

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.14.007

挪威、丹麦与国内污泥产品土地利用管理差异和启示

崔超, 张荣兵, 熊建军, 付强, 姚海, 姚大伟
(北京城市排水集团有限责任公司, 北京 100044)

摘要: 城镇污泥处理后产品出路一直是排水行业关注的热点问题。以丹麦和挪威实地调研的法规、政策及污泥产品应用案例为资料,对比国内污泥土地利用管理现状,提出对我国污泥产品土地利用的启示与思考,以期为我国未来污泥产品土地利用的发展和实践提供借鉴。调研结果表明,挪威、丹麦已建立了自上而下的城镇污泥产品土地资源利用的管理规定,符合国家规定的污泥产品作为有机营养资源在生产经营者、客户端之间有序循环,既体现了资源价值属性,又防范了因处置不当导致的环境安全问题。而我国污泥产品土地利用目前仍处于发展阶段,在具体实践中应争取政策支持,自上而下健全切实有效的管理规定,实现闭环管理,正面激励并保障土地利用实践;加强源头管控,持续开展污泥检测,形成质量顶层管理体系;利用土肥原理,正面认识污泥产品的资源属性,促进土地利用科学发展;解决客户需求,创新合作模式,增强污泥产品土地利用推广动能。

关键词: 挪威; 丹麦; 污泥产品; 土地利用; 启示与思考

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2023)14-0047-09

Differences and Enlightenment of Land Use Management of Sludge Products in Norway, Denmark and China

CUI Chao, ZHANG Rong-bing, XIONG Jian-jun, FU Qiang, YAO Hai, YAO Da-wei
(Beijing Drainage Group Co. Ltd., Beijing 100044, China)

Abstract: The outlet of urban sludge treatment products has always been a hot issue in the drainage industry. Based on field survey data of regulations, policies and application cases of sludge products in Denmark and Norway, and comparing the current situation of sludge land use management in China, this paper puts forward some enlightenment and thoughts on the land use of sludge products in China, with a view to providing reference for the development and practice of sludge products land use in China in the future. The result shows that Norway and Denmark had established top-down management regulations for the resource utilization of urban sludge products. As an organic nutrient resource, sludge products that met the national regulations are regularly recycled between producers and customers, which not only reflected the value attribute of resources, but also prevented environmental safety problems caused by improper disposal. However, the land use of sludge products is still in the development stage in China. China should strive for policy support in specific practice, improve practical and effective management laws and regulations from top to bottom, realize closed-loop management, and actively encourage and guarantee land use practices. Firstly, we should strengthen source control, continuously

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2018ZX07301007)

通信作者: 张荣兵 E-mail: zhangrb@bdc.cn

carry out sludge testing and form a top-level product quality management system. Secondly, we should understand the attributes of sludge resources through the principles of soil and fertilizer, and develop land use scientifically. Thirdly, we should innovate cooperation mode and strengthen the promotion of land use of sludge products according to the needs of customers.

Key words: Norway; Denmark; sludge products; land use; enlightenment and thoughts

城镇污泥处置的资源化方式有多种,其中,土地利用是达标污泥产品的一种有效利用方式,遵循生态循环的发展理念^[1-3]。尽管城镇污泥产品兼具资源与污染的双重属性^[4-6],公众、管理部门应根据现行标准处理技术及污染物剂量,理性看待其污染属性,重视其资源属性。经无害化、稳定化处理且各项污染物达标的污泥产品科学地进行土地利用是安全、有利的污泥资源化方式^[7-8]。并且从不同土地利用领域研究^[9-13]结果看,污泥产品的营养资源对培肥改土、提升土壤质量具有良好的效果。同时,也有研究^[14-15]表明,在“碳达峰”“碳中和”目标下,达标污泥产品土地利用技术路线的碳减排效果最好,环境效益较高。然而,国内因政策、管理等对土地利用的态度不一,导致污泥产品土地利用实践壁垒重重^[16]。根据《城镇水务统计年鉴(2020)》,2019年我国城镇污水厂(含县城)污泥土地利用率较低,仅占19.3%^[17]。而从当前国外统计资料和调研结果看,挪威土地利用率在80%以上,丹麦在75%以上,并且已建立成熟的法规管理制度,形成了以污泥产品为资源的绿色可持续发展方式。

