

文章编号: 1674-5566(2019)03-0344-13

DOI:10.12024/jsou.20181202467

主要经济大洋性鱿鱼资源渔场生产性调查与渔业概况

陈新军^{1,2,3,4}, 钱卫国^{1,2,3,4}, 刘必林^{1,2,3,4}, 陆化杰^{1,2,3,4}, 方舟^{1,2,3,4}, 李纲^{1,2,3,4}

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室, 上海 201306; 3. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 4. 农业农村部大洋渔业开发重点实验室, 上海 201306)

摘要: 大洋性鱿鱼是重要的海洋生物资源, 资源丰富开发潜力大。我国远洋鱿钓渔业始于 1989 年, 经过近 30 年的发展, 远洋鱿钓渔业已经成为我国远洋渔业的重要组成部分, 我国已经成为世界规模和产量最大的国家。在近 30 年的发展过程中, 通过产学研合作, 持续对三大洋的大洋性鱿鱼资源进行生产性调查, 一批新资源、被不断开发和利用, 并得到商业化捕捞。根据 2003—2017 年我国鱿钓船对三大洋公海大洋性鱿鱼资源调查所收集的资料, 对其基础生物学、资源渔场分布及其与水温等因子的关系进行分析, 以便初步了解重要经济鱿鱼资源特性。研究概述我国远洋鱿钓渔业发展状况, 并提出可持续开发世界大洋性鱿鱼资源的对策与建议。研究认为, 通过对印度洋、太平洋和大西洋三大洋 7 个渔场的大洋性鱿鱼资源进行生产性调查, 在国际上首次发现了 4 个鱿鱼新渔场, 新增作业海域超过 $1 \times 10^7 \text{ km}^2$, 估计新增渔场的资源蕴藏量在 500 万 t 以上, 初步掌握了渔获个体大小等基础生物学特性、资源丰度空间分布及其与海表面温度的关系, 发现不同作业渔场的渔获个体差异明显, 渔场形成的适宜海表面温度有较大差异。研究建议, 为了可持续开发和利用鱿鱼资源, 建议开展系统科学的渔业资源国际合作调查, 开展基于硬组织的大洋性鱿鱼年龄与生长、群体结构、生活史过程、洄游分布、高精度的渔情预报以及大洋性鱿鱼资源评估与管理策略研究。

关键词: 大洋性鱿鱼; 三大洋; 远洋鱿钓; 基础生物学; 资源渔场; 可持续发展

中图分类号: S 931.4 **文献标志码:** A

大洋性鱿鱼 Ommastrephidae(也称柔鱼类)是头足类的重要种类^[1], 主要以钓捕作业为主。我国远洋鱿钓渔业始于 1989 年, 经过近 30 年的发展, 远洋鱿钓渔业已经成为我国远洋渔业的重要组成部分^[2]。据统计, 2017 年我国远洋鱿钓的作业渔船为 706 艘, 产量为 43.68 万 t(2015 年最高达到 78.86 万 t), 作业海域主要分布在北太平洋、东南太平洋、东太平洋赤道海域、西南大西洋、印度洋西北部和日本海等, 我国已经成为世界鱿钓渔业规模和产量最大的国家。我国远洋鱿钓渔业能够得到稳定持续的发展, 其中一个重要的原因就是: 通过产学研合作, 政府与协会支持, 企业与高校强强联合, 持续 10 多年对三大洋的大洋性鱿鱼资源进行探捕调查, 一批新资源、新渔场被不断开发, 初步摸清了其基础生物学特性以及资源渔场分布与水温等的关系, 并得到商业化捕捞。

为此, 根据 2003—2017 年三大洋公海大洋性鱿鱼资源调查资料, 对资源调查取得的成果进行系统总结, 对捕捞对象的基础生物学、资源渔场分布及其与水温等因子的关系进行分析, 为世界大洋性鱿鱼资源的可持续开发和利用提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 调查船、调查海域和时间

调查船、调查海域、站点和调查时间具体见表 1。调查分别由不同企业的鱿钓生产船承担, 其参数见表 1。调查海域空间分布示意图见图 1。

1.2 调查方法

1.2.1 调查方法

调查区域分为重点调查海域和一般调查海域, 重点调查海域为每 $30' \times 30'$ 为一站点, 一般调查海域每 $1^\circ \times 1^\circ$ 为一站点。利用 CTD

收稿日期: 2018-12-11 修回日期: 2019-02-22

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(41876141)

作者简介: 陈新军(1967—), 男, 教授, 研究方向为渔业资源与渔场学、远洋鱿钓渔业和渔业资源经济学等。

E-mail: xjchen@shou.edu.cn

(SEABIRD-58)测定 0~300 m 水层的水温与盐度。

表 1 2003—2017 年三大洋经济鱿鱼类资源调查汇总表

Tab. 1 Summary of the productive survey of the economic squids in the three oceans from 2003 to 2017

调查时间 Time of investigation	实施单位 Implementing unit	调查船参数 Investigation ship parameters	调查海域 Investigation areas	调查对象 Investigation species	调查站点 Investigation stations/个	总渔获量 Total catch/t	平均日产量* Average daily catch/(t/d)
2003 年 9 月 14 日— 11 月 4 日	上海水产大学; 浙江 省远洋渔业公司普陀 分公司	新世纪 57 号(长 68 m, 总 吨位 851 t, 钩机 45 台); 新世纪 61 号(长 50 m, 总 吨位 581 t, 钩机 37 台)	印度洋西北部(2° N~18°N, 58°E~ 65°E)	鳶乌贼	102	210.00	2.100
2004 年 9 月 10 日— 2005 年 2 月 28 日	上海水产大学; 浙江 远洋渔业集团股份有 限公司	新世纪 18 号(长 67.7 m, 总吨位 976 t, 钩机 18 台); 浙远岱 807 号(长 54.3 m, 总吨位 432 t, 钩 机 20 台)	印度洋西北部 (12°N~21°N, 58° E~65°E)	鳶乌贼	136	1081.00	6.170
2005 年 3 月—5 月	上海水产大学; 浙江 远洋渔业集团股份有 限公司	浙远岱 807 号(长 54.3 m, 总吨位 432 t, 钩机 20 台)	印度洋西北部 (12°N~17°N, 58° E~64°E)	鳶乌贼	42	131.00	6.250
2006 年 4 月 21 日— 6 月 24 日	上海水产大学; 浙江 丰汇远洋渔业有限公 司	新世纪 52 号(长 71.5 m, 总吨位 1 336 t, 钩机 22 台); 新吉利 8 号(长 60.85 m, 总吨位 1 168 t, 钩机 47 台)	智利外海(37°30'S ~41°S, 78°30'W ~84°W; 26°S~ 30°S, 76°W~78° W)	茎柔鱼	55	790.10	7.820
2006 年 11 月 26 日— 2007 年 1 月 31 日; 2007 年 5 月 24 日— 7 月 7 日	上海水产大学; 浙江 丰汇远洋渔业有限公 司	新世纪 52 号(长 71.5 m, 总吨位 1 336 t, 钩机 22 台); 新吉利 8 号(长 60.85 m, 总吨位 1 168 t, 钩机 47 台)	智利外海(22°S~ 30°30'S, 75°30'W ~78°W; 37°30'S ~41°S, 78°30'W ~82°W)	茎柔鱼	124	890.10	6.840
2008 年 1 月 3 日— 3 月 30 日, 5 月 2 日 —30 日	上海海洋大学; 浙江 丰汇远洋渔业有限公 司	新世纪 52 号(长 71.5 m, 总吨位 1 336 t, 钩机 22 台); 新吉利 8 号(长 60.85 m, 总吨位 1 168 t, 钩机 47 台)	智利外海(20°S~ 24°30'S, 74°30'W ~82°W)	茎柔鱼	120	1065.10	8.870
2009 年 7 月 30 日— 9 月 30 日	上海海洋大学; 浙江 丰汇远洋渔业有限公 司	丰汇 16 号(长 49.2 m, 总 吨位 492 t, 钩机 26 台); 新吉利 8 号(长 60.85 m, 总吨位 1 168 t, 钩机 47 台)	哥斯达黎加外海 (5°N~10°N, 100° W~95°W)	茎柔鱼和 鳶乌贼	115	140.00	1.940
2010 年 2 月 5 日— 3 月 23 日, 8 月 1 日 —9 月 12 日	上海海洋大学; 浙江 丰汇远洋渔业有限公 司	丰汇 16 号(长 49.2 m, 总 吨位 492 t, 钩机 26 台); 新世纪 2 号(长 52.4 m, 总吨位 628 t, 钩机 10 台)	哥斯达黎加外海 (6°N~10°N, 91° W~97°W)	茎柔鱼和 鳶乌贼	110	79.40	1.720
2011 年 5 月 3 日— 6 月 30 日	上海海洋大学; 舟山 宁泰远洋渔业有限公 司	金海 827(长 43.50 m, 总 吨位 305 t, 手钓船员 30 人); 金海 821(长 38.30 m, 总吨位 254 t, 手钓船员 28 人)	北太平洋中东部 (38°N~41°N, 170°E~177°30' W)	柔鱼	115	40.90	0.717
2012 年 5 月 7 日— 6 月 30 日	上海海洋大学; 舟山 宁泰远洋渔业有限公 司	金海 827(长 43.50 m, 总 吨位 305 t, 手钓船员 30 人); 金海 821(长 38.30 m, 总吨位 254 t, 手钓船员 28 人)	北太平洋(37°30' N~41°N, 170°E~ 170°W)	柔鱼	110	96.82	0.768
2013 年 3 月 31 日— 6 月 30 日	上海海洋大学; 舟山 市普陀远洋渔业总公 司	普远 801(长 48.30 m, 总 吨位 430 t, 手钓船员 38 人); 普远 802(总长 50.50 m, 总吨位 477 t, 手钓船员 30 人)	东太平洋公海赤道 (3°46'S~6°00'N, 110°W~119°W)	茎柔鱼	113	387.70	4.040
2014 年 3 月 25 日— 6 月 21 日	上海海洋大学; 舟山 市普陀远洋渔业总公 司	普远 801(长 48.30 m, 总 吨位 430 t, 手钓船员 38 人); 普远 802(总长 50.50 m, 总吨位 477 t, 手钓船员 30 人)	东太平洋公海赤道 (2°N~12°S, 110° W~119°W)	茎柔鱼	96	17.01	1.700
2015 年 6 月 3 日— 8 月 10 日	上海海洋大学; 舟山 宁泰远洋渔业有限公 司	宁泰 66(长 56.8 m, 总 吨位 655 t, 手钓船员 37 人); 宁泰 79(长 43.50 m, 总吨位 303 t, 手钓船员 28 人)	北太平洋西经海域 (36°47'N~42°N, 170°51'W~180° W)	柔鱼	138	14.53	0.250

