

GUANGZHOU ENVIRONMENTAL SCIENCES

Vol.21 No.3

# 广州环境科学

第二十一卷 第三期



广州市环境科学学会 主办

3

2006

首届穗版内部资料优秀奖  
《中文科技期刊数据库》入编期刊  
《中国知识资源总库》入编期刊

## 《广州环境科学》编委会

(按姓氏笔画排序)

主 任 傅家谟

副 主 任 甘海章 赖光赐

委 员 王作新 刘攸弘 齐雨藻

朱锡海 陈成章 汪晋三

李萍萍 余国扬 吴政奇

吴乾钊 骆世明 姚继业

黄兆源 曾凡棠 彭绍盛

主 编 甘海章

栏目编辑 王仁宇 尹伊伟 刘攸弘

李战隆 施性清 黄卓尔

黄谦德

责任编辑 熊晓琪 林焕章

主管单位 广州市环境保护局

主办单位 广州市环境科学学会

编辑出版 《广州环境科学》编辑部

地 址 广州市吉祥路 95 号

邮政编码 510030

电 话 (020)83355374

E-mail: cgzaes@pub.guangzhou.gd.cn

印 刷 华南理工大学印刷厂

广东省资料性出版物登记证号粤A第1038号

内部资料·免费交流

## 目 次

### 综述

根际重金属形态与生物有效性研究进展

..... 曹秋华, 普绍苹, 徐卫红, 等(1)

### 水环境与污染防治

污水处理中污泥减量化技术的研究与应用概况

..... 张峥嵘, 黄少斌(5)

糖蜜酒精废水治理新技术

..... 李亚伟, 解庆林, 张 萍(9)

珠江广州西航道农药污染事故监测结果分析

..... 李健楦(13)

溶胶-凝胶法制备 TiO<sub>2</sub> 薄膜及其光催化性能的研究

..... 吕玉娟, 洪伟良, 李继贞, 等(15)

### 大气环境及污染防治

南通市一次连续空气污染过程的气象特征分析

..... 耿建生, 丁爱萍, 陈佩君(18)

厨房油烟分解、碳化技术的应用

..... 郭伟洪, 刘济平(22)

广州市在用汽车排气检测执行新标准的初步分析

..... 封业和, 曾唐芳(25)

### 环境监测与分析

土壤全氮测定方法的比较

..... 李宇庆, 陈 玲, 赵建夫(28)

### 环境管理与监理

我国环境保护中的公众参与问题研究

..... 陈润羊, 花 明(30)

珠三角地区开展公众参与环境保护的现状和途径

..... 王军波, 唐浩华, 陈燕萍(34)

### 环境生态

惠州西湖水生态系统初步调查

..... 李传红, 朱文转, 刘振乾, 等(38)

### 环境教育

试论环境安全教育

..... 孙小银, 单瑞峰(44)

### 动态与信息简讯

中、小学生参加环境夏令营学会更加“环保”(8) 学会召开理事会筹备换届(21) 中国国际环保博览会 11 月将在穗举办(33) 《广州环境科学》征稿启事(48)

### 封面摄影

晨露江风

林晓东

## 根际重金属形态与生物有效性研究进展\*

曹秋华<sup>1</sup> 普绍苹<sup>1</sup> 徐卫红<sup>1</sup> 熊治廷<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 西南大学资源环境学院, 重庆 400716; <sup>2</sup> 武汉大学资源环境学院, 武汉 430059)

**摘 要** 根际是受植物根系及其生长活动显著影响的土壤微域环境, 由于其特殊的物理、化学和生物性质, 根际环境影响着重金属的形态和生物有效性。文章综述了近年来国内外的根际环境重金属地球化学行为及其生物有效性方面的一些主要研究进展, 并指出其存在问题以及今后的研究方向。

**关键词** 根际 重金属形态 生物有效性

众所周知, 重金属的生物毒性不仅与其总量有关, 更大程度上由其形态分布决定, 不同的形态产生不同的环境效应。根际是土壤中受植物根系及其生长活动显著影响的微域环境, 具有特殊的物理、化学和生物性质<sup>[1]</sup>。其区域重金属形态直接影响着重金属对植物的有效性。目前, 根际重金属化学行为是土壤和环境科学研究中的热点问题。从 20 世纪 80 年代开始, 重金属污染土壤植物修复技术的研究日益增多, 而植物修复研究领域中, 根际对重金属污染物的活化与降解、固化与释放作用是其非常重要的研究核心内容之一。近年来, 对重金属在根际环境中的分布、迁移机制、生物有效性以及植物对重金属的吸收和累积机制也续有报道。本文就目前该领域的研究进展作一综述。

### 1 重金属在土壤——植物系统中迁移转化规律

#### 1.1 重金属在土壤剖面中的迁移转化

土壤重金属迁移性大小决定了它对生物和生态环境的危害大小<sup>[2]</sup>。土壤中的重金属由于无机及有机胶体对阳离子的吸附、代换、络合及生物作用的结果, 大部分被固定在耕作层中, 一般很少迁移至 40 cm 以下, 但砷在土壤中的动态行为与铜、铅等有所不同, 在含有大量铁、铝组分的酸性 (pH 值 5.3~6.8) 红壤中, 砷酸根可与之生成难溶盐类而富集于 30~40 cm 耕作层中<sup>[3]</sup>。在土壤剖面中, 重金属无论是其总量还是存在形态, 均表现出明显的垂直分布规律。灌溉

污水中的汞呈溶解态和络合态, 进入土壤后 95% 被土壤矿质胶体和有机质迅速吸附或固定, 它一般累积在土壤表层, 在剖面上分布自上而下递减<sup>[4]</sup>。

土壤中的重金属有向根际土壤迁移的趋势, 且根际土壤中重金属的有效态含量高于土体, 主要是由于根系生理活动引起根—土界面微区环境变化而引起的, 可能与植物根系的特性和分泌物有关。根系分泌物能降低根际 pH 值<sup>[5]</sup>, 加强土壤微生物的活性<sup>[6]</sup>, 改变根际重金属的生物有效性。已有研究表明, 水溶性小分子分泌物与镉的络合作用较强, 这有利于镉在根际的移动, 使它较易向植物体迁移<sup>[7,8]</sup>。

#### 1.2 植物对土壤中重金属的富集规律

植物对污染土壤中重金属的吸收能力除受其本身遗传机制影响外, 还与根际圈微生物区系组成<sup>[9]</sup>、土壤理化性质、重金属存在形态等因素有关。植物对重金属的吸收具有广泛性, 这是因为植物在吸收营养物质的过程中并没有绝对严格的选择作用, 只是吸收能力大小不一样而已。植物从土壤中吸收重金属的量和土壤中重金属的总含量有一定关系, 但土壤重金属的总含量并不是植物吸收程度的一个可靠指标<sup>[10]</sup>。

不同植物种对重金属吸收和积累的能力差异很大, 一些植物甚至能够较普通作物累积几十至几百倍的某种重金属, 这些植物被称为重金属超积累植物 (Hyperaccumulator)。从农作物对重金属吸收富集的总趋势来看, 土壤中重金属含量越高, 农作物体内的重金属含量也越高, 土壤中的有效态重金属含量越大, 农作物籽实中的重金属含量越高<sup>[11]</sup>, 不同的作物

\* 基金项目: 国家自然科学基金项目 (20477032) 部分内容。

收稿日期: 2006-01-25, 修改稿收到日期: 2006-07-31

由于生物学特性不同,对重金属的吸收积累量有明显的种间差异,一般顺序为豆类>小麦>水稻>玉米。

植物吸收重金属的器官主要是根,当空气中存在重金属污染时,植物的叶也能大量吸收<sup>[12]</sup>。重金属进入植物体后,主要富集在吸收器官,向其它部位转移较少<sup>[13]</sup>。关于重金属在植物根、茎、叶组织中的分布目前研究较多,一般认为重金属在植物根系中的含量要高于地上组织。重金属在农作物体内分布的一般规律为,根>茎叶>颖壳>籽实。已有研究表明,Cd、Pb、Cu、Zn、As 在水稻植株各组织中的含量分布为根>茎叶>籽实<sup>[14]</sup>。Qian 等<sup>[15]</sup>在研究湿地植物的微量元素吸收时指出 As、Cd、Cr、Cu、Pb、Mn、Hg、Ni、Se 等在湿地植物根系中的浓度要到达植物嫩枝中浓度的 5~60 倍。*Wister hyacinth* 对 Cd 的吸收量最大,且吸收的 Cd、Cr、Cu、Ni、As 也主要集中于根部,只有一小部分被输送到嫩枝中<sup>[16]</sup>,Cr 可能是最难输送的元素之一<sup>[17]</sup>。而有些研究发现某些元素主要富集于植物的地上组织中,Alberts 等<sup>[18]</sup>指出 Mn 在 *Spartina alterniflora* 茎叶中的浓度相似,地上组织高于地下组织。烟草中 Cd 分布也是叶中的含量高于根<sup>[19]</sup>。重金属在木本植物体内的分布与草本和藻类植物明显不同。孙凡等<sup>[20]</sup>在对木本植物的重金属污染进行研究时指出,Cu、Zn、Pb、Cd 在木本植物地上部分的累积量要大于地下部分,而 Mn 元素的累积量则是地下部分大于地上部分。

## 2 重金属形态分级与影响土壤重金属形态变化的因素

土壤中重金属形态非常复杂,由于土壤对重金属的吸持、富集、迁移和转化,以及土壤与重金属之间的溶解-沉淀、吸附-解吸、络合-离解、氧化-还原等作用,土壤重金属在土壤固相中以各种不同形态存在。其中土壤的酸碱性质、氧化还原性质、胶体的含量和组成及气候、水文、生物等条件是影响土壤重金属形态的重要因素<sup>[21]</sup>。有关重金属的形态分级,国内外土壤学家都进行了深入的研究。目前,在环境科学领域应用较多的是 Stove(1976)的分级方法。在土壤科学和地球科学领域应用较多的则是 Tessier(1979)和 Shuman(1985)方法以及在此基础上发展起来的形态分级体系。我国蒋廷惠在 20 世纪 80 年代末对土壤重金属的形态分级也做了详细研究。无论哪种测定方法,一般均将土壤重金属形态区

分成以下几种:交换态、碳酸盐结合态、无定型氧化锰结合态、有机态、无定型氧化铁结合态、晶型氧化铁结合态、残渣态等<sup>[22]</sup>。

随着土壤环境因子的改变,土壤中重金属的各种形态处于一种动态平衡的变化中。残渣态是土壤中金属的主要形态。被 Zn 污染的表层土壤中交换态和有机态 Cd、Zn、Cu 和 Pb 比其它形态的高。铜矿附近土壤的研究结果表明,30%~60% 的 Cd 以交换态存在,Cu、Zn 和 Mn 与无定型氧化铁强烈地相结合,与晶型氧化铁相结合的只有少部分。无定型氧化铁较高的土壤,其交换态和有机态 Cd 和 Zn 较低,从而可减低这 2 种金属在植物中的累积。在长期淹水和还原条件下,次生氧化物所吸持的金属离子常会变成可溶态。在低 pH 值和 Eh(氧化还原电位)时,交换态和有机态 Fe、Mn、Zn、Cu 比在高 pH 值和 Eh 时要高,在高 pH 值和 Eh 时,水溶态、锰氧化物态和无定型铁氧化物态 Fe、Zn、Cu 较高<sup>[22]</sup>。

影响土壤重金属形态变化的环境因子,包括土壤 pH 值、有机质的含量、氧化还原电位、土壤胶体的种类、数量等<sup>[23]</sup>。据研究,pH 值改变导致土壤中重金属化学形态的变化,在低 pH 值时尤其明显,当土壤 pH 值从 7.0 降至 4.55 时,交换态中的 Cd、Zn、Pb 增加,与碳酸盐结合的 Cd、Zn、Pb 减少<sup>[24]</sup>。同时与 Fe、Mn 氧化物结合的重金属则略有降低,而有机态和残余态中的金属量不变。在植物根际环境中,根呼吸产生的二氧化碳、根系分泌的有机酸以及微生物对根际 pH 值都有一定的影响<sup>[25,26]</sup>,如 Barak 等<sup>[27]</sup>在碳酸钙高达 63% 的石灰性土壤中观察到,施大量硫酸钾能消除花生叶片的缺铁失绿症状,其原因是由于 K 离子的选择性吸收导致根际 pH 值下降而溶解了铁氧化物。最近的研究结果表明,随着小麦根际的酸化或碱化,根际 Cd 的可提取性相应地增加或减少。表明根际 pH 值的变化一定程度上调节着植物对金属的吸收。土壤的 Eh 的高低影响着重金属的沉淀与溶解平衡,在还原性条件下,土壤 Eh 降至 0 mV 以下时,土壤中的含硫化合物开始大量生成 H<sub>2</sub>S,此时土壤中可溶性重金属元素大多以难溶性的硫化物沉淀形式存在;相反,在氧化状态下,重金属元素大多以溶解度较大的硫酸盐形式存在。在有机质对土壤重金属形态的改变平衡中,Kalbitz 等<sup>[28]</sup>的研究表明,增加有机质含量,可使土壤中 Cr、Hg、Cu 和 As 的有效态增加,而对 Cd、Zn 的影响较小;同时发现,在



pH 值低时, 有机质对重金属的移动性影响较小; 土壤有机质含有大量的功能基团, 可以与重金属络合或螯合, 形成有机-金属配位体, 提高土壤重金属的有效性。

### 3 根际重金属形态与生物有效性

20 世纪 90 年代开始, 重金属在根际中的形态转化研究日益引起许多学者的重视。王建林等<sup>[29]</sup>在研究水稻根际中铁的形态转化时指出, 2 种水稻土根际中游离氧化铁略有下降。无定形氧化铁明显亏缺, 络合态铁在根际中的含量均低于非根际。Cacador 等<sup>[30]</sup>研究发现, 由于植物根系的存在, Zn、Pb、Cu 在不同地球化学相中的含量明显不同, 在非根际沉积物中, Zn、Pb、Cu 主要以几种可迁移的化学形态存在, 而在根际沉积物中, 它们主要分布于残渣态中。Ni 无论在根际还是非根际都以残渣态为主。陈有鑑等<sup>[31]</sup>的研究显示, 种植植物后, 根际土壤交换性 Cu 增加, 碳酸态和铁锰氧化态减少, 有机态变化不大, 而且重金属形态的变化幅度还跟植物的种类有关。

重金属的生物有效性是指重金属能对生物产生毒性效应或被生物吸收的性质, 包括毒性和生物可利用性。虽然植物吸收重金属有随土壤中重金属浓度增加的趋势, 但植物根系对重金属的吸收主要与重金属的形态有关, 除残渣态外, 其余形态的重金属都可被直接或间接的吸收。根际环境中发生的物理、化学和生物过程及其相互作用直接影响着重金属在各地球化学相中的分配。如根际 pH 值环境的变化, 禾本科植物在缺铁胁迫下可诱导根系分泌质子作用加强, 造成根际 pH 值下降, 铁元素得到活化, 但与此同时, 也提高了根际重金属的迁移活化性能, 使得重金属的毒性增强。Delorme 等<sup>[32]</sup>认为超量积累植物—遏蓝菜属的 *T.caerulescens* 根际比 *T.pratense* 的根际微生物, 包括耐重金属 Cd 和 Zn 的细菌多, 也是由于根际 pH 值降低所致。谢正苗等<sup>[33]</sup>也报道, 铝超量积累植物如多花野牡丹的体内 pH 值非常低, 可以释放  $H^+$  到根际土壤, 使根际土壤酸化, 导致铝活度增加, 引起植物对铝的高量吸收。

根系活动能活化根际中的重金属, 促进其生物有效性。Ernst 等<sup>[34]</sup>就影响重金属生物可利用性的物理、化学和生物方面的因素分别作了较为完整的论述, 最近的研究也证实, 超量积累植物能改变根际环境, 活化重金属, 提高重金属的有效性。Ye 等<sup>[35]</sup>报

道, Cu 超量积累植物 *T.latifolia* 根际的 Fe 和 Mn 氧化物含量较非根际明显要多。此外, 根际微生物可以通过分泌有机酸改变根际 pH 值, 从而改变重金属在根际的存在形态和毒性<sup>[36]</sup>。而土壤中 Pb、Cu、Zn、As 浓度增大有利于土壤解吸, 70% 以上的吸附 Cd 可以被解吸液解吸下来进入土壤溶液。增加 Cd 的生物有效性<sup>[37]</sup>。

### 4 展望

土壤重金属以有效态来体现其生物有效性或毒性, 而根际环境对重金属形态转化有着极为重要的意义。目前有关根际环境重金属地球化学行为及其生物有效性研究虽然日益增多, 但仍然存在许多问题, 如根际微区研究方法的局限性, 根际重金属在土壤——植物系统中的化学行为研究不够系统、全面和深入, 根际重金属赋存形态与湿度、Eh、pH 值、溶解氧、根际分泌物、微生物等主要影响因素的关系也不清楚; 重金属耐性植物的研究仅限于实验阶段, 缺乏大面积推广种植, 很难评价其真正的生态环境效益。因此使得目前在重金属形态方面的研究还比较粗糙, 有待进一步细化和深入。土壤——植物系统的重金属迁移转化, 形态特点及其生物有效性问题不容忽视, 研究并利用不同植物及植物的不同器官对重金属的富集, 有助于指导重金属污染土壤的植物修复。

### 5 参考文献

- [1] Ryan P R, Delhaize E. Function and mechanism of organic anion exudation from plant roots. *Annu Rev Plant Physiol Mol Biol*, 2001, 52: 527~560
- [2] 熊治廷. 环境生物学. 武汉: 武汉大学出版社, 2000
- [3] 丁中元. 重金属在土壤-作物中分布规律研究. *环境科学*, 1989, 10(5): 78~80
- [4] 王建林, 刘芷宇. 重金属在根际中的化学行为 I. 土壤中铜吸附的根际效应. *环境科学学报*, 1991, 11(2): 178~185
- [5] Hammer D, Keller C. Change in the rhizosphere of metal-accumulating plants evidenced by chemical extractants. *Journal of Environmental Quality*, 2002, 31(5): 1561~1569
- [6] 杨仁斌, 曾清如, 周细红, 等. 植物根系分泌物对铝锌尾矿污染土壤中重金属的活化效应. *农业环境保护*, 2000, 19(3): 152~155
- [7] 周东美, 郑春荣, 陈怀满. 镉与柠檬酸、EDTA 在几种典型土壤中交互作用的研究. *土壤学报*, 2002, 39(1): 29~35
- [8] 谢晓梅, 翁棣. 有机酸对红壤等温吸附镉的影响. *浙江大学*

- 学报,2003,29(2):210~214
- [9] 魏树和,周启星,张凯松,等. 根际圈在污染土壤修复中的作用与机理分析. 应用生态学报,2003,14(1):143~147
- [10] 陈英旭,朱祖祥,何增耀. 土壤中铬的有效性与污染生态效应. 生态学杂志,1995,15(1):79~84
- [11] 张学询,王连英,宋胜焕. 天津灌区土壤、作物重金属污染状况的研究. 中国环境科学,1988,8(2):20~26
- [12] 王定勇,牟树森,青长乐. 大气汞对土壤-植物系统汞累积的影响研究. 环境科学学报,1998,18(2):194~198
- [13] 罗强,任永波,郑传刚. 土壤重金属污染及防治措施. 世界科技研究与发展,2004,(4):42~46
- [14] 王新,吴燕玉. 重金属在土壤-水稻系统中的行为特性. 生态学杂志,1997,16(4):10~14
- [15] Qian J H, Zayed A M, Zhu Y L, et al. Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants, Uptake and accumulation of ten trace elements by twelve plant species. J Environ Qual, 1999, 28: 1448~1455
- [16] Zhu Y L, Zayed A M, Qian J H, et al. Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: H Water Hyacinth. J Environ Qual, 1999, 28: 339~344
- [17] Mishra, S Vsingh, S Srivastava. Studies on uptake of trivalent and hexavalent chromium by maize [Zea mays]. Food Chem Toxic, 1995, 33: 393~397
- [18] Alberts J J, Price M T, Kania M. Metal concentration in tissues of spartina alterniflora (Loisel) and sediments of Georgia salt marshes. Estuarine Coastal and Shelf Science, 1990, 30: 47~58
- [19] 鲁如坤,熊礼明,时正元. 关于土壤-作物生态系统中镉的研究. 土壤, 1992, 24(3): 129~137
- [20] 孙凡,钟章成. 重庆缙云四川大头茶长绿阔叶林重金属元素的累积与生物循环. 中国环境科学, 1998, 18(2): 111~116
- [21] 周启星,黄国宏. 环境生物地球化学及全球环境变化. 北京:科学出版社,2001
- [22] 邵孝侯,邓光熹. 连续提取法区分土壤重金属元素形态的研究及应用. 土壤与进展, 1994, 32(3): 40~45
- [23] 徐卫红,熊治廷,王宏信,等. 超蓄集植物根际效应及其重金属吸收机理研究进展. 见:段昌群. 生态科学进展(第一卷). 北京:高等教育出版社,2004. 355~370
- [24] Xian X, 邵孝侯. pH 对污染土壤中 Cd、Zn 和 Pb 的化学形态及植物有效性的影响. 土壤学进展, 1991, 19(3): 34~37
- [25] 丁永楨,李志安,邹碧. 土壤低分子量有机酸及其生态功能. 土壤, 2005, 37(3): 243~250
- [26] 李华,刘树庆,连彦峰,等. 重金属在根际土壤环境中的化学行为的研究进展. 河北环境科学, 2002, 10(1): 39~43
- [27] Barak P, Y Chen. The effect of potassium on iron chlorosis in calcareous soils. J Plant Nutrition, 1984, 7: 125~133
- [28] Kalbitz K, Wennich R. Mobilization of heavy metal and in polluted wetland soil and its dependence on dissolved organic matter. Sci Total Environ, 1998, 209: 27~39
- [29] 王建林,刘芷宇. 水稻根际中铁的形态转化. 土壤学报, 1992, 29(4): 358~363
- [30] Cacador Isabel, Carlos Vale, Fernanda Catarina. Accumulation of Zn, Pb, Cu, Cr and Ni in sediments between roots of the Tagus Estuary salt marshes. Portugal Estuarine Coastal and Shelf Science, 1996, 42: 393~403
- [31] 陈有鑑,陶澍,邓宝山,等. 不同作物根际环境对土壤重金属形态的影响. 土壤学报, 2001, 38(1): 54~59
- [32] Delorme T A, Gagliardi J V, Angle J S, et al. Influence of the zinc hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* J & C Presl and the nonmetal accumulator *Trifolium pratense* L on soil microbial populations. Canadian J of Microbiology, 2001, 47(8): 773~776
- [33] 谢正苗,黄珉洪,叶志鸿. 铝超积累植物和铝排斥植物吸收和累积铝的机理. 生态学报, 2002, 22(10): 1653~1659
- [34] Ernst W H O. Bioavailability of heavy metals and decontamination of soils by plants. Applied Geochemistry, 1996, 11: 163~167
- [35] Ye Z H, Cheung K C, Wong M H. Copper uptake in *Typha latifolia* as affected by iron and manganese plaque on the root surface. Canadian J of Botany, 2001, 79(3): 314~320
- [36] 李花粉. 根际重金属污染. 中国农业科技导报, 2000, 2(4): 54~59
- [37] 余国营,吴燕玉. 土壤环境中金属元素的相互作用及其对吸附特性的影响. 环境化学, 1997, 15(1): 30~36

## Progress in Research on Speciation and Bio-availability of Heavy Metals in Rhizosphere

Cao Qiuhua Pu Shaoping Xu Weihong Xiong Zhiting

**Abstract** Rhizosphere is a special soil unit, which is influenced by the activity and growth of plant root. The speciation and bioavailability of heavy metals are determined by the physical, chemical, and biological peculiarity of the rhizospheric environment. Research on chemical behavior and bioavailability of heavy metals in rhizosphere is summarized, and the problems in the recent studies and the developing prospects are discussed.

