

述评与讨论

DOI: 10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.16.001

# 农村生活污水资源化治理利用的思考及误区分析

范彬<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 各地纷纷出台农村生活污水资源化利用的技术指导文件,旨在破解农村生活污水治理的难题。农村生活污水未经合格处理既不能直接排放,也不能直接用于灌溉。按照中华田园循环的思想,建立从源头开始对粪尿进行以肥料利用为终端的新型卫生排水范式才是治理农村生活污水问题的正解。推荐了现代田园循环的技术方案,并指出对已经产生的常规农村生活污水进行资源化利用容易导致的问题。

**关键词:** 农村地区; 卫生排水; 生活污水; 资源化; 粪尿

**中图分类号:** X703.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2024)16-0001-07

## Thinking and Misunderstanding Analysis of Rural Domestic Sewage Resource Treatment and Utilization

FAN Bin<sup>1,2</sup>

(1. Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Various regions have successively issued technical guidelines for the resource utilization of rural domestic sewage, aiming to solve the problem of rural domestic sewage treatment. However, the existing domestic sewage cannot be directly disposed of or used for irrigation without qualified treatment. The positive solution to the problem of rural domestic sewage treatment is to follow the ideology of Chinese home-farm cycle and establish a new sanitary drainage paradigm that starts from the source and ends with fertilizer utilization. The technical scheme of the modern home-farm cycle is recommended, and the puzzlings that are apt to be caused by the resource utilization of rural domestic sewage are pointed out too.

**Key words:** rural area; sanitary drainage; domestic sewage; resource recycle; human excreta

我国大力开展农村生活污水处理已有近20年历史,名义上的处理率超过30%,但效果并不尽如人意。背后的根本原因是按照常规污水处理思路开展

治理的成本太高,超出绝大多数地方的财力。2023年12月有关部门发文《关于进一步推进农村生活污水治理的指导意见》(环办土壤〔2023〕24号),标志

基金项目: 江西省重点研发计划揭榜挂帅项目(20223BBF61019); 山东省重点研发计划(乡村振兴科技创新提振行动计划)项目(2023TZXD022)

通信作者: 范彬 E-mail: fanbin@rcees.ac.cn

着农村生活污水治理出现了新动向,对资源化治理的方式寄予厚望。在这一背景之下,广东、广西、贵州、黑龙江、青海、重庆等地纷纷出台有关农村生活污水资源化利用的技术指导文件。

毫无疑问,资源化治理的大方向是正确的,但从各地已经出台的技术导则性文件来看,多数把资源化治理理解为对已经产生的农村生活污水进行以灌溉为主的利用,严重偏离资源化治理的实质,并进一步导致在技术指导与规范上的不当之处。

### 1 农村生活污水问题和资源化治理需求

首先有必要辨析一下生活污水和生活污水问题,这是两个容易模糊的概念。

生活污水属于技术性术语,是一种在特定的卫生排水体制下所形成的生活排水的形态,专门指混合有粪尿的生活排水,尤指将粪尿与所有生活排水混合在一起的产物。粪尿是导致生活污水疾病传播和富营养化风险的主要原因。为控制这两方面的风险,必须在环境排放和进一步利用之前对生活污水进行以控制污染指标为主要目的的处理。上述基本认知是从19世纪中叶以来的全球共识,具有广泛而坚实的科学依据,迄今从未在科学上遇到挑战。

鉴于污水处理的成本很高并且完全去除这些风险物质在技术上存在困难,人们不得不设定一些妥协的技术标准,使得实施污水处理的工程在技术经济上可行。总体而言,目前主流的污水处理技术基本上可以达到:①有效控制病原传播风险;②将生活排水中的COD、总氮、总磷削减80%,大致相当于我国城镇生活污水和各地农村生活污水污染物控制标准的一级水平。在一般情况下,粪尿是导致生活污水中病原生物指标超标的唯一原因,提供了生活污水中90%以上的氮磷营养元素,并且贡献了约50%的COD。

