

构建清洁流域 推动环境质量改善

农业复合污染型清洁小流域构建课题助力太湖水质提升

太湖是我国污染严重的“三河、三湖、一库”重要水体之一。2014年6月江苏省人民政府批复《江苏省太湖流域水环境综合治理实施方案(2013年修编)》要求各有关地方政府和部门要以“一环两区”(环太湖一级保护区、太湖上游地区和望虞河调水通道沿线地区)和省界断面为治理重点,突出氮磷污染控制,保障饮用水安全,加快推进产业结构调整,扎实开展控源截污、污染治理和生态修复,提高太湖治理科技水平,完善长效管理机制,在更高水平上实现“两个确保”。太湖西岸主要入湖河道之一,也是贯通太湖和太湖的主要河道。太

湖为清洁生产、清洁生产、清洁生境和清洁管理治理模式,从而推动区域环境质量改善和长江经济带高质量发展。

“十三五”期间,国家水体污染控制与治理科技重大专项重污染区(武进)水环境整治技术集成与综合示范项目设置了“太湖运河农业复合污染控制与清洁流域技术集成与应用”课题(2017ZX07020004),由南京师范大学承担,联合东南大学、江苏省农业科学院、上海市农业科学院、常州大学、清华大学和华中师范大学组成攻关组开展技术研发与工程示范建设。

课题在“十二五”研究基础上,集成突破了村落生活污水生态组合技术、农田种植业化肥增效及氮磷减排技术、畜禽养殖废弃物高值资源化技术、水产养殖废水净化及养分资源化技术和支浜强化净化及原位生态修复技术,构建了以清洁生产、清洁生活、清洁生境和清洁管理为主线的技术体系,并基于工程示范,对构建的体系进行了小流域验证,从而为农业复合污染型清洁流域构建提供技术支撑和示范样本。



课题组骨干成员

一级B排放标准(GB18918-2002);2.工艺简单,建设和运行成本低,吨水建设成本从8000元降至7500元,吨水处理成本从0.4元降低至0.15元以下;3.经济效益显著,生态单元种植经济型作物每亩年价值达1万元以上;4.运维方便,仅需一台水泵驱动,可无人值守运行,定期巡检即可;5.污泥量少,污泥稳定无害,可农业利用。这项技术已入选农业农村部公布的“2019年农业主推技术”。

截至目前,课题研究的高适应性村落生活污水生态组合处理技术已应用于太湖流域,并推广至北京、山东、云南等省市,建成示范工程30余座,处理总规模300吨/天,已建工程均得到了应用单位的高度好评,对当地农村水环境的改善做出了贡献。同时课题编制的江苏省《村庄生活污水治理水污染物排放标准》(DB32/T 3462-2018)(已颁布),《太湖流域村落生活污水治理技术规程》(征求意见稿),助力江苏省农村环境保护标准体系建设,适应了我国新形势下农村环境改善和资源利用的要求,为农村生活污水治理提供了高效、适用、标准化、成套化的技术和装备。

技术实施后,养殖废水中mg/L以下,其水质优于地表水V类标准,有效保障了区域水产养殖的清洁生产。COD维持在30 mg/L以下,NH₃-N在0.75 mg/L以下,TP在0.3

针对不同污染区域,构建了近浜一支浜一河道全方位的清洁生境技术体系

在典型农业复合污染区,针对支浜及其次级河流水质较差、原生生态系统退化,关键物种消失,河道水质较差等问题,课题结合时空分布特性,对支浜进行底泥清淤—微地形改造—基底修复—水系活联—生态廊道—植物修复等单项技术的实施,构建了集“生态缓冲带—生态岸—挺水植物—水下森林”于一体的河网生境改善集成技术,并进行综合示范,逐步修复受损生态系统,维持河道生态及水质的动态平衡,逐渐恢复和强化河流自然生境功能,提高水体自净能力。监测数据表明,河段出口总磷、氨氮和高锰酸盐指数均达到Ⅲ类水质标准,出境断面水质比入境断面水质提升15%,区域水质得到明显改善。

针对农村集中居住区地表径

流、生活污水、分散农田排水直接汇入支浜,造成水质恶化甚至引发恶臭的问题,课题遵循“源头减量—过程阻控—生态修复—景观美化”的科学理念,研发了集中居住区地表径流拦截与强化净化、近浜分散种植业氮磷减量减排及养分回用、入浜低污染水前置沉降及原位生态修复、河道底泥清淤、基底修复及岸线生态边坡等技术,形成了“基于控源截污、污染物强化净化、水体生态功能恢复的集中居住区清洁小流域构建”的技术体系。课题在武进区前黄镇新运小浜及其周边区域建设了“景观湿地—堤岸林带—生态边坡—滨水植物带—原位修复”五位一体的工程示范,在河道水质提升(出入境断面水质提升15%)的同时,美化了农村人居环境,提升了农民的幸福。

