

# 海南岛东海岸海草床生态系统健康评价

吴钟解, 陈石泉, 王道儒, 蔡泽富, 张光星, 涂志刚, 李元超

(海南省海洋与渔业科学院, 海南 海口 570125)

**摘要:** 根据 2004~2009 年海南岛东海岸长圪港、龙湾、高隆湾、黎安港、新村港等地海草分布区的水质、沉积物、生物质量、栖息地、生物 5 个指标调查数据, 按照《近岸海洋生态健康评价指南》(HY/T087-2005)海草生态系统评价方法, 对海南岛东海岸海草床生态系统健康指标进行评价。结果显示, 海南岛东海岸海草床水环境与沉积环境均处于健康状态; 龙湾海草床生物残毒评价为亚健康, 其余站位均处于健康状态; 黎安港与长圪港海草床栖息地评价处于不健康状态, 其余站位均处于健康状态; 黎安港海草床生物评价处于不健康状态, 新村港海草床生物评价处于亚健康状态, 其他地方栖息地与生物评价均处于健康状态。海草床生态系统健康评价显示, 黎安港处于不健康状态, 新村港与长圪港处于亚健康状态, 龙湾与高隆湾处于健康状态。总体上看, 海南岛东海岸分布于珊瑚沿海海草床生态系统比较健康, 分布泻湖沿海海草床趋于亚健康向不健康方向转变。本文希望通过对海南岛东海岸海草床生态系统的健康评价研究, 为海草床生态系统的保护与修复提供理论依据。

**关键词:** 海南岛; 海草床; 生态系统; 健康评价

中图分类号: S913 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2014)08-0067-08

doi: 10.11759/hyqx20120923001

海草(seagrass)是生活于热带和温带海域浅水的单子叶植物<sup>[1]</sup>, 一般分布在低潮带和潮下带; 大多数海草种分布在 20 m 以浅海域内<sup>[2]</sup>; 6 m 以浅范围区域一般是海草分布的主要区域, 最深可分布在水下 90 m 处<sup>[3]</sup>。海南岛东海岸海草主要分布在文昌的东郊椰林湾、高隆湾至冯家湾, 琼海的青葛至谭门, 陵水的新村港、黎安港、赤岭等沿岸海域。海草具有阻止和吸附水流中的悬浮颗粒, 能够消除污染、净化水质, 改善水质环境; 能减弱海浪能、水流能、维护海岸、保持海床稳定; 并为许多海洋生物提供食物来源, 如: 儒艮、绿海龟、海胆、海马、蟹类、沙虫、海葵、海鞘等。近年来, 由于养殖活动、陆源污染、航道、港口建设以及填海造地等海洋工程开发, 导致海草群落和海草底栖生物区域性灭绝, 海草栖息地不断减少。因此, 对海草资源的保护已迫在眉睫。为更好保护海草资源, 开展海草床生态系统健康评价已成当务之急。

生态系统健康评价是目前生态与环境领域研究热点之一, 是对生态系统状态特征的一种系统诊断方式<sup>[4]</sup>。研究方法一般包括指示物种法和指标体系法两类方法, 指示物种法简便易行, 但由于指示物种的筛选标准及其对生态系统健康指示作用的强弱不

明确, 难以全面反映生态系统的健康状况, 指标体系法根据生态系统的特征及其服务功能建立指标体系进行定量评价, 是目前区域生态系统健康评价的主要方法<sup>[5]</sup>。目前, 国内许多科研工作者对湖泊、流域、湿地、森林等生态系统进行了生态系统健康评价<sup>[6-11]</sup>, 也有部分科研工作者对区域海洋进行了生态系统健康评价<sup>[12-14]</sup>。

近年来, 国外学者对海草床生态学方面的研究主要涉及海草的时空分布<sup>[15]</sup>、环境指示<sup>[16]</sup>、重金属富集<sup>[17-18]</sup>、水质净化<sup>[19-20]</sup>、食物链<sup>[21-24]</sup>、能量及物质循环<sup>[25-26]</sup>等方面, 国内海草生态方面研究起步较晚, 主要有杨宗岱、黄小平、范航清及韩秋影等对海草种类及生态特征进行了系统研究<sup>[1, 27-29]</sup>, 但生态系统健康评价方面的研究少有报道。

