

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20190129001

http://www.yykxjz.cn/

段丁毓, 秦传新, 朱文涛, 马鸿梅. 海洋牧场景观生态分类研究: 以柘林湾海洋牧场为例. 渔业科学进展, 2020, 41(2): 01-11

Duan DY, Qin CX, Zhu WT, Ma HM. Ecological classification of marine ranching based on landscape ecology: A case study of Zhelin Bay marine ranching. Progress in Fishery Sciences, 2020, 41(2): 01-11

海洋牧场景观生态分类研究: 以柘林湾海洋牧场为例*

段丁毓^{1,2} 秦传新^{1,2①} 朱文涛^{1,2} 马鸿梅^{1,3}

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所 国家农业科学渔业资源环境大鹏观测实验站 农业农村部南海渔业资源环境科学观测实验站 中国水产科学研究院海洋牧场技术重点实验室 广东省渔业生态环境重点实验室 广州 510300; 2. 上海海洋大学 上海 201306; 3. 江苏海洋大学 连云港 222000)

摘要 近年来, 中国海洋牧场研究与建设发展迅速, 带动了海洋牧场休闲渔业和旅游业的发展, 但由于海洋牧场休闲渔业发展模式较为单一, 对海洋牧场可观赏性景观开发理论方面研究较少。本研究以柘林湾海洋牧场为例, 应用景观生态分类理论方法, 对其进行景观生态分类, 建立柘林湾海洋牧场景观生态分类系统, 将柘林湾海洋牧场划分为3个一级景观、5个二级景观和16个三级景观, 并应用空间分析技术绘制了各级景观生态分类示意图, 讨论分析了其景观分布状况。该研究初步形成了海洋牧场景观生态分类系统, 可为下一步进行海洋牧场景观格局规划研究提供理论依据, 对海洋牧场生态、经济和社会效益的提高及可持续发展具有重要的理论意义。

关键词 海洋牧场; 景观生态学; 景观生态分类; 景观分布

中图分类号 S967.6 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2020)02-0001-11

海洋牧场的建设是基于海洋生态系统原理的一种新型渔业方式, 通过人工鱼礁、增殖放流等措施, 改善海域生态环境, 构建和修复海洋生物繁殖、生长、索饵或避敌所需的场所, 实现渔业资源的可持续利用, 带动海洋牧场休闲渔业、旅游业的发展, 实现海洋经济的可持续增长(陈丕茂等, 2017)。随着海洋牧场休闲渔业的发展, 人们对休闲娱乐及观赏性旅游设施的需求越来越多, 更加需要科学地对休闲型海洋牧场景观进行生态规划与管理。目前, 国内休闲型海洋

牧场多集中以游钓为主要休闲设施, 旅游观赏性景观较少, 类型较为单一(张震, 2015), 缺乏与周边产业融合的创新性与可持续发展, 并且对于海洋牧场整体观赏性景观规划与管理的研究较少。因此, 探讨海洋牧场景观生态规划对于海洋牧场可持续发展与生态、经济效益的提升具有重要意义。

景观生态分类是景观生态规划的前提与基础, 傅伯杰等(1991、2011)认为, 景观生态规划是通过分析景观特性以及对其判断、综合和评价, 提出最有利

* 中国水产科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2019ZD11)、中央级公益性科研业务专项资金(2017YB04)、国家自然科学基金(41206119)和公益性行业(农业)科研专项经费项目(201003068)共同资助 [This work was supported by the Central Public-Interest Scientific Institution Basal Research Fund, CAFS (2019ZD11), Central Public-Interest Scientific Institution Basal Research Fund (2017YB04), the National Natural Science Foundation of China (41206119), and the Special Fund for Agro-Science Research in the Public Interest (201003068)]. 段丁毓, E-mail: 641631149@qq.com

① 通讯作者: 秦传新, 副研究员, E-mail: qincx@scsfri.ac.cn

收稿日期: 2019-01-29, 收修改稿日期: 2019-02-28

用方案。其目的是使景观内部社会活动以及景观生态特征在时间和空间上协调化,达到对景观的最佳优化利用,其基本内容应包括景观生态分类、景观生态评价、景观生态设计、景观生态规划和实施4个方面。景观生态分类的运用涉及各个领域,利用景观生态分类方法对海岸景观、湿地景观、森林景观和灌木地景观等领域进行生态分类(王丽荣等,2004;刘凤芹等,2006;刘红玉等,1999;宗召磊等,2015),在了解其景观结构的基础上,认清人与景观、生物与环境之间的关系,合理分析和配置景观功能,为进一步开展景观生态评价和规划提供依据,也为不同景观类型区域的生态恢复和重建提供参考。本研究应用景观生态学理论,对柘林湾海洋牧场示范区开展系统化生态分类研究,解析其整体空间格局功能特征,划分和归并景观生态类型,以期为海洋牧场景观格局分析奠定基础,为进一步提升海洋牧场景观生态功能提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

本研究以广东省潮州市饶平县南部柘林湾与汕头市南澳岛之间的柘林湾海洋牧场示范区为研究对象(图1)。柘林湾海洋牧场示范区位于广东省最东端,气候类型属于海洋性副热带季风气候区,常年光照充足,年均气温为 21.4°C ,总面积为 $2.1\times 10^4\text{hm}^2$ 。依托人工海洋牧场高效利用配套技术模式研究与示范项目,中国水产科学研究院南海水产研究所等科研单位,对该研究区域优化配置了5个海洋牧场功能区,形成了人工鱼礁区、网箱增殖区、增殖放流区、贝类

底播区和海藻增殖区(马欢等,2017;林会洁等,2018)。

1.2 柘林湾海洋牧场景观生态分类方法

本研究综合2015~2018年Google Earth历史影像,结合柘林湾海洋牧场功能区数字地形图(图2),根据实地考察与野外调查,综合其他地理信息进行目视解译,选取并确定研究区域景观生态分类的主导要素和依据,初步确定个体单元的范围与类型,初步构建生态分类体系。以景观生态学为理论基础(肖笃宁等,1991;何东进等,2013),根据景观生态分类方法(肖笃宁等,1998;Lioubimtseva *et al*,1999;Shrestha *et al*,2001;程维明,2002),详细分析各类单元的定性和定量指标,表列各种景观特征,对功能性及其他特性进行聚类分析,确定不同单位的功能归属,构建柘林湾海洋牧场景观生态分类体系,并运用Arcmap 10.3软件进行柘林湾海洋牧场景观生态分类制图,并结合Global Mapper软件和实地调研结果得到部分斑块(相对均质的非线性地表区域,构成景观的基本结构和功能单元)面积指数,讨论分析柘林湾海洋牧场景观斑块分布状况。

