

闫凯丽,吴德礼,张亚雷.我国不同区域农村生活污水处理的技术选择[J].江苏农业科学,2017,45(12):212-216.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.12.054

# 我国不同区域农村生活污水处理的技术选择

闫凯丽, 吴德礼, 张亚雷  
(同济大学环境科学与工程学院,上海 200092)

**摘要:**随着农村经济的发展,农村生活污水排放量急剧增长,成为水体污染的主要来源,因此农村生活污水的排放和处理是目前亟须解决的问题。我国地域辽阔、各地区农村经济发展水平、生产生活方式、人文地理特征等条件有很大差异,所以不同区域对污水处理工艺的选择不能统一,在选择工艺时应因地制宜,不能直接照搬城镇污水处理厂。根据各地区的经济、聚落、地形、气候条件,总结出各地农村污水的特点,并综述各地区现行污水处理工艺和针对地区特点进行的农村污水处理研究,提出不同地域农村生活污水处理存在的问题,总结适合各地区的农村污水处理技术。

**关键词:**农村生活污水;美丽乡村;村镇环境;污水处理;技术选择;区域;治理模式

**中图分类号:** X505      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2017)12-0212-04

目前我国大多数农村并没有完善的污水收集和处理设施,根据建设部的《村庄人居环境现状与问题》调查报告,我国 96% 的村庄没有排水渠道和污水处理系统,2012 年农村污水处理率仅为 8%<sup>[1]</sup>。大量未经处理的污水直接排放,对纳污水体和土壤造成了极大的污染,并且会严重威胁地下水安全和农村居民的身体健康。与城镇污水相比,农村生活污水有其自身特点,即面广分散、排放随意等,这些特点就要求农村生活污水处理不能直接照搬城镇污水处理技术或方式,必须建立适合农村特点的处理方法。目前关于农村污水处理技

术的研究很多,常用的技术见表 1。我国地域广阔,各地区气候、地形、经济水平都相差较大,所以在选择时须要充分考虑技术的经济性、实用性以及推广地区的气候、地形和经济条件。本研究对全国的气候、地形地貌、各地的经济水平以及人们的生活习惯进行总结,将全国划分为东南水系发达地区、华北平原地区、东北高寒地区、中南地形复杂地区、西北寒冷干旱地区和西南山地地区 6 个区域,综述了每个地区的农村污水处理现状,并根据各区域的特点因地制宜地提出适合该地区的污水处理技术和模式。

表 1 常用的农村污水处理技术

分类	基本原理	主要技术	适用范围	优缺点
好氧生物处理	利用好氧微生物进行生物代谢	SBR、A/O、生物滤池、生物膜法	常用于经济条件较好污水处理要求较高的地区	污水处理效果好,占地少;采用机械曝气,运行费用高
厌氧生物处理	利用厌氧微生物降解有机物	三格化粪池、沼气池	一般用于处理系统的最前端,适用于我国大部分地区	投资少、维护简单,有能量回收
土地处理系统 <sup>[2]</sup>	利用土地、植物和微生物协同去除水中的污染物	地下渗滤、人工湿地	常用于土地资源丰富的地区;不适用于高浓度污水的处理	处理效果好;水力负荷低;占地面积大;受气候影响较大
稳定塘系统	利用天然净化能力对污水进行处理	高效藻类塘、水生植物塘	适用于土地资源丰富的地区;对高温、高浓度的有机废水有很好的去除效果	能有效去除污水中的有机物和病原体;占地面积大、受气候影响大

## 1 东南水系发达地区

东南地区主要包括上海市、江苏省、浙江省、福建省、广东省、海南省,是我国工农业生产发达、经济产值和人均收入增长幅度最快的地区之一,因此该地区对农村生活污水的治理开展得较早,目前已有较完善的农村污水处理机制,污水处理覆盖面较广。

