

# 渤海渔业资源三场一通道现状、问题 及优化管理政策\*

李晓炜<sup>1,2</sup>, 赵建民<sup>1,2</sup>, 刘 辉<sup>1,2</sup>, 张 华<sup>1,2</sup>, 侯西勇<sup>1,2\*</sup>

(1. 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003;

2. 中国科学院海岸带环境过程与生态修复重点实验室(烟台海岸带研究所), 山东省海岸带环境过程重点实验室, 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003)

**摘要:**对多数海洋生物资源来说,产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道(三场一通道)是年生活周期中不可缺少的重要环节,对维持种群结构和数量有重要意义。位于渤黄海的三场一通道是多种渔业资源的重要栖息地,然而,近年来主要由于大规模围填海、海洋环境污染、过度捕捞、经济开发、气候变化等因素影响,导致渤海三场一通道功能降低、资源衰竭,因此,本文基于文献综述,对该区域三场一通道现状、历史变化进行梳理,分析其面临的主要问题,明确造成这些问题的原因,基于此,建议从生态功能保护的角度对围填海活动进行控制,通过生态补偿手段进行污染治理,对三场一通道的关键区域进行生态恢复,增加产卵季黄河河口淡水,等,以促进黄渤海三场一通道的可持续管理。

**关键词:**渤海;黄海;产卵场;索饵场;越冬场;洄游通道

中图分类号:Q958.11; Q958.13 文献标志码:A 文章编号:1003-6482(2018)05-147-11

DOI:10.13984/j.cnki.cn37-1141.2018.05.019

## 引 言

产卵场是指在水体中,适合于生物资源产卵、温盐合适、饵料丰富,在生殖季节能吸引生殖群体到来并进行繁殖的场所,其环境条件既要适合于亲体的生存和发育,又要有利于受精卵的孵化和仔、稚、幼鱼的生长,是鱼虾、贝类交配、产卵孵化及育幼的相对集中水域,主要分布在河口区、海湾、沿岸、浅水区或潮间带<sup>[1]</sup>。索饵场是指海洋生物资源索饵育肥的场所,其饵料生物丰富、生态环境适宜,很多海洋生物资源分散索饵,群体不像产卵群体和越冬群体那样集中,且有洄游特性,因此索饵场随时间不断变动,且分布范围较大<sup>[2]</sup>。越冬场是指海洋生物资源因其水温适应性较窄,在冬季集结于适温水域进行越冬的场所<sup>[3]</sup>。洄游通道是指海洋生物资源为适应其生命周期中某一环节而进行主动的、集群的定向和周期性的长距离迁徙所经行的通道,这些迁徙包括生殖洄游、索饵洄游和越冬洄游<sup>[3]</sup>。对多数海洋生物资源来说,产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道(三场一通道)是它们年生活周期中不可缺少的重要环节,对维持种群结构和数量有重要意义。本文基于文献,对渤海生物资源三场一通道的历史变化及现状特征进行研究,深入分析其面临的问题及原因,从渔业资源可持续利用的角度出发,提出优化管理的政策建议。

## 1 渤海渔业资源三场一通道的现状与特征

### 1.1 渤海主要渔业资源

渤海由于沿岸众多河川入海、水质肥沃,成为渔业资源优良的产卵场和索饵场,20世纪50年代素有“鱼、虾类摇篮”之称,依据过去调查资料及标本,黄渤海海域共出现鱼类113科321种,从适温类型来

\* 基金项目:中国科学院战略性先导科技专项项目(No. XDA11020305),国家自然科学基金青年基金(No. 31500389),国家自然科学基金国际合作项目(No. 31461143032),中国科学院重点部署项目(KZZD-EW-14)资助

第一作者简介:李晓炜(1983-),女,山东德州人,助理研究员,主要从事海岸带生态系统研究,E-mail: xwli@yic.ac.cn

\* 通讯作者:侯西勇,研究员,E-mail: xyhou@yic.ac.cn

收稿日期:2017-02-18

看,暖温性种类 139 种;暖水性种类 107 种;冷温性种类 70 种;冷水性种类 5 种。从栖所类型来看,大陆架浅水底层鱼类 193 种,大陆架岩礁性、大陆架浅水中上层、大陆架浅水中底层、大陆架大洋洄游性中上层和大洋深水底层鱼类分别为 41、34、29、15 和 9 种<sup>[4]</sup>,另外渤海出现甲壳类 124 种、头足类 69 种<sup>[5]</sup>。渤海区主要经济鱼类约 50 余种,底栖动物虽种类不多,但每种数量都较大,如毛蚶、泥蚶、菲律宾蛤、文蛤、对虾、鹰爪糙对虾、三疣梭子蟹等。目前年渔获量超过万 t 的品种鱼类有 14 种,分别为海鳗、白姑鱼、黄姑鱼、大黄鱼、小黄鱼、棘头梅童鱼、玉筋鱼、带鱼、梭鱼、鲈鱼、鲑鱼、马面鲀和鲱鱼;虾蟹类有 5 种,分别为毛虾、对虾、鹰爪虾、虾蛄和梭子蟹;贝类 6 种,分别为蓝蛤、文蛤、蚶、缢蛏、扁玉螺和蚬子。头足类 4 种,分别为乌贼、枪乌贼、鱿鱼、蛸。海蜇 2 种,分别为海蜇和沙海蜇。其中鱼、小黄鱼、玉筋鱼、带鱼、鲈鱼、鲑鱼、毛虾、虾蛄、鱿鱼和海蜇的产量分别超过了 10 万 t<sup>[6]</sup>。70 年来,在渤海渔业资源中占重要地位的物种包括(表 1):鱼类中的小黄鱼、带鱼、蓝点马鲛、银鲳、鲢、玉筋鱼,甲壳类中的中国对虾、三疣梭子蟹、口虾蛄,以及头足类中的太平洋褶柔鱼等。

表 1 渤海重要渔业物种及其生态特征<sup>[2]</sup>

Table 1 Dominant fishery species and their ecological characteristics in the Bohai Sea and Yellow Sea

种名 Species	目/科/属 Order/Family/Genus	生态类型 Ecological type	摄食类型 Feeding habit	鱼卵类型 Egg ecological type
小黄鱼	鲈形目/石首鱼科/黄鱼属	暖温性底层鱼类	底栖生物	浮性卵
带鱼	鲈形目/带鱼科/带鱼属	暖温性近底层鱼类	游泳生物	浮性卵
蓝点马鲛	鲈形目/鲭科/马鲛属	暖水性中上层鱼类	游泳生物	浮性卵
银鲳	鲈形目/鲳科/鲳属	广温性中上层鱼类	浮游生物	附着性卵
鲢	鲤形目/鲤科/鲢属	暖温性中上层鱼类	浮游生物	浮性卵
玉筋鱼	鲈形目/玉筋鱼科/属	冷温性底栖鱼类	浮游动物	黏着沉性卵
中国对虾	十足目/对虾科/明对虾属	暖水性底栖性甲壳类	底栖生物	
三疣梭子蟹	十足目/三疣梭子蟹科/属	暖温性底栖性甲壳类	底栖生物	
口虾蛄	十足目/虾蛄科/口虾蛄属	广温性底栖甲壳类	底栖生物	
太平洋褶柔鱼	枪形目/柔鱼科/褶柔鱼属	暖温性中上层头足类	游泳动物	

