



文章栏目：“农村和小城镇生活污水治理”专题

DOI 10.12030/j.cjee.202001102 中图分类号 X52 文献标识码 A

王波, 刘春梅, 赵雪莲, 等. 我国村镇生活污水处理技术发展方向展望[J]. 环境工程学报, 2020, 14(9): 2318-2325.

WANG Bo, LIU Chunmei, ZHAO Xuelian, et al. Development trend of rural sewage treatment technology in China[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2020, 14(9): 2318-2325.

## 我国村镇生活污水处理技术发展方向展望

王波<sup>1</sup>, 刘春梅<sup>2,3</sup>, 赵雪莲<sup>2,3</sup>, 宁桂兴<sup>2,3</sup>, 王俊安<sup>1,2,3,\*</sup>

1. 北京潮白环保科技股份有限公司, 北京 101300

2. 桑德生态科技有限公司, 天津 300461

3. 北京桑德环境工程有限公司, 北京市小城镇污水处理与回用工程技术研究中心, 北京 101102

第一作者: 王波(1986—), 男, 博士, 高级工程师。研究方向: 村镇污水处理技术。E-mail: [guangmingwangbo8@163.com](mailto:guangmingwangbo8@163.com)

\*通信作者: 王俊安(1981—), 男, 博士, 正高级工程师。研究方向: 村镇污水防治与政策。E-mail: [13811377861@163.com](mailto:13811377861@163.com)

**摘要** 随着我国村镇生活污水处理技术的快速发展, 众多技术被研发和应用在村镇污水处理领域。但村镇污水处理技术在实际应用过程中仍然存在着多种问题, 如过度参考城镇经验、技术选择缺乏标准指导和规范、技术装备缺乏标准化等。基于我国村镇污水处理常用技术的主要优缺点分析, 梳理了我国村镇污水处理技术的应用现状, 并对我国村镇污水处理技术的发展方向进行了展望。目前, 我国村镇污水处理技术在适应性、标准化、规范化等方面仍然存在很多问题。未来, 村镇污水处理技术需要在标准化、低耗高效、自动化和智能化等方面进行突破, 应强化技术设备的适应性。

**关键词** 村镇污水; 生物接触氧化; 标准化; 适应性; 智慧运维

据我国住房和城乡建设部发布的《2017年城乡建设统计年鉴》<sup>[1]</sup>数据, 截至2017年, 我国建制镇18 085个, 乡10 314个, 行政村533 017个, 自然村2 448 785个, 我国村镇分布具有量大面广的特点。与之相应, 我国村镇污水排放也存在量大面广的特征。近几年, 我国村镇自来水普及程度逐年增加, 截至2017年, 71.95%的行政村实现了集中供水<sup>[1]</sup>(如图1所示)。此外, 随着城镇化的发展, 村镇居民的生活方式发生了较大改变, 村镇人均生活用水量也逐年增加。集中供水率和人均生活用水量的逐年增加是导致村镇污水排放量逐年增大的重要原因。截至2017年, 我国农村污水排放量约为 $2.14 \times 10^{11}$  t; 然而, 我国建制镇和乡的污水处理率分别仅为49.35%和17.19%。大量未经处理的生活污水的排放对村镇环境容量带来了极大压力, 严重影响了村镇人居环境, 同时也为美丽新农村建设带来了极大的挑战。因此, 加大村镇污水处理力度, 提高村镇污水处理率势在必行。

近年来, 随着“两山论”“乡村振兴战略”的提出及《农村人居环境整治三年行动方案》<sup>[2]</sup>等多项环保政策文件的相继颁布, 村镇污水处理迎来了良好的政策机遇, 村镇污水处理市场也进入了迅速发展期。但目前我国村镇污水处理出现了一定的无序发展现象<sup>[3-6]</sup>, 如重建设轻运维、运维资金短缺、技术选择缺乏坚实依据等。由于我国村镇污水处理起步较晚, 村镇污水处理技术多借鉴

