

中国城市污水处理厂污泥处理、 处置问题探讨分析

余 杰 田宁宁 王凯军 任 远

(北京市环境保护科学研究院, 北京 100037)

摘 要 明确了有关污泥处理、处置的术语和定义, 通过对我国污水处理厂污水处理工艺与污泥处理、处置现状的调查分析, 认为污水处理工艺与污泥处理和最终处置方式有关; 同时对污水处理厂污泥处理、处置中土地利用问题和处理、处置费用问题进行探讨, 并提出了相关建议。

关键词 污水处理厂 污泥 处理 处置

中图分类号 X703 **文献标识码** A **文章编号** 1673-9108(2007)01-0082-05

Analysis and discussion of sludge disposal and treatment of sewage treatment plants in China

Yu Jie Tian Ningning Wang Kaijun Ren Yuan

(Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037)

Abstract The terms and definition of the sludge disposal and treatment were confirmed. The investigation and analysis of sewage treatment techniques and sludge disposal and treatment techniques show that the sludge disposal and treatment may connect with sewage treatment techniques. Meanwhile, the problems of sludge land application and disposal and treatment cost were discussed, and the suggestion was brought forward for resolving these problems.

Key words sewage treatment plant; sludge; treatment; disposal

近几年来, 我国的污水处理工作有了前所未有的发展, 污水处理厂在解决我国水污染问题方面起到了巨大的作用, 在很大程度上缓解了我国水污染的危机。然而, 污水处理厂产生的污泥问题也日益突出, 已经引起了社会各界的高度关注, 政府各部门和环保界的专家也在采取积极的对策来解决日益严重的污泥污染问题。据统计, 2003 年全国已建污水处理厂约为 612 座^[1], 湿污泥产量约为 960 万 t/a (含水率为 80%)^[2], 多数污水处理厂对大量的污泥如何安全处理、处置束手无策, 由于污水处理后产生大量的污泥无处堆放, 很多污水处理厂已经面临停止运营的窘境。污泥成了多数污水处理厂亟待解决的问题。

1 有关污泥中的术语及定义

讨论污泥处理、处置应首先明确有关污泥处理、处置的术语和定义。从本质上讲污泥一词并不是一个严格的科学定义。自然界中污泥的产生是与水体

中固体物的沉淀有关, 所以一般成为淤泥。污泥由可沉淀的颗粒物所构成, 因此只有沉淀下来的才成为污泥。在科学界对污泥的定义也是不同的^[3]。

目前, 我国对污泥处理和污泥处置还没有准确的解释, 造成概念不清。处理、处置概念的混乱导致污泥处理、污泥处置目标不明, 进而影响到管理、技术路线选取和技术标准的制定。这 2 个概念的混乱首先是表现在对污水处理、污泥处理和污泥处置的内涵不清。其次, 污泥处理和处置的界限以污水处理厂厂界为准, 厂内为污泥处理, 厂外为污泥处置^[4]。这导致了责任主体的不清。作者认为根据新颁布的固体废弃物法, 污泥处理、处置的主体责任十分明确为污水处理厂。现根据科学性原则定义以下的概念。

收稿日期: 2006-03-25; 修订日期: 2006-08-30

作者简介: 余杰 (1978~), 男, 硕士, 工程师, 主要从事水污染控制与治理研究工作。E-mail: jackyujie@163.com

污泥处理:城市污水处理厂在污水处理单元操作过程中产生的污泥通过减容、减量、稳定以及无害化的过程称为污泥处理^[4]。污泥处理工艺单元主要包括污泥浓缩、脱水、硝化(厌氧硝化和好氧硝化)、堆肥和干化等工艺过程。

污泥处置:经处理后的污泥或污泥产品以自然或人工方式使其能够达到长期稳定并对生态环境无不良影响并最终消纳方式。污泥处置主要包括土地利用、污泥农用、填埋和焚烧以及综合利用(建材利用)等^[3]。

