

饮用水臭味识别与控制技术

项目成熟阶段

实验室研发

中试放大

成熟应用

概况及应用领域：以全二维气相色谱-高分辨时间飞行质谱技术与感官气相色谱联用等手段进行饮用水臭味物质的识别，并以高效活性炭为核心进行臭味的去除，可解决饮用水的臭味问题，并降低处理成本。

技术特点/设备参数：

1. 系统化的饮用水臭味表征方法体系。可基于不同评价目标进行感官评价，实现饮用水臭味定性、半定量评价；感官闻测与化学分析同步对臭味物质进行识别，建立臭味物质筛查数据库，解决了复杂水质条件下关键致嗅物质鉴定的难题。

2. 基于臭味物质特征的高效去除技术。主要基于活性炭吸附动力学模型利用高效活性炭进行臭味物质的去除。对于多种臭味物质造成的臭味问题，可通过氧化与吸附耦合进行处理。

市场分析：目前我国地表水源臭味问题频发。有关饮用水臭味的定性定量表征方法填补空白，具有很好的推广应用前景；在臭味控制技术方面，本技术具有很强的实用性和先进性，可大幅节省药剂费用。

实际应用案例：

1. 深圳长流陂水厂MIB臭味问题的控制工程（35万吨/天）
2. 上海新车墩水厂复杂臭味问题的控制工程（16万吨/天）
3. 上海闵行水厂复杂臭味问题的控制（20万/天）

合作方式：技术服务。

饮用水“贾第鞭毛虫和隐孢子虫”检测系统及产业化技术

项目成熟阶段

 实验室研发

 中试放大

 成熟应用

概况及应用领域：贾第鞭毛虫和隐孢子虫，简称“两虫”，是广泛存在的水介传播耐氯人畜共患的致病微生物。两虫已被纳入国标成为强制检测指标，但采用方法是美国EPA 1623方法，主要仪器和耗材被美国企业垄断，检测成本高昂，人工识别的主观性和专业性等缺点造成国标方法难以在行业内推广。

中国科学院生态环境研究中心多年来持续对“两虫”检测技术进行研发，已经开发出“滤膜浓缩/密度梯度分离荧光抗体法”两虫检测方法，检测成本仅为美国EPA 1623方法的20%左右。该方法已完成全国供水行业内部测试，2018年被纳入住建部行业标准《城镇供水水质标准检验方法》CJ/T141-2018，同时2019年顺利完成卫健委组织《生活饮用水标准检验方法》GB/T 5750修订所必须的全国验证测试。

技术特点/设备参数/工艺流程：

1. 在浓缩阶段用微孔滤膜替代滤囊，在分离阶段用Percoll-蔗糖替代磁珠，大幅降低了检测耗材成本，此技术步骤替代1623中的滤囊/滤芯过滤，避免了洗脱过程中“两虫”的流失，提高了回收率。
2. 针对低浊度水与高浊度水分别选用滤膜法和沉淀法以代替EPA 1623滤囊/滤芯过滤的方法，既解决了高浊度水成本问题，还提高了高浊水浓缩环节的回收率
3. 依据现有国标，国际产品所需样品量为原水20L，依据新国标，本产品所需样品量为原水10L，出水50L。样品量的大幅度降低也成功大幅降低所需成本
4. 基于人工智能技术的两虫自动识别系统，实现人工智能图像处理自动识别代替人工肉眼识别。彻底解决传统分析方法的费时、效率低、依赖经验等难题，降低两虫识别门槛，提高检测效率

专利和获奖情况：该方法拥有完整的方法发明专利（授权专利号：ZL 201210275179.2），在该专利方法及人工智能技术的基础上。

1. 2021年，中国分析测试协会，中国分析测试协会科学技术奖（BCEIA金奖）；
2. 2021年，中国仪器仪表学会，技术进步一等奖；
3. 2021年，中国仪器仪表行业协会，自主创新
4. 2021年，中国仪器仪表学会，朱良漪分析仪器创新奖

市场分析/应用前景：我国供水行业中的《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）的106项指标全项检测费用约25000元/个样品，其中“两虫”报价约7500元，两项指标检测成本占总体成本的30%。由于“两虫”的高昂的设备和耗材成本以及对检