### 1.1 东南地区农村污水处理现状

江苏、浙江和广东的部分地区相对较早地开展了农村生活污水治理工作,目前已制定了初步的农村生活污水处理标准,并取得了一定的成效。江苏省在 2008 年开展农村环境连片整治,目前苏南地区多采用生物+生态的污水处理技术,苏中地区多采用一体化工艺,苏北地区采用接触氧化/人工湿地/生态塘组合工艺应用较多<sup>[3]</sup>。浙江省在 2003 年提出农村环境整治计划,并于 2014 年全面开展农村生活污水治理工作。浙江省 67 个县(市、区)的农村污水处理设施以中小规模为主,约 80% 的设施采用了无动力厌氧+人工湿地处理技术,以村镇自管的模式为主,出水一般可以达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 B 标准<sup>[4]</sup>。珠江三角洲地区的大部分村落都有一定规模的工厂,产生的污水直接排入河中,直接影响农村居民的生产生活。广州地区一共有 1 284 个行政

收稿日期:2016-03-07  
基金项目:国家科技支撑计划(编号:2015BAL01B03-04)。  
作者简介:闫凯丽(1991—),女,江苏徐州人,硕士研究生,主要从事水污染控制与资源化研究。E-mail:1531424@tongji.edu.cn。  
通信作者:吴德礼,博士,副教授,主要从事铁的反应性能及难降解毒性污染物处理研究。E-mail:wudeli@tongji.edu.cn。

村 7 181 个自然村<sup>[5]</sup>,从 2008 年开始对无法纳入城镇污水处理系统的农村区域实施污水治理建设,截至 2010 年 6 月 30 日已完成 281 个行政村生活污水治理,但对于数量较多的自然村的治理还比较少。

结合对东南地区农村污水处理研究的了解,针对污水处理工艺选择提出以下建议:江苏、浙江、上海和广东为代表的长三角、珠三角地区农村经济发达、人口密度大、土地资源紧张、水环境污染严重、水质性缺水问题突出,因此应选择处理效果好、占地面积小的好氧生物处理技术或采用生物生态相结合的方式<sup>[6]</sup>,例如接触氧化/人工湿地/生态塘<sup>[3]</sup>;而福建和海南等经济欠发达地区的农村则应优先采用运行成本相对低的微动力或无动力处理技术。

## 1.2 太湖流域农村污水治理

东南地区水系湖泊较多,2007 年太湖蓝藻的暴发使得太湖流域的农村污水处理成为研究的热点。很多学者对太湖流域的农村生活污水处理技术进行了研究,目前太湖地区建立了很多示范性工程,把这些工程按工作原理分类得到图 1,从图 1 中可以看出,50% 以上采用生物 + 生态技术来处理农村生活污水<sup>[7]</sup>。

很多学者根据太湖流域的特点提出改进工艺,薛利红等

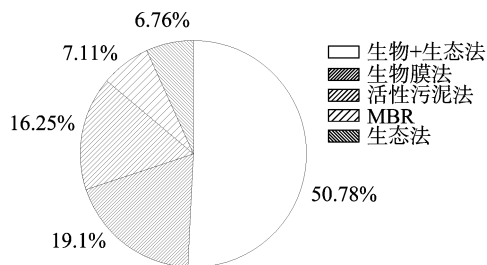


图1 太湖流域污水处理设施按工作原理分类<sup>[7]</sup>

在太湖流域稻田湿地设置了地表漫流式、串形沟灌渗滤式和弓形沟灌渗滤式 3 种布水方式,采用连续进水方式运行,不仅对总氮(TN)、总磷(TP)等污染物取得了较好的去除效果,并且弓形沟灌式还增产了 5.2%<sup>[8]</sup>。王学华等采用 A<sup>2</sup>/O + 组合人工湿地的生物生态结合工艺,工艺流程见图 2,经过 8 个月的运行检测,出水可达到《地表水环境质量标准》Ⅲ类标准<sup>[9]</sup>。人工湿地采用的植物为水生植物,冬季运行效果不佳,因此,张文艺等采用冬季可以生长的女贞、小叶女贞、红冬青和蕙兰陆生常绿植物,构建植物浮岛人工湿地对太湖地区农村生活污水进行处理,四季出水指标均可达《污水综合排放标准》一级 B 类排放要求<sup>[10]</sup>。

