现代化工

养殖水体抗生素残留高灵敏检测体系构建研究

王宝栋
河南青峦环保科技有限公司　河南省新郑市　451100

【摘　要】养殖水体中抗生素残留的检测需要建立高灵敏体系，以应对低浓度污染物的识别难题。实际工作中，样品基质复杂，干扰物质多，常规方法难以满足痕量分析要求。构建针对性检测流程，优化前处理步骤，选用适配性强的分析仪器，能够提升信号响应能力。体系运行后，可有效捕捉水体中的残留信号，为后续管控提供可靠依据。

【关键词】养殖水体;抗生素残留;高灵敏检测体系构建

Research on the Construction of a High-Sensitivity Detection System for Antibiotic Residues in Aquaculture Water Bodies

Wang Baodong
Henan Qingluan Environmental Protection Technology Co., Ltd., Xinzheng City, Henan Province　451100

【Abstract】Detecting antibiotic residues in aquaculture water bodies requires the establishment of a high-sensitivity detection system to address the challenge of identifying low-concentration pollutants. In practical applications, the sample matrices are often complex and contain numerous interfering substances, making conventional methods inadequate for meeting trace-level analysis requirements. By developing a targeted detection workflow, optimizing the pre-treatment steps, and selecting analytical instruments with strong compatibility, the signal response capability can be significantly enhanced. Once implemented, this system can effectively capture residual signals in water bodies, providing a reliable basis for subsequent regulatory control measures.

【Key words】aquaculture water systems; antibiotic residues; development of high-sensitivity detection systems

引言

高灵敏检测体系的构建重点在于提升方法对微量抗生素的捕获与识别能力。实际工作中，从水样采集到实验室分析，每一步都影响最终结果。采用固相萃取技术富集目标物，结合液相色谱串联质谱进行分离测定，能够降低背景干扰。操作时需控制流动相配比与柱温，确保峰形稳定。定期校准仪器，核查标准曲线，可维持检测灵敏度，帮助工作人员快速掌握水体污染状况。

1 养殖水体抗生素残留高灵敏检测体系构建要素

1.1 目标物选择

养殖水体抗生素残留检测的目标物选择需依托水产养殖行业常用兽药品类及水体环境适配特性开展系统筛选。选择过程需贴合规模化水产养殖的常规用药品类，覆盖各类适用于水产病害防控的抗生素种类，兼顾常规养殖品类与特色养殖品类的用药适配性。同时需结合水体介质的存在特性，筛选在水环境中稳定性较强、检出频次较高的抗生素品类，贴合养殖水体动态环境的检测需求。目标物选择还需匹配高灵敏检测技术的适配范围，优先选取可通过精细化检测手段精准识别的抗生素类型，兼顾检测体系的通用性与针对性，保障后续检测工作能够全面覆盖养殖水体中主要的抗生素残留品类。

1.2 样本采集标准

养殖水体抗生素残留检测的样本采集需建立标准化、规范化的操作标准，全程遵循统一的采集流程与操作规范。采集工作需覆盖养殖水域不同区位，包含养殖核心水区、水体表层、中层及底层等不同水层位置，保障采集样本能够全面反映整体水体环境状态。采集过程需使用洁净合规的采集器具，提前完成器具预处理，避免外源物质对样本造成干扰。样本采集后需采用规范的储存与转运方式，保持样本原有理化性质，固定水体中抗生素残留的原始状态。同时统一采集频次与采集时段的执行规范，结合水产养殖周期与水体环境变化规律开展采样，确保样本具备代表性、真实性与统一性，适配高灵敏检测的基础要求。

1.3 检测环境要求

养殖水体抗生素残留高灵敏检测需搭建标准化、可控化的检测环境，保障检测过程的稳定性与检测结果的精准性。检测场地需保持洁净密闭，做好环境除尘与杂物清理工作，规避环境杂质对检测反应过程的干扰。需持续调控检测环境的温度、湿度等基础条件，维持环境参数的恒定状态，适配各类高灵敏检测技术的反应条件需求。同时对检测区域进行功能划分，区分样本预处理区、检测操作区、仪器存放区等专属区域，实现各操作环节分区开展。检测环境需定期开展

规整与校准维护，保持环境条件的一致性，杜绝环境波动影响检测流程。

1.4 质量控制指标

养殖水体抗生素残留高灵敏检测体系需建立完善的质量控制指标，贯穿检测全流程实现标准化管控。质量控制覆盖样本预处理、仪器运行、试剂使用、操作流程等各个核心环节，明确各环节的规范执行标准与管控要点。针对检测所用仪器设备，制定常态化校准与运维指标，保障仪器运行状态稳定精准。针对检测试剂与实验耗材，明确选型、存放与使用规范指标，保证耗材试剂性能稳定。同时规范人工操作的质控标准，统一操作流程与执行尺度，建立全流程质控核查机制，通过系统化指标管控，规避操作偏差与系统误差。

