

全国首创

# 微纳吸附助凝 除氟技术与应用

中国科学院合肥物质科学研究院

合肥科环环境科技股份有限公司

01

## 公司简介

Company Profile



02

## 氟污染来源 及处理现状

Water pollution



03

## 微纳吸附 助凝除氟技术

全国首创

Adsorption technology



04

## 除氟技术成果 及其应用

Defluorination technology





01

# 企业简介





## 企业简介

合肥科环环境科技股份有限公司是与**中国科学院合肥物质科学研究院水污染控制材料与技术**团队合作建立的高新技术企业。

公司专注水环境治理，深耕环保技术研发与成果转化。依托中科院高新技术，业务涵盖除氟新材料、污水处理设备、水质在线监测等研发与生产、销售。



含**氟**废水处理

# 荣誉展示



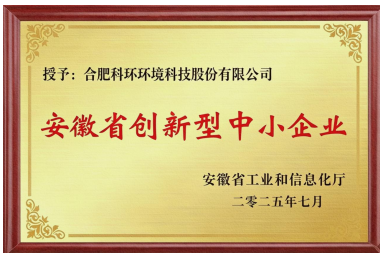
高新技术企业



安徽省科技型中小企业



安徽省专精特新中小企业



安徽省创新型中小企业



合肥市2023年度十大标杆示范场景



专利证书

## 核心技术团队

- 技术团队隶属于**中国科学院合肥物质科学研究院**固体物理研究所，是国内较早从事水处理技术研究的团队之一。现有科研人员20多人，在水处理材料、理论、技术、方案及工程应用等方面具有丰富的经验积累。
- 研究方向：含氟废水处理、工业废水处理、抗生素等新污染物处理、农村污水及生态治理等。主持过数十项水处理工程方案设计、调试与运行。
- 承担了包括国家级重点重大项目在内的各类项目50多项，发表SCI论文300多篇，授权发明专利50多项，获得各类省部级奖3项。

孔令涛  
技术团队负责人  
研究员



### 学术成就：

- ✓ SCI论文300+
- ✓ 已授权发明专利50+
- ✓ 获得省部级科技奖3项

- 博士生导师，中国科学院“**特聘核心岗位**”研究员，中国科学院合肥物质科学研究院固体所环境材料与污染控制研究部主任，“庐州英才”创新人才，“江淮硅谷”创新团队带头人。
- 主持过**国家重点研发计划专项课题**、国家自然科学基金面上项目、中科院重点部署项目、安徽省科技重大专项项目、安徽省重点研发项目以及**企业委托**开发的技术攻关类项目等20多项。



02

# 氟污染源及处理现状



## 氟污染现状

- 芯片、光伏、半导体、锂电、玻璃、冶金等产业的高氟工业废水，以及煤矿、金矿、铁矿等各种矿产行业的含氟矿井水，每年产生高氟废水数十亿吨。
- 我国华北、西北、西南等地区大部分地下水中氟含量高，严重威胁到饮水安全。

**氟污染危害：**氟斑牙、氟骨病、肾病、肝病、大脑损害、免疫功能异常、肺水肿、肺出血等



## 氟废水排放标准

## 全国氟化物排放标准变革

# 1989

1989年1月1日国家标准  
《污水综合排放标准》(GB 8978-88)

# 1998

1998年1月1日国家标准  
《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)

# 2012

2012年北京地方标准

# 2018

2018年起各地方标准出台

• **15 mg/L**

一级标准氟化物排放限值，  
新改扩项目为10mg/L，现  
有项目为15mg/L。

• **10 mg/L**

关于氟化物的排放限值要  
求一级标准为小于10mg/L。

• **1.5 mg/L**

北京市城镇污水处理厂水污染  
物排放标准（DB11890-2012）  
现有城镇污水处理厂氟化物控  
制要求为1.5mg/L。

• **<1.5 mg/L**

深圳、江苏、山东、安徽、河  
南、天津等地陆续出台地方标  
准，将氟化物排放标准提高到  
1.5mg/L，特定区域地表水则需  
<1mg/L。

# 政策背景

随着我国光伏、芯片、半导体等新兴产业的飞速发展，含氟废水排放量与日俱增。国务院有关部门高度重视含氟工业废水排放管理，不断强化涉氟企业环境监管和污染防治，积极推动相关行业绿色高质量发展。

