

文章编号: 1674 - 5566(2012)05 - 0864 - 08

2010/2011 年夏季南设得兰群岛北部南极磷虾体长时空分布特征

朱国平^{1, 2, 3, 4}, 朱小艳², 徐怡瑛², 夏辉², 李莹春², 徐鹏翔², 许柳雄^{1, 2, 3, 4}

(1. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 210306; 2. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 3. 上海海洋大学 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306; 4. 上海海洋大学 农业部大洋渔业资源环境科学观测实验站, 上海 201306)

摘要: 利用我国大型拖网渔船渔业科学观察员收集的南极磷虾体长数据, 将研究区域划分成经纬度 $10' \times 10'$ 小尺度单元, 分析了南极磷虾体长分布的时空特征。结果表明, 24 个单元的平均体长范围为 46.9 ~ 55.0 mm, 其中最小体长为 26.8 mm, 最大体长为 62.2 mm, 各单元间体长分布之间存在显著性差异。在纬度方向, 各单元南极磷虾体长分布均存在显著性差异; 在经度方向, 大部分单元 (71.4%) 南极磷虾体长分布存在显著性的差异。一半以上 (60.3%) 的样本分布于 40 ~ 80 m 水层。6 个水层间 (0 ~ 120 m, 20 m 为间隔), 南极磷虾体长分布存在极显著的差异, 但各水层南极磷虾平均体长较接近 (52.5 ~ 53.6 mm)。12 月, 南极磷虾体长范围为 26.8 ~ 62.4 mm, 平均体长为 53.1 mm; 1 月, 体长范围为 39.1 ~ 62.0 mm, 平均体长为 52.4 mm。12 月中旬明显存在一定数量的小个体南极磷虾, 优势体长为 32 ~ 35 mm, 约占总数的 10%。

研究亮点: 作为南极生态系统中的“健种”, 理解南极磷虾资源的时空分布非常重要。掌握小尺度单元中南极磷虾的体长时空变化信息可为南极海洋生物资源养护委员会南极磷虾资源管理策略提供基础数据。本研究针对南极磷虾资源分布及管理的特点, 以小尺度单元为基础, 分析了南极磷虾体长分布的时空特征, 结果可用于了解南设得兰群岛水域南极磷虾资源的变动情况。

关键词: 南极磷虾; 体长分布; 南设得兰群岛; 小尺度单元

中图分类号: Q 958.4; S 932.5

文献标志码: A

南极磷虾通常是指南极大磷虾 (*Euphausia superba* Dana, 1852), 隶属于节肢动物门 (Arthropoda)、甲壳纲 (Crustacea)、磷虾目 (Euphausiacea)、磷虾科 (Euphausiidae)、磷虾属 (*Euphausia*)^[1], 为南大洋许多海洋捕食者的主要食物来源^[2-3]。目前南极水域磷虾渔业的 3 个主要渔场分别为南极半岛和南奥克尼群岛 (夏季) 以及南乔治亚群岛 (冬季) 周围水域^[4], 捕捞群体为体长介于 40 ~ 65 mm 的较大成体。

理解南极磷虾资源的时空分布非常重要, 源

于渔业的准确磷虾体长信息可为理解任何直接竞争该资源提供依据^[5], 取样的南极磷虾体长分布可作为声学评估目标强度估算的基础^[6-7]。同时, 研究南极磷虾生物学特性的变化是其资源管理的基础^[8]。虽然磷虾资源整体分布已明确, 但一些与磷虾种群结构相关的重要问题尚不清楚或不完全清楚, 这也影响到引入明确的管理策略^[9]。众所周知, 资源开发管理策略 [将南极磷虾捕捞限额有效地分配到最小管理单元 (SSMU)] 是南极海洋生物资源养护委员会

收稿日期: 2012-05-13 修回日期: 2012-06-11

基金项目: 国家高技术研究发展计划 (2012AA092302); 农业部南极海洋生物资源开发与利用项目 (D-8003-09-0158); 上海市重点学科建设项目 (S30702); 上海海洋大学“海鸥计划”项目 (B-5003-11-0023)

作者简介: 朱国平 (1976—), 男, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为渔业生态学、渔业生物学和极地海洋生物资源。E-mail: gpzhu@shou.edu.cn

