

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2016.15456

再议东黄渤海带鱼种群划分问题

徐兆礼, 陈佳杰

中国水产科学研究院 东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090

摘要: 本研究根据中国水产科学研究院东海水产研究所早年收集的 1971—1982 年带鱼(*Trichiurus lepturus*)捕捞统计资料, 从地理隔离、数量动态方面分析我国近海带鱼种群的划分问题。研究结果表明, 东黄渤海带鱼存在两个种群, 即黄渤海种群和东海种群。通过带鱼鱼群移动影像发现, 黄渤海带鱼和东海带鱼在江苏北部近海(34°00'N, 121°00'E)附近发生了混栖, 这一海域的带鱼产量仅占当月总产量的 1.16%; 两种群带鱼在外海越冬场也发生混栖, 这一海域带鱼产量仅占当月总产量的 5.51%。本研究认为, 之所以分为黄渤海带鱼和东海两个种群, 主要证据有 6 个: 其一, 可能发生混栖海域带鱼群体的数量很少, 均仅占当月带鱼产量的极少数; 其二, 在混栖海域, 不同带鱼鱼群并未发生群体间个体完全混合, 在产卵洄游过程中, 各自群体将仍旧依照各自洄游路线回到越冬场, 因而在产卵场发生遗传杂交的可能性很少; 其三, 带鱼在越冬场的混合不属于产卵场杂交, 因此, 不同种群带鱼因为产卵和杂交发生种群遗传性状融合的可能性较少; 其四, 黄渤海带鱼和东海带鱼有着各自不同的数量变化规律, 两者近年来产量差距悬殊, 黄渤海种群带鱼资源在衰退的同时, 没有得到东海带鱼群体的补充; 其五, 除了在江苏北部近海和外海发生群体混栖, 黄渤海带鱼和东海带鱼各自的分布空间完全隔离; 其六, 这两个不同带鱼种群在洄游中存在不同的水团背景。结合以往带鱼种群特征差异分析的结果, 可以认为, 黄渤海带鱼和东海带鱼分属不同的带鱼种群。在东黄渤海, 带鱼整体上可以划分为黄渤海带鱼种群和东海带鱼种群。

关键词: 带鱼; 种群划分; 地理隔离; 中国近海

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2016)05-1185-12

在生态学上, 种群表示在一定空间范围内同时生活的同种生物个体的全部。简单地说, 一个种群意味着它的独立性, 表现为时空分布独立, 数量动态独立。种群数量变动规律应用在海洋渔业资源学上, 意味着该种群的数量相对独立, 不与种内其他群体发生交换。也意味着种群的正确划分, 是种群生物数量动态变化分析与种群资源数量评估的基础条件。种群间时空分布的独立性特征应用于海洋渔场学上, 意味着该种群有独立的渔场、独立的渔汛, 这对于该种群的海洋捕捞学研究也是非常重要的。由此可见, 对鱼类种群正确的划分是海洋鱼类生态学、资源学和渔场学研究的基础^[1]。没有准确的种群划分, 就不存在正确的资源数量评估和准确的渔场位置分析。

带鱼(*Trichiurus lepturus*)在中国海洋渔业资源中具有重要的位置。因而, 中国学者曾经从不同的方面对带鱼种群进行研究, 如形态测量指标^[2-7]、耳石形态测量^[8]、同工酶分析^[9]等。其中, 林新濯等^[2]依据体形测量数据分析对带鱼种群划分的结果, 比较接近日本文献^[10-11]50 多年以前的结论, 并在以后一些权威文献中得到广泛的引用^[12-16]。考虑到由于取样的季节、地点、生长阶段及样品规格的差异, 单纯的体形测定有可能得到错误的结果, 尤其是带鱼, 对此已有文献^[17]提及。因此, 现有带鱼种群划分的权威结论, 只有上述依据显得单薄, 需要补充其他与带鱼空间实际分布相关的证据。

讨论有关东黄渤海带鱼种群空间划分的科学

收稿日期: 2015-12-07; 修订日期: 2016-02-25.

基金项目: 国家自然科学基金项目(41176131); 国家 973 计划项目(2010CB428705).

作者简介: 徐兆礼(1958-), 女, 研究员, 主要从事海洋生物学和海洋生态学研究. E-mail: xiaomin1957@126.com

问题,重要的是获取带鱼在东黄渤海逐月的鱼群移动影像图作为直接证据,通过种群分布移动去直观反映带鱼种群的空间动态,据此,还可以进一步揭示带鱼种群分布规律中的水团背景。因此,基于可信捕捞统计资料,建立整个东黄渤海大尺度的鱼群移动影像图,分析东海带鱼种群的移动时空走向成为带鱼种群划分进一步研究的关键。

除了基于形态测量指标的研究外,我国现今活跃的其他有关带鱼种群划分的理论^[12-16]都是基于 20 世纪 60 年代初期的统计数据。本研究采用 1971—1982 年捕捞统计资料,形成带鱼鱼群移动影像图,参考近年来的调查成果,考察带鱼种群地理分布隔离特征,所得到的结论将更为可信。

在已经明确带鱼洄游路线的背景下^[18],进一步解决带鱼种群划分这一问题,对于中国带鱼种群资源评估、带鱼渔场渔汛深入研究以及国家对带鱼渔业的有效管理,具有丰富的应用价值。该项研究成果对于我国带鱼资源分布的空间格局,对于带鱼资源数量空间动态变化和海洋水团的关系等带鱼渔场环境科学的研究,都是必不可少的,具有较高的理论意义。

1 材料与方法

本研究采用中国水产科学研究院东海水产研究所早年收集的 1971—1982 年带鱼捕捞统计资料,来自当时中国大陆 14 个海洋渔业公司,主要分布在从大连到福建沿海各主要渔港,共收录数千条渔船、100 多万网次的双拖网捕捞作业资料。数据涉及的海域范围为图 1 阴影所示。所有资料逐月、分渔区统计,用于制备带鱼鱼群移动影像图,将所得结果与近年来文献记载^[12-15]的捕捞资料进行比对和分析。带鱼是高度集群的鱼类,不同地点产量差异悬殊。为了清楚地反映鱼群移动影像图所显示的不同种群混合情况,本研究将带鱼产量 x 统一转换为 $\log_2(x)$ 数值 F , 即 $F = \log_2(x)$ 。以 F 做产量平面分布图。

2 结果与分析

2.1 东黄渤海带鱼鱼群逐月的空间分布

不同群体之间是否存在地理分布隔离是判定

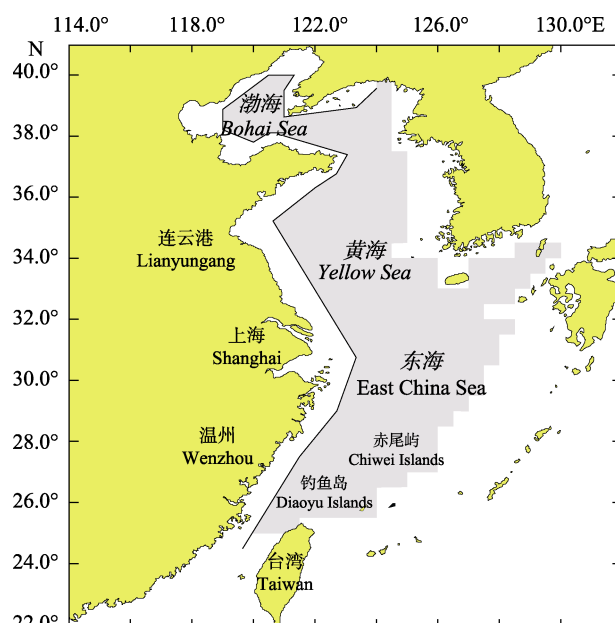


图 1 研究水域范围(阴影部分)

