

文章编号: 1674-5566(2024)03-0786-13

DOI: 10.12024/jsou.20231104341

## 南海渔业资源状况及其管理挑战

田思泉<sup>1,2,3</sup>, 柳晓雪<sup>1,2,3</sup>, 花传祥<sup>1,2,3</sup>, 王寅<sup>1,2,3</sup>, 杜涣洋<sup>1,2,3</sup>

(1. 上海海洋大学 海洋生物资源与管理学院, 上海 201306; 2. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 3. 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室, 上海 201306)

**摘要:** 通过归纳南海各渔业区的渔业资源特点及国内渔业管理现状, 总结了当前南海渔业资源及其管理面临的主要问题。南海为我国渔业资源最富饶的海域之一, 然而南海北部渔业区重要经济种类正面临资源开发过度的严峻形势。南海海外开发潜力巨大, 但迫切需要及时丰富和优化渔业资源调查评估和手段。有关南海目前的渔业管理现状, 休渔制度的实行使得开捕后的多种主要经济物种资源有所恢复, 但效果有限, 仍需未来更多的研究和调查数据来论证休渔制度的效果。人类活动、气候变暖及海洋酸化、资源评估手段较为单一和落后等问题, 为南海渔业资源的管理和养护带来巨大挑战。制定合理的渔业资源养护和管理措施, 开展持续的资源调查以及引入合适的资源评估手段, 对实现南海渔业资源的可持续利用具有重要意义。

**关键词:** 南海; 渔业资源; 资源评估; 管理措施; 挑战

**中图分类号:** S 937.0 **文献标志码:** A

南海是我国最大的陆缘海, 海区辽阔, 总面积约为350万km<sup>2</sup>, 沿海国包括中国和众多东南亚国家<sup>[1]</sup>。作为世界上最为庞大的海洋生态系统之一, 南海海洋生态系统跨越热带与亚热带, 生态系统类型丰富多样, 海域内密布岛屿、浅滩和珊瑚礁。南海优越而复杂的地理环境孕育了丰富的渔业资源<sup>[2]</sup>, 据统计, 南海鱼类有3700余种, 约占全球海洋鱼类总种数的22%<sup>[3]</sup>, 渔业成为其沿岸国家和地区的核心经济产业。与此同时, 渔业产品的高市场需求也给整个南海水域带来了巨大的捕捞压力, 南海渔业资源状况不容乐观。自20世纪70年代以来, 南海周边国家在南海的单位捕捞努力量渔获量(Catch per unit effort, CPUE)均大幅下降, 多数鱼类种群已处于完全捕捞和过度捕捞状态<sup>[4]</sup>, 其中以北部湾过度捕捞状态最为严重<sup>[5]</sup>。南海北部带鱼(*Trichiurus lepturus*)资源也早已处于过度捕捞状态, 二长棘鲷(*Parargyrops edita*)、金线鱼(*Nemipterus virgatus*)和蓝圆鲹(*Decapterus maruadsi*)也基本处于过度捕捞状态<sup>[6]</sup>。较低的渔业资源养护和管理技术水平、缺乏科学的渔业资源数据收集和分析等往往

被认为是造成此现象的主要原因<sup>[7]</sup>。值得注意的是, 南海海外海鳶乌贼(*Sthenototeuthis oualaniensis*)储量较高, 可捕量400万t以上<sup>[8-9]</sup>, 而我国对其捕捞产量约为10万t, 该资源处于未充分开发状态<sup>[10]</sup>。

人类过度捕捞、气候变化等因素为南海渔业资源带来了巨大的影响和挑战, 如何妥善解决上述问题, 保证南海渔业资源的可持续开发与利用成为当务之急。目前已对南海渔业资源开展了较多的调查和评估<sup>[11]</sup>, 许多学者也对南海渔业资源的管理提出了相应的对策建议, 如加强法制建设、建立保护区等<sup>[12]</sup>, 但目前仍缺乏对南海渔业资源监测和管理的系统评价。本文梳理总结了南海不同区域的渔业资源特点及管理措施等的研究进展, 指出南海渔业管理与开发中面临的挑战, 并提出相关建议, 为开展系统的南海发展规划和渔业管理提供参考。

### 1 各渔业区主要渔业资源状况

#### 1.1 南海渔业资源特点

南海渔场面积约占全国渔场总面积的65%,

收稿日期: 2023-11-11 修回日期: 2024-01-10

基金项目: 国家重点研发计划(2019YFD0901404)

作者简介: 田思泉(1978—), 男, 教授, 研究方向为渔业资源评估和管理。E-mail: sqtian@shou.edu.cn

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

我国于南海约有 182 万 km<sup>2</sup> 渔场,南海是我国渔业资源最为富饶的海域<sup>[13]</sup>。南海周边陆地径流丰富,珠江、湄公河、南流江和南渡江等河流汇入南海,为南海生态系统输入了充足的养分<sup>[14]</sup>。其次由于埃克曼效应,季节性季风在南海近乎封闭的地理环境中形成广泛的上升流,与南海北部季节性局部黑潮共同带来了充足的营养盐和饵料生物<sup>[15-17]</sup>,优越而复杂的水文条件为南海渔业生物的生长、繁殖和聚集提供了保障。

南海的地理条件使其渔业资源形成了典型的热带海洋生物学特征,主要表现为渔业生物种类繁多,生物多样性高,目前有记载海洋动植物已超过 8 000 余种,海洋鱼类 3 700 余种<sup>[3, 18]</sup>;多数经济种类属于 *r* 选择物种,具有生长速度快、生命周期短、个体较小、性成熟早和繁殖力强等特点,并且鱼类食性广而复杂。对南海北部湾 49 种鱼类胃含物分析表明,浮游生物、底栖生物、游泳动物食性种类均存在,饵料广泛且复杂<sup>[19-20]</sup>。

由于气候变化和人为影响等,南海北部近海大陆架渔场出现了严重的资源萎缩现象,处于过度开发利用状态,西沙、中沙和南沙珊瑚礁盘渔场近年来也出现渔获量下降的趋势。而南沙群岛一些具有经济价值的鱼类处于待开发状态,可进行适当合理开发,中南部上升流等渔场分布较多金枪鱼类、鸢乌贼等,开发潜力较大<sup>[21]</sup>。

## 1.2 各渔业区资源状况

依据中国海洋渔业区划,南海区作为一级渔业区可划分为南海北部渔业区、东沙群岛渔业区、中西沙群岛渔业区、南沙群岛渔业区和斜坡深水渔业区等 5 个二级渔业区<sup>[22]</sup>,其中,南海部分渔业区被划分为海南岛以东陆架渔业区和北部湾渔业区,东沙群岛渔业区、中西沙群岛渔业区、南沙群岛渔业区和斜坡深水渔业区位于南海外海水域。

### 1.2.1 海南岛以东陆架渔业区

海南岛以东陆架渔业区目前记录具有食用价值、药用价值和观赏价值的鱼类分别约有 120 种、200 种和 300 种<sup>[23]</sup>。海南岛以东陆架区又分为沿岸渔业区、近海渔业区和外海渔业区。沿岸渔业区不仅分布有适合栖息于沿岸、河口和岛礁一带的优质鱼类,还有广泛分布于浅近海区的重要经济鱼类的亲鱼及其仔稚鱼;近海渔业区主要经济种类有二长棘鲷、带鱼、竹筴鱼 (*Trachurus*

*japonicus*)、蓝圆鲈、海鳗 (*Muraenesox cinereus*) 等<sup>[24-26]</sup>;外海渔业区分布有深水金线鱼 (*Nemipterus bathybius*)、条尾绯鲤 (*Upeneus bensasi*)、海鳗等。

然而受气候变化和人类活动等影响,本区渔业资源状况不容乐观。自 1964 至 2017 年(非连续性)渔业资源质量呈下降趋势,2017 年渔业资源密度仅为 1964—1965 年的 19.53%<sup>[27]</sup>。目前,本区鲈鱼 (*Scomber japonicus*) 和蓝圆鲈处于过度捕捞后的衰退状态,而带鱼类、鲷类和鲷类在近年来正在遭受过度捕捞<sup>[6]</sup>。并且黄鳍马面鲀 (*Thamnaconus hypargyreus*)、羽鳃鲈 (*Rastrelliger kanagurta*) 和眼镜鱼 (*Mene maculata*) 的产量在近年来均有超过了平均最大可持续产量的现象发生,一定程度上被过度捕捞<sup>[28-30]</sup>。中国枪乌贼 (*Uroteuthis chinensis*) 作为本区重要的头足类经济物种,在 20 世纪 70 年代处在未开发状态,随着捕捞强度不断增大,其平均体长已大幅减小,目前的资源量仅为 20 世纪 70 年代时的 4%,已被严重过度开发<sup>[31]</sup>。然而值得注意的是,海鳗和刺鲷 (*Psenopsis anomala*) 等自 2017 年实施最严休渔制度以来,其资源利用状况总体处于安全水平<sup>[32-34]</sup>。

