

“污染控制——生态修复——信息管理”多措并举

“三位一体”模式改善区域水环境质量

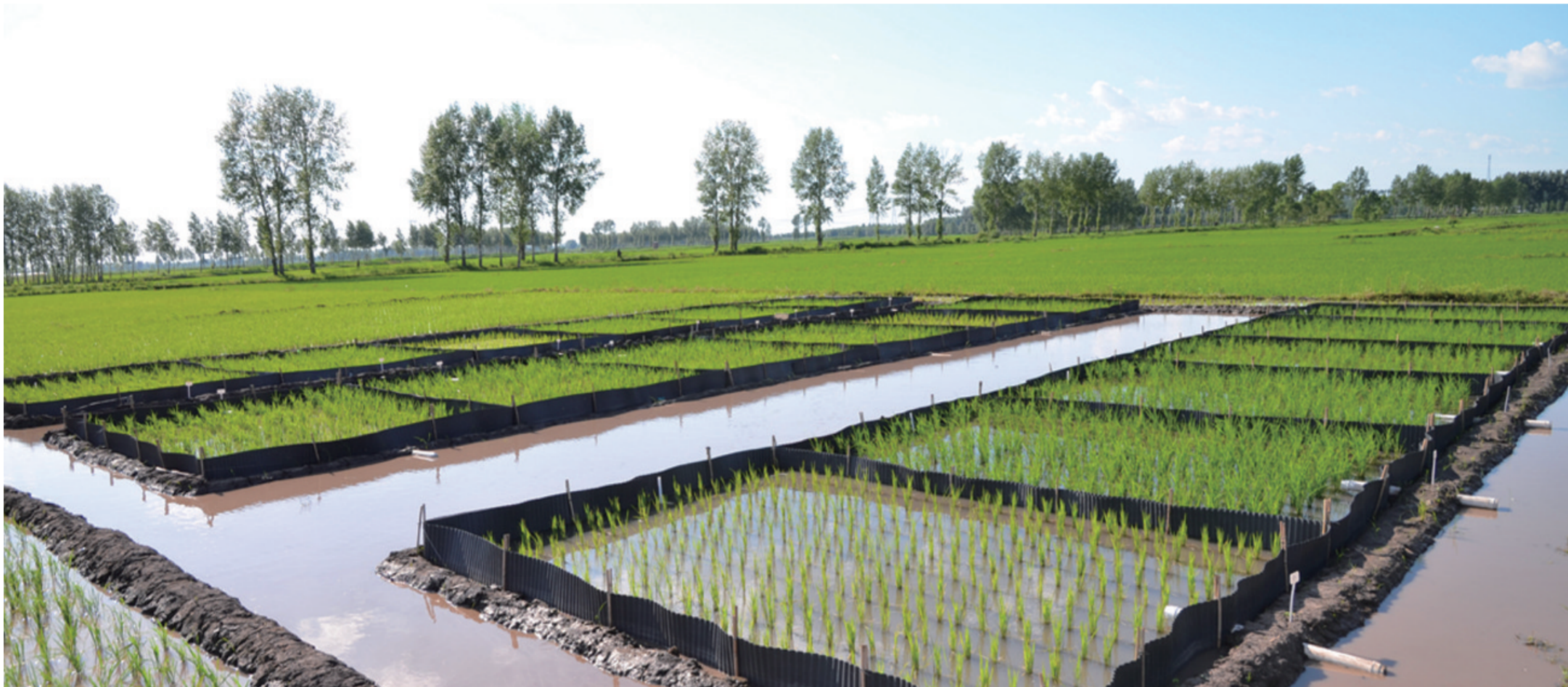
编者按

松花江哈尔滨市辖区控制单元(简称控制单元)是黑龙江省控制区内的4个控制单元之一。水专项“松花江哈尔滨市辖区控制单元水环境质量改善技术集成与综合示范”课题围绕松花江流域国家水污染治理和水环境保护战略目标,首次从控制单元的角度开展技术集成及

综合示范,着力提高水环境质量改善问题。通过大尺度、多方位的环境整治技术的实施,及区域内水资源的合理调配和综合管理,实现控制单元主要水质指标(COD、氨氮)总体达到Ⅲ类水质。

