

张 栋,王三反. 新型污泥干化技术综述[J]. 江苏农业科学,2013,41(7):337-339.

# 新型污泥干化技术综述

张 栋,王三反

(兰州交通大学寒旱地区水资源综合利用教育部工程研究中心,甘肃兰州 730070)

**摘要:**污泥无害化、减量化、资源化是当今污泥处理的主题,但污泥含水率过高问题制约着污泥处理技术的发展。介绍了太阳能干化技术、微波干化技术、热液干化技术等污泥干化技术,并对新型污泥干化技术进行了探讨。

**关键词:**污泥处理;太阳能干化;微波干化;热液干化

**中图分类号:** X703.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)07-0337-02

随着社会经济的发展,环境问题特别是水环境问题日益突出。水资源的日益紧张大大促进了水处理技术的发展。然而,在水处理技术不断发展成熟的过程中,伴生出许多二次污染问题,污泥处理就是其中主要问题之一<sup>[1]</sup>。2007年欧盟污泥排放量达1 000万 t<sup>[2]</sup>;2010年美国污泥排放量约820万 t<sup>[3]</sup>;据2010年底统计,当年我国污泥产量接近6 388万 t<sup>[4]</sup>。

污泥中含有大量有机物,因此从能源角度来讲,污泥是潜在的可再生能源。高旭等对重庆市某城市污水处理厂的污泥进行了热值测定,结果表明,各工艺段的干燥污泥热值均在12 kJ/g以上,接近右江褐煤水平<sup>[5]</sup>。然而,传统污泥处理工艺如填埋法、污泥消化、土壤改良等<sup>[6]</sup>,因污泥含水率过高等问题,无法有效利用污泥资源,在一定程度上造成了能源浪费。不仅如此,由于污泥中一般含有许多有毒有害物质,使得污泥填埋技术存在潜在危害,尤其是重金属危害,如汞、铜、铬等元素会随降水等过程深入土壤和地下水中,造成二次污染<sup>[7]</sup>。因此,如何实现污泥无害化、资源化处理成为污泥处理的主要研究方向。目前污泥处理的最大问题是其含水率高,无论是作为污泥燃料还是焚烧,污泥热值大部分或全部被消耗在水分蒸发上,无法实现污泥利用,甚至还需要额外能量用于焚烧污泥。因此污泥干化就成为污泥处理的主要技术问题。本研究探讨了新型污泥干化技术,分析各种技术的利弊,旨在为新型污泥干化技术实际应用提供参考。

## 1 太阳能干化技术

### 1.1 太阳能干化技术的基本原理

太阳能作为一种清洁能源,在多个领域得到广泛应用。太阳能干化技术是利用太阳能来蒸发污泥中水分,以实现降低污泥含水率,达到有效利用污泥的目的。太阳光中可利用的辐射波波长主要集中在0.2~0.3 μm,是短波辐射。由于玻璃、塑料薄膜对于3 μm以下的辐射线有较好的透过能力,因此太阳光射线可以通过玻璃、塑料薄膜等透明材料。太阳光射线到达吸热板、污泥或空气,转化成热能,同时发射出波长为3~30 μm的远红外线。由于远红外线波长较长,因此

不能透过玻璃、塑料薄膜,由此形成温室效应,使得室内温度不断升高,达到烘干污泥的效果<sup>[8]</sup>。

### 1.2 太阳能干化技术的相关研究

太阳能干化技术由于能耗低、经济性好等特点,具有良好的市场应用前景<sup>[9]</sup>。图1是太阳能干化装置<sup>[9]</sup>。Mathiodakis等研究发现,使用聚碳酸酯(PC)的干化箱干化污泥,干化箱底部铺有碎石,并用太阳能热水器加热的热水循环,干化箱内部有换气扇通风,同时带走污泥表面水分。在夏季,受到温室效应影响,干化箱温度可达35~60℃,远高于室外温度,而干化箱内外湿度却基本相同,在该干燥箱内将污泥含水率由85%降至6%需要7~12 d,污泥体积减少80%~85%<sup>[10]</sup>。在希腊克里特岛的太阳能干化场的研究中,其初期建设费用与其他污泥处理工艺相差不多,但运行费用却远低于其他工艺,仅为其他工艺的三分之一<sup>[11]</sup>。此外,太阳能干化技术常与其他干化技术联合使用,以增强干化效果,提高污泥脱水率。

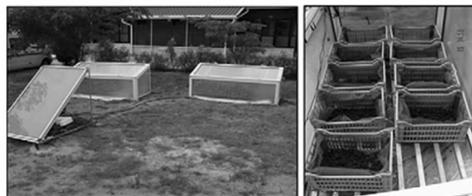


图1 太阳能干化装置

### 1.3 太阳能干化技术的特点

太阳能干化具有节能,充分利用可再生能源,设备制造工艺术相对成熟,技术要求相对较低,便于大规模推广使用,易于建设等优点。但太阳能干化效率较低,干化时间长,因此导致占地面积大,同时易造成污泥内部的厌氧消化,产生恶臭气体,以上因素制约了太阳能干化技术的推广应用。