黄渤海鱼类 1999 年产量 330.09 万 t,此后逐年下降,至 2009 年仅为 221.43 万 t,虾蟹类 1999 年的产量为 89.59 万 t,至 2009 年下降到 56.60 万 t,贝类亦呈下降趋势,从 1999 年的 70.59 万 t 下降到 2009 年的 40.31 万 t,海蜇 1998 年产量最高,为 35.65 万 t,2009 年仅为 13.40 万 t。头足类的渔获量 2004 年最高,达到 29.82 万 t,至 2009 年,产量仅为 18.67 万 t<sup>[6]</sup>。1983、1993 和 1999 年渤海越冬场资源量呈逐年大幅度减少之势,拖网试捕采集平均网获量分别为 11.5kg/h、3.5kg/h 和 0.7kg/h,平均网获尾数则为 669 尾/h、145 尾/h 和 37 尾/h<sup>[7]</sup>。莱州湾 1959、1982、1992 和 1998 年的平均单位网次渔获量分别为 258、117、77.5 和 8.5 kg/h<sup>[8]</sup>。2006—2009 年渔业资源调查数据显示,山东近海海域鱼类仅剩 113 种,鱼卵仔稚鱼种类由原来的 92 种降为 51 种<sup>[2]</sup>。

## 1.2 渤海三场一通道空间分布

### 1.2.1 渤海三场一通道分布概况及影响因素

渤海暖温性、冷温性及暖水性鱼种在不同时期到达各自的产卵场、索饵场和越冬场,产卵期相对集中(1—2 个月)<sup>[5]</sup>。渤海主要产卵场分布于鸭绿江口产卵场、渤海湾产卵场、莱州湾及渤海湾南部产卵场<sup>[9]</sup>、烟威近海产卵场、乳山近海产卵场、海州湾产卵场、海洋岛产卵场、吕泗产卵场、长江口产卵场、长江口外海区佘山产卵场。而产卵种类密度相对集中的重要产卵场,则集中分布于这些主要产卵场的内部区域<sup>[10-20]</sup>。鱼群产卵后,当年生稚鱼和幼鱼一般首先在产卵场周边浅水区索饵,之后陆续向产卵场周边深水区迁移索饵,之后进入黄海北部,随着气温继续下降,进入石岛、连青石渔场,并最终进入黄海深水区越冬场<sup>[3,13,15,21-22]</sup>。长距离洄游种类的越冬场一般位于黄海中南部至东海北部一带海域,甚至东海中南部

和南海北部。短距离洄游种类的越冬场在黄海中南部至东海北部水深 40—100m, 底层水温 10—13℃, 盐度 32.5—34.5 的海区范围内, 越冬期一般在 12 月至翌年 3 月。冷温性种类越冬场靠北, 在黄海冷水团内<sup>[2]</sup>。如图 1 为渤海黄鳊鱼和白姑鱼三场一通道分布示意图<sup>[12,22]</sup>。

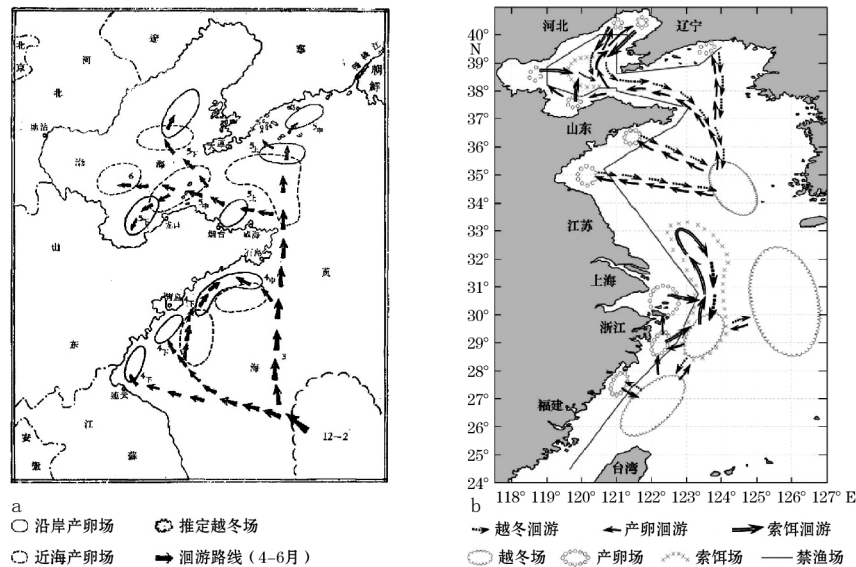


图 1 渤海黄鳊鱼和白姑鱼三场一通道分布示意图

(图 a 为渤海黄鳊鱼三场一通道分布示意图, 图片源自<sup>[12]</sup>; 图 b 为东黄渤海白姑鱼三场一通道示意图, 图片源自<sup>[22]</sup>)

Fig. 1 Migratory routine of *Engraulis japonicus* and *A. argentatus* in the Bohai Sea and Yellow Sea

(a, Migratory routine of *Engraulis japonicus* in the Bohai Sea and Yellow Sea, quote from<sup>[12]</sup>;

b, Migratory routine of *A. argentatus* in the Bohai Sea, Yellow Sea, and East China Sea, quote from<sup>[22]</sup>)

海水温度平面结构变化影响渔场位置、鱼群集群与散群、鱼群停留渔场时间长短、洄游迟早、洄游路线的偏移和渔场转移等方面的变化; 水温逐日变化引起渔场转移、渔汛期时间的长短; 水温季节变化引起鱼群洄游时间的提前与推迟; 水温年变化引起渔场周期移动<sup>[23]</sup>; 另外, 盐度也影响鱼群的洄游及集散。例如小黄鱼在黄海越冬场时期适温范围为 8.0—12.0℃, 春汛生殖洄游停留在烟威渔场适温范围为 5.0—6.5℃, 到达渤海莱洲湾产卵场时, 进入渔场的温度为 8.0℃ 以上, 集大群产卵时为 12.0—14℃, 产卵结束离开渔场时温度为 15.0℃ 以上<sup>[24]</sup>。资料显示黄鳊鱼有集中于最适温度海域的趋势, 黄海暖流主要是通过其热力学效应, 即通过控制流经海区的水温和盐度来影响黄鳊鱼的洄游分布的, 在黄鳊鱼的越冬洄游中起着驱动力的作用, 黄鳊鱼会随着温、盐结构的变化而迁徙以保持处于合适的温、盐环境之中。当水文要素垂向分布均匀时, 黄鳊鱼集中分布于具有最适温度(11℃—12℃)的海区, 当海水处于层化状态时, 黄鳊鱼会密集分布于具有相当厚度(10 米以上)的具有黄鳊鱼适宜温度的水层的海区<sup>[25]</sup>。银鲳产卵场分布在沿海河口浅海混合水域的高温低盐区, 水深一般为 10—20m, 底质以泥砂质和砂泥质为主, 水温为 12℃—23℃, 盐度为 27—31。秋末, 当黄、渤海沿岸水温下降到 14℃—15℃ 时, 在沿岸河口索饵的银鲳群体开始向黄海中南部海区集结, 沿黄海暖流南下。1 月至 3 月, 越冬银鲳主群体南移至济州岛西南海区和对马渔场, 水温为 15℃—18℃, 盐度为 33—34 的越冬场。