饮用水“贾第鞭毛虫和隐孢子虫”检测系统及产业化技术

项目成熟阶段

实验室研发

中试放大

成熟应用

测人员经验的要求，导致目前我国拥有“两虫”检测能力的机构严重稀缺，这也是制约我国“两虫”检测的最大瓶颈。

该整套仪器的推出，可以大幅降低“两虫”检测的硬件投资成本和耗材成本，提高行业检测效率，实现企业的降本增效，从而推动“两虫”检测行业发展。

除重要的经济价值外，本产品为该我国大量饮用水检测提供基本工具；为我国从源头到龙头供水安全保障中“两虫”防控提供支持，为遏制“两虫”自来水传播途径提供保障，具有重要的环境价值和社会价值。

示范与应用案例：该法已于2018年纳入我国城镇供水水质标准检验方法，2023年纳入新国标《生活饮用水标准检验方法》GB/T5750-2023。相比于老国标方法GB/T5750-2006，检测成本由2千多元降至500元以内，实现检测成本大幅降低。同时，打破了国外企业在中国长达16年的垄断，导致该上百万进口产品价格大幅下降。截至2023年12月底，本公司已经完成上百套销售设备，已经覆盖全国27个省市自治区，随着我国GB/T5750-2023正式颁布，根据市场反馈该仪器将实现暴发式增长。

合作对象及方式：北京华科仪科技股份有限公司同中国科学院生态环境研究中心展开战略合作，成功开发出两虫检测自动识别系统。该产品可以实现对样品的自动预处理，大幅降低工作量，且设备及其耗材成本远低于进口。



絮凝-超滤短流程饮用水净化技术

项目成熟阶段

实验室研发

中试放大

成熟应用

应用领域及市场分析：膜分离是保障水安全的重要手段，我国是膜法水处理技术应用最广泛的国家，占全球市场的35%。我国膜产业增长率保持10-12%，2025年预计总产值超过5000亿。创建和应用绿色低碳的净水技术，是当前和今后环保领域的重大需求。通用的膜法水处理工艺流程长、运维繁琐且成本高，亟需进行原理、技术、装备和工艺的系统变革与创新。为此，研发低维护、短流程、智能化膜法水处理工程技术体系，成为低耗膜法净水主流技术，市场广阔。

技术特点与工艺流程：与传统超滤膜法净水工艺相比，该技术实现了膜通量与污染物截留双提升，药剂减少30%，工艺流程缩减40%。创建的电化学-超滤装配式水厂，实现无/少药剂净水，占地减小30%，通量提升20%，成本降低50%。研究团队也有效支撑了北京等地水厂智能低维运行，处理规模超100万吨/天。

代表性专利和获奖情况：该技术获得中国授权专利137项（84项发明专利），发表SCI论文109篇，制修订行业/团体标准7项，入选水利部成熟适用水利科技成果3项。

1. 基于“三明治”式松散絮体保护层的低压膜水处理技术（ZL201710149970.1），一种电化学-膜分离水处理装置及其处理方法和用途（ZL201710864744.1）。
2. 北京市科学技术进步一等奖，2023；中国环境保护产业协会环境技术进步一等奖，2022。

示范与应用案例：该技术应用至全国33座自来水厂和182处分散式供水工程，包括北京市自来水集团有限责任公司、北京碧水源科技股份有限公司等。



左图：江苏南通芦泾水厂（5万吨/天，全球首座超滤短流程水厂）；中图：北京309水厂（8万吨/天，稳定运行10天，全球最久，中上：水厂实物图；中下：智能控制系统）；右图：北京第九水厂（7万吨/天）

饮用水络合吸附除氟技术与成套设备

项目成熟阶段

 实验室研发

 中试放大

 成熟应用

概况：该技术系统着眼于地下水除氟的关键过程，以安全价廉的金属氧化物为基础，通过氧化物之间的复配与组成配比优化，充分发挥各功能氧化物的不同功能特性，形成了具有优异吸附性能的新型高效除氟材料。在除氟工艺开发方面，该技术系统针对农村运行管理水平较低的特点，在系统工艺设计方面进行创新，尽可能减少处理单元，确定在不同污染物组合及污染物浓度水平条件下的组合工艺方案；极大的简化了系统运行、材料再生等人工操作，易于在农村地区推广应用。此外，根据不同地区氟污染程度、共存离子存在状况与处理规模，建立可在工程中应用的饮用水除氟工艺应用模式；设计不同吸附剂与除氟工艺运行动态反应器，确定反应器组成、结构及其优化运行模式，形成饮用水除氟成套设备，满足不同类型地区的技术需求。

