

北部湾生态通道模型和保护区效应的模拟^{*}

陈作志¹, 徐姗姗², 林昭进¹, 黄梓荣¹, 钟智辉¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300;

2. 中山大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510275)

摘要:作为一种有效的养护海洋资源和生态系统的工具, 海洋保护区正逐步得到世界各国的普遍认同。在20世纪90年代EwE模型的基础上, 以20a为周期, 利用空间化模块Ecospace模拟了不同的管理情景(禁渔、伏季休渔、共同渔区、<30m沿岸水域)对北部湾海洋生态系统功能组的生物量和渔获量的影响。结果表明, 缺乏管理和渔民合作的禁渔制度和伏季休渔制度对资源的养护作用不显著, 大型鱼类和真鲨类等高营养级生物量继续衰退。在北部湾沿岸和中南部海域设立大型的非渔业活动区都可有效地降低捕捞强度和恢复渔业资源, 提高渔获质量。研究结果表明, 海洋保护区对栖息地养护和渔业管理上有重要作用。从北部湾渔业管理的角度来看, 将30m等深线内的沿岸水域划为非渔业保护区更有利于生态系统的养护和渔业资源的恢复。

关键词:生态通道模型; 海洋保护区; 北部湾; 保护区设计

中图分类号: S965.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579(2009)04-0089-06

Ecopath Model and Its Implication in Modelling the Effects of Spatial Closure in the Beibu Gulf Ecosystem

CHEN Zuozhi¹, XU Shannan², LIN Zhaojin¹, HUANG Zirong¹, ZHONG Zhihui¹

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences,

Guangzhou 510300, China; 2. School of Environmental

Science and Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Marine Protected Areas (MPAs) are increasingly being recognized as an alternative management tool for conserving marine resources and ecosystems. Based on the 1990s Ecopath with Ecosim model in the Beibu Gulf, we used Ecospace routine too forecast resources and fishery responses to different MPAs deployed (spatial closures system, closed season, common fishing zone and costal area with depth less than 30 m) in the Gulf of Beibu marine ecosystem over a 20-year period. Simulations suggested that current trawl closures and closed season used in the Beibu Gulf fisheries, appear to be minimally benefits without the cooperation of fishers and costly administrative, the biomass of top predator groups, such as top demersal and pelagic fishes and elasmobranchs would be decreased continuously during the simulation period. Both "no-take zone", coastal closures and common fishing zone closures can drastic reductions in fishing efforts and restoring declined fisheries resources, especially for high value fishes. This study supports predictions that MPAs can play a key role in the conservation of habitats and management of a fishery. It is suggested that for the purpose of fishery managements in the gulf, the costal areas with depth less than 30 m as "no take zone" may be an effective management tactic to conserve ecosystems

^{*} 收稿日期: 2008-09-24

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金资助项目(2009TS13); 广东省908专项基金资助项目(GD9080205)

作者简介: 陈作志(1978年生), 男, 博士; E-mail: zzchen2000@163.com

and restore fisheries resources.

Key words: Ecopath with Ecosim; marine protected areas (MPAs); Beibu Gulf; marine reserve design

随着人类活动水平的不断提升,世界各地的海洋正面临着新的挑战。海洋鱼类资源的枯竭、近岸海域环境的退化、海洋生境的破坏和“荒漠化”证明了传统的海洋管理方式的不足,再加上一些难以克服的社会、政治和经济问题,使得海洋资源利用的不可持续性日益突出^[1-2],迫切需要一些新的管理工具来突破这些障碍。海洋保护区 (Marine protected areas, MPAs) 正是在这种前提下,作为一种替代性的海洋资源管理选项被提出,并作为一种新兴的海洋生态系统管理工具得到沿海各国的广泛关注^[3]。在过去 20 年间,随着世界各国海洋保护区研究的不断深入发展,有关海洋保护区效应的实证及理论研究有了突破性进展^[4-6]。目前,虽然世界各国都建立了不同形式的 MPAs,但 MPAs 的发展仍然缓慢,其主要原因在于人们对 MPAs 的生态效应认识不足,以及对其会减少短期经济效益的担忧^[7]。

