

三门湾海水养殖塘水环境变化特征

张灵杰¹, 池景波¹, 赖丽娜¹, 苏 茜²

¹三门县气象局, 浙江 台州

²景德镇市气象局, 江西 景德镇

收稿日期: 2023年10月12日; 录用日期: 2023年11月9日; 发布日期: 2023年11月16日

摘 要

利用新型的水产养殖自动气象站观测资料, 对三门湾海水养殖塘的水温、盐度、pH值等水体要素的变化特征以及其变化规律与气象条件的关系进行了分析。结果表明: 1月为水温的低值期, 1~7月水温持续上升, 7~8月为水温的高值期, 水温的日最小值出现在7:00~8:00, 水温从白天至上半夜逐渐上升, 从下半夜开始逐渐下降, 日平均水温变化与日平均气温、日最高气温、日最低气温有明显的正相关关系, 与日平均海平面气压有明显的负相关关系; 1~8月盐度持续下降, 1月为盐度的高值期, 8月为盐度的低值期, 盐度在一天中变化幅度极小, 数值基本保持不变, 日平均盐度变化与日平均气温、日最高气温、日最低气温有明显的负相关关系, 与日平均海平面气压有明显的正相关关系; 1~8月pH值维持在6.4~7.3之间, 水体在弱酸性到弱碱性区间变化, 1月和8月水体属于弱碱性, 其他月份水体属于弱酸性, 5月和6月pH值最小, pH值在一天中基本无变化, 数值基本保持不变, 日平均pH值变化与所有气象要素不太相关, 实现对pH值进行预报较为困难。

关键词

海水养殖, 水温, 盐度, pH, 气象条件

Water Environment Changes of Marine Aquaculture Ponds in Sanmen Bay

Lingjie Zhang¹, Jingbo Chi¹, Lina Lai¹, Qian Su²

¹Sanmen Meteorological Bureau, Taizhou Zhejiang

²Jingdezhen Meteorological Bureau, Jingdezhen Jiangxi

Received: Oct. 12th, 2023; accepted: Nov. 9th, 2023; published: Nov. 16th, 2023

Abstract

Using the observation data from a new type of automatic aquaculture meteorological station, the

variation characteristics of water temperature, salinity, and pH value in the Sanmen Bay aquaculture ponds were analyzed, as well as the relationship between their variation patterns and meteorological conditions. The results show that January is a low value period for water temperature, from January to July, the water temperature continues to rise, and from July to August is a high value period for water temperature. The daily minimum value of water temperature appears from 7:00 to 8:00, and the water temperature gradually rises from day to night, and gradually decreases from the second half of the night. The daily average water temperature change has a significant positive correlation with the daily average temperature, daily maximum temperature, and daily minimum temperature, and a significant negative correlation with the daily average sea level pressure. Salinity continues to decrease from January to August, with January being the period of high salinity and August being the period of low salinity. Salinity changes very little throughout the day, and the values remain basically unchanged. The daily average salinity change has a significant negative correlation with daily average temperature, daily maximum temperature, and daily minimum temperature, and a significant positive correlation with daily average sea level pressure. The pH value from January to August is maintained between 6.4 and 7.3, and the water varies from weakly acidic to weakly alkaline. The water in January and August is weakly alkaline, while the water in other months is weakly acidic. The pH value in May and June is the smallest, and the pH value remains basically unchanged throughout the day. The daily average pH change is not closely related to all meteorological factors, indicating that the pH value is difficult for predicting.

Keywords

Marine Aquaculture, Water Temperature, Salinity, pH, Meteorological Condition

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

三门湾位于浙东沿海，海涂广阔，海水中微生物含量居全国海域前列，湾内风浪小，非常适宜发展海水养殖，是国家重点海水养殖基地，素有“三门湾，金银滩”之美誉，具有丰富的水产资源。环三门湾依次有象山、宁海、三门三个县。三门县拥有 59 万亩浅海、21 万亩滩涂，海水养殖面积超 20 万亩，盛产鱼、虾、贝、藻、蟹等五大类 100 多种小海鲜，是中国青蟹之乡、中国小海鲜之乡、浙江省海水养殖第一大县。水温、盐度、pH 是水产养殖重要的水环境要素，影响水生生物的生长和繁殖。水温、盐度、pH 的剧烈变化会引起养殖水体物理化学反应，如果不及时采取预防措施很容易造成水质恶化与疾病暴发 [1]，对水体中的各类鱼、虾、蟹和水生植物造成生理性杀伤 [2] [3] [4]。因此研究水温、盐度、pH 的变化规律，对预测预防水质灾害和提高水产养殖业防灾减灾能力具有重要的现实意义。

