

## 东湖水质分析及光催化氧化降解研究

李海燕, 施银桃, 曾庆福

(武汉科技学院 环境科学研究所, 湖北 武汉 430073)

摘要: 于 2000-2002 年在武汉东湖双湖桥地区采集水样, 用 GC/MS 分析, 检出脂肪烃类、邻苯二甲酸酯、酚类、苯系物以及多种含氮有机污染物; 同时湖区高锰酸盐指数严重超标, 表明武汉东湖部分水域已污染严重。采用高级氧化技术对实际东湖水质进行光催化降解实验, 结果表明: 以紫外光为光源,  $\text{TiO}_2$  为光催化剂, 可使湖水  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  去除率达 60% 以上。最佳反应条件为  $\text{TiO}_2$  投加量 1.0—1.5g/l, 光照时间 60—90min。并以氙灯为光源, 进行模拟太阳光实验,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  去除率亦达 47% 以上。采用光催化氧化高级水处理技术可有效的氧化东湖水中污染物, 亦为太阳能的利用提供可能。

关键词: 东湖水质分析; 光催化氧化; 降解

中图分类号: X832; X524

文献标识码: A

文章编号: 1009 - 5160 (2002) 05 - 0051 - 03

武汉东湖是著名的风景区, 它集观光、饮用、水上运动、养殖、农灌、以及调节净化生态环境等功能于一体的市区湖泊。但随着人口的增长和经济的高速发展, 人为污染水问题日益加剧<sup>[1]-[2]</sup>。杭州西湖、安徽巢湖、云南滇池等湖水的污染问题均有报道。生活污水及工业废水的超标排放已使湖水污染发生变化, 湖区不仅氮磷严重超标, 且微污染有机物明显增加。因此, 对湖泊水体污染的治理和恢复研究受到国际社会的普遍关注。传统的湖水净化法有明显的不足, 因此加紧开展水处理高级氧化技术势在必行<sup>[3]-[4]</sup>。

本论文以武汉东湖实际水样为研究对象, 对湖水进行了微污染分析及  $\text{TiO}_2$  光催化氧化处理。

### 1 实验部分

#### 1.1 实验仪器及试剂

HP 5973GC-MS 分析仪 美国惠普公司  
500W 高压汞灯 武汉道路照明器材厂  
石英反应器 自制  
锐钛型  $\text{TiO}_2$  为工业品, 其他所用试剂均为分析纯。

#### 1.2 测试条件

1.2.1 高锰酸盐指数的测定: GB 11892——89;  
1.2.2 总磷 (TP) 的测定: GB 11893——89 钼酸铵分光光度法;  
GC/MS 分析:

水样提取方法: 取水样 3 升用 VARIAN BOND ELUT PPL 柱富集, 用 30ml 乙酸乙酯洗脱, 再用无水硫酸钠脱水后, 氮气浓缩至 1ml。

GC-MS 条件: GC 为无分流进样, 使用程序升温, 其升温程序为: 50 保持 1 分钟, 然后以 5 每分钟的速率升温到 150 保持 20 分钟, 再以 15 每分钟升温速率升温至 250 保持 10 分钟。GC 运行 4 分钟开始检测, 以避免溶剂峰的干扰, 色谱柱: HP-5MS, 30m\*0.25mm\*0.25um。MS 分辨率为 1000, 电离方式: EI, 电离能 70ev, 离子源温度 250°C<sup>[5]</sup>。

#### 1.3 实验方法

光催化氧化实验采用自制石英玻璃反应器, 磁力搅拌, 光源分别为 500W 汞灯及氙灯, 风冷。

收稿日期: 2002-06-05

作者简介: 李海燕 (1963-), 女, 高级工程师, 研究方向: 水污染处理及分析。

基金项目: 湖北省重点科技攻关资助项目 (编号: 20001P1804)。

2 结果与讨论

2.1 东湖水质污染状况及原因

2000-2001 年多次在东湖双湖桥水域取样分析，COD<sub>Mn</sub> 及 GC/MS 分析结果分别如表 1、表 2 所示：

由表 1 可知东湖部分水域已受到不同程度的污染，而且水质严重富营养化。高锰酸盐指数及总磷大于地面水环质量标准 Ⅲ 级，有的甚至超过 Ⅳ 级。由表 2 东湖水样原水的 GC/MS 分析结果可知，湖水中含有脂肪烃类、邻苯二甲酸酯类、酚类、苯系物、以及多种含氮有机污染物。