生态通道模型是一个由国际水生资源管理中心 (ICLARM) 开发近 30 a 的生态系统模型软件,包括生态通道模型 (Ecopath)、生态模拟模型 (Ecosim) 及生态空间模型 (Ecospace) 等多个生态系统子模型。该模型起源于 Polovina^[8]用于评价稳定状态下的水生生态系统各生物组分之间的生物量和食物消耗,后来与 Ulanowicz 的能量分析理论结合,逐步发展成为一种生态系统营养通量分析方法^[9],随后 Walter 等人^[10]又将生态模拟和生态空间模块加入生态通道模型中,共同形成了一个三维生态系统模型 (Ecospace),可以同时模拟和预测不同 MPAs 管理策略的生态效应。本文以 20 世纪 90 年代北部湾海域生态系统的 Ecopath 模型为基础,首次运用空间化模块 Ecospace 模拟不同保护区情景对渔业和生物资源的影响,并根据种群生物量的变化评价了不同保护区的生态效应,拟为北部湾海洋渔业资源养护和管理措施的制订提供科学依据。

1 研究区域和评价方法

1.1 研究区域概况

北部湾位于南海西北部 (105°40′–110°10′E、17°00′–21°45′N),为天然半封闭浅水海湾,西面为越南北部,北面为我国广西,东北面为我国广东省,东面为海南岛 (图 1)。东西宽不超过 200 海里,最大水深为 106 m,平均水深 38 m,水域面积

为 12.8 km × 104 km。北部湾的沿岸水主要受广西和越南沿岸江河入海径流形成,以夏、秋季势力最强,冬、春季为弱。冬半年呈低温性质,主体部分水温低于 22 °C;夏半年呈高温性质,主体部分水温超过 28 °C。由于受地理位置、水文条件和季风变化等自然因素影响,北部湾渔业资源形成一个独立的地方生态群系,大部分主要经济鱼类在冬春季到湾东部和北部产卵、繁殖、育幼,秋季洄游到湾中西部,靠近越方一侧海域栖息、育肥,形成中心渔场^[12]。

北部湾得天独厚的气候和环境,使其成为南海渔业资源最丰富的海域之一,历来是中越、两国渔民的传统渔场。20 世纪 50 年代以前,由于生产力低下,作业工具落后,北部湾渔业以传统的风帆船为主,其作业渔场仅为近岸渔场。自 60 年代以后,北部湾开始进入快速发展时期。自 70 年代开始,由于渔业劳动力的自然增长和非渔业劳动力向捕捞业转移以及捕捞技术的飞速发展,北部湾沿海地区的捕捞能力持续增长。随着捕捞强度不断增大,北部湾的生态系统的结构和功能也发生了很大的变化。传统优质鱼类资源量大幅下降甚至灭绝,小型中上层鱼类明显增加,种间更替明显,渔获物质量明显下降,出现小型化、低值化趋势^[13-15]。

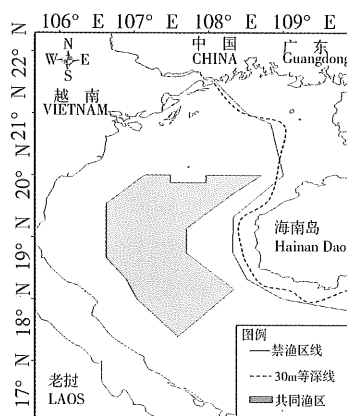


图 1 北部湾海洋生态系统研究区域

Fig. 1 Map showing the Beibu Gulf ecosystem area

1.2 研究方法

Ecospace 模块是 Ecopath 和 Ecosim 模型完成平衡调试的基础上,综合考虑了海底地形、水生、温度和水质等物理海洋学因子后,将研究海域划分成若干个栖息地生境类型的栅格所形成的空间化模

块^[11]。模型中定义栖息地的特征是与海岸的距离（近岸、沿岸）或水深（浅、中、深…）和/或底质类型（岩石、沙质、泥炙…）紧密关联。由此可见，Ecospace 模型继承了 Ecopath 和 Ecosim 模型的许多参数，如功能组的划分、食性组成、摄食率、渔获量等，此外，Ecospace 仍需要输入的基本参数包括，各功能组的适宜生境类型、迁移速率、迁移方式、迁移路径和渔业捕捞工具的使用范围。

