

# 蚯蚓生态床处理剩余污泥

吴敏, 杨健

(同济大学环境科学和工程学院, 上海 200092)

**摘要:** 利用由蚯蚓和微生物共同组成的人工生态系统对污水处理厂剩余污泥进行了为期半年的脱水和稳定处理。结果表明蚯蚓生态系统集浓缩、调理、脱水、稳定、处置和综合利用等多种功能于一身: ①蚯蚓和微生物将污泥作为生长营养源, 对其进行分解和吸收; ②蚓粪是高效农肥和土壤改良剂; ③在生态床中增殖的蚯蚓具有重要的饲料和药用价值。剩余污泥经蚯蚓污泥稳定床处理后, 可全部被生态系统吸收利用和转化, 具有流程简单、管理方便、无二次污染、造价和运行费用低廉、副产物具有经济利用价值等特点, 为解决城市污水厂污泥的最终处置问题提供了生态利用的新途径。

**关键词:** 蚯蚓生态床; 微生物; 协同作用; 剩余污泥处理

**中图分类号:** X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-460X(2003)05-0059-02

采用蚯蚓—微生物人工生态系统对剩余污泥进行了稳定处理。蚯蚓以污泥中的悬浮物和微生物为食料, 通过生态系统的食物网关系使剩余污泥物质得到稳定, 少量增殖的蚯蚓可作为农牧业饲料, 蚓粪又可作为微生物的食料或高效农肥和土壤改良剂。因此, 通过该人工生态系统的合理设计, 可经济有效地把大量剩余污泥转化为优质饲料和高效农肥, 实现其资源化。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验条件

剩余污泥的生态稳定中试在上海曲阳城市污水处理厂进行, 直接采用该厂的二次沉淀池排除的剩余污泥进行试验, 其污泥性质见表 1。

表 1 剩余活性污泥的性质

污泥含水率 (%)	污泥体积质量 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	SS ( $\text{mg}/\text{L}$ )	VSS ( $\text{mg}/\text{L}$ )	COD ( $\text{mg}/\text{L}$ )
99.4~99.6	1.005~1.008	4 000~7 000	3 000~5 000	5 000~8 000

### 1.2 蚯蚓污泥稳定床

蚯蚓污泥稳定床装置的平面尺寸为  $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$ , 总高度为  $1.0 \text{ m}$ 。装置分三层, 表层为污泥投加区, 中层为蚯蚓床区(高度为  $10 \sim 15 \text{ cm}$ ), 下层为滤液排出区。污泥床填料采用具有高透气度、高透水性的混合型惰性载体, 其构造见图 1。

试验采用爱胜蚯蚓进行驯化。

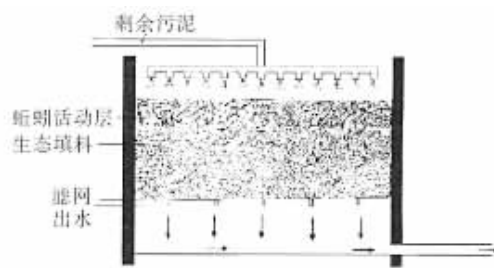


图 1 蚯蚓污泥稳定床示意图

## 2 结果与分析

### 2.1 试验结果

蚯蚓生态床制备完成后, 前后共分三次投加经驯化培养的爱胜蚯蚓(4 kg, 10 000 余条)。投加蚯蚓之后, 最初投加的剩余污泥量为  $10 \text{ L}/\text{d}$ , 然后逐步增加, 在一个月內增加到  $40 \sim 60 \text{ L}/\text{d}$  后进入稳定运行阶段。此时污泥负荷为  $0.28 \sim 0.42 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ , COD 负荷为  $0.32 \sim 0.48 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。试验装置稳定后, 投加污泥及其滤出液的分析结果见表 2。

表 2 蚯蚓污泥稳定床测试结果

样品编号	SS			COD		
	投加污泥 ( $\text{mg}/\text{L}$ )	滤出液 ( $\text{mg}/\text{L}$ )	去除率 (%)	投加污泥 ( $\text{mg}/\text{L}$ )	滤出液 ( $\text{mg}/\text{L}$ )	去除率 (%)
1	6 910	43	99.4	8 210	702	91.5
2	6 840	44	99.4	8 020	632	92.1
3	7 300	68	99.1	7 650	802	89.5

