

引用格式:王泽宇,徐静,王焱熙. 中国海洋资源消耗强度因素分解与时空差异分析[J]. 资源科学, 2019, 41(2): 301-312. [Wang Z Y, Xu J, Wang Y X. Factor decomposition and spatio-temporal difference analysis in marine resource consumption intensity in China[J]. *Resources Science*, 2019, 41(2): 301-312.] DOI :10.18402/resci.2019.02.09

中国海洋资源消耗强度因素分解与时空差异分析

王泽宇, 徐 静, 王焱熙

(辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心, 大连 116029)

摘 要:基于海洋资源消耗强度内涵,测度中国沿海省区1996—2015年海洋资源消耗强度,揭示其时空演化特征,运用改进的对数均值迪式指数分解法(LMDI)建立因素分解模型,分析中国海洋资源消耗强度变动的因素贡献并进行差异比较。结果表明:①1996—2015年,中国海洋资源消耗强度总体呈先上升后稳步下降的态势,第一产业资源消耗强度平稳下降,第二、三产业资源消耗强度与中国海洋资源消耗强度变动趋势基本同步;空间格局演化上,海洋资源消耗中高强度省区逐渐减少,低强度省区逐渐增多,区域差异逐步缩小;②技术进步效应、产业结构效应和区域规模效应对我国海洋资源消耗强度下降的贡献率分别为78.224%、18.334%和3.442%;沿海各省区的因素分解效应差异显著,其中福建以技术进步效应为主,浙江、山东和海南以技术进步效应和区域规模效应为主,天津、河北和江苏以技术进步效应和产业结构效应为主,辽宁、上海、广东和广西则是技术进步效应、产业结构效应和区域规模效应共同推动海洋资源消耗强度下降;③从海洋三次产业来看,技术进步效应在第二产业内部贡献最大,累计占比为77.118%;产业结构效应在第一产业内部贡献最大,累计占比为314.547%;区域规模效应在三次产业内部无明显差异。各省区推行海洋三次产业资源集约利用技术或措施时应有所区别和侧重。

关键词:海洋资源;消耗强度;因素分解;LMDI模型;技术进步效应;产业结构效应;区域规模效应;时空差异;中国

DOI :10.18402/resci.2019.02.09

1 引言

海洋是人类生存和国家发展的资源宝库,合理开发利用海洋资源已成为解决当今陆地资源匮乏、环境恶化、人口膨胀等问题的重要途径。但随着沿海地区海洋经济的快速发展以及海洋资源开发广度和深度的不断拓展^[1],传统与粗放的发展模式导致近海生物资源衰退、海洋资源消耗强度大、海洋生态环境恶化等问题愈加严重^[2],制约中国海洋经济的可持续发展。因此,降低海洋资源消耗强度、提高海洋资源利用效率是海洋经济可持续发展的关键。由于区域海洋资源禀赋和海洋产业结构的差异,我国海洋资源消耗强度存在显著的区域差异和产业差异,因此,深入研究我国海洋三次产业资源消耗强度变动的贡献因素,对于实现海洋经济高质量发展、缩小区域海洋经济发展差异具有重大

意义^[3]。

近年来,国外学者多以单一部门或产业为研究对象,从海洋经济效率、海洋资源系统脆弱性、海域承载力、海洋资源开发与海洋经济增长的关系等视角展开研究,如Pham等运用数据包络分析(DEA)探讨了岬港刺网渔业的经济绩效和能力效率^[4];Chen等采用脆弱性指数分析了海洋渔业系统的脆弱性^[5];Ferreira等介绍了确定贝类养殖区可持续承载力综合框架的开发和应用^[6];Barange等将气候变化和开发活动作为影响因素,建立耦合协调模型探究海洋经济活动与海洋渔业资源可持续利用的关系^[7];Managi等建立技术变革的指数变量研究了技术变化对海洋石油和天然气勘探的影响^[8]。国内学者关于海洋资源开发利用的研究则主要集中在如下几个方面:①从资源承载力的视角着手,以海洋

收稿日期:2018-09-12 修订日期:2018-11-17

基金项目:国家自然科学基金项目(41671119);辽宁省社科规划基金项目(L18BJL005)。

作者简介:王泽宇,女,辽宁铁岭人,博士,副教授,主要从事海洋经济地理研究。E-mail: wangzeyu2008@163.com

资源的可持续利用为中心,通过定量与定性分析寻求资源利用与生态系统可接受阈值之间的动态平衡临界点,分析特定的海域范围对人类开发活动的综合承载能力^[9,10];②从脆弱性的视角着手,通过建立指标体系,运用数据包络分析法(DEA)、集对分析法等数理分析方法进行脆弱性评价,探究人类活动与海洋经济、资源、环境系统之间的响应与反馈关系^[11,12];③从经济与资源协调发展的视角着手,采用可变模糊识别模型分析海洋资源环境与海洋经济的协调发展水平^[13];④从资源约束与经济增长的视角着手,基于相应的理论基础,运用“尾效”模型、Tapio脱钩模型,探究海洋资源消耗对海洋经济增长的影响程度以及两者之间的脱钩关系^[3,14];⑤从海洋经济效率的视角着手,通过选取投入—产出指标,运用DEA模型、SBM模型和Malmquist生产率指数模型等测度海洋经济效率,并运用回归模型对其影响因素进行分析^[15,16]。

资源消耗强度是衡量一个国家或地区资源利用质量和效率的重要指标^[17],目前相关研究主要集中在能源和水资源方面,如孔婷等通过建立区域面板数据模型,对中国区域工业能源消耗强度及其影响因素进行实证分析^[18];Cornillie等对能源数据进行分解,确定能源强度降低的主要影响因素,结果表明能源价格和企业重组的进展是最重要的两个因素^[19];臧正等在界定水资源强度、水资源相对强度概念及内涵的基础上,运用面板数据定量分析了中国大陆地区的省际水资源强度收敛特征^[20]。

总结已有研究发现,目前国外学者关于海洋资源、海洋经济问题的研究倾向于现象分析和框架引导,结合经济学模型,将海洋生态经济系统、海洋资源价值及综合管理等作为切入点进行基础理论与实证研究。国内学者多从承载力、脆弱性、协调发展等视角出发,通过构建评价指标体系衡量人海关系协调发展程度或区域可持续发展水平,或采用“尾效”、脱钩、DEA等模型定量分析海洋资源消耗与海洋经济增长的关系,对海洋三次产业资源消耗的差异及其与经济增长关系变动的贡献因素研究相对较少。而目前资源消耗强度概念应用已较为成熟,但多用于能源、水资源领域的研究,鲜有学者应用其分析海洋资源与经济增长的关系。

本文从海洋资源消耗强度视角着手,测度中国

沿海省区1996—2015年海洋资源消耗强度,揭示其时空演化态势;运用改进的对数均值迪式指数分解法(LMDI)建立因素分解模型,分析我国海洋三次产业资源消耗强度变动的因素贡献并进行差异比较,以期丰富海洋经济可持续发展的相关理论,并为合理高效地开发利用海洋资源提供科学依据。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 海洋资源消耗强度的内涵及综合表征方法

