污泥生物干化研究现状

陈群玉

（中国矿业大学 环境与测绘学院，江苏　徐州　221116）

摘要：阐述了污泥生物干化工艺的概念及其影响因素研究现状，认为生物干化法处理污泥在技术和经济上是可行的，能够实现污泥的稳定化、无害化、减量化和资源化。

关键词：污泥；生物干化；影响因素

中图分类号：X705　　文献标识码：A　　文章编号：1008-9500(2011)02-0035-04

The Current Situation of Biodrying in Sewage Sludge

Chen Qunyu

(School of Environment Science and Spatial Informatics, CUMT, Xuzhou　221116, China)

Abstract: In the paper, the author describes the concept and the factors of biodrying, and believe that the method is feasible on technology and economy. The method could achieve the stabilization, decontamination, reduction and reutilization of the sewage sludge.

Keywords: sewage sludge; biodrying; factors

污泥是污水处理的副产物，以含水率 97%计算，其体积占处理污水的 0.3%~0.5%[1]，如深度处理产泥量还将增加 50%~100%。随着城市污水处理能力的不断提升，污水处理厂的污泥产量也急剧增加，如何安全、经济、科学地处理处置污泥已成为困绕污水处理行业的难题。

污泥的处理处置主要在以下几个方面发展。一是稳定化，如堆肥[2]；二是无害化，如重金属固定；三是减量化；四是资源化，即污泥资源化综合利用。综合国内外对污泥处置的研究来看，其处置方法主要有填埋、焚烧、投海和污泥堆肥土地利用等 4 种方式[3-4]。

由于城市污水处理厂产生的污泥通常含水率较高，经浓缩脱水处理后仍会高达 80%左右[5]，具有体积大、不利运输、性质不稳定等特点。经过张义安等人[6]的测算，污泥的含水率降至 60%以下时，填埋、焚烧和堆肥处置污泥的经济可行性才得以提高。因而，对污泥进行干化处理，降低污泥含水率，是目前解决污泥处置问题的关键。与主要利用自然通风、重力作用对污泥进行干化等传统的污泥干化和通过外加热源将污泥中水分蒸发的热干化相比，生物干化不失为一种较为优越的污泥干化工艺。

1　概述

生物干化(Biodrying)最早是由美国康奈尔大学 Jewell 等人[7]于 1984 年提出，也叫做生物干燥、生物稳定。是指在生物活动产生的较高温度条件下，对脱水污泥中的有机物进行生物降解，同时加快污泥中的水分散失，最终生成具有较低含水率的干化污泥。Wiemer 等[8]研究结果表明，城市垃圾经生物干化后，含水率明显下降。该方法在欧洲等国家普遍应用，作为制作衍生燃料(RDF)或者作为垃圾焚烧的预处理手段。意大利的 Eco-Deco、希腊 Herhof、德国 Nehlsen 公司都拥有该技术，并在多个国家建有生物干化工程[9]。

生物干化技术的微生物代谢过程与好氧堆肥相似，主要区别在于生物干化以降低污泥含水率为目标，而堆肥处理则以有机物稳定与腐熟为主。生物干化的产物一般不是以土地农用为目的，因此不需要达到高度腐熟，对高温保持时间和腐熟期没有要求。相比好氧堆肥处理，生物干化的特点在于无需外加热源，利用微生物高温好氧发酵过程中有机物降解所产生的生物能，配合强制通风促进水分的蒸发去除，从而实现快速干化的。生物干化的发酵

收稿日期：2010-10-11

作者简介：陈群玉(1983-)，男，安徽安庆人，学士，徐州工业职业技术学院教师，中国矿业大学环境工程硕士在读。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

周期短，约为好氧堆肥的1/2~1/3，因此其占地面积和单位产量投资成本大幅度减少，具有很强的工艺技术优势。

好氧堆肥工艺通过微生物的好氧发酵活动促使污泥中的易降解有机物向稳定的类腐殖质转化，杀死病原菌和寄生虫卵，钝化重金属，形成高度腐熟的、满足土地安全施用标准的有机土（营养土）。研究表明，污泥好氧堆肥过程的主要控制因素有含水率、通风供氧、调理剂和温度等，这些研究更多是考虑堆肥的周期和产品质量，而并非污泥中的水分含量[10-14]。

2　生物干化的影响因素研究

生物干化过程受到微生物好氧发酵和强制通风脱水两个因素的共同影响，前者为重要因素。温度、湿度和氧气浓度将影响微生物的好氧发酵过程。此外，蒋建国等人[15]研究表明，调理剂、物料配比（初始含水率）和通风方式对于污泥生物干化的效果有着重要的影响。