### 1.2.2 渤海三场一通道分布实例及衰退趋势

海洋生物资源由于其生活史各个阶段的需要及适应性, 在越冬场、产卵场、索饵场之间洄游, 不同物种间在三场一通道的时空分布上也各有不同<sup>[10,15,19,25-27]</sup>。以蓝点马鲛为例, 1—2 月在黄海东南部外海海域和东海外海海域越冬, 每年 3 月开始游离越冬场作生殖洄游。一支到达闽中及闽东沿海各渔场并于 4 月产卵, 产卵后在附近海域索饵。4 月上、中旬, 鱼群随台湾暖流向北沿东经 123.5° 附近海域洄游, 分别抵达舟山渔场、长江口渔场和大沙渔场附近, 停留捕食鳗鱼群, 后分为两支北上洄游, 一支向东偏北向

朝鲜西海岸,4月下旬到达黄海北部海洋岛渔场产卵、索饵。另一支向西北进入连青石渔场西南部海域,其中一部分鱼群随黄海暖流前锋西进,4月下旬进入海州湾、连青石、青海及石岛诸渔场并于5月上旬产卵,另一部分鱼群向东北经石岛渔场东部水深20—40m海域北上,沿40—50m深水区绕过成山头进入烟威渔场,其中大批鱼群于4月下旬沿渤海海峡进入渤海的莱州湾、渤海湾和辽东湾渔场,5月下旬至6月上旬产卵,产卵后的鱼群分散于附近海域索饵。每年9月上旬前后,随着近岸水温降低,鱼群陆续游离渤海开始作适温洄游,部分鱼群进入黄海北部,在水深20—30m海域索饵,10月上、中旬,渤海表层水温降至8—12℃,黄海北部表层水温降至12—13℃,蓝点马鲛南移至黄海中北部30—40米海域索饵。11月鱼群南移至黄海中南部水深40m左右的海域,12月中、下旬蓝点马鲛鱼群经长江口和大沙渔场陆续返回越冬场越冬<sup>[10]</sup>。

在1955—1959年,金乌贼在山东半岛南岸捕获量为60万kg/a,向山东半岛沿岸洄游和集结的数量为200万头左右/年。资料显示,一年生的金乌贼的越冬场大致限于122°30′—123°50′E和38°—33°30′N之间的狭长海域的70米上下的水层中。金乌贼每年停留在越冬场内的时间为当年12月份起至次年3月份。4—5月离开越冬场成辐射形(群体是分散的)向渤海沿岸各地进行“生殖洄游”(山东半岛最东端成山头和最南端凤山头、青岛、即墨、渤海湾、鸭绿江口)。金乌贼向渤海湾洄游的群体多数至湾口附件即不再前进。5—7月在沿岸产卵。8月—11月幼体离岸洄游之越冬场。水温条件是决定金乌贼成体向岸洄游时间的关键因子。水温和盐度影响产卵及数量。风向、水温、盐度影响洄游集群<sup>[28]</sup>。对虾的越冬场范围和生活层与金乌贼基本相同,两者分布密度不同,对虾于11月至12月开始主要集中于37°—38°N和120°—122°E之间,金乌贼主要集中在35°—37°N和122°30′—123°50′之间。金乌贼和对虾的洄游路线有一定重叠,金乌贼主要向山东南岸洄游,对虾主要向渤海湾内洄游(对虾洄游群体非常集中“虾走一条线”)。对虾3、4月份过山东半岛后5月份到达渤海湾沿岸<sup>[28]</sup>。1981年之前,中国对虾世代最大产量6万t,1960年中国对虾年均捕捞量14000t,1965—1984年19252t,1997年降为800t,已形不成渔汛<sup>[29]</sup>。

以上各方面均显示出,渤海三场一通道呈现出衰退趋势,面临亟待正视和解决的诸多严峻问题。

## 2 渔业资源三场一通道衰退的主要表现

### 2.1 产卵群体呈现小型化、低龄化、繁殖力下降的趋势

随着资源利用加剧,多数渔业种类为维持种群延续,呈现性成熟提前的适应机制,产卵群体逐渐小型化、低龄化,并因为再次产卵的剩余群体数量的减少,导致种群繁殖力下降。例如,东海带鱼性成熟最小肛长在1963—1964年为200—210mm,到20世纪90年代降至140—150mm,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,1993—1994年比1976年卵径相对变小<sup>[30-31]</sup>;蓝点马鲛产卵群体1龄鱼比例2006—2009年比20世纪50—70年上升2倍,3龄鱼比例下降为原来的1/5,1龄鱼和2龄鱼叉长及体重变小,60年来,随着开发利用程度的不断加大及拖网的使用推广,产卵群体呈现小型化(平均叉长减少110mm、平均体重减少609g)、平均年龄低龄化(由2.8龄减为1.6龄),由于蓝点马鲛首次性成熟个体绝对生殖力较低,重复产卵的剩余群体个体绝对生殖力较高,5、6龄以上高龄个体绝对生殖力最高,因此随着产卵种群低龄化,其种群繁殖力整体呈下降趋势<sup>[2]</sup>。小黄鱼1963年性成熟度达Ⅲ期以上即性腺正在成熟的个体占到92.9%,平均体长246.2mm,1983年这部分个体占89.4%,平均体长173.6mm,2001年这部分个体仅占54.1%,平均体长123.4mm<sup>[32]</sup>。但由于产卵个体小型化,虽然小黄鱼个体绝对繁殖力增加,但大型个体比小型个体繁殖力强,所以2004年小黄鱼平均繁殖力低于1964年<sup>[33]</sup>。

### 2.2 渔业资源对产卵场温盐适应范围扩大、但产卵密集区范围缩小

对照历史调查数据及近期研究数据,显示渔业资源对产卵场温盐适应范围在扩大:由于产卵场受污染、围填等破坏,加之长期捕捞扰动,很多种类被迫由原来的最适产卵场扩展到周边区域产卵,同时,由于优良产卵场的衰减,产卵密集区的范围有逐渐缩小趋势。例如,历史数据显示小黄鱼产卵场主要有海州湾产卵场、吕泗产卵场、长江口外海区佘山产卵场和浙江沿岸的东亭、韭山、鱼山、大陈、洞头山等产卵场,

