

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

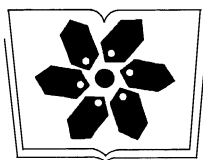
Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 24 期 Vol.32 No.24 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 24 期

2012 年 12 月 (半月刊)

目 次

从文献计量角度分析中国生物多样性研究现状.....	刘爱原,郭玉清,李世颖,等 (7635)
CO ₂ 浓度升高和模拟氮沉降对青川箭竹叶营养质量的影响.....	周先容,汪建华,张 红,等 (7644)
陕西中部黄土高原地区空气花粉组成及其与气候因子的关系——以洛川县下黑木沟村为例.....	吕素青,李月从,许清海,等 (7654)
长三角地区 1995—2007 年生态资产时空变化.....	徐昔保,陈 爽,杨桂山 (7667)
基于智能体模型的青岛市林地生态格局评价与优化.....	傅 强,毛 锋,王天青,等 (7676)
青藏高原高寒草地生态系统服务功能的互作机制.....	刘兴元,龙瑞军,尚占环 (7688)
北京城市绿地的蒸腾降温功能及其经济价值评估.....	张 彪,高吉喜,谢高地,等 (7698)
武汉市造纸行业资源代谢分析.....	施晓清,李笑诺,赵吝加,等 (7706)
丽江市家庭能耗碳排放特征及影响因素.....	王丹寅,唐明方,任 引,等 (7716)
基于分布式水文模型和福利成本法的生态补偿空间选择研究.....	宋晓谕,刘玉卿,邓晓红,等 (7722)
设施塑料大棚风洞试验及风压分布规律.....	杨再强,张 波,薛晓萍,等 (7730)
湖南珍稀濒危植物——珙桐种群数量动态.....	刘海洋,金晓玲,沈守云,等 (7738)
云南岩陀及其近缘种质资源群体表型多样性.....	李萍萍,孟衡玲,陈军文,等 (7747)
沙埋和种子大小对柠条锦鸡儿种子萌发、出苗和幼苗生长的影响.....	杨慧玲,梁振雷,朱选伟,等 (7757)
栗山天牛天敌花绒寄甲在栎林中的种群保持机制.....	杨忠岐,唐艳龙,姜 静,等 (7764)
基于相邻木排列关系的混交度研究.....	娄明华,汤孟平,仇建习,等 (7774)
三种回归分析方法在 Hyperion 影像 LAI 反演中的比较.....	孙 华,鞠洪波,张怀清,等 (7781)
红松和蒙古栎种子萌发及幼苗生长对升温与降水综合作用的响应.....	赵 娟,宋 媛,孙 涛,等 (7791)
新疆杨边材贮存水分对单株液流通量的影响.....	党宏忠,李 卫,张友焱,等 (7801)
火干扰对小兴安岭毛赤杨沼泽温室气体排放动态影响及其影响因素.....	顾 韩,牟长城,张博文 (7808)
不同潮汐和盐度下红树植物幼苗秋茄的化学计量特征.....	刘滨尔,廖宝文,方展强 (7818)
腾格里沙漠东南缘沙质草地灌丛化对地表径流及氮流失的影响.....	李小军,高永平 (7828)
西双版纳人工雨林群落结构及其林下降雨侵蚀力特征.....	邓 云,唐炎林,曹 敏,等 (7836)
西南高山地区净生态系统生产力时空动态.....	庞 瑞,顾峰雪,张远东,等 (7844)
南北样带温带区栎属树种种子化学组成与气候因子的关系.....	李东胜,史作民,刘世荣,等 (7857)
模拟酸雨对龙眼叶片 PS II 反应中心和自由基代谢的影响.....	李永裕,潘腾飞,余 东,等 (7866)
沈阳市城郊表层土壤有机污染评价.....	崔 健,都基众,马宏伟,等 (7874)
降雨对旱作春玉米农田土壤呼吸动态的影响.....	高 翔,郝卫平,顾峰雪,等 (7883)
冬季作物种植对双季稻根系酶活性及形态指标的影响.....	于天一,逢焕成,任天志,等 (7894)
施氮量对小麦/玉米带田土壤水分及硝态氮的影响.....	杨蕊菊,柴守玺,马忠明 (7905)
微山湖鸟类多样性特征及其影响因素.....	吕昭智,潘卫林,张 鑫,等 (7913)
新疆北部棉区作物景观多样性对棉铃虫种群的影响.....	吕昭智,潘卫林,张 鑫,等 (7925)
杭州西湖北里湖沉积物氮磷内源静态释放的季节变化及通量估算.....	刘静静,董春颖,宋英琦,等 (7932)
基于实码遗传算法的湖泊水质模型参数优化.....	郭 静,陈求稳,张晓晴,等 (7940)
气候环境因子和捕捞压力对南海北部带鱼渔获量变动的影响.....	王跃中,孙典荣,陈作志,等 (7948)
象山港南沙岛不同养殖类型沉积物酸可挥发性硫化物的时空分布.....	颜婷茹,焦海峰,毛玉泽,等 (7958)
专论与综述	
提高植物抗寒性的机理研究进展.....	徐呈祥 (7966)
植被对多年冻土的影响研究进展.....	常晓丽,金会军,王永平,等 (7981)
凋落物分解主场效应及其土壤生物驱动.....	查同刚,张志强,孙 阁,等 (7991)
街尘与城市降雨径流污染的关系综述.....	赵洪涛,李叙勇,尹澄清 (8001)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 374 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 40 * 2012-12	

封面图说: 永兴岛海滩植被——永兴岛是中国西沙群岛的主岛,也是西沙群岛及南海诸岛中最大的岛屿。国务院 2012 年 6 月批准设立的地级三沙市,管辖西沙群岛、中沙群岛、南沙群岛的岛礁及其海域,三沙市人民政府就驻西沙永兴岛。永兴岛岛上自然植被密布,野生植物有 148 种,占西沙野生植物总数的 89%,主要树种有草海桐(羊角树)、麻枫桐、野枇杷、海棠树和椰树等。其中草海桐也称为羊角树,是多年生常绿亚灌木植物,它们总是喜欢倚在珊瑚礁岸或是与其他滨海植物聚生于海岸沙滩,为典型的滨海植物。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201202280267

王跃中, 孙典荣, 陈作志, 贾晓平. 气候环境因子和捕捞压力对南海北部带鱼渔获量变动的影响. 生态学报, 2012, 32(24): 7948-7957.

Wang Y Z, Sun D R, Chen Z Z, Jia X P. The influence of climatic environmental factors and fishing pressure on changes of hairtail catches in the northern South China Sea. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(24): 7948-7957.