1.3 柘林湾海洋牧场景观生态分类系统和原则

景观组分和要素在景观中不均匀分布,从而形成了不同的景观生态类型(肖笃宁,1991;周华荣,1999;何东进等,2013)。本研究参考Naveh等(1983)提出的总人类分类系统的概念,涵盖生物圈到技术圈的所有圈层,建立的景观分类系统分为开放景观(包括自然景观、半自然景观、半农业景观和农业景观)、建筑

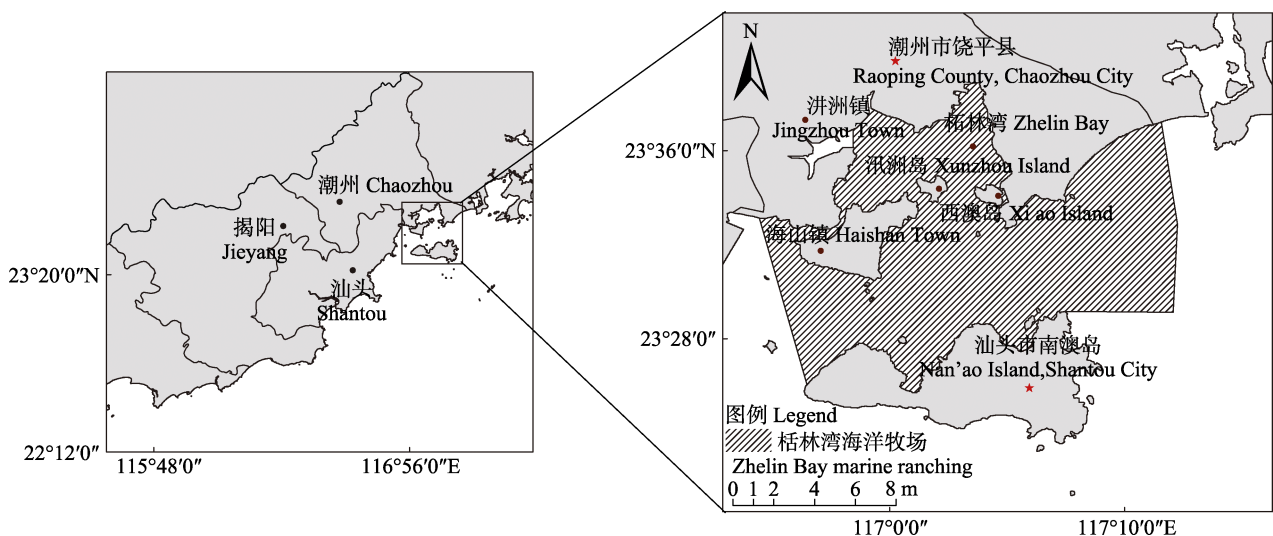


图1 柘林湾海洋牧场区位
Fig.1 Location of Zhelin Bay marine ranching

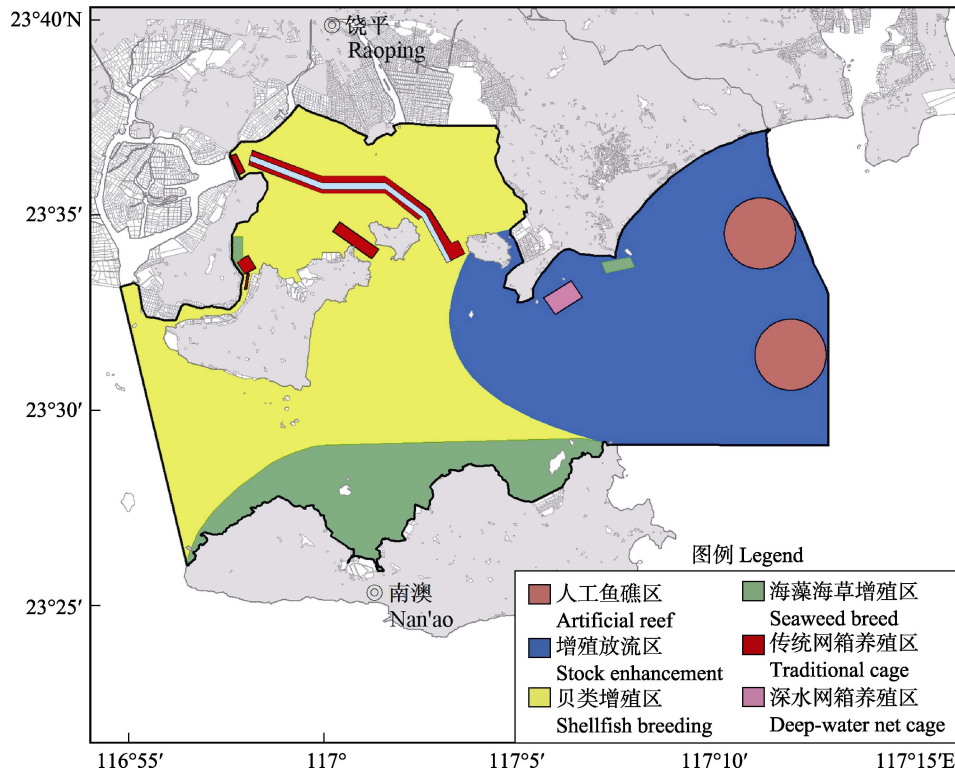


图 2 柘林湾海洋牧场功能区

Fig.2 Functional areas in Zhelin Bay marine ranching

景观(包括乡村景观、城郊景观和城市工业景观)和文化景观(肖笃宁等, 1998)。景观是一个复杂的系统, 其影响因素的差异性使得一级分类不可能全部包含复杂的景观类型, 需要采用分类分级的原则(肖笃宁, 1991; 程维明, 2002)。本研究遵循景观生态分类中自上而下的分类等级理论原则, 根据外貌特征和相关属性的相似性, 从最低等级层次开始, 将基本的单元聚集成类(肖笃宁, 1991)。

2 结果

2.1 柘林湾海洋牧场景观生态分类体系

本研究将柘林湾海洋牧场划分为 3 个一级景观、5 个二级景观和 16 个三级景观(表 1 和表 2), 分类结果见表 3。从表 3 可以看出, 柘林湾海洋牧场示范区建筑景观占总面积的 1.27%, 文化景观占总面积的 19.52%, 开放景观占总面积的 79.21%, 开放景观为柘林湾海洋牧场示范区景观分布最广、所占比重最大的景观类型。

