流域生态环境动态监测与评价体系优化

张春锦
山西华普检测技术有限公司　山西　太原　030000

摘　要：针对流域水环境监测评价存在的指标不全、协同薄弱、评价固化、数据碎片化等问题，本文立足流域管控实际，从监测技术优化、化学分析方法升级、评价模型迭代等维度，重构动态监测评价闭环体系。以渭河流域陕西段为实证，验证体系实操性与精准性，并完善技术、制度、人才资金保障机制，为流域精准监测、污染物科学解析与水质精细化管控提供支撑。

关键词：流域水环境；环境动态监测；化学分析；评价体系优化

引言：流域水环境是区域生态安全与经济高质量发展的核心载体，精准监测与科学化学分析是水污染防控的前提。针对传统体系理化指标为主、新型污染物监测不足、静态分析难以适配污染物动态变化、数据共享不畅与标准不一等问题，本文开展体系优化设计与实证研究，构建标准化、动态化、可落地的流域环境监测与化学分析评价体系。

1 流域环境监测与化学分析评价体系现状及问题分析

1.1 流域现有环境监测体系概况

（1）现有监测指标体系：当前以COD、氨氮、总磷、高锰酸盐指数等常规水质指标及流量、水位等水文要素为主，对微量有毒有害物、新型有机污染物、重金属等化学指标覆盖不足。专项化学监测起步晚，规范侧重常规达标考核，缺乏化学组分结构、污染物溯源及化学平衡特征的系统监测。（2）现有监测技术与方式：已形成人工采样实验室分析、自动在线监测、遥感辅助监测相结合的格局，国控断面自动监测覆盖率提升，实验室可精准定量。但“天空地”一体化协同度低，现场快速监测、实验室分析、远程动态监测衔接不足，应急化学监测能力薄弱[1]。（3）监测数据管理模式：监测工作分属生态环境、水利等多部门，独立采样、检测、分析，数据存储传输依托各自系统，缺乏统一标准、口径与格式。跨部门共享以点对点临时交换为主，无常态化机制，数据壁垒突出，难以支撑全域水质综合分析。

1.2 流域现有化学分析评价体系概况

（1）主流评价标准与规范：核心依据《地表水环境质量标准》，以单因子化学达标评价为主，辅以生态健康评估规范。整体侧重单项指标达标考核，缺乏化学组分耦合关系、污染物累积效应及演变规律的系统评价规范。（2）常用分析评价模型方法：主要采用单因子评价法、综合水质标识指数法等传统方法，依赖静态断面检测数据，侧重数值对比。方法适用场景缺乏统一界定，结果可比性差，缺少污染物溯源与污染强度动态演变专项模型。（3）分析评价结果应用场景：结果主要服务于年度达标考核和断面指标统计，侧重结果性评价，对污染成因解析、迁移转化规律分析、风险预判支撑薄弱。未形成“监测—分析—研判—治理”闭环，对精准治理指导价值不足[2]。

1.3 现有监测与化学分析体系核心问题

（1）环境监测层面：指标体系单一，新型污染物、微量重金属、有机污染物等关键化学指标缺失；监测时序性不足，微量污染物依赖人工定期采样，难捕捉短时波动；点位覆盖不均，中小支流、源头区存在盲区；多源数据时空尺度与检测标准不统一，异构数据难融合，影响分析精准度。（2）化学分析评价层面：模型依赖静态数据，难以刻画连续动态演变；权重多靠专家主观赋分，缺乏数据驱动客观校准，结果偏差较大；标准通用性强、针对性弱，未适配不同流域污染特征与化学背景值；缺乏动态预警机制，风险预判滞后。（3）体系衔接层面：监测指标与分析评价需求错位，专项分析所需指标无常态化监测支撑；跨部门数据无统一接口与标准化流程，数据孤岛导致综合化学分析难开展；分析评价结果考核权重不足，对污染溯源、治理方案优化的反馈约束薄弱。

2 流域环境监测与化学分析评价体系优化设计

2.1 体系优化原则与整体框架

（1）优化基本原则：体系优化严格遵循科学性、动态性、精准性、系统性、实用性原则。科学性保障监测指标选取、化学检测方法、分析模型构建符合水环境化学检测规范；动态性适配水体污染物时序演变特征，实现动态监测、实时分析；系统性兼顾各类水质化学指标的耦合关联与相互影响；针对性结合流域污染特征，差

