

污泥好氧堆肥预处理混合破碎机实验研究

盛金良 朱 强 杨志强 王均铨

(同济大学机械工程学院, 上海 201804)

摘 要 针对污泥高温好氧堆肥技术对粒径和含水率的要求,研制开发出了污泥混合破碎机。该破碎机采用螺旋式布置弯刀,实现污泥和辅料(包括熟料和平菇渣)的混合、破碎和输送三重功能,并能连续作业。实验表明:通过调节污泥与辅料的混合比,可以满足堆肥所需的混合料粒径($<20\text{ mm}$)和含水率(60%左右)要求;采用 $V_{\text{熟}}:V_{\text{平}}=1:1$ 作辅料,破碎机污泥处理量小于 7 t/h 时,满足粒径和含水率要求所需的污泥/辅料体积比 R 为 $1:(2.5\sim3.5)$;分别采用平菇渣和熟料作辅料,结果表明,与污泥混合后都可以满足堆肥要求;平菇渣起到膨松作用,需要的量相对少。

关键词 破碎机 污泥 含水率 粒径

中图分类号 X705 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2010)02-0445-04

Experimental study on a sludge mixing and crushing machine used in aerobic composting

Sheng Jinliang Zhu Qiang Yang Zhiqiang Wang Juncheng

(School of Mechanical Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract A sludge mixing and crushing machine was developed to match the requirements of particle size and moisture in aerobic composting of municipal sewage sludge. Machetes of spiral layout were used to mix, crush and transport sludge and amendments (including mushroom residues and sludge compost) successively. Experimental data showed that mixture with right particle size (less than 20 mm) and moisture (about 60%) could be got by changing the mix ratio of sludge and amendments. The volumetric mix ratio (R) of sludge and amendments in the range from $1:2.5$ to 3.5 could meet the requirements when sludge productivity was less than 7 t/h . Experimental results showed that using mushroom residues or sludge compost as the amendments mixed with sludge, they both met the compost requirements while mushroom residues require a smaller amount because of its bulkiness.

Key words crusher; sludge; moisture; particle size

随着我国城镇化进程的加快,城市污水厂污泥产生量逐年递增,污泥处理处置已成为我国亟待解决的问题。目前我国污水厂污泥主要采用填埋处理,已经产生了诸多不良后果,如污染土壤和地下水、占用大量土地、堵塞污水管和导气管^[1]。污泥的干化和焚烧处理也因为能耗大,产生二恶英等有害气体而不被推广。近几年,开始研究高温好氧堆肥技术处理污泥,其原理是利用好氧嗜温菌、嗜热菌的作用,将污泥中有机物分解,杀灭传染病菌、寄生虫卵、病毒,制成有机肥。此技术可实现污泥的稳定化、无害化、资源化,符合我国可持续发展要求,也是我国未来污泥处置的发展方向^[2]。

高温好氧堆肥一般分为二个阶段,为高温堆肥阶段和后腐熟阶段^[2]。高温堆肥阶段分为升温期、高温期和降温期3个过程,均需在好氧通风的条件

下完成。氧的供应是影响发酵速率的主要因素,一般采用增加物料间孔隙和强制通风的方法来实现。其中,控制物料间的孔隙是关键因素之一。物料粒径在适宜范围内,提高物料间孔隙,可使氧气易于到达颗粒内部,有利于好氧发酵的进行。实验证明当混合破碎后的污泥混合料颗粒直径小于 20 mm 时,可确保混合料在发酵过程中处于良好的好氧状态。这与2008年上海市水务局颁布的城镇污水处理厂固态污泥高温好氧发酵处理基本技术规定相一致。

对于粘性污泥的混合与破碎,尚没有好的办法,

基金项目:上海市小企业创新基金(0905H132200)

收稿日期:2009-08-09; 修订日期:2009-12-17

作者简介:盛金良(1962~),男,副教授,研究方向:环卫机械关键技术。E-mail:shengjl@citiz.net

一般采用螺带混合机或搅拌混合机对新鲜污泥和添加物进行搅拌。污泥粘性较大,存在混合不均匀,大块污泥无法打碎,疏松度差的问题^[3]。通过分析污泥的特点和现有污泥混合破碎设备的优缺点,研制开发出了集混合、破碎、输送功能于一体的连续作业式混合破碎机。该破碎机能够满足粒径($<20\text{ mm}$)和含水率(60%左右)要求。

