

新型堆肥调理剂的吸水特性及应用<sup>\*</sup>

高 定 黄启飞 陈同斌

(中国科学院地理科学与资源研究所环境修复室,北京 100101)

**摘要** 本文研究新型堆肥调理剂(CIB 堆肥调理剂)的吸水特性及其应用效果。结果表明,调理剂的吸水平衡时间为8 h。CIB 调理剂的混料比例为40%~60%,可以将污泥水分调节到较为理想的范围,使堆肥过程能顺利完成。本调理剂具有适合于快速堆肥和自动控制、可降低堆肥过程的能耗、吸水性较强、除臭效果好、价格便宜、可以循环利用、易于筛分等优点,是城市污泥等有机废弃物工厂化快速堆肥的理想调理剂。

**关键词** 堆肥污泥 调理剂 吸水特性 除臭

## 1 前言

好氧堆肥处理是实现有机废弃物资源化的重要手段之一。其中物料的湿度是发酵成功与否的一个重要影响因素,由于有机废物水分含量很高,导致通气性较差,需要在堆肥前添加一定的调理剂以便发酵的顺利进行。理想的调理剂应该是干燥的,吸水能力强,能够起到支撑作用,且价廉。调理剂可以由一种或几种物料混合,常用的调理剂有木屑、秸秆、稻壳、树枝叶、花生壳、破碎成颗粒状的轮胎、岩石等<sup>[1]</sup>。但这些传统的调理剂存在在堆肥过程中自身会发生腐解而循环利用率较低、易被压实、吸水和除臭能力较弱等缺点。本文旨在研究一种堆肥专用调理剂(CIB 调理剂)的作用和功能。

## 2 材料与方法

## 2.1 试验材料

供试污泥为北方方庄污水处理厂生活污水,含水率80%~85%,密度1.01 kg/L。挥发性有机物含量为58%~74%。新型调理剂(CIB 调理剂)的饱和吸水率为65.7%。

## 2.2 试验设计及处理

## 2.2.1 调理剂吸水动力学

将人工合成的CIB 调理剂和污泥按1:4的比例(体积比)充分混合,置于5 L的容器中密封,加盖防止水分散失,分别在2、4、6、8、10、24 h取样测定调理剂水分含量(105℃烘24 h)<sup>[2,3]</sup>,重复3次。

## 2.2.2 调理剂比例对吸水能力的影响

将调理剂和污泥按设定的比例(表1)充分混合

<sup>\*</sup>“九五”国家重大科技攻关项目(96-909-01-05)和北京市政府公开招标采购项目(19990912)。

置于5 L的容器中密封,每个处理重复两次,8 h后测定调理剂的水分含量,计算污泥的失水率。

表1 调理剂与污泥的比例(调理剂 污泥)

| 编号  | 1   | 2   | 3   | 4     | 5   | 6   |
|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
| 体积比 | 3:1 | 2:1 | 1:1 | 1:1.5 | 1:2 | 1:3 |

## 2.3 调理剂在堆肥中的应用实验

根据吸水动力学实验和吸水性能实验的研究结果,污泥堆肥试验中进行了3种混料比例的处理,其污泥回流污泥调理剂的混合比例分别为1:0.1:1, 2:1:1, 3:0:2。堆体规模为1.6 m×1.0 m×1.1 m。堆肥过程中的温度采用“污泥堆肥自动监测和控制系统(COMPSOFT)”进行自动监控,堆肥的试验装置如图1。

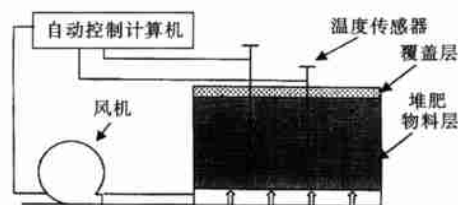


图1 污泥堆肥试验装置

## 3 结果与讨论

## 3.1 调理剂的吸水性能

调理剂的水分含量动态变化曲线如图2。调理剂的水分含量可以分成3个阶段,第1阶段为0~2 h,在这段时间内,调理剂的吸水势能最大,吸水较快,平均吸水速率达10 g/100 g·h;第2阶段为2~6 h,这一时段的平均吸水率为2.25 g/100 g·h;第3阶段为6~24 h,这一时段的平均吸水速率为0.17 g/100 g·h。

若以 24 h 时调理剂的水分含量作为调理剂的饱和吸水量,经过 8 h 后调理剂水分含量达到饱和吸水量的 98 % 以上,因此 8 h 可以作为调理剂吸水分的时间。