· 续表 1 ·

调查时间 Time of investigation	实施单位 Implementing unit	调查船参数 Investigation ship parameters	调查海域 Investigation areas	调查对象 Investigation species	调查站点 Investigation stations/个	总渔获量 Total catch/t	平均日产量* Average daily catch/(t/d)
2016年4月30日— 8月11日	上海海洋大学;舟山 宁泰远洋渔业有限公 司	宁泰61(长43.5 m,总吨 位479 t,手钓船员26 人);宁泰62(长43.5 m, 总吨位479 t,手钓船员26 人)	北太平洋西经海域 (37°11'N~41°N, 165°57'W~177° 29'W)	柔鱼	152	143.96	1.330
2017年5月8日— 7月14日	上海海洋大学;舟山 市金海远洋渔业有限 公司	金海701(长54.27 m,总 吨位760 t,钓机40台,手 钓船员25人)	大西洋中西部公海 (37°30'S~41°30' S,47°50'W~55° 30'W)	柔鱼	71	2.730	0.137

注: * 平均日产量为总渔获量除以实际作业天数

Notes: * average daily catch is the total catch divided by the actual fishing days

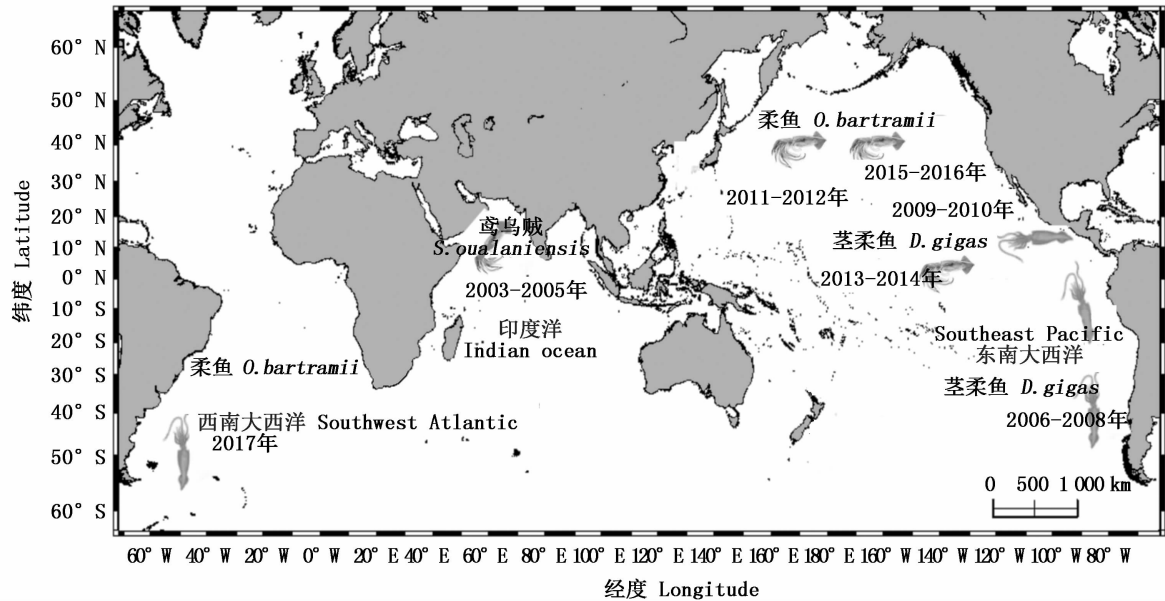


图 1 2003—2017 年大洋性鱿鱼类资源生产性调查分布示意图

Fig. 1 Investigation distribution of oceanic squid resources from 2003 to 2017

1.2.2 渔业基础生物学测定

测定渔获群体组成,包括胴长、体质量、性别、性腺成熟度、摄食等级等,其测定的依据参考《渔业资源生物学》^[3]。

1.2.3 资源丰度(CPUE)计算

柔鱼资源丰度 CPUE [尾/(线·h)] 的计算公式^[4]为

$$Y_{\text{CPUE}} = \frac{C/B}{M_1 \times T_1} \quad (1)$$

式中: C 为当次作业的总产量, kg; B 为当次作业所获柔鱼的平均体质量, kg; M_1 为每天钓机的总钓线数, 线; T_1 为每天钓机的作业时数, h。

1.2.4 CPUE 与海洋环境因子的关系

分析 CPUE 与海表温以及各水层温度、盐度的关系, 获得中心渔场的最适环境范围, 同时探

讨分析海面高度(代表冷暖水团)与中心渔场的关系。

2 结果

2.1 胴长范围及胴长与体质量的关系

2.1.1 印度洋西北部鸢乌贼

2003年9—11月调查期间共测定2766尾鸢乌贼样本, 胴长(L_{ML} , cm)范围为10.6~54.0 cm, 优势胴长组为22~36 cm, 占总数的70.5%, 其中, 雌性个体胴长范围为10.6~54.0 cm, 平均胴长为29.2 cm; 雄性个体胴长范围为14.2~31.0 cm, 平均胴长为22.0 cm。雌性个体胴长与体质量(W , kg)关系式为 $W = 0.0003 \times L_{\text{ML}}^{2.5973}$ ($R^2 = 0.95, P < 0.01$), 雄性个体的关系式为 $W = 0.0023 \times L_{\text{ML}}^{2.2076}$ ($R^2 = 0.9400, P < 0.01$)。

2004年9月—2005年2月调查期间共采集649尾鸕乌贼样本,其胴长范围为16.3~56.0 cm,优势胴长组为28.0~44.0 cm,占总数的70.51%,其中:雄性个体胴长范围为23.0~36.4 cm,平均胴长为27.6 cm;体质量范围为0.32~1.43 kg,平均体质量为0.59 kg。雌性个体胴长范围为16.3~56.0 cm,平均胴长为36.8 cm;体质量范围为0.08~6.02 kg,平均体质量为1.64 kg。雌性个体的胴长与体质量关系式为 $W = 0.000\ 05 \times L_{ML}^{3.170\ 8}$ ($R^2 = 0.970\ 0, P < 0.01$), 雄性个体的关系式为 $W = 0.000\ 1 \times L_{ML}^{2.743\ 1}$ ($R^2 = 0.910\ 0, P < 0.01$)。

2005年3—5月调查期间共采集208尾鸕乌贼样本,其胴长范围为17.8~59.0 cm,平均胴长为41.2 cm,优势胴长组为28.0~54.0 cm,占总数的85.81%;体质量范围为0.25~7.15 kg,平均体质量为2.55 kg,优势体质量组为0.25~4.50 kg,占总数的87.84%。雌性个体胴长与体质量的关系式为 $W = 0.000\ 04 \times L_{ML}^{2.977\ 8}$ ($R^2 = 0.96, P < 0.01$), 雄性个体的关系式为 $W = 0.009\ 1 \times L_{ML}^{1.957\ 9}$ ($R^2 = 0.930\ 0, P < 0.01$)。

2.1.2 智利外海茎柔鱼

2006年4—6月调查期间共采集茎柔鱼580尾,渔获个体胴长范围为24.0~55.0 cm,优势胴长为31.0~43.0 cm,占总数的82.1%。体质量范围为0.50~5.80 kg,优势体质量为1.00~2.00 kg,占总数的66.0%。胴长与体质量关系式为: $W = 0.046\ 693 \times L_{ML}^{2.877}$ ($R^2 = 0.971\ 5, P < 0.01$)。