**Key words** rhizosphere heavy metals speciation bio-availability

# 污水处理中污泥减量化技术的研究与应用概况

张嵘嵘 黄少斌

(华南理工大学环境科学与工程学院, 广州 510640)

**摘 要** 分析研究了实现污泥减量化的几种污水处理工艺, 指出膜生物反应器和多孔微生物载体污水处理技术可以实现无剩余污泥排放的目标, 为污水(污泥)处理技术人员提供参考。

**关键词** 污泥减量化 膜生物反应器 多孔微生物载体

污泥是污水处理过程中产生的固体废物。随着污水处理事业的发展, 污水处理厂总处理水量和处理程度将不断扩大和提高, 污泥的产生量也将会大幅度地增加。同时, 污泥处理的投资和运行费用巨大, 可占整个污水处理厂投资及运行费用的 25%~65%<sup>[1]</sup>, 已成为城市污水处理厂所面临的沉重负担。污泥处理的通常做法是: 先经过浓缩、稳定、脱水等预处理后, 进行最终的处置。目前常用的最终处置方法有: 卫生填埋、焚烧和土地利用等。环境标准的日益严格限制<sup>[2]</sup>, 使得常规处置方法变得非常困难, 而且随着城市化进程的发展, 无论是填埋还是焚烧, 选址也成为一大难题。此外, 虽然近年来国内外也发展了一些新的污泥资源化处置技术, 但不容乐观的是污泥的资源化利用受到所能消纳污泥量的能力、资源化产品的市场需求量、市场稳定性以及公众对其的心理接纳程度等因素的制约。因此, 如何合理的解决污泥问题, 已是当前亟待解决的环保问题之一。

## 1 污泥减量化处理的新思路

面对上述当前污泥处理遇到的重重困难, 应将污泥管理的重心前移到“源头控制”、“源头分流”, 污泥处理应当遵循减量化为主, 资源化、无害化和末端处置为辅, 这样才能真正解决污泥的问题。这种思想也将成为今后城市污泥处置发展的主流。

## 2 实现污泥减量化的污水处理工艺

### 2.1 臭氧 – 活性污泥处理工艺

臭氧是一种十分活泼的氧化剂, 可与污泥中的

化合物发生直接或间接反应, 破坏细胞壁, 释放出细胞质, 同时也将不溶于水的大分子物质分解成溶于水的小分子片断。基于此思想, 可将臭氧与常规活性污泥工艺结合来实现污泥的减量化。1994 年日本的 Yasui 等<sup>[3]</sup>学者提出此工艺, 即在常规活性污泥工艺中, 增加 1 套臭氧处理装置, 把部分回流污泥引入臭氧处理器中, 污泥经过臭氧处理后再返回到曝气池中, 达到污泥和污水双重处理的功效。经 10 个月试验, 证实了此工艺可对多种污水进行无剩余污泥排放的处理, 并且出水水质达标。在曝气池中也没有发现惰性有机固体的累积, 只是污泥中 Si、Al、Fe 等无机物含量偏高。此外, 污泥指数值(SVI)也比传统的活性污泥法正常得多。Yashi<sup>[4]</sup>在 Yasui 研究基础上, 将此技术成功应用于日本的 Shima 污水处理厂。Kamiya 等<sup>[5]</sup>进行了臭氧间歇处理人工配制废水的小试研究, 进一步探讨了臭氧浓度与污泥减量的关系, 结果表明此方法可减少 40%~60% 的剩余污泥排放量, 并且在臭氧量相同的条件下, 高臭氧浓度间歇操作优于低浓度连续操作。但是该工艺在实际应用中也存在以下不足: 臭氧的氧化作用不具有选择性, 能与其他一些还原性物质反应, 降低了活性污泥的氧化效率, 使一些难降解有机物随水流流出, 从而使得出水中固体悬浮物(SS)的质量浓度稍高于传统的活性污泥工艺(CAS); 对氮、磷的去除效果不好; 无污泥排放时, 污泥中重金属含量比 CAS 高; 耗氧量大, 能耗高。

### 2.2 代谢解耦联剂 – 活性污泥处理工艺

解耦联剂分为天然解耦联剂和人工合成解耦联

剂 2 种。天然解耦联剂主要是棕色脂肪和其他组织中的解耦联蛋白,主要存在于高等动物线粒体中。人工合成解耦联剂通常为脂溶性小分子物质,如 2,4-二硝基苯酚(DNP)、对-硝基苯酚(p-NP)、五氯酚(PCP)和 2,4,5-三氯苯酚(TCP),其作用机理是解耦联剂通过与  $H^+$  的结合,降低细胞膜对  $H^+$  的阻力,携带  $H^+$  跨过细胞膜,使膜两侧的质子梯度降低。降低后的质子梯度不足于驱动 ATP(三磷酸腺苷)合酶合成 ATP,从而减少可氧化磷酸化作用所合成的 ATP 量,氧化过程中所产生的能量最终以热的形式被释放掉。在有机质子载体存在下大部分底物被氧化为二氧化碳,而不是用于生物合成,所以在解耦联活性污泥工艺中污泥产率很低。Strand 等<sup>[6]</sup> 研究发现在污水生物处理系统中使用解耦联剂 TCP 污泥减量效果最好。LOW 等<sup>[7]</sup> 报道在实验室规模的活性污泥系统中,当加入 p-NP 后生物量的产生可减少 49%,当 p-NP 浓度达 120 mg/L 时无剩余污泥产生。Xie<sup>[8]</sup> 在经过一系列正交实验后得出结论:氨基酚比氯酚和硝基酚更为有效,氨基酚的浓度为 20 mg/L 时,没有剩余污泥产生,但是化学需氧量(COD)的去除率下降了 56%。

解耦联剂的优势是不需要对现有污水处理工艺作大的改进,只需增设投药装置即可。存在的问题有:①所投加的药在较长时间后由于微生物的驯化而被降解,从而失去解耦联的作用;②较高氧的利用速度;③解耦联剂在污水处理方面的费用比较高;④由于大部分解耦联剂是人工合成的,因此解耦联剂在实际应用中存在着环境安全性问题。

### 2.3 生物膜法处理工艺

生物膜法和活性污泥法一样,都是利用微生物来去除废水中有机物的方法。生物膜法是使微生物附着在载体表面上,污水在流经载体表面过程中,通过有机营养物的吸附、氧向生物膜内部的扩散以及在膜中所发生的生物氧化等作用,对污染物进行分解,污水得到净化,微生物自身也得到繁衍增殖的方法<sup>[9]</sup>。生物膜法具有微生物相多样化、生物的食物链长、处理能力强、净化功能强、剩余污泥产量少等优点,因此在污水处理厂得到比较多的应用。王宝贞等<sup>[10]</sup> 将淹没式生物膜污水处理技术应用于番禺祁福新村污水处理厂,连续运行 3 a,取得良好的污水处理效果,且剩余污泥产量很少。周平<sup>[11]</sup> 使用内循环生

物流化床处理生活污水的试验结果表明,当进水平均 COD 为 225 mg/L、水力停留时间(HRT)为 1.0 h 时,出水 COD 平均为 21 mg/L,SS 平均为 19 mg/L。荷兰的 Frijters 等<sup>[12]</sup> 开发了 1 种新型的 Circox 气升式流化床反应器,该反应器有好氧和缺氧 2 区,其容积负荷(以 COD 计)可达 4~10 kg/(m<sup>3</sup>·d),床内生物量高达 30 g/L,而剩余污泥产率只有 2%~10%,低于普通的活性污泥法。

但是,生物膜法也有一些不足,如需要较多的调料和支撑结构,导致基建投资超过活性污泥法;出水常常携带较大的脱落的生物膜片,大量非活性细小悬浮物分散水中使处理水的澄清度降低;厌氧生物膜反应器启动需时较长且处理水往往达不到排放标准等。

## 3 无剩余污泥产生的污水处理技术

### 3.1 膜生物反应器(MBR)处理工艺

无论在国内还是在国外,污泥处理基建费用占污水处理厂总基建费用的比例都很高。设想如果开发出不经沉淀直接可以排放的污水处理技术,处理工艺可以省去二沉池和剩余污泥处理设施,从而减少了污水处理厂的基建投资和占地面积,降低了剩余污泥处理的费用。一种理想的污水处理方法就是在去除废水中有机物的同时使产生的污泥也能降解,使处理水的悬浮物不经沉淀直接排放的浓度低于相关的排放标准。

在活性污泥理论中,污泥泥龄( $\theta_c$ )是指单位生物量在处理系统中的平均停留时间。污泥的表观产率系数( $Y_{obs}$ )和污泥泥龄有如下的关系:

$$1/Y_{obs} = 1/Y_{max} + \theta_c K_d / Y_{max} \quad (1)$$

式中, $Y_{max}$  是污泥的最大产率系数, $K_d$  是内源呼吸率。从式(1)可以看出污泥表观产率系数和污泥泥龄及内源呼吸率关系非常密切,且呈一定的反比关系,所以提高污泥的停留时间和内源呼吸率有助于降低污泥的表观产率系数,膜生物反应器的开发与应用就是一个很好的例子。

膜生物反应器是以膜组件作为取代二沉池的泥水分离单元设备,并与生物反应器组合构成的一种新型生物处理装置,已成功应用于污水处理与回用等领域。Ghyoot 等<sup>[13]</sup> 采用两段法处理人工配制废水,第 2 阶段分别采用浸没式膜生物反应器和活性污泥



反应器,并对这 2 种工艺进行了比较发现:在相同的 SRT 和有机负荷下,两段 MBR 法的污泥产率比两段活性污泥法的低 20%~30%;Muller 等<sup>[14]</sup>发现在实验运行 300 d 后,污泥中的非挥发性固体仍然相对稳定,含量为 20.5%~23.6%。

虽然膜生物反应器有许多活性污泥法不可比拟的优点,但是,由于在膜运行过程中容易受到污染,造成膜通量下降,甚至造成膜无法继续使用,直接影响膜组件的效率和使用寿命,阻碍了其在实际中的广泛应用。

### 3.2 新型多孔微生物载体废水处理技术

从公式(1)可以看出,污泥泥龄是影响剩余污泥产率的关键因素之一。污泥泥龄的增加会形成食物链更长的微生物生态系统。延长污泥泥龄的另一种简便方法是使用多孔微生物载体,在流动状态下将污泥微生物捕获。同时利用一定尺寸的多孔微生物载体可以实现好氧、厌氧微生物的共存,更有利于利用不同微生物之间协同作用的产生。根据类似原理,日本的卫藤俊司在北京召开的中日环境保护技术研讨会上提出,在一种推流式固定床反应器中使用多孔微生物载体和间隔曝气装置,不仅可以在反应器中增加微生物的停留时间,而且在污水流动方向上形成好氧-厌氧反复耦合的过程。反应器的处理机理是:当废水和其中的悬浮固体混合液流经固定床时,悬浮污泥由于流速差产生的颗粒捕获原理被收集在多孔微生物载体内部,载体内部的环境由好氧变为厌氧,污泥在多孔载体的内部逐渐被浓缩、消化,最终消化液由于曝气流出载体,载体内变空后又有悬浮污泥进入。因此在载体和水平流动方向上,形成好氧-厌氧高度发达的微生物协同作用,其结果使废水中的有机物和悬浮固体有机物(包括剩余污泥)被完全分解,最终被转化成无害气体和水,这种方法不需要污泥回流,操作简单。运用该处理装置对食品加工业的污水进行 1 a 的处理,实验表明:生化需氧量( $BOD_5$ )的去除率高达 99%,SS 的去除率高达 97.5%,反应器没有发生污泥的溢流,污泥几乎全部降解。但是这种方法对于磷的去除效果不佳<sup>[15]</sup>。

目前我国污水的年排放总量已达到 524.5 亿 t,如果按 45% 还未处理计算的话,今后要处理的量有 236 亿 t。如果全国有 50% 的处理系统采用不产污泥型污水处理新技术,按处理每 t 水成本 1 元的价格

计算,全国市场规模将达 118 亿元。因该项污水处理技术不产剩余污泥,采用此项技术将节省污泥处理费用 59 亿元(全国,按剩余污泥的处理费用占生物污水处理总费用的 50% 计算),如果考虑已污染的河川和湖泊环境治理,市场规模更大。因此,该项污水处理技术的经济效益、环境效益、社会效益是巨大的。但目前对于这种好氧-厌氧反复耦合的机理及其关键工艺了解甚少,需要进一步地深入研究。

### 4 其他实现污泥减量化的污水处理工艺

在污水处理过程中,投加氯、酶,改变溶解氧(DO)的浓度,好氧-沉淀-厌氧工艺(OSA),超声波技术,酸碱处理工艺等都可以不同程度地减少污泥的产量,但是在实际运用的过程中,这些技术还需要进一步地研究和完善。

### 5 结语

随着污水处理厂污水处理能力、效率的提高,污泥的产量也会相应地增加。污泥处理处置的最终目标是要实现减量化、无害化、资源化,当前由于污泥处理成本和处理难度不断增加,污泥的减量化显得尤为重要。把污水的处理过程看成生产过程,应用清洁生产的原则从源头治理,应用各种污水处理技术如臭氧技术、投加解耦联剂、生物膜技术、应用多孔载体等都可以达到污泥的减量化,甚至还可以实现无剩余污泥排放的目标(MBR、应用多孔载体等)。利用多孔载体技术采用多种微生物反应的耦合工艺和多孔载体的自固定化技术,微生物生态系统发达,微生物反应速度快,污水处理彻底,省去了二沉池和污水处理的设施,具有运行管理简单和运行成本低的特点,在中国的生活和工业污水处理的中试结果及在日本的应用结果充分展示了该技术工业化的可行性。今后,中国需要加大研究开发成本低、操作简便的高效污水处理技术,彻底解决掉剩余污泥处置问题。

### 6 参考文献

- [1] Liu Y, Tay J H. Strategy for minimization of excess sludge production from the activated sludge process. *Biotechnology Advances*, 2001, 19(2): 97~107
- [2] Spinoso L. Evolution of sewage sludge regulations in Europe. *Water Science & Technology*, 2001, 44(10): 1~8

- [3] Yasui H, Nakamura K, Sakuma S, et al. A full-scale operation of a novel activated sludge process without excess sludge production. *Water Science & Technology*, 1996, 34(3~4):395~404
- [4] Sakai Y, Fukase T, Yasui H, et al. An activated sludge process without excess sludge production. *Water Science & Technology*, 1997, 36(11):163~170
- [5] Kamiya T, Hirotsuji J. New combined system of biological process and intermittent ozonation for advanced wastewater treatment. *Water Science & Technology*, 1998, 38(8~9):145~153
- [6] Strand S E, Hareem G N, Stensel H D. Activated sludge yield reduction using chemical uncouplers. *Water Environment Research*, 1999, 71(4):454~458
- [7] Low E W, Chase H A, Milner M G. Uncoupling of metabolism to reduce biomass production in the activated sludge process. *Water Research*, 2000, 34(12):3204~3212
- [8] Xie M L. Utilization of 8 kinds of metabolic uncouplers to reduce excess sludge production from the activated sludge process:[学位论文]. Beijing:Beijing Technology Business University, 2002
- [9] 刘雨, 赵庆良, 郑兴灿. 生物膜法污水处理技术. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000
- [10] 王宝贞, 李高奇, 王琳, 等. 淹没式生物膜法污水处理厂的设计及运行. *中国给水排水*, 2000, 16(3):16~19
- [11] 周平, 钱易. 内循环生物流化床处理生活污水的试验研究. *给水排水*, 1998, 24(10):28~31
- [12] Frijters CTMJ, Vellinga S, Jorna T, et al. Extensive nitrogen removal in a new type of airlift reactor. *Water Science & Technology*, 2000, 41:469~476
- [13] Ghyoot W, Vertraete W. Reduced sludge production in a two-stage membrane-assisted bioreactor. *Water Research*, 2000, 34(1):205~215
- [14] Muller E B, Stouthamer A H, Verseveld H W, et al. Aerobic domestic waste water treatment in a pilot plant with complete sludge retention by cross-flow filtration. *Water Research*, 1995, 29(4):1179~1189
- [15] 冯权, 刑新会, 刘则华. 以剩余污泥减量化为目标的废水生物处理技术研究进展. *化工进展*, 2004, 23(8):832~836

## Techniques for Sludge Reduction in Sewage Treatment

Zhang Zhengrong Huang Shaobin

**Abstract** A few processes have been analyzed for sludge reduction in sewage treatment, and the MBR and porous microbial carriers can be used to achieve the goal of zero discharge of surplus sludge.

**Key words** sludge reduction membrane bioreactor porous microbial carriers

## 中、小学生参加环境夏令营学会更加“环保”

今年 7 月,广州市的中小學生有机会参加了广州市环境科学学会分别于月初和月底组织的 2 个环境科学夏令营,不但学习了更多的环保知识,也学会了更加“环保”!

7 月初暑假刚开始,由学会和越秀区环保局、教育局共同举办的首届“广州市小学生环境科学夏令营”在环境优美的广州市中学生劳动技术学校开营了,有东风东路、东山培正、黄花和署前路 4 所小学的 80 位同学参加。小同学们在参观、看环保录像和做游戏的愉快生活中认识了很多新朋友,还带回东风东路小学送给每位营员的一件珍贵礼物——小水桶和人人争当节水环保小卫士的决心。

7 月 25 日下午,2006 年广州、龙岩、澳门中学生环境科学夏令营开幕式又在广州市第五中学隆重举行,广州市人大常委会副主任苏晋中、广州市、海珠区科协、环保和教育部门的领导出席。7 月 28 日在龙岩一中隆重的欢迎仪式上,龙岩市人大常委会副主任余丽明、副市长张秀娟等领导也莅临出席。

今年夏令营有澳门、龙岩一中和广州等 3 个地区 50 多

位优秀同学参加,广州五中的李喆慧同学还是广州市唯一的“环保大使”,她刚被选派参加了在伦敦举行的与各国年青朋友的交流活动,座谈会上她与营员们分享了心得,受到热烈欢迎。

开营式上李喆慧同学还代表营员表示了决心:从点滴小事做起,用自己的行动影响周围的人,为环保事业做贡献!营员们说到做到,夏令营期间都不用一次性筷子,外出自带开水,少买、不买饮料。广州的《信息时报》还以“环境夏令营拒用一次性筷子”为题作了报道。

夏令营活动丰富多彩:有环保讲座和知识竞赛,有参观、考察、游览活动,在精彩的珠江夜游中,3 地学生更是惊叹“歌德堡号”映衬下白鹅潭五彩缤纷的美丽夜景,同时也亲身领略了广州市创建国家环保模范城带来的城市生态环境的巨大变化!

营员们强烈的环保意识引起了 3 地媒体的密切关注,广州日报、信息时报、新快报、南方都市报、闽西日报、广东电视台、东南电视台等都作了报道。

陈汇祥

## 糖蜜酒精废水治理新技术

李亚伟 解庆林 张 萍

(桂林工学院资源与环境系, 广西 桂林 541004)

**摘 要** 综述了糖蜜酒精废水的现行治理技术,分析了农田灌溉法、浓缩法、厌氧-好氧法和 EM 技术处理糖蜜酒精废水的优缺点,同时提出了用微氧技术处理糖蜜酒精废水的新方法,介绍了微氧技术的研究状况及其在处理糖蜜酒精废水方面的优势。试验结果表明,利用微氧厌氧技术处理富含硫酸盐糖蜜酒精废水是切实可行的,该技术不仅可有效去除废水中的有机质和硫酸盐,还为实现单质硫和沼气资源的回收利用创造条件。

**关键词** 糖蜜酒精废水 硫酸盐 微氧厌氧

糖蜜酒精废水是利用糖厂的副产品糖蜜发酵生产酒精的过程中,发酵得到的醪液在蒸馏塔蒸出酒精后排放的废水。该类废水一般具有以下特点<sup>[1-4]</sup>: ① COD 一般为 80 000~120 000 mg/L, BOD<sub>5</sub> 一般为 40 000~70 000 mg/L, 可生化性较好; ② 硫酸根含量一般为 5 000~8 000 mg/L, 有的甚至高达 12 000 mg/L; ③ 固形物高达 10%~20%; ④ 含大量有机质、蛋白质、维生素、N、P、K 等; ⑤ pH 值 3~5, 腐蚀性强; ⑥ 色度高达 1 000~1 500 倍。该类废水排入水体中,会大量消耗水体的溶解氧,恶化水质,严重影响水体的利用价值。而且,此类废水水量大,每生产 1 t 酒精约产生 7~15 t 废水。我国日榨甘蔗 500 t 以上规模的糖厂,约有 70% 以上都设有糖蜜制酒精车间。全国糖蜜酒精年产量达数百万 t,产生的废水总量是相当可观的。研究理想的糖蜜酒精废水处理技术对保护环境和地方经济可持续发展具有重要意义。

### 1 现行的治理方法

#### 1.1 农田灌溉法

农田灌溉法就是将糖蜜酒精废水经过简单的预处理后排入氧化塘进行厌氧发酵,使废水变成富含 N、P、K 的熟液肥料,用于农田灌溉。这种方法可使糖蜜酒精废水中含有的丰富有机质和 N、P、K 等元素再被农作物吸收利用,形成自然循环过程。其应用技术关键在于适量和高效的喷淋,在有足够的耕地

面积和灌溉管网系统、能够统一使用土地的单位最为适宜(如农场)。缺点是需要铺设灌溉管网,一次建设成本较高;而且长期使用会破坏土壤的结构,使土地酸化、板结和营养元素失衡而引起肥力降低。

#### 1.2 浓缩法

浓缩法是按照后续利用的要求,通过蒸发提高糖蜜酒精废水的固含率。在经济发达的国家,如美、法、英、德、意等国,大都采用蒸发浓缩的方法处理糖蜜酒精废液,我国许多厂家也采用了这种处理方法。浓缩处理不但可以实现废液的零排放,还能回收资源,治理较为彻底,是目前国内外比较推崇的治理方法。但工艺生产设备腐蚀严重、能耗较大、干燥去水分困难、产品档次不高、市场需求量较少。

#### 1.3 厌氧-好氧法

厌氧产沼气是处理高浓度有机废水的常用方法。对于糖蜜酒精废液,只经过厌氧处理是无法达到排放标准的,故一般使用厌氧-好氧 2 级处理的方法。由于糖蜜酒精废水中含有高浓度的硫酸盐,在采用厌氧消化过程中,硫酸盐还原菌(SRB)引起的硫酸盐还原作用对厌氧消化产生严重的抑制影响,硫酸盐的还原产物-硫化物对产甲烷菌(MPB)也有毒害作用。所以现在通常用多级串联的方式来达到处理效果,一般采用在 2 段厌氧中间进行曝气吹脱或吸收的方法去除硫化物,这样不但要增加构筑物,提高处理所需的费用,而且吹出的硫化氢会产生严重的大气污染。

## 1.4 EM 技术

EM 技术, 又称有效微生物群技术, 经广西柳兴实业开发总公司糖厂从日本引进, 应用于氧化塘自然氧化技术的改进。它的工艺流程是: 先将 EM 菌液按一定比例(约 2.5%)投入废液中, 让废液流入氧化塘作预处理, 在塘内 EM 菌迅速增殖达到一定的密度, 利用微生物群抑制腐败微生物的生长繁殖及抑制某些病菌的生长, 从而减少硫化物等恶臭物的产生, 并能促进有机恶臭物质的分解, 达到消除恶臭、净化水体的目的。该技术的特点是工艺流程较简单, 处理过的沉积物和废水能作肥料和灌溉使用, 但是其处理结果仍不能达到排放标准。

## 2 微氧技术

### 2.1 微氧技术的产生

传统的观点认为好氧微生物依靠分子氧进行代谢, 而厌氧微生物只能在无氧存在的情况下才能生长, 所以好氧微生物和厌氧微生物不能生存在同一环境中, 必须在时间或空间上分离。因此, 人们在对废水进行处理时都将厌氧过程和好氧过程分开进行。但是, 随着生物技术的发展, 特别是颗粒污泥和生物膜的出现, 厌氧微环境的存在, 使好氧微生物和厌氧微生物可以共存在同一反应器中。而且在适量氧存在的情况下, 甲烷菌不但能够存活, 而且还表现出较高的产甲烷活性<sup>[5-6]</sup>。另据 Zitomer<sup>[7]</sup> 报道, 即使在分散的悬浮状态下, 没有厌氧微环境的存在, 好氧微生物与厌氧微生物也能共存, 而且污泥也呈现出较高的活性。

微氧技术正是在此基础上发展起来的一种使厌氧与好氧微生物共存于同一反应器中、协同代谢污染物, 使系统出水 COD 低、污泥量少、抗冲击负荷能力强, 同时能使毒性和难降解物质彻底降解的生物技术<sup>[8]</sup>。如图 1 所示, 向厌氧反应器中通入适量氧气, 使反应器由严格的厌氧状态转化为微氧状态。

### 2.2 微氧技术的研究进展

将微氧技术应用于污水处理的研究是近几年才发展起来的, 大致有 4 个方向。

1) 用于污泥消化: 张全等<sup>[9]</sup> 向污水生化处理设施的剩余污泥中通入少量氧气, 在 20℃ 下反应 35~40 h, 污泥量由原来的 80% 减为 15%~20%。胡颖华等<sup>[10]</sup> 也进行了活性污泥法污水厂剩余污泥微氧消

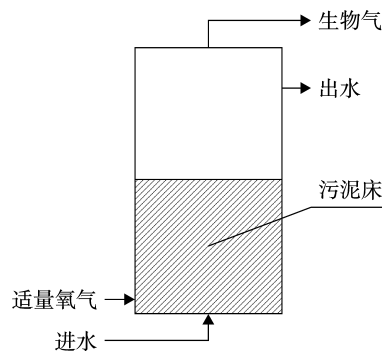


图 1 微氧厌氧处理系统

化的研究, 结果表明, 污泥经过 20 d 的微氧消化后, SS 的去除率达到 37.0%, VSS 的去除率达到 52.0%, 达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 中有机物降解大于 40% 的要求。

2) 用于改善出水水质: 孙艳玲等<sup>[11]</sup> 采用水解-厌氧-微氧联合处理工艺处理城市污水的研究结果表明: 在总水力停留时间(HRT)不超过 8.5 h (水解 2.5 h、厌氧 4.0 h、微氧 2.0 h), 平均温度为 19℃, 进水 COD 浓度为  $300 \pm 50$  mg/L 时, 总 COD 和 SS 的去除率分别可达 75% 和 80% 以上, 总出水 COD、BOD<sub>5</sub>、SS 达到《污水综合排放标准》(GB 3978-1996) 二级排放标准; 刘红等<sup>[12]</sup> 采用微氧生物吸附-好氧生物氧化联合工艺处理生活污水, 在 HRT 为 9.47 h (微氧单元 3.54 h, 好氧单元 5.93 h) 条件下, 进水 COD 在 200~450 mg/L 时, COD 和 BOD<sub>5</sub> 平均去除率分别为 92.67% 和 97.75%, 出水中 COD 和 BOD<sub>5</sub> 分别低于 30 mg/L 和 7 mg/L, 达到《污水综合排放标准》(GB 3978-1996) 一级排放标准中相应指标的要求。

3) 用于脱氮: 微氧状态下, 硝化菌和反硝化菌具备各自适合的空间, 能够同时发挥作用, 发生同时硝化反硝化反应从而脱除氮; 元化亮等<sup>[13]</sup> 报道, 济青高速公路服务区污水经厌氧处理后的出水, 用微氧工艺可以降解氨氮, 并进一步降解厌氧处理出水中的残留有机物; 初里冰等<sup>[14]</sup> 采用微氧颗粒污泥膜反应器处理生活污水, 研究结果表明, 在进水氮容积负荷为 23.8~72.6 mg/(L·d), 反应器氮的去除负荷为 20~45 mg/(L·d), 在 HRT 为 16 h 以上时, 系统总氮去除率为 65%~92%, 平均去除率为 77%。

4) 用于处理含有毒性或难降解物质的废水: 云南昆湖针织厂将原有推流式活性污泥曝气池改成微氧状态运行, 提高了染色废水的处理效果, 改善了废

水中有机污染物的可生化性<sup>[15]</sup>;蓝惠霞等<sup>[16]</sup>在微氧条件下培养出能有效降解五氯酚的颗粒污泥,解决了有机氯化物在厌氧条件下不能彻底矿化的问题;祁佩时等<sup>[17]</sup>用微氧水解酸化工艺处理高浓度抗生素废水,降低了难生物降解抗生素废水中的生物毒性物质浓度,减少了抑制性作用,极大地改善了其生物降解性;Zitomer<sup>[18]</sup>对厌氧 FRB(鼓泡流化床反应器)和微氧 FBR 进行研究比较发现,处理含高浓度硫酸盐有机废水的微氧 FBR 比厌氧 FBR 的 COD 去除率高出 60% 以上;Khanal<sup>[19]</sup>在以葡萄糖为碳源、 $K_2SO_4$  为硫酸盐源的人工配水条件下,利用氧化还原电位(ORP)控制系统调节供氧量创造反应器的微氧状态,进行了模拟试验研究,结果表明,在废水的 COD 为 10 000 mg/L、 $SO_4^{2-}$  浓度为 5 000 mg/L、控制氧化还原电位在  $-230 \sim -180$  mV 时,溶解态和气态硫化物全被去除,甲烷产率提高到了 56.3%。

### 3 利用微氧技术处理糖蜜酒精废水试验

#### 3.1 试验原理

糖蜜酒精废水中含有大量的硫酸根离子,在进行厌氧消化过程中,硫酸根离子被还原成硫化物。硫化物的积累,不但对 MPB 产生抑制毒害作用,还会影响到 SRB 的还原作用。向厌氧反应器中通入适量氧气,使其转化成微氧状态,无色硫细菌(CSB)可以在微氧状态下生长,并能把硫化物氧化成单质硫,消除硫化物的毒害作用,使产甲烷过程顺利进行。

#### 3.2 试验材料

试验用水:来自广西贵港甘化股份有限公司糖蜜酒精生产废水,试验过程中,根据需要将原水用晒过的自来水进行稀释。

接种污泥:来自实验室厌氧处理糖蜜酒精废水的升流式厌氧污泥层反应器(UASB)中的颗粒污泥与城市污水处理厂好氧污泥。

试验主要设备:微氧反应器,以 UASB 为主体,附设氧气供给和循环收集气体装置。

#### 3.3 试验方法

试验的工艺流程见图 2。污泥接种后,经过一段时间的驯化,得到同时含有 MPB、SRB、CSB 的污泥,使硫酸盐还原、硫化物氧化和产甲烷三位一体,在微氧反应器中同时进行,大部分硫酸盐和有机质被同