气候环境因子和捕捞压力对南海北部 带鱼渔获量变动的影响

王跃中^{1,2}, 孙典荣¹, 陈作志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, 广州 510300;

2. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306)

摘要:带鱼 (*Trichiurus japonicus*) 是南海北部的重要经济鱼类, 其渔获量的变化不仅与捕捞压力有关, 还与气候环境变化有关。为了研究气候变化和捕捞对南海北部带鱼渔获量变动的影响, 使用长时间序列渔业统计资料和气候变化数据对 1956—2006 年的南海北部带鱼渔获量变动进行了分析。南海北部的带鱼渔获量变化可划分成因捕捞效应所产生的趋势变化和因气候环境变化所导致的渔获量变动。捕捞效应所产生的趋势变化可用 Fox 模型拟合, Fox 模型拟合结果显示南海北部带鱼渔获量与捕捞努力量关系显著 ($P < 0.01$), 说明捕捞压力的增长显著影响到南海北部带鱼渔获量的变化。移除捕捞效应所产生的趋势变化后, 渔获量变动与中国南方降雨、南海北部海表水温、南海北部夏季季风以及南海北部冬季季风等气候因子呈显著正偏相关 ($P < 0.04$), 与热带气旋影响指数呈显著负偏相关 ($P < 0.03$), 这种相关说明南海北部带鱼渔获量变动还受气候环境因子的影响。南海北部带鱼渔获量可用捕捞努力量和气候变量来拟合, 且拟合效果显著 ($R^2 = 0.958, P < 0.01$), 表明南海北部带鱼渔获量的变动归因于捕捞压力的单调增长和气候环境的变化。在南海北部的捕捞压力维持在现有水平下, 未来的气候变化和人类活动引起营养盐的增加都可能有利于南海北部带鱼渔业产量的增加, 且由于未来极端天气事件的频繁发生, 可能还会引起带鱼渔获量的变动幅度加剧。

关键词: 气候环境因子; 捕捞压力; 带鱼渔获量; 南海北部

The influence of climatic environmental factors and fishing pressure on changes of hairtail catches in the northern South China Sea

WANG Yuezhong^{1,2}, SUN Dianrong¹, CHEN Zuozhi¹, JIA Xiaoping^{1,*}

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: Hairtail (*Trichiurus japonicus*) is one of the most important kinds of commercial fishes in the northern South China Sea (NSCS). Changes to hairtail catches are not only related to fishing pressure but also to changes in the climatic environment. To understand the influence of climatic environmental factors and fishing pressure on the changes of hairtail catches in the NSCS, we have used long-term fisheries statistical data and climate change data to analyze the changes of hairtail catches between 1956 and 2006 in the NSCS. Hairtail catches in the NSCS can be divided into two parts: the trend of catches caused by fishing pressure and the alteration of catches influenced by climate change. Fitting the trend of catches to the Fox model shows significant relationships between fishing effort and hairtail catches in the NSCS ($P < 0.01$), which

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)

收稿日期: 2012-02-28; **修订日期:** 2012-09-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wuhu30@sohu.com

in turn demonstrates that growing fishing pressure has significantly affected the changes of hairtail catches in the NSCS. Before 1986, the growth of fishing effort was slow in the NSCS, and correspondingly, the growth rates of hairtail catches increased by a small margin. However, after 1986, with the rapid growth of fishing efforts and improved techniques for fishing, hairtail catches in the NSCS grew continuously and rapidly. After removing the effect of fishing pressure on the changing trends, we found that the alteration of catches had a significant positive partial correlation with precipitation in the southern China, as well as sea surface temperature, summer wind speed and winter wind speed in the NSCS ($P < 0.04$). Alteration of catches also had a significant negative partial correlation with the index of tropical cyclone influences ($P < 0.03$). This correlation showed that the alteration of hairtail catches was also affected by climatic and environmental factors. Rainfall runoff inputs a vast amount of nutrients into the estuary and adjacent waters. However, the monsoon-driven confluence and mixing between coastal and surface waters, as well as vertical mixing between the upper and lower waters, diffuses the distribution of nutrients in the NSCS, aides the efficient use of nutrients, and is conducive to the growth of phytoplankton in the sea. In addition, changes in ocean temperatures directly or indirectly had an effect on the various life stages of marine fish, particularly on the metabolism of fish and the rate of the reproductive cycle. Finally, the tropical cyclone changed the living environment of the hairtail, which would in turn affect its concentration, feeding and migration. Hairtail catches in the NSCS can be highly significantly fitted to fishing efforts and climatic variables ($R^2 = 0.958$, $P < 0.01$). That is to say, changes of hairtail catches in the NSCS can be confidently attributed to a monotonic growth in fishing pressure and changes of the climatic environment. If the fishing pressure stays unchanged, the future climate changes and human activities that cause the increase of nutrients in the seas are likely to result in an increase in hairtail catches in the NSCS. Moreover, the increased frequency in extreme weather events that is predicted in the future may also cause larger fluctuations of hairtail catches.

Key Words: climate environmental factors; fishing pressure; hairtail catches; northern South China Sea

带鱼 (*Trichiurus japonicus*) 在南海北部大陆架浅海和近海分布广泛, 资源比较丰富, 且产量高, 是南海北部主要的经济鱼类, 在南海北部海区的渔获率比重较大, 为海洋捕捞的重要经济鱼类之一^[1]。1978 年前, 南海北部带鱼年均渔获量约 0.5×10^4 t, 1978 年后渔获量开始缓慢上升, 1985 年增加到 3.33×10^4 t。由于沿海水域捕捞过度, 1986 年渔获量又有所下降。1987 年以后由于开发利用了近海和外海的带鱼资源, 同时, 由于渔船数量的大量增加, 渔获量开始大幅度增长, 到 2006 年, 广东、海南和广西三省区在南海北部捕捞的带鱼渔获量为 32.42×10^4 t, 其渔获量在南海北部 27 种主要经济鱼类的渔获物中占首位, 占三省区海洋鱼类捕捞产量的 11.8%^[2-4]。近 50 年来的南海北部带鱼渔获量的增加与捕捞压力的增长有关, 但是运用传统的渔业理论^[5], 不能完全用捕捞压力的增长来解释南海北部带鱼渔获量的变动。渔获量的变动除了捕捞影响外, 还与气候环境的变动有关^[6-7], 因此有必要从气候环境的变化来探讨其变动原因。

气候变化对海洋生态系统的影响目前已成为海洋生态系统动力学的研究重点^[8]。在对海洋生态系统和渔业产量变动的研究过程中, 发现海洋气候变化与鱼类数量变动之间存在着重要的联系^[9-12]。最近的一些研究表明, 气候变化的影响主要通过控制海洋生态系统的营养盐供给来影响海域的初级生产力^[13-14]。海域初级生产力的变化直接影响饵料生物的数量和分布, 再通过食物链的关系影响海洋中的鱼类数量变动^[15]。其他研究表明, 海洋环境条件的变化还会直接影响幼鱼存活和补充群体的数量^[16-17]。因此, 气候变化对渔业的影响是确凿的, 识别气候因子的影响并掌握其驱动机制对渔业管理及与气候变化有关的预测都有重要意义。

南海北部渔业历史悠久, 有着较长时间序列的捕捞记录, 其渔业产量可以用来作为海洋生态系统的生产力指标。相对于分散的空间和不连续的海洋生物调查, 长时间序列的渔业统计资料提供了研究气候变化对海洋生物影响的一个有效办法^[18]。本研究将南海北部带鱼渔获量时间序列分成因捕捞所产生的趋势变化和因气候变化所引起的渔获量变动, 并分别与捕捞压力和气候变化联系起来, 探明捕捞压力和气候变化如何控制

南海北部的带鱼渔业生产力。在此基础上,根据未来气候的变化趋势,分析和预测南海北部带鱼渔获量的可能变动趋势及其变动程度。

1 数据和方法

1.1 渔业统计资料

南海北部带鱼渔业统计资料来自《南海区海洋渔业统计资料》和《中国渔业统计年鉴》,包括 1956—2006 年间广东省、海南省和广西壮族自治区的带鱼渔业产量和作业渔船数量,其中,1958—1960 年以及 1969—1971 年间的带鱼产量统计资料因历史原因缺失^[2-4]。作业渔船的捕捞努力量包含机动渔船和非机动渔船,其单位均采用千瓦(kW)表示,其中非机动渔船的捕捞努力量是按其 CPUE 的年间变动趋势与相同功率的机动渔船比例标准化而来。

