

报告编号：

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

# 生态环境技术评估报告

科发评字 [2021] 第 xx 号

技 术 名 称：基于多元催化复合载体的生化耦合生活污水处理技术

技 术 类 型：减排技术

委 托 单 位：北京和众大成环保科技有限公司

完 成 单 位：北京和众大成环保科技有限公司

委 托 日 期： 二〇二一年 九月 十七日

评估完成日期： 二〇二二年 一月 十日

生态环境部环境发展中心

## 撰写说明

一、撰写本报告之前，应当仔细阅读《生态环境技术评估规范》。

### 二、报告格式说明

本报告采用 A4 纸，左、右页边距为 28mm，上、下页边距为 30mm。每栏的大小，可随内容调整。

三、报告内容应当打印；签字使用钢笔或者炭素笔。

### 四、“报告编号”的填写方法

报告编号为十二位，左起第一至四位为公历年代号，第五至八位为省、自治区、直辖市编码，第八至十二位为报告序号，以上编号不足位的补零。各省、自治区、直辖市的编码按 GB/T 2260—1995 规定填写。

五、评估指标：是指反映评估技术的特征指标。

六、主要文件和技术资料：是指评估委托方向生态环境部环境发展中心提交的主要文件和技术资料，以及评估过程必须的其他文件、技术资料和标准等。

七、生态环境部环境发展中心对其做出的评估结论负责。评估结论属咨询意见，供使用者参考。

八、本报告中，凡是当事人约定认为无需填写的条款，在该条款填写的空白处划 (/) 表示。

技术名称	基于多元催化复合载体的生化耦合生活污水处理技术					
委托方	名 称	北京和众大成环保科技有限公司				
	地 址	北京市昌平区超前路 35 号				
	联系人	武显亮	电话	010-89708069	邮政编码	102200
	电子信箱	393529539@qq.com				
评估机构	名 称	生态环境部环境发展中心				
	地 址	北京市朝阳区育慧南路 1 号				
	编写人	马广玉	电话	010-84665535	邮政编码	100029
	电子信箱	maguangyu@edcmep.org.cn				
评 估 基 本 过 程 陈 述						
<p>2021 年 9 月，生态环境部环境发展中心受北京和众大成环保科技有限公司委托，对评估委托方提出的“基于多元催化复合载体的生化耦合生活污水处理技术”在相关法律法规、标准规范的符合性、技术先进性与实用性、成熟度、适用范围、经济性能、应用效果及环境影响等方面开展评估工作。成立评估工作组，聘请同行专家审核委托方提供的技术评估汇编材料，包括：技术报告、技术说明书、操作手册、专利证书、检测报告、研发资金投入证明、用户证明等。</p> <p>2021 年 10 月 13 日，依据《中华人民共和国科学技术进步法》《中华人民共和国促进科技成果转化法》《科学技术评价办法》（试行）和《生态环境污染防治与修复技术评估工作实施细则》等文件，组织召开了该技术评估会。严格按照《生态环境污染防治与修复技术评估工作实施细则》的有关规定和要求，秉承客观、公正、独立的原则，聘请同行专家对该技术提出评估咨询意见。专家在听取技术总结报告、审查技术汇编资料的基础上，对技术进行了打分，经质询形成了专家个人意见和专家组咨询意见，其中专家组咨询意见获得与会专家一致同意。</p> <p>结合专家咨询意见，经研究，得出综合评估结论。</p>						
参 与 评 估 的 机 构 及 职 责						

### 1.评估机构

本次技术评估机构为生态环境部环境发展中心下属科技成果转化与产业促进中心，职责如下：

（1）负责评估的组织工作，协调参加评估各方按照《生态环境污染防治与修复技术评估工作实施细则》要求开展工作，履行职责，包括：审核评估委托方提供的技术资料、选取并邀请相关行业专家参与技术评估、收集整理专家意见并向评估委托方提出具体修改建议、督促评估委托方修改进度等；

