

文章编号: 1009-7767(2004)06-0374-05

北京污水处理厂污泥干化处理工艺选择的探讨

王 钊

(北京城市排水集团, 北京 100061)

摘 要: 为改善北京市污水处理厂污泥处理现状, 减少因污泥处理处置不当造成的二次污染问题, 尽快寻求安全稳定无害化的污泥处置方式已成为亟待解决的问题。论述了欧洲污泥处理处置方式的发展趋势, 认为污泥热干化工艺相对于其他污泥处理工艺更具灵活性, 对三种欧洲常用的污泥干化处理工艺进行了介绍和对比分析; 并结合北京市实际情况, 对未来进行污泥热干化工艺选择提出了建议。

关键词: 污泥处理; 干化; 欧洲; 应用

中图分类号: X703

文献标识码: B

Choice of the Treatment Technique for Dry Up the Sludge of Sewage Treatment Plants in Beijing

WANG Zhao

1 概况

目前国家政策大力支持城市污水处理设施建设, 以保护水环境, 促进国民经济和环境保护可持续发展。近十多年来, 北京市先后投资约几十亿元人民币建设城市污水处理设施, 建成了高碑店污水处理厂、酒仙桥污水处理厂、北小河污水处理厂、方庄污水处理厂、肖家河污水处理厂、清河污水处理厂、吴家村污水处理厂, 全市污水二级处理率达56%。为实现申奥承诺, 尽快还首都碧水蓝天, 未来北京还将新建9座污水处理厂, 届时北京市污水日处理能力将由现在的158万t提高到268万t, 全市污水二级处理率由目前的56%上升到90%以上。

随着污水处理率的提高, 污水污泥的处理与处置问题日趋显著。污水和污泥是解决城市水污染问题同等重要又紧密关联的两个系统, 污泥处理处置是污水处理得以最终实施的保障^[1]。污泥是污水处理过程的伴生物, 它是以好氧微生物为主体, 同时包括混入污水中的泥沙、纤维和动植物残体等固体物质, 以及吸附的有机物、金属、病菌、虫卵等物质的综合体。污泥

的组成差异较大, 随污水的来源、服务流域内工业污水的性质、比例、污水处理工艺及季节不同而变化。通常污泥中既包含植物生长发育所需的矿物盐(如氮、磷、钾、镁、硫、钙等基本元素)和维持植物正常生长的多种微量元素(如: 铁、锰、锌、铜、硼、钼)以及沙等无机成分; 还包括病原菌(如沙门氏菌、痢疾菌)、肠道病毒(如脊髓灰质炎病毒、肝炎病毒、柯萨奇病毒、轮状病毒)、寄生生物(如蛔虫、鞭虫、内阿米巴虫)以及部分有毒的或难降解的有机化合物等有机组分。对于大型城市污水处理厂, 由于排入了大量工业废水, 往往还造成污泥中重金属如锌、铜、铅、镉等含量偏高。另外, 由于污泥通常含水率较高, 还具有体积庞大、性质不稳定、易腐化、不利运输的特点。因此必须根据污泥的性质, 对其进行妥善处置。

城市污水污染问题虽然逐步得到缓解, 但城市污水污泥处理和处置是国内一直没有很好解决的问题。从目前北京市污水厂整体运行情况看, 经过浓缩、脱水和部分消化的污泥, 含水率在80%左右, 基本上可以满足污泥外运的要求, 但由于缺乏进一步的处置手段, 最终处置仍不能达到满意的效果。因为即使消化后的污泥也无法作到完全无害化, 泥饼中的细菌总数、大肠杆菌、蛔虫卵较高; 重金属, 聚氯喹喃、多氯联苯等有毒有害有机物依然存在, 有可能造成地下水环境污染和

收稿日期: 2004-07-06

作者简介: 王钊(1976-), 女, 北京人, 工程师, 学士, 主要从事污水处理工艺研究工作。

通过在作物中富集而进入食物链。目前大部分污泥是直接施用在农田中,在施用过程中污泥会和人体直接或间接接触,施用后势必会引起污泥的二次污染。

预测到2010年,北京市区规划的15座污水处理厂全部建成后,干污泥产量将达到18万t/年(含水率80%)。如此巨大的污泥量如不经妥善处置和管理,将严重威胁北京的周边环境。污泥的妥善处置已成为当务之急,尽快寻求安全稳定无害化的污泥处置方式已成为亟待解决的焦点问题。

