

# 利用水生植物净化富营养化水体的研究进展

## Study Progress on Purification of Eutrophic Water by Aquatic Macrophytes

朱斌 陈飞星 (北京师范大学环境科学与工程系,环境模拟与污染控制国家重点联合实验室,北京 100875)

Zhu Bin Chen Feixing (State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Department of Environmental Science and Engineering, Beijing Normal University, Beijing 100875)

陈增奇 (浙江省水利水电勘测设计院,杭州 310002)

Chen Zengqi (Zhejiang Design Institute of Water Conservancy & Hydroelectric Power, Hangzhou 310002)

**摘要** 综述了近几年来利用水生植物净化富营养化水体的研究和应用现状,包括水生植物的净化机理和净化效果,并对目前常用净化富营养化水体的水生植物研究频度进行了统计。此外,还着重强调了水生植物在净化应用中需关注的问题,展望了这种净化技术的发展前景。

**关键词:** 水生植物 富营养化水体 水体净化 研究与进展

### 1 前言

水体富营养化是全球性的环境问题。治理富营养化水体的多种措施中,利用水生植物的方法,以其良好的净化效果、独特的经济效益、能耗低、简单易行以及有利于重建和恢复良好的水生生态系统等特点,正日益受到人们的关注<sup>[1,2]</sup>。我国水污染严重,利用水生植物净化富营养化水体必将具有非常广阔的发展前景。

### 2 净化机理

#### 2.1 吸收作用

高等水生植物在生长过程中,需要吸收大量的N、P等营养元素。Philip的研究表明,在人工湿地中香蒲对N的吸收为 $565\text{mg}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ , 蘆草对N的吸收为 $261\text{mg}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ <sup>[3]</sup>。我国太湖水面夏季时的水葫芦,对N、P的吸收能力分别为 $0.79$ 和 $0.13\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{d})$ <sup>[4]</sup>。当水生植物被运移出水生生态系统时,被吸收的营养物质随之从水体中输出,从而达到净化水体的作用。

#### 2.2 降解作用

水生植物群落的存在,为微生物和微型生物提供了附着基质和栖息场所。这些生物能大大加速截留在根系周围的有机胶体或悬浮物的分解矿化。如,芽孢杆菌能将有机磷、不溶解磷降解为无机的、可溶的磷酸盐,从而使植物能直接吸收利用<sup>[5]</sup>。此外,水生植物的根系还能分泌促进嗜磷、氮细菌生长的物质,从而间接提高净化率。有些学者通过大量的物质平衡计

算,认为在N的去除机制上占主导地位的是细菌的降解作用,而非水生植物的吸收作用<sup>[6]</sup>。

#### 2.3 吸附、过滤、沉淀作用

浮水植物发达的根系与水体接触面积很大,能形成一道密集的过滤层,当水流经过时,不溶性胶体会被根系粘附或吸附而沉降下来,特别是将其中的有机碎屑沉降下来。有学者认为,内源污染的主要贡献者是水体中的有机碎屑<sup>[7]</sup>。与此同时,附着于根系的细菌体在进入内源生长阶段后会发生凝集,部分为根系所吸附,部分凝集的菌胶团则把悬浮性的有机物和新陈代谢产物沉降下来。

#### 2.4 对藻类的抑制作用

水生植物和浮游藻类在营养物质和光能的利用上是竞争者,前者个体大、生命周期长,吸收和储存营养盐的能力强,能很好地抑制浮游藻类的生长<sup>[8]</sup>。如,西湖的小南湖恢复生长聚草、苦草等水生植物后,水质明显变好,透明度大大提高,与主体湖相比,浮游植物密度和叶绿素a大幅度下降<sup>[7]</sup>。

某些水生植物根系还能分泌出克藻物质,达到抑制藻类生长的作用。如,用培植石菖蒲的水培养藻类,可破坏藻类的叶绿素a,使其光合速率、细胞还原TTC的能力显著下降<sup>[9]</sup>。另外,水生植物根圈还会栖息某些小型动物,如水蜗牛,能以藻类为食。

