

# 2012/2013 渔季 CCAMLR 48 区南极磷虾 (*Euphausia superba*)资源时空分布\*

李显森<sup>1</sup> 张吉昌<sup>1</sup> 赵宪勇<sup>1</sup> 左涛<sup>1</sup> 朱建成<sup>1</sup> 王新良<sup>1</sup> 徐国栋<sup>2</sup>  
孟涛<sup>3</sup> 徐玉成<sup>4</sup> 张鹏<sup>1</sup> 应一平<sup>1</sup> 孙珊<sup>1</sup>

(1. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 山东省渔业资源与生态环境重点实验室  
中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071; 2. 中国水产科学研究院东海水产研究所 上海 200090;  
3. 上海海洋大学海洋科学学院 上海 201306; 4. 辽宁远洋渔业有限公司 大连 116113)

**摘要** 根据2013年1-9月辽宁远洋渔业有限公司“福荣海”轮南极磷虾拖网调查数据,以3n mile/h拖曳获得的产量作为CPUE指标,对南极磷虾资源时空分布进行了分析。结果显示,1-6月的月均CPUE值相对稳定,7-9月逐月下降。各渔区中平均CPUE值以48.1区最高,为(25.12±31.04)t/h;48.3区最低,为(11.49±12.06)t/h;CPUE值的波动幅度48.1区大于48.2和48.3区。48.1区的南极磷虾群主要分布于0-100m水层,CPUE值以25-50m水层为最高;48.2区虾群主要分布于50-150m水层,CPUE值以100-150m水层最高;48.3区虾群主要分布于100-250m水层,CPUE值以200-250m水层最高。海底深度<500m的近岸海域是磷虾主要集群分布区和商业捕捞渔场,以水深<250m的浅水区渔场虾群密度最大,平均CPUE值为(17.54±35.26)t/h,水深250-1500m的深水区渔场平均CPUE值变化较小,在12.0-14.0t/h之间波动,但水深>1500m时,平均CPUE值降到(9.62±9.54)t/h。作业渔场的表温SST主要集中在-1-2℃,当SST为-1-0℃时,平均CPUE值最高。探捕调查发现了5个主要的磷虾集群,集群时间可达30d以上,但集群密度随时间发生变化。调查结果可为研究南极磷虾渔场形成机制和渔业管理提供基础数据,并为商业捕捞提供参考。

**关键词** 南极磷虾;拖网调查;CPUE指数;时空分布

**中图分类号** S931.41 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)04-0001-09

南极磷虾(*Euphausia superba*)是目前查明可供人类直接利用的、储量最为丰富的海洋生物资源(孙松, 2002; 黄洪亮等, 2004)。作为南大洋生态系统的关键物种之一,南极磷虾是浮游植物的主要摄食者,同时也是高营养级动物(鲸类、海豹、鱼类、企鹅及其他海鸟)的主要饵料来源(Everson, 2000; Nicol *et al.*, 2008; 孙松等, 2009)。南极磷虾巨大的渔业资源开发潜力以及在南极生态系统中的重要地位被各国所重视(黄洪亮等, 2007; 陈雪忠等, 2009; 李显森等, 2010;

Nicol *et al.*, 2003)。我国于2009/2010年度正式开始南极磷虾资源商业性探捕,至今已有8艘渔船先后获得南极海洋生物资源养护委员会(CCAMLR)捕捞许可。

南极磷虾主要分布于南大西洋海域,而南印度洋区磷虾丰度较低(Miller, 1986; Krafft *et al.*, 2010)。南极半岛,尤其是南奥克尼群岛和南设得兰群岛水域为南极磷虾最大密度分布区和渔业的主要作业区(黄洪亮等, 2007; 朱国平等, 2011; Atkinson *et al.*, 2001; Reiss *et al.*, 2008)。近几年,随着新型高效捕捞技术的

\* 公益性行业(农业)科研专项(201203018)和农业部“南极海洋生物资源开发利用”项目共同资助。李显森, E-mail: lixs@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2014-07-29, 收修改稿日期: 2014-12-03

应用,使南极磷虾的作业时间、作业渔场和捕捞产量发生了较大的变化(苏学锋等,2012;朱国平等,2013)。受综合环境因素和新的渔业管理措施影响,CCAMLR 48.1、48.2和48.3区渔获产量年间波动变大,渔场选择难度增大。我国渔船在2009–2012年入渔期间,由于受捕捞装备的限制,作业时间为1–5月,作业渔场为CCAMLR 48.1和48.2区的南极半岛和南奥克尼群岛周围水域,利用同期进行的探捕调查资料开展的南极磷虾集群分布研究(朱国平等,2010a、2011、2012、2013;左涛等,2012;张吉昌等,2012)具有一定的时空局限性。2013年辽宁远洋渔业有限公司利用从日本引进的南极磷虾专业捕捞船,首次实现了1–9月的全渔季探捕生产,作业区覆盖了CCAMLR 48.1、48.2和48.3区的主要渔场,捕捞产量和效益发生了本质性的提升。本研究利用2013年辽宁远洋渔业有限公司“福荣海”轮探捕调查的渔捞数据和渔业科学观察员随船收集的相关资料,对南极磷虾资源时空分布进行分析,旨在研究南大西洋海域南极磷虾渔场形成机制和南极磷虾资源管理提供基础数据,也为我国的相关企业进行渔场调度和制定产业发展规划提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查海域与时间