构建了清洁生活—清洁生产—清洁生境—清洁管理技术体系

课题研究了国内外小流域治理现状,分析了国内实施的800余条生态清洁流域河道的经验与教训,明确了清洁小流域的内涵,即以小流域为单元,以水环境容量为基础,将流域污染全过程防治的环保策略应用到农村生产、生活和生境中,实行农林田草塘村的统一综合治理,并建立长效管理机制,最终达到小流域水体水质满足水功能区目标要求,生态系统良性循环,经济社会绿色可持续发展的目标。清洁小流域建设要达到的目标是:水环境质量满足水功能区要求;农村污水、地表径流、养殖粪污等得到有效处理和资源化利用;化肥、农药实现源头减量,农业经济稳步增长;小流域长效管理机制建立,人与自然和谐可持续发展。在明确了清洁小流域建设目标的基础上,提出了太湖运河清洁小流域构建的原则、“清洁生活—清

洁生产—清洁生境—清洁管理”体系以及一清洁。构建原则包括:1.坚持以水环境质量提升为中心,以农业面源污染防治和生态循环农业发展为重点,林、田、渠、塘、河、村综合治理的原则;2.坚持以小流域污染总控为原则,科学布设流域内污水、废弃物、农药、化肥等各类污染防治措施;3.坚持与面源污染防治重点项目相结合;4.坚持预防为主与综合治理并重,各项措施的布局要做到因地制宜,因害设防,体现人水和谐与生态优先;5.坚持与产业发展相结合,坚持发展循环经济,调动群众参与性。

课题构建了太湖运河清洁流域评价指标,包括村容村貌、村庄污水、清洁种植、清洁养殖、清洁产品、河道水质、河流生态、管理机制、工程管护等9个要素层25项具体指标,提出了适用于农业复合污染型清洁小流域成套整治模式。

突破了种植业和养殖业的清洁生产关键技术,构建了区域农业清洁生产技术和种养结合循环产业链,有效实现了污染控制与农民增收

流域内农田氮肥年投入量高(550kg/ha~650 kg/ha)、利用率低(<40%)、农田排水氮磷浓度波动大且水质较差,同时流域内经济发达,劳动力紧张,面向未来农业规模化生产,课题研发了水稻插秧—新型肥料深施—一体的高产高效与氮磷减量减排技术。根据土壤氮磷养分状况及作物高产的养分需求,科学定制缓控释肥,掺混肥配方,通过水稻插秧侧深施—一体机实现肥料的深施,通过农机农艺的融合实现了水稻的高产高效及氮磷的同步减量减排。这项技术在氮肥投入量减少20%、磷肥投入量减少40%的条件下,保证了水稻高产,氮肥利用率提高5%~8%,排水中氮磷浓度平均降低30%以上。

针对农田排水氮磷浓度波动大,现有技术难以保证稳定达标排放的难点,课题研发了氮磷的高效环境吸附材料及光催化降解材料,筛选了适宜冬春季的高效净化植物,集成创建了农田排水中氮磷的“排水口原位促沉—生态沟渠拦截—湿地塘浜净化”的全过程多重拦截系统(图1),对农田排水中氮磷的拦截净化能力达50%以上,确保农田排水稳定达到地表水Ⅳ类标准。在此基础上,集成应用果园水肥一体化、有机肥替代、轮作休耕、稻鸭共作等技术,形成了可推广可复制的集约化农田氮磷流失的“减—拦(用)—净”综合防控技术模式,有效保障了区域农田的清洁生产。

针对流域内畜禽养殖废弃物资源化利用不足、畜禽养殖废水难以达标排放以及稻田秸秆直接还田,易造成土壤养分结构失衡、病虫害加重及后茬作物出苗质量差等问题,课题研发集成了养殖粪污—作物秸秆一体化高

效堆肥技术、高效菌肥还田技术。这项技术以粉碎稻秸秆为垫料吸附粪污和尿液,然后将混合物进行好氧发酵堆肥,实现固液协同资源化及污染物零排放。利用植物提取液消除猪圈内氨气等臭味气体并加速发酵过程,较传统40天~60天发酵周期缩短20天~40天,同时促进空气质量提升和健康养殖,实现生猪抗生素“零”使用和区域畜禽养殖的清洁生产。