笔者将采用上述特定的卫生排水体制并对生活污水进行达标处理后排放的技术方式称为达标抛弃范式。迄今为止所建立的对生活污水进行处理的技术都更加适合规模化的应用场景,小型和微型的污水处理设施在单位水量的处理成本方面要远高于大型污水处理设施,且处理效果受气温和水质水量波动等因素的影响很大。

对农村生活污水处理而言,需要花费的成本主

要体现在两个方面:一是用于满足生活卫生需求和适应污水处理需求的管道输送;二是用于对最终收集的污水进行处理。这两个方面都包含基础设施建设成本和日常运行维护成本。在建设成本方面,控制管道输送的成本是系统优化设计需要考量的第一要务;而在运行维护成本方面,控制污水处理的成本则是系统优化设计的第一要务。由于农村聚落规模以及聚落内部的居住密度均远小于城镇,导致农村生活污水的处理面临特别的困难:如想提升污水处理的规模效应则管道投入很大,有时甚至不可承受;如采用分散的处理方式,则小型或微型处理设施对设备设施的建造技术和运维管理的要求很高,且处理效果还不够稳定。

影响农村生活污水处理成本的因素很多。总体上如按照各地设定的一级标准对农村生活污水进行处理,我国农村生活污水处理的建设成本大致为2万元/户(分户处理)或4万元/户(纳管处理),运行成本为300元/(户·a)(纳管处理)或500元/(户·a)(分户处理)。上述成本在寒冷地区、山区和偏远地区可能还要增加。

生活污水问题更像一个社会学的术语,更确切的表达应该是“生活排水问题”。因为目前生活排水默认采用达标抛弃的技术范式,导致长期以来很多人将生活排水问题等同于生活污水问题。作为一项基本的公共服务,政府有义务组织实施必要的基础设施与运维的工程,为居民提供卫生排水条件,并设法消除由此导致的影响居民健康和生态完整的风险。

农村生活排水之所以成为“生活污水问题”,首要的原因是按照达标抛弃的范式对生活污水进行收集处理的成本太高,远远超过绝大多数地方政府的财政承受能力。按照我国地方经济发展的普遍水平测算,对农村生活排水进行治理的成本适宜控制在3 000~10 000元/户、运行成本适宜控制在0~60元/(户·a)的水平。在资金供应与成本需求严重不匹配的情况下,各种技术的矛盾和管理的矛盾频繁暴发,造成如今让全社会都备感头痛的农村生活污水问题。

农村生活污水问题还有不为众人所知或者近期显得不那么迫切的一面,就是按照达标抛弃的范式治理生活排水不符合可持续发展的大势<sup>[1]</sup>,主要表现为水-电-物资消耗大、二氧化碳排放量大和资

源难以回用。这也是当前发达国家和我国城市所面临的难题。下水道和污水处理厂都是投资很大的基础设施,且前者以埋设在居住区的地面以下为主,更新特别困难。由此可以看出,我国农村厕所革命和人居环境治理一方面面临近期的现代化改造难题,从长远来看还要面对可持续发展的挑战,因此从一开始就应该对治理的路径进行妥善规划,力求避免重蹈发达国家和城市发展的覆辙。

概括而言,对农村生活污水问题进行治理的根本性需求,在近期是降成本,在远期是可持续发展。资源化治理是解决上述问题的理想路径,或者说对农村生活污水问题进行资源化治理的目的就在于颠覆性地降低卫生排水的成本,并显著提高系统的可持续发展性能。

## 2 将粪尿用于施肥是资源化治理的重点

从生活污水的起源和定义就可以看出,导致生活污水疾病传播风险和富营养化风险的主要排放源都是粪尿,而粪尿在我国自古就被认为是极其重要的肥料资源,这是中国人在厕所文明上区别于世界上多数族群的智慧。以中华为标志的东亚地区所建立的绵延数千年的田园循环文化与传统实践,实际上代表了前现代最高水平的厕所文明。

