

# 海岛养殖户台风灾害适应性行为及其影响因素分析

袁海红<sup>1,2,3</sup>, 吕旂<sup>1</sup>, 张时婧<sup>1</sup>

(1. 宁波大学地理与空间信息技术系, 宁波 315211; 2. 宁波市高等学校协同创新中心“宁波陆海国土空间利用与治理协同创新中心”, 宁波 315211; 3. 浙江省新型重点专业智库宁波大学东海战略研究院, 宁波 315211)

**摘要:** 水产养殖是保障粮食安全、提升适应力需要关注的关键部门之一。农户层面的灾害适应性行为及其影响因素研究对增强养殖户灾害适应能力, 确保养殖户生计安全、海岛可持续发展和渔村振兴具有重要价值。基于海岛水产养殖户调查数据对养殖户灾害全过程适应性行为进行研究, 并运用Multivariate Probit模型实证分析了适应性行为的影响因素, 结果表明: (1) 较多地采用无悔反应和低悔战术, 很少采用预先应对策略、更容易的早期策略以及未来获益策略使得大多数养殖户适应行为的成效不太显著。(2) 同一因素对养殖户选择的多种适应策略有正负不同方向的显著影响, 不同适应策略之间也存在着显著的互补和替代效应。(3) 年龄、家庭劳动力、5年遭灾次数是养殖户适应行为的重要影响因素, 投入、健康状况、灾害感知强度、收入、教育程度、社会资本都对养殖户采取的适应行为有显著影响。(4) 海岛地区养殖户灾害适应行为的影响因素及其影响方向具有特殊性。研究识别了海岛养殖户台风灾害适应行为的关键影响因子和薄弱环节, 结论可为政府和养殖户灾害适应策略的优化调整提供依据。

**关键词:** 养殖户适应性行为; 影响因素; 海岛; 台风灾害

中国地处全球热带气旋最为频繁的西北太平洋的西岸, 是世界上少数几个受台风危害严重的国家之一<sup>[1]</sup>。未来不同气候情景下, 到21世纪末, 沿海许多地区当前百年一遇的极值水位事件将变为几年一遇甚至低于一年一遇(RCP 8.5), 沿海地区很可能面临更严重的灾害风险<sup>[2]</sup>。岛屿由于风暴潮、沿海洪涝和海平面上升面临的生计中断风险成为气候变化的关键风险之一<sup>[3]</sup>。2018年中国水产养殖产量占世界水产养殖产量的57.9%<sup>[4]</sup>, 水产养殖业在满足国民优质蛋白以及国家粮食安全战略中的角色地位也日渐凸显。IPCC将水产养殖确定为全球粮食安全、提升适应力需要关注的关键部门之一<sup>[5]</sup>。与大农业中的其他行业相比, 水产养殖业更易受自然灾害、环境污染等因素影响<sup>[6]</sup>, 海岛海水养殖业高度依赖自然资源环境, 土塘养殖基本上是露天作业, 深受气象因素制约, 又因海岛基础设施相对薄弱, 养殖户灾害适应能力较差导致灾害风险高, 且海水养殖投入成本大, 故此, 养殖户因灾致贫现象时有发生<sup>[7,8]</sup>, 危及海岛和渔业经济的可持续发展。为增强灾害适应能力以确保养殖户生计、海岛可持续发展和渔村振兴, 亟需在农户层面开展适应性行为及其影响因素研究。浙江是全国水产养殖的主要省份之一, 近两年来连续遭受“利奇马”“米娜”“黑格比”等多个台风侵袭, 基础设施遭到破坏, 不少养殖户遭受重大经济损失, 甚至陷入负债与贫困, 也直接影响了渔业经济的可持续发展和渔村振兴<sup>[9]</sup>。因此, 本文以浙江水产养殖业发达的两个海岛为例, 利用调查数据探讨水产养殖户台风灾

收稿日期: 2021-06-07; 修订日期: 2021-11-04

基金项目: 教育部人文社科项目(17YJCZH234); 国家自然科学基金项目(42101301); 浙江省自然科学基金项目(LQ18D010002)

作者简介: 袁海红(1986-), 女, 江苏南通人, 博士, 副教授, 主要从事人文地理、灾害脆弱性与适应研究。

E-mail: yuanhaihong@nbu.edu.cn

害适应性行为及其影响因素。

Galappaththi等<sup>[5]</sup>基于Web of Science平台检索发现1990—2018年间英文领域的出版物中仅有44篇水产养殖业气候变化适应的研究,尽管气候变化适应方向的研究不断增多,但是针对水产养殖业适应的研究却非常有限。Lebel等<sup>[10]</sup>详细列举了不同尺度主体(国家、区域、社区、养殖场)针对水产养殖业在经济、技术、机构、管理、市场、基础设施等多个方面短期、中期、长期的极端天气和气候变化适应性行为,并按投入—产出效益将适应性行为划分为无悔反应(No-regret reaction)、低悔战术(Low regrets tactic)、未来获益的策略(Future-benefits strategy)、更容易的早期策略(Easier early strategy)、预先应对策略(Up-front strategy)五种类型。Arimi<sup>[11]</sup>运用多元线性回归模型探讨了渔民气候变化适应策略的决定因素,Onyeneke等<sup>[12]</sup>采用Multivariate Probit模型探讨了渔民采取多种适应措施的驱动因素。国内农户层面灾害和气候变化影响与适应的研究集中在种植业、畜牧业、林业,而对海洋渔业的研究极少,基于家庭调查的实证研究更为鲜见<sup>[13]</sup>,吴小影等<sup>[13]</sup>基于家庭调查数据运用描述统计法对东南沿海典型渔区渔户(捕捞和养殖户)的生计适应策略等进行研究。

目前国内外水产养殖业气象灾害和气候变化适应研究非常有限,水产养殖户灾害和气候变化适应是未来重要的研究领域之一<sup>[5]</sup>,亟需针对海岛这一特殊地域系统展开家庭尺度的研究以了解水产养殖户的灾害适应现实。据此,本文将从研究区域、研究尺度、研究内容和研究方法四个方面对国内现有研究中的不足进行补充和深化。具体如下:第一,针对具有重要战略意义、台风灾害脆弱性高的特殊地域系统——海岛,选择水产养殖业,在家庭尺度开展灾害适应性行为的实证研究;第二,对养殖户灾前、灾中、灾后全过程的适应策略以及未来适应计划进行较为全面系统地研究;第三,选择Multivariate Probit (MVP)模型分析养殖户同时选择多种替代性或互补性适应策略时的影响因素。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 研究区概况与数据来源

舟山群岛是我国最著名的渔区,海洋渔业是舟山传统优势产业,海水养殖业在舟山群岛经济建设中发挥了重要作用<sup>[14]</sup>。温州市洞头区地处长三角地区和海西经济区的交汇点,是全国14个海岛县(区)之一,属于沿海城市中海洋经济发展的代表性地区<sup>[15]</sup>,拥有“中国羊栖菜之乡”和“浙江省紫菜之乡”的美誉。

