气候变暖对中国海水养殖业的影响研究

——基于1985—2019年我国沿海11个省(自治区、直辖市)的面板数据

高嘉,杨怀宇

(上海海洋大学经济管理学院　上海　201306)

摘要:文章旨在揭示全球气候变暖背景下我国沿海地区海水养殖业所面临的挑战与机遇,并为该领域的政策制定和可持续发展提供科学依据。文章选取我国沿海11个省(自治区、直辖市)长达35年的面板数据(1985—2019年),运用描述统计和面板效应模型,深度探究区域气温变化趋势及其对海水养殖产量的影响。研究结果显示:(1)尽管各省(自治区、直辖市)气温变化存在着年际波动和区域差异,但整体上均呈现上升趋势,印证了全球变暖的宏观背景。(2)我国海水养殖产量总体呈上升态势,尤其是辽宁、山东、福建、广东等,这些地区已成为全国海水养殖的核心区域。(3)通过深入分析气温与海水养殖产量间的相关性发现,二者之间存在显著的负相关关系,即气温每上升1%,会导致海水养殖产量下降约2.65%。进一步研究还揭示,在不同海洋产业经济圈,气候变暖对海水养殖产量的影响具有显著差异,表现为在长三角经济圈产生一定的促进作用,而在环渤海经济圈和珠三角经济圈则体现了明显的抑制效应。基于以上研究成果,文章提出了一系列针对性的政策建议,包括加强气候变化科研与预警系统建设、优化海水养殖产业的空间布局、强化疾病防控及健康管理措施、建立健全风险管理机制等,以期为应对气候变暖带来的影响、推动我国海水养殖业的持续、稳定、发展提供重要参考。

关键词:气候变暖;海水养殖;面板数据

中图分类号:F326.4;P74;S9　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1005－9857(2024)09－0155－09

Study on the Impact of Climate Warming on Mariculture in China: Based on Panel Data From 11 Coastal Provinces From 1985－2019

GAO Jia, YANG Huaiyu

(College of Economics & Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The paper aims to reveal the challenges and opportunities faced by mariculture in coastal areas in China under the background of global warming, and to provide a scientific basis for policy making and sustainable development in this field. This paper selects the panel data of

收稿日期:2024-03-11;**修订日期**:2024-09-09

基金项目:国家海水鱼产业技术体系产业经济岗位,海水鱼养殖业可持续发展与市场分析研究(CARS－49－G29).

作者简介:高嘉,硕士研究生,研究方向为渔业经济

通信作者:杨怀宇,副教授、硕士生导师,博士,研究方向为渔业经济、经济地理

11 coastal provinces (autonomous regions and municipalities) for 35 years (1985—2019)and uses description statistics and panel effect models to deeply explore the trend of regional temperature change and its impact on mariculture yield. The results show that: (1)Although there are inter-annual fluctuations and regional differencesin temperature changes among provinces (autonomous regions and municipalities directly under the Central Government) there is an upward trend on the whole, confirming the macro background of global warming.(2) The overall output of mariculture in China is generally on the rise, especially in Liaoning, Shandong, Fujian, Guangdong and other provinces, which have become the core regions of mariculture in China.(3) Through in-depth analysis of the correlation between the temperature and the mariculture yield, it is found that there is a significant negative relationship between the two, that is, every 1% increase in temperature will lead to a decrease of about 2.65% in the mariculture yield. Further research also reveals that in different marine industrial economic circles, the impact of climate warming on mariculture output is significantly different, which has a certain promoting effect in the Yangtze River Delta economic circle, while it has an obvious inhibitory effect in the Bohai Rim economic circle and the Pearl River Delta economic circle. Based on the above research results, this paper puts forward a series of targeted policy suggestions, including strengthening the construction of climate change research and early warning system, optimize the spatial layout of mariculture industry, strengthen disease prevention and control and health management measures, establish and improve the risk management mechanism, in order to cope with the impact of climate warming, promote the sustained, stable and development of mariculture in China provide important reference.

