

海水养殖的气象风险分析及预报

卢峰本 黄 滢 周启强 许文龙

(广西防城港市气象局, 538001)

提 要: 对海水养殖灾害及适生环境条件进行分析研究, 确定海水养殖气象灾害风险及以盐度、海温为特征的各类海水养殖生物适生环境风险评价标准, 并建立风险指标数据库; 利用 1968—1982 年的盐度、海温、降雨、气温、风向风速资料, 采用逐步回归方法, 建立以相关气象要素为因子的海温、盐度预报方程, 在此基础上, 通过对天气的监测预报并结合风险评价标准, 实现海水养殖的气象风险分析预报, 为海水养殖业防灾减灾、提高产量和质量提供更有针对性的气象服务。

关键词: 海水养殖 气象风险 分析 预报

Meteorological Risk Analysis and Forecast to Mariculture Production

Lu Fengben Huang Ying Zhou Qiqiang Xu Wenlong

(Fangchenggang Meteorological Office, Guangxi Zhuang Autonomous Region 538001)

Abstract: The disaster of the mariculture production and the suitable environment condition were studied. Then meteorological disaster risk of the mariculture production and the standard of suitable environment, characterized by seawater salinity and temperature, were confirmed. The database of the risk index was built. By using the data of seawater salinity, seawater temperature, precipitation and temperature, wind speed, wind direction and so on during 1968 to 1982, and choosing the method of the stepwise regression equations, the forecast equations of seawater temperature and seawater salinity were formulated, used meteorological elements as prediction factors. Based on it, through the weather observation and forecast and combining with the standard of the risk evaluation, the meteorological risk of the mari-

culture production was forecasted. In this way, more pertinent weather forecast service has been offered to prevent the disaster and improve the output and the quality of the mariculture production.

Key Words: mariculture production meteorological risk analysis forecast

引言

海水养殖是海洋产业的重要组成部分,但这一产业基本上是露天作业,深受气象因素的制约,每年因气象灾害造成巨大的经济损失。气象因素对养殖业的危害主要表现在两方面,一是灾害性天气如暴雨、台风等引起的严重洪涝或风暴潮造成的“硬杀伤”,二是温度、盐度等变化引发海洋生物适生环境条件发生变化导致生理不适应造成的“软杀伤”。如1998年夏季,由于上游地区连续强降雨,近海海水严重淡化,导致防城港海水养殖的贝类等遭毁灭性打击,直接经济损失超亿元。针对海水养殖气象服务方面的问题,我国气象工作者做了不少研究工作,范永祥等就对虾养殖的气象条件及气象服务问题做了专题研究,建立了海温等的预报方程^[1]及对虾养殖的气象决策服务系统^[2],曹书涛等研究总结了紫菜养殖的气象条件并建立相应的气象决策服务系统^[3]。借鉴国内的相关研究成果,总结广西海水养殖洪涝风暴潮灾害标准及主要海水养殖生物适生环境指标,研究建立海温、盐度两种养殖环境条件与气象要素的线性关系,在此基础上,制作海水养殖气象风险分析及预报服务产品,这对于气象服务领域的拓展,减轻气象灾害对海水养殖业的危害,促进其持续稳定发展具有重要意义。

1 海水养殖主要环境要素的监测预报

海温、盐度是海水养殖生物生存环境的重要因素,海温、盐度影响主要表现在,海水养殖生物对海水温度、盐度变化产生生理

性不适应,其生长发育受影响,甚至诱发疾病,造成质量和产量降低;或海水温度、盐度等变化超出其生理极限导致大量死亡。另外,海温过高,还会造成饲料大量发酵,微生物大量繁殖,消耗氧气,造成养殖生物缺氧死亡。监测预测海温和盐度等的变化是海水养殖气象风险分析预报的重要工作。

1.1 近海表层水温的线性回归预报方程

海水表层温度与气温有最直接的关系,另外,不同的风向风速,造成下层海水上翻程度和近海面空气的流动特性等不一样,影响上下层海水之间、空气与表层海水之间的热交换,因此,选取防城港白龙尾1976—1982年的表层海温、气温、风向、风速观测资料,将风向按0、1化处理,即偏北风为1,偏南风 and 静风为0,以最低、最高表层海温同时刻的气温、风向、风速为预报因子,应用逐步回归方法,分月建立最低、最高表层海温的预报方程,12个月共24个方程(方程略),各回归方程的方差比 F 最小为14.6,最大为204,均通过 $\alpha=0.01$ 的显著性检验($F>F_{\alpha}=6.76$),回归效果显著。