#### 2.5 其他作用

第一作者朱斌,男,1975年生,1997年毕业于山东大学环境科学系,现为北京师范大学环科所在读硕士研究生。

挺水植物可通过对水流的阻尼或减小风浪扰动,使悬浮物质沉降。在易受风浪涡流及底层鱼类扰动影响的浅水湖泊底层,沉水植物有利于形成一道屏障,使底泥中营养物质溶出速度明显受到抑制<sup>[4]</sup>。水生植物还能通过植物残体的沉积将部分生物营养元素埋入沉积物中,使其脱离湖泊内的营养循环,进入地球化学循环过程<sup>[10]</sup>。湖边以挺水植物为主的水路交错带,有利于对面源污染物的去除和沉淀等。总之,水生植物的存在,有利于形成一个良性的水生生态系统,并能在较长时间内保持水质的稳定。

### 3 净化效果

#### 3.1 室内、室外试验中的净化效果

戴莽等<sup>[11]</sup>在严重富营养化的武汉东湖设置大型人工围隔,发现菹草(沉水植物)的恢复会使水体的各种营养盐水平都有显著的降低,溶解氧和透明度显著提高,电导率明显下降。王旭明<sup>[12]</sup>则利用水芹在室内净化污水,3天内水芹对TN、TP的吸收率分别达到66.7%、73.7%,而且净化率随温度的提高还会增加。

多种植物组合比单种植物能更好地对水体净化,目前有越来越多的试验研究采用多种植物的组合。这可能是因为:不同水生植物的净化优势不同,有的可以高效地吸收氮,有的却能更好地富集磷;每种植物在不同时期的生长速率及代谢功能各不相同,由此导致不同时期对氮、磷等营养元素的吸收量也不同,而且随着植物发育阶段不同,附着于植物体的微生物群落也会发生变化。微生物群落的变化会直接影响植物对水体的净化率,当多种植物搭配使用时就有利于植物间的取长补短,保持较为稳定的净化效果;多种植物的组合具有合理的物种多样性,从而更容易保持长期的稳定性,而且也会减少病虫害。高吉喜等<sup>[13]</sup>的研究结果支持了这一观点。

值得注意的是,在不同富营养化程度水体中水生植物的净化效果排序不同,这是由于轻度富营养水体中某些水生植物的生长发育能力受到限制的缘故。如葛滢等<sup>[14]</sup>的研究结果表明,对于重度富营养水体,空

心菜的净化效果最好,凤眼莲和鸭跖草其次,灯芯草、知风草和水芹菜也有一定效果;而对于轻度富营养水体,鸭跖草、喜旱莲子草最好,凤眼莲、空心菜、酸模叶蓼均较好,石菖蒲、灯芯草、知风草等略差,但可四季使用。这方面的报道较少,有待于更深入的研究。

#### 3.2 实践应用中的净化效果

##### 3.2.1 水生植物在人工湿地中的应用

在人工湿地中,水生植物占据着举足轻重的地位<sup>[15]</sup>,其生长发育直接影响到出水的水质。芦苇被国际上公认是人工湿地的首选植物,其种植简单、繁殖能力强、管理要求粗放、处理效果好。丁廷华<sup>[16]</sup>所用的芦苇湿地系统示范工程,在处理水量为500m<sup>3</sup>/d,水力负荷为5cm/d的条件下,对BOD<sub>5</sub>、TN的去除率达到85.8%、64.6%。Jurgen Kern<sup>[17]</sup>用芦苇床处理生活污水试验中,COD、TN、TP等的去除率变化在80%~99%之间。成水平等<sup>[18]</sup>利用香蒲、灯心草湿地净化城镇污水,出水水质总体上达到国家Ⅱ、Ⅲ类地面水标准,两种湿地对人工污水中TN去除率均维持在94%以上。

##### 3.2.2 水生植物的其他应用

公园小水体的富营养化严重影响了观赏价值,这是国内普遍存在的问题。为此,沈治蕊等<sup>[19]</sup>对南京煦园采用了以水培经济植物为主的生态工程方法,种植了水芹菜、水蕹菜、黄花菜、睡莲及花卉等,所占面积仅占全湖面积的5.15%,但1个月前后对比,湖中TN较治理前降低46.3%,TP降低48.4%,藻类密度降低63.2%,透明度提高1倍。