本次调查为生产性探捕调查。生产范围为大西洋

南极海域 CCAMLR 48.1 区的南设得兰群岛、48.2 区的南奥克尼群岛和 48.3 区的南乔治亚岛周边水域(图 1),由调查船根据南极磷虾资源分布状况选择作业渔场。调查时间为 2013 年 1 月 8 日–9 月 3 日。

### 1.2 调查船和网具

调查船为辽宁远洋渔业有限公司南极磷虾专业捕捞船“福荣海”轮,主要参数为:总吨 5306 t,全长 103.6 m,型宽 17.8 m,型深 11.0 m,主机功率 4189.5 kW,冷冻仓容 1200 t,冷藏仓容 250 t,巡航速度 13.0 kn,定员 100 人。调查网具为四片式单船中层拖网,主要参数分别为:上纲 41.8 m,下纲 41.8 m,网囊网目尺寸 18 mm,网口周长 185.4 m。拖曳时的网口最大伸张高度约 30 m,网口面积约 645 m<sup>2</sup>。

### 1.3 调查方法和内容

调查船根据鱼探仪显示的南极磷虾集群映像和分布水层,对磷虾群实行瞄准捕捞。作业时,拖速为 2.5–3.5 kn,拖曳时间为 0.5–2.5 h,视海流和虾群密度而定。按照 CCAMLR 要求,记录起放网的时间和位置、开始和结束捕捞的时间和位置、拖曳深度、拖速、起放网时的表层水温(SST)和海底深度等参数。采用鱼槽体积法测定网产量,每月或转换渔场时测定一次单位体积的南极磷虾重量。

### 1.4 数据处理

根据每次作业的实际拖曳速度和拖曳时间,对网

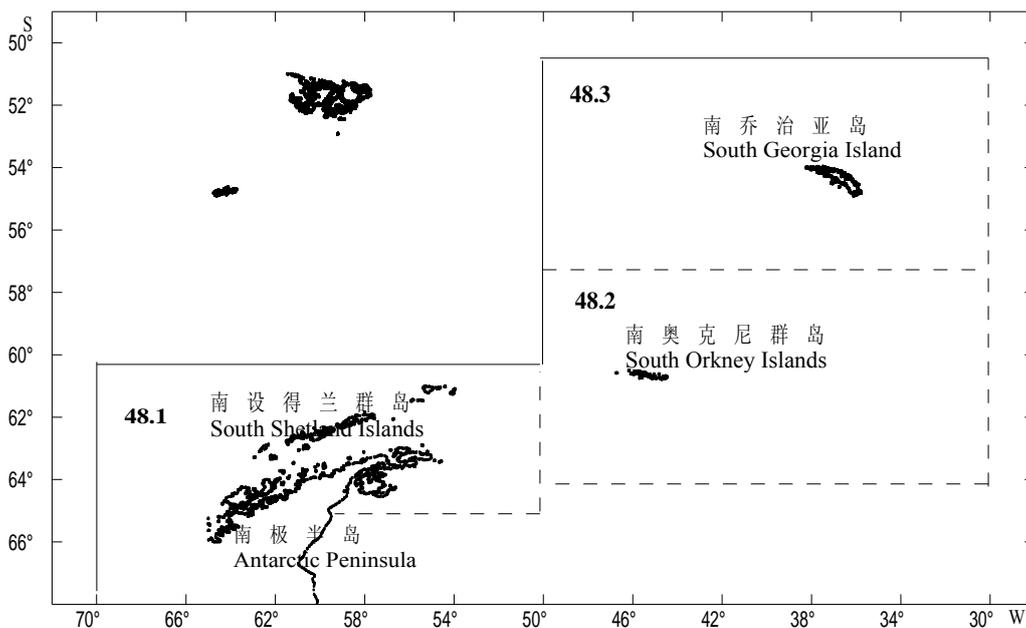


图1 调查海域  
Fig.1 Survey area

产量进行标准化处理, 换算成 3.0 kn 拖速的单位时间产量(t/h), 以此作为相对密度指标(CPUE), 分析南极磷虾资源时空分布。

$$CPUE = \frac{C}{T \times V} \times 3$$

式中,  $C$  为网产量(t);  $T$  为拖曳时间(h),  $V$  为拖曳速度(kn)。

**1.4.1 表温(SST)** 由于不同作业时间和渔场的 SST 不同, 为分析 SST 对 CPUE 的影响, 将船载 MS-2 型海水温度计现场测定的 SST 划分为 5 个区间, 分别为  $<-1.0^{\circ}\text{C}$ 、 $-1.0-0^{\circ}\text{C}$ 、 $0-1.0^{\circ}\text{C}$ 、 $1.0-2.0^{\circ}\text{C}$  和  $>2^{\circ}\text{C}$ 。

**1.4.2 水深** 由于作业渔场的水深变化较大, 将海底深度划分为  $<250\text{ m}$ 、 $250-500\text{ m}$ 、 $500-1000\text{ m}$ 、 $1000-1500\text{ m}$  和  $>1500\text{ m}$  共 5 个深度范围, 分析水深与 CPUE 之间的关系。

**1.4.3 拖曳深度** 南极磷虾分布和集群水层会因季节和海区而有所不同, 为分析网具取样的拖曳深度

与 CPUE 之间的关系, 将拖曳深度划分成 7 个等级, 分别为  $<25\text{ m}$ 、 $25-50\text{ m}$ 、 $50-100\text{ m}$ 、 $100-150\text{ m}$ 、 $150-200\text{ m}$ 、 $200-250\text{ m}$  和  $>250\text{ m}$ 。