2006年12月—2007年1月、2007年5—7月探捕期间共采集茎柔鱼样本430尾,其胴长范围为28.7~70.2 cm,平均胴长为40.4 cm,优势胴长组为35.0~45.0 cm,占总数的71.6%。体质量范围为0.63~11.30 kg,平均体质量为2.00 kg,优势体质量为1.00~2.50 kg,占总数的75.6%。雌性、雄性个体的胴长与体质量关系式分别为: $W = 6.208\ 2 \times 10^{-5} L_{ML}^{3.361\ 6}$ ($R^2 = 0.971\ 3, P < 0.01$), $W = 1.082\ 5 \times 10^{-4} L_{ML}^{3.235\ 1}$ ($R^2 = 0.977\ 5, P < 0.01$)。

2008年1—5月共采集茎柔鱼样本550尾,渔获物胴长为21.1~83.7 cm,平均胴长为36.0 cm,优势胴长组为30.0~40.0 cm,占总数的66.2%。体质量范围为0.17~10.20 kg,平均体质量

量为0.78 kg,优势体质量为0.50~1.50 kg,占总数的91.5%。雌性和雄性个体的胴长与体质量关系式分别为 $W = 7.969\ 7 \times 10^{-5} L_{ML}^{3.102\ 1}$ ($R^2 = 0.951\ 7, P < 0.01$), $W = 2.963\ 3 \times 10^{-5} L_{ML}^{2.301\ 4}$ ($R^2 = 0.934\ 1, P < 0.01$)。

2.1.3 哥斯达黎加外海茎柔鱼

2009年8—9月的调查认为,茎柔鱼样本的胴长范围为20.0~44.0 cm,平均胴长为30.5 cm,优势胴长为26.0~36.0 cm,占总数的74.9%。体质量范围为0.20~2.20 kg,平均体质量为0.69 kg,优势体质量为0.40~1.20 kg,占总数的77.2%。胴长与体质量关系式为 $W = 0.000\ 1 \times L_{ML}^{2.578\ 5}$ ($R^2 = 0.787\ 4, P < 0.01$)。

2010年2—3月、8—9月的调查认为,调查海域茎柔鱼胴长范围为20.4~42.9 cm,平均胴长为30.6 cm,优势胴长为25.0~35.0 cm,占总数的80.4%;体质量范围为0.17~2.12 kg,平均体质量为0.70 kg,优势体质量为0~1.00 kg,占总数的87.2%。雌性个体胴长与体质量关系式为 $W = 2.703\ 5 \times 10^{-4} L_{ML}^{2.574\ 7}$ ($R^2 = 0.868\ 7, P < 0.01$), 雄性为 $W = 1.788\ 2 \times 10^{-4} L_{ML}^{2.629\ 4}$ ($R^2 = 0.886\ 8, P < 0.01$)。

2.1.4 北太平洋中东部柔鱼

2011年5—6月调查共采集柔鱼样本1424尾,胴长范围为19.8~49.9 cm,平均胴长为31.2 cm,优势胴长为33.0~41.0 cm,占总数的70.6%。体质量范围为0.28~3.15 kg,平均体质量为1.43 kg,优势体质量为1.0~2.0 kg,占总数的72.1%。柔鱼胴长与体质量关系式为 $W = 1.6 \times 10^{-5} L_{ML}^{3.175\ 3}$ ($R^2 = 0.949\ 2, P < 0.01$)。

2012年5—7月调查共采集柔鱼样本1940尾,胴长范围为21.8~49.0 cm,平均胴长为35.8 cm,优势胴长为33.0~43.0 cm,占总数的76.96%。体质量范围为0.125~3.4 kg,平均体质量为1.46 kg,优势体质量为1.0~2.5 kg,占总数的87.48%。柔鱼胴长与体质量关系式为 $W = 1.0 \times 10^{-5} L_{ML}^{3.267\ 5}$ ($R^2 = 0.943\ 8, P < 0.01$)。

2.1.5 东太平洋公海赤道茎柔鱼和鸕乌贼

2013年4—6月调查共采集茎柔鱼1115尾,分析表明,不同性别、不同月份的胴长和体质量组成不同。4—6月各月雌性个体胴长范围分别为18.4~39.8 cm、23.8~46.9 cm和9.3~49.5 cm,优势胴长组分别为24.0~32.0 cm、26.0~

34.0 cm 和 28.0 ~ 36.0 cm; 体质量范围分别为 0.22 ~ 1.80 kg, 0.37 ~ 3.31 kg 和 0.02 ~ 3.90 kg, 优势体质量组分别为 0.20 ~ 0.80 kg, 0.40 ~ 1.20 kg 和 0.60 ~ 1.20 kg。4—6 月雄性个体胴长范围分别为 21.8 ~ 39.8 cm, 19.3 ~ 40.8 cm 和 9.4 ~ 40.6 cm, 优势胴长组分别为 22.0 ~ 30.0 cm, 24.0 ~ 34.0 cm 和 28.0 ~ 32.0 cm; 体质量范围分别为 0.25 ~ 2.17 kg, 0.35 ~ 1.78 kg 和 0.03 ~ 1.78 kg, 优势体质量组分别为 0.20 ~ 0.80 kg, 0.40 ~ 1.20 kg 和 0.40 ~ 0.80 kg。雌、雄茎柔鱼的胴长与体质量关系分别为: $W = 1.64 \times 10^{-5} L_{ML}^{3.0926}$ ($R^2 = 0.9434, P < 0.01$), $W = 2.32 \times 10^{-5} L_{ML}^{3.0229}$ ($R^2 = 0.9426, P < 0.01$)。

鸢乌贼在调查海域也有分布。调查期间, 鸢乌贼渔获物的胴长范围为 13.7 ~ 33.8 cm, 优势胴长组为 16.0 ~ 22.0 cm, 占总数的 81.45%; 体质量范围为 0.09 ~ 1.30 kg, 优势体质量组为 0.15 ~ 0.45 kg, 占总数的 80.67%。不同月份的鸢乌贼胴长与体质量组成不同, 4—6 月胴长范围分别为 18.3 ~ 26.4 cm, 13.7 ~ 29.7 cm 和 14.2 ~ 33.8 cm, 体质量范围分别为 0.24 ~ 0.67 kg, 0.09 ~ 1.17 kg 和 0.11 ~ 1.30 kg。其胴长与体质量关系式为 $W = 4.58 \times 10^{-5} L_{ML}^{2.9713}$ ($R^2 = 0.9686, P < 0.01$)。

2014 年 4—6 月调查共采集茎柔鱼样本 584 尾, 其胴长范围为 22.0 ~ 47.6 cm, 平均胴长为 31.9 cm, 优势胴长为 26.0 ~ 35.0 cm, 占总数的 83.0%。体质量范围为 0.28 ~ 3.33 kg, 平均体质量为 0.91 kg, 优势体质量为 0.30 ~ 1.20 kg, 占总数的 87.2%。胴长与体质量关系式为 $W = 1.0 \times 10^{-5} L_{ML}^{3.1247}$ ($R^2 = 0.9019, P < 0.01$)。

共采集鸢乌贼 220 尾, 其雌性个体胴长范围为 13.2 ~ 35.1 cm, 平均胴长为 19.6 cm, 优势胴长为 14.0 ~ 22.0 cm, 占总数的 81.8%; 体质量范围为 0.06 ~ 1.98 kg, 平均体质量为 0.32 kg, 优势体质量为 0.10 ~ 0.40 kg, 占总数的 78.4%。雄性个体胴长范围为 11.9 ~ 25.4 cm, 平均胴长为 17.5 cm, 优势胴长为 12.0 ~ 22.0 cm, 占总数的 75.0%, 体质量范围为 0.04 ~ 0.67 kg, 平均体质量为 0.24 kg。其胴长与体质量关系式为 $W = 2.0 \times 10^{-5} L_{ML}^{3.1204}$ ($R^2 = 0.9338, P < 0.01$)。

2.1.6 北太平洋西经海域柔鱼

2015 年 6—8 月调查期间共采集柔鱼样本

565 尾, 雌、雄个体胴长范围分别为 16.5 ~ 51.6 cm 和 16.6 ~ 51.2 cm, 优势胴长组分别为 30.0 ~ 45.0 cm 和 25.0 ~ 45.0 cm, 分别占总数的 78.88% 和 86.42%。雌、雄性个体体质量范围分别为 0.10 ~ 3.88 kg 和 0.10 ~ 4.50 kg, 优势体质量组分别为 1.00 ~ 2.50 kg 和 0.50 ~ 2.50 kg, 分别占总数的 73.60% 和 78.19%。胴长与体质量关系式为 $W = 5.0 \times 10^{-6} L_{ML}^{3.2969}$ ($R^2 = 0.9180, P < 0.01$)。

2016 年 4—6 月调查期间共采集柔鱼 539 尾, 分析认为, 不同性别渔获物中柔鱼的胴长和体质量组成不同, 不同月份的也不同。4 月、5 月和 6 月雌性个体胴长范围分别为 29.3 ~ 38.6 cm, 27.2 ~ 45.0 cm 和 19.8 ~ 45.1 cm, 优势胴长组分别为 30.0 ~ 35.0 cm, 30.0 ~ 35.0 cm 和 35.0 ~ 40.0 cm; 体质量范围分别为 0.73 ~ 1.62 kg, 0.62 ~ 2.90 kg 和 0.22 ~ 3.48 kg, 优势体质量组分别为 0.50 ~ 1.00 kg, 0.50 ~ 1.00 kg 和 1.00 ~ 1.50 kg。雄性样本只在 6 月出现, 其胴长范围为 19.7 ~ 26.4 cm, 优势胴长组为 20.0 ~ 25.0 cm; 体质量范围为 19.0 ~ 58.0 cm, 优势体质量组为 0 ~ 0.50 kg。胴长与体质量关系式为 $W = 1.0 \times 10^{-5} L_{ML}^{3.1860}$ ($R^2 = 0.8974, P < 0.01$)。