1.2 气候时间序列资料

因缺少南海北部主要河流径流量的完整时间序列资料,故用中国南方陆地降水时间序列来替代。陆地降水来自全球降水气候中心(GPCC)V3 1°×1°的分析资料,可在 <http://climexp.knmi.nl/> 网站下载。主要选择包含珠江水系中下部区域和南海北部沿海区域(108°—118°E, 18°—26°N)的降水量数据。由于中国南方降雨主要集中在每年的 6—9 月,故用中国南方 6—9 月的月平均降水量来做分析。

南海北部的表面风速时间系列,有两个季节的季风,6 月到 8 月的平均风速和 10 月至翌年 3 月的平均风速分别代表夏季和冬季季风。利用 Climate Explorer 从每月的 2°×2° COADS (Comprehensive Ocean-Atmospheric Data Set) 获取表面风速数据。选择南海北部 112°—116°E 和 19°—23°N 区域内的 4 个网格点的数据。COADS 风速数据来自船舶报告,该范围位于南海北部大陆架中部和珠江口周围,为主要航道区域,具有高密度的数据^[19]。南海北部无论在夏季和冬季季风都显示风速增强趋势,Ramage 和 Cardone 等人发现季风变化趋势很大程度上由于观测技术发展造成的结果^[19-20],因此,在季风与渔获量变化分析中,任何季风变化趋势都被剔除。

海表水温时间序列数据基于国际综合海洋-大气资料集(ICOADS)每月的 2°×2° 网格分析资料,从美国国家海洋与大气局(NOAA)网站下载(<http://www.esrl.noaa.gov/>),并选择南海北部海域(108—119°E, 17—23°N)范围内的数据。下载的海表水温时间序列数据存在着明显增强趋势,其增强趋势主要是因为测量技术的改进而引起的^[21],因此,在海表水温与渔获量变化分析中,其变化趋势将被消除。

热带气旋时间序列数据来自日本气象厅区域专业气象中心(RSMC)下载的基于每 6h 的南海北部热带气旋分析数据(<http://www.jma.go.jp/>)。热带气旋时间序列数据可用热带气旋影响指数(TCI)来表示, $TCI = \sum T(1010 - P_{\min})^2$, 其运算结果基于南海北部每 6h 的最低气压 P_{\min} 、热带气旋中心持续时长 T 以及 1a 中所有的热带气旋数。热带气旋影响指数可反映每年发生的热带气旋数量、持续时间以及影响强度等的综合效应^[22]。

中国南方降雨、南海北部海表水温、南海北部冬季季风和夏季季风以及热带气旋影响指数时间系列数据均经过标准化处理,Kolmogorov-Smirnov (K-S) 检验表明,其相伴概率值均大于显著性水平 0.05,符合正态性,可以用来与渔业统计数据进行相关和回归分析。

1.3 数据分析

根据传统渔业理论,捕捞压力的单调增长会引起带鱼渔获量的变动呈曲线型变化趋势,捕捞压力所引起的变化趋势可用 Fox 模型予以拟合^[5]。在消除捕捞压力引起带鱼渔获量的变化趋势后,其变动与降雨、季风、海表水温以及热带气旋影响指数等气候变量相关。用多元线性回归方法把渔获量变动与各气候变量联系起来,回归中的偏相关系数用于指出气候变量的影响特征和强度。

气候变化对渔业的影响是长期的,气候变动不仅可直接影响海洋鱼类的生存环境,气候变动还控制着海洋中营养盐的流动和分布,影响海洋中的初级生产量,并可通过食物链的关系影响到鱼类的饵料生物量,而饵料生物量不仅直接影响到鱼类种群的生存及群体数量的增长等,还会影响鱼类的产卵群体数量,进而影响到

下一代鱼类的发生数量以及补充群体数量^[15,22]。因此在对带鱼渔获量变动与气候变量的回归分析中,分别对渔获量前 0—5a 中的各个年份的气候变量进行分析和检验。

渔获量的变动不仅与捕捞压力的单调增长有关,还和气候环境的变化有关。在捕捞压力和气候变化的双重影响和作用下,渔获量评估模型可以用优化的 Fox 模型^[23]来表示:

$$Y = fe^{-df} \times \left(\sum_{i=1}^n a_i X_i + a_0 \right)。$$

式中, Y 为根据捕捞努力量和各气候变量估算出的渔获量; f 为捕捞努力量; X_i 为第 i 个气候影响因子; a_i 为第 i 个气候影响因子的系数; d 和 a_0 为常数项。

2 结果

2.1 南海北部带鱼渔获量与捕捞努力量的关系

南海北部带鱼渔获量的变化与捕捞努力量的增长有着密切的关系(图 1)。1956—1986 年间,南海北部的捕捞努力量增长缓慢,与此相对应的是,南海北部带鱼年渔获量增幅也较小;1986 年后,随着南海北部渔船功率的快速增长,带鱼的捕捞产量也出现高速增长现象,到 2006 年,南海北部的带鱼渔获量高达 32.42×10^4 t。根据传统渔业捕捞理论,南海北部带鱼渔获量与捕捞努力量关系可用 Fox 模型进行拟合,SPSS 软件计算结果显示,其 Fox 模型为:

$$Y'_i = 6.895 \times 10^{-2} f_i e^{-3.207 \times 10^{-4} f_i}$$

式中, Y'_i 为第 i 年的 Fox 模型拟合渔获量, f_i 为第 i 年的捕捞努力量。该模型拟合的渔获量与实际渔获量之间的回归系数达 0.90 ($P < 0.01$),说明南海北部带鱼渔获量变化与捕捞努力量的相关关系显著。

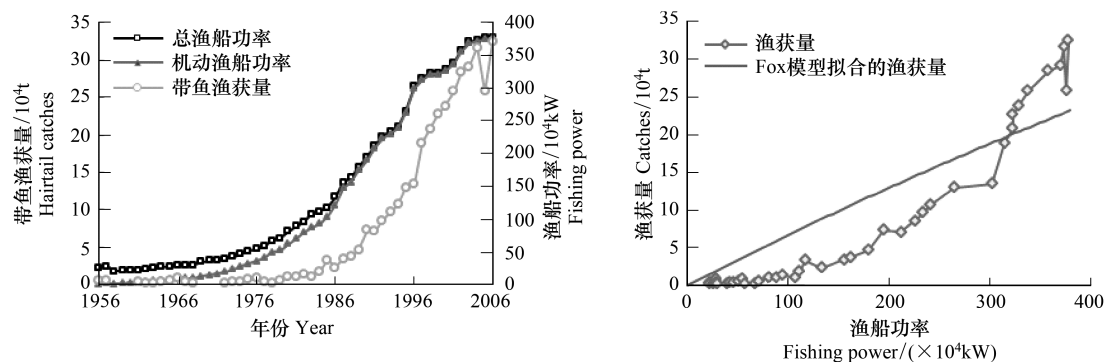


图 1 南海北部带鱼渔获量和捕捞努力量时间序列

Fig. 1 Time series of hairtail catches and fishing effort in the northern South China Sea (NSCS)