在化肥可以大量和廉价获取之前,中国的农民四处收集粪尿,不允许有半点浪费,并因此催生了收集和贩卖粪尿的产业,客观上提升了城市和乡村市政清扫的水平。根据记载,上海市区在 20 世纪 50 年代每日通过销售粪尿的收入达 5 100 万元(当时的币值),这是一笔庞大的收益,关系到公共卫生行政部门、清洁工人和贩粪船户等各方利益<sup>[2]</sup>。由于有机生活废物所具备的重要经济价值,直至 20 世纪 90 年代,中国农村几乎都不存在污水和垃圾的污染问题。不仅是粪尿,传统的中国人将几乎所有的有机生活垃圾、草木灰和清扫的灰尘都通过自然堆肥的形式回归农田。在传统生活方式下,人们生活用水量有限,少量洗涤废水就近泼洒在土地上,通过大地的自然循环就可以轻松完成水资源的再生。可惜的是,由于没有及时将这种传统的资源化习俗进行现代化改造,导致我国在最近几十年的城乡现代化进程中全盘照搬西方舶来的达标抛弃范式,进而形成如今影响深远的污水垃圾处理难题。

实际上达标抛弃的范式是从西方人抛弃粪尿

的习俗发展而来,并不应该成为通往现代化的唯一路径,尤其是对我们中国人而言。在厕所文明方面,西方人率先完成了对传统习俗的现代化改造,并在过去一百多年里以其技术上的优势征服全球。但显而易见的是,单纯地认为粪尿是有害废物的一元化认知在思想高度上远不及中国人既看到粪尿的不洁又看到其肥料价值的二元化认知。在传统生活方式下,抛弃粪尿的习俗无可厚非,因其并不会造成病原风险和富营养化风险的广泛传播。而当用生活污水的方式抛弃粪尿时,粪尿所含的负外部影响很容易扩散到社区、城市、流域,并进而因为控制这些负面外部影响导致需要消耗更多的物资和能源,排放更多的二氧化碳,并使营养性物质得不到正面的利用。

从上面简单的回顾就可以看出,避免用生活污水的方式排放粪尿,并将其转化为肥料,以恢复中华田园循环的文明,不仅可以消除生活污水这一特定的排放形态,而且可以消除与生活污水相关的所有难题。由于近年来的技术进步<sup>[3]</sup>,用现代化的手段践行田园循环已经有了工程化的解决方案<sup>[4-5]</sup>。

## 3 现代田园循环的排水范式与关键技术

### 3.1 现代田园循环的排水范式

对农村生活排水进行资源化治理的核心是从源头建立起满足现代人要求的资源化排水的技术系统,从根本上消除生活污水及其后续污水处理的技术问题与成本问题。笔者将这种从中华传统田园循环实践所发展出来的现代生活卫生排水的技术范式命名为现代田园循环。

现代田园循环最关键的技术是从源头开始实现粪尿等有机生活废物的资源化排放、收集、处理和利用,避免这些物质进入其他生活排水。为此,按照资源化的原则从源头开始对不同属性的废物进行分离和分类排放是第一要务。基于粪尿资源最主要的利用终端是肥料利用,资源化的第二个技术要点就是尽量减少不可用于施肥杂物的混入,并尽可能提高肥效。具体到生活卫生排水主要是尽可能减少对粪尿的稀释。笔者将源分离收集的含有高浓度粪尿的废水称为肥水,以区别于一般的废水概念。

源分离收集的肥水通过简单的多级储存方法,如三级化粪池方法或双瓮化粪池方法,即可实现无



害化处理与肥料再生。

源分离收集的生活杂排水由于不再混入粪尿,其中的总氮(氨氮)一般不超过15 mg/L、总磷不超过1.0 mg/L, COD一般不超过300 mg/L, 经过沉淀等一级处理,基本上就可以满足各地制定的农村生活污水排放标准的要求,或者满足《农田灌溉水质标准》(GB 5084—2021),真正实现对生活污水治理成本的颠覆。

推荐一种现代田园循环的工艺流程,如图1所示。所有生活排放被重新划分为三种物质流:杂排水、肥水、无机废物,其中的肥水主要是资源化收集的粪尿废水,在条件许可时也可将厨余垃圾粉碎后通过少水冲洗的方式与粪尿合并收集、处理与利用。再生的有机肥优先供户内使用,如果户内没有用肥需求,则由村庄组织集约化服务与利用。对杂排水提倡进行原位的生态排水或达标排放,确有必要时再进行集中的达标排放或生态排水,以尽可能减少输水成本。剔除了厨余垃圾的无机生活废物可以继续精细化分类处理。农村地区的畜禽粪便和秸秆等有机废物与粪尿及厨余垃圾具有相似的资源属性,有条件的地区可以开展一体化的处理与利用<sup>[6]</sup>。

