ISSN：3078-8994
EISSN：3104-4492

智能环境监测技术在水产养殖中的应用分析

杨 菲

吴川市海滨街道农业技术服务中心，广东 湛江 524500

摘 要：水产养殖环境因子的动态变化会对养殖对象的生长、存活造成影响，传统的监测方式不能满足精准管控的要求。本文首先分析水产养殖环境监测的现实需求和传统方式的不足，其次阐述传感器技术、数据驱动预警、系统集成等理论基础，然后从多参数传感网络、智能预警模型、远程管控平台等角度提出应用路径，最后提出设备维护、数据管理、人才支撑等保障机制，为智能环境监测技术在水产养殖中的推广应用提供参考。

关键词：智能环境监测；水产养殖；传感器网络

DOI：10.64649/yh.shfzykjcx.issn3078-8994.202610024

0 引言

水产养殖的生产效益同养殖水体的环境质量有着密切联系，溶解氧、酸碱度、温度、氨氮等因子的波动都会造成养殖对象的应激反应或者大规模死亡。传统的监测依靠人工采样和便携式仪器测量，数据获取频率低、覆盖范围小，不能及时发现环境参数的突变。智能环境监测技术依靠传感器网络、无线通信、数据分析的综合使用，给养殖环境的实时感知、精准调控赋予了新的技术手段。研究智能环境监测技术在水产养殖中的应用方式和保障条件，对提高养殖管理水平、降低生产风险有现实意义。

1 水产养殖环境监测的现实需求与现存问题

1.1 养殖环境因子的复杂性与动态变化

养殖水体中的环境因子互相联系，而且处在不断变化之中。溶解氧浓度受水温、光照、藻类光合作用、有机物分解等因素的综合影响，在昼夜之间、天气变化时有明显波动。酸碱度的变化与水体中二氧化碳浓度、碳酸盐平衡有关，养殖对象的呼吸作用、残饵分解都会改变水体的酸碱平衡。氨氮、亚硝酸盐浓度随着投饵量、排泄物积累而升高，达到一定水平后对养殖对象产生毒性作用。温度变化会改变养殖对象的代谢速率和免疫能力，不同生长阶段对温度的适应范围也不同。这些因子之间存在耦合作用，养殖环境管理要同时考虑多个参数的实时状态。

1.2 传统监测方式的主要局限

传统的水产养殖环境监测主要是人工采样和手持仪器测量。养殖人员按照固定的时间点到池塘或者网箱的固定位置取水样，用便携式溶氧仪和酸碱度计等仪器进行测量。这种方式的数据采集频率一般为每日几次，不能反映环境参数的快速变化。采样点的布设受人员可达性、操作便利性的影响，不能覆盖养殖水体的全部区域，局部缺氧、污染区域会遗漏。人工记录的数据分散在纸质表格里，不能做趋势分析和多参数关联分析。夜间、恶劣天气条件下的人工监测存在安全风险，监测的连续性、及时性不能得到保证。传统方式的数据精度也受操作人员技术水平、仪器校准状态的影响，不同人员之间的测量结果存在差异。

1.3 智能监测技术应用的必要性

智能环境监测技术可以很好地弥补传统方式的不足。传感器节点可以布置在养殖水体的不同位置和深度，从而达到多点同步监测的目的，全面反映水体的空间差异。自动化数据采集可以达到分钟级甚至更高的采样频率，及时捕捉环境参数的突变过程。无线通信技术把采集到的数据传送到管理平台，从而达到远程实时查看以及异常报警的目的。数据分析模型可以利用历史数据和实时数据来预测环境因子的变化趋势，给提前干预提供依据。智能监测系统应用使养殖环境管理由经验判断变为数据驱动，由被动响应变为主动预防，给养殖生产稳定运行提供技术保障。

2 智能环境监测技术的理论基础

2.1 传感器检测原理与信号处理

水质传感器的检测原理根据测量参数的不同而不同。溶解氧传感器采用电化学法或者光学法，电化学传感器通过电极表面的氧化还原反应产生电流信号，电流大小与溶解氧浓度有关，光学传感器利用荧光淬灭原理，荧光物质的发光强度随溶解氧浓度升高而降低。酸碱度传感器利用玻璃电极的电势差来测量，电极内外溶液的氢离子浓度不同产生电势差，电势差与酸碱度值成线性关系。氨氮传感器采用离子选择性电极法或者比色法，离子选择性电极通过敏感膜对铵离子的选择性响应产生电势信号。温度传感器一般用热敏电阻或者铂电阻，电阻

