

“国家重点研发计划”

城镇污水高效低碳资源化利用技术集成与示范

任南琪, 冯玉杰*, 林楠

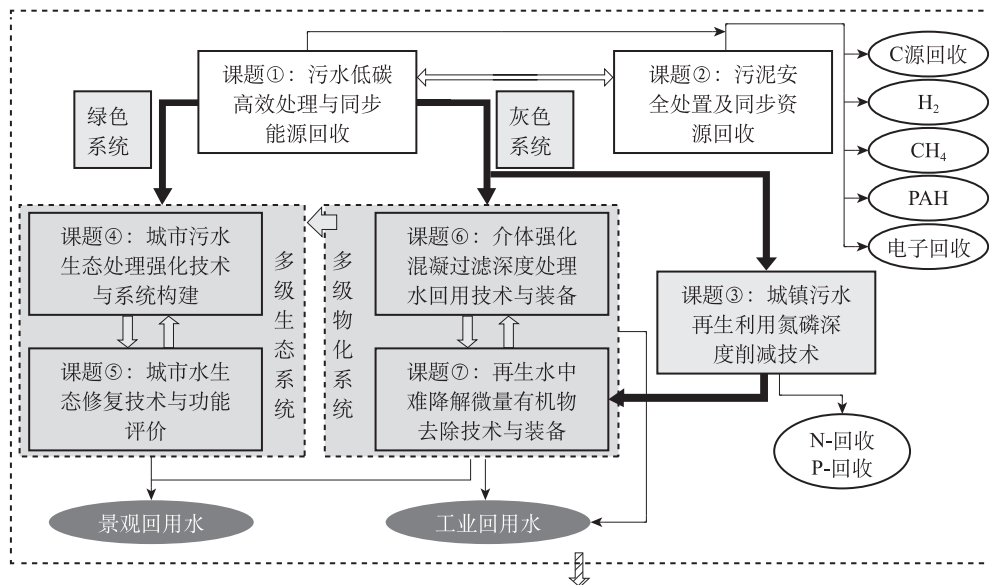
(哈尔滨工业大学城市水资源与水环境国家重点实验室, 哈尔滨 150090)

城市污水处理厂深度处理水的再利用是开源节流、改善生态环境、解决城市缺水的有效途径之一,《水污染防治行动计划》也明确规定了2020年水回用20%的要求。经处理的城市污水厂出水回用普遍面临建设及运行费用高、微污染物残留及氮/磷深度削减难、生态安全不明确等问题。生态处理虽然具有节能、低碳优势,但日益严重的城市水环境污染导致城市水生态功能退化、生态净化功能难以发挥。因此,如何建立低碳、高效的城镇污水资源化利用技术系统,实现“水安全、水环境、水景观、水文化、水经济”五位一体的城市水生态系统建设模式,是我国水资源可持续利用的国家重大需求。

2016年8月,国家重点研发计划“水资源高效开发利用”重点专项“城镇污水高效低碳资源化利用技术集成与示范”项目正式启动。该项目针对城市工业、景观生态等再生水利用需求,基于“产品”与“生态服务”一体化的研发思路,以建立“绿色”+“灰色”的耦合城市污水处理、多目标回用技术系统为总目标,开展城镇污水低碳、安全、资源化利用及风险评估技术研究。形成加强型生态修复与恢复技术体系,研发新型节能污水生物处理及污泥安全处理处置技术、再生水中微量有

机物削减技术与装备等,建立污水处理多目标回用全过程风险与技术经济评价方法和体系,完成示范工程建设与运行。污水回用既可以有效地节约和利用有限的和宝贵的淡水资源,减少污水或废水的排放量,缩小水循环的空间范围,可减轻水环境污染,还可以缓解城市排水管道的超负荷现象,具有明显的社会效益、环境效益和经济效益。

该项目由哈尔滨工业大学牵头,联合北京大学、中国科技大学、天津大学、北京工业大学、中科院地理科学与资源研究所、北控水务等14家单位共同参与,项目负责人为任南琪院士,由城市水资源与水环境国家重点实验室副主任冯玉杰教授协助任南琪院士进行项目具体实施。开展时间为2016年7月至2020年12月,专项经费3500万元,设置8个课题,项目技术路线见图1。



课题⑧: 污水多目标回用全过程风险与技术经济评价方法和体系

图1 项目技术路线

作者简介: 任南琪(1959—),男,院士,哈尔滨工业大学环境学院,主要研究方向为污水处理及资源化、海绵城市建设理论与实践, E-mail: rnq@hit.edu.cn。