资源消耗大小的经济指标可用绝对量和相对量表示,绝对量是指资源消耗的绝对数量,如资源消耗总量;相对量是指单位产出的资源消耗量,其中资源消耗强度是最常用的指标^[21]。资源消耗强度即单位经济生产总值所消耗的资源总量,考虑到海洋资源与能源、水资源的密切联系,且存在很多共性(如海底矿产资源、石油、天然气也属于能源,海水资源也属于水资源),故借鉴能源消耗强度^[18]和水资源消耗强度^[20]的概念和内涵,将海洋资源消耗强度定义为单位海洋生产总值(GOP)所消耗的海洋资源量,反映了海洋资源利用效率,此指标受到经济规模、产业结构、技术水平、资源禀赋、政策因素等多方面的影响。海洋资源消耗强度是逆向指标,其值越大,表征海洋资源利用效率越低。其数学表达式如下:

$$I = \sum_i \sum_j \frac{E_{ij}}{Q_{ij}} \quad (1)$$

式中: I 为海洋资源消耗强度(单位为万t/亿元); E_{ij} 为第*i*个省区海洋第*j*产业的资源消耗量(单位为万t); Q_{ij} 为第*i*个省区第*j*产业的海洋生产总值(单位为亿元)。

已有研究表明,海洋资源数量是影响海洋经济发展的直接原因,但单纯地将海洋经济发展制约归咎于海洋资源存量并不能有效体现人类活动在海洋资源开发中的能动作用,而海洋捕捞、海水养殖等与人类能动作用密切相关的海洋资源开发活动是导致海洋资源消耗量上升的根源^[3]。因此,在借鉴以往研究^[3,22,23]的基础上,从导致海洋资源消耗量上升的根源出发,结合数据连续性和可获得性,选取海洋第一产业的海洋捕捞量和海水养殖量,海洋第二产业的海洋原盐产量、原油产量、天然气产量、海滨砂矿产量和海洋化工产品产量以及海洋第三产业的海洋货物运输量综合反映海洋资源消耗量。

2019年2月

2.2 海洋资源消耗强度的因素分解模型

资源消耗强度评价中对于因素分解的处理方法主要有结构分解法 SDA (Structural Decomposition Analysis) 和指数分解法 IDA (Index Decomposition Analysis)。由于 SDA 法需要投入产出数据作为支撑,我国一般每五年出一次投入产出表,时间跨度较大^[24],且目前我国尚未把海洋经济纳入到投入产出表统计范围^[25],故不利于深入研究。IDA 法利用部门、行业的总和数据,更易于进行时间序列分析和区域间比较^[26]。IDA 法包括 Laspeyres IDA 和 Divisia IDA, Laspeyres IDA 法中的残差项数值较大,存在较大的结果分解误差;而 Divisia IDA 法满足因素可逆,具有“可不产生余值,且允许数据中包含零”的主要优点^[27,28],避免了因存在残差项影响分解结果的问题,提高了结果的可信度^[29],在能源消耗变化^[30]、水资源消耗变化^[31]、粮食产量变化^[32]、人类福祉变化^[33]等因素分解研究中得到广泛应用。

借鉴已有研究^[34],本文运用改进的 LMDI 加法模型,在原始 LMDI 模型的基础上增加了区域因素,以考察各省区海洋生产总值占全国海洋生产总值比重的变化对中国海洋资源消耗强度变化的影响。

总海洋资源消耗强度公式如下:

$$I = \sum_i \sum_j \frac{E_{ij}}{Q} = \sum_i \sum_j \frac{E_{ij}}{Q_{ij}} \frac{Q_{ij}}{Q_i} \frac{Q_i}{Q} = \sum_i \sum_j I_{ij} S_{ij} R_i \quad (2)$$

式中: I 为总海洋资源消耗强度; E_{ij} 为第 i 个省区海洋第 j 产业的资源消耗量; Q_{ij} 为第 i 个省区海洋第 j 产业的生产总值; Q_i 为第 i 个省区的海洋生产总值; Q 为全国海洋生产总值; I_{ij} 为第 i 个省区海洋第 j 产业资源消耗强度; S_{ij} 为海洋第 j 产业生产总值占第 i 个省区海洋生产总值的比重; R_i 为第 i 个省区海洋生产总值占全国海洋生产总值的比重。

海洋资源消耗强度的变化量的公式为:

$$\Delta I_{\text{tot}} = I_t - I_0 = \Delta I_{\text{tech}} + \Delta I_{\text{indu}} + \Delta I_{\text{regi}} \quad (3)$$

各分解因素贡献程度表示如下:

$$\Delta I_{\text{tech}} = \sum_i \sum_j \frac{E_{ij}^T / Q^T - E_{ij}^0 / Q^0}{\ln(E_{ij}^T / Q^T) - \ln(E_{ij}^0 / Q^0)} \ln \left(\frac{I_{ij}^T}{I_{ij}^0} \right) \quad (4)$$

$$\Delta I_{\text{indu}} = \sum_i \sum_j \frac{E_{ij}^T / Q^T - E_{ij}^0 / Q^0}{\ln(E_{ij}^T / Q^T) - \ln(E_{ij}^0 / Q^0)} \ln \left(\frac{S_{ij}^T}{S_{ij}^0} \right) \quad (5)$$

$$\Delta I_{\text{regi}} = \sum_i \sum_j \frac{E_{ij}^T / Q^T - E_{ij}^0 / Q^0}{\ln(E_{ij}^T / Q^T) - \ln(E_{ij}^0 / Q^0)} \ln \left(\frac{R_i^T}{R_i^0} \right) \quad (6)$$

式中: ΔI_{tot} 为总效应,表示总的海洋资源消耗强度变动; ΔI_{tech} 为技术进步效应,表示技术进步导致的海洋资源利用效率变动对总体海洋资源消耗强度变动的贡献程度; ΔI_{indu} 为产业结构效应,表示海洋产业结构调整与优化对海洋资源消耗强度变动的贡献程度; ΔI_{regi} 为区域规模效应,表示区域海洋经济规模在全国的地位变化对海洋资源消耗强度变动的贡献程度。三个分解效应对我国海洋资源消耗强度变化的贡献率分别为 $\Delta I_{\text{tech}} / \Delta I_{\text{tot}}$, $\Delta I_{\text{indu}} / \Delta I_{\text{tot}}$ 和 $\Delta I_{\text{regi}} / \Delta I_{\text{tot}}$ 。当某分解因素效应与总效应的符号一致时,表示该因素对海洋资源消耗强度变动起着正向作用,反之则为负向作用。

2.3 研究区域与数据来源

本文研究地域单元主要涉及中国沿海 11 省区,包括辽宁、河北、天津、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、广西、海南。由于数据获取困难,本次研究不包括香港、台湾和澳门。

时间跨度为 1996—2015 年,研究数据均来源于《中国海洋统计年鉴》(1997—2016 年)^[35]。其中由于 2006 年海洋生产总值指标统计口径发生变化,为便于研究,将 1996—2005 年的海洋生产总值指标按照海洋三次产业划分进行整合。

3 结果及分析

3.1 中国海洋资源消耗强度的时空演变

3.1.1 海洋资源消耗强度的时间演化

(1) 海洋经济产值与海洋资源消耗量时间变化。通过原始数据计算得到 1996—2015 年中国海洋生产总值与海洋资源消耗量,其变化趋势如图 1 所示。1996—2006 年中国海洋生产总值与海洋资源消耗量变化趋势基本同步,海洋第一、二、三产业资源消耗量均随生产总值的增加而增加,其中 1996—2000 年增长趋势平缓,2000—2006 年增长速度有所加快。2006—2015 年,海洋第一、二产业生产总值及资源消耗量均呈减缓上升态势,海洋第三产业生产总值及资源消耗量与全国水平变动趋势总体保持一致,其中海洋第三产业产值与全国总产值逐步增长,海洋第三产业资源消耗量与全国海洋资源消耗量减缓增加。

