

· 水业导航 ·

坚持正确的技术方向 稳步推进我国污泥处理处置工作

清华大学环境科学与工程系教授 王凯军

1 城市污水建设成绩和污泥问题的紧迫性

1.1 我国污水处理事业的发展状况

2000 年三部委颁布的《城市污水处理及污染防治技术政策》首次提出 2010 年全国污水处理目标。在“十一五”规划中明确提出到 2010 年底,全国城镇污水处理率达到 70% 的目标。在 2000 ~ 2010 年的两个五年计划期间,我国城市污水处理的发展历经了两个建设高潮。第一个高潮是在 1998 年亚洲金融危机后,我国政府实行积极的财政政策,重点支持了包括城市污水处理厂在内的环境基础设施的建设,安排了 300 多亿国债支持 317 个污水治理项目。在这一轮的投资带动下,由“十五”初期的 427 座污水处理厂,处理能力约 $2\,152\text{万 m}^3/\text{d}$,到“十五”末期,处理厂达到 909 座,处理能力达到了 $6\,025\text{万 m}^3/\text{d}$ 。另外,这一期间国债投资特别支持了污水处理设备的国产化工作,为下一步城市污水处理事业的发展奠定了物质基础。第二个高潮是“十一五”期间,化学需氧量(COD)减排被列入了国家“十一五”规划的主要污染物减排 10% 的约束性指标,加速了城市污水处理厂的建设。截至 2009 年底,建成城镇污水处理厂 1 993 座,总处理能力达到 $10\,560\text{万 m}^3/\text{d}$,削减 COD 占全国 COD 减排量的 70% 以上;政府工作报告中承诺 2010 年新增污水处理能力 $1\,500\text{万 m}^3/\text{d}$,因此,预计 2010 年底我国城市污水处理能力将超过 1.2 亿 m^3/d ,污水处理率接近 75%,将超额完成国家制订的计划。

我国城市污水处理厂的大规模建设浪潮行将结束,一些城市由于污水处理率的大幅度提高,污泥产量增加迅速,污泥处理设施滞后的问题已经突显。下一阶段各地由于城市污水处理厂建设速度快、污泥增长量大会带来城市污水污泥问题的爆发,使得污泥处理处置具有紧迫性。我国城市建设量大、管网建设不健全、破损和漏失严重,并且污水水质地域差异性较大,造成污泥的有机质含量低、污泥产量大,污泥产生量估算困难。初步推算“十二五”期间全国年干污泥

产量为 700 万 ~ 1 200 万 t,折合 80% 含水率的湿污泥 3 500 万 ~ 6 000 万 t。污泥中由于存在有机物、病原微生物、寄生虫虫卵、重金属以及难降解物质,如果处置不当很容易造成二次污染,会使我国的城市污水处理的巨大投资和建设成果功亏一篑。因此,污泥处理处置已经成为我国城市污水处理行业发展的瓶颈。

1.2 污泥处理处置的目的和手段

污泥具有含水率高和体积庞大等特性,污泥处理应该首先采取有效的减容、减量等手段降低其体积和质量,减少后续运输、贮存、处理和处置污泥量。减容和减量从严格上的意义是不相同的,减容一般不涉及污泥质量的减少,一般采用浓缩、脱水和干化等技术及设备。而减量化同时涉及了污泥质量和体积的变化,一般是指通过源头削减污泥产生的质量和体积,比如可采用污泥产率低的污水处理工艺,不同的污水处理工艺和设计参数的选择会使污泥产量相差很大,有时会相差一倍以上。

污泥还具有污染物种类多和高度浓缩的特点,含有大量易腐败降解的有机质,必须进行稳定化处理,污泥稳定化是指通过一定的技术手段使污泥中的有机物在一定程度降解为无机物的过程,在《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中提出了厌氧消化、好氧消化和好氧堆肥等三种稳定化工艺,另外,还有各种物理化学方法。

污泥经过减量化、稳定化之后,一般需要进行无害化处理,无害化的目的主要是去除和杀灭污泥中的病原菌和寄生虫卵,保障从业人员的身体健康和后续的处置过程免受污染。学术定义无害化的含义与一般的理解是有差别的。污泥经过减量化、稳定化和无害化处理后,可以进行后续的安全处置,从而完成污泥处理处置过程。

污泥处理通过减容、减量、稳定化和无害化等一系列技术手段,为后续的土地利用、填埋、焚烧和综合利用等最终安全处置提供技术保障。污泥处理各个阶段的目的是最终的安全处置,应根据污泥最终

