

中国发明协会 2022 年度发明创业奖成果奖-项目公示

一、项目名称

微纳米气泡技术及其应用

二、提名单位及提名意见

1、**提名单位：**中国科学院上海高等研究院

2、**提名意见：**提名该项目为中国发明协会 2022 年度发明创业奖成果奖一等奖

三、项目简介

微纳米气泡技术是近年来快速发展起来的“技术密集型”多学科交叉的新兴技术。经过多年的技术积累，团队突破了系列理论难题和核心关键技术，同时已将产品系统化、模块化。本项目在总体方案、微纳米气泡基本性质研究、检测方法 with 仪器研制、发生方法与设备研制、标准制定与推广、技术集成与应用等方面均有创新。主要科技创新点如下：

1、提出了若干微纳米气泡基础理论，揭示了微纳米气泡的重要基本性质。2000 年在国际上首次发表第一张纳米气泡的高分辨图像，2008 年通过理论模拟和实验手段提出了“纳米气泡高密度理论”，2020 年利用同步辐射软 X 射线成像和谱学技术实现了单个纳米气泡的成像并解析出纳米气泡内部密度是宏观密度的 1-2 数量级，从而验证了之前提出的高密度理论。

2、发展了若干纳米气泡高分辨的检测方法，研制出了在线微米气泡实时动态观测系统和仪器。发展了原子力显微技术用于检测纳米气泡及其力学性质；发展了同步辐射软 X 射线成像技术检测单个纳米气泡的内部化学信息，荧光成像和吸收技术检测体相纳米气泡的吸收强度；发展了纳米粒子示踪分析法分析体相纳米气泡的浓度和尺寸分布；研制出了 JWP-WJS 系列水下在线微米气泡实时动态观测系统与仪器。

3、发明了若干微纳米气泡产生的新方法，研制了系列低能高效的微纳米气泡发生设备。发展的醇水替换方法已经成为国际上产生纳米气泡的通用方法；国际上首次采用电化学方法在电极表面产生纳米气泡；通过理论模拟与实验验证相结合的方式分类阐明了多尺度下微纳米气泡的生成和分散规律；融合加压溶

气和高速剪切原理，研制系列低能高效的微纳米气泡发生设备，提升气体的溶解效率达 90% 以上。

4、编制了多项微纳米气泡方面的国际标准、国家标准、团体标准，规范微纳米气泡发生设备的生产与使用，促进了微纳米气泡技术的进步和发展。团队于 2019 年发起成立了全国微细气泡技术标准化技术委员会，构建了中国微纳米气泡技术标准化体系，正式发布中国颗粒学会标准 1 项，批准阶段国家标准 2 项，征求意见阶段国家标准 4 项，NP 阶段国际标准 1 项。

5、发展了若干微纳米气泡应用技术，并完成技术集成与产品的系统化、标准化，成功应用到多个领域。创新发展微纳气泡微界面强化氧化无氰提金新工艺，成套技术以 1000 万元转让；提出微纳米气泡催化氧化降解工业废水废气技术路线，突破催化体系构建与工艺耦合等核心关键技术，广泛应用于工业废水废气处理；指导企业建成多条纳米高氧水产线；基于纳微气液界面技术通过定向驯化和改良开发出“纳微泡一号®微生物菌剂”及配套设备，广泛应用于农业种植、水产养殖等领域；通过多相泵、气液平衡罐及释放器等多个装置在结构上的组合研发，形成系列微纳米气泡发生设备，气体的溶解效率达 90% 以上，广泛应用于矿物浮选、污水处理等领域。

此外，项目获授权专利 20 项、软著 1 项，发表 SCI/EI 论文 68 篇，专著 2 项，获奖 2 项。项目成果在多个国家和地区得到了应用，服务逾千家客户，新增销售 12.5 亿元、利润 9357 万元，产生了巨大的社会经济价值。

四、主要知识产权

序号	知识产权（专利、标准、软著）类别	知识产权（专利、标准、软著）具体名称	专利权利人、标准起草单位、软著著作权人	专利发明人、标准软著起草人
1	发明专利	一种洁净黄金提取装置及方法	中国科学院上海高等研究院	姜标, 李继香, 赵延琴
2	发明专利	一种无氰提取剂及黄金提取方法	中国科学院上海高等研究院	姜标, 李继香, 赵延琴
3	发明专利	生长纳米级气泡的方法及其观察并控制装置与方法	中国科学院上海应用物理研	张立娟, 胡钧, 方海平, 张益,