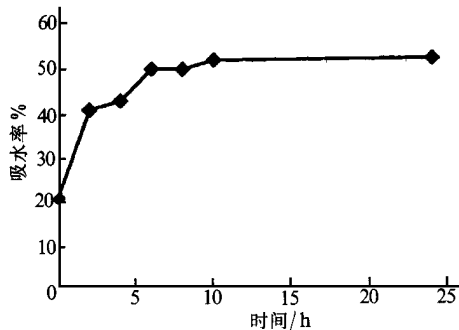


图2 调理剂水分含量动态变化

### 3.2 调理剂的水分吸收试验

污泥堆肥过程中,有机物分解和微生物生长繁殖均需要一定的水分。含水率的高低影响着分解过程的速度。含水率低于 30 %,微生物摄取营养物质的能力降低,有机物分解缓慢。当水分低于 12 %,微生物的繁殖就会停止;反之,含水率超过 65 %,水就会充满物料颗粒间的孔隙,堵塞空气通道,使空气含量大量减少,堆肥由好氧状态向厌氧转化,温度急剧下降,其结果是形成发臭的中间产物。堆肥物料理想的水分含量为 55 % ~ 60 %<sup>[4]</sup>。添加调理剂的一个重要作用在于调节污泥的含水量。

试验结果表明,随着混合物料中调理剂比例的增大,调理剂的含水量逐渐减少(图3)。产生这种现象的原因是由污泥中水分的组成决定的。与土壤中水分组成不同,污泥中的绝大部分水分在微生物细胞内,难以进行脱水(这也是污水处理厂对污泥进行机械压滤脱水只能处理到 80 % 左右的原因)。调理剂吸收的水分主要是污泥中的自由水。

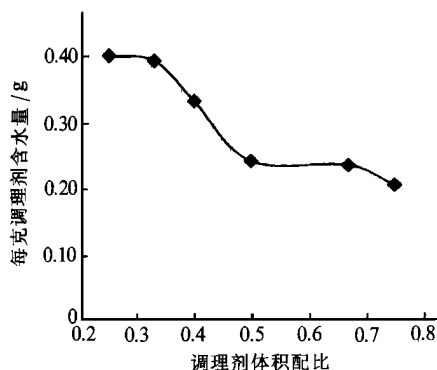


图3 不同配比下调理剂水分的含量

当调理剂比例为 25 % ~ 33 %,污泥比例为 75 % ~ 67 %,调理剂含水量在 40 % 左右。相对调理剂含量而言,污泥中的自由水充足,超出调理剂的吸水能力。污泥的失水率不大,仅为 3.61 % ~ 5.50 % (图4)。调理剂虽然充分吸水,但是污泥含水量减少太少,没有达到理想的含水量,达不到调节水分的目的。

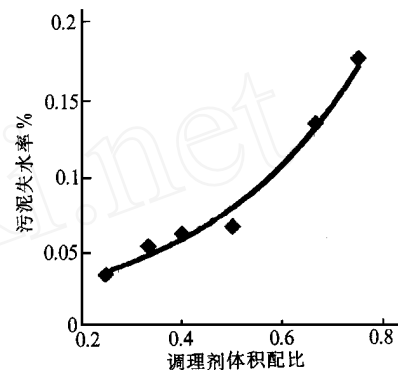


图4 不同调理剂配比下污泥的失水率变化

当调理剂的比例达到 33 % ~ 50 % 时,调理剂的水分含量下降较快,达到 24 %,表明随着调理剂的增加,污泥中的自由水可以被调理剂吸收充分,此时污泥的失水率达到 6.83 %。调理剂继续增加,调理剂的水分含量没有太大变化(20 % 左右)。污泥的失水率大,最大可至 18 %。

调理剂可以直接吸收水分,从而使混合物料的水分含量达到堆肥所需的理想范围(60 % 左右)。从成本的角度考虑,对于含水 80 % 左右的污泥,其调理剂的比例确定以 40 % ~ 60 % 较为合适。从图3、图4的曲线分析,在这个比例时,可以最大程度地发挥调理剂的吸水作用。

