

农村生活排水多介质生态处理技术模式研究 ——关键装置开发篇

李仰斌¹, 谢崇宝¹, 张国华¹, 籍国东², 周游²

(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:已有污水处理技术应用于农村生活排水处理时, 存在终年运行不稳定、易堵塞和除磷脱氮效率低等技术方面的制约瓶颈。为此, 从设施的基本组成和设施的技术特点 2 方面, 重点介绍了农村生活排水多介质生态处理装置多功能折流反应器(HBR)、多介质生态滤池(MEF)、多介质毛管渗滤(MCP)、多介质人工湿地(MCW)的开发过程, 以期为我国农村生活排水治理提供技术支持。

关键词:污水处理; 多功能折流反应器; 多介质生态滤池; 多介质毛管渗滤; 多介质人工湿地

中图分类号: X703

文献标识码: A

Research on the Patterns of Rural Domestic Sewage Multimedia Ecological Treatment Technologies ——Development of Key Devices

LI Yang-bin¹, XIE Chong-bao¹, ZHANG Guo-hua¹, JI Guo-dong², ZHOU You²

(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, China)

Abstract When the existing sewages are used to treat rural domestic sewage, there are such problems as functioning unsteadiness, easy jams, nitrogen and phosphate removal. Therefore, from the aspects of basic components and technological characteristics, the developing process of four rural domestic sewage multimedia devices is introduced. Multimedia ecological treatment plants of hybrid baffled reactor(HBR), multimedia ecological filter(MEF), multimedia capillary percolation(MCP), multimedia constructed wetland(MCW), are developed. They offer technological supports for treating rural domestic sewage in China.

Key words: sewage treatment; multimedia ecological treatment plants of hybrid baffled reactor(HBR); multimedia ecological filter(MEF); multimedia capillary percolation(MCP); multimedia constructed wetland(MCW)

1 多功能折流反应器(HBR)

1.1 基本组成

多功能折流反应器, 包括潜污泵和处理单元, 处理单元按照污水流动方向顺次包括厌氧单元、好氧单元和沉淀; 相邻的处理单元通过管道分段连接, 为了延长污水的处理时间, 管道采用折流管, 见图 1。

收稿日期: 2009-12-24

基金项目: “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); 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)。

作者简介: 李仰斌(1957-), 男, 教授级高级工程师。

(1) 厌氧单元。1 号池、2 号池及 3 号池为厌氧单元。1 号池、2 号池及 3 号池通过排气管连接至排气孔, 潜污泵 1 通过逆止阀、进水闸阀经污水管连接 1 号池, 3 号池内设有三相分布器。

(2) 好氧单元。4 号池和 5 号池为好氧单元。好氧单元设计为生物浮动床, 池内分别设置悬空的上、下钢丝网, 并在上、下钢丝网形成的隔室内填充用于好氧反应的填料。钢丝网由钢丝网支架支撑。为了防止生物反应器堵塞并进一步提高活性污泥脱氮效率, 填料为大孔状的聚氨酯填料, 这样既解决了固定床生物反应器的堵塞问题, 又解决了活性污泥脱氮效率差、容积负荷低和产泥量大等问题。4 号池和 5 号池下层的钢丝网上设有布气孔, 布气孔通过布气管及进气管与曝气机相连。

