

统筹管理、综合治理 突破农村水污染治理难题^{*}

Breakthrough the Bottlenecks of the Rural Area Water Pollution Control by Overall Managing and Comprehensive Controlling

摘要 种植业污染、养殖业污染和生活污染是农村水体污染的三大来源。农村水污染治理既是农村生态卫生与人居环境卫生改善的需要,也是当前及今后我国整体水环境改善由量变向质变过渡的关键。除具有显著的非点源污染特征外,我国农村污染的产生与治理还有着深刻的农村和农业背景。这三大背景特征造就了我国农村污染治理的结构性瓶颈,为此本文提出“统筹管理和综合治理”的对策建议。

关键词 农村水污染治理 ;非点源污染特性 ;农村社会与经济特性 ;统筹管理 ;综合治理

文/范彬

农村污染与城市污染和工业污染并列为环境污染的三大来源。随着我国城市和工业污染控制向深部推进,农村污染已迅速上升为我国环境的第一大污染源,尤其是在常规污染方面。农村水污染泛指在农村生产和生活的各个环节中产生的对地表水体和地下水水质污染的现象,不仅包括农村源水体污染的控源减排,也包括农村受污染水体的水质修复,控源减排是当前农村水污染治理的重点任务。农村是食品和饮用水的主要来源地,同时也是生态环境产品的主要供给者,农村水污染治理不仅是农村环境卫生改善的内部需求,也是我国水环境质量整体改善的重要需求。

由于深层次的农村经济与社会背景,使得我国农村水污染治理的艰巨性远远超过城市与工业污染治理。当前,农村水污染控制已成为我国整体水环境质量改善由量变向质变过渡的关键所在。

农村水污染排放与治理的现状

根据污染源特征及其治理的技术特点,可以将农村水污染排放分为种植源、养殖源和生活源三大类,这三类污染源的划分基本上构成了对农村源水体污染排放的全覆盖。

种植源污染排放

种植源水体污染是指由粮食、蔬菜、水果以

及其他经济型作物种植所引起的向地表水体和地下水排放的污染。

农业中过量使用化肥是种植源污染对我国水环境的第一大威胁。我国农业施肥技术落后,肥料利用率不高,农民片面追求生产的高效益而过量使用化肥的现象十分普遍,导致大量氮、磷、营养元素随地表径流、地下淋溶进入地表和地下水,是进一步导致地表水体富营养化和地下水硝酸盐等污染的主要原因。我国耕地面积不到世界面积的1/10,但是氮肥使用总量占全世界的30%以上、单位面积用量高出世界平均水平的2倍以上,磷肥的使用量占全世界的26%,单位面积用量高出世界平均水平1.86倍。2012年,我国氮肥总消耗量以6383.7万吨位居世界首位,磷肥总消耗量也达到了1980.5万吨^[1-2]。按播种面积计算,我国化肥年使用量已超过400千克/公顷,其中太湖流域高达600千克/公顷,远远高于发达国家为防止水体污染而设置的225千克/公顷的安全标准。由于在施肥时间、施肥量和施肥方法上的不合理性,以及农业集约化水平低下,直接导致我国化肥利用率低。我国化肥中氮素的利用率仅为30%~35%,磷的利用率仅为10%~20%,钾的利用率仅为35%~50%。农田氮肥的损失率居高不下,其中稻田为30%~70%,旱田为20%~50%。大部分

^{*}基金项目 :国家水体污染控制与水环境改善重大科技专项(2011ZX07301-003);国家自然科学基金(51278484)

随着我国城市和工业污染控制向深部推进,农村污染已迅速上升为我国环境的第一大污染源,尤其是在常规污染方面。

未被利用的氮、磷和钾等养分通过径流、淋溶等方式进入环境水体,污染地下水和地表水。

农药的不当使用及其在环境水体的流失是农业源污染对环境水体的第二大威胁。2009年我国农药的使用量高达226.2万吨,而施药过程中仅10%左右粉药剂、20%左右液体药剂附着在植物体上,只有1%~4%的药剂接触到靶标^[3]。一方面农作物直接吸收并残留于体内致使农产品中农药残留超标,残留农药通过食物链发生迁移、累积,严重危害人畜健康。另一方面,农药没有得到合理施用,喷洒过程浪费的农药通过径流、淋洗作用进入地表和地下水环境,导致江河湖泊等水体污染。