处置的方法合理选择污泥处理工艺,同时,注重各个阶段技术的特点,选择合适的技术参数,从而保障处理处置工艺的技术经济合理性。

2 污泥处理处置的政策保障

2.1 标准对污泥处理、处置的引导作用

污泥标准是污泥处理处置的依据和准绳,在推动实现污泥减量化、稳定化和无害化的各环节中发挥着重要作用。1984年,我国颁布了第一部污泥国家标准——《农用污泥中污染物控制标准》。自20世纪90年代以来,污泥对环境的危害日益明显,我国污泥相关标准的制定步伐也相应加快。目前,我国现行污泥标准体系已具备基本的框架体系。

应该说前一个时期我国污泥标准体系的制修订偏重在产品标准和方法标准上,还应大力加强污泥处理、处置排放标准的制定工作,尤其是污泥焚烧、污泥堆肥/污泥农用和建材利用相关排放标准。缺乏污泥处置的排放标准可能会阻碍新工艺、新技术的应用,比如前一个时期有不少污水处理厂采用热电厂流化床锅炉焚烧污泥,但是由于没有相关的污染物排放标准,对此正反两方面的争议较多,而没有一个国家的标准不利于污泥处理处置事业的发展。应该从污染物排放控制的全过程着手,构建污泥处理处置标准体系。

2.2 加强政策的配套性

西方发达国家的技术管理体系由技术法规、自愿性标准与合格评定程序三个主要部分构成。其排放限值是一部分,达标排放和设施的管理带有强制性,例如,美国污泥处理处置的技术管理是由一部503法案全部进行管理。而我国的技术管理是由部门规章、技术政策和标准等共同构成,标准、规范的强制性程度较低,且管理体系庞杂,污泥处理处置涉及到的管理部门多达十几个,效率低下。因此,我国需要建立有效的污泥处理处置技术管理体系,其框架应以污泥处理处置污染防治技术政策为龙头,根据国家经济、技术发展水平和环境保护目标,提出污泥处理处置的全过程控制污染的原则、方法和主要的技术路线等宏观目标;同时,借鉴欧美污染防治最佳可行技术(BAT)先进制度,以技术政策和污染物排放标准为依据,对采用的源头削减工艺、达标排放的污染控制技术路线等做出具体的规定;同时,强化污染防治工程技术规范的管理,为企业进

行清洁生产工艺、污染防治环境工程设计、“三同时”验收及验收后的污染物排放管理提供技术依据。根据这一思路,国家环境保护部在近期已发布了污泥处理处置污染防治技术政策、最佳可行技术指南和工程设计规范等文件,与污泥的相关标准一起完善了我国污泥处理处置的技术管理体系。

3 污泥处理处置的技术路线

污泥的处理处置一直是社会各界关注的问题,目前,我国污泥处理处置的各项工作一直进展缓慢,引起了越来越多人的关注。业内一直存在污泥到底应该采用什么技术路线处理处置的争议,没有解决好技术路线问题是导致污泥处理处置发展缓慢的一个重要原因。水处理行业和其他行业一样对于一个不成熟、待开发的领域,首先要解决技术路线和方向问题,我们有过许多没有掌握好技术方向的惨痛教训,因此更需要首先解决这些问题。

3.1 污泥处理处置过程中的资源化

我国在污泥资源化利用上走了很多弯路,各地上了许多制砖、制肥小工程,在一定程度上影响了污泥处理处置工作的推进。我国《城镇污水处理厂污泥处理处置及污染防治技术政策(试行)》(以下简称“技术政策”)提出“污泥处理处置的目标是实现污泥的减量化、稳定化和无害化”,根据我国城市污水污染程度、污泥特性以及污染控制目标,明确没有把大众所熟知的“减量化、稳定化、无害化和资源化”四原则中的“资源化”列入。事实上,城市污水污泥从属性上是废弃物,污泥是一种混合物,其中包含有机质和营养元素(N、P)等物质,有机物厌氧降解可以产生能源物质——沼气;而污泥的氮、磷具有一定的肥效。因此,人们误认为污泥是一种资源。任何一种自然资源的利用和开发,要根据有用物质含量和开发的成本来确定资源的可利用性,当开发所需要资金、技术和能源等投入小于产出时,才能谈到资源利用。投入大于产出时,就失去了资源可利用性。事实上,我国污泥有机质含量低,营养元素(N、P)含量也不高,就其含量和开发的成本来说很难称为资源。

因此,技术政策中强调了坚持在安全、环保和经济的前提下,首先实现污泥处理处置。此次是首次明确了污泥的安全处置是首要任务,但这并不排斥

采用厌氧消化技术回收沼气、采用好氧发酵技术产品返还土地和建材等综合利用的处理处置方式,考虑到节能减排和发展循环经济的目标,在处理和处置过程中国家鼓励优先采用能够回收和利用污泥中的能源和资源物质的技术和工艺。