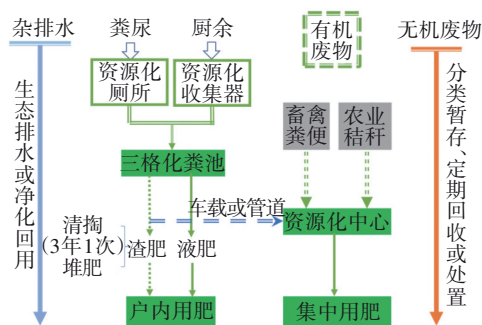


图1 一种推荐的现代田园循环工艺流程

Fig.1 A recommended process of modern home-farm cycle

### 3.2 资源化厕所技术

构建现代田园循环范式的关键是在满足当前农村生活卫生要求的前提下保留粪污等有机废物的资源利用价值,其中最关键的是厕所。

目前,市场上常见的冲洗便器完全依赖水的重力进行清洁与排污。我国的节水标准是坐便器 $\leq 5$  L/次、蹲便器 $\leq 6$  L/次。使用这种便器一是粪污容积量大,对其进行无害化处理需要采用更大规格的

多级储存式处理器,如三格池或双瓮池;二是肥效偏低,用肥成本高;三是施用的肥水向地下水沥滤的风险大,因此不宜用于构建现代田园循环的系统。但是鉴于常规冲洗厕所农村地区安装量很大,作为一种过渡的安排,在干旱缺水地区,仍可将节水型常规冲洗厕所的排水视为肥水进行肥料资源的利用,但应确保对其进行无害化处理<sup>[7]</sup>。

目前可用于实现粪尿资源化的厕所技术主要有改良型的非冲洗厕所和微冲洗厕所<sup>[8]</sup>。

改良型的非冲洗厕所技术包括三格式厕所、双瓮式厕所、双坑式厕所、沼气厕所、阁楼式厕所,以及一些新型的微生物厕所等。非冲洗厕所收集的物料几乎不含水或仅含少量清洁水,因此肥料属性保留得最好,粪污的容积产量最小,采用常规的户用多级储肥方法即可实现无害化处理。非冲洗厕所的缺点是废物只能通过自身重力下落并暂时储存在便器的下方,通常不宜安装在起居室内。随着农村居民对改善厕所条件的追求,安装非冲洗厕所需要注意强化卫生与审美封隔的措施。

微冲洗厕所是一类不依赖冲洗水自身重力进行便器清洗与管道排污的冲洗式厕所,用水量一般在1.5 L/次以下,既保留了冲洗厕所有水清洁和即时排污的优势,又保留了粪尿资源利用的价值。目前市场上已经出现多种形式的微冲洗厕所产品,比较常见的如真空厕所技术<sup>[9]</sup>。天津市造甲村农村真空负压污水集中处理系统为4 200户农村居民安装了真空厕所<sup>[10]</sup>,是迄今为止此类技术最大规模的应用。

拔风微冲洗是一种通过瞬时管道拔风实现抽吸排污的卫生技术。每个拔风微冲洗厕所独立设置,安装在室内的厕所通过普通的重力式管道(最长可达30 m)就可将粪污送入临近设置的化粪池。由于不需要构建真空环境,拔风微冲洗厕所技术简单,使用皮实,即使停电也不会影响如厕,特别适合在普通的市政领域应用。在完全满足当前各地农村生活污水排放标准要求的前提下,基于拔风微冲洗厕所的现代田园循环技术的建设成本可比现有农村生活污水处理技术降低60%以上<sup>[11]</sup>,且几乎不需要运行的成本。