课题涵盖点源、面源等水污染防治典型问

题,不仅对松花江流域水环境问题具有很强的针对性,对其他流域从控制单元角度解决水环境问题也具有一定借鉴性。课题兼顾控制单元水污染治理与水环境管理两大技术体系,提供相应数据与经验支持,对推动专项目标的顺利实现,意义重大。



典型行业废水污染物深度削减工艺与示范促进控制单元水质持续改善

按照松花江哈尔滨市辖区控制单元内的环境污染特点以及环境质量改善需求,课题组针对松花江哈尔滨市辖区控制单元流域食品深加工、发酵等行业污染类型复杂等问题,开展高氨氮工业废水、发酵水、城市污水处理厂废水深度削减技术研究。

针对传统生物脱氮方法对于高氨氮废水中的含氮污染物去除效率低及处理过程能耗高等情况,开展了高效、节能降耗的处理技术,研发了生物膜强化自养异养耦合脱氮技术,通过加入具有特殊结构的悬浮填料及曝气方式、曝气量的控制,改善活性生物膜中脱氮微生物种群结构,强化自养及异养耦合生物脱氮过程,实现污染物降解与氮同步高效去除。通过技术集成,结合乳品废水的水质特点,提出了采用“多介质膜水解——高负荷曝气泥膜共生——动态膜强化SNAD”为主体单元的处理工艺,该工艺具有良好的处理效果及创新性。将所研发的技术应用于黑龙江完达山阳光乳业有限公司2000吨/日的示范工程,出水达到了《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中一级标准。相较于企业原有的处理工艺,该工艺大幅降低药耗和能耗,处理效果稳定,吨水处理成本节省40%以上,具有显著的经济效益和社会效益以及很好的应用推广价值。



完达山阳光乳业有限公司污水处理示范工程现场。

针对流域污水处理厂冰封期处理效率低、运行效果差、污水处理不同季节变参数运行技术缺乏、污水污泥过程减量技术薄弱、污水污泥资源化能力不足的现状,课题组研发了基于多点进水深井曝气工艺复合泥膜共生系统的污染物深度削减工艺,构建变压力梯度下的高效功能菌群高生物量处理体系,富集变形菌门+拟杆菌门抗压耐寒微生物,深度削减污染物。此外,课题组通过微型螺旋流测流测得的辐流式初次沉池内速度分布情况,优化进水池挡板布水流速及悬浮物浓度等沉池参数;提出高压曝气强化污染物快速削减方法,通过提升曝气压力,提高溶解氧浓度,促进微生物利用氧分子的效率,强化污染物降解能力。该工艺在哈尔滨市朝阳水质净化厂工程中得到应用,出水稳定达到一级A标准要求。

此外,课题针对污水污泥好氧发酵升温周期长、调理剂用量大的问题,开发了基于生物预发酵的沥浸污泥好氧发酵优化技术,通过生物预发酵改善污泥微生物种群结构,调整堆肥调理剂组成结构,优化好氧发酵通风过程,改善筛分和熟料回流方式,促进污泥中有机质的降解和生物热释放。建设的污水污泥集中处置示范工程,将好氧发酵升温周期缩短,减少了调理剂用量,可提高好氧发酵工艺效能。

面源污染监管控制集成体系增强控制单元废物资源转化

利用水文模型进行计算机模拟是解决流域水循环过程和污染形式的最有效方法,但是水文模型在北方高纬度寒冷地区应用较少,基于这方面的技术研究迫在眉睫。为解决控制单元内面源污染的来源复杂、影响范围广泛、很难定量检测与分析的特征难题,课题组研发并形成了一套流域面源污染过程模拟诊断与流域规划管理政策分析为一体的全流程面源污染监管控制技术体系,构建了流域内的面源污染基础信息数据库,弥补了哈尔滨市辖区内面源污染基础数据零散、数据标准不整齐的不足。课题开发了集人工降雨控制、坡度坡面控制、径流数字自动传输采集为一体的面源污染截留净化平台,该平台建设具有多条件降雨环境模拟、多条件地面环境模拟、水文及环境信息数字化实时数据传输采集的功能,可有效模拟自然条件下面源污染发生过程,科学定量的解析污染过程,为尺度放大和效果验证提供了技术保障。此外,采用GIS平台的AVSWAT模型与经验模型结合的方法,课题开发了基于复杂下垫面地理条件的流域非点源污染模拟技术,可定量解析流域非点

