

以无害化为目标、资源化作为手段补齐污泥处理短板

华煜 杨东海 戴晓虎

(同济大学环境科学与工程学院,上海 200092)

[摘要] 本文结合我国污泥处理处置存在的主要问题,对国家发改委、住建部、生态环境部三部委联合印发的《污泥无害化处理和资源化利用实施方案》进行详细的解读。我国污泥处理存在污泥泥质差,处理处置难度大;工作起步晚,资金投入不到位,处理处置能力不足;土地利用受限,污泥出路尚未完全打通等问题。在“双碳”背景下,我国污泥处理处置应遵循“统筹兼顾、因地制宜,政府主导、市场运作,稳定可靠、绿色低碳”的基本原则,规范污泥处理方式,积极推广污泥土地利用,合理压减填埋规模,有序推进污泥单独或协同焚烧,加大推广污泥能量和物质回收利用。对于污泥处理设施,应统筹提升现有设施效能和做好增量建设,且强化过程管理,完善保障措施。对于污泥处理,应以无害化为目标、资源化作为手段补齐短板,逐步形成链条完整的污泥安全处理处置和资源化利用理论、技术、装备、政策、标准与价格体系,促进产业健康发展。

[关键词] 污水厂污泥;无害化处理;资源化利用;泥水处理;污泥焚烧;污泥能量物质回收

[中图分类号] X703; X799.3

[文献标志码] A

[文章编号] 1008-5122(2023)01-0085-05

DOI: 10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2023.01.012

0 前言

污泥是污水处理过程中的产物,富集了污水中近一半的碳、氮、磷等物质,“污染”与“资源”属性并存,若处理处置不当,不仅造成严重二次污染,还浪费

大量能源资源,污水处理的减排效益也将大打折扣^[1]。

近年来,随着对污泥处理处置短板效应的更多关注,我国初步建立了一套污泥处理处置标准规范体系,发布了相关政策与下一步规划,加大了科技研发的持续投入,驱动了污泥管理逐步从“重水轻泥”向“泥水并重”转变,建设了一批示范工程,使污泥技术和装备能力得到大幅提升,有效支撑我国污泥处理行业发展。但由于我国污泥处理处置起步较晚,污泥产量逐年增加,减污降碳协同增效的要求不断提升,污泥处理处置难题还未得到彻底解决,对标水务行业整体发展水平差距较大^[2-3]。

结合《城镇生活污水处理设施补短板强弱项实施方案》^[4]《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》^[5]《关于推进污水资源化利用的指导意见》(发改环资[2021]13号)^[6],国家发改委、住建部、生态环境部三部委联合印发了《污泥无害化处理和资源化利用实施方案》(发改环资[2022]1453号,以下简称《实施方案》)^[7],从目标原则、处理结构、设施建设、过程管理、保障措施等方面部署系统

[收稿日期] 2022-12-20

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(52131002、52200172),上海市科技支撑碳达峰碳中和专项项目(22dz1209200)

[作者简介] 华煜(1995—),男,同济大学环境科学与工程学院在站博士后。杨东海(1990—),男,同济大学环境科学与工程学院在站博士后。

[通讯作者] 戴晓虎(1962—),男,江苏镇江人,同济大学环境科学与工程学院教授、博士生导师,城市污染控制国家工程研究中心主任,长期从事城镇有机质(污泥、厨余垃圾)及农业废弃物(秸秆、畜禽粪便)等生物质能源转化、营养物质回收等领域的研究。

[引用格式] 华煜,杨东海,戴晓虎.以无害化为目标、资源化作为手段补齐污泥处理短板[J].绿色矿冶,2023,39(1):85-89.

