

微波技术在污水处理中的应用

谭艳来, 黄力彦, 罗晓栋, 李诗瑶, 姚创, 岳建雄

(广东省工程技术研究所, 广东省水环境污染控制重点实验室, 广东广州 510440)

摘要 针对污水及污泥处理行业研究及应用的一些微波水处理设备, 从微波穿透深度上, 对方形水池循环式、圆形水罐搅拌式及管道式 3 种微波水处理内部结构进行优劣比较, 并提出了改进建议。

关键词 微波; 穿透深度; 微波水处理设备; 污水处理

中图分类号 S181; X52 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)31-0088-01

Application of Microwave Technology in Sewage Treatment

TAN Yan-lai, HUANG Li-yan, LUO Xiao-dong et al (Guangdong Research Institute of Engineering Technology, Guangdong Key Laboratory of Water Pollution, Guangzhou, Guangdong 510440)

Abstract According to some microwave water treatment equipments in the research on sewage and sludge treatment industry, the advantages and disadvantages of three internal structures of microwave water treatment were compared from the aspect of microwave penetration depth, including square circulation circulating, circular tank agitator and pipeline. Finally suggestions were put forward.

Key words Microwave; Penetration depth; Microwave water treatment equipment; Sewage treatment

随着我国污水处理行业的快速发展, 微波技术在环保水处理行业的研究与应用成为热点, 目前已开发出多种微波水处理设备。部分微波水处理设备研究及应用结果显示, 微波水处理设备的处理量为 $1 \sim 10\,000\text{ m}^3$, 处理后能够实现达标排放, 并具有能耗低、占地小、设备维护方便、运行稳定等特点。笔者结合国内同行研究成果, 针对微波水处理设备设计忽略微波穿透力的问题, 提出了改进建议, 以期利用微波技术进行污水处理及污泥处理的研究提供参考。

1 微波技术的发展

微波是指波长为 $0.01 \sim 1.00\text{ mm}$, 频率为 $300 \sim 300\,000\text{ MHz}$ 的电磁波。1936 年美国贝尔研究所(BTL)的 Southworth 宣布波导传输试验成功, 奠定了微波技术的理论基础^[1]。1941 年初, 厘米波脉冲雷达在美国诞生, 标志着微波技术工业化应用的开始。1946 年微波应用于射天文学、微波波普学、量子电子学、微波能利用及微波医学等方面。1964 年, 微波应用于卫星通信及卫星广播领域。1973 年, 我国成功研制 915 和 $2\,450\text{ MHz}$ 2 个频率磁控管(微波管), 供工业化生产使用, 最早应用的领域是医疗和家用电器, 使用的微波管频率为 $2\,450\text{ MHz}$ 。

经过几十年的发展, 微波技术已广泛应用于军工、通信、医学、化学、化工、食品、皮革、环保等领域, 促进了工业的快速发展, 同时也给人们的生活带来了便捷。

2 微波的穿透力

微波的穿透力(穿透深度)就是电磁波穿入到介质内部的能力^[2]。电磁波从介质表面进入并在其内部传播时, 由于能量不断被吸收并转化为热能, 其所携带的能量就随着深入介质表面的距离, 以指数形式衰减。由于不同介质对微波能的吸收衰减能力不同, 衰减状态决定着微波对介质的穿透

能力。

以民用工业中常用的 $2\,450\text{ MHz}$ 微波频率为例, Hong 等^[3]研究显示, 微波在空气中的穿透深度为 12.20 cm ; 在自来水中的穿透深度为 2.16 cm ; 在初沉污泥的穿透深度为 1.73 cm ; 在剩余活性污泥中的穿透深度为 1.11 cm 。肖朝伦等^[4]利用微波对城市污水厂脱水污泥的样品穿透深度进行试验, 结果表明, 平均穿透深度为 8.7 mm , 验证了微波在脱水污泥中的穿透深度小于在自来水、初沉污泥及剩余活性污泥中穿透深度的结果。由此可以看出, 微波在水体中的穿透深度远小于在空气中的穿透深度; 微波在含颗粒物及溶解性有机物多的水体中的穿透深度小于在自来水中的穿透深度。主要原因是微波辐射的介质不同, 而介质对微波能的吸收衰减能力不同, 造成微波在不同介质中的穿透能力不同。

