

中美污泥土地利用管控体系及要求对比分析

段妮娜, 谭学军, 张 辰

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 随着城镇化进程加快,我国污泥产量激增,土地利用作为污泥资源化的关键途径面临管控体系优化的迫切需求。系统对比中美污泥土地利用管控体系与核心要求。两国在病原体控制、污染物限值、监管机制和实施路径等方面存在差异。美国以联邦法规 40 CFR Part 503 为核心,通过“优质污泥”、“浓度达标”、“累积负荷”和“年累积负荷”四类方案,结合污染物浓度控制、总量限制与分级管理,实现风险与灵活性平衡;我国则依托多标准体系,强调稳定化处理与场景化泥质门槛,严格限制污染物浓度与施用量。美国注重动态管控与路径多样性,我国标准更严格但可操作性待加强,可借鉴分级管理思路,建立浓度与总量控制相结合、标准制定与全过程监管相协同的精细化实施路径,促进污泥资源化与安全利用。

关键词: 污水处理厂污泥;土地利用;管控;标准

中图分类号: TU992.3

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2026)06-0001-06

Comparative Analysis of China and the United States in Sludge Land Application Management Systems and Requirements

DUAN Nina, TAN Xuejun, ZHANG Chen

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: With the acceleration of urbanization, China's sewage sludge production has surged dramatically, and land application, as a key approach for sludge resource utilization, is facing an urgent need for optimized management systems. This paper systematically compares the management systems and core requirements for sludge land application in China and the United States. The two countries exhibit significant differences in pathogen control, pollutant limits, regulatory mechanisms, and implementation pathways. The United States, centered on the federal regulation 40 CFR Part 503, employs four categories of schemes—"exceptional quality sludge," "pollutant concentration sludge," "cumulative pollutant loading rate sludge," and "annual pollutant loading rate sludge"—to balance risk management with operational flexibility through concentration control, total load limits, and tiered management. In contrast, China relies on a multi-standard system, emphasizing stabilization treatment and scenario-specific quality thresholds, with strict limits on pollutant concentrations and application rates. The U. S. system prioritizes dynamic control and diverse implementation pathways, while China's standards are more stringent but require enhanced operational feasibility. China can draw on the U.S. approach of tiered management to establish a refined implementation pathway that integrates concentration and total load control, aligns standard formulation with comprehensive regulatory oversight, and promotes the safe and effective resource utilization of sewage sludge.

Keywords: sewage sludge; land application; management; standards

0 引言

随着我国城镇化进程的持续高速推进,城市规模不断扩大,人口日益集中,城镇污水处理能力和处

理率得到了显著提升。然而,这一成就的背后是污泥产量的急剧攀升。据统计,当前我国城镇污水处理厂的年污泥(以含水率 80% 计)产生量已超过 6 000 万 t^[1]。污泥作为污水处理的必然产物,其“重水轻泥”的传统处理模式已难以为继,妥善处理处置污泥,防止二次污染,并推动其资源化利用,已成为我国生态文明建设和“无废城市”建设中亟待解决的关键环境问题。

在众多污泥处置路径中,土地利用因其能够回收污泥中丰富的有机质和氮、磷、钾等营养元素,符

收稿日期: 2026-04-20

基金项目: 2025 年上海市东方英才计划领军项目(LJ2025069)

作者简介: 段妮娜(1984—),女,博士,高级工程师,从事污泥等固废处理处置科研与标准化工作。

通信作者: 谭学军(1975—),男,博士,教授级高级工程师,副总工程师,从事城市环境治理工作。电子信箱:tanxuejun@smedi.com

合循环经济和可持续发展理念,被公认为是污泥资源化利用的重要方向。《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》(发改环资〔2021〕608号)^[2]明确提出“鼓励污泥无害化处理满足相关标准后,用于土地改良、荒地造林、苗木抚育、园林绿化和农业利用”。《污泥无害化处理和资源化利用实施方案》(发改环资〔2022〕1453号)^[3]进一步强调要“积极推广土地利用和污泥中能量和物质的回收,合理压减填埋规模等具体措施,促进污泥处理处置结构性调整”。上述政策文件明确了污泥土地利用在国家层面的战略导向。

