

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.12.003

基于新《固废法》的城镇污泥处置管理要求与资源化思考

熊建军, 崔超, 张荣兵, 姚大伟, 马富亮, 曹贺雄, 杨文彬,
姚海

(北京城市排水集团有限责任公司, 北京 100044)

摘要: 2020年9月1日实施的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(以下简称新《固废法》)从宏观上坚持“减量化、资源化和无害化”的污染防治原则,从固废监督管理上进一步明确了职权界定,完善了联防联控管理机制,强化了全流程监管体系要求,同时进一步明确责任主体,加大了违法成本,完善了付费管理和保障机制。城镇污泥处置的综合管理被列为新《固废法》的重点管理内容,为此围绕固废综合防治要求对其处理处置过程管理进行了详细解读,并介绍了北京中心城区污泥产品土地利用管理案例。基于此,城镇污泥生产单位应在新《固废法》的管理要求及“双碳”目标背景下,不断探索以城镇污泥资源化目标的污泥处置路线,建立全流程闭环管理的标准化体系,保障污泥处理处置过程安全规范。城镇污泥产品土地利用是资源化发展的有效方式,新《固废法》为城镇污泥生产单位、利用单位及个人在固废利用管理上提供了法律保障,提升了城镇污泥土地资源化利用的发展前景。

关键词: 新《固废法》; 城镇污泥管理; 污泥处置; 污泥土地利用

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2024)12-0021-07

Management Requirements and Resource Utilization Considerations for Sewage Sludge Disposal Based on the New Solid Waste Law

XIONG Jian-jun, CUI Chao, ZHANG Rong-bing, YAO Da-wei, MA Fu-liang,
CAO He-xiong, YANG Wen-bin, YAO Hai
(Beijing Drainage Group Co. Ltd., Beijing 100044, China)

Abstract: On September 1, 2020, China implemented the *Solid Waste Pollution Prevention and Control Law of the People's Republic of China* (hereinafter referred to as the new *Solid Waste Law*). The new *Solid Waste Law* upholds the pollution prevention and control principles of “reduction, recycling and harmlessness” at a macro level. It provides further clarification on the responsibilities and powers involved in the supervision and management of solid waste. Additionally, it enhances the joint prevention and control management mechanism, and strengthens the requirements of the whole-process supervision system. Moreover, it clarifies the responsible subjects, increases the cost of illegal activities, and improves the payment management and guarantee mechanism. This paper serves to elucidate the management aspects outlined in the new *Solid Waste Law*, focusing on the treatment and disposal processes within the framework of comprehensive solid waste prevention and control. Additionally, it presents a case study on the land use management of sludge products in Beijing central urban area. Based on the aforementioned

points, it is imperative for sewage sludge production units to continuously explore sludge disposal routes with the goal of urban sludge recycling. This entails establishing a standardized system for closed-loop management of the entire process, ensuring adherence to safety and specifications for sewage sludge treatment and disposal. Such efforts are in line with the management directives of the new *Solid Waste Law* and are driven by the overarching goals of carbon reduction. The land use of sewage sludge products was an effective way of resource development. The new *Solid Waste Law* offers legal protection for sewage sludge production units, utilization units and individuals in the management of solid waste utilization, and improves the development prospects of urban sludge land resource utilization.

Key words: the new *Solid Waste Law*; sewage sludge management; sludge disposal; sewage sludge for land use

城镇污泥处理处置一直是城镇给水排水行业的热点问题^[1],尤其在污泥处理处置道路选择和法规政策保障方面^[2]。2020年9月1日实施的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(以下简称新《固废法》)从修订内容上强化了固废“减量化、资源化、无害化”的“三化”原则,进一步根据国家职能机构明确了责任主体,细化了界定边界,同时为保障法规威慑力,加大了违法处罚力度。从整体上,以当前突出问题为导向,健全了污染防治长效机制,也为城镇污泥处理处置的管理提供了强有力的法律保障。

从新《固废法》内容看,污泥处置的综合管理被列为新《固废法》的重点关注方面。新《固废法》以固废综合污染防治为基础,明确并细化了城镇污泥的管理边界和处罚要求,为污泥行业地方规章制度的建立提供了上位法支撑依据,也为从事城镇污泥处理处置的生产经营单位和个人提供了法律保障。通过解析城镇污泥的固废鉴别属性,以新《固废法》为主要研究内容解析了城镇污泥的管理要求,并结合北京中心城区污泥土地资源化管理案例,对城镇污泥处理处置的前景与管理进行了分析与思考,以供行业借鉴。