通讯作者: 许柳雄, E-mail: lxxu@shou.edu.cn

(CCAMLR)的关键目标之一^[10],此类 SSMU 是为限制南极磷虾本地过度捕捞的一种管理框架^[11]。另外,分布区内磷虾起源及输送问题是磷虾资源管理最需要解决的一个重要方面,同时也是 CCAMLR 48 小区“单一磷虾种群”假设的基础^[11]。然而,鉴于南极大西洋西部水域南极磷虾体长组成的现有结论,这个假设尚存在疑问^[12-14],要求进一步研究磷虾种群分布的时空变动^[15]。为此,本研究尝试基于渔业调查取得的南极磷虾体长数据,将研究区域划分成小尺度单元,以此分析南极磷虾体长分布的时空特征,旨在为了解南设得兰群岛水域南极磷虾资源的变动情况,也可为南极磷虾资源的管理提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 调查海域和时间

调查分两个阶段,第一阶段为 2010 年 1 月 23 日-2 月 11 日,第二阶段为 2010 年 12 月 14 日-2011 年 1 月 8 日及 2012 年 1 月 21 日-22 日。调查海域为南极南设得兰群岛水域(57°15'~60°06'W,61°08'~61°50'S,图 1)。调查船为中国大型拖网渔船“开利”轮和“开顺”轮。取样工具为商业性中层磷虾拖网,系四片式单船中层拖网,网具参数分别为上纲 113 m,下纲 113 m,网囊网目尺寸为 1.5 cm(“开利”轮)和上纲 65.8 m,下纲 65.8 m,网囊网目尺寸为 2.0 cm(“开顺”轮)。本次调查为渔业调查,因此未采取走航式调查,仅为随机调查。作业时,按照 CCAMLR 要求,记录起放网时间和位置、开始(结束)捕捞时间和位置、拖曳深度和拖速等参数^[16]。

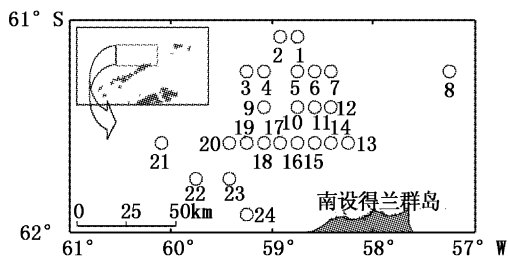


图 1 调查区域

Fig. 1 Survey area

○表示汇总后的单元。

共取样 64 个站点南极磷虾样本,每站点随

机取样本 100 或 200 尾,共计 12 600 尾,测量南极磷虾的体长(全长,AT)^[17],全长采用 LOCKYER^[18]的方法测量。

1.2 数据处理

(1)站点合并:考虑到本研究所利用的数据来自于渔业调查,因此站点并无一定的规律性,不便于进行空间比较分析。为此,以经纬度 10' × 10' 将上述 64 个调查站点归总成 24 个空间单元(图 1)。

(2)分析处于同一纬向、经向上的不同单元间南极磷虾体长分布是否存在显著性差异:首先以 1 mm 为组距划分南极磷虾的体长。若站点数为 2 个,利用 *t* 检验分析单元间南极磷虾体长分布是否存在显著性差异($P = 0.05$);若站点数为 3 个或 3 个以上,则利用单因子方差分析(ANOVA)检验不同单元间南极磷虾体长分布是否存在显著性差异。

(3)分析不同时段南极磷虾体长分布是否存在显著性差异:分上、中和下旬分析 12 月和 1 月南极磷虾体长分布,使用 ANOVA 检验分析体长分布的月份差异($P = 0.05$)。

(4)分析不同水层南极磷虾体长分布是否存在显著性差异:以拖曳水深作为被取样南极磷虾的栖息水层。以 20 m 为组距,将南极磷虾栖息水深刻分成 6 个水层,分别为 0~20 m、20~40 m、40~60 m、60~80 m、80~100 m 和 100~120 m。利用 ANOVA 检验不同水层间南极磷虾体长分布是否存在显著性差异。

2 结果

2.1 总体情况

24 个单元南极磷虾平均体长范围为 46.9 mm(19)~55.0 mm(3 和 22),其中最小体长为 26.8 mm(19),最大体长为 62.2 mm(17)(括号内为单元序号,表 1)。第 19 个单元的体长变化最大(变异系数 $CV = 0.1833$),第 22 个单元的体长变化最小($CV = 0.0481$)。仅第 19 个单元南极磷虾平均体长小于 50 mm,且 75% 的单元中南极磷虾平均体长高于 53 mm。优势体长组基本上分布在 50~58 mm。ANOVA 检验表明各单元间体长分布之间存在显著性差异($F = 100.84$, $df = 12599$, $P < 0.001$)。

