

小型分散式农村污水处理的理论与实践

文 / 吕锡武
(东南大学能源与环境学院)



一、研究背景

1、主要水系水质

2011年我国主要水系、湖泊和海域污染严重,七大水系IV-V类和劣V类水质的断面比例分别为25.3%和13.7%,即IV类以上的水质达到39.0%,高锰酸盐指数、氨氮和五日生化需氧量和超标严重;主要湖泊总氮、总磷严重超标,富营养化问题依然突出,26个国控重点湖泊(水库)中,IV-V类和劣V类为15个,“三湖”中巢湖总体为V类,太湖、滇池总体均为劣V类。2011年七大水系水质状况与重点湖泊

水质状况见表1、表2。

2、农村污染成为太湖流域污染物主要来源

太湖流域农村污染带来的COD、氨氮、TN和TP负荷占总污染负荷的比重呈现逐年增加的趋势,农村生活源、农田径流源已经成为太湖地区氮、磷污染的主要来源。太湖流域典型污染源调查显示,上述两种途径输出的COD占流域总量的23%,氨氮占流域总量的38%,总氮占流域总量的40%,总磷占流域总量的38%。(引自太湖流域实施方案编制组《太湖流域“十二五”科

技需求与目标任务的建议》)。太湖流域TN、TP入河量见图1。

3、农村分散式污水治理存在诸多问题

(1) 现有城镇污水处理工艺和管理技术不适应小型分散式农村生活污水治理的需求;

(2) 目前部分农村生活污水处理工艺与农村特点不相适宜、处理效率偏低、运行不稳定;处理设施缺乏建设与验收的规范和标准;

(3) 污染负荷较高的农村无序排放生活污水与村落径流污染尚未得到重视,农村生活污水中氮磷资源没有得到有效利用;

(4) 农村生活污水尚未建立排放标准,缺乏长期运行效果的监测评价,缺乏有效监管体制;

(5) 我国尚未建立农村生活污水治理的组织体制与保障机制。

4、农村环境连片整治迫切需要科技支撑

(1) 2010年财政部、环保部将连片整治作为农村环境综合整治的主要方式,太湖流域作为江苏省重点推进的三个区域之一,2010年农村生活污水治理投入4.74亿元,2011年计划投入4.34亿元。

表 1 2011 年 7 大水系水质状况

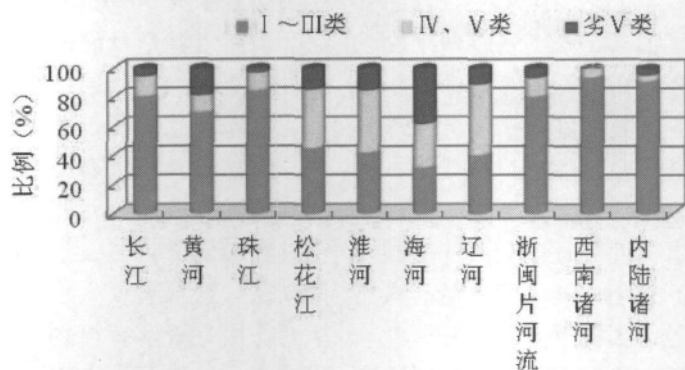


表 2 2011 年重点湖泊（水库）水质状况

湖泊（水库）类型	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类	劣 V 类	主要污染指标
三湖*	0	0	0	1	1	1	总磷、 化学需氧量
大型淡水湖	0	0	1	4	3	1	
城市内湖	0	0	2	3	0	0	
大型水库	1	4	3	1	0	0	

注：*三湖是指太湖、滇池和巢湖

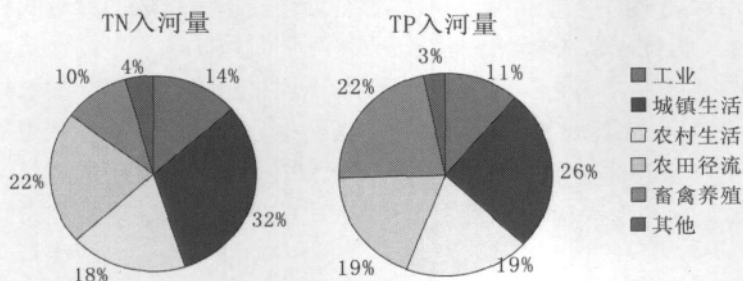


图 1 太湖流域 TN、TP 入河量

(2) 在计划推进中，各地普遍缺乏农村污水治理工艺选择的依据和标准，污水治理设施的效能有待提高。

(3) 连片整治区域尚未建立有效的运行管理模式和监管、评价体系。

农村环境远离排水管网和大型污水处理厂，因此建设适合乡村特点的小型污水处理设施，就地处理分散型点源污水治理是必

然选择。

二、国内外技术进展

1、国内外研究现状

(1) 欧洲和北美有20%-30%的人口利用小型污水处理系统，日本、澳大利亚等国家开发出一系列小型污水处理基础，如土地处理净化槽、膜—生物反应器净化槽、“FILTER”技术，但都不同程度地存在处理成本高、应

