

# 6 种水生植物对焦化废水中氨氮和 COD 的去除作用

王凯<sup>1,2</sup>, 栗霞<sup>1</sup>, 蔡瑾<sup>1</sup>, 冯佳<sup>1</sup>, 谢树莲<sup>1</sup>

1. 山西大学生命科学学院, 太原 030006

2. 山西林业职业技术学院, 太原 030009

**摘要** 为了研究水生植物对焦化废水的净化效果, 本文运用重铬酸钾法和纳氏试剂分光光度法分析了轮藻、豆瓣菜、刚毛藻、菹草、红蓼、芦苇 6 种水生植物对焦化废水中氨氮、化学需氧量(COD)的去除作用。结果显示, 6 种水生植物对焦化废水中氨氮和 COD 均有较好的去除效果。6 种水生植物处理焦化废水 5—7d 后, 去除效果可达到平衡, 继续延长处理时间, 去除效果没有显著性变化 ( $P>0.05$ )。轮藻、豆瓣菜、刚毛藻、菹草、红蓼、芦苇对焦化废水中氨氮的最大去除率分别为 20.38%、19.37%、23.61%、22.59%、21.77%、32.4%; 对焦化废水中 COD 的最大去除率分别为 27.51%、27.13%、18.63%、17.03%、25.72%、69.04%。其中芦苇对焦化废水中氨氮及 COD 的去除效果最好, 且与其他植物有显著性差异 ( $P<0.05$ )。

**关键词** 水生植物; 去除作用; 焦化废水; COD; 氨氮

中图分类号 X52

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.h1.013

## Removal Effect for Ammonia-Nitrogen and COD in Coking Wastewater by Using Six Kinds of Aquatic Plants

WANG Kai<sup>1,2</sup>, LI Xia<sup>1</sup>, CAI Jin<sup>1</sup>, FENG Jia<sup>1</sup>, XIE Shulian<sup>1</sup>

1. School of Life Science, Shanxi University, Taiyuan 030006, China

2. Shanxi Forestry Vocational Technical Institute, Taiyuan 030009, China

**Abstract** In order to study the purification effect of aquatic plants in the treatment of the coking wastewater, *Chara* sp., *Nasturium officinale*, *Cladophora* sp., *Potamogeton crispus*, *Polygonum orientale*, and *Phragmites australis* were, respectively, used to remove ammonia-nitrogen and COD from the coking wastewater, with the Nessler's reagent colorimetric methods and the dichromate potassium methods. The results indicate that these six kinds of aquatic plants have high removal effects for ammonia-nitrogen and COD. Their removal effects of ammonia-nitrogen and COD reach a saturation state after treating for 5 to 7 days. Then, the removal effects do not increase significantly ( $P>0.05$ ) with extending the treatment time. The best removal efficiency for the ammonia-nitrogen in the coking wastewater by using *Chara* sp., *Nasturium officinale*, *Cladophora* sp., *Potamogeton crispus*, *Polygonum orientale*, and *Phragmites australis* is 20.38%, 19.37%, 23.61%, 22.59%, 21.77%, and 32.4%, respectively. The best removal efficiency for the COD in the coking wastewater by using *Chara* sp., *Nasturium officinale*, *Cladophora* sp., *Potamogeton crispus*, *Polygonum orientale*, and *Phragmites australis* is 27.51%, 27.13%, 18.63%, 17.03%, 25.72%, and 69.04%, respectively. Compared with the other 5 kinds of plants, *Phragmites australis* has the highest ( $P<0.05$ ) removal effect for ammonia-nitrogen and COD.

**Keywords** aquatic plants; removal effect; coking wastewater; COD; ammonia-nitrogen

收稿日期: 2012-06-19; 修回日期: 2012-08-26

基金项目: 山西省科技基础条件平台建设项目(2009091015)

作者简介: 王凯, 博士研究生, 研究方向为藻类资源, 电子信箱: chaseking2004@163.com; 谢树莲(通信作者), 教授, 研究方向为植物资源, 电子信箱: xiesl@sxu.edu.cn