1.2.1 20 世纪 90 年代北部湾生态通道模型 本文使用的 1990s 北部湾 Ecopath 基础模型直接引用陈作志等构建^[16]。该模型的 20 个功能组分别为：碎屑、底层生产者、浮游植物、珊瑚、浮游动物、水母、底栖动物、底栖甲壳类、虾类、头足类、小型中上层鱼类、中型中层鱼类、大型中层鱼类、小型底层鱼类、中型底层鱼类、顶级底层鱼类、魷和鳐、鲨鱼、海鸟和哺乳动物等，所有功能组基本能够覆盖生态系统中能量流动过程。在 Ecosim 的模拟中，根据北部湾海洋捕捞作业的方式，主要探讨了 5 种渔具，包括底拖网、围网、刺网、钓具和混合渔业（主要是小型或手工渔具），各种作业方式的主要渔获物参见陈作志等构建的 1990s 北部湾 Ecopath 模型^[16]。

1.2.2 Ecospace 模型 功能组栖息地的分配是 Ecospace 的主要参数。根据模型设计的原理，结合南海北部鱼类群落沿水深呈带状分布的规律和地形特点^[17]，本文将生境地简单划分为 3 种不同水深：40 m 以浅的沿岸水域、40 ~ 80 m 的湾中南部、> 80 m 以深海域。此外，模型中的基础迁移率参数是指种群主动移动的能力，其范围一般为 1 ~ 300^[11]。本文 Ecospace 中各功能组的基础迁移率主要参考了香港水域 Ecospace 模型的设定^[18]。

北部湾的主要作业方式为拖网、围网、刺网、钓具、敷网、地拉网、笼壶、小机排（伐）等，其中，拖网、刺网、围网和钓具等主要渔具的产量合占海洋捕捞总产量的 90% 以上。根据 2000 年南海区渔政渔港监督管理的统计^[13]，20 世纪 90 年代末期主要作业类型的产量比例为底拖网占 54.2%、刺网为 23.7%、钓具为 5.9%、围网为 5.7%，其它类型 10.5%。

不同功率大小的渔船的作业水域有较大的差别。一般来说，40 kW 以下的渔船一般只能在当地浅海作业。底拖网一向是北部湾的主要渔具，其单船平均功率为 154 kW。根据 1980 年 5 月国务院颁布的《关于划定南海区禁渔区线的方案》的规定，120 HP（即 88 kW）以上的拖网渔船不得在机轮

底拖网禁渔区线内作业，据此，本文在定义不同渔具的栖息地时把拖网划分为两大类型。刺网是北部湾沿海的重要作业类型，目前 3 省区刺网渔船达 5.2×10^4 艘，平均单船功率仅 20 kW，主要分布于 60 m 以浅水域作业。围网主要分布于浅海及近海区，以捕蓝圆鲹等中上层鱼类为主。钓具分布范围广泛，作业水深遍及全湾，其它渔具多为小型，主要分布在岸边或沿海。北部湾不同渔具的主要作业区域见表 1。

为了减轻捕捞压力，恢复已过度捕捞的渔业资源。自 1979 年实行《水产资源繁殖保持条例》以来，国家已在南海北部（包括北部湾）采取了禁渔区、禁渔期和水产资源自然保护区等有力措施来保护和恢复受损生态系统和衰退的渔业资源。1999 年始，南海区实施伏季休渔制度，规定在每年的 6 ~ 7 月份实行 2 个月的休渔以降低捕捞强度。因此，本文首先利用 Ecospace 评价了现存的 2 种时空管理措施，即禁渔制度和伏季休渔制度的生态效应。在此基础上，本文主要讨论了不同保护区设计对保护和恢复生物资源影响。文中设计了 2 种潜在保护区类型：一是将北部湾中南部（共同渔区，图 1）设为保护区，禁止任何形式的作业存在（No-take zone）；另一个是将沿岸 30 m 以浅水域设为保护区，在该区域禁止任何作业存在。将以上 4 种不同管理情景在模型中运行 20 a，以观测其对北部湾生物资源功能组的影响，模拟的结果以 1990s 模型值为基准。

