

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20180118001

http://www.yykxjz.cn/

陶雅晋, 易木荣, 李波, 冯波, 卢伙胜, 颜云榕. 基于渔港抽样调查南海不同捕捞方式 CPUE 比较分析. 渔业科学进展, 2019, 40(3): 01-10

Tao YJ, Yi MR, Li B, Feng B, Lu HS, Yan YR. Comparative analysis of CPUE of different fishing types in the South China Sea based on the fishing port sampling survey. Progress in Fishery Sciences, 2019, 40(3): 01-10

# 基于渔港抽样调查南海不同捕捞方式 CPUE 比较分析\*

陶雅晋<sup>1</sup> 易木荣<sup>1</sup> 李波<sup>1</sup> 冯波<sup>1,2,3,4</sup> 卢伙胜<sup>1,2,3</sup> 颜云榕<sup>1,2,3,4</sup>①

- (1. 广东海洋大学水产学院 湛江 524088; 2. 广东海洋大学南海渔业资源监测与评估中心 湛江 524088;  
3. 广东省南海深远海渔业管理与捕捞工程技术研究中心 湛江 524088;  
4. 广东海洋大学深圳研究院海洋渔业信息化技术化中心 深圳 518000)

**摘要** 本研究基于 2016 年对南海三省区的 14 个沿海主要渔港的连续 4 个季节抽样调查(共计 5256 航次, 抽样总功率达到  $89.2 \times 10^4$  kW), 以  $\text{kg} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$  作为 CPUE(Catch per unit effort, 单位捕捞努力量渔获量)标准化后的单位, 对南海 9 种捕捞作业类型渔船的 CPUE 进行了比较分析。结果显示,  $\text{CPUE}_{\text{围网}} > \text{CPUE}_{\text{双拖}} > \text{CPUE}_{\text{刺网}} > \text{CPUE}_{\text{罩网}} > \text{CPUE}_{\text{张网}} > \text{CPUE}_{\text{单拖}} > \text{CPUE}_{\text{虾拖}} > \text{CPUE}_{\text{笼壶}} > \text{CPUE}_{\text{钓具}}$ 。不同捕捞作业类型 CPUE 随渔船功率段的变化而不同, CPUE 峰值数及其所对应的最优功率段(渔获率最高的功率段)也有差异, 单拖和虾拖渔船的 CPUE 随渔船功率的变化具有 1 个 CPUE 峰值点, 最优功率段分别为(200~250) kW( $\text{CPUE}=8.6 \text{ kg} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ )和(150~200) kW( $\text{CPUE}=5.0 \text{ kg} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ); 围网、双拖、钓具和刺网渔船的 CPUE 随渔船功率的变化有 2 个 CPUE 峰值点, 对应的最优功率段分别为(200~250) kW( $\text{CPUE}=47.7 \text{ kg} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ )、(350~400) kW( $\text{CPUE}=16.8 \text{ kg} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ )、(50~100) kW( $\text{CPUE}=2.9 \text{ kg} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ )和(0~50) kW( $\text{CPUE}=6.9 \text{ kg} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ )。罩网渔船 CPUE 随功率段变化有 3 个峰值点, 最优功率段为(0~50) kW( $\text{CPUE}=7.0 \text{ kg} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ )。不同捕捞作业类型 CPUE 季节变化表现: 围网 CPUE 均值在春季最高, 单拖、双拖、罩网、钓具和笼壶在夏季最高, 张网在秋季最高, 刺网和虾拖在冬季最高。

**关键词** 渔港抽样调查; 捕捞作业类型; CPUE; 最优功率段

**中图分类号** S932 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2019)03-0001-10

南海捕捞渔船数量众多、燃油成本过高、捕捞不合理等现象导致了渔业资源过度开发、能源利用率过低、产能过剩等问题。近年来, 南海捕捞生产重心也逐步从追求产量转变为海洋渔业资源的可持续开发

(黄俊秀等, 2017)。CPUE(Catch per unit effort, 单位捕捞努力量渔获量)常用于渔业资源丰度的评估(朱国平等, 2016; 袁兴伟等, 2014), 是进行渔获率比较、渔具差异分析和捕捞方式合理性分析的重要指标。开展对

\* 国家自然科学基金项目(41376158)和广东省教育厅南海深远海渔业资源评估与监测(2014GKXM048)共同资助 [This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (41376158), and Assessment and Monitoring of Deep Sea Fisheries Resources in the South China Sea, Guangdong Provincial Education Department (2014GKXM048)] 陶雅晋, E-mail: 1129230184@qq.com

① 通讯作者: 颜云榕, 教授, E-mail: yanyr@gdou.edu.cn

收稿日期: 2018-01-18, 收修改稿日期: 2018-04-14

不同捕捞方式 CPUE 的研究,是加强南海渔船管理和制定相关政策的前提,它既是科学问题,也是应用问题。但因不同捕捞方式 CPUE 的单位不统一,难以通过多种渔业 CPUE 来实现整个海域渔业资源丰度的评估,以及不同捕捞方式渔获率的比较。对此,首先需要解决不同捕捞方式之间 CPUE 单位标准化问题。

CPUE 单位标准化首先要考虑捕捞努力量单位统一问题。莫苑敏等(2014)研究指出,使用单船每千瓦天(kW·d)估算产量可以平抑不同渔船之间由于渔况、天气、渔船性能和渔民技术熟练程度等造成的产量差异,明显缩小各层内的样本方差;联合国粮农组织(FAO)也推荐采用渔船总吨数与时间的乘积(GT·d、GT·h)或发动机功率与捕捞作业天数乘积(kW·d)来表示捕捞努力量(张胜茂等, 2014; Stamatopoulos, 2002)。在确定了捕捞努力量计算方法后,国外, Ulman 等(2016)将  $\text{kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  作为 CPUE 统一单位,对土耳其具有代表性的围网和拖网 2 种渔业方式的渔获率进行统计,进而研究分析了土耳其 1967~2010 年整体渔业资源和总捕捞努力量的变动情况。国内,王学锋等(2008)和邹建伟等(2016a、b)将  $\text{kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  作为渔获率统计方法分别统计了 2008 年南海北部拖网和 2016 年伏季休渔时期北部湾主要捕捞方式的渔获组成情况。传统 CPUE 因受到单位不统一的限制,难以作为衡量整个捕捞海域资源丰度的指标,目前,很多学者对南海渔业方面的研究局限于生物多样性(李渊等, 2016)、群落结构(王雪辉等, 2013)、声学评估(张立等, 2016)、渔船组成(郑彤等, 2016)等方面,对南海海域不同捕捞方式 CPUE 比较方面的研究仍是空白。