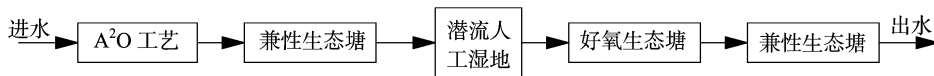


图2 A<sup>2</sup>/O + 组合人工湿地流程<sup>[2]</sup>

高效藻类塘是在稳定塘的基础上进行改进的一种工艺,相对于传统稳定塘生物相更丰富,处理效果更好,目前在美国、法国等国都有应用,同济大学黄翔峰等在太湖地区应用高效藻类塘处理农村生活污水,设计图 3 的多级处理装置,并在水生生物塘投放石膏填料进行强化,使出水的 TN 含量和 TP 含量分别保持在 5 mg/L 左右和 1 mg/L 以下<sup>[11]</sup>。

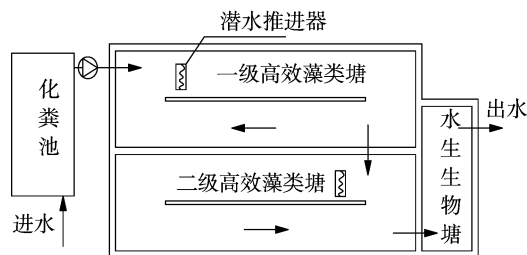


图3 多级高效藻类塘工艺<sup>[11]</sup>

## 2 华北平原地区

华北平原一般包括北京市、天津市、河北省、山西省、山东省大部 and 河南省北部,是我国重要的工业地区,经济相对发达。华北平原也是我国主要的农业区,农村耕地占全国的 1/5,农村人口众多,每年会产生大量的污水,具有污染物浓度低、人均日产生量小于南方、污水的排放量与收入水平有关<sup>[12-13]</sup>的特点。并且该地区水资源匮乏,所以提出合理的污水处理技术非常重要。

目前华北地区建立了很多示范性工程,通州区位于北京郊区,属于典型的华北缺水地区,采用的工艺有 3 种,即 BAAS 微动力全生物污水处理工艺、微动力水处理技术和厌

氧折流生物滤池 - 复合流人工湿地,经过长期运行验证可在我国北方大都市郊区农村推广应用<sup>[14]</sup>。张挺东等对比了几种常用的污水处理技术,结合山西南部地区的气候特征、水质特征、经济条件和给排水条件,提出对于生活污水产生量小、污染物浓度低的地区可采用人工湿地、土地渗滤处理技术,太阳能驱动等污水处理技术适用于水量中等、出水要求较高的处理需求,A/O 工艺等处理技术适用于经济条件较好、水量较大、污染物浓度较高的处理需求<sup>[15]</sup>。

除了对污水处理技术的研究外,华北地区也开始着重进行污水排放标准以及处理设施管理规范的制定。2012 年河北省在全省范围内推行以农村生活污水处理为重点的连片整治,2015 年初颁布《农村生活污水排放标准》,确定 11 项主要控制指标及限值,提出应根据村庄所处区位、人口规模、聚集程度、地形地貌、排水特点及排放要求,结合当地经济承受能力等,采用适宜的污水收集和处理模式,为开展农村污水治理工作提供依据。

## 3 东北高寒地区

### 3.1 区域及农村污水特征

东北地区气候条件为中温带和寒温带,四季分明,地形复杂。与发达地区相比,经济相对落后,并且经济发展不平衡,农村生活污水具有水量偏少且水质变化大的特点。由于我国污水处理起步较晚,在东北寒冷地区尚无成熟的污水处理示范工程,并且寒冷地区的污水处理还面对很多困难:(1)冬季低温导致一些污水处理技术不适用于该地区;(2)农村污水处理资金缺口巨大;(3)农村生活污水处理建设标准尚未明确建立,缺乏建设验收规范和长期运行效果的监测、监管体制。