底温在 11—15℃ 之间,水深一般在 50m 以浅海域,盐度在 24—33 之间<sup>[34]</sup>。但是,经过长期的海域捕捞扰动和对小黄鱼资源的过度利用已经对小黄鱼生殖习性产生较大的影响,其产卵期的水温和盐度适应范围扩大,水深范围也较以往向深海海域扩展但是从近年来的监测调查发现,外海海域(125°00'E 以外)经常能够捕到正在产卵或者刚完成产卵的小黄鱼鱼群,且所占范围面积逐渐扩大,近年来春季专项调查进一步反映了外海海域确实存在小黄鱼产卵场的事实<sup>[19]</sup>。与 20 世纪 90 年代相比,莱州湾产卵密集区萎缩为莱州湾西南部和莱州湾东北部两个产卵密集区,胶州湾和胶州湾外产卵密集区消失<sup>[2]</sup>。

### 2.3 受精卵成活率降低、底层经济鱼类数量减少

因过度捕捞导致渔业资源产卵亲体数量降低,未受精卵比例增大,同时因产卵群体小型化、低龄化,卵子质量下降,受精卵成活率降低。与此同时,渤海渔场群落结构发生明显变化,底层经济鱼类数量减少。例如,2006—2008 年莱州湾及渤海产卵场死卵率 88% 以上,烟威近海产卵场死卵率 80% 以上,乳山近海产卵场死卵率 71% 以上,海州湾产卵场死卵率 91% 以上<sup>[2]</sup>。渤海越冬渔场群落结构和优势种发生了明显的变化,1983—1999 年优势种群梅童和孔鳐等经济底层鱼类为安氏新银鱼所替代<sup>[7]</sup>。20 世纪 50 年代末以来,渤海浮游食物链渔业资源已取代底栖食物链渔业资源成为最主要的渔业资源,碎屑食物链渔业资源生物量百分比呈上升趋势,近年来已成为继浮游食物链渔业资源的第二大类渔业资源<sup>[35]</sup>。莱州湾渔业生物群落结构中,1959 年带鱼、小黄鱼、半滑舌鳎、对虾和白姑鱼等 5 种大型底层鱼虾类在总渔获量中占 75%,带鱼和小黄鱼产卵群体在春季总渔获量中所占比重高达 93.6%。1982、1992—1993 年和 1998 年进行的 3 次调查结果表明,上述优势种群逐步为黄鲫、枪乌贼、青鳞小沙丁鱼等小型中上层鱼类所代替,小型中上层鱼类在总渔获量中所占的比例由 1959 年的 7.1% 增加到 1998 年的 67.3%,底层鱼类资源量在总渔获量中所占比重降至 3.8%—6.7%<sup>[8]</sup>。黄海鱼类群落结构和数量发生了很大变化,目前以鳀鱼占绝对优势,传统经济鱼类如小黄鱼、太平洋鳕、太平洋鲱、蓝点马鲛、鲐、带鱼、镰鲳、鲆鲽类等渔获物中所占的比例降低,昔日占优势的大型经济鱼类,逐渐被小黄鱼幼鱼、皮氏叫姑鱼、六丝钝尾虾虎鱼、细纹狮子鱼、方氏云鳎、玉筋鱼等经济价值较低的种类所取代<sup>[4]</sup>。

### 2.4 渔业资源营养级下降、食物网结构简单化

目前,渤海三场一通道渔业资源已经从单一物种的衰竭,逐渐转变为整个生态系统的衰退,整个区域面临营养级下降、食物网结构简单化的严峻问题,例如,小黄鱼以甲壳类和鱼类为主要食物,优势种类有糠虾、磷虾、七星底灯鱼、脊腹褐虾和鹰爪虾等,几十年来,饵料种类中甲壳类种类数逐渐减少;饵料鱼种中七星底灯鱼从原来没有的饵料种类变成为目前最主要的鱼类饵料种类,饵料食物呈逐渐简单化和单一化的趋势<sup>[32]</sup>。黄海主要鱼类中超半数种类出现食性向低营养级转变,游泳动物食性的种类大大减少,浮游和底栖动物食性的种类增加<sup>[4]</sup>。1959—1993 年,渤海以摄食底栖虾蟹类为主的底层鱼类减少,浮游动物食性的种类成为食物网的主要组成部分,鳀代替矛尾虾虎鱼成为主要饵料鱼类,1999 年,食浮游植物的种类比例增加,以鳀为食的食物链减少,食物链一步一步缩短,食物网逐渐简单化<sup>[2]</sup>。1956—2000 年渤海捕捞渔获物平均营养级总体呈现下降的趋势,较高营养级渔业资源生物群落的衰退,较低营养级渔业资源生物群落相对生物量的增加,捕捞渔获物平均营养级每年下降约 0.01<sup>[35-36]</sup>。

## 3 渔业资源三场一通道衰退的主要原因

### 3.1 过度捕捞及渔业的“沿食物网向下捕捞”

过度捕捞是渤海三场一通道退化的重要原因,从最初的资源利用不足、到之后的充分开发利用、进而转变成现在的过度利用阶段,渤海三场一通道优势种呈现由营养级高的优质种类向营养级低的种类更替的现象,恶性循环,渔业进而出现“沿食物网向下捕捞”的趋势<sup>[2,29,35,37]</sup>。例如,1960 年黄海小黄鱼捕捞死亡系数仅为 0.27,自然死亡系数与捕捞死亡系数相差不大,2008 年捕捞死亡系数与自然死亡系数均达到最大值,且捕捞死亡系数是自然死亡系数的 5.72 倍<sup>[38]</sup>。1965—1972 年中国对虾捕捞渔船数量 1000 条左右,1980 年已达 8051 条,中国对虾在渤海经两个月的捕捞(捕捞 65%,死亡率 20%),仅剩 15% 游出渤海,再经越冬及早春捕捞,回到产卵场的产卵亲虾数量严重短缺,进而导致了我国对虾的资源衰

竭<sup>[29]</sup>。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(马面鲀卵的良好附着基),到20世纪90年代初期,绿鳍马面鲀的资源已经严重衰退,至今仍然一蹶不振<sup>[30]</sup>。60年代末以后,快速增长的大黄鱼捕捞力量,以及过量迎捕未产卵“进港鱼”,春汛和秋冬汛拖网与夏汛张网渔获大黄鱼幼鱼,以及对大黄鱼越冬场亲鱼群体的灭绝式捕捞等不合理的利用方式,尤其是1974—1976年围剿越冬场的致命一击,从根本上动摇了大黄鱼的资源基础,彻底破坏了大黄鱼种群的补充机制,终使大黄鱼资源加速崩溃<sup>[39]</sup>。据估算,渤海黄渤海捕捞渔业的最适捕捞能力为 $76.4 \times 10^4$  kW,现有的捕捞渔船总功率大大超过渔业资源的承受能力<sup>[40]</sup>。尽管2000年以后国家采取了一系列措施用以限制海洋捕捞力量,但实际上并没有完全控制住,沿海有些地方尽管船只数量没有增长,但通过自行更换大马力主机和增加网具数量等致捕捞力量不断提高,因此,鱼类面临的捕捞压力仍在增加<sup>[19]</sup>。