时去除,并可生成单质硫。

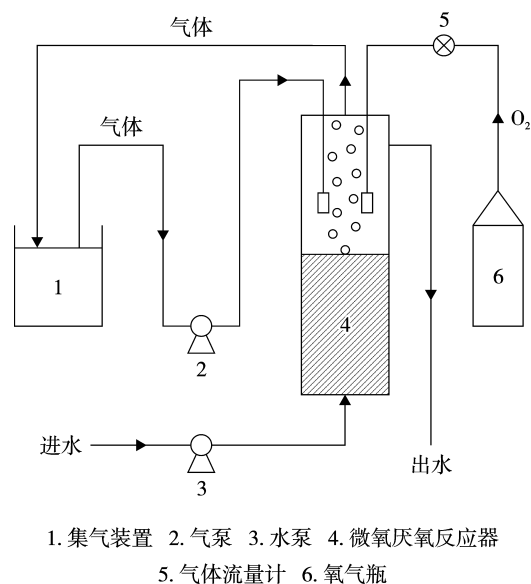


图 2 微氧技术处理糖蜜酒精废水试验工艺流程

#### 3.4 试验结果

在反应器污泥驯化完成,运行稳定后,进入负荷运行期,进水 COD 负荷由  $8 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  提高至  $27 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ,进水  $SO_4^{2-}$  负荷由  $0.5 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  提高至  $1.8 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。控制温度为  $30^\circ\text{C}$ , ORP 为  $-230 \text{ mV}$  左右。试验共运行了 6 周,结果见图 3 和图 4。

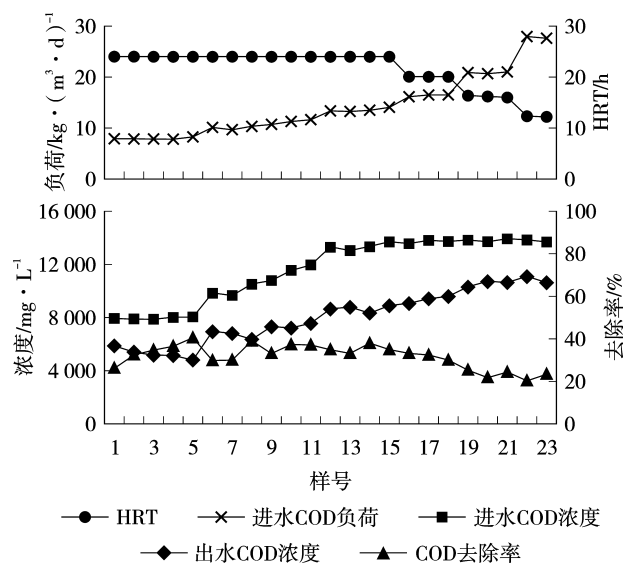


图 3 负荷期反应器 COD 去除效果

由图 3 可看出,维持 HRT 为 24 h,通过逐步增加进水 COD 浓度提高负荷,当进水 COD 浓度由



8 000 mg/L 提高到 13 000 mg/L 时,出水 COD 浓度约为 8 000 mg/L,COD 去除率可稳定在 40%左右。此后,维持进水 COD 浓度为 13 000 mg/L,通过降低 HRT 进一步提高负荷。当 HRT 为 20 h,进水 COD 负荷为  $16 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  时,COD 去除率保持在 40%左右;当 HRT 为 16 h,进水 COD 负荷为  $20 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  时,COD 去除率低于 30%,并开始随 HRT 的降低而呈下降趋势。其原因是反应器内参与生化反应的微生物种类较多,不同种类的微生物要求的 HRT 不同,当减小 HRT 时,硫酸盐的还原产物硫化物浓度增长较快,相对转化为单质硫的比例减小,造成反应器内硫化物浓度过高,从而抑制 MPB 的生长,降低 COD 去除率。

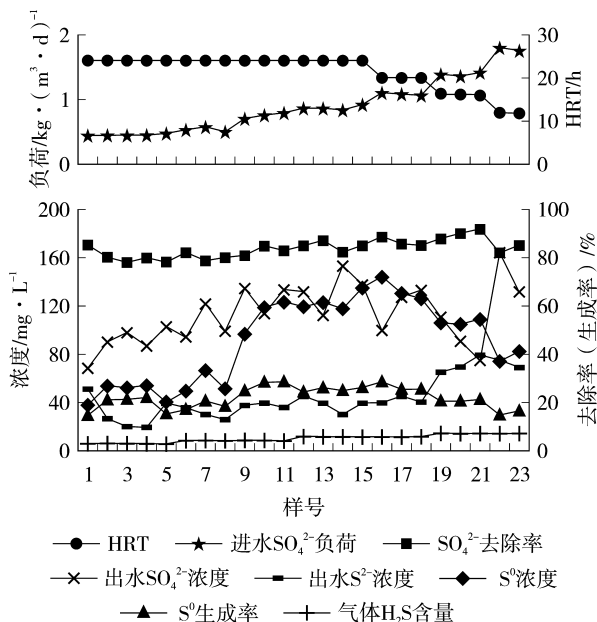


图4 负荷期反应器硫酸盐迁移转化效果

从图4可看出,当HRT维持为24h,进水 $\text{SO}_4^{2-}$ 浓度由460 mg/L递增到920 mg/L时, $\text{SO}_4^{2-}$ 去除率较稳定,达80%以上;出水 $\text{S}^{2-}$ 浓度约为40 mg/L;循环气体中 $\text{H}_2\text{S}$ 气体含量约为5%;出水中 $\text{S}^0$ 浓度在40~130 mg/L之间,并随进水 $\text{SO}_4^{2-}$ 浓度的增加呈明显上升趋势,运行稳定时, $\text{S}^0$ 生成率达30%。由此可见,控制反应器内的微氧状态,可以使大部分硫酸盐还原为硫化物,而生成的硫化物部分被氧化为单质硫。

从图4还可看出,通过改变HRT进一步提高负荷,当HRT为16h,进水 $\text{SO}_4^{2-}$ 负荷为 $1.5 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$

时, $\text{SO}_4^{2-}$ 去除率可保持在80%以上;气体中 $\text{H}_2\text{S}$ 气体含量稍微增加,约为6%;出水 $\text{S}^{2-}$ 浓度明显增加,达80 mg/L;单质硫生成率有所降低,约为20%,并随HRT的降低而呈下降趋势。这表明通过改变HRT提高运行负荷,对 $\text{SO}_4^{2-}$ 去除效果的影响较小,而对单质硫生成率的影响较大,因为降低HRT时,反应器内硫化物的浓度增长较快,CSB不能及时将其转化为单质硫,大部分硫化物随出水排出,导致出水中硫化物浓度增加,单质硫的生成率则相对下降。

#### 4 结论

微氧技术是一种厌氧与好氧微生物共存于同一反应器中、协同代谢污染物,系统出水COD低、污泥产量少、抗冲击负荷能力强,同时能使毒性和难降解物质彻底降解的生物技术。利用微氧技术处理糖蜜酒精废水,可以有效地控制硫化物的毒害抑制作用,保证有机物被充分降解,提高硫酸盐和COD的去除率,还为单质硫的回收创造了条件,既消除了污染,又能回收资源。可见,微氧技术是一种处理糖蜜酒精废水的理想技术,对其进行进一步研究、完善技术参数是十分必要的。

#### 5 参考文献

- [1] 成官文,王敦球,李金城,等.我国糖业废水处理进展及其污染防治对策——以广西糖业为例.桂林工学院学报,2000,(5):52~56
- [2] 阳小松,李必文.糖蜜酒精废水处理方案.广西蔗糖,2002,(1):31~33
- [3] 潘巧明,楼永通,陈小良,等.膜法处理糖蜜制酒精废水的初探.水处理技术,2000,26(6):340~342
- [4] 陈孟林,吴颖瑞,倪小明,等.糖蜜酒精废液治理技术的现状与发展方向.现代化工,2002,(22增刊):170~173
- [5] Field J A, Stams A J M, Kato M, et al. Enhanced biodegradation of aromatic pollutants in cocultures of anaerobic and aerobic bacterial consortia. Antonie van Leeuwenhoek, 1995, 67: 47~77
- [6] Shen C F, Guiot S R. Long-term impact of dissolved  $\text{O}_2$  on the activity of anaerobic granules. Biotechnology and Bioengineering, 1996, 49: 611~620
- [7] Zitomer D H. Stoichiometry of combined aerobic and methanogenic COD transformation. WatRes, 1998,(3):669~676
- [8] 董春娟,吕炳南,陈志强.微氧条件下厌氧颗粒污泥和消化污泥特性研究.南京理工大学学报,2005,29(2):216~222
- [9] 张全,陆鲁,许德俊.剩余污泥微氧消解工艺研究.上海环

(下转第47页)

## 珠江广州西航道农药污染事故监测结果分析

李健槟

(广州市城市排水监测站, 广州 510010)

**摘 要** 在受敌敌畏农药(DDVP)污染的珠江广州河段内采样监测,通过数据分析,探讨了珠江水体的稀释能力,对其水体状况进行评价。结果显示,经过 30 h 的稀释混合,受污染的水体水质恢复正常。证明了目前珠江广州河段水体状况良好,纳污能力强。

**关键词** 敌敌畏 污染 珠江 稀释

珠江是华南地区的第一大河流,其水质的好坏对区域生态环境和人们生活影响很大,因此分析评价目前珠江水体的水质状况有很重要的意义。2004 年 6 月中旬,由于农药仓库爆炸引起大量敌敌畏泄漏污染珠江水体,据统计该次泄漏事故约有 50 多 t 的敌敌畏农药随着消防用水直接排入珠江广州河段西航道,造成珠江广州河段水体受到严重的农药污染。本文通过采集数据、分析河流的稀释净化过程,探讨了珠江广州河段水体目前的水质状况。

### 1 监测数据的采集

#### 1.1 监测点的布置

该次事故的污染源位于珠江广州河段西航道西岸塞坝涌出口右侧处,根据污染源的位置,在上游距污染源点 10 km 处设置沙贝海监测断面,下游距污染源点约 15 km 处设置丫髻沙监测断面,在 2 个断面之间约 25 km 长的珠江河段布置 12 个采样断面共 20 个采样点(见图 1)。根据采样布点原则,对于河宽大于 100 m 的断面,例如珠江桥西桥断面、白鹤洞桥断面等,布置左、中、右 3 个采样点。

#### 1.2 水样采集

根据水样采集原则,以水面下 0.5 m 深处为采样点。1 h 采样 2 次,样品混合测定。以 1~2 h 的时间间隔为周期进行连续采样监测,对珠江水质进行紧密的监测。

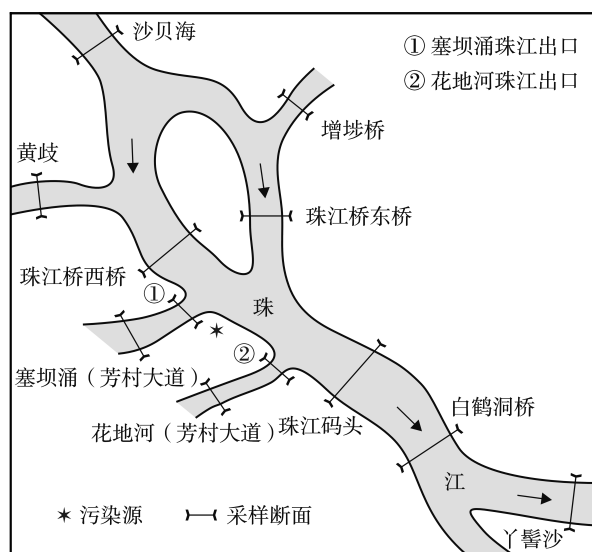


图 1 监测断面布置情况

#### 1.3 样品检测

敌敌畏又名 2,2-二氯乙烯基二甲基磷酸酯,分子式为  $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{POOCHCl}_2$ 。这类物质的主要污染特征之一是比较稳定,不易被微生物所分解,属于难降解有机污染物。采用标准方法 GB/T 13192-1991 气相色谱法对敌敌畏浓度进行定量分析,结果见表 1。

### 2 数据分析

此次受污染的河流段位于珠江广州西航道,属于感潮河段。筛选表 1 的数据,选取 7 个主要的监测点用于作曲线图比较(见图 2),说明潮汐对污染物

表 1 各采样点的监测数据

mg/L

监测点位置	采样时间段									
	第 1 天	第 1 天	第 1 天	第 1 天	第 1 天	第 2 天	第 2 天	第 2 天	第 2 天	
	8:00~9:00 (涨潮)	10:00~11:00 (平潮)	12:00~13:00 (退潮)	16:00~17:00 (退潮)	20:00~21:00 (涨潮)	0:00~1:00 (平潮)	5:00~6:00 (退潮)	9:00~10:00 (涨潮)	13:00~14:00 (退潮)	
沙贝海	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	
增埗桥	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	
黄 歧	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	
珠江桥东桥左	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	
珠江桥东桥中	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	
珠江桥东桥右	未检出	未检出	0.04	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	
珠江桥西桥左	未检出	0.02	0.04	0.02	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	
珠江桥西桥中	未检出	0.04	0.12	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	
珠江桥西桥右	未检出	0.39	0.18	0.08	0.04	未检出	未检出	未检出	未检出	
塞坝涌珠江出口	0.73	0.70	0.47	0.43	0.31	0.10	0.08	0.05	未检出	
塞坝涌(芳村大道)	0.75	0.50	0.08	0.06	0.04	未检出	0.02	未检出	未检出	
花地河珠江出口	0.18	0.34	0.51	0.23	0.16	未检出	未检出	0.02	未检出	
花地河(芳村大道)	0.25	0.34	未检出	未检出	0.09	未检出	未检出	0.02	未检出	
珠江码头断面左	未检出	0.07	0.13	0.06	0.05	0.02	0.02	未检出	未检出	
珠江码头断面中	未检出	0.12	0.20	0.08	0.07	0.05	0.02	未检出	未检出	
珠江码头断面右	未检出	0.20	0.27	0.12	0.13	0.10	0.04	0.02	未检出	
白鹤洞桥左	未检出	0.06	0.04	0.15	0.04	0.06	0.02	未检出	未检出	
白鹤洞桥中	未检出	0.06	0.10	0.16	0.08	0.06	0.05	0.02	未检出	
白鹤洞桥右	未检出	0.07	0.16	0.24	0.14	0.11	0.11	0.06	未检出	
丫 髻 沙	未检出	0.04	0.04	0.02	0.04	未检出	未检出	0.02	未检出	

注：第 2 天 14:00 以后,所有监测点的敌敌畏浓度监测结果均为未检出。

稀释扩散过程的影响。

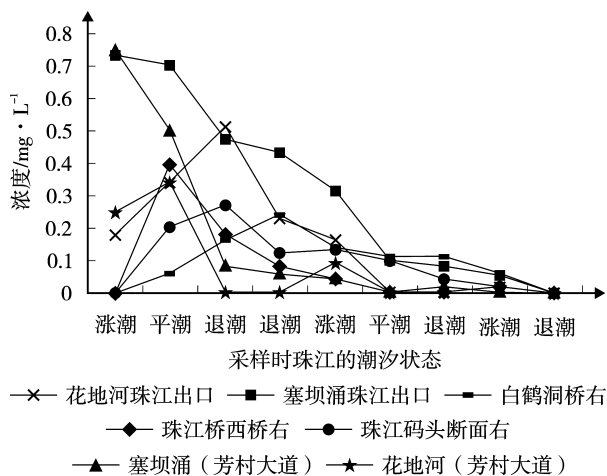


图 2 各监测点浓度值对比

第 1 天 8:00~9:00 是涨潮期,此时,污染源上游段珠江大桥西桥断面未检出敌敌畏,下游段白鹤洞大桥

断面的敌敌畏浓度也是未检出,而在污染源附近的采样点敌敌畏浓度很高,在珠江广州河段支流塞坝涌设置的 2 个监测点,样品检测结果均达到 0.70 mg/L 以上。根据 GB 3838-2002 地表水环境质量标准,地表水体中Ⅲ类水敌敌畏浓度的标准限值为 0.05 mg/L。从表 1 的数据,监测点的最大浓度为 0.75 mg/L,超标 14 倍。说明此时污染物因受到涨潮影响还保持在污染源附近流动。

第 1 天 10:00~11:00,珠江广州河段停止涨潮,水体基本处于缓慢流动状态,污染物的扩散速度也相应缓慢。在上游珠江大桥西桥断面和下游白鹤洞大桥断面均已检出敌敌畏,但是下游段的浓度值不高,只有 0.07 mg/L 以下。由于受到之前涨潮的影响,在污染源附近的监测点,敌敌畏的浓度值还比较高,而且污染物都集中在右岸(污染源位于河段右岸)。

第 1 天 12:00~17:00,在这个时间段,珠江广州河段处于退潮状态。这时候,下游监测断面的敌敌畏  
(下转第 43 页)

## 溶胶 – 凝胶法制备 $\text{TiO}_2$ 薄膜及其光催化性能的研究\*

吕玉娟<sup>1</sup> 洪伟良<sup>1</sup> 李继贞<sup>2</sup> 黄繁雄<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 深圳大学师范学院化生系, 广东 深圳 518060; <sup>2</sup> 吉林大学化学学院有机化学系, 长春 130012)

**摘 要** 通过溶胶 – 凝胶法制得溶胶 – 凝胶溶液, 采用浸渍 – 提拉法制备纳米二氧化钛薄膜, 制得的薄膜在 500 °C 热处理 1 h。用 X-射线衍射仪测定  $\text{TiO}_2$  的纳米薄膜的物相组成, 经图峰鉴定证明  $\text{TiO}_2$  为锐钛矿型。用扫描电镜观察薄膜的表面形貌, 发现其表面均匀分布着颗粒直径为 20 nm 左右的  $\text{TiO}_2$  球形颗粒。用制得的薄膜对铬黑 T 水溶液和甲基橙水溶液进行光催化, 实验结果表明, 制得的二氧化钛薄膜有较高的光催化活性。

**关键词** 溶胶 – 凝胶法 纳米二氧化钛 薄膜 光催化

纳米  $\text{TiO}_2$  是一种应用前景广阔的半导体材料, 具有良好的光敏、气敏和压敏等特性, 相对光催化活性较高, 氧化能力较高, 稳定性较好等特点, 成为最常用的光催化剂。光催化技术有 2 个显著的特点: 其一, 光催化是常温深度氧化技术, 可在室温下将水、气、土壤中的有机污染物完全氧化成二氧化碳和水等产物; 其二, 光催化可直接利用太阳光等作为光源, 驱动氧化 – 还原反应, 因而从能源角度来说, 这一特征使光催化技术更有魅力。纳米  $\text{TiO}_2$  制备方法很多, 其中溶胶 – 凝胶方法制作简单、操作便利、条件易控、能制备颗粒大小均匀的光催化剂, 因而它成为  $\text{TiO}_2$  光催化的常用制备方法<sup>[1-4]</sup>。本文通过溶胶 – 凝胶法制得二氧化钛薄膜, 用扫描电镜、X-射线衍射仪观察其表面情况, 并通过研究二氧化钛薄膜在紫外光照射下对铬黑 T 水溶液和甲基橙水溶液的降解情况, 考察了二氧化钛薄膜的光催化性能。

### 1 实验

#### 1.1 实验试剂

钛酸四丁酯(化学纯)、无水乙醇(分析纯)、二乙醇胺(化学纯)、盐酸(分析纯)、氢氧化钠(分析纯)、铬黑 T( $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_3\text{NaO}_7\text{S}$ , 分析纯); 甲基橙(分析纯)。

#### 1.2 实验仪器

紫外光谱仪(UV-2501PC 型, 上海第一仪器公司); X-射线衍射仪(D/max-III A 型, RIGAKU,

JAPAN); 电子扫描电镜(JSM6330F 型)。

#### 1.3 $\text{TiO}_2$ 薄膜的制备

室温下(25 °C), 取一定量的钛酸四丁酯  $\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$  在磁力搅拌器搅拌下滴加到无水乙醇中, 用二乙醇胺作抑制剂, 缓慢滴入少量水, 不断搅拌得到透明的浅黄色  $\text{TiO}_2$  溶胶, 溶胶前驱体液的化学组成(质量比)是: 钛酸四丁酯: 无水乙醇: 二乙醇胺: 蒸馏水 = 1:25.5:1:1<sup>[5]</sup>。

采用浸渍——提拉法制备  $\text{TiO}_2$  薄膜, 湿膜放入 100 °C 的烘箱中干燥 5 min, 再重复上面的操作得到不同层数的薄膜。最后将镀好的薄膜在马弗炉中焙烧, 温度控制在 500 °C, 焙烧 1 h, 自然冷却到室温, 即可得到  $\text{TiO}_2$  纳米薄膜。

#### 1.4 $\text{TiO}_2$ 薄膜的光催化性能研究

光催化性能的研究是通过 300 W 的直管形紫外高压汞灯照射  $\text{TiO}_2$  纳米薄膜降解铬黑 T 水溶液和甲基橙水溶液的实验来完成的。

铬黑 T 溶液为  $9.3 \times 10^{-5}$  mol/L。调节溶液的 pH 值, 用紫外光谱仪测出溶液的吸光度。将溶液倒进反应器, 然后插入一片镀  $\text{TiO}_2$  膜的载玻片, 开冷凝装置, 往反应溶液鼓入空气, 打开紫外灯后开始计时。在反应后的 1、2、3 h 各取大约 8 mL 溶液, 用紫外光谱仪测出其吸光度, 根据溶液的浓度和吸光度成正比的关系, 分别算出反应 1、2、3 h 的降解率。

甲基橙水溶液的浓度为  $3.9 \times 10^{-5}$  mol/L, 方法

\* 基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(No.04300883)及深圳市科技计划项目(No.200502)

收稿日期: 2006-04-14, 修改稿收到日期: 2006-05-18

同上。

自制光催化装置,如图1所示。图1中反应器向紫外灯的一面是石英,其余各个面是有机玻璃;反应器距紫外灯大约5 cm。

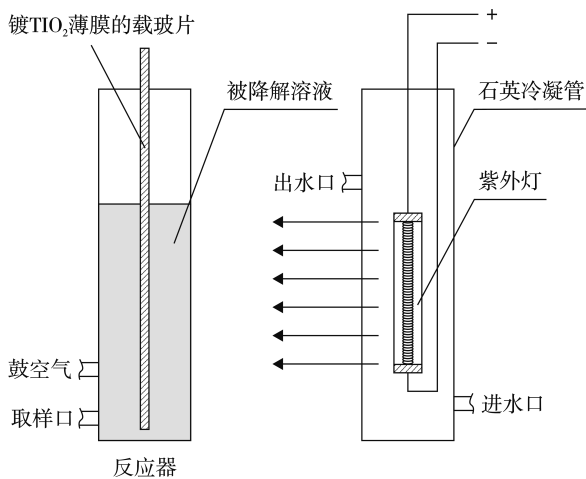


图1 催化反应装置

## 2 结果与讨论

### 2.1 TiO<sub>2</sub> 薄膜的物性

#### 2.1.1 电子扫描电镜观察表面形貌

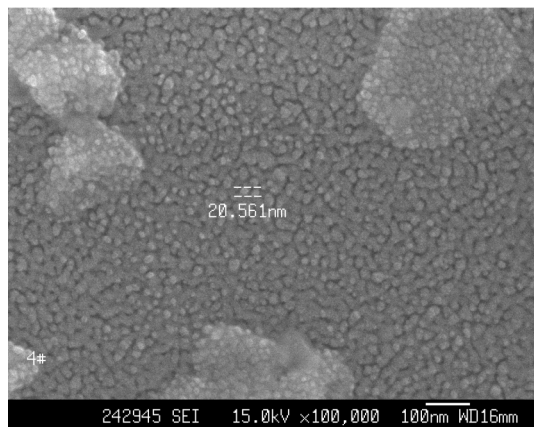


图2 TiO<sub>2</sub> 薄膜表面的扫描电镜照片

图2是TiO<sub>2</sub>薄膜表面的扫描电镜照片。从图中可以看出,TiO<sub>2</sub>为球形颗粒,其粒径约为20 nm,分布比较均匀,形成了较为致密的薄膜层。

#### 2.1.2 XRD(X-射线衍射仪)分析

TiO<sub>2</sub>粉末的XRD结果表明,所制备的纳米TiO<sub>2</sub>均已晶化,且为锐钛矿型晶体。TiO<sub>2</sub>薄膜的XRD谱图中看不到明显的衍射峰,这是因为薄膜的厚度较

薄,载玻片上的TiO<sub>2</sub>的量太少的缘故。

### 2.2 催化实验

#### 2.2.1 TiO<sub>2</sub> 薄膜光催化降解铬黑 T

1) TiO<sub>2</sub> 薄膜光催化降解铬黑 T 的结果如图3所示。经光照降解1 h,碱性条件(pH 值=11.0)下测得的降解率只有28.7%,在中性条件(pH 值=7.0)下的降解率也只有29.6%,而酸性条件(pH 值=2.1)下的降解率可达到47.4%。光照降解2 h,碱性条件的降解率为39.0%,在中性条件下的降解率为40.2%,而酸性条件下的降解率可达到57.9%。

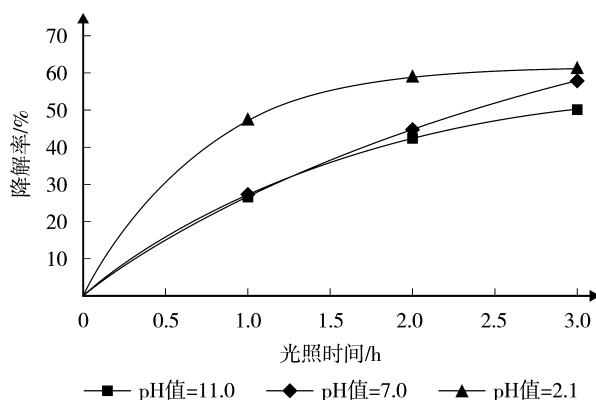


图3 不同 pH 值条件下的铬黑 T 降解率

实验结果表明,在酸性条件下铬黑 T 降解的速率明显加快。这是由于一些有机污染物在不同的 pH 值条件下,其结构不同,必然影响其降解率,而且溶液的 pH 值直接影响催化剂表面所带的电荷的性质及有机污染物在催化剂表面上的吸附行为。

2) 在铬黑 T 溶液 pH 值为 2.1,光照射时间分别为 1、2、3 h 的条件下,比较光降解与光催化降解对铬黑 T 的降解效果,其结果如图4所示。

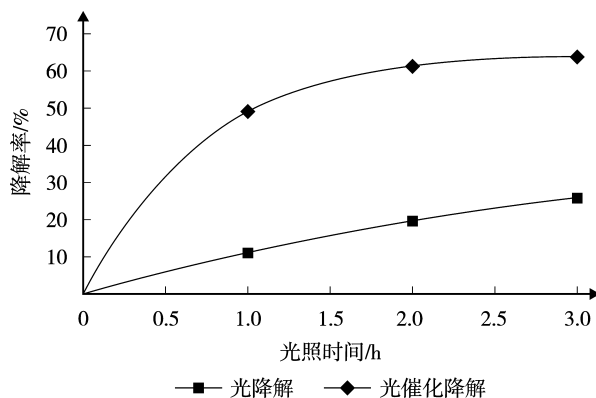


图4 光降解与光催化降解铬黑 T 的比较



从图 4 可以看到, 没有二氧化钛薄膜作催化剂时, 铬黑 T 的降解率分别为 11.4%、18.3%、25.3%; 而加了二氧化钛薄膜催化时, 降解率分别为 47.4%、57.9%、62.3%。实验结果表明, 所制备的二氧化钛薄膜对铬黑 T 的降解具有良好的光催化活性。

### 2.2.2 TiO<sub>2</sub> 薄膜光催化降解甲基橙

在溶液 pH 值为 2.1, 光照射时间分别为 1、2、3 h 的条件下, 没有二氧化钛薄膜作催化剂时, 甲基橙的降解率分别为 3.1%、8.6%、13.5%; 而加了二氧化钛薄膜催化时, 降解率分别为 24.6%、35.7%、50.2%, 见图 5。

