

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2012.01043

捕捞压力和气候因素对黄渤海带鱼渔获量变化的影响

王跃中^{1,2}, 孙典荣¹, 林昭进¹, 王雪辉¹, 贾晓平¹

1. 中国水产科学研究院 南海水产研究所, 农业部南海渔业资源环境科学观测实验站, 广东 广州 510300;
2. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306

摘要: 渔获量的变化不仅受捕捞作用的影响, 还与气候变动有关。本研究采用 1956–2006 年黄渤海带鱼渔获量数据, 分析带鱼渔获量变动对捕捞压力和气候因素的响应。带鱼渔获量可分解成变化趋势和年间变动。变化趋势主要由捕捞压力的增加而引起, Fox 模型的拟合结果表明, 带鱼渔获量与捕捞努力量的回归关系显著($P < 0.01$)。移除渔获量的年际变化趋势后, 渔获量变动与黄海冬季季风、东海夏季季风、黄河流域和黄渤海沿岸降水呈显著的正偏相关($P < 0.02$), 与黄海海表温度、黄海夏季季风、渤海夏季及冬季季风呈显著的负偏相关($P < 0.05$)。这种相关关系表明, 气候因素影响到黄渤海带鱼渔获量的年间变动。陆地降水和径流给黄渤海海域输入了丰富的营养盐; 而季风则控制着营养盐的流动及分布, 从而影响海域的初级生产力; 水温的变化会直接影响鱼类的生长、摄食、产卵及洄游等, 影响鱼类种群的变化。黄渤海带鱼渔获量可以用捕捞努力量和气候因素加以拟合($P < 0.01$), 说明气候因素对黄渤海带鱼渔获量有显著的影响。另外, 作者认为在全球增暖的背景下, 未来黄渤海带鱼渔获量可能会减少, 且渔获量的年间波动幅度可能增大。

关键词: 带鱼渔获量; 捕捞效应; 气候因素; 黄海; 渤海

中图分类号: S937.3

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2012)06-1043-08

带鱼(*Trichiurus japonicus*)是中国最重要的经济鱼类, 广泛分布于各海区, 主要有两个种群, 分别为东海种群和黄渤海种群, 此外在南海北部和福建沿海还有一些地方性群体^[1]。黄渤海带鱼在 20 世纪 60 年代前期, 成为黄渤海区的重要捕捞对象; 到 60 年代中期, 渔获量开始大幅度减少, 之后黄渤海带鱼资源一直呈枯竭状态。进入 20 世纪 80 年代, 带鱼资源有所好转; 90 年代后, 黄渤海带鱼渔获量开始逐年增加, 2006 年达 22.5×10^4 t, 创历史新高^[2-3]。根据传统渔业理论, 不能很好地用捕捞效应来解释 50 多年来的黄渤海带鱼渔获量的变动规律, 因此有必要从海洋生态系统动力学的角度出发, 结合气候环境的影响和作用来解释黄渤海带鱼渔获量的变动规律^[4]。

最近几十年来, 气候因素对渔业的影响已不断引起国内外的专家和学者重视。人类行为引发的全球性捕捞过渡、水体富营养化、气候温暖化等对世界渔业产生极大的影响, 而捕捞过度使鱼群抵御环境变化的能力降低, 并直接破坏渔业资源, 从而放大全球气候变化对海洋渔业的影响^[5]。FAO 认为气候变化已经改变了海洋物种的分布, 气候变化还影响生物过程的季节性, 改变海洋食物网, 给渔业生产造成无法预测的后果, 目前迫切需要帮助以渔业为生的社区和群体, 加强其适应气候变化的能力^[6]。Chang 等^[7]研究指出, 降雨、水温及气压等气候环境的变化, 明显影响到韩国近岸海域的海洋生态系统及渔业资源量: 1976 年的气候变化一方面导致了秋刀鱼的生物量和产量

收稿日期: 2011-10-07; 修订日期: 2012-01-04.

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国水产科学研究院南海水产研究所)资助项目(2010YD01).

作者简介: 王跃中(1966-), 男, 助理研究员, 博士研究生, 主要从事海洋渔业资源调查评估.

