

数字蚯蚓生物反应器处理城市污泥

蔡永铭, 周文彬, 谷凌雁

(广东药学院, 广东 广州 510006)

摘要: 对深层连续式蚯蚓生物反应器进行数字化改良,用于城市污泥的生物有机肥料转化。采用模糊控制技术实现了在蚯蚓生物反应器中原料的停留时间、反应器内温度、反应器内原料含水率、蚯蚓分布深度、pH值以及C/N值等多项指标的控制。

关键词: 城市污泥处理; 蚯蚓生物反应器; 模糊控制

中图分类号: TP 29 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-1374(2013)04-0477-04

Digital earthworm bioreactor to deal the urban sludge

CAI Yong-ming, ZHOU Wen-bin, GU Ling-yan

(Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: The digitized deep continuous bioreactor earthworm is used for the transformation of the urban sludge into bio-organic fertilizer. With fuzzy control technology, some indexes such as the residence time, the reactor temperature, material moisture rate, earthworm distribution depth, the pH and the C/N value are under control.

Key words: urban sludge treatment; earthworms bioreactor; fuzzy control.

0 引言

大量富含有机质和矿物质,并且伴随着病原菌、虫卵及重金属等有毒物质的污泥在大都市污水厂不断产生,这个污泥垃圾处理已经成为城市管理中一个重要问题。对城市污泥处理技术近年展开了大量的研究,目前比较典型的处理方法有填埋、投海、焚烧和堆肥等4种方式^[1]。其中堆肥技术是最环保并且最具有发展潜力的处置方式。蚯蚓是一种特殊腐食性的动物,它的消化道可以不断分泌出蛋白酶、脂肪分解酶和纤维分解酶等

分泌物。这些分泌物可以把植物营养素以及有机质变成有机复合肥和高蛋白,同时,这些蚯蚓粪便可以为土壤带来大量有用的微生物种群,并且起到除臭、脱色功能^[2]。正是这些蚯蚓所具有的特殊生物功能,可以被利用来处理这些城市污泥,实验已经证明,经过蚯蚓堆肥生物处理后,污泥里面的重金属和其它有害成分的含量都已经明显减少。所以,污泥蚯蚓堆肥处理技术可以用来处理城市污泥,以减少污染^[3]。

已经有开展多项关于采用蚯蚓处理城市污泥研究结果在相关的杂志发表^[4-6],但是,这些研究

收稿日期: 2013-03-05

基金项目: 广东省科技计划基金资助项目(2012B031000018)

作者简介: 蔡永铭(1975-),男,汉族,广东梅州人,广东药学院副教授,博士,主要从事生物信息处理方向研究, E-mail: bruce_caif@foxmail.com.

基本上是集中在如何选择合适的蚯蚓种类或者蚯蚓本身及这些污泥在生物堆肥过程中各项指标的相关变化,包括经过蚯蚓处理以后污泥所具备的肥料效果等方面的研究。目前所设计的蚯蚓反应器基本上只是满足于生物反应的实验室功能实现,对于真正在实际生产特别是对机械化以及用于系统集成的机电一体化自动控制方面的研究甚少。正是因为以前由于信息化程度不高导致了人工成本高及生产效率低下,导致蚯蚓处理污泥技术无法推广大规模使用。这里研究的目的是改造蚯蚓生物反应器,整合自动化机械的功效与蚯蚓的生物学功能,设计用于污泥处理的蚯蚓生物反应器自动控制系统。设计蚯蚓生物反应器的数字控制接口,通过上位机实施监控,实现基于网络的远程自动化监控的系统集成。将来可以为提高城市污泥的资源化利用能力,改变城市污水处理厂工控系统无法集成蚯蚓生物反应器的现状,为城市的污泥处理研究和实践提供参考^[7]。

1 数字蚯蚓生物反应器控制系统

采用数字蚯蚓生物反应器实现规模化处理城市污泥转化为有机生物肥,实现智能自动化操作是关键。数字蚯蚓生物反应器控制系统部分是实现智能控制的关键。本研究通过改良深层连续式蚯蚓反应器用于处理城市污泥,用于集成系统的规模化生产,将城市污泥转化为有机生物肥(蚯蚓粪)。设计数字蚯蚓反应器实现智能监控,进行在线监控把相应传感器收集到的蚯蚓生物反应器内部温度和饵料含水率,使蚯蚓在最佳生存环境中保持最高工作效率。同时,可以实时在线监测蚯蚓密度、pH值和C/N等重要生态因子。通过监测反应器内饵料空间分布,自动控制生产加料(含布料)和出料过程。通过所设计的蚯蚓反应器的数字化计算机接口,蚯蚓反应器可通过数据总线连接上位机(车间级工作站),实现设备的系统集成和远程监控。并且通过模糊控制技术实现蚯蚓生物反应器中的原料在反应器中停留时间、反应器内温度控制、反应器内原料含水率控制、蚯蚓分布深度控制、pH值和C/N值等多项指标的控制过程^[8-10]。