通过实验,提出了该破碎机输送量与功耗的计算公式,研究了污泥处理量、污泥/辅料混合体积比 R 、混合料粒径和含水率三者之间的关系。

1 材料与方法

1.1 实验装置

1.1.1 实验平台

实验平台为上海某污水处理厂污泥处理工程预处理车间,设备由上海同济远征环卫机械工程有限公司提供。

实验平台由污泥进料系统、辅料进料系统和污泥混合破碎机组成,其中污泥进料系统包括污泥给料机和污泥计量螺杆输送机;辅料进料系统包括辅料给料机和辅料带式输送机。具体实验平台见图 1。通过调频器调节污泥计量螺杆输送机和辅料给料机的电机转速,来控制污泥与辅料的进料量和二者的进料比,以保证混合料的含水率和破碎粒径。破碎后的混合料,经混合料带式输送机输送至发酵仓。

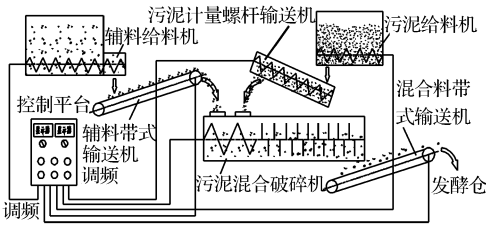


图 1 实验平台
Fig. 1 Experimental platform

1.1.2 污泥混合破碎机介绍

该破碎机结构上分为二段,强制传输段(长 1.5 m)和混合破碎段(长 3.5 m)。强制传输段采用螺旋叶片(叶片直径 400 mm,螺距 320 mm,厚度 8 mm),混合破碎段采用螺旋式布置弯刀(弯刀长 230 mm)。该弯刀为一种特殊设计的弯刀,弯刀有较长的刃口,末端向一侧翘起,工作时刀片以一定的速度旋转,形成对物料的铣削加工——切割、破碎及抛掷,被抛掷的物料一部分碰到罩壳后被进一步

破碎^[3]。图 2 为污泥混合破碎机结构简图。

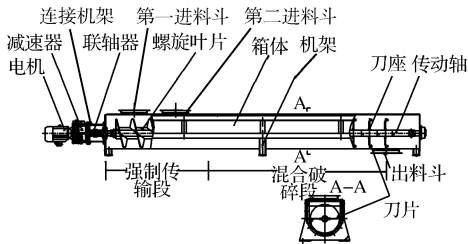


图 2 污泥混合破碎机结构简图
Fig. 2 Structure of the sludge mixing and crushing machine

该破碎机具有以下优点:(1)将混合破碎空间和传输空间分开,更好地实现传输过程中的混合破碎;(2)弯刀呈螺旋式离散布置,传输物料的同时对物料进行切割与抛掷,提高了混合破碎效果,避免了污泥的粘结结块。图 3 为该破碎机混合破碎段原理图。