### 3.2 污水处理技术研究进展

东北地区经济较落后,并且污水排放量小,所以以生态技术为主体的工艺比较适合该地区,但东北地区冬季气温偏低,导致人工湿地等生态处理工艺运行效果不佳,为了克服气温条件的影响,很多学者对此进行了改进,主要提出以下几种方案:(1)冬季气温低,水的黏度增大,扩散系数降低,导致氧传递速率下降,植物和微生物的代谢下降,有机颗粒积累,从而导致基质堵塞,影响人工湿地的处理效果<sup>[16]</sup>。孙楠等采用凹凸棒土与传统稳定塘相结合,在低温条件下出水可达到二级排放标准<sup>[17]</sup>。哈尔滨工业大学提出寒冷地区冬季人工湿地主要依靠填料对污染物进行降解,可以通过选择合适的填料解决人工湿地冬季运行效率低的问题,试验发现主体填料为沸石的人工湿地对于 TN、TP 的去除率在低温条件下仍可保持较好的去除率<sup>[18]</sup>。卓峰提出,基质填料的组成和配比对人工湿地稳定运行起到关键作用,验证人工湿地在寒冷地区采取改进措施后可以有效运行<sup>[19]</sup>。(2)冬季时人工湿地只作为储水池,不对污水进行处理,夏季再进行处理。唐抒圆在吉林地区采用潜流式人工湿地和表面流人工湿地串联的工艺对农村污水进行处理,冬季人工湿地用来储存污水,基本不出水,取得了较稳定的处理效果<sup>[20]</sup>。(3)改进湿地结构。马放等提出将人工湿地设计成双层构造,夏季依靠上层植物、微生物、基质的联合净化功能,冬季上层湿地充当保温层,依靠地下植物根系、基质吸附和微生物的代谢作用发挥净化效能;另外,又向湿地中投加高效低温功能菌,改善低温期活性物微生物群落,促进水体营养物质的良性循环。经过运行验证,该系统可以在东北高寒地区全年运行<sup>[21-22]</sup>。大连理工大学对平流湿地进行优化,构建水控制室-水平潜流人工湿地-景观蓄水塘的人工湿地系统,对所有管道进行适当深埋处理,并采取垫层保温措施,优化设计双层穿孔布水管,并在湿地中间设置挡墙和水位调节井,以强化人工湿地布水的均匀性,使人工湿地在冬季也可以取得较好的处理效果<sup>[23]</sup>。(4)采取保温措施。目前采用比较多的有植物覆盖、冰雪覆盖、薄膜法或温棚覆盖。通过比较,薄膜保温法具有出水水质好、操作简单、成本低的优点,比较适合在我国北方地区推广应用<sup>[24]</sup>。(5)种植耐寒植物。人工湿地多种植芦苇、香蒲、茭白和灯芯草等湿地植物<sup>[25]</sup>,在冬季低温时,湿地植物易出现休眠现象,根系微生物代谢缓慢,导致湿地处理效率下降。因此,如何选择适合冬季气候条件的植物、提高低温条件下人工湿地对水中污染物的处理效率也是人工湿地研究领域的一个重要内容。

## 4 中南地形复杂地区

### 4.1 中南地区特征

中南地区包括湖北、湖南、安徽和江西,该区域地形地貌复杂,包括山地、丘陵、岗地和平原等。农村人口数量、村镇数量和人口密度均较大,很多行政村位于重要水系(如淮河、巢湖、鄱阳湖、洞庭湖等)流域,大量未经任何处理的农村生活污水直排,对水环境影响较大。该地区经济总量在全国处于中等偏下水平,区域内经济发展不平衡,农民生活方式、水平差异较大。

### 4.2 污水处理技术选择及研究进展

中南地区地形复杂,山地、丘陵较多,所以在设计污水处

理系统时可以充分利用当地地形。白振光等对湖北山区农村进行调研,充分利用原有的陡坡地势,设计了人工湿地结合厌氧和跌水接触氧化的复合处理工艺,出水水质优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 B 类排放标准<sup>[26]</sup>。

中南地区除了山地较多,还集中了我国较大的淡水湖鄱阳湖和巢湖。江西省从 1991—2011 年逐步推进新农村建设,采取了改水、改厕等措施,农村生活污染物排放量也随之增长 12.68%<sup>[27]</sup>。同时,由于污水管网不齐全,很多污水、化粪池废水直接排入水体,导致鄱阳湖流域严重污染。江西地区处于秦岭-淮河以南,冬季平均气温高于 0℃,适合采用人工湿地技术。向速林等针对鄱阳湖流域农村生活污水的处理设计了生物接触氧化与人工湿地技术相结合的组合工艺,出水水质稳定,达到国家一级排放标准<sup>[28]</sup>。