本研究是在确定 CPUE 单位标准化表示形式  $\text{kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  基础上,通过对 2016 年 4 个季节南海三省区渔船生产数据的整理、计算与分析,比较了南海 9 种主要捕捞方式 CPUE 随季节和渔船功率的变化情况。研究结果反映了南海不同捕捞方式之间渔获率及其捕捞能力差异,以期对南海海洋捕捞结构调整与渔业生产统计等方面提供一定的参考价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

广东海洋大学南海渔业资源监测与评估中心利用广东、广西、海南三省(区)在北部湾登记作业的渔船数据库,从中提取全部拖网渔船信息形成总体抽样母体,然后对南海三省渔船按功率段进行分层并在各层内随机抽取样本渔船,抽查渔船尽量包括所有作业种类的各种功率段。调查时间为 2016 年的春、夏、秋、

冬共 4 个季节(1 年数据),冬季调查时间:1 月 20 日~2 月 26 日;春季调查时间:3 月 18 日~4 月 30 日;夏季调查时间:8 月 8~31 日(8 月 8~15 日处于休渔期,期间主要调查钓渔船的生产数据);秋季调查时间:9 月 1 日~11 月 21 日。调查渔港为南海区三省的各个主要沿海渔港(图 1)。

### 1.2 调查航次与抽样功率统计

南海渔船样本容量大,随机抽取 1% 有代表性的样本数已具有统计的可信性,抽查的渔船尽可能包括所有捕捞类型的各功率段,以保证抽样具有足够的代表性。本研究采用分层随机抽样法,结合抽样原理,将不同捕捞类型的渔船功率区间分为 5 段(表 1),再在每一段中分别随机抽样,最后进行统计汇总分析(甘喜萍等, 2008)。2016 年全年调查的渔船中,单拖渔船、双拖渔船、虾拖渔船、围网渔船、罩网渔船、刺网渔船、钓渔船、笼壶渔船以及张网船对应的调查总航次分别为 580、335、487、545、678、1989、407、174 和 61 航次,对应的抽样总功率分别为 81400、120702、125341、98101、120403、282124、57439、5613 和 986 kW。春、夏、秋、冬 4 个季节分别对应的调查航次数据和抽样功率数据见表 2。

调查内容包括渔船的主机功率、作业天数、作业海域、船员数、渔获种类与产量等,大部分数据来自渔船各个季节的销售结算单或是船上的生产记录本,从而保证调查数据的真实性、可靠性与完整性。

### 1.3 数据处理

将汇总的表格收集整理,并进行统计处理与分析。首先,对录入表格的原始数据进行核查,矫正错漏。调查时比较难得到渔船的准确功率,只有渔船号是准确无误的,统计之前通过渔船数据库,利用渔船号进行核对与更正,如数据库不存在的,以现场核定主机功率为准。然后对调查数据预处理,包括计算不同种捕捞类型渔船的航次作业天数、单船航次的渔获量、CPUE 等及其 95% 的置信区间。绘图软件采用 OriginPro 2017 和 ArcMap 10.2。

CPUE 表达公式:

$$\text{CPUE} = \frac{\text{捕捞总产量}(C)}{\text{渔船主机功率}(E) \times \text{作业天数}(D)}$$

式中,捕捞总产量单位为千克(kg);渔船主机功率单位为千瓦(kW);作业天数单位为天(d)。此单位值的计算路径:某渔船以 kg 为单位的总产量除以获取产量的作业天数与渔船以 kW 为单位的主机功率乘积之商。所述总产量是指某捕捞渔船捕获的不以价

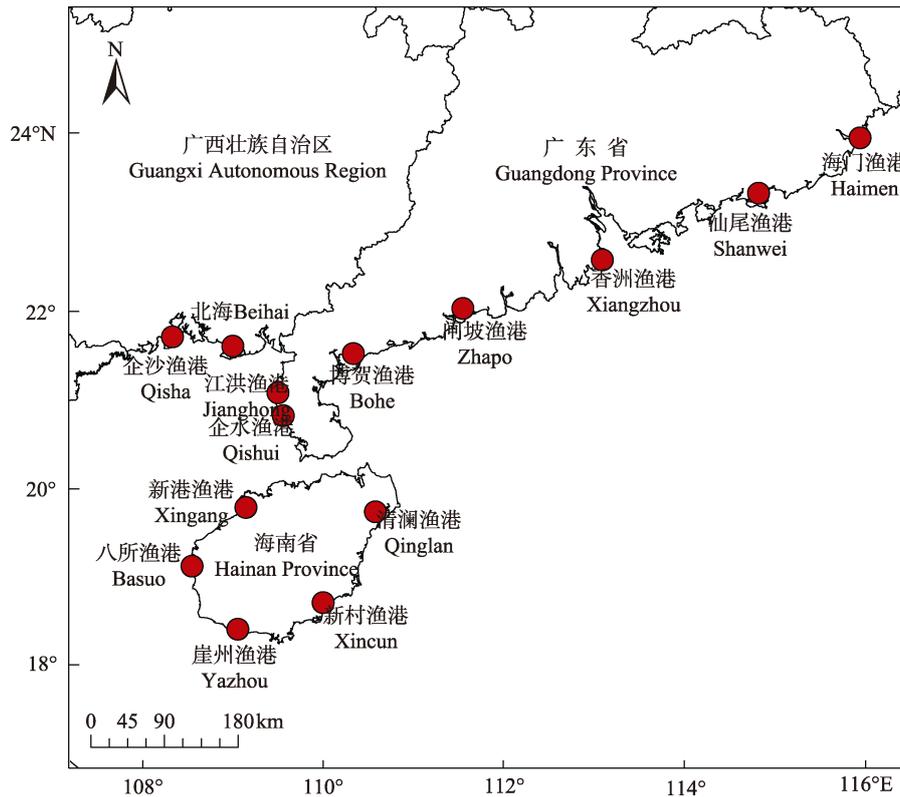


图 1 调查渔港分布  
Fig.1 Distribution of fishing ports

表 1 渔船抽样功率分层情况  
Tab.1 Stratification for sampling fishing power

作业类型 Fishing types	功率段 Power (kW)					
单拖 Otter trawl	0~100	100~200	200~300	300~400	>400	
双拖 Pair trawl	0~100	100~200	200~300	300~400	>400	
虾拖 Shrimp trawl	0~100	100~200	200~300	300~400	>400	
围网 Seine	0~50	50~100	100~200	200~300	>300	
罩网 Falling-net	0~50	50~100	100~200	200~300	>300	
刺网 Gillnet	0~50	50~100	100~150	150~200	>200	
钓具 Fishing tackle	0~50	50~100	100~150	150~200	>200	
笼壶 Pot	0~50	50~100	100~150	150~200	>200	
张网 Stow net	0~50	50~100	100~150	150~200	>200	