性的工作要求,对于加快补齐污泥处理短板,提高污泥无害化处理和资源化利用水平具有重要指导作用,是我国深入打好污染防治攻坚战、建设美丽中国的有力举措。

1 我国污泥无害化处理和资源化利用存在的主要问题

1.1 污泥泥质差,污泥处理处置难度大

我国污泥存在有机质含量低(仅为发达国家或地区的60%左右)、含砂量高(约是发达国家或地区的2.6倍)的泥质特点,污泥生物转化效率低、热化学转化的能耗高,国外已发展成熟的厌氧消化或焚烧技术装备适用性差。我国部分污水厂的进水由于混入工业废水,重金属含量超标,污泥土地利用风险增加^[8]。

1.2 工作起步晚,资金投入不到位,处理处置能力不足

我国制定了严格的污水处理综合排放标准,但污水与污泥处理的规划、投入、建设不同步,对污泥处理配套工作的规划起步较晚、资金投入不到位^[9],导致污泥处理处置能力严重不足。大部分污水厂的污泥仅在厂区内实现了浓缩脱水,再采用填埋或简单处置的方式处理,无害化处理和资源化利用水平低,与行业高质量发展目标差距较大。

1.3 土地利用受限,污泥出路尚未完全打通

解决污泥及其副产物的出路是实现污泥全链条处理处置的关键。污泥处置方式包括土地利用、建材利用和脱水填埋。我国现阶段污泥仍以脱水后填埋的处置方式为主,导致大量土地资源被占用,部分地区陷入无地可埋的困局,并且大量温室气体逸散排放造成二次污染。在进行建材利用前,为实现污泥的矿化和无害化,需要进行干化与焚烧处理,但我国污泥有机质含量低导致热值偏低,且焚烧存在成本高、邻避效应突出等问题。污泥稳定化产物土地利用是美国等发达国家及欧盟大部分地区的主流处置方式,而我国污泥土地利用比例较低,这与前端稳定化程度不足、与政策标准衔接不畅息息相关^[10]。

2 推进污泥无害化处理和资源化利用的主要措施

针对我国污泥处理处置难题,《实施方案》提出了明确目标,“到2025年,城市污泥无害化处置率达到90%以上,地级及以上城市达到95%以上,基本

形成设施完备、运行安全、绿色低碳、监管有效的污泥无害化资源化处理体系”,并针对性地提出了系列污泥无害化处理和资源化利用具体措施。

2.1 因地制宜选择处理方式

《实施方案》明确了污泥处理处置技术路线选择的基本原则(图1)。污泥处理应遵循“绿色、循环、低碳、生态”的处理处置理念,结合当地总体规划、地理条件、环境容量、经济水平等实际情况,以合理的处置方式确定污泥处理单元的选择,因地制宜设计污泥全链条处理处置技术路线(图2)^[11]。



图1 污泥处理处置技术路线选择的基本原则

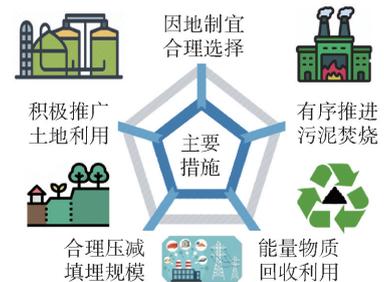


图2 污泥无害化处理和资源化利用的主要措施

2.2 积极推广污泥土地利用

《实施方案》提出“鼓励将城镇生活污水处理厂产生的污泥经厌氧消化或好氧发酵处理后,作为肥料或土壤改良剂,用于国土绿化、园林建设、废弃矿场以及非农用的盐碱地和沙化地”。该措施对污泥出路问题的解决具有重要意义,符合降碳、减污、扩绿、增长的发展方向。污泥富含有机质和氮磷等养分,且我国土壤有机碳储量相对较低,污泥稳定化处理后是良好的营养土或土壤改良剂。在土地资源丰富而经济欠发达的地区,应积极鼓励污泥稳定化产物的土地利用方式。考虑到污泥含有大量易腐败物质和病原菌,在进行土地利用之前,必须进行厌氧或好氧生物稳定化处理,实现污泥易腐有机物和病原菌的削减,以提升污泥稳定化、卫生化水平。此外,应在源头上确保污泥品质,对于有毒有害工业废水混入产生的污泥,应杜绝进行土地利用,以保障土地