Fig. 1 Research area of the present study(shadow area)

带鱼种群划分的重要依据。做到这一点,关键是需要绘制逐月而详细的带鱼数量分布和群体移动分布图。这一工作是带鱼种群划分的关键证据,也是研究的难点。由于本研究所依据的统计共收入数千条渔船,100 多万网次的捕捞作业资料,使得绘制东黄渤海大尺度范围内带鱼群体逐月空间移动分布的影像图(图 2)成为可能。

1 月和 2 月间,如图 2 所示,带鱼鱼群的越冬场分布主要有 2 块,主要的一块位于近海,即浙江中部禁渔线外侧,也就是 $27^{\circ}30' - 29^{\circ}30'N$, $121^{\circ}30' - 123^{\circ}30'E$ 水域。其次在外海,也就是济州岛西南部水域($30^{\circ}00' - 34^{\circ}00'N$, $125^{\circ}00' - 127^{\circ}30'E$)。从图 2 可见,外海越冬场带鱼数量相对较少,近海越冬场带鱼数量较多。另外,这两个越冬场之间也有少量带鱼分布。由图 2 还可见,主要有两个带鱼产卵场。其中,占带鱼产量绝大部分的是舟山渔场产卵场,也就是 $28^{\circ}30' - 30^{\circ}00'N$, $121^{\circ}30' - 125^{\circ}00'E$ 水域,产卵季节是每年的 5—6 月。除此以外,在遥远的海州湾、乳山湾、渤海也有带鱼产卵场,产卵季节在 7—8 月,产卵群体的规模远小于舟山渔场群体。与两个带鱼产卵场对应,带鱼有两个索饵场,北方鱼群索饵场位于渤海中央、山东半岛东部和

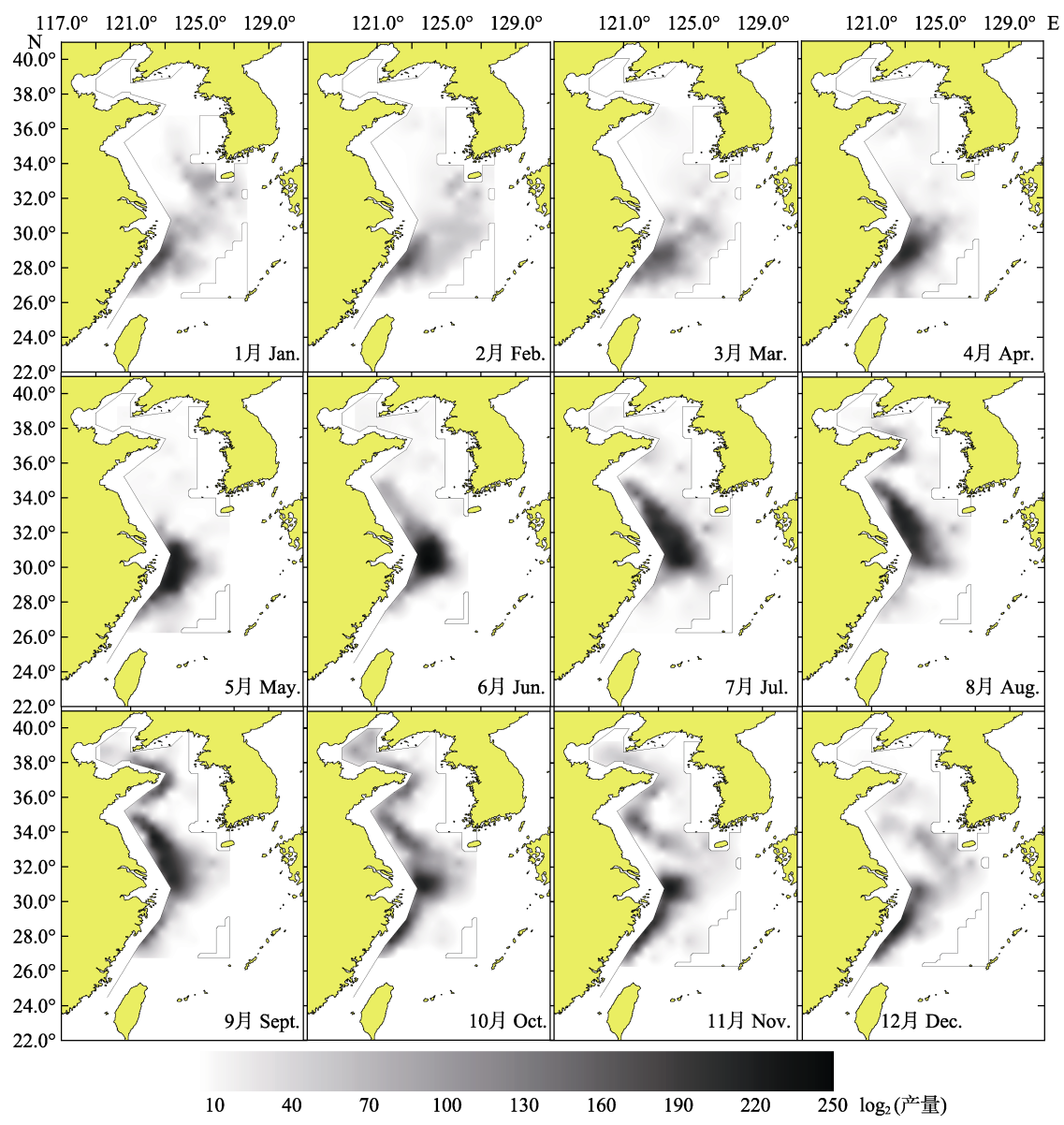


图 2 1971—1982 年东黄渤海带鱼产量的逐月分布图

Fig. 2 Monthly distribution of *Trichiurus lepturus* production in the East China Sea, Yellow Sea and Bohai Sea during the years of 1971—1982

南部的离岸水域, 鱼群规模小, 地域分散。南方鱼群索饵场位于东海北部和黄海 35°N 以南的水域, 也就是连青石渔场南端、吕泗渔场、大沙渔场和长江口渔场。

由图 2 还可见, 北方带鱼群体在 8 月开始发展, 9 月南下, 10 月在苏北近海追上南方群体尾部, 11 月起, 北方带鱼群体折向东南偏东, 游向外海越冬场。南方带鱼群体向南作越冬洄游。两个越冬群体逐渐远离。

北方带鱼群体, 也就是通常所说的黄渤海带

鱼种群; 南方带鱼群体, 也就是通常所说的东海带鱼种群; 两者在地理分布上是否隔离是划分种群的关键问题。因为两个带鱼群体产卵场位置明确不同(图 2), 所以讨论带鱼不同种群的地理分布, 关键是研究外海越冬场分布区的隔离问题, 其次是江苏北部近海索饵场分布区的隔离问题。