值为取向的所有种类的总质量。所述作业天数是指某捕捞渔船扣除停港、航行、避风时间后以天为整数的捕获总产量的所有时间的总和, 包含航次内作业周期中的间歇和故障处理时间。所述主机功率是指某捕捞渔船驱动航行动力的总功率。

## 2 结果

### 2.1 不同捕捞方式 CPUE 随渔船功率的变化

不同捕捞方式渔船的 CPUE 随功率变化的表现形式不同, CPUE 均值的最大值所处的功率水平也不

同(图 2): 单拖渔船 CPUE 均值的最大值为  $14.1 \text{ kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  ( $E=235 \text{ kW}$ ); 双拖渔船 CPUE 均值的最大值为  $16.8 \text{ kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  ( $E=376 \text{ kW}$ ); 虾拖船 CPUE 均值的最大值为  $5.3 \text{ kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  ( $E=155 \text{ kW}$ ); 刺网渔船 CPUE 均值的最大值为  $15.0 \text{ kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  ( $E=8 \text{ kW}$ ); 钓渔船 CPUE 均值的最大值为  $6.2 \text{ kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  ( $E=44 \text{ kW}$ ); 围网渔船 CPUE 均值的最大值为  $57.3 \text{ kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  ( $E=242 \text{ kW}$ ); 罩网渔船 CPUE 均值的最大值为  $11.6 \text{ kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  ( $E=245 \text{ kW}$ ); 笼壶渔船 CPUE 均值的最大值为  $5.3 \text{ kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  ( $E=8 \text{ kW}$ )。渔船功率增大到一定程度时, 渔船的 CPUE 均随着功率增大而呈现下降趋势。

表2 抽样调查航次与功率统计  
Tab.2 Statistics of voyage and power of sampling survey

作业类型 Fishing types	春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn		冬季 Winter	
	调查航次 Voyage	抽样功率 Power	调查航次 Voyage	抽样功率 Power	调查航次 Voyage	抽样功率 Power	调查航次 Voyage	抽样功率 Power
单拖 Otter trawl	145	18480	245	34753	117	15897	73	12269
双拖 Twin trawl	29	14957	89	30420	131	36046	86	39279
虾拖 Shrimp trawl	49	21074	103	16352	169	46264	166	41650
罩网 Falling-net	206	35310	60	10695	118	26903	161	25192
围网 Seine	254	37485	205	30980	93	26003	126	25936
刺网 Gillnet	492	91911	407	56186	457	49349	633	84678
钓具 Fishing tackle	136	19523	79	11307	112	9855	80	16755
笼壶 Pot	37	306	76	820	41	4359	20	128
张网 Stow net	13	210	13	210	9	146	26	420
合计 Total	1,361	239256	1,277	191723	1247	214823	1371	246307

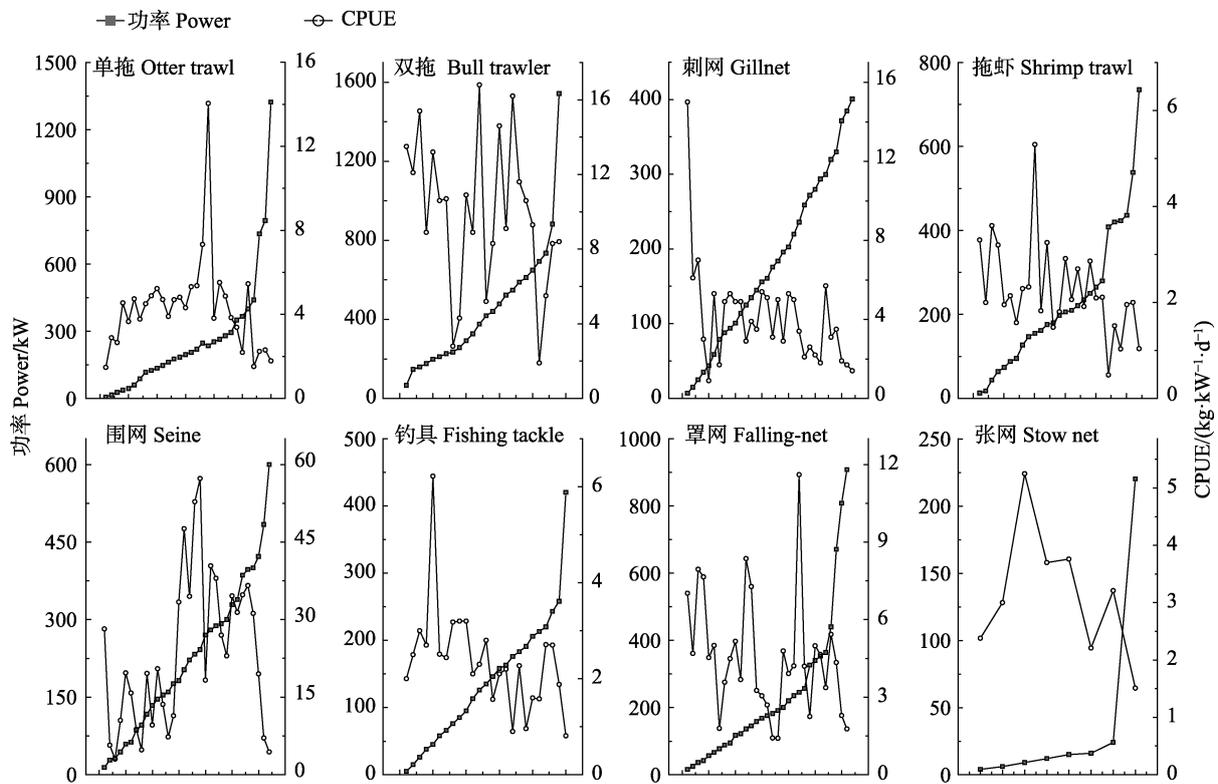


图2 渔船 CPUE 随功率的变化  
Fig.2 CPUE changes with fishing power

单拖、双拖、虾拖、刺网、钓具、罩网、围网、笼壶和张网9种捕捞方式全年CPUE均值对应大小依次为3.95、8.77、3.11、4.96、2.35、4.81、29.57、3.08和4.73  $\text{kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ，比较它们之间的大小关系为： $\text{CPUE}_{\text{围网}} > \text{CPUE}_{\text{双拖}} > \text{CPUE}_{\text{刺网}} > \text{CPUE}_{\text{罩网}} > \text{CPUE}_{\text{张网}} > \text{CPUE}_{\text{单拖}} > \text{CPUE}_{\text{虾拖}} > \text{CPUE}_{\text{笼壶}} > \text{CPUE}_{\text{钓具}}$ （张网和笼壶因调查到的渔船功率分布有缺陷，本研究只作CPUE

