

# 农村生活排水多介质生态处理技术模式研究 ——效果评价篇

谢崇宝<sup>1</sup>,李仰斌<sup>1</sup>,张国华<sup>1</sup>,籍国东<sup>2</sup>,周游<sup>2</sup>

(1. 中国灌溉排水发展中心,北京 100054;2. 北京大学环境工程系水沙科学教育部重点实验室,北京 100871)

**摘要:**通过对关键装置的模式集成及示范工程的运行监测,研究评价了多功能折流反应器单一处理模式(HBR)、多功能折流反应器与多介质生态滤池复合模式(HBR-MEF)、多功能折流反应器与多介质生态滤池及多介质毛管渗滤三合一模式(HBR-MEF-MCP)、多功能折流反应器与多介质生态滤池及多介质人工湿地三合一模式(HBR-MEF-MCW)等4种处理模式的运行效果,结果表明,HBR-MEF-MCP模式、HBR-MEF-MCW模式、HBR-MEF模式的化学需氧量、氨氮和总磷处理标准达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)规定的排放标准。

**关键词:**生态处理;模式集成;多介质

**中图分类号:**X703 **文献标识码:**A

## Research in the patterns of rural domestic sewage multimedia ecological treatment technologies ——Effect evaluation

XIE Chong-bao<sup>1</sup>, LI Yang-bin<sup>1</sup>, ZHANG Guo-hua<sup>1</sup>, JI Guo-dong<sup>2</sup>, ZHOU You<sup>2</sup>

(1. China Irrigation and Drainage Development Center, Beijing 100054, China; 2. Department of Environmental Engineering, Peking University; Key Laboratory of Water and Sediment Sciences; Ministry of Education; Beijing; 100871)

**Abstract:** The four treatment models, including the single model of hybrid baffle reflector (HBR), the complex model that consists of a hybrid baffle reflector and a multi-media ecological filter (HBR-MEF), the three-in-one model that consists of a hybrid baffle reflector, a multimedia ecological filter, and a multimedia capillary percolation filtration (HBR-MEF-MCP), and a three-in-one model that consists of a hybrid baffle reflector, a multimedia ecological filter, and multimedia constructed wetland (HBR-MEF-MCW), have been studied and evaluated through making model integration of the key devices, and monitoring the operation of the demonstration project. The final result shows that the chemical oxygen demand (COD), ammonia and total phosphorus treatment standard has been up to the required drainage standard "Sewage disposal and drainage standard for urban sewage treatment plants" (GB 18918-2002).

**Key words:** ecological treatment; model integration; multi-media

### 1 农村生活排水多介质生态处理模式集成示范与运行

#### 1.1 模式集成

将多功能折流反应器(HBR)、多介质生态滤池(MEF)、多

介质人工湿地(MCW)、多介质毛管渗滤(MCP)4套装置集成为4种模式,即模式1:多功能折流反应器单一处理模式(HBR);模式2:多功能折流反应器与多介质生态滤池复合模式(HBR-MEF);模式3:多功能折流反应器与多介质生态滤池及多介质毛管渗滤三合一模式(HBR-MEF-MCP);模式4:多功能折流反应器与多介质生态滤池及多介质人工湿地三合一模式(HBR-MEF-MCW)。

同时,为了研究功能介质、滤料和填充方法对处理效果的影响,将多功能折流反应器(HBR)、多介质生态滤池(MEF)、多介质人工湿地(MCW)、多介质毛管渗滤(MCP)分别分隔为4个相互独立的处理单位进行模式集成,实际应用时可根据用水水质和经济水平要求,具体选择不同的处理模式和处

收稿日期:2010-01-12

基金项目:水利部公益性行业科研专项经费项目“农村生活排水资源化利用技术模式研究”(200801048);“十一五”国家科技支撑计划课题“农村饮用水源保护与生活排水处理技术研究”(2006BAD01B08)。