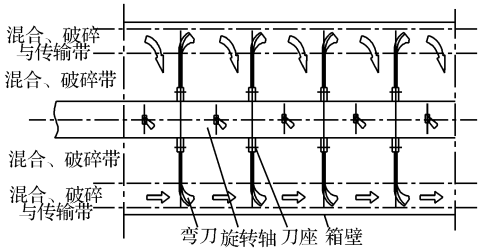


图 3 混合破碎段原理图
Fig. 3 Schematic diagram of mixing and crushing

1.2 实验用料

实验用污泥采用污水厂脱水污泥,辅料为熟料(后腐熟阶段完成后的物料)和平菇渣,见图 4。具体参数见表 1。

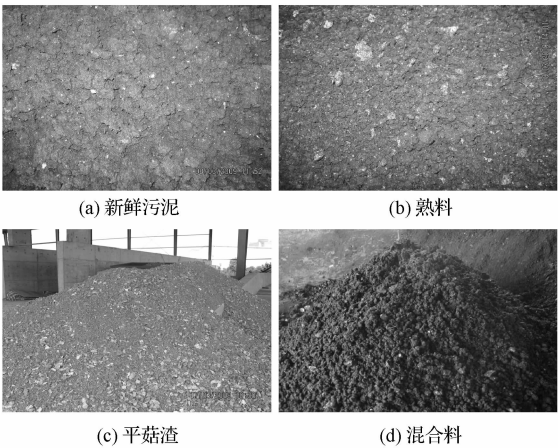


图 4 实验用料和混合料
Fig. 4 Experimental materials and mixture

表 1 实验用材料
Table 1 Experimental materials

项 目	含水率 (%)	密度 (kg/L)	粒径 (mm)
污 泥	82	1.12	
熟 料	43	0.56	2 ~ 10
平菇渣	56	0.27	2 ~ 12

1.3 测量方法

污泥计量螺杆输送机 and 辅料给料机上的电机频率可调,调频器(西门子 MM440)频率为手动调节,控制污泥和辅料的进料量,见图 1。对于一定的污泥和辅料进料量,在混合料带式输送机一端测得 1 min 的混合料重量 M_h 。然后在辅料带式输送机出口处放置引料挡板,测量 1 min 的辅料重量 M_f 。污泥 1 min 的进料重量 $M_w = M_h - M_f$ 。污泥和辅料密度已知(见表 1),可求得污泥 $V_{污}$ 与辅料 $V_{辅}$ 的混合体积比 $R = V_{污}/V_{辅}$ 。同时,对混合料取样经烘干炉(华威 ZYH-30)和天平(纪铭 JM-B5002)测量其含水率。

一组数据测完后,调节调频器改变污泥和辅料的进料量,再以上述方法测量下一组数据。为了保证污泥和辅料的连续进料,污泥和辅料被分别添加至污泥给料机和辅料给料机的料斗中,并保证料斗中一直有料。

1.4 实验过程

实验重点是研究破碎机的关键技术参数,实验过程分 3 个部分:(1)对应不同输送量,通过钳流表(胜利 VICTOR6056C)测量污泥混合破碎机的功率,研究该破碎机输送量与功耗的关系;(2)不同污泥处理量,混合料达到粒径和含水率要求所需的混合体积比 R ;(3)在前面的基础上,研究不同辅料下,同一污泥处理量,混合体积比 R 与破碎粒径和含水率的关系。

2 结果与讨论

2.1 输送量与功耗的关系

首先测量破碎机的空载功耗 $N_{空}$ (kW)。实际工作功耗 $N_{实}$ (kW) 等于不同输送量下电机功耗 M (kW) 与空载功耗之差,即: $N_{实} = M - N_{空}$ 。

破碎机强制传输段为螺旋叶片传输,混合破碎段刀片采用螺旋式离散布置,在高速转动下可视为螺旋带传输。下面以螺旋输送机的功率计算公式^[4]拟合该破碎机的工作功耗。

$$N_0 = \frac{Q}{367}(w_0 \cdot L \pm H)$$

其中:

- N_0 —旋转轴上所需功率(kW);
- Q —破碎机的输送量(t/h);
- w_0 —物料的阻力系数;
- L —破碎机水平投影长度(m);
- H —破碎机垂直投影高度(m)。

破碎机为水平放置,故 $H = 0$,破碎机实际传输长度 $L = 4.5$ m,通过曲线拟合,得到物料阻力系数 $w_0 = 3.5$,拟合曲线见图 5。

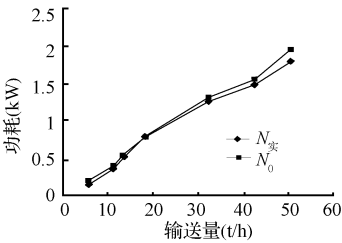


图 5 输送量与功耗曲线图
Fig. 5 Productivity and power consumption curves

2.2 不同污泥处理量对应的混合体积比

同一混合破碎区域内,随着污泥进料量的增加,污泥在传输过程中接触刀片的几率会减少。要达到满意粒径,必须加大辅料进料量,让污泥破碎后与辅料充分混合,降低粘性,不相互粘结在一起,提高破碎效果。图 6 为达到破碎粒径和含水率要求下不同污泥处理量对应的混合体积比 R ,其中辅料为熟料与平菇渣的混合料,体积比 $V_{熟}:V_{平} = 1:1$ 。