### 1.2.2 北部湾渔业区

北部湾渔业区蕴藏丰富的渔业资源,目前记录鱼类种类达 200 余种<sup>[35]</sup>。主要经济鱼种有竹筴鱼、蓝圆鲈、二长棘鲷、大头银姑鱼 (*Pennahia macrocephalus*) 等,虾类有墨吉对虾 (*Penaeus merguensis*)、长毛对虾 (*Fenneropenaeus penicillatus*) 等,此外还有头足类、海蜇、海参等资源。本区西部港口附近为二长棘鲷、蓝圆鲈、真鲷 (*Pagrus major*) 等主要经济鱼类的产卵场;中南部渔业区有蓝圆鲈、多齿蛇鲻 (*Saurida tumbil*)、金线鱼等主要经济鱼类,以及枪乌贼、墨鱼等头足类资源<sup>[22]</sup>。

1962—2017 年北部湾鱼类的生物完整性指数表明过度捕捞对北部湾鱼类群落造成了严重的影响<sup>[36]</sup>,生态系统从以长寿、高营养级底栖鱼类为主的系统向以小型、低价值物种为主的系统转变<sup>[37]</sup>。蓝圆鲈<sup>[38]</sup>、二长棘鲷<sup>[39]</sup>、竹筴鱼<sup>[40]</sup>、大头银姑鱼<sup>[41]</sup>等重要经济鱼种均处于不同程度过度捕捞状态。其中,二长棘鲷在北部湾出现体型小型化、性成熟提前和生长速度加快等现象,21 世纪以来常年超过其最大可持续产量,处于过度捕捞状态<sup>[42]</sup>。北部湾金线鱼的资源密度在过去 50

年间呈现较大波动,总体表现为下降趋势<sup>[43]</sup>。值得注意的是,带鱼作为南海北部海域的传统经济物种,在经历过度捕捞后,资源量从2013年开始缓慢增长,2018年恢复到初始资源量的40%以上<sup>[44]</sup>。但北部湾区域的带鱼资源仍处于过度捕捞状态,现存资源量较低,且带鱼群体结构呈简单、小型化趋势<sup>[35]</sup>。

### 1.2.3 南海外海水域

南海外海水域主要包括东沙群岛渔业区、中西沙群岛渔业区、南沙群岛渔业区和斜坡深水渔业区<sup>[22]</sup>。其中东沙群岛是南海四群岛中位置最北、面积最小的群岛礁,该渔区有着较为丰富的中上层鱼类资源和珊瑚礁鱼类,目前记录鱼种500余种,其中隆头鱼科、雀鲷科、虾虎鱼科和天竺鲷科等鱼类均占据较高比例<sup>[45-46]</sup>。此外,黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*)、鲹(*Katsuwonus pelamis*)、扁舵鲹(*Auxis thazard*)、颌圆鲹(*Decapterus macarellus*)等高经济价值鱼种在东沙群岛也广泛分布<sup>[47]</sup>,其中颌圆鲹目前种群规模已经大幅下降,正处于过度捕捞状态,且产卵潜力明显低于极限参考点并仍在不断下降<sup>[48]</sup>。中西沙群岛由近40个岛屿、暗礁和暗滩等组成,目前记录鱼种600余种<sup>[46]</sup>。该渔业区礁盘附近分布着梅鲷(*Caesionidae*)等优质鱼类,礁盘以外广泛分布着金枪鱼类<sup>[22]</sup>。南沙群岛是南海诸岛中礁滩数量最多、分布面积最广的一组群岛,由230多座岛屿、暗礁等组成,目前记录鱼种500余种<sup>[46]</sup>,有着丰富的珊瑚礁鱼类和30余种经济价值较高的大洋性鱼类,如黄鳍金枪鱼、鲹、日本乌鲂(*Brama japonica*)等,此外,还分布着海参、贝类、鱿鱼等资源<sup>[22, 49-50]</sup>。近年来,过度捕捞的加剧使得南沙群岛珊瑚礁鱼类多样性下降,优势鱼类平均体长缩短,黑缘尾九棘鲈(*Cephalopholis spiloparaea*)、隆背笛鲷(*Lutjanus gibbus*)、金带齿颌鲷(*Gnathodentex aureolineatus*)、横带唇鱼(*Cheilinus fasciatus*)等珊瑚礁优质鱼类处于过度捕捞状态;蜂巢石斑鱼(*Epinephelus merra*)和粗唇副绯鲤(*Parupeneus crassilabris*)处于已被充分开发状态;四线笛鲷(*Lutjanus kasmira*)和黑边角鳞鲷(*Melichthys vidua*)资源状况目前较好<sup>[51]</sup>。其中,蜂巢石斑鱼在捕捞压力的影响下,较中、西沙群岛种群而言,南沙群岛种群体长结构变小,呈现出了体型更小、生长速度更快等特征<sup>[52]</sup>;而四线

笛鲷目前虽资源状况良好,但自本世纪以来,其种群平均体长及最大体长均呈减小趋势,并且低摄食等级个体占比不断升高,高摄食等级个体占比明显下降<sup>[53]</sup>。

由于南海外海水域的作业渔船多为灯光罩网渔船和拖网渔船为主,对于大型金枪鱼类、鲹类、日本乌鲂等高度洄游的大洋性类群捕获率较低,因而这些种群的成鱼群体在南海外海水域的资源量尚且可观,但其中金枪鱼类和类金枪鱼类的幼鱼在渔获物中占据较高比例,这会一定程度消耗其种群规模<sup>[49, 54]</sup>。南沙群岛周边海域的黄鳍金枪鱼等大型金枪鱼资源量丰富且分布广泛,但目前已接近充分开发状态<sup>[49]</sup>。目前该水域的鲹鱼已出现性成熟较早、体型小于其他海域鲹鱼的现象,产卵潜力比仅为3%<sup>[55]</sup>。一些头足类例如鸢乌贼在该海域储量丰富,2014—2018年间通过北斗信息采集系统和声学调查等方法估算其资源量已超过400万t,开发潜力大,且目前处于未充分开发状态<sup>[56-58]</sup>。该海区位于外海区外侧水深200 m以上的广阔外海水域,已知的渔业资源有深水鱼类200多种和一些深水头足类,还有80种左右的深水虾类<sup>[22]</sup>。

## 2 渔业资源评估及主要管理措施

### 2.1 调查评估现状

渔业资源评估是一项科学过程,用来确定渔业开发状态,确保渔业资源可持续利用,为渔业管理措施的制定提供必要的信息和数据。获得标准规范的渔业监测数据和找到合适的资源评估方法是开展资源评估的两个重要步骤<sup>[59-60]</sup>。我国在南海的调查监测较为丰富,多年来致力于南海各区域渔业资源及其各重要鱼种的多方式调查,并进行生物学研究和资源评估<sup>[45, 56, 61]</sup>。自20世纪50年代以来,我国南海水产研究所等单位陆续开展了“南海北部大陆架底拖网鱼类资源调查”、“南海北部近海虾类资源调查”、“南海专属经济区和大陆架渔业资源及其栖息环境调查”等多项专项资源调查与监测项目<sup>[26]</sup>。近年来,随着底层渔业资源的普遍衰竭,中层渔业资源逐渐成为开发和研究热点,相关单位也陆续应用中层拖网在南海北部、西沙群岛等水域开展了中层渔业资源调查<sup>[62-63]</sup>。然而受限于多种因素,我国在南

海开展的渔业资源调查并不能覆盖南海所有海域,且大多调查多为单一项目支持,无法连续开展监测。我国学者还通过北斗星通渔业信息<sup>[57]</sup>、渔港抽样调查<sup>[32]</sup>、渔业声学<sup>[49,64]</sup>等方法对南海渔业资源开展监测,这些方法在资金投入、调查时间延续性上具有一定优势。

