研究成果相关管理部门及专家咨询会

“十年治太”成效与流域氮磷污染变化特征解析

——“水专项”为太湖“十四五”精准治理提供有力支撑

改革开放以来,随着流域经济社会的发展变化,太湖水环境质量逐步退化。尽管水污染治理投入增加,但治理强度赶不上污染速度,水环境问题逐渐显现。2007年的太湖水危机事件,太湖流域水污染防治工作进入快车道。经过各方共同努力,太湖治理成效显著,水环境质量明显改善。与20世纪90年代初期起至“十五”期间一直处于高位波动的水质状态相比,自2007年以来总氮总磷下降明显,湖体富营养化程度也由中度富营养转为轻度富营养。

在2007年以后的治理过程中,太湖流域社会经济和产业结构均发生较大转变。经济总量取得质的飞跃、人均GDP大幅增长,第三产业规模和比重持续上升、产业结构明显优化。同时,人口小幅增长、城镇化率显著提高。由此流域氮磷污染源的类型、分布、规模和性质等都发生了巨大变化,给新时期太湖污染治理提出了新的挑战。因此,理清太湖氮磷污染物来源与贡献,明确太湖治理的重点区域和重点污染源,制定适宜的流域氮磷污染控制决策,成为科学、精准治太的当务之急。

水专项“太湖流域水环境承载力评估与综合调控技术研究与应用”课题(2018ZX07208-005)自“十一五”水专项以来,持续开展了大量流域综合调查与研究工作,在此基础上,综合分析了近10年来流域生态保护、水利等相关部门的污染源、水质、水量数据和文献资料,解析了2007年~2018年10余年太湖流域社会经济发展带来的水环境改善压力,以及流域氮磷污染负荷的入河量和入湖量及其结构变化特征,以此有针对性地提出流域氮磷污染控制对策,为“十四五”太湖精准治污提供有力的支撑。

太湖富营养化治理历程长,近10年进入水污染综合治理提速期

太湖水环境演变经历了多个不同时期。20世纪50年代,仅有局部湖湾小范围“水华”。流域水系连通畅达,湿地植被丰富,生物多样性完整。湖体遵循自然水文节律,水生植物覆盖率高达600平方公里。流域城市化程度低,生活污水大多自然消纳,农户及畜禽排泄物均作为肥料直接施入农田。工业污染负荷也极低。

20世纪的60年代~80年代,流域污染负荷逐步加重,湖体由中营养快速转变为轻度富营养,生态退化加速。1981年太湖的总氮和总磷平均为Ⅲ类。20世纪80年代末太湖富营养化问题已经比较突出,梅梁湖北部水质恶化至Ⅴ类,部分水域生境已适合蓝藻大量生长繁殖,蓝藻水华开始小规模暴发。此时期,城市化程度逐渐提高,生活污染负荷增加,污水处理设施少,生活污水排放加大。农田也开始使用化肥农药。乡镇企业在20世纪80年代大发展,工业污染负荷也明显增加。湖体开始人工投饵围网水产养殖,水生植物面积减少,生物多样性降低。

1990年~2007年这段时期,城镇化进一步加速,城镇生活污水排放大量增加,纺织、化工等重污染工业发展,农药化肥全面取代传统农家肥,规模化畜禽养殖大量增加,导致入湖污染负荷急剧上升。人工投饵围网水产养殖大规模扩展,仅东太湖养殖水产面积就达130平方公里。建环湖大堤及围垦导致湖滨带芦苇面积大幅减少。湖水中氮磷浓度增加,透明度下降,藻型湖泊生境形成,太湖西部和部分南部水域蓝藻水华年年大暴发,最大暴发面积达太湖40%以上,生物多样性减少。

从“九五”计划期开始,国家把太湖流域治理列为环保工作的重点,制定并实施了太湖水污染防治“九五”计划和“十五”计划。工业点源污染防治取得进展,重点监控企业排放达标率高达97%;城镇生活污染源治理取得一定成效,截至2006年底,重点治理区共建成污水处理厂186座,日处理能力共为558.8万立方米,出水达一级B标准。农村污染治理工程开始启动,内源治理工程效果良好,生态修复工程取得一定进展。科技部启动太湖水污染专项研究,围绕五里湖底泥疏浚与生态修复、农业面源污染治理和水源地生态修复开展专项研究,有力支撑了太湖治理工程的实施,但这一时期整体来看,治理的速度赶不上污染的速度。