王国祥等<sup>[20]</sup>利用镶嵌组合植物群落(由浮水、浮叶、沉水植物为优势种的斑块小群丛构成)控制湖泊饮用水源区藻类及氮污染。结果表明,富营养化湖水经净化后,藻类生物量下降57.7%,藻类数量下降2~3个数量级,TN下降60.0%,水质得到明显改善。

#### 3.3 净化常用的水生植物统计

通过调研,近10a水生植物在净化水质方面的部分国内外期刊文献(共95篇),对不同水生植物的被研究次数进行了统计,见表1。

表1中的研究频度等级表明水生植物被用来研

表1 净化富营养化水体的水生植物研究频度统计  
Tabal 1 Statistics on research frequency of aquatic macrophytes which are often used to purify eutrophic water

序号	研究频度等级	水生植物名称	生态类型
1	1	凤眼莲( <i>Eichhornia crassipes</i> )	浮水植物
2	2	芦苇( <i>Phragmitis communis Trin</i> )	挺水植物
3	3	喜旱莲子草( <i>Alternanthea Philoxeroides</i> )	挺水或湿生植物
4	4	香蒲( <i>Typha Linn. Spp</i> )	挺水植物

(续表)

序号	研究频度等级	水生植物名称	生态类型
5	5	菹草( <i>Potamogeton crispus</i> L)	沉水植物
6	6	水蕹( <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk)	挺水或湿生植物
7	7	茭白( <i>Zizania latifolia</i> [Griseb.] Stapf)	挺水植物
8	7	浮萍( <i>Lemna minor</i> L)	浮水植物
9	7	菱( <i>Trapa</i> Linn. Spp)	浮叶植物
10	7	金鱼藻( <i>Ceratophyllum demersum</i> L)	沉水植物
11	8	伊乐藻( <i>Elodea canadensis</i> )	沉水植物
12	8	荷花( <i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn)	浮叶植物
13	8	苦草( <i>Vallisneria spiralis</i> L)	沉水植物
14	8	黑藻( <i>Hydrilla verticillata</i> Royle)	沉水植物
15	8	水芹( <i>Oenanthe javanica</i> L)	挺水或湿生植物
16	9	紫萍( <i>Spirodela polyrhiza</i> [Linn] Schleid)	浮水植物
17	9	灯心草( <i>Juncus effuses</i> linn)	湿生植物
18	9	菖蒲( <i>Acorus calamus</i> L)	挺水植物
19	9	水葱( <i>S. Lacustris</i> L. var <i>tabernaemontani</i> Trauv)	挺水植物
20	9	多花黑麦草( <i>Lolium multiflorum</i> Lam)	湿生植物
21	9	大茨藻( <i>Najas marina</i> L)	沉水植物
22	9	睡莲( <i>Nymphaea</i> linn. Spp)	浮叶植物
23	10	满江红( <i>Azolla imbricate</i> [Roxb] Nakai)	浮水植物
24	10	美人蕉( <i>Cana generalis</i> Bailey)	栽培或陆生植物
25	10	聚草( <i>Myriophyllum spicatum</i> L)	沉水植物
26	10	水鳖( <i>Hydrocharis asiaticus</i> Miq)	浮水植物
27	10	荇菜( <i>Nymphoides peltata</i> (Gmel.) O. Kuntze)	浮水植物
28	10	槐叶萍( <i>Salvinia natans</i> [L.] All)	浮水植物
29	10	石菖蒲( <i>Acorus tatarinowii</i> Schott)	挺水植物
30	11	稻( <i>Oryza sativa</i> Linn)	挺水植物
31	11	鸭跖草( <i>Commelina communis</i> )	湿生植物
32	11	慈菇( <i>Sagittaria</i> Linn. Spp)	挺水植物
33	11	荆三棱( <i>Scirpus yagra</i> Ohwi)	挺水植物
34	11	马来眼子菜( <i>Potamogeton malaianus</i> )	沉水植物
35	11	篦齿眼子菜( <i>Potamogeton pectinatus</i> )	沉水植物
36	11	狐尾藻( <i>Myriophyllum</i> Linn. Sp)	沉水植物
37	12	水浮莲( <i>Pistia stratiotes</i> Linn)	浮水植物
38	12	水芋( <i>Calla palustris</i> Linn)	挺水或湿生植物
39	12	荸荠( <i>Eleocharis dulcis</i> [Burm. f] Trin.ex Henschel)	挺水植物
40	12	轮藻( <i>Vaillant ex</i> Linn)	沉水植物
41	12	水筛( <i>Blyxa japonica</i> (Miq.) Maxim.ex Aschers et Gurke)	沉水植物
42	12	水龙( <i>Jussieua repens</i> Linn)	浮水植物
43	12	两栖蓼( <i>Polygonum amphibium</i> linn)	浮叶植物
44	12	薏苡( <i>Coix lacryma - jobi</i> )	湿生植物
45	12	荇苳( <i>Cyperus malaccensis</i> Lam)	挺水植物