2 国外污泥处置发展动态

过去几年,由于欧盟和各欧洲国家出台了更严格的法律和法规,在欧洲污泥处置的方式发生了巨大的变化。

据资料显示,1992年欧盟大约有40%污泥采用了卫生填埋处置方式,但考虑到环境污染的因素,近年来欧盟不再鼓励污泥填埋。例如:英国对污泥填埋将实施高税收政策,约为20英镑/t干污泥;法国、比利时、德国的填埋费已超过100欧元/t填埋物质。预计到2005年,污泥填埋将缩减到17%。土地利用上升到55%,焚烧约23%。污泥干化是促进污泥回用的重要因素,英国于2001年7月颁布了第一个与污泥热处理厂设计、运行和管理密切相关的标准《HSE 847/9 污泥干燥厂的健康和安全控制》,随着近几年大型污泥干燥厂的投产运行,目前英国污泥干化处理量已经超过污泥总量的30%。

在北美,污泥土地利用已经代替填埋成为最主要的污泥处置方式。据美国环保署估计,今后几十年内美国6500个填埋场将有5000个被关闭。预计2005年土地利用的比例将进一步上升至66%,污泥填埋量则继续下降。随着污泥焚烧项目的停建,污泥焚烧比例也

将下降至20%。目前在北美所有的污泥处理工艺中,污泥热干化的市场增长速度是最快的,平均年增长率为7%~10%(同期污泥产量的增加比率为约1.5%)。尤其是美国EPA503污泥法令自1991年实施以来,已经部分的鼓励了污泥的循环利用而不仅仅是污泥处置。在加拿大多伦多,污泥随着土地利用计划的顺利实施,自2001年起污泥经全部干化后100%土地利用。美国对农用污泥中重金属含量的限制^[2]见表1。

表1 美国对农用污泥中重金属含量的限制

重金属	B级/ (mg/kg)	A级/ (mg/kg)	施用量/ (kg/hm ² ·a)	土壤/ (mg/kg)
As	75	41	2.0	
Cd	89	39	1.95	1~3
Cr3	3 000	1 200	150	
Cu4	4 300	1 500	75	50~140
Pb	840	300	15	50~300
Hg	57	17	0.85	1~1.5
Mo	75	75		
Ni	420	420	21	30~75
Se	100	36	5	
Zn	7 500	2 800	140	150~300

EPA503中还对应应用B级污泥的作物收成时间作了相应的规定,A级污泥则无此限制,而且可施用于花园、草地。

3 污泥干化处理工艺比较

目前国内外污泥处置的主要方式有填埋、土地利用、焚烧、堆肥、干化、低温热解等。影响处置方式选择的主要因素有:(1)工艺技术难易程度;(2)环境影响程度;(3)处理成本;(4)资源化利用价值及其它因素等。表2是污泥堆肥、填埋、焚烧、干化四种常用处置方式的比较。

表2 污泥处置方式对比表

项目	污泥处置方式			
	堆肥	填埋	焚烧	干化
技术难度	通风难以控制,易出现厌氧	污泥黏度大有流变性,填埋操作困难,渗沥液处理难,产生甲烷有爆炸隐患	稳定燃烧与污泥性质有关,操作复杂	全自控,易操作
处理周期	发酵5~7d,充分腐熟需要30d	场地使用15~20年封闭	小于2h	小于1h
占地	较大	大	小	小
环境影响	臭味、粉尘、病原体较难控制	易污染地下水和土壤,产生甲烷、氨等有害气体,有害元素富集形成长期隐患	烟气净化装置,有潜在大气污染	基本无臭,气体经除臭后排放
能耗	好氧堆肥能耗大	低	高	较高,蒸发1kg水需3000~3500kJ
单位投资(万元/t)	较高(10~20)	一般(8~15)	高(40~60)	较高(10~35)
处理成本	一般	低	高	较高

污泥干化最早出现于 20 世纪 40 年代,早期的干化设备主要用于工业污泥的处理。经过几十年的不断改进,污泥干化设备逐渐克服了市政污泥较工业污泥性状不稳定、易产生沼气,干化过程难蒸发、易粘结、易燃易爆等技术难点。随着设备性能日趋完善以及其它处置方式社会矛盾的突出,污泥干化装置的高效、灵活、安全、稳定的优势逐渐被认同,并在十年的时间里,在欧美市政行业迅速扩展。据资料显示,2000 年全世界干污泥产量是 1990 年的 10 倍;另据预测,欧盟在未来的十年,采用干化的污泥量还将翻一番。