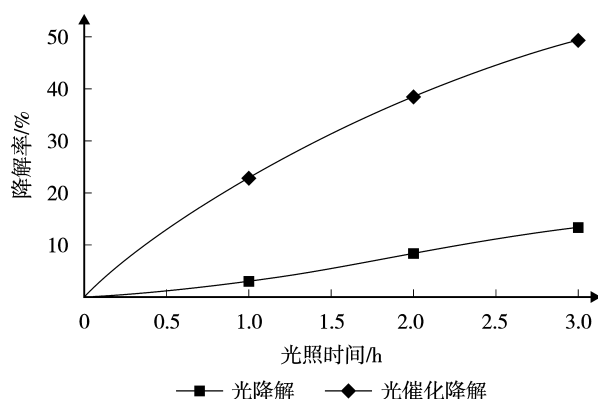


图 5 光降解与光催化降解甲基橙的比较

以上研究表明: 尽管玻片上的 TiO<sub>2</sub> 薄膜较薄, TiO<sub>2</sub> 量较少, 但其光催化的效率较高, 具有良好的光催化活性。因为薄膜由纳米 TiO<sub>2</sub> 微粒组成, 纳米 TiO<sub>2</sub> 微粒具有量子尺寸效应, 对紫外光具有较高的吸收率。而且随着晶粒粒径的减小, 分立能级增大, 其吸收光的波长变短, 光生电子比宏观晶体具有更负

的电位, 相应表现出更强的还原性; 而光生空穴具有更正的电位, 表现出更强的氧化性。我们制备的 TiO<sub>2</sub> 薄膜的粒径约为 20 nm, 故具有较高的催化性能。

## 3 结语

1) 通过溶胶-凝胶法在载玻片表面制备了均匀透明的 TiO<sub>2</sub> 纳米薄膜, 薄膜由 TiO<sub>2</sub> 球形颗粒组成, 其晶形为锐钛矿型, 其颗粒大小约为 20 nm。

2) 通过研究 TiO<sub>2</sub> 纳米薄膜对铬黑 T 水溶液和甲基橙水溶液的光催化降解反应, 及上述 2 种水溶液的纯光解反应, 实验结果表明: 制得的 TiO<sub>2</sub> 纳米薄膜具有较高的光催化活性。

3) 在酸性条件下, TiO<sub>2</sub> 纳米薄膜对铬黑 T 的降解率较高, 中性条件次之, 碱性条件下的降解率最低。这说明溶液的 pH 值较大程度上影响 TiO<sub>2</sub> 薄膜对有机污染物的光催化降解效率。

## 4 参考文献

- [1] Alam M J, Cameron D C. TiO<sub>2</sub> 薄膜的溶胶凝胶法制备及其性质表征. 溶胶凝胶科学与技术(英文版), 2002, 25: 137~145
- [2] Djoued Y, Badiladiscu S M, Ashrit P V. 低温下溶胶凝胶法的纳米 TiO<sub>2</sub> 薄膜的制备. 溶胶凝胶科学与技术(英文版), 2002, 24: 247~254
- [3] Kotov N A. TiO<sub>2</sub> 微晶可控粒子间距离的单粒子层. 物理化学(英文版), 1994, 98: 8827~8830
- [4] 张彭义, 余刚, 蒋展鹏. 光活性二氧化钛膜的制备与应用. 环境化学进展, 1998, 6(5): 50~56
- [5] 余建国, 赵修建. 热处理工艺对 TiO<sub>2</sub> 纳米薄膜光催化性能的影响. 硅酸盐学报, 1999, 27(6): 769~774

## The TiO<sub>2</sub> Thin Films Prepared with Sol-gel Method and Test of its Photocatalysis

Lu Yajuan Hong Weiliang Li Jizhen Huang Fanxiong

**Abstract** Nanometer TiO<sub>2</sub> thin-film was prepared with Sol-gel method, and dried at 500 °C for 1 h. The TiO<sub>2</sub> thin-film was measured by X-ray diffractometer and SEM, and the results showed that the crystalline phase of TiO<sub>2</sub> was anatase, the surface of thin-film was smooth. The diameter of TiO<sub>2</sub> corpuscle was about 20 nm. An obvious peak can be seen using UV-Vis Spectra. The aqueous solutions of e-riochrome black T and methyl-orange were chosen to test the photocatalysis of TiO<sub>2</sub> nanometer thin-film, and the results were good.

**Key words** Sol-gel nanometer TiO<sub>2</sub> thin-film photocatalysis

## 南通市一次连续空气污染过程的气象特征分析

耿建生<sup>1</sup> 丁爱萍<sup>2</sup> 陈佩君<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>南通市环境监测中心站, 江苏 南通 226006; <sup>2</sup>南通市气象台, 江苏 南通 226006)

**摘 要** 文章对 2005 年 11 月 22 日至 12 月 2 日南通市及邻近地区出现的大范围、长时间连续空气污染过程的天气形势和主要气象要素进行了分析。结果表明:大型稳定性高压伴随而来的稳定层结和小风速,导致大气污染物难于扩散,是这次空气污染过程的主要原因;弱冷空气无法改变大气稳定层结,难于结束空气污染状态;随着强冷空气到来,大气环流形势改变,空气质量改善。

**关键词** 空气污染 气象要素 控制措施 南通市

每年的秋、冬季,受不利的气象条件影响,比较容易出现时间较长,范围较大的空气污染过程。1 个地区有害气体的排放量在短期内不会有太大变化,但空气中污染物的浓度却有几倍至几十倍的差异,这主要是由于污染物在大气中的散布受到气象条件支配,污染物的稀释扩散能力随气象条件的不同会发生巨大改变<sup>[1]</sup>。与此同时,经济较发达地区城市群或城市带的发展对边界层大气扩散影响较大,容易使整个区域的平均逆温增强,风速减小,从而使污染物更易集中在城市群区域内,形成较大范围的空气污染过程<sup>[2]</sup>。

### 1 污染过程分析

2005 年 11 月 22 日至 12 月 2 日,南通市及邻近地区发生的空气污染过程是一次典型的主要由不利于扩散的气象条件造成的大范围、长时间连续污染过程。从 11 月 21 日夜间开始,南通市环境空气中的二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物浓度值均呈上升趋势,首要污染物  $PM_{10}$  浓度超过国家规定的环境空气质量二级标准限值,11 月 23 日首要污染物  $PM_{10}$  日均浓度值为  $0.257 \text{ mg/m}^3$ ,超标 0.71 倍,市区平均空气污染指数(API)达 154,为轻度污染。此后连续 10 多天空气质量指数一直维持在轻微污染级别,南通邻近城市也同样出现了连续的空气污染过程。此过程一直持续到 12 月 2 号上午,此后受较强冷空气影响,空气扩散条件改变,空气污染状况逐步减轻,整个空气污染

过程结束,12 月 3 日南通及周边的上海、扬州、盐城等城市的 API 均已回落到 50 附近(见图 1)。这是南通市自 2000 年开始发布城市空气质量日报以来首次出现如此长时间空气质量持续污染的状况。

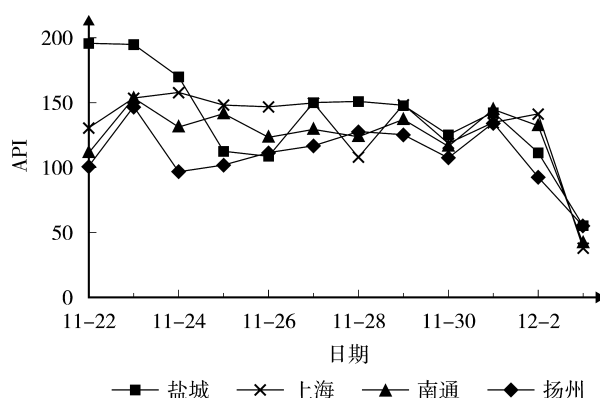


图 1 2005 年 11 月 22 日至 12 月 3 日南通及临近城市 API 变化

### 2 天气形势分析

在高空 500 hPa 天气形势图上,从 11 月 22 日起,我国南海地区为副热带高压盘踞着,高纬度低涡位于东经  $120^\circ$  以东,中纬度地区盛行西北偏西气流,从新疆到青藏高原上空不断有暖温度脊向东部移来。在 700 hPa 上也一直维持着西北到偏西气流。850 hPa 上,中纬度地区是一个东西向的高压带,南通市上空一直受暖温度脊影响,这种天气背景形势下南通易出现连续高污染日<sup>[3]</sup>,11 月 28 日 20 时至

29 日 8 时的这段时间内有一股弱冷空气入侵,但温度槽很快就东移入海,8 时以后又有一个暖温度脊东移,导致 850 hPa 上温度迅速回升,这种形势一直持续到 12 月 2 日。

近地层气压场上,中纬度受一个稳定的西北东南向的带状高压控制,南通处于该高压带的前部,盛行西北西南方向风,风速在 1~2 级之间(见图 2~图 3)。

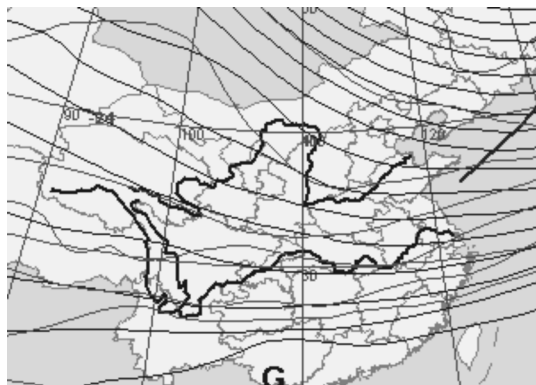


图 2 2005 年 11 月 24 日 8 时 500 hPa 形势

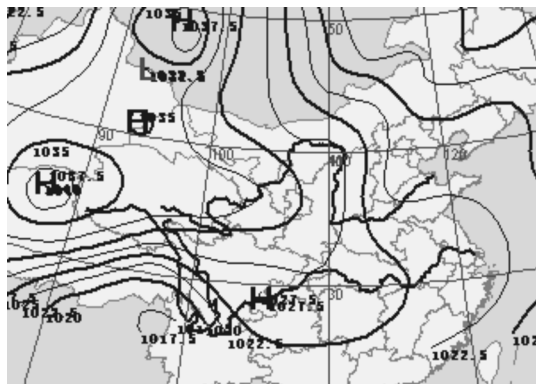


图 3 2005 年 11 月 24 日 8 时地面形势

由于这段时间大气环流一直稳定维持着上述的这种形势场结构,南通市上空处于高压前部的西北气流影响下,大气下沉运动,使污染物失去了向上扩散的能力;同时又始终受暖平流影响,大气层结稳定,使对污染物扩散起一定作用的湍流运动受到了抑制;低层主要吹偏西方向的风,本身就携带着上风向的污染物飘移过来;南通市又处在地面高压控制下,1~2 级的风速,使污染物在水平方向扩散的能力也极其微弱。

3 大气稳定度分析

大气稳定度是研究大气扩散规律和湍流运动的重要气象参数。在污染气象分析和空气质量预报中,大气稳定度有着重要的意义。当大气处于稳定状态时,污染物在大气中扩散缓慢、范围小、浓度大,当大气处于不稳定状态时,情况正好相反。

大气稳定度的分类方法很多,一般采用国际推荐的 Pasquill 分类法,能较好地反映出近地层大气湍流交换运动。运用本次空气污染期间南通市气象台所测得的低云量、总云量、地面风速等地面气象观测资料和太阳高度角等资料进行分类,计算每 d 4 次的大气稳定度<sup>[4]</sup>,其结果如表 1 所示。从中可以看出,整个空气污染期间晚间 20 点和 02 点的大气稳定度始终处于稳定(F)和较稳定(E)状态,其中 F 类出现频率达 73%,上午也是以较稳定状态居多,E 类出现频率为 64%。说明这段时间南通市的低层大气结构一直比较稳定,对污染物的扩散十分不利。

表 1 2005 年 11 月 22 日至 12 月 3 日南通市大气稳定度统计

日期	11.22	11.23	11.24	11.25	11.26	11.27	11.28	11.29	11.30	12.01	12.02
20 时	F	F	E	F	F	F	F	E	F	F	E
02 时	F	F	F	F	F	F	E	E	F	F	D
08 时	D	D	E	E	E	E	E	E	E	D	D
14 时	B	D	C	C	C	B	D	C	D	D	D

注:表中 A—强不稳定;B—不稳定;C—弱不稳定;D—中性;E—较稳定;F—稳定。

11 月 22 日开始的 1 周内,南通市每天均出现轻雾或者阴霾现象,近地面天空中长时间充斥着大量烟气、尘埃和微粒,又无法升腾散去,致使天空迷蒙混浊,多日堆积的污染物始终弥漫在空气中,11 月 28 日晚间的弱冷空气由于势力很弱,对大气

稳定度未产生大的影响,所以只有空气中的二氧化硫、二氧化氮浓度出现了短时间下降,而可吸入颗粒物浓度依然维持在高值,11 月 29 日随着气压场再度稳定,空气污染物浓度也再次上升(见图 4)。

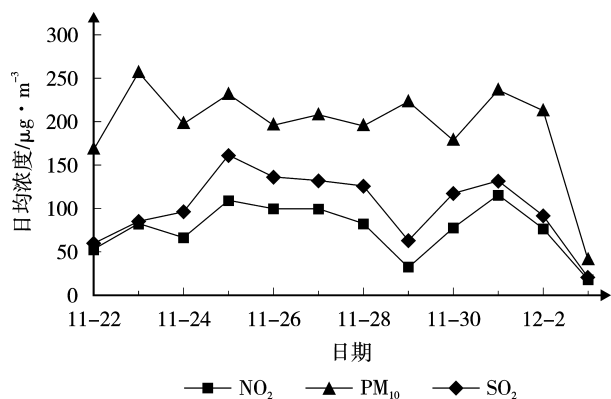


图4 2005年11月22日至12月3日南通市空气要素浓度变化

4 地面风

11月22日到12月2日之间,南通市区地面主导风向为西北风和西南风的分别有5和4 d,东南风的有1 d,东北风的有1 d(见表2)。22日到25日白

天南通地区均处于L型高压的底前部,主导风向为西北或西南风,平均风力只有2级,最大风力3级。冷空气来临前,即25日到27日之间地面风向有一次逆转过程,即从西北风逐渐转西南风,平均风力也为2级,最大风力3级。28日到29日上午是冷空气主体影响南通地区的时段,由于其势力已经减弱,南通气象台观测站的实测风力并没有明显增强,最大风力只有3级。此后受地面高压中心控制,风力减小。因此南通市区这段时间每天的平均风力均不超过2级,有时甚至为静风。近地层风向风速决定了污染物的水平方向扩散能力,风速对污染物的影响是明显的,并且需要时间配合,随着一段时间的积累或扩散,才会对空气污染物浓度有影响。风速很小时,大气的水平运动弱,大气的水平输送能力差,大气的水平扩散能力也差。高压控制伴随而来的小风速使污染物不能及时得到扩散、稀释,造成污染物在局部积累,污染物浓度升高。

表2 2005年11月22日至12月2日南通气象要素实况

日期	11.22	11.23	11.24	11.25	11.26	11.27	11.28	11.29	11.30	12.01	12.02
风向	NW	NW	NW	SW	SW	SE	NW	NW	SW	SW	NE
风速 /m·s <sup>-1</sup>	0.9	1.7	1.9	1.7	2.4	1.6	3.4	2.3	1.8	0.9	2.5
ΔT/℃	7.8	7.3	7.8	9.9	9.4	13.4	5.9	7.2	9.7	10.0	4.2

注:表中风向为日主导风向,风速为日平均风速;ΔT代表气温日较差。

5 逆温层和温度日较差分析

在贴近地面的低层大气中,气温的垂直变化比较复杂。秋、冬季风速较小的晴朗夜空,夜间由于地表长波辐射,地表温度不断下降,近地面大气随之冷却,但其上层空气仍维持较高的温度,从而形成近地层的辐射逆温层,使大气层结趋于稳定。在11月22日到12月2日期间,南通及周边城市夜间晴朗少云或无云,风力微弱,造成地面强烈的辐射降温。从表2中南通的气温日较差也可以看出,除了11月28日和12月2日相对较小外,其余每天均大于7℃,11月27日更是达到了13.4℃。这正说明这段时间在高压控制下,天气状况稳定,风速小,造成地面强烈的辐射降温。我们对南通邻近城市射阳、南京、上海这段时间的探空资料进行了分析,发现这3个站每天清晨和晚上1000 hPa到地面均有明显的逆温层(见图5、图6)。逆温现象的出现对大气污染有较大

的影响,逆温层犹如一层盖子罩在上空,阻止地面气流作上升运动,大气污染物在低空连续多日堆积,不能向上空扩散,只能在近地层作水平漫延,带来了罕见的较大范围、较长时间的空气污染。

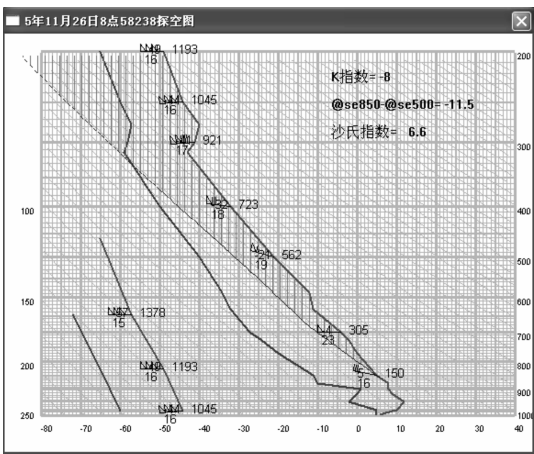


图5 2005年11月26日8时南京探空图

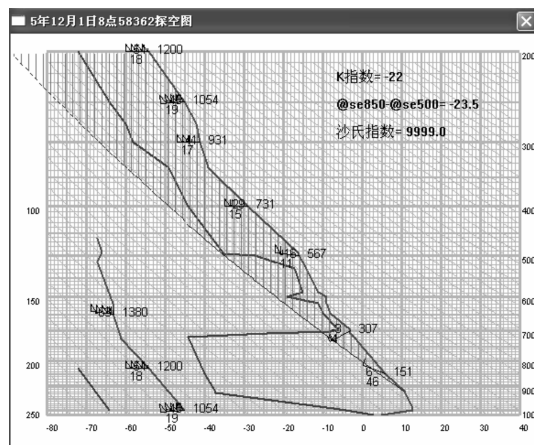


图 6 2005 年 12 月 1 日 8 时上海探空图

## 6 小结

1) 2005 年 11 月 22 日至 12 月 2 日, 南通市及邻近地区发生的空气污染过程是多年来少见的一次大范围、长时间连续污染过程。气象因素是造成这次污染过程的主要原因。

2) 秋、冬季是空气污染的频发季节, 当中纬度地面形成稳定的东西向高压带时, 南通处于高压带的准均压区内, 夜间的大气处于稳定或较稳定状态,

逆温现象明显, 早上多有雾或者霾现象。这种情况下易形成持续时间较长的空气污染过程。今后环保部门应加强与气象部门的合作, 提高空气质量预报的准确率, 使城市环境空气质量管理变被动监测为主动监控, 在面临不利的气象条件时采取适当的措施减少地面污染源排放, 防止或减轻可能出现的严重污染事件所带来的危害。

3) 强冷空气的侵入, 会带来气象扩散条件的改变, 空气污染过程就此结束。

## 7 参考文献

- [1] 李宗恺, 潘云仙, 孙润桥. 空气污染气象学原理及应用. 北京: 气象出版社, 1985. 557~558
- [2] Carroll J J, Dixon A J. Regional scale transport over complex terrain, a case study: tracing the sacramento plume in the sierra nevada of california. Atmospheric Environment, 2002, 36(23): 3745
- [3] 陈佩君, 耿建生, 吴彩霞. 南通市空气污染的气象特征分析. 见: 中国气象学会城市气象学委员会. 气象科技创新与大气科学发展. 北京: 气象出版社, 2003. 284~285
- [4] 国家环保总局. HJ/T 55-2000 大气污染物无组织排放监测技术导则.

# Meteorological Analysis on a Continuous Air Pollution Process in Nantong City

Geng Jiansheng Ding Aiping Chen Peijun

**Abstract** During Nov 22, 2005 and Dec 2, 2005, an air pollution event occurred in NanTong City and near areas. The synoptic situation and key meteorological factors for the pollution event were analyzed. It is concluded that the stable stratification and faint wind in company with large-scale stable high pressure made air pollutants difficult to disperse, the weak cold airflow was too weak to change the stable air stratification, however, as a strong cold airflow came, the atmospheric circulation changed and the air quality was improved.

**Key words** air pollution meteorological factor reduction measure Nantong city

## 学会召开理事会筹备换届

8 月 18 日广州市环境科学学会在广州大厦召开理事会进行第六届的换届筹备工作。

甘海章理事长在会上作了《广州市环境科学学会第五届理事会工作报告》以下简称《工作报告》, 与会理事经过认真

讨论原则同意了《工作报告》和《广州市环境科学学会章程(送审稿)》、《广州市环境科学学会第六届理事会组织架构及成员建议名单(送审稿)》等 3 个文件, 并对学会今后的发展提出了不少中肯和建设性的意见。

陈汇祥



## 厨房油烟分解、碳化技术的应用

郭伟洪<sup>1</sup> 刘济平<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>广州市绿景环保工程有限公司, 广州 510175; <sup>2</sup>广州华士顺环保有限公司, 广州 510045)

**摘要** 文章介绍在油烟治理技术中的静电处理技术的基础上,发展了解析、碳化的治理技术,并应用于大、中、小型厨房治理油烟中,取得了稳定达标的效果。

**关键词** 油烟治理 静电 分解 碳化

厨房油烟以微粒分散在空气中,其大部分为细微油雾,粒径在 0.01~10  $\mu\text{m}$  之间,比重小于 1  $\text{g}/\text{cm}^3$ 。用沉降室沉降、旋风分离或布袋过滤等常规方法处理这些油烟,效果不明显且不稳定,难于达标排放。油烟难溶于水,用水膜喷淋法治理也难于达标排放。最有效的方法多用静电法处理,该技术是在高压电场力的作用下对油烟进行分解、收集,从而达到净化油烟的目的。我们在多年实践的基础上,吸取了静电凝并技术的长处,在分解油烟微粒的基础上对油烟进一步碳化,采用了分解、碳化的新技术,使处理油烟的治理技术更可靠、更先进、确保稳定达标。

### 1 静电除油烟和分解、碳化技术除油烟的原理

#### 1.1 静电除油烟的原理

静电除油烟法是利用电场力将微粒收集的技术,其净化过程可分为 4 个阶段<sup>[1]</sup>:

① 用高压电场将气体电离,产生大量离子,油烟微粒获得离子而荷电;② 荷电油烟微粒产生凝并;③ 微粒向电极作定向移动,并被沉积收集;④ 将电极上的油污清除。

#### 1.2 分解、碳化技术除油烟的原理

分解、碳化除油烟技术是从静电吸附式处理技术再创新研制成的碳化式的处理技术,是利用电场力分解微粒,并进行碳化的技术,其净化过程可分为 4 个阶段:

① 用高压电场将气体电离,产生大量离子,油烟微粒获得离子而荷电;② 荷电油烟微粒产生分解、

碳化;③ 微粒向电极作定向移动,并被沉积收集;④ 将电极上的小量油污清除。

该技术工作原理是将油烟在进风口被导风分管(分流柜)均布进入净化器内,由净化器内的格网将烟气的杂物与烟气分离隔除,实现“固—气”分离;由于净化器内的直流高压产生强大的电场力作用,烟气通过高压电场,使油雾粒子荷电产生等离子电场,油烟通过电离作用在电层中进行“分解”处理,它能高效、快速分解油烟,油烟在这里得到初步的净化。

通过分解系统处理后的油烟,采用高压电场碳化式处理技术,在高压电场为主体所构成的等离子腔中,形成了大量的活性离子。当油烟通过等离子腔时,在大量活性离子的作用下,油雾一部分分解成水气,一部分分解成  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_3$  而直接排入空气中,只有少部分在高压离子轰击和活性离子的共同作用下,形成细小的固体微粒。因为其细小且成黑色、像碳灰,所以常称为碳化,其实是油脂在降解过程后所重新组成的产物。因为有  $\text{O}_3$  的存在,所以能杀菌除臭。分解、碳化技术克服了静电吸附式只分离的不足,由于对油烟再进一步碳化,减少了油烟在净化器上的粘附聚积,电极不会积油而造成失效,消除积油火灾隐患,从而更进一步提高了净化器处理效果,同时延长了净化器的清洗维护周期。

### 2 分解、碳化技术的电源、电场、电极栅的选用

从分解、碳化技术的工作原理可知,要使油烟中的油雾粒子分解,关键技术是要对油雾粒子进行极化和荷电,根据库仑定律:真空中的 2 个静止点,电

荷之间的作用力与所带电荷的电量成正比,与它们之间的距离平方成反比,作用力的方向沿它们之间的连线,同性电荷为斥力,异性电荷为引力。这就需要建立起 1 个电场,使带电的油雾粒子在库仑力(电场力)的作用下被驱使到极板上,达到收集的目的<sup>[2]</sup>。要使油雾粒子极化和荷电,要在 2 极板间加上直流高压,在 2 极之间形成静电场,该电场的伏安特性曲线如图 1 所示。由图 1 可见,在起晕之前,该电场电压  $V$  伏与场强  $E$  成正比。

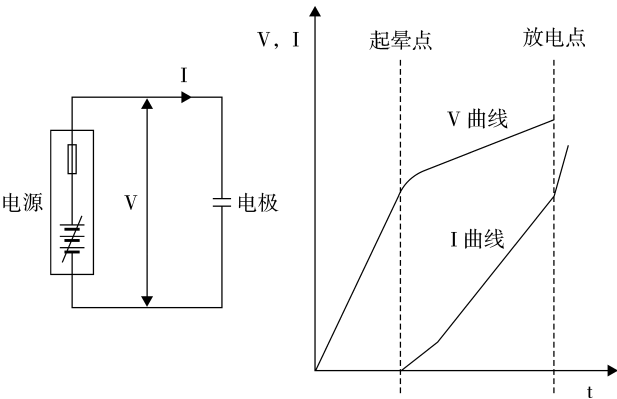


图 1 电场伏安特性曲线

电极 2 端的电压上升,而电流基本为零,随着电压不断上升,当电压超过 2 板间空气的介电强度(绝缘强度)曲线变为较平坦,此时电流(晕流)开始上升,继续加大电压后,电流到一定程度就会发生突变,电压会急剧下跌,此时的状态即为放电,电场会出现强烈的放电现象<sup>[2]</sup>。

不同的电极栅(电场)所表现出的伏安曲线是不同的,所以,确定静电的电源电压就要根据不同的电极栅(电场)来决定。我们根据实践,而制造了不同的电极栅产品来适应需求。电极栅是直接对油烟粒子进行极化和分解的地方,所以它的结构和形式直接影响极化和分解的效果,合理的结构不仅能充分极化和分解油烟,还能减少风阻和降低能耗。电极栅的结构,我们采用了蜂巢状的电极栅,它是靠前端的针尖产生晕流,对进入的油烟进行极化,然后再经后部的吸附区(蜂巢状)收尘。它的优点是起晕容易(因为它的针尖可以磨得很尖),结构和工艺也较为简单,并且只采用 1 个电源供电,成本也较低。