用范围有限等缺点。

(2) 我国污水处理事业的重心一直在城市污水的处理上，对于小型生活污水处理的技术储备并没有做好充分的准备。

(3) 适用于乡村的小型污水除磷脱氮技术在国内外仍处于探索阶段。

2、美国的高效藻类塘技术

美国加州大学伯克利分校的Oswald提出并发展的高效藻类塘是对传统稳定塘的改进，其充分利用菌藻共生关系，对污染物进行处理。但存在的缺点是：

(1) 受温度、气候等环境因素影响明显，气温过高或较低时，藻类的生长受到抑制从而影响处理效果；

(2) 水体特性、腐殖质、藻类和非生物性的悬浮物影响藻类对光的吸收，影响处理效果。

3、日本的一体化净化槽技术

日本的一体化净化槽非常著名，在日本全国大约有800多万套净化槽，尤其在山的山地、私有土地上有大规模应用，是世界上少有的几个分散污水治理最发达的国家之一。我国曾于上世纪80年代末90年代初在苏南地区大规模引进日本的净化槽技术，但由于城市污水处理工艺的小型化，建设成本和运行成本高，基本没有除磷作用，在国内难以推广应用。

4、澳大利亚的“FILTER”（非尔脱）污水处理技术

澳大利亚科学专家最近几年提出一种“过滤、土地处理与暗管排水相结合的污水再利用系统”，称为“非尔脱”高效、持续性污水灌溉新技术。其目的主

要是利用污水进行农作物灌溉，通过灌溉土地处理后，再用地下暗管将其汇集和排出。

特点：过滤后的污水都汇集到地下暗管排水系统中，并设有水泵，可以控制排水暗管以上的地下水位以及处理后污水的排出量。“FILTER”系统一般适用于土地资源丰富、可以轮作休耕的地区。

缺点：暗管排水系统造价较高，且在地下水位较高的地区应用有困难。

5、我国农村污水处理概况

国内污水处理事业的重心一直在城市污水的处理上，对于适用于乡村特点的小型生活污水处理的技术只有部分研究，包括生物处理和生态处理，处于探索阶段。

农村污水处理以生态处理为主：人工湿地、生态塘应用较多。传统或单一生态工程技术共同缺点在于占地面积大、运行不稳定、出水水质差等。

三、技术理念与工艺路线

1、我国农村污水的特征

农村居民生活用水水质、水量受生活条件（给排水系统、水资源利用方式等）、生活习惯等因素直接影响。

(1) 水量：不均匀排放，瞬时变化较大，具有早、中、晚不同时段相对集中排放等特点。

(2) 水质：来源及其成分较为单一，以有机物、氮、磷为主要污染物，一般不含有毒物质，整体生化性较好。

2、城市污水处理技术不适合农村

(1) 典型的城市污水生物除磷脱氮技术工艺为 A^2/O 工艺，流程图见图2。 A^2/O 工艺有两个回流，一个是污泥回流，一个是混合液回流。要保证除磷的效果就必须做好剩余污泥的排放处理，同时要定期排泥，对污泥加药，机械脱水，此外还需要高昂的投资和运行费用以及专业的管理人员。可见，如此专业化、规模化的城市污水除磷脱氮工艺不适合乡村小型污水处理厂。

(2) 传统或单一生态工程技术共同缺点在于占地面积大，处理效果不稳定，必须将生物方法与生态工程有机结合，才能既节省成本和运行费用，又能达到稳定的除磷脱氮效果。因此，城市污水处理厂的经验 and 单一的生态工程技术都无法解决农村小型生活污水处理的难题。

3、农村污水除磷脱氮技术指导思想

符合农村农业实际需求和特点的技术路线必须具备的特点有：(1)投资及运行管理费用低廉；(2)操作及运行管理简单；(3)低能耗，高效率；(4)尽可能实现氮磷资源化，回用于农业生产经济效益。以上特点决定了农村污水处理生物生态组合工艺路线的确定。

4、适合农村污水处理的工艺路线

“厌氧、缺氧+跌水曝气生物接触氧化+水耕蔬菜人工湿地”工艺组合是目前适合农村污水处理的工艺路线，其中前两个是生物单元，后一个是生态单元，生物单元和生态单元严格分工。厌氧、缺氧单元的作用是将有机物转变成VFA、沼气，反硝化除氮；跌水曝气生物接触氧化单元作用是降解有机物，完成硝化过程；水耕蔬菜人工湿地单元的作用是氮、磷作为营养物质被吸收，培植水生蔬菜。