(2) 海洋资源消耗强度时间变化。中国海洋资源消耗强度的时序变化如图 2 所示。1996—2015 年,中国海洋资源消耗强度总体呈上升后稳步下降

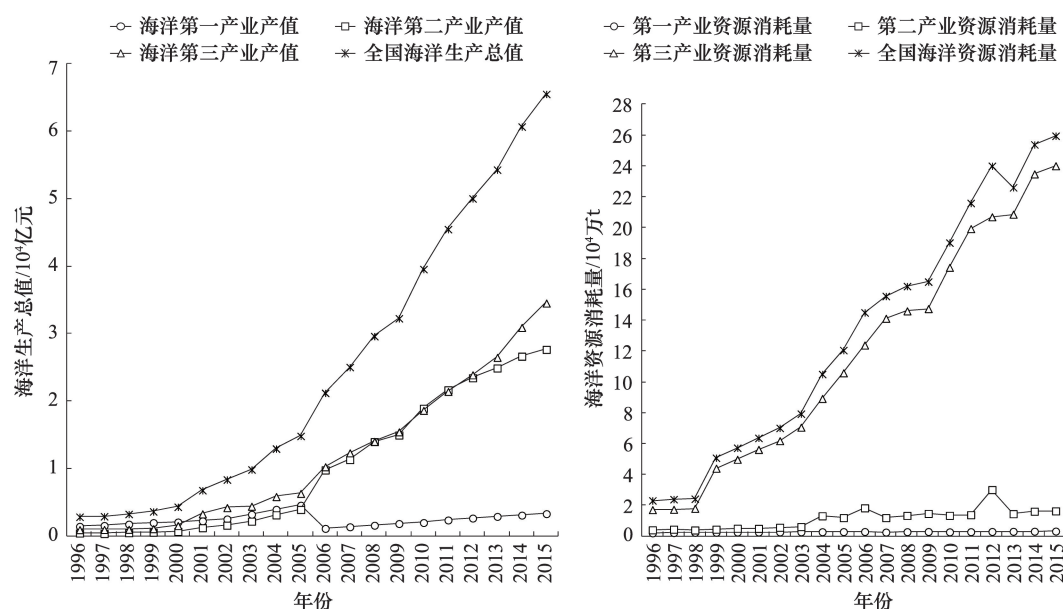


图1 1996—2015年中国海洋生产总值及海洋资源消耗量变化趋势

Figure 1 The trends of gross output values of marine economy and the number of marine resources consumed in China from 1996 to 2015

的态势,由1996年的8.058万t/亿元上升至1999年的13.877万t/亿元,此后逐渐下降,2015年达为3.958万t/亿元。海洋第一产业资源消耗强度呈平稳下降趋势,海洋第二、三产业资源消耗强度与中国海洋资源消耗强度变化趋势基本同步,总体呈先上升后下降的变化态势。

1996—1998年中国海洋经济增长缓慢,大部分海洋资源尚未被开发利用,海洋资源消耗较少。21世纪初,国家开始大力发展海洋经济,但起始阶段仍以传统海洋资源开发和初级产品生产为主,海洋经济发展严重依赖资源要素投入,海洋资源消耗强

度稍有提升。此后,海洋经济快速发展,海洋资源密集型产业发展方式逐步由粗放型向集约效益型转变,科技含量高、环境污染小的海洋战略性新兴产业逐渐兴起,海洋产业结构不断优化,海洋资源消耗强度逐渐下降。2010—2015年,海洋经济保持稳步增长,海洋产业逐步向海洋资源深加工产业及服务业转变,海洋资源消耗压力增速趋缓,海洋资源消耗强度小幅下降。

3.1.2 海洋资源消耗强度的空间演化

(1)区域差异演化特征。结合标准差、变异系数计算公式,得出沿海11省区海洋资源消耗强度的

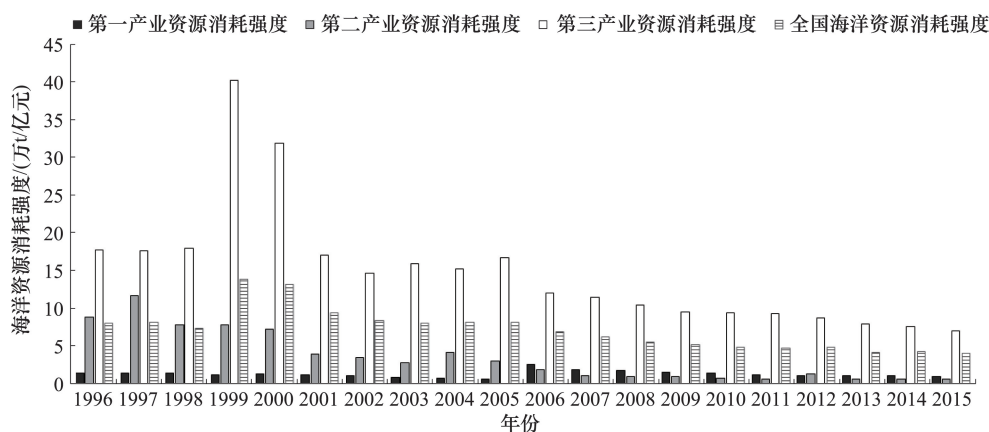


图2 1996—2015年中国海洋资源消耗强度及三次产业资源消耗强度的变动趋势

Figure 2 The trends of China's marine resources consumption intensity and the three industries resources consumption intensity from 1996 to 2015

2019年2月

标准差和变异系数如图3所示。标准差数值反映区域的绝对差异变化,通过分析1996—2015年海洋资源消耗强度的标准差可知,1996—2005年和2006—2015年标准差均不断降低,其中1996年标准差最大为11.190,2015年降至最低值2.845,海洋资源消耗强度的区域绝对差异总体呈现波动缩小趋势。变异系数反映区域的相对差异变化,通过分析可知,变异系数的变化趋势呈类似标准差的波动特征,海洋资源消耗强度的区域相对差异亦呈现波动缩小趋势。综合区域相对差异和绝对差异变化,表明研究期内沿海各省区海洋资源消耗强度的差距呈现波动缩小的变化特征。

(2)海洋资源消耗强度空间变化及类型划分。结合1996—2015年中国海洋资源消耗强度值,将各省区的海洋资源消耗强度与全国海洋资源消耗强度的比值 F 作为划分标准^[36],当 $F>1$ 时为高强度, $F<1$ 为低强度, $F=1$ 或其值附近为中等强度,计算结果如表1所示。

1996—2015年,中国沿海11省区海洋资源消耗强度的空间差异逐渐缩小,高强度省区数量基本保持不变,由1996年的河北、海南、浙江和福建变化为2015年的海南、浙江、上海和广西;中等强度省区数量减少,由1996年的天津、广东变化为2015年的辽宁,省区所占比重较小;低强度省区数量增加,区域变化较大,1996年主要分布于江苏、山东、辽宁、广西和上海,2015年分布于福建、江苏、广东、天津、河北和山东。