本文选取舟山群岛和温州洞头区两个重要且易受台风灾害影响的渔区,再确定2019年“利奇马”台风受灾比较严重的乡镇作为调查的样本乡镇,其中舟山群岛调查区域涉及六横镇、衢山镇、长涂镇,温州洞头区调查区域涉及鹿西乡、霓屿乡、北岙镇、东屏镇等,具体分布情况见图1,最后根据政府提供的受灾情况和养殖户数量等信息在样本乡镇分层抽取养殖户作为调查样本。课题组于2020年7-9月进行了三次调研,首先对政府人员、水产养殖协会会长进行了深入访谈,然后采用调查问卷、小型座谈会等进行养殖户调查,以获研究所需的数据及信息。问卷共包括四个部分,第一部分是养殖户与家庭成员、家庭水产养殖业生产的基本信息,包括户主及家庭成员性别、受教育程度、健康状况、职业,家庭经济情况,水产养殖业的投入产出情况,养殖面积、年限、方式、品种,周边地理环境;第二部分为养殖户的受灾情况、灾害认知、预防及应对,主要包括2019年“利奇马”台风及近五年来台风受灾恢复情况、养殖户对台风灾害风险的认知情

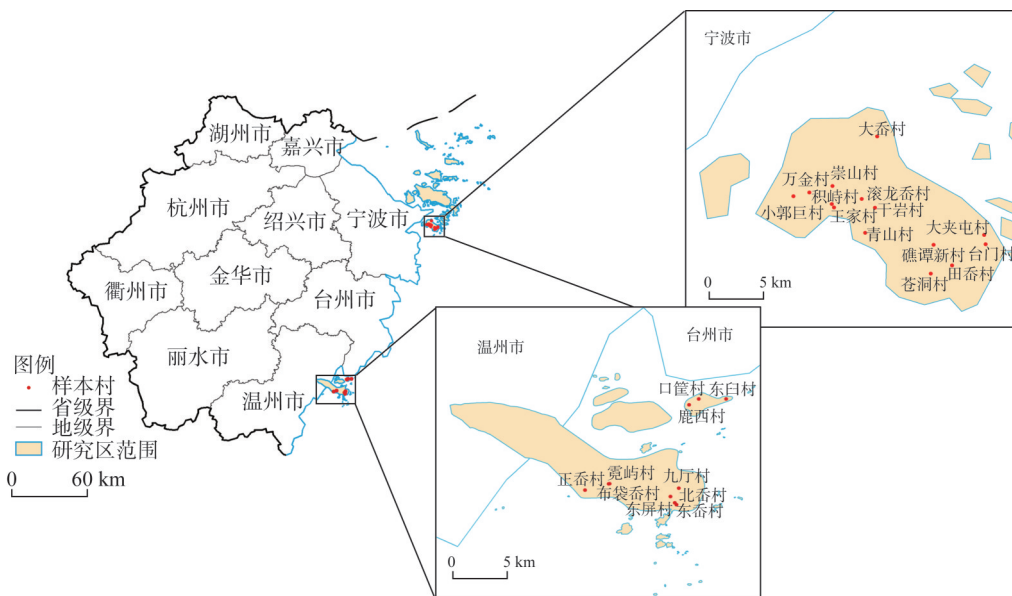


图1 研究区示意图

Fig. 1 Sketch map of the study areas

况、养殖户灾前、灾中、灾后的预防和应对措施；第三部分是应对台风灾害的保障和支撑体系，包括政策支持、基础设施、社会资本、社区支持和互助等；第四部分是养殖户对台风灾害和气候变化适应及对政府的需求与未来生计适应策略，这部分采取被访养殖户自由阐述和问卷设定内容相结合的方式获取信息。

问卷设计初稿形成后，对舟山六横镇、衢山镇、长涂镇15家养殖户进行了预调研，检查问卷答案的可得性、养殖户对所提问题的理解和接受程度，据此对问卷的相关内容进行了补充和修正。调查过程中，为了确保信息准确，聘请了2名本地人作为语言翻译。此次调研共发放问卷225份，其中舟山群岛120份，温州洞头区105份，获得有效问卷202份，其中有100户家庭从事藻类的养殖，100多户家庭从事虾蟹贝类的养殖，样本有效率为92%。

## 1.2 研究假说与变量设置

在社区和养殖场（户）层面有提前收捕以减少损失、网箱移到保护区、高压时期良好的监控和管理、采用良好的疾病管理措施以降低风险，在极端灾害事件后寻求灾害损失的补偿援助、多品种混养、改变品种、在渔业养殖组织和网络中分享养殖知识、迁移到低风险区域、在水产养殖池塘周围提供保护性防洪堤、生计多样化、增加储蓄、其他降低风险的投资等适应性反应和策略<sup>[11,12,16]</sup>。Dang等<sup>[17]</sup>对Web of Science和Scopus两个平台上关于农户气候变化适应策略影响因素的文献进行梳理，将农户气候变化适应的影响因素归纳为人口和社会经济，资源、服务和技术，制度和政治，社会和文化，认知和心理五方面的因素，本文从这五方面选择相关解释变量，各解释变量选取的依据具体如下：

户主年龄：在年龄与灾害及气候变化适应策略的相关性上没有一致结论，年龄的影响方向与区域以及具体适应策略相关，年龄对适应策略决策可存在正向或负向的影响<sup>[12,18,19]</sup>。

养殖户文化程度：相关研究表明，文化程度对采用农业技术和气候变化适应措施存在积极影响<sup>[12,20,21]</sup>，受过教育的养殖户更愿意尝试新事物和创新，并更有能力采用管理气



候风险所需的技术和策略。

家庭劳动力：它减少了采用劳动密集型适应行为的限制，对劳动偏向或密集型的适应措施有正向影响<sup>[22]</sup>；因此家庭有可能较少甚至拒绝采用资本替代的方式来响应气候变化，对资本偏向型的适应措施产生负向影响<sup>[23]</sup>；对渔民采用生计多样化有正向影响<sup>[12]</sup>。

性别：研究表明，男性农民比女性农民更容易适应气候变化<sup>[23]</sup>，因为男性拥有更多资源和禀赋<sup>[12]</sup>，而妇女因受各种传统和现实因素影响，获得农业资源和信息的途径更少<sup>[24]</sup>。

家庭收入：收入有助于适应，因为不少气候风险应对策略都是以投入的形式出现的，收入水平高的农户更倾向采用技术、经济方面的适应行为，如购买保险、改良品种、养殖品种多样化及生计多样化等<sup>[12,21]</sup>。

灾害损失：农户采用了改变种植品种、调整耕作时期、天气预报及监控管理、间作等适应性策略来减轻灾害损失<sup>[25]</sup>。

养殖面积（或投入）：研究表明种植面积会对采取适应措施产生显著的正向影响<sup>[26]</sup>，养殖面积代表了业务规模，大规模养殖的渔民更倾向于关注预警信息、购买保险、多样化品种养殖<sup>[12]</sup>。

受灾经历和灾害感知：适应是一个学习过程，农户从过往的灾害事件中学习如何选择适应策略以变得更有恢复力，遭受过重大气候事件的经历以及灾害感知会影响适应策略<sup>[27]</sup>，如，寻求预警信息、购买保险、鱼类养殖品种多样化<sup>[12]</sup>以及生计多样化等<sup>[28]</sup>。

健康状况：研究表明，健康状况对主动寻求生计方式、向亲戚朋友求助或向银行借贷等气候变化适应措施有显著影响<sup>[29]</sup>。

借贷：研究表明，获得信贷机会大大促进了渔民采取气候变化适应措施<sup>[11,12]</sup>，包括改良鱼种、购买保险、养殖品种多样化、生计多样化等，这些适应措施需要资金投入，因此，获得借贷机会多的渔民更有可能采用这些策略。

社会资本：多个研究表明社会资本对农户的气候适应策略有正向的影响，包括遇到困难能提供援助的人或团体<sup>[20]</sup>，加入合作社<sup>[23]</sup>，邻里交流、互助和信任程度<sup>[30]</sup>，政府与社区的预警信息和帮助<sup>[23]</sup>等，此外，参加相关学习和培训<sup>[23,25]</sup>、政府支持和补贴<sup>[12]</sup>对农户采取的大多数气候适应策略都会产生显著的正向影响。具体变量定义及描述性统计见表1。

