

Analysis of total nitrogen in rivers flowing into the sea and countermeasures

Yonghai Cui

Longkou Environmental Law Enforcement Brigade, Longkou, Shandong, 265700, China

Abstract

Excessive total nitrogen discharge from coastal rivers has become a critical constraint in improving water quality of China's nearshore marine areas. The resulting eutrophication effects frequently trigger red tides and algal blooms, which not only threaten marine biodiversity but also directly endanger human health. This report systematically examines the current status and hazards of total nitrogen pollution, analyzes multidimensional causes including agricultural non-point sources, domestic pollution, industrial discharges, and centralized treatment facilities. Guided by the integrated governance philosophy of water resources, aquatic ecosystems, and environmental protection, the study proposes a dual approach: prioritizing conservation planning and coordinating urban-rural development. It advocates implementing engineering solutions and ecological restoration, supplemented by institutional innovation and technological empowerment. Through systematic basin-wide governance, the report aims to effectively address total nitrogen overloading in coastal rivers, providing scientific evidence for marine ecological conservation.

Keywords

total nitrogen exceedance, traceability, collaborative management, basin management.

入海河流总氮成因分析及管控对策

崔永海

烟台市龙口环境执法大队，中国·山东 龙口 265700

摘要

入海河流总氮超标已成为我国近岸海域水质改善的核心制约因素，其引起的富营养化效应易发赤潮、水华，从而影响海洋生物多样性，直接威胁人类身体健康。本报告系统梳理总氮污染的现状与危害，系统分析了农业面源、生活污染源、工业企业集中处理设施等多维成因，坚持水资源、水生态、水环境协同治理理念，提出保护规划先行、统筹城镇和农村两个方向，实施工程治理和生态修复，辅以制度创新与技术赋能，系统协调推进全流域治理，有效破解入海河流总氮超标难题，为海洋生态环境保护提供科学依据。

关键词

总氮超标，溯源，协同治理，流域共治

1 总氮污染的现状与危害

入海河流总氮是考核陆海统筹协同治污的关键指标，我国入海河流总氮和近岸海域总氮均以溶解态无机氮为主，“十三五”期间总氮超标成加剧趋势，“十四五”期间总氮超标总体略有好转，但个别地区仍居高不下。当水体中氮、磷浓度超标时，水质会出现富营养化状态，导致近岸海域易发赤潮、水华，从而影响海洋生物多样性，受污染的海产品进入市场会直接威胁到消费者的身体健康。

1.1 区域分布特征

我国海域总氮污染呈现显著的近岸高值化趋势，渤海入海河流总氮超标相对突出，其他海域入海河流也存在类似

问题。其中东北地区辽河、滦河流域总氮浓度长期处于劣 V 类水平；长江口-杭州湾海域近年来一直是劣 IV 类水质主要分布区域，东海海域监测结果显示，总氮浓度夏季自西北向东南递减，其中浙江省北部近岸海域为高值区，冬季则因水体混合作用导致浓度整体上升。以上时空分布差异与所在流域人口密度、产业结构密切相关。

1.2 生态危害机制

总氮浓度过高加剧了水体中微生物大量繁殖、藻类过度繁殖，近岸海域夏季浮游植物繁盛期总氮被大量消耗，秋季生物残体矿化导致浓度快速回升，周而复始形成恶性循环。入海河流长期总氮输入导致海域出现以下情况：一是溶解氧耗竭，藻类死亡后细菌分解有机物，消耗水中溶解氧，造成鱼类死亡；二是生物多样性下降，敏感物种如珊瑚、贝类因缺氧和毒素积累而逐渐衰退；三是赤潮、水华频发，渤海湾近年赤潮事件总氮超标区域占比超 60%，直接威胁正

【作者简介】崔永海（1971-），男，本科，高级工程师，从事环境保护工程研究。

常渔业生产。

2 总氮超标的多维成因分析

总氮来源比较广泛，经济社会发展和城乡居民生产生活方式变化必然导致总氮排放量的动态变化。

2.1 农业面源污染

农业面源总氮污染主要是农业生产生活化学品和废弃物处置不当引起的，特点是分散性、隐蔽性、延迟性，监测难度大，治理周期长。

传统农田氮肥利用率不足40%，未被作物吸收的氮会通过雨水冲刷进入地表水，通过土壤渗透至地下水，造成总氮污染；畜禽养殖粪污处置不规范，三防措施不到位，污水外排至水体或渗透至地下水，造成总氮污染；农村生活污水，渔业养殖尾水，农村生活垃圾、农业生产废弃物乱堆乱放和不规范填埋处置都直接造成总氮污染，地膜残留物在降解过程中释放的塑化剂会吸附土壤中的氮素，通过径流迁移至水体，间接造成总氮污染。