作者简介:谢崇宝(1965-),男,副总工程师,教授级高级工程师。

单元。

### 1.2 示范与运行基本情况

依据前述提出的处理模式,将各装置在水利部节水灌溉示范基地进行了示范。示范工程于2009年5月11日投入运行,主要处理的是水利部节水灌溉示范基地内生活污水。运行过程主要包括:清水运行、设备调试、接种污泥及驯化、植物栽培与管理等。清水运行主要是检验反应器的池壁、出水口、管道等处有无明显渗漏;设备调试的主要工作是对自控设备、进水泵、风机和清水泵(包括相应的管路、阀门等)进行调试;接种污泥与驯化主要是对多功能折流反应器的厌氧单元进行接种厌氧污泥与驯化,并向好氧单元投放好氧高效微生物;植物栽培与管理的主要工作是对多介质人工湿地和多介质毛管渗滤上的植物进行栽培与管理。

2009年5月11日~5月31日为调试阶段,污水流量为

$6\text{ m}^3/\text{d}$ ;6月1日~9月30日为运行阶段,其中6月1日~7月18日的污水流量为  $12\text{ m}^3/\text{d}$ ,7月19日~8月31日的污水流量为  $24\text{ m}^3/\text{d}$ ,9月1日~9月30日在保持污水流量为  $24\text{ m}^3/\text{d}$ 的条件下,调整污水浓度。主要监测指标有酸碱度、化学需氧量、氨氮、总氮、总磷、硝氮、亚硝氮、氧化还原反应电位、溶解氧等,分析方法依据国家有关标准。本文仅就不同模式对化学需氧量、氨氮、总磷的去除效果进行评价。

## 2 污水流量对去除效果的影响

6月1日~7月18日的污水流量为  $12\text{ m}^3/\text{d}$ ,7月19日~8月31日的污水流量为  $24\text{ m}^3/\text{d}$ ,取水样日期分别为6月2日、6月27日、7月4日、7月11日、7月18日、7月31日、8月5日、8月17日、8月24日、8月31日,并根据进水和出水化学需氧量、氨氮和总磷浓度计算其去除率,结果见图1~图3。