### 3.2 围填海侵占海洋生物资源栖息地

随着中国沿海经济进入迅速发展阶段,围填海造地面积日益增加,在渤海黄渤海海域,由于海岸带开发工程难度小、经济成本低而收益高等原因,海湾自然岸线的减少速度不断加剧、海湾岸线开发利用整体进入较快的发展阶段,20世纪40年代初到2014年,渤海、黄渤海海湾总面积分别减少3894.86、718.78 km<sup>2</sup>,缩减率分别高达17.76%、20.32%<sup>[41-42]</sup>。1973—2013年间,江苏省围海795.68 km<sup>2</sup>,填海604.83 km<sup>2</sup><sup>[43]</sup>,1976—2013年天津滨海新区围填海总的面积共计402.86 km<sup>2</sup><sup>[44]</sup>。围填海导致的滨海湿地减少引起产卵场、育幼场碎片化或功能消失等,使得近海渔业资源的补充和可持续性严重受损<sup>[45]</sup>。例如,渤海黄渤海沿岸围填海区域是蓝点马鲛及其他水产动物的产卵场和索饵场,不但侵占了渤海黄渤海蓝点马鲛种质资源赖以生存的海洋空间,同时还使生态环境遭到严重破坏,甚至严重污染,直接威胁着渤海黄渤海蓝点马鲛种质资源的持续利用和种群的延续<sup>[46]</sup>。

### 3.3 工、农、生活污水排入造成的水体污染

水体污染是渤海黄渤海三场一通道衰退的另一重要原因。沿河的工矿废水、农业、生活污水超标排放,经河流直接排入近海,沿海工矿区污水直排口的废污水排放及废弃物倾倒,石油开采、船舶泄露、渔船作业、运油船舶突发事件等导致的石油污染等,使渤海黄渤海三场一通道栖息地环境不断恶化,2001—2014年,非一类海水水质的海域面积整体看有扩大趋势(图2),氮磷、石油类、重金属超标,富营养化导致赤潮、水母暴发灾害频发,产卵环境恶化,饵料质量下降,三场一通道功能退化。

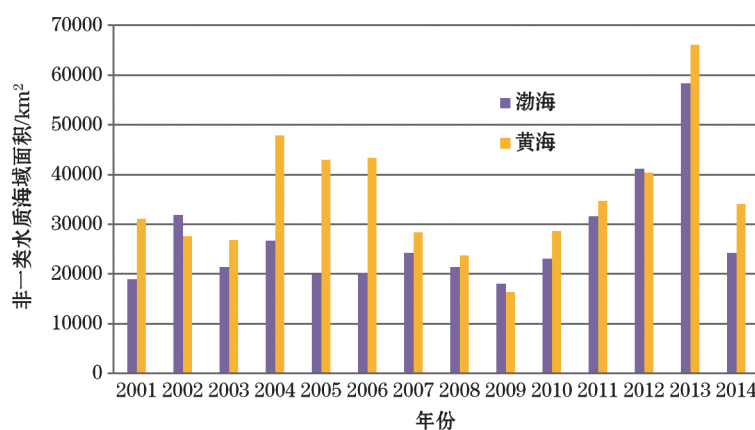


图2 渤海黄渤海非一类海水水质海域面积年际变化(2001—2014)(数据来源<sup>[47]</sup>)

Fig. 2 Interannual variation of sea area inferior to I level water quality in the Bohai Sea and Yellow Sea (2001—2014) (based on <sup>[47]</sup>)

例如,调查数据显示,1999—2002年渤海湾产卵场产卵季节氮、磷平均值分别是0.48mg/L和0.049mg/L,分别超出一类海水水质标准2.4倍和3.2倍,鱼苗(卵)平均量为4.3尾/m<sup>3</sup>,虾蟹平均量为1.9只/m<sup>3</sup>,贝类幼体390个/m<sup>3</sup>,渤海湾鱼虾贝产卵场产卵情况逐年下降<sup>[48]</sup>。2004—2009年无机氮产卵季节平均值逐年上升,于2008年达到最高值,全部超出海水水质标准I类标准,石油类质量浓度在0.04—0.51mg/L之间波动。石油污染影响产卵季节鱼虾卵的孵化,并对贝类会产生异味<sup>[49]</sup>。水体氮磷比与铅的增加直接或间接导致了捕捞渔获物平均营养级的降低<sup>[35]</sup>。

### 3.4 气候变化

全球气候变化引起的极端气候事件、海洋酸化、海温升高均对三场一通道渔业资源造成影响。重冰年封冻期提前引起大量贝类死亡,终冰期大量海冰融化会导致海水盐度下降,进而影响下一年渔业资源的正常生长<sup>[50]</sup>,例如在2005/2006年海冰过程的终冰期,莱州市仓上以西到朱家村以及虎头崖一带的近海海域海水盐度下降到16.0—17.0,远低于正常情况的28.0—30.0,造成海参养殖损失<sup>[51]</sup>。研究显示,海洋酸化影响海洋鱼类仔稚鱼的感觉和行为,减弱其野外生存能力及增加被捕食率,威胁自然种群补给量和渔业资源量<sup>[52]</sup>。海洋酸化会导致一些敏感鱼类种群雌雄比例的失调,在经历几代繁殖后,这种失衡会被无限放大,有导致该种群单一性别缺失的危险<sup>[53]</sup>。海温升高会直接影响鱼类的生长、摄食、产卵及洄游等,影响鱼类种群变化及渔业资源量。例如黄海海表水温与黄渤海带鱼渔获量年间变动呈显著负偏相关( $P < 0.01$ ),长江口北渔获量和平均网产与海水温度成显著负相关<sup>[40]</sup>。研究显示,气候变化背景下未来三十年间黄海鲈鱼资源重心北移范围达到2.5—2.7个纬度,平均向北移动速度为每年0.09°<sup>[54]</sup>,长期研究表明,黄河口水域渔获物优势种已为暖水种和暖温种<sup>[55-56]</sup>;黄海水域冷水鱼类种类数和种群密度随水温升高而减少,太平洋鲱和大头鳕资源衰退严重<sup>[57]</sup>;21世纪初与1959年相比,黄海大头鳕分布南限北移约0.5°C,达到35°N<sup>[58]</sup>。