### 3.3 堆肥试验

根据 3.2 试验结果,确定 1 0 1、3 0 2、2 1 1 等 3 种比例(污泥 回流污泥 调理剂)进行堆肥试验。图5是 3 种堆肥配比的温度动态变化。

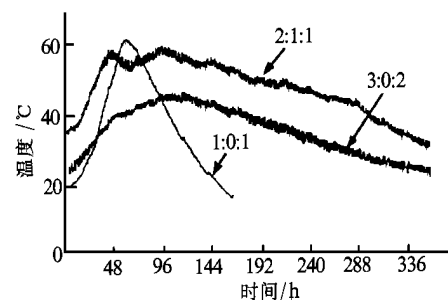


图5 不同调理剂配比下污泥堆肥的温度变化

1 0 1 比例(调理剂比例达 50 %)堆温上升极快, 2.5d 堆温即达 62℃, 升温速率达 16℃/d,但是在高温期维持时间短,仅为 1 d,达不到灭菌要求。原因可能是通气性能良好,微生物活动剧烈,堆温上升很快。但是由于进行堆肥时气温很低,而且还处于降温期,堆肥散热较快,堆体已过产热高峰,导致堆温迅速下降。如果加强保温措施,这种比例是一种相当理想的比例。

3 0 2 混料比例的堆肥中温度峰值仅为 45℃。表明调理剂的比例太低,混合物料的水分含量没有调节到理想的温度范围。

2 1 1 比例堆温变化规律较好。结果表明,经 4 d 后温度可达到稳定化温度。高温持续时间 2 d,翻堆后温度再次上升,可以达到稳定化要求。

试验结果证明,当调理剂的比例达到 40 % ~ 60 %,或者调理剂和回流污泥所占比例达到 50 %,堆肥可以顺利进行。

### 3.4 新型调理剂的优点

与目前国际上最常用的木屑/木片等传统调理剂相比,本调理剂主要具有下述优点。

#### 3.4.1 适合于快速堆肥和自动控制

与木屑/木片等传统调理剂相比,本调理剂进行堆肥早期升温快,堆肥完毕时堆体脱水和降温更加迅速。因此,堆肥腐熟所需的时间最大可缩短到 8 d,比国外同类型工业化堆肥技术的堆肥时间缩短 1/2 ~ 3/4,因此可以减少 1/2 ~ 3/4 的堆肥占地面积,同时也更适合于进行堆肥过程的自动控制。

#### 3.4.2 可降低能耗

本调理剂具有很好的支撑作用,比木片/木屑能够更加明显地提高堆体的通气性,因此可大大节省鼓风时间,从而降低堆肥过程中的耗电量。根据实验,采用 CTB 调理剂及配套的自动控制工艺,处理每吨污泥的耗电量仅 8 ~ 12 kW·h。

#### 3.4.3 具有较强的吸水能力

木片/木屑的吸水能力较差,本调理剂具有较强的吸水能力,提高堆肥效率。

#### 3.4.4 价格便宜

价格比木屑/木片更便宜,以北京地区的价格而言,木屑/木片售价为 500 元/t 左右,但是新型调理剂的价格仅相当于其 1/2 左右。此外,此调理剂而且能

够重复使用,每次堆肥的损耗率低于 5 % ~ 8 %。

#### 3.4.5 物理性状良好,易于筛分

用本调理剂进行堆肥,调理剂与堆肥容易分离,尤其是筛分后的堆肥产品更加适合于后续加工。用木屑进行堆肥,由于木屑在堆肥过程中不断腐解变小,通过筛分离堆肥产品与调理剂的效果相对较差,而且由于细木屑的存在,导致造粒等后续加工比较困难。

#### 3.4.6 具有一定除臭效果

本调理剂能够起到较好的除臭效果,而木屑主要是起调理剂的作用。本调理剂不含有毒有害物质,克服了传统调理剂水分调节作用差,堆腐时间长,堆肥升温、降温过程较慢,堆肥占地面积大,不易筛分等缺点。

### 4 结论

研究表明,新型调理剂(CTB 堆肥调理剂)的吸水平衡时间为 8 h。当污泥的含水量为 80 % 左右时,CTB 调理剂的混料比例为 40 % ~ 60 %,可以将污泥水分调节到较为理想的范围,堆肥过程能顺利完成。CTB 调理剂具有适合于快速堆肥和自动控制、可降低堆肥过程的能耗、吸水性较强、除臭效果好、价格便宜、可以循环利用、易于筛分等优点。

#### 参考文献

- 1 蔡建成等,堆肥工程与堆肥工厂.北京:机械工业出版社,1990.
- 2 Keener H. M., D. L. Elwell, K. Das and R. C. Hansen, Remix scheduling during composting based on moisture control. Transactions of the ASAE, 1996. 39(5):1839 ~ 1845. 5
- 3 Wang M. J. and K. C. Jones, The chlorobenzene content of contemporary U. K. sewage sludge. Chemosphere, 1994. 28:1201 ~ 1210.
- 4 Das K. and Keener H. M., Moisture effect on compaction and permeability in composts. J. of Environmental Engineering, Mar. 1997. , 275 ~ 281.
- 5 Finstein M. S., F. C. Miller and P. F. Storm, Monitoring and evaluating composting process performance. Waste management & Research, 1986. 11: 117 ~ 125.
- 6 Roger T. H., The practical handbook of compost engineering, 1993. 205 ~ 257.