(3) 沉淀池(6 号池)。为了有利于水的复氧和悬浮物沉淀,

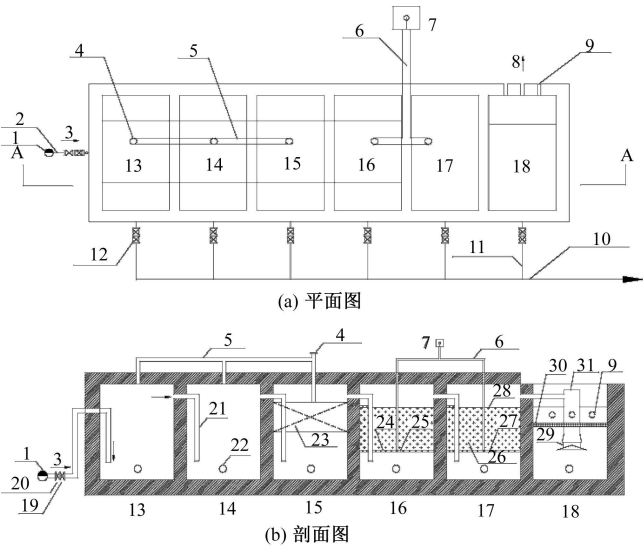


图1 多功能折流反应器

注: 1-潜污泵; 2-污水管; 3-进水方向; 4-排气管; 5-排气管; 6-进气管; 7-曝气机; 8-出水方向; 9-出水口; 10-污泥排放总管; 11-污泥排放支管; 12-排泥闸阀; 13-1号池; 14-2号池; 15-3号池; 16-4号池; 17-5号池; 18-6号池; 19-进水闸阀; 20-逆止阀; 21-折流管; 22-排泥孔; 23-三相分布器; 24-钢丝网; 25-布气管; 26-聚氨酯填料; 27-布气孔; 28-钢丝网支架; 29-圆锥形铁皮; 30-散水管托架; 31-散水管。

以减少悬浮物对后续处理单元的冲击, 伸入所述6号池内的折流管为散水管, 散水管的端口呈喇叭状。散水管是由圆锥形铁皮制成, 通过散水管托架安装在6号池内。从5号池有氧化池排出的水, 通过沉淀分配给6号池中的喇叭形散水管, 分散水流的水力冲击, 进一步沉淀污水中的淤泥。

1.2 技术特点

- (1) 技术优势。相比现有技术中缺少合适的农村污水处理装置, 多功能折流处理单元集厌氧、好氧过程于一体, 具有化粪池、厌氧悬浮、生物浮动床和沉淀池功能; 各处理单元之间采用折流管, 延长了污水处理时间, 进一步保证了处理效果; 且整体结构基建投资省, 运行费用低甚至无需运行费用, 不易堵塞、管理方便, 具有除磷、脱氮和降解有机物能力, 无潜在生态安全隐患, 且能够全年运行。
- (2) 适用范围。本设施适用于以自然村为处理单元的 30 ~ 1 000 户规模的村庄生活污水, 10 ~ 10 000 t 规模的乡镇生活污水, 以及农村规模化养殖废水。
- (3) 成本分析。该处理设施建设成本 1 100 ~ 1 500 元/户, 设施直接运行成本主要是一台 0.75 kW 风机和一台 0.5 kW 潜污泵的电费, 不添加任何药剂, 正常运行情况下, 风机和潜水泵每天运行 4 ~ 6 h (根据来水量自动调节), 直接运行成本 0.08 ~ 0.20 元/m³。
- (4) 运行管理。本设施为全自动化生产过程, 正常运行期间, 无需专人管理 (污泥产量极少, 6 ~ 12 个月进行一次排泥)。

2 多介质生态滤池(MEF)

2.1 基本组成

组成见图2。处理装置的上部为曝气材料, 为大孔网状载体, 下部的填料至少由4层组成; 每一层填料的底部为透水滤

层, 顶部为多介质滤料层; 多介质滤料层为多介质滤料和透水滤料交替填充, 形成“品”字形填充; 多介质滤料层的填充物为多介质滤料, 以人工合成的功能介质为主, 辅以改性沸石, 功能介质与改性沸石的填充比例根据试验确定。透水滤层的填充物为透水滤料, 由砾石和改性沸石组成, 填充比例根据试验确定。

