科技创新、技术推广与海水养殖业全要素生产率

纪建悦[1,2]，董鸿潇[1]，尹兴民[1]

（1.中国海洋大学经济学院　青岛　266100；
2.中国海洋大学海洋发展研究院　青岛　266100）

摘要：为促进我国海水养殖业的高质量可持续发展，文章根据科技创新、技术推广与海水养殖业全要素生产率之间的影响机理构建理论模型，选取2006－2018年我国从事海水养殖业的沿海地区相关数据和相关变量，实证检验科技创新对海水养殖业全要素生产率的影响以及技术推广在该影响机制中发挥的作用，并提出发展建议。研究结果表明：科技创新对提高海水养殖业全要素生产率和技术推广均具有显著的促进作用；技术推广对提高海水养殖业全要素生产率具有显著的促进作用，且在科技创新提高海水养殖业全要素生产率的影响机制中发挥中介效应；经替换变量法和补充变量法检验，实证检验结果具有稳健性；未来我国发展海水养殖业应进一步增强科技创新和技术推广能力。

关键词：海水养殖业；科技创新；技术推广；全要素生产率；中介效应

中图分类号：F326.4；P745　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1005－9857(2022)06－0003－07

Science and Technology Innovation, Technology Promotion and Total Factor Productivity of Mariculture Industry

JI Jianyue[1,2], DONG Hongxiao[1], YIN Xingmin[1]

(1.School of Economics, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;
2.Institute of Marine Development, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: In order to promote the high-quality and sustainable development of China's mariculture industry, this paper constructed a theoretical model based on the influence mechanism between science and technology innovation, technology promotion and total factor productivity of mariculture industry, selected relevant data and variables in the coastal areas engaged in mariculture from 2006 to 2018, empirically examined the impact of science and technology innovation on the total factor productivity of mariculture industry and the role of technology promotion in the impact mechanism, and put forward development suggestions. The results showed that science and technology innovation played a significant role in promoting the total factor productivity of mari-

收稿日期：2021-10-25；**修订日期**：2022-04-21

基金项目：国家自然科学基金项目“蓝色粮仓背景下我国海水养殖业绿色技术进步测度、方向性评价与优化研究”(71873127)；山东省社会科学规划项目“以创新引领山东‘蓝色粮仓’高质量发展研究”(20AWTJ19).

作者简介：纪建悦，教授，博士，研究方向为国民经济和海洋经济

通信作者：尹兴民，讲师，博士，研究方向为宏观经济政策分析和投融资管理

culture industry and technology promotion. Technology promotion played a significant role in promoting the total factor productivity of mariculture industry, and had an intermediary effect on the impact mechanism of science and technology innovation to improve the total factor productivity of mariculture industry. The empirical test results were robust after the substitution variable method and the supplementary variable method. In the future, China's development of mariculture industry should further enhance the ability of science and technology innovation and technology promotion.

Keywords: Mariculture industry, Science and technology innovation, Technology promotion, Total factor productivity, Intermediary effect

1 研究背景

海水养殖业为国家粮食供给和居民膳食营养提供保障,对于缓解渔业捕捞压力和促进经济增长发挥积极作用。海水养殖业全要素生产率是海水养殖业发展质量的客观反映,直接关系到海水养殖业的发展前景,因此研究海水养殖业全要素生产率的影响因素具有重要的现实意义。创新是引领发展的第一动力,科技创新机制的不断完善和科技创新成果的不断涌现对海水养殖业的发展产生重要影响。科技创新能够高效协调海水养殖业的各类生产要素投入、改善海水养殖业的生产要素配置、提高海水养殖业的资源利用效率以及促进海水养殖业的技术进步和生产效率提高,从而推动海水养殖业全要素生产率的提高。技术推广是将科技创新成果更有效地转化为生产力的重要媒介,贝类、虾类和鱼类等海水养殖技术的推广加快相关科技创新成果的普及和应用。技术推广是实现海水养殖产量增加的保障,是带动海水养殖业知识和技术更新的关键,更是提高海水养殖业全要素生产率的必由之路。科技创新和技术推广的不断发展为提高海水养殖业全要素生产率提供良好基础,因此研究科技创新和技术推广对海水养殖业全要素生产率的影响具有重要意义。

