

典型有机污染物在水环境中的分布特征及风险评估

李 颖

运城市生态环境局垣曲分局 山西 运城 043700

摘 要：本论文针对水环境中典型有机污染物展开研究，系统分析了其在水体环境中的空间分布、浓度变化规律及季节性差异，揭示了污染物来源与迁移转化机制。同时，通过构建风险评估模型，对典型有机污染物的生态与健康风险进行量化评估，明确其潜在危害。研究结果为水环境有机污染防控与治理提供科学依据与决策支持。

关键词：典型有机污染物；水环境；分布特征；风险评估

1 引言

随着工业化与城市化进程加速，大量有机污染物通过工业废水排放、农业面源污染及生活污水等途径进入水环境。这些污染物具有毒性强、难降解、易富集等特点，不仅严重威胁水生态系统平衡，还通过食物链传递对人体健康构成潜在风险。目前，水环境中有机污染物的污染状况日益复杂，不同区域、不同水体类型中的污染物分布存在显著差异，传统治理手段难以满足防控需求。因此，深入探究典型有机污染物在水环境中的分布特征，并开展全面的风险评估，对保障水环境安全、制定针对性污染防治策略具有重要的现实意义。

这些有机污染物持久存在，会在食物链中富集，使食物链顶端生物体内污染物浓度飙升，对生物多样性和生态平衡构成威胁^[1]。此外，人类通过饮水、食用受污染水产品等方式接触污染物，干扰内分泌系统，长期积累可能引发内分泌紊乱、癌症等疾病。因此，研究典型有机污染物在水环境中的分布，评估其潜在风险，对制定污染防控策略、保障水环境安全和公众健康至关重要。本文将系统阐述典型有机污染物在水环境中的分布特征及风险评估。

2 典型有机污染物在水环境中的分布特征

2.1 多环芳烃的分布特征

多环芳烃是一类由两个或两个以上苯环通过稠合方式紧密相连组成的有机化合物。其来源极为广泛，化石燃料的不完全燃烧是主要源头之一，像发电厂的煤炭燃烧、机动车尾气排放，以及工业生产中炼焦、炼油等过程都会大量产生多环芳烃。在河流环境里，多环芳烃的分布存在显著空间差异。城市河段由于汇聚了密集的工业活动以及繁忙的交通，多环芳烃排放量大，其浓度通常远超农村河段。此外，河流沉积物成为多环芳烃的重要归宿地，这是因为多环芳烃疏水性强，倾向于吸附在悬浮颗粒物表面，随着颗粒物沉降至河底，使得沉积物

中多环芳烃含量远高于水体。研究表明，在一些污染严重的河流，沉积物中多环芳烃含量可比水体高出数十倍甚至上百倍^[2]。湖泊环境中，多环芳烃分布受多种因素制约。地理位置靠近工业区和交通干道的湖泊，犹如处在污染源头的“下风口”，源源不断接收来自周边的污染物，多环芳烃浓度明显偏高。同时，湖泊内部不同区域分布也不均衡，湖心区域水流滞缓，污染物难以快速扩散稀释，容易在此积聚，其多环芳烃浓度较湖岸区域更高。从季节性变化来看，冬季因取暖需求激增，煤炭、天然气等化石燃料使用量大幅攀升，多环芳烃排放随之增多，使得水体和沉积物中多环芳烃浓度相对较高。有研究统计，冬季某些湖泊水体中多环芳烃浓度可比夏季高出30%-50%。在广袤的海洋环境中，多环芳烃主要通过大气沉降、河流输入以及海上石油开采和运输等途径侵入。沿海地区和港口附近海域，一方面承接了大量河流携带的陆源污染物，另一方面海上石油作业和频繁的船舶运输活动也会释放多环芳烃，导致污染较为严重^[3]。与之形成鲜明对比的是，远离海岸的大洋区域，受陆源污染影响微弱，多环芳烃浓度相对较低。

2.2 有机氯农药（OCPs）的分布特征

有机氯农药在过去很长一段时间凭借其出色的杀虫效果，在全球农业生产中广泛应用。尽管众多国家已认识到其危害并实施禁用或限制措施，但因其化学性质稳定，难以被自然环境中的微生物有效分解，在水环境中仍广泛分布。在河流体系中，有机氯农药的分布与历史使用情况以及流域内农业活动紧密相关。曾大量使用有机氯农药的地区，即便停用多年，其河流中依然能检测到较高浓度残留。研究发现，在一些历史上农药使用强度大、土壤中农药残留量高的区域，每逢雨季，雨水冲刷会将土壤中的有机氯农药大量带入河流，导致河流水体中浓度显著升高。湖泊中有机氯农药的分布同样深受周边农业活动和流域特征影响。一些封闭或半封闭的湖