干化,顾名思义就是利用热能将污泥中水分快速蒸发的一种处理工艺。其特点是:(1)集约化。由于采用了装置化运行,设备布置紧凑,占地面积小,可在污水厂内布置,节省了湿污泥的仓储和运输费用。(2)机械化。目前应用较多的几种干化均为全自动化操作,装置安全、高效、稳定,符合工业化的流行趋势。(3)减量化。干化可以使污泥大幅度缩减体积和重量,便于运输和消纳。(4)无害化。污泥进行了巴氏消毒,完全消除了病原体,干化污泥性状安全卫生。(5)稳定化。干化后污泥含水率低于 10%,微生物活性完全受到了抑制,污泥性质稳定,不会腐败发臭,可长时间储藏和运输。(6)资源化。干化产品通常为颗粒状(也有粉状),符合 1993 年美国环保署制订的 USEPS-503 条

例规定的 A 级标准,可直接包装上市销售作农作物和绿化肥料及土壤改良剂,也可作为燃料用于焚烧厂、发电厂和水泥厂,其燃烧热值在 3 500 kcal/kg,与褐煤相近。由上述特点可知,污泥干化可以做到污泥减量化、无害化、稳定化、资源化的处置方式,而其干化产品的广泛用途无疑为污泥管理体系提供了更多的灵活性和可操作性。但干化工艺投资和运行费用较高,因此,相对更适用于缺少闲置土地的工业化大城市的大型污水处理厂或相对集中的多个中小型污水厂的污泥集中处理与处置。

污泥干化工艺主要包括:转鼓干化、流化床干化、盘式干化、输送带干化、管式转鼓干化、膜式干化、浆式干化、转盘干化、太阳能干化、急骤干化、真空过滤干化、离心脱水干化等。各种干化工艺可以按照干燥器的形式不同进行分类,也可按照加热方式不同分为直接加热和间接加热,还可根据干化系统是否需要“干泥返湿”进行分类(即通过将部分已经干燥的产品和未处理的湿物料进行混合,以降低其黏性,提高污泥颗粒之间的透气性,提高干燥效率)。

现在欧美常见的干化工艺主要以转鼓干化、流化床干化、盘式干化为主,此外还有碟片式、带式、日光式、闪蒸式等干化工艺,但目前大型工程用的很少。各种干化工艺主要参数比较及主要设备供货商名称见表 3。

表 3 各干燥器主要参数汇总表

序号	干燥器形式	热源	热媒温度/℃	颗粒温度/℃	系统含氧量	主要设备供货商名称
1	流化床式	蒸汽	220	85→40	< 3%	WABAG
2	盘式	热油	250 ~ 300	100→40	< 5%	SEGHERS
3	转筒式	天然气/热油/沼气	800	95	< 8%	Passavant - rodiger
4	转盘式	蒸汽	200 ~ 300	半干 100 全干 105	< 10%	Atlas - stord
5	转鼓式	天然气/沼气	450 ~ 510	75 ~ 85→40	5% ~ 7%	ANDRITZ
6	涡轮式(膜式)	热油	280 ~ 300	90→40	< 12%	Poim
7	带式	冷风	< 50	< 50	< 10%	HUBER

污泥干化系统温度通常要超过 70℃,根据细菌去除程度的需要,在干燥器内停留 30 min 或更长时间^[3]。干化系统含氧率一般应控制在低于 10%,通常还会使用充加惰性气体进行保护,防止粉尘爆炸。下面就几种典型的干化工艺进行讨论。

3.1 流化床干化工艺

工艺的热能采用蒸汽,通过换热器将热量间接传递给污泥,从而使污泥干化。工艺的主要设备为流化床干燥器。污泥直接送入流化床干燥器内,无需任何前段准备。在流化床内通过激烈的流态化运动形成均匀的污泥颗粒,整个系统在一封闭性的气体回路中运

行,干化系统中的细颗粒在旋风除尘器中被收集,然后与少量湿污泥混合后送回污泥干燥器。经除尘后的气体中含有大量的气态水,需要经过污水厂出水冷却回收气态水后方可进入鼓风机,经增压后返回流化床干燥器。

在运行期间,循环的气体自成惰性化,氧气的含量降低到几乎为零。流化床干燥机的干化能力由能量的供应所决定,即由热油温度或蒸气温度决定。根据所能获得的热量和床内的固定温度,一个特定的水蒸发量被确定。进料量的波动或进料水分的波动,在连续供热温度保持恒定的情况,会使蒸发率发生变

化。一旦温度变化,自动控制系统分别通过每台泵的变频调速控制器调节给供料分配器供料泵的供料速率,从而使干燥机的温度保持恒定。根据污泥的特性和污泥的含水率,污泥的进料量有所变化。