表 1 各单元体长分布

Tab. 1 The distribution of total length for Antarctic krill in different units

单元	平均体长 /mm	体长范围 /mm	标准差 /mm	变异系数	优势体长/mm (所占比例/%)	样本量
1	53.5	45.2~60.4	3.06	0.057 2	50~58 (80.5)	200
2	53.1	42.0~59.7	3.41	0.064 2	49~57 (75.0)	200
3	55.0	45.8~60.8	2.75	0.050 0	52~59 (83.0)	200
4	54.4	44.3~60.8	2.83	0.052 0	52~58 (72.0)	400
5	54.0	40.3~62.4	3.01	0.055 8	51~58 (74.9)	1 000
6	54.1	40.5~61.4	3.11	0.057 4	52~58 (67.8)	1 000
7	54.0	46.0~61.5	2.92	0.054 1	51~58 (77.3)	400
8	54.3	46.8~61.5	2.80	0.051 7	51~58 (81.5)	200
9	52.8	34.4~60.3	3.39	0.064 2	49~57 (78.3)	400
10	53.7	42.5~60.6	3.05	0.056 8	50~58 (81.3)	800
11	54.0	41.5~61.2	2.91	0.054 0	51~58 (82.2)	600
12	53.8	32.7~61.5	3.17	0.058 9	50~57 (75.8)	1 200
13	53.4	42.5~60.5	3.06	0.057 4	50~58 (80.5)	400
14	53.5	40.9~60.9	3.12	0.058 2	49~56 (72.5)	600
15	53.5	42.1~61.9	3.62	0.067 7	52~58 (65.0)	400
16	53.9	42.7~61.6	2.79	0.051 7	51~58 (79.8)	600
17	53.6	42.2~62.2	3.04	0.056 8	51~57 (68.3)	600
18	50.6	29.8~60.4	6.46	0.127 6	50~56 (57.3)	1 000
19	46.9	26.8~60.1	8.60	0.183 3	49~55 (46.2)	600
20	52.0	29.4~60.5	5.84	0.112 5	51~58 (68.8)	400
21	52.2	44.0~59.6	3.01	0.057 7	49~55 (70.0)	200
22	55.0	47.7~62.0	2.65	0.048 1	52~59 (82.0)	200
23	53.0	44.2~62.0	3.08	0.058 1	50~56 (66.4)	800
24	51.4	39.1~58.9	3.61	0.070 3	49~56 (73.5)	200

2.2 水平方向

从纬向上来看,24 个单元中,除最南部的第 24 单元外,其余 23 个单元分布在 5 条纬线上(图 1)。检验结果均表明,对于分布在同一纬向上的单元,南极磷虾体长分布均存在显著性差异(表 2),其中最北端(纬线 1)的两个单元(1 和 2)差异稍明显外($P=0.048 8$),其它纬线上的单元间南极磷虾体长分布均存在极显著的差异($P < 0.001$)。纬向 1 上的 2 个单元南极磷虾平均体长及优势体长均比较相似;纬向 2 上的 6 个单元,平均体长基本上维持在 54~55 mm 之间,且优势体长也在 51~58 mm 之间,但体长范围却存在一定的差异,尤其是最小体长;纬线 3 上的 4 个单元,平均体长和体长范围分布存在较大的差异,但优势体长范围并没有较大的差异;纬线 4 上的 10 个单元中,处于东侧的 6 个单元中南极磷虾平均体长和体长范围分布较为接近,而西侧的 4 个单元中南极磷虾平均体长和体长范围分布却存在较大的差异;纬线 5 上的 2 个单元中,南极磷虾平均体长和体长范围分布存在一定的差异(表 1 和表 2)。

从经向上来看,经线 1 上的 4 个单元($P = 0.050 2$)和经线 4 上的 3 个单元($P = 0.050 6$)间,南极磷虾体长分布差异不明显,而分布在其它 5 个经线上的各单元间,南极磷虾体长分布则存在显著性的差异,经线 3、6 和 7 上的各单元间南极磷虾体长分布存在极显著性差异。经线 1 上的 4 个单元中,南极磷虾平均体长分布和优势体长范围相近;经线 2 上的 2 个单元中,南极磷虾平均体长、体长分布范围及优势体长范围均较为接近(表 1),但 2 个单元间南极磷虾体长频度分布特征却存在明显不同;经线 3、6 和 7 上的各单元间,南极磷虾平均体长和体长分布范围均存在较大的差异;经线 4 上的 3 个单元中,南极磷虾平均体长差异不大,但样本中最小体长却存在较大的差异。