## 0 引言

煤炭是中国乃至世界上最主要的能源之一,煤焦化工业对中国国民经济发展意义十分重大。由于煤焦化工业迅速发展,焦化工业废水的排放量也呈上升趋势<sup>[1-3]</sup>。焦化废水具有高氨氮、高化学需氧量(COD)的特点,是一种典型的高浓度难降解的有机工业废水。其大量排放,不仅会对环境造成严重污染,还会影响正常的工农业生产和人类的生活<sup>[4]</sup>。因此,焦化废水的处理一直是人们关注的热点问题。

水生植物是水生生态系统的重要组成部分和主要的初级生产者,对水生生态系统物质和能量循环和传递起着调控作用<sup>[5-6]</sup>。它们在水体中的生态功能使其在水污染防治中具有重要的应用价值<sup>[7-8]</sup>。然而,大多数学者的研究现多集中于水生植物修复技术对生活污水、含重金属工业废水的净化效率方面<sup>[9-11]</sup>,而对其净化焦化废水的研究却很少见报道。本文选取北方常见的轮藻、豆瓣菜、脆弱刚毛藻、菹草、红蓼、芦苇6种水生植物,就其对焦化废水中COD和氨氮的去除作用进行了研究,旨在进一步挖掘和筛选能有效净化焦化废水的水生植物,拓展水生植物在工业废水处理中的应用范围。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供试水生植物:轮藻(*Chara* sp.)、豆瓣菜(*Nasturium officinale*)、刚毛藻(*Cladophora* sp.)、菹草(*Potamogeton crispus*),采自山西省太原市晋祠公园;红蓼(*Polygonum orientale*)、芦苇(*Phragmites australis*)采自山西大学南门外浅水沟旁。

焦化废水采自山西省临汾市某焦化厂。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 实验材料的采集和预处理

采集生长旺盛的供试植物,就地清洗,去除附着在植株上的泥沙和浮游动植物等。带回实验室再经精细挑选后,选择新鲜翠绿,生长良好的供试植物在室温下,用蒸馏水进行驯化培养1—2d。待驯化培养后,用于焦化废水处理试验。

#### 1.2.2 6种水生植物对焦化废水样中氨氮的去除

氨氮的测定方法采用纳氏试剂分光光度法<sup>[12]</sup>。

氨氮标准曲线的绘制:吸取0.50、1.00、3.00、5.00、7.00和10.00mL铵标准使用液于50mL比色管中,加水至标线,加1.0mL酒石酸钾钠溶液,混匀。再加1.5mL纳氏试剂,混匀。在波长420nm处,以水为参比,测定吸光值,绘制以氨氮质量浓度( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )与吸光值的标准曲线。

参照相关文献<sup>[13-14]</sup>报道,选取30g驯化培养后生长旺盛的供试植物(红蓼和芦苇选取大小、生长状况相近的2—3株)。红蓼和芦苇置于直径约50cm的圆桶内,并向桶内注入2L稀释1倍的焦化废水水样。轮藻、豆瓣菜、刚毛藻和菹草置于250mL三角瓶中,并向瓶中注入150mL稀释1倍的焦化废水水样。在测量过程中不断补足水样,使各处理水样在实验过程

中均保持固定的体积,自然光源,温度为25—30℃。于第1、3、5、7、9、11天取水样,测其氨氮质量浓度。以不接入水生植物的焦化废水水样氨氮质量浓度及不加入焦化废水且接入水生植物水样的氨氮质量浓度作为对照,每个处理重复3次。

#### 1.2.3 6种水生植物对焦化废水样中COD的去除

参照相关文献<sup>[15-16]</sup>报道,处理方法同第1.2.2节,于第1、3、5、7、9、11天取水样,测其COD值。以不接入水生植物的焦化废水水样COD值及不加入焦化废水且接入水生植物水样的COD值作为对照,每个处理重复3次。COD的测定方法采用重铬酸钾<sup>[17]</sup>。

#### 1.2.4 数据分析

数据的统计比较采用SPSS 17.0软件中的Duncan's多重比较方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 氨氮标准曲线的绘制

由图1可以看出,氨氮质量浓度的标准曲线服从比尔定律,具有良好的线性关系。氨氮质量浓度在最大吸收波长下与吸光值的函数及对应公式,实验值与趋势线的拟合度均达到95%以上,说明该函数能够反映实际值。