究或应用的次数;美人蕉属栽培的陆生花卉,但由于近年来有多篇在水面无土栽培美人蕉的研究报道<sup>[21,22]</sup>,表明美人蕉有很好的净化效果,同时又有良好的景观价值,因此将其统计在内。

#### 4 应用中需关注的问题

##### 4.1 水生植物的越冬

在冬季,大多数高等水生植物生长极其缓慢,一

些挺水、浮水、浮叶植物死亡,其残体易引起二次污染;单独用一些冬季能够生长的沉水植物,往往又因湖水透明度较低,难以取得理想效果。因此,探讨水生植物的冬季净化能力,对进一步开发利用水生植物的应用具有重要的现实意义。

王国祥等<sup>[23]</sup>采用覆膜和改变生态位的越冬技术,使喜旱莲子草、水葫芦等漂浮植物能安全越冬,并有效地改善了水体透明度,为沉水植物的生长及种群

自我演替提供了保障。静态试验结果表明,改变生态位的喜旱莲子草对 TN、NH<sub>4</sub>-N、Chla 的去除率达 77.2%、90.1%、58.3%,透明度提高 1.5 倍;喜旱莲子草覆膜并间种沉水植物,这一组合对 TN、NH<sub>4</sub>-N、Chla 的去除率达 65.7%、90.7%、58.7%,透明度提高 1.6 倍。

#### 4.2 水生植物的资源化利用

在实际应用中,尽量采用后期有较大经济价值的水生植物,是非常必要的。由文辉等<sup>[24]</sup>在富营养化水体中,轮种水芹和水蕹菜,可从水中移除掉 TN 204.80g/m<sup>2</sup>·a, TP 24.62g/m<sup>2</sup>·a, 同时又可收获蔬菜 50kg/m<sup>2</sup>, 具有显著的环境效益和经济效益。

#### 4.3 沉水植物的重建和恢复

湖泊的治理实践表明,要治理富营养化湖泊,就应在截污、清淤或引水冲污等工程性措施控制外源污染的基础上<sup>[25]</sup>,着眼于恢复以高等水生植物为主的生态系统,并维持其自身的良性循环。

在水生植被的恢复中,挺水、浮水和浮叶植物的恢复相对容易,难点和重点是在沉水植物的重建和恢复<sup>[26]</sup>。沉水植物在水生生态系统中有着不可替代的作用,沉水植物丰富时,水质清澈、溶解氧高、藻类密度低、生物多样性高。

20 世纪 50 年代云南滇池的草海清澈见底,湖底全部覆盖水草,外海沉水植物的覆盖度为 80%,全湖有丰富的螺、蚌、渔产,水质达地面水 II 类。如今,沉水植物几乎全部消亡,草海鱼虾基本绝迹,水质为异常富营养化超 V 类水质<sup>[27]</sup>。国内外多位学者<sup>[28,29]</sup>的研究结果表明,沉水植被恢复后,水质明显改善,透明度大大提高,消失的鱼类重新出现。

因此,沉水植物的重建和恢复,应作为湖泊治理和生态恢复的关键,一旦挺水、浮水、浮叶和沉水植物从立体层次上建立起来,就可通过一系列正反馈机制,抑制藻类,使水质逐步好转。

