

文章编号:1000-582X(2005)09-0079-04

小城镇水厂污泥处置及资源化方向分析*

罗固源, 韦玮, 许晓毅, 谭倩

(重庆大学三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400030)

摘要:根据国内外给水污泥处理处置现状,对中国小城镇给水污泥处置及资源化方向进行了分析;建议小城镇可根据实际情况采取污泥就地处置、合并处置以及联合处置3种方式,并应因地制宜地开发污泥资源化利用方向,提出给水污泥的土地利用是一种比较适合大多数小城镇实际的污泥处置策略。

关键词:小城镇;给水污泥;处置;资源化

中图分类号:X703.1

文献标识码:A

近年来,中国城镇化进程加快,小城镇数量日益增多,至今全国各种规模和性质的小城镇已近48 000个^[1]。随着小城镇给水系统的建设和发展,给水污泥的产生以及排放在所难免。中国已对水厂排泥制定了相关法律法规,因此小城镇给水污泥的处置已是势在必行。如何结合小城镇自身的特点来对其进行合理而有效的处置,实现资源化,是个值得探讨的问题。

1 小城镇给水污泥处置的必要性

1.1 小城镇水厂排泥概况

2002年全国县镇水厂生产能力已达3 038万 m^3/d ^[2],按排泥水占总净水量的4%~7%^[3]计算,给水污泥产量约为3.65~6.38万 m^3/d (以含水率97%计),随着小城镇给水系统的不断建立和发展,污泥产量还会逐年增加。但长期以来,人们没有对给水污泥的污染问题产生足够的重视,在环境保护意识较薄弱的小城镇,这个问题更为突出。笔者在对陕西、江苏、广西、重庆等地的小城镇实地调研发现,当地水厂排泥水量大多在800~16 000 m^3/d 之间,排泥水基本上没有采取任何处理直接排入附近水体。

1.2 给水污泥成分及性质

给水污泥产量比污水污泥少,主要来自于沉淀池(或澄清池)排泥水和滤池反冲洗排水^[4]。沉淀池排泥包括石灰软化污泥和化学絮凝沉淀污泥;地表水源水厂一般产生化学絮凝污泥,它由原水中的悬浮物、溶解状胶质、有机物、微生物及加入的净水药剂组成;石灰

软化污泥主要在地下水软化过程中产生,其主要成份有淤泥、过剩石灰、有机物、 CaCO_3 和 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 。滤池反冲洗排水主要含有悬浮胶体、粘土、有机物及化学药剂残余物等^[5]。总的来说,给水污泥属无机亲水性。

1.3 给水污泥对环境的污染

给水污泥的不合理排放,对小城镇的取水水源和自然环境会产生一定的不良影响。Lamb和Bailey^[6]研究发现,铝盐混凝污泥中氢氧化铝浓度的增加会导致底栖生物死亡率随之升高;而污泥的沉积作用则会造成水体中某些鱼类食物短缺,影响鱼卵的成活率^[7]。除此之外,给水污泥中还存在许多其他的污染物,如有机物、重金属离子、砷、氟、硝酸根和放射性物质等^[8],也会对水环境质量产生影响。造成江河上、下游及不同区域之间形成“先排出,后吸入”的恶性循环。

综上所述,随着小城镇水厂排泥量的不断增加,以及对环境保护的日益重视,必须对给水污泥处置及资源化利用引起充分的重视,避免对小城镇水源及周围生态环境的二次污染,还可以使污泥化废为宝,在一定程度上体现小城镇生活质量的提高。合理处置与资源化利用将成为小城镇给水污泥的最终出路。

2 国内外给水污泥处理处置现状

2.1 给水污泥单独处理

在水厂内建立完整的污泥处理系统,对给水污泥进行单独处理。处理工艺一般采用调节、浓缩、预处理和脱水4道工序,根据水厂自身的特点及处理要求,也

* 收稿日期:2005-04-24

基金项目:国家“十五”攻关课题(2003BA808A15-2-2)

作者简介:罗固源(1944-),男,重庆市人,重庆大学教授,博士生导师,主要从事水污染控制的研究。

可省略其中某些环节^[9]. 处理后的排泥水上清液以及滤池反冲洗废水还可以进行回收再利用. 单独处理适用于经济效益较好的大型水厂.

2.2 给水污泥与污水共同处置

在污水厂处理能力许可的情况下, 给水污泥可以排入污水处理厂与污水一起处理. 这样可以降低处理费用, 同时能提高悬浮固体、BOD 以及 COD 的去除率, 有利于污水处理过程. 另外, 还可以通过专门管路将给水污泥输送到污水厂后, 不经过污水处理工艺, 而直接与污水污泥混合脱水一道处置. 给水污泥脱水性能优于污水污泥, 可以起到调节作用, 提高污泥的脱水性^[10].