收稿日期: 2020-01-15; 录用日期: 2020-06-04

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2015ZX07319-001)

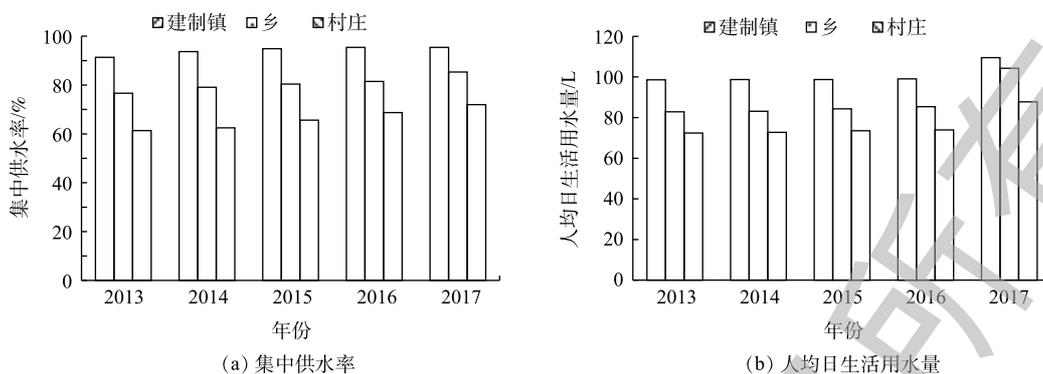


图1 2013—2017年我国村镇集中供水率及人均日生活用水量变化

Fig. 1 Changes of rural centralized water supply rate and daily domestic water consumption per capita in China from 2013 to 2017

城镇污水处理方法，且技术的选择常存在片面性和经验性。因此，梳理我国村镇污水处理技术应用现状，探究村镇污水处理技术发展方向，对我国村镇污水处理市场的健康有序发展具有重要意义。

## 1 我国村镇污水处理常用技术及工艺

日本、美国等国家在村镇污水应用领域研究的起步早于我国，其相关技术应用比较成熟。我国在该领域的起步阶段较多地参考了这些发达国家的技术。日本针对排水管网不能覆盖的独门独户，开发了以“净化槽”为关键单元的分散式污水处理技术<sup>[7]</sup>。日本的净化槽技术历经单独处理净化槽、合并处理净化槽、深度处理净化槽这一逐渐深入的开发过程，辅之以完善的污水规范法律体系，在村镇污水处理方面取得了良好的应用效果。美国针对村镇的分散型污水处理技术主要为化粪池+土壤吸收系统+辅助配套系统<sup>[8]</sup>，充分利用了美国村镇地广人稀的特点。除此之外，结合MBR、SBR等工艺的小型一体化装备在部分居民用户中也得到了一定的应用。值得一提的是，美国是一个城镇化率很高的国家，即便是农村，也与国内农村的概念不同，甚至很多农村比城镇的经济水平都高，且大部分地区在污水处理方面的政策并没有刻意区分农村和城镇，相关技术的适用性是相同的<sup>[9]</sup>。

我国村镇污水处理技术尽管借鉴了美国、日本等国家部分经验，但由于村镇发展水平、生活习惯、气候等差异，很多国外经验在国内实行起来遇到很多困难。如实际项目中，净化槽安装到农户家中后，由于需要耗电，农户会主动断开电源，导致净化槽失去净化作用；而部分农村实施的人工湿地或净化塘等工艺，由于维护不到位，导致污水处理设施变成污染源。