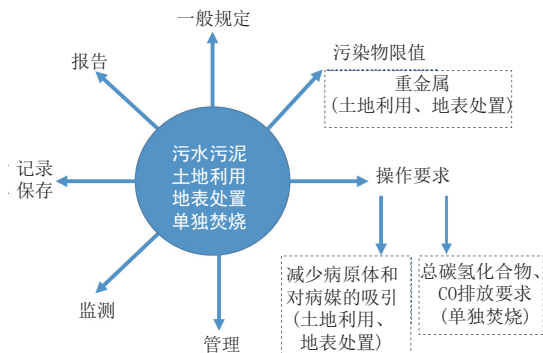
美国作为较早开展污泥土地利用的国家,自20世纪90年代以来,已形成一套相对成熟和完善的法规体系与实践经验。我国作为全球最大的污泥产生国,近年来在政策顶层设计和标准体系建设上取得了长足进步,但包括土地利用在内的污泥处置利用管控体系仍在发展和完善中。本文将对中美两国的污泥土地利用管控体系及核心要求进行对比分析,并探讨这些差异对两国污泥管理实践的影响。

1 管控体系

1.1 美国

1.1.1 管控文件

美国的污泥管理框架主要由美国环境保护局(EPA)于1993年颁布的《污水污泥利用或处置标准》(Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge),即《联邦法规汇编》第40篇第503部分(40 CFR Part 503)所主导。这一法规全面覆盖了污泥的土地利用、地表处置以及焚烧3种处置方式,从操作要求、管理、监测、记录保存和报告方面进行了全面规范,整体内容设置如图1所示^[4]。



《40 CFR Part 503》将土地利用的污泥根据其处理程度和污染物含量分为不同等级,其中最受关注

的是“优质”污泥。污泥必须同时满足三个严苛的条件:一是污染物浓度低,其所含的9种重金属污染物浓度必须低于法规中规定的“月均浓度限值”;二是病原体水平极低:必须达到“A级”病原体削减要求,意味着其病原体含量与普通土壤环境相当,对公众健康风险极低;三是高度稳定化,必须满足特定的“病媒吸引物削减”要求,确保其在施用后不会吸引苍蝇、老鼠等病媒生物。满足以上条件的“优质污泥”被EPA视同于商业肥料或土壤改良剂,其使用几乎不受限制。一旦污泥生产者能够证明其产品达到了“优质污泥”标准,并按规定进行了记录和报告,这些污泥即可自由地分发和销售给公众,包括园丁、农民等,而最终使用者无需再履行任何管理要求。这种方式极大地激励了污水处理厂采用先进的处理技术,生产更高质量、更具市场价值的污泥产品,从而真正实现从“废物处置”到“资源回收”的转变。对于未能达到“优质污泥”标准的其他等级污泥,503法规也提供了明确的管理路径,其应用会受到更严格的限制,例如必须遵守种植作物类型限制、收割间隔期、公众接触限制期以及污染物累积施用总量控制等。这种分级管理体系是风险管理原则的集中体现,其基于风险控制为不同品质的污泥匹配了应用场景和管理要求,实现了环境安全与资源利用的平衡。

为了确保503法规的有效实施,EPA同期发布了一系列详尽的配套指南和技术手册,这些文件并非强制性法规,但为法规的理解和执行提供了不可或缺的全生命周期技术支持。与污泥土地利用相关的主要内容包括:

《环境法规和技术:污水污泥中病原体和病媒吸引的控制》(EPA-625/R-92/013)^[5]详细解释了A级/B级病原体和病媒吸引物削减的各种技术路径和验证方法;《工艺设计手册-污水污泥和生活化粪池垃圾的土地利用》(EPA-625/R-95/001)^[6]为技术人员和管理者提供了从污泥特性分析、场地选择、施用率计算到环境监测的全套设计和操作指南;《为土地利用或表面处理准备污水污泥:污水污泥加工方关于履行美国503标准中监测、记录保存和报告要求的指南》(EPA-813/B-93/002a)和《污水污泥土地利用:污水污泥施用方关于履行美国503标准中记录保存和报告要求的指南》(EPA-813/B-93/002b,分别从“生产者”和“施用者”视角清晰界定了各自在监测、记录保存和报告方面的责任和具体要求^[7-8]。

