

中国重要海洋中上层经济鱼类生物学研究进展

郑元甲¹, 李建生^{1*}, 张其永², 洪万树^{2*}

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090;

2. 厦门大学海洋与地球学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 中国海洋中上层鱼类的种类繁多, 近几年来, 其总产量占全国海洋捕捞总产量的 40% 左右。日本鲭、蓝圆鲹和鳀等中上层鱼类生活史大多为 r 选择型, 资源更新速度一般比底层和近底层鱼类较快, 因此其资源可持续利用的前景更为广阔。本文综述了中国重要海洋中上层鱼类渔业的发展概况, 主要介绍了年产量位于前列的日本鲭、蓝圆鲹、蓝点马鲛、银鲳和鳀等 5 种鱼类生物学的研究进展, 阐明了这些种类的种群鉴别和划分、洄游分布、越冬场、产卵场和产卵期、年龄和生长、摄食习性、生殖力和群体结构变化等资源生物学的研究现状, 以及其资源量和可捕量的评估结果, 并展望了其资源生物学研究的前景。

关键词: 重要中上层鱼类; 资源生物学; 研究进展; 中国沿岸水域

中图分类号: S 917.4

文献标志码: A

中国海洋中上层鱼类的种类繁多, 但在 20 世纪 50 年代其产量却很低。为了提高中上层鱼类的捕捞量, 中国鱼类资源生物学工作者自那时起就从事沿岸和近海中上层经济鱼类资源调查和开发工作, 并且进行了资源理论基础和应用资源生物学的专题研究。这些研究工作促使中国的机轮灯光围网渔业从无到有, 灯诱技术显著提高, 渔场范围逐渐扩大, 机帆船灯光围网渔业规模迅速发展, 从而促进了中上层鱼类渔业逐渐现代化, 并获得了颇多的科研成果。

日本鲭 (*Scomber japonicus*)、蓝圆鲹 (*Decapterus maruadsi*) 和鳀 (*Engraulis japonicus*) 等中上层鱼类生活史大多数为 r 选择型^[1-3], 其种群数量变动规律与底层鱼类有所不同, 世代更替较快, 资源如果遭受破坏, 只要及时加强海洋渔业科学管理, 资源就有望得到较快恢复, 其可持续发展的前景较为广阔。所以, 综述中国重要海洋中上层鱼类资源生物学研究进展, 对于中国渔业管理和资源的可持续利用具有重大的现实意义和指导作用。

1 中国中上层鱼类渔业发展概况

中上层鱼类渔业在中国海洋捕捞业中的地位, 随着底层和近底层鱼类资源的逐渐衰退, 愈加显示其重要性。根据中国渔业统计资料, 1984—2002 年中上层鱼类的年产量为 $(123 \sim 718) \times 10^4$ t, 占全国海洋捕捞总产量的 26.51% (1988 年) ~ 50.17% (1985 年), 2003 年以来的年产量大约为 500×10^4 t, 约占全国海洋捕捞总产量的 40%。在中国中上层鱼类中鳀的年产量超过 100×10^4 t (1998 年达 137×10^4 t); 年产量达到 $(40 \sim 60) \times 10^4$ t 的中上层鱼类有鲈鱼类、圆鲹鱼类、马鲛鱼类和鲳鱼类等。

中国捕捞中上层鱼类的历史悠久, 闽南、粤东渔民早在 20 世纪 30 年代已使用铁桶盛木柴烧火诱捕鲈鱼类, 而后发展为汽灯和大光灯诱捕^[4]。20 世纪 50 年代初期就开始试验围网作业, 到 60 年代中期群众灯光敷网、灯光围网和机轮灯光围网作业先后获得成功。1969 年中国自行设计建造的灯光围网船投入使用, 为灯光围网

收稿日期: 2013-07-04

修回日期: 2013-11-07

资助项目: 国家自然科学基金项目(40976095); 公益性行业(农业)科研专项(201303047)

通信作者: 李建生, E-mail: jianshenli@sina.com; 洪万树, E-mail: wshong@xmu.edu.cn

渔业发展打下基础,1973—1974年投产船数55~65组^{[5]①}。群众灯光围网船在20世纪70年代初期也获得了快速发展,1971年福建投产群众灯光围网船238组,年产量突破 5×10^4 t^②。据中国渔业统计资料,以捕捞中上层鱼类为主的围网、流刺网和钓业的总渔船数由2003年的 10.3×10^4 余艘增至2011年的 12.1×10^4 余艘,以这3种渔具作业的渔船数占全国海洋捕捞总船数的比例由2003年的45.98%上升至2011年的60.18%,总功率由2003年的 350×10^4 kW增至2011年的 495×10^4 kW,占全国海洋捕捞渔船总功率的比例由2003年的28.23%增至2011年的37.35%,其中以流刺网总功率的比例为最高。1978—2011年这3种作业的年产量中,围网年产量由1978年的 40.6×10^4 t升至2011年的 88.8×10^4 t;流刺网年产量从1978年的 13.9×10^4 t上升至2006年的 265.3×10^4 t,2007—2011年仍保持在 260.0×10^4 t的高位;钓业年产量在1978—1991年为 $(2 \sim 10) \times 10^4$ t,1992—2004年稳步增长,2004年高达 88.2×10^4 t(含远洋的钓业产量),2008—2011年为 30×10^4 t(不含远洋的钓业产量)。近年来这3种作业的年产量合计约为 400×10^4 t,大致占全国海洋捕捞总产量的1/3,占中上层鱼类捕捞总产量达80%。此外,变水层拖网也有一定的中上层鱼类产量,双船和单船底拖网也有所兼捕。

2 中国重要海洋中上层经济鱼类资源生物学研究概况

现就中国海洋中上层鱼类中具有较高经济价值和最高年产量达到 30×10^4 t以上的种类分述如下:

2.1 日本鲭

日本鲭在中国近海均有分布,属于大洋暖水性中上层鱼类,是中国东、黄海最重要的中上层经济鱼类之一。随着中上层鱼类捕捞规模的扩大和作业渔场的拓展,自20世纪80年代以来,中国日本鲭(含少量澳洲鲈等)的年渔获量呈现逐渐上升的趋势,80年代末期仅有 20×10^4 t左右,而2002年以来的年产量大多数达到 40×10^4 t以上,其中2008年和2011年的产量分别达到了 $59.3 \times$

10^4 t和 56.3×10^4 t。主要的捕捞方式为灯光围网和变水层拖网,底拖网也有少量兼捕。

国内多数学者将中国海域的日本鲭划分为3个种群:东海西部种群(黄海至闽中渔场)、五岛西部种群和闽南—粤东种群^[6-7]。然而,也有中国学者将五岛西部种群和东海西部种群都归属于东海种群^[8-9]。张丽艳等^[10]采用 AFLP 分子标记对闽东渔场和闽南渔场日本鲭种群进行遗传变异分析,结果表明闽东和闽南种群间无明显的遗传差异和分化,显示其种群间基因交流频繁。Zeng等^[11]根据微卫星分析把东海和南海的日本鲭种群划分为2个种群,分别为从东海到南海的海南省东部沿海种群和南海的海南省南部近海种群。这个种群的划分结果可能由于采样点少或者微卫星标记选取的原因导致和传统的划分结果有较大的差别,其结果的可靠性有待检验。

中国沿海日本鲭摄食的种类广泛,饵料生物包括24个类群50多种。因海域和饵料基础的不同,日本鲭的食物组成也有所差异。黄海区叉长35 mm以上的当年生日本鲭幼鱼的饵料生物以鱼类、头足类和甲壳类为主,成鱼的摄食对象以太平洋磷虾(*Euphausia pacifica*)和鳀为主;福建近海的日本鲭对饵料生物无明显的选择性,以浮游甲壳类和稚幼鱼为主;而南海北部日本鲭的胃含物则以浮游动物和海底沉积物中的有孔虫类和翼足类为主^[7]。

王为祥^[7]研究认为日本鲭鳞片较小而且容易脱落,难于采集;其高龄鱼的耳石边缘轮带经常愈合,鉴定年轮时约有5%以上的耳石无法判读,但脊椎骨轮纹清晰,尤其是第Ⅱ节脊椎骨的轮纹清晰而且稳定,便于测量和比较。刘勇等^[12]也采用耳石研究了东海北部和黄海南部日本鲭的年龄和生长。黄海北部的日本鲭生长较快,各年龄组叉长都比东海南部的大。黄、东海日本鲭性成熟年龄一般为2龄,少数个体在1龄鱼就达到性成熟。黄海的日本鲭初次性成熟叉长为250 mm,东海南部雌性初次性成熟的最小叉长为220~230 mm,雄性为210~220 mm。20世纪70年代,在东海南部已发现叉长190 mm就已达到初次性成熟的日本鲭个体^[7]。从20世纪60年代起至21世纪初,东海区日本鲭种群低龄化、小型化现象明

① 中国水产科学研究院东海水产研究所,黄海水产研究所. 黄海东海渔业资源状况[R]. 油印本. 1973.

② 农林部水产组编. 东、黄、渤海渔业资源调查总结(一九七一年)[R]. 1972.