2.1.7 大西洋中西部公海柔鱼

2017 年 5—6 月探捕期间, 共采集柔鱼样本 322 尾。雌、雄性个体的胴长范围分别为 14.7 ~ 43.5 cm 和 13.7 ~ 36.6 cm, 优势胴长组分别为 20.0 ~ 40.0 cm 和 20.0 ~ 30.0 cm, 分别占总数的 85.94% 和 84.62%。雌、雄个体体质量范围分别为 0.06 ~ 2.66 kg 和 0.06 ~ 1.49 kg, 优势体质量组分别为 0 ~ 0.50 kg 和 0 ~ 1.00 kg, 分别占总数的 59.84% 和 68.72%。

分析表明, 不同性别、不同月份柔鱼的胴长和体质量组成不同。雌性个体, 5 月柔鱼胴长范围为 14.7 ~ 43.2 cm, 无明显优势胴长组; 体质量范围为 0.06 ~ 2.06 kg, 优势体质量组为 0 ~ 0.5 kg, 占总数的 42.03%。6 月柔鱼胴长范围为 15.4 ~ 43.5 cm, 优势胴长组为 25.0 ~ 30.0 cm, 占总数的 43.86%; 体质量范围为 0.10 ~ 2.66 kg, 优势体质量组为 0.50 ~ 1.00 kg, 占总数的 45.61%。雄性个体, 5 月柔鱼胴长范围为 13.7 ~ 36.6 cm, 优势胴长组为 25.0 ~ 30.0 cm, 占总数的 47.95%; 体质量范围为 0.06 ~ 1.49 kg, 优势

体质量组为 0~0.50 kg, 占总数的 54.79%。6 月柔鱼胴长范围为 17.7~35.6 cm, 优势胴长组为 25.0~30.0 cm, 占总数的 51.85%; 体质量范围为 0.18~0.47 kg, 优势体质量组为 0.50~1.00 kg, 占总数的 66.67%。胴长与体质量关系式为 $W = 2.0 \times 10^{-5} L_{ML}^{3.0723}$ ($R^2 = 0.9202$, $P < 0.01$)。

2.2 渔获物性比组成与摄食

2.2.1 印度洋西北部鸢乌贼

2003 年 9—11 月调查发现, 渔获物中鸢乌贼雌雄比为 93:7。尽管雄性鸢乌贼数量极少, 但分布范围很大, 整个调查海域均有雄性个体分布。分析发现, 10°N 以南海域, 雌性个体性成熟以 IV 期为主, 10°N 以北海域则以 I 期为主; 雄性个体, 在不同海域的性成熟均以 IV 期为主, 均占总数的 80%。调查发现, 鸢乌贼摄食等级较低, 以 0~2 级为主, 占总数的 63%。在残留的胃含物中, 以鱿鱼为主。

2004 年 9 月—2005 年 2 月调查认为, 渔获物中鸢乌贼雌雄比为 96:4。雄性个体的性成熟度以 II~IV 期为主, 占总数的 88%; 雌性个体以 I、II 期为主, 占总数的 69.9%。分析发现, 摄食等级以 1 级和 2 级为主, 分别占 30% 和 32%。残留的胃含物以鱿鱼块和飞鱼为主, 自食现象极为严重。

2005 年 3—5 月调查认为, 渔获物中鸢乌贼雌雄比为 100:4。不同纬度的雌性个体的性腺成熟度具有明显的差异。在 15°N 附近海域, 各期性腺成熟度差异不大, 以 I~III 期为主; 在 17°N 附近海域, 性腺成熟度以 III、IV 期为主。其摄食等级主要以 3、4 级为主, 占总数的 63%。调查发现, 一般在凌晨时, 鸢乌贼的摄食程度开始下降。

2.2.2 智利外海茎柔鱼

2006 年 4—6 月调查认为, 渔获物中茎柔鱼雌雄比为 91:9。4—6 月期间, 雌性个体的性腺成熟度以 I~II 级为主, 占总数的 91.21%。摄食等级以 1~3 级为主, 占总数的 72.0%。

2007 年 1 月、5—7 月调查认为, 渔获物中茎柔鱼雌雄比为 3:1。总体上, 渔获物中性腺成熟度以 I 期为主, 占总数的 92%, 未发现 V 期个体。渔获物中的摄食等级以 0 级和 1 级为主, 分别占总数的 35% 和 20%。调查发现, 当地时间 24:00 前空胃率较高, 摄食率低; 24:00 后满胃率较高,

摄食量明显增加。同时, 茎柔鱼的自我残食现象严重。

2008 年 1—5 月调查认为, 渔获物中茎柔鱼雌雄比为 3.7:1, 其中 1 月雌雄比为 4.8:1, 2 月雌雄比为 3.2:1, 3 月雌雄比为 3:1。渔获物中性腺成熟度以 I 期为主, 占总数的 75%, 未发现 V 期个体。其摄食等级以 1 级和 2 级为主, 分别占总数的 27% 和 43%。

2.2.3 哥斯达黎加外海茎柔鱼

2009 年 8—9 月调查认为, 渔获物中以雌性茎柔鱼为主, 占总数的 80.9%, 雄性仅占 19.1%, 雌雄比例为 4.24:1。雄性个体的性腺成熟度以 IV 期为主, 占总数的 75.6%, 雌性以 II~IV 为主, 分别占总数的 28.2%、46.0%、21.3%。摄食等级以 0 级为主, 占总数的 70%。

2010 年 2—3 月、8—9 月调查认为, 渔获物中雌雄比为 3.75:1。雌性个体性腺成熟度以 II 和 III 期为主体, 累计占总数的 63% 以上; 雄性个体则以 III、IV 期为主, 累计占总数的 88% 以上。其间, 调查海域发现了数量很多的幼体, 该海域有可能是茎柔鱼的肥育场。渔获物的摄食等级各月有所差异, 8 月以 0 级为主, 所占比重达 89.8%; 9 月则以 0~1 级为主, 其所占比重达 87.8%。

2.2.4 北太平洋中东部柔鱼

2011 年 5—6 月调查发现, 渔获物中柔鱼雌雄性比为 70.4:1。性腺成熟度集中在 II 期和 III 期, 分别占总数的 28.4% 和 56.7%, 未发现 IV 期以上个体。摄食等级主要为 1 级和 2 级, 分别占总数的 56.7% 和 22.0%。

2012 年 5—7 月调查发现, 渔获物中柔鱼雌雄比为 40.6:1。性腺成熟度主要集中在 I 期和 II 期, 分别占总数的 36.1% 和 42.8%。柔鱼摄食等级主要集中在 0 级和 1 级, 分别占总数的 26.9% 和 41.8%。

2.2.5 东太平洋公海赤道茎柔鱼和鸢乌贼

2013 年 4—6 月调查发现, 不同月茎柔鱼性比例构成不同, 4—6 月雌雄性比分别为 1.87:1、1.61:1 和 1.17:1。分析认为: 雌性个体以未成熟为主 (III 期以下), 占总数的 88.95%; 雄性个体则以性成熟 (III 期及其以上) 为主, 占总数的 59.58%。分析表明, 不同性别、不同月间茎柔鱼摄食等级组成不同。4—6 月雌性个体, 各月 0~2

级所占的比例分别为 77.96%、62.28% 和 49.58%，雄性个体分别为 80.66%、75.94% 和 61.90%。许多大型茎柔鱼胃里包含残碎的茎柔鱼个体，自相残食现象普遍。

调查也表明，渔获物中鸢乌贼雌雄比达 76:1。渔获物中以成熟个体(Ⅲ期及其以上)为主，占总数的 68.83%。摄食等级以 0~2 级为主，占 89.42%。初步分析表明，鸢乌贼主要以甲壳类和仔鱼为食，同时包含很多残碎的鱿鱼个体。

2014 年 4—6 月调查发现，渔获物中茎柔鱼雌雄性比为 2.06:1。雌性个体的性成熟度主要分布在 I 和 II 期，分别占总数的 33.8%、48.5%，雄性个体则分布比较均匀，I~V 期分别占总数的 15.2%、30.2%、15.2%、21.2% 和 18.2%。雌性个体摄食等级主要集中在 0~2 级，分别占总数的 26.5%、35.3% 和 29.4%，雄性个体也主要集中在 0~2 级，分别占总数的 15.2%、33.3% 和 33.3%。

渔获物中鸢乌贼雌雄性比为 12.75:1。雌性个体性成熟分布比较均匀，I~V 期分别占总数的 23.0%、13.7%、27.0%、21.6% 和 14.7%。雄性个体主要集中在 IV 期和 V 期，分别占总数的 25.0% 和 50.0%。雌性个体摄食等级主要集中在 0 级和 1 级，分别占总数的 38.7% 和 46.6%；雄性个体也主要集中在 0 级和 1 级，分别占总数的 50.0% 和 43.8%。