目前，我国大部分村镇污水处理技术还是主要来源于城镇污水处理领域，且城镇污水处理所采用的技术大多都在村镇污水处理中实现了应用。但需引起重视的是，村镇污水排放特点与城镇污水排放特点差别较大。与城镇污水排放相比，村镇污水排放缺乏完善的排水管路，排放较为分散；村镇居民的生活方式与城镇居民差异较大，农村污水排放时间主要为早中晚时间段，其他时间段排放量很少，导致污水排放日变化系数很高；居民产生的生活污水去向范围较大，如洒地、浇花、喂畜等，也是导致村镇水质水量变化较大的重要原因。此外，我国幅员辽阔，不同区域村镇污水特征差异较大，村镇污水的排放量受季节、地理位置、生活习惯、经济条件以及外部多变因素等影响较大，导致水质、水量变化系数范围较大，从而对村镇污水处理技术的普适性带来了极大的挑战。如表1所示，即使同一个地区不同类型的村庄，其污水的排放特点也具有较大的差异<sup>[10]</sup>；当叠加不同区域的气候、经济条件、生活习惯等因素后，不同村庄的污水排放特点差异性将会扩大。另外，不同地区的污水组成结构也不同，这也是导致水质差异较大的重要原因。因

此, 村镇污水处理技术的选择必须因地制宜, 需根据所处理污水的排放特征审慎选择。

村镇污水处理设施根据其处理规模不同, 所采取的技术也截然不同。在一般情况下, 村镇污水处理技术按照规模可分为户级、村级、镇级三级。户级技术主要针对  $10 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  以下规模, 所采用的设备通常为一体化装备, 主要有无动力化粪池和微动力净化槽, 适用于净化处理农村单独住宅、别墅、小型村庄、景区饭店、野外勘探等所产生的综合生活污水。村级技术主要针对  $500 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  以下规模, 所采用设备通常为活性污泥法或生物接触氧化法一体化设备或模块化设备, 适用于农村、居民小区、社区、医院、宾馆、学校、部队营房、别墅区等生活污水。镇级技术主要针对  $500 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  以上规模, 所采用设备通常为生物接触氧化法或活性污泥法模块化设备, 用于处理乡镇生活污水, 适用于小城市、县城、建制镇、集镇、乡镇、较大的村庄等<sup>[11-12]</sup>。

无论户级、村级, 还是镇级技术, 按照处理原理可主要分为生物膜法、活性污泥法和生态法, 不同方法各有优缺点<sup>[11]</sup>, 如表2所示。活性污泥法是传统的污水处理技术, 一般启动比较快、污染物去除速率较高、民众的接受度较高, 但存在占地面积较大、基建费用比较高、运行费用较高、抗冲击能力较弱、产泥量高、易发生污泥膨胀、管理难度大等问题; 生物膜法一般具有占地面积较小、污染物去除速率高、抗冲击能力强、产泥量少、不易发生污泥膨胀、民众接受度高等优点, 但一般启动慢, 且管理难度较大; 而生态法尽管运行费用低、管理难度小, 但存在占地面积大、民众接受度低等问题, 且易受季节变化影响、污染物去除速率比较低。

表2 村镇污水处理常用技术优缺点对比

Table 2 Comparison of advantages and disadvantages of rural sewage treatment technologies

工艺名称	优点	缺点
传统活性污泥法	启动快、污染物去除速率较高、民众接受度高	基建费用高、抗冲击能力差、管理难度大、运行费用较高、产泥量高、易发生污泥膨胀、占地面积较大
生物膜法	抗冲击能力强、污染物去除速率高、产泥量少、不易发生污泥膨胀、运行费用一般、占地面积较小、民众接受度高	启动慢、管理难度大
生态法	运行费用低、管理难度小	占地面积大、受季节变化影响大、污染物去除速率低、民众接受度低

