

学校编码：10384

密级_____

学号：22620091151219

廈門大學

碩 士 学 位 论 文

基于大型底栖动物生物指数的红树林和盐
沼湿地环境评价

Environment assessment of mangrove and marsh wetlands
using biotic indices based on macrofauna

彭欣

指导教师姓名：蔡立哲 教授

专业名称：环境科学

论文提交日期：2012年5月

论文答辩时间：2012年6月

2012年5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.....	I
Abstract.....	III
第 1 章 前言.....	1
1.1 红树林生态环境质量评价的意义.....	2
1.1.1 红树林生态环境的重要性.....	2
1.1.2 红树林和盐沼湿地生态环境质量生物评价的特点.....	4
1.2 海洋底栖生物评价方法的研究进展.....	4
1.2.1 指示生物法研究概况.....	5
1.2.2 图析法研究概况.....	5
1.2.3 生物指数研究进展.....	6
1.3 底栖生物指数的选取和应用.....	20
1.4 本研究目的、意义及技术路线.....	21
1.4.1 本研究的目的、意义.....	21
1.4.2 技术路线.....	22
第 2 章 材料与amp;方法.....	23
2.1 漳江口红树林和盐沼湿地概况及取样站设置.....	23
2.1.1 漳江口红树林和盐沼湿地自然地理概况与现状.....	23
2.1.2 漳江口红树林和盐沼湿地取样站设置.....	24
2.1.3 漳江口红树林和盐沼湿地相关环境因子数据.....	25
2.2 湛江高桥红树林和盐沼湿地概况及取样站设置.....	26
2.2.1 湛江高桥红树林和盐沼湿地自然地理概况与现状.....	26
2.2.2 湛江高桥红树林和盐沼湿地取样站设置.....	28
2.2.3 湛江高桥红树林和盐沼湿地相关环境因子数据.....	29
2.3 样品的采集、处理过程及研究和数据处理方法.....	30
2.3.1 样品的采集、处理过程.....	30
2.3.2 生物指数的筛选.....	31
2.3.3 数据处理与统计软件.....	33
第 3 章 漳江口不同植物生境的大型底栖动物生物指数.....	35
3.1 漳江口红树林和盐沼湿地 8 种生物指数的时空变化.....	35
3.1.1 漳江口红树林和盐沼湿地 AMBI 值的时空变化.....	35

3.1.2 漳江口红树林和盐沼湿地 M-AMBI 值的时空变化	36
3.1.3 漳江口红树林和盐沼湿地 BQI 值的时空变化	38
3.1.4 漳江口红树林和盐沼湿地 BOPA 值的时空变化	39
3.1.5 漳江口红树林和盐沼湿地 MPI 值的时空变化	41
3.1.6 漳江口红树林和盐沼湿地 H'值的时空变化	42
3.1.7 漳江口红树林和盐沼湿地 BCI 值的时空变化	44
3.1.8 漳江口红树林和盐沼湿地寡毛类指数 OI 值的时空变化	45
3.2 各生物指数与环境因子的相关性分析	47
3.3 各生物指数与大型底栖动物主要类群之间的相关性分析	47
3.4 漳江口红树林和盐沼湿地各生物指数评价结果的比较	48
3.5 讨论	52
3.5.1 漳江口红树林和盐沼湿地生物指数的筛选	52
3.5.2 生物指数评价结果差异的原因分析	53
3.5.3 各生物指数之间相关性差异的原因分析	55
3.5.4 各生物指数在不同植物生境应用结果的差异性分析	55
第 4 章 湛江高桥不同植物生境的大型底栖动物生物指数	57
4.1 湛江高桥红树林和盐沼湿地 8 种生物指数的时空变化	57
4.1.1 湛江高桥红树林和盐沼湿地 AMBI 值的时空变化	57
4.1.2 湛江高桥红树林和盐沼湿地 M-AMBI 值的时空变化	58
4.1.3 湛江高桥红树林和盐沼湿地 BQI 值的时空变化	60
4.1.4 湛江高桥红树林和盐沼湿地 BOPA 值的时空变化	62
4.1.5 湛江高桥红树林和盐沼湿地 MPI 值的时空变化	63
4.1.6 湛江高桥红树林和盐沼湿地 H'值的时空变化	65
4.1.7 湛江高桥红树林和盐沼湿地 BCI 值的时空变化	66
4.1.8 湛江高桥红树林和盐沼湿地寡毛类指数 OI 值的时空变化	68
4.2 各生物指数与环境因子的相关性分析	70
4.3 各生物指数与大型底栖动物主要类群之间的相关性分析	70
4.4 湛江高桥红树林和盐沼湿地各生物指数评价结果的比较	71
4.5 讨论	74
4.5.1 湛江高桥红树林和盐沼湿地生物指数的筛选	74
4.5.2 生物指数评价结果差异的原因分析	76
4.5.3 各生物指数之间相关性差异的原因分析	77
4.5.4 各生物指数在不同植物生境应用结果的差异性分析	78
第 5 章 总结与展望	80
5.1 研究成果	80
5.2 创新点	81

