

中国主要海洋底层鱼类生物学研究的回顾与展望

郑元甲¹, 洪万树², 张其永^{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: 回顾了我国海洋主要底层经济鱼类资源生物学的研究历史和科研成果, 并重点叙述了带鱼、小黄鱼、大黄鱼和绿鳍马面鲀等重要经济鱼类资源生物学研究概况。概述的内容包括地理种群及其产卵群体的鉴别和划分、生活史型的演变、种群和群体结构、种群数量变动、年龄组成和生长特性、摄食习性、性成熟周期、性腺成熟指数(GSI)、产卵群体生殖力、产卵场、索饵场、越冬场及洄游路线、资源量和渔获量、各种作业渔船的调整及其捕捞力量的限制措施等, 并展望了中国海洋底层经济鱼类资源生物学研究的前景。

关键词: 主要海洋底层鱼类; 资源生物学; 回顾与展望; 中国沿岸水域

中图分类号: S 917.4

文献标志码: A

从 20 世纪 50 年代以来, 中国先后对渤、黄、东海、台湾海峡、南海和北部湾渔场进行过多次海洋渔业资源调查研究, 采用科研调查船或机动渔船在不同海区实施大面积定点调查或进行重点渔场、主要渔业对象的专项调查, 测定海洋环境因素, 开展渔业资源生物学、鱼类地理种群等生态学、资源量评估和渔业管理等项目研究。经过半个多世纪的调查和研究, 取得了许多调查研究成果。中国已经掌握了各海区和主要渔场渔获物的组成、群体结构及其变动趋势; 基本上查明主要海洋底层经济鱼类的种群及其产卵场、索饵场和越冬场的位置和范围; 对带鱼(*Trichiurus japonicus*)、小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)、大黄鱼(*Larimichthys crocea*)和绿鳍马面鲀(*Thamnaconus modestus*)等种类进行了渔情预报, 取得了良好的效果; 利用扫海面积法、水声学法、营养动态法和数学模型等方法评估了主要鱼种和各海区的资源量, 有的种类还评估了生态容量。20 世纪 90 年代起中国海洋渔业资源的研究重点转向渔业资源保护, 着重为渔业管理和资源可持续利用提供科学依据, 例如 1995 年开始实施

伏季休渔制度, 研制一些鱼类的总许可捕捞量(TAC)方案, 设置带鱼、小黄鱼和银鲳种质资源保护区, 进行多种类大量增殖放流等, 在中国的海洋渔业资源保护中发挥了积极的作用, 得到渔业界的好评。

1 主要海洋底层经济鱼类资源生物学研究成果概述

20 世纪 50 年代至 60 年代初期, 中国海洋渔业资源研究工作的重点是从事沿岸和近海渔业资源的本底调查, 进行渔业基础生物学资料的收集和整理, 为渔业生产服务。20 世纪 60 年代中期至 70 年代, 由于群众渔业机动渔船迅速发展, 而且单船功率日趋增大, 急需扩大作业渔场范围和增加新的捕捞对象。在此期间, 中国海洋渔业资源研究工作的主要任务是开发新的渔场和新的捕捞对象, 而对于基础生物学的研究, 由于科研经费等因素的限制, 一度遭受严重影响, 这个时期很少有论著发表。改革开放后, 中国海洋渔业资源研究又重新蓬勃开展, 并已取得令人瞩目的研究成果^[1-12]。

收稿日期: 2012-07-11 修回日期: 2012-10-25

资助项目: 国家自然科学基金项目(40976095)

通信作者: 张其永, E-mail: zhangqy@xmu.edu.cn

1.1 带鱼

带鱼的生物学研究包括了种群划分问题^[13-22],查明其种群年龄组成和生长特性^[23],带鱼种群生殖力及其变动^[24-27],带鱼摄食习性和饵料基础^[28-29],带鱼卵巢周年发育^[30],雌性带鱼性成熟过程^[31],冬季嵊山带鱼中心渔场与高盐水舌锋位置的关系^[32],估算了东海带鱼种群资源的最大持续渔获量(MSY)^[33],阐明春夏季和秋季产卵群体的生殖周期特性与带鱼种群问题^[19,34],分析研究了东海区带鱼资源状况、群体结构以及繁殖特性和补充特征的变动^[20],东海区带鱼补充群体数量预报以及冬汛带鱼渔获量预报方法的研究^[35-36],开展浙江近海及其邻近海区带鱼资源变动与合理利用的研究^[37-38],有的文献还研究了南海北部带鱼生长死亡与参数动态综合模式^[39]。

中国近海带鱼种群的划分问题较为复杂。林新濯等^[34]根据形态特征和体节性状对分布于中国沿岸不同产卵场的带鱼进行了比较,认为带鱼有黄、渤海种群、东海-粤东种群、粤西种群、北部湾近岸种群和北部湾外海种群。张其永等^[13]根据形态特征和肌肉蛋白血清沉淀反应对东海、台湾海峡和粤东沿岸主要产卵场的带鱼进行了比较。结果表明,各产卵群体间的形态特征和肌肉蛋白血清沉淀反应均无显著性差异,指出浙江、福建和粤东沿岸带鱼产卵群体间不存在统计学上明显的地理变异,应属于同一地理种群。罗秉征等^[16]应用带鱼耳石与鱼体相对生长的地理变异,认为中国近海带鱼可划分为四个种群,即渤海-黄海种群、东海北部种群、东海南部-粤东种群和南海种群,并指出带鱼种群较为复杂,即使在同一海域中也会出现长体型和短体型截然不同的个体。江素菲等^[15]和卢继武等^[17]研究表明,闽南-台湾浅滩渔场南部和北部海区带鱼产卵群体在体节数量和耳石生长等特征上均具有明显差异,认为两海区带鱼系属于不同的生态群体,闽南-台湾浅滩的带鱼除了春、冬季洄游性带鱼种群外,还存在定居性生态群体。刘子藩等^[22]在1991—1993年间采集东海区不同海域29批带鱼样品进行形态性状差异的统计比较和群体间聚类分析,也确认东海带鱼系同一个地理种群。东海南部外海的带鱼有可能是东海带鱼同一个地理种群内的另一支独立群体。以上学者对中国近海带鱼种群的划分,其观点不尽一致,尤其是对南海带鱼种群