利用的安全性。

2.3 合理压减填埋规模

污泥脱水填埋因存在二次污染与资源浪费的问题,多数发达国家已法令禁止脱水污泥进入填埋场,而填埋仍是我国大部分地区污泥的主要甚至唯一处置方式^[12]。考虑到我国不同地区自然地理条件、环境承载能力和经济发展水平差异,《实施方案》提出,“东部地区城市、中西部地区大中型城市以及其他地区有条件的城市,积极采用资源化利用等替代处理方案,逐步限制污泥填埋处理”。该措施符合我国现阶段的实际情况,明确了污泥脱水填埋处置方式的定位,即仅仅是一种应急性的处置方式,在当前发展阶段作为资源化处理方案前的过渡性临时方案使用。

2.4 有序推进污泥单独焚烧或协同焚烧

焚烧是一种快捷有效的污泥处理处置方式,特别是对于人口密集、土地资源紧缺或土地利用泥质受限,且经济条件较好的城市。污泥焚烧可实现深度减容、有机物矿化、污染物去除及热能回收利用等,焚烧后的灰渣可作为建筑材料前体。本着因地制宜的原则,污泥可分别采用单独焚烧或协同焚烧方式处理。污泥单独焚烧要重点考虑系统能量的优化,以提高单位体积热能利用效率,所以应鼓励污泥产生量大、经济条件较好、土地资源紧缺的地区集中建设污泥单独焚烧设施。对于具备协同焚烧条件的地区,可采用协同焚烧的方式,发挥协同效益,但要关注添加污泥后对焚烧系统烟气污染控制及产品质量的影响,以及垃圾焚烧厂、火力发电厂、水泥窑设施的产能、添加比例要求、检修或停产等因素对污泥处理处置的影响,做好预案,保障污泥出路畅通和污水厂的稳定运行。

2.5 加大推广污泥能量和物质回收利用

为实现污水厂减污降碳协同增效目标,污泥中能源和资源物质的回收利用发挥着举足轻重的作用^[13]。从能量回收角度,应大力推广污泥(或与其他易腐有机质协同)厌氧消化回收甲烷生物质能、沼气热电联产或提纯并网等技术,并原位发展光伏发电及污水源热泵等能源技术,实现污水厂内污水与污泥能量的协同利用^[14]。从物质循环角度,污泥稳定化产物的土地利用、焚烧灰渣的建材利用、营养元素的回收利用等资源化方式应被积极推广,磷素作为不可再生的战略性资源应特别关注^[15]。面向未来的污泥处理处置与资源化需求,应进一步开发

污泥绿色固液分离^[12]、高效(协同)厌氧/好氧^[16]、高参数清洁焚烧^[17]、热解碳化^[18]、水热转化^[19]等污泥能量和物质回收利用技术,切实提升我国在污水处理行业减污降碳前沿技术方面的储备能力。

3 统筹污泥处理设施存量提升和增量建设

3.1 提升现有设施效能

近年来,我国建设了一批污泥处理工程,但是对于现有工程设施的运行状况缺乏评估,部分污泥处理设施的运行效能有待提升。因此,方案提出建立健全污泥处理设施普查建档制度,摸清现有污泥设施综合效能,对不满足要求的处理设施进行升级改造。污水处理设施改扩建时,在厂区空间布局允许的情况下,应同步建设污泥无害化处理和资源化利用配套设施,实现厂区内污水污泥处理设施的同步提质增效。