异化设置监测分析重点；实用性保障优化体系检测流程规范、分析结果精准、落地可考核。（2）整体优化框架：构建“立体化动态环境监测—多源化学数据融合—智能化学分析评价—分级风险预警—精准治理调控”一体化闭环体系。以全域立体化水质化学监测为基础，通过标准化数据处理融合多源监测数据，依托优化的动态化学分析模型输出时序化水质评价结果，精准识别水污染风险，反馈指导流域水环境精细化治理，实现监测、分析、评价、调控全流程动态优化。

2.2 动态环境监测指标体系优化

（1）监测指标筛选与增补：在常规COD、氨氮、总磷等基础上，增补新型污染物、微量重金属、挥发性有机物、营养盐组分等精细化学指标，补充生态流量、浊度、溶解氧等辅助指标，聚焦化学污染核心风险，弥补传统指标覆盖不足。（2）指标层级划分：构建水文基础参数、常规水质化学指标、新型污染化学指标、人为污染胁迫指标四大层级。水文层含流量、水位、水温；常规化学层涵盖理化、营养盐、重金属；新型污染层聚焦微塑料、有机污染物、抗生素；人为胁迫层纳入排污强度、水资源开发利用率，实现常规与新型污染、自然与人为干扰全方位监测[3]。（3）指标标准化处理：制定统一监测规范，明确采样频次、现场检测、实验室分析与质控要求。常规理化指标高频自动在线监测，微量及新型污染物定期人工采样+实验室精准检测；统一点位布设、检测方法、仪器校准，采用极差标准化、阈值校正完成异量纲指标归一化，保障数据可对比、可分析、可聚合。

2.3 动态监测技术与化学数据体系优化

（1）多技术融合监测优化：整合卫星遥感、无人机巡查、在线自动监测、实验室精准化学分析与现场快速应急监测，构建立体化技术体系。卫星遥感负责宏观水质研判，无人机排查重点河段污染点位，在线设备连续监测常规化学指标，实验室完成微量污染物定量分析，现场快检支撑突发污染应急，形成多技术互补、宏微观结合的全方位监测能力[4]。（2）时空监测布局优化：结合渭河流域污染空间分布特征，优化点位与频次，加密中小支流、源头区、排污口汇水区监测，补齐盲区。针对氨氮、总磷、重金属等核心指标提高频次，对稳定基础指标实行周期性监测，实现流域全域、全时段水质化学状态动态捕捉。（3）多源化学数据融合优化：搭建标准化水质化学监测数据处理平台，建立数据清洗、异常剔除、格式统一、动态更新全流程机制。统一部门数据接口、检测口径与标准，对多源异构化学监测数据进行时空匹配与标准化校正，构建流域水质化学专属数据库，明确更新周期与权责划分，打破部门数据壁垒，为精准化学分析与动态评价提供完整数据支撑。

2.4 动态化学分析评价模型与方法优化

（1）动态权重优化：引入熵权—层次分析法优化评价指标权重赋值，规避传统人工赋分的主观性问题。结合水环境化学机理与污染物关联特征，以层次分析法界定核心化学指标重要性，依托海量监测数据离散特征通过熵权法客观赋权，实现指标权重随水质化学状态动态调整，贴合流域污染演变规律。（2）化学分析模型改进：优化传统静态水质评价模型，融入时序演变因子，构建动态化学综合分析评价模型。在常规水质综合评价基础上，新增污染物变化率、浓度波动幅度、时序演变趋势等参数，精准刻画各类水质化学指标的升降轨迹、污染累积特征与时空演变规律，突破传统静态分析无法捕捉动态污染过程的局限[5]。（3）动态化学预警机制构建：基于流域水质化学指标历史监测数据、污染阈值与水环境质量标准，划定蓝、黄、橙、红四级化学污染预警区间。结合动态化学分析结果，实时识别指标超标、污染物累积、水质退化等风险，实现水污染风险动态预判、分级预警，为流域污染防控、水质应急管控提供精准依据。