1 城镇污泥的固废属性

2010年环境保护部发布《关于污(废)水处理设施产生污泥危险特性鉴别有关意见的函》(环函[2010]129号),明确提出“单纯用于处理城镇生活污水的公共污水处理厂,其产生的污泥通常情况下不具有危险特性,可作为一般固体废物管理”。同时,《固体废物鉴别标准 通则》(GB 34330—2017)、《一般固体废物分类与代码》(GB/T 39198—2020)也

明确城镇污水处理厂污泥的一般固废属性,类别代码为62(非特定行业生产过程中产生的一般固体废物:有机废水污泥)。因此,城镇污水处理厂产生的污泥从管理上属于一般固体废物,与危险废物相比,在认定、鉴别和管理上具有本质的区别,行政管理部门应避免属性误判。

2 基于新《固废法》的城镇污泥管理要求

2.1 坚持减量化、资源化和无害化的原则

新《固废法》从全国固废处理处置的宏观层面考虑,强调固废污染防治的“减量化、资源化和无害化”总体原则,明确了“减量化”的首要要求、“资源化”的利用要求、“无害化”的底线要求。与当前污泥处理处置“减量化、稳定化、无害化、资源化”的“四化”要求在顺序和内容上略有不同,但目标相互契合。同时,新《固废法》在处置方式上要求县级以上人民政府应落实“三化”要求,将固体废物污染防治工作纳入城市发展规划,最大限度降低固体废物填埋量。从当前国内污泥主要处置方式来看,传统的污泥填埋方式不可持续,将逐步被淘汰或被其他处置方式替代,在“双碳”目标下,资源化利用方式潜力巨大。

从资源化利用指导要求看,新《固废法》要求综合利用固体废物应遵守生态环境法规,符合固体废物污染防治技术标准。同时,使用固体废物综合利用产物应符合国家规定的用途、标准。从城镇污泥的具体要求看,新《固废法》规定城镇污水处理设施维护运营单位或者污泥处理单位应当安全处理污泥,保证处理后的污泥符合国家有关标准。对于固废资源化利用方向的空白区,新《固废法》也明确要求国务院标准化主管部门会同有关主管部门

制定固体废物综合利用标准。以上管理要求均为城镇污泥多元化的资源化处置发展奠定了基础。

在措施保障上,新《固废法》明确国家鼓励和支持科研单位与固体废物产生单位、利用单位、处置单位等建立联合机制,通过固废处置利用新技术研发,以技术为引领,推动固体废物污染防治取得进步。同时,新《固废法》也要求各级政府按照有关固体废物污染防治资金的事权划分原则,安排必要的资金开展固体废物污染防治相关的技术研发及设施建设工作,为不同层面城镇污泥处理处置研究课题的设立提供政策依据,也为污泥处理处置技术创新发展赋能。

2.2 明确职权界定,强化全流程监管要求

新《固废法》在固废环境管理中引入“目标责任制和评价考核制度”,地方各级政府对本行政区域固体废物污染防治负主体责任,并将环境状况 and 环境保护目标完成情况纳入政府考核评价内容。这表明城镇污泥作为属地固废管理的一部分,其处理处置目标完成情况将直接影响属地政府的政绩考核,进而推动属地政府与污泥经营单位联合规划,促进城镇污泥处理处置的规范发展。

针对原法规监管边界盲区,新《固废法》根据现行国家职能机构分管职责,从监管全覆盖角度,对国家行业及地方行政管理层面进行整体划分,统筹各部门及行政单元各司其职,落实固废的综合防治监管职责,为联防联控具体实施创造有利条件。其中,明确了城镇污泥受城镇排水主管部门和生态环境主管部门监督管理的相关要求。

新《固废法》进一步强化全流程监管要求,涉及固体废物产生、贮存、利用、处置的建设项目均应遵守国家有关建设项目环境保护管理的规定,并依法开展环境影响评价。同时,为保障固废处置过程的可追溯,规定国务院生态环境主管部门应牵头建立固废防治信息管理平台。其中,在城镇污泥处置过程管理方面,明确城镇污水处理设施维护运营单位或者污泥处理单位应对污泥的流向、用途、用量等进行跟踪、记录,并将信息记录报告城镇排水主管部门、生态环境主管部门。