健全政策标准、加大科技支撑力度等多举措并进。工业和信息化部发布《国家鼓励发展的重大环保技术装备目录》，大力推广光伏行业含氟废水资源化利用成套装备等先进技术装备。财政部大力支持**含氟废水治理科技创新**，通过安排国家科技计划经费，支持开展相关基础性、战略性、前瞻性研究。



中华人民共和国生态环境部  
Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China

政府信息公开

|      |                                          |      |            |
|------|------------------------------------------|------|------------|
| 名称   | 关于政协十四届全国委员会第三次会议03132号（资源环境类194号）提案答复的函 |      |            |
| 索引号  | 000014672/2025-00296                     | 分类   | 其他环境政务管理信息 |
| 发布机关 | 生态环境部                                    | 生成日期 | 2025-07-21 |
| 文号   |                                          | 主题词  |            |

关于政协十四届全国委员会第三次会议第03132号（资源环境类194号）提案答复的函

民建界：

你们提出的“关于加强含氟工业废水管控，促进制造业绿色发展的提案”由我部会同工业和信息化部、财政部办理。经认真研究，现答复如下：

国务院有关部门高度重视含氟工业废水排放管理，不断强化涉氟企业环境监管和污染防治，积极推动相关行业绿色高质量发展。近年来，主要开展了以下工作。

一、关于健全政策标准

一是加强政策引导。工业和信息化部贯彻落实《国家集成电路产业发展推进纲要》《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策》等文件要求，出台系列配套政策，支持重点企业开展绿色制造体系建设，引导企业加强含氟化物在内的废气废液处理等，推动产业链协同可持续发展。二是完善标准规范。生态环境部制定出台污水综合排放标准以及无机化学、锡锑汞工业、电池、电镀、电子等17项行业水污染物排放标准，均对氟化物提出管控要求。同时，推动地方出台的部分综合型、行业型及流域型水污染物排放标准中，也规定了氟化物的排放限值。如，天津污水综合排放标准规定

# 安徽省发布全国首个深度除氟技术省级标准

## 《含氟废水处理 微纳吸附助凝技术规范》

### 安徽省市场监督管理局公告

第 3 号

关于批准发布《地理标志产品质量要求  
霍邱柳编》等99项地方标准的公告

安徽省市场监督管理局依法批准《地理标志产品质量要求  
霍邱柳编》等 99 项安徽省地方标准，现予以公布。



#### 安徽省地方标准清单

| 序号 | 标准号              | 标准名称                       | 归口单位     | 代替标准号 | 批准日期       | 实施日期       |
|----|------------------|----------------------------|----------|-------|------------|------------|
| 1  | DB34/T 5429-2026 | 充换电基础设施综合运营服务<br>平台技术规范    | 安徽省能源局   |       | 2026-01-30 | 2026-05-30 |
| 2  | DB34/T 5430-2026 | 应用型本科高校产教融合实训<br>基地建设与评价规范 | 安徽省教育厅   |       | 2026-01-30 | 2026-05-30 |
| 3  | DB34/T 5431-2026 | 科技成果交易平台规范                 | 安徽省科技厅   |       | 2026-01-30 | 2026-05-30 |
| 4  | DB34/T 5432-2026 | 本土品牌农产品电子商务运营<br>规范        | 安徽省商务厅   |       | 2026-01-30 | 2026-05-30 |
| 5  | DB34/T 5433-2026 | 安徽省网络空间安全等级保护<br>实施指南      | 安徽省公安厅   |       | 2026-01-30 | 2026-05-30 |
| 6  | DB34/T 5434-2026 | 安徽省农村宅基地管理<br>技术规范         | 安徽省自然资源厅 |       | 2026-01-30 | 2026-05-30 |
| 7  | DB34/T 5435-2026 | 安徽省农村宅基地管理<br>技术规范         | 安徽省自然资源厅 |       | 2026-01-30 | 2026-05-30 |
| 8  | DB34/T 5436-2026 | 安徽省农村宅基地管理<br>技术规范         | 安徽省自然资源厅 |       | 2026-01-30 | 2026-05-30 |
| 9  | DB34/T 5437-2026 | 安徽省农村宅基地管理<br>技术规范         | 安徽省自然资源厅 |       | 2026-01-30 | 2026-05-30 |
| 10 | DB34/T 5438-2026 | 安徽省农村宅基地管理<br>技术规范         | 安徽省自然资源厅 |       | 2026-01-30 | 2026-05-30 |
| 11 | DB34/T 5439-2026 | 安徽省农村宅基地管理<br>技术规范         | 安徽省自然资源厅 |       | 2026-01-30 | 2026-05-30 |
| 12 | DB34/T 5440-2026 | 安徽省农村宅基地管理<br>技术规范         | 安徽省自然资源厅 |       | 2026-01-30 | 2026-05-30 |
| 13 | DB34/T 5441-2026 | 安徽省农村宅基地管理<br>技术规范         | 安徽省自然资源厅 |       | 2026-01-30 | 2026-05-30 |
| 14 | DB34/T 5442-2026 | 安徽省农村宅基地管理<br>技术规范         | 安徽省自然资源厅 |       | 2026-01-30 | 2026-05-30 |