渔业资源评估模型是开展渔业资源评估的关键,普遍来看,数据有限的评估方法是在南海应用的主要渔业资源评估手段。例如史登福应用基于体长的贝叶斯生物量分析、Catch-MSY 等数据有限的评估方法研究南海北部二长棘鲷和金线鱼类等典型经济类群(2014—2015)<sup>[6]</sup>。王森娣使用基于体长的贝叶斯生物量分析法研究北部湾竹筴鱼(2006—2018)<sup>[40]</sup>,此外部分学者还使用了光诱资源量评估模型研究南海鸢乌贼(2011—2013)<sup>[57]</sup>、B-H 模型研究南海底拖网主要渔获物(1960 年代)<sup>[65]</sup>。尽管上述学者对南海地区的渔业资源状况进行了初步评估,但由于缺乏定期和一致的鱼类种群评估流程,导致人类对南海渔业资源的了解仍然不足<sup>[66]</sup>。然而上述已有的一些资源评估结果仍能对南海渔业资源整体状况有一定的了解。表 1 为南海不同渔业区重要渔业资源的产量(有记录)和近期评估结果,当前南海大多数已评估种群被认为是过度捕捞或过度开发

状态,其中包括对南海北部带鱼的评估,结果认为南海北部带鱼生长加快,个体小型化且结构简单化,并已于处于过度捕捞状态,在近 20 年,二长棘鲷、金线鱼和蓝圆鲹也基本处于过度捕捞状态,除上述鱼种,研究估算短尾大眼鲷(*Priacanthus macracanthus*)和深水金线鱼虽未发生过度捕捞,但已于处于充分开发状态<sup>[6]</sup>;在北部湾区域,竹筴鱼正处于过度开发状态<sup>[40]</sup>,二长棘鲷呈小型化和性成熟提前趋势<sup>[39]</sup>,但由于政府出台控制渔船功率和数量等相关政策,使得北部湾捕捞压力得到一定程度的缓解<sup>[67]</sup>。中国枪乌贼 2000 年产量仅为 2.5 万 t,现已被严重过度开发<sup>[31]</sup>。相关研究也表明中国北部湾海域早已处于严重的过度捕捞状态,南海北部陆架区浅海区域的渔业资源密度(0.2 t/km<sup>2</sup>)仅为未开发状态时的 1/20,近海(0.3 t/km<sup>2</sup>)仅为未开发状态的 1/7<sup>[5]</sup>。金枪鱼属类和海鳗暂时尚未遭受过度捕捞<sup>[32, 49, 68-69]</sup>,需要加强保护维持其可持续发展。作为南海外海广泛分布的鸢乌贼资源,资源评估状况较好,储量高,2018 年评估其资源量为 400 万 t,是未来南海渔业开发的主要种类<sup>[49,57]</sup>。总体来看,南海水域有较多经济物种处于过度捕捞或充分开发状态,其中以北部湾较为严重,但由于相关渔业政策的实施和监管,资源衰退状况得到一定缓解。

表 1 南海重要渔业物种资源量及资源评估状态

Tab. 1 Resources and stock assessment status of important fisheries species in the South China Sea

物种 Species	资源量 Resources/t	资源评估状态 Stock assessment status
中国枪乌贼 <i>Uroteuthis chinensis</i>	2.5×10 <sup>4</sup> (2000)	过度开发(2021)
羽鳃鲐 <i>Rastrelliger kanagurta</i>	1.9×10 <sup>4</sup> (2017)	过度捕捞(2017)
带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	31.0×10 <sup>4</sup> (2012)	过度捕捞(2022)
竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	2.5×10 <sup>4</sup> (2016)	过度开发(2022)
金枪鱼属类 <i>Thunnini</i>	23.0×10 <sup>4</sup> (2013)	尚未遭受过度捕捞(2018)
鸢乌贼 <i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	400.0×10 <sup>4</sup> (2018)	未充分开发(2022)
金线鱼 <i>Nemipterus virgatus</i>	32.0×10 <sup>4</sup> (2012)	过度捕捞(2022)
蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>	23.0×10 <sup>4</sup> (2012)	过度捕捞(2022)
海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	18.0×10 <sup>4</sup> (2012)	尚未遭受过度捕捞(2022)

注:资源量数据和资源评估状态均为最新年份记录的结果,括号内容为记录年份。

Notes: Resources data and stock assessment status are recordings of the latest years, with the year of recording in parentheses.

## 2.2 主要管理措施

渔业管理措施依赖于渔业资源评估的科学数据和信息,以制定有效的政策和规定,确保渔业资源的可持续性。通过实施休渔制度,保护鱼类的繁殖活动,是我国在南海的主要渔业管理措施<sup>[70-74]</sup>。我国自 1999 年在南海开始实行伏季休

渔制度,将含北部湾在内的 12°N 以北的南海海域定为休渔区,将休渔时间定为 6 月 1 日 0 时至 7 月 31 日 24 时,禁止所有拖网、围网和掺网作业类型。2000 年间休渔期起止时间推后 12 h,作业类型变更为除刺网、钓具外其他作业类型的渔船全部休渔。南海休渔制度的首次实行使得开捕后

的渔业产量显著回升,渔汛持续时间更长,蓝圆鲹、二长棘鲷、带鱼和枪乌贼等主要经济物种资源有所恢复<sup>[75]</sup>。

尽管资源总体得到一定程度的恢复,而对于幼鱼被滥捕的现象却仍缺乏有效的监管手段。张旭丰等研究了1997年和2000年使用的网目内径为30.3 mm的方形网目网囊对南海北部渔获的选择性能,结果表明所捕获的带鱼、黄鳍马面鲀(*Navodon xanthopterus*)、深水金线鱼、乌鲳(*Parastromateus niger*)等众多经济种类的体长小于可捕标准的个体尾数均占据较高比例<sup>[70]</sup>。农业部发布的《中国海洋渔业水域图》表明南海众多经济种群产卵活动集中于2—7月,之后于2009年将禁渔期向前延伸半个月<sup>[76]</sup>。此外,陈丕茂研究了南海北部50种主要捕捞种类的最适开捕规格,并建议选择带鱼、蓝圆鲹、海鳗等19种主要捕捞种类作为南海北部实行开捕规格措施的指标性物种<sup>[71]</sup>。2017年我国对海洋伏季休渔制度做出重大调整,将南海休渔时间调整为5月1日12时至8月16日12时,休渔作业类型变更为除钓具作业外的所有捕捞渔船(包括配套服务于捕捞渔船的辅助船在内),此次制度调整被称为“史上最严休渔期”<sup>[72]</sup>。冯波等研究表明2017年的休渔新政应是三个半月休渔方案中保持产卵群体存量的最佳方案,但仍未能覆盖到南海幼鱼生长的旺发期<sup>[73]</sup>。

总体而言,休渔制度的实施降低了南海北部的捕捞压力,有效改善了海洋物种的种群密度和物种多样性,种群结构得到一定程度优化<sup>[77-79]</sup>。在实行休渔制度的二十多年里,渔业资源质量虽仍呈现下降趋势,但下降速度有所放缓<sup>[27]</sup>,还应考虑采取以下措施进一步巩固休渔制度的效果:(1)规范最小网目尺寸和开捕标准;(2)减控近海渔船数;(3)休渔期间对重要物种进行增殖放流;(4)充分考虑重要物种的产卵季和幼鱼生长期,适当延长休渔期<sup>[73,78-80]</sup>。由于捕捞压力的不断增大,尽管休渔制度取得一定成效,但整体效果十分有限,在未来数年内,需要更多的研究和调查数据来论证休渔制度的效果。

