

南海区拖网渔业发展趋势及其对渔业资源的影响

粟丽, 许友伟, 张魁, 陈作志

中国水产科学研究院南海水产研究所/农业农村部外海渔业可持续利用重点实验室/中国水产科学研究院南海渔业资源与环境大数据重点实验室, 广东广州 510300

摘要: 拖网是南海区海洋渔业生产最重要的渔具, 拖网渔业在南海区海洋渔业生产中占主导地位。南海区拖网渔船数量从1986年的6 730艘增长至2003年的14 599艘, 随后减少, 2010年后基本维持在9 000艘左右; 其总吨位在212 864~876 045 t波动, 呈显著上升趋势; 而总功率从1986年的440 438 kW上升至2005年的1 735 173 kW, 之后呈下降趋势。1986—2020年单船平均吨位和功率均呈显著上升趋势。拖网渔船产量在 $59.24 \times 10^4 \sim 181.66 \times 10^4$ t之间波动, 占南海区总捕捞产量的38.35%~62.96%, 呈逐年下降趋势; 单位功率和单位吨位的产量分别在0.72~1.40 t和1.18~3.90 t之间波动, 1999年最高, 之后呈下降趋势。根据8种重要经济鱼类幼鱼占比统计结果, 1992—2020年底拖网渔获物中幼鱼生物量占比均值为24.35%~84.28%, 数量占比均值为40.09%~89.84%, 其中白姑鱼 (*Pennahia argentata*)、带鱼 (*Trichiurus japonicus*) 和竹荚鱼 (*Trachurus japonicus*) 幼鱼比例最高。鉴于拖网渔业选择性不强, 对幼鱼资源及海洋环境影响较大, 建议逐步压减拖网渔船规模, 严格执行网目尺寸和可捕规格制度, 引导渔民使用资源节约型、环境友好型的作业方式, 以利于近海渔业资源养护和可持续利用。

关键词: 拖网渔业; 南海区; 捕捞; 幼鱼; 发展建议

中图分类号: S 932.4

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Development trend of trawl fishery and its impact on fishery resources in South China Sea

SU Li, XU Youwei, ZHANG Kui, CHEN Zuozhi

South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences/Key Laboratory for Sustainable Utilization of Open-Sea Fishery, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Key Laboratory of Big Data for South China Sea Fishery Resources and Environment, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China

Abstract: Trawl is the most important fishing gear in the marine fishery production of the South China Sea, in which trawl fishery occupies a dominant position. The number of trawlers increased from 6 730 in 1986 to 14 599 in 2003, then dropped and had remained at about 9 000 since 2010, with the gross tonnage of trawlers ranging from 212 864 t to 876 045 t, showing a steady increasing trend. However, the total power of trawlers increased from 440 438 kW in 1986 to 1 735 173 kW in 2005, and then showed a decreasing trend. The average tonnage and power of single vessels showed a significant increasing trend from 1986 to 2020, and the yield of trawl fishery ranged from 59.24×10^4 t to 181.66×10^4 t, accounting for 38.35%–62.96% of the total fishing production in the South China Sea with a decreasing trend. The yield per kilowatt ship and per ton ship ranged from 0.72 to 1.40 t and from 1.18 to 3.90 t, respectively, both were highest in 1999 and then showed a decreasing trend. According to the statistical

收稿日期: 2023-02-24; 修回日期: 2023-04-10

基金项目: 广东省重点领域研发计划项目(2020B1111030001); 农业财政项目“南海近海和外海渔业资源调查”(2021—2025); 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资助(2020TD05)

作者简介: 粟丽(1985—), 女, 助理研究员, 硕士, 研究方向为海洋渔业资源。E-mail: sul@scsfri.ac.cn

通信作者: 陈作志(1978—), 男, 研究员, 博士, 研究方向为渔业资源和海洋生态。E-mail: zzchen2000@163.com

results of the proportion of juveniles of eight important economic fish species, the proportion of juvenile biomass and average proportion of quantity in the trawl catches from 1992 to 2020 was 24.35%–84.28% and 40.09%–89.84%, respectively. *Pennahia argentata*, *Trichiurus japonicus* and *Trachurus japonicus* had the highest proportions of the juveniles. In view of the low selectivity of trawl fishery, it has a great impact on juvenile fish resources and marine environment. We propose to gradually reduce the size of trawlers, strictly implement the system of mesh size and catching specification, and guide fishermen to use resource-saving and environmentally friendly methods of operation, so as to promote the conservation and sustainable use of offshore fishery resources.