ICS 13.030.20  
CCS 2.04

DB 34

安 徽 省 地 方 标 准

DB34/T 5435—2026

含氟废水处理 微纳吸附助凝技术规范

Fluoride wastewater treatment—Specification for micro-nano adsorption assisted  
coagulation technology

2026-04-30 发布

2026-05-30 实施

安徽省市场监督管理局 发布

由中国科学院合肥物质科学研究院牵头，联合安徽省生态环境监测中心、合肥市生态环境技术中心、合肥科环环境科技股份有限公司等单位共同编制。



03

# 微纳吸附助凝除氟技术



## 传统除氟技术局限性

| 技术名称      | 成本 | 设备  | 存在不足                     |
|-----------|----|-----|--------------------------|
| 钙盐沉淀法     | 低  | 简单  | 污泥量大，无法深度除氟，仅适用于高氟水的前段处理 |
| 絮凝法       | 低  | 简单  | pH干扰大，形成含氟络合物不稳定，难以深度除氟  |
| 吸附法       | 低  | 简单  | 去除率低，再生后稳定性差，废水率较高       |
| 树脂交换法     | 较高 | 较复杂 | 再生频繁，寿命短，再生液难处理，造成二次污染   |
| 膜法(RO,NF) | 高  | 复杂  | 废水率高，浓水多且难处理             |

综合比较：吸附和絮凝技术在除氟经济性方面更具优势，但要达到更优的除氟效果，其核心是除氟材料

## 微纳吸附助凝除氟技术——ZK-I 微纳除氟新材料

成功研发出国内首创“微纳吸附助凝除氟技术”，为含氟废水深度处理提供了全新解决方案，该技术核心为自主研发的“ZK-I 微纳除氟新材料”。

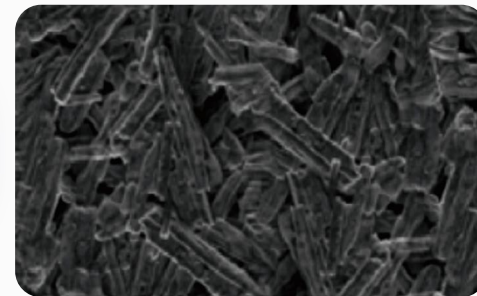
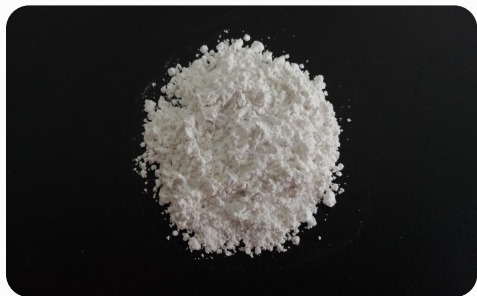
变革性的将吸附与絮凝两种功能融为一体

