

# 辽宁省水污染防治技术指导目录 (第四批)

辽宁省科学技术厅

辽宁省生态环境厅

2019 年 11 月

公告

辽宁省科学技术厅

辽宁省生态环境厅

# 目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 辽宁省水污染防治技术指导目录（第四批） .....       | 1  |
| 辽宁省水污染防治技术指导目录（第四批）技术研究报告 ..... | 9  |
| 基于功能性悬浮生物载体的污水处理技术研究报告 .....    | 9  |
| 污废水厂达标排放的 SSMBBR 工艺技术研究报告 ..... | 14 |
| 寒冷地区农村生活污水高效处理技术研究报告 .....      | 18 |
| 有机废水（物）新型厌氧产沼气技术研究报告 .....      | 22 |
| 高氮氮废水 SNAD 脱氮处理成套技术研究报告 .....   | 27 |
| 基于多孔介质填料的水质提标及增量技术研究报告 .....    | 32 |
| 石化废水低氧生化-臭氧催化氧化技术研究报告 .....     | 37 |
| 高效生态黑臭水体综合治理技术研究报告 .....        | 41 |

## 辽宁省水污染防治技术指导目录（第四批）

| 序号 | 技术名称            | 适用范围               | 主要技术内容                                                                                                                                                                                                           | 典型项目                                                                                                                       |           |         |                                         | 目前推广比例(%) | 未来 5 年内 |                    |                                                                       | 技术拥有单位名称 |
|----|-----------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------|-----------------------------------------|-----------|---------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------|
|    |                 |                    |                                                                                                                                                                                                                  | 适用的技术条件                                                                                                                    | 建设规模      | 投资额(万元) | 主要污染物削减量或回收(再生)产品量(t/a)                 |           | 推广比例(%) | 总投入(万元)            | 主要污染物削减量或回收(再生)产品量(t/a)                                               |          |
| 01 | 基于功能性浮动物体污水处理技术 | 村镇及城市污水生化处理、制药废水处理 | 通过改变悬浮生物载体的亲水、亲电等性质,调控载体与微生物的亲水性,实现快速挂膜;针对不同的目标处理污水,对载体进行硝化、厌氧、反硝化等功能化设计,实现功能微生物生态结构的优化。在此基础上,形成适用于不同水质处理目标的基于功能性悬浮生物载体的污水处理技术。废水流经反应器并与功能性载体上的生物膜广泛接触,通过生物净化作用,使废水中的有机污染物和氮磷等得以去除。该技术运行费用低,占地面积小、污染物处理效率高、运行方便。 | 工艺进水<br>COD <sub>Cr</sub> 、氨氮、<br>总氮平均浓度分别为 340 mg/L、18 mg/L 和 47 mg/L。经处理后,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 排放标准。 | 14000 t/d | 381     | COD <sub>Cr</sub><br>1600<br>氨氮<br>88.9 | 3-5       | 15      | 10×10 <sup>4</sup> | COD <sub>Cr</sub><br>1.5×10 <sup>5</sup><br>氨氮<br>1.2×10 <sup>4</sup> | 大连理工大学   |

|    |              |                   |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                 |          |      |                            |    |    |                     |                                                     |              |
|----|--------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------|----------------------------|----|----|---------------------|-----------------------------------------------------|--------------|
| 02 | 污水达标的SSMBR工艺 | 市政污水处理厂、工业园区污水处理厂 | SSMBR 工艺是全系统的活性污泥工艺和生物膜工艺的耦合工艺，在污水生物池中投加一定比例的酶促进改性悬浮载体（填料），使酶促进改性填料上附着分解污染物的微生物，与污水中悬浮态的微生物共同分解污水中的污染物，使污水得到净化。酶促进改性悬浮填料上的微生物比未改性的填料附着的微生物多，而且活性高，附着的速度快，时间短，所以污水处理效果显著。 | 工艺进水 BOD 为 200 mg/L，NH <sub>4</sub> -N 为 40 mg/L，处理工程年减排 BOD 约 1 万 t，氨氮 2000t，出水满足城镇污水处理厂污染物排放标准 (GB18918-2002) | 15 万 t/d | 3790 | BOD<br>10000<br>氨氮<br>2000 | 10 | 20 | 1.5×10 <sup>5</sup> | COD<br>4×10 <sup>6</sup><br>氨氮<br>2×10 <sup>5</sup> | 大连宇都工程技术有限公司 |
|----|--------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------|----------------------------|----|----|---------------------|-----------------------------------------------------|--------------|

|    |              |                           |                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                             |                      |   |                                       |     |    |    |                                           |              |
|----|--------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---|---------------------------------------|-----|----|----|-------------------------------------------|--------------|
| 03 | 寒地农村生活污水高效技术 | 人口密度小、地形复杂、污水不易收集的分散式污水处理 | 多级高效一体化反应器采用 AO 接触氧化泥膜共混生物处理工艺，通过科学的结构设计，创新性的将缺氧、好氧、沉淀等功能集成于多层罐一体化结构，同时罐内充填三维螺旋生物绳填料，可实现降解有机污染物的同时同步硝化反硝化脱氮；通过定流量优化分配设计实现曝气增氧、曝气搅拌、气提回流等功能一泵完成；充分利用悬浮活性污泥和附着生物膜二者协同作用，确保系统内微生物菌群丰富、生物量大，活性高，出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 排放标准。 | 工 艺 进 水<br>COD <sub>Cr</sub> 、氨氮分别为 400mg/L 和 35mg/L 以下。经处理后，出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 排放标准。 | 300m <sup>3</sup> /d | 5 | COD <sub>Cr</sub><br>33<br>氨氮<br>2.68 | 7-9 | 20 | 35 | COD <sub>Cr</sub><br>710.6<br>氨氮<br>137.4 | 辽宁北方环境保护有限公司 |
|----|--------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---|---------------------------------------|-----|----|----|-------------------------------------------|--------------|

|    |                |                             |                                                                                               |                                                                                                                         |                               |     |                           |      |    |      |                           |        |
|----|----------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----|---------------------------|------|----|------|---------------------------|--------|
| 04 | 有机废水(物)新厌氧产气技术 | 有机废水、有机废气、工业废水、有机固废、工业废水的氧化 | 通过投加介质调控强化厌氧生化处理效果，对传统的厌氧工程进行改造，在对传统水解酸化产甲烷提效的同时，建立新的产甲烷路径，提高厌氧处理效率 40-90%以上，甲烷产量提高 40%-180%。 | 高浓度有机废水，进水有机负荷达 80 kgCOD <sub>Cr</sub> /m <sup>3</sup> /d。产气中甲烷比例可达 90%以上，且无酸性积累。含固率达到 20%以上的餐厨垃圾实现高效产甲烷，甲烷转化率达到 90%以上。 | 工业废水<br>500 m <sup>3</sup> /d | 300 | COD <sub>Cr</sub><br>1000 | 5-10 | 20 | 1000 | COD <sub>Cr</sub><br>2000 | 大连理工大学 |
|----|----------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----|---------------------------|------|----|------|---------------------------|--------|

|    |                    |                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                            |                       |      |                          |     |       |      |         |        |
|----|--------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------|--------------------------|-----|-------|------|---------|--------|
| 05 | 高氮废水<br>SNAD脱氮成套技术 | 城镇机<br>有固废<br>厌氧发<br>酵沼液、<br>禽畜殖<br>业废水<br>及垃圾<br>渗滤液/<br>压榨液<br>脱氮治<br>理 | SNAD（同步亚硝化、厌氧氨氧化和反硝化）工艺是在ANAMMOX（厌氧氨氧化）工艺基础上，在同一个反应器内，利用好氧氨氧化菌将水中 $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ 部分转化为 $\text{NO}_2\text{-N}$ ，然后ANAMMOX菌将 $\text{NO}_2\text{-N}$ 和剩余的 $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ 转化为 $\text{N}_2$ ，同时反硝化菌从水中 COD 获得电子供体将生成的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和剩余 $\text{NO}_2\text{-N}$ 还原成 $\text{N}_2$ 。通过构建无需外加碳源、低碳节能的 SNAD 脱氮技术体系可同时高效去除氨氮、总氮与 COD。 | 工艺进水氨氮为 2000 mg/L 以下，C/N 比小于 1（COD 过高可先进行 UASB 等厌氧处理至满足条件）。经处理后，氨氮去除率 85% 以上，总氮去除率 75% 以上。 | 600 m <sup>3</sup> /d | 1500 | 总氮 230-296<br>氨氮 274-339 | 3-5 | 10-15 | 7500 | 氨氮 1500 | 大连理工大学 |
|----|--------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------|--------------------------|-----|-------|------|---------|--------|



