

微生物脱硫技术在宜兴协联热电厂的应用

陈茂兵, 缪明烽, 黄丽娜, 秦翠娟

中环(中国)工程有限公司, 江苏, 南京, 210008

摘要: 文章介绍了微生物法脱硫技术的工艺系统和技术特点, 以及在宜兴协联热电厂的应用的情况, 并作了经济运行分析。

关键词: 微生物; 脱硫

中图分类号: X701.3 文献标识码: A 文章编号: 1006-8759(2011)06-0037-04

THE APPLICATION OF THE DESULFURIZATION TECHNOLOGIES USING MICROSCOPES IN THE THERMAL POWER PLANT

CHEN Mao-bing, MIAO Ming-feng, HUANG Li-na, QIN Cui-juan

(GCL Engineering Limited, Jiangsu, Nanjing, 210008)

Abstract: The article introduces the process system and technical characteristic of microbial desulfuration, and its application in Yixing Xie Lian Power Plant, and also makes analysis on economical operation.

Keywords: microbial; sulfuration

1 项目背景

生物脱硫是近年来国际上出现的脱硫新技术, 具有许多优点^[1-3], 可回收硫, 效率高, 无需催化剂和氧化剂(空气除外)。缺点是过程不易控制, 条件要求苛刻等。在生物脱硫过程中, 氧化态的含硫污染物必须先经生物还原作用生成硫化物或H₂S, 然后再经生物氧化过程生成单质硫。我国第一家生物脱硫装置位于江苏宜兴协联热电厂。

江苏宜兴协联热电厂在扩建2×135MW发电机组的锅炉烟气脱硫时, 选用了荷兰帕克公司的生物化学脱硫技术, 整个项目设计由中环(中国)工程有限公司承担。由于宜兴协联还建有一个柠檬酸厂, 而生物脱硫技术恰好可以利用柠檬酸生产过程中产生的高浓度废水作为电厂生物脱硫工艺中微生物的能源, 最终把烟气中有害的二氧化硫转化成优质单硫。同时, 由于柠檬酸生产以玉米为原料, 其生产过程会产生大量浓糖水和离子交换柱再生产产生的离交废水, 以及污水处理产生的一

定量活性污泥和大量沼气, 而通过将生物脱硫和污水治理有机地结合起来, 不但实现了电力生产过程中产生的烟气的有效治理, 而且消化了柠檬酸生产过程中产生的大量废水, 把对环境的污染降到了尽可能低的程度, 从而在实现清洁生产的同时还实现了资源的综合、循环利用, 取得明显的经济和环保效益。

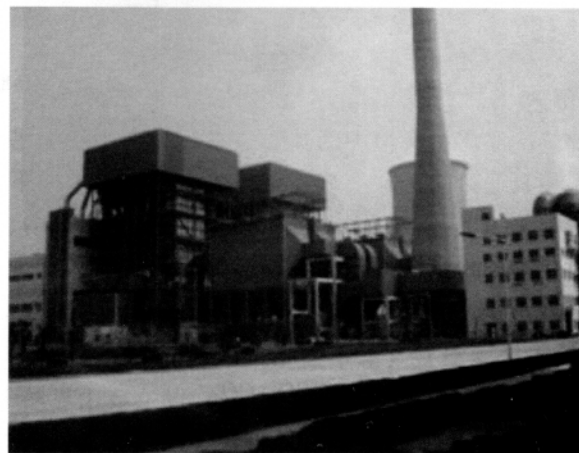


图1 江苏宜兴协联热电厂



图2 江苏宜兴协联柠檬酸厂

宜兴协联用柠檬酸生产后的废水代替原料石

灰石,与热电厂产生的烟气反应,将烟气中的硫分离出来,得到优质单硫;反应过程中产生的活性颗粒污泥可作为发酵等高污染行业废水处理的优质菌种;此外产生的沼气也可以得到有效利用。目前,该公司已成为江苏省循环经済型污水处理系统的示范工程。