国内外对水产养殖区的水环境要素变化规律进行了大量研究，并取得了一些研究成果 [5] [6] [7] [8]。赵玉洁等 [9] 对 8~11 月份滨海新区高密度养虾基地露天水环境进行了数据分析，发现 8~9 月水温在 20~28℃ 之间，适宜南美白对虾生长，10 月以后水温逐渐下降，适宜度降低。杨栋等 [10] 通过谐波分析和数理统计方法，对台风影响期间宁波地区海水养殖塘水环境因子的变化特征及关键影响因子进行了研究。陈磊等 [11] 研究了涟水县池塘水温变化规律及水温和气温的关系，并分春、夏、秋 3 季建立了水温预报模型。吴亚楠等 [12] 用浮标站的水环境监测数据和气象数据，采用定性和定量相结合的方法，分析了连云港高公岛附近紫菜养殖区海域的水温、溶解氧浓度、pH 值、盐度等水环境因子的统计和变化特征及其相关

性,并分析了气象条件对水环境因子的影响。向燕等[13]对贵州绥阳养殖池塘水体环境因子的季节变化规律和环境因子之间的关系进行了研究。杨斌等[14]利用2009年春夏秋冬4个季节调查资料,分析了钦州湾表层海水温度、盐度及pH值的季节变化和分布特征。

气象条件与水环境要素变化有密切的关系。气象要素的变化会影响水体环境中的水质,如水温、溶解氧、盐度、pH值等,从而影响水生生物的正常生长。汤小红等[15]指出气压是影响吴江市渔业的一个重要的气象条件,当晴转阴时,往往气压降低,而气压降低能直接导致水中溶解氧减少,而养殖池塘中溶解氧减少导致养殖品种浮头甚至有可能出现俗称“泛塘”的渔业灾害。巩沐歌等[16]研究了池塘养殖环境中不同水层水质因子与气象因子组间的相关关系,发现水温是水质因子中反应最活跃、最密切的因子,水温的关键影响因子为气温。崔迪等[17]利用2015年12月1日至次年4月30日宁波市鄞州区露天亲鳖养殖塘的水质观测数据,分析了冬春季池塘水质的温度、溶氧量变化规律和不同气象条件对养殖塘水温、溶氧量变化的影响。以往的研究对象大多选择三门湾海域之外,关于三门湾水产养殖区的水温、盐度、pH等水环境要素变化规律以及与气象条件关系的研究极少,另外以往研究也大多侧重于水温变化规律,对盐度和pH变化规律研究偏少,且观测活动存在不够规范问题。三门县气象局严格按照浙江省气象局的水产养殖自动气象站建设规范,在三门湾水产养殖区建设了1个新型的水产养殖自动气象站。本文拟从该水产养殖自动气象站获取的水环境、气象要素监测资料,研究水温、盐度、pH的时间变化特征,运用Pearson相关性分析方法,进一步探究水环境要素变化规律与气象条件的关系,以期为三门湾水产养殖区的水质进行预报预测和提高防灾减灾能力提供理论依据。

2. 数据与方法

2.1. 数据来源

水环境要素资料来源于三门县气象局建设的水产养殖自动气象站(121.57°E, 29.16°N),水产养殖自动气象站设备由航天新气象公司生产,建在三门县蛇蟠岛,水体监测仪器设置在毗邻养殖池塘的河道水面以下100 cm处,河道与大海直接相连通,养殖池塘通过河道取水排水。水温传感器采用WUSH-TW80型,水质传感器(盐度、pH值、电导率、溶解氧等)采用EXO3型,水体监测仪器和气象监测仪器相距约10 m,水体和气象监测仪器每5 min向数据库上传观测数据。因溶解氧观测数据存在问题,水体监测数据仅使用水温、盐度、pH观测数据,个别整点数据遇到缺测时使用前5 min观测数据代替。观测数据的选用时间为2023年1月1日至8月21日,其中6月15~16日两天数据缺失。