### 1.3 模型选择

Dang等<sup>[17]</sup>总结了Web of Science和Scopus两个平台上已有研究中农户气候变化适应策略影响因素的定量识别方法，包括二元选择模型（Logit、Probit模型）、多项Logit/Logistics、Probit模型、有序Logit模型、Multivariate Probit（MVP）模型、赫克曼Probit备择模型、赫克曼两阶段模型、Poisson回归模型、结构方程模型、多元回归、Tobit模型及其他一些定量分析方法。在识别农户气候变化适应策略及适应能力的影响因素时采用较多的是（二元、多项）Logit、Probit模型<sup>[12,31]</sup>，但多项Logit、Probit模型均不适用于养殖户适应行为研究，原因是：第一，养殖户选择的适应策略通常不止一种，适应能力较强的养殖户可能选择多种适应策略，多种策略之间存在依赖关系，可能是互补关系或是替代关系；第二，不同策略的误差项可能是相关的。二元离散模型或者多项Logit、Probit模型没有考虑这种内生性，因此不能刻画出养殖户通常面临的多个替代性或互补性方案同时选择的现实，我国已有研究中多选择单一适应行为进行分析，缺乏考虑多种适应选择的研究<sup>[19]</sup>。本文选择Multivariate Probit（MVP）模型，该模型可以包括多个二元被解释变量，且考虑了多种适应策略同时采用时的内在关联性，允许不同方程的误差项之间存在相关性，能够分析农户同时采用多种适应策略时的影响因素<sup>[12,25]</sup>。

表1 变量定义及描述统计

Table 1 Explanatory variables for multivariate probit model on aquaculture farmer's adaptive strategies to typhoon disasters

变量	代码	变量描述	平均值	标准差
户主年龄	X1	实际年龄/岁	55.52	8.46
教育程度	X2	按受教育年限/年，文盲=0；小学=6；初中=9；高中=12；大学及以上=16	7.72	2.86
健康状况	X3	健康=1；间歇性小病=3；长期慢性病=4；患有大病=7	1.78	1.75
投入/养殖面积	X4	实际投入/万元/15亩以下=1；15~30亩=2；30~50亩=3；50~80亩=4；80亩以上=5	2.85/21.81	1.05/20.47
家庭劳动力	X5	实际从事养殖业的人数/人	1.5	0.62
5年平均收入	X6	实际收入/万元	12.05	17.6
灾害损失	X7	实际损失/万元	8.69	18.85
灾害感知	X8	未来台风灾害对养殖业的危害程度：很小=1；小=2，一般=3，大=4，很大=5	4.45	0.74
五年遭灾次数	X9	实际次数/次	3.77	1.19
社会资本	X10	有亲友帮助，是为1，否为0；与村民聚在一起商讨相关应对措施，是为1，否为0；彼此互相帮助应对台风，是为1，否为0；政府或社区开展了应对台风的培训，是为1，否为0；参与渔农业合作组织，是为1，否为0；是否加入宗教等民间团体，是为1，否为0；是否与大学科研机构合作，是为1，否为0	1.37	1.14

注：调查中从事海水养殖业的90%以上是男性户主，样本性别差异非常小，因此性别没有作为解释变量。各解释变量对不同适应策略影响方向可能不同，因此预期影响方向暂不做判定。

Cappellari等<sup>[32]</sup>提出了Multivariate Probit模型的一般框架：

$$Y^*_{im} = \beta_m X_{im} + \varepsilon_{im}, (i = 1, 2, \cdots, N; m = 1, 2, \cdots, M) \tag{1}$$

$$Y = \begin{cases} 1, & \text{if } Y^*_{im} > 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \tag{2}$$

$$\varepsilon_{im} \sim MVN(0, W)$$

式中： $M$ 表示不同预期适应策略的数量（种），本文选择了6种适应策略进行分析； $N$ 表示观测变量的数量（个）； $X_{im}$ 是解释变量矩阵； $\varepsilon_{im}$ 是误差项矩阵； $Y^*_{im}$ 是渔民预期适应策略选择的隐藏变量，是可观测变量 $X_{im}$ 的线性组合； $\beta_m$ 是待估的系数矩阵； $Y$ 代表渔民采用适应策略的决策变量。假设养殖户采用某种适应策略是独立的，采用的适应策略间不存在相关性， $\varepsilon_{im}$ 即为独立同分布，但如果养殖户存在采用多种适应策略的可能性， $\varepsilon_{im}$ 将服从均值为0，协方差为 $W$ 的多元正态分布（MVN）。协方差矩阵非对角线上的非零值表明各潜变量误差项之间存在关联，说明必须采用Multivariate Probit模型，协方差矩阵非对角线上的元素值显著大于0，说明养殖户选择不同的预期适应策略之间存在互补效应；非对角线上的元素值显著小于0，说明养殖户选择不同的预期适应策略之间存在替代效应。Multivariate Probit模型的似然函数方程及所采用GHK平滑递归模拟估计方法具体可参见Cappellari等<sup>[32]</sup>的文章，本文同样采用此估计方法，利用Stata 15软件进行估计。

Probit模型的边际效应随着解释变量的变化而发生变化，为了度量解释变量对被解释变量的平均概率边际效应，通常的做法是数据的样本均值处计算边际效应，或者在每个观测值处都计算边际影响，然后使用这些边际效应的均值来度量平均边际效应。对政策分析而言，常用的边际效应概念是后者，学者也更偏好使用后者<sup>[33]</sup>，因此本文选择计算

所有观测值边际影响的平均值来度量平均边际效应。

## 2 结果分析

### 2.1 极端天气气候事件的经济影响

本次抽样调查土塘养殖模式占比近50%，浅海筏式养殖模式占比近40%，由于抽样区域的不同，比例稍高于其他抽样调查结果，但传统粗放型海水养殖模式占绝对份额的结论与已有相关研究相符<sup>[34]</sup>，而工厂化养殖、（远海深水）网箱养殖、海洋牧场立体养殖等能较好抵御极端天气气候事件的现代水产养殖模式占比很低。土塘养殖、毛竹插杆养殖和成本较高的玻璃纤维插杆养殖受“利奇马”台风影响，损失严重。如图2所示，40%左右的养殖户灾害损失在10万元以上，10%左右的养殖户损失在20万元以上；调查区90%以上的养殖户家庭收入超过70%来自水产养殖，近五年平均遭灾次数为3.77次，近2年连续遭灾3次，导致近10%的养殖户5年平均收入为0，极少数养殖户5年平均收入为负；而调查区养殖户水产养殖业年平均投入为21.81万元，投入成本大、损失严重、救灾补助与赔偿极少使得很多养殖户不得不向亲友和银行借贷，因此调查区40%左右的养殖户亲友和银行借贷额在10万元以上，超过20%的养殖户借贷额在20万元以上，一些养殖户面临生计中断甚至因灾致贫；加之新冠疫情导致水产品无法销售，市场竞争激烈，不少养殖户表示想要放弃水产养殖业，调查中发现作为“紫菜之乡”的霓屿乡藻类养殖户数量出现剧减。