此工艺路线将生物生态相结合，生物部分不设计脱氮除磷功能，主要依靠生态单元去除氮磷，使其作为水生蔬菜的营养物质被利用。

5、农村污水技术原则

由农村生活污水生物生态组合处理技术所构成的针对农村地区不同发展状况、不同地形条件和不同排水特征的复合型农村生活污水处理系统，充分利用地形及水田灌渠纵横交错的现状，把农民的生产活动、农业生态系统的生产功能结合到农村生活污水的治理中，体现出农村生活污水治理“因地制宜、资源化利用、低运行、低建设成本”的可持续发展原则，同时也达到了“有效除磷脱氮”的污水治理和水环境保护的要求。

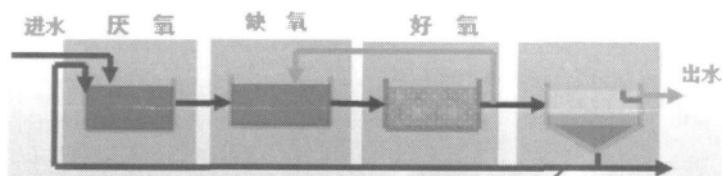


图2 典型 A^2/O 工艺流程图

四、技术研发与成果

1、农村污水处理技术模式

农村污水处理技术的模式主要有生态处理技术和生物处理技术，这两种技术各自有一定的缺点。生态处理技术的缺点主要是：需要占用较大面积的土地；脱氮除磷性能不稳定；处理效率受环境气候等影响；易堵塞，影响处理系统的性能。生物处理技术的缺点主要是：好氧处理时，需曝气充氧等，能耗高；厌氧处理时，N、P去除效果较差；建设、运行成本较高；工艺运行管理较复杂。

鉴于以上两种技术的缺点，将生态技术与生物技术结合起来，“生物+生态”组合处理技术是一种适用于农村污水处理的新型技术工艺组合，其特点有：生物方法与生态工程有机结合；

节省占地面积、建造成本和运行费用；稳定的除磷脱氮效果，出水水质稳定；多种工艺变形及其组合。流程图见图3。

2、研发的实用工艺（见表3）

3、农村污水处理的技术要点和需求

- (1) 适用与利用农村地形，构建污水处理设施；
- (2) 强化脱氮除磷与氮磷资源利用；
- (3) 产生沼气等生物质能；
- (4) 高效厌氧反应器设计及施工工法；
- (5) 缺氧池兼调节和反硝化过程等功能；
- (6) 完全厌氧与好氧回流的工艺自身除臭；
- (7) 创造梯式跌水、自然通风、瀑布式等充氧方式，节能高