3.2 坚持因地制宜的原则,采取适宜的技术路线

世界各国采用的污泥处置技术从总体上说不外乎填埋、土地利用和焚烧等技术方式,而欧美等国土地利用的比例较高,在60%左右。并且,长期以来对污泥农用进行了大量的研究,对污泥能否农用进行了大量的争论,因此有的学者就提出国际上的趋势是土地利用的结论。如果认真考察会发现污泥处置各种方法在各国采用的比例是各不相同的,美国和加拿大等国地广人稀、机械化的现代大农业十分发达,是世界上最大的粮食产地和出口国,其施用污泥土地的污泥负荷较低,污泥施用的机械化程度较高,所以污泥土地利用比例较高;而欧洲总体发展不平衡,各成员国的差别较大,德国、荷兰和北欧各国的居民的环保意识较强,对于污泥利用方式要求严格,一些国家已经禁止污泥农用,并将到2020年进一步全面禁止污泥的直接农用;日本由于经济高度发达人口密度大,地少人多所以大多采用污泥焚烧为主的建材综合利用技术。

应该说世界各国均是根据实际情况,因地制宜地采用了适应本国自然地理状况、人口、环境和经济发展水平的污泥处置方法。我们国家幅员广阔、经济发展水平不平衡、环境敏感区域区别较大,很难想象我国这样一个经济、社会发展不平衡的国家,全国仅仅采用1~2条统一的技术路线。对于经济不发达、地广人稀的大部分县级市和西部、东北等地区可以考虑发展以土地利用为主导的技术路线;对经济高度发展、人口密集的珠三角、长三角、直辖市和部分省会大城市可考虑优先发展焚烧和建材综合利用等技术;同时,对于三河、三湖、一江、一库等环境敏感区域,更应该坚持因地制宜的原则。从目前我国制订的“技术政策”来看,已充分借鉴国外经验。

3.3 坚持源头削减,贯彻节能降耗的原则

污泥产生的源头是污水处理工艺,选择适宜的污水处理工艺可实现污泥处理过程节能降耗。污泥处理的能耗和物耗主要集中在稳定化的阶段,在好

氧稳定、好氧堆肥、厌氧消化和石灰稳定等方法中,好氧稳定能耗最高,而石灰稳定的物耗和间接能耗最高。特别是如果沿用国外延时曝气系统稳定污泥,是以耗能的方式取得污泥的稳定化。延时曝气系统池容和设备是中、高负荷工艺的几倍,因此在建筑材料和土地资源上是高消耗的。同时,能耗增加还要增加间接污染和投资,我国主要的能源来自燃煤,这会造成严重的大气污染问题。

对我们这样一个资源不足、能源日益短缺、经济不发达、人口众多的发展中国家来讲,以能源和资源消耗量大的方式取得污泥的稳定不符合可持续发展的基本原则,也不适合国情。应开发经济效益好、资源消耗低、环境污染少的污泥减量和稳定化技术。厌氧工艺在降解有机物的同时,可产生沼气,从我国目前的实践来看,沼气发电可满足污水处理厂电耗的20%~30%,因此,是一种低碳的处理工艺。大连夏家河污水处理厂采用德国技术,在以下几个方面有较大的突破,首先采用集中污泥处理的管理模式;其次,将几座分散污水处理厂污泥集中处理,直接采用8%~12%高含固量的污泥消化,有利于减少池容和加热能耗,在技术上有突破;同时,利用国外搅拌等设备取得进展,采取新的搅拌、加热等设备和方式,简化系统配置;最后,在反应器的选择和制造上,借鉴并引进工业系统反应器结构、池型,加快了建设速度,降低了系统造价。经过消化的污泥可直接土地利用,因此,该项目在我国具有较好的示范性。

3.4 污泥处理、处置工艺的完整性和评价的系统性

由于污泥处理处置问题的迫切性,一些地方政府或专业部门急于上马工程,陷入头痛医头、脚痛医脚的局面。如前所述,石灰稳定和干化的方法见效快,解决问题相对彻底,各地纷纷采用。从直观分析上这一工艺是减容不减量的工艺,需要投加污泥湿重15%~25%的石灰,污泥量会增加一倍左右,同时,石灰生产行业是生态破坏和高能耗的行业。鉴于目前污泥污染呈高发期,可将这一技术作为阶段性和应急性技术。这可能也是欧、美、日本等国在20世纪50年代至70年代较多采用此工艺,但是到80年代后很少采用的原因之一。

污泥处理处置工艺的完整性要求,是由污泥处
(下转第18页)