5.3 不足之处.....	81
5.4 研究展望.....	81
参考文献.....	83
参加的课题及发表的文章	95
致 谢.....	97

厦门大学博硕士论文摘要库

Table of contents

Abstract (in Chinese)	I
Abstract (in English)	III
Chapter 1 Preface	1
1.1 Significance of mangrove ecological environment evaluation	1
1.1.1 The importance of mangrove ecological environment	2
1.2.2 The characteristic of biological evaluation of mangrove and marsh wetlands ecological environment	4
1.2 Research progress of marine benthic biological assessment	4
1.2.1 Overview of the indicators in marine benthic biological assessment	5
1.2.2 Overview of diagram analysis method of marine benthic biological assessment	5
1.2.3 Overview of marine benthic indeices	6
1.3 Application and comparison of benthic indices	20
1.4 Purpose, significance and technical route of the research	21
1.4.1 Purpose and significance of the research	21
1.4.2 Technical route	22
Chapter 2 Materials and methods	23
2.1 General situation and sampling stations in mangrove and marsh wetlands of Zhangjiang River estuary	23
2.1.1 Natural geography and status in mangrove and marsh wetlands of Zhangjiang River estuary	23
2.1.2 Sampling stations in mangrove and marsh wetlands of Zhangjiang River estuary	24
2.1.3 Environment factors in mangrove and marsh wetlands of Zhangjiang River estuary	25

2.2 General situation and sampling stations in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao, Zhanjiang	26
2.2.1 Natural geography and status in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao, Zhanjiang	26
2.2.2 Sampling stations in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao, Zhanjiang.....	28
2.2.3 Environment factors in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao, Zhanjiang.....	29
2.3 Sampling, laboratory procedures and analysis methods	31
2.3.1 Sampling and laboratory procedures.....	31
2.3.2 Screening of biotic indices	31
2.3.3 Data analysis and statistical software.....	33
Chapter 3 Environment assessment of mangrove and marsh wetlands of Zhangjiang River estuary based on biotic indices	35
3.1 Temporal and spatial distribution of eight biotic indices in mangrove and marsh wetlands of Zhangjiang River estuary	35
3.1.1 Temporal and spatial distribution of AMBI index in Zhangjiang River estuary	35
3.1.2 Temporal and spatial distribution of M-AMBI index in Zhangjiang River estuary.....	36
3.1.3 Temporal and spatial distribution of BQI index in Zhangjiang River estuary	38
3.1.4 Temporal and spatial distribution of BOPA index in Zhangjiang River estuary	39
3.1.5 Temporal and spatial distribution of MPI index in Zhangjiang River estuary	41
3.1.6 Temporal and spatial distribution of H' index in Zhangjiang River estuary	42
3.1.7 Temporal and spatial distribution of BCI index in Zhangjiang River	

estuary	44
3.1.8 Temporal and spatial distribution of OI index in Zhangjiang River estuary	45
3.2 Correlation analysis among different biotic indices and environmental factors	47
3.3 Correlation analysis among different indices and major groups of macrobenthic	48
3.4 Comparison among assessments of the selected indices in mangrove and marsh wetlands of Zhangjiang River estuary	48
3.5 Discussion	52
3.5.1 Suitable indices in mangrove and marsh wetlands of Zhangjiang River estuary	52
3.5.2 Reasons and analysis of different assessments	53
3.5.3 Comparison of Pearson correlations among different biotic indices ..	55
3.5.4 Comparison analysis of different indices in different habitats	55
Chapter 4 Environment assessment of mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao based on biotic indices, Zhanjiang	57
4.1 Temporal and spatial distribution of eight biotic indices in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao, Zhanjiang	57
4.1.1 Temporal and spatial distribution of AMBI index in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao, Zhanjiang	57
4.1.2 Temporal and spatial distribution of M-AMBI index in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao, Zhanjiang	58
4.1.3 Temporal and spatial distribution of BQI index in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao, Zhanjiang	60
4.1.4 Temporal and spatial distribution of BOPA index in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao, Zhanjiang	62
4.1.5 Temporal and spatial distribution of MPI index in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao, Zhanjiang	63