**1.4.4 显著性差异检验** 利用单因子方差分析(ANOVA)检验不同月、不同渔区、不同渔场水深、不同拖曳深度和表层水温的 CPUE 分布是否存在显著性差异( $P = 0.05$ )。

## 2 结果

### 2.1 渔获量

“福荣海”轮在大西洋南极海域探捕作业 203 d, 拖网 1968 次, 总渔获量 25918.88 t。1-7 月平均网产量大于 12.0 t/网, 平均日产量大于 118.0 t/d。从表 1 可以看出, 1-6 月的产量较为稳定, 7 月开始下降, 9 月产量低, 渔季结束。渔获量以 48.1 区为主, 占总渔获量的 74.5%, 48.2 区占 20.7%, 48.3 区仅占 4.8%。

表 1 渔获量的月间变化

Tab.1 Monthly change of yields in the Antarctic krill survey

月份 Months	作业时间 Fishing time (d)	拖网次数 Trawling number (net)	平均网产量 Average yield per net (t/net)	平均日产量 Average yield per day (t/d)	月产量 Monthly yield (t)
1 月 Jan.	24	199	15.48±7.41	128.38±58.02	3081.23
2 月 Feb.	19	172	15.28±8.06	138.33±52.22	2628.42
3 月 Mar.	29	337	14.57±6.43	169.39±63.16	4912.35
4 月 Apr.	16	162	13.46±6.45	136.32±58.65	2181.17
5 月 May	29	286	14.57±6.84	143.75±79.81	4168.97
6 月 Jun.	26	262	13.62±7.40	137.34±98.01	3570.90
7 月 Jul.	26	255	12.10±10.35	118.75±79.68	3087.67
8 月 Aug.	31	272	8.07±7.88	70.87±56.51	2197.22
9 月 Sep.	3	23	3.95±3.34	30.31±27.19	90.95

### 2.2 CPUE

1-6 月的平均月 CPUE 值虽有波动, 但总体相对稳定, 7-9 月则逐月下降(图 2)。CPUE 的月平均值以 6 月最高, 达到(24.75±55.15) t/h; 9 月最低, 为(4.44±3.70) t/h。CPUE 值的波动以 6 月最为明显, 这与作业渔场的转移有关, “富荣海”轮 6 月上半月在 48.1 区作业, 下半月在 48.2 区作业。ANOVA 检验表明, 不同月份的网次 CPUE 分布存在显著性差异( $F = 116.55$ ,  $df = 1968$ ,  $P < 0.001$ )。

不同渔区的平均 CPUE 值变化较大, 以 48.1 区最高, 为(25.12±31.04) t/h; 48.3 区最低, 为(11.49±12.06) t/h; 48.1 区平均 CPUE 值的波动幅度大于 48.2 和 48.3 区(图 3)。ANOVA 检验表明, 不同渔区的网次 CPUE 分布存在显著性差异( $F = 58.26$ ,  $df = 1968$ ,  $P < 0.001$ )。

### 2.3 磷虾集群水层

南极磷虾在不同渔场的集群水层差异较大, 虾群

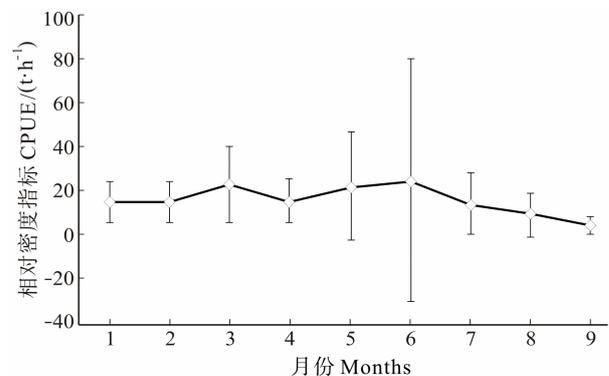


图 2 平均 CPUE 值的月间变化  
Fig.2 Monthly change of average CPUE

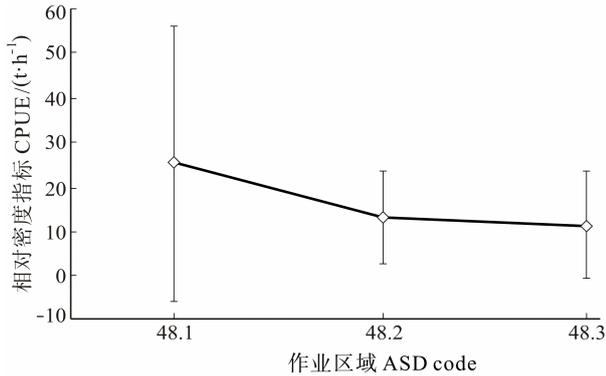


图 3 平均 CPUE 值的渔场变化  
Fig.3 Regional change of average CPUE

探查和捕捞作业结果显示(表 2), 48.1 区虾群主要分布于水深 < 100 m 水层, 当水深 > 100 m 时, 虾群的数量和集群密度减少。拖网作业以 0–25 m 浅表层的次数最多, 占 59.66%; CPUE 值以 25–50 m 水层为最高, 当拖曳深度 > 100 m 时, CPUE 值则明显下降。48.2 区虾群主要分布于 50–150 m 水层, 浅表层的集群密度较低。拖网作业以 50–100 m 水层的次数最多, 占 70.40%; CPUE 值以 100–150 m 水层为最高。48.3 区虾群主要分布于 100–250 m 水层, 当水深 < 100 m 时, 磷虾集群密度很低。拖网作业以 150–200 m 水层的次数最多, 占 41.82%; CPUE 值以 200–250 m 水层的最