技术特点：

1. 材料吸附活性高：复合金属氧化物吸附除氟材料对氟吸附容量可达到300 mg/g，远高于普通除氟材料。
2. 材料除污染功能多样化：本材料不仅具有优异除氟效果，而且对水中铁、锰、砷、磷酸盐等也具有优良去除效果，呈现去除目标多样化的特点。
3. 共存离子对除氟效果负面影响小：地下水中常见的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、NOM等对除氟效果无明显影响，硅酸盐、磷酸盐对除氟效果有抑制作用。
4. 运行成本低：与市场上一般除氟技术相比，本技术能够长期保持除氟效果，且运行（药剂）成本较一般除氟技术低20%至60%以上。
5. 材料安全性高：对吸附材料的理化安全性与毒理学安全性（采用Ames试验、微核试验、小鼠急性经口毒性试验等）进行检测，结果显示：本材料不会溶出影响饮用水感官性状的物质，无有毒有害化学污染物或放射性类物质溶出；材料不具有致突变活性、急/慢性毒性。



河南省兰考县农村饮用水除氟工程（240 m³/d）

工程应用：该技术已经在河南省兰考县、内蒙古巴彦淖尔市、安徽省亳州市和二连浩特市等地建立除氟示范工程。

导向型电渗析地下水脱硬除氟技术

项目成熟阶段

实验室研发

中试放大

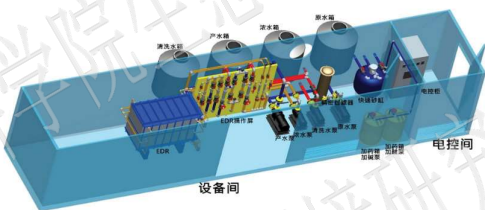
成熟应用

概况及应用领域：研发出直供型饮用水导向性电渗析技术与整装装备，实现氟化物、硬度、盐度等的低成本选择性去除，适应村镇、海岛苦咸水源的净化处理。

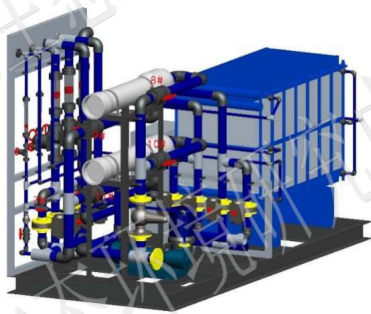
技术特点/设备参数：一般情况下电渗析直接处理成本<0.1度电/吨水，产水率可高达为90%以上，一键启动，无人值守全自动运行，可实现远程监控与管理。

实际应用案例：

1. 2017年，斯里兰卡斯里兰卡阿努阿勒普勒除硬除氟工程（300m³/d）
2. 2019年，陕西咸阳礼泉县除氟工程（800m³/d）



斯里兰卡斯里兰卡阿努阿勒普勒示范工程（300m³/d）



陕西咸阳礼泉县示范工程（800m³/d）

合作方式：技术转让、技术服务。

新型高效除砷吸附材料及其一体化处理装置

项目成熟阶段

实验室研发

中试放大

成熟应用

概况：通过深入基础研究与系统的中试与生产性试验，设计构建能同时高效去除As(III)与As(V)的新型除砷吸附材料及相关设备装置。该技术操作简单，运行成本低，可同时实现水中砷、铁、锰、磷酸盐、硫化物等污染物的高效去除；建立材料原位再生新方法实现除砷性能高效恢复，已成功应用于城市大规模供水与农村分散式供水等。