干化颗粒经冷却后,通过被密闭安装在惰性气体环境中的传送带送至干颗粒储存料仓。为保证安全,料仓同时被惰性气体化。

干化系统中产生的少量废气被送入生物过滤器,经生物除臭处理后排入大气。流化床干化工艺流程见图1。

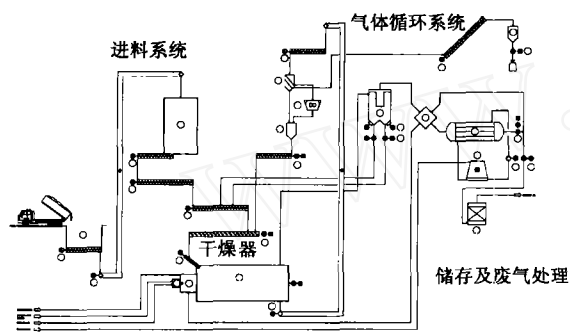


图1 流化床干化工艺流程

3.2 盘式干化工艺

工艺的能源采用天然气或沼气,利用热油炉加热导热油,然后通过导热油在干燥器圆盘和热油炉之间的循环,将热量间接传递给污泥颗粒,从而使污泥干化。污泥涂层机为盘式工艺的重要设备,循环的干燥污泥颗粒在此被涂覆上一层薄的湿污泥,涂覆过的污泥颗粒被送入污泥颗粒干燥器,均匀的散在顶层圆盘上。通过与中央旋转主轴相连的耙臂上的耙子的作用,污泥颗粒在上层圆盘上作圆周运动,从内逐渐扫到圆周的外延,然后散落到第二层圆盘上,借助于旋转耙臂的推动作用,污泥颗粒从干燥器的上部圆盘通过干燥器直至底部圆盘。

每个污泥颗粒平均循环5到7次,每次都有新的湿污泥层涂覆到输入的颗粒表面,最后形成一个坚硬的圆形颗粒。

干燥后的颗粒进入分离料斗,一部分颗粒被分离出再返回涂层机,另一部分粒径合格颗粒通过进一步冷却后送入颗粒储存料仓。

排气风机将污泥干燥器中的气体抽出,经冷凝器去除气体中的气态水后,送入热油锅炉中,经高温焚烧,彻底去除气味后高空排放。盘式干化工艺流程见图2。

3.3 转鼓干化工艺

工艺的关键设备是干燥转鼓,湿污泥和干化反料

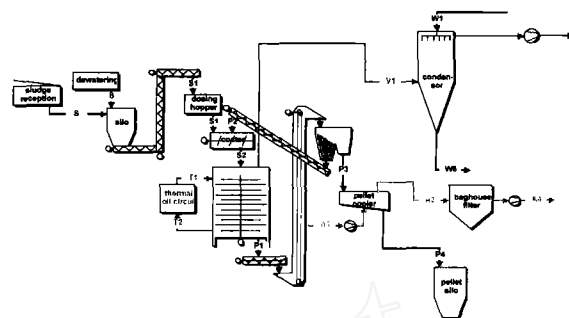


图2 盘式干化工艺流程图

颗粒在混合器中混合后,由循环气流将其带入干燥转鼓。该转鼓为三通道转鼓,以稳定的速度旋转,污泥在气流中向前移动,并且由内筒向外筒转移,在移动过程中,污泥形成稳定的圆形颗粒。

干燥颗粒从转鼓中被排出后,在气/固分离器中与循环气体分开,在螺旋冷却器中进行冷却,冷却后的干燥颗粒经过筛网,大小合格的颗粒送到料仓,过大颗粒经粉碎后与过小颗粒一起返回混合器。

工艺采用低NO_x燃烧器,使用天然气或沼气作为初级能源对空气进行加热,加热后的空气作为循环气流为污泥在转鼓中的干燥过程提供动力和热量。循环气离开转鼓后,在气/固分离器中与干燥颗粒分开,大部分循环气经冷凝器、水雾收集器后返回燃烧器,少量送至废气处理系统,经生物过滤器除臭后排入大气。转鼓干化工艺流程见图3。

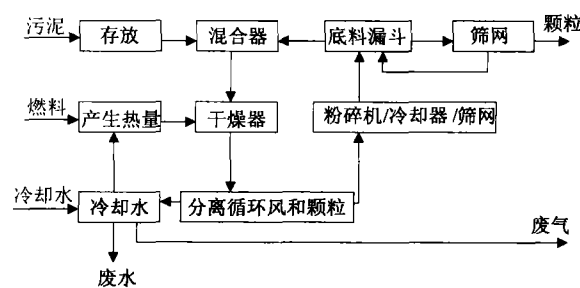


图3 转鼓干化工艺流程图

三种干化工艺特点比较见表4。

4 结论与建议^[4]

