

## 污泥好氧堆肥的工程实践

作者: wmywzg

**简介:** 污水厂污泥因其独特的物性和特性一直较难处理,因此,污水厂通常将污泥浓缩脱水后直接外运填埋,以节省厂内运行费用,却形成了新的污染。为了解决这一问题,我们对处理规模为4.0万 m<sup>3</sup>/d的某污水处理厂的污泥处理过程进行了改造,增设好氧堆肥设施,使污泥在厂内经处理后达到稳定化、资源化利用的目标。 **关键词:** 污泥 好氧堆肥 工程实践

**关键字:** 污泥好氧堆肥 污水厂

### 前言

污水厂污泥因其独特的物性和特性一直较难处理,因此,污水厂通常将污泥浓缩脱水后直接外运填埋,以节省厂内运行费用。这一现象随着《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)的实施将被改变,该标准对污水厂污泥的处理提出了更高的要求,且提出了相应的标准,如下表1所示。对照此标准,目前大多数现有污水厂需增设污泥稳定化处理设施。

表1 污水厂污泥稳定化控制指标

稳定化方法	控制项目	控制指标
好氧堆肥	含水率 (%)	<65
	有机物降解率 (%)	>50
	蠕虫死亡率 (%)	>95
	粪大肠菌群菌值	>0.01
好氧消化	有机物降解率 (%)	>40
厌氧消化	有机物降解率 (%)	>40

某污水处理厂处理规模为4.0万 m<sup>3</sup>/d,为典型的城市生活污水处理厂,为满足GB18918-2002的要求,污水厂将进行改造,在污泥处理与处置过程增设好氧堆肥设施,使污泥在厂内经处理后达到稳定化、资源化利用的目标。

## 2 好氧堆肥工艺的原理及过程控制参数

### (1) 工艺原理

好氧堆肥是在有氧条件下,好氧细菌对废物进行吸收、氧化、分解。微生物通过自身的生命活动,把一部分被吸收的有机物氧化成简单的无机物,同时释放出可供微生物生长活动所需的能量,而另一部分有机物则被合成新的细胞质,使微生物不断生长繁殖,产生出更多的生物体的过程。在有机物生化降解的同时,伴有热量产生,因堆肥工艺中该热能不会全部散发到环境中,就必然造成堆肥物料的温度升高,这



样就会使一些不耐高温的微生物死亡，耐高温的细菌快速繁殖。生态动力学表明，好氧分解中发挥主要作用的是菌体硕大、性能活泼的嗜热细菌群。该菌群在大量氧分子存在下将有机物氧化分解，同时释放出大量的能量。据此好氧堆肥过程应伴随着两次升温，将其分成三个阶段：起始阶段、高温阶段和熟化阶段。

起始阶段：不耐高温的细菌分解有机物中易降解的碳水化合物、脂肪等，同时放出热量使温度上升，温度可达 15~40℃。

高温阶段：耐高温细菌迅速繁殖，在有氧条件下，大部分较难降解的蛋白质、纤维等继续被氧化分解，同时放出大量热能，使温度上升至 60~70℃。当有机物基本降解完，嗜热菌因缺乏养料而停止生长，产热随之停止。堆肥的温度逐渐下降，当温度稳定在 40℃，堆肥基本达到稳定，形成腐植质。

熟化阶段：冷却后的堆肥，一些新的微生物借助残余有机物（包括死后的细菌残体）而生长，将堆肥过程最终完成。

## （2）好氧堆肥的控制参数

机械化好氧堆肥过程的关键，就是如何选择和控制堆肥条件，促使微生物降解的过程能快速顺利进行，一般来说好氧堆肥要求控制的参数有：

### 供氧量

对于好氧堆肥而言，氧气是微生物赖以生存的物质条件，供氧不足会造成大量微生物死亡，使分解速度减慢；但供冷空气量过大又会使温度降低，尤其不利于耐高温菌的氧化分解过程，因此供氧量要适当，一般为 0.1~0.2m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.min，供氧方式是靠强制通风，因此保持物料间一定的空隙率很重要，物料颗粒太大使空隙率减小，颗粒太小其结构强度小，一旦受压会发生倾塌压缩而导致实际空隙减小。因此颗粒大小要适当，可视物料组成性质而定。

### 含水率

在堆肥工艺中，堆肥原料的含水率对发酵过程影响很大，水的作用一是溶解有机物，参与微生物的新陈代谢；二是可以调节堆肥温度，当温度过高时可通过水分的蒸发，带走一部分热量。水分太低妨碍微生物的繁殖，使分解速度缓慢，甚至导致分解反应停止。水分过高则会导致原料内部空隙被水充满，使空气量减少，造成向有机物供氧不足，形成厌氧状态。同时因过多的水分蒸发，而带走大部分热量，使堆肥过程达不到要求的高温阶段，抑制了高温菌的降解活性，最终影响堆肥的效果。实践证明堆肥原料的水分在 50~50% 为宜。

### 碳氮比

有机物被微生物分解的速度随碳氮比变化，微生物自身的碳氮比约为 4~30，因此用作其营养的有机物的碳氮比最好也在该范围内，当碳氮比在 10~25 时，有机物被生物分解速度最大。如果碳氮比过高，堆肥成品的比值也过高，即出现“氮饥饿”状态，施于土壤后，会夺取土壤中的氮，而影响作物生长。堆肥过程适宜的碳氮比应为 20~30。

### 碳磷比

磷对微生物的生长也有很大影响，城市污水处理厂的污泥含有丰富的磷，可满足微生物生长的需要，堆肥原料适宜的碳磷比为 75~150。

#### PH 值

PH 值是微生物生长的重要条件，在堆肥初期，由于酸性细菌的作用，PH 值降到 5.5~6.0，使堆肥物料呈酸性，而后由于以酸性物为养料细菌的生长和繁殖，会使 PH 值上升，堆肥过程结束后物料的 PH 值上升到 8.5~9.0。