Keywords: Climate warming, Mariculture, Panel data

0 引言

近一个世纪以来，全球自然环境，尤其是气候体系，正在经历一场以气温上升为显著特征的转型过程[1]，这一变化驱动了地球气候系统的深刻演变，进而引发了环境格局、生态系统以及生物多样性的明显变迁。在全球气候变化背景下，气候变暖不仅对我国陆地农业生产造成显著冲击，影响产量稳定性[2-6]，也对海洋渔业生产构成了多维度挑战，我国沿海地区面临日益严重的高温热浪和海平面上升等问题，严重威胁到海水养殖业的可持续发展及经济效益。

Hobday 等[7]指出，气候变暖会导致海水温度上升、盐度升高、含氧量上升，使得水生生物在面对这些压力时产生强烈的应激反应，这种应激作用会深度干预其生理过程并改变食物需求结构，导致传统养殖区域不适宜继续养殖。Harvell 等[8]通过研究发现，气候变暖导致的海洋生态环境的改变，使得原本生活在特定养殖区的生物种群向更为凉爽的高纬度或深层水域进行迁移，导致原有养殖区域的种群密度下降，直接削减了海水养殖的产量潜力。除此之外，Lafferty 等[9]指出高温不仅会加剧养殖水生生物(如鱼类、贝类和甲壳类)的呼吸代谢与能量消耗，降低生长效率和体重增加速度，还会扰乱季节性繁殖物种的生理节律，导致繁殖期错位、幼体存活率下降，对养殖产量稳定性及可持续性产生长远负面影响；气温升高所导致的温暖环境还会对病原微生物和寄生虫的繁衍提供有利条件，大大增加了养殖生物感染疾病的风险系数。

之后，国内学者也对相关问题进行了一系列探讨。肖启华等[10]通过研究揭示了气候变化对海洋渔业资源的深刻影响，认为气候变暖不仅直接引发了渔业资源量和资源分布的显著变迁，还进一步触发了一系列连锁反应，深度波及整个海洋生态系统

的平衡与稳定。蔡榕硕等[11]指出，中国海域温度的急剧上升加剧了近海水域营养盐结构失衡、海水酸碱度下降与低氧区域扩大等问题，在长江口和珠江口等河口区域及周边海域表现得尤为突出。海洋变暖这一现象不仅重塑了海洋生态系统的季节性变化规律，还深刻影响到生物种群的生长发育周期节律，进而引发了物种组成结构的变化以及地理分布范围的重新调整。在特定地理区域，如江苏沿海，气候变化对海水鱼类和蟹类养殖的气候适宜性产生了明显差异化影响。商舜[12]和蒯军等[13]分别在对江苏沿海地区鱼类养殖和海水蟹养殖的气候适宜性进行深入分析时指出，高温是导致不同区域间鱼类、蟹类养殖效果显著差异的最关键因素。因此，在对鱼类、蟹类等海水养殖管理中，应重点聚焦于对高温、低气压等灾害性天气事件的预防和应对。陈琦等[14]评估了中国海洋渔业在 2001—2015 年的脆弱性变化趋势及影响因素，研究表明海洋气候变化和风暴潮灾害等因素对海洋渔业暴露性起主导作用。

综上所述，可以得知气候变暖对海水养殖业的影响通常是负面的，但不可否认的是，气候变暖也可以在某些特定条件下或区域中带来一些潜在的积极影响。

例如：随着气温上升，海水温度也可能相应增加，这可能使得某些适宜温暖水体环境的养殖物种（如某些鱼类、贝类和藻类）的生长期延长，从而有可能提高产量；全球气候变暖虽然导致生态系统平衡打破，但在短期内，某些饵料生物可能会因为水温升高而在新的区域增多，有利于依赖这些饵料的养殖动物繁殖[15]。除此之外，气候变暖可能导致原本较冷海域的水温升高，使得原先不适合养殖的海域变为潜在的养殖区域，特别是对于那些偏好温水的养殖物种来说[16]。明确并理解这些积极的影响，无疑也会为海水养殖产业结构的优化调整和生产方式的有效变革提供一定的理论依据和实践指导。

总的来说，气候变暖对海水养殖业产生的影响呈现多元化与复杂性特征，涵盖了养殖环境适宜度的变迁、资源分布格局的调整、产量波动以及疾病风险增加等多个维度。为了充分理解和有效应对这一挑战，亟须借助实证研究手段，科学量化评估气候变暖对海水养殖业的具体冲击程度和潜在后果。因此，本文聚焦于我国沿海地区，以 11 个沿海省（自治区、直辖市）作为研究样本，在系统收集并详尽分析 1985—2019 年沿海各地区的区域气温数据和海水养殖产量统计数据的基础上，研究气候变暖对海水养殖产业产量的影响。通过量化气候变暖对海水养殖的影响，为制订适应策略和技术方案，保障海水养殖业在气候变化下的稳定发展，实现渔业可持续性、食品安全和海洋生态平衡提供参考。