效；

(8) 生态处理设施的园林化、景观化模式；

(9) 生态设置强化除磷段，填充废石膏基质。

4、各项技术组合的介绍

(1) 技术1：厌氧—缺氧调节—跌水接触氧化—植物滤床

①技术特点

该技术经过4-5级跌水曝气，通过厌氧池、缺氧调节池、跌水充氧接触氧化池、生态单元（植物滤床）的工艺单元，使出水达到规定标准。工艺流程见图4。

a.厌氧池有效降低有机物浓度，通过高效厌氧反应器，实现低浓度污水产沼气；

b.缺氧池兼具调节和硝化液回流脱氮功能；

c.跌水充氧接触氧化池主要去除有机物并完成氮、磷的无机化；

d.人工湿地或植物滤床，为水质控制单元，去除有机物、氮、磷等营养物质。

②技术经济指标

a.对污染物的去除率及花费：总氮去除率>75%；氨氮去

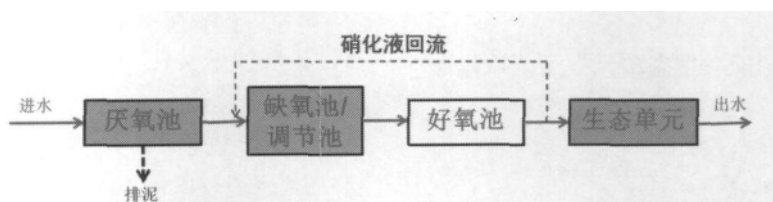


图3 “生物+生态”组合处理技术流程图

表3

处理单元	名称	工艺流程
生物+生态	厌氧（沼气）池—生态塘—生态渠组合工艺	厌氧（沼气）池—生态塘—生态渠
	水解脉冲生物滤池—人工湿地组合工艺	水解脉冲生物滤池—人工湿地
	厌氧—跌水充氧接触氧化—人工湿地技术	厌氧—跌水充氧接触氧化—人工湿地
	自回流立体网框生物转盘+水耕蔬菜组合	自回流立体网框生物转盘+水耕蔬菜
	“缺氧池+溅水充氧生物滤池”农村生活污水脱氮技术	缺氧池+溅水充氧生物滤池
	厌氧沼气池+氧化塘+水培植物净化渠+生态渠组合工艺	厌氧沼气池+氧化塘+水培植物净化渠+生态
	化粪池+毛细管渗滤沟组合工艺	化粪池+毛细管渗滤沟
	厌氧池+接触氧化渠+人工湿地组合工艺	厌氧池+接触氧化渠+人工湿地
	“塔式蚯蚓生态滤池+人工湿地”	塔式蚯蚓生态滤池+人工湿地
	化粪池+腐殖质滤池工艺	化粪池+腐殖质滤池
生物膜	“沼气池+厌氧生物过滤”预处理工艺	沼气池+厌氧生物过滤
	厌氧池+梯式生态滤池	厌氧池+梯式生态滤池
	脱氮池+自回流立体网框生物转盘+水耕人工湿地	脱氮池+自回流立体网框生物转盘+水耕人工湿地
	地埋式拔风溅水充氧生物滤池	生活污水—厌氧池—生物滤池区—沉淀区—排放

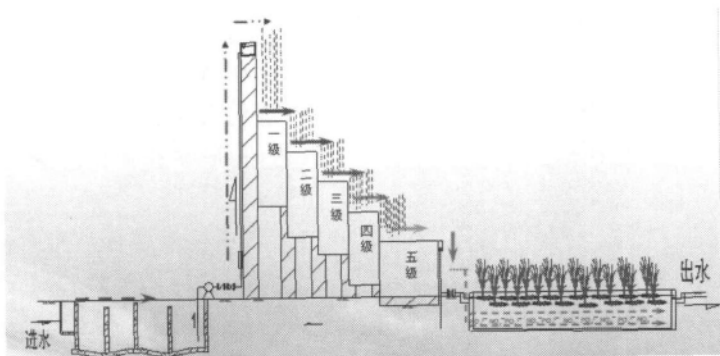


图4 “厌氧—缺氧调节—跌水接触氧化—植物滤床”工艺流程图

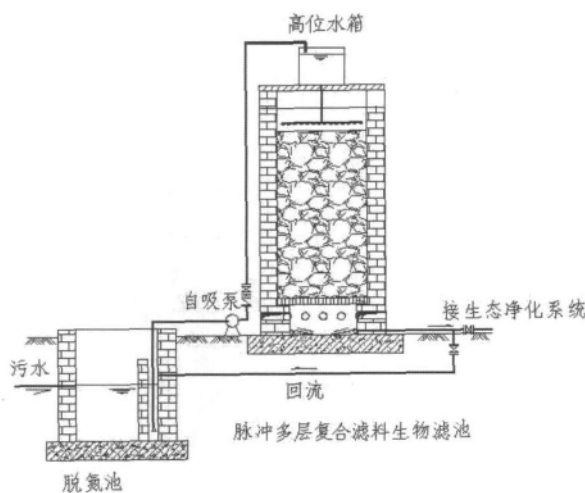


图5 “脱氮池—脉冲多层复合滤料生物滤池—生态单元”工艺流程图

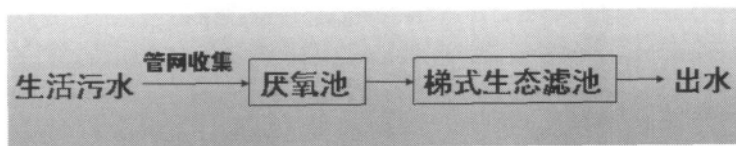


图6 “梯式生态滤池处理技术”工艺流程图

除率>95%；总磷去除率夏季>82%、进水浓度大于1.5mg/L，冬季>72%、进水浓度低于1.5mg/L、出水平均浓度低于0.3mg/L。设施建设费<3000-4000元/t；运行费<0.1元/t。

b.经济效益：水生蔬菜型人工湿地每年以空心菜和水芹菜轮种为例，每年空心菜产量约4000斤/亩，水芹菜1000斤/亩，可产

生收益不低于5000元/亩。

③单元功能与特点

a.厌氧池

i 大深径比高效厌氧反应器，去除1kgCOD约产生0.45m³沼气，每年有8个月可产生沼气，10m³/d的污水处理量，厌氧池去除50%的COD，每年约可产生250m³沼气，回收生物质能；