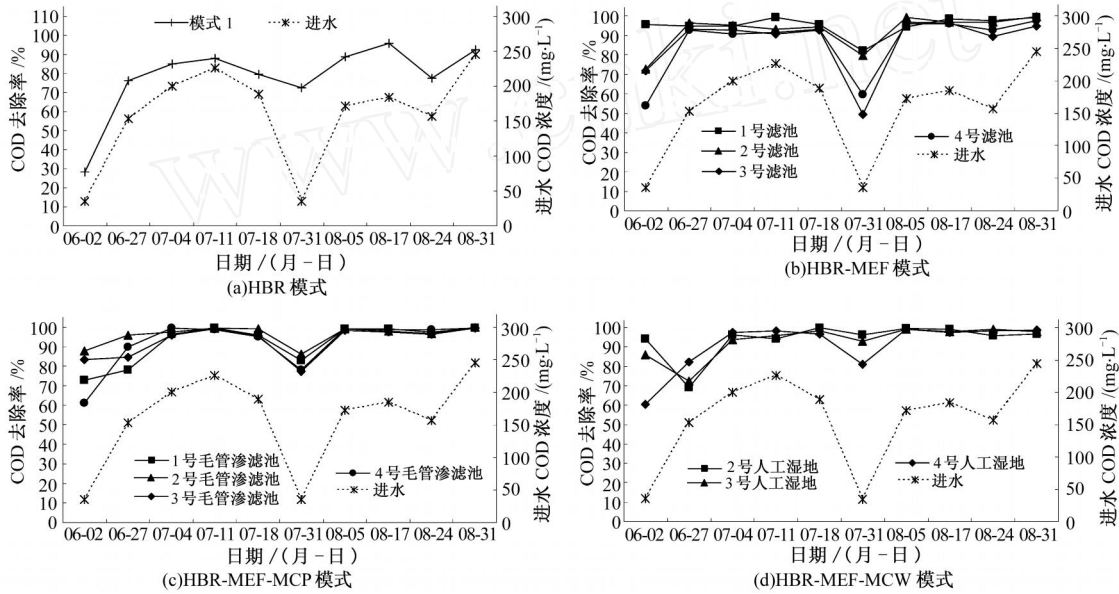


图1 污水流量对4种模式去除COD效果的影响

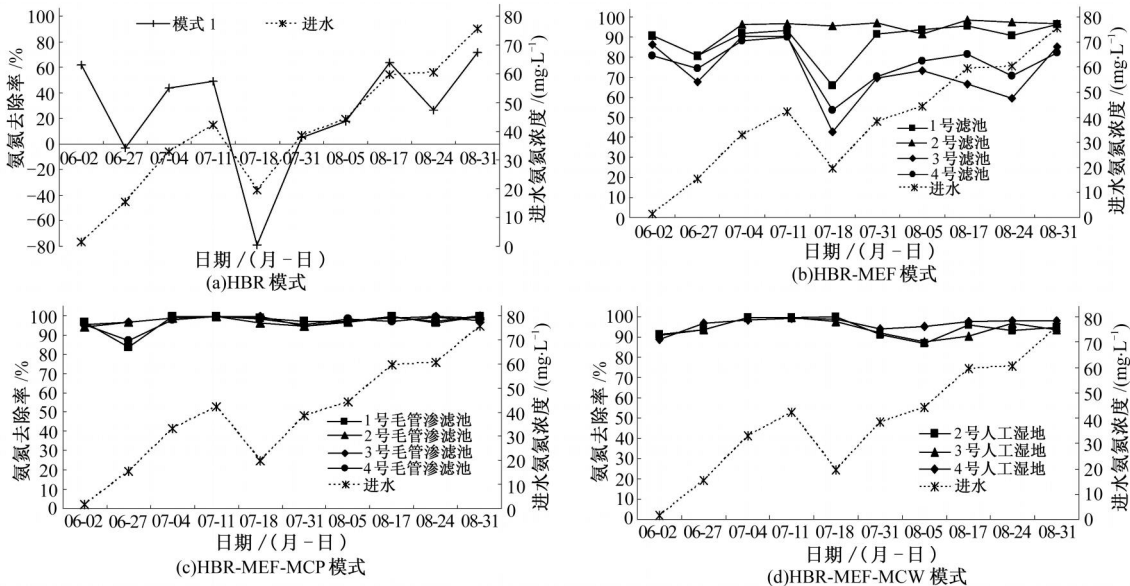


图2 污水流量对4种模式去除氨氮效果的影响

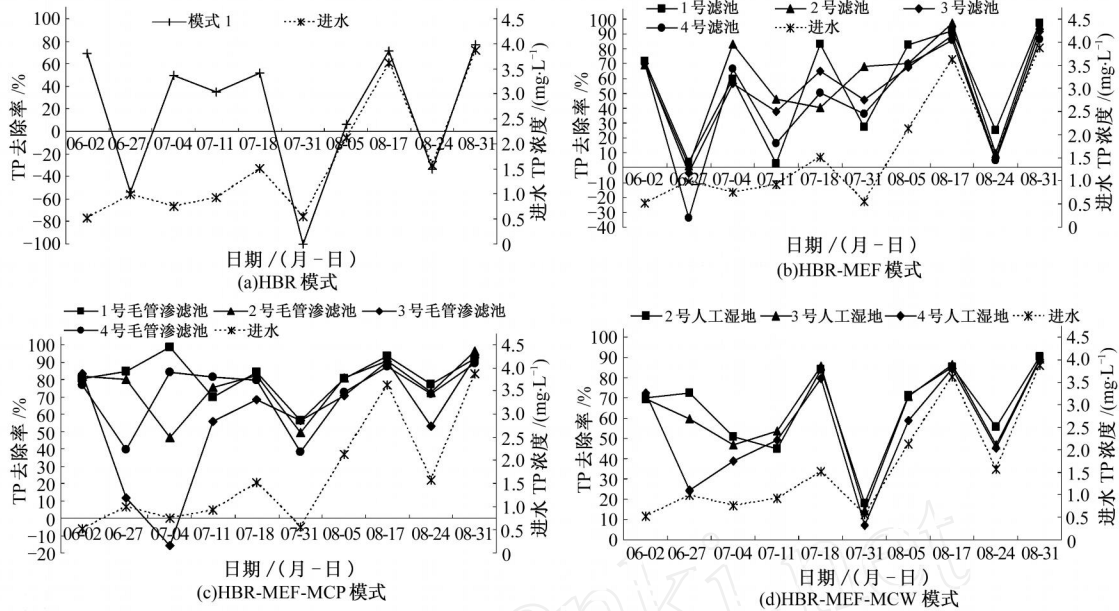


图3 污水流量对4种模式去除总磷效果的影响

## 2.1 化学需氧量去除效果

由图1可知,污水流量从 $12\text{ m}^3/\text{d}$ 提高到 $24\text{ m}^3/\text{d}$ 后,各模式对COD的去除率基本没有变化;从时间上看,运行初期,各模式对COD的去除效果有一定的波动,后期较为稳定,7月31日的去除率有所下降,这与进水COD的浓度较低有关;从COD的去除效果来看,HBR模式的COD去除率为 $80\% \sim 95\%$ 、HBR-MEF模式的COD去除率为 $90\% \sim 95\%$ 、HBR-MEF-MCP模式和HBR-MEF-MCW模式的COD去除率均为 $95\%$ 以上;从处理标准上来看,各模式的COD处理排放标准基本达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)规定的排放一级A标准。