2.3 给水污泥综合处置利用

目前国内外给水污泥处置大概有以下几种途径: 陆上埋弃、土地利用、卫生填埋、海洋投弃以及综合利用等^[11]. 其中陆上埋弃和卫生填埋是国内常用的方法, 而在污泥的综合利用方面, 国内外开展的将其作为土壤调节剂、生产建筑骨料等的研究和应用也取得了一定的进展.

以上资料表明, 现有给水污泥处理处置技术的应用已经取得了一定的成效. 由于我国地域广阔, 小城镇个体差异性大, 发展不平衡, 水厂规模小而分散, 在经济实力、技术力量、管理水平上与大城市均有一定的距离, 因此, 在污泥的处置与综合利用上应特别强调因地制宜, 结合小城镇自身的特点提出切实可行的污泥处置与资源化方向.

3 小城镇给水污泥处置及资源化方向分析

3.1 小城镇给水污泥处置

3.1.1 给水污泥就地处置

在资金和场地允许的情况下, 小城镇自来水厂可在厂区内单独建立污泥处理系统, 对污泥进行就地处理处置. 就中国小城镇的具体情况, 应考虑采用基建投资少、运行管理费用低、技术简易高效的处理工艺. 如污泥的脱水处理, 结合小城镇的经济水平, 以及大多数地区小城镇周围土地资源较为丰富的特点, 可以采用自然干化的方式, 脱水后的污泥可以就近输送至垃圾填埋场.

3.1.2 给水污泥与污水污泥合并处置

小城镇水厂一般规模不大, 在附近污水厂处理能力许可的情况下, 可考虑将排泥水排入下水道与污水一道处置, 这时水厂内的污泥处理设施可以全部或部分省略, 不仅降低了处理费用, 而且排泥水的加入对污水处理还有一定的促进作用^[10]. 应注意的是, 下排时需满足排水管道的不淤流速以及污水处理厂进水要

求, 如限制排泥水的排放时间、排放量、最大 TSS, 以及考虑水厂排泥水的潜在腐蚀性和 H_2S 的产生等问题^[12]. 小城镇水厂若考虑采用此种方法处置污泥, 在规划设计时应考虑周全, 合理布置管道, 尽量减少管道输送费用.

3.1.3 给水污泥联合处置

就数量来说, 给水污泥比污水污泥少得多, 而小城镇水厂由于规模较小, 产泥量还要小些, 污泥单独处理处置造成处理设施的建设和运行难以产生规模效应. 因此可考虑集约化处理:

1) 紧邻大中城市中心城、城市规划区范围内的郊区小城镇, 可以将其给水污泥处理纳入城市自来水厂污泥处理工程规划中.

2) 在几个集中分布或连绵分布的小城镇之间, 交通便利时, 可在城镇区域范围统筹规划优化的基础上, 合建污泥处理设施.

3) 组建一批按市场经济规律运转和管理的污泥处理处置中心, 对周边相邻的几个小城镇给水污泥实行统一的处理处置.

尽管小城镇给水污泥实行集约化处理在中国实施尚有一定的困难, 但可以预见此举能缓解小城镇水厂的技术经济压力, 有利于资源共享; 更重要的是, 给水污泥数量的集中, 为污泥资源化处置和再利用实现规模化提供了良好的条件, 因此经济条件允许的小城镇群可考虑采用. 污泥的集约化处置同样涉及到污泥的输送问题, 小城镇应根据自身的实际情况, 选用经济合理的输送方式.

3.2 给水污泥资源化利用

要实现可持续的污泥处理策略, 使污泥的产生、处置与环境保护之间达到一个良好的平衡, 我们认为最理想的途径是资源化利用. 根据中国的具体情况, 可考虑从以下 4 个方面实现资源化.

3.2.1 从给水污泥中回收有用物质

大多数水厂在净水过程中, 选用铝盐或铁盐来作混凝剂, 因此, 可从这部分处理后的污泥中回收铝盐和铁盐. 可以大大减少污泥的总固体量, 并降低后续脱水设备的规模, 减少投资, 回收的铝盐和铁盐可再次用作混凝剂^[13-14]. 另外, 在使用石灰—苏打软化法来对有些地区的高硬度(以暂时硬度为主)原水进行软化处理时, 产生的污泥由于 $CaCO_3$ 含量较高, 可从中回收石灰^[14].