### 3 南海渔业资源及其管理面临主要问题

#### 3.1 缺乏对南海渔业资源了解

南海渔业生物资源分布非常广泛和丰富,南

海渔业具有区域和全球意义。然而到目前为止,南海的渔业资源调查仍较为薄弱,缺乏有效的资源评估手段和足够的科研调查数据,导致人们对南海渔业的了解仍然很少,南海渔业面临的可持续发展危机也没有得到应有的重视<sup>[74]</sup>。目前,声学调查为我国在南海开展渔业资源调查的主要方法之一,例如采用渔业声学-灯光罩网方法、渔业声学-中层拖网采样评估南海大洋性中上层鱼类的资源量和分布<sup>[49,64]</sup>。南海周边国家和地区也采用声学结合流刺网、鱿钓、延绳钓等采样方式评估南海大洋性中上层鱼类<sup>[81-82]</sup>。然而由于缺乏精准性及技术不成熟,此类方法难以获得鱼类种类组成信息,从而使得评估结果不确定性高<sup>[49]</sup>。同时,由于南海渔业资源数据的缺乏,对南海渔业种类资源评估多为数据有限方法的资源评估,这些方法虽然在一定程度上解释了南海渔业种类的资源状况,但数据有限方法的使用仍存在一定的局限性<sup>[83]</sup>,模型输入的生长、死亡等各类参数的不确定性将严重影响模型的评估结果<sup>[84]</sup>,这可能对后续的渔业管理造成负面影响<sup>[85]</sup>。例如史登福发现在对南海北部主要经济鱼类应用基于体长的贝叶斯生物量分析法进行评估时,评估结果对极限体长、 $M/K$ 这两个参数值的设定较为敏感<sup>[6]</sup>。相比之下,实际用于国际渔业资源评估与管理中的手段多为数据丰富的评估方法,如综合模型(Stock synthesis 3, SS3)<sup>[86]</sup>、非平衡剩余产量模型(A stock production model incorporating covariates, ASPIC)<sup>[87]</sup>、年龄结构产量模型(Age-structured production model, ASPM)<sup>[88]</sup>等,在南海渔业资源评估和管理中,受调查资料限制,其应用还存在障碍。

#### 3.2 全球变化对南海渔业的影响仍需探索

自工业革命以来,大量树木砍伐、工业过程排放和化石燃料燃烧等使得二氧化碳等温室气体浓度升高,进而引发海洋温度升高和海水酸化等影响<sup>[89]</sup>,对全球渔业资源都产生了较大的不确定性和挑战性。已有研究表明许多具有重要经济价值的鱼类资源分布可能受到海洋变暖和酸化的影响,如受海洋变暖和酸化影响,波罗的海鳕鱼种群幼鱼死亡率增加<sup>[90]</sup>;温度和热浪的频发造成地中海海洋生物的压力和死亡,海洋酸化影响鱼类早期生命阶段<sup>[91]</sup>;通过生态系统模型SEAPODYM的模拟,预计海洋酸化将会降低东太

平洋黄鳍金枪鱼的丰度<sup>[92]</sup>。此外,CHEUNG 研究预计随着海洋变暖,热带和地中海等半封闭海域的物种将会迁移高纬度地区,推测未来高纬度地区生物多样性和渔业潜力可能更高,南海地区渔业生物多样性将面临一定程度的威胁<sup>[93]</sup>。研究表明,南海北部陆架区在过去的 150 年间海表面水温提升了约 1 °C,在未来,该水域很可能会出现更多的热带珊瑚鱼类,其暖水种北移现象也更为明显,区系特征可能会更偏向于热带性<sup>[23]</sup>。同时,气候变暖、冰川融化导致海平面上升(东南亚海域尤为明显),进而引发南海热带气旋强度增加,破坏沿海栖息地,造成人员和经济损失<sup>[94]</sup>。

全球变化对南海主要的生态系统类型,珊瑚礁生态系统造成了严重影响。珊瑚礁生态系统是南海海域主要的生产力来源之一。全球变暖和海平面上升会导致珊瑚白化、死亡及珊瑚礁淹没<sup>[95]</sup>,而珊瑚礁生态系统由生物沉淀的碳酸钙所支撑,非常容易受海洋酸化的影响<sup>[96]</sup>。目前珊瑚礁退化现象是南海生态系统面临的一个重要问题,对未来南海渔业种类的群落结构、分布和资源量等产生影响。研究表明,由于海温上升和过度捕捞等原因,珊瑚盖度下降,依赖于南海珊瑚礁生态系统的鹦嘴鱼类种群规模显著下降,繁殖质量降低且年龄结构发生较大变化<sup>[97]</sup>;南沙群岛中永暑礁的鱼类群落也出现退化现象,一些具有高经济价值和重要生态功能的物种在局部减少或消失,群落格局发生变化<sup>[98]</sup>。

除珊瑚礁生态系统以外,南海海域水文条件的改变也直接影响了该海域的浮游动物群落结构组成<sup>[99]</sup>,而这种变化将会通过营养级联效应传递到海洋食物网的各个节点,进而对鱼类群落结构和资源量产生影响。研究表明,在经过厄尔尼诺和拉尼娜事件后,北部湾小型中上层鱼类(尤其是竹筴鱼和蓝圆鲀)出现异常繁殖,鱼类优势种也发生了明显有规律的变化,鱼类群落的空间格局在该生态系统中发生了重组<sup>[100-101]</sup>。气候变化已经对当前南海渔业产生了影响,然而未来的变化仍需要继续探索。

### 3.3 人类活动对南海渔业的影响逐渐加剧

过度捕捞导致了南海生物多样性和栖息地的丧失,该地区的渔业近几十年来一直被持续开发<sup>[102]</sup>。最近研究表明,南海渔业活动对该水域渔业种群造成了巨大的捕捞压力,自 1950 年以

来,渔业资源量已减少 70%~95%<sup>[103-104]</sup>,渔业总产量在 2003 年达到顶峰后又持续下降<sup>[105]</sup>。栗丽等<sup>[106]</sup>研究发现 1986—2020 年南海区拖网渔业单船平均吨位和功率均呈显著上升趋势,且银姑鱼(*Pennahia argentata*)、带鱼和竹筴鱼等经济鱼类幼鱼的生物量和数量皆占据较高比例。此外,多项研究结果显示南海大型底层和中上层物种的渔获量下降,而小型物种的渔获量增加,呈现出一种沿着食物网自上而下捕捞的现象<sup>[107-108]</sup>。目前中国在南海渔业资源近海捕捞频率远高于远洋捕捞,并且捕捞量每年呈下降趋势<sup>[109]</sup>。南海渔业资源,尤其是近海渔业资源整体面临捕捞开发力度大、平均营养级水平下降等问题<sup>[12]</sup>。随着南海近岸水域渔业资源的枯竭,渔船的作业出现了向近海深水海域转变的趋势,这将会破坏深海珊瑚群落或其他深海生物群落,扰动海洋底质,进一步影响南海深海的生物多样性和生态平衡<sup>[110]</sup>。

此外,沿海土地开发(包括填海造地、沿海开发、港口建设和旅游设施建设等)也会对脆弱沿海栖息地造成广泛破坏,极大程度加剧了南海沿海水域的侵蚀和淤积问题,据估计,受沿海土地开发、气候变化等原因影响,南海珊瑚礁和红树林总面积的年代际递减率均为 16%<sup>[111]</sup>。除气候变化外,过度捕捞或疾病也会减少草食性物种,进而导致硬珊瑚覆盖基质丧失<sup>[112]</sup>。在这些情况下,只要干扰得到缓解,珊瑚则很有可能在数年后恢复其以前的主导地位。然而,在南海建造人工岛屿的问题引起了广泛关注,在建设工程开展期间产生的沙子和砾石将区域内的珊瑚礁尽数掩埋,这类损伤对于珊瑚礁则是永久性的,这是人类历史上珊瑚礁面积几乎永久丧失最迅速的情况,并且随着居民入驻开展生产作业以及岛屿的持续扩建,这种永久性珊瑚礁丧失会延续和蔓延<sup>[113]</sup>。

## 4 总结与展望

气候变化和过度捕捞导致了生物多样性和栖息地的丧失,并改变了生态系统的营养结构。目前情况再次表明,迫切需要投入资金和技术支持,制定合理的渔业资源养护管理措施,处理好社会、经济和生物等多个层面的问题。通过浅析南海渔业资源发展现状,发现南海北部渔业资源处于衰退状态,而远海包括南沙群岛附近部分鱼

类资源处于待开发状态,可进行合理的渔业资源开发。相关休渔制度的实施使南海水域渔业资源得到了一定程度的恢复,但效果有限,未来数年里仍需更多的研究和调查数据来论证休渔制度的效果。针对全球气候变化和人类不合理开发利用所导致渔业资源衰退问题,应引起重视。在资源调查和评估上,进一步加强南海渔业资源的长期监测,丰富和优化南海渔业资源评估手段,开发适合南海渔业资源特征的评估方法,为有效的渔业管理提供科学的信息和数据。