因此,通过国外实地调研深入了解国外法规、政策和污泥产品的应用案例,并对比国内污泥土地利用管理现状,提出针对我国污泥产品土地利用的启示与思考,以期国内未来行业的发展、实践提供借鉴。

1 污泥产品土地利用管理差异

1.1 污泥产品土地利用的顶层设计

挪威与丹麦分别明确了以资源属性管理污水处理厂污泥产品的总体方针,在国家法规层面设立污泥产品土地利用管理要求,确保产品质量,防止其生产、存储和施用等过程中出现危害健康和卫生等污染性问题,促进污泥资源化可持续发展,保护土壤环境和生物多样性,且法规均为跨行业部门的联合制定,部门管理的联动性增强了法规执行的有效性,总体上既体现了法规的强制性,又展现了法

规的实操性。其中,挪威2003年由农业和食品部、气候与环境部和卫生护理部联合颁布951号法规,内容明确了来自污水厂污泥产品土地利用和污泥制肥产品的相关要求和管理措施。丹麦属于欧盟成员国,在污泥产品土地利用的管理上,既遵守欧盟指令,同时按2018年丹麦环境与食品部最新修订的《关于将有机废物用于农业目的的行政命令》执行。

我国对城镇污水厂污泥产品的管理更侧重于固废环境风险管控,对资源属性的引导通常采用推荐性、支持性等形式体现在不同层面的国家文件、指南标准中,但缺乏实操性的法律管理依据。在污泥产品土地利用上,由于缺乏明确的管理指导细则,监管部门对现行政策理解存在差异,对污泥产品资源属性的定位和判别造成困扰。从现行政策的具体内容来看,国务院于2016年发布的《土壤污染防治行动计划》第二十条鼓励将处理达标后的污泥用于园林绿化;住建部、环保部和科技部于2009年发布的《城镇污水处理厂污泥处理处置及污染防治技术政策》在3.2中明确鼓励符合标准的污泥进行土地利用;环保部2010年发布的《城镇污水处理厂污泥处理处置污染防治最佳可行技术指南(试行)》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;住建部、发改委于2011年发布的《城镇污水处理厂污泥处理处置技术指南(试行)》也在第五章污泥处置方式中明确经无害化和稳定化处理后的污泥及其污泥产品,以有机肥、基质、腐殖土、营养土等形式可用于农业、林业、园林绿化和土壤改良等方面。但是,相对应的一些政策性文件也存在限制污泥土地利用的方面,其中,国务院2016年发布的《土壤污染防治行动计划》第十九条控制农业污染中指出,严禁将城镇生活垃圾、污泥、工业废物直接用作肥料。2017年农业部、环保部发布的《农用地土壤环境管理办法(试行)》第十二条禁止在农用地排放、倾倒、使用污泥、清淤

底泥、尾矿(渣)等可能对土壤造成污染的固体废物。《有机肥料》(NY/T 525—2021)也明确将污泥列为禁用类原料。

1.2 污泥产品土地利用的全流程闭环管理

挪威和丹麦的污泥产品土地利用法规在内容上更注重应用端的闭环管理,为土地利用全流程实施提供保障。其中,挪威法规中不仅规定了污泥产品施用管理要求,同时也规定使用处理后污泥作为原材料制肥的管理要求,明确了政府、污泥产品生产单位、客户端的具体管理措施。具体流程是首次施用污泥产品须在交货前两周内向市政当局申报备案,由市政当局联合环保、食品、农业等相关单位评估施用过程中可能对农业、污染、安全、健康和卫生状况产生的影响。申报备案应包含有关施肥分布区域、数量以及接收者的农场、编号、名称、地址、土壤背景值等信息。当使用污泥原料制肥时,产品需要向挪威食品安全局申报和注册,生产须得到当地政府的许可。肥料产品中污泥成分最高为100 kg干基/(英亩·a)(1英亩 \approx 0.4 hm²,下同);产品应具有有效的氮、磷和钾含量,可以平衡并适应植物的年度农业生产需求;产品为固体形式,适合均匀施用;产品原料至少经过55℃的无害化、稳定化处理。污泥肥料使用者必须做好记录,包括产品公司、产品商品名称、收货数量、收货日期、地图草图、产品施用区域、每次施用数量和时间,记录保存10年。污泥产品生产企业每年按挪威食品安全局的报告日期和频次,汇报污泥产品干基的生产量和销售数量、处置方法、成分,同时还应每年向产品接收市提供相关的利用信息,包括各市接收者名称、地址以及产品数量。污泥肥料销售企业也应每年向接收城市提供此类信息。市政府应将信息存储10年以上。