显,平均叉长从 343.14 mm 下降到 193.66 mm,平均体质量从 588.79 g 下降到 96.89 g;种群的个体生长内禀动力发生了较大变化,生长参数 K 从 0.22 提高到 0.81,渐近叉长 L_{∞} 从 486.84 mm 减小到 367.50 mm,体质量的生长拐点从 4.48 龄逐渐减小到 1.27 龄^[13]。刘勇等^[14]认为 21 世纪初期东海北部和黄海南部日本鲭个体平均叉长都比 20 世纪 80 年代小。

20 世纪 50 年代,黄海日本鲭个体生殖力为 $(20 \sim 110) \times 10^4$ 粒,平均 70×10^4 粒^[7]。刘松等^[15]根据山东近海日本鲭渔获物样品,计算出其个体绝对生殖力的变动范围为 $(19 \sim 90) \times 10^4$ 粒,平均为 53×10^4 粒;而根据王为祥^[7]的报道,东海南部的日本鲭生殖力为 $(5.3 \sim 35.5) \times 10^4$ 粒,福建南部沿海叉长为 235 mm 日本鲭的生殖力为 15.9×10^4 粒。据颜尤明^[16]报道,闽中-闽东渔场日本鲭生殖力范围为 $(5.29 \sim 35.46) \times 10^4$ 粒,平均为 15.59×10^4 粒。可见,黄海日本鲭产卵群体的生殖力比东海的高。

陈卫忠等^[17-18]利用实际种群分析法评估,认为 20 世纪末期东海日本鲭的现存资源量为 $(13.2 \sim 23.5) \times 10^4$ t。王凯等^[19]利用体长结构实际种群分析法评估 20 世纪 90 年代东海区日本鲭的年平均资源量为 $(73.34 \sim 116.88) \times 10^4$ t。严利平等^[20]应用体长结构 VPA 评估日本鲭东海种群的现存资源量为 39.55×10^4 t,最大可持续产量(MSY)为 24.08×10^4 t,目前的开发利用程度处于中度偏低状态。周永东等^[21]用体长股分析法估算东海区日本鲭平均资源尾数为 31.73×10^8 尾,平均资源量为 18.27×10^4 t,最大持续产量为 12.27×10^4 t;初始资源尾数为 70.87×10^8 尾,初始资源量为 40.81×10^4 t。上述作者都用体长股分析法评估日本鲭资源量,但其结果相差较大,可能是由于不同年代资源量发生了变化,而且各作者所获得的体长资料有所不同,尤其是高龄鱼的比例差异较大所致。

2.2 蓝圆鲹

蓝圆鲹在中国分布于黄海至南海,以东南南部至南海北部的数量较多,系近海暖水性、喜集群、具有趋光性的中上层鱼类,有时也栖息于近底层。它既是灯光围网和变水层拖网的主要捕捞对象之一,也是底拖网作业的兼捕渔获物。1989—1994 年全国蓝圆鲹(含少量其他鲹类)年产量为

$(30 \sim 40) \times 10^4$ t,1995—2011 年为 $(50 \sim 60) \times 10^4$ t,其中 2003 年达到 67.2×10^4 t,为历年最高。

蓝圆鲹的种群可分为东海西部种群、闽南-粤东种群、九州西部种群以及南海北部种群^[4,22-25]。但是,张丽艳等^[26]和牛素芳等^[27]分别用线粒体 DNA 和 AFLP 方法分析闽东和闽南各一批样品,均认为两批样品不存在显著的遗传分化(或差异),可划归同一个管理保护单元(即同一种群),这和上述多数学者的观点不同。九州西部种群洄游于东海中北部外海至日本九州西海岸。闽南-粤东种群和南海北部种群基本上没有固定的洄游路线,移动距离也不长,只是进行深浅水之间的移动,表现出地域性分布的特点。东海西部种群分布于台湾海峡中南部到济州岛附近,最东可达 $127^{\circ}30'E$ 海域,个体较大,具有台湾海峡中南部和台湾以北水深 100~150 m 海区两个越冬场。台湾以北越冬场的鱼群有部分个体于 2—3 月在越冬场附近海区产卵,大部分群体于 3—4 月分批向闽东和浙江近海作生殖洄游,产卵期为 4—9 月,由南到北逐渐推迟,盛期为 5—6 月,产过卵的亲鱼和幼鱼自南而北索饵直到长江口海区,10—11 月陆续返回越冬场。在台湾海峡中南部越冬的鱼群于 3 月初向闽中和闽东渔场沿岸海区作生殖洄游,产卵期为 4—7 月,盛期也是 5—6 月。产过卵的亲鱼和当年生幼鱼向北洄游索饵,10—11 月陆续返回越冬场,其洄游路线较长。对南海区经一年四季的调查和性腺成熟度组成的分析,表明南海北部蓝圆鲹的主要产卵场分布于海南岛东部近海、粤西海域和北部湾湾口海区,而珠江口和粤东海域只有少量产卵亲鱼分布;产卵期主要集中在春季,到了夏季产卵基本结束,产卵适宜的底层水温为 $19 \sim 22^{\circ}C$ 、盐度为 $34 \sim 35$;与历史资料相比,其产卵期明显缩短,产卵场水深增大,产卵群体有外移趋向^[28]。

东海蓝圆鲹的食物种类有 80 余种,浮游甲壳类和小型鱼类为其主要饵料生物类群,饵料优势种依次为七星底灯鱼(*Benthosema pterotum*)、口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)幼体和太平洋磷虾。摄食强度春季最高,秋季居次,冬季最低。周年摄食强度呈双峰型,摄食高峰期比产卵期约迟 1 个月,说明蓝圆鲹生殖后索饵活动增强。叉长 200 mm 为摄食取向的拐点,叉长小于 200 mm 的个体以捕食浮游甲壳类为主,叉长大于 200 mm 的则

以捕食小型鱼类为主^[29-30]。蓝圆鲈在不同海区和不同时间,饵料组成有所不同,常随着海区饵料生物优势种类的变动而变化^[4]。

张杰等^[31]以1982—1983年闽南—台湾浅滩渔场蓝圆鲈的鳞片来鉴定年龄,年轮形成时间从10月至翌年6月,主要形成时期为3—4月;渔获物由0~9龄组成,以1龄为主(47.99%),2龄次之(25.88%),0龄位居第三(11.06%);提出了最小捕捞叉长为160 mm、体质量为58 g的建议。颜尤明等^[32]于1984年4—6月以取自闽中至闽东渔场的蓝圆鲈样品,进行不同海区生长特征值的比较,认为该样品的特征值与浙江近海较为相似,与闽南—台湾浅滩和南海北部的相差较大。这从另一侧面说明闽中渔场至浙江沿海的蓝圆鲈为同一种群,闽南—台湾浅滩则为另一种群。陈国宝等^[33]根据1997—1999年南海北部陆架区的蓝圆鲈叉长测定资料,利用FISAT软件估算南海北部蓝圆鲈生长和死亡参数,并提出最佳可捕叉长为147 mm。

徐旭才等^[34]以1971—1987年蓝圆鲈叉长组成资料,应用体长股分析法评估了闽南—台湾浅滩渔场蓝圆鲈资源量,1971—1980年为 9.49×10^4 t,1981—1987年为 13.51×10^4 t,持续产量为 9.58×10^4 t,最小捕捞叉长为135 mm。张秋华等^[24]应用Steele模型,分别评估求得台湾海峡中北部和闽南—台湾浅滩渔场蓝圆鲈资源量为 30.39×10^4 t和 20.15×10^4 t,最大持续渔获量为 $(11.23 \sim 12.81) \times 10^4$ t。

20世纪80年代初期至90年代末期,东海西部种群蓝圆鲈的瞬时自然死亡系数 M 较为稳定,但瞬时捕捞死亡系数 F 和资源开发率 E 增长较为明显,叉长长渐近值 L_{∞} 和体质量生长渐近值 W_{∞} 下降,表明该种群资源已达到充分开发。而闽南—粤东近海种群蓝圆鲈的死亡参数较为稳定,当年的资源开发率尚不足0.5,仍具有较大的开发利用潜力^[24]。

2.3 蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)

蓝点马鲛在中国沿海均有分布,为暖水性中上层鱼类。蓝点马鲛从20世纪50年代起就是东、黄海流刺网的主要捕捞对象和拖网渔业的兼捕对象之一。中国蓝点马鲛(含少量其他马鲛鱼类)的年产量在20世纪60—70年代为 $(1 \sim 4) \times 10^4$ t,80年代迅速上升至 $(5 \sim 15) \times 10^4$ t,90年代

初、中期为 $(15 \sim 30) \times 10^4$ t,90年代末期为 $(40 \sim 50) \times 10^4$ t,而1999年已达到 56.58×10^4 t,为历年最高,近年来为 45×10^4 t左右。