### 参考文献:

- [1] 农牧渔业部水产局. 南海区渔业资源调查和区划[M]. 广州: 广东科技出版社, 1989.  
Bureau of Fisheries, Ministry of Agriculture, Animal Husbandry and Fisheries. Survey and Zoning of Fishery Resources in the South China Sea [M]. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 1989.
- [2] 马彩华, 游奎, 李凤岐, 等. 南海鱼类生物多样性与区系分布[J]. 中国海洋大学学报, 2006, 36(4): 665-670.  
MA C H, YOU K, LI F Q, et al. A study on the relationship of the fish biodiversity and the faunal distribution in the South China Sea[J]. Periodical of Ocean University of China, 2006, 36(4): 665-670.
- [3] FROESE R, PAULY D. FishBase[R]. World Wide Web Electronic Publication, 2017.
- [4] 褚晓琳. 人类命运共同体视域下南海渔业资源养护管理合作研究[J]. 亚太安全与海洋研究, 2020, 29(1): 87-99.  
CHU X L. The study on the cooperative conservation and management of fishery resources in the South China Sea from the perspective of the community of shared future for mankind[J]. Asia-Pacific Security and Maritime Affairs, 2020, 29(1): 87-99.
- [5] 邱永松, 曾晓光, 陈涛, 等. 南海渔业资源与渔业管理[M]. 北京: 海洋出版社, 2008.  
QIU Y S, ZENG X G, CHEN T, et al. Fishery Resources and Fisheries Management in the South China Sea [M]. Beijing: China Ocean Press, 2008.
- [6] 史登福. 基于有限数据的渔业资源评估模型在南海典型鱼类中的应用研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2021.  
SHI D F. Application of data-limited stock assessment models to typical fishes in the South China Sea [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2021.
- [7] 陈明宝. 南中国海渔业资源养护与管理措施及效果分析[J]. 生态经济, 2013, 272(10): 98-101.  
CHEN M B. Analysis on the measures and effect of fisheries resources conservation and management in the South China Sea [J]. Ecological Economy, 2013, 272(10): 98-101.
- [8] 周茜涵. 南海外海鳶乌贼可捕量分析与资源评估[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2022.  
ZHOU X H. Catchable analysis and resource assessment of *Sthenoteuthis oualaniensis* in the Overseas South China Sea [D]. Xi'an: Xidian University, 2022.
- [9] 江淼. 南海鳶乌贼资源现状及发展对策研究[D]. 天津: 天津农学院, 2018.  
JIANG M. The current situation and countermeasures on development and utilization of *Sthenoteuthis oualaniensis* in South China Sea [D]. Tianjin: Tianjin Agricultural University, 2018.
- [10] 周艳波, 谢恩阁, 吴洽儿, 等. 南海外海鳶乌贼渔场范围与海洋环境的关系[J]. 海洋学报, 2021, 43(2): 38-48.  
ZHOU Y B, XIE E G, WU Q E, et al. The relationship between the resources of *Sthenoteuthis oualaniensis* in the open South China Sea and the marine environment [J]. Haiyang Xuebao, 2021, 43(2): 38-48.
- [11] 张魁, 廖宝超, 许友伟, 等. 基于渔业统计数据的南海区渔业资源可捕量评估[J]. 海洋学报, 2017, 39(8): 25-33.  
ZHANG K, LIAO B C, XU Y W, et al. Assessment for allowable catch of fishery resources in the South China Sea based on statistical data [J]. Haiyang Xuebao, 2017, 39(8): 25-33.
- [12] 吴庄铖. 南海渔业资源可持续利用对策研究[J]. 农业与技术, 2020, 40(23): 137-139.  
WU Z C. A study on sustainable utilization of fishery resources in the South China Sea [J]. Agriculture and Technology, 2020, 40(23): 137-139.
- [13] 邱昌情. 中国与周边国家的渔业纠纷及其对中国周边外交的影响[J]. 社会主义研究, 2013(6): 147-154.  
QIU C Q. Fishery disputes between China and neighboring countries and its influence on China's neighboring diplomacy [J]. Socialism Studies, 2013(6): 147-154.
- [14] 孙湘平. 中国近海区域海洋[M]. 北京: 海洋出版社, 2006.  
SUN X P. China offshore regional seas [M]. Beijing: China Ocean Press, 2006.
- [15] 陈金泉, 傅子琅, 李法西. 关于闽南一台湾浅滩渔场上升流的研究[J]. 台湾海峡, 1982, 1(2): 5-13.  
CHEN J Q, FU Z L, LI F X. A study of upwelling over Minnan-Taiwan Shoal fishing ground [J]. Taiwan Strait, 1982, 1(2): 5-13.
- [16] WANG J J, TANG D L, SUI Y. Winter phytoplankton bloom induced by subsurface upwelling and mixed layer entrainment southwest of Luzon Strait [J]. Journal of Marine Systems, 2010, 83(3/4): 141-149.
- [17] 于君, 邱永松. 黑潮入侵对南海东北部初级生产力的影响[J]. 南方水产科学, 2016, 12(4): 17-27.

- YU J, QIU Y S. Influence of Kuroshio intrusion on primary productivity in the northeastern South China Sea[J]. South China Fisheries Science, 2016, 12(4): 17-27.
- [18] NG P K L, TAN K S. The state of marine biodiversity in the South China Sea[J]. The Raffles Bulletin of Zoology, 2000, 48(8): 3-7.
- [19] 周永灿. 南海渔业资源及其可持续开发利用[C]//北京论坛(2014)文明的和谐与共同繁荣-中国与世界: 传统、现实与未来:“人类与海洋”专场论文及摘要集. 北京: 北京大学, 北京市教育委员会, 韩国高等教育财团, 2014.
- ZHOU Y C. Fishery resources in the South China Sea and its sustainable development and utilization [C]//The Harmony of Civilizations and Prosperity for All-China and the World: Tradition, Reality and Future. Beijing, 2014.
- [20] 张月平. 南海北部湾主要鱼类食物网[J]. 中国水产科学, 2005, 12(5): 621-631.
- ZHANG Y P. Foods web for main fishes in Beibu Gulf of the South China Sea [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2005, 12(5): 621-631.
- [21] 康霖. 西沙群岛海洋资源调查评估与南海渔业开发维权[J]. 海洋技术学报, 2016, 35(1): 118-121.
- KANG L. Study on the survey and assessment of marine resources in the Xisha Islands and fishery development and legal rights safeguard in the South China Sea[J]. Journal of Ocean Technology, 2016, 35(1): 118-121.
- [22] 马彩华, 游奎, 陈大刚, 等. 刍议南海渔业及渔业区划[J]. 海洋湖沼通报, 2007(2): 127-134.
- MA C H, YOU K, CHEN D G, et al. The study on the fishery resource and fishery divisions in the South China Sea [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2007 (2): 127-134.
- [23] 梁镇邦. 南海北部陆架区鱼类多样性及其区系特征研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2022.
- LIANG Z B. Fish diversity and fauna characteristics in the northern South China Sea continental shelf [D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2022.
- [24] 蔡研聪, 黄梓荣, 许友伟, 等. 南海北部近海渔业资源密度概率分布特征[J]. 应用生态学报, 2019, 30(7): 2426-2436.
- CAI Y C, HUANG Z R, XU Y W, et al. Probability distribution characteristics of stock density in offshore of northern South China Sea[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2019, 30(7): 2426-2436.
- [25] 蔡研聪, 徐姗楠, 陈作志, 等. 南海北部近海渔业资源群落结构及其多样性现状[J]. 南方水产科学, 2018, 14(2): 10-18.
- CAI Y C, XU S N, CHEN Z Z, et al. Current status of community structure and diversity of fishery resources in offshore northern South China Sea [J]. South China Fisheries Science, 2018, 14(2): 10-18.
- [26] 刘维达. 南海北部陆架区游泳动物群落结构变动研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2011.
- LIU W D. The variation of the community structure of nekton in the northern South China Sea [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2011.
- [27] YUAN H R, CHEN P M, YU J, et al. Assessment of quality of fishery resources in the northeastern South China Sea [J]. Journal of Marine Science and Engineering, 2022, 10(7): 930.
- [28] 吕健, 王自灵, 冯波. 南海北部羽鳃鲷资源利用状况研究[J]. 渔业信息与战略, 2020, 35(3): 184-189.
- LYU J, WANG Z L, FENG B. Stock assessment of *Rastrelliger kanagurta* in the northern South China Sea [J]. Fishery Information & Strategy, 2020, 35(3): 184-189.
- [29] 贺文珑, 胡世森, 孔令成, 等. 南海北部眼镜鱼资源利用状况研究[J]. 江西水产科技, 2021(1): 3-7.
- HE W L, HU S S, KONG L C, et al. Stock assessment of *Mene maculata* in the northern South China Sea [J]. Jiangxi Fishery Science and Technology, 2021(1): 3-7.
- [30] 王云, 冯波, 卢伙胜, 等. 南海北部黄鳍马面鲀资源利用状况研究[J]. 江西水产科技, 2022(5): 48-53.
- WANG Y, FENG B, LU H S, et al. Stock assessment of *Thamnaconus hypargyreus* in the northern South China Sea [J]. Jiangxi Fishery Science and Technology, 2022(5): 48-53.
- [31] WANG X H, HE Y L, DU F Y, et al. Using LBB tools to assess miter squid stock in the northeastern South China Sea [J]. Frontiers in Marine Science, 2021, 7: 518627.
- [32] 莫奇龙, 胡世森, 谢君君, 等. 南海北部海鳗资源利用状况评估[J]. 渔业信息与战略, 2022, 37(1): 27-33.
- MO Q L, HU S S, XIE J J, et al. Stock assessment of *Muraenesox cinereus* in the northern South China Sea [J]. Fishery Information & Strategy, 2022, 37(1): 27-33.
- [33] 吴鸿, 吕健, 张杰宁, 等. 南海北部金线鱼最大可持续产量和总可捕量的研究[J]. 海洋开发与管理, 2021, 38(1): 85-89.
- WU H, LYU J, ZHANG J N, et al. A study on maximum sustainable yield and total allowable catch of *Nemipterus virgatus* in the northern South China Sea [J]. Ocean Development and Management, 2021, 38(1): 85-89.
- [34] 尹元一, 章丽娟, 廖东昇, 等. 南海北部刺鲳最大可持续产量的评估[J]. 渔业研究, 2023, 45(4): 365-371.
- YIN Y Y, ZHANG L J, LIAO D S, et al. Maximum sustainable yield of *Psenopsis anomala* in the northern South China Sea [J]. Journal of Fisheries Research, 2023, 45(4): 365-371.
- [35] 张曼. 北部湾带鱼资源状况研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2022.
- ZHANG M. Study on the stock of *Trichiurus haumela* in the Beibu Gulf [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2022.