除化肥和农药外,农业垃圾(主要是植物残肢和使用后农用物资)的随意堆放、遗弃也是导致种植源水体污染的重要因素。

养殖源污染排放

源自农村养殖业的水体污染排放包括畜禽养殖和水产养殖。2010年,我国猪、牛、家禽年末存栏量分别达到约4.6亿头、1.1亿头、53.5亿只,肉类产量连续22年居世界第一。与此同时,畜禽养殖业废水中排放的化学需氧量、氨氮排放量分别达到1148万吨和65万吨,分别占全国排放总量的45%和25%,猪、牛、鸡畜禽粪便总排放量达22亿吨/年,是工业固体废物排放量的2.4倍,粪便中化学需氧量的含量是全国工业和生活污水排放化学需氧量之和的5倍。我国畜禽养殖的80%集中在人口比较集中、水系比较发达的东部沿海地区和大城市周围。

我国畜禽养殖的规模化和集约化程度不断提高,加大了对环境的冲击。因畜禽粪污运输困难、施用麻烦且无化肥的速效作用,因此大量畜禽养殖粪便、废水及废弃物被直接排入或被抛弃到江河湖泊中。畜禽粪便、废水和废弃物等含有高浓度化学需氧量、生化需氧量、氨氮、总磷、病原微生物、抗生素、激素、重金属等污染成分,对环境水体造成巨大威胁。从畜禽粪便作为有机肥还田利用的土地消纳负荷来看,我国总体的土地负荷警戒值已经达到环境胁迫水平的0.49,部分地区如山东、河南、湖南、广东、广西等地已经呈现出严重或接近严重的环境压力水平^[4]。

我国水产养殖业规模不断增加,但养殖生产方式粗放,饵料、添加剂和药剂大多超量投放,养殖强度超过单位水面或水田的承载能力,投放的饲料所含的氮、磷大约只有9.1%和17.4%被养殖的水产品种所吸收^[5],残剩饲料和排泄物形成的污染物会直接导致养殖水体变浊、变臭和富营养化。

生活源污染排放

目前,全国共有建制镇约20000个、集镇15000个、行政村60万个(含260万个自然村),村镇户籍人口9亿,其中镇区人口2亿,村庄人口7亿。随着农村生活方式的城镇化和农田用肥的无机化,农村的人粪尿和生物性有机垃圾的还田路径趋于彻底阻断,不仅影响到农村生活卫生与人居环境,而且成为农村水体污染的主要来源之一。

未经处理的农村生活污水直接排放是农业面源污染的重要形式。农村生活污水是指镇区(包括建制镇镇区、乡中心区和农场场部)和村庄生活区范围内的主要由居民生活污水排放所造成的水体污染。随着经济社会发展,我国村镇管道供水趋于普及,农村居民拥有洗衣机、家庭洗浴等用水设施,用水量显著增加,生活污水产生量也随之增加。同时,由于我国目前城镇化发展迅速以及新农村建设战略的实施,村镇居住区人口规模和人口密度都呈显著增加的趋势,生活污水排放的集中程度以及总排放量都呈上升的趋势,尤其在一些先发展的地区以及传统生活用水量较高的地区,污水排放的强度显著提升。根据中国科学院生态环境研究中心开展的全国调查与测算,2008年全国(未包括西藏、台湾、香港、澳门,以下同)镇区生活污水年产生总量为26.40亿吨,其中化学需氧量为389.5万吨,总氮62.3万吨,总磷5.6万吨;村庄生活污水年产生总量为98.60亿吨,其中化学需氧量为904.0万吨,总氮量为115.5万吨,总磷量为10.9万吨。村镇生活污水排放所带来常规污染负荷约为城市污染排放量的1.5倍,接近城市和工业污染的总和^[6]。

农村垃圾是一种常常为人们所忽视的水体污染源。根据垃圾是否易于腐烂将垃圾分为易腐垃圾和惰性垃圾。农村垃圾中的易腐成分主要来自传统水厕或旱厕粪便、散养的畜禽粪便、餐厨垃