受限于各地区城市发展规模差异,固体废物产量与处理处置能力存在不匹配的实际情况,导致固体废物在客观上存在跨区流转与利用等跨区监管需求。由此,新《固废法》明确了地方政府负有统筹

发展与保障污染防治的直接责任,要求在编制国土空间规划和相关专项规划时,应统筹固体废物转运、集中处置等设施建设需求,保障转运、集中处置等设施用地。其次,鼓励各地间协商建立跨行政区域固体废物污染环境的联防联控机制,统筹规划制定、设施建设、固体废物转移等工作。针对跨区域利用,新《固废法》要求建立固废生产单位与移出地生态环境部门备案、移出地生态环境部门与接收地生态环境部门进行备案信息通报的管理制度。新《固废法》对过程监管要求的完善将有效推动以政府为主导的联防联控监督管理体系的建立,保障城镇污泥全链条的环境污染防治管理。

2.3 明确主体责任,提升违法成本和保障机制

在固体废物污染防治主体责任界定上,新《固废法》对责任主体的界定由原先的“产品的生产者、销售者、进口者、使用者”修订为“产生、收集、贮存、运输、利用、处置固体废物的单位和个人”,对固废流转过程中可能涉及的相关环节主体单位和实施个体进行明确划分,从过程管理角度落实责任主体,最大程度地避免环境事故中的责任划分问题。对违反法规的单位主体和个人,由生态环境主管部门或者其他负有固体废物污染防治监督管理职责的部门责令改正,并处以罚款。

从具体处罚措施看,新《固废法》新增对城镇污泥跟踪记录、质量达标、违规处置污泥等情况的详细责任划分,加大了处罚力度,从过程执行上增强了威慑力。从具体管理要求来看,新《固废法》规定:“禁止擅自倾倒、堆放、丢弃、遗撒城镇污水处理设施产生的污泥和处理后的污泥。禁止重金属或者其他有毒有害物质含量超标的污泥进入农用地”。对污泥流向、用途、用量等未进行跟踪、记录的城镇污水处理设施维护运营单位或者污泥处理单位,或者处理后的污泥不符合国家有关标准的,以及擅自倾倒、堆放、丢弃、遗撒城镇污泥的,视严重程度由城镇排水主管部门进行处罚。城镇污泥跨地利用未报备案的,以及违反固体废物管理其他要求导致的污染环境、破坏生态的相关违法行为,由生态环境主管部门进行处罚管理。

为保障城镇污泥的安全处置,新《固废法》还完善了付费管理机制,“要求县级以上人民政府城镇排水主管部门应当将污泥处理设施纳入城镇排水与污水处理规划,推动同步建设污泥处理设施与污

水处理设施,鼓励协同处理,污水处理费征收标准和补偿范围应当覆盖污泥处理成本和污水处理设施正常运营成本”。在财政保障措施上,新《固废法》提出税收优惠措施,以提升固体废物污染防治工作的积极性,并鼓励金融机构发展绿色金融,加大对固体废物污染防治项目的信贷投放。同时,创新性引入信用记录管理制度,建立经营者信用管理档案,明确“生态环境主管部门应当会同有关部门建立产生、收集、贮存、运输、利用、处置固体废物的单位和其他生产经营者信用记录制度,将相关信用记录纳入全国信用信息共享平台”。

3 北京中心城区污泥产品土地利用管理案例

达标污泥产品土地利用是实现城镇污泥资源化的有效途径。基于新《固废法》的管理要求,北京中心城区在实践中不断优化污泥产品土地资源化利用过程管理的标准化体系,通过污泥处理处置全生命周期的标准化管理(见图1),为城镇污泥产品安全利用提供措施保障。

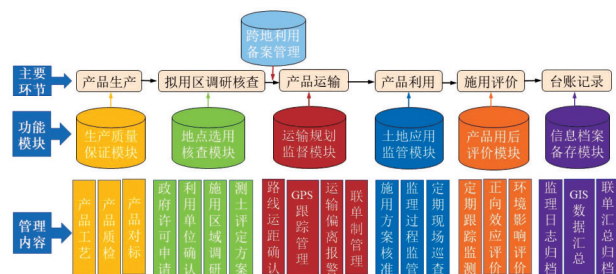


图1 北京中心城区污泥产品土地资源化利用全流程管理
Fig.1 Full-process management system for land resource utilization of sludge products in Beijing central area