|    |                |                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                              |                                        |      |                                                   |     |    |                     |                                                      |              |
|----|----------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------|---------------------------------------------------|-----|----|---------------------|------------------------------------------------------|--------------|
| 06 | 基于多孔介质水质提升及量技术 | 现有污水处理设施升级改造或高负荷工程 | 研发了具有不同空隙分布和形态的多孔介质填料，是污水处理微生物的高效载体，提高了生化池内的活性污泥浓度，强化了污染物的去除效率。填料内外部形成的溶氧浓度梯度差，强化了同一反应槽内的硝化与反硝化反应，可以得到良好的去除氨氮的效果。通过本技术的应用，将剩余污泥转化为碳源，可以在不进行扩容的前提下，提高 COD、BOD、氨氮及总氮的去除效率，满足水质提标改造或提高处理负荷的需求。 | 由一级 A 标准提升至准IV类水标准，即<br>COD≤30mg/L、<br>BOD≤6mg/L、<br>SS≤5mg/L、氨氮≤3（5）mg/L、总氮≤15mg/L、总磷≤0.3mg/L。<br>或者增加处理能力。 | 4×10 <sup>4</sup><br>m <sup>3</sup> /d | 2100 | COD <sub>Cr</sub><br>292<br>氨氮<br>51<br>总氮<br>102 | 3-5 | 15 | 2.1×10 <sup>4</sup> | COD <sub>Cr</sub><br>2920<br>氨氮<br>510<br>总氮<br>1020 | 大连博多科技开发有限公司 |
|----|----------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------|---------------------------------------------------|-----|----|---------------------|------------------------------------------------------|--------------|

|    |                  |            |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                               |                      |      |                                                                           |    |    |                   |                                                                                |              |
|----|------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|---------------------------------------------------------------------------|----|----|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 07 | 石化废水低生化-臭氧催化氧化技术 | 石化行业生产废水处理 | <p>难降解石化废水低氧生化-臭氧催化氧化耦合处理技术采用低氧智能高效一体式活性污泥生物处理系统，它通过控制曝气池内低溶解氧(0.5mg/L-1mg/L)，在生化池内不仅完成对有机物的去除，更重要的是实现了硝化反硝化的同步进行。经过二级生物处理后，大部分易生化和可生化的有机污染物均已得到降解，通过后接高级催化氧化与后生化组合工艺对残留微量有机物的贫营养性污水进行进一步处理，保证污水达标排放。此系统既节约了能耗，降低了对碳源的需求，同时保证了石化废水的稳定达标排放。</p> | <p>工 艺 进 水<br/>COD<sub>Cr</sub>、石油类、<br/>氨 氮 分 别 为<br/>1500 mg/L 、<br/>500mg/L 和<br/>80mg/L 以 内。<br/>经处理后，消减<br/>量 97%以上，出<br/>水水质达到《辽<br/>宁省污水综合排<br/>放 标 准 》<br/>( DB21/1627-<br/>2008) 中的表 1<br/>规定限值。</p> | 650m <sup>3</sup> /h | 6000 | <p>COD<sub>Cr</sub><br/>8260.81<br/>石油类<br/>2830.08<br/>氨氮<br/>426.96</p> | 10 | 20 | 2×10 <sup>5</sup> | <p>COD<sub>Cr</sub><br/>3.25×10<sup>4</sup><br/>氨氮<br/>2.91×10<sup>4</sup></p> | 辽宁北方环境保护有限公司 |
|----|------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|---------------------------------------------------------------------------|----|----|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|

|    |                               |                                      |                                                                                                                          |                                                                   |                                 |      |                                                               |     |    |                 |                                                               |                                 |
|----|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|---------------------------------------------------------------|-----|----|-----------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 08 | 高生态<br>生臭体<br>水综合<br>治理技<br>术 | 河道流<br>域、乡<br>镇综合<br>污水处<br>理与净<br>化 | 针对黑臭水体的污染程度及其处理特点，研究了黑臭污水治理过程的控源截污、原位治理、水质提升、生态修复等不同治理阶段的机理、工艺和处理设备等关键性技术问题，藉此开展了工程示范。本技术能有效解决城镇河套黑臭问题，重建水体生态系统，美化城市及景观。 | 透明度<br>>20cm<br>溶解氧<br>>2mg/L<br>氧化还原电位<br>>50mV<br>氨氮<br><8mg/L。 | 2000 -<br>3000m <sup>3</sup> /d | 1000 | 再生达标水<br>体 7.3-<br>10.9×10 <sup>5</sup> m <sup>3</sup> /<br>a | 3-5 | 15 | 10 <sup>4</sup> | 再生达标水<br>体 2.93-<br>4.36×10 <sup>6</sup><br>m <sup>3</sup> /a | 辽阳<br>博仕<br>流备<br>设限<br>有公<br>司 |
|----|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|---------------------------------------------------------------|-----|----|-----------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------|

# 辽宁省水污染防治技术指导目录（第四批）

## 技术研究报告

### 基于功能性悬浮生物载体的污水处理技术研究报告

#### 一、所属行业

村镇及城市污水生化处理以及化工、制药等行业废水处理

#### 二、技术名称

基于功能性悬浮生物载体的污水处理技术

#### 三、技术拥有单位信息

单位：大连理工大学

地址：辽宁省大连市凌工路2号

单位负责人：全燮，电话：0411-84706140，13604246960，邮箱：

quanxie@dlut.edu.cn

技术负责人：全燮，电话：0411-84706140，13604246960，邮箱：

quanxie@dlut.edu.cn

#### 四、适用范围

村镇及城市污水生化处理以及化工、制药等行业废水处理

#### 五、与行业相关生产环节的排污现状

近年来，全国废水年排放量约750亿t，截至2017年末，我国污水处理率为92.38%，该数据相比发达国家接近100%的污水处理率仍有提升空间，部分污水处理设施缺失的城镇以及农村仍有设施新建需求。另一方面，随着国家环境标准

日趋严格，而且许多省份制定了更为严苛的污水排放标准，我国有 3000 余座污水处理厂无法满足排放标准，面临提标改造。

“十三五”以来，随着环保力度不断加大，辽宁省废水排放量较“十二五”有所下降，但年排放量仍然达到 22 亿 t 以上。截止 2017 年，辽宁省废水治理设施达 1700 余套。2018 年，辽宁省出台了城镇污水处理及再生利用设施建设“十三五”规划，根据规划，到 2020 年底，辽宁省地级城市污水处理率达到 95%以上，县城达到 85%以上。可见，辽宁省污水处理厂新建和改造的需求仍然十分迫切。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

该项技术针对传统悬浮生物载体存在的问题，通过改变悬浮生物载体的亲水、亲电等性质，调控载体与微生物的亲合性，实现快速挂膜；针对不同的目标处理污水，对载体进行硝化、厌氧、反硝化等功能化设计，实现功能微生物生态结构的优化。在此基础上，对反应器的池型与结构进行设计，优化技术运行策略，开发出面向不同污水类型、不同处理目标，适于新建或改造的基于功能性悬浮生物载体的污水处理技术。

在该技术中，功能性悬浮载体在曝气或搅拌作用下实现流化，并快速挂膜，缩短了挂膜时间，并强化了污染物、溶解氧和生物膜的传质效果。功能化设计的载体还能够促进相应的功能微生物（如硝化菌、反硝化菌、厌氧菌和兼氧菌等）的富集。废水流经反应器并与功能性载体上的生物膜广泛接触，并在生物膜上相关功能微生物的新陈代谢作用下，使废水中的有机污染物和氮磷等得以高效去除。

### 2 关键技术与设备

基于功能性悬浮生物载体的污水处理技术克服了传统移动床生物膜工艺的弊端，具有运行费用低，占地面积小、污染物处理效率高、运行方便等诸多优点。

该技术所包含的关键技术包括：（1）功能性悬浮生物载体制备技术：所制备的高效功能性悬浮生物载体是通过物理改性的方式，采用共混的方法，利用螺杆挤出工艺制得成品，其操作方法简便，成本低，有利于工程化应用；（2）基于功能性悬浮生物载体的应用技术：在功能性悬浮生物载体制备的基础上，发展了基于功能性悬浮生物载体的多级生物处理工艺、基于功能性悬浮生物载体的序批式生物处理工艺和分流式活性污泥组合工艺等，提出反应器设计和工艺参数确定原则，为技术应用提供技术支撑。

该技术采用的自主研发与创新改良的关键设备包括单螺杆挤出设备、推流池末端气提设备、多级曝气设备等关键设备。

## 七、主要技术指标

功能性悬浮生物载体的亲水性得到有效改善，接触角由 94 度左右降低到 60 度；亲电性明显提高，Zeta 电位从 -40 mV 提高到 +10 mV 以上。形成了针对厌氧、硝化、反硝化等不同应用环境下的高效功能性悬浮生物载体。挂膜速度显著加快，功能菌群丰度比现有载体提高 2-3 倍，挂膜量提高 20%-60%，启动时间从数周缩短至数日，解决了传统载体挂膜效果差，启动慢、处理效率低等难题。