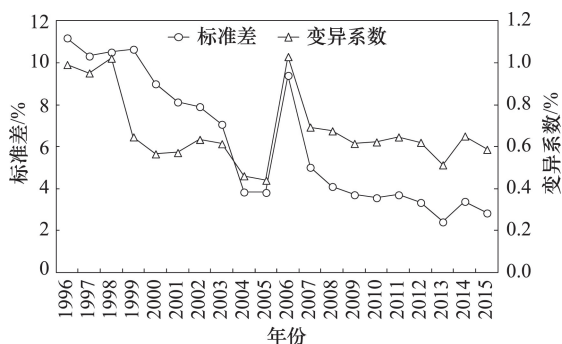


图3 1996—2015年中国海洋资源消耗强度的标准差和变异系数变化

Figure 3 The standard deviation and coefficient of variation line graph of marine resources consumption intensity in China from 1996 to 2015

具体来看,我国各省区海洋资源消耗强度的变化趋势可分为以下两种类型。①海洋资源消耗强度渐低型,包括天津、河北、福建、山东、广东和海南。伴随海洋经济的发展,这类省区加快推进海洋经济发展方式的转变,重点组织和推广海洋资源的高附加值利用、深加工以及低消耗高科技产品的生产,技术进步、产业结构调整与优化以及区域经济发展推动海洋资源消耗强度的下降,海洋资源压力减缓。②海洋资源消耗强度渐高型,包括辽宁、上海、江苏、浙江和广西。这类省区海洋渔业、海洋矿业等资源消耗型产业仍处于高耗能的发展模式,海洋新兴产业所占比重仍然偏低,部分省区如辽宁、广西的海洋科技发展总体水平偏低,海洋集约化生产的程度不高,海洋资源的综合优势和潜力尚未有效转化为经济优势。

3.2 中国海洋资源消耗强度变动因素分解效应的差异分析

3.2.1 分解因素效应的时间差异

根据公式(3)—公式(6),计算得到1996—2015年中国海洋资源消耗强度变动的分解因素效应及贡献率(表2)。研究期间,亿元海洋生产总值资源消耗量累计下降35.852万t,其中,技术进步效应、产业结构效应和区域规模效应累计达到-28.045万t、-6.573万t和-1.234万t,贡献率分别为78.224%、18.334%和3.442%,充分说明各分解因素对海洋资源消耗强度下降均具有推动作用,其中技术进步效应的贡献最为显著。

1996—2015年期间,各分解因素效应变化具有明显的阶段特征,2006年之前均是正负交替,原因在于中国海洋经济发展起步较晚,“重陆轻海”的经济发展政策、传统产业占比过高的产业结构对资源消耗强度的下降有负向作用,使得该时段海洋资源利用效率相对较低。2006年之后,各分解因素效应变化趋于稳定,其中技术进步效应和总效应始终为负值,且技术进步效应对海洋资源消耗强度下降的贡献最大;产业结构效应和区域规模效应在波动中逐渐稳定在负值,且产业结构调整是推动海洋资源消耗强度下降的次要贡献因素。2005年国家提出建设资源节约型社会,沿海省区海洋经济发展逐渐转型,加大在节能降耗、科技创新方面的投入力度,资源利用效率随着技术进步缓慢提升,但由于产业

表1 1996—2015年中国沿海省区海洋资源消耗强度与全国海洋资源消耗强度的比值 F

Table 1 The ratio of the marine resources consumption intensity in coastal provinces to the national marine resources consumption intensity in China from 1996 to 2015

年份	天津	河北	辽宁	上海	江苏	浙江	福建	山东	广东	广西	海南
1996	0.957	1.922	0.632	0.070	0.823	1.702	1.364	0.663	1.143	0.629	5.494
1997	1.210	1.701	0.600	0.073	0.605	1.728	1.383	0.683	1.042	0.593	5.029
1998	1.456	1.786	0.485	0.051	0.474	1.680	1.396	0.535	1.315	0.607	5.549
1999	3.119	1.210	0.801	1.862	0.943	0.986	0.697	0.452	0.942	0.261	1.774
2000	2.646	1.188	0.843	1.806	0.995	1.151	0.721	0.579	0.902	0.267	2.160
2001	3.082	1.359	0.967	3.029	1.154	1.834	0.910	0.802	0.913	0.403	2.252
2002	3.187	1.562	0.944	3.305	1.108	1.403	0.676	0.757	0.941	0.355	2.159
2003	2.620	1.331	0.938	3.464	0.950	1.556	0.541	0.569	0.827	0.946	2.026
2004	1.813	1.025	0.672	1.714	1.032	1.554	0.490	0.504	0.668	0.550	1.301
2005	1.667	1.237	0.747	1.682	0.911	1.382	0.686	0.521	0.583	0.562	1.786
2006	1.629	0.478	0.775	1.245	0.842	2.181	0.758	0.473	0.576	0.392	5.364
2007	1.761	0.389	0.848	1.439	0.733	2.092	0.742	0.463	0.618	0.636	3.109
2008	0.565	0.193	0.879	1.567	1.005	2.676	0.905	0.385	0.643	1.057	2.363
2009	1.236	0.390	0.889	1.682	0.870	2.037	0.780	0.475	0.557	1.168	2.908
2010	1.056	0.523	0.872	1.740	0.786	2.114	0.838	0.461	0.574	1.193	2.968
2011	0.957	0.494	0.769	1.763	0.816	2.182	0.865	0.432	0.603	1.365	3.068
2012	0.716	0.434	0.813	1.674	0.798	2.072	0.901	0.335	0.613	1.358	2.650
2013	0.624	0.510	0.898	1.433	1.161	2.392	1.019	0.347	0.749	1.572	1.747
2014	0.630	0.577	0.886	1.696	1.036	2.397	0.933	0.323	0.756	1.368	3.127
2015	0.700	0.622	1.013	1.769	0.936	2.408	0.942	0.305	0.716	1.404	2.640

表2 1996—2015年中国海洋资源消耗强度变动的因素分解效应

Table 2 Factor decomposition of marine resources consumption intensity in China from 1996 to 2015

(万t/亿元)

时段	技术进步效应 ΔI_{tech}		产业结构效应 ΔI_{indu}		区域规模效应 ΔI_{regi}		总效应 ΔI_{tot}
	效应值	贡献率/%	效应值	贡献率/%	效应值	贡献率/%	
1996—1997	0.884	-82.123	-2.878	267.448	0.918	-85.325	-1.076
1997—1998	-1.448	107.715	1.028	-76.470	-0.924	68.756	-1.344
1998—1999	6.491	75.427	2.219	25.789	-0.105	-1.216	8.605
1999—2000	0.820	-39.636	-1.975	95.497	-0.913	44.139	-2.068
2000—2001	-7.618	56.132	3.130	-23.062	-9.083	66.930	-13.571
2001—2002	-5.497	140.694	0.919	-23.515	0.671	-17.179	-3.907
2002—2003	-2.040	112.337	-1.240	68.304	1.464	-80.641	-1.816
2003—2004	-3.524	-114.915	-1.061	-34.613	7.652	249.528	3.066
2004—2005	-3.506	171.268	0.951	-46.454	0.508	-24.814	-2.047
2005—2006	2.577	-52.295	-6.761	137.187	-0.745	15.109	-4.929
2006—2007	-5.044	101.953	0.183	-3.706	-0.087	1.753	-4.947
2007—2008	-1.503	82.678	-0.149	8.181	-0.166	9.142	-1.818
2008—2009	-1.477	95.465	-0.186	12.036	0.116	-7.502	-1.547
2009—2010	-4.537	87.127	-0.588	11.288	-0.083	1.585	-5.207
2010—2011	-0.774	83.070	-0.102	10.939	-0.056	5.991	-0.932
2011—2012	-0.288	72.052	-0.023	5.679	-0.089	22.269	-0.400
2012—2013	-0.638	75.580	-0.173	20.560	-0.033	3.861	-0.844
2013—2014	-0.178	43.086	0.099	-23.934	-0.333	80.848	-0.412
2014—2015	-0.747	113.274	0.035	-5.280	0.053	-7.994	-0.659
1996—2015	-28.045	78.224	-6.573	18.334	-1.234	3.442	-35.852