3.2.2 给水污泥作建材利用

小城镇水厂可以考虑与当地制砖厂、水泥厂等合作, 将给水污泥作为这些工厂的原料或配合料. 如给水污泥可以代替部分硅质黏土煅烧水泥熟料, 代替天然

黏土烧结普通砖以及烧结陶粒^[15-16]。软化污泥脱水后可用来稳固路基、调节土壤或中和工业酸性废物;絮凝沉淀污泥脱水后可用于陶瓷工业,或与飞灰混合稳固路基、调节粘土等。此外,污泥中含有大量的灰分和混凝剂成分,如铝盐或铁盐,这是建筑材料可用的添加剂^[17]。给水污泥的建材利用需要注意产品的市场性以及加工过程中是否会产生二次污染等问题。

3.2.3 给水污泥作垃圾场覆土

大多数情况下给水污泥属无毒害固体废弃物,可用卫生填埋方式处置。此时防渗性能和重金属浓度是需要考虑的主要限制因素。在美国给水协会填埋研究报告中,按照土壤的统一分类系统,给水污泥试样呈现出类似于CH类土壤(即高塑性无机粘土)的特性,这类土壤的渗水率小于 5×10^{-10} m/s,比普通粘土层的渗水率(1×10^{-9} m/s)要低得多^[5]。此外,从表1可看出^[18],污泥中的重金属含量远远低于《农用污泥中污染物控制标准》的规定,并不减损封场后填埋场土地的农用价值。因此,在一般填埋场压实设备的压实压力下,将小城镇给水污泥作为垃圾场覆土具有良好的可接受性,这时还需考虑如何经济地解决污泥的运输问题。

表1 给水污泥的重金属含量 mg/kg 干泥

	Cr	Ni	Cu	Pb	Cd
上海某水厂污泥	114.0	41.10	61.21	26.76	0.032 4
酸性控制标准	600	100	250	300	5
碱性控制标准	1 000	200	500	1 000	20

说明:控制标准是指《农用污泥中污染物控制标准》(GB4284—84),酸性是指在酸性土壤(pH≤6.5)内污染物的最高允许含量,碱性是指在中性或碱性土壤(pH≥6.5)内污染物的最高允许含量。

3.2.4 给水污泥进行土地利用

中国大部分地区小城镇都是依托乡镇地域并集中周围的几个自然村发展而来,靠近农田、林地等,有着比大城市更为丰富的自然资源,这为小城镇给水污泥的低能耗处置提供了广阔的天地。

根据污泥脱水前化学调节工艺和产生泥饼的化学性质,可将其分为3类:1)用石灰或碱作调节处理后产生的泥饼,这类泥饼的pH值可达10~13;2)使用有机高分子絮凝剂作调节处理后产生的泥饼,其PH值接近于7,其中含有残留的有机高分子絮凝剂;3)从污泥干化场排出的污泥,通常不含有任何化学调节剂。以上污泥中后两类可进行土地利用^[19]。下面讨论的给水污泥属于后2种情况。

给水污泥中含有粘土、腐殖质以及其它悬浮的或不溶于水的物质,其肥效很低(见表2^[12]):

表2 给水污泥的营养成分 %

营养成分	范围
总固体含量	8.1~81.0
挥发性固体	9.3~29.1
电导率(μs/cm)	563.8(530.2)
pH	7.0~8.8
凯氏氮	0.495(0.256)
有机氮	0.752(0.399)
氨氮	0.016(0.016)
硝态氮	0.003(0.003)
总磷	0.228(0.248)
总钾	0.225(0.317)

说明:内数值为标准差值

但是,当污泥适度施用于土壤中后,发生的类似水处理过程中的絮凝反应可提高土壤的凝聚程度,改善土壤的结构,利于耕作。另外,给水污泥中含结晶水的金属氧化物可吸附痕量金属,减少土壤中游离有害痕量金属量,这对作物也是有利的。通常1英亩(0.4公顷)土地可容纳大约10t污泥固体^[12]。研究表明^[5],只要适度施用(20 dt/hm²)及在土壤pH>6.0的情况下,污泥中重金属迁移至地下水或作物中的量很小,可忽略不计,给水污泥土地利用的环境风险大大减少。此外,据Elizabeth A. Dayton等人报道^[20],给水污泥施用于农田后,提高了土壤的固磷能力,可以避免地表径流将农田中多余的磷带入河流湖泊,对此造成的水体富营养化的现象有一定的控制作用。

施用污泥应综合考虑各种土壤条件和周围环境,对于质地为砂质易发生渗露与流失的土壤注意施用污泥的数量和质量。在居民区、湖、河、泉和边缘无缓冲地带的土壤不应施用污泥^[21]。给水污泥除可以用于农田,起到改良土壤的作用外,还可以被使用在森林土壤,以及园林绿化中,施用量不大时(一般<20 dt/hm²),不会对作物和环境产生负面影响,若在专用土地上或山地及建设地带上使用,施用量可相对大些(20~200 dt/hm²),但需加强管理和监测,避免雨水径流及渗滤液可能造成的二次危害^[12]。

