

水质监测与排污许可制度联动的技术—制度耦合机制探讨

赵映翠

庆阳市医疗废物集中处置中心 甘肃 庆阳 745000

摘要: 水质监测作为环境管理的“眼睛”，排污许可作为固定污染源监管的“核心”，二者本应形成协同增效的治理合力。然而，当前实践中二者仍存在数据孤岛、逻辑脱节、反馈滞后等“两张皮”问题，严重制约了治理效能。本文旨在深入剖析水质监测与排污许可制度联动的内在逻辑与现实困境，从技术—制度耦合的理论视角出发，系统探讨二者深度融合的耦合机制。研究认为，有效的联动需以“目标—过程—结果”为逻辑主线，通过构建“感知—分析—决策—执行—反馈”的闭环治理链条，实现从“末端响应”向“源头预防”和“过程管控”的范式转变。文章进一步提出以数据驱动为核心、以平台整合为载体、以规则重构为保障的耦合路径，并对未来的制度优化与技术演进方向进行了展望，以期构建现代化水环境治理体系提供理论支撑与实践参考。

关键词: 水质监测；排污许可；技术—制度耦合；环境治理；数据驱动

引言

我国社会经济快速发展，水环境污染成高质量发展短板。《水污染防治行动计划》等政策出台，我国水环境管理向“环境质量目标管理”转型，水质监测与排污许可制度被赋予战略地位。水质监测体系获取客观数据，为环境决策等提供依据；排污许可制度落实企业治污责任，规范排污行为。理论上二者应形成良性互动闭环，但现实存在巨大鸿沟。水质监测数据难精准溯源，排污许可证核发与监管缺乏动态考量，导致环境管理被动，无法精细化管控，根源在于技术系统与制度安排未高效耦合^[1]。技术—制度耦合理论指出，有效社会治理是二者相互适应、共同演化的结果。破解二者联动困境，需超越拼接思维，探究深度融合机理与路径。本文将探讨构建联动机制，推动水环境治理体系升级，实现环境质量改善。

1 现实困境：水质监测与排污许可联动的“两张皮”现象

1.1 数据壁垒与信息孤岛

这是最直观的障碍。水质监测数据通常由生态环境部门的监测站或第三方机构采集，存储于环境质量监测数据库；而排污许可信息、企业自行监测数据、在线监控数据等则分散在排污许可管理平台、污染源自动监控系统等多个独立的信息系统中。这些系统在数据标准、格式、接口、更新频率等方面各不相同，形成了一个个“数据烟囱”。管理部门难以在一个统一的平台上，将某一时段、某一河段的水质超标情况，快速、准确地关联到上游所有相关排污单位的许可排放量、实际排放量及其变化趋势。数据的不可得、不可比、不可用，使得基于水质状况动态调整排污许可的设想成为无源之水。

1.2 逻辑脱节与目标错位

制度设计的初衷与实际运行效果存在偏差。排污许可制度的核心是“按证排污、自证守法”，其合规性判定主要依据企业是否遵守了许可证载明的排放口位置、污染物种类、许可排放浓度和总量等要求。这是一种典型的“过程合规”导向。而水质监测的目标是评估水体是否达到《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）等规定的功能区水质目标，是一种“结果导向”。当一个区域内的所有排污单位都“合规”排污时，若其总和超过了水体的环境容量，依然会导致水质超标。此时，现有的排污许可制度缺乏一个有效的触发机制，能够根据水质监测的“结果”来反向审视和调整区域内所有排污单位的“过程”许可要求。二者在目标设定上未能形成“环境质量目标—区域允许排放总量—企业个体许可量”的严密传导链条。

1.3 反馈滞后与动态失灵

环境管理是一个动态过程，但现有联动机制的反馈周期过长，难以适应快速变化的环境需求。水质监测通常是月度或季度频次，数据审核、分析、发布流程冗长；排污许可证的有效期限长达三至五年，期间除非发生重大变更，否则其核心内容基本固定。这种静态的许可管理模式，无法对突发性水质恶化事件（如暴雨冲刷导致的面源污染激增）、季节性水文变化（如枯水期自净能力下降）或产业结构调整带来的污染负荷变化做出及时响应^[2]。管理者往往只能在年度考核或专项督查中发现问题，再启动漫长的整改程序，错过了最佳干预时机，导致环境风险累积。