2.2 东湖水样的光催化氧化实验

2.2.1 TiO<sub>2</sub> 的量对催化氧化反应的影响

取东湖水水样 2500ml，分别加入不同量的 TiO<sub>2</sub>，在 500W 高压汞灯，磁力搅拌下进行光催化氧化试验，同时进行暗室对照试验，反应 1h 后结果如下：

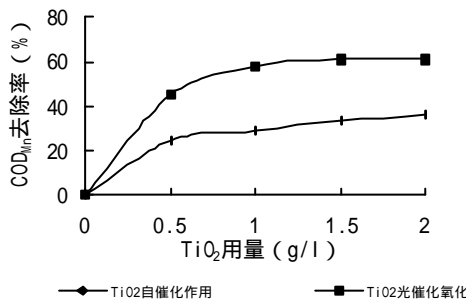


图 1 TiO<sub>2</sub> 量对催化反应的影响

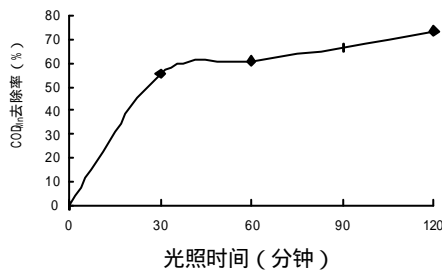


图 2 时间对光催化反应的影响

由图 1 可见 TiO<sub>2</sub> 用量与 COD<sub>Mn</sub> 去除率正相关，反应 1 小时后，COD<sub>Mn</sub> 去除率可达 36%。光照可使 TiO<sub>2</sub> 具有较强的光催化氧化作用，当 TiO<sub>2</sub> 量继续增加时 UV/TiO<sub>2</sub> 反应后 COD<sub>Mn</sub> 去除率越来越趋于平行横坐标轴，说明再增加时 TiO<sub>2</sub> 量对 COD<sub>Mn</sub> 去除率无大的影响，因此可取 TiO<sub>2</sub> 量为 1.5g/L。

2.2.1 时间对光催化反应的影响

图 2 给出了在 500W 高压汞灯下，1.5g/L 的 TiO<sub>2</sub> 时，不同的光照时间 COD<sub>Mn</sub> 去除率的变化曲线，可以看出随着光照时间的增加，在 30~120min 内，COD<sub>Mn</sub> 去除率不断上升。

2.2.3 不同光源对催化反应的影响

取东湖水水样 2500 ml，加入 1.5g/L 的 TiO<sub>2</sub>，分别以 500W 氙灯和汞灯为光源，反应 45min。表 3 显示

表 1 东湖水质高锰酸盐指数的测定 (2000 年 10 月)

取样点	水质指标	COD <sub>Mn</sub> /(mg/l)	TP/(mg/l)
双湖桥头东湖侧		24.52	1.028
双湖桥头水果湖侧		8.62	0.945

表 2 东湖水样原水的 GC/MS 分析结果(2001 年 2 月)