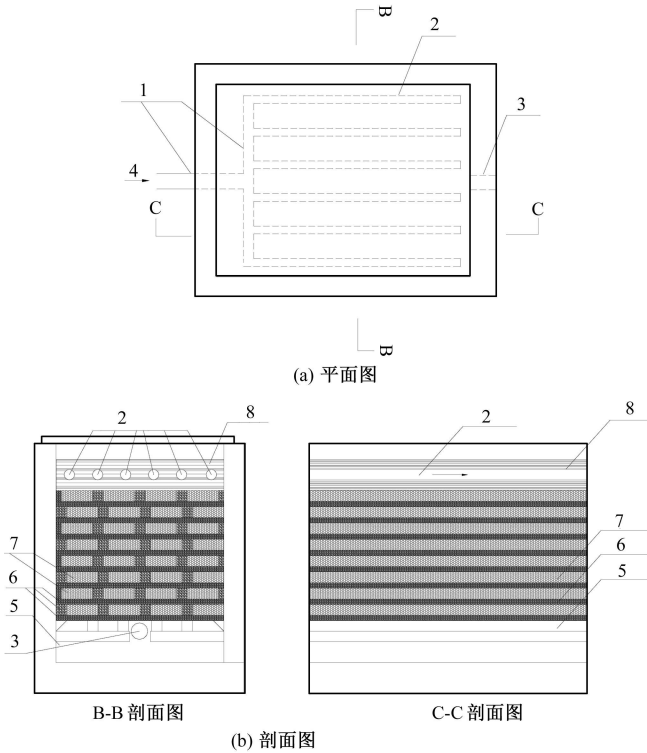


图2 多介质生态滤池

注: 1-进水管; 2-布水管; 3-出水口; 4-水流方向; 5-集水槽; 6-透水滤层; 7-多介质滤层; 8-曝气材料。

每一层填料的底部透水滤层构筑高度与宽度之比为 1 : 2; 顶部的多介质滤料层构筑高度与宽度之比为 1 : 6; 填料的总高度和总宽度取决于设计负荷。

2.2 技术特点

- (1) 技术优势。多介质生态滤池处理装置上下部分别形成好氧区和厌氧区, 从而达到深度脱氮除磷效果。多介质生态滤池处理装置采用“品”字形填料方法, 达到既能保证流量又能保证停留时间的平衡点。多介质生态滤池中的多介质滤层是净水介质, 透水滤层是水流通道, 净水介质和水流通道的功能分异, 即可增加污染物的反应时间又可有效防止多介质生态滤模块的堵塞。
- (2) 适用范围。本技术适用于以自然村为处理单元的 30 ~ 1 000 户规模的村庄生活污水, 10 ~ 10 000 t 规模的乡镇生活污水。
- (3) 成本分析。该处理设施单独使用时建设成本为 1 300 ~ 1 600 元/户, 以滴水曝气方式充氧, 不添加任何药剂, 运行成本为 0.08 ~ 0.15 元/m³ 污水。设于其他生物处理单元之后时, 设施无动力驱动, 无直接运行成本, 建设成本为 300 ~ 500 元/户。
- (4) 运行管理。本设施为全自动化生产过程, 正常运行期

间,无需专人管理(每2~4周自动反冲洗一次)

3 多介质毛管渗滤(MCP)

3.1 基本组成

组成见图3。多介质毛管渗滤处理装置从上至下分为透气层、毛细管层、布水槽(层)、多介质模块、透水模块和集水层,填料各层的最优高度根据试验确定。各层填料的最优尺寸为:透气层、毛细管层、布水槽(层)和集水层构筑长度与多介质毛管渗滤装置长度一致,多介质模块构筑宽度与透水模块构筑宽度之比约为3:1;填料的总高度和总宽度取决于设计负荷。