源污染的时空异质性分布规律,通过对流域的非点源污染负荷进行定量化计算,完成具有寒冷地区特色的面源污染时空过程模拟,有效解决了面源污染扩散过程复杂、难以有效计算与模拟控制的重要难题。

根据模型计算结果可确定流域内面源污染发生的关键路径和关键时间节点,课题依此制定科学、有效的流域面源污染综合管理方案。这种在定量解析基础上提出的流域综合管理方案,实现了数字空间模拟预测技术与综合管理规划的有序承接,避免了流域管理过于粗放、与实际情况脱节的问题,因此可指导控制单元内具体面源污染控制工程的科学实施。这个课题的实施一方面解决了流域环境治理工程没有重点、选址缺乏科学论证的问题,显著节约环保治理工程成本;另一方面可极大提高政府决策的科学水平,提高现有流域污染防治能力与效果,具有显著的经济效益。这项技术弥补了我国寒冷地区面源污染系统研究的空白,为相关部门和政府流域整体规划提供量化的科学指导,是适应黑龙江省“千亿斤粮食计划”带来的农

业面源污染压力和满足环境质量提升需求的重要成果,同时可为全国其他以农业发展为主的流域面源污染防治与综合管理提供参考。

目前,课题组与黑龙江春雨智慧农业科技有限公司签订协议进行专利转让,依托哈尔滨三安环农肥料有限公司和黑龙江省达丰科技开发有限公司开展示范工程建设,改建、扩建和新建场区,在哈尔滨市辖区控制单元海沟河流域建立了综合示范区和清洁生产基地,展开了一系列如购买设备仪器、办理有机肥临时登记证、清理收集露天堆放牛粪、试生产有机肥等有效措施。这一发展进程继续推动了示范工程配套单位与哈尔滨市阿城区环保局等相关部门的合作。此外,在哈尔滨东日种植专业合作社、哈尔滨市佰亿斤水稻种植专业合作社、哈尔滨国家农业示范园区和鑫福成农机合作社示范推行农业面源污染治理技术,农业面源污染治理技术辐射溢出,为松花江流域(黑龙江境内)大庆绥化控制单元畜禽粪污和作物秸秆综合利用提供技术支撑,为黑龙江省畜牧养殖大县粪污处理提供培训和技术指导。

水陆交错带生态修复关键技术引导控制单元生态系统良性循环

近年来,森林质量下降,天然林面积减少,湿地面积萎缩(约减少30%~50%),生物多样性降低,整体生态功能减弱。底泥高负荷污染物形成的二次内源污染及采砂产生的废弃物造成大量土地、林地资源废弃,加剧了土地、水体、大气等环境污染。流域自然生态系统受损严重,生态景观缺失,导致降解污染物、保持水土、涵养水源及调节区域气候等生态功能下降,威胁控制单元的生态安全。

课题针对控制单元存在的生态破坏和底泥内源污染而导致的水生态问题,采用恢复生态学理念与工程技术措施相结合的生态工程设计方法,优先恢复水陆交错带系统合理的内部结构,然后通过自组织机理和人为协助调控逐步恢复高效的系统功能,将裸露的岸带恢复为景观效果好、净水能力强的健康水陆交错带系统。

物候期是植物的生长、发育、活动等规律与生物的变化对季节气候的反应,

通过观测和记录一年中植物的生长荣枯,探索植物发育和活动过程的周期性规律。课题研发了植物生活周期优化技术和土壤水分控制技术等技术水陆交错带生态修复关键技术,针对15种寒冷地区典型土著植物,筛选出返青期早、枯萎期晚、悬浮物去除率高的湿地植物4种,为芦苇、香蒲、小叶章、早熟禾,其中小叶章对悬浮物去除率达80%以上,芦苇、香蒲、早熟禾对悬浮物SS去除率达60%以上。以芦苇/香蒲+小叶章+早熟禾为主构建水陆交错带湿地植被搭配模式,通过水陆交错带植物配置,交错带植被整体生长周期提前并延长。