2 工艺描述

该生物脱硫工艺主要包括 SO₂ 吸收,冷却与沉淀,厌氧、好氧处理,S 分离,污泥处理,废水和废气处理等几部分,工艺流程如图 3 所示。

2.1 SO₂ 吸收

SO₂ 吸收采用孟山都公司的动力波洗涤塔系

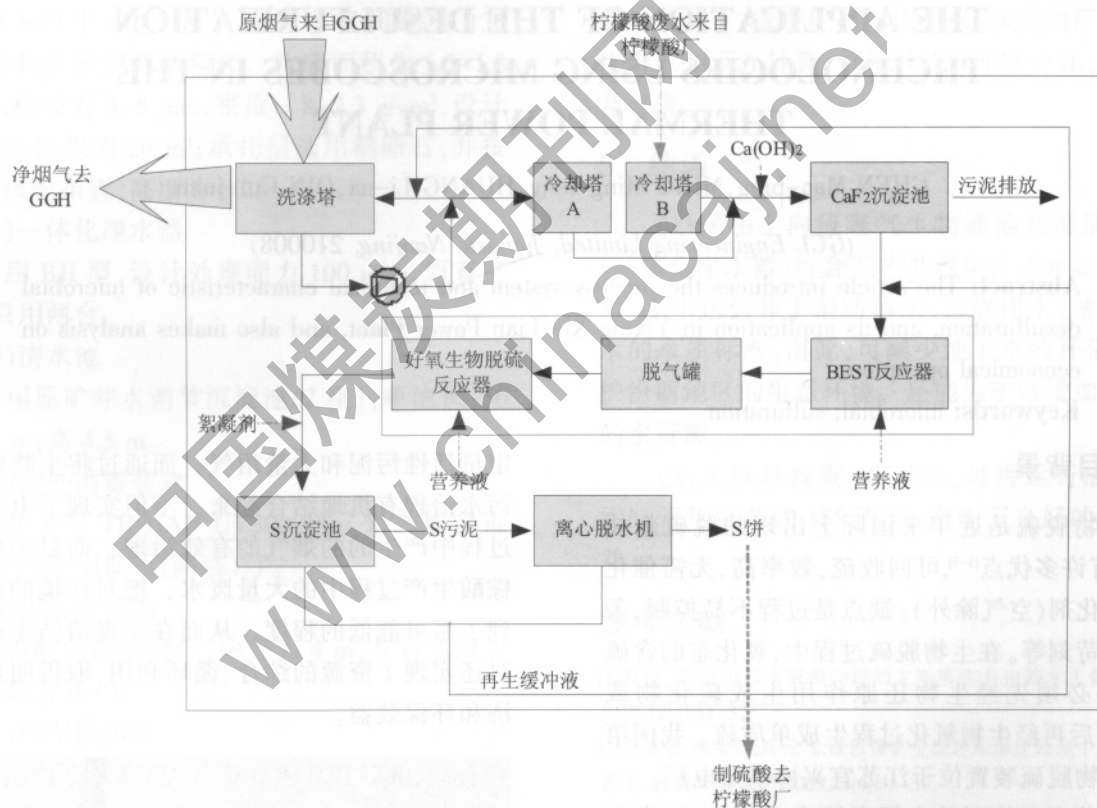
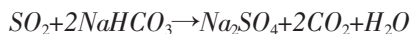
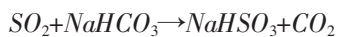


图3 宜兴协联生物脱硫工艺流程图

统。洗涤塔持液槽中的碳酸氢钠缓冲液由洗涤塔循环泵通过喷头向上喷入烟桶中,与烟桶中向下流动的烟气逆流接触,完成硫氧化物(SO₂,SO₃)、卤化物和粉尘向液相的转移。硫氧化物被吸收进溶液形成亚硫酸氢钠(NaHSO₃)和硫酸钠(Na₂SO₄),反应如下^[4]:



亚硫酸盐与烟气中的氧气接触被部分氧化为

硫酸盐:

洗涤液通过循环吸收烟气中的 SO₂ 以达到要求的脱硫效率,HF 和 HCl 也同时被吸收下来。

2.2 冷却

来自洗涤塔的温度在 44~46℃ 之间,并且两种 COD 源温度均较高(柠檬酸废水 65~75℃,母液 50℃),而微生物的适宜温度为 38℃(厌氧反应器)和 39℃(好氧反应器),因此采用冷却塔对其进行适当的降温。

