

环境科学

粉煤灰合成沸石应用于污水土地处理系统

崔红梅¹ 柯灵非² 阚连宝¹ 李芳¹

(东北石油大学土木建筑工程学院¹, 大庆 163318; 哈尔滨工业大学晨能环保科技股份有限公司², 哈尔滨 150078)

摘要 大庆地区土地资源丰富、居住分散,尤其是各采油队多数不在城区,污水排放点不集中且周围没有市政污水管网,适合采用土地处理系统处理污水。大庆地区的大部分电力来自于火力发电厂,每年产生大量的粉煤灰固体废弃物,其堆放对周围环境造成很大污染。研究将这些粉煤灰合成沸石,并将其用于污水土地处理系统,利用沸石较强的吸附能力和阳离子交换能力,可有效去除氨氮,提高了污水土地处理系统的抗负荷冲击能力,同时实现了以废治废的循环经济理念,对大庆地区的环境污染治理工作具有重大意义。

关键词 粉煤灰 沸石 土地处理 氨氮

中图法分类号 X503; **文献标志码** B

1 粉煤灰合成沸石土地处理系统研究背景

粉煤灰作为火力发电厂和城市集中供热锅炉中煤燃烧后排放的一种固体废弃物,其堆放不仅占用土地,还会对周围环境造成危害。随着火力发电厂和城市供热工程的不断增加,粉煤灰排量也日益增加。大庆地区产生粉煤灰的企业主要是大庆石油管理局下属的电力总公司油田热电厂等三座燃煤电厂和创业集团九座燃煤集中供热锅炉房,年产粉煤灰 60~70 万吨^[1]。这些粉煤灰主要用于筑路、基建回填、水泥生产、砌块、陶粒和步踏砖,多年平均利用率达到 70% 以上,而且大部分用于筑路、回填等不稳定的施工项目^[2-5],对环境产生潜在的危害。而用粉煤灰合成沸石——一种高附加值的产品逐渐受到人们的关注,由于粉煤灰合成沸石具有性能稳定、吸附能力强、质轻、成本低等优点,将其用于污水处理中具有很好的发展前景。

对于大庆地区来说,可谓是油井建到哪,人就住到哪,油田特有的分散式居住方式给城市的污水

处理带来很大困难。很多采油小队宿舍楼分散于乡村之间,附近没有城市排水管网,工人生活产生的大量污水任意排放,对周围环境造成很大污染。修建小型的污水处理构筑物则基建和运行成本较高,且管理麻烦,因此考虑采用污水土地处理系统。污水土地处理系统具有处理成本低,运行管理简单等优点。但存在占地面积大、抗负荷冲击能力差等缺点。对于大庆地区各采油队来说,多建于乡村,周边有足够的土地可以利用,且土地处理单元上面可以种植美人蕉、水竹等观赏性植物作为厂区绿化,更有利于美化环境。本研究将粉煤灰合成沸石用于污水土地处理系统即可弥补土地系统抗负荷冲击能力差的缺点,使土地处理系统的适用范围更广。

2 污水土地处理系统现状

我国的污水土地处理技术是在 20 世纪 80 年代进行深入研究并发展起来的,具有低投资、低能耗、易管理等优点而被推广使用^[6]。但传统的土地处理系统多用于污染物浓度较低的生活污水和工业废水处理的深度处理,而且对污水的抗负荷冲击能力差,因此在使用上具有一定的局限性。

2011 年 6 月 7 日收到

东北石油大学土木建筑工程学院

青年科技发展基金项目(NEPUTJ-042010001)资助

第一作者简介:崔红梅,讲师,东北石油大学土木建筑工程学院教师。E-mail:chm2121@126.com。

在以往对土地处理机理的研究中,均认为土地处理过程中氮的去除是通过传统的硝化反硝化两阶段进行的,即在土壤填料的 20 ~ 30 cm 完成氮的硝化过程,在 40 ~ 50 cm 进行氮的反硝化过程,从而达到脱氮的目的^[7]。本研究以此为基础,改变土壤填料的配比,从而提高污水土地处理系统对氨氮的去除能力。