美国通过“一部核心法规 + 多部技术指南”的协同管控与指导方式,确保了政策的统一性、科学性和实践中的可操作性。

1.1.2 实施方案

基于美国《40 CFR part 503》对污泥土地利用在污染物限值、病原体、病媒吸引三方面的核心控制要求,美国污泥土地利用实践可以归纳为四类平行的、在风险控制上等效的实施方案。这四类方案在不同维度上设置了不同的门槛和管理要求,为污泥生产者 and 使用者提供了极大的灵活性,以适应不同的污泥质量、土地条件和管理能力,如表 1 所示。

四类方案之间并非优劣之分,而是风险管理策略的差异化体现。在“优质污泥”方案中,污染物浓度不得超过“最高浓度限值”和“月均浓度限值”,病原体控制应满足 A 级污泥要求,病媒控制应满足表 2 中 1~8 的任 1 项,该类方案是最高标准,其核心在于针对高质量的污泥或者通过生产高质量的产品,换取后续应用环节的最大便利性和市场流通性。后三个方案与“优质污泥”方案的核心差异在于泥质、风险控制维度与管理要求的动态平衡,其核心逻辑在于,如果污泥在某个指标上无法达到最高标准,则需

通过在其他方面加强管理来补偿这种潜在风险。“浓度达标污泥”方案通过病原体 B 级(需配合施用地限制)和病媒条件放宽,降低准入门槛,但需配套严格的管理、监测及记录要求;“累积负荷达标”方案突破月均浓度限制,允许短期高浓度输入,但通过污染物总量控制和严格管理,辅以最全面的记录和报告要求,强化长期生态安全;“年累积负荷达标”方案以年度为管控周期设定总量阈值,匹配农业生产季节性特征,它将总量控制的周期设定为一年,只要年度施用总量不超过特定限值,就可以施用,同时,它要求病原体必须达到 A 级,通过高标准的卫生学要求来简化现场管理的复杂性。后 3 个方案通过“放宽特定指标+强化总量/过程管控”的机制设计,在保障环境安全底线前提下,为不同污泥特性、土地条件及管理能力的场景提供差异化路径,而优质污泥则侧重“高质化+高自由度”的无限制利用模式。

1.2 我国

1.2.1 管控文件

与美国相对统一的联邦法规不同,我国的污泥管控体系呈现出“多部门管理、多标准并存”的特点。这一体系由一系列分散在不同部门发布的国家标

表 1 美国四类污泥土地利用方案及管理、记录和报告要求

方案类别	适用污泥	污染物控制	病原体控制	病媒控制	利用方式	管理要求	记录			报告
							内容	生产方	施用方	
优质污泥方案	散装包装	月均浓度限值	A 级	503.33(b) 1~8 之一	所有方式	无	1. 污染物浓度 2. 病原体控制合规声明和描述 3. 病媒控制合规声明和描述	1, 2, 3	—	1, 2, 3
浓度达标污泥方案	散装	月均浓度限值	A 级	503.33(b) 9 或 10	除草坪和住宅花园	动物、水体保护,氮量控制	1. 污染物浓度 2. 病原体控制合规声明和描述 3. 病媒控制合规声明和描述	1, 2, 3	3, 4, 5	1, 2, 3
			B 级	503.33(b) 1~10 之一	除草坪和住宅花园	动物、水体保护,氮量控制;收获、放牧、公众接触	4. 管理合规声明和描述 5. 施用地限制合规声明和描述(施用 B 级污泥时)			
累积负荷达标方案	散装	累积负荷率限值	A 级	503.33(b) 1~10 之一	除草坪和住宅花园	动物、水体保护,氮量控制	1. 污染物浓度 2. 病原体控制合规声明和描述 3. 病媒控制合规声明和描述 4. 管理合规声明和描述 5. 施用地限制合规声明和描述(施用 B 级污泥时)	1, 2, 3	3, 4, 5, 6	1, 2, 3, 6
			B 级	503.33(b) 1~10 之一	除草坪和住宅花园	动物、水体保护,氮量控制;收获、放牧、公众接触	6. 其他信息:来自前续施用方、土地所有方、许可部门的涉及前续累积污染物的相关描述和声明信息;当前施用日期、地点、面积、污泥量			
年累积负荷达标方案	包装	年累积负荷率限值	A 级	503.33(b) 1~8 之一	所有方式(多用于草坪和住宅花园)	标签信息标注	1. 污染物浓度 2. 病原体控制合规声明和描述 3. 病媒控制合规声明和描述 4. 管理合规声明和描述 5. 基于年累积负荷率限值控制的污泥年施用量	1, 2, 3, 4, 5	—	1, 2, 3, 4, 5