目前对于海水养殖业全要素生产率的研究集中于影响因素和测算 2 个方面。在影响因素方面,Brunnermeier 等[1]和段梦等[2]认为科技投入对提高海水养殖业全要素生产率有积极影响;卢昆等[3]认为在学习和借鉴美国海水养殖业高效发展经验的基础上,完善水产养殖管理和水产养殖法律体系以及创新水产养殖技术是提高我国海水养殖业生产率的有效措施。海水养殖业全要素生产率的测算方法主要包括索洛余值法、随机前沿分析法和 DEA-Malmquist 指数法:Squires[4]最先运用索洛余值法测算渔业全要素生产率;Holst[5]和 Singh[6]分别运用随机前沿分析法测算挪威和特里普拉邦的海水养殖业全要素生产率;姜启军等[7]运用随机前沿分析法测算我国渔业技术效率;Rasmus[8]运用 DEA-Malmquist 指数法测算丹麦的海水养殖业全要素生产率,并将全要素生产率进一步分解为技术效率和规模效率,研究发现海水养殖环境和养殖户管理水平会影响技术效率;王萍萍[9]和纪建悦等[10]基于 Malmquist 指数法测算包含非期望产出的海水养殖业全要素生产率,对海水养殖业的绿色可持续发展具有重要意义。

现有研究普遍认为科技创新对提高全要素生产率有积极作用。Griliches[11]和 Bloch[12]研究发现科技创新可显著提高全要素生产率;吴延兵[13]基于扩展的柯布-道格拉斯生产函数研究发现科技研发对提高全要素生产率有促进作用;王小鲁等[14]运用扩展的卢卡斯模型研究发现科技创新对提高全要素生产率有积极贡献;陶长琪等[15]运用 TOPSIS 理想解思想和 DEA-Malmquist 指数法测算我国全要素生产率区域差异的成因,并提出科技创新对提高全要素生产率有积极影响;吴新中等[16]运用 SBM-DDF 模型等方法研究发现技术创新可显著提高长江经济带的工业绿色全要素生产率;杜军等[17]基于 DEA-Malmquist 指数法和 PVAR 模型研究发现科技创新对提高全要素生产率有积极影响。

技术推广是通过试验、示范和培训等手段普及和传播技术的过程，是将技术成果转化为生产力的重要环节，可为提高全要素生产率提供技术支持并对提高全要素生产率有积极作用。现有研究技术推广与全要素生产率之间关系的文献较少，且已有文献集中于农业领域。张海燕等[18]运用农业技术扩散模型研究发现农业技术推广对农业经济增长的贡献率较高；张成等[19]研究发现由技术推广决定的纯技术效率下降导致我国水产养殖业全要素生产率增长下降；刘瑛[20]和陈鸣[21]研究发现农业技术推广是农业科技创新成果最终转化为生产力的关键。

目前文献侧重于全要素生产率的影响因素和测算以及科技创新与全要素生产率之间的关系，鲜有技术推广与全要素生产率之间关系的相关研究，在海水养殖业领域更是缺乏对科技创新、技术推广与全要素生产率三者之间内在联系的相关研究。基于现有研究，本研究以我国从事海水养殖业的沿海 10 省（自治区、直辖市）为研究对象，探究科技创新、技术推广与海水养殖业全要素生产率之间的关系以及技术推广发挥的中介效应，对于提高我国海水养殖业全要素生产率具有科学价值和现实意义。

2　理论模型

2.1　科技创新对全要素生产率的影响机理

科技创新对全要素生产率的影响主要体现在 2 个方面。①科技创新通过促进技术进步影响全要素生产率。科技创新可为海水养殖业的生产者、经营者和消费者提供新的生产技术、销售产品和消费需求，创造良好的经济效益和生态效益，促进海水养殖业技术进步，从而提高海水养殖业全要素生产率。②科技创新通过改善技术效率影响全要素生产率。科技创新促进原有海水养殖业生产方式的转变，更新并完善海水养殖业的生产设备和工艺技术，优化配置海水养殖业生产、加工、经营、销售和管理各个环节的生产要素和资源，改善海水养殖业技术效率，从而提高海水养殖业全要素生产率。

