

4.2 运用大数据分析技术精准识别污染源头

污染控制若想真正迈向精准化，就需要深入透彻地理解污染的来源以及形成机制，仅仅依靠数据汇总显然是远远不够的。对于污染防治的关键突破口而言，应当聚焦于大数据分析平台的建设工作。该系统需要收集、整合各类要素，并且进行迭代升级，这些要素覆盖了企业排放信息、城市运行数据、气象变化情况、交通流量数据以及能源消费数据等，借助算法模型来构建污染溯源框架。在重污染天气频繁出现的季节，应当运用空间回溯路径、污染因子匹配模型以及与历史数据比对等技术，迅速锁定高排放区域以及关键排放节点。如此一来，可提升对违法排污企业的筛查效率，还可评估局地环境容量、分析污染迁移路径，推动区域污染联合应对工作的开展。数据模型不能仅仅依赖静态采集，还需要引入机器学习与人工智能手段，在持续的运行数据当中优化算法精度，提升预判能力以及源头溯源的稳定性。依靠多模型融合所形成的智能分析结果，可为环保政策调整、减排指标分配以及科学治污路径设计提供直接的支持，促使防治工作从“经验驱动”转变为“数据驱动”，让大气污染治理真正构建起逻辑清晰、证据确凿的决策基础。

4.3 建立数字化预警平台提前部署防控措施

数字化预警平台需要融合各类污染物监测数据，还要接入区域预报模型、交通信息平台、工业排放系统以及气象预报中心的实时数据，构建分钟级的污染趋势预测链。平台的核心任务是提前察觉到污染快速扩散的风险，有效地发出预警信号，并且自动向相关责任部门分级推送处置指令。系统操作界面要兼容多终端信息处理能力，以此保证调度人员可快速做出判断、立刻进行部署响应。重点城市群之间可建立区域联动预警机制，借助共享污染传输路径与潜在高排清单，达成跨区域污染协同管控。在具体场景里，一旦系统识别出二氧化氮浓度突升、气压持续回落或者静风条件持续存在等关键变量组合，就会触发预警机制，自动启动区域限

排、车辆限行或者应急降负等应对指令。

4.4 推行智慧环保执法系统强化污染治理效能

智慧环保执法系统问世以后，依靠物联网感知节点、环境监控探头以及视频识别系统，可针对重点排污单位的生产运行状况、排放曲线情况、治理设施运行状态展开全过程监管。该系统可设定预警阈值，要是某一车间出现异常的 VOC 排放浓度，平台就会马上报警，并且会把涉事企业的相关数据、地理位置信息、历史排放情况同步推送到执法终端^[5]。执法人员在移动端就能获取企业的实时排放数据、视频监控画面以及过往执法记录，这极大地提高了现场执法的反应速度以及精准程度。系统集成 AI 图像识别技术之后，可以自主识别烟囱逸排、堆场扬尘、焚烧行为等违规操作，形成智能指引、统一调度、自动存证的执法闭环。

5 结语

总之，在数字化时代这个大背景之下，大气污染防治已经从传统的粗放式管理渐渐朝着精细化、智能化治理的新阶段迈进。未来大气环境质量想要得到改善，很大程度上要依赖于治理模式能不能跟上技术变革的脚步，以及城市有没有勇气在管理逻辑方面进行一次彻底的更新和重构。

参考文献

- [1] 陆晓鸿,罗竹欣,刘淑贤.环境工程中大气污染防治管理对策研讨[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2025(1):125-128.
- [2] 张艳梅.环境工程中大气污染防治管理措施探讨[J].区域治理,2020(24):48-48.
- [3] 徐丁伟.大气污染防治管理措施分析[J].中国科技期刊数据库 工业A,2023(10):152-155.
- [4] 付章弦.新时代背景下大气污染防治面临的挑战及对策研究[J].皮革制作与环保科技,2023,4(5):39-41.
- [5] 马丽萍,曹国良,郝国朝.基于大数据的大气污染防治方式优化探究——以西安市为例[J].环境与可持续发展,2018,43(2):54-56.