韦晟等^[35]认为渤海、黄海北部、中部和南部蓝点马鲛的产卵群体均属于同一种群,而黄海南部的群体可视为同一种群的不同群体。黄克勤等^[36]认为东海北部、中部和南部的群体同属于一个种群,东海北部外侧的群体可视为同一种群的另一个小群体。水柏年等^[37]于2006—2008年在黄海的东营、威海和东海的宁波、舟山以及温州等沿海采集样品,用方差分析、主成分分析和聚类分析的方法分析7项计数性状和14项量度性状。聚类分析结果显示,东海3批样品为一支,其欧氏距离差异为0.394~0.816,黄海区2批样品为另一支,其欧氏距离差异为0.771,而东海3批样品与黄海2批样品的欧氏距离差异达到1.47~1.60。由此认为,东营和威海的样品即为黄海种群;宁波、舟山和温州的样品即为东海种群。姜艳艳等^[38]采用聚合酶链式反应(PCR)技术对山东半岛南岸水域蓝点马鲛群体的mtDNA D-loop序列进行扩增,获得了大小约为500 bp的扩增产物。经测定和分析认为,蓝点马鲛的mtDNA D-loop基因个体变异程度较大,适合于群体内和群体间不同个体的遗传多样性分析,并指出更好的方法是将线粒体DNA序列数据与核基因组多样性数据(如AFLP)相结合,更能客观、全面地揭示蓝点马鲛的遗传多样性水平及其群体分化程度。同时,Shui等^[39]利用线粒体DNA分析认为东黄海的8个群体之间没有明显的种群遗传结构,而Shui等^[40]利用AFLP方法对东黄海的6个点的样品分析结果显示,蓝点马鲛有显著的地理种群结构。

从上述文献的样品来看,黄克勤等^[36]的样品只有东海北部3批是生殖群体,其余7批样品均为秋季索饵群体,个体可能有混群现象;姜艳艳等^[38]采用了分子生物学方法,但仅分析了山东南部海域的样品。值得注意的是,根据蓝点马鲛洄游分布状况,1964年秋季在烟威渔场标志放流的蓝点马鲛,于1965年2月19日在福建东山岛附近海域被捕获^[41],这就表明东海南部(包括台湾海峡)与黄海北部的蓝点马鲛群体是有联系的。因此,关于渤、黄、东海区蓝点马鲛的种群问题,尚需全面采集渤、黄、东海和南海不同产卵场的产卵

群体样品,而且应当采用形态学、生态学和分子生物学等多种方法综合分析其种群的归属问题。

黄渤海蓝点马鲛成鱼的饵料生物有 17 种,主要饵料种类的重量组成为鳀 65.74% (为最高),远东拟沙丁鱼 (*Sardinops melanostictus*) 7.0%,日本枪乌贼 (*Loligo japonicus*) 5.62%,玉筋鱼 (*Ammodytes personatus*) 5.10%,鹰爪虾 (*Trachypenaeus curvirostris*) 4.74%,黄鲫 (*Setipinna taty*) 3.84% 和日本鼓虾 (*Alpheus japonicus*) 3.10%。摄食等级组成以秋季为最高,夏季次之,春季最低^[42]。

黄、渤海蓝点马鲛的年轮是在产卵后的 6—8 月形成,各龄鱼出现年轮的时期都很一致,1973—1978 年的产卵群体由 6 个年龄组所组成,2 龄鱼是产卵群体的优势年龄组,占年龄组成的 77.5%^[43]。根据 20 世纪 60—70 年代流刺网和拖网渔获物的生物学测定资料,黄、渤海蓝点马鲛 1 龄鱼的体长和体质量可达到 500 mm 和 1 000 g,6—8 月体长增长最快,而体质量增长最快的是 8—11 月。各龄鱼的平均叉长:1 龄鱼为 424 mm、2 龄鱼 547 mm、3 龄鱼 593 mm、4 龄鱼 654 mm、5 龄鱼 696 mm、6 龄鱼 711 mm^[44]。韦晟^[42]对 1973—1981 年生殖期蓝点马鲛年龄和生长的研究结果也基本相似。邱盛尧等^[45]根据 1963—1991 年收集的 8627 尾幼鱼样品,以旬为单位,计算各旬的平均体长和体质量,以产卵盛期 6 月 1 日作为生长起点,研究了当年生幼鱼的生长特点,结果同样得出 8 月至 11 月初为体质量主要生长期,幼鱼的生长存在着年间差异; L_{∞} 和 W_{∞} 由 1963—1969 年的 438.00 mm 和 675.82 g 下降到 1990—1991 年的 399.06 mm 和 512.16 g,生长参数 K 由 0.136 上升至 0.230 7;该文分析了 1980—1991 年幼鱼生长比 1963—1979 年较快的原因,主要是由于 20 世纪 70 年代后期起,蓝点马鲛主汛期由春汛转为秋汛,捕捞强度逐年增大,资源密度出现稀疏,并随着黄渤海传统经济鱼类资源逐渐衰退,减少了食物竞争对象,从而丰富了饵料基础,促使蓝点马鲛个体生长加快,体质量生长拐点提前,而且体质量主要生长期缩短。

李明月等^[46]于 1986 年采集浙江省三门湾(东海)、邱盛尧等^[47]在 1992—1993 年采集黄渤海蓝点马鲛生殖群体样品,先后进行了个体生殖力的研究,结果都认为蓝点马鲛在一个产卵期中

分为 2~3 次排卵。个体绝对生殖力三门湾为 $(12.78 \sim 318.36) \times 10^4$ 粒,黄渤海为 $(4.5 \sim 525.7) \times 10^4$ 粒;相对生殖力东海三门湾 R/L 为 2 607~3 553 粒/mm,平均 1 214 粒/mm, R/W 为 162.6~713.3 粒/g,平均 408.0 粒/g;黄渤海 R/L 为 97~4893 粒/mm, R/W 为 62~770 粒/g。可见,黄渤海个体生殖力的变幅比东海的较大。性成熟最小叉长和体质量,东海三门湾 1986 年雄性为 410 mm 和 504 g;雌性为 470 mm 和 690 g。

中国马鲛鱼类的产量虽然近年来仍在 45×10^4 t 的高位上波动。但是,其生物学特征和单位产量的变动趋势,表明其资源已处于衰退状态。例如黄渤海蓝点马鲛资源已从 1962 年以前的丰富阶段,转入 1990 年的衰退阶段,渔获物优势年龄组成从 3 龄和 2 龄组变为 1 龄和 2 龄组;平均年龄从 2.83 龄降为 2.65 龄;平均叉长从 583 mm 降至 574 mm,平均体质量从 1 507 g 下降到 1 359 g;全部性成熟年龄从 4 龄组降至 2 龄组,初次性成熟年龄从 2 龄组演变为 1 龄组,初次性成熟的叉长和体质量由 529 mm 和 1 141 g 降为 410 mm 和 551 g;而平均生殖力却从 41×10^4 粒上升到 60×10^4 粒。春汛流刺网平均单片产量从 1963—1976 年的 72 kg 下降到 1990 年以后的 13 kg,秋汛拖网平均网产也相应地从 1 919 kg 降为 1 764 kg^[48]。黄渤海蓝点马鲛产卵群体的资源量由 1988 年的 $11 654 \times 10^4$ 尾,逐年下降,到 1994 年仅为 $3 811 \times 10^4$ 尾,下降了 67.30%,1988—1989 年有 $(4 704 \sim 5 658) \times 10^4$ 尾亲鱼参加产卵,至 1993 和 1994 年已降低到 $(1 004 \sim 1 414) \times 10^4$ 尾^[49]。

2.4 银鲳 (*Pampus punctatissimus*)

银鲳即为《江苏鱼类志》中的“北鲳”^[50]和《东海、黄海鱼类名称和图解—新版》中的“翎鲳”^[51],为近海暖温性中上层鱼类,分布于黄海和东海,以黄海南部和东海北部的数量较多。20 世纪 60 年代中期以前银鲳的产量很少,1966 年流刺网捕捞鲳鱼在江苏吕泗渔场试验成功,使银鲳生产从兼捕转为专业捕捞,产量迅速提高。银鲳的主要捕捞渔具为流刺网和张网,拖网也有少量兼捕。中国海洋捕捞产量统计中只有鲳鱼类的年产量,在 1977—1992 年仅 $(3 \sim 10) \times 10^4$ t,从 1993 年起产量迅速增长,1995 年超过 20×10^4 t,1998 年以来在 $(30 \sim 40) \times 10^4$ t 中波动,其中 2005 年达到 41.2×10^4 t,为历年最高纪录。东海区银鲳

年产量约占鲳鱼类产量的85%~90%^[52]。

渤、黄、东海银鲳种群分为黄渤海和东海两个种群^[53]。但是,赵峰等^[54]采集了河北黄骅、江苏连云港、浙江舟山和洞头、福建霞浦等5处共224个样品,使用多变量形态度量学方法(框架法)进行研究,结果认为渤、黄、东海的银鲳可分为黄渤海种群、东海北部种群和东海南部种群。赵峰等^[55]又采用线粒体DNA细胞色素b基因片段作为遗传标记,对黄海南部和东海银鲳群体的遗传结构进行了分析,结果表明黄海南部和东海银鲳群体间具有高度的基因交流,是一个随机交配的群体,但作者同时指出仅依据线粒体Cyt b基因序列的分析结果还不能简单地认为可以将黄海南部、东海区银鲳作为一个单一的种群进行管理,必须结合其他标记技术如SSR、AFLP、SNP等全面检测银鲳群体的遗传结构,为渔业管理提供科学依据。彭士明等^[56]依据银鲳线粒体CO I基因的序列分析,单倍型多样性以东海群体为最高(0.8009),渤海群体次之(0.7000),南海群体为最低(0.2000),而且这3个群体核苷酸多样性均较低(<0.005),分子变异分析未检测出这3个野生银鲳群体间存在遗传分化现象。由此可见,渤、黄、东、南海银鲳种群鉴别和划分的分歧还比较大,即使同一作者采用不同的研究方法,其结果也不一样。因此,银鲳种群鉴别问题,尤其是南海银鲳是否与东、黄海的群体都属于同一个种群还有待今后更深入地开展研究。