• 吸附除氟

• 絮凝除氟

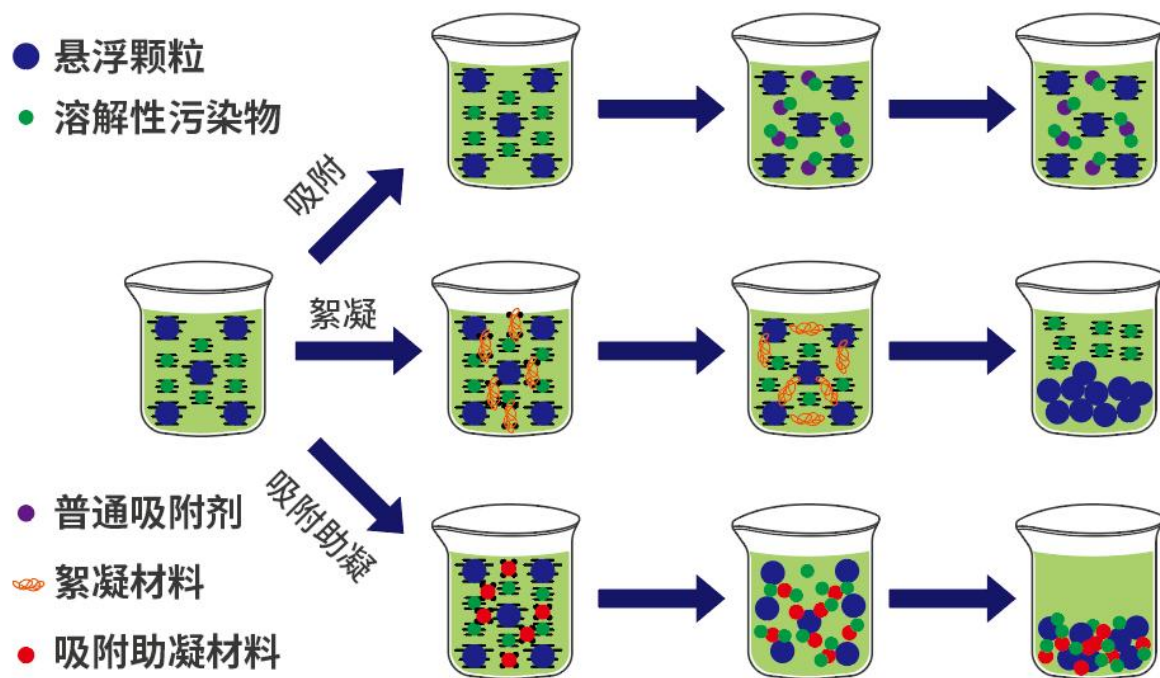
微纳技术

微纳吸附助凝除氟



利用微纳吸附助凝剂特异性表面结构吸附氟离子，同时  
促进絮体凝聚，提升沉降的效果，  
发挥了吸附和絮凝二者的优势，实现水中氟污染的深度去除

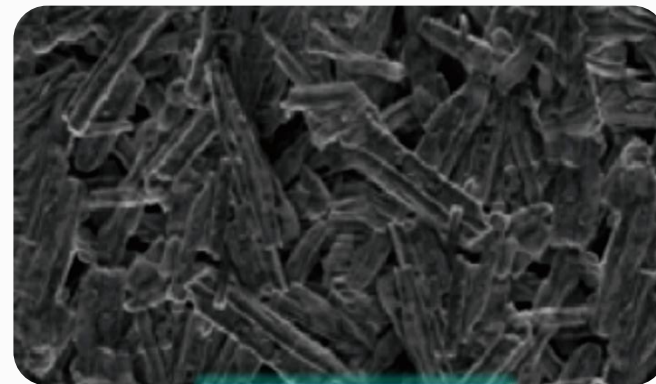
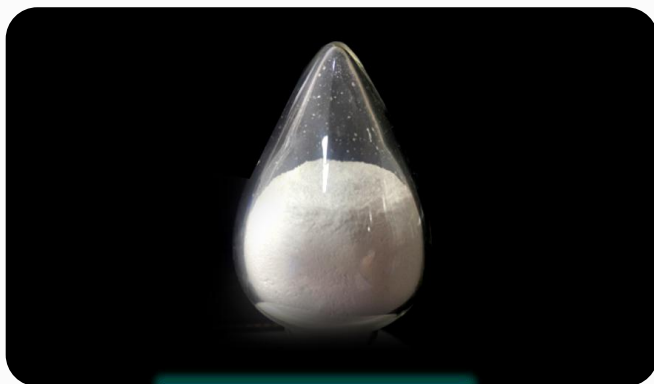
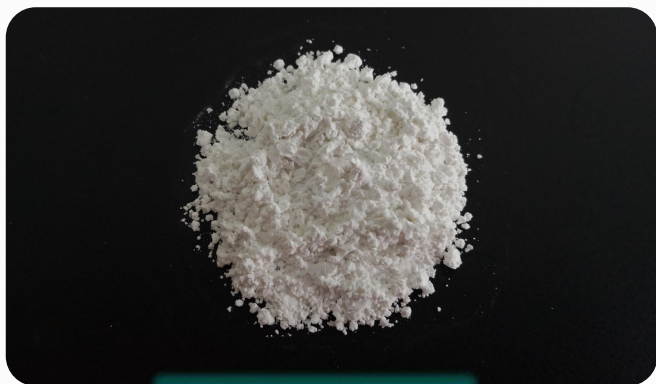
## ZK-I 微纳除氟新材料——原理