圾以及堆存在田间地头的农作物残留物，这些物质腐烂分解后是主要的化学需氧量、氮、磷、悬浮颗粒物及病原微生物的来源。相对惰性的成分主要是灰渣、废弃的用品及包装物等，这些物质是潜在的有毒有害污染物来源。由于得不到有效的管理、收集、处理和处置，农村垃圾常常被弃置于房前屋后、田间地头，有相当一部分更是被直接倾倒入沟渠、河道，成为农村地表水和地下水污染的重要来源。目前对农村垃圾源水体污染负荷还没有精准的测算，但是根据推测，农村垃圾对水体污染的贡献不亚于农村生活污水的直接排放。

农村水环境与水污染治理现状

总体而言，我国当前农村水污染治理水平十分低下，种植源水污染治理几近空白，一些规模化养殖场和发达地区的村庄虽然已拥有或开始建设废水或污水处理的设施，但实际处理的效果非常有限，长效运行缺乏保障。在农村源污染对各类环境要素的相互作用和相互影响中，种植源污染对水资源与水环境产生影响的途径最多，强度最大，范围最广。这种影响具体体现在以下三个方面：

第一，河流水质恶化与湖泊富营养化。农药、化肥的过量与不合理施用，导致大量的氮、磷元素进入周边池塘、河流、湖泊，使水域生态系统富营养化，水体缺氧、变绿、发黑、发臭，浮游植物大量繁殖，河流淤塞，耐污物种爆发，水生生物死亡，水生态系统失调。环保部调查结果显示：在我国水体污染严重的流域，农田、畜禽养殖和农村居民的生活排污是造成流域水体氮、磷富营养化的主要原因，其贡献远远超过来自城市地区的工业点源污染和生活点源污染^[7]。

第二，地下水硝酸盐污染。我国有7亿多人口饮用地下水，有半数以上城市、乡村的经济发展和居民生活用水以地下水为主，但地下水与其他环境资源一样其污染问题日益严重。总体来看，我国地下水硝酸超标率较高，硝酸盐超标面积较大。研究显示，种植源污染是地下水硝酸盐污染的主要原因。目前我国高氮肥用量的集约化农田已占全部农田的30%，在人口密集的城市周边地区，高氮肥用量的菜、果、花种植的农田更是

达到50%以上。由农业面源污染导致的地下水硝酸盐污染已经对数亿人口的饮用水水质安全构成了严重威胁。

第二，水体生态系统服务功能下降。水体生态系统服务功能的类型可归纳划分为淡水供应、水能提供、物质生产、生物多样性维持、生态支持、环境净化、灾害调节、休闲娱乐和文化孕育等。水体生态系统服务功能价值巨大。但近年来，农业源污染加剧使水体生态服务功能的正常发挥受到极大限制，各类污染负荷超过环境自净能力，造成水质恶化、水体自我调控和修复能力下降，水体生态系统服务功能被阻断。在人口密集的中东部地区，除少量受到严格保护的饮用水水源地之外，绝大部分的农村地表水体已经丧失了人体直接接触的景观娱乐功能。

农村水污染治理面临的难题

我国农村水污染治理所面临的难题由农业、农村、面源这三大特征所决定。

我国农村水污染的产生与治理有着深刻的农业背景。我国是世界第一人口大国，人多地少的基本国情决定粮食安全是我国的一项长期性战略任务。《国家粮食安全中长期规划纲要（2008—2020年）》中提出要求：耕地保有量不低于18亿亩，谷物播种面积稳定在12.6亿亩；同时还提出了2020年全国粮食综合生产能力达到5400亿公斤以上，即在现有基础上增产1000亿斤。不论过去、现在或将来，确保以总量供应为核心的粮食安全始终是我国农业生产的首要任务，且不容许有任何闪失。我国用全球9%的耕地和6%的可用水量资源维持世界22%的人口温饱和国家经济发展。因此在农业生产中对耕地和水资源的高强度利用不可避免。在保证粮食和肉产品供应的前提下，减少高强度种植和养殖对环境的冲击是农村污染治理面临的最大挑战。

我国农村水污染的产生与治理还有着深刻的农村背景。长期以来，我国实行城乡二元发展体制，农产品价格低廉，农村经济基础薄弱，基础设施建设匮乏，农民保护环境与保证食品健康的觉悟不高。国家为保粮食产量，在化肥、农药等农用物资领域长期推行价格补贴政策，直接诱导

