

05 绿色环保与 智慧生态

GREEN ENVIRONMENT AND
INTELLIGENT ECOLOGY



哈爾濱工業大學
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

目 录

CONTENTS

05

绿色环保与智慧生 态（11项）

1. 强化型水体生态修复技术（环境学院）	60
2. 微生物菌剂强化技术（环境学院）	61
3. 微生物电化学污废水净化同步能量转换与利用技术（环境学院）	62
4. 藻基水处理体系碳中和与液体肥料生产技术（环境学院）	63
5. 臭氧高级氧化技术（环境学院）	64
6. 功能陶瓷膜技术及应用（环境学院）	65
7. 高品质饮用水处理技术（环境学院）	66
8. 水环境智慧管控系统（环境学院）	67
9. 梯度渗透和高盐废水处理工艺（环境学院）	68
10. 高效抗污染油水分离膜关键技术（化工学院）	69
11. 油泥微波热解低碳处理技术（环境学院）	70

1.强化型水体生态修复技术（环境学院）

【成果简介】

针对我国目前城市水资源短缺、水环境污染及水生态损害等严峻问题，研发了低碳、高效的强化型水体生态修复技术与装置。该技术基于微生物电化学原理，打破了常规生物转化过程中污染物氧化还原电子转移的胞内限制，通过模块化的科学构型，建立了污染物降解过程中的电子空间转移强化策略，实现了污水处理过程的绿色循环。该技术的研发建立了污染物生态净化新范式，为我国水环境改善、水生态恢复的低碳绿色发展提供了优选路径，为我国生态文明建设及乡村振兴提供了科技支撑。相关研究成果荣获中国环境科学学会2023年度环境保护科学技术奖一等奖。

【技术指标】

较传统污水处理工艺，可节约能耗药耗约50%、减少温室气体排放量约30%、降低治理成本约70%，处理后水质长期稳定维持在地表水质Ⅳ类，达到一般工业用水及景观补水标准。

【应用前景】

该技术可广泛应用于农村生活污水治理、景观水体修复、流域水环境修复以及污水厂尾水深度处理工程等领域。截至目前，该技术已成功应用于我国南方典型城市海绵城市建设、黑臭水体治理等工程，并向多个城市推广。



强化型水体生态修复技术示范工程

2.微生物菌剂强化技术（环境学院）

【成果简介】

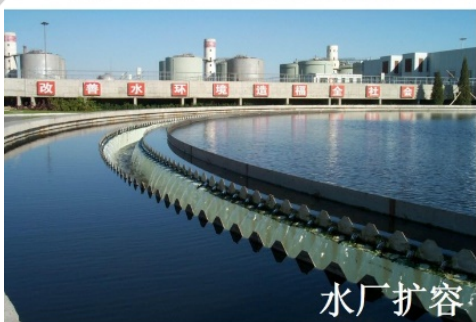
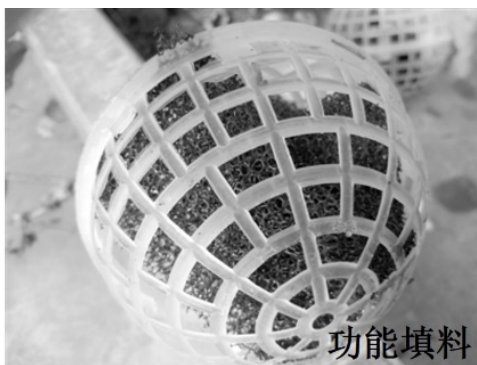
针对我国目前寒区冬季温度低、新建城市污水处理厂启动周期慢等主要问题，研发了微生物菌剂强化技术。该技术基于微生物协同代谢、生态位分离及微生物自适应原理，通过菌丝球生物载体和生物亲和悬浮载体的设计，建立了低温下功能微生物快速富集策略，实现了污水生化处理系统的快速启动和稳定运行。该技术的研发可实现污水处理厂原位扩容、提标和快速启动，对寒冷地区污水处理的稳定达标排放，尤其是东北地区冰封期的污染物削减意义重大。

【技术指标】

实现了水温低于15℃的条件下污水处理生化段启动时间缩短2/3；出水优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级B标准；依据水厂运行要求，可定向复配菌剂。

