

微生物调理后脱水污泥与秸秆 混合共焚烧的技术探讨*

全武刚 孙福成 徐灏龙 李明智

(浙江省环境保护科学设计研究院, 浙江 杭州 310007)

摘要 污泥脱水是污泥处理处置的瓶颈。对目前国内外污泥处置方式进行了概括总结,提出了一种新的污泥处理处置技术。该技术利用微生物酸化方式实现污泥中的微生物细胞破壁,细胞破壁后采用压滤脱水,污泥含水率可从 80% 以上降低至 55%~65%,然后将脱水污泥与秸秆混合,通过共焚烧方式可以实现脱水污泥的无害化和资源化利用。

关键词 污泥 微生物 细胞破壁 焚烧 污泥减量

随着城市和工业的发展,生活污水、工业污水等排放量日益增加,从而使污水处理中所产生的污泥量日益增加。2008 年,全国废水排放总量为 572 亿 t,污水的实际处理率为 66%^[1],污水处理后产生的污泥(含水率 70%~80%)总量为 1 132.56 万 t(污泥量按处理废水量的 0.03% 计)。污泥产量巨大,如果污泥随意填埋或丢弃,会引起土壤污染,国家对污泥问题高度重视,近年来发布了一系列污泥泥质标准。2009 年 2 月 18 日,住房和城乡建设部、环境保护部和科学技术部联合发布《城镇污水处理厂污泥处理处置及污染防治技术政策(试行)》文件,为污泥处理处置技术路线提供了政策指导。

1 国内外污泥研究现状

污泥的直接处置方法包括填埋、焚烧、投海等^[2]。4 种方法中投海会危害海洋生态系统,造成无国界污染,美国及欧盟国家已立法禁止将污泥排海;填埋需要大量场地,并易造成环境污染;焚烧的投资、操作及前处理费用都较高,且易产生二噁英等大气污染问题。因此,污泥的出路成为当今环境工程领域的一大技术难题。目前,污泥的资源化利用主要有以下 4 个方面:

(1) 农用。污泥中含有丰富的氮、磷等物质,可用作农业肥料^[3,4],但污泥中含有大量的重金属,容易对土地造成污染;污泥中的病原体易对农作物的生长造成影响;长期使用污泥作为肥料会影响土壤的 pH,使土壤出现板结等现象。

(2) 燃料。污泥含有大量的有机物,高位热值较高,可将污泥与煤粉等混合作为燃料。但污泥含

水率很高,抵消了污泥和部分煤的热值,并且在高温燃烧过程中会产生大量有毒有害的有机物^[5,6],所以含水污泥在燃料方面的实际工程应用不多。

(3) 建材。污泥可用来制砖、制生化纤维板、制备水泥等建筑材料。污泥制作建筑材料有 2 种方式:一种是利用压滤后污泥作为原料;另外一种是利用污泥灰渣做为原料。污泥富含的 CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 等,可用以制备砖瓦或水泥等基建材料。污泥中还存在大量的粗蛋白(有机物)与球蛋白(酶),能溶解于水及稀酸、稀碱、中性盐的水溶液中,在碱性条件下加热、干燥、加压后,发生蛋白质的变性作用,从而可制成活性污泥树脂(又称蛋白胶),使之与漂白、脱脂处理的废纤维压制成板材。

(4) 土地利用。它可分为园林绿化和土地改良。前者主要针对含有毒有害污染物的污泥,为避免污染物进入食物链,同时充分利用污泥的营养物质,在园林绿化、造林中可以广泛应用;后者是通过污泥进行调理后,用于盐碱地、沙化地或者已废弃矿场的土壤改良。

以上污泥的资源化利用必须先进行预处理,将污泥含水率降到 30%~60%,才能进一步进行处置。但是污泥含水率高,不易脱水,特别是生化剩余污泥脱水更加困难,在处理处置或资源化过程中,需要消耗巨大的能量来实现污泥水分的去除。要实现资源化途径,首先要解决如何在低能耗条件下实现污泥脱水的效果。

2 微生物破壁技术和共焚烧技术的设计与讨论

2.1 工艺流程

污泥减量化、资源化工艺流程见图 1。污水处

第一作者:全武刚,男,1977 年生,硕士,工程师,研究方向为污水污泥处理技术。

* 浙江省重大科技专项社会发展重点项目(No. 2006F11025、No. 2007C03003);浙江省环保科研计划项目(No. 200915)。

理生化池和初沉池的混合污泥经过浓缩池浓缩后含水率在 95%~98%，该浓缩污泥进入设置的微生物处理单元，通过投加特定的微生物种群进行污泥调理，浓缩污泥被生物酸化，导致部分细胞壁破裂，再进入常规脱水机压滤脱水，脱水上清液含有大量的有机物以及氮磷等污染物，需要回流到原污水处理系统中进行处理，脱水污泥再与破碎的秸秆混合后共焚烧，实现污泥中有机物的分解，产生的灰渣可以制作水泥、砖瓦等建材，同时产生的余热可以供热发电，实现污泥减量化和资源回收。