2.2 黄渤海带鱼和东海带鱼在江苏北部近海地理分布

为了深入分析黄渤海带鱼和东海带鱼在江苏北部近海的隔离问题, 本研究以 1979 年、1980 年、

1981 年和 1982 年长江以北带鱼群体分布影像图为例, 分析北部带鱼鱼群分布的细节(图 3—图 6)。

由图 3—图 6 可见, 从 9 月起, 渤海带鱼分期分批绕过成山头南下, 沿途经过乳山渔场时, 当地的越冬群体汇入。越冬群体主群继续向西, 到了海

州湾渔场, 海州湾带鱼越冬群体再一次汇入, 在此鱼群转折往南。到了 10 月, 黄渤海带鱼越冬群体追上正在南下的东海带鱼越冬群体的尾部, 在表观上形成从渤海到东海单一庞大的带鱼鱼群。到了 11 月, 黄渤海带鱼越冬群的前锋和东海带鱼

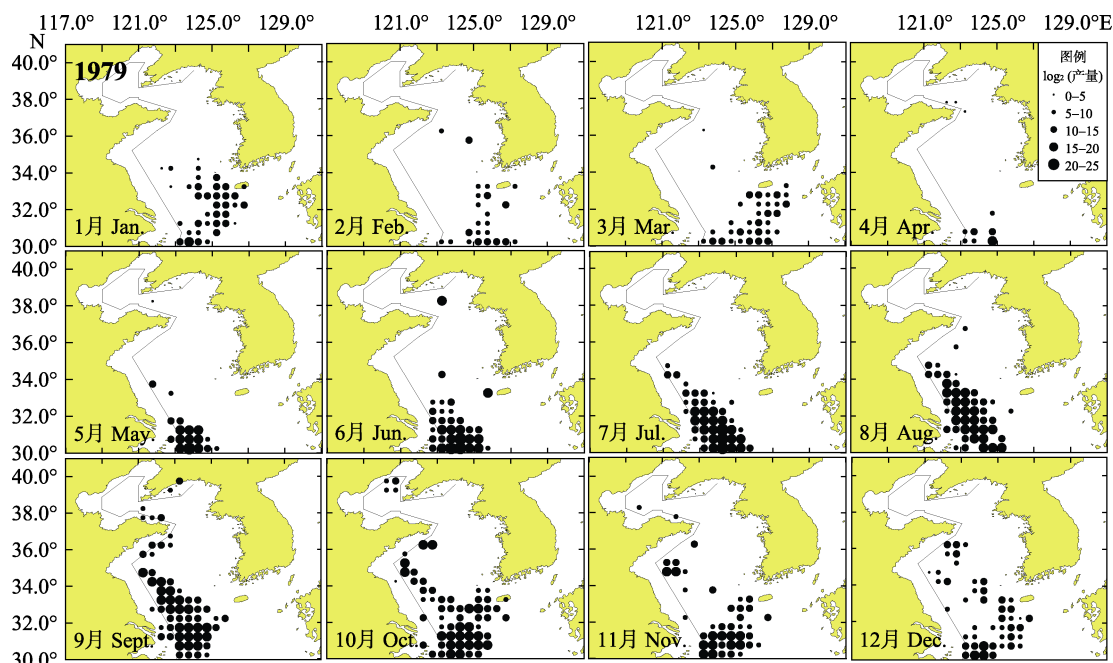


图 3 1979 年长江口以北渔场带鱼产量的逐月分布

Fig. 3 Monthly distribution of *Trichiurus lepturus* at the fishing ground to the north of the Yangtze Estuary in 1979

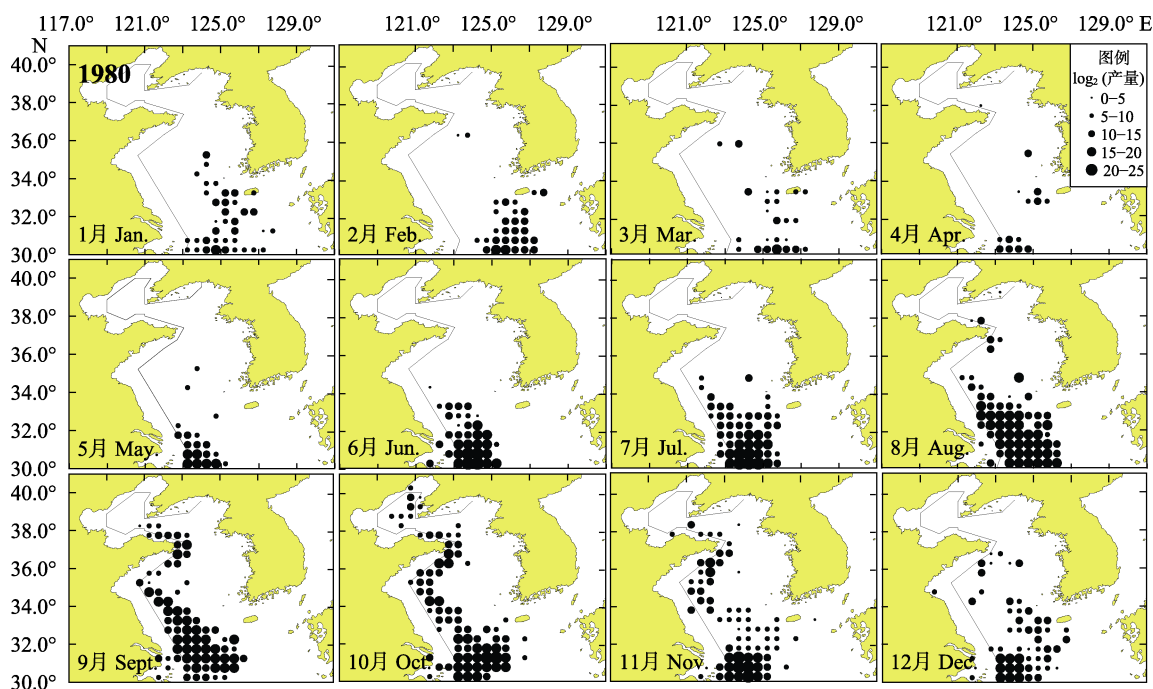


图 4 1980 年长江口以北渔场带鱼产量的逐月分布

Fig. 4 Monthly distribution of *Trichiurus lepturus* at the fishing ground to the north of the Yangtze Estuary in 1980