了农业生产的粗放式、低品质增长。农村环境保护与污染治理需要大量的资金与资源投入（包括农民支持），治理任务的艰巨性与治理投入难以满足治理需求的矛盾是农村水污染治理面临的第二大难题。

与常见城市与工业点源污染不同，农村水污染的产生与治理有着显著的面源及分散的特点。一是污染的空间位置与地理边界不易识别，例如种植过程所导致面源污染随流域内水文水质、地形地貌、土地利用状况及气候的不同而呈现空间异质性和时间不均匀性，污染物的迁移转化途径分散多样。二是污染发生的随机性和不确定性强，农作物的生长过程不仅受土壤结构、降水量、温度等自然要素的影响，而且受耕作方式、生产资料保障情况、市场状况等诸多条件的制约。不同作物、不同的自然条件以及不同的生产方式均可能影响氮、磷等养分在环境中的存在形态与迁移损失状况。三是污染的滞后性和隐蔽性，农药、化肥在农田中存留时间的长短决定农业面源污染滞后性的长短。通常情况下，农药、化肥一次性投入使用所造成的潜在面源污染具有累积性和长期性。

另外，环境中的部分有机污染物也会与其他物质产生反应，从而诱发二次污染，或在其他地域、其他时间引起污染，具有高度的隐蔽性。四是不易监测性，与点源污染的固定地点排放不同，农业面源污染的发生呈现多点位特征，且在特定区域内交叉排放，加之受气象、水文、地理等客观因素的影响，因此很难监测到单个污染源的具体排放量，即便是进行连续监测和跟踪监测，在不同微区域、不同时间段和作物的不同生产周期，监测结果都会有较明显的变化。五是污染防治难度大，面源污染物以弥散方式排放，时断时续，难以精确计算排污量，难以通过常规的工程手段进行防治。另外，农业面源污染大多发生在农业生产过程中，而目前我国农业生产以小农方式为主，技术落后，生产率和农业比较效益低下，要在生产源头和生产过程中防治农业面源污染，其难度较大。农村分散污水（生活污水和小型养殖业废水）总量大、分布广但规模小，在治理的工程上与典型的工业点源和城市源污水

处理有显著的区别，工程实施难度大、建设与运行的单位成本高、运行维护困难，因此对管理的精细化要求高于常规的点源污水处理。但是，我国目前无论是在农田面源污染治理方面还是在农村污水和养殖废水治理方面，不仅治理的技术手段（装备、材料、方法等）缺乏，而且规划、设计安装与运行的技术以及各类标准、规范、指南等也都十分缺失。面源污染对治理技术的特殊要求以及当前我国在治理技术手段与管理手段的缺失，是我国农村水污染治理面临的主要技术性难题。

农村水污染治理的对策建议

针对当前我国农村水污染治理所面临的难题提出如下建议。

统筹管理

基于农村三大污染源背后所隐藏的深刻农村社会、农业生产背景及其以面源为主的污染特征，我国在农村污水治理中必须强化统筹管理。

一是在保证我国粮食及肉类总量供应的前提下，统筹种植业和养殖业在地区间的发展布局，通过调节农产品生产与消费的再平衡，削减人口密集的东部地区和中心城市周边的农村污染负荷。基于分地区污染负荷管理目标，建立区域性农业生产负面清单，通过差别性税收、补贴、环境法制建设等组合手段，推动不同种植业和养殖业在地区间的优化分布，使高污染的种植业和养殖业向低污染负荷地区转移，在人口密集的东部地区和中心城市周边大力发展精细化、高附加值和低污染负荷的生态型农业。取消现行的大水漫灌式化肥工业补贴政策，加大对有机肥生产与使用的补贴，促进生态型、循环型农业发展。

二是建立农村污染统筹治理的责任体系。明确各级政府统筹治理资金和组织实施污染治理的责任；对基础性粮食生产和农村生活污染，建立以农村排污人为责任主体、城市居民及盈利性机构共同分担的农村污染治理资金责任分担体系；对经营性种植业及养殖业污染，强化谁污染谁治理原则的同时，逐步建立以政策为支点、以市场为杠杆调控的源头削减与末端治理防治体系。