（2）负责评估专家组的工作，组织召开评估会；

（3）负责综合评估会专家意见和技术汇编材料等，得出评估结论；

（4）负责编制《生态环境技术评估报告》和证书。

### 2.评估委托方

本次技术评估委托方北京和众大成环保科技有限公司，职责如下：

（1）自愿提出申请，按要求提供《生态环境技术评估申请书》《技术评估资料汇编》《申请材料真实性保证书》等详实、可靠的技术资料；

（2）参加技术评估会，进行技术陈述并回答专家质询；

（3）按照评估机构提出的修改建议予以完善，并补充相关文件。

### 3.评估专家

评估专家名单附后，职责如下：

（1）参与评估会，对技术汇编材料的修改完善、技术本身的评估结论等提出意见建议；

（2）为评估机构在技术评估全程，提供技术支持和其他必要的咨询服务；

（3）对提出的意见和结论负责，对评估过程和材料内容保密。

## 技 术 简 介

我国农村以及高速公路站、区等生活污水存在水量不均衡（一般为20m<sup>3</sup>/d~300m<sup>3</sup>/d），水质波动大（化学需氧量100~500mg/L，氨氮35~150mg/L，总磷0~6.5mg/L），污水排放量昼夜差异大，碳/氮比低（一般小于3，而市政生活污水为4~7）等特点。由于高速公路站、区基本位于城市郊区或村镇附近，导致生活污水

无法接入市政管网，一般不经处理或简单处理后直接收集自然蒸发或排放。随着国家关于乡村振兴、农村人居环境整治、公路服务区厕所革命等相关政策出台，对于水量小、水质波动大、低碳/氮比、高氨氮和缺乏市政管网等性质特点的生活污水处理技术和装置需求量激增。基于多元催化复合载体的生化耦合生活污水处理技术，通过多元催化复合载体的催化微电解作用、自养微生物的硝化反硝化作用以及絮凝沉淀作用等，高效去除水中氮、磷、化学需氧量等污染物，是低碳/氮比污水处理的有效方法。

### 1.技术原理：

通过多元催化复合载体的催化微电解作用、自养微生物的硝化反硝化作用、以及絮凝沉淀作用等，高效去除水中氮、磷等污染物。

(1) 脱氮机理：多元催化复合载体内部的零价铁 ( $\text{Fe}^0$ ) 与活性炭在水中接触时，形成大量铁碳 ( $\text{Fe-C}$ ) 原电池，发生内电解反应，催化剂的投加可在多元催化复合载体内部形成不同的电位差，增加电子转移途径，提高铁碳 ( $\text{Fe-C}$ ) 内电解速率，在反应器内部多元催化复合载体与碳纤维载体可形成好氧/微氧分区，好氧区自养型硝化菌和氨氧化菌将铵态氮 ( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ) 转化为亚硝态氮 ( $\text{NO}_2^--\text{N}$ ) 和硝态氮 ( $\text{NO}_3^--\text{N}$ )。

(2) 除磷机理：零价铁为原电池反应的阳极，发生铁氧化反应，生成亚铁离子 ( $\text{Fe}^{2+}$ ) 和铁离子 ( $\text{Fe}^{3+}$ )，并向阴极提供电子。若反应溶液中有溶解氧存在，生成的亚铁离子 ( $\text{Fe}^{2+}$ ) 被溶液中的溶解氧氧化成铁离子 ( $\text{Fe}^{3+}$ )。原电池反应的阴极为活性炭，利用阳极铁粉氧化产生的电子将水分子 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 电离产生的氢离子 ( $\text{H}^+$ ) 还原，生成还原性氢 ( $[\text{H}]$ )， $[\text{H}]$  之间互相结合，产生氢气 ( $\text{H}_2$ )。磷酸根离子 ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) 与多元催化复合载体内部原电池反应产生的  $\text{Fe}^{3+}$  反应，并结合  $\text{H}_2\text{O}$ ，生成磷酸铁 ( $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 沉淀，从而去除磷。