2.2.6 北太平洋西经海域柔鱼

2015 年 6—8 月调查认为，渔获物中 6—8 月柔鱼各月雌雄比分别为 1.67:1、1.27:1 和 0.63:1，总体雌雄比为 1.33:1。不同月份，雌雄个体的性腺成熟度组成不同。6 月份，雌、雄性个体性成熟度均以 II 期为主，分别占总数的 54.21%、50.00%；7 月份，分别以 II、III 期为主，分别占总数的 37.84%、43.21%；8 月份性成熟度均以 I 期为主，分别占总数的 73.3% 和 52.08%。分析也表明：6—8 月雌性个体摄食等级均以 0 级为主，分别占总数的 55.79%、51.46%、41.38%；6—8 月雄性个体的摄食等级也以 0 级为主，分别占总数的 56.14%、51.85%、56.25%。

2016 年 4—6 月调查表明，渔获物中柔鱼雌雄性比为 32.69:1，其性成熟度以 II 期为主，占总数的 90%。分析表明：4—6 月雌性个体各月 0~

1 级所占的累计比重分别为 35.00%、53.19% 和 62.07%；6 月雄性个体摄食等级 0~1 级所占比重为 56.25%。

2.2.7 大西洋中西部公海柔鱼

2017 年 5—6 月调查认为，渔获物中柔鱼雌雄性比为 1.54:1，其中 5 月和 6 月雌雄性比分别为 1.89:1 和 1.06:1。不同月份，柔鱼性腺成熟度组成不同。5 月和 6 月，雌性个体性成熟度均以 II 期为主，分别占总数的 60.87% 和 70.18%。同样，5—6 月雄性个体性成熟度也以 II 期为主，分别占总数的 42.47% 和 48.15%。分析表明，不同性别、不同月份间柔鱼摄食等级组成不同。雌性个体，5 月摄食等级以 1 级和 2 级为主，分别占总数的 30.43% 和 31.16%；6 月份则以 2 级为主，占总数的 35.09%。雄性个体，5 月摄食等级以 1 级和 2 级为主，分别占总数的 30.14% 和 27.40%；6 月也以 1 级和 2 级为主，分别占总数的 38.89%、31.48%。

2.3 资源密度分布及其与水温的关系

2.3.1 印度洋西北部鸢乌贼

2003 年 9—11 月调查表明，整个调查海域的 CPUE 一般为 0.01~5.69 尾/(线·h)，平均为 1.061 尾/(线·h)。在 12°N 以南海域，CPUE 一般在 1.0 尾/(线·h) 以下，其中心渔场的适宜表温为 26.4~27.0℃；在 12°N~14°N、58°E~61°E 海域，其 CPUE 在 2.0~2.5 尾/(线·h)，其中心渔场的适宜表温为 26.7~29.0℃。在 15°N~16°N、61°E 附近海域，CPUE 值为最高，达到 5.5 尾/(线·h) 以上，平均日产均在 5 t 以上，其表温在 27~29℃。从海面高度来看，中心作业渔场处在冷水涡的边缘海域。

2014 年 9 月—2015 年 2 月调查表明，调查海域的 CPUE 多数在 1.0~4.0 尾/(线·h)，占总数的 63.1%。高 CPUE[>2 尾/(线·h)] 主要分布在 12°N、14°N~16°N 和 59°E~61°E 海域，以及 18°30'N~20°N、62°30'E~64°E 海域。调查表明，中心渔场主要集中在 3 个区域：(1) 62°E~64°E、12°N~13°N 海域，其表温为 27.1~28.3℃；(2) 59°E~62°E、15°N~18°N 海域，其表温为 27.30~28.20℃；(3) 62°E~64°E、18°N~20°N 海域，其表温为 26.90~29.00℃。中心作业渔场基本上在冷水与暖水交汇边缘处，并处于冷水涡边缘一侧。

2005年3—5月调查表明,中心渔场主要分布在 $17^{\circ}00'N$ 、 $61^{\circ}00'E$ 附近海域,其表温范围为 $27.7\sim 28.5\text{ }^{\circ}C$,同样处在冷水与暖水交汇边缘处。

2.3.2 智利外海茎柔鱼

2006年4—6月调查表明,茎柔鱼在智利外海广泛分布,且其资源密度较高,南部区域($37^{\circ}S$ 以南)平均CPUE为2.8尾/(线·h),北部区域($30^{\circ}S$ 以北)平均CPUE为3.1尾/(线·h)。南部区域较高CPUE[>2 尾/(线·h)]主要分布在 $40^{\circ}00'S\sim 41^{\circ}00'S$ 、 $79^{\circ}00'W\sim 84^{\circ}00'W$,以及 $37^{\circ}30'S$ 、 $78^{\circ}30'W$ 海域;CPUE最高[>5 尾/(线·h)]的区域分布在 $40^{\circ}00'S\sim 40^{\circ}30'S$ 、 $79^{\circ}00'W\sim 79^{\circ}30'W$ 海域。北部区域较高CPUE[>2 尾/(线·h)]分布在 $28^{\circ}00'S\sim 30^{\circ}00'S$ 、 $76^{\circ}30'W\sim 77^{\circ}00'W$ 海域,CPUE最高[>5 尾/(线·h)]区域分布在 $28^{\circ}30'S$ 、 $77^{\circ}00'W$ 附近海域。

分析发现:南部区域中心渔场(日产8t以上)的适宜表温为 $14.2\sim 15.3\text{ }^{\circ}C$,盐度为 $33.58\sim 34.23$;50m水层适宜温度为 $13.6\sim 14.4\text{ }^{\circ}C$,盐度为 $33.14\sim 34.29$;100m水层适宜温度为 $10.4\sim 11.6\text{ }^{\circ}C$,盐度为 $33.82\sim 34.11$;200m水层适宜温度为 $8.6\sim 9.5\text{ }^{\circ}C$,盐度为 $33.95\sim 34.18$;300m水层适宜温度为 $6.4\sim 7.1\text{ }^{\circ}C$,盐度为 $33.13\sim 34.32$ 。分析表明,茎柔鱼中心渔场主要分布在冷水涡周围,以及冷暖水团的交界处附近,而在暖水团中部其渔获产量一般较低。

2007年1月、5—7月调查表明:在南部($37^{\circ}S$ 以南),较高CPUE[>2 尾/(线·h)]主要分布在 $37^{\circ}30'S\sim 39^{\circ}30'S$ 、 $78^{\circ}30'W\sim 79^{\circ}30'W$,以及 $39^{\circ}00'S\sim 39^{\circ}30'S$ 、 $80^{\circ}W\sim 81^{\circ}W$ 海域,CPUE最高[>5 尾/(线·h)]的区域分布在 $39^{\circ}30'S$ 、 $78^{\circ}30'W$ 附近,其适宜表温为 $13.9\sim 14.1\text{ }^{\circ}C$;在北部($30^{\circ}S$ 以北),较高CPUE[>2 尾/(线·h)]主要分布在 $23^{\circ}30'S\sim 28^{\circ}00'S$ 、 $75^{\circ}30'W$ 附近海域,CPUE最高[>5 尾/(线·h)]区域主要分布在 $27^{\circ}00'S$ 、 $75^{\circ}30'W$ 附近,其适宜表温为 $17.39\sim 20.84\text{ }^{\circ}C$ 。

2008年1—5月探捕表明:CPUE较高区域在 $23^{\circ}00'S\sim 24^{\circ}30'S$ 、 $75^{\circ}30'W\sim 77^{\circ}30'W$ 海域,CPUE最高区域则在 $24^{\circ}00'S$ 、 $75^{\circ}30'W$ 附近海域;中心渔场适宜表温为 $17.3\sim 20.9\text{ }^{\circ}C$,盐度为 $34.17\sim 34.71$ 。

2.3.3 哥斯达黎加外海茎柔鱼和鸢乌贼

2009年7—8月调查表明,茎柔鱼分布在 $6^{\circ}30'N\sim 10^{\circ}00'N$ 、 $97^{\circ}00'W\sim 91^{\circ}00'W$ 海域,但其资源密度分布不均匀,渔获量及CPUE差异很大,CPUE为0~5尾/(线·h)的最多,占总作业次数的56.25%,其中 $7^{\circ}30'N\sim 8^{\circ}00'N$ 、 $91^{\circ}00'W\sim 92^{\circ}00'W$ 以及 $8^{\circ}30'N\sim 9^{\circ}00'N$ 、 $94^{\circ}30'W\sim 95^{\circ}00'W$ 海域CPUE最高,最高超过20尾/(线·h)。作业渔场的表温为 $27.5\sim 29.0\text{ }^{\circ}C$,盐度为 $32.85\sim 33.91$,其高产的中心渔场表温为 $27.5\sim 29.0\text{ }^{\circ}C$,盐度为 $33.48\sim 33.91$,50m水层最适水温为 $14\sim 15\text{ }^{\circ}C$ 。