2 结果与分析

2.1 禁渔制度的模拟（情景 1）

根据 1980 年 5 月国务院颁布的《关于划定南海区禁渔区线的方案》规定，在禁渔区线内禁止机轮底拖网作业。北部湾禁渔期位于北纬 $21^{\circ}05'$ 以北 20 m 以浅的海域，禁止底拖网进入该水域作业，以保护二长棘鲷和幼虾的产卵场。因此在情景 1 的模拟中，模型禁止机轮底拖网该区域作业，但允许其它作业方式存在，将模型在该情景下运行 20 a，并将模拟结果保存为数值。结果表明，无脊椎动物和小型鱼类会有不同程度的上升，尤其是小型底层鱼类的生物量上升 40%，底栖甲壳类、头足类、小型中上层鱼类和中型底层鱼类等功能组的生物量上升幅度超过 10%。顶级捕食者功能组生物量变化不大，如魷和鳐以及真鲨类功能组的生物量仅分别下降了 4% 和 6%。大型中上层鱼类和大型底层鱼类功能组的生物量却比模型的基准值分别

下降了 25% 和 20% (图 2: a)。该情景对底拖网有明显的负效应, 而对小型渔业有正效应。底拖网的渔获量下降明显, 尤其是 120 HP 的大型底拖网下降 51%, 而混合渔业的渔获量比模型基准值上升 40% (图 3)。

表 1 不同渔具在沿水深栖息地中的分布 (+)

Table 1 Distribution of gears in habitat-specific with depth (+)

渔具类型	全湾	< 30 m	30 ~ 60 m	> 60 m
底拖网 < 88 kW		+	+	+
围网	+			
刺网		+	+	
钓具	+			
混合渔业		+		

实施禁渔制度对保护幼鱼, 尤其是底层鱼类有一定作用。然而, 由于禁渔区和禁渔期制度主要是限定机轮底拖网的作业时间和空间, 因此, 该措施对养护生物资源的作用有限, 尤其是油价高涨之后, 受技术限制和眼前利益驱使, 很多小型渔船违规在线内作业形势日益严峻, 致使禁渔区线如同虚设。根据 2001 - 2002 年在北部湾的补充调查, 小型鱼类, 如二长棘鲷、鲱鲤、竹荚鱼等小型经济鱼类有所上升, 尤其是不可食用的下杂鱼, 发光鲷和鲷类上升最为显著, 约占总渔获物的 42%^[19], 而大型鱼类资源继续下降。如北部湾优质鱼类之一的灰裸顶鲷, 1961 - 1962 年资源密度 $40.4 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$, 1992 - 1993 年的调查中, 资源密度仅为 $1.4 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$, 1997 - 1999 年资源密度继续下降至 $0.05 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$, 在随后进行的补充调查中 (2001 - 2002 年) 已无渔获, 可见该鱼种已濒临灭绝^[19]。

2.2 伏季休渔的模拟 (情景 2)

根据南海区伏季休渔的规定, 休渔期间, 除刺钓、笼捕以外的所有捕捞作业禁止在 12° 以北的南海海域 (含北部湾中方一侧) 生产作业。因此, 在该情景下, 我们假设允许部分捕捞强度的存在, 主要是刺钓、混合渔业以及越南作业渔船。结果表明, 与基准值相比, 除了头足类和底栖甲壳类分别下降 6% 和 2% 外, 其余生物功能组的生物量均有不同程度的上升。鱼类功能组上升较为明显, 尤其是小型中上层鱼类和底层鱼类上升幅度分别为 35% 和 38%; 大型底层鱼类和中上层鱼类的生物量也分别上升 2% 和 10%。鲷和鲷以及真鲨类功能组的上升幅度和情景 1 较为接近 (图 2: b)。和情景 1 一样, 伏季休渔对底拖网渔业的也有一定的负