① 污泥产品工艺管理:全部采用热水解+厌氧消化+板框脱水处理工艺对污泥进行无害化、稳定化、减量化处理^[3],通过稳定的工艺生产过程,生产稳定的产品,建立企业产品标准。

② 污泥产品质检管理:通过自检和第三方质检,开展周期性原污泥及污泥产品质量检测,指标不限于基础理化指标、有机质及养分指标、8项重金属及相关有机污染物指标、卫生学指标、腐熟度指标等,对标《污泥高级厌氧消化制有机营养土》(Q/BDG 45045—2017),为污泥产品安全利用奠定基础。

③ 污泥产品对标管理:根据污泥产品不同应用场景,以污泥产品质量为基础,对标《城镇污水处理厂污泥处置 林地用泥质》(CJ/T 362—2011)、《城

镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》(GB/T 23486—2009)、《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》(GB/T 24600—2009)、《农用污泥污染物控制标准》(GB 4284—2018)等相关污泥应用标准,以最大推荐用量为基准,核算适宜用量,保障产品应用的合规性。

④ 拟用区调研管理:意向污泥产品利用实施单位应在项目开展初期先与镇(乡)级及以上政府取得开展污泥产品土地利用书面同意的文件,并确认实施区域。污泥生产单位通过公开方式确定污泥产品利用实施单位,并配备施工监理单位,保证项目实施过程的合规性。项目实施前,污泥生产单位与实施单位、监理单位共同确定并核查项目用地实施区域、卸料地点、实施方案,污泥生产单位对实施地点开展土壤监测评估,参照《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 15618—2018),确定环境安全施用量,对标完成后拟定施用方案,实施单位须在政府文件允许的用地范围内参照实施方案开展污泥产品资源化利用工作。

⑤ 跨地利用备案管理:根据新《固废法》,若项目涉及京外利用地区,污泥生产单位预先将拟开展项目备案至市生态环境局,待市生态环境局回执确认后,确定项目实施计划。同时,市生态环境局就相关事项发函至项目地省级生态环境厅(局),项目地省级生态环境厅将项目情况下发至市级生态环境部门,再视项目具体内容下发至县级生态环境部门,最后由县级生态环境部门进行现场检查,核查污泥产品接收单位是否具有污泥产品资源化利用资质及利用需求匹配度、资源化利用现场管理是否符合相关环保要求。

⑥ 运输过程监督管理:污泥生产单位根据项目地点预先通过导航软件选择最优路线,线下与污泥产品运输单位进行路线、运距确认,运输任务下达前须对指定运输车辆安装GPS,确保运输路线及目的地与前期确认信息一致,运输过程采用污泥产品运输专用联单,运输单位将污泥产品运输至指定施用地点后,须经现场监理单位签字盖章确认,联单由污泥产品生产单位、运输单位、实施单位分别保存、备查。

⑦ 项目利用现场监管:污泥生产单位全程派驻现场监理进行旁站式监督、每日数据核对、现场施工照片采集,确保实施单位严格按施用方案开展

工作, 监理将施工动态、机械动态、施工位置、施工数量等现场信息记录于监理日志, 以确保项目有序、顺利开展。同时, 污泥生产单位设立巡查体系, 定期开展巡查并记录, 对施工现场、监理工作及运输进行严格抽查把控。

⑧ 施用追踪评价管理: 污泥生产单位通过第三方定期监测, 对实施区域水、气、土三大环境要素的主要控制指标进行追踪评价, 参考水土环境、土肥等相关技术标准及导则开展对标工作, 科学评估污泥产品施用后的积极效应和环境影响。

⑨ 施用信息台账管理: 污泥生产单位整理归档运输联单, 引入GIS管理软件, 自建污泥产品土地利用数据管理平台(见图2), 对施用地块进行数据信息入库, 包括: 区、乡镇、村、施用地块编号、面积、土壤类型、施用单位、负责人, 施用的时间、方式、数量, 以及污泥产品种类和指标、土壤检测结果、施用年限等。监理单位汇总项目最终现场施工存档材料, 以便后续项目统筹实施规划和备查。