通信作者: 贾晓平, 研究员. E-mail: wuhu30@sohu.com

锐减,另一方面却增加了沙丁鱼等种类的生物量和产量;1988 年的气候变化,造成沙丁鱼等种类的生物量和产量剧减,而鲐等种类的生物量和产量却开始增加。Qiu 等^[8]对 1984 年之前的东海总渔获量变化进行了分析,结果表明,渔获量的变化趋势与捕捞能力的增长有关,而移除趋势后的渔获量年间变动与降雨和季风变化具有相关性。黄渤海位于温带,沿海大陆架和所属经济区范围广阔,具有许多优良渔场,渔场和渔汛直接受季风、海流和海温等影响,气候变化又影响季风、海流和海温,因而渔业生产对气候变化的反映较为敏感^[4]。

1956–2006 年间,黄渤海捕捞努力量呈持续增长状态,根据传统的渔业资源评估理论,黄渤海带鱼渔获量的变动相应呈曲线变化趋势。在移除捕捞效应所产生的变化趋势后,渔获量的年间变动还和气候因素相关。本研究利用《中国渔业统计年鉴》等资料,分析捕捞压力和气候因素对黄渤海带鱼渔业产量的影响,还就未来气候变化对黄渤海带鱼渔获量可能产生的影响进行了推测。

有关气候变化对主要捕捞种类渔获量的长期影响研究目前在国内甚少,与一般所认为渔获量主要由捕捞作用来决定的不同,渔获量变化还受气候因素的影响。这意味着,捕捞作用不可高估,渔业管理需要更好地评估渔业的气候影响效果,认识气候变动机制和作用及其调节鱼类种群变化将有助于实施我国渔业可持续发展战略。

1 数据和方法

1.1 渔业统计资料

渔业统计数据来自《中国渔业统计年鉴》,含 1956–2006 年间山东省、河北省、辽宁省和天津市的带鱼年渔获量以及捕捞努力量等资料^[2–3]。因没有黄渤海区相应渔场和各海域的渔获数据,且考虑到数据的可靠性和连续性,将上述三省一市的带鱼渔获量和捕捞努力量统计数据作为黄渤海区的渔业数据进行分析和计算。其中,捕捞努力量包括机动渔船功率和非机动渔船功率,非机动

渔船功率是依据其 CPUE 和相同年份的机动渔船 CPUE 的比例换算出来的。

1.2 气候资料

由于缺少黄渤海沿岸主要河流入海径流量的数据,因此,用黄河流域和黄渤海沿岸的年降雨量来代替。陆地降水是基于 Global Precipitation Climatology Center (GPCC) V4 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 的网格化数据,选择黄河流域和黄渤海沿岸地区,从 Climate Explorer (<http://climexp.knmi.nl>) 网站下载。

季风和海表温度资料来自每月的 $2^{\circ}\times 2^{\circ}$ COADS(Comprehensive Ocean-Atmospheric Data Set)海面风速和海表水温序列数据,主要选择渤海海域(117°E – 121°E , 37°N – 40°N)、黄海海域(121°E – 125°E , 33°N – 39°N)和东海海域(117°E – 131°E , 23°N – 33°N),从 Climate Explorer 网站下载相应的数据。海面风速,主要有两个季节的季风:每年的 6–8 月的平均风速代表夏季季风,10 月至次年 3 月的平均风速代表冬季季风。从获取的季风和海表水温数据来看,明显存在上升趋势,上升趋势主要是因为观测技术和方法改进所至^[9–10]。因此,在与带鱼渔获量变动的分析过程中,季风和海表水温的上升趋势都将被除去。

降雨、季风和海表水温系列数据均经过 Z-score 标准化进行无量纲化处理,K-S 检验(Kolmogorov-Smirnov test)显著性水平均大于 0.05。因此,认为气候数据均符合正态性,可直接与带鱼渔获量数据进行相关性计算和回归性分析。

1.3 研究方法

1956–2006 年的黄渤海带鱼渔获量存在着变化趋势,按照传统的渔业资源评估理论,带鱼渔获量的变化趋势是由于黄渤海捕捞能力不断增长所引起,其变化趋势可根据 Fox 模型用 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 统计分析软件进行拟合^[11]。

移除捕捞效应所引起的渔获量变化趋势后,其年间变动与降雨、季风和海表温度等气候因素相关。对渔获量年间变动与降雨、季风和海表温度等气候变量进行回归分析,回归分析中各气候

变量的偏相关系数用来说明其对渔获量年间变动的影 响程度。尽管在黄渤海捕获的带鱼超过 3 龄 以上的不多,但是仍然对气候变量后 0~5 年的带 鱼渔获量进行检验和分析,这种分析主要是考虑到 气候变化对渔业的长期影响:气候变化控制着 海域中营养盐的输入和输出,而营养盐的变化又 影响到海域的初级生产力,再通过食物链的关系 最终影响到带鱼的饵料供应。饵料供应影响到带 鱼的存活、生长和发育等,影响到带鱼的整个生 命过程,不仅如此,饵料供应还会影响到带鱼的 亲体数量,亲体数量的变化又会影响到下一世代 的带鱼补充数量^[8]。