2019年2月

发展存在“路径依赖”和区域海洋经济发展差异显著等问题,中国现代海洋产业体系仍未成熟,产业结构效应和区域规模效应对海洋资源消耗强度下降的影响作用相对有限。

3.2.2 分解因素效应的区域差异

(1)区域总效应比较。如表3所示,1996—2015年期间,沿海11省区海洋资源消耗强度均出现不同程度的下降,各省区总效应的标准差为3.255万t/亿元,其中海洋资源消耗强度下降幅度最大和最小的省区分别为上海和广西,分别达到-9.878万t/亿元和-0.112万t/亿元,区域差异显著。

(2)区域因素分解效应比较。如表3所示,沿海11省区的技术进步效应均为负值,说明沿海区域海洋资源利用效率普遍提高,技术进步效应是海洋资源消耗强度下降的主要推动因素。技术进步效应的标准差为1.691万t/亿元,绝对值最大值(广东,-6.048万t/亿元)是最小值(广西,-0.030万t/亿元)的205倍,表明各省区海洋资源利用效率的提高对海洋资源消耗强度下降的贡献存在较大差异。

辽宁、河北、天津、江苏、上海、广东和广西的产业结构效应均为负值,表明各省区海洋资源消耗偏高的第一、二产业向以技术服务为主的海洋第三产业转移,海洋战略性新兴产业开始迅速发展,现代海洋产业体系逐步建立,对海洋资源消耗强度的下降产生显著的正向作用。除天津和上海外,其他5个省区产业结构效应的绝对值均小于技术进步效

应,表明技术进步对海洋资源消耗强度降低的促进作用大于海洋产业结构调整与优化。浙江、福建、山东和海南的产业结构效应为正值,说明在提升海洋资源利用效率过程中,仍未达到合理化与高级化的产业结构是其制约和限制因素。产业结构效应的标准差为2.443万t/亿元,绝对值最大值(上海,-6.642万t/亿元)是最小值(广西,-0.003万t/亿元)的2367倍,表明各省区产业结构调整对海洋资源消耗强度下降的贡献也存在显著差异。

区域规模效应是辽宁、山东、上海、浙江、广东、广西和海南海洋资源消耗强度下降的推动因素,是天津、河北、江苏和福建海洋资源消耗强度下降的制约因素。区域规模效应的标准差为0.985万t/亿元,绝对值最大值(天津,2.085万t/亿元)是最小值(海南,-0.015万t/亿元)的139倍,表明各省区海洋经济增长对资源消耗强度下降的影响存在较大差异,区域海洋经济规模在全国的地位变化影响海洋资源消耗强度的变动。

3.2.3 分解因素效应的产业差异

(1)海洋三次产业内部因素分解效应比较。如表4所示,1996—2015年期间,技术进步效应和产业结构效应在海洋三次产业之间存在显著差异,区域规模效应无明显变化。技术进步效应在海洋三次产业内部累计分别为-1.878万t/亿元、-21.628万t/亿元和-4.539万t/亿元,占技术进步效应的比重分别为6.696%、77.118%和16.186%。可见,海洋第二产业技术进步效应对海洋资源消耗强度下降的贡献作用最大,海洋第三产业次之,海洋第一产业最小。大力推进海洋第二产业的技术创新和提高海洋第三产业的科技水平对不断降低海洋资源消耗强度具有至关重要的作用。

产业结构效应在海洋三次产业内部累计分别为-20.676万t/亿元、11.274万t/亿元和2.829万t/亿元,所占比重分别为314.547%、-171.511%和-43.036%,表明产业结构调整对海洋资源消耗强度降低的推动作用主要来源于海洋第一产业,海洋第二、三产业结构变化制约海洋资源消耗强度下降,但影响作用仍然有限,技术进步效应仍发挥主要作用。加快海洋第二、三产业结构调整和优化,构建完善的现代海洋产业体系对降低海洋资源消耗强度具有非常重要的正面影响。

表3 1996—2015年沿海各省区海洋资源消耗强度变动的因素分解效应

Table 3 Decomposition factor effect of marine resources consumption intensity of each coastal province from 1996 to 2015 (万t/亿元)

省份	技术进步 效应 ΔI_{tech}	产业结构 效应 ΔI_{indu}	区域规模 效应 ΔI_{regi}	总效应 ΔI_{tot}
天津	-1.669	-2.669	2.085	-2.253
河北	-0.986	-0.302	0.440	-0.848
辽宁	-1.577	-0.056	-0.557	-2.190
上海	-2.229	-6.642	-1.008	-9.878
江苏	-2.445	-0.036	0.613	-1.868
浙江	-4.593	2.853	-0.541	-2.282
福建	-2.791	0.136	0.172	-2.483
山东	-3.651	1.011	-0.656	-3.296
广东	-6.048	-1.602	-1.687	-9.337
广西	-0.030	-0.003	-0.080	-0.112
海南	-2.026	0.737	-0.015	-1.305

表4 1996—2015年中国海洋资源消耗强度变动因素分解效应的产业差异

Table 4 Industrial difference of decomposition factor effect of marine resources consumption intensity in China from 1996 to 2015 (万t/亿元)

时段	技术进步效应 ΔI_{tech}			产业结构效应 ΔI_{indu}			区域规模效应 ΔI_{regi}		
	第一产业	第二产业	第三产业	第一产业	第二产业	第三产业	第一产业	第二产业	第三产业
1996—1997	0.189	1.158	-0.463	-0.090	-2.804	0.016	0.306	0.306	0.306
1997—1998	-0.319	-1.041	-0.088	0.381	0.893	-0.246	-0.308	-0.308	-0.308
1998—1999	-0.668	-2.622	9.781	0.159	3.657	-1.596	-0.035	-0.035	-0.035
1999—2000	-0.481	2.499	-1.198	-1.203	-1.656	0.883	-0.304	-0.304	-0.304
2000—2001	-1.366	-6.472	0.220	-0.836	4.816	-0.851	-3.028	-3.028	-3.028
2001—2002	0.050	-2.882	-2.665	-1.518	1.041	1.395	0.224	0.224	0.224
2002—2003	-0.843	-0.722	-0.474	-0.688	-0.228	-0.325	0.488	0.488	0.488
2003—2004	-1.647	3.545	-5.422	-2.963	-0.707	2.609	2.551	2.551	2.551
2004—2005	-1.628	-2.277	0.399	0.703	0.500	-0.253	0.169	0.169	0.169
2005—2006	12.041	-7.571	-1.893	-13.875	6.409	0.705	-0.248	-0.248	-0.248
2006—2007	-2.291	-2.415	-0.338	0.254	-0.211	0.141	-0.029	-0.029	-0.029
2007—2008	-0.084	-0.760	-0.660	-0.170	0.218	-0.197	-0.055	-0.055	-0.055
2008—2009	-0.472	-0.581	-0.425	-0.156	-0.113	0.082	0.039	0.039	0.039
2009—2010	-2.859	-1.577	-0.101	-0.604	0.066	-0.050	-0.028	-0.028	-0.028
2010—2011	-0.421	-0.322	-0.031	-0.076	-0.044	0.018	-0.019	-0.019	-0.019
2011—2012	-0.312	0.383	-0.359	-0.004	-0.106	0.087	-0.030	-0.030	-0.030
2012—2013	0.056	-0.289	-0.405	-0.164	-0.100	0.091	-0.011	-0.011	-0.011
2013—2014	-0.419	0.310	-0.069	0.125	-0.231	0.205	-0.111	-0.111	-0.111
2014—2015	-0.404	0.006	-0.349	0.048	-0.125	0.111	0.018	0.018	0.018
1996—2015	-1.878	-21.628	-4.539	-20.676	11.274	2.829	-0.411	-0.411	-0.411