的划分意见分歧较大,因此,对南海带鱼种群的归属需要进一步研究。

带鱼为肉食性凶猛鱼类,食性广,摄食对象包括鱼类、虾类、蟹类和头足类共几十种。不同季节摄食的种类略有差异,这可能与饵料生物分布的季节性变化有关^[29]。

带鱼洄游现象以东海-粤东种群最为明显。每年初春(3月)从福建北部近海向北作生殖洄游,至台湾海峡以北海区后,在东海外海越冬的鱼群会陆续向西偏北的方向补充到向北洄游的群体中来,在带鱼资源旺盛的时期,产卵群体可跨越长江口直到南黄海,但随着其资源的衰退,20世纪80年代末期以来到南黄海产卵的鱼群已经很少。带鱼的产卵期福建北部近海为3—5月、浙江中南部近海为4—6月、浙江中北部为5—8月,少数个体在10月以后还能产卵。主要产卵场在28°00'~31°30'N,122°00'~124°30'E的海区^[12]。近年的调查发现,在东海外海也有产卵个体分布。产卵后的亲体分布在产卵场附近直至南黄海海区索饵,主要索饵期为8—10月。秋末索饵群体主群向南偏西的方向作越冬洄游,部分鱼群向东南方向洄游至东海外海越冬,主要越冬场在26°30'~32°00'N,水深60~100m的外侧海区,越冬期为1—3月。

全国带鱼年产量的变动趋势为1956—1974年从 17×10^4 t增至 58×10^4 t,为迅速增长期;20世纪70年代中期至80年代末期在波动中趋于下降,至1988年仅为 37×10^4 t;20世纪90年代以后又快速增长,1995年突破 100×10^4 t,2006年达到 142×10^4 t,为历史最高记录,近几年仍保持 110×10^4 t左右的水平。

带鱼主要产于东海,其产量占全国带鱼总产量的80%左右,近年来仍占60%多。据浙江省海洋水产研究所的评估,1998—2000年东海冬季带鱼汛之初(11月1日)的资源量(≥ 0.5 龄)为 94.78×10^4 t(这3年的平均年产量为 85.32×10^4 t)^[12]。东海海洋生物资源补充调查时用声学方法评估东海1997年秋季带鱼的资源量为 96.53×10^4 t^[9],两者的评估结果基本吻合。

东海带鱼的年龄组成、渔获物和产卵群体的肛长组成随着资源的衰退而迅速小型化^[2,6,9,11-12],从20世纪50—60年代的0~7龄(8个龄组)到90年代下降至0~4龄(5个龄组),冬

汛捕捞群体由 20 世纪 70 年代以前的隔年剩余群体(1.5 龄)占优势变为 20 世纪 80 年代以后的当年补充群体(0.5 龄)占绝对优势。带鱼生殖个体在一年内可排卵约 2~3 次,其生殖特性随着资源的衰退而发生了显著的变化。性成熟最小肛长在 1963—1964 年为 200.0~210.0 mm,到 20 世纪 90 年代降至 140.0~150.0 mm;1 龄鱼产卵亲体占产卵亲体总数的比例,已由 20 世纪 60 年代初的 77% 上升到 90 年代以后的 90% 以上;绝对生殖力(r)和相对生殖力(r/L 和 r/W)则相对提高,1993—1994 年比 1976 年分别提高了 15.2%、15.0% 和 11.9%,可是卵径相对变小^[12]。

1.2 小黄鱼

林新濯等^[40]研究了小黄鱼种群,将中国近海小黄鱼分为三个地理种群,即黄渤海种群、南黄海种群和东海种群。刘效舜^[41]对小黄鱼群体及其性腺进行了研究。结果表明,黄渤海小黄鱼分为莱州湾—渤海湾、辽东湾、鸭绿江口和吕泗等四个产卵群体。

徐兆礼等^[42]根据 1971—1982 年的小黄鱼捕捞统计资料,从产量分布、鱼群移动与海洋环境变化等方面,研究了我国近海小黄鱼的洄游分布及其洄游路线。结果显示,我国近海小黄鱼只有 2 个洄游性的地理种群,并有其各自的产卵场和越冬场。其中黄渤海地理种群的越冬场在黄海中部,每年 6 月进入渤海各海湾、黄海北部沿岸和海州湾产卵,每个产卵场有其产卵群体。栖息在渤海的小黄鱼 9—11 月在渤海中部索饵,11 月后绕过山头向越冬场洄游。东黄海地理种群每年 12 月至次年 2 月在济州岛西南和东海中南部海域越冬,3 月向近海产卵洄游,3 月下旬进入舟山渔场,与东海中南部近海北上的产卵群体汇合,部分就地产卵,部分北上,4 月进入吕泗渔场,5—6 月产卵后小黄鱼成鱼和稚幼鱼群体集中在舟山渔场、长江口渔场和吕泗渔场,7—9 月进入大沙渔场索饵,10 月以后大部分游向外海越冬场,小部分南下回到东海中南部近海越冬场。

在小黄鱼专题文献中除了探讨小黄鱼地理种群及其产卵群体划分以外,还研究了小黄鱼的鳞片 and 耳石年轮特征及其形成周期^[43],辽东湾小黄鱼群体生长^[44]、生殖力和群体数量变动、群体资源状况以及渔获量预报方法^[45-46],讨论了黄渤海小黄鱼可能渔获量的预报方法^[47]。初步研究了

黄海南部和东海北部小黄鱼繁殖习性^[48],并研究了小黄鱼幼鱼和成鱼摄食习性及其摄食条件^[49-50]。近年研究小黄鱼的文献还有:林龙山等^[51]综述东海区小黄鱼种群生物学特性;刘勇等^[52]分析了 2003 年东海北部和黄海南部外海小黄鱼产卵群体的分布特征及其与水文、盐度的关系;丁锋元等^[53]阐述了东海区北部小黄鱼生殖群体分布及其与水团的关系。

中国小黄鱼年产量在 1957 年达 16.3×10^4 t,此后在波动中趋于下降,到 1989 年仅为 1.7×10^4 t。由于吕泗渔场实行多年休渔,促使 1990 年起小黄鱼资源开始回升,到 1995 年产量回升至 15.3×10^4 t,1995 年起的伏季休渔又促进了资源进一步上升,年产量显著提高,到 2010 年达 40.1×10^4 t,为历年最高记录。