### 4 农村生活污水资源化利用存在的问题

除少数保留旱厕应用的省份(如青海)外,当前

各地陆续出台的农村生活污水资源化利用的技术指导文件普遍基于生活污水这一特定排水形态的所谓资源化利用进行编写,且利用的途径以灌溉为主,由此导致一系列的问题。

① 不能显著降低治理成本。从普遍应用的意义上看,生活污水这种特定排水形态在没有进行合格的处理之前,不能直接进行任何形式的利用。最起码的处理是无害化,而只要涉及处理就离不开对所产生的生活污水进行收集。在集中处理方式下,农村生活污水处理的管网建设成本通常要超过总投资的80%,这部分成本并不会因资源化利用而降低。而对生活污水这种特定排水形态进行无害化处理,当前除了消毒之外尚没有其他适用的技术。常规的多级贮肥方法,如三级化粪池和双瓮化粪池,其设计的初衷是对旱厕的粪污进行无害处理,能否用于对常规冲洗厕所的污水乃至混合的农村生活污水进行无害化处理,到目前为止还没有确切的科学依据。退一步讲,即使可以用三级化粪池或双瓮化粪池对上述两种污水进行无害化处理,按照《粪污无害化卫生要求》(GB 7959—2012),其有效发酵容积(不包括最后一室的合格肥料贮存空间)也不能小于30 d的储存容量,这将导致所需池体的容积会非常大,在实际工作中很难得到保证<sup>[7]</sup>。而根据《农田灌溉水质标准》(GB 5084—2021),无论是混合的农村生活污水,还是经过源分离的黑水,除了病原生物指标外的其他水质指标值也必须通过污水处理的操作进行削减,这又进一步压缩了通过所谓的资源化利用降低污水处理成本的空间。另外,在厕所污水(黑水)的处理问题没有得到解决之前,即使源分离后灰水的水质能够满足灌溉利用的要求也缺乏实用意义。

② 变相纵容直排。现有的技术指导性文件普遍允许未经任何处理的生活污水直接用于灌溉,推测主要是想避开上述讨论所分析的污水处理成本问题。将未经处理的生活污水直接用于农田灌溉是一个早已被历史和科学否定的做法。在城市污水处理大发展之前,我国在缺水比较严重的北方城市周边普遍存在将生活污水直接用于农田灌溉的现象,总面积超过200万 $\text{hm}^2$ <sup>[12]</sup>。其中天津的污水灌溉区面积最大、历史最悠久,对土壤、地下水、农作物、水生态等都曾造成严重污染<sup>[13]</sup>。基于对污水灌溉的否定才导致我国在20世纪90年代之后大力

发展城市污水处理。

③ 不能为农村生活污水提供稳定的退水路径,实质上是使风险不可控。农田灌溉必须根据植物生长的需求实施,在雨季则完全没有需求,因此当农田不需要灌溉时如何安排农村生活退水存在疑问。即使在有灌溉需求时,也必须根据土壤的含水率严格控制每平方米灌溉的强度,以防止产生径流的污染和向地下水沥滤的污染,这势必会增加灌溉成本。在农村背景下实际上很难把控合规排水与灌溉。

④ 不利于开展真正的资源化治理。在目前的技术导向下,资源化治理被视为在没有条件开展生活污水处理时的权宜之计,并且默认是以降低环境保护的标准为代价。因此已发布的技术文件往往限定资源化仅适用于不发达、常住人口较少、居住分散的农村、环境不敏感的场景,或者限定资源化不适用于存在水体黑臭、面源污染突出、富营养化、水环境功能不达标等问题的地区。由于多数基层管理者并不能严格区分“生活污水问题”和“生活排水问题”,现有技术文件的表述容易导致在实际工作中限制真正的资源化技术应用(如现代田园循环技术)。如果按照前文所推荐的现代田园循环的范式,实际上所有的农村甚至未来的城市都应该优先采用资源化治理,只不过“不发达、常住人口较少、居住分散的农村”更加迫切地需要采用资源化治理的范式。由于现代田园循环治理会进一步削减生活污染和农业面源污染排放,因而也更加适用于环境要求高的地区。