2 结果与分析

2.1 黄渤海带鱼渔获量与捕捞努力量关系

历年来的黄渤海带鱼产量和渔船功率变化见 图 1。从黄渤海带鱼的年渔获量变化可以看出, 1956—1968 年渔获量呈波动下降状态,1968 年渔 获量仅为 0.5×10^4 t;1969—1984 年间,渔获量呈波 动增长状态;1985—1993 年间渔获量又呈下降态 势;1993 年以后,随着黄渤海的捕捞渔船功率进 一步增长,带鱼年渔获量也不断上升,2006 年黄 渤海带鱼渔获量达 22.5×10^4 t,创历史最高。用 SPSS 软件对渔获量和捕捞努力量进行 Fox 模型 拟合,拟合结果显示,黄渤海带鱼渔获量与捕捞 努力量的 Fox 模型回归系数达 0.85,统计检验的 相伴概率 $P < 0.01$,说明黄渤海带鱼渔获量与捕捞 努力量关系显著。

2.2 渔获量年间变动与各气候变量的关系

由捕捞效应所引起的黄渤海带鱼渔获量变化 趋势可以通过 Fox 模型来移除,移除变化趋势之 后的渔获量年间变动(残差)见图 2。

对渔获量年间变动与各气候变量进行多元线 形回归分析,气候变量含黄河流域和黄渤海沿岸 降雨,黄海海表温度,黄海、渤海和东海的冬季和 夏季季风(图 3),对气候变量后 0~5 年的渔获量 年间变动进行了分析。回归模型中仅包括具有显 著性偏相关 ($P < 0.05$)和共线性分析容差 > 0.54 的 气候变量,并且回归模型具有 $P < 0.01$ 的显著性

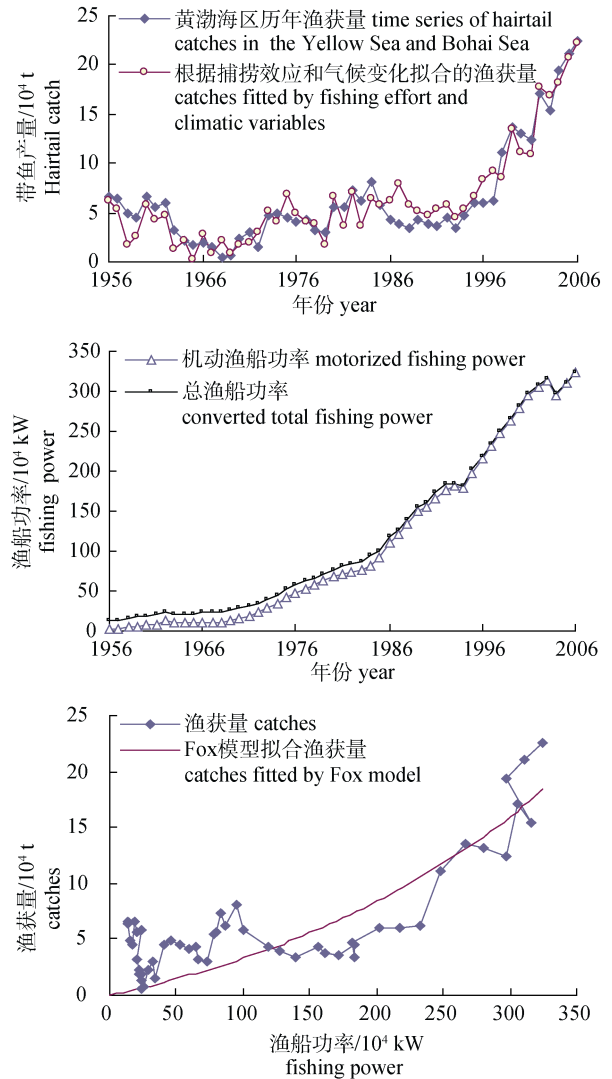


图 1 1956—2006 年的黄渤海带鱼渔获量和捕捞努力量
Fig. 1 Hairtail catches and fishing effort in the Yellow Sea and Bohai Sea from 1956 to 2006