表2 病媒控制要求 对应《40 CFR part 503》503.33(b)(1)~(10)

病媒控制选择	
1	污水污泥中可挥发性固体降解率大于38%
2	经厌氧消化后污泥中可挥发性固体降解率低于38%,但该厌氧消化后的污泥在小试试验30~37℃的温度下再消化40 d降解率不高于17%
3	经好氧消化后污泥中可挥发性固体降解率低于38%,但该好氧消化后的污泥(含固率不高于2%)在小试试验20℃的温度下再消化30 d降解率不高于15%
4	在20℃时,经过好氧工艺处理,污泥的比好氧速率(SOUR)不高于每克总固体(按干重计)每小时1.5 mg O ₂
5	好氧工艺处理污泥,污泥停留时间不低于14 d,在此期间,污泥的温度高于40℃,平均温度高于45℃
6	通过加入适量的碱性添加剂使污泥pH值升高至12以上,并在12以上保持2 h,之后在11.5以上再保持22 h
7	与其他物料混合前,将不含源自一级处理的不稳定污泥的污泥含固率提高至不低于75%(即含水率降低至不高于25%)。
8	与其他物料混合前,将含有源自一级处理的不稳定污泥的污泥含水率提高至不低于90%(即含水率降低至不高于10%)
9	将污泥注入、埋入施用地地表之下,且施用后1 h内地表不得出现大量污泥;施用污泥为A级污泥时,污泥应在病原体处理工艺结束后8 h内注入、埋入地下
10	除非经许可部门批准,土地利用或堆放处置的污泥应在6 h内混入土壤;施用污泥为A级污泥时,污泥应在病原体处理工艺结束后8 h内施用

准、行业标准以及地方标准等构成。相关国家和行业标准如表3所示。

从上述标准可以看出我国污泥土地利用管理的

表3 我国污泥土地利用国家和行业标准

标准类型	标准名称	标准号	相关规定
污泥处理标准	城镇污水处理厂污泥处理稳定标准	CJ/T 510—2017	污泥稳定处理产物的稳定性判定指标、5种污泥稳定方法的过程控制指标。
	农用污泥污染物控制标准	GB 4284—2018	A、B级污泥产物的污染物指标、卫生学指标、理化指标限值、施用频率
污泥产物质量标准	城镇污水处理厂污泥处置园林绿化用泥质	GB/T 23486—2009	外观和嗅觉、稳定化要求、理化指标、养分指标、生物学指标、污染物指标限值、种子发芽指数要求
	城镇污水处理厂污泥处置土地改良用泥质	GB/T 24600—2009	外观和嗅觉、稳定化要求、理化指标、养分指标、生物学指标、污染物指标限值、施用频率
	城镇污水处理厂污泥处置林地用泥质	CJ/T 362—2011	理化指标、养分指标、卫生学指标、污染物指标限值、种子发芽指数要求、施用频率
	城镇污水处理厂污泥处置农用泥质	CJ/T 309—2009	污染物指标、卫生学指标、营养学指标限值、种子发芽指数要求、施用频率