根据 1997 年秋季水声学调查结果,东海小黄鱼的资源量达 21.8×10^4 t^[9],利用 1997—2003 年江苏省和浙江省捕捞小黄鱼的主要渔具帆式张网的资料,用 Schaefer 和 Fox 模型评估,得出南黄海至东海小黄鱼的最大持续渔获量为 13.76×10^4 t^[12]。

20 世纪 50 年代吕泗渔场小黄鱼渔获物的年龄由 1~20 龄组成,平均年龄达 5.17 龄,到 2000 年平均年龄降至 0.9 龄^[12],渔获物以当龄鱼为主,小型化的现象非常严重。然而,同为 240~250 mm 个体的绝对生殖力,20 世纪 80 年代初期却比 1960 年提高 14.6%^[9]。小黄鱼的生物学变化和单位捕捞力量产量下降的情况表明,近年来它的产量虽然达到历史高位,但资源总体状况还是处于衰退状态之中。

1.3 大黄鱼

关于大黄鱼资源生物学的研究报道,在大黄鱼资源相对稳定时期为最多。中国水产科学研究院南海水产研究所首先在《广东水产调查》中报道了珠江口以西和珠江口以东大黄鱼资源情况^[54]。此后,诸多文献报道了东海区大黄鱼资源生物学和生态学,内容包括中国近海大黄鱼地理种群的划分^[55-60],种群形态特征和种群结构的地理变异^[55,58,61],资源数量变动^[62-69],耳石轮纹形成周期及其年龄鉴定^[70-71],大黄鱼仔、稚、幼鱼和成鱼食性及其摄食的季节变化^[72-73],大黄鱼性成熟和种群生殖力^[74-77],大黄鱼的早期发育^[78],大黄鱼的生长与种内变异^[79-84],大黄鱼的洄游路

线^[85]和增殖放流^[86]等。

田明诚等^[55]将中国近海大黄鱼地理种群分为岱衢族、闽-粤东族和矾州族,是依据各海区著名的大黄鱼产卵场而命名的。根据鱼类地理种群及其产卵群体的概念,张其永等^[60]认为应同时考虑自然海域分布和海洋地理隔离来命名大黄鱼的地理种群。田明诚等^[55]将官井洋大黄鱼产卵群体隶属于闽-粤东族,但张其永等^[60]则认为官井洋大黄鱼产卵群体应隶属于南黄海-东海地理种群。通过综合分析后认为大黄鱼有三个地理种群,第一个地理种群为南黄海-东海地理种群,包括8个产卵群体,其产卵群体数量最多;第二个地理种群为台湾海峡-粤东地理种群,存在4个产卵群体,其产卵群体数量较少;第三个地理种群为粤西地理种群,只有2个产卵群体,其产卵群体数量最少。这三个大黄鱼地理种群具有明显的生殖地理变异,即第一个地理种群中,春季生殖的春宗群体多于秋季生殖的秋宗群体;第二个地理种群中的秋宗群体向南逐渐增加,而春宗群体则向南逐渐减少;第三个地理种群则以秋宗群体为主,春宗群体为辅。每个地理种群中的各个产卵群体均为同域分布,生殖隔离明显。刘必谦等^[87]应用AFLP进行了岱衢族大黄鱼种质分析,结果表明,岱衢族可分为大黄鱼I型和II型,这种划分与岱衢族大黄鱼有春宗和秋宗2个产卵群体之分的报道^[71]相吻合。岱衢族大黄鱼I型生长速度比II型的要快,所以,培育大黄鱼人工养殖和增殖放流的苗种,应当选用岱衢族大黄鱼I型作为亲本为宜。因此,AFLP指纹图谱可作为鉴别岱衢族大黄鱼春宗和秋宗的依据之一。本文作者于1960—1961年在闽东渔场进行周年定点渔业资源调查,查明大黄鱼5—6月和10月均有群体产卵,产卵群体性成熟度多为IV~V期,春季产卵群体数量明显多于秋季,证实20世纪50~60年代是大黄鱼资源繁盛时代,其产卵群体确实有春宗和秋宗的生态群体之分^[71]。大黄鱼的生命周期长,系属于产卵群体第三类型,即剩余群体多于补充群体,也就是生活史型中的K选择型。

由于过度捕捞导致大黄鱼年龄组数减少,在20世纪60年代多达24~25个年龄组,20世纪70年代减少到14~15个年龄组,至80年代初期,仅有10个年龄组。从生长速度分析表明,雌、雄鱼3~5龄均为体质量生长最快时期,在大黄鱼渔获

物中3~5龄的比例明显上升,1982年占85.7%。20世纪60年代是以大黄鱼剩余群体为主捕对象,但是到了20世纪70年代后期转以大黄鱼补充群体为主捕对象,致使大黄鱼资源从衰退到枯竭^[88]。赵盛龙等^[68]分析了舟山渔场大黄鱼资源枯竭原因,认为是捕捞强度过大、远超资源的再生能力引起的。大黄鱼资源变动经历了三个捕捞时期:第一个时期在1955—1962年,由于浙江温州和福建闽东地区大量发展敲舫作业,在大黄鱼产卵场和索饵场大肆进行敲舫作业,致使舟山渔场、浙南渔场和闽东渔场大黄鱼产量急剧下降。1964年国务院发布禁止敲舫作业文件,大黄鱼资源有所回升。第二个时期在1968—1973年间,不仅机帆船作业大量发展,而且采用了鱼探仪,扩大了作业渔场,使捕捞强度加大,又导致大黄鱼资源量明显下降。第三个时期是围捕越冬场大黄鱼,1974年初春,中国大批国营渔轮和2000多对群众渔业机帆船,加上少数韩国渔船,集中在江外和舟外渔场(“中央渔场”)围捕越冬场大黄鱼,并且拦捕进入产卵场的大黄鱼鱼群,使1974年中国大黄鱼产量达到 19.7×10^4 t,为历年最高记录,此后产量迅速下降,到20世纪80年代后期仅不足 2.0×10^4 t。1977年起官井洋、猫头洋、大目洋等大黄鱼产卵场形不成渔汛,20世纪80年代中期起岱衢洋、大戢洋和吕泗洋等产卵场也形不成渔汛^[12],导致东海大黄鱼资源至今仍处于枯竭状态之中。近年来,在东海放流了大量的大黄鱼幼鱼,最近的资源监测显示大黄鱼幼鱼的数量有增加的趋势,渔船也偶尔能在东海北部近海捕到少量的大黄鱼,但资源仍未见明显好转。