蚯蚓反应器中的各项生态因子是在一定的工程参数范围内变化的,建立以各项蚯蚓生态因子为输入参数,加料和出料频率为控制输出的模糊控制数学模型。实现大规模化生产用蚯蚓生物反

应器的难点在于确定工程参数。确定蚯蚓反应器的工程参数,主要依据蚯蚓个体转化有机废弃物的最佳生态因子范围,并且在实践中进一步验证和改进。蚯蚓反应器的模糊控制数学模型中需要使用的模型规则和模糊推理都缺乏相关经验,需要通过实验获得。蚯蚓生物反应器控制系统集成如图1所示。

蚯蚓生物反应器控制系统集成主要包括4部分:箱体在线测量系统、辅助受控空调、加料小车控制系统和出料系统,4个部分系统集成一起协同工作。

2 蚯蚓反应器工作流程

这里以深层连续式蚯蚓箱式蚯蚓反应器作为基础,改进原来反应器装置,模拟蚯蚓在自然环境中居于富含有机质的土壤表层(0~40 cm)的特性。把布料功能设计放置在蚯蚓反应器模型的顶层,在底层排出蚯蚓粪的这样箱体结构。蚯蚓生物反应器的工作流程主要是把堆肥预处理后的废弃物通过布料机均匀布置在反应器主体的表面;蚯蚓反应器内的蚯蚓迁移至反应器主体表面,转化有机废弃物原料,而反应器主体底面的原料已是蚯蚓转化完成的蚯蚓粪,通过置于底部的刮料器和收集器取出蚯蚓粪,形成每天添加新的有机废弃物,取出蚯蚓粪,使反应器中的物料量保持平衡,连续生产。蚯蚓反应器由4部分组成:加料系统、反应器主体、出料系统和微处理器控制单元。

加料系统位于反应器的顶部,由电机拖动实现水平直线往返移动,实现在反应器箱体内部表面均匀布料。水平移动装置上附带有雾状喷水系统和红外测距设备。雾状喷水系统用于调剂箱体内饵料的含水率。红外测距设备用来测量饵料在箱体表面的水平分布情况。加料的工作流程如图2所示。

反应器主体规格根据生产规模需要进行扩容。在箱体内安装各种传感器,用于测量蚯蚓转化有机质的各项主导生态因子。反应器主体采用类似火车的分节设计,可以依据需要加长拼装。每节反应器长约2 m、宽约2.5 m、高约1 m。各节反应器共享相同的微处理器控制单元和布料小车系统,但有自己的传感器测量系统和底部出料系统。

出料系统位于底部,由出料器和收集器组成。底部设计红外线暖光和收集量检测装置。用红外

线取暖在底部利用蚯蚓避光的生物特性向上驱赶蚯蚓并烘干蚯蚓粪。收集量检测装置采用红外线开关测量,当光路被阻断则表示空间内收集量已满。出料的工作流程如图 3 所示。

蚯蚓生物反应器的设计主要是根据蚯蚓转化有机物质和重金属的前人研究基础中蚯蚓所适合的最佳生态阈值,蚯蚓种群的大小以及它的分布

及需要布料的频率等综合考虑。因为蚯蚓生物反应器中最为主要的生态因子包括温度和饵料含水率,所以为了使蚯蚓能够在最佳的工作环境中生产运作,采用计算机自动化控制技术进行智能调节控制生态环境因素。因为实现了自动化控制,可以极大地减少人工成本,也减少了人为干扰因素,更加有利于蚯蚓生产运作。