2.2 南海北部带鱼渔获量变动与气候变量的回归性分析

南海北部带鱼渔获量与捕捞努力量关系显著,可通过 Fox 模型来予以拟合。根据所拟合的 Fox 模型,可移除捕捞效应所引起的带鱼渔获量的变动趋势。移除趋势后的渔获量变动为南海北部带鱼渔获量与 Fox 回归模型的估计值之差(残差)(图 2)。

移除趋势后的渔获量变动应与气候环境的变化有关。气候环境因子主要选择中国南方降雨、南海北部冬季季风和夏季季风、南海北部海表水温以及热带气旋影响指数(图 3)。

运用 SPSS 软件,采用逐步回归法对影响渔获量变动的各气候变量进行检验和筛选,并建立多元线性回归模型:

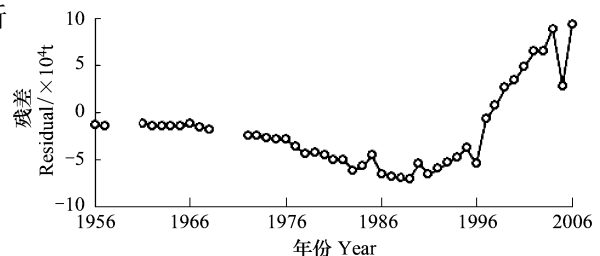


图 2 南海北部带鱼渔获量的年间变动值(残差)

Fig. 2 Interannual fluctuation of hairtail catches (residual) in the NSCS

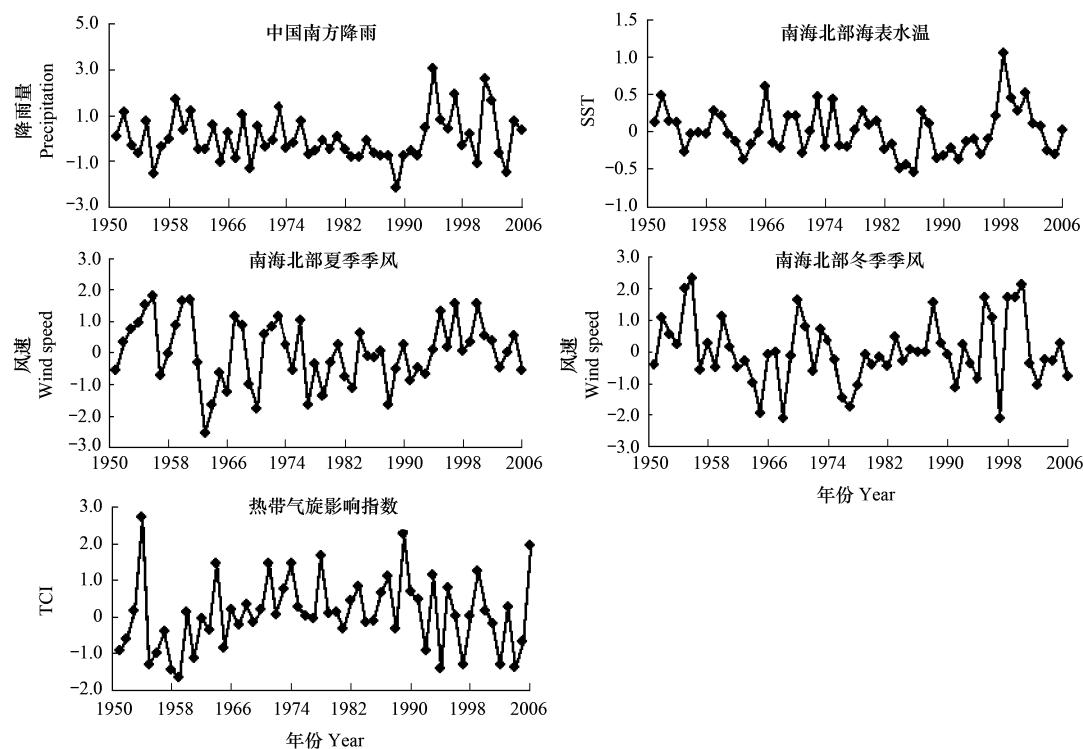


图3 气候变量年际间变化

Fig. 3 Interannual variations of the climatic variables

$$\Delta Y_i = 4.793S_{i-4} + 0.794P_{i-1} + 1.960P_{i-5} + 1.527V_{i-5} + 1.014W_i - 0.904T_{i-2} - 1.776$$

式中, ΔY_i 为第 i 年的渔获量变动估算值; S_i 为第 i 年的南海北部海表水温; P_i 为第 i 年的中国南方降雨; V_i 为第 i 年的南海北部冬季季风; W_i 为第 i 年的南海北部夏季季风; T_i 为第 i 年的热带气旋影响指数。

上述回归模型的复相关系数 R 值为 0.85, 方差分析结果表明, 回归模型的 F 统计量值为 15.78, 相应的显著性概率 $P < 0.01$, 说明回归方程线性关系显著。回归模型中各气候变量都具有显著性偏相关 ($P < 0.05$), 且容忍度和方差膨胀因子 VIF 都接近于 1 (表 1)。

回归分析结果表明, 渔获量变动与中国南方降雨、南海北部海表水温、南海北部夏季季风和冬季季风呈显著正偏相关, 与热带气旋影响指数呈显著负偏相关。

表1 带鱼渔获量变动与各气候变量回归模型中的偏相关分析

气候变量 Climatic variables	时滞 /a Time lag	偏相关系数 Partial correlation coefficient	显著性 P	容忍度 Tolerance	VIF
南海北部海表水温 Sea surface temperature in the NSCS	4	0.56	0.00	0.85	1.17
中国南方降雨 Precipitation in southern China	1	0.33	0.03	0.78	1.28
南海北部冬季季风 Winter wind speed in the NSCS	5	0.67	0.00	0.88	1.14
南海北部夏季季风 Summer wind speed in the NSCS	0	0.57	0.00	0.84	1.19
热带气旋影响指数 Index of tropical cyclone influences	2	-0.38	0.01	0.87	1.15
			0.02	0.89	1.12

2.3 带鱼渔获量拟合结果

南海北部带鱼渔获量的变化一方面受捕捞作用的影响,另一方面还与气候环境的变动有关。根据 Fox 优化模型,用捕捞努力量和各气候变量来拟合南海北部带鱼渔获量,拟合后的带鱼渔获量方程为:

$$Y_i = f_i e^{-3.207 \times 10^{-4} f_i} (2.439 \times 10^{-2} S_{i-4} + 4.727 \times 10^{-3} P_{i-1} + 9.811 \times 10^{-3} P_{i-5} + 1.163 \times 10^{-2} V_{i-5} + 7.210 \times 10^{-3} W_i - 7.222 \times 10^{-3} T_{i-2} + 5.649 \times 10^{-2})$$

式中, Y_i 为根据捕捞努力量和各气候变量估算出的渔获量, f_i 为第 i 年的捕捞努力量, 其它气候变量同上。拟合结果显示, Fox 优化模型的拟合优度 $R^2 = 0.958$, 说明拟合优度很高, 拟合的渔获量与南海北部实际带鱼渔获量显著相关 ($P < 0.001$) (图 4)