表 2 不同拖曳水层的平均 CPUE 值  
Tab.2 Average CPUE in different trawling layer

渔区 ASD code	< 25 m	25–50 m	50–100 m	100–150 m	150–200 m	200–250 m	> 250 m
48.1							
拖网次数 Trawling operations (net)	772	228	245	29	2	4	14
平均 CPUE Average CPUE (t/h)	19.75±15.29	43.38±51.42	27.55±38.16	13.21±8.12	10.74±11.61	10.77±5.54	11.74±4.26
48.2							
拖网次数 Trawling operations (net)	2	6	93	19	4	1	
平均 CPUE Average CPUE (t/h)	8.23±0.52	9.72±9.92	12.81±9.69	15.23±14.34	11.84±6.72	14.39	
48.3							
拖网次数 Trawling operations (net)			10	131	230	149	30
平均 CPUE Average CPUE (t/h)			2.37±1.46	8.60±11.64	11.23±11.46	15.66±13.20	7.09±6.95

高。ANOVA 检验表明, 不同拖曳水层的网次 CPUE 分布存在显著性差异( $F = 36.17$ ,  $df = 1968$ ,  $P < 0.001$ )。

#### 2.4 渔场水深与磷虾集群

南极磷虾的集群密度受渔场水深影响较大, 海底深度 < 250 m 的浅水渔场集群密度较大, 平均 CPUE 值为(17.54 ± 35.26) t/h, 250–1500 m 水深的渔场平均 CPUE 值变化较小, 在 12.0–14.0 t/h 之间波动, 但水深 > 1500 m 时, 平均 CPUE 值降到(9.62 ± 9.54) t/h(图 4)。ANOVA 检验表明, 不同渔场水深的网次 CPUE 分布存在显著性差异( $F = 20.77$ ,  $df = 1968$ ,  $P < 0.001$ )。

从拖网次数和产量的组成(图 5)可以看出, 海底深度 < 500 m 的海域是磷虾主要集群分布区, 成为商业捕捞的主要渔场; 当水深 > 1000 m 时, 磷虾集群少, 不利于商业捕捞。

#### 2.5 渔场表温(SST)与 CPUE 的关系

南极磷虾作业渔场的 SST 分布范围主要集中在 -1–2 °C 之间, 当渔场 SST 处于 -1–0 °C 时, 平均

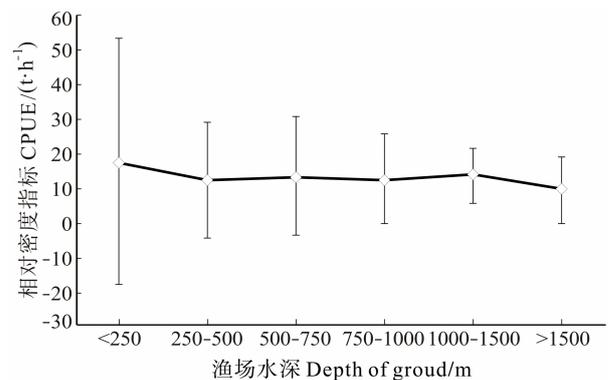


图 4 不同水深渔场的平均 CPUE 值  
Fig.4 Average CPUE in different depth ground

CPUE 值最高, 为(17.08±40.66) t/h, 而当 SST 处于 1 °C–2 °C 时, 平均 CPUE 值最低, 为(11.96 ± 40.63) t/h。SST 在 -1–0 °C 和 1–2 °C 时, CPUE 值的波动幅度较大(图 6)。ANOVA 检验表明, 不同 SST 范围的网次 CPUE 分布存在显著性差异( $F = 37.57$ ,  $df = 1968$ ,  $P < 0.001$ )。

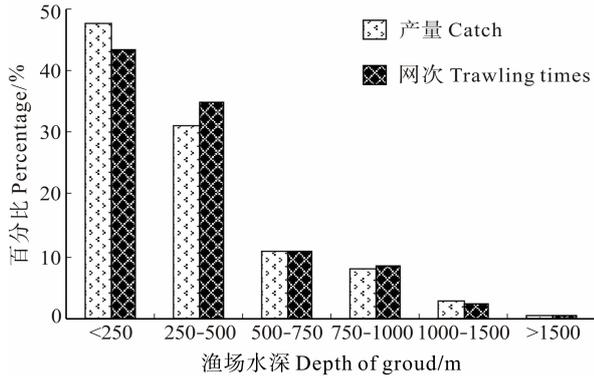


图 5 不同水深渔场的拖网次数和产量组成

Fig.5 Composition of trawling operation and yield in different depth ground

### 2.6 不同渔区的 CPUE 分布

1-3 月, 作业渔场为 48.1 区的南设得兰群岛南北两侧水域。CPUE 值以 10-30 t/h 为主, 占网次比例的 50.0%以上; 3 月的虾群密度大于 1 月和 2 月, 表现为 CPUE 值小于 10 t/h 的比例减少, 30-100 t/h 的比例增加, 资源密度以南设得兰群岛西部海域相对较高。