经过对几种干化工艺的分析,笔者认为在进行北京市污水处理厂污泥干化处理工艺选择时,应遵循如下原则:

(1)污泥干化处理技术先进可靠,污泥干化处理厂自动化水平高,工艺选择时需进行全方位的比较。污泥干化处理技术呈现出多样化的格局,各种工艺均有优缺点,需结合不同处理情况综合考虑。①投资成本:设备投资费用高,主要设备均需进口,要充分考虑设备的

表 4 三种干化工艺特点比较表

项目	流化床干化工艺	盘式干化工艺	转鼓干化工艺
1. 工艺技术			
国内应用	有	无	无
国外应用	多	较多	多
干化、造粒	干化、造粒一次完成	干化、造粒一次完成	干化、造粒一次完成
是否需要反料	否	需要	需要
自动化程度	高	较高	较高
干化设备效率	高	一般	较高
干化装置是否有转动设备	无	有	有
干燥器内粉尘浓度	高	低	高
氧气含量	<3%	<3%	<8%
废气量	少	较少	大
废水量	较少	少	较少
直接或间接干化能源	间接蒸汽	间接天然气	直接天然气
2. 干化产品			
干化颗粒含固率	> 90%	> 90%	> 90%
干化颗粒硬度	略硬(适合作为燃料)	硬	略硬(适合作为燃料)
干化颗粒形状	较规则	规则	较规则
干化颗粒容积密度	较高	高	较高
干化颗粒的卫生标准	EPA503	EPA503	EPA503
干化颗粒是否有灰尘	无	无	无
床层温度	低	较高	较高
3. 运行管理			
操作灵活性	好	较好	好
设备种类数量	较多(但少了能源转化的大型设备)	较多	多
定型设备所占比	高	较高	较高
仪表数量	较多	一般	较多

使用年限、备品备件的更换频率等。②运行成本:主要为电耗、药耗与日常维护等费用。③系统安全评估:干化系统的含氧率,管道的密封性,厂房的通风等。④日常维护工作:包括易损件的更换,停机维护时的操作。

(2) 污泥干化装置投资费用很高,设备购置时可以考虑“引进技术、国内加工”的方式降低投资成本,还能培育国内环保设备生产能力。

(3) 由于国内尚没有污泥干化厂建成运行,北京市现可考虑建设小规模试验性生产线,学习并积累建设与运行管理经验。

污泥处理处置“资源化”不是目的,而是一个重要原则,不能盲目的分割整个处理处置过程而强调实现能量回收和物质回用,应从处置技术的发展程度考虑污泥资。

参考文献:

- [1] 杭世,陈吉宁,郑兴灿,王凯军,王洪臣. 污泥处理处置的认识误区与控制对策[A]. 2004年国际污泥无害化经验交流会论文集汇编[C]. 北京: 2004.
- [2] Peter Matthews, Pelican Portfolio, Monsal. 污泥利用条例的制定[A]. 有机废弃物管理与利用国际学术研讨会论文集[C]. 南京: 2000.
- [3] Water Environment Federation ASCE. Design of Municipal Wastewater Treatment Plants[Z]. Fourth Edition Volume 3, U. S. A: 1998.
- [4] 黄凌军,杜红,鲁承虎,黄国民. 欧洲污泥干化焚烧处理技术的应用与发展趋势[J]. 给水排水, 2003, 29(11): 19-22.

《建筑砌块与砌块建筑》(双月刊)

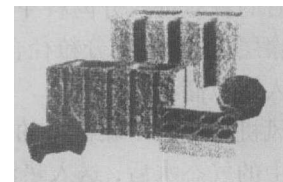
CN11-4646/TU
ISSN1003-5273

邮发代号: 82-701

1983年创刊,由中国建筑砌块协会主办,是我国建筑砌块行业生产、设计与施工应用领域唯一公开发行的专业性期刊。大16开平订,逢单月10日发行。

混凝土空心砌块、水工砌块、挡土块、混凝土铺地砖、植草砖,装饰混凝土砌块(砖);人造轻集料;石膏(空心)砌块:

- 生产、设计、施工技术
- 行业发展动态、墙改政策法规
- 粉煤灰、煤矸石、尾矿、建筑垃圾的综合利用技术
- 国内最新典型工程经验
- 国外应用工程图例
- 国内外产品标准、设计施工规范动态
- 行业信息传递



欢迎到邮政局(所)订阅 2005 年刊物

地址: 北京市海淀区三里河路 11 号

邮编: 100831

单价: 8 元

电话: (010)68335649、68332191

传真: 88364764

全年订价: 48 元

E-mail: cbba@chinacb.cn

cbba@sohu.com