由以上可知, 利用微波辐射进行污水处理, 由于其在自来水中的最大穿透深度为 2.16 cm , 若是利用微波处理城市生活污水或工业废水, 由于废水含颗粒物及溶解性物质的原因, 其穿透深度会逐渐减小。因此, 利用微波对污水进行处理时, 微波的穿透深度应不大于 2.16 cm 。

3 微波水处理设备的结构

目前, 部分企业有微波水处理设备, 主要为微波设备生产商及环保水处理企业。据了解, 相关微波水处理设备内部污水水池或水罐的结构方式大概有以下 3 种:

(1) 箱式水池循环式。箱式水池循环式的设备构造包括内置箱式水池、外部微波发射及控制装置、循环水泵及进出水口等。从结构设计上看, 按照箱式水池的体积, 微波辐射穿透深度远低于箱式水池中心的距离, 水体的反应存在不均匀性。虽然增加了循环水泵, 能够提高反应体系的均匀性, 但是由于箱式水池本身实际的缺陷, 难以达到较好的处理效果。

(2) 圆形水罐搅拌式。圆形水罐搅拌式的设备构造包括内置圆形水罐、外部微波发射及控制装置、搅拌装置及进出水口等。从结构设计上看, 按照圆形水罐的体积, 微波辐射

(下转第 96 页)

基金项目 广州市珠江科技新星专项(201506010041)。

作者简介 谭艳来(1982-), 男, 湖南茶陵人, 高级工程师, 硕士, 从事高浓度难降解有机废水处理技术研究。

收稿日期 2016-08-19

3 结论与讨论

试验结果表明,马齿苋提取物对玉米蚜具有良好的拒食活性,其作为植物性杀虫剂具有良好的开发前景。

影响马齿苋对玉米蚜拒食活性的因素主要有提取物浓度、时间、温度等因素。通过正交试验得出,提取物浓度对其拒食活性影响最大,其次是时间因素,温度对拒食活性影响较小,当提取物浓度为 100 mg/mL、温度为 25 ℃、时间为 48 h 时对玉米蚜拒食活性最高。

植物性杀虫剂的活性成分通常为来源于植物体的次生代谢产物,但由于植物次生物质种类多,结构复杂,该试验得到的对玉米蚜具有拒食活性的物质为一类混合物,马齿苋杀虫活性单体物质和杀虫机理仍有待深入研究。此外,马齿苋具有杀虫活性的物质对热不稳定,易受环境因素影响,提高其稳定性也是开发利用马齿苋的关键。

参考文献

[1] 陈灿,黄璜,李爱华.我国马齿苋研究进展[J].中国野生植物资源,

2002,21(6):6-8.

- [2] 江苏新医学院.中药大辞典:上册[M].上海:上海人民出版社,1975.
- [3] 俞佩芳.三种常见药用植物抗菌作用的探讨[J].华东师范大学学报(自然科学版),1994(3):89-93.
- [4] 土农药科学研究编辑委员会.中国土农药志[M].北京:科学出版社,1959.
- [5] WANG Y H, SU L, WU J X. Effect of temperature on the population increase of corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis* [J]. Entomological knowledge, 2002, 39(4): 277-280.
- [6] MA Z H, WANG H G. Epidemiological analysis of maize dwarf mosaic disease in China [J]. Bulletin of national science foundation of China, 2002(1): 44-46.
- [7] LI L L, WANG Z Y, HE K L, et al. Effects of transgenic corn expressing *Bacillus thuringiensis* cry1Ab toxin on population increase of *Rhopalosiphum maidis* Fitch [J]. Chinese journal of applied ecology, 2007, 18(5): 1077-1080.
- [8] ZHAO J H, SHANG Y F, LU X B, et al. Study on correlation between aphid change and epidemic of maize dwarf mosaic disease on maize field [J]. Shandong agricultural sciences, 2003(1): 30-31.
- [9] SO Y S, JI H C, BREWBAKER J L. Resistance to corn leaf aphid (*Rhopalosiphum maidis* Fitch) in tropical corn (*Zea mays* L.) [J]. Euphytica, 2010, 172(3): 373-381.