上述定义中污泥减容是通过降低污泥的含水率来减少污泥的体积,而污泥中生物固体量几乎没有改变的过程。减容化主要包括浓缩、脱水和干化等工艺。污泥减容的概念容易与污泥减量相混淆,污泥减量一般包括污泥减容和污泥减量。污泥减量是指采用适当的工艺过程和处理方法,使污泥中的有机物含量和污泥产量减少的过程。而污泥稳定化过程也会使污泥减量,但是污泥稳定主要是针对污泥中有机质而言,可以通过物理、化学或生化反应,使污泥中的有机物发生分解或降解为矿化程度较高的无机化合物的过程^[5]。稳定方法包括碱(石灰)稳定、厌氧硝化、好氧硝化、堆肥、化学稳定和热稳定等过程^[5]。

一般人认为,污泥无害化是污泥安全处置的全过程,事实上在专业定义上污泥无害化是通过化学氧化、高温分解等杀灭污泥中病原菌和蠕虫卵等的过程^[3]。

2 城市污水处理与污泥处理的关系

2004年底,我们开始对我国的污水处理厂污水处理和污泥处理、处置状况开展了调查。主要采用发放信函、网上搜集和电话咨询的方式进行。结合不同地区的污水处理厂及典型研究区的调查和资料收集,初步掌握了 210个污水处理厂的情况。

调查发现,在这 210座污水处理厂中,86.2%都采用活性污泥法,其余自然净化占 10%,其他污水处理技术占 3.8%,在活性污泥法中又以传统活性污泥法和氧化沟为主。

近年来,随着技术的发展和脱氮除磷的要求提高,SBR、A²O、AO有增加的趋势。我国 20 世纪 80年代以前建设的城市污水处理厂大部分采用普通曝气法活性污泥处理工艺^[6],该工艺以去除 BOD 和 SS为主要目标,对脱氮除磷效果较差。目前,氧

化沟工艺是我国采用较多的污水处理工艺技术之一^[6],主要有奥贝尔氧化沟工艺、DE型氧化沟、三沟式氧化沟和卡罗塞尔氧化沟工艺等。

表 1 城市污水处理工艺调查统计
Table 1 Statistics on sewage treatment techniques of sewage treatment plants

污水处理工艺	污水厂数(个)	所占比例(%)
常规活性污泥	61	29.05
氧化沟	52	24.76
A ² /O	19	9.05
A/O	22	10.48
AB	8	3.81
SBR	19	9.05
自然净化	21	10
其他	8	3.8

不难发现,污水处理技术在很大程度上决定了污泥的产量和污泥处理的方式,典型的如氧化沟工艺,由于采用延时曝气,污泥产量少,同时对污泥进行稳定化处理,节省了污泥单独稳定化的过程,所以很多污水处理厂相继采用此工艺来处理污水。污水处理厂产生的污泥如果采用厌氧硝化处理,其投资较高,处理费用约占污水处理厂投资和运行费用的 20%~45%,而在中国仅有的十几座污泥消化池中能够正常运行的为数不多^[7],有些池子根本就没有运行,这也是导致中国近年大量采用带有延时曝气功能的氧化沟等技术的原因。

但是采用氧化沟(延时曝气)处理污水并未带来一劳永逸的效果。这种好氧污水处理工艺不但消耗更多的能耗,而且使得处理后的污泥脱水比较困难,在很大程度上影响了污泥的处理。氧化沟是一种低负荷工艺,低负荷的曝气池池容和设备是中、高负荷活性污泥工艺的几倍,所以相应的投资要高数倍;其次,该工艺对污泥是采用好氧稳定的方法,其能耗比中、高负荷活性污泥要高 40%~50%;能耗增加带来了直接运行费的增加,同时还要增加间接投资。可以说,解决城市污水处理厂污泥处理技术问题是降低污水处理能耗的有效技术之一^[3]。今后中国城市污水工艺的进步在很大程度上取决于污泥处理和利用技术的进步。