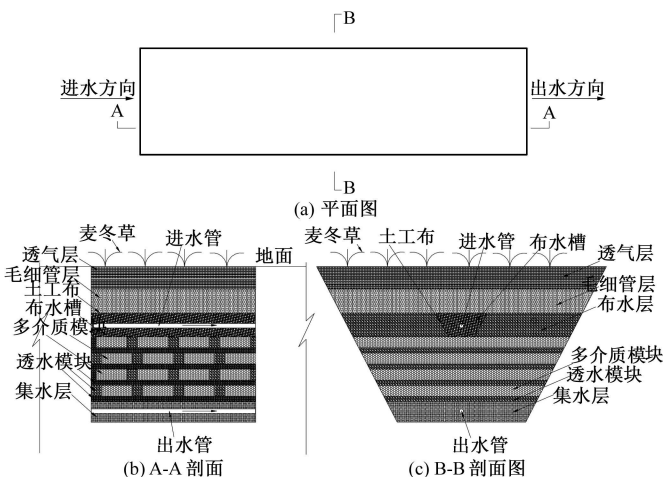


图3 多介质毛管渗滤

透气层主要由回填透气土壤组成;毛细管层由焦渣组成;布水槽(层)内侧由砾石组成,外侧的填料与透水模块相同;多介质模块以人工合成的功能介质为主,辅以改性沸石,混合比例根据试验确定;透水模块由砾石和改性沸石组成,混合比例根据试验确定;集水层由焦渣和砾石组成,混合比例根据试验确定。根据试验,在北方地区多介质毛管渗滤装置上种植的植物选用麦冬草,栽种密度约9株/m²,同行株间距离控制在30cm左右,最外层植株距宽边20cm,栽种深度为地下10~20cm。

3.2 技术特点

(1)技术优势。多介质毛管渗滤在毛管渗滤的基础上增加了多介质滤层,水力负荷比同等效率的毛管渗滤提高了1~2倍。多介质毛管渗滤床种植易于管理,不需特别保护即可越冬,氮磷吸收能力强,具有观赏价值和药用价值的麦冬等植物,麦冬的根系发达,能够为毛细提升提供推动力,麦冬根系与微生物和滤料的相互作用,也有利于污染物的降解和滤料的自解吸再生。

(2)适用范围。本设施适用于以自然村为处理单元的30~1000户规模的村庄生活污水,10~10000t规模的乡镇生活污水,以及农村规模化养殖废水。

(3)成本分析。该处理设施单独使用时,建设成本900~1100元/户,设施不添加任何药剂,正常运行情况下,直接运行成本0.05~0.07元/m³。该设施与其他处理技术联用时,为无动力驱动,无直接运行成本,建设成本为300~400元/户。

(4)运行管理。本设施为全自动化生产过程,正常运行期间,无需专人管理。

4 多介质人工湿地(MCW)

4.1 基本组成

组成见图4。多介质人工湿地处理装置从上至下分为透气层、布水层、多介质模块、透水模块和集水层。多介质人工湿地设计为下向垂流态,表层布水。考虑北方农村越冬实际需要,布水层上方填充原生介质为主的透气介质和灰渣等透水隔热材料;布水层下方填充多介质模块和透水模块。填料各层的最优高度根据试验确定;各层填料的最优宽为:透气层、布水层和集水层构筑宽度与人工湿地长度一致,多介质模块构筑宽度与透水模块构筑宽度之比约为3:1;填料的总高度和总宽度取决于设计负荷。