4.1.6 Temporal and spatial distribution of H' index in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao, Zhanjiang	65
4.1.7 Temporal and spatial distribution of BCI index in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao, Zhanjiang	66
4.1.8 Temporal and spatial distribution of OI index in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao, Zhanjiang	68
4.2 Correlation analysis among different biotic indices and environmental factors	70
4.3 Correlation analysis among different indices and major groups of macrobenthic.....	71
4.4 Comparison among assessments of the selected indices in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao, Zhanjiang	71
4.5 Discussion	75
4.5.1 Suitable indices in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao, Zhanjiang.....	75
4.5.2 Reasons and analysis of different assessments	76
4.5.3 Comparison of Pearson correlations among different biotic indices ..	77
4.5.4 Comparison analysis of different indices in different habitats.....	78
Chapter 5 Summary and prospection	80
5.1 Study results	80
5.2 Innovation	81
5.3 Insufficiency	81
5.4 Prospection	82
Reference.....	83
Task participation and publications	95
Acknowledgement.....	97

摘 要

红树林湿地是我国东南沿海潮间带的典型生态系统，在中国渤海、黄海、东海的海滨，有面积不等的盐沼分布，大型底栖动物群落是潮间带红树林和盐沼湿地的重要组成部分。生物指数是指运用数学方法求得的反映生物种群或群落结构变化的数值，同时可以用来评价环境质量。以海洋大型底栖动物群落为主体开发的生物指数作为海洋生态环境质量监测的生物指标和评估生态系统健康的方法已经得到了国际上广泛的认可，是欧美很多国家研究的热点。

本研究首次将海洋生物指数 (AMBI)、多变量海洋生物指数 (M-AMBI) 和寡毛类指数 (OI) 等应用于红树林和盐沼湿地环境评价。根据在福建漳江口红树林和盐沼湿地四种植物生境，以及在广东湛江高桥红树林和盐沼湿地四种植物生境获得的大型底栖动物数据，计算了 AMBI、M-AMBI、底栖质量指数 (BQI)、多毛类端足类指数 (BOPA)、底栖环境指数 (BCI) 和 OI 等 8 种生物指数，利用群落组成、部分理化因子和污染范围比例验证 8 种生物指数的适用性。主要研究结果如下：

(1) 单变量双因素方差分析 (Two-way ANOVA) 表明，福建漳江口红树林和盐沼湿地 AMBI、BQI、BOPA、BCI、H' 和 OI 等 6 种生物指数均有显著的季节和生境差异；M-AMBI 指数在不同植物生境之间无显著差异，但有显著季节差异；MPI 指数无显著季节差异，但在不同植物生境之间有显著差异。

(2) 单变量双因素方差分析 (Two-way ANOVA) 表明，湛江高桥红树林和盐沼湿地 AMBI、M-AMBI、BQI、BCI、H' 和 OI 等 6 种生物指数均有显著的季节和生境差异；MPI 指数在不同季节之间无显著差异，但在不同植物生境之间有显著差异；BOPA 指数在不同植物生境之间无显著差异，也无显著季节差异。

(3) BOPA 和 BCI 两种生物指数不适合应用于评价福建漳江口、湛江高桥红树林和盐沼湿地的生态环境质量，其余 6 种生物指数较适合应用于评价福建漳江口和湛江高桥红树林和盐沼湿地的生态环境质量。AMBI 指数、M-AMBI 指数、BQI 指数、MPI 指数、H' 指数、OI 指数评价结果的差异与所获得的大型底栖动物种类差异有关。