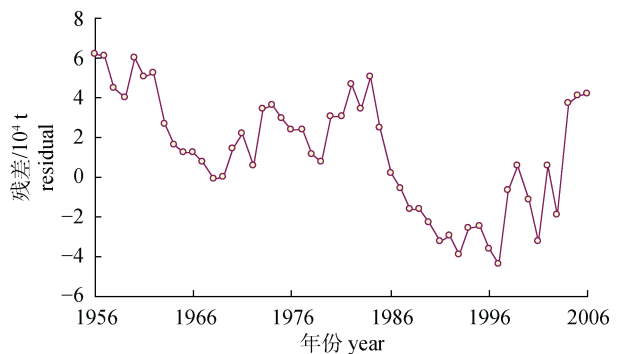


图 2 黄渤海带鱼渔获量的年间变动

Fig. 2 Residual variations of hairtail catches in the Yellow Sea and Bohai Sea

水平。表 1 列出回归模型中各气候变量的偏相关 系数,回归分析结果表明,黄渤海带鱼渔获量年

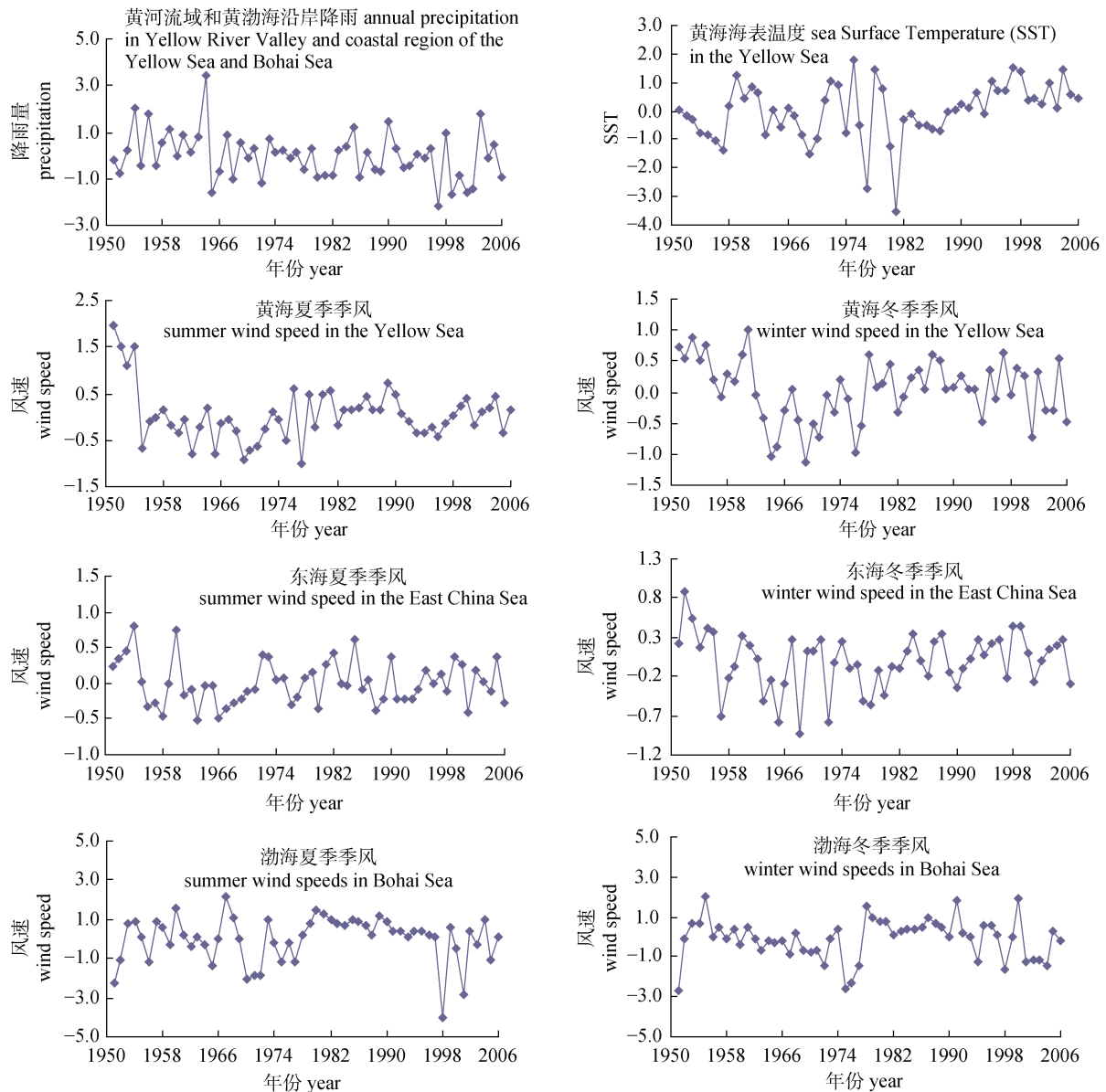


图 3 1951-2006 年气候变量的年间变化

Fig. 3 Interannual variations of the climatic variables from 1951 to 2006

表 1 带鱼渔获量年间变动与气候变量多元线性回归方程中的偏相关分析

Tab. 1 Partial correlations between variations of hairtail catches and the climatic variables in multivariate linear regression equation