基本逻辑。首先,污泥需经过稳定化处理,稳定处理后与稳定过程的控制指标应执行《城镇污水处理厂污泥处理 稳定标准》(CJ/T 510—2017),该标准规定了污泥厌氧消化、好氧发酵、好氧消化、热碱分解和石灰稳定5种稳定化工艺的过程控制指标和产物稳定化程度判定指标^[9],类似于美国503法规中对病原体和病媒吸引物削减的要求,旨在降低污泥的生物活性和卫生风险。稳定化处理后的污泥产物,根据其最终的土地利用去向,必须满足相应场景的“泥质”标准。我国将土地利用细分为林地利用、园林绿化、土地改良和农业利用四大类,并为每一类制定了专门的泥质标准。住房和城乡建设部从2009年开始陆续发布城镇污泥处置泥质系列标准,覆盖了上述4种土地利用方式,系列泥质标准对污泥产物的含水率、pH值、有机质、氮磷钾等养分含量、重金属含量以及卫生学指标等做出了规定,但不同标准在有机污染物(如多氯联苯PCBs、多环芳烃PAHs等)的种类和限值上存在差异。其中,农业利用的要求最为严格。2018年,生态环境部和农业农村部联合发布了强制性国家标准《农用污泥污染物控制标准》(GB 4284—2018),与农用泥质行标互为补充。然而,随后农业农村部修订的《有机肥料》(NY/T 525—2021)标准明确禁止将污泥作为有机肥原料,这一规定对污泥农用途造成了显著的政策性障碍,使得实践中污泥土地利用更多地转向不直接进入食物链的林地、园林和土地改良等领域。

以上污泥土地利用系列泥质标准对污泥产物年施用量和施用年限提出了建议。例如,污泥产物农用时,年累计用量不超过7.5 t/hm²(以干基计),连续施用不超过5年;林地利用时,年累计用量不超过30 t/hm²(以干基计),连续施用不超过15年;土地改良时,年累计用量不超过30 t/hm²(以干基计)。

1.2.2 实施方案

我国在污泥土地利用方面初步构建了“稳定化处理—场景化匹配的泥质门槛”的标准体系框架,但在具体操作层面,稳定化处理要求实际对应于美国的病原体和病媒控制,场景化匹配的泥质门槛主要对应于美国的污染物控制要求和部分操作与管理要求,但我国污泥土地利用管控体系缺乏系统、详尽、可操作的施用指引。我国污泥土地利用的具体实施流程可以根据现有标准和实践归纳为以下几个步骤:

前端稳定化处理。污水处理厂产生的污泥必须

首先进行稳定化处理。运营单位需依据 CJ/T 510 标准,选择如厌氧消化、好氧发酵等工艺,并确保处理过程的关键控制指标和最终产物的稳定度指标达标。这一阶段的目标是实现污泥的无害化和稳定化,对应于美国的病原体 and 病媒控制要求。

泥质检测与场景匹配:稳定化处理后的污泥产物,必须由具有资质的检测机构进行全面的质量检测。检测结果将与目标土地利用场景的泥质标准进行比对。例如,计划用于城市公园绿化的污泥,其各项指标必须满足 GB/T 23486—2009 的要求。只有达标的污泥才能进入下一个环节。这一步骤是核心的“准入门槛”,主要对应于美国的污染物控制要求。

施用前评估与规划:在实际施用前,需要对接收污泥的土地进行评估。这通常包括对施用场地的土壤和地下水背景值进行监测,以了解土地的本底环境状况和纳污能力。同时,需要根据污泥的养分含量、土地的养分需求以及相关标准中的施用量建议,科学制定施用方案,确定施用量、施用方式和频率。这一步以及后续施用过程管理是目前我国土地利用管理体系的短板。

2 管控要求

2.1 稳定化/病原体与病媒控制

我国与美国均从稳定化过程和稳定化产物状态两方面进行病原体和病媒控制,美国《40 CFR part 503》对 A 级污泥的病原体含量要求为:每克总固体(按干重计)所含的粪大肠杆菌数应少于 1 000 个(最近似值),或者每 4 克总固体(按干重计)所含的沙门氏菌数应少于 3 个。我国污泥土地利用相关标准对污泥的粪大肠菌群和蛔虫卵指标进行了规定。粪大肠菌群为美国 and 我国标准共同涉及的指标。美国 A 级污泥与我国土地利用污泥的粪大肠菌群指标对比如表 4 所示。为便于比较,均换算至干基的粪大肠菌群菌值。换算过程中,我国的土地利用污泥含水率按最不利情况 10% 计,可以发现,我国的要求严于美国 A 级污泥。