技术特点：

1. 材料吸附活性高：As(III)吸附容量可达到120mg/g，As(V)吸附容量可达到200mg/g。动态吸附实验表明，采用该吸附材料除砷，处理水体积可以为填料体积的3000倍，且处理水中砷含量达到国家相关最新饮用水标准 ($<10 \mu\text{g/L}$)。该技术不仅具有优异的除砷效果，而且对地下水中常见的铁、锰、磷酸盐等污染物具有良好的去除效果，具有去除目标多样化的特点。

2. 再生方法简便：该技术采用原位再生的方法能够方便地恢复材料吸附除砷活性，并将砷固化在材料内部，不存在常规再生方法产生的二次污染问题。

3. 处理成本低廉：采用的活性组分和载体均为常见且价格低廉的材料。现场试验结果表明，相对于其他除砷技术而言，在达到同样除砷效果的前提下，该技术的综合处理成本降低30~50%，适于不同类型地区使用。

4. 运行管理简单：该技术装置设备使用过程中的正常吸附、反冲洗、材料再生等操作均采用可编程逻辑控制器(PLC)进行控制，自动化程度高，操作简单。

工程应用：

- 2010年在北京市朝阳区完成我国第一座大型除砷水厂 (5000 m³/d) 建设；

- 2012年在郑州市东周水厂完成我国第一座大型除砷改造工程 (200000 m³/d) ；

- 2013年在通辽市第三水厂完成地下水除砷及除铁除锰水质提升达标工程 (20000m³/d) ；

- 2017年在通辽市河西水厂、通新水厂完成地下水除砷及除铁除锰水质提升达标工程 (5000m³/d、25000m³/d) ；

- 2019年完成西藏昌都市宗通卡水利枢纽工程重金属除砷技术专题报告 (50000m³/d) ，后续工程拟采用该技术进行除砷处理；

- 2019年在巴彦淖尔市临河、杭后多个农村水厂 (平均2000-3000m³/d) ，开展地下水除砷及除铁除锰水质提升达标工程 (共计约22000 m³/d) ；



我国第一座大型除砷水厂
(北京市, 5000m³/d)



我国第一座大型除砷工程改造工程
(郑州市东周水厂, 200000m³/d)

低维护—短流程分散型水处理技术与装备

项目成熟阶段

实验室研发

中试放大

成熟应用

概况及应用领域：农村分散型供水点多量小，极易受到天气与用水习惯的影响，水质水量波动大、运行维护繁琐困难，受自然条件、地理环境和交通情况的限制，不能套用城市集中水厂技术方案。采用电化学在线絮凝和氧化技术，替换化学加药单元，免除药剂运输、储存、配制与投加环节，耦合常规/膜分离技术，再辅以装配化和智能控制技术，开发出易维护装配式饮用水水厂，极大减轻运行维护工作量，实现高稳定安全净水，在农村供水工程中应用前景广阔。

技术特点/设备参数/工艺流程：采用电化学-过滤/膜滤净水工艺，与常规净水工艺相比，系统出水水质高且稳定，药耗降低30%，能耗降低30%，运维成本节约40%。

专利和获奖情况：该技术获得中国授权发明专利43项，发表SCI论文109篇，技术荣获北京市科学技术进步一等奖、中国专利优秀奖、中国环境保护产业协会环境技术进步一等奖，入选水利部成熟适用水利科技成果。

1. 一种用于缓解电絮凝中极板钝化的极板排布方法及应用（ZL202210516780.X），一种用于缓解电絮凝中极板钝化的极板修饰方法及应用（202210517527.6）。
2. 北京市科学技术进步一等奖，2023；中国环境保护产业协会环境技术进步一等奖，2022；中国专利优秀奖，2021。

示范与应用案例：



左图：库伦旗三家子学校装配式水厂（100m³/d，农牧地区分散式供水工程）；中图：斯里兰卡梅提哈卡村供水工程（120m³/d，“一带一路”饮用水技术示范）；右图：杭州市临安区楂岭水站（120m³/d，南部山区分散式供水工程）