3.2 补齐设施缺口

《实施方案》充分考虑我国的实际情况,提出了具体举措。首先,污水管网建设会直接影响污水处理厂进水水质,进而影响污泥泥质。因此,加快补齐管网短板,解决部分污水处理厂进水生化需氧量浓度偏低的问题,以提升污泥有机质含量和污泥品质,对污泥处理处置至关重要。其次,对于新建的污水处理厂,应按照污水污泥处理设施同步提质增效的要求,一并建设污泥减量化、稳定化、无害化、资源化处理处置设施。结合实际情况,有条件的地区可统筹考虑建设集中式污泥设施,协同处理周边地区已建污水厂的污泥,补齐我国污泥前期处理处置不善的短板。此外,由于我国污泥有机质含量较低,应积极鼓励推广污泥与城乡有机质(餐厨垃圾、家庭厨余等)协同厌氧消化处理-生物质能回收-沼渣土地利用的方式,提高处理设施的综合效益。

4 强化过程管理,完善保障措施

《实施方案》提出了多项管理措施保障污泥无害化处理和资源化利用工作的顺利推进,如强化有毒有害物质的源头管控,确保污泥泥质符合要求;强化产生、运输、处理全流程信息化管理,实现精细化监管,严禁偷排、随意倾倒;压实城镇污水、污泥处理企业的直接责任,确保污泥依法合规处理;重点突破共性和关键技术装备,健全污泥无害化处理及资源化利用标准体系;推动建立与污泥处理处置效果挂

钩的按效付费机制,进一步完善污泥相关资源产品的市场化定价机制;建立完善多元化的配套投资保障机制,引导社会资金参与污泥处理设施建设和运营,推动具备规模效应且符合条件的污泥集中处理项目发行基础设施领域不动产投资信托基金。相关措施从组织、财政、管理等方面为《实施方案》的落地实施提供了有力保障。

5 结束语

污泥作为污水处理的过程产物,若未得到有效处理,污水处理设施的减排效益将大打折扣。近年来,我国污泥管理初见成效,建设了一批示范工程,具有自主知识产权的污泥配套技术装备能力显著提升,但“重污水轻污泥”的现象仍未根本性扭转,污泥难题还未得到彻底解决,距离“减量化、无害化、稳定化、资源化”目标仍存在差距。《污泥无害化处理和资源化利用实施方案》从目标原则、处理结构、设施建设、过程管理、保障措施等方面部署了系统性的工作要求,对于加快补齐污泥处理短板,提高污泥无害化处理和资源化利用水平具有重要指导作用,是我国深入打好污染防治攻坚战、建设美丽中国的有力举措。我国污泥处理处置应遵循“绿色低碳、资源循环、环境友好、因地制宜”的发展理念,面向未来的污泥处理处置与资源化需求,应进一步开发污泥绿色固液分离、高效(协同)厌氧/好氧、高参数清洁焚烧、热解碳化、水热转化等污泥能量和物质回收利用技术,切实提升我国在污水处理行业减污降碳前沿技术方面的储备能力,实现从“污泥大国”向“污泥强国”的转变。

[参考文献]