1　模型构建与数据来源

1.1　面板数据模型

面板计量模型可以同时利用截面数据和时间序列数据建立计量经济模型，是社会和经济问题研究中具有重要价值的一类数据模型[17]。面板数据模型的一般公式如下：

$$Y_{it}=\sum_{k=1}^{K}\beta_{ki}x_{kit}+\mu_{it}$$

式中：$i=1,2,\cdots,N$，N 表示个体；$t=1,2,\cdots T$，表示 T 个时期；Y_{it} 为被解释变量，表示第 i 个个体在时期 t 的观测值；x_{kit} 是解释变量，表示第 k 个解释变量对于个体 i 在时期 t 的观测值；β_{ki} 是待估系数；μ_{it} 是随机干扰项。

1.2　变量选取

本研究选取 1985—2019 年我国沿海 11 个省（自治区、直辖市），即天津市、河北省、辽宁省、山东省、江苏省、上海市、浙江省、福建省、广东省、广西壮族自治区和海南省的海水养殖产量作为被解释变量，用以代表各省（自治区、直辖市）在研究期间的养殖规模；解释变量和控制变量参考农业、水产养殖业等方面的研究成果[18-21]。已有研究显示，水产养殖业的发展受到自然资源禀赋和气候条件的影响，也受到市场需求[19-20]、地区经济发展状况[19-20]、产业结构[19]、科学技术发展水平[18-20]和区域经济一体化程度[21]等多重社会经济因素的综合影响。本文主要研究气候变暖对海水养殖业的影响，因而以气候因素中最主要的气温指标为解释变量，用以表示气候变暖的变化程度；其他社会经济变量作为控制变量，例如人口、GDP 和产业比重

分别表征地区的市场容量、经济发展程度和产业结构，科学技术支出表征了技术发展，公路里程表征了经济一体化程度。

1.3 数据来源

鉴于数据的真实性和可获得性，本文以我国沿海 11 个省(自治区、直辖市)为研究样本，海水养殖产量以及所有的控制变量均来源于 1985—2019 年沿海地区的省级统计年鉴、《中国渔业统计年鉴》以及《中国城市统计年鉴》；气温数据是基于栅格格式的气温数据，依据省份行政边界，统计行政边界内气温栅格的平均值得到的。此外，鉴于海南省直至 1988 年才正式设立，为了获取准确的历史数据分析，本文依据最新的行政区划划分对 1985—1988 年原归属于广东省管辖的海南地区的相关数据进行了校正和整合。最后，为了消除模型异方差和降低共线性，本文对各变量均做对数化处理。各变量的描述性统计结果如表 1 所示。

表 1 变量的描述性统计结果

Table 1 Descriptive statistics for variables

变量	个数/个	均值	标准差	最小值	最大值
海水养殖产量	373	12.189	2.500	3.555	15.466
年平均气温	385	2.719	0.317	1.848	3.222
人口	385	8.216	0.818	6.393	9.432
GDP	385	8.458	1.684	3.767	11.587
第一产业比重	385	2.326	1.032	−1.204	3.920
公路里程	385	10.636	1.111	7.629	12.544
科学技术支出	385	11.072	2.354	4.762	16.274

2 我国沿海 11 个省(自治区、直辖市)气温和海水养殖的变化情况

2.1 气温变化情况

总体来看，1985—2019 年，中国沿海地区气温整体呈上升趋势(图 1)。天津、河北、辽宁、山东初始温度较低，存在升温趋势。其中，辽宁升温最为显著，年平均气温从 1985 年的 6.35℃增至 2019 年的 9.21℃，涨幅达到 2.86℃；天津、河北和山东也分别增温 2.64℃、2.51℃升至 2.24℃，展现出相似的升温趋势。上海、江苏、浙江、福建、广东、广西、海南等他年平均气温整体较高，但同样呈现上升态势。例如，海南作为最南端的热带省份，气温始终保持高位，从 1985 年的 23.43℃升至 2019 年的 25.08℃，升温 1.65℃；此外，广东、福建、浙江等东南沿海地区的气温也在逐步上升，它们的基础气温较高，因而导致升温幅度相对天津、河北、辽宁、山东较小。总体来说，各地区气温变化存在着年际波动和区域差异，但总体上升的态势仍然引人注目，印证了全球变暖背景下的气候变暖大趋势。

2.2 海水养殖产量分析

1985—2019 年，我国沿海地区海水养殖产量整体呈上升趋势，从 1985 年的 71.22 万 t 上升到 2019 年的 2 065.33 万 t，年均增长 7.64%。尤其在 20 世纪 90 年代中期至 21 世纪初的 10 余年里，海水养殖产量显著增加，有力地证明了我国海水养殖产业的快速扩张。