【典型应用】

相关技术已在哈尔滨、绥化、七台河等寒区地市污水处理厂应用，且可广泛应用于市政生活污水、流域河道、工业废水、黑臭水体治理等领域。



微生物菌剂强化技术工程工程

3.微生物电化学污水净化同步能量转换与利用技术（环境学院）

【成果简介】

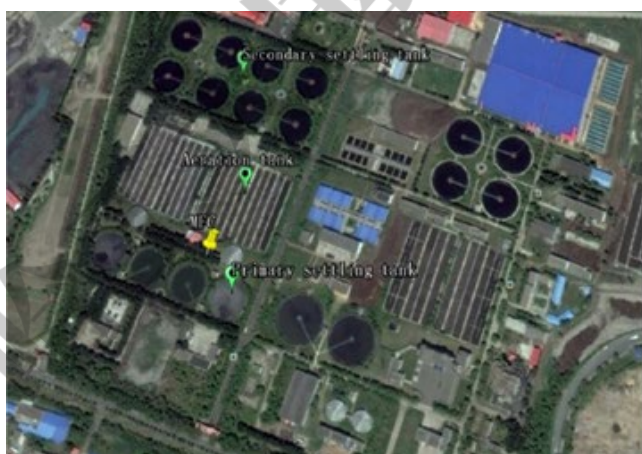
针对我国目前村镇污水收集困难、点源污染严重的问题，研发了微生物电化学污水净化同步能量转换与利用技术及装置。该技术基于电场强化微生物代谢理论，通过电极阵列的构筑优化，解决了传统污水处理工艺耗时长、污染物负荷低、能耗巨大以及剩余污泥产量高等弊端，并实现了污水处理过程中的能量自持。该技术的研发为我国分散式村镇污水低碳处理提供了新方法，为我国美丽乡村建设提供了科技支撑。相关研究成果荣获“北控水务杯”第二届中国“互联网+”生态环境创新创业大赛全国冠军、黑龙江省科技进步二等奖。

【技术指标】

该技术运行费用仅为常规工艺的五分之一甚至十分之一；核心水质参数均达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级A水平。

【典型应用】

该技术已在我国北方某污水处理厂进行中试验证，且可广泛应用于生活污水、制药废水、养殖废水和食品加工废水等的处理。



微生物电化学污水净化同步能量转换与利用技术工程示范

4.藻基水处理体系碳中和与液体肥料生产技术（环境学院）

【成果简介】

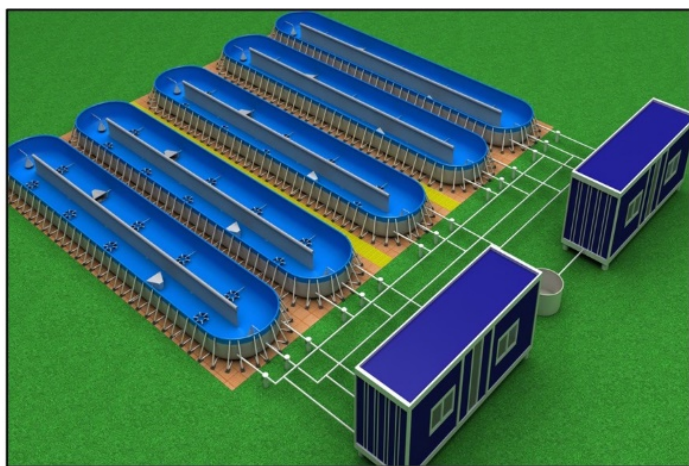
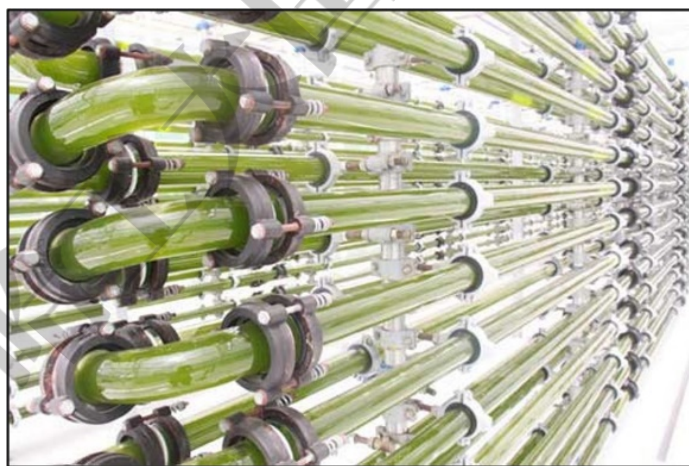
针对我国生活污水高效脱氮往往依赖外加有机碳源的弊端及化学法除磷导致的污水处理成本高的问题，开发了基于藻基的绿色低碳生物脱氮除磷新技术。通过藻种筛选、代谢调控等手段实现了污水处理厂碳、氮、磷等污染物高效共脱除的有效集成。同时，利用微藻制备生物柴油、生物沼气、动物饲料、藻类蛋白及生物肥料等有价产品。该技术的研发有利于污水处理的节能和碳减排，可推进我国污水高效低碳脱氮除磷及“十四五”期间实现减污降碳协同增效的发展进程。