3 城市污泥处理与处置的关系

调查的污水处理厂污泥处理情况如表 2所示。

调查发现,多数污水处理厂都是采用浓缩脱水来处理污泥,而采用稳定化处理的污水处理厂不到 20%。大部分污水处理厂污泥处理的不到位在很大程度上影响了污泥的最终处置。

表 2 污水处理厂污泥处理统计

Table 2 Statistics on sludge disposal of sewage treatment plants

污泥处理工艺	污水厂数 (个)	所占比例 (%)
脱水	84	60.43
浓缩	7	5.04
浓缩 + 脱水	25	17.98
稳定	16	11.51
脱水 + 稳定	2	1.44
浓缩 + 脱水 + 稳定	5	3.6

目前,我国许多污水处理厂对污泥仅仅是进行简单的浓缩脱水后便外运,而且根本没有交待污泥的最终去向(表 3)。污水处理厂即使对污泥进行了浓缩脱水处理,往往达不到要求,污泥的含水率仍较高,污泥处理的不到位不但增加了运输的难度,而且对运输路线周边环境带来威胁,更为严重的是给后续的污泥处置带来极大的不便。堆肥时,满足不了含水率的要求;填埋时,达不到垃圾填埋场的准入条件,垃圾场拒收污泥;焚烧时,达不到污泥焚烧时的热值,同时耗费过多的热量,造成严重的大气污染。

表 3 污水处理厂污泥处置方法调查统计

Table 3 Statistics on sludge treatment of sewage treatment plants

污泥处置工艺	污水厂数 (个)	所占比例 (%)
填埋	70	63.03
外运	16	14.42
自然干化综合利用	6	5.41
堆肥农用	15	13.51
露天堆放	2	1.8
焚烧	2	1.8

调查发现,多数污水处理厂污泥主要的处置方法是土地填埋,其次是污泥土地利用。污泥填埋占了相当大的比例,但是由于填埋场大多为露天,经过雨水淋滤后,没有稳定和无害化的污泥很快恢复原形,对填埋场地的安全构成严重的危害。处理不到位的污泥还造成填埋场渗滤系统的严重堵塞,严重污染附近的地下水。尤其是污泥和垃圾混合填埋

时,使得不少垃圾填埋场的寿命大大缩短,给城市垃圾处置带来很大的麻烦。

此外,这些污水处理厂还有露天堆放和外运的污泥约为 15%,这一部分污泥处于一种无序的、混乱状态,大量污泥随意堆放、填埋,给环境带来巨大危害;尤其是污泥中的病原菌、重金属和有毒有害有机物对人类健康和生存环境产生潜在的威胁。有些已对周围老百姓生活和周边生态环境产生了实际影响,如图 1 所示。



图 1 我国某省污水处理厂污泥堆放场地

Fig 1 Sludge piling up field of a certain sewage treatment plant

污泥处理和污泥处置的关系是紧密相关的。污泥处理的效果直接影响污泥的最终处置。然而我国多数污水厂污泥处理不到位,含水率往往达不到要求。无论是给运输、存储还是最终的安全处置都带来极大的麻烦,更为恶劣的是给污泥接触的环境带来威胁,从而形成了“污泥污染 污泥处理 处理不到位 影响污泥处置 污泥二次污染”的恶性循环局面^[2]。

在考虑污泥处理和处置问题时,污水处理工艺与污泥处理和最终处置方式有关:

- (1) 如果污水处理厂污泥采用消化等稳定化后处理工艺,则污水处理工艺不宜采用好氧低负荷带有污泥稳定的处理工艺;
- (2) 如果污水处理厂污泥进行填埋,由于对填埋场或垃圾填埋场的有机物成分有一定的限制性要求,所以污水处理厂不宜采用污泥产量较多的高负荷污水处理工艺;
- (3) 如果污水处理厂污泥进行焚烧,需要利用污泥中的热值,则污水处理厂不宜采用低负荷和对污泥进行稳定化后处理的处理工艺。