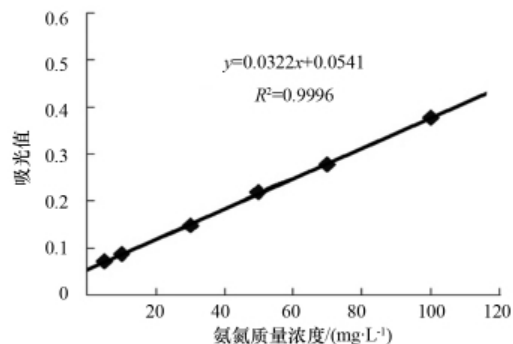


图1 氨氮质量浓度的标准曲线

Fig. 1 The standard curve of ammonia-nitrogen concentration

### 2.2 6种水生植物对焦化废水中氨氮的去除效果

由图2所示,随着处理时间的延长,轮藻、豆瓣菜、红蓼、菹草、芦苇对焦化废水中的氨氮的去除效果增强,至第5天时,去除效果达到平衡状态,继续延长处理时间,去除效果没有显著性变化( $P>0.05$ ,图2(a)—图2(e))。刚毛藻对焦化废水中的氨氮的去除效果随着处理时间的延长而增强,至第7天时,去除效果达到平衡状态,继续延长处理时间,去除效果没有显著性变化( $P>0.05$ ,图2(f))。6种水生植物对氨氮的去除作用具有一个明显特点,即在第3天,氨氮质量浓度不但没有下降,反而略有升高,随着处理时间的延长,氨氮质量浓度又下降。

取各个处理达到平衡状态的氨氮质量浓度进行去除率的计算及多重比较(轮藻、豆瓣菜、菹草、红蓼、芦苇第5天的氨氮值,刚毛藻第7天的氨氮值)。由表1可以看出,6种水生

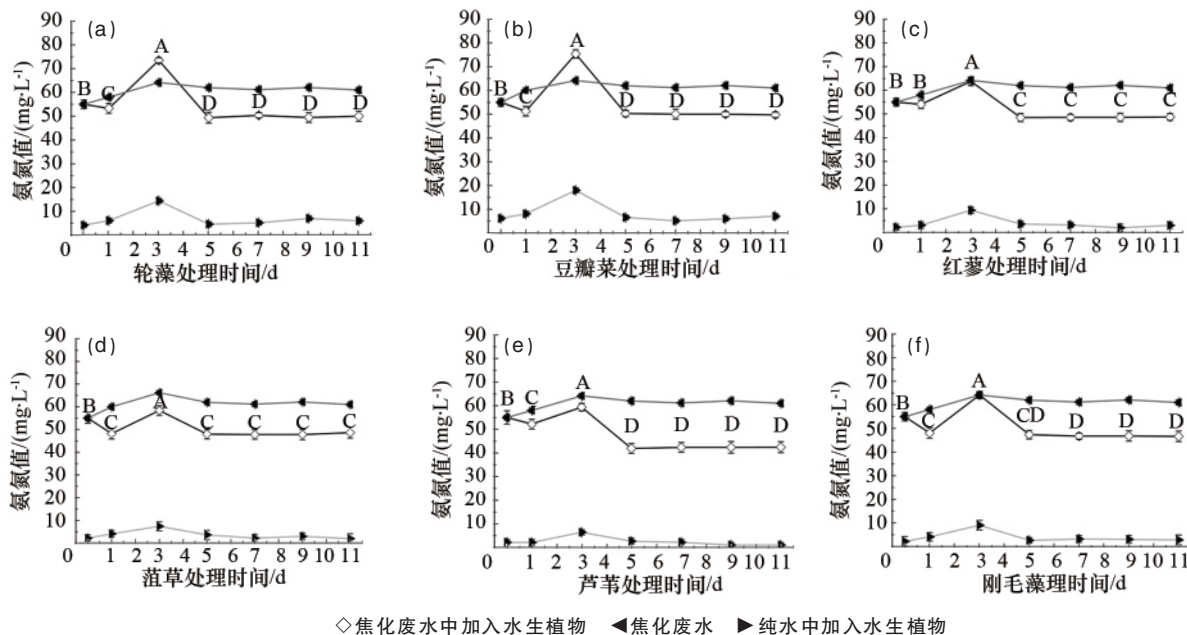


图2 6种水生植物不同处理时间对焦化废水中氨氮的去除效果

Fig. 2 Remove effects for ammonia-nitrogen in coking wastewater by using six kinds of aquatic plants for different durations  
注: 以焦化废水的氨氮质量浓度及纯水中加入水生植物的氨氮质量浓度为对照, 图中标有不同字母的表示有显著性差异 ( $P < 0.05$ , Duncan's 多重比较)。