2010年2—3月、8—9月调查表明,茎柔鱼分布在整个调查海域,各月空间分布不均匀。2月CPUE在5尾/(线·h)、日产量在1t以上的海域主要分布在 $95^{\circ}W\sim 97^{\circ}W$ 、 $5^{\circ}30\sim 9^{\circ}N$,3月分布在 $90^{\circ}W\sim 96^{\circ}W$ 、 $8^{\circ}N\sim 9^{\circ}N$ 海域,8月分布在 $91^{\circ}W\sim 96^{\circ}W$ 、 $6^{\circ}N\sim 7^{\circ}30'N$ 海域,9月分布在 $96^{\circ}W\sim 97^{\circ}W$ 、 $7^{\circ}\sim 7^{\circ}30'N$ 海域。2~3月作业渔场的适宜表温为 $28\sim 29\text{ }^{\circ}C$,10m、50m、100m、200m水层的温度分别为 $27\sim 28\text{ }^{\circ}C$ 、 $24.5\sim 25\text{ }^{\circ}C$ 、 $15\sim 17\text{ }^{\circ}C$ 、 $13\sim 14\text{ }^{\circ}C$ 。8~9月作业渔场的适宜表温约为 $28\text{ }^{\circ}C$,10m、50m、100m、200m水层的温度分别为 $27\text{ }^{\circ}C$ 、 $21\sim 22\text{ }^{\circ}C$ 、 $14\sim 15\text{ }^{\circ}C$ 、 $13\sim 14\text{ }^{\circ}C$ 。

2.3.4 北太平洋中东部柔鱼

2011年调查表明,5月至6月中旬柔鱼主要集中在 $38^{\circ}40'N\sim 39^{\circ}30'N$ 、 $172^{\circ}E\sim 175^{\circ}E$ 和 $38^{\circ}40'N\sim 39^{\circ}20'N$ 、 $179^{\circ}E\sim 177^{\circ}30'W$ 海域,其中心渔场最适温度为 $13.7\sim 15.0\text{ }^{\circ}C$,平均CPUE为2.1尾/(线·h),最高CPUE为8.2尾/(线·h)。

2012年5—7月调查表明,其CPUE在 $1.1\sim 11.7$ 尾/(线·h),平均CPUE达到3.6尾/(线·h)。作业渔场主要分布在 $39^{\circ}30'N\sim 40^{\circ}N$ 、 $174^{\circ}E\sim 177^{\circ}E$ 、 $39^{\circ}30'N\sim 40^{\circ}N$ 、 $179^{\circ}00'E\sim 179^{\circ}00'W$ 和 $39^{\circ}30'N\sim 40^{\circ}N$ 、 $177^{\circ}00'W\sim 175^{\circ}00'W$ 海域,中心渔场集中在 $39^{\circ}30'N\sim 40^{\circ}N$ 、 $174^{\circ}E\sim 177^{\circ}E$ 和 $39^{\circ}30'N\sim 40^{\circ}N$ 、 $177^{\circ}00'W\sim 175^{\circ}00'W$ 海域。5月中心渔场的适宜表温为 $13.4\sim 16.6\text{ }^{\circ}C$,6月为 $13.9\sim 15.3\text{ }^{\circ}C$,7月为 $14.4\sim 16.1\text{ }^{\circ}C$ 。分析还发现,中心渔场与海面高度距平均值分布关系密切,基本上分布在冷水涡

的边缘海域。

2.3.5 东太平洋公海赤道茎柔鱼

2013年4—6月调查显示,4月高 CPUE [> 30 尾/(线·h)]主要集中在 $0^{\circ}30'N \sim 1^{\circ}18'N$ 、 $116^{\circ}W \sim 119^{\circ}W$ 海域,最高 CPUE [36.44 尾/(线·h),对应产量为 8.29 t]的作业海域分布在 $1^{\circ}18'N$ 、 $116^{\circ}W$ 附近,其表温为 $25.5 \sim 26.5^{\circ}C$ 。5月份高 CPUE [> 30 尾/(线·h)]主要分布在 $0^{\circ}36'N \sim 1^{\circ}12'N$ 、 $115^{\circ}56'W \sim 116^{\circ}10'W$ 海域,最高 CPUE [41.27 尾/(线·h),对应日产量 11 t]的作业海域分布在 $1^{\circ}03'N$ 、 $116^{\circ}05'W$ 附近,其表温为 $24.0 \sim 25.5^{\circ}C$ 。6月份高 CPUE [> 30 尾/(线·h)]主要集中在 $0^{\circ}35'N \sim 1^{\circ}N$ 、 $114^{\circ}53'W \sim 115^{\circ}40'W$ 海域,最高 CPUE [42.09 尾/(线·h),对应日产量 9.9 t]的作业海域分布在 $0^{\circ}33'N$ 、 $115^{\circ}40'W$ 附近,其表温为 $23.0 \sim 24.0^{\circ}C$ 。

2014年4—6月调查显示,在整个调查海域中,CPUE 为 1~5 尾/(线·h)的站点为最多,占总数的 60%。中心渔场主要分布在 $0^{\circ}N \sim 0^{\circ}30'N$ 、 $117^{\circ}W \sim 118^{\circ}W$ 海域,其他作业渔场还有 $0^{\circ}S \sim 0^{\circ}30'S$ 、 $109^{\circ}W \sim 110^{\circ}W$ 等海域。研究表明,不同月份中心渔场的最适水温存在差异,4月适宜表温为 $26 \sim 27^{\circ}C$,5月为 $25 \sim 27^{\circ}C$ 。

2.3.6 北太平洋西经海域柔鱼

2015年6—8月调查显示,6月高 CPUE [> 2 尾/(线·h)]主要集中在 $38^{\circ}30'N \sim 40^{\circ}N$ 、 $173^{\circ}25'W \sim 179^{\circ}59'W$ 海域,最高 CPUE [4.48 尾/(线·h),日产量 1.0 t]的海域分布在 $40^{\circ}N$ 、 $174^{\circ}W$ 附近,其表温为 $13^{\circ}C$ 。7月高 CPUE [> 2 尾/(线·h)]主要集中在 $40^{\circ}44'N \sim 41^{\circ}12'N$ 、 $175^{\circ}W \sim 177^{\circ}50'W$ 海域,最高 CPUE [4.39 尾/(线·h)]分布在 $177^{\circ}50'W$ 、 $40^{\circ}46'N$ 附近,其表温为 $14^{\circ}C$;8月作业渔场分布在 $37^{\circ}23'N \sim 41^{\circ}37'N$ 、 $171^{\circ}09'W \sim 175^{\circ}58'W$ 海域,CPUE 为 $0.50 \sim 1.17$ 尾/(线·h),其表温为 $14 \sim 15^{\circ}C$ 。

2016年调查显示,5月份高 CPUE [> 8 尾/(线·h)]主要集中在 $37^{\circ}20'N \sim 37^{\circ}30'N$ 、 $172^{\circ}40'W \sim 175^{\circ}00'W$ 海域,中心渔场主要分布在 $37^{\circ}24'N \sim 38^{\circ}19'N$ 、 $172^{\circ}30'W \sim 174^{\circ}30'W$ 海域,其表温为 $13.3 \sim 13.9^{\circ}C$ 。6月高 CPUE [> 8 尾/(线·h)]主要集中在 $38^{\circ}20'N \sim 39^{\circ}10'N$ 、 $172^{\circ}20'W \sim 175^{\circ}10'W$ 海域,中心渔场主要分布在 38°

$21'N \sim 40^{\circ}51'N$ 、 $170^{\circ}40'W \sim 174^{\circ}40'W$ 海域,其表温为 $13.7 \sim 16.3^{\circ}C$ 。7月中心渔场主要分布在 $40^{\circ}30'N \sim 42^{\circ}12'N$ 、 $152^{\circ}09'W \sim 154^{\circ}49'W$,其表温为 $13.7 \sim 16.3^{\circ}C$ 。

2.3.7 大西洋中西部公海柔鱼

2017年5—6月调查显示,整个调查海域均有柔鱼分布,但资源密度较低,平均日产量为 136.5 kg/d,最高日产量为 1310 kg/d。作业渔场主要分布在 $37^{\circ}30'S \sim 39^{\circ}30'S$ 、 $50^{\circ}30'W \sim 52^{\circ}00'W$ 海域,中心渔场主要集中在 $37^{\circ}30'S \sim 38^{\circ}10'S$ 、 $51^{\circ}00'W \sim 51^{\circ}40'W$ 海域,其适宜表温为 $14^{\circ}C$ 左右。分析发现,其中心渔场形成与海表面温度、海面高度距平均值关系密切。

3 讨论与分析

3.1 我国远洋鱿钓渔业发展分析

2003—2017年在农业部公海渔业资源调查项目的支持下,对印度洋、太平洋、大西洋等三大洋 7 个渔场的大洋性鱿鱼资源进行了生产性调查,在国际上首次发现了 4 个鱿鱼新渔场(智利外海、东太平洋赤道、印度洋西北和西南大西洋公海),新增作业海域 1 000 多万 km^2 ,相当于我国管辖海域的 3 倍,估计新增渔场的资源蕴藏在 500 万 t 以上,绝大多数渔场都实现了商业化生产。通过 10 多年的生产性调查,我国远洋鱿钓渔业的生产规模和产量也不断增长,其捕捞年产量从 2002 年调查前的 22.1 万 t,增加到 2015 年的 78.9 万 t,增加了 2 倍多(图 2);作业渔船数量从 2002 年的 502 艘增加到 2017 年 706 艘(部分作业渔船可能存在西南大西洋和东南太平洋兼作的可能),增长了 40% 以上(图 3)。生产期间,由于厄尔尼诺现象、北太平洋涛动、产卵场环境变化等影响,鱿鱼捕捞年产量出现了剧烈的变化^[5-6],如 2009 年达到历史最低值,2016 年也出现了大幅度下降(图 2)。总体上分析,由于 10 多年来对全球三大洋的大洋性鱿鱼资源进行持续性生产性调查,开发了一批新渔场,增加了一些新种类,为我国远洋鱿钓渔业持续稳定发展,并成为世界上第一大远洋鱿钓渔业国家作出了重要的贡献,同时也为鱿钓船实行全年性生产以及作业渔场互补、降低因资源补充量不稳定而造成生产风险提供了保障。