4-6 月上半月, 作业渔场主要在 48.1 区的南设得兰群岛南侧水域。4 月和 5 月的 CPUE 值仍以 10-30 t/h 为主, 占网次比例的 50%以上; 6 月上半月的资源密度明显增加, CPUE 值大于 50 t/h 的高产网次占 56.9%, 虾群密度区位于南设得兰群岛的中南部海域。

6 月下半月, 作业渔场在 48.2 区的南奥克兰群岛西侧水域。虾群密度比 6 月上半月的南设得兰群岛中南部海域明显下降, CPUE 值小于 10 t/h 的网次比例占 50.4%。

7-9 月, 作业渔场主要在 48.3 区的南乔治亚岛东北部水域。7 月的虾群密度比 6 月上半月南设得兰群岛中南部海域相似, CPUE 值小于 10 t/h 的网次比例

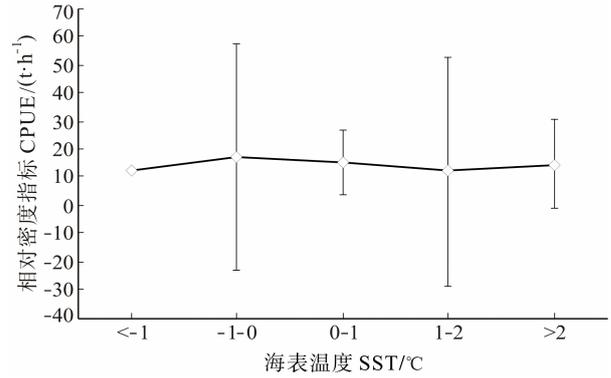


图 6 平均 CPUE 值与表温之间的关系

Fig.6 The relationship between SST and average CPUE

占 51.7%。8 月和 9 月磷虾集群密度下降, 9 月 CPUE 值小于 10 t/h 的网次比例达到 87.0%, 平均 CPUE 值仅为  $(4.44 \pm 3.70)$  t/h, 已无法满足商业捕捞的密度要求。

## 3 讨论

### 3.1 CPUE 的标准化处理

CPUE 指数作为反映渔业种群相对资源密度的指标, 在分析南极磷虾丰度和时空分布中得到广泛应用(朱国平等, 2010a; Fedoulov *et al*, 1996)。CPUE 指数可以用日产量、网产量和单位时间产量作为划分标准。南极磷虾的商业捕捞, 由于受到渔船加工能力的制约, 作业时会根据鱼探仪的虾群映像情况来控制拖曳时间以调控网产量, 并根据网产量来控制拖网次数以调控日产量。因此, 以网产量和日产量作为相对资源密度指标, 无法真实反映磷虾的集群密度和资源丰度。以同一渔船单位时间的捕捞产量作为 CPUE 指数, 具有一定的可比性, 常被用来分析南极磷虾的资源丰度(Siegel *et al*, 1998)。但影响 CPUE 的作业参数除拖曳时间外, 拖曳速度也是重要参数, 作业时的拖

表 3 网次 CPUE 百分比组成的月间变化

Tab.3 Monthly change of percentage composition of net CPUE

渔区 ASD code	月份 Month	<10 t/h	10-30 t/h	30-50 t/h	50-100 t/h	100-200 t/h	>200 t/h
48.1	1 月 Jan.	31.6	61.7	6.7			
	2 月 Feb.	37.3	56.8	5.3	0.6		
	3 月 Mar.	18.3	58.6	16.8	6.0	0.3	
	4 月 Apr.	29.5	63.0	5.6	1.9		
	5 月 May	28.6	56.5	6.4	6.7	1.4	0.4
	6 月上半月 First half of Jun.	3.7	22.6	16.8	29.9	20.4	6.6
48.2	6 月下半月 Second half of Jun.	50.4	43.2	4.8	1.6		
	7 月 Jul.	51.7	34.9	11.4	2.0		
48.3	8 月 Aug.	70.6	22.8	5.5	1.1		
	9 月 Sep	87.0	13.0				