1.4 绿鳍马面鲀

绿鳍马面鲀为外海性近底层鱼类,最高年产量达 36.0×10^4 t^[89]。绿鳍马面鲀产沉性粘着卵,产卵场海底具有贝砾类、砂质底或生长有海藻,钓鱼岛北部海区具备这种条件,适合绿鳍马面鲀产卵。绿鳍马面鲀在一个生殖季节排卵2次以上,属于分批排卵类型。秦忆芹^[90]分析了东海外海绿鳍马面鲀的摄食习性,指出食物出现频率为浮游动物占65.0%,底栖生物占29.6%,游泳动物占1.1%,浮游植物占0.5%,黄海和日本海绿鳍马面鲀与东海的食性相似,以浮游甲壳类为主,兼食底栖软体动物和腔肠动物。因此,绿鳍马面鲀是食性广泛的杂食性近底层鱼类。钓鱼岛产卵场

绿鳍马面鲷雌鱼初次性成熟最小体长为 107 mm; 黄渤海的初次性成熟最小体长为 150 mm, 表明其初次性成熟最小体长随着产卵场位置纬度的北移而增大。

中国于 1975—1986 年在东、黄海至日本海西南部标志放流 11 万多尾绿鳍马面鲷, 重捕了 200 余尾, 为研究绿鳍马面鲷的种群洄游分布和种群划分提供了可靠的依据。浦仲生等^[91]在 1980 年对东海绿鳍马面鲷种群作了专题研究, 采集 7 批样品, 进行了 11 项形态性状测定, 通过回归方差分析和聚类分析, 结果认为东海绿鳍马面鲷系属于一个地理种群, 种群内分为近海和外海群体。林新濯等^[92]认为东海、黄海和日本海沿岸的绿鳍马面鲷为同一个地理种群, 由于产卵期的不同, 可分为东海产卵群体和日本海产卵群体。郑元甲等^[89]研究表明, 隐岐海峡群体为日本海地理种群, 东海、黄海和对马海峡群体为东海、黄海—韩国沿岸地理种群, 在后者之中又分为四个群体: ①东海南部群体, 主要特征是体型较为狭长, 其主要产卵场在钓鱼岛北部海区, 产卵期为 3 月底至 5 月上旬, 越冬场在东海中北部外海; ②黄海北部群体, 其体型较为短胖, 产卵场在山东半岛南部的乳山沿岸、北部的烟威沿岸和莱州湾等海区, 产卵期为 5 月下旬至 6 月, 越冬场在济州岛以东至对马岛海区; ③东海外海群体, 其体型与黄海北部较为接近, 产卵场范围与东海南部群体相似, 但其产卵期稍迟, 为 4—5 月, 越冬场与黄海北部群体基本相同; ④韩国沿岸群体, 体型介于东海南部群体和东海外海群体之间, 产卵场在韩国南部周围海区, 产卵期为 4—6 月, 越冬场也在济州岛以东海区。郑元甲^[93]认为绿鳍马面鲷种群数量变动的主要原因: ①世代强弱的影响。绿鳍马面鲷生命周期长, 在资源刚开发的 20 世纪 70 年代中期, 渔获物以 3 和 2 龄为主, 由于捕捞强度加大, 70 年代末期已转为以 2 龄鱼为主, 到 80 年代中期, 1 龄鱼却占了优势。随着渔获物年龄组成的降低, 世代强弱对渔获物的影响更加明显, 例如 1983—1986 连续出现四个强世代, 1984—1987 年连续四年获得高产, 其中 1984 和 1985 年的强盛世代是 1986 和 1987 年大丰收的雄厚资源基础。②捕捞强度的影响。东海绿鳍马面鲷 1974 年开发以后, 其渔场范围逐年从鱼山、温台扩大到闽东和台北渔场, 1979 年以后又扩大到对马渔场。捕捞时间

从原来的 3 月份起逐步提前, 前后达 5 个月之久。捕捞强度加大, 使绿鳍马面鲷种群出现捕捞死亡系数迅速增大, 渔获物中高龄鱼比例下降, 补充群体数量显增, 1984 年以后剩余群体的比例显著减少。捕捞强度的加大, 使绿鳍马面鲷繁殖力提高、生长速度加快, 1979—1982 年东海南部产卵场绿鳍马面鲷性成熟系数逐年增大, 表明繁殖力明显提高。詹秉义等^[94]研究了 1984 年东海区绿鳍马面鲷年龄的逆算体长, 大多比 1978 年的逆算体长大了 3~6 mm, 表明 1984 年的生长速度比 1978 年快。在 1978—1984 年间, 随着绿鳍马面鲷资源量的减少, 其繁殖力和生长速度明显提高, 绿鳍马面鲷对于种群数量的稀疏具有较强的调节能力。

由于多年过度捕捞以及破坏产卵场生态环境, 尤其是在秋冬季大量捕捞当年生幼鱼、大批拖网渔船在产卵场作业时损害了海藻(马面鲷卵的良好附着基), 到 20 世纪 90 年代初期, 绿鳍马面鲷的资源已经严重衰退, 至今仍然一蹶不振。