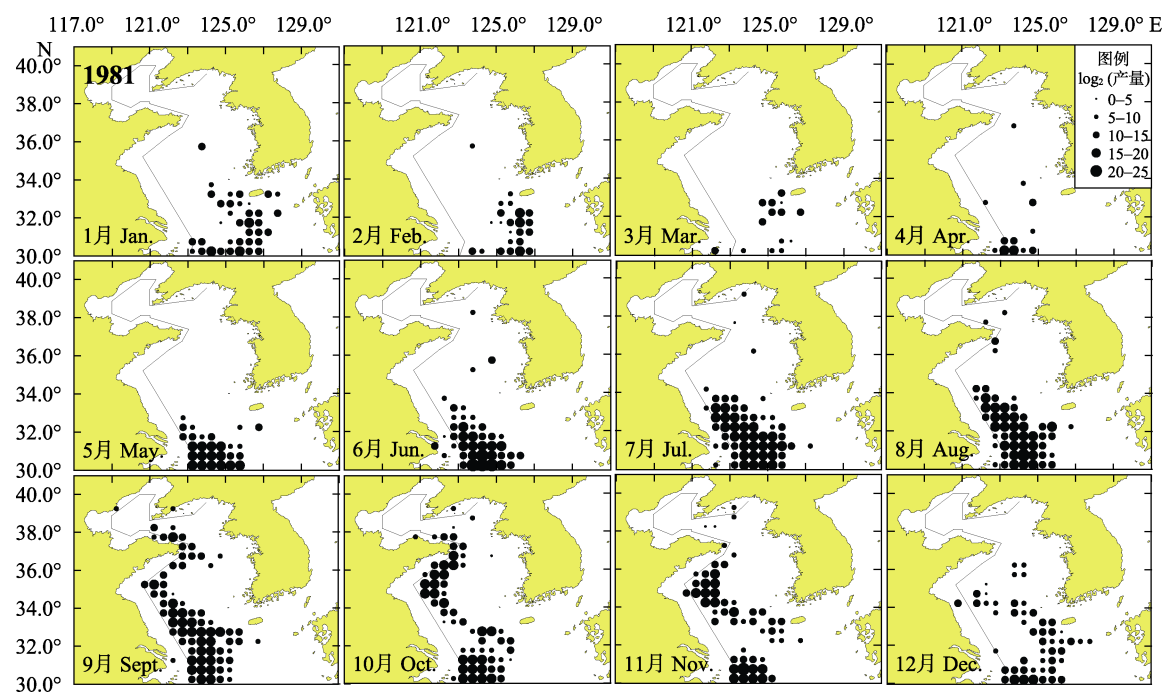


图 5 1981 年长江口以北渔场带鱼产量的逐月分布

Fig. 5 Monthly distribution of *Trichiurus lepturus* at the fishing ground to the north of the Yangtze Estuary in 1981

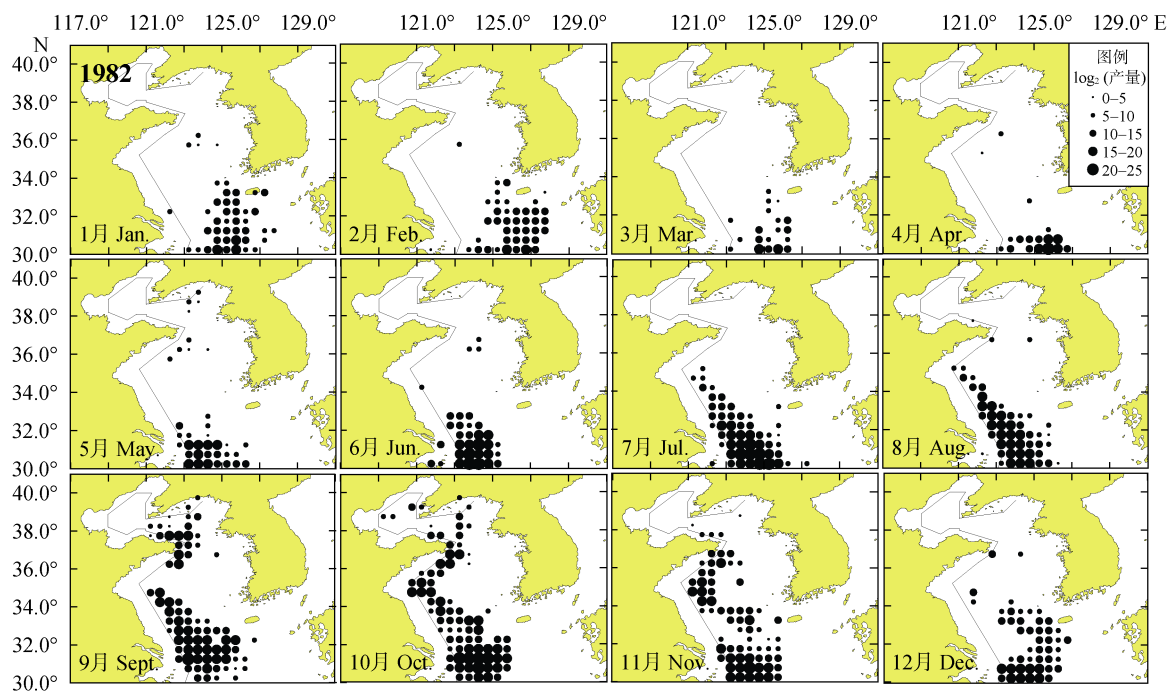


图 6 1982 年长江口以北渔场带鱼产量的逐月分布

Fig. 6 Monthly distribution of *Trichiurus lepturus* at the fishing ground to the north of the Yangtze Estuary in 1982

越冬群的尾部分开, 黄渤海带鱼向济州岛附近的外海越冬场移动, 东海带鱼主群往渔山渔场南部和温台渔场近海的东海中南部越冬场移动。这两个群体主要部分逐渐远离。

2.3 黄渤海带鱼和东海带鱼在外海越冬场分布

由图 3-6 可见, 黄渤海带鱼群在经历 10 月份向南移动后, 到了 11 月, 在 34°00'N 附近折向东南, 前锋到达了济州岛西部附近的外海越冬场。

到了 12 月,主群进入越冬场,在翌年 1 月到 2 月,整个群体完全进入越冬场,此时,石岛以南的黄海中,即 97 渔区和 98 渔区,也出现了少量的越冬带鱼。东海带鱼群在 9 月份基本上滞留在 $35^{\circ}00'N$ 黄海南部和东海北部索饵场,到了 10 月开始南下,当主群体到了崂山渔场附近时,开始少量分批向外海深水区移动。随着东海带鱼主群继续向南越冬洄游,继续分批分化出向外海深水区的越冬洄游群体。其结果使得东海带鱼越冬场不局限于近海,最东部可以到达济州岛西南部附近的外海越冬场。

2.4 不同种群带鱼群体混合水域数量的百分比

由 2.2 和 2.3 分析可见,苏北近海 $34^{\circ}00'N$ 附近和济州岛西部水域是黄渤海群和东海群混合栖息的主要水域。为了分析两个带鱼群体混合程度,需要考察上述两个关键水域的带鱼群体数量。

依据对济州岛西部($33^{\circ}45'N$, $123^{\circ}45'E$)~($33^{\circ}45'N$, $125^{\circ}15'E$)、($33^{\circ}15'N$, $124^{\circ}15'E$)~($33^{\circ}15'N$, $125^{\circ}15'E$)、($32^{\circ}45'N$, $124^{\circ}15'E$)~($32^{\circ}15'N$, $126^{\circ}45'E$)水域 1979—1982 年 1 月捕捞产量的统计,外海越冬场带鱼产量仅占整个东黄渤海带鱼当月总产量的 5.51%,由此认为,外海带鱼越冬场数量不是当月带鱼的主要部分,南部海域才是带鱼主要越冬场。

依据对苏北近海 $34^{\circ}00'N$ 邻近的($34^{\circ}15'N$, $121^{\circ}15'E$)~($34^{\circ}15'N$, $122^{\circ}45'E$)、($33^{\circ}45'N$, $121^{\circ}45'E$)~($33^{\circ}45'N$, $122^{\circ}45'E$)渔区 1979—1982 年 10 月捕捞产量的统计,带鱼产量占整个东黄渤海带鱼当月总产量的 1.16%。混合区域带鱼产量占比也很小。