近年来, 尽管国内外专家学者一直致力于新方法新工艺的研究开发<sup>[13-15]</sup>, 力图弥补上述不同方法所存在的缺点。如厌氧氨氧化、短程硝化反硝化、硫自养反硝化等技术在脱氮过程中一定程度上摆脱了对进水水质高 C/N 比的要求, 但上述反应过程需要精确控制, 对反应过程或外界条件的要求较高, 这在村镇污水处理过程中难以得到保障。目前, 大部分新工艺新方法仍然处于实验室或中试阶段, 实际应用于村镇污水处理市场的技术则较少。因此, 不同技术的优化改良和组合则成为新技术在村镇污水处理市场应用落地的重要途径。目前我国村镇污水处理领域部分企业采用的主要技术<sup>[16]</sup> 见表3。可以看出, 我国参与村镇污水处理的企业主要采用生物接触氧化、活性污泥法和 MBR 等技术, 而采用生态法的企业较少。其中, 生物接触氧化工艺普遍受到村镇污水处理市场的青睐。生物接触氧化工艺通常是在活性污泥法的基础上通过添加填料实现泥膜混合, 从而实现传统活性污泥法和生物膜法的优势互补, 在村镇污水处理过程中具有较强的适应性。

表1 北京市不同类型村庄污水排放特点

Table 1 Characteristics of wastewater discharge from different types of villages in Beijing

村庄类型	排放特点
城乡结合部	污水处理率高, 污水排放量大
民俗旅游村	污水处理率高, 污水排放量大
平原村	污水处理率一般, 污水排放不均匀
山村	污水处理率偏低, 污水排放量较小

## 2 村镇污水处理技术应用过程中存在的主要问题

随着村镇污水处理市场的快速发展，村镇污水处理厂站数量也在迅速增加。村镇污水处理厂站通常呈现散而小的特点，不同厂站间的距离一般相距较远，厂站的运维巡检难度大、成本较高。因此，传统的城镇污水处理厂的管理运营模式已不能满足村镇污水处理厂站的管理要求。加之村镇污水处理厂站存在重建设轻运营、排放标准与地方经济可承受力的矛盾不断加剧、融资收费困难等问题的叠加，导致已建的一些村镇污水处理项目出现一定的“晒太阳”现象(图2)。为此，集中远程智慧化运维已成为村镇污水处理项目运维的首选<sup>[17]</sup>。但除此之外，最关键的还是技术选择的合理性和应用的可行性。因此，选择符合村镇污水处理项目特点的污水处理技术对村镇污水处理项目的长效稳定运行至关重要。但目前来看，村镇污水处理技术在应用过程中仍然存在着各种各样的问题和矛盾。

表3 村镇污水处理领域主要参与企业主要采用技术  
Table 3 Main technologies adopted by enterprises mainly participated in the field of rural sewage treatment

企业简称	主要采用工艺
桑德	生物接触氧化、生物转盘、活性污泥法
北控	生物接触氧化、活性污泥法
北排	生物接触氧化、活性污泥法
首创	生物接触氧化
碧水源	MBR
双良商达	活性污泥法
博汇特	生物接触氧化
金达莱	MBR
富凯迪沃	MBR
航天凯天	活性污泥法
碧沃丰	生物接触氧化
舜禹水务	生物接触氧化



图2 村镇污水处理设施荒废场景

Fig. 2 Abandoned facilities of rural sewage treatment

1) 技术应用过度参考城镇经验。村镇污水与城镇污水在污水来源、污染物含量比例、处理要求等差异较大。因此，在技术选择上很难参考城市污水处理方法。但在实际项目中，很多村镇污水处理项目在设计阶段过度参考城镇污水处理经验<sup>[18-19]</sup>；尤其是一些由城镇污水处理市场转入或刚刚涉足村镇污水处理市场的企业，城镇污水处理的经验痕迹明显，使得项目建成后常常存在运行能耗过高、运维难度极大等问题的出现；加之运营保障制度的不完善和运营资金难以有效落实等问题，导致已完成项目长期处于低效运行或不良运行，甚至停运状态。如膜生物反应器技术在城镇污水处理中应用较多，但在村镇污水处理应用过程中除面临运行成本高外，膜片的维护和清洗