在处理过程方面,美国 A 级污泥涉及的稳定化工艺主要包括:热水解、碱处理、好氧堆肥和热干化。病媒控制涉及的工艺主要包括:好氧堆肥、厌氧消化、好氧消化、碱处理、热干化。我国《城镇污水处理厂污泥处理 稳定标准》(CJ/T 510—2017)中对“污泥稳定处理工艺”的列举包括:厌氧消化、好氧堆肥、好氧消化、热碱分解、石灰稳定、热干化和焚烧等。并

表 4 美国与我国土地利用污泥病原体控制要求比较

稳定化指标	美国 503.13 A 级污泥	林地用泥质 CJ/T 362—2011	土地改良泥质 GB/T 24600—2009	园林绿化泥质 GB/T 23486—2009	农用污泥污控 GB 4284—2018
粪大肠菌群菌值	>0.001 (以干基计)	≥0.01 ≥0.009 (以干基计)	>0.01 >0.009 (以干基计)	>0.01 >0.009 (以干基计)	≥0.01 ≥0.009 (以干基计)
标准要求 的污泥产物 含水率	—	≤60%	<65%	<40%	≤60%

对厌氧消化、好氧堆肥、好氧消化、热碱分解和石灰稳定工艺进行了产物状态指标和过程控制指标的规定。美国 and 我国均有相关规定的工艺主要包括:厌氧消化、好氧堆肥、好氧消化和石灰稳定。现将相关控制指标要求对比如表 5 所示。可见,我国稳定化标准对常见工艺的指标要求整体上多于美国标准,且限制约束更严格。

表 5 美国与我国部分稳定化控制要求比较

工艺	控制指标	美国 40 CFR part 503	我国稳定标准 CJ/T 510—2017
厌氧消化	VS 降解率	>38%; <38%, 但产物消化 40 天降解率 ≤17%	>40%
	停留时间	—	常规厌氧消化 >20 d, 热水解+厌氧消化 >15 d
	脂肪酸 (VFA)	—	常规厌氧消化 <300 mg/L
	VFA/ALK	—	0.1~0.2
好氧消化	VS 降解率	>38%; <38%, 但产物消化 30 天降解率 ≤15%	>40%
	温度	55~60 °C	55~60 °C
	停留时间	≥10 d	>10 d
	产物比好氧速率	≤1.5 mg/(gTS.h)	—
好氧堆肥	VS 降解率	>38%	>40%
	温度和停留时间	容器式或静态曝气堆肥 ≥55 °C 时 ≥3 d; 条垛式堆肥 ≥55 °C 时 ≥15 d	55~60 °C >3 d; 停留时间 >20 d
	产物好氧速率	—	<0.1 O ₂ /min
	产物种子发芽指数	—	用于农用地: >70; 用于园林绿化和林地: >70
	石灰 pH>12	≥2 h	>2 h
温度	pH>11.5	≥22 h	>24 h

2.2 污染物控制

美国的污泥土地利用四类方案,对污泥中的污染物浓度要求不同,风险控制的技术和管理手段也相应有所区别,以达到四类方案等效控制污染和健

康风险的目的。以上方案的基本前提是污泥泥质不超过“最高浓度限值”,这是美国污泥土地利用的门槛。美国“优质污泥”方案是对应污泥泥质最好、管理措施也最简单的方案。所谓“泥质最好”,指污泥本身污染物浓度不超过“月均浓度限值”、病原体控制达到A级污泥标准、病媒控制也能够满足

较高要求。
美国的污染物主要规定了金属元素限值,我国土地利用相关标准中除金属元素外还规定了有机污染物的限值。在金属污染物方面,美国“最高浓度限值”、“月均浓度限值”与我国土地利用相关标准的污染物浓度限制如表6所示。