效应, 但幅度相对较小。然而, 该情景下围网的上升幅度较大, 为 32%, 而刺网和钓具分别上升了 15% 和 99% (图 3)。围网的渔获量主要来自于头足类生物量上升的贡献, 北部湾中头足类的优势种主要为中国枪乌贼和剑尖枪乌贼, 这两种的主要分布在湾中南部及湾口, 而该水域是灯光围网密集作业水域^[13]。

2.3 将中南部 (共同渔区) 设为海洋保护区的模拟 (情景 3)

共同渔区位于北部湾中南部, 是中越双方根据《中越北部湾渔业协定》共同划定的, 本情景模拟了将共同渔区设为 MPA 后的情景。模拟结果显示, 渔业功能组的上升明显, 其中大型底层鱼类和中上层鱼类分别上升了 245% 和 220%, 其余鱼类功能组的上升幅度也超过 100%, 尤其是中型底层鱼类的生物量上升 195%。无脊椎动物中, 头足类的上升了 120%, 底栖甲壳类和虾类分别上升了 75% 和 78%。另外, 我们感兴趣的生态保育组, 如真鲨类和鲷和鲷功能组的生物量比基准值分别上升 162% 和 180% (图 4: a)。对不同作业类型而言, 该情景对所有作业类型都有正效应, 尤其是以小型渔具为主的混合渔业将大幅度增加, 其渔获量将上升 85%。另外, 选择性强的钓具也将上升 55% (图 3)。

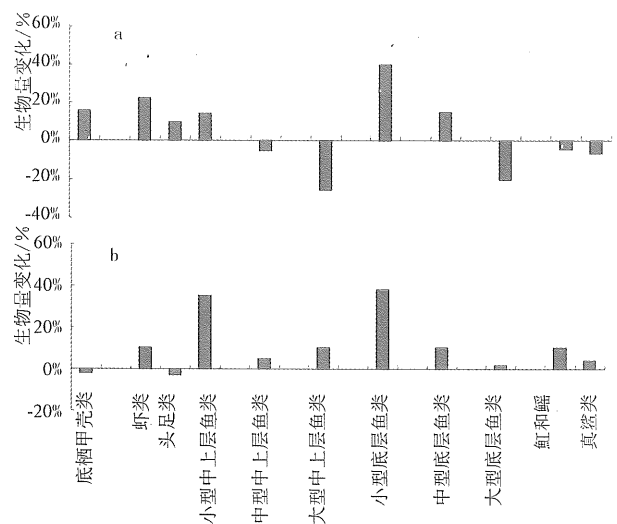


图 2 功能组生物量的变化

Fig. 2 Changes in group biomass after the 20-year simulation using the 1990s Ecopath model

a: 代表禁渔区, 即情景 1; b: 代表伏季休渔, 即情景 2

2.4 将沿岸 30 m 以浅海域视为海洋保护区的模拟 (情景 4)

受陆源营养物质输入的影响, 沿岸是北部湾海

域生产力和饵料最为丰富区域,这一水域基本位于30 m等深线以浅的海域^[12]。因此,情景4主要将沿岸30 m以浅水域设为非渔业区,以保护幼鱼的产卵场和育肥场。模拟结果表明,在该情景下所有功能组的生物量都会上升。与情景3相比,虽然保育功能组的生物量上升基本相似,但渔业功能组的上升却更加明显。在渔业功能组中,鱼类功能组的上升幅度超过当前值的200%,高价值的中、大型底层鱼类上升明显,分别上升了320%和260%。无脊椎动物的生物量幅度变化较大,虾类和甲壳类功能组的生物量分别上升了290%和180%,而头足类仅上升90% (图4:b)。北部湾沿岸水域饵料生物丰富,多数经济鱼类的产卵场和幼鱼阶段主要分布在该水域,即使是广泛分布在湾内的经济种类,其幼鱼阶段也大多出现在沿海^[13]。因此,将沿岸区域划为非渔业活动区,保护了主要生物种类的产卵场和育肥场,从而提高了幼鱼的补充量,导致生物量会大幅度上升。该情景对刺网和钓具的正效应显著,这二者分别比基准值上升了84%和125%。此外,大型底拖网的渔获量也上升了72% (图3)。