### 3.5 生物入侵与水生态事件爆发

渤海三场一通道面临生物入侵、赤潮、绿潮及水母爆发的威胁。海洋外来物种入侵,与土著生物争夺饵料、生态位,传播疾病,与土著生物杂交导致遗传污染,降低土著生物的生存能力,导致土著生物自然群体降低,甚至濒于灭绝<sup>[59]</sup>。原产于日本北海道的虾夷马粪海胆引入我国大连附近海域后,大量取食海藻,导致海藻群落衰退,因海藻群落为海洋鱼类、贝类和其他无脊椎动物提供食物和栖息场所,进而导致整个群落遭受严重破坏<sup>[60]</sup>。压仓水带来赤潮生物,全世界4000余种海洋浮游藻中有260余种能形成赤潮,其中有70余种能产生毒素,近些年来我国频发的赤潮许多是由外来赤潮生物引起<sup>[59,61]</sup>。日本濑户内海的赤潮异弯藻,1985年在大连湾海域首次出现,成为我国主要赤潮生物之一,至2009年全国已经发生近32起的赤潮异弯藻赤潮事件,大连海域19起,该藻能产生溶血性毒素,造成鱼类的大量死亡,对我国渔业造成了巨大威胁<sup>[61]</sup>。赤潮破坏鱼类索饵场饵料基础,使索饵场发生变动,造成鱼类减产,例如,1989年渤海湾和莱州湾发生的大规模赤潮造成经济损失3亿多元<sup>[62]</sup>。渤海海域近年来的水母爆发,因水母捕食鱼类,与其竞争饵料,水母数量剧增往往伴随着渔业资源密度的下降<sup>[63]</sup>。研究发现,大型水母摄食一些鱼类的鱼卵、仔稚鱼,甚至直接摄食一些中上层鱼类,对中上层生物资源普遍具有显著不利影响<sup>[63-64]</sup>。例如,调查发现2007年5月及2008年5—6月长江口水母爆发导致对应区域渔业资源下降<sup>[65]</sup>。自2007年开始,黄海海域多次爆发浒苔绿潮,危害海洋初级生产过程,并通过食物链危及该区域渔业资源。实验数据显示,绿藻浒苔爆发,可降低浮游植物的生物量,改变其群落结构,危及海洋初级生产过程,对海洋中浮游动物的存活和繁殖构成威胁,并产生抑制贝类受精卵孵化的物质<sup>[69]</sup>。

### 3.6 河口水沙通量变化

陆地降雨和径流给沿岸海域带来了丰富的营养物质,可提高水域的生产能力,河口水沙通量的变化,影响着渤海三场一通道的生态环境和功能。黄河流域和黄渤海沿岸降雨与黄渤海带鱼渔获量年间变动呈显著正偏相关( $P < 0.02$ )即说明这一现象。黄河每年携带大量泥沙入海,为三角洲附近海域输送了大量的营养盐类,1984年4月至1985年3月,黄河输入海洋总无机氮84500t,PO<sub>4</sub>-P达1450t,可生产浮游植物量达1694万t。受气候变化和人类活动的影响,从20世纪70年代至今,黄河断流的时间和断



流的长度不断增加<sup>[40]</sup>。黄河断流以来,年均减少入海无机氮 2535t,磷酸盐 44t,减少浮游植物生产量约 50 万 t<sup>[68]</sup>。2002 年开始,黄河实施调水调沙管理措施,水调增加了利津入海水量和 3—6 月营养盐的入海通量,为浮游植物的生长繁殖提供了丰富的营养物质,鱼卵和仔鱼数量也逐年增加,河口及近海区域生物群落结构略有改善。至 2008 年,黄河利津断面入海径流量增加了 103.7 亿 m<sup>3</sup>。浮游生物和底栖动物密度逐年增加,浮游动物生物量从 2004 年的 1298mg/m<sup>3</sup> 增加至 2008 年的 74129mg/m<sup>3</sup>,底栖动物栖息密度从 2005 年的 75 个/m<sup>3</sup> 增加至 2008 年 95 个/m<sup>3</sup>,鱼卵和仔鱼的数量由 2004 年的数个/hm<sup>3</sup> 增加到 2008 年的 1.5 个/m<sup>3</sup> 和 1 尾/m<sup>3</sup>。过去几近绝迹的半舌鳎鱼、鲈鱼等再次在这一水域出现,贝类资源和鱼类资源得到恢复,2006 年刁口和利津港附近捕获大量鲈鱼、梭鱼和舌鳎等多年不见的稀有鱼类<sup>[69]</sup>。

## 4 渤海三场一通道保护和优化管理的政策建议

过度捕捞、围填海、沿海工矿开发污染等,导致目前渤海三场一通道功能退化、资源衰竭。在得到了巨大的渔、工、矿产业利益的同时,我们失去了赖以生存的可持续性的自然资源,这种价值间的取舍得失,需要我们这一代和后代共同反思。依据目前渤海三场一通道的现状与问题,本文提出以下优化管理建议:

### 4.1 围填海控制

鉴于目前渤海沿岸围填海强度的不断加大,造成三场一通道破碎化及功能退化,应从两方面入手,控制沿海围填海活动,首先应对目前已有的围填海项目进行生态评估,分析其围填前后造成的生态功能损失,为后续可持续管理提供指导,特别是目前大量围填但废弃的区域应考虑进行生态恢复;另外,应在拟建的围填海项目环境影响评价工作中,考虑三场一通道的生态连通性及其在渔业资源生活史中各阶段的不可替代性,从而避免因孤立分析而造成的片面评价结果。

### 4.2 污染控制与治理

水体污染造成三场一通道功能退化的同时,也通过食物链直接危害人类健康,因此,必须加大沿海污染排放控制的执法力度,并结合生态补偿措施,将排污企业直接纳入生态价值链中,从而提高污染排放控制的实际执行力。

### 4.3 保护和合理利用相结合

应根据各种群对渤海三场一通道利用的时空特点,基于在幼鱼主要索饵场建立幼鱼保护区的原则,健全沿海种质资源保护区;依据产卵期在主要产卵场建立禁渔区的原则,进行禁渔区时空分布的合理规划;根据种群亲体补充量平衡的原则,完善伏季休渔制度;同时需加大水生生物的增殖力度,限定上市鱼最小规格、加大上岸渔获物监督力度。从而使渤黄海的渔业资源开发转为可持续利用的状态。

### 4.4 生态恢复措施

鉴于目前三场一通道的衰退现状,应基于渔业资源生活史不同阶段温盐适应阈值,以及三场一通道不可替代性原则,划定渔业资源三场一通道恢复的关键区域,进行生态恢复试点工作,包括:围填海项目及排污设施的移出、关键物种增殖放流、基于食物网的动植物恢复工程等,从而建立可推广的生态恢复指南。

### 4.5 加强三场一通道的基础调查与科学研究

面对围填海、水体污染、过度捕捞等一系列复杂问题,以及三场一通道日益衰竭的严峻现状,应从基于科学数据的角度入手,方能借由“蛇打七寸”的效果缓解甚至扭转目前的劣势。因此,应基于解决实际问题的目的,调整科学基础调查和研究的方向,加强科学研究的实际应用作用。

### 4.6 针对生物入侵及赤潮“源头”进行监管与控制

建立外来物种及赤潮物种生活史的跟踪监测体系,确定导致其爆发的源头并进行防控,例如,对富含入侵种或生态爆发种繁殖体的沿海养殖废水,有针对性地进行严格消毒处理后排放;完善相应法律法规,将海洋动植物检疫目标由保护人体健康扩大到保护海洋生态环境,并建立外来物种风险评估体系。