## 2.2 氨氮去除效果

由图2可知,污水流量从 $12\text{ m}^3/\text{d}$ 提高到 $24\text{ m}^3/\text{d}$ 后,

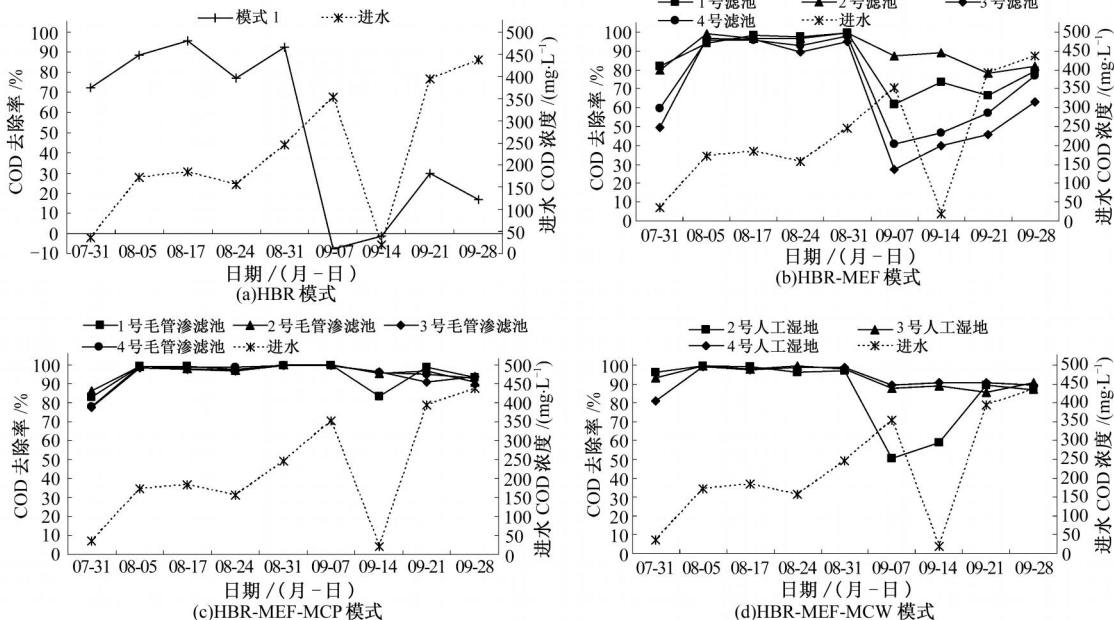


图4 污水浓度对4种模式去除COD效果的影响

HBR-MEF模式中的2号滤池和HBR-MEF-MCP模式、HBR-MEF-MCW模式对氨氮的去除率基本没有变化;从时间上看,7月18日HBR-MEF模式中的1号、3号、4号滤池对氨氮的去除效果有较大的波动,这与水力负荷增大和进水的氨氮浓度较低有关;从氨氮的去除效果来看,HBR-MEF模式中的2号滤池和HBR-MEF-MCP模式、HBR-MEF-MCW模式对氨氮的去除率为 $85\% \sim 95\%$ ,除7月18日外HBR-MEF模式中的1号、3号、4号滤池对氨氮的平均去除率 $70\% \sim 90\%$ ,HBR模式虽对氨氮有一定的去除率,但去除率较低;从处理标准上来看,除HBR模式外,其他3种模式对氨氮的处理排放标准基本符合国家污水排放一级A标准或一级B标准的要求。