### 2.主要创新点：

(1) 该技术以多元催化复合载体为技术核心，实现生化耦合深度脱氮除磷，突破了低碳/氮比污水深度脱氮除磷的技术难题。

(2) 不需要添加药剂和碳源；耐低温，水温在冰点以上即可运行；抗冲击能力强，可适应水量的变化。

(3) 处理设备占地小；动设备少，仅有回流泵和曝气机，能耗低，实现无人值守；处理效果好，能够持续稳定达标。

### 3.应用案例：

该技术在北京市、山西、安徽、陕西、甘肃、内蒙等高速公路 40 余处收费站和服务区推广应用，出水稳定达标，运行情况良好。

4.知识产权：授权国内实用新型专利 4 项，受理国内发明专利 2 项、实用新型专利 1 项。

## 评 估 主 要 内 容 介 绍

基于技术评估委托方北京和众大成环保科技有限公司提供的技术报告、检测结果及其他相关技术文件，从技术创新性、实用性、经济性等方面综合开展技术评估工作。

### 1.基本属性评估

#### (1) 技术标准规范符合性、技术合理性及可行性评估内容：

与国家、地方和行业政策、标准等进行对标，结合目前国内生活污水处理的实际情况，评价技术的合理性、可行性及政策标准符合性。

#### (2) 技术资料内容完整性、全面性、准确性评估内容：

对技术原理、工艺流程、运行情况等技术资料内容的完整性、全面性、准确性进行评价。

#### (3) 技术创新性与先进性：

根据现阶段技术研究成果与应用情况，对该技术的创新性及先进性进行评价。

#### (4) 技术与设备应用范围的评价：

根据该技术原理、专利、工程化应用情况，对该技术的应用范围进行评价。

#### (5) 技术处理效果和设施运行情况的评价：

根据该技术处理后的生活污水第三方检测数据，对该技术的处理效果和设施运行效果进行评价。

结论：该技术符合当前生活污水处理的技术趋势，处理后出水符合相应标准要求，操作简便易行、投资运行费用较低，适用于生活污水就地就近处置。

## 2.检测情况

根据评估委托方提供的京藏高速公路居庸关收费管理所污水处理站和京沈高速公路白庙收费管理所污水处理站出水水质指标检测报告，检测数据如下表所示。

### (1) 京藏高速公路居庸关收费管理所污水处理站出水检测

①检测任务：对该污水处理站出水中主要水质指标进行检测。

**表 1 京藏高速公路居庸关收费管理所污水处理站出水水质检测结果**  
(采样日期：2021 年 6 月 11 日)

检测项目	单位	检测结果	《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(GB18918-2002)中一级 A 指标限制	《水污染物综合排放标准(北京市地方标准)》(DB11/307-2013)中排入地表水体的水污染物排放限值	评估分析
化学需氧量(COD <sub>cr</sub> )	mg/L	<4	50	20	主要指标检测结果符合《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(GB18918-2002)中一级 A 标准和《水污染物综合排放标准(北京市地方标准)》(DB11/307-2013)中排入地表水体的水污染物排放限值。
总氮(以 N 计)	mg/L	4.89	15	10	
总磷(以 P 计)	mg/L	0.14	0.5	0.2	
氨氮(以 N 计)	mg/L	0.11	8	1.0	

②结论：根据第三方检测报告，该受检水样主要指标符合《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(GB18918-2002)中一级 A 标准和《水污染物综合排放标准(北京市地方标准)》(DB11/307-2013)中排入地表水体的水污染物排放限制。

### (2) 京沈高速公路白庙收费管理所污水处理站出水检测

①检测任务：对该污水处理站出水中主要水质指标进行检测。

**表 2 京沈高速公路白庙收费管理所污水处理站出水水质检测结果**  
(采样日期：2021 年 6 月 30 日)

检测项目	单位	检测结果	《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(GB18918-2002)中一级 A 指标限制	《水污染物综合排放标准(北京市地方标准)》(DB11/307-2013)中排入地表水体的水污染物排放限值	评估分析
------	----	------	---	--	------

化学需氧量 (COD <sub>Cr</sub> )	mg/L	5	50	20	主要指标检测结果符合《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(GB18918-2002)中一级A标准和《水污染物综合排放标准(北京市地方标准)》(DB11/307-2013)中排入地表水体的水污染物排放限值。
总氮 (以N计)	mg/L	2.06	15	10	
总磷 (以P计)	mg/L	<0.01	0.5	0.2	
氨氮 (以N计)	mg/L	<0.01	8	1.0	