在实践中我们采用多层电极栅结构,每层之间选用不同的距离来加强除油烟效果。一般来说,处理流量越大,电极栅层数越多,外型尺寸也越大。

3 净化器电极积碳的影响及清理方法

净化器电极积碳会使净化器处理效果降低,正常净化器的处理效率是 90%,如果净化器在使用过程中长时间不清洗,当其处理效率降低至 50%,便会令电子线路控制起保护而停止工作。积碳的清理方法为:由于油烟属粘性物,在长时间被风冷却后容易结块,积聚在电极上,一般的清洗方法很难去除,必须用氢氧化钠专用清洗原料溶于水中,浓度为 5%~10%,加热至 90℃,将电极放于水中 20 min,即可自动去除油污及积碳,然后取出用清水冲洗干净,自然晾干,即可继续使用。

4 安全措施

本净化器技术与一般的净化器处理方法不同,本净化器技术采用的是低温等离子技术工艺,由于电极电压由电子线路板控制,在抽风机正常运转下,设备体内的温度绝不达到燃烧点,如由特殊原因引起该电极间短路,产生火花,设备本身控制电路会自动断开,有自动保护功能,所以防火安全绝对保证。

5 分解、碳化技术处理油烟的净化效率与应用效果

5.1 净化效率

根据国家标准,考核油烟净化设备的标准之一是净化效率,我们委托国家环保总局浙江省环保产品检验中心对分解、碳化技术的产品净化效率进行测定(该技术的产品编号为 DJH-xxxx),测定结果见表 1。

表 1 分解、碳化技术的产品测定数据

型 号	处理 风量 m <sup>3</sup> /h	净化效率 /%		
		额定 风量	80% 风量	120% 风量
DJH-12000(大型)	12 000	87.1	88.8	87.9
DJH-8000(中型)	8 000	79.0	77.4	79.5
DJH-2000(小型)	2 000	73.7	76.0	72.2

分解、碳化的油烟净化技术应用在大、中、小型处理设备的净化效率都能达到国家标准(GB 18483-2001)的要求(饮食业油烟净化设施最低去除效率:小型炉灶为 60%,中型为 75%,大型为 85%)。

一般净化器的处理技术是采用吸附式,电极容

易积油,容易造成电极饱和状态,降低了处理效率,而且清洗周期一般要 30 d 进行 1 次清洗;而本净化器采用分解、碳化技术,主要是将水气,油烟气分解,油烟气再由电极碳化处理,电极针不容易积油,提高了处理效率,延长了清洗周期,正常使用情况下 90 d 清洗 1 次,是其它净化器的清洗周期的 3 倍。

5.2 应用效果

分解、碳化技术应用于广州莲香楼、陶陶居酒家和深圳中森名茶餐厅的厨房油烟处理,都取得了很好的效果。其工艺流程见图 2,治理效果见表 2。

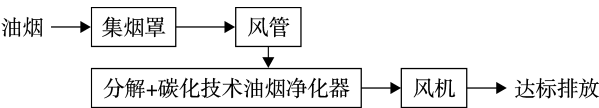


图 2 分解、碳化技术实际应用中的工艺流程

表 2 分解、碳化技术在实际应用中的效果

单位名称	处理能力	油烟排放浓度 /mg·m <sup>-3</sup>		去除效率 %	监测日期	监测单位
		处理前	处理后			
深圳市中森名菜饮食公司	18 个炉灶(大型) 104 000 m <sup>3</sup> /h	15.0	0.5	90.2	2004.09.09	深圳市罗湖区环保监测站
莲香楼中厨 1#	4 个炉灶(中型) 12 759 m <sup>3</sup> /h	13.5	1.34	90.1	2003.09.29	荔湾区环境监测站
陶陶居大厨	10 个炉灶(中型) 20 367 m <sup>3</sup> /h	14.3	1.39	90.3	2003.09.29	荔湾区环境监测站
陶陶居中厨 1#	4 个炉灶(小型) 8 084 m <sup>3</sup> /h	7.94	0.99	87.5	2003.09.29	荔湾区环境监测站
陶陶居中厨 2#	4 个炉灶(小型) 7 295 m <sup>3</sup> /h	11.8	1.37	88.4	2003.09.29	荔湾区环境监测站
莲香楼中厨 2#	4 个炒炉,炸炉、蒸炉各 2 个(中型) 12 607 m <sup>3</sup> /h	14.9	1.43	90.4	2003.09.29	荔湾区环境监测站
莲香楼职工食堂	1 个炒炉,1 个蒸炉(小型) 4 131 m <sup>3</sup> /h	5.9	1.04	80.3	2003.09.22	荔湾区环境监测站

以上数据说明,采用“分解、碳化”技术的 DJH 型油烟净化器的处理餐厅油烟大、中、小型的不同类型处理设备的处理效率均能达到国家标准的要求。

6 结论

1) 分解、碳化技术治理油烟技术的关键是选择合适的静电荷电电压,合适的电极栅。

2) 分解、碳化的油烟净化技术是高效静电油烟净化技术,净化效果好。由于增加碳化技术,免除接油盆,延长净化器的清洗周期,是其他设备的 3 倍时间。

采用低温等离子体技术,设备体内的温度控制在燃点之下,有自控断电功能,防火较安全。

3) 分解、碳化技术在实际应用中,无论是大、中、小型设备的治理油烟均能达到 GB 18483-2001 的净化效率和排放标准的要求,具有较好的应用效果。

7 参考文献

[1] 尹新民, 黄仁俊. 家乐福餐厅厨房油烟净化. 2002 广东省环境保护产业协会年会, 广州, 2002  
[2] 王建陇. 静电式油烟净化器技术探究. 中国环保产业, 2004, (4): 30~32

Destruction-carbonification of Kitchen Oil-smoke

Guo Weihong Liu Jiping

**Abstract** Based on electrostatic precipitation, a technique of destruction-carbonification was developed and applied to the treatment of kitchen oil-smoke, and the results were good.

**Key words** treatment of oil-smoke electrostatic destruction carbonification

# 广州市在用汽车排气检测执行新标准的初步分析

封业和 曾唐芳

(广州市环境监测中心站, 广州 510030)

**摘 要** 在广州市机动车排气检测工作中,对在用汽车(指已上牌的汽车)在路检、抽检、复测和被举报冒黑烟车辆检测已经全面执行 GB 18585-2005 和 GB 3847-2005 国家新标准。文章对执行新标准实际工作中的技术问题和检测结果作了初步分析,并提出了相应的建议。

**关键词** 汽车排气检测 标准 广州

## 1 广州市在用汽车排气检测执行国家标准回顾

近 20 年来广州市汽车保有量迅速增加,2004 年已达 172.2 万辆;2005 年新入户车数每月超过 1.2 万辆,其中私人车增幅 16%。机动车尾气污染物排放总量的增加,已成为广州城区的主要大气污染源。从 1984 年起广州已开展在用机动车排气污染监测工作<sup>[1]</sup>,到 1996 年已形成包括年检、路检、抽检和复测的机动车污染监测体系。随着我国汽车工业的高速发展,汽车性能不断改善,2001 年 1 月 1 日起,我国实施新车排放标准,轻型汽车采用闭环电喷和三元净化器技术,取代原化油器汽车,提高了新车的准入制度。同时广州市在出租小汽车推广代用燃料液化石油气。现在双燃料(汽油和液化石油气)出租小汽车和 LPG(液化石油气)公共大客车在广州已相当普遍。但是直至 2005 年 6 月 30 日前,广州市在用汽车排气污染控制仍然执行 GB 14761.5-1993、GB 3845-1993 标准(以下简称 93 标准),前者只适用于化油器汽车排气污染控制,对于国 I、国 II 标准的汽车没有对应的在用汽车排气标准,一些电喷式燃油汽车和使用液化气汽车其实已超标,但只用怠速检测 CO 和 HC,测得的排放值非常低,无法反映真实车况。后者对于柴油车而言,继续沿用滤纸烟度法,只能测量柴油车排烟中的黑烟,不能测量蓝烟和白烟等烟色,只能测平均值不能测瞬态值,且操作方法不同,对测量结果影响较大。上述表明 93 标准已经不能适应我国汽车技

术发展水平和排气污染控制的要求。

国家环境保护总局、国家质量监督检验检疫总局于 2005 年发布了 GB 18585-2005《点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法(双怠速法及简易工况法)》(以下简称汽油车新标准)和 GB 3847-2005《车用压燃式发动机和压燃式发动机汽车排气烟度排放限值及测量方法》(以下简称柴油车新标准)。根据广州的实际情况,广州市环保局决定在用汽车在路检、抽检、复测和被举报冒黑烟车检测日常监督执法中,汽油车及气体燃料车辆采用双怠速法,柴油车采用自由加速滤纸烟度法和自由加速不透光烟度法。

## 2 新标准的适用范围及排放限值

### 2.1 汽油车双怠速标准适用范围及排放限值

汽油车新标准规定的双怠速法和简易工况法适用于装用点燃式发动机的新生产车和在用汽车,即适用于汽油车、液化气汽车和双燃料汽车,对于广州市现有在用汽车而言,主要包括电喷式燃油汽车,燃液化气汽车,以及 2001 年 1 月 1 日前上牌的化油器汽车。

该标准按点燃式汽车的生产日期,分段(1995 年 7 月 1 日、2000 年 7 月 1 日、2004 年 9 月 1 日)规定了怠速工况和高怠速工况排气的 CO、HC 限值,即在原怠速工况的基础上增加了高怠速工况排放 CO、HC 的限值及其测量方法。对于使用闭环控制电子燃油喷射系统和三元催化转化器技术的车辆,还要求检测其过量空气系数  $\lambda$ (即燃烧 1 kg 燃料实际空气量与理论还需要空气量之比), $\lambda$  限值为  $1 \pm 0.03$ 。

## 2.2 柴油车自由加速法标准适用范围及排放限值

柴油车新标准规定适用于压燃式发动机和装用压燃式发动机的新生产车和在用车,主要包括自然吸气式柴油车和涡轮增压式柴油车。其中,滤纸烟度法适用于2001年10月1日前生产的在用汽车。1995年7月1日至2001年9月30日期间生产的在用汽车的烟度限值为4.5 Rb(波许烟度);1995年6月30日以前生产的在用汽车,烟度限值为5.0 Rb。

不透光烟度法适用于压燃式发动机排气烟度的检测(包括发动机形式核准和生产一致性检查),以及2001年10月1日起生产的柴油车排放烟度的检测,包括新车形式核准和生产一致性检查,新生产车和在用车的检测。自然吸气式柴油车排放限值为 $2.5 \text{ m}^{-1}$ ;涡轮增压式柴油车排放限值为 $3.0 \text{ m}^{-1}$ 。

## 3 测量仪器、方法和新旧标准之差异

### 3.1 在用汽油车双怠速法测量仪器、测量方法和新旧标准之差异

新标准对广州所用的汽油车检测仪器提出更高要求,必须是4组分仪器。目前主要有FLA-501汽车排气分析仪、FGA-4014 4组分分析仪等,测量原理CO、CO<sub>2</sub>、HC采用不分光红外线法(NDIR),O<sub>2</sub>采用电化学电池法或其它等效方法。结构特点是直接采样,简捷轻便,尤适合于路检和抽检。

测量方法是发动机从怠速状态加速到70%额定转速(轻型车3500 r/min,重型车2500 r/min),运转30 s后降至高怠速状态,维持15 s后,读取30 s内的平均值,再从高怠速降至怠速状态15 s后,读取30 s内的平均值。可总结为简单操作曲线,见图1。

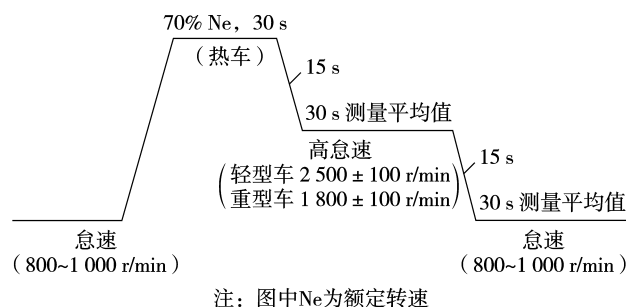


图1 汽油双怠速工况测量曲线

新旧标准之差异在于双怠速法除对怠速规定了排放限值外,另外引入了高怠速排放限值,还增加了

过量空气系数 $\lambda$ 限值(化油汽车免检测)。

### 3.2 在用柴油车自由加速法测量仪器、测量方法和新旧标准之差异

广州目前所用的柴油车检测仪器:①滤纸式烟度计:FBY-3半自动烟度计,YD-1全自动烟度计,其单位为Rb。②不透光烟度计:AVLDISMOKE4000,FLB-100,其单位为 $\text{m}^{-1}$ 。

滤纸式烟度法的测量方法:将取样探头固定于排气管内,插深等于300 mm,并使其中心线与排气管轴线平行。按自由加速工况吹除积存物3次,再按自由加速工况循环测量4次,取后3次读数的算术平均值即为所测烟度值。

不透光烟度法的测量方法:采用至少3次自由加速过程对排气系统进行吹拂。在进行自由加速测量时,必须在1 s内,将油门踏板快速、连续地完全踩到底,使喷油泵在最短时间内供给最大油量。计算结果取最后3次自由加速测量结果的算术平均值。

滤纸烟度法新旧标准之差别是:检测方法与93标准基本相同,测量单位93标准为FSN(Filter Smoke Number),新标准为Rb;自由加速工况定义稍有差别,93标准为在怠速工况下迅速将油门踩到底,并维持4 s。新标准是在怠速工况下迅速但不猛烈地踩下油门,使喷油泵供给最大油量,维持至发动机达到调整器允许的最大转速时,立即松开油门踏板,使发动机恢复至怠速状况。

### 3.3 执行新标准测量中应注意的问题

#### 3.3.1 在用汽油车测量中应注意的问题

1) 做好检测前的车辆准备:①车辆的启动、油门控制、离合、制动、加减速及高速运行等性能应处于良好状态,怠速转速稳定并符合车辆的厂定指标,进气系统应装有空气滤清器,排气系统应装有排气消声器,并不得泄漏;②关闭车辆的冷暖空调等以发动机为动力的设备;③对于车辆的预热要求,在路检和复测时车辆已经过正常行驶,通常已达到了车辆正常工作的热状态,检测时可省去预热工作。

2) 对有些不能确认额定转速的车辆,轻型汽车额定转速一般视为5000 r/min,70%即为3500 r/min,重型车额定转速视为3500 r/min,70%即为2500 r/min,记下 $\lambda$ 值,特别注意应为高怠速时的 $\lambda$ 值。

#### 3.3.2 在用柴油车测量中应注意的问题

1) 滤纸式烟度法按新标准进行自由加速检测,



操作的难点是每个自由加速工况开始之前使车辆处于稳定怠速工况。踩车时应尽量平稳、迅速、用力均匀,一踩到底,不要停顿,踩车时既不要过猛,也不要不敢用力。松开油门时一定要等车速稳定(转速稳定达到调整器允许的最大转速)。测试时,不要让柴油车长时间处于怠速状况,以免车辆产生积碳。

2) 新标准规定的不透光烟度法和滤纸烟度法自由加速检测的操作有如下差别:①不透光烟度法要求对排气系统的吹拂为最少3次自由加速过程或其它等效方法,滤纸式烟度法则为3次自由加速过程的吹拂;②不透光烟度法的测量结果要求最后3次的平均值,没有明确限定自由加速工况测量的次数,滤纸式烟度法则明确规定为4次;③不透光烟度法规定计算平均值时可以忽略与测量均值相差较大的测量值,但没有明确具体的相差值,滤纸式烟度法则规定当发动机出现黑烟冒出排气管时间和抽气泵抽气时间不同步时测量结果取测量值的最大值。④不

透光烟度法对重型车的测量提出了自由加速工况间隔要求(油门松开后至少等待10s后才能进行下个自由加速循环),滤纸式烟度法没有对重型车的测量提出单独的要求;⑤自由加速工况定义方面,对踩油门的时间、2次自由加速的时间间隔、松开油门的时间等的规定也不尽相同。

上述的2种方法,虽然标准存在差别,但就自由加速工况过程的操作实质上没有严格区别,笔者认为可综合考虑,使2种方法合并近乎一致,便于操作。

4 广州在用车检测执行新标准状况

北京、上海在2000年已实行了双怠速检测法。广州在这方面也做了大量的准备工作,如汽油车、燃气汽车做了双怠速法,简易工况法的检测试验;柴油车做了自由加速不透光烟度法比较;2002年9月对汽油车不同供油方式和液化石油气汽车(由汽油车改装,未安装三元催化器)进行了测试,结果见表1。

表 1 电喷汽车、化油器汽车和液化石油气汽车测试结果

车辆工况	电喷车汽车			化油器汽车			液化石油气汽车		
	检测车辆	合格车辆	合格率 %	检测车辆	合格车辆	合格率 %	检测车辆	合格车辆	合格率 %
怠速	217	211	97.2	311	237	76.2	5	4	80
双怠速	217	185	85.3	311	91	29.3	5	1	20

电喷车由于加装了三元催化器,其排气合格率明显高于化油器车,在双怠速工况下的排气合格率电喷汽车比化油器汽车高出55%左右。未装三元催化器液化石油气汽车高怠速排放状况不甚理想,正如理论上所述,即使是使用液化石油气这类燃料的汽车,如果不采用电喷和三元净化器技术,也不可能达到明显降低污染物排放的目的<sup>[2]</sup>。

广州市从今年开始在路检、抽检、复测和被举报冒黑烟车辆排气检测中已全面执行国家新标准。抽检组对某用车大户上门抽检,结果见表2、表3。

检测结果表明,广州市近几年汽车排气合格率有所提高,特别是使用液化石油气公交车,在采用闭环电子喷射系统之后,比原来由化油器汽车改装的车辆排气合格率有较大提高。

抽检表明,本地柴油车排气检测合格率也较高。执行新标准时,要认真注意区别柴油车生产年限,不同时段采用不同的检测方法。

表 2 电喷车汽车、液化石油气汽车抽检数据

车辆工况	电喷车汽车			液化石油气汽车		
	检测车辆	合格车辆	合格率 %	检测车辆	合格车辆	合格率 %
双怠速	46	42	91.3	8	6	75

表 3 柴油车抽检数据

检测方法	检测车辆	合格车辆	合格率 %
滤纸烟度法*	19	17	89.5
不透光烟度法**	20	18	90

注: \*2001年9月30日前生产的柴油车; \*\*2001年10月1日起生产的柴油车。

4 几点建议

1) 机动车排放污染除CO和HC外,NO<sub>x</sub>污染也十分严重,广州污染程度在全国紧随北京、上海之

(下转第37页)

## 土壤全氮测定方法的比较

李宇庆<sup>1</sup> 陈 玲<sup>2</sup> 赵建夫<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>广州市环境保护工程设计院有限公司, 广州 510115;

<sup>2</sup>同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

**摘 要** 土壤样品用  $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$  消解后, 分别用土壤肥力测定仪和 TOC-VCPN 测定仪测定全氮, 将测定结果与半微量开氏法进行对照, 通过样品测试数据的比较, 证明所测全氮结果基本一致。应用土壤肥力测定仪测定硫酸铵, 回收率达 99.0%~99.6%, 而且用土壤肥力测定仪和 TOC-VCPN 测定仪批量分析, 操作简便, 数据可靠。

**关键词** 土壤 全氮 测定

全氮是指土壤中所有化学形态氮的总和, 以氮元素占土壤干重的百分率来表示, 一般在 0.02%~0.3% 之间。全氮量是土壤氮素养分的贮备指标(或容量指标), 在一定程度上反映土壤氮的供应能力。作物所吸收的氮素 50%~70% 来自土壤。土壤全氮通常采用半微量开氏法(GB 7173-87)测量<sup>[1]</sup>, 但操作繁琐, 测定 1 个样品大约需要 40~60 min, 不适合大批量样品分析, 此外, 该法测得的全氮只包括溶解态氮和有机氮, 而未包括硝态和亚硝态氮, 因此不适于处理固定态氮和硝态氮含量较高的土壤。本文以  $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$  消解土壤样品后, 应用肥力测定仪和 TOC 测定仪测定全氮, 并与半微量开氏法的测定结果进行比较。土壤肥力测定仪法简便、准确、稳定性好、实用性强, 可以作为土壤全氮的测定方法。

### 1 实验部分

#### 1.1 仪器与试剂

SFM-I 智能化土壤肥力测定仪(中科院南京土壤研究所), ASI-V 型 TOC-V CPN 测定仪(日本岛津公司); 100 mL 硬质开氏烧瓶, 半微量定氮蒸馏装置, 25 mL 半微量滴定管。

所用试剂均为分析纯。实验用水为无氨水。

#### 1.2 样品预处理

土壤样品去除草根、石块后放于塑料薄膜上, 自然风干, 四分法研磨过 0.15 mm 筛备用。

#### 1.3 样品分析

##### 1.3.1 土壤肥力仪和 TOC 仪测定法

准确称取 0.5 g 土样置于 50 mL 三角瓶中, 滴加水湿润, 加 3 mL 浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 数滴双氧水, 架弯颈小漏斗, 电炉加热至  $\text{H}_2\text{SO}_4$  回流, 待土样变灰白, 取下三角瓶, 冷却。将土样全部移入 50 mL 容量瓶, 加水定容后澄清。

取 5 mL 澄清液至 50 mL 容量瓶, 加 3 mL 10 mol/L NaOH, 使溶液 pH 值  $\geq 12$ , 再加水定容摇匀。分出约 30 mL 溶液用氨敏电极测定全氮; 同时用 TOC 仪测定样品溶液全氮含量。以上测定过程重复 5 次。

##### 1.3.2 半微量开氏法

1) 土样消煮: 将土样送入干燥的开氏瓶底部, 加少量无氨水湿润后, 加入 2 g 加速剂和 5 mL 浓硫酸, 摇匀。将开氏瓶倾斜置于 300 W 变温电炉上, 小火加热, 反应缓和后强火微沸消煮, 土样变灰白后继续消煮 1 h, 冷却, 待蒸馏。

2) 氨蒸馏: 待消煮液冷却后, 用少量无氨水将消煮液全部转入蒸馏器内, 并用无氨水洗涤开氏瓶 4~5 次于 150 mL 锥形瓶中, 加入 5 mL 12% 硼酸-指示剂混合液, 放在冷凝管末端, 管口置于硼酸液面以上 3~4 cm 处。然后向蒸馏器内缓缓加入 20 mL 10 mol/L 氢氧化钠溶液, 通入蒸汽蒸馏, 待馏出液体积约 50 mL 时, 即蒸馏完毕。用少量已调节至 pH 值 4.5 的水洗涤冷凝管的末端。

3) 滴定: 用 0.005 mol/L 稀硫酸标准溶液滴定馏

出液由蓝绿色至红紫色。记录所用稀硫酸标准溶液的体积。以上测定过程重复 5 次。

#### 4) 测定结果的计算:

$$\text{土壤全氮}(\%) = [(V - V_0) \times C_H \times 0.014/w] \times 100$$

式中:  $V$ ——滴定试液时所用硫酸标准溶液的体积, mL;

$V_0$ ——滴定空白时所用硫酸标准溶液的体积, mL;

$C_H$ ——硫酸标准溶液的浓度, mol/L;

$w$ ——土样质量, g。

## 2 结果与讨论

### 2.1 回收率试验

在 0.5 g 土样中加入 0.50 mg 硫酸铵, 经消化后滴定、计算全氮含量。表 1 是 3 种方法测定硫酸铵回收率的试验结果, 从表中数据可以看出, 这些方法的回收率相差不大, 其中半微量开氏法回收率最高, 平均回收率为 99.5%。土壤肥力仪法和 TOC-VCPN 测定仪法回收率接近, 分别在 99.0%~99.6% 和 99.2%~99.5% 范围, 均能定量回收加入硫酸铵。

表 1 3 种方法测定硫酸铵的回收率 %

	土壤肥力仪法	TOC 测定仪法	半微量开氏法
均值	99.3	99.3	99.5
范围	99.0~99.6	99.2~99.5	99.2~99.8

### 2.2 测定结果的比较

对 6 个复混肥料样品, 分别采用土壤肥力仪法、

TOC 测定仪法和半微量开氏法测定全氮含量, 结果列于表 2。经统计学软件分析<sup>[4]</sup>, 3 种方法的测定结果无显著性差异( $P > 0.05$ )。

表 2 全氮测定结果比对 g/kg

	土壤肥力仪法	TOC 测定仪法	半微量开氏法
样品 1	1.18	1.16	1.22
样品 2	1.10	1.07	1.13
样品 3	1.11	1.08	1.10
样品 4	1.15	1.13	1.18
样品 5	1.32	1.28	1.37
样品 6	1.20	1.16	1.21

## 3 小结

土壤肥力仪法、TOC 测定仪法和半微量开氏法测定土壤中全氮具有相同的精密度和准确度。与 TOC 测定仪法和半微量开氏法相比, 土壤肥力仪法操作简单, 成本低, 能快速完成土壤全氮测定, 满足分析实验的要求, 提高工作效率。

## 4 参考文献

- [1] 吕伟仙, 葛滢, 吴建之, 等. 植物中硝态氮、氨态氮、总氮测定方法的比较研究. 光谱学与光谱分析, 2004, 24(2): 204~206
- [2] 杨玉兰, 卢明远. 土壤总氮的分析方法. 土壤通报, 1991, 22(4): 190~193
- [3] 林海锋, 林翠兰, 曾思坚. 应用 KJELTEC2300 全自动定氮仪测定复混肥料中的总氮. 磷肥与复肥, 2004, 19(3): 62~63
- [4] 卢纹岱, 朱一力. SPSS for Window 从入门到精通. 北京: 电子工业出版社, 1997

## Comparison of Methods for Determining Total Nitrogen in Soil

Li Yuqing Chen Ling Zhao Jianfu

**Abstract** The determination of total nitrogen in soil has been compared with the methods of fertility apparatus, TOC-VCPN and Kjeldahl method. The soil sample was digested with  $H_2SO_4$  and  $H_2O_2$ , and the sample solution was determined for total nitrogen by two methods (fertility apparatus and TOC-VCPN). The results obtained by the above two methods are close to that obtained with Kjeldahl. The recovery of 99.0%~99.6% was obtained for ammonium sulfate spiked to the samples in the determination with fertility apparatus. The batch analysis of soil samples by the method of fertility apparatus was easy to operate.