气候变量 climatic variable	偏相关系数 (时滞/a) partial correlation coefficient (time lag)	P
渤海冬季季风 winter wind speeds in Bohai Sea	-0.51(1)	0.00
渤海夏季季风 summer wind speeds in Bohai Sea	-0.47(4); -0.42(5)	0.01
东海夏季季风 summer wind speed in the East China Sea	0.45(0); 0.49(2)	0.00
黄海水表温度 sea surface temperature in the Yellow Sea	-0.60(1); -0.64(3)	0.00
黄海冬季季风 winter wind speed in the Yellow Sea	0.57(1)	0.00
黄海夏季季风 summer wind speed in the Yellow Sea	-0.32(3)	0.04
黄河流域和黄渤海沿岸降雨 annual precipitation in Yellow River Valley and coastal region of the Yellow Sea and Bohai Sea	0.52(1); 0.47(2); 0.38(3)	0.01

间变动与黄海冬季季风、东海夏季季风、黄河流域和黄渤海沿岸降雨呈显著的正偏相关, 与黄海海表温度、黄海夏季季风、渤海夏季及冬季季风呈显著的负偏相关。

2.3 黄渤海带鱼渔获量拟合结果

黄渤海带鱼渔获量包含变化趋势和年间变动, 变化趋势主要由捕捞效应所引起, 而年间变动则由气候变化影响所致。运用 SPSS 软件, 根据捕捞努力量和气候变量来对黄渤海带鱼渔获量进行拟合, 拟合结果显示, 拟合的渔获量与黄渤海带鱼渔获量之间的回归系数为 0.95, 其置信水平达到 99% 以上(图 1)。

3 讨论

3.1 捕捞作用对黄渤海带鱼资源的影响

黄渤海渔业资源开发最早, 曾经是中国最重要的渔场, 1950 年的海洋捕捞产量占中国大陆地区海洋捕捞总产量的 56%^[12]。1956–1968 年间, 黄渤海捕捞努力量从 13.0×10^4 kW 上升到 23.0×10^4 kW, 期间带鱼渔获量呈波动下降趋势, 到 1968 年, 带鱼资源已呈枯竭状态; 1969–1984 年间, 捕捞努力量从 25.1×10^4 kW 增至 94.4×10^4 kW, 期间渔获量呈波动增长状态, 渔获量增长一方面与捕捞努力量增长及捕捞技术的改进有关, 另一方面可能与带鱼资源的逐步恢复有关; 1985–1993 年间, 捕捞努力量从 99.9×10^4 kW 增长至 183.9×10^4 kW, 期间渔获量又呈下降态势, 说明带鱼资源再一次因捕捞过度而衰退; 1993 年之后, 捕捞能力快速增长, 至 2006 年捕捞努力量增至 324.3×10^4 kW, 期间渔获量也大幅增长, 2006 年黄渤海带鱼渔获量达 22.5×10^4 t。

据估算, 黄渤海捕捞渔业的最适捕捞能力为 76.4×10^4 kW^[12], 从该估算的结果与黄渤海区捕捞渔船总功率来看, 现有的捕捞能力大大超过渔业资源的承受能力。事实上从 20 世纪 60 年代以来, 黄渤海区的带鱼资源总体上就已处在捕捞过度的状态^[13]。80 年代中期以来, 随着捕捞强度的急剧增加, 捕捞过度的状况进一步加剧, 过度捕捞虽然没有造成产量的减少, 但是渔获质量和捕

捞效益均已明显下降^[12–14]。

3.2 气候对黄渤海带鱼资源的影响

黄渤海是一个具有半封闭海湾的开阔陆架边缘海。黄渤海沿岸江河纵横, 入海河流众多。黄渤海海域还常年受到季风和气温等气候变化的影响。气候变化改变了海洋鱼类的生存环境, 直接或间接地对渔业产生影响。

3.2.1 黄河流域和黄渤海沿岸降雨 陆地降雨和径流给沿岸海域带来了丰富的营养物质, 径流所携带的营养物质成为河口和近岸海域浮游植物生长所需营养盐的重要来源, 可提高水域的生产能力^[15]。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($P < 0.02$), 说明黄河流域和黄渤海沿岸降雨对黄渤海海域的带鱼资源存在着显著影响。由于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, 是渤海的高生产力水域, 据估算, 1984 年 4 月至 1985 年 3 月间, 黄河输送入海洋中的总无机氮有 84 500 t, $\text{PO}_4\text{-P}$ 达 1 450 t, 可生产的浮游植物量达 1 694 万 t^[16]。陆源的风化矿物微尘、大气中的气溶胶、经光化反应与水蒸气结合成硝酸盐的 NH_3 和 NO_x 可随降雨和径流进入海洋, 成为黄渤海营养盐输入的来源之一^[17]。刘子藩等^[18]研究东海带鱼补充群体数量时发现, 长江径流量的增加不仅给渔场带来更多的营养物质, 而且还扩大渔场范围, 降低海水盐度, 促进低盐浮游植物的生长, 提高海域的初级生产力, 有利于东海带鱼补充群体数量的增加。