4 土地利用问题

我国污泥目前主要的出路之一是直接或间接的土地利用。污泥含有丰富的氮、磷等营养元素以及植物生长所必需的各种微量元素,具有作为作物生长肥料的可能性。但是,在我国由于没有系统、科学的管理办法和农用控制标准,污泥在土地利用时,由于施用处理不到位的污泥,污泥在很多地区成为了一种污染源。污泥土地利用的安全性正在受到人们的质疑,这就要求我们建立科学的污泥管理体系和标准体系。为了保证土地利用和农用的安全性,需要考虑如下的要求:

首先,污泥土地利用必须要考虑的问题就是明确城市污水处理厂是城市污水污泥处理和处置的责任人,须对污泥的产生、处理和安全处置全过程负责。当污泥农用时,由于农民处于弱势,其在信息获取、检测手段和监控措施等方面都处于弱势,为了保障农民利益,应要求城市污水处理厂对污泥全过程负责。

其次,由于污泥农用会与人类的食物链发生关系,我们应将污泥农用和其他形式的土地利用区别对待。以前一提到污泥土地利用便是污泥农用和重金属污染,所以这在一定程度上限制了污泥其他方式的利用。将污泥农用从污泥土地利用中区分开来,有利于污泥土地利用技术政策和技术规范的制定,更有利于污泥非农用方式的推广和应用,不同的标准和规范更有利污泥土地利用的实际操作和管理。

再有,积极推广林业、绿化、土壤改良等方式的污泥土地利用。一方面污泥中的营养成分和微量元素可促进树木生长;另一方面由于污泥林地绿化施用不会进入食物链,不会对人类健康造成危害。尤其是污泥施用于森林、林场等人口非密集地区,可以较为安全,而且林地、荒山等面积都较大,相对环境容量也较大,可吸纳大量的污泥,林木本身也可利用污泥中氮、磷等加速生长。这些方式的土地利用相对污泥农用来说,对人类的直接风险性较小,可以消纳大量的污泥。

最后,无论是污泥农用还是其他方式的污泥土地利用,需注意施用场址的选择。将经处理达标的污泥施用于土地时,须注意对水源地保护,禁止在水源保护地一级区内以任何形式施用污泥。防止污泥造成的面源污染和地下水污染。相关部门应选取适

当的监测项目对污泥和施用污泥的土壤、地下水和作物进行长期定点监测。尤其是污泥进行农用时,必须进行场地评价。

5 污泥处理、处置费用问题

5.1 污泥处理、处置费用现状

据调查,国内污泥处理投资只占污水处理厂总投资的 20% ~ 45%,而发达国家如美国及欧洲国家已占污水处理厂总投资的 50% ~ 70%。我国污泥处理、处置费用估算统计如表 4 所示。

表 4 我国污泥处理、处置费用估算统计
Table 4 Estimating statistics on sludge disposal and treatment expense of sewage treatment plants

项 目	投资成本		运行成本	
	万元 / t污泥	万元 / t污水	元 / t污泥	元 / t污水
填埋场	3 ~ 5.5	30 ~ 55	15 ~ 30	0.015 ~ 0.03
机械堆肥厂	30	300	60	0.06
干化焚烧	35 ~ 45	350 ~ 450	500	0.5

注:污泥含水率为 80%

由表 4 可知,污泥处理、处置费用因方式不同,投资和运行成本各不相同。分析发现,表 4 的几种处理、处置技术,干化焚烧运行成本相对来说比较高,但考虑到堆肥后土地利用和填埋的后续监测与管理等其他隐性费用,干化焚烧的费用就不一定是最高的,因为表 4 中干化焚烧污泥的运行成本中包含污泥干化焚烧的所有运行费用。

堆肥和干化焚烧的投资费用相比较污水处理的投资费用而言,所占比例很高。我国征收的污水处理费用根本没解决污泥的处理、处置费用问题。

根据《中华人民共和国水污染防治法》(1996 年 5 月)中第三章第十九条规定,城市污水集中处理设施按照国家规定向排污者提供污水处理的有偿服务,收取污水处理费。城市污水集中处理设施的污水处理收费、管理以及使用的具体办法,由国务院规定。目前,在我国污水处理费征收尚不普遍,已征收的仅为 0.2 ~ 1 元 / t 不等,有的根本没有到位,不仅不能补偿污水处理工程建设的投入,甚至不能保证污水处理设施的正常运行。相关部门指出污水处理费成本主要包括:污水处理厂的生产成本、管网维护成本、泵站提升成本、管理费用及折旧。而实际上,按照市场经济的要求,城市污水处理厂污水处理费应是其运行实际消耗的生产要素成本总和。在我国