基于功能性悬浮生物载体的污水处理技术有机容积负荷可达到 4-8 kg COD/(m<sup>3</sup>·d)，COD<sub>Cr</sub> 去除率可达到 90% 以上。在低碳源污水处理方面，该工艺的氨氮去除率超过 90%，TN 去除达到 83%。出水 COD<sub>Cr</sub>、氨氮、总氮等污染物均可达到国家城镇污水一级 A 排放标准。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助：

（1）大连市科技计划项目：“污水处理资源化改性高效生物载体生产与应用技术”，项目号：2005E21SF149；

(2) 国家水体污染控制与治理科技重大专项课题：“太子河典型工业水污染控制与水质改善技术集成与示范”，项目号：2012ZX07202006。

## 2 成果鉴定：

2017 年 1 月，新型悬浮生物载体（填料）的制备及其污水处理技术通过中国环境保护产业协会鉴定，达到国际领先、国际先进水平。

## 3 发明专利：

(1) “一种非溶性氧化还原介体型生物载体及其制备方法”，专利号：ZL 201610230088.5；

(2) “一种亲电型生物载体及其制备方法”，专利号：ZL 201310306316.9；

(3) “一种以废料为主要原料的曝气生物滤池填料及其制备方法”，专利号：ZL 200710010193.9；

(4) “一种曝气生物滤池填料及其制备方法”，专利号：ZL 200510046987.1。

## 4. 获奖：

(1) 2017 年辽宁省科技进步一等奖。

## 九、典型用户

本技术应用于鞍山腾鳌污水处理有限公司污水处理升级改造工程。工程位于鞍山市腾鳌经济开发区，污水处理规模为 14000 t/d，原污水处理工艺为传统活性污泥工艺，出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）的二级标准。由于该污水处理厂所接纳的工业废水中难生物降解的有机污染物浓度较高，生化部分出水的  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、氨氮和总氮浓度未达到一级 A 排放标准。2015 年，该公司采用基于功能性悬浮生物载体的 IFAS 工艺进行提标改造，工程投资为 381 万元。提标改造后，出水  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、氨氮和总氮指标达到一级 A 排放标准，年减排  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  约 1600t，氨氮 88.9t。目前，该工程运行良好。

## 十、推广前景

据统计，“十三五”以来辽宁省废水年排放量达到 22 亿 t 以上，COD 年排放量 110 万 t 以上，氨氮年排放量 9 万 t 以上。截止 2017 年，辽宁省污水处理设施达 1700 余套，城市和县城污水处理率分别在 95%和 85%以下。目前，本技术在辽宁省村镇及城市污水生化处理中的推广比例约为 3-5%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省村镇及城市污水生化处理中的推广比例可达 15%，总投入约 10 亿元，年消减 COD<sub>Cr</sub> 15 万 t，氨氮 1.2 万 t。



# 污废水厂达标排放的 SSMBBR 工艺技术研究报告

## 一、所属行业

环保水处理、水污染治理

## 二、技术名称

污废水厂达标排放的 SSMBBR 工艺技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：大连宇都环境工程技术有限公司

地址：辽宁省大连高新园区黄浦路 541 号网络产业大厦 13 层

单位负责人：权伍哲，电话：0411-84507766，18741167739，邮箱：

yudu@dlwedo.cn

技术负责人：权伍哲，电话：0411-84507766，18741167739，邮箱：

yudu@dlwedo.cn

## 四、适用范围

市政污水处理厂、工业园区污水处理厂。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

过去粗放式的发展给水环境带来了严重的污染。在国家级地方更严格的新环保标准下，很多污水处理厂面临着提标升级改造，而排放不达标、运行不稳定、占地面积不够、改造费用高、改造时间长等是污水处理厂共同面对的难题。

MBBR 工艺就很好的解决了这些难题，全国范围内，利用 MBBR 进行改造的项目越来越多，目前我公司年处理水量已超过 500 万 t/d。

## 六、技术内容

## 1 基本原理

SSMBBR 工艺是全系统的生物膜工艺和活性污泥工艺的耦合工艺，它包含酶促进改性悬浮载体，活性污泥载体拦截系统，载体防堆堵疏导系统，检修系统等完整系统。

在生物池中投加酶促进改性悬浮载体（填料），让悬浮态的活性污泥和固着态的生物膜共同作用，充分发挥了两者的优点，使污水处理效率显著提高，而且投资低，运行费用低，运行稳定，抗水质波动冲击和水量波动冲击性强。

在生化池中投加一定量的酶促进改性悬浮载体（填料），使得改性填料上的附着去除污染物的微生物，改性填料上的微生物比一般的填料附着的微生物多而且活性高，所以污染物去除效果显著，尤其在北方水温低的状态下，与常用的单纯的活性污泥比，效果显著，氨氮和总氮处理效果非常好。

每个填料上生物膜的内部、外部生长着不同的微生物菌群，内部为厌缺氧型，外部为好氧型，在同一个填料内可实现同步生硝化与反硝化反应。

## 2 关键技术与设备

大连宇都工程技术有限公司生产的改性生物悬浮填料（国家发明专利），主要特点是在原材料 PE 的基础上添加了多种改性成份，提高其功能性。

主材质为 HDPE，添加改性配方

（1）比重为挂膜前比重在  $0.96\text{--}0.99\text{g/cm}^3$ ，挂膜后约  $1\text{g/cm}^3$ ，少量曝气或轻微搅拌就能均匀流化；

（2）亲水性好，微生物容易附着，挂膜速度快；

（3）表面带正电荷，让带负电荷的微生物更容易附着，使生物亲和性更好；

（4）表面粗糙，提高比表面积，增加生物量；

（5）改性成份中含有酶促进成份，生物活性高，显著提高生物降解能力，

尤其生物膜中硝化菌量是未改性填料的 1.5 倍，显著提高生物对氨氮分解能力；

(6) 具有抗紫外线、抗老化功能，使用寿命在 20 年以上；

(7) 微生物膜厚度适中，氧气、有机质在生物相中传质效率高，微生物活性高，新陈代谢快，连续不断的动态脱落，微生物膜分泌物不会在填料上钙化。

## 七、主要技术指标

1、设计水量：15 万 m<sup>3</sup>/d

2、设计水温 10℃

3、设计进出水指标

| 序号 | 项目                 | 单位   | 进水水质 | 出水水质 |
|----|--------------------|------|------|------|
| 1  | BOD                | mg/L | 200  | 10   |
| 2  | SS                 | mg/L | 400  | 20   |
| 3  | NH <sub>4</sub> -N | mg/L | 40   | 5    |
| 4  | TN                 | mg/L | 60   | 15   |

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

1 项目资助：

“十二五”国际科技重大专项水专项“太子河典型工业水污染控制与水质改善技术集成与示范课题”，2012ZX07202006-004-2；

2 成果鉴定：

“新型悬浮生物载体（填料）的制备及其污水处理技术”（中国环境保护产业协会）。

3 专利：

(1) 发明：

1) “改性微生物膜专利”，专利号：ZL 200610047276.0；

2) “疏导型污水处理填料循环系统”，专利号：ZL 201510649982.1；

(2) 外观设计专利：

1) “污水处理用填料”，专利号：ZL 201030174763.0；

2) “生物悬浮填料”，专利号：ZL 201730670721.8。

4 获奖：

辽宁省科学技术进步一等奖，功能性悬浮生物载体（填料）制备及其污水处理关键技术与应用。

## 九、典型用户

本技术应用于哈尔滨群力污水处理厂升级改造扩建工程。工程位于哈尔滨道里区，污水处理规模 15 万 t/d，改造工程造价 3790 万元，采用 CASS+MBBR 工艺。经处理后， $\text{NH}_4\text{-N}$ 、TN 满足城镇污水处理厂污染物排放标准(GB18918-2002) 由于新技术的应用，节约工程投资约 4500 万元。处理工程年减排 BOD 约 1 万 t，氨氮 2000t。经环境监测部门的现场跟踪监测，各项环保指标均达到标准，在单一池内实现有机物、氨氮、总氮和总磷的高效去除。该污水处理工程有力支撑了流域减排目标的实现。

## 十、推广前景

为了保护环境、节能减排，全国污水厂都在陆续进行提标改造，利用 MBBR 进行改造具有不增地、不停水、工期短、投资少等特点，尤其是改性悬浮填料的使用，使得该工艺运行更为稳定。目前，本技术在辽宁省污水处理领域中推广约为 10%，运行效果稳定。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省污水处理领域中推广比例可达 20%，总投入约 150 亿元，年消减  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  400 万 t，氨氮 20 万 t。

# 寒冷地区农村生活污水高效处理技术研究报告

## 一、所属行业

农村生活污水处理行业

## 二、技术名称

寒冷地区农村生活污水高效处理技术

## 三、技术拥有及咨询单位信息

单位：辽宁北方环境保护有限公司

地址：辽宁省沈阳市皇姑区崇山东路 34 号

单位负责人：王卓，电话：13940015230

技术负责人：王卓，电话：13940015230

## 四、适用范围

人口密度小、地形复杂、污水不易收集入网的分散式污水处理，如农户较分散的村庄、高速服务区、别墅区、农家乐等。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