第一作者 高定,男,1975 年 5 月生,现为中科院地理科学与资源研究所 99 级博士生。主要从事有机固体废物资源化研究。

2001 - 08 - 27 收稿

## EXPERIMENTAL RESEARCH ON REACTION OF DRY DESULPHURATION OF FLUE GAS .....

Yan Yan *et al* (38)

**Abstract** A test apparatus of the reactions of dry desulphuration of a flue gas was set up ,and an experimental research on its reactions by taking CaO as a desulphurizing agent was also conducted. The results showed that the pore structures ,including the pore size distribution , the radii of the most probable pores etc were the factors deciding and influencing the reactions of dry desulphuration of the flue gas , of which the porosity determined the final conversion rate of the desulphuration reaction whereas the pore distribution controlled the features of the reaction processes.

**Keywords** desulphuration of flue gas , gas-solid reaction , pore structure and mass transfer

## APPLICATION AND DEVELOPMENT OF VERTICAL ELECTROSTATIC PRECIPITATOR OF WIDE POLAR DISTANCE ,MULTIPLE ELECTRIC FIELD ,ASSEMBLED PIPE AND CONCENTRIC CIRCLES .....

Li Chao *et al* (42)

**Abstract** A vertical electrostatic precipitator of wide polar distance ,multiple electric field ,assembled pipe and concentric circles was applied to the coal drying machine in Liaoyang Xiaotun Cement Factory for the first time ,by which very perfect result was obtained. The principle and the new features of the design etc of this electrostatic precipitator were described theoretically.

**Keywords** dust purification ,multiple electric field ,wide polar distance ,concentric circles and efficiency of purification

## APPLICATION OF SOUND INSULATION TECHNOLOGY TO CIVIL ENGINEERING .....

Zhang Xingrong (44)

**Abstract** This paper describes the applications of the sound insulation technology to noise control in civil engineering. It especially introduces its design methods and effects for the fixed and movable barriers. The barriers ,which can reduce the noise sources of a pump ,a fan and a cooling tower ,have an evident effect with the indoor absorbing treatment.

**Keywords** sound insulation technology , civil engineering and movable barrier

## DYNAMIC CHARACTERISTIC ANALYSIS OF THE IMPEDANCE COMPOUND MUFFLER .....

Zhou Xinxiang (46)

**Abstract** An aerodynamic noise is confirmed to be the strongest of the noise from VW-0. 22/7-B air compressor. At entrance air holes of it an impedance compound muffler is fixed. In this paper ,a finite element dynamic calculation according to the muffler drawings and the relative parameters is conducted before the muffler is made ,so that we can learn preliminary dynamic behaviors. These can avoid making muffler blindly and having tests repeatedly ,which provides a new and effective way to design excellent mufflers.

**Keywords** impedance compound muffler , finite elements , dynamic characteristics , intrinsic frequency and vibration mode

## WATER ABSORBABILITY AND APPLICATION OF A NEW-TYPE COMPOST AMENDMENT .....

Gao Ding *et al* (48)

**Abstract** This paper studied the water absorbability and application of a new type compost amendment. The results showed that the balanced time of absorbing water of the amendment was 8h. When the proportion of CTB amendment was 40 % ~ 60 % ,the moisture content of sludge could be modified to be appropriate ,then compost processes could be completed successfully. CTB amendment was ideal for large-scale composting because of its strong water absorbability ,cheapness ,ability of deodorizing ,and the feature of being recyclical.

**Keywords** compost sludge , amendment , water absorbability and deodorization

## AN EFFECTIVE DISPOSAL METHOD OF SCRAPE TIRE—TIRE-REINFORCED SOIL STRUCTURE .....

Xiao Henglin *et al* (51)

**Abstract** The scrape tires not only occupied valuable space ,but also produced many environmental problems. It is an effective method to make use of scrape tires as reinforcement for construction of retaining walls and slopes. A design method of constructing a reinforced embankment is provided in this paper ,and several types of reinforcement models are compared. Furthermore ,the environmental and other indexes are assessed and the results show that it is feasible to construct a tire-reinforced structure.

**Keywords** tire , reinforcement , retaining wall , tire-reinforced embankment and backfill