2 理论基石：技术—制度耦合的内涵与逻辑

2.1 技术赋能制度

先进的信息技术，特别是物联网（IoT）、大数据、人工智能（AI）和数字孪生等，为打通数据壁垒、实现智能分析提供了可能。遍布流域的水质自动监测站、企业污染源在线监控设备构成了庞大的“感知神经末梢”，实时采集海量数据。云计算平台提供了强大的算力，能够对这些多源异构数据进行清洗、融合与存储。而AI算法则能从中挖掘出复杂的非线性关系，例如建立“污染源—传输路径—受纳水体”的响应模型，精准量化不同排污单位对特定断面水质的贡献率。这些技术能力，为排污许可制度从静态管理向动态、精准、预测性管理转型奠定了坚实基础。

2.2 制度规制技术

技术的应用不能天马行空，必须在清晰的制度规则下进行。这包括数据确权与共享规则，需要明确水质监测数据、企业排污数据的所有权、使用权和共享边界，破除部门利益藩篱，确保数据在合法合规的前提下自由流动；模型验证与准入标准，即对用于支撑管理决策的水质模型、溯源模型等，需要建立严格的科学验证、专家评审和标准化流程，防止“黑箱”算法滥用导致决策失误；以及责任追溯与问责机制，当基于技术分析的结果用于调整企业排污许可或进行处罚时，必须有配套的法律程序和证据规则，保障企业的申辩权利，确保技术结论的公正性和可接受性。技术与制度的耦合，本质上是一个双向建构的过程。技术的发展催生了新的制度需求（如数据共享制度），而制度的创新又为技术的深化应用开辟了空间（如为AI模型提供应用场景）。二者相互促进，共同演化，最终形成一个稳定、高效的治理新范式。

3 耦合机制构建：“感知—分析—决策—执行—反馈”闭环

基于上述理论，构建水质监测与排污许可联动的技术—制度耦合机制，应围绕“感知—分析—决策—执行—反馈”五个环节，打造一个完整的、自我强化的闭环治理体系。

3.1 感知层：全域覆盖、实时互联的监测网络

这是耦合机制的物理基础。需要构建一个天地一体、点面结合的立体化感知网络。具体而言，应在国控、省控断面基础上，向下延伸至市、县甚至乡镇级控制单元的关键节点，特别是在工业园区下游、跨界断面、饮用水源地上游等敏感区域增设微型水质自动站，以提升空间分辨率。同时，必须强力推进重点排污单位全面安装并联网污染物排放自动监测设备，并探索将用电监控、视频监控等间接监控手段纳入体系，从而形成对企业生

产与排污行为的多维画像。更为关键的是，要建立统一的数据采集与传输标准，确保来自不同来源的监测数据能够实时、无缝地汇入统一的数据湖或数据中台，彻底打破物理层面的数据壁垒。

3.2 分析层：数据融合、智能研判的决策大脑

这是耦合机制的智力核心，其任务是将原始数据转化为有价值的管理信息。首先，应整合水文、气象、地形、土地利用、污染源分布等多维数据，构建高保真的流域水环境数字孪生模型，该模型能够模拟不同情景下（如不同排污方案、不同降雨强度）的水质变化过程。在此基础上，开发并应用机器学习、受体模型等先进技术，形成智能溯源与贡献解析能力，使得当某监测断面出现水质异常时，系统能自动回溯上游所有潜在污染源，并计算各污染源的贡献权重，生成具有指向性的“污染责任清单”^[3]。此外，还需建立水质—许可关联预警模型，该模型基于历史数据和模型模拟，能够预判在现有排污许可条件下，未来一段时间内关键断面的水质达标风险，并在风险超过预设阈值时自动发出预警，为前置性管理提供时间窗口。

3.3 决策层：规则驱动、动态调整的许可管理

这是耦合机制的价值输出环节，负责将分析结果转化为具体的管理指令。其核心在于将水质监测所反映的环境质量目标，通过模型反演，科学核定区域允许排放总量，并将其作为核发或重新申请排污许可证的硬约束，从而真正实施基于水环境容量的总量分配。对于预警模型提示存在超标风险的区域或行业，管理部门应依法依规启动排污许可证的变更程序，临时性收紧相关企业的许可排放量，或要求其采取更严格的治理措施，推行排污许可的动态调整机制。同时，应根据智能溯源结果，将有限的执法资源精准投向贡献率高的“关键少数”企业，实现差异化精准执法，最大化执法效能与威慑力。