2.2 柘林湾海洋牧场各景观生态类别占比结果

从景观类别分布来看(表 4), 主要以自然性生态景观为主要景观基质, 其中, 近岸和浅海自然景观分

别占 30.84%和 29.97%, 海水为主要的景观基质。由于柘林湾海洋牧场示范区居于近岸和浅海区域内, 故自然地理环境在整体景观规划中占主导因素, 对景观格局规划影响较大。还有部分滩涂、海滩和岛礁等自然景观所提供的海洋环境优势, 可为整体格局和景观规划提供参考条件。贝类底播、贝藻综合养殖和传统网箱养殖为半自然景观区域所占比重最大的功能斑块, 分别为 2.04%、1.79%和 1.06%, 其次是人工鱼礁和海藻养殖, 说明柘林湾海洋牧场示范区主要以人工养殖为主, 兼具海洋生态修复功能, 对整体景观生态规划具有重要的功能性影响。同时, 文化景观占总体景观 19.52%, 滨海景观占总体景观 1.27%, 说明研究区域所处区位不仅具有较大的滨海观光旅游发展潜质, 而且蕴含重要的文化特色和历史人文风情, 可在大力发展休闲旅游业的同时, 传播和扩散海洋文化及当地历史人文风情。

2.3 柘林湾海洋牧场各景观分布状况

建立柘林湾海洋牧场景观生态分类系统, 通过划分各景观等级, 并在此基础上分析其等级间相互作用及其产生的效益。开放景观分布状况, 主要以海洋自然环境为主导, 结合海洋牧场功能建设进行开放区域划分(图 3)。同时, 柘林湾周边滨海旅游资源分布相

表1 柘林湾海洋牧场景观类型说明
Tab.1 Landscape types of marine ranching in Zhelin Bay

景观类型 Landscape type	编码 Code	分类说明 Classification declaration
近岸景观 Coastal landscape	1	研究区域近岸海域环境功能区使用状况进行划分, 靠近岸边区域, 水深为0~20 m 左右[近岸海域环境监测规范(442-2008 HJ)]
浅海景观 Shallow sea landscape	2	研究区域海滨与外洋之间的自然海水区域, 以海平面以下 200 m 内进行划分
滩涂景观 Tidal flat landscape	3	研究区域沿海大潮高潮与低潮位间的潮浸地带组成的景观(沈国英等, 2010)
海滩景观 Beach landscape	4	研究区域海水搬运积聚的沉积物沙或石砾, 堆积而形成的滨海浴场景观效果
岛礁景观 Island landscape	5	研究区域中的岛屿和其周围的环礁形成景观
人工鱼礁景观 Artificial reef landscape	6	将人工构造物有目的地投放海底, 用来改善海域生态环境、保护和增殖渔业资源的人工设施景观(李真真等, 2017)
海藻养殖景观 Seaweed farming landscape	7	在冷温带大陆架区的硬质底上生长的大型褐藻类植物养殖区域景观(陈丕茂等, 2017)
传统网箱养殖景观 Traditional cage farming landscape	8	以木质结构小型网箱为主, 主要分布在近岸浅水海域, 尤其是风浪较小的海湾, 水动力条件相对较弱等情况下(梁庆祥等, 2017), 形成网箱养殖特色景观
深水网箱养殖景观 Deep-water net cage fish farming landscape	9	设置在相对较深海域, 养殖容量较大, 具有较强的抗风浪、流动性能的海上养殖设施区域景观(梁庆祥等, 2017)
贝藻综合养殖景观 Integrated cultivation landscape of shellfish	10	贝类生物与藻类生物垂吊在浮绳下进行综合养殖区域景观(刘书荣等, 2018)
筏式养殖景观 Raft-cultivation landscape	11	将贝类生物运用网笼或苗绳垂吊在筏架或浮绳下而构成的设施, 通过景观展示不同观赏效果(常宗瑜等, 2018)
增殖放流景观 Stock enhancement landscape	12	通过向特定水域投放鱼、虾、蟹和贝类亲体、人工繁育种苗或暂养的野生种苗来恢复海洋渔业资源区域景观(陈丕茂等, 2017)
贝类底播景观 Shell fish bottom sowing landscape	13	将人工种苗的贝类, 投放到环境条件适宜的海域自然生长, 达到商品规格后再进行回捕的资源增殖区域景观
滨海观光景观 Coastal landscape	14	研究区域周边滨海度假村、滨海浴场和滨海旅游小岛等, 综合形成的滨海景观特色
科教文化景观 Scientific and educational cultural landscape	19	研究区域当地历史人文古迹及风俗民情等方面观光景点, 提供科普及历史文化传播效果
海洋文化景观 Marine cultural landscape	20	研究区域历史遗留下来的海上商业文化遗迹及当今海上商业发展所组成的海洋文明, 形成文化景观一部分

对均匀、可利用率高, 是促进海洋牧场休闲渔业发展的良好条件(图 4)。柘林湾内岛屿繁多, 不仅有旅游胜地西澳岛和汛洲岛, 周边还有丰富的滨海旅游度假村等旅游产业, 对柘林湾海洋牧场示范区经济价值和社会效益提供有力的条件优势。柘林湾海洋牧场示范区因独有的潮汕地域文化体系而产生多样性人文景观, 不仅是对于历史人文的传承与科普, 更是对研究区域与人文情怀相融合所产生的文化价值(肖玲, 2002; 郑松辉, 2006)(图 5)。海滩岩田(海山岛)是一种罕见的近海大面积海相沉积物, 形成近 5000 年, 不

仅具有重要的历史地质研究价值, 而且兼具独特的旅游观光价值(肖玲, 2002)。隆福寺、白雀寺、镇风塔和大埕所城都是历史遗留古迹, 具有丰富多样的文化科教价值。柘林古港是潮汕地区最早的对外通商港口, 是中国“海上丝绸之路”的重要中段港(肖玲, 2002; 郑松辉, 2006; 陈静莹等, 2014)。潮州港是现阶段重要的经济港口, 近年来, 加快了潮州经济可持续发展, 独特的地理环境和优良的气候条件也为柘林湾海洋牧场示范区提供了发展海洋经济文化的潜力(陈静莹等, 2014)。