基于科技创新对全要素生产率的影响机理，本研究提出假设 1：科技创新对提高海水养殖业全要素生产率有促进作用。

2.2　技术推广对全要素生产率的影响机理

技术推广对全要素生产率的影响主要体现在 2 个方面。①技术推广通过推动生产力转化影响全要素生产率。技术推广可传播和普及海水养殖业的工艺、模式和产品等，并将相关科技创新成果应用于海水养殖业的生产经营过程，实现海水养殖业技术进步与生产经营的有效结合，从而提高海水养殖业全要素生产率。②技术推广通过增强技术应用效果影响全要素生产率。技术推广可有效促进海水养殖业的技术应用，从业人员从技术推广过程中获取新的海水养殖知识、技术和信息，丰富自身技术储备和增强技术应用能力，提高海水养殖业的劳动力水平，从而提高海水养殖业全要素生产率。

基于技术推广对全要素生产率的影响机理，本研究提出假设 2：技术推广对提高海水养殖业全要素生产率有促进作用。

2.3　技术推广的中介效应

科技创新成果通过技术推广实现大规模传播和应用，对全要素生产率产生影响。技术推广是通过试验、示范和培训等手段普及和传播技术的过程，而科技创新是成果转化、推广和应用的基础，对技术推广有促进作用。科技创新能够更新海水养殖技术、方法和设备，以科技创新成果为立足点，结合海水养殖业的实际发展需求进行技术推广。技术推广的中介效应体现在海水养殖业从业人员在技术推广过程中学习新技术、新方法和新知识等科技创新成果，并在实际工作中加以应用；科技创新推动技术推广，而技术推广又有效提高海水养殖业从业人员的技术素质和技术应用能力，从而提高海水养殖业全要素生产率。

基于技术推广的中介效应，本研究提出假设 3：科技创新对技术推广有促进作用，且技术推广在科技创新对海水养殖业全要素生产率影响机制中发挥中介效应。

综上所述，科技创新通过促进技术进步和改善技术效率影响全要素生产率，技术推广通过推动生

产力转化和增强技术应用效果影响全要素生产率，科技创新对技术推广有促进作用且技术推广发挥中介效应。由此构建理论模型(图 1)。

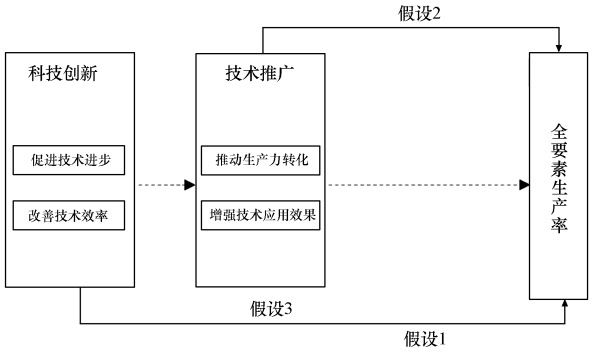

图 1 理论模型

3 研究设计

3.1 样本和变量

考虑到数据的可获得性和全面性，本研究获取 2006—2018 年我国从事海水养殖业的沿海 10 省(自治区、直辖市)共计 130 个样本的平衡面板数据。数据来源于历年《中国渔业统计年鉴》《中国海洋统计年鉴》和国家统计局官网。全部变量及其计算方法如表 1 所示。

表 1 变量及其计算方法

类型	名称	计算方法
被解释变量	全要素生产率(TFP)	DEA-Malmquist 指数法
解释变量	科技创新水平(TECH)	DEA-BCC 模型
中介变量	技术推广水平(POPU)	熵值法
控制变量	经济发展水平(GDP)	人均 GDP
	政府干预程度(GOV)	财政科技支出/一般预算支出
	市场化程度(MAR)	市场化指数[14]