Notes: Ammonia-nitrogen content in coking wastewater, with ammonia-nitrogen content in pure water as the control, treating with six kinds of aquatic plants. The data were analyzed with Duncan's new multiple range test, and the different letters indicate significant difference at 5% level ( $P < 0.05$ ).

表1 6种水生植物对焦化废水中氨氮和COD的去除率

Table 1 Removal efficiency for ammonia-nitrogen and COD in coking wastewater by using six kinds of aquatic plants

指标	去除率/%					
	轮藻	豆瓣菜	刚毛藻	菹草	红蓼	芦苇
氨氮	20.38	19.37	23.61	22.59	21.77	32.40
COD	27.51	27.13	18.63	17.03	25.72	69.04

植物对焦化废水中氨氮的去除率大小顺序为芦苇>刚毛藻>菹草>红蓼>轮藻>豆瓣菜。6种植物对氨氮的去除效果与对照相比均有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。6种植物中芦苇对焦化废水中氨氮的去除效果最好, 且与其他植物有显著性差异 ( $P < 0.05$ ) (图3)。

### 2.3 6种水生植物对焦化废水中COD的去除效果

6种水生植物不同处理时间对焦化废水中COD的去除效果如图4所示。随着处理时间的延长, 轮藻、豆瓣菜、红蓼、菹草、芦苇、刚毛藻对焦化废水中的COD的去除效果增强, 到第5天时, 去除效果达到平衡状态, 继续延长处理时间, 去除效果没有显著性变化 ( $P > 0.05$ )。

取各个处理达到平衡状态的COD值进行去除率的计算及多重比较(第5天的COD值)。由表1可以看出, 6种水生植物对焦化废水中COD的去除率大小顺序为芦苇>轮藻>豆瓣菜>红蓼>刚毛藻>菹草。由图5可以看出, 6种植物对COD的去除效果与对照相比均有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。6种植物

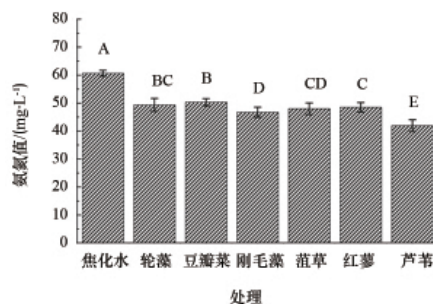
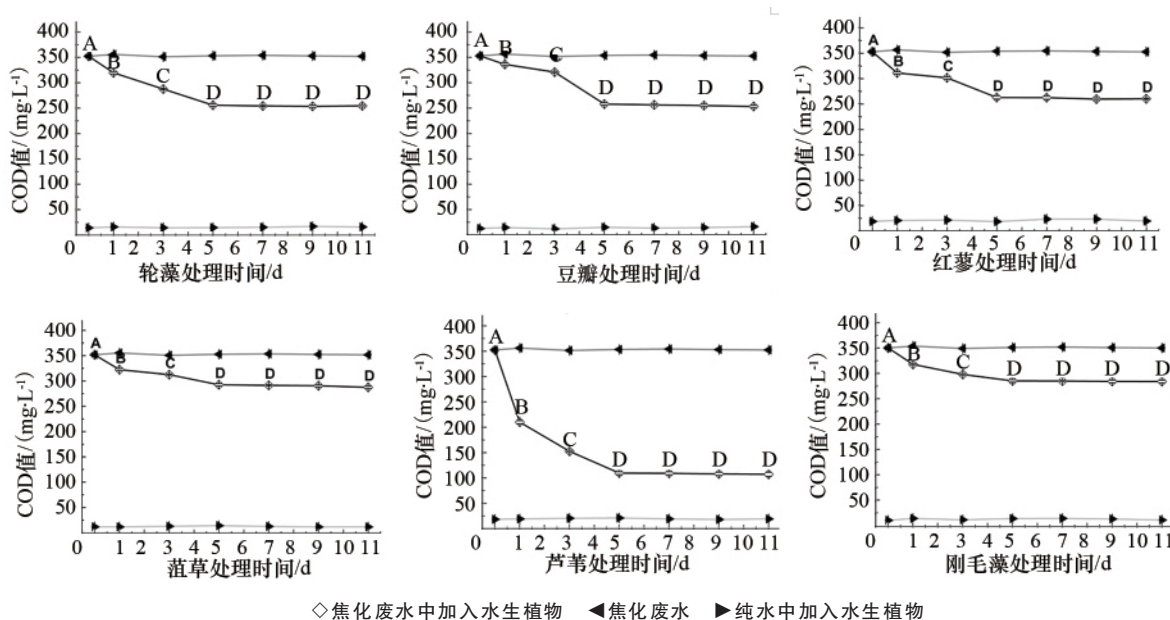