均值的比较）。

## 2.2 不同捕捞方式 CPUE 对比分析

通过分层抽样调查数据的基础上，再按照每50 kW功率段对不同的捕捞方式分组，并计算CPUE的平均值，分析比较不同功率段CPUE均值的变化趋势。对拖网类渔船（包括单拖渔船、双拖渔船和虾拖渔船）比

较(图 3), 单拖渔船和虾拖渔船随渔船功率的增加, CPUE 均值变化表现为先增大后减小趋势。单拖渔船 CPUE 均值的最优功率段(渔获率最高的功率段)为(200~250) kW(CPUE=8.6 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>), 虾拖渔船 CPUE 最优功率段为(150~200) kW(CPUE=5.1 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>); 双拖渔船 CPUE 均值随功率段的增加呈现先减小后增大再减小的变化趋势, 对应的 2 个峰值点区间分别位于(50~100) kW(CPUE=16.0 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>)和(350~400) kW (CPUE=16.8 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>), 最优功率段为(350~400] kW。同一功率段水平比较三者的 CPUE 均

值大小关系为 CPUE<sub>双拖</sub>>CPUE<sub>单拖</sub>>CPUE<sub>虾拖</sub>。

刺网和钓渔船的 CPUE 随着功率段的增加, 整体均呈现先减小后增大再减小的变化趋势(图 4), 刺网渔船的 2 个峰值功率段为(0~50) kW (CPUE=6.9 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>)和(300~350) kW(CPUE=5.2 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>), 最优功率段为(0~50) kW; 钓渔船对应的 2 个峰值功率段为(0~50) kW(CPUE=2.9 kg/(kW·d))和(200~250) kW (CPUE=2.5 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>), 最优功率段为(0~50) kW。同一功率段水平比较二者的 CPUE 均值大小关系为 CPUE<sub>刺网</sub>>CPUE<sub>钓具</sub>。

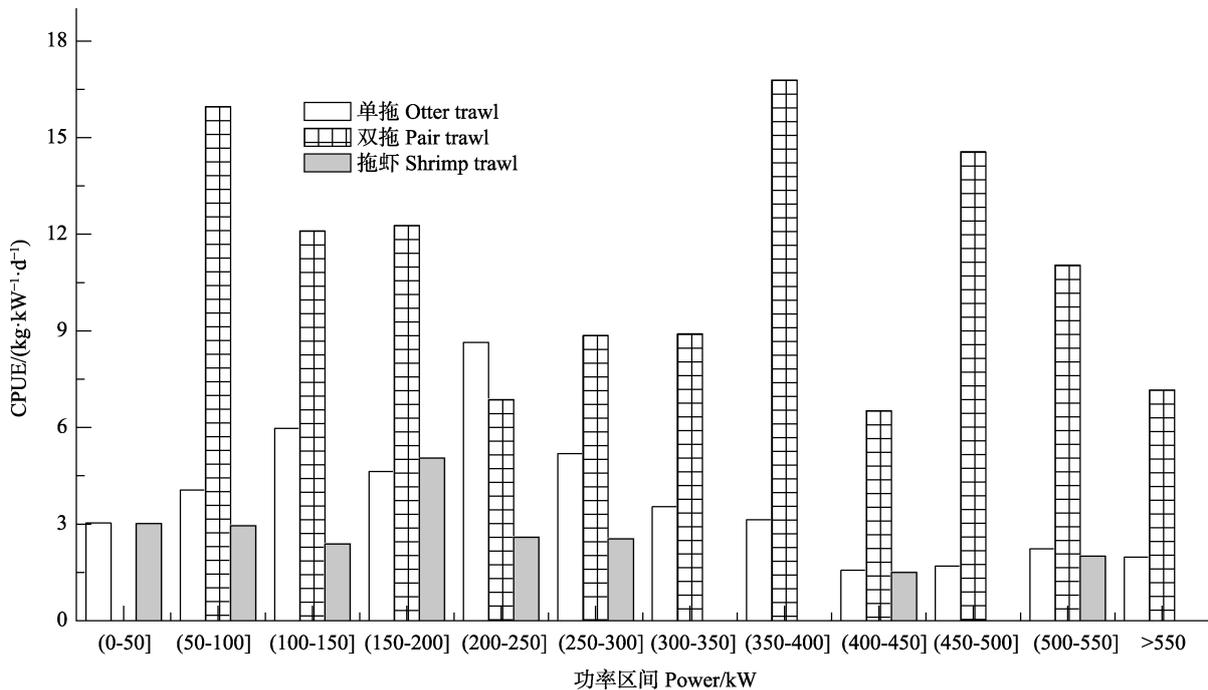


图 3 拖网类渔船 CPUE 随功率的变化  
Fig.3 Variation of CPUE versus trawl's power

围网渔船 CPUE 均值随功率段的增加呈现出先减小后增大再减小的变化趋势(图 4), 对应的 2 个峰值分别位于(0~50) kW(CPUE=24.6 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>)和(200~250) kW(CPUE=47.7 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>)功率段, 最优功率段为(200~250) kW; 罩网渔船 CPUE 随渔船功率的变化具有 3 个峰值点, 对应的功率段分别于(0~50) kW (CPUE=7.0 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>), (100~150) kW (CPUE=6.2 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>)和(200~250)kW (CPUE=4.7 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>), 最优功率段为(0~50) kW。同一功率段水平比较二者的 CPUE 均值大小关系为 CPUE<sub>围网</sub>>CPUE<sub>罩网</sub>。

### 2.3 不同捕捞方式 CPUE 随季节的变化

单拖渔船 CPUE 季节变化趋势, 夏季最高(CPUE=4.42 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>), 秋季次之(CPUE=4.02 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>),