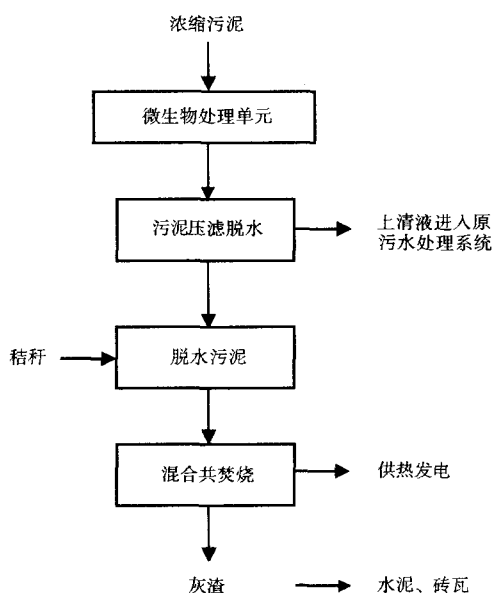


图 1 污泥减量化、资源化工艺流程

2.2 微生物破壁技术讨论

各种污泥脱水方法虽然各有优势，但各自的缺点也制约着其大规模应用，因此研究新型高效的污泥脱水方法和资源化路线势在必行。微生物破壁技术是一种新型的污泥脱水资源化工艺方法，以污泥减量化、资源化为目的，利用微生物在污泥中发酵产酸来对污泥中的微生物细胞组织进行酸化、软化。经微生物发酵酸化后污泥中微生物细胞壁已经破裂，导致细胞内的水溶出，同时软化细胞，使细胞间隙水更易溶出，提高脱水效率^[7]。

氧化硫硫杆菌(*Thiobacillus thiooxidans*)为好氧自养微生物，靠氧化低价态硫为硫酸根而获得能量，这一特性使其在细菌冶金、煤炭脱硫、烟气脱硫和酸性废水处理等领域发挥巨大的作用^[8]。污泥经氧化硫硫杆菌发酵处理后，可能有 2 种结果：一种是污泥细胞壁已经破裂，内涵物已经释放出来，则只需研究酸/热处理中的水浴温度、处理时间、冷却时间对污泥破壁的影响；另一种是污泥细胞壁遭破坏，但未破裂，

还需外界条件作用才能破裂，此时需研究辅以其他破壁方法(如酶法、超声波、酸/热法)的破壁条件。利用微生物发酵产酸为污泥中的微生物创造酸性环境，对污泥进行酸化、细胞壁软化，最终达到破坏细胞壁的目的。本课题组针对城镇污水处理厂的浓缩污泥进行微生物处理后采用板框机压滤脱水，可将污泥含水率由 80%以上降低至 55%~65%。

2.3 污泥秸秆共焚烧技术讨论

污泥焚烧处置是一种有效降低污泥体积的方法，焚烧技术的优势在于其处置的彻底性，污泥减量可达到 95%左右，有机物被完全氧化，重金属(除汞外)几乎全被截留在灰渣中，设计良好的焚烧炉还能提供多余能量和电力，因此焚烧处置污泥是解决日益增长的污泥量的有效方法。

以 75%含水率的污泥为例，处理 1 t 污泥需蒸发水分(含水率从 75%降到 0)0.75 m³，可得到干污泥 0.25 t，将 0.75 m³水由室温 20℃加热到 100℃的水蒸气，能耗为 1 944 MJ。干污泥燃烧热值以 12.56 MJ/kg 计^[9]，以热效率为 70%考虑，则污泥燃烧热能为 2 198 MJ。根据以上可知，对于常规污泥，在污泥含水率不高于 75%的情况下，污泥自身燃烧产生的热量可以保证污泥中水分的蒸发，也就意味着不需要外增能源，实现自持燃烧^[10]。当污泥的含水率在 40%~60%时，污泥的低位热值为 3 466~6 497 kJ/kg，基本符合我国城市生活垃圾焚烧低位热值范围(4 186~6 279 kJ/kg)。

经过微生物调理后的污泥，压滤后含水率可达到 60%左右甚至以下，可以作为低热值燃料。再将压滤脱水污泥与农作物秸秆混合，既能提高污泥混合物的热值，又增加了污泥的孔隙率，实现污泥的高效快速干燥。