巢湖位于长江中下游左岸,农村生活污水处理率低,大量生活污水已经成为巢湖水体富营养化的重要贡献来源<sup>[29]</sup>。目前,巢湖地区也设置了农村生活污水示范工程的典型示范村,主要有分散式厌氧-人工湿地集中处理、三水分离处理、污水收集集中处理和一体化设备集中处理等 4 种模式<sup>[30]</sup>,对巢湖地区农村污水处理技术的推广起到了示范作用。然而示范村大多经济条件较好,且已建立较完善的污水收集管网,但巢湖流域的大多数地区并没有完善的污水收集管网,所以推广仍存在一定难度。

总的来说,中南地区可以秦岭-淮河为界划为秦岭以南和秦岭以北,河南和安徽北部属于秦岭以北,用水量较小且经济欠发达。这些地区农村大部分采用旱厕或有家禽畜养,有利用厩肥施用农田和菜地的习惯,农村污水很少外排,排放的少量污水可考虑采用化粪池或厌氧生物膜反应池进行简单的处理。秦岭-淮河以南农村多傍水而建,池塘往往成为接纳水体。这些地区可利用现有的池塘采用多塘技术或者人工湿地系统。

## 5 西北寒冷干旱地区

### 5.1 地理特征及农村污水特征

西北地区地形以高原、盆地和山地为主,冬季严寒而干燥,夏季高温,降水稀少,气温的日较差和年较差都很大。该地区水资源匮乏,村民的用水量也较少,随着新农村建设的推进,自来水普及率增加,部分经济条件较好的村庄普及了马桶、淋浴等卫生设施,使得用水量不断增加,这直接导致农村排水量增大。

### 5.2 工艺探讨

西北地区的生态条件脆弱,一些传统生态技术并不容易推行,所以须要在传统生态处理技术的基础上进行改进,以适应当地的气候条件,例如在冬季采用植物覆盖和薄膜覆盖联合的保温方法,使其能够用于关中地区的农村污水处理<sup>[31]</sup>。王莉芳等对不同湿地植物进行了比较分析,提出可以多种植陆生木本植物作为湿地植物<sup>[32]</sup>。黑麦草虽为陆生植物,但环境适应性强、耐水、根系发达,具有作为湿地冬季植物的理论可行性,对黑麦草人工湿地冬季和春季处理效果进行调研发现,人工湿地在非结冰期,黑麦草系列人工湿地出水可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》中的二级标准<sup>[33]</sup>。

陕南地区虽然地处西北但又与西北地区的干旱不同,该地区水资源丰富,与南方地区相近,但气温仍偏低且经济较为

落后,所以也不能直接照搬南方地区的工艺。崔晨对陕南地区农村污水的水质、水量、排放方式及处理技术进行了系统的调研,提出应根据村落规模对污水处理技术进行选择<sup>[34]</sup>。

## 6 西南山区

### 6.1 区域特征及污水特征

西南地区包括广西、云南、贵州、四川、西藏等地,地形复杂,以丘陵、山地、高原为主;气候类型多样,大部分地区属于亚热带、热带季风气候。西南地区经济在全国处于中下水平,农村人口众多。该地区也是我国少数民族聚集的地区,具有独特的人文风光使该区域成为旅游的热点区域<sup>[35]</sup>。因此,以农家乐为代表的旅游得到快速发展,与此同时农村生活用水量也迅速增长,很多农村污水因为没有处理措施直接排入河流,对当地的生态环境造成极大的破坏,可见推行负荷当地实际的污水处理措施刻不容缓。

### 6.2 污水处理技术研究现状

西南地区是农村水污染控制技术较为薄弱的地区。目前,该地区农村污水治理主要集中在经济发达的村落和旅游业发达的村落,其他区域还未开展农村污水治理工作。重庆市农村地区住户居住较为分散,地形差异大,经济水平不高,其生活污水具有水质、水量日变化系数和时变化系数均较大的特点,重庆大学三峡生态实验室提出了3种适合重庆市农村生活污水处理的经济适用技术,包括高效藻类塘、复合型人工湿地和净化沼气池-人工湿地技术<sup>[36]</sup>。这3种工艺都可以达到较好的去除效率,并且建设和运行费用比较低,比较适合重庆农村污水的处理,可以先作为示范性工程运行推广。