### 5 发展前景

总体上讲,利用水生植物治理富营养化水体与其他物理、化学及工程的方法相比,具有以下优点:成本低、能耗小、治理效果较好,对环境扰动小,有利于资源化,有较好的经济效益,有较高的美化环境价值,有利于整体生态环境的改善。由于水生植物对环境和气候的反应没有陆生植物那样敏感(主要因水中的环境较陆地上稳定得多,尤其对于沉水植物),使得许多水生种类适于全国乃至世界的不同地区,所以这也为该技术的推广创造了很好的条件。

正是因为这些显著的优越性,水生植物治理富营

养化水体的发展和应用,将具有很广阔的前景。尤其对包括我国在内的发展中国家,环境污染和生态破坏都很严重,而环保投入又有限,水生植物的净化技术提供了一种很好的污染治理手段。

### 6 参考文献

- 1 Arnlg Melzer. Aquatic macrophytes as tools for lake management. *Hydrobiologia*, 1999, 395/396: 181 ~ 190.
- 2 吴玉树. 根生沉水植物菹草对滇池水体的净化作用. *环境科学学报*, 1991, 11(4): 411 ~ 416.
- 3 Philip A M, Bachand. Denitrification in constructed free-water surface wetlands: II. Effect of vegetation and temperature. *Ecological Engineering*, 2000, 14: 17 ~ 32.
- 4 濮培民. 健康水生生态系统的退化及其修复——理论、技术及应用. *湖泊科学*, 2001, 13(3): 193 ~ 203.
- 5 许航. 水生植物塘脱氮除磷的效能及机理研究. *哈尔滨建筑大学学报*, 1999, 32(4): 69 ~ 73.
- 6 James F Reilly. Nitrate removal from a drinking water supply with large free-surface constructed wetlands prior to groundwater recharge. *Ecological Engineering*, 2000, 14: 33 ~ 47.
- 7 吴洁. 西湖浮游植物的演替及富营养化治理措施的生态效应. *中国环境科学*, 2001, 21(6): 540 ~ 544.
- 8 Marten Scheffer. The effect of aquatic vegetation on turbidity; how important are the filter feeders. *Hydrobiologia*, 1999, 408/409: 307 ~ 316.
- 9 何池全. 石菖蒲克藻效应的研究. *生态学报*, 1999, (5): 754 ~ 758.
- 10 李文朝. 东太湖沉积物中氮的积累与水生植物的沉积. *中国环境科学*, 1997, 17(5): 418 ~ 421.
- 11 戴莽. 利用大型围隔研究沉水植被对水体富营养化的影响. *水生生物学报*, 1999, 23(2): 97 ~ 101.
- 12 王旭明. 水芹菜对污水净化的研究. *农业环境保护*, 1999, 18(1): 34 ~ 35.
- 13 高吉喜. 水生植物对面源污水净化效率研究. *中国环境科学*, 1997, 17(3): 247 ~ 251.
- 14 葛滢. 不同程度富营养化水中植物净化能力的比较研究. *环境科学学报*, 1999, 19(6): 690 ~ 692.
- 15 Brix H. Functions of macrophytes in constructed wetlands. *Wat Sci Tech*, 1994, 29(4): 71 ~ 78.
- 16 丁廷华. 污水芦苇湿地处理系统示范工程的研究. *环境科学*, 1992, 13(2): 8 ~ 13.
- 17 Jurgen Kern. Treatment of domestic and agricultural wastewater by reed bed systems. *Ecological Engineering*, 1999, 12: 13 ~ 25.
- 18 成水平. 香蒲、灯心草人工湿地地研究. *湖泊科学*, 1997, 9(4): 351 ~ 358.
- 19 沈治蕊. 南京煦园太平湖富营养化及其防治. *湖泊科学*, 1997, 9(4): 377 ~ 379.
- 20 王国祥. 用镶嵌组合植物群落控制湖泊饮用水源区藻类及氮污染. *植物资源与环境*, 1998, 7(2): 35 ~ 41.