(2)省区海洋三次产业间因素分解效应比较。如表5所示,技术进步效应和产业结构效应在各省区海洋三次产业内部具有显著差异,区域规模效应无明显变化。各省区技术进步效应在海洋三次产业内部大多为负值,表明多数省区技术进步对海洋资源消耗强度下降都起到积极作用,海洋三次产业资源利用效率均有所提高。但是各省区海洋三次

产业间的技术进步效应对海洋资源消耗强度下降的贡献仍存在较大差异,其中,天津的技术进步效应在海洋第一产业和第三产业中为正值,河北在海洋第一产业中为正值,上海和广西在海洋第三产业中为正值,表明由于资源禀赋和经济发展侧重的差异,技术进步效应在这些省区的个别产业中限制海洋资源消耗的降低。

表5 1996—2015年沿海省区海洋资源消耗强度变动的因素分解效应的产业差异

Table 5 Industrial difference of decomposition factor effect of marine resources consumption intensity of each coastal province from 1996 to 2015 (万t/亿元)

省份	技术进步效应 ΔI_{tech}			产业结构效应 ΔI_{indu}			区域规模效应 ΔI_{regi}		
	第一产业	第二产业	第三产业	第一产业	第二产业	第三产业	第一产业	第二产业	第三产业
天津	0.191	-1.984	0.123	-2.701	0.467	-0.435	0.695	0.695	0.695
河北	0.109	-0.758	-0.337	-0.580	0.225	0.054	0.147	0.147	0.147
辽宁	-0.320	-1.032	-0.224	-0.622	0.037	0.530	-0.186	-0.186	-0.186
上海	-0.239	-3.466	1.476	-7.033	0.770	-0.378	-0.336	-0.336	-0.336
江苏	-0.367	-1.940	-0.138	-0.707	0.447	0.224	0.204	0.204	0.204
浙江	0.029	-2.715	-1.907	-3.235	4.480	1.608	-0.180	-0.180	-0.180
福建	-0.210	-1.367	-1.214	-1.148	0.715	0.569	0.057	0.057	0.057
山东	-0.113	-2.155	-1.384	-1.617	1.468	1.160	-0.219	-0.219	-0.219
广东	-0.651	-4.654	-0.743	-2.718	1.318	-0.202	-0.562	-0.562	-0.562
广西	-0.107	-0.041	0.118	-0.044	0.171	-0.130	-0.027	-0.027	-0.027
海南	-0.201	-1.515	-0.310	-0.270	1.177	-0.170	-0.005	-0.005	-0.005

2019年2月

产业结构效应在各省区海洋第一产业内部均为负值,海洋第二产业内部均为正值;天津、上海、广东、广西和海南5个省区海洋第三产业内部的产业结构效应为负值,其余省区为正值。表明海洋第一产业结构的调整和优化对海洋资源强度下降的贡献明显大于海洋第二、三产业,海洋第一产业比重的下降对海洋资源消耗强度下降具有显著正向作用,海洋第二、三产业的结构优化升级是未来海洋产业结构调整的重点。

4 结论与建议

4.1 结论

基于海洋资源消耗强度的内涵,测度中国沿海省区1996—2015年海洋资源消耗强度,揭示其时空演化趋势;运用改进的对数均值迪式指数分解法(LMDI)对海洋三次产业资源消耗强度变动的因素贡献进行分解,并探究其时间差异、区域差异和产业差异,主要结论如下:

(1)中国海洋资源消耗强度由1996年的8.058万t/亿元变化至2015年的3.958万t/亿元,总体呈上升后稳步下降的态势;海洋第一产业资源消耗强度呈平稳下降趋势,海洋第二、三产业资源消耗强度与中国海洋资源消耗强度变化趋势基本同步。空间格局演化上,中高强度省区逐渐减少,低强度省区逐渐增多,区域差异逐步缩小,其中天津、河北、福建、山东、广东和海南属于海洋资源消耗强度渐低型,辽宁、上海、江苏、浙江和广西属于海洋资源消耗强度渐高型。

(2)因素分解效应的时间差异比较表明,技术进步效应是推动海洋资源消耗强度下降的最主要因素,累计贡献率达到78.224%;产业结构效应是海洋资源消耗强度下降的次要影响因素,贡献率为18.334%;区域规模效应所起作用较弱,贡献率为3.442%。

(3)因素分解效应的区域差异比较表明,沿海省区在技术进步效应、产业结构效应和区域规模效应方面存在显著差异,福建以技术进步效应为主,浙江、山东和海南以技术进步效应和区域规模效应为主,天津、河北和江苏以技术进步效应和产业结构效应为主,辽宁、上海、广东和广西则是技术进步效应、产业结构效应和区域规模效应共同推动海洋资源消耗强度下降。

(4)因素分解效应的产业差异比较表明,技术进步效应在海洋第二产业内部贡献最大,累计占比为77.118%;产业结构效应在海洋第一产业内部贡献最大,累计占比为314.547%;区域规模效应在海洋三次产业内部无明显差异。各省区技术进步效应和产业结构效应在海洋三次产业内部差异显著,未来推行三次产业资源集约利用技术或措施时应有所区别和侧重。

对中国海洋资源消耗强度的测算以及影响其变动的贡献因素分析,在一定程度上探究了海洋资源消耗强度的时空演化特征以及时间、区域与产业方面的差异。但海洋产业类别繁多,限于统计口径问题,文章从三次产业视角研究海洋资源消耗强度,针对具体海洋产业资源消耗强度变动的贡献因素仍有待进一步剖析,使研究问题更有针对性。

4.2 建议

不断降低海洋资源消耗强度是海洋经济可持续发展的关键环节,基于上述分析得到如下几点建议:

(1)推动海洋经济发展技术创新。海洋经济增长的初级阶段主要依靠海洋资源的投入力度,但当经济增长超过一定临界值后,海洋经济发展对资源的依赖程度逐渐降低,以技术进步为主导的内涵扩大再生产模式优势凸显,技术进步成为降低海洋资源消耗强度、提高海洋资源利用效率的最主要因素,因此应依托科技创新实现海洋资源的优化配置,加强节约资源消耗技术的研发推广,通过技术效率的提高降低海洋资源消耗强度,缓解海洋资源压力。