从丹麦的具体管理要求来看,污泥产品开展土地利用前,生产企业须准备产品声明,信息包含材料来源、生产地点、不同类型混合物的单独成分和比例、混合物的成分、分析结果和使用限制、采样和分析时间、存储要求等。污泥产品首次在某地利用时,应在8 d内将产品声明副本发送至生产企业所在城市的市政委员会,此后产品成分若出现变更,生产企业都有责任在变更之后重新进行声明。污泥产品运输只能根据生产企业与客户的书面协议开展。与用户签订交货协议时,生产企业必须及时

地向用户所在市政当局提交双方签订的交付协议、声明、地图副本、预计施肥量、地点和时间等信息,并由当地市议会组织相关单位评估风险性。若利用信息发生变化,则要求在产品利用前8 d内重新提交。用户根据丹麦农协测算的土壤养分配额和污泥产品养分数量核算最终污泥产品用量。生产企业对施用信息记录保存至少5年。每年3月1日之前,生产企业必须向市议会报告去年各种类型污泥产品在农业、林业、园艺、公园管理、私人园艺等地的使用量。每年地方议会应在不迟于7月1日前将当地去年报告提交到丹麦环境保护局。

而我国当前的闭环管理政策侧重于转运过程的跟踪和环境风险防控。其中,《固体废物鉴别标准 通则》(GB 34330—2017)已将污水处理厂污泥产品明确为固废属性。2020年颁布的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》也明确了固废利用环评、跨省报批报备、水务环保报告等管理要求。但当前政策缺乏对土地利用实施环节全流程的监管分工职责和管理要求的闭环管理规定,导致实践中壁垒重重。

1.3 污泥产品土地利用泥质的正向激励规则

挪威对不同污泥产品等级限值(见表1)进行了划分,从使用范围可以看出,产品质量等级越高,使用范围领域越广泛,客户端则对污泥产品的选择性更宽、主动性更强,产品土地利用保障度越高,从而正面激发污水处理企业采取更高等级的处理措施来开展污泥的无害化、稳定化处理,同时做好源头减控,确保污泥产品质量达到更高等级,进而获得企业利益、环境效益和社会效益共赢。

表1 挪威法规污泥产品土地利用不同等级重金属限值

Tab.1 Land use limits of heavy metals in different quality sludge products levels in Norway

mg·kg⁻¹干基

重金属种类	限值			
	0级产品	I级产品	II级产品	III级产品
镉(Cd)	0.4	0.8	2	5
铅(Pb)	40	60	80	200
汞(Hg)	0.2	0.6	3	5
镍(Ni)	20	30	50	80
锌(Zn)	150	400	800	1 500
铜(Cu)	50	150	650	1 000
铬(Cr)	50	60	100	150

挪威法规中规定了四个级别用途限值,限定了7种重金属含量。0级污泥产品可用于农业用地、公园、绿地等区域,施用量不得超过植物对营养的需求。I级污泥产品可用于农业用地、私人花园和公园,10年内每英亩土地污泥用量不超过4 t干基/a;该产品还可在不种植粮食或饲料作物的地区使用,产品施用平铺厚度最大5 cm,并在现场混入土壤。II级污泥产品可用于农业用地、私人花园和公园,10年内每英亩土地施用量不超过2 t干基/a;该产品还可在不种植粮食或饲料作物的绿地和类似地区使用,产品施用平铺厚度最大5 cm,并在现场混入土壤。III级污泥产品可用于不种植粮食或饲料作物的绿地区域,10年内平铺最大厚度为5 cm,并在使用地点混入土壤。当用作垃圾掩埋层时,最大覆盖层不得超过15 cm。同时,设定土壤环境重金属限值(见表2),保障环境安全可控。挪威虽然没有设定有机污染物限值,但并不代表政府不关注,实际上挪威1996年就已经在国家层面上开始长期跟踪国内各市大型污水处理厂污染物情况,以期为法规指标及限值的修订作准备。