## 2 微波干化热解技术

### 2.1 微波干化热解技术的基本原理

微波干化技术是利用微波技术对污泥进行处理,微波是指频率为300 MHz~300 kHz的电波。当微波到达污泥表面时,污泥中水分子等极性分子会随着微波高频电场的快速变化而急速旋转,分子间相互摩擦产生热能。这种热能在污泥表面和内部同时产生,因此微波可以使污泥温度迅速升高。

收稿日期:2013-01-16

作者简介:张 栋(1989—),男,内蒙古呼和浩特人,硕士研究生,主要从事水污染控制工程研究。E-mail:zhd1130@qq.com.

通信作者:王三反,教授。E-mail:sfwang1612@126.com.

## 2.2 微波干化热解技术的相关研究

污泥中有许多水分子附着在污泥有机物表面,因此单纯机械脱水不能有效降低污泥含水率<sup>[12]</sup>。虽然微波能量不足以破坏化学键,但可以破坏能量相对较低的氢键,从而改变其结构<sup>[13]</sup>。采用微波技术,不仅能快速提高污泥干化温度,同时能够在高温下使污泥裂解,释放出结合水。同时,微波加热效率非常高,可以在90 s内使污泥温度迅速升高至200 ℃<sup>[14]</sup>。微波干化技术不仅可以在高温下使污泥迅速脱水,更重要的是能在短时间内使污泥温度达到1 000 ℃,实现污泥热解<sup>[15]</sup>。经过热解,污泥体积可以减少到原来的20%左右,实现污泥减量化<sup>[14]</sup>。污泥热解过程中,污泥中大分子有机机会转化为分子较小的易被生物降解的物质,有利于后续处理<sup>[12]</sup>。此外,将污泥与一些添加剂共同热解,不仅能提高污泥热解效率,而且其产物是性能良好的生物吸附质,可以作为其他处理工艺的吸附材料<sup>[16]</sup>。而对于含重金属的工业污泥,微波稳定处理也同样具有广阔应用前景。通过微波稳定处理,向含重金属的污泥中投加铝粉等稳定剂,500 ℃下可使其对重金属有较好的稳定效果,尤其是铜的稳定效果较好,并且通过毒性浸出试验,证明其具有很好的稳定性<sup>[17]</sup>。

## 2.3 微波干化热解技术特点

随着微波技术的发展,微波发生装置已经可以实现工业化生产,并且其容量也在不断增大,这使得微波干化热解技术工业化成为可能。通过微波干化热解的污泥易于后续处理,用途广泛。微波干化热解技术具有高效、低能耗等特点,具有良好的应用前景。

## 3 污泥热液干化技术

### 3.1 污泥热液干化技术的基本原理

热液干化技术是通过高温高压的热蒸汽接触污泥瞬间发生液化反应,释放出大量热能,从而破坏污泥内部结构,使污泥菌胶团的细胞结构变性。经过进一步脱水,大幅提高污泥脱水率,使污泥体积大幅下降。

### 3.2 污泥热液干化技术的相关研究

污泥内部吸附结合水的去除效率直接关系到污泥脱水效果,污泥的深度脱水主要是去除污泥内部的吸附结合水<sup>[18]</sup>。热液干化技术正是利用高温热蒸汽的液化放热,在极短时间内放出大量热量,破坏污泥内部结构,从而使污泥吸附结合的水得以脱除。Jiang等研究发现,将污泥在温度190 ℃、压力2 MPa的热蒸汽条件下反应30 min,通过24 h自然干化,污泥含水率可以降低到20%以下。虽然污泥内的有机物有所变化,但污泥热值并没有减少,仍可达到2 000 kcal/kg以上,可以作为生物燃料加以利用<sup>[19]</sup>。Park等研究表明,将污泥在200 ℃下用热液干化20 min,其含水率下降10%,而碳含量和热值分别增加6.6%和25%<sup>[20]</sup>。

### 3.3 污泥热液干化技术特点

污泥热液干化技术的干化效率极高,且脱水效果好,能破坏污泥内部结构,同时能将大分子有机物转化成小分子、易降解的有机物。污泥中致病菌也在干化时被消除,实现污泥无害化。但污泥热液干化技术对设备要求较高,高温高压条件下才能进行反应,使成本大幅增加,普通废热难以被利用,同时对运行过程中的安全性提出了更高要求。