2.3 垂直方向

一半以上(60.3%)的样来自于 40~80 m 水层。6 个水层间,南极磷虾体长分布存在极显著的差异($P < 0.001$)(表 2 和图 2),样本体长差异最大的水层为 60~80 m 水层($CV = 0.112 3$),但各水层南极磷虾平均体长较接近(52.5~53.6

mm)。注意到,除 0~20 m 水层外,其它水层均出现不足 40 mm 的小个体南极磷虾,其中 20~40 m 和 60~80 m 水层最为明显(图 2)。

表 2 不同尺度上南极磷虾体长分布差异的统计检验

Tab. 2 The statistical analysis on total length for Antarctic krill on the different scales

项目	序号	单元	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>P</i>	检验方法
纬向	1	1,2	3.91	398	0.048 8 < 0.05	<i>t</i> 检验
	2	3,4,5,6,7,8	4.67	3199	0.000 3 < 0.001	ANOVA
	3	9,10,11,12	13.35	2 999	< 0.001	ANOVA
	4	12,13,14,15,16,17,18,19,20,21	113.77	4 799	< 0.001	ANOVA
	5	22,23	8.19	998	0.004 3 < 0.01	<i>t</i> 检验
经向	1	1,5,10,16	2.61	2 599	0.050 2 > 0.05	ANOVA
	2	2,17	6.24	798	0.012 7 < 0.05	<i>t</i> 检验
	3	4,9,18	81.41	1 799	< 0.001	ANOVA
	4	7,12,14	2.99	2 199	0.050 6 > 0.05	ANOVA
	5	6,11,15	6.25	1 999	0.002 0 < 0.05	ANOVA
	6	3,19,24	109.57	999	< 0.001	ANOVA
	7	20,23	51.71	1 198	< 0.001	<i>t</i> 检验
垂直		0~20 m,20~40 m,40~60 m,60~80 m,80~100 m,100~120 m	20.55	12 599	< 0.001	ANOVA
月份		12 月中旬、12 月下旬、1 月上旬、1 月下旬	205.69	12 599	< 0.001	ANOVA