(下转第 576 页)

由此可见,羟基自由基可能同时从不同位置进攻甲胺磷,可能的反应途径见图4。

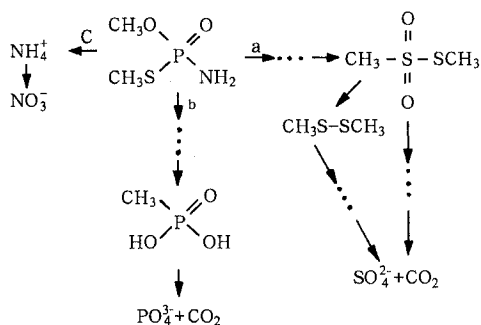


图4 甲胺磷光催化降解的可能途径  
Figure 4 Scheme of the proposed degradation pathway for the photocatalytic degradation of methamidophos

#### 4 结语

甲胺磷的降解最终产物  $PO_4^{3-}$  的生成滞后于甲胺磷的降解,说明甲胺磷先降解为中间产物,最后才降解为  $PO_4^{3-}$  等无机离子。甲胺磷试液的  $COD_{Cr}$  去除率大于最终产物之一  $PO_4^{3-}$  的生成量,表明甲胺磷降解的某些中间产物难以被化学氧化。用 GC-MS 检测到  $CH_3S-SCH_3$  及  $CH_3-SO_2-SCH_3$  中间产物,用离子色

谱法检测到  $PO_4^{3-}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $NH_4^+$ 、 $NO_3^-$ ,其中甲胺磷中的 N 首先光催化生成  $NH_4^+$ ,再进一步氧化为  $NO_3^-$ 。根据实验结果,提出了甲胺磷光催化降解的可能途径。

#### 5 参考文献

- 高明华,梁载琪,周湘梅. 甲胺磷生产废水处理试验研究. 化工环境,1999,19(2):69~73.
- Harada K, Hisanaga T, Tanaka K. Photocatalytic degradation organophosphorous insecticides in aqueous semi conductor suspensions. Wat. Res, 1990, 24(11):1415~1417.
- Mak M R S, Hung S T. Degradation of neat and commercial samples of organophosphate pesticides in illuminated suspensions. Toxic Environ. Chem., 1992, 36:155~168.
- Malato S, Blanco J, Richter C, et al. Pre-industrial experience in solar photocatalytic mineralization of wastewater. Application to Pesticide Container Recycling. Wat. Sci. Tech., 1999, 40(4~5):123~130.
- 国家环保局. 水和废水检测分析方法. 北京:中国环境科学出版社,1998.
- Malato S, Blanco J, Richter C, et al. Solar photocatalytic mineralization of commercial pesticides: methamidophos. Chemosphere, 1999, 38(5):1145~1156.

责任编辑 陆文浩 (收到修改稿日期:2002-04-28)

(上接第563页)

- 催春黎,李素,李瑶等. 基因芯片研究糖尿病肾病大鼠肾皮质基因表达. 同济大学学报(医学版),2001,22(2):13~15.
- 蔡庆,刘红巾,陈友纯等. +Gz重复暴露对大鼠脑组织 c-fos, c-jun 和神经生长因子基因表达的影响. 解放军医学杂志,2000,25(1):25~27.
- April Berry, Mary Goodwin, Cindy L Moran, et al. AP-1 activation and altered AP-1 composition in association with increased phosphorylation and expression of specific Jun and Fos family proteins induced by vinblastine in KB-3 cells. Biochemical Pharmacology, 2001,62:581~591.
- Consuelo Gonza lez-Manchon, Matilde S Ayuso, Roberto Parrilla. AP-1 and T3RE cis elements operate as a functional unit in the transcriptional control of the human malic enzyme gene. Gene 1999,226:111~119.
- 程金平,郑敏,王文华. 生物传感器和生物芯片在环境监测中的作用. 上海环境科学,2001,20(12):605~606.

责任编辑 方如康 (收到修改稿日期:2002-05-06)

(上接第567页)

- 李方柏. 漂浮栽培美人蕉蕹菜等植物处理化粪池废水. 农村生态环境,1997,13(1):25~28.
- 吴伟明. 鱼塘水面无土栽培美人蕉研究. 应用与环境生物学报,2000,6(3):206~210.
- 王国祥. 冬季水生高等植物对富营养化湖水净化. 中国环境科学,1999,19(2):106~109.
- 由文辉. 水生经济植物净化受污染水体研究. 华东师范大学学报,2000,(1):99~102.
- 王国祥. 若干人工调控措施对富营养化湖泊藻类种群的影响. 环境科学,1999,20(2):71~74.
- 邱东茹. 武汉东湖水生植被的恢复试验研究. 湖泊科学,1997,9(2):168~174.
- 余国营. 滇池水生植被演替及其与水环境变化关系. 湖泊科学,2000,12(1):73~79.
- Helene Annadotter. Multiple techniques for lake restoration. Hydrobiologia,1999,395/396:77~85.
- 宋碧玉. 利用人工围隔研究沉水植被恢复的生态效应. 生态学杂志,1999,18(5):21~24.