从试验结果可知,进入生态床的剩余污泥绝大部分则被滤池中的生态系统所吸收和稳定。

从生态过滤机理上进行分析,该过滤系统是一个具有多结构、多层次、各取所需、相互协同的生态网链,该生态网链中蚯蚓等微型动物和微生物对剩余污泥具有较强的广谱利用和分级利用功能,从而实现了剩余污泥较彻底的分解和转化。剩余污泥和微生物通过食物链最终被有效地转化为微型动物的增殖及其排泄物,而微型动物的机体及其排泄物又可成为其他微生物的分解利用对象,从而可开始进行新一轮的生态循环,如此周而复始。上述结果意味着生态滤床以较高的能量转换率和资源利用率对剩余污泥进行了充分的利用和无害化,同时还意味着可节省大量剩余污泥的处理和处置费用。

## 2.2 蚯蚓与蚓粪的增殖

根据半年多的运行观察,总体上滤床中的蚯蚓数量受到食料的制约,当进泥有机负荷保持恒定时,实际上可观察到的蚯蚓增殖数量很少(其数量保持在  $1.0 \times 10^4$  条/ $m^2$  左右)。同样,爱胜蚯蚓的排泄物在生态床中同样可进行周而复始的生态循环,半年至一年内一般不需清理。

## 2.3 工艺流程和运行管理

生态滤床处理剩余污泥的工艺流程比较简单,集污泥浓缩、脱水、稳定和污泥最终处置于一身。蚯蚓污泥稳定床的运行管理也十分简单方便,所需设备主要是提升水泵,不需要较复杂的机械设备以及投加任何化学药剂,并能承受较强的冲击负荷。更为重要的是,由于污泥经生态处理后转化为饲料和农肥,其最终处置问题要比常规方法有利得多。

## 2.4 技术经济分析

由于生态滤床构造十分简单,因此其工程造价将比常规的污泥处理和处置设施大幅度减少,其运行费用亦十分低廉。据估算,生态滤床处理剩余污泥的工程造价和运行费用可比常规方法大幅度节省,具有工程应用潜力。

## 2.5 环境影响分析

与常规技术相比,剩余污泥的生态处理无论在能耗、物耗还是二次污染物数量方面均体现了最小化的优势,具有清洁型环保技术的显著特点。

剩余污泥经蚯蚓床处理后转化为增殖的蚯蚓和

蚓粪。其中少量增殖的蚯蚓可作为家禽饲料,生态床中增殖的蚓粪是一种优良的土质改良剂、综合性农肥和饲料添加剂。蚓粪具有自然气孔率很高的微小团粒结构,一方面可促进土壤中的好氧微生物繁殖,使土壤的固氮、代谢等作用得到加强;另一方面对土壤原生粒子的分离、分散作用大,使土壤人为的趋原性得到较稳定的缓冲。蚓粪中的有机组分比较稳定,在清理、储存和运输过程中散发的臭气较少,还富含氮、磷、钾等营养元素以及蚓激酶、富敏酸等可促进植物流体质更生和运动的物质,为土壤微生物的再生繁殖提供了保证。

## 3 结论

① 进入生态床的剩余污泥绝大部分可被蚯蚓生态滤床吸收和稳定。当污泥负荷为  $0.28 \sim 0.42 \text{ kg}(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ,  $COD$  负荷为  $0.32 \sim 0.48 \text{ kg}(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  时,蚯蚓污泥稳定床对剩余污泥的  $SS$  去除率可达 99% 以上, $COD$  去除率均可达 90% 左右。

② 蚯蚓生态床稳定剩余污泥集多项污泥处理工序和最终处置于一身,具有较高的能量转换率和资源利用率,处理流程简单,不需要复杂的机械设备和投加化学药剂,运行管理和设备维修十分方便,其工程造价和运行费用可比常规方法大幅度节省。

③ 该技术处理剩余污泥无论在能耗、物耗还是二次污染物的数量方面均体现了最小化的优势,蚯蚓的增殖和蚓粪的积累在长期的生态循环中并不明显,并解决了剩余污泥的最终处置问题。

## 参考文献:

- [1] Elliot P W, Knight D, Anderson J M. Variables controlling denitrification from earthworm cast and soil in permanent pastures[J]. Biol Fertil Soils, 1991 (11): 24 - 29.
- [2] Whhte S. A vermi - adventure in India[J]. Worm Digest, 1997 (15) 27 - 30.
- [3] Bouche M B J - P Qiu. Contributions des lombriciens aus etudes environnementales concretes[J]. Doc Pedozool Integrol, 1998, 3(8) 225 - 252.