黄渤海种群的主要越冬场在济州岛附近海域,即32°00'~34°00'N,124°00'E以东水深80~100m海区,在黄海中部黄海洼地西部60m附近海区也有部分银鲳越冬鱼群^[23]。早春时节,在济州岛附近海区的部分越冬鱼群向朝鲜半岛西南海区洄游,部分鱼群沿黄海暖流北上,到达33°00'~34°00'N、123°~124°E时,有一路鱼群向海州湾作产卵洄游,少数鱼群可进入吕泗渔场产卵;另一路北上至山东半岛成山头附近海域,又分别向烟威渔场、渤海和海洋岛渔场洄游。主要产卵场在海州湾、莱州湾和辽东湾河口海区,其主要产卵期为5—7月。产卵后鱼群分散索饵,秋末随着水温下降,索饵鱼群沿黄海暖流返回越冬场。

东海种群的越冬场有两个,一个是在东海北部外海29°00'~32°00'N、125°30'~127°30'E的80~100m海区;另一个是在东海中南部外海,即

26°30'~28°30'N、122°30'~125°30'E海区。1997—2000年东海区渔业资源补充调查时发现,在29°00'~32°00'N、125°30'E以西海区是小个体银鲳相对集中的越冬场,即补充群体的主要越冬场分布于成体越冬场的西侧^[57]。在东海北部越冬的鱼群约在4月开始向西至西北方向洄游,4月上中旬到达舟山和长江口渔场,然后迅速进入大戢洋和吕泗渔场产卵。吕泗渔场是全国最大的银鲳产卵场,产卵期为4月下旬至6月下旬。标志放流资料证实,吕泗渔场的产卵亲鱼可到海州湾南部近海索饵^[53]。在东海中南部越冬的鱼群于3月开始向福建、浙江沿岸河口产卵场洄游,其产卵期自南而北逐渐推迟,闽东渔场为3—7月,4月初至5月下旬为产卵盛期;浙江中北部为5—7月,5—6月为其产卵盛期。产卵后的亲鱼以及当年生幼鱼均在产卵场附近索饵,秋末冬初索饵鱼群向其各自越冬场洄游。

东、黄海银鲳的摄食强度较弱。东海银鲳在产卵期间空胃率达到97.4%^[52],黄海在越冬期和产卵期,其空胃率也达到90%以上,春季的摄食率为26.9%,秋季的摄食最为旺盛,但其摄食率仅29.0%^[58]。东海银鲳为浮游动物食性,其中水母类、涟虫类、小拟哲水蚤和真刺唇角水蚤占饵料重量的10%~20%;细螯虾、短尾类幼体、多毛类幼体、大眼剑水蚤、长尾类幼体、腹足类幼体和仔稚鱼等占1%~10%^[52]。黄海银鲳摄食的主要种类为海链藻、根管藻和小拟哲水蚤,其次为太平洋纺锤水蚤、真刺唇角水蚤等^[58]。由此可见,黄、东海两海区银鲳的饵料组成均以浮游生物为主,但其种类组成有所差异,可能与两海区浮游生物种类组成差异有关。

钱世勤等^[59]以耳石鉴定银鲳年龄,指出年轮形成期为1—5月,以2—4月为主要形成期。各龄实测叉长:1龄154.8mm、2龄185.8mm、3龄212.7mm、4龄237.1mm、5龄257.1mm和6龄281.5mm。银鲳以1~3龄生长速度较快,而且雌鱼比雄性生长快,雌鱼寿命也比雄鱼长,这与宓崇道等^[60]的研究结果相吻合。银鲳170mm以下的叉长组,雄鱼数量多于雌鱼;170mm以上的叉长组,雌鱼的比例随着叉长组的增高而提高;260mm以上的叉长组,几乎全为雌鱼^[60]。

崔青曼等^[61]应用鳞片研究了渤海湾银鲳的年龄与生长,结果表明疏密切割为年轮形成的标

志,年轮形成时期为3—6月,据鳞径与叉长关系式和生长方程式计算,其叉长与实测叉长有较好的拟合性,各龄鱼实测叉长:0龄95.5 mm、1龄157.4 mm、2龄199.4 mm、3龄217.8 mm和4龄239.0 mm。可见渤海湾银鲳年轮的形成时期比东海和南黄海的略迟,同龄组的叉长也是渤海湾的略大,这是符合高纬度同种鱼体一般较低纬度稍大的客观规律。

关于银鲳的生殖力,已有多篇研究报道,其结果有所差异。宓崇道等^[60]于1979—1980年取自吕泗和长江口渔场张网的银鲳样品,其绝对生殖力为 $(1.82 \sim 23.69) \times 10^4$ 粒,一般为 $(5 \sim 9) \times 10^4$ 粒,叉长相对生殖力 R/L 为 $(94 \sim 1165)$ 粒/mm,体质量相对生殖力 R/W 为 $(92 \sim 985)$ 粒/g,排卵量为 $(0.24 \sim 4.85) \times 10^4$ 粒,排卵率仅为10%~36%,平均26%,属于生殖力较低的鱼类。倪海儿等^[62]也对东海1985—1987年的银鲳生殖力进行了研究,个体绝对生殖力为 $(3.37 \sim 14.17) \times 10^4$ 粒,平均 8.60×10^4 粒;叉长相对生殖力 R/L 为 $(167 \sim 629)$ 粒/mm,平均为411粒/mm,体质量相对生殖力 R/W 为 $(113 \sim 305)$ 粒/g。曾玲等^[63]研究黄海南部银鲳个体绝对生殖力为 $(0.40 \sim 19.60) \times 10^4$ 粒,平均 $(4.77 \pm 0.40) \times 10^4$ 粒,叉长相对生殖力 R/L 为 $(32 \sim 807)$ 粒/mm,平均为 (263 ± 17) 粒/mm,纯体质量相对生殖力 R/W 为 $(109 \sim 533)$ 粒/g,平均为 (333 ± 9) 粒/g。2004年与20世纪70年代相比,两者相同海区、相同叉长组的个体绝对生殖力变化不显著($P > 0.05$),但2004年相对生殖力 R/L 增大显著($P < 0.05$);两者相同纯体质量的个体绝对生殖力变化不显著($P > 0.05$),但2004年个体相对生殖力 R/W 却显著变小($P < 0.01$)。因此认为,单位叉长相对生殖力增大是性成熟叉长缩小的表征,而单位纯体质量相对生殖力减少,这是资源量衰退、资源密度降低和生长加速的结果。龚启祥等^[64]对东海银鲳卵巢发育周期的组织学进行研究,结果表明东海银鲳主要产卵期为5—6月,其生殖方式为分批产卵类型。

运用体长股分析法(LCA)求得东海区银鲳现存资源量为 31.66×10^4 t,可捕资源量为 19.48×10^4 t^[52]。周永东等^[65]应用体长股分析法和最大持续渔获量模型(Schaefer模型和Fox模型)对东海区银鲳资源量和最大持续渔获量

(MSY)进行估算,结果表明2005—2006年东海区银鲳平均资源量为 1374.77×10^6 尾, 19.38×10^4 t;初始资源量为 2609.20×10^6 尾, 36.79×10^4 t;最大持续渔获量为 14.4×10^4 t。应用水声学评估表明,春、夏、秋、冬各季节银鲳的资源量为 $(1.87 \sim 40.01) \times 10^4$ t,秋季最高,冬季最低^[57],当年东海区鲳鱼类(含灰鲳等)的产量为 21.23×10^4 t,可见,秋季水声学的资源量评估结果比较接近客观情况。

近年来东海区鲳鱼类年产量仍维持在较高水平,但是已经明显地小型化,渔获物平均年龄从1979年的1.61龄降至1998年的0.85龄,当前的渔获物90%以上均为1龄鱼。吕泗渔场春夏汛平均叉长从1988年的180.3 mm降至2003年的159.8 mm,平均体质量也从168.6 g下降到129.7 g。黄海南部最小性成熟叉长也从1985年的129 mm降低到2004年的104 mm^[63]。珠江口海域20世纪90年代银鲳的捕捞死亡系数为0.944,比20世纪80年代增加近2倍^[66]。种种迹象表明,目前银鲳的高产量是由于增大捕捞强度的结果,实际上银鲳资源已经衰退,急需合理利用和保护。