表 2 柘林湾海洋牧场景观生态分类系统
Tab.2 The landscape system of marine ranching in Zhelin Bay

一级 First-level	二级 Second-level	三级 Third-level
开放景观 Open landscape	自然景观 Natural landscape	近岸景观 Landscape type
		浅海景观 Shallow sea landscape
		滩涂景观 Tidal flat landscape
		海滩景观 Beach landscape
		岛礁景观 Island landscape
	半自然景观 Semi-natural landscape	人工鱼礁景观 Artificial reef landscape
		海藻养殖景观 Seaweed farming landscape
		传统网箱养殖景观 Traditional cage farming landscape
		深水网箱养殖景观 Deep-water net cage fish farming landscape
		贝藻综合养殖景观 Integrated cultivation landscape of shellfish
		筏式养殖景观 Raft-cultivation landscape
		增殖放流景观 Stock enhancement landscape
		贝类底播景观 Shell fish bottom sowing landscape
		滨海旅游景观 Seaside tourist landscape
		建筑景观 Construction landscape
文化景观 Cultural landscape	科教文化景观 Scientific and educational cultural landscape	历史人文景观 Historical and humanistic landscape
		海洋文化景观 Marine cultural landscape
		海商文化景观 Maritime commercial cultural landscape

表 3 柘林湾海洋牧场景观斑块面积分布结果
Tab.3 Distribution of landscape patch area in Zhelin Bay marine ranching

一级 First-level	面积 Area (km ²)	比例 Proportion (%)	二级 Second-level	面积 Area (km ²)	比例 Proportion (%)
开放景观 Open landscape	499.091	79.21	自然景观 Natural landscape	457.014	72.53
			半自然景观 Semi-natural landscape	42.077	6.68
			建筑景观 Construction landscape	7.993	1.27
文化景观 Cultural landscape	123.039	19.52	科教文化景观 Scientific and educational cultural landscape	5.039	0.80
			海洋文化景观 Marine cultural landscape	118.000	18.72
合计 Total	630.123	100	合计 Total	630.123	100

注: 潮州港与柘林古港面积均为港内水域面积

Note: The area of Chaozhou Port and Zhelin Ancient Port is the water area of the port

表4 柘林湾海洋牧场景观生态类别分布状况
Tab.4 Distribution of marine landscape ecological category in Zhelin Bay

一级 First-level	二级 Second-level	三级 Third-level	斑块面积(斑块名称) Patch area(Patch name) (km ²)	面积所占百分比 Percentage of the area (%)		
开放景观 Open landscape	自然景观 Natural landscape	近岸景观 Landscape type	194.359	30.84		
		浅海景观 Shallow sea landscape	188.860	29.97		
		滩涂景观 Tidal flat landscape	38.359	6.09		
		海滩景观 Beach landscape	2.026	0.32		
		岛礁景观 Island landscape	33.409	5.30		
	半自然景观 Semi-natural landscape	人工鱼礁景观 Artificial reef landscape	4.217	0.67		
		海藻养殖景观 Seaweed farming landscape	3.330	0.53		
		传统网箱养殖景观 Traditional cage farming landscape	6.670	1.06		
		深水网箱养殖景观 Deep-water net cage fish farming landscape	1.267	0.20		
		贝藻综合养殖景观 Integrated cultivation landscape of shellfish	11.303	1.79		
		筏式养殖景观 Raft-cultivation landscape	0.189	0.03		
		增殖放流景观 Stock enhancement landscape	15.101	2.40		
		建筑景观 Construction landscape	滨海景观 Coastal landscape	贝类底播景观 Shell fish bottom sowing landscape	2.500	0.40
				汛洲岛 Xunzhou island	2.158	0.34
西澳岛 Xi'ao island	0.683			0.11		
金狮湾旅游度假村 Golden Lion Bay Resort	1.200			0.19		
东沙湾旅游度假村 Dongsha Bay Tourist Resort	1.452			0.23		
三百门野水度假村 Sanbaimen Wild Water Resort	4.750			0.75		
海山岛 Haishan Island	0.002			0.0003		
文化景观 Cultural landscape	科教文化景观 Scientific and educational cultural landscape	滨海旅游景观 Seaside tourist landscape	隆福寺 Longfu Temple	0.05		
		历史人文景观 Historical and humanistic landscape	大埕所城 Dacheng City	0.287		
		海洋文化景观 Marine cultural landscape	潮州港 Chaozhou Harbor	68.000	10.79	
		柘林港 Zhelin Harbor	50.000	7.93		

注：增殖放流面积无法估算，故没统计在表格内。潮州港与柘林古港面积均为港内水域面积。镇风塔和白雀寺占地面积数据目前尚无

Note: The stock enhancement area cannot be estimated, so it is not included in the table. The area of Chaozhou Harbor and Zhelin Harbor is the water area of the port. Data of the Zhenfeng Pagoda and Baique Temple area are not available