#### 4.7 加强黄河水沙调控统筹管理,增加产卵季黄河口冲淡水

应当结合目前的三场一通道研究数据,加强对黄河水沙调控的统筹管理,特别是在鱼类集中产卵季节及其前期,增加黄河口的冲淡水量,进而补充产卵场的营养物质,为鱼类产卵育幼提供优良产卵场。

#### 4.8 加大渔业科学管理的宣传和科普力度

通过政府管理建立健全保护机制的同时,应提高沿海居民的科学利用渔业资源的意识。从学校、渔民、市民等多方面,推广渔业资源科学开发和利用的科普活动,从而提高消费者、生产者和下一代的责任意识,推动全民保护行动的实际落实。

致谢:感谢河北省海洋与水产科学研究院李逸群研究员、江苏省海洋水产研究所汤建华研究员、中国水产科学研究院东海水产研究所李圣法研究员、山东省海洋资源与环境研究院李凡副研究员在三场一通道研究方面提供的指导和相关资料。

#### 参考文献

- [1] 王伟,安季源. 沿岸鱼类产卵场的现状与保护[J]. 齐鲁渔业, 2007, 24(08): 58.
- [2] 吕振波,邱盛尧,王茂剑,等. 山东省近海产卵场与索饵场综合评价[R]. 山东省海洋与渔业厅, 2010.
- [3] 刘文萍. 鱼类的洄游[J]. 四川文物, 1994, S1: 53-5.
- [4] 刘静,宁平. 黄海鱼类组成、区系特征及历史变迁[J]. 生物多样性, 2011, 19(06): 764-9.
- [5] 赵传缙. 中国海洋渔业资源[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1990.
- [6] 孙中之,周军,赵振良,等. 黄渤海区捕捞结构的研究[J]. 海洋科学, 2012, 36(06): 44-53.
- [7] 邓景耀,金显仕. 渤海越冬场渔业生物资源量和群落结构的动态特征[J]. 自然资源学报, 2001, 16(01): 42-6.
- [8] 邓景耀,金显仕. 莱州湾及黄河口水域渔业生物多样性及其保护研究[J]. 动物学研究, 2000, 21(01): 76-82.
- [9] 于浩,杨秀霞,高天翔,等. 莱州湾三山岛产卵场调查与设定《资源保护区》的建议[J]. 海洋湖沼通报, 2001, 01: 71-5.
- [10] 刘蕊. 渤、黄、东海蓝点马鲛渔场分布的逐月与年间变化[D]; 青岛: 中国海洋大学, 2009.
- [11] 刘永昌. 渤海对虾洄游和分布的研究[J]. 水产学报, 1986, 10(02): 125-36.
- [12] 叶懋中,章隼. 黄渤海区鳀鱼的分布、洄游和探索方法[J]. 水产学报, 1965, 2(2): 27-34.
- [13] 徐兆礼,陈佳杰. 东、黄渤海带鱼的洄游路线[J]. 水产学报, 2015, 39(06): 824-35.
- [14] 陈佳杰,徐兆礼. 东、黄海大黄鱼种群划分与地理隔离分析[J]. 中国水产科学, 2012, 19(02): 310-20.
- [15] 刘勇,程家骅,陈学刚. 东海北部与黄海南部黄鲫群体洄游分布的初步研究[J]. 海洋水产研究, 2006, 27(03): 1-6.
- [16] 陈佳杰,徐兆礼. 东黄渤海白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)渔场空间格局的研究[J]. 自然资源学报, 2011, 26(04): 666-73.
- [17] 李秀梅. 海州湾及其邻近海域四种经济鱼类卵子大小时空变化的初步研究[D]; 青岛: 中国海洋大学, 2015.
- [18] 袁杨洋. 黄海南部春季蓝点马鲛和银鲳渔场海洋学特征与渔场分布[D]; 青岛: 中国海洋大学, 2009.
- [19] 林龙山,程家骅,姜亚洲,等. 黄海南部和东海小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)产卵场分布及其环境特征[J]. 生态学报, 2008, 28(08): 3485-94.
- [20] 孙珊,刘素美,任景玲,等. 黄海鳀鱼产卵场和越冬场营养盐分布特征[J]. 海洋科学, 2008, 32(10): 45-50.
- [21] 徐兆礼,陈佳杰. 小黄鱼洄游路线分析[J]. 中国水产科学, 2009, 16(06): 931-40.
- [22] 徐兆礼,陈佳杰. 依据大规模捕捞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): 6442-50.
- [23] 何发祥. 厄尔尼诺现象与黄、东海,对马海域马面 渔获量关系—长江口及其邻近海区 ENSO 渔场学问题之三[J]. 海洋湖沼通报, 1998, 01: 13-22.
- [24] 李雪渡. 海水温度与渔场之间的关系[J]. 海洋学报(中文版), 1982, 4(01): 103-13.
- [25] 李峤. 黄海鳀鱼的洄游分布及其与环境因子的关系[D]; 青岛: 中国海洋大学, 2006.
- [26] 袁杨洋,叶振江,刘群,等. 黄海南部春季银鲳渔场分布与温度之间的关系[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2009, 39(S1): 333-7.
- [27] 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(03): 429-37.
- [28] 李嘉泳. 金乌贼 *Sepia esculenta* Hoyle 在黄渤海的结群生殖和洄游[J]. 山东海洋学院学报, 1963, 02: 69-108.
- [29] 叶昌臣,杨威,林源. 中国对虾产业的辉煌与衰退[J]. 天津水产, 2005, 01: 9-14.
- [30] 郑元甲,洪万树,张其永. 中国主要海洋底层鱼类生物学的回顾与展望[J]. 水产学报, 2013, 37(01): 151-60.
- [31] 张秋华,程家骅,徐汉祥. 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.
- [32] 林龙山. 黄海南部和东海小黄鱼渔业生物学及其管理策略研究[D]; 青岛: 中国海洋大学, 2009.