2.5 鳀

鳀为暖温性小型中上层鱼类,在中国沿海均有分布,以黄海的数量最多。

中国捕捞鳀的主要渔具有小围网、流刺网、底拖网和定置网。在20世纪80年代以前中国鳀一般年产量为 $(3 \sim 5) \times 10^4$ t,1984年起,“北斗”号资源调查船连续5年调查了黄海和东海鳀资源,应用水声学积分法评估其资源量达到 $(200 \sim 282) \times 10^4$ t,年平均为 245×10^4 t,年可捕量为 50×10^4 t^[67]。但是,鳀脂肪含量对资源丰度进行声学评估具有潜在的影响,如果不考虑脂肪含量对诱导目标强度的变化,其偏差可能达到30%~40%^[68]。经试验,变水层拖网成为捕捞鳀的有效网具^[69]。因此,年产量也从1990年的 5.4×10^4 t,上升到1993—1996年的 50×10^4 t左右,1997—2005年连续9年达到 100×10^4 t以上,其中1998年高达 137.33×10^4 t,成为中国主要海洋中上层鱼类之中产量最高的鱼种。但2006年以来,年产量迅速下降,2008—2011年仅为 $(52.2 \sim 76.7) \times 10^4$ t,资源已经明显衰退。

关于鳀的种群鉴别和划分,目前专题文献少。唐启升^[70]认为黄、东海鳀在分布上相连而

且互有消长,除了2月以外,一年中的数量分布均以黄海居多,鳀的越冬场主要在黄海区内,但冬季有部分进入对马海峡和东海海域,由于其分布区相连,因此很难说黄海、东海的鳀和对马水域、日本近海的鳀是属于不同的种群。Yu等^[71]利用Cyt b和CO I基因对东黄海的鳀进行聚合酶链反应和测序发现,东海和黄海的鳀没有明显的种群间差异,所有的遗传变异都分布在种群内。有关黄、东海及其周边海域鳀种群问题尚待深入研究。

鳀幼鱼的饵料生物组成约有30多种,以甲壳类浮游动物为主,占饵料重量的55%以上,其次为箭虫、双壳类幼体和圆筛藻等。鳀成鱼的饵料约有50多种,也是以浮游甲壳类为主,占饵料重量的72.1%,其次是箭虫,占26%,其他种类仅占2.6%^[72]。在产卵盛期的6月,其摄食强度大,平均摄食强度达到2.6级,与临产卵期的4月相当。饵料生物组成具有明显的区域性和季节性变化,突出表现在鳀饵料生物组成与鳀栖息海域的浮游生物组成相一致^[70]。

鳀的产卵期南早北迟,浙江近海为2—5月^[52]。长江口区鳀产卵期始于4月中旬,产卵盛期为5—6月。黄海鳀产卵期为4月底至10月中旬,5月中旬至6月下旬为产卵盛期^[70]。一个生殖季节为多次排卵^[67]。据陈介康等^[73]研究,鳀绝对生殖力为 $(0.75 \sim 1.48) \times 10^4$ 粒,平均为 1.10×10^4 粒;而李富国^[74]对黄海中南部鳀的研究为 $(0.06 \sim 1.36) \times 10^4$ 粒,平均为 0.55×10^4 粒。黄海和东海鳀1龄鱼即达到性成熟,其最小性成熟个体叉长为60 mm,纯体质量为1.8 g^[74]。

越冬洄游全长为65~165 mm的鳀,其最高年龄为4龄组^[67]。在1992—2001年中的8年期间(缺1997和1998年资料),黄、东海鳀0龄组至3龄组的比例(8年平均值),分别为41.1%、36.8%、18.9%和3.1%,各龄组尾数百分比的年变化不显著,仅高龄组在后3年有所降低,其中有5年的最高年龄为3龄组,表明自然和人为因素对于生命周期短的鳀年龄组成影响不大。鳀最大全长170 mm,最大体质量46 g(怀卵雌鱼),优势叉长组随季节有所变化,春季为120 mm左右,夏、秋季约为100 mm,年际变化不显著^[70]。鳀0龄组和1龄组的百分比高达77.9%,多数年份的最高年龄均为3龄组,由此可见,鳀的生活史选择型系属于r选择

的典型鱼种之一。

3 中国海洋重要中上层经济鱼类资源生物学研究的发展前景

3.1 加强海洋中上层鱼类资源生物学研究具有重要的现实意义和积极作用

目前中国海洋中上层鱼类的年产量约占全国海洋捕捞总产量的40%,与底层鱼类资源相比较,中上层鱼类资源量相对较为稳定,而且中国海洋底层和近底层鱼类资源正在日趋衰退,海洋捕捞业所面临的形势日趋严峻,中上层鱼类渔业将日显重要。鱼类资源生物学又是渔业生产和管理不可或缺的科学依据。因此,加强中国海洋中上层鱼类资源生物学研究具有十分重要的现实意义。合理利用重要中上层经济鱼类资源比修复衰退了的主要底层经济鱼类资源更为省事而且省力,应当先行而务实地做好该项工作。

3.2 强化渔业资源生物学研究的全国协作和统筹工作

历史经验告诉我们,半个多世纪以来,中国海洋渔业几次开展全国协作统一调查和研究都取得了显著成效,如20世纪60年代初的“全国海洋普查”项目(渔业资源调查是其组成部份)、“东、黄海鲈鱼渔场的探查和光诱围网的捕捞试验”、70年代的“东海外海底层鱼类资源季节性调查”和“东海区中上层鱼类资源调查”项目、80年代的“全国渔业自然资源调查和区划”项目以及90年代末到21世纪初的“海洋生物资源补充调查及资源评价”等项目,这些调查资料和研究成果均为后人经常引用,并在渔业生产和管理中发挥了重大的作用。可是,令人遗憾的是还有不少渔业上很重要的项目尚未开展全国性的统一调查和研究,如中国重要经济鱼类的种群鉴别和划分、产卵场和资源补充机制的调查研究、东黄海主要经济鱼类越冬场的调查和研究、环境因子和饵料基础与鱼类资源补充量和资源量的关系等项目,虽然有些课题已开展研究,并发表了一些相关的论文,但还缺乏全国性的协作和统筹。建议将上述项目列为全国专项,在全国范围内进行分工、协作和统筹,尤其是要对所获取的研究素材的真实性和代表性问题进行统一规范,例如鱼类种群研究的样品一定要取自不同产卵群体的亲鱼,样品数量至少要达到统计学上的最低标准,取样的地点和时

间必须准确无疑。其研究方法应采用形态学、生态学和分子生物学等多学科综合分析方法开展研究。以往研究渔获物年龄组成的样品时常缺少高龄鱼或高龄鱼的比例很低,所以开展产卵场和越冬场调查时应同时使用底拖网、变水层拖网和不同网目尺寸的流刺网,以便获得较大个体的高龄鱼,使研究的样品能较为客观地反映自然群体的结构组成。研究项目要留有足够的时间和充分的人力进行细致地分析和总结,尽量发挥调查研究素材的潜在性能及其应有的作用。

3.3 积极扶持前瞻性研究项目,对重大的基础性和常规性课题要持续性地开展研究

前瞻性项目对渔业具有重大的指导意义,并将产生巨大的作用。例如全球气候变暖、人类活动和环境污染对渔业影响及其对策,对重大渔业政策和管理措施作用的评价等都是具有前瞻性的项目,应当给予积极的扶持。对于主要捕捞对象种群鉴别和资源补充机制等基础性研究项目也要做深、做细。对于渔业资源和环境动态监测以及人工增殖放流等常规性课题都必需坚持长期地进行。这些渔业常规工作正如气象监测一样,时间长久就会显现其重要功效。中上层经济鱼类增殖放流工作以往做得很少,今后更应积极开展,如增殖放流名贵的卵形鲳鲹,目前它已经能够做到大批量育苗。黄斑蓝子鱼(*Siganus oramin*)也已突破育苗关,并且投入了育苗生产,可供小批量增殖放流。还有银鲳、灰鲳、乌鲳和蓝点马鲛等中上层经济鱼类都可以陆续开展人工繁育,为今后开展增殖放流工作打下基础。

3.4 制订和实施切合中国国情的渔业管理措施

中国目前的渔业管理措施不少,但是有些措施如网具的最小网目尺寸、渔获物幼鱼比例和渔船功率控制指标等尚未能如实地实施,给渔业资源造成超强的捕捞压力。中国伏季休渔效果显著,人工鱼礁也已初显成效。应当全面总结渔业资源养护和管理的经验和教训,深入制订和实施切合中国国情的渔业管理措施,如严格执行和进一步完善伏季休渔制度,全面规划人工鱼礁建设等。渔业资源生物学资料是做好渔业管理重要的科学依据之一,所以在制订和实施切合中国国情的渔业管理措施的同时,也要做好渔业资源生物学的研究工作。

3.5 提高海洋国土意识,维护中国海洋权益

随着世界人口的不断增加,陆地资源变得更

加紧缺,海洋资源也就越来越受到重视,因此,争夺海洋权益是当今世界的热点问题之一。中国正面临着钓鱼岛海洋权益的争议和南沙海域海洋权益受到侵犯的局面,必须坚决维护中国固有领土及其领海的海洋权益。在海洋权益的斗争中,渔业成为“前沿阵地”,巩固好这个“前沿阵地”,这是海洋权益斗争必需首先思考的问题。钓鱼岛和南沙海域中上层鱼类资源丰富,深入持久地调查清楚该海域的渔业资源,开展基础渔业生物学等研究,并且维护好该海域渔业生产是当务之急。

参考文献:

- [1] Luo B Z. Life history patterns and geographical variation of ecological parameters for marine fishes in the coastal waters of China [J]. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 1992, 23(1): 63 - 73. [罗秉征. 中国近海鱼类生活史型与生态学参数地理变异. 海洋与湖沼, 1992, 23(1): 63 - 73.]
- [2] Luo B Z, Lu J W, Lan Y L, et al. Population dynamics and life history patterns for main marine fishes in the coastal waters of China [J]. *Studia Marina Sinica*, 1993, 34: 123 - 137. [罗秉征, 卢继武, 兰永伦, 等. 中国近海主要鱼类种群变动与生活史型的演变. 海洋科学集刊, 1993, 34: 123 - 137.]
- [3] Zhu Y G. Characteristic of pelagic fishery resources [J]. *Journal of Fujian Fisheries*, 1988(3): 7 - 9. [朱耀光. 中上层鱼类的若干特点. 福建水产, 1988(3): 7 - 9.]
- [4] Wang W Y, Lu Z B, Guan X D, et al. *Decapterus maruadsi*. Fishery resource status and regional division in East China Sea Area [M]. Shanghai: East China Normal University press, 1987: 402 - 418. [汪伟洋, 卢振彬, 管锡弟, 等. 蓝圆鲹. 东海区渔业资源调查和区划. 上海: 华东师范大学出版社, 1987: 402 - 418.]
- [5] Cheng J Y, Zhang Q H, Li S F, et al. Fishery resources utilization in the East China Sea and the Yellow Sea [M]. Shanghai: Shanghai science and Technology Press, 2006: 155 - 170. [程家骅, 张秋华, 李圣法, 等. 东黄海渔业资源利用. 上海: 上海科学技术出版社, 2006: 155 - 170.]
- [6] Zheng Y J, Chen X Z, Cheng J Y, et al. Biological resources and environment on the continental shelf of the East China Sea [M]. Shanghai: Shanghai science and Technology Press, 2003: 348 - 357. [郑元甲, 陈雪忠, 程家骅, 等著. 东海大陆架生物资源与环境.

- 上海:上海科学技术出版社,2003:348-357.]
- [7] Wang W X. Chub mackerel · Marine fisheries biology [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 1991:413-452. [王为祥. 鲈鱼·海洋渔业生物学. 北京:农业出版社,1991:413-452.]
- [8] Ding R F, Yu L F, Yan Y M. Mackerel. Fishery resource status and regional division in East China Sea Area [M]. Shanghai: East China Normal University press,1987:392-401. [丁仁福,俞连福,颜尤明. 鲈鱼. 东海区渔业资源调查和区划. 上海:华东师范大学出版社,1987:392-401.]
- [9] Li G, Chen X J, Guan W J, et al. Review on stock assessment and management of the *Scomber japonicus* in the East China Sea and the Yellow Sea [M]. Beijing: Science Press, 2010:4-8. [李纲,陈新军,官文江,等. 东黄海鲈鱼资源评估与管理决策研究. 北京:科学出版社,2010:4-8.]
- [10] Zhang L Y, Su Y Q, Wang H J, et al. Population genetic structure of *Pneumatophorus japonicus* in the Taiwan Strait [J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(23):7097-7103. [张丽艳,苏永全,王航俊,等. 台湾海峡鲈鱼种群遗传结构. 生态学报,2011,31(23):7097-7103.]
- [11] Zeng L Y, Cheng Q Q, Chen X Y. Microsatellite analysis reveals the population structure and migration patterns of *Scomber japonicus* (Scombridae) with continuous distribution in the East and South China Seas [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2012, 42:83-93.
- [12] Liu Y, Yan L P, Hu F, et al. Age and growth of *Pneumatophorus japonicus* in the north of the East China Sea and the South of the Yellow Sea [J]. Marine Fisheries, 2005, 27(2):133-138. [刘勇,严利平,胡芬,等. 东海北部和黄海南部鲈鱼年龄和生长的研究. 海洋渔业,2005,27(2):133-138.]
- [13] Cheng J H, Lin L S. Study on the biological characteristics and status of common mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn) fishery in the East China Sea region [J]. Marine Fisheries, 2004, 26(2):73-78. [程家骅,林龙山. 东海区鲈鱼生物学特征及其渔业现状的分析研究. 海洋渔业,2004,26(2):73-78.]
- [14] Liu Y, Yan L P, Cheng J H. Growth characteristics and rational exploitation of *Scomber japonicus* in the north of the East China Sea and the south of the Yellow Sea [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(5):814-822. [刘勇,严利平,程家骅. 东海北部和黄海南部鲈鱼生长特性及合理利用. 中国水产科学,2006,13(5):814-822.]
- [15] Liu S, Gu C X, Yan Z. A study on the individual fecundity of mackerel, *Pneumatophorus japonicus* Houttuyn [J]. Marine Sciences 1988(5):43-47. [刘松,顾晨曦,严正. 鲈鱼个体生殖力的研究. 海洋科学,1988(5):43-47.]
- [16] Yan Y M. The biology of *Scomber japonicus* from Fujian offshore area [J]. Marine Fisheries, 1997, 19(2):69-73. [颜尤明. 福建近海鲈鱼的生物学. 海洋渔业,1997,19(2):69-73.]
- [17] Chen W Z, Li C S, Yu L F. Estimation of the maximum sustainable yield for chub mackerel and round scad in the East China Sea by the surplus production models fitting expert system [J]. Journal of Fisheries of China, 1997, 21(4):404-408. [陈卫忠,李长松,俞连福. 用剩余产量模型专家系统(CLIMPROD)评估东海鲈鱼最大持续产量. 水产学报,1997,21(4):404-408.]
- [18] Chen W Z, Hu F, Yan L P. Stock assessment of *Scomber japonicus* from the East China Sea with virtual population analysis [J]. Journal of Fisheries of China, 1998, 22(4):334-339. [陈卫忠,胡芬,严利平. 用实际种群分析法评估东海鲈鱼现存资源量. 水产学报,1998,22(4):334-339.]
- [19] Wang K, Yan L P, Cheng J H, et al. Study on the reasonable utilization of chub mackerel in the East China Sea [J]. Marine Fisheries, 2007, 29(4):337-343. [王凯,严利平,程家骅,等. 东海鲈鱼资源合理利用的研究. 海洋渔业,2007,29(4):337-343.]
- [20] Yan L P, Li J S, Ling J Z, et al. Assessment on the biomass of *Scomber japonicus* resources in the western East China Sea by length-structure VPA [J]. Marine Fisheries Research, 2010, 31(2):16-22. [严利平,李建生,凌建忠,等. 应用体长结构VPA评估东海西部日本鲭种群资源量. 渔业科学进展,2010,31(2):16-22.]
- [21] Zhou Y D, Zhang H L, Xu H X, et al. Biomass estimates of *Scomber japonicus* calculated by LCA in the East China Sea [J]. Journal of Zhejiang Ocean University: Natural Science, 2011, 30(2):91-94. [周永东,张洪亮,徐汉祥,等. 应用体长股分析法估算东海区日本鲭资源量. 浙江海洋学院学报:自然科学版,2011,30(2):91-94.]
- [22] Zhang J S. *Decapterus maruadsi* · Marine fisheries biology [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 1991:485-518. [张进上. 蓝圆鲹·海洋渔业生物学. 北京:农业出版社,1991:485-518.]