本文采用区域生态系统健康评价方法——《近岸海洋生态健康评价指南》(HY/T087-2005)评价方法对海南东海岸海草床生态系统进行健康评价, 以期

收稿日期: 2013-10-25; 修回日期: 2014-03-08

基金项目: 海南省“908”项目(HN908-02-03)

作者简介: 吴钟解(1981-), 男, 海南乐东人, 硕士, 从事海洋生物生态与环境调查研究工作, E-mail: wozhongjie@yahoo.com.cn; 陈石泉, 通信作者, 男, 湖南郴州人, 硕士, 从事海洋生物生态与环境调查研究工作, E-mail: breezysmile.c.s.q@163.com

对海草床的生态与环境状况作全面的了解, 为海草床生态系统的保护与修复提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

2004~2009 年对海南岛东海岸的长圪港、龙湾、高隆湾、黎安港、新村港海草床水质、海底表层沉积物、海草资源、栖息生物及栖息生物体质量进行采样调查; 海草床生态系统的水环境、沉积环境、生物残毒的各项监测指标的采样分析方法均按《海洋监测规范》(GB17378.6-2007)进行, 海草调查分析方法按《海洋生物生态调查技术规程》(HY/T085-2005)进行。调查测站见图 1。

### 1.2 评价指标、权重及赋值

本文采用的指标、权重及赋值参照《近岸海洋生态健康评价指南》(HY/T087-2005), 对海南东海岸海草床生态系统进行健康评价, 参照的指标、权重如下: (1) 水环境(透光率、盐度年度变化、悬浮物、活性磷酸盐及无机氮)健康评价, 权重为 15; (2) 沉积环境(有机碳含量、硫化物含量)健康评价, 权重为 10; (3) 生物残毒状况(汞、镉、铅、砷及石油类含量)健

康评价, 权重值为 10; (4) 栖息地环境(5 年内海草分布面积减少、沉积物主要组分含量年度变化)健康评价, 权重值为 15; (5) 生物指标(5 年内海草盖度减少、5 年内海草生物量减少、5 年内海草密度减少及 5 年内海草底栖动物生物量减少)健康评价, 权重值为 50。海草床生态系统二级评价指标与赋值见表 1, 一级评价指标分类与权重见表 2。

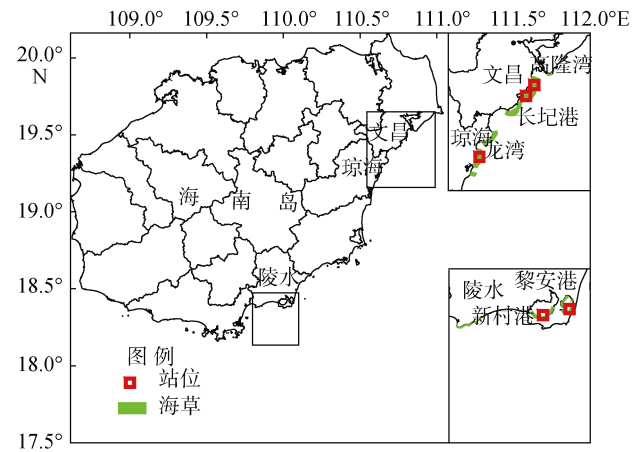


图 1 海南岛东海岸海草分布区域及调查站位  
Fig.1 The Survey stations and distribution areas of sea grass in the East Coast of Hainan island

表 1 海草床生态系统二级评价指标与赋值

Tab.1 The evaluation index, requirements and valuation of the sea grass bed ecosystem

