



豫东平原区农村生活污水治理模式与技术探析

董金凯¹ 范彬² 崔景立³ 石丹丹¹ 张汇杰¹

(1 河南华天中图建筑规划设计有限公司, 郑州 450046; 2 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085;
3 机械工业第六设计研究院有限公司, 郑州 450007)

摘要 梳理了河南省开展农村生活污水治理的状况。对豫东平原区的农村人口、村庄形态、土地利用、产业发展和生态敏感性进行了深入剖析。在此基础上,探索性地提出了在豫东平原区开展农村生活污水治理的适宜技术,可为类似地区开展农村生活污水治理提供借鉴。

关键词 豫东平原区 农村生活污水 治理技术 现代田园循环模式 卫生厕所

中图分类号: TU992 文献标识码: A 文章编号: 1002-8471(2020)S1-0576-05

DOI: 10.13789/j.cnki.wwe1964.2020.S1.130

Exploring and analysis of the rural domestic wastewater treatment modes and technologies in the eastern plain of Henan province

Dong Jinkai¹, Fan Bin², Cui Jingli³, Shi Dandan¹, Zhang Huijie¹

(1. Henan Huatian Zhongtu Architecture, Planning and Design Co., Ltd., Zhengzhou 450046, China; 2. Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 3. NO.6 Institute Co., Ltd., of Project Planning & Research of Machinery Industry, Zhengzhou 450007, China)

Abstract: A brief review of domestic wastewater treatment in rural region of Henan province was presented. Several conditions in the eastern plain of Henan province were analyzed deeply, such as the permanent resident population, village distribution pattern, land use, industry development, ecological sensitivity et al. On that basis, Several appropriate technologies of rural domestic wastewater treatment in the eastern plain of He'nan province were put forward innovatively. Those can provide reference for similar areas to develop domestic wastewater treatment.

Keywords: Eastern plain of Henan province; Rural domestic wastewater; Treatment technology; Modern home-farm cycle; Sanitary toilet

0 引言

目前,河南全省已建设 2 499 套农村生活污水处理设施,配套管网 2 587 km,农村环境面貌得到一定程度的改善^[1]。但是,河南省是农业大省,村庄众多,截至 2017 年底,全省行政村数量为 43 096 个,自然村数量为 170 784 个^[2];农村人口基数大,农村户籍人口 5 409 万人,常住人口 4 764 万人^[3];农村居民收入低,家庭人均可支配收入为 12 719

元^[3],比全国平均水平低 5.3%。全省建制镇的污水处理厂集中处理率仅为 12.27%,乡污水处理厂集中处理率仅为 7.11%^[2];全省建设污水处理设施的村庄不足 5%,处理能力普遍较低,普遍在 100 m³/d 以下^[1];而多数农村仍未建设任何污水处理设施,尤其是以农业种植为主要产业的豫东平原区。

豫东平原区主要包括开封市、周口市、商丘市和驻马店市的东部(平舆县、新蔡县)等地区。该区域



属于淮河流域,农村户籍人口基数大,村庄密布且普遍较大,但是由于没有良好的新型产业作为支持,从 2010 年以来,人口加剧外流,村庄空心化严重。

在该区域开展农村生活污水治理,应针对这些因素区别对待,以下通过对相关问题的剖析,提出了适宜的治理技术,对于在该区域开展相关工作,提供了较好的指导作用。

1 豫东平原区农村现状剖析

1.1 人口状况

豫东平原涉及的开封市、周口市、商丘市和驻马店市 4 省辖市,自 2010 年以来各市总常住人口一路走低,人口外流严重,且城镇化率逐年提升,造成农村人口不断外迁。通过对 2010 年以来相关统计数据进行分析,可以明显的看出,豫东平原四市及四个代表性的直管县市(兰考县、永城市、鹿邑县和新蔡县),农村实际常住人口逐年降低,见图 1。