- [23] Zhao C Y. Marine fishery resources China [M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Publishing House, 1990:99 - 100, 113 - 118. [赵传网. 中国海洋渔业资源. 杭州:浙江科学技术出版社, 1990:99 - 100, 113 - 118.]
- [24] Zhang Q H, Cheng J H, Xu H X, et al. East China Sea fishery resources and its sustainable utilization [M]. Shanghai: Fudan University Press, 2007: 219 - 225. [张秋华, 程家骅, 徐汉祥, 等. 东海区渔业资源及其可持续利用. 上海: 复旦大学出版社, 2007: 219 - 225.]
- [25] Dai Q S, Yan Y M, Lu Z B. Study of *Decapterus maruadsi* in Taiwan Strait and its adjacent areas [J]. Chinese Journal of Zoology, 1988, 23(4): 1 - 5. [戴泉水, 颜尤明, 卢振彬. 台湾海峡及其附近海域蓝圆鲹种群的研究. 动物学杂志, 1988, 23(4): 1 - 5.]
- [26] Zhang L Y, Su Y Q, Ding S X, et al. Analysis of genetic diversity of *Decapterus maruadsi* in the coastal waters of Fujian Province [J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(5): 680 - 687. [张丽艳, 苏永全, 丁少雄, 等. 福建近海蓝圆鲹种群遗传多样性的 AFLP 分析. 水产学报, 2010, 34(5): 680 - 687.]
- [27] Niu S F, Su Y Q, Wang J, et al. Population genetic structure analysis of *decapterus maruadsi* from fujian coastal waters [J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 2012, 51(4): 759 - 766. [牛素芳, 苏永全, 王军, 等. 福建近海蓝圆鲹群体遗传结构分析. 厦门大学学报: 自然科学版, 2012, 51(4): 759 - 766.]
- [28] Chen G B, Li Y Z, Chen P M. A study on spawning ground of blue mackerel scad (*Decapterus maruadsi*) in continental shelf waters of Northern South China Sea [J]. Journal of Tropical Oceanography, 2003, 22(6): 22 - 28. [陈国宝, 李永振, 陈丕茂. 南海北部陆架区海域蓝圆鲹产卵场的研究. 热带海洋学报, 2003, 22(6): 22 - 28.]
- [29] Huang M Z. Feeding habits of *Decapterus maruadsi* in Taiwan Strait [J]. Journal of Oceanography In Taiwan Strait, 1995, 14(4): 399 - 406. [黄美珍. 台湾海峡蓝圆鲹的食性研究. 台湾海峡, 1995, 14(4): 399 - 406.]
- [30] Jiang R J, Xu H X, Jin H W, et al. Feeding habits of blue mackerel scad *Decapterus maruadsi* Temminck et Schlegel in the East China Sea [J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(2): 216 - 227. [蒋日进, 徐汉祥, 金海卫, 等. 东海蓝圆鲹的摄食习性. 水产学报, 2012, 36(2): 216 - 227.]
- [31] Zhang J, Zhang Q Y. The population age structure and its growth pattern of round scad, *Decapterus maruadsi* in the South Fujian and Taiwan bank fishing ground [J]. Journal of Oceanography In Taiwan Strait, 1985, 4(2): 209 - 218. [张杰, 张其永. 闽南—台湾浅滩渔场蓝圆鲹种群的年龄结构和生长特性. 台湾海峡, 1985, 4(2): 209 - 218.]
- [32] Yan Y M, Lu Z B, Dai Q S. Study on the growth characteristics of *Decapterus maruadsi* in the Minzhong and Mindong fishing ground [J]. Chinese Journal of Zoology, 1987, 22(5): 6 - 11. [颜尤明, 卢振彬, 戴泉水. 闽中、闽东渔场蓝圆鲹生长特性的研究. 动物学杂志, 1987, 22(5): 6 - 11.]
- [33] Chen G B, Qiu Y S. Study on growth, mortality and reasonable utilization of *Decapterus maruadsi* in northern continental shelf waters of South China Sea [J]. Journal of Oceanography In Taiwan Strait, 2003, 22(4): 457 - 464. [陈国宝, 邱永松. 南海北部陆架区蓝圆鲹的生长、死亡及合理利用研究. 台湾海峡, 2003, 22(4): 457 - 464.]
- [34] Xu X C, Qiu S Y, Lu Z B, et al. Stock assessment of *decapterus maruadsi* along the South-Fujian coast and Taiwan bank using length cohort analysis [J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 1992, 23(5): 511 - 516. [徐旭才, 丘书院, 卢振彬, 等. 闽南—台湾浅滩渔场蓝圆鲹资源的评估. 海洋与湖沼, 1992, 23(5): 511 - 516.]
- [35] Wei C, Zhou B B. The identifications of populations of the spanish mackerel, *Scomberomorus mphonius* (cuvier et valenciennes) in the Bohai Sea and the Yellow Sea [J]. Acta Zoologica Sinica, 1988, 34(1): 71 - 80. [韦晟, 周彬彬. 渤、黄海蓝点马鲛种群鉴别的研究. 动物学报, 1988, 34(1): 71 - 80.]
- [36] Huang K Q, Xiong G Q. The identifications of populations of the spanish mackerel, *Scomberomorus mphonius* in East China Sea [J]. Fisheries Science & Technology Information, 1977, 24(6): 270 - 275. [黄克勤, 熊国强. 东海蓝点马鲛种群鉴别研究. 水产科技情报, 1977, 24(6): 270 - 275.]
- [37] Shui B N, Sun X F, Han Z Q, et al. Morphological variation analysis among populations of Japanese spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* in the Yellow Sea and East China Sea [J]. Journal of Fisheries of China, 2009, 33(3): 445 - 451. [水柏年, 孙希福, 韩志强, 等. 东海蓝点马鲛群体的形态特征分析. 水产学报, 2009, 33(3): 445 - 451.]
- [38] Jiang Y Y, Kong X Y, Yu Z N, et al. Genetic

- diversity of *Scomberomorus niphonius* in the Yellow Sea revealed by mtDNA D-loop sequence [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2003, 10 (3): 177 - 183. [姜艳艳, 孔晓瑜, 喻子牛, 等. 黄海蓝点马鲛 mtDNA D - loop 序列变异分析. 中国水产科学, 2003, 10 (3): 177 - 183.]
- [39] Shui B N, Han Z Q, Gao T X, *et al.* Mitochondrial DNA variation in the East China Sea and Yellow Sea populations of Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* [J]. Fisheries Science, 2009, 75 (3): 593 - 600.
- [40] Shui B N, Han Z Q, Gao T X, *et al.* Genetic structure of Japanese Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) in the East China Sea and Yellow Sea inferred from AFLP data [J]. African Journal of Biotechnology, 2008, 7 (21): 3860 - 3865.
- [41] Mao X L, Chen Y F, Hu Y Z, *et al.* *Scomberomorus niphonius* · Fishery resource status and regional division in East China Sea Area [M]. Shanghai: East China Normal University press, 1987: 462 - 470. [毛锡林, 陈永法, 胡雅竹, 等. 蓝点马鲛 · 东海区渔业资源调查和区划. 上海: 华东师范大学出版社, 1987: 462 - 470.]
- [42] Wei S. *Scomberomorus niphonius* · Marine fisheries biology [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 1991: 357 - 412. [韦晟. 蓝点马鲛 · 海洋渔业生物学. 北京: 农业出版社, 1991: 357 - 412.]
- [43] Liu C X. The study of age of *Scomberomorus niphonius* in Yellow Sea and Bohai Sea // Ichthyological papers (2nd ed). Beijing: Science Press, 1981: 129 - 136. [刘蝉馨. 黄渤海蓝点马鲛年龄的研究 // 鱼类学论文集 (第二辑). 北京: 科学出版社, 1981: 129 - 136.]
- [44] Liu C X, Zhang X, Yang K W. Studies on the growth of spanish mackerel, *Scomberomorus niphonius* in the Huanghai Sea and Bohai sea [J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 1982, 13 (2): 170 - 178. [刘蝉馨, 张旭, 杨开文. 黄海和渤海蓝点马鲛生长的研究. 海洋与湖沼, 1982, 13 (2): 170 - 178.]
- [45] Qiu S Y, Ye M Z. The characteristics of growth for spanish mackerel underyearing in the Yellow Sea and Bohai Sea [J]. Journal of Fisheries of China, 1993, 17 (1): 14 - 23. [邱盛尧, 叶懋中. 黄渤海蓝点马鲛当年幼鱼的生长特性. 水产学报, 1993, 17 (1): 14 - 23.]
- [46] Li M Y, Lin R C, Hong L Z. Composition of spawning stock and individual fecundity of spanish mackerel in Sanmen Bay, Zhejiang [J]. Journal of Oceanography In Taiwan Strait, 1990, 9 (4): 366 - 374. [李凌云, 林瑞才, 洪良赠. 三门湾蓝点马鲛产卵群体结构和个体生殖力. 台湾海峡, 1990, 9 (4): 366 - 374.]
- [47] Qiu S Y, Ye M Z. Study on the individual fecundity of mackerel in the Yellow Sea and Bohai Sea [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 1994, 3 (1 - 2): 21 - 26. [邱盛尧, 叶懋中. 黄渤海蓝点马鲛个体生殖力的研究. 上海水产大学学报, 1994, 3 (1 - 2): 21 - 26.]
- [48] Qiu S Y. Spanish mackerel resource change and fisheries management research in Yellow Sea and Bohai Sea // The conference proceedings of the 30 anniversary of the establishment of Chinese Fisheries Society: Special journal of freshwater fisheries. Beijing: Chinese Agriculture Press, 1994: 34 - 39. [邱盛尧. 黄渤海鲈鱼资源变动与渔业管理研究 // 纪念中国水产学会成立 30 周年学术会议论文集: 淡水渔业特刊. 北京: 农业出版社, 1994: 34 - 39.]
- [49] Qiu S Y. *Scomberomorus niphonius* (Cuvier et Valenciennes) [J]. Modern Fisheries Information, 1995, 10 (3): 16 - 19. [邱盛尧. 黄渤海蓝点马鲛 *Scomberomorus niphonius* (Cuvier et Valenciennes) 资源数量变动的研究. 现代渔业信息, 1995, 10 (3): 16 - 19.]
- [50] Ni Y, Wu H L. Fishes of Jiangsu [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2006: 732 - 734. [倪勇, 伍汉霖. 江苏鱼类志. 北京: 农业出版社, 2006: 732 - 734]
- [51] Shan T M F, Deng S M, Jin Y H, *et al.* The East China Sea, the Yellow Sea fish names and graphic-new edition [M]. Nagasaki: Japan Paper Printing Co. Ltd., 2009: 436. [山田梅芳, 邓思明, 金英燮, 等. 东海、黄海鱼类名称和图解 - 新版. 长崎: 日本纸工印刷株式会社, 2009: 436]
- [52] Zhang Q H, Cheng J H, Xu H X, *et al.* East China Sea fishery resources and its sustainable utilization [M]. Shanghai: Fudan University Press, 2007: 183 - 200. [张秋华, 程家骅, 徐汉祥, 等. 东海区渔业资源及其可持续利用. 上海: 复旦大学出版社, 2007: 183 - 200.]
- [53] Mao X L, Chen Y F, Qian S Q, *et al.* Silvery pomfret · Fishery resource status and regional division in East China Sea Area [M]. Shanghai: East China Normal University press, 1987: 419 - 437. [毛锡林, 陈永法, 钱世勤, 等. 银鲳. 东海区渔业资源调查和区划. 上海: 华东师范大学出版社, 1987: 419 - 437.]