- [36] SU L, XU Y W, QIU Y S, et al. Long-term change of a fish-based index of biotic integrity for a semi-enclosed bay in the Beibu Gulf[J]. *Fishes*, 2022, 7(3): 124.
- [37] CHEN Z Z, QIU Y S, XU S N. Changes in trophic flows and ecosystem properties of the Beibu Gulf ecosystem before and after the collapse of fish stocks[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2011, 54(8): 601-611.
- [38] 耿平, 张魁, 陈作志, 等. 北部湾蓝圆鲈生物学特征及开发状态的年际变化[J]. *南方水产科学*, 2018, 14(6): 1-9.  
GENG P, ZHANG K, CHEN Z Z, et al. Interannual change in biological traits and exploitation rate of *Decapterus maruadsi* in Beibu Gulf [J]. *South China Fisheries Science*, 2018, 14(6): 1-9.
- [39] 张魁, 陈作志, 邱永松. 北部湾二长棘犁齿鲷生长、死亡和性成熟参数的年际变化[J]. *南方水产科学*, 2016, 12(6): 9-16.  
ZHANG K, CHEN Z Z, QIU Y S. Decadal changes in growth, mortality and maturity parameters of *Evynnis cardinalis* in Beibu Gulf [J]. *South China Fisheries Science*, 2016, 12(6): 9-16.
- [40] 王森娣, 王雪辉, 杜飞雁, 等. 基于LBB方法估算北部湾竹筴鱼种群参数[J]. *上海海洋大学学报*, 2022, 31(1): 212-222.  
WANG M D, WANG X H, DU F Y, et al. Estimation of the population parameters of *Trachurus japonicus* in the Beibu Gulf based on the LBB method [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2022, 31(1): 212-222.
- [41] 王森娣, 王雪辉, 孙典荣, 等. 基于长度贝叶斯生物量估算法评估北部湾大头白姑鱼资源状况[J]. *南方水产科学*, 2021, 17(2): 20-27.  
WANG M D, WANG X H, SUN D R, et al. Assessment of *Pennahia macrocephalus* stock in Beibu Gulf by length Bayesian biomass estimation method [J]. *South China Fisheries Science*, 2021, 17(2): 20-27.
- [42] ZHANG K, CAI Y C, LIAO B C, et al. Population dynamics of threadfin porgy *Evynnis cardinalis*, an endangered species on the IUCN red list in the Beibu Gulf, South China Sea [J]. *Journal of Fish Biology*, 2020, 97(2): 479-489.
- [43] 彭露, 徐姗楠, 蔡研聪, 等. 北部湾金线鱼的数量分布及变化趋势[J]. *海洋湖沼通报*, 2020(4): 120-126.  
PENG L, XU S N, CAI Y C, et al. Quantitative distribution of *Nemipterus virgatus* in Beibu Gulf and its dynamics [J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2020(4): 120-126.
- [44] 陈林征. 南海北部带鱼资源利用状况研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2023.  
CHEN L Z. Resource utilization of Trichiuridae in the northern South China Sea [D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2023.
- [45] 史赞荣, 李永振, 卢伟华, 等. 东沙群岛珊瑚礁海域鱼类物种分类多样性研究[J]. *南方水产*, 2009, 5(2): 10-16.  
SHI Y R, LI Y Z, LU W H, et al. Taxonomic diversity of fish species in coral reef area from Dongsha Islands [J]. *South China Fisheries Science*, 2009, 5(2): 10-16.
- [46] 李永振, 史赞荣, 艾红, 等. 南海珊瑚礁海域鱼类分类多样性大尺度分布格局[J]. *中国水产科学*, 2011, 18(3): 619-628.  
LI Y Z, SHI Y R, AI H, et al. Large scale distribution patterns of taxonomic diversity of fish in coral reef waters, South China Sea [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2011, 18(3): 619-628.
- [47] XU L, VAN DAMMEK, LI H, et al. A molecular approach to the identification of marine fish of the Dongsha Islands (South China Sea) [J]. *Fisheries Research*, 2019, 213: 105-112.
- [48] XU Y W, ZHANG P, PANHWAR S K, et al. The initial assessment of an important pelagic fish, mackerel scad, in the South China Sea using data-poor length-based methods [J]. *Marine and Coastal Fisheries*, 2023, 15(5): e10258.
- [49] 张俊, 邱永松, 陈作志, 等. 南海外海大洋性渔业资源调查评估进展[J]. *南方水产科学*, 2018, 14(6): 118-127.  
ZHANG J, QIU Y S, CHEN Z Z, et al. Advances in pelagic fishery resources survey and assessment in open South China Sea [J]. *South China Fisheries Science*, 2018, 14(6): 118-127.
- [50] SHI J, LI C H, WANG T, et al. Distribution pattern of coral reef fishes in China [J]. *Sustainability*, 2022, 14(22): 15107.
- [51] ZHANG K, ZHANG J, SHI D F, et al. Assessment of coral reef fish stocks from the Nansha Islands, South China Sea, using length-based Bayesian biomass estimation [J]. *Frontiers in Marine Science*, 2021, 7: 610707.
- [52] 李媛洁, 陈作志, 张俊, 等. 南海珊瑚礁海域蜂巢石斑鱼生物学特征研究[J]. *南方水产科学*, 2021, 17(6): 22-30.  
LI Y J, CHEN Z Z, ZHANG J, et al. Biological characteristics of *Epinephelus merra* of coral reef waters in South China Sea [J]. *South China Fisheries Science*, 2021, 17(6): 22-30.
- [53] 张俊, 陈作志, 董俊德, 等. 近20年南海四带笛鲷 (*Lutjanus kasmira*) 种群特征变化[J]. *海洋与湖沼*, 2020, 51(1): 114-124.  
ZHANG J, CHEN Z Z, DONG J D, et al. Variation in the population characteristics of blue-striped snapper *Lutjanus kasmira* in the south China Sea in recent 20 years [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2020, 51(1): 114-124.
- [54] PRINCE J, WANG X F, LIN K, et al. Supporting regional co-operation in the South China Sea with an initial