3 讨论

3.1 以往有关东黄渤海带鱼种群划分问题的相关研究

将东黄渤海带鱼划分种群的提法,最早在距今 60 多年前笠原昊^[10]和后来距今 50 多年前三栖宽^[11]的文献中提到,认为东、黄、渤海带鱼可以分为 3 个不同的带鱼群系。由于日本学者缺少中国近海带鱼统计资料,而中国近海是太平洋西部带鱼最主要的栖息地,因此日本学者得出有偏的结论在所难免。

在中国,较为流行的观点来自林新濯等^[2]依据产卵场带鱼体形(肛长、吻长、眼径等)、体节形质技术特征(背鳍、胸鳍、幽门盲囊、躯椎等)、骨瘤、腹腔寄生虫和鳔等指标计数和测量数据对带鱼种群进行的分析。但基于当时的条件,作者对计数结果缺乏基于显著性检验的统计分析。以带鱼背鳍条数为例,东海和粤东带鱼背鳍条数在 140.2~140.6,总平均值约为 140.4,黄、渤海平均值在 139.6~140.4,总平均值约为 139.9。均值差仅为 0.5,远远不到 1%。差别如此之小,作者却将其认为是划分两个种群的主要依据之一,显然单凭这样的依据去划分带鱼种群,其结果可靠性有限。然而,凭借着深厚的渔业资源功底和带鱼渔场移动轨迹的实践经验,林新濯等^[2]最后得到的研究结论是正确的,并且之后通过渔业资源权威著作^[13-17]得以传播,在我国学术界固定下来。

另外,还需要提到一个事实。如果分属两个种群,黄渤海带鱼种群资源衰退,不能因为东海带鱼种群数量增长而得到补充。事实与此相同。早在 20 世纪 80 年代后期,黄渤海带鱼种群资源已经走向衰落,现今虽有上升,但没有完全恢复^[16]。依据作者接触到的近年来渤海的春秋两季渔业资源调查报告,渤海沿海的曹妃甸、黄骅海域、辽东湾各个河口、黄河口、莱州湾等水域都已经很少见到带鱼的样品,更不用说有规模的渔获。相反,同期东海带鱼产量不断增长,甚至已经达到百万吨级的规模^[16]。尽管早有文献^[19]提到,东海带鱼种群和黄渤海带鱼种群存在混栖的现象,但基于两个种群间数量变化相对独立的事实,推测这类空间上的混栖,从数量独立性上看,实际上并未发生,或者少量发生并未引起种群水平的变异。黄渤海种群带鱼资源在衰退的同时,没有得到东海带鱼群体的补充,这是两个带鱼种群相互独立的重要证据之一。

3.2 东黄渤海带鱼种群划分关键的科学问题

由以上分析可见,东黄渤海近海带鱼种群的划分,实际上可以归结为东海带鱼种群和黄渤海带鱼种群的划分问题。在这个命题上,有的事实指向东海带鱼和黄渤海带鱼分属两个不同的种群,

例如, 两个种群存在各自独立的数量变化; 有的事实却不利于这一观点的成立, 例如, 两个种群可能存在个体间相互混栖的现象。因此, 东海带鱼和黄渤海带鱼是否分属两个不同的种群, 需要再进行研究。笔者认为首先需要理清以下事实:

首先, 是否存在种群间个体混栖在一起的现象, 要确切了解这一事实, 除了从影像上直观判定栖息地是否重叠以外, 还要从洄游走向、洄游与水团关系等诸方面深入了解栖息地重叠的原因。另外, 需要依据重叠区的数量性质、重叠区域渔场属性、数量变化的独立性等各个方面了解栖息地重叠是否形成个体杂交以至于种群融合、数量互补等特点。因此, 带鱼在苏北近海和外海分布区重叠的数量、原因和性质, 是判定东黄渤海带鱼种群正确划分关键的科学问题。

其次, 现有东黄渤海近海带鱼种群划分的依据主要是形态数量指标, 证据单一, 结论的权威性受到质疑, 如果搞清两个群体之间的地理隔离状况, 对于不同群体各自移动路线的环境背景进行分析, 以此印证以往的结论, 可以进一步提高我国带鱼种群划分结论的权威性。

3.3 带鱼两个不同种群越冬洄游中在江苏北部分离的水团背景分析

由图 4 和图 6 可见, 带鱼的两个种群在江苏北部空间上接近, 分别在 10 月和 11 月发生黄渤海带鱼群体南下, 在越冬洄游路径上与东海带鱼追尾。追尾发生地点往往在江苏北部, 即 $34^{\circ}00'N$, $121^{\circ}00'E$ 附近的海域。追尾是如何发生的, 首先需要分析两个种群是否相遇的几种情况。

从图 3 可见, 在 1979 年, 黄渤海带鱼群虽然南下, 由于数量少, 速度慢, 到了 11 月才接近 $34^{\circ}00'N$, $121^{\circ}00'E$ 附近的海域, 此时东海带鱼已经南移至 $32^{\circ}00'N$ 以南的长江口海域, 两个带鱼种群没有相遇。

从图 4 和图 6 可见, 在 1980 年, 黄渤海带鱼群南下数量较多, 速度快, 到了 10 月, 前锋已经接近 $34^{\circ}00'N$, $121^{\circ}00'E$ 附近的海域, 此时, 东海带鱼主群南移至长江口海域, 尾部尽管数量很少, 但仍然在 $34^{\circ}00'N$, 因此两个群体有少量相遇。到

了 11 月, 黄渤海带鱼群折向东南, 与南下的东海带鱼群体逐渐远离。

从图 5 可见, 在 1981 年, 黄渤海带鱼群南下的数量和速度都较多和较快, 这一点与 1980 年相似。到了 10 月, 已经开始折向东南外海。此时, 东海带鱼群尾部没有停留在 $34^{\circ}00'N$, 而南移至长江口海域。所以, 这两个带鱼种群也没有相遇。

从以上 3 种情况可知, 两个群体表现上的追尾也仅在个别年份发生。其中, 东海带鱼主群南移, 黄渤海带鱼种群南下的数量和速度是决定这两个种群分布区是否重叠的因素。由于北方冷空气南下是影响带鱼越冬洄游的主要因素^[20], 冷空气强度对黄渤海带鱼种群的影响主要表现在洄游时间、数量和速度上。在地理位置上, 北方海域由于早于南方海域受到冷空气的影响, 水体中的温度较早下降以至于早先到达引发带鱼洄游行为的阈值^[21]。因此, 黄渤海带鱼群早于东海带鱼启动洄游机制, 当黄渤海带鱼种群已经南下时, 由于冷空气影响的差异, 东海带鱼种群的越冬洄游尚未启动, 结果形成两个带鱼种群在空间上相互接近。

相近不一定相遇, 两个种群是否相遇, 取决于以下因素: 包括影响两个种群位置相对变化的海流, 冷空气南下的频率、强度, 与带鱼越冬洄游有关的山东半岛沿岸流和苏北沿岸流的变化。