指标	级		级		级		
	要求	赋值	要求	赋值	要求	赋值	
水环境	透光率	≥20%	15	10% ~ < 20%	10	< 10%	5
	盐度年度变化	≤3	15	> 3~≤5	10	> 5	5
	悬浮物(mg/L)	≤3	15	> 3~≤6	10	> 6	5
	活性磷酸盐(μg/L)	≤15	15	> 15~≤30	10	> 30	5
	无机氮(μg/L)	≤200	15	> 200~≤300	10	> 300	5
沉积环境	有机碳含量	≤2.0%	10	> 2.0%~≤3.0%	5	> 3.0%	1
	硫化物(μg/g)	≤300	10	> 300~≤500	5	> 500	1
生物残毒	汞(Hg) (μg/g)	≤0.05	10	> 0.05~≤0.10	5	> 0.10	1
	镉(Cd) (μg/g)	≤0.2	10	> 0.2~≤2.0	5	> 2.0	1
	铅(Pb) (μg/g)	≤0.1	10	> 0.1~≤2.0	5	> 2.0	1
	砷(As) (μg/g)	≤1.0	10	> 1.0~≤5.0	5	> 5.0	1
	油类(μg/g)	≤15	10	> 15~≤50	5	> 50	1
栖息地	5 年内海草分布面积减少	≤5%	15	> 5%~≤10%	10	> 10%	5
	沉积物主要组分含量年度变化	≤5%	15	> 5%~≤10%	10	> 10%	5
生物指标	5 年内海草盖度减少	≤5%	50	> 5%~≤10%	30	> 10%	10
	5 年内海草生物量减少	≤5%	50	> 5%~≤10%	30	> 10%	10
	5 年内海草密度减少	≤5%	50	> 5%~≤10%	30	> 10%	10
	5 年内海草底栖动物生物量减少	≤5%	50	> 5%~≤10%	30	> 10%	10

表 2 海草床生态系统健康一级评价指标标准  
Tab.2 The standard of health assessment index about the sea grass bed ecosystem

评价指标	等级		
	健康	亚健康	不健康
水环境	11~15	8~11	5~8
沉积环境	7~10	3~7	1~3
生物残毒	7~10	4~7	1~4
栖息地	11~15	8~11	5~8
生物	35~50	20~35	10~20
海草床生态系统健康	75	50~75	< 50

### 1.3 计算公式

水环境、沉积物、生物残毒、栖息地、生物健康评价指标的赋值按式:

$$W_q = \frac{\sum_1^n W_i}{n} \quad (1)$$

式中,  $W_q$  为第  $q$  项评价指标赋值(或监测时平均值);  $W_i$  为第  $i$  个站位第  $q$  项评价指标赋值(或第  $i$  个样方测值);  $n$  为评价区域监测站位总数(或监测样方总数)。

水环境、沉积物、生物残毒、栖息地、生物健康指数按式:

$$W_{\text{indx}} = \frac{\sum_1^m W_q}{m} \quad (2)$$

式中,  $W_{\text{indx}}$  为评价指标健康指数;  $W_q$  为第  $q$  项评价指标赋值;  $m$  为评价区域评价指数总数。

海草分布面积减少赋值按式:

$$SA = \frac{SA_5 - SA_0}{SA_5} \times 100\% \quad (3)$$

式中, SA 为分布面积减少赋值(或监测指标赋值);  $SA_5$  为前第 5 年的分布面积(或前 5 年平均值);  $SA_0$  为评价的分布面积(或监测平均值)

生态系统健康指数按式:

$$H_{\text{indx}} = \sum_1^p X_i \quad (4)$$

式中,  $H_{\text{indx}}$  为生态健康指数;  $X_i$  为第  $i$  类指标健康指数;  $p$  为评价指标类群数。

## 2 结果与分析

### 2.1 水环境评价

海草床生态系统水环境评价内容主要包括透明度、盐度年度变化、悬浮物、活性磷酸盐、无机氮等,评价指标、要求与赋值标准见表 1。评价指标的赋值按式(1)计算,水环境评价健康指数按式(2)计算。

经统计分析,海草床生态系统水环境评价结果见表 3,黎安港、新村港、长圪港、龙湾和高隆湾海草床生态系统水环境健康评价值为 11.0~14.0,根据《近岸海洋生态健康评价指南》——海草生态系统健康评价指标标准(表 2)可知,调查样地水环境均属于健康状态。黎安港和新村港水环境相对较差,黎安港海草床水质环境平均健康指数为 11.0,新村港为 11.4,两站水环境均处于健康边缘。新村港与黎安港海草床分布于潟湖沿岸,港养殖业污染相对严重。据统计,新村港口北侧约 500 m<sup>2</sup> 的海域有较大规模的渔排养殖,渔排有 400 多个,总网口数 5000 多个,年均产量 900 t,渔排养殖产生大量食物残渣腐烂时消耗水体的溶解氧,释放有机物、营养盐,使水体水质质量下降;高位池养虾,残饵以及防病害药物排入潟湖内,影响海草床区域的水质质量。另外,新村港是国家一级渔港,港内有渔船 200 余艘,6 个加油站,分布多家水上餐厅、海上公厕和入海排污口,这些含油污水、生活污水及其水产品加工、制冰等工业污水直接排放入海,对海域水质造成污染,黎安港也面临同样的问题。长圪港、龙湾和高隆湾等调查样地分布于珊瑚礁港湾沿岸,可能由于面临南海,水体交换情况较好,水质环境相对良好,水环境评价指数平均值为 11.8~14.0,比较健康。