### 3 污水厂好氧堆肥工艺简介

#### 工艺过程

在污水处理厂改造中，引进了日本的涡流加压混扎机（Eco Herds）高品质快速堆肥化系统。该系统将污泥和水分调整材料（稻壳、木屑、熟肥返回料）在密闭的装置中加压混轧，使污泥和水分调整材料均匀混合。原料加入涡流加压混轧机后，加压混轧时间（机器内停留时间）约 10 分钟左右，在此期间产生磨擦热后，原料温度达到 50℃左右，如此，使在 45℃以下具有活性的低温菌、中温菌、以及恶臭菌活性化。同时，促进发酵、分解的好氧高温菌增殖，使原料在恶臭难以产生的环境中实现快速堆肥处理。

#### 系统构造

Eco Herds 式高品质快速堆肥化系统的构造分二部分。

**原料部分：**由待处理原料一次储存的[原料料斗]、水分调整材料一次储存的[辅料料斗]以及熟肥返回料储存的[喂料料斗]构成。

#### 涡流加压混扎机（Eco Herds）主机

**输送部分：**由将[原料料斗]的原料定量供料的[供给输送装置]和供给返回料的[皮带式输送装置]构成。

原料供给量的调整、水分调整材料供给量的调整、以及熟肥返回料供给量的调整，都由控制面板按输入程序控制。异物混入时，异物检出机动作，装置全体自动停止运行。原料、辅料及返回料供给机中，如任何一个发生空仓状态时，全装置停止运行，同时控制面板警示灯亮灯示警，各供给机有原料投入时，自动启动并连续运行。

#### 工艺特点

Eco Herds 式高品质快速堆肥化系统的特点：

**1、为使原料、水分调整料、返回熟料混合进入机械的含水率达到 60~65%，各供给机的供给量须给予调整。**

原料的供给量由输入程序设定

水分调整的供给量由输入程序设定

返回熟料的供给量由输入程序设定

根据原料水分的变动，调整水分，可以通过增减返回熟料的供给量进行调整

由于水分调整料增减的调整，堆肥的成分会参差不齐，因此通过增减返回熟料的供给量进行调整，可使堆肥成分稳定化。

**2、Eco Herds 的处理（加压混轧）后排出的堆肥化物**，由自走式连续搅拌机在发酵槽内 20~25 天边搅拌边发酵，由自走式连续搅拌机进行的搅拌与迄今为止的搅拌机不同，是为了 Eco Herds 处理后，更进一步促进发酵而专门开发的装置。

Eco Herds 处理后的堆肥化物、原料的颗粒较小、颗粒表面附有裂痕，因此使得菌体易于进入并在短时间内进行分解。分解进行的同时，与分解相应的氧气供给是必须的，能否满足这一重要条件是稳定发酵所必须的。

自走式连续搅拌机组合而成的系统，实现了短时间内的稳定、完全发酵、熟化堆肥。

### 3、产品堆肥

使用粉碎的稻草能产生完成发酵、熟化的堆肥

由返回料进行水分调整，因此能产生成分稳定的堆肥

由于加压混轧，杂草的种子和病原菌被灭活，因此能产生安全的堆肥

氮、磷、钾的添加，可使产品根据耕种农业的要求生产出附加价值更高的堆肥。

### 4、污泥堆肥产品成分表

为验证好氧堆肥工艺对污水厂污泥的处理效果及堆肥后污泥的性质，采集了现有污泥的样本，进行了试验验证，经堆肥后的污泥成分检测如下表 2 所示。

表 2 厂现状污泥堆肥成分表

检测项目	单位	监测结果	计量方法（标准 JIS）
氮 N	%	2.89	肥料分析法 5.3.1.2
磷酸 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	4.10	肥料分析法 5.3.3
钾 K <sub>2</sub> O	%	1.04	肥料分析法 5.3.3
铜	mg/kg	162	肥料分析法 5.18.2

锌	mg/kg	353	肥料分析法 5.1.2
碳酸钙	%	2.56	肥料分析法 5.3.1.2
水分	%	33.1	肥料分析法 3.1.1

经评估，上表数据符合 JA（日本农业协会）的标准，可用于任何经济农作物。

#### 高品质快速堆肥化系统致臭物质测定

高品质快速堆肥化系统的环境质量可以达到相应的环境质量标准。其堆肥过程的致臭物质测定值（日本检测数据）如下表 3 所示：

表 3 污水厂污泥堆肥过程致臭物质分析

项目	日本规范、标准	原料堆放处	处理装置口	发酵槽	临界线
氨气	1~2ppm	0.3ppm	0.3ppm	0.2ppm	0.2ppm
甲硫醇	0.002~0.004ppm	0.0002ppm	0.0096ppm	<0.0001ppm	<0.0001ppm
硫化氢	0.02~0.06ppm	<0.005ppm	<0.005ppm	<0.0005ppm	<0.0005ppm
甲硫醚		0.0003ppm	0.015ppm	<0.0001ppm	<0.0001ppm
乙硫醚		0.0044ppm	0.060ppm	<0.0001ppm	<0.0003ppm
		室温 23.4℃ 湿度 49%	室温 22.7℃ 湿度 53%	室温 22.1℃ 湿度 52%	
测定方法：NH <sub>3</sub> —EPCN(Fe)铁吸光光度法      MeSH、H <sub>2</sub> S、Me <sub>2</sub> S、Me <sub>2</sub> S <sub>2</sub> —FPD 法					

从以上对堆肥过程环境气体质量的监测数据来看，本堆肥过程的环境空气质量完全可以满足我国的国家标准。