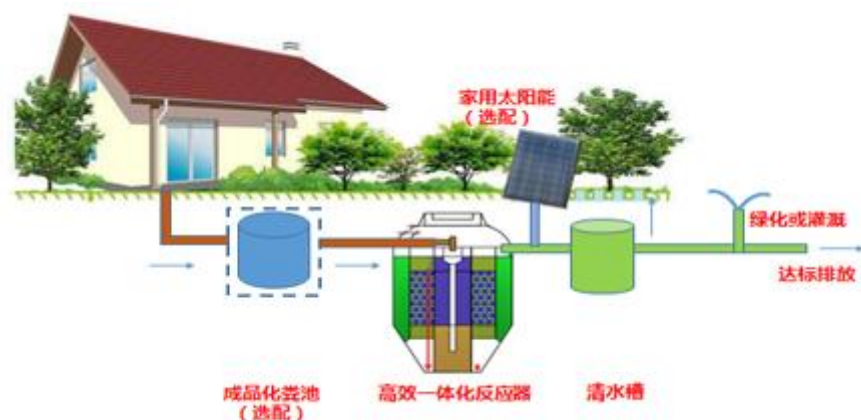
据《辽宁省 2018 年国民经济和社会发展统计公报》统计，辽宁省全省农村人口总计 1390.6 万人，辽河流域人口数约占全省人口比例的 57%，据此测算辽河流域农村生活污水日排放总量高达 40 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ， $\text{COD}_{\text{Cr}}$  和氨氮年排放量分别达 28900t/a 和 5100t/a。生活污染是一大污染源，流域内大量农村大部分为分散式污水排放形式，大多数没有经过处理直接排放。根据《辽宁省环境保护“十三五”规划》中期评估报告，全省环境保护工作虽然取得一系列进展，但农业农村环境污染问题依然突出，全省农村生活污水集中收集处理率不足 5%。目前，辽宁省农

村污水处理率整体不高，但各地农村均有不同规模的污水处理站或设施，现有处理设施经济性差、低温适用性差、极分散环境下设备规模不适用。因此开展对寒冷地区极分散微型生活污水处理技术及装备研发，是解决这一问题的重要途径。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

多级高效一体化反应器采用 AO 接触氧化泥膜共混生物处理工艺，通过科学的结构设计，创新性的将缺氧、好氧、沉淀等功能集成于多层罐一体化结构，同时罐内充填三维螺旋生物绳填料，可在实现降解有机污染物的同时，同步硝化反硝化脱氮；通过定流量优化分配设计实现曝气增氧、曝气搅拌、气提回流等功能一泵完成；充分利用悬浮活性污泥和附着生物膜二者协同作用，确保系统内微生物菌群丰富、生物量大，活性高，出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 排放标准。



### 2 关键技术与设备

集成优化 AO 接触氧化泥-膜共混生物技术，提高系统生物附着能力及 30% 生物量，强化技术设备的抗冲击负荷能力，实现低温环境下处理效果稳定，脱氮效率高的目的。寒冷地区极分散环境的小微型生活污水一体化处理技术及装备，通过科学结构设计，实现缺氧、好氧、沉淀一罐完成，增氧、搅拌、气提等功能

一泵完成，紧凑结构布置，节省占地 20%；科学分区，实现折流循环，提高传质效果和脱氮效率目标；优化设备材质，实现坚固性好、耐腐蚀性好、无粘结、无漏点，坚固耐用；实现了设备标准化、系列化、模块化，实现技术条件、接口、零部件、设备规格、安装管理、运行管理等标准化；拥有耐低温微生物菌剂，强化粪污预处理效果，抑制有害微生物生长及除臭。系统出水达到  $\text{COD}_{\text{Cr}} < 60 \text{mg/L}$ 、 $\text{NH}_3 < 8 (15) \text{mg/L}$  水平。

## 七、主要技术指标

- 1 节省占地 20%以上，占地  $0.4\text{-}1.5 \text{m}^2/\text{t}$  水；
- 2 节能 15%，电耗约  $0.2\text{-}0.3$  元/t 水；
- 3 出水达到 GB18918-2002 一级 B 标准。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

项目资助：

- (1) “十二五”水专项辽河流域分散式污水处理技术产业化课题；
- (2) “十三五”水专项辽河流域水专项技术成果推广与产业化课题（属于自主研发技术）。

## 九、典型用户

1 沈阳军区某部队营房污水处理项目。本技术应用于沈阳军区某部队营区生活污水治理工程，建设总规模为  $300 \text{m}^3/\text{d}$ ，投资额为 5 万元，进水  $\text{COD}_{\text{Cr}} 350 \text{mg/L}$ ，氨氮  $31 \text{mg/L}$ ，经一体化污水处理设备后，出水水质达到 GB18918-2002 一级 B 标准，有效削减  $\text{COD}_{\text{Cr}} 33 \text{t/a}$ ，氨氮  $2.68 \text{t/a}$ ，并回用于营区绿化及道路清洗，解决了营区生活污水地处郊区收集难、直排污染水体等环境问题。

2 高速公路服务区污水处理项目。本技术应用于省内高速公路服务区污水处理项目，建设总规模为  $15000 \text{m}^3/\text{d}$ ，进水  $\text{COD}_{\text{Cr}} 330 \text{mg/L}$ ，氨氮  $33 \text{mg/L}$ ，经一体

化污水处理设备后，出水水质达到 GB18918-2002 一级 B 标准，有效削减 COD<sub>Cr</sub> 2135.25t/a，氨氮 241.8t/a，并回用于服务区厕所冲水。本技术的成果可应用于低温环境下，系统出水可稳定达到 GB18918-2002 一级 B，且运行费用较低，对处理农户较分散的村庄、高速服务区等污水在技术上和经济上均是可行的，具有良好的社会和经济效益。

## 十、推广前景

通过对寒冷地区农村生活污水小微型一体化反应器研究及产业化推广，聚焦解决辽河流域寒冷地区极分散农村地区生活污水污染治理的低温、占地大、能耗高、经济性差等瓶颈问题，填补生活污水小微型处理装备在辽河流域农村地区成功应用的空白。目前，本技术在辽宁省农村生活污水处理中的推广比例约为7-9%。预计未来5年内，本技术在辽宁省农村生活污水处理中的推广比例可达20%，总投入约35万元，年消减COD<sub>Cr</sub>710.6 t，氨氮137.4 t。



# 有机废水（物）新型厌氧产沼气技术研究报告

## 一、所属行业

有机废水/有机废物处理与能源化

## 二、技术名称

有机废水（物）新型厌氧产沼气技术

## 三、技术拥有及咨询单位信息

单位：大连理工大学

地址：辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号

单位负责人：郭东明，电话：0411-84708605

技术负责人：张耀斌，电话：13941150305，邮箱：zhangyb@dlut.edu.cn

## 四、适用范围

有机废水产沼气、有机固废产沼气、工业废水的厌氧处理

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

近年来，随着我国城镇化水平不断提高，排放的生活污水与固体废弃物总量也不断上升。2015 年我国城镇生活污水排放量为 545 亿 t，占全年污水排放总量的 71.4%。全国餐厨垃圾产生量达 9500 万 t，日均产量达 26 万 t/d。全国已投运、在建、筹建（已立项）的餐厨垃圾处理项目（50t/d 以上）至少有 118 座，总计处理能力超过 2.15 万 t/d。截止 2016 年 3 月，我国城镇污水处理厂数量达到 3910 座，污水处理能力达到 1.67 亿 m<sup>3</sup>/d，相应的污泥产量达到 3000 万-4000 万 t/a。预计到 2020 年，污泥产量将达到 6000 万-9000 万 t/a。目前，城镇污水与固体废弃物处理处置已经成为政府、行业专家、公众共同关注的焦点。尤其是，随着我

国近期城市垃圾分类工作的推进,将有机固废进行高效厌氧消化产甲烷已经成为必然。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

在以水解酸化-产甲烷原理建立的传统厌氧消化中,产甲烷菌只能利用水解酸化过程产生的乙酸和一元碳。然而在水解酸化过程中, $H_2$ 必须维持在很低的分压以下,才能在热力学上保证有机物厌氧代谢的持续进行。而嗜氢产甲烷菌作为消耗  $H_2$  的主要微生物,却在大部分厌氧系统中不是主流(以嗜乙酸甲烷菌为主)。因此在操作条件波动时很容易导致  $H_2$  积累,致使产甲烷停顿乃至失败。 $FeO$  作为电子供体,可直接为嗜氢产甲烷提供电子,从而富集嗜氢产甲烷菌,消耗厌氧体系内氢气,进一步带动有机物的水解酸化和产甲烷过程的进行。而当铁氧化物可以作为电子受体时,在厌氧系统内富集地杆菌,这些地杆菌可与甲烷菌间构建一种新型代谢-直接种间电子传递产甲烷。这种新型产甲烷路径是建立在地杆菌氧化有机物、甲烷菌利用地杆菌氧化所得的电子还原二氧化碳直接产甲烷,避开了传统氢气传递电子的方式,弥补依靠传统耗氢产甲烷难以维持厌氧体系内的酸性平衡和产甲烷互养代谢的稳定问题,因此具有巨大优势。