泊, 水体交换能力差, 污染物难以排出, 有机氯农药容易在湖内持续积累, 致使浓度居高不下。而且, 湖泊沉积物宛如一个巨大的“储存库”, 不断接纳沉降的有机氯农药, 随着时间推移, 沉积物中的有机氯农药会以缓慢但持续的方式释放, 形成对水体的长期污染。有研究显示, 某些湖泊沉积物中有机氯农药在过去几十年间持续缓慢释放, 导致周边水体中相关污染物浓度始终维持在一定水平。在海洋环境里, 有机氯农药可通过河流携带以及大气长距离传输等途径“长途跋涉”进入。沿海海域因靠近陆地, 受河流输入影响显著, 有机氯农药浓度相对较高。海洋生物对有机氯农药具有强大的生物富集能力, 处于食物链顶端的海洋生物, 如鲨鱼、鲸鱼等, 体内有机氯农药浓度往往远高于周围水体, 这不仅对海洋生物自身生存繁衍构成威胁, 还通过食物链传递, 对以海洋生物为食的人类健康埋下隐患, 有研究发现某些海域的鲨鱼体内滴滴涕浓度可比周围海水高出数万倍^[4]。

2.3 内分泌干扰物的分布特征

内分泌干扰物是一类能够干扰生物体内分泌系统正常功能的化学物质, 来源极为广泛。工业化学品中的塑料添加剂、农药中的某些成分, 以及个人护理产品中的防腐剂、香料等, 都可能是内分泌干扰物。在河流环境中, 内分泌干扰物浓度受城市污水排放、工业废水排放和农业面源污染共同作用。城市下游河段由于接纳了大量未经深度处理的生活污水和工业废水, 成为内分泌干扰物的“汇聚地”, 浓度较高。城市污水中含有大量来自个人护理产品、洗涤剂等的内分泌干扰物, 工业废水中则可能含有塑料制造、化工生产过程产生的相关物质, 二者混合排放, 使得下游河流水质遭受严重污染。湖泊内分泌干扰物的分布与入湖河流污染状况息息相关, 同时湖泊自身生态特征也起到关键作用。富营养化程度较高的湖泊, 水体中微生物活动频繁, 溶解氧、酸碱度等理化性质改变, 这些因素都会影响内分泌干扰物的迁移转化和最终归宿。而且, 湖泊水生生物对内分泌干扰物的吸收和积累, 会改变其在湖泊生态系统中的分布格局。例如, 一些浮游生物对内分泌干扰物具有较强吸附能力, 通过食物链传递, 使得高营养级生物体内内分泌干扰物浓度逐渐升高^[5]。在水环境中, 内分泌干扰物分布呈现明显季节变化。夏季由于气温升高, 人们生活用水量大幅增加, 污水排放总量随之上升, 水体中内分泌干扰物浓度相对较高。而冬季水温降低, 微生物活性减弱, 内分泌干扰物降解速度减缓, 在水体中停留时间延长, 也可能导致浓度积累。有研究表明, 夏季部分河

流中内分泌干扰物浓度可比冬季高出20%-40%。

3 典型有机污染物在水环境中的风险评估

3.1 风险评估方法

水环境中典型有机污染物的风险评估是一项复杂且严谨的工作, 主要采用定量风险评估和定性风险评估相辅相成的方法。定量风险评估通常借助一系列数学模型展开。暴露评估模型用于精准计算污染物在水环境中的浓度, 考虑到污染物的排放源强、迁移扩散途径以及环境介质间的分配系数等因素。例如, 通过建立河流一维或二维水质模型, 模拟有机污染物在河流水体中的扩散过程, 确定不同位置的浓度分布。剂量-反应模型则聚焦于污染物剂量与生物效应之间的关系, 利用实验数据和统计分析, 构建污染物浓度与生物毒性响应之间的函数关系。通过整合这些模型, 计算污染物在水环境中的浓度、生物体内的富集浓度以及人体通过饮水、食物摄入等不同途径的暴露剂量, 再结合污染物的毒性参数, 如半数致死浓度(LC50)、半数抑制浓度(IC50)等, 量化评估其对生态环境和人体健康的风险程度。定性风险评估则主要依托专家知识和丰富经验。对污染物的来源、迁移转化规律、潜在危害等进行全面综合分析和判断。例如, 考量污染物的毒性特征, 如是否具有致癌、致畸、致突变性; 评估其在环境中的持久性, 即自然降解所需时间长短; 分析生物累积性, 判断其在生物体内是否容易富集。根据这些因素, 将风险划分为高、中、低三个等级, 为风险管控提供宏观指导。