高效、高安全性二次供水紫外消毒技术

项目成熟阶段

 实验室研发

 中试放大

 成熟应用

概况及应用领域：

在系统研究二次供水紫外消毒效果影响因素的基础上，研发出基于消毒器构型优化设计和运行状态实时监测的高效、高安全性二次供水紫外消毒技术。该技术首先利用计算流体动力学（CFD）模拟对紫外消毒器的结构尺寸和内部布局进行优化设计，使微生物在随水流通过消毒器时被高效灭活；此外，通过安装的三参数紫外智能监测系统，对运行中消毒器的实时紫外剂量进行监测并得到量化的关于灯管输出、套管结垢和水流穿透率的数据，从而精细化指导消毒器的运行维护。该技术可以明显提高紫外消毒器的效率和安全性，目前已成功应用于多个高层小区的二次供水中，可以保障在各种正常或不利条件下的水质安全。

技术特点/设备参数：

1. 具有优化的消毒器构型，在相同灯管功率下可提供最高的有效紫外剂量和微生物灭活率。
2. 实时监测运行中消毒器的状态，包括灯管输出、套管结垢、水流穿透率以及紫外剂量，并可根据水质水量变化调整消毒器运行方式。

专利和获奖情况：该核心技术已申请1项国家发明专利并授权。

市场分析：我国城市人口密度大，大量的高层建筑需要依赖二次供水提供高区的用水。由于管网和二次供水水箱对余氯消耗，二次供水水质存在较大的微生物风险，紫外消毒是解决这一问题的优选技术之一。相比传统的紫外消毒器，基于本技术开发的紫外消毒系统可以在保证消毒效果的同时降低运行成本，在高层建筑二次供水水质保障上具有良好的应用前景。

实际应用案例：

- 郑州市维也纳森林小区二次供水紫外消毒示范工程（约600户，竣工）
- 郑州市中原新城小区二次供水紫外消毒示范工程（约200户，竣工）
- 郑州市颍河港湾小区二次供水紫外消毒示范工程（约1800户，竣工）



郑州市颍河港湾小区二次供水紫外消毒示范工程
(约1800户)

供水管网“黄水”问题诊断与控制技术

项目成熟阶段

实验室研发

中试放大

成熟应用

概况及应用领域：针对供水管网频发“黄水”而引发用户对自来水大量投诉的行业难题，经过长期研究和实践，揭示了多种不同情形下管网“黄水”的发生机理，建立了不同类型管网“黄水”的诊断方法，构建了应对管网“黄水”的控制技术体系，能有效降低用户对管网水质的投诉，实现龙头水稳定达标和高品质要求。

技术特点：1) 管网“黄水”产生原因的诊断方法。可根据管网“黄水”的发生规律、管网管材、管垢特征、水源和出厂水特征等对管网“黄水”的发生原因进行准确分析诊断；2) 管网“黄水”全过程协同控制技术。基于管网“黄水”产生原因的诊断，提出有针对性的控制技术方案，主要通过关键风险因子识别、关键水质指标监测和源-厂-网协同调控，提高饮用水管网输配过程的水质稳定性。

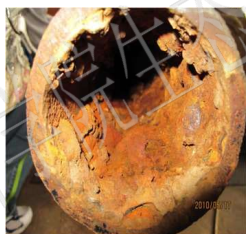
专利和获奖情况：获授权国家发明专利10余件；获中国科学院杰出科技成就奖和中国城镇供水排水协会特等奖。

市场分析/应用前景：我国城镇供水管网已达100余万公里，铸铁管和钢管等铁质管材是主力管材，铁管腐蚀是供水管网“黄水”的直接原因，但诱发“黄水”的原因却非常复杂，如管网水力条件改变、水源水质变化和处理工艺的改变等；另外，湖库水源和地下水源中常见的锰/铁元素以及铝/铁类混凝剂在出厂水中的残余均可在管网中周期性累积和释放，导致管网“黄水”的频繁发生。因此，对管网“黄水”的诊断方法和控制技术具有很好的推广应用前景。

示范与应用案例：

1. 北京市南水北调水源切换的管网敏感区识别与“黄水”控制
2. 深圳市水库水源季节性供水管网“黄水”的原因诊断与控制
3. 珠海市水库水源季节性管网“黄水”原因诊断与水厂高效控锰

合作对象及方式：自来水公司，水务管理部门，小区物业；技术服务



基于管垢稳定性识别的“黄水”控制（北京）



粉末活性炭催化氯氧化除锰（珠海）