2.2. 数据处理和分析方法

通过提取当日02:00(北京时、下同)、08:00、14:00、20:00的整点观测值取平均作为当日平均值。应用Matlab软件对观测数据进行绘制图表和Pearson相关性分析。

Pearson相关系数是一种常用的统计量,用于衡量两个变量之间的线性相关性强弱。它可以反映变量之间的相关程度,对于统计分析、机器学习和数据挖掘等领域有着重要的应用。它的取值范围在-1到1之间,<0代表负相关,>0代表正相关,=0则代表不存在相关关系。相关系数越接近0,相关关系越弱;越接近-1或1,相关关系越强。Pearson相关系数常用符号 r 表示,其计算公式如下:

$$r = \frac{Cov(X, Y)}{(\sigma_X \times \sigma_Y)}$$

其中, $Cov(X, Y)$ 表示变量 X 和 Y 的协方差, σ_X 和 σ_Y 分别表示变量 X 和 Y 的标准差。

3. 结果与分析

3.1. 水温变化特征

图 1 为三门湾 2023 年 1 月至 8 月各月平均水温的变化图。从图中可以看出, 1 月为水温的低值期, 月平均水温为 8.3℃, 1~7 月水温持续上升, 7~8 月为水温的高值期, 7 月和 8 月的月平均水温均达到 30.7℃。

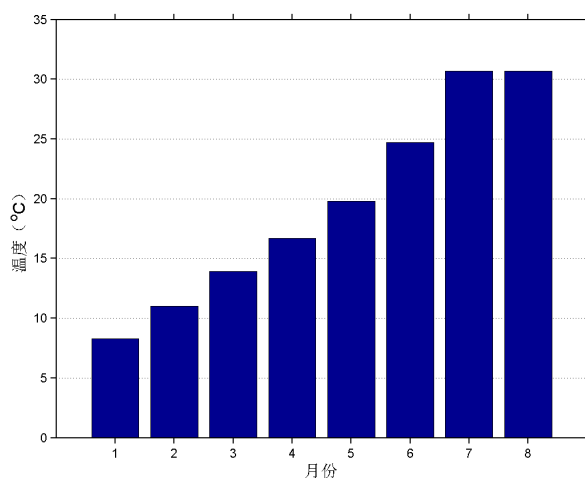


Figure 1. Monthly average water temperature changes in Sanmen Bay from January to August 2023

图 1. 三门湾 2023 年 1 月至 8 月各月平均水温变化

图 2 为平均水温的小时变化图, 每个小时的水温数据取 2023 年 1 月至 8 月每日整点数据的平均值。从图中可以看出, 水温在一天中变化幅度很小, 日最高温与最低温仅相差 0.5℃, 明显小于气温的变化幅度, 主要是水的比热容远大于空气的原因, 导致水温波动平缓。水温的日最小值出现在 7:00~8:00, 白天受热辐射升温影响, 水温逐渐上升, 日最大值出现在 22:00~24:00, 表明水温从白天至上半夜都处于升温阶段, 从下半夜开始水温逐渐下降。大多情况下, 气温日变化的最高值出现在午后, 最低值出现在早晨 06:00 左右, 可见水温的日变化最高值、最低值出现时间均滞后于气温, 最高值滞后尤为明显。

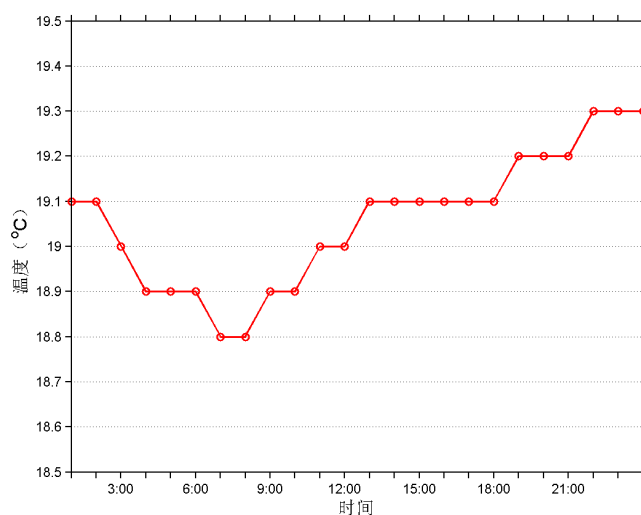


Figure 2. Hourly average water temperature changes in Sanmen Bay

图 2. 三门湾小时平均水温变化

3.2. 盐度变化特征

图 3 为三门湾 2023 年 1 月至 8 月各月平均盐度的变化图。从图中可以看出, 1~8 月盐度随月份持续下降, 1 月为盐度的高值期, 月平均值为 19.24‰, 8 月为盐度的低值期, 月平均值为 12.81‰。因 1~8 月水温是逐渐上升的, 降雨量也是逐渐增加的, 可见盐度的月变化与水温和降雨量均呈负相关, 大的降雨量有利于海水盐度变淡。