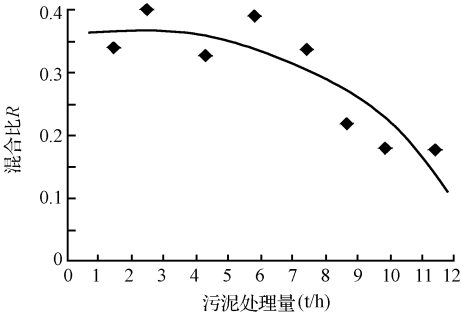


图 6 不同污泥处理量对应的混合比
Fig. 6 Corresponding mixing ratio of different sludge handling capacities

由图 6 可知,污泥处理量小于 7 t/h 时,混合料

达到粒径和含水率要求时,所需混合体积比 R 为 $1:2.5 \sim 3.5$,当污泥处理量大于 7 t/h 时,所需的辅料量迅速增加。

2.3 不同辅料下混合体积比与破碎粒径和含水率的关系

对于同一污泥处理量,分别采用平菇渣和熟料作辅料,测量不同混合体积比 R 对应的破碎粒径和含水率。

图 7 为污泥处理量为 5.9 t/h 时,不同辅料与污泥的混合体积比与粒径的关系。由图可知,平菇渣起到了很好的膨松作用,使混合料更疏松,粒径更小。实验测得,与熟料混合后的混合料含水率在 $55\% \sim 60\%$ 之间,与平菇渣混合后的混合料含水率在 $60\% \sim 65\%$ 之间,均可满足堆肥要求。

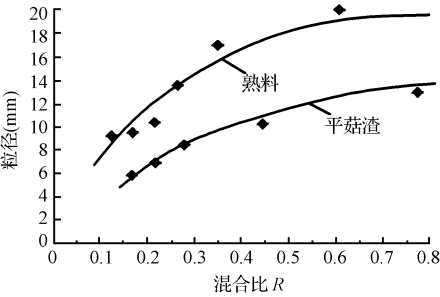


图 7 不同辅料下混合比与粒径的关系
Fig. 7 Relationship between mixing ratio and particle size with different amendment materials

3 结 论

(1)以螺旋输送机的功率计算公式拟合该破碎机的工作功耗,结果显示:当物料阻力系数 $w_0 = 3.5$ 时,拟合值与实测值吻合。

(2)该破碎机在污泥处理量小于 7 t/h 时,以 $V_{\text{熟}}:V_{\text{平}} = 1:1$ 做辅料,混合料达到粒径和含水率要求时所需的混合体积比 R 为 $1:2.5 \sim 3.5$,当污泥处理量大于 7 t/h 时,所需的辅料量迅速增加。所以,该破碎机的额定污泥处理量是 7 t/h 。

(3)熟料和平菇渣分别与污泥混合后的混合料均可满足堆肥要求。平菇渣具有很好的膨松作用,需要的量相对少。达到满意粒径,平菇渣混合料比熟料混合料含水率高。

(4)实际生产中,在熟料中添加一定量的平菇渣(或碎秸秆),起到膨松作用,还可以调节混合料的含水率。

参 考 文 献

[1] Nasr F. Treatment and reuse of sewage sludge. The Environmentalist, 1997, 17: 109 ~ 113
[2] 尹军,陈雷,王鹤立编著. 城市污水的资源再生及热能回收利用. 北京:化学工业出版社, 2003
[3] 盛金良,李宁,张文杰. 污泥破碎混合机. 中国实用新型专利:200820152256. 4, 2008-08-22
[4] 梁庚煌主编. 运输机械手册(第 2 册). 北京:化学工业出版社, 1983. 468 ~ 469