表2 挪威土壤环境中的重金属限值

Tab.2 Heavy metals limits of soil environment in

Norway $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 干基

重金属种类	镉(Cd)	铅(Pb)	汞(Hg)	镍(Ni)	锌(Zn)	铜(Cu)	铬(Cr)
限值	1	50	1	30	150	50	100

与挪威不同,丹麦法规提出了7种重金属、5种有机污染物的限值(见表3),没有根据用途限定污染物含量等级。但是丹麦提出了部分重金属以总磷计的折算限值,并明确在考量土壤中镉、汞、铅、镍四种重金属限值时,可以选择性地使用以重金属限值含量进行应用评价或者使用总磷折合量作评价标准,为污泥产品土地利用提供了更宽广的适用性。提出以总磷计的折算限值原因主要有三方面考虑:一是磷是不可再生的资源,而丹麦并非一个富磷的国家;二是以磷折算可以平衡污泥生产单位的最优资源化施用量,只要满足干物质中总磷或重金属标准其一即可;三是考虑磷作为植物生长的营养元素,同时也是土壤中植物养分分配的限制元素,磷素过多也会引起土壤养分竞争。同时,设定土壤环境重金属限值(见表4),以保障环境安全

可控。

表3 丹麦法规污泥产品土地利用限值

Tab.3 Land use limits of sludge products in Denmark

 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 干基

污染物	限值	总磷折算限值
镉(Cd)	0.8	100
汞(Hg)	0.8	200
铅(Pb)	120	10 000
镍(Ni)	30	2 500
铬(Cr)	100	
锌(Zn)	4 000	
铜(Cu)	1 000	
LAS	1 300	
Σ PAH	3	
NPE	10	
DEHP	50	
Σ PCB7	0.2	

表4 丹麦土壤环境中的重金属限值

Tab.4 Heavy metals limits of soil environment in

Denmark

 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 干基

重金属种类	镉(Cd)	铅(Pb)	汞(Hg)	镍(Ni)	锌(Zn)	铜(Cu)	铬(Cr)
限值	0.5	40	0.5	15	100	40	30

而我国也出台了农用、林地、园林绿化、土地改良等不同应用方向的标准,但均为推荐性,对应用端的指导也缺乏强制性,且多为住建部门发布,与具体污泥产品接纳端的管理部门不对应,指导性较弱。同时,国家顶层缺乏调研、监管,缺少有机污染物的系统性认识。因此,国内污泥产品生产企业在现行标准上缺乏可执行力,实际应用过程壁垒重重。同时,客户端因缺乏顶层法规和公开数据支撑,存在潜在违法风险,对污泥产品的安全感低、信心不足。污泥产品土地利用整体实施呈现负面效应。

1.4 污泥产品质量的源头与过程控制

挪威污水处理厂不仅注重源头控制,也通过不断优化处理工艺,增强污泥产品土地利用的适用性。从挪威污水处理厂的污水污泥管理现状(见图1)来看,污水处理厂可以根据自身污染负荷承载力以及污泥中污染物土地利用的限值浓度,反向估算源头污水的污染负荷接纳量,对可能影响其污水处理效果或污泥土地利用的高负荷企业或单位,污水

厂有权拒绝其纳入污水管网。同时,污水处理厂也在处理环节积极优化污水处理工艺,通过引进生物除磷技术,避免药剂添加对磷素的固持,影响污泥产品在土地利用中的磷素释放效果,同时鉴于常规污泥产品中普遍存在磷高氮低的现象,可通过提取鸟粪石(磷含量约12%~13%)而形成磷肥资源,同时又可避免土地利用中磷素过量形成养分竞争,还可根据土壤核算的氮磷养分需求量,增大污泥产品单位面积施用量。



图1 挪威污水厂污水污泥管理现状

Fig.1 Current status of sewage and sludge management of sewage treatment plants in Norway

同样,丹麦对污水排放的立法和规定出发点也是旨在明确污水厂处理的污水不能影响最终污泥产品的品质,进而保障污泥产品以土地为主线的安全利用方式。在污泥产品污染物管理方面,丹麦环保部门会严格监管排水户,超出排放标准的污水不能排到下游污水处理厂;并且针对工业企业,需要向环保部门报备,说明其污水污染物的排放负荷,环保部门向污水企业核算接收能力,污水企业根据运行情况判断可接收能力、污泥产品品质影响情况。如果污水企业无法接收工业企业污水,有权向环保部门提出拒绝,排污企业须自行处理达到一定要求后再进行污水纳管。由此逐步形成了“政策有支撑,源头有控制,过程有监管,末端有保证”的良性循环。