②结论：根据第三方检测报告，该受检水样主要指标符合《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(GB18918-2002)中一级A标准和《水污染物综合排放标准(北京市地方标准)》(DB11/307-2013)中排入地表水体的水污染物排放限制。

### 3.现场调研情况

专家组于9月26日,赴京藏高速公路居庸关收费管理所和京沈高速公路白庙收费管理所,现场核查了2个生活污水处理站,并与用户方进行了沟通,发现处理装置均运行正常,出水水质能够稳定达标,能耗低,可实现无人值守。

## 质 量 控 制

本次评估严格按照生态环境部环境发展中心科技成果转化与产业促进中心发布的《生态环境污染防治与修复技术评估工作实施细则》进行质量管理,评估全过程遵循科学、客观、公正的原则。

### 1.受理前:

(1)经材料预审核,该技术运行效果良好,符合交通运输、生态环境保护、乡村振兴等产业政策和技术政策;符合科学原理和技术发展方向,技术方法可重复、可再现,主要技术性能可测量、可评估;获得与该技术相关的实用新型专利,正在申请发明专利;该技术具有40余项工程案例。通过“天眼查”等网络平台对评估委托方进行企业守法诚信审查,未发现不良记录。该技术入选《北京市水污染防治技术目录(2020版)》《中国公路学会2019年绿色公路建设技术与产品目录》;获得2020年公路学会科技二等奖。

(2)审核第三方监测单位资质,包括:谱尼测试集团股份有限公司、山西宏境检测科技有限公司、安徽开沅生态环境监测有限公司、山西省交通环境保护中心站等8家单位具备检验检测机构计量认证资质,且支撑本次技术评估的检测项目均在资质认

定范围内。

## 2.受理后:

(1) 组建评估工作组, 制定评估方案。

(2) 按照技术特点组建专家组, 由生活污水处理等相关专业领域具备高级职称及以上的专家组成, 专家组共有 5 人, 推选了 1 名组长, 所有专家签署了承诺书。

(3) 组织专家组开展技术示范工程现场核查, 与用户方现场交流, 了解处理设施建设运行情况等; 召开评估会议, 听取委托方技术负责人对技术情况进行汇报, 现场查验技术相关资料; 从技术先进性 (15 分)、技术可靠性 (40 分)、技术适用性 (15 分) 以及环境指标 (15 分) 和经济指标 (15 分) 几个方面对技术进行了打分, 得分为 86 分; 经质询讨论, 形成“基于多元催化复合载体的生化耦合生活污水处理技术”评估专家个人意见和专家组咨询意见, 其中专家组咨询意见获得与会专家一致同意。

(5) 结合专家咨询意见, 请技术评估委托方补充提供了部分证明材料, 经专家复核讨论后, 得出综合评估结论。

(6) 编写评估报告, 按流程审核通过后, 向技术评估委托方发放《生态环境技术评估报告》和证书。

## 评 估 专 家 意 见

1.提供的资料齐全、完整, 基本符合技术评估要求;

2.该技术工艺原理、适用范围等特征, 以及政策符合性、技术成熟度、技术经济指标、技术创新性等情况:

(1) 政策符合性: 符合国家印发的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》《农村人居环境整治三年行动方案》《乡村振兴战略规划 (2018—2022 年) 》和生态环境部、交通运输部等相关行业管理部门印发的《农村黑臭水体治理工作指南》《关于推进农村生活污水治理指导意见》《深化公路服务区“厕所革命”专项行动方案》等政策文件和相关要求。