- assessment of the data-limited skipjack tuna fishery [J]. *Marine Policy*, 2023, 155: 105711.
- [55] ZHANG K, ZHANG J, ZHANG P, et al. This is what we know: Assessing the stock status of the data-poor skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) fishery in the South China Sea [J]. *Frontiers in Marine Science*, 2023, 10: 1095411.
- [56] 粟丽, 陈作志, 张鹏, 等. 2017年南海中南部渔场灯光罩网渔获物组成及渔获率时空分布[J]. *南方水产科学*, 2018, 14(5): 11-20.
- SU L, CHEN Z Z, ZHANG P, et al. Catch composition and spatial-temporal distribution of catch rate of light falling-net fishing in central and southern South China Sea fishing ground in 2017[J]. *South China Fisheries Science*, 2018, 14(5): 11-20.
- [57] 冯波, 颜云榕, 张宇美, 等. 南海鳶乌贼(*Sthenoteuthis oualaniensis*)资源评估的新方法[J]. *渔业科学进展*, 2014, 35(4): 1-6.
- FENG B, YAN Y R, ZHANG Y M, et al. A new method to assess the population of *Sthenoteuthis oualaniensis* in South China Sea[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2014, 35(4): 1-6.
- [58] 招春旭. 南海鳶乌贼(*Sthenoteuthis oualaniensis*)生物学特性及栖息地特征研究[D]. 厦门:集美大学, 2022.
- ZHAO C X. Biology and habitat characteristics of the purpleback flying squid *Sthenoteuthis oualaniensis* in the South China Sea[D]. Xiamen: Jimei University, 2022.
- [59] FUJITA R. The assessment and management of data limited fisheries: future directions [J]. *Marine Policy*, 2021, 133: 104730.
- [60] CADRIN S X, DICKEY-COLLAS M. Stock assessment methods for sustainable fisheries [J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2015, 72(1): 1-6.
- [61] 王迪, 林昭进. 珠江口鱼类群落结构的时空变化[J]. *南方水产*, 2006, 2(4): 37-45.
- WANG D, LIN Z J. Spatial and temporal variations of fish community structure in the Pearl River estuary waters[J]. *South China Fisheries Science*, 2006, 2(4): 37-45.
- [62] 袁梦, 汤勇, 徐姗楠, 等. 珠江口南沙海域秋季渔业资源群落结构特征[J]. *南方水产科学*, 2017, 13(2): 18-25.
- YUAN M, TANG Y, XU S N, et al. Community structure of fishery resources from the Nansha waters of Pearl River estuary in autumn [J]. *South China Fisheries Science*, 2017, 13(2): 18-25.
- [63] 田翰, 江艳娥, 张俊, 等. 西沙群岛冷泉区中层鱼类群落结构初探[J]. *南方水产科学*, 2022, 18(5): 9-17.
- TIAN H, JIANG Y E, ZHANG J, et al. A preliminary study on community structure of mesopelagic fish in cold seep of Xisha Islands[J]. *South China Fisheries Science*, 2022, 18(5): 9-17.
- [64] 陈国宝, 李永振, 赵宪勇, 等. 南海5类重要经济鱼类资源声学评估[J]. *海洋学报*, 2006, 28(2): 128-134.
- CHEN G B, LI Y Z, ZHAO X Y, et al. Acoustic assessment of five groups commercial fish in South China Sea [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2006, 28(2): 128-134.
- [65] 宣立强. 基于B-H模型的多鱼种资源评估[J]. *海洋湖沼通报*, 2004(2): 45-51.
- XUAN L Q. Fishery resource evaluation of multi-species based on B-H model [J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2004(2): 45-51.
- [66] FAO. Report of the Second Workshop on the Assessment of Fishery Stock Status in South and Southeast Asia, Bangkok [R]. Rome: FAO, 2010.
- [67] 王雪辉, 邱永松, 杜飞雁, 等. 基于长度贝叶斯生物量法估算北部湾二长棘鲷种群参数[J]. *水产学报*, 2020, 44(10): 1654-1662.
- WANG X H, QIU Y S, DU F Y, et al. Using length-based Bayesian biomass method to estimate *Parargyrops edita* population parameters in the Beibu Gulf, South China Sea [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2020, 44(10): 1654-1662.
- [68] 韩杨, 张溢卓, 孙慧武. 中国南海海洋捕捞渔业发展趋势分析[J]. *农业展望*, 2015, 11(11): 51-55, 74.
- HAN Y, ZHANG Y Z, SUN H W. Development trends of marine capture fisheries in south China Sea [J]. *Agricultural Outlook*, 2015, 11(11): 51-55, 74.
- [69] 张立, 李渊, 林龙山, 等. 南海中南部主要经济种类渔业资源声学评估[J]. *海洋渔业*, 2016, 38(6): 577-587.
- ZHANG L, LI Y, LIN L S, et al. Fishery resources acoustic assessment of major economic species in south-central of the South China Sea [J]. *Marine Fisheries*, 2016, 38(6): 577-587.
- [70] 张旭丰, 张鹏, 谭永光, 等. 南海北部拖网30.3 mm方形网目网囊的渔获选择性分析[J]. *南方水产*, 2006, 2(2): 51-55.
- ZHANG X F, ZHANG P, TAN Y G, et al. Analysis on catch selectivity of 30.3 mm square mesh codend of trawl in northern South China Sea [J]. *South China Fisheries Science*, 2006, 2(2): 51-55.
- [71] 陈丕茂. 南海北部主要捕捞种类最适开捕规格研究[J]. *水产学报*, 2004, 28(4): 393-400.
- CHEN P M. Optimum first capture standards of major capture species of the northern South China Sea [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2004, 28(4): 393-400.
- [72] 佚名. 中国推行“史上最严”休渔制度[J]. *水产养殖*, 2017, 38(3): 54.
- YI M. China imposes "strictest ever" fishing ban [J]. *Aquaculture*, 2017, 38(3): 54.
- [73] 冯波, 李忠炉, 侯刚. 南海休渔期调整的探讨[J]. *海洋开发与管理*, 2019, 36(11): 23-28.
- FENG B, LI Z L, HOU G. On adjustment of closed season