表 3 海草床生态系统水环境评价  
Tab.3 The evaluation of water environment about the sea grass bed ecosystem

调查区域	赋值						水环境健康评价
	透光率	盐度	悬浮物	无机氮	活性磷酸盐	平均	
新村港	5.0	15.0	7.0	15.0	15.0	11.4	健康
黎安港	5.0	15.0	5.0	15.0	15.0	11.0	健康
龙湾	15.0	15.0	10.0	15.0	15.0	14.0	健康
长圪港	5.0	15.0	10.0	15.0	15.0	12.0	健康
高隆湾	5.0	15.0	8.8	15.0	15.0	11.8	健康

## 2.2 沉积环境评价

海草床生态系统沉积环境评价主要为有机碳含量以及硫化物含量,评价指标、要求与赋值标准见表 1。沉积环境健康指数按式(2)计算。

经统计分析,海草床生态系统沉积物环境评价结果见表 4,黎安港、新村港、长圯港、龙湾和高隆湾海草床生态系统沉积物环境健康值为 8.3~10.0,根据《近岸海洋生态健康评价指南》—海草生态系统健康评价指标标准(表 2)可知,调查样地海草床沉积物环境总体上均处于健康状态。新村港与黎安港养殖业发达,大规模的渔排养殖产生的大量残饵沉降至海底,渔排下沉积物厚度达 1 m 以上,高位池养虾及海上排污也对泻湖沿岸海草床的沉积环境造成很大的影响,因此,黎安港和新村港沉积物物质环境

表 4 海草床生态系统沉积环境评价  
Tab.4 The evaluation of sedimentary environment about the sea grass bed ecosystem

调查区域	赋值			沉积环境健康评价
	硫化物	有机碳	平均	
新村港	8.0	10.0	9.0	健康
黎安港	6.5	10.0	8.3	健康
龙湾	10.0	10.0	10.0	健康
长圯港	10.0	10.0	10.0	健康
高隆湾	10.0	10.0	10.0	健康

表 5 海草床生态系统生物残毒状况评价  
Tab.5 The biological toxicity assessment of the sea grass bed ecosystem

调查区域	赋值						生物残毒健康评价
	石油烃	总汞	砷	镉	铅	平均	
新村港	10.0	5.3	6.7	10.0	3.7	7.1	健康
黎安港	10.0	5.3	6.7	10.0	3.7	7.1	健康
龙湾	8.3	4.0	6.7	10.0	5.0	6.8	亚健康
长圯港	9.4	4.9	6.7	10.0	4.1	7.0	健康
高隆湾	10.0	4.0	6.7	10.0	5.0	7.1	健康

## 2.4 栖息地评价

栖息地为物种种群居住地,是生物生存繁衍的场所。海草床生态系统栖息地评价指标、要求与赋值标准见表 1。海草分布面积减少赋值按式(3)计算,沉积物主要组分含量年度变化赋值按式(1)计算,栖息地境健康指数按式(2)计算。

2004~2009 年龙湾、黎安港、新村港、长圯港和高隆湾沿岸海草分布面积变化见表 6,其中黎安海草 5 年内海草分布面积减少了 0.43 km<sup>2</sup>,约占海草面积

相对于珊瑚礁港湾沿岸的长圯港、龙湾和高隆湾海草床沉积环境较差。

## 2.3 生物残毒评价

海草床生态系统生物残毒评价主要为生活在海草床贝类(凸加夫蛤)、鱼类(点蓝子鱼)、甲壳类(中国对虾)等体内总汞(Hg)、镉(Cd)、铅(Pb)、砷(As)等毒性很大的微量金属元素及油类等评价。各评价指标、要求与赋值标准见表 1。每个生物样品生物残毒的赋值按式(1)计算,生物残毒健康指数按式(2)计算。