近10年,由于2007年太湖水危机事件的发生,太湖流域水污染防治工作进入快车道。国家发展改革委会同国务院有关部门以及太湖流域江苏、浙江、上海两省一市编制了《太湖流域水环境综合治理总体方案》(以下简称《总体方案》)。2008年国务院批复并实施《总体方案》,治理项目总投资高达1100多亿元。由国家发展改革委牵头的太湖流域水环境综合治理省部级联席会议制度同时成立,以保证治太工作顺利开展。截至2012年底,实际完成投资960亿元。2012年,太湖湖体水质高锰酸盐指数和氨氮为Ⅱ类、总磷为Ⅳ类、总氮为劣Ⅴ类,浓度较2007年分别下降了10%、60%、38%和10%。除总氮外,其他三项指标均达到《太湖流域水环境综合治理总体方案》确定的近期目标。随着地区经济社会的发展变化和治理工作的不断深入,国家发展改革委会同有关部门和地方组织技术力量,经过深入调查研究,编制形成了《太湖流域水环境综合治理总体方案(2013年修编)》(以下简称《总体方案修编》),总投资高达总投资1164亿元,截至2018年底,实际完成投资1012亿元。2018年,太湖总氮改善为Ⅳ类,高锰酸盐指数、氨氮和总氮指标已提前达到《总体方案修编》确定的2020年治理目标,但最近几年总磷指标出现反弹,蓝藻水华暴发程度超过往年。

缓解社会经济快速发展带来的巨大压力,流域水环境综合治理成效显著

流域社会经济快速发展,使太湖流域水环境持续承受着巨大压力。2007年到2018年,近10年太湖流域经济总量一直保持稳定增长。地区生产总值从1.96万亿元增加至6.22万亿元,累计增长217%,年均增长速度11.1%。第一、二、三产业生产总值均逐年增加,年均增长速度高达5.9%~14.3%。伴随着经济增长,流域人口累计增长14.9%,其中城镇常住人口由2329万人增长到3151万人,累计增长35.3%。城镇化率从62.5%提升至73.7%,农业人口逐步向非农人口转移,城镇生活年用水量增加了约50%。如果没有环保技术的应用以降低资源消耗和污染治理设施的建设运行,工业经济快速发展、城市化进程加速、常住人口增加必然带来工业废水量的增加和污染负荷的大幅增加。

为改善太湖环境质量,近10年来地方政府积极转变经济发展方式,大力实施水环境综合治理工程,流域氮磷污染物减排取得显著成效。在产业结构优化调整方面,流域内大力发展战略新兴行业。2007年以来高新技术行业(如通信设备、计算机及其他电子设备制造业)产值增加了117%;而传统重污染行业(纺织、造纸等)产值所占比例下降了约10%。工业废水排放总量从2007年的25.6亿吨减少到2018年的12.9亿吨,流域的万元工业增加值的用水量显著减少。在农业方面,化肥的使用量也在明显减少,氮肥和磷肥的使用量分别减少33%和37%;畜禽养殖规模下降了65%。

经济发展方式转变的同时,“两省一市”积极组织实施了大量水环境综合治理工程,极大地提升了流域污染物削减能力。根据不完全统计,截至2015年底,江苏、浙江两省太湖专项资金补助项目就已经高达6627个,总投资约2620亿元。其中,城镇生活污水处理厂和管网项目工程投资接近1200亿元,实现城镇污水设计处理规模达1000万吨/天,每年可削减生活污水氮磷排放量分别为7万吨和1万吨。针对农业农村的面源污染,修建氮磷拦截工程达70万亩,新增农村生活污水处理能力达7.2万吨/天,新增修复湿地面积达14.61万亩。

氮磷污染物入河量显著降低,但水环境质量继续改善遇到瓶颈

在克服了流域社会经济快速发展带来巨大水环境压力的前提下,太湖流域氮、磷污染负荷入河量自2007年以来呈现明显下降的趋势。总氮从2007年的16.3万吨下降到2018年的9.3万吨,下降幅度达到43%。总磷从2007年的1.41万吨下降到2018年的0.77万吨,下降幅度达到45%。工业点源和养殖业的氮磷入河量下降幅度最大(超过60%)。现阶段来看,城镇生活源(超过30%)和种植业面源(超过20%)的贡献最为突出,成为新时期氮磷减排的核心。太湖入湖河流的总磷平均浓度由2007年的0.251毫克/升下降到2018年的0.142毫克/升,总氮平均浓度由2007年4.34毫克/升下降到2018年3.06毫克/升,近10年来太湖流域入湖河流氮磷浓度改善明显。