也增加了运维难度。而传统的活性污泥法,如AO, A<sup>2</sup>O等工艺在处理水质水量较为稳定的村镇污水时,结合智慧运维,通常运行效果能够满足出水国标一级A标准。但对于村镇项目普遍存在的水质水量波动比较大的情况,传统的活性污泥法则很难保证出水水质稳定达标;特别是针对未进行雨污分流的村镇项目时,常常出现大雨过后,厂站污泥浓度极速下降,出现“跑泥”现象。而生物接触氧化工艺则能够结合传统活性污泥法和生物膜法的优点,大大提高水质水量波动较大对工艺运行的影响,这也是生物接触氧化工艺逐渐被村镇项目普遍采用的重要原因。

2) 技术选择缺乏规范和标准的约束与指导。我国是一个农业大国,农村和乡镇的数量庞大且分散于不同的生态区域,不同区域的人文、风俗习惯、社会特征迥异,这就意味着村镇污水处理过程中单一的污水处理技术难以普遍适用于所有区域,村镇污水处理技术具有明显的区域适宜性的限制<sup>[20-22]</sup>。从表2中可以看出,村镇污水处理市场主要参与企业所采用的主流技术为生物接触氧化和活性污泥法,但在实际村镇污水处理应用中,技术选择通常缺少适应性。导致此现象产生的重要原因是,技术应用过程中缺乏标准化指导和规范。企业在进行技术选择时,更多的是考虑技术在应用过程中的投入产出比,对技术的适应性和合理性则考虑的较少;而一些科研机构所推荐的村镇污水处理技术则重点放在出水水质稳定达标和高标准排放上,这导致所推荐的技术适应性较差。由此可见,无论是企业所注重的投入产出比还是科研机构所注重的高标准稳定排放,在一定程度上反映出产学研缺乏一定的结合;同时也体现出村镇污水处理技术在应用过程中缺乏相应的标准和规范。

“十三五”期间,我国加大了在环保领域的立法和政策规范的制定,但涉及村镇污水处理领域的标准和规范较少。尽管《中共中央国务院关于实施乡村振兴战略的意见》<sup>[23]</sup>、《农业农村污染治理攻坚战行动计划》<sup>[24]</sup>等文件的出台都对村镇污水处理技术的发展起到了很好的促进作用,但仍然难以保证不同区域在技术选择时有规可循、有法可依。

3) 技术简单实用化与复杂高效化之间矛盾突出。限于村镇污水处理项目分布散、水质水量波动大、运维难度大等典型特点,技术的发展方向存在简单实用化与复杂高效化之间的矛盾之争。简单实用化代表着技术应用过程中设计、施工、运营简单化,如通过降低排放标准实现技术工艺路线的简约和实用;而复杂高效化则意味着技术的应用需要强化技术工艺路线的丰富和高效,实现污水的高标准稳定排放。两种发展方向矛盾的存在,导致村镇污水处理技术发展过程中常出现环境容量和技术选择不匹配的现象。如在环境容量大、生态承载力高、人口老龄化高的地区采用出水水质较高的MBR工艺;而在环境容量小、人口密度较高的地区采用人工湿地处理生活污水。此外,技术发展矛盾的存在也在一定程度上影响了村镇污水处理技术的创新发展。村镇污水处理领域出现一些新技术和新工艺脱离了当前村镇污水处理的人文、标准、经济环境,甚至部分技术尽管已经开始初步进入村镇污水处理应用市场,但实际应用效果与设定目标相差很大,在一定程度上浪费了大量人力物力财力。