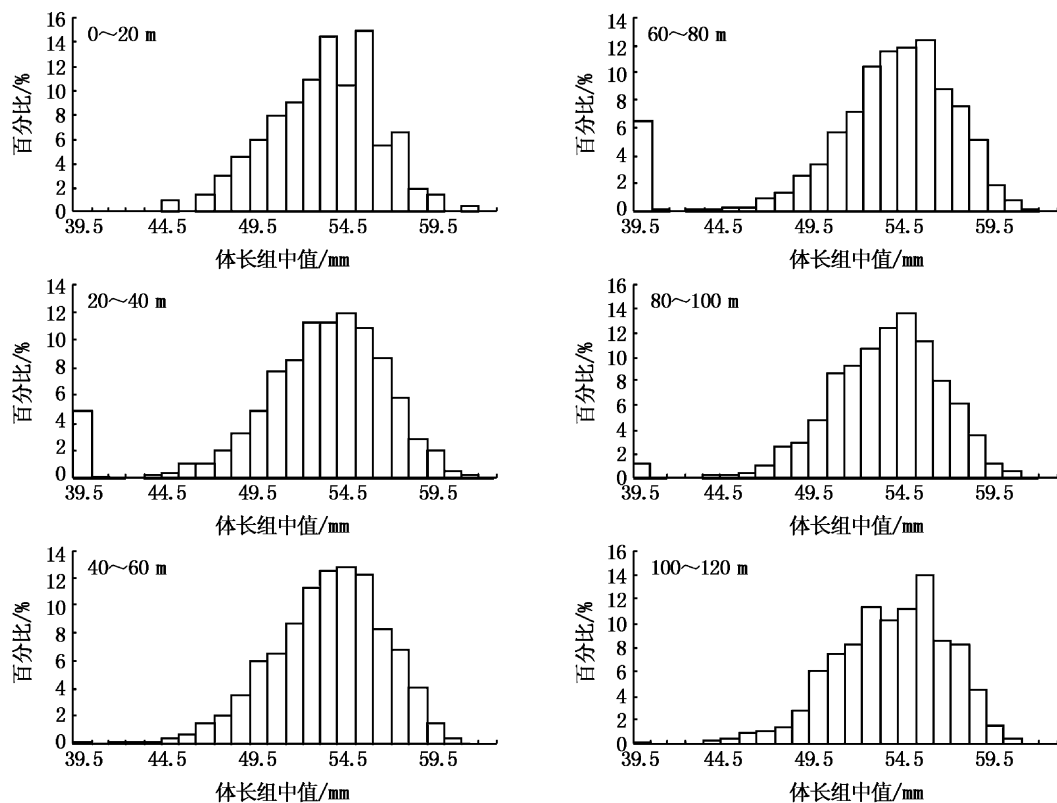


图 2 不同水层南极磷虾体长分布

Fig. 2 The distribution of total length for Antarctic krill in the different depth

2.4 月份差异

12月,南极磷虾体长范围分布在26.8~62.4 mm,平均体长为53.1 mm,其中优势体长分布在51.0~58.0 mm(71.6%);1月,体长范围分布在39.1~62.0 mm,平均体长为52.4 mm,优势体长分布在49.0~56.0 mm(71.8%)。通过比较可知,12月上旬明显存在一定数量的小个体南极磷

虾,优势体长为32~35 mm范围内(图3)。 t 检验分析得知,12月和1月体长分布存在显著性差异($F = 8.34, df = 12\ 598, P = 0.003\ 8 < 0.05$);ANOVA分析表明,4个时段南极磷虾体长分布也存在显著性差异($F = 205.69, df = 12\ 599, P < 0.001$)(表2)。

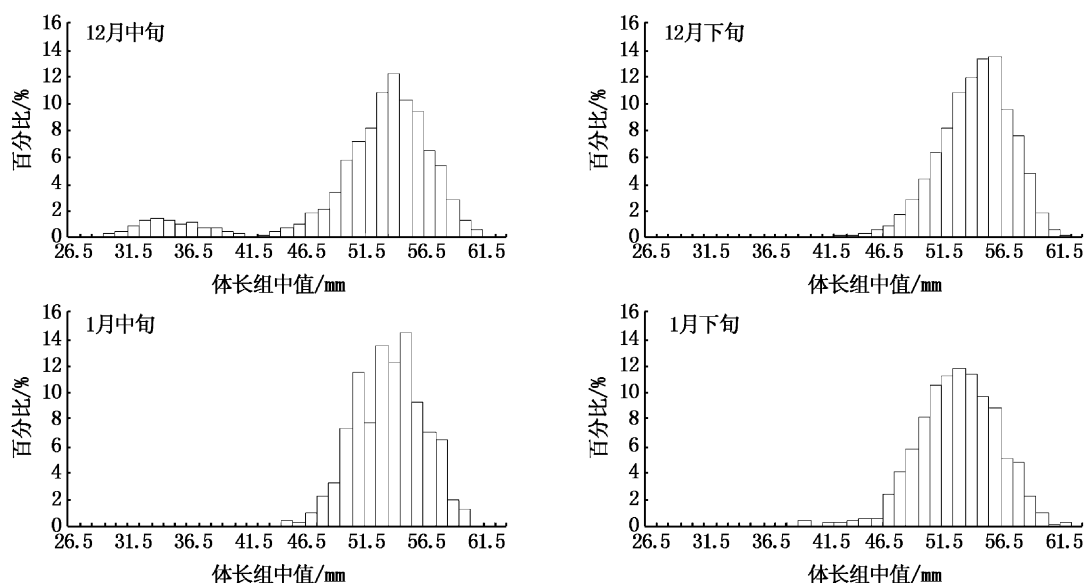


图3 不同阶段南极磷虾体长分布

Fig. 3 The distribution of total length for Antarctic krill in the different periods