沿岸流和黄海暖流对黄渤海带鱼种群洄游机制有重要的影响, 这决定了两个种群首尾是否在 $34^{\circ}00'N$ 相遇。以往所有文献提到的洄游图都显示, 带鱼越冬群体洄游^[12, 14]出渤海后, 将绕过成山头, 直接向东南方向外海越冬场游去。由于这些文献均不能给出这一越冬移动方向的海洋水文学解释, 其合理性和依据受到质疑。依据本文图 2—图 6, 越冬群体出渤海后, 绕过成山头后并不是游向东南方, 而是沿着禁渔线向西洄游, 到了海州湾外侧后, 顺着禁渔线走向的变化转折向南, 完全顺着山东半岛北部沿岸流、山东半岛南部沿岸流、苏北沿岸流的走向。直到 $34^{\circ}00'N$ ^[18], 此时, 在西北冷空气影响下, 黄海暖流这一风成流迅速发展^[22], 大约在 10 月下旬到 11 月, 黄海暖流的前锋也到达

34°00'N, 121°00'E 附近的海域^[20, 23]。由于带鱼对高盐水舌有敏感的反应, 黄渤海带鱼越冬洄游群体沿着黄海暖流转向东南, 到达外海越冬场。由此可见, 山东沿岸流、苏北沿岸流、黄海暖流共同组成的冬季黄渤海海流系统是影响黄渤海带鱼群体越冬的主要海洋环境因素。

影响东海带鱼种群洄游的是苏北沿岸流和台湾暖流共同组成的冬季东黄海海流系统。苏北沿岸流影响带鱼越冬启动时间。每年 10 月, 苏北近海水温开始下降, 在西北风的作用下, 苏北沿岸流势力增强南下。在时间上, 一般 10 月上旬表现为沿岸水势力与外海水势力平衡, 10 月下旬苏北沿岸水势力增强, 分别南下与东进扩散, 其前锋移动影响到了长江口渔场^[24]。由于苏北近海索饵的带鱼群体一般随着苏北沿岸水增强南下时开始越冬洄游, 故晚于黄渤海带鱼越冬洄游启动时间。台湾暖流对带鱼越冬影响的是集群过程^[25]。带鱼对高盐水舌有敏感的反应, 这就是为什么当黄海暖流形成后, 黄渤海带鱼在 34°00'N 转向暖流方向的原因。随着苏北沿岸流南下, 东海带鱼越冬群体南下后在台湾暖流锋面处集群, 同时伴随着台湾暖流高盐舌锋退却而向南移动^[25-26]。这是嵎山渔场带鱼冬汛渔场形成的水文学原理。

以上分析可见, 西北风作用下, 渤海的山东沿岸流和苏北沿岸流水温下降的差异, 造成黄渤海带鱼和东海带鱼越冬洄游时间上的差异, 这是两种群在个别年份空间上发生追尾的主要因素。由于追尾期间不同鱼群在空间上靠近, 从而在鱼群影像图上表现为两个不同种群个体间少量混合。随着秋季进一步向冬季转变, 由于黄海暖流、台湾暖流的作用, 加上带鱼对高盐水舌的敏感性, 黄渤海带鱼沿黄海暖流游向外海越冬场, 东海带鱼沿台湾暖流进至浙江中南部近海越冬场, 两个群体分别洄游至不同的越冬场。这也是两个不同带鱼种群在 34°00'N, 121°00'E 附近海域相互分离的海洋学原因。

3.4 黄渤海带鱼和东海带鱼在外海越冬场分布区重叠的分析

两个种群在外海越冬场也有混合, 从图 2 的

11 月至翌年 1 月鱼群影像图显示, 黄渤海带鱼的主要越冬场位于济州岛西部的黄海暖流水域, 从 11 月起, 黄渤海带鱼转向东南进入济州岛西部越冬场的轨迹可见。东海带鱼的主要越冬场位于东海南部近海。从 10 月起, 长江口外嵎山渔场带鱼冬汛旺发后主群继续向南移动的轨迹可见(图 2)。东海带鱼在南下过程中少量东移, 进入外海越(从图 3—图 6)。这两个种群带鱼混合地点在 32°00'N, 126°00'E 附近的海域。在图 5 和图 6, 11 月带鱼影像图清晰可见。

实际上在冬季, 黄渤海带鱼主要栖息在黄海暖流范围的水域中, 并随着黄海暖流向北延伸, 伸展到黄海中部(图 5 和图 6 中的 1 月)。而东海带鱼主要分布在台湾暖流控制的水域。由于台湾暖流和黑潮暖流北上分支在济州岛以南汇合, 大部分进入日本海形成对马暖流, 少量在西北风的作用下形成黄海暖流的一部分^[26], 因此从东海向外侧越冬洄游的带鱼种群主体在济州岛以南越冬, 部分继续随着对马暖流东移, 在 1981 年 1 月, 在济州岛以东的 34°15'N, 129°45'E 和 33°45'N, 128°45'E 渔区, 都有大规模的带鱼渔获。由图 3—图 6 可见, 以 32°00'N 为界, 以北主要由黄渤海带鱼栖息, 以南主要由东海带鱼栖息。两个种群在外海越冬场相近, 即便有混栖可能, 但数量也是很少的。这两个种群在越冬场的分布模式与白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)外海越冬场分布模式类似^[27]。

由于黄海暖流向西北方向移动, 黑潮暖流和台湾暖流混合水团成为对马暖流向东北方向移动。这两个水团混合有限。黄渤海带鱼主要栖息在黄海暖流范围的水域, 而东海带鱼主要分布在台湾暖流—对马暖流控制的水域, 由此决定两个不同种群带鱼的越冬群体在这一海域基本上是分离的。少量混合, 即便有可能, 数量也是极为有限的。

3.5 带鱼混栖程度、性质及其对种群划分的影响

由以上分析可见, 两个种群的带鱼无论是南下洄游路径上在江苏北部发生的混合, 还是在东海外海发生的混合, 即便有可能, 但也都是偶然的、零星的、有条件的。况且, 经过统计, 外海越

冬场可能混合的带鱼产量, 也仅占整个东黄渤海带鱼当月总产量的 5.51%, 苏北近海可能混合的带鱼产量占整个东黄渤海带鱼当月总产量的 1.16%。即便偶尔混合, 各自群体仍旧依照各自洄游路线方向分别向各自越冬场移动。由此可见, 不同种群带鱼群体数量发生大规模交换的可能较小。最重要的一点, 带鱼群体混合都不在产卵场发生, 遗传性状发生大规模融合的可能性可以忽略。

以上曾经提到, 近 40 年来, 黄渤海和东海这两个种群带鱼存在各自独立的数量变化, 体形分析显示两个种群带鱼存在明显的差异, 这就再一次旁证南北两个群体带鱼在苏北近海和外海混合, 对东黄渤海带鱼划分为两个不同种群的影响不大。