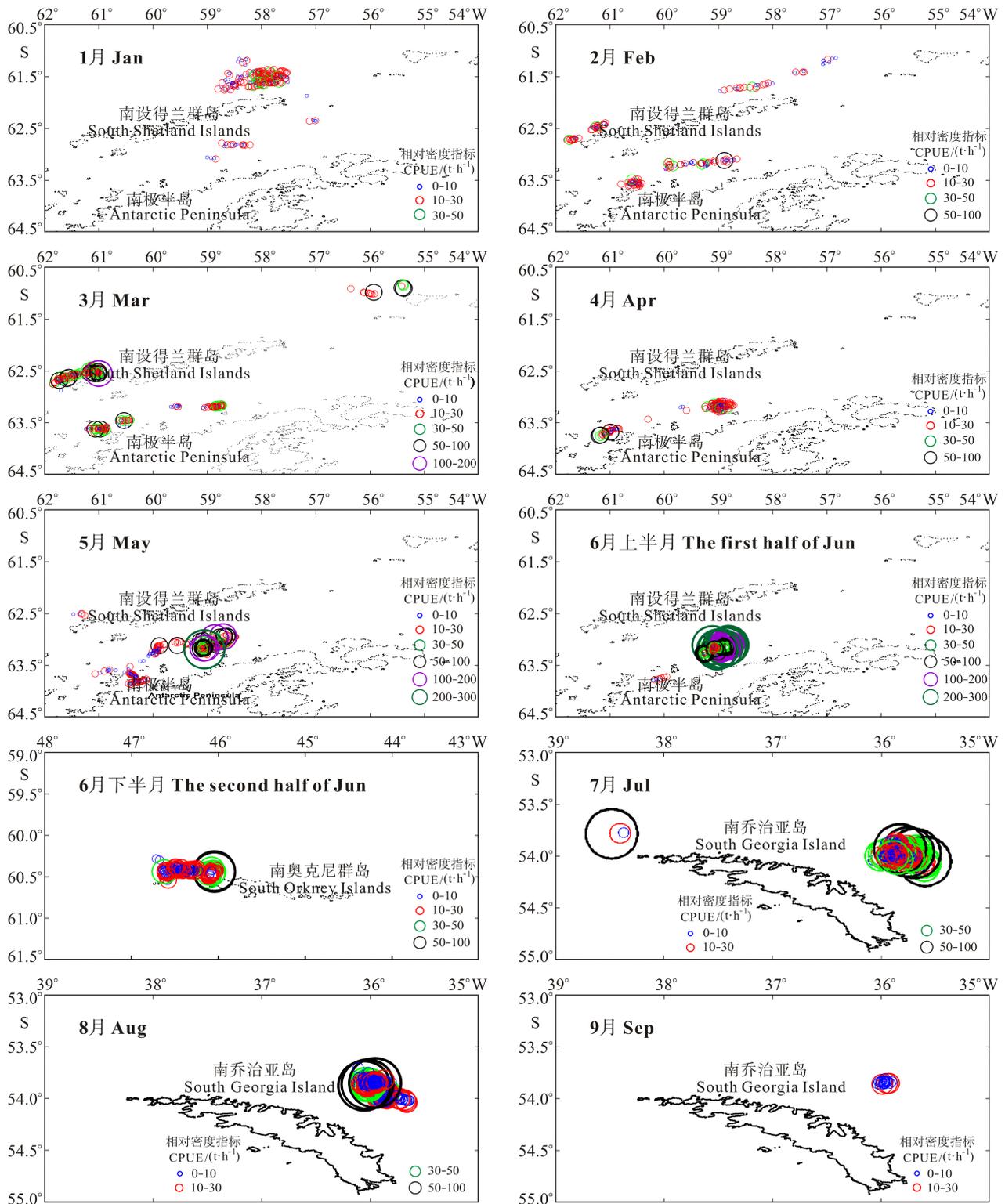


图7 调查期间的网次 CPUE 分布

Fig.7 Distribution of net CPUE in the Antarctic krill survey

速差异会对单位时间的实际拖曳距离造成重大影响,在对网产量进行 CPUE 标准化处理时,应以单位时间内统一的拖曳距离为基准。Kawaguchi 等(1997)利用日本南极磷虾渔业数据分析磷虾种群数量长期波时,

就采用了单位拖曳水体的 CPUE 估算南极磷虾资源丰度的变化。本研究将 CPUE 换算成 3.0 kn 拖速的单位时间产量(即 3.0 n mile 拖曳距离产量),便于直接反映渔船的实际作业情况。在对不同渔船的网产量进

行 CPUE 标准化处理时,还应考虑和评估网口伸张高度及网口周长等渔具参数对 CPUE 的影响,这是今后开展南极磷虾渔业研究所面临的问题。

### 3.2 南极磷虾集群的时空变化

在南极磷虾渔场内,拖网作业时覆盖的水面要远远大于南极磷虾的集群范围,这就表明作业区域并非仅仅为传统意义上的渔场,同时还可直接定义为捕捞特定的南极磷虾集群(Fedoulov *et al.*, 1996)。2013 年的调查主要针对 5 个磷虾集群进行捕捞,从作业位置和 CPUE 指标(图 7、表 3)可以看出,南极磷虾在某个水域的集群时间可长达 30 d 以上,但集群密度随时间发生变化。48.1 区,南设得兰群岛东北侧水域的磷虾集群,1 月的密度指数大于 2 月;西部水域的虾群密度指数则由 2-3 月呈增加趋势,但在 5-6 月虾群基本消失;南部水域的磷虾集群,密度指数从 1-6 月呈递增趋势,5 月和 6 月上半月的 CPUE 值高,渔场周边冰山多。48.2 区,6 月下半月南奥克尼群岛西侧水域冰山多,磷虾集群密度基本保持稳定。48.3 区的南乔治亚岛东北部水域的磷虾集群,密度指数从 7-9 月呈递减趋势,9 月的 CPUE 值为全年最低。与 2010-2012 年中国渔船的作业渔场(朱国平等, 2013)相比,2013 年南极磷虾在南设得兰群岛周边水域形成集群的时间基本相似,但汛期延续时间长,6 月中旬资源密度达到最高值。