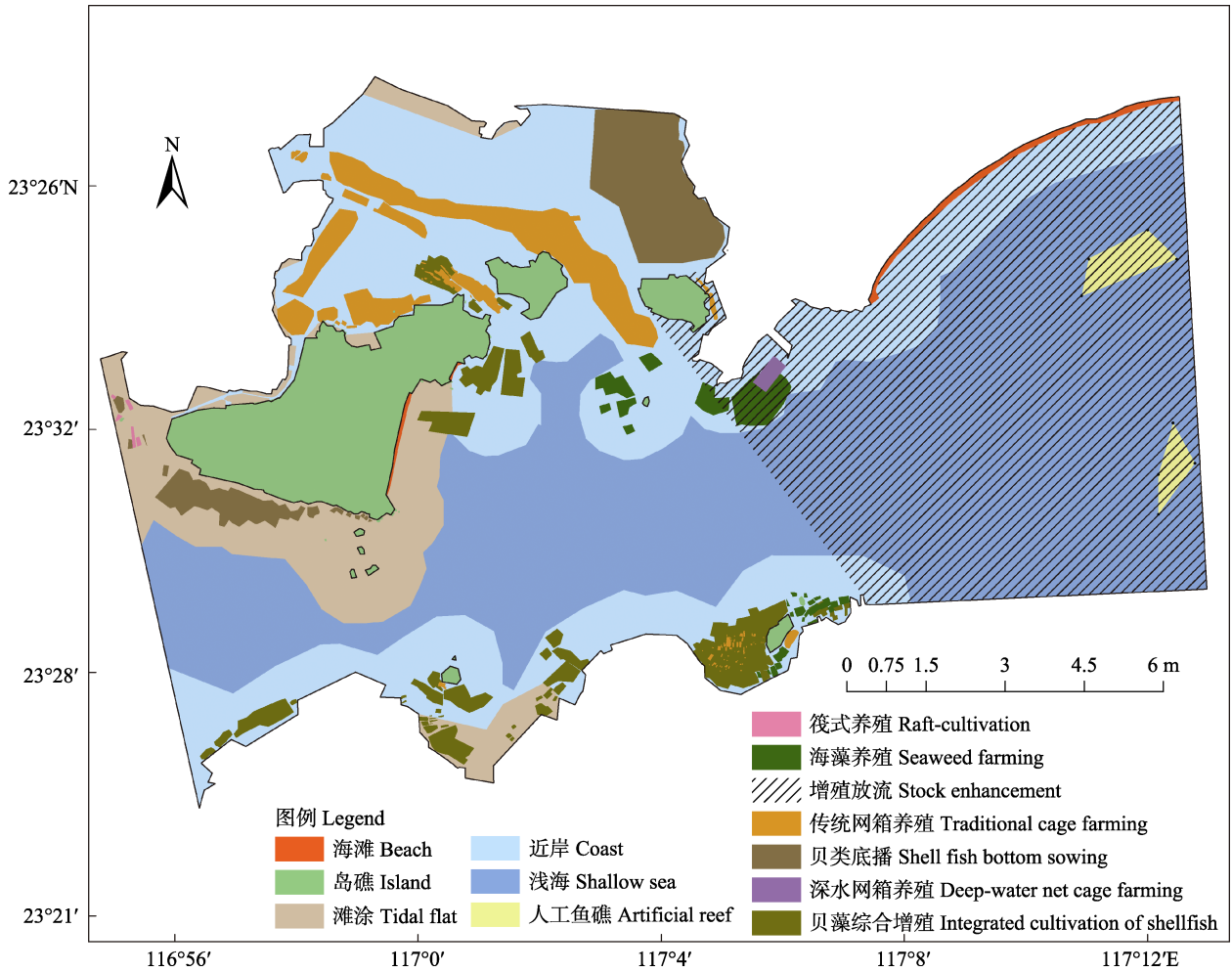


图 3 柘林湾海洋牧场开放景观分类示意
 Fig.3 Classification of open landscape in Zhelin Bay marine ranching

3 讨论

3.1 景观生态分类是界定海洋牧场生态景观内涵的基础

景观生态分类方法建立在景观生态学的理论基础之上，是景观生态学研究的重要组成部分，也是景观格局分析、景观评价、规划与设计的基础与前提(肖笃宁, 1991)。目前，我国乡村的城镇化发展产生生态环境问题，导致生态负荷严重，自然斑块越来越少，生态系统遭到严重破坏，乡村生态功能和美学价值下降(王仰麟, 1996; 肖笃宁, 1998; 何东进等, 2013; 李振鹏等, 2004)。另外，湿地景观资源的开发和利用，不仅是重要的自然资源，也是野生动植物的重要栖息地，易受人为活动干扰，生态系统极易受破坏(曹宇等, 2009)。因此，从景观生态学角度出发，开展景观生态分类研究，了解控制景观形成过程中的主要因子，合理划分景观斑块，归并景观单元与类型，确立

景观资源配置模式，从而有效开展合理的景观规划与设计，协调好生产、环境服务和文化等功能，不仅为下一步进行景观格局分析及规划提供前提条件，而且为景观规划与设计的开展奠定基础。

通过对柘林湾海洋牧场的案例研究，建立柘林湾海洋牧场景观生态分类系统，论证了景观生态分类是海洋牧场景观内涵的基础，为景观生态规划与设计创造条件，从而促进整个海洋牧场的可持续发展模式。在推动海洋牧场经济增长的同时，合理开发休闲渔业及观赏型旅游业，是海洋牧场未来发展的一种良好趋势，而景观生态分类正是从事生态和自然保护事业及实现区域可持续发展的有效手段。

3.2 开放景观是海洋牧场景观的主体

景观作为人类的生存和生活空间而存在，景观场所的本质是人们的生活区域，符合公众休闲的基本要求和一定的文化需求(吴雅婷等, 2010)。现代景观设计趋向于创造人与环境的新关系，促进公共空间与交