Keywords: Trawl fishery; South China Sea; Fishing; Juvenile; Development proposal

南海是中国最大的陆缘海, 跨越热带与亚热带气候区, 具有丰富的海洋生物资源, 为海洋渔业的发展提供了有利的天然条件。1979—2017 年南海区海洋捕捞产量基本呈上升趋势, 产量峰值为 $382.8 \times 10^4 \text{ t}$ ^[1]。捕捞渔具主要有拖网、刺网、围网、钓具及张网等, 其中拖网产量在南海区海洋捕捞总产量中的占比曾高达约 60%^[2], 近年来有所降低, 但拖网渔业依然是南海区海洋捕捞业的主要生产方式之一。拖网属于过滤性的运动渔具, 其主要依靠船舶运动的拖曳在海底或海水中移动, 迫使水域中的捕捞对象进入其中。由于拖网主动灵活、适应性强, 在各种水层、深度和海区均能作业^[3]。拖网渔获对象非常广泛, 不仅包括各种底层鱼类, 还包括中上层鱼类、甲壳类、头足类和贝类等, 而且不同海域渔获物组成差异也较大^[4-7]。

在渔业资源丰富的二十世纪五六十年代, 广大渔业技术工作者和渔民对拖网渔具进行了一系列的改造和更新, 如放大网具前端网目尺寸、扩大网具规格, 其主要目的是提高捕捞产量^[8]。然而, 至 70 年代末期, 渔业资源开始衰退, 为合理利用资源, 在 1981 年确定了南海区拖网网囊最小网目尺寸为 39 mm^[9]。虽然放大了传统菱形网目网囊尺寸, 但仍能捕获大量幼鱼, 90 年代中期开始对拖网网囊网目选择性进行试验^[8]。针对拖网网囊选择性差的问题, 科技工作者开展了大量的试验研究^[10-14], 其中菱形网目有利于扁体形鱼类的逃逸, 而方形网目更有利于圆体形鱼类的逃逸, 于是网囊混合网目的设计应运而生, 即同一网囊中包含菱形目和方形目两种网目^[12]。近年来, 较多研究从渔业资源可持续发展和利用角度出发对拖网网具进行改良设计^[13-15]。杨吝等^[16]对南海区拖网网囊最小网目尺寸的选择性研究发现南海区拖网最好使用方形网目网囊, 网目尺寸不应小于 40 mm。然而, 在实际生产中, 仍基本使用传统的菱形网目网囊,

鲜少使用方形网目网囊^[17-18]。本文通过收集历史资料及结合渔业资源调查数据, 对南海区拖网渔业发展状况及其对渔业资源的影响进行分析, 以期对拖网渔业的发展和管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 南海区拖网渔业发展趋势分析

南海区拖网渔业分析数据来源于 1986—2020 年的《中国渔业统计年鉴》与《南海区渔业统计资料汇编》, 本文综合分析南海区拖网渔业的生产投入要素(如渔船数量、吨位、功率等)及产量的变化趋势。

表 1 8 种重要经济鱼类种名及其最小可捕规格
Table 1 Eight important economic fish species and their minimum catchable sizes mm

种名 Species	可捕规格 Catchable size		
	肛长 Anus length	叉长 Fork length	体长 Body length
带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i>	≥230		
竹荚鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	≥150		
刺鲷 <i>Psenopsis anomala</i>	≥130		
蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>	≥150		
短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macracanthus</i>	≥160		
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	≥150		
二长棘犁齿鲷 <i>Evynnis cardinalis</i>	≥100		
黄鳍马面鲀 <i>Thamnaconus hypargyreus</i>	≥100		

1.2 拖网对幼鱼的影响分析

根据 2018 年 2 月 12 日农业农村部发布的《关于实施带鱼等 15 种重要经济鱼类最小可捕标准及幼鱼比例管理规定的通告》, 共收集了其中 8 种鱼类规格的生物学数据(表 1), 来自 1992—2020 年 20 个航次的南海北部近海底拖网渔业资源调查,

其中网囊网目为菱形目, 尺寸除 1998—1999 年为 20 mm 外, 其他航次均为 39 mm。本文定义未达到最小可捕规格鱼类个体为幼鱼。

2 结果

2.1 南海区拖网渔船数量、吨位及功率的变化趋势

根据 1986—2020 年广东、广西和海南三省区海洋捕捞机动渔船统计数据, 南海区总渔船数在 51 134~96 441 艘之间波动, 1986—2003 年呈上升趋势, 之后开始呈逐年下降趋势; 总吨位在 444 906~1 982 775 t 之间波动, 总功率在 931 510~3 981 892 kW 之间波动, 均呈上升趋势。其中拖网渔船数量在 6 730~14 599 艘之间波动, 1986—2003 总体呈上升趋势, 之后下降至 7 725 艘 (2009 年), 2010 年后基

本维持在 9 000 艘左右; 拖网渔船吨位在 212 864~876 045 t 之间波动, 呈显著上升趋势 ($r=0.974$, $P<0.01$); 拖网渔船功率在 440 438~1 735 173 kW 之间波动, 1986—2005 年呈上升趋势, 之后开始呈下降趋势。1986—2020 年南海区拖网渔船数量比在 9.78%~18.27% 之间波动, 吨位比在 43.18%~56.88% 之间波动, 功率比在 36.87%~57.88% 之间波动, 拖网渔船数量、吨位和功率占该海区总渔船数量、吨位和功率的比例均呈下降趋势 (图 1-a—1-c); 1986—2020 年拖网渔船单船平均吨位和功率分别在 31.31~127.71 t 和 65.44~220.33 kW 之间波动, 两者均呈显著上升趋势 ($r=0.884$, $P<0.01$; $r=0.929$, $P<0.01$) (图 1-d)。