除氟材料在水中呈胶体状，其独特的微纳分级多孔结构，以及表面富含的大量活性位点，可**高效捕获**水中氟离子，并迅速转变成**含氟絮体**，随后**自沉降**形成含氟污泥，达到除氟目的。

**仅需一种材料，一步完成深度除氟**

## 微纳吸附助凝除氟技术——ZK-I 微纳除氟新材料



ZK-I 微纳除氟新材料（适用于深度除氟）

01. 出水氟浓度稳定控制在 **<1 mg/L**

02. 微纳分级结构，吸附容量大，可达 **90 mg/g**，是常规除氟材料的 **20~30倍**

03. 材料的用量少，通常为 **0.5‰~0.8‰**，约为常规除氟吸附材料的 **1/20**

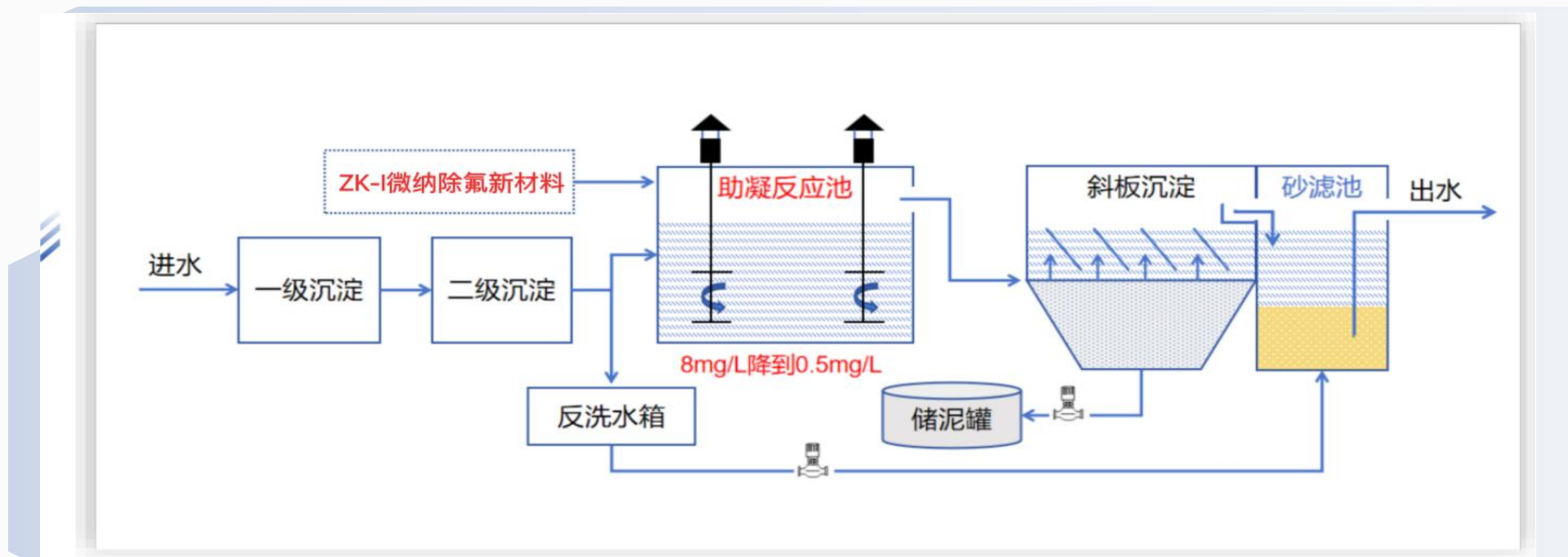
04. **污泥产量小**且可循环利用

05. pH干扰性小，pH范围6.0~9.0

06. 只需**一步投加**，操作简单

## 工艺流程

### 微纳吸辅助凝除氟技术的工艺流程



工艺简单，造价低，可在常规絮凝沉淀装置上改造，方便推广应用

# 与吸附法对比技术优势

| 参数     | 吸附法除氟技术              |
|--------|----------------------|
| 除氟效果   | 难处理到1 mg/L           |
| 除氟性能   | 吸附容量3~5 mg/g         |
| 稳定性    | 采用固定床，材料易板结，出水水质稳定性差 |
| 操控性    | 需先调pH、再生、反洗，操作复杂     |
| 废水率    | 废水率>5%（再生及反洗产生）      |
| 二次污染   | 再生液难处置，二次污染严重        |
| 废物（污泥） | 废料无法循环利用，处置成本高       |

微纳吸附助凝除氟技术

能处理到1 mg/L以下

吸附容量达90 mg/g

材料连续投加使用，出水水质稳定性高

无需先调pH、无需再生，操作简单

废水率<0.1%（污泥压滤产生）

不用再生液，无二次污染

污泥量小，可回收循环利用或为工业原料

在除氟效果、处理成本、稳定性、废水率、二次污染等方面优势显著

## 与絮凝法对比技术优势

| 参数     | 絮凝法除氟技术                       | 微纳吸附助凝除氟技术         |
|--------|-------------------------------|--------------------|
| 除氟效果   | 2 mg/L以上                      | <1 mg/L            |