湿地植被以水为生存空间,受水分梯度、生物竞争以及营养物质等环境因子的影响。水位的变化会使湿地植物在生理和生态等方面表现出不同的变化特征。随着湿地水位的变化,植物群落的密度、丰富度都会呈现显著变化。土壤种子库是植物潜在种群,土壤种子库特

征对生态系统的恢复和植被的结构、功能、组成与动态等更为重要。土壤水分的空间梯度变化是影响土壤种子库的特征、空间分布格局、种子库和地表植被的关联性以及植物种子结实量等的主要原因之一。对控制单元水陆交错带土壤种子库研究发现,无积水条件下土壤种子库物种数最高,表层0~5厘米土壤中无积水条件下物种数最多。同时,无积水条件下种子库密度较高,其中0~10厘米土层种子密度占全部种子密度的80%以上。在确定以激活无积水条件下的0~10厘米土层种子为首要目标后,采用水分灌溉的方式,激活种子库。这项技术通过不同水分的调控,可激活湿地土壤种子库中相应水分因子的植物,利用这类植物种子的萌发与生长修复植被组成结构,从而促进植物群落向顶级群落演替。上述技术在哈尔滨市松花江干流阳明滩开展应用,其示范区生物多样性、植被覆盖率及径流中悬浮物去除率均有所提高。

水环境信息分布式数据响应平台为水环境管理提供技术支持

松花江哈尔滨市辖区控制单元位于松花江流域中段。课题组针对控制单元水环境基础信息尚不完善的现状,突破传统单纯地面调查的水环境信息获取方法,采用多源遥感技术与地面实测数据相结合的方式,开展控制单元水环境基础信息采集工作。通过环保管理部门污染源普查、统计、减排、排污申报及排污许可数据,建立控制单元水环境属性数据库。结合在线监测获取的水质动态数据,建立控制单元水环境数据综合服务平台,为水环境管理、规划、治理提供数据支持和数据服务。

以水环境分布式数据库为基础,集成物联网、传感器技术,建立水环境深度感知系统,实现企业、污水处理厂和流域断面的三级响应管理。通过GIS系统的可视化动态界面,对企业排水参数和污水处理厂进水参数及时预警预报,以保证污水处理厂水质达标排放,为大顶子山监测断面的水质目标提供辅助支持。综合控制单元各示范区采取的污染物削减技术及生态修复手段,对控制单元未来水环境状况进行大尺度的三维推演与虚拟仿真,为控制单元污染物削减技术的预期效果提供直观展示,并辅助控制单元的环境规划和管理决策支持。

针对控制单元水质管理需求,构建由水动力模型、水质模型、污染源与水质空间关系模型和水环境容量计算模型耦合的水质模型系统,解决了控制单元水质模型构建未考虑冰封期、融冰期(桃花水期)、平水期和丰水期不同时间段中污染源(点源、融雪径流、暴雨径流和农业面源)动态变化情况,水动力、水质模型不能实现全时空精确模拟等问题,为水环境的可视化虚拟仿真提供计算基础。通过应用遥感与GIS技术与水质模型相结合,实现控制单元水质模拟预测、水质评价、污染物总量排放管理、水环境容量动态模拟、水质保障措施制定等业务化应用。同时,以保证大顶子山出口断面Ⅲ类水质标准为前提,为控制单元水环境科学规划提供预测数据,为区域环评、工农业项目审批提供决策支持。课题成果“水环境生态补偿框架”研究对黑龙江省流域水环境补偿标准框架等进行了有益探索,为黑龙江省相关政策制度的出台和落地实施提出了实用性强的设计思路和策略,有效指导了区域内水环境补偿工作的具体开展。

左薇 唐聪聪 刘晓星



基于生物预发酵的沥浸污泥好氧发酵集成技术。