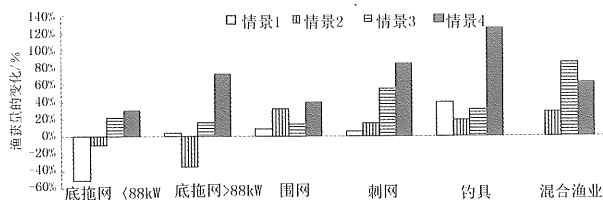


图3 不同渔具类型的渔获量变化

Fig. 3 Changes in catches by gear type at the end of the 20-year simulation using the 1990s Ecopath model

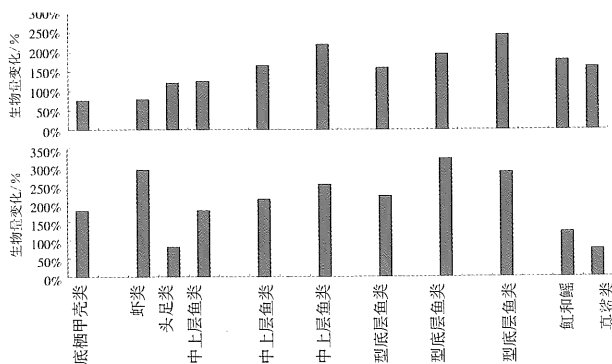


图4 功能组生物量的变化

Fig. 4 Changes in group biomass after the 20-year simulation using the 1990s Ecopath model

a: 代表共同渔区保护区,即情景3;

b: 代表沿岸保护区,即情景4

3 讨论

本文首次使用 Ecospace 模拟了海洋保护区的生态效应,模拟的4种情景基本涵盖北部湾渔业管理现状和实际需求。在情景1中,我们允许在禁渔区线内仍有作业存在,这和实际情况是符合的。根据2000年南海区渔政局的渔船普查结果显示,整个南海三省区的实际情况是,120 HP以上的拖网渔船和100 HP以上的拖虾、拖贝渔船的90%长期在线内生产,特别是休渔开捕后的第一个月,各种大小的渔船蜂拥出港,几乎大部分在线内生产,使得禁止机轮底拖网作业存在的禁渔区线的作用大大降低。情景1的模拟结果也表明,在该策略下,除了小型鱼类和无脊椎动物的生物量略有上升外,优质的大、中型底层鱼类的生物量下降超过20%。而实际上,如果加强管理,禁渔区线原本可以发挥较大的作用,我们可以从情景4中得到证实。该情景主要模拟了在沿岸30 m以浅水域划为保护区后的生态效应。模拟结果表明,所有的功能组都会从中受益,渔业资源生物量达到最大化,甚至要高于将共同渔区设为保护区的生态效应。模拟结果同时也表明,目前在南海区实行的为期2个月的禁渔期,从长远来看并不能对资源恢复作出大的贡献,这可能和休渔后的管理有关。众所周知,每年在开捕后的一段时间,几乎所有渔船全面作业,昼夜不息,这些捕捞强度足以侵蚀休渔2个月的成果,休渔成果难以巩固^①。

北部湾是个半封闭的海湾,海底平坦,自西南向东南倾斜,沿岸众多大小河流入湾,携带大量的陆源营养物质,使得沿岸成为北部湾海域生产力最高和饵料生物丰富的区域。就南海北部而言,整个北部湾都是一个优良的鱼类产卵场所,但北部湾最重要的产卵场是海南岛西北沿岸至北部湾沿岸一带海域。此外,浅海(30 m等深线以内)也是经济鱼虾类繁殖生长的场所,是海洋生物赖以生存繁衍的摇篮^[12]。从保护区面积来看,共同渔区的面积为 $3.482 \text{ km} \times 104 \text{ km}$ (GIS计算),约占全湾面积的26.2%;禁渔区线的面积为 $3.498 \text{ km} \times 104 \text{ km}$,约占全湾面积的27.3%,而30 m以浅沿岸水域的面积为 $3.1716 \text{ km} \times 104 \text{ km}$,约占全湾面积的24.8%。如果将30 m以浅海域划为非渔业活动的保护区,将比前两者的面积分别少9.2%和5.3%。