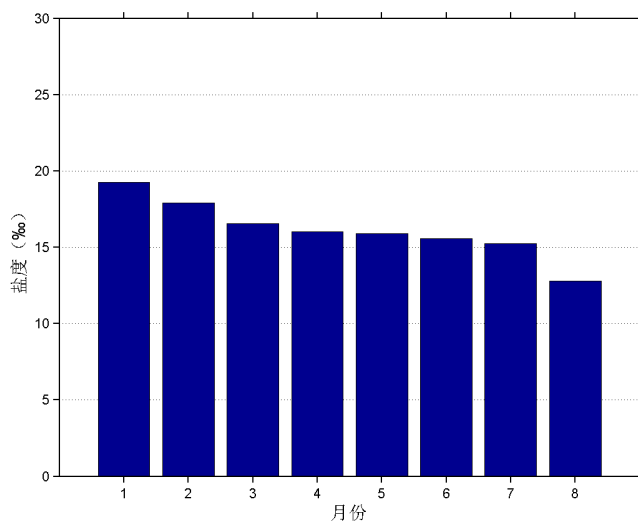


Figure 3. Monthly average salinity changes in Sanmen Bay from January to August 2023

图 3. 三门湾 2023 年 1 月至 8 月各月平均盐度变化

图 4 为平均盐度的小时变化图。从图中可以看出, 盐度在一天中变化幅度极小, 数值基本是保持不变的。

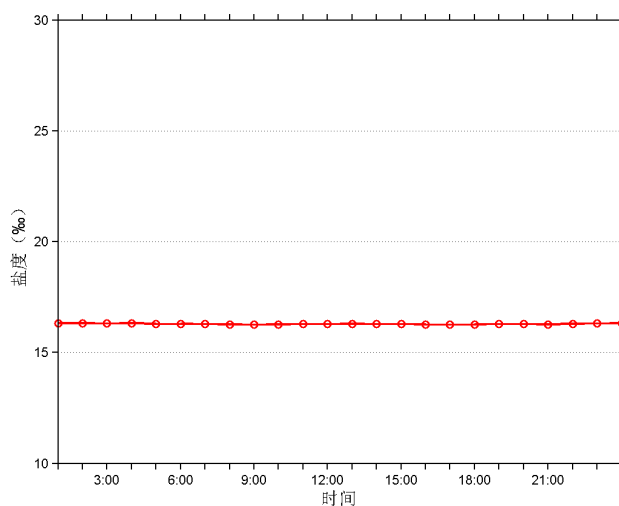


Figure 4. Hourly average salinity changes in Sanmen Bay

图 4. 三门湾小时平均盐度变化

3.3. pH 值变化特征

图 5 为三门湾 2023 年 1 月至 8 月各月平均 pH 值的变化图。从图中可以看出, 1~8 月 pH 值维持在

6.4~7.3 之间，水体在弱酸性到弱碱性区间变化。pH 值最大的月份出现在 1 月，pH 值为 7.3，其次为 8 月，pH 值为 7.2，1 月和 8 月水体均属于弱碱性，其他月份 pH 值都小于 7，水体属于弱酸性，5 月和 6 月 pH 值最小，均为 6.4。