对历史样本进行预报拟合,由表1可见,最低、最高海温预报平均绝对误差在 $0.6\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 之间,其中5—9月均小于 1°C ,最大绝对误差在 $1.7\sim 4.7^{\circ}\text{C}$ 之间。冬春季节误差较大,原因主要是该季节气温变化剧烈,海温对气温的急剧变化响应滞后,从而导致转折天气过程出现较大误差。资料分析表明,海温对大气明显降温过程的响应,一般要落后12小时左右,在实际预报中,可据此对海温客观预报进行适当的订正,以减小明显降温天气过程海温的预报误差。根据最低最高气温及相应时刻的风向风速监测预

表 1 海温拟合预报误差

	平均绝对误差/°C		最大绝对误差/°C	
	最低温度	最高温度	最低温度	最高温度
1月	1.3	1.3	4.3	4.4
2月	1.3	1.5	4.0	5.6
3月	1.2	1.2	4.3	4.6
4月	1.2	1.2	4.3	5.1
5月	0.9	0.9	3.5	4.7
6月	0.8	0.8	3.0	2.3
7月	0.7	0.6	2.9	3.9
8月	0.6	0.6	2.6	1.7
9月	0.7	0.7	2.7	2.3
10月	0.8	1.1	2.5	3.6
11月	1.0	1.0	2.8	3.9
12月	1.0	1.1	4.2	4.8

报结果, 基于预报精度的考虑, 建立时效为 0~48 小时的最低、最高海温短期预报业务。业务应用需要解决预报因子 (即最高、最低气温及其相应时刻的风向风速) 问题。本地最低气温一般出现在 05—08 时, 最高气温一般出现在 13—14 时, 因此可用 08 时、14 时的风向风速分别作为最低最高气

温对应时刻的风向风速, 当天海温预报的因子数据可在实况监测资料中得到, 24~48 小时的最低、最高气温及 08 时、14 时的风向风速从防城港市气象局的客观定量预报中得到。

1.2 近海表层盐度与降雨的线性关系

北部湾地区海水盐度一般在 32‰ 左右^[4]。近海海水盐度变化主要是强降雨及入海河流排洪与海水混合造成的。表 2 为防城港白龙尾站各月平均海水盐度。由表 2 可见, 主汛期 (7—9 月) 近海海水盐度比其他月份偏低 5‰ 左右, 资料分析发现, 冬春季近海海水盐度基本无变化, 而夏季受降雨影响, 变化较大, 最大降幅超过 13‰; 夏季在干旱少雨时段, 盐度一般高于当月平均值, 最高可达 31‰, 在降雨比较集中时段, 近海盐度一般都低于当月平均值, 特别是连续强降雨过程, 盐度一般低于 20‰, 最低达 13‰, 江河入海口附近及养殖池塘则更低。

表 2 各月月平均盐度 (单位:‰)

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
31.22	31.56	31.77	31.21	29.79	28.74	26.32	25.87	26.19	28.80	30.30	31.01

选取 1968—1982 年强降雨过程防城港白龙尾盐度资料, 以沿海白龙尾、东兴及入海河流上游 (防城) 站点强降雨过程的逐日累加雨量为预报因子, 建立当天盐度、次日盐度、3 天平均盐度的逐步线性回归预报模型。

当天盐度预报方程:

5—6 月: $Y = 24.43 - 0.0078X_2$, 方差比 $F = 6.86$, 通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验, 回归效果较好。

7—9 月: $Y = 24.21 - 0.0124X_3$, 方差比 $F = 6.36$, 通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验, 回归效果较好。

次日盐度预报方程:

5—9 月: $Y = 21.60 - 0.004X_2$, 方差比 $F = 3.03$, 通过 $\alpha = 0.10$ 的显著性检验, 回归效果较好。

3 天平均盐度预报方程:

5—6 月: $Y = 25.18 - 0.009X_2$, 方差比 $F = 8.66$, 通过 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验, 回归效果显著。