### 2.2 养殖户适应性行为分析

本文对养殖户灾前、灾中、灾后全过程的适应策略进行较为全面系统地研究。如表2

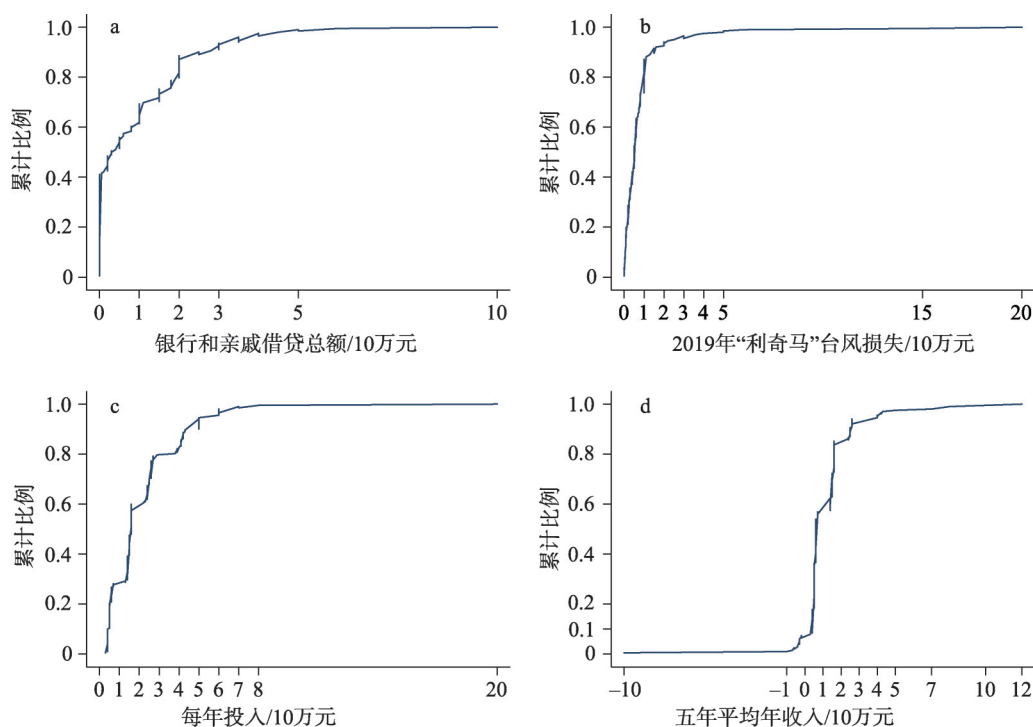


图2 养殖户基本经济情况

Fig. 2 The economic conditions of aquaculture farmers

和表3所示，最常见的适应策略是提前获取台风灾害预警信息，超过98%的家庭采用这一策略。台风灾害会造成海水池塘的养殖环境（盐度、pH值等）发生突变，产生有害物质，池塘内混养鱼虾蟹贝类易产生应激反应、免疫力下降，疾病易暴发和流行；也会造成设施破坏，养殖物逃逸，过程中可能会造成养殖物的碰撞、擦伤，继发一系列海水养殖病害，因此养殖户采取了不少针对性的防灾减灾措施，包括加强水质监测和调控以及水产养殖疫病的防控。如及时排水、换水、消毒和水质调节等各种措施预防病虫害发生（97.35%），做好饲料及药品储备（53.98%），加强投喂优质饵料、提高机体的免疫力（77.87%），调整饲料、使用药物增强体质与抗应激能力（84.96%），灾后调节水质预防病虫害发生（97.35%）；相关设施的灾前检查（53.98%）、加固（52.0%）、修建（14.16%）以及灾后修复（73.76%）；创收、减轻和应对灾害损失，包括生计多样化（10.3%）、养殖品种多样化（50%）、购买保险（4.95%）、灾后补放苗种（11.4%）、借贷（15.35%）、政府补贴和救济（1.49%）等，浅海养殖由于受海洋各种环境条件限制，很难调整苗种投放日期。

生计多样化是农户适应气候变化的重要策略，采用的农户占比高<sup>[12,13,21]</sup>，但海岛水产养殖户采用生计多样化适应策略的比例非常低。购买保险也是养殖户极少采用的适应策略，本次调查中62.9%的养殖户表示没有合适的保险产品，近三分之一的养殖户表示对相关保险不了解，16.8%的养殖户表示保险赔率低、得不到合理补偿，4.5%的养殖户表示保险费用高。研究区受台风、水污染和水产品疾病等问题困扰，而改良鱼种这一针对这些问题的有效适应策略并没有被采用，研究区养殖品种多年来基本没有改变。

表4统计了养殖户未来适应计划，其中，选择看收益决定扩大、缩小或放弃水产养殖的养殖户占比最大；近30%的养殖户选择缩小养殖规模或放弃水产养殖；仅10%左右的养殖户计划要扩大养殖规模；除去计划放弃水产养殖的养殖户，近一半的养殖户表示如果有合适的科技产品，愿意更多应用科技；超过一半养殖户表示如果有合适的保险产

表2 养殖户灾前、灾中的适应措施

Table 2 Adaptation strategies of aquaculture farmers taken before and during a disaster

编号	灾前、灾中适应措施	形式	频数/户	占比/%
1	池塘内多蓄海水	技术	29	25.66
2	疏通排洪沟	技术	62	54.87
3	调整饲料、使用药物增强体质与抗应激能力	技术	96	84.96
4	检查相关设备，做好饲料及药品储备	技术	61	53.98
5	在养殖区周围筑起堤坝	基础设施	16	14.16
6	提前获取灾害预警信息	信息	198	98.02
7	争取政府支援	制度	3	1.5
8	与邻居等共同商讨应对策略	信息与制度	33	16.3
9	加固相关设施	基础设施	105	52.0
10	多样化收入来源	经济	21	10.3
11	养殖品种多样化	技术	101	50
12	购买保险	经济	10	4.95
13	将养殖产品转移到相对安全的区域	基础设施	6	3.0

注：编号1~5的适应策略是113户鱼虾蟹贝养殖户可能采用的，编号6~13的适应策略是所有202户养殖户可能采用的，因此计算比例时样本总量不同。



表3 养殖户灾后的适应措施

Table 3 Adaptation strategies of aquaculture farmers in post-disaster phase

编号	灾后适应措施	形式	频数/户	占比/%
1	及时排水换水、消毒和水质调节等各种措施预防病虫害发生	技术	110	97.35
2	提高机体的免疫力，加强投喂优质饵料	技术	88	77.87
3	合理配置、使用增氧机	技术	34	30.09
4	对动物死体及时深埋处理，并做好隔离的各项工作，防止腐烂传播疾病	技术	12	10.62
5	重新购买苗种养殖	技术	23	11.4
6	重新修建破坏的设施	基础设施	149	73.76
7	向亲友和银行借贷	经济	61	15.35
8	政府补贴和救济	制度	3	1.49
9	保险赔偿	经济与制度	10	4.95
10	大学、科研机构或民间团体的帮助	经济与技术	6	2.97

注：编号1~4的适应策略是113户鱼虾蟹贝养殖户可能采用的，编号5~10的适应策略是所有202户养殖户可能采用的，因此计算比例时样本总量不同。

品，愿意购买保险；尽管一些养殖户面临生计困境，但没有养殖户计划迁出海岛。

总体而言，调查区的养殖户采取了经济、技术、制度、信息、基础设施等多个方面灾前、灾中、灾后极端天气气候适应性行为以及较长期的适应计划。依据 Galappaththi 等<sup>[9]</sup>和 Lebel 等<sup>[10]</sup>按投入—产出效益的五种适应策略分类，养殖户采用最多的是无悔反应（No-Regret reaction）和低悔战术（Low regrets tactic），“反应”和“战术”比“战略”投资期限要短得多，投入比较少，但收益也较小，特别是在风险大幅增加的情况下；而采用起初花费较多，但未来却可提供较可观收益的预先应对策略（Up-front strategy），如在养殖区周围筑起堤坝这类基础设施方面的策略却很少；养殖户也极少采用更容易的早期策略（Easier early strategy），如保险；以及未来获益策略（Future-benefits strategy），如生计多样化。这也解释了面对超强台风“利奇马”养殖户适应策略效果的自评结果：认为适应策略效果不明显的养殖户占比（41.6%）最大，三分之一左右（36.6%）的养殖户认为效果还行，仅19.8%的养殖户认为很有成效，极少（2.0%）养殖户认为基本没有成效。