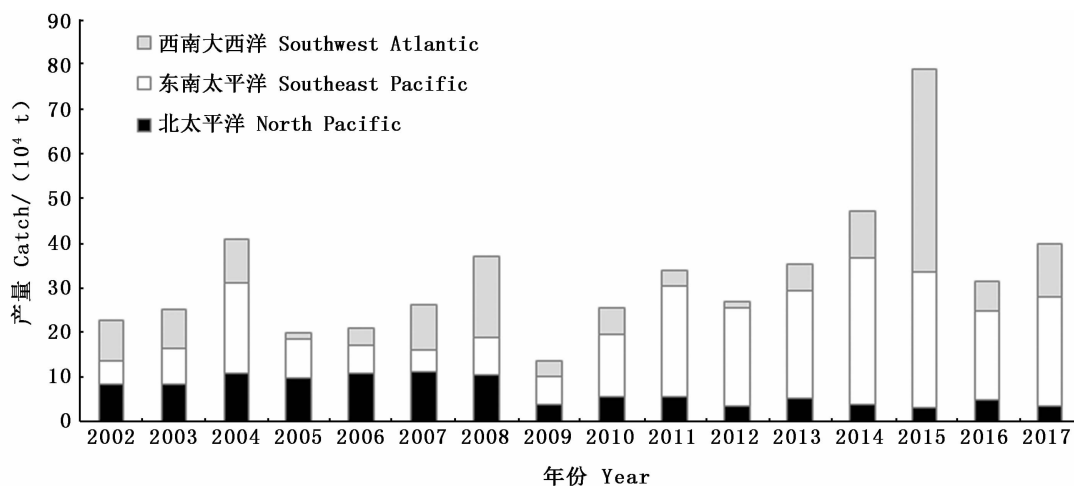


图2 2002—2017年中国远洋鱿钓渔业产量分布图

Fig. 2 Annual catch of Chinese squid jigging fisheries from 2002 to 2017

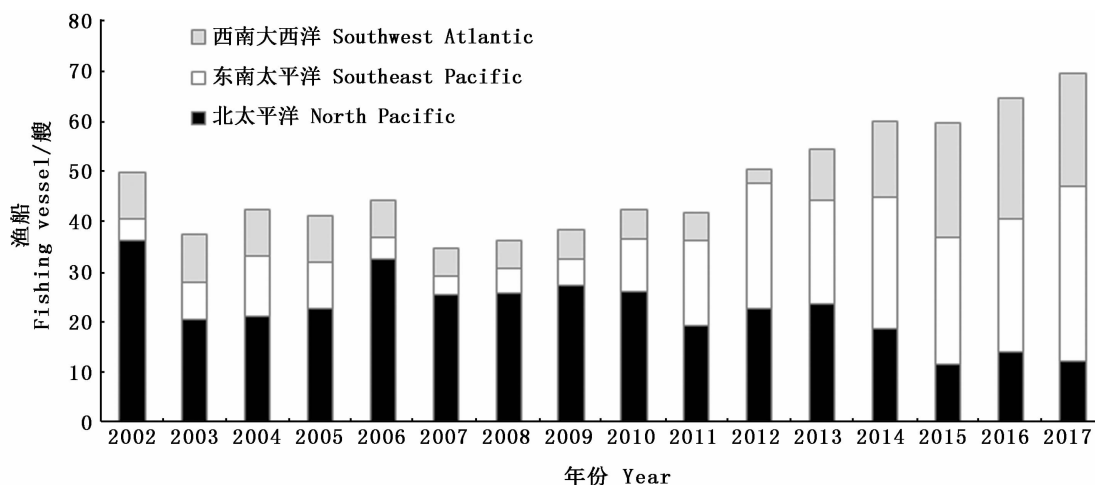


图3 2002—2017年中国远洋鱿钓渔船数量分布图

Fig. 3 Annual number of fishing vessels for Chinese squid jigging fisheries from 2002 to 2017

3.2 基础生物学特性探讨

在10多年的生产性调查中,通过对每一个海域2~3年的调查与样本采集,对其渔获物的胴长和体质量组成,以及性成熟度、摄食等级等有了初步的了解^[7-8]。研究发现:不同捕捞对象个体大小及其优势群体、性成熟等存在明显的差异,在所有捕捞群体中,以智利外海茎柔鱼平均个体为最大,东太平洋公海海域的鸢乌贼平均个体为最小,但总体上胴长处在20~50 cm的范围内;渔获物基本上以雄性为主;摄食等级以0~2级的低摄食为主;同时,基本上存在自我残食的现象。

但是,由于调查时间有限,分布范围极广,目前对其群体组成、洄游过程、产卵场分布、繁殖习

性以及生活史过程等基础特性尚不清楚。种群是渔业资源开发和管理的的基本单元,大洋性鱿鱼具有群体结构复杂、分布范围广^[9]、空间区域交叉重叠等特点,为此,需要利用多种手段和方法,通过国际合作持续大范围收集鱿鱼样本,开展种群结构的研究工作。大洋性鱿鱼是一种典型的生态机会主义者,大量的亲体在产完卵后就死亡,其资源补充量大小完全取决于补充群体^[10],繁殖能力决定了其后代的数量和质量,但目前对新开发的大洋性鱿鱼的繁殖策略与行为知之甚少,尤其是产卵至孵化、孵化后至仔鱼的生物学过程;大洋性鱿鱼的年龄与生长已被广泛研究与应用^[11],但其样本多来自索饵场,产卵场及产卵后个体的样本极少。因此,对新开发的渔场和大

洋性鱿鱼资源要通过国际合作,基于科学调查和生产调查相结合,长序列全年采集产卵场和索饵场的样本,基于鱿鱼硬组织结构、微化学和稳定同位素等手段^[12],系统开展大洋性鱿鱼的基础生物学研究,为合理开发和科学管理鱿鱼资源提供基础。

3.3 资源渔场分布及其与环境关系分析

对每一个海域的鱿鱼资源渔场,通过2~3年的生产性调查,初步掌握了渔汛的时间以及资源空间分布、中心渔场分布及其与表温、盐度和海面高度等因子的关系^[4,13],也获得了其最适的环境因子范围。研究发现,不同作业渔场其最适水温是不一致的,并存在较大的差异。例如,智利南部区域中心渔场的适宜表温为14.2~15.3℃,而印度洋西北部海域中心渔场的表温在26~29℃。

由于短短的几年资源调查无法全面了解其资源渔场分布以及渔场形成的机制,更无法有效开展精准的渔情预报工作(例如资源补充量的预测),为此,在后续的研究中,要通过生产和调查系统收集统计数据,结合卫星遥感资料和气候指标,结合栖息地指数理论、人工智能等方法^[14-19],建立中心渔场预报模型以及资源补充量预测模型,为科学安排生产和合理开发鱿鱼资源提供技术手段。

3.4 可持续开发和利用经济柔鱼类资源的建议

已开发的三大洋鱿鱼资源具有分布广、资源蕴藏量大但年间变化剧烈的特点,气候变化对大洋性鱿鱼生活史过程的影响极其复杂^[5-6],它们不仅可直接影响其资源补充量,同时还可通过栖息环境如水温等来间接影响资源量和渔场分布。总体上看,目前对新开发几个海域的大洋性鱿鱼的研究,对其生活史过程的了解甚少甚至没有,无法正确解释大洋性鱿鱼在其产卵场、洄游过程、索饵场受到环境变化时是如何产生相应变化的。因此,在未来的研究中,除了采用水温指标外,还应该将叶绿素、海面高度、海流等影响大洋性鱿鱼资源渔场的重要环境指标综合考虑,并提出一些科学的假设理论,以便诠释大洋性鱿鱼资源变化的原因和机制。

为此,在以后的研究中应做好以下几个方面的工作:(1)开展国际合作,对几个大洋性鱿鱼资源进行系统科学的调查,重点是产卵场的调查;