7—9 月: $Y = 22.92 - 0.0033X_2 - 0.0033X_3$, 方差比 $F = 4.36$, 通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验, 回归效果较好。

X_1 、 X_2 、 X_3 分别为白龙尾、防城、东兴的强降雨过程的逐日累加雨量。从以上回归分析结果可见, 上游地区的降雨 (X_2) 与近海盐度线性关系更明显。

对历史样本进行预报拟合, 由表 2 可

见, 盐度预报方程有较好的预报效果, 其中 3 天平均盐度预报效果最好, 平均绝对误差前汛期、后汛期分别为 1.2‰ 和 1.5‰。由于所选海区离主要河流入海口较远, 在主要河流入海口附近海区取样, 与相同降雨强度的历史样本进行比较分析, 得到相同季节和相同降雨强度, 河流入海口附近海区的盐度一般要比较远海区 (白龙尾) 的盐度低 5‰, 以此作为这些区域的盐度订正参量。

表 3 各方程盐度拟合预报绝对误差 (单位:‰)

	当日预报方程		次日预报方程		3 天平均预报方程	
	最大	平均	最大	平均	最大	平均
	5—6 月	6.9	2.9	—	—	2.9
7—9 月	7.7	2.9	—	—	6.7	1.5
5—9 月	—	—	5.2	2.2	—	—

2 海水养殖气象风险分析预报

根据养殖环境指标变化或灾害天气对海洋生物的危害程度, 确定警戒和危险两种风险评价等级, 定义为:

警戒: 海温、盐度等环境条件变化使海水养殖生物生理性不适应, 生长发育受影响, 甚至诱发疾病, 造成质量和产量降低, 或由于洪涝等造成严重不利影响。

危险: 盐度、海温等环境条件变化使海水养殖生物严重不适应而诱发疾病或死亡, 甚至超出其生理极限导致大量死亡; 或由于洪涝等造成致命影响。

2.1 洪涝风暴潮灾害风险分析预报

统计分析防城港 1994—2005 年海水养殖业洪涝或风暴潮灾害情况, 共有 18 个有较明显灾情的个例, 其中有 16 例 (占 88.9%) 是发生在连续 3 天以上暴雨或 24 小时出现 200mm 以上的大暴雨, 或强热带风暴进入北部湾北部地区 (20°N 以北) 的天气背景下, 以此为危险标准, 达此标准, 局地洪涝或大潮将冲毁养殖设施构成“硬杀伤”, 造成重大损失。以 24 小时出现大于

100~200mm 的大暴雨为警戒标准, 达此标准, 大面积淡水径流引起水质变差, 水体溶氧减少, 盐度突然降低等, 可导致部分养殖生物特别是幼苗缺氧死亡或诱发疾病, 影响生长发育, 也有可能造成部分养殖池塘漫顶。降雨的定量预报比较困难, 而洪涝风险预报需定量降水资料, 因此, 实际业务中, 对预报大暴雨—特大暴雨量级以上的, 可设定雨量在 200mm 以上, 预报暴雨—大暴雨量级以上的, 可设定雨量在 100mm 以上。建立洪涝风暴潮灾害风险分析预报服务系统, “系统” 自动读取天气实况及预报产品库有关信息并进行统计判断, 达到洪涝风暴潮灾害风险等级标准的, 输出实况或预报时段内相应的风险评价信息。

2.2 海水养殖生物适生环境条件风险分析预报

徐鹏飞研究总结了海水养殖生物的适宜、生理不适应和生理极限的盐度、水温等环境指标^[5], 在此基础上, 结合广西沿海实际, 归纳海水养殖近 30 个主要品种生理不适应和生理极限的盐度、水温最低最高界限指标及影响评价等信息, 分别以生理不适应和生理极限指标为标准, 确定各养殖生物生存环境条件的警戒和危险两种风险评价等级, 建立两种风险等级的盐度和海温的最低最高界限指标和相应影响评价信息数据库。气温、降雨等气象要素分别与海温、近海水盐度有明显的线性关系, 这些气象要素通过对海温、近海水盐度等的影响改变海水养殖生物生长环境条件。在盐度、海温定量预报方程以及盐度、海温风险评价界限指标和相应影响评价信息数据库基础上, 建立海洋生物适生环境风险分析预报服务系统, “系统” 在气象实况及预报信息库中读取本地气温、风向、风速、降雨等的实况及预报资料, 根据盐度、海温定量预报方程制作盐度、海温的分析或预报, 分析或预报结果与海水养殖数据库中各养殖生物的盐度、海温的警戒或危险风险界限指标作比较判断, 确