2.3 养殖户适应性行为的影响因素分析

剔除养殖户普遍采用的适应策略，如提前获取灾害预警信息，及时排水换水、消毒和

表4 养殖户应对台风灾害和气候变化的未来适应计划

Table 4 Aquaculture farmers' future adaptive plans to typhoon disaster risk and climate change

预期适应行为	频数/户	占比/%
扩大水产养殖业规模	23	11.39
缩小水产养殖业规模	27	13.37
暂继续目前的养殖规模，未来看收益情况决定扩大、缩小、或转行	118	58.42
放弃水产养殖	31	15.35
改变养殖品种	3	1.49
如果有合适的科技产品，愿意更多应用科技	80	39.6
如果有合适的保险产品，愿意购买保险	103	50.99
迁出本海岛	0	0



水质调节等各种措施预防病虫害发生;和极少采用的适应策略,如购买保险、争取政府支援、将养殖产品转移到相对安全的区域等,本文最终选择对养殖品种多样化、加固设施、生计多样化、重修损坏设施、重买苗种养殖、借贷六种适应措施的影响因素进行分析。

本文分别采用Stata 15及R 4.0.3软件估算MVP模型系数及边际效应。首先对自变量进行多重共线性检验,避免多重共线性问题。Multivariate Probit模型的估计结果和协方差矩阵见表5,  $\chi^2(15)=73.352$ ,通过1%显著性水平检验,模型拟合较好,协方差矩阵中的非零值表明各方程扰动项间存在某种潜在关联,因此需采纳Multivariate Probit模型进行联合估计。

年龄是养殖户适应策略的重要影响因素,模型结果表明年龄对重修损坏设施、重买苗种养殖、借贷有显著的负向影响。主要原因是重修损坏设施和重买苗种养殖这两种适应措施需要耗费较多的人力和成本,特别是在插杆养殖中,年长者不适宜进行这种短时间内需完成的高强度体力劳动,调查区65岁以上老人无法向银行申请贷款。因此随着年龄的增长,采取这三种适应措施的概率降低。

家庭劳动力对养殖品种多样化和重买苗种养殖两种适应策略有显著影响。模型中家庭劳动力对养殖品种多样化和重买苗种养殖的平均边际效应分别为-0.234和0.066,表明家庭劳动力每增加一个,养殖品种多样化的概率降低23.4%,重买苗种养殖的概率提高6.6%,多样化养殖需要更多的资本和技术、重买苗种养殖需要较多的劳动力,这也验证了假说中家庭劳动力的增加减少了采用劳动密集型适应行为的限制,可能使得家庭较少甚至拒绝资本或技术替代的方式来响应气候变化。这与已有研究中<sup>[12]</sup>水产养殖户家庭劳动力对养殖品种多样化有负向影响的结论一致。

5年遭灾次数对重修损坏设施、重买苗种养殖以及借贷有显著的正向影响。模型回归结果表明每多遭灾一次,借贷的概率提高8.5%,调查中连续遭灾使得许多养殖户不得不借贷。研究区采用生计多样化适应策略的养殖户占比仅10%左右,5年遭灾次数对生计多样化平均边际效应为-0.03,表明受灾次数每增加一次,生计多样化的概率降低3%,这与已有研究中灾害经历和灾害感知促进生计多样化的结论不一致,主要原因是:海岛作为社会经济发展高度依赖自然条件、自然和社会生态系统脆弱的特殊地域系统,因四面环海更易受恶劣的气候环境的侵扰,绝大多数养殖户近两年三次因台风受灾,不仅收入大幅降低,甚至负债,资金投入受影响,极少数养殖户无法按时投入生产,加之海岛第二、三产业发展较不完善,多元化就业受限,且渔民多为高龄从业人员、教育程度低、思想观念较为封闭传统、就业意识比较薄弱、就业技能单一等较为突出的渔业劳动力问题使得渔民转产转业难<sup>[35]</sup>。调查中不少养殖户表示除养殖业外没有其他就业机会,如果再继续遭灾负债,他们就只能放弃养殖、生计中断,这也体现了海岛地区养殖户的适应策略及其影响因素的特殊性。

模型结果表明投入对养殖品种多样化有显著的正向影响,这与已有研究结论一致。随着投入的增加,加固设施和借贷的概率都有所提升。健康状况对加固设施和借贷有显著的正向影响,随着健康状况变好,加固设施和借贷的概率有所提升。但灾害感知强度的增加并没有提升养殖户加固设施的概率,绝大多数被调查的养殖户认为未来台风对水产养殖业的影响程度为大及以上,访谈中渔民表示面临强劲台风时,加固措施也于事无补,因此,模型中随着灾害感知等级的上升,采用加固设施适应策略的概率降低。收入对养殖户采取加固设施和重修损坏设施适应策略有显著的影响,但平均边际效应较小。教育程度、社会资本对养殖品种多样化有显著的正向影响,已有研究也表明教育程度和

表 5 Multivariate probit 模型回归结果分析

Table 5 Estimated results of the multivariate probit model of determinants of adaptation to typhoon disaster in aquaculture farming

因变量	养殖品种多样化		加固设施		生计多样化	
解释变量	系数	dy/dx	系数	dy/dx	系数	dy/dx
年龄	0.098***	0.024	-0.019	-0.006	-0.022	-0.004
教育程度	0.098**	0.024	-0.078**	-0.031	0.056	0.008
健康状况	-0.043	-0.005	0.097*	0.026	-0.055	-0.009
投入	0.035***	0.008	0.013*	0.004	0.002	0.001
家庭劳动力	-0.862***	-0.234	0.13	0.034	0.049	0.014
5年平均收入	-0.031***	-0.006	0.019***	0.006	-0.003	-0.001
灾害损失	0.007	0.001	-0.014	-0.004	-0.017	-0.003
灾害感知	0.108	0.033	-0.605***	-0.209	0.303	0.041
5年遭灾次数	-0.016	0.003	-0.033	-0.014	-0.215*	-0.03
社会资本	0.206*	0.052	-0.058	-0.019	0.011	0.007
常数	-6.000***		3.866***		-0.993	
因变量	重修损坏设施		重买苗种养殖		借贷	
解释变量	系数	dy/dx	系数	dy/dx	系数	dy/dx
年龄	-0.044***	-0.015	-0.068***	-0.009	-0.037***	-0.013
教育程度	-0.079*	-0.028	-0.06	-0.013	0.022	0.008
健康状况	0.07	0.017	-0.136	-0.015	0.227***	0.078
投入	-0.006	-0.001	-0.016	-0.002	0.014**	0.005
家庭劳动力	0.241	0.062	0.452**	0.066	0.139	0.036
5年平均收入	0.017***	0.003	-0.014	-0.001	0.008	0.003
灾害损失	-0.017*	-0.001	0.017**	0.002	-0.006	-0.002
灾害感知	-0.117	-0.037	0.269	0.014	0.004	0.021
5年遭灾次数	0.331***	0.095	0.321**	0.047	0.245***	0.085
社会资本	-0.272***	-0.057	0.069	0.008	-0.017	-0.004
常数	2.683**		0.0574		0.259	
协方差矩阵	DT	RF	DL	RD	RS	DC
DT						
RF	-0.576***					
DL	0.215	-0.116				
RD	-0.382***	0.338***	0.631***			
RS	-0.475***	-0.168	-0.302*	0.112		
DC	-0.045	0.165	0.153	0.282**	0.038	
Log pseudo Likelihood=-510.2, Likelihood ratio test of rho21=rho31=rho41=rho51=rho61=rho32=rho42=rho52=rho62=rho43=rho53=rho63=rho54=rho64=rho65=0, chi²(15)=73.352, Prob>chi²=0.0000						