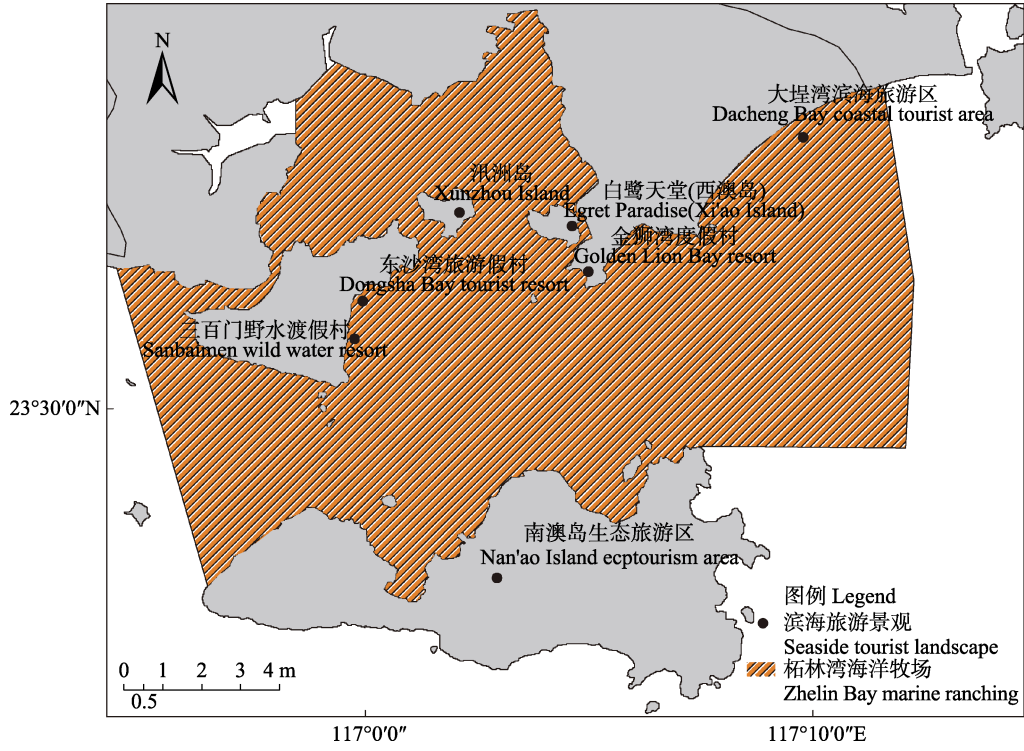


图4 柘林湾海洋牧场建筑景观分类示意

Fig.4 Classification of construction landscape in Zhelin Bay marine ranching

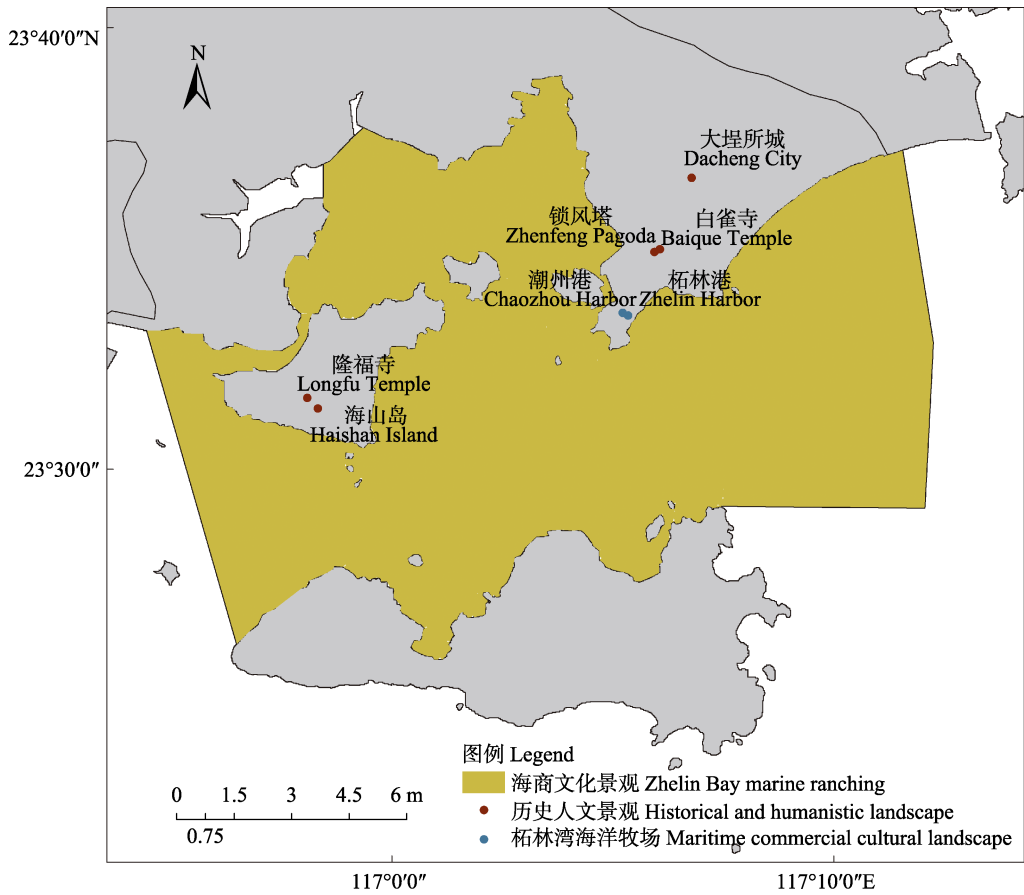


图5 柘林湾海洋牧场文化景观区分类示意

Fig.5 Classification of cultural landscape in Zhelin Bay marine ranching

流空间的出现,倡导共存精神的建立(吴雅婷等,2010)。在海洋牧场中,海洋生物是主体,它们所存在于研究区域中最大的公共开放式景观基质内,景观场所是生物生存的海洋环境空间,体现生物与环境之间和谐共存的生态关系。

从研究结果来看,柘林湾海洋牧场示范区内人和生物、生物与环境之间影响为主导因素,其中,涵盖了各个圈层分布以及之间相互作用、相互转化的形成。由人工鱼礁、海藻场等海洋牧场建设内容组成半自然景观,多包含人工建设因素,结合海洋环境中的自然因素,确立景观生态分类,并注重以人与生物、生物与环境的关系为主要分类原则。就目前海洋领域的研究现状来看,由于景观生态类型的划分还没有统一的原则,最为常见的是根据人类对自然景观的干扰程度进行分类,王丽荣等(2004)对热带海岸景观进行景观生态分类,同样也参考运用 Naveh(1983)的景观生态系统,在总人类生态系统下按人造组分的主导作用程度,分解开放景观的基础上进行景观生态分类。在海洋牧场景观生态分类中没有特定的划分依据,要根据具体研究区域的具体情况进行分析,以海洋牧场生物为主导原则,促进生物多样性发展的同时提高生态与经济效益为主要目的。

3.3 景观生态分类可有效促进海洋牧场生态和社会、经济效益的综合提升

景观生态分类的目的就是从目前的功能、效益入手,了解不同景观生态系统结构的差异,从而合理管理与利用景观,达到人与自然共生的目的(肖笃宁,1991;何东进等,2013),为后续研究提供重要的应用性意义。如曹宇等(2009)对于湿地景观进行生态分类,是对湿地景观生态学研究的前提与基础,为后续湿地研究结果增加精确性和有效性。谢春华等(2006)在对水库集水区域研究时,对其主体景观中的森林景观进行分类归并,得出受人类干扰较为严重斑块,并提出生态目标及对森林景观生态、经济效益发展模式建议。现代海洋牧场建设与海洋旅游产业的相辅相成、相互促进,并通过增殖海洋生物资源支持促进海洋旅游的发展,并且可有效提高海洋牧场建设的综合经济效益(许强等,2018)。

通过对柘林湾海洋牧场示范区景观生态分类,划分不同景观功能类型,从而在控制人类活动对生物影响的基础上规划景观生态空间,促进生物栖息地修复和生物多样性保护,提高柘林湾海洋牧场生态效益,同时,展示了潮汕地域海洋文化和区域文化价值基础,提升柘林湾海洋牧场社会效益和经济效益。本研究