【技术指标】

在不投加有机碳源条件下，实现污水氨氮“零排放”、总磷排放小于0.3mg/L的《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级A标准。

【应用前景】

该技术可用于市政污水深度脱氮除磷处理过程，对于开发绿色低碳、可持续发展的污水处理技术具有重要的科学意义和工程借鉴。



藻基水处理体系与液体肥料生产技术工程示范

5.臭氧高级氧化技术（环境学院）

【成果简介】

消毒是保障饮用水生物安全性的关键步骤，对于减少水介传染病的流行具有重大意义，然而传统的氯消毒技术存在氯代有机物生成的风险。同时，新兴消毒副产物如溴、碘代副产物也不断被发现。针对该问题，研发了新型高效绿色的臭氧高级氧化技术，利用臭氧在催化剂的作用下产生大量羟基自由基，能够几乎无选择性地和水中所有的有机污染物发生反应，将常规氧化剂等无法氧化分解的有机物彻底氧化为 CO_2 和 H_2O 。且在高浓度、高压力的臭氧条件下，能将病毒和细菌氧化灭活，消杀速度快，消毒效果优异，对抵抗细菌病毒突发事件、保障城市健康安全具有重要意义。

【技术指标】

在相同病毒灭活效果的前期下，臭氧高级氧化技术CT值（消毒剂有效浓度与接触时间乘积）仅为氯的 $1/5 \sim 1/10$ ，约为氯胺的百分之一至千分之一，且无消毒剂残留，对环境无副作用，该技术产品完全达到并符合国家消毒技术规范的要求。

【典型应用】

研制出空气源直接界面诱导臭氧新技术和臭氧高级氧化空气净化装备，成功应用于多家医院、机场和学校，实现了高效的污水处理消毒和空气消毒。此外，初步应用在绥芬河、大连等地的大型低温冷库、仓储、集装箱等冷链物流体系中的预防性消杀，可在冷链物流和港口进一步推广应用。



臭氧高级氧化杀菌消毒绿色技术与装备

6.功能陶瓷膜技术及应用（环境学院）

【成果简介】

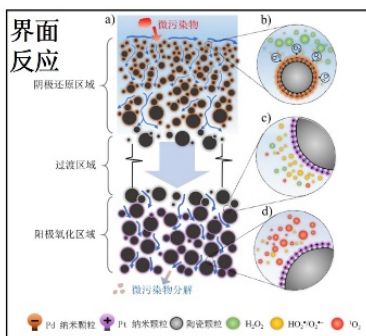
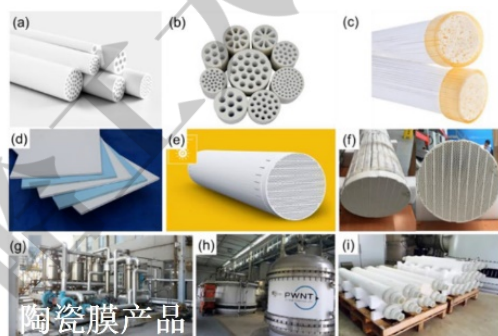
针对当前水资源短缺和水环境污染问题严峻、深度水处理技术难以满足污水水资源回用的难题，研发了功能化陶瓷膜技术与装备。该技术以不同规格的氧化铝、氧化锆、氧化钛和氧化硅等无机陶瓷材料作为支撑体，经表面涂膜、高温烧制而成的新型陶瓷过滤膜材料，并结合新生态纳米吸附技术与高级氧化技术，进一步开发制备了抗污染陶瓷膜、催化陶瓷膜等功能性陶瓷膜。针对不同类型水体选取合适功能膜，可在源头上实现资源化、有效延缓膜片污堵，实现污水处理由投入向收益的转变。本研究为未来发展基于功能陶瓷膜技术的污水废水处理及资源化提供了技术支撑，对实现低碳水处理技术的发展具有重要的理论指导和实际应用意义。