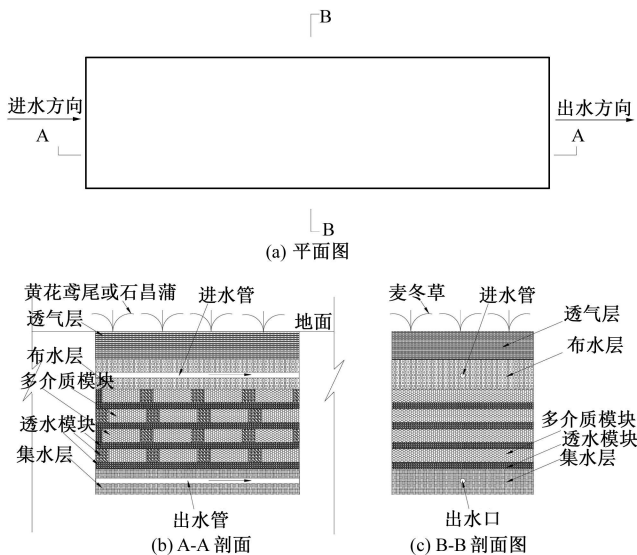


图4 多介质人工湿地

透气层主要由回填透气土壤组成;布水层由焦渣组成;多介质模块以人工合成的功能介质为主,辅以改性沸石,混合比例根据试验确定;透水模块由砾石和改性沸石组成,混合比例根据试验确定;集水层由焦渣和砾石组成,混合比例根据试验确定。根据试验,在北方地区多介质人工湿地植物选用黄花鸢尾(黄菖蒲)或菖蒲(石菖蒲),栽种密度为25簇/m²(同行簇间距离控制在15cm左右),栽种深度约为10cm。

4.2 技术特点

(1)技术优势。多介质人工湿地在普通垂直流人工湿地的基础上增加了多介质滤层和深层集水设计,水力负荷比同等效率的普通垂直流湿地提高了1~2倍。多介质人工湿地床种植易于管理,不需特别保护即可越冬,氮磷吸收能力强,具有观赏价值和药用价值的菖蒲和黄花鸢尾等植物,植物根系与微生物和滤料的相互作用,有利于污染物降解和滤料的解吸再生。

(2)适用范围。本技术适用于以自然村为处理单元的30~1000户规模的村庄生活污水,10~10000t规模的乡镇生活污水,以及农村规模化养殖废水。

(3)成本分析。该处理设施单独使用时,建设成本900~1100元/户,设施不添加任何药剂,正常运行情况下,直接运行成本0.05~0.07元/m³。该设施与其他处理技术联用时,为无动力驱动,无直接运行成本,建设成本为(下转第37页)

提高了才能自觉保护水环境。在水污染处理技术问题方面, 多借鉴发达国家的科研成果, 用他国的技术为本国服务。

2.3 保护生态的同时继续加强农村水利设施建设

农村水利设施的建设是保障农村用水安全的基本措施。陆续加强实施河道综合治理、水库引水补源、农村水源工程、节水灌溉工程、水源地生态保护工程等水利设施建设, 为农村经济社会全面发展提供有力的水资源支撑和保障。西北地区发展落后, 虽然近年来国家实施西部大开发战略, 经济发展迅速, 但是总体而言, 和沿海地区相比差距还是很大的。而且西部大开发过程中一些不合理的开发活动正在破坏着西北地区的生态环境。对此国家应加大执法力度, 规范企业活动, 同时加大对农村的投入, 将农村水利事业作为一件大事来对待。只有国家重视, 全民才能得到引导, 西部农村水利事业才能蒸蒸日上。

2.4 采取新技术, 提高用水效率

提高用水效率实际上就是从另外一个方面节水。用水效率提高了, 用水量自然而然就减少了。但是用水效率的提高需要新技术的支撑。不仅要加强生活用水、工业用水效率, 更重要的是要在用水大户身上寻求发展, 提高农业用水效率。这就要求加强农田灌排设施建设, 继续抓好节水灌溉工程, 大力发展渠道防渗、管道灌溉、喷灌、滴灌等节水灌溉技术。目前, 西北地区大片的农田采用的还是落后的灌溉技术, 不仅浪费水资源, 而且容易诱发次生盐碱化, 破坏生态环境。新技术的发展需要科研单位和有关高校合作, 积极研发高效节水器具, 促进西部农村的发展。