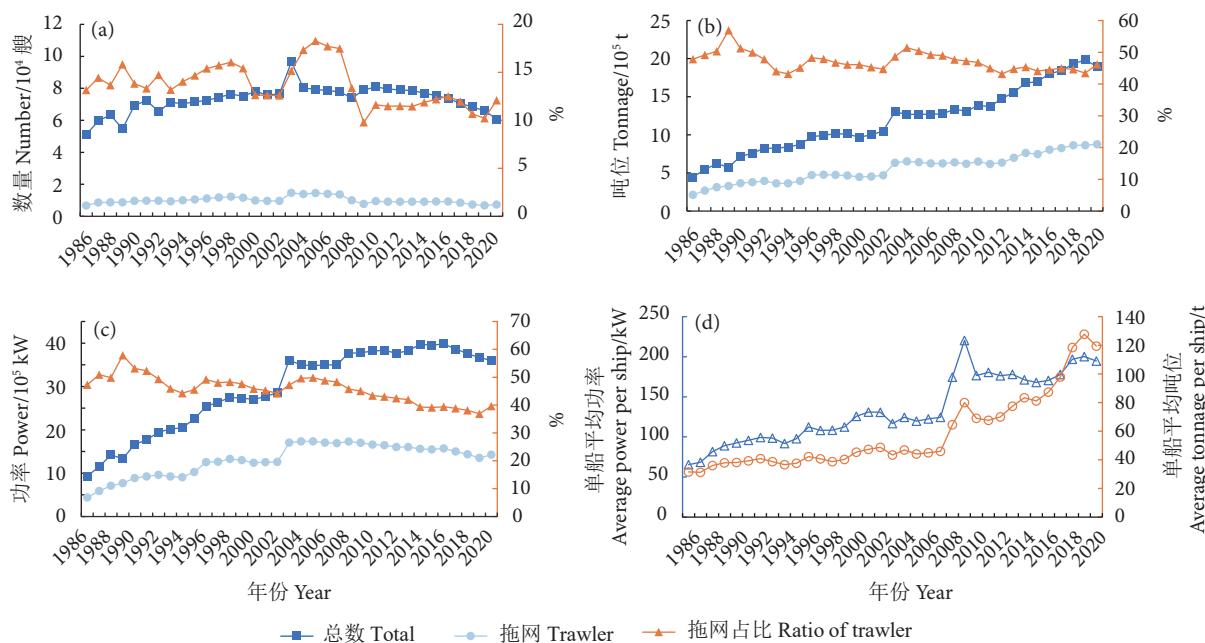


图1 1986—2020年南海区拖网渔船数量、吨位及功率变化趋势

Fig. 1 Variation trends in number, tonnage and power of trawlers in South China Sea from 1986 to 2020

2.2 南海区拖网渔业产量变化趋势

根据 1986—2020 年广东、广西和海南三省海洋捕捞产量数据的统计, 南海区海洋总捕捞产量在 $94.08 \times 10^4 \sim 369.05 \times 10^4$ t 之间波动, 2006 年产量达到最高; 拖网渔业产量在 $59.24 \times 10^4 \sim 181.66 \times 10^4$ t 之间波动, 1999 年达到最高, 呈先上升后下降的变化趋势; 拖网渔业产量占总捕捞产量的比例在 38.35%~62.96% 之间波动, 呈显著下降趋势 ($r=-0.979$, $P<0.01$) (图 2-a)。每千瓦拖网渔船渔获产量在 0.72~1.40 t 之间波动, 1999 年最高, 之后呈显著下降趋势 ($r=-0.692$, $P<0.01$); 每吨位拖网渔船

渔获产量在 1.18~3.90 t 之间波动, 1999 年最高, 之后也呈显著下降趋势 ($r=-0.636$, $P<0.01$) (图 2-b)。

2.3 幼鱼占比

南海北部底拖网调查中 8 种重要经济鱼类幼鱼数量和生物量占比变化情况分别见图 3 和图 4。从图中可以看出, 幼鱼数量比和生物量比变化情况基本相同, 其中生物量比较数量比低。渔获物中幼鱼数量和生物量占比均值最高为白姑鱼 (*Argyrosomus argentatus*), 其次为带鱼 (*Trichiurus japonicus*) 和竹荚鱼 (*Trachurus japonicus*), 二长棘犁齿鲷 (*Evynnis cardinalis*) 最低 (表 2)。根据管理规定要求,