4) 技术装备缺乏标准化。近年来,依托不同技术工艺,针对小规模污水处理的一体化设备和针对较大规模污水处理的模块化装备被相继研发并投入应用。但目前来看,无论是技术还是装备都没有完善的标准规定和执行保障,导致村镇污水处理市场上出现的技术设备千差万别,甚至所采用工艺原理一致的设备和装备也差别较大。例如,大部分企业所采用的生物接触氧化工艺(表2),无论是工艺原理还是外形构造都极为相似,但不同企业所生产的设备,无论是质量还是规格都相差很大,不同企业间的设备几乎无任何可互换性和可替代性。因此,在应用过程中,一旦出现部分部件损坏或需要更换,则产品可选择的范围极小,几乎只能由原供应公司提供;甚至出现由于原供应公司产品迭代更新,部分旧版产品生产线关停,导致关键设备部件难以更换维修,致使厂站的运维难度增大,严重影响工艺的正常运行。除此之外,由于技术装备缺乏标准化,部分企业

在设备生产过程中为追求最大利润而刻意降低产品的使用年限，导致很多设备装备在应用过程中频繁出现质量问题，对厂站的长期稳定运行带来了极大的挑战。

### 3 我国村镇污水处理技术发展方向展望

村镇污水处理技术的发展脱离不了其所处政策、标准、经济环境的影响，环保法律法规的不断完善和落地实施是村镇污水处理技术不断发展的重要保障。目前，我国有关村镇污水处理领域的法律法规及标准仍然较少，亟需新的立法和标准规范<sup>[8,25-27]</sup>。如村镇污水处理价费机制、技术选择保障机制、污水处理设施运维机制、污水处理装备制造标准等，尤其是有关技术选择的强制性标准和厂站后期运维的法律法规。特别是适合于区域污水特点的因地制宜的法律和标准，如浙江省正在酝酿出台的《浙江省农村生活污水处理设施运行维护条例(草案)》<sup>[28]</sup>有望成为我国首个有关村镇污水设施运维的法律。随着相关法律、法规、标准的不断完善，村镇污水处理技术将迎来瓶颈突破期。从污水处理技术层面来看，我国村镇污水处理技术的发展方向主要有以下几方面。

1) 技术设备的标准化。村镇污水处理技术经过井喷发展期已逐渐进入瓶颈期。尽管目前已有技术难以完全应对村镇污水排放特点，但在当前的技术基础上，通过参数和工艺优化，基本能够实现村镇污水的有效处理。但相似的技术工艺仍然存在较大的差异，亟需通过相关的标准和立法加强技术设备的标准化。如浙江双良商达环保有限公司主编的《农村生活污水净化装置》<sup>[29]</sup>，就对农村生活污水净化装置进行了标准化规定，这在很大程度上强化了农村生活污水净化装置的标准化，同时也能够有效保障装置的加工质量。以借鉴美日等发达国家的村镇污水治理经验来看，标准制度是保障污水处理技术发挥其治污效果的重要保障。因此，未来应加强技术设备有关标准的制订工作，切实保障涉及村镇污水处理的技术设备或工艺能够实现标准化生产和应用。

2) 技术设备的低耗、高效化。我国村镇经济通常不够发达，这一经济环境决定了村镇污水处理技术的发展方向必须结合我国村镇经济的实际情况。片面地追求出水的高标准在当前是不合时宜的，势必引起技术设备的高能耗，影响厂站的持续稳定运转，亦使出水难以实现设计目标，甚至低于能耗较低的技术设备。但技术设备的低耗并不意味着通过降低出水质量而实现技术设备能耗的降低，而是需要通过技术设备的高效运行来实现。因此，通过技术设备创新，在保障出水达到强制标准的前提下，降低技术设备的运行能耗是未来技术设备的重要发展方向。

3) 技术设备的自动化和智能化。由于村镇污水厂站通常小而分散，导致村镇污水厂站运维难度较大，通过技术设备的自动化和智能化实现厂站的自主运行或远程化集中智慧管理运行是有效降低运维强度的重要途径。要实现此目标，则需保证厂站监测设备(各种水质指标探头)的稳定运行以及各种控制设备(控制阀门等)的远程控制，但这通常需要增加建设投资。因此，在技术设备实现自动化和智能化的过程中，加强监测设备和控制设备的研发，提高其运行效率、降低其运行成本将是未来实现技术设备自动化和智能化的关键。除此之外，应加强远程控制系统的智能化研发，提高远程控制系统的可获得性及有效性。