管线进入沼气柜,待气柜内气体体积达到容积 1/4~1/3 时则开启气柜顶放空阀将柜内混合气体泄空,泄空过程中随时检测泄空气体组分,如此反复进行,待检测值 O_2 体积分数小于 12% 时则认为置换合格,即关闭沼气柜顶放空阀进行储气,储气完成后则采用沼气拖动锅炉对循环水进行加热。

3.4 接种培养

6[#] 消化池启动成功后该池即进入低负荷运行阶段,同时考虑第二个消化池的启动运行,考虑到施工因素及避免不均匀沉降产生,选定与 6[#] 消化池位置对应的 3[#] 消化池。为了缩短启动过程,采用将 6[#] 池污泥作为种泥的培菌方式,先将池内水泄空至 4/5 处,剩余水量约为 8 000 m^3 ,在保证对 6[#] 消化池加热的前提下对 3[#] 池加热,同时启动池内搅拌及循环系统,待其内部温度达到要求后则开启 3[#] 池与 6[#] 池之间的连通管道,靠重力将 6[#] 池内部分熟泥作为种泥投入 3[#] 池,当两池液面相平时从 6[#] 池注入 3[#] 池的污泥体积约为 1 000 m^3 ,之后开始对 3[#] 消化池投泥运行。测试结果表明,3[#] 池在投泥后 21 d 即达到沼气的组分合格,与 6[#] 池相比其培菌时间缩短了约 1/3。之后进行第 3 个消化池的启动,启动时同时采用 3[#] 池与 6[#] 池的熟泥作为种泥,投加体积约为 2 000 m^3 ,依

此类推,到最后一个消化池接种培养时间仅为 12 d,大大缩短了启动时间,节约了时间和能源。

4 结论

(1) 对消化池进行加热前将内部蓄水部分泄空,其标准以能够满足内部循环为准,可以减小加热水体积节约资源。

(2) 为充分利用沼气热能,设计时在多种沼气驱动设备中优先运行沼气鼓风机,但在消化池启动初期为了实现较小沼气量能保证对消化池内混合液加热应优先考虑拖动沼气锅炉,虽减少向生物池曝气量但可完全利用沼气热值用于循环水加热,缩短加热时间及保证加热效果。

参考文献

- 1 张自杰.排水工程(下册).第4版.北京:中国建筑工业出版社,2000
- 2 王洪臣.城市污水处理厂运行控制和维护管理.北京:科学出版社,2002
- 3 Leslie Grady C P, Daigger J G T, Lim H C. 废水生物处理.张锡辉,刘勇弟译.北京:化学工业出版社,2004

& E-mail: liuchao512@sina.com

收稿日期: 2010-01-18

修回日期: 2010-06-27

(上接第3页)

理的目的是为了最终安全、有序地处置的需求决定。例如,石灰稳定和干化、污泥堆肥等工艺由于不是最终的处置,如果采用污泥堆肥工艺,以土地利用作为最终处置,需要考虑当地土地可利用性、农业的耕作方式、劳动力等情况。同时,污泥堆肥的投资和处理成本也不是最终土地利用的投资和成本,需有全过程和全成本的概念。后续的成本没有考虑是无法完成整个污泥最终处置的过程。虽然,厌氧消化—土地利用和好氧堆肥—土地利用技术分别是低碳和有机质循环利用技术路线,需认识到在我国大部分地区的农业与欧美等国的现代化大农业截然不同,随着农业现代化和城镇化的进程,农村劳动力的构成和施肥方式改变,在目前的农业生产过程中很难将污泥利用过程纳入,这就影响到上述技术路线的实施。作为节能减排、发展循环经济,建立低碳和可持续发展的污水处理国家目标,相关部门应该正视这一问

题,研究解决相关产业政策和经济政策,通过政府而不是市场,健全污泥处置的产业链,才能解决厌氧消化等污泥处理工艺在我国“叫好不叫座”的现象。

另外,要逐渐改变简单以处理效果和效率作为指标的评价方法,对一个好的、经济的污泥处理工艺在得到较好的污泥处理、处置效果的同时,需要消耗大量药品、建设过程的资源和能量,过大的消耗会导致间接的环境污染和生态破坏。我们需要建立从污泥处理处置工艺的产生、处理、运输、储存、使用、维护和最终消纳过程的评价思维,然后借助专业评价方法,如生命周期评价(LCA),并且应该考虑到碳减排指标进行评价,才能获得对于污泥处理处置工艺的全面评价。

最后,我国污泥处理处置事业的发展,一方面需要国家的产业政策引导,另一方面需要完整的技术政策和技术体系的支撑。解决污泥处理处置存在的问题是一个系统的、长期的大工程,需要国家法律、法规、政策、技术和金融等一系列要素的配合。