3.1.1 全要素生产率

运用 DEA-Malmquist 指数法计算海水养殖业全要素生产率。参考王萍萍[9]的做法，投入指标包括海水养殖面积、海水养殖人员数量和海水养殖渔船数量，产出指标为海水养殖产值。2007 年、2010 年、2013 年和 2016 年我国沿海地区的海水养殖业全要素生产率如表 2 所示。

表 2 部分年份我国沿海地区的海水养殖业全要素生产率

地区	2007 年	2010 年	2013 年	2016 年
天津	1.133	1.038	1.856	1.014
河北	1.197	1.407	1.050	1.163
辽宁	1.355	1.142	1.120	1.068
江苏	1.161	0.903	1.554	1.068
浙江	1.251	1.232	1.082	0.877
福建	1.162	1.191	1.062	1.148
山东	1.082	0.969	1.100	0.975
广东	1.066	1.188	1.046	1.148
广西	1.668	1.696	1.014	1.136
海南	1.653	1.272	1.114	1.070

3.1.2 科技创新水平

参考高田义等[22]的做法，运用 DEA-BCC 模型计算科技创新效率，以此衡量科技创新水平。投入指标包括海水养殖科研人员数量和海水养殖科研经费，产出指标包括海水养殖科研课题数量和海水养殖专利数量。其中，海水养殖专利数量由国家知识产权局专利检索网站获得，海水养殖科研人员数量、海水养殖科研经费和海水养殖科研课题数量分别由海洋科研人员数量、海洋科研经费和海洋科研课题数量乘以海水养殖业产值占海洋总产值的比重进行估计。2007 年、2010 年、2013 年和 2016 年我国沿海地区的海水养殖业科技创新水平如表 3 所示。

表 3 部分年份我国沿海地区的海水养殖业科技创新效率

地区	2007 年	2010 年	2013 年	2016 年
天津	0.161	1.000	1.000	0.661
河北	1.000	0.496	0.716	0.159
辽宁	0.129	0.226	0.310	0.142
江苏	1.000	1.000	1.000	1.000
浙江	0.410	0.669	1.000	1.000
福建	0.729	1.000	0.950	0.370
山东	0.353	0.615	0.678	0.248
广东	0.618	1.000	1.000	0.512
广西	1.000	1.000	0.740	0.349
海南	1.000	1.000	0.872	0.110

3.1.3 技术推广水平

运用熵值法计算技术推广指数，以此衡量技术推广水平。选取的技术推广效果指标包括技术推广人员经费、技术推广项目经费、技术推广机构数量、技术推广实有人员数量和海水养殖渔民参与技术培训期

数。2007 年、2010 年、2013 年和 2016 年我国沿海地区的海水养殖业技术推广水平如表 4 所示。

表 4　部分年份我国沿海地区的海水养殖业技术推广指数

地区	2007 年	2010 年	2013 年	2016 年
天津	0.442	0.433	0.744	0.577
河北	0.407	0.402	0.424	0.513
辽宁	0.385	0.425	0.426	0.520
江苏	0.414	0.227	0.534	0.559
浙江	0.734	0.792	0.764	0.347
福建	0.404	0.409	0.510	0.480
山东	0.332	0.323	0.352	0.380
广东	0.443	0.498	0.455	0.363
广西	0.733	0.504	0.342	0.430
海南	0.440	0.426	0.444	0.518

3.2　实证模型

实证检验科技创新对海水养殖业全要素生产率的影响以及技术推广在该影响机制中发挥的作用。

（1）为检验科技创新是否对海水养殖业全要素生产率产生影响，在控制经济发展水平、政府干预程度和市场化程度的基础上，构建面板计量模型：

$$TFP_{it}=\alpha+\gamma TECH_{it}+\delta Ctrl_{it}+\mu_i+\eta_t+\varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中：i 表示地区；t 表示年份；TFP、TECH 和 Ctrl 分别表示海水养殖业全要素生产率（被解释变量）、科技创新水平（解释变量）和控制变量；α 表示面板计量模型的截距；γ 表示科技创新水平对海水养殖业全要素生产率的回归系数；δ 表示控制变量对海水养殖业全要素生产率的回归系数；μ_i 表示地区效应；η_t 表示时间效应；ε_{it} 表示扰动项。