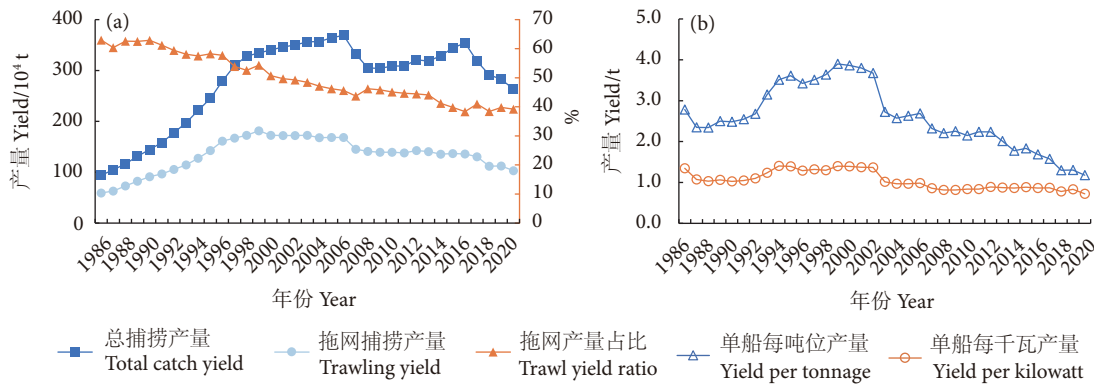


图2 1986—2020年南海区拖网渔业产量变化趋势

Fig. 2 Variation trend of trawl fishery yield in South China Sea from 1986 to 2020

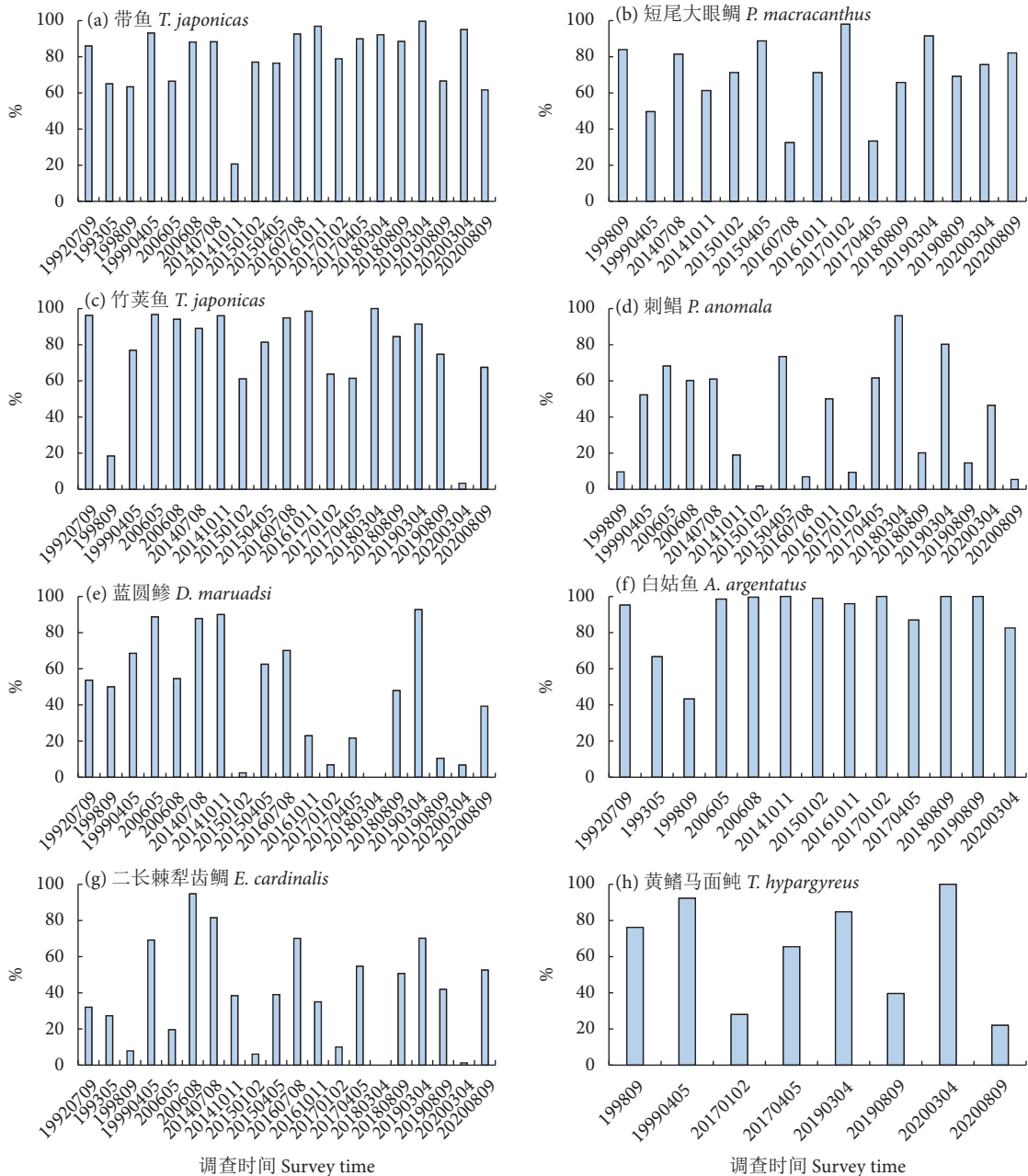


图3 1992—2020年拖网调查渔获物中8种重要经济鱼类幼鱼数量占比

Fig. 3 Proportions of juveniles of eight important economic fish species in bottom trawl survey catches from 1992 to 2020