因此,小城镇给水污泥处理达到相应的规定或标准后,可以就近进行土地利用,结合中国既是一个农业大国,又是发展中国家的实际情况,可以预见,广阔的土地资源将成为发展中国小城镇给水污泥土地利用的天然优势。污泥实现就近土地利用,充分利用土壤的自然净化能力,既可以为污泥找到一条根本出路,解决环境污染问题,又实现了资源的再利用。无论从经济因素还是从资源利用因素出发,污泥的土地利用特别是污泥的农用都是一种符合中国国情的处置方法。

4 结 论

1) 各地区小城镇应因地制宜,结合水厂规模和当地经济、技术等具体情况,对给水污泥选用就地处置、与污水污泥合并处置或几厂联合处置的方式。

2) 资源化利用是给水污泥处置的最佳途径,有条件的小城镇水厂可从给水污泥中回收混凝剂;与当地建材工业结合,将给水污泥用作建筑材料或建材辅料;利用给水污泥作垃圾场覆土等。就我国的实际情况,大部分地区小城镇可将土地利用作为给水污泥最终处置策略。

参考文献:

- [1] 朱建达. 小城镇基础设施规划[M]. 南京:东南大学出版社,2002.
- [2] 中国城市规划设计研究院,中国建筑设计研究院,沈阳建筑工程学院. 小城镇规划标准研究[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [3] 刘辉,许建华. 自来水厂排泥水处理的国内外发展概况[J]. 中国给水排水,2001,17(8):26-28.
- [4] 陈静,许建华. 给水厂污泥处理[J]. 净水技术,1998,65(3):14-16.
- [5] 程曦,李田. 水厂污泥[J]. 城市公用事业,1999,13(6):18-20.
- [6] LAMB D S, GART BAILEY. Acute and Chronic Effects of Alum to Midge Larva[J]. Bulletin Env Contam Toxicology, 1981,25(10):27-59.
- [7] EPA, ASCE, AWWA. Management of Water Treatment Plant Residuals[M]. Washington DC: EPA, 1996.
- [8] 许嘉炯,郑志民,许建华. 关于自来水厂生产废水的回用[J]. 净水技术,2003,2(1):32-34.
- [9] 戚盛豪. 水工业工程设计手册-水资源及给水处理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [10] 刘辉,张玉先. 自来水厂的污泥处置与综合利用[J]. 给水排水,2001,27(11):15-18.
- [11] 迟玉霞. 净水厂污泥处理设计探讨[J]. 公用科技,1997,13(3):27-30.
- [12] 戚海燕,何晶晶,章骅. 给水厂排泥水和污泥的处置[J]. 上海环境科学,2002,21(7):442-444.
- [13] 姜应和,张发根. 化学污泥中铝盐混凝剂的回用[J]. 环境科学与技术. 2003,26(1):38-40.
- [14] 金儒霖,刘永龄. 污泥处置[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1982.
- [15] 周云,何义亮. 微污染源净水技术及工程实例[M]. 北京:化学工业出版社,2003.
- [16] 陆在宏,吴今明,戴婕. 水厂排泥水的处理技术-分离水回用、泥饼综合利用及铝盐回收[J]. 上海环境科学,1992,11(4):11-13.
- [17] 程曦,李田. 水厂污泥的处置[J]. 城市公用事业,2000,14(2):15-16.
- [18] 陈绍伟,吴志超,张鹏,等. 自来水厂污泥作填埋场覆盖材料的试验研究[J]. 环境污染治理技术设备,2002,3(1):23-26.
- [19] 叶辉. 自来水厂排泥水处理技术及其生产性应用研究[D]. 上海:同济大学,2001.
- [20] ELIZABETH A DAYTON, NICHOLAS T BASTA, CHRISTOPHER A JAKOBER, et al. Using Treatment Residuals to Reduce Phosphorus in Agricultural Runoff[J]. AWWA, 2003,95(4):151-158.
- [21] 王激清,张宝悦,刘社平. 污泥的土地利用及其环境评价[J]. 张家口农专学报,2004,20(1):1-4.

Analysis of Waterworks Sludge Disposal and Reclamation for Small Towns

LUO Gu-yuan, WEI Wei, XU Xiao-yi, TAN Qian

(Key Laboratory of Eco-environment in Three Gorge Reservoir Region Under the State Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: According to the status of sludge disposal at home and abroad, the authors make some elementary grope for waterworks sludge disposal and reclamation for small towns. suggest that small towns can adopt three ways of sludge disposal: disposal on the spot, incorporate disposal and unite disposal, small towns should make some development for sludge reclamation adjust measures to local conditions, sludge used in land is a appropriate way for most small towns.

Key words: small town; waterworks sludge; disposal; reclamation