从环渤海经济圈来看，辽宁、山东以其独特的地理优势和强大的生产能力，实现了海水养殖产量的快速增长，成为北方重要的海水养殖中心；天津和河北虽然产量基数相对较小，但也在同一时期内实现了稳定的增长。整体来看，环渤海经济圈的海水养殖产业对我国海洋渔业发展贡献巨大，并且在近 35 年间展现了强大的发展潜力和规模化生产的趋势。在长三角经济圈内，江苏和浙江在海水养殖业上表现突出，成为该区域内的主要生产省份，推动了整个长三角经济圈海水养殖产业的快速发展。上海市由于地理位置及资源条件限制，其海水养殖产量虽有波动，但总量较低。这一地区凭借优越的地理位置和发达的经济条件，在海水养殖技术革新、品种优化以及产业链完善等方面发挥了重要作用，推动了整个长三角经济圈海水养殖产业的快速发展。在珠三角经济圈中，广东始终保持着较高的海水养殖产量水平，成为我国重要的海水养殖产业基地之一。福建与之类似，增长势头强劲。广西和海南虽起步相对较晚，但凭借热带海洋资源的独特优势，通过引进新技术、新品种，其海水养殖产量也取得了显著增长，逐步融入了全国海水养殖业的版图之中。珠三角经济圈凭借丰富的海洋资源、适宜的气候条件以及高效的产业发展策略，成功地推动了区域内海水养殖产业的规模扩张和技术升级。

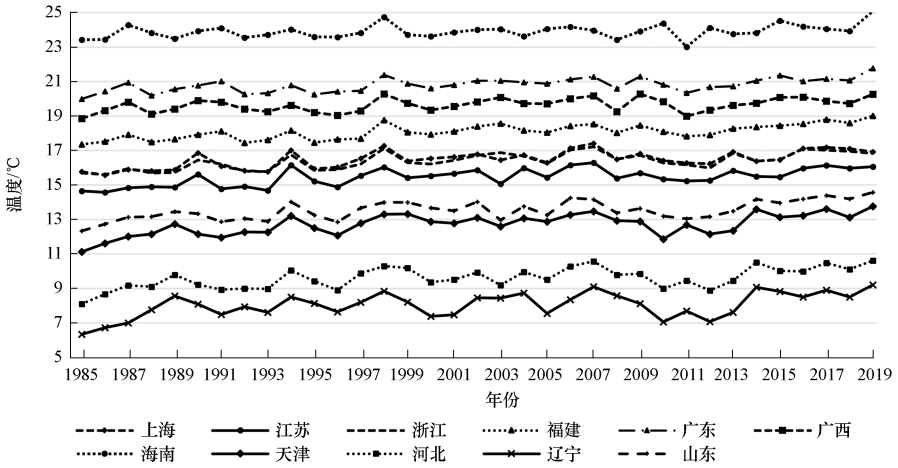

图 1　我国沿海 11 个省（自治区、直辖市）气温变化情况

Fig. 1　Temperature change in 11 coastal provinces (autonomous regions and municipalities directly under the Central Government)

综上所述，1985—2019 年我国沿海 11 个省（自治区、直辖市）海水养殖产量整体上经历了快速扩张和发展，逐步形成以辽宁、山东、江苏、浙江、福建、广东等为核心的海水养殖产业带（图 2）。

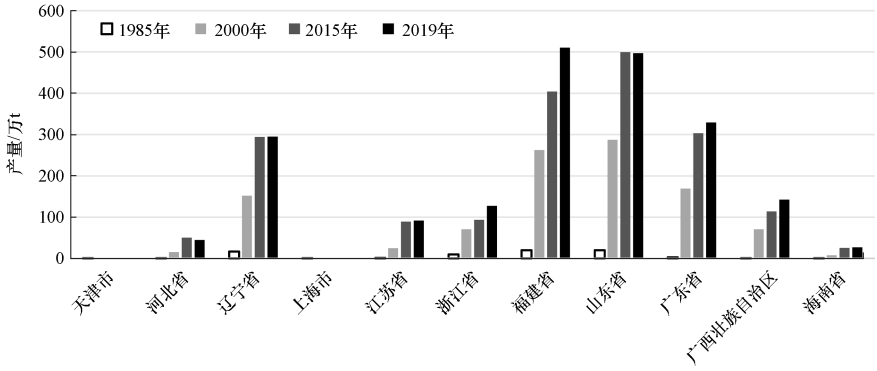

图 2　主要年份不同地区海水养殖产量统计

Fig. 2　Statistics of mariculture production in different regions in major years

3　实证分析

3.1　混合回归模型

混合回归模型在分析面板数据时，假设解释变量对被解释变量的影响在各个个体和时间点上是恒定且相互独立的[17]。然而在本文的研究情境中，这一前提显然不成立。为了更准确地估计并理解解释变量与被解释变量之间的关系，考虑运用固定效应模型或随机效应模型进行分析。