3 讨论

3.1 捕捞压力的增长与带鱼渔获量的关系

南海北部带鱼渔获量的变化与捕捞努力量关系显著 ($P < 0.01$)。1956—1986 年间, 南海北部的捕捞努力量增长缓慢, 年总渔船功率从 1956 年的 26.48×10^4 kW 增长到 1986 年的 133.69×10^4 kW, 年平均递增率仅为 5.54%, 与此相对应的是, 南海北部带鱼年渔获量增幅也较小, 广东、海南和广西三省区的带鱼年渔获量仅从 1956 年的 0.50×10^4 t 增长到 1986 年的 2.34×10^4 t。1986 年以后, 随着渔具渔法的不断更新改造以及捕捞技术的提高, 机动渔船的捕捞生产效率也不断提高; 另外, 南海北部私人小型捕捞渔船也出现了大量增加, 在对近海的渔场资源充分利用后, 还对外海的带鱼资源不断进行开发和捕捞。因此, 20 世纪 80 年代中后期, 三省区的带鱼捕捞产量不断高速增长, 2006 年南海北部的带鱼渔获量高达 32.42×10^4 t, 1986—2006 年的带鱼渔获量年平均递增率超过 14%。但捕捞强度的增加使带鱼渔获质量明显下降, 目前南海北部渔场的带鱼渔获物均以小型带鱼为主^[1]。

3.2 气候变化对带鱼渔获量变动的影响

在移除因捕捞效应引起的南海北部带鱼渔获量的变化趋势后, 渔获量变动还与陆地降雨、季风、海表水温以及热带气旋影响指数等相关, 这种相关说明南海北部带鱼渔获量变动还受气候环境因子的影响。

3.2.1 中国南方降雨

南海北部主要入海径流来自中国大陆南方地区, 其多年平均降雨量在 1200—2200 mm 左右, 径流量的季节性特性与陆地降水相似, 夏季为高发期^[24]。珠江是中国南部最大的河流, 年河流径流量为 313×10^9 m³, 占南海北部总的径流量的 84%^[25]。中国南方降雨与南海北部带鱼渔获量变动呈显著正偏相关 ($P < 0.04$), 说明陆地降雨对南海北部的带鱼渔获量变动有着显著的影响, 这种影响主要是通过降雨带来的径流给河口及邻近海域输入大量的营养盐, 而营养盐的增加促进海洋初级生产力的提高。南海北部的近岸水域属于贫营养盐特征的热带海域^[26-27]。珠江径流带来高的含氮营养盐, 其含量远远超过磷酸盐, 在河口区产生一个大面积的富含氮的冲淡水海域^[28-29]。在南海北部, 溶解氮和氮磷比显示一个显著的增加趋势, 这主要是由人类活动所产生的外源性的氮输入^[30]。陆地径流提供的营养盐使南海北部近海水域产生了高的初级生产力。

3.2.2 南海北部夏季季风和冬季季风

南海北部的一个重要气候特征是明显的东亚季风交替现象, 6—8 月, 西南季风占优势, 而从 10 月至翌年 3 月则转为东北季风。南海北部沿岸流由季风驱动, 而径流为近岸水域提供冲淡水和营养盐, 富含氮和磷酸盐的河流冲淡水的分布及其与近岸和表层海水水团的混合取决于季风环流^[25]。

南海北部冬季季风与南海北部带鱼渔获量变动呈正偏相关 ($P < 0.01$), 这主要与南海北部冬季季风驱动

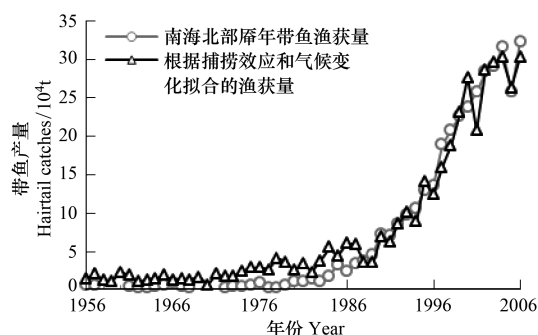


图 4 带鱼渔获量和根据捕捞努力量及气候变量拟合的渔获量

Fig. 4 Hairtail catches and catches fitted by fishing effort and climatic variables

沿岸流与南海表层海水水团的混合以及其驱动上下层海水的垂直混合有关。冬季,在强劲且稳定的东北季风作用下,南海北部沿岸流自东北向西南流去,同时,南海表层水却由西南向东北运行,由于这二支水的流动交汇,使得营养盐含量高,浮游植物生产量大,导致了初级生产力值较高,这些水域适宜于生物的生长和繁殖,因此其位置所在处,浮游动物的生物量常在 100 mg/m^3 以上^[31]。李小斌等认为,南海北部海域由于受冬季季风的影响,海水的垂直混合要比水平混合强得多,使得下层大量营养物质进入表层,这样就为浮游植物提供了大量的营养物质,有利于浮游植物的生长繁殖,使其初级生产力变高^[32]。

南海北部夏季季风与南海北部带鱼渔获量变动呈正偏相关($P < 0.02$),说明南海北部的夏季季风对带鱼渔获量变动产生影响。夏季,珠江冲淡水发展强盛,在河口形成一个低盐水舌,在夏季西南季风作用下,低盐水舌由自西南转向东北流动的趋势,占据了南海北部陆架区表层相当大的区域^[33]。夏季由于珠江冲淡水、南海北部沿岸流、南海表层水和南海上层水相互推移、交汇和混合,在南海北部形成大片交汇水域,海区的总浮游生物量普遍增高,粤东和珠江口海域几乎全是大于 100 mg/m^3 的高生物区,在 200 m 等深线边缘的海域生物量也达 100 mg/m^3 ,粤西的西南面一带海域也出现范围较大的高生物量区,海南岛东侧外七州岛、海门湾以南海域,生物量也比较高^[31]。

3.2.3 南海北部海表水温

温度是直接或间接影响鱼类的一个海洋环境要素。温度直接影响着鱼类的各个生活阶段,特别是影响鱼类的代谢作用和生殖周期的速度;另外一些环境要素,如海水的密度、渗透压、海水中的溶解氧等都是温度的函数,通过这些环境要素间接影响鱼类^[34]。南海北部海表水温与带鱼渔获量变动呈显著正偏相关($P < 0.01$),说明水温的变化显著影响到带鱼渔获量变动。鱼类对海水温度的变化非常敏感,海水温、盐的变化是鱼群集结分布的重要条件^[35-36]。陈永利等研究东海带鱼渔获量与东海水温变化时发现,带鱼渔获量与大沙区、长江口—舟山区、黑潮陆坡区的海表水温具有显著的正相关,这些区域的海温较常年高时,带鱼渔获量也高;反之则渔获量低^[37]。严利平等对东海区 2003 年的带鱼资源状况进行了分析,结果表明,由于该年的海水水温较往年偏低,带鱼资源重量密度、资源尾数密度及发生量均比常年偏低,个体平均肛长偏小,产卵期个体重量较常年偏大,产卵群体比例下降,不利于带鱼生长、发育和繁殖^[38]。

3.2.4 热带气旋影响指数

南海北部处于西北太平洋区域,而此区域频繁受到热带气旋影响,这些热带气旋包括在南海海域生成以及西太平洋上生成并移进南海北部的^[39]。热带气旋影响指数与南海北部带鱼渔获量变动呈显著负偏相关($P < 0.03$),说明热带气旋对南海北部带鱼资源的变化有影响,这种影响可能是热带气旋经过后改变了水域中带鱼的生存环境,从而影响到带鱼的集群、摄食和洄游等。Price 应用三维数值计算模型,得出较强的、缓慢移动的飓风会产生较大的海表降温^[40]。实测表明热带气旋通常会使得海面水温降低几度,而且最大的海表降温通常发生在热带气旋移动路径的右侧^[41]。海表水温的下降不仅影响到带鱼的集群和洄游,还会影响到带鱼的生长、发育和繁殖等。其它研究表明,热带气旋所带来的强风和降雨对海洋生物的生存产生不利影响^[42-45],这种不利影响会直接或间接地影响到带鱼的种群数量变动。