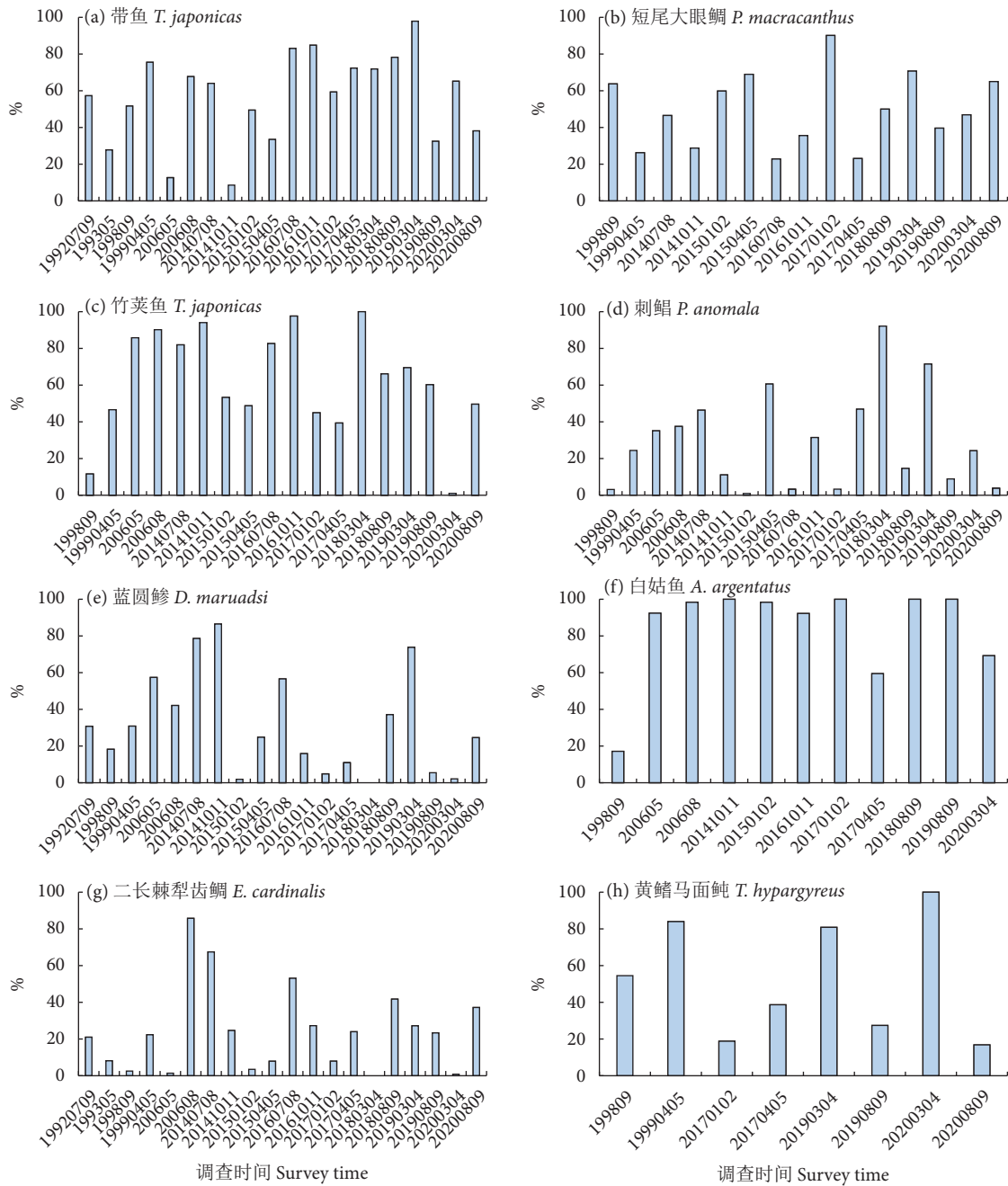


图4 1992—2020年底拖网调查渔获物中8种重要经济鱼类幼鱼生物量占比

Fig. 4 Biomass proportion of juveniles of eight important economic fish species in bottom trawl survey catches from 1992 to 2020

2020年起渔获物中幼鱼比例低于20%才算达标,若以20%作为参照标准,1992—2020年8种重要经济鱼类的达标率由高到低依次为:刺鲷 (*Psenopsis anomala*) 44.44%、蓝圆鲈 (*Decapterus maruadsi*) 42%、二长棘犁齿鲷 40%、黄鳍马面鲀 (*Thamnaconus hypargyreus*) 25%、竹荚鱼 11.11%、带鱼 10%、白姑鱼 9.09%、短尾大眼鲷 (*Priacanthus macracanthus*) 0%。在2020年的2个航次调查中,带鱼、短尾大眼鲷和白姑鱼均未达标,其他5种鱼类1个航次达标。