三峡库区因为受到长江三峡工程影响成为西南地区的一个特殊区域,三峡库区农业比重大,库区农村人口将近占总人口的90%<sup>[37]</sup>,农村污水是水体污染的重要来源,并且三峡库区生态脆弱,所以对农村生活污水的治理显得尤为迫切。由于三峡库区的经济条件有限,因此在选取适合三峡库区典型农村的生活污水处理技术时,应遵循处理成本低廉、处理效果稳定、技术操作简单的原则,宋官勇对库区典型的山地村落提出了厌氧生物接触池+跌水充氧接触氧化渠组合工艺、厌氧生物接触池跌水充氧+接触氧化渠表面流+潜流人工湿地2种工艺,经过8个月的运行监测,出水均达到了二级标准,气候和气温的变化对其影响不大<sup>[37]</sup>。

根据上述研究并结合西南地区污水处理现状<sup>[38]</sup>,对西南地区农村污水处理技术的选择提出以下建议:广西、云南2地生态资源丰富,气候温暖,可以选择人工湿地系统;贵州地区地势陡峭,缺水少雨,可推广跌水式生态工艺;四川地区地形复杂,气候多样,经济基础条件参差不齐,应考虑将生态工艺与生物工艺联合使用。总体而言,在经济条件较好的地区,铺设管网修建城镇集中式污水处理厂,在经济条件一般的地区采用厌氧与人工湿地的组合工艺,在无充足土地资源或排水要求较高的山区或景区可以采用微动力曝气的一体化设备。

## 7 小结

我国地域广阔,各地区农村经济发展水平,生产、生活方式,人文、地理特征等条件有很大差异,所以各地区对污水处理工艺的选择不统一。本研究经过对各地区的污水特征及处

理现状的了解,总结出不同地域特征下处理工艺的选择,以利于因地制宜地处理农村生活污水。我国经济发展不平衡,经济水平是决定污水处理工艺选择的重要因素,我国东南地区经济发达,人口密集,可以优先选择以好氧处理工艺为主体的一体化处理工艺,但也不代表可以直接照搬城镇污水处理工艺。经济较发达地区,可以采用微动力处理技术;经济落后地区,可以采用运行费用低、管理维护简单的生态处理技术如土地渗滤系统、人工湿地系统。由于我国经纬度跨度比较大,所以各地气候有很大差异,大部分北方地区,冬季气温低,这将导致人工湿地等生态处理工艺处理效率大大下降,所以对于东北、华北、西北地区可以选用地埋式、潜流式处理工艺,或者对原有工艺进行改良,尽量减小温度对工艺运行的影响;对于南方地区在冬季也可以适当采用一些保温措施。我国地形差异也很大,在选择处理技术时也应充分考虑地形因素,对于西南等多山地区,可以利用地形优势,采用跌水式生态工艺。