2 主要海洋底层经济鱼类种群变动与生活史型的演变

物种为了种群的延续和繁衍, 通过自然选择形成了适应其生存的生活史选择型, 鱼类种群数量变动与其生活史选择型关系密切。在强大的捕捞压力下, 种群原有的生态学特征将产生一系列的变化, 如鱼类种群或群体生长速度提高、性成熟加快、个体小型化、低龄化和早熟化等。生活史选择型可分为 r 选择、中间偏 r 选择、中间偏 K 选择和 K 选择^[95-96]。 r 选择型需要提高其繁殖力, 保证后代的繁衍, 其生态学策略: (1) 个体小, (2) 生长迅速, (3) 性成熟早, (4) 生命短。其种群固有增长率较高、生长系数值较大和自然死亡率较高。其种群营养物质多用于生殖活动, 因此性腺成熟指数也较高。 K 选择型由于种间竞争比较激烈, 需具备能抵抗环境压力的能力, 其生态学策略: (1) 个体大, (2) 生长缓慢, (3) 性成熟迟, (4) 生命较长。其种群固有增长率较低、生长系数值较小和自然死亡率较低。其种群营养物质多用于增强体质, 因此性腺成熟指数相对较低。 r 选择型的鱼类资源特点是种群结构简单, 世代交替快, 更新能力强, 增殖能力高, 但易受环境影响, 资源稳定性较差。 K 选择型鱼类, 其种群结构复杂, 更新能力较弱, 增殖能力也相对较低, 资源稳定性较

强,但是这类资源一旦过度捕捞就不易恢复。中国主要海洋经济鱼类的生活史型多数属于 r -选择型或中间偏 r -选择型,属于 K -选择型的鱼种较少。研究鱼类种群动态及其生活史型的演变过程,对合理利用海洋经济鱼类资源和保护物种多样性,在理论和实践上都具有重要意义。

大黄鱼、小黄鱼和带鱼的渔获量变动系数波动在30~69之间。1974年以前大黄鱼资源比较稳定,以后产量逐年下降。小黄鱼洄游分布在黄渤海和东海,曾经是中、日、韩三国的主要捕捞对象。带鱼是从20世纪50年代后期迅速开发的海洋渔业资源,之后,其渔获量居中国海洋渔业之首,与大黄鱼和小黄鱼相比,带鱼资源尚属稳定,其渔获量变动系数仅为30。鱼类种群数量变动的特点与其生活史选择型密切相关,大黄鱼的世代成熟过程较长,寿命也较长,而自然死亡率较低,属于 K -选择型;从个体大小与增长率来看,小黄鱼偏向于 r -选择型^[96]。带鱼性成熟迅速,自然死亡率较高,寿命相对较短,因此带鱼更多地具有 r -选择型的特点。根据蒙纳斯蒂尔斯基(1955)对鱼类产卵群体类型的划分,大黄鱼应属于剩余群体大于补充群体的类型,其种群结构复杂,并分批产卵。依据大黄鱼的性成熟过程与年龄组成,可以大致对其补充群体和剩余群体进行估测,以岱衢族为例,其补充部分为15%~20%,剩余部分占80%~85%^[61]。从辽东湾小黄鱼产卵群体分析,2龄鱼为补充群体,3龄鱼大部分为补充群体,小部分为剩余群体,两者比例为75:25;4龄以上个体均为剩余群体^[6]。根据以上比例推测,小黄鱼的补充群体波动在50%左右(但近年来要远大于此数值),可见小黄鱼种群结构比大黄鱼简单,其补充群体相对有所增加。绿鳍马面鲀的寿命比大黄鱼和小黄鱼的寿命稍短,种群结构相对也较简单,属中间偏 r 选择型。绿鳍马面鲀的产卵群体属于补充群体大于剩余群体的类型。带鱼种群结构更为简单,据1978—1981年的资料,东海带鱼春、夏汛的产卵群体主要由两个世代组成(当年鱼和1龄鱼),1龄鱼波动在97%~99%之间^[18]。依据带鱼性成熟的特征判断,春、夏季的带鱼捕捞群体基本上是由补充群体组成。在以上分析的鱼种中,带鱼的寿命最短,种群结构最简单。产卵群体中的补充群体数量是随着种群结构的简单化而增加的。种群结构愈复

杂,其生活史选择愈接近于 K -选择型;反之,种群结构愈简单,其生活史选择愈接近 r -选择型。东海带鱼种群生长迅速,补充速度快,性成熟过程比大黄鱼快1.5~4 a,对同世代出生的两种鱼类进行比较,带鱼出生后第二年即可全部产卵,而大黄鱼要到第三年才开始性成熟,到第六年才可以全部性成熟。

3 展望

近年来,中国加强了各海区渔场渔业资源的养护与管理,坚决贯彻实施全国海洋捕捞伏季休渔制度,积极采取海洋经济鱼类增殖放流措施,使得中国主要海洋经济鱼类(如带鱼和小黄鱼)种群数量明显回升,呈现出可持续发展的美好远景。为了中国海洋底层鱼类资源的可持续利用,本文提出了几点展望:①削减捕捞力量。综上所述,中国主要海洋底层鱼类的单位捕捞力量渔获量已经显著下降,渔获物小型化和性成熟体长变小日趋严重,相应的绝对和相对繁殖力明显提高,但卵径在变小,表明它们的资源先后出现了衰退,有的甚至已经衰竭。究其原因主要是捕捞力量太大,远远超过资源所能承载的能力。所以,中国海洋渔业资源管理的当务之急是大幅度削减捕捞力量。应当研究制订符合中国国情的渔业政策,如改变柴油等项补贴为赎买渔船;根据渔业历史情况、渔区社会经济和渔业资源现状确定各渔区和全国海洋捕捞渔船的限量;注入资金发展渔区经济,分流渔业劳动力;禁止雇用非渔业人口人员出海捕鱼等等。使捕捞力量确实降下来,让有较多的亲体能产过一次卵后再被捕捞。②加强鱼类生物学研究。加强中国主要海洋底层经济鱼类资源生物学研究,即使资源衰退或衰竭的鱼种(如大黄鱼等)也应当继续研究,而不应当中断。因为长年不间断的生物学资料是渔业资源研究和管理不可或缺的基础素材,一旦或缺,是无法弥补的。③采用多种方法开展鱼类种群等基础研究。对中国主要海洋底层经济鱼类地理种群的划分尚不明确或者仍有异议的,应当采用传统的形态学方法和分子生物学相结合的方法,从基因水平上研究鱼类种群遗传结构和系统进化,探讨中国海洋渔业生产中长期存在的“开发无序,利用无度”状况对中国主要海洋经济鱼类遗传变异的影响。采用新的标志放流方法(如利用卫星讯号发送标志鱼的