(2) 技术原理: 通过多元催化复合载体的催化微电解作用、自养微生物的硝化反硝化作用、以及絮凝沉淀作用等, 高效去除生活污水中氮、磷等污染物。

(3) 适用范围: 适用于低碳源生活污水, 例如农村生活污水、高速公路站区生活污水、铁路站区生活污水、旅游景点生活污水等处理; 适用于城镇污水处理厂提标改

造等。

(4) 技术成熟度：该技术成熟度较高，已得到推广应用。

(5) 技术经济指标：在推广案例总磷去除率 $\geq 95\%$ ，化学需氧量去除率 $\geq 90\%$ ，氨氮去除率 $\geq 90\%$ ，总氮去除率 $\geq 82\%$ ，出水化学需氧量、氨氮、总磷均可达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）V 类标准，其余指标达到《城镇污水处理厂水污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 排放标准；建设成本 1-1.8 万元/吨，运行及维护成本较低，推广应用后能取得一定的经济效益。

(6) 技术创新点：该技术改进了铁基质催化生物载体合成填料，通过载体的催化微电解作用、自养微生物的硝化反硝化作用以及絮凝沉淀作用等，可实现生物膜内自养与异养耦合深度脱氮除磷，解决了低碳/氮比污水深度脱氮除磷的技术难题。

(7) 取得专利及获奖情况：该技术授权 4 项实用新型专利，受理 2 项发明专利和 1 项实用新型专利；2019 年 9 月入选《中国公路学会 2019 年绿色公路建设技术与产品目录》，2020 年 7 月入选《北京市水污染防治技术目录（2020 版）》；2020 年获得公路学会科技二等奖。

### 3. 该技术经权威机构进行的检验、检测情况。

该技术经山西华普检测技术有限公司、谱尼测试集团股份有限公司、安徽开沅生态环境监测有限公司、山西省交通环境保护中心站等 8 家具备检验检测机构计量认证资质的检测机构对各污水处理设施进出水水质开展相关检测，均符合地方污水处理设施相关排放标准。

### 4. 该技术（产品）的推广应用与市场用户反馈情况。

该技术装备已推广应用于北京、山西、安徽、陕西、甘肃、内蒙高速公路收费管理站和服务区等 40 余项生活污水处理设施，处理规模共计 3000m<sup>3</sup>/d，运行情况良好，处理效果得到用户单位认可。

评估专家组同意该技术通过评估。

## 综合评估结论

2021 年 9 月，生态环境部环境发展中心接受北京和众大成环保科技有限公司委托，开展“基于多元催化复合载体的生化耦合生活污水处理技术”评估，综合第三方检测报告、现场核查、专家咨询等情况，形成如下综合评估结论：

1. 该技术改进了铁基质催化生物载体合成填料，通过载体的催化微电解作用、自养

微生物的硝化反硝化作用以及絮凝沉淀作用等，解决了低碳/氮比污水深度脱氮除磷的技术难题，高效去除水中氮、磷等污染物。适用于低碳源生活污水，例如农村、高速公路站区、铁路站区、旅游景点等生活污水处理。

2.该技术符合当前国家对生活污水处理的相关政策，技术成熟度较高，目前已实现产业化应用。技术应用通过国内多地用户测试和认定，处理效果稳定。该技术简单，易操作，投资及运行费用较低。

3.该技术已推广应用于北京、山西、安徽、陕西、甘肃、内蒙高速公路收费管理站和服务区等 40 余项生活污水处理设施，处理规模共计 3000m<sup>3</sup>/d，处理后的生活污水总磷去除率≥95%，化学需氧量去除率≥90%，氨氮去除率≥90%，总氮去除率≥82%，出水指标达到《城镇污水处理厂水污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 排放标准，运行情况良好，处理效果得到用户单位认可。

#### 评 估 机 构 声 明

我单位依据《中华人民共和国科学技术进步法》《中华人民共和国促进科技成果转化法》《科学技术评价办法》（试行），严格按照《科技成果评价试点暂行办法》的有关规定和要求，秉承客观、公正、独立的原则对该项技术进行了评估。评估结论以客观事实为依据，评估过程不存在任何违反上述有关法律法规规定的情形。