(4) 福建漳江口红树林和盐沼湿地除了 BOPA 指数外, 其余生物指数均与盐度有显著相关, 这说明盐度对漳江口红树林和盐沼湿地的大型底栖动物群落及其生物指数影响较大, 这符合河口特征。湛江高桥红树林和盐沼湿地除了 BCI 指数外, 其余生物指数均与盐度无显著相关, 说明盐度对高桥红树林和盐沼湿地大型底栖动物群落及其生物指数影响较小。

(5) 福建漳江口、湛江高桥红树林和盐沼湿地除了 BOPA 指数外, 其余 7 种生物指数均与寡毛类栖息密度呈显著相关, 说明了寡毛类栖息密度在计算生物指数中的重要作用。

关键词: 生物指数; 红树林; 盐沼; 环境评价

Abstract

The mangrove wetland is a typical ecosystem in coastal intertidal zone in southeast China and marsh wetland distributed in Pohai, Yellow Sea, and East China Seashore. The macrofauna community is a crucial part in intertidal mangrove and marsh wetland. Biotic indices are some values that use mathematical methods for reflecting changes in biological species and ecological community which can be used to evaluate ecological environmental quality. Biotic indice based on macrofauna have been hot research topics in Europe and America and widely recognized as an approach to monitor marine environmental quality and assess ecosystem health in the world.

This is the first time to use AMBI index, M-AMBI index and OI index in the environment evaluation of mangrove and marsh wetlands in China. According to the macrobenthic data from four botanic biotopes in mangrove and marsh wetlands of Zhangjiang River estuary and Gaoqiao, calculate the results of AMBI index, M-AMBI index, Benthic quality index (BQI), Benthic opportunistic polychaeta amphipoda index (BOPA), Benthic Condition Index (BCI) and OI, verify the applicability of the eight benthic indices using community composition, part of the physical and chemical factors and the proportion of the scope of pollution. The main results of our research were as follows:

- (1) Univariate Two-way ANOVA tests on the variations of the eight biotic indices in mangrove and marsh wetlands of Zhangjiang River estuary revealed that AMBI, BQI, BOPA, BCI, H' and OI were significant differences both in seasons and habitats. M-AMBI was no significant difference in habitats and MPI was no significant difference in seasons.
- (2) Univariate Two-way ANOVA tests on the variations of the eight biotic indices in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao revealed that AMBI, M-AMBI, BQI, BCI, H' and OI were significant differences both in seasons and habitats. MPI was

no significant difference in seasons and BOPA was no significant differences in seasons and habitats.

- (3) All the eight biotic indices except BOPA and BCI were suitable for evaluating the biological environment quality of mangrove and marsh wetlands of Zhangjiang River estuary and Gaoqiao. The different evaluation results of AMBI, M-AMBI, BQI, MPI, H' and OI were related to macrobenthos found in stations.
- (4) All the eight biotic indices except BOPA had significant correlations with salinity in mangrove and marsh wetlands of Zhangjiang River estuary. This showed that the influence of salinity on macrobenthos community and biotic indices were great. The result was consistent with the estuary characteristics. All the eight biotic indices except BCI had no significant correlations with salinity in mangrove and marsh wetlands of Gaoqiao. This showed that the influence of salinity on macrobenthos community and biotic indices was little.
- (5) All the eight biotic indices except BOPA had significant correlations with the density of Oligochaeta, which showed the importance of density of Oligochaeta in calculating all the eight biotic indices.

Keywords: benthic index; mangrove; marsh; environment evaluation

第 1 章 前言

1891 年, 德国 Haeckel 首次提出“底栖生物”(benthos) 这个名词(沈国英, 2002)。底栖生物可分为底栖植物和底栖动物, 其中对底栖生物的研究较多在底栖动物方面。底栖动物是指生活在水体底内、底表以及以水中物体(包括生物体和非生物体) 为依托而栖息的, 生活史的全部或大部分时间生活于水体底部的水生动物群。它包括大部分分类系统(门、纲) 的代表, 如海绵动物、腔肠动物、扁形动物、环节动物、节肢动物(甲壳纲)、软体动物和脊索动物, 也包括某些鱼类。根据通过筛网孔径的大小, 可将底栖动物分为(Gray, 1981b): (1) 大型底栖动物(macrofauna): 不能通过 500 μm 孔径筛网的动物, 主要包括大个体的多毛类、贝类、甲壳类等; (2) 小型底栖动物(meiofauna): 能通过 500 μm 孔径筛网但不能通过 42 μm 孔径筛网的动物, 主要包括自由生活的海洋线虫和底栖猛水蚤、底栖桡足类等; (3) 微型底栖动物(microfauna): 能通过 42 μm 孔径筛网的动物, 主要包括纤毛纲的原生动物。