物质名称	相对含量 (%)
1. 1,1 二(十一烷氧基)十六烷	1.3
2. 3-乙基-3-甲基正庚烷	0.1
3. 双环胺	0.08
4. 4-乙基-辛烷	1.5
5. 5-甲基-壬烷	2.36
6. 溴代环己烷	2.6
7. 3,3-二甲基-正庚烷	2.2
8. 2,3-二甲基-正庚烷	7.6
9. 哌啶 (氮杂环己烷)	2.9
10. 甲基 (2-丙烯基) 脘类乙醛	2.9
11. 奎宁环定	3.5
12. 1-甲基吡咯啉	3.8
13. 甲基脘类, 2-丙酮	4.1
14. 癸烷	3.8
15. 2-甲基-, 甲基脘类, 2-丙酮	4.1
16. 硝酸, 癸基酯	3.8
17. 3-丁基, 2, 4-戊烷聚酯	2.5
18. 丁基化羟基苯甲醚	2.4
19. 2, 5-二氯苯甲酸	10.0
20. 邻苯二甲酸二甲酯	2.3
21. 2,6-二 (1,1-二甲基乙基) -4-乙基苯酚	2.4
22. 2-苯二甲酸二 (2-甲基丙基) 酯	4.1
23. 邻苯二甲酸丁基酯	3.8
24. 二十一烷	11.0
25. 二十二烷	4.1
26. 十九烷	3.5
27. 二十四烷	6.4
28. 二十六烷	3.5
29. 二十七烷	3.2
30. 三十三烷	0.6

表 3 光源对光催化氧化反应的影响

光源	COD <sub>Mn</sub> 去除率 (%)
氙灯	47.27
汞灯	61.58

紫外光越强， $\text{TiO}_2$  催化氧化性越强。

### 3 结论

武汉东湖水中不仅氮磷含量超标，而且含有多种有毒有机化合物。

$\text{TiO}_2$  在紫外光照射条件具有强的光催化氧化作用，并非  $\text{TiO}_2$  量越高，催化氧化作用越明显，而是当  $\text{TiO}_2$  量为 1.5 g/l 时，效果达到最佳。

以紫外灯为光源，可使湖水  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  去除率达 60% 以上，以模拟太阳光的氙灯为光源，亦使东湖水  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  去除率达 47% 以上，为太阳能的利用提供了可能。

#### 参考文献：

- [1] 张家玉，高水生，卫翔. 东湖污染对生态环境影响及加速湖泊功能恢复的对策[J]. 环境科学与技术，1998,80(1):1~2.
- [2] 王晓华，刘慕凡，张家玉,等. 治污工程对武汉东湖生态恢复的研究与探讨[J]. 环境科学与技术，2002,25(2):40~42.
- [3] 蒋火华，吴贞丽，梁德华. 世界典型湖泊水质探研[J]. 世界环境，2000,4:35~37.
- [4] R.Gracia, S.Cortes, J.Sarsa, et.al..  $\text{TiO}_2$ ---Catalysed ozonation of raw EBRO river water[J]. Wat. Res., 2000, 34(5): 1525~1532.
- [5] 安顺姬，郑松智，毛世忠,等. 北京昆明湖水中有机物的分析及去除[J]. 2000,19(3):284~287.

## Analysis and Photocatalytic Degradation for East Lake Water Sample

LI Hai-yan;SHI Yin-tao;ZENG Qing-fu

(The Research Centre of Environmental Science, Wuhan Institute of Science and Technology Wuhan Hubei 430073, China)

**Abstract:** Water samples were collected from East Lake in February, 2001. More than 30 organic pollutants were identified by GC/MS. They were aliphatic hydrocarbons, phthalic esters, phenols benzene hydrocarbons and several nitric compounds. Based mainly on 2000-2002 data, this analysis on the spatio-temporal variations of COD of East Lake, showed that East Lake has been seriously polluted. The photocatalytic degradation of Donghu Lake with  $\text{TiO}_2$  suspension was investigated. The results showed after an hour UV lamp illumination, the COD removal rate was up to 60%. The optimal degradation condition was: catalyst concentration being 1.0 ~ 1.5 g/l, illumination time being 60 ~ 90min. With Xenic lamp as light source, the COD removal rate was up to 47%. It has been proved that solar energy can be used as a reliable UV source of the heterogeneous photocatalytic oxidation for the Donghu Lake, with an effective, economical and useful prospect of waste water treatment technology.

**Key Words:** East lake water quality analysis; Photo-catalytic oxidation; degradation