针对有机肥短期肥效较低的短板,采用高效光合菌肥提升堆肥肥效,通过光合菌肥还田,实现绿色种粪和废弃物的高值利用,构建了区域清洁生产和种养结合绿色产业链。以区域内年存栏量为300头养猪场为例,通过技术实施,年生产有机肥约160吨,获益近7万元。通过光合菌有机肥还田,实现每亩水稻增收80公斤,且能减化肥30%,减农药40%。绿色认证后的稻米,每亩增收3000元左右。

流域内水产养殖业以“四大家鱼”及虾蟹为主,投放的饲料中的氮、磷利用率仅有9.1%和17.4%,剩余饵料及水生动物排泄物会造成水体污染。针对水产养殖废水集中入河污染负荷高、水量大,缺乏有效的处理技术等问题,课题以“源头削减、逐级净化、资源回用”为总体思路,以原位与异位净化组合为技术手段,研发了水产清洁养殖及原位修复技术、生物生态耦合湿地处理及资源化利用技术和养殖废水中养分的农田再利用技术。在此基础上,通过集成建立了适应不同水产养殖规模、养殖模式及周边环境的成套技术。在净化养殖水体的同时,增加合适的养殖环节,将水体中的氮磷吸收收到螺类、贝类和水生经济植物体内,获得一定的经济效益,实现水产养殖废水的“近零

突破了农村生活污水的清洁生产关键技术,构建了生物去除、生态利用的农业清洁生产关键技术体系

流域内农村生活污水排放率低,且已建装置大部分不能正常运行,严重阻碍了水污染治理攻坚战进程的顺利推进和美丽乡村建设,急需符合当地高效、稳定、适用的农村生活污水治理技术。课题充分考虑“农村、农民、农业”特色,识别了农村生活污水的特性与资源化利用的条件和价值,本着“因地制宜、高技术、低成本、资源化利用”的可持续发展原则,提出了“污染净化型农业”污水处理模式;创新了反硝化脱臭、水车驱动生物转盘、多构型经济人工湿地等单元技术,构建了因地制宜选用的菜单式工艺流程;拦、治融合,实现对村落无序径流和农村生活污水的同步治理,全方位削

减农村污染物排放。

课题研发的生物—生态组合技术与农业农村提出的“利用为先,就地就近”指导意见密切联系,科学设计生物单元处理有机污染物、生态单元资源化利用氮磷的功能单元,实现了生物单元易于管理,生态单元建设成污染净化型农业并创造经济效益的目标。各单元分工明确,具体技术可按需选取,形成了可满足不同农村背景条件与需求、高适应性的系统方案,突破了复杂农村条件下的技术适应性难题。运行效果表明,本技术优势在于:1.运行稳定,第三方监测结果显示,工艺对COD、氨氮、总磷的去除率分别达到85%、80%和65%以上,出水优于

构建了清洁管理体系

由于农村社会发展水平相对较低,农民环境意识不强,加上政府对面源污染的宣传力度不够,导致居民对环境问题的认识薄弱,参与小流域治理的积极性不高。加上农业环保立法滞后,政策措施不完善,环境管理能力薄弱,财政投入相对不足,致使现有工程存在“重工程建设、轻运行管理”的现象。许多污水处理设施缺乏长效管护机制及资金保障,监管体系不完善。农业面源氮磷拦截、湿地净化

等工程项目,存在主体不明确、责任未落实、运营水平低等现象。

针对上述难题,课题构建了小流域清洁管理体系,制定了有效的管理制度与长效运行管理机制,包括:1.建立从建设、验收到移交的全过程管控体系;2.健全专业管理服务体系;3.建立监督管理体系;4.建立公正考核体系;5.建立资金保障体系;6.建立保障公众环境权益及参与体系;7.建立完整的政策制度及调节机制。

综合示范与体系验证

课题在构建了清洁生产、清洁生活、清洁生境和清洁管理技术体系上,在太湖主要入湖河流之一的太湖运河一级支浜小浜桥开展典型清洁小流域技术示范。小浜桥位于常州市武进区新康村,流域核心示范区面积约1600亩,涵盖了村落、农田、鱼塘、养殖场等生活和生产要素,农业复合污染特征明显。课题围绕清洁生产、生活、生境及管理的技术体系,共实施了16大类工程示范,形成以污染源(各类村落污水、水产养殖废水、畜禽粪污等)为全方位覆盖点、链接线(湿地塘浜的低污染水为连接)、修复面(农业面源污染、村落地表径流及支浜原位生态修复)和多手段管(清洁管理)四位一体的“点线面管”模式,区域内的污染源治理全覆盖,并将生活污水的尾水、农田退水、水产养殖排水中的养分资源化利用,农牧废弃物的高值资源化利用,形成了典型农业复合污染区的内循环(图2)。