注：DT、RF、DL、RD、RS、DC 分别代表养殖品种多样化、加固设施、生计多样化、重修损坏设施、重买苗种养殖、借贷，\*、\*\*、\*\*\*分别表示在 10%、5%、1%水平下通过显著性检验。

社会资本会对技术方面的适应措施产生正向影响。随着教育程度增高、社会资本增多，养殖户重修毁坏设施的 概率降低，调查中一些教育程度较高、社会资本较多的养殖户不倾向于选择灾后重修毁坏设施、重买苗种养殖这一投入收益比相对较低的适应措施。

在协方差矩阵表中，有 7 个系数通过显著性检验，表明养殖户不同适应策略选择之

间呈现互补效应和替代效应,如在灾后重买苗种养殖与借贷存在互补效应,重买苗种的养殖户更可能进行借贷、获得借贷也对重买苗种养殖有促进作用;生计多样化与重修损坏设施则存在替代效应,生计多样化的养殖户不倾向选择在灾后重修损坏设施、重买苗种继续进行养殖。

### 3 结论与讨论

本文面向国内外微观尺度水产养殖业灾害适应研究非常不足的现状,在研究区域、研究尺度、研究内容和研究方法方面进行了深化与补充。针对海岛这一特殊地域系统在微观尺度进行水产养殖户灾害全过程适应性行为的实证研究,结果表明,较多地采用无悔反应和低悔战术,很少采用预先应对策略、更容易的早期策略以及未来获益策略使得大多数养殖户适应行为的成效不太显著。未来条件允许的情况下,一半以上养殖户愿意采用预先应对策略、更容易的早期策略以及未来获益策略。在研究方法上,选择能够识别养殖户同时采用多种适应策略影响因素的Multivariate Probit模型,验证相关理论假说在海岛的适用性,分析海岛养殖户台风灾害适应行为的关键影响因子,更多地揭示人海关系适应性在微观尺度的影响机制,结果表明:(1)同一因素对养殖户选择的多种适应策略有正负不同方向的显著影响,养殖户选择的适应策略之间也存在着显著的互补和替代效应;(2)年龄、家庭劳动力、5年遭灾次数是养殖户适应行为的重要影响因素,投入、健康状况、灾害感知强度、收入、教育程度、社会资本都对养殖户采取的适应行为有显著影响;(3)海岛养殖户灾害适应行为的影响因素及其影响方向具有特殊性,如灾害经历和灾害感知并没有对生计多样化等适应措施产生正向影响。海岛虽已多次经历台风灾害,但海岛地区政府、社区和养殖户还不具备有效适应的经济、技术、制度、基础设施等多方面的能力。

对政府政策需求和建议的调查中,希望政府加快推动开发渔业保险产品的养殖户占比最大,非常迫切的需求是信贷支持,近40%的养殖户希望政府提供更多水产养殖业方面的教育和培训,超过三分之一的养殖户希望增加技术推广人员、基础设施建设(特别是避风塘)和提供设备支持。调查中,养殖户比较强烈诉求的是政府完善灾害补贴、征海补偿和社会保障体系,渔业养殖协会会长希望开发新的或改良的品种以更好应对气候变化和环境污染,基于这些诉求结合本文的研究结论,提出以下建议:

#### (1) 提高养殖户采取适应行为的多样性和有效性

推动养殖户更多地采用更容易的早期策略、预先应对策略以及未来获益策略,提高养殖户适应行为的多样性和有效性。具体可从以下几个适应策略着手:

第一,生计多样化。国际上生计适应最常见的是在部门内或部门外推行多样化策略,降低脆弱性<sup>[36]</sup>,农户实施生计多样化的能力依赖于生计资本,生计资本水平的提高会扩展农户实施生计多样化的能力<sup>[37]</sup>。调查区养殖户自然资本非常有限,有些养殖户因海域被政府收回自然资本减少或丧失、金融资本不足、人力资本问题显著、社会资本作用不显著,较低的生计资本水平及生计多样化程度使得海岛调查区灾害对养殖户生计脆弱性影响很大。研究表明:生计资本与生计多样化存在倒U型关系,政府在考虑自然资源与海岛产业结构和发展方向的前提条件下,根据养殖户生计资本及发展意愿的不同,采取不同的措施支持养殖户的生计策略,对于低生计资本(失海、计划放弃养殖或缩小养殖规模的)养殖户,政府需要在政策、组织、资金、人力、医疗、教育等各个层面构

建支持提高养殖户生计资本水平和实施多样化的能力,或提供一些再就业岗位,帮助他们发展生计多样化;对于生计资本较好,倾向于专业化养殖或扩大养殖规模的养殖户,可根据其需要给予一些支持以提高他们的抗风险能力和收益。政府也要积极采取措施促进养殖户向非农化发展,如扶持本地水产品加工、延长渔业产业价值链,拓展渔业销售渠道,合理推进休闲渔业发展。

第二,保险。政府需强化台风巨灾风险管理,优化巨灾保险策略。实施因地制宜的政策支持,加大财政补贴力度;完善渔业政策性保险机制,扩大渔业保险覆盖面;完善保险品种、开发合适的保险产品,有效供给养殖户的投保需求;促进互保协会、技术部门、养殖户基层组织、养殖户之间的有机合作,提高养殖户的保险意识和渔业保险的风险保障;加大研究力度、制定科学的损失核定方式。

第三,应用技术和产品。开发、引进和推动使用可提升应对能力的技术与产品,包括可以更好应对台风灾害、气候变化和环境污染的新品种与改良品种;提供更多水产养殖业方面的技术培训和技术推广;加大政府对养殖户采用新技术、新产品的补贴;促进大学和研究机构跟养殖户的合作,充分利用水产养殖协会、渔业合作社等各类渔业组织在技术学习和使用中的作用;加强对水产养殖业劳动者(技术人员、养殖人员、管理人员、技术推广人员等)的培养扶持。

第四,政府补偿。调查区失海养殖户损失未得到合理补偿,政府承诺失海养殖户的社会保障没有完全兑现,部分养殖户生计也丧失保障,政府应及时对失海养殖户进行合理的补偿安置,并考虑到保障养殖户的长远生计;调查区养殖户反映疫情间不同村镇灾害补贴款存在差异、补贴对象混乱、补贴款分配不公问题,政府应做到补贴款的实际发放和公正公平。

## (2) 推动传统渔业向新型渔业产业转型

结合乡村振兴、产业扶贫项目、制定创业就业扶持政策,多渠道推动养殖业由传统的粗放式养殖向工厂化养殖、(深海)网箱养殖、海洋牧场等新型养殖模式转型,特别是因灾致贫或生计中断的养殖户的持续生产及转型;培育支持养殖大户、专业合作社、龙头企业等新型经营主体,引导发展多种形式的适度规模经营。调查区鹿西岛的浙江东一海洋集团有限公司发展生态海洋牧场项目,项目在白龙屿海域建设两条栅栏式堤坝,因此成功抵御了2020年“黑格比”台风的侵袭,损失很小,且该项目产生了良好的经济、生态以及社会效益,目前已解决当地60多位转产渔民就业,项目全面实施后可带动200多位转产渔民就业,是解决海岛渔民转产转业难问题的有效途径。