- [54] Zhao F, Zhuang P, Zhang L Z, *et al.* Morphological variation of *Pampus argenteus* among five samples near the coastal area of the Bohai Sea, Huanghai Sea and East China Sea [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2011, 33(1): 104 - 110. [赵峰, 庄平, 章龙珍, 等. 渤海、黄海及东海近海五个银鲳地理群体的形态变异. 海洋学报, 2011, 33(1): 104 - 110.]
- [55] Zhao F, Zhuang P, Zhang L Z, *et al.* Population genetic structure of *pampus argenteus* in the South Yellow Sea and East China Sea based on the mitochondrial Cyt b sequence [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2011, 35(5): 745 - 752. [赵峰, 庄平, 章龙珍, 等. 基于线粒体 Cyt b 基因的黄海南部和东海银鲳群体遗传结构分析. 水生生物学学报, 2011, 35(5): 745 - 752.]
- [56] Peng S M, Shi Z H, Hou J L, *et al.* Genetic diversity of three wild silver pomfret (*Pampus argenteus*) populations based on CO I gene sequences [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2009, 18(4): 398 - 402. [彭士明, 施兆鸿, 侯俊利, 等. 银鲳 3 个野生群体线粒体 CO I 基因的序列差异分析. 上海海洋大学学报, 2009, 18(4): 398 - 402.]
- [57] Li C S. Pomfret · Biological resources and environment on the continental shelf of the East China Sea [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2003: 379 - 388. [李长松. 鲳类 · 东海大陆架生物资源与环境. 上海: 上海科学技术出版社, 2003: 379 - 388.]
- [58] Li X S. Silver pomfret. China regional Oceanography—Fisheries Oceanography [M]. Beijing: Maritime Press, 2012: 169 - 172. [李显森. 银鲳. 中国区域海洋学—渔业海洋学. 北京: 海洋出版社, 2012: 169 - 172.]
- [59] Qian S Q, Hu Y Z. Age and growth of silver pomfret [J]. *Fisheries Science & Technology Information*, 1985(5): 3 - 7. [钱世勤, 胡雅竹. 银鲳年龄和生长的研究. 水产科技情报, 1985(5): 3 - 7.]
- [60] Bi C D, Qian S Q, Qin Y Q. A preliminary study on reproductive characteristics and fecundity of silver pomfret [R]. Shanghai: Research report of East China Sea Fisheries Research Institute (no 17), 1982: 1 - 11. [宓崇道, 钱世勤, 秦忆芹. 银鲳繁殖力与生殖特性的初步研究. 上海: 东海水产研究所研究报告 (第 17 号), 1982: 1 - 11.]
- [61] Cui Q M, Yuan C Y, Dong J G, *et al.* Age and Growth of the Silver Pomfret *Pampus argenteus* in the Bohai Bay [J]. *Journal of Tianjin University of Science & Technology*, 2008, 23(3): 30 - 32. [崔青曼, 袁春营, 董景岗, 等. 渤海湾银鲳年龄与生长的初步研究. 天津科技大学学报, 2008, 23(3): 30 - 32.]
- [62] Ni H E, Xi Q X. A study of individual fecundity of silver pomfret *Stromateoides argenteus* from the East China Sea [J]. *Journal of Zhejiang College of Fisheries*, 1995, 14(2): 118 - 122. [倪海儿, 裘启祥. 东海银鲳个体生殖力的研究. 浙江水产学院学报, 1995, 14(2): 118 - 122.]
- [63] Zeng L, Jin X S, Li F G. Fecundity of silver pomfret and its variations in the southern waters of the Yellow Sea [J]. *Marine Fisheries Research*, 2005, 26(6): 1 - 5. [曾玲, 金显仕, 李富国. 黄海南部银鲳的生殖力及其变化. 海洋水产研究, 2005, 26(6): 1 - 5.]
- [64] Gong Q X, Ni H E, Li L P, *et al.* On the change of the ovary in annual cycle of silver pomfret *Stromateoides argenteus* from the East China Sea [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1989, 13(4): 317 - 325. [龚启祥, 倪海儿, 李伦平, 等. 东海银鲳卵巢周年变化的组织学观察. 水产学报, 1989, 13(4): 317 - 325.]
- [65] Zhou Y D, Xu H X, Pan G L, *et al.* Biomass Estimates and MSY of Silvery Pomfret, Small Yellow Croaker Calculated in the East China Sea [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University: Natural Science*, 2013, 32(1): 1 - 5. [周永东, 徐汉祥, 潘国良, 等. 东海区鲳鱼、小黄鱼资源量及其持续渔获量的估算. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2013, 32(1): 1 - 5.]
- [66] Shu L M, Qiu Y S. Estimation of growth and mortality parameters for *Pampus argenteus* in Pearl River Estuary and adjacent waters [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2005, 29(2): 193 - 197. [舒黎明, 邱永松. 珠江口及其附近水域银鲳生长与死亡参数估计. 水产学报, 2005, 29(2): 193 - 197.]
- [67] Zhu D S. *Engraulis japonicus* · Marine fisheries biology [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 1991: 453 - 484. [朱德山. 日本鳀 · 海洋渔业生物学. 北京: 农业出版社, 1991: 453 - 484.]
- [68] Zhang B, Zao X Y, Dai F Q. Monthly variation in the fat content of anchovy (*Engraulis japonicus*) in the Yellow Sea; implications for acoustic abundance estimation [J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2011, 29(3): 556 - 563.
- [69] Yellow Sea Fisheries Research Institute, Norway Institute of Oceanography. Acoustic assessment of anchovy and commercial fish resources in Yellow

- Sea and East China Sea [J]. Marine Fisheries Research, 1990(11):1 - 143. [中国水产科学研究院黄海水产研究所, 挪威海洋研究所. 黄、东海鳀及其他经济鱼类资源声学评估的调查研究. 海洋水产研究, 1990(11):1 - 143.]
- [70] Tang Q S. The marine living resource in Chinese exclusive economic zone [M]. Beijing: Science Press, 2006:577 - 588. [唐启升. 中国专属经济区海洋生物资源与栖息环境. 北京: 科学出版社, 2006:577 - 588.]
- [71] Yu Z N, Kong X Y, Guo T H, *et al.* Mitochondrial DNA sequence variation of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* from the Yellow Sea and East China Sea [J]. Fisheries Science, 2005, 71(2):299 - 307.
- [72] Chen J K, Dou Z Y. Research of feeding of *Engraulis japonicus* in Northern Yellow Sea [R]. Dalian: Report of Liaoning Ocean and Fisheries Science Research Institute, 1978:1 - 11. [陈介康, 窦筱玉. 黄海北部日本鳀食性的研究. 大连: 辽宁省海洋水产研究所调查研究报告, 1978:1 - 11.]
- [73] Chen J K, Qin Y J, Li P J, *et al.* A preliminary study on the reproductive habit of *Engraulis japonicus* living in Northern Yellow Sea [J]. Fisheries Science & Technology Information, 1978(10):1 - 6. [陈介康, 秦玉江, 李培军, 等. 黄海北部日本鳀生殖习性的初步研究. 水产科技情报, 1978(10):1 - 6.]
- [74] Li F G. A preliminary study on the reproductive habit of anchovy in Middle and Southern Yellow Sea [J]. Marine Fisheries Research, 1987(8):41 - 50. [李富国. 黄海中南部鳀生殖习性的研究. 海洋水产研究, 1987(8):41 - 50.]

Research progresses of resource biology of important marine pelagic food fishes in China

ZHENG Yuanjia¹, LI Jiansheng^{1*}, ZHANG Qiyong², HONG Wanshu^{2*}

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

2. College of Ocean and Earth Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: A large number of marine pelagic fishes inhabit China's seawaters. In the past few years, their total capture production accounted for 40% of total marine catches in the country. Marine pelagic fishes of *Scomber japonicas*, *Decapterus maruadsi* and *Engraulis japonicas* belong to *r*-selection of life history pattern, and their resources usually recover faster than those of the demersal or near demersal fish species. Therefore, the resources of marine pelagic fishes can be used more sustainably. Development of important marine pelagic fisheries in China is reviewed in this paper, particularly with regard to the five top production species, i. e. *Scomber japonicus*, *Decapterus maruadsi*, *Scomberomorus niphonius*, *Pampus punctatissimus* and *Engraulis japonicus*. Research status of resource biology of population identification and classification, migration and distribution, wintering ground, spawning ground and period, age and growth, feeding habits, fecundity and stock structure of the five species, together with the assessment of their biomass and total allowable catches is illustrated. Future study on their resource biology is also discussed.

Key words: important marine pelagic fishes; resource biology; research progress; coastal waters of China

Corresponding author: LI Jiansheng. E-mail: jianshenli@sina.com;

HONG Wanshu. E-mail: wshong@xmu.edu.cn