3 讨论

日本南极磷虾渔船利用商业性中层拖网分别于1986/1987-1990/1991渔季在南极南设得兰群岛开展渔业资源调查,中心渔场主要分布在象岛(Elephant Island)西北部水域和利文斯顿岛(Livingston Island)北部水域,而本研究的调查水域处于这两个水域之间,因此在一定程度上,可以通过比较来反映南设得兰群岛水域南极磷虾的十年变动。12月中旬,本研究所得南极磷虾平均体长和最大体长均显著大于1989/1990渔季^[19]日本渔船调查所得结果($t = 16.28, df = 3\ 348, P < 0.001$)。12月下旬,1月上旬及1月下旬,本研究所得结果均明显大于之前日本的调查^[19-22](表3)。造成这个结果的原因可能有以下几个方面:(1)调查网具的差异:这点由于无法获取日本当时调查所使用的网具参数,故无法证实,但不同的网型会造成体长频次分布出现差

异^[23];(2)气候变化的影响:气候变暖对南极水域造成的影响非常显著,而对水温极为敏感的南极磷虾资源^[24],必定也会受到影响。

另外,由表3可知,随着月份的推移,同一水域南极磷虾平均体长均呈现不同程度的增加,这与本研究中12月中旬有一定数量的小个体南极磷虾出现,此后小个体南极磷虾的比例减少的结论保持一致。

本研究表明,不同水层间南极磷虾体长分布存在极显著的差异;0~50,50~75 m以及75~125 m 3个水层,平均体长分别为53.9 mm(SD = 4.01, n = 5 400),52.62 mm(SD = 5.42, n = 3 600)和53.52 mm(SD = 3.45, n = 3 600),但HILL等^[5]对南乔治亚群岛西北部水域捕获的南极磷虾样本进行分析后发现,不同水层捕捞的磷虾个体体长分布之间并不存在显著性差异,且3个水层平均体长分别为52.3 mm(SD = 5.77),53.7 mm(SD = 4.75)和52.7 mm(SD = 5.85)。

究其原因:(1)可能是调查水域不同造成磷虾种群结构存在差异;(2)HILL 等^[5]调查使用的是 8 m² 多功能矩形中层拖网(RMT8),且调查时间是夜间。尽管 ENDO^[25]比较了科学调查用磷虾网(如 RMT8)和商业性中层拖网南极磷虾样本体长分布的差异情况,并发现两者之间并不存在显著

性的差异,但其也认为商业性中层拖网并非如科学调查用磷虾网一样有效地取样小个体南极磷虾样本。另外,昼夜光强不同也会影响到南极磷虾的分布^[26],而此类因素也可能在某种程度上影响到捕捞网具的捕捞。

表 3 南设得兰群岛水域南极磷虾体长特征比较

Tab.3 Comparison on the length characteristics of Antarctic krill in the South Shetland Islands

日期	平均体长 /mm	标准差 /mm	最大体长 /mm	最小体长 /mm	样本量	区域	来源
12 月中旬	42.66	4.70	58	32	150	象岛西北部	ISHII 和 ICHII ^[19]
12 月中旬	51.25	6.38	62.2	26.8	3 200	象岛西部	本研究
12 月下旬	48.04	4.43	57	37	200	利文斯顿岛北部	ISHII 和 ICHII ^[19]
12 月下旬	43.6	5.46	55	29	400	象岛西北部	ISHII 和 ICHII ^[19]
12 月下旬	46.52	2.60	53	40	50	利文斯顿岛北部	ICHII ^[22]
12 月下旬	53.86	3.08	62.4	32.7	8200	象岛西部	本研究
1 月上旬	46.67	6.41	60	27	800	象岛西北部	ISHII 和 ENDO ^[21]
1 月上旬	48.44	3.78	57	35	550	利文斯顿岛北部	ISHII 和 ICHII ^[19]
1 月上旬	45.34	5.05	57	32	400	象岛西北部	ISHII 和 ICHII ^[19]
1 月上旬	46.14	3.24	56	26	1 400	利文斯顿岛北部	ICHII ^[21]
1 月上旬	41.77	6.32	59	25	700	利文斯顿岛北部	ISHII 和 ENDO ^[21]
1 月上旬	53.13	2.90	59.6	44.0	400	象岛西部	本研究
1 月下旬	45.23	6.37	60	23	3 150	象岛西北部	ISHII 和 ENDO ^[21]
1 月下旬	39.44	6.84	59	21	1 400	利文斯顿岛北部	ISHII 和 ICHII ^[20]
1 月下旬	49.26	3.91	61	35	2 300	利文斯顿岛北部	ISHII 和 ICHII ^[19]
1 月下旬	49.10	3.36	59	31	1 800	利文斯顿岛北部	ICHII ^[23]
1 月下旬	46.69	5.16	61	31	1 750	利文斯顿岛北部	ISHII 和 ENDO ^[21]
1 月下旬	52.37	3.35	62.0	39.1	800	象岛西部	本研究

