汐水文,改变景观结构(Callaway & Josselyn, 1992; Simenstad & Thom, 1995; Daehler & Strong, 1996)。此外,这种草地盐沼还会排挤本地种从而更有利于本身的后续繁殖(Grosholz *et al.*, 2009)。据估算杭州湾南岸互花米草的促淤保滩、消浪护岸和营养物质累积的经济价值为 2.353×10^7 元/年,三都湾二都垦区堤坝外的互花米草也发挥着很好的保滩护堤作用。互花米草通过其消能促淤,对潮间带水体循环产生明显影响,从而改变了潮滩沉积物的分布规律(李加林等,2005)。

1.1.4 互花米草对潮滩养分循环和土壤污染的影响

互花米草将进入海滩生态系统的各种营养物质和能量以生物量的形式存储于植物体内,冬季互花米草地上部分死亡后部分营养物质回归土壤或被潮流带至外海。互花米草对粉尘具有明显的阻挡、过滤和吸附作用,同时对水体和土壤中农药及汞等重金属元素具有较强的吸附能力,具有净化环境功能(钦佩等,

1989)。据估算, 杭州湾南岸互花米草生态系统在养分循环、滞尘和水土净化等方面的经济价值为 1.444×10^7 元/年。互花米草在三都湾的扩展, 加速了湾内潮滩的淤积, 在潮滩养分积累和土壤形成方面也有明显的促进作用。廖成章发现, 互花米草在长江河口的入侵显著增加了土壤的碳、氮库 (Liao *et al.*, 2007, 2008)。

1.2 掘穴蟹：红树林湿地中的重要生态系统工程师

蟹类是红树林生态系统大型底栖动物中优势动物类群 (Hutchings & Saenger, 1987)。红树林生态系统中的蟹类主要以相手蟹 (方蟹科) 和招潮蟹 (沙蟹科) 为主, 这两类蟹的大部分种都有挖掘洞穴的行为 (Emmerson, 1994; Nobbs, 2003)。以下将这种具有挖掘洞穴的蟹类统称为掘穴蟹类, 掘穴蟹类是公认的潮滩湿地中的生态系统工程师。前面也已经提到生态系统工程师的概念, 即能够引起生物和非生物材料物理状态发生改变从而直接或间接调节生态系统中其它物种资源有效性的生物, 这里的物理状态发生改变, 就是蟹的掘穴行为。蟹类在摄食沉积物、爬行以及掘穴的过程中, 会不断干扰土壤的表层, 因而蟹类直接或者间接的对底栖动物群落和底内动物群落产生影响 (Iribarne *et al.*, 1997)。在盐沼和沙滩生境中, 蟹类不断地刮食土壤表面的有机碎屑, 显著降低了土壤内有机物质含量、微藻的密度、小型动物的密度 (Reinsel, 2004; Webb & Eyre, 2004; Meziane *et al.*, 2006)。红树林中的蟹类在草食过程中能消耗大量的有机碎屑, 显著加速了红树林内的营养循环和物质滞留, 降低了潮汐等因素引起的营养物质向河口的输出 (Lee, 1998; Ashton, 2002)。同时蟹类的草食行为不断的撕碎、消化和掩埋叶片, 加速了红树林叶片的破碎和降解速率 (Middleton & McKee, 2001; Lee, 2005)。蟹类消耗植物组织后排泄的粪便物质则成为微生物食物链的重要基础 (Lee, 1997; Meziane *et al.*, 2002), 进而使底栖和水生消费者潜在获益 (Werry & Lee, 2005)。为了躲避捕食和完成重要的生命活动, 以及躲避恶劣的环境条件 (例如高温、失水), 潮滩的绝大多数蟹类都挖掘洞穴结构 (Kristensen, 2008)。许多研究已经表明蟹类挖掘洞穴的过程剧烈地影响土壤的物理和化学性质。如挖掘显著改变了土壤的微地形, 使地表土壤的粗糙颗粒比例、土壤渗透性显著增加, 而土壤硬度和藻类覆盖率降低 (Warren & Underwood, 1986; Bortolus & Iribarne, 1999)。掘穴蟹类密度高的地区被认为是有机碎屑的

大面积停留区，能够选择性地汇集富含有机质的土壤细粒，而且通常含水量高于无蟹分布的地区 (Iribarne *et al.*, 1997; Iribarne, 2000; Botto *et al.*, 2006)。蟹洞有利于促进土壤排水和通气，增加土壤氧化还原电位，加速有机碎屑的分解 (Lee, 1998; Fanjul *et al.*, 2007)，降低土壤植物毒素的浓度。蟹洞也加速了 O₂ 向土壤内的补充和土壤内产生的 CO₂ 的排放，并且消除了土壤内有毒气体 (Wolfrath, 1992)。蟹类的掘穴过程和洞穴结构剧烈改变土壤的可侵蚀性，导致洞穴附近土壤常常发生管涌冲蚀，也造成了地下水的快速排放 (Onda & Itakura, 1997)。可见，蟹洞通过促进土壤内、外的水和气体的循环，对洞穴附近的土壤性质产生了深刻的影响。这些活动也对土壤环境和植物生长、产量产生显著的影响 (Bertness & Miller, 1954; Bertness, 1955)。

因而，蟹类的摄食活动、掘穴行为和爬行过程都显著影响潮滩湿地生态系统的物质循环和能量流动 (Lee, 1998)，通常被认为是潮滩湿地的生态系统工程师 (Gutierrez *et al.*, 2006)。

1.3 蟹洞的功能及生态作用

1.3.1 蟹洞对蟹自身的作用

底栖蟹类的洞穴是红树林湿地中极为显著的结构特征，很多因素对蟹类分布和生境选择的影响是通过作用于其洞穴形态结构来实现的。洞穴对动物自身具有重要作用：为蟹类提供躲避天敌和高温极端天气的避难所，高潮区躲避陆生捕食者，低潮区躲避水生捕食者 (Warren, 1990a)；为蟹类提供躲避高温等极端天气的避难所，大量的研究结果表明随着蟹洞深度的增加，蟹洞内的温度逐渐降低，这就为蟹类在高温等极端天气条件下提供一个温度适宜的环境；具有隐蔽性和潮湿性，为蜕皮、越冬、求偶、交配、抱卵，失水，补充水分，贮存食物、氧气，调节盐度提供了理想的场所 (Reaney & Backwell, 2007; Sassa & Watabe, 2008)。除此之外，蟹类的洞穴还可以为其他底栖生物在恶劣环境条件下提供避难场所，这些底栖生物主要包括幼蟹，多毛类动物以及腹足类动物。

1.3.2 蟹洞的生态系统功能

蟹洞具有重要的生态系统功能，蟹洞通过改变大小颗粒的分布、排水、氧化

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库