2.1　温度

国外一些研究人员在进行城市生活垃圾的生物脱水处理时发现，维持更低的堆体温度可获得更好的干化效果[16]。这是因为生活垃圾水分附着力小，脱水比较容易，即使在较低温度下，通过大量鼓风仍能顺利去除。在这个过程中微生物产热量很少，与人工强化的风干技术更为相似，而非真正意义上的生物干化。

与热干化类似，生物干化同样是一个水分受热蒸发的过程，温度越高，其水分蒸发越快。同时，由于饱和空气的含水量随温度升高呈指数规律增长，所以当堆体温度升高时，排出的空气湿度也随之升高，单位体积空气的持水能力将大幅上升。也就意味着即使在湿度很高的自然气候条件下，只要出入堆体的空气温差足够大，仍将有大量的水分随空气逸出而散失，干燥作用随之发生。

但是，对于作为生物干化过程唯一产热来源的微生物而言，其适宜的温度范围决定了温度并非越高越好。生物干化利用的微生物主要为嗜温菌和嗜热菌，它们的适宜温度分别为20~40 ℃和40~65 ℃。因此，可在微生物适宜的环境温度范围内维持尽可能高的温度以获得更高的脱水效率。

2.2　湿度

在生物干化过程中，湿度和干化是相对立的。作为微生物反应的介质和为可溶性营养物质提供载体，水分又不可或缺。研究表明，湿度与有机物降解速率有着密切的关系，当湿度小于45%时，有机物降解速率会明显降低[17]。因此，在生物干化过程中，过早的强化干燥作用将会影响微生物活动，从而达不到预期的干化效果。

相反，过高的湿度同样会影响生物干化过程。湿度过高将会堵塞物料中的孔隙，导致厌氧环境的出现，不利于好氧微生物的生长繁殖。因此，在生物干化过程中，需要将湿度维持在一定的范围内。罗维等[18]总结了国内外有关堆肥湿度的文献，发现最佳堆肥湿度范围应维持在50%~60%之间。而有关生物干化的适宜湿度范围尚未有全面深入的研究。

2.3　通风

通风速率和通风方式是影响污泥堆体温度和水分的重要因素。通风过程能为好氧发酵过程中提供氧气、带走热量和水分。

通风速率是生物干化过程中主要的控制参数，较高的通风速率能加速水分的对流蒸发，促进生物干化的进程。Shahram等[19]利用半工业化旋转筒对城市固体废弃物进行生物干化时发现，通风速率最大时（120 m^3/h）干化速率也最大，并且在较短的时间内（小于7 d）获得了较佳的干化效果（由40% w/w降至20% w/w）。然而，在生物干化的前期，过高的通风速率将会带走大量的堆体热量，使堆体迅速冷却，影响水分的连续蒸发。有研究表明，在生物干化系统中，损失的总热量中90%以上是与通风相关的水蒸发引起的[20]。

韩竞耀等[21]研究结果表明，通风量与城市垃圾堆体的物料温度及有机物降解率呈反比，即采用间歇式通风较为理想。

因此，通风干燥和通风散热是相互矛盾的两个方面。风量大、持续时间长有利于带走堆体水分，但同时也带走热量、增加运行成本。生物干化的不同阶段应该采取不同的通风策略，以实现在较短时间内去除更多水分的最终目的。

2.4　调理剂

在生物干化过程中，可以向堆体中加入调理剂，提供干化效果。而调理剂的类型和加入量就成为研究的重点。蒋建国等人[15]利用秸秆和锯末作为调理剂，并通过实验证实前者的调节作用优于后

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

者,可以使物料温度上升更快,含水率下降的程度更大。相关研究结果证实,如果生物堆体的自由空域过低,可阻碍氧气的存储和传输过程,从而引起堆体的厌氧发酵。一些研究人员认为,生物堆体的自由空域保持在30%左右,对于生物堆体发生好氧反应最为有利。此外,李艳霞等[10]在研究中发现,填充料含量高的配比的升温速度明显比填充料含量低的配比快。

2.5 时间与空间

有学者认为,污泥生物干化的停留时间和场地的空间大小对干化的效果也有影响,它们可能影响生物堆体的热量变化和微生物种群的繁殖,进而影响到生物堆体的干化效果。在蒋建国[15]开展的实验中,也间接证实了这一点。因此,在今后的研究中,有必要对生物干化反应的时间和空间要素进行深入的研究。