本研究在将取样站点归整到经纬度 10' × 10' 研究单元的基础之上,对南设得兰群岛北部水域的南极磷虾体长分布特征进行了分析,结果可以为南极磷虾基于预防性措施的 SSMU 渔业管理提供生物学信息,但为了进一步解释渔业取样磷虾的体长分布特征,有必要评估船型间以及不同观察员测量的磷虾体长差异,以便消除捕捞能力以及人为因素对体长特征时空分布分析造成的影响。

参考文献:

- [1] 朱国平. 南极磷虾种群生物学研究进展 I—年龄、生长与死亡[J]. 水生生物学报, 2011, 35(5): 862–868.
- [2] CROXALL J P, PRINCE P A, RICKETTS C. Relationships between prey life-cycles and the extent, nature and timing of seal and seabird predation in the Scotia Sea [C]// SIEGFRIED W R, CONDY P R, LAWS R M. Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs. Berlin: Springer-Verlag, 1985: 516–533.
- [3] TRATHAN P N, EVERSON I, MILLER D G M, et al. Krill

- biomass in the Atlantic[J]. Nature, 1995, 373: 201–202.
- [4] EVERSON I, GOSS C. Krill fishing activity in the southwest Atlantic[J]. Antarctic Science, 1991, 3(4): 351–358.
- [5] HILL H J, TRATHAN P N, CROXALL J P, et al. A comparison of Antarctic krill *Euphausia superba* caught by nets and taken by macaroni penguins *Eudyptes chrysolophus*: evidence for selection[J]. Marine Ecology Progress Series, 1996, 140: 1–11.
- [6] CCAMLR. Report of the Third Meeting of the Working Group on Krill[R] // Report of The Tenth Meeting of the Scientific Committee (SC-CAMLR-3), Annex 5 CCAMLR, Hobart, Australia, 1991: 107–204.
- [7] GREENE C H, STANTON T K, WEIBE P H, et al. Acoustic estimates of Antarctic krill[J]. Nature, 1991, 349: 110.
- [8] ANROSE A, KLUSEK Z, NAIR M K R, et al. Preliminary observation on the biology, distribution and abundance of Antarctic krill (*Euphausia superba*) and by-catch from fishing area 58 during the austral summer of 1995–96[R] // Report of Working Group on Ecosystem Monitoring and Management (WG-EMM-98/37), CCAMLR, 1998: 23.
- [9] SUSHIN V A, LITVINOV F F. Changes observed in krill length frequency distribution during repeated sampling on the