3.2.2 季风影响 黄渤海受季风影响, 每年的 6 至 8 月盛行偏南风, 10 月至翌年 3 月盛行偏北风。季风主要驱动海洋中营养盐的扩散和循环, 从而影响着营养盐的利用效率, 并对海域的初级生产力产生影响^[17, 19]。

渤海冬季季风和夏季季风与黄渤海带鱼渔获量年间变动呈负偏相关($P < 0.02$), 此负面影响应与渤海海域营养盐的流失有关。无论是冬季, 还是夏季, 风生环流都驱使渤海水沿渤海海峡南部流出, 渤海水沿渤海海峡南部流出的同时, 贫营养的外海水则从渤海海峡中部流入^[20]。苏纪兰等

认为,渤海初级生产力变化与渤海风速有关,渤海初级生产力随风速增强而显著下降,由于初级生产力来自对叶绿素 a 的测量,初级生产力下降则说明贫营养的外海水替代了富营养的近岸水,使渤海营养盐流失。尽管营养盐流失不能完全证实,但却显示渤海初级生产力随季风环流增强而下降^[21]。

黄海冬季季风与黄渤海带鱼渔获量年间变动呈正偏相关($P<0.01$),这主要与季风驱动的环境对营养盐的输送及所形成的海洋锋面有关。在黄海,黄海沿岸流与黄海暖流构成一气旋式环流,通常称为黄海环流。冬季在强大的东北季风作用下,南下的黄海沿岸流势力增强,并与由济州西南方进入南黄海的黄海暖流相遇,汇入南黄海环流之中,并形成复杂的海洋锋面^[22]。由于黄海沿岸流携带大量的营养盐,且又有海洋锋面的存在,而海洋锋面对初级生产力有重要影响,其浮游植物生物量和生产力都比邻近海区高。

黄海夏季季风与黄渤海带鱼渔获量年间变动呈负偏相关($P<0.05$),此负面效应可能与沿岸水团的扩展有关。夏季沿山东半岛南侧和江苏省外侧的黄海近岸区域存在着一支北向海流,且该海流的变化主要受局地风场控制,流速与夏季风速的大小关系密切^[23]。该北向海流的存在,减弱了南下的黄渤海沿岸流,使得富含营养盐的沿岸水向外海扩展缓慢。

东海夏季季风与黄渤海带鱼渔获量年间变动呈正偏相关($P<0.01$),说明东海夏季季风成为影响黄渤海渔获量变动的因素之一。东海夏季季风驱使东海沿岸流与长江、钱塘江流出来的淡水汇合,形成一支势力较强的冲淡水,自长江口外向东北方向流动,洪水期间冲淡水水舌可延伸至济州岛附近,给黄海中南部海域输入丰富的营养盐^[24]。

3.2.3 水温 水温的变化会直接影响鱼类的生长、摄食、产卵及洄游等,影响鱼类种群的变化,并最终影响到渔业资源的数量、质量及其开发利用^[25]。黄海水表水温与黄渤海带鱼渔获量年间变动呈显著负偏相关($P<0.01$),说明水温对带鱼渔

获量有重要影响。张甲坤等^[26]研究长江口北(32° – 36° N)渔获时指出,长江口北渔获量和平均网产与海水温度成显著负相关,说明温度对研究区鱼类资源有重要影响。长江口北气候主要属南黄海温带气候,表层水团夏、秋季主要为黄海水团,冬春季为黄海内水团和外水团。黄海鱼类资源的形成发展和黄海暖流关系密切,在北半球由于海流左侧上升流较强,相应地生物量和鱼类资源量也较高,但是同期黄海暖流左侧也即向中国大陆一侧的海温逐渐降低,使得在特定的温度范围内海温较低的海区渔获量高^[27]。刘允芬^[4]利用引进的 FISH BIOENERGETICS MODEL 2 对黄渤海带鱼的生长进行了动态模拟,模拟结果显示水温升高可造成黄渤海带鱼产量和渔获量都将有不同程度的降低。

3.3 黄渤海带鱼渔获量的趋势分析

全球气候变化对渔业资源的影响不可忽略,气候变化是世界渔业资源产量和分布变化的重要原因之一^[28]。黄渤海带鱼渔获量可以用捕捞努力量和气候因素加以拟合($R=0.95$, $P<0.01$),并且拟合的渔获量能够较好地体现出黄渤海带鱼渔获量的变化趋势和年间变动,说明气候因素对黄渤海带鱼渔获量有显著的影响。