3.2　豪斯曼检验

运用豪斯曼检验来确定个体固定效应模型（FEM）相较于随机效应模型（REM）是否更适合我们的数据，结果如表 2 所示。在本次检验中，统计值为 11.16，P 值为 0.083 5，小于 0.1，拒绝原假设。这意味着固定效应模型更适应于本文研究，因此选用个体固定效应模型进行后续分析。

表 2　豪斯曼检验结果

Table 2　Results of the Hausman test

检验方式	检验模型	统计值	P 值
Hausman 检验	Hausman	11.16	0.083 5

3.3 个体固定效应模型

本文将使用个体固定效应模型分析气温变化对于海水养殖产量的影响。具体模型如下：

$$\ln Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 \ln tem_{it} + \beta_2 \ln pop_{it} + \beta_3 \ln gdp_{it} + \beta_4 \ln agr_{it} + \beta_5 \ln r_{it} + \beta_6 \ln tech_{it} + \mu_{it}$$

式中：Y_{it} 为第 i 个个体在 t 时刻的因变量，代表海水养殖产量；α_i 为第 i 个个体相关的不可观测的个体固定效应项；tem_{it} 和 pop_{it}、gdp_{it}、agr_{it}、r_{it}、$tech_{it}$ 分别为核心变量年平均气温和控制变量人口、GDP、第一产业比重、公路里程、科学技术支出；β 为各变量对应的系数；μ_{it} 为随机误差项。

3.4 估计结果

个体固定效应模型回归结果如表 3 所示。由表 3 可知，解释变量气温系数为 −2.652 3 且显著为负，这意味着在控制了人口、GDP、第一产业比重、公路里程以及科学技术支出等社会经济因素后，气温每上升 1%，海水养殖产量预计将会下降大约 2.65%。这显示出气温对海水养殖产量有显著的负向影响，并且在所有变量中，气温升高对海水养殖产量的影响最为显著。

表 3 模型回归结果

Table 3 Results of the model regression

变量名称	固定效应模型(FEM)
气温(lntem)	−2.652 3***
	(−2.68)
人口(lnpop)	1.245 7*
	(1.72)
GDP(lngdp)	1.739 8***
	(15.58)
第一产业比重(lnagr)	1.858 7***
	(7.69)
公路里程(lnr)	0.079 1
	(0.47)
科学技术支出(lntech)	−0.318 5***
	(−4.46)

注：*、**、*** 分别表明通过 10%、5%、1% 的显著性检验。

3.5 区域异质性

在不同区域之间，气候变暖对海水养殖产量的影响可能会有所不同。为了详尽探讨气候变暖对我国不同沿海区域海水养殖产量的差异化影响，本文针对环渤海经济圈、长三角经济圈以及珠三角经济圈这 3 个具有代表性的沿海经济区域分别建立了固定效应模型。通过采用气温这一关键指标作为气候变化的代理变量，研究细致分析了各区域内气候变暖与海水养殖产量之间的复杂关系(表 4)。

表 4 模型回归结果

Table 4 Results of the model regression

变量	lny		
	环渤海经济圈	长三角经济圈	珠三角经济圈
lntem	−3.713***	7.132*	−7.835***
	(−9.23)	(1.84)	(−10.06)
lnpop	−5.137***	−6.112***	−3.022***
	(−3.88)	(−4.16)	(−5.43)
lngdp	8.339***	3.070***	2.541***
	(9.90)	(3.22)	(2.92)
lnagr	3.438***	6.550***	1.649***
	(11.42)	(8.33)	(13.70)
lnr	−0.745	−0.339***	0.649
	(−1.02)	(−7.69)	(0.71)
lntech	0.803***	−0.276**	0.737
	(3.98)	(−2.13)	(1.14)