冬季最低(CPUE=2.82 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>), 即 CPUE 季节变化趋势为 CPUE<sub>夏</sub>>CPUE<sub>秋</sub>>CPUE<sub>春</sub>>CPUE<sub>冬</sub>; 双拖渔船春、夏、秋、冬 4 个季节的 CPUE 均值变化依次为 CPUE<sub>夏</sub>>CPUE<sub>秋</sub>>CPUE<sub>冬</sub>>CPUE<sub>春</sub>; 虾拖渔船 CPUE 均值变化为 CPUE<sub>冬</sub>>CPUE<sub>秋</sub>>CPUE<sub>夏</sub>>CPUE<sub>春</sub>; 罩网渔船 CPUE 均值变化为 CPUE<sub>夏</sub>>CPUE<sub>春</sub>>CPUE<sub>秋</sub>>CPUE<sub>冬</sub>; 刺网渔船 CPUE 均值变化依次为 CPUE<sub>冬</sub>>CPUE<sub>秋</sub>>CPUE<sub>春</sub>>CPUE<sub>夏</sub>; 钓渔船 CPUE 均值变化依次为 CPUE<sub>夏</sub>>CPUE<sub>春</sub>>CPUE<sub>秋</sub>>CPUE<sub>冬</sub>; 笼壶渔船 CPUE 均值变化依次为 CPUE<sub>夏</sub>>CPUE<sub>冬</sub>>CPUE<sub>春</sub>>CPUE<sub>秋</sub>; 张网渔船 CPUE 均值变化依次为 CPUE<sub>秋</sub>>CPUE<sub>夏</sub>>CPUE<sub>春</sub>>CPUE<sub>冬</sub>; 围网渔船 CPUE 均值变化依次为 CPUE<sub>春</sub>>CPUE<sub>冬</sub>>CPUE<sub>秋</sub>>CPUE<sub>夏</sub>。

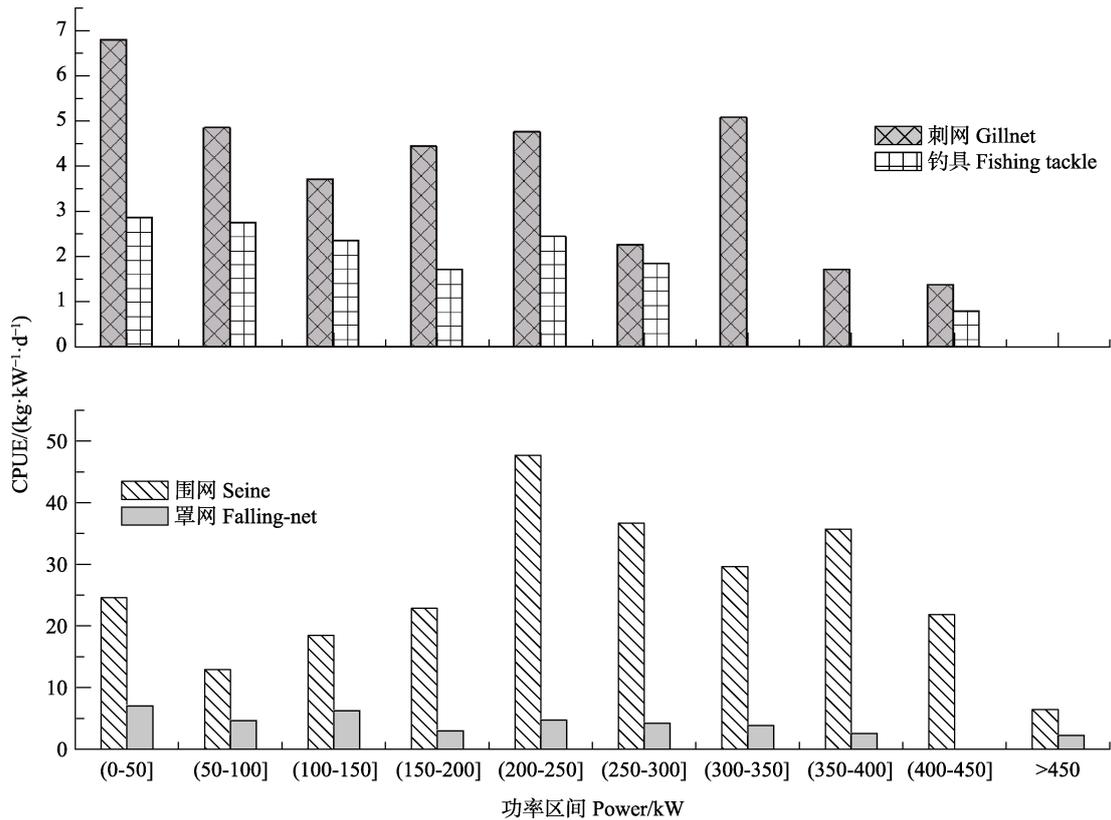


图4 刺网、钓具、罩网和围网 CPUE 随功率的变化趋势  
Fig.4 Variation of CPUE of gillnet, fishing tackle, seine and falling-net versus power change

### 3 讨论

#### 3.1 不同捕捞方式 CPUE 随渔船功率的变化

不同捕捞方式 CPUE 均值随功率段的变化趋势不同,对应的最优功率段也不一样。其中,CPUE 随着渔船功率段的变化只有 1 个峰值的捕捞方式为单拖和虾拖,二者都是凭借渔船主机的能动性来拖动网具快速移动而迫使捕捞对象进入网囊的捕捞类型。随着主机功率增大,拖动网口的周长越长或网具数量越多、拖速越快,捕捞能力也会越强,但因受到捕捞海域资源量或是资源分布不均匀的限制,主机功率的过度增大反而导致其 CPUE 不增反减(周应祺等,2000);双拖、围网、钓具和刺网等 CPUE 随着渔船功率段变化均具有 2 个峰值。第 1 个峰值对应功率段均为各自最小的功率段,分析此现象的原因,小功率渔船可以近海海域进行短时间作业,渔船油耗低,同时受到资源量的限制作用较小,导致其 CPUE 较高。第 2 个峰值同样位于渔船功率增大到一定程度时,其对资源的捕捞能力与所捕捞海域资源量限制水平所达到了最大平衡;罩网渔船 CPUE 随着渔船功率变化具有 3 个峰值,最小峰值处同样对应渔船的最小功率段,捕捞特征多为家庭式作业方式。对于罩网渔船 CPUE 的第

2 峰值和第 3 峰值所处功率段的原因,本研究暂无法给出明确解释,猜测原因是分别受到近海和远海不同资源量水平限制的结果,对于 250 kW 以上的罩网渔船,其船体大小已具有足够存储空间,并具备长时间作业和渔获物冷冻冷藏能力。

在本研究中,不同捕捞方式 CPUE 对应的最优功率段不一样,最优功率段对应的渔船功率水平也不相同,这主要是由不同捕捞方式各自的捕捞特征以及捕捞对象的资源量水平所共同决定的。