## 参考文献:

- [1] 张鑫,武瑞颖. 我国北方农村水环境污染研究[J]. 环境工程, 2015, 33(增刊1): 248-250.
- [2] 郝前进,郭思,张苹. 农村生活污水土地处理示范项目的可推广性研究——以上海为例[J]. 环境科学与管理, 2010, 35(5): 80-82, 109.
- [3] 阮晓卿,蒋岚岚,陈豪,等. 江苏不同地区典型农村生活污水处理适用技术[J]. 中国给水排水, 2012, 28(18): 44-47.
- [4] 徐志荣,叶红玉,卓明,等. 浙江省农村生活污水处理现状及对策[J]. 生态与农村环境学报, 2015, 31(4): 473-477.
- [5] 陈燕霞. 广州市农村生活污水治理探讨[D]. 广州:华南理工大学, 2012: 2-6.
- [6] 王俞薇,顾科菲,朱筱洁,等. 沼气池与人工湿地净化农村生活污水的效果[J]. 浙江农业科学, 2010(5): 1091-1093.
- [7] 龙珍,张亚平,管永祥,等. 江苏省太湖流域农村生活污水处理设施建设情况剖析[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(11): 220-224.
- [8] 薛利红,杨林章. 太湖流域稻田湿地对低污染水中氮磷的净化效果[J]. 环境科学研究, 2015, 28(1): 117-124.
- [9] 王学华,张娜,苏祥,等. 人工湿地组合工艺对太湖三山岛农村生活污水的脱氮效果[J]. 环境工程学报, 2014, 8(10): 4313-4318.
- [10] 张文艺,姚立荣,王立岩,等. 植物浮岛湿地处理太湖流域农村生活污水效果[J]. 农业工程学报, 2010, 26(8): 279-284.
- [11] 黄翔峰,何少林,陈广,等. 高效藻类塘系统处理农村污水脱氮除磷及其强化研究[J]. 环境工程, 2008, 26(1): 7-10.
- [12] 张磊,裴国霞,张玉华,等. 华北平原地区农村生活污水产污特征研究[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(2): 410-415.
- [13] 张磊. ABR-土壤净化槽处理华北平原地区处理农村生活污水实验研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2012: 16-20.
- [14] 张蕾. 通州区农村生活污水处理适用技术的调查与分析[D]. 天津:天津大学, 2010.
- [15] 张挺东,徐明德,郝晶. 山西省南部地区农村生活污水治理技术研究[J]. 能源与节能, 2015(1): 106-107.
- [16] 尹炜,李培军,裘巧俊,等. 植物吸收在人工湿地去除氮、磷中的贡献[J]. 生态学杂志, 2006, 25(2): 218-221.
- [17] 孙楠,田伟伟,李晨洋. 凹凸棒土-稳定塘工艺提高严寒地区农村生活污水处理效果[J]. 农业工程学报, 2014, 30(24): 209-215.

周 配,张 磊,方亚坤,等. 静息细胞生物转化甘油生产甘油酸[J]. 江苏农业科学,2017,45(12):216-219.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.12.055

# 静息细胞生物转化甘油生产甘油酸

周 配,张 磊,方亚坤,高 岩,刘宇鹏

(河南大学生命科学学院,河南开封 475004)

**摘要:**在单因素试验基础上,利用响应面设计法对日本葡萄糖杆菌(*Gluconobacter japonica*) HD1025 静息细胞转化甘油合成甘油酸的条件进行优化,并建立了各因素与甘油酸产量之间的数学模型。结果表明,采用静息细胞转化法生产甘油酸取得了较好的效果,且静息细胞浓度、甘油浓度、反应时间以及温度等对甘油酸产量均有不同程度的影响。响应面预测产甘油酸的最佳工艺为静息细胞浓度 0.67%、甘油浓度 160.74 g/L、温度 30.10 ℃、pH 值 7.0、反应时间 3 d,此时甘油酸产量为 33.83 g/L,与响应面极值吻合,表明优化方案达到了预期效果。

**关键词:**响应面设计;静息细胞;甘油酸;甘油

**中图分类号:** S188 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)12-0216-04

随着化石能源的大量使用,石油等能源储量的减少,人们越来越关注可再生资源的开发,并且开始投入大量的精力来研发各种可以代替石油等化石燃料的可再生资源,其中生物能源的开发就是一条途径。然而在生物燃料的生产过程中会产生大约 10% 的副产物——甘油<sup>[1-2]</sup>。因此,在过去的 10 年间,越

来越多的研究者开始探索能够将甘油转化成更有价值的化学物质的方法,其中利用微生物发酵法生产甘油酸就是一条重要的途径,微生物法生产甘油酸具有对环境温和、产量高、方法简便而且产物具有立体选择性等优点,因此越来越受到关注。