3 优化体系实证应用与保障对策

3.1 实证研究区域概况

（1）研究区域自然概况：选取渭河流域陕西段作为实证研究区域。渭河为黄河第一大支流，干流全长818km，陕西境内512km，流域面积13.5万km²。区域属半干旱大陆性季风气候，降雨时空分布不均，地貌复杂，南北支流水文水质差异显著。该段承载区域核心人口与经济产能，是黄河流域水环境管控重点区域，化学污染管控压力突出。（2）研究区域水环境核心问题：一是水资源短缺，水体自净能力弱，枯水期污染物稀释降解不足，化学污染累积效应显著；二是复合型污染突出，有机污染、营养盐污染、局部重金属污染叠加，化学组分复杂，溯源与管控难度大；三是水质动态波动明显，支流汇入与排污导致化学指标时空差异大，传统静态监测难以精准管控。（3）区域监测分析基础条件：陕西已以渭河为试点布设40个水环境监测点位，覆盖常规水质、重金属、营养盐等指标，积累2004—2024年长时序监测数据。区域已建成“天空地水工”一体化监测体系，具备现场采样、实验室化学分析、在线动态监测能力，为实证研究提供数据与技术基础。

3.2 优化体系实证分析

（1）数据收集与处理：采集渭河流域陕西段宝鸡、咸阳、西安、渭南等核心控制断面2014—2024年逐月水质监测数据，涵盖COD、氨氮、总磷、高锰酸盐指数、BOD_5、重金属等指标，经标准化校正、异常值剔除、时空匹配，构建标准化水质化学分析数据集。（2）动态环境监测结果分析：优化后监测体系显示，渭河干流水质化学指标时空演变显著。时序上，卧龙寺桥断面氨氮年均下降9.8%，咸阳铁桥断面COD年均下降5.7%；空间上，上游宝鸡段优于中下游西安、渭南段，污染物沿程累积致中下游负荷更高。（3）动态化学分析评价结果分析：优化模型评价显示，干流核心断面水质达标率稳定100%，常规指标可控，但局部河段营养盐偏高、微量污染物累积，57.5%河段水质中等，37.5%河段存在阶段性污染隐患，北洛河及渭河干流部分河段需重点管控。（4）新旧体系对比分析：传统体系以单一常规指标达标评价为主，难以识别微量及累积污染隐性风险。优化体系增补精细化指标、升级动态模型，可精准刻画水质组分变化、污染时序演变与空间差异，识别“常规达标、隐性累积”特征，验证其优越性。

3.3 体系运行保障对策

（1）技术保障：依托数字孪生渭河建设成果，优化流域智能化监测设备布局，重点增补支流汇入口、排污口周边精细化化学监测点位，完善现场快检、实验室高精度化学分析设备配置。搭建流域水环境监测与化学分析信息化平台，集成数据实时采集、标准化处理、智能化学分析、风险预警发布全功能，实现监测分析业务全流程数字化闭环。（2）制度保障：依托地方流域保护管理条例，完善水环境监测与化学分析管理制度，统一全流域采样规范、检测标准、分析方法与数据审核流程。建立跨部门监测数据共享、化学分析成果互通机制，破除部门数据壁垒。将动态化学分析评价结果、水质监测管控成效纳入地方政府考核体系，强化水环境精准治理导向。（3）人才与资金保障：组建专业技术团队，重点培育环境监测、水质化学分析、数据建模、污染溯源等核心技术人才，常态化开展监测检测技术、化学分析模型应用专项培训。加大财政资金投入，将监测设备运维、化学检测试剂耗材、信息化平台升级、科研创新等纳入专项保障，确保监测分析体系长效稳定运行。

结束语

本文针对传统流域环境监测与化学分析评价体系指标不全、技术滞后、模式静态、数据割裂等问题，构建了动态监测、数据融合、智能化学分析、风险预警、精准调控一体化优化框架，实现监测指标、技术及分析模型全维度升级。经渭河流域陕西段实证，该体系能精准捕捉水质动态演变、识别污染隐患，弥补传统短板。后续将完善保障机制，深化落地应用，提升监测精准度、分析科学性与治理精细化水平，助力流域生态保护与高质量发展。

参考文献

[1]赵晓珊,王晓燕.基于BP神经网络的流域水生态安全动态评估研究[J].环境工程技术学报,2026,16(03):1032-1043.

[2]陈冰冰,葛迎春,王升堂,等.基于改进遥感生态指数的干旱流域生态环境动态评价[J].遥感技术与应用,2025,40(02):472-481.

[3]马林,梁勇.基于RSEI模型的流域生态环境质量动态监测与驱动机制分析[J].干旱区资源与环境,2025,39(11):103-115.

[4]吴浓娣,杨研.水生态系统服务价值动态评估体系构建研究[J].水利发展研究,2023,23(12):14-18.

[5]叶姜瑜.基于生物完整性指数的流域水生态动态监测评价[J].西南大学学报(自然科学版),2026,48(01):98-106.