ii 大深径比厌氧反应池，水

力停留时间约3d，并以控制完全厌氧为目标，为实现工艺除臭创造条件；

iii 创造大深径比反应器沉井法施工工法，井深达到7m以上，占地面积小。

b.缺氧调节池

i 兼顾水量调节与反硝化脱氮；

ii 强化工艺自身除臭功能。

c.跌水充氧接触氧化池

i 梯式跌水自然充氧，能耗低，效率高；

ii 可构建景观模式，美化环境，如瀑布式跌水充氧；

iii 利用农村山地、梯田，实现自然跌水。

d.生态单元

i 可实现农村污水处理的田园化、生态化、景观化；

ii 构建形式为人工湿地、水生蔬菜、湿地花园、生态塘；

iii 水生蔬菜可产生经济效益，景观湿地美化环境。

④工艺特色

a.运行成本低，污水处理直接费用不超过0.1元/m³，如利用地形条件，则不会产生任何运行费用。

b.运行稳定，能够除磷脱氮，一年中有8个月的出水可达到《城镇污水处理厂污染物综合排放标准》（GB18918-2002）一级A标准。

c.可产生经济效益，如10m³/d的污水处理设施，年产沼气约250m³，采用水生蔬菜滤床，每年可产生2000元的经济效益。

d.占地面积小，适用性强，适用于平原、丘陵、山地农村污水处理。

e.污水处理设施田园化、园

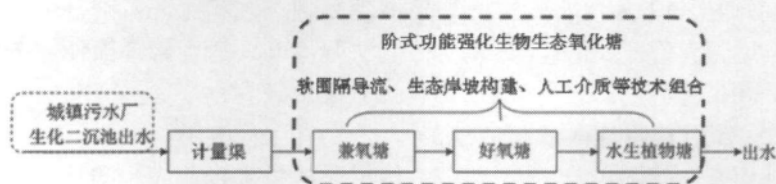


图7 “阶式功能强化型生物生态水质净化塘”工艺流程图

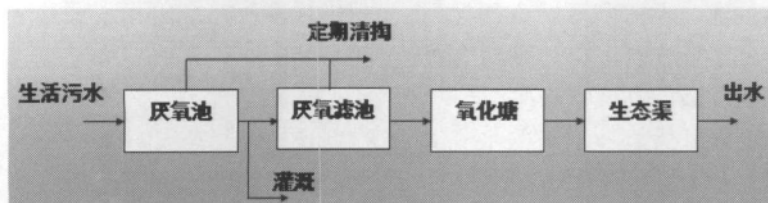


图8 “厌氧滤池—氧化塘—植物生态渠”工艺流程图

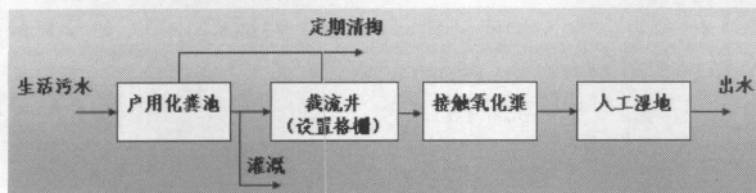


图9 “厌氧池—接触氧化—人工湿地技术”工艺流程图



图10 “高效厌氧+蚯蚓强化生态土壤及湿地处理”工艺流程图

林化、景观化，如构建跌水景观，花卉湿地单元。

f.排泥量、污泥稳定，可农利用处理。

⑤工程应用

该技术目前应用的项目工程主要有：宜兴市林庄港2座（8m³/d）；昆山市淀山湖镇香馨佳园（30m³/d）；扬中市三茅镇民主村（50m³/d）；玉溪师范学院体育馆污水（12m³/d）