甘油酸作为一种有机酸普遍存在于自然界各种各样的植物中,其衍生物(3-磷酸甘油酸)作为一种代谢产物存在于人体内。甘油酸及其衍生物具有很多的生物学功能,例如在人体内 D-甘油酸能促进乙醇分解代谢,有文献报道称在狗体内的甘油酸具有胆固醇活性和肝兴奋剂的功能<sup>[3]</sup>。甘油酸衍生出的酯类低聚物能表现出抗胰蛋白酶活性<sup>[4]</sup>。在食品方面,甘油酸可以作为一种食品添加剂。所以氧化甘油生产甘油酸,既可充分利用生物燃料行业的废弃物,又具有很大

收稿日期:2016-03-02

基金项目:河南省科技厅攻关项目(编号:152102210255);河南省高校青年骨干教师资助计划(编号:2014GGJS-157)。

作者简介:周 配(1991—),男,河南开封人,硕士研究生,研究方向为生物化工发酵工程。E-mail:401257402@qq.com。

通信作者:刘宇鹏,博士,教授,主要从事发酵工程和生物催化研究。Tel:(0371)23887799;E-mail:liuyupenglw@126.com。

- [18]肖 婷. 寒冷地区人工湿地基质的筛选及净化效能研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2010:43-46.
- [19]卓 峰. 人工湿地技术在寒冷地区的应用[D]. 北京:北京化工大学,2007.
- [20]唐抒圆. 人工湿地处理低温地区农村污水的工程设计与运行效果分析[D]. 长春:吉林大学,2014:28-41.
- [21]马 放,郭静波,赵立军,等. 生物强化工程菌的构建及其在石化废水处理中的应用[J]. 环境科学学报,2008,28(5):885-891.
- [22]Ma F,Guo J B,Zhao L J,et al. Application of bioaugmentation to improve the activated sludge system into the contact oxidation system treating petrochemical wastewater[J]. Bioresource Technology, 2009,100(2):597-602.
- [23]朱 林. 寒冷地区水平潜流人工湿地的优化设计[D]. 大连:大连理工大学,2013:31-48.
- [24]谭月臣,姜冰冰,洪剑明. 北方地区潜流人工湿地冬季保温措施的研究[J]. 环境科学学报,2012,32(7):1653-1661.
- [25]Vymazal J. The use of sub-surface constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic 10 years experience[J]. Ecological Engineering,2002,18(5):633-646.
- [26]白振光,陈现明. 人工湿地在山区农村生活污水处理中的应用与工程设计[J]. 环境工程,2014,32(1):14-15,45.
- [27]刘聚涛,钟家有,付 敏,等. 鄱阳湖流域农村生活区面源污染特征及其影响[J]. 长江流域资源与环境,2014,23(7):970-976.

- [28]向速林,周文斌. 鄱阳湖区域农村生活污水控制技术试验研究[J]. 江苏农业科学,2009(2):299-300.
- [29]孙兴旺. 巢湖流域农村生活污染源产排污特征与规律研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2010:8-9.
- [30]黄治平,张克强,沈丰菊,等. 巢湖流域农村生活污水处理技术模式调查和分析[J]. 农业环境科学学报,2012,31(1):179-184.
- [31]朱海波,梅凡民,赵秋利. 人工湿地在关中农村生活污水治理中的应用[J]. 陕西农业科学,2015,61(1):93-96.
- [32]王莉芳,李欧桐,梁宇彤,等. 基于人工湿地法的秦岭北麓污水处理方案选择[J]. 价值工程,2015,34(7):258-259.
- [33]任勇翔,杨春辉,孙军峰,等. 冬小麦和黑麦草作为寒冷季节人工湿地栽培作物处理城市污水效果研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版),2012,44(5):714-719,735.
- [34]崔 晨. 陕南地区农村生活污水处理技术集成研究[D]. 西安:西北大学,2012:10-12.
- [35]镇 建. 农村生活污水处理技术指南——西南篇[N]. 中国建设报,2011-07-08(005).
- [36]郑 伟,邓晓莉,翟 俊,等. 重庆市农村生活污水处理经济适用技术探讨[J]. 三峡环境与生态,2011,33(2):43-46.
- [37]宋官勇. 三峡库区分散型村落生活污水处理模式与技术研究[D]. 重庆:西南大学,2013.
- [38]吴悦悦. 浅谈中国西南农村地区生活污水分散式处理现状[J]. 四川环境,2015,34(5):99-105.