为下一步海洋牧场景观规划与设计提供了参考依据,同时,也可为有效提升海洋牧场综合效益提供基础条件。

4 结论

海洋牧场建设是现阶段海洋生态发展的重要方向之一,推进海洋牧场向休闲渔业升级,规划可视化生态景观建设,可为海洋牧场生态文明建设推波助澜。通过将海洋牧场自然环境和文化艺术的有机结合,充分利用自然景观资源与人文景观资源,开拓海洋牧场休闲渔业、旅游业发展的新道路。本研究通过遵循发展海洋牧场建设以渔业资源保护和生态修复优先原则,以柘林湾海洋牧场示范区为例对其景观类别分布状况进行划分,建立了柘林湾海洋牧场景观生态分类系统,了解各景观斑块之间的耦合关系及其应用意义。同时,为海洋牧场景观规划与设计提出方向性指导,为下一步海洋牧场景观格局分析提供基础条件,同时,也为海洋牧场景观生态规划提供科学的参考依据。

参 考 文 献

- Cao Y, Mo LJ, Li Y, *et al.* Wetland landscape ecological classification: Research progress. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(12): 3084-309 [曹宇, 莫利江, 李艳, 等. 湿地景观生态分类研究进展. *应用生态学报*, 2009, 20(12): 3084-3092]
- Chang ZY, Zhang Y, Zheng ZQ, *et al.* Development status of the raft-cultivation harvesting devices for kelp. *Fishery Modernization*, 2018, 45(1): 41-48 [常宗瑜, 张杨, 郑中强, 等. 筏式养殖海带收获装置的发展现状. *渔业现代化*, 2018, 45(1): 41-48]
- Chen C. Discussion on planning of modern suburban forest park. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2010, 16(8): 127-129 [陈晨. 现代城郊型森林公园规划探讨——以安徽庐州森林公园总体规划设计为例. *安徽农学通报*, 2010, 16(8): 127-129]
- Chen JY, Li Y. Zhelin ancient port: The first port in east Guangdong on the road of sea silk. *Special Planning*, 2014(5): 30-31 [陈静莹, 李扬. 柘林古港: “海丝之路”粤东第一港. *潮商特别策划*, 2014(5): 30-31]
- Chen PM, Jia XP, Guan CT, *et al.* Research on development strategy of marine ranch in China. Beijing: China Agriculture Press, 2017, 1 [陈丕茂, 贾晓平, 关长涛, 等. 中国海洋牧场发展战略研究. 北京: 中国农业出版社, 2017, 1]
- Cheng WM. Discussion on classification and mapping of landscape ecology. *Geo-Information Science*, 2002, 4(2): 61-65 [程维明. 景观生态分类与制图浅议. *地球信息科学学报*, 2002, 4(2): 61-65]
- Fu BJ. Principles and applications of landscape ecology. Beijing: Science Press, 2011 [傅伯杰. 景观生态学原理及应用.

- 北京: 科学出版社, 2011]
- Fu BJ, Wang YL. The trend and development of international landscape ecology research. *Advances in Earth Science*, 1991, 6(3): 56–61 [傅伯杰, 王仰林. 国际景观生态学研究的发展动态与趋势. *地球科学进展*, 1991, 6(3): 56–61]
- He DJ, Guo ZL, Ouyang XZ, *et al.* Landscape ecology. Beijing: China Forestry Publishing House, 2013, 2 [何东进, 郭忠玲, 欧阳勋志, 等. 景观生态学. 北京: 中国林业出版社, 2013, 2]
- Li ZP, Liu LM, Zhang HB, *et al.* Current situation of landscape eco-classification and its development trend. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(4): 150–156 [李振鹏, 刘黎明, 张虹波, 等. 景观生态分类的研究现状及其发展趋势. *生态学杂志*, 2004, 23(4): 150–156]
- Li ZZ, Gong PH, Guan CT, *et al.* Study on the organisms attachment of artificial reefs constructed with five different cements. *Progress in Fishery Sciences*, 2017, 38(5): 57–63 [李真真, 公丕海, 关长涛, 等. 不同水泥类型混凝土人工鱼礁的生物附着效果. *渔业科学进展*, 2017, 38(5): 57–63]
- Liang QY, Qi ZH, Gong XY, *et al.* Impact of deep-water net cage fish farming in Daya Bay, southern China on environment. *South China Fisheries Science*, 2017, 13(5): 25–32 [梁庆洋, 齐占会, 巩秀玉, 等. 大亚湾鱼类深水网箱养殖对环境的影响. *南方水产科学*, 2017, 13(5): 25–32]
- Lin HJ, Qin CX, Li XG, *et al.* Food web analysis in Zhelin Bay marine ranching. *Journal of Fisheries of China*, 2018, 42(7): 1026–1039 [林会洁, 秦传新, 黎小国, 等. 柘林湾海洋牧场不同功能区食物网结构. *水产学报*, 2018, 42(7): 1026–1039]
- Lioubimtseva E, Defourny P. GIS-based landscape classification and mapping of European Russia. *Landscape and Urban Planning*, 1999, 44(2–3): 63–75
- Liu FQ, Wu W, Lu ZW, *et al.* Landscape ecological classification in Beijing Miyun Reservoir catchment. *Research of Soil and Water Conservation*, 2006, 13(4): 133–136 [刘凤芹, 吴伟, 鲁绍伟, 等. 北京密云水库集水区景观生态分类. *水土保持研究*, 2006, 13(4): 133–136]
- Liu HY, Lü XG. Study on classification system of middle scale landscape ecology mapping in the Sanjiang Plain. *Scientia Geographica Sinica*, 1999, 19(5): 432–436 [刘红玉, 吕宪国. 三江平原湿地景观生态制图分类系统研究. *地理科学*, 1999, 19(5): 432–436]
- Liu SR, Zhou XJ, Zhang SY, *et al.* Relationship between epiphytic seaweeds and two seaweed-associated amphipods in mussel raft culture area. *Chinese Journal of Ecology*, 2018, 37(9): 2737–2744 [刘书荣, 周曦杰, 章守宇, 等. 贻贝筏式养殖区附生大型海藻与两种附着端足目的关系. *生态学杂志*, 2018, 37(9): 2737–2744]
- Ma H, Qin CX, Chen PM, *et al.* Study of biomass carbon storage in Zhelin Bay marine ranch of South China Sea. *South China Fisheries Science*, 2017, 13(6): 56–64 [马欢, 秦传新, 陈丕茂, 等. 南海柘林湾海洋牧场生物碳储量研究. *南方水产科学*, 2017, 13(6): 56–64]
- Naveh Z, Liberman AS. Landscape ecology: Theory and application. New York: Springer Verlag, 1983
- Shen GY, Huang LF, Guo F, *et al.* Marine ecology. Beijing: Science Press, 2010 [沈国英, 黄凌风, 郭丰, 等. 海洋生态学. 北京: 科学出版社, 2010]
- Shrestha DP, Zinck JA. Land use classification in mountainous areas: Integration of image processing, digital elevation data and field knowledge (Application to Nepal). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2001, 3(1): 78–85
- Wang LR, Zhao HT, Qin CF. Landscape ecological classification of tropical coast of Denglouliao. *Marine Science Bulletin*, 2004, 23(1): 50–57 [王丽荣, 赵焕庭, 覃朝锋. 雷州半岛灯楼角热带海岸的景观生态分类. *海洋通报*, 2004, 23(1): 50–57]
- Wang YL. A theoretical methodology of landscape eco-classification. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1996(s1): 121–126 [王仰麟. 景观生态分类的理论方法. *应用生态学报*, 1996(s1): 121–126]
- Wu YT, Xiao B. Landscape design and integration of city public open space. *Journal of Northwest Forestry University*, 2010, 25(2): 188–191 [吴雅婷, 肖斌. 城市公共开放空间景观设计及其整合研究. *西北林学院学报*, 2010, 25(2): 188–191]
- Xiao DN, Zhong LS. Ecological principles of landscape classification and assessment. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1998(2): 217–221 [肖笃宁, 钟林生. 景观分类与评价的生态原则. *应用生态学报*, 1998(2): 217–221]
- Xiao DN. Theoretical methods and applications of landscape ecology. Beijing: China Forestry Publishing House, 1991 [肖笃宁. 景观生态学理论、方法及应用. 北京: 中国林业出版社, 1991]
- Xiao L. A discussion on some important problems in the tourism planning of Raoping County. *Tropical Geography*, 2002, 22(2): 138–141 [肖玲. 对于县域旅游规划重点问题的探讨—以饶平县旅游规划为例. *热带地理*, 2002, 22(2): 138–141]
- Xie CH, Wang XZ. Ecological classification of forest landscape in Beijing Miyun Reservoir water catchment. *Forest Resources Management*, 2006(4): 85–88 [谢春华, 王秀珍. 北京密云水库集水区森林景观生态分类研究. *林业资源管理*, 2006(4): 85–88]
- Xu Q, Liu W, Gao F, *et al.* Development of marine ranching at tropical island area in South China Sea: Advantages, status and prospects. *Progress in Fishery Sciences*, 2018, 39(5): 173–180 [许强, 刘维, 高菲, 等. 发展中国南海热带岛礁海洋牧场——机遇、现状与展望. *渔业科学进展*, 2018, 39(5): 173–180]
- Zhang Z. Research on the development of recreational fishery based on the construction of marine ranching. Doctoral Dissertation of Ocean University of China, 2015 [张震. 基于海洋牧场建设的休闲渔业开发研究. 中国海洋大学博士研究生学位论文, 2015]
- Zheng SH. On the cultural characteristics of ocean culture in