4 结论

黄渤海带鱼和东海带鱼群体在江苏北部近海和外海发生空间上的接近并混栖在同一海域仅仅是一种可能。空间分布分析显示, 仅仅是个别年份发生, 同时数量分析显示, 可能混合的群体数量很少, 这是其一; 各自群体仍旧依照各自洄游路线方向移动, 意味着在产卵场发生遗传混合的可能性很少, 这是其二; 带鱼栖息地的混合不属于产卵场混合, 这一点与小黄鱼 (*Larimichthys polyactis*) 在产卵场混合完全不同^[28], 不发生在产卵场混栖是难以发生种群遗传性状融合的, 这是其三; 黄渤海带鱼和东海带鱼有着各自不同的数量变化规律, 两者近年来产量差距悬殊, 这是其四; 除了江苏北部近海和外海可能发生群体空间接近, 东黄渤海其他水域黄渤海带鱼和东海带鱼空间分布完全隔离, 这是其五; 不同带鱼种群越冬洄游、产卵洄游和越冬场位置各自存在不同的水文学背景, 这是其六。加上以往文献^[2]提到的带鱼种群划分的体形指标数量差异, 可以认为, 黄渤海带鱼和东海带鱼分属不同的带鱼种群, 在东黄渤海的带鱼可以划分为黄渤海带鱼种群和东海带鱼种群。

本研究所依据的捕捞统计资料涉及的地理范围仅仅覆盖到闽东海域, 闽东海域以南直至珠江口带鱼的种群划分已有文献报道, 张其永等^[7]以

我国东南沿海的浙江的海礁和大陈岛、福建的牛山和兄弟岛、广东陆丰的碣石等地的生殖带鱼为研究群体, 通过形态特征、环状沉淀反应, 并参考分布洄游和渔期资料, 认为这些海域带鱼生殖群体应属于同一个种群。由此可见, 尽管东海带鱼主要栖息在东海南部到黄海南部之间, 并进行生殖、索饵和越冬洄游, 其范围可能扩大到粤东水域。

本研究的结论虽然与文献^[2]相近, 但本研究基于数据分析形成的带鱼种群划分空间分布的证据, 从 6 个方面做实了东黄渤海带鱼可以划分为黄渤海带鱼种群和东海带鱼种群的证据, 说服力更强, 证据更为充分。本研究还详细分析了带鱼越冬洄游与东黄海海流消长的互动关系, 这些研究结果, 除了为正确划分带鱼种群提供证据以外, 还提供了不同种群带鱼鱼群移动走向的信息, 对于带鱼渔场和渔汛的资源环境分析, 如带鱼资源空间分布和资源评估^[29]、带鱼资源分布和气候变化相关性的研究^[30], 都有重要的科学价值。

参考文献:

- [1] Rothschild B J. Dynamics of Marine Fish Populations[M]. Cambridge: Harvard University Press, 1986: 168-170.
- [2] Lin X Z, Wang F G, Pan J M, et al. On the races of the hair-tails *Trichiurus haumela* (Forskall) inhabiting coastal waters of China[J]. Journal of Fisheries of China, 1965, 2(4): 11-23. [林新濯, 王福刚, 潘家模, 等. 中国近海带鱼 *Trichiurus haumela* (Forskall) 种族的调查[J]. 水产学报, 1965, 2(4): 11-23.]
- [3] Liu Z F, Huang K Q, Chen W Z, et al. Population identification of the *Trichiurus haumela* from the East China Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 1997, 21(3): 282-287. [刘子藩, 黄克勤, 陈卫忠, 等. 东海带鱼种群鉴别研究[J]. 水产学报, 1997, 21(3): 282-287.]
- [4] Xu G Z, Luo B Z, Wang K L. Geographical variation of Population structure for large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*)[J]. Studia Marina Sinica, 1962, 2: 98-108. [徐恭昭, 罗秉征, 王可玲. 大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* (Richardson) 种群结构的地理变异[J]. 海洋科学集刊, 1962, 2: 98-108.]
- [5] Luo B Z, Huang S F, Lu J W. The population structure of the hairtails *Trichiurus haumela* (Pisces, Trichiuridae) and its peculiarities[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1983,

- 14(2): 148–159. [罗秉征, 黄颂芳, 卢继武, 东海北部带鱼种群结构与特性[J]. 海洋与湖沼, 1983, 14(2): 148–159.]
- [6] Luo B Z, Lu J W, Huang S F. The characteristics of reproduction cycle of the hairtail *Trichiurus haumela* (pisces, Trichiuridae) populations in spring-summer and autumn spawning in the east china sea[J]. Current Zoology, 1985, 31(4): 348–358. [罗秉征, 卢继武, 黄颂芳, 东海带鱼春、夏和秋季产卵群体的生殖周期特性与种群问题[J]. 动物学报, 1985, 31(4): 348–358.]
- [7] Zhang Q Y, Lin S D, Yang G R. A preliminary study on the population of the ribbon fish, *Trichiurus haumela*, along the southeastern coast of China[J]. Journal of Fisheries of China, 1966, 3(2): 106–118. [张其永, 林双淡, 杨高润. 我国东南沿海带鱼种群问题的初步研究[J]. 水产学报, 1966, 3(2): 106–118.]
- [8] Luo B Z, Lu J W, Huang S F. Preliminary study of geographical variation and population for otolith growth of the hairtails *Trichiurus haumela* in the offshore of China[C]// Symposium of Oceanography and Limnology. Beijing: Science Press, 1981: 181–191. [罗秉征, 卢继武, 黄颂芳. 中国近海带鱼耳石生长的地理变异与地理种群的初步探讨[C]// 海洋与湖沼论文集. 北京: 科学出版社, 1981: 181–191.]
- [9] Wang K L, Zhang P J, Liu L Y, et al. Genetic structure and identification in the hairtails *Trichiurus haumela* from the offshore of China[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1994, 16(1): 93–103. [王可玲, 张培军, 刘兰英, 等. 中国近海带鱼种群生化遗传结构及其鉴别的研究[J]. 海洋学报, 1994, 16(1): 93–103.]
- [10] Kasahara H S. Fisheries and resources of bottom trawl in East China sea and Yellow sea[R]. Report of Nippon Suisan Kaisha Ltd., 1948, S3. [笠原昊. 黄海东海底曳网渔业及其资源. 日本水产株式会社研究所报告[R]. 1948, 第 3 号.]
- [11] Misu K. Research on the largehead hairtail in East China sea and Yellow sea(3) distribution, migration and population[R]. Report of Seikai National Fisheries Research Institute, 1961, 20: 115–131. [三栖宽. 东海、黄海产タチウオ资源の研究(3) 分布、徊游と Population の考查[R]. 西海区水产研究所研究报告, 1961, 20: 115–131.]
- [12] Lin J Q. The Fisheries Resources Investigation and Division of the Yellow and Bohai Seas[M]. Beijing: China Ocean Press, 1990: 218–225. [林景祺. 黄渤海区渔业资源调查与区划[M]. 北京: 海洋出版社, 1990: 218–225.]
- [13] Wu J Q, Zhu D L, Xu Y M, et al. The Fisheries Resources Investigation and Division of the East China Sea[M]. Shanghai: East China Normal University Press, 1987: 281–299. [农牧渔业部水产局, 农牧渔业部东海区渔业指挥部. 东海区渔业资源调查和区划[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1987: 281–299.]
- [14] Meng T X. The Biological Resources and Marine Environment of the Yellow and Bohai Seas[M]. Beijing: Science Press, 2005: 299–307. [孟田湘. 黄渤海生物资源与栖息环境[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 299–307.]
- [15] Cheng J H, Mi C D. Biology Resource and Environment in the East China Sea Continental Shelf[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2003: 450–472. [程家骅, 密崇道. 东海大陆架生物资源与环境[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2003: 450–472.]
- [16] Tang Q S. Regional Oceanography of China Seas—Fisheries Oceanography[M]. Beijing: China Ocean Press, 2012. [唐启升. 中国区域海洋学—渔业海洋学[M]. 北京: 海洋出版社, 2012.]
- [17] Lin X Z, Shen X M. Preliminary research on species identification of largehead hairtail in the Dong Hai Sea and Huang Hai Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 1986, 10(4): 339–350. [林新濯, 沈晓民. 东、黄海带鱼分种问题的初步研究[J]. 水产学报, 1986, 10(4): 339–350.]
- [18] Xu Z L, Chen J J. Migratory routes of *Trichiurus lepturus* in the East China Sea, Yellow Sea and Bohai Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 2015, 39(6): 824–835. [徐兆礼, 陈佳杰. 东、黄渤海带鱼的洄游路线[J]. 水产学报, 2015, 39(6): 824–835.]
- [19] Wu J Z. Spawning characters of *Trichiurus haumela* (Forsk.) in off-shore waters of Zhejiang Province[J]. Journal of Zhejiang College of Fisheries, 1984, 3(2): 109–120. [吴家骅. 浙江近海渔场带鱼的生殖特性[J]. 浙江水产学院学报, 1984, 3(2): 109–120.]
- [20] Zang K Y, Tang Y X, Zou E M, et al. An analysis of circulation in the Yellow Sea[J]. Chinese Science Bulletin, 2001, 46(S1): 7–15. [臧家业, 汤毓祥, 邹娥梅, 等. 黄海环流的分析[J]. 科学通报, 2001, 46(S1): 7–15.]
- [21] Lin J Q. Studies on the natural regulative adaptability of the hairtail (*Trichiurus haumela*) in the oceanic environment[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 1981(1): 58–63. [林景祺. 带鱼 *Trichiurus haumela* (Forsk.) 对海洋环境自然调节适应性的研究[J]. 海洋湖沼通报, 1981(1): 58–63.]
- [22] Dou Z X, Zhang C Z, Zhang Y F. A numerical computation of wind-induced currents in the Bohai Sea[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1986(5): 527–533. [窦振兴, 张存智, 张砚峰. 渤海风海流的数值计算[J]. 海洋学报, 1986(5): 527–533.]
- [23] Tang Y X, Zou E M, Lie H J. On the origin and path of the Huanghai Warm Current during winter and early spring[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2001, 23(1): 1–12. [汤毓祥, 邹娥梅, Lie Heung Jae. 冬至初春黄海暖流的路径和起源[J].