## (3) 完善规划管理、基础设施和金融服务

制定并完善海水养殖业发展规划和相关法律、法规,规范养殖水域(滩涂)的流转和联合使用,在国家、区域、地方适应政策和计划中考虑海水养殖业;积极治理海岸线污染,着力改善养殖环境;加强灾害监测和预警预报能力及救助体系建设,提高养殖户灾害适应意识与行为的有效性;加强海岛防灾减灾基础设施建设,如加强渔港、避风港建设、加高加固海岸防潮和防洪排涝工程等,确保养殖户的生命财产安全;政府可支持正式和非正式信贷机构向65岁以上养殖户提供小额信用贷款,加大对失海养殖户自主创业小额贷款扶持力度,满足养殖户生产、投资、创业的需求,创造多元就业机会。

## 参考文献(References):

- [1] 陈文芳,徐伟,史培军.长三角地区台风灾害风险评估.自然灾害学报,2011,20(4): 77-83. [CHEN W F, XU W, SHI P



- J. Risk assessment of typhoon disaster at county level in the Yangtze River Delta of China. *Journal of Natural Disasters*, 2011, 20(4): 77-83.]
- [2] 蔡榕硕, 刘克修, 谭建红. 气候变化对中国海洋和海岸带的影响、风险与适应对策. *中国人口·资源与环境*, 2020, 30(9): 1-8. [CAI R S, LIU K X, TAN H J. Impacts and risks of climate change on China's coastal zones and seas and related adaptation. *China Population, Resources and Environment*, 2020, 30(9): 1-8.]
- [3] IPCC. *Climate Change 2014: Impact, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>.
- [4] FAO. *The state of world fisheries and aquaculture 2020. Sustainability in action*. Rome, 2020. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.
- [5] GALAPPATHTHI E K, ICHIEN S T, HYMAN A A, et al. Climate change adaptation in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 2020, 12(4): 2160-2176.
- [6] 和田恬, 于滨铜, 李苗, 等. 为什么水产养殖保险会出现政府和市场的双重失灵: 基于粤浙沪川四省市的比较分析. *农林经济管理学报*, 2018, 17(5): 562-569. [HE T T, YU B T, LI M, et al. Why is aquaculture insurance repeatedly blocked in practice: Based on a comparative analysis of cities in Guangdong, Zhejiang, Shanghai and Sichuan. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2018, 17(5): 562-569.]
- [7] 贾清茹. 山东省水产养殖保险市场需求研究. 泰安: 山东农业大学, 2017. [JIA Q R. Research on the demand of aquaculture insurance market in Shandong province. Taian: Shandong Agricultural University, 2017.]
- [8] 阎祥东. 沿海渔民、渔业、渔村转型与产业扶贫衔接: 内在联系、困境与实现路径. *中国渔业经济*, 2020, 38(6): 18-27. [YAN X D. Linkage of coastal fishermen, fishery, fishing village transformation and industrial poverty alleviation: Internal connections, dilemmas and implementation paths. *Chinese Fisheries Economics*, 2020, 38(6): 18-27.]
- [9] 林艺苹, 陈香. 台风灾害及其连锁效应研究: 以“利奇马”台风为例. *吉林化工学院学报*, 2020, 37(7): 80-86. [LIN Y P, CHEN X. Research on typhoon disaster and its chain effects: Taking typhoon "Lekima" as an example. *Journal of Jilin Institute of Chemical Technology*, 2020, 37(7): 80-86.]
- [10] LEBEL L, LEBEL P, CHITMANAT C, et al. Managing the risks from the water-related impacts of extreme weather and uncertain climate change on inland aquaculture in Northern Thailand. *Water International*, 2018, 43(2): 257-280.
- [11] ARIMI K S. Determinants of climate change adaptation strategies used by fish farmers in Epe Local Government Area of Lagos State, Nigeria. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2014, 94(7): 1470-1476.
- [12] ONYENEKE R U, IGBERI C O, ALIGBE J O, et al. Climate change adaptation actions by fish farmers: Evidence from the Niger Delta region of Nigeria. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2020, 64(2): 347-375.
- [13] 吴小影, 刘冠秋, 齐熙, 等. 气候变化对渔区感知指数, 生计策略和生态效应的影响. *生态学报*, 2017, 37(1): 313-320. [WU X Y, LIU G Q, QI X, et al. Ecological effects of climate change and livelihood adaptations in typical fishing areas: Perceptions of fishermen's households. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(1): 313-320.]
- [14] 张杰, 张学舟. 舟山群岛海水养殖业风险状况调查分析. *广东农业科学*, 2012, 39(6): 232-234. [ZHANG J, ZHANG X S. Investigation and analysis of risk status of marine aquaculture in Zhoushan Islands. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2012, 39(6): 232-234.]
- [15] 向芸芸, 陈培雄, 杨辉, 等. 基于资源环境承载力的海岛生态系统适应性管理: 以温州市洞头区为例. *海洋环境科学*, 2018, 37(4): 552-560, 578. [XIANG Y Y, CHEN P X, YANG H, et al. Research on the management of island ecosystem based on resource and environment carrying capacity assessment: A case study in Dongtou district, Wenzhou city. *Marine Environmental Science*, 2018, 37(4): 552-560, 578.]
- [16] AHMED N, DIANA J S. Does climate change matter for freshwater aquaculture in Bangladesh?. *Regional Environmental Change*, 2016, 16(6): 1659-1669.
- [17] DANG H L, LI E, NUBERG I, et al. Factors influencing the adaptation of farmers in response to climate change: A review. *Climate and Development*, 2019, 11(9): 765-774.
- [18] 汪海欧, 於琨, 杨书运, 等. 气候变化适应及其影响因素研究: 山东胶州湾地区居民的实证分析. *中国农学通报*, 2019, 35(11): 103-109. [WANG H O, YU L, YANG S Y, et al. Climate change adaptation and its influencing factors in Jiaozhou Bay Area, Shandong: An empirical analysis on local residents. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2019, 35(11): 103-109.]
- [19] 王晓敏, 金建君, 高艺玮. 农户适应气候变化的行为及影响因素: 基于实验经济学方法的研究. *北京师范大学学报: 自然科学版*, 2016, 52(4): 501-505. [WANG X M, JIN J J, GAO Y W. Farmer coping behavior in climate change and affecting factors: Method of experimental economics. *Journal of Beijing Normal University: Natural Science*, 2016, 52(4): 501-505.]

