

破解太湖流域水环境治理难题

打通水专项成果转化“最后一公里”

——“水专项关键技术成果产业化二次开发与市场化推广研究课题”成效显著

“水专项”提升太湖流域废水治理水平

2018年由维尔利环保科技集团股份有限公司牵头,承担了“水专项关键技术成果产业化二次开发与市场化推广研究课题”,参与单位包括江苏环保产业技术研究院股份公司、江苏省环境

科学研究院、南京环保产业创新中心有限公司、南京大学、中电环保股份有限公司、江苏龙腾工程设计股份有限公司。课题组围绕太湖水环境减负、修复目标,通过对“十一五”和“十二五”等

水专项关键技术的二次开发,在高浓度废水毒性削减与再生利用、低污染水深度脱氮除磷以及敏感水域水质安全与水生态健康监测等方面研制具有自主知识产权的国产化核心产品、材料和设

备,打破国外技术垄断,并在山东、苏州、无锡、常州、长春等省市进行工程应用推广,有效提升太湖乃至全国重点流域水环境治理水平,自课题实施至今,已取得了多项重要进展。

研制废水毒性削减与再生利用技术及装备,提升太湖流域工业废水处理能力

太湖是我国第三大淡水湖,太湖流域包括苏州、无锡、常州等38个市县,经济发达,人口密集,快速的城市化过程,导致了太湖流域水环境持续恶化。水体中过量的有机污染物是导致太湖水质变坏的重要原因之一,进入太湖中的有机污染物不仅通过消耗大量溶解氧导致生物无法生存,而且还通过一定的致毒机制影响生物的生长、繁殖、发育,最终导致生态系统的失衡。

前端处理装备——强化气液传质的湿式氧化装备

课题组在“十二五”期间研发的湿式氧化装备基础上,攻克气泡产生大、气液界面小、传质速率低、氧气利用率低等问题,二次开发了强化气液传质的湿式氧化装备,解决了难降解高毒性有机废水的处理难题。与其他湿式氧化装备相比,在相同污染物去除效率条件下,当反应条件下降到8 MPa和280℃以下,以化工废水为代表的难降解有机废水经该湿式氧化装备预处理后可生化性指数由0.3以下提高到0.4以上,大大提高了废水的可生化性,便于后期生化处理。目前,该技术已在四川某农药厂进行应用。通过微界面传质强化,双甘腈废水的湿法氧化操作压力可从普通的WAO的

8MPa下降至4MPa左右,反应温度从220℃下降至180℃左右。

生化处理装备——CJMBR好氧环流喷射膜生物反应装备

前端处理装备的出水可进入课题组二次开发的CJMBR好氧环流喷射膜生物反应装备进行生化处理。针对垃圾填埋场产生的垃圾渗滤液毒性大、目前处理技术运行能耗高等问题,课题组在传统的膜生物反应器MBR工艺(二级硝化反硝化+外置式超滤膜)基础上进行升级改造,创造性地将自主研发的喷射环流反应器(CJR)与MBR结合,开发出好氧环流喷射膜生物反应装备(CJMBR),并形成了以CJMBR为技术核心的《废水毒性削减CJMBR技术工艺包》,该技术还写进了2020年《江苏省水污染防治技术指导目录》。目前,已在常州

渗滤液处理扩容等多个工程中得到了推广应用,产值达两亿余元。与传统MBR相比,CJMBR总有效容积较MBR减少了40.2%,能耗降低了25.3%,主要构筑物占地面积减少了47.5%,大大降低了运行能耗,有利于技术的推广应用,从源头上解决了太湖流域水污染问题。

膜分离装备——低能耗耐污染RO国产装备

课题组在“十二五”反渗透膜基础上,通过在聚酰胺复合膜上导入高分子亲水材料进行改性,改变膜表面抗污染性,二次开发低能耗耐污染反渗透膜材料。膜材料成本较国际一线品牌同类产品降低20%以上,组成的装备稳定脱盐率可高于99.5%,可用于工业除盐、中水回用、零排放、资源化回等市场领域。

开发深度脱氮除磷关键控制点,支撑太湖流域氮磷大幅减排

近年来,在《水污染防治行动计划》实施的大背景下,全国重点区域及重点流域均对污水处理提出了更高的要求,在全国范围掀起了新一轮城镇污水处理提质增效的热潮,并出台了太湖流域新标准《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB32/1072-2018)。目前太湖水体总氮、总磷超标问题突出,大面积爆发蓝藻风险依然存在,低污染水深度脱氮除磷仍是太湖富营养化治理手段。

针对在提标改造新形势下,城镇污水处理厂及工业污水处理厂生化尾水COD、总磷(COD:60-100 mg/L,总磷:1-5 mg/L)等指标达标的问题,课题组在“十二五”已开发的具有除磷、脱色、除COD及降浊多重功效药剂的基础上,对药剂进行原辅料配比优化及材料改性,进一步提升了药剂性能,强化对生化尾水COD、总磷等污染物的去除,二次开发出多效生化尾水深度处理药剂。针对城镇污水处理厂,生化尾水处理后出水COD≤30 mg/L、