【技术指标】

与传统膜蒸馏技术相比，功能化陶瓷膜的膜通量高一个数量级，脱盐率大于99.8%；对实际乳化油废水，过滤液中含油量低于5mg/L，COD小于15mg/L，悬浮物和浊度均为0NTU（散射浊度），达到排放标准。

【典型应用】

该功能膜已在伊春等地开展示范应用，并在给水处理、污水处理、中水回用、油水分离、雨水利用、家庭饮水处理和海水预处理等领域均具有良好的应用前景。



功能陶瓷膜技术及应用

7. 高品质饮用水处理技术（环境学院）

【成果简介】

针对水中污染物种类逐渐增多、抗生素及微塑料等新型污染物难以去除、居民饮用水安全问题突出的难题，研发了多功能绿色净水技术。该技术基于 K_2FeO_4 分子中的正六价铁Fe在还原为三价Fe的过程中产生的具有优异反应活性的不稳定Fe中间态物质进行污染物的高效氧化降解。通过 K_2FeO_4 的优化制备、中间态铁的反应特性及氧化规律揭示，实现了水中铊等重金属、磺胺甲基异恶唑、卡马西平等新型污染物的高效去除。相关研究成果荣获黑龙江省科学技术一等奖。

【技术指标】

基于该技术，水中铊去除率可达90%以上，残留铊浓度低于 $0.1\text{ }\mu\text{g/L}$ ，满足我国《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)对水中铊浓度的要求。

【典型应用】

该技术已在全国百余座水厂中推广应用，水质全面达到国家生活饮用水卫生标准，确保了流域地区的安全供水（日供水量300万吨，服务人口600余万）。该技术可广泛应用于新建自来水厂、水处理厂升级改造等领域。



高品质饮用水处理技术及示范

8.水环境智慧管控系统（环境学院）

【成果简介】

面向国家精准治污、科学治污的重大需求，通过国家水体污染控制与治理科技重大专项、国家重点研发项目、国际科技创新合作重点专项等支撑，以大数据挖掘为抓手，研发水环境领域知识嵌入与边缘计算加持的软硬一体预报预警技术，实现流域尺度水质超前预警，支撑污染治理由回顾式判断到预判式管控的全面提升，推动重点整治到系统治理的重大转变。入选工信部“大数据产业试点示范项目”和中央网信办“数字化预测协同转型发展典型案例”。