#### 3.2 不同捕捞方式 CPUE 随季节的变化

不同捕捞方式的 CPUE 在 4 个季节的变化趋势不同(图 5),具体表现:围网的 CPUE 在春季最高,单拖、双拖、罩网、钓具和笼壶在夏季最高,张网在秋季最高,刺网和虾拖在冬季最高。分析其原因,一方面是与不同捕捞类型渔船的作业方式有关,另一方面也与作业渔场的环境变化有关。

王增焕等(2005)曾利用初级生产力估算南海北部渔业资源量的季节差异,提出南海北部渔业资源量有明显的季节差异,以夏季资源量最高,冬季次之,春季最低;张俊等(2015)利用声学对南沙南部陆架海域渔业资源评估,提出夏季的数量密度和资源量密度

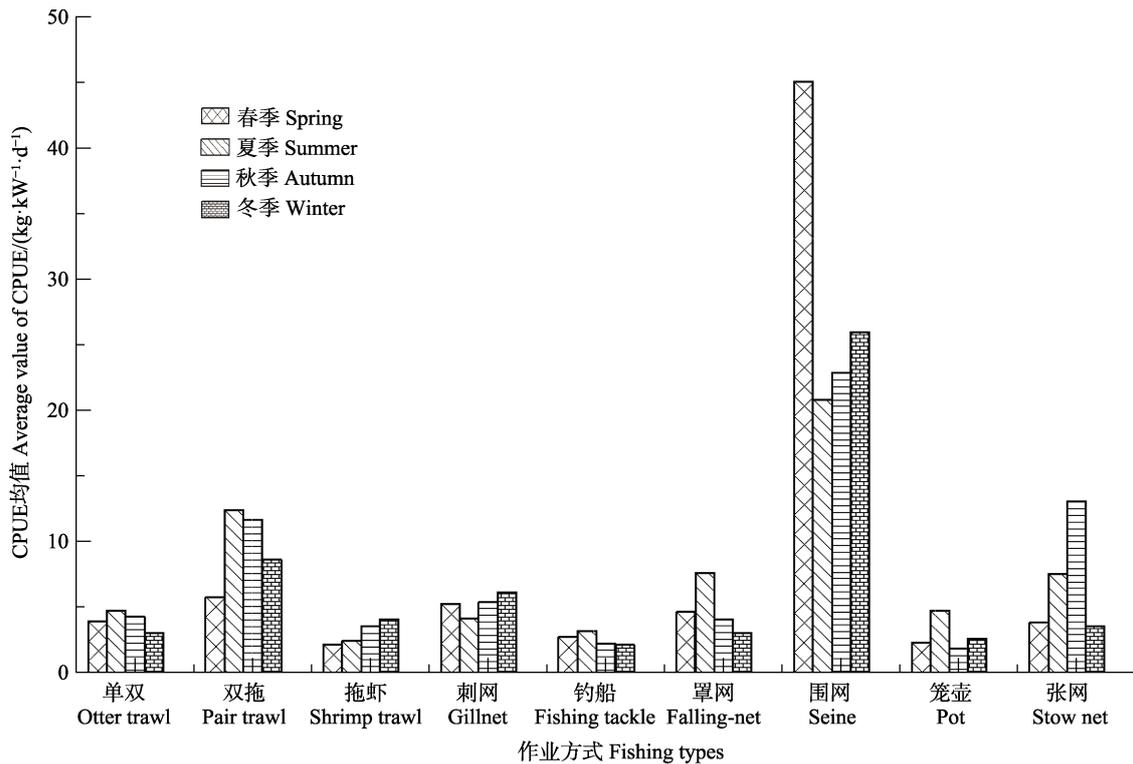


图 5 不同捕捞方式之间的 CPUE 季节变化

Fig.5 CPUE quarterly changes with different fishing types

在 4 个季节中均最高,可以用来解释本研究中大部分捕捞类型(包括单拖、罩网、钓具和笼壶等)夏季 CPUE 值最高的原因。资料显示,汕头—台浅围网渔场(粤东渔场与台湾浅滩渔场部分交集海域)汛期为 1~5 月(杨乾亚等, 1994);珠江口围网渔场汛期主要为春汛(12 月至翌年 4 月),旺汛期为 2~3 月;粤西及海南岛东北部渔场海域围网作业的渔汛期为 12 月至翌年 4 月;北部湾北部渔场围网作业的渔汛期为 10 月至翌年 4 月。这些资料为本研究中围网 CPUE 春季最高的原因给予了充分解释。对张网在南海海域作业的渔获量的季节变化研究较少,陈鸿兰(2015)在 2013~2014 年对琼州海峡海域张网渔获组成进行研究,提出张网渔获种类 Margalef 丰富度指数( $D'$ )和 Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ )均在秋季达到最大值,春季最小,间接表明南海张网作业在秋季渔获量较高,其 CPUE 值相对较高。刺网 CPUE 在冬季最高,可能是受到冬季洄游影响,使得刺网在洄游水域的通道上可以拦截更多的渔获物。

### 3.3 不同捕捞方式 CPUE 大小比较

CPUE 单位标准化的表达形式,表述的意思是单位每千瓦天的产量。从经济学角度来讲,CPUE 表述的是产量产出与资本投入和劳力投入之间的比值关

系,在相同投入条件下,可以通过不同捕捞方式之间 CPUE 的大小比较来反映它们捕捞能力的大小。对 2016 年不同捕捞方式 CPUE 均值比较发现,围网船渔船的 CPUE 最高,其次为双拖渔船和刺网渔船,笼壶和钓具的 CPUE 最小。分析其原因,主要由不同捕捞方式具有不同的作业原理、作业特征和捕捞对象所致。

邹建伟等(2016a)在 2015 年北部湾北部沿岸夏季休渔效果评价中,对桁杆拖网、灯光罩网、刺网、钓具、笼壶等作业方式的捕捞努力量( $\text{kW}\cdot\text{d}$ )和捕捞产量( $\text{kg}$ )等进行统计,基于此数据计算 CPUE 的值依次为 2.88、2.65、3.55、0.82、4.58  $\text{kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ;本研究对 2016 年南海夏季渔获率统计,桁杆虾拖、罩网、刺网、钓具、笼壶 CPUE 均值依次为 2.30、7.08、3.84、3.02、4.42  $\text{kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ,与北部湾的 CPUE 均值比较,除了桁杆虾拖和笼壶作业方式的 CPUE 均值相近,南海海域其他捕捞方式的渔获率普遍比北部湾海域要高。分析其原因,主要是由于北部湾近岸经常受高强度捕捞(付奕奕, 2012),导致北部湾近岸渔业资源量比南海整个海域的平均资源量低。黄俊秀等(2016)对广西拖网渔船的渔获率时空变动统计,显示渔获率最高的渔区是南海北部渔区,达 5.02  $\text{kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ,其次是湾口外渔区(4.88  $\text{kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ )、南海外海渔区(4.46  $\text{kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ )、北部湾渔区(2.75  $\text{kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ),并