(上接第 88 页)

穿透深度远低于箱式水池中心的距离,水体的反应也存在不均匀性。虽然增加了搅拌装置,能够一定程度上提高反应体系的均匀性,但同样存在设计上的问题,仍难以达到较好的处理效果。

(3) 管道式。管道式的设备构造包括内置方形罐体、罐体内置水管、罐体外部微波发射及控制装置、通风散热装置、温控装置及进出水口等。从结构设计上看,如果采用的水管管径小于 DN50,微波辐射穿透深度能够到达水管的中心,实现有效的全面辐射;若管径大于 DN50,存在穿透深度不够的问题。

就以上 3 种结构的微波水处理设备,从穿透深度上分析,箱式水池循环式和圆形水罐搅拌式的穿透深度小,虽然都增加了相应设备提高其均匀性,但效果有限;管道式的穿透深度能够辐射到中心位置,实现全面辐射,大幅提高处理效率。因此,单从穿透深度分析,管道式是目前微波水处理设备中内部水体结构较好的方式之一。

4 存在的问题及解决措施

微波水处理设备在研究及应用上需注意以下几方面问题:①穿透深度对处理效果的影响。微波辐射对污水的穿透深度有限,一旦污水水体的深度超过辐射的穿透深度,将导致部分水体不能吸收微波能,反应体系的能量分布不均,影响反应速率。②辐射时间对处理效果的影响。微波对水体的辐射时间决定了水分子吸收微波能的大小。时间越长,吸收微波能越多,反应越剧烈,处理效果越好;反之,处理效果差。③散热方式对设备运行稳定性的影响。微波发射及辅助装置在运行过程中会产生大量热量,如果没有合适的散热

方式及时降低设备运行中的温度,将会引发温度报警装置切断电源停止工作,造成设备运行不连续。

针对以上问题,在微波水处理设备的设计上,提出以下改进措施:①设备的反应水体设置成管道式,管径不大于 DN50,管道分层布置。一方面,使水管中间水体能够吸收微波能;另一方面,可以增加微波辐射时间,提高微波能的利用率。②设备的内罐设置为长方体,四周布置微波发射装置,提高微波辐射的均匀性。③增加设备运行温度的散热冷却方式,常用的有风冷、水冷和油冷 3 种方式,可以根据设备的大小选择合适的散热冷却方式。

5 小结

通过对箱式水池循环式、圆形水罐搅拌式、管道式 3 种微波水处理设备内部水池结构的分析,从微波的穿透深度出发,指出微波辐射不能到达设备水池中心位置导致处理效果不佳的问题。针对这种情况,提出采用管道式的水池方式、管道分层布置及增加散热方式措施,对现有的微波水处理设备进行改进,以达到更好的处理效果。微波应用于污水处理行业是一种新技术的尝试,应用前景广阔。

参考文献

- [1] 乔玮,王伟,黎攀,等.城市污水污泥微波热水解特性研究[J].环境科学,2008,29(1):152-157.
- [2] 吕春敏,严莲荷,王剑虹,等.光、微波、热催化氧化效果的比较[J].工业水处理,2003,23(8):36-38.
- [3] HONG S M, PARK J K, TEERADEJ N, et al. Pretreatment of sludge with microwaves for pathogen destruction and improved anaerobic digestion performance [J]. Water Environ Res, 2006, 78(1): 76-83.
- [4] 肖朝伦,唐嘉丽,潘峰,等.微波辐射对脱水城市污泥穿透性和脱水性的影响[J].过程工程学报,2011,11(2):215-220.