氮磷污染物入河量显著降低,水环境质量有了明显改善,但氮磷污染负荷压力仍远超承载能力,太湖的水环境进一步改善遇到瓶颈。

数据显示,太湖湖体的总磷平均浓度由2007年的0.103毫克/升下降到2018年的0.091毫克/升,总氮平均浓度由2007年2.43毫克/升下降到2018年1.39毫克/升,但是近几年氮磷的入湖负荷并没有随着流域污染源入河负荷的下降而减少,尤其总磷浓度甚至有所反弹。主要有以下几个方面的原因:一是因为近年(2015年、2016年)流域降雨量较大,而降雨量正常的年份(2017、2018年),尽管入湖河道氮磷浓度有所降低,但入湖水量增加显著,造成入湖氮磷负荷维持较高水平;二是调查表明太湖流域内河流、支浜、湖荡等流域水体总磷和总氮浓度分别为太湖湖体的4.8倍和2.3倍(2016年调查数据),由于流域治污的不彻底,平时堆积、淤积在河网支浜的污染物通过暴雨进入河道,形成了“拖地板效应”,增加了氮磷入湖负荷。三是东太湖草型生态系统呈快速退化状态,全湖浮游植物生产力持续高位;蓝藻水华暴发时间显著提前,蓝藻水华期延长,强度加大,颗粒态营养盐总量攀升。

此外,由于太湖流域生态用地,例如林地和水域,虽然近10年较之前急剧下降的态势趋缓,但作为重要的生态用地类型仍然呈现下降趋势,生态类用地持续受到侵占。例如,20世纪90年代建成环湖大堤,围垦使芦苇地减少了150平方公里。流域生态用地对污染物入湖削减能力大幅下降,流域上游许多湖荡湿地水体中氮磷浓度显著增加。太湖湖体藻类生长,透明度下降,藻型湖泊生境形成,造成湖泊底部光利用显著下降,不利于水生植被生长与恢复,降低湖体自净能力。流域河湖生态系统从“清水草型”向“浊水藻型”生态系统演替的局面无法短期内逆转。因此,未来如何实现太湖营养盐浓度持续性下降、如何提升流域污染治理和生态修复成为重中之重的问题。

调整太湖流域氮磷污染控制策略,持续削减水环境压力

针对近10年太湖流域污染源治理的瓶颈问题,课题组提出了流域氮磷污染控制对策。

一是转变流域氮磷控制策略,实现“控磷为主,协同控氮”。将流域控源的着眼点放在磷的负荷削减上,挖掘各污染源中磷负荷的削减空间,分区制定以磷总量为目标的流域水污染与富营养化控制方案。改进相关处理工艺及相关配套设施,引进、吸纳与应用国内外先进的适宜于各污染源特征的除磷工艺与技术,提升污水处理和末端尾水磷的去除能力。