（2）为检验科技创新是否通过技术推广对海水养殖业全要素生产率产生影响，将式（1）扩展至式（2）至式（4）：

$$TFP_{it}=\alpha_1+c\,TECH_{it}+\delta_1 Ctrl_{it}+\mu_{1i}+\eta_{1t}+\varepsilon_{1,it} \quad (2)$$

$$POPU_{it}=\alpha_2+a\,TECH_{it}+\delta_2 Ctrl_{it}+\mu_{2i}+\eta_{2t}+\varepsilon_{2,it} \quad (3)$$

$$TFP_{it}=\alpha_3+c'TECH_{it}+b\,POPU_{it}+\delta_3 Ctrl_{it}+\mu_{3i}+\eta_{3t}+\varepsilon_{3,it} \quad (4)$$

式中：POPU 表示技术推广水平（中介变量）；c 表示科技创新水平对海水养殖业全要素生产率的直接效应；a 表示科技创新水平对技术推广水平的间接效应；b 表示技术推广水平对海水养殖业全要素生产率的间接效应；c' 表示在控制中介变量后，科技创新水平对海水养殖业全要素生产率的直接效应。

技术推广在科技创新对海水养殖业全要素生产率影响机制中的中介效应值为 $(a\times b)/c$ 。

4　实证分析

4.1　假设检验

参照温忠麟等[23]提出的方法，对本研究提出的 3 个假设进行检验，检验结果如表 5 所示。

表 5　假设检验结果

项目	模型 1 TFP	模型 2 POPU	模型 3 TFP
POPU	—	—	0.819*** (5.49)
TECH	0.202*** (3.24)	0.085** (2.54)	0.132** (2.30)
GDP	0.044*** (3.80)	0.017*** (2.72)	0.030*** (2.81)
GOV	−2.721 (−1.33)	−0.027 (−0.02)	−2.699 (−1.46)
MAR	−0.019 (−1.06)	−0.021** (−2.17)	−0.002 (−0.12)
截距项(_cons)	0.977*** (9.76)	0.483*** (8.94)	0.581*** (5.03)

注：*、** 和 *** 分别表示通过 10%、5% 和 1% 的显著性检验；括号内为标准误差；样本数为 130 个。

模型 1 的检验结果表明科技创新对提高海水养殖业全要素生产率具有显著的促进作用，具体表现为科技创新水平每提高 1 个单位，海水养殖业全要素生产率相应提高 0.202 个单位，且通过 1% 的显著性检验。该检验结果验证假设 1。

模型 2 的检验结果表明科技创新对技术推广具有显著的促进作用，具体表现为科技创新水平每提高 1 个单位，技术推广水平相应提高 0.085 个单位，且通过 5% 的显著性检验。该检验结果验证假设 3。

模型 3 在加入技术推广的中介变量后：①技术推广对提高海水养殖业全要素生产率具有显著的促进作用，具体表现为技术推广水平每提高 1 个单

位,海水养殖业全要素生产率相应提高 0.819 个单位,且通过 1%的显著性检验;②科技创新对提高海水养殖业全要素生产率具有显著的促进作用,但系数由 0.202 下降至 0.132,表明技术推广在科技创新对海水养殖业全要素生产率影响机制中发挥部分中介效应,且中介效应值为 0.085×0.819/0.202≈0.345。该检验结果验证假设 2 和假设 3。

在控制变量方面:经济发展水平对海水养殖业全要素生产率有正向作用;政府干预程度对海水养殖业全要素生产率有负向作用,其原因是政府对海水养殖业的干预多为资金支持,在短期内能带动海水养殖业的发展,但长期内产生的资金和环境等问题将阻碍海水养殖业全要素生产率的提高;市场化程度对海水养殖业全要素生产率有负向作用,其原因是市场化程度高意味着市场竞争激烈,部分企业因盲目追求经济利益造成资源浪费,从而阻碍海水养殖业全要素生产率的提高。