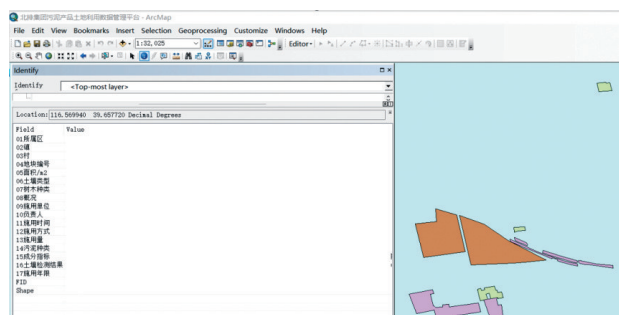


图2 北京中心城区污泥产品土地利用数据管理平台

Fig.2 Land use data management platform of sludge product in Beijing central area

4 思考与建议

4.1 城镇污泥处置全流程闭环管理是关键

新《固废法》对产生、收集、贮存、运输、利用、处置固体废物的单位和个人所涉相关环节及责任主体都做出了明确界定, 并引进经营者信用记录制度, 纳入全国信用信息共享平台统一管理。同时, 在环境污染处罚力度上, 不仅加大了整体固废防治处罚额度, 新增并重点提出了城镇污泥的综合管理要求和处罚措施, 增设了对污泥的跟踪记录、质量达标、违规处置污泥等情况的详细责任划分。通过界定责任主体和高额罚款, 增强了法规执行过程对生产单位及个人的震慑力。这充分表明, 城镇污泥处置过程全流程闭环管理是新《固废法》贯彻实施

的关键环节, 污泥生产单位不仅应建立符合自身管理要求的标准管理体系, 更应适应现行法规的要求, 不断优化管理。

目前国内涉足城镇污泥相关的环保企业对法律条文的认识仍存在“知法但不懂法”的情况, 对城镇污泥处理处置闭环管理存在“擦边球”思想, 如2022年4月中央第一生态环境保护督察组通报了河北省邢台、唐山等地企业长期非法堆放污泥、违规接收污泥以及污泥监管缺失的突出问题。因此, 污泥处置的闭环管理缺失不仅容易造成环境污染隐患, 同时也为环保企业经营者及个人衍生了潜在风险。而新《固废法》对于固废生产经营单位及责任人而言, 不仅是一种自我保护的法律依据, 也是一种促使企业自主改革创新的手段, 实现固废处理处置的技术升级, 建立并优化固废处置管理制度和管理台账, 实现固废管理全流程可溯源, 切实保障自身利益和国家的环境保护要求。此外, 城镇污泥处理处置全流程管理应始终贯彻“红线”思维。

4.2 资源化是城镇污泥处置主流发展方式

基于新《固废法》的“三化”管理原则, 最大限度地降低固体废物填埋量是首要要求。传统的污泥填埋处置将逐渐淘汰或被其他处置方式替代。资源化作为当前生态文明建设的重要方面, 将成为城镇污泥处置管理要求的主流发展方向。但从当前的城镇污泥处置方式来看, 填埋占比仍很大^[4], 与新《固废法》对填埋减量化的总体要求仍存在一定差距。基于新《固废法》对城镇污泥固废的管理要求, 地方行政管理单位的规划举措、城镇污泥生产单位处理处置路线的顶层设计及其两者间的衔接程度都将直接影响区域内未来污泥处置过程管理的保障度。

因此, 在可持续发展要求以及生态文明理念和“双碳”目标指导下, 以资源化利用为方向的城镇污泥处置路线必将成为主流处置方式。从资源化处置的发展看, 对于新建污水处理设施的规划建设, 应充分调研适宜当地可持续发展的污泥资源化出路, 污泥处理处置路线选择应“不盲目、不从众、不跟风”, 城镇污水处理企业应与当地国土空间规划及行业主管部门充分衔接, 科学论证项目建设可行性, 配套建设适配区域特色优势的固体废物污染防治设施, 协同主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用, 促进城镇污泥处理处置工作的长期高