- [20] 朱红根, 周曙东. 南方稻区农户适应气候变化行为实证分析: 基于江西省36县(市)346份农户调查数据. 自然资源学报, 2011, 26(7): 1119-1128. [ZHU H G, ZHOU S D. Factors influencing Southern rice farmers adapting to climate change behavior-based on 346 household survey data of 36 counties in Jiangxi province. Journal of Natural Resources, 2011, 26(7): 1119-1128.]
- [21] 宋臻, 史兴民. 雨养农业区农户的气候变化适应行为及影响因素路径分析. 地理科学进展, 2020, 39(3): 461-473. [SONG Z, SHI X M. Path analysis of influencing factors of farmers' adaptive behaviors to climate change in the rain-fed agricultural areas. Progress in Geography, 2020, 39(3): 461-473.]
- [22] NDAMANI F, WATANABE T. Determinants of farmers' adaptation to climate change: A micro level analysis in Ghana. *Scientia Agricola*, 2016, 73(3): 201-208.
- [23] 童庆蒙, 张露, 张俊飏. 基于湖北省十个代表县(市)的农户适应气候变化的偏向特征与影响因素分析. 中国农业大学学报, 2019, 24(1): 194-205. [TONG Q M, ZHANG L, ZHANG J B. An analysis of oriented characteristics and influential factors of farmers' adaptation to climate change in 10 representative counties and cities of Hubei province. Journal of China Agricultural University, 2019, 24(1): 194-205.]
- [24] NDIRITU S W, KASSIE M, SHIFERAW B. Are there systematic gender differences in the adoption of sustainable agricultural intensification practices? Evidence from Kenya. *Food Policy*, 2014, 49: 117-127.
- [25] TRINH T Q, RAÑOLA JR R F, CAMACHO L D, et al. Determinants of farmers' adaptation to climate change in agricultural production in the central region of Vietnam. *Land Use Policy*, 2018, 70: 224-231.
- [26] TARFA P Y, AYUBA H K, ONYENEKE R U, et al. Climate change perception and adaptation in Nigeria's Guinea Savanna: Empirical evidence from farmers in Nasarawa State, Nigeria. *Appl Ecol Environ Res*, 2019, 17(3): 7085-7112.
- [27] MULWA C, MARENDA P, KASSIE M. Response to climate risks among smallholder farmers in Malawi: A multivariate probit assessment of the role of information, household demographics, and farm characteristics. *Climate Risk Management*, 2017, 16: 208-221.
- [28] 靳乐山, 魏同洋, 胡振通. 牧户对气候变化的感知与适应: 以内蒙古四子王旗查干补力格苏木为例. 自然资源学报, 2014, 29(2): 211-222. [JIN L S, WEI T Y, HU Z T. Herdsmen's perceptions and adaption to climate change: A case study in Chaganbulige, Siziwang Banner, Inner Mongolia. Journal of Natural Resources, 2014, 29(2): 211-222.]
- [29] 尹莎, 陈佳, 杨新军. 社会—生态系统重构背景下农户适应行为及影响机理. 人文地理, 2020, 35(2): 112-121. [YIN S, CHEN J, YANG X J. Adaptive behavior of farming household and influential mechanism in the background of social-ecological system reconstruction. Human Geography, 2020, 35(2): 112-121.]
- [30] 王亚茹, 赵雪雁, 张钦, 等. 高寒生态脆弱区农户的气候变化适应策略: 以甘南高原为例. 地理研究, 2016, 35(7): 1273-1287. [WANG Y R, ZHAO X Y, ZHANG Q, et al. Farmers' climate change adaptation strategies in an ecologically vulnerable alpine region: A case of Gannan Plateau. Geographical Research, 2016, 37(7): 1273-1287.]
- [31] 崔永伟, 杜聪慧, 侯麟科. 气候变化下农业适应行为的现状及研究进展. 世界农业, 2012, (11): 25-29. [CUI Y W, DU C H, HOU L K. Current status and research progress on agricultural adaptation to climate change. World Agriculture, 2012, (11): 25-29.]
- [32] CAPPELLARI L, JENKINS S P. Multivariate probit regression using simulated maximum likelihood. *The Stata Journal*, 2003, 3(3): 278-294.
- [33] 张小宇, 刘金全. “泰勒规则”在中国经济运行中的经验证据. 财经研究, 2010, (11): 127-134. [ZHANG X Y, LIU J Q. "Taylor Rule" and its empirical test in China's economy. Journal of Finance and Economics, 2010, (11): 127-134.]
- [34] 张杰, 张学舒, 姜华帅. 浙江温州地区海水养殖业风险状况及对策研究. 现代渔业信息, 2011, 26(11): 3-5. [ZHANG J, ZHANG X S, JIANG H S. Risk status of marine aquaculture in Wenzhou area in Zhejiang province and study to countermeasure. Modern Fisheries Information, 2011, 26(11): 3-5.]
- [35] 吴丹丹, 马仁锋, 王腾飞, 等. 中国沿海“渔业, 渔民, 渔村”转型研究进展. 世界科技研究与发展, 2016, 38(6): 1343. [WU D D, MA R F, WANG T F, et al. Progress on transition of fishery, fishermen and fishing village in China coastal area. World Sci-Tech R & D, 2016, 38(6): 1343.]
- [36] 粮农组织. 2018年世界渔业和水产养殖状况: 实现可持续发展目标. 罗马, 2018: 134. [FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, 2018: 134.]
- [37] 马志雄, 张银银, 丁士军. 失地农户生计策略多样化研究. 华南农业大学学报: 社会科学版, 2016, 15(3): 54-61. [MA Z X, ZHANG Y Y, DING S J. Research on livelihood diversification of rural households encountered by land lost farmers. Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition, 2016, 15(3): 54-61.]

## Analysis of aquaculture farmers' adaptation behavior toward typhoon disaster in Zhoushan Islands and Dongtou Islands and its influencing factors

YUAN Hai-hong<sup>1,2,3</sup>, LYU Yi<sup>1</sup>, ZHANG Shi-jing<sup>1</sup>

(1. Department of Geography and Spatial Information Techniques, Ningbo University, Ningbo 315211, Zhejiang, China; 2. Ningbo Universities Collaborative Innovation Center for Land and Marine Spatial Utilization and Governance Research at Ningbo University, Ningbo 315211, Zhejiang, China; 3. Donghai Academy, Ningbo University, Ningbo 315211, Zhejiang, China)

**Abstract:** The IPCC special report on global warming of 1.5 °C and the IPCC special report on climate change and land both identify aquaculture as one of the key sectors that requires attention on global food security and the upgrading of adaptation policy. Research on the disaster-adaptive behavior and its influencing factors at the farmer level is of great value for enhancing the adaptive capacity to disasters, ensuring the livelihood of aquaculture farmers, and the sustainable development of islands, so as to revitalize fishing villages. However, very few studies have been conducted at the farmer level. Using survey data obtained from 202 aquaculture farmers from the Zhoushan and Dongtou Island regions and applying multivariate probit model, this study analyzes the disaster adaptation strategies of aquaculture farmers during the whole process of disaster management and the influencing factors. The results showed that: (1) Diverse multilevel adaptive strategies were adopted in study areas to deal with typhoon disaster. Up-front strategies, simple early strategies and future-benefits strategies were used significantly less than no-regret reaction and low-regret tactics by aquaculture farmers, making most farmers' adaptation strategies less effective. More than half of the farmers are willing to adopt the up-front, simple early and future-benefits strategies in the future if conditions facilitate usage of these strategies. (2) Each factor affected adaptation strategies of aquaculture farmers negatively and positively at the same time, and there was also significant complementary and substitutive relationship among the adaptive strategies selected by the aquaculture farmers. (3) Age, family labor, and the number of disasters occurring in the past 5 years were important factors influencing aquaculture farmers' adaptive behavior. Input, health status, disaster perception, income, education level, and social capital also had a significant impact on farmers' adaptive behavior. (4) Some influencing factors and their effects on the disaster adaptation behavior of aquaculture farmers in Zhoushan Islands and Dongtou Islands were different from those in other regions, which highlight the uniqueness of island regions. This study identifies the key influencing factors and weakness of adaptation behavior toward typhoon disaster, and the conclusions provide useful insight into the optimization and adjustment of the government and farmers' adaptation strategies.

**Keywords:** adaptation behavior of aquaculture farmers; influencing factors; island regions; typhoon disaster