2000 年的 CCAMLR 调查结果显示(Siegel *et al.*, 2004; Hewitt *et al.*, 2004), 南极磷虾高密度区出现在 48.3 区的南乔治亚岛东南部水域、48.2 区的南奥克尼群岛北部陆架和 48.1 区南设得兰群岛东侧的象岛(Elephant Island)附近水域,以南奥克尼群岛的密度最高,为  $150.4/\text{gm}^2$ , 而南设得兰群岛西部和南极半岛周边水域的资源密度较低,分别为  $24.5/\text{gm}^2$  和  $11.2/\text{gm}^2$ 。48.1 区的南极磷虾生物量自 20 世纪 80 年代以来经历了巨大的波动,而这种波动具有明显的时间周期,是由南极磷虾的种群动力学特征所决定的,体现在补充群体发生量的周期性变化(Reiss *et al.*, 2008), 全球气候变化对南极磷虾生物量的波动和资源分布状态也产生了重要影响(Priddle *et al.*, 1988; Siegel *et al.*, 2004)。2006-2011 年,48.1 区拖网渔船的 CPUE 较过去的 25 年有所提高(Gasyukov *et al.*, 2013), 作业渔场由 1986-1991 年南设得兰群岛东侧的象岛水域向西转移到南设得兰群岛北部水域(Drake Passage)和南极半岛北部的海峡水域(Bransfield Strait), 与本次调查的高密度分布区基本一致(图 7)。

南极磷虾的集群密度受渔场水深影响较大。本次

探捕调查结果(表 2、图 4、图 5)表明,海底深度<500 m 的海域是磷虾主要集群分布区,水深<250 m 的浅水区渔场集群密度较高,250-1500 m 水深的渔场平均 CPUE 值变化较小,当水深>1500 m 时,磷虾集群密度降低。不同渔区的虾群分布水层差别较大,48.1 区拖网作业水层主要为 0-100 m,以 25-50 m 水层 CPUE 值最高;48.2 区作业水层主要为 50-150 m 水层,以 100-150 m 水层 CPUE 值最高;48.3 区作业水层为 100-250 m 水层,以 200-250 m 水层 CPUE 值最高,0-100 m 水层的磷虾集群密度很低。48.1 区和 48.2 区的渔场水深及虾群分布水层与朱国平等(2010b; 2013)和张吉昌等(2012)研究结果基本一致,说明南极磷虾的空间分布是相对稳定的。48.1 区和 48.2 区的磷虾高密度区周边水域冰山较多,验证了樊伟等(2010)认为冰山对磷虾集群具有重要影响的分析。

由于本次调查在 48.2 区和 48.3 区的探捕范围较小,对南奥克尼群岛和南乔治亚岛周边水域的南极磷虾集群分布状况还不甚了解,有待于进一步调查。

**致谢:** 辽宁远洋渔业有限公司和“福荣海”轮船长、全体船员对本次调查给予了大力支持,谨致谢忱。

### 参 考 文 献

- 左涛, 赵宪勇, 黄洪亮, 等. 南极半岛邻近水域南极大磷虾商业捕捞群体的年龄结构时空变化. 渔业科学进展, 2012, 33(4): 1-10
- 朱国平, 冯春雷, 吴强, 等. 南极磷虾调查 CPUE 指数变动的影响因素初步分析. 海洋渔业, 2010a, 32(4): 368-373
- 朱国平, 冯春雷, 吴强, 等. 夏季南奥克尼群岛西部水域南极磷虾资源时空分布及其与表温之间的关系. 海洋环境科学, 2011, 30(5): 636-639
- 朱国平, 朱小艳, 夏辉, 等. 2011 年夏秋季南奥克尼群岛水域南极磷虾集群时空分布. 生态学杂志, 2010b, 2(4): 912-919
- 朱国平, 徐怡瑛, 夏辉, 等. 2009/2010-2011/2012 渔季中国南极磷虾渔业渔场时空变动. 上海海洋大学学报, 2013, 22(3): 425-431
- 孙松, 刘永芹. 南极磷虾与南大洋生态系统. 自然杂志, 2009, 31(2): 88-90
- 孙松. 南极磷虾. 世界科技研究与发展, 2002, 24(4): 57-60
- 苏学锋, 冯迪娜. 南极磷虾产业开发特点及发展趋势. 食品研究与开发, 2012, 33(12): 214-217
- 李显森, 左涛, 赵宪勇, 等. 南极磷虾商业捕捞动态. 齐鲁渔业, 2010, 27(1): 8-12
- 张吉昌, 赵宪勇, 王新良, 等. 商用探鱼仪南极磷虾声学图像的数值化处理. 渔业科学进展, 2012, 33(4): 64-71
- 陈雪忠, 徐兆礼, 黄洪亮. 南极大磷虾资源利用现状与中国