的现行规定中,这些生产要素主要是:药剂费、工资福利、大修检修维护费、固定资产折旧和无形递延资产摊销、贷款偿还和管理费。但没有明确污泥处理、处置费。按实际情况污泥是污水处理的副产物,污水处理应该包括污泥处理、处置,然而实际上并非如此,污泥的随意丢弃和堆存使得污水处理成效和作用大打折扣。目前,全国各省市都在出台相应的污水处理费征管办法,污水处理费也在逐步上调,但是始终没有考虑污泥处理、处置费用的问题,这在很大程度上影响了我国污泥的处理和处置。

5.2 如何征收污泥处理、处置费用

我国污泥处理、处置市场的开发,首先需要政策的扶持和资金的投入,但由于污泥处置设施所需费用昂贵及市场机制的不成熟,要依靠个别企、事业单位投资还需要一个很长的过程。对污泥处理、处置费用的征收需要政府政策的扶持,根据现有体制逐步从事业单位过渡到企业单位或独资企业或公私企业,逐步培养和形成一个市场竞争机制,最终达到降低处理成本,并真正做到有利环境的污泥处置。

而目前,急需解决的问题是污泥处理、处置这部分费用应该如何界定,由谁来承担?作者认为,从长远看污水处理费应包括污泥处理、处置费,但是从我国的实际情况来看,由于我国刚刚推行征收污水处理费,而现行收取的污水处理费用较低,无法保证污水厂的正常运行。推行在污水处理费中加入污泥处理、处置费将在很大程度上加重社会公众的经济负担。所以相关管理部门在征收此部分费用时,应该循序渐进,充分考虑公众的实际承受能力,合理确定收取的费用,不足部分由相关部门通过多种渠道加以解决。

6 结束语

当前,我国污水处理厂的建设快速发展,水污染

问题得到了有效控制,但是污泥问题却日渐突显,在很大程度上影响了我国污水污染控制的成效。污泥成为污水处理厂正常运行的负担,有不少污水处理厂因为污泥问题面临停止运转的威胁。一旦污水处理厂停运,不仅是造成资金的巨大浪费,更严重的是将造成环境的巨大污染,后果不堪设想。针对这种状况,对于我国的污泥问题,立法必不可缺,相关部门应出台相应的污泥处理、处置费用的征管办法,多渠道地解决污泥处理、处置资金问题。在处理、处置污泥时充分考虑污水处理、污泥处理和处置三者之间的关系,合理规划,统筹考虑,逐步解决我国污泥污染问题。

参考文献

- [1] 建设部综合财务司编. 中国城市建设统计年报. 北京:中国建筑业出版社, 2003
- [2] 余杰,田宁宁,王凯军. 我国污泥处理、处置技术政策探讨. 中国给水排水, 2005, 8(21): 84~87
- [3] 中国环境保护产业协会水污染治理委员会编. 中国城市污水污泥处理处置问题探讨. 北京: 2005年中国国际水处理技术高级专家论坛, 2005. 142~146
- [4] 杭世,陈吉宁,等. 污泥处理处置的认识误区与控制对策. 2004年国际污泥无害化经验交流会论文汇编. 2004. 1~5
- [5] 王凯军,贾立敏. 城市污水生物处理新技术开发与应用. 北京:化学工业出版社, 2001
- [6] 国家城市给水排水工程技术研究中心. 中国城市污水处理现状及规划. 中国环保产业, 2003, 54(1): 32~35
- [7] 柯建明,王凯军,田宁宁. 北京城市污水污泥的处理和处置方法问题研究. 中国沼气, 2000, 18(3): 35~38