ISSN：3078-8994
EISSN：3104-4492

值随温度变化而变化。传感器输出信号经过放大、滤波、模数转换后传送到数据处理单元，信号处理过程中要消除噪声干扰和温度漂移的影响。

2.2 数据驱动的水质预警理论

数据驱动的水质预警方法是用历史监测数据和实时数据来建立预测模型。时间序列分析方法是根据环境参数变化的规律和周期性特征来预测未来时段参数值的方法。当预测值接近或者超过安全阈值的时候，系统发出预警。机器学习方法，如神经网络、支持向量机，可以建立多参数之间的非线性映射关系，用多个传感器的数据综合判断水质状态。异常检测算法是通过对参数之间的正常关联模式进行分析，找出偏离正常模式的异常状态。预警模型的核心是阈值的合理设定，阈值过低会造成频繁误报，影响养殖人员对预警信息的信任度，阈值过高则会错过最佳干预时机。阈值的确定要结合养殖品种的耐受范围以及历史养殖经验，还要根据季节变化和养殖阶段的变化而变化。

2.3 系统集成与协同管控理论

智能环境监测系统包含传感器、通信网络、数据处理平台、执行设备等众多部分，系统集成理论要求各个部分之间能够无缝对接、协同工作。传感器网络完成数据采集，通信网络完成数据传输，数据处理平台完成数据存储、分析、预警判断，执行设备根据控制指令调节增氧机、投饵机等装置。系统集成的关键在于接口标准统一、数据格式规范，不同厂商的传感器、平台之间需要使用相同的通信协议、数据格式。协同管控理论认为监测和控制是闭环的，监测数据决定控制决策，控制效果用监测数据来检验。闭环管控使养殖环境管理形成感知、分析、决策、执行的循环过程，提高管理的精准性、响应速度。

3 智能环境监测技术在水产养殖中的应用路径

3.1 多参数传感网络的部署与数据采集

多参数传感网络的部署要依照养殖模式和水体特性实施差别化规划。池塘养殖中，传感器节点可以分布在池塘的不同位置和深度，表层节点监测溶解氧和温度，底层节点监测氨氮和酸碱度。网箱养殖时，传感器可以安装在网箱内部和周边水域，监测网箱内外的环境差异。工厂化养殖中，传感器可以布置在进水口、养殖池和出水口，监测水处理效果和养殖池环境状态。传感器节点的供电可以采用太阳能电池和蓄电池相结合的方式，适应室外长期运行的要求。数据采集终端按照设定的时间间隔采集各个传感器的数据，通过无线通信模块传输到云平台或者本地服务器。数据采集频率根据养殖阶段和环境稳定性来定，育苗期和高温季节加密采集，成鱼养殖期和低温季节降低采集频率。数据采集系统要具备断点续传功能，网络中断的时候数据存放在本地存储里，恢复连接之后自动补传，保证数据序列的完整性。传感器节点的防护等级要适应养殖水体的腐蚀性环境，探头材质应选用耐腐蚀材料，线缆接头应做防水密封处理。数据采集终端应具有一定的边缘计算能力，在本地对数据进行初步筛选和异常值剔除，减少无效数据的上传量。传感网络的拓扑结构根据养殖场面积和布局选择星型或者网状结构，星型结构适合于范围较小的池塘养殖，网状结构适合于范围较大且障碍物较多的养殖区域。

3.2 水质预警模型构建与智能决策

水质预警模型的建立要依照养殖品种的环境耐受特性以及历史监测数据。模型输入为溶解氧、酸碱度、温度、氨氮、亚硝酸盐等参数的实时值和变化趋势，输出为水质状态等级和预警信息。预警等级分为正常、注意、警告、紧急四个等级，不同的预警等级采取不同的响应措施。正常状态下系统持续监测，注意状态下提醒养殖人员关注参数变化趋势，警告状态下建议启动增氧或者换水等干预措施，紧急状态下自动启动增氧机并通知养殖人员立即处理。预警模型的参数要随养殖阶段、季节的变化而变化，例如育苗期对溶解氧的要求比成鱼养殖期高，夏季高温期对氨氮的容忍度比春秋季节低。智能决策模块根据预警等级和水质参数组合推荐处置方案，方案库中存储不同水质问题对应的处理措施及适用条件，系统根据当前状态匹配最适宜的处置方案供养殖人员参考。模型训练数据要包含各个季节、各个养殖阶段的环境数据，使模型能够适应养殖全周期的环境变化特征。模型验证要用独立于训练数据的历史数据来测试，评价预警准确率和提前量。误报、漏报是预警模型应用中的主要风险，误报过多会降低养殖人员对预警信息的信任，漏报会造成灾害性损失。

3.3 远程管控平台与移动终端应用

远程管控平台是智能监测系统的大脑，起数据汇集、分析展示、指令下达的作用。平台用可视化界面展示各个养殖单元水质参数实时值、历史曲线和预警状态，养殖管理人员可以登录电脑或者移动终端查看信息。平台要支持多养殖单元的统一管理，使管理人员在一个界面上掌握全部养殖区域的环境状况。移动终端应用使养殖人员在现场也能实时获取水质信息，预警发生时移动终端推送通知消息，养殖人员