调节时间、温度及污泥与空气之间的混合比例，使污泥完全燃烧，大大减少污泥焚烧所产生的废气和焚烧灰渣。同时，焚烧炉温度控制在 900℃以上，可将污泥中的大分子有机物高温分解，并且有效抑制已经分解的二噁英的重新生成。通过加入重金属稳定剂，实现燃烧过程中重金属的矿物化稳定，焚烧飞灰中的重金属经过稳定化处理后制成建筑材料等有用产品。

3 结 论

概括分析了目前国内外污水污泥的处理和处置技术，在此基础上提出了一种污泥破壁脱水与秸秆

(下转第 109 页)

把洛杉矶市打造成全美最清洁的城市。据统计,在实现了智能信号灯控制的路口,行车速度提高了13%,拥堵减轻了24%。

洛杉矶市计划在2012年全部实现智能信号灯控制。

(摘自《科技日报》2009-10-10第2版)

鸡流感早期检测系统在日问世

近日,日本产业技术研究综合研究所和农业食品产业技术综合研究机构的研究人员开发出一种专门为鸡研制的新型流感早期检测系统。在使用这种系统时,科学家不但证实了患病鸡的体温与病毒致病性有联系,还证实了致病性越高的感冒病毒传播速度越快,这与以往人们对新型流感病理的分析有很大不同。

这种新开发的系统由两部分组成,一部分是装在鸡身上的无线传感装置,重约3g,约有一分钱硬币大小,该装置主要用来检测鸡的体温和活动量;另一部分可以接收无线终端数据的全天候监视网络,养鸡场可以通过这个装置实时掌握鸡的健康状态。为了检测这种系统的实用性,试验人员分别让鸡感染上多年前发现的流感病毒和近年来发现的新型流感病毒,并用这种系统监视鸡的身体状况。

结果发现,感染2004年分离出的流感病毒的鸡从感染到死亡的时间最短,平均只有34h,说明该病毒致病性最高;其次是感染2007年分离出的流感病毒的鸡,平均死亡时间为57h;而感染多年前发现的流感病毒的鸡,平均死亡时间则为87h。从试验中鸡的体温变化来看,感染2004年分离出的流感病毒的鸡的体温仅上升了0.6℃,几乎看不到发热现象;感染2007年分离出的流感病毒的鸡体温上升了1.4℃,属于微热;而感染多年前发现的流感病毒的鸡的体温则上升了约2.5℃,属于高热。这项持

续了2d的试验证明,通过检测患病鸡体温的方法,人们可以分辨出其感染病毒致病性的高低。

此外,在试验中还发现,致病性越高的病毒传播越容易,传播速度也越快,因为患病的鸡会在短时间里排泄出大量的病毒。而以往人们认为感染高致病性病毒的鸡在很短时间里就会死亡,因此病毒相对也很难传播,这次试验完全颠覆了人们过去的病理分析结果。

(摘自《科技日报》2009-10-10第2版)

(上接第96页)

共焚烧的污泥处理处置技术路线。通过氧化硫杆菌对污泥进行破壁,并通过压滤处理使污泥的含水率由80%以上降至55%~65%。含水率不高于75%的污泥可以自持燃烧,脱水污泥与农作物秸秆混合,既能提高污泥混合物的热值,又增加了污泥的孔隙率,实现污泥的高效快速干燥,为高效焚烧提供了条件,最终实现污泥的无害化和资源化利用。

参考文献:

- [1] 环境保护部. 2008年中国环境状况公报[R]. 北京: 环境保护部, 2009.
- [2] 罗刚, 徐荣险. 污泥处理处置技术的研究进展[J]. 广东化工, 2007, 34(12): 82-85.
- [3] HALL J E. Soil ingestion of sewage and animal slurries[J]. Fertilizer, 1998, 11(4): 11-14.
- [4] 郭媚兰, 王逵, 张青喜, 等. 污泥的农用研究[J]. 农业环境保护, 1993, 12(6): 258-262.
- [5] 金宜英, 田洪海, 聂永丰. 垃圾焚烧系统中二噁英类形成机理及影响因素[J]. 重庆环境科学, 2003, 25(4): 14-16.
- [6] 任剑章. 污泥中潜在的二噁英污染物质[J]. 环境科学研究, 1998, 11(3): 11-14.
- [7] 王电站, 周立祥, 何锋. 生物淋滤法提高制革污泥脱水性能的研究[J]. 中国环境科学, 2005, 26(1): 67-71.
- [8] 姜国芳, 刘洁, 乐长高. 氧化硫杆菌的研究进展[J]. 生物学杂志, 2005, 22(1): 11-13, 16.
- [9] 何品晶, 顾国维, 李笃中. 城市污泥处理与利用[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 143.
- [10] CJ/T 290—2008, 城镇污水处理污泥处置 单独焚烧用泥质[S].

编辑: 陈泽军 (修改稿收到日期: 2009-04-13)