在潮间带红树林区, 根据底栖动物栖息的空间位置, 可分为: (1) 树栖动物(arboreal fauna): 指较长时间栖息在树干上或树叶上的动物, 如黑口滨螺(*Littorina melanostoma*)、红树拟蟹守螺(*Cerithidea rhizophorarum*)。 (2) 底表动物(epifauna): 指栖息在沉积物表面的动物, 如腹足类的拟黑螺(*Melaniodes tuberculata*)、亮泽拟沼螺(*Assimineea nitida*) 等。 (3) 底内动物(infauna): 指栖息在沉积物内的动物, 如多毛类的羽须鳃沙蚕(*Dendronereis pinnaticirris*) 和腺带刺沙蚕(*Neanthes glandicineta*) 等。

到 20 世纪 60 年代, 随着环境问题的出现, 常用环境质量(Environment quality) 的好坏来表示环境遭受污染的程度。环境质量一般是指在一个具体的环境内, 环境的总体或环境的要素对人群和生物的生存、繁衍及社会经济发展的适宜程度。生物环境质量是指某个区域能够支撑生物群落生存、繁衍及社会经济发展的适宜程度。不同区域支撑生物群落的程度不同, 其生物环境质量也有差别。国外将能支撑各种生物资源能力的区域称为栖息地质量

(weisberg 等, 1997; Diaz 等, 2003)。

1.1 红树林生态环境质量评价的意义

1.1.1 红树林生态环境的重要性

红树林是指自然分布于热带、亚热带、海湾、河口和海岸潮间带,受周期性海水浸淹的由常绿灌木或乔木组成的木本植物群落,是陆地过渡到海洋的森林类群,有“海底森林”、“水上绿洲”、“海洋卫士”之称(林鹏和傅勤,1995;林益明和林鹏,1999)。

红树林群落的物种,大多属于红树植物。这类植物富含单宁,其树皮和木材被割破或砍伐后经常呈现红褐色。红树植物包括真红树植物(只能在潮间带生境生长的植物)、半红树植物(可在潮间带沿岸陆地生长,并可在潮间带形成优势种群的两栖木本植物)、伴生植物(偶尔出现于林缘、不能形成优势种群的木本植物及红树林附生植物、藤本植物、草本植物等)(张忠华等,2006)。生活在海潮之中的红树具有良好的拒盐、泌盐的功能,能够从海水中吸收营养物质,又能通过自身进行盐分代谢,把多余的盐分排出体外;红树植物的种子在树上果实中萌芽成小苗后,再脱离母株,下坠插入淤泥中发育成为新株,是一种“胎生”或有胎萌习性的植物(林鹏,2001)。红树植物有发达的支柱根和众多的气根深扎在泥里,发挥着显著的挡风御浪、固堤护岸的作用,每当涨潮时树干没入水中,退潮后又露出水面(周细平,2007)。

作为生态系统中的第一生产者,红树林大量的凋落物造成的有机物质为林中众多的海洋生物提供了丰富的饵料,构成了一个复杂的食物链,形成了一个理想的觅食和繁衍的环境(张晓挺等,1984)。红树林生态系统作为世界上生物物种最丰富、初级生产力最高的生态系统之一(林鹏和傅勤,1995),具有结构复杂性、物种多样性以及生产力高效性等三大特点,与沿海防灾减灾、浅海养殖、近海环境、森林、海洋旅游等密切相关,有着陆地森林不可取代的作用,具体表现在以下几个方面:第一,防风消浪、造陆护堤。红树林为适应潮汐及洪水冲击,形成独特的支柱根、气生根、发达的通气组织和致密的林等外貌形态特征,具有较强的抗风和消浪性能;第二,净化促淤,改良环境。红树植物及其生长的土壤有吸收、固定有毒物质镉、汞的作用(林鹏和傅勤,1995)。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

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.

厦门大学博硕士学位论文摘要库