定各养殖生物盐度、海温的风险评价等级，输出达警戒或危险等级的养殖品种及相应影响评价信息。如 24 小时盐度、最低最高海温预报分别为 13‰、10℃、20℃，这一结果与数据库中各海水养殖品种的盐度和海温的最低最高界限指标作比较判断，假如对虾的风险警戒级别的最低最高海温界限指标分别为 20℃、32℃，最低最高盐度界限指标分别为 15‰、35‰（即海温低于 20℃、高于 32℃，或盐度低于 15‰、高于 35‰，不适宜对虾生长发育，可能引发疾病等），风险危险级别的最低最高海温界限指标分别为 5℃、35℃，最低最高盐度界限指标分别为 8‰、40‰（即海温低于 5℃、高于 35℃，或盐度低于 8‰、高于 40‰，对虾有大量死亡危险），由此可见，24 小时最低海温预报低于对虾的最低海温警戒指标但高于最低海温危险指标，最高海温预报小于其最高海温的危险和警戒指标，24 小时的盐度预报低于对虾的最低盐度警戒指标但高于其最低盐度危险指标，小于其最高盐度的危险和警戒指标，可见，就对虾而言，未来 24 小时将处于低温警戒和低盐警戒风险。

2.3 预报业务系统及风险分析预报产品制作流程

预报业务系统包括：气象信息的自动收集，灾害天气、盐度、海温等的监测预报，海水养殖基本环境和生理指标信息检索，海水养殖业气象风险评价，服务产品输出等模块。风险分析预报产品制作流程如图 1 所示。

3 小 结

(1) 盐度、海温等的变化虽然没有洪涝风暴潮等对养殖业造成的灾害来得迅速和剧烈，但从一些灾害事例看，其危害也是严重的，有时甚至是毁灭性的。从洪涝风暴潮灾

害标准及海水养殖生物的适生环境条件入手，建立海水养殖的气象风险分析预报系统，为海水养殖业防灾减灾，加强对养殖业的科学管理，提高产量和质量提供更好的气象服务。

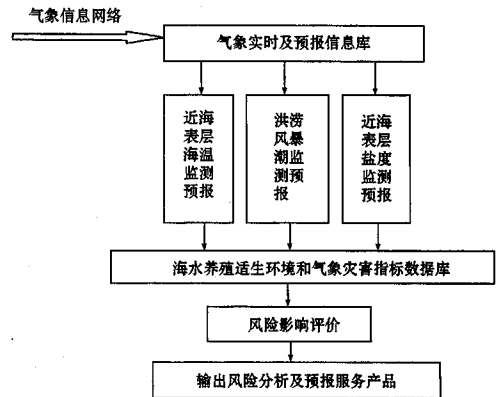


图 1 预报服务产品制作流程

(2) 广西沿海的海温和盐度差异不大，本文给出的相关预报模型可供广西其它沿海地区参考使用，但河流入海口附近的海区盐度要做适当订正。

(3) 海温、盐度预报是建立在相关气象要素预报基础上的，因此，以海温、盐度为主的海水养殖适生环境条件风险预报效果，取决于气温、降雨等相关气象要素的预报质量。

参考文献

- [1] 范永祥, 霍秀英, 高庆美. 对虾各生育期与气象条件的关系 [J]. 气象, 1993, 19 (3): 37-40.
- [2] 范永祥, 霍秀英, 王锋. 对虾养殖的气象服务 [J]. 气象, 1992, 18 (5): 49-50.
- [3] 曹书涛, 朱同生, 顾录泉, 等. 南通沿海条斑紫菜养殖的气象条件 [J]. 气象, 2005, 31 (1): 79-81.
- [4] 王东晓, 杜岩, 施平. 南海上层物理海洋学气候图集 [M]. 北京: 气象出版社, 2002: 23-24.
- [5] 徐鹏飞. 海水养殖技术 500 问 [M]. 北京: 金盾出版社, 2002: 129-544.