从国内污水处理厂的污水污泥管理现状(见图2)来看,国内纳污管理属于水务管理部门,污水处理企业通常只负责污水处理厂的运营管理,极少数同时负责污水处理厂上游的管网运维,且无纳管端口的执法权,对上游端口或超标排放户的了解往往具有滞后性,排水户法政意识及环保观念弱,偷排情况时有发生。进水本属于污水处理厂工作的“原料”,但常由于进水异常而使污水处理企业被动承受超标污水^[18]。政府执法力度轻也是排水户轻视污水超标的重要因素。当前污水处理处置设施实行的“同时规划、同时建设、同时投入”更侧重于厂内污水污泥的处理工艺及泥质出厂要求,缺乏污泥

处理后产品资源化利用与政府层面规划的衔接。而污泥作为污水处理过程的副产物,需要污水处理企业对其妥善安全处置,这就导致了“源头缺控制,末端无保证,产物须处置,保障缺政策”的尴尬局面。



图2 国内污水厂污水污泥管理现状

Fig.2 Current status of sewage and sludge management of sewage treatment plants in China

2 挪威和丹麦污泥产品土地利用实施案例

2.1 丹麦:专业化公司土地利用实施案例

Hede Danmark (<https://www.hededanmark.dk>) 是丹麦一家150多年发展历史的私营专业土地生态修复公司,1997年开始从事污泥产品的资源循环利用。其污泥产品土地利用的具体操作流程(见图3)是,该公司与污水公司签订委托合同,明确污泥产量、存储地的清空频次、营养成分、费用等内容,通过电子表格汇算每吨干基重金属、氮磷含量,对标丹麦污泥产品农用标准,对所接收污泥产品的信息进行适用性分析。其后联系目标农场主,客户资源一部分是通过口碑或农协推荐,由农场主动联系公司;一部分是该公司通过老客户名单主动询问。与某农场主达成共识后,通过签订书面协议明确农场对污泥产品的需求信息,包括需求量、需求时间、农场养分配额(农业协会向当地农场主建议使用方法和施用量)等。具体施肥量通过农场养分配额换算,污泥产品氮、磷利用率分别按45%、100%计,并在卫星地图中标注客户的具体地点及应用范围。公司和农场主同时将最终确定的施用方案以电子文档的形式提交当地政府,政府有8 d时间查看声明是否合理,并确保污泥产品应用区域不受环境限制。若8 d后没有反馈,表明该计划可行。其后,该公司联系运输商,并告知运输地点和运输量。运输司机再次联系农场主,确保卸货位置的准确性。在法规要求污泥施肥时间内,公司通知施肥服务商联系农场主,做出最终施肥的详细计划。原则上要求6 h内将污泥翻耕至土壤中。当整体施工过程(见图4)结束,在公司建立的土地利用管理信息系统(见图5)中完成台账记录,并将汇总报告发送给农场

主,确认地块位置、面积、施用量等信息。在每年年初,公司将去年的污泥产品利用信息报备至污水企业、政府。台账信息保管5年备查,保证污泥全流程可追溯。针对污泥产品施用后的环境风险问题,环保部门不定期检查。

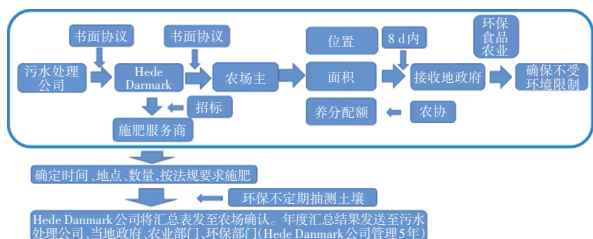


图3 Hede Danmark公司污泥产品土地利用管理流程

Fig.3 Land use management process of sludge products in Hede Danmark company



图4 Hede Danmark公司污泥产品土地利用施工现场

Fig.4 Land use construction site for sludge products in Hede Danmark company



图5 Hede Danmark公司污泥产品土地利用电子管理系统
Fig.5 Land use management electronic system for sludge products in Hede Danmark company

2.2 挪威:污泥制肥土地利用实施案例

GrønnVekst (<https://www.gronnvekst.no>)是挪威2000年成立的一家专门从事有机固废生产营养土的私营企业,现已发展成为挪威处理有机和矿物副产品的龙头企业。其中,市政污泥的收集、处理、加

