

# 新型动能干化系统用于污泥干化的中试研究

陆瑞榴<sup>1,2</sup>, 骆华强<sup>1</sup>

(1. 珠海杰思朗环保设备有限公司, 广东 珠海 519000; 2. 珠海威立雅水务污水处理  
管理有限公司, 广东 珠海 519000)

**摘要:** 介绍了新型动能干化系统的组成和工作原理, 分析了该系统的运行成本及产品特性。由于新系统是在低温条件下干化污泥, 污泥中的营养成分和可燃成分得到完整保留, 可最大化利用污泥中含有的资源。分析结果表明, 干化污泥具有较高的营养成分、可燃成分和热值含量, 可用作土壤改良剂或辅助燃料进行资源化利用。

**关键词:** 新型动能干化系统; 干化污泥; 营养成分; 可燃成分

**中图分类号:** X705 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)03-0107-03

## Performance of Innovative Kinetic Drying System for Sludge Drying in WWTP

LU Rui-liu<sup>1,2</sup>, LUO Hua-qiang<sup>1</sup>

(1. Zhuhai JCL Engineering Co. Ltd., Zhuhai 519000, China; 2. Veolia Water < Zhuhai >  
Wastewater Treatment Co. Ltd., Zhuhai 519000, China)

**Abstract:** The main composition and the working principle of an innovative kinetic drying system (KDS) were introduced, and the running cost of KDS and the characteristics of the drying products were analyzed. Because the new system was operated under low temperature conditions, the nutrients and combustible components in sludge were fully retained in order to make full use of the resources in sludge. The analysis results showed that the dried sludge had high nutrient content, combustible component and calorific value, which could be used as soil conditioner or auxiliary fuel.

**Key words:** innovative kinetic drying system; dried sludge; nutrient content; combustible component

去除城市污水厂污泥中的水分是实现污泥减量化、无害化、资源化的关键环节<sup>[1,2]</sup>。经深度脱水和干化处理后, 污泥的粘度和不稳定性得到了显著改善, 最大程度上实现了污泥减容, 从而降低了污泥的最终处置成本。同时, 干化处理可使污泥中的细菌、病原体等得到灭活, 避免了污泥在富水条件下腐败产生恶臭等二次污染, 有利于污泥资源化利用。

### 1 新型动能干化系统的组成和工作原理

某公司在珠海某污水厂安装了一套新型动能干化系统(见图1), 用于机械脱水污泥的干化处理。该系统由污泥进料贮存斗、污泥进料泵、双螺旋混合器、波浪形楔子输送带、驱动电机、破碎干化单元、旋

风分离器、产物收集器和湿式除尘器等组成。湿污泥先与一定比例干污泥在双螺旋搅拌器内充分混合, 随后进入破碎干化单元进行处理。

新型动能干化系统是一种耦合了机械高速搅拌、剪切作用和低温、微负压干化于一体的用于块状原料破碎干化的装置。在动能干化系统核心单元中, 持续高速旋转的搅拌刀片产生的剪切力和离心力, 加上块状污泥之间剧烈碰撞和摩擦, 湿污泥很快破碎成颗粒污泥。在以上外力的持续作用下, 加上颗粒污泥自身产生的热能, 颗粒污泥比表面积不断增大以及微负压等有利因素, 污泥中的水分实现快速蒸发。动能干化系统的最终产品为含水率 <

20%、无臭味、细小的污泥粉末。污泥干化的热能来自外力做功,而不是通过加热产生,这使得动能干化系统的运行能耗比常规热干化设备低很多。据相关文献报道,动能干化系统比转鼓干燥器能耗减少70%左右。

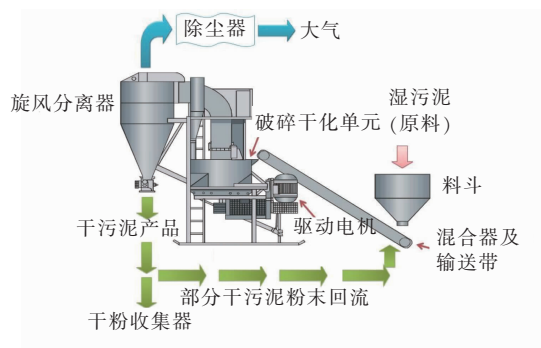


图1 新型动能干化系统示意

Fig.1 Schematic diagram of an innovative kinetic drying system for sludge drying

## 2 新型动能干化系统中试方案

动能干化系统处理对象是不设初沉池污水厂机械脱水后的湿污泥(含水率>80%),具体运行方案如下:方案1~5的湿污泥进料速度分别为200、200、170、170、240 kg/h,对应的干化时间分别为180、180、150、120、120 min。每组平行试验都定时采集污泥样品,记录监测数据。