4.2 稳健性检验

为保证上述检验结果的可靠性,本研究运用替换变量法和补充变量法进行稳健性检验。①运用替换变量法,将原有检验中的被解释变量即全要素生产率替换为技术进步指数(TECHCH),技术进步指数可在运用 DEA-Malmquist 指数法测算全要素生产率时分解而得。②运用补充变量法,在原有控制变量的基础上补充对外开放程度(FDI)、海水养殖集约化程度(INTEN)和劳动生产率(LABOR)3 个新的控制变量。其中,对外开放程度以海水养殖水产品对外贸易额与海水养殖业产值的比值来衡量,海水养殖集约化程度以集约化海水养殖产量与海水养殖总产量的比值来衡量,劳动生产率以海水养殖业产值与海水养殖业从业人员数量的比值来衡量。稳健性检验结果如表 6 所示。

表 6 稳健性检验结果

项目	替换变量法			补充变量法		
	模型 1 TECHCH	模型 2 POPU	模型 3 TECHCH	模型 1 TFP	模型 2 POPU	模型 3 TFP
POPU	—	—	0.819*** (5.49)	—	—	0.810*** (5.41)
TECH	0.184*** (2.85)	0.085** (2.54)	0.132** (2.30)	0.223*** (3.56)	0.087** (2.55)	0.152** (2.63)
GDP	0.049*** (4.13)	0.017*** (2.72)	0.030*** (2.81)	0.045*** (3.92)	0.017*** (2.75)	0.031*** (2.91)
GOV	−4.572** (−2.14)	−0.008 (−0.01)	−2.753 (−1.49)	−3.206 (−1.56)	0.038 (0.03)	−3.237* (−1.74)
MAR	−0.006 (−0.34)	−0.021** (−2.18)	−0.002 (−0.11)	−0.018 (−1.01)	−0.021** (−2.11)	−0.001 (−0.08)
FDI	—	—	—	−0.063* (−1.95)	−0.007 (−0.37)	−0.058** (−1.98)
INTEN	—	—	—	−0.371 (−1.10)	−0.111 (−0.61)	−0.280 (−0.92)
LABOR	—	—	—	0.003 6 (0.82)	0.003 7 (1.55)	0.000 6 (0.15)
截距项(_cons)	0.913*** (8.79)	0.483*** (8.95)	0.581*** (5.03)	0.994*** (9.38)	0.459*** (7.96)	0.622*** (5.29)

注:*、** 和 *** 分别表示通过 10%、5%和 1%的显著性检验;括号内为标准误差;样本数为 130 个。

稳健性检验结果表明:①在替换变量法检验中,解释变量和中介变量的系数符号和显著性均未发生变化,即科技创新水平与海水养殖业全要素生产率显著正相关,技术推广发挥显著的中介效应且中介效应值为 0.085×0.819/0.184≈0.378;②在补充变量法检验中,解释变量和中介变量的系数符号和显著性同样均未发生变化,即科技创新水平与海水养殖业全要素生产率显著正相关,技术推广发挥

显著的中介效应且中介效应值为 0.087×0.810/0.223≈0.316。综上所述，科技创新对提高海水养殖业全要素生产率的促进作用以及技术推广在该影响机制中发挥的中介效应是稳健的。

5　结语

本研究选取 2006—2018 年我国从事海水养殖业的沿海 10 省（自治区、直辖市）的相关数据，构建科技创新、技术推广与全要素生产率的理论模型，并实证分析科技创新对海水养殖业全要素生产率的影响以及技术推广在该影响机制中发挥的中介效应。研究结果表明：科技创新对提高海水养殖业全要素生产率有促进作用，技术推广在该影响机制中发挥显著的中介效应且中介效应值为 0.345。

基于研究结果，建议进一步增强科技创新和技术推广能力。①政府加大对科技创新的支持力度，高效整合科技创新资源，加强科技创新的资金投入、人才培养和氛围营造，构建市场导向的科技创新成果转化体系，夯实科技创新基础；科研机构注重科技创新成果的研发，并保证科技创新成果的质量；海水养殖业从业人员积极了解最新的科技创新成果，并在海水养殖实践中加以应用。②政府提供政策支持，通过建立海水养殖示范区等措施完善技术推广机制，制定科学合理的技术推广规划，同时强调技术推广绩效和管理的有效性；组建高水平的技术推广队伍，并对技术推广人员进行相应培训；充分尊重海水养殖渔民的意愿以及了解其知识接受能力，分批次开展技术推广。

参考文献

[1] BRUNNERMEIER S B，COHEN M A. Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries [J]. Journal of Environmental Economics and Management，2003，45(2)：278－293.