（2）技术二：脱氮池—脉

冲多层复合滤料生物滤池—生态单元

①工艺流程（见图5）

a.污水首先进入脱氮池，再由自吸泵提升到高位水箱，经自动虹吸布水装置喷洒进入脉冲多层复合滤料生物滤池，出水由下部沟道排放到生态净化系统进行深度处理。

b.脉冲多层复合滤料生物滤池采用虹吸脉冲布水方式，维持滤池以低负荷运行，在布水时瞬

间冲刷掉部分老化的生物膜，可解决传统的生物滤池易于堵塞和生长池蝇、产生臭味的问题。

c.污水流经滤料，生物滤料附着生物膜完成有机物吸附降解及硝化过程。

d.填料层中设置“废石膏充填区”可有效去除磷，滤池底部设有沉淀区，污水靠重力作用汇集至沉淀区。在沉淀区中污水中的悬浮物沉淀下来，上清液由集水装置收集后排出。

②工艺特点

a.脉冲进水，水力负荷高，脱氮效果好。

b.设备简单，仅用一台进水泵，低能耗，易管理。

c.脉冲多层复合滤料生物滤池出水回流，降低生物滤池进水浓度，无臭气散发。

d.“膨胀珍珠岩、陶粒、废石膏”等填料，分层布置，提高了生物量和氮、磷处理效率。

e.脉冲多层复合滤料生物滤池呈塔状，占地面积小。

③技术创新

a.适用于污染物浓度较低的农村污水处理；

b.新型无机固体填料提高微生物的生物量；

c.利用滴滤池出水回流，降低反应器进水有机负荷，减少可能产生的臭气散发，同时实现脱氮功能；

d.通过人工湿地强化污水中的营养物去除，满足高效低耗脱氮除磷的水质要求。

④技术与经济指标

总氮去除率>75%；氨氮去除率>95%；总磷去除率>80%；设施建设费<1800元/t；运行费<0.15元/t。

⑤工程应用

该技术目前应用的项目工程主要有：宜兴市河渎南村（ $8\text{m}^3/\text{d}$ ）；宜兴市漳南村（ $10\text{m}^3/\text{d}$ ）；无锡市羊尖镇濮家廊下村（ $10\text{m}^3/\text{d}$ ）；无锡市羊尖镇马渎湾村（ $30\text{m}^3/\text{d}$ ）。

(3) 技术三：梯式生态滤池处理技术

①工艺概况（工艺流程图见图6）

a. 通过厌氧预处理有效降低有机污染物浓度，减轻生态滤池接触氧化阶段的负担；

b. 梯式生态滤池为整个工艺的核心单元，相比普通生物滤池，引入了植物生态系统；

c. 生态滤池好氧段通过溅水充氧以及滤池底部自然通风充氧，达到有效去除有机物的目的，引入的植物主要去除污水中的氮、磷等营养盐。

②优势与特色

该工艺是适用于山地、丘陵等地形变化剧烈的污水处理技术，优势与特色主要有：

a. 充分利用地形，布置梯式生态滤池，充分利用污水排放点的势能，不需要消耗动力。

b. 好氧滤池与缺氧滤池交替串联，好氧硝化与缺氧反硝化结合，提高了脱氮效果。

c. 溅水充氧与滤池底部自然通风充氧相结合，显著增强供氧能力。

d. 生态滤池上部种植植物，去除营养物质的同时，还可以产生一定的经济效益与景观效益。

e. 工艺流程简单，不需要混合液回流与污泥回流。

f. 管理简便，厌氧池不需要过多管理，好氧生态滤池表面植

物的种植一年内仅需1-2次，基本实现无人管理式运行。

③工艺特色

a. 针对丘陵地区农村的地形特征而开发的；

b. 利用地形落差，跌水充氧，阶梯式布置好氧、厌氧多级生态滤池，不需要消耗动力；

c. 分级放置填料达到对有机物、氮、磷的高效去除；

d. 拔风供氧技术与跌水充氧技术相结合，增强供氧能力。

该工艺具体应用案例为宜兴市善卷村污水处理工程（ $15\text{m}^3/\text{d}$ ，工程建造费6.0万元）。

(4) 技术四：阶式功能强化型生物生态水质净化塘

①工艺概况（工艺流程图见图7）

a. 将生态塘构建成三个功能分区：(1)兼氧塘；(2)好氧塘；(3)水生植物塘，依次形成生态系统完整的、功能互补的低污染水生态氧化塘深度处理方法。

b. 每个功能分区根据其水质净化需求进行专门的功能构建设计，该系统可高效去除水中溶解性有机物、氮磷营养盐和悬浮固体，实现污水处理低污染水的深度净化，经处理后尾水达到一级A标准排放。

②技术特点

a. 利用坑、塘、洼地改建而成；

b. 新型阶式功能强化生物生态氧化塘与传统氧化塘相比，水力负荷提高2倍以上，相同净化效率条件下停留时间大幅度降低，或相同水力停留时间条件下污染物净化效率大幅度提高；

c. 该技术与微絮凝/过滤等深

度处理工艺相比，氮磷等营养盐去除率高，运行管理简便、节能效果更好。

③工程应用

该技术目前应用的项目工程主要是扬子石化工业污水处理厂低污染水的深度处理工程，处理规模 $1000\text{m}^3/\text{d}$ ，出水水质达到一级A标准。