电话 (021) 65984275 (O) 36174124 (H)

收稿日期 2003 - 01 - 04

# 蚯蚓生态床处理剩余污泥

作者: [吴敏](#), [杨健](#)  
 作者单位: [同济大学环境科学和工程学院, 上海 200092](#)  
 刊名: [中国给水排水](#) [ISTIC](#) [PKU](#)  
 英文刊名: [CHINA WATER & WASTEWATER](#)  
 年, 卷(期): 2003, 19(5)  
 被引用次数: 39次

## 参考文献(3条)

1. Elliot P W; Knight D; Anderson J M [Variables controlling denitrification from earthworm cast and soil in permanent pastures](#) [外文期刊] 1991(11)
2. Whhte S A [vermi-adventure in India](#) 1997(15)
3. Bouche M B; J P Qiu [Contributions des lombriciens aus etudes environnementales concretes](#) 1998(08)

## 本文读者也读过(5条)

1. [杨健](#), [易当皓](#), [赵丽敏](#), [邓德汉](#). [YANG Jian, YI Dang-hao, ZHAO Li-min, DENG De-han 蚯蚓生物滤池处理剩余污泥的效果](#) [期刊论文]-[中国环境科学](#) 2008, 28(10)
2. [朱维琴](#), [贾秀英](#), [王玉洁](#), [吴丽萍](#), [周瑜](#). [农业有机废弃物蚯蚓堆制因素优化及堆制产物主要性状变化特征](#) [期刊论文]-[生态与农村环境学报](#) 2009, 25(4)
3. [陆志波](#), [邓德汉](#), [陈巧燕](#), [赵丽敏](#). [LU Zhibo, DENG Dehan, CHEN Qiaoyan, ZHAO Limin 蚯蚓处理污泥的环境适应性](#) [期刊论文]-[同济大学学报\(自然科学版\)](#) 2009, 37(5)
4. [杨健](#), [赵丽敏](#), [陈巧燕](#), [易当皓](#). [YANG Jian, ZHAO Limin, CHEN Qiaoyan, YI Danghao 水力负荷对滤池中蚯蚓生态生理适应性的影响](#) [期刊论文]-[同济大学学报\(自然科学版\)](#) 2009, 37(8)
5. [徐秩群](#), [封克](#), [王子波](#), [许健](#). [XU Yi-qun, FENG Ke, WANG Zi-bo, XU Jian 城市生活污水蚯蚓处理过程中相关酶活性的动态变化特征](#) [期刊论文]-[农业环境科学学报](#) 2010, 29(5)

## 引证文献(39条)

1. [杨健](#), [邓德汉](#), [陈巧燕](#), [赵丽敏](#), [易当皓](#). [蚯蚓生物滤池启动驯化阶段蚯蚓生理生态适应性研究](#) [期刊论文]-[环境科学](#) 2009(8)
2. [陆志波](#), [邓德汉](#), [陈巧燕](#), [赵丽敏](#). [蚯蚓处理污泥的环境适应性](#) [期刊论文]-[同济大学学报\(自然科学版\)](#) 2009(5)
3. [陆志波](#), [娄山杰](#), [杨健](#), [陈巧燕](#). [蚯蚓生物滤池两种滤料中蚯蚓体壁损伤的比较](#) [期刊论文]-[同济大学学报\(自然科学版\)](#) 2008(8)
4. [杨健](#), [赵丽敏](#), [陈巧燕](#), [杨居川](#), [娄山杰](#). [石英砂和陶粒蚯蚓生物滤池的污泥减量化效果比较](#) [期刊论文]-[中国给水排水](#) 2008(7)
5. [陈菊香](#). [剩余污泥减量化-资源化的研究](#) [期刊论文]-[环境科技](#) 2011(2)
6. [于智勇](#), [魏万红](#), [薛庆於](#), [王君](#). [环境因素对秉氏环毛蚓\(Pheretima pingi\)繁殖的影响](#) [期刊论文]-[南京师大学报\(自然科学版\)](#) 2007(3)
7. [汤丽华](#), [杨健](#), [娄山杰](#). [两段式蚯蚓强化快速渗滤系统的试验研究](#) [期刊论文]-[环境污染与防治](#) 2008(11)
8. [李旭东](#), [李黎杰](#), [江晓锋](#), [艾恒雨](#). [分段厌氧、好氧系统处理活性污泥的试验研究](#) [期刊论文]-[建设科技](#) 2008(14)
9. [杨健](#), [易当皓](#), [赵丽敏](#), [邓德汉](#). [蚯蚓生物滤池处理剩余污泥的效果](#) [期刊论文]-[中国环境科学](#) 2008(10)
10. [高红莉](#), [张磊](#), [李洪涛](#), [周文宗](#). [黄粉虫幼虫对城市污泥重金属的积累作用](#) [期刊论文]-[中国生态农业学报](#) 2011(1)
11. [杨居川](#). [化学除磷条件下蚯蚓生态滤池污泥性质的试验研究](#) [期刊论文]-[环境科学与管理](#) 2008(11)