工是公司运营的部分内容。污泥产品的利用方式按挪威法规污泥产品等级,应用在农业、园林绿地、栽植土、制作有机无机肥料四个方向。其中,在肥料制作方面,2011年GrønnVekst和IVAR水务公司成立了MinorgaVekst子公司(<https://www.gronnvekst.no/biorest>),旨在为Mekjarvik污水厂污泥厌氧消化后的污泥产品创造一个可持续的解决方案(见图6)。公司产品在挪威食品安全局注册,并获得当地政府的许可,目前通过复配水产养殖业生物残留物、无机矿物等原料,生产120 t/d的有机无机复合有机肥(见图7),并将大部分产品通过MinorgaVekst子公司出口至越南农资市场(越南有机肥市场潜力大,挪威从亚洲进口大量食品,并将这些有机肥料归还给越南农田,以此实现全球范围内的循环经济)。



图6 GrønnVekst公司污泥资源化技术路线

Fig.6 Technical route for sludge recycling in GrønnVekst company



图7 IVAR水务公司的污泥制肥案例现场

Fig.7 Case site of sludge fertilizer production in IVAR company

3 启示与思考

3.1 争取政策支持,实现闭环管理,保障土地利用

国外污泥产品土地利用依据国家法规顺利实施,法规从顶层设计上对污泥产品生产单位、客户端建立了良好的法律制度保障。同时,法规通过国家环保、水务、食品、农业等多部委的联合指导并颁

布,对污泥产品从生产、流通、接纳各环节的管理联动提出了详细要求,保障了污泥产品土地利用的安全、可持续发展。同时,采取产品等级划分、磷素折算等方式,形成正向激励规则。污泥生产单位在法规指导下,积极主动优化处理措施,增强源头减控,确保污泥产品更宽的适用范围,提升新老客户选择积极性,将污泥产品的利用发展为一种以“资源化利用为目标的绿色可持续方式”。

国内缺少政府层面的污泥产品土地利用规划,当前仅由企业自主探索可实操性的污泥产品土地利用出路,缺乏明确的行业监管职责和闭环管理流程,导致实践过程壁垒重重。国内应积极争取顶层设计文件,并由国家行业主管部门联合出台切实可行、行之有效的城镇污泥资源化条例、指南、标准等实操性文件,避免污泥产品应用端管理链条缺失,不利于污泥产品土地利用过程监管的联动性。建立土地利用的正向激励规则,引导行业相关方的健康有序发展。同时,鉴于各省市地域差异,也可依据国家政策,建立符合地方管理要求的政策文件及标准,确定适宜的污泥资源化利用方向,避免污泥产品的无序处置或处置过当,并将污泥处置资源化率列入各省市生态文明建设考核的重要位置,激励并提升政府的社会服务效果。

3.2 加强源头管控,持续质量跟踪,形成顶层体系

污泥产品土地利用的前提是质量充分达标,其污染物浓度是限制污泥产品使用的关键,而污染物浓度取决于管网进水端的水质,因此,通过严格的污水源头管控,确保污泥中污染物处于低剂量的稳定水平,同时做好污泥产品的长期跟踪检测,进而保障污泥产品出厂质量稳定,获得监管部门对污泥产品的认同。

国外对污水污泥的管理比较全面、有效,不仅设定了顶层法规,严格污水排放管理规定,还设定了污泥产品土地利用限值要求,同时政府环保部门、食品部门、农业部门、水协等对污泥产品长期品质的检测、跟踪、评估均起到了不可或缺的重要管理作用。污水处理企业在政策支持背景下加强污水污泥处理工艺管理和设施优化,保障并提升污泥产品出厂质量,促使污泥产品土地利用法规的持续完善和推广应用的快速发展。

国内应加强污水进水端的源头管控,提高排水户整体水平,以污泥产品质量为管理终端,优化污

水收集、处理过程管理。同时建立国家层面的污水污泥监测管理体系,将各省市主要大型污水厂的污泥产品品质纳入统一管理,从检测指标上增设除常规污染物以外的其他新污染物的管理要求,通过长期摸排建立水质泥质数据库,为污泥产品相关法规政策的制定奠定数据基础,也为污泥资源化的可持续发展提供技术支撑。