3 污水土地处理系统中粉煤灰合成沸石脱氮机理

3.1 粉煤灰合成沸石的性质

沸石是一种结晶硅铝酸盐,具有比表面积大、水热稳定性高、微孔丰富均一等优良性能,是一种很好的吸附材料,且对环境没有影响,在污水处理中有着巨大的应用潜力,目前已经在垃圾渗滤液除氨氮、低浓度含氨氮废水的处理、含磷废水处理、含微量重金属废水的处理和暴雨径流污染控制等方面有所研究。本研究中采用的合成沸石是利用火力发电厂的固体废弃物——粉煤灰在微波照射条件下高温高压水热合成的^[8]。合成的沸石化学性质稳定,成分与所使用的粉煤灰成分相同,合成过程只是将粉煤灰中非晶态的氧化物转化为晶体的沸石。经 X-射线衍射分析发现,此合成沸石由菱沸石、八面沸石、方沸石、中沸石、刃沸石、浊沸石、钾沸石、十字沸石、戈硅钠铝石等多种沸石组合而成。合成条件不同,生成沸石组分也有所差异,而这多种沸石共同作用可去除氨氮。

合成沸石的粉煤灰取自大庆某热电厂,为电除尘产生的细粉煤灰,两次化学成分分析结果如表 1 所示。

表 1 粉煤灰化学成分

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
含量	65.35	19.48	3.20	2.20	1.45	0.68	1.35	1.81	1.18	0.28
(%)	57.83	20.72	7.54	3.85	0.64	2.46	1.62	2.00	0.67	0.12

此热电厂用煤来自于黑龙江省的鸡西、鹤岗两大主要煤产区,粉煤灰的主要成分和所使用的原煤直接相关。大庆地区属内陆地区,火力发电作为城

市主要的能源供应方式,供应油田工业用电和居民生活用电,每年产生大量的粉煤灰,可为本工艺提供充足的货源。本研究选用粉煤灰合成沸石目的在于解决粉煤灰的综合利用问题,减少了环境污染,同时实现“以废治废”的循环经济理念,对发展环境保护事业具有重大意义。

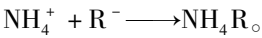
3.2 氨氮去除机理分析

水体中的氮以有机氮和无机氮两种形态存在。有机氮包括蛋白质、多肽、氨基酸和尿素等,无机氮包括氨氮、亚硝态氮和硝态氮,这三种无机氮常被统称为氮化合物。生活污水中氮的来源主要由厨房洗涤、厕所冲洗、淋浴、洗衣等带入,其主要存在形式是有机氮和氨氮,通常新鲜生活污水中有机氮如尿素等约占 60%,无机氮约占 40%,主要以氨氮形式存在,并有微量的硝酸态氮和亚硝酸态氮。含氮化合物在水体累积到一定程度,会使水体质量恶化,影响渔业发展和损害人体健康,因此必须将其去除。

研究表明^[9],土壤对氨氮有较强的吸附作用,在一定吸附量区间的范围内可以用弗里德里希(Freundlich)线性等温吸附模式来表示。在污水进入土地处理系统初期,可利用粉煤灰合成沸石的阳离子交换能力将氨氮等阳离子污染物暂时截留在系统中,而此沸石的吸附能力也可吸附一部分有机物和带负电荷的污染物,然后再利用土壤中的植物和微生物的氧化作用来降解污染物,使填料重新获得含污能力。

污水土地处理系统去除氨氮的过程可分为三个阶段:

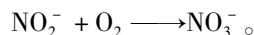
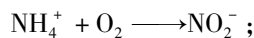
第一阶段,在污水进入系统初期即填料层 0 ~ 20 cm 段发生吸附和阳离子交换作用:



R 代表沸石晶体,结构式为 $A_{x/q}[(\text{AlO}_2)_x(\text{SiO}_2)_y] \cdot n\text{H}_2\text{O}$,其中:A 为 Ca、Na、K、Ba、Sr 等阳离子, x 为 Al 原子数, q 为阳离子电价, y 为 Si 原子数, n 为水分子数, y 、 x 通常在 1 ~ 5 之间, $(x + y)$ 是单位晶胞中四面体的个数。