## 2.3 总磷去除效果

由图3可知,污水流量从 $12\text{ m}^3/\text{d}$ 提高到 $24\text{ m}^3/\text{d}$ 后,

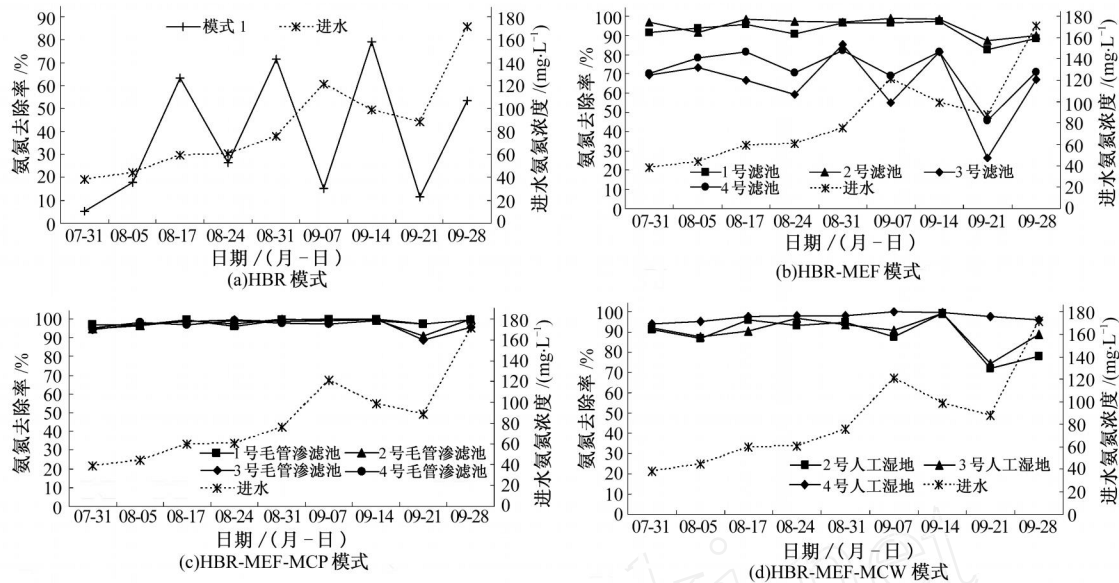


图5 污水浓度对4种模式去除氨氮效果的影响

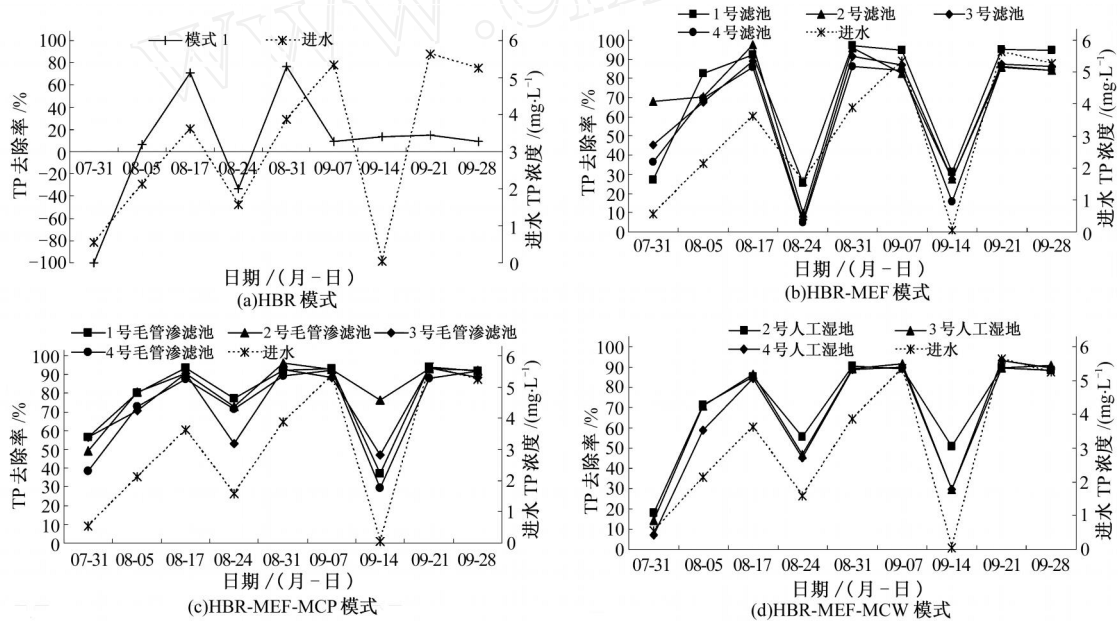


图6 污水浓度对4种模式去除总磷效果的影响

HBR-MEF-MCP模式中的1号、2号和4号滤池对总磷的去除率基本没有变化,其他模式去除率变化较大,这与进水的总磷浓度变化幅度较大有关;从时间上看,如不考虑进水浓度较低(小于 $1\text{ mg/L}$ )情况下的去除率,除HBR模式外的其他模式对总磷的去除率稳定在 $70\% \sim 98\%$ 之间,其他日期不稳定,这与进水总磷浓度有关;从处理标准上来看,除HBR模式外,其他3种模式对总磷的处理排放标准基本符合国家污水排放一级A标准或一级B标准的要求。

### 3 污水浓度对去除效果的影响

7月19日~8月31日的污水流量为 $24\text{ m}^3/\text{d}$ ,9月1日~9月30日在保持污水流量 $24\text{ m}^3/\text{d}$ 的条件下,调整污水浓度。取水样日期分别为7月18日、7月31日、8月5日、8月17日、8月24日、8月31日、9月7日、9月14日、9月21日、9月28

日,并根据进水和出水COD、氨氮和总磷浓度计算其去除率,结果见图4~图6。

#### 3.1 化学需氧量去除效果

由图4可知,进水COD浓度的调整,对HBR模式的影响最大,其次为HBR-MEF模式中3号和4号滤池以及HBR-MEF-MCW模式中的2号人工湿地。从COD的去除效果来看,HBR-MEF模式中的2号滤池、HBR-MEF-MCP模式以及HBR-MEF-MCW模式中的3号、4号人工湿地COD的去除率为 $75\% \sim 95\%$ 。从处理标准上来看,HBR-MEF-MCP模式、HBR-MEF-MCW模式以及HBR-MEF模式中1号、2号滤池的COD处理排放标准基本符合国家污水排放一级A标准或一级B标准的要求;HBR模式与HBR-MEF模式中3号、4号滤池的COD处理排放标准均未达到国家标准的要求。

### 3.2 氨氮去除效果评价

由图 5 可知,进水氨氮浓度的调整,对 HBR 模式的影响最大,其次为 HBR-MEF 模式中 3 号和 4 号滤池。从氨氮的去除效果来看,HBR-MEF 模式中的 1 号和 2 号滤池以及 HBR-MEF-MCP 模式、HBR-MEF-MCW 模式的氨氮去除率为 70%~98%,对氨氮的处理排放标准基本符合国家污水排放一级 A 标准或一级 B 标准的要求,HBR 模式与 HBR-MEF 模式中的 3 号、4 号滤池的氨氮处理排放标准均未达到国家标准的要求。