污泥干化系统运行过程中监测项目包括污泥进出料速度、破碎干化单元温度、系统运行电耗量;污泥处置前后指标分析包括含水率(WC)、挥发分(VM)、灰分(AC)、固定碳(FC)、每克干污泥含有总大肠菌群数、污泥颗粒粒径与分布以及污泥中碳、氢、氮、磷主要营养元素含量,同时对污泥的热值也进行了分析。

## 3 新型动能干化系统中试运行结果

新型动能干化系统经调试后可连续稳定运行,污泥进料量(含返料)为440~620 kg/h,湿污泥进料量保持在140~170 kg/h,24 h连续运行可处理近4 t湿污泥。

### 3.1 污泥破碎性能分析

在破碎干化单元中,刀片高速旋转产生的剪切力可使污泥快速破碎。破碎污泥颗粒通过旋风分离器逐级分离并输送到干粉收集器中。经分析湿污泥粒径分布在几微米到700 μm之间,经干化处理后,干污泥的粒径分布在100~150 μm之间,具体破碎

效果如表1所示。

表1 不同工况下污泥干化系统破碎污泥的效果

Tab.1 Sludge crushing by KDS under different conditions

项 目	湿污泥粒径/ $\mu\text{m}$	干污泥粒径/ $\mu\text{m}$	破碎率/%	脱水率/%	单位脱水能耗/ $(\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1})$
方案1	165	77	53.3	95.6	2 263.5
方案2	210	122	41.9	95.6	2 179.3
方案3	236	102	56.8	97.3	2 014.1
方案4	189	111	41.3	96.2	2 372.3
方案5	180	105	41.7	95.7	2 018.7

注: 数值均为平均值;破碎率=(湿污泥粒径-干污泥粒径)/湿污泥粒径 $\times 100\%$ 。

含水率在80%以上的湿污泥经动能干化系统处理后含水率降至20%以下,脱水率>95%。

### 3.2 运行能耗比较

干化设备运行能耗是污泥干化工艺选型的重要因素。一般而言,去除单位水分所消耗能量是反映热能干化设备优劣的重要指标,转鼓干燥器去除单位水分的能耗一般为3 200~3 500 kJ/kg、带式热干燥器去除单位水分的能耗一般为3 200 kJ/kg、旋转盘式热干燥器去除单位水分的能耗一般为2 700 kJ/kg、流化床干化器去除单位水分的能耗一般为2 800 kJ/kg。该动能干化系统每去除污泥中1 kg水分需要热能为2 014~2 372 kJ,平均值为2 170 kJ,表明该动能干化系统运行能耗小,是一种节能、高效的污泥干化工艺。

### 3.3 破碎干化单元运行温度

动能干化系统破碎干化单元的温度保持在55~60℃之间,污泥干化热能是来自刀片高速旋转撞击及颗粒之间的剧烈碰撞作用。动能干化系统在低温条件下运行,污泥干化产物几乎完好保留了污泥含有的营养物质与可燃成分,对设备性能和日常操作、维护管理等级及要求不高,运行时不会产生挥发性有机物、二噁英和臭气等二次污染物,可防止粉尘爆炸或火灾事故的发生,工作环境安全、健康。

### 3.4 污泥干化产物的营养物质与热值分析

干化后的污泥一般可用作土壤改良剂或辅助燃料进行能量回收。动能干化系统属于低温干化,经处理后污泥中仍保留着大部分营养物质和可燃成分。干化污泥的营养物质和可燃成分含量的定量分析结果如表2所示,可为后续干化污泥的综合利用提供参考。由表2可知,挥发分和灰分是干化污泥的主要成分,固定碳含量较少;氮、磷含量合计超过