注：*、**、*** 分别表明通过 10%、5%、1% 的显著性检验。

研究结果显示，在不同的经济圈内部，气温变化对海水养殖产业的影响表现出了显著的异质性特征。首先，在环渤海经济圈中，气温变量的系数为 −3.713，并且通过了 1% 的显著性检验，表明气温与海水养殖产量之间存在强烈的负相关关系。这意味着在环渤海地区，气温每上升一个单位，海水养殖产量将下降约 3.713%。一方面，气候变暖虽然会保证一部分养殖生物顺利过冬，但冬季温度过高会破坏原有的生态平衡，影响这些品种的越冬存活率，进而降低养殖产量，夏季温度升高会加速养殖生物的新陈代谢，增加耗氧量和排泄物产生，可能导致养殖水体环境恶化，从而加大病害发生风险，对养殖生物生存和生长产生威胁；另一方面，持续的气候变暖可能会改变海洋生态系统的稳定性，如引起赤潮等有害藻华暴发，或影响到食物链中关键物种的分布和数量，间接影响海水养殖业的发展。

其次，在长三角经济圈，气温系数变为正向的7.132，并通过了 5%的显著性检验，说明气温与该区域的海水养殖产量呈正相关关系。这一现象可能是由于长三角地区位于温带和亚热带过渡地带，其海洋生物种类丰富且具有较高的环境适应能力。适度的气候变暖可能会延长适宜某些海产品生长繁殖的温暖季节，从而提高养殖效率和产量。但是，过度的气候变暖同样可能引发一系列问题，如极端高温导致的水质恶化、病害频发，以及生态平衡破坏等，因此，长三角经济圈内的海水养殖业在应对气候变暖时也应采取前瞻性的策略，如提升精细化管理能力、强化生态环境保护意识，以及积极探索可持续发展的新型养殖技术与模式。

然而，在珠三角经济圈，气温对海水养殖产量的影响再次表现为负相关，系数为－7.835 并通过了 1%的显著性检验。由于珠三角地处热带边缘，原本就拥有较高的年均温度，气候变暖可能导致温度超出适宜养殖生物生长的范围，这不仅会加速养殖生物的新陈代谢率，还可能导致养殖品种出现热应激反应，甚至引发大规模死亡事件。同时，过高的温度会增加养殖生物的疾病发生概率，同时可能加剧赤潮等生态灾害，不利于海水养殖业的稳定发展。

总结上述分析可以看出，气温作为气候变暖的重要因素，对我国三大经济圈的海水养殖产量产生了不同方向和程度的影响：在长三角经济圈表现为积极的促进作用，而在环渤海经济圈和珠三角经济圈则表现出明显的抑制作用。这些影响主要由各经济圈独特的气候特征和养殖品种适应性决定，这对发现和理解气候变暖如何影响各区域的海水养殖业发展及其适应气候变化的战略制定具有重要参考价值。

4　结论与建议

4.1　主要研究结论

本研究聚焦于我国沿海 11 个省（自治区、直辖市），选取 1985—2019 年这一期间的气温变化和水产养殖产量数据作为分析基础，深入探讨了关键气候因素——气温变化对海水养殖产业产出量的具体影响，得出以下结论。

（1）从气温和海水养殖变化情况来看，1985—2019 年，中国沿海 11 个省（自治区、直辖市）气温海水养殖产量均呈现上升趋势。

（2）总体来看，全球气候变暖对我国海水养殖业产生了显著且不利的影响。研究表明，气温每上升一个百分点，我国海水养殖产业的预期产量将相应下降约 2.65%，这表明气温与产量之间存在着强烈的负相关性。

（3）在不同地理区域，气候变暖对海水养殖业的效应呈现明显的地域差异性。具体表现为：珠江三角洲地区受气候变暖影响，海水养殖产量出现明显下滑；而在长江三角洲区域，气温升高起到了一定的促进作用，推动了海水养殖产量的增长；然而，在环渤海经济圈，同样面临气候变暖问题，其海水养殖产量也呈现下滑态势。

4.2　政策建议

气候变暖对我国海水养殖产业带来了显著且深远的负面影响。在面对全球气候变暖这一严峻挑战时，海水养殖业需采取积极且前瞻性的应对策略以确保其可持续发展。对此，本文提出以下建议。

（1）加强气候变化科研与预警系统建设。鉴于气候变暖对海水养殖生态系统和生物生存条件的影响，应加大对气候变化相关基础性科学研究的支持力度，尤其是加强对海洋环境参数变化及其对养殖生物的具体影响机制的深入研究。建立和完善气象预警系统，提供精准预测信息，指导养殖户提前采取应对措施。同时，基于研究成果优化产业布局和调整养殖策略，发展适应气候变暖的绿色、环保、高效的养殖技术和管理模式。