信息)和周年渔区渔获量分布法综合分析种群或群体的资源数量变动,深入地评估资源量和最大持续渔获量,根据多种类渔业管理模型,制定限额捕捞力量方案。④完善伏季休渔制度,进一步提高伏休效果。中国海洋的伏季休渔期正处于主要经济鱼类产卵期及其幼鱼的索饵生长期,对保护渔业资源十分有利,要在实践中不断总结经验和教训,不断完善伏季休渔制度,进一步提高伏季休渔的成效,使一些衰退了的资源能够得以逐渐地恢复。⑤逐步完善增殖放流工作,提高增殖放流效果。继续开展主要海洋经济鱼类增殖放流措施,鼓励渔民积极回收和报告标志鱼的信息,加强资源增殖放流效果的研究,评估苗种放流规格和放流时间以及地点等因素对增殖效果的影响,研究放流种类的洄游规律,不断提高增殖放流的效果,促进渔业资源的修复。⑥迅速提高我国渔业科研和管理的水平。正如前面所述,渤、黄、东、南海主要底层和近底层鱼类资源大多已经衰退或严重衰退,少数种类已经枯竭,给渔业生产带来了巨大的困难,而要实现其资源的可持续利用,则更是长期的艰巨任务。因此,加强渔业科研和管理的投入是十分必要的。在渔业科研方面,要坚持开展渔业资源调查,持续进行渔业资源监测,及时准确地了解和掌握渔业资源的变化动态,才能为渔业管理提供可靠的科学依据。在渔业管理方面,既有国内渔业法规不够完善和维护好渔场作业秩序等诸多问题,同时又有如何做好与邻国双边或多边渔业关系等许多更为复杂的问题。因此,加强渔业国际交流和协作,学习渔业先进国家的经验和先进技术,加强渔业科研和管理人才的培养和队伍的建设,及时把现代先进的科学技术应用到渔业中来,迅速提高我国渔业科研和管理水平,已成为我国渔业面临的迫切任务。

参考文献:

- [1] 张孝威. 鲈鱼[M]. 北京:农业出版社,1983.
- [2] 农牧渔业部水产局,农牧渔业部东海区渔业指挥部编. 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.
- [3] 农牧渔业部水产局,农牧渔业部南海区渔业指挥部编. 南海区渔业资源调查和区划[M]. 广州:广东科技出版社,1989.
- [4] 农业部水产局,农业部黄海区渔业指挥部编. 黄渤海区渔业资源调查与区划[M]. 北京:海洋出版社,1990.
- [5] 费鸿年,张诗全. 水产资源学[M]. 北京:中国科学技术出版社,1990.
- [6] 邓景耀,赵传细. 海洋渔业生物学[M]. 北京:农业出版社,1991.
- [7] 陈大刚. 黄渤海渔业生态学[M]. 北京:海洋出版社,1991.
- [8] 邓景耀,叶昌臣. 渔业资源学[M]. 重庆:重庆出版社,2001.
- [9] 郑元甲,陈雪忠,程家骅,等. 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.
- [10] 贾晓平,李纯厚,林昭进,等. 北部湾渔业生态环境与渔业资源[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [11] 唐启升. 中国专属经济区海洋生物资源与栖息环境[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [12] 张秋华,程家骅,徐汉祥,等. 东海区渔业资源及其可持续利用[M]. 上海:复旦大学出版社,2007.
- [13] 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.
- [14] 林景祺. 带鱼[M]. 北京:农业出版社,1985.
- [15] 江素菲,周朝根,朱耀光. 闽南-台湾浅滩渔场带鱼种群问题初探[J]. 厦门大学学报,1980,19(2):89-96.
- [16] 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,1981:181-194.
- [17] 卢继武,罗秉征,黄颂芳. 台湾浅滩海域带鱼种群的探讨[J]. 海洋与湖沼,1983,14(4):378-387.
- [18] 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.
- [19] 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):348-357.
- [20] 东海区带鱼资源论文集编辑组. 东海区带鱼资源调查、渔情预报和渔业管理论文集[C]. 1985.
- [21] 宓崇道. 东海带鱼资源状况、群体结构及繁殖特性变化的研究[J]. 中国水产科学,1997,4(1):7-14.
- [22] 刘子藩,熊国强,黄克勤,等. 东海带鱼种群鉴别研究[J]. 水产学报,1997,21(3):282-287.
- [23] 洪秀云. 渤、黄海带鱼年龄与生长的研究[J]. 水产学报,1980,4(4):361-370.
- [24] 邱望春,蒋定和. 东海带鱼 *Trichiurus haumela* (Forsk.) 个体生殖力的研究[J]. 水产学报,1965,2(2):13-15.
- [25] 李城华. 东海带鱼个体生殖力及其变动的研究[J]. 海洋与湖沼,1983,14(3):220-239.