(2)加快海洋产业结构调整与优化,实施差别化产业发展策略。随着海洋经济增长方式的转变,产业结构效应对降低海洋资源消耗强度具有重要正向作用,天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南这类海洋资源消耗强度下降的省区,应在巩固海洋第一产业基础地位的前提下,以海洋生物资源、油气资源、矿产资源、港口资源等为重点,依托人才、技术、区位等优势,加快推进产业结构向海洋第二产业和第三产业转变,支持海洋新兴战略性新兴产业的发展;而海洋资源消耗强度呈上升趋势的广西,则应加快改造提升海洋传统产业,实现产业绿色转型升级。

(3)采用非平衡发展策略,促进跨区域间海洋经济与技术的交流合作。区域规模效应对降低海洋资源消耗强度具有积极影响,政府应合理调控海洋经济增长速度和发展规模,鼓励海洋经济先发地区辐射带动后发地区,通过技术溢出效应、产业关联性溢出效应等方式促进生产要素在沿海省区间转移,推动海洋经济发展水平的整体提升,缩小区域间海洋资源消耗强度差异。

参考文献(References):

- [1] 赵林, 张宇硕, 焦新颖, 等. 基于SBM和Malmquist生产率指数的中国海洋经济效率评价研究[J]. 资源科学, 2016, 38(3): 461-475. [Zhao L, Zhang Y S, Jiao X Y, et al. An evaluation of Chinese marine economy efficiency based on SBM and Malmquist productivity indexes[J]. *Resources Science*, 2016, 38(3): 461-475.]
- [2] 狄乾斌, 韩增林. 辽宁省海洋经济可持续发展的演进特征及其系统耦合模式[J]. 经济地理, 2009, 29(5): 799-805. [Di Q B, Han Z L. Analysis of evolutionary characteristics of sustainable development of marine economy and its system[J]. *Economic Geography*, 2009, 29(5): 799-805.]
- [3] 王泽宇, 卢雪凤, 韩增林. 海洋资源约束与中国海洋经济增长: 基于海洋资源“尾效”的计量检验[J]. 地理科学, 2017, 37(10): 1497-1506. [Wang Z Y, Lu X F, Han Z L. Marine resources constraint and China's marine economic growth: Metrology analysis based on marine resources "tail drag"[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(10): 1497-1506.]
- [4] Pham T D T, Huang H W, Chuang C T. Finding a balance between economic performance and capacity efficiency for sustainable fisheries: Case of the Da Nang gillnet fishery, Vietnam[J]. *Marine Policy*, 2014, 44: 287-294.
- [5] Chen C, López-Carr D, Walker B L E. A framework to assess the vulnerability of California commercial sea urchin fishermen to the impact of MPAs under climate change[J]. *GeoJournal*, 2014, 79(6): 755-773.
- [6] Ferreira J G, Hawkins A J S, Monteiro P, et al. Integrated assessment of ecosystem-scale carrying capacity in shellfish growing areas[J]. *Aquaculture*, 2008, 275(1-4): 138-151.
- [7] Barange M, Cheung W W L, Merino G, et al. Modeling the potential impacts of climate change and human activities on the sustainability of marine resources[J]. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2010, 2(5-6): 326-333.
- [8] Managi S, Opaluch J J, Jin D, et al. Technological change and petroleum exploration in the gulf of Mexico original research article [J]. *Energy Policy*, 2005, 33(5): 619-632.
- [9] 杨正先, 张志锋, 韩建波, 等. 海洋资源环境承载能力超载阈值确定方法探讨[J]. 地理科学进展, 2017, 36(3): 313-319. [Yang Z X, Zhang Z F, Han J B, et al. Thresholds determination of marine resource and environmental carrying capacity[J]. *Progress in Geography*, 2007, 36(3): 313-319.]
- [10] 孙才志, 于广华, 王泽宇, 等. 环渤海地区海域承载力测度与时空分异分析[J]. 地理科学, 2014, 34(5): 513-521. [Sun C Z, Yu G H, Wang Z Y, et al. Marine carrying capacity assessment and spatio-temporal analysis in the Bohai sea ring area[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(5): 513-521.]
- [11] 孙才志, 覃雄合, 李博, 等. 基于WSBM模型的环渤海地区海洋经济脆弱性研究[J]. 地理科学, 2016, 36(5): 705-714. [Sun C Z, Qin X H, Li B, et al. Assessment of marine economy vulnerability of coastal cities in Bohai sea ring area based on WSBM model[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(5): 705-714.]
- [12] 李博, 杨智, 苏飞, 等. 基于集对分析的中国海洋经济系统脆弱性研究[J]. 地理科学, 2016, 36(1): 47-54. [Li B, Yang Z, Su F, et al. Vulnerability measurement of Chinese marine economic system based on set pair analysis[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(1): 47-54.]
- [13] 盖美, 周荔. 基于可变模糊识别的辽宁海洋经济与资源环境协调发展研究[J]. 资源科学, 2011, 33(2): 356-363. [Gai M, Zhou L. A study of the coordinated development of marine resources environment and economy of Liaoning province using a variable fuzzy recognition model[J]. *Resources Science*, 2011, 33(2): 356-363.]
- [14] 王泽宇, 卢雪凤, 韩增林, 等. 中国海洋经济增长与资源消耗的脱钩分析及回弹效应研究[J]. 资源科学, 2017, 39(9): 1658-1669. [Wang Z Y, Lu X F, Han Z L, et al. Decoupling analysis and rebound effect between China's marine economic growth and resource consumption[J]. *Resources Science*, 2017, 39(9): 1658-1669.]
- [15] 邹玮, 孙才志, 覃雄合. 基于Bootstrap-DEA模型环渤海地区海洋经济效率空间演化与影响因素分析[J]. 地理科学, 2017, 37(6): 859-867. [Zou W, Sun C Z, Qin X H. Spatial evolution of marine economic efficiency and its influential factors in Bohai sea ring area based on Bootstrap-DEA model[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(6): 859-867.]
- [16] 孙康, 季建文, 李丽丹, 等. 基于非期望产出的中国海洋渔业经济效率评价与时空分异[J]. 资源科学, 2017, 39(11): 2040-2051. [Sun K, Ji J W, Li L D, et al. Marine fishery economic efficiency and its spatio-temporal differences based on undesirable outputs in China[J]. *Resources Science*, 2017, 39(11): 2040-2051.]
- [17] Sun J W. Changes in energy consumption and energy intensity: A complete decomposition model[J]. *Energy Economics*, 1998, 20(1): 85-100.
- [18] 孔婷, 孙林岩, 何哲. 中国工业能源消耗强度的区域差异-基于省(市)面板数据模型的实证分析[J]. 资源科学, 2010, 32(7): 1222-1229. [Kong T, Sun L Y, He Z. A study on regional industrial energy intensity: An empirical analysis based on panel data