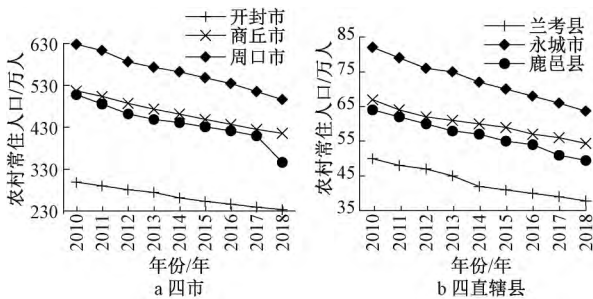


图 1 豫东平原农村常住人口变化趋势

Fig.1 Change trend of rural resident population in Henan eastern plain

改革开放以来,河南省产生了大量农村剩余劳动力,人口开始外流,并呈现三个不同阶段,20 世纪 90 年代以前为第 1 阶段,人口主要流向乡镇企业;1990 年至 2010 年为第 2 阶段,人口主要流向东南沿海;2010 年以后为第 3 阶段,随着中原经济区的快速发展,人口主要流向以郑州为中心的都市圈城区^[4]。这三个阶段的农村人口的外流,除了剩余劳动力的输出,同时也伴随着全省城镇化的快速提升。截至 2018 年底,河南省常住人口城镇化率达到了 51.71%^[5];开封、周口、商丘和驻马店四市的城镇化率也分别达到了 48.9%、43.3%、42.8%和 44.1%。随着郑州作为国家级中心城市的引领和吸纳,及各省辖市、县市城镇化水平的持续提升,河南省农村常住人口将进一步萎缩,而豫东平原区作为农业人口

集中区,其人口也必将进一步向城镇迁移。

1.2 村庄分布形态

豫东平原区村庄分布密集,自然村庄面积相对于豫南、豫西、豫西北等丘陵区 and 山区普遍较大,户籍人口普遍在 500~4 000 人,整体呈斑块状、均质化分布。该分布形态,是适用于传统小农生产模式而自发形成的。这与现代化的集约型居住和生产方式是不协调的。因此,在豫东平原区村庄分布形态难以在近期改变的情况下,对于该区域的农村生活污水治理,不适于照搬城镇化的模式,特别是重力流污水管网收集+污水处理厂站形式。

1.3 土地利用情况

在国家严格实行永久基本农田保护制度的框架下,为进一步支撑城镇化建设和集约型、规模化的现代农业生产,开展土地整理和迁村并建,收紧豫东平原区村庄占地将成为必然趋势。

另一方面,豫东平原区各村庄却又形成大量的空废化宅院,这主要因为:部分居民外迁,常住人口流失;交通工具和生产方式的更新,使得年轻人更倾向于沿交通主干道新辟宅院;长期缺乏空废宅院的整合、重构体制机制^[6]。

在此情况下,若实施大规模的重力流污水管网建设,污水的收集量非常有限,其创造的环境和社会效益极难平衡其经济投入,且很可能随村庄人口进一步流失、土地整理和迁村并建而废弃。

1.4 产业发展状况

从 2006 年国家提出“一村一品”工程以来,农业产业发展持续受到政策的大力支持,后来又陆续提出培养专业村、镇,大力发展合作社,农业现代化,农村一二三产融合发展,实施乡村振兴战略,创新农业经营体系,推进镇域产业聚集,等一系列举措。然后,在豫东平原区,以传统分散型农业种植为主的生产方式,正在持续走向衰落,已是不争的事实。

豫东平原区的农田,天然被村庄分割为碎片状,极不利于开展大规模的现代化农业生产。农田被村庄分割的现状将会逐步被打破,取而代之的则是与集约化、规模化的现代农业产业相配套的居住和生产方式。在此情况下,若不对村庄建设用地开展集约化的规划和整治,而直接按传统模式敷设重力流污水管网进行污水收集和处理,则面临很大的风险。



同时豫东平原区农业规模大、种植类型丰富,要保证其产业的可持续发展,应积极探索应用能够对农村污水进行资源化利用的技术。

1.5 生态敏感性分析

豫东平原区属于淮河流域,地势平坦,水环境功能较为单一。其中主要水系为贾鲁河、惠济河、包河、大沙河、沱河、涡河、颍河、汝河和洪河等,无大中型水库、湖泊,无国家级、省级自然保护区。因此,豫东平原区的生态敏感性较低。

根据《河南省水环境功能区划》,该区域的水环境功能区划为Ⅲ~Ⅴ类。已划定水环境功能的河道均为淮河的一级或者二级支流,而豫东平原区的农村生活污水经处理的尾水直接排入这些河道占比较低。多数情况下,尾水将排放至沟渠、坑塘等水环境功能未明确的水体。根据《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》(DB 41/1820-2019)的要求,在此情况下执行三级标准,这对豫东平原区农村生活污水治理的常规污染物去除率的要求是比较低的。因此,在豫东平原区开展农村生活污水治理,采用工艺简单、管理方便、投资和运维费用较低,而污染物去除率相对低一些的技术,基本能满足环保要求。