## 4 其他污泥干化技术

除上述介绍的污泥干化技术之外,还有一些其他污泥干化技术。其中利用电渗析进行污泥干化脱水也是一种新型污泥干化技术,该技术是利用电渗析原理,利用机械挤压脱除水分,在电场力作用下带电污泥被吸引在容器内,从而提高脱水效率。将电渗析干化技术与传统机械脱水技术联合使用,可将污泥含水率由单纯机械脱水时的80%减少到60%<sup>[21-22]</sup>。将污泥、煤、添加剂、水配制成水煤浆,可用于锅炉等装置作为燃料,具有良好的热值和较高的火焰温度<sup>[4,23-24]</sup>。

## 5 结语

利用污泥干化技术可使污泥体积大幅减少,便于运输,而且污泥可被应用于燃料等方面,不仅实现了污泥减量化,同时实现了资源化。太阳能干化技术的基建和运营费用低,仅为其他工艺的三分之一,但干化时间长,占地面积大,产生恶臭气体。微波干化技术的干化效率高,时间短,对重金属有一定稳定作用,但所用设备复杂,不能连续运行。热液干化技术能破坏污泥内部结构,因而仅通过晾晒就能使污泥含水率降到20%以下,但热液干化能耗高,容器制造技术要求复杂。

不同污泥干化技术的联合使用能够更好地实现污泥干化,实现污泥的资源化利用,将微波干化、热液干化等技术与太阳能干化技术结合使用,不仅可以缩短干化时间,并且可以减少干化场占地面积。太阳能干化技术虽然占地面积大,但运行费用低,能源消耗少,具有较高的研究价值。热液干化技术条件要求较为严格,但可以利用热电厂的废热进行干化,其产品可作为燃料利用。

## 参考文献:

- [1] Hong J L, Hong J M, Otaki M, et al. Environmental and economic life cycle assessment for sewage sludge treatment processes in Japan[J]. Waste Management, 2009, 29(2): 696-703.
- [2] Carbonell G, Pro J, Gómez N, et al. Sewage sludge applied to agricultural soil: Ecotoxicological effects on representative soil organisms[J]. Ecotoxicology and Environment Safety, 2009, 72(4): 1309-1319.
- [3] Jiang J Q, Zhao Q L, Zhang J N, et al. Electricity generation from bio-treatment of sewage sludge with microbial fuel cell[J]. Bioresource Technology, 2009, 100(23): 5808-5812.
- [4] Wang R K, Liu J Z, Yu Y J, et al. The slurring properties of coal water slurries containing raw sewage sludge[J]. Energy Fuels, 2011, 25(2): 747-752.
- [5] 高旭, 马蜀, 郭劲松, 等. 城市污水厂污水污泥的热值测定分析方法研究[J]. 环境工程学报, 2009, 3(11): 1938-1942.
- [6] Fytily D, Zabaniotou A. Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods - A review[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2008, 12(1): 116-140.
- [7] Emmerich W E, Lund L J, Page A L, et al. Movement of heavy metals in sewage sludge - treated soils[J]. Journal of Environment Quality, 1982, 11(2): 174-178.
- [8] 饶宾期, 曹黎. 太阳能热泵污泥干燥技术[J]. 农业工程学报, 2012, 28(5): 184-188.
- [9] Bennamoun L. Solar drying of wastewater sludge: A review[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012, 16(1): 1061-1073.

陈燕丽,钟仕全,莫建飞,等. HJ-1 星水稻生育期长势动态监测研究[J]. 江苏农业科学,2013,41(7):339-342.

# HJ-1 星水稻生育期长势动态监测研究

陈燕丽<sup>1,2,3</sup>, 钟仕全<sup>1,2,3</sup>, 莫建飞<sup>1,2,3</sup>, 王君华<sup>1,2,3</sup>, 莫伟华<sup>1,2,3</sup>, 王莹<sup>1,2</sup>

(1. 广西壮族自治区气象减灾研究所,广西南宁 530022; 2. 国家卫星气象中心遥感应用试验基地,广西南宁 530022;

3. 气象 GIS 应用联合实验室,广西南宁 530022)

**摘要:**利用环境减灾卫星(HJ 星)CCD 多光谱数据提取水稻种植面积,采用全区、样方 2 种尺度对水稻生育期间遥感植被指数进行动态监测,分析监测区水稻长势分布状况。利用 2009—2011 年 3 年水稻监测结果,结合农情资料,分析水稻生育期 NDVI 变化规律,为建立水稻生育期定量遥感监测模型奠定基础。

**关键词:**水稻;HJ-1 星;长势;遥感监测

**中图分类号:** TP75 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)07-0339-04

我国“环境一号”卫星 A、B 星(简称 HJ-1A、HJ-1B 卫星)于 2008 年 9 月 6 日成功发射。其中,HJ-1A 星搭载有 4 个波段 30 m 分辨率的 CCD 相机和 115 个波段 100 m 分辨率的 HIS(高光谱成像仪),HJ-1B 星搭载有 4 个波段 30 m 分辨率的 CCD 相机和 4 个波段 150 m 分辨率的 IRS(红外多光谱相机),回归周期均为 4 d。利用环境一号卫星科学、快速地进行作物识别、作物长势监测,定量分析农业信息,对政府