2019年2月

- model of different provinces in China[J]. *Resources Science*, 2010, 32(7): 1222–1229.]
- [19] Cornillie J, Fankhauser S. The energy intensity of transition countries[J]. *Energy Economics*, 2004, 26(3):283–295.
- [20] 臧正, 邹欣庆. 中国大陆水资源强度的收敛特征检验: 基于省际面板数据的实证[J]. 自然资源学报, 2016, 31(6): 920–935. [Zang Z, Zou X Q. Test on convergence trait of water resource intensity in mainland China: An empirical research based on panel data at provincial Level[J]. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(6): 920–935.]
- [21] 熊昕. 基于T-LMDI模型的制造业对我国能源消耗强度影响程度分析[D]. 沈阳: 东北大学, 2011. [Xiong X. Research on the Quantitative Impact of Manufacturing Industry on China's Energy Consumption Intensity Based on T-LMDI Model[D]. Shenyang: Northeastern University, 2011.]
- [22] 楼东, 谷树忠, 钟赛香. 中国海洋资源现状及海洋产业发展趋势分析[J]. 资源科学, 2005, 27(5): 20–26. [Lou D, Gu S Z, Zhong S X. Current situation and development trend of marine industry in China[J]. *Resources Science*, 2005, 27(5): 20–26.]
- [23] 吴姗姗, 张凤成, 曹可. 基于集对分析和主成分分析的中国沿海省海洋产业竞争力评价[J]. 资源科学, 2014, 36(11): 2386–2391. [Wu S S, Zhang F C, Cao K. Marine industry competitiveness of coastal provinces in China based on set pair analysis and principal component analysis[J]. *Resources Science*, 2014, 36(11): 2386–2391.]
- [24] 许士春, 习蓉, 何正霞. 中国能源消耗碳排放的影响因素分析及政策启示[J]. 资源科学, 2012, 34(1): 2–12. [Xu S C, Xi R, He Z X. Influential factors and policy implications of carbon emissions for energy consumption in China[J]. *Resources Science*, 2012, 34(1): 2–12.]
- [25] 王莉莉, 肖雯雯. 基于投入产出模型的中国海洋产业关联及海陆产业联动发展分析[J]. 经济地理, 2016, 36(1): 113–119. [Wang L L, Xiao W W. Industry linkage of marine industry and marine-land industry linkage development: Based on input-output model[J]. *Economic Geography*, 2016, 36(1): 113–119.]
- [26] 张旺, 周跃云. 北京能源消费排放CO₂增量的分解研究: 基于IDA法的LMDI技术分析[J]. 地理科学进展, 2013, 32(4): 514–521. [Zhang W, Zhou Y Y. An empirical analysis of the increment of CO₂ emission from energy consumption in Beijing: Based on LMDI technique of IDA method[J]. *Progress in Geography*, 2013, 32(4): 514–521.]
- [27] Ang B W. Decomposition analysis for policy making in energy: Which is the preferred method?[J]. *Energy Policy*, 2004, 32(9): 1131–1139.
- [28] Ang B W, Liu N. Energy decomposition analysis: IEA model versus other methods[J]. *Energy Policy*, 2007, 35(3): 1426–1432.
- [29] 王韶华, 于维洋, 张伟, 等. 基于产业和能源的河北省分产业碳强度因素分析[J]. 经济地理, 2015, 35(5): 166–173. [Wang S H, Yu W Y, Zhang W, et al. The decomposition analysis for Hebei's industrial carbon intensity based on industry and energy[J]. *Economic Geography*, 2015, 35(5): 166–173.]
- [30] 严翔, 成长春, 贾亦真. 中国城镇化进程中产业、空间、人口对能源消费的影响分解[J]. 资源科学, 2018, 40(1): 216–225. [Yan X, Cheng C C, Jia Y Z. Effect decomposition of industry, space and population on energy consumption during Chinese urbanization[J]. *Resources Science*, 2018, 40(1): 216–225.]
- [31] 张陈俊, 赵存学, 林琳, 等. 长江三角洲地区用水量时空差异的驱动效应研究[J]. 资源科学, 2018, 40(1): 89–103. [Zhang C J, Zhao C X, Lin L, et al. Driving effect of spatial-temporal differences in water consumption in the Yangtze river delta[J]. *Resources Science*, 2018, 40(1): 89–103.]
- [32] 刘玉, 高秉博, 潘瑜春, 等. 基于LMDI模型的中国粮食产量变化及作物构成分解研究[J]. 自然资源学报, 2014, 29(10): 1709–1720. [Liu Y, Gao B B, Pan Y C, et al. Investigating contribution factors to China's grain output increase based on LMDI model during the period 1980 to 2010[J]. *Journal of Natural Resources*, 2014, 29(10): 1709–1720.]
- [33] 王圣云. 中国人类福祉变化的驱动效应及时空分异[J]. 地理科学进展, 2016, 35(5): 632–643. [Wang S Y. Driving factors and spatiotemporal differentiation of Human well-being change in China[J]. *Progress in Geography*, 2016, 35(5): 632–643.]
- [34] 张陈俊, 章恒全, 龚雅云. 中国结构升级、技术进步与水资源消耗—基于改进的LMDI方法[J]. 资源科学, 2014, 36(10): 1993–2002. [Zhang C J, Zhang H Q, Gong Y Y. Structural upgrading, technological progress and water resource consumption based on a refined LMDI method[J]. *Resources Science*, 2014, 36(10): 1993–2002.]
- [35] 国家海洋局. 中国海洋统计年鉴[M]. 北京: 海洋出版社, 1997–2016. [State Oceanic Administration. China Marine Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Ocean Press, 1997–2016.]
- [36] 周炳中, 包浩生, 彭补拙. 长江三角洲地区土地资源开发强度评价研究[J]. 地理科学, 2000, 20(3): 218–223. [Zhou B Z, Bao H S, Peng B Z. Evaluation on exploitative intensity of land resources in the Yangtze river delta region[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2000, 20(3): 218–223.]

Factor decomposition and spatio-temporal difference analysis in marine resource consumption intensity in China

WANG Zeyu, XU Jing, WANG Yanxi

(Center for Studies of Marine Economy and Sustainable Development of Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)

Abstract: Based on the connotation of marine resources consumption intensity, this study evaluated the marine resources consumption intensity in China's coastal provinces from 1996 to 2015, revealing its temporal and spatial evolution characteristics. It implemented an improved LMDI to establish a factor decomposition model to analyze the contribution of factors in the change of marine resources consumption intensity and compare the differences. The results showed the following: (1) From 1996 to 2015, the intensity of China's marine resources consumption demonstrated an overall increasing trend, followed by a gradual decline. For the primary industry, resources consumption intensity exhibited a stable decline, while its fluctuations for the secondary and tertiary industries followed those of China's marine resources consumption intensity. Regarding the spatial evolutions. Moderately high-intensity provinces gradually declined in number, while low-intensity provinces gradually increased. Further, the variation between regions gradually declined. (2) The technological progress, industrial structure, and regional scale effects had contributed to 78.224%, 18.334%, and 3.442% of the total decline in marine resources consumption intensity. The factor decomposition effects varied significantly across provinces. The technological progress effect influenced marine resources consumption intensity in Fujian, while the technological progress and regional scale effects effected Zhejiang, Shandong, and Hainan. The technological progress and industrial structure effects influenced Tianjin, Hebei, and Jiangsu, while the technological progress, industrial structure, and regional scale effects drove decreasing marine resources consumption intensity in Liaoning, Shanghai, Guangdong, and Guangxi. (3) Among the three marine industries, the secondary industry illustrated the largest contribution with the technological progress effect, accounting for 77.118%; the primary industry did show the largest contribution with the industrial structure effect, accounting for 314.547%. The regional scale effect was not significant within the three industries. Technologies and the measures aim at promoting the intensive use of marine resources should be regionally targeted and differentiated according to each province.

Key words: marine resources; consumption intensity; factor decomposition; LMDI model; technological progress effect; industrial structure effect; regional scale effect; spatio-temporal difference; China