ISSN：3078-8994
EISSN：3104-4492

可以在第一时间了解异常情况并前往现场处置。远程控制功能可以实现管理人员通过平台远程启动增氧机、水泵等设备，在紧急情况下缩短响应时间。平台应当对每一次预警的发生时间、参数状态、处置措施进行记录，形成完整的处置档案，为以后的分析、经验总结提供数据支持。平台还要具备数据导出、报表生成的功能，方便养殖场进行生产统计、合规上报。平台架构应该采用模块化设计，数据采集、存储、分析、展示等功能模块彼此独立，便于后续功能的扩展以及系统的升级。用户权限管理要区分管理人员、技术人员、操作人员等不同的角色，不同的角色具有不同的数据查看范围和设备操作权限。平台要同养殖场的生产管理系统、设备控制系统达成数据对接，让水质监测信息同投饵记录、用药记录、设备运行数据关联起来加以分析，从而给养殖管理的综合决策赋予全面的信息支撑。

4 智能环境监测技术应用的保障机制

4.1 设备维护与传感器校准

智能监测系统长期稳定运行要依靠传感器准确、设备可靠。传感器在水中长期使用后，探头表面会附着生物膜和污垢，从而影响测量精度。应建立定期清洁、校准制度，根据水质状况、传感器种类确定清洁、校准周期。溶解氧传感器、酸碱度传感器的校准应使用标准溶液，校准记录应保存备查。传感器性能下降或者失效时要及时更换，防止由于数据失真造成误判。设备维护人员应接受专业培训，掌握传感器清洁、校准、故障排查的基本技能。系统应具有设备状态自检功能，当传感器输出异常或者通信中断时自动报警，提醒维护人员检查处理。备用传感器的储备可以缩短故障修复时间，保证监测的连续性。维护计划的制定要结合养殖场的生产周期，在放苗前和收获后集中进行，不能在生产的关键期进行大规模的设备检修。

4.2 数据管理与信息安全

监测数据是智能系统的核心资产，数据管理要覆盖采集、传输、存储、使用全过程。数据存储采用冗余备份的方式，防止由于硬件故障造成数据丢失。数据传输要使用加密协议，防止数据在传输过程中被截获或者篡改。数据访问要分等级，不同的角色人员可以查看、操作不同的数据。养殖场的生产数据属于商业信息，不得未经许可被他人获取和泄露。数据管理还要考虑数据的长期保存以及格式兼容性，便于历史数据的回溯分析以及不同系统之间的数据交换。信息安全管理要制定应急预案，在系统遭受网络攻击或者数据泄露的时候可以迅速应对，减少损失。数据备份要本地备份和云端备份相结合，本地备份可以快速恢复，云端备份可以防止本地灾害造成的数据完全丢失。

4.3 人才支撑与制度保障

智能环境监测技术的应用需要养殖人员有一定的技术操作和数据分析能力。养殖场应组织人员参加智能监测系统操作培训，使养殖人员能够熟练查看数据、理解预警信息、执行处置措施。引进具有物联网、数据分析背景的技术人员，负责系统日常运维、数据分析。与设备供应商、技术服务商建立长期合作关系，在系统出现故障、技术升级时得到及时的支持。制度保障上要将智能监测系统的使用纳入到养殖场的生产管理制度当中，明确各个岗位在监测数据查看、预警响应、设备维护等各方面的职责。制定预警响应规程，规定不同预警等级所对应的处置流程和责任人。

5 结束语

智能环境监测技术给水产养殖的环境管理赋予了从数据采集到预警决策的全部技术支撑。本文分析了养殖环境监测的现实需求和传统方式的不足，从传感器检测、数据驱动预警、系统集成等理论角度出发，研究了多参数传感网络、水质预警模型、远程管控平台的应用途径，提出了设备维护、数据管理、人才支持等保障措施。智能监测技术的应用使养殖环境管理由人工经验判断变为数据驱动决策，由被动应对变为主动预防。

参考文献：

[1] 王岩 . 物联网技术在水产养殖信息化建设中的应用 [J]. 农业工程技术 ,2024,44(32):19-20.
[2] 汤朝婧 . 基于物联网技术的水产养殖系统设计 [J]. 物联网技术 ,2024,14(2):82-85+89.
[3] 邹骅 . 数字化水产养殖中智能环境监测与控制技术 [J]. 科学养鱼 ,2023,(8):78-80.

作者简介：杨菲（1990.09—），女，汉族，广东吴川人，本科，水产养殖工程师，研究方向：水产养殖技术及病害防治技术、农产品质量安全检测。