进行农业决策具有重要意义。

应用遥感技术为农业服务是当前农业高新技术产业化中最前沿的领域之一。通过分析遥感影像的光谱特征进行作物识别是一种普遍而有效的方法,目前应用该技术已在多种农作物识别上取得成效<sup>[1-4]</sup>。作物长势监测是农作物遥感的重要研究领域,对水稻长势遥感监测的研究也取得了一系列研究成果。陈建军等利用 2010 年 MODIS 数据对江西省水稻长势遥感监测指标进行了研究,提取了 4 种植被指数作为遥感参数,利用地面实测数据进行精度分析确定了增强植被指数 EVI 作为水稻长势的监测指标<sup>[5]</sup>。张有智选择黑龙江省泰来县为试验样区,利用环境减灾卫星数据,结合遥感、地理信息系统和全球定位系统技术手段对水稻种植面积进行监测并分析水稻抽穗期的长势情况<sup>[6]</sup>。郑小波等用 GIS 技术分离提取贵州高原上大坝子的地理信息,选择其中栽培水稻的大坝子

收稿日期:2012-12-22

基金项目:广西科技成果推广与应用示范项目(编号:桂科攻 10100004-6);广西自然科学基金(编号:2011GXNSFA018098);广西农业重点科技计划(编号:200702)。

作者简介:陈燕丽(1982—),女,广西柳州人,硕士,工程师,主要从事生态气象与遥感应用研究。Tel:(0771)5882822;E-mail:cyl0505@sina.com。

- [10] Mathioudakis V L, Kapagiannidis A G, Athanasoulia E, et al. Extended dewatering of sewage sludge in solar drying plants[J]. Desalination, 2009, 248(1/3): 733-739.
- [11] Kalderis D, Aivalioti M, Gidararakos E. Options for sustainable sewage sludge management in small wastewater treatment plants on islands: The case of Crete[J]. Desalination, 2010, 260(1/3): 211-217.
- [12] Wojciechowska E. Application of microwaves for sewage sludge conditioning[J]. Water Research, 2005, 39(19): 4749-4754.
- [13] Ponne C T, Bartels P V. Interaction of electromagnetic energy with biological material - relation to food processing[J]. Radiation Physics and Chemistry, 1995, 45(4): 591-607.
- [14] Menéndez J A, Inguanzo M, Pis J J. Microwave - induced pyrolysis of sewage sludge[J]. Water Research, 2002, 36(13): 3261-3264.
- [15] Menéndez J A, Domínguez A, Inguanzo M, et al. Microwave - induced drying, pyrolysis and gasification (MWDPG) of sewage sludge; Vitrification of the solid residue[J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2005, 74(1/2): 406-412.
- [16] Lin Q H, Cheng H, Chen G Y. Preparation and characterization of carbonaceous adsorbents from sewage sludge using a pilot - scale microwave heating equipment[J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2012, 93: 113-119.

- [17] Hsieh C H, Lo S L, Chiueh P T, et al. Microwave enhanced stabilization of heavy metal sludge[J]. Journal of Hazardous Materials, 2007, 139(1): 160-166.
- [18] Tomoaki N, Yoshiaki M, Ryoosuke Y, et al. Hydrothermal treatment of dewatered sewage sludge cake for solid fuel production[J]. Journal of Environment Engineering, 2009, 4(1): 68-77.
- [19] Jiang Z L, Meng D W, Mu H Y, et al. Study on the hydrothermal drying technology of sewage sludge[J]. Science China, 2010, 53(1): 160-163.
- [20] Park S J, Bae J S, Lee D W, et al. Effects of hydrothermally pretreated sewage sludge on the stability and dispersibility of slurry fuel using pulverized coal[J]. Energy Fuels, 2011, 25(9): 3934-3939.
- [21] 卢宁, 文一波, 魏娟娟. 污泥的电渗透脱水技术研究进展[J]. 环境科学与管理, 2010, 35(3): 85-87, 95.
- [22] Mahmoud A, Olivier J, Vaxelaire J, et al. Electrical field: A historical review of its application and contributions in wastewater sludge dewatering[J]. Water Research, 2010, 44(8): 2381-2407.
- [23] Li W D, Li W F, Liu H F. Effects of sewage sludge on rheological characteristics of coal - water slurry[J]. Fuel, 2010, 89(9): 2505-2510.
- [24] 胡勤海, 孟媛媛, 朱建航, 等. 污泥水煤浆在 3.2 MW 卧式锅炉中的燃烧特性研究[J]. 环境科学学报, 2011, 31(2): 401-406.