2 豫东平原区农村生活污水治理适宜模式与技术

2.1 纳管治理模式

根据国土空间规划的相关政策要求,今后,所有城镇要划定明确的开发边界线,边界线外围区域,严格限制开展大规模的城镇化、工业化建设。对于豫东平原区,这势必造成临近城镇开发边界线的区域,会天然分布有大量的村庄。而按照城镇基础设施共享的原则,临近城镇开发边界的村庄,其生活污水应优先考虑纳入临近的市政污水管道,并汇入城镇污水处理厂进行集中处理。

在各城镇划定其开发边界线后,边界线内在一定时间段内,仍会有不少村庄存在。根据当前的城镇开发建设理念,在城镇开发建设区内的村庄,也要避免大拆大建,而是按照以人为本的原则适度、适时,采用适宜手段进行提升和建设。在豫东平原区,这类情况在今后一定时期内也大量存在。而作为一种临时性治理措施,在这类村庄开展生活污水治理,势必适用于采用临时性技术手段,对污水进行合流

制截流式或者不完全分流制地收集,然后纳入城镇污水系统进行集中处理。

2.2 现代田园循环模式

现代田园循环模式是中国科学院生态环境研究中心范彬教授及其团队在传统田园循环模式基础上提出的新型厕所革命的技术路线。自古以来,我国都是把厕所粪尿经过积肥或堆肥后用于农业生产,并进行田园循环。现代田园循环模式应用先进的室内卫生技术、室外收集技术和末端资源化利用技术,对整个传统的田园循环模式进行了全面的改造。其中最主要的是利用了抽吸式管道排放与收集的技术。室内主要是两种卫生设备,一个是抽吸式便器,另一个是抽吸式厨洁器。抽吸式便器的功能及外观与普通水冲厕所一样,只不过每次冲厕用水量只有0.5~1.0 L,是普通水冲厕所的1/12~1/6。抽吸式厨洁器与普通的厨余垃圾处理器也相似,其作用是将餐厨垃圾粉碎后用1:1的清洁水排入抽吸式管道。抽吸式便器和厨洁器都连接在抽吸式管道上,后端连接抽吸式泵站,为高浓度废物的管道输送提供动力。由于高浓度收集的厕所废物和餐厨废物的总量很小,加之抽吸式管道对水力坡度没有要求(甚至可以从低处向高处排水),因此抽吸式管道的建造成本(连同抽吸式泵站)只有常规重力排水管道的1/2。洗涤废水可以就近就地排入房前屋后设置的生态净化装置,用很低的成本满足卫生排水、净化处理或再生回用的要求,也可与现有的雨水排水系统合并排水,然后通过自然的或人工强化的生态措施进行净化。由于不再混入餐厨垃圾,其余的固体废物可以很容易地在室内进行分类,有用的物品适当存放,定期作为资源回收,少量的无回用价值或必须进行异地处理的废物才需要通过“村收集、镇转运、县处理”的方式进行集中处理,因此垃圾收运处理的成本可以降低90%。其中,灰水则经过强化过滤或生物处理后排放到周边环境中去。其技术路线见图2。现代田园循环模式在江苏省已有良好的应用案例^[7]。

该技术将农村生活污水及厨余垃圾最大限度地资源化,与当前国家大力倡导垃圾分类和回收利用政策非常契合。现代田园循环模式通过一个系统实现了厕所革命、污水和垃圾的治理,其建设总成本

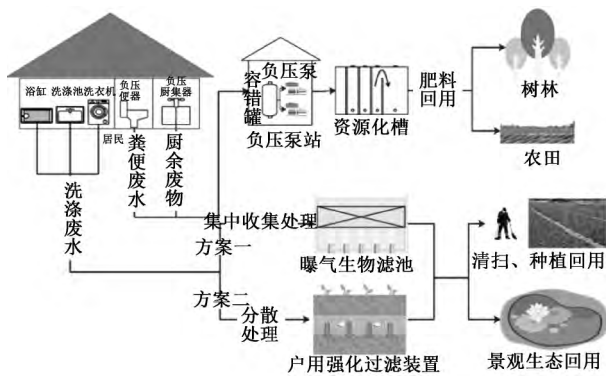


图 2 现代田园循环模式的技术路线

Fig.2 Technical route of modern home-farm cycle

要比现有的污水和垃圾处理模式降低 30%~40%，运行成本可以降低 60%，而且节水、节电（户均耗电量低于 0.2 kW·h/d），所收集的高浓度粪尿与餐厨垃圾经过厌氧发酵后用作有机肥，可以助力生态农业发展，创造更大的健康与环境价值^[8]。