(2)开展基于硬组织的大洋性鱿鱼年龄与生长、群体结构和生活史过程以及洄游分布的研究,了解产卵场和索饵场环境与大洋性鱿鱼生长的内在关系;(3)开展高精度的渔情预报研究,结合海洋遥感、物理海洋学、地理信息系统、人工智能等多学科,开发出一套基于大洋性鱿鱼的生活史特性的中心渔场预报系统,以及大洋性鱿鱼资源补充量预测技术,掌握其动态变化趋势;(4)建立大洋性鱿鱼资源评估模型,并开展管理策略的研究。目前世界上对短生命周期种类资源评估和管理正处于探索与发展阶段,在实践中应用较为成功仅有 DeLury 衰减模型,但在使用 DeLury 衰减模型时也存在一些问题^[20],如没有考虑环境因子的影响,自然死亡率等不确定性因素太多。为此,应从减少大洋性鱿鱼资源评估参数的不确定性上入手,选择影响资源补充显著的气候和环境因子^[21],采用贝叶斯统计理论,发展一种较为科学的大洋性鱿鱼资源评估和管理方法,实现对资源的合理开发利用,维持其可持续发展。

参考文献:

- [1] 陈新军,韩保平,刘必林,等.世界头足类资源及其渔业[M].北京:科学出版社,2013.
CHEN X J, HAN B P, LIU B L, et al. Fisheries and resources of world cephalopod[M]. Beijing: Science Press, 2013.
- [2] 陈新军,陆化杰,刘必林,等.大洋性柔鱼类资源开发发现状及可持续利用的科学问题[J].上海海洋大学学报,2012,21(5):831-840.
CHEN X J, LU H J, LIU B L, et al. Current exploitation and some scientific issues in the sustainable utilization of *Ommastrephidae*[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2012, 21(5): 831-840.
- [3] 陈新军,刘必林.渔业资源生物学[M].北京:科学出版社,2017.
CHEN X J, LIU B L. Fishery resources biology [M]. Beijing: Science Press, 2017.
- [4] 钱卫国,陈新军,郑波,等.智利外海茎柔鱼资源密度分布与渔场环境的关系[J].上海水产大学学报,2008,17(1):98-103.
QIAN W G, CHEN X J, ZHENG B, et al. Study on the resource density distribution of *Dosidicus gigas* and marine environment in the high sea waters off Chile[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2008, 17(1): 98-103.
- [5] 曹杰,陈新军,刘必林,等.鱿鱼资源量变化与海洋环境关系的研究进展[J].上海海洋大学学报,2010,19(2):232-239.
CAO J, CHEN X J, LIU B L, et al. Review on the

- relationship between stock recruitment of squid and oceanographic environment[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2010, 19(2): 232-239.
- [6] 余为, 陈新军, 易倩. 不同气候模态下西北太平洋柔鱼渔场环境特征分析[J]. 水产学报, 2017, 41(4): 525-534.
- YU W, CHEN X J, YI Q. Analysis of variations in the environmental conditions on the fishing ground of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the Northwestern Pacific Ocean under different climate modes[J]. Journal of Fisheries of China, 2017, 41(4): 525-534.
- [7] 叶旭昌, 陈新军. 印度洋西北部海域鸢乌贼生物学特性初步研究[J]. 上海水产大学学报, 2004, 13(4): 316-322.
- YE X C, CHEN X J. Study of biological characteristics of *Symlectoteuthis oualaniensis* in the northwestern Indian Ocean [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2004, 13(4): 316-322.
- [8] 刘必林, 陈新军, 钱卫国. 智利外海茎柔鱼生物学特性的初步研究[J]. 广东海洋大学学报, 2009, 29(1): 1-5.
- LIU B L, CHEN X J, QIAN W G. Biological characteristic of *Dosidicus gigas* off Chile waters[J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2009, 29(1): 1-5.
- [9] 陈新军, 刘必林, 王尧耕. 世界头足类[M]. 北京: 海洋出版社, 2009.
- CHEN X J, LIU B L, WANG Y G. World cephalopod[M]. Beijing: Ocean Press, 2009.
- [10] 陈新军, 曹杰, 田思泉, 等. 鱿鱼类资源评估与管理研究现状[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(4): 495-501.
- CHEN X J, CAO J, TIAN S Q, et al. Review on stock assessment and management of the squids [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2009, 18(4): 495-501.
- [11] 陈新军, 刘必林, 钟俊生. 头足类年龄与生长特性的研究方法进展[J]. 大连水产学院学报, 2006, 21(4): 371-377.
- CHEN X J, LIU B L, ZHONG J S. Advances in determination of age and growth of cephalopods[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2006, 21(4): 371-377.
- [12] 李建华, 李云凯, 陈新军, 等. 头足类硬组织的稳定同位素研究进展[J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(1): 154-160.
- LI J H, LI Y K, CHEN X J, et al. Review on stable isotope in hard issues of cephalopods[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(1): 154-160.
- [13] 陈新军, 叶旭昌. 印度洋西北部海域鸢乌贼渔场与海洋环境因子关系的初步分析[J]. 上海水产大学学报, 2005, 14(1): 55-60.
- CHEN X J, YE X C. Preliminary study on the relationship between fishing ground of *Symlectoteuthis oualaniensis* and environmental factors in northwestern Indian Ocean [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2005, 14(1): 55-60.
- [14] 龚彩霞, 陈新军, 高峰, 等. 栖息地适宜性指数在渔业科学中的应用进展[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(2): 260-269.
- GONG C X, CHEN X J, GAO F, et al. Review on habitat suitability index in fishery science[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2011, 20(2): 260-269.
- [15] 陈新军, 高峰, 官文江, 等. 渔情预报技术及模型研究进展[J]. 水产学报, 2013, 37(8): 1270-1280.
- CHEN X J, GAO F, GUAN W J, et al. Review of fishery forecasting technology and its models[J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(8): 1270-1280.
- [16] 易倩, 陈新军, 余为, 等. 基于信息增益技术比较分析智利和秘鲁外海茎柔鱼渔场环境[J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(2): 272-278.
- YI Q, CHEN X J, YU W, et al. A comparison of habitats of *Dosidicus gigas* in the fishing ground off Chile and Peru based on information gain technique[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(2): 272-278.
- [17] 官文江, 高峰, 陈新军. 卫星遥感在海洋渔业资源开发、管理与保护中的应用[J]. 上海海洋大学学报, 2017, 26(3): 440-449.
- GUAN W J, GAO F, CHEN X J. Review of the applications of satellite remote sensing in the exploitation, management and protection of marine fisheries resources [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2017, 26(3): 440-449.
- [18] 陈洋洋, 陈新军, 郭立新, 等. 基于 BP 神经网络的中西太平洋鲣鱼渔场预报模型构建与比较[J]. 广东海洋大学学报, 2017, 37(6): 65-73.
- CHEN Y Y, CHEN X J, GUO L X, et al. Comparison of fishing ground of skipjack based on BP neural network in the western and central Pacific Ocean[J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2017, 37(6): 65-73.
- [19] WANG J T, CHEN X J, CHEN Y. Projecting distributions of Argentine shortfin squid (*Illex argentinus*) in the Southwest Atlantic using a complex integrated model [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2018, 37(8): 31-37.
- [20] 徐洁, 陈新军, 官文江. 适用于短生命周期种类资源评估模型的研究现状与展望[J]. 海洋湖沼通报, 2015(3): 113-124.
- XU J, CHEN X J, GUAN W J. Review on stock assessment models and methods of short-lived species[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2015(3): 113-124.
- [21] WANG J T, CHEN X J, STAPLES K W, et al. A stock assessment for *Illex argentinus* in Southwest Atlantic using an environmentally dependent surplus production model [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2018, 37(2): 94-101.

Productive survey and fishery for major pelagic economic squid in the world

CHEN Xinjun^{1,2,3,4}, QIAN Weiguo^{1,2,3,4}, LIU Bilin^{1,2,3,4}, LU Huajie^{1,2,3,4}, FANG Zhou^{1,2,3,4}, LI Gang^{1,2,3,4}
(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China; 3. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai 201306, China; 4. Key Laboratory of Oceanic Fisheries Exploration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China)

Abstract: Oceanic squid is an important marine living resource and has great potential for exploitation. Chinese oceanic squid fishery began in 1989. After nearly 30 years of development, Chinese oceanic squid fishery has become an important component of distant-water fishery and has become the largest in the world. In the course of development in the past 30 years, through the cooperation of fisheries industry, education and research units, the oceanic squid resources have been continuously investigated by using fishing vessels in the three oceans, and some new squid resources have been continuously developed and utilized commercially. Therefore, based on the data collected by Chinese squid fishing vessel from 2003 to 2017, the paper analyzes the basic biology, resource distribution of squid and its relationship with water temperature, and summarizes the development of squid jigging fishery in China. The countermeasures and suggestions for sustainable development of oceanic squid resources in the world are put forward. The study indicated that through a productive survey of seven oceanic squid resources in the three oceans, including the Indian Ocean, the Pacific Ocean and the Atlantic Ocean, four new squid fishing grounds have been discovered for the first time in the world, and more than 10 million square kilometers of new fishing areas have been added. It is estimated that the resources of the new oceanic squid are more than 5 million tons. However, due to the limited time available for investigation and the limited knowledge of the newly developed squid life history process, it is recommended that a systematic and scientific international cooperative survey, including age and growth, population structure and life history processes, and migratory distribution based on hard tissue of oceanic squid should be carried out. The research on high-precision fisheries forecasting, and assessment and management strategy of oceanic squid resources should be also developed, which will help to realize rational exploitation and utilization of oceanic squid resources in the world.

Key words: oceanic squid; three oceans; oceanic squid fishing; basic biology; resource and fishing ground; sustainable development