- [33] 曾玲, 金显仕, 李富国, 等. 渤海小黄鱼生殖力及其变化[J]. 海洋科学, 2005, 29(05): 80-3.
- [34] 赵传缙, 张仁斋. 中国近海鱼卵仔鱼[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1983.
- [35] 许思思. 人为影响下渤海渔业资源的衰退机制[D]; 北京: 中国科学院研究生院(海洋研究所), 2011.
- [36] 许思思, 宋金明, 段丽琴, 等. 渤海主要渔业资源结构的演变分析[J]. 海洋科学, 2010, 34(06): 59-65.
- [37] 周军, 许玉甫. 弓子网对渤海越冬场渔业资源的影响[J]. 中国水产, 2012, 09: 74-6.
- [38] 张国政. 黄海小黄鱼种群特征及其影响因素研究[D]; 青岛: 中国海洋大学, 2010.
- [39] 徐开达, 刘子藩. 东海区大黄鱼渔业资源及资源衰退原因分析[J]. 大连水产学院学报, 2007, 22(05): 392-6.
- [40] 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(06): 1043-50.
- [41] 侯西勇, 侯婉, 毋亭. 20世纪40年代初以来中国大陆沿海主要海湾形态变化[J]. 地理学报, 2016, 71(01): 118-29.
- [42] 侯西勇, 毋亭, 侯婉, 等. 20世纪40年代初以来中国大陆海岸线变化特征[J]. 中国科学: 地球科学, 2016, 46(08): 1065-75.
- [43] 闫秋双. 1973年以来苏沪大陆海岸线变迁时空分析[D]; 青岛: 国家海洋局第一海洋研究所, 2014.
- [44] 穆雪男. 天津滨海新区围填海演进过程与岸线、湿地变化关系研究[D]; 天津: 天津大学, 2014.
- [45] 金显仕, 窦硕增, 单秀娟, 等. 我国近海渔业资源可持续产出基础研究的热点问题[J]. 渔业科学进展, 2015, 36(01): 124-31.
- [46] 孙本晓. 黄渤海蓝点马鲛资源现状及其保护[D]; 北京: 中国农业科学院, 2009.
- [47] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[R]. 2002-2015.
- [48] 李宝华, 孙广明, 孙晓旺, 等. 1999~2002年渤海湾(天津、河北)海区鱼、虾、贝产卵场产卵季节水质、资源状况现状分析[J]. 天津水产, 2003, 04: 23-7.
- [49] 李宝华, 张素青, 王秀芹, 等. 2004-2009年渤海湾(天津区域)鱼虾贝产卵场水质环境综合评价[J]. 水产科学, 2010, 29(11): 661-5.
- [50] 武浩, 夏芸, 许映军, 等. 2004年以来中国渤海海冰灾害时空特征分析[J]. 自然灾害学报, 2016, 25(05): 81-7.
- [51] 张绪良, 谷东起, 陈东景. 2005/2006年度莱州湾东部的海冰灾害及其影响[J]. 海洋湖沼通报, 2009, 02: 131-6.
- [52] 王晓杰, 宋佳坤, 范纯新, 等. 海洋酸化对鱼类感觉和行为影响的研究进展[J]. 生态毒理学报, 2015, 10(06): 13-20.
- [53] 刘洪军, 张振东, 官曙光, 等. 海洋酸化效应对海水鱼类的综合影响评述[J]. 生态学报, 2012, 32(10): 3233-9.
- [54] 陈云龙. 黄海鲷鱼种群特征的年际变化及越冬群体的气候变化情景分析[D]; 青岛: 中国海洋大学, 2014.
- [55] SHAN X J, SUN P F, JIN X S, 等. Long-Term Changes in Fish Assemblage Structure in the Yellow River Estuary Ecosystem, China[J]. Marine and Coastal Fisheries, 2013, 5(1): 65-78.
- [56] 盖世民, 徐启春, 许乃猷. 黄河三角洲近四十年的气候变化特征[J]. 海洋湖沼通报, 1998, 02: 1-5.
- [57] 刘瑞玉. 中国海物种多样性研究进展[J]. 生物多样性, 2011, 19(6): 614-26.
- [58] 李忠炉, 金显仕, 张波, 等. 黄海大头鳕(*Gadus macrocephalus*)种群特征的年际变化[J]. 海洋与湖沼, 2012, 43(5): 924-31.
- [59] 赵淑江, 朱爱意, 张晓举. 我国的海洋外来物种及其管理[J]. 海洋开发与管理, 2005, 03: 58-66.
- [60] 梁玉波, 王斌. 中国外来海洋生物及其影响[J]. 生物多样性, 2001, 9(04): 458-65.
- [61] 姜冰, 宋伦, 时明明, 等. 辽宁近海外来赤潮海洋微藻入侵现状[J]. 水产科学, 2015, 34(12): 795-800.
- [62] 王婷, 宋亮, 赵文. 赤潮及其对渔业经济的影响[J]. 中国渔业经济, 2005, 06: 41-4.
- [63] 江红, 程和琴, 徐海根, 等. 大型水母爆发对东海生态系统中上层能量平衡的影响[J]. 海洋环境科学, 2010, 29(01): 91-5.
- [64] PURCELL J E, UYE S, LO W T. Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: A review [J]. Marine Ecology Progress Series, 2007, 350: 153-174.
- [65] 单秀娟, 庄志猛, 金显仕, 等. 长江口及其邻近水域大型水母资源量动态变化对渔业资源结构的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(12): 3321-8.
- [66] 张雪, 栾青杉, 孙坚强, 等. 绿藻浒苔对浮游植物群落结构影响研究[J]. 海洋科学, 2013, 37(06): 24-31.
- [67] 王超. 浒苔(*Ulva prolifera*)绿潮危害效应与机制的基础研究[D]; 北京: 中国科学院研究生院(海洋研究所), 2010.
- [68] 高振会, 杨建强, 崔文林. 黄河入海径流量减少对河口海洋生态环境的影响及对策[M]. 武汉: 中国环境资源法学研讨会, 2003: 307-9.
- [69] 韩艳利, 王新功, 葛雷. 黄河水量10年调度对生态环境影响评估[J]. 水资源保护, 2013, 29(02): 76-81.

## Status, Problems and Optimized Management of Spawning, Feeding, Overwintering Grounds and Migration Route of Marine Fishery Resources in Bohai Sea and Yellow Sea

LI Xiaowei<sup>1,2</sup>, ZHAO Jianmin<sup>1,2</sup>, LIU Hui<sup>1,2</sup>, ZHANG Hua<sup>1,2</sup>, and HOU Xiyong<sup>1,2</sup>

- (1. Yantai Institute of Coastal Zone Research (YIC), Chinese Academy of Sciences (CAS), Yantai Shandong 264003, China;
2. Key Laboratory of Coastal Environmental Processes and Ecological Remediation and Shandong Provincial Key Laboratory of Coastal Environmental Processes, YIC, CAS, Yantai Shandong 264003, China)

**Abstract:** For most marine organisms, spawning, feeding and overwintering grounds and migration route are important links and habitats in their life cycle for maintaining the population structure and size. The spawning, feeding, overwintering grounds, and migration route in the Bohai Sea and Yellow Sea, important fishery habitats, are facing functional decline and resource depletion in recent years due to extensive reclamation, marine environmental pollution, overfishing, economic development and climate change. In this paper, based on the literatures available, we focused on the spawning, feeding and overwintering grounds and migration route in Bohai Sea and Yellow Sea and summarized their status, changes, problems as well as the causes of these problems. For sustainable management, we suggested to control the reclamation in the perspective of ecological function protection, control pollution by eco-compensation, increase freshwater in Yellow River Delta in the spawning season and ecologically restoring the key areas.

**Key words:** Bohai Sea; Yellow Sea; Spawning ground; Feeding ground; Overwintering ground; Migration route