3.3 南海北部带鱼渔获量变动趋势分析

从捕捞努力量和气候变量拟合的南海北部带鱼渔获量来看,与实际渔获量显著相关($P < 0.01$),说明南海北部带鱼渔获量的变动与捕捞压力的单调增长以及气候环境的变动有关。气候环境的变动一方面影响到鱼类的生存环境,另一方面还通过控制营养盐的分布和变化来影响海洋的初级生产力,海洋初级生产力的变动最终会影响到鱼类的种群数量变动。假设南海北部的捕捞压力维持在现有的水平,则带鱼渔获量的变动主要取决于气候环境的变化。在全球变暖化的背景下,未来中国南方的年降水量也将呈增加趋势,且强降水事件也有显著的增加^[46-47],并且南海北部海表水温还存在着上升趋势^[47-48],另外,由于人类活动的影响,输入南海北部的营养盐有着显著增加趋势^[49]。这些气候环境的变化以及人类活动引起南海北部营养盐增多趋势都有利于南海北部带鱼渔业产量的增加,且由于未来极端天气事件的频繁发生^[47],可能还会引起带鱼渔获量的变

动幅度加剧。

致谢:中国水产科学研究院南海水产研究所邱永松研究员帮助写作,特此致谢。

References:

- [1] Jia X P, Qiu Y S, Li C H, Li Y Z. Exclusive Economic Zone and the Fishery Ecological Environment and Fishery Resources of the Continental Shelf in the South China Sea. Beijing: Science Press, 2004: 494-502.
- [2] Fishery Management Bureau of the South China Sea. A compilation of fisheries statistics of the South China Sea. Guangzhou: Fishery Management Bureau of the South China Sea, 1981: 1-132.
- [3] Aquatic Department of the Ministry of Agriculture, the People's Republic of China. Fishery Statistics of China in Forty Years. Beijing: Ocean Press, 1991: 7-185.
- [4] Fishery Bureau of the Ministry of Agriculture, the People's Republic of China. China Fisheries Statistics Yearbooks. Beijing: China Agriculture Press, 1979-2006.
- [5] Zhan B Y. Fisheries Stock Assessment. Beijing: China Agriculture Press, 1995: 121-233.
- [6] Liu Y F. Study of the impact of climatic change on fishery production at coastal areas in China. Chinese Journal of Agrometeorology, 2000, 21(4): 1-5.
- [7] Huang C J, Dong Q X, Lin J D. Impact of global change on marine fisheries and adaptation options. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1999, 18(4): 481-484.
- [8] Fogarty M J, Powell T M. An overview of the US GLOBEC program. Oceanography, 2002, 15(2): 4-12.
- [9] Beamish R J, Noakes D J, McFarlane G A, Klyashtorin L, Ivanov V V, Kurashov V. The regime concept and natural trends in the production of Pacific salmon. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1999, 56(3): 516-526.
- [10] McFarlane G A, King J R, Beamish R J. Have there been recent changes in climate? Ask the fish. Progress in Oceanography, 2000, 47(2/4): 147-169.
- [11] Chavez F P, Ryan J, Lluch-Cota S E, Niquen M C. From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. Science, 2003, 299(5604): 217-221.
- [12] Tian Y J, Kidokoro H, Watanabe T, Iguchi N. The late 1980s regime shift in the ecosystem of Tsushima warm current in the Japan/East Sea: Evidence from historical data and possible mechanisms. Progress in Oceanography, 2008, 77(2/3): 127-145.
- [13] Wares D M, Thomson R E. Bottom-up ecosystem trophic dynamics determine fish production in the Northeast Pacific. Science, 2005, 308(5726): 1280-1284.
- [14] Frederiksen M, Edwards M, Richardson A J, Halliday N C, Wanless S. From plankton to top predators: bottom-up control of a marine food web across four trophic levels. Journal of Animal Ecology, 2006, 75(6): 1259-1268.
- [15] Qiu Y S, Wang Y Z, Chen Z Z. Runoff- and monsoon-driven variability of fish production in East China Seas. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2008, 77(1): 23-34.
- [16] Ottersen G, Hjermann D Ø, Stenseth N C. Changes in spawning stock structure strengthen the link between climate and recruitment in a heavily fished cod (*Gadus morhua*) stock. Fisheries Oceanography, 2006, 15(3): 230-243.
- [17] Friedland K D, Reddin D G, McMenemy J R, Drinkwater K F. Multidecadal trends in North American Atlantic salmon (*Salmo salar*) stocks and climate trends relevant to juvenile survival. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2003, 60(5): 563-583.
- [18] McGowan J A, Cayan D R, Dorman L M. Climate-ocean variability and ecosystem response in the Northeast Pacific. Science, 1998, 281(5374): 210-217.
- [19] Cardone V J, Greenwood J G, Cane M A. On trends in historical marine wind data. Journal of Climate, 1990, 3(1): 113-127.
- [20] Ramage C S. Secular change in reported surface wind speeds over the ocean. Journal of Climate and Applied Meteorology, 1987, 26(4): 525-528.
- [21] Kent E C, Taylor P K. Toward estimating climatic trends in SST. Part I: methods of measurement. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2006, 23(3): 464-473.
- [22] Wang Y Z, Jia X P, Lin Z J, Sun D R. Responses of *Trichiurus japonicus* catches to fishing and climate variability in the East China Sea. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(12): 1881-1889.
- [23] Wang J L, Li J L, Yang W B, Li S L. Using climatic factors to optimize Fox surplus yield model for estimating CPUE of total commercial fishes of East China Sea. Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(1): 136-144.
- [24] Wang Z L, Chen X H, Zhang L, Li Y. Spatio-temporal change characteristics of precipitation in the Pearl River Basin in recent 40 years. Journal