在综合示范的基础上,课题组采用构建的清洁小流域评价指标体系对小浜桥清洁流域示范效果进行了实例验证。专家打分获取权重,准则层相对权重排序为:清洁生产(0.362)>清洁生境(0.3263)>清洁管理(0.1632)>清洁生活(0.1485),说明打造清洁生产区和清洁生境是清洁小流域的重点内容(表1)。模糊综合评价表明,小浜桥流域由建设前的“不清洁”状态提高为建设后的“清洁”状态,清洁度指数由0.413提高到0.790,小流域污染负荷得到了明显的削减,水环境质量明显改善。群众减少投入的同时,增加了收益,有效支撑了区域所在地新康村的三农服务新模式,村容村貌得到极大改善,群众幸福感得到了较大满足,环境意识也大幅的增强,新康村亦因此被评为“全国乡村治理示范村”。新康村模式为农业复合污染区清洁小流域构建提供了示范样本,成为农业绿色发展美丽乡村建设的引领者。

本版供稿

“太湖运河农业复合污染控制与清洁流域技术集成与应用”课题组

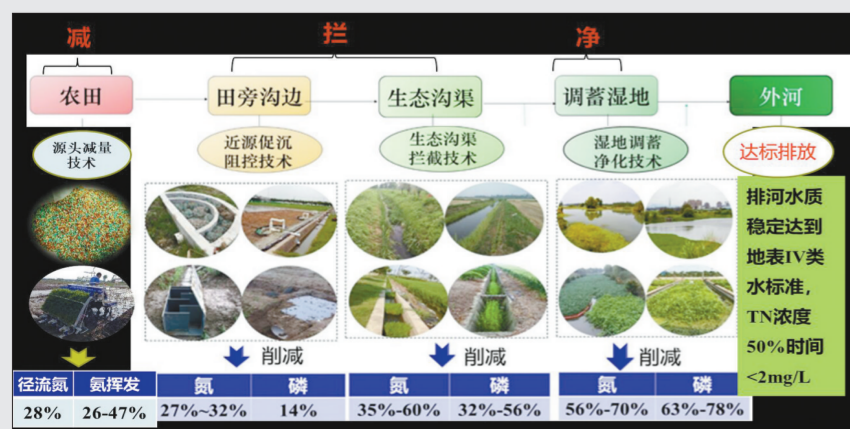


图1 农田排水中氮磷的“减—拦—净”技术体系



图2 小浜桥清洁流域构建示意图

序号	指标	单位	建设前	建设后
1	生活垃圾无害化处理率(D1)	%	96	100
2	村庄绿化率(D2)	%	46	52
3	生活污水治理率(D3)	%	44.92	79.46
4	生活污水处理厂的污水资源化利用率(D4)	%	10.32	47.82
5	秸秆利用率(D5)	%	—	—
6	化肥施用强度(D6)	kg ha ⁻¹	289	216
7	农药施用强度(D7)	kg ha ⁻¹	11.69	3.06
8	开展畜禽粪污资源化利用的农户占比(D8)	%	20	73.7
9	农作物秸秆综合利用率(D9)	%	97	98.8
10	畜禽养殖粪污资源化利用率(D10)	%	74	100
11	水产养殖粪污资源化利用率(D11)	%	86	100
12	水产养殖废水循环利用率(D12)	%	40	85
13	主要农产品产量(D13)	t ha ⁻¹	9.43	11.13
14	农业“三品”面积占比(D14)	%	43.6	62
15	化学需氧量(D15)	mg/L	15	10
16	氨氮(D16)	mg/L	0.56	0.45
17	总磷(D17)	mg/L	0.2	0.15
18	总氮(D18)	mg/L	3.9	2.35
19	生态岸线比例(D19)	%	35	78
20	水域面积率(D20)	%	4.21	6.52
21	河渠生态改造(D21)	亩	—	—
22	监管制度覆盖率(D22)	%	50	90
23	群众参与度(D23)	%	31.2	42
24	人均财政收入(D24)	万元/人	1.21	1.27
25	河渠治理工程运行率(D25)	%	25	93.7

表1 小浜桥清洁小流域建设前后各指标实测值