豫东平原区村庄居民点多，且均匀分散在农田生态系统中。采用基于负压源分离技术的现代田园循环模式，可将该地区农村生活污水、生活垃圾变废为宝，实现农业生态系统的良性循环。因此，在豫东平原区开展农村生活污水治理，现代田园循环模式无疑是最佳选择。

2.3 非水冲卫生厕所+粪污回田临时措施

从 2017 年起，河南省开始大力实施“厕所革命”。2018 年度，已改造农村户用卫生厕所达 200 万户^[9]。2019 年和 2020 年则计划要分别完成 300 万户，以实现 2020 年农村户用无害化卫生厕所普及率达到 85% 左右目标^[10]。实施“厕所革命”是中共中央和国务院大力倡导的，河南省各级政府也非常重视，这使得卫生厕所在河南省的农村得到大力推广和实施。

根据《农村户厕卫生规范》(GB 19379—2012) 的相关规定，卫生厕所包括包含三格化粪池厕所、双瓮漏斗式厕所、三联式沼气池厕所、粪尿分集式厕所、双坑交替式厕所和具有完整上下水道系统的水冲式厕所等共计 6 种。其中第 6 种是当前城镇中广泛使用的形式，但其用水量大，一旦实施后，需配套重力流污水管网收集系统和污水处理场站，投资和维护成本巨大，管理难度大^[7]，在河南省广大农村特别是农业集中度高的豫东平原区现阶段是不适宜

的。前述第 1~5 种形式，即为国家及相关领域技术专家着力推荐的非水冲式卫生厕所。其具有节约用水、能够将粪污直接进行资源化利用的优势，属于传统田园循环模式的范畴。

河南省推进厕所改造的过程中，主要采用政府免费发放三格化粪池和蹲便器一套，由农户自家出工进行土建施工，产品厂家负责安装的形式开展。因此，使得许多农户实际未建成三格化粪池厕所，而成为“水冲式蹲便器+三格化粪池”。这种形式，单次冲水量为 5~6 L，1.5 m³ 有效容积的化粪池，只能供一个 4 口之家使用 15 天左右，无法满足粪污的厌氧发酵时间，从而也达不到卫生标准要求。这与推行卫生厕所初衷是基本相悖的。而所谓三格化粪池厕所，是指其便器设置于化粪池上方，或者用很短的管道进行连接，单次冲水量小于 2 L、化粪池贮留粪便的有效时间不小于 30 d 的卫生厕所。

对于豫东平原区，村庄被广阔的农田所包围，实施卫生厕所改造后的村庄，其粪污经简单的处理后，直接回田，或者在村庄内设置集中的堆肥中心经进一步堆肥发酵后再回田，在一定阶段内是方便、经济且有效的。但由于卫生厕所在推进、建设过程中存在较多问题，其本身也非现代化的卫生模式。因此，在豫东平原区，非水冲卫生厕所+粪污回田，可作为资金和技术未到位情况下的临时措施。

2.4 微型一体化污水处理设备

微型一体化污水处理设备，是具备 AO、AAO、生物接触氧化、生物滤池或 MBR 等工艺特征，并高度集成化、小型化的污水处理设施。其通常采用铸铁、不锈钢、玻璃钢、PP、PE 或 FRP 等材质，在工厂批量生产，现场直接安装使用。一般适用于单户或多户联合处理生活污水。

在运行良好的条件下，其出水可达到《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》(DB 41/1820—2019) 的三级标准或《农田灌溉水质标准》(GB 5084—2005) 的相关规定，从而排放至环境中或者用于农田灌溉。

鉴于豫东平原区，农村常住人口逐渐减少、村庄空心化越来越严重，采用微型一体化污水处理设备进行分散化的污水处理是非常适用的，且一旦住户外流或搬迁，可方便挪到其他农户使用，从而最大限度地避免资源的浪费。



2.5 庭院人工湿地技术

豫东平原区农村的庭院多为“三分地”(14 m×15 m)、“四分地”(16 m×18 m)^[6],相对豫西、豫南、豫西北等山区或丘陵地区,面积普遍较大。在该区域农村庭院内设置人工湿地,是可行的。