全球增暖背景下北半球半干旱区存在干化现象^[29]。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^[30]。说明受气候变化和人类活动的影响,未来黄河流域和黄渤海沿岸降雨将会减少,另外黄海水温也将因全球气候变暖而升高^[31],而这些气候变化都不利于黄渤海带鱼渔获量的增加。IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)报告指出,近 50 年来,在气候变暖的背景下,极端天气事件发生的频率和强度明显增强,并预测今后极端天气事件发生的数量及影响程度将会更大^[32]。极端天气事件增多的结果会引起气候变动的加剧,最终会导致黄渤海带鱼资源数量和渔获量的波动幅度增大。根据以上分析,未来气候的变化将导致黄渤海带鱼渔获量的减少,并且带鱼渔获量的年际波动幅度可能比过去更大。

4 结论

1956–2006 年的黄渤海带鱼渔获量可划分成变化趋势和年间变动。变化趋势主要由捕捞压力的增加而引起, Fox 模型的拟合结果表明, 黄渤海带鱼渔获量与捕捞努力量的关系显著($P < 0.01$)。移除渔获量变化趋势后, 渔获量年间变动与黄海冬季季风、东海夏季季风、黄河流域和黄渤海沿岸降雨呈显著正偏相关($P < 0.02$), 与黄海海表温度、黄海夏季季风、渤海夏季及冬季季风呈显著负偏相关($P < 0.05$)。这种相关表明, 气候因素影响到黄渤海带鱼渔获量的年间变动。陆地降雨和径流给黄渤海海域输入了丰富的营养盐; 而季风则控制着营养盐的流动及分布, 从而影响海域的初级生产力; 水温的变化会直接影响鱼类的生长、摄食、产卵及洄游等, 影响鱼类种群的变化, 并最终影响到水域中渔业资源数量的变动。

结合捕捞和气候因素, 对黄渤海带鱼渔获量进行了拟合, 拟合结果与实际渔获量显著相关($P < 0.01$), 并且渔获量变化趋势及年间变动也能够较好地体现出来, 说明气候因素对黄渤海带鱼渔获量有显著的影响。另外, 根据全球增暖背景下的气候变化, 推测未来黄渤海带鱼的渔业产量可能会减少, 且渔获量的年间波动幅度可能增大。

参考文献:

- [1] 邓景耀, 赵传纲. 海洋渔业生物学 [M]. 北京: 农业出版社, 1991: 111–119.
- [2] 农业部水产司. 中国渔业统计四十年 [M]. 北京: 海洋出版社, 1991: 7–185.
- [3] 农业部渔业局. 中国渔业统计年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1979–2006: 10–80.
- [4] 刘允芬. 气候变化对我国沿海渔业生产影响的评价 [J]. 中国农业气象, 2000, 21 (4): 1–5.
- [5] 黄长江, 董巧香, 林俊达. 全球变化对海洋渔业的影响及对策 [J]. 台湾海峡, 1999, 18 (4): 481–484.
- [6] FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2010[R]. Rome, FAO. 2010, 115–117.
- [7] Chang I Z, Jae B L, Suam K, et al. Climatic regime shifts and their impacts on marine ecosystem and fisheries resources in Korean waters[J]. Prog Oceanogr, 2000, 47: 171–190.
- [8] Qiu Y S, Wang Y Z, Chen Z Z. Runoff- and monsoon-driven variability of fish production in East China Seas [J]. Estuar Coastal Shelf Sci, 2008, 77: 23–34.
- [9] Cardone V J, Greenwood J G, Cane M A. On trends in historical marine wind data [J]. J Clim, 1990, 3: 113–127.
- [10] Kent E C, Taylor P K. Toward estimating climatic trends in SST. Part I: methods of measurement [J]. J Atmos Ocean Technol, 2006, 23: 464–473.
- [11] 詹秉义. 渔业资源资源评估 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 176–178.
- [12] 王建文, 张洪涛, 张合成, 等. 我国专属经济区和大陆架勘测专项综合报告 [R]. 北京: 海洋出版社, 2002: 393–406.
- [13] 林景祺. 海洋渔业资源导论 [M]. 北京: 海洋出版社, 1996: 37–38.
- [14] 林景祺. 带鱼 [M]. 北京: 农业出版社, 1985: 66–73.
- [15] 陈渊泉, 邵泽民, 顾新根, 等. 三峡工程对河口及邻近海区渔业影响的初步看法 [J]. 海洋渔业, 1986, 6: 268–270.
- [16] 田家怡, 王民. 黄河断流对三角洲附近海域生态环境影响的研究 [J]. 海洋环境科学, 1997, 16(3): 59–63.
- [17] 唐启升, 苏纪兰. 中国海洋生态系统动力学研究: I 关键科学问题与研究发展战略 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 110–174.
- [18] 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, 23 (1): 14–18.
- [19] 阎俊岳, 陈乾金, 张秀芝, 等. 中国近海气候[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 281–295.
- [20] Lin C L, Su J L, Xu B R, et al. Long-term variations of temperature and salinity of Bohai Sea and their influence on its ecosystem [J]. Prog Oceanogr, 2001, 49: 7–19.
- [21] 苏纪兰, 唐启升. 中国海洋生态系统动力学研究: II 渤海生态系统动力学过程 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 39–205.
- [22] Lie H J, Cho C H, Lee J H, et al. Does the Yellow Sea Warm Current really exist as a persistent mean flow? [J] J Geophys Res, 2001, 106 (C10): 22199–22210.
- [23] 刘志亮, 胡敦欣. 黄海夏季近岸海区环流的初步分析及其与风速的关系[J]. 海洋学报, 2009, 31 (2): 1–6.
- [24] 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: 26–33.
- [25] 陈新军. 渔业资源与渔场学[M]. 北京: 海洋出版社, 2004: 116–122.
- [26] 张甲坤, 苏奋振, 杜云艳. 东海区中上层鱼类资源与海表

