

# 项目公示信息

一、成果名称：基于臭氧纳米气泡高级氧化的污水净化及资源化利用技术和装备

二、完成单位：西安建筑科技大学；武汉理工大学；安徽恒宇环保设备制造股份有限公司；山阳秦鼎矿业有限责任公司

三、完成人：肖巍；杨思原；陈阳；王标；郭进平；李和付；薄连震；孙兆；宋群

四、成果简介：

本项目属于环境科学技术领域，具体涉及城镇和工业污水处理与资源综合利用技术。

近年来，大量未经处理的生活污水以及工业废水直接排入到附近水体中，导致水体被严重污染。由于水环境的急剧恶化，许多水体出现极为严重的黑臭现象，对城市环境和居民生活造成了极其严重的危害。截止 2023 年中国农村黑臭水体产生的生活污水量估计为 141 亿立方米，但仅有 25.1% 的黑臭水被合理处置。相关研究主要集中于形成机理和促成黑化和气味形成的化合物等，并未从根本上解决黑臭水体的污染问题，为了降低运行成本并保证污水处理后达标排放标准，需要采用新型的污水处理技术和装置。

目前，国内外黑臭水体治理技术路线主要有外源减排、内源控制、水质净化、补活水和生态修复等五大类技术。在黑臭水体治理领域，纳米气泡污水透析技术是目前世界上认为最有效的消

除黑臭水体的前沿技术。另外，黑臭水体在整治技术的选择应遵循适用性、综合性、经济性、长效性和安全性等原则。

针对以上问题，自 2011 年起，在国家自然科学基金、陕西省自然科学基金基础研究计划、安徽省重点项目等资助下，项目瞄准黑臭水体和城镇污水的“低碳治理”和“高值化利用”两大目标，从相关基础理论突破入手，产学研用深度融合创新，开展技术研发同时结合装备创新，形成成套的臭氧纳米气泡低碳高效处理黑臭水体和城镇污水的技术工艺和设备并广泛推广应用。主要创新如下：

创新性地开发了氮化碳纳米颗粒协同臭氧微纳气泡降解黑臭水体中内源有机物和外源污染物技术，实现了黑臭水体中有机物和硫化物的高效清洁氧化，臭氧利用率提高 80%、氧化降解时间缩短 50% 以上。

创新性地提出基于物理化学性质差异的多组分污染物分类处理方法，攻克了多组分黑臭水体深度处理技术瓶颈，开发出纳磁（或纳膜）一体化水处理技术与装备，并成功实现产业化。

优化了微纳米气泡爆气膜生物反应器，强化了反应膜的抗污染和自清洁能力，建立了“实时监测-纳米气泡氧化-剥离-生物过滤”新工艺，实现了系统智能化。

本项目获授权国家发明专利 13 项，实用新型专利 15 项，软件著作权证书 26 项，发表论文 31 篇，制定国家标准 2 项，团体标准 1 项，相关技术产品先后获得安徽省新产品、安徽省节能环保

保领域新产品新装备，安徽省首台套重大技术装备等荣誉。该技术经国家工业信息安全发展研究中心鉴定，在微污染地表水领域达到国内先进水平。关键技术在中电建建筑集团有限公司、新疆建设兵团、阜阳市太和县生态环境分局等大型国企和政府机构承担的太和县原陈腐垃圾填埋场场地环境生态修复、亳州市中心城区丁家坑等 11 条黑臭水体生态修复、盐城市大丰港海融社区 250 吨/日生活污水处理等重大工程上得到应用，提升了黑臭水体或生活污水的处理效率。近三年累计新增产值 16.68 亿元，新增利润 2.59 亿元，累计处理生活污水和黑臭水体共计 8372 万方，取得了显著的经济效益、环境效益和社会效益。

#### 五、完成人合作关系情况：

共同参与制定标准规范：国家标准“微细气泡技术 微细气泡使用和测量通则 第 1 部分：术语”GB/T41914.1-2022（附件 1.1）和团体标准“颗粒技术 微气泡粒径测量浸入式动态图像法”T/CSP 8-2021，均包含第一完成人肖巍和第四完成人王标。