1.5 数据记录规范

养殖水体抗生素残留高灵敏检测工作需执行统一规范的数据记录制度，实现检测数据的标准化留存与管理。数据记录需覆盖采样信息、环境参数、操作流程、仪器数据、检测过程信息等全部核心内容，保证记录信息的完整性与全面性。记录过程需遵循实时记录原则，在各检测操作环节完成后及时留存相关信息，杜绝事后补记与信息篡改情况。统一数据记录的格式、内容条目与填报规范，保障所有检测数据记录形式统一、条理清晰。同时建立数据归档整理规范，对原始记录与衍生数据进行分类留存，实现检测数据可追溯、可核查。

2 养殖水体抗生素残留高灵敏检测体系技术方法

2.1 免疫分析技术

免疫分析技术是养殖水体抗生素残留高灵敏检测的常用核心技术，依托抗原与抗体的特异性结合反应实现残留物质识别检测。该技术基于特异性免疫反应原理，针对各类抗生素的分子结构制备对应特异性抗体，通过特异性结合反应精准识别水体中的目标抗生素残留。技术操作流程简洁高效，前期样本预处理步骤简便，可适配大批量养殖水体样本的快速筛查检测工作。免疫分析技术具备良好的专一性，可精准区分目标检测物与水体中其他干扰物质，有效规避水体中杂质成分的干扰。该技术适配现场快速检测与实验室初筛场景，能够快速完成水体抗生素残留的初步筛查，为后续精细化检测提供基础依据，适配养殖水体常态化检测需求。

2.2 色谱检测技术

色谱检测技术依托物质分子在固定相与流动相之间的分配差异，实现养殖水体中抗生素残留的分离与精准检测。该技术可实现水体中多种抗生素残留组分的有效分离，能够区分不同类型的抗生素物质，完成混合残留体系的精准检测。技术检测流程规范性强，通过标准化的色谱条件调控，可稳定实现目标物质的分离与信号识别，具备良好的检测稳定性与重复性。色谱检测技术适配实验室精细化检测场景，能够对养殖水体中的微量抗生素残留进行有效识别，检测精度适配高灵敏检测体系的核心要求，常应用于养殖水体抗生素残留的精准定性与定量检测，是体系中核心的精准检测技术。

2.3 传感器检测技术

传感器检测技术依托特异性传感识别元件，将养殖水体中抗生素残留的物质信号转化为可识别的电信号或光信号，以此完成检测分析。该技术集成化程度较高，设备体积小巧，操作流程简单便捷，无需复杂的样本预处理流程。技术响应速度较快，可快速完成水体样本的检测分析，适配养殖现场实时检测的应用场景。传感器检测具备良好的灵敏性，可捕捉水体中微量的抗生素残留信号，契合高灵敏检测的核心需求。同时该技术可实现连续在线监测，能够实时采集养殖水体的残留检测信息，动态掌握水体抗生素残留状态，适用于养殖水体常态化、动态化的残留监测工作。

2.4 质谱联用技术

质谱联用技术结合分离技术与质谱检测技术的双重优势，实现养殖水体抗生素残留的高精度定性定量检测。该技术先通过前置分离技术完成水体中复杂组分的分离处理，剔除水体基质中的干扰成分，再通过质谱技术对目标抗生素分子进行精准识别与分析。技术具备极高的检测专一性与灵敏度，可精准识别结构相近的抗生素物质，有效区分同类残留组分，规避复杂水体基质带来的检测干扰。质谱联用技术可同步完成多种抗生素残留的同步检测，检测覆盖面广、精准度高，适用于养殖水体中微量、痕量抗生素残留的精准检测，是高灵敏检测体系中精度最高的核心技术手段。

2.5 分子生物学技术

分子生物学技术基于生物分子特异性识别与扩增原理，开展养殖水体抗生素残留的高灵敏检测工作。该技术依托核酸分子的特异性配对特性，针对抗生素特异性生物标记片段开展识别与扩增分析，实现目标残留物质的精准判定。技术具备极强的灵敏性，可对水体中极低含量的目标物质进行信号扩增识别，适配高灵敏检测的严苛要求。分子生物学技术特异性极强，不会与水体中其他无关物质产生反应，检测抗干扰能力突出。该技术适用于养殖水体抗生素残留的精准溯源与微量残留检测，可精准判定水体中残留物质的存在状态，完善检测体系的高精度检测能力。

3 养殖水体抗生素残留高灵敏检测体系应用策略

3.1 日常监测计划

养殖水体抗生素残留日常监测计划需要结合水产养殖整体生产节律与水体环境动态变化特征搭建系统化的常态化监测实施体系，统筹推进全域水体残留监测工作有序落地。监测体系搭建过程中需要全面覆盖不同养殖模式、不同养殖规模的水域范围，贯穿水产养殖全生长周期，实现养殖水体监测无死角、全覆盖。工作开展期间需要贴合养殖换水、投喂、日常运维等生产规律，统筹规划常态化监测的实施时

段与整体频次，构建适配养殖场景的标准化监测模式。同时需要结合养殖密度、养殖品类及常态化用药节奏划分常规监测与重点监测区域，针对性完善差异化监测方案，统一采样、检测、数据分析、信息归档的全流程标准，形成规范完整的日常监测体系，持续动态掌握养殖水体抗生素残留的基础状态与变化趋势。