## 5 进一步建议

针对当前资源化治理技术应用的成功案例还很少、资源化范式还不像达标抛弃(生活污水处理)范式那么成熟的现状,进一步提出3点建议:

① 在涉及技术引导时,宜围绕认定“什么是资源化治理”这一行业管理目标展开,对已经明确的技术原则进行规范,对可以肯定的技术细节进行指导,而对尚需在实际工作上探索和完善的内容不必规定太细。

② 不过度畏惧工作中可能出现的困难。最常见的,一是担心农民不愿用肥。笔者在西藏高原、新疆寒区、中原地区、南方山区和东部发达的平原地区都曾实施过现代田园循环的示范工程,工程

运行时间短的满1年,长的超过4年。实践表明,90%以上的农户都乐于用肥、主动用肥,而自家没有用肥需求的农户也是将其作为一种有价值的东西赠送给邻居使用。虽然这些工程都配备了集中清掏用肥的措施,但实际上并没有需求。换言之,只要真的具有肥料价值,不愿用肥实际是一个伪命题,当然也期待未来政府会在综合考虑公共服务成本和农业生态价值等的基础上出台更有利于粪肥循环利用的政策。还有一个担心是因为实施源头分离需要深入到农户室内进行排水改造,怕得不到农户理解、配合和支持。根据笔者的经验,在先行完成示范户安装的情况下,大部分农户很快就会主动要求安装。对少数有强烈对抗情绪的农户可不强求治理,在资金有限的情况下也可以优先实施对积极性高和主动配合的农户的安装。目前农村生活污水治理的考核要求已经越来越实事求是,比如很多地区不再要求对所有村庄和所有农户100%覆盖。

③ 建立容错机制,鼓励大胆创新。近20年农村生活污水处理的教训和无数的事实已经表明,中国农村生活污水治理如果按照常规技术路线几乎已经走入死胡同,唯有在卫生排水范式上进行颠覆性创新才有出路。资源化的技术只要基本原理符合科学、关键技术成熟、系统技术完备,就应该鼓励先行先试,允许其在应用中发展和完善。尤其不必将资源化范式的某个局部细节去对标达标抛弃范式。鉴于生活污水处理的范式已有超过100年全球应用与发展的历史,要有足够的耐心给予资源化范式发展成熟的空间。

目前在最关键的源分离资源化的厕所技术方面已经取得技术突破,并且系统技术也足以支撑工程化应用(参考“农村生活污水资源化治理的上犹案例:拔风微冲洗-现代田园循环技术”)。相信在现代科技与制造的加持下,资源化技术的完善指日可待。在这方面,新能源汽车对于燃油车的颠覆是最鲜活的案例。

#### 参考文献:

- [1] 张健,高世宝,章菁,等.生态排水的理念与实践[J].中国给水排水,2008,24(2):10-14.  
ZHANG Jian, GAO Shibao, ZHANG Jing, *et al.* Concept and application demonstration for ecological sanitation [J]. China Water & Wastewater, 2008, 24(2):10-14(in Chinese).
- [2] 邱志仁.走向现代卫生文明:解放初期上海粪便管理史话[EB/OL].(2022-06-14)[2024-05-15].[https://www.thepaper.cn/newsDetail\\_forward\\_17411963](https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_17411963).  
QIU Zhiren. Towards modern sanitary civilization: a history of fecal management in early liberated Shanghai [EB/OL]. (2022-06-14) [2024-05-15]. [https://www.thepaper.cn/newsDetail\\_forward\\_17411963](https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_17411963) (in Chinese).
- [3] 张驰,徐康宁,苏冯婷,等.国内外源分离排水工程项目概述[J].中国给水排水,2015,31(2):28-33,47.  
ZHANG Chi, XU Kangning, SU Fengting, *et al.* Review on pilot projects of source separation system [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(2): 28-33, 47(in Chinese).
- [4] FAN B, HU M, WANG H, *et al.* Get in sanitation 2.0 by opportunity of rural China: scheme, simulating application and life cycle assessment [J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 147: 86-95.
- [5] 范彬,张玉,李亚惠,等.乡村环境卫生资源化综合治理的理论与实践[J].环境保护,2021,49(1):24-30.  
FAN Bin, ZHANG Yu, LI Yahui, *et al.* Theory and practices of the integrative resources-oriented rural environmental sanitation [J]. Environmental Protection, 2021, 49(1):24-30(in Chinese).
- [6] 范彬.统筹管理、综合治理突破农村水污染治理难题[J].环境保护,2014,42(15):15-19.  
FAN Bin. Breakthrough the bottlenecks of the rural area water pollution control by overall managing and comprehensive controlling [J]. Environmental Protection, 2014, 42(15):15-19(in Chinese).
- [7] 张玉,吕明环,徐明杰,等.三格化粪池厕所的功能定位及在农村改厕中的应用误区[J].农业资源与环境学报,2021,38(2):215-222.  
ZHANG Yu, LÜ Minghuan, XU Mingjie, *et al.* Functional orientation of the three-chamber septic tank toilet and errors in its application in rural toilet reform [J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2021, 38(2): 215-222(in Chinese).
- [8] 中国环境网.省水又省管道,还能实现田园循环,这样的村厕怎么改?[EB/OL].(2024-03-28)[2024-05-15].<https://www.cenews.com.cn/news.html?aid=1121833>.  
China Environment Net. Saving water and pipelines, and realizing pastoral recycling: how to renovate village