图3 6种水生植物对焦化废水中氨氮的去除效果

Fig. 3 Remove effects for ammonia-nitrogen in coking wastewater by using six kinds of aquatic plants

注: 以焦化废水的氨氮质量浓度为对照, 图中标有不同字母的表示有显著性差异 ( $P < 0.05$ , Duncan's 多重比较)。

Notes: Ammonia-nitrogen content in coking wastewater is used as the control. The data were analyzed with Duncan's new multiple range test, and the different letters indicate significant difference at 5% level ( $P < 0.05$ ).



◇焦化废水中加入水生植物 ◀焦化废水 ▶纯水中加入水生植物

图 4 6 种水生植物不同处理时间对焦化废水中 COD 的去除效果

Fig. 4 Remove effects for COD in coking wastewater by using six kinds of aquatic plants for different time duration

注:以焦化废水的 COD 值及纯水中加入水生植物的 COD 值为对照,图中标有不同字母的,表示有显著性差异 ( $P < 0.05$ , Duncan's 多重比较)。

Notes: COD content in coking wastewater, with COD content in water as the control, treating with six kinds of aquatic plants. The data were analyzed with Duncan's new multiple range test, and the different letters indicate significant difference at 5% level ( $P < 0.05$ ).

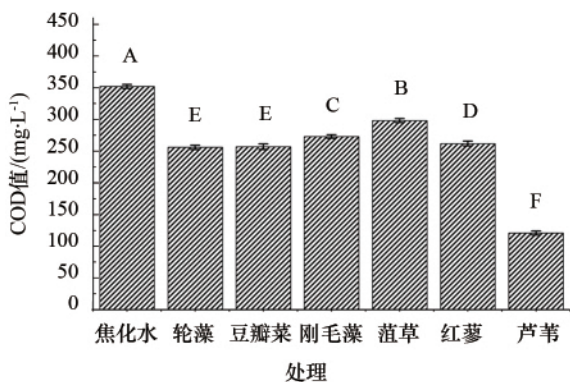


图 5 6 种水生植物对焦化废水中 COD 的去除效果

Fig. 5 Remove effects for COD in coking wastewater by using six kinds of aquatic plants

注:以焦化废水的 COD 值为对照,图中标有不同字母的表示有显著性差异 ( $P < 0.05$ , Duncan's 多重比较)。

Notes: COD content in coking wastewater is used as the control. The data were analyzed with Duncan's new multiple range test, and the different letters indicate significant difference at 5% level ( $P < 0.05$ ).

中芦苇对焦化废水中 COD 的去除效果最好,且与其他植物有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。