3 讨论

拖网是南海海洋渔业生产的主要作业类型之一。数据分析显示,目前南海区拖网渔业呈现出捕捞强度大、生产效益低的特点。其中,拖网渔业捕捞强度大主要体现在渔船数量、吨位及功率等的增加及助渔技术更加先进等方面,2003年的渔船数量是1986年的2.17倍,虽然之后船数减少,但渔船吨位和功率却在不断上升,其中2020年拖网渔船吨位是1986年的4.12倍,而功率是1986年的3.24倍,说明捕捞强度成倍增加。传统渔民靠海水

表2 8种重要经济鱼类幼鱼占比
Table 2 Proportion of juveniles of eight important economic fish species

种名 Species	数量占比 Quantity proportion/%		生物量占比 Biomass proportion/%	
	范围 Range	均值 Mean	范围 Range	均值 Mean
带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i>	20.63~99.58	79.30±18.42	8.59~97.88	56.57±24.46
短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macracanthus</i>	32.50~98.00	70.37±19.57	22.80~90.13	49.19±20.21
竹荚鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	3.36~100	76.27±26.62	1.02~100	62.40±28.39
刺鲷 <i>Psenopsis anomala</i>	0.81~96.00	40.83±30.12	0.42~92.14	28.82±26.50
蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>	0~92.77	46.14±32.26	0~86.48	31.71±27.41
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	43.28~100	89.84±17.08	17.12~100	84.28±26.20
二长棘犁齿鲷 <i>Evynnis cardinalis</i>	0~94.71	40.09±27.84	0~85.75	24.35±23.33
黄鳍马面鲀 <i>Thamnaconus hypargyreus</i>	22.00~100	63.55±30.08	16.80~100	52.62±32.26

观测鱼群,靠指南针辨别方向,现如今渔船基本配置了探渔仪、GPS 导航及起重设备等先进仪器设备,从而极大地提升了捕捞效率。1986—2020 年南海区拖网渔船单船平均功率和吨位不断增加,但单位产量自 1999 年后却呈下降趋势,表明捕捞效率降低,加之 2005 年后柴油价格持续上涨^[19],渔业生产成本不断上升,因此,拖网捕捞生产效益不断下降。

拖网渔业最大的问题是网具网目尺寸不合规、捕捞选择性不强,致使渔获物组成多样性和幼鱼渔获率均非常高^[20]。据相关调查,有的拖网渔业幼鱼和低值渔获率占比高达 70%^[21],黄梓荣^[22]采用 404[◇]/200 mm 底拖网在南海北部进行渔业资源调查发现,渔获中未达到可捕规格的幼鱼比例超过 30%。虾拖网为单船底拖网的一种,是副渔获最高的网具之一,其虾与副渔获的质量比高达 1:3.9,而副渔获中幼鱼渔获比例高达 57% 以上^[23]。本研究也发现在底拖网渔获物中,8 种重要经济鱼类幼鱼生物量占比均值高于 24%,有的甚至高达 84%,数量占比则更高。拖网过度捕捞也是造成渔业资源种群结构变化的重要原因^[24],尤其是底层经济鱼类。由于这些种类体型相对较大,生命周期较长,性成熟较晚,其种群恢复能力相对较差,因此,长期高强度的捕捞作业导致这些种类数量大幅下降^[25]。如底栖鱼类红笛鲷 (*Lutjanus sanguineus*)、大头狗母鱼 (*Trachiocephalus myops*)、摩鹿加鲱鲤 (*Upeneus moluccensis*) 和断斑石鲈 (*Pomadasyss hasta*),20 世纪 60 年代在北部湾底拖网渔获物中占比分别为 14.45%、5.9%、4.93% 和 2.39%,然而至 90 年代这些种类在渔获物中的占比大幅下降,有些种类甚至难寻踪迹^[26]。

此外,底拖网作业会对海洋生态环境造成较大破坏,主要包括直接或间接地影响海床、生境、营养级及生物多样性等。由于拖网通常装配较重的沉纲,尤其是虾拖网为了驱赶海底的虾类还装配了铁链,在捕捞过程中横扫海底,严重破坏了海底生态环境,对海洋生物的栖息、生长和繁殖产生严重的负面影响^[2,21]。Paradis 等^[27]研究发现拖网渔具与海床的连续接触导致海底侵蚀,破坏沉积环境,进而影响底层生物群落的营养状态。长期的底拖网作业会导致渔场及其邻近海域大型底栖生物丰度显著降低^[28],底栖生物群落功能组成发生变化^[29]。而底栖生物的生物量和多样性的降低以及体型的减小,可能对底层鱼类的摄食产生负面影响,进而影响鱼类的身体状况和产量^[30]。de Leo 等^[31]研究发现中等程度的拖网区域底栖生物群落物种丰富度最高,表明适当程度的拖网作业对底层生态环境有一定的积极作用。