2.5 采取措施, 遏制环境地质灾害

地下水超采引起的环境地质问题给西北农村居民带来了许多不良后果。地下水超采引起的地面沉降、地裂缝、咸水入侵等环境地质问题时刻困扰着当地的居民和当地政府部门。如何遏制这些地质灾害的发生关系到农村的可持续发展。实际上这些地质灾害的发生, 其根本原因就是水资源短缺。地表水资源不足以满足人民生活需求, 自然地下水就成为人们开发利用的焦点。因此解决地下水超采问题, 根本措施还是增加区域的地表水资源量。采取区域之间调水, 雨水收集等都是增加地表水资源量的有效方法。但在实施过程中要灵活运用水量调控理论进行水资源优化配置。

2.6 政府民众团结一致, 稳步发展新农村

新农村建设不是一个人两个人说了算的事情, 它是一个全

民都要参与的巨大工程。只有全民都动员起来, 有钱出钱, 有力出力, 农村的水利建设才能从根本上有所改观, 新农村建设才能平稳发展。在这方面, 政府要做好宣传, 做好投资引资工作, 引导农民树立可持续发展的意识, 寻求人与自然的和谐发展。农民大众要积极响应国家号召, 认真学习节水技术, 增强节水、保水意识。使农村水利发展景观化、一体化、私有化、生态化、信息化、社会化、民主化、科技化^[10]。

3 结 语

西北新农村建设是一项光荣而艰巨的任务。水利建设又是新农村建设的保障, 水资源是新农村建设的物质基础。只有保障农村建设过程中的用水安全, 保质保量的为农村建设提供水资源才能保证农村建设有条不紊地进行。西北地区地理位置特殊, 气候条件恶劣, 这就要求我们更要坚定信念, 克服困难, 积极推进西北水利工程建设, 加大投入, 妥善解决西北农村水少、水浑、水脏问题。全民团结一致, 一起动手, 发挥西部高校和科研部门的优势, 为西北新农村建设努力奋斗。□

参考文献:

- [1] 贾登勋, 陈春帆. 新农村建设与西北干旱缺水地区水资源[J]. 发展, 2007, (8): 11—12.
- [2] 张允锋, 史正涛, 李滨勇. 刍议我国水资源与社会主义新农村建设[J]. 当代生态农业, 2006, 15(1): 24—27.
- [3] 李怀忠. 新农村建设中节水灌溉面临的问题及对策[J]. 中国农村水利水电, 2007, (11): 25—26.
- [4] 侯玉玲, 王之义, 顾 宏, 等. 社会主义新农村建设规划中的水利问题[J]. 中国农村水利水电, 2007, (9): 55—56.
- [5] 陶 杰, 左其亭. 社会主义新农村建设面临的水资源问题及保障措施探讨[J]. 南水北调与水利科技, 2009, 7(1): 36—39.
- [6] 王殿武. 现代水文水资源研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008.
- [7] 董雪娜, 李雪梅, 贾新平, 等. 西北诸河水资源调查评价[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2006.
- [8] 黄河水利委员会. 黄河水资源公报[Z]. 郑州: 黄河水利委员会, 2007.
- [9] 李培月, 吴树宽. 廊坊市水资源现状与可持续利用的探讨[J]. 南水北调与水利科技, 2009, 7(2): 47—49.
- [10] 马承新. 农村水利发展的新趋势[J]. 中国农村水利水电, 2008, (9): 1—4.

(上接第34页) 200~300元/户。

(4) 运行管理。本设施为全自动化生产过程, 正常运行期间, 无需专人管理。

5 结 语

本文针对农村生活排水的特点、主要污染物构成及排放规律, 开发了与经济及环境质量要求相适应的农村生活排水多介质生态处理与资源化利用关键设备: 多功能折流反应器(HBR)、多介质生态滤池(MEF)、多介质毛管渗滤(MCP)、多介质人工湿地(MCW), 基本解决了影响生态处理装置稳定运

行、易于堵塞和终年运行不稳定的关键因素, 给出优化模式的运行不稳定参数和设计模型。目前上述4套装置已开发完毕, 并在水利部节水灌溉示范基地开展现场测试和应用, 通过数据观测和分析, 可以达到生产使用之目的。□

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.