指出拖网渔获率是评价渔业资源状况的一个重要指标,间接表明北部湾渔区渔业资源量要低于南海海域资源量的平均水平。

### 3.4 不同捕捞方式捕捞结构调整建议

“十三五”期间,进一步加强国内海洋渔船数和渔船功率控制(简称“双控”)。近年来,南海捕捞生产重心也逐步从追求产量转变为海洋渔业资源的可持续开发(黄俊秀等,2016),针对渔船数量和渔船功率调整方面,需要了解渔船的结构组成与捕捞能力情况。根据在调查中发现的问题,结合本研究中不同捕捞方式 CPUE 峰值随渔船功率变化的结果,提出以下建议:

在调查中发现,其渔船数量占整个南海海域渔船组成的比例最大,占 9 种捕捞方式调查总航次的 37.8%(表 2),尤其是小型流刺网,数量庞大,且主要集中在北部大陆架区域资源已普遍衰退的地带(郑彤等,2016),结合本研究刺网渔船第 2 峰值功率段(图 4),建议重点压减南海三省区小型刺网渔船的数量,适当保留或改造成 200~350 kW 的刺网渔船;减少破坏海底生态环境的拖网类作业类型,限制最优功率段 200 kW 以下的单拖渔船的规模,严厉打击南海的电拖网作业,并逐步淘汰那些老旧、木质、高耗能、污染大的单拖和双拖渔船;针对南海海域的灯光罩网渔船,多数小型灯光罩网渔船为其他小型渔船改造而来(张鹏等,2013),政府应出台相应政策禁止其随意改造,并减少近海大功率罩网渔船的作业,鼓励向南沙海域或其他深远海海域对尚未开发的鸢乌贼(*Symplectoteuthis oualaniensis*)资源进行探捕;鉴于灯光围网渔船 CPUE 均值最高、选择性好的特点,应考虑对其限制规模适当发展(郑彤等,2016),但同时也建议对第 3 峰值 400 kW 以上渔船的数量进行限制,避免其强光对渔业资源尤其对幼鱼带来永久性伤害;钓具 CPUE 虽然较低(全年 CPUE 均值仅为  $2.35 \text{ kg} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ),但其不受海底地形限制,可以适当引导和发展其第 2 峰值 200~250 kW 或以上的大型钓渔船,向深远海和岩礁深水域捕捞高价值鱼种。

## 参 考 文 献

- Chen HL. Catch composition and effects on fishery resources of stow net in Qiongzhou Strait. Master's Thesis of Guangdong Ocean University, 2015, 11–12 [陈鸿兰. 琼州海峡海域张网渔获组成及其对渔业资源的影响. 广东海洋大学硕士研究生学位论文, 2015, 11–12]
- Fu YY. Studies on food web structure and energy flows of offshore ecosystem, Guangxi. Master's Thesis of Xiamen University, 2012, 5–6 [付奕奕. 广西近海生态系统食物网结构及能量流动研究. 厦门大学硕士研究生学位论文, 2012, 5–6]
- Gan XP, Lu HS, Feng B, *et al.* Application of stratified sampling in fishery production statistics. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2008, 36(20): 8401–8402 [甘喜萍, 卢伙胜, 冯波, 等. 分层抽样法应用于渔业生产统计的研究. *安徽农业科学*, 2008, 36(20): 8401–8402]
- Huang JX, Zou JW, Wang QZ, *et al.* Study on structure of catches of marine fishing of Guangxi in 2016. *Chinese Fisheries Economics*, 2017, 35(6): 18–22 [黄俊秀, 邹建伟, 王强哲, 等. 2016 年广西海洋捕捞产量结构研究. *中国渔业经济*, 2017, 35(6): 18–22]
- Li Y, Zhang J, Zhang R, *et al.* Fish diversity in southwestern seas of Nansha Islands and the mouth of Beibu Bay. *Biodiversity Science*, 2016, 24(2): 166–174 [李渊, 张静, 张然, 等. 南沙群岛西南部和北部湾口海域鱼类物种多样性. *生物多样性*, 2016, 24(2): 166–174]
- Mo YM, Gong C, Feng B, *et al.* Estimation of trawler catch in Beibu Gulf by stratified sampling. *Modern Fisheries Information*, 2014, 29(3): 211–214 [莫苑敏, 龚超, 冯波, 等. 应用分层抽样技术估计北部湾底拖网渔业产量. *渔业信息与战略*, 2014, 29(3): 211–214]
- Stamatopoulos C. Sample-based fishery surveys. A technical handbook. FAO Fishery Technical Paper, Rome: FAO, 2002(425): 1–132
- Ulman A, Pauly D. Making history count: The shifting baselines of Turkish fisheries. *Fisheries Research*, 2016, 183: 74–79
- Wang XF, Feng B, Lu HS. Catch composition and species diversity of the bottom trawl fishery in the northern South China Sea in 2008. *Fishery Modernization*, 2010, 37(1): 47–59 [王学锋, 冯波, 卢伙胜. 2008 年南海北部拖网渔获组成及其多样性分析. *渔业现代化*, 2010, 37(1): 47–59]
- Wang XH, Lin ZJ, Du FY, *et al.* Fish species composition and community pattern in the continental shelf of northwestern South China Sea. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(7): 2225–2235 [王雪辉, 林昭进, 杜飞雁, 等. 南海西北部陆架区鱼类的种类组成与群落格局. *生态学报*, 2013, 33(7): 2225–2235]
- Wang ZH, Li CH, Jia XP. The fishery production from the north part of the South China Sea using the primary production method. *Marine Fisheries Research*, 2005, 26(3): 9–15 [王增焕, 李纯厚, 贾晓平. 应用初级生产力估算南海北部的渔业资源量. *海洋水产研究*, 2005, 26(3): 9–15]
- Yang QY, Ling XW. Analysis of spring fishing season of the light seine in Shantou - Taiwan bank fishing ground, 1993. *Jiangxi Fishery Sciences and Technology*, 1994(1): 4–6