（2）科学规划与差异化管理沿海地区养殖业。针对不同区域对气候变暖响应的差异，实施科学合理的区域规划与布局，依据各地海域生态特点及养殖品种特性进行差异化管理。例如，在受气候变暖负面影响较大的环珠三角地区和环渤海经济圈，需重新评估并优化养殖区设置；在相对受益于气候变暖的长三角地区，则要强化有利因素的同时防范潜在风险，倡导立体化、多元化和集约化的养殖模式，并注重生态环境保护，推动行业向资源节约型、可持续方向发展。

(3)提升疾病防控能力与健康管理标准。随着气温升高,病原微生物活动增强,养殖动物患病风险增大。因此应完善疫病监测预警体系,提高早期发现与防控能力。同时,升级养殖设施设备,严格执行卫生检疫制度,推广先进的养殖管理和防病技术,研发并应用更为环保、高效的防病药物和解决方案,以确保养殖产品的质量和产量稳定性,保障食品安全,并减轻对环境的影响。

(4)健全风险管理机制与保险制度。鉴于全球气候变暖导致极端气候事件增多,海水养殖业面临的自然灾害风险加大。因此,有必要建立健全气候风险保险制度,通过设计科学合理的保险产品和服务,转移和分散极端天气带来的经济损失,增强养殖户抵御风险的能力。同时,利用现代信息技术手段实时监测海洋环境变化,为决策提供数据支持,帮助养殖户精确调控养殖活动,降低因气候变化引起的生产风险,从而确保海水养殖业在复杂气候条件下仍能保持高效、安全和环保的发展态势。

总结来说,需要从加强科研支撑、科学规划布局、强化健康管理和完善风险防控等多方面入手,构建一套全方位、多层次的应对策略,助力我国海水养殖产业在面临气候变暖挑战时实现可持续发展的目标。

参考文献(References):

[1] 蔡榕硕,谭红建,郭海峡.中国沿海地区对全球变化的响应及风险研究[J].应用海洋学学报,2019,38(4):514-527.
CAI Rongshuo, TAN Hongjian, GUO Haixia.Response and compound risks of the coastal China areas to global change[J].Journal of Applied Oceanography,2019,38(4):514-527.

[2] 郑治斌.气候变化对我国农业发展的影响综述[J].现代农业科技,2023(22):141-146.
ZHENG Zhibin.Effect of climate change on Chinese agriculture development[J].Modern Agricultural Science and Technology,2023(22):141-146.

[3] 李祎君,吕厚荃.气候变化背景下农业气象灾害对东北地区春玉米产量影响[J].作物学报,2022,48(6):1537-1545.
LI Yijun, LYU Houquan.Effect of agricultural meteorological disasters on the production corn in the northeast China [J].Acta Agronomica Sinica,2022,48(6):1537-1545.

[4] 曹永强,冯兴兴,王菲,等.农业气象灾害对辽宁省粮食产量的影响[J].灾害学,2020,35(2):1-7.
CAO Yongqiang,FENG Xingxing,WANG Fei, et al.Effects of Agro-meteorological disasters on the yield of main grain crops in Liaoning province[J].Journal of Catastrophology,2020,35(2):1-7.

[5] 马建勇,许吟隆,潘婕.东北地区农业气象灾害的趋势变化及其对粮食产量的影响[J].中国农业气象,2012,33(2):283-288.
MA Jianyong, XU Yinlong, PAN Jie.Analysis of agro-meteorological disasters tendency variation and the impacts on grain yield over northeast China[J].Chinese Journal of Agrometeorology,2012,33(2):283-288.

[6] 冯琳,庞玉亭,钟琪,等.1980-2016 年气候变化对湖南省农业产量的影响[J].资源科学,2019,41(3):582-590.
FENG Lin, PANG Yuting, ZHONG Qi, et al.Impacts of climate variability on crop yields in Hunan Province during 1980-2016[J].Resources Science,2019,41(3):582-590.

[7] HOBDAY A J,POLOCZANSKA E S,MATEAR R J.Implications of climate change for Australian fisheries and aquaculture:a preliminary assessment[R].Department of Climate Change, Commonwealth of Australia.2008.

[8] HARVELL C D,CHARLES E M,JESSICA R W,et al.Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota[J].Science,2002,296 (5576): 2158-2162.