- in South China Sea [J]. *Ocean Development and Management*, 2019, 36(11): 23-28.
- [74] SUMAILA U R, CHEUNG W W L, TEH L S L, et al. Sink or swim: the future of fisheries in the east and South China Seas [R]. Hong Kong, China: ADM Capital Foundation, 2021.
- [75] 刘桂茂, 陈楚荣. 南海区2000年伏季休渔成效及问题[J]. *海洋渔业*, 2001, 23(3): 105-109.  
LIU G M, CHEN C R. Success and problems of summer season and area closures in the East China Sea in 2000[J]. *Marine Fisheries*, 2001, 23(3): 105-109.
- [76] 佚名. 中国海洋渔业水域图(第一批)[J]. *中国水产*, 2002(6): 17-19.  
YI M. Map of China's marine fishery waters (First batch) [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2002(6): 17-19.
- [77] 苏莹佳, 陈国宝, 周艳波, 等. 2015-2017年南海海域伏季休渔制度实施效果评价[J]. *南方水产科学*, 2019, 15(2): 20-28.  
SU Y J, CHEN G B, ZHOU Y B, et al. Assessment of impact of summer fishing moratorium in South China Sea during 2015-2017 [J]. *South China Fisheries Science*, 2019, 15(2): 20-28.
- [78] YU J, HU Q W, YUAN H R, et al. Effects assessment of summer fishing moratorium in Daya Bay in the northern South China Sea [J]. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 2017, 5(7): 96-108.
- [79] 邹建伟, 王强哲, 林丕文, 等. 伏季休渔对北部湾北部虾类捕捞的影响及评价[J]. *南方水产科学*, 2015, 11(6): 88-93.  
ZOU J W, WANG Q Z, LIN P W, et al. Assessment of impact of summer fishing moratorium on shrimp fishing in northern Beibu Gulf [J]. *South China Fisheries Science*, 2015, 11(6): 88-93.
- [80] 严利平, 刘尊雷, 金艳, 等. 延长拖网伏季休渔期的渔业资源养护效应[J]. *中国水产科学*, 2019, 26(1): 118-123.  
YAN L P, LIU Z L, JIN Y, et al. Effects of prolonging the trawl net summer fishing moratorium period in the East China Sea on the conservation of fishery resources [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2019, 26(1): 118-123.
- [81] ZHANG Y. Fisheries acoustic studies on the purpleback flying squid resource in the South China Sea [D]. Taipei, China: National Taiwan University, 2005.
- [82] FAO. Report of the first workshop on the assessment of fishery stock status in South and Southeast Asia [R]. Rome: FAO, 2009.
- [83] 石永闯, 樊伟, 张衡, 等. 适用于数据缺乏渔业的资源评估方法研究进展[J]. *中国水产科学*, 2021, 28(5): 673-691.  
SHI Y C, FAN W, ZHANG H, et al. Review on stock assessment methods applicable to data-limited fisheries [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2021, 28(5): 673-691.
- [84] COSTELLO C, OVANDO D, HILBORN R, et al. Status and solutions for the world's unassessed fisheries [J]. *Science*, 2012, 338(6106): 517-520.
- [85] DOWLING N A, SMITH A D M, SMITH D C, et al. Generic solutions for data-limited fishery assessments are not so simple [J]. *Fish and Fisheries*, 2019, 20(1): 174-188.
- [86] IOTC. Preliminary Indian ocean yellowfin tuna stock assessment 1950-2020 (Stock Synthesis) [R]. Victoria, 2021.
- [87] MATSUMOTO T, SATOH K. Stock assessment for Atlantic yellowfin tuna using a non-equilibrium production model [J]. *Collective Volume of Scientific Papers ICCAT*, 2017, 73(2): 451-474.
- [88] SATOH K, YOKOI H, NISHIDA T, et al. Stock assessment for Atlantic yellowfin tuna using age structured production model [J]. *Collective Volume of Scientific Papers ICCAT*, 2017, 73(2): 577-631.
- [89] 韦兴平, 石峰, 樊景凤, 等. 气候变化对海洋生物及生态系统的影响[J]. *海洋科学进展*, 2011, 29(2): 241-252.  
WEI X P, SHI F, FAN J F, et al. Climate change impacts on marine lives and ecosystems [J]. *Advances in Marine Science*, 2011, 29(2): 241-252.
- [90] VOSS R, QUAAS M F, STIASNY M H, et al. Ecological-economic sustainability of the Baltic cod fisheries under ocean warming and acidification [J]. *Journal of Environmental Management*, 2019, 238: 110-118.
- [91] LACOUE-LABARTHE T, NUNES P A L D, ZIVERI P, et al. Impacts of ocean acidification in a warming Mediterranean Sea: An overview [J]. *Regional Studies in Marine Science*, 2016, 5: 1-11.
- [92] NICOL S, LEHODEY P, SENINA I, et al. Ocean futures for the world's largest yellowfin tuna population under the combined effects of ocean warming and acidification [J]. *Frontiers in Marine Science*, 2022, 9: 816772.
- [93] CHEUNG W W L, LAM V W Y, SARMIENTO J L, et al. Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change [J]. *Global Change Biology*, 2010, 16(1): 24-35.
- [94] The World Bank. Turn down the heat: climate extremes, regional impacts, and the case for resilience. A report for the world bank by the potsdam institute for climate impact research and climate analytics [R]. Washington: World Bank, 2013.
- [95] ZUO X L, SU F Z, YU K F, et al. Spatially modeling the synergistic impacts of global warming and sea-level rise on

- coral reefs in the South China Sea [J]. *Remote Sensing*, 2021, 13(13): 2626.
- [96] TAKESHITA Y. Understanding feedbacks between ocean acidification and coral reef metabolism [J]. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 2017, 122(3): 1639-1642.
- [97] 全秋梅,王腾,刘永,等.南海典型岛礁的鹦嘴鱼群落结构组成[J].*生态学杂志*, 2021, 40(7): 2133-2145.  
QUAN Q M, WANG T, LIU Y, et al. The community structure of parrotfish in typical islands and reefs of the South China Sea[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2021, 40(7): 2133-2145.
- [98] DAI X J, LI Y J, CAI Y C, et al. Variations in fish community structure at the lagoon of Yongshu Reef, South China Sea between 1999 and 2016-2019 [J]. *Diversity*, 2022, 14(9): 763.
- [99] ZHAO J J, ZHANG H C, LIU J X, et al. Role of jellyfish in mesozooplankton community stability in a subtropical bay under the long-term impacts of temperature changes [J]. *Science of the Total Environment*, 2022, 849: 157627.
- [100] ZHANG K, LI M, LI J J, et al. Climate-induced small pelagic fish blooms in an overexploited marine ecosystem of the South China Sea [J]. *Ecological Indicators*, 2022, 145: 109598.
- [101] LI M, XU Y W, SUN M S, et al. Impacts of strong ENSO events on fish communities in an overexploited ecosystem in the South China Sea [J]. *Biology*, 2023, 12(7): 946.
- [102] TEH L S L, WITTER A, CHEUNG W W L, et al. What is at stake? Status and threats to South China Sea marine fisheries [J]. *Ambio*, 2017, 46(1): 57-72.
- [103] CHANG S K, HU N T A, BASIR S, et al. A step forward to the joint management of the South China Sea fisheries resources: Joint works on catches, management measures and conservation issues [J]. *Marine Policy*, 2020, 116: 103716.
- [104] WANG L L, LIN L, LIU Y, et al. Fishery dynamics, status, and rebuilding based on catch-only data in coastal waters of China [J]. *Frontiers in Marine Science*, 2022, 8: 757503.
- [105] TEH L S L, CASHION T, ALAVA S J J, et al. Status, trends, and the future of fisheries in the east and south China seas [R]. Vancouver: Institute for the Oceans and Fisheries, 2019.
- [106] 栗丽,许友伟,张魁,等.南海区拖网渔业发展趋势及其对渔业资源的影响[J].*南方水产科学*, 2023, 19(4): 41-48.  
SU L, XU Y W, ZHANG K, et al. Development trend of trawl fishery and its impact on fishery resources in South China Sea [J]. *South China Fisheries Science*, 2023, 19(4): 41-48.
- [107] FUNGE-SMITH S, BRIGGS M, MIAO W M. Regional Overview of Fisheries and Aquaculture in Asia and the Pacific [R]. Bangkok: FAORap Publication, 2012.
- [108] CHRISTENSEN V, GARCES L R, SILVESTRE G T, et al. Fisheries impact on the South China Sea large marine ecosystem: a preliminary analysis using spatially-explicit methodology [J]. *Working Papers*, 2003, 67: 51-62.
- [109] 马志华.南海区的渔业资源及其开发利用现状[J].*海洋信息*, 1997(4): 17-18.  
MA Z H. Fishery resources and their development and utilization status in Nanhai area [J]. *Marine Information*, 1997(4): 17-18.
- [110] PAULY D, LIANG C. The fisheries of the South China Sea: Major trends since 1950 [J]. *Marine Policy*, 2020, 121: 103584.
- [111] LIU J Y. Status of marine biodiversity of the China Seas [J]. *PLoS One*, 2013, 8(1): e50719.
- [112] BURKE L, REYTAR K, SPALDING M, et al. Reefs at risk revisited [M]. Washington: World Resources Institute, 2011.
- [113] MCMANUS J W. Offshore coral reef damage, overfishing, and paths to peace in the South China Sea [J]. *The International Journal of Marine and Coastal Law*, 2017, 32(2): 199-237.

## Fishery resources status and their management challenges in the South China Sea

TIAN Siqun<sup>1,2,3</sup>, LIU Xiaoxue<sup>1,2,3</sup>, HUA Chuanxiang<sup>1,2,3</sup>, WANG Yin<sup>1,2,3</sup>, DU Huanyang<sup>1,2,3</sup>

(1. College of Marine Living Resource Sciences and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai 201306, China; 3. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, China Oceanic Fisheries Data Center, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** This paper outlines the principal challenges confronting fisheries resources and their management in the South China Sea through summarizing resource characteristics in each fisheries zone. It is evident that the South China Sea stands as China's most productive sea in terms of fisheries resources. Nevertheless, economically significant species in the northern fisheries zone are currently facing a critical issue of resource over-exploitation. Conversely, there is substantial development potential in the outer sea. In the South China Sea's current fisheries management, the fishing moratorium system has restored major economic species before reopening. Yet, its impact is limited, necessitating additional research and survey data to conclusively assess its effectiveness. Future studies are imperative for a comprehensive evaluation of the moratorium system's ability to sustain fisheries resource rehabilitation. The management and conservation of fishery resources face substantial challenges due to human activities, climate warming, ocean acidification, reliance on outdated stock assessment methods, etc. Achieving sustainable use of fishery resources in the South China Sea is of great significance, and this can be accomplished through developing reasonable measures for the conservation and management of fishery resources, conducting comprehensive resource surveys, and employing appropriate methods for stock assessment.

**Key words:** South China Sea; fishery resources; stock assessment; management measures; challenges