### 3 讨论

本文利用 6 种水生植物对焦化废水进行处理,结果表明

所选取的 6 种植物对焦化废水中氨氮具有较好的去除能力,说明所选的 6 种水生植物均可以应用到焦化废水氨氮的处理中。从图 2 可以看出,所选的 6 种植物对氨氮的处理过程中,在处理的第 3 天氨氮质量浓度不但没有下降,反而略有升高。这是因为水体中氨氮的去除主要是通过植物的吸收和挥发、生物硝化和反硝化的连续过程而起作用的<sup>[8]</sup>。废水中的氨氮在好氧条件下通过好氧硝化菌的作用被氧化为亚硝酸盐或硝酸盐,在缺氧条件下,又利用反硝化菌将亚硝酸盐和硝酸盐还原为氮气而从废水中逸出。因此生物硝化和反硝化作用的连续性是氨氮去除的关键。当水生植物放入新的环境中,植物根部新形成菌落未达到平衡状态,使得根部的反硝化细菌数量较高,但硝化细菌的数量较低,导致了硝化和反硝化两个连续过程不能顺利进行<sup>[9]</sup>,其氨氮质量浓度偏高。另外,从图 2 可以看出,纯水中放入植物体处理 3d 后,也出现了氨氮质量浓度的增加。当植物适应了焦化废水的条件,其硝化细菌与反硝化细菌达到平衡,使得生物硝化和反硝化的连续进行,其氨氮质量浓度也会持续下降。6 种植物在处理焦化废水 5—7d 后,其氨氮质量浓度均下降一定数值,继续延长处理时间,没有发生显著性变化。6 种水生植物对于焦化废水中氨氮的去除效果可能主要是由于吸附作用,当处理时间达到 5—7d 的时候,各种植物对于水体中的氨氮达到了最大的吸附量,因此在实际应用中,处理时间应维持在 5—7d。处理 7d 后勿需继续延长处理时间,即可排出焦化废水,进行下一步的处理,从而节省人力物力。所选的 6 种植物中芦苇对焦

化废水中氨氮的去除效果最好,且与其他植物有显著性差异。这可能与芦苇的组织结构有关。芦苇是多年水生或湿生的高大禾草,其植物体的各部分都可吸收水分和养料,而且通气组织特别发达,有利于在水中缺乏空气的情况下进行气体交换,因此更适应焦化废水的缺氧环境。

高 COD 是焦化废水的主要特点,目前用于处理焦化废水的方法对 COD 的处理往往不完全,其出水 COD 指标经常超过国家规定的排放标准,严重污染了水环境。本文利用 6 种水生植物对焦化废水进行处理,结果表明所选取的 6 种植物对焦化废水中 COD 具有较好的去除能力,说明所选的 6 种水生植物均可以应用到焦化废水 COD 的处理中。一些研究表明,植物主要是依靠附着在基质和植物根系上的微生物的降解作用对 COD 进行去除的<sup>[20]</sup>。6 种植物在处理焦化废水 5d 后,其 COD 值均下降一定数值,继续延长处理时间,COD 值没有发生显著性变化。因此在实际应用中,处理时间应维持在 5d。处理 5d 后,无需继续延长处理时间,即可排出焦化废水,进行下一步 COD 的处理,从而节省人力物力。6 种水生植物中,芦苇对焦化废水中 COD 的去除效果最好,且与其他植物没有显著性差异。芦苇对 COD 较高的去除效果可能与其植株特点、光合能力、输氧本领有关。芦苇是多年生的水生维管束植物,其茎叶露出水面生长,根、地下茎生于泥土及水中,相互交织,兼具陆生植物和水生植物的特性,因而具有很广的适应性和很强的耐受性。芦苇光合能力强,进行光合作用产生的氧气向下通过根状茎和不定根输送到根区,进此向水体中扩散,使水体中的溶解氧增加,为根区微生物的活动创造有利条件,促进了有机物的好氧分解,提高了 COD 的去除率<sup>[19,21]</sup>。

目前,焦化废水处理技术本身存在的缺陷问题,导致焦化废水生化出水中 COD 往往不能达标,氨氮严重超标。水生植物广泛存在于各种水体,其种类繁多,生长季节长,生长繁殖迅速,且具有耐污性强,温度适应性宽(在 4—30℃下均能生活生长),对光照要求不高等特性,因此被广泛用于污水的净化处理当中。水生植物修复技术处理工业废水,不仅处理效果好、工艺简单、投资省、耗电低、运行费用低,而且绿色环保<sup>[22-24]</sup>。从实验结果来看,6 种水生植物均对氨氮及 COD 有一定的去除效果,且芦苇的效果最强。下一步将研究 6 种植物之间的配比,使其结构达到最优化,为进一步研究人工湿地、植物氧化塘的应用打下基础。