[2] 段梦，娄峰. 财政科技投入、全要素生产率与经济增长[J]. 统计与决策，2021(14)：153－156.

[3] 卢昆，杨冰，姜雪梅. 美国海水养殖业高效发展的关键举措及经验启示[J]. 世界农业，2017(6)：94－98，236.

[4] SQUIRES D. Productivity measurement in common property resource industries：an application to the pacific coast trawl fishery [J]. The RAND Journal of Economics，1992，23(2)：221－236.

[5] HOLST V. Technical progress and regress in norwegian salmon farming：a malmquist index approach[J]. Marine Resource Economics，2011，26(4)：329－341.

[6] SINGH K. Analysis of a demand system for unbreaded frozen seafood in the United States using store-level scanner data[J]. Marine Resource Economics，2012，27(4)：371－387.

[7] 姜启军，刘辰萱，邱亢铖. 中国渔业的要素投入、规模报酬与技术效率分析[J]. 水产学报，2021，45(5)：785－797.

[8] RASMUS N. Green and technical efficient growth in danish fresh water aquaculture[J]. Aquaculture Economics & Management，2011(4)：1365－7305.

[9] 王萍萍. 考虑非期望产出的我国海水养殖业效率测评与提升对策研究[D]. 青岛：中国海洋大学，2015.

[10] 纪建悦，曾琦. 考虑非期望产出的中国海水养殖业全要素生产率研究：基于 Global Malmquist-Luenberger 指数[J]. 中国海洋大学学报（社会科学版），2017(1)：43－48.

[11] GRILICHES Z. Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth [J]. Bell Journal of Economics，1979(10)：92－116.

[12] BLOCH C. R & D spillovers and productivity：an analysis of geographical and technological dimensions[J]. Economics of Innovation and New Technology，2013，22(5)：447－460.

[13] 吴延兵. R & D 与生产率：基于中国制造业的实证研究[J]. 经济研究，2006，41(11)：60－71.

[14] 王小鲁，樊纲，刘鹏. 中国经济增长方式转换和增长可持续性[J]. 经济研究，2009，44(1)：4－16.

[15] 陶长琪，齐亚伟. 中国全要素生产率的空间差异及其成因分析[J]. 数量经济技术经济研究，2010，27(1)：19－32.

[16] 吴新中，邓明亮. 技术创新、空间溢出与长江经济带工业绿色全要素生产率[J]. 科技进步与对策，2018，35(17)：50－58.

[17] 杜军，寇佳丽，赵培阳. 海洋环境规制、海洋科技创新与海洋经济绿色全要素生产率：基于 DEA-Malmquist 指数与 PVAR 模型分析[J]. 生态经济，2020，36(1)：144－153，197.

[18] 张海燕，邓刚. 西部地区农业技术扩散速度测定及发展策略[J]. 统计与决策，2012(10)：142－144.

[19] 张成，张伟华，高志平. 我国水产养殖业技术效率和全要素生产率研究[J]. 农业技术经济，2014(6)：38－45.

[20] 刘瑛. 湖北省农业全要素生产率及其影响因素研究[D]. 武汉：华中农业大学，2014.

[21] 陈鸣. 中国农业科技投入对农业全要素生产率的影响研究[D]. 长沙：湖南农业大学，2017.

[22] 高田义，常飞，高斯琪. 青岛海洋经济产业结构转型升级研究：基于科技创新效率的分析与评价[J]. 管理评论，2018，30(12)：42－48.

[23] 温忠麟，叶宝娟. 中介效应分析：方法和模型发展[J]. 心理科学进展，2014，22(5)：731－745.