**Key words** soil total nitrogen determination

# 我国环境保护中的公众参与问题研究\*

陈润羊 花 明

(东华理工学院土木与环境工程学院, 江西 抚州 344000)

**摘 要** 阐述了公众参与的内涵和意义,介绍了公众参与在国际法、外国和我国环境立法实践的发展和现状。从参与形式、参与领域、参与过程、参与组织方式和参与基础 5 个方面分析了我国环境保护中公众参与存在的问题,并从法制保障、参与渠道和公众素养 3 个层面提出了完善我国环境保护中的公众参与的对策。

**关键词** 环境保护 公众参与 法律 政策 机制

当今环境问题的日益恶化与环境资源和环境质量的公共物品特殊属性相关。为克服社会成员滥用环境资源的现象,于是提出“公共委托理论”,此理论认为国家是全体国民利益的代表,公民委托国家对环境与自然资源相关的社会行为进行管理。即便如此,国家仍不能完全替代作为权利主体的公众本身在维护环境权益方面发挥的作用。公众参与是环境权理论在立法领域的应用,也是集中反映环境法价值取向的基本原则和贯彻落实环境资源保护法律的重要制度。

## 1 公众参与的内涵和意义

公众参与从社会学的角度讲,是指社会公众、社会组织、单位或个人作为主体,在其权利义务范围内进行的社会活动;从公共政策的角度看,是指公众参与政策制定,从而确保政策顺应民意和政策的正当性。环境保护中的公众参与是指在环境保护领域内,社会公众有权通过一定的程序或途径参与一切与环境利益相关的决策活动和实施过程,表达关切、施加影响,从而有效地维护自身环境权益。这里的公众系指 1 个或更多的自然人或法人,包括直接受影响的人群和团体的公共代表及其他感兴趣的团体三大部分<sup>[1]</sup>。

环境保护中的公众参与,既是民主思想在环境资源保护领域内的延伸,也是可持续发展理念的基础。其核心内容为公众参与环保的权利和义务,但在提倡以人为本的今天,其更强调的是公众的权利与政府对此权利的保护,根本上属于一种权利本位<sup>[2]</sup>。

公众参与是维护公众环境权益的重要体现,也是推动环境保护工作发展的重要动力;公众参与是增强环境决策合法性和正当性的需要,也是协调不同利益主体之间的关系、预防环境纠纷的有效手段;公众参与是完善政府决策科学化的重要手段,也是社会民主的充分体现<sup>[3]</sup>。

## 2 公众参与立法实践的发展和现状

### 2.1 国际法中公众参与问题的规定

环境保护中的公众参与源于 20 世纪 60 年代以来日益高涨的环保浪潮。1972 年首次人类环境会议通过的《人类环境宣言》首次确认了公众的环境权,此后许多国际法文件中都比较重视公众参与问题。《内罗毕宣言》、《世界人权宣言》、《里约宣言》、《世界自然宪章》、《跨国界环境影响评价公约》、《二十一世纪议程》等国际法文件都涉及到公众参与环境事务的实体和程序性方面的规定<sup>[4]</sup>。随着全球化的推进和可持续发展理念的传播,公众的环境参与权在国际立法中得到充实。1998 年通过的《公众在环境事务中获得信息、参与决策和诉诸司法权力的奥胡斯公约》,从具体的环境事务到计划决策,再到法律政策的执行,对公众参与环境事务做出了全方位的规定<sup>[5]</sup>。2002 年可持续发展世界首脑会议通过的《执行计划》中就有“主要群体的参与”一节,规定了加强政府行动者与非政府行动者之间在方案和活动方面的伙伴关系、倡导推动和支持青少年参与各

\* 国家社会公益研究专项资助项目(2005 DIB21221)

收稿日期: 2006-03-22, 修改稿收到日期: 2006-06-16

项与可持续发展有关的方案和活动等方面的内容,此次峰会通过的《可持续发展承诺》达成共识:“可持续发展需要具有长远的观点,需要民众对各个级别的政策拟定、决策和实施过程的广泛参与”。

## 2.2 外国环境立法中公众参与问题的规定

1969 年美国《国家环境政策法》在立法上最早确立了公众参与原则,该法规定“每个公民都有权享受健康的环境,每个公民也有责任对维护环境和改善环境做出贡献”,并且通过环评制度予以落实,详细规定了公众参与环评等有关活动的权利,也确定了环评报告书的公示制度,以及法院对环境诉讼的审查制度。其《清洁空气法》和《清洁水法》等其他法律中也有公众参与方面的规定。

日本《环境基本法》中将公众参与定为基本原则,其《环评法》规定了公众参与环评的听证程序和监督程序;加拿大《环评法》规定“政府鼓励并促进公众参与由政府批准或协助实施项目的环评”并且“确保公众参与环评”;泰国的《国家环境质量法》规定了一系列个人的权利和义务以鼓励公众参与保护和改善环境,其中包括知情权、要求国家赔偿由于政府行为造成损害的权利;乌克兰的《自然环境保护法》规定“公民有权依法定程序获得关于自然环境状况及其对居民健康的影响等方面的确实可靠的全部信息”<sup>[6]</sup>;俄罗斯《环境保护法》中规定“人人都有享受良好环境的权利”<sup>[7]</sup>。

## 2.3 我国法律中公众参与问题的规定

中国《宪法》明确规定:国家“一切权力属于人民”和“人民依照法律规定,通过各种途径和形式管理国家事务,管理经济和文化事务,管理社会事务”,这是我国实行环境民主原则和公众参与环境事务的宪法根据。1973 年全国首次环保会议上确定为环保指南的“32”字方针中“依靠群众、大家动手”的内容已经蕴涵了初步的公众参与思想;1979 年颁布《环境保护法(试行)》首次规定环评制度,规定“一切单位和个人都有保护环境的义务,并有权对污染和破坏环境的单位和个人进行检举和控告。”此后与环境资源有关的许多法律法规和文件如《土地管理法》、《水污染防治法》、《森林法》、《中国 21 世纪议程》和《建设项目环境保护管理条例》等,对公众参与都有相应的规定。

特别是近几年制定的环保相关法律法规如《清洁生产促进法》等更是把鼓励和支持公众参与作为基本

规定。2003 年开始施行的《环评法》,对公众参与规划、建设项目的环评做出了明确要求,在参与的方法、程序及参与意见的有效性等方面都有了较大的充实;2005 年颁布的《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》对发挥社会团体的作用、推动环境公益诉讼、公开环境信息和强化社会监督等方面都有明确的规定。2006 年颁布的《环境影响评价公众参与暂行办法》首次明确规定了公众参与环评的具体范围、程序、方式、期限和公众环境知情权和参与权的保障措施,在诸多方面都有重大突破。

总之,国际法及各国立法都对公众参与的重视程度较高,在立法规定上也比较广泛,尤其在环评立法中,各国基本上都规定了公众参与制度。但是,由于在理论层面上对公众参与问题研究不够和各国立法层次不一,使公众参与环境保护发挥的功能在各国也呈现出不同的特点。

## 3 我国环境保护中公众参与存在的问题

我国环境保护中公众参与的内容尽管在不断充实和完善,也形成了自己的特点,但受各种条件的限制,仍存在许多局限和不足。

### 3.1 公众参与的主要形式仍属于政府主导下的参与

我国的公众参与不像西方国家主要是“自下而上”的方式,而大多是政府主导下的“自上而下”的形式。这种公众参与的方式缺乏系统性和持续性,而且参与程度和参与效果很大程度上受主管的行政部门的态度决定。另外,这种政府主导下的公众参与,如不涉及自己的根本利益,公众很难把自己的独立立场充分地表达出来,从而很难实现真正意义上的公众参与对政府决策和政策执行的有效监督。

### 3.2 参与领域不平衡,目前主要集中在环评方面

目前我国的公众参与在环保领域发展不平衡,环评方面的立法保障比较有力,但在其他方面颇显不足。继 2003 年实施环评法后,2006 年 3 月 18 日开始实施的《环境影响评价公众参与暂行办法》,从公众参与一般要求、公众参与组织形式和公众参与规划环评等方面明确了公众参与环评的权利,而且明确了公众参与公开、平等、广泛和便利的原则;再次确认环评法中公众参与的方式主要为专家咨询、座谈会、论证会、听证会等,细化了征求意见的期限不能少于 10 d;规定环评在开始阶段、报告书送审前和

审批3个阶段全过程公开信息及其要求;对选择被征求意见的单位和个人的选择原则和依据做出规定;重新确认了公众参与的有效性方面的规定。另外在有关具体程序和参与渠道的规定等方面提供了保证措施,如赋予公民、法人、社会组织申请参加听证会和发表意见的权利,并规定听证会代表和准予旁听的人数不得少于15人,新闻媒体也可申请采访听证会。此办法既是我国首部具体规定公众参与公共事务管理的部门规章,也是我国环保领域第一部从国家层面上规定公众参与的规范性文件。它是我国环保领域公众参与制度建设的一个里程碑。

### 3.3 参与的过程主要侧重于末端参与,事前的参与不够

我国现行立法关于公众参与的规定,基本上是对环境污染和生态破坏发生之后的参与,即末端参与。《环境保护法》规定的检举和控告就属于典型的末端参与。在实践中,公众也主要是针对污染、破坏环境行为发生后,危害到自身利益时通过检举、诉讼等方式来维护自身的权益。环境问题具有危害的滞后性和不可恢复性等特点,这种末端参与不利于及时有效地防止环境纠纷和危害,与公众参与的根本性质有很大差距,也与实现环境法的目标相差甚远。

### 3.4 从公众参与的组织方式看,社会组织特别是非政府环保组织的影响力非常有限

从国外环保的经验看,社会组织特别是非政府组织作为介于政府部门和盈利组织之间的中间组织,在环境数据调查、立法建议、政策监督等方面均发挥了重要的作用,非政府组织已成为公众参与的一种有效的组织方式。据中华环保联合会发布的《中国环保民间组织发展状况蓝皮书》显示,我国现有2768家环保民间组织,从业人员共有22.4万人,其中全职人员6.9万,兼职人员15.5万。这些组织主要有4类:即由政府部门发起成立、民间自发成立的草根环保组织、学生环保社团、港澳台及国际环保民间组织驻大陆机构等,76.1%的环保民间组织没有固定经费来源。这些组织中由政府扶持的官办型民间组织占49.9%,真正由民间人士发起成立的草根组织却仅占7.2%<sup>[8]</sup>。作为整体的民间环保组织的会员人数、规模、资金、号召力、组织能力、对环境有较大影响的主体制约能力、对环境决策的影响力等都有限,与发达国家有很大的差距。

### 3.5 从公众参与的基础看,公众普遍的环境素养和法治意识不高,参与效果不理想

我国目前经济发展水平和教育水平相对较低,公众的文化素质偏低,权利义务观念淡薄,民主参与理念还没有深入整个社会民众心理。据2002年国家环保总局和教育部联合进行的全国公众环境意识调查显示,公众的环境意识和知识水平还都处于较低的水平,环境道德较弱,我国公众环境意识中具有很强的依赖政府型的特征。总体来看,公众的环境素养与环境严峻形势还不适应,我国公众环境保护参与的总体水平偏低,参与意识不强,参与程度不高,参与效果不理想。

## 4 完善环境保护中公众参与的对策

针对我国环境保护中公众参与存在的问题,借鉴发达国家的经验教训,应不断完善公众参与机制,以充分地发挥公众在环保方面的作用。

### 4.1 法制保障层面

应在适当成熟的时机在《宪法》中确立公民环境权,列入“十一五”立法规划的环保基本法和其它环境与资源保护相关法律的制定及修订中,应确立保障公民能够有效行使环境知情权、检举权、参与权、司法救济权、诉讼权等各方面的权利,并使各构成部分之间在程序上互相呼应和支撑;保证环境信息的公开性和透明性以及公众获得的便利性;不断扩展公众参与环境与发展决策的途径和方式,规范各种环境行政许可公众参与的法定程序;完善涉及公民环境权的相关民事、行政诉讼制度和民事、行政赔偿制度,包括引入环境公益诉讼的制度,使公民在环境权利受到损害时及时获得法律救济<sup>[9]</sup>;公众参与规定设立法律责任条款,对有责任协助实施但拒绝者施以惩戒,以保障公众参与落到实处。

### 4.2 参与渠道层面

非政府组织作为重要的公民表达意愿的公益性社团,是一种有力的公众参与模式。国家立法对环保组织的设立与登记创造宽松的法律环境,譬如在经费的额度、人员的数量等方面可放宽限制,环保组织成立的审查制也可改为备案制。培育环境保护民间组织,鼓励和支持他们开展各种环境保护社会监督和公益活动,使其在环境教育、政策制定、执法监督、

环境监测等方面发挥更积极的作用。从环保组织自身来说,应积极参与国家立法的制定,对国家立法提出科学合理的建议;加强自身组织能力和沟通能力建设,加强和媒体、企业、政府和普通市民合作,引起社会对环境问题的关注,帮助提起公益诉讼,推动政府制定绿色产业政策,倡导普通公众绿色消费,依靠市场和消费者的力量推动环保工作。

#### 4.3 公众素养层面

教育是增强民众素质的关键,环境教育和法治教育是提高公众参与效果的有效途径。大力推进包括学校环境教育、在职环境教育和社会环境教育在内的环境教育,增强包括环保知识、环保意识、环保技能、环保态度、环保价值观和环保行为等在内的公众环境素养。倡导和实践与环境友好的绿色生产、生活方式和绿色消费理念,改革和摒弃传统落后的生产、生活方式与消费观念,达到人与自然的和谐发展。充分利用大众媒体的强大影响力,普及法律知识,培养公众的法治观念,提高法治素质,树立公众依法维权的观念,从而有效地监督政府决策和企业的环保行为。

#### 5 结语

公众参与是一个牵涉多方面的系统工程,其作用的发挥除受法制保障、参与渠道和公众素养等因

素的影响外,也受整个社会民主化程度和法治化进程的制约。走中国特色的人与自然和谐发展之路,必须不断完善公众参与机制,在政府、企业、非政府组织和公众的共同努力下,逐步形成政府调控、市场引导、公众参与的环境保护长效机制,从而不断推动我国可持续发展战略的实施。

#### 6 参考文献

- [1] 国家环境保护总局监督管理司. 中国环境影响评价培训教材. 北京:化学工业出版社,2000. 434
- [2] 潘岳. 环境保护与公众参与. 理论前沿,2004(6):12~13
- [3] 陈润羊,卫忠元. 环境影响评价中的公众参与. 新疆环境保护,2005,27(3):32~35
- [4] C. G. 威拉曼特里. 人权与科学技术发展. 张新宝译. 北京:知识出版社,1997. 243
- [5] 那力. 论环境事务中的公众权利. 法制与社会发展,2002,(2):101~106
- [6] 王曦. 国际环境法资料选编. 北京:民主与建设出版社,1999. 667
- [7] 马骧聪. 俄罗斯联邦环境保护法和土地法典. 北京:中国法制出版社,2003. 6
- [8] 谢小亮. 工资是没有的,垫钱是经常的. 中国青年报,2006-04-24(2)
- [9] 唐澎敏. 论公众参与环境保护制度. 湖南省政法管理干部学院学报,2001,17(6):58~59

## On Public Participation in China's Environmental Protection

Chen Runyang Hua Ming

**Abstract** Public participation and its significance in environmental protection are discussed, and the present situation and development of public participation in the international law, in environmental legislation practice in China and other countries are introduced. Public participation in environmental protection in China and the problems occurred are analyzed in five aspects, i.e., the participation form, the participation domain, the participation process, participated in the organization way and the participation foundation. Modification of public participation in environmental protection in China is discussed on legal system safeguard, participated channel and the public quality.

**Key words** environmental protection public participation legislation policy organization

## 中国国际环保博览会 11 月将在穗举办

由中国环境科学学会、广州环保产业协会、广州市环境科学学会、广东博昌展览服务有限公司共同举办的“2006 中国广州国际环保产业、能源利用博览会”,经过 1 年多的筹备,定于 11 月 22 日至 24 日在广州花城会展中心隆重举行。

博览会内容涵盖环保多个领域,如给排水、污水处理及回

收利用、大气污染防治、环境治理技术、节能降耗技术等等。组委会采取招展招商同时进行的方式以保障展商参展的效果。展会期间还将举行展示、商贸洽谈、工程案例介绍、论坛等系列活动。目前已有国内外 230 多家企业报名参展。报名参展可电:020-86531208,62691088 详情可浏览



# 珠三角地区开展公众参与环境保护的现状和途径

王军波 唐浩华 陈燕萍  
(广州市环境保护科学研究所, 广州 510621)

**摘 要** 介绍了当前珠江三角洲地区公众参与环境保护的现状, 并提出珠江三角洲地区公众参与环境保护的必要性和参与途径。

**关键词** 珠江三角洲 公众参与 环境保护 途径

## 1 环境保护中的公众参与

### 1.1 公众参与环境保护及其必要性

环境保护中的公众参与, 是指公民根据国家环境法律赋予的权利和义务, 通过一定的程序或途径参与一切与环境相关的决策活动, 使得该项决策符合公众的切身利益。这种参与, 是建立各种利益平衡、寻求利益共存或利益妥协的方式和途径, 是减少因环境保护的巨大利益冲突引发的社会矛盾、使环境法律制度得到顺利实施的手段, 同时, 又是政府推动环境立法和司法工作、提高环境保护管理效能和实现行政管理民主化的重要手段。

近年来尽管政府已投入大量的资金、精力进行了一系列大型的环保整治或达标行动, 取得地区性和阶段性的治理成果, 但环境污染和生态破坏等问题仍未得到根治。大量的事实证明, 没有公众积极有效的参与, 环境问题无法从根本上得到解决。公众是环境权益直接相关人, 只有让公众知道捍卫其环境权益的重要性, 才能让他们以主人翁的精神积极参与环境保护工作; 公众是环境污染和破坏的直接受害者, 他们对环境保护最有发言权, 通过公众的参与实现对政府和污染产生者的监督显得十分必要。

### 1.2 公众参与环境保护的实施和研究状况

《中华人民共和国环境影响评价法》以立法的形式确立了公民相关的环境权益, 并赋予公众参与环境保护的法律地位。2006 年, 国家环保总局颁布了《环境影响评价公众参与暂行办法》, 对公众参与环

境影响评价的程序、形式等提出了要求。这些法规强调了推进公众参与环保的重要性, 明确了公众参与环境保护是群众的权利、促进公众参与环境保护是环保部门的职责。

目前, 关于公众参与环境保护的研究有许多, 主要集中在公众参与环境管理的意义及其重要性<sup>[1-4]</sup>、城市公众环境意识调查的论述上<sup>[5-6]</sup>, 对于公众参与环境保护的途径、现状以及公众参与效果的研究则鲜见报道。

## 2 珠江三角洲地区公众参与环境保护的现状

针对全国公众环境意识的调查显示<sup>[6]</sup>, 公众对环境问题的重视程度正在逐步提高, 但公众关注的仍主要是水污染和大气污染等具体的已经发生并且和自己密切相关的环境问题。这些调查还表明, 青少年、学生的环境意识高于其他年龄层次的人群。此外, 还发现居民对于法律法规赋予自己的权利不明确, 普遍认为政府在环保方面应该负更多的责任。

针对珠三角的环境意识调查结果也存在上述问题。香港的 Shan-shan Chung 等<sup>[7]</sup>在对广州市公众进行的问卷调查中发现, 广州市居民的环境意识处在稍低于美国 20 世纪 70 年代末至 80 年代初的水平, 而稍好于 90 年代早期香港居民意识水平。马天芳等<sup>[8]</sup>在广州市番禺区环保局对番禺市民环境意识调查的基础上继续展开的、以番禺区常住居民为主要调查对象的居民环境意识现状调查结果也显示, 居民对环境的认知水平偏低, 对于身边的环境卫生、植树绿化等日常性问题大都有较清醒的认识, 但关于生态

方面的知识还缺乏了解,是一种典型的“自我保护型”环境意识。许学强等<sup>[9]</sup>在对广州企业经营的主要目标是什么的问卷调查中发现:现代企业已从产值最大化的经营目标转向利润最大化,但对于企业应承担的社会责任,并将其作为最重要的追求目标的企业仅占所调查企业的 9.3%;对企业经营者的环境意识的调查表明多数经营者的环境意识相对比较淡薄,而且他们的环境意识是被动的;只有极少数的人(3.9%)认为为了避免环境污染,应限制经济的增长;深入问及企业对环境保护费用承担的想法时,只有 45.45%的企业希望尽可能承担,而 50.65%的企业希望最低限度负担,甚至有 3.9%的企业希望不承担。

### 3 珠三角地区开展公众参与环境保护的途径

针对珠三角地区经济、文化发展较快的现状,笔者认为可以通过以下途径推动本地区公众积极参与环境保护工作。

#### 3.1 通过规划和建设项目的环境影响评价过程广泛开展公众参与

《中华人民共和国环境影响评价法》等法律已对公众的健康权、知情权、检举权、参与权做出了明确的规定,为保证公民参与环保工作提供了法律保障。公众可以通过规划和建设项目环境影响评价中规定的公众参与程序,参与到政府的决策程序中,提高决策的科学性和公正性。通过参与,不仅可以增强公众的权利意识和责任意识,激发公众参与环境保护的主动性和积极性,同时也可加大公众对政府的认同,推进政府公共决策和管理的科学化、民主化。

例如,在深圳“深港西部通道深圳侧接线”建设项目中,在公众的参与下,工程设计方案数次变更,从全线采用高架路方案,到半敞开下沉式道路组合方案,再到全封闭下沉式道路组合方案。在确认采用全封闭下沉式道路组合方案后,下沉式道路隧道敞开口规模和位置也数次变更。方案变更后,工程投资额与最初相比增加了 14 亿元(增加到 21.8 亿元),但得到了大部分民众的理解,并减少了对南山郊野公园的生态破坏,保护了城市景观<sup>[10,11]</sup>。

广州市 220 kV 北麒送电工程是缓解广州电网“卡脖子”的省重点输变电建设项目,该输电工程原规划利用现有的架空线路走廊(线路走廊局部穿越居民定居点,最近处距离民居不到 15 m)。在环评阶

段,环评文件中有关电磁辐射影响的结论引起附近居民的强烈质疑。为此,广东省环保局召开 220 kV 北麒送电工程环保行政许可听证会,邀请相关方对北麒送电工程的环境影响进行听证,这是广东省环保局首次为变电站项目举行的听证会。广东省环保局、广东电网公司广州供电局、环评单位、广州市环保局、经贸委、建委等部门都派出了代表,北麒线沿线的居民代表超过 20 人出席听证会。听证会对辐射是否影响健康等焦点问题进行了举证。广东省环保局在审批该项目时考虑了听证会的意见,并把听证会的意见作为审批文件的附件(《关于听证会意见采纳情况的说明》)。建设方也承诺对受影响的民居采取搬迁等措施,避免或减轻可能的环境影响,并规划 2 a 后把架空线埋入地下。

#### 3.2 加大青少年环境意识培养工作的力度,有针对性地开展公众环境教育活动

以往的环境意识调查中发现<sup>[11,12]</sup>,青少年,尤其是 17 岁以下的青少年环境意识明显高于其他年龄段的公众。这些调查结果体现了现有学校教育制度的改革已经对青少年环境意识的提高发挥了积极的作用。然而,从另一角度来说,也反映了其他年龄段的公众对环境的认知水平普遍较低,更应得到有针对性的环境教育。

针对如何提高成年公众的环境意识问题,笔者认为可以通过在学校或社区中广泛开展以家庭为单位的环境公益活动得以实现。家长与孩子公益活动中可以互相影响、互相促进,使环境保护的知识可以普及到家庭的其他成员。

例如,各地开展创建绿色学校活动,学生可以通过了解校园环境问题的产生和改善,学习环境和社会的知识,理解人与环境的关系,树立参与环境保护的意识,提高环境素养。广州市还组织青少年社团、志愿者团体参加“保护母亲河”等活动,提高公众参与环境保护的意识。再比如,广州市部分学校组织了废旧电池的回收活动和旧生活、学习用品交换活动,得到了广大同学和家长的支持和参与,并逐渐形成制度。这些活动,不仅教育了学生,也教育了家长,使学生和家长的环保观念有所增强。

另外,还可以通过报纸、电视台、网络等宣传媒体开展面向公众的环境知识竞赛、环境时事论坛、环保摄影比赛、环保制作比赛等活动,广泛调动公众参

与环境保护的积极性,逐步营造城市的绿色文明。

### 3.3 组织“公众日”等现场参观和实践活动

深刻的感性认识和切身体验,是公众参与环境保护工作的基础和起点。因此,在公众的环境教育活动中,不仅要为公众提供环境的基本知识,而且最重要的是让公众获得在环境中参与和体验的机会。在参与的过程中,公众可以深刻体会到环境污染一旦产生,治理污染所需付出的代价,也可以认识到自身对于环境的改善是可以起到一定的作用,从而自觉地在日常生活、行为中节约资源、减少污染,使污染从源头得到有效的控制。

目前,广州市、深圳市已开始定期开放垃圾填埋场、城市污水处理厂等设施供公众参观,取得了良好的效果。例如,2002年深圳市水务集团就开始举办“水厂开放日”,将市政污水处理厂向公众开放,并形成面向公众的长期性的活动。2004年10月,亚洲最大的广州市兴丰生活垃圾填埋场开始向公众开放,吸引数千市民前往参观。公众在参观过程中切实感受到政府为改善城市环境所作出的巨大努力,并充分认识所在地区的水资源现状,增强节约意识。同时,也让建设单位、政府部门接受公众监督、增强工作的透明度,使他们积极收集、采纳市民和一些专家们提出的建议,进一步改善工作。

此外,政府还可通过长期设立有奖报料热线,鼓励市民举报黑烟车、扰民的噪声源、排放污染物超标的黑作坊等,提高公众维权的能力,也为公众提供广泛参与城市环境保护实践的机会。

### 3.4 采取多种途径,筹集举办各种公众活动的经费

在当前政府财力有限的情况下,提供给公众参与环境保护的经费不足。但是政府的环保政策只有被广大公众接受并付诸行动,政府的负担才真正得以减轻。在这种情况下,不同部门举办公众参与环境保护公益活动时应该积极争取通过首席赞助商、活动冠名权、指定产品等方式取得企业等社会各方面的支持,而企业也可以通过公益活动的成功举办树立良好的品牌和形象,取得政府、企业、公众“三赢”的局面。

目前,全国性的“中国青年丰田环境保护奖”、“福特汽车环保奖”等均是由企业举办的环保大奖,这些奖项表彰和鼓励了国内民间团体以及个人自发的保护环境项目,提升了公众环境意识,促进培育青年一代参与环境保护的责任感和主体意识。珠江三

角洲地区是我国经济最发达的地区之一,在这一方面的工作有待加强。

### 3.5 充分发挥非政府组织的作用

在国外,非政府组织是公众参与环境保护的重要力量。例如在美国,非政府组织通过收集信息资料、撰写分析报告,帮助政府理解制定某方面法规的重要性,协助政府和有关利益群体沟通。在国内,目前非政府组织的法律地位比较模糊,而行业协会是最活跃的非政府组织。目前,各类环境行业协会的作用主要以为政府提供技术支持、为企业提供技术产品推广为主,在推动环境保护公众参与方面的作用还有待加强。

珠江三角洲地区环保事业发展很快,各地的环保协会均有一定的专业人才储备,如果能有选择地面向不同行业群体、不同年龄群体定期举办一些培训、讲座等活动,定能推动公众环境知识和环境意识的双重提高。行业协会应该也能够成为推动公众参与环境保护工作的重要力量。

### 3.6 建立必要的信息交流平台

建立必要的信息平台,为环境保护的公众参与提供技术支持。①建立信息发布平台。例如美国环保署都开发了功能强大的信息管理系统,在立法工作中发挥了巨大的作用。再以广州市环保局系统为例,市环保局以及区县环保局的建设项目审批均实现了联网,任何建设项目的环评情况均可以第一时间公布在网上,供公众查询。②建立信息收集反馈渠道。广州市环保局在进行建设项目审批的同时,专门开辟了审批公示专栏,收集分析各方意见,供建设项目最终审批参考。

## 4 结语

目前,我国已经进入环境污染事故高峰期和环境污染投诉高峰期,环境保护工作需要更广泛的公众参与。政府、非政府组织、企业、公众应当积极推动和建立公众参与环境保护的平台,政府部门应该支持公众的环境信息知情权、环境信息传播权、环境决策参与权和环境政策监督权,共同为保护环境、建立和谐社会做出贡献。

## 5 参考文献

[1] 姚慧娥,吴琼.论环境保护的公众参与.上海环境科学,

- 2003, 22(4): 246~250
- [2] 汪庆杰. 公众参与和中国农村弱势群体. 世界环境, 2002, (6): 26~27
- [3] 昌敦虎, 安海蓉, 王鑫. 环境问题的复杂性与公众参与行为扩展. 中国人口、资源与环境, 2004, 14(4): 131~133
- [4] 邹庆治, 杨晓燕. 公众环境政治参与: 公民社会的视角. 当代世界社会主义问题, 2004, (2): 45~52
- [5] 吴上进, 张蕾. 公众环境意识和参与环境保护现状调查——以南京市为例. 中国环保产业, 2004(7): 17~19
- [6] 郝小林, 樊立宏, 邓雪明. 中国公众环境意识状况公众调查结果剖析. 中国软科学, 1998, (9): 24~30
- [7] Shan-shan Chung, Chi-sun Poon. The attitudes of Guangzhou citizens on wastewater reduction and environmental issues. Resources Conservation and Recycling. 1999, (25): 35~59
- [8] 马天芳. 广州市居民环境意识现状及其原因分析——以广州市番禺区为个案. 城市发展研究, 2003, 10(3): 52~57
- [9] 许学强, 葛永军, 张俊军. 广州城市可持续发展及企业行为研究. 地理科学, 2003, 23(2): 218~222
- [10] 刘世昕. 公众能否掀起“环评风暴”制度缺陷凸显参与漏洞. 中国青年报, 2005-02-03(A7)
- [11] 周珂. 环境保护行政许可听证实例与解析. 北京: 中国环境科学出版社, 2005. 27

## Present Status of Environmental Public Participation in Pearl River Delta Area

Wang Junbo Tang Haohua Chen Yanping

**Abstract** The circumstances of the environmental public participation in Pearl River Delta were summarized. A few reference approaches were put forward to promote environmental public participation.