总磷≤0.3 mg/L;针对工业污水处理厂,生化尾水处理后出水COD≤50 mg/L、总磷≤0.5 mg/L。该技术成果突破了目前市场上常规水处理药剂功能单一、加药量大及产泥量多等技术问题,可显著提升对生化尾水COD、总磷等污染物的去除效果。

针对低污染水—农村生活污水,课题组对“十二五”已有的生化尾水深度脱氮除磷材料进行二次开发,研制以改性天然纤维素类物质为主要成分的高效缓释碳源和以铝污泥颗粒

为填料的人工湿地技术,形成生化尾水深度脱氮除磷集成技术,该技术缓解人工湿地基质堵塞,解决现有工艺脱氮除磷效率低下的问题,已在南京市江宁区农村生活污水治理工程中推广应用。监测结果表明,COD、NH₄-N、TP去除率分别可达70%、77%和90%以上,成本降低30%以上,出水水质优于一级A标准。该项目结合地区美丽乡村重点工程建设,保证农村生活污水处理后出水水质稳定达标,有效解决农村生活污水治理问题,助力太湖流域水生态综合提升。

突破水质安全预警关键技术,提升太湖流域敏感水域水生态环境监测能力

自1993年以来,我国已发生近3万起突发环境事件,重特大突发环境事件1000多起,其中约53%是水污染事故。现有的生物预警技术和设备能直接、客观地反映出水质综合毒性,但在设备灵敏度、标准化业务化运行及生物安全预警系统的可靠性、稳定性上依然存在不足之处。

课题组通过研究典型污染物暴露下模式生物行为变化规律,形成了各类型有毒有害污染物在不同浓度暴露下毒性浓度与生物行为的量效关系,在此基础上构建一整套新型生物

预警技术专属算法模型数据库,研制出“快、准、全”的水源地水质综合毒性实时监测设备。“快”是能将24小时~96小时的实验室标准急性毒性检测优化到5分钟~10分钟的在线生物预警检测,极大提高了应对突发污染事故的能力和手段;“准”是实现了对环境综合毒性定性和半定量的解析,智能解析有毒物质的生物综合毒性大小和预警时间,为环境应急和治理指明了方向;“全”是该设备可以24小时连续进行在线预警监测,可广泛地用于水源地、流域、自来水和排水综合毒性预警和应急,从源

头到龙头保障水环境安全,在业务化应用中有效保障了水环境水质安全及应对水体突发污染事故。课题组还针对我国传统生态监测采样难、劳动强度大、效率低、易受干扰因素多等问题,基于环境DNA(eDNA)宏条形码技术,突破eDNA现场富集、无损存储及转运、稳定PCR(聚合酶链式反应)扩增等核心关键技术及流程,通过开展对比实验优化eDNA生物监测操作流程,形成了可标准化的eDNA精准生物多样性监测分子试剂。eDNA精准生物监测技术,打破传统以生物个体为主的监测模式,从生物最本质的遗传物质入手,通过环境基因检测,准确、快速的识别环境中的各类生物多样性,实现了生物监测的数字化、智能化和自动化,使监测准确性提高50%,工作量下降90%,效率提高300%,并已在太湖流域、淮河流域、云南滇池、长江全线干流及重点支流等重点水域展开推广应用。该技术开创了生态环境基因新时代,维护国家生物安全,助力我国生态环境保护。

业务化平台建立运行,科技支撑作用开始显现

水专项实施10年来,投入了巨大的人力、物力,产出了大量的科技成果,但在水专项实施过程中,缺乏科技成果信息集成、共享及长期跟踪的综合服务性平台,使科技成果公共信息传播缓慢,阻碍了科技成果的转化推广,致使需求方无法及时获取所需信息,市场各方之间的了解、洽谈、意向、交易、服务等沟通受到阻碍。鉴于此,课题组构建了线上线下平台,水专项环保技术信息交流平台、水专项成果转化与产业化推广平台,并辅以废水无害化处理与资源化再生利用产业技术创新联盟及水专项成果产业化中试基地,推动我国环境技术成果产业化,释放环保科技生产力,促进产业发展壮大和环境质量改善。

环保技术信息交流平台,借助数据库技术手段,将已有的“十一五”和“十二五”太湖流域水专项环保数据入库,通过持续更新和完善实现对技术成果的应用跟踪,形成一套动态更新的数据库,为信息交流与交易平台提供高质量的技术信息。平台集成环保治理需求信息、技术信息、示范工程、技术评估、专家信息等模块,累计注册用户量上百家,企业在线填报环保治理需求信息共计662条,已上线的水专项技术信息达273项。平台提供水专项技术评估方法,公布一批典型技术案例的评价结果,可供技术需求者参考。利用互联网将基于太湖流域的水专项研究成果依托平台进行推广,同时加强企业、专家、技术提供方之间信息的有效对接和交流合作,提高治污技术服务互动性和灵活性,有利于实现水专项技术成果的共享和转化应用,推动水专项技术成果实现产业化。