| 材料用量   | 用料1‰~3‰还要投加PAM、片碱等            | 用料0.5‰~0.8‰        |
| 稳定性    | 形成含氟络合物不稳定，氟易重新溶出             | 很稳定，无氟溶出           |
| 干扰性    | pH干扰大，pH范围6.0~6.5             | pH干扰较小，pH范围6.0~9.0 |
| 操控性    | 先加絮凝剂，后调pH，再加PAM，操作复杂         | 投加一种材料即可，步骤少       |
| 二次污染   | 引入了铝、铁、氯或硫酸根等离子，甚至其他重金属，总盐度升高 | 无其他离子引入            |
| 废物(污泥) | 量大~5‰，无法回用                    | 量小~1‰，可回收循环使用      |

在除氟效果、稳定性、二次污染及污泥处置等方面优势突出



04

# 除氟技术成果及其应用



## 除氟技术&成果及其应用

团队历经近20年的潜心研究，成功创建了“微纳吸附”和“微纳吸辅助凝”除氟技术，于2012 - 2019年七年间，在内蒙古、安徽、天津、河北、陕西及“一带一路”国家斯里兰卡等地建成除氟工程50多项，累计处理水量达10万吨/天。

发表相关除氟SCI论文50多篇，授权除氟发明专利16项，相关成果还获得了安徽省科技进步二等奖。



内蒙托克托2012年建成



安徽砀山县2018年建成

天津武清区2016年建成

斯里兰卡2019年建成

奖项安徽省科技进步二等奖



50 多项  
除氟工程

16 项  
除氟发明专利



## 含氟废水处理案例

### 合肥大恒智慧能源科技有限公司除氟

#### 现场中试



| 项目      | 原水    | 处理后  | 标准  |
|---------|-------|------|-----|
| 氟(mg/L) | 10-12 | <0.8 | 1.0 |

### 长鑫存储技术有限公司除氟

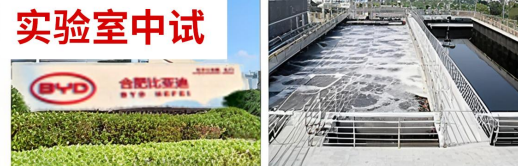
#### 实验室中试



| 项目      | 原水 | 处理后  | 标准  |
|---------|----|------|-----|
| 氟(mg/L) | 32 | <0.8 | 1.0 |

### 比亚迪合肥长丰一期工业园除氟

#### 实验室中试



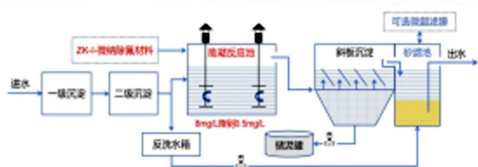
| 项目      | 原水 | 处理后  | 标准  |
|---------|----|------|-----|
| 氟(mg/L) | 20 | <0.7 | 1.0 |