经统计分析,海草床生态系统生物残毒状况评价结果见表 5。黎安港、新村港、长圯港、龙湾和高隆湾海草床生态系统生物残毒状况范围在 6.8~7.1 范围。根据《近岸海洋生态健康评价指南》—海草生态系统健康评价指标标准(表 2)可知,龙湾海草床生物残毒状况相对较差,属于亚健康状态,环境受到轻微污染,现场观察发现龙湾沿岸附近有大面积农田及很多贝类加工厂分布,农田作物生长期聚集杀虫剂的残留通过雨季雨水冲刷,流入海草床生态系统导致微量元素增高,贝类加工厂其废弃污水残渣也对生物体残毒影响很大。其他站位海草床生物残毒状况相对较好,但仍然处于健康边缘,导致这种现象出现的原因可能是这些区域均分布在港口周边,受到一定程度的油类污染。

的 17.2%,导致这种现象发生的主要原因是围海造塘、养殖污染、陆源污染、航道开挖以及存在一定的人为挖采原因等,如:养殖麒麟菜过程,人为清除海草。其他站位海草分布面积基本稳定。通过对龙湾、黎安港、新村港、长圯港和高隆湾沿岸海草床历年沉积物主要组分含量年度变化情况分析发现,长圯港海草床沉积物主要组分含量年度变化较大,长圯港处在河口交汇处,并且毗邻很多虾塘,雨季时河流将很多陆源沉积物带入及冲刷海草床沉积物,

导致沉积物年含量变化偏大。其他站位海草床沉积物主要组分含量年度变化相对稳定。海草床生态系统栖息地评价结果见表 7, 根据《近岸海洋生态健康评价指南》—海草生态系统健康评价指标标准(表 2), 结合沉

积物主要组分含量年度变化和 5 年内海草分布面积减少指标, 龙湾、黎安港、新村港、长圪港和高隆湾海草床生态系统栖息地健康指数范围在 5~12.5, 其中黎安港和长圪港栖息地为不健康, 其他站位栖息地为健康。

表 6 站位上 5 年内海草分布面积变化

Tab. 6 The area change of the sea grass distribution in 5 years

调查区域	海草分布面积(km <sup>2</sup> )		5 年内海草分布面积减少	赋值
	2004 年	2009 年		
新村港	3.04	3.04	0.00	15
黎安港	2.50	2.07	0.43	5
龙湾	8.65	8.65	0.00	15
长圪港	30.57	30.57	0.00	5
高隆湾	30.57	30.57	0.00	15

表 7 海草床生态系统栖息地评价

Tab.7 The habitat assessment of the sea grass bed ecosystem

调查区域	沉积物主要组分含量年度变化赋值	5 年内海草分布面积减少赋值	平均	栖息地健康评价
新村港	11.0	15.0	13.0	健康
黎安港	9.0	5.0	7.0	不健康
龙湾	10.0	15.0	12.5	健康
长圪港	5.0	5.0	5.0	不健康
高隆湾	10.0	15.0	12.5	健康

## 2.5 生物评价

海草床生态系统生物指标包括海草盖度、海草密度、海草生物量、底栖动物生物量等。评价指标、要求与赋值见表 1。海草床生态系统生物指标海草盖度、海草密度、海草生物量、底栖动物各指标平均值按式(1)计算, 各项指标赋值按式(3)计算, 生物健康指数按式(2)计算。

经统计分析, 海草床生态系统生物指标评价结果见表 8, 黎安港、新村港、长圪港、龙湾和高隆湾海草床生态系统生物指标评价为 15~35。根据《近岸海洋生态健康评价指南》—海草生态系统健康评价指标标准(表 2)可知, 黎安港生物健康指数为 15, 属

于不健康状态, 这种结果主要是黎安港海草盖度、密度及海草生物量等偏低, 这与黎安港海草床生态环境破坏严重情况相符; 新村港海草床生物健康指数为 30, 处于亚健康状态, 这也是由于近年潟湖环境污染有关; 龙湾、长圪港和高隆湾海草床生物健康指数分别为 35、40 和 35, 均属于健康状态, 其中龙湾与高隆湾处在健康边缘。可见, 海南岛东海岸海草床生态系统中生物受到不同程度破坏, 尤其是潟湖沿岸的海草床生态系统中的生物。