### 2 关键技术与设备

通过在厌氧体系内加入  $FeO$ ,可以通过富集氢型甲烷菌在前端强化水解酸化过程,产生更多的乙酸和一元碳供产甲烷菌利用。同时降低体系内氢分压,保证有机物厌氧代谢的持续进行;加入铁氧化物可以在厌氧系统内富集地杆菌,构建新型直接种间电子产甲烷,提高沼气中甲烷含量,降低二氧化碳排放;加入导体碳材料可以在后相产甲烷过程中介入新型的直接种间电子传递产甲烷,提高微生物群落建电子传递距离与速率进一步提高产甲烷效率。采用以上新型厌氧系统,

可以强化有机物污染物的分解，为产甲烷创造有利的底物条件，提高厌氧消化效果。

## 七、主要技术指标

1 工艺进水有机负荷可高达  $80\text{kgCOD}_{\text{Cr}}/\text{m}^3/\text{d}$ 。经过厌氧生物处理后，产气中甲烷比例可达 90%以上，且无酸性积累，使厌氧工艺具有耐高有机负荷冲击与缓解酸性抑制的能力。

2 将零价铁引入厌氧污泥处理系统，污泥减量化提高 12 个百分点，甲烷产量提高 43%。在厌氧系统设置铁屑层，以城市剩余污泥为接种污泥，可在 1 个月内培养出成熟颗粒污泥，快速完成启动，解决了厌氧处理启动慢的难题。

3 通过新型的厌氧产甲烷模式，可以强化有机物污染物的分解，为产甲烷创造有利的底物条件。可以将含固率达到 20%以上的餐厨垃圾实现高效产甲烷，甲烷转化率达到 90%以上，解决了高含固有机固废传质效率低、易酸化的缺陷。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助：

(1) 国家重点研发计划课题，高含固有机固废高效制备生物燃气有机物的微生物强化降解机理研究；

(2) 国家自然科学基金面上项目，厌氧污水处理的异化铁还原耦合氨氮氧化过程中的铁循环机制；

(3) 国家自然科学基金面上项目，厌氧消化中直接种间电子传递的新路径及其作用；

(4) 国家自然科学基金面上项目，零价铁强化微生物电催化厌氧产甲烷的电子传递机制与调控方法；

(5) 国家自然科学基金面上项目，内置零价铁对偶氮染料废水厌氧处理的

强化机理研究；

## 2 专利：

(1) “Zero-valent iron two- phase anaerobic reactor”，专利号：US 13/981884；

(2) “一种利用零价铁技术加速剩余污泥厌氧发酵的方法”，专利号：  
ZL201310244932.6；

(3) “一种促进厌氧消化产甲烷的外置电解设备”，专利号：  
ZL201310567702.3；

(4) “利用铁锈促进剩余污泥产甲烷方法”，专利号：ZL201310342879.3。

## 3 获奖：

(1) 2014 年中国石油和化学工业联合会青年科技突出贡献奖；

(2) 2017 年辽宁省科技进步一等奖。

## 九、典型用户

本技术应用于山西仟源高浓度制药废水处理工程。工程位于山西省大同市经济技术开发区，处理规模为 200m<sup>3</sup>/d 的高浓度制药废水，该废水 COD<sub>Cr</sub> 为 2-6 万 mg/L，水质波动大，处理难度较高。有机固废处理量为 20-100 立方米/日，投资额为 200-1000 万元；有机废水处理量为 200m<sup>3</sup>/日，投资额为 200 万元；工业废水处理量为 500m<sup>3</sup>/日，投资额为 300 万元，年消减 COD<sub>Cr</sub>1000t。采用零价铁强化厌氧污水处理技术，反应器在 30 日内启动，COD<sub>Cr</sub> 去除率达到 80%以上。大同市经济开发区环境监测站的监测报告确认：出水各项指标均达到国家污水综合排放标准《GB18918-2002》一级标准。用户评价：该技术“显示出其意料的良好效果”。

## 十、推广前景

随着有机废物产量的增加和国家生态化建设的要求，对高效厌氧技术的需求

越来越迫切。所研发的零价铁强化厌氧生化技术、乙醇型发酵强化直接中间电子传递产甲烷、基于电子传递的新型厌氧消化方法等三个关键技术成功应用于高浓度、难降解性有机废水及固体废弃物的升级改造工程中。目前，该技术在辽宁省高浓度制药或其他工业废水处理中的推广比例约为 5%-10%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省高浓度制药或其他工业废水处理中的推广比例可达到 20%，总投入约 1000 万元，年削减污染物 COD<sub>Cr</sub> 约 2000t。

# 高氮废水 SNAD 脱氮处理成套技术研究报告

## 一、所属行业

高氮废水治理行业

## 二、技术名称

高氮废水 SNAD 脱氮处理成套技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：大连理工大学

地址：辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号

单位负责人：郭东明，电话：0411-84708011

技术负责人：徐晓晨，电话：0411-84706328，15141189998，邮箱：  
xxcep@dlut.edu.cn

## 四、适用范围

城镇有机固废厌氧发酵沼液、畜禽养殖业污染及垃圾渗滤/压滤液脱氮治理。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

近年来辽宁省畜牧业持续稳定发展，养殖水平显著提高，截止 2016 年底，全省大型牲畜（牛、驴等）存栏量 462 万头、生猪 1406.5 万头、羊 889.6 万头、肉鸡 1.8 亿羽、蛋鸡 1.42 亿羽，年污水产生量超过 7442.3 万 t。农业源污染物氨氮、TN、等已逐渐超越工业源，成为我省环境污染的主要污染源之一。另外城镇污水处理厂剩余污泥、厨余垃圾、与粪便残渣等有城镇有机固废可采用中温厌氧发酵产沼气的方式进行资源化利用，产生的发酵沼液中氨氮浓度极高。此外垃圾填埋厂、垃圾干化或焚烧厂的垃圾渗滤液与压滤液中的氨氮含量也很高。上述三

个行业废水中的氨氮浓度分布在 1000-2000 mg/L 范围之内，是我省水环境治理的一大难题。通常采用的脱氮工艺是以全程硝化反硝化为核心的脱氮工艺（如 A/O-MBR、A<sup>2</sup>/O、A/O/A/O、SBR 工艺等），仅处理电耗即为 4-6.5 kWh/kg N，外加碳源为 30-40 元/ kg N（以投加乙酸钠为例），运行费用巨大、处理流程过长、处理装置占地大；亟需高效低耗脱氮处理工艺。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

厌氧氨氧化（Anaerobic Ammonium Oxidation, ANAMMOX）工艺是指在厌氧条件下，厌氧氨氧化菌以亚硝态氮（NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N）为电子受体，将氨氮（NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N）氧化为氮气（N<sub>2</sub>）。相比于传统生物脱氮工艺，ANAMMOX 优点包括：1）无需外加有机碳源与碱度；2）脱氮效率高；3）无需曝气；4）污泥产量低。该工艺是目前已知最为经济的低碳生物脱氮途径，属于可持续脱氮技术。

同步亚硝化、厌氧氨氧化和反硝化（Simultaneous Partial Nitritation, Anammox and Denitrification, SNAD）工艺是在 ANAMMOX 工艺基础上，在同一个反应器内，采用悬浮填料为载体，形成生物膜上不同位置不同功能菌群的分布，利用好氧氨氧化菌（AOB）将水中 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 部分转化为 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N，然后 ANAMMOX 菌将 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 和剩余的 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 转化为氮气，同时反硝化菌（DNB）从水中 COD 获得电子供体将 ANAMMOX 过程生成的硝态氮（NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N）和剩余 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 还原成 N<sub>2</sub>。通过构建无需外加碳源、低碳节能的 SNAD 脱氮技术体系可同时高效去除氨氮、总氮与 COD。

### 2 关键技术与设备

该技术适用范围内的高氨氮废水中氨氮浓度分布在 1000-2000 mg/L 范围之内。对 C/N 比高于 1 的废水可先采用上流式厌氧污泥床（UASB）等厌氧工艺，

去除废水中 COD 至 C/N 比低于 1，再进入 SNAD 脱氮处理系统。SNAD 脱氮处理系统关键技术如下。

#### (1) 高氨氮废水亚硝化过程稳定技术

通过在反应器内加入适合比例的悬浮填料【生物移动床 (MBBR) 填料】，并通过二沉池污泥回流，构建 SNAD-IFAS (Intergrated Film and Activated Sludge, 耦合生物膜与活性污泥) 系统，通过对温度、溶解氧 (DO)、FA (游离氨) 与 FNA (游离亚硝酸) 的在线控制，稳定实现亚硝化过程。