- early modern Chaozhou-Shantou. *Journal of Guangdong Polytechnic Normal University*, 2006(5): 98–102 [郑松辉. 近代潮汕海洋文化特征的形成与发展. *广东技术师范学院学报*, 2006(5): 98–102]
- Zhou HR. A preliminary study on landscape classification of the Northern Xinjiang Region—A case study of Shawan County. *Chinese Journal of Ecology*, 1999(4): 69–72 [周华荣. 新疆北疆地区景观生态类型分类初探: 以新疆沙湾县为例. *生态学杂志*, 1999(4): 69–72]
- Zhou YY, Li CH, Chen PM, *et al.* Structure of *Gracilaria lemaneiformis* bed and its effect on the factors of water environment. *Ecological Science*, 2011, 30(6): 590–595 [周岩岩, 李纯厚, 陈丕茂, 等. 龙须菜海藻场构建及其对环境因子的影响. *生态科学*, 2011, 30(6): 590–595]
- Zong ZL, Zhou HR, Feng DC, *et al.* Classification of shrubland landscapes in Xinjiang. *Arid Zone Research*, 2015, 32(1): 168–175 [宗召磊, 周华荣, 冯滌成, 等. 新疆灌木地景观生态分类初探. *干旱区研究*, 2015, 32(1): 168–175]

(编辑 冯小花)

Ecological Classification of Marine Ranching Based on Landscape Ecology: A Case Study of Zhelin Bay Marine Ranching

DUAN Dingyu^{1,2}, QIN Chuanxin^{1,2①}, ZHU Wentao^{1,2}, MA Hongmei^{1,3}

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Fishery Ecology and Environment; Key Laboratory of Marine Ranching Technology, Chinese Academy of Fisheries Science; National Agricultural Science Fishery Resources and Environment Dapeng Observation Laboratory Station; Scientific Observing and Experimental Station of South China Sea Fishery Resources and Environment, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Science, Guangzhou 510300; 2. Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 3. Jiangsu Ocean University, Lianyungang 222000)

Abstract In recent years, the research and construction of marine ranching in China have developed rapidly, which has promoted the development of marine ranching recreational fisheries and tourism industry. With the development of marine ranching recreational fishery, people need increasing recreational and ornamental tourism facilities, which requires more scientific ecological planning and management of the recreational marine ranching landscape. At present, the domestic recreational marine ranching mostly concentrates on fishing for the main leisure facilities, with fewer tourist ornamental landscapes and usually single types. Taking the marine ranching in Zhelin Bay as an example, the landscape ecological classification system of marine ranching in Zhelin Bay was established by applying the theory and method of landscape ecological classification. According to the similarity of appearance of features and related attributes, basic units were gathered into classes from the lowest level according to the top-down classification level principle of landscape ecological classification. The marine ranching in Zhelin Bay is divided into three first-level landscapes, five second-level landscapes, and sixteen third-level landscapes. The spatial analysis technique was applied to draw the landscape ecological classification diagram for each level, and the landscape distribution was discussed and analyzed. This study initially formed the marine ranching landscape ecological classification system, which provided the preliminary guidance and theoretical basis for further planning and research on the landscape pattern of marine ranching, and has important theoretical significance for improving the ecological and social benefits of marine ranching and promotion of the sustainable development of marine ranching. Promoting the upgrade of marine ranching to recreational fisheries and planning the construction of a visual ecological landscape could contribute to the construction of a marine ranching ecological civilization. Through the organic combination of the marine ranching natural environment, culture, and art, full use of the natural landscape resources and human landscape resources could be used and open up a new road for the development of marine ranching leisure fisheries and tourism.

Key words Marine ranching; Landscape ecology; Landscape classification; Landscape distribution

① Corresponding author: QIN Chuanxin, E-mail: qincx@scsfri.ac.cn