① 南海区渔业资源管理咨询委员会,南海区渔业资源管理委员会会刊,2002

另外,从资源保护和恢复的角度来看,模拟的结果表明,将 30 m 等深线以浅的沿岸水域划为保护区的生物资源生物量的上升幅度也最大,渔获量也会有明显的上升,渔获质量也明显改善。从北部湾渔业开发的实践来看,最突出的是问题是众多的浅海拖网作业,包括拖虾作业,严重破坏了环境,以致底栖植物、底栖动物无以为生,毁灭了一些底层生活的经济种类的饵料基础和产卵条件。因此,权衡以上几种保护区管理情景,在沿岸 30 m 以浅水域划为非渔业活动类型的保护区,以保护生物种类繁育场所,是提高渔业生产力,恢复生物资源和海洋生态环境的良好途径。

参考文献:

- [1] WARD T J, HEINEMANN D, EVANS N. The role of marine reserves as fisheries management tools: A review of concepts, evidence and international experiences [C]. Canberra, Australia: Bureau of Rural Sciences, 2001.
- [2] BOHNSACH J A. Marine reserves, zoning, and the future of fishery management [J]. Fisheries, 1993, 21 (9): 14 - 16.
- [3] BOHNSACH J A. Application of marine reserves to reef fisheries management [J]. Australian Journal of Science, 1998, 23: 298 - 304.
- [4] ALLISON G W, LUBCHENCO J, Carr M H. Marine reserves are necessary but not sufficient for marine conservation [J]. Ecological Application, 1998, (1) (Supp.): 79 - 92.
- [5] HALPERN B S. The impact of marine reserves: Do reserves work and does reserve size matter [J]. Ecological Application, 2003, 13(1): 170 - 174.
- [6] APOSTOLAKI P, MILNER-GULLAND E J, KCALLISTER M, et al. Modeling the effects of establishing a marine reserve for mobile fish species [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2002, 59: 405 - 415.
- [7] POLOVINA J J. An overview of the ECOPATH model [J]. Fishbyte, 1984, 2(2): 5 - 7.
- [8] ULANOWICZ R E. Growth and development: Ecosystem phenomenology [M]. New York: Springer Verlag, 1986: 203.
- [9] CHRISTENSEN V, PAULY D. Trophic models of aquatic ecosystems [C]. ICLARM Conference Proceedings No. 26. Philippines: ICLARM Manila, 1993.
- [10] WALTERS C, CHRISTENSEN V, PAULY D. Structuring dynamic models of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessments [J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 1997(7): 139 - 172.
- [11] WALTERS C, PAULY D, CHRISTENSEN V. Eco-space: prediction of meso-scale spatial patterns in trophic relationships of exploited ecosystems, with emphasis on the impacts of marine protected areas [J]. Ecosystems, 2000(2): 539 - 554.
- [12] 农牧渔业部南海区渔业指挥部. 南海区渔业资源调查和区划 [M]. 广州: 广东科学技术出版社, 1989: 25 - 26, 152.
- [13] 贾晓平, 李纯厚, 邱永松, 等. 北部湾渔业生态环境与渔业资源 [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 157 - 164, 182 - 185.
- [14] 李冠军, 邱永松, 王跃中. 自然环境变动对北部湾渔业资源的影响 [J]. 南方水产, 2007, 3(1): 7 - 13.
- [15] 陈作志, 邱永松, 贾晓平, 等. 捕捞对北部湾海洋生态系统的影响 [J]. 应用生态学报, 2008, 19(7): 1604 - 1610.
- [16] 陈作志, 邱永松, 贾晓平, 等. 基于 Ecopath 模型的北部湾生态系统结构和功能 [J]. 中国水产科学, 2008, 15(3): 460 - 469.
- [17] 乔延龙, 林昭进. 北部湾地形、底质特征与渔场分布的关系 [J]. 海洋湖沼通报, 2007(增刊): 232 - 238.
- [18] 王跃中, 袁蔚文. 南海北部底拖网渔业资源的数量变动 [J]. 南方水产, 2008, 4(2): 26 - 33.
- [19] 王跃中, 袁蔚文. 南海北部底拖网渔业资源的数量变动 [J]. 南方水产, 2008, 4(2): 26 - 33.