我单位承诺对依据委托方提供的技术资料所做评估结论的客观性、真实性和准确性负责，将严格按照上述有关规定和要求，认真履行作为评估机构的义务并承担相应的责任。

技术评估结论不具有行政效能，仅属咨询性意见，依据评估结论做出的决策行为，其后果由行为决策者承担。

生态环境部环境发展中心（盖章）

2022 年 1 月 日

主 要 文 件 和 技 术 资 料 目 录
<p><b>1. 技术报告：</b>《基于多元催化复合载体的生化耦合生活污水处理技术报告》。</p> <p><b>2 技术说明书：</b>《基于多元催化复合载体的生化耦合生活污水处理技术说明书和操作手册》。</p> <p><b>3. 相关标准：</b>《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002），《水污染物综合排放标准（北京市地方标准）》（DB/11307-2013）、山西《污水综合排放标准》（DB14/1928-2019）等地方污水排放标准。</p> <p><b>4. 检测报告：</b>《北京市高速公路交通工程有限公司居庸关收费管理所废水排放口水样检测报告》《北京市高速公路交通工程有限公司京沈分公司白庙管理所污水站产水检测报告》《大同南高速公路分公司机关污水处理工程水样检测报告》等 14 份检测报告。</p> <p><b>5. 用户使用报告：</b>安徽省阜蚌高速公路管理有限公司、山西交通控股集团有限公司大同南高速公路分公司、山西省交通环境保护中心站出具的应用证明。</p> <p><b>7. 其它有关文件：</b> 企业技术研发投入明细账、产学研战略联盟三方协议、污水处理设备购销合同、业绩清单。</p> <p>以上文件均由技术评估委托方北京和众大成环保科技有限公司提供。</p>
附 件
<p>专家名单、企业参会人员名单、企业情况表及企业研发人员名单</p>

# 评估咨询专家名单

姓名	工作单位	职称	从事专业	签字
滕彦国	北京师范大学	教授	环保	滕彦国
刘操	中国环境科学研究院	教授级高工	环境工程	刘操
崔有为	北京工业大学	教授	环评	崔有为
王利军	北京市水利规划设计研究院	教授级高工	环保	王利军
周玉松	中交公路规划设计院有限公司	高级工程师	环保	周玉松

评 估 委 托 方 参 会 人 员 名 单

姓 名	工作单位	职称/职务	从事专业	签 字
陈斌	北京和众大成环保科技有限公司	总经理	环保	陈斌
武显亮	北京和众大成环保科技有限公司	技术总监	环保	武显亮
胡西龙	北京和众大成环保科技有限公司	工程师	环保	胡西龙
寇天亮	北京和众大成环保科技有限公司	工程师	环保	寇天亮

技 术 完 成 单 位 情 况

序号	完 成 单 位 名 称	邮政编码	详 细 通 信 地 址	联系人	联系电话
1	北京和众大成环保科技有限公司	102200	北京市昌平区超前路 35 号	武显亮	010-89708069

## 主要研制人员名单

序号	姓名	性别	出生年月	技术职称	文化程度	是否留学归国	工作单位	对成果创造性贡献
1	陈斌	男	1974.8		硕士	否	北京和众大成环保科技有限公司	总体开发、 技术原理研究
2	武显亮	男	1971.6		博士	是	北京和众大成环保科技有限公司	技术攻关、 材料开发
3	杨继勇	男	1976.9	工程师	大专	否	北京和众大成环保科技有限公司	工艺设计
4	李韶峰	男	1970.7		高中	否	北京和众大成环保科技有限公司	示范工程建设运营
5	胡西龙	男	1973.2		高中	否	北京和众大成环保科技有限公司	工艺研发
6	宋朝晖	男	1980.11	工程师	本科	否	北京和众大成环保科技有限公司	工程调试及运营维护
7	邓万才	男	1981.9		大专	否	北京和众大成环保科技有限公司	示范工程建设运营
8	寇天亮	男	1993.11		本科	否	北京和众大成环保科技有限公司	工程设计
9	赵兵	男	1972.7	教授级高工	硕士	否	山西省交通环境保护中心站（有限公司）	研发顾问
10	李文军	男	1982.2	高级工程师	博士	否	山西省交通环境保护中心站（有限公司）	研发顾问

注：主要研制人员名单不超 15 人