- [1] QU J, DAI X, HU H Y, et al. Emerging trends and prospects for municipal wastewater management in China [J]. ACS ES&T Engineering, 2022, 2(3): 323-336.
- [2] 戴晓虎. 我国污泥处理处置现状及发展趋势 [J]. 科学, 2020, 72(6): 30-34.
- [3] 戴晓虎, 侯立安, 章林伟. 我国城镇污泥安全处置与资源化研究 [J]. 中国工程科学, 2022, 24(5): 145-153.
- [4] 国家发展改革委, 住房城乡建设部. 关于印发《城镇生活污水处理设施补短板强弱项实施方案》的通知(发改环资[2020]1234号) [EB/OL]. [2020-07-28]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-08/06/content_5532768.htm.
- [5] 国家发展改革委, 住房城乡建设部. 关于印发《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》的通知(发改环资[2021]827号) [EB/OL]. [2021-06-06]. https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202106/t20210611_1283170.html.
- [6] 国家发展改革委, 科技部, 工业和信息化部, 等. 关于推进污水资源化利用的指导意见(发改环资[2021]13号) [EB/OL]. [2021-01-14]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202101/t20210111_1264794.html.
- [7] 国家发展改革委, 住房城乡建设部, 生态环境部. 关于印发《污泥无害化处理和资源化利用实施方案》的通知(发改环资[2022]1453号) [EB/OL]. [2022-09-22]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202209/t20220927_1337103.html.
- [8] 戴晓虎. 我国城镇污泥处理处置现状及思考 [J]. 给水排水, 2012, 38(2): 1-5.
- [9] 薛重华, 孔祥娟, 王胜, 等. 我国城镇污泥处理处置产业化现状、发展及激励政策需求 [J]. 净水技术, 2018, 37(12): 33-39.
- [10] 戴晓虎. 城镇污水处理厂污泥稳定化处理的必要性和迫切性的思考 [J]. 给水排水, 2017, 53(12): 1-5.
- [11] 段妮娜, 王逸贤, 王磊, 等. 我国污泥处理处置主流技术路线的发展概况及制约因素 [J]. 城市道桥与防洪, 2019(11): 86-89, 13.
- [12] WU B, DAI X, CHAI X. Critical review on dewatering of sewage sludge: Influential mechanism, conditioning technologies and implications to sludge re-utilizations [J]. Water Research, 2020, 180: 115912.
- [13] WEI L, ZHU F, LI Q, et al. Development, current state and future trends of sludge management in China: Based on exploratory data and CO₂-equivalent emissions analysis [J]. Environment International, 2020, 144: 106093.
- [14] 戴晓虎, 张辰, 章林伟, 等. 碳中和背景下污泥处理处置与资源化发展方向思考 [J]. 给水排水, 2021, 57(3): 1-5.
- [15] LI W W, YU H Q, RITTMANN B E. Chemistry: Reuse water pollutants [J]. Nature, 2015, 528(7580): 29-31.
- [16] XU Y, LU Y, ZHENG L, et al. Perspective on enhancing the anaerobic digestion of waste activated sludge [J]. Journal of Hazardous Materials, 2020, 389: 121847.
- [17] LIANG Y, XU D, FENG P, et al. Municipal sewage sludge incineration and its air pollution control [J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 295: 126456.
- [18] AGRAFIOTI E, BOURAS G, KALDERIS D, et al. Biochar production by sewage sludge pyrolysis [J].

Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2013, 101: 72–78.

[19] WANG L, CHANG Y, LI A. Hydrothermal carboniza-

tion for energy-efficient processing of sewage sludge: A review [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2019, 108: 423–440.

Harmlessness as the Goal and Recycling as the Means to Make up for Sludge Treatment Shortcomings

HUA Yu, YANG Donghai, DAI Xiaohu

Abstract: Based on the main problems existing in sludge treatment and disposal in China, this paper gave a detailed interpretation of the *Implementation Plan for Sludge Harmless Treatment and Resource Utilization* jointly issued by the National Development and Reform Commission, the Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China and the Ministry of Ecology and the Environment of the People's Republic of China. The sludge treatment in China has problems as follow: sludge quality is poor and is difficult to treat; the work starts late, the capital investment is not in place, and the handling capacity is insufficient; the land use is limited, and the sludge outlet has not been completely opened. Under the background of "Carbon Peaking and Carbon Neutrality", sludge treatment and disposal in China should follow the basic principles of "comprehensive consideration, adaptation to local conditions, government-led, market operation, stable and reliable, green and low-carbon", standardize sludge treatment methods, actively promote sludge land use, reasonably reduce the landfill scale, orderly promote sludge incineration alone or in coordination, and increase the promotion of sludge energy and material recycling. For sludge treatment facilities, the efficiency of existing facilities should be improved and the incremental construction should be done well, and the process management should be strengthened and the safeguard measures should be improved. For sludge treatment, it is necessary to take harmless treatment as the goal and resource utilization as the means to complement the shortcomings, and gradually form a complete chain of theories, technologies, equipment, policies, standards and price systems for sludge safe treatment and resource utilization, so as to promote the healthy development of the industry.

Key words: sewage plant sludge; harmless treatment; resource utilization; muddy water treatment; sludge incineration; sludge energy material recovery