(5) 技术五：厌氧滤池—氧化塘—植物生态渠

①工艺特点（工艺流程图见图8）

a. 生活污水经过厌氧池和厌氧滤池，截留大部分有机物，并在厌氧发酵作用下，被分解成稳定的沉渣；

b. 厌氧滤池出水进入氧化塘，通过自然充氧补充溶解氧，氧化分解水中有机物；

c. 生态渠利用水生植物的生长，吸收氮磷，进一步降低有机物含量；

d. 可利用农田普遍存在的排水沟渠进行，并与生态沟渠回灌技术相融合，实现氮磷资源化。

②应用工程

该技术目前应用的项目工程主要是南京市江宁石埭村污水处理工程，系统户均建设成本约为800-1000元。

(6) 技术六：厌氧池—接触氧化—人工湿地技术

①工艺流程（见图9）

②技术特点

a. 厌氧池—人工湿地技术利用原住户的化粪池作为一级厌氧池，再通过二级厌氧池对污水中的有机污染物进行消化沉淀后进入人工湿地，污染物在人工湿地内经过滤、吸附、植物吸收及生物降解等作用得以去除。

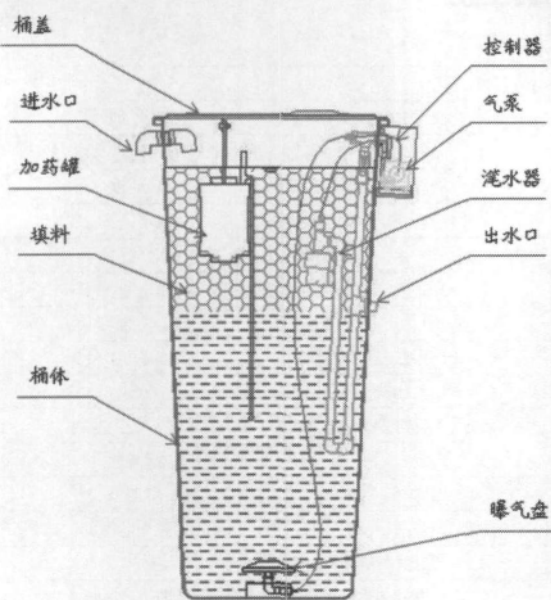


图 11 “强化序批式活性污泥法 (JJ-SBR)” 工艺流程图

b. 厌氧池—接触氧化—人工湿地技术是在厌氧池—人工湿地技术上进行的改进，通过在厌氧池后增加接触氧化工艺段，提高有机物的去除率。厌氧池可利用现有三格式化粪池、净化沼气池改建。

c. 该技术工艺简单，无动力损耗，维护管理方便。

③工程应用

该技术目前应用的项目工程为南京市六合区横梁镇石庙村，服务人口530人，设计处理水量42.5m³/天，户均建设成本约为800元。

(7) 技术七：脱氮池+自回流立体网框生物转盘+水耕人工湿地

该技术目前应用的项目工程为无锡市滨湖区污水处理站，处理水量5m³/d。

(8) 技术八：地埋式一体化拔风溅水充氧生物滤池+人工湿

地

①技术说明

a. 整体装置完全埋于地下，节省了土地资源；

b. 拔风管拔风和溅水充氧实现了无曝气供氧，降低了运行成本；

c. 采用密闭管式通风方式，降低了滤池的臭气散发，不影响周围环境；

d. 土地的掩埋作用可在冬季较冷的条件下对充氧生物滤池起到保温作用。

②应用工程：无锡市羊尖镇小朱家湾，处理水量4m³/d。

(9) 技术九：高效厌氧+蚯蚓强化生态土壤及湿地处理

①工艺特色（工艺流程见图10）

利用水蚯蚓的“松土”作用改善内部的水力传导以及溶解氧的传输，提高微生物的功能，显著提高生态土壤及湿地去除污染

物的能力。

将水蚯蚓引入人工湿地中，可以延长食物链，健全生态系统；利用水蚯蚓的“清道夫”作用缓解或消除堵塞现象；松动基质以利于氧的传递，提高微生物活性和促进植物生长；通过水蚯蚓的代谢改善有机物的可生化性，利于难降解有机物的去除等；所有这些都能直接或间接地提高湿地去除污染物的效率。

②优势与特色

a. 强化水生动物，增进生物协同净化效应，达到提高湿地生态净化效能的目的。

b. 占地小，适用于在农户庭院内设置进行污水的单独处理。

c. 基于食物链理论，通过引入水蚯蚓使食物链“加环”，利用蚯蚓与微生物的协调作用可以加速有机质的分解转化，对有机质的积累状况可以起到缓解作用，从而达到消除湿地堵塞的效果。

d. 利用蚯蚓的疏松基质的能力，改善湿地的供氧状况。

e. 厌氧池出水可不经好氧处理，直接进入蚯蚓强化型湿地，既能够满足污染物去除的要求，又不会导致湿地的堵塞。

(10) 技术十：强化序批式活性污泥法 (JJ-SBR)