12. 易当皓, 张杰, 杨健, 杨居川 蚯蚓生物滤池的化学除磷可行性研究[期刊论文]-[中国给水排水](#) 2008(19)
13. 臧兰兰, 张松林 西北半干旱区蚯蚓堆肥对污泥理化性质的影响[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2013(34)
14. 翟付群, 胡舒 剩余活性污泥的处置与利用[期刊论文]-[广西轻工业](#) 2009(4)
15. 袁星, 黄敏儿, 杭维 蚯蚓处理剩余污泥的研究现状及展望[期刊论文]-[科技与生活](#) 2011(10)
16. 陈学民, 黄魁, 伏小勇, 倪少仁 2种表居型蚯蚓处理污泥的比较研究[期刊论文]-[环境科学](#) 2010(5)
17. 吴敏, 娄山杰, 杨健, 陈巧燕 蚯蚓生物滤池的污泥减量化效果及其影响因素[期刊论文]-[同济大学学报\(自然科学版\)](#) 2008(4)
18. 赵继红, 刘峻, 刘永德, 刘楠 剩余污泥零排放技术研究进展[期刊论文]-[河北化工](#) 2008(8)
19. 张连凯, 于德爽, 孔范龙, 郭磊, 杨慧 利用微型动物减少污泥产量的工艺探讨[期刊论文]-[环境工程](#) 2005(6)
20. 祁振 污水剩余污泥的处理及其合理化利用[期刊论文]-[广东化工](#) 2013(3)
21. 段伟伟, 李绍秀, 李冬梅 污泥减量技术的研究进展[期刊论文]-[能源与环境](#) 2011(5)
22. 尹志高, 陆志波, 杨健, 刘静 蚯蚓生物滤池处理农村分散生活污水效果研究[期刊论文]-[四川有色金属](#) 2011(4)
23. 白春节 城市剩余活性污泥直接饲养蚯蚓可行性研究[期刊论文]-[微生物学通报](#) 2007(1)
24. 白春节 低繁殖量蚯蚓养殖法处理剩余污泥的可行性研究[期刊论文]-[安全与环境学报](#) 2006(6)
25. 史坤博, 邵蕊, 张明泉, 吴德 两种蚯蚓生态滤床对垃圾渗滤液处理的对比试验[期刊论文]-[净水技术](#) 2013(5)
26. 汪常青, 梁浩, 李亚东, 华佳 利用剩余污泥制备泡沫灭火剂的试验研究[期刊论文]-[中国给水排水](#) 2006(9)
27. 李雨霏 利用剩余污泥吸附铜、镉的研究[学位论文]硕士 2004
28. 李永, 朱海, 许翠英, 唐玲, 刘秉钺 造纸污泥处理及资源化应用技术[期刊论文]-[中国造纸](#) 2008(11)
29. 李亚东, 华佳, 李海波 剩余活性污泥的处置及再利用技术[期刊论文]-[工业安全与环保](#) 2005(4)
30. 张恒, 吉芳英, 喻小花 微型后生动物污泥减量技术研究[期刊论文]-[市政技术](#) 2008(1)
31. 高红莉, 周文宗, 张路, 李洪涛 城市污泥的蚯蚓分解处理技术研究进展[期刊论文]-[中国生态农业学报](#) 2008(3)
32. 梁汉修 炼油化工污水处理及工艺改造[学位论文]硕士 2006
33. 陈蓉蓉, 李庆新 剩余污泥处理存在问题及发展趋势[期刊论文]-[科技创业月刊](#) 2010(6)
34. 娄山杰, 杨健, 陈巧燕, 杨健 蚯蚓在环境污染治理中的应用[期刊论文]-[水科学与工程技术](#) 2007(5)
35. 李典友, 潘根兴, 向昌国, 褚清河, 丁玉川 土壤中蚯蚓资源的开发应用研究及展望[期刊论文]-[中国农学通报](#) 2005(10)
36. 刘梅花, 李延虎, 朱路, 韩润平 蚯蚓在固体废物处理中的应用[期刊论文]-[遵义师范学院学报](#) 2005(6)
37. 贾晓竟, 毕东苏, 周雪飞, 张亚雷 农村生活污水生态处理技术研究与应用进展[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2011(31)
38. 宋凤敏 蚯蚓在环境污染治理及其资源化应用中的研究进展[期刊论文]-[广东农业科学](#) 2013(6)
39. 盛倩, 吴星五 蚯蚓堆肥在污泥处理中的应用[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2011(4)

引用本文格式: 吴敏, 杨健 蚯蚓生态床处理剩余污泥[期刊论文]-[中国给水排水](#) 2003(5)