3 生物干化法的优势

3.1 政策优势

早在2000年,环保部、建设部就联合发文,明确表示建议日处理能力在1.0×10^5 t以下的污水处理设施产生的污泥,可进行堆肥处理和综合利用。根据工艺特点及堆肥产品的销路可分析出,生物干化工艺在国内二级城市污水污泥处置工程中具有非常好的应用前景。在国内大型污水处理厂,可结合周边生物有机肥的需求程度在前期中小型污水处理厂污泥处置经验总结的基础上,推荐生物干化处置污泥工艺。

3.2 技术经济优势

污泥干化是一个能量净支出的过程,耗能费用在一个标准干化系统运行成本中的比例大于80%,因此对能耗的研究是干化系统研究及改进的重点[22]。现阶段,国内外污泥干化多采用热干化的形式,虽然采取了优化热源、减少工艺步骤、优化运行参数等方法来降低能耗,但由于其工艺必须利用外加热源,从而限制了热干化工艺的发展。而利用微生物好氧发酵产热来蒸发水分的生物干化工艺,由于充分利用了污泥自身的生物能,除了强制通风所需的电耗以外,不用外加热源,理论上是一种经济节能的干化技术。常志洲等[23]利用猪粪进行生物干燥试验时发现,20 d内可以使猪粪含水量由700 g/kg下降到550 g/kg。

3.3 干化产品土地综合利用的市场优势

污泥土地综合利用包括市政用地利用、农林业利用、污泥在废弃土地复垦上的利用等。如目前国内中低产土壤面积相当大,加上长期施用无机化肥导致土壤盐化板结及肥力下降,使我国土壤贫瘠状况更加严重。据第二次土壤普查,全国缺乏有机质和氮的耕地平均占耕地面积的35%,缺磷耕地占耕地面积的70.7%。部分耕地缺锌、硼、铝等微量元素,相当面积的土壤急需培肥。因此,有机复合肥料在国内有很大的市场潜力,经济效益相当可观。

参 考 文 献

1 Edward S R, Cliff I D.工程与环境引论[M].北京:清华大学出版社,2002.

2 Hall J, Zmyslowska A, Stefanicki J. and Murray K. Co-Composting MSW And Sludge in Warsaw. BioCycle, June, 46, 48-50(1993).

3 Goldstein N. Key Issues in Solid Waste Composting. BioCycle, October, 29-33, 34(1988).

4 杭世珺,刘旭东,梁 鹏.污泥处理处置的认识误区与控制对策[J].中国给水排水,2004,20(12):89-92.

5 崔金久,范丽华,雷雪飞,等.改进的污泥浓缩工艺与原工艺的对比研究[J].贵州化学,2006(2):28-30.

6 张义安,高 定,陈同斌,等.城市污泥不同处理处置方式的成本和效益分析——以北京市为例[J].生态环境,2006,15(2):234-238.

7 JeweH W J, Dondero N C, Van Soest P J, et al. High temperature stabilization and moisture removal from animal wastes for byproduct recovery[R]. Final report prepared for the cooperative state research service, USDA, Washington, DC. 1984. SEA/CR 616-15-168-169.

8 Wiemer K., Kern M. Abfall-Wirtschaft: Neues aus forschung und praxis. W itzenhausen: M.I.C. Baeza-Verlag Publisher, 1996. 571-603.

9 吴文伟,马婧一,李荣平.垃圾处理前沿技术的比较分析[J].城市管理与科技,2010(1):18-21.

10 李艳霞,王敏健,王菊思,等.填充料和通气对污泥堆肥过程的影响[J].生态学报,2000,20(6):1 015-1 020.

11 Adani F., Baido D., Calcaterra E. The influence of bio. mass temperature on biostabilization- biodrying of municipalsolid waste. Bioresource Technology, 2002, 83(3):173-179.

12 Sughi M., Adani F. Biostabilization-biodrying of municipalsolid waste by inverting air-flow. Bioresource Technology, 2005, 96(12):1 331-1 337.