- 温度关系[J]. 资源科学, 2004, 26(5): 147-151.
- [27] 青山恒雄. 底层鱼类资源 [M]. 北京: 农业出版社, 1980: 16-37.
- [28] 方海, 张衡, 刘峰, 等. 气候变化对世界主要渔业资源波动影响的研究进展 [J]. 海洋渔业. 2008, 30(4): 363-369.
- [29] Dai A G, Trenberth K T, Qian T T .A global dataset of Palmer drought severity index for 1870 - 2002 :relationship with soil moisture and effects of surface warming [J] .J Hydrom, 2004, 5: 1117-1130.
- [30] 马柱国. 黄河径流量的历史演变规律及成因[J]. 地球物理学报, 2005, 48(6): 1270-1275.
- [31] 丁一汇, 任国玉, 石广玉, 等. 气候变化国家评估报告(I) : 中国气候变化的历史和未来趋势[J]. 气候变化研究进展. 2006, 2(1): 3-8.
- [32] IPCC. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007[R]. Switzerland: Geneva, 2007: 104.

Analysis on responses of hairtail catches to fishing and climate factors in the Yellow Sea and Bohai Sea, China

WANG Yuezhong^{1,2}, SUN Dianrong¹, LIN Zhaojin¹, WANG Xuehui¹, JIA Xiaoping¹

1. Scientific Observing and Experimental Station of South China Sea Fishery Resources & Environments, Ministry of Agriculture; South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;
2. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: Changes in fish harvest are not only impacted by fishing, but also influenced by climate variability. Based on data of hairtail catches between 1956 and 2006 in the Yellow Sea and Bohai Sea, China, the responses of catches to fishing and climate factors were analyzed. The catch time series can be compartmentalized into an inter-annual trend and variations. The inter-annual trend was mainly attributed to growth in fishing efforts. This was suggested by highly significant regression of hairtail catches to fishing effort fitted by the Fox model ($P < 0.01$). After the catch trend was removed, there were positive partial correlations ($P < 0.02$) of the residual variations in catches to winter wind speed in the Yellow Sea, summer wind speed in the East China Sea, and annual precipitation in Yellow River Valley and the coastal region of the Yellow Sea and Bohai Sea, whereas the partial correlations to sea surface temperature and summer wind speed in the Yellow Sea, as well as summer and winter wind speeds in the Bohai Sea were negative ($P < 0.05$). The linkage suggests that the climate factors govern the hairtail catch variations. It was inferred that runoff input nutrients to the Yellow Sea and Bohai Sea, while monsoons controlled the transport and distribution of the nutrients, and these processes can have impacts on the primary productivity. Changes in water temperature could also directly affect the growth, feeding, spawning, and migration of the fish, and thus, influence the fish population size. The hairtail catch time series can be jointly fitted by fishing effort and climatic factors ($P < 0.01$), suggesting that, in addition to fishing, climate factors can significantly influence the hairtail catches. In the context of global warming, it was projected that the future climate changes would lead to reduction in hairtail production in the Yellow Sea and Bohai Sea, and the hairtail catch variations would become even greater.

Key words: hairtail catches; fishing effect; climate factor; Yellow Sea; Bohai Sea

Corresponding author: JIA Xiaoping. E-mail: wuhu30@sohu.com