3.4 执行层：一证式管理、企业履责的落地保障

这是耦合机制的行动终端，确保决策能够有效传导至排污主体并得到落实。一方面，应在排污许可证的“其他控制及管理要求”部分，明确写入基于水质状况可能触发的特殊管控措施，使企业对潜在的动态调整有合理预期，增强其主动守法的意愿^[4]。另一方面，必须强化企业自行监测与信息公开义务，要求企业严格按照许可证要求开展自行监测，并将数据实时上传至监管平台，这不仅是其履行“自证守法”责任的核心证据，同时也是整个联动分析系统不可或缺的重要输入，从而形成政府监管与企业自律的良性互动。

3.5 反馈层：效果评估、持续优化的迭代循环

这是耦合机制的进化引擎,旨在形成一个具备学习能力的治理体系。应对因水质问题而采取的许可调整措施进行系统性的后评估,通过跟踪监测,检验其对水质改善的实际效果。更重要的是,要根据后评估结果和源源不断产生的新监测数据,持续修正和完善数字孪生模型的参数,不断优化预警阈值和决策规则。这种基于反馈的学习与校准过程,将使整个联动系统变得越来越智能、越来越精准,从而实现治理体系的自我进化与持续优化。

4 实现路径:数据、平台与规则的三位一体

4.1 以数据驱动为核心,打破壁垒,构建统一数据底座

数据是联动机制的血液,其质量和流通效率直接决定了整个系统的生命力。为此,必须制定并强制推行覆盖数据元、编码规则、接口规范、质量控制等全生命周期的统一数据标准体系,从根本上解决数据“语言不通”的问题。在此基础上,建立权威、可信的环境数据资源目录,清晰界定各类数据的来源、用途、更新频率和共享范围,为数据的有序流动提供导航。长远来看,还应积极探索建立数据资产登记与交易机制,在保障安全和隐私的前提下,激活数据要素价值,鼓励社会力量参与数据开发利用,形成多元共治的格局。

4.2 以平台整合为载体,打造一体化智慧监管系统

平台是承载技术与制度耦合的物理空间。应着力于建设省级乃至国家级的“水环境智慧监管平台”,作为技术耦合的统一载体,集成水质监测、污染源监控、排污许可、执法监管、应急指挥等所有相关功能模块,避免重复建设和资源浪费。在技术架构上,应采用微服务、容器化等现代IT架构,确保平台具有高扩展性、高可用性和灵活性,能够快速响应业务需求的变化。同时,必须注重用户体验,开发面向不同用户(如管理者、企业、公众)的友好界面,提供定制化的数据服务和决策支持工具,让平台真正成为各方参与者都愿意用、用得好的治理工具。

4.3 以规则重构为保障,完善制度供给,引导耦合

方向

制度是确保技术向善、服务于公共利益的根本保障。首先,应适时修订《排污许可管理条例》等上位法规,明确授权生态环境主管部门可以根据水环境质量状况,依法对排污许可证进行动态调整,为联动机制提供坚实的法律基础。其次,亟需出台专门的《水质监测数据与排污许可联动管理办法》,详细规定联动的触发条件、工作流程、技术方法、各方权责等操作细则,将抽象的原则转化为可执行的规程。最后,必须建立健全技术方法的标准化体系,对用于联动分析的模型、算法等组织制定国家或行业标准,通过同行评议和公开验证,确保其科学性和公信力,防止技术滥用损害公平正义。

5 结语

水质监测与排污许可制度的深度联动,是实现水环境治理体系和治理能力现代化的必由之路。本文通过剖析二者联动的现实困境,引入技术—制度耦合理论,系统构建了一个以“感知—分析—决策—执行—反馈”为闭环的耦合机制,并提出了数据、平台、规则三位一体的实现路径。展望未来,随着5G、卫星遥感、低成本传感器等技术的普及,感知网络将更加细密;随着AI大模型的发展,分析研判将更加智能;随着“双碳”目标的推进,水—能—碳协同管理将成为新方向。水质监测与排污许可的联动,将不再局限于单一介质、单一目标,而是融入更宏大的生态系统管理框架之中。

参考文献

- [1]潘明婕,操庆,顾炉华,等.面向水质目标管理的排污许可制实施技术路径探究[J/OL].环境监测管理与技术,1-6[2026-01-07].
- [2]叶维丽,周海洋,张金辉,等.基于水质目标的排污许可限值管理体系思考与建议[J].环境保护,2021,49(09):23-25.
- [3]邓义祥,郝晨林,李子成,等.基于技术和水质相结合的排污许可限值核定技术研究[J].环境科学研究,2020,33(11):2515-2522.
- [4]叶维丽.基于流域水质目标的排放标准与排污许可制定技术研究[M].中国环境出版集团:202303:298.