庭院人工湿地,可对农村灰水或经化粪池处理而溢流的部分污染物浓度较低的黑水进行就地处理。其运行成本很低,可由农户自行维护和管理。

2.6 多户联合厌氧+稳定塘技术

在豫东平原区,解放前出于安全防卫需要各村庄外围多设有壕沟,同时在新中国成立以来,村民建房多就近取土,形成很多坑塘。这些壕沟和坑塘,充当了良好的海绵体,能够有效地蓄积降雨形成的地表径流,也可以很好地补充地下水位。近些年,随着生产力的发展,地下水抽取现象严重,水位逐年下降,豫东平原区多数村庄内的沟坑逐渐干涸。一些村庄由于缺乏有效的保护措施,造成有的沟坑沦为垃圾堆放场地或污水接纳区,有的则直接被填平。

目前,在豫东平原区仍有大量的坑塘分散在村庄内外。结合当前大力推进农村生活污水治理的需要,可对其进行合理、有效利用。其中,进行相对集中地多户联合收集污水,然后经过厌氧处理,再在临近坑塘内容进行二级、三级处理,则是非常有效的手段。这即是多户联合厌氧+稳定塘技术。稳定塘可采用自然曝气氧化塘,同时选择性地地在塘内种植一些景观效果好且耐污的挺水植物;或设置为氧化塘+潜流人工湿地两段式,或为兼氧塘+好氧塘(可种植挺水植物)两段式,或为兼氧塘+好氧塘+潜流人工湿地三段式。具体情况,可根据当地坑塘的大小和处理的污水量,进行设计。

在豫东平原区采用多户联合厌氧+稳定塘技术,既符合当地自然条件,也更加经济。其建设和运行维护技术简单,可由受益农户自行管理。因此,也可大力推广。

3 结论

豫东平原区,是农业、农村和农民问题聚焦的重点区域,近些年面临着农村常住人口大量流失、空心化严重、传统小农生产方式趋于瓦解而集约化规模化的现代农业生产方式刚刚萌芽等问题,且该区域具有村庄众多并呈斑块状和均质化分布、生态敏感

性较低等特点。鉴于这些实际情况,在豫东平原区开展农村生活污水治理,应优先选用纳管治理模式,以及能将生活污水和有机生活垃圾同时收集处理的现代田园循环模式,在资金、技术无法到位的情况下,可临时性采用卫生厕所+粪污回田模式。当条件适宜时,也可选用庭院人工湿地技术、微型一体化污水处理设备、多户联合厌氧+稳定塘技术等技术。这样,可最大限度地节省投资、节约资源、方便群众,从而为当地更好地保持可持续发展,创造有利条件。

参考文献

- [1] 周凯,郭林,郜国玉,等. 河南省农村生活污水治理现状及政策建议[J]. 农业现代化研究, 2019, 40(3): 387-394.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 2017年城乡建设统计年鉴[EB/OL].(2019-01-24)[2019-11-23].<http://www.mohurd.gov.cn/xytj/tjzljxsxytjgb/jstjnj/index.html>.
- [3] 河南省统计局,国家统计局河南调查总队. 河南统计年鉴-2018[M]. 北京:中国统计出版社, 2018.
- [4] 戴丽娜,牛超. 河南省农村人口转移的历史轨迹、特征及动因研究[J]. 商, 2016, (27): 75-85.
- [5] 河南省统计局. 2018年河南省国民经济和社会发展统计公报[EB/OL].(2019-03-02)[2019-11-23].http://www.ha.stats.gov.cn/sitesources/hntj/page__pc/tjfw/tjgb/qstjgb/list1.html
- [6] 刘军瑞,王兴军,王亚栋. 豫东农村聚落形态与环境改善研究[J]. 建筑知识, 2015, 35(4): 136-137.
- [7] Xu M J, Zhu S K, Zhang Y, et al. Spatial-temporal economic analysis of modern sustainable sanitation in rural China: Resource-oriented system[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 233: 340-347.
- [8] 河南省人民政府省长 陈润儿. 政府工作报告——2019年1月16日在河南省第十三届人民代表大会第二次会议上[EB/OL].(2019-01-23)[2019-11-23]. <https://www.henan.gov.cn/2019/01-23/732229.html>.
- [9] 河南省人民政府办公厅. 关于进一步加快农村户用厕所改造工作的意见[EB/OL].(2019-01-23)[2019-11-23]. <https://www.henan.gov.cn/2019/01-23/731974.html>
- [10] 任振中. 平原地区坑塘保护利用刍议[J]. 河南水利与南水北调, 2018, 47(1): 33-34.

△ 作者简介:董金凯,男,1984年出生,河南省鹿邑县人,硕士。主要从事水生态环境和市政给水排水规划、咨询与设计。

E-mail: dongjinkai@163.com

收稿日期:2019-11-27