### 蚌埠产业园区含氟废水应急处理工程

#### 现场工程



| 项目      | 原水   | 处理后  | 标准  |
|---------|------|------|-----|
| 氟(mg/L) | 1200 | <0.8 | 1.0 |

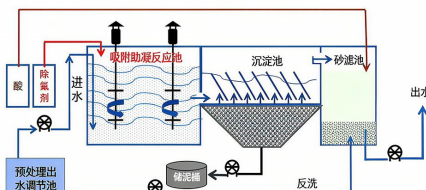


### 亳州市利辛县孙老家水厂除氟工程

#### 现场工程



| 项目      | 原水  | 处理后  | 标准  |
|---------|-----|------|-----|
| 氟(mg/L) | 2-3 | <0.8 | 1.0 |



### 康宁显示科技（合肥）有限公司除氟

#### 现场中试



| 项目      | 原水  | 处理后  | 标准  |
|---------|-----|------|-----|
| 氟(mg/L) | 200 | <0.8 | 1.0 |

完成各类含氟废水处理中试30多项  
出水氟离子浓度均<1mg/L

完成各类含氟废水处理中试30多项，出水氟离子浓度均<1 mg/L

## 蚌埠固镇光电产业园除氟工程 (2025年)



工程地点：蚌埠固镇光电产业园

进水氟浓度：~1500 mg/L

出水氟浓度：<1 mg/L

## 合肥某新能源企业除氟工程



| 项目       | 原水  | 处理后  | 国标 |
|----------|-----|------|----|
| 氟 (mg/L) | ≤30 | ≤0.8 | ≤1 |

原水含氟量≤30，处理后≤0.8，国家标准为≤1

## 利辛县孙老家水厂除氟工程（2019年）



工程地点：利辛县孙老家水厂  
地下水氟浓度： $\sim 2.0 \text{ mg/L}$

处理规模：500 吨/天  
出水氟浓度： $< 0.8 \text{ mg/L}$

运行成本核算：0.65 元/吨

## 生产批量化



- 材料生产批量化，每天可产除氟材料400 吨  
可处理约 40 万吨的含氟废水。

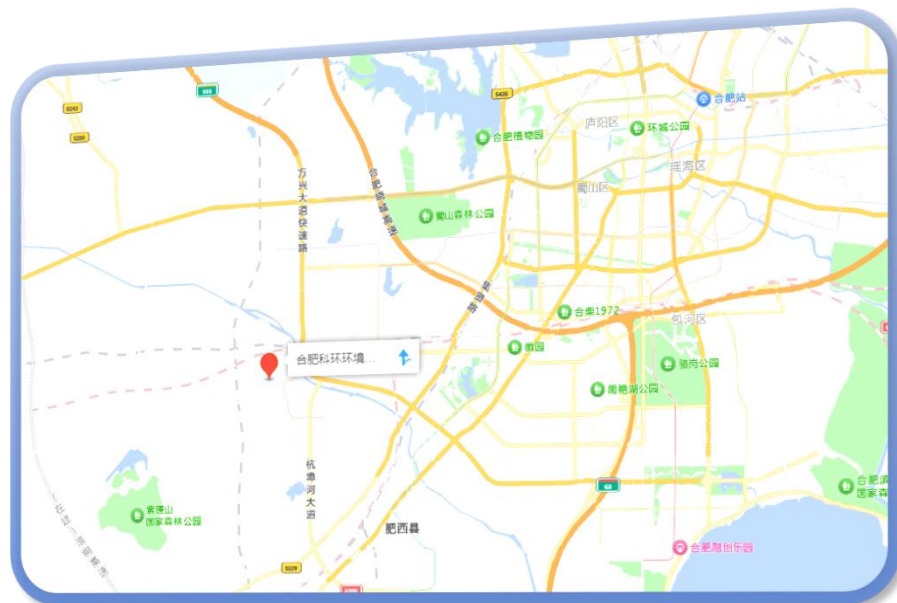




欢迎来我司实地考察



联系电话: 13505608931  
13956061777



地址: 安徽省合肥市肥西县紫蓬镇工业园紫三路1号

上善治水  
利国利民  
—