效,保障地方政府固废污染防治目标责任和考核评价的总体要求。

4.3 城镇污泥土地资源化利用前景广阔

当前,全国城镇污泥处置方式呈现多元化^[5],鉴于泥质及土地资源限制的差异,城镇污泥处置形式以南方发展建材、焚烧为主^[6-7],而北方以土地利用为主^[8],南北方污泥处理处置路线虽然差异显著,但总体表现为因地制宜。基于可持续的资源化发展考虑,城镇污泥土地利用是以资源价值为导向进行污泥终端处置的一种有效方式^[9],其旨在环境可控条件下,最大化利用污泥中氮、磷及有机质资源,实现生态资源的循环利用。从现行城镇污泥处理处置政策指南、国家碳中和要求及国内外土地利用研究来看^[10-13],城镇污泥土地资源化具备可行性且得到政策支持。其中,《土壤污染防治行动计划》第二十条中提出,鼓励将处理达标后的污泥用于园林绿化;《城镇污水处理厂污泥处理处置及污染防治技术政策(试行)》在3.2节中明确鼓励符合标准的污泥进行土地利用;《城镇污水处理厂污泥处理处置污染防治最佳可行性技术指南》也推荐了污泥土地利用中园林绿化、林地利用、土壤修复及改良的工艺类型;《城镇污水处理厂污泥处理处置技术指南(试行)》第五章也明确经无害化和稳定化处理后的污泥及其污泥产品,可通过有机肥、基质、腐殖土、营养土等形式用于农业、林业、园林绿化和土壤改良等方面。同时,在我国当前“双碳”背景下,从污泥处理处置技术路线的优化配置看,终端污泥产品土地利用是目前广泛认可的资源化处置方向^[14]。

从北京中心城区污泥产品土地利用实践经验看,由于当前土地利用政策以推荐性为主,故行政部门管理谨慎,污泥生产、利用单位及个人在实际项目中由于缺乏强制保障措施导致阻碍不断。而新《固废法》在对污泥处理处置、转运各环节提出监督和处罚要求的同时,也明确了污泥主管单位的监管职责,对污泥生产单位、利用单位及个人来言,这既是法律约束,也是法律保障。换言之,新《固废法》为城镇污泥土地资源化利用的安全实施提供了法律保障,为城镇污泥生产单位、利用单位及个人规范化利用达标污泥开展土地利用工作提供了免责依据,提升了城镇污泥土地资源化利用的发展前景。

5 结语

新《固废法》从宏观角度强调“三化”管理要求,进一步明确了固废监督管理的职权界定,完善了联防联控管理机制,强化了全流程监管体系要求,同时进一步明确责任主体,加大了违法成本,完善了付费管理和保障机制。城镇污泥作为重点关注内容,新《固废法》对其处理处置过程提出了更全面的管理要求,污泥生产单位应以城镇污泥资源化为目标,建立全流程闭环管理的标准化体系,保障污泥处理处置过程的安全和规范。城镇污泥产品土地利用是资源化发展的有效方式,新《固废法》为城镇污泥生产单位、利用单位及个人在固废利用管理上提供法律保障,提升了城镇污泥土地资源化利用的发展前景。

参考文献:

- [1] 戴晓虎. 我国污泥处理处置现状及发展趋势[J]. 科学(上海), 2020, 72(6): 30-34.
DAI Xiaohu. Applications and perspectives of sludge treatment and disposal in China [J]. Science, 2020, 72(6): 30-34 (in Chinese).
- [2] 黄岚, 封莉, 杜子文, 等. 我国城市污泥土地利用瓶颈问题分析与对策研究[J]. 中国给水排水, 2019, 35(20): 31-36.
HUANG Lan, FENG Li, DU Ziwen, et al. Analysis and countermeasures research on bottleneck problem of municipal sludge land application in China [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(20): 31-36 (in Chinese).
- [3] 李伟, 常菁, 王佳伟, 等. 热水解高级厌氧消化系统的污泥消毒、减量与能量回收[J]. 中国给水排水, 2021, 37(16): 19-26.
LI Wei, CHANG Jing, WANG Jiawei, et al. Sludge disinfection, reduction and energy recovery by anaerobic digestion with thermal hydrolysis pretreatment [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(16): 19-26 (in Chinese).
- [4] 中国城镇供水排水协会. 中国城镇水务行业发展报告(2020) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2021.
China Urban Water Association. Annual Report of Chinese Urban Water Utilities (2020) [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2021 (in Chinese).
- [5] 安叶, 张义斌, 黎攀, 等. 我国市政生活污水处置现状及经验总结[J]. 给水排水, 2021, 47(S1): 94-98.