2.2 生活污染源污染

生活源总氮污染主要是人类日常生活产生的生活污水和生活垃圾，含有大量人体代谢废物、食物残渣等，有机氮和氨氮含量较高；生活垃圾随意堆放和不当处置会分解产生含氮化合物，经雨水冲刷渗入地表水，渗入地下水，造成总氮污染。城市和城镇污水收集管网覆盖率偏低，居民小区污水管网雨污不分流，叠加污水处理厂建设滞后，生活污水收集处理能力不足、造成生活污水直排入河。雨污合流泵站溢流也是城市河流总氮的重要来源，汛期管网清掏不及时导致积存污水、污泥和垃圾直接入河，导致总氮超标。

2.3 工业企业和集中处理设施污染

工业企业数量多、排放量大，尤其是高氮行业（如化工、制药、食品加工等）的生产废水若未达标处理直接排放，会带入大量有机氮或无机氮；少数工业企业污水处理设施除氮效率低，外排废水总氮超标，外排废水总氮浓度长期处于较高水平。

污水集中处理设施总氮超标主要原因包括工艺缺陷、设备故障、管理疏漏等，若污水处理厂处理工艺存在设计缺陷，总氮去除能力不足，即使外源输入得到控制，仍会导致排放废水总氮超标；垃圾集中处理场导致总氮超标主要是渗滤液处理设施运行异常，也与碳源不足及工艺参数失控有关。

2.4 其他影响成因

土地开发导致植被破坏是水土流失的直接诱因，水土流失会引发水体氮含量超标；近年来气候变化导致降水北移，强降水量和降雨频率变化加剧了氮素流失；地下水总氮污染间接影响了地表水，水体自净能力下降导致氨氮积累。

2.5 监管与技术的双重缺失

监测能力不足。沿海各地区中只有少数入海河流安装了总氮在线监控设施，多数地区仍未建立总氮在线监测网

络，现阶段只能依赖人工采样导致数据滞后，监测能力不足。

属地部门联动协调机制亟待加强。总氮治理资金投入大、周期长，生态环境、农业农村、住建、水利等部门受资金和执法能力限制，靠单打独斗很难取得实效，必须依靠属地党委、政府，强化属地部门联动协调工作机制。

3 总氮治理实践路径与创新探索

总氮治理是场持久战，不可能一蹴而就，应从构建治理长效机制，统筹城镇和农村两个方向，实施工程治理和生态修复，系统协调推进全流域总氮治理。

3.1 构建治理长效机制

保护规划先行。鼓励各地区编制流域水生态环境保护规划和专项规划环评，推动绿色发展转型和产业结构优化升级，明确水体水生态环境功能和保护目标，可设置入河排污口数量、规模、布局和排放管控要求，制定科学合理的保护措施，有效应对水环境挑战，推动高污染、高能耗产业转型。

分类排查整治排污口。对工业企业、农业生产、生活排污口、雨水口实施差异化管控，“一口一策”动态管控；逐步将河道内和河道管理范围内的排污管道移出，消除污水外溢污染河道环境安全隐患。

监测、执法协同机制。鼓励有总氮超标严重地区建设总氮智能实时监测系统和数据共享平台，合理设置断面监测点，适度增加人工监测频次，实现总氮浓度超前预警；落实好“排污单位排污口—排污管道管道井—入河排污口—河流断面”四点全过程监管机制，发挥好河湖长制常态化巡查、快速应急响应，抓好问题整改，举一反三防问题反弹。

3.2 工业企业和集中处理设施治理重点

工业企业和污水集中处理设施靠现有技术和管理执法手段可实现有效控制。重点是清洁生产和精细化管理，清洁化生产解决源头管控问题，优先使用低氮原料，推广“废料回用”模式，减少氮素流失；精细化管理提升污染防治设施综合运维水平，引导企业主动实施提标改造，优化总氮处理工艺，减少总氮排放量。强化执法检查，畅通信访投诉举报渠道，加大违法企业联合惩戒力度。

3.3 城镇方面治理重点

污水处理提质增效。按照因地制宜、查漏补缺、有序建设、适度超前的原则，加快城市污水处理厂建设和总氮去除工艺改造，消除污水处理厂污水溢流和总氮超标问题，有序推进城区污水管网错接和破损隐患点改造任务，持续开展城区雨洪排口巡查，对存在晴天生活污水直排的，开展溯源排查，雨污混错接问题即知即改、动态清零。

黑臭水体动态清零。定期对城区、城乡结合部和镇驻地黑臭水体开展水质监测，返黑返臭问题立行立改，动态清零。

垃圾分类与资源化利用。加快推进无废城市建设，推广“分类收集减量+分流收运利用+全量焚烧处置”模式，结合绿色家庭、绿色商场等创建标准，形成生活垃圾分类与

资源化利用的闭环管理体系，提高回收利用率，减少了氮素排放。

3.4 农村方向治理重点

因地制宜发展生态循环农业。精准管控推广水肥，普及测土配方施肥技术，通过生态种养模式减少氮肥用量和农药使用减量，应用低毒农药、生物或物理方法防治病虫害；将秸秆、畜禽粪便、残果等农业废弃物转化为资源，回收利用；建设农田生态沟渠、小型人工湿地，有效拦截农田径流中的氮素。