- 海洋学报, 2001, 23(1): 1–12.]
- [24] Wang J Z. A preliminary study on the correlation between the aggregation of hairtail fish in autumn and the water masses in the East China Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 1987, 1(4): 339–346. [王建中. 东海秋带鱼聚集分布与水团的关系[J]. 水产学报, 1987, 1(4): 339–346.]
- [25] Zhu D K, Yu C G. The relation on the environment of fishing ground with the occurrence of hairtail in winter off the middle part of Zhejiang[J]. Journal of Fisheries of China, 1987, 11(3): 195–203. [朱德坤, 俞存根. 冬汛浙江中部渔场环境与带鱼汛期的关系[J]. 水产学报, 1987, 11(3): 195–203.]
- [26] Su J L, Pan Y Q. A preliminary study of shelf circulation dynamics north of Taiwan[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1989, 11(1): 1–14. [苏纪兰, 潘玉球. 台湾以北陆架环流动力学初步研究[J]. 海洋学报, 1989, 11(1): 1–14.]
- [27] Xu Z L, Chen J J. Analysis to population division and migratory routine of populations and migratory routines of *Argyrosomus argentatus* in the north China waters[J]. Acta Ecological Sinica, 2010, 30(23): 6442–6450. [徐兆礼, 陈佳杰. 依据大规模捕捞产量统计资料分析东黄渤海白姑鱼种群划分和洄游路线[J]. 生态学报, 2010, 30(23): 6442–6450.]
- [28] Xu Z L, Chen J J. Population division of *Larimichthys polyactis* in China Sea[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(11): 2856–2864. [徐兆礼, 陈佳杰. 再议中国近海小黄鱼种群的划分问题[J]. 应用生态学报, 2010, 21(11): 2856–2864.]
- [29] Zhang K, Chen Z Z. Using Bayesian state-space modelling to assess *Trichiurus japonicus* stock in the East China Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2015, 22(5): 1015–1026. [张魁, 陈作志. 应用贝叶斯状态空间建模对东海带鱼的资源评估[J]. 中国水产科学, 2015, 22(5): 1015–1026.]
- [30] Wang Y Z, Sun D R, Lin Z J, et al. Analysis on responses of hairtail catches to fishing and climate factors in the Yellow Sea and Bohai Sea, China[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2012, 19(6): 1043–1050. [王跃中, 孙典荣, 林昭进, 等. 捕捞压力和气候因素对黄渤海带鱼渔获量变化的影响[J]. 中国水产科学, 2012, 19(6): 1043–1050.]

A new discussion on division of the *Trichiurus lepturus* populations in the East China Sea, Yellow Sea, and Bohai Sea

XU Zhaoli, CHEN Jiajie

Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture; East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090 China

Abstract: In this paper, we discuss the geographical isolation and population dynamics of the largehead hairtail (*Trichiurus lepturus*) populations in the East China Sea (ECS), Yellow Sea (YS), and Bohai Sea (BS). The results showed that only two largehead hairtail populations exist in the nearshore regions of the ECS, YS, and BS. The largehead hairtail population in the Northern Yellow Sea and Bohai Sea was designated as the Yellow Sea and Bohai Sea population (YSBSP), and the other population in the South Yellow Sea and the East China Sea was designated as the East China Sea population (ECSP). By evaluating moving images of largehead hairtail, we found that the YSBSP rear-ended the population in Jiangsu's northern nearshore waters at 34°00'N, 121°00'E. However, the largehead hairtail output from the overlapping waters accounted for only 1.16% of the total output. The two populations shared the same overwintering ground, and so these populations were mixed in the offshore waters to the west of Cheju Island. Only 1.16% of the total output was fished during the month in which the two populations mixed. We present six lines of evidence that there are two main populations of largehead hairtail in the studied waters. First, the output of largehead hairtail from the overlap waters is small, accounting for less than 5.51% of the total output in the same month. Second, the two groups do not produce hybrids when in overlapping waters because each group follows its own migratory route back to its wintering grounds. Third, the groups of largehead hairtail only mix in overlapping waters and not in spawning grounds, which is another reason why hybridization between the two populations is unlikely. Fourth, the two populations show different trends in their quantitative dynamics; for example, the outputs differ markedly between the two populations, suggesting that the ECSP did not contribute to the YSBSP in recent years. Fifth, there is significant geographical isolation between YSBSP and ECSP, except those in the overlapping waters. Sixth, the two different populations of largehead hairtail showed different migration patterns. Together, all of these results indicate that largehead hairtail inhabiting the East China Sea, Yellow Sea, and Bohai Sea belong to two different populations: the Yellow Sea and Bohai Sea population, and the East China Sea population.

Key words: *Trichiurus lepturus*; population division; geographic isolation; offshore of China Sea

Corresponding author: XU Zhaoli. E-mail: xiaomin1957@126.com