**Key words** Pearl River Delta public participation environmental protection approaches

(上接第 27 页)

后居第三<sup>[3]</sup>。由于各地经济发展不平衡,在国家 NO<sub>x</sub> 限值标准出台前应由地方先制定标准加以限制。

2) 双怠速法无法测量 NO<sub>x</sub>, 只能检测无负荷车辆,只适用于路检和抽检等。而对于一些高排放的或较残旧车辆可进一步采用简易工况法进行检测。

3) 积极推动建立环保标志制度,按照机动车排放污染水平实行分类环保标志,对高排放车辆提出有条件控制行驶,禁止排气超标外地车辆进入市区。

4) 逐渐实行 I/M(检测和维护)工作体系,加强广州市对 I/M 的示范和研究,有助于识别和调整因故障或其它机械问题而导致的高排放在用车辆,可得到及时的保养和维修<sup>[4]</sup>。

5) 希望机动车排气执行等同于欧Ⅲ排放限值

的国Ⅲ标准,广州应尽快报国务院批准实施,未达标的车型不得销售和上牌。更可以引入目前欧美国家推行的先进 OBD SYSTEM(汽车诊断系统),实时监测汽车排放状态。

## 5 参考文献

- [1] 唐永奎,刘攸弘,陈新庚. 广州汽车尾气污染的动态规律及对策研究. 广州:中山大学出版社,1992. 23
- [2] 袁盈、肖亚平、傅立新. 机动车污染控制 100 问. 北京:化学工业出版社,2000. 62
- [3] 朱中奇. 汽车业直面的挑战. 南方都市报,2005-06-06(C02)
- [4] 郝吉明,傅立新,贺克斌,等. 城市机动车排放污染控制. 北京:中国环境科学出版社,2001. 262

## On the Performance of New National Standards of Exhaust Examination for Vehicles in Guangzhou

Feng Yehe Zeng Tangfang

**Abstract** The new national standards of exhaust examination for vehicles, GB 18585-2005 and GB 3847-2005, have been carried out in Guangzhou, including in road-examination, selective examination, re-examination, and forced-examination of cars being prosecuted for black smoking. The technical problems occurred in practice and the examining results are discussed, and a few suggestions are made for improvement.

**Key words** exhaust examination for vehicles national standard Guangzhou

## 惠州西湖水生态系统初步调查

李传红<sup>1,2</sup> 朱文转<sup>3,4</sup> 刘振乾<sup>1</sup> 钟 萍<sup>1</sup> 段舜山<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>暨南大学水生生物研究所, 广州 510632; <sup>2</sup>惠州市环境科学研究所, 广东 惠州 516001;

<sup>3</sup>中山大学环境科学与工程学院, 广州 510275; <sup>4</sup>惠州市环境技术中心, 广东 惠州 516001)

**摘 要** 惠州西湖属于城市浅水型湖泊,通过连续 1 个年度对惠州西湖 5 个子湖水环境、浮游植物、浮游动物和底栖动物及鱼类的调查分析,研究发现治理后的惠州西湖仍处于富营养化状态,水生生态系统结构简单,初级生产者只有藻类无水生植物,浮游动物、底栖动物种类少,鱼类单一,生态系统处于非健康状态。近年对西湖采取了开辟新水源、环湖生活污水截污、底泥疏浚等工程技术措施,治理措施的生态效果不明显,文章反思了治理措施的不足,认为应加强对城市浅水湖泊系统机理的研究,为湖泊的生态恢复提供理论和技术支持。

**关键词** 富营养化 水生生态系统 治理效果 惠州西湖

惠州西湖原是东江支流西枝江古河道,湖区周边多低山和丘陵,湖泊长度为 3.58 km,宽度为 1.34 km,水面面积为 1.48 km<sup>2</sup>,由丰湖、平湖、南湖、鳄湖和菱湖 5 个子湖组成,海拔高度 12.2 m,平均水深 1.60 m,最大水深 3.25 m,湖容  $2.28 \times 10^6$  m<sup>3</sup>。各湖之间相对封闭,水体间的交换作用弱,湖水原为自然补给来源,主要为溪流,目前已被切断,现主要为集水区域内的城市地表雨水和湖面降水以及部分生活污水。从上世纪 80 年代开始,对惠州西湖采取了大规模的工程技术措施,如环湖生活污水截污、湖底沉积物疏浚和新水源开辟等,投入了大量资金,水质得到改善<sup>[1]</sup>,但湖水仍浑浊、缺乏生机和活力。国内众多的城市湖泊进行了治理,但恢复成功的例子不多,至今尚未见国内城市湖泊治理后长时间的稳定保持清澈湖态的报道<sup>[2-4]</sup>。本文拟以惠州西湖为例,通过 1 个年度的湖泊生态系统定点观测和调查,研究常规的水质保护措施实施后,现阶段城市湖泊生态系统现状、反思湖泊常规工程治理措施中的缺陷和不足,以期能为城市湖泊生态环境建设和可持续建设管理提供科学依据。

### 1 研究方法

调查和测定西湖水环境和水生态系统结构,包括水质(悬浮物特征、营养盐、透明度等)、水生生物(浮游植物、高等植物、浮游动物、底栖动物和鱼类等)。

在每个子湖的中心各布设 1 个水环境和水生生物

物采样点,从 2003 年 10 月至 2004 年 9 月,水质逐月采集表、底层混合水样进行理化分析,监测项目有水温、SD(透明度)、Eh(氧化还原电位)、pH 值、COD<sub>Mn</sub>(高锰酸盐指数)、SS(悬浮物)、NH<sub>3</sub>-N(氨态氮)、NO<sub>2</sub>-N(亚硝态氮)、NO<sub>3</sub>-N(硝态氮)、TN(总氮)、TP(总磷)、STP(溶解性总磷)、SRP(反应性磷)、Chl a(叶绿素 a)等 14 项,分析方法按照《湖泊富营养化调查规范》进行。

浮游植物样品分定性样品和定量样品 2 种。定性样品的采集是用 20 μm 的筛绢网进行垂直拖网,并直接加入 5% 甲醛试液固定保存。定量样品则用采水器采集离水面 0.5 m 处的表层水 1 L,然后加入 15 mL 的鲁哥试液,保存后进行逐步浓缩到 30~50 mL。

浮游动物调查分析方法按照《湖泊富营养化调查规范》进行,调查项目主要是后生浮游动物轮虫、枝角类和桡足类。定性样品用浮游动物网作拖网采集,所获样品中均加入 5% 甲醛固定液保存;定量分析标本从表层和底层各取水样 5 L,混均后用浮游动物网(孔径 67 μm)过滤浓缩到 50 mL 后,装入标本瓶加 5% 甲醛进行固定。在实验室用显微镜进行种类鉴定和计数。

底栖动物定量分析样品:利用中国科学院武汉水生所设计生产的采泥器采样,用 850 μm 筛现场滤除泥水,剩余物带回实验室置于白瓷盘挑出活体,样本以 8% 福尔马林固定后,鉴定、计数。

浮游植物群落结构特征采用 Shannon-Weaver 多样性指数( $H$ )、绿藻指数和浮游植物综合指数进行综合评价。其中多样性指数是反映种群结构特点和指示有机污染的一种方法,它是衡量种类数和均匀度的综合指标,实际为生物群落中的种群数和个体总数的比值。而绿藻指数和浮游植物综合指数是指示湖体的富营养化状态参数。Shannon-Weaver 多样性指数( $H$ )公式如下:

$$H=-\sum_{i=1}^S (n_i/N)\log_2(n_i/N) \tag{1}$$

式中,  $S$  为样品中的种类数;  $n_i$  为第  $i$  种动物

的个体数即物种密度(个/L);  $N$  为样品的总个体数(个/L)。 $H$  与水质的关系为:  $H > 3.0$ , 清洁;  $H = 1.0\sim 3.0$ , 中度污染;  $H < 1.0$ , 重污染。

2 结果与分析

2.1 惠州西湖水环境指标特征

水环境分析结果见表 1,依据国家《地表水环境质量标准基本项目标准限值》(GB 3838-2002),惠州西湖水质为 V 类水质(总磷为 0.144 mg/L,  $> 0.1$  mg/L)。惠州西湖水环境劣于肇庆星湖<sup>[5]</sup>,与杭州西湖水质相当<sup>[6]</sup>。

表 1 2003 年 10 月 ~ 2004 年 9 月西湖各子湖的水质分析年平均值

采样点	pH	SD cm	SS mg/L	COD <sub>Mn</sub> mg/L	Chl a mg/m <sup>3</sup>	TN mg/L	NO <sub>3</sub> -N mg/L	NH <sub>3</sub> -N mg/L	NO <sub>2</sub> -N mg/L	TP mg/L	SRP mg/L
平湖	8.11	35	26.8	4.6	35.8	0.901	0.115	0.309	0.008	0.154	0.014
鳄湖	8.70	35	18.8	5.3	63.4	1.256	0.219	0.310	0.007	0.167	0.016
菱湖	9.00	29	25.6	6.5	87.0	2.10	0.198	0.618	0.010	0.115	0.017
丰湖	9.00	32	36.0	4.1	37.0	1.164	0.092	0.356	0.007	0.156	0.008
南湖	9.05	33	12.3	4.8	37.7	1.06	0.243	0.309	0.008	0.128	0.009
平均	8.77	33	23.9	5.1	52.2	1.30	0.173	0.380	0.008	0.144	0.013

采用营养状态综合指数(TSI)法,根据年度监测平均值,评价惠州西湖水质富营养化水平,可以得到水体 Chl-a、TP、TN、SD 和 COD<sub>Mn</sub> 对应的营养状态指数表 2。根据湖泊富营养化相关标准<sup>[7]</sup>,可

知惠州西湖的 Chl-a、TN、TP、COD<sub>Mn</sub> 含量均处于富营养化状态,其中鳄湖和丰湖超出重富营养水平。惠州西湖基本上处于富营养化状态,其中以菱湖富营养化最为严重。

表 2 营养状态单一指数与综合指数值

采样点	营养状态指数						富营养化等级
	Chl a	TN	TP	COD <sub>Mn</sub>	SD	TSI	
平湖	62.286	50.013	54.157	31.347	71.996	58.148	富营养
鳄湖	70.73	60.090	61.38	34.647	69.224	64.987	富营养
菱湖	74.742	69.968	65.861	45.607	78.484	70.869	重富营养
丰湖	65.403	58.657	56.514	34.09	70.732	61.262	富营养
南湖	65.494	56.142	57.604	38.636	73.074	61.847	富营养

2.2 惠州西湖浮游植物特征

2.2.1 浮游植物种类和密度

调查统计和分析结果见表 3。本次调查共记录浮游植物 8 门 38 科 78 属 118 种,其中绿藻门 66 种,占 55.9%;硅藻门 18 种,占 15.2%;蓝藻门 19 种,占 16.1%。惠州西湖浮游植物中绿藻虽然种类最多,但蓝藻种数在西湖各子湖中占绝对优势。西湖浮游植

物平均密度为  $5\,958.63 \times 10^4$  个/L,其中南湖的浮游植物细胞密度最大,达到  $12\,147.03 \times 10^4$  个/L,它是密度最小的平湖的 5 倍以上。根据目前国内采用的浮游植物细胞密度  $> 10^6$  个/L 作为富营养化水体限值标准,则西湖达到了富营养化水体的标准。

2.2.2 浮游植物优势种

西湖各子湖的优势种大致相同。包括平裂藻

表 3 西湖各子湖浮游植物不同指数的比较

采样点	种类数 / 种	密度 /10 <sup>4</sup> 个·L <sup>-1</sup>	Shannon-Weaver 多样性指数(H)
平湖	91	2 376.65	3.060
鳄湖	69	3 786.80	3.170
菱湖	47	7 152.90	2.036
丰湖	77	4 329.80	2.710
南湖	78	12 147.03	2.054

(*Dactylococcopsis acicularis*)、蓝纤维藻(*Raphidiopsis sp.*)、粘球藻(*Gloeotheca sp.*)、假鱼腥藻(*Pseudanabaena sp.*)、二尾栅藻(*Scenedesmus bicauda*)、四尾栅藻(*Scenedesmus quadricauda*)、小球藻(*Chlorella vulgaris*)、隐藻(*Cryptomonas sp.*)、颗粒直链藻(*Melosira granulata*)、单突盘星藻(*Pediastrum simplex*)等。其优势种的耐污性如表 3 所示,西湖的优势种均为多污水性或  $\alpha$ - 中污水性的种类,由此可判断西湖的水体已处于富营养化状态。

2.2.3 浮游植物群落特征

惠州西湖各子湖的浮游植物群落结构特征采用 Shannon-Weaver 多样性指数(H)、绿藻指数和浮游植物综合指数进行综合评价。从表 3 可知,除平湖和鳄湖的 Shannon-Weaver 指数值大于 3,处于轻污外,其余各子湖的 H 值均在 2~3 之间,已经达到中度污染水平。其中菱湖最为严重。同时从绿藻指数和浮游植物综合指数可见,西湖整体上处于富营养化状态,其中菱湖的富营养化程度最高。

总之,从浮游植物几种评价指数可以看出,惠州西湖各子湖的富营养化状况已相当严重,大部分子湖都处于中度污染的状态,富营养化比较严重,平湖水质相对较好,菱湖和南湖较差。

2.3 惠州西湖浮游动物指标结果及分析

2.3.1 浮游动物种类和密度

在样品分析中共记录到浮游动物 33 种,见表 4。其中轮虫类是浮游动物的主要组成部分,共记录到 24 种,占组成的 72.7%;枝角类次之,共记录到 5 种,占 15.2%;桡足类 4 种,占 12.1%,西湖浮游动物密度总和为 1 964 个/L,西湖浮游动物小型化明显。同处华南的广东肇庆星湖 1996~1997 年的 1 个年度的轮虫调查记录到轮虫 56 种<sup>[8]</sup>,惠州西湖各子湖的轮虫密度 221~525 个/L,也显著低于星湖的各子湖 581~2 680 个/L。

表 4 西湖各子湖浮游动物物种及数量值分布

采样点	群 落	种类数 种	密度 个/L	Shannon-Weaver 指数(H)
平湖	轮虫类	20	373	2.778 8
	桡足类	4	35	1.152 8
	枝角类	5	2	1.295
鳄湖	轮虫类	20	352	2.918 2
	桡足类	3	14	1.117 2
	枝角类	2	1	0.863 2
菱湖	轮虫类	19	525	2.629 8
	桡足类	4	23	2.004 6
	枝角类	1	3	0
丰湖	轮虫类	17	447	2.607 3
	桡足类	3	17	1.728 6
	枝角类	1	1	0
南湖	轮虫类	19	221	2.563 3
	桡足类	3	13	1.601 6
	枝角类	2	1	0.749 6

2.3.2 浮游动物优势种

长三肢轮虫(*Filinia longiseta*)、裂足臂尾轮虫(*Brachionus diversicornis*)、剪形臂尾轮虫(*Brachionus forficula*)、多肢轮虫(*Polyarthra sp.*)、异尾轮虫(*Trichocerca sp.*)、萼花臂尾轮虫(*Brachionus calyciflorus*)为西湖的优势种,这几种是富营养化水体中的常见种。其中萼花臂尾轮虫是重富营养化湖泊的指示种,在西湖的菱湖和鳄湖数量较大,说明这 2 个子湖的富营养化程度最高。而在富营养化程度较低的水体中的常见种矩形龟甲轮虫(*Keratella quadrata*)只在南湖中有检出。桡足类以剑水蚤为主,镖水蚤只偶见于菱湖。枝角类数量很少,以富营养化水体常见种裸腹溞(*Moina sp.*)为主,偶见底栖泥溞(*Hyocryptus sordidus*)、角突网纹溞(*Ceriodaphnia cornuta*)和象鼻溞(*Bosmina spp.*)。

2.3.3 浮游动物群落结构

惠州西湖浮游动物的群落结构特征采用 Shannon-Weaver 多样性指数(H)进行综合评价。计算结果见表 4,轮虫种类最多、密度最高,Shannon-Weaver 多样性指数也最高;桡足类和枝角类的种类在惠州西湖中种类较少,且密度低,其多样性指数较低,但其均匀度较高;枝角类的 Shannon-Weaver 多样性指数在浮游动物 3 大类群中为最低。在西湖中,平湖、鄂



湖、菱湖、丰湖和南湖的平均多样性指数( $H$ )分别为 1.742 2、1.632 9、1.544 8、1.445 3、1.638 2,由  $H$  与水体污染程度的关系可知,西湖水质整体上处于中污染至重污染水平。因此,从浮游动物角度分析,西湖各子湖均处于富营养化状态。

2.4 惠州西湖底栖动物

调查结果见表 5,调查水域的底栖动物有 12 种,其中软体动物 2 种,寡毛类 5 种,摇蚊 4 种,线虫纲 1 种。与武汉东湖 1996~1997 年的调查结果<sup>[9]</sup>相比,物种丰富度远少于东湖的后湖 44 种,但优势种与武汉东湖的调查结果一致,都是与富营养化水平高度正相关的霍甫水丝蚓等。因此,从底栖动物角度分析,调查水域处于富营养化状态。

表 5 西湖各子湖底栖动物种类及密度 个/m<sup>2</sup>

底栖动物种类	平湖	鳄湖	南湖	丰湖	菱湖
铜锈环棱螺	0.0	10.7	5.3	0.0	0.0
梨形环棱螺	0.0	0.0	0.0	8.0	2.7
苏氏尾鳃蚓	21.3	64.0	26.7	26.7	10.7
霍甫水丝蚓	1 304.9	1 941.3	1 520.0	613.3	101.3
巨毛水丝蚓	10.7	0.0	5.3	16.0	0.0
印西头鳃虫	5.3	0.0	0.0	13.3	8.0
线虫	0.0	0.0	10.7	0.0	0.0
长足摇蚊	245.3	965.3	1 178.7	186.7	0.0
摇蚊	405.3	26.7	213.3	194.7	0.0
弯铗摇蚊	1.8	0.0	245.3	0.0	0.0

2.5 鱼类

调查表明,西湖鱼类主要包括鲤鱼、鲫鱼、鲮鱼、罗非鱼、鲢鱼、鳙鱼和鲟等 7 种。鲤鱼、鲫鱼、鲮鱼和罗非鱼都为中下层鱼类,食性较杂,对沉积物的扰动较大;鲢鱼、鳙鱼和鲟鱼为中上层鱼类,主食浮游生物,鲢鱼以浮游植物为主,对藻类有一定的控制能力,而鳙鱼和鲟鱼以浮游动物为主要食物,不利于浮游动物的发展。西湖鱼类以杂食性中下层鱼类为主,几乎无肉食性鱼类,鱼类群落结构不合理,不利于湖泊富营养化控制和湖泊生态系统修复。

2.6 水生维管束植物

水生维管束植物作为湖泊生态系统中的生产者,不仅为水体中的部分鱼类、底栖动物、浮游动物等提供饵料和栖息、繁殖场所,并能影响水域中部

分理化因子和净化水质,而且是湖泊演化和湖泊生态平稳的重要调控者。西湖历史上曾经有过“湖溉田数百顷,苇藕蒲鱼之利”<sup>[10]</sup>,本调查发现西湖中水生维管束植物已经消亡,可见,惠州西湖生态系统退化严重。

3 惠州西湖生态系统现状特征讨论

3.1 西湖综合整治后生态系统现状综合分析

惠州西湖目前处于富营养化状态,通过近年的湖泊整治措施,西湖水质有较大幅度的改善,但景观娱乐方面指标变化不大。西湖水环境目前处于富营养化状态,已经没有沉水、浮叶和挺水植物等大型水生植物,西湖水生态系统以浮游植物为主,浮游动物和底栖动物种类少且耐污种类占优势,鱼类种类不多,但数量较大。

西湖水生态系统结构特征确定了生态系统中主要营养盐类的物流特征。西湖由于缺乏高等植物,营养盐主要被浮游植物吸收,通过光合作用,浮游植物将营养盐类转化为有机物;浮游植物是西湖浮游动物、鱼类等动物的主要食物,浮游植物被这些动物利用后物质流向上一个营养级,而浮游动物、鱼类的排泄与营养盐释放又使一部分营养盐流向有机碎屑和浮游植物;西湖鱼类食性较复杂,一部分主要以浮游动物为食,如鲢鱼等,一部分以浮游植物和有机碎屑为主要食物,如罗非鱼等,还有的鱼以浮游动物和底栖动物为食,如鲤鱼等,因此,通过鱼类的物质流动比较复杂;沉积物中的营养盐通过底栖动物-鱼类食物链流向水体,而水体中浮游植物、浮游动物、鱼类等生物死亡后一部分沉降到湖底,使营养物质从水体流向沉积物。由于水体扰动,沉积物中很大一部分营养盐会通过再悬浮进入湖水,在没有大型水生植物的水体中这种过程尤为强烈,因此总悬浮物(有机和无机)物质库较大,表征之一是浑浊度较高,透明度较低。

西湖物质流动的总特征是,由于食物网结构简单生物个体较小、生命周期短,西湖水生态系统中物质循环速率较快、再悬浮的通量较大、悬浮物物质库较大。从西湖生态系统结构和物质流特征分析,要有效改善西湖富营养化现状,增加水体自净能力,需要通过改变生态系统结构,增加营养盐循环的环节与路径,尤其是增加营养盐向沉积物相循环的通量,

同时相对减少营养盐从沉积物相向水相的通量。

### 3.2 西湖水生生态建设存在的问题反思

湖泊作为地球表面陆地水圈的重要组成部分,不仅自身水、气、生物、底泥相互作用、相互影响,构成完整复杂的生态系统,而且由于水的连通性,还深受流域物质流、能量流和信息流的影响,不仅如此,由于湖泊特别是城市湖泊处于人口密度大、经济发展快、污染物大多超环境容量排放的城市地带,深受人类活动的强烈干扰,自然和人为的各种过程交织,不确定性大,极为复杂,因此难以把握其发生发展的客观规律,进而科学、定量地加以表述和刻划<sup>[2-4]</sup>。单靠人们主观的、不完整的认识,以为采取截染、引清、疏浚等措施就能使湖泊恢复生态,但效果不明显<sup>[1]</sup>。显然人们认识上存在一定的误区。西湖的环湖的大部分生活污水被截流后进入市政管网送城市污水处理厂,但城市初期雨水等面源污染和城市大气沉降等负荷依然占很大比例<sup>[1]</sup>。开辟湖水新的补给水源,提高湖水的更换速率,可以转移、降低湖水中的部分营养盐,改善湖水的水动力条件,增加溶解氧,改善水生生物的生境条件,但目前城市湖泊水环境改善中对改善湖泊水环境的调水与生物修复结合的关注不够<sup>[12-14]</sup>,西湖的引水量存在偏小、清水排放入湖口设置不合理。惠州西湖前些年疏浚湖泊沉积物的方式是:将湖水放干,晾干湖底后,将沉积物全部清除。疏浚的初衷是去除底质的内源性营养盐<sup>[15]</sup>,生态疏浚必须考虑:底泥疏浚的深度如何控制?达到多深的情况下新暴露的沉积物不会再成为内源营养盐的释放源?必须在充分科学认识湖泊特别是城市湖泊的生态系统特征基础上,还要认识到首先诊断生态系统结构和特征特点,把握目前湖泊所处的演化阶段,并进行示范工程,在此基础上提出科学合理的湖泊生态系统恢复重建和优化管理的方案,人们逐渐认识到浅水湖泊的特殊性和复杂性!富营养化控制将是一项长期的系统工程,不可一蹴而就,这同我们对于浅水湖泊富营养化的发生机制缺乏了解有很大的关系<sup>[2]</sup>。

## 4 结论

惠州西湖采取大规模外源控制和部分内源降低的措施后,湖水仍处于富营养化状态,生态系统食物网结构较简单、自然净化功能退化,西湖水生态系统初级生产者以浮游植物为主,而作为浮游植物的牧

食者—浮游动物数量较低,几乎没有大型浮游动物,因此浮游植物所受到的牧食压力很有限。由于没有高等植物、底泥再悬浮强度高,营养盐循环在水柱中的速率较快。

研究表明,近年来国内众多城市浅水湖泊开展了以外源污染治理为主的措施,但湖泊治理方面却很不理想,单纯对外源营养盐控制采取措施是无法解决浅水湖泊富营养化问题。控制浅水湖泊富营养化除了进行外源性营养盐控制之外,还必须进行湖内内源营养盐的治理、湖泊水动力条件改善、构建和恢复湖泊水生生态系统。我国城市湖泊的恢复需要长期的不懈的努力,要想取得立竿见影的治理效果不现实。

## 5 参考文献

- [1] 李传红,彭俊杰,黄水祥,等.惠州西湖富营养化现状评价及治理探讨.生态科学,2004,23(2):156~159
- [2] 秦伯强,高光,胡维平,等.浅水湖泊生态系统修复的理论与实践思考.湖泊科学,2005,17(1):9~16
- [3] 秦伯强.长江中下游浅水湖泊富营养化发生机制与控制途径初探.湖泊科学,2002,14(3):193~197
- [4] 宋长青,杨桂山,冷疏影,等.湖泊及流域科学研究进展与展望.湖泊科学,2002,14(4):289~298
- [5] 杨浩文.肇庆星湖水水质变化趋势.生态科学,2004,23(3):204~207
- [6] 郭沛通.杭州西湖富营养化的控制.环境保护科学,2005,31(4):9~11
- [7] 金相灿,屠清璞.湖泊富营养化调查规范.第2版.北京:中国环境科学出版社,1988
- [8] 张琦,陈菊芳,桑杞,等.广东肇庆星湖浮游动物轮虫的调查及其与水质关系的研究.生态科学,1997,16(2):27~35
- [9] 闫云君,李晓余,梁彦龄,等.草型湖泊和藻型湖泊中大型底栖动物群落结构的比较.湖泊科学,2005,17(2):176~182
- [10] 张友志.惠州西湖志.广州:广东教育出版社,1989
- [11] 吴芝瑛,吴洁,虞左明,等.杭州西湖水生高等植物的恢复与水生生态修复.环境污染与防治,2005,27(1):38~46
- [12] 施敏芳,邵开忠,吴青文.引江入湖修复城市内湖自然生态环境.环境科学与技术,2005,28(增刊):143~145
- [13] 何用,李义天,李荣,等.改善湖泊水环境的调水与生物修复结合途径探.安全与环境学报,2005,5(1):56~60
- [14] 吴永红,刘剑彤.基于引江灌湖为基础的物理生态工程应用研究.环境污染治理技术与设备,2004,5(10):51~55
- [15] 濮培民,王国祥,胡春华,等.底泥疏浚能控制湖泊富营养化吗?.湖泊科学,2000,12(3):269~279

## The Aquatic Ecosystem in Huizhou Westlake

Li Chuanhong Zhu Wenzhuan Liu Zhenqian Zhong Ping Duan Shunshan

**Abstract** The Huizhou Westlake is a shallow lake in Huizhou city. Using present monitoring data, the ecosystem in the Westlake has been analyzed. The results show that the water body of the Westlake is eutrophicated, although at present the water quality is better than several years ago. Although some measures have been applied in recent years to control eutrophication (such as dredging sediment, introduction of reservoir fresh water into the Westlake, etc), the deterioration tendency of the lake ecosystem has not been controlled efficiently. Aquatic ecosystem restoration should be adopted.