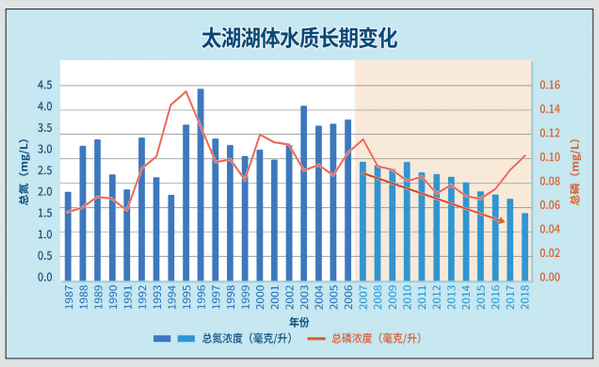
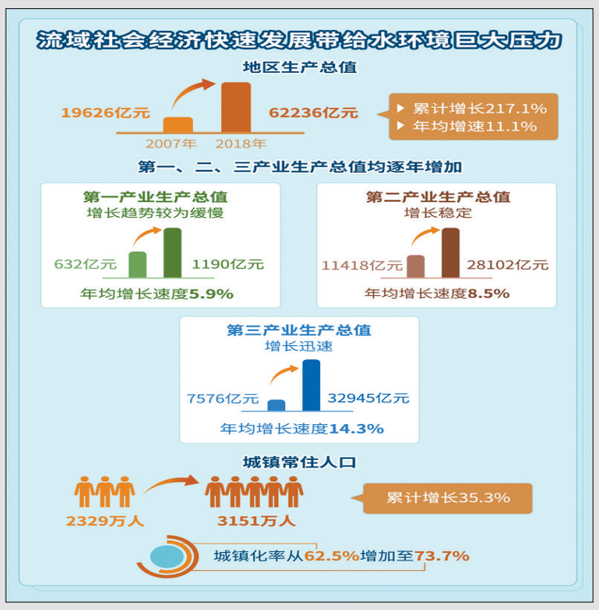
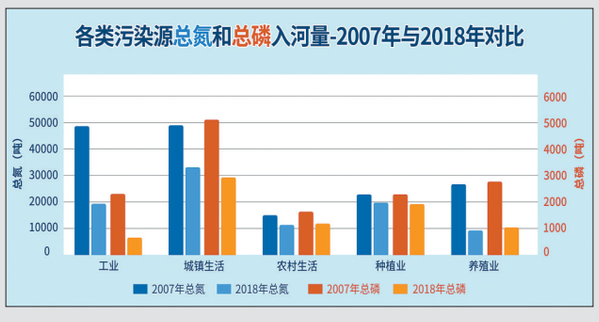
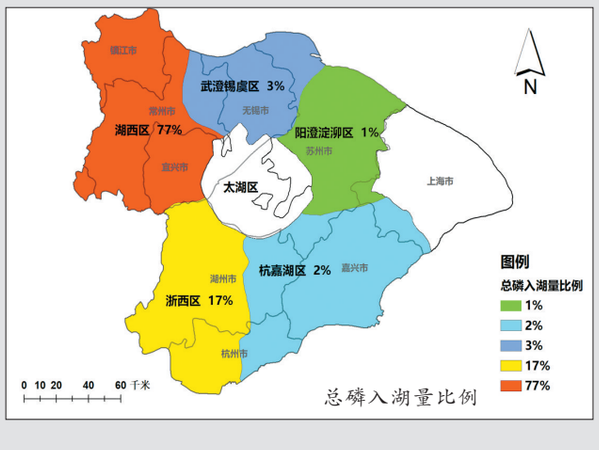
二是重点抓好湖西片区和浙西片区的氮磷污染治理。湖西区和浙西区是太湖的上游区。2018年湖西区入湖氮、磷负荷占太湖入湖氮、磷总负荷比例分别为75%、77%;浙西区入湖氮、磷负荷占太湖总入湖氮、磷污染负荷均为17%。因此,是太湖入湖氮磷污染负荷控制的重点区域。

三是聚焦城镇生活源治理,深化工业源治理。按照《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》和《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019-2021年)》的要求,推动制造业高质量发展的要求,强化区域优势产业协作,推动传统产业升级改造和污水重复利用,减少传统重污染行业废水排放量。基本实现生活污水全收集全处理,基本消除黑臭水体;以流域内建制镇为对象,完善污水管网系统。在未来5年,实现重污染行业废水量再减少20%,城镇生活污水纳管处理率再提高10%。

四是加强农业和农村面源治理。强化农村生活污水治理设施建设,解决污水处理设施运行资金、维护管理队伍等瓶颈问题,实现设施稳定运行率90%以上。鼓励农村土地流转,并实施规模化生产;测土配方施肥技术覆盖率达到90%以上,进一步减少农药化肥使用量。未来5年,实现农村生活污水设施覆盖率75%;污染削减负荷20%以上。

五是强化流域节水和污水资源化利用,合理控制引调长江入太湖水量。严格落实2011年中央1号文件的要求,实行最严格的水资源管理制度,着力改变水资源过度开发、用水浪费、水污染严重等突出问题,确立太湖流域水资源开发利用控制红线,严格实行用水总量控制,特别是湖西地区,着力破解因进入湖水量增加而引起的入湖负荷居高不下的问题。

六是实施上游和调水沿线生态净化工程,降低径流与引调水引起的氮磷负荷冲击。强化河道整治,减少河网污染物的囤积,实现区域内河道清洁,减少暴雨径流与引调水对蓄积于河道的污染物冲刷入太湖。增加和利用上游和调水沿线湖荡湿地面积和河网水系连通性,开展流域河网湖荡湿地生态修复工程,恢复河网湖荡湿地生境完整性,使其具有更大的接纳能力和净化能力,提升调水入湖的水质。

据了解,上述研究成果已形成了《太湖流域近十年氮、磷污染源结构及负荷变化特征研究》报告,并报送至生态环境部和江苏、浙江两省生态环境厅,并受到了地方政府的重视。本研究课题负责人也通过参与编制国家发改委牵头的《关于太湖流域水环境综合治理总体方案(2013年修编)实施情况的咨询评估》工作,将研究成果应用其中,为“十四五”乃至今后更长一段时间内实施科学、精准治太提供有力的支撑。

童克难