- toilets? [EB/OL]. (2024-03-28) [2024-05-15]. <https://www.cenews.com.cn/news.html?aid=1121833> (in Chinese).
- [9] 张健,高世宝,章菁. 真空便器与真空排水在节水和污水源分离中的应用[J]. 给水排水, 2008, 34(2): 96-99.
- ZHANG Jian, GAO Shibao, ZHANG Jing. Application of vacuum toilets and vacuum drainage in water saving and sewage source separation [J]. Water & Wastewater Engineering, 2008, 34(2): 96-99(in Chinese).
- [10] 微现场-央视网. 京津冀农村地区最大污水处理系统建成,惠及 4 200 户村民 4 000 亩耕地[EB/OL]. (2020-02-13) [2024-05-15]. <http://news.cctv.com/2020/07/13/ARTIolQD7V6CaoOGRl6Owto200713.shtml>. Micro-site, CCTV Network. The largest sewage treatment system in the Beijing-Tianjin-Hebei rural area is completed, benefiting 4 200 households and 4 000 Mu of farmland [EB/OL]. (2020-02-13) [2024-05-15]. <http://news.cctv.com/2020/07/13/ARTIolQD7V6CaoOGRl6Owto200713.shtml>(in Chinese).
- [11] 范彬, 胡益旺. 因地制宜,分散式污水治理技术解决农村实际问题[EB/OL]. (2023-07-26) [2024-05-15]. <https://www.cenews.com.cn/news.html?aid=1073100>.
- FAN Bin, HU Yiwang. Adapting to local conditions, decentralized wastewater treatment technology solves practical rural issues [EB/OL]. (2023-07-26) [2024-05-15]. <https://www.cenews.com.cn/news.html?aid=1073100>(in Chinese).
- [12] 杨德生. 农业污灌与污水处理[J]. 环境科学导刊, 1995, 14(2): 46-49.
- YANG Desheng. Agricultural sewage irrigation and wastewater treatment [J]. Environmental Science Survey, 1995, 14(2): 46-49(in Chinese).
- [13] 王增愉, 旋莹. 城市污水“处理”的误区——化点为面[J]. 给水排水, 1992, 18(5): 46-50, 4.
- WANG Zengyu, XUAN Ying. Misconduct of urban wastewater disposal: spread collected sewage to the land [J]. Water & Wastewater Engineering, 1992, 18(5): 46-50, 4(in Chinese).

作者简介:范彬(1969-),男,江苏如皋人,博士,研究员,教授,主要研究方向为乡村环境卫生和分散污水治理,近年来致力于研发现代田园循环的系统及其关键技术。

E-mail:fanbin@rcees.ac.cn

收稿日期:2024-07-16

修回日期:2024-07-25

(编辑:衣春敏)

统筹水资源、水环境、水生态治理,  
深入推进大江大河和重要湖泊治理