- AN Ye, ZHANG Yibin, LI Pan, *et al.* Current situation and experience summary of municipal sewage sludge treatment and disposal in China [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2021, 47 (S1): 94-98 (in Chinese).
- [6] 李尔,曾祥英. 武汉市主城区污水厂污泥处理处置现状及展望[J]. *中国给水排水*, 2021, 37(18): 8-13.
- LI Er, ZENG Xiangying. Current situation and prospect of sludge treatment and disposal of WWTPs in the main urban area of Wuhan [J]. *China Water & Wastewater*, 2021, 37(18): 8-13 (in Chinese).
- [7] 蒋玲燕,麦穗海. 上海市中心城区污水处理厂污泥特性及处理处置路线分析[J]. *给水排水*, 2015, 41(12): 30-34.
- JIANG Lingyan, MAI Suihai. Characterization and disposal of treated sludge from municipal wastewater treatment plants in central city of Shanghai [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2015, 41 (12): 30-34 (in Chinese).
- [8] 李雪怡,梁远,方小峰,等. 北京市污泥处理处置现状总结分析[J]. *中国给水排水*, 2021, 37(22): 38-42.
- LI Xueyi, LIANG Yuan, FANG Xiaofeng, *et al.* Summarization and analysis of sludge treatment and disposal in Beijing [J]. *China Water & Wastewater*, 2021, 37(22): 38-42 (in Chinese).
- [9] 马富亮,孙昱,彭祚登,等. 城镇排水污泥制生物炭土在农林业中的应用研究进展[J]. *黑龙江农业科学*, 2021(8): 117-122, 123.
- MA Fuliang, SUN Yu, PENG Zuodeng, *et al.* Research progress on application of biochar soil made from sewage sludge in agriculture and forestry [J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2021 (8): 117-122, 123 (in Chinese).
- [10] 崔超,马富亮,杨文彬,等. 污泥产品林地利用长期定位监测及土壤环境质量评价[J]. *给水排水*, 2020, 46(12): 36-40, 45.
- CUI Chao, MA Fuliang, YANG Wenbin, *et al.* Long-term positioning monitoring and evaluation of soil environmental quality of sludge product forest land use [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2020, 46(12): 36-40, 45 (in Chinese).
- [11] 崔超,白家云,张晓娟,等. 城镇生活污水污泥产品施用对小白菜肥效和土壤质量的影响[J]. *给水排水*, 2021, 47(S2): 86-93.
- CUI Chao, BAI Jiayun, ZHANG Xiaojuan, *et al.* Effects of application of domestic sewage sludge products on Chinese cabbage fertilizer efficiency and soil quality [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2021, 47 (S2): 86-93 (in Chinese).
- [12] 杨文彬,王海东,彭祚登,等. 施用污泥制有机营养土对沙地国槐榆树林土壤理化性质的影响[J]. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 2021, 52(4): 559-566.
- YANG Wenbin, WANG Haidong, PENG Zuodeng, *et al.* Effect of the application of sludge organic nutrient soil on the physical and chemical properties of the soil of the *Sophora japonica* and *Ulmus pumila* forest in sandy land [J]. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2021, 52 (4): 559-566 (in Chinese).
- [13] 崔超,张荣兵,付强,等. 挪威污水污泥发展概况及对我国污泥土地利用的启示[J]. *中国给水排水*, 2022, 38(14): 9-16.
- CUI Chao, ZHANG Rongbing, FU Qiang, *et al.* Development of sewage sludge in Norway and its enlightenment of sludge land utilization in China [J]. *China Water & Wastewater*, 2022, 38 (14): 9-16 (in Chinese).
- [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, 47(3): 1-5.
- DAI Xiaohu, ZHANG Chen, ZHANG Linwei, *et al.* Thoughts on the development direction of sludge treatment and resource recovery under the background of carbon neutrality [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2021, 47(3): 1-5 (in Chinese).

作者简介:熊建军(1982-),男,四川绵阳人,硕士,高级工程师,主要研究方向为固废资源化利用。

E-mail: xiong198282@sina.com

收稿日期: 2022-07-07

修回日期: 2022-09-07

(编辑:丁彩娟)