- [26] 杜金瑞,陈勃气,张其永. 台湾海峡西部海区带鱼 *Trichiurus haumela* (Forsk.) 的生殖力[J]. 台湾海峡, 1983, 2(2): 122 - 132.
- [27] 徐汉祥,刘子藩,周永东. 东海带鱼生殖和补充特征的变动[J]. 水产学报, 2003, 27(4): 322 - 327.
- [28] 韦晟. 黄海带鱼 (*Trichiurus haumela* Forskal) 的摄食习性[J]. 海洋水产研究, 1980(1): 49 - 57.
- [29] 陈亚瞿,朱启琴. 东海带鱼摄食习性、饵料基础及与渔场的关系[J]. 水产学报, 1982, 8(2): 135 - 145.
- [30] 李城华. 东海带鱼卵巢周年变化的初步研究[J]. 海洋与湖沼, 1982, 13(5): 461 - 472.
- [31] 罗秉征,卢继武,黄颂芳. 东海北部带鱼性成熟的研究. I. 雌鱼的成熟过程与特性[J]. 海洋与湖沼, 1983, 14(1): 59 - 68.
- [32] 朱德坤,陈阿毛. 冬季嵎山带鱼中心渔场与高盐水舌锋位置的关系[J]. 水产学报, 1980, 4(1): 63 - 70.
- [33] 许永明,浦仲生. 东海群带鱼资源的最大持续渔获量(MSY)估算[R]. 东海水产研究所研究报告, 1981, 1: 75 - 81.
- [34] 林新濯,王福刚,潘家模,等. 中国近海带鱼 (*Trichiurus haumela* Forskal) 种族的调查[J]. 水产学报, 1965, 2(4): 11 - 23.
- [35] 刘子藩,徐汉祥,周永东. 东海带鱼补充群体数量预报及冬汛渔获量预报的改进研究[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版, 2004, 26(1): 14 - 18.
- [36] 吴家骅,刘子藩. 浙江渔场冬汛带鱼渔获量预报方法[C]. 浙江省水产学会论文集, 1981: 1 - 10.
- [37] 宋海棠,丁跃平. 浙江沿岸和近海渔场渔业资源结构变化的探讨[J]. 东海海洋, 1988(3): 45 - 52.
- [38] 吴家骅,朱德林. 浙江近海及邻近海区带鱼资源变动与合理利用的研究[J]. 海洋渔业, 1979(3): 6 - 10.
- [39] 朱江峰,邱永松. 南海北部带鱼生长死亡与参数动态综合模式[J]. 海洋学报, 2005, 27(6): 93 - 99.
- [40] 林新濯,邓思明,黄正一,等. 小黄鱼种族生物测定学的研究[C]//海洋渔业资源论文选集. 北京:农业出版社, 1965: 84 - 108.
- [41] 刘效舜. 小黄鱼 (*Pseudosciaena polyactis* Bleeker) 地理族及其性腺的研究[C]//太平洋西部渔业研究委员会第七次全体会议论文集. 北京:科学出版社, 1966: 35 - 70.
- [42] 徐兆礼,陈佳杰. 小黄鱼洄游路线分析[J]. 中国水产科学, 2009, 16(6): 931 - 940.
- [43] 刘效舜,杨丛海,叶冀雄. 黄海北部渤海小黄鱼的鳞片和耳石年龄特征及其形成周期的初步研究[C]//海洋渔业资源论文选集. 北京:农业出版社, 1965: 136 - 148.
- [44] 叶昌臣,王有君. 辽东湾小黄鱼生长的研究 II. 生长的比较研究[R]. 辽宁省海洋水产研究所调查报告, 1964(20): 1 - 6.
- [45] 丁耕芜,贺先钦. 辽东湾小黄鱼繁殖力的研究[R]. 辽宁省海洋水产研究所调查报告, 1964(21): 1 - 7.
- [46] 吴敬南,叶昌臣. 辽东湾小黄鱼数量变动[R]. 辽宁省海洋水产研究所调查报告, 1964(16): 1 - 7.
- [47] 刘效舜. 渤、黄海小黄鱼可能渔获量预报的讨论(1959 - 1962)[C]//海洋渔业资源论文选集. 北京:农业出版社, 1965: 109 - 119.
- [48] 邱望春,蒋定和. 黄海南部、东海小黄鱼繁殖习性的初步研究[C]//海洋渔业资源论文选集. 北京:农业出版社, 1965: 58 - 71.
- [49] 林景祺. 小黄鱼幼鱼和成鱼摄食习性及其摄食条件的研究[C]//海洋渔业资源论文选集. 北京:农业出版社, 1965: 34 - 43.
- [50] 洪惠馨,秦忆芹,陈连芳,等. 黄海南部、东海北部小黄鱼摄食习性的研究[C]//海洋渔业资源论文选集. 北京:农业出版社, 1965: 44 - 57.
- [51] 林龙山,程家骅,任一平,等. 东海区小黄鱼种群生物学特性的分析研究[J]. 中国水产科学, 2004, 11(4): 333 - 338.
- [52] 刘勇,严利平,程家骅. 2003年东海北部和黄海南部外海小黄鱼产卵群体的分布特征及其与水文、盐度的关系[J]. 中国水产科学, 2007, 14(7): 89 - 96.
- [53] 丁锋元,林龙山,李建生,等. 东海区北部小黄鱼生殖群体分布及与水团关系[J]. 自然资源学报, 2007, 22(6): 1013 - 1019.
- [54] 南海水产研究所. 1. 珠江口以西大黄鱼资源的调查; 2. 珠江口以东大黄鱼资源的调查[R]. 广东水产调查, 1958(8): 1 - 72.
- [55] 田明诚,徐恭昭,余日秀. 大黄鱼形态特征的地理变异和地理种群问题[C]. 海洋科学集刊, 1962, 2: 79 - 97.
- [56] 徐恭昭,田明诚,郑文莲,等. 大黄鱼的种族[C]//太平洋西部渔业研究委员会第四次全体会议论文集. 北京:科学出版社, 1963: 39 - 46.
- [57] 曹启华. 湛江沿海大黄鱼种群的研究[J]. 湛江海洋大学学报, 1998, 18(2): 15 - 19.
- [58] 王德祥,苏永全,王世锋,等. 不同地理种群大黄鱼染色体核型的比较研究[J]. 海洋学报, 2006, 28(6): 176 - 178.
- [59] Liu M, Sadovy de Mitcheson, Y. Profile of a fishery collapse; why mariculture failed to save the large yellow croaker[J]. Fish and Fisheries, 2008, 9(3):