合作国家专利：实用新型专利“一种纳米颗粒促进纳米气泡发生装置”，包含第一完成人肖巍、第三完成人陈阳、第五完成人郭进平和第六完成人李和付；一种纳米气泡制备用空化装置. 实用新型专利，授权公告号：CN220361000U 和一种破化尾渣破氰处理后充填搅拌设备. 实用新型专利，授权公告号：CN220425060U，均包含第一完成人肖巍、第三完成人陈阳、第五完成人郭进平和第六完成人李和付。

合作论文方面：论文“Flotation separation mechanism of

malachite from calcite using the pentyl xanthate as the collector”和“Fundamental study on the growth process of interfacial microbubbles in an air-supersaturated solution”均包含第一完成肖巍和第二完成人杨思原。

成果评价方面：国家工信部组织的成果评价“纳磁一体化水处理技术的研发和应用”包含第一完成人肖巍、第四作者完成人王标、第七完成人薄连震、第八完成人孙兆和第九完成人宋群。

合作项目方面：技术合同“氰化尾矿破氰处理和资源化充填关键技术及产业化示范基地建设”，包含第一完成人肖巍、第三完成人陈阳、第五完成人郭进平和第六完成人李和付；技术合同“安徽恒宇-西建大共建产学研合作基地”，包含第一完成人肖巍、第四作者完成人王标、第七完成人薄连震、第八完成人孙兆和第九完成人宋群。

## 六、主要知识产权（标准、规范）目录：

### 主要知识产权（标准、规范）目录

序号	知识产权类别	知识产权名称	国家（地区）	授权号（批准号）	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	国家标准	微细气泡技术 微细气泡使用和 测量通则 第1 部分：术语	中国	GB/T 41914.1-2022	2022年10月 12日	GB/T 41914.1-202 2	西安建筑 科技大学	肖巍
2	国家标准	微细气泡技术 微细气泡使用和 测量通则 第2 部分：微细气泡 属性分类	中国	GB/T 41914.2-2022	2022年12月 30日	GB/T 41914.2-202 2	西安建筑 科技大学	王标, 肖 巍
3	团体标准	颗粒技术 微气 泡粒径测量浸入 式动态图像法	中国	T/CSP 8-2021	2021年11月 22日	T/CSP 8-2021	西安建筑 科技大学	肖巍, 王 标
4	实用新型专利	一种纳米颗粒促 进纳米气泡发生	中国	CN 220425026 U	2023年7月 20日	20413159	山阳秦鼎 矿业有限	王彤彤, 肖巍, 陈

		装置					责任公 司;西安 建筑科技 大学	阳, 李和 付, 刘非, 郭进平, 余俊甫
5	发明专利	一种基于高效复合滤膜的污水处理方法	中国	CN 111777212 B	2021年6月 14日	5229608	安徽恒宇 环保设备 制造股份 有限公司	王标, 王 雨潞, 范 晓雅
6	发明专利	一种纳膜一体化污水处理设备	中国	CN 113577849 B	2022年7月 26日	5332836	安徽恒宇 环保设备 制造股份 有限公司	王标, 黎 琪, 钱国 余
7	发明专利	一种纳磁一体化污水处理设备	中国	CB 113562821 B	2022年12月 2日	5617862	安徽恒宇 环保设备 制造股份 有限公司	王标, 黎 琪, 钱国 余
8	发明专利	矿物表面气泡成核及气泡生长过程的观测装置和方法	中国	CN 11175198 B	2022年3月 29日	5037193	武汉理工 大学	杨思原, 李克尧, 刘诚, 包 申旭, 徐 艳玲
9	发明专利	排水管网污泥沉积可视化仿真方法及系统	中国	CN 113901626 B	2022年3月 25日	5023385	武汉理工 大学	杨思原, 王宣, 包 申旭, 山 梦杰
10	发明专利	机械活化淀粉衍生物抑制剂的优化制备方法及应用	中国	CN 115611989 B	2023年8月1 日	6194131	武汉理工 大学	杨思原, 王宣, 乔 恒芳