3.2 污染应急处理

养殖水体抗生素残留污染应急处理需要依托高灵敏检测体系的实时监测成果构建完善规范的应急响应与处置体系，实现水体残留异常情况的科学化闭环处置。整套应急工作体系需要明确层级化的响应流程与岗位职责，在监测工作捕捉到水体抗生素残留异常变动时，及时启动对应等级的应急处置流程，精准锁定出现异常问题的养殖水域范围。工作人员需要快速开展全域水体复核监测，全面排查水体残留的整体分布情况与覆盖范围，精准界定应急处置的核心区域与管控范围。结合养殖水域的水体结构、生态条件、养殖品种等基础特征制定科学化的水体调控与水质优化方案，全程依托动态监测数据跟进水体状态变化，持续优化处置举措，稳步恢复养殖水体标准状态，完善标准化应急处置流程。

3.3 检测结果评估

养殖水体抗生素残留检测结果评估需要搭建全方位、标准化的综合评估体系，依托各类监测数据完成水体残留状态的系统化、专业化分析研判。评估工作需要整合区域内养殖水体的常态化监测数据、定点专项检测数据与阶段性复盘数据，结合水域原生环境基线特征，综合研判水体抗生素残留的整体分布情况、存续状态与动态演变规律。评估过程需要采用横向区域对比与纵向时段比对的综合分析模式，梳理不同养殖区块、不同养殖阶段的残留变化特征，总结水体残留的波动规律与影响关联因素。同时依托水产养殖行业规范与水环境管控标准完成检测结果的合规性研判，为养殖水体精细化管控、养殖生产模式优化和检测体系迭代升级提供科学可靠的评估支撑。

3.4 与其他监测结合

养殖水体抗生素残留检测体系需要与水产养殖常规水质监测、水体生态环境监测、养殖生产全过程管控监测等多项工作深度融合联动，构建一体化的水域环境管控体系。实际工作中需要将抗生素残留检测成果与水体基础理化指标、水体微生物群落结构等常规监测数据进行整合汇总与协同分析，打破单一检测维度的局限性，全方位掌握养殖水体综合环境状态。同时结合养殖投喂管理、病害防控、日常用水调控等生产监测内容，深度梳理养殖生产行为与水体抗生素残留状态的内在关联规律。通过多维度监测数据的互补融合与协同应用，完善养殖水环境综合监测管控模式，全面提升养殖水体环境管控的系统性与精准性，夯实水产养殖水环境安全管控基础。

3.5 数据共享机制

养殖水体抗生素残留检测数据共享机制需要依托标准化的数字平台搭建规范化的数据流转、整合与共享应用体系，充分发挥检测数据的行业支撑价值。体系建设过程中需要统一各类水体残留检测数据的采集整理、分类归档、标准化处理的统一规范，规整数据统计与呈现格式，保障不同时段、不同区域的监测数据能够实现互通对接与统筹比对。需要搭建多主体协同的数据共享渠道，打通养殖生产主体、第三方监测机构、行业监管部门之间的数据壁垒，实现检测资源的高效流转。同时建立完善的数据管理与使用规范，明确数据共享的权限范围与应用场景，保障数据流转的规范性与安全性，依托全域共享数据完成区域水体残留态势统筹分析，为水产养殖行业管控与技术优化提供支撑。

结束语

高灵敏检测体系在实际应用中表现出稳定的性能，能够满足养殖水体抗生素残留的日常监测需求。工作人员按照标准流程操作，可有效降低假阳性与假阴性结果。体系运行期间，需定期维护仪器，更新耗材，确保检测条件一致。通过持续积累数据，能够逐步优化前处理参数与仪器方法，提升工作效率。

参考文献

[1]苟汪磊,王艳艳,陈文,等.聚谷氨酸修饰传感器检测养殖水体中的硝基呋喃类抗生素[J].分析科学学报,2025,41(6):691-697.
[2]蔡妮霏.微塑料对抗生素恩诺沙星的吸附及检测方法研究[D].江南大学,2025.
[3]许童辉,任馨雨,任弋林,等.养殖水体的核酸富集技术在鳜蛙虹彩病毒检测中的应用及其性能评价[J].上海海洋大学学报,2025,34(6):1263-1269.
[4]黄利强.基于物联网芯片的水产养殖亚硝酸盐检测仪[J].农业开发与装备,2025,(3):56-59.
[5]王鑫瑶.面向养殖水体抗生素检测的防污分子印迹电位型传感器的构建[D].中国科学院大学(中国科学院烟台海岸带研究所),2024.
[6]王姝欣,孙学斌,王帅,等.沈阳辽中地区淡水养殖水体水质检测分析[J].品牌与标准化,2023,(4):75-77+81.
[7]尹杨媛,崔正国,白莹,等.在线固相萃取-液相色谱-串联质谱法同时检测海水养殖水体中 15 种药物[J].环境化学,2023,42(3):1017-1028.