## 2.6 海草床生态系统健康评价

海草床生态系统健康指数计算方法按式(4)计算。经统计分析, 海草床生态系统健康状况评价结

表 8 海草床生态系统生物指标评价

Tab. 8 The biological evaluation of the sea grass bed ecosystem

调查区域	赋值				平均	生物健康评价
	海草盖度	海草生物量	海草密度	底栖生物量		
新村港	10	50	50	10	30	亚健康
黎安港	10	10	10	30	15	不健康
龙湾	50	50	30	10	35	健康
长圪港	50	50	50	10	40	健康
高隆湾	10	50	50	30	35	健康

果见表 9, 黎安港、新村港、长圪港、龙湾和高隆湾海草床生态系统生态健康指数评价为 52.4~79.8。根据《近岸海洋生态健康评价指南》—海草生态系统健康评价指标标准(表 2)可知, 黎安港海草床健康指数最低为 48.4, 属于不健康状态, 从表 8 可见, 黎安港海草床的水环境、沉积环境、栖息地以及生物量评价价值都相比其他地方值较低, 这与黎安港海草床生态系统环境条件受到一定破坏密切联系; 其次是同为潟湖沿岸的新村港海草床健康指数为 70.5, 属

于亚健康状态, 生态环境也遭到一定程度的破坏; 龙湾、高隆湾和长圪港海草床健康指数分别为 78.8、74.0 和 76.9, 其中高隆湾处在健康边缘, 龙湾与长圪港海草床生态系统破坏较少暂处于健康状态。可见, 海南岛东海岸海草床生态系统, 由于生类活动的影响, 正处于由健康状态向亚健康再向不健康方向发展, 且珊瑚礁沿岸海草床生态系统影响较小, 尚处于健康与健康状态, 而潟湖沿岸海草床生态系统已经开始由亚健康转向不健康状态。

表 9 海草床生态系统健康状况评价

Tab. 9 The health evaluation of the sea grass bed ecosystem

调查区域	赋值						生态健康评价
	水环境	沉积环境	生物残毒	栖息地	生物指标	健康指数	
新村港	11.4	9.0	7.1	13	30	70.5	亚健康
黎安港	11.0	8.3	7.1	7	15	48.4	不健康
龙湾	14.0	10	6.8	13	35	78.8	健康
长圪港	12.0	10	7.0	5	40	74.0	亚健康
高隆湾	11.8	10	7.1	13	35	76.9	健康

### 3 结论

本文通过参照《近岸海洋生态健康评价指南》(HY/T087-2005)海草生态系统健康评价指标标准对海南岛东海岸新村港、黎安港、长圪港、龙湾和高隆湾等地海草床生态系统的水质环境、沉积环境、生物残毒状况、栖息地健康状况及生物指标健康状况等指标分别进行了评价, 并结合起来进行了生态系统健康状况评价, 结论如下:

(1) 海南岛东海岸新村港、黎安港、长圪港、龙湾和高隆湾等地水质环境、沉积环境目前均处健康状态, 但潟湖的养殖业发达、陆源污染源较多以及水体与外界交换更新能力下降等原因, 分布于潟湖的新村港及黎安港的海草床水质与沉积环境比分布于珊瑚礁沿岸的长圪港、龙湾和高隆湾明显较差;

(2) 海南岛东海岸新村港、黎安港、长圪港和高隆湾等地生物残毒状况目前处于健康状态, 龙湾处于亚健康状态。龙湾由于受农田与加工厂污水污染导致生物残毒较高, 生物残毒指标健康评价为亚健康, 其他调查站位暂处于健康状态, 随着生态环境的进一步破坏, 这种状态可能下降为亚健康甚至不健康状态;

(3) 海南岛东海岸新村港、龙湾和高隆湾等地栖息地目前处于健康状态, 黎安港、长圪港处于不健康状态。由于人类活动的影响, 黎安港近年来海草床面

积缩减严重, 海草发生区域性灭绝, 栖息地健康评价已成不健康状态, 如果不加以控制, 将导致海草床生态系统进一步退化, 长圪港处在河口且毗邻很多虾塘, 雨季河流带入陆源沉积物及冲刷海草床沉积物, 导致沉积物年含量变化偏大, 栖息地健康评价处于不健康状态;