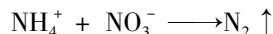
在此过程中,NH₄⁺ 被截留在土壤填料中。

第二阶段,在填料层 20 ~ 30 cm 段,由于亚硝化菌和硝化菌的作用发生了氮的氧化作用:



在此过程中 NH_4^+ 从沸石上解吸出来,沸石重新获得吸附能力。

第三阶段,在填料层 40 ~ 50 cm 段,由于反硝化菌的作用发生了反硝化作用:



在此过程中硝态氮转化为氮气而从系统中去除,完成了污水中氮的去除过程。

由于粉煤灰合成沸石具有较强的吸附能力和阳离子交换能力,致使在氨氮去除过程的第一阶段,即填料层的 0 ~ 20 cm 处,大量氨氮被迅速截留,从而提高了土地处理系统的含污能力和抗负荷冲击能力。

4 结论

(1) 以大庆地区火力发电厂粉煤灰为原料合成沸石,并将此沸石应用于污水的土地处理系统,缓解了粉煤灰堆放带来的一系列环境问题,实现了“以废治废”的循环经济理念。

(2) 粉煤灰合成沸石应用于污水土地处理系统,

提高了土地系统的处理能力和抗负荷冲击能力,使土地系统的应用范围更广泛。

(3) 运用污水土地处理系统处理生活污水,解决了大庆地区各采油队污水无组织排放对环境的污染问题。

参 考 文 献

- 1 王晓化,李兴春,毛国成. 大庆石油管理局粉煤灰综合利用现状及前景. 油气田环境保护, 2005; 15(1): 44—45
- 2 王钦胜,王晓松. 粉煤灰资源综合利用的有效途径. 油田节能, 2004; 15(1): 36—37
- 3 党涛,戴士毅,丁喜峰,等. 大庆“莱泰克”粉煤灰烧结陶粒性能、应用与开发. 粉煤灰, 2005; (2): 29—32
- 4 李宏亮,王钦胜. 实用粉煤灰综合利用技术探讨. 油田节能, 2003; 14(4): 37—38
- 5 于开源,王冠军,王建松. 浅谈大庆油田粉煤灰综合利用. 油田节能, 2001; (3): 19
- 6 董泽琴,张甲耀. 不同植物构成的潜流型人工湿地处理系统的净化能力及异养细菌数量的研究. 环境工程, 1998; 16(3): 17—20
- 7 陈登美. 生活污水土地处理过程中氮的迁移转化. 贵州师范大学硕士学位论文, 2008; 6: 9—10
- 8 崔红梅. 微波法粉煤灰合成沸石及其应用. 贵州大学硕士学位论文, 2009; 6: 46—51
- 9 Ouazzani N, Boussehlaj K, Abbas Y. Reuse of wastewater treatment by infiltration percolation. Wat Sci and Tech, 1996; 33(10/11): 401—408

Zeolite from Coal Fly Ash Applied to Land Treatment for Wastewater

CUI Hong-mei¹, KE Ling-fei², KAN Lian-bao¹, LI Fang¹

(School of Civil Engineering, Northeast Petroleum University¹, Daqing 163318, P. R. China;

HIT Environmental Technology Co., Ltd², Harbin 150078, P. R. China)

[Abstract] Land resources are rich in daqing, and live scattered. especially, most of the production crew is not in city. Discharge points not focused, and without municipal sewage pipe network around. So the land treatment is likely. Most of Daqing's electricity comes from coal-fired, and it will makes a lot of fly ash every year. Stacking of ash fly caused great pollution on the surrounding environment. Fly ash was synthesized zeolite in this research, and this zeolite applied to land treatment system. Using strong adsorption ability and cation exchange capacity of zeolite, it can remove ammonia nitrogen effectively, improve the resistance to load impact ability of sewage land treatment system, and realize the recycling thought of “treat waste with waste”. It is great significance of environmental protection in Daqing.

[Key words] coal fly ash zeolite land treatment ammonia nitrogen