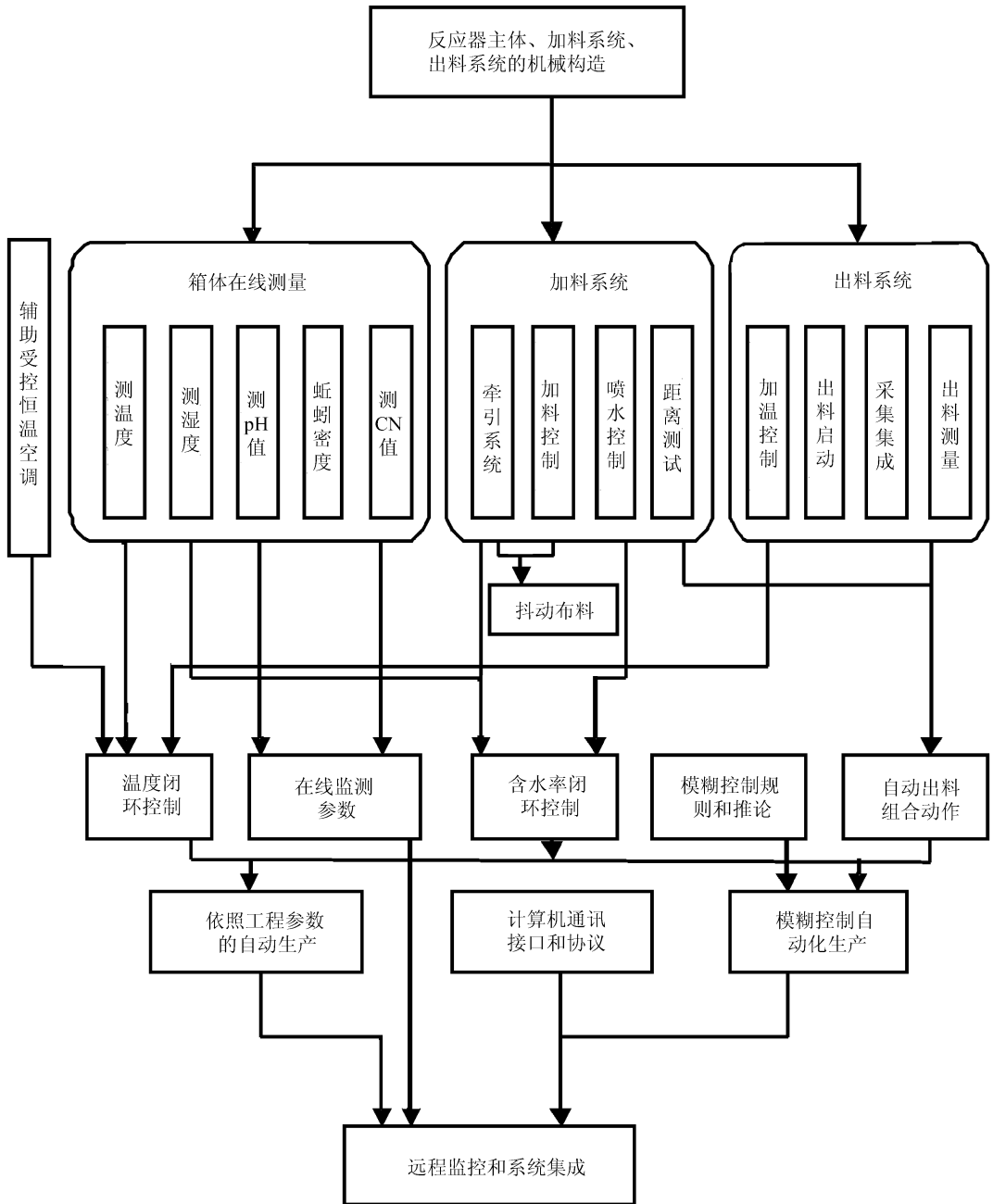


图 1 控制系统集成

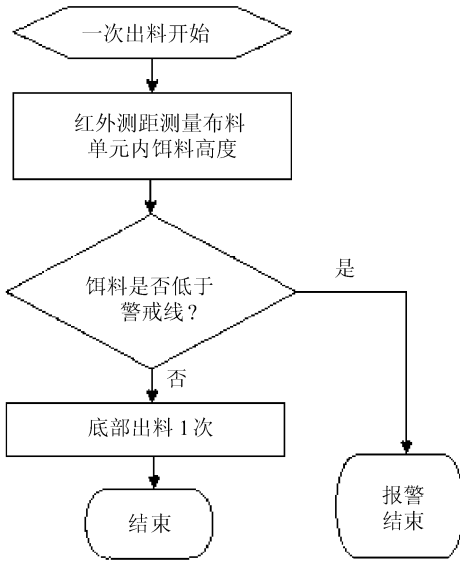


图2 加料的工作流程图

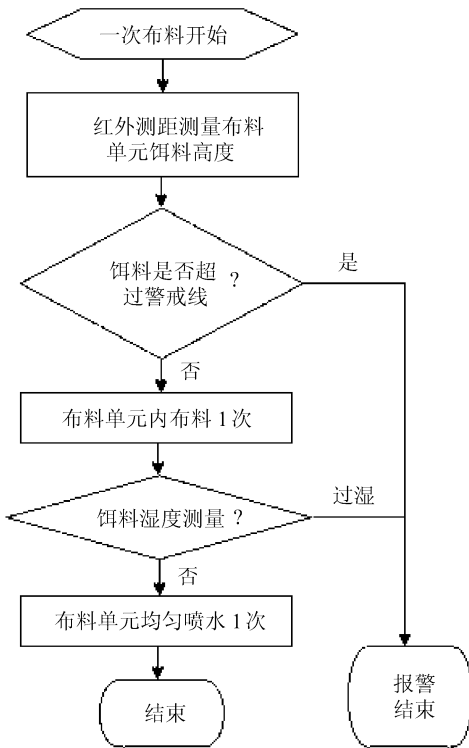


图3 出料的工作流程图

实现将污泥高温发酵预处理与蚯蚓生物反应器的系统集成。国内现有研究普遍将高温发酵预处理过程和蚯蚓生物堆肥反应分开处理,饵料转运需要依靠人力实现。这里研究的蚯蚓反应器加入计算机通讯接口,实现高温发酵预处理与蚯蚓生物反应器优化组合,便于优化生态因子的参数条件控制,使其达到高效的处理目的。国内现有的蚯蚓生物反应器缺乏在线检测蚯蚓转化有机质的主导生态因子,不能自动检测反应器内饵料分布的情况,加料和出料的量及位置均由人工操作。

参考文献:

- [1] 杨敬辉,张松林.蚯蚓堆肥污泥研究述评[J].湖北农业科学,2011,50(9):1729-1730.
- [2] 陈巧燕,杨健,王志强,等.蚯蚓堆肥处理有机废弃物的国外研究进展[J].中国资源综合利用,2006,12:8-10.
- [3] 刘强,秦章伟,刘会成,等.城市污水厂污泥堆肥技术研究进展[J].井冈山学院学报:自然科学版,2008,29(6):47-48.
- [4] 牛俊玲,刘蕾,郑宾国.郑州市污水污泥特性及其堆肥的可行性分析[J].安徽农业科学,2011,39(15):8985-8986,9021.
- [5] 李碧清,唐瑶,冯新,等.广州市利用城市污泥生产有机肥的实践[J].中国给水排水,2010,26(24):67-69.
- [6] 陈同斌,郑国砥,高定,等.城市污泥堆肥处理及其产业化发展中的几个关键问题[J].中国给水排水,2009,25(9):104-108.
- [7] 张书坤,王洪强.城市污泥处理与堆肥技术[J].应用技术,2011,12(上):114.
- [8] 李明.高温堆肥与蚯蚓堆肥对城市污泥重金属形态的影响[J].环境工程学报,2008,2(10):401-412.
- [9] Payal Garg, Asha Gupta, Santosh Satya. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study [J]. Bioresource Technology, 2006, 97:391-395.
- [10] M Aira, F Monroy, J Domínguez. C to N ratio strongly affects population structure of *Eisenia foetida* in vermicomposting systems [J]. European Journal of Soilbiology, 2006, 7:123-128.

3 结语