畜禽养殖和渔业养殖绿色转型。种养结合模式推广畜禽粪污资源化利用，通过沼气设施和生产有机肥等方式将氮素还田，减少化肥使用量，减少总氮排放。渔业养殖优化饲料配方，推广多营养层级综合养殖，通过藻类、贝类等吸收水体中氮素，减少饲料残留；推广“生态养殖+滤网过滤+沟渠净化”三层净化养殖尾水技术。

农村生活污水治理可持续运维。鼓励探索推进高效合一技术应用，用收益反哺运维，加大以奖代补力度，通过建立市场化运维体系，实现污水设施可持续运维。

完善农村生活垃圾收集转运体系，推行“村级收集、镇级转运、县域处理”体系，合理配置生活垃圾收集转运设施，定期开展积存垃圾集中清理整治，清理田边、地头、路边、沟渠、河道等区域积存垃圾。

3.5 工程治理与生态修复重点

总氮治理工程治理涵盖了节水控制、污水处理、中水利用和生态修复的全流程体系。节水控制不仅要减少新水取水量，还包括建设海绵城市和中水、废水循环利用；新建污水处理厂，实施污水处理厂提标改造，推广脱氮新技术实现总氮深度治理；采取老旧小区升级改造、建设污水调蓄池、雨污分流改造和新增溢流污水快速净化设施等措施，消除汛期污水溢流风险；在重点支流和污水处理厂下游建设水生态修复和尾水人工湿地工程，利用植物吸收和微生物降解降低总氮浓度；实施生态清淤工程，修复水生植物修复带，保持河流生态基流，重建河道水生生态系统，保持水体水质长效稳定向好。

4 挑战与突破方向

4.1 主要挑战

农业面源总氮管控难。农业氮流失具有随机性，特点是分散性、隐蔽性、延迟性，传统监测手段难以精准溯源。

汛期污染问题突出。进入汛期后，降雨导致地表径流明显增多，旱季藏污纳垢，雨季零存整取，溢流污染等问题频发。

地下水总氮治理难。地下水总氮超标成因复杂，治理周期长，污染物一旦进入地下水水体很难快速消减。

总氮治理成本高昂。污水处理厂、污水管网建设和雨污改造、人工湿地建设投入巨大，运行维护成本高，需要持续政府和社会资金持续投入。

4.2 突破方向

动态预警监测，强化汛期管控。通过建设总氮智慧监测网络，实现总氮浓度实时采集与智能分析，对比分析数据变化趋势，精准溯源。汛期提前做好应急准备，管网保持最低水位运行；雨中加大污水处理厂污水处理量，减少污水冒溢风险；雨后第一时间加强城区河道巡查，及时发现管网冒溢问题，开展排查疏通，杜绝污水直排河道现象。

水资源保护、水生态修复和水污染防治协同推进。通过地方立法和部门规章，全流域执行统一排放标准与监管措施，建立完善查因、整改、追责三同步工作机制。重点耗水和排污单位要率先垂范，加强节水管理，积极推行清洁生产，优化生产流程，全面有效降低排水量和污染物的排放。因地制宜开展河流、湖泊生态缓冲带建设，建设恢复湿地功能，增强水体自净能力。

先治标后治本，科学精准治污。总氮治理切忌盲目追求“治本”而致短期问题未解决，先治标后治本是指因受技术限制，优先解决表面问题（治标），再逐步解决根本问题（治本）。科学精准治理总氮只有以技术创新为驱动，制度创新为保障，才能实现从单一污染治理向水资源、水生态、水环境协同治理的转变。

鼓励和支持社会资本参与，跨区域协同治理。鼓励和支持社会资本参与总氮治理及其相关生态保护修复项目；对有稳定经营性收入的项目，可采用政府和社会资本合作、特许经营等模式，也可按规定通过投资补助、运营补贴、资本金注入等方式鼓励支持社会资本获得合理回报。完善跨区域流域生态补偿机制，通过水质考核与财政资金奖惩联动实现流域共治。

5 结论

入海河流总氮治理要打通区域和制度屏障，全流域系统协调治理，通过农业绿色转型、工业清洁生产、生活污水提质三大工程，辅以制度创新与技术赋能，水资源、水生态、水环境协同治理，有效破解入海河流总氮超标难题，保障河流水质稳定达标，改善近岸海域水质。

参考文献

- [1] 刘付鑫,陈倩,辛卓航,宋长春.沧州南排河总氮污染状况及溯源分析[J];环境化学,2025,44(2):507-521.
- [2] 王恒钦,乔志刚,李瑞月,罗军,陈德.水体总氮来源分析及源头管控措施[J];浙江农业科学,2024(10):2502-2508.
- [3] 邓嘉辉,王权明,谢成磊.陆海统筹的总氮污染治理研究进展及对策建议[J];海洋环境科学,2024,43(5),664-671.