- South Georgian shelf in 2000 January-February [R] // Report of Working Group on Ecosystem Monitoring and Management (WG-EMM-01/40), CCAMLR, 2001:7.
- [10] RESIS C, COSSIO A. Comparison of the biomass of Antarctic krill, (*Euphausia Superba*), around the South Shetland and South Orkney islands in three years: 1999, 2000 and 2008 [R] // Report of Working Group on Ecosystem Monitoring and Management (WG-EMM-08/26), 2008: 28.
- [11] HEWITT R E, WATTERS G, TRATHAN P H, et al. Options for allocating the precautionary catch limit of krill among small-scale management units in the Scotia Sea [J]. CCAMLR Science, 2004, 11: 81 - 97.
- [12] MARR J W C. The natural history and geography of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) [R]. Discovery Report, 1962, 32: 33 - 464.
- [13] MACKINTOSH N A. Distribution of post-larval krill in the Antarctic [R]. Discovery Report, 1973, 36: 95 - 156.
- [14] MAKAROV R R. The study of the composition of the population of *Euphausia superba* Dana, 1852 (Crustacea, Eucarida, Euphausiacea) [R] // LUBIMOVA T G. Biological Resources of the Antarctic Krill. Moscow: VNIRO, 1980: 89 - 113.
- [15] LIDVANOV V V, ZIMIN A V, SHULGOVSKY K E. Biotopic and spatial distribution of krill *Euphausia superba* dana (Crustacea, Euphausiacea) length groupings in the Atlantic sector of Antarctic in summer 1984 and 1988 [R] // Report of Working Group on Ecosystem Monitoring and Management (WG-EMM-04/27), CCAMLR, 2004:13.
- [16] 朱国平,朱小艳,徐怡瑛,等. 南极半岛北部水域南极磷虾抱卵雌体基础生物学比较研究 [J]. 上海海洋大学学报, 2012,21(1):110 - 115.
- [17] CCAMLR. Scheme of international scientific observation [R / OL]. [2012 - 06 - 10]. Hobart, Australia; CCAMLR. 2011. http://www.ccamlr.org/pu/e/e_pubs/om/obsman.pdf.
- [18] LOCKYER C. Wet weight, volume and length correlation in the Antarctic krill, *Euphausia superba* [R]. Discovery Report, 36: 152 - 155.
- [19] ISHII H, ICHII T. CPUEs and body length of Antarctic krill during 1989/90 season in the fishing ground north of Livingston Island and northwest of Elephant Island [R] // Report of the Tenth Meeting of the Scientific Committee (SC-CAMLR-X/BG/10), CCAMLR, Hobart, Australia, 1991: 31.
- [20] ISHII H, ICHII T. CPUEs and body length of Antarctic krill during 1988/89 season in the fishing ground north of Livingston Island [R] // Report of the Ninth Meeting of the Scientific Committee (SC-CAMLR-IX/BG/9), CCAMLR, Hobart, Australia, 1990:16.
- [21] ISHII H, ENDO Y. CPUEs and body length of Antarctic krill during 1986/87 season in the fishing ground northwest of Elephant Island [R] // Report of the Eighth Meeting of the Scientific Committee (SC-CAMLR-VIII/BG/28), CCAMLR, Hobart, Australia, 1989:17.
- [22] ICHII T. CPUEs and body length of Antarctic krill during 1990/91 season in the fishing grounds north of Livingston Island and north of Elephant Island [R] // Report of the Eleventh Meeting of the Scientific Committee (SC-CAMLR-XI/BG/14), 1992:19.
- [23] BIOMASS. Non-acoustic krill data analysis workshop [R]. BIOMASS Report Series 66. Scientific Committee on Antarctic Research, Cambridge, 1991: 1 - 16.
- [24] HUANG T, SUN L, STARK J, et al. Relative changes in krill abundance inferred from Antarctic fur seal [J]. PLoS ONE, 2011, 6(11): e27331.
- [25] ENDO Y. Comparison of body length of Antarctic krill collected by a trawl net and Kaiyo Maru midwater trawl [R] // Report of the Eighth Meeting of the Scientific Committee (SC-CAMLR-VIII/BG/29), CCAMLR, Hobart, Australia, 1989:9.
- [26] HOVEKAMP S. Avoidance of nets by *Euphausia pacifica* in Dabob Bay [J]. Journal of Plankton Research, 1989, 11: 907 - 924.

The spatial-temporal characteristics of length distribution for Antarctic krill (*Euphausia superba*) in the northern South Shetland Islands in the austral summer during 2010/2011 fishing season

ZHU Guo-ping^{1,2,3,4}, ZHU Xiao-yan², XU Yi-ying², XIA Hui², LI Ying-chun², XU Peng-xiang², XU Liuxiong^{1,2,3,4}

(1. National Distant-water Fisheries Engineering Research Center, Shanghai 201306, China; 2. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Using the length data of Antarctic krill collected by the fishery observers on board the large-scale otter midwater trawlers, the present study analyzes the spatial-temporal characteristics of length distribution of Antarctic krill based on dividing the study area into small scale units with resolution of 10' and 10'. The results show that, the range of average length is 46.9 to 55.0 mm in the 24 units, the minimum and maximum length is 26.8 mm and 62.2 mm, respectively. Significant difference can be found among the units for the length distribution. Remarkable differences of the length distribution also exist for all units on the same latitudinal level and most units (71.4%) on the same longitudinal level. Over half of samples (60.3%) are distributed in the layer under the surface 40 to 80 m. Significant difference can be found for the length distribution among the 6 layers (0 to 120 m with 20 m interval), however, the average length is closer among the layers (52.5 to 53.6 mm). The range of length distribution and average length are 26.8 to 62.4 mm and 53.1 mm in December and 39.1 to 62.0 mm and 52.4 mm in January. Small individuals exist significantly in the middle of December, and the dominant length ranged from 32 to 35 mm, accounting for about 10%.

Key words: Antarctic krill; length distribution; South Shetlands Islands; small scale unit