Estimation of agricultural non-point source pollution load and analysis of its driving effect on water environment quality in the basin

Hanqing Li

Inner Mongolia Zhongxin Ecological Environmental Protection Technology Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010010, China

Abstract

With the rapid advancement of agricultural modernization, non-point source pollution from farming has become a significant contributor to water environmental degradation, particularly within river basins where it profoundly impacts water quality. This study quantitatively evaluates agricultural non-point source pollution loads and analyzes their driving mechanisms through basin-wide water quality assessments. The research employs modeling approaches to estimate pollutant sources and loads across regions with distinct agricultural practices and climatic characteristics. It further examines the effects of agricultural non-point source pollution on watershed water quality changes while proposing targeted remediation strategies. The findings demonstrate that agricultural non-point source pollution plays a crucial role in deteriorating basin water environments, while the proposed solutions provide theoretical foundations for enhancing water quality and achieving sustainable development between agriculture and water resources.

Keywords

agricultural non-point source pollution, load estimation, watershed water environment, pollution driving effect, water quality analysis

农业面源污染负荷估算及对流域水环境质量的驱动效应分析

李汗青

内蒙古中昕生态环保技术有限公司，中国·内蒙古呼和浩特 010010

摘要

随着农业现代化的快速发展，农业面源污染日益成为水环境污染的重要来源，尤其在流域范围内，农业面源污染对水环境质量产生了深远影响。本文通过定量估算农业面源污染负荷，并结合流域水环境质量分析，探讨了农业面源污染的驱动效应。首先，针对不同地区农业生产模式和气候特点，采用模型方法对污染物的来源和负荷进行了估算。其次，分析了农业面源污染对流域水质变化的影响，提出了相关的治理对策。研究结果表明，农业面源污染在流域水环境质量的恶化中发挥了重要作用，提出的对策可为提高水环境质量、实现农业与水资源的可持续发展提供理论依据。

关键词

农业面源污染，负荷估算，流域水环境，污染驱动效应，水质分析

1 引言

农业面源污染是指农业生产活动中产生的各种污染物通过降水、灌溉水或风力等自然因素的作用，进入水体、土壤或大气环境的一类污染。近年来，随着农业生产规模的扩大和化肥、农药等投入品的过度使用，农业面源污染问题日益严重，已成为许多流域水质恶化的重要因素。尤其在我国的许多农业流域，农业面源污染已对水环境质量产生了显著影响，导致了水体富营养化、生态退化等一系列问题。因此，准确估算农业面源污染负荷并分析其对流域水环境的驱

动效应，对于防治水污染、提高水环境质量具有重要意义。

当前，国内外关于农业面源污染的研究大多集中在污染源的种类及其来源分布，而对污染负荷估算和其对流域水环境质量影响的综合分析较为薄弱。因此，本研究结合实际情况，通过农业面源污染负荷的估算模型和流域水环境质量分析，探讨农业面源污染的驱动效应，力求为流域水环境管理和治理提供科学依据。

2 农业面源污染负荷的估算方法

2.1 农业面源污染负荷的定义及计算原理

农业面源污染负荷指的是在农业活动中，因施肥、灌溉、农药使用等行为，污染物通过地表径流进入水体的质量总量。其估算的基本方法通常依据污染物的排放量、降水量、

【作者简介】李汗青（1988-），男，中国安徽淮北人，硕士，工程师，从事水污染控制研究。

土地利用类型等多种因素。

负荷的计算通常使用以下几种方法：基于统计数据的经验模型法、基于过程的模拟模型法、基于地理信息系统（GIS）和遥感技术的空间分析法等。每种方法具有不同的应用场景和适用性，本文采用基于水文模型与农业活动参数的结合模型进行估算，以确保结果的精度和可靠性。

2.2 农业活动对污染负荷的贡献

农业面源污染的主要来源包括化肥、农药、土壤侵蚀物质等。化肥和农药的使用直接增加了水体中氮、磷等营养物质的负荷，而土壤的侵蚀则会携带大量的有机物和重金属污染物进入水体。因此，在负荷估算时，必须对各项因素进行分项分析，尤其要关注不同作物种植区域、施肥方式和农业活动强度对污染负荷的影响。

2.3 模型应用与负荷估算结果

通过应用水文模型与地面数据结合的估算方法，结合某流域农业面源污染的监测数据，计算出不同农业活动对流域水体负荷的贡献值。具体来说，利用水文模型模拟农业活动产生的面源污染物排放，结合气象、土壤类型和土地利用等因素，进一步量化了各类农业活动（如施肥、农药使用、灌溉等）对污染物的贡献。估算结果表明，农业面源污染负荷在总污染源中占据重要地位，尤其在春夏季节，由于农田灌溉和施肥活动的增加，农业活动频繁，面源污染负荷的贡献最高。随着农田活动的高峰期到来，水体污染物浓度显著上升，进一步加剧了流域水质的恶化，尤其是氮、磷等营养物质的浓度明显增高，直接导致了水体富营养化的发生。因此，农业活动在流域水质恶化中起到了不可忽视的作用[1]。