4) 强化技术设备的适应性。应根据不同区域的污水排放特点和经济、政策环境等，加强与之相适应的技术设备的研发，以提高技术设备的适应性。与城镇生活污水相比，村镇生活污水较为分散，不同厂站的污水差异性较大，甚至仅仅相距几千米的厂站，污水排放特征都有明显的区别，这导致村镇污水处理很难通过单一技术进行统一处理，村镇污水处理技术通常具有综合性。因此，需要强化不同技术的整合和优势互补，以适应不同村镇污水处理的技术要求。但同时，随着社会的发展和人们生活水平的提高，村镇生活污水的特征也在逐渐发生变化。因此，应密切关注村镇污水的发展特点，不断研发新的村镇污水处理技术，以满足村镇生活污水的发展要求，确保村镇生活污水得到有效处理和达标排放。

## 参考文献

- [1] 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]. [2020-01-05]. <http://www.mohurd.gov.cn/xytj/tjzljxsyjtjgb/jstjnj/w02019012421874448602635000.zip>.
- [2] 于法稳. 乡村振兴战略下农村人居环境整治[J]. 中国特色社会主义研究, 2019, 2(1): 80-85.
- [3] 李宪法, 许京骐. 北京市农村污水处理设施普遍闲置的反思(Ⅱ)[J]. 给水排水, 2015, 41(10): 50-54.
- [4] 孙雪洁, 郑生钦, 张琳. 村镇污水处理PPP项目投资决策[J]. 工程管理学报, 2018, 32(5): 57-62.
- [5] 刘钊. 村镇污水处理技术及设施运营管理模式探究[D]. 天津: 天津大学, 2017.
- [6] 陶琨. 村镇污水处理技术选择新视角[J]. 中国给水排水, 2016, 32(14): 16-19.
- [7] 贾小梅, 赵芳, 董旭辉. 日本农村生活污水治理设施行业管理经验对我国的启示: 以净化槽为例[J]. 环境与可持续发展, 2019, 44(6): 90-93.
- [8] 田泽源, 吴德礼, 张亚雷. 美国分散型生活污水治理的经验与启示[J]. 给水排水, 2017, 43(5): 52-57.
- [9] 范彬, 武洁玮, 刘超, 等. 美国和日本乡村污水治理的组织管理与启示[J]. 中国给水排水, 2009, 25(10): 6-10.
- [10] 赵高辉. 北京市典型农村污水处理技术适应性评估[D]. 北京: 北京建筑大学, 2019.
- [11] 文一波. 中国典型村镇污水处理系统研究[D]. 北京: 清华大学, 2016.
- [12] 王俊安, 魏维利, 潘华崑, 等. 村镇污水处理系统设计与工程实践[J]. 给水排水, 2017, 43(11): 33-38.
- [13] CUI B J, LIANG S X. Monitoring opportunistic pathogens in domestic wastewater from a pilot-scale anaerobic biofilm reactor to reuse in agricultural irrigation[J]. Water, 2019, 11(6): 1-14.
- [14] KRAIEMA K, KALLALI H, WAHAB M A, et al. Comparative study on pilots between ANAMMOX favored conditions in a partially saturated vertical flow constructed wetland and a hybrid system for rural wastewater treatment[J]. Science of the Total Environment, 2019, 670(6): 644-653.
- [15] PARK J, KIM S, DELAUNE R D, et al. Enhancement of nitrate removal in constructed wetlands utilizing a combined autotrophic and heterotrophic denitrification technology for treating hydroponic wastewater containing high nitrate and low organic carbon concentrations[J]. Agricultural Water Management, 2015, 162(12): 1-14.
- [16] 中国水网. 水业上市公司[EB/OL]. [2020-01-05]. <http://www.h2o-china.com>.
- [17] 颜秀勤, 韦启信, 杨超, 等. 村镇污水处理设施远程监控系统设计与实现[J]. 物联网技术, 2018, 12(1): 58-63.
- [18] 牟彪. 农村地区分散式生活污水一体化处理技术研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2018.
- [19] 张博雅. 农村户用一体化污水处理设备运行优化研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2018.
- [20] DING R N, LI Y G, YU X, et al. Characteristics of rural agritainment sewage in Sichuan, China[J]. Water Science and Technology, 2019, 79(9): 1695-1704.
- [21] 陈瑶, 许景婷. 村镇污水处理的适当技术与管理模式分析[J]. 南京工业大学学报(社会科学版), 2018, 17(6): 47-56.
- [22] 梁学颖. 村镇污水处理解决方案及应用[J]. 净水技术, 2018, 37(8): 25-27.
- [23] 孙洁. 开启三农工作新篇章: 解读《中共中央国务院关于实施乡村振兴战略的意见》[J]. 中国农村科技, 2018(3): 20-23.
- [24] 陈颖, 吴娜伟, 董旭辉, 等. 农业农村污染治理攻坚战的重点与难点解析: 《农业农村污染治理攻坚战行动计划》解读[J]. 环境保护, 2019(1): 8-11.