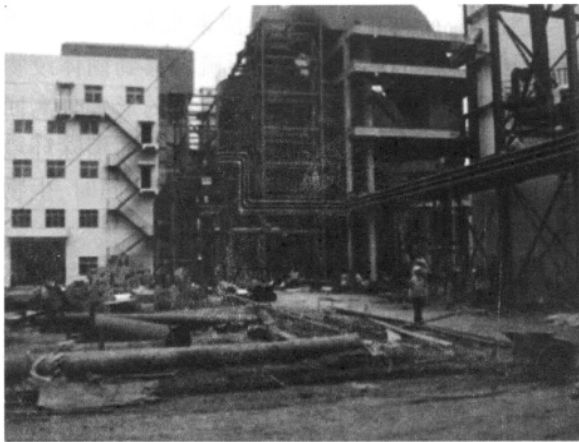


图 4 洗涤塔

2.3 CaF₂ 沉淀

烟气中含有的氟被洗涤液吸收,需外加一定量的 Ca(OH)₂ 使氟离子完全沉淀下来。若生成的 CaF₂ 沉淀不加控制,将会导致严重结垢;CaF₂ 沉淀在生物反应器中积累还会占据微生物反应的空间。此外,洗涤液中洗涤下来的烟尘以及柠檬酸废水中含有的悬浮固体也要除去。因此,洗涤塔出

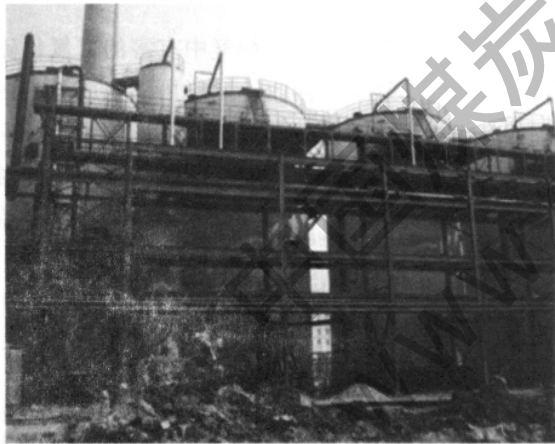


图 5 厌氧、好氧生物反应器

水冷却后流入混合池/CaF₂ 沉淀池,在这里氟与钙反应生成 CaF₂,然后进入 CaF₂ 沉淀池沉淀下来除去。

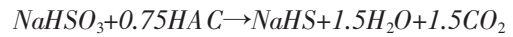
2.4 脱硫洗涤液生物处理

脱硫洗涤液生物处理主要由硫酸盐还原菌(SRB)的生化作用完成。SRB 通常指的是能通过异化作用进行硫酸盐还原的一类细菌,是一类形态多样化、利用硫酸盐作为有机物异化作用的电子受体的严格厌氧菌,SRB 可以进行基于细胞色素的电子传递过程。该工程中,微生物进行还原反应所需要的电子由柠檬酸废水和柠檬酸母液的

COD 提供。

2.4.1 厌氧处理^[9]

第一级为厌氧生物反应器(3台),其中的硫酸盐还原菌在厌氧条件下将洗涤液中的硫酸盐和亚硫酸盐还原为硫化物。下面给出了以乙酸作为 COD 模型化合物的转化过程。



在反应器中,烟气中带来的硫化物和柠檬酸废水中带来的硫化物被还原为硫化物。

2.4.2 好氧处理

含有硫化物的液体从厌氧生物反应器溢流进入一个脱气罐,液体中夹带的气泡在这里脱出,该脱气罐还可以使出水以稳定的流速进入好氧生物反应器(1台)。在好氧生物反应器中,硫化物氧化细菌利用空气中氧气将硫化物转化为单质硫,同时生成碱,反应如下:



脱硫洗涤液经过厌氧、好氧两级串联的生物反应器处理后得到再生,同时形成单质硫。由于生物硫是亲水性的物质,不会引起堵塞。

2.5 硫沉淀

生物反应器出水的硫在混凝/絮凝作用下,在沉淀池中与洗涤液分离,然后通过脱水机脱水后得到硫饼,脱水机排除的缓冲液一部分送至洗涤塔,一部分回流至生物反应器供料泵池。

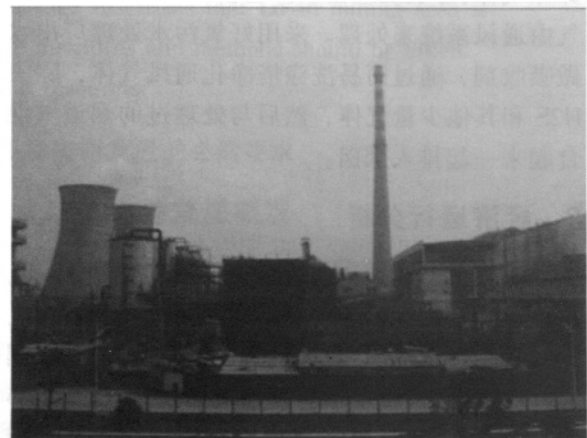


图 6 沉淀区、污泥脱水区

2.6 污泥处理

污泥中含有一定的微生物,这些微生物是自然界中存在的,对环境无害,可以根据污泥的性能选择再利用的方式。



图7 污水处理

2.7 废水和废气处理

2.7.1 废水处理

本系统出水主要包括在厌氧条件下不可降解的 COD、碳酸氢钠、亚硫酸钠和硫酸钠,出水被收集起来排入现有的好氧污水处理厂处理。出水中还含有一定量的微生物,这些微生物是自然界中存在的,对环境无害。

2.7.2 废气处理

废气主要包括通风气体和沼气两部分。

厌氧反应器内将产生沼气,特别是在启动阶段。沼气中含有一定量的 H_2S (正常运行时为 4%),沼气被收集起来排入沼气稳压柜。

在工艺处理的几个阶段,工艺废水将会释放异味气体,好氧反应器顶部也会排出废气,这些废气由通风系统来处理。采用好氧污水处理厂出水做吸收剂,通过简易洗涤塔净化通风气体,除去 H_2S 和其他少量气体,然后与处理过的烟道气混合起来一起排入烟囱。

3 经济运行分析

与当前我国普遍使用的石灰石脱硫法相比,生物烟气脱硫法和废水综合治理的经济性更好,脱硫率高达 98%,可再次去除烟尘中的粉尘。同时,由于脱硫过程中不需要加入石灰石,没有废弃物,避免了二次污染。而用于反应的硫酸盐还原菌是自然界中存在的微生物,不会对环境造成影响。

生物脱硫与传统的脱硫法最大的区别是:在工艺上不是将烟气中的二氧化硫转移到固体废物中,而是以具有经济价值的单硫质的形式分离回收。由于单质硫具有较高的应用价值,在消除环境污染的同时还能产生良好的经济效益。同时,生物脱硫的运行成本较低。

该公司柠檬酸生产每天产生 COD 浓度高达 10 000 左右的高浓度有机废水 5 000 t 左右。通过生物厌氧处理技术来处理污水,处理效率厌氧部分稳定在 92% 以上,每天产生近 3 万立方米高浓度硫化氢沼气,通过生物脱硫后,直接进入沼气发电机组发电,每小时可发电 1 000 kW;生物脱硫可年产硫磺 5 000 t,可用于生产或对外销售,效益可观;此外,IC 反应器年产 2 000 多立方米活性颗粒污泥,作为发酵等高污染行业废水处理的优质菌种,还可创造近 200 万元的效益。虽然该公司的生物脱硫项目总投资高于目前普遍使用的石灰石脱硫法,但投运后经济效益显著。

4 结论

生物脱硫技术可以将烟气中有害的二氧化硫转化成优质单硫加以回收,同时可以完成对难处理的有机废水的消化处理,把对环境的污染降到了尽可能低的程度,从而在实现清洁生产的同时还实现了资源的综合、循环利用,经济和环保效益明显,值得关注。

参考文献

- [1] 王英刚. 烟道气生物脱硫技术研究进展 [J] 环境保护科学, 2009, (8).
- [2] 吴根, 陈旭东, 夏涛. 微生物脱硫技术的现状及发展前景 [J] 环境保护, 2001, (01).
- [3] 钟秦. 燃煤烟气脱硫脱硝技术及工程实例 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [4] 王安, 张永奎, 陈华等. 微生物法烟气脱硫技术研究 [J] 重庆环境科学, 2001, (02).
- [5] Dean, V. A., Eldridge, J. J., and Gruesser, S., eds., The Air Pollution Consultant [R], Aspen Law and Business, Aspen, CO, January/ February, 6, 1. 1, 1996, 186 - 195.