- of China Hydrology, 2006, 26(6): 71-75.
- [25] Chen G X, Gu X G, Gao H R, Bai X E, Zhang S Z. Marine Fishery Environment in China. Zhejiang: Scientific and Technological Press, 1991: 3-112.
- [26] Ning X, Chai F, Xue H, Cai Y, Liu C, Shi J. Physical-biological oceanographic coupling influencing phytoplankton and primary production in the South China Sea. Journal of Geophysical Research, 2004, 109(C10005): 1-20.
- [27] Lee Chen Y L, Chen H Y. Seasonal dynamics of primary and new production in the northern South China Sea: The significance of river discharge and nutrient advection. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 2006, 53(6): 971-986.
- [28] Harrison P J, Hu M H, Yang, Y P, Lu X. Phosphate limitation in estuarine and coastal waters of China. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1990, 140(1/2): 79-87.
- [29] Zhang J, Yu Z G, Wang J T, Chen H T, Xiong H, Dong L X, Xu W Y. The subtropical Zhujiang (Pearl River) estuary: nutrient, trace species and their relationship to photosynthesis. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1999, 49(3): 385-400.
- [30] Ning X, Lin C, Hao Q, Liu C, Le F, Shi J. Long term changes in the ecosystem in the northern South China Sea during 1976—2004. Biogeosciences Discussions, 2008, 5(5): 3737-3779.
- [31] Qiu Y S, Zeng X G, Chen T, Wang Y Z, Yuan W W. Fishery Resources in the South China Sea and Fishery Management. Beijing: Ocean Press, 2008: 73-194.
- [32] Li X B, Chen C Q, Shi P, Zhan H G, He Q J. Estimation of primary production of South China Sea from 1998 to 2002 by remote sensing and its spatio-temporal variation mechanism. Journal of Tropical Oceanography, 2006, 25(3): 57-62.
- [33] Zeng G N, Hu J Y, Hong H S, Chen Z Z. Analysis of hydrologic section off Zhujiang River estuary in northern South China Sea during various southwest monsoon phases. Journal of Tropical Oceanography, 2005, 24(3): 10-17.
- [34] Shen G Y, Shi B Z. Marine Ecology. Xiamen: Xiamen University Press, 1996: 26-29.
- [35] Li X D. Studies on the correlation between the temperature of sea water and fishing grounds. Acta Oceanologica Sinica, 1982, 14(1): 103-113.
- [36] Zhu D K, Yu C G. The relation on the environment of fishing ground with the occurrence of hairtail in winter off the middle part of Zhejiang. Journal of Fisheries of China, 1987, 11(3): 195-203.
- [37] Chen Y L, Wang F, Bai X Z, Bai H, Ji F Y. Relationship between hairtail (*Trichiurus haumela*) catches and marine hydrologic environment in East China Sea. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 2004, 35(5): 404-411.
- [38] Yan L P, Cheng J H, Ling J Z. Analyses on the hairtail fishery resources status in the East China Sea region in summer 2003 and its fishing conditions in autumn and winter seasons. Marine Fisheries, 2003, 25(4): 173-176.
- [39] Hu Y M, Sing L L, Luo X L. The variation of the location and source region of tropical cyclones making landfall in Guangdong over the past 58 years. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2011, 50(4): 113-120.
- [40] Prie J F. Upper ocean response to a hurricane. Journal of Physical Oceanography, 1981, 11: 153-175.
- [41] Fisher E L. Hurricanes and the sea surface temperature fields. Journal of Atmospheric Sciences, 1958, 15(3): 328-333.
- [42] Ballantine D L. Hurricane-induced mass mortalities to a tropical subtidal algal community and subsequent recoveries. Marine Ecology Progress Series, 1984, 20: 75-83.
- [43] Glynn P W, Almodovar L R, Gonzalez J G. Effects of hurricane Edith on marine life in La Parguera, Puerto Rico. Caribbean Journal of Science, 1964, 4(2/3): 335-345.
- [44] Connor W H, Day J W, Baumann R H, Randall J M. Influence of hurricanes on coastal ecosystems along the northern Gulf of Mexico. Wetlands Ecology and Management, 1989, 1(1): 45-46.
- [45] Cruz-Palacios V, van Tussenbroek B I. Simulation of hurricane-like disturbances on a Caribbean seagrass bed. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2005, 324(1): 44-60.
- [46] Yu Y, Liang J Y, Liu J L. Assessment report on climate change of Guangdong (selection). Guangdong Meteorology, 2007, 29(3): 1-6.
- [47] IPCC. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Geneva, Switzerland, 2007: 104.
- [48] Ding Y H, Ren G Y, Shi G Y, Gong P, Zheng X H, Qu P M, Zhang D E, Zhao Z C, Wang S W, Wang H J, Luo Y, Chen L, Gao X J, Dai X S. National assessment report on climate change (I): climate change in China and its future trend. Advances in Climate Change Research, 2006, 2(1): 3-8.
- [49] Ning X, Lin C, Hao Q, Liu C, Le F, Shi J. Long term changes in the ecosystem in the northern South China Sea during 1976—2004. Biogeosciences Discussions, 2008, 5(5): 3737-3779.

参考文献:

- [1] 贾晓平, 邱永松, 李纯厚, 李永振. 南海专属经济区和大陆架渔业生态环境与渔业资源. 北京: 科学出版社, 2004: 494-502.

- [2] 南海区渔业指挥部. 南海区海洋渔业统计资料. 广州: 南海区渔业指挥部, 1981: 1-132.
- [3] 农业部水产司. 中国渔业统计四十年. 北京: 海洋出版社, 1991: 7-185.
- [4] 农业部渔业局. 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 1979~2006.
- [5] 詹秉义. 渔业资源评估. 北京: 中国农业出版社, 1995: 121-233.
- [6] 刘允芬. 气候变化对我国沿海渔业生产影响的评价. 中国农业气象, 2000, 21(4): 1-5.
- [7] 黄长江, 董巧香, 林俊达. 全球变化对海洋渔业的影响及对策. 台湾海峡, 1999, 18(4): 481-484.
- [22] 王跃中, 贾晓平, 林昭进, 孙典荣. 东海带鱼渔获量对捕捞压力和气候变动的响应. 水产学报, 2011, 35(12): 1881-1889.
- [23] 王继隆, 李继龙, 杨文波, 李思亮. 利用气候因子对 Fox 模型计算东海总经济鱼类 CPUE 的优化. 中国水产科学, 2011, 18(1): 136-144.
- [24] 王兆礼, 陈晓宏, 张灵, 李艳. 近 40 年来珠江流域降水量的时空演变特征. 水文, 2006, 26(6): 71-75.
- [25] 陈冠贤, 顾新根, 郜洪仁, 白雪娥, 章淑珍. 中国海洋渔业环境. 浙江: 科学技术出版社, 1991: 3-112.
- [31] 邱永松, 曾晓光, 陈涛, 王跃中, 袁蔚文. 南海渔业资源与渔业管理. 北京: 海洋出版社, 2008: 73-194.
- [32] 李小斌, 陈楚群, 施平, 詹海刚, 何全军. 南海 1998—2002 年初级生产力的遥感估算及其时空演化机制. 热带海洋学报, 2006, 25(3): 57-62.
- [33] 曾淦宁, 胡建宇, 洪华生, 陈照章. 西南季风不同阶段南海北部珠江口外断面水文调查分析. 热带海洋学报, 2005, 24(3): 10-17.
- [34] 沈国英, 施并章. 海洋生态学. 厦门: 厦门大学出版社, 1996: 26-29.
- [35] 李雪渡. 海水温度与渔场之间的关系. 海洋学报, 1982, 14(1): 103-113.
- [36] 朱德坤, 俞存根. 冬汛浙江中部渔场环境与带鱼汛期的关系. 水产学报, 1987, 11(3): 195-203.
- [37] 陈永利, 王凡, 白学志, 白虹, 纪风颖. 东海带鱼(*Trichiurus haumela*)渔获量与邻近海域水文环境变化的关系. 海洋与湖沼, 2004, 35(5): 404-411.
- [38] 严利平, 程家骅, 凌建忠. 2003 年夏季东海区带鱼资源状况及其秋冬汛渔况的分析. 海洋渔业, 2003, 25(4): 173-176.
- [39] 胡娅敏, 宋丽莉, 罗晓玲. 近 58 年登陆广东热带气旋位置和生成源地的变化. 中山大学学报(自然科学版), 2011, 50(4): 113-120.
- [46] 余勇, 梁建茵, 刘锦銮. 广东气候变化评估报告(节选). 广东气象, 2007, 29(3): 1-6.
- [48] 丁一汇, 任国玉, 石广玉, 宫鹏, 郑循华, 翟盘茂, 张德二, 赵宗慈, 王绍武, 王会军, 罗勇, 陈亮, 高学杰, 戴晓苏. 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. 气候变化研究进展, 2006, 2(1): 3-8.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 24 December, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