#### 4 结论

本文以北方常见的 6 种水生植物为材料,研究轮藻、豆瓣菜、刚毛藻、菹草、红蓼、芦苇对焦化废水中氨氮及化学需氧量的去除作用。结果表明,所选的 6 种水生植物均对焦化废水中氨氮和 COD 有一定的去除效果。6 种水生植物对氨氮及 COD 去除效果随处理时间的延长而增强,处理时间达到 5—7d 时,去除效果达到平衡,处理过程完毕。通过多重比较得

出,6 种水生植物中芦苇对焦化废水中氨氮及 COD 的去除效果最好,且与其他植物有显著性差异( $P < 0.05$ )。

#### 参考文献 (References)

- [1] 周长丽, 薛士科. 浅谈中国焦化废水处理技术进展及其应用 [J]. 洁净煤技术, 2007, 13(4): 79-81.  
Zhou Changli, Xue Shike. *Clean Coal Technology*, 2007, 13(4): 79-81.
- [2] Bridle T R, Bedford W K, Jank B E. Biological nitrogen control of coke plant wastewater[J]. *Water Science and Technology*, 1981, 13(11): 667-680.
- [3] 王真, 葛腾悦, 杨勇, 等. 焦化废水处理技术研究进展 [J]. 广东化工, 2008, 35(11): 72-74.  
Wang Zhen, Ge Tengyue, Yang Yong, et al. *Guangdong Chemical Industry*, 2008, 35(11): 72-74.
- [4] 王绍文, 钱雷. 焦化废水无害化处理与回用技术 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2005: 1-4.  
Wang Shaowen, Qian Lei. *The harmless treatment of coking wastewater and technology of reuse* [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2005: 1-4.
- [5] Michael P M. Water garden [M]. Stoneville: Southern Regional Aquaculture Center Publication, 1999: 435.
- [6] 王建华, 潘伟斌. 城区富营养化景观水体的生物修复技术 [J]. 四川环境, 2005, 24(5): 35.  
Wang Jianhua, Pan Weibin. *Sichuan Environment*, 2005, 24(5): 35.
- [7] Champagne C P, Lacroix C, Isabelle S G. Immobilized cell technologies for the dairy industry [J]. *Critical Reviews in Biotechnology*, 1994, 14(2): 109-134.
- [8] Craggs R J. Wastewater treatment by algal turf scrubbing [J]. *Water Science and Technology*, 2001, 44(11-12): 427-433.
- [9] 王忠全, 温琰茂, 黄兆霆, 等. 几种植物处理含重金属废水的适应性研究[J]. 生态环境, 2005, 14 (4): 540-544.  
Wang Zhongquan, Wen Yanmao, Huang Zhaoting, et al. *Ecology and Environment*, 2005, 14 (4): 540-544.
- [10] 陈明利, 张艳丽, 吴晓芙, 等. 人工湿地植物处理含重金属生活废水的实验研究[J]. 环境科学与技术, 2008, 31(12): 164-168.  
Chen Mingli, Zhang Yanli, Wu Xiaofu, et al. *Environmental Science and Technology*, 2008, 31(12): 164-168.
- [11] 郑姝卉, 李振, 白娟. 浅析我国人工湿地污水处理技术 [J]. 山东水利, 2009(9): 41-49.  
Zhen Shuhui, Li Zhen, Bai Juan. *Shandong Water Conservancy*, 2009(9): 41-49.
- [12] 中华人民共和国环境保护部. HJ 535—2009 水质—氨氮的测定—纳氏试剂分光光度法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.  
Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. HJ 535—2009 Water quality—Determination of ammonia nitrogen—Nessler's reagent spectrophotometry [S]. Beijing: China Standards Press, 2009.
- [13] 高桂梅. 不同预处理对纳氏试剂闭塞法测氨氮的影响[J]. 中国环境管理干部学院学报, 2005, 15(1): 54-60.  
Gao Guimei. *Journal of Environmental Management College of China*, 2005, 15(1): 54-60.
- [14] 朱歆莹, 高为, 顾金华. 工业废水与河流水体对藻类的毒性实验[J]. 新疆环境保护, 2008, 30(3): 21-23.  
Zhu Xinyin, Gao Wei, Gu Jinhua. *Environmental Protection of Xinjiang*, 2008, 30(3): 21-23.