(4) 海南岛东海岸、龙湾、长圪港和高隆湾等地生物目前处于健康状态, 黎安港处于不健康状态。分布于潟湖沿岸海草床生态系统的新村港与黎安港, 生物评价已分别处于亚健康与不健康状态, 如不加强生态环境改善, 新村港与黎安港的生物评价指标的健康指数将进一步下降;

(5) 海南岛东海岸海南岛海草床生态系统健康目前状况为: 龙湾港与高隆湾海草床生态系统处于健康状态, 新村港海草床生态系统处于亚健康状态, 黎安港与长圪港海草床生态系统处于不健康状态; 原因为分布于珊瑚礁沿岸的龙湾海草床与高隆湾海草床为健康状态, 分布于珊瑚礁沿岸的长圪港海草床由于位于河口, 受到人为和自然干扰较大, 沉积物组成年变化较大等原因, 处于亚健康状态。

通过对海南岛东海岸海草床生态系统的健康评价, 发现海南岛东海岸海草床生态系统正处于逐渐退化状态, 海草床生态系统迫切需要制定相应的保护措施, 如: 控制养殖规模、推广生态养殖, 加强含油污水、生活污水、养殖废水管理以及加强对当地村

民关于海草生态系统保护的宣传教育,建立海草床特别保护区,减少养殖、捕捞等渔业活动对海草床生态系统的破坏,禁止炸鱼、毒鱼等非法渔业活动等。

## 参考文献:

- [1] 杨宗岱. 中国海草植物地理学的研究[J]. 海洋湖沼通报, 1979, 2: 41-46.
- [2] William C D, Robertt J O, Kenneth A M, et al. Assessing water quality with submersed aquatic vegetation[J]. Bioscience, 1993, 43: 86-94.
- [3] Den H C. The Seagrasses of the World[M]. Amsterdam: North Holland Publication, 1970:234-275.
- [4] 孙燕, 周杨明, 张秋文, 等. 生态系统健康:理论/概念与评价方法[J]. 地球科学进展, 2011, 26 (8): 887-896.
- [5] 杨斌, 隋鹏, 陈源泉, 等. 生态系统健康评价研究进展[J]. 中国农学通报, 2010, 26(21): 291-296.
- [6] 胡志新, 胡维平, 谷孝鸿, 等. 太湖湖泊生态系统健康评价[J]. 湖泊科学, 2005, 17(3): 256-262.
- [7] 卢志娟, 裴洪平, 汪勇. 西湖生态系统健康评价初探[J]. 湖泊科学, 2008, 20(6): 802-805.
- [8] 谢锋, 张光生, 成小英. 五里湖湖滨带生态系统健康评价[J]. 中国农学通报, 2007, 23(7): 506-509.
- [9] 孙雪岚, 胡春宏. 河流健康评价指标体系初探[J]. 泥沙研究, 2007, (4): 21-27.
- [10] 林倩, 张树深, 刘素玲. 辽河口湿地生态系统健康诊断与评价[J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(1): 41-46.
- [11] 肖风劲, 欧阳华, 傅伯杰, 牛海山. 森林生态系统健康评价指标及其在中国的应用[J]. 地理学报, 2003, 58(6): 803-809.
- [12] 杨建强, 崔文林, 张洪亮, 等. 莱州湾西部海域海洋生态系统健康评价的结构功能指标法[J]. 海洋通报, 2003, 22(5): 58-63.
- [13] 祁帆, 李晴新, 朱琳. 海洋生态系统健康评价研究进展[J]. 海洋通报, 2007, 26(3): 97-104.
- [14] 叶属峰, 刘星, 丁德文. 长江河口海域生态系统健康评价指标体系及其初步评价[J]. 海洋学报, 2007, 29(4): 128-136.
- [15] Hemminga M A, Duarte C M. Seagrass Ecology[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000: 20-22.
- [16] Fourqurean J W, Cia Y. Arsenic and phosphorus in seagrass leaves from the Guif of Mexico[J]. Aquatic Botany, 2001, 71: 247-258.
- [17] Lyngby J E, Brix H. Heavy metals in eelgrass(*Zostera marina*) during growth and decomposition [J]. Hydrobiologia, 1989,176/177:189-196.
- [18] Ferrat L, Pergent M C, Romeo M. Assessment of the use of biomarkers in aquatic plants for the evaluation of environmental quality: application to seagrasses[J]. Aquatic Toxicology, 2003, 65(2): 187-204.
- [19] Short F T, Short C A. The seagrass filter: purification of coastalwater[C]// Kennedy V S. The Estuary as a Filter, Washington: Academic Press, 1984: 395-413.
- [20] Stevenson J C. Comparative ecology of submersed grass beds in freshwater, estuarine, andmarine environments[J]. Limnology Oceanography, 1998, 33: 867- 893.
- [21] Jackson E L, Rowden A A, Attrill M J, et al. The importance of seagrassbeds as a habitat for fishery species[J]. Oceanology and Marine Biology An Annual Review, 2001, 39: 269-303.
- [22] Gambi M C, Nowel A R M, Jumars P A. Flume observations on flow dynamics in *Zostera marina* (eelgrass) beds[J]. Marine Ecology Progress Series, 1990, 61:159-169.
- [23] Preen A R, Marsh H. Response of dugongs to largescale loss of seagrass from Hervey Bay, Queensland Australia [J]. Wildlife Research, 1995, 22( 4): 507-519.
- [24] Heck K L, Pennock J R, Valentine J F, et al. Effects of nutrient enrichment and small predator density on seagrass ecosystems: an experimental assessment[J]. Limnology and Oceanography, 2000, 45(5): 1041-1057 .
- [25] Bouma T J, deVries M B, Low E, et al. Trade-offs related to ecosystem engineering: a case study on stiffness of emerging macrophytes [J]. Ecology, 2005, 86: 2187-2199.
- [26] Newell S Y. Multiyear patterns of fungal biomass dynamics and productivity within naturally decaying smooth cord grass shoots[J]. Limnology and Oceanography, 2001, 46(3): 573-583.
- [27] 范航清, 彭胜, 石雅君, 郑杏雯. 广西北部湾沿海海草资源与研究状况[J]. 广西科学, 2007, 14(3): 289-295.
- [28] 黄小平, 黄良民, 李颖虹等. 南沿海主要海草床及其生境威胁[J]. 科学通报, 2006, 51(2): 114-120.
- [29] 韩秋影, 黄小平, 施平, 张景平. 人类活动对广西合浦海草床服务功能价值的影响[J]. 生态学杂志, 2007, 26(4): 544-548.