#### (2) SNAD 脱氮处理系统中短程硝化、反硝化与厌氧氨氧化耦合技术

在 SNAD-IFAS 系统中，通过对温度、pH、DO、HRT (水力停留时间)、SRT (污泥停留时间)、C/N 比、填料种类与填充比等参数的调控，实现短程硝化、反硝化与厌氧氨氧化耦合作用，可同时去除氨氮、总氮与 COD。

#### (3) SNAD 脱氮处理系统快速启动技术

通过采用高氨氮废水亚硝化过程稳定技术进行亚硝化菌的培养驯化；然后将已经完成 SNAD 挂膜的 MBBR 填料 (可以示范工程池内获取) 置入池内进行 SNAD 菌群的驯化与富集；再结合通过大水量、低浓度的调控策略可实现 SNAD 脱氮处理系统快速启动。

综上，已经形成针对不同进水氨氮、总氮与 COD 浓度的 SNAD 脱氮处理成套技术体系。

### 七、主要技术指标

1 工艺进水氨氮为 2000 mg/L 以下, C/N 比小于 1 (COD 过高可先进行 UASB 等厌氧处理至满足条件); 总氮体积负荷可达  $0.5 \text{ kg TN/m}^3 \cdot \text{d}$ ; 经处理后, 氨氮去除率 85% 以上, 总氮去除率 75% 以上; 剩余氨氮与总氮可进一步采用传统硝化反硝化工艺去除。



2 SNAD 脱氮工艺部分电耗仅为 1.5 kWh/kg N 左右，无任何外加碳源费用；占地仅为传统硝化反硝化脱氮工艺的 1/3 左右。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助：

(1) 国家自然科学基金资助项目“SNAD/EBPR 耦合工艺的微生物资源管理机制与调控策略研究”，项目批准号：21777018；

(2) “十二五”国际科技重大专项水专项“辽河流域氨氮污染控制关键技术与示范”课题，课题编号：2013ZX07202-010。

### 2 专利：

(1) “倒置式脱氮工艺膜生物反应器”，专利号：ZL200810012047.4；

(2) “同时硝化厌氧氨氧化工艺的无纺布生物转盘反应器”，专利号：ZL200610047605.1；

(3) “一体式膨胀颗粒污泥床-膜生物反应器全程自养脱氮装置及其工艺”，专利号：ZL201410225231.2；

(4) “一种快速增殖厌氧氨氧化菌的装置及方法”，专利号：ZL201110043759.4；

(5) “一种球形无纺布填料启动一氧化氮生物吸收塔的方法”，专利号：ZL201611139871.7；

(6) “一种无纺布环形填料启动 SNAD 工艺的方法”，专利号：ZL2014010842728.9。

## 九、典型用户

本技术应用于大连夏家河污泥处理厂沼液SNAD脱氮处理工程，工程规模为 600 m<sup>3</sup>/d，投资约1500万元。大连夏家河污泥处理厂主要采用中温厌氧发酵产沼

气（制取天然氧并入城市天然气管网）处理市政污水厂剩余污泥、厨余垃圾、垃圾渗滤液与粪便残渣等。厌氧发酵产生的沼液采用“高氮氮废水SNAD脱氮”成套技术进行处理，脱除大部总氮后排入大连夏家河污水处理厂进一步处理至达标排放。大连夏家河污泥处理厂沼液SNAD脱氮处理工程从2015年5月开始启动，至2017年5月开始满负荷运行，处理效果稳定，进水总氮（氨氮）1400-1800 mg/L，总氮脱除效率75%，出水总氮350-450 mg/L，出水氨氮150-250 mg/L，年消减总氮230-296t、氨氮274-339t。

## 十、推广前景

随着辽宁省城镇有机固废厌氧发酵产沼气项目、垃圾填埋/干化/焚烧厂项目与规模化畜牧业的陆续建设与快速发展，这些项目与行业产生的氨氮将成为辽河流域主要氨氮污染源之一。目前，本技术在辽宁省污水污泥处理厂沼液脱氮处理中的推广比例约为 3-5%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁污水污泥处理厂沼液脱氮处理中的推广比例可达 10--15%，总投入约 7500 万元，年消减氨氮 1500t。

# 基于多孔介质填料的水质提标及增量技术研究报告

## 一、所属行业

水污染治理行业

## 二、技术名称

基于多孔介质填料的水质提标及增量技术

## 三、技术拥有单位信息

单位：大连博多科技开发有限公司

地址：辽宁省大连市沙河口区敦煌路 217 号

单位负责人：顾丽萍，电话：0411-39418736，13052780351，邮箱：

dlboduo@126.com

技术负责人：杨林，电话：0411-86323774，13322202833，邮箱：

dlboduo@163.com

## 四、适用范围

适用于可生化处理污水处理厂的水质提标升级改造以及在不扩容的前提下增加原有污水厂的处理能力。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

目前，许多城镇污水厂还面临着处理能力饱和、工业废水比例增加、水质波动大等问题，如何在不扩容的前提下解决冲击负荷、提高现有污水厂处理能力也是现实需求。大多数污水处理厂出水 B/C 比数值较低、难以生物降解，以致提高出水标准的难度相当大。为此国内各设计院推出的技术路线差异很大，有些项目用上了生化、物化、高级催化氧化、吸附、膜分离等多种处理工艺。与常规工艺

相比，投资成本提升一倍以上，运行成本提高 2-3 倍以上。

因此如何利用已有构筑物和工艺设备，克服低 B/C 比的困难，尽可能提高原有生化系统的 COD<sub>Cr</sub>、BOD 以及氨氮去除效率，获得稳定的准IV类水水质，或者提升处理能力，尽量减少投资和运营成本的增加，成为未来污水厂水质提标或增量改造的迫切需要。

## 六、技术内容

### 1 基本原理

本技术核心是在好氧生物池中投放多孔介质填料以强化生化池的处理能力。首先是将反应池中的活性污泥浓度由 3500mg/L 左右提高到 10000mg/L 左右，大大提高了生化系统的 BOD 负荷，提高了 COD 及 BOD 等污染物的处理效率，对冲击负荷变化也有较强的适应能力。

其次是利用填料内部及表面附着较多的活性污泥，介质的内部处于缺氧或厌氧状态，有利于将填料内部的污泥转化为易生物降解的有机物及挥发性脂肪酸，有利于填料表面的好氧微生物即时吸收，在填料表面形成微生物活性较高的生物膜。避免了利用初沉池和污泥浓缩池对污泥进行水解传统做法的水解发酵过程容易趋向产甲烷化并有传导损失的弊端，减少外加碳源。

最后是由于多孔生物填料的表面与内部形成溶氧浓度的梯度差，促使好氧及缺氧反应同时进行，促进氨氮及总氮的进一步降解。

### 2 关键技术与设备

针对将排水水质标准由一级 A 提高至准IV类水的提标升级改造以及扩容增量的需求，通过投加自主研发的多孔介质填料，可以在好氧单元中实现厌氧/缺氧与好氧工艺的优化组合，解决了实际工程大多存在的 B/C 比低、碳源不足、出水 COD<sub>Cr</sub> 中以难降解物质为主的关键技术问题；本公司研发的多孔介质填料具

有孔隙丰富、比表面积大，所附着的微生物泥龄长，呈多种生物相而且稳定，容易在填料表面与内部形成溶氧浓度的梯度差，促使好氧、缺氧、厌氧反应同时进行，具有提高氧转移效率、降低能耗的效果。使用本技术的最大优势是可以充分利用原有构筑物和工艺设备，提高原生化系统的处理效率，并将系统的大部分剩余污泥转化为可利用的内碳源，在降低对外加碳源需要量的同时大幅度降低污泥产率。在预处理工艺、填料流化、防堵塞等方面提出了一系列经济可行、科学有效的关键技术与科学工艺，具有一定的创新性与实用性。

## 七、主要技术指标

利用本技术已经对两处污水厂实施了水质提标的升级改造工程。出水指标由一级 A 提升至可以稳定满足准IV类水的排放标准要求： $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 30 \text{ mg/L}$ ， $\text{BOD}_5 \leq 6 \text{ mg/L}$ ， $\text{SS} \leq 5 \text{ mg/L}$ ， $\text{NH}_3\text{-N} \leq 3 \text{ mg/L}$ ， $\text{TP} \leq 0.3 \text{ mg/L}$ 。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 鉴定：