- 219 - 242.
- [60] 张其永,洪万树,杨圣云,等. 大黄鱼地理种群划分的探讨[J]. 现代渔业信息,2011,26(2):3 - 8.
- [61] 徐恭昭,罗秉征,王可玲. 大黄鱼种群结构的地理变异[C]. 海洋科学集刊,1962,2:98 - 109.
- [62] 福建省水产研究所. 官井洋大黄鱼渔场调查报告(1957 - 1959)[R]. 厦门,1960.
- [63] 陈必哲,龚祖成. 闽南渔场大黄鱼资源概况[J]. 福建水产,1983,(4):17 - 19.
- [64] 洪港船,陈必哲,张澄茂. 闽东、闽中渔场越冬大黄鱼资源状况[J]. 福建水产,1983(4):12 - 16.
- [65] 陈必哲,张澄茂. 闽南渔场大黄鱼渔业生物学基础的初步研究[J]. 福建水产,1984(4):6 - 16.
- [66] 洪港船,陈必哲,张澄茂. 福建近海大黄鱼自然资源调查报告[R]. 厦门,1985.
- [67] 孔祥雨,洪港船,毛锡林,等. 大黄鱼. 东海区渔业资源调查和区划[M]. 上海:华东师范大学出版社,1987:318 - 338.
- [68] 赵盛龙,王日昕,刘绪生. 舟山渔场大黄鱼资源枯竭原因及保护和增殖对策[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版,2002,21(2):160 - 165.
- [69] 胡芬,窦硕增. 大黄鱼. 东海大陆架生物资源与环境[M]. 上海:上海科学技术出版社,2003:488 - 496.
- [70] 毛锡林. 浙江近海大黄鱼年龄和生长的初步研究[C]//海洋渔业资源论文选集. 北京:农业出版社,1965:149 - 158.
- [71] 徐恭昭,罗秉征,吴鹤洲,等. 大黄鱼耳石轮纹形成周期及其年龄鉴定问题[C]. 海洋科学集刊,1962,2:1 - 13.
- [72] 杨纪明,郑严. 浙江、江苏近海大黄鱼食性及摄食的季节变化[C]. 海洋科学集刊,1962,2:14 - 30.
- [73] 郑严,杨纪明. 浙江近海大黄鱼仔、稚、幼鱼的食性[J]. 海洋与湖沼,1965,7(4):355 - 372.
- [74] 郑文莲,徐恭昭. 浙江岱衢洋大黄鱼个体生殖力的研究[C]. 海洋科学集刊,1962,2:59 - 78.
- [75] 徐恭昭,吴鹤洲. 浙江近海大黄鱼的性成熟特性[C]. 海洋科学集刊,1962,2:50 - 58.
- [76] 郑文莲,徐恭昭. 福建官井洋大黄鱼个体生殖力的研究[J]. 水产学报,1964,1(1-2):1 - 17.
- [77] 徐恭昭,郑文莲,王玉珍. 大黄鱼种群生殖力的比较研究[C]. 海洋科学集刊,1980,16:71 - 80.
- [78] 沙学绅. 大黄鱼卵子和仔、稚鱼的形态特征[C]. 海洋科学集刊,1962,2:31 - 43.
- [79] 罗秉征. 浙江近海大黄鱼的季节生长[J]. 海洋与湖沼,1966,8(2):121 - 139.
- [80] 徐恭昭,罗秉征,黄颂芳. 大黄鱼生殖季节体长与体重关系的种内变异[C]. 海洋科学集刊,1984,22:1 - 8.
- [81] 洪港船,陈必哲,张澄茂. 福建近海越冬大黄鱼生长及其特征的初步研究[J]. 福建水产,1985(2):1 - 16.
- [82] 孔祥雨. 浙江近海渔场大黄鱼生长的研究[J]. 东海海洋,1985,3(1):56 - 63.
- [83] 张雅芝,王志勇,林利民,等. 养殖条件下闽 - 粤东族大黄鱼不同群体形态特征的比较研究[J]. 集美大学学报:自然科学版,2005,10(3):193 - 199.
- [84] 徐恭昭,罗秉征,吴鹤洲,等. 大黄鱼生长的种内变异[C]. 海洋科学集刊,1984,22:9 - 27.
- [85] 徐兆礼,陈佳杰. 东黄海大黄鱼洄游路线的研究[J]. 水产学报,2011,35(3):429 - 437.
- [86] 张其永,洪万树,杨圣云,等. 大黄鱼增殖放流的回顾与展望[J]. 现代渔业信息,2010,25(12):3 - 5,12.
- [87] 刘必谦,董闻琦,王亚军,等. 岱衢族大黄鱼种质的 AFLP 分析[J]. 水生生物学报,2005,29(4):413 - 416.
- [88] 福建省水产研究所资源组,厦门大学生物学系张其永,等. 闽东渔场主要经济鱼类生活习性[R]. 闽东渔场水产资源调查报告(1960 - 1961年),厦门,1961.
- [89] 郑元甲,方瑞生,姚文祖. 东、黄海及日本西南部绿鳍马面鲀种群的研究[J]. 中国水产科学研究院学报,1989,2(1):55 - 71.
- [90] 秦忆芹. 东海外海绿鳍马面鲀摄食习性的研究[C]//东海绿鳍马面鲀论文集. 上海:学林出版社,1987:34 - 42.
- [91] 浦仲生,许永明. 东海绿鳍马面鲀种群分析的研究[C]//东海绿鳍马面鲀论文集. 上海:学林出版社,1987:43 - 48.
- [92] 林新濯,甘金宝,郑元甲,等. 绿鳍马面鲀洄游分布的研究[C]//东海绿鳍马面鲀论文集. 上海:学林出版社,1987:15 - 33.
- [93] 郑元甲. 东海马面鲀资源变动及其原因的初步研究[J]. 中国水产科学,1997,4(4):18 - 24.
- [94] 詹秉义,楼冬春,仲俊生. 绿鳍马面鲀资源评析与合理利用[J]. 水产学报,1986,10(4):409 - 418.
- [95] 罗秉征. 中国近海鱼类生活史型与生态学参数地理变异[J]. 海洋与湖沼,1992,23(1):63 - 73.
- [96] 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[C]. 海洋科学集刊,1993,34:123 - 127.

Review and prospects for resource biology of main marine demersal food fishes along the coastal waters of China

ZHENG Yuanjia¹, HONG Wanshu², ZHANG Qiyong^{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: Historical investigation and the achievements of resources biology of main marine demersal food fishes along the coastal waters of China, with special regard to the ribbon fish (*Trichiurus japonicus*), small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*), large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) and black scraper (*Thamnaconus modestus*), are reviewed in this paper. This review covers the identification and classification of fish geographical populations and their spawning stocks, historical pattern changes, the structure of populations and stocks, age composition and growth characteristics, feeding habits, sex mature cycles, gonadosomatic index (GSI), fecundity of the spawning stocks, spawning grounds, feeding grounds, wintering grounds, migration routes, assessment of amounts of nature resources and catches, adjustment of fishing boats, and restricted measures for fishing effort. The prospects and problems of resource biology of main marine demersal food fishes along the coastal waters of China are also discussed.

Key words: marine demersal food fishes; resource biology; review and prospect; coastal waters of China

Corresponding author: ZHANG Qiyong. E-mail: zhangqy@xmu.edu.cn