3.3 利用土肥原理,探求产品本质,科学土地施用

污泥产品土地利用主要展现的是营养资源属性,通俗来讲,多指有机质、氮磷营养物质的土地回归,培肥土壤,实现营养物质的循环利用。但由于污泥产品通常氮低磷高,不符合植物的养分需求规律,挪威基于土肥原理,开始优化污泥处理工艺,通过提取鸟粪石(磷肥),形成磷肥资源,同时降低最终污泥产品中的磷含量,使得污泥产品氮磷比例更加趋于均衡,在农业养分需求核算中,可根据养分需求提高污泥产品施用量,也可避免磷元素盈余,导致养分竞争,影响地上物的正常生长及环境安全。丹麦在污泥产品施用核算中,也充分利用土肥原理,根据农协提出的农场养分需求核算量,以污泥中氮45%、磷100%利用率的核算原则,计算污泥产品施用量,此举既满足了地上物的生长需求,又降低了面源污染风险。

我国在污泥产品土地利用中也应从土肥角度出发,围绕经济效益、环境效益、社会效益多维度开展,从污泥产品本质入手,深入了解产品有机质和氮磷的形态、有效性特征,研究污泥产品养分释放规律,调配氮磷钾及有机质含量,引入农业领域的测土配方施肥技术,科学施用,保障污泥产品的土地利用既满足土壤肥力的供应需求,又降低氮磷流失的面源污染风险,推动土地利用的可持续发展。

3.4 解决客户需求,创新合作模式,增强产品推广

污泥产品土地利用的最终接收端是客户,客户的需求是保障污泥产品顺利土地利用的基础。客户在产品利用中,除了需要了解产品成分信息外,还有针对不同土地利用领域、不同配方、不同产品性状的要求。同时,丹麦污泥产品土地利用专业化服务公司、挪威污泥原料第三方合作制肥的多样化创新推广模式,也为污泥产品应用拓展了思路。

我国在污泥产品生产中也应紧密联系客户需求,纯污泥产品不可能发展至所有土地利用领域,应在“市场有什么样的产品、客户更需要什么样的

产品、自身能给出什么产品”中不断思考、发展、创新,如沙化地改良更需要高有机质的配方营养土来改善土质特性,而经济苗圃和公园绿地更需要有机无机复合营养土来培肥土壤并快速供给植物营养,避免因传统污泥产品养分相对较低导致大量施用需求带来的过度劳动力投入的成本增加以及氮磷失调带来的农学及环境问题,同时也建议污水处理企业建立跨土肥行业的专业化服务团队,用以指导污泥产品制造、利用、售后,也可引入第三方合作单位开展污泥产品的深度开发及市场拓展,发展以客户为导向的多元化系列配方产品生产及指导服务,保障污泥产品土地利用的持续活力。

4 结语

挪威、丹麦已建立了自上而下的城镇污泥产品土地利用的管理法规,符合国家规定的污泥产品作为有机营养资源在生产经营者、客户端之间有序循环利用,既体现了资源价值属性,又防范了因处置不当导致的环境安全问题。而我国污泥产品土地利用目前仍处于发展阶段,在具体实践中应争取政策支撑,自上而下健全切实有效的管理规定,实现闭环管理,正面激励并保障土地利用实践;加强源头管控,持续开展污泥检测,形成质量顶层管理体系;利用土肥原理,正面认识污泥产品资源属性,促进土地利用科学发展;解决客户需求,创新合作模式,增强污泥产品土地利用推广动能。