- [15] 刘碧红, 梁肇勤. 用藻类处理工业废水试验 [J]. 广西化工, 1990(1): 52-54.  
Liu Bihong, Liang Zhaoqin. *Guangxi Chemical Industry*, 1990 (1): 52-54.
- [16] 黄韵珠, 蒲铜良, 王勋陵, 等. 植物净化塘处理油漆厂废水的试验研究[J]. 兰州大学学报, 1995, 31(2): 127-132.  
Huang Yunzhu, Pu Tongliang, Wang Xunling, et al. *Journal of Lanzhou University*, 1995, 31(2): 127-132.
- [17] 王有志, 谢炜平. 水质分析技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 69.  
Wang Youzhi, Xie Weiping. *Technology of water quality analysis* [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007: 69.
- [18] 曾爱平, 刘洪见, 徐晓薇, 等. 2种挺水植物治理生活污水的研究[J]. 浙江农业科学, 2009(4): 806-808.  
Zeng Aiping, Liu Hongjian, Xu Xiaowei, et al. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2009(4): 806-808.
- [19] 李科德, 胡正嘉. 芦苇床系统净化污水的机理 [J]. 中国环境科学, 1995, 15(2): 140-144.  
Li Kede, Hu Zhengjia. *China Environmental Science*, 1995, 15(2): 140-144.
- [20] 刘洋, 王世和, 黄娟, 等. 两种人工湿地长期运行效果研究[J]. 生态环境, 2006, 15(6): 1156-1159.  
Liu Yang, Wang Shihe, Huang Juan, et al. *Ecology and Environment*, 2006, 15(6): 1156-1159.
- [21] 尹连庆, 张建平, 董树军, 等. 粉煤灰基质人工湿地系统净化污水的研究[J]. 华北电力大学学报, 1999, 26(4): 76-79.  
Yi Lianqing, Zhang Jianping, Dong Shujun, et al. *Journal of North China Electric Power University*, 1999, 26(4): 76-79.
- [22] Ross M, Kuruvilla M H, Goen H. The role of the submergent macrophyte *Triglochin huegelii* in domestic greywater treatment [J]. *Ecological Engineering*, 1999, 12(1-2): 57-66.
- [23] Robyn A O, David L P. The uptake of uranium by *Eleocharis dulcis* (Chinese water chestnut) in the Ranger Uranium Mine constructed wetland filter[J]. *Environmental Pollution*, 2004, 132(3): 307-320.
- [24] Samecka C A, Kempers A J. Toxic metals in aquatic plants surviving in surface water polluted by copper mining industry [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2004, 59(1): 64-69. (责任编辑 吴晓丽)

·学术动态·

## “光学前沿——第八届 全国激光技术与光电子学学术会议”征文

中国科学院上海光学精密机械研究所、中国激光杂志社将于2013年3月19—21日在上海举办“光学前沿——第八届全国激光技术与光电子学学术会议暨2012中国光学重要成果及优秀产品发布会”。该学术会议与发布会将与“2013年慕尼黑上海光博会”同步举行。

征稿范围:(1) 激光器与激光光学:激光物理、全国态激光器及新型激光器、先进激光材料、薄膜及元器件、光束传输、控制及光束特性、非线性光学、其它相关技术;(2) 激光应用:工业激光及其应用、空间激光通信、激光雷达成像技术、军用激光技术、激光显示技术、激光生物与激光医学;(3) 红外技术(红外成像技术、红外材料与器件、红外探测技术、微光夜视技术);(4) 光电子学及其他应用。

论文提交日期:2013年1月2日

联系电话:02169918426

大会网站:www.opticsjournal.net/laserchina2013.htm

### 《科技导报》“书评”栏目征稿

“书评”栏目发表图书评论文章,被评论的图书以高级科普、学术专著及科学文化图书为主,兼顾科学精神、科学方法、科技哲学、科学人文、科学家传记、经典科学著作、科学通俗读物、科学道德等内容。欢迎投稿,择优刊登。每篇书评以2100字左右为宜,需配书影,并含书名、作者、出版单位、出版年份、定价等信息。栏目责任编辑:陈广仁,投稿邮箱:chenguangren@cast.org.cn。


 科技  
导报  
SCIENCE & TECHNOLOGY REVIEW