成果转化与产业化推广平台,总面积5422平方米,通过集聚人才、知识、技术、信息、产业、政策等优势资源,按照“资源整合、人才创新”的思路,设有技术研发创新、成果转移孵化、科技公共服务、国际交流合作等功能子平台。平台自建成以来,实行实体化市场运作,以水专项技术成果为基础,集成高盐高氨高浓度有机废水电化学处理等装备6项,支撑开展

淮安某化工企业高浓度有机有毒废水处理项目10余项,废水累计应用规模9.6万吨/年,累计减排COD 1500吨/年、总氮80吨/年。平台开展学生科普教育、技术交流、国际访问交流、专家学者研讨等成果展示与交流接待70次,累计接待参观访客达906人(次),参展及举办“2019第二届化工高浓度废水深度处理及循环利用技术研讨会”等大型技术交流会5次,人员辐射规模近1000人(次)。

废水无害化处理与资源化再生利用产业技术创新联盟,联盟成员30家,业务涉及技术咨询、技术研发、工程设计与施工、装备制造等生态环境全产业链。联盟由理事会统一组织,按照联盟成员大会决定重要事宜。联盟已组织召开学术研讨会两次,邀请了近20位水处理领域专家,参会人数达300人(次)。同时,联盟为水污染治理企业之间交流、合作提供了平台,为联盟成员水污染治理技术难题的攻克提供了新的解决途径。尤其为强技术开发弱市场化运作的高校、事业单位等和强市场化运

支撑流域水质改善,推动水专项技术推广应用

自课题实施以来,硕果累累。课题共研发新产品、新材料、新设备等8项,其中1项获得“互联网+全国大学生创新创业大赛”金奖;申请国内外专利44件,其中发明专利29件;发表核心期刊18篇,其中SCI收录6篇;编制废水毒性削减与再生利用等技术工艺包3项;完成中电环保膜系统计算等软件著作8项;完成孵化企业10家以上;参编行业标准3项;完成企业标准9项。通过课题的实施,相关技术人员的综合素

质能力得到大幅度提升。课题从2018年开始至今,课题负责人李月中等11人获得正高级职称,技术骨干公彦猛、张瑞斌等23人获副高级职称,共培养研究生19人,其中博士研究生4人。课题组深入贯彻习近平生态文明思想,遵循“绿水青山就是金山银山”的理念,坚决执行“控磷为主,协同控氮,减排扩容”的流域污染控制策略,通过整合“政—产—学—研—用—金”各方面优势资源,积极推进水专项成果产

业化。目前,课题组已将研发的新产品、新材料、新设备应用于20余项推广应用工程中,创造了4.39亿元的综合经济效益,处理包括高浓度有机废水、高盐高氨废水在内的污水处理约22万吨/天,削减COD排放量200吨/天~400吨/天,削减氨氮排放量30吨/天~40吨/天,有效解决了太湖氨磷污染突出问题,为打好打赢太湖治理攻坚战,推动太湖流域水环境质量全面改善和水生态持续好转,实现更高水平“两个确保”(确保饮用水安全、确保不发生

大面积湖泛)增添助力。该课题通过技术成果转化和企业孵化,将水专项技术成果进行有效的产业化,推动了区域和流域环保产业的发展,提供就业岗位近百个,实现了近百亿的间接效益,增加了区域和流域内地方政府的税收,促进了区域和流域经济增长。通过水专项成果转化与产业化推广模式的建立,水专项技术成果将会得到大规模的推广应用,未来还将持续不断产生经济效益。



课题组部分成员

太湖流域地跨苏、浙、皖、沪三省一市,是我国长江经济带发展的核心区域,也是我国人口密度最大、工农业生产最发达、国民经济产值和人均收入增长幅度最快的地区之一。自我实施改革开放以来,该地区人口与经济的快速增长,给太湖流域水环境治理带来巨大压力。2007年启动“水专项”以来,选择太湖流域作为实施的重点,开展太湖流域水污染控制与湖泊富营养化治理技术与综合示范,按照理论创新、技术创新和体制创新的要求,分三个阶段循序渐进组织实施。

经过“十一五”和“十二五”两个五年计划的组织实施,太湖流域水功能区达标率显著提高,但水体富营养化问题未呈现好转趋势,蓝藻高频次、大面积反复爆发,太湖的治理尚存在一些亟需解决的关键科学及技术问题。



技术路线图



水专项成果转化与产业化推广平台



CIMBR好氧环流喷射膜生物反应装置推广工程

《水专项关键技术成果产业化二次开发与市场化推广研究课题》课题组 维尔利环保科技集团股份有限公司 供稿