**Key words** eutrophication aquatic ecosystem ecological restoration Huizhou westlake

(上接第 14 页)

浓度在逐渐地增加。相反,在上游和污染源附近的监测断面,敌敌畏浓度相对之前明显地减少。从数据上判断,污染物随着退潮时水体的流动在迅速稀释扩散。17:00 左右,受到污染的珠江广州河段水位基本降到了最低,在下游白鹤洞大桥断面的敌敌畏浓度达到监测的最高值 0.24 mg/L。

第 1 天 17:00 后,珠江广州河段又开始涨潮。从 20:00~21:00 时间段的监测数据来看,各个监测点的敌敌畏浓度已经降低了很多。在上游的断面上,浓度甚至降低到 0.04 mg/L 以下,符合地表水中敌敌畏浓度的国家标准限值 0.05 mg/L。显然,珠江广州河段经过一个潮汐的涨退周期后,通过混合稀释作用,已将水体中大部分的敌敌畏污染物净化。

在第 2 天的采样监测中,敌敌畏的监测浓度都保持在 0.11 mg/L 以下,到了下午 14:00 后,所有监测点的敌敌畏浓度监测结果均为未检出。说明水体已基本得到净化,逐渐恢复正常状态。

### 3 结语

潮汐对感潮河流中污染物的稀释扩散速度以及过程有很大影响。随着潮汐的涨退,珠江广州河段水体呈规律性地来回迁移流动,这非常有利于污染物

的迁移和扩散。在污染源上游的沙贝海、增埗桥等监测断面,一直没检出敌敌畏,说明污染物的稀释扩散主要在上游珠江大桥西桥断面和下游丫髻沙断面之间的区段内,并且随着水流来回流动,在稀释混合的作用下其浓度不断地降低。

经过 30 h 的稀释混合,敌敌畏的检测浓度已基本为零,受污染的珠江广州河段水体水质恢复正常。证明了目前珠江广州河段水体状况良好,其环境容量很大,具有很强的纳污能力,对排放的污染物进行稀释混合和降解,使水体环境恢复平衡状态。

值得注意的是,敌敌畏农药是一种难分解的污染物,毒性较缓慢,残留时间长,且通过食物链富集和传递,会使水中微生物、鱼、性鱼生物受到严重的危害,甚至死亡。虽然珠江水体中的敌敌畏得到稀释净化,但是这次污染会给珠江受污染河段的区域生态环境带来持续性的危害及影响。

### 4 参考文献

- [1] 蔡艳荣. 环境影响评价. 北京:中国环境科学出版社,2004
- [2] 戴树桂. 环境化学. 北京:高等教育出版社,1995
- [3] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法. 第 4 版. 北京:中国环境科学出版社,2002

## Analysis on the Monitoring Results for a DDV Pollution Event in the West Fairway of Pearl River

Li Jianbin

**Abstract** The west fairway of Pearl River in Guangzhou was contaminated with pesticide of DDV due to a storage leaking event. The dilution ability of Pearl River is discussed according to the monitoring data. The results show that the concentration of pollutant reduced gradually in transverse pervasion, and the water quality resumed to normal level after 30 h because of the dilution. It is proved that the water quality of Pearl River in Guangzhou is relatively clean and the river has strong contaminants-reduction ability.

**Key words** DDV contamination Pearl River dilution

# 试论环境安全教育

孙小银<sup>1</sup> 单瑞峰<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>曲阜师范大学资源与规划学院, 山东 曲阜 273165; <sup>2</sup>曲阜师范大学化学科学学院, 山东 曲阜 273165)

**摘 要** 环境安全已经成为当前环境问题的热点而日益受到人们关注, 建立和实施环境安全战略已成为当前环境保护的迫切任务。环境安全教育是实施环境安全战略的根本途径, 在维护环境安全、防治环境灾害中具有重要作用。文章分析了环境安全教育的内涵, 对环境安全教育的内容和特征作了探讨, 并分析其在环境保护和环境灾害防治中的重要作用, 提出了实施环境安全教育的途径和方法。

**关键词** 环境安全教育 环境安全 环境灾害

人们在享受现代科技所带来的高度物质文明的同时, 对自身的健康、安全和环境质量提出了更高的要求。而全球范围内的安全状况并未随着物质文明的提高而发生根本性好转, 重大灾难性事故时有发生, 迫使人们对安全问题重新认识, 其中, 尤其是由环境灾害引发的环境安全问题已经成为人们关注的热点问题<sup>[1]</sup>。因此, 加强环境安全教育, 普及环境安全知识, 树立环境安全观念, 对于保护环境、防止环境灾害的发生, 减少环境灾害带来的影响和损失, 具有十分重大的意义。

## 1 环境安全内涵

环境安全是环境领域与安全领域交叉而形成的新概念, 是针对当前频频发生的环境灾害而提出的一种非传统安全, 是指使人类社会赖以生存的环境免于环境问题的危险和威胁, 使其环境要素的功能和调节能力处于可承受和可恢复的安全范围<sup>[2]</sup>。狭义的环境安全是指生产环境的生产技术性安全, 这在我国早已为人们所关注和重视。随着环境的恶化和环保事业的发展, 环境安全的概念扩展到环境污染和生态破坏对人类健康和人身安全的危害和危险。1992 年的联合国环境与发展大会使世界各国进一步认清了环境与发展辩证关系, 环境安全的概念扩展到了经济、政治以及社会性的安全, 主要涉及环境污染与生态破坏所引起的对全世界的和平与发展, 对国家安全、经济安全, 甚至对整个人类的生存

与发展的有害影响。目前, 全球环境安全已受到世界各国的广泛关注, 甚至许多西方国家已经把环境安全列入计划国家安全战略之中<sup>[3-6]</sup>。

## 2 环境安全教育的内涵及特征

### 2.1 环境安全教育内涵

环境安全教育是一种生存意识和生存观念的教育, 是增强人们环境安全意识, 协调人与环境之间的关系, 帮助人们掌握、预防和解决环境安全问题的知识和技能, 提高人们应付和处理各种环境灾害的能力的教育。从内容上看, 环境安全教育的内容十分广泛, 应包括当前所有环境安全问题, 如生活环境和人的生命健康安全、生态环境安全、自然资源和能源安全、生物安全、食物安全、国家环境安全等方面。环境安全教育即是对这些环境安全问题的基本知识进行宣传和教育, 预防环境灾害发生, 并培养人们应对环境灾害的逃生和急救技能。实质上, 环境安全教育即是要树立一种大安全观念, 使人类社会赖以生存的生态环境免于所有环境问题的危险和威胁, 为建设一个和谐、永续发展的社会模式奠定人民价值观的基础。

### 2.2 环境安全教育的特征

环境安全教育具有自身独特的特征, 既不同于环境教育, 也不同安全教育。

1) 环境安全教育不同于传统的安全教育, 是一

种新型的非传统的安全教育,具有强烈的时代性。传统的安全教育主要针对于国防安全、生产技术方面引发的安全以及意外突发事件如火灾、交通事故等安全方面,其内容狭窄,而环境安全教育则包括环境污染引发的各种问题及各种环境灾害的教育,还包括资源与能源安全、食品和生物安全等方面,内容具有时代性,更能适应当前时代的发展,符合当前人们对自身健康、安全和环境质量的要求和关注。

2) 环境安全教育也不等同于一般的环境教育。目前大多数环境教育只侧重于环境知识的传授和宣传,如垃圾回收、节水节电、绿化环境等基础方面,而较少培养对环境灾害、环境突发事件的应急处理能力和自我防护技能的培养,因而使得人们环境安全观念淡薄。环境安全教育把环境问题上升到人身安全、生存危机上面,教导人们如何“趋吉避凶”,知道什么事该做,做了对环境有好处,也就是对人类有好处,也知道什么事不该做,做了对环境有伤害,有一天要自食恶果,并连累他人<sup>[7]</sup>,从而使人们清醒地认识到人类生产生活活动对生态环境和自身生命与健康的威胁,从而自觉地保护环境,减少环境灾害的侵袭。

3) 环境安全教育是生存意识和生存观念的教育,是使人们真正意识到环境破坏与人类的生存息息相关的教育,破坏环境就意味着发生环境灾害的可能,也就意味着为自己和他人的安全埋下威胁。因此,实行环境安全教育,有助于环境教育的效果,提高人们的环境忧患意识,增强人们的责任感和紧迫感。

### 3 开展环境安全教育重要意义

#### 3.1 当今世界环境安全面临巨大威胁

当今全球范围内的气候异常、资源匮乏、生物物种锐减、环境污染、土地沙化、水土流失等生态灾难,大都是在人类活动主导下多因素长期累积的恶果,已威胁到全人类的生存安全与发展。洪涝、干旱、泥石流、沙尘暴等灾害的频繁发生,也是生态系统失衡、环境恶化诱发的结果。许多地方不断出现大面积的病虫害灾、重大疫情及恶性中毒事件,也往往是环境污染、生态破坏的连锁反应后果。同时,人类大规模的经济建设活动及无节制的开发资源活动直接诱发或营造的灾难事故,已具有与自然灾害相提并论的破坏程度,对生态环境有了不可逆转的影响<sup>[8-11]</sup>。这些环境安全问题的解决,不仅需要法律、政策、科技

等手段,更需要在全社会树立环境安全意识,使人的行为与环境相和谐,保证人类活动长期处于生态环境可承受和可恢复的安全范围,减轻或解除环境安全威胁,这才是解决环境安全问题的根本途径。

#### 3.2 环境安全教育具有防灾减灾效应

开展公众环境安全教育可以防止和减少各种环境灾害的发生,可以最大限度地减少环境灾害所造成的损失,具有防灾减灾效应。

1) 环境安全教育能让人们了解各种环境灾害发生的原因、危害、影响因素以及如何避免等,能增强公众的安全防范能力和安全防范意识,最大程度地避免环境灾害的发生。

2) 环境安全教育可以让人们更多地了解环境安全的防灾知识和自我保护意识,能在灾害发生时自救或互助逃生,把损失降到最低。

3) 环境安全知识的教育和宣传,还可辟除各种谣言,避免环境灾害发生时引起的人群恐慌。2005年末我国吉林石化双苯厂爆炸,污染松花江水源导致哈尔滨停水事件中,引起全市居民的恐慌,400万市民抢购饮用水和食品,更有人决定离市避难<sup>[12]</sup>。市民这种恐慌、疯狂购水等不理智行为就是由于环境安全教育的宣传不到位,市民缺乏对环境灾害知识的基本认识和了解所导致的。如果政府和相关机构加大对公众环境安全教育的宣传,重视环境安全教育,不但可减少污染带来损失,而且还可从根本上避免污染突发事件的发生。

#### 3.3 环境安全教育可弥补当前环境教育的不足

马斯诺的需要层次理论告诉我们,安全的需要处于第二层次,是一个基本的需要,而常识告诉我们,没有人希望事故发生在我们身上。因此每个人都有安全的需要。保护环境,使生态环境免于威胁,给人们一个健康安全的环境,是每个人都需要的。环境教育开展的10多年来,环境却日益恶化,人们环境安全的威胁感越来越强,很大程度上是由于目前的环境教育只满足于环境基本知识的宣传和教育,而没有从安全的角度来宣传和教育,没有突出环境问题的危机感和紧迫感,更没有从环境安全角度出发而开展的一系列环境教育实践。

有关的研究表明:我国公众对灾害知识的了解层次较低、了解的渠道少、防灾技能低,知道的灾害种类较少,主要是交通和火灾,对其他的灾害知识及

防备知识基本上没有<sup>[13]</sup>。我国环境安全教育尚未得到重视,环境安全教育严重缺乏。传统的安全教育只是局限于火灾、交通、生产技术等安全方面,内容已显陈旧,跟不上时代的需求。进入本世纪以来,各种灾害不但没有减少而且正变换着形式频繁向人类猛袭,如2003年肆虐中国大陆的SARS、2005年一直流行至今的高致病性禽流感等等。这些从未经历过的非传统性的环境安全问题需要人们从新的角度、从大安全观来重新审视安全问题,以使得我们生存的环境免于威胁。因此,必须更新安全教育的内容,加强环境安全教育。

### 3.4 开展环境安全教育是实施环境安全战略的根本途径

当前,世界上许多发达国家已经把环境安全战略列入国家安全战略,与军事安全、经济安全共同列为国家安全的三大组成部分<sup>[14]</sup>。制定和实施国家环境安全战略已经关系到国家的生存和人民的安全。而实施环境安全战略,环境安全教育是基础。只有增强人们的环境安全意识,才能有效地建立环境灾害预警系统,预防和处理各种环境灾害,保证区域环境安全。

## 4 开展环境安全教育的途径

环境安全教育可以通过学校教育,也可通过社会教育来实现,其教育途径多种多样。

### 4.1 学校环境安全教育

学校教育在环境安全教育中起着非常重要的作用。目前,环境教育的内容已经编入我国中学各科教材之中,但是却没突出环境安全方面的内容,更没有针对环境安全防护的培训。而学校的安全教育也只注重防火安全和交通安全方面,范围狭窄。因此必须在学校的安全教育和环境教育中加入环境安全教育的内容和培训,对从基础教育到高等教育的各个层次开展环境安全教育。

### 4.2 社会教育

#### 4.2.1 保存典型环境灾害遗址作为环境安全教育的基地

环境灾害遗址是环境灾害发生后留下的遗迹,能直观地把灾害的危害过程直接记录下来,把灾害遗址作为教育基地是一种比书本教育和宣传更直观的方法。对环境灾害进行成因分析,使参观者直接地

了解灾害的发生过程及危害结果,进而引导人们树立正确的环境安全观念,同时通过讲解人们可以知道怎样保护环境,避免灾害的发生。

#### 4.2.2 设立环境灾难纪念日

国外很多发达国家都把一些与环境破坏有关的灾难日作为环境教育日,开展多方面的社会宣传,一方面是为了纪念在灾害中死难的同胞;另一方面是为了警醒世人,让大家认识到保护生存环境的重要性。

#### 4.2.3 发挥媒体的作用

当今社会是信息的时代,媒体的作用在人们的日常生活中起着举足轻重的作用,信息的获取已经成为社会发展的主要驱动力之一。利用互联网、电视专题节目、宣传册子、巡回展览以及环保广告牌等等进行广泛的环境安全宣传教育。

## 5 结语

我国公共环境安全教育严重落后,人们缺乏对环境灾害正确的认识,很小的环境灾害也会造成重大的人员伤亡,其根本原因就是人们环境安全意识淡薄。公共环境安全意识教育是环境保护的一个重要环节、是减灾的基础、是减少环境灾害损失的有效途径,普及公共环境安全意识的教育对社会安全与稳定有着极其重要的作用。

## 6 参考文献

- [1] 曲格平. 关注生态安全之一:生态问题已经成为国家安全问题的人们话题. 环境保护,2002,(5):3~5
- [2] 何平,詹存卫. 环境安全的理论分析. 环境保护,2004,(11):53~57
- [3] 刘东国. 国际安全的新领域:环境安全. 教学与研究,2002,(10):49~54
- [4] 邹庆治,李萍. 国际环境安全:现实困境与理论思考. 现代国际关系,2004,(2):17~22
- [5] 蔡守秋. 论环境安全问题. 安全与环境学报,2001,(10):28~32
- [6] 诺曼·迈尔斯. 最终的安全:政治稳定的环境基础. 上海:上海译文出版社,2001
- [7] 赖鹏智. 善用环境知觉,从环境灾害作环境教育. 环境资讯中心,2005-03-02(1)
- [8] 杨小波,吴庆书. 城市生态学. 北京:科学出版社,2002
- [9] 金磊. 城市灾害学原理. 北京:气象出版社,1997
- [10] 中国灾害防御协会,北京减灾协会. 中国减灾与新世纪发展战略. 北京:气象出版社,1999

- [11] 卞有生. 北京城市环境安全及突发重大环境灾害应急救援行动预案研究. 中国工程科学, 2003, (7): 1~10
- [12] 杨磊, 蒋明倬. 谁制造了“哈尔滨恐慌”? . 人民网. 2005-11-25
- [13] 杨学祥. 环境安全教育和环境灾害预防势在必行. 上海环境热线绿色论坛, 2004-02-03(3)
- [14] 薄燕. 环境安全的美国学派研究: 对文献的综述. 国际观察, 2003, (4): 73~79

## Environmental Security Education

*Sun Xiaoyin San Ruifeng*

**Abstract** Environmental security issues are more and more concerned by the people, and become a hot spot of environmental problems at present. Therefore, constructing and actualizing the stratagem of environmental security are the most exigent task in environmental protection. Of all, environmental security education is the fundamental approach to the stratagem, and has important effect on environmental security and disaster prevention. In this paper the concept and characters of environmental security education are put forward based on the analysis of safety education and environmental education. The important function of environmental security education in environmental protection, disaster prevention and disaster mitigation are discussed. Effective approach and measure for environmental security education are put forward according to the current conditions of environmental education and safety education in China.

**Key words** environmental security education environmental security environmental disaster

+++++  
(上接第 12 页)

- 境科学, 1995, 14(11): 15~22
- [10] 胡颖华, 孙丰霞, 高廷耀, 等. 活性污泥法污水厂剩余污泥微氧消化的试验研究. 中国沼气, 2005, 23(1): 3~6
- [11] 孙艳玲, 杜兵, 司亚安, 等. 城市污水水解-厌氧-微氧联合处理工艺. 环境科学, 2000, 21(6): 77~79
- [12] 刘红, 郭清马, 何建平, 等. 微氧生物吸附-好氧生物氧化联合工艺处理污水的研究. 给水排水, 2003, 29(2): 27~30
- [13] 元化亮, 陈学民, 王夕伟. 厌氧/微氧工艺处理高速公路服务区污水. 中国给水排水, 2005, 21(16): 35~37
- [14] 初里冰, 张兴文, 李晓惠, 等. 微氧膜生物反应器同时去除有机物和氮的研究. 环境污染治理技术与设备, 2005, 6(5): 78~82
- [15] 李直. 推流式活性污泥曝气池微氧/缺氧状态运行处理废水的探讨. 染整技术, 1995, 17(6): 15~18
- [16] 蓝惠霞, 陈中豪, 陈元彩, 等. 微氧条件下培养降解五氯酚的好氧颗粒污泥. 中国造纸, 2004, 23(12): 7~10
- [17] 祁佩时, 丁雷, 刘云芝, 等. 复合微氧水解-好氧工艺处理抗生素废水. 环境工程, 2006, 24(1): 24~26
- [18] Zitomer D H, Shrout J D. High-sulfate, high-chemical oxygen demand wastewater treatment using aerated methanogenic fluidized beds. Water Environ Res, 2000, 72(1): 90~7
- [19] Knanal S K, Huang J C. ORP-based oxygenation for sulfide control in anaerobic treatment of high-sulfate wastewater. Water Research, 2003, 37: 2053~2062

## New Techniques for the Treatment of Molasses Distillery Wastewater

*Li Yawei Xie Qinglin Zhang Ping*

**Abstract** The techniques currently used for molasses distillery wastewater treatment are summarized. The advantages and disadvantages are analyzed on the irrigation cropland method, concentrated method, anaerobes-aerobic method and EM technology used for molasses distillery wastewater treatment. A new method using oxygen-limited anaerobic process is tested, and the results show that it is practical and feasible for the treatment of high-sulfate molasses distillery wastewater. With the new method, the COD and sulfate can be effectively removed, and it is possible to reuse the sulfur and methane.

**Key words** molasses distillery wastewater sulfate oxygen-limited anaerobic process



## 《广州环境科学》征稿启事

《广州环境科学》创刊于1985年,是由广州市环境科学学会主办的环境保护综合性科技刊物,为广大从事环保工作的专家、学者、科技人员、管理干部及大专院校师生,提供发表论文进行学术交流的窗口。

### 1 本刊欢迎下列来稿

1) 有关环境自然科学、环境社会科学、环境科学技术等方面的论文、研究报告、资料介绍等。

2) 有关国内外环境科学的发展动态、综述、专论等。

### 2 本刊主要栏目

专论、综述、水环境及污染防治、大气环境及污染防治、噪声及污染防治、固体废物及处理、环境监测与分析、环境管理与监理、环境与可持续发展、环境经济、环境生态、环境医学、环境法规、环境教育、环境伦理学、环境评价、环境信息与计算机技术、动态与信息简讯等。

### 3 稿件要求和注意事项

1) 论点明确、数据可靠、层次清楚、文字准确简练。全文一般不超过6000字(包括图、表、参考文献所占篇幅),并有中英文摘要(200字以内)和关键词(3~8个)。

2) 来稿可用打印或手抄方式。打印稿用A4纸、5号字体,附软盘(word格式);手抄件用单面稿纸横列书写,字迹工整、标点清楚。

3) 来稿只附最必要的图表和照片。插图务求线条光洁,照片务必清晰,表格使用三线表(栏头取消斜线,省略竖分隔线)。图、表置于文内有关段落处。

4) 来稿条理分明,编号层次采用以下系统:1、2、3、……;1.1、1.2、1.3、……;1.1.1、1.1.2、1.1.3、……;1)、2)、3)、……。

5) 文中计量单位一律采用中华人民共和国法定计量单位,量和单位的使用执行GB 3100-93《国际单位制及其应用》的规定。

6) 参考文献必须源自公开出版物。本刊文后参考文献的标注采用顺序编码制,即引文采用序号标注,参考文献表按引文的序号排列。根据国家标准(GB 7714-2005)的规定,其著录格式如下:

#### ① 专著:

主要责任者.(人名1,人名2,人名3,等.如果是3位以内作者,作者的名字全部书写,人名之间用“,”分隔,最后一位的名字后不用“,”而用圆点号;4位及以上的书写前3位的名字,人名之间用“,”分隔,最后加“等.”,以下同)题名.:其他题名信息[文献类型标志].其他责任者.版本项.出版地:出版者,出版年:引文页码[引用日期].获取和访问路径.

#### ② 专著中的析出文献:

析出文献主要责任者.析出文献题名.[文献类型标志].

析出文献其他责任者//专著主要责任者.专著题名:其他题名信息.版本项.出版地:出版者,出版年:析出文献的页码[引用日期].获取和访问路径.

#### ③ 连续出版物:

主要责任者.题名:其他题名信息[文献类型标志].年,卷(期)-年,卷(期).出版地:出版者,出版年[引用日期].获取和访问路径.

#### ④ 连续出版物中的析出文献:

析出文献主要责任者.析出文献题名.[文献类型标志].连续出版物题名:其他题名信息,年,卷(期):页码[引用日期].获取和访问路径.

#### ⑤ 专利文献:

专利申请者或所有者.专利题名:专利国别,专利号[文献类型标志].公告日期或公开日期[引用日期].获取和访问路径.

#### ⑥ 电子文献:

主要责任者.题名:其他题名信息[文献类型标志/文献载体标志].出版地:出版者,出版年(更新或修改日期)[引用日期].获取和访问路径.

7) 文中要分清容易混淆的外文字母(如a,  $\alpha$ ;  $\beta$ , B; C, c; K, k; S, s; P, p; O, o; V, v等),注意标明字母符号的正斜体、大小写、上下标。量符号用斜体,其中矩阵、矢量符号用黑斜体,计量单位用正体。

### 4 稿件处理

1) 编辑部在收到稿件4个月内给予答复,恕不退稿。4个月内未收到录用通知,作者可自行处理。来稿文责自负。编辑部有权对稿件作必要的修改,必要时退请作者修改,作者若不允许本刊对文稿作文字及内容上的修改,请在来稿时声明。请勿一稿两投。

2) 为适应我国信息化建设,扩大本刊及作者知识信息交流渠道,本刊已被有关文献检索刊物和光盘出版等网络出版机构收录(见本刊封二),作者著作权使用费与本刊稿酬一次性付给,并赠送当期刊物(第一作者2本,其他作者各1本)。如作者不同意文章被网络机构收录,请在来稿时向本刊声明,本刊将做适当处理,否则视为同意。

### 5 稿件投寄

欢迎全国各地从事环境保护工作的专家、学者、科技人员、管理人员和大专院校师生赐稿。来稿请注明作者真实姓名、通讯地址、电话、邮编、电子邮箱地址。来稿请寄:广州市吉祥路95号《广州环境科学》编辑部(邮编:510030),或发E-mail至我编辑部电子邮箱:cgzaes@pub.guangzhou.gd.cn

电话:(020)83355374

传真:(020)83358372

## CONTENTS

Progress in Research on Speciation and Bio-availability of Heavy Metals in Rhizosphere .....	Cao Qiuhua, Pu Shaoping, Xu Weihong, et al( 1 )
Techniques for Sludge Reduction in Sewage Treatment .....	Zhang Zhengrong, Huang Shaobin( 5 )
New Techniques for the Treatment of Molasses Distillery Wastewater .....	Li Yawei, Xie Qinglin, Zhang Ping( 9 )
Analysis on the Monitoring Results for a DDV Pollution Event in the West Fairway of Pearl River .....	Li Jianbin(13)
The TiO <sub>2</sub> Thin Films Prepared with Sol-gel Method and Test of its Photocatalysis .....	Lu Yujuan, Hong Weiliang, Li Jizhen, et al(15)
Meteorological Analysis on a Continuous Air Pollution Process in Nantong City .....	Geng Jiansheng, Ding Aiping, Chen Peijun(18)
Destruction-carbonification of Kitchen Oil-smoke .....	Guo Weihong, Liu Jiping(22)
On the Performance of New National Standards of Exhaust Examination for Vehicles in Guangzhou .....	Feng Yehe, Zeng Tangfang(25)
Comparison of Methods for Determining Total Nitrogen in Soil .....	Li Yuqing, Chen Ling, Zhao Jianfu(28)
On Public Participation in China's Environmental Protection .....	Chen Runyang, Hua Ming(30)
Present Status of Environmental Public Participation in Pearl River Delta Area .....	Wang Junbo, Tang Haohua, Chen Yanping(34)
The Aquatic Ecosystem in Huizhou Westlake .....	Li Chuanhong, Zhu Wenzhuan, Liu Zhenqian, et al(38)
Environmental Security Education .....	Sun Xiaoyin, San Ruifeng(44)