## The health assessment of the sea grass bed ecosystem in the east coast of Hainan Islands

WU Zhong-jie, CHEN Shi-quan, WANG Dao-ru, CAI Ze-fu, ZHANG Guang-xing, TU Zhi-gang, LI yuan-chao

(Hainan Academy of Ocean and Fisheries Sciences, Haikou 570125, China)

**Received:** Oct., 25, 2013

**Key words:** Hainan island; sea grass bed; ecosystem; health assessment

**Abstract:** Based on the data of five indexes including water, sediment, biological quality, habitat and biological indicators obtained from the east coast of Hainan Islands including Changpi harbor, Longwan, Gaolong bay, Lian lagoon and Xincun lagoon from 2004 to 2009. The health index to the sea grass bed ecosystem of the east coast of Hainan Islands was assessed according to the inshore marine ecosystem health assessment guide(HY/T087-2005) which was the sea grass ecosystem assessment methods. The results showed that the water and the sediment environment of the sea grass bed ecosystem in the east coast of Hainan Islands were in the state of health. The assessment of the biological toxicity of Longwan showed that was in the state of sub health, and the others were in the state of health. The result of the assessment of the sea grass habitat was that Lian lagoon and Chang pi harbor were in the state of sick. The assessment of the biological Lian lagoon showed that it was in the state of sick. However, the assessment of the others ' habitat and biological showed that they were in the state of health. The results of the assessment of the sea grass bed ecosystem health showed that Lian lagoon was in the state of sick, xincun lagoon and changpi harbor were in the state of sub-health, and Longwan and Gaolong Bay were in the state of health. Overall, the sea grass bed ecosystem in the east coast of Hainan Islands located in coral coast was health, while sea grass located in lagoon coast was changed directly from sub-health to unhealthy. This paper provided theoretical foundation to protect and repair the sea grass bed ecosystem for the assessment of health to the sea grass bed ecosystem in the east coast of Hainan Islands.

(本文编辑: 梁德海)