①工艺概况及工艺优势特色

在现有序批式生物反应器 (SBR) 工艺和生物曝气滤池工艺的基础上，结合强成膜菌反硝化技术，运用自动控制释放化学除磷技术，对生活污水进行脱氮除磷处理，最终实现达标排放。适用于经济条件好、土地紧缺的地区。工艺流程见图11。

a. 工艺较为简单，出水水质

表 4

序号	地点	污水处理主体工艺
1	宜兴市丁蜀镇河湫北村	厌氧池+跌水充氧接触氧化池+人工湿地
2	宜兴市丁蜀镇林庄北村	厌氧池+跌水充氧接触氧化池+人工湿地
3	宜兴市丁蜀镇漳北村	厌氧池+跌水充氧接触氧化池+人工湿地
4	宜兴市丁蜀镇林庄南村	厌氧池+跌水充氧接触氧化池+生态净化塘
5	宜兴市丁蜀镇花园村	厌氧池+跌水充氧接触氧化池+生态净化塘
6	宜兴市丁蜀镇河湫村	脱氮池+脉冲活性生物滤池+人工湿地
7	宜兴市丁蜀镇漳南新村	脱氮池+脉冲活性生物滤池+人工湿地
8	宜兴市丁蜀镇河湫南村	脱氮池+脉冲活性生物滤池+人工湿地
9	宜兴市丁蜀镇漳南村	脱氮池+脉冲活性生物滤池+人工湿地
10	宜兴市丁蜀镇湖滨新村	自回流立体网框生物转盘+水耕蔬菜型人工湿地
11	宜兴市丁蜀镇浦南村	厌氧池+地埋式一体化拔风溅水生物滤池
12	南京市江宁区石埭村	厌氧池+氧化塘+水培植物净化渠+生态渠
13	扬中市三茅镇民主村	厌氧池+跌水充氧接触氧化+水耕蔬菜人工湿地
14	无锡市惠山区陶埭漕村	厌氧+跌水充氧接触氧化+人工湿地
15	无锡市惠山区阳山村	脉冲活性生物滤池+人工湿地
16	宜兴市张渚镇善卷村	厌氧池+梯式生态滤池+生态净化塘
17	昆山市淀山湖镇香馨佳园	厌氧+跌水曝气接触氧化+垂直流人工湿地
18	云南省玉溪师范学院体育馆污水处理	厌氧+缺氧调节+跌水接触曝气接触氧化+潜流式人工湿地
19	南京市扬子石化低污染水处理工程	阶式功能强化型生物生态水质净化塘
20	南京市六合区横梁镇石庙村	厌氧池—接触氧化—人工湿地技术
21	无锡市羊尖镇孙家圩	地埋式一体化拔风溅水充氧生物滤池+人工湿地
22	无锡市滨湖新区污水处理站	填料转盘—人工湿地
23	无锡市羊尖镇新陆更巷	脱氮池+脉冲多层复合滤料生物滤池+潜流式人工湿地
24	无锡市羊尖镇马湫湾	脱氮池+脉冲多层复合滤料生物滤池+潜流式人工湿地
25	无锡市羊尖镇濮家廊下	脱氮池+脉冲多层复合滤料生物滤池+潜流式人工湿地
26	无锡市羊尖镇汗庄桥	脱氮池+脉冲多层复合滤料生物滤池+潜流式人工湿地
27	无锡市羊尖镇储家塘	脱氮池+脉冲多层复合滤料生物滤池+潜流式人工湿地

可达一级B标准。

b.户均建设成本低廉，约为3500元，设备运行费用为0.5元/吨。

c.运行维护管理。本处理系统采用全自动控制，只需配备一名兼职管理人员。

②工程应用

苏州练聚村生活污水处理能力30m³/d，服务人口约73户（约280人），项目投资约27万元，出水水质优于一级B标准。

五、创新技术与应用

1、创新技术

(1) 农村生活污水节能与低

碳化生物生态处理技术。

(2) 大深径比高效厌氧反应器构型及低成本砖砌沉井施工法。

(3) 阶式功能强化生物生态氧化塘构建及尾水深度净化技术。

(4) 与农业经济紧密结合的无序排放生活污水及降雨初期径流氮磷资源化利用技术与模式。

(5) 分散式农村生活污水处理设计标准化、设施设备化、规格化及景观园林化技术。

2、技术支撑的农村污水处理工程（见表4）

六、技术发展趋势

1、开展农村生活污水治理立法、可持续管理的组织机制研究。

2、以实现技术创新、指标创新和管理创新为突破点，实现农村分散式生活污水工艺及装备的标准化、设备化、管理物业化。

3、从农村农业的特点和实际条件出发，实现农村污水治理的生态化，园林景观化，氮磷资源化。（本文根据“2012第二届中国农村与小城镇水环境治理论坛”录音整理）