			究所	樊春海, 沈广霞
4	发明专利	一种产氢储氢一体化方法和装置	中国科学院上海应用物理研究所	张立娟, 胡钧, 方海平, 张益, 樊春海, 沈广霞
5	实用新型专利	一种利用纳微米气液技术的新型超微气泡发生装置	上海金相环境科技有限公司	陈邦林、陈鲁铁、陈鲁海
6	实用新型专利	一种适用于水上的原位高效增氧系统	无锡工源环境科技股份有限公司	孙连军、孙涛
7	中国颗粒学会标准	颗粒技术 微气泡粒径测量浸入式动态图像法	上海金相环境科技有限公司、中国科学院过程工程研究所、中国科学院上海高等研究院等	陈鲁海、李兆军、李继香等
8	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	中国科学院过程工程研究所等	李兆军、李继香、陈鲁海等
9	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	中国科学院过程工程研究所等	李兆军、李继香等
10	国家计算机软件著作权	金相物联网仪器串口专用通讯系统 V2.0	上海金相环境科技有限公司	陈鲁海等

五、主要完成人及贡献

姓名	排名	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目技术创造性贡献
姜标	1	研究员	中国科学院上	中国科学院上	负责组织产学研技术攻关, 在微纳米气泡微界面强化工艺过程、微纳米气

			海高等 研究院	海高等 研究院	泡催化氧化工艺开发等方面做出重要技术创新，组织领导技术攻关与技术验证工作，是授权发明专利 1、2 的第一发明人。
胡钧	2	研究员	中国科 学院上 海高等 研究院	中国科 学院上 海高等 研究 院、中 国科学 院上海 应用物 理研究 所	在微纳米气泡基础理论方面做了大量开创性工作，国际上首次发表第一张纳米气泡的高分辨图像，发展的醇水替换方法成为了国际通用制备纳米气泡的方法，2020 年利用同步辐射软 X 射线谱学显微技术发现纳米气泡内部高密度。上述成果积极推动了微纳米气泡技术的发展和推广应用。
李继香	3	研究员	中国科 学院上 海高等 研究院	中国科 学院上 海高等 研究院	负责实施产学研技术攻关，在微纳米气泡微界面强化工艺过程、微纳米气泡催化氧化工艺开发等方面做出重要技术创新，完成技术攻关与技术验证工作，是授权发明专利 1、2 的发明人。
李兆军	4	研究员	中国科 学院过 程工程 研究所	中国科 学院过 程工程 研究所	发起成立全国微细气泡技术标准化技术委员会、中国颗粒学会微纳气泡专业委员会，组织中国专家积极参与国家标准化组织（ISO）微细气泡技术专业委员会（TC281）的标准化工作。主导和参与策划制定系列微纳米气泡方面的国际标准、国家标准、团体标准，积极推动了微纳米气泡技术的发展和推广应用。

陈鲁海	5	高级工程师	上海金相环境科技有限公司	上海金相环境科技有限公司	在微纳米气泡检测方法与仪器研制、微纳米气泡发生方法与设备研制、微纳米气泡标准编制、微纳米气泡技术集成与应用等方面均有创新，是授权专利 5、软著 10 的发明人，并在技术成果的推广应用方面做出重要贡献。
孙连军	6	高级实验师	无锡工源环境科技股份有限公司	无锡工源环境科技股份有限公司	提供研发平台，建立了微纳米气泡设备设计与生产示范基地，对本项目涉及的微纳米气泡技术及装备等方面做出主要技术创新，开发了组合气浮、涡凹（引气）气浮、多相混溶气浮、高效浅层气浮、黑臭水体净化专用气浮、小型实验气浮、微纳气泡增氧曝气装置等产品，承担核心技术和产品研发，以及产业化应用推广工作。

六、主要完成单位

中国科学院上海高等研究院、中国科学院过程工程研究所、中国科学院上海应用物理研究所、上海金相环境科技有限司、无锡工源环境科技股份有限公司、和晶（上海）新能源科技有限公司