三是建立以县域为最小单元的区域统筹组织

基于农村三大污染源背后所隐藏的深刻农村社会、农业生产背景及其以面源为主的污染特征，我国在农村污水治理中必须强化统筹管理。

与实施的体系。我国的国情决定了政府在农村污水治理中的主导性地位。农村污染面广、量大，污染主体高度分散、居民觉悟与能力参差不齐，治理资金筹集、工程实施、运行维护均严重依赖于法规政策的支持以及整个治理实施过程的精细化管理。因此通过在一定范围内对农村污染治理实行统一管理、统一规划、统一建设、统一运行有利于在保证实施质量的前提下降低建设与运行成本。在我国现行制度下只有到县一级政府才有财政统筹和政策制定的能力，因此建立开展以县域为最小单元的农村污染统筹治理是比较恰当的安排。

四是打破行业界限，统筹管理农村三大污染治理。种植业污染、养殖业污染和生活污染分别属于不同的行业范畴，在源头控制和末端治理上都有各自特点，因此传统上是按行业分别管理。但是在农村，这三大污染在空间分布上犬牙交错、边界模糊，污染效应相互叠加，在资源上也存在共享和交换的空间。因此各地在开展农村污染治理时，应因地制宜，建立打破行业界限、统筹农村污染治理体制。

综合治理

无论是源头控制还是末端治理，农村水污染治理都不能脱离农村、农业和面源这三大背景的约束，因此在制定治理目标时必须恪守方向正确、指标适当、技术和经济可行的原则，在制定技术方案时必须以管理为先导，通过综合治理提高污染治理实施绩效。

积极推广农业面源污染最佳管理技术、控源减排技术、减量控害技术和生态拦截技术，大力研发高效农机农具，提高农民科学用肥用药意识与技术水平；大力发展生态农业，高效、合理利用农业资源，实现农业的清洁生产。

推广雨污分流技术、干湿分离技术和设施化处理技术进行畜禽养殖粪污防治；发展养殖用水循环利用与废水处理技术，实现水产健康养殖；按照因地制宜与标准化相结合的原则，发展易控、节能的农村生活污水处理技术，对农村生活污水进行无害化处理；加强沼气技术创新，适应农村生产生活方式转变。

在条件许可的地区大力发展农村生产与生

活循环的组合治理模式，建立农田面源—畜禽养殖—农村生活污染一体化治理的体系，在满足现代生产方式和生活文明的前提下，重建从土地到土地的资源再生利用链条。

结语

农村生态环境是农村和农业发展的前提和基础，农村水污染治理不仅是我国整体水环境改善由量变向质变转化的关键，也是实现农业可持续发展和新农村建设的必要条件。达成农村水污染治理的可行性、有效性和长效性，关键在于突破当前我国农村水污染治理的瓶颈。必须构建具有中国社会主义特色的农村面源污染防治体系，统筹管理、综合治理，结合具体实际，以政策制度建设为根本，以法律法规完善为关键，以技术及产业发展为支撑，以体制机制创新为保障。只有实施“统筹综合，四位一体”的防治对策，才能从根本上扭转农村环境污染不断恶化的趋势，缓解农村水环境压力，改善农村水环境质量，提高水环境服务功能，实现农村生产、生活、生态的协调发展。^{④B}

参考文献

- [1]国家统计局，环境保护部. 中国环境统计年鉴2013[M]. 北京：中国统计出版社，2013.
- [2]国家统计局. 中国统计年鉴2013[M]. 北京：中国统计出版社，2013.
- [3]段然，王刚，孙岩，等. 农业清洁生产现状及对策研究[J]. 中国农学通报，2007，23(03)：494-499.
- [4]朱建春，张增强，樊志民，等. 中国畜禽粪便的能源潜力与氮磷耕地负荷及总量控制[J]. 农业环境科学学报，2014，33(03)：435-445.
- [5]王瑞，魏源送. 畜禽粪便中残留四环素类抗生素和重金属的污染特征及其控制[J]. 农业环境科学学报，2013，32(09)：1705-1719.
- [6]范彬，严岩. 全国农村污水调查报告[Z]. 北京：住房和城乡建设部内部资料，2010.
- [7]环境保护部，农业部. 全国畜禽养殖污染防治“十二五”规划[Z]. 北京：2012.

(作者系中国科学院生态环境研究中心研究员、住房和城乡建设部农村污水处理技术北方研究中心副主任)