3.2 对生态环境的风险评估

从生态环境视角审视, 典型有机污染物对水生生物具有多样且严重的毒性效应。多环芳烃具有明确的致癌、致畸、致突变作用, 可导致鱼类等水生生物胚胎发育异常, 出现畸形、发育迟缓等现象, 同时损害其免疫系统, 使其抵抗力下降, 更易感染疾病, 严重影响生存和繁殖。研究表明, 暴露在高浓度多环芳烃环境中的鱼类, 胚胎畸形率可高达30%-50%, 幼鱼成活率大幅降低。有机氯农药能够干扰水生生物内分泌系统, 致使鱼类性别比例失调, 雄性化或雌性化现象频发, 繁殖能力急剧下降。不仅如此, 有机氯农药还可能通过食物链对鸟类等水生生物的捕食者产生间接影响, 减少鸟类繁殖成功率, 威胁种群数量。例如, 某些以鱼类为食的鸟类, 因体内有机氯农药积累, 产蛋量减少, 蛋壳变薄易破碎。内分泌干扰物可干扰水生生物生长发育、生殖行为和生理功能, 破坏水生生态系统平衡。例如, 双酚A可影响鱼类性腺发育, 改变其性行为, 导致繁殖周期紊乱。通过对不同水体中典型有机污染物浓度与水生生物毒性阈值对比

发现,在部分工业污染严重的河流、湖泊等区域,污染物浓度已远超安全阈值,对生态系统构成高风险^[6]。

3.3 对人体健康的风险评估

人类与水环境密切相连,通过饮水、食用水产品等途径频繁接触水环境中的典型有机污染物,存在不容忽视的潜在健康风险。多环芳烃家族中的苯并[a]芘是强致癌物,长期经口摄入或呼吸吸入,会在人体内积累,增加患肺癌、胃癌等恶性肿瘤风险。流行病学研究显示,生活在多环芳烃污染严重地区的人群,患肺癌几率可比清洁地区人群高出数倍。有机氯农药在人体脂肪组织中具有很强的蓄积性,可干扰内分泌系统,影响生殖和发育过程,还可能损害神经系统,导致记忆力减退、认知功能障碍等问题。例如,孕妇体内有机氯农药蓄积可能影响胎儿大脑发育,增加新生儿神经系统疾病风险。内分泌干扰物如双酚A可能对人体生殖系统、免疫系统和神经系统产生不良影响,尤其对胎儿和婴幼儿发育危害巨大,可能造成不可逆损害。胎儿和婴幼儿正处于快速生长发育阶段,内分泌系统脆弱敏感,低剂量双酚A暴露就可能干扰其激素平衡,影响生殖器官发育、神经系统分化等。通过暴露评估模型计算可知,在一些有机污染物污染严重地区,居民通过饮水和食用当地水产品摄入的污染物剂量已逼近甚至超过安全限值,存在较高健康风险。

4 结论与展望

4.1 结论

本论文系统研究了典型有机污染物在水环境中的分布特征及风险评估,得出以下主要结论:典型有机污染物如多环芳烃、有机氯农药、内分泌干扰物等在河流、湖泊、海洋等水环境中广泛存在,其分布具有明显的空间差异和季节变化特征,受污染源分布、水体环境条件

等多种因素影响。通过风险评估发现,这些典型有机污染物对生态环境和人体健康均存在潜在风险,部分区域风险较高,已对水生态系统稳定和公众健康构成威胁。

4.2 展望

为有效控制典型有机污染物对水环境的污染,降低其风险,未来应重点加强以下几方面研究:一是深入探究污染物迁移转化机制,明确不同环境下的归趋规律,为污染防治提供精准理论支撑;二是研发高效低成本的监测技术,提高检测灵敏度与准确性,实现实时在线监测;三是探索新型治理技术,如生物修复、高级氧化等,提升污染物去除效率;四是完善环境风险评估体系,纳入更多影响因素,增强评估科学性,为环境风险管理提供有力保障。

参考文献

- [1]夏星辉.河流污染物的水-沙界面过程及环境效应[M].科学出版社,2021.
- [2]刘畅,王新新,张弛.城市湖泊水体中典型有机污染物分布特征及生态风险评估[J].环境科学学报,2022,42(9):134-138.
- [3]马溪平,李法云,付宝荣.流域水环境中典型有机污染物生态风险评估方法及应用[M].科学出版社,2020.52(11):13-16.
- [4]付晓青.持久性有机污染物环境检测技术.工程地质学,2024-07(23):131-134.
- [5]郭晓燕.持久性有机污染物在中国的环境监测现状.建筑技术科学,2020-04(11):231-234.
- [6]尤永辉.水环境中污染物同位素溯源的进展分析.建筑设计及理论,2022-04(34):43-45.