责任编辑 杨泽生 (收到修改稿日期:2002-04-27)

nickel cadmium battery incineration could result in carcinogenic hazards, landfill of waste battery could result in noncarcinogenic hazards. So by far, small batteries should be partially incinerated and partially landfilled, and nickel cadmium battery incineration should be avoided. After the construction of collection system, small batteries should be recycled or disposed by sorts.

**Key words:** Waste battery Risk assessment  
Landfill Incineration

#### Evolution and Zone Analysis on Lake Eutrophication in East Plain Region

Zhang Yunlin Qin Boqiang

(*Nanjing Institute of Geography & Limnology CAS, Nanjing 210008*)

Huang Qunfang

(*Dept. of Urban Resources, Nanjing University 210093*)

Systematic analysis on the *status quo* of lake eutrophication in East plain region, Chiha, focused on evolution process of lake eutrophication, including Lake Donghu, lake Dianshan, Lake Chaohu and lake Taihu, and description on morphological and regional characteristics of lake eutrophication, and analyses on policy and industrial situation in eutrophication region were presented. Finally, countermeasure and recommendation concerning eutrophication control provided effective way for biological treatment of lake eutrophication have been proposed.

**Key words:** East plain region Lake eutrophication  
Regional analysis

#### Study on Mechanism of Enterprise Management for Logistical Section of Research Institute of Environmental Protection Sciences

Zhou Qin

(*Shanghai Academy of Environmental Science, Shanghai 200233*)

In pace with deepening of scientific system reform, logistical section has been gradually independent of science research institution to establish its mechanism of enterprise management and independence on finance as a tendency for future existence and development. The major business of logistical section is support and service. And based on satisfying the internal needs, the section should be facing and serving the society. In view of present situation and existing problems of environmental protection science research institution, thought of mechanism of enterprise management was raised in this paper through the idea of realization, administrative mode, management tactic, etc.

**Key words:** Mechanism of enterprise management

Logistical section  
Science research institution

#### Application of Nuclear Radiation Technology to Environmental Pollution Treatment

Tian Yangjie Li Daotang

(*Dept. of Ecology and Environmental Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240*)

Yan Naiqiang

(*School of Environmental Science & Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240*)

Application of ionizing radiation by gamma rays or electron beam (0.5–2MeV) to environmental engineering has been attracted wide attention. The research and application of using nuclear radiation method to treat waste gases, wastewater, sludge and biorefractory poisonous organic pollutants was reviewed in this paper. In addition, the prospect of its application was discussed.

**Key words:** Radiation technology  $\gamma$  Electron beam  
Rays Environmental Pollution treatment

#### Effective Index of Detection and Assessment on the Neurotoxicology of Methyl Mercury—Study on Immediate Early Genes

Chen Jinping Wang Wenhua Jia Jinping

(*School of Environmental Science & Engineering, Shanghai, Jiaotong University, Shanghai 200240*)

Review on the study progress of neurotoxicity of methyl mercury was presented, and the role of immediate early genes (IEG) in neurotoxic mechanism of methyl mercury was analyzed. The result showed that IEG could be used as an effective index of detecting and assessing neurotoxicology of methyl mercury. The study methods of expression of IEG were introduced, and the rat genes could be screened by the biochip.