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] 安叶, 张义斌, 黎攀, 等. 我国市政生活污水污泥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).
- [3] 王涛, 宿宇. 污泥处理处置技术路线综述[J]. 中国环保产业, 2020(1): 51-55.
WANG Tao, SU Yu. Analysis on stabilization, reducing, harmlessness and resource levels of sludge treatment and disposal technical route [J]. China Environmental Protection Industry, 2020(1): 51-55(in Chinese).
- [4] 梅晓洁, 唐建国, 张悦. 城镇污水处理厂污泥稳定化处理产物转化机理及可利用价值揭示[J]. 给水排水, 2018, 44(11): 11-19.
MEI Xiaojie, TANG Jianguo, ZHANG Yue. Transformation mechanism of the sludge stabilization process and the products value in municipal wastewater treatment plant [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44(11): 11-19(in Chinese).
- [5] 李娟, 李金香, 杨妍妍. 城镇污水处理厂污泥泥质监测及资源化风险评价[J]. 环境科学, 2021, 42(4): 1956-1966.
LI Juan, LI Jinxiang, YANG Yanyan. Characteristics of sludge and associated risk assessment of urban sewage treatment plants [J]. Environmental Science, 2021, 42(4): 1956-1966(in Chinese).
- [6] 郑少杰, 边德军, 聂泽兵, 等. 城市污水厂污泥中重金属去除及其土地利用的研究现状[J]. 环境保护科学, 2021, 47(1): 58-63.
ZHENG Shaojie, BIAN Dejun, NIE Zebing, et al. Research status of heavy metal removal and land use for municipal sewage sludge [J]. Environmental Protection Science, 2021, 47(1): 58-63(in Chinese).
- [7] 张含, 李伟, 王佳伟, 等. 城市污泥重金属在高级厌氧消化工艺系统中的迁移转化及风险评价[J]. 环境工程学报, 2021, 15(1): 289-297.
ZHANG Han, LI Wei, WANG Jiawei, et al. Migration and transformation of heavy metals in sewage sludge during advanced anaerobic digestion process and risk assessment [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2021, 15(1): 289-297(in Chinese).
- [8] 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).
- [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.
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(in Chinese).
- [10] 查金,贾宇锋,刘政洋,等. 市政污泥堆肥对矿山废弃地生态恢复影响的研究进展[J]. 环境科学研究, 2020,33(8):1901-1910.
- ZHA Jin, JIA Yufeng, LIU Zhengyang, *et al.* Research advances on effect of municipal sewage sludge compost applied for abandoned mine ecological remediation [J]. Research of Environmental Sciences, 2020, 33 (8) : 1901-1910(in Chinese).
- [11] 孙昱,彭祚登,熊建军,等. 高级厌氧消化制污泥有机肥对油松和榆树林木生长及养分积累的影响[J]. 中南林业科技大学学报,2019,39(10):55-63.
- SUN Yu, PENG Zuodeng, XIONG Jianjun, *et al.* Effects of advanced anaerobic digestion sewage sludge as an organic fertilizer on growth and nutrient accumulation of *Pinus tabulaeformis* and *Ulmus pumila* [J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2019, 39(10): 55-63(in Chinese).
- [12] 杨桐桐,封莉,张立秋. 城市污泥堆肥产品施用对沙荒地土壤理化性质及高羊茅生长的影响[J]. 环境工程学报, 2017,11(4):2462-2468.
- YANG Tongtong, FENG Li, ZHANG Liqiu. Effects of application of composted municipal sludge on physicochemical properties of desert land soil and growth of tall fescue [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2017, 11(4):2462-2468(in Chinese).
- [13] 冀拯宇,周吉祥,郭康莉,等. 连续施用无害化污泥堆肥对沙质潮土肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2018,24(5):1276-1284.
- JI Zhengyu, ZHOU Jixiang, GUO Kangli, *et al.* Effects of continuous application of non-hazardous sewage sludge compost on fertility of sandy fluvo-aquic soil [J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 2018, 24(5) : 1276-1284(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).
- [15] 张岳,葛铜岗,孙永利,等. 基于城镇污水处理全流程环节的碳排放模型研究[J]. 中国给水排水,2021,37(9):65-74.
- ZHANG Yue, GE Tonggang, SUN Yongli, *et al.* Research on carbon emission model based on the whole process of urban sewage treatment [J]. China Water & Wastewater, 2021,37(9):65-74(in Chinese).
- [16] 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).
- [17] 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).
- [18] 刘贺峰,冉丽君,朱秋颖,等. 污水处理厂排污许可管理探析[J]. 环境影响评价,2020,42(2):27-30.
- LIU Hefeng, RAN Lijun, ZHU Qiuying, *et al.* Discussion on pollutant discharge permit management of sewage treatment plant [J]. Environmental Impact Assessment, 2020,42(2):27-30(in Chinese).

作者简介:崔超(1990-),男,山东淄博人,硕士,工程师,主要从事城镇污泥处理及资源化工作。

E-mail:cuichao5212009@163.com

收稿日期:2021-12-14

修回日期:2021-12-30

(编辑:丁彩娟)

借自然之力,护绿水青山