13 Banegas V., Moreno J.L., Moreno J.I., et a1. Composting anaerobic and aerobic sewage sludge using two proportions of sawdust.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Waste Management,2007,27(10):1 317-1 327.
14 李艳霞,王敏健,王菊思.环境温度对污泥堆肥的影响[J].环境科学,1999,20(6):63-66.
15 蒋建国,杨　勇,贾　莹,等.调理剂和通风方式对污泥生物干化效果的影响[J].环境工程学报,2010(5):1 167-1 170.
16 Adani F,Baido D,Calcaterra E,et a1.The influence of biomass temperature on biostabilization-biodrying of municipal solid waste[J].Bioresource technology,2002,83(3):173-179.
17 Higgins C,Walker L. Validation of a new model for aerobic organicsolidsdecompositionsimulationswithsubstratespecific kinetics[J].Process Biochemistry,2001,36(8-9):875-884.
18 罗　维,陈同斌.湿度对堆肥理化性质的影响[J].生态学报,2004,24(11):2 656-2 663.
19 Shahram Navaee-Ardeh,Francds Bertrand,Paul R.Stuart. Emerging biodrying techndogy for the drying of pulp and paper mixed sludges[J].Drying Technology,2006,24: 863-878.
20 Finstein M S,Miller F C,Strom P F.Waste treatment composting as controlled system[J].Biotechnology,1986(8):363-398.
21 韩竞耀,何品晶,张冬青,等.通风量和翻堆对生活垃圾好氧生物干化的影响[J].环境卫生工程,2008,16(3):23-25.
22 王兴润,金宜英,聂永丰.国内外污泥热干燥工艺的应用进展及技术要点[J].中国给水排水,2007,23(8):5-8.
23 常志洲,朱万宝,叶小梅,等.禽畜粪便生物干燥技术研究[J].农业环境保护,2000,19(4):213-215.

(责任编辑/陈　军)

简　讯

郑州市大力发展再生资源回收利用

自2011年起，河南省郑州市财政部门每年在预算内安排3 000万元专项资金重点用于支持再生资源回收利用体系建设,各区也加大对再生资源体系建设扶持力度,同时对市财政支持资金给予1:1配套,这是日前郑州市政府下发的《郑州市人民政府关于进一步加快再生资源回收利用体系建设的实施意见》(以下简称《意见》)中给予再生资源体系建设的政策和资金支持,逐步使建成区流动回收人员纳入规范化管理。

《意见》指出,利用2~3年时间,使流动回收人员纳入规范化管理,在城市建成区外规划建立9个再生资源分拣中心(集散交易市场)、1个再生资源综合加工利用中心，配备90台再生资源专用运输车辆。

《意见》要求,按照方便居民销售要求建设回收站,原则上城区每2 000户居民、乡(镇)每2 500户居民应建设1个回收站,对新建容纳2 000户左右人口的居民小区统一规划建设回收站或回收中转站,对市区现有党政机关、学校、企事业单位和较大居民小区合理设置回收站或回收中转站。在人口密度高、再生资源产生量大的城市中心区域建设回收中转站。在城市建成区200米范围外和市区国道、省道、高速公路两侧200米范围外规划设立9个集交易、分拣、初级加工、储存、集散为一体的再生资源分拣中心(集散市场)。

《意见》指出,要建立加工中心,通过建设再生资源综合加工利用中心重点对再生资源品种进行深加工,形成资源循环利用,消除二次污染。中心内要建立5大系统,即废钢铁及废有色金属再加工利用系统、废轮胎再加工利用系统、废塑料再加工利用系统、废玻璃再加工利用系统、废纸再生加工利用系统。

《意见》还明确要求市供销合作社要按照有关法规、政策实施行业管理,会同相关部门研究制定行业发展规划、实施意见和体系建设标准,推动行业有序发展;培育、扶持、发展再生资源龙头企业,实施龙头带动;加强对市再生资源回收利用行业协会业务指导,做好流动回收人员管理工作;负责再生资源回收经营者和再生资源交易市场开办者的备案管理;协同有关部门开展联合执法,对再生资源市场进行清理整顿,维护市场经营秩序。

《意见》还就推进体系建设成立了由市政府主要领导牵头、供销合作社等部门参加的领导小组,领导小组下设的办公室设在市供销合作社。意见要求成立郑州市再生资源回收利用管理办公室,办公室隶属于郑州市供销合作社,负责全市再生资源回收利用行业的规划、指导、监督、管理,人员纳入正式编制,经费纳入市财政预算。

到2013年,郑州市将形成统一、规范、高效的管理体制和工作机制,90%以上的流动回收人员纳入规范化管理,90%以上的成规模居民小区建立规范的再生资源回收站或回收中转站,90%以上的再生资源进入规范的市场进行交易和集中处理,实现再生资源的产业化经营、资源化利用、无害化处理。

(资　讯)

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net