**Key words:** Methyl mercury Neurotoxicity  
Immediate early genes Biochip

#### Study Progress on Purification of Eutrophic Water by Aquatic Macrophytes

Zhu Bin Chen Feixing

(*State Key Joint Lab. Of Environmental Simulation and Pollution Control, Dept. of Environmental Science and Engineering, Beijing Normal University, Beijing 100875*)

Chen Zengqi

(*Zhejiang Design Institute of Water Conservancy Hydroelectric Power, Hangzhou 310002*)

Summarization of current research and application

of aquatic macrophytes to purification of eutrophic water body, including purification mechanism, purification efficiency and collecting statistics concerning research frequency of aquatic macrophytes which often used to purify eutrophic water. Besides, the paper still emphasized on the points which attention should be paid in application of aquatic macrophytes, and described its further development.

**Key words:** Aquatic macrophytes  
Eutrophic water body  
Water purification Study progress

#### Investigation on the *Status Quo* of Jiangwan Natural Green Space

Lu Jianjian Tong Chunfu Zhu Xiaojun  
(State Key Lab. of Estuarine and Coastal Research East  
China Normal University, Shanghai 200062)

Based on the investigation being done in 2001, a more comprehensive investigation has been carried out in February and May 2002 in order to get more detail about the ecological situation and trends of this natural green space. The results proved that the area has much higher biodiversity with 61 plant species, and the landscape of wetland was well developed in this area. According to its position in urban area of Shanghai, the Jiangwan natural green space has great ecological, social and economical value. But it also faces the serious problems, such as pollution, devastating human activity, and the invading species. It was suggested that the functional departments need to do something useful to protect the Jiangwan natural green space before the formal program was carried out to develop the area.

**Key words:** Natural green space Jiangwan air port  
Secondary environment  
Ecosystems Ecological city

#### Isolation and Efficiency Detection of Deodorizing Microorganism

Chen Shuan  
(State Key Lab. of Biochemical Engineering,  
CAS, Beijing 100080)  
Huang Weiyi  
(Dept. of Microbiology, School of Nature Resource &  
Environmental Science, Nanjing Agriculture University,  
Nanjing 210095)

In order to alleviate the burden of livestock waste on the environment and develop the sustainable livestock industry, deodorizing microorganism were isolated from the environment. One deodorizing microorganism F1 has been successfully screened. F1 could reduce  $\text{NH}_3$  emission above 64%,  $\text{H}_2\text{S}$  above 50% and

two-degree dynamic of odor in dry-up chicken manure without sterilization.

**Key words:** Microorganism Organic waste  
Order treatment

#### Study on Photocatalytic Degradation of Methamidophos

Xu Yuehua  
(School of Science, South China Agriculture University,  
Guangzhou 510642)  
Wang Liangyan  
(Guangzhou Institute of Energy Conversion, CAS,  
Guangzhou 510070)  
Gu Guobang  
(School of Science, South China University of Technology,  
Guangzhou 510641)

The products  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  photocatalytic degradation of methamidophos were detected by chromatography. After methamidophos was degraded 80 minutes, N atom of methamidophos was totally mineralized into  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$ , P and S atom were mineralized into  $\text{PO}_4^{3-}$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  respectively more slowly, at first the amount of  $\text{SO}_4^{2-}$  was greater than that of  $\text{PO}_4^{3-}$ , but the amount of  $\text{PO}_4^{3-}$  was greater than that of  $\text{SO}_4^{2-}$  after 80 minutes. GC and  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  analysis showed that some intermediates formed during photocatalytic degradation of methamidophos.  $\text{CH}_3\text{-S-SCH}_3$  and  $\text{CH}_3\text{S-SCH}_3$  were inspected by GC-MS, and the possible pathway of photocatalytic degradation of methamidophos was proposed.

**Key words:** Photocatalysis Degradation mechanism  
Methamidophos

#### Treatment of Wastewater from Shampoo Production

Lu Jun  
(Shanghai Shengmei Beverage and Food Co.,  
Shanghai 201206)  
Wu Sheng Wu Xikang  
(East China University of Science & Technology  
Shanghai 200237)

By means of adsorption foam separation pretreatment process, the concentration of organics and surfactants in shampoo wastewater were decreased obviously, which made the subsequent biochemical treatment easier. Bentonite could be used as adsorbent in the process with some advantages, such as excellent treatment effect, lower operational cost and good dehydration character. The effluent from the process could meet National Discharge Standard.

**Key words:** Adsorption Foam separation  
Shampoo wastewater SBR