5% ,超过污泥用作堆肥和土壤改良剂的营养标准 (氮、磷、钾含量大于 4% ,以干质量计)。

表 2 干化污泥的营养物质和可燃成分含量

Tab. 2 Nutrients contents and combustible components in dried sludge

项 目	工业分析/%				元素分析/%					C/N 值	C/H 值	热值/ (kJ · kg <sup>-1</sup> )
	WC	VM	AC	FC	C	H	N	P	S			
方案 1	18.7	30.6	45.0	5.8	17.5	3.7	3.2	2.9	0.6	5.5	4.7	6 665
方案 2	20.0	31.2	44.0	4.7	20.0	4.5	3.5	3.0	0.7	5.7	4.4	6 856
方案 3	23.1	33.0	38.9	5.0	19.6	5.7	3.6	3.1	0.7	5.4	3.4	7 705
方案 4	25.1	32.6	38.2	4.1	19.8	6.3	3.7	3.2	0.7	5.4	3.1	7 754
方案 5	22.7	33.8	39.1	4.3	21.7	5.7	4.1	3.4	0.7	5.3	3.8	8 721
平均值	21.9 ± 2.56	32.2 ± 1.31	41.0 ± 3.20	4.8 ± 0.67	19.7 ± 1.50	5.2 ± 1.05	3.6 ± 0.33	3.1 ± 0.19	0.7 ± 0.04	5.5 ± 0.16	3.9 ± 0.67	7 540 ± 822

3.5 污泥中细菌灭活性能评价

为分析干化后污泥的细菌含量,测定了细菌指示指标总大肠菌群数。结果显示单位湿污泥中总大肠菌群数在(6.4 ~ 9.7) × 10<sup>5</sup> 个/g 之间,经处理后总大肠菌群数 < 23 个/g,灭活率达到了 99.99% 以上。总大肠菌群数灭活主要是因为破碎干化单元的温度持续在 55 ~ 60 ℃ 之间,在该温度和固体停留时间条件下,大部分细菌失去活性,另外机械力对细菌失活也起到一定作用。美国有关生物固体中有机质的回收利用法规规定,A 级生物固体中总大肠菌群数不大于 1 000 个/g,该动能干化系统产物的总大肠菌群数为 23 个/g,可作为 A 级生物固体。

4 结论

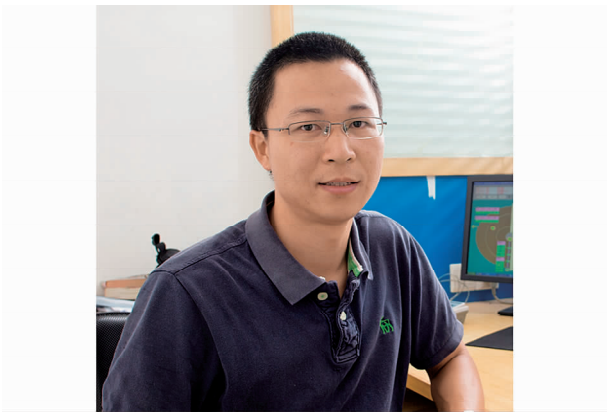
① 新型动能干化系统连续稳定运行,处理湿污泥量约为 4 t/d。干化污泥平均粒径范围为 77 ~ 122 μm,含水率在 16% ~ 20% 之间,破碎和干化效率分别达到 40% 和 95% 以上。干化污泥为细小、干燥的粉末,基本无病原体和臭味,杀菌效率达到 99.99% 以上。动能干化系统具有运行能耗低的优点,单位能耗只需约 2 000 kJ/kg,相比其他热能干化技术节能优势明显。

② 由于是在低温条件下干化污泥,污泥中的营养成分和可燃成分得到完整保留,可最大化利用污泥中含有的资源。分析结果表明,干化污泥具有

较高的营养成分、可燃成分和热值含量,可用作土壤改良剂或辅助燃料进行资源化利用。

参考文献:

[1] 靖丹枫,耿震. 石化污泥干化焚烧工程设计[J]. 中国给水排水,2015,31(18):61-63.  
[2] 胡中意. 苏州工业园区污泥干化焚烧系统工艺设计[J]. 中国给水排水,2015,31(12):88-90.



作者简介:陆瑞榴(1981 - ), 男, 广东珠海人, 硕士, 工程师, 研究方向为环境污染治理。

E-mail:jasonlu@vwzhuhai.com

收稿日期:2016-07-13