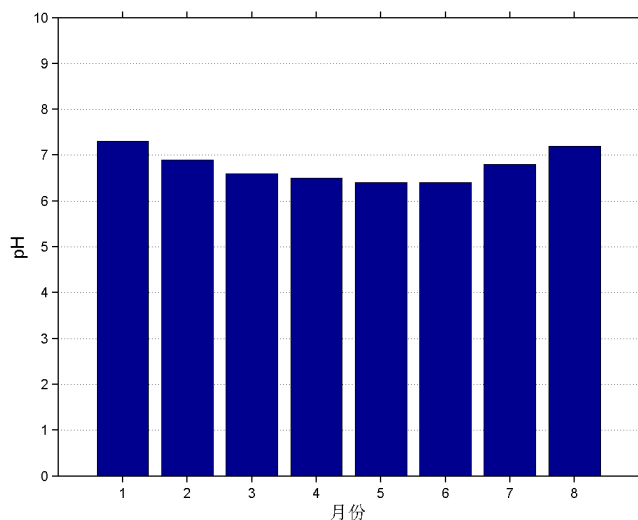


Figure 5. Monthly average pH changes in Sanmen Bay from January to August 2023

图 5. 三门湾 2023 年 1 月至 8 月各月平均 pH 值变化

图 6 为平均 pH 的小时变化图。从图中可以看出，与盐度一样，pH 值在一天中也基本无变化，数值基本上保持不变。

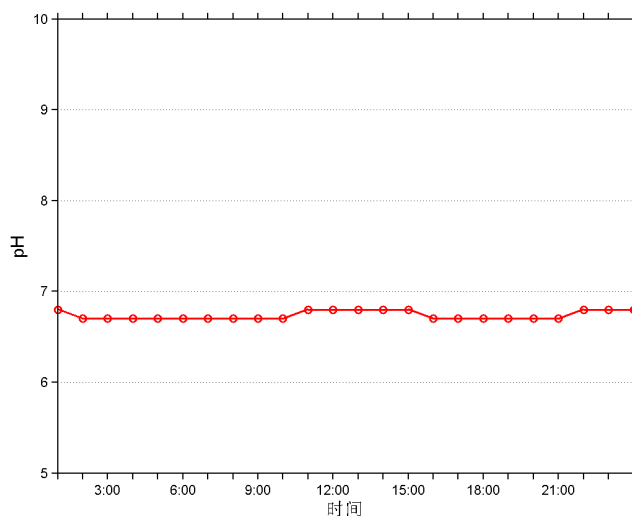


Figure 6. Hourly average pH changes in Sanmen Bay

图 6. 三门湾小时平均 pH 值变化

3.4. 相关性分析

当日最高、最低气温分别取前日 20:00~当日 20:00 气温的最高、最低值，当日降水量取前日 20:00~当日 20:00 降水量的累积值。为了方便后续业务应用和预报工具开发，选取水体要素的日平均水温、日平均盐度、日平均 pH 值与气象要素的日平均气温、日最高气温、日最低气温、日平均风速、日平均海

平面气压、日平均相对湿度、日降水量进行相关性分析,如表 1 所示。

从表 1 可以看出,日平均水温变化与日平均气温、日最高气温、日最低气温有明显的正相关关系,相关系数在 0.9 以上,与日平均海平面气压有明显的负相关关系,相关系数为-0.856,与日平均风速、日平均相对湿度、日降水量相关性较弱。因此,可以利用日平均气温、日最高气温、日最低气温、日平均海平面气压这 4 项要素作为日平均水温的预报因子,通过建立模型实现对日平均水温的预报。

日平均盐度变化与日平均气温、日最高气温、日最低气温有明显的负相关关系,相关系数的绝对值在 0.7 以上,与日平均海平面气压有明显的正相关关系,相关系数为 0.753,与日平均风速、日平均相对湿度、日降水量相关性较弱。因此,与日平均水温一样,可以利用日平均气温、日最高气温、日最低气温、日平均海平面气压这 4 项要素作为日平均盐度的预报因子,通过建立模型实现对日平均盐度的预报。

日平均 pH 值变化与所有气象要素不太相关,相关系数的绝对值都在 0.3 以下,所以利用气象要素作为预报因子实现对 pH 值进行预报这项工作十分困难,一般 pH 值不做预报,只用来监测水体环境。

Table 1. The Pearson correlation coefficients of various elements

表 1. 各要素的相关系数

	气温	最高气温	最低气温	风速	海平面气压	相对湿度	降水量
水温	0.956	0.935	0.951	-0.303	-0.856	0.337	0.209
盐度	-0.795	-0.773	-0.792	0.239	0.753	-0.294	-0.163
pH 值	-0.266	-0.246	-0.272	0.133	0.270	-0.195	0.020

4. 结论

本文利用新型的水产养殖自动气象站观测资料,对三门湾海水养殖塘的水温、盐度、pH 值等要素进行统计分析,并分析了水温、盐度、pH 值等水环境要素变化规律与气象条件的关系,得出以下主要结论:

(1) 1 月为水温的低值期,1~7 月水温持续上升,7~8 月为水温的高值期,水温的日最小值出现在 7:00~8:00,水温从白天至上半夜逐渐上升,从下半夜开始逐渐下降,日平均水温变化与日平均气温、日最高气温、日最低气温有明显的正相关关系,与日平均海平面气压有明显的负相关关系。

(2) 1~8 月盐度持续下降,1 月为盐度的高值期,8 月为盐度的低值期,盐度在一天中变化幅度极小,数值基本保持不变,日平均盐度变化与日平均气温、日最高气温、日最低气温有明显的负相关关系,与日平均海平面气压有明显的正相关关系。

(3) 1~8 月 pH 值维持在 6.4~7.3 之间,水体在弱酸性到弱碱性区间变化,1 月和 8 月水体属于弱碱性,其他月份水体属于弱酸性,5 月和 6 月 pH 值最小,pH 值在一天中基本无变化,数值基本保持不变,日平均 pH 值变化与所有气象要素不太相关,实现对 pH 值进行预报较为困难。

基金项目

台州市气象局科研项目(TZ2021YB02)资助。

参考文献

- [1] 徐龙琴,李乾川,刘双印,等.基于集合经验模态分解和人工蜂群算法的工厂化养殖 pH 值预测[J].农业工程学报,2016,32(3):202-209.
- [2] 卢峰本,黄滢,周启强,等.海水养殖的气象风险分析及预报[J].气象,2006,32(11):113-117.
- [3] 廖永岩,许振煜,吴邦臣.盐度和温度对红星梭子蟹存活和摄饵的影响[J].生态学报,2010,30(13):3396-3405.
- [4] 农成万,张幸,李斌喜,等.钦州对虾养殖灾害性天气分析和气象服务要领[J].气象研究与应用,2013,34(1):

60-63.

- [5] 杨青青, 曾月, 邓艳君, 等. 稻虾共作模式虾沟水温预报模型研究[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(5): 194-198.
- [6] 郭卫东, 杨逸萍, 弓振斌, 等. 台风暴雨影响期间厦门湾海水盐度、pH、溶解氧和 COD 变化特征[J]. 海洋科学, 2001, 25(7): 1-5.
- [7] 杨栋, 姚日升, 金志凤, 等. 不同类型海水养殖水体温度日变化谐波分析[J]. 中国农业气象, 2017, 38(9): 558-566.
- [8] 倪玉红, 孙擎, 王学林, 等. 盱眙龙虾池塘夏季水温与溶解氧变化特征及预报模型研究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(32): 33-39.
- [9] 赵玉洁, 王佳, 崔淑芬, 等. 大港露天海水养殖塘水环境与气象条件关系[J]. 天津农业科学, 2015, 21(7): 35-38.
- [10] 杨栋, 丁焯毅, 黄鹤楼, 等. 台风影响下海水养殖塘水环境响应特征分析[J]. 中国农学通报, 2020, 36(1): 82-88.
- [11] 陈磊, 朱晓晓, 李国成, 等. 涟水县池塘水温变化特征及预报[J]. 中南农业科技, 2023, 44(4): 113-117.
- [12] 吴亚楠, 李昱蓉, 卢霞, 等. 基于浮标监测的连云港近海紫菜养殖区水环境特征[J]. 海洋开发与管理, 2020, 37(4): 42-48.
- [13] 向燕, 关梅, 王金乐, 等. 贵州绥阳养殖池塘水体环境因子的变化特征[J]. 水产养殖, 2014, 35(7): 17-20.
- [14] 杨斌, 张晨晓, 钟秋平, 等. 钦州湾表层海水温度盐度及 pH 值时空变化[J]. 钦州学院学报, 2012, 27(3): 1-5.
- [15] 汤小红, 王建根, 程彬. 吴江市渔业气象条件初步分析[C]//江苏省气象学会. 江苏省气象学会第七届学术交流会论文集: 2011 年卷, 2011.
- [16] 巩沐歌, 鲍旭腾, 朱浩, 等. 池塘养殖环境水质因子与气象因子的相关性分析[J]. 渔业现代化, 2015, 42(5): 33-38.
- [17] 崔迪, 张明兴, 王燕飞. 冬春季气象特性与养殖塘水质变化关系[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(6): 1051-1053.