- [杨乾亚, 林贤武. 汕头——台浅渔场 1993 年春汛灯光围网渔汛分析. 江西水产科技, 1994(1): 4–6]
- Yuan XW, Yan LP, Liu ZL, *et al.* A performance comparison of stock density estimation of *Larimichthys polyactis* in the East China Sea using different models based on bottom trawl survey. *South China Fisheries Science*, 2014, 10(6): 20–26 [袁兴伟, 严利平, 刘尊雷, 等. 基于底拖网调查的东海区小黄鱼资源密度不同估算方法差异比较. 南方水产科学, 2014, 10(6): 20–26]
- Zhang J, Chen GB, Chen ZZ, *et al.* Acoustic estimation of fishery resources in southern continental shelf of Nansha area. *South China Fisheries Science*, 2015, 11(5): 1–10 [张俊, 陈国宝, 陈作志, 等. 南沙南部陆架海域渔业资源声学评估. 南方水产科学, 2015, 11(5): 1–10]
- Zhang L, Li Y, Lin LS, *et al.* Fishery resources acoustic assessment of major economic species in south-central of the South China Sea. *Marine Fisheries*, 2016, 38(6): 577–587 [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. 海洋渔业, 2016, 38(6): 577–587]
- Zhang P, Zeng XG, Yang L, *et al.* Analyses on fishing ground and catch composition of large-scale light falling-net fisheries in South China Sea. *South China Fisheries Science*, 2013, 9(3): 74–79 [张鹏, 曾晓光, 杨齐, 等. 南海区大型灯光罩网渔场渔期和渔获组成分析. 南方水产科学, 2013, 9(3): 74–79]
- Zhang SM, Yang SL, Dai Y, *et al.* Algorithm of fishing effort extraction in trawling based on Beidou vessel monitoring system data. *Journal of Fisheries of China*, 2014, 38(8): 1190–1199 [张胜茂, 杨胜龙, 戴阳, 等. 北斗船位数据提取拖网捕捞努力量算法研究. 水产学报, 2014, 38(8): 1190–1199]
- Zheng T, Tang Y. Analysis of current status of Chinese marine fishing fleet of South China Sea area. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2016, 25(4): 620–627 [郑彤, 唐议. 我国南海区海洋捕捞渔船现状分析. 上海海洋大学学报, 2016, 25(4): 620–627]
- Zhou YQ, Chen XJ, Zhang XG. Study on the measurement of fishing capacity in Chinese fisheries. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2000, 9(2): 119–124 [周应祺, 陈新军, 张相国. 有关捕捞能力量化统计方法的探讨. 上海海洋大学学报, 2000, 9(2): 119–124]
- Zhu GP, Wang R. Catch per unit effort of Antarctic krill (*Euphausia superba*) fishery and its suitability to abundance estimation. *Journal of Fisheries of China*, 2016, 40(7): 1072–1079 [朱国平, 王芮. 南极磷虾渔业 CPUE 及其丰度估算适用性. 水产学报, 2016, 40(7): 1072–1079]
- Zou JW, Huang JX, Wang QZ. Assessment on achievements of summer fishing moratorium in coastal fishing grounds in northern Beibu Gulf, 2015. *Fishery Information and Strategy*, 2016a, 31(2): 132–138 [邹建伟, 黄俊秀, 王强哲. 北部湾北部沿岸渔场 2015 年伏季休渔效果评价. 渔业信息与战略, 2016a, 31(2): 132–138]
- Zou JW, Wang QZ, Huang JX, *et al.* Assessment on achievements of summer fishing moratorium in the continental shelf of northern south China Sea, 2016. *Fisheries Science and Technology Information*, 2016b, 43(6): 318–323 [邹建伟, 王强哲, 黄俊秀, 等. 南海北部大陆架渔场 2016 年伏季休渔效果评价. 水产科技情报, 2016b, 43(6): 318–323]

(编辑 冯小花)

## Comparative Analysis of CPUE of Different Fishing Types in the South China Sea Based on the Fishing Port Sampling Survey

TAO Yajin<sup>1</sup>, YI Murong<sup>1</sup>, LI Bo<sup>1</sup>, FENG Bo<sup>1,2,3,4</sup>, LU Huosheng<sup>1,2,3</sup>, YAN Yunrong<sup>1,2,3,4</sup>①

(1. College of Fisheries, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088; 2. Center of South China Sea Fisheries Resources Monitoring and Assessment, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088; 3. Guangdong Provincial Engineering and Technology Research Center of Far Sea Fisheries Management and Fishing of South China Sea, Zhanjiang 524088; 4. Shenzhen Institute of Guangdong Ocean University, Marine Fisheries Information Technique of South China Sea, Shenzhen 518000)

**Abstract** Catch Per Unit Effort (CPUE) was commonly used to assess fishery resource abundance. The assessment results can be narrow when using a single special fishing type to assess the whole sea resource density due to complexity and specificity of species. In this study, kg/(kW·d) was used as the standardized unit of CPUE to analyze and compare the catch rates of different fishing types in the South China Sea. Data were collected by the investigations of fishing vessels in 14 major fishing ports of the 3 provinces and autonomous regions of Guangdong, Guangxi and Hainan in 2016. Total of 5256 voyages, 892,109 kW of the fishing vessels were sampled and investigated. The results showed that nine fishing types' catching rate (CPUE) were ranked as seine > pair trawl > gillnet > falling-net > stow net > otter trawl > shrimp trawl > pot > fishing tackle. The changing trend of different fishing types' CPUE were different with the power level of main engine. And the number of CPUE peaks and their corresponding optimal range (the highest rate of capture of the power range) were not the same, specific performances: Variation of CPUE of otter trawl and shrimp trawl showed one peak with the trend of rising first and declining later, corresponding optimal ranges of (200~250) kW (CPUE=8.6 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>) and (150~200) kW (CPUE=5.0 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>) for otter trawl and shrimp trawl respectively. Two peaks of variation were showed on CPUE of seine, pair trawl trawler, fishing tackle and gillnet, with the trend of first to decline then rise and last decline, corresponding optimal range: (200~250) kW (CPUE=47.7 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>) for seine, (350~400) kW (CPUE=16.8 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>) for pair trawl, (50~100) (CPUE=2.9 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>) for fishing tackle, (0~50) kW (CPUE=6.9 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>) for gillnet. Three peaks of variation were shown on CPUE of falling-net, corresponding optimal range was (0~50) kW (CPUE=7.0 kg·kW<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>). Seasonal variation of CPUE of different fishing types performed as the mean CPUE of seine was the highest in spring, CPUE of otter trawl, pair trawl, falling-net, fishing tackle and pot were highest in summer, CPUE of stow net were highest in autumn, CPUE of gillnet and shrimp trawl were highest in the winter.

**Key words** Fishing port sampling survey; Fishing types; CPUE; Optimal range

① Corresponding author: YAN Yunrong, E-mail: yanyr@gdou.edu.cn