3 农业面源污染对流域水环境质量的影响分析

3.1 水环境质量变化与农业面源污染的关系

流域水环境质量的恶化与农业面源污染之间有着密切的关系，尤其是在农业活动频繁的区域，农业面源污染往往是水体质量恶化的主要来源。农业面源污染主要指的是化肥、农药、土壤侵蚀等污染物质，通过降水、径流等自然因素流入水体。特别是氮、磷等营养元素的过量流入，容易导致水体富营养化现象的发生。

富营养化是指水体中氮、磷等营养元素的浓度过高，促进藻类和水生植物的大量繁殖，形成水华现象。藻类在光合作用过程中释放出氧气，但在藻类死亡后，氧气消耗量急剧增加，进而引发水体缺氧现象。缺氧环境使得水生动物尤其是鱼类的生长受到严重抑制，甚至出现大量死亡的情况。此外，富营养化还会导致水体的透明度降低，水质变差，水体的自净能力下降。

通过对流域水环境质量的监测数据进行分析，可以发现农业面源污染的增加与水体富营养化之间存在密切的相关性。在许多流域，农业面源污染成为了水体富营养化的主要来源，尤其是在施肥量过高或农业排水设施不完善的地

区。随着农业面源污染负荷的增加，水体中的氮、磷浓度不断上升，导致富营养化现象愈发严重[2]。

3.2 农业面源污染对水体生态系统的影响

农业面源污染不仅会导致水体富营养化，还会对水体中的生态系统产生长远的影响。水体生态系统由水生植物、浮游生物、水生动物等组成，各部分之间相互作用，共同维持水体的生态平衡。然而，农业面源污染物的过量排放会破坏这种生态平衡，带来一系列不良后果。

首先，氮、磷等营养物质的过量流入会刺激藻类的过度繁殖，形成“水华”现象。当水华发生时，藻类繁殖过快会遮挡水面光照，影响水下植物的生长。同时，藻类死亡后，微生物分解它们时消耗大量氧气，造成水体缺氧。缺氧环境对水体中的生物，尤其是对鱼类和无脊椎动物的生长和繁殖产生极大影响，甚至导致大规模死亡。

此外，农业面源污染还可能引入有毒物质，如重金属和农药，这些污染物会积累在水生物体内，逐渐破坏水生动物的生存环境，并通过食物链传递，影响到整个生态系统的稳定性。有毒物质的积累还可能威胁到人体健康，尤其是在水源地和饮用水供应中，给人类带来不可忽视的风险。

农业面源污染对水体生态系统的影响表现得尤为明显的还有水质自净能力的下降。水体自净能力是水体对污染物的自然净化能力，但随着污染物浓度的不断增加，水体的自净能力逐渐被削弱，水质无法得到有效修复。这种恶性循环进一步加剧了水体的污染，严重影响了流域内水生生物的多样性和生态健康[3]。

3.3 污染负荷对流域水质的时空分布特征

农业面源污染负荷在不同季节和不同地区的分布特征存在显著差异，了解这种时空分布特征有助于更加精确地评估污染物的来源和影响，进而提出有针对性的治理措施。农业活动的季节性特点和气候变化是影响农业面源污染负荷的关键因素之一。

春季和夏季是农业活动的高峰期，特别是施肥和灌溉等农田管理活动频繁。此时，降水量较大，径流带走大量的农业面源污染物，特别是氮、磷等营养物质进入水体，使得水质污染最为严重。春夏季节，由于农田大规模施肥和水源需求增加，农业面源污染的负荷通常达到最高峰。而在秋冬季节，由于农田活动减少，降水量相对较少，农业面源污染的负荷则相对较低。

时空分析还表明，农业面源污染负荷在不同地理区域的分布也存在差异。在丘陵和山区地区，由于地形复杂，水土流失较为严重，土壤中营养物质容易随水流进入水体。而在平原地区，农业面源污染物的积累则受到灌溉制度和水流方式的影响。通过监测多个区域的水质数据，发现不同地区的农业面源污染负荷变化规律差异较大，这与当地的气候条件、土壤类型以及农业生产方式密切相关。

了解农业面源污染负荷的时空分布特征，不仅能够帮