(1) “高浓度含盐污水处理技术”，入选辽宁省重点节能减排技术目录（第四批）；

(2) “基于多孔填料的污泥高效减量技术”，入选“辽宁省重点节能减排技术目录（第五批）”，同时入选“辽宁省水污染防治技术指导目录（第三批）”；

### 2 专利：

#### (1) 发明：

1) “一种污水处理系统及其污泥减量方法”，专利号：CN2019101727868；

2) “一种高盐污水处理系统及其池容和曝气调整方法”，专利号：CN2019101727887。

#### (2) 实用新型：

1) “一种生物流化床填充物”，专利号：CN2019202900614。

## 九、典型用户

### 1 浙江省安吉县县城污水处理二厂清洁排放提升改造项目

本工程位于青山绿水就是金山银山理念的发源地-浙江安吉，处理规模为 4 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，污水主要来源为生活污水+园区工业废水，原有工艺为“调蓄池+CAST+混凝除磷+过滤”，主生化池由 8 组 CAST 池构成。由于工业废水占 2/3 以上，水质变动大( $\text{COD}_{\text{Cr}}$  在 80%进水频率时为 575mg/L, 90%进水频率时高达 950mg/L, 最高实测值为 6280mg/L)，可生化性较差，因此运行时需要投加较多碳源，每年采购葡萄糖的费用就高达 660 万元，增加营养剂的平均处理成本为 0.45 元/t 水。提标改造工程于 2019 年 4 月开始，逐次在 CAST 生化池设立隔断格栅及投加多孔介质填料，总投入 2100 万元。设计进水水质  $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 450\text{mg/L}$ 、氨氮  $\leq 20\text{mg/L}$ 、总氮  $\leq 30\text{mg/L}$ 、总磷  $\leq 2\text{mg/L}$ ，已经改造完毕的池子在不投加碳源的基础上，出水能够满足浙江地方标准的准IV类水排放标准要求，即  $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 30\text{mg/L}$ 、悬浮物  $\leq 10\text{mg/L}$ 、氨氮  $\leq 1.5\text{mg/L}$ 、总氮  $\leq 10\text{mg/L}$ 、总磷  $\leq 0.3\text{mg/L}$ 。该工程，年削减  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  292 吨，氨氮 51 吨，总氮 102 吨。

### 2 辽渔集团污水厂三期工程（即升级改造工程）

本工程位于辽渔集团院内，处理规模为 2000  $\text{m}^3/\text{d}$ ，建于 2008 年，因处理后的水质达不到《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）直接排放标准，于 2018 年 5 月开始升级改造，9 月开始运行。污水主要来源为海产品加工废水、生活污水及周边地区水产加工废水，含盐浓度约为 0.3-1.0%。改造后的工艺采用“溶气气浮+A2O+生物滤池+溶气气浮+过滤”工艺，好氧进水  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  约为 1000-2000mg/L、悬浮物 200-300mg/L、氨氮 60-90mg/L、总磷 20-30mg/L，出水  $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 30\text{mg/L}$ 、悬浮物  $\leq 5\text{mg/L}$ 、氨氮  $\leq 1\text{mg/L}$ 、总氮  $\leq 10\text{mg/L}$ 、总磷  $\leq 0.3\text{mg/L}$ ，

出水水质满足准IV类水标准要求。

## 十、推广前景

目前，本技术在辽宁省污水生化处理领域中的推广比例约为 3-5%。预计未来 5 年内，本技术在辽宁省污水生化处理领域中推广比例可达 15%，总投入约 21000 万元，年消减 COD<sub>Cr</sub> 约 2920t，氨氮约 510t，总氮约 1020t，提供准IV类水 1.46 亿 t。

# 石化废水低氧生化-臭氧催化氧化技术研究报告

## 一、所属行业

石油化工行业

## 二、技术名称

石化废水低氧生化-臭氧催化氧化技术

## 三、技术拥有及咨询单位信息

单位：辽宁北方环境保护有限公司

地址：辽宁省沈阳市皇姑区崇山东路 34 号

单位负责人：于传鹏，电话：13940576996

技术负责人：张蕾，电话：13840539372，邮箱：50975871@qq.com

## 四、适用范围

石化行业生产废水处理

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

辽宁现位居国内第二炼油大省，“十二五”以来，辽宁石化行业主营业务收入和工业增长值均成逐年上升趋势，2013年，全省石化行业规模以上工业企业2164家，企业资产总额5812亿元，完成工业同比增长9.3%，实现营业收入9536.9亿元。据统计2015年辽宁省共排放工业废水81316.43万t，工业源化学需氧量排放量为7.89万t，氨氮排放量为6997.02t，总氮排放量为9092.90t；其中石油化工行业废水排放量24981.21万t，占比33.819%；化学需要量排放量11062.88t，占比16.182%；氨氮排放总量2049.12t，占比32.33%；氮氧化物排放量33341.61t，占比6.38%。

## 六、技术内容



## 1 基本原理

低氧智能高效一体式活性污泥生物处理系统通过控制曝气池内低溶解氧 ( $0.5-1\text{ mg/L}$ ), 在单一池体内实现有机物的去除与硝化反硝化同步进行。该系统不仅简化了系统脱氮的运行流程, 节约了能耗, 降低了对碳源的需求, 提高了脱氮效率, 同时也避免了由于硝态氮积累带来的不利影响。石化废水经过二级生物处理后, 大部分易生化和可生化的有机污染物均已得到降解, 但废水中仍残留微量有机物。通过在二级生化后接高级催化氧化与后生化组合工艺对贫营养性污水进行处理, 其中高级氧化部分采用非均相臭氧催化氧化技术, 后生化处理工艺采用 BAF 技术。BAF 技术能够适应贫营养性污水的处理, 能够培养并防止活性微生物流失, 其组合工艺在净化水三级处理中获得了良好的应用。为使二者功能有效结合, 防止剩余的氧化剂对后续生化系统的影响, 在两单元之间设置了稳定释放池, 以确保高级氧化过程的彻底性和防止氧化残留物和残留氧化剂抑制后生化过程的微生物活性。一般生物处理出水的 SS 大部分为颗粒从  $1-10\text{ mm}$  破碎的生物絮体和悬浮胶体, 考虑到后续的高级催化氧化工艺, 为减少臭氧的消耗量, 因此在高级催化氧化进水前段加多介质过滤的工艺, 可使出水 SS 含量在  $10\text{ mg/l}$  以下。

## 2 关键技术与设备

石化废水中,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、氨氮和悬浮物含量均较高, 其处理工艺流程大多为传统的“老三样”隔油+生化+深度处理。对于石化行业来说, 该类废水处理工艺投资大、运行费用高, 操作复杂, 出水水质稳定性差, 因此迫切需要建设投资少、出水效果好、处理效率高、管理方便的技术和设备。难降解石化废水低氧生化-臭氧催化氧化耦合处理技术加强了预处理(隔油罐+涡凹溶气组合气浮), 采用自主研发创新的二级低氧智能高效生物处理工艺后接多介质过滤器, 并采用高级催化氧

化技术及内循环生化处理工艺,大幅度降低整套系统处理成本,提高了处理效率,使处理污水可以稳定达标排放。

## 七、主要技术指标

工艺总进水 COD<sub>Cr</sub>、石油类、氨氮分别为 1500 mg/L、500 mg/L 和 80 mg/L。经处理后,出水满足设计要求: COD<sub>Cr</sub> 50 mg/L, 石油类 3 mg/L, 氨氮 5 mg/L, 消减量 97%以上,出水水质达到《辽宁省污水综合排放标准》(DB21/1627-2008)中的表 1 规定限值。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

项目资助:

北方寒冷地区石油炼制工业废水处理技术研究及工程示范,集团内部科研项目立项。

## 九、典型用户

本技术应用于盘锦北方沥青燃料有限公司650 m<sup>3</sup>/h污水处理厂扩容改造工程。工程位于盘锦市大洼县辽滨工业园开发区盘锦北方沥青燃料有限公司炼化厂内,污水处理规模为650 t/d,其中,原有污水处理厂设计规模为Q<sub>1</sub>=350 m<sup>3</sup>/h,进行改造,由于厂方扩大生产,进而新增Q<sub>2</sub>=300 m<sup>3</sup>/h,改造扩容后共计处理废水量Q<sub>3</sub>=650 m<sup>3</sup>/h。工程投资为6000万元。改造生化部分2017年10月投产,整套系统于2018年10月通过验收正式投入运营,现总出水稳定达标排放,达到《辽宁省污水综合排放标准》(DB21/1627-2008)中的表1规定限值规定。经强化预处理、低氧智能高效生物处理工艺、多介质过滤系统+高级催化氧化技术及内循环生化处理工艺处理后,年减排COD<sub>Cr</sub>达8260.81 t,石油类2830.08 t,氨氮426.96 t。

## 十、推广前景

随着辽宁省石化行业快速发展,石化行业废水排放已成为辽宁省内重点污染

来源之一。据统计，目前辽宁石化行业每年进入环境中的COD<sub>Cr</sub>约为832.70万t、氨氮约2083.51 t。目前，本技术在辽宁省石化行业废水处理中的推广比例约为10%。预计未来5年内，本技术在辽宁省石化行业废水处理中的推广比例可达20%，总投入约20亿元，年消减COD<sub>Cr</sub> 32532.08t，氨氮29100t。