* 责任作者: 冯玉杰(1966—),女,教授,哈尔滨工业大学环境学院,主要研究方向为污水处理及资源化, E-mail: yujief@hit.edu.cn。

项目围绕“城市污水处理过程中物质流与能量流内在机制,首次提出“灰色”+“绿色”的高效污水处理及回用系统,设置如下研究内容:

(1) 污水/污泥低碳、高效处理与资源化与能源化

主要包括高效智能曝气、颗粒污泥技术、厌氧流化床技术、微生物电催化强化剩余污泥产甲烷、污泥内碳源定向合成聚羟基脂肪酸酯等技术研发,推进污水/污泥低碳高效处理技术的产业化。

(2) 再生水中氮/磷深度削减技术与装备

通过城镇污水再生利用氮、磷深度削减技术的研发,解决城市污水厂的深度处理出水作为景观回用水或工业回用水普遍面临的氮、磷污染物的问题。氮、磷深度削减技术的集成与应用显著提高污水处理厂的出水水质,满足工业用水、生活杂用水的高品质要求。

(3) 强化生态净化技术处理污水厂出水的“绿色”技术系统

主要包括研发集微纳米材料、强化微生物电子转移的加强型生态净化技术、生态系统恢复与重建、城市雨水径流净化再利用、生态浮床技术研究,构建涵盖污染物原位监测、材料-植物-微生物一体的加强型生态净化系统,为绿色系统建立提供成套技术体系。

(4) 再生水中微量有机物削减技术与装备的“灰色”技术系统

针对城市污水处理厂排水在回用过程中,常规物化深度处理工艺存在的建设及运行费用较高、对水中残留的污染物质去除能力不足等问题,开发复合介体吸附强化混凝处理技术及其耦合处理技术,建立复合介体(磁、沸石、粉末炭等)吸附强化混凝过滤和负荷介体高效沉淀耦合膜过滤、高效低耗强化氧化/吸附-膜分离成套污水再生利用技术集成与优化等研发。

(5) 污水多目标回用全过程风险与技术经济评价方法和体系

开展污水多目标再生回用的生态毒性和健康效应评价、生态风险和人体健康风险评价以及生态系统服务评价研究,提出合理的再生水多目标回用评价的技术方法和评价指标体系,为优化城镇污水回用技术提供评价方法。

本项目提出的新技术、新材料、新装备,代表了当前城市污水厂节能低碳运行及高品质再生水处理领域的发展方向。项目攻关形成的研究成果,将成为引领城镇污水厂再生水处理领域发展的推动力,促进城镇污水的深度处理和回用率的进一步提高,缓解当前紧张的水资源供需矛盾。利用本项目的成果,示范企业的高品质再

生水处理规模可以在短时间内大幅度提高,按7元/m³的高品质再生水价格,每年的收入将超过亿元。

项目研制的微纳米材料光降解有机污染物的方法、微纳米材料-植物-微生物耦合修复系统以及水生植物强化净化系统,将提升城市河(湖)水环境治理和水生态修复效率,显著改善了修复水体周边的环境,整体提升区域投资环境并加快沿线区域的建设和开发,引导该区域产业结构和产业布局的调整。进行再生水回用的综合生物毒性测试和风险评价及生态服务综合评价,能够有助于控制再生水多目标回用对生态系统和人体健康的负面效应,促进再生水的回用。经过对城市水环境的修复,城市水体环境具有明显的改善。水体质量得到净化,区域水环境容量明显增加,对水量的调节能力增强,可以消减暴雨带来的内涝,缓解排水管网的负载。滨岸缓冲带和湿地为众多的生物提供了栖息地,促进物种多样性的增加,提高了物质资源的丰富度,改善城市小气候和居住环境,美化城市市容。此外,滨岸缓冲带具有娱乐和观赏的作用,为散步休闲或者郊游踏青提供了等户外运动提供了场所,提高了人类的文化生活质量,同时带动商业、建筑业、运输业及旅游业等的迅速发展,从而促进项目影响区域的经济繁荣。

此外,本项目通过污水污泥资源化途径,可实现污泥减量50%以上,回收污泥碳源达到70%~80%,高效回收了污水中蕴含的碳素资源,并减少了后续污泥处理处置的压力。污泥厌氧发酵产生的甲烷气体、合成的PHA产品及好氧发酵产生的营养基质等实现了未来水厂输出有价值能源及化学产品的目标,改变了传统污水处理厂的末端处理位置,使其成为能源资源循环的重要环节。

综上,该项目研究内容具有重要科学研究价值、环境效益和社会经济效益突出。利用本项目研究成果,开发具有自主知识产权的新材料、新工艺和新设备,将进一步提高未来的核心竞争能力。通过本项目研究成果的应用示范,展现高品质再生水集成技术的新成果,使参与企业的产品、设备或技术抢占国内市场。