[9] LAFFERTY, KEVIN D. The ecology of climate change and infectious diseases[J].Ecology,2009,90 (4): 888-900.

[10] 肖启华,黄硕琳.气候变化对海洋渔业资源的影响[J].水产学报,2016,40(7):1089-1098.
XIAO Qihua, HUANG Shuolin.Climate change implications for marine fishery resources[J].Journal of Fisheries of China,2016,40(7):1089-1098.

[11] 蔡榕硕,刘克修,谭红建.气候变化对中国海洋和海岸带的影响、风险与适应对策[J].中国人口·资源与环境,2020,30(9):1-8.
CAI Rongshuo, LIU Kexiu, TAN Hongjian.Impacts and risks of climate change on China's coastal zones and seas and related adaptation [J].China Population,Resources and Environment,2020,30(9):1-8.

[12] 商舜.江苏沿海海水鱼类养殖气候适宜性分析[J].安徽农业科学，2008，36(33)：14567－14568.
SHANG Shun.Analysis of climate suitability for breeding seawater fishes in Jiangsu coast[J].Journal of Anhui Agricultural Sciences，2008，36(33)：14567－14568.

[13] 蒯军，商兆堂.江苏沿海养殖海水蟹类气候分析[J].安徽农业科学，2008(26)：11359－11362.
KUAI Jun，SHANG Zhaotang.Analysis of the Jiangsu littoral climate for seawater crab culture[J].Journal of Anhui Agricultural Sciences，2008(26)：11359－11362.

[14] 陈琦，胡求光.中国海洋渔业社会—生态系统脆弱性评价及影响因素分析[J].农业现代化研究，2018，39(3)：468－477.
CHEN Qi，HU Qiuguang.The vulnerability evaluation and influencing factors of the socio-ecological system of China′s narine fisheries [J].Research of Agricultural Modernization，2018，39(3)：468－477.

[15] 郭秀云，王胜，吴必文，等.环境温度对水产养殖定量化影响的研究[J].安徽农业科学，2007(24)：7498－7499.
GUO Xiuyun，WANG Sheng，WU Biwen，et al.Research on the effect of environmental temperatures on quantifying aquaculture[J].Journal of Anhui Agricultural Sciences，2007(24)：7498－7499.

[16] 翟志宏，黄俊，刘锦銮，等.海水养殖与气象Ⅱ：惠东石斑鱼寒害对气候变暖的响应[J].中国农学通报，2014，30(8)：47－52.
ZHAI Zhihong，HUANG Jun，LIU Jinluan，et al.Mariculture and meteorology Ⅱ：impacts of climate warming on *Epinephelus coioides* chilling in Huidong[J].Chinese Agricultural Science Bulletin，2014，30(8)：47－52.

[17] 程静，陶建平.全球气候变暖背景下农业干旱灾害与粮食安全：基于西南五省面板数据的实证研究[J].经济地理，2010，30(9)：1524－1528.
CHENG Jing，TAO Jianping.Agricultural drought disaster and food security under the background of global warming：based on panel data of five provinces of southwest China[J].Economic Geography，2010，30(9)：1524－1528.

[18] 曹广平，陈永福.气候变暖等因素对山东省种植业产出的影响[J].中国人口·资源与环境，2012，22(3)：32－36.
CAO Guangping，CHEN Yongfu.Impacts of climate warming on the growth of plant farming output[J].China Population，Resources and Environment，2012，22(3)：32－36.

[19] 姚成胜，李政通，王维，等.中国水产养殖业地理集聚特征及空间演化机制[J].经济地理，2016，36(9)：118－127.
YAO Chengsheng，LI Zhengtong，WANG Wei，et al.Geographical agglomeration characteristic and spatial evolution mechanism of aquaculture industry in China[J].Economic Geography，2016，36(9)：118－127.

[20] 芮旸，李炬霖，唐蓓佩，等.中国淡水渔业空间格局演化及其影响机理[J].地域研究与开发，2018，37(5)：1－5.
RUI Yang，LI Julin，TANG Beipei，et al.Spatial pattern evolution and its influencing mechanism of freshwater fisheries in China[J].Areal research and development，2018，37(5)：1－5.

[21] 李炬霖，芮旸，李同昇，等.中国渔业地理集聚时空特征及影响因素[J].地理与地理信息科学，2017，33(2)：100－107.
LI Julin，RUI Yang，LI Tongsheng，et al.Spatial-temporal characteristics and influencing factors of fisheries geographic agglomeration in China[J].Geography and geo-information science，2017，33(2)：100－107.