由上位机实施监控的数字蚯蚓生物反应器可

作者: [蔡永铭](#), [周文彬](#), [谷凌雁](#), [CAI Yong-ming](#), [ZHOU Wen-bin](#), [GU Ling-yan](#)
作者单位: [广东药学院, 广东广州, 510006](#)
刊名: [长春工业大学学报\(自然科学版\)](#)
英文刊名: [Journal of Changchun University of Technology \(Natural Science Edition\)](#)
年, 卷(期): 2013(4)

参考文献(10条)

1. [杨敬辉;张松林](#) [蚯蚓堆肥污泥研究述评](#)[期刊论文]-[湖北农业科学](#) 2011(09)
2. [陈巧燕;杨健;王志强](#) [蚯蚓堆肥处理有机废弃物的国外研究进展](#)[期刊论文]-[中国资源综合利用](#) 2006(12)
3. [刘强;秦章伟;刘会成](#) [城市污水厂污泥堆肥技术研究进展](#) 2008(06)
4. [牛俊玲;刘蕾;郑宾国](#) [郑州市污水污泥特性及其堆肥的可行性分析](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2011(15)
5. [李碧清;唐瑶;冯新](#) [广州市利用城市污泥生产有机肥的实践](#)[期刊论文]-[中国给水排水](#) 2010(24)
6. [陈同斌;郑国砥;高定](#) [城市污泥堆肥处理及其产业化发展中的几个关键问题](#)[期刊论文]-[中国给水排水](#) 2009(09)
7. [张书坤;王洪强](#) [城市污泥处理与堆肥技术](#) 2011(上)
8. [李明](#) [高温堆肥与蚯蚓堆肥对城市污泥重金属形态的影响](#)[期刊论文]-[环境工程学报](#) 2008(10)
9. [Payal Garg;Asha Gupta;Santosh Satya](#) [Vermi-composting of different types of waste using Eisenia foetida:A comparative study](#) 2006
10. [M Aira;F Monroy;J Domínguez](#) [C to N ratio strongly affects population structure of Eisenia foetida in vermicomposting systems](#) 2006

引用本文格式: [蔡永铭](#). [周文彬](#). [谷凌雁](#). [CAI Yong-ming](#). [ZHOU Wen-bin](#). [GU Ling-yan](#) [数字蚯蚓生物反应器处理城市污泥](#)[期刊论文]-[长春工业大学学报\(自然科学版\)](#) 2013(4)