# 高效生态黑臭水体综合治理技术研究报告

## 一、所属行业

黑臭水体、河湖生态环境和乡镇综合污水等水污染治理

## 二、技术名称：

高效生态黑臭水体综合治理技术

## 三、技术拥有及咨询单位信息

单位：辽阳博仕流体设备有限公司

地址：辽宁省辽阳市太子河区沙岭镇范家屯村

单位负责人：王德喜，电话：0419-5365080

技术负责人：刘波，电话：0419-5365080，155902466120，邮箱：

15902466120@163.com

## 四、适用范围

流域、河道黑臭水体治理和水质净化，乡镇综合污水处理，雨水处理与净化，工业有机污水净化处理，污染水体（河流、湖泊、水库等）的生物修复与生态修复等。

## 五、与行业相关生产环节的排污现状

城市黑臭水体是百姓反映强烈的水环境问题，不仅损害了城市人居环境，也严重影响城市形象；城镇排放的污水中生活污水占绝大部分，特别是一些小城镇排水系统不完善、大多采取明渠排水、雨水和地下水入渗现象严重，降低了污水中的有机物浓度；部分城镇河道、湖泊等受到不同程度的污染，其中不乏黑臭水体。黑臭污水以有机污染为主，其水中基本不含重金属和有毒有害物质，主要污染物是氨氮、生化需氧量、磷等，污水中悬浮物浓度含量较高。

水体黑臭的成因有：外源污染（点源、面源）、内源污染、自净能力差及缺乏长效机制

等，致使黑臭污水治理具有问题影响范围广，危害严重，治理难度大等特征。

## 六、技术内容：

### 1 基本原理

本技术以因地制宜、标本兼治为原则，采用控源截污、原位治理、水质提升、生态修复的分阶段综合解决方案，达到截除内外污染源、改善水质、调活水体、恢复生态系统结构和功能、提高水文化综合效应的效果。本项黑臭污水治理综合治理技术包括外源截污、底泥治理、水质提升、旁路治理及生态系统修复等五大方面。

本治理方案针对点源治理，积极采取各类先导技术进行污水截污治理如截污纳管、直排口污水就地处理、旁路一体化设备及磁分离设备处理；针对面源控制治理措施，采取如海绵城市措施、初期混合水调蓄池、人工湿地技术；针对内源污染治理措施，如清淤疏浚、生物底改、水生植物残体清理。工程技术如下：首先进行黑臭原位治理如底泥清淤、河道内垃圾及水生植物残体打捞、投加生态修复剂等；其次进行河水调质工程如纳米曝气、四位一体设备，针对自净能力差问题，可加入旁路治理设备如一体化膜生物反应器、磁分离高效净化系统；最后重建水体生态系统，如微生物强化净化、生态浮岛、水生态系统构建、华藻类控制、水生生物恢复、清水或再生水补给。治理过程可配合内部调活和外部沟通的水体调活与沟通工程。

### 2 关键技术与设备

#### （1）黑臭污水处理药剂

该剂用于水体原位治理，可抑制硫化氢和硫化亚铁的生成，吸附和固化氨氮及重金属，降低水体色度，与水体底泥混合沉淀后降低水体和底泥中的有机物，重建生态系统而改善水水质，水体能够恢复自净能力、底泥消失、生物群落恢复，黑臭现象逐步消失。

#### （2）曝气增氧技术

微纳曝气和射流曝气技术能够使水中的溶解氧含量增加，促进水体的生态平衡，用于水质调质工程。

微纳曝气技术可用于潜水河道，是指利用高效充氧反应系统将空气以微气泡形式分散到水中，微气泡由底向上升浮，促使氧气充分溶入水中，纳米气泡长时间作用于水体能激活自然环境中好氧及兼氧性微生物的优势菌种，同时激活水体活性因子，恢复水生生态系统，加快水体复氧，促进水体净化。

### （3）四位一体技术

该技术用于水质调质工程，集“造流+微纳曝气+生物布菌+生态修复”于一体，可为水体提供外部动力，混合搅拌功能可加快水体的循环，可对水体进行微纳曝气充氧，提高水体中溶解氧浓度，为水体中微生物降解过程提供氧气，在设备内置有布菌床体，水体通过四位一体进行充菌，从而发挥高效微生物的降解作用，提高污染物降解效率。该设备可以使水体流动，水体复氧过程中，避免水体表面出现蓝绿藻聚集成片的现象发生，强化水体自净能力，持续维护水体于稳定良好水平。

### （4）一体化膜生物反应器

一体化膜生物反应器可根据污水种类和排放标准进行个性化处理，用于乡镇污水点源治理、河道排入就地处理、河道黑臭水体旁路处理。一体化膜生物反应器是一种膜分离单元与生物处理单元相结合的先进的污水处理技术（简称MBR），可有效去除 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、BOD、氨氮，出水悬浮物和浊度接近于零，出水中细菌和病毒被大幅度去除。它既可以在生物池内维持高浓度的微生物量，又可高效地实现固液分离。该工艺剩余污泥少，能耗低，占地面积小。主要用于直接排入河道的污水处理，也可直接将污水或初期雨水净化达标后排入河道，有效防止污水对河道的污染。

### （5）磁分离高效净化技术

磁分离高效净化技术可用于河道黑臭水体旁路处理，该技术是依据重介质加载沉淀原理，通过向污水中投加适量可循环利用的磁种，并使磁种均匀分散到水体中形成微小晶核，以此强化絮凝效果，并最终形成高密度絮凝体，依靠重力作用和斜管（板）沉淀原理实现固液的高速沉淀分离。同时辅以部分污泥回流系统以增强去除效果和降低药剂费用。

## 七、主要技术指标

本项目建立了处理黑臭水体的应用示范工程。应用示范的出水指标达到了《城市黑臭水体治理工作指南》中水质要求：透明度（SD）>20cm，溶解氧（DO）>2mg/L，氧化还原电位（ORP）>50mV、氨氮（NH<sub>3</sub>-N）<8mg/L。

## 八、项目资助、鉴定、专利或获奖等

### 1 项目资助：

（1）供气式自激振荡脉冲射流曝气技术，获2013国家科技型中小企业技术创新基金无偿资助项目，项目号：13C26212101015；

（2）供气式自激振荡脉冲射流曝气技术，2013辽宁省科技型中小企业技术创新专项资金计划；

（3）射流曝气技术，2013年科技计划立项和资助。

### 2 成果鉴定：

（1）供气式自激振荡脉冲射流曝气技术，2014年辽宁省新产品（新技术）鉴定证书；

（2）供气式自激振荡脉冲射流曝气技术，2014年辽阳市科学技术成果鉴定证书。

### 3 专利：

#### （1）发明：

1）“供气式自激振荡脉冲射流曝气器”，专利号：ZL201310148240.1；

2）“一种家用复合多用途消毒粉剂”，专利号：ZL201510515264.5；

#### （2）实用新型：

1）“供气式自激振荡脉冲射流曝气器”，专利号：ZL201320213508.0；

2）“一种射流曝气器”，专利号：ZL201220636196.X；

3）“一种射流曝气器喷嘴”，专利号：ZL201220635882.5；

4）“一种混合搅拌系统”，专利号：ZL201821458115.5；

5）“一种复合式搅拌系统”，专利号：ZL201821457579.4；

#### 4、获奖：

- (1) 供气式自激振荡脉冲射流曝气器，2013年辽宁省“专精特新”产品；
- (2) 供气式自激振荡脉冲射流曝气器，2014年辽宁省优秀新产品三等奖；
- (3) 供气式自激振荡脉冲射流曝气器，2015年辽阳市科技成果一等奖；
- (4) 射流曝气器，2018年“辽阳名牌产品”。

#### 九、典型用户

本技术应用于辽阳市南地河水质改善工程。该工程位于辽阳市铁宏伟区南地河段。工程包括南地河清除淤泥，把原河道拓宽；截污工程，沿岸排水管网改造，将污水截流、外排；黑臭原位治理，加投生态修复剂、进行人工曝气，布置四位一体设备、一体化膜生物反应器及磁分离高效净化设备；最后进行生态系统重建。本工程即可以达到改善水质，也满足施工时间短，工艺流程短、黑臭改善效果好的目的。

该项目的处理规模：全长14.8km、平均宽度14m、水域面积26.60km<sup>2</sup>，建设规模2000-3000 m<sup>3</sup>/d，投资1000万元，单位再生达标水体：2000-3000m<sup>3</sup>/d，项目再生达标水体：73万-109万m<sup>3</sup>/a。出水指标优于国家《地表水环境质量标准》（GB3823-2002）四类以上标准。

#### 十、推广前景

目前城市黑臭水体治理是政府最为关注的领域，城市黑臭河治理将会是水环境治理的重中之重。目前，本技术在辽宁省城市水体治理领域中推广比例为 3-5%。以“水十条”目标来估算，预计未来 5 年在辽宁省城市水体治理领域中推广比例为 15%，总投资在 2 万亿以上，再生达标水体 293-436 万 m<sup>3</sup>/a。