【技术指标】

首次实现松花江流域大尺度长时序4种水质参数未来7天在线预测预报，预测准确度高达85%以上；河流水质改善效果显著，水质优良率（I-III类）提高10%以上。

【典型应用】

研究成果应用于松花江、长江等流域，该智慧系统可应用于城市的供水、供电、供气等领域，经济、环境和社会效益显著。



哈尔滨新区水环境智慧管控



国控断面水质在线预测



深圳市河流创优APP

9. 梯度渗透和高盐废水处理工艺（环境学院）

【成果简介】

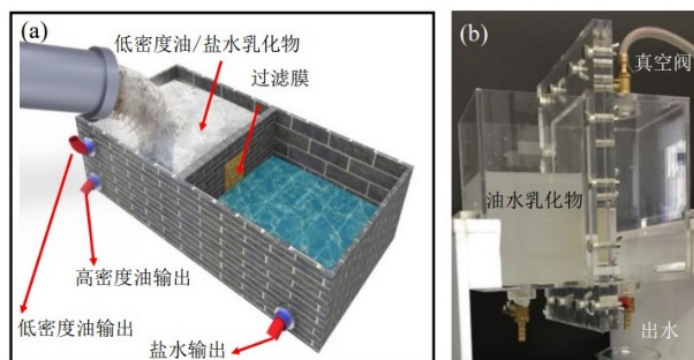
针对含油高盐废水因油含量高和盐浓度大致使其处理困难，膜法水处理技术存在纯水回收率低且操作压力大致使膜污染严重等问题，研发了高效集成梯度渗透膜法工艺，采用改性膜元件和特殊工艺控制等多项创新性技术，实现高硬高盐水的低压力运行。利用梯度渗透原理，基于水质变化精准适配相应渗透膜，形成梯度渗透，实现渗透压的逐级消减，保证膜集成系统的低压运行。同时根据不同梯度空间水质污染物特点，配置相应的改性大通量催化陶瓷膜，形成不同污染物的高效分离，避免由此形成的膜污堵问题。结合电渗析和反渗透工艺处理高盐废水，使整个工艺过程基本无废水排放，实现水资源的高效节约，在消除环境污染的同时回收有价值资源。

【技术指标】

制备的 $\text{SiO}_2\text{@PVDF-HFP/PS}$ 膜处理含油高盐废水时具有优异的跨膜通量，达到 $28\text{ L/m}^2/\text{h}$ ，分离效率达到100%并具有优异的热稳定性。在反渗透浓水的浓缩过程中，引入气泡对钙镁结垢现象有良好的阻垢效果，反渗透浓水的浓缩倍数提高一倍以上；在浓缩海水的回收过程中，可使海水浓缩时间减少大约5个小时，浓缩倍数增加1.7倍。

【应用前景】

该技术可应用于电厂、医药化工、石油化工、食品加工、印染、造纸等行业废水处理，实现低压梯度渗透和浓盐水的资源化利用。



油/盐水分离装置示意图

10. 高效抗污染油水分离膜关键技术（化工学院）

【成果简介】

针对油水分离膜处理量小，容易污堵的技术困扰，利用绿色仿生技术开发出高通量长效抗污染油水分离膜。该技术通过模拟天然大丽花叶片成分和结构在微滤膜表面构筑特殊的迷宫型褶皱微球，增加膜表面与水分子的接触面积，协同增强膜表面的水合层和空间位阻效应，获得了新型油水分离膜。同时，新型超亲水膜在死端过滤和错流过滤多种表面活性剂稳定的油水乳液时，可实现较高的分离通量和极低衰减速率。新型分离膜具有超强抗原油污染能力，能抵御高粘性原油的初始粘附、迁移和聚集。

【技术指标】

该技术极大降低了系统运行物料成本、用地成本和能源成本。单位面积膜产品处理效率提高了一个数量级，耐污堵能力提高了4~5倍。膜系统整体运行成本降低了一半以上，膜系统效费比突破性提高。

【应用前景】

该技术适用于抗油织物等多种高性能材料的合成制备，油田开采、炼化企业油品处理、远洋货轮含油水处理、植物油品/油溶性中医药提取等方面。



高通量纳米级精度分离膜关键技术

11.油泥微波热解低碳处理技术（环境学院）

【成果简介】

油泥组成成分复杂，包含重金属等有毒有害物质，对土壤环境及人体健康造成严重危害的现状，开发了油泥微波热解低碳处理技术与装置。该技术基于微波梯度升温机制高效去除重金属、氮、硫、焦油等特征污染物，并可制备生物炭、油、气等高值化产品。此外，构建了红外测温耦合污泥微波变频节能降耗系统，实现污泥源头分质-中段高效热解碳化-末端产品生态增值的污泥处理循环利用体系。该技术助力油泥等危险固体废弃物无害化及资源化处置技术体系建设，实现固废“低碳、负碳”处理目标。相关成果荣获2020年度黑龙江省自然科学一等奖。

【技术指标】

氮、硫、焦油等污染物去除率达到85%以上，处理后石油类污染物含量满足《农用污泥污染物控制标准》（GB4284-2018）要求、废气满足《石油炼制工业污染物排放标准》（GB31570-2015）要求；较传统热解技术能耗降低30%以上；处理成本降低79%。

【典型应用】

该技术已应用于油田炼油厂油泥无害化的处置，可广泛用于油泥、污水污泥、制药菌渣等固体废物处理领域，为固体废弃物低碳无害化与高效资源化处置提供技术支撑。



油泥微波热解低碳处理技术示范工程