A bibliometric study of biodiversity research in China	LIU Aiyuan, GUO Yuqing, LI Shiyong, et al (7635)
Effects of elevated CO ₂ and nitrogen deposition on leaf nutrient quality of <i>Fargesia rufa</i> Yi .....	..... ZHOU Xianrong, WANG Jianhua, ZHANG Hong, et al (7644)
Airborne pollen assemblages and their relationships with climate factors in the central Shaanxi Province of the Loess Plateau: a case in Xiaheimugou, Luochuan County	LÜ Suqing, LI Yuecong, XU Qinghai, et al (7654)
Spatial and temporal change in ecological assets in the Yangtze River Delta of China 1995—2007 .....	..... XU Xibao, CHEN Shuang, YANG Guishan (7667)
Evaluation and optimization of woodland ecological patterns for Qingdao based on the agent-based model .....	..... FU Qiang, MAO Feng, WANG Tianqing, et al (7676)
Interactive mechanism of service function of alpine rangeland ecosystems in Qinghai-Tibetan Plateau .....	..... LIU Xingyuan, LONG Ruijun, SHANG Zhanhuan (7688)
Preliminary evaluation of air temperature reduction of urban green spaces in Beijing .....	..... ZHANG Biao, GAO Jixi, XIE Gaodi, et al (7698)
Resources metabolism analysis for the pulp and paper industry in Wuhan, China .....	..... SHI Xiaoqing, LI Xiaonuo, ZHAO Linjia, et al (7706)
The characteristics and influential factors of direct carbon emissions from residential energy consumption: a case study of Lijiang City, China	WANG Danyin, TANG Mingfang, REN Yin, et al (7716)
Spatial targeting of payments for ecosystem services Based on SWAT Model and cost-benefit analysis .....	..... SONG Xiaoyu, LIU Yuqing, DENG Xiaohong, et al (7722)
The wind tunnel test of plastic greenhouse and its surface wind pressure patterns .....	..... YANG Zaiqiang, ZHANG Bo, XUE Xiaoping, et al (7730)
Population quantitative characteristics and dynamics of rare and endangered plant <i>Davidia involucrata</i> in Hunan Province .....	..... LIU Haiyang, JIN Xiaoling, SHEN Shouyun, et al (7738)
Phenotypic diversity in populations of germplasm resources of <i>Rodgersia sambucifolia</i> and related species .....	..... LI Pingping, MENG Hengling, CHEN Junwen, et al (7747)
Effects of sand burial and seed size on seed germination, seedling emergence and growth of <i>Caragana korshinskii</i> Kom. (Fabaceae) ...	..... YANG Huiling, LIANG Zhenlei, ZHU Xuanwei, et al (7757)
Population-keeping mechanism of the parasitoid <i>Dastarcus helophoroides</i> (Coleoptera: Bothrideridae) of <i>Massicus raddei</i> (Coleoptera: Cerambycidae) in oak forest	YANG Zhongqi, TANG Yanlong, JIANG Jing, et al (7764)
Study of mingling based on neighborhood spatial permutation	LOU Minghua, TANG Mengping, QIU Jianxi, et al (7774)
Comparison of three regression analysis methods for application to LAI inversion using Hyperion data .....	..... SUN Hua, JU Hongbo, ZHANG Huaiqing, et al (7781)
Response of seed germination and seedling growth of <i>Pinus koraiensis</i> and <i>Quercus mongolica</i> to comprehensive action of warming and precipitation	ZHAO Juan, SONG Yuan, SUN Tao, et al (7791)
Impacts of water stored in sapwood <i>Populus bolleana</i> on its sap flux	DANG Hongzhong, LI Wei, ZHANG Youyan, et al (7801)
Dynamics of greenhouse gases emission and its impact factors by fire disturbance from <i>Alnus sibirica</i> forested wetland in Xiaoxing'an Mountains, Northeast China	GU Han, MU Changcheng, ZHANG Bowen (7808)
Different tide status and salinity alter stoichiometry characteristics of mangrove <i>Kandelia candel</i> seedlings .....	..... LIU Biner, LIAO Baowen, FANG Zhanqiang (7818)
Effects of shrub encroachment in desert grassland on runoff and the induced nitrogen loss in southeast fringe of Tengger Desert .....	..... LI Xiaojun, GAO Yongping (7828)
Community structure and throughfall erosivity characters of artificial rainforest in Xishuangbanna .....	..... DENG Yun, [TANG Yanlin], CAO Min, et al (7836)
Temporal-spatial variations of net ecosystem productivity in alpine area of southwestern China .....	..... PANG Rui, GU Fengxue, ZHANG Yuandong, et al (7844)

Relationships between chemical compositions of <i>Quercus</i> species seeds and climatic factors in temperate zone of NSTEC	LI Dongsheng, SHI Zuomin, LIU Shirong, et al (7857)
Effects of simulated acid rain stress on the PS II reaction center and free radical metabolism in leaves of longan	LI Yongyu, PAN Tengfei, YU Dong, et al (7866)
Assessment of organic pollution for surface soil in Shenyang suburbs	CUI Jian, DU Jizhong, MA Hongwei, et al (7874)
The impact of rainfall on soil respiration in a rain-fed maize cropland	GAO Xiang, HAO Weiping, GU Fengxue, et al (7883)
Effects of winter crops on enzyme activity and morphological characteristics of root in subsequent rice crops	YU Tianyi, PANG Huancheng, REN Tianzhi, et al (7894)
Dynamic changes of soil moisture and nitrate nitrogen in wheat and maize intercropping field under different nitrogen supply	YANG Ruiju, CHAI Shouxi, MA Zhongming (7905)
Characteristics of the bird diversity and the impact factors in Weishan Lake	YANG Yuewei, LI Jiuen (7913)
The effect of cropping landscapes on the population dynamics of the cotton bollworm <i>Helicoverpa armigera</i> (Lepidoptera, Noctuidae) in the northern Xinjiang	LU Zhaozhi, PAN Weilin, ZHANG Xin, et al (7925)
The seasonal variations of nitrogen and phosphorus release and its fluxes from the sediments of the Beili Lake in the Hangzhou West Lake	LIU Jingjing, DONG Chunying, SONG Yingqi, et al (7932)
Optimization of lake model salmo based on real-coded genetic algorithm	GUO Jing, CHEN Qiuwen, ZHANG Xiaoqing, et al (7940)
The influence of climatic environmental factors and fishing pressure on changes of hairtail catches in the northern South China Sea	WANG Yuezhong, SUN Dianrong, CHEN Zuozhi, et al (7948)
Seasonal and spatial distribution of acid volatile sulfide in sediment under different mariculture types in Nansha Bay, China	YAN Tingru, JIAO Haifeng, MAO Yuze, et al (7958)
Review and Monograph	
Research progress on the mechanism of improving plant cold hardiness	XU Chengxiang (7966)
Influences of vegetation on permafrost: a review	CHANG Xiaoli, JIN Huijun, WANG Yongping, et al (7981)
Home-field advantage of litter decomposition and its soil biological driving mechanism: a review	ZHA Tonggang, ZHANG Zhiqiang, SUN Ge, et al (7991)
Research progress on the relationship of pollutants between road-deposited sediments and its washoff	ZHAO Hongtao, LI Xuyong, YIN Chengqing (8001)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 24 期 (2012 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 24 (December, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元