### 3.3 总磷去除效果评价

由图 6 可知,除 7 月 31 日、8 月 24 日、9 月 14 日外,进水 TP 浓度的调整对除 HBR 模式外的其他 3 个模式基本没有影响,HBR-MEF 模式、HBR-MEF-MCP 模式、HBR-MEF-MCW 模式对总磷的去除率稳定在 70%~98%,对总磷的处理排放标准基本符合国家污水排放一级 A 标准或一级 B 标准的要求,HBR 模式的总磷处理排放标准未达到国家标准的要求。

## 4 结 语

(1) 污水流量和污染浓度的变化对 HBR-MEF-MCP 模式

和 HBR-MEF-MCW 模式去除 COD 和氨氮的效果基本没有影响,且去除率在 70%以上。

(2) 4 种模式对 TP 的去除率不稳定,这与进水中 TP 浓度低有关。如不考虑进水 TP 浓度较低的情况,则 HBR-MEF 模式、HBR-MEF-MCP 模式、HBR-MEF-MCW 模式对总磷的去除率在 70%以上。

(3) HBR-MEF-MCP 模式、HBR-MEF-MCW 模式、HBR-MEF 模式对化学需氧量、氨氮和总磷处理标准达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)规定的排放标准,可以推广应用。

#### 参考文献:

- [1] 李仰斌,谢崇宝,张国华,等.农村生活排水多介质生态处理技术模式研究——总体布局篇[J].中国农村水利水电,2009,(5):1-3.
- [2] 童晶晶,籍国东,周游,等.高效功能陶粒生物滤池处理农村生活污水研究[J].农业环境科学学报,2009,(9):1924-1931.

· 信 息 ·

## 《中国农村水利水电》投稿须知

(1) 文稿务求论点明确,论据可靠,数字准确(统一有效位数),文字精练,勿使用方言,应注意保守国家机密,引用资料请列出出处,不得侵犯他人著作权。文章应有 300 字以内的中、英文摘要,并选取 3~8 个中、英文关键词。

(2) 文稿直接通过 E-mail 或网上投稿。文稿字数一般不超过 6 000 字(包括图、表)。文中计量单位一律采用法定计量单位。

(3) 文稿中的表格采用三线表形式,除应注明表序、表名外,表内所用外文符号及其单位应与文稿中相应的外文符号及其单位一致。文稿中的插图请注明图序和图名,插图中的外文符号及其单位应与文稿中相应的外文符号及其单位一致。机械图、电路图等的描绘应依照有关国家标准。除机械图外,其他插图中所标尺寸均应注明单位。文稿中的物理量符号(包括角标)须给出相应的意义解释(必要时在文稿后附上本文符号意义表)。

(4) 文末应附参考文献。参考文献只需择其主要者列出,作者撰文时参考过的本刊文献,应尽量列入,未公开发表的资料请勿引用。文献序号按文中出现的先后顺序排列。文献各项书写顺序如下:

期刊:作者.文题.刊名,年份,卷(期):页.

专著:作者.书名.版次.出版地:出版者,年份:页.

(5) 来稿如属国家及部委、省级自然科学基金,国家及部委、省级重大(重点)或攻关项目的部分内容和研究成果,请在文末说明,本刊将优先刊出。如曾在全国性学术会议上宣读,也请在文末予以说明。

(6) 所有来稿均需附有作者简介。作者投稿时务请写清姓名、性别、年龄、职称、职务,以及详细通讯地址、电话。

(7) 请勿一稿多投,并请自留底稿,一般不退稿。稿件投出后 3 个月未接到本刊采用通知者,可自行处理。来稿一经刊登,即按本刊规定付酬,并赠当期杂志两册。

(8) 本刊已与有关机构合作出版网络版和光盘版,作者稿件一经录用,将同时被网络版和光盘版收录,如作者不同意收录,请将稿件另投他刊。所有刊出文章稿酬均含网络版和光盘版。

(9) 编辑部通讯地址:武汉大学二区《中国农村水利水电》编辑部(邮编:430072),E-mail:xsdbjb@188.com,电话:(027)68776133。

《中国农村水利水电》编辑部