- [25] 寇全新, 马莉达, 徐波, 等. 农村分散式污水治理瓶颈及解决方法[J]. *生物化工*, 2018, 4(2): 121-123.
- [26] 常越亚. 农村生活污水处理生物生态组合技术优选及应用示范[D]. 上海: 华东师范大学, 2018.
- [27] 薛利. 关于村镇污水处理以及利用方式的探讨研究[J]. *中国资源综合利用*, 2018, 36(10): 84-86.
- [28] 北极星水处理网. 全国首个! 浙江为农村生活污水处理设施运行维护立法[EB/OL].[2020-01-05]. <http://huanbao.bjx.com.cn/news/20190802/997330.shtml>.
- [29] 绍兴市质量技术监督检测院. 关于对《农村生活污水净化装置》行业标准“征求意见稿”进行公示的通知[EB/OL].[2020-01-05]. <http://www.stiq.org/newsinfo/834688.html>.

(本文编辑: 金曙光, 郑晓梅)

## Development trend of rural sewage treatment technology in China

WANG Bo<sup>1</sup>, LIU Chunmei<sup>2,3</sup>, ZHAO Xuelian<sup>2,3</sup>, NING Guixing<sup>2,3</sup>, WANG Jun'an<sup>1,2,3\*</sup>

1. Beijing Chaobai Environmental Technology Co. Ltd., Beijing 101300, China

2. Sound Ecological Technology Co. Ltd., Tianjin 300461, China

3. Beijing Small Town Wastewater Treatment and Reuse Engineering Technology Research Centre, Beijing Sound Environmental Engineering Co. Ltd., Beijing 101102, China

\*Corresponding author, E-mail: 13811377861@163.com

**Abstract** With the rapid development of the rural sewage treatment technology, lots of technologies has been developed and applied in the field of rural sewage treatment. However, there are still many problems in the practical application of these technologies in rural sewage treatment, such as excessive reference to the experience of municipal sewage treatment, the lack of standard guidance and specifications for technical selection, as well as the standardization of equipment. Based on the analysis of the merits and demerits of the common technologies in the rural sewage treatment in China, the application status of the technology in rural sewage treatment was reviewed, and the development trend of the technology in rural sewage treatment was also proposed. Currently, there were still many problems in the adaptability and standardization of rural sewage treatment technology. In the future, it needs to make breakthroughs in standardization, low consumption and high efficiency, automation and intelligence in the technology of rural sewage treatment, and to strengthen the adaptability of technology and equipment. This study provides theoretical exploration for the development of technology in rural sewage treatment in China.

**Keywords** rural sewage; biological contact oxidation process; standardization; adaptation; intelligent operation