- 的开发策略分析. 中国水产科学, 2009, 16(3): 451–458
- 黄洪亮, 陈雪忠, 冯春雷. 南极磷虾资源开发现状分析. 渔业现代化, 2007, 34(1): 48–51
- 黄洪亮, 陈雪忠. 南极磷虾资源开发利用现状及发展趋势. 中国水产科学, 2004, 11(z1): 114–119
- 樊伟, 伍玉梅, 陈雪忠, 等. 南极磷虾的时空分布及遥感环境监测研究进展. 2010, 海洋渔业, 32(1): 95–101
- Atkinson A, Whitehouse MJ, Priddle J, *et al.* South Georgia, Antarctica: A productive, coldwater, pelagic ecosystem. Marine Ecology Progress Ser, 2001, 216: 279–308
- Everson I. Role of krill in marine food webs 7. 3 the Southern Ocean//Everson I. Krill: biology, ecology and fisheries. Oxford: Blackwell, 2000, 194–201
- Fedoulov PP, Murphy E, Shulgovsky KE. Environment-krill relations in the South Georgia marine ecosystem. CCAMLR Sci, 1996, 3: 13–30
- Gasyukov P, and Kasatkina S. Dynamic of the krill fishery in the Area 48 and its relation to climate variability and changes in fishing technology. Document WG-EMM: 13–25
- Hewitt R, Watkins J, Naganobu M, *et al.* Biomass of Antarctic krill in the Scotia Sea in January/February 2000 and its use in revising an estimate of precautionary yield. Deep-Sea Res, 2004, 2 (51): 1215–1236
- Kasatkina S, Shnar V, Burikin S. 2013. The dynamic of krill fishery and the environment in the Antarctic Peninsula Subarea (48.1). Document WGEMM: 13–32
- Kawaguchi S, Ichii T, Naganobu M. Catch per unit effort and proportional recruitment indices from Japanese krill fishery data in sub-area 48. 1. CCAMLR Sci, 1997, (4): 47–63
- Krafft BA, Melle W, Knutaen T, *et al.* Distribution and demography of Antarctic krill in the Southeast Atlantic sector of the Southern Ocean during the austral Summer 2008. Polar Bio, 2010, 33: 957–968
- Miller DGM. Results from biological investigations of krill (*Euphausia superba*) in the southern Indian Ocean during SIBEX I-Mem Nail Inst Polar Res, 1986, 40: 117–139
- Nicol S, Clarke J, Romaine SJ, *et al.* Krill (*Euphausia superba*) abundance and Adélie penguin (*Pygoscelis adeliae*) breeding performance in the waters off the Béchervaise Island colony, East Antarctica in 2 years with contrasting ecological conditions. Deep-Sea Res Part II, 2008, 55: 540–557
- Nicol S, Foster J. Recent trends in the fishery for Antarctic krill. Aquatic Living Res, 2003, 16(1): 42–45
- Priddle J, Croxall JP, Everson I, *et al.* Large-scale fluctuations in distribution and abundance of krill—a discussion of possible causes. In: Sahrhage, D. (Ed.), Antarctic Ocean and Resources Variability. Springer, Berlin, 1988, 169–182
- Reiss CS, Cossio AM, Loeb V, *et al.* Variations in the biomass of Antarctic krill (*Euphausia superba*) around the South Shetland Islands, 1996–2006. ICES Jour of Mar Sci, 2008, 65(4): 497–508
- Siegel V, Sushin V, Damm U. Catch per unit effort (CPUE) data from the early years of commercial krill fishing operations in the Atlantic sector of the Antarctic. CCAMLR Science, 1998(5): 31–50
- Siegel V, Kawaguchi S, Ward P, *et al.* Krill demography and large-scale distribution in the southwest Atlantic during January/February 2000. Deep-Sea Res, 2004, 2(51): 1253–1273

(编辑 江润林)

## Spatiotemporal Distribution of *Euphausia superba* in CCAMLR Area 48 During 2012/2013 Fishing Season

LI Xiansen<sup>1</sup>Ⓐ, ZHANG Jichang<sup>1</sup>, ZHAO Xianyong<sup>1</sup>, ZUO Tao<sup>1</sup>, ZHU Jiancheng<sup>1</sup>, WANG Xinliang<sup>1</sup>, XU Guodong<sup>2</sup>, MENG Tao<sup>3</sup>, XU Yucheng<sup>4</sup>, ZHANG Peng<sup>1</sup>, YING Yiping<sup>1</sup>, SUN Shan<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shandong Provincial Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-Environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 2. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090; 3. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 4. Liaoning Pelagic Fishery Co., Ltd, Dalian 116113)

**Abstract** Based on the trawl survey data of krill (*Euphausia superba*) fishery from the vessel “FURONGHAI” in 2012/2013 fishing season, the temporal and spatial distribution of krill resources were analyzed with the index of CPUE which was standardized as the yield of 3 n mile drag distance in one hour. The results showed that the monthly average of CPUE was relatively stable from January to June, but declined after July. The mean CPUE on sub-area 48.1 was the highest with  $(25.12 \pm 31.04)$  t/h, and the lowest mean CPUE was on sub-area 48.3 with  $(11.49 \pm 12.06)$  t/h. The change of net CPUE was greater in sub-area 48.1 than those in sub-area 48.2 and 48.3. Antarctic krill aggregated mainly in the depth of 0–100 m in sub-area 48.1 with the highest CPUE in 25–50 m layer, but they gathered in sub-area 48.2 mainly in 50–150 m layer with the highest CPUE in 100–150 m layer and in sub-area 48.3 mainly in 100–250 m layer with the highest CPUE in 200–250 m layer. Antarctic krill aggregations were mainly found in the coastal areas less than 500 m in depth which were formed as commercial fishing grounds, and the highest population density was in shallow water of 250 m with the CPUE of  $(17.54 \pm 35.26)$  t/h. The average CPUE was lightly changed between 12–14 t/h in the grounds of 250–1500 m in depth, and the average CPUE was decreased to  $(9.62 \pm 9.54)$  t/h while the grounds was more than 1500 m in depth. The ground SST was mainly between  $-1$ – $2^{\circ}\text{C}$ , and the average CPUE was higher when the SST was in the range of  $-1$ – $0^{\circ}\text{C}$ . There were 5 major aggregations found in this survey, which could last more than 2 months with various densities over time. These results provide the basic data for searching Antarctic krill fishing ground and fisheries management, and provide some reference for commercial fishing as well.

**Key words** Antarctic krill; Trawl survey; CPUE index; Spatiotemporal distribution

Ⓐ Corresponding author: LI Xiansen, E-mail: lixs@ysfri.ac.cn