表6 美国污泥污染物限值与我国土地利用相关标准金属污染物限制比较

污染物	美国 503.13 最高浓度限值/ (mg·kg ⁻¹ 干基)	美国 503.13 月均浓度 限值/ (mg·kg ⁻¹ 干基)	林地用泥质 (CJ/T 362— 2011) ^[10] / (mg·kg ⁻¹ 干基)	土地改良泥质 (GB/T 24600—2009) ^[11] / (mg·kg ⁻¹ 干基)		园林绿化泥质 (GB/T 23486—2009) ^[12] / (mg·kg ⁻¹ 干基)		农用污泥污控 (GB 4284—2018) ^[13] / (mg·kg ⁻¹ 干基)	
				酸性 土壤	中性碱性土 壤	酸性 土壤	中性碱性土 壤	A级 污泥产物	B级 污泥产物
砷 As	75	41	75	75	75	75	75	30	75
镉 Cd	85	39	20	5	20	5	20	3	15
铜 Cu	4 300	1 500	1 500	800	1 500	800	1 500	500	1 500
铅 Pb	840	300	1 000	300	1 000	300	1 000	300	1 000
汞 Hg	57	17	15	5	15	5	15	3	15
镍 Ni	420	420	200	100	200	100	200	100	200
硒 Si	100	100	—	—	—	—	—	—	—
锌 Zn	7 500	2 800	3 000	2 000	4 000	2 000	4 000	1 200	3 000
铬 Cr	—	—	1 000	600	1 000	600	1 000	500	1 000
硼 B	—	—	—	100	150	150	150	—	—
钼 Mo	75	—	—	—	—	—	—	—	—

从土地利用准入门槛限值看,我国除园林绿化、土地改良施用到中碱性土壤、农用B级污泥时铅的限值高于美国840 mg/kg,以及我国没有钼和硒的限值,其他指标均严于美国的“最高浓度”限制。我国《农用污泥污染物控制标准》GB 4284—2018中的A级污泥标准除缺少硒的浓度限值外,其余指标均严于美国优质污泥的“月均浓度限值”标准。换言之,在我国,满足稳定化要求和《农用污泥污染物控制标准》GB 4284—2018中A级污泥标准的污泥,在美国属于“优质污泥”,可以无限制土地利用,不受施用量和年限的控制。在我国却有严格的施用量限制和监测要求。

美国允许施用污泥中污染物浓度超过“月均浓度限值”,通过“累积负荷率限值”进行约束。当8种污染物中的任何一种在施用地中的累积施用量达到了“累积负荷率限值”时,则该施用地无法再继续施用污染物浓度未达到“月浓度限值”的污泥,但还可以实施“优质污泥”方案或“浓度达标污泥”方案。差异化可选方案的存在,以污染物总量控制为红线为达到土地利用门槛的所有污泥提供了出路。相比之下,我国污泥土地利用相关标准更为严格,凡是土地利用的污泥,各项指标必须达到要求,一项不达标即不满足标准要求,对出路的稳定性影响较大。

6 结 语

美国对土地利用污泥控制的重点为无机污染物(多数为金属)和病原体,控制策略为浓度控制与总量控制相结合。对于满足较严格污染物浓度和病原体控制要求的土地利用污泥不限制施用量;对于污染物浓度不能完全达标的污泥,则进行总量控制。此外,美国对污泥土地利用的监测、管理等实施要求设置较为全面。我国对土地利用污泥控制的内容相比美国增加了有机污染物、含水率、养分等控制,对污染物和病原体的控制策略为严格进行浓度和施用量控制。不论泥质如何,均设置施用量和年限要求。此外,我国污泥土地利用相关标准由不同单位、部门分散制定,内容的系统性和一致性有待加强,监测、管理方面的责任主体、具体方式还尚未厘清。相比之下,美国标准有利于推进污泥的土地利用,可操作性较强。我国标准虽严于美国,有利于风险控制,但缺少强制执行和监管措施,土地利用的可操作性有待提升。

参考文献:
[1] 2024年城乡建设统计年鉴[M].北京:中华人民共和国住房和城乡建设部,2025.
[2] 发改环资〔2021〕608号,“十四五”城镇污水处理及资源化利用发
(下转第17页)