4 南海区拖网渔业发展建议

4.1 完善渔业管理制度

目前,海洋伏季休渔制度是为保护中国周边海域鱼类等资源在夏季生长繁殖而采取的措施,这也是当前中国最重要和最有效的渔业资源管理措施之一,最新的海洋伏季休渔制度已于 2017 年颁布实施。严利平等^[32]通过拖网调查分析发现,由于提前并延长休渔时间,东、黄海主要经济渔业资源——带鱼和小黄鱼得到了进一步保护,资源增殖效果相对明显。延长伏季休渔时间,有利于海洋环境自我修复,相对减轻拖网作业带来的负面影响。

因此,应严格执行伏季休渔制度,严厉打击非法捕捞和在禁渔区线内非法拖网作业,同时还应严格执行捕捞网具最小网囊网目尺寸及可捕标准等相关管理规定。由于拖网时下纲会不可避免地于海底接触,对海底的破坏相当严重。鉴于拖网是南海传统捕捞类型,对于提供优质动物蛋白有一定的积极作用。因此,可通过采取控制拖网渔船数量、拖网时间及海域等方法措施,达到既利用海洋底层渔业资源又保护海洋生态环境的目的。

4.2 加大科技创新

为促进南海拖网渔业的良性发展,还应加强相关领域的科技支撑,如创新网囊网目的设计、研发选择性装置、改良拖网网具下纲、开发柔性网板及拖网渔具自动化和智能化等。王永进等^[33]认为扩大网具前部网目尺寸、改进网目结构能够减少阻力,提高网口垂直高度,扩大网具规模,从而提高拖网渔具的性能。有研究发现选择性渔具的开发和应用能有效减少虾拖网作业的副渔获^[34-35],其中最直接、有效的技术手段为放大网囊网目尺寸和应用选择性装置^[36-37]。Sala等^[38]研究指出方形网目能大大提高捕捞选择性,然而该种网目不太适宜像比目鱼这种扁平鱼类的逃逸。杨炳忠等^[12]发现35 mm方目+25 mm菱目在兼顾生产效益和保护渔业资源方面效果最佳。也有研究发现柔性网板具有轻便、对海底环境破坏小和阻力小等优点^[39]。拖网渔具的自动化和智能化对拖网作业水平和捕捞效率将有质的提升,是提高海洋渔业科技水平的关键^[40]。海洋渔具的发展变革与渔业资源的盛衰有着密切关系,因此,建议从渔业资源可持续发展和利用的角度出发,加大拖网网具的研发力度,大力推广使用选择性强、经济节能、生产效益高及环境友好型的网具。

4.3 加快渔民转产转业

由于近海渔业资源衰退,生产成本增加,拖网渔船效益降低,如何加快推进渔民转产转业,实现产业升级,已成为渔业管理亟待解决的问题。一方面应加强渔民就业技能培训,努力增加转型就业机会;另一方面要加大捕捞压力向外海转移力度,发展外海渔业。张俊等^[41]对南海外洋性渔业资源进行的评估分析显示,南海深水区蕴藏着丰富的大洋性渔业资源,大型金枪鱼、鲹类、鲹类、日本乌鲂(*Brama japonica*)和鳶乌贼(*Sthenototeuthis oualaniensis*)

的资源量分别为 22.8×10^4 、 85×10^4 、 54.3×10^4 、 27.4×10^4 和 457×10^4 t,表明南海外海渔业资源具有较大的开发潜力。因此,应逐步淘汰功率小、效益低的拖网渔船,建造适合远洋作业及生态友好的大型渔船,引导有条件的渔船往外海发展,将捕捞压力逐渐转向外海。

参考文献:

- [1] 韦朋,王雪辉,马胜伟,等.我国南海区海洋捕捞现状分析[J].上海海洋大学学报,2019,28(6):976-982.
- [2] 杨咨.渔具渔法对南海北部渔业资源和海洋环境的影响[J].现代渔业信息,1998,13(2):5-9.
- [3] 崔建章.渔具与渔法学(上册)[M].北京:中国农业出版社,2008:57.
- [4] 蔡研聪,徐姗姗,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.
- [5] 张敬怀,高阳,时小怀,等.大亚湾底拖网海洋物种种类组成及物种多样性[J].生物多样性,2017,25(9):1019-1030.
- [6] 许友伟,陈作志,范江涛,等.南沙西南陆架海域底拖网渔获物组成及生物多样性[J].南方水产科学,2015,11(5):76-81.
- [7] 叶洁琼,蔡立哲,黄睿婧,等.北部湾底拖网软体动物的种类组成及其环境影响[J].海洋通报,2010,29(6):617-622.
- [8] 杨咨.广东拖网改革回顾及持续发展探讨[J].现代渔业信息,1999,14(5):1-6.
- [9] 傅尚郁.南海区拖网网囊最小网目尺寸的研究[R].广州:国家水产总局南海水产研究所研究报告,1981.
- [10] 杨咨,谭永光,张旭丰.南海底拖网方、菱目网囊选择性研究[J].湛江海洋大学学报,2002,22(3):19-25.
- [11] 杨咨.不同结构网囊特性的初步研究[J].湛江海洋大学学报,1998,18(2):25-29.
- [12] 杨炳忠,杨咨,谭永光,等.南海区桁杆虾拖网方目与菱目混合网囊网目选择性研究[J].南方水产科学,2018,14(1):105-113.
- [13] 杨炳忠,杨咨,谭永光,等.南海区桁杆虾拖网40 mm方目分离网片选择性的初步研究[J].海洋科学,2018,42(2):64-70.
- [14] 杨炳忠,杨咨,谭永光,等.基于裤式拖网法的虾拖网网囊网目选择性试验与分析[J].中国海洋大学学报,2020,50(4):36-44.
- [15] 徐宝生,张勋,王明彦.单船拖网网板的现状及发展趋势[J].福建水产,2010(1):86-90.
- [16] 杨咨,张旭丰,谭永光,等.南海区拖网网囊最小网目尺寸选择性研究[J].中国水产科学,2003,10(4):325-332.
- [17] 杨咨,张旭丰,孙典荣,等.广东省拖网网囊调查[J].湛江海洋大学学报,2001,21(4):22-26.
- [18] 李亚男,杨炳忠,张鹏,等.南海北部拖网对蓝圆鲹的选择性研究[J].南方水产科学,2022,18(3):170-176.
- [19] 张尔升,孙庐山,侯惠丹.南海渔民海洋捕捞意愿研究[J].浙江海洋学院学报,2017,34(1):27-36.
- [20] 张旭,张秀梅,高天翔.春季黄河口海域2种网具渔获物组成的比较分析[J].南方水产,2010,6(1):59-67.

- [21] 杨吝. 南海区拖网和张网渔具对渔业资源的影响 [J]. 水产科技, 1997(3): 4-6.
- [22] 黄梓荣. 404^o/200 mm 底拖网对经济鱼类的损害和改进措施 [J]. 湛江海洋大学学报, 2003, 23(1): 41-44.
- [23] 杨炳忠, 杨吝, 谭永光, 等. 湛江近海虾拖网副渔获组成分析与评价 [J]. 海洋科学, 2014, 38(1): 65-70.
- [24] 樊伟, 周甦芳, 崔雪森, 等. 拖网捕捞对东海渔业资源种群结构的影响 [J]. 应用生态学报, 2003(10): 1697-1700.
- [25] 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.
- [26] 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: 124.
- [27] PARADIS S, PUIG P, MASQUÉ P, et al. Bottom-trawling along submarine canyons impacts deep sedimentary regimes[J]. *Sci Rep*, 2017, 7: 43332.
- [28] RAMALHO S P, ALMEIDA M, ESQUETE P, et al. Bottom-trawling fisheries influence on standing stocks, composition, diversity and trophic redundancy of macrofaunal assemblages from the West Iberian Margin[J]. *Deep-Sea Res I*, 2018, 138: 131-145.
- [29] TILLIN H M, HIDDINK J G, JENNINGS S, et al. Chronic bottom trawling alters the functional composition of benthic invertebrate communities on a sea-basin scale[J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 2006, 318(8): 31-45.
- [30] JOHNSON A F, GORELLI G, JENKINS S R, et al. Effects of bottom trawling on fish foraging and feeding[J]. *Proc Biol Sci*, 2015, 282(1799): 20142336.
- [31] de LEO F C, GAUTHIER M, NEPHIN J, et al. Bottom trawling and oxygen minimum zone influences on continental slope benthic community structure off Vancouver Island (NE Pacific)[J]. *Deep-Sea Res II*, 2017, 137: 404-419.
- [32] 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): 1-7.
- [33] 王永进, 张禹, 徐国栋, 等. 我国大网目拖网渔具研究进展与应用现状 [J]. 中国农业科技导报, 2015, 17(1): 160-166.
- [34] BROADHURST M K, MCSHANE P E, LARSEN R B. Effects of twine diameter and mesh size in the body of prawn trawls on bycatch in Gulf St. Vincent, Australia[J]. *Fish Bull*, 2000, 98(3): 463-473.
- [35] CRIALES-HERNANDEZ M I, DUARTE L O, GARCIA C B, et al. Ecosystem impacts of the introduction of bycatch reduction devices in a tropical shrimp trawl fishery: insights through simulation[J]. *Fish Res*, 2006, 77(3): 333-342.
- [36] 陈晓雪, 黄洪亮, 陈雪忠. 国内外拖网减少副渔获物的研究进展 [J]. 海洋渔业, 2007, 29(3): 263-270.
- [37] 张健, 石建高, 陈小康. 热带海域选择性虾拖网渔具的研究进展 [J]. 大连海洋大学学报, 2011, 26(3): 268-276.
- [38] SALA A, LUCCHETTI A, PICCINETTI C, et al. Size selection by diamond- and square-mesh codends in multi-species Mediterranean demersal trawl fisheries[J]. *Fish Res*, 2008, 93: 8-21.
- [39] 吴如珂, 张向丽, 宋伟华. 拖网渔具中柔性材料应用的初步探讨 [J]. 科学养鱼, 2018(7): 79-81.
- [